

การศึกษาต้นทุนของการก่อสร้างหมวดงานหลังคา A Study of the Cost of Construction of Roofing

สิริภัทท์ พรพันธ์วานิช^{1*} ภิศเดช ธนสาโร¹ และอาจารย์ กัญญิกา จันทนา
Siripat Phrphanwanit^{1*}, Phisadet Thanasaro¹ Kantika Jantana

^{1*} คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครปฐม

*Siripad.pon@outlook.rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาต้นทุนงานของการก่อสร้างหมวดงานหลังคา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและวิธีการคิดต้นทุนค่าก่อสร้างหมวดงานหลังคา ราคาต้นทุนหมวดงานหลังคา และศึกษาความคลาดเคลื่อนของการประมาณราคา ระหว่างแบบ กับงานก่อสร้างจริง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ในการสร้างแบบหลังคาทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ หลังคาทรงเพิงหมาแหงน หลังคาทรงจั่ว และหลังคาทรงปั้นหยา เป็น 3 มิติ (3D) ทำการถอดปริมาณวัสดุ โครงสร้างหลังคาประกอบไปด้วยเหล็กกรู๊ปพรรณ กระเบื้องหลังคา นอตยึดกระเบื้องหลังคา และจัดการใส่ตารางค่าวัสดุตามระเบียบราคากลาง ของกรมบัญชีกลางค่าวัสดุก่อสร้างปี 2563 ผลการศึกษาพบว่า การใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 คำนวณการถอดแบบประมาณราคางานโครงสร้างหลังคา และเปรียบเทียบกับราคาจริงในการวิเคราะห์ข้อมูล มีค่าความคลาดเคลื่อนดังต่อไปนี้ 1) ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณราคา หลังคาทรงเพิงหมาแหงน ด้วยตนเองมีราคาสูงกว่าการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เท่ากับร้อยละ 18.62

2) ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณราคา หลังคาทรงจั่ว ด้วยตนเองมีราคาสูงกว่าการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เท่ากับร้อยละ 8.86

3) ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณราคา หลังคาทรงปั้นหยา ด้วยตนเองมีราคาต่ำกว่าการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เท่ากับร้อยละ 5.47

คำสำคัญ: รูปแบบหลังคา ประมาณราคา ต้นทุน

Abstract

The study of the cost of work for the construction of roofing works The objective of this study was to study the patterns and methods of costing construction costs in the roofing category. To provide information about the cost estimation of roofing works and study the discrepancy of price estimation between the design and the actual construction.

A tools used in this study Autodesk Revit Student and Education Software 2020 program was used to create 3 types of roof designs, namely, canopy roof. gable roof and the hipped roof is 3D (3D) to remove the amount of material The roof structure consists of structural steel. roof tiles roof tile fixing nut and manage

to put the table of material costs according to the central price regulation of the Comptroller General's Department for the cost of construction materials in 2020.

The results showed that Using Autodesk Revit Student and Education Software 2020, calculate the cost estimate of the roof structure. And compare it with the actual price to analyze the data. There are tolerances as follows:

1. Price estimation discrepancy canopy shed roof it is 18.62% more expensive than using the Autodesk Revit Student and Education Software 2020 program.
2. Price estimation discrepancy gable roof it was 8.86% more expensive than using the Autodesk Revit Student and Education Software 2020 program.
3. Price estimation discrepancy hipped roof it was 5.47 percent lower than using the Autodesk Revit Student and Education Software 2020 program.

Keywords: Roof pattern, Estimate price, Cost

บทนำ

หลังคาเป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของวัสดุหลังคา โดยทำหน้าที่ยึดหลังคาอย่าง เช่น กระเบื้องมุงหลังคา ให้อยู่ในลักษณะที่มั่นคงแข็งแรงและเป็นระเบียบ ในขณะที่เดียวกันก็จะทำหน้าที่ยึดตัว หลังคา ทั้งหมดให้เชื่อมต่อกับ โครงสร้างของเสาและคานของตัวบ้านอย่างแข็งแรง โครงหลังคาที่ติดนอกจากจะต้องมีการเชื่อมต่อหรือเกาะยึดอย่างแข็งแรง แล้ว ยังมีความคงทนต่อดินฟ้าอากาศและสภาพกาลเวลาที่ผ่านไป อีกทั้งการสร้างจะต้องกระทำอย่างประณีตและถูกต้อง ในแง่ของขนาดและระยะต่างๆ เพื่อให้แนวหลังคาที่มุงเสร็จอยู่ในลักษณะเข้าที่เรียบร้อย โครงหลังคาที่ใช้ในบ้านเรือนทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามวัสดุที่ใช้ กล่าวคือ โครงหลังคาที่ทำด้วย ไม้ นิยมใช้กันมากในสมัยก่อน โครงหลังคาที่ทำด้วยเหล็กเป็นโครงหลังคาที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับอาคารบ้านเรือนในปัจจุบัน เพราะเหล็กเป็นวัสดุที่หาง่ายในท้องตลาด อีกทั้งมีรูปแบบและขนาดต่าง ๆ ให้เลือกมากมาย เพื่อให้เหมาะสมกับการรับน้ำหนักและรูปทรงที่แตกต่างกันของบ้านเรือนแต่ละหลัง การขูดสีหรือการเคลือบสีอย่างดีจะมีอายุการใช้งานยาวนานหลายสิบปีในสภาพใช้งานปกติ โดยหมวดงานหลังคาจะคิดเป็น 25 % ของบ้านทั้งหลัง จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้นผู้ศึกษาจึงสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนของงานก่อสร้างบ้านในจังหวัดนครปฐมในเชิงลึก เพื่อวิเคราะห์และหาปัจจัยที่ส่งผลการบานปลายและการลดต้นทุนของงานก่อสร้างบ้าน เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้ไปเป็นแนวทางให้ผู้รับเหมาหรือบริษัทสร้างบ้านต่าง ๆ ใช้ในการวางแผนการก่อสร้าง ประมาณราคาก่อสร้าง ให้เป็นไปตามกรอบงบประมาณที่คิดไว้ได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบ 3D โครงสร้างหลังคาในรูปแบบต่างๆ จากนั้นทำการถอดปริมาณราคาวัสดุโครงสร้างหลังคาทั้งเหล็กรูปพรรณ กระเบื้องหลังคา และนอตยึดหลังคา นำมาเปรียบเทียบกับการประมาณราคาวัสดุด้วยตนเองว่ามีความคลาดเคลื่อนต่างกันมากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างบ้านพักอาศัย ทางด้านต้นทุนงานก่อสร้างที่ต้องสูญเสียไปจากคำนวณด้วยตนเองที่มีการเพื่อวัสดุเกินความจำเป็น (อ้างอิง วชรภูมิ เบญจโอฬาร, 2555)

วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาต้นทุนงานก่อสร้างหมวดงานหลังคา รูปแบบในการศึกษา เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการควบคุมต้นทุนหมวดงานหลังคา อีกทั้งยังเป็นการศึกษารูปแบบหลังคาที่นิยมสร้างมากที่สุด 3 อันดับ ได้แก่ หลังคาทรงเพิงหมาแหงน ทรงจั่ว ทรงปั้นหยา และวิธีการคิดต้นทุนค่าก่อสร้างวัสดุหมวดงานหลังคา เพื่อเป็นข้อมูลการประมาณราคาต้นทุนหมวดงานหลังคาให้ดีขึ้นในอนาคตอีกด้วย โดยมีวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

1. กลุ่มประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ผู้รับเหมาก่อสร้างบ้านพักอาศัยในจังหวัดนครปฐมจำนวน 3 หลัง โดยเลือกเฉพาะหมวดงานหลังคาโดยผู้ศึกษาเลือกศึกษาหลังคา 3 แบบประกอบไปด้วย หลังคาทรงเพิงหมาแหงน หลังคาทรงจั่ว หลังคาทรงปั้นหยา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ในการสร้างแบบหลังคาทั้ง 3 รูปเป็น 3D และทำการถอดประมาณราคาโครงสร้างหลังคา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 รูปแบบหลังคาในแต่ละด้านโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ปี 3D

2.2 รูปเหล็กหลังคาโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ปี 3D

2.3 รูปหลังคาที่ใส่กระเบื้องหลังคาโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ปี 3D

3. สถิติที่ใช้ในการศึกษา

3.1 การถอดประมาณราคาโดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 หมวดงานหลังคาคิดเป็น บาทต่อตารางเมตร และวัสดุต่อหน่วย นำมาเปรียบเทียบกับราคาที่คำนวณด้วยตนเอง

$$3.2 \text{ ร้อยละของผลต่าง} = \frac{\text{ราคาจากโปรแกรม}}{\text{ราคาที่คำนวณด้วยตนเอง}} \times 10$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและการประมวลผล

4.1 ข้อมูลจากการวิเคราะห์และประมวลผลการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 จำนวนการถอดแบบประมาณราคางานโครงสร้างหลังคาต้องอาศัยความละเอียดรอบคอบในการศึกษาแบบและรายละเอียดของรูปแบบหลังคา วัสดุที่ใช้ต้องมีขั้นตอนการคำนวณที่ถูกต้องครบถ้วน ซึ่งหากขาดตกบกพร่องไปจะส่งผลต่อราคาค่าก่อสร้างได้

4.2 ผู้จัดทำโครงการได้ใช้วิธีการประมาณราคาหลังคาในแต่ละรูปแบบคิดเป็นตารางเมตรต่อบาท และวัสดุต่อหน่วย นำมาเปรียบเทียบกับราคาจริงในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความคลาดเคลื่อนของแบบกับงานก่อสร้างจริงใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ส่งผลต่อต้นทุนในงานก่อสร้าง

ผลการวิจัย



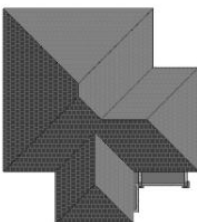
ผลการวิจัยข้อมูลครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาารูปแบบหลังคาและวิธีการคิดต้นทุนก่อสร้างโดยการนำข้อมูลที่ศึกษามาใช้ในการประมาณราคา ซึ่งอ้างอิงจากการออกปฏิบัติงาน (สหกิจศึกษา) เพื่อดูความคลาดเคลื่อนระหว่างการคำนวณด้วยตนเองกับโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 โดยราคาที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับราคากลางของกรมบัญชีกลางค่าวัสดุก่อสร้างปี 2563 การประมาณราคาก่อสร้างสามารถทำได้หลายวิธี ตั้งแต่วิธีการ

ประมาณราคาอย่างง่าย คือ การคาดเดาโดยอาศัยประสบการณ์และความชำนาญ ไปจนถึงการประมาณราคาอย่างละเอียด ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อจำกัดและระดับความแม่นยำแตกต่างกันออกไป และที่ได้รับความนิยมจะเป็นเพียงความใกล้เคียงกับความเป็นจริงเท่านั้น ลักษณะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

การประมาณราคาเบื้องต้น เป็นการประมาณราคาอย่างหยาบ เพื่อนำไปใช้ในกรณีการคาดการณ์ เพื่อตัดสินใจในการทำโครงการ ความเป็นไปได้ และการกำหนดงบประมาณ ผู้ออกแบบจะกำหนด ขนาดของโครงการให้เพียงพอกับงบประมาณที่มีอยู่ และการประมาณราคาโดยผู้รับเหมาก่อสร้าง เป็นการประมาณราคาอย่างละเอียด เนื่องจากผู้รับเหมาต้องมีข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อคำนวณต้นทุนจากรูปแบบและรายการก่อสร้างตามที่ต้นต้องการจะเข้าร่วมการประมูลงานหรือเสนอราคา ซึ่งจะต้องใช้ความละเอียดรอบคอบสูงมาก

ศึกษาข้อมูลจากการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ในการประมาณราคา เป็นข้อมูลของวัสดุหลักที่ใช้ก่อสร้างงานหลังคา ได้แก่ โครงหลังคาเหล็กกระเบื้องหลังคา อุปกรณ์สำหรับยึดหลังคา ที่ทำการถอดปริมาณวัสดุคิดราคาต่อตารางเมตรโดยการคิดด้วยตัวเองจากแบบบ้านที่มีอยู่เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับถอดปริมาณในโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการประมาณราคาโครงสร้างหลังคาทั้ง 3 รูปแบบโดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 โดยมีรายละเอียดดังนี้ ชื่อรูปแบบหลังคา รายการเหล็ก กระเบื้อง นอตยึดกระเบื้อง ขนาดเหล็ก และชนิดของวัสดุ ราคาของวัสดุหน่วยเป็นบาท

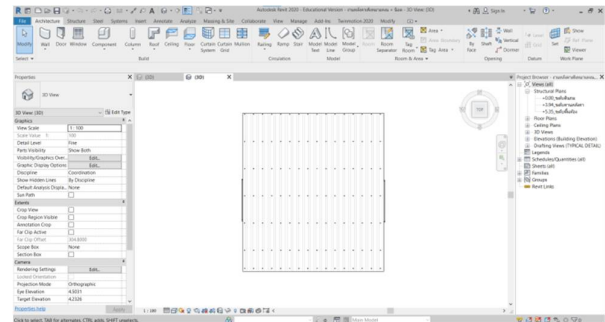
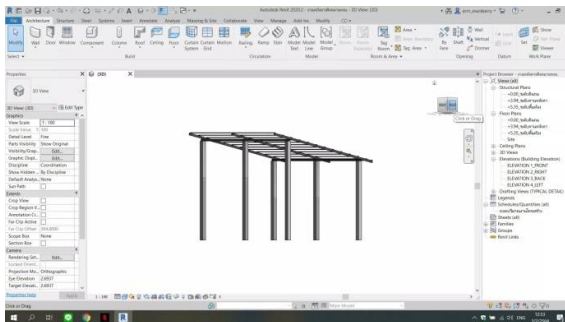
ชื่อรูปแบบหลังคา	รายการ	ขนาด / ชนิดของวัสดุ	ราคา (บาท)
หลังคาทรงเพิงหมาแหงน			
	เหล็กโครงหลังคา	C 100 × 50 × 20 × 2.3	10,070
	กระเบื้องหลังคา	เมทัลชีท	1,440
	นอตยึดกระเบื้อง	สกรู	320
หลังคาทรงจั่ว			
	เหล็กโครงหลังคา	C 100 × 50 × 20 × 3.2	20,670
		C 75 × 45 × 20 × 3.2	16,640
	กระเบื้องหลังคา	กระเบื้องลอนคู่	15,731
	นอตยึดกระเบื้อง	นอตปลายสว่าน	423
หลังคาทรงปั้นหย่า			
	เหล็กโครงหลังคา	C 100 × 50 × 20 × 3.2	1,320
		C 125 × 50 × 20 × 3.2	448,734
	กระเบื้องหลังคา	กระเบื้อง	170,334
	นอตยึดกระเบื้อง	หมุด	4,272

ตารางที่ 2 แสดงการประมาณราคาโครงสร้างหลังคาทรงเพิงหมาแหงน

รายการ	ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน	ราคาวัสดุต่อหน่วย(บาท)	ราคารวม
อะเสเหล็ก	C 100 × 50 × 20 × 2.3	2	660	1,320
แปเหล็ก	C 100 × 50 × 20 × 2.3	13	660	8,580
จันทันเหล็ก	2C 100 × 50 × 20 × 2.3	4	639	2,556
ราคารวมทั้งสิ้น				12,456 บาท

ตารางที่ 3 แสดงการประมาณราคากะเบื้องและน๊อตหลังคาทรงเพิงหมาแหงน

รายการ	จำนวนตาราง	จำนวนแผ่นต่อ	จำนวนทั้งหมด	ราคาวัสดุ	ราคารวม
(วัสดุ)	เมตรทั้งหมด	ตารางเมตร	(แผ่น)	(บาท)	(บาท)
เมทัลชีท	56	0.76	22	80.00	1,760
ราคารวมทั้งสิ้น				1,760 บาท	
รายการ	จำนวนสกรู	จำนวนตัว	จำนวนทั้งหมด	ราคาวัสดุ	ราคารวม
(วัสดุ)	ทั้งหมด (ตัว)	ต่อถุง	(ถุง)	(บาท)	(บาท)
สกรู	198	100	2	160	320
ราคารวมทั้งสิ้น				320 บาท	



(ก) รูปย่อที่ 1

(ข) รูปย่อที่ 2

รูปที่ 1 แสดงรูปแบบหลังคาทรงเพิงหมาแหงน โดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020

<ถอดปริมาณงานโครงสร้าง>			
A	B	C	D
Comments	Family and Type	Cut Lani Count	
จันทัน	DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: จันทัน 100x50x2.3mm.thk 2	7.04	3
แป	DIV06126_TIS_RECTANGULAR TUBE: แป 100x50x2.3mm.thk 2	8.20	2
เมทัลชีท	DIV05410_Batten Galvanize (แผ่นรีดรูปกาวาโลหะ): DIV05410_Batten Galvanize (แผ่นรีดรูปกาวาโลหะ)	6.00	13

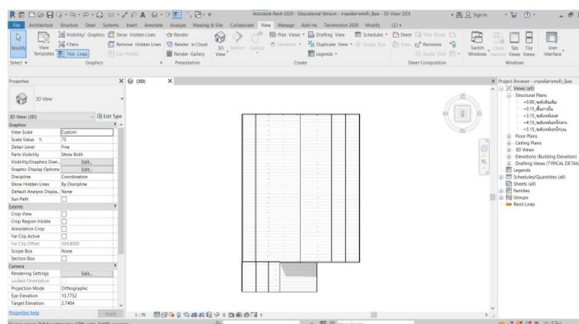
รูปที่ 2 แสดงการถอดประมาณราคาหลังคาทรงเพิงหมาแหงน โดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020

ตารางที่ 4 แสดงการประมาณราคาโครงสร้างหลังคาทรงจั่ว

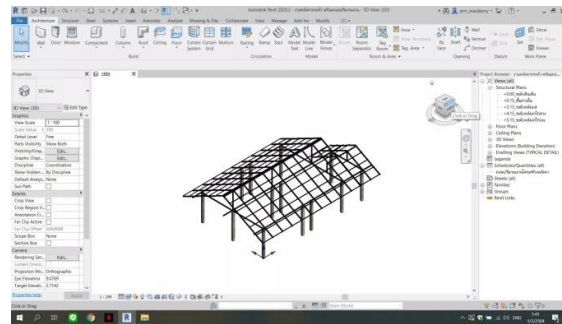
รายการ	ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน	ราคาวัสดุต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม
อะเสเหล็ก	2C 200 × 75 × 20 × 3.2	10	1,146	11,460
จันทันเหล็ก	C 100 × 50 × 20 × 3.2	18	660	11,880
อกไก่เหล็ก	2C 150 × 50 × 20 × 3.2	3	840	2,520
ตั้งเหล็ก	2C 150 × 50 × 20 × 3.2	1	840	840
แปเหล็ก	C 75 × 45 × 20 × 3.2	12	520	6,240
ราคารวมทั้งสิ้น 32,940 บาท				

ตารางที่ 5 แสดงการประมาณราคากระเบื้องและน๊อตหลังคาทรงจั่ว

รายการ (วัสดุ)	จำนวนตารางเมตรทั้งหมด	จำนวนแผ่นต่อตารางเมตร	จำนวนทั้งหมด (แผ่น)	ราคาวัสดุ (บาท)	ราคารวม (บาท)
กระเบื้องลอนคู่	138.76	2	324	67	21,708
ราคารวมทั้งสิ้น 24,321 บาท					
รายการ (วัสดุ)	จำนวนน๊อตทั้งหมด (ตัว)	จำนวนตัวต่อถุ้ง	จำนวนทั้งหมด (กล่อง)	ราคาวัสดุ (บาท)	ราคารวม (บาท)
น๊อตปลายสว่าน	396	200	2	350	1,400
ราคารวมทั้งสิ้น 1,400 บาท					



(ก) รูปย่อที่ 1



(ข) รูปย่อที่ 2

รูปที่ 3 แสดงรูปแบบหลังคาทรงจั่ว โดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020

<ถอดปริมาณงานโครงสร้างหลังคา>		
A	B	C
Family and Type	Cut Length	Count
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: จันทัน 100x50x2.3mm	3.49	4
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: จันทัน 100x50x2.3mm	5.65	11
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: จันทัน 100x50x2.3mm	5.68	11
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	0.90	2
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	1.90	3
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	3.40	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	3.66	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	3.67	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	7.75	2
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	12.20	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	14.60	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.	14.76	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.thk 2	3.58	1
DIV05126_TIS_RECTANGULAR TUBE: ราง 100x50x2.3mm.thk 2	12.25	1
DIV05410_Batten Galvanize (แปลนจริงรูปสี่เหลี่ยมจั) DIV05410_Batten Galvanize (แปลนจริงรูปสี่เหลี่ยมจั)	2.46	8
DIV05410_Batten Galvanize (แปลนจริงรูปสี่เหลี่ยมจั) DIV05410_Batten Galvanize (แปลนจริงรูปสี่เหลี่ยมจั)	12.22	14

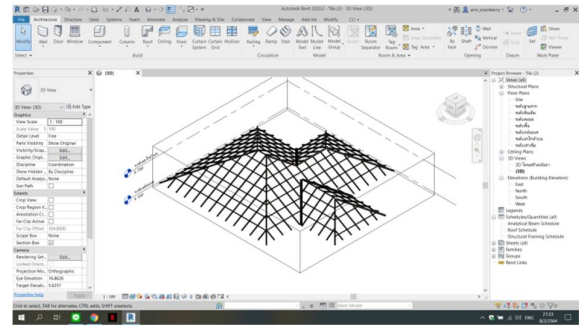
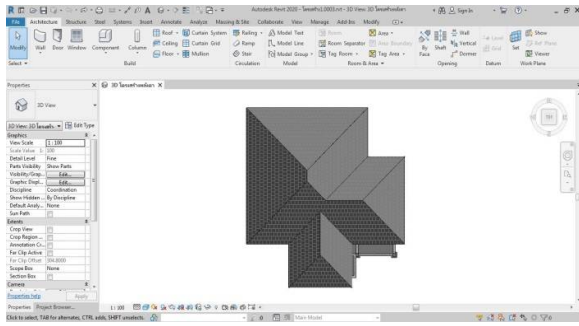
รูปที่ 4 แสดงการถอดประมาณราคาหลังคาทรงจั่ว โดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020

ตารางที่ 6 แสดงการประมาณราคาโครงสร้างหลังคาทรงปั้นหย้า

รายการ	ขนาด(มิลลิเมตร)	จำนวน	ราคาวัสดุต่อหน่วย (บาท)	ราคารวม
คานBS1	C 125 × 50 × 20 × 3.2	231.6	750	173,700
เสาCS1	C 125 × 50 × 20 × 3.2	29.36	750	22,020
ตะเข้ราง	C 125 × 50 × 20 × 3.2	29.6	750	22,200
ตะเข้สัน	C 125 × 50 × 20 × 3.2	94.8	750	71,100
จันทัน	C 100 × 50 × 20 × 3.2	207.7	660	137,082
อกไก่	C 150 × 50 × 20 × 3.2	17	840	14,280
ราคารวมทั้งสิ้น				440,382 บาท

ตารางที่ 7 แสดงการประมาณราคากระเบื้องและหมุดหลังคาทรงปั้นหย้า

รายการ	จำนวนตาราง	จำนวนแผ่นต่อ	จำนวนทั้งหมด	ราคาวัสดุ	ราคารวม
(วัสดุ)	เมตรทั้งหมด	ตารางเมตร	(แผ่น)	(บาท)	(บาท)
กระเบื้อง	195.75	10.5	2055	72	147,960
ราคารวมทั้งสิ้น				147,960 บาท	
รายการ	จำนวนหมุด	จำนวนตัวต่อ	จำนวนทั้งหมด	ราคาวัสดุ	ราคารวม
(วัสดุ)	ทั้งหมด (ตัว)	(กล่อง)	(กล่อง)	(บาท)	(บาท)
หมุด	2055.375	250	9	450	4,050
ราคารวมทั้งสิ้น				4,050 บาท	



(ก) รูปย่อที่ 1

(ข) รูปย่อที่ 2

รูปที่ 5 แสดงรูปแบบหลังคาทรงปั้นหยาโดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020

Project Browser - รำจับ (3).rvt	Analytical Beam Schedule	Roof Schedule	Structural Framing Schedule
Views (all)	1	1	1
Structural Plans	1	1	1
Floor Plans	1	1	1
Site	1	1	1
ระดับฐานราก	1	1	1
ระดับดินเดิม	1	1	1
ระดับถม	1	1	1
ระดับพื้น	1	1	1
ระดับหลังคา	1	1	1
ระดับนอก โถงใต้ดิน	1	1	1
ระดับสามชั้น	1	1	1
Ceiling Plans	1	1	1
3D Views	1	1	1
3D โตงสร้างหลังคา (3D)	1	1	1
Elevations (Building Elevation)	1	1	1
East	1	1	1
North	1	1	1
South	1	1	1
West	1	1	1
Legends	1	1	1
Schedules/Quantities (all)	1	1	1
Analytical Beam Schedule	1	1	1
Roof Schedule	1	1	1
Structural Framing Schedule	1	1	1
Sheets (all)	1	1	1
Properties	659.637		224367.600

รูปที่ 6 แสดงการถอดประมาณราคาหลังคาทรงปั้นหยา โดยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020

(หมายเหตุ : รูปมาจากการทำงานด้วยโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาและดำเนินโครงการ จากผลการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลได้ผลสรุปการศึกษาดังต่อไปนี้ ด้านรูปแบบหลังคา พบว่า มีการเลือกหลังคาจากความนิยม 3 ปีซ้อนหลัง โดยมีหลังคา 3 แบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ได้แก่ ทรงเพิงหมาแหงน ทรงจั่ว และทรงปั้นหยา ได้นำแบบหลังคาทั้ง 3 หลังมาสร้างเป็น 3 มิติในโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 และถอดประมาณราคาของวัสดุของหลังคา โดยนำมาเปรียบเทียบกับราคาคำนวณด้วยตนเองเพื่อหาความคลาดเคลื่อนออกมาเป็นร้อยละ ดังนี้

- 1) ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณราคา หลังคาทรงเพิงหมาแหงน ด้วยตนเองมีราคาสูงกว่าการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เท่ากับร้อยละ 18.62
- 2) ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณราคา หลังคาทรงจั่ว ด้วยตนเองมีราคาสูงกว่าการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เท่ากับร้อยละ 8.86
- 3) ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณราคา หลังคาทรงปั้นหยา ด้วยตนเองมีราคาสูงกว่าการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 เท่ากับร้อยละ 5.47

จากการสรุปผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้ศึกษาเรื่องต้นทุนของการก่อสร้างหมวดงานหลังคา พบว่า การนำโปรแกรม Autodesk Revit Student and Education Software 2020 มาสร้างแบบ 3 มิติ และนำมาถอดประมาณราคาวัสดุ เปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยตนเอง สามารถทราบถึงความคลาดเคลื่อนออกมาเป็น % ได้ดังนี้ หลังคาทรงเพิงหมาแหงน มีค่าความคลาดเคลื่อน ราคาที่คำนวณด้วยตนเองสูงกว่าโปรแกรมอยู่ที่ 18.62% หลังคาทรงจั่ว มีค่าความคลาดเคลื่อน ราคาที่คำนวณด้วยตนเองสูงกว่าโปรแกรมอยู่ที่ 4.61% หลังคาทรงปั้นหยา มีค่าความคลาดเคลื่อน ราคาที่คำนวณด้วยตนเองต่ำกว่าโปรแกรมอยู่ที่ 5.58% โดยการใช้โปรแกรมในครั้งนี้จะต้องศึกษาเรื่องรูปแบบหลังคาที่จะนำมาใช้ในการถอดประมาณราคาซึ่งทำการเลือกมา 3 รูปแบบที่มีความนิยมมากที่สุด ได้แก่ ทรงเพิงหมาแหงน ทรงจั่ว ทรงปั้นหยา ตรงกับทฤษฎีของ ทะยาน จงณรงค์ชัย ข้อที่ 2.1.2.2 ที่กล่าวว่าถึงรูปแบบหลังคา และการศึกษาครั้งนี้มีการเจาะจงเรื่องวัสดุในหมวดงานหลังคาที่ได้นำมาเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างโปรแกรมและการคำนวณด้วยตนเอง ตรงกับทฤษฎีของวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี ข้อที่ 2.1.4 ที่กล่าวว่าวัสดุก่อสร้าง คือ วัสดุที่ใช้ในจุดประสงค์สำหรับการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับที่อยู่อาศัยของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่มนุษย์สร้างขึ้นรวมถึงสถาปัตยกรรมที่ถูกสร้างขึ้น วัสดุก่อสร้างมีการหลากหลายในทางวัสดุตั้งแต่ ดินจนถึงโลหะ พลาสติก หรือแก้ว วัสดุแบ่งแยกในหลายด้าน ไม่ว่าจะโครงสร้างทางวัตถุ จุดประสงค์การใช้งานมักจะหมายถึงชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ สำหรับใช้ในงานจำเพาะเจาะจงและอาจ หมายถึงวัสดุต่างชนิดได้เช่น เสาค้ำ สามารถหมายถึง เสาค้ำคอนกรีต หรือเสาค้ำไม้ หรือเสาค้ำเหล็ก หรือแม้แต่ในปัจจุบันได้มีการเล็งเห็นถึงความสัมพันธ์ของวัสดุก่อสร้าง และสิ่งแวดล้อม ได้มีหลายองค์การที่จัดแบ่งวัสดุออกตามการนำกลับมาใช้ใหม่

ข้อเสนอแนะ กรณีศึกษาที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของรูปแบบหลังคาเพียง 3 หลังที่มีการก่อสร้างในจังหวัดนครปฐมเท่านั้นหากมีการศึกษาที่สามารถนำไปใช้กับรูปแบบหลังคาอื่น ๆ ในต่างจังหวัดน่าจะมีประโยชน์ต่อการเผยแพร่เพิ่มมากขึ้น และการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเปรียบเทียบหรือหาความคลาดเคลื่อนออกมาในรูปแบบอื่น อาทิเช่นการเปรียบเทียบระหว่างงานก่อสร้างจริงที่แล้วเสร็จกับการใช้โปรแกรมในการคำนวณ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง การศึกษาต้นทุนงานของการก่อสร้างหมวดงานหลังคา สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้าง ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาชี้แนะและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์กัญญิกา จันทนาที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้โครงการเล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ และขอกราบขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณพงศ์ ฟองลินธุ์. (2559). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบควบคุมต้นทุนงานก่อสร้างของ โครงการก่อสร้างในเขตอำเภอเมือง. จังหวัดอุดรธานี.
- คณะกรรมการการวินิจฉัยปัญหาการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ กรมบัญชีกลาง. (2561).

(ข้อความเข้าใจนิยามความหมาย “งานก่อสร้าง” ตามพระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการ บริหารพัสดุ ภาครัฐ).

กรุงเทพฯ.

เจน จำลองราช. (2556). การศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าภายในโครงการสร้างถนน กรณีศึกษาเทศบาลนครปาก
เกร็ด จังหวัดนนทบุรี. มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.

ชนาภัทร เขยสุข. (2559). ปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าของงานรับเหมาดัดตั้งกระจก – อะลูมิเนียมในโครงการก่อสร้าง
อสังหาริมทรัพย์. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ, กรุงเทพฯ.

เดชา วัฒนนามกุล. (2557). การศึกษาข้อดีข้อเสียของระบบการจ้างงานแบบสัญญาเดี่ยวและแบบ สัญญาแยกส่วนในงาน
ตกแต่งภายใน กรณีศึกษา งานตกแต่งร้านค้าในพื้นที่เช่าของห้างสรรพสินค้า ของบริษัท เพอร์เนียวจำกัด. สาขาวิชา
การบริหารงานก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.

ทะยาน จงณรงค์ชัย. (2556). ปฏิบัติงานโครงสร้างอาคาร. วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี. จังหวัดลพบุรี.

ธนวัฒน์ จันทร์เขียว และ สันติสุข ฐานคร. (2559). การจัดการการสูญเสียของวัสดุก่อสร้าง.สาขาวิชาวิศวกรรม
โยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วสันต์ ธีระเจตกุล. (2555). การจัดการการสูญเสียของวัสดุก่อสร้างกรณีศึกษาโครงการก่อสร้างในมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2555). วัสดุก่อสร้าง.

วิวัฒน์ อภิลิทธิภักดี. 2554. แนวคิดและการจำแนกต้นทุน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน, จังหวัด
นครราชสีมา.

วิเชียร ปญญาจักร. (2545). การประมาณการหาวัสดุที่ใช้ในงานโครงสร้างหลังคา. สาขาวิชาช่างก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิค
เชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่.

สันติ ชินานูวัตินวงศ์. (2546). International Labour Organization [ILO],1990 คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
กรุงเทพมหานคร

รุธีร์ พนมยงค์. (2548). “PONGSAWAN” (ออนไลน์). แหล่งที่มา : <https://goo.gl/4QZe65>. (15 มีนาคม 2563).

วชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2555). “Articie Roof of The House รู้หน้า รู้หลัง(คา)” (ออนไลน์). แหล่งที่มา:
<http://www.ebuild.co.th/article>. (17 มีนาคม 2563).

OSH CREW. (2562). “รูปแบบหลังคา” (ออนไลน์). แหล่งที่มา : [https://www.onestockhome.com/](https://www.onestockhome.com/th)
th. (27 มกราคม 2563).

Shaiful Amri Mansur , Abdul Rahim Abdul Hamid and N. A. Yusof .2016. Rising Trend in Construction
Cost and Housing price, Teknologi Malaysia Univ., Malaysia.

ระบบตรวจสอบปริมาณน้ำ ควบคุมการเปิดปิดปั้มน้ำ และแจ้งเตือนปริมาณน้ำ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

Amount water monitoring system control the on/off of the water pump and
notify the amount

ปริญญา แพงมา¹ โสรพ เดชศักดิ์¹ และกิตติพงษ์ สุวรรณราช¹

Parinya pangma¹, Sorot Dachsakda¹ and Kittipong Suwannaraj¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก

Corresponding Author E-mail Address : parinya.pa@psru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและพัฒนา ระบบตรวจสอบปริมาณน้ำควบคุมการทำงานเปิดปิดปั้มน้ำ และแจ้งเตือนปริมาณน้ำผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ด้วยเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ซึ่งผู้วิจัยทดลองออกแบบ และ พัฒนาระบบการตรวจสอบปริมาณน้ำและควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ เพื่อควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ และดูปริมาณน้ำใน ที่กักเก็บ พร้อมกับแจ้งเตือนปริมาณน้ำ ในกรณีปริมาณน้ำในกักเก็บต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ งานได้จริงในชีวิตประจำวัน ภาพรวมงานวิจัยเกี่ยวกับระบบตรวจสอบปริมาณน้ำและควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ โดยจะยึด หลักการทำงานผ่าน Node Mcu esp32 ใช้งานเป็นตัวส่ง การทำงานต่างๆ และ Sensor Ultrasonic รุ่น JSN-SR04T ซึ่งเป็น Sensor ที่มีคุณสมบัติทนต่อความชื้นสูง เหมาะแก่การใช้งานวัดค่าปริมาณน้ำ และใช้ Relay ในการควบคุมการทำงานของ ปั้มน้ำ และนำค่าปริมาณน้ำขึ้นไปแสดงค่าบนแอปพลิเคชัน Blynk พร้อมการแจ้งเตือนปริมาณน้ำที่อยู่ต่ำไปหรือสูง เกินไปโดย งานวิจัยนี้ได้ทดสอบตัวฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการเชื่อมต่อระหว่างตัวแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อช่วย ให้งานวิจัยนี้ประสบ ผลสำเร็จ และพร้อมใช้งาน ทั้งความสะดวกสบายในการใช้งานของผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงาน หรือประชาชนทั่วไป และ ทดลองการใช้งานของระบบว่าตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ใน การวิจัยทั้งหมด 2 ประเภท 1) การวัด ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยจะมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 41 คน แบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยี สารสนเทศจำนวน 3 คน และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 1 – 4 ทั้งภาคปกติ และ พิเศษ (เสาร์ – อาทิตย์) จำนวน 38 คน ได้มีระดับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ ตรวจสอบปริมาณน้ำ ควบคุมการทำงานของ ปั้มน้ำ พร้อมแจ้งเตือนปริมาณน้ำผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยรวม อยู่ในระดับที่มาก (\bar{X} =4.43 S.D.=0.73) 2) ความพึง พพอใจของผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ โดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุด (\bar{X} =4.55 S.D.=0.61)

คำสำคัญ: การควบคุมปั้มน้ำ แอปพลิเคชัน Blynk บอร์ด Arduino Eep32

Abstract

The purpose of this research is for design and development. The water volume monitoring system controls the operation of the water pump and notifies the water volume via the BLYNK application with the Internet of Things (IOT) technology, which the researcher designed. and develop a system to monitor the amount of water and control the operation of the water pump to control the operation of the water pump and look at the amount of water in the reservoir with a warning about the amount of water In the event that the amount of water in the reservoir is too low or too high which can be applied to practical use in daily life An overview of the research on the water volume monitoring and control system of water pumps. It is based on the principle of working through the Node MCU ESP32 is used as a command. Various functions and Sensor Ultrasonic model JSN-SR04T, which is a Sensor with high humidity resistance. Suitable for water metering applications and using relays to control pump operation and bring water values up to display on the Blynk application with low or high water volume alerts. This research has tested hardware and software connections between different applications to help this research be successful. and ready to use both convenience User comfort whether the agency or the general public And test the use of the system that meets the needs of users with the tools used in Two types of research were included. 1) System performance measurement. There will be a group with a total of 41 people, divided into 3 experts, professors in the field of information technology, and students of Phibunsongkhram Rajabhat University who study in the 1st - 4th year of both regular and special classes (Saturday - Sunday), number 38. People have a level of satisfaction with the system. Check the amount of water control the operation of the water pump and notifying the amount of water via the Blynk application. Overall, it was at a high level (\bar{X} =4.43 S.D.=0.73). 2) The satisfaction of the users was the level of satisfaction with the system. Overall, it was at the highest level (\bar{X} =4.55 S.D.=0.61).

Keywords: Control water pump , Blynk , NodeMcu Eep32

บทนำ

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวัน เศรษฐกิจ การเกษตร และอุตสาหกรรมในประเทศไทย จึงต้องมีการวางแผน การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อให้มีการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด และแก้ไขปัญหา การขาดแคลนน้ำในการใช้อุปโภคบริโภค ในประเทศไทยโดยส่วนมากจะมีวิธีการกักเก็บน้ำ โดยการใช้วัสดุเป็น ปูนซีเมนต์แบบวงบ่อ ชนิดต่อวงบ่อให้ตั้งสูงขึ้นไปหรือแบบชนิดขุดลงดินและต่อวงบ่อขึ้น ไปให้มีขนาดความสูง เท่ากับพื้นดินปกติ เอาไว้ใช้งานในกิจการต่าง ๆ มักจะเก็บน้ำในปริมาณมาก สำหรับการอุปโภค บริโภค ภายใน กิจการหน่วยงานรัฐหรือเอกชน (ปราโมทย์ ไม้กั๊ด, 2557: ออนไลน์)

ประเทศไทยกำลังเจอกับความแห้งแล้งครั้งร้ายแรงที่สุดในรอบสี่ทศวรรษ ราวครึ่งหนึ่งของบรรดาอ่างเก็บน้ำในประเทศไทยมีน้ำต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของศักยภาพที่กักเก็บน้ำไว้ได้ น้ำในแม่น้ำต่ำในระดับที่ทำให้น้ำเค็มจากทะเลรุกเข้ามาถึงพื้นที่ตอนบนของแม่น้ำและส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำบริโภค การที่ประเทศไทยมีปริมาณน้ำจืดต่อหัวน้อยที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากต้องเผชิญกับการขาดแคลนน้ำมากขึ้นแล้ว ทรัพยากรน้ำของประเทศไทยกำลังถูกรอบงำโดยกลุ่ม

ผลประโยชน์อุตสาหกรรมจากการกำหนดนโยบายของรัฐซึ่งนำไปสู่ความขัดแย้งเหนือทรัพยากรน้ำระหว่างภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรมและเมืองที่ตึงเครียดขึ้นทุกขณะ ปัญหาจึงไม่ได้อยู่ที่ว่าเรามีน้ำเพียงพอหรือไม่ แต่รากเหง้าคือวิธีการจัดการ ทรัพยากรน้ำและการกระจายน้ำอย่างเท่าเทียมกัน (ธารา บัวคำศรี, 2563:ออนไลน์)

การพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ก้าวหน้าอย่างรวดเร็วผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายใต้บริบท ที่เชื่อมโยง ต่อเนื่องกันในลักษณะเศรษฐกิจศาสตร์เครือข่าย หรือที่เรียกว่า (Networked Economy) มีการเปลี่ยนแปลง เคลื่อนย้ายอย่างรวดเร็วเสมือนดังไม่มีพรมแดนของประเทศ ปรับเปลี่ยนโครงสร้างความสัมพันธ์ทาง เศรษฐกิจ และการพัฒนาเทคโนโลยี สื่อสารและสารสนเทศ ส่งผลให้โลกมีสภาพ เหมือนเป็นหนึ่งเดียว (จุฬาลักษณ์ ตะเกิงผล, 2556:ออนไลน์)

Blynk เป็นแพลตฟอร์มที่เป็นแอปพลิเคชันที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบ iOS และ Android เพื่อควบคุม Arduino, Raspberry Pi บนระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นแผงควบคุมระบบดิจิทัล ที่ผู้ใช้งานสามารถสร้างหรือออกแบบต่อ ประสานกรฟิสิกส์สำหรับโครงการ โดรนการใช้งานนั้นง่ายมาก เพียงแค่ใช้การลากและวางเครื่องมือ (Widgets) ที่มีให้เลือกอยู่ หลากหลาย โดย Blynk นั้นไม่ได้ผูกติดกับตัว บอร์ด แต่จะสนับสนุนฮาร์ดแวร์ที่นักพัฒนาเลือก ไม่ว่าจะเป็น Arduino, Raspberry Pi และยังสามารถเลือกการเชื่อมโยงระหว่างอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย (Wi-Fi) หรือแบบมีสาย และจะช่วยให้ อุปกรณ์ของนักพัฒนาออนไลน์และพร้อมสำหรับ Internet of Things (IoT) (มาโนชญ์ แสงศิริ, 2562:ออนไลน์)

จากสาเหตุข้างต้นจึงเป็นแนวคิดให้ผู้วิจัยจัดทำระบบตรวจสอบปริมาณน้ำในแท็งก์และควบคุมเปิดปิดปั๊ม น้ำ สำหรับการ ใช้อุปโภคบริโภค โดยได้ทำการศึกษาทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ควบคุมกันไปเพื่อทำการ ควบคุมและตรวจเช็ค ปริมาณน้ำในแท็งก์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นศูนย์กลาง โดยใช้สมาร์ตโฟนที่เป็น ระบบปฏิบัติการ Android หรือ iOS โดยอาศัยซอฟต์แวร์ Arduino IDE และอุปกรณ์เมนบอร์ด และ Node Mcu Esp32 มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบการ เขียนโปรแกรม ตรวจสอบวัดปริมาณน้ำในแท็งก์ เพื่อให้ได้ค่าที่ตรงตาม ต้องการ รวมไปถึงการใช้ซอฟต์แวร์ Blynk ที่ใช้ในการ ควบคุมและแสดงผล แจ้งเตือนปริมาณน้ำและสั่งการผ่านตัว แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1 ด้านฮาร์ดแวร์ ได้แก่ Node Mcu Esp32, Relay, Sensor Ultrasonic JSN-SR04T, ปั๊มน้ำขนาด 5v, ท่อ PVA ความสูง 80cm กว้าง 4 นิ้ว

2 ด้านซอฟต์แวร์ ได้แก่ Blynk, Arduino IDE 1.8.13 5.3

3 แบบประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจจำนวน 41 ชุด โดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เป็นอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราช ภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

กลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้ใช้งาน ประกอบไปด้วย นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นปี 1-4 ทั้งภาคปกติและพิเศษ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก รวมกันทั้งหมดจำนวน 38 คน เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิธีการสุ่มแบบบังเอิญ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยนำผลที่เทียบกับเกณฑ์การ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

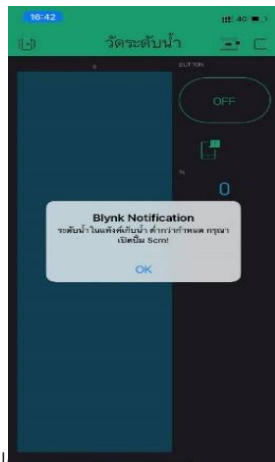
ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 0.00 - 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

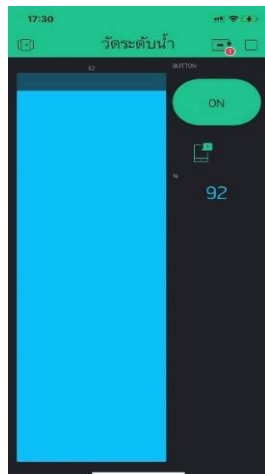
จากผลการวิจัย พบว่าระบบการทำงานของ Node Mcu Esp32 สามารถใช้งานกับการเขียนโปรแกรมคำสั่งให้ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมต่อและส่งข้อมูลได้โดยผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และสามารถใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตซึ่ง แอปพลิเคชัน Blynk ก็ยังสามารถดูค่าปริมาณน้ำและแจ้งเตือนปริมาณน้ำกรณีปริมาณน้ำต่ำเกินไปหรือสูงเกินไป ดังรูปที่ 1



(ก) รูปย่อยที่ 1 แสดงการแจ้งเตือนปริมาณน้ำที่น้อย
รูปที่ 1 เป็นการแจ้งเตือนปริมาณน้ำในตัวแอปพลิเคชัน

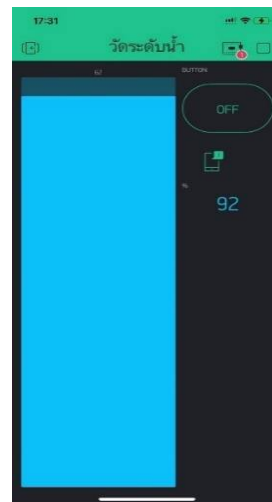


(ข) รูปย่อยที่ 2 แจ้งเตือนปริมาณน้ำมีมากเกินไป



(ก) รูปย่อยที่ 1 แสดงสถานะปั้มน้ำทำงาน

รูปที่ 2 เป็นการแสดงสถานะของการทำงานปั้มน้ำ



(ข) รูปย่อยที่ 2 แสดงสถานะปั้มน้ำไม่ทำงาน

จากผลการทดลองพบว่าทุกครั้งเมื่อทำการสั่งเปิดปั้มน้ำ ผ่านตัวแอปพลิเคชัน Blynk โดยกดปุ่ม Button Off ปั้มน้ำก็จะเปลี่ยนจากสถานะ Off เป็น On พร้อมสีในปั้มน้ำก็จะเปลี่ยนเป็นสีเขียว รูปที่ 2

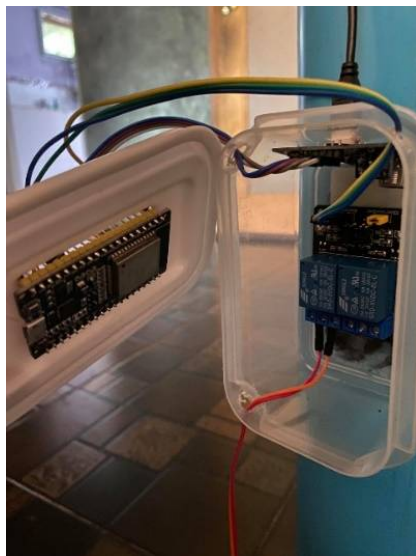
ตัวเซนเซอร์ก็จะมีการตรวจวัดปริมาณน้ำในขณะที่ปั้มน้ำทำงานทำให้สามารถรู้ปริมาณน้ำได้อย่าง Real-Time พร้อมกับการแจ้งเตือนหากปริมาณน้ำในถังกักเก็บมีมากเกินไปเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำล้นถังกักเก็บน้ำและแจ้งเตือนปริมาณน้ำเหลือน้อยเกินไป รูปที่ 1



(ก) รูปย่อยที่ 1 ด้านหน้าของชิ้นงาน



(ข) รูปย่อยที่ 2 ด้านบนของชิ้นงาน



(ค) รูปย่อยที่ 3 อุปกรณ์ภายในกล่อง

รูปที่ 3 ภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ



(ง) รูปย่อยที่ 4 แหล่งจากไฟ และปั้มน้ำ

รูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าตัวชิ้นงาน มีการต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และอุปกรณ์เหล่านี้สามารถส่งค่าข้อมูลควบคุมการทำงานของปั้มน้ำไปยังแอปพลิเคชัน Blynk แจ้งเตือนปริมาณน้ำผ่านตัวแอปพลิเคชัน Blynk

นำอุปกรณ์ไปทดสอบกับผู้ใช้งานจำนวน 41 คน ผู้เชี่ยวชาญ อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7.31 นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นปีที่ 1 – 4 ทั้งภาคปกติ และพิเศษ (เสาร์ – อาทิตย์) จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 92.69 พบว่าระบบสามารถแสดงค่าและควบคุมการทำงานของระบบได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ผู้วิจัยสามารถเขียนโปรแกรมควบคุม Node Mcu Esp32, Relay ให้แสดงค่าปริมาณน้ำจาก Sensor Jsn-sr04t ขึ้นไปแสดงบนแอปพลิเคชัน Blynk พร้อมกับการแจ้งเตือนระดับปริมาณน้ำ สูงเกินไปหรือต่ำเกินไป ด้วยเทคโนโลยี Internet of Things หรือ IoT ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานเฉลี่ยร้อยละ 89.80 (\bar{X} =4.49 S.D.=0.67)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ประเมินด้านการตอบสนองของระบบ			
1.1 การตอบสนองของระบบ	4.34	0.84	มาก
1.2 ประสิทธิภาพในการสั่งการ และส่งค่าข้อมูล	4.39	0.79	มาก
1.3 ความง่ายต่อการใช้งาน	4.34	0.78	มาก
รวม	4.36	0.81	มาก
2. ประเมินด้านการใช้งานของระบบ			
2.1 ความเสถียรในการส่งค่าปริมาณน้ำ	4.44	0.70	มาก
2.2 ความเสถียรในการสั่งการควบคุมปั้มน้ำ	4.51	0.74	มากที่สุด
2.3 ความเร็วในการส่งเสียงแจ้งเตือน	4.54	0.67	มากที่สุด
รวม	4.50	0.70	มาก
3. ประเมินด้านประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ			
3.1 เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.54	0.59	มากที่สุด
3.2 สามารถตรวจสอบปริมาณน้ำผ่านแอปพลิเคชัน BLYNK	4.39	0.73	มาก
3.3 สามารถควบคุมปั้มน้ำผ่านแอปพลิเคชัน BLYNK	4.41	0.73	มาก
รวม	4.45	0.68	มาก
โดยรวม	4.43	0.73	มาก

จากตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบพบว่าความคิดเห็นของผู้ที่ประเมินแบบสอบถามทั้งหมด 41 คน ที่มีความคิดเห็นต่อระบบตรวจสอบปริมาณน้ำและควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ แจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก (\bar{X} =4.43 S.D.=0.73) โดยมีประสิทธิภาพมากที่สุดตามลำดับของการประเมินคือการประเมินด้านการใช้งานของระบบ (\bar{X} =4.50 S.D.=0.70) การประเมินด้านการตอบสนองของระบบ (\bar{X} =4.35 S.D.=0.81) และการประเมินด้านประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ (\bar{X} =4.45 S.D.=0.68)

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ประเมินด้านการทำงานของระบบ			
4.1 สามารถสั่งการทำงานของปั้มน้ำผ่านแอปพลิเคชัน BLYNK	4.29	0.86	มาก
4.2 ความเร็วในการส่งค่าปริมาณน้ำจากเซนเซอร์มายังแอปพลิเคชัน BLYNK	4.44	0.63	มาก
4.3 สามารถดูการทำงานของปั้มน้ำผ่านแอปพลิเคชัน BLYNK	4.49	0.67	มาก
รวม	4.41	0.72	มาก
2. ประเมินด้านความสามารถในการใช้งานระบบ			
5.1 สามารถส่งค่าปริมาณน้ำ	4.59	0.58	มากที่สุด
5.2 สามารถสั่งการควบคุมปั้มน้ำ	4.59	0.49	มากที่สุด
5.3 สามารถส่งเสียงแจ้งเตือนปริมาณน้ำ ต่ำหรือสูง	4.51	0.63	มากที่สุด
รวม	4.56	0.57	มากที่สุด
3. ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งาน			
รายการ	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
6.1 ตรวจสอบปริมาณน้ำ ผ่านแอปพลิเคชัน BLYNK	4.68	0.56	มากที่สุด
6.2 ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ ผ่านแอปพลิเคชัน BLYNK	4.66	0.52	มากที่สุด
รวม	4.67	0.54	มาก
โดยรวม	4.55	0.61	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานพบว่าความคิดเห็นของผู้ประเมินแบบสอบถามจำนวน 41 คน ที่มีความคิดเห็นต่อระบบตรวจสอบปริมาณน้ำและควบคุมการทำงานของปั้มน้ำแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน Blynk มีระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับที่มากที่สุด (\bar{X} =4.55 S.D.=0.61) โดยมีประสิทธิภาพมากที่สุดตามลำดับคือประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้งาน (\bar{X} =4.67 S.D.=0.54) ประเมินด้านความสามารถในการใช้งานระบบ (\bar{X} =4.56 S.D.=0.57) และประเมินด้านการทำงานของระบบ (\bar{X} =4.41 S.D.=0.72)

การอภิปรายผล

จากการออกแบบการเชื่อมต่อการแจ้งเตือนระหว่าง Sensor Jsn-04t และ Blynk Notify โดยใช้ Node Mcu esp32 เป็นตัวประมวลผลหลักในการสั่งการและส่งค่าข้อมูล โดย Node Mcu esp32 จะทำการส่งค่าข้อมูลปริมาณน้ำในทีก็เก็บน้ำต่ำหรือสูงเกินไปพร้อมกับการแจ้งเตือนปริมาณน้ำ ส่งไปยัง Blynk Notify ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากทวิวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีการใช้หน่วยประมวลผล Node Mcu Esp8266 และตัววัดระยะระดับน้ำเป็น Sensor Srf04 ก็มักจะมีปัญหาความชื้นเข้าไปยังตัว Sensor ในระยะยาว และยังมีผลการประเมินผลในการวิจัยที่ออกมาแตกต่างจากผู้วิจัย เพราะทางบทวิวิจัยที่เกี่ยวข้องใช้การประเมินวัดผลโดยการเก็บตัวอย่าง จากการทดสอบระบบ เพื่อหาค่าระดับน้ำและอุณหภูมิ

แต่ในวิจัยของผู้จัดทำใช้อุปกรณ์เป็น Node Mcu Esp32 เป็นตัวประมวลผลหลัก และยังใช้ Sensor Jsn-04t เป็นตัววัดระดับน้ำ ซึ่งมีความคมทนต่อน้ำ และการประเมินผลวิจัย ทางผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เป็นนักศึกษา และอาจารย์ในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ในการทำแบบการประเมินผล

สาเหตุที่ทางผู้วิจัยได้ใช้กลุ่มตัวอย่างเดียวกัน ในการประเมินทั้ง 2 แบบ เนื่องเป็นจากกลุ่มตัวอย่าง เป็นผู้ที่มีความเข้าใจในตัวระบบ หลักการทำงานของระบบ และการเชื่อมต่อของตัว Hardware สะดวกต่อการเก็บข้อมูล และนำเสนอตัวชี้งาน เพื่อทำแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ ในการใช้งานจริง

บทสรุป

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการออกแบบ และสร้างระบบตรวจจับปริมาณน้ำในถังกักเก็บน้ำ โดยใช้ตัวเซนเซอร์ Ultrasonic เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับระดับน้ำในถังกักเก็บโดยมีตัวประมวลผล Node Mcu Eesp32 ทำหน้าที่ในการควบคุม และรับค่าระดับน้ำพร้อมกันนี้ตัว Node Mcu Esp32 ยังสามารถส่งค่าของระดับน้ำผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อแสดงระดับน้ำในถังกักเก็บ อีกทั้งผู้วิจัยได้ออกแบบให้ระบบสามารถควบคุมการทำงานของปั้มน้ำได้ โดยใช้ Relay ในการควบคุมการสั่งการทำงาน โดยมี Node Mcu Esp32 เป็นหน่วยประมวลผลหลัก และยังสามารถสั่งการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ส่วนตัวแอปพลิเคชัน Blynk ก็ยังสามารถแสดงค่าสถานะการทำงานของปั้มน้ำแสดงระดับน้ำ และแจ้งเตือนระดับน้ำในถังกักเก็บ จึงทำให้ผู้ใช้งานได้ทราบถึงปริมาณน้ำในแต่ละวันได้

ปัญหาที่ผู้วิจัยพบระหว่างการทำระบบคือตัว Sensor ที่ไม่สามารถตรวจจับน้ำได้โดยตรงเนื่องจากทางผู้วิจัยใช้ตัว Sensor Ultrasonic ในการตรวจจับระดับน้ำตัว Sensor ตัวนี้มีหลักการทำงานคือ จะทำการส่งคลื่นเสียงออกไปกระทบกับวัตถุที่เป็นของแข็ง และสะท้อนคลื่นกลับมาทางผู้วิจัยจึงมีวิธีการแก้ไขปัญหามาโดยการนำวัตถุมาวางไว้เหนือผิวน้ำเพื่อให้ตัว Sensor สามารถตรวจจับวัตถุที่เป็นของเหลวชนิดน้ำได้ และมองเห็นระดับน้ำในถังกักเก็บได้

จากผลการทดสอบระบบ พบว่าเมื่อนำอุปกรณ์ต้นแบบมาประกอบและนำมาให้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้ทดสอบการใช้งานของระบบความพึงพอใจของระบบ และได้รับผลตอบรับมาในทางที่ดี และช่วยในเรื่องของความสะดวกในการใช้งานที่ไม่ต้องเปิดปิดปั้มน้ำเองเมื่อต้องการใช้งาน ประหยัดค่าไฟ เนื่องจากตัวอุปกรณ์ Hardware แต่ละชิ้นกินไฟน้อย หากนำระบบมาพัฒนา หรือนำมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตจริงคาดว่าจะประหยัดไฟได้มาก และยังช่วยยืดอายุของการใช้งานปั้มน้ำได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ สุวรรณราช อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่า ค่อยแนะนำให้คำปรึกษา ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง ตลอดจน งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ จากใจจริง

เอกสารอ้างอิง

ปราโมทย์ ไม้กลัด. (2557, 9 มีนาคม). *ทางออกการบริหารจัดการน้ำของไทย*. Thailand development research institute : TDRI. <https://tdri.or.th/water/thaipublica20140309/>

จุฬาลักษณ์ ตะเกิงผล. (2556). *เทคโนโลยีสมัยใหม่*. Paperssheet. <http://paperssheet.blogspot.com/2013/01/blog-post.html>

ธรรมา บัวคำศรี. (2563, 22 มีนาคม). สถานการณ์น้ำในวิกฤตโลกร้อน. Greenpeace.

<https://www.greenpeace.org/thailand/story/11595/climate-coal-world-water-day-2020/>

มานิชญ์ แสงศิริ. (2562, 23 พฤษภาคม). Blynk : IoT Platform สนับสนุนจินตนาการสำหรับนวัตกรรม. SCMATH.

<https://www.scimath.org/article-technology/item/9820-blynk-iot-platform>

การพัฒนารูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน
อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

The Development of Proper Information Format for Sustainable Tourism in
San Kamphaeng District, Chiang Mai Province with the Participation of the
Community Members

จิตรภรณ์ ธาราพิทักษ์วงศ์^{1*} บุษราภรณ์ มัทธนชัย¹ ชนินทร์ มัทธนชัย¹ ทิวาวลัย ติงการ¹
และเกษรา ปัญญา¹

Jittaporn Tarapitakwong^{1*}, Butsaraporn Mahatthanachai¹, Chanin Mahatthanachai¹, Tiwawan Takran¹
and Ketsara Punya¹

^{1*} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

*Jittaporn@g.cmr.u.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวโบราณสถาน แหล่งผลิตภัณฑ์หัตถกรรมชุมชน และเพื่อพัฒนารูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน สำหรับเผยแพร่เทคโนโลยีสารสนเทศการท่องเที่ยวผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้นักท่องเที่ยวและประชาชนที่สนใจ ด้วยกระบวนการ SDLC ในรูปแบบ Adapted Waterfall งานวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้เกี่ยวข้องด้านการท่องเที่ยว ได้แก่ หน่วยงานราชการ ปรธานสภาวัฒนธรรม ปรธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และผู้นำชุมชนในอำเภอสนักำแพง มวกิเคราะห์ ออกแบบ และสร้างฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งสำรวจรูปแบบการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมในการนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยวที่สามารถแสดงข้อมูล บรรยากาศ และเส้นทางการเดินทาง เพื่อจัดทำแผนที่การท่องเที่ยวเชิงโบราณสถาน เชิงวัฒนธรรม และเชิงศิลปะหัตถกรรมในชุมชน โดยสามารถนำเสนอข้อมูลทั้งที่เป็น ข้อความ รูปภาพ วิดีโอเพื่อถ่ายทอดบรรยากาศ และเส้นทางการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวผ่านการอ่าน คิวอาร์โค้ด (QR code) นอกจากนี้ยังสามารถทำการติดตั้งแอปพลิเคชันแผนที่ในการเดินทางไปยังสถานที่สนใจบนสมาร์โฟนผ่านการอ่าน QR code หรือสามารถใช้แผนที่เดินทางผ่านทาง Website หลังจากการพัฒนากระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ ติดตั้งระบบ และทดลองใช้งาน ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้ระบบสารสนเทศ จากการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการแจกแบบสอบถามความพึงพอใจให้นักท่องเที่ยว และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการร่วมทำเวทีชุมชน รวมทั้งสิ้น 100 คน พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมจากการใช้ระบบสารสนเทศ คือ 4.69 ซึ่งเป็นความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ การท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน การมีส่วนร่วมของชุมชนแหล่งท่องเที่ยวชุมชน

Abstract

The objectives of this research are to create a database of tourist attractions that are archaeological sites, sources of community handicraft products and to develop appropriate information formats to enhance sustainable tourism potential in San Kamphaeng district, Chiang Mai province by the participation of the community members, for disseminate tourism information technology via the internet to tourists and general public who are interested with the SDLC process as an Adapted Waterfall Model. The research started from studying and collecting data from tourism related groups, including governmental agencies, the chairman of Cultural Council, the chairman of the community enterprise group, and the community leaders in San Kamphaeng District. These data were analyzed, designed, and built data storage in the form of electronic databases, as well as surveying the appropriate model for integration information technology in presenting tourist attractions that provides information about the atmosphere and directions for traveling. After that, the survey was conducted to find the appropriate information format which will be used to present the information as well as the tourist map for tourist attraction in the ancient, cultural and arts and handicrafts in the community. Information can be presented in texts, images and video, to convey the atmosphere of the tourist destination through reading QR Code. In addition, the map application can be installed on a mobile phone searching places of interest through reading QR codes or using traveling maps on the website after the development of information systems and implementation. The results of the satisfaction of using information systems for enhancing tourism potential were collected by analyzed data of the survey of tourists' satisfaction and those involved in the community forum were 100 people. The overall satisfaction in the trial of using information system is 4.69, which is very satisfied level.

Keywords: Information system, Sustainable Tourism, Community tourist attraction

บทนำ

เมืองเชียงใหม่เป็นเมืองเก่าที่มีประวัติศาสตร์มากกว่า 700 ปี โบราณสถานและโบราณวัตถุของเมืองเชียงใหม่ ล้วนแล้วแต่มีคุณค่าทางด้านศิลปะและประวัติศาสตร์ รวมถึงเป็นแหล่งหัตถกรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีตั้งแต่ในอดีตที่ผ่านมา และด้วยความที่มีประวัติศาสตร์อันยาวนานนี้ทำให้เมืองเชียงใหม่เป็นเมืองที่ชักจูงให้นักท่องเที่ยวที่มีความต้องการศึกษาความรู้ทางประวัติศาสตร์เข้ามาท่องเที่ยวมากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลมีนโยบายการส่งเสริมอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเชิงบูรณาการเพื่อช่วยในการกระตุ้นการสร้างการแข่งขันทางเศรษฐกิจของชุมชน ส่งเสริมการสร้างรายได้จากการท่องเที่ยวโดยใช้ประโยชน์จากอัตลักษณ์และเอกลักษณ์แห่งความเป็นไทยที่สะท้อนวัฒนธรรมท้องถิ่นและวิถีชีวิตชุมชน อาทิ การท่องเที่ยวเชื่อมโยงกับหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นการกระจายรายได้ไปสู่คนในชุมชนและท้องถิ่นทั่วประเทศอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

อำเภอสันกำแพง เป็นอู่อารยธรรมของอาณาจักรล้านนาตอนต้น ได้มีการค้นพบหลักศิลาจารึกที่เรียกกันว่า จารึกหมื่นตาบเรื่อน และจารึกบนฐานพระพุทธรูปพระเจ้าฝนครุฑ ความเจริญด้านอารยธรรมและวัฒนธรรมของสันกำแพงจึงมีมานับตั้งแต่นั้น ประกอบกับความอุดมสมบูรณ์ของทิวเขา แนวป่า สันกำแพงจึงเป็นแหล่งอารยธรรมฐานรากของล้านนาที่

เข้มแข็ง ซึ่งหลอมรวมความงดงามแห่งธรรมชาติเข้ากับวิถีชีวิตของผู้คน ให้กลายเป็นศิลปะอันประณีต ทั้งศิลปะในเชิงช่างและความประณีตในวิถีชีวิตที่สืบสายกันมาแต่บรรพบุรุษ หากย้อนกลับไปเมื่อราว 40 ปีก่อน ถนนทุกสายที่มุ่งมาเชียงใหม่ จะต้องผ่านอำเภอสันกำแพง ซึ่งถือเป็นประตูบานแรกของเชียงใหม่ เพื่อที่จะได้รู้จักและสัมผัสในความเป็นล้านนาพร้อมๆ กับชื่อเสียงของงานหัตถกรรม หัตถศิลป์ ที่มีชื่อ อำเภอสันกำแพงจึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงมากในจังหวัดเชียงใหม่ แต่เนื่องจากความเจริญอย่างรวดเร็วของการคมนาคมขนส่ง ถนนที่เคยตัดผ่านและเป็นเส้นทางให้นักท่องเที่ยวมาเที่ยวกลายเป็นถนนสายเล็กๆ เพราะมีถนนที่จะมุ่งสู่เชียงใหม่ได้อีกหลายเส้นทางโดยไม่ต้องผ่านอุ่ออารยธรรมฐานรากแห่งล้านนา จึงทำให้อำเภอสันกำแพงเริ่มซบเซาและนักท่องเที่ยวลดลง ขาดการประชาสัมพันธ์และการส่งเสริมการท่องเที่ยวในชุมชน สิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ได้ถูกปล่อยให้ทรุดโทรม ขาดการเอาใจใส่ให้ความสำคัญในการอนุรักษ์สิ่งที่บ่งบอกถึงความเจริญรุ่งเรืองและเรื่องราวต่างๆ ในอดีต แต่สิ่งที่ยังคงมีอยู่อย่างเข้มแข็งของคนในชุมชนคือ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และศิลปพื้นเมืองที่มีฝีมืออันประณีต (สำนักงานเทศบาลตำบลสันกำแพง, 2560) จากผลกระทบด้านการท่องเที่ยวที่มีจำนวนนักท่องเที่ยวลดลง จึงส่งผลทำให้คนในชุมชนสันกำแพงมีรายได้ลดลงตามไปด้วย ทำให้คนในชุมชนหันไปประกอบอาชีพอื่นและต้องออกไปทำงานนอกชุมชนมากขึ้น ทำให้ขาดการสืบทอดองค์ความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่นของงานหัตถกรรมที่สืบทอดมาตั้งแต่บรรพบุรุษ ตลอดจนขาดการเอาใจใส่ให้ความสำคัญในการอนุรักษ์สิ่งก่อสร้างที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ทำให้เกิดความทรุดโทรม

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้ร่วมมือกับชุมชนในการวิเคราะห์ปัญหาด้านการท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวโบราณสถาน แหล่งผลิตภัณฑหัตถกรรมชุมชน และดำเนินการพัฒนารูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน จากนั้นทำการประเมินผลความพึงพอใจในระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้น ในงานวิจัยนี้จะแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวไว้บนแผนที่ ซึ่งนักท่องเที่ยวและประชาชนที่สนใจสามารถเห็นรายละเอียดที่ตั้งของสถานที่ท่องเที่ยวเส้นทางในการเดินทางไปยังสถานที่ที่ต้องการ ภาพบรรยากาศของสถานที่ สื่อมัลติมีเดียแนะนำสถานที่ นอกจากนี้ระบบจะทำการแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของแหล่งท่องเที่ยว โบราณสถาน โบราณวัตถุ และการท่องเที่ยวเชื่อมโยงกับแหล่งผลิตหัตถกรรมจากภูมิปัญญาของคนในชุมชน เช่น การท่องเที่ยวเชื่อมโยงกับหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลและเข้าถึงข้อมูลโดยใช้รหัสคิวอาร์ (Quick Response Code : QR Code) การวิจัยครั้งนี้ใช้แหล่งเรียนรู้ภายในตำบลสันกำแพง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นต้นแบบในการพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยวของชุมชนอย่างยั่งยืน เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเชิงบูรณาการเพื่อช่วยในการกระตุ้นการสร้างการแข่งขันทางเศรษฐกิจของชุมชน ส่งเสริมการสร้างรายได้จากการท่องเที่ยวโดยใช้ประโยชน์จากอัตลักษณ์และเอกลักษณ์แห่งความเป็นไทยที่สะท้อนวัฒนธรรมท้องถิ่นและวิถีชีวิตชุมชน อาทิ การท่องเที่ยวเชื่อมโยงกับหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ การท่องเที่ยวเชื่อมโยงแหล่งเรียนรู้ทางวัฒนธรรม และการท่องเที่ยวเชื่อมโยงเชิงเกษตรและการอนุรักษ์ ซึ่งจะเป็นการกระจายรายได้ไปสู่คนในชุมชนและท้องถิ่นอย่างทั่วถึง ให้สอดคล้องกับแนวนโยบายยุทธศาสตร์ของชาติต่อไป อีกทั้งยังเป็นการสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์โบราณสถานและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนอีกด้วย ทั้งนี้นักท่องเที่ยวสามารถติดตั้งระบบสารสนเทศนี้ไว้บนสมาร์ตโฟนเพื่อความสะดวกในการเดินทางและค้นหาข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในชุมชนได้อีกด้วย

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) ประชากรกลุ่มตัวอย่างเพื่อพัฒนารูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนแบบมีส่วนร่วมในชุมชน ได้แก่ เจ้าหน้าที่หน่วยงานราชการงานส่งเสริมการท่องเที่ยว ประธานสภาวัฒนธรรม ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผู้นำชุมชน ประชาชนชุมชน ในอำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการตัดสินใจของผู้วิจัย และ โดยลักษณะของกลุ่มที่เลือกเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2) ประชากรกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดลองใช้ระบบสารสนเทศ ได้แก่ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการร่วมทำเวทีชุมชนและกลุ่มนักท่องเที่ยว โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) หากกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการร่วมทำเวทีชุมชนและนักท่องเที่ยวรายใดยินดีเข้าร่วมในการศึกษาคั้งนี้ก็นับเป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวในตำบลสนักำแพง อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำแนกตามประเภทข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิ ใช้การสำรวจภาคสนาม โดยการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์และการจัดกิจกรรมกลุ่มเพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกในการกำหนดแหล่งท่องเที่ยวภายในชุมชนที่ต้องการเผยแพร่และจำแนกประเภทของสถานที่ท่องเที่ยวในชุมชน จากกลุ่มตัวอย่างของงานวิจัย

2) ข้อมูลทุติยภูมิ ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประวัติความเป็นมาของแหล่งท่องเที่ยว โบราณสถาน โบราณวัตถุ และองค์ความรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่นของหัตถกรรมในชุมชน ตลอดจนศึกษาข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การบริหารส่วนตำบลสนักำแพง สำนักงานเทศบาลตำบลสนักำแพง หน่วยงานราชการงานส่งเสริมการท่องเที่ยวอำเภอสนักำแพง สำนักงานการท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัด สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมจังหวัดเชียงใหม่ และเอกสารอิเล็กทรอนิกส์จากการสืบค้นทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การใช้วิธีการเก็บข้อมูลที่หลากหลายเป็นสิ่งจำเป็นในการนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเพื่อให้นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่มีความสนใจได้รับรู้ข้อมูลและสามารถเห็นภาพบรรยากาศของสถานที่นั้นได้ โดยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

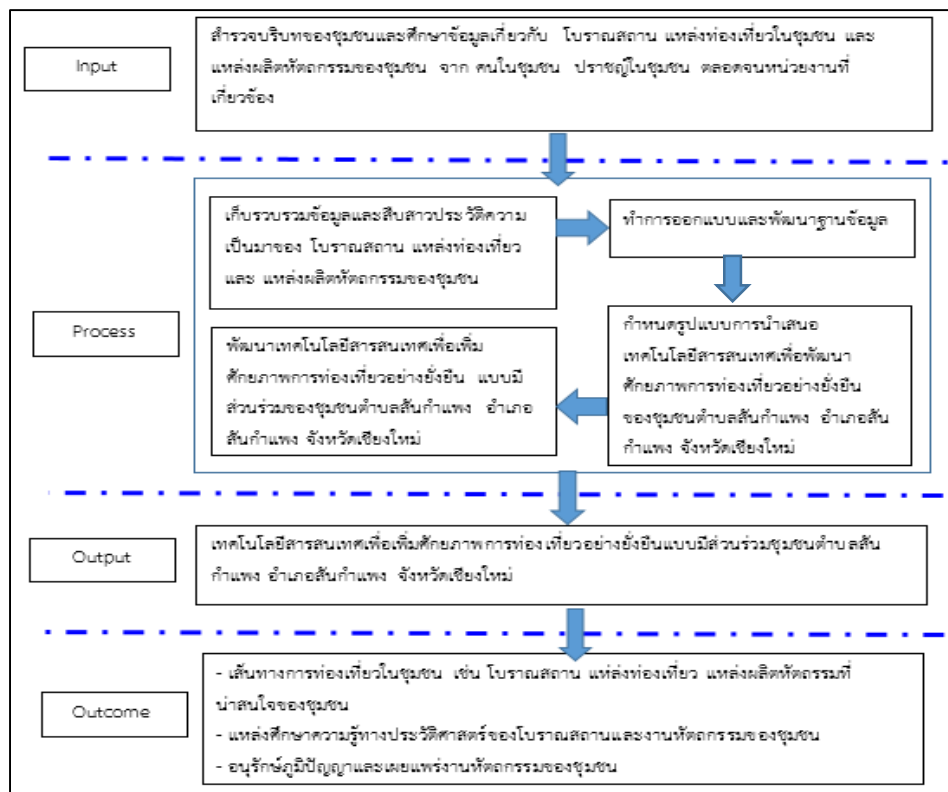
1) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง (Semi-structured Interview) เพื่อเก็บรวบรวมรูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมและข้อมูลในการจัดแบ่งประเภทของสถานที่ท่องเที่ยว สถานที่ท่องเที่ยว รวมถึงเก็บข้อมูลจากปราชญ์และผู้รู้ในชุมชนที่สามารถให้ข้อมูลและประวัติความเป็นมาของสถานที่ท่องเที่ยว จากการสร้างคำถามปลายเปิดที่มีรูปแบบและตอบคำถามแบบเรียงความสั้นๆ (Galletta & Cross, 2013) การสัมภาษณ์เป็นการสนทนากลุ่มโดยเจาะประเด็น (Focus group discussions) (Liamputtong, 2011) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศ

2) แบบสอบถาม (Questionnaire) ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการใช้แบบสอบถามเพื่อสำรวจวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เหมาะสมของสถานที่ท่องเที่ยวระหว่างผู้วิจัยและตัวแทนกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วย ผู้รู้และปราชญ์ชุมชน ผู้นำชุมชน องค์กรและหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ยังใช้แบบสอบถามในการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มผู้เกี่ยวข้องที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อให้

ทราบระดับความพึงพอใจในการทำงานแต่ด้านของระบบ พร้อมทั้งรวบรวมข้อเสนอแนะต่างๆ จากผู้ใช้งานเพื่อการแก้ไข และปรับปรุงระบบต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนารูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน เพื่อใช้ในการส่งเสริมการท่องเที่ยว และมุ่งหวังในการรวบรวม และเผยแพร่องค์ความรู้ของชุมชนไปสู่บุคคลและหน่วยงานอื่นๆ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยกระบวนการการมีส่วนร่วม (Participatory Action Research; PAR) (วรรณดี สุทธินารกร, 2557) ของคนในชุมชนเพื่อส่งเสริมให้ชุมชน ได้มีโอกาส พัฒนาศักยภาพชุมชน โดยมีกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังรูปที่ 1 และมีวิธีการวิจัยดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนาารระบบสารสนเทศ

1) กระบวนการเก็บรวบรวมสถานที่ท่องเที่ยวที่ต้องการประชาสัมพันธ์ และจัดจำแนกประเภทของสถานที่ รวมถึง ข้อมูลประวัติความเป็นมาของสถานที่ท่องเที่ยว ด้วยวิธีการดังนี้

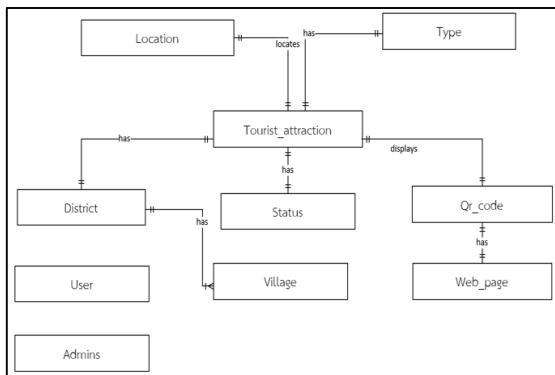
1.1) สร้างแนวทางการพัฒนาเพื่อเตรียมพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนในชุมชนตำบลสนักำแพง อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยจัดเวทีชุมชนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สร้างความเข้าใจระหว่างกลุ่มผู้วิจัยและกลุ่มผู้เกี่ยวข้อง โดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่ออกแบบไว้ สำหรับหารูปแบบของระบบสารสนเทศที่เหมาะสมและตรงกับบริบทของชุมชน แบ่ง ประเภทของแหล่งท่องเที่ยว และให้กลุ่มเสนอแหล่งท่องเที่ยวในชุมชนเพื่อนำมาสร้างเส้นทางเดินทาง รวมถึงรูปแบบของการนำเสนอข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวนั้น ๆ เพื่อใช้ในการประชาสัมพันธ์

1.2) เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและจัดจำแนกประเภทของสถานที่ท่องเที่ยว รวมถึงข้อมูลประวัติความเป็นมาของสถานที่ท่องเที่ยวที่ต้องการเผยแพร่

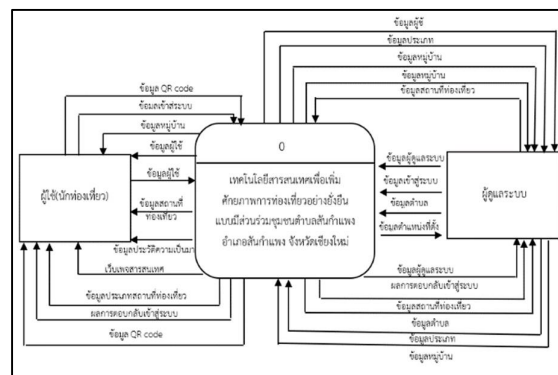
1.3) ศึกษา ค้นคว้าและจัดเก็บข้อมูลประวัติความเป็นมา และทำการออกแบบระบบเพื่อสร้างแผนที่แนะนำการท่องเที่ยวที่เป็นสถานที่เป้าหมายที่ได้จากการจัดประชุมกลุ่ม

2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ขั้นตอนนี้ได้นำข้อมูลและองค์ความรู้ต่างๆ ที่เก็บรวบรวมจากปราชญ์ชุมชน ผู้นำชุมชน ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง กับสถานที่ท่องเที่ยว และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงรูปแบบระบบสารสนเทศที่เหมาะสมในการนำเสนอที่ได้จากการสำรวจความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย มาทำการวิเคราะห์เพื่อทำการแปลงคำอธิบายต่างๆ ของทางเลือกที่เป็นคำตอบของการแก้ปัญหาให้เป็นข้อกำหนดคุณลักษณะทั้งเชิงตรรกะ(logical) และเชิงกายภาพ(physical) รวมถึงการออกแบบฐานข้อมูลระดับแนวคิดเกิดเป็นผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (E-R Diagram) และผังระบบ (Context Diagram) (ดังรูปที่ 2) และออกแบบส่วนประสานงานผู้ใช้ระบบร่วมกับชุมชนเพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน



(ก) ผังความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล



(ข) ผังระบบ

รูปที่ 2 แสดงผังความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล และผังระบบ

3) ดำเนินการพัฒนากระบบสารสนเทศ จากรูปแบบระบบสารสนเทศที่ได้สำรวจและออกแบบในขั้นตอนที่ 2 โดยใช้วงจรชีวิตการพัฒนากระบบ (System Development Life Cycle; SDLC) แบบ Adapted Waterfall ซึ่งแต่ละขั้นตอนสามารถย้อนกลับมายังขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดได้ (โอกาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560) แล้วทดสอบและทำการปรับแก้ก่อนนำมาทดลองใช้งาน

4) สำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1) สำรวจความพึงพอใจด้วยการแจกแบบสอบถามแก่ผู้ใช้ระบบและนักท่องเที่ยว รวมจำนวน 100 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Haphazard or Accidental Sampling) จากผู้ใช้ระบบและนักท่องเที่ยวที่ให้ความร่วมมือตอบแบบสอบถาม

4.2) วิเคราะห์และแปลผลแบบสอบถาม โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านสถิติในการหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นสรุปผลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา

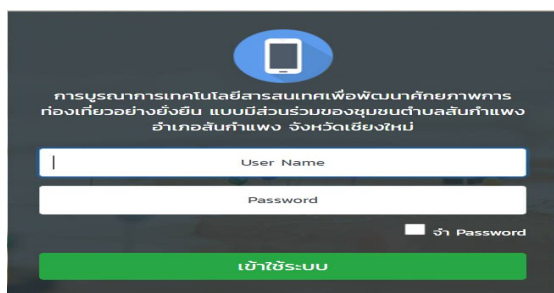
ผลการวิจัย

1) การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่มนักวิจัยและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่ ผู้นำชุมชน ประชาชน ชุมชน หน่วยงานราชการที่ดูแลด้านการท่องเที่ยวในอำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวที่อยู่ในชุมชนและจัดกลุ่มสถานที่ท่องเที่ยว พบว่า ผู้เข้าร่วมประชุมต้องการนำเสนอและประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวแบ่งเป็นกลุ่มดังนี้ (1) สถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม (2) สถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นโบราณสถาน/โบราณวัตถุ (3) สถานที่ท่องเที่ยวเชิงศิลปะ/หัตถกรรม/ภูมิปัญญาท้องถิ่น (4) สถานที่ท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ/เชิงการอนุรักษ์

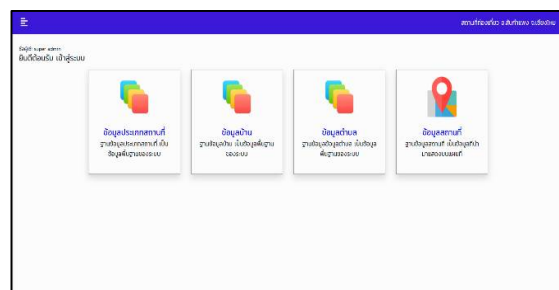
2) การหารูปแบบระบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมและประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวในชุมชน ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้างจากผู้เกี่ยวข้อง จำนวน 30 คน ประกอบด้วย นักท่องเที่ยว เจ้าหน้าที่งานส่งเสริมการท่องเที่ยวเทศบาลตำบลสนักำแพง เจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลสนักำแพง พัฒนาชุมชน พัฒนาการอำเภอสนักำแพง เกษตรอำเภอ ประธานวัฒนธรรม ผู้นำชุมชน ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน หัวหน้าศูนย์จัดแสดงจำหน่ายและกระจายสินค้า OTOP จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแทนเจ้าอาวาสจากวัดป่าแดง ซึ่งได้ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของรูปแบบการพัฒนาสารสนเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ต้องการให้นำเสนอในลักษณะเว็บไซต์แสดงเส้นทางท่องเที่ยวในลักษณะของแผนที่ในชุมชนคล้ายๆ กับการแสดงแผนที่ใน Google map โดยแสดงข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ภาพบรรยากาศที่มีการเคลื่อนไหว แหล่งอำนวยความสะดวกที่อยู่ใกล้สถานที่ท่องเที่ยว มีการนำเสนอข้อมูลผ่าน QR Code และติดตั้งระบบสารสนเทศบนสมาร์ตโฟนเพื่อความสะดวกต่อการใช้งานของนักท่องเที่ยว

3) การพัฒนาสารสนเทศ โดยใช้วงจรชีวิตการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle; SDLC) ในรูปแบบ Adapted Waterfall ทำการวิเคราะห์กระบวนการทำงาน และออกแบบฐานข้อมูลหลังจากนั้นจึงทำการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลและจัดการส่วนการประสานการทำงานระหว่างระบบกับผู้ใช้งาน ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

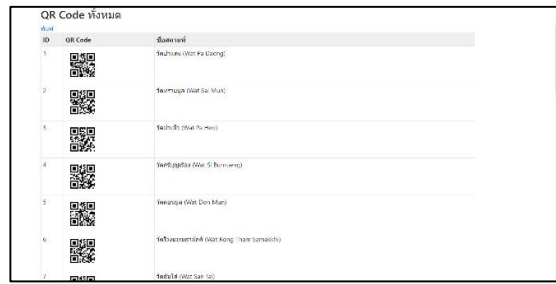
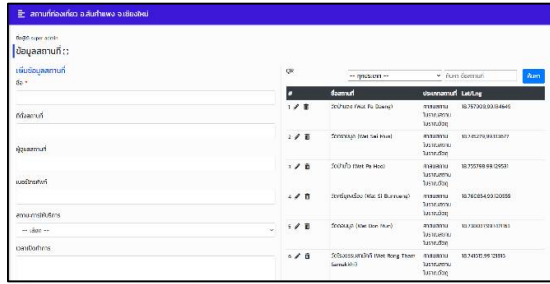
3.1) ส่วนการประสานการทำงานระหว่างระบบกับผู้ใช้ซึ่งเป็นผู้ดูแลระบบ ดังรูปที่ 3 โดยผู้ดูแลระบบสามารถดำเนินการจัดการข้อมูลระบบผ่าน URL : <https://www.toursankamphaeng.cmru.ac.th/admin/index.php>



(ก) รูปการ login เข้าสู่ระบบ



(ข) รูปการเลือกส่วนเชื่อมต่อในการเข้าดำเนินการแต่ละส่วน



(ค) รูปการจัดการข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว

(ง) รูป QR Code ที่ระบบสร้างเมื่อบันทึกสถานที่ท่องเที่ยว

รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างส่วนการประสานการทำงานระหว่างระบบกับของผู้ดูแลระบบ (Admin)

3.2) ส่วนการประสานการทำงานระหว่างระบบกับผู้ใช้ซึ่งเป็นกลุ่มนักท่องเที่ยว ซึ่งในส่วนนี้ได้ทำการนำเสนอข้อมูลใน 2 รูปแบบ ดังนี้

3.2.1) การนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีการสแกนผ่าน QR Code จากเอกสาร/แผ่นพับที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4 เพื่อแสดงภาพบรรยากาศของสถานที่ท่องเที่ยวผ่านสื่อมัลติมีเดีย ดังรูปที่ 5 ซึ่งนักท่องเที่ยวสามารถใช้งานระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมสแกน QR Code ทั่วไป อาทิเช่น QR Code ในโปรแกรมสนทนาไลน์ (Line) ในโปรแกรมเฟซบุ๊ก (Facebook) หรือในโปรแกรมสแกน QR Code ในสมาร์ตโฟน



รูปที่ 4 การนำเสนอสถานที่ท่องเที่ยวโดยใช้ QR Code สแกนผ่านเอกสาร/แผ่นพับช่วยในการประชาสัมพันธ์



(ก) สื่อวิดีโอแนะนำแหล่งท่องเที่ยวคุณยุวัฒน์ธรรม



(ข) สื่อวิดีโอแนะนำแหล่งท่องเที่ยววิสาทิก

พิพิธภัณฑ์ผ้าไหมเส้นกำแพง



(ค) สื่อวิดีโอแนะนำเสนอแหล่งท่องเที่ยววัดป่าแดง

ชุมชนกลุ่มหัตถกรรมตีลายแผ่นแร่และไม้

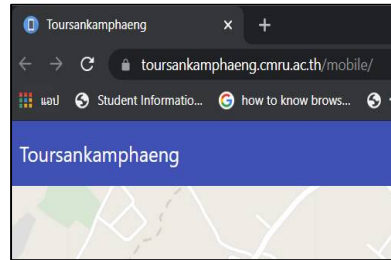


(ง) สื่อวิดีโอแนะนำเสนอแหล่งท่องเที่ยวศูนย์การเรียนรู้

เศรษฐกิจพอเพียง : เกษตรทฤษฎีใหม่

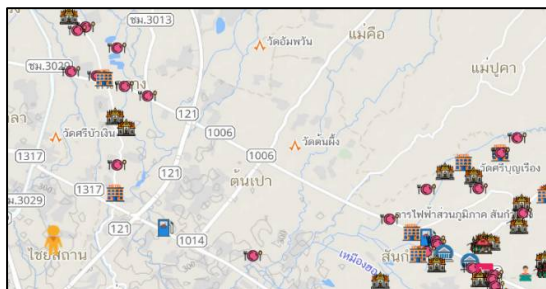
รูปที่ 5 แสดงบรรยากาศสถานที่ท่องเที่ยวผ่านสื่อมัลติมีเดีย จากการการสแกนผ่านเทคโนโลยี QR Code

3.2.2) การนำเสนอข้อมูลด้วยการเรียกใช้งานระบบสารสนเทศ สามารถทำได้ 3 ช่องทาง คือ (1) เรียกใช้ URL : <https://www.toursankamphaeng.cmru.ac.th/mobile/> ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ (2) การติดตั้งแอปพลิเคชันไว้บนสมาร์ตโฟน (3) โดยการสแกนผ่านเทคโนโลยี QR Code ดังรูปที่ 6 และเมื่อมีการเรียกใช้งานระบบสารสนเทศ จะปรากฏหน้าจอแผนที่การท่องเที่ยวชุมชน ซึ่งนักท่องเที่ยวสามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยว และดูรายละเอียดข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวก่อนเดินทาง โดยระบบจะแสดงเส้นทางในการเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง รวมถึงสถานบริการที่อำนวยความสะดวกที่ตั้งอยู่บริเวณใกล้เคียง ดังรูปที่ 7 นอกจากนี้ นักท่องเที่ยวสามารถเลือกดูรายละเอียดในการนำเสนอข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวทั้งในรูปแบบการบรรยายเป็นข้อความ ภาพถ่าย และคลิปสื่อมัลติมีเดียในการบรรยายถึงบรรยากาศของสถานที่ท่องเที่ยว ดังรูปที่ 8

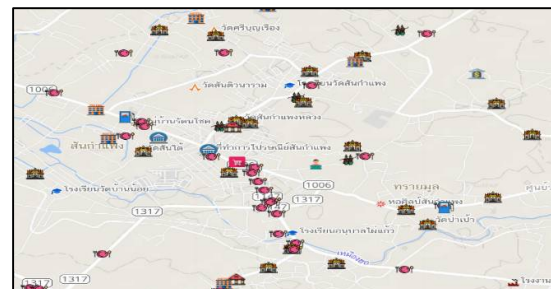


(ก) การสแกนผ่าน QR Code (ข) การใช้แอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟน (ค) การพิมพ์ชื่อ URL ผ่าน Web Browser

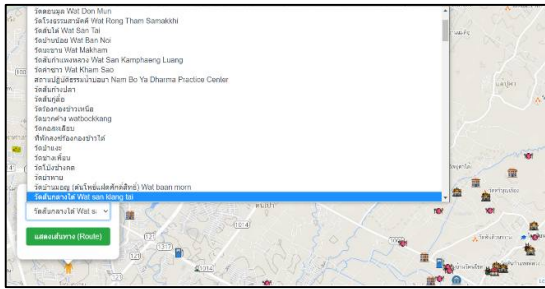
รูปที่ 6 แสดงวิธีการเข้าใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยว ชุมชนตำบลสันกำแพง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่



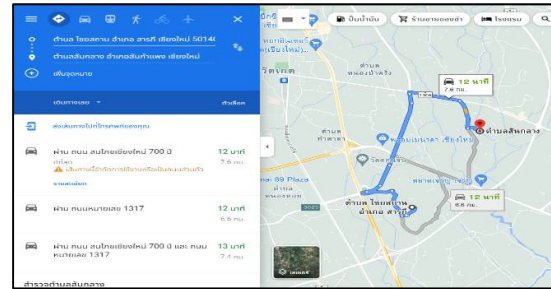
(ก) แสดงพิกัดของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ



(ข) แสดงตำแหน่งของสถานที่ท่องเที่ยวในชุมชน

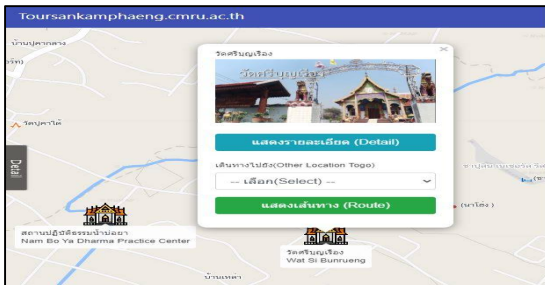


(ค) แสดงการเลือกสถานที่ท่องเที่ยว

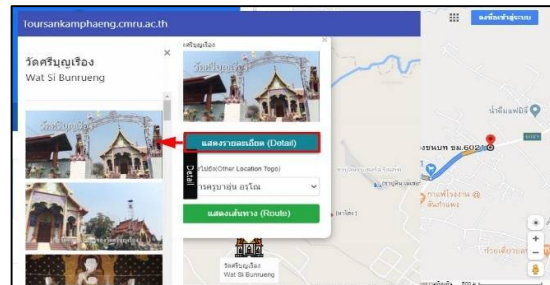


(ง) แสดงเส้นทางการเดินทางและเวลาในการเดินทาง

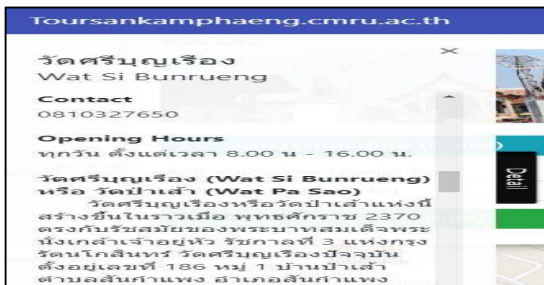
รูปที่ 7 แสดงแผนที่การท่องเที่ยว ตำบลสนักำแพง อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่



(ก) แสดงการเลือกสถานที่เพื่อดูข้อมูล



(ข) แสดงภาพถ่ายของสถานที่ท่องเที่ยว



(ค) แสดงรายละเอียดข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว



(ง) แสดงคลิปสื่อบรรยายบรรยากาศสถานที่ท่องเที่ยว

รูปที่ 8 แสดงรายละเอียดในการนำเสนอข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว

4) ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้ระบบสารสนเทศ ซึ่งได้จากแบบสอบถามจำนวน 100 ชุด มาทำการประมวลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางด้านสถิติ (Descriptive Research) ค่าสถิติที่ใช้ในการอธิบายโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยมีผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปรายละเอียดผลการประเมินแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน (n=100)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความพึงพอใจ
1. ความพึงพอใจด้านเนื้อหา	4.61	0.52	มากที่สุด
2. ความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดการรูปแบบ	4.68	0.51	มากที่สุด
3. ระดับความพึงพอใจด้านการใช้งาน	4.67	0.49	มากที่สุด
4. ความพึงพอใจในเรื่องความสะดวกในการใช้ระบบสารสนเทศ	4.81	0.39	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.69	0.48	มากที่สุด

ผลความพึงพอใจในภาพรวม มีค่าเฉลี่ย คิดเป็น 4.69 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 จัดอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยเรียงลำดับความพึงพอใจจากไปน้อย คือ ด้านความพึงพอใจในเรื่องความสะดวกในการใช้ระบบสารสนเทศ มีค่าเฉลี่ย 4.81 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.39 รองลงมาคือ ความพึงพอใจด้านการออกแบบและการจัดการรูปแบบ มีค่าเฉลี่ย 4.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 ถัดมาเป็นความพึงพอใจด้านระดับความพึงพอใจด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.49 และความพึงพอใจด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.52 ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการพัฒนาระบบสารสนเทศฯ ในครั้งถัดไป เกี่ยวกับ การนำเสนอข้อมูลในแผนที่ควรแยกเป็น 2 ภาษา และสามารถเลือกใช้ภาษาได้ และควรนำเอกสารการเผยแพร่เรื่องการท่องเที่ยวฝากไว้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายๆ แห่ง

การอภิปรายผล

อำเภอสนักำแพง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอู่อารยธรรมของอาณาจักรล้านนาตอนต้นซึ่งมีความเจริญถือเป็นแหล่งอารยธรรมและวัฒนธรรมอันเป็นฐานรากของล้านนาที่เข้มแข็ง ซึ่งหลอมรวมความงดงามแห่งธรรมชาติเข้ากับวิถีชีวิตของผู้คนให้กลายเป็นศิลปะอันประณีต ทั้งศิลปะในเชิงช่าง และความประณีตในวิถีชีวิตที่สืบสายกันมาแต่บรรพบุรุษ อำเภอสนักำแพงจึงมีแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงมากแห่งหนึ่งในจังหวัดเชียงใหม่ แต่เนื่องจากความเจริญอย่างรวดเร็วของการคมนาคมขนส่งถนนที่เคียดตัดผ่านและเป็นเส้นทางให้นักท่องเที่ยวมาเที่ยวกลายเป็นถนนสายเล็กๆ เพราะมีถนนที่จะมุ่งสู่เชียงใหม่ได้อีกหลายเส้นทางโดยไม่ต้องผ่านอู่อารยธรรมฐานรากแห่งล้านนา จึงทำให้อำเภอสนักำแพงเริ่มซบเซาและนักท่องเที่ยวลดลง จากผลกระทบด้านการท่องเที่ยวจึงส่งผลทำให้คนในชุมชนมีรายได้ลดลงตามไปด้วย จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ร่วมมือกับชุมชนในการวิเคราะห์ปัญหาด้านการท่องเที่ยวที่เหมาะสมกับบริบทของชุมชนเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวและเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้แก่ชุมชนอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พงณา สวนศรีและคณะ (2557) และดวงพร อ่อนหวาน และคณะ(2559) ที่ให้ผู้เกี่ยวข้องในชุมชนช่วยกันพัฒนาตลอดถึงมีบทบาทในการหาวิธี หารูปแบบในการนำเสนอและประชาสัมพันธ์โดยคนในชุมชนซึ่งมีความยั่งยืนมากกว่าการส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยการพึ่งพิงองค์กรอื่นโดยที่ชุมชนไม่มีส่วนร่วมถึงแม้จะประสบความสำเร็จจากการมีสื่อและช่องทางทางการตลาดที่ทันสมัย แต่หากชุมชนไม่ขยับเข้ามาเรียนรู้และจัดการด้วยตัวเอง ให้มีความรอบรู้เท่าทันและเพิ่มความหลากหลายของช่องทางก็จะมีความเสี่ยงเรื่องความยั่งยืน ในการนำเสนอรูปแบบการท่องเที่ยวในครั้งนี้ ได้นำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด (QR Code) มาประยุกต์ใช้ในการให้ข้อมูลนำชมสถานที่ท่องเที่ยวในชุมชน เนื่องจากสามารถทำได้ง่าย มีการตอบสนองที่รวดเร็ว และสามารถเชื่อมโยงเพื่อนำเสนอข้อมูลทั้งรูปแบบที่เป็นข้อความ ภาพ และสื่อมัลติมีเดีย ซึ่งจะเห็นว่ามีงานวิจัยหลายงานที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี QR Code ในการนำเสนอข้อมูล เช่น งานวิจัยของไพศาล กาญจนวงค์ และอาภททิพย์ กาญจนวงค์ (2560) ที่นำเอา QR Code ไปใช้เพื่อให้บริการข้อมูลแก่

นักท่องเที่ยวในวัดพระธาตุตอดยสุเทพวรวิหาร เชียงใหม่ โดยให้บริการข้อมูล 3 ภาษา และงานวิจัยของ วาสนา สันติธีรากุล และคณะ (2561) ที่นำเอา QR Code มาใช้ในการพัฒนารูปแบบการให้บริการข้อมูลกับนักท่องเที่ยวในการจัดแสดงสิ่งของใน ศูนย์วัฒนธรรมเฉลิมราชพิพิธภัณฑ์ผ้าไหมสันกำแพง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดีมากเช่นเดียวกัน อีกทั้งการนำเทคโนโลยี QR Code มีการนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย และได้รับความนิยมและนำมาประยุกต์ใช้งานด้านการเดินทาง และการท่องเที่ยวเป็นอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับข้อคิดเห็นของ สุรินทร์ เพชรไทย (2558) ยิ่งไปกว่านั้น การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการประยุกต์เทคโนโลยี QR Code ที่มีลิงค์เชื่อมโยงข้อมูลมาใช้เป็นแบบอย่างในการพัฒนาเพื่อนำเสนอข้อมูลและประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวในชุมชนผ่านแผนที่การท่องเที่ยวและประชาสัมพันธ์ เพื่อให้ นักท่องเที่ยวสามารถวางแผนการเดินทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวได้ด้วยตัวเอง และทำการเชื่อมโยงเพื่อให้ได้รับรู้ข้อมูล และเห็นสถานที่ผ่านทางสื่อ/คลิปในการนำเสนอบรรยากาศของสถานที่จริงซึ่งจะทำให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรีดา สามงามยา และสุพัตรา ศรีสุวรรณ (2563) ที่ได้นำสื่อเทคโนโลยีอัจฉริยะที่มีลิงค์เชื่อมโยงแสดงข้อมูล มัลติมีเดีย เว็บไซต์ เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ และคลิปลิงก์ ซึ่งพบว่า นักท่องเที่ยวมีความรู้สึกชอบ มีความสนใจเนื้อหาที่นำเสนอ และมีความพึงพอใจในการใช้แผนที่ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าระดับคะแนนเฉลี่ยระดับมากที่สุด

บทสรุป

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม โบราณสถาน/โบราณวัตถุ เชิงศิลปะ/หัตถกรรม/ภูมิปัญญาท้องถิ่น และเชิงธรรมชาติ/การอนุรักษ์ โดยชุมชนมีส่วนร่วม และทำการประยุกต์วงจรชีวิตการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle; SDLC) ในรูปแบบ Adapted Waterfall มาใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศซึ่งอาศัยเทคโนโลยีอัจฉริยะที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วผ่านสมาร์ทโฟน โดยระบบสามารถแสดงแผนที่การเดินทางและแหล่งท่องเที่ยวชุมชน โดยการสแกนผ่าน QR Code ที่มีลิงค์เชื่อมโยงให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน และเปิดใช้งานกล้องเพื่อทำการสแกนและผสานโลกแห่งความเป็นจริงเสมือนเข้ากับเนื้อหา เช่น สื่อมัลติมีเดีย คลิปลิงก์ และแนะนำแหล่งท่องเที่ยว ภาพ เนื้อหาข้อมูล และเว็บไซต์ ที่เชื่อมโยงไว้ ซึ่งผลจากการวิจัย พบว่า ระบบสารสนเทศสามารถทำงานได้ตรงตามขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการวิจัย และมีผลประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มศักยภาพการท่องเที่ยว จากผู้ใช้งาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย คิดเป็น 4.69 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในการพัฒนาระบบสารสนเทศฯ ในครั้งถัดไปเกี่ยวกับการนำเสนอข้อมูลในแผนที่ควรแยกเป็น 2 ภาษา สามารถเลือกใช้ภาษาได้ และควรนำเอกสารการเผยแพร่เรื่องการท่องเที่ยวฝากไว้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหลายๆ แห่ง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ(วช.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการสนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัย ในครั้งนี้ จนสามารถดำเนินโครงการสำเร็จตามวัตถุประสงค์เพื่อเป็นตัวอย่างการศึกษาสำหรับผู้สนใจต่อไป

ขอขอบพระคุณนายอนันต์ สุคันธรส ประธานสภาวัฒนธรรมอำเภอสันกำแพง เจ้าหน้าที่หน่วยงานราชการงานส่งเสริมการท่องเที่ยว รวมถึงผู้นำชุมชน ปราชญ์ชุมชน ในอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลและความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัยจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

รวมถึงมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนการวิจัยในเรื่องของสถานที่ที่เอื้ออำนวยต่อการทำวิจัยและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนผู้เขียนหนังสือและบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัยจนสามารถทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จ รวมทั้งขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในด้านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ดวงพร อ่อนหวาน พิชาพิมพ์ จันทร์พรหม สวิชญา ศุภอุดมฤกษ์ ตรีรัตน์และลัดดา ปินตา. (2559). แผนงานวิจัยการสร้างความรู้
เข้มแข็งให้ชุมชนบนพื้นที่สูงโดยใช้การท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นเครื่องมือ กรณีศึกษาอำเภอภักดีชุมพล จังหวัด
เชียงใหม่ (ระยะที่ 2). รายงานการวิจัย. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
กรุงเทพฯ.
- นิติศักดิ์ เจริญรูป.(2560). การประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสริมเพื่อนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว : กรณีศึกษาวัดพระแก้ว
จังหวัดเชียงราย. วารสารวิทยาการจัดการสมัยใหม่, 10(1), 13-30.
- ปรีดา สามงามยา และสุพัตรา ศรีสุวรรณ.(2563). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร และ
วัฒนธรรมของฐานเรียนรู้ชุมชนบ้านท่าคอย อำเภอศรีประจันต์จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสาร มจร สังคมศาสตร์
ปริทรรศน์. 9(4): 190-200.
- พจนา สวนศรี ฐิติ ฐิติจำเริญพร และกฤตดา อีราทิตยกุล. (2559). ศึกษาศักยภาพและแนวทางการพัฒนาตลาดการท่องเที่ยว
โดยชุมชนในประเทศไทยและกลุ่มประเทศอาเซียน. รายงานการวิจัย. สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและ
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.
- วรรณดี สุธินรากร. (2557). การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมและกระบวนการทางสำนึก. สำนักพิมพ์สยาม: กรุงเทพฯ.
- วาสนา สันติธีรากุล ทิวาลัย ติงการ จิตรภรณ์ ธาธาพิทักษ์วงศ์ ชนินทร์ มหัทธนชัย และบุษราภรณ์ มหัทธนชัย. (2561).
การพัฒนารูปแบบสารสนเทศที่เหมาะสมเพื่อการจัดแสดงสิ่งของในศูนย์วัฒนธรรมเฉลิมราชพิพิธภัณฑน์ผ้าไหมสัน
กำแพง ตำบลสันกำแพง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน. ใน การประชุมวิชาการ
ระดับนานาชาติและระดับชาติ ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ 5 2-5 ธันวาคม 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. เพชรบุรี.
496-501
- สุรินทร์ เพชรไทย.(2558) ท่องเที่ยวเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยี Augmented Reality (AR). ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ
ครั้งที่ 2 22 ธันวาคม 2558. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร. 92-102.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12
(พ.ศ. 2560 - 2564. ค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2563. <http://www.ldd.go.th/www/files/78292.pdf>.
- สำนักงานเทศบาลตำบลสันกำแพง.(2560) ประวัติความเป็นมาของถนนคนเดินสันกำแพง. ค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2563.
<http://www.sankamphaeng.go.th/walking-street/>.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม). ซีเอ็ดดูเคชั่น: กรุงเทพฯ.
- Galletta, A., & Cross, W. (2013). Mastering the Semi-Structured Interview and Beyond: From Research Design
to Analysis and Publication. NYU Press. New York.
- Liamputtong, P. (2011). Focus Group Methodology: Principles and Practice. SAGE Publications Ltd. London.

ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ Logistic efficiency of machine shop in Muang district, Samutprakan province

ฤดี นียมรัตน์^{1*} พงษกร อินทร์เฉลิม¹ และอินธิพล พันธฤทธิ¹
Ruedee Niyomrath^{1*}, Pongsakorn Inchalerm¹ and Ittipon Pantarit¹

^{1*}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร

*s61122502003@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถาม นำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์จำนวน 3 ด้าน กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย ได้แก่ โรงกลึงในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 13 โรงงาน เก็บข้อมูลได้จำนวน 4 โรงงาน (ร้อยละ 30.77) ผลการวิจัยพบว่า โรงกลึงในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีประสิทธิภาพด้านความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่ได้เปรียบ ทั้ง 4 ตัวชี้วัดของทั้ง 4 โรงงาน ได้แก่ ความสามารถในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า ความสามารถในการส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง และความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า สำหรับประสิทธิภาพด้านต้นทุน พบว่ามีจำนวน 4 ตัวชี้วัดที่ทุกโรงงานอยู่ในระดับได้เปรียบ ได้แก่ ต้นทุนการให้บริการลูกค้า ต้นทุนการจัดซื้อจัดหา ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการบริหารคลังสินค้า สำหรับประสิทธิภาพด้านเวลาพบว่า ทั้ง 4 โรงงานอยู่ในระดับได้เปรียบ จำนวน 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ ระยะเวลาการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้า และระยะเวลาการจัดซื้อ ส่วนตัวชี้วัดระยะเวลาในการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท และระยะเวลาในการถือครองและการบรรจุภัณฑ์สินค้านั้นมี 2 โรงงาน (ร้อยละ 50) ที่อยู่ในระดับมีปัญหา

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ โลจิสติกส์ โรงกลึง

Abstract

Research on the logistics efficiency of lathes in Muang District Samut Prakan Province aimed to study and analyze the logistics efficiency of the lathe. in Muang District Samut Prakan Province Quantitative data were collected using questionnaires. To analyze the efficiency of logistics in 3 areas. The target group of the research is the lathe in Muang district. Samut Prakan Province, 13 factories, collecting data for 4 factories (30.77%). Lathe factory in Muang district Samut Prakan Province The reliability efficiency is at an advantageous level in all 4 indicators of both 4 factories, including the ability to deliver goods to customers Delivery capacity of the forwarder Shipping department's shipping capacity and accuracy in forecasting customer needs As for cost efficiency, it was found that there were 4 indicators in which all factories were in an advantageous level, namely cost of customer service. procurement costs transportation costs and cost of warehouse management In terms of time efficiency, it was found that all 4 factories were at an

advantageous level with 2 indicators as follows: Customer order response time and purchasing period As for the indicators of the delivery time of orders within the company. And the holding period and product packaging, there are 2 factories (50 percent) that are at the level of problems.

Keywords: Efficiency, Logistics, Machine shop

บทนำ

ในการประกอบกิจการเกือบทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นภาคเกษตรกรรม อุตสาหกรรมหรือแม้แต่ภาคบริการต่างๆ มีความเชื่อมโยงกับการผลิต โดยใช้เครื่องจักรกล เนื่องจากสินค้าที่ผลิตได้จากเครื่องจักรมักเป็นส่วนประกอบหรือเครื่องมืออุปกรณ์ที่นำไปใช้ในการผลิตสินค้า การทำการเกษตร รวมทั้งการให้บริการ ดังนั้น การเติบโตของธุรกิจโรงกลึงจึงขึ้นอยู่กับ การขับเคลื่อนของภาคการลงทุนและเศรษฐกิจภายในประเทศเป็นสำคัญ เนื่องจากโรงกลึงเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมต้นน้ำที่สนับสนุนการผลิตในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมหล่อโลหะ อุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนทางกลและทางไฟฟ้า เป็นต้น จากการที่โครงสร้างเศรษฐกิจของประเทศมีการปฏิรูปจากเดิมที่เป็นการผลิตโดยใช้แรงงาน เครื่องจักร และทรัพยากร เป็นการผลิตบนฐานความรู้และเทคโนโลยี จึงส่งผลต่อทิศทางการดำเนินงานของโรงกลึง ผู้ประกอบการโรงกลึงจึงจำเป็นต้องเตรียมตัวรับมือกับการปรับเปลี่ยนในภาคอุตสาหกรรมการผลิตนี้ เพราะธุรกิจโรงกลึงถือเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยด้วยกัน (ศุภวิทย์เกียรติไทย, 2559, น.1)

ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่จะช่วยทำให้ผู้ประกอบการโรงกลึงของไทยเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขันได้ก็คือ “ความสามารถทางด้านโลจิสติกส์” ปัจจุบันโลจิสติกส์เป็นเป้าหมายสำคัญที่ผู้ประกอบการสามารถใช้เป็นแหล่งที่มาของความได้เปรียบในการแข่งขัน ทั้งในระดับธุรกิจและระดับประเทศ จากการแข่งขันทางธุรกิจที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้น และการเปิดเสรีทางการค้าที่มากขึ้น ส่งผลให้ภาคธุรกิจต้องยกระดับความสามารถในการดำเนินธุรกิจในทุกวิถีทางที่เป็นไปได้ ทั้งการลดต้นทุนธุรกิจและสร้างมูลค่าเพิ่มใหม่ๆ เสนอลูกค้า ดังนั้นการบริหารและจัดการด้านโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยให้การดำเนินการส่งมอบสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางเป็นไปอย่างสิ้นไหลถูกต้อง (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2550, น.2)

โลจิสติกส์เป็นกุญแจสำคัญในระบบเศรษฐกิจ ซึ่งส่งผลกระทบต่อและได้รับผลกระทบจากกิจกรรมอื่นในระบบเศรษฐกิจ การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการด้านโลจิสติกส์จะส่งผลโดยตรงต่อการปรับปรุงสภาพเศรษฐกิจโดยรวมให้ดีขึ้นได้ ซึ่งโลจิสติกส์นั้นได้กลายเป็นกิจกรรมสำคัญในด้านการสนับสนุนการขายเสมือนหนึ่งเป็นสินค้าและบริการ นอกจากนี้โลจิสติกส์ถือว่าการเพิ่มประโยชน์ทางด้านเวลาและสถานที่ โดยมีการนำสินค้าที่ลูกค้าต้องการเพื่อบริโภค หรือเพื่อการผลิตไปยังสถานที่ที่ต้องการในเวลาที่ต้องการ ในสภาพที่ต้องการ (อุมพร มณีนิยม, 2552, น.1)

สถานประกอบกิจการโรงกลึงมีทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ กระจายอยู่ทั่วประเทศ โรงกลึงขนาดใหญ่นิยมตั้งอยู่ในเขตจังหวัดชลบุรีเพื่อสะดวกต่อการขนส่งสินค้าและจัดจำหน่ายออกไปยังต่างประเทศ หากเป็นสถานประกอบการขนาดกลางและเล็ก นิยมตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีวัตถุดิบ เช่น ที่จังหวัดสมุทรปราการสำหรับ โรงกลึงในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีจำนวนทั้งหมด 13 โรงงาน ตั้งอยู่ใน 10 ตำบล (จาก 13 ตำบล) ผลิตสินค้าหลากหลายด้วยการแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์หรือสินค้าต่างๆ สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตครอบคลุมทั้งโลหะ เช่น ทองแดง อะลูมิเนียม เหล็ก และวัสดุอื่น ได้แก่ พลาสติก กลุ่มลูกค้าหลักของโรงกลึงคือ โรงงานในอุตสาหกรรมยานยนต์ หรืออุตสาหกรรมเครื่องจักรกล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาประสิทธิภาพและเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์โลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ผลการวิจัยที่ได้ช่วยให้โรงกลึงเข้าใจสภาพปัญหาและจุดอ่อนจุดแข็งในการ

นำระบบโลจิสติกส์มาประยุกต์ใช้ในโรงกลึงส่งผลให้มีการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพระบบโลจิสติกส์ในโรงกลึง ได้แก่ ช่วยลดเวลา ช่วยลดต้นทุน และเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ดียิ่งขึ้นตอบสนองความต้องการของลูกค้ามากยิ่งขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ หมายถึง ความสามารถในการบริหารจัดการของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ในเรื่องของ การวางแผน การดำเนินการ การควบคุม การไหลเวียน การจัดเก็บสินค้า บริการ และสารสนเทศ จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดของการบริโภคเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค โดยพิจารณาการดำเนินงานด้านโลจิสติกส์ จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านต้นทุน และด้านเวลา

1.1 ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านความน่าเชื่อถือ หมายถึง ความสามารถในการบริหารจัดการของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการและครบถ้วนของการดำเนินงาน โดยพิจารณาจากดัชนีวัดประสิทธิภาพจำนวน 4 ตัว ได้แก่ (1) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า (2) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ (3) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง และ (4) ความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า

1.2 ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านต้นทุน หมายถึง ความสามารถในการบริหารจัดการของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ที่เกี่ยวข้องกับต้นทุน โดยพิจารณาจากดัชนีวัดประสิทธิภาพจำนวน 7 ตัว ได้แก่ (1) ต้นทุนการให้บริการลูกค้า (2) ต้นทุนการจัดซื้อจัดหา (3) ต้นทุนการติดตั้งระบบการสื่อสารภายในบริษัท (4) ต้นทุนการขนส่ง (5) ต้นทุนการบริหารคลังสินค้า (6) ต้นทุนการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า และ (7) มูลค่าสินค้าที่เสียหาย

1.3 ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านเวลา หมายถึง ความสามารถในการบริหารจัดการของโรงกลึงในเขต อำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ที่เกี่ยวข้องกับเวลา โดยพิจารณาจากดัชนีวัดประสิทธิภาพจำนวน 5 ตัว ได้แก่ (1) ระยะเวลาการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้า (2) ระยะเวลาการจัดซื้อ (3) ระยะเวลาการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท (4) ระยะเวลาการจัดส่งสินค้า และ (5) ระยะเวลาการถือครองและการบรรจุภัณฑ์สินค้า

2. กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย ได้แก่ โรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 13 โรงงาน

3. เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สอบถามข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ชื่อสถานประกอบการ และข้อมูลจำนวนพนักงานจำนวน 6 ข้อที่ครอบคลุมทั้งระดับผู้บริหาร และพนักงาน ได้แก่ แผนก เพศ ระดับการศึกษา ประเภทการจ้าง อายุเฉลี่ย และอายุงาน

ตอนที่ 2 สอบถามข้อมูลเชิงปริมาณด้านโลจิสติกส์ จำนวน 52 ข้อ 8 ด้าน ได้แก่ (1) การให้บริการ (2) การจัดซื้อ (3) การติดต่อสื่อสารภายในบริษัท (4) การถือครองสินค้าคงคลัง (5) การขนส่งสินค้าและวัสดุ (6) การบริหารคลังสินค้า (7) การคาดคะเนความต้องการสินค้าหลัก และ (8) เครื่องมือและการบรรจุหีบห่อ

4. ขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้

4.1 สัมภาษณ์เจ้าของสถานประกอบการโรงกลึง ในอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ร่วมกับการสังเกตการณ์ทำงาน เพื่อให้ได้ข้อมูลทั่วไปในการประกอบธุรกิจ

4.2 สอบถามข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลด้านโลจิสติกส์ จากผู้บริหารสถานประกอบการโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ โดยใช้แบบสอบถาม

4.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ทั้ง 3 ด้านตามดัชนีวัดประสิทธิภาพ

4.4 นำผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับเกณฑ์เพื่อระบุระดับประสิทธิภาพ 3 ระดับได้แก่ มีปัญหา ปกติ และได้เปรียบ ตามเกณฑ์ดังนี้ (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2550, น. 37-42)

ตารางที่ 1 ดัชนีวัดประสิทธิภาพและเกณฑ์การพิจารณา

ดัชนีวัดประสิทธิภาพ	ระดับประสิทธิภาพ		
	มีปัญหา	ปกติ	ได้เปรียบ
ด้านความน่าเชื่อถือ	< 80	80-95	> 95
1. อัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า (%)			
2. อัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ (%)	< 80	80-95	> 95
3. อัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง (%)	< 80	80-95	> 95
4. อัตราความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า (%)	< 60	60-90	> 90
ด้านต้นทุน	> 5	0.5-5	< 0.5
1. สัดส่วนต้นทุนการให้บริการลูกค้าต่อมูลค่ายอดขาย (%)			
2. สัดส่วนต้นทุนการจัดซื้อจัดหาต่อมูลค่ายอดขาย (%)	> 5	0.5-5	< 0.5
3. สัดส่วนมูลค่าการลงทุนเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการสื่อสารภายในบริษัทต่อมูลค่ายอดขาย (%)	< 0.5	0.5-5	> 5
4. สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย (%)	> 10	1-10	< 1
5. สัดส่วนต้นทุนการบริหารคลังสินค้าต่อยอดขาย (%)	> 8	0.5-8	< 0.5
6. สัดส่วนต้นทุนการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าต่อยอดขาย (%)	> 5	0.5-5	< 0.5
7. สัดส่วนมูลค่าที่เสียหายต่อยอดขาย (%)	> 3	0.1-3	< 0.1
ด้านเวลา	> 10 วัน	7-10 วัน	< 7 วัน
1. ระยะเวลาเฉลี่ยการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้า	> 18 วัน	13-18 วัน	< 13 วัน
2. ระยะเวลาเฉลี่ยการจัดซื้อ	> 2 วัน	1-2 วัน	< 1 วัน
3. ระยะเวลาเฉลี่ยการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท	> 3 วัน	1-3 วัน	< 1 วัน
4. ระยะเวลาเฉลี่ยการจัดส่งสินค้า	> 7 วัน	1-7 วัน	< 1 วัน

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ 4 แห่ง จาก 13 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 30.77 มีข้อค้นพบดังนี้

1. จากการสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไปจากเจ้าของสถานประกอบการ พบว่า สถานประกอบการโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการทุกแห่งเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม ที่มีขนาดสินทรัพย์ถาวรไม่รวมค่าที่ดินเป็นจำนวนไม่เกิน 50 ล้านบาท ดำเนินการผลิตในบ้านพักของเจ้าของสถานประกอบการ รวมทั้งมีการเช่าสถานที่

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ พบว่า จำนวนพนักงานทั้งหมดเฉลี่ย 8 คน โดยแบ่งเป็นจำนวนผู้บริหาร 2 คน พนักงานเพศหญิง 2 คน เพศชาย 4 คน จำแนกพนักงานระดับการศึกษา พบว่า การศึกษาในระดับปริญญาตรี จำนวน 1 คน ระดับ ปวส. 2 คน อีก 5 คน สำเร็จการศึกษาระดับต่ำกว่ามัธยมศึกษาปีที่ 6 ทั้งหมดเป็นพนักงานประจำ มีอายุเฉลี่ย 25 ปี และประสบการณ์ทำงานเฉลี่ย 10 ปี

3. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความน่าเชื่อถือ ด้านต้นทุน และด้านเวลา มีข้อค้นพบดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ด้านความน่าเชื่อถือ

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ด้านความน่าเชื่อถือ	ผลการประเมิน			
	โรงงาน A	โรงงาน B	โรงงาน C	โรงงาน D
1. อัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า (%)	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ
2. อัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ (%)	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ
3. อัตราความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง (%)	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ	100 ได้เปรียบ
4. อัตราความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า (%)	100 ได้เปรียบ	95 ได้เปรียบ	99 ได้เปรียบ	98 ได้เปรียบ

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ด้านความน่าเชื่อถือพบว่า สถานประกอบการโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับได้เปรียบคู่แข่ง จำนวน 4 ตัวชี้วัดได้แก่ ความสามารถในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า (เฉลี่ยร้อยละ 100) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ (เฉลี่ยร้อยละ 100) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง (เฉลี่ยร้อยละ 100) และความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า (เฉลี่ยร้อยละ 98)

ตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ด้านต้นทุน

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านต้นทุน	ผลการประเมิน			
	โรงงาน A	โรงงาน B	โรงงาน C	โรงงาน D
1. สัดส่วนต้นทุนการให้บริการลูกค้าต่อมูลค่ายอดขาย (%)	0.005 ได้เปรียบ	0.127 ได้เปรียบ	0.42 ได้เปรียบ	0.25 ได้เปรียบ
2. สัดส่วนต้นทุนการจัดซื้อจัดหาต่อมูลค่ายอดขาย (%)	0.15 ได้เปรียบ	0.05 ได้เปรียบ	0.12 ได้เปรียบ	0.075 ได้เปรียบ
3. สัดส่วนมูลค่าการลงทุนเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการสื่อสารภายในบริษัทต่อมูลค่ายอดขาย (%)	0.0005 มีปัญหา	0.006 มีปัญหา	0.5 ปกติ	0.72 ปกติ
4. สัดส่วนต้นทุนการขนส่งต่อมูลค่ายอดขาย (%)	0.025 ได้เปรียบ	0.007 ได้เปรียบ	0.042 ได้เปรียบ	0.0012 ได้เปรียบ

5. สัดส่วนต้นทุนการบริหารคลังสินค้าต่อยอดขาย (%)	0.2 ได้เปรียบ	0.25 ได้เปรียบ	0.41 ได้เปรียบ	0.32 ได้เปรียบ
6. สัดส่วนต้นทุนการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าต่อ ยอดขาย (%)	0.5 ปกติ	0.075 ได้เปรียบ	0.82 ปกติ	0.63 ปกติ
7. สัดส่วนมูลค่าที่เสียหายต่อยอดขาย (%)	0.0005 ได้เปรียบ	0.002 ได้เปรียบ	0.25 ได้เปรียบ	0.2 ปกติ

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ด้าน
 ต้นทุนพบว่า สถานประกอบการโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีประสิทธิภาพด้านต้นทุนอยู่ในระดับปกติ-
 ได้เปรียบคู่แข่งจำนวนที่ 6 ตัวชี้วัด โดยมีเพียง 1 ตัวชี้วัดที่มีปัญหาด้านต้นทุนจำนวน 2 โรงงาน (ร้อยละ 50) ส่วนอีก 2
 โรงงาน (ร้อยละ 50) ได้แก่ การลงทุนเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการสื่อสารภายในบริษัท

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ด้านเวลา

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านเวลา	ผลการประเมิน			
	โรงงาน A	โรงงาน B	โรงงาน C	โรงงาน D
1. ระยะเวลาเฉลี่ยการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้า	5 วัน ได้เปรียบ	4.5 วัน ได้เปรียบ	3.5 วัน ได้เปรียบ	5 วัน ได้เปรียบ
2. ระยะเวลาเฉลี่ยการจัดซื้อ	1 วัน ได้เปรียบ	1 วัน ได้เปรียบ	2 วัน ได้เปรียบ	1 วัน ได้เปรียบ
3. ระยะเวลาเฉลี่ยการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท	1 วัน ปกติ	3 วัน มีปัญหา	3 วัน มีปัญหา	2 วัน ปกติ
4. ระยะเวลาเฉลี่ยการจัดส่งสินค้า	1 วัน ปกติ	1 วัน ปกติ	1 วัน ปกติ	1 วัน ปกติ
5. ระยะเวลาเฉลี่ยการถือครองและการบรรจุภัณฑ์สินค้า	7 วัน ปกติ	14 วัน มีปัญหา	10 วัน มีปัญหา	7 วัน ปกติ

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ ด้านเวลา
 พบว่าสถานประกอบการโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการทั้งหมด มีประสิทธิภาพด้านเวลาอยู่ในระดับ
 ได้เปรียบคู่แข่งจำนวน 2 ตัวชี้วัดได้แก่ ระยะเวลาการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้าและระยะเวลาการจัดซื้อ สำหรับระยะเวลา
 การจัดส่งสินค้า พบว่า ทุกโรงงานอยู่ในระดับปกติ ประเด็นตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกันทั้งระดับ ปกติ และมีปัญหา
 ได้แก่ ระยะเวลาการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท และระยะเวลาการถือครองและการบรรจุภัณฑ์สินค้า

การอภิปรายผล

ผลการศึกษาประสิทธิภาพโลจิสติกส์ของโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีดังนี้

1. ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านความน่าเชื่อถือ พบว่าสถานประกอบการโรงกลิ้ง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัด
 สมุทรปราการทั้งหมด (ร้อยละ 100) มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับได้เปรียบคู่แข่ง จำนวน 4 ตัวชี้วัดได้แก่ ความสามารถในการ

การจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า (เฉลี่ยร้อยละ 100) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ (เฉลี่ยร้อยละ 100) ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง (เฉลี่ยร้อยละ 100) และความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า (เฉลี่ยร้อยละ 98)

จากผลการวิจัยอาจกล่าวได้ว่า โรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีกิจกรรมโลจิสติกส์เกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าได้เปรียบมากกว่าบริษัทอื่นในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันนั้นหมายถึงโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีการส่งมอบตรงเวลาและส่งมอบครบจำนวนทั้งจากโรงงานและแผนกขนส่งไปให้ลูกค้าจากผู้ส่งมอบให้กับโรงงาน รวมทั้งความแม่นยำทางการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นความแม่นยำในการประมวลผล (Processing accuracy) ที่ส่งผลให้เกิดความพอใจของลูกค้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ อาธิติญา ฉวีวงศ์ (2559) ที่พบว่าประสิทธิภาพโลจิสติกส์กิจกรรมการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้ามีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ด้านความน่าเชื่อถือ และกิจกรรมการขนส่งมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านความน่าเชื่อถือเช่นเดียวกัน

2. ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านต้นทุน พบว่า สถานประกอบการโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีประสิทธิภาพด้านต้นทุนอยู่ในระดับปกติได้เปรียบคู่แข่งจำนวนที่ 6 ตัวชี้วัด โดยมีเพียง 1 ตัวชี้วัดที่มีปัญหาด้านต้นทุนจำนวน 2 โรงงาน (ร้อยละ 50) ส่วนอีก 2 โรงงาน (ร้อยละ 50) ได้แก่ การลงทุนเกี่ยวกับการติดตั้งระบบการสื่อสารภายในบริษัท

จากผลการวิจัยอาจได้กล่าวว่า โรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีกิจกรรมการให้บริการลูกค้า การจัดซื้อจัดหา การขนส่งและ การบริหารคลังสินค้า มีความได้เปรียบด้านต้นทุนมากกว่าบริษัทอื่นในอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน แต่สำหรับกิจกรรมการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า ไม่มีความได้เปรียบ โดยอยู่ในช่วงการปฏิบัติเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน

แต่ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านต้นทุนเกือบทุกตัวชี้วัดเมื่อเปรียบเทียบกับยอดขายแล้วจะต้องมีต้นทุนต่ำกว่าจึงมีประสิทธิภาพการแข่งขันสูงกว่า ยกเว้นการลงทุนในกิจกรรมด้านการสื่อสารภายในองค์กร ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโปรแกรม ซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสื่อสารที่ต้องการลงทุนที่มากกว่าองค์กรอื่นจึงจะสร้างความได้เปรียบสูงกว่า (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2550., น.36-38) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and communication Technology, ICT) มีบทบาทต่อการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคต ซึ่งจะช่วยสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันให้กับธุรกิจ (ทมนี สุขใส, 2560, น.3)

จากผลการศึกษาของ พลิชฐ์ ศักดิ์วานิช (2561) พบว่าลงทุนเกี่ยวกับระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการสื่อสาร และเชื่อมโยงกับข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ภายในองค์กร เป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด ด้านระบบการจัดการโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรม 4.0 (Logistics Management 4.0) ทั้งเพื่อการดำเนินงานภายในองค์กร และระบบการทำธุรกรรมทางเศรษฐกิจกับผู้เกี่ยวข้อง กับธุรกิจนอกองค์กร ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศมีส่วนช่วยผลักดันธุรกิจให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงานได้

3. ประสิทธิภาพโลจิสติกส์ด้านเวลา พบว่าสถานประกอบการโรงกลึง ในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการทั้งหมด มีประสิทธิภาพด้านเวลาอยู่ในระดับได้เปรียบคู่แข่งจำนวน 2 ตัวชี้วัดได้แก่ ระยะเวลาการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้าและระยะเวลาการจัดซื้อ สำหรับระยะเวลาการจัดส่งสินค้า พบว่าทุกโรงงานอยู่ในระดับปกติ ประเด็นตัวชี้วัดที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกันทั้งระดับ ปกติ และมีปัญหา ได้แก่ ระยะเวลาการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท และระยะเวลาการถือครองและการบรรจุภัณฑ์สินค้า

จากผลการวิจัยอาจกล่าวได้ว่า โรงกลึงในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีกิจกรรมโลจิสติกส์ที่โรงกลึงร้อยละ 50 อยู่ในระดับมีปัญหาคือ ระยะเวลาการส่งคำสั่งซื้อภายในบริษัท และระยะเวลาการถือครองและการบรรจุภัณฑ์สินค้า ที่มาจากการใช้เวลาดำเนินการมาก จึงเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ที่มีปัญหา ซึ่งเป็นที่สังเกตว่าทั้งสองกิจกรรมเป็นโลจิสติกส์ภายใน

องค์กรที่อาจมีความเกี่ยวข้องกับผลการวิจัยที่พบว่ากิจกรรมโลจิสติกส์ด้านการติดตั้งระบบการสื่อสารภายในองค์กรของโรงกลิ้งร้อยละ 50 อยู่ในระดับมีปัญหา

บทสรุป

จากการวิจัยพบว่าโรงกลิ้งในเขตอำเภอเมืองฯ จังหวัดสมุทรปราการ มีประสิทธิภาพด้านความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับที่ได้เปรียบคู่แข่งทั้ง 4 ตัวชี้วัดของทั้ง 4 โรงงาน ได้แก่ ความสามารถในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า ความสามารถในการส่งสินค้าของผู้ส่งมอบ ความสามารถในการจัดส่งสินค้าของแผนกขนส่ง และความแม่นยำในการพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า สำหรับประสิทธิภาพด้านต้นทุน พบว่ามีจำนวน 4 ตัวชี้วัดที่ทุกโรงงานอยู่ในระดับได้เปรียบคู่แข่ง ได้แก่ ต้นทุนการให้บริการลูกค้า ต้นทุนการจัดซื้อจัดหา ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการบริหารคลังสินค้า สำหรับประสิทธิภาพด้านเวลาพบว่าทั้ง 4 โรงงานอยู่ในระดับได้เปรียบคู่แข่งจำนวน 2 ตัวชี้วัดได้แก่ ระยะเวลาการตอบสนองคำสั่งซื้อจากลูกค้า และระยะเวลาการจัดซื้อ ทั้งนี้สถานประกอบการสามารถเพิ่มการให้ความสำคัญกับกิจกรรมโลจิสติกส์ที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการดำเนินการภายในบริษัท โดยมุ่งเน้นการนำระบบที่ทันสมัยมาใช้ เช่น ระบบ EDI (Electronic Data Interchange) เพื่อการรับส่งเอกสาร TMS (Transport Management Solution) ระบบการขนส่งแบบอัตโนมัติ ดังนั้น ในอนาคตผู้วิจัยต้องการเพิ่มประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ของวิจัยเพิ่มขึ้นอาจจะต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสมบูรณ์ของวิจัย เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เอกสารอ้างอิง

- ทมนี สุขใจ. (2560). เอกสารประกอบการสอนรายวิชา LOG2204 ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศด้านโลจิสติกส์. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- พลิชฐ์ ศักดิ์วานิชกุล. (2561). ประสิทธิภาพการให้บริการโลจิสติกส์สำหรับงานแสดงสินค้าประเภทเครื่องจักรกลและเทคโนโลยีโลหะการ. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2559). ธุรกิจโรงกลิ้ง ปรับให้ทัน...รับการเติบโต. กรุงเทพฯ: ธนาคารกสิกรไทย.
- สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2550). คู่มือวินิจฉัยความสามารถด้านโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการธุรกิจ. กรุงเทพฯ: สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.
- อุมภาพร มณีนิยม. (2552). การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อาธิตญา ฉวีวงษ์. (2559). ประสิทธิภาพการจัดการโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการขนส่งและคลังสินค้าในจังหวัดปทุมธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ.

การพัฒนาระบบแถวคอยของผู้รับบริการรับฝากพัสดุบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่

Queuing System Development of Parcel Delivery Service Recipients at Thai Post Co. Ltd., Samre Branch

ธนวันต์ พงษ์โกศล¹ ไสว ศิริทองถาวร¹ ศุภโยธิน ณ สงขลา¹

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร

*s61122502044@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อศึกษาระบบแถวคอยของช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ 2) เพื่อพัฒนาระบบแถวคอยการบริการในแต่ละช่วงวัน และเวลาของช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ เป็นระยะเวลา 10 วัน ระหว่างวันที่ 14 ธันวาคม ถึง 25 ธันวาคม 2563 ช่วงเวลา ระหว่าง 11:00 น. - 14:00 น. ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยข้อมูลการเข้ามาใช้บริการของลูกค้า ข้อมูลการให้บริการของ พนักงานแผนกรับฝาก และข้อมูลการสัมภาษณ์ถึงระยะเวลารอคอยเข้ารับบริการที่คาดหวังของผู้รับบริการ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย แบบบันทึกจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการ เวลาให้บริการ และเวลารอคอยที่ลูกค้าคาดหวัง การวิเคราะห์ระบบแถวคอยใช้สมมติฐานและตัวแปรในการวิเคราะห์ตามตัวแบบแถวคอย

ผลการวิจัยพบว่า ระบบแถวคอยของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ ช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก มีลักษณะเป็น แถวคอยผลการวิจัยพบว่า ระบบแถวคอยของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ ช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก มีลักษณะเป็น แถวคอยแบบ M/M/S มีอัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยของลูกค้า (λ) อยู่ระหว่าง 0.15–0.25 คน/นาที และอัตราการให้บริการเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 0.0928 คนต่อนาที ระยะเวลารอคอยเข้ารับบริการที่คาดหวังเฉลี่ยของผู้รับบริการ เท่ากับ 11.25 นาที จากการวิเคราะห์แถวคอยของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ นอกจากนี้ มีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงระบบแถวคอยโดยเพิ่มจำนวนช่องให้บริการจาก 2 ช่อง เป็น 3 ช่อง ในวันจันทร์ระหว่างเวลา 12:01-13:00 น. และ วันอังคาร ระหว่างเวลา 13:01-14:00 น.

คำสำคัญ: แถวคอย บริการรับฝากพัสดุ ไปรษณีย์ไทย

Abstract

The objectives of this research are 1) to study the queuing system of the EMS service channel, Thai Post Co. Ltd., Samre Branch 2) To develop a service waiting system in each day and the time of the EMS service channel, Thai Post Co., Ltd., Samre branch. The study was conducted between December, 14 and December, 25, 2020, during 11:00 AM - 2:00 PM. Data includes arrival rate of customers, service providing

rate of the staff, and expected waiting time of the interviewee clients. The tools used for data collection consist of check sheets for recording the numbers of arrival customers and serviced clients, and the interviewees' expected waiting time. Queuing system was analyzed in accordance with the assumptions and variables of the queuing model. The research results are as follows. The queuing system of the EMS parcel delivery department, Thai Post Co. Ltd., Samre Branch, is characterized by an M/M/S queuing model with average service arrival rate (λ) between 0.15– 0.25 customers per minute, average service providing rate of 0.0928 persons per minute, and average expected waiting time in the queue of 11.25 minutes. It was found that the number of service channels should be increased from 2 to 3 on Monday during 12.01-13.00 hrs. and Tuesdays during 13.01-14.00 hrs.

Keywords: Queuing model, Parcel delivery service, Thai Post

บทนำ

ในสภาพปัจจุบันการเข้าแถวคอยเป็นเหตุการณ์ที่พบเห็นอยู่ในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการให้บริการของหน่วยงานของรัฐบาลหรือเอกชน ตัวอย่างเช่น การชำระเงินของห้างสรรพสินค้า การนำรถเข้าเติมน้ำมันที่สถานีบริการ การรับบริการของธนาคาร การรับการตรวจรักษาในโรงพยาบาล การชำระเงินบนทางด่วน เป็นต้น

ธุรกิจการขนส่งเป็นธุรกิจที่มีการเติบโตสูงในปัจจุบัน โดยเฉพาะสินค้าที่เป็นพัสดุและไปรษณีย์ที่มีทิศทางการเติบโตเป็นไปตามการขยายตัวของ e-commerce ที่มีอัตราการเติบโต 9-10% ในปี พ.ศ.2561 คาดว่าน่าจะเติบโตถึง 35% ในปี พ.ศ.2563 (Positioning Magazine, 2563) บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด เป็นบริษัทที่เกิดจากการแปรสภาพรัฐวิสาหกิจ ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2546 ประกอบธุรกิจในด้านไปรษณีย์ทั้งในและระหว่างประเทศ บริการธุรกรรมทางการเงิน และร้านค้าออนไลน์ ในรูปที่ทำการไปรษณีย์และเคาน์เตอร์ไปรษณีย์ (ไปรษณีย์ไทย, 2563)

บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ ตั้งอยู่ที่ เลขที่ 333 ถนนสมเด็จพระเจ้าตากสิน แขวงสำเหร่ เขตธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10600 มีพนักงานจำนวน 175 คน แบ่งออกเป็นแผนกต่าง ๆ ได้แก่ ธุรการ รับฝาก ลูกค้าธุรกิจ ปฏิบัติการไปรษณีย์ขาออก ปฏิบัติการไปรษณีย์ขาเข้า ไปรษณีย์ด่วนพิเศษ และนำจ่าย

แผนกรับฝากมีหน้าที่รับผิดชอบในการรับฝากพัสดุไปรษณีย์ทุกประเภท มีจุดให้บริการรับฝากรวมทั้งสิ้นจำนวน 6 ช่องบริการ แบ่งเป็น ช่องบริการลงทะเบียน 4 ช่องบริการ และช่องบริการ EMS 2 ช่องบริการ

ในส่วนของช่องบริการ EMS เป็นบริการที่มีลูกค้านิยมใช้บริการเป็นจำนวนมาก มีอัตราการเข้ามาใช้บริการกับอัตราของผู้ให้บริการนั้นไม่สมดุลกัน จึงทำให้บางครั้งผู้รับบริการต้องใช้เวลารอคอยในแถวคายนาน ซึ่งการรอคอยเป็นปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจของผู้ที่มาใช้บริการ กล่าวคือ หากลูกค้าใช้เวลารอคอยไม่นานจนเกินไป จะมีผลทำให้ความพึงพอใจของลูกค้าต่อการบริการสูงขึ้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนาระบบแถวคอยในการบริการช่องบริการ EMS เพื่อปรับปรุงระบบให้บริการที่ดีขึ้นต่อไป

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์ระบบการให้บริการของไปรษณีย์ไทยจากการลงพื้นที่สำรวจ สังเกต และสัมภาษณ์จากเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน ของไปรษณีย์ไทย ถึงระบบการให้บริการ

2. เก็บรวบรวมข้อมูล เฉพาะบริการด้าน EMS แผนกรับฝากพัสดุ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลโดยบันทึก

2.1 จำนวนผู้มารับบริการต่อหน่วยเวลา เป็นระยะเวลา 10 วัน โดยในแต่ละวันแบ่งเวลาเพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของจำนวนลูกค้าที่เปลี่ยนไปตาม ช่วงเวลา ได้เป็นวันละ 3 ช่วงเวลา ๆ ละ 1 ชั่วโมง แบ่งเป็น 11.00-12.00 น. 12.01 - 13:00 น. และ 13:01-14:00 น.

2.2 เวลาให้บริการเฉลี่ยของเจ้าหน้าที่

2.3 ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้มารับบริการถึงเวลารอคอยที่ลูกค้าคาดหวังในการเข้ารับบริการ

โดยในข้อ 2.2 และ 2.3 เก็บข้อมูลจากการให้บริการของเจ้าหน้าที่กับลูกค้า และการสัมภาษณ์ลูกค้า จำนวน 300 คน โดยแบ่งเก็บข้อมูลวันละ 30 คน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ตามหลักทฤษฎี แกวคอย ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบและการแจกแจงข้อมูลของระบบแกวคอย จำนวนผู้มารับบริการต่อช่วงเวลา และเวลาให้บริการ เมื่อทราบรูปแบบการแจกแจงแล้ว จึงเลือกตัวแบบแกวคอยที่สอดคล้องกับระบบการให้บริการ คำนวณ และวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ จำนวนผู้มารับบริการเฉลี่ยในแกวคอย (L_q) จำนวนผู้มารับบริการเฉลี่ยในระบบ (L) เวลาเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการรอแกวคอย (W_q) เวลาเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการรอในระบบ (W) ความน่าจะเป็นที่ไม่มีผู้มารับบริการอยู่ในระบบ (P_0)

4. นำข้อมูลเวลารอคอยเฉลี่ยที่ลูกค้าคาดหวังที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้มารับบริการจากข้อ 2.3 มาเป็นค่าเวลาที่ผู้มารับบริการคาดหวังรอในแกวคอยเฉลี่ย (W_{qe}) นำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาที่ผู้มารับบริการรอในแกวคอยเฉลี่ย (W_q) ที่คำนวณได้จากข้อ 3) เพื่อเสนอแนะบริการที่เหมาะสม

5. จัดทำข้อเสนอแนะรูปแบบระบบแกวคอยบริการที่เหมาะสม โดยเปลี่ยนแปลงจำนวนช่องให้บริการ (s) ที่เหมาะสมในแต่ละช่วงเวลาและหรือแต่ละวัน เพื่อให้ค่า $w_q \leq w_{qe}$

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยเรื่องการพัฒนากระบวนการให้บริการของช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมมาทำการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาระบบแกวคอยของผู้รับบริการของแผนกรับฝาก ผลการวิจัยเป็นดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์การให้บริการของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ เมื่อเข้ามาในระบบแล้วจะต้องกดบัตรคิวตรงทางเข้าด้านขวาของประตู ถ้าช่องให้บริการว่างผู้มารับบริการก็จะได้รับการทันที แต่ถ้าผู้มารับบริการมีมากกว่าช่องให้บริการผู้มารับบริการก็ต้องนั่งรอเรียกคิว ซึ่งจะทำให้เกิดแกวคอยขึ้น เจ้าหน้าที่ให้บริการของหน่วยนั้น ๆ จะทำการกดเรียกหมายเลขคิวเมื่อช่องให้บริการของตนเองว่าง การให้บริการและเมื่อผู้มารับบริการแล้วเสร็จจากรับบริการก็จะออกจากระบบที่ประตูทางเข้าของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่จากการสังเกตและลงพื้นที่สำรวจพบว่าตรงกับตัวแบบแกวคอย M/M/C หรือ M/M/S แบบไม่จำกัดความยาวแกวคอย เป็นการให้บริการแบบหลายช่องทางและชั้นตอนเดียว ไม่จำกัดความยาวของแกวคอย จำนวนประชากรมากราย โดยมีจำนวนช่องให้บริการ EMS เท่ากับ 2 ช่อง ($s = 2$)

2. วิเคราะห์อัตราการเข้ามารับบริการของผู้รับบริการ (λ) ตามหลักทฤษฎีแกวคอย ผลการวิจัยแสดงอัตราการเข้ามารับบริการมีค่าอยู่ระหว่าง 0.15-0.25 คน/นาที ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงอัตราการเข้ามารับบริการของลูกค้า λ จำแนกตามวันและช่วงเวลา (คน/นาที)

วัน	ช่วงเวลา		
	11:00-12:00	12:01-13:00	13:01-14:00
จันทร์	0.1667	0.2500	0.1833
อังคาร	0.1833	0.1833	0.2333
พุธ	0.1833	0.1833	0.1833
พฤหัสบดี	0.1500	0.1833	0.1667
ศุกร์	0.1667	0.1833	0.1833

3. อัตราให้บริการ (μ) คือ 0.0928 คน/นาที

4. ระยะเวลารอคอยเฉลี่ยที่ผู้ใช้บริการคาดหวัง ในช่องบริการ EMS คือ 11.25 นาที จากจำนวนผู้รับบริการที่ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด 300 คน

5. ผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยช่องบริการ EMS แยกตามวันและช่วงเวลา แสดงได้ดังในตารางที่ 2 – ตารางที่ 6 ตารางที่ 2 ตารางผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยประจำวันจันทร์

ตัวแปร	ช่วงเวลา		
	11:00-12:00	12:01-13:00	13:01-14:00
P_0	0.5616	0.2328	0.3421
L_q	0.3423	2.5227	1.2649
L	0.7808	3.2949	1.9227
W_q	8.3689	13.0028*	9.5877
W	7.0274	16.9491	11.5340

* หมายถึง ระยะเวลารอคอยที่เกิดจากค่าเฉลี่ยระยะเวลารอคอยที่ผู้ใช้บริการคาดหวัง

ตารางที่ 3 ตารางผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยประจำวันอังคาร

ตัวแปร	ช่วงเวลา		
	11:00-12:00	12:01-13:00	11:00-12:00
P_0	0.4518	0.3859	0.2545
L_q (คน)	0.6649	0.9769	2.1832
L (คน)	1.2131	1.5910	2.9287
W_q (นาที)	9.5877	10.2812	11.5575*
W (นาที)	8.7336	10.2249	15.5039

* หมายถึง ระยะเวลารอคอยที่เกินจากค่าเฉลี่ยระยะเวลารอคอยที่ผู้ใช้บริการคาดหวัง

ตารางที่ 4 ตารางผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยประจำวันพุธ

ตัวแปร	ช่วงเวลา		
	11:00-12:00	12:01-13:00	11:00-12:00
P_0	0.4956	0.2983	0.3642
L_q (คน)	0.5132	1.6502	1.1096
L (คน)	1.0175	2.3518	1.7454
W_q (นาที)	9.5877	9.5877	9.5877
W (นาที)	7.9618	13.2275	10.8342

ตารางที่ 5 ตารางผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยประจำวันพฤหัสบดี

ตัวแปร	ช่วงเวลา		
	11:00-12:00	12:01-13:00	13:01-14:00
P_0	0.7368	0.3642	0.3859
L_q (คน)	0.0940	1.1096	0.9769
L (คน)	0.3572	1.7454	1.5910
W_q (นาที)	7.5098	10.2812	8.3689
W (นาที)	5.3562	10.8342	10.2249

ตารางที่ 6 ตารางผลการวิเคราะห์ระบบแถวคอยประจำวันศุกร์

ตัวแปร	ช่วงเวลา		
	11:00-12:00	12:01-13:00	13:01-14:00
P_0	0.5394	0.3642	0.2983
L_q (คน)	0.3931	1.1096	1.6502
L (คน)	0.8537	1.7454	2.3518
W_q (นาที)	8.3689	9.5877	10.2812
W (นาที)	7.3153	10.8342	13.2275

จากตารางที่ 2 – 6 พบว่า มีช่วงเวลาที่ค่าเวลาที่ผู้มารับบริการรอในแถวคอยเฉลี่ย (W_q) สูงกว่าค่าเวลาที่ผู้มารับบริการคาดหวังรอในแถวคอยเฉลี่ย (W_{qe}) อยู่ 2 ช่วงเวลา คือ ในวันจันทร์ เวลา 12.01-13.00 น. และวันอังคาร เวลา 13.01-14.00 น.

7. ผลการวิเคราะห์หาจำนวนช่องให้บริการที่เหมาะสม โดยการทดลองปรับเพิ่มจำนวนช่องให้บริการ (s) ของช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก ในวันจันทร์ เวลา 12.01-13.00 น. และวันอังคาร เวลา 13.01-14.00 น. ผลค่าตัวแปรดังแสดงในตารางที่ 7 – ตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ตารางเปรียบเทียบตัวแปรของช่องให้บริการ EMS ระหว่างแบบ 2 และ 3 ช่องให้บริการ ในวันจันทร์ ช่วงเวลา 12.01-13.00 น.

ตัวแปร	จำนวนช่องบริการ	
	2 ช่องบริการ	3 ช่องบริการ
P_0	0.2328	0.4455
L_q (คน)	2.5227	0.1323
L (คน)	3.2949	0.8995
W_q (นาที)	13.0028	0.6808
W (นาที)	16.9491	4.6271

ตารางที่ 8 ตารางเปรียบเทียบตัวแปรของช่องให้บริการ EMS ระหว่างแบบ 2 และ 3 ช่องให้บริการ ในวันอังคาร ช่วงเวลา 13.01-14.00 น.

ตัวแปร	จำนวนช่องบริการ	
	2 ช่องบริการ	3 ช่องบริการ
P_0	0.2545	0.4569
L_q (คน)	2.1832	0.1202
L (คน)	2.9287	0.8657
W_q (นาที)	11.5575	0.6367
W (นาที)	15.5039	4.5830

จะเห็นว่าเมื่อเปิดจำนวนช่องบริการ EMS มากขึ้น จาก 2 ช่องบริการ เป็น 3 ช่องบริการ ระยะเวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยของผู้ที่มารับบริการ (W_q) มีค่าลดลงมาก และมีค่าน้อยกว่าระยะเวลารอคอยในแถวคอยเฉลี่ยที่คาดหวัง (W_{qe}) ดังนั้นถ้าทำการเปิดช่องบริการ EMS จากเดิม 2 ช่องบริการ เป็น 3 ช่องบริการ ในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ผู้มารับบริการเกิดความพึงพอใจต่อการมารับบริการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทางบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเพ็ง จะพิจารณาความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในความเป็นจริง เพราะมีเพียง 2 ช่วงเวลาที่เกินค่าเฉลี่ยความคาดหวังของลูกค้าที่มารับบริการ สำหรับจำนวนช่องให้บริการที่เสนอแนะตามวันและช่วงเวลา สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตารางจำนวนช่องให้บริการที่เสนอแนะให้เปิด จำแนกตามวันและช่วงเวลา

วัน	ช่วงเวลา		
	11:00- 12:00	12:01- 13:00	13:01- 14:00
จันทร์	2 ช่อง	3 ช่อง	2 ช่อง
อังคาร	2 ช่อง	2 ช่อง	3 ช่อง
พุธ	2 ช่อง	2 ช่อง	2 ช่อง
พฤหัสบดี	2 ช่อง	2 ช่อง	2 ช่อง
ศุกร์	2 ช่อง	2 ช่อง	2 ช่อง

การอภิปรายผล

การวิจัยนี้ ศึกษาาระบบแถวคอยของช่องให้บริการ EMS แผนกรับฝาก บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สาขาสำเหร่ ระหว่างวันที่ 14 ธันวาคม ถึง 25 ธันวาคม 2563 เวลา 11:00 - 14:00 น. พบว่า ระบบแถวคอยเป็นแบบ M/M/S มีอัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยของลูกค้า (λ) อยู่ระหว่าง 0.15–0.25 คน/นาที และอัตราการให้บริการเฉลี่ย (μ) เท่ากับ 0.0928 คนต่อนาที ระยะเวลาารอคอยที่คาดหวังเฉลี่ยของผู้รับบริการ (W_{qe}) ในช่องให้บริการ EMS คือ 11.25 นาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเวลาเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการรอในแถวคอย (W_q) มีค่าน้อยกว่าระยะเวลาารอคอยที่คาดหวังเฉลี่ยของผู้รับบริการ (W_{qe}) แสดงว่าการเปิดช่องให้บริการ EMS 2 ช่อง มีความเหมาะสมเพียงพอแล้วและไม่จำเป็นต้องเปิดช่องบริการเพิ่มจากผลการวิจัยพบว่า มีค่าเวลาเฉลี่ยที่ผู้มารับบริการรอคอยในแถวคอย (W_q) สูงกว่าระยะเวลาารอคอยที่คาดหวังเฉลี่ยของผู้รับบริการ (W_{qe}) อยู่ 2 ช่วงเวลา คือ วันจันทร์ ช่วงเวลา 12:01-13:00 น. มีค่า W_q เท่ากับ 13.0028 นาที และ วันอังคาร ช่วงเวลา 13:01-14:00 น. มีค่า W_q เท่ากับ 11.5575 นาที จึงเสนอแนะให้เปิดจำนวนช่องให้บริการ EMS เพิ่มเป็น 3 ช่องบริการในวันและช่วงเวลาดังกล่าว จะได้ค่า W_q ลดลงเหลือ 0.6808 นาที และ 0.6367 นาที ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของผู้มารับบริการคาดหวังที่ 11.25 นาที/คน ซึ่งจะช่วยควบคุมไม่ให้เกิดปัญหาความไม่พึงพอใจของผู้มารับบริการจากระยะเวลารอคอยที่นานเกินไปได้การศึกษาในครั้งนี้

บทสรุป

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบแถวคอยของช่องให้บริการ EMS เฉพาะช่วงเวลาระหว่างก่อนและหลังการพักกลางวันของผู้รับบริการปกติ กล่าวคือ ระหว่างช่วงเวลาระหว่าง 11.00 - 14.00 น. เนื่องจากเห็นว่าเป็นช่วงเวลาที่ผู้รับบริการนิยมมาใช้บริการมากที่สุดของแต่ละวัน เพราะสะดวกต่อการมารับบริการต่อเนื่องกับช่วงเวลากลางวันของผู้รับบริการ นอกจากนี้ จากผลการวิจัยจะเห็นว่าวันจันทร์และวันอังคารมีอัตราการเข้ารับบริการของผู้รับบริการสูงกว่าวันอื่นในรอบสัปดาห์ สามารถอธิบายได้ว่า ผู้รับบริการนิยมมาใช้บริการในช่วงต้นสัปดาห์ เนื่องจากช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์จะมีพัสดุที่รอการจัดส่งตกค้างอยู่ ดังนั้น เมื่อทางบริษัทเปิดทำการในช่วงต้นสัปดาห์ จึงมีผู้มีความต้องการรับบริการมากนั่นเอง

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนจากสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เอกสารอ้างอิง

ไปรษณีย์ไทย. (2563). **ไปรษณีย์ไทย Thailand Post**. [สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563]. จาก

<https://www.thailandpost.co.th/th/index/>

Positioning Magazine. (2563). **ธุรกิจดาวรุ่ง! SCB ประเมิน “ขนส่งพัสดุ” ปี 2020 โตพุ่ง 35% แข่งขันหนัก-ค่าบริการลดลง**. สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2563 จาก <https://positioningmag.com/1261690>

**การพัฒนากำลังอัดคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นแทนทราย
กรณีศึกษา หินฝุ่นหินปูนโรงโม่หินทัตสนาและหินฝุ่นหินแกรนิตโรงโม่หินทวิทรัพย์อนันต์**
**The development of compressive strength of concrete using stone dust as
replacement of sand: A case study on limestone dust stone from Tasana
stone mine and granite dust from Taweessup Anun stone mine**

ปัญญิก แก้วเหล็ก^{1*} ณัฐวุฒิ ไชยวิโน¹และสมชาย พ่วงทรัพย์สิน¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
panyakit_k@mutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศึกษากำลังอัดคอนกรีตที่ผสมโดยใช้หินฝุ่นที่นำมาทดแทนทรายในวัสดุมวลรวม เป็นการนำหินฝุ่นที่เหลือใช้ภายในโรงโม่มาใช้ให้เกิดประโยชน์และศึกษาปริมาณและขนาดของหินฝุ่นที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนทราย โดยหินฝุ่นที่นำมาทดลองประกอบไปด้วย หินฝุ่นชนิดหินปูนได้จากโรงโม่หินทัตสนาจังหวัดชลบุรี และหินฝุ่นชนิดหินแกรนิตได้จากโรงโม่หินทวิทรัพย์อนันต์จังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอกขนาด 10x20 เซนติเมตร ในการหล่อตัวอย่าง โดยผสมหินฝุ่นแต่ละชนิดแทนทรายในอัตราส่วน 0%, 50% และ 100% โดยน้ำหนัก รวมเป็น 5 กลุ่มตัวอย่าง ใช้กำลังอัดประลัยในการออกแบบที่ 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ในการทดลองระยะเวลาการบ่มที่ 7, 14 และ 28 วัน จากการทดสอบพบว่าค่ากำลังอัดประลัยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 50% มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินปูน 50% และ กลุ่มตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินปูน 100% ตามลำดับ ส่วนกลุ่มตัวอย่างคอนกรีตที่ผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 100% มีค่ากำลังอัดประลัยเฉลี่ยต่ำที่สุด

คำสำคัญ: การพัฒนา กำลังอัดคอนกรีต หินฝุ่น มวลรวมละเอียด

Abstract

The purposes of this research are to study compressive strength of concrete using stone dust as replacement of sand and investigate suitable quantities and sizes of stone dust used as fine aggregate in concrete. Utilization of stone dust, a waste from stone mine, in concrete production will result in sustainable concrete development. Types of stone dust used in the study consist of limestone dust from Tasana stone mine and granite dust from Taweessup Anun stone mine in Chonburi province. Cylindrical specimens with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm were casted. Each type of stone dust was used in replacement of sand with ratio of 0%, 50% and 100% by weight creating five groups of samples. Concrete mixture was designed to achieve compressive strength of 210, 240 and 280 ksc. Specimens were tested after curing for 7, 14, and 28 days. The test results indicated that the average compressive strength of concrete with 50%

of granite dust in replacement of sand was highest. The average compressive strength of concrete with 100% of granite dust in replacement of sand was lowest.

Keywords: Development of concrete compressive strength, Dust stone, Fine aggregate

บทนำ

งานก่อสร้างในประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างกว้างขวาง การก่อสร้างบ้านพักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม ถนน เขื่อน และสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ เป็นตัวบ่งชี้ในการพัฒนาประเทศได้อีกอย่างหนึ่ง และในปัจจุบันมีโรงโม่หินมีการผลิตหินออกมามากมาย เพื่อส่งออกไปยังอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการใช้หิน แต่กระบวนการผลิตหินทำให้เกิดหินฝุ่นเป็นปริมาณจำนวนมากด้วย ซึ่งหินฝุ่นเป็นวัสดุที่ขายออกยากและมีราคาต่ำ นอกเหนือจากนี้จากการศึกษางานวิจัยจากต่างประเทศพบว่าผู้ผลิตหลายที่ค่อนข้างกังวลในปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นในอากาศและการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ที่อาจส่งผลกระทบต่อชุมชนโดยรอบ จึงต้องหาวิธีการกำจัดหรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ที่สุดจึงนำไปสู่แนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน [1]

วัสดุผสมคอนกรีตส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยหินย่อย กรวด และทรายหยาบ หรือที่เรียกโดยรวมว่า วัสดุผสมหรือวัสดุมวลรวม (Aggregates) และเป็นแร่ธาตุเฉื่อย (Inert Material) ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) โดยมีหน้าที่ในการแทรกในเนื้อซีเมนต์เพสต์ ประมาณสามในสี่ส่วนของเนื้อคอนกรีต ที่สำคัญวัสดุผสมจะต้องมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ เพื่อให้ราคาคอนกรีตถูกลง โดยที่คอนกรีตจะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามที่ต้องการ [2]

งานวิจัยส่วนใหญ่มีการนำหินฝุ่นมาใช้แทนทรายเพื่อเป็นส่วนผสมคอนกรีตในการศึกษาคุณสมบัติของหินฝุ่นและเพิ่มประสิทธิภาพคอนกรีตในเวลาหินฝุ่นที่ได้จากโรงโม่แต่ละที่เข้าไปแทนทรายเพื่อให้ประสิทธิภาพเทียบเท่าคอนกรีตที่ทำการผสม โดยมีทรายเป็นส่วนประกอบ เนื่องจากหินฝุ่นเป็นวัตถุที่เกิดจากอุตสาหกรรมโรงโม่หินเพื่อใช้สำหรับงานก่อสร้าง โดยทั่วไปแล้วหินฝุ่นไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ให้คุ้มค่ามากนัก และผู้ประกอบการโรงโม่หิน โดยส่วนใหญ่ คิดว่าเป็นเศษวัสดุที่หลงเหลือจากการผลิตและเป็นภาระที่จะต้องนำไปทิ้งหรือกำจัด โดยส่วนใหญ่ หินฝุ่นจะถูกนำไปเป็นส่วนผสมของหินคลุกสำหรับรองพื้นทางในงานถนนลาดยางหรือเป็นวัสดุมวลรวม [3] เนื่องจากปัญหาราคาที่สูงขึ้นของทรายที่ใช้ในงานก่อสร้าง การควบคุมคุณภาพให้คงที่ ตลอดจนหลายพื้นที่มีการขุดลอกและนำทรายไปขายอย่างผิดกฎหมาย [4] (รัฐศวรรธน์และคณะ,2558) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของคอนกรีตผสมเสร็จขึ้นโดยออกแบบส่วนผสมโดยน้ำหนักในการใช้หินฝุ่นแทนการใช้ทราย ซึ่งจะช่วยให้ลดต้นทุนในการดำเนินการ เนื่องจากราคาหินฝุ่นจะถูกกว่าทรายอีกทั้งแหล่งวัตถุดิบหินฝุ่นอยู่ใกล้ สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการขนส่งได้ [5] การใช้ฝุ่นหินในคอนกรีตจึงไม่เพียงแต่เป็นการปรับปรุงคุณภาพของคอนกรีตให้ดีขึ้น แต่ยังช่วยลดปริมาณการใช้งานทรายแม่น้ำธรรมชาติในงานก่อสร้างต่อไปในอนาคต [6]

ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะต่อยอดผลการวิจัยในการนำเอาหินฝุ่นเข้ามาทดแทนทราย โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำหินฝุ่นที่เหลือใช้ภายในโรงโม่ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์รวมถึงศึกษา ปริมาณและขนาดของหินฝุ่นที่เหมาะสมในการออกแบบปฏิภาคส่วนผสมของคอนกรีต (Mix Design) ตามมาตรฐาน ACI 211 สำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมทดแทนทรายรวมถึงศึกษากำลังอัดของคอนกรีตที่ผสมโดยใช้หินฝุ่นที่นำมาทดแทนทรายในวัสดุมวลรวม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้มีแนวทางในการศึกษาโดยใช้การทดสอบตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบหาความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินปูนและหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต หินฝุ่นประเภทหินปูนได้จากโรงโม่หินทักสนา จังหวัดชลบุรี และหินฝุ่นประเภทหินแกรนิตที่ได้จากโรงโม่หินทวีทรัพย์อนันต์ จังหวัดชลบุรี และปูนซีเมนต์ที่ใช้เป็นปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 โดยการทดสอบจะใช้ตัวอย่างทั้งหมด 5 กลุ่ม กลุ่มละ 27 ก้อน ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมคอนกรีตแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ประกอบไปด้วยกลุ่มที่ 1 คอนกรีตที่ผสมโดยใช้ทรายปกติ กลุ่มที่ 2 คอนกรีตที่ผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทแกรนิตแทนทราย 100 % กลุ่มที่ 3 คอนกรีตที่ผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทแกรนิตแทนทราย 50 % กลุ่มที่ 4 คอนกรีตที่ผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูนแทนทราย 100 % และกลุ่มที่ 5 คอนกรีตที่ผสมกับหินฝุ่นประเภทหินปูนแทนทราย 50 % โดยมีตัวอย่างการทดสอบเป็นรูปทรงกระบอกขนาด 10 x 20 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 แสดงส่วนผสมคอนกรีตแต่ละกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม

ประเภทคอนกรีต	กำลังอัด (ksc)	ซีเมนต์ (Kg)	น้ำ (Kg)	หิน (Kg)	มวลละเอียด (Kg)
กลุ่มที่ 1 คอนกรีตปกติ	210	4.86	3.73	18.49	14.58
	240	5.26	3.73	18.49	14.25
	280	6.23	3.72	18.49	13.44
กลุ่มที่ 2 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 100%	210	4.86	3.70	17.60	16.23
	240	5.26	3.70	17.60	15.88
	280	6.23	3.70	17.60	15.03
กลุ่มที่ 3 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 50%	210	4.86	3.73	18.49	14.58
	240	5.26	3.73	16.39	17.14
	280	8.72	5.17	18.49	14.25
กลุ่มที่ 4 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูน 100%	210	4.36	3.69	16.39	17.48
	240	5.26	3.69	16.39	17.14
	280	8.72	5.17	16.39	16.29
กลุ่มที่ 5 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูน 50 %	210	5.35	4.10	18.49	14.58
	240	5.79	4.10	18.49	14.25
	280	6.23	3.72	18.49	13.44

การเตรียมตัวอย่างทดสอบได้จัดทำตัวอย่างคอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นโดยใช้แบบหล่อคอนกรีตทรงกระบอก ขนาด 10x20 ซม. ขึ้นเพื่อทดสอบ American Society for Testing and Materials (ASTM) C192 [7] เพื่อทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐาน ASTM C39 โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1 เตรียมหินฝุ่น โดยการไปนำเอาหินฝุ่นชนิดแกรนิตและชนิดหินปูนจากจังหวัดชลบุรี
- 2 นำหินฝุ่นชนิดหินปูนมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8 และนำหินฝุ่นชนิดแกรนิตร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 8
- 3 เตรียมส่วนผสมต่างๆในการผสมคอนกรีต โดยใช้ปริมาณที่ได้คำนวณในตารางออกแบบส่วนผสมคอนกรีต
- 4 ผสมส่วนผสมต่างๆที่เตรียมไว้ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้โม่ปูน
- 5 นำคอนกรีตใส่ถาดที่เตรียมไว้เพื่อทำการทดสอบค่าการยุบตัว (Standard Test Method of Slump of Portland Cement Concrete) ตามมาตรฐาน ASTM C143 [7] และวัดความชื้นจากการทดสอบความชื้นเหลวของคอนกรีต (ค่าที่ควรจะได้ 10±2.5)
- 6 ทำการเทคอนกรีตที่ได้ค่าความชื้นเหลวตามที่ต้องการแล้วใส่ลงในแบบหล่อคอนกรีตขนาด 10 x 20 ซม.

7 นำคอนกรีตออกจากแบบหล่อเพื่อทำการบ่มคอนกรีต ตามระยะเวลา 7, 14 และ 28 วัน



รูปที่ 1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่ม ที่มีอัตราการการออกแบบกำลังอัดเฉลี่ยที่ 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1 นำตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่มที่บ่มด้วยการแช่น้ำจนครบระยะเวลา 7, 14 และ 28 วันที่กำหนดไว้มาวัดขนาดรูปร่างและชั่งน้ำหนัก

2 นำตัวอย่างคอนกรีตมาทำการทดสอบการรับแรงอัดเฉลี่ยด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดคอนกรีต และบันทึกแรงอัดเฉลี่ยที่คอนกรีตรับได้



รูปที่ 2 การทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่ม

ผลการวิจัย

จากการทดสอบเพื่อหาค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่ม ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2,3 และ 4 โดยแสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่ได้ และนำมาเปรียบเทียบกับค่าการออกแบบกำลังอัดเฉลี่ย 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ รายละเอียดตารางในคอลัมน์ที่ 2 แสดงอายุแห่งคอนกรีตจากการบ่มตัวอย่างที่ 7, 14 และ 28 วัน คอลัมน์ที่ 3 คือตัวอย่างคอนกรีตทั้ง 5 ประเภท คอลัมน์ที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (ksc) คอลัมน์ที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ 1 และคอลัมน์ที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบเปรียบเทียบกับค่ากำลังอัดเฉลี่ยที่ใช้ในการออกแบบ

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่มเปรียบเทียบกับค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ลำดับที่	อายุแท่งคอนกรีต (วัน)	กลุ่มตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัย (ksc)	ร้อยละ เปรียบเทียบกับ กลุ่มที่ 1	ร้อยละ เปรียบเทียบกับ ค่าการออกแบบ
1	7	1	158.41	100.00	75.43
		2	164.26	103.69	78.22
		3	222.36	140.37	105.89
		4	153.73	97.04	73.20
		5	193.23	121.98	92.01
2	14	1	188.10	100.00	89.57
		2	207.57	110.35	98.84
		3	264.76	140.76	126.07
		4	212.33	112.88	101.11
		5	265.75	141.29	126.55
3	28	1	261.62	100.00	124.58
		2	257.12	98.28	122.44
		3	301.77	115.35	143.70
		4	270.17	103.27	128.65
		5	273.51	104.54	130.24

หมายเหตุ : กลุ่มที่ 1 คอนกรีตผสมทราย 100% กลุ่มที่ 2 คอนกรีตผสมโดยใช้หินปูนประเภทหินแกรนิต 100% กลุ่มที่ 3 คอนกรีตผสมโดยใช้หินปูนประเภทหินแกรนิต 50% กลุ่มที่ 4 คอนกรีตผสมโดยใช้หินปูนประเภทหินปูน 100% และ กลุ่มที่ 5 คอนกรีตผสมโดยใช้หินปูนประเภทหินปูน 50%

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่มเปรียบเทียบกับค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ลำดับที่	อายุแท่งคอนกรีต (วัน)	กลุ่มตัวอย่างที่	ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัย (ksc)	ร้อยละ เปรียบเทียบกับ กลุ่มที่ 1	ร้อยละ เปรียบเทียบกับ ค่าการออกแบบ
1	7	1	232.97	100.00	97.07
		2	222.26	95.40	92.61
		3	222.92	95.69	92.88
		4	188.15	80.76	78.40
		5	268.75	115.36	111.98
2	14	1	283.34	100.00	118.06
		2	271.54	95.84	113.14
		3	331.05	116.84	137.94
		4	291.22	102.78	121.34
		5	284.56	100.43	118.56
3	28	1	297.15	100.00	123.81
		2	291.86	98.22	121.61
		3	340.33	114.53	141.81
		4	331.55	111.57	138.14
		5	338.21	113.82	140.92

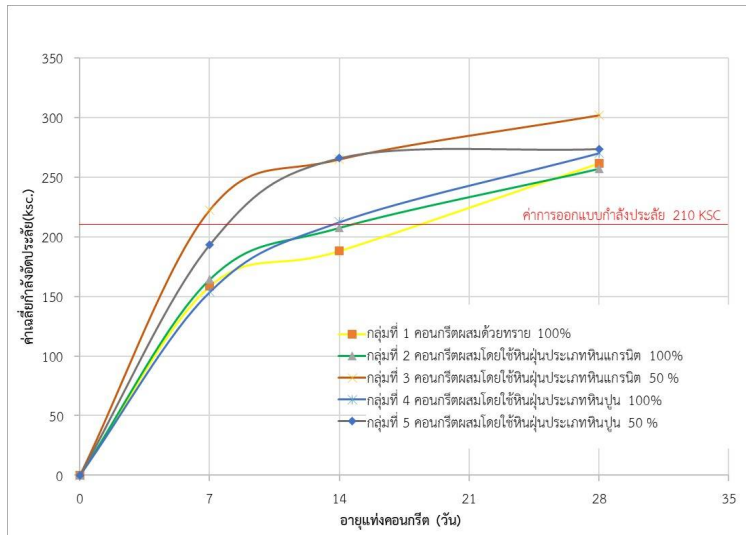
หมายเหตุ : กลุ่มที่ 1 คอนกรีตผสมทราย 100% กลุ่มที่ 2 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 100%
 กลุ่มที่ 3 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 50% กลุ่มที่ 4 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูน 100% และ
 กลุ่มที่ 5 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูน 50%

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่มเปรียบเทียบกับค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย
 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

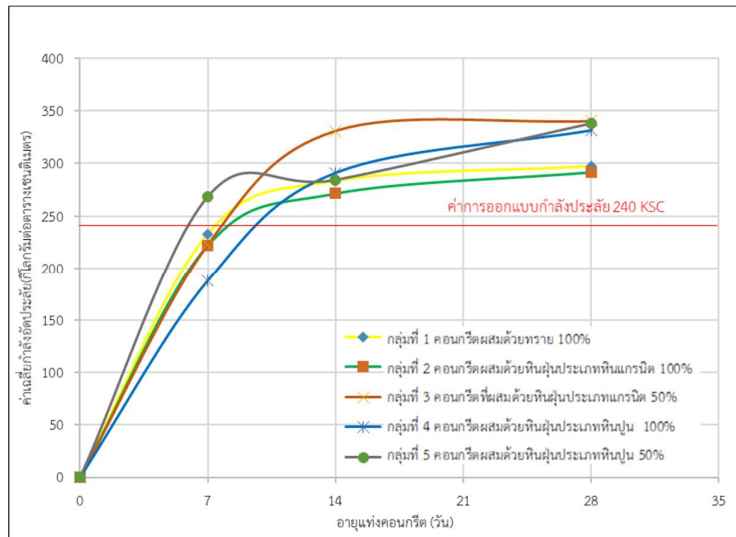
ลำดับที่	อายุแท่งคอนกรีต (วัน)	กลุ่มตัวอย่าง ที่	ค่าเฉลี่ยกำลังอัด ประลัย (ksc)	ร้อยละ เปรียบเทียบ กับกลุ่มที่ 1	ร้อยละ เปรียบเทียบ กับค่าการออกแบบ
1	7	1	259.00	100.00	92.50
		2	288.99	111.58	103.21
		3	302.16	116.67	107.91
		4	264.34	102.06	94.41
		5	301.89	116.56	107.82
2	14	1	315.24	100.00	112.59
		2	302.82	96.06	108.15
		3	379.34	120.33	135.48
		4	304.01	96.44	108.57
		5	333.85	105.90	119.23
3	28	1	356.17	100.00	127.20
		2	354.76	99.61	126.70
		3	398.14	111.78	142.19
		4	361.04	101.37	128.94
		5	363.74	102.13	129.91

หมายเหตุ : กลุ่มที่ 1 คอนกรีตผสมทราย 100% กลุ่มที่ 2 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 100%
 กลุ่มที่ 3 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 50% กลุ่มที่ 4 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูน 100% และ
 กลุ่มที่ 5 คอนกรีตผสมโดยใช้หินฝุ่นประเภทหินปูน 50%

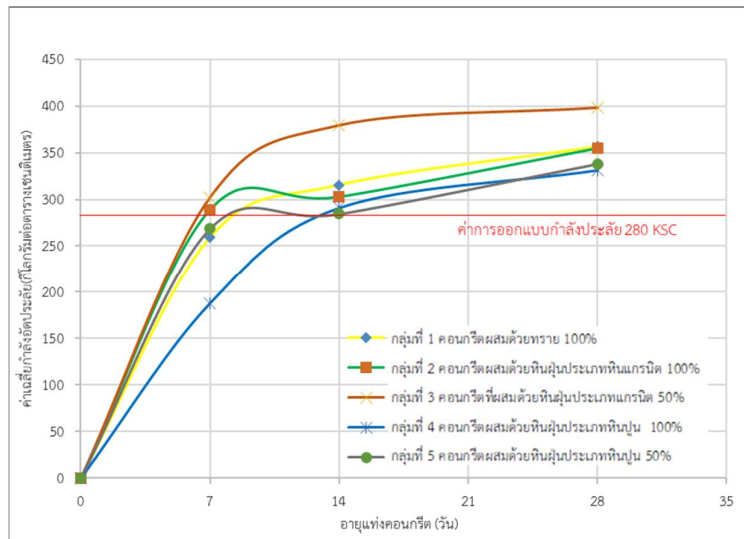
จากผลการทดสอบนำมาแสดงผลในรูปแบบกราฟเส้นเพื่อทำการวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน โดยที่แกน X คืออายุ
 แท่งคอนกรีตตั้งแต่ 0 จนถึง 28 วัน แกน Y คือค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่ม เส้นสีเหลืองคือ
 ค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 คอนกรีตผสมด้วยทราย 100%, เส้นสีเขียวคือค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของกลุ่ม
 ตัวอย่างที่ 2 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 100%, เส้นสีส้มคือค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของกลุ่มตัวอย่างที่ 3
 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 50%, เส้นสีน้ำเงินคือค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของกลุ่มตัวอย่างที่ 4 คอนกรีตผสม
 ด้วยหินฝุ่นประเภทหินปูน 100%, เส้นสีเทาคือค่าเฉลี่ยกำลังอัดประลัยของกลุ่มตัวอย่างที่ 5 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภท
 หินปูน 50% และ เส้นสีแดงแนวนอนแสดงค่าที่ใช้ในการออกแบบกำลังอัดประลัยที่ 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตาราง
 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ในรูปที่ 6 เป็นกราฟแท่งสำหรับแสดงภาพรวมค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ
 กำลังอัดประลัยคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่างที่ค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตาราง
 เซนติเมตร



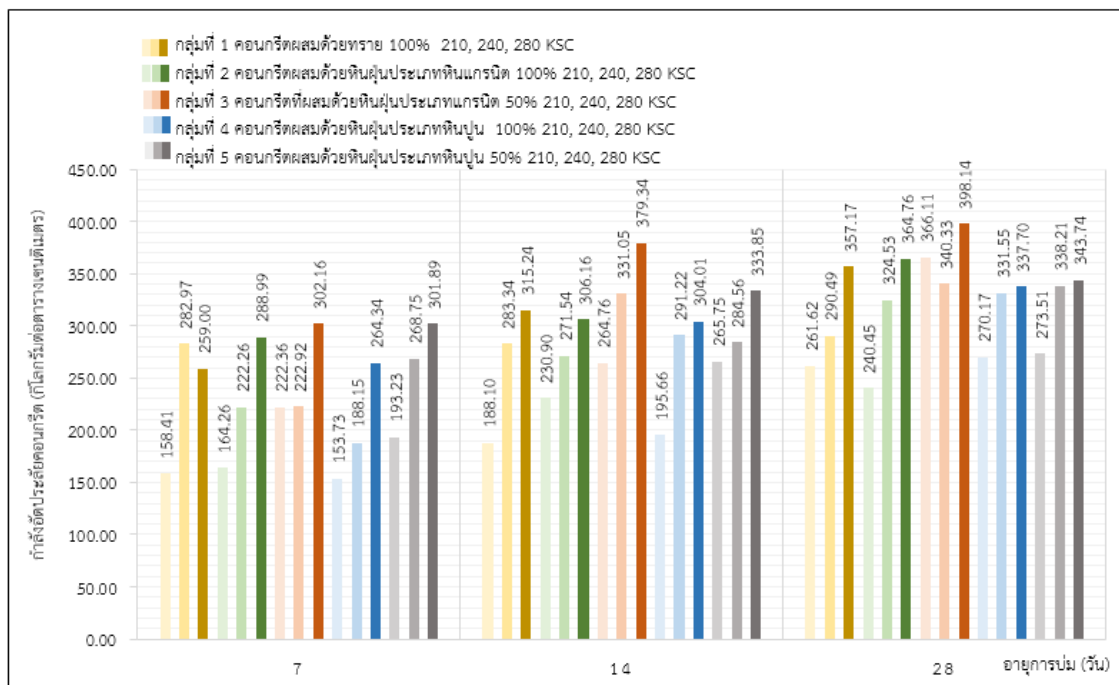
รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่างที่ค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 210 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่างที่ค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 240 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่างที่ค่าการออกแบบกำลังอัดประลัย 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตทั้ง 5 กลุ่มตัวอย่างที่ค่าการออกแบบกำลังประลัย 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

บทสรุป

การศึกษาคูณสมบัติของคอนกรีตผสมหินฝุ่นจากโรงโม่หินทั้ง 2 แห่งจากจังหวัดชลบุรีโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 27 ก้อน ดังนี้กลุ่มที่ 1 คอนกรีตผสมด้วยทรายปกติ 100% กลุ่มที่ 2 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต

100% กลุ่มที่ 3 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินแกรนิต 50% กลุ่มที่ 4 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินปูน 100% และกลุ่มที่ 5 คอนกรีตผสมด้วยหินฝุ่นประเภทหินปูน 50% พบว่าค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตเฉลี่ยที่ระยะเวลาบ่ม 28 วันของกลุ่มตัวอย่างที่ 3, 4 และ 5 มีค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตสูงกว่ากลุ่มที่ 1 ประมาณ 1-15% และพบว่าตัวอย่างกลุ่มที่ 2 มีค่ากำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 28 วันน้อยกว่าตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ประมาณ 1-2% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการออกแบบกำลังอัดประลัยที่ 210, 240 และ 280 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร พบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 กลุ่มมีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดประลัยที่ได้ออกแบบไว้ทั้งหมด และสอดคล้องกันทั้ง 3 ค่าดังนี้ อันดับที่ 1 คือกลุ่มตัวอย่างที่ 3 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดประลัยที่ได้ออกแบบไว้อยู่ที่ 42 – 44% อันดับที่ 2 คือกลุ่มตัวอย่างที่ 5 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดประลัยที่ได้ออกแบบไว้อยู่ที่ 30 – 41% อันดับที่ 3 คือกลุ่มตัวอย่างที่ 4 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดประลัยที่ได้ออกแบบไว้อยู่ที่ 29 – 38% อันดับที่ 4 คือกลุ่มตัวอย่างที่ 1 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดประลัยที่ได้ออกแบบไว้อยู่ที่ 24 – 27% และอันดับสุดท้ายคือกลุ่มตัวอย่างที่ 2 มีค่าสูงกว่าค่ากำลังอัดประลัยที่ได้ออกแบบไว้อยู่ที่ 22 – 27%

นอกจากนี้จากผลการทดสอบพบว่าการพัฒนา กำลังอัดของคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นทดแทนทราย มีการพัฒนา กำลังอัดของคอนกรีตเป็นไปตามรูปแบบที่ตรงกับคอนกรีตแบบปกติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Turuallo, Gidion & Mallisa, Harun & Rupang, Nicodemus. (2020). Sustainable development: Using stone dust to replace a part of sand in concrete mixture. MATEC Web of Conferences. 331. 1-7. 10.1051/mateconf/202033105001.
- [2] วินิต ช่อวิเชียร (2544) “หนังสือคอนกรีตเทคโนโลยี (Concrete Technology)” ; พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯ;ป. สัมพันธ์พานิชย์.
- [3] อีระ เทพพรหม. (2552). การศึกษากำลังอัดคอนกรีตโดยใช้หินฝุ่นเป็นส่วนผสมแทนทรายหยาบ กรณีศึกษา หินฝุ่นโรงโม่หิน นราธิวาสโรงโม่หิน. วารสารวิชาการนราธิวาสราชนครินทร์, 1(2), 28-41.
- [4] Eric, Franklin & Srivastava, Vikas & Agarwal, V & Denis, Anjelo & Ali, Ehsan. (2014). Stone Dust as Partial Replacement of Fine Aggregate in Concrete. 3. 148-152.
- [5] รัฐสุวรรณ กิ่งแก้ว, ปณิตริดา ไชยจิตร, วีรพงศ์ โชติช่วย และจรรยา ใจหาญ. (2558). การใช้หินฝุ่นแทนทรายในการผสมคอนกรีตผสมเสร็จ. วารสารเทคโนโลยีภาคใต้, 8(2), 55-61
- [6] Srivastava, Vikas. (2015). Stone Dust in Concrete: Effect on Compressive Strength. International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR).
- [7] วีระชาติ ตั้งจิรภัทร และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. (2556). คู่มือการทดสอบคุณสมบัติของปูนซีเมนต์มวลรวม และคอนกรีต. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แผ่นบรรจุภัณฑ์กันกระแทกจากยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี

The shockproof packaging pad from Cattail mixing with Rubber latex

จินดาพร สืบขำเพชร^{1*} อารีรัตน์ เมืองแสน² และปัฐพงษ์ เทียมตรี²

Jindaporn Suebkumpet^{1*}, Areerat Muangsan² and Patthaphong Thiamtri²

^{1*} Faculty of science Buriram Rajabhat University Buriram

² Faculty of education Buriram Rajabhat University Buriram

* jindaphom.sk@bru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติทางกลและศึกษาการกันกระแทกของแผ่นกันกระแทกขึ้นรูปจากรูปฤๅษี โดยอัตราส่วนน้ำยางพาราต่อรูปฤๅษีคือ 90 : 10 และ 80 : 20 จากการทดลองคุณสมบัติทางกลพบว่า แผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 80 : 20 มีค่าความต้านแรงดึงมากกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 0.14 N/mm² มีค่าความต้านแรงฉีกขาดมากกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 0.54 N/mm และมีความอดุลียืดหยุ่นมากกว่าแผ่นวัสดุกันกระแทกจากน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษีอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 0.011 N/mm² แต่ค่าความยืดตัวสูงสุดน้อยกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 268.61 วัสดุที่มีความต้านแรงดึง แรงฉีกขาด และค่ามอดุลียืดหยุ่นมากแสดงว่าวัสดุนั้นทนต่อแรงภายนอกได้มากเพื่อให้สามารถคืนสู่สภาพเดิมได้และผลการทดสอบการกันกระแทกจากน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นพบว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษี ในอัตราส่วน 90 : 10 และ 80 : 20 สามารถป้องกันความเสียหายของวัสดุในกล่องบรรจุภัณฑ์จากแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

คำสำคัญ: กันกระแทก บรรจุภัณฑ์ น้ำยางพารา ต้นรูปฤๅษี

Abstract

This research is study the shockproof in the packaging box. The ratio of latex to cattail is 90: 10 and 80: 20. From the results of mechanical properties, it was found that Rubber water cushioning against the cattail in the ratio of 80: 20 has a tensile strength greater than the rubber latex cushioning against the cattail in the ratio of 90: 10 to 0.14 N / mm². Impacting rubber water to the cattail at a ratio of 90: 10 is 0.54 N / mm and has a more elastic modulus of cushioning material from rubber latex mixed with cattail. The ratio of 90: 10 is 0.011 N / mm². But the maximum elongation value is less than the rubber water cushioning pad per cattail tree in the ratio of 90: 10 is 268.61 is a material with a tensile strength, tear strength, and modulus of elasticity shows that the material is very resistant to external forces in order to be able to return to its original state and test results Cushioning from latex mixed with cattail The researcher has discovered that the rubber latex cushioning against the cattail at the ratio of 90: 10 and 80: 20 can prevent damage to the material in the packaging box due to shock and vibration without any damage.

Keywords: Packaging, shockproof, Latex, Cattail

บทนำ

การออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันอันตรายทางกายภาพ ผลิตภัณฑ์จะเผชิญกับการตกกระแทกและการสั่นสะเทือนในรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งบรรจุภัณฑ์ที่มีผลิตภัณฑ์อยู่ภายในอาจเกิดการตกลงในระหว่างการเคลื่อนย้าย ไม่ว่าจะเป็นการใช้แรงงานคนหรือเครื่องมือในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อมีการขนย้ายผลิตภัณฑ์ในแต่ละครั้ง โอกาสที่บรรจุภัณฑ์จะตกลงระหว่างการเคลื่อนย้ายโดยการใช้แรงงานคนจะมีมากกว่าการเคลื่อนย้ายโดยใช้เครื่องมือ ซึ่งวัสดุป้องกันการสั่นกระแทกจะต้องสามารถรับแรงกระแทกและป้องกันส่งผ่านแรงกระแทกไปยังผลิตภัณฑ์และยังสามารถปกป้องผลิตภัณฑ์จากการเคลื่อนไหวภายในตัวบรรจุภัณฑ์ได้ (กนกวรรณ, 2561)

ปัจจุบันเกษตรกรได้ปลูกยางพาราเป็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำยางพาราในท้องตลาดเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ราคาของน้ำยางพาราต่ำลง และทำให้รายได้ของเกษตรกรลดลงด้วย การเลือกน้ำยางพารามาผลิตเป็นวัสดุกันกระแทก เพราะในน้ำยางพารามีคุณสมบัติที่ยืดหยุ่นและสามารถทนต่อแรงกระแทกได้ดี แล้วนำไปผสมกับต้นรูปฤๅษี ซึ่งต้นรูปฤๅษีเป็นพืชไม้ล้มลุกหลายปี มีลำต้นที่เหนียวนุ่มสามารถลดแรงกระแทกและมีความยืดหยุ่น วัสดุสองชนิดนี้เป็นวัสดุตามธรรมชาติจึงเหมาะกับการนำมาทำวัสดุกันกระแทกเพราะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแผ่นกันกระแทกจากน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษีได้แก่ การเตรียมต้นรูปฤๅษีและการผลิตแผ่นต้นแบบวัสดุกันกระแทก ดังต่อไปนี้

1. วิธีการเตรียมต้นรูปฤๅษี

- 1.1 นำต้นรูปฤๅษีมันหั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ความยาวไม่เกิน 1 เซนติเมตร ตากแดดให้แห้ง 10 - 12 วัน
- 1.2 นำต้นรูปฤๅษีที่แห้งมาปั่นด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด
- 1.3 วัดความชื้นด้วยเครื่อง Rice Moisture Tester โดยใส่ต้นรูปฤๅษี 100 กรัม บันทึกผลมีค่าความชื้นก่อนอบเครื่อง แสดงผลเป็น FFF ซึ่งหมายถึงมีค่าความชื้นน้อยกว่า 9 %
- 1.4 นำไปอบด้วยเครื่องอบลมร้อน 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 1.5 หาค่าความชื้นหลังอบ โดยวัดแล้วเครื่องแสดงผลเป็น FFF ซึ่งหมายถึงมีค่าความชื้นน้อยกว่า 9 %
- 1.6 นำต้นรูปฤๅษีมาปั่นอีกรอบ และร่อนด้วยตะแกรงขนาด Mesh screen เบอร์ 8 เพื่อจะได้ผสมกับน้ำยางพาราในขั้นตอนการขึ้นรูป

2. การผลิตแผ่นต้นแบบวัสดุกันกระแทกจากน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี

การขึ้นรูปวัสดุน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำต้นรูปฤๅษีผสมในอัตราส่วน คือ น้ำยางพารา 100 กรัม ผสมขึ้นรูปวัสดุด้วยน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีด้วยอัตราส่วนดังนี้ 90 : 10 และ 80 : 20 ตามลำดับ

- 2.1 วาดแบบลงแผ่นอะคริลิกใสด้วยปากกาเมจิกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 10 เซนติเมตร ความยาว 15 เซนติเมตร ตัดแผ่นอะคริลิกใสกว้าง 1 เซนติเมตร แล้วติดด้วยกาวร้อนเป็นขอบรอบแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อทำเป็นบล็อก แล้วทาวาสลินลงบนแบบให้ทั่ว

2.2 นำต้นรูปูฤษีที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อป้องกันการเกิดรบบนงานผสมกับน้ำยางพาราตามอัตราส่วนในภาคสแตนเลส โดยสวมถุงมือและผ้าปิดจมูก

2.3 ใส่สารลดแรงตึงผิว Amphitol55AB 1 เปอร์เซ็นต์โดยมวลในยางพาราผสมให้เข้ากัน

2.4 เทใส่ลงในบล็อกรที่เตรียมไว้ รอขึ้นงานเซตตัวเป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง

2.5 อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2.6 ชั่งน้ำหนักชิ้นงานวัสดุผสมยางพาราและต้นรูปูฤษีและบันทึกผลการทดลอง

3. การทดสอบความต้านทานแรงดึง แรงฉีกขาด และค่าความยืดสูงสุด (Tensile strength, Tear strength and Elongation at break)

3.1 ขึ้นรูปงานในทุกอัตราส่วนระหว่างน้ำยางพาราและต้นรูปูฤษี อัตราส่วน 90 : 10 และ 80 : 20 นำแผ่นยางขึ้นรูปบีบรูปทรงดัมเบลล์ตามมาตรฐาน ASTM D 412 Die c ความหนา 3 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องมือทดสอบค่าความต้านทานแรงดึงแรงฉีกขาดและแรงยืดก่อนขาด (elongation)

3.2 บันทึกค่าความต้านทานแรงดึงและค่ายืดตัวแล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของชิ้นงาน

3.3 บันทึกค่าความต้านทานแรงฉีกขาด มาตรฐาน ASTM D 624 Die B แรงดึง 500 มิลลิเมตรต่อหน้าที แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยของชิ้นทดสอบ

4. การทดสอบความแข็งของเนื้อวัสดุ

4.1 เตรียมวัสดุกันกระแทกจากยางผสมต้นรูปูฤษีในทุกอัตราส่วน โดยมีความหนาไม่เกิน 8 - 10 มิลลิเมตร ส่วนกว้างของตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร โดยเลือกชิ้นงานที่มีผิวหน้าเรียบที่สุด ปราศจากรอยขาด ขูด ชีต มาวัดค่าความแข็ง

4.2 วัดความแข็งของชิ้นงานด้วยเครื่อง Durometer จะเป็นแบบกรวยหัวตัด สำหรับประเภท Shore A ASTM D2240 โดยกดแป้นสัมผัสกับหน้ายางโดยตลอด อาจจะใช้มือกดหรือ น้ำหนักกดก็ได้ให้ทำการวัด 3 - 5 จุด ที่จุดต่าง ๆ ภายในระยะเวลา 15 วินาที และบันทึกค่าเฉลี่ย

5. ทดสอบความต้านทานการตกกระแทก (Drop test) นำวัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นรูปูฤษีเลือกชิ้นงานที่ทุกอัตราส่วน คือ 90 : 10 และ 80 : 20 เมื่อขึ้นรูปแล้วตัดให้ได้ขนาดเท่ามุกกล่องทั้ง 4 ด้านซึ่งมีขนาด 7.5 x 13 เซนติเมตร และด้านฝากล่องและด้านก้นกล่องมีขนาด 7.5 x 7.5 เซนติเมตร โดยใส่ในบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ บรรจุแก้ว 1 ใบต่อ 1 กล่องเพื่อทำการทดสอบ Drop test ที่ค่าความสูง 3 เมตร และความสูง 1.5 เมตร

6. ทดสอบความต้านทานการสั่นสะเทือน (Vibration) เพื่อดูการรับแรงโดยทดสอบทำในแนวขึ้น-ลง โดยเครื่อง Vibration table ซึ่งใช้ระบบไฮดรอลิก ทำให้โต๊ะเคลื่อนที่ขึ้น - ลง โดยมีการป้อนสัญญาณให้โต๊ะเคลื่อนที่เพื่อดูค่าความเสียหายจากการสั่นสะเทือนที่ทำให้สินค้าสีกันเอง เสียดสี กับแผ่นกันกระแทกหรือเสียดสีกับกล่องบรรจุภัณฑ์ การทดสอบความต้านทานการสั่นสะเทือนได้ใช้มาตรฐาน International Safe Transit Association; Resource Book 2011 Test Procedure -2a - Fixed Displacement Vibration Test ทำการทดสอบระยะแรงสั่นที่ 25 มิลลิเมตร ความถี่ 240 รอบต่อหน้าที เป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยการทำการทดสอบที่ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย หลังจากการทดสอบเรียบร้อยแล้วจึงเปิดกล่องเพื่อดูประเมินความเสียหายของแก้วเซรามิกในกล่องบรรจุภัณฑ์ โดยจัดเรียงแก้วภายในบรรจุภัณฑ์เป็นบรรจุแก้ว 6 ใบ

ผลการวิจัย

1. การทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นธูปฤๅษี โดยห้องปฏิบัติการทางฟิสิกส์ ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกล

คุณสมบัติทางกลที่ทำการทดสอบ	วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นธูปฤๅษี อัตราส่วน 90 : 10	วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นธูปฤๅษี อัตราส่วน 80 : 20
การต้านทานแรงดึง (N/mm ²)	1.29	1.43
มอดูลัสยืดหยุ่น (N/mm ²)	0.004	0.015
การต้านทานแรงฉีกขาด (N/mm)	10.88	11.42
ความยืดตัวสูงสุด (%)	366.04	97.43
ความแข็งแรงของเนื้อวัสดุ (N)	42.7	63.9

ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลพบว่า แผ่นกันกระแทกอัตราส่วน 90 : 10 ต้านแรงดึงและแรงฉีกขาดได้น้อยกว่า แผ่นกันกระแทกอัตราส่วน 80 : 20 เนื่องจากปริมาณต้นธูปฤๅษีที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้คุณสมบัติของน้ำยางพาราซึ่งมีคุณสมบัติเหนียวและยืดหยุ่นลดลง ค่าความต้านทานแรงดึงและแรงฉีกขาดที่เปลี่ยนไปย่อมมีผลต่อค่าความยืดตัวซึ่งแผ่นกันกระแทกอัตราส่วน 90:10 มีค่าความยืดตัวมากกว่า แผ่นกันกระแทกอัตราส่วน 80 : 20 เนื่องจากคุณสมบัติของยางพารามีความยืดหยุ่นในส่วนผสมของอัตราส่วน 90 : 10 มีปริมาณยางพารามากกว่า ส่วนค่าความแข็งแรงที่ได้นั้นมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณต้นธูปฤๅษีเพิ่มขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าเส้นใยของต้นธูปฤๅษี มีผลต่อความแข็งแรงของวัสดุ



รูปที่ 1 วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นธูปฤๅษี อัตราส่วน 90 : 10 และอัตราส่วน 80 : 20 ก่อนและหลังการทดสอบ

2. ผลการทดสอบความต้านทานการตกกระแทก (Drop test) โดยห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย




ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความต้านทานการตกกระแทก (Drop test)

ความสูงที่ทำการทดสอบ	วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมดิน รูปถั่ว อัตราส่วน 90 : 10	วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมดิน รูปถั่ว อัตราส่วน 80 : 20
1.5 เมตร	กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่เสียหาย 	กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่เสียหาย 
3.0 เมตร	กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่เสียหาย 	กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่เสียหาย 

ผลการทดสอบสมบัติความต้านทานการตกกระแทกพบว่า ไม่ปรากฏความเสียหายใด ๆ ที่ระดับความสูง 1.5 เมตร จึงนำไปทดสอบโดยเพิ่มระดับความสูงที่ 3 เมตร ซึ่งผลการทดสอบพบว่า กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่เกิดความเสียหายใด ๆ ทั้ง 2 อัตราส่วน

3. ผลการทดสอบความต้านทานการสั่นสะเทือน (Vibration) ตามมาตรฐาน International Safe Transit Association โดยห้องปฏิบัติการทดสอบบรรจุภัณฑ์ ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความต้านทานการสั่นสะเทือน (Vibration)

วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี อัตราส่วน 90 : 10	วัสดุกันกระแทกจากยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี อัตราส่วน 80 : 20
<p>กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่ปรากฏความเสียหาย</p>  	<p>กล่องกระดาษแข็งและแก้วไม่ปรากฏความเสียหาย</p>  

ผลการทดสอบความต้านทานการสั่นสะเทือนพบว่า กล่องบรรจุแก้ว 6 ใบ ของอัตราส่วน 90 : 10 และอัตราส่วน 80 : 20 หลังการทดสอบไม่ปรากฏความเสียหายใด ๆ ต่อกล่องและแก้วที่บรรจุภายในกล่องทั้ง 2 อัตราส่วน

อภิปรายผลการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกลพบว่า แผ่นกันกระแทกอัตราส่วน 90 : 10 ด้านแรงดึงและแรงฉีกขาดได้น้อยกว่า แผ่นกันกระแทกอัตราส่วน 80 : 20 เนื่องจากปริมาณต้นรูปฤๅษีที่เพิ่มขึ้นนั้นส่งผลให้คุณสมบัติของน้ำยางพาราซึ่งมีคุณสมบัติเหนียวและยืดหยุ่นลดลง ค่าความต้านแรงดึงและแรงฉีกขาดที่เปลี่ยนไปย่อมมีผลต่อค่าความยืดตัว จากการทดสอบสมบัติความต้านทานการตกกระแทกพบว่า ไม่ปรากฏความเสียหายใด ๆ ทั้งกล่องกระดาษแข็งและแก้วน้ำที่ระดับความสูง 1.5 เมตร และ 3 เมตร ผ่านเกณฑ์ทดสอบของศูนย์บรรจุหีบห่อไทย และจากการทดสอบความต้านทานการสั่นสะเทือนพบว่า กล่องบรรจุและแก้ว 6 ใบ ไม่ปรากฏความเสียหายใด ๆ ต่อกล่องและแก้วที่บรรจุภายในกล่องทั้ง 2 อัตราส่วน

สรุปผลการวิจัย

การผลิตวัสดุกันกระแทกจากน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษี ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นพบว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษี ในอัตราส่วน 90 : 10 และ 80 : 20 สามารถป้องกันความเสียหายของวัสดุในกล่องบรรจุภัณฑ์จากแรงกระแทกและแรงสั่นสะเทือนได้โดยไม่เกิดความเสียหายใดๆ โดยแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 80 : 20 มีค่าความต้านแรงดึงมากกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 0.14 N/mm² มีค่าความต้านแรงฉีกขาดมากกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 0.54 N/mm และมีความอดูลิสยืดหยุ่นมากกว่าแผ่นวัสดุกันกระแทกจากน้ำยางพาราผสมต้นรูปฤๅษีอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 0.011 N/mm² แต่ค่าความยืดตัวสูงสุดน้อยกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้นรูปฤๅษีในอัตราส่วน 90 : 10 อยู่ 268.61 วัสดุที่มีความต้านแรงดึง แรงฉีกขาด

และค่ามอดูลส์ยึดหยุ่นมาก แสดงว่าวัสดุนั้นทนต่อแรงภายนอกได้มากเพื่อให้สามารถคืนสู่สภาพเดิมได้ ดังนั้นแผ่นกันกระแทก
น้ำยางพาราต่อต้านรูปฤๅษีในอัตราส่วน 80 : 20 สามารถรับแรงกระแทกได้มากกว่าแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้านรูปฤๅษี
ในอัตราส่วน 90 : 10 และมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแผ่นกันกระแทก อย่างไรก็ตามแผ่นกันกระแทกน้ำยางพาราต่อต้าน
รูปฤๅษีในทั้งสองอัตราส่วนสามารถป้องกันความเสียหายของสินค้าได้ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้จริง และ
สามารถประยุกต์เป็นวัสดุกันกระแทกในลักษณะอื่นๆ ทำให้เพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพาราและต้านรูปฤๅษีอีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ วรรณศรี. (2560). ความหมายของบรรจุภัณฑ์. ค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2561.
<https://tomzabee.wordpress.com>.
- สุพจน์ ประทีปถิ่นทอง. (2560). ชนิดของวัสดุกันกระแทก. ค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2561.
<http://www.pack1900.com>.
- อัญชลี กิจจะวัฒนะ. (2554). การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแผ่นกันกระแทกจากขานอ้อย. สาขาวิชา
เทคโนโลยีเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอและออกแบบแฟชั่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- เอกรัตน์ รวยรวย. (2551). กระเบื้องยางปูพื้นจากยางธรรมชาติผสมเส้นใยธรรมชาติ. ภาควิชาครุศาสตร์โยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

การศึกษาฟินคอยล์ต่อประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน A study fin geometry on efficiency split type units

วชิรพล แสนโซ้ง^{1*}

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัด สุรินทร์¹

^{*}Mon_evolution@hotmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องปรับอากาศมีการทำความเย็นแบบอัดไอที่เปลี่ยนสถานะของเหลวกลับไปกลับมาในระบบเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่คอนเดนเซอร์ทำการควบแน่นเอาความร้อนออกจากสารทำความเย็น สถานะของสารทำความเย็นจากไอกลายเป็นของเหลวเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศผ่านท่อและครีบบินคอยล์ งานวิจัยนี้ศึกษาและเปรียบเทียบผลกระทบจากการปรับระยะห่างครีบบินคอยล์และมุมหยักครีบบนคอนเดนเซอร์ต่อประสิทธิภาพระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชุดการทดสอบมี 2 ชุด ชุดที่ 1 ระยะห่างครีบบินคอยล์ 1.5 มิลลิเมตร ครีบบินแบบตรง ชุดที่ 2 ระยะห่างครีบบินคอยล์ 2 มิลลิเมตร มุมหยักครีบบิน 20 องศา จากผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแห้งของอากาศภายนอกเป็นส่วนใหญ่แต่เนื่องด้วยองค์ประกอบภายในคอนเดนเซอร์ที่มีลักษณะของฟินคอยล์ที่เปลี่ยนไป ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าระบบการทำความเย็นลดลงเพื่อช่วยให้คอนเดนเซอร์ระบายอุณหภูมิสูงของสารทำความเย็นเข้าสู่ วาล์วลดความดัน โดยผลการศึกษาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเมื่อนำข้อมูลชุดที่ 1 และข้อมูลชุดที่ 2 เปรียบเทียบกัน ลดลง 0.61 เปอร์เซ็นต์ และในการประเมินระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนดัชนีอยู่ในระดับเบอร์ 4 (ระดับดี) ในระยะเวลาการใช้งานอยู่ที่ 5 ปี เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายต่อเดือนมีค่าใช้จ่ายต่างกันอยู่ที่ 480 บาท

คำสำคัญ: ระบายความร้อน เครื่องควบแน่น มุมหยักครีบบินระบายความร้อน

Abstract

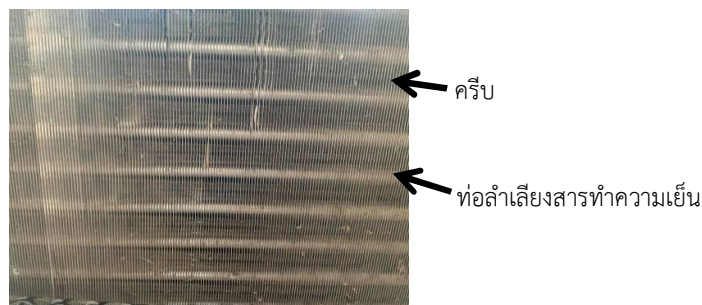
Air conditioners product vapor compress cooling that changes liquid state return process in the system to exchange heat at condenser operate condenses remove heat from refrigeration. State of vapor refrigeration become liquid by air cooled condenser through tubes and split fin. This research studied and compared effect on adjust distance split fin and wavy fin condenser on effect split type air condition. There are 2 test sets data 1 distance split fin 1.5 mm. straight fins. Data 2 distances split fin 2 mm. Wavy fin 20 degree. The results showed coefficient of performance of air cooled condenser depends on dry bulb temperature outside mostly but elements within condenser have characteristics of fin coil geometry change amount of electric power input refrigeration system reduce to contact condenser to transfer heat gain of refrigeration entering expansion valve. Results of study on coefficient of performance taking data set 1 and data set 2 comparisons were down 0.61 percent. And in the assessment energy efficiency ratio on air

condition split type degree at number 4 (good level) periods of use 5 years. Compared to monthly expenses, there difference of 480 baht.

Keywords: Split fin, Condenser, Wavy fin

บทนำ

วัฏจักรทำความเย็นเกิดขึ้นในระบบปิดมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากระดับต่ำไปยังสูงจึงต้องการป้อนพลังงานเข้าสู่วัฏจักรเสมอเพื่อชดเชยกับงานที่ต้องเสียไปในรูปแบบถ่ายเทความร้อนบริเวณคอนเดนเซอร์หรือเรียกว่าคอยล์ร้อนประกอบด้วยชุดท่อทองแดงและครีบบลูมิเนียมสอดเป็นช่วงๆ ดังรูปที่ 1 ระบายความร้อนของสารทำความเย็นในสถานะแก๊สที่มีอุณหภูมิสูง ความดันสูงที่ส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ภายในท่อลำเลียงสารทำความเย็นก่อนที่ควบแน่นเปลี่ยนสถานะสารทำความเย็นเป็นสถานะของเหลวครีบบลูมิเนียมคอยล์ที่มีระยะห่าง รูปร่างที่มีมุมหยักเป็นตัวช่วยในการระบายความร้อนและลดความดันของสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะแก๊สจนกลายเป็นสถานะของเหลวความดันต่ำและเข้ากลับคืนระบบ ในทุกช่วงความยาวท่อลำเลียงสารทำความเย็นต้องใช้การระบายผ่านผิวสัมผัสตามความยาวของท่อเท่านั้นคอยล์ร้อนที่กล่าวถึงนิยมใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กกระจายความร้อนด้วยพัดลมแล้วต้องผ่านคอยล์ร้อนเท่านั้น ครีบบลูมิเนียมมีหลายชนิดแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปเช่น ครีบบางสีเหลี่ยม ครีบบางขวาง ครีบบางกลม ครีบบางสามเหลี่ยม หรือที่เห็นด้วยตาเปล่าลักษณะที่มีแผ่นคล้ายโลหะยื่นออกมา การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศหรือการหาสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) มีการวิจัยมากมายเช่น การลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ป้อนเข้าสู่ระบบการทำความเย็น ลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์โดยมีอุปกรณ์ช่วยลดอุณหภูมิ และเน้นถึงการวิเคราะห์พลังงานเอนทัลปีเพื่อลดอัตราส่วนระหว่างกระบวนการ Isobaric Process ต่อกระบวนการ Isentropic Process



รูปที่ 1 องค์ประกอบของคอยล์ร้อน

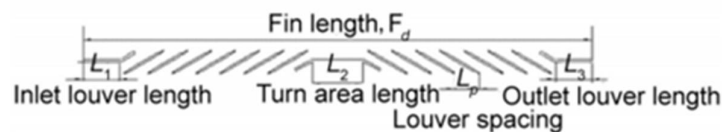
การศึกษาการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นบนจุดคอนเดนเซอร์ที่มีส่วนประกอบของครีบบลูมิเนียมคอยล์ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศแยกส่วนขนาดเล็กซึ่งการทบทวนเอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ พบว่ามีการนำเอาครีบบลูมิเนียมคอยล์มาศึกษาเพื่อหาผลที่เกิดขึ้น

การทดลองการถ่ายเทความร้อนด้วยอากาศของกลุ่มท่อครีบบลูมิเนียมโดยให้อากาศไหลเวียนผ่านในทิศทางแนวนอน บังคับให้การไหลของน้ำในการทดสอบได้ทำการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมที่ป้อนผ่านครีบบลูมิเนียม การจัดเรียงระยะห่างระหว่างครีบบลูมิเนียมที่ได้

แสดงให้เห็นว่าการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับการจัดวางแถวครีป และวัสดุในการทำครีป (R.F.Babus's, K.Akintunde, 1995)

งานวิจัยการทดสอบผลกระทบของการเพิ่มระยะห่างฟินคอยล์ที่บริเวณคอนเดนเซอร์โดยใช้สารทำความเย็น R134a โดยมีระยะห่างจากเดิมคือ 2 มิลลิเมตร ปรับระยะเพิ่มเป็น 4 มิลลิเมตร 6 มิลลิเมตร 8 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวแปร ความดันและอุณหภูมิ ด้านดูดและด้านจ่ายที่คอมเพรสเซอร์ คอนเดนเซอร์ อีวาปอเรเตอร์ บันทึกข้อมูลลงบน P-h Chart ของสารทำความเย็น R134a หาผลของเอนทัลปีนำมาวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สมรรถนะที่เปลี่ยนไป ผลที่ได้จากการปรับระยะทั้งหมดกำลังการใช้ไฟฟ้าลดลงจากเดิมเฉลี่ย 5.88 เพอร์เซ็นต์ สมรรถนะการทำความเย็น ลดลงจากเดิมเฉลี่ย 5.78 เพอร์เซ็นต์ ทำให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยลดลง 6.94 เพอร์เซ็นต์ (S.Sharmas Vali,M.L., S. Deva Kumar. And K.Vijaya Kumar Reddy, 2011)

การจำลองโครงสร้างเพื่อหาคุณลักษณะฟินคอยล์พบว่าปัจจัยการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับเลขเรย์โนลด์เบอร์นั้นแล้วโครงสร้างของฟินคอยล์นั้นมีส่วนทำให้สภาวะการไหลเปลี่ยนสถานะได้เร็วจึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นตามและตัวแปรที่เกิดขึ้นบนฟินคอยล์มีดังนี้



รูปที่ 2 แบบจำลองโครงสร้างฟินคอยล์ (Ngoclan-Tran. and Chi-chuan Wang, 2020)

ขนาดของโครงสร้าง มุมเอียงของฟินคอยล์ 30 องศา ระยะห่างฟิน 1.4 มิลลิเมตร จำนวนฟินคอยล์ 35 ครีป คุณลักษณะของฟินมีความสูงของฟิน 4.4 มิลลิเมตร ความหนาฟิน 6.4 มิลลิเมตร ป้อนอุณหภูมิคงที่ 300 เคลวิน ผลที่ได้จากการทดลอง ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นอยู่ที่ ระยะห่างฟิน ในทุก 6 เพอร์เซ็นต์ของอัตราการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นช่วงการเปลี่ยนระยะห่างฟินเพิ่มในช่วง 0.1 มิลลิเมตรทำให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานลดลงเนื่องจากสภาวะการไหลเปลี่ยนแปลงเป็นปั่นป่วนเร็วขึ้นกว่าเดิมส่งผลให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานลดลง 2.4 เพอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้จากโปรแกรมไฟไนท์อีลิเมนต์

พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ้าหน้าที่หมื่นควงฟุ้งชนศึกษาการถ่ายเทความร้อนด้วยแผ่น Thermo chromic liquid crystal โดยเจ้าหน้าที่หมื่นควงตั้งฉากกับแผ่นระบายความร้อนพิจารณาผลกระทบจากการปรับระยะ ($L=2D, 4D, 6D, 8D$ และ $10D$) เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีดเจ้าหน้าที่หมื่นควงที่ 25,000 ผลการทดลองพบว่าพฤติกรรมถ่ายเทความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนความร้อนสูงสุดลดลง จากระยะห่างของปากทางออกหัวฉีดและแผ่นระบายความร้อนตั้งแต่ระยะ $L=2D, 4D, 6D, 8D, 10D$ ตามลำดับ (วสุวรรค์ เหลือมหล่อ, ขวัญชัย หนาแน่น และ สมิทธิ์ เอี่ยมสะอาด, 2559)

การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนโดยใช้วงแหวนรูปตัววีในการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน โดยอิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิทซ์ 0.5, 1.0, และ 2.0 และอัตราส่วนด้านกริลที่ 0.1, 0.15, และ 0.2 พบว่าวงแหวนดังกล่าวสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนได้โดยทำให้เกิดการไหลแบบวอร์เทคด้านหลังของวงแหวนซึ่งสามารถเพิ่มตัวประกอบเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ถึง 1.63 ในช่วงค่าเรย์โนลด์ต่ำ (Chingtuaythonh W, Promvongse P and Pimsarn, 2017)

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการศึกษาผลกระทบต่อประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศจากการรายละเอียดของครีบบฟินคอยล์ ณ คอนเดนเซอร์ หรือเรียกได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน มีระยะห่างเท่ากับ 1.5 มิลลิเมตร เป็นครีบบตรง และเพิ่มระยะห่างเป็น 2 มิลลิเมตร ครีบบฟินคอยล์มีมุมหยัก 20 องศา สมการพื้นฐานการถ่ายเทความร้อนที่คอนเดนเซอร์ซึ่งวัตต์ครีบบเป็นอนุกรมเนียมตัวครีบบเป็นแบบหน้าตัดสม่ำเสมอ (Fin of uniform cross section) รูปแบบการระบายความร้อนด้วยอากาศ

$$Q_c = UA\Delta T_{LMTD} \quad (1)$$

เมื่อ

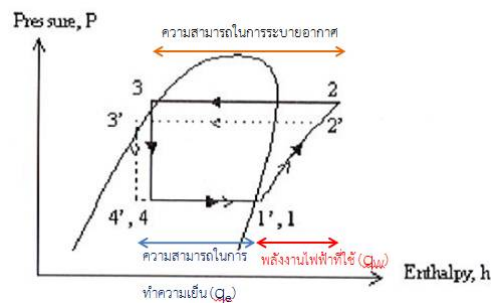
$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_w - T_o) - (T_w - T_i)}{\ln\left(\frac{T_w - T_o}{T_w - T_i}\right)} \quad (2)$$

กรณีที่แตกต่างกันอุณหภูมิเฉลี่ยแบบ Logarithmic mean temperature difference จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์หรืออุณหภูมิอากาศที่ใช้ระบายความร้อนมีการเปลี่ยนแปลง การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบ Logarithmic mean temperature difference ในสมการที่ (2) อุณหภูมิอากาศเข้าลดลงผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบลอการิทึมจะเพิ่มขึ้นทำให้การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์เพิ่มขึ้น แต่ถ้าสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์ลดลง ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบลอการิทึมจะลดลงทำให้การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ลดลงได้ ซึ่งเป็นผลที่ทำให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นได้มากเท่าที่ควร การศึกษาระยะห่างครีบบฟินคอยล์เป็นการพิจารณาเชิงกลเมื่อระยะเพิ่มขึ้นจะทำให้ความดันและอุณหภูมิเปลี่ยนไปส่งผลทำให้กำลังฟ้าเปลี่ยนแปลงตามทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ (COP) ลดลง

$$q_e = h_{1'} - h_{4'} \quad (3)$$

$$q_w = h_{2'} - h_{1'} \quad (4)$$

$$COP = \frac{q_e}{q_w} = \frac{h_{1'} - h_{4'}}{h_{2'} - h_{1'}} \quad (5)$$



รูปที่ 3 P-h Diagram

จากรูปที่ 3 แผนภาพจะเห็นได้ว่ากระบวนการทำงานในระบบอัตโนมัติทั้งหมด 4 กระบวนการอธิบายได้ว่าการทดสอบก่อนการปรับระยะห่างครีบบ 1-2-3-4 จุดที่ 1-2 คือกระบวนการอัดเพิ่มความดัน สารทำความเย็นที่ออกจากคอยล์เย็นในสถานะไออิมตัวถูกดูดกลับเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์เพื่ออัดสารทำความเย็นให้มีความดันตามเส้น 1-2 จุดที่ 2-3 คือกระบวนการควบแน่น สารทำความเย็น ณ จุดที่ 2 ถูกส่งไปยังแผงคอยล์ร้อนเพื่อผ่านกระบวนการควบแน่นโดยพัดลมคอยล์จะดึงอากาศในบริเวณด้านหลังแผงคอยล์ร้อนเข้ามาผ่านแผงคอยล์ร้อน เพื่อลดอุณหภูมิและเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นจากไอร้อนยิ่งยวด ณ จุดที่ 2 เป็นของเหลวอิมตัว ณ จุดที่ 3 ซึ่งการระเหยความร้อนในห้องปรับอากาศจะถูกนำมาระบายทิ้งในกระบวนการนี้ 3-4 คือกระบวนการลดความดัน สารทำความเย็น ณ จุดที่ 3 จะถูกส่งผ่านเข้าไปยังวาล์วลดความดันเพื่อทำให้มีอุณหภูมิและความดันลดลงตามเส้น 3-4 ซึ่งสารทำความเย็น ณ จุดที่ 3 อยู่ในสถานะของผสม ของเหลวผสมกับไอกระบวนการนี้ไม่ได้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่อย่างใด 4-1 การกระบวนการระเหย กระบวนการนี้เกิดขึ้นในแผงคอยล์เย็น โดยสารทำความเย็นในสถานะของผสม ณ จุดที่ 3 จะถูกส่งเข้าไปยังแผงคอยล์เย็นเพื่อรับภาระความร้อนจากอากาศภายในห้องและเปลี่ยนจากสถานะผสมกลายเป็นไออิมตัว ก่อนที่จะถูกดูดกลับเข้าไปยังคอมเพรสเซอร์ และยังเข้าสู่กระบวนการอัดเพื่อเพิ่มความดันอีกครั้ง ซึ่งในการทดสอบ วัฏจักรได้เปลี่ยนแปลงไปเป็น 1'-2'-3'-4' เนื่องด้วยครีบบที่มียุทธศาสตร์และมุมเอียงที่ไม่เหมือนเดิม ทำให้กำลังการใช้พลังงานไฟฟ้าเบี่ยงเบนออกทำให้เกิดการกินไฟมากขึ้นส่งผลและความสามารถในการระบายอากาศมากขึ้นจึงหมายความว่าอุณหภูมิทางออกที่คอนเดนเซอร์สูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศลดลง

ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์อีกตัวคือ การพิจารณาตรวจประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ EER (Energy Efficiency Ration) เป็นตัวบอกถึงกระแสไฟฟ้าที่ใช้ว่ามีประสิทธิภาพมากเกินความจำเป็นหรือไม่ พิจารณาในอีกแง่หนึ่งได้ว่า เครื่องปรับอากาศที่มี EER สูงจะทำให้ประหยัดไฟฟ้าได้ในระยะยาวโดยให้ความเย็นเท่ากันแต่การจ่ายไฟน้อยกว่าจากสมการ

$$EER = 3.14 \times COP \quad (6)$$

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาศักยภาพเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบอัตโนมัติแยกส่วนซึ่งได้ปรับปรุงในส่วนคอนเดนเซอร์ที่มีชุดคอยล์ร้อนประกอบด้วยท่อทองแดงที่มีครีบบเป็นตัวถ่ายเทความร้อนโดยการศึกษาจะเพิ่มระยะห่างครีบบ ลักษณะการเรียงตัวของครีบบที่มีองศาเปลี่ยนไป ขอบเขตการทดสอบเป็นการถ่ายเทความร้อนด้วยอากาศโดยไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิจากสภาวะอากาศภายนอกแต่จะใช้ค่าที่ใกล้เคียงพิจารณา จุดคอมเพรสเซอร์ใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งพัดลมระบายความร้อนและวัดกระแสไฟฟ้าก่อนเข้าคอยล์เย็น กระแสไฟฟ้าออกจากคอยล์เย็น เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดสอบมีกำลังไฟฟ้า 3,139 วัตต์ (36,000 Btu/hr)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิ Dry bulb ในช่วงเวลาทดสอบของชุดคอยล์ครีบบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร

เวลา (น.)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
อุณหภูมิ (°C)	29	28	29	30	31	31	31	32	30

ตารางที่ 2 อุณหภูมิ Dry bulb ในช่วงเวลาทดสอบของชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

เวลา (น.)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
อุณหภูมิ (°C)	27	29	31	32	30	32	31	30	29



รูปที่ 4 ชุดคอยล์ครีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 5 ชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

รูปที่ 4 และ รูปที่ 5 คือชุดคอยล์ร้อนที่มีพารามิเตอร์แตกต่างกันเมื่อวัดอุณหภูมิอากาศแห้งจากสภาวะอากาศภายนอกตารางที่ 1 แล้วติดตั้งชุดที่คอยล์ร้อนเข้าไปวัดอุณหภูมิและกระแสไฟฟ้า (input) ใช้อุปกรณ์ดิจิตอลแคลมป์มิเตอร์ ทิศทางสายไฟจากเบรกเกอร์หลัก (main breaker) ไปยังแผ่นไฟฟ้าคอยล์เย็นจากนั้นไล่หาสายไฟ สายนิวทรัลของคอยล์เย็น และวัดกระแส (output) สายไฟที่ออกจากคอยล์เย็นเข้าสู่คอยล์ร้อน



รูปที่ 6 ลักษณะต่อกระแสไฟฟ้า input



รูปที่ 7 ลักษณะต่อกระแสไฟฟ้า output

ในงานวิจัยเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศความชื้นที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์จะใกล้ความสามารถในการทำความเย็นและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ จึงกล่าวได้ว่าประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศแห้งจากสภาวะอากาศภายนอกและยังส่งผลต่อความคุ้มค่าใช้จ่ายจากการปรับระยะครีปและรูปทรงครีปคอยล์ร้อน

ผลการวิจัย

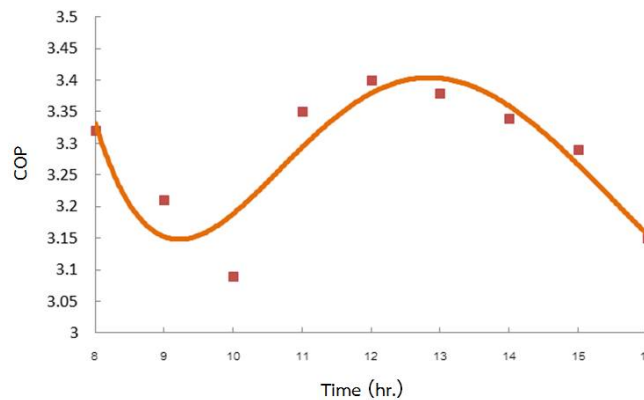
ตารางที่ 3 ตารางผลการทดสอบ

เวลา (น.)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
q_e 1 (W)	3,070	3,104	3,102	3,126	3,089	3,126	3,119	3,142	3,014
q_w 1 (W)	924	966	1,003	933	908	924	933	955	956
COP 1	3.32	3.21	3.09	3.35	3.40	3.38	3.34	3.29	3.15
EER 1	10.42	10.08	9.70	10.52	10.68	10.61	10.49	10.33	9.89
q_e 2 (W)	3,125	3,059	3,104	3,088	3,026	3,107	3,078	3,123	3,066
q_w 2(W)	919	913	1027	983	919	900	955	946	961
COP 2	3.40	3.35	3.02	3.14	3.29	3.45	3.22	3.30	3.19

<i>EER</i> 2	10.68	10.52	9.48	9.86	10.33	10.83	10.11	10.36	10.20
--------------	-------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

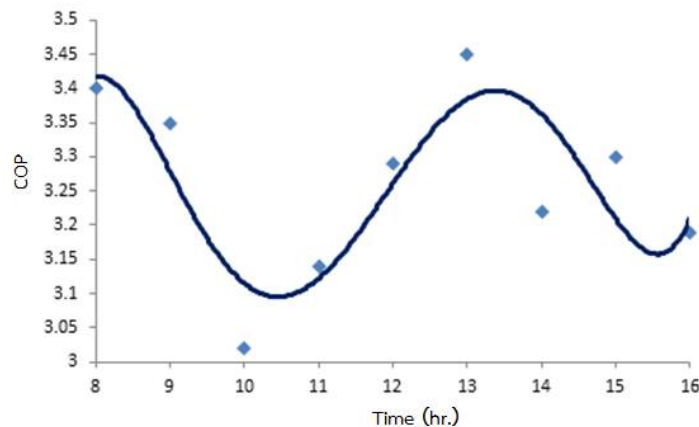
หมายเหตุ : 1 คือข้อมูลของ ชุดคอยล์รีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร, 2 คือข้อมูลของ ชุดคอยล์มูมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

ผลของการทดสอบเครื่องปรับอากาศแยกส่วนระบายความร้อนด้วยอากาศจากข้อมูลตารางที่ 3 ในส่วนข้อมูลของ q_e 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,100 วัตต์ q_w 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 945 วัตต์ COP 1 เฉลี่ยเท่ากับ 3.28 และ EER 1 เฉลี่ยเท่ากับ 10.39 จากการทดสอบในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 16.00 น. แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายนอกจาก ตารางที่ 1 ที่มีอุณหภูมิอากาศแห้งเฉลี่ยต่อวัน 30 องศาเซลเซียส มีผลทำให้การถ่ายเทความร้อนของชุดคอนเดนเซอร์เปลี่ยนแปลง เนื่องจาก ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ (COP) นั้นมีค่าแปรผันที่ไม่เท่ากันในทุกช่วงเวลาของการทดสอบ ในส่วนของระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) ที่เน้นถึงความคุ้มทุนของเครื่องปรับอากาศยังอยู่ที่ระดับประหยัดไฟเบอร์ 4 เป็นเกณฑ์ที่บอกว่าเครื่องปรับอากาศยังมีระดับประสิทธิภาพที่ดี แม้ว่าการใช้งานของระบบปรับอากาศใช้งานถึง 7 ปี



รูปที่ 8 ประสิทธิภาพของ ชุดคอยล์รีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร

ผลการทดสอบจากตารางที่ 3 ข้อมูลของ q_e 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3,086 วัตต์ q_w 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 947 วัตต์ COP 2 เฉลี่ยเท่ากับ 3.26 และ EER 2 เฉลี่ยเท่ากับ 10.26 อุณหภูมิอากาศแห้งเฉลี่ยต่อวัน 30 องศาเซลเซียส ในส่วนของระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) ที่เน้นถึงความคุ้มทุนของเครื่องปรับอากาศยังอยู่ที่ระดับประหยัดไฟเบอร์ 4 เท่าเดิม



รูปที่ 9 ประสิทธิภาพของ ชุดคอยล์มูมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร

เมื่อได้ข้อมูลครบถ้วนนำมาเปรียบเทียบผลกระทบต่อประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศพบว่าอุณหภูมิอากาศแห้งเฉลี่ยต่อวันมีค่าเท่ากันทั้ง 2 ชุดพินคอยล์ ที่ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่ได้นั้นงานวิจัยนี้ได้ทดสอบช่วงกลางปี ข้อมูลการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของ q_{e1} (ความสามารถในการทำความเย็นของชุดคอยล์ครีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร) เฉลี่ยได้ 3,100 วัตต์กับ q_{e2} (ความสามารถในการทำความเย็นของชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร) เฉลี่ยเท่าได้ 3,086 วัตต์ พิจารณาได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มระยะครีบและเพิ่มมมหยักครีบพินคอยล์ทำให้ความสามารถในการทำความเย็นลดลง 0.45 เปอร์เซ็นต์ q_w1 (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของชุดคอยล์ครีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร) เฉลี่ยได้ 945 วัตต์ q_w2 (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร) เฉลี่ยได้ 947 วัตต์ พิจารณาได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มระยะครีบและเพิ่มมมหยักครีบพินคอยล์เกิดการกินไฟฟ้ามากขึ้น 0.21 เปอร์เซ็นต์ $COP1$ (ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศของชุดคอยล์ครีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร) เฉลี่ยได้ 3.28 $COP2$ (ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศของชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร) เฉลี่ยได้ 3.26 ทำให้ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเมื่อเทียบกันลดลง 0.61 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากรูปทรงเพิ่มผิวของการระบายความร้อนมีพื้นที่มากกว่าการจ่ายกระแสไฟฟ้าจึงมากขึ้นตาม ส่วนการวิเคราะห์ทางค่าใช้จ่าย $EER1$ และ $EER2$ ระดับผลากในระดับที่ 4 เหมือนกัน เงินที่ต้องเสียค่าไฟเมื่อเทียบระหว่างชุดคอยล์ครีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร และ ชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร ผลต่างของเงินที่ต้องเสียค่าไฟในแต่ละเดือนตกอยู่ที่ 480 บาทต่อเดือน

การอภิปรายผล

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแยกส่วนที่จุดคอนเดนเซอร์ประกอบที่มีส่วนประกอบของชุดครีบพินคอยล์ (ครีบพินคอยล์) และรูปทรงพินคอยล์ (มมหยักครีบ) ในระบบเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศ การศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มระยะห่างครีบพินคอยล์และการเพิ่มมมหยักครีบพินคอยล์ ในการทดสอบมีชุดทั้งหมด 2 ข้อมูล ข้อมูลชุดที่หนึ่งคือชุดคอยล์ครีบตรง ระยะห่าง 1.5 มิลลิเมตร ข้อมูลที่สองคือชุดคอยล์มมหยัก 20 องศา ระยะห่าง 2 มิลลิเมตร ทางผู้วิจัยคิดว่ายังเป็นองค์ประกอบของการเปรียบเทียบเห็นผลที่เปลี่ยนไปได้น้อย การเปรียบเทียบข้อมูลให้มีประสิทธิภาพที่เห็นได้ชัดควร กำหนดพารามิเตอร์ที่เหมือนกันและพิจารณาพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนไปเช่น ชุดการทดสอบมีระยะห่างครีบเท่ากันเทียบกับมมหยักครีบที่เปลี่ยนไป หรือ มมหยักครีบเท่ากันและระยะห่างครีบเปลี่ยนไป ควรมีห้องสำหรับการควบคุมอุณหภูมิตามมาตรฐานและเครื่องมือวัดควรที่จะเป็นแบบ Data Logger พิจารณาทุกหน้าที่ของค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้

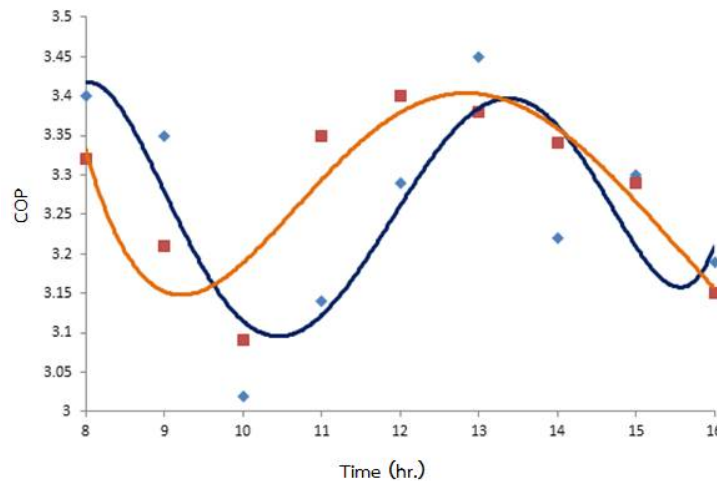
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่เปลี่ยนไปจากการเพิ่มระยะห่างครีบพินคอยล์และมมหยักพินคอยล์ในกระบวนการไอเซนโทรปิกที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงจะถูกส่งไปยังคอนเดนเซอร์เพื่อระบายความร้อนทิ้งเนื่องด้วยระยะห่างครีบ รูปทรงพินคอยล์ที่เปลี่ยนไปการขดเขยของกระแสไฟฟ้าก็เพิ่มมากขึ้นตามจึงมีผลทำให้อัตราส่วนของประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศลดลง

บทสรุป

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศระบายความร้อนด้วยอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศแห้งภายนอกในลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศและระยะเวลาของการทดสอบจุดประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้น 1.7 เปอร์เซ็นต์ ต่ออุณหภูมิระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ลดลง 1 องศาเซลเซียส พิจารณาได้ว่าอากาศภายนอกที่มีอุณหภูมิต่ำประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างข้อมูลชุดที่ 1 ระยะห่างครีปฟินคอยล์ 1.5 มิลลิเมตร ลักษณะครีปฟินคอยล์ตรง และข้อมูลชุดที่ 2 ระยะห่างครีปฟินคอยล์ 2 มิลลิเมตร ลักษณะครีปฟินคอยล์มีมุมหัก 20 องศา ผลคือประสิทธิภาพลดลง 0.61 เปอร์เซนต์ ผลของการเปรียบเทียบข้อมูลดังรูปที่ 10

เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าในการใช้จ่ายพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนชุดฟินคอยล์บนคอนเดนเซอร์ระดับประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ระบายความร้อนด้วยอากาศอยู่ในระดับเบอร์ 4 เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายต่อเดือนแล้วมีค่าใช้จ่ายต่างกันอยู่ที่ 480 บาท



รูปที่ 10 กราฟผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สาขาเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำแลบทดสอบของงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- R.F. Babus'Haq, K. Akunde. And S.D. Probert, (1995). Thermal performance of a pain finassembly. International journal, V.16. pp.50-55.
- S.Sharmas Vali,M.L., S. Deva Kumar. And K.Vijaya Kumar Reddy. (2011, December). Experimental Analysis of the effect of varying the condenser fin spacing on vapor compression refrigeration system performance. International journal of mechanical engineering. Volume 4/Issue 2.
- NgocTan-Tran. and Chi-chuan Wang. (2020). Optimization of the airside thermal performance of mini-channel-flat-tube radiators by using composite straight-and-louvered fins, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 160, October 2020, pp. 2429-2436.
- วสรรรค์ เหลือมหล่อ, ขวัญชัย หนาแน่น และสมิทธิ์ เอี่ยมสะอาด. (2559). พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกลุ่มเจ็ทหมุน

ควงฟุ้งชนในการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแหล่งประเทศไทยครั้งที่ 12 8-10 มิถุนายน 2559. มหาวิทยาลัย
นเรศวรร่วมกับมหาวิทยาลัยแม่โจ้. พิษณุโลก. 1718-1723.

Chingtuaythong W., Promvong P. and Pimsarm M. (2017). Heat transfer characterization in a turbular heat
exchanger with V-shaped rings. Applied Thermal Engineering. Vol.110, pp. 1164-1171.

Yang, F. (2019). Optimization of A Micro-Channel Structure of An Elliptical Louver Fin, Thermal Science,
vol. 23, December 2019, pp. 2435-2447.

ปัญหาการวิบัติของผิวทางคอนกรีตรอบอ่างเก็บน้ำ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ วิทยาเขต ลำปางทุ่งกะโล่

The problem of concrete pavement failure around the reservoir
Uttaradit Rajabhat University, Lamrang Thung Kalo Campus

ธัญชนก จันทรโสภณ^{1*} นพดล ยะป็อก¹ ศักดิ์ศิรินทร์ น้ำพี¹ และอรุณเดช บุญสูง¹
Thunchanok Junsopon^{1*}, Noppadon Yapok¹, Sakkarin Nampee¹
and Aroondet Boonsung¹

^{1*} นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
^{*} gamethunchanok1998@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เป็นการศึกษาการวิบัติของผิวทางคอนกรีตรอบอ่างเก็บน้ำภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ วิทยาเขต ลำปางทุ่งกะโล่ โดยเป็นการศึกษาอิทธิพลของปริมาณความชื้นในมวลดินและการเปลี่ยนแปลงระดับกักเก็บน้ำภายในอ่างที่ส่งผลต่อเสถียรภาพและการเคลื่อนตัวของลาดดินถล่มคันทาง จากผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วนความปลอดภัยมีค่าเพิ่มขึ้นและการเคลื่อนตัวของลาดดินมีค่าลดลงเมื่อระดับกักเก็บน้ำเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าในกรณีที่ไม่สามารถควบคุมระดับกักเก็บน้ำในอ่างได้การปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินถล่มในแง่ของค่าตัวประกอบความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวของลาดดินสามารถทำได้โดยการติดตั้งกล่องหินกระชุกที่บริเวณตีนลาดดินถล่ม

คำสำคัญ: การวิบัติของผิวทาง เสถียรภาพของลาดดิน ตัวประกอบความปลอดภัย การเคลื่อนตัวของลาดดิน

Abstract

This research article were study the failure of concrete pavement around the reservoir inside Uttaradit Rajabhat University, Lamrang Thung Kalo Campus. This study was study the influence of moisture content in soil mass and changes in water retention level within the reservoir on the stability and movement of soil compacted slope embankment. The results shown the factor of safety increases and slope movement decreases as the water catchment level increases. It was also found that in the event that the water retention level in the reservoir cannot be controlled, the stability of soil slope in terms of factor of safety and slope movement can be Improved by installing a gabion (rock box) at toe slope.

Keywords: Pavement Failure, Slope Stability, Factor of Safety, Soil Movement

บทนำ

เมื่อมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์มีจำนวนนักศึกษาเพิ่มขึ้นทุกปี จึงส่งผลให้พื้นที่ใช้สอยภายในมหาวิทยาลัยไม่เพียงพอ ทางมหาวิทยาลัยจึงได้มีการขยายวิทยาเขตลำรางทุ่งกะโล่ เพื่อการแก้ไขปัญหาเนื้อที่ของมหาวิทยาลัยไม่เพียงพอต่อการใช้งาน และเตรียมรองรับนักศึกษาที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น จึงขยายวิทยาเขตมาจัดตั้ง ณ บริเวณบึงทุ่งกะโล่ ซึ่งมีเนื้อที่ 2,000 ไร่ โดยมีแนวคิดให้เป็นมหาวิทยาลัยท้องถิ่น โดยพื้นที่วิทยาเขตลำรางทุ่งกะโล่ ในอดีตเป็นพื้นที่ราบโดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ ทำให้น้ำในมวลดินมีปริมาณสูง โดยในช่วงแรกที่มีการวางแผนก่อสร้างพื้นที่บึงทุ่งกะโล่ได้มีการนำดินภายในบึงทุ่งกะโล่ (ดินเดิม) เป็นวัสดุถมเพื่อปรับพื้นที่ให้เป็นถนนใช้ในการสัญจรเข้า-ออกชั่วคราว สำหรับเคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์และเครื่องจักรเข้าไปทำการก่อสร้าง เมื่อเวลาผ่านไปเส้นทางที่ถูกสร้างเพื่อเป็นทางสัญจรชั่วคราวในอดีต ถูกใช้เป็นเส้นทางหลักและมีการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตปิดทับถนนเดิมโดยถูกใช้เป็นถนนถึงปัจจุบัน รูปที่ 1 และ 2 แสดงตำแหน่งอ่างเก็บน้ำและความเสียหายของผิวทางคอนกรีตรอบอ่างเก็บน้ำ ตามลำดับ (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 2559 : ออนไลน์)



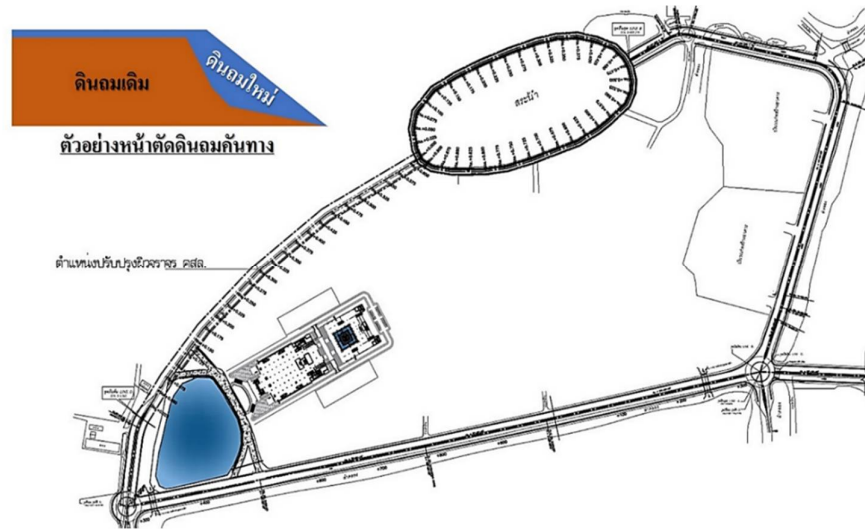
รูปที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมบอกรายละเอียดตำแหน่งอ่างเก็บน้ำรูปไข่
ที่มา : googlemaps.2564.[ออนไลน์]



รูปที่ 2 รอยแตกร้าวของผิวทางคอนกรีตรอบอ่างเก็บน้ำ

ต่อมาทางมหาวิทยาลัยได้มีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการรื้อผิวทางเดิมที่ชำรุดออกและสร้างผิวทางใหม่พร้อมทั้งเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างทางด้วยดินที่มีคุณภาพ (ดินถมใหม่) (ภายใต้โครงการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคและสภาพแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ทุ่งกะโล่) ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีได้ปรับปรุงโครงสร้างตามมาตรฐานการ

ก่อสร้างถนน บทความวิจัยฉบับนี้จึงเป็นการศึกษาปัญหาที่ทำให้เกิดการวิบัติของผิวทางถนนคอนกรีตบริเวณรอบอ่างเก็บน้ำมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์ วิทยาเขตลำปางทุ่งกะโล่ เพื่อทราบถึงสาเหตุการวิบัติของผิวทาง ประเมินประสิทธิภาพของการเสริมความแข็งแรงของโครงสร้างทางด้วยดินถมใหม่ ตลอดจนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาการเคลื่อนตัวของลาดดินคันทางและแก้ไข/ป้องกันปัญหาเดียวกันที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีการก่อสร้างผิวทางลักษณะเดียวกันนี้ต่อไปในอนาคต



รูปที่ 3 ผังโครงการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคและสภาพแวดล้อม

วัสดุและวิธีการดำเนินงาน

วัสดุ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินที่ใช้ในการก่อสร้างคันทางซึ่งเป็นโครงสร้างถนนรอบอ่างเก็บน้ำ โดยนำตัวอย่างดินทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาคุณสมบัติพื้นฐานและคุณสมบัติทางวิศวกรรมเพื่อหาค่าตัวแปรที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหา การทดสอบคุณสมบัติทางธรณีเทคนิควิศวกรรมของมวลดินประกอบด้วย การทดสอบหาค่าขีดจำกัดความชื้นเหลว (Consistency Limit), การทดสอบหาค่าการกระจายตัวของเม็ดดิน (Grain Size Distribution), การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity), การจำแนกประเภทดินด้วยวิธีเอกภาพ (Unconfined Soil Classification System, USCS), การทดสอบการบดอัด (Compaction Test), การทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (Unconfined Compression Test) ตามมาตรฐานการทดสอบ ASTM D4318, D422, D854, D2487, D698 และ D2166 (ASTM D4318, 2002; ASTM D422, 2002; ASTM D854, 2002; ASTM D2487, 2002; ASTM D698, 2002; ASTM D2166, 2002)

ตารางที่ 1 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

ตัวแปร	ดินถมใหม่*	ดินถมเดิม*	ดินเหนียวแข็งถึง แข็งมาก**	ดินเหนียวแข็งมาก**	ดินเหนียวแข็งปาน กลาง**
ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC)					
γ_{total}	1.98 t/m ³	1.85 t/m ³	1.90 t/m ³	1.91 t/m ³	1.88 t/m ³
Su	17.5 t/m ²	13.50 t/m ²	9.00 t/m ²	15.0 t/m ²	7.00 t/m ²
ปริมาณความชื้นที่ขีดจำกัดพลาสติก (PL)					
γ_{total}	1.96 t/m ³	1.87 t/m ³	1.90 t/m ³	1.91 t/m ³	1.88 t/m ³
Su	1.70 t/m ²	3.0 t/m ²	9.0 t/m ²	15.0 t/m ²	7.0 t/m ²

หมายเหตุ : * ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ, ** รายงานการเจาะสำรวจชั้นดิน

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของลาดดิน

ตัวแปร	ดินถมใหม่	ดินถมเดิม	ดินเหนียวแข็งถึงแข็ง มาก	ดินเหนียวแข็ง มาก	ดินเหนียวแข็งปาน กลาง	Unit
ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC)						
Type	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	-
γ_d	15.69*	15.78*	15.49**	15.48**	16.46**	kN/m ²
γ_t	18.63*	18.73*	18.43**	18.17**	19.38**	kN/m ²
k_x	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	m/day
k_y	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	m/day
E	30000*	50000*	15000****	29895****	12311****	kN/m ²
v'	0.30****	0.30****	0.35****	0.35****	0.30****	-
Su	90*	150*	70**	135**	175**	kN/m ²
ปริมาณความชื้นที่ขีดจำกัดพลาสติก (PL)						
Type	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	-
γ_d	15.69*	15.78*	15.49**	14.47**	15.02**	kN/m ²
γ_w	18.63*	18.73*	18.43**	18.38**	19.19**	kN/m ²
k_x	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	m/day
k_y	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.0001***	m/day
E	30000*	50000*	15000****	1017****	669****	kN/m ²
v'	0.30****	0.30****	0.35****	0.35****	0.35****	-
Su	90*	150*	70**	30**	17**	kN/m ²

หมายเหตุ : * ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ, ** รายงานการเจาะสำรวจชั้นดิน, *** สุขสันต์ และ รุ่งลาวัลย์ (2554),
 **** สุขชัย (2557)

วิธีการดำเนินงาน

การวิเคราะห์ปัญหาผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ 1.การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธีสมดุลจำกัดมวลดิน (Limit Equilibrium Method, LEM) โดยโปรแกรม KU Slope ซึ่งจะแสดงผลอยู่ในรูปของค่าตัวประกอบความปลอดภัย (Factor of Safety, FOS) ซึ่งอาศัยหลักการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนของมวลดิน (Shear Strength of Soil) กับหน่วยแรงเฉือนภายในมวลดินภายใต้เงื่อนไขแรงกระทำ (Shear Stress of Soil) โดยพิจารณาแรงเฉือนและแรงตั้งฉากจากการแบ่งเป็นชั้นส่วนย่อยๆ (Krahn, 2004) 2. การวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของลาดดินด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) โดยใช้โปรแกรม Plaxis โดยพิจารณาใช้การวิเคราะห์ประเภท Plastic Analysis ซึ่งเป็นวิธีการที่วิเคราะห์พฤติกรรมของลาดดินดินถมในลักษณะ Elastic จนลาดดินดินถมเปลี่ยนลักษณะเป็น Plastic โดยแสดงค่าออกมาในรูปแบบของค่าการเคลื่อนตัวและทิศทางของการเคลื่อนตัว การสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์จะพิจารณาให้ดินดินถมมีลาดด้านเดียวอยู่ด้านขวามือโดยอีกด้านเป็นผืนดินที่มีความยาวต่อเนื่อง การวิเคราะห์ปัญหาทั้ง 2 ส่วนจะแปรผันตัวแปรด้านกำลังของมวลดินที่มีปริมาณความชื้นในมวลดิน 2 ลักษณะคือ ปริมาณน้ำในการบดอัดที่เหมาะสม (Optimum Moisture Content, OMC) และปริมาณความชื้นที่ทำให้มวลดินอยู่ในสภาวะเป็นของบั้นได้ (Plastic Limit, PL) และการเปลี่ยนแปลงระดับกักเก็บน้ำภายในอ่างเท่ากับ 0.00 m (น้ำในอ่างแห้ง), 1.00 m, 2.00 m และ 3.00 m เพื่อทราบถึงผลที่เกิดขึ้นต่อค่าตัวประกอบความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวของลาดดิน โดยค่าตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินด้วยวิธี LEM และการเคลื่อนตัวของลาดดินด้วยวิธี FEM สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อ γ_c คือ หน่วยน้ำหนักกรวม, γ_d คือหน่วยน้ำหนักแห้ง, S_u คือกำลังต้านทานแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ, OMC คือปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการบดอัด, PL คือขีดจำกัดพลาสติก, k_x คือสัมประสิทธิ์ความซึมได้ในแนวราบ, k_y คือสัมประสิทธิ์ความซึมได้ในแนวตั้ง, E คือโมดูลัสยืดหยุ่น V' คืออัตราส่วนปัวซอง

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

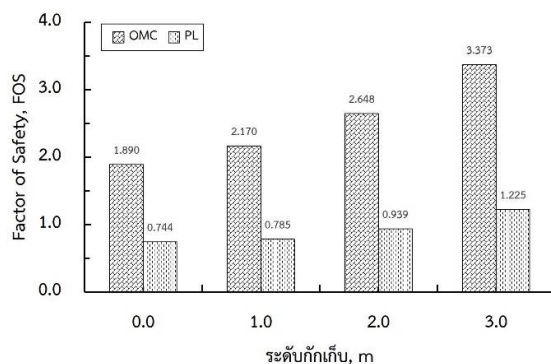
คุณสมบัติของวัสดุ

ผลการศึกษาการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและทางวิศวกรรมของดินที่ใช้ก่อสร้างลาดดินถมคันทาง (ดินถมเดิมและดินถมใหม่) สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3 โดยพบว่าดินถมเดิมมีส่วนที่เป็นดินเม็ดละเอียดกลุ่ม ดินตะกอนทราย (Silt) และดินเหนียว (Clay) ได้มากถึง 94.37% มีค่าขีดจำกัดเหลว, ขีดจำกัดพลาสติก และ ค่าดัชนีความเป็นพลาสติกเท่ากับ 43.4 %, 28.3 % และ 15.1 % ตามลำดับแสดงให้ว่ามวลดินมีความเป็นพลาสติกที่ต่ำซึ่งในเบื้องต้นมีความเป็นไปได้ว่าดินที่ใช้ชั้นมีปริมาณดินเหนียวปนอยู่น้อยโดยส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนทราย และเมื่อนำข้อมูลข้างต้นไปจำแนกประเภทดินด้วยระบบ USCS สามารถจำแนกได้ว่า ดินถมเดิมจัดเป็นดินประเภท ตะกอนทรายอินทรีย์ปนดินเหนียวที่มีความเหนียวต่ำ หรือดินเหนียวปนดินตะกอน (ML- OL) ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.70 (Braja M.Das, 2002) ส่วนผลการทดสอบดินถมใหม่พบว่ามีส่วนที่เป็นดินเม็ดละเอียดกลุ่ม ดินตะกอนทราย (Silt) และดินเหนียว (Clay) 76.61% มีค่าขีดจำกัดเหลว, ขีดจำกัดพลาสติก และ ค่าดัชนีความเป็นพลาสติกเท่ากับ 41.0 %, 27.2 % และ 13.8 % ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลข้างต้นไปจำแนกประเภทดินด้วยระบบ USCS สามารถจำแนกได้ว่า ดินถมใหม่จัดเป็นดินประเภท ดินเหนียวที่มีความเป็นพลาสติกต่ำ (CL) โดยมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.72 (Braja M.Das, 2002)

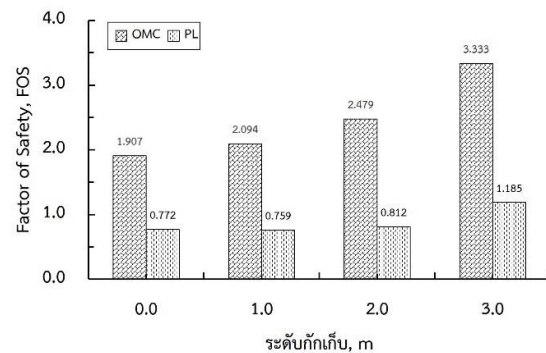
ตารางที่ 3 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานและทางวิศวกรรมของตัวอย่าง

Properties	Result		Properties	Result	
	ดินถม คันทางเดิม	ดินถม คันทางใหม่		ดินถม คันทางเดิม	ดินถม คันทางใหม่
Atterberg limit			Compaction Test		
Liquid limit	43.4 %	41.0 %	OMC	20.1%	17.0%
Plastic limit	28.3 %	27.2 %	γ_t	1.850 t/m ³	1.980 t/m ³
Plastic Index	15.1 %	13.8 %	γ_d	1.598 t/m ³	1.641 t/m ³
Specific Gravity	2.70	2.72	Unconfined		
Soil Classification			Compression Test		
System USCS	ML- OL	CL	Su	13.5 t/m ²	17.5 t/m ²
Grain Size Distribution			E	3,048 t/m ²	1,255 t/m ²
Passing NO 4 [#]	97.73%	85.36%			
Passing NO 200 [#]	94.37%	76.61%			

การวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวของลาดดิน



(ก) ลาดคันทางดินถมเดิม

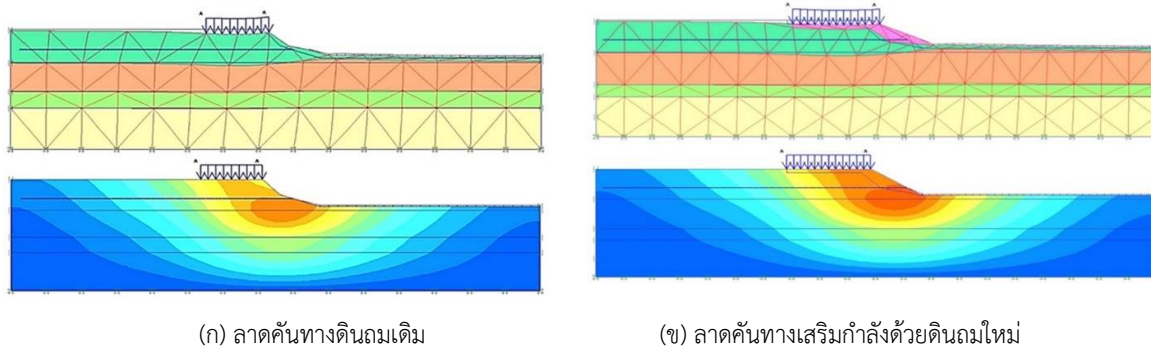


(ข) ลาดคันทางเสริมกำลังด้วยดินถมใหม่

รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินถมคันทาง

ผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินถมคันทางได้จากการคำนวณโดยวิธี Spencer ซึ่งเป็นวิธีที่พิจารณาสมดุลของแรง (Force Equilibrium) และสมดุลของโมเมนต์ (Moment Equilibrium) ที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนย่อย (Krahn,2003) ผลการศึกษาพบว่าเมื่อมวลดินมีปริมาณความชื้นเท่ากับ OMC อัตราส่วนความปลอดภัยจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการกักเก็บน้ำเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่มวลดินมีปริมาณความชื้นเท่ากับ PL จะพบว่าอัตราส่วนความปลอดภัยมีค่าลดลงเมื่อระดับการกักเก็บน้ำในอ่างมีค่าน้อยกว่า 2.00 m อัตราส่วนความปลอดภัยมีค่าต่ำกว่า 1.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลาดดินถมจะเกิดการวิบัติเนื่องจากแรงกระทำมีค่ามากกว่าแรงต้าน ซึ่งตามหลักการทางทฤษฎีถือได้ว่าเป็นค่าอัตราส่วนความปลอดภัยที่สามารถทำการก่อสร้างได้แต่อย่างไรก็ตามค่าตัวประกอบความปลอดภัยของลาดดินที่ทุกระดับการกักเก็บน้ำต้องมีค่ามากกว่า 1.50 จึงจะเป็นค่าความ

ปลอดภัยที่ยอมรับได้ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำในกรณีที่กักเก็บน้ำในระดับสูงสุด (วรากร, 2546; กรมทรัพยากรน้ำ, 2550) โดยผลการวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินที่ปริมาณความชื้นเท่ากับ OMC และ PL สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของลาดดินถมคันทาง

ตารางที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของลาดดินถมคันทาง

ปริมาณความชื้นในมวลดินเท่ากับ OMC			
ลาดคันทางดินถมเดิม		ลาดคันทางเสริมกำลังด้วยดินถมใหม่	
ระดับกักเก็บน้ำ	ค่าการเคลื่อนตัว (mm)	ระดับกักเก็บน้ำ	ค่าการเคลื่อนตัว (mm)
ระดับน้ำ 0 m.	9.22	ระดับน้ำ 0 m.	68.03
ระดับน้ำ 1 m.	11.00	ระดับน้ำ 1 m.	67.02
ระดับน้ำ 2 m.	9.22	ระดับน้ำ 2 m.	61.27
ระดับน้ำ 3 m.	7.68	ระดับน้ำ 3 m.	52.14
ปริมาณความชื้นในมวลดินเท่ากับ PL			
ลาดคันทางดินถมเดิม		ลาดคันทางเสริมกำลังด้วยดินถมใหม่	
ระดับกักเก็บน้ำ	ค่าการเคลื่อนตัว (mm)	ระดับกักเก็บน้ำ	ค่าการเคลื่อนตัว (mm)
ระดับน้ำ 0 m.	13.06	ระดับน้ำ 0 m.	76.16
ระดับน้ำ 1 m.	11.91	ระดับน้ำ 1 m.	74.62
ระดับน้ำ 2 m.	10.20	ระดับน้ำ 2 m.	69.74
ระดับน้ำ 3 m.	8.47	ระดับน้ำ 3 m.	59.61

รูปที่ 5 แสดงลักษณะการเคลื่อนตัวของลาดดินถมคันทางเดิมและลาดดินถมคันทางที่เสริมความแข็งแรงด้วยดินถมใหม่ โดยตารางที่ 4 แสดงผลวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของลาดดินทั้งในกรณีที่มวลดินมีปริมาณความชื้นเท่ากับ OMC และ PL พบว่า ณ จุดที่มวลดินมีปริมาณความชื้นเท่ากับ OMC เมื่อระดับกักเก็บน้ำในอ่างมีค่าเพิ่มขึ้นที่ระดับน้ำ 1.00 m. ค่าการเคลื่อนตัวจะมีค่ามากกว่ากรณีที่ไม่มีน้ำกักเก็บ แต่เมื่อระดับในการกักเก็บน้ำในอ่างเพิ่มถึงระดับน้ำ 2.00 m. และ 3.00 m. พบว่าค่าการเคลื่อนตัวจะมีค่าลดลง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มของระดับน้ำส่งผลให้เกิดแรงดันต้านทานการเคลื่อนตัวของมวลดินทำให้

ลาดดินเกิดการเคลื่อนตัวที่น้อยลง (อรุณเดช, 2563) แต่ในกรณีที่ปริมาณความชื้นในมวลดินเท่ากับ PL ค่าการเคลื่อนตัวเกิดขึ้นสูงสุดที่ระดับกักเก็บน้ำเท่ากับ 0.00 m ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากมวลดินที่อยู่ในสถานพลาสติก/ของบ่อบำบัดจะมีค่ากำลังต้านทานแรงเฉือนที่ต่ำกว่าปกติอยู่มากส่งผลให้เกิดการเคลื่อนตัวที่มาก แต่เมื่อระดับกักเก็บน้ำมีค่าเพิ่มสูงขึ้นการเคลื่อนตัวของลาดดินมีค่าลดลงซึ่งเป็นผลมาจากแรงดันน้ำที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณความชื้นเท่ากับ OMC นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ค่าการเคลื่อนตัวของลาดดินถมคันทางที่ปรับปรุงสภาพโครงสร้างทางด้วยดินถมใหม่ ตามแบบรูปการโครงการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคและสภาพแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ทุ่งกะโล่ ทั้งในกรณี OMC และ PL จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์เป็นไปในทางเดียวกันกับกรณีลาดดินถมคันทางเดิมที่ยังไม่มีการปรับปรุงการแก้ไขแต่จะมีปริมาณการเคลื่อนตัวที่สูงกว่า ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณมวลดินถมใหม่จากการขยายผิวทางจราจรทำให้น้ำหนักลาดคันทางโดยรวมมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยค่าการเคลื่อนตัวจะมีค่าลดลงเมื่อระดับการกักเก็บน้ำมีค่าสูงกว่า 1.00 m ขึ้นไปจนถึงระดับกักเก็บ 3.00 m

การปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดิน

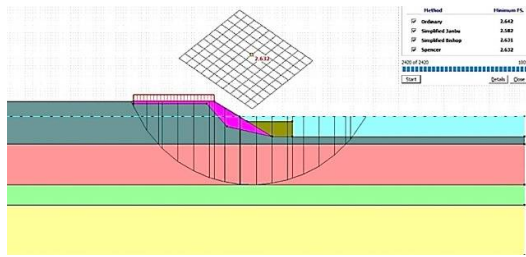
จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นแล้วว่าแม้ว่าจะมีการปรับปรุงโครงสร้างทางใหม่ด้วยการเสริมความแข็งแรงด้วยวัสดุถมที่มีคุณภาพ แต่ก็อาจไม่ได้แก้ไขปัญหาการแตกร้าวของผิวทางถนนคอนกรีตรอบอ่างเก็บน้ำที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ในทางกลับกันอาจเป็นการเพิ่มภาระให้กับลาดดินถมคันดินเดิมเนื่องจากต้องรับน้ำหนักของดินที่นำมาถมใหม่อีกด้วย ซึ่งในความเป็นจริงแล้วหากลาดดินถูกออกแบบให้ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของพื้นที่อาจเป็นสิ่งที่เหมาะสมมากกว่า



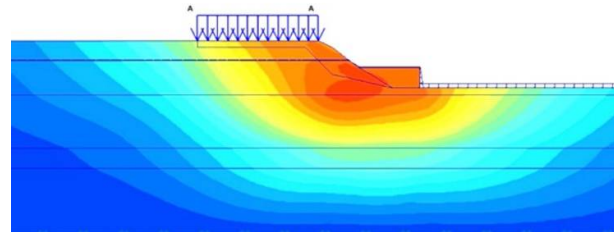
รูปที่ 6 สারণพื้นที่เพื่อจัดวางแนวเรียงกล่องหินกระชุก

คณะผู้วิจัยมีแนวคิดว่าควรมีแนวทางปรับปรุงเสถียรภาพลาดดินเพื่อป้องกัน/ลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นซ้ำอีกในอนาคต และได้พิจารณาใช้วิธีการเรียงกล่องกระชุก (Gabion/Mattress) ขนาดกว้าง 2.00 m สูง 1.50 m ที่บริเวณตีน (Toe) ลาดดินถมเพื่อช่วยลดการเคลื่อนตัวของลาดดินถมคันทาง โดยกล่องหินกระชุกที่กำหนดตัวแปรที่สำคัญเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวดังนี้ γ_d , γ_w , k_x , K_y , E , V' และ S_u มีค่าเท่ากับ 17.70 kN/m³, 19.60 kN/m³, 8,640 m/day, 8,640 m/day, 40,000 kN/m², 0.30 และ 19.60 kN/m² ตามลำดับ (อัชวินและภาณุ, 2556) เนื่องจากเป็นการเรียงหินเข้าในกล่องลาดตาข่ายตามตำแหน่งที่กำหนดจึงไม่มีการใช้เทคโนโลยีในการก่อสร้างที่ซับซ้อนส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าวิธีการป้องกันและแก้ไขแบบอื่นๆ รูปที่ 6 แสดงแนวการเรียงหินเพื่อเพิ่มเสถียรภาพของลาดดิน รูปที่ 7 แสดงการวิเคราะห์และการเคลื่อนตัวของลาดดินถมใหม่ที่ปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินด้วยกล่องหินกระชุก ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าค่าตัวประกอบความปลอดภัยและการเคลื่อนตัวภายหลังการปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินถม พบว่าค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับ 2.632 ซึ่งมีค่ามากกว่ากรณีที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงเสถียรภาพลาดดินถมซึ่งค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเพียง 2.479 และค่าการเคลื่อนตัวก็ลดลงจากเดิม

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงเสถียรภาพลาดดินถล่มคันทางทำให้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความปลอดภัยเพิ่มขึ้นทำให้ค่าการเคลื่อนตัวของลาดดินถล่มคันทางลดลงด้วยเช่นกัน เพื่อให้กล่องหินกระชามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทางมหาวิทยาลัยควรมีการบริหารจัดการเรื่องระดับการกักเก็บน้ำภายในอ่างเก็บน้ำให้อยู่ในระดับ 2-3 เมตร เพื่อให้แรงดันจากน้ำเสริมเสถียรภาพของลาดดินอีกทาง



(ก) วิเคราะห์ที่ตัวประกอบความปลอดภัย



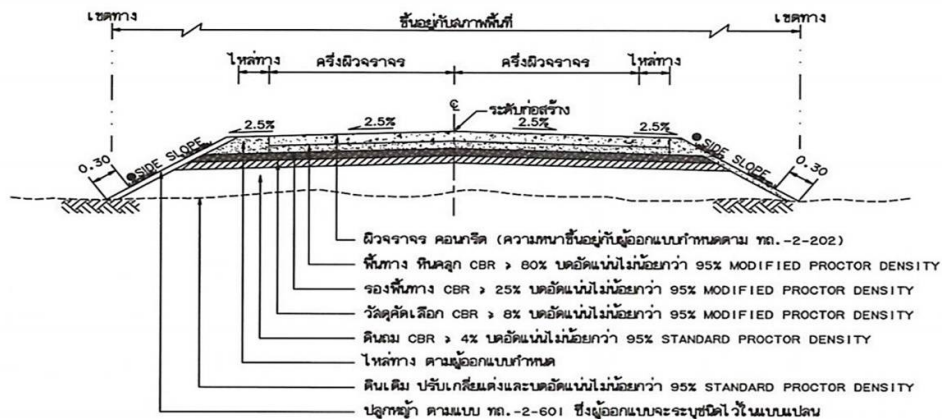
(ข) การวิเคราะห์การเคลื่อนตัว

รูปที่ 7 การวิเคราะห์เสถียรภาพและการเคลื่อนตัวของลาดดินถล่มเมื่อเพิ่มกล่องหินกระชู

ตารางที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์หลังการปรับปรุงเสถียรภาพของลาดคันดินถล่ม

กรณี	ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย	ค่าการเคลื่อนตัว (mm)
ลาดคันทางเสริมกำลังด้วยดินถล่มใหม่	2.479	10.20
ลาดคันทางเสริมกำลังด้วยดินถล่มใหม่ร่วมกับกล่องหินกระชู	2.632	8.77

รูปที่ 8 แสดงภาพตัดขวางโครงสร้างถนนและคุณสมบัติวัสดุชั้นโครงสร้างทางที่เป็นลักษณะรูปแบบมาตรฐานของโครงสร้างชั้นทาง เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับลักษณะโครงสร้างทางรอบอ่างเก็บน้ำซึ่งมีเพียงดินถมเป็นส่วนประกอบจะพบความไม่สอดคล้องกันอยู่ 2 ประเด็นที่สำคัญ 1. รูปแบบในการก่อสร้างไม่เป็นไปตามมาตรฐานของการก่อสร้าง และ 2. คุณภาพวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นวัสดุประเภทดินมีความแปรปรวนด้านคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่สูงและส่งผลโดยตรงต่อการควบคุมคุณภาพการทำงาน โดยความแปรปรวนของดินมวลดินในสภาพธรรมชาติเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ทั้งนี้เป็นผลจากเงื่อนไขตามสภาพธรรมชาติทั้งในเรื่องสภาพพื้นที่และด้านเวลา (Christian et al., 1994; Lacasse and Nadim, 1996 และ Phoon and Kulhawy, 1999) องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ส่งผลต่อคุณสมบัติทางธรณีเทคนิควิศวกรรมได้แก่ กระบวนการย่อยสลาย กระบวนการตกตะกอนทับถม ปริมาณแร่ธาตุและการจัดเรียงโครงสร้างของเม็ดดิน (F.G.Bell, 1993; W.L.Schroeder et al., 2004 และ Cheng Liu and Jack B.Evtv, 2004)



รูปที่ 8 ภาพตัดขวางโครงสร้างถนนและคุณสมบัติวัสดุชั้นโครงสร้างทาง
 ที่มา : กรมการปกครอง. 2564. [ออนไลน์]

บทสรุป

ในอดีตที่ผ่านมาการสร้างถนนเข้าสู่พื้นที่ทุ่งทะเลนั้นมีความประสงค์เพื่อเป็นทางลำลอง/ชั่วคราว เพื่อใช้ในการขนส่งวัสดุวัสดุก่อสร้างเข้าสู่พื้นที่ประกอบกับต้องการประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างจึงทำให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องของคุณภาพวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง นอกจากนั้นการก่อสร้างตามแบบมาตรฐานอาจใช้เวลาในการก่อสร้างที่ยาวนานซึ่งไม่สอดคล้องกับความต้องการพัฒนาพื้นที่ที่มีความต้องการเร่งด่วนจึงทำให้เกิดผลกระทบในระยะยาวนี้ขึ้น การวิเคราะห์เสถียรภาพภายใต้วิธีสมมูลจำกัดของลาดดินถมคันทางมีค่าอัตราส่วนความปลอดภัยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.907 เมื่อระดับกักเก็บน้ำเท่ากับ 0.00 m และค่าอัตราส่วนความปลอดภัยมากที่สุดเท่ากับ 3.33 เมื่อระดับกักเก็บน้ำเท่ากับ 3.00 m ส่วนค่าการเคลื่อนตัวมากที่สุดเท่ากับ 68.03 mm เมื่อระดับกักเก็บน้ำเท่ากับ 0.00 m และค่าการเคลื่อนตัวที่น้อยที่สุดเท่ากับ 52.14 mm เมื่อระดับกักเก็บน้ำเท่ากับ 3.00 m ในกรณีที่มีการเสริมกำลังด้วยวัสดุดินถมใหม่ที่มีปริมาณความชื้นในมวลดินเท่ากับ OMC ซึ่งเป็นสภาพความชื้นที่ใช้ในการควบคุมการก่อสร้าง อาจกล่าวได้ว่าระดับกักเก็บน้ำในอ่างเก็บส่งผลต่อค่าอัตราส่วนความปลอดภัยและค่าการเคลื่อนตัวของลาดดินอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปัญหาการวิบัติของผิวทางคอนกรีตรอบอ่างเก็บน้ำเกิดจากการเคลื่อนตัวของลาดดินถมคันทาง เมื่อมวลดินมีการเคลื่อนตัวออกจากตำแหน่งจะส่งผลให้เกิดช่องว่างใต้แผ่นพื้นผิวทางคอนกรีตทำให้ผิวทางคอนกรีตมีลักษณะเป็นเหมือนคานยื่นที่รับน้ำหนักบรรทุกทุกกระจายสม่ำเสมออยู่ด้านบนและโดยธรรมชาติของการออกแบบผิวทางคอนกรีตจะพิจารณาให้รับแรงอัดเป็นหลัก การเสริมเหล็กในผิวทางคอนกรีตจึงเป็นเพียงเหล็กเสริมกันร้าวทำให้ผิวทางคอนกรีตไม่สามารถต้านทานแรงดึงได้และเกิดการวิบัติในที่สุด แต่ทั้งนี้ยังมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อการวิบัติของผิวทางเช่น ปริมาณการจราจร น้ำหนักบรรทุก คุณภาพของคอนกรีต และการควบคุมคุณภาพในการก่อสร้างผิวทาง การปรับปรุงเสถียรภาพของลาดดินโดยใช้กล่องหินกระชุนขนาด กว้าง 2.00 m สูง 1.50 m บริเวณดินลาดดินถมคันทาง (Toe) สามารถเพิ่มค่าอัตราส่วนความปลอดภัยและค่าการเคลื่อนตัวลดลง เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการลดการเคลื่อนตัวของลาดดินให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงการบริหารจัดการระดับกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญญา อธิการบดี ที่ปรึกษางานวิจัยที่ให้คำปรึกษาในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ปกรณ์ เกตุอินทร์ และคุณอำพล ต้นสายปู้ ที่สนับสนุนการเก็บตัวอย่างและการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. (2564). มาตรฐานการทาง. ค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2564. http://www.lp-pao.go.th/PublicWork/images/pdf/Standard_1.pdf.
- กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรน้ำและสิ่งแวดล้อม (2550). คู่มือเกณฑ์กำหนดการออกแบบโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ. ส่วนเทคโนโลยีและมาตรฐาน สำนักพัฒนาแหล่งน้ำ.
- มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์. (2559). บึงกะโล่ จังหวัดอุตรดิตถ์. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2564. <http://www.uru.ac.th/history>.
- วารสาร ไม้เรียง, (2542). วิศวกรรมเขื่อนดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์รุ่งแสงการพิมพ์.
- สุขสันต์ หอพิบลุสุข และ รุ่งลาวัลย์ ราชัน. (2554). ปฐพีกลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล : กรุงเทพมหานคร.
- สุเชษฐ์ ลิขิตเลอสรวง. (2557). ปฐพีกลศาสตร์ : หลักการพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : กรุงเทพมหานคร.
- ห้างหุ้นส่วนจำกัด ล้ำปางซอยเทสต์ แอนด์คอนสตรัคชั่นฮอสต์. (2553). โครงการก่อสร้างอาคารเรียนรวมด้านสังคมศาสตร์. รายงานผลการเจาะสำรวจชั้นดิน. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อุตรดิตถ์.
- อรุณเดช บุญสูง, เจนศักดิ์ คชนิล, ปกรณ์ เกตุอินทร์, เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง. (2563). การวิเคราะห์เสถียรภาพลาดดินเนื้อเดียวกรณีโครงการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำ บ้านชาววา จังหวัดน่าน. ในการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ครั้งที่ 6 “วิจัยและพัฒนาท้องถิ่นภายใต้ยุคแห่งการเปลี่ยนแปลง” 25 มีนาคม 2563. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. เลย. 827-835
- อัชวิน เจริญสิน และ ภาณุ พร้อมพุดธางกูร. (2556). เสถียรภาพของเกเบียนเสริมแรงด้วยจีโอเทกซ์ไทล์และใช้ส่วนผสมทราย-ยางรถยนต์ใช้แล้วย่อยเป็นดินถม. ในการประชุมวิชาการแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่10 “ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน” 6-7 ธันวาคม 2556. 1469-1475
- American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. Annual Book of ASTM Standard. Vol. 04.08 : Philadelphia, USA.
- American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D422 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016). Annual Book of ASTM Standard. Vol. 04.08 : Philadelphia, USA.
- American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D854 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. Annual Book of ASTM Standard. Vol. 04.08 : Philadelphia, USA.
- American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Annual Book of ASTM Standard. Vol. 04.08 : Philadelphia, USA.

- American Society for Testing and Materials. (2002). ASTM D698 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³)). Annual Book of ASTM Standard. vol. 04.02 : Philadelphia, USA.
- American Society for Testing and Materials, 2001, “ASTM D2166 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil,” Annual Book of ASTM Standard, Vol. 04.08, Philadelphia, USA.
- Braja M.Das. (2002). Principles of Geotechnical Engineering. 5thed. Pacific Grove : Books/Cole-Thomson Learning
- Cheng Liu & Jack B.Evett. (2004). Soil And Foundation. 6thed. Pearson Education : New Jersey.
- Christian, J.T., Ladd, C.C. and Baecher, G.B. (1994). Reliability Applied to Slope Stability Analysis. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE 120(12) : 2180-2207
- F.G.Bell. (1993). Engineering Treatment of Soil. 1sted. E&FN Spon : London.
- Google Map. (2564). ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณอ่างเก็บน้ำ ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ วิทยาเขตลำปางทุ่งกะโล่. ค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2564. <https://www.google.com/maps/search/%E0%B8%A1%>.
- Krahn, John. (2003). The 2001 R.M. Hardy Lecture: The limits of limit equilibrium analyses. Canadian Geotechnical Journal, 40(3): 643–660.
- Krahn, John. (2004). Stability Modeling with SLOPE/W. Calgary: GEO-SLOPE/W International Ltd.
- Lacasse, S. and Nadim, F. (1996). Uncertainties in Characterising Soil Properties. In C.D. Shackelford, P.P. Nelson and M.J.S. Roth (eds.), Uncertainty in the Geologic Environment : From Theory to Practice, Geotechnical Special Publication No. 58 : 49-75. New York : ASCE
- Phoon, K.K. and Kulhawy, F.H. (1999). Characterization of Geotechnical Variability. Canadian Geotechnical Journal, 36(4) : 612–624.
- W.L.Schroeder, S.E.Dickenson and Don C.Warrington. (2004). Soil in Construction. 5thed.: Pearson Education : New Jersey.

ผลของอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ที่มีต่อขนาดฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ Effects of water cement ratios on air void size of cellular lightweight concrete

แก้วตา ตียงศิริกุล^{1*} เกรียงศักดิ์ แก้วกุลชัย²
Kaewta Deeyingsirikul^{1*} Griengsak Kaewkulchai²

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์

² ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

*k.deeying@gmail.com

บทคัดย่อ

คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศเป็นคอนกรีตที่มีส่วนผสมของฟองอากาศ ซึ่งเกิดจากการเติมโฟมเหลวที่กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเนื้อคอนกรีตแทนการใช้หินหรือมวลรวมหยาบ โดยคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความหนาแน่นหรือปริมาณฟองอากาศที่เติมเข้าไป เมื่อคอนกรีตแข็งตัวจะเกิดรูพรุนมีลักษณะเป็นโพรงอากาศในเนื้อคอนกรีต ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติด้านกำลัง ความทนทาน และค่าการนำความร้อน งานวิจัยนี้นำเสนอผลของอัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ที่มีต่อขนาดฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศที่หน่วยน้ำหนัก 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์เท่ากับ 2:1 ใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์เท่ากับ 0.45 และ 0.65 อัตราส่วนสารสร้างโฟมต่อน้ำเท่ากับ 1:40 แรงดันขณะฉีดโฟมเท่ากับ 5.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร บ่มตัวอย่างในอากาศ 28 วัน จากผลการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์มีค่าสูงขึ้นมีผลให้ขนาดฟองอากาศที่ D_{50} และ D_{90} มีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีค่าลดลง

คำสำคัญ: อัตราส่วนน้ำตอปูนซีเมนต์ ฟองอากาศ ขนาดฟองอากาศ คอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โฟมคอนกรีต

Abstract

Cellular lightweight concrete is produced by uniform distribution of air bubbles made from preformed foam throughout the mass of concrete in substitution of coarse aggregates. The properties of cellular lightweight concrete are depended on density or foam volume, when the concrete hardens was to become pore system inside. That, it is a very significant characteristic affects to strength, durability and thermal conductivity. This paper presents the effect of water cement ratios to air void size of cellular lightweight concrete with unit weight of 1,800 kg/m³ using sand to cement ratios of 2:1 and water to cement ratios of 0.45 and 0.65, foaming agents to water ratios of 1:40. To producing preformed foam by foam generator used pressure at 5.50 kg/cm² and the concrete specimens were used air dry curing method for 28 days.

The results show that when the water to cement ratios was increased, the air void sizes at D_{50} and D_{90} were increased resulting in a decrease of the compressive strength.

Keywords: water cement ratios, air-void, air-void size, cellular lightweight concrete, foam concrete

บทนำ

คอนกรีตมวลเบา (Lightweight Concrete) คือคอนกรีตที่มีหน่วยน้ำหนักในช่วง 300-1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งปัจจุบันเป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมสำหรับงานก่อสร้างผนังอาคารเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี และช่วยลดน้ำหนักบรรทุกทุกโครงสร้างทำให้สามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้จำนวนหนึ่ง (ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2543; Kumar et al., 2018) การผลิตคอนกรีตมวลเบาทำได้ 3 วิธีคือ 1) การทำให้เกิดฟองอากาศในคอนกรีตโดยการผสมฟองอากาศในเนื้อคอนกรีตทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อคอนกรีตจึงเรียกว่าคอนกรีตเติมอากาศ (Aerated Concrete) 2) การทำให้เกิดช่องว่างโดยไม่ใช้มวลรวมละเอียด (No-Fines Aggregate) คือ มีแต่มวลรวมหยาบและซีเมนต์เพสต์เคลือบมวลรวมหยาบหนาไม่เกิน 1- 3 มิลลิเมตร 3) การใช้มวลรวมหยาบที่มีน้ำหนักเบา (Light Weight Aggregate Concrete) โดยใช้มวลรวมหยาบที่มีน้ำหนักเบา 100 - 1,200 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร มาผสมกับคอนกรีต (Neville, 2011) คอนกรีตเติมอากาศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามกรรมวิธีการผลิตกล่าวคือ ประเภทแรกจะใช้การผสมของปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว น้ำ และสารกระจายฟองอากาศ แล้วผ่านการอบไอน้ำภายใต้อุณหภูมิและความดันสูงด้วยเครื่องจักรที่มีมาตรฐาน โดยคอนกรีตมวลเบาที่ได้จากกระบวนการผลิตนี้เรียกว่า Autoclaved Aerated Concrete หรือ AAC ซึ่งมีค่าการลงทุนที่สูงมาก ส่วนประเภทที่สองนั้นเป็นคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ (Cellular Lightweight Concrete หรือ CLC) คอนกรีตชนิดนี้บางครั้งเรียกว่าโฟมคอนกรีต (Foamed Concrete) คอนกรีตที่มีส่วนผสมของมอร์ต้ากับโฟมเหลว ซึ่งโฟมเหลวผลิตจากการผสมน้ำยาสีฟองโฟม (Foaming Agent) กับน้ำ ในเครื่องผลิตฟองโฟมซึ่งจะได้โฟมเหลว (Pre-foamed Foam) เมื่อฉีดโฟมเหลวเข้าไปผสมกับมอร์ต้า เมื่อคอนกรีตแข็งตัวเนื้อคอนกรีตที่ได้จะมีรูพรุนและมีน้ำหนักเบา (Neville, 2011; Just and Middendorf, 2009; Hilal, 2015; ธนกร ทวีวุฒิ และคณะ, 2561) คอนกรีตมวลเบาแบบ CLC มีข้อได้เปรียบกว่าคอนกรีตมวลเบาแบบ AAC ในแง่ที่ไม่ต้องผ่านการอบไอน้ำภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง ทำให้การลงทุนค่อนข้างต่ำอีกทั้งยังสามารถพัฒนากรรมวิธีการผลิตได้เองโดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีการผลิตจากต่างประเทศ

งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าหน่วยน้ำหนักของโฟมคอนกรีต มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาตรของฟองโฟมที่เติมลงไป โดยขนาดฟองอากาศเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตอยู่ระหว่าง 200-400 ไมโครเมตร ซึ่งการเพิ่มปริมาตรฟองโฟมมีผลทำให้ขนาดฟองอากาศใหญ่ขึ้นทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดลดลง (Nambiar and Ramamurthy, 2007; Kearsley and Visagie, 2002) ขนาดของฟองอากาศและการกระจายขนาดของฟองอากาศมีความสำคัญต่อคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัด ความทนทาน และค่าการนำความร้อน (Abiev and Kozlov, 2018) ตามข้อกำหนด ACI532.3R-93 แนะนำให้ขนาดฟองอากาศมีค่าอยู่ในช่วง 200 ไมโครเมตร ซึ่งขนาดฟองอากาศจะส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดและคุณสมบัติต่างๆ (อภิรักษ์ ชาติรัมย์, 2561) งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอผลของอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่มีต่อขนาดฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศที่ความหนาแน่นเปียก 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วนทรายต่อซีเมนต์ (S:C) 2:1 อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) 0.45 และ 0.65 อัตราส่วนสารสร้างฟองต่อน้ำ (F:W) 1:40 โดยใช้แรงดันขณะฉีดฟองโฟมที่ 5.50 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งข้อมูลนี้

ได้จะเป็นประโยชน์ในการประเมินขนาดฟองอากาศที่เกิดขึ้น เพื่อช่วยในการพัฒนากระบวนการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเต็มฟองอากาศให้มีคุณสมบัติตามการนำไปใช้งานได้

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุที่ใช้เตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบมีดังนี้

- 1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ที่ใช้สำหรับงานโครงสร้าง ค่าความถ่วงจำเพาะ 3.15
- 1.2 ทรายสะอาดแม่น้ำมูลในจังหวัดอุบลราชธานี ค่าโมดูลัสความละเอียดประมาณ 2.10
- 1.3 น้ำสะอาดใช้น้ำประปาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- 1.4 สารสร้างฟองโฟม (Foaming Agent) ซึ่งเป็นสารกักกระจายฟองอากาศซึ่งดัดแปลงจากสารลดแรงตึงผิวจากธรรมชาติและสารสังเคราะห์ (Surfactant blend)

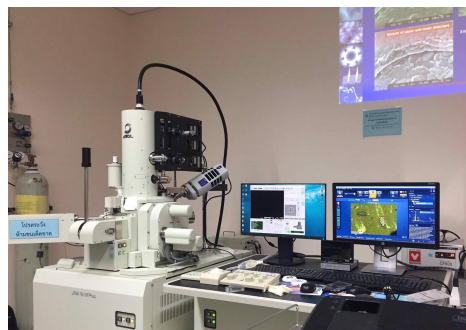
ธรรมชาติและสารสังเคราะห์ (Surfactant blend)

2. อุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ

- 2.1 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเตรียมตัวอย่างประกอบด้วย โม่ผสมคอนกรีต เครื่องผลิตโฟมเหลว (Foam Generator) แบบหล่อคอนกรีตทรงลูกบาศก์ขนาด 5x5x5 เซนติเมตร
- 2.2 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด รุ่น MD-500MT
- 2.3 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ขนาดของฟองอากาศจะใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสชัน (FESEM) รุ่น JEOL JSM-7610FPlus ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis)



(ก) เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด



(ข) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสชัน

รูปที่ 1 เครื่องมือทดสอบ

ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสมคอนกรีตมวลเบาแบบเต็มฟองอากาศ

สูตร	หน่วยน้ำหนัก kg/m ³	อัตราส่วนทราย ต่อปูนซีเมนต์	อัตราส่วนน้ำ ต่อปูนซีเมนต์	อัตราส่วนสาร สร้างฟองต่อน้ำ	แรงดันที่ใช้ฉีด ฟองโฟม kg/cm ²	จำนวนตัวอย่าง (ก้อน)
1	1,800	2:1	0.45	1:40	5.5	9
2	1,800	2:1	0.65	1:40	5.5	9
รวม						18

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

ในการผลิตคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศทำได้โดยการเตรียมเครื่องมือสำหรับผสมคอนกรีต ซึ่งประกอบด้วย เครื่องผสมคอนกรีต ปั่นลมและถังแรงดัน ทำการเจือจางสารสร้างฟองในอัตราส่วน 1:40 โดยน้ำหนักแล้วเทลงในถังของเครื่องผลิตโฟมเหลว และทำการปรับแรงดันของถังให้ได้ตามที่กำหนด ในการผสมคอนกรีตเริ่มจากใส่ทรายและซีเมนต์ลงในโม่ผสมคอนกรีตแล้วเปิดเครื่องผสมให้ทรายและซีเมนต์คลุกเคล้ากันเมื่อทรายและซีเมนต์ คลุกเคล้ากันดีแล้ว ใส่น้ำลงไปโม่ผสมคอนกรีต โดยระหว่างเติมน้ำให้เปิดเครื่องผสมคอนกรีตเพื่อให้ น้ำที่เติมลงไปเข้ากันได้ดีกับทรายและซีเมนต์ เมื่อน้ำผสมกับ ทรายและซีเมนต์จนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วทำการฉีดโฟมเหลวลงไป โดยระหว่างการฉีดโฟมเหลวต้องเปิดเครื่องผสมคอนกรีตตั้ง รูปที่ 2 เมื่อซีเมนต์มอร์ต้ากับโฟมเหลวคลุกเคล้าจนเป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงหยุดเครื่องผสม ในการผสมในแต่ละครั้งไม่ควรใช้ เวลาเกิน 5 นาที ทำการตรวจสอบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตแล้วจึงนำคอนกรีตที่ได้ไปเทลงแบบหล่อก่อนตัวอย่างจำนวน 9 ตัวอย่างในแต่ละสูตร ที่ไว้ 24 ± 2 ชั่วโมง ทำการถอดแบบแล้วนำก้อนตัวอย่างไปบ่มแห้งในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 28 วัน



รูปที่ 2 การฉีดโฟมเหลวลงในซีเมนต์มอร์ต้า

4. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

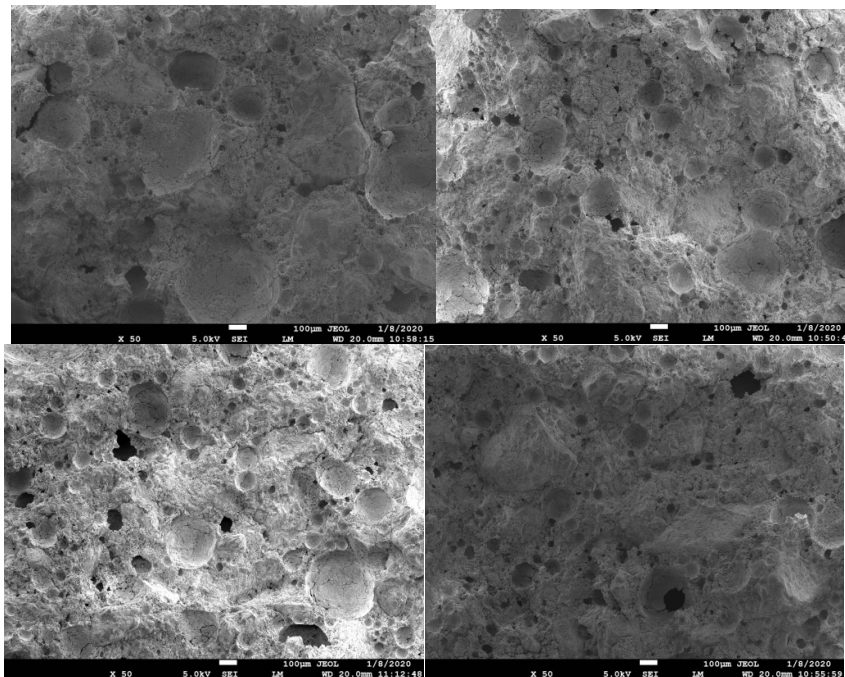
การวิเคราะห์ขนาดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โดยใช้ภาพถ่ายที่ได้จากการส่องขึ้น ตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ซึ่งเตรียมขึ้นตัวอย่างจากก้อนตัวอย่างรูปทรงลูกบาศก์ขนาด $5 \times 5 \times 5$ เซนติเมตร ที่อายุ 28 วัน โดยนำก้อนตัวอย่างมาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่าง ตามมาตรฐาน ASTM C457 จากนั้นในแต่ละส่วนทำการตัดโดยไม่ให้ผิวของโพรงเสียหาย ให้ขนาดของชิ้นตัวอย่างมีขนาดประมาณ $1 \times 1 \times 2$ เซนติเมตร เพื่อให้มีขนาดเท่าฐานวาง (Stub) ทำการฉาบผิวชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องฉาบผิวที่เรียกว่า Sputter Coater ก่อนนำชิ้นตัวอย่างเข้าสู่เครื่อง SEM ดังรูปที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ชิ้นงานจะได้ภาพถ่ายจาก SEM ที่กำลังขยาย 50 เท่า นำภาพถ่ายที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ เพื่อหาเส้นผ่านศูนย์กลางของฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศในแต่ละสูตร นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่มีต่อขนาดฟองอากาศ ที่หน่วยน้ำหนัก 1,800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



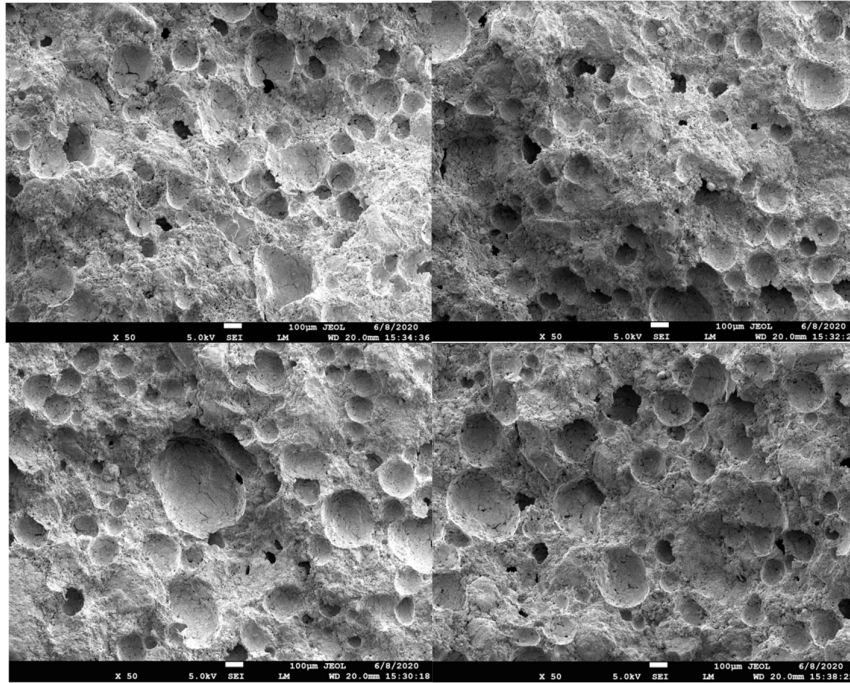
รูปที่ 3 ชิ้นตัวอย่างที่ผ่านการฉาบผิว

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ฟองอากาศที่เกิดขึ้นในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศจากภาพถ่าย SEM แสดงให้เห็นลักษณะของฟองอากาศที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.45 และ 0.65 ดังในรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีรูปร่างทรงกลมกระจายตัวในเนื้อคอนกรีต เมื่อวิเคราะห์หาขนาดฟองอากาศด้วยโปรแกรม ImageJ จะพบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.45 จะมีฟองอากาศแทรกอยู่ในเนื้อคอนกรีตมีขนาดตั้งแต่ 25-650 ไมโครเมตร ที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.65 ขนาดฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะมีขนาดตั้งแต่ 50-700 ไมโครเมตร

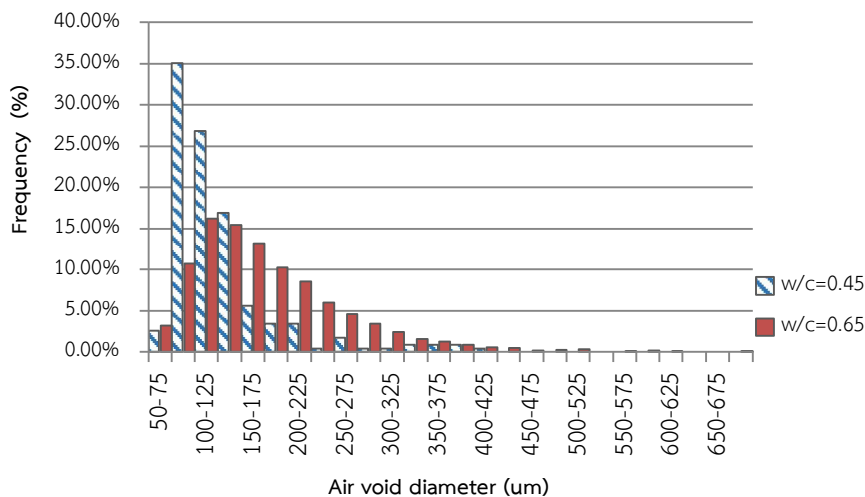


รูปที่ 4 ภาพถ่าย SEM ของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.45

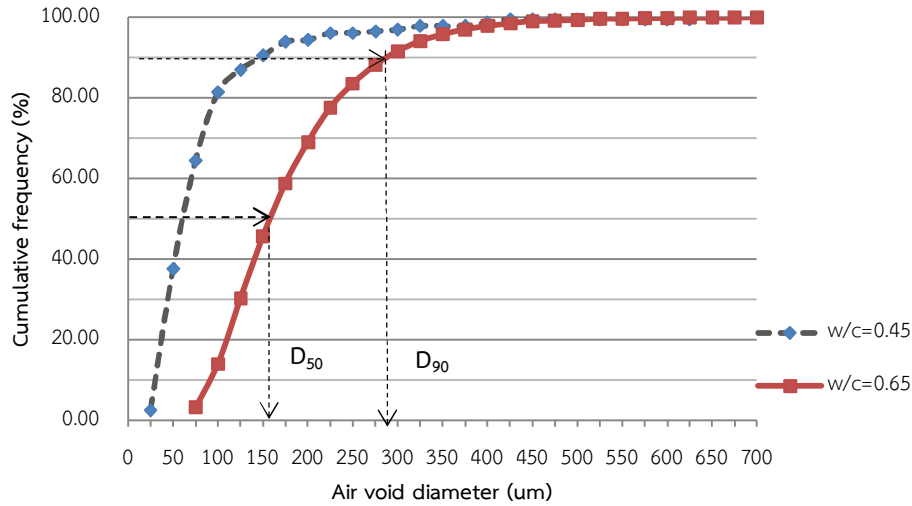


รูปที่ 5 ภาพถ่าย SEM ของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.65

เมื่อนำผลที่ได้มาแสดงการกระจายขนาดของฟองอากาศที่เกิดขึ้นในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของขนาดฟองอากาศกับขนาดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีต โดยแบ่งช่วงความถี่ของขนาดฟองอากาศเท่ากับ 25 ไมโครเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 ค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ขนาดฟองอากาศแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งจะใช้วิธีสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์สะสมกับขนาดฟองอากาศ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ขนาดฟองอากาศที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 50 (D_{50}) และขนาดฟองอากาศที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 90 (D_{90}) (Nambiar and Ramamurthy, 2007; Kearsley and Visagie, 2002; Batool and Bindiganavile, 2017; Visagie, 2000) สรุปผลการวิเคราะห์ขนาดฟองอากาศที่ D_{50} และ D_{90} แสดงในตารางที่ 2



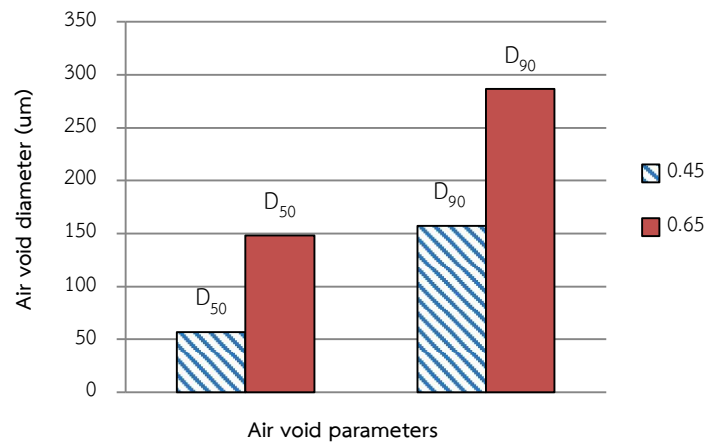
รูปที่ 6 การกระจายขนาดของฟองอากาศของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ



รูปที่ 7 เปอร์เซนต์สะสมขนาดฟองอากาศของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ขนาดฟองอากาศของคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ

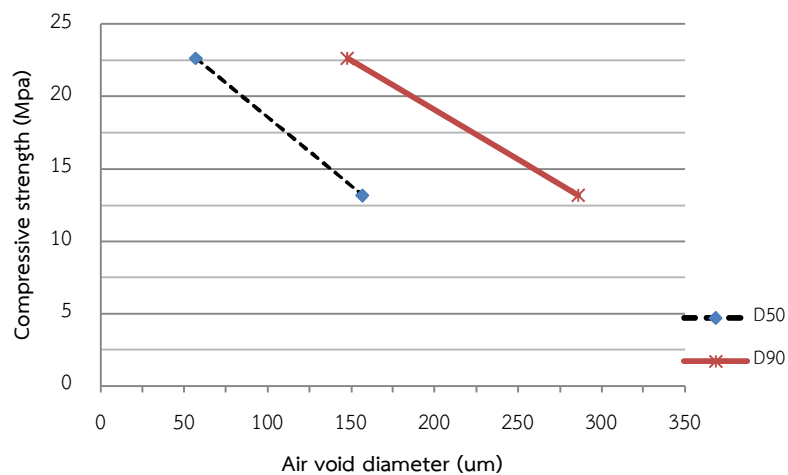
สูตร	หน่วยน้ำหนัก kg/m ³	อัตราส่วนน้ำต่อ ปูนซีเมนต์	กำลังรับแรงอัดเฉลี่ย (MPa)	ขนาดฟองอากาศ (D ₅₀) (um)	ขนาดฟองอากาศ (D ₉₀) (um)
1	1,800	0.45	22.65	57	148
2	1,800	0.65	13.18	157	286



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของขนาดฟองอากาศกับอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์

ผลการวิจัยพบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.45 ขนาดฟองอากาศที่เกิดขึ้นในช่วง 75-125 ไมโครเมตรมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงกว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ 0.65 ดังรูปที่ 6 โดยขนาดฟองอากาศที่ D₅₀ และขนาดฟองอากาศที่ D₉₀ จะมีค่าเท่ากับ 57 ไมโครเมตรและ 148 ไมโครเมตรตามลำดับ และเมื่อเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เป็น 0.65 มีผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิด

ฟองอากาศที่มีขนาดตั้งแต่ 150 ไมโครเมตร พบมากขึ้นโดยขนาดฟองอากาศที่ D_{50} และขนาดฟองอากาศที่ D_{90} มีค่าเท่ากับ 157 ไมโครเมตรและ 286 ไมโครเมตรตามลำดับ จากรูปที่ 8 เมื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของขนาดฟองอากาศกับอัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์จะเห็นว่าการเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์มีผลต่อขนาดฟองอากาศที่ D_{50} ซึ่งมีขนาดฟองอากาศใหญ่ขึ้นร้อยละ 175.44 ในขณะที่ขนาดฟองอากาศที่ D_{90} มีขนาดใหญ่ขึ้นร้อยละ 93.24 จึงอาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์ในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศมีผลต่อขนาดฟองอากาศที่ D_{50} มากกว่าขนาดฟองอากาศที่ D_{90} และจากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดฟองอากาศกับกำลังรับแรงอัดดังแสดงในรูปที่ 9 พบว่าเมื่อขนาดฟองอากาศที่ D_{50} และ D_{90} เพิ่มขึ้น ค่ากำลังรับแรงอัดจะลดลงจาก 22.65 เมกะปาสคาล มาที่กำลังรับแรงอัด 13.18 เมกะปาสคาล ซึ่งกำลังรับแรงอัดจะมีค่าลดลงคิดเป็นร้อยละ 41.81



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดฟองอากาศกับกำลังรับแรงอัด

บทสรุป

การศึกษาผลของอัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์ที่มีต่อขนาดฟองอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเติมฟองอากาศ พบว่าที่อัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์ 0.45 จะมีขนาดฟองอากาศระหว่าง 25-650 ไมโครเมตร และที่อัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์ 0.65 ขนาดฟองอากาศอยู่ระหว่าง 50-700 ไมโครเมตร โดยการเพิ่มอัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์จาก 0.45 เป็น 0.65 ส่งผลต่อขนาดฟองอากาศที่ D_{50} และขนาดฟองอากาศที่ D_{90} มีค่าสูงขึ้น ซึ่งฟองอากาศที่มีขนาดเพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังรับแรงอัดมีแนวโน้มลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ซิก้า (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้อนุญาตให้ใช้ข้อมูลและสิทธิในการผลิตคอนกรีตมวลเบา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีสำหรับการใช้อุปกรณ์และสถานที่

เอกสารอ้างอิง

- ซ์ชาวลย์ เศรษฐบุตร. (2543). คอนกรีตเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 8. คอนกรีตผสมเสร็จซีแพค; กรุงเทพฯ.
- ธนกร ทวีวุฒิ, นท แสงเทียน, วิวัฒน์ พัวทัศนานนท์, สถาพร โภคา. (2561). ผลของความหนาแน่น และอัตราส่วนที่มีต่อ ปริมาณช่องว่างอากาศในคอนกรีตมวลเบาแบบเซลลูล่าที่ใส่สารลดน้ำปริมาณมาก. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 11(2): 1-11.
- อภัย ชาภิรมย์. (2561). การพัฒนากำลังคอนกรีตเซลลูล่าด้วยเถ้าถ่านหินและเส้นใยสังเคราะห์. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ดุสิต มหาววิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- Abiev RS, Kozlov VV. (2018). Investigation of foam concrete properties, produced by means of Vortex Jet Apparatus. *New Materials, Compounds and Applications*. 2(1): 71-80.
- Batool F. and Bindiganavile V. (2017). Air-void size distribution of cement based foam and its effect on thermal conductivity. *Construction and Building Materials*. 149): 17-28.
- Hilal AA. (2015). Properties and microstructure of pre-formed foamed concrete. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy Department of Civil Engineering University of Nottingham.
- Just A, Middendorf B. (2009). Microstructure of high-strength foam concrete. *Materials Characterization*. 60(7): 741-748.
- Kearsley EP and Visagie M. (2002). Properties of foamed concrete as influenced by air-void parameters. *Concrete Beton*. 101: 9-13.
- Kumar N Vinith, Arunkumar C, Senthil S Srinivasa. (2018). Experimental study on mechanical and thermal behavior of foamed concrete. *Materials Today: Proceeding*. 5: 8753-8760.
- Mugahed Amran YH, Farzadnia N, Abang Ali AA. (2015). Properties and applications of foam concrete; a review. *Construction and Building Material*. 101): 990-1005.
- Nambiar EKK, Ramamurthy K. (2007). Air-void characterization of foam concrete. *Cement and Concrete Research*. 37(2): 221-230.
- Neville, AM. (2011). *Properties of concrete*. 5th ed. Pearson Education : London.
- Visagie, M. (2000). The effect of microstructure on the properties of foamed concrete. Dissertation for Master of Engineering. University of Pretoria.

แผ่นขึ้นไม้อัดต้านการลามไฟจากใบสับปะรด

The particleboard for fire resistance from pineapple leaves

จินดาพร สืบขำเพชร^{1*} และธีระวิทย์ พลโคกกอง²

Jindaporn Suebkumpet^{*} and Thirawit Phonkhokong²

^{1*} คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

² คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

*jindaphorn.sk@bru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้านทานการลามไฟของแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบสับปะรด เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของแผ่นขึ้นไม้อัด พบว่าแผ่นขึ้นไม้อัดที่ใช้ส่วนผสมยางธรรมชาติ >75 เปอร์เซ็นต์ และใช้เคลย์ <15 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ส่วนผสมจับตัวกัน และไม่สามารถขึ้นรูปขึ้นงานได้ จึงจำกัดอัตราส่วนของส่วนผสมยางธรรมชาติ : ใบสับปะรด : เคลย์ คือ 75 : 25 : 0, 75 : 20 : 5, 75 : 15 : 10 และ 75 : 10 : 15 แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ด้วยแรง 1.25 ตัน นาน 30 นาที ผลการทดสอบการติดไฟและการลามไฟ แบบ HB และ VB พบว่าอัตราส่วน 75 : 20 : 5 มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 24.31 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งมีความต้านทานต่อการลามไฟที่ดีที่สุด ผ่านมาตรฐาน UL 94 แบบ HB ผลการทดสอบการนำความร้อนในอัตราส่วน 75 : 25 : 0 มีค่าการนำความร้อนที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.1432 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ผลการทดสอบการต้านทานความร้อน พบว่าไม่ผ่านมาตรฐาน JIS A 5905 ทุกอัตราส่วน ผลการทดสอบความหนาแน่นและการพองตัว พบว่าผ่านมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 ทุกอัตราส่วน ผลการทดสอบความชื้น ในอัตราส่วน 75 : 10 : 15 ไม่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 สำหรับอัตราส่วนที่เหลือผ่านมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 และผลการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น พบว่าอัตราส่วน 75 : 25 : 0 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด

คำสำคัญ: ใบสับปะรด, การลามไฟ, เคลย์, แผ่นขึ้นไม้อัด

Abstract

This research is study about fire resistance of particleboard from pineapple leaves. The particleboard use latex >75 percent and clay <15 percent, resulting in the ingredients sticking together and cannot mold. Therefore limiting the ratio of natural rubber latex: pineapple leaves: clay is 75 : 25 : 0, 75 : 20 : 5, 75 : 15 : 10 and 75 : 10 : 15 and then compressed by a hydraulic press with a force of 1.25 Ton for 30 minutes. The results of HB and VB flammability and fire tests show that the ratio of 75 : 20 : 5. The average combustion rate is 24.31 mm/min that has the best flame resistance. Passed the UL 94 HB standard. The heat conduction test results in the ratio of 75 : 25 : 0 has the best heat conductivity equal to 0.1432 W/m·K. Heat resistance test results, found to not pass JIS A 5905 standards all ratios. Density and inflation test results, found that passed TIS standard 876 - 2004 all ratios. The humidity test results in the ratio of 75 : 10 : 15 did not pass

the TIS. 876 - 2004 standard. The remaining ratio passed the TIS 876 - 2004 standard and the elastic modulus test results, it was found that the ratio 75: 25 : 0 had the most flexible modulus.

Keywords: pineapple leave, flame retardant, clay, particleboard

บทนำ

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับประเทศประมาณปีละ 23,000 -25,000 ล้านบาท โดยมีผลิตภัณฑ์ส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สับปะรดกระป๋อง และน้ำสับปะรด คิดเป็น ร้อยละ 45 ของมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูป โดยไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกสับปะรด กระป๋องเป็นอันดับ 1 ของโลก มีส่วนแบ่งการตลาดประมาณร้อยละ 50 (โรสลีนา, 2559) ในขณะเดียวกัน สิ่งที่เป็นขยะเหลือทิ้งคือใบสับปะรด การทำแผ่นขึ้นไม้อัดจากใบสับปะรดจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้ของเหลือทิ้งให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในขณะเดียวกัน เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ในบ้านเรือนในปัจจุบันมักจะทำมาจากแผ่นขึ้นไม้อัด ซึ่งเป็นเชื้อไฟอย่างดีหากเกิดเพลิงไหม้ ในงานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการนำใบสับปะรดในท้องถิ่น มาทำเป็นแผ่นขึ้นไม้อัด โดยใช้น้ำยางธรรมชาติเป็นตัวประสานในการทำฉนวนด้านทานการลามไฟ และผสมเคลย์ซึ่งเป็นสารอนุภาคนาโนที่ใช้เป็นสารหน่วงไฟ โดยกลไกการหน่วงไฟของสารอนุภาคนาโนคือ สารอนุภาคนาโนสลายตัวทำปฏิกิริยากับสารประกอบคาร์บอนเป็นเถ้าที่เรียกว่า คาร์บอนเซียม ซิลิเกต (Carbonaceous silicate) ในระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งเถ้านี้มีหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการติดไฟของพอลิโพรพิลีน นอกจากนี้ยังมีสมบัติในการหน่วงไฟแล้วสารอนุภาคนาโน เช่น นาโนเคลย์ และคาร์บอนนาโนทิวบ์มีประสิทธิภาพที่ดีในการปรับปรุงสมบัติทางกลของพอลิโพรพิลีน นอกจากนี้ยังศึกษาคุณสมบัติการด้านทานการลามไฟ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน และคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นขึ้นไม้อัดที่ทำขึ้นอีกด้วย

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุและตัวประสานในการอัดขึ้นรูป

ในการวิจัยแผ่นขึ้นไม้อัดด้านทานการลามไฟจากใบสับปะรด ใช้ใบสับปะรดที่เหลือจากการเก็บเกี่ยว นำมาผสมกับน้ำยางธรรมชาติและเคลย์ โดยใช้วิธีลองผิดลองถูก ซึ่งพบว่า หากใช้ใบสับปะรดมากเกินไป ส่วนผสมจะจับตัวเป็นก้อนจนไม่สามารถขึ้นรูปได้ และพบอัตราส่วนที่เหมาะสมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนโดยมวลของวัสดุและตัวประสานที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

อัตราส่วนที่	น้ำยางธรรมชาติ	ใบสับปะรด	เคลย์
1	75	25	0
2	75	20	5
3	75	15	10
4	75	10	15

2. การผลิตแผ่นขึ้นไม้อัดด้านทานการลามไฟจากใบสับปะรด

2.1 ขึ้นเตรียมวัตถุดิบและตัวประสาน

ตัดใบสับประรด แล้วนำมาสับด้วยเครื่องสับหญ้าเนเปียร์ จากนั้นนำใบสับประรดที่ผ่านการสับแล้วไปตากแดด เป็นเวลา 2 วัน นำใบสับประรดแห้งไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (U.S.A Standard Testing Sieve) นำใบสับประรดที่ผ่านการร่อนตะแกรงเบอร์ 4 มาผสมกับน้ำยางธรรมชาติและเคลย์ตามอัตราส่วน



รูปที่ 1 ใบสับประรดและการปั่นใบสับประรดโดยใช้เครื่องสับหญ้าเนเปียร์



รูปที่ 2 ใบสับประรดที่ผ่านการย่อย นำมาตากแห้งเป็นเวลา 2 วัน



รูปที่ 3 นำไปร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 โดยเครื่องร่อน

2.2 การอัดขึ้นรูป

เมื่อผสมส่วนผสมกับน้ำยางธรรมชาติและเคลย์ เข้ากับใบสับประรดตามอัตราส่วนต่าง ๆ เข้ากันแล้ว นำไปโรยลงในแม่พิมพ์ตัวผู้ให้สม่ำเสมอ แล้วนำแม่พิมพ์ตัวเมียไปปิดทับด้านบน จากนั้นนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก กดแม่พิมพ์ตัวเมียด้วยน้ำหนัก 1.25 ตัน เป็นเวลา 30 นาที



รูปที่ 4 อัฒจันทร์ขึ้นงานด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก

3. การทดสอบคุณสมบัติ

เตรียมชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบการติดไฟและการลามไฟ โดยมีพื้นที่หน้าตัดขนาด 125 × 13 มิลลิเมตร จำนวน 12 ชิ้น เตรียมชิ้นการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน โดยมีพื้นที่หน้าตัด 110 × 120 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้น และเตรียมชิ้นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ความหนาแน่น ความชื้น การพองตัวตามความหนา ใช้ชิ้นทดสอบที่มีพื้นที่หน้าตัดขนาด 50 × 50 มิลลิเมตร จำนวนการทดสอบละ 12 ชิ้น

ผลการวิจัย

1. การทดสอบการติดไฟและการลามไฟ (Flammability) ตามมาตรฐาน UL 94

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการติดไฟและการลามไฟ (Flammability) ตามมาตรฐาน UL 94 แบบ HB โดยห้องปฏิบัติการสถาบันพัฒนาสิ่งทอ

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ใยสังเคราะห์ : เกล็ด)	อัตราการเผาไหม้ mm/min			\bar{x}	สรุปผล
	ชั้นที่				
	1	2	3		
75 : 25 : 0 (Non Clay)	49.56	42.34	52.82	48.24	ไม่ผ่าน
75 : 20 : 5	34.43	15.24	23.26	24.31	ผ่าน
75 : 15 : 10	39.40	38.69	37.56	38.55	ผ่าน
75 : 10 : 15	46.49	47.02	45.82	46.44	ไม่ผ่าน

ผลการทดสอบการติดไฟและการลามไฟตามมาตรฐาน UL 94 แบบ Horizontal Burning Test หรือการทดสอบแบบแนวนอนกำหนดไว้ว่าชิ้นงานที่ผ่านชั้นคุณภาพแบบ HB ต้องมีอัตราการเผาไหม้ ต่ำกว่า 40 มิลลิเมตรต่อนาที จากผลการทดสอบพบว่า ที่อัตราส่วน 75 : 20 : 5 มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 24.31 มิลลิเมตรต่อนาทีและอัตราส่วน 75 : 15 : 10 มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 38.55 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งผ่านตามมาตรฐานแบบ HB

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการติดไฟและการลามไฟ (Flammability) ตามมาตรฐาน UL 94 แบบ VB โดยห้องปฏิบัติการสถาบันพัฒนาสิ่งทอ

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ใยสังเคราะห์ : เกล็ด)	Flame Test (V-Test)
75 : 25 : 0 (Non Clay)	ไม่ผ่านมาตรฐาน
75 : 20 : 5	ไม่ผ่านมาตรฐาน
75 : 15 : 10	ไม่ผ่านมาตรฐาน
75 : 10 : 15	ไม่ผ่านมาตรฐาน

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณสมบัติการนำความร้อน

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ไบสัปประรด : เคลย์)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (K)	ค่าความต้านทานความร้อน (R)
	W/m·K	m ² ·K/W
75 : 25 : 0 (Non Clay)	0.14323	0.0698
75 : 20 : 5	0.14431	0.0693
75 : 15 : 10	0.14505	0.0689
75 : 10 : 15	0.15231	0.0656

ผลการทดสอบการต้านทานความร้อนพบว่าในเวลา 10 นาที แผ่นขึ้นไม่แอ่นในทุกอัตราส่วน ไม่ผ่านมาตรฐาน เนื่องจากสมบัติการต้านทานความร้อนที่ดีที่สุดซึ่งตามมาตรฐาน JIS A 5905 ต้องไม่ต่ำกว่า 0.267 ตารางเมตรเคลวินต่อวัตต์

3. ผลการทดสอบความหนาแน่น

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบความหนาแน่น

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ไบสัปประรด : เคลย์)	ความหนาแน่น			\bar{x}
	ชั้นที่			
	1	2	3	
75 : 25 : 0 (Non - Clay)	713.6546	817.7524	814.4796	781.9621
75 : 20 : 5	726.6064	759.8622	767.2284	751.2323
75 : 15 : 10	979.7099	724.1914	753.6022	819.1678
75 : 10 : 15	830.9929	755.4195	744.0956	776.8360

ผลการทดสอบความหนาแน่น พบว่า อัตราส่วน 75 : 25 : 0 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 781.9621 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วน 5 : 20 : 5 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 751.2323 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อัตราส่วน 75 : 15 : 10 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 819.1678 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และอัตราส่วน 75 : 10 : 15 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 776.8360 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งความหนาแน่นผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐาน มอก. 876 - 2547 กำหนด คือ 400 - 900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรทุกอัตราส่วน

4. ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการพองตัวตามความหนา

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ไบสัปประรด : เคลย์)		ความหนา(mm)			การพองตัวตาม ความหนาเฉลี่ย (%)
		ตัวอย่างที่			
		1	2	3	
75 : 25 : 0 (Non clay)	ก่อนแช่	5.00	5.22	5.22	4.1867
	หลังแช่	5.14	5.47	5.48	
75 : 20 : 5	ก่อนแช่	5.20	5.15	5.12	8.1794
	หลังแช่	6.00	5.38	5.36	
75 : 15 : 10	ก่อนแช่	5.41	5.21	5.25	4.6685
	หลังแช่	5.62	5.45	5.54	

75 : 10 : 15	ก่อนแช่	5.05	5.16	5.13	10.5521
	หลังแช่	6.00	5.30	5.65	

ผลการทดสอบการพองตัวของดินตามความหนา พบว่า อัตราส่วน 75 : 25 : 0 (Non - Clay) 75 : 20 : 5 , 75 : 15 : 10 และ อัตราส่วน 75 : 10 : 15 มีค่าการพองตัวของดินตามความหนาเท่ากับ 4.1867, 8.1794, 4.6685 และ 10.5521 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐาน มอก. 876 - 2547 กำหนด คือ น้อยกว่า 12 เปอร์เซ็นต์

5. ผลการทดสอบความชื้น

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความชื้น

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ไบโสบัประรด : เคลย์)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น			
	ตัวอย่างที่			\bar{x}
	1	2	3	
75 : 25 : 0 (Non Clay)	13.8181	12.6578	8.8028	11.7595
75 : 20 : 5	7.6900	7.5100	6.0766	7.0922
75 : 15 : 10	3.7552	4.0297	4.7970	4.1939
75 : 10 : 15	3.4309	3.4067	1.6248	2.8208

ผลการทดสอบความชื้น พบว่า อัตราส่วน 75 : 25 : 5 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 11.7595 ที่อัตราส่วน 75 : 20 : 15 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 7.0922 ที่อัตราส่วน 75 : 15 : 10 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 4.1939 ซึ่งทั้ง 3 อัตราส่วน มีค่าความชื้นผ่านเกณฑ์ที่มาตรฐาน มอก. 876 - 2547 กำหนด คือ ระหว่าง 4 - 13 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วน 70 : 10 : 15 มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 2.8208 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 876 - 2547 กำหนด

6. ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

ตารางที่ 8 ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น

อัตราส่วน (น้ำยางธรรมชาติ : ไบโสบัประรด : เคลย์)	ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น MPa
75 : 25 : 0 (Non Clay)	2.8913
75 : 20 : 5	1.2627
75 : 15 : 10	2.3782
75 : 10 : 15	2.2212

ผลการทดสอบมอดูลัสยืดหยุ่น พบว่าอัตราส่วน 75 : 25 : 0 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่มากที่สุด รองลงมาคือ 75 : 15 : 10 และ 70 : 10 : 15, 70 : 20 : 5 ตามลำดับ เนื่องจากมีปริมาณของเส้นใยเรียงตัวชิดกันมาก ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อยลง ไบโสบัประรดและน้ำยางพารามีคุณสมบัติยืดหยุ่นที่สูงอยู่แล้ว ส่งผลให้แผ่นขึ้นไม้อัดมีความแข็งแรง เมื่อมีแรงมากระทำต่อแผ่น จะทำให้กลับคืนสู่สภาพได้อย่างรวดเร็ว

อภิปรายผล

จากผลการทดสอบการติดไฟและการลามไฟ แบบ HB และ VB พบว่าอัตราส่วน 75 : 20 : 5 มีอัตราการเผาไหม้เฉลี่ยเท่ากับ 24.31 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งมีความต้านทานต่อการลามไฟที่ดีที่สุด ผ่านมาตรฐาน UL 94 แบบ HB ผลการทดสอบการนำความร้อน ในอัตราส่วน 75 : 25 : 0 มีค่าการนำความร้อนที่ดีที่สุดเท่ากับ 0.1432 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ผลการทดสอบการ

ด้านทานความร้อน พบว่าไม่ผ่านมาตรฐาน JIS A 5905 ทุกอัตราส่วน ผลการทดสอบความหนาแน่นและการพองตัว พบว่าผ่านมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 ทุกอัตราส่วน ผลการทดสอบความชื้น ในอัตราส่วน 75 : 10 : 15 ไม่ผ่านมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 สำหรับอัตราส่วนที่เหลือผ่านมาตรฐาน มอก. 876 - 2547 และผลการทดสอบโมดูลัสยืดหยุ่น พบว่าอัตราส่วน 75 : 25 : 0 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยแผ่นขึ้นไม้อัดด้านทานการลามไฟจากไบสับปะรด พบว่าการเพิ่มเคลย์ลงในชิ้นงานในปริมาณน้อย สามารถทำให้ด้านทานการลามไฟได้ แต่การใช้อย่างพาราเป็นตัวประสาน ทำให้ชิ้นงานไม่ผ่านมาตรฐานแผ่นขึ้นไม้อัด ในขณะที่เดียวกัน ก็มีความด้านทานการนำความร้อนที่ไม่ดีเช่นกัน ดังนั้น จึงควรพัฒนางานวิจัยโดยใช้สารอื่นเป็นตัวประสานเพื่อให้ผ่านคุณสมบัติแผ่นขึ้นไม้อัด เช่น กาวฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญกมล สุขสม และคณะ. (2561). การเตรียมแผ่นยางคอมโพสิตเพื่อลดความเมื่อยล้าจากยางธรรมชาติผสมเส้นใยมะพร้าว. รายงานการวิจัย. สาขาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.
- นิตยา พัดเกาะ. (2559). การผลิตและศึกษาสมบัติแผ่นฉนวนผนังเบาจากเส้นใยชานอ้อยเพื่อใช้ในงานสถาปัตยกรรม. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอนแก่น.
- บุญญารัตน์ พิมพรม และคณะ. (2562). การพัฒนาฉนวนความร้อนจากฟางข้าว. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยสารคาม มหาสารคาม.
- โรสลีนา จาราแคว. (2559). การพัฒนาฉนวนกันความร้อนจากพืชในเขตท้องถิ่น. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ยะลา.

การศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิล

The study of concrete properties with recycled crumb rubber tires mixing

ชัยชนะ บานเย็น^{1*} ณัฐวุฒิ อินทบุตร¹

Chaichana Banyen^{1*}, Nuttawut Intaboot¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดสุพรรณบุรี

*chaichana164@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิล โดยนำยางรถยนต์เก่ามาบดละเอียดมาเป็นส่วนผสมของคอนกรีตโดยการแทนที่ทรายบางส่วน โดยทำการศึกษาคุณสมบัติในด้านต่างๆของคอนกรีตทั้งในส่วนของการยุบตัว หน่วยน้ำหนัก กำลังรับแรงอัดของคอนกรีต และค่ายังโมดูลัส ที่อายุการบ่ม 28 วัน ยางรถยนต์บดใช้แทนที่ทราย ในอัตราส่วนต่างๆกันตั้งแต่ร้อยละ 0, 10 และ 20 โดยน้ำหนัก และอัตราส่วนของน้ำที่ร้อยละ 35, 45 และ 55 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ การทดลองจะเก็บตัวอย่างคอนกรีตมาตรฐาน ขนาด 30×15 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าค่าการยุบตัวของคอนกรีตของทุกส่วนผสมจะให้ค่ายุบตัวน้อยลงตามความเพิ่มขึ้นของยางรถยนต์บดรีไซเคิล และในส่วนของการกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตในส่วนผสมร้อยละ 10 ของยางรถยนต์บดรีไซเคิลจะให้กำลังอัดที่ดีที่สุด และเมื่อเพิ่มยางรถยนต์บดรีไซเคิลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลง ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ แปรผันตรงกับค่ากำลังอัดของคอนกรีต

คำสำคัญ: ยางรถยนต์รีไซเคิล คุณสมบัติของคอนกรีต คอนกรีตผสมยางรถยนต์บด

Abstract

This paper investigates the properties of concrete mixed with recycled crumb rubber tires. Partial replacement of sand by ground crumb rubber was used a mixture of concrete. The slump, weight unit, compressive strength, and the modulus of elasticity at a curing time of 28 days were tested. The ground crumb rubber replace sand from 0, 10 and 20 % by weight. Water/cement ratio at 0.35, 0.45 and 0.55 were used in this study. The sample size 30×15 cm was collected for experimental. The results showed that the slump test of all mixes decrease with the increase in the crumb rubber. The 10% crumb rubber mixture, it provides the best compressive strength and with the addition of crumb rubber, the compressive strength decreases. The elastic modulus is in the same, which is directly proportional to the compressive strength of the concrete.

Keywords: Recycled crumb rubber, Concrete properties, Concrete with crumb rubber mixing

บทนำ

ในปัจจุบันปริมาณการใช้ยางรถยนต์มีเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยปี 2562 มีปริมาณการใช้ยางในประเทศไทยทุกประเภท ผลิตภัณฑ์ รวมทั้งสิ้น 663,084 เมตริกตัน และประเภทผลิตภัณฑ์ยาง ยานพาหนะมีปริมาณ 391,119 เมตริกตัน จากเดิมที่มีปริมาณการใช้ในปี 2561 เท่ากับ 31,449 เมตริกตัน (สถาบันวิจัยยาง, 2563) ซึ่งแน่นอนว่าปัญหาที่ตามมาคือปริมาณยางรถยนต์เก่าที่ใช้แล้วก็เพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัว ในต่างประเทศ ขยะมูลฝอยจำนวนมากที่เกิดจากยางรถยนต์เป็นปัญหาที่สำคัญ ยางที่ใช้แล้วมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในแง่ของอากาศน้ำและมลพิษทางดิน ในการชะล้าง ยางเก่าประกอบด้วยโลหะหนักและสารเคมีที่ชะล้างสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องจากยางเหล่านี้สลายตัว สิ่งนี้เรียกว่าการชะล้าง สารเคมีบางชนิดได้รับการยอมรับว่าเป็นสารก่อกลายพันธุ์และสารก่อมะเร็งในธรรมชาติ ภัยคุกคามอื่นที่การชะล้าง ปนเปื้อนของดิน และดินรอบ ๆ ยางเก่านั้นสามารถปนเปื้อนได้ง่ายด้วยสารเคมีที่เป็นอันตรายที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แม้แต่น้ำใต้ดินก็มีความเสี่ยงที่จะปนเปื้อน นอกจากนี้หากสารพิษเหล่านี้ปนเปื้อนน้ำใด ๆ ในดินน้ำพิษสามารถสัมผัสกับสัตว์และมนุษย์และยังเป็นอันตรายต่อชีวิต ภัยคุกคามจากศัตรูพืช ยางเสียก็เป็นภัยคุกคามของศัตรูพืช น้ำอาจสะสมในยางเหล่านี้และสามารถกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและแมลงอื่น ๆ สิ่งนี้สามารถเพิ่มความเสี่ยงของโรคที่เกิดจากพาหะเช่นโรคไข้สมองอักเสบ แม้แต่หนูก็สามารถใช้ยางที่ใช้แล้วได้ ดังนั้นเพื่อกำจัดอันตรายต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นได้ดีที่สุดคือการรีไซเคิลยางที่ใช้แล้วดังนั้นการนำยางรถยนต์มาใช้ในอุตสาหกรรมคอนกรีต จะช่วยลดยางรถยนต์ที่เหลือทิ้ง ทั้งนี้ต้องทำให้คอนกรีตมีคุณสมบัติไม่ต่างจากเดิมหรือดีขึ้นกว่าเดิม และยังเป็นการช่วยลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย

ในอดีตที่ผ่านมานักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำยางรถยนต์มาใช้ในงานคอนกรีต (ธรรพร บุศย์น้ำเพชร และ นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล, 2554) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้เถ้าลอยแทนที่ซีเมนต์ และการใช้ ผงยางรถยนต์แทนที่ทรายสำหรับผลิตคอนกรีตมวลเบา โดยทำการศึกษาที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ : ทราย : ปูนขาว : อลูมิเนียม แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่าไม่มีการวิจัย หรืองานวิจัยยังไม่แพร่หลาย ที่ใช้ยางรถยนต์มาเป็นส่วนผสมแทนทรายบางส่วนในการปรับปรุงคุณสมบัติคอนกรีต เพียงแต่มีการศึกษาวิจัยนำยางรถยนต์มาใช้ในการศึกษาการใช้ ผงกากยางรถยนต์เก่าในคอนกรีตบล็อกปูผิวทางแบบอ่อน (เฉลิมพล ไชยแก้ว, ปิติ สุคนธ์สุขกุล และ สุพรชัย อุทัยนฤมล, 2546) และการศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่ใช้ผงยางรถยนต์เป็นส่วนผสม (ชนิดาพร ดวงแสง และ สุภัทรา เกียรติวงศ์ทอง, 2541) ซึ่งยางรถยนต์เก่าเป็นวัสดุที่หาง่าย และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะสำหรับการนำมาศึกษาวิจัยใช้ให้เกิดประโยชน์

ยางรถยนต์เก่า นั้นมักจะไม่ได้มีการกำจัด เนื่องจากติดปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมเพราะถ้านำไปเผาก็เกิด คิว้นพิษขึ้นเป็นปริมาณมาก จึงมักถูกทิ้งรวมกัน ซึ่งเมื่อมีปริมาณมากก็ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะตามมา เป็นที่อยู่อาศัยของ แมลงและ สัตว์เลื้อยคลานอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเชื้อเพลิง อย่างดีในการเผาไหม (ธนาพร พูนสวัสดิ์, 2544) ยางรีไซเคิลสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุคลุมด้วยหญ้าในสวน มันมีประโยชน์หลายประการ ตัวอย่างเช่น มันไม่ได้ลอยอยู่ในพายุฝนไม่เน่าเหมือนวัสดุคลุมดินทั่วไปที่มาจากไม้และยังคงมีลักษณะที่ปรากฏอยู่ตลอดเวลา เกือบทุกที่ที่ใช้กรวดมีโอกาสที่คุณจะสามารถใช้ยางฉีกเป็นชิ้นเล็ก ๆ แทนกรวดที่นั่น เหล่านี้รวมถึงการรวมสำหรับคุ้ระบายน้ำ, คลองถมทางหลวงและชั้นย่อย การใช้ขี้ปายแทนกรวดนั้นมีข้อดีมากมาย ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้ภายใต้ถนนในสภาพอากาศหนาวเย็นขี้ปายสามารถ จำกัด การซึมผ่านของน้ำแข็งได้ เพื่อลดการลดเสียงรบกวนและการสั่นสะเทือนจากรถไฟที่วิ่งผ่านชั้นส่วนยางจะถูกกระจายไปตามรางไฟขนาดเล็กที่วิ่งติดกับธุรกิจและบ้านเรือน (บริษัท อู๋ซี DGM, 2562) นอกจากนี้ สามารถนำไปขึ้นรูปเป็นยางรีไซเคิล และเป็นวัสดุผสมในการราดผิวถนนหรือนำมาเป็นส่วนผสมในคอนกรีตได้ (Xiang S., and Baoshan H., 2014), (Imran M. K. and other., 2016)

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำยางรถยนต์เก่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำยางรถยนต์เก่ามาบด นำมาแทนที่ทรายใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของคอนกรีต เพื่อลดการใช้ทราย อีกทั้งยังเป็นการนำของเหลือทิ้งหรือวัสดุที่ทำลายสิ่งแวดล้อมนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของคอนกรีต ที่ได้จากการนำยางรถยนต์มาเป็นส่วนผสมโดยการแทนที่ทรายบางส่วน
2. เพื่อศึกษาหาปริมาณที่เหมาะสม การนำยางรถยนต์มาเป็นส่วนผสมโดยการแทนที่ทรายบางส่วน
3. เพื่อศึกษาวัสดุเหลือทิ้ง มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และลดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

- 1.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1 (OPC) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15
- 1.2 ยางรถยนต์เก่าบด ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20
- 1.3 ทรายหยาบที่ใช้ในงานก่อสร้าง และหิน No.3/4 ที่อยู่ในสถานะอิ่มตัวแห้ง
- 1.4 น้ำสะอาด

2. อัตราส่วนผสม และวิธีการผสมคอนกรีต

ในการศึกษาคุณสมบัติที่ได้จากการนำยางรถยนต์เก่าบดละเอียดมาทำเป็นส่วนผสมโดยการแทนที่ทรายบางส่วนนั้นจะทำการทดสอบหาคุณสมบัติในด้าน การยุบตัว หน่วงน้ำหนัก กำลังอัด และยังมีโมดูลัส โดยจะนำยางรถยนต์บดละเอียด และผ่านการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 20 มาแทนที่ทราย ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ร้อยละ 0 ใช้สูตร Con ร้อยละ 10 ใช้สูตร 10RW และร้อยละ 20 ใช้สูตร 20RW โดยน้ำหนักตั้งในตารางที่ 1 โดยอัตราส่วนผสมคอนกรีตปูนซีเมนต์ ทราย และหินใช้ 1 : 2 : 4 เหมาะสำหรับงานโครงสร้างคอนกรีตทั่วไป อัตราส่วนของน้ำที่ร้อยละ 35, 45 และ 55 ของน้ำหนักปูนซีเมนต์ การผสมจะเริ่มจากนำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ยางรถยนต์ที่บดละเอียดผ่านการร่อน และทรายมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันจากนั้นใส่น้ำตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้ คลุกเคล้าให้เข้ากันอีกครั้งแล้วจึงทำการใส่หินที่ได้เตรียมไว้คลุกเคล้าให้เข้ากัน เมื่อทำการผสมเสร็จจัดเตรียมเก็บตัวอย่างคอนกรีตในโมลขนาด 30×15 เซนติเมตร โดยแบ่งการใส่เป็นสามชั้นแต่ละชั้นต้องนำเหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้งตามด้วยค้อนยางทุบข้างบนโมล และข้างๆโมลเพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่ด้านบน และใส่คอนกรีตให้เต็มและปาดหน้าให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 1



(ก) ยางรถยนต์บด

(ข) ผสมคอนกรีต

(ค) นำคอนกรีตใส่แบบหล่อ

รูปที่ 1 วิธีการผสมคอนกรีต และการเก็บตัวอย่างคอนกรีต

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	อัตราส่วนผสม (น้ำหนัก kg.)				
	ปูนซีเมนต์ (kg.)	ทราย (kg.)	ยางรถยนต์บด (kg.)	หิน (kg.)	น้ำ (L.)
Con35	300	600	0	1,200	105
10RW35	300	540	60	1,200	105
20RW35	300	480	120	1,200	105
Con45	300	600	0	1,200	135
10RW45	300	540	60	1,200	135
20RW45	300	480	120	1,200	135
Con55	300	600	0	1,200	165
10RW55	300	540	60	1,200	165
20RW55	300	480	120	1,200	165

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต (Slump flow test) ตามมาตรฐาน ASTM C143 หลังจากผสมคอนกรีต ดำเนินการนำคอนกรีตใส่ลงในกรวยทดสอบโดยแบ่งการใส่เป็นสามชั้นแต่ละชั้นต้องนำเหล็กกระทุ้งชั้นละ 25 ครั้งให้เต็ม แล้วปาดผิวหน้าให้เรียบ จากนั้นทำการยกขึ้นในแนวตั้งตรง ๆ ทำการวัดการยุบตัวโดยวัดเทียบกรวยทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2 แล้วทำการทดลองทุกส่วนผสม



(ก) ใส่คอนกรีตในกรวยทดสอบ

(ข) ทำการวัดค่ายุบตัว

รูปที่ 2 การทดสอบการยุบตัวของคอนกรีต

3.2 ทดสอบหน่วยน้ำหนักคอนกรีตสดโดยเริ่มจากการเก็บตัวอย่างคอนกรีตในแบบหล่อคอนกรีตขนาด 30×15 เซนติเมตร ทุกส่วนผสม จากนั้นเมื่อคอนกรีตมีอายุครบ 28 วัน ทำการแกะแบบหล่อแล้วนำไปชั่งน้ำหนักทำการบันทึกผลแล้วคำนวณตามสมการ (1)

$$p = \frac{m}{v} \quad (1)$$

โดยที่ p หมายถึงหน่วยน้ำหนัก

m หมายถึงน้ำหนักของคอนกรีต (kg)

v หมายถึงปริมาตรของคอนกรีต (m^3)

3.3.3 ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C192 และทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นตามมาตรฐาน ASTM C469 เพื่อเปรียบเทียบกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากการแทนค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบในสมการของ ACI 318 ซึ่งมีค่าตามสมการ (2)

$$15100\sqrt{f'_c} \quad (2)$$

f'_c หมายถึงกำลังอัดของคอนกรีต ($\frac{kg}{cm^2}$) ที่คอนกรีตอายุ 28 วัน ตามลำดับ โดยการทดสอบจะใช้ตัวอย่างละ 3 ก้อนที่อัตราส่วนผสมต่างกัน ทุกส่วนผสม มาทำการทดสอบกำลังอัดด้วยเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3 แล้วทำการบันทึกผลหาค่าเฉลี่ย



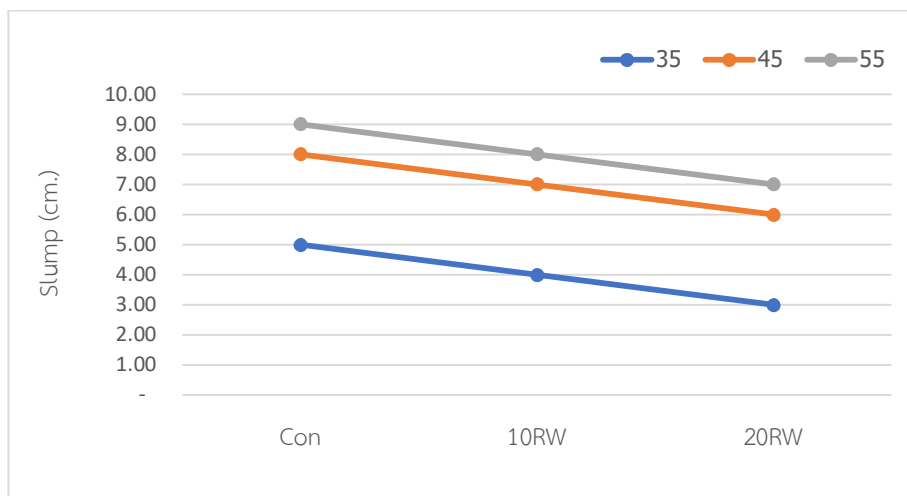
รูปที่ 3 การทดสอบทดสอบการรับกำลังอัดของคอนกรีต และโมดูลัสยืดหยุ่น

ผลการวิจัย

1. การยุบตัวของคอนกรีต (Slump flow test)

จากการทดสอบการยุบตัวของคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดตามมาตรฐานของคอนกรีต ASTM C143 ของทุกส่วนผสมพบว่า สูตร Con35, 10RW35 และ 20RW35 อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 35 มีค่าการยุบตัวอยู่ที่ระหว่าง 3-5

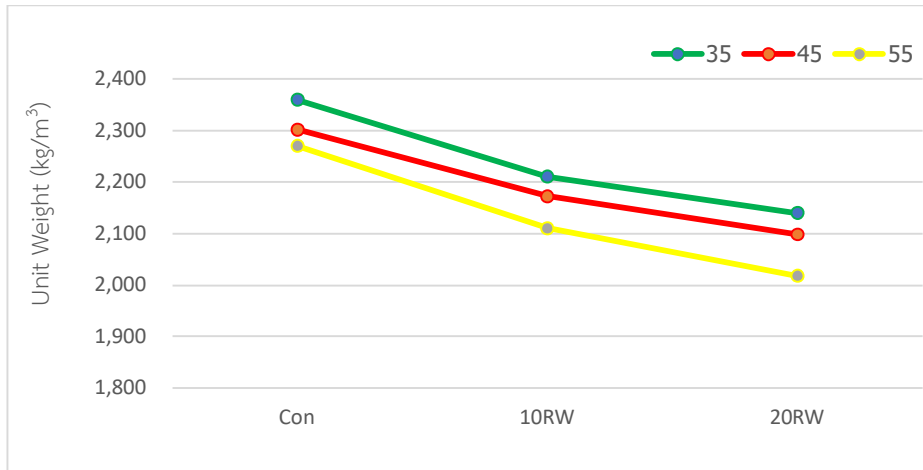
เซนติเมตร สูตร Con45, 10RW45 และ 20RW45 อัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 45 มีค่าการยุบตัวอยู่ที่ระหว่าง 6-8 เซนติเมตร และสูตร Con55, 10RW55 และ 20RW55 อัตราส่วนน้ำต่อน้ำปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 55 มีค่าการยุบตัวอยู่ที่ระหว่าง 7-9 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้การที่มีปริมาณยางรถยนต์บดรีไซเคิลเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การยุบตัวของคอนกรีตลดลง การไหลตัวของคอนกรีตลดลงไปด้วย พบว่าความต้องการน้ำของคอนกรีตผสมยางเพิ่มขึ้นตาม สัดส่วนผสมยาง เนื่องจากผงบดรีไซเคิลมีรูปร่างที่แตกต่าง กับวัสดุผสม และมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง เพื่อให้ได้ความชื้นเหลว หรือความสามารถในการเทใกล้เคียงกับ Control mix ปริมาณน้ำที่ใช้จะมากกว่า (เฉลิมพล ไชยแก้ว และคณะ, 2546) แต่ในการผสมคอนกรีตทุกส่วนผสมในการทดสอบของคอนกรีตในกลุ่ม Con35, Con45, และ Con55 มีปริมาณน้ำคงที่ ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มยางรถยนต์บดรีไซเคิลจะทำให้คอนกรีตเกิดความหนืด ส่งผลต่อการยุบตัวและไหลตัวได้ของคอนกรีตนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมากขึ้นทำให้ค่าการยุบตัวเพิ่มมากขึ้นในส่วนผสมที่มีปริมาณยางรถยนต์บดรีไซเคิลเท่ากัน



รูปที่ 4 กราฟแสดงการยุบตัวของคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิลในสูตรผสมต่างๆในปริมาณน้ำที่ร้อยละ 35, 45 และ 55

2. หน่วยน้ำหนักคอนกรีตสด

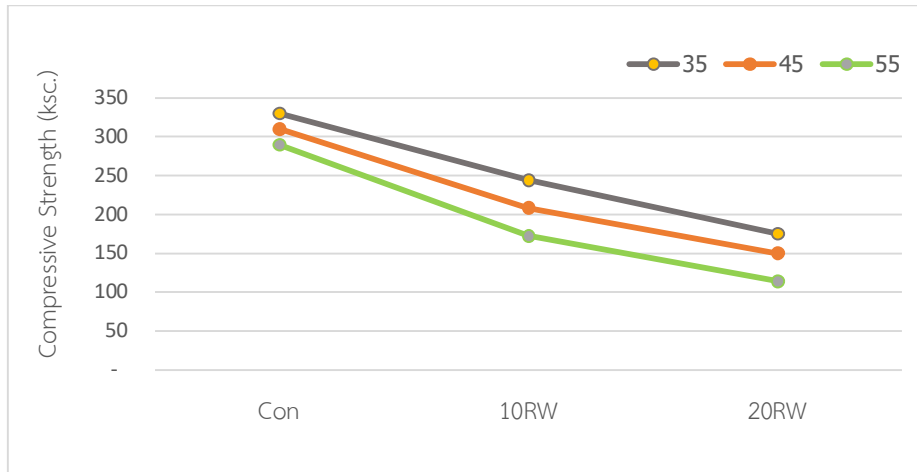
จากการทดสอบหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต พบว่าเมื่อแทนที่ทราย ด้วยผงบดรีไซเคิลมากขึ้น หน่วยน้ำหนักของคอนกรีต Con35, 10RW35 และ 20RW35 มีค่าเท่ากับ 2360, 2210, 2140 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ Con45, 10RW45 และ 20RW45 มีค่าเท่ากับ 2302, 2172, 2098 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ Con55, 10RW55 และ 20RW55 มีค่าเท่ากับ 2270, 2110, 2017 กก./ลบ.ม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าเมื่อมีการใช้ผงบดรีไซเคิลในการแทนที่ทรายเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมีค่าลดลง ทำให้คอนกรีตเบาขึ้นเมื่อใช้ผงบดรีไซเคิลในการแทนที่ทรายเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ จากผลการศึกษาสมบัติเบื้องต้นพบว่าค่าความหนาแน่นของผงบดรีไซเคิลมีค่าน้อยกว่าทรายถึง 4.10 เท่า ผงบดรีไซเคิลมีส่วนช่วยให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงซึ่งเป็นผลจากขนาดของยางที่มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็กและเบากว่าทราย (เฉลิมพล ไชยแก้ว และคณะ, 2546)



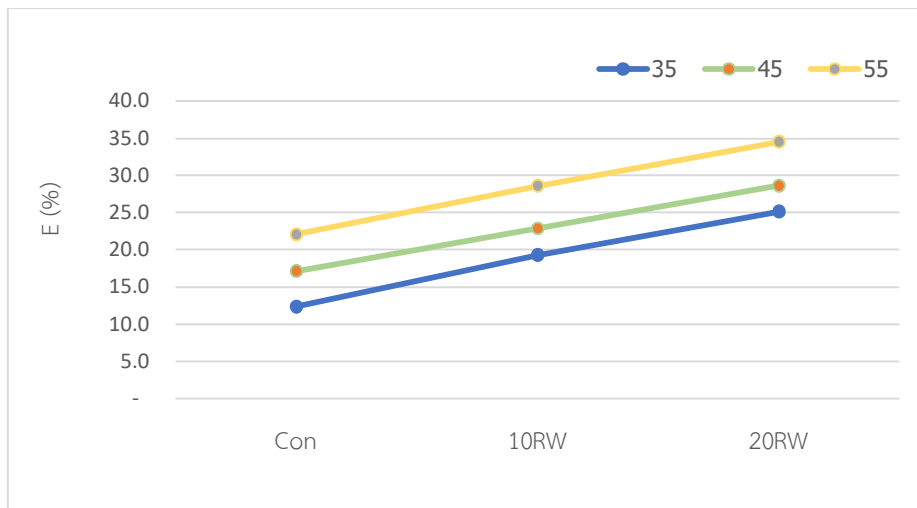
รูปที่ 5 หน้วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิลในสูตรผสมต่างๆในปริมาณน้ำที่ร้อยละ 35, 45 และ 55

3. การทดสอบกำลังรับแรงอัด และโมดูลัสยืดหยุ่น

ในการทดสอบความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตที่ผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิลจะให้ค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุการบ่ม 28 วัน ของตัวอย่าง Con35, 10RW35 และ 20RW35 มีค่าเท่ากับ 330, 244, 175 กก./ตร.ซม. และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 240,291, 190,129 และ 149,572 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ Con45, 10RW45 และ 20RW45 มีค่าเท่ากับ 310, 208, 150 กก./ตร.ซม. และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 220,235, 167,741 และ 131,964 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ Con55, 10RW55 และ 20RW55 มีค่าเท่ากับ 290, 172, 114 กก./ตร.ซม. และมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเท่ากับ 200,226, 141,369 และ 105,555 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่ได้จากการแทนค่ากำลังอัดที่ได้จากการทดสอบในสมการของ ACI 318 ซึ่งมีค่าเท่ากับ $15100\sqrt{f'_c}$ ตัวอย่าง Con35, 10RW35 และ 20RW35 มีค่าต่างจากสมการของ ACI 318 ร้อยละ 12.4, 19.3 และ 25.1 ตามลำดับ ตัวอย่าง Con45, 10RW45 และ 20RW45 มีค่าต่างจากสมการของ ACI 318 ร้อยละ 17.4, 22.9 และ 28.6 ตามลำดับ ตัวอย่าง Con55, 10RW55 และ 20RW55 มีค่าต่างจากสมการของ ACI 318 ร้อยละ 22.7, 28.6 และ 34.5 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7 ทั้งนี้จะสังเกตว่าพบว่าอัตราส่วนผสมที่มีผงยางผสมมากจะมี ความสามารถในการรับแรงอัดน้อยลง และส่วนผสมที่ให้ค่ากำลังอัดโดยเฉลี่ยสูงได้จากการผสมด้วยผงยางเบอร์ 20 และ จากการพิจารณา สัดส่วน W/C พบว่าคอนกรีตที่ผสมผงยางรถยนต์เก่ามีความต้องการน้ำสูงกว่าคอนกรีตธรรมดา เนื่องจาก การผสมผงยางโดยน้ำหนักผงยางตั้งแต่ร้อยละ 10 และ 20 นั้น ทำให้ มวลรวมมีพื้นที่ผิวมากขึ้น คอนกรีตที่มีสัดส่วนผงยางผสมแทนที่ทรายมาก มีผลทำให้กำลังอัดลดลงตามลำดับ (สมยศ วิวัฒน์พัฒนาพงศ์, 2548) และจะเห็นว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตในกลุ่มนี้มีความสอดคล้องกับผลการทดสอบกำลังอัดกล่าวคือค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตแปรผันตรงกับค่ากำลังอัดของคอนกรีต การทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีตผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ แปรผันตรงกับค่ากำลังอัดของคอนกรีต นั้นเอง



รูปที่ 6 ความสามารถในการรับแรงอัดของคอนกรีตผสมยางรถยนต์ในสูตรผสมต่างๆที่อายุการบ่ม 28 วันในปริมาณน้ำที่ร้อยละ 35, 45 และ 55



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบแสดงค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีตผสมยางรถบดรีไซเคิล กับ ACI 318 ในปริมาณน้ำที่ร้อยละ 35, 45 และ 55

สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

คอนกรีตที่ผสมยางรถยนต์บดรีไซเคิลจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติการยุบตัวหรือการไหลตัวได้ของคอนกรีต เนื่องจากผงยางมีอนุภาคเล็ก มีรูปร่างที่แตกต่าง กับวัสดุผสม และมีพื้นที่ผิวสัมผัสสูง เพื่อให้ได้ความชื้นเหลว หรือความสามารถในการเทใกล้เคียงกับ Control mix ปริมาณน้ำที่ใช้จะมากกว่า

การใช้ผงยางรถยนต์ในการแทนที่ทรายเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตมีค่าลดลง ผงยางรถยนต์มีส่วนช่วยให้ความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงซึ่งเป็นผลจากขนาดของยางที่มีลักษณะเป็นอนุภาคขนาดเล็กและเบากว่าทราย กำลังอัดของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของยางรถยนต์บดรีไซเคิลร้อยละ 10 ปริมาณน้ำที่ร้อยละ 35 ของปูนซีเมนต์ จะมีค่าใกล้เคียงกับสูตร Control กำลังอัดของคอนกรีตที่อายุการบ่ม 28 วัน แต่ถ้าเพิ่มปริมาณยางรถยนต์บดรีไซเคิลมากขึ้นเป็นร้อยละ 20 กำลังของคอนกรีตจะลดลง เพราะว่าคอนกรีตที่ผสมผงยางรถยนต์เก่ามีความต้องการน้ำสูงกว่าคอนกรีตธรรมดาเนื่องจาก การ

ผสมผยางโดยน้ำหนักผยงตั้งแตร์้อยละ 10 และ 20 นั้น ทำให้ มวลรวมมีพื้นที่ผิวมากขึ้น คอนกรีตที่มีสัดส่วนผยงผสมมาก มีผลทำให้กำลังอัดลดลงตามลำดับ การทดสอบค่าโมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีตผสมผยงรยยนต์บตรีไซร์เคลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ แปรผันตรงกับค่ากำลังอัดของคอนกรีต การใช้ผยงรยยนต์บตรีไซร์เคลอยู่ที่ไม่เกินร้อยละ 10 ถ้ามกเกินไปส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของคอนกรีตลดลง

ผยงรยยนต์เก่านั้นมักจะไม่ได้รับการกำจัด เนื่องจากติดที่ปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อมเพราะถ้านำไปเผาก็เกิด ควันพิษขึ้นเป็นปริมาณมาก จึงมักถูกทิ้งรวมกัน ซึ่งเมื่อมีปริมาณมากก็ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะตามมา เป็นที่อยู่อาศัยของ แมลงและสัตว์เลื้อยคลานอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งเชื้อเพลิง อย่างดีในการเผาไหม้ ควรนำมาย่อยให้มีขนาดคละกับมวลรวมละเอียดทำให้คอนกรีตเกิดการยึดหยุ่นได้ดี ความสามารถในการรับแรงอัดได้พอประมาณ

อภิปรายผล

จากวิเคราะห์ทางองค์ประกอบของผยงรยยนต์ที่สำคัญได้แก่ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสาร ไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนแบล็ก และอื่นๆ (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2553) ทำให้ ยางมีน้ำหนักเบากว่าทราย การใช้อัตราส่วนน้ำต่อวัสดุประสานสูงขึ้นส่งผลให้ค่ากำลังอัดมีแนวโน้มลดลง และจากการศึกษาการใช้ผยงรยยนต์เก่าในคอนกรีตบล็อกปูผิวทาง แบบอ่อนของ S. Piti และ C. Chalermopol (2005) และ เฉลิมพล ไชยแก้ว และคณะ (2546) พบว่าเมื่อผสมอัตราส่วนที่มีผยงรยยนต์ผสมมากขึ้น ทำให้ก้อนตัวอย่างมีค่ากำลังอัดน้อยลง โดยสามารถใช้ผยงรยยนต์ได้ร้อยละ 10 ถึง 20 โดยน้ำหนัก ในก้อนตัวอย่างคอนกรีตมีค่ากำลังอัดระหว่าง 5-23 MPa ที่อายุบ่ม 28 วัน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ปริมาณน้ำมากเกินไป ทำให้ตัวอย่างที่ผสมเหลวเกินไป เกิดการเยิ้มของน้ำมาก (Excessive Bleeding) ซึ่งมีสาเหตุจากส่วนที่เป็นของแข็ง ค่อยๆทรุดตัวผ่านน้ำทำให้ผิวของตัวอย่างเป็ยกขึ้นและเยิ้มออกมาได้ นอกจากนี้ น้ำส่วนเกินจากการทำปฏิกิริยา จะแทรกตัวในโครงสร้างคอนกรีตส่งผลทำให้เกิดการแยกตัว (Segregation) ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างปูนซีเมนต์ กับวัสดุผสมลดลงส่งผลให้ค่ากำลังอัดลดลงตามด้วย (บุรฉัตร ฉัตรวีระ, ม.ป.ป)

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาในเบื้องต้นของการนำผยงรยยนต์บตรีไซร์เคลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ การศึกษาเบื้องต้นพบว่าคอนกรีตที่ใช้ผยงรยยนต์ทดแทนทรายมีน้ำหนักเบากว่าคอนกรีตธรรมดา แต่ไม่สามารถรับกำลังได้ดีเท่าคอนกรีตธรรมดาดังนั้น สามารถที่จะเอาข้อดีไปพัฒนางานคอนกรีตได้ เช่น คอนกรีตมวลเบา เพราะทั้งนี้ยังไม่ม้งานวิจัยมากนักในเรื่องของการนำผยงรยนต์เก่ามาใช้ในอุตสาหกรรมคอนกรีต ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยอย่างละเอียดในคุณสมบัติต่างๆของคอนกรีตที่ใช้ผยงรยนต์บตรีไซร์เคลในส่วนผสมเช่น การหดตัวของมอร์ตาร์ การแยกตัวของคอนกรีต ความคงทนของคอนกรีต การซึมผ่านน้ำ การรับแรงดึงและอื่นๆ เป็นต้น เพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงลักษณะพฤติกรรมของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผยงรยนต์บตรีไซร์เคลเพิ่มเติมชนิดอื่นๆ ดังนั้นในอนาคตจึงได้ทำการศึกษาวิจัยคุณสมบัติต่างๆเพื่อให้ทราบและเข้าใจถึงพฤติกรรมของคอนกรีตที่มีส่วนผสมของผยงรยนต์บตรีไซร์เคลดังกล่าวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่สนับสนุนงานวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาและเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมโยธา และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ที่สนับสนุนในการนำเสนองานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยยาง. (2563). สถิติยางประเทศไทย. ปีที่ 30, ฉบับที่ 3, 2544
- ธรรพร บุศย์น้ำเพชร, นิพนธ์ ตันไพบุลย์กุล. (2559). *สมบัติของคอนกรีตมวลเบาผสมผงยางรถยนต์ที่มีการแทนที่ปูนซีเมนต์ด้วยเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน*. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2559
- เฉลิมแก้ว ไชยแก้ว, ปิติ สุคนธสุขกุล และ สุพรชัย อุทัยนถม. (2548). *การศึกษาการใช้ ผงกากยางรถยนต์เก่าในคอนกรีตบล็อกปูผิวทางแบบอ่อน*. เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สาขาวิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- ชนิตาพร ดวงแสง และ สุภัทรา เกียรติวงศ์ทอง. (2541). *การศึกษาสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่ใช้ผงยางรถยนต์เป็นส่วนผสม*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- ธนาพร พูนสวัสดิ์. (2544). *“การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของแอสฟัลต์ ธรรมดา กับ แอสฟัลต์ผสมยางล้อรถที่ใช้งานแล้วโดยวิธีการผสมแบบ เปียกและแบบแห้ง”*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุรฉัตร ฉัตรวีระ. (ม.ป.ป.). *คอนกรีตเทคโนโลยี*. ปทุมธานี. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สมยศ วิวัฒน์พัฒนพงศ์. (2548). *“คอนกรีตมวลเบาปานกลางผสมเมล็ดยาง”*. วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บริษัท อูซี DGM. (2562). *การรีไซเคิลยางรถยนต์: ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสร้างกำไร*. ที่มา: <http://th.es-dgm-machine.com>.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2553). *ยางรถยนต์: ส่วนประกอบและอันตรายจาก สารเคมี*. เข้าถึงเมื่อ 1 เมษายน 2559. เข้าถึงได้จาก <http://www.nstda.or.th/sci-kids-menu/1636-tyre>
- Imran M. Khan, Shahid Kabir, Majed A. Alhussain and Feras F. Almansoor (2016). “Asphalt Design using Recycled Plastic and Crumb-rubber Waste for Sustainable Pavement Construction.” *Procedia Engineering* 145: 1557–1564.
- Xiang Shu and Baoshan Huang. (2014). “Recycling of waste tire rubber in asphalt and portland cement concrete: An overview.” *Construction and Building Materials* 67 (September): 217–224.
- Piti Sukontasukkul and Chalermphol Chaikaew. (2005). “Concrete Pedestrian Block Containing Crumb Rubber from Recycled Tires.” *Thammasat t. J. Sc.Tech.*10,2(April-June): 1-8.
- ASTM C143, Revision 90A, 1990 - Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM C192 / C192M-19, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.

โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงาน
แสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย
บ้านแหลมโพธิ์ พิษณุโลก
Air-conditioning greenhouse automatic control electric power from solar
energy together with electric power for the safe agriculture community
enterprise ban laem pho, Phitsanulok.

สมบัติย์ มงคลชัยชนะ^{1*}
Sombat mongkonchaichana^{1*}

^{1*}คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลก

* batsom@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า สำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พิษณุโลกนี้มีจุดประสงค์เพื่อการออกแบบสร้าง หาผลของการใช้งาน และต้นทุนเมื่อเปรียบเทียบกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนประกอบที่สำคัญของโรงเรือน คือ ระบบพัดลมระบาย อากาศ ระบบให้น้ำ ระบบควบคุมอุณหภูมิ และต้นกำเนิดไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่าโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ มี ต้นทุนอยู่ที่ 5,530.81บาทต่อพื้นที่ จุดคุ้มทุนอยู่ที่82.59กก.ต่อพื้นที่ สามารถทำกำไรได้ 66.97บาทต่อพื้นที่และโรงเรือนที่ เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันมีต้นทุนอยู่ที่ 1,159.72บาทต่อพื้นที่จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 45.84กก.ต่อพื้นที่สามารถทำกำไรได้25.3บาทต่อ พื้นที่

คำสำคัญ: โรงเรือนปลูกผัก ระบบปรับอากาศ

Abstract

The main purpose of this research is to design and construct vegetable greenhouse with automatic hybrid air-conditioning control using electricity and solar power for ban laem pho safety agricultural community enterprise, Phitsanulok. It also aims to find results of usage and cost of the proposed greenhouse compare with existing greenhouse currently used by the farmers. Major components of the proposed greenhouse comprise of ventilation fan unit, watering unit, temperature controlling unit, and power generator. Results of the research indicate that the proposed vegetable greenhouse costs around 5,530.81 baht per area, with break-even point at 82.59 Kg. per area and profitability of 66.97 baht per area. On the other hand, the existing greenhouse currently

used by the farmer's coats around 1,159.72 baht per area, with break-even point at 45.84 Kg. per area and profitability of 25.3 baht per area.

Keywords: greenhouse, air-conditioning

บทนำ

ตำบล บ้านกร่าง อ เมือง จ พิษณุโลก มีการปลูกผักประเภทอินทรีย์ ซึ่งอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น เกษตรอินทรีย์ เกษตรอินทรีย์ในโรงเรือน ผักกางมุ้ง เกษตรธรรมชาติ เป็นต้น โดยปลูกเป็นเนื้อที่กว่า 5% ของพื้นที่ประมาณการ 43,000ไร่ ทำรายได้หลายแสนบาทต่อปี แต่เป็นเกษตรปลอดสารพิษไม่ถึง2%เท่านั้น(อ.บ.ต บ้านกร่าง,2564) ตัวอย่างกรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย หมู่9 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลกโดยการนำของนาง อุษณีย์ภรณ์ จุ้ยแหวน ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านแจ้งว่ามีเกษตรกรกว่า 20 หลังคาเรือนทำรายได้นับแสนบาทโดยผลิตจำหน่ายให้กับกลุ่มผู้รักสุขภาพตามหน่วยงานต่างๆตลอดจนห้างสรรพสินค้า เป็นต้น สำหรับปัญหาของการปลูกผักอินทรีย์ในโรงเรือน คือไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม การถ่ายเทอากาศในระบบโรงเรือนไม่สะดวก ทำให้อุณหภูมิภายในสูงตลอดจนศัตรูพืชสามารถเข้าไปทำลายผลผลิตได้ (อุษณีย์ภรณ์,2563) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สภาพภายในโรงเรือนปลูกผักที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน

จากการค้นคว้าข้อมูลต่างๆ อาทิ งานวิจัยเรื่องระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้PLCเป็นตัวควบคุมระบบโดยรับสัญญาณทางตัวตรวจจับต่างๆเพื่อประมวลผล ระบบสามารถทำงานได้ดี ควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 °C ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 %ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10min/day ระบบการทำความเย็น ด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 hrs./day สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำและคนงานได้ (ธนากร และอดิกร,2557) งานวิจัยเรื่องโรงเรือนปลูกพืชควบคุมและมอนิเตอร์อัตโนมัติผ่านระบบเครือข่าย ผลการทดสอบ การปลูกผักกาดหอมเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกกลางแจ้งพบว่า การควบคุมอุณหภูมิวัสดุปลูกได้ต่ำกว่าภายนอกกลางแจ้ง (ค่าเฉลี่ย 33.14°C และ 36.6 °C ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตผักที่ปลูกภายในโรงเรือนได้น้ำหนักสดมากกว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสด 282.6g และ 181.8g ตามลำดับ (พรณวิภาและคณะ ,2558)และงานวิจัยเรื่องโรงเรือนต้นแบบโดยทำการศึกษาประเด็นเปรียบเทียบการทำเกษตรด้วยระบบสมาร์ฟาร์มกับการทำเกษตรแบบดั้งเดิม จากผลการศึกษาพบว่าการทำเกษตรด้วยระบบสมาร์ฟาร์มให้ผลผลิตดีกว่า แต่การทำเกษตรแบบดั้งเดิมระยะเวลาคืนทุนเร็วกว่า การทำเกษตรด้วยระบบสมาร์ฟาร์มการปลูกผักกรีนโอ๊คมีระยะคืนทุน คือ 12.46 เดือน

ผักเรดโอ๊ค คือ 13.04 เดือนส่วนการเกษตรแบบดั้งเดิมมีระยะเวลาคื่นทุนจากการปลูกผักกรีนโอ๊ค คือ 9.82เดือน ผักเรดโอ๊ค คือ 10.15เดือนตามลำดับ(จิตจรณ และชนาม,2562) จากข้อมูลงานวิจัยดังกล่าวนำมาเพื่อเป็นแนวทางเพื่อพัฒนาสร้างระบบโรงเรือนที่ใช้ระบบปรับอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า เป้าหมายงานวิจัยคือ เพื่อออกแบบสร้างเปรียบเทียบผลการใช้งาน และเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชปลูกกับโรงเรือนที่เกษตรใช้อยู่ในปัจจุบัน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ตัวอย่างทดลอง

1. ผักที่ใช้ทดสอบจำนวน 4 ชนิด เช่น กวางตุ้ง คะน้าฮ่องกง ผักกาดขาวปลี และกวางตุ้งฮ่องเต้
2. โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในไม่ 35°Cและบังแสงด้านบนและด้านหลังด้วย สแลนกรองแสงได้ 60% ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆให้เป็นไปตามธรรมชาติโดยไม่มี การควบคุม ควบคุมการให้น้ำ ใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืชและใช้สารชีวภัณฑ์ ดังรูปที่ 2 (ก)



(ก)โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ



(ข)โรงเรือนที่เกษตรใช้อยู่ปัจจุบัน

รูปที่ 2 โรงเรือนที่ใช้ทดลอง

3. โรงเรือนที่เกษตรใช้อยู่ในปัจจุบัน ควบคุมการให้น้ำ ใส่ปุ๋ย วัชพืช และใช้สารชีวภัณฑ์ ปัจจัยแวดล้อมอื่นๆไม่มีการควบคุม ดังรูปที่ 2 (ข)

เครื่องมือในการวิจัย

- 1.การออกแบบสร้างโรงเรือนโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชปลูก สมการในการออกแบบดังนี้ การหาขนาดของเครื่องปรับอากาศในโรงเรือนใช้สมการดังต่อไปนี้

$$T = (HA+h)/3,516.85 \quad (1)$$

เมื่อ H = ความเข้มของแสงแดดส่องลงพื้นที่ (J/m^2) h = การสูญเสียความร้อนสู่

ภายนอก(U) A = พื้นที่ที่สัมผัสกับแสงอาทิตย์(m^2) และ T = ขนาดความของเครื่องปรับอากาศ (Ton) (นักสิทธิ์,2533)

การหาขนาดของปั้มน้ำใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Pm = v^2/2g + fLv^2/2g + kv^2/2gD \quad (2)$$

เมื่อ Pm = ขนาดของปั้มน้ำคิดเป็นหน่วยความสูง (m) v = ความเร็วในการไหลของน้ำของน้ำ (m/s) g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2) f = สัมประสิทธิ์การสูญเสียหลัก (ไม่มีหน่วย) L = ความยาวท่อ (m) k = สัมประสิทธิ์การสูญเสียรอง (ไม่มีหน่วย) และ D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m) (นกดล,2536)

การหาความเร็วลมใช้สมการต่อไปนี้

$$V_l = m_m/a \quad (3)$$

เมื่อ V_l = ความเร็วลม (m/s) m_m = อัตราการไหล (m^3/s) และ a = พื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศ (m^2) (นกดล,2536)

การหาแรงปะทะลมของโรงเรือนใช้สมการดังนี้

$$Fd = CBAaU^2/2 \quad (4)$$

เมื่อ Fd = แรงปะทะ (N) C = สัมประสิทธิ์แรงปะทะ (ไม่มีหน่วย) B = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3) Aa = พื้นที่รับแรงปะทะ (m^2) และ U = ความเร็วลมที่มาปะทะ (m/s) (นกดล,2536)

การหาค่าล้งไฟฟ้าใช้สมการดังนี้

$$EP = EVIX = Pn \quad (5)$$

เมื่อ EP = กำลังไฟฟ้ารวมทั้งระบบ (W) EV = ผลรวมของคุณของกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้ (V) X = เพาเวอร์แฟคเตอร์ (ไม่มีหน่วย) Pn = กำลังไฟฟ้าแต่ละชุดวงจร (W) (EATON,2564)

2.การเปรียบเทียบผลการปลูกผักในโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พิษณุโลกกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน สมการที่ใช้คำนวณดังนี้

การหาค่าเฉลี่ยใช้สมการดังนี้

$$X = Yn/N \quad (6)$$

เมื่อ X = ค่าเฉลี่ย Yn = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด และ N = จำนวนข้อมูลทั้งหมด (นททย,2554)

3.เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับโรงเรือนปลูกผักระบบปรับ อากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พิษณุโลกกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน สมการที่ใช้คำนวณดังนี้

การหาจุดคุ้มทุนใช้สมการดังนี้

$$Q = TFC/(P - AVC) \quad (7)$$

เมื่อ Q = จุดคุ้มทุน(หน่วย) TFC = ต้นทุนคงที่(บาท) P = ราคาขาย (บาท)และ AVC = ต้นทุนแปรผัน(บาท) (Stou-2564)

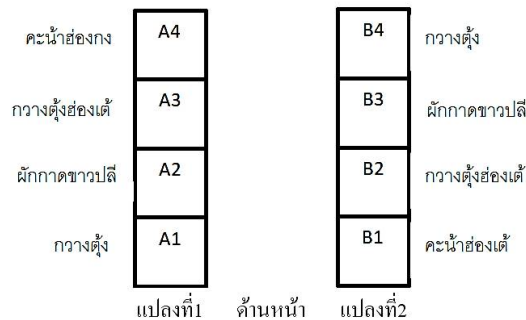
วิธีการวิจัย

1. การสร้างโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชณุโลก มีขั้นตอนการสร้างโดยใช้สมการการคำนวณจากหัวข้อเครื่องมือในการวิจัย(1.)

2. การเปรียบเทียบผลการปลูกผักในโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชณุโลกกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน มีวิธีการทดลองดังนี้

2.1 ตัวอย่างผักที่ใช้การทดลอง 4 ชนิด ประกอบด้วย คะน้าฮ่องกง กวางตุ้ง กวางตุ้งฮ่องเต้ และผักกาดขาวปลีเพาะชำในสภาพเพาะให้เจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่แข็งแรง (ประมาณ15วัน)

2.2 เตรียมพื้นที่ทดลองแต่ละโรงเรือนเป็น 2 แปลง แต่ละแปลงเพาะปลูกแบ่งพื้นที่ไว้เป็นส่วนๆละ1.25 ตารางเมตร (ขนาดพื้นที่แต่ละส่วนกว้าง 1 เมตรยาว 1.25 เมตร) ดังรูปที่ 2 ใส่ปุ๋ยและปรับสภาพดินพร้อมทดลอง



รูปที่ 2 ผังการปลูกผักในแปลงเพาะปลูกทั้ง 2 โรงเรือน

2.3 เก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิต อายุการเก็บเกี่ยว และการถูกทำลายของผลผลิต ทั้ง2โรงเรือนปลูกผัก นำข้อมูลที่ได้แปรผล เพื่อสรุปผลการทดลอง

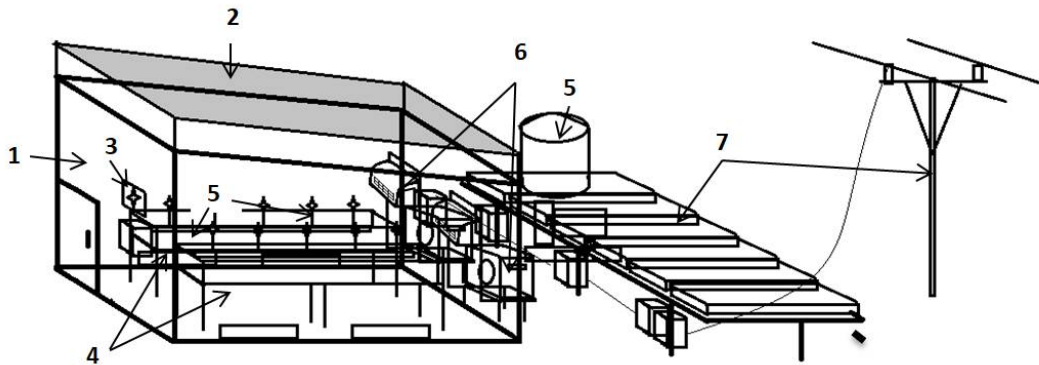
3. เปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับโรงเรือนปลูกผักระบบปรับ อากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชณุโลกกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน มีวิธีการทดลองดังนี้

3.1 จากหัวข้อวิธีการวิจัยตามข้อ1 เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าและเก็บข้อมูลการสัมภาษณ์ประธานวิสาหกิจชุมชน (อุษณีย์ กรณ์, 2563) นำข้อมูลที่ได้แปรผลเพื่อสรุปผลการทดลอง

3.2 จากหัวข้อวิธีการวิจัยตามข้อ2 เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายตั้งแต่การเพาะต้นกล้าจนถึงอายุการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ค่าสารธาตุโปด ปุ๋ยหมัก วัสดุเพาะ สารชีวภาพ เมล็ดพันธุ์ ค่าจ้างแรงงานทั้ง2โรงเรือนปลูกผัก นำข้อมูลที่ได้แปรผลเพื่อสรุปผลการทดลอง

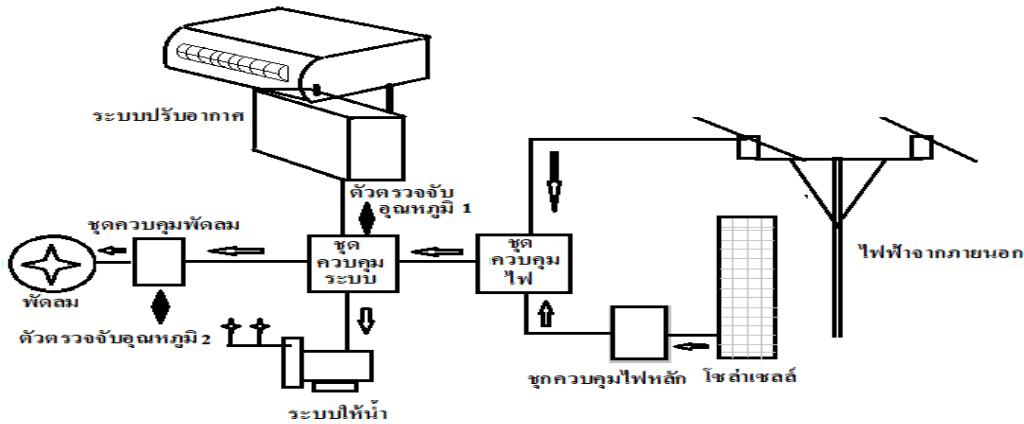
ผลการวิจัย

1. การหาผลการออกแบบการสร้างโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พิษณุโลกดังนี้



รูปที่ 3 แบบโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติ

โรงเรือนนี้มีส่วนประกอบ หลักๆ คือ 1.โรงเรือนมีขนาดพื้นที่ 18 ตร.ม ด้านหน้าสูง 4 เมตร ด้านหลังสูงเมตร 2. สแลนบังแดดกรองแสงได้ 60% 3 พัดลมระบายอากาศสำหรับระบายอากาศภายในสู่ภายนอก ควบคุมอุณหภูมิทำงานช่วง 32-35°C 4. แปลงปลูกผักแบบยกสูง ขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 0.25 เมตร ขอบบนสูงจากพื้น 0.75 เมตร 5.ระบบให้น้ำเป็นระบบสปริงเกอร์ อัตราการให้น้ำ 50 ลิตรต่อนาที 6.ระบบควบคุมอุณหภูมิเป็นระบบปรับอากาศ ขนาด1ตัน2ตัวใช้กำลังไฟฟ้าตัวละ0.9 Kw ควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือนไม่เกิน 35 °C 7.ต้นกำเนิดไฟฟ้า(กำลังผลิต

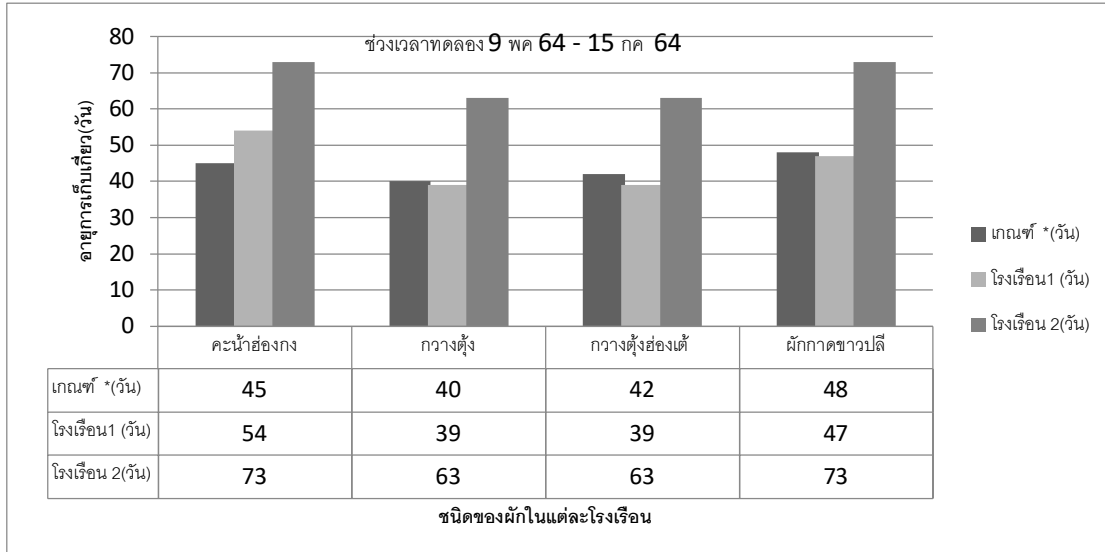


รูปที่ 4 ผังวงจรไฟควบคุมการทำงานระบบการทำงานของโรงเรือนปลูกผัก

ไฟACสูงสุด 3Kw)ใช้แผงโซล่าเซลล์ 10 แผงต่อขนานกัน (ขนาดกำลังผลิตไฟDCสูงสุด3Kw) จากรูปที่4 มีการทำงานดังนี้ ชุดควบคุมไฟรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งไฟฟ้าจากภายนอก(การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)และพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ ผ่านชุดควบคุมไฟหลักแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อควบคุมไฟฟ้าให้เพียงพอส่งไฟฟ้าไปชุดควบคุมระบบให้ระบบให้น้ำทำงาน หากถึงเวลากำหนด รับสัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ1จะส่งให้ระบบปรับอากาศทำงานและส่งไฟฟ้าไปควบคุมชุดควบคุมพัดลม พัดลมจะทำงานเมื่อสัญญาณจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ2

3. เพื่อเปรียบเทียบผลการปลูกผักในโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พิษณุโลกกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน ผลการทดลองดังนี้

แผนภาพที่ 1 แสดงอายุการเก็บเกี่ยวของฝักในแต่ละโรงเรียนกับเกณฑ์



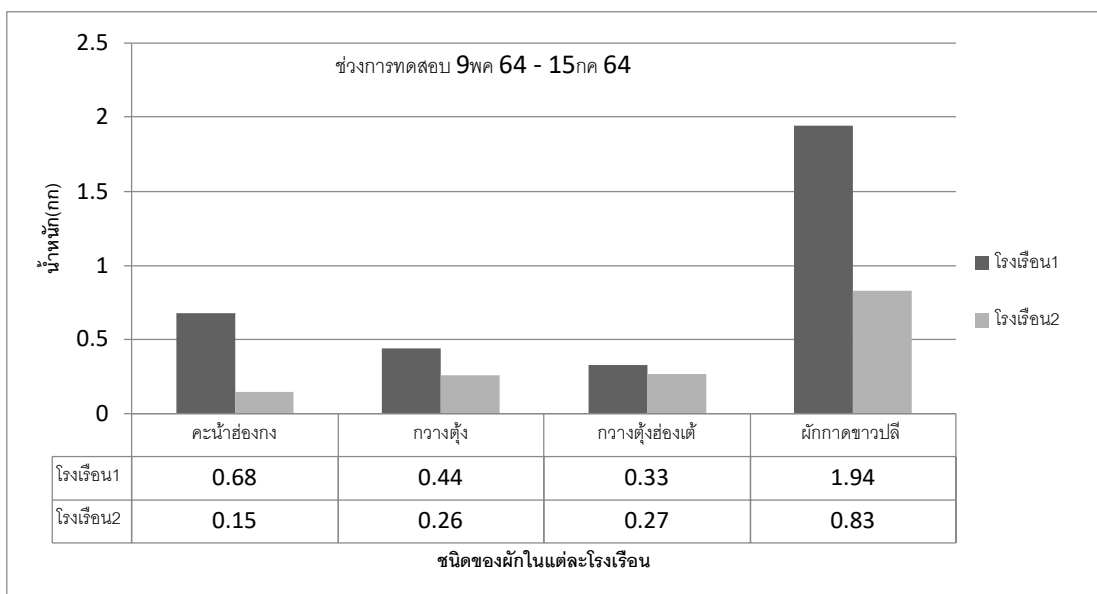
หมายเหตุ : โรงเรียน1 คือ โรงเรียนปลูกฝักระบบปรับอากาศฯ

: โรงเรียน2 คือโรงเรียนที่เกษตรกรใช้ปลูกฝัก

: *(สวนฝักคนเมือง,2564)

จากแผนภาพที่1 พบว่า ฝักที่ปลูกในโรงเรียน1 อายุการเก็บเกี่ยวอยู่ในเกณฑ์ยกเว้นคมน้ำฮองกง ฝักที่ปลูกในโรงเรียน2 อายุการเก็บเกี่ยวสูงกว่าเกณฑ์และสูงกว่าโรงเรียน1

แผนภาพที่ 2 แสดงผลผลิตที่เก็บเกี่ยวของฝักในแต่ละโรงเรียน



หมายเหตุ : โรงเรือน1 คือ โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศ

: โรงเรือน2 คือ โรงเรือนที่เกษตรกรใช้ปลูกผัก

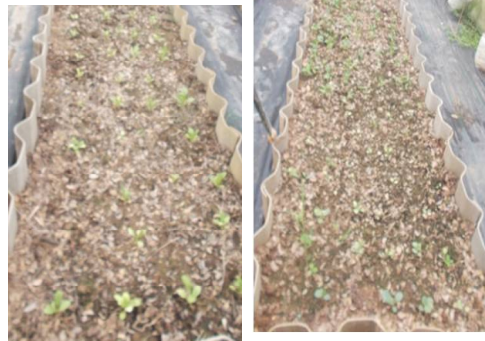
จากแผนภาพที่ 2 พบว่าผักที่ปลูกในโรงเรือน1ได้ผลผลิตในการเก็บเกี่ยวมากกว่าโรงเรือน2 โดยเฉพาะผักกาดขาวปลี คะน้า
ฮ่องกงและกวางตุ้ง โรงเรือน2ได้ผลผลิตต่ำสุด (รูปที่5 ผักที่เติมโตในแต่ละโรงเรือนแต่ละแปลงปลูก(ก)และ(ข))



แปลงที่1

แปลงที่2

(ก) โรงเรือน1



แปลงที่1

แปลงที่2

(ข) โรงเรือน2

รูปที่ 5 ผักที่เติมโตในแต่ละโรงเรือนแต่ละแปลงปลูก



(ก) เพลี้ยอ่อนทำลายในโรงเรือน1



(ข) ดั้วหมัดผักทำลายในโรงเรือน2

รูปที่ 6 ศัตรูมาทำลายผักในโรงเรือน1และโรงเรือน 2

จากรูปที่ 6 (ก)และ(ข) โรงเรือน1ผักกาดขาวปลีถูกเพลี้ยอ่อนและโรงเรือน2ถูกด้วงหมัดผักทำลาย ซึ่งมีความสามารถป้องกัน
ศัตรูทำลายพืชได้ในระดับหนึ่ง สาเหตุคาดว่าน่าจะมากับปุ๋ย วัสดุปลูก ช่องว่างตามพื้นดิน เป็นต้น

3. เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศแบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า สำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชปลูกกับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงเรือนทั้ง 2

รายการ	ต้นทุนคงที่	ต้นทุนผันแปร					รายได้	จุดคุ้มทุน		
		ค่าไฟฟ้า (บาท)	ค่าปุ๋ย ค่าวัสดุ และอื่นๆ (บาท)	ค่าซ่อมแซม ราคา (บาท)	ผลรวม ต้นทุนผันแปร (บาท)	นำหนักราคาผลผลิต (กก.)			รวมราคาขาย (บาท)	รายได้สุทธิ (บาท)
1 โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ	5,530.81	16.41	11.12	6	33.53	0.67	150	100.5	66.97	82.59
2 โรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน	1,159.72	2.05	11.12	6	19.17	0.30	150	45	25.3	45.84

ผลการทดลองเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ กับโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันโดยเปรียบเทียบพื้นที่ต่อพื้นที่เก็บข้อมูลช่วงวันที่ 9พ.ค.64-15ก.ค.64 พบว่าโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ปัจจุบันมีต้นทุนคงที่น้อยกว่าราว 5 เท่า ผลรวมต้นทุนผันแปร รายได้สุทธิและจุดคุ้มทุน ต่ำกว่าประมาณ 2 เท่า

การอภิปรายผล

จากผลการทดลองโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ มีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้งาน ใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับระบบไฟฟ้าจากภายนอกเพื่อให้พลังงานไฟฟ้ามีความต่อเนื่องต่อการใช้งาน สามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้เป็นอย่างดี (16.41 บาทต่อพื้นที่) เป็นผลการทดลองในช่วงวันที่ 9พ.ค.64-15ก.ค.64 ที่มีอากาศร้อนหากเป็นช่วงที่อากาศไม่ร้อนต้นทุนดังกล่าวอาจลดลงส่งผลต่อการมีรายได้เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามระบบโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ นี้ถึงแม้จะมีต้นทุนสูง (ราว 5 เท่าต่อพื้นที่) เนื่องจากการติดตั้งระบบปรับอากาศและโซลาร์เซลล์ซึ่งมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปี เมื่อพิจารณาจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 82.59 กก.ต่อพื้นที่ในราคาขาย 150 บาท หากสมมติให้ได้ผลผลิตเดือนละ 2 กก.ต่อพื้นที่จะได้อายุคุ้มทุนคืนภายใน 3.5 ปี โรงเรือนปลูกผักนี้ช่วยแก้ปัญหาโรงเรือนของเกษตรกรที่ใช้อยู่ในปัจจุบันที่ไม่สามารถเพาะปลูกผักได้ในช่วงที่มีอากาศร้อนเจริญเติบโต ได้ผลผลิตต่ำโดยเฉพาะคะน้าฮ่องกง โรงเรือนปลูกผักทั้ง 2 แบบสามารถการป้องกันการทำลายของศัตรูได้ระดับหนึ่ง ซึ่งศัตรูพืชอาจมาจากดิน ปุ๋ย การเปิดปิดโรงเรือน ลอดช่องทางใต้ดิน เป็นต้น ดังนั้นจึงควรต้องใช้สารชีวภัณฑ์ช่วยป้องกันอีกทางหนึ่ง

บทสรุป

โรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศฯ มีระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น ระบบให้น้ำ ระบบพัดลมระบายอากาศ ระบบควบคุมอุณหภูมิ และใช้โซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงานร่วมกับพลังงานไฟฟ้าจากภายนอก ทำให้อำนวยความสะดวกต่อการใช้งาน สามารถปลูกผักได้ผลผลิตที่สูงกว่าโรงเรือนที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันแต่มีค่าใช้จ่าย ด้านต้นทุนสูงกว่าแต่หากสามารถได้ผลผลิตและราคาที่สูงก็สามารถคืนทุนได้ไม่นาน โรงเรือนทั้ง 2 แบบสามารถการป้องกันศัตรูทำลายพืชได้ในระดับหนึ่งควรใช้สารชีวภัณฑ์ร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องโรงเรือนปลูกผักระบบปรับอากาศ แบบควบคุมอัตโนมัติ พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับ พลังงานไฟฟ้าสำหรับวิสาหกิจชุมชนเกษตรปลอดภัย บ้านแหลมโพธิ์ พืชปลูกสำเร็จด้วยดีต้องขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวรโดยเครือข่ายการวิจัยภาคเหนือตอนล่างรับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแหล่งทุนภายนอก(สป. อว.) โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอด เทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานรากประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรก้าวหน้า อายุการเก็บเกี่ยวผักแต่ละชนิด. ค้นเมื่อ15 กรกฎาคม 2564.<https://www.kasetkawna.com/article.>
- จิตรภณ พันธุ์ศรีและธนา พรหมสาขา ณ สกลนคร.โรงเรือนต้นแบบ (สมาร์ทฟาร์ม)เพื่อการจัดการวิสาหกิจชุมชน.วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.78 หน้า.
- ณัทย ราตรี . สถิติเบื้องต้น. แนวคิดและทฤษฎี .สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่1. 2554.
- ธนากร น้ำหอมจันทร์และอดิกร เสรีพัฒนานนท์.ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบ ทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบ โปรแกรมได้.วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่8 ฉบับที่1 ประจำเดือน มกราคม-มิถุนายน 2557.
- นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. การถ่ายเทความร้อน.กรุงเทพฯฟิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่3. 2533.
- นภตล อินนา. ทฤษฎีและการคำนวณกลศาสตร์ของไหล. ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด. 2536.
- พรรณวิภา อรุณจิตต์ และคณะ .โรงเรือนปลูกพืชควบคุมและมอนิเตอร์อัตโนมัติผ่านระบบเครือข่ายการประชุมวิชาการ สมาคมวิศวกรรมเกษตร แห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่16 และระดับนานาชาติครั้งที่ 8 17 -19 มีนาคม 2558 . หน้า 454-458 .
- อบต.บ้านกร่าง แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. ๒๕๖๑ – ๒๕๖๕)ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2564.
http://bankrang.go.th/public/plan_upload/backend/plan.
- อุษณีย์ภรณ์ จุ้ยแหวน. ผักปลอดภัยในบ้นกร่าง แหลมโพธิ์.บทสัมภาษณ์. แหลมแหลมโพธิ์ บ้านกร่าง พืชปลูกโลก .1 กรกฎาคม2563.
Stou เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ .ค้นเมื่อ19 กรกฎาคม 2564.[https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-01-02.html.](https://www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/04-01-02.html)

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัยโดยใช้ผนังอิฐนาโนบล็อก The Improvement of Energy Efficiency in Domestic House by Using Nano Block Wall

ศรศรายุทธ ไชยลา¹ และ จารุวรรณ เกษมทรัพย์^{1*}
Sornsarayuth Chaila¹ and Charuvan Kasemsap^{1*}

^{1*} บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต กรุงเทพมหานคร

* charuvan.kas@kbu.ac.th,

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของบ้านพักอาศัย โดยใช้ผนังอิฐนาโนบล็อก ด้วยการสร้างห้องทดสอบขนาด 15 ตารางเมตรติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 บีทียู บันทึกค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายใน ทุก 1 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้เงื่อนไข ก) ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ในห้องที่ปิดประตู หน้าต่าง ข) ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ในห้องที่เปิดประตู หน้าต่าง ค) ใช้เครื่องปรับอากาศ ในห้องที่ปิดประตู หน้าต่าง ผลการทดสอบ พบว่า เงื่อนไขที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ในห้องที่ปิดประตู หน้าต่างนั้น อุณหภูมิอากาศภายในห้องที่ใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องที่ใช้ผนังอิฐมวลเบา 2 องศาเซลเซียสและต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 11 องศาเซลเซียส ในขณะที่ เงื่อนไขที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ในห้องที่เปิดประตู หน้าต่างนั้น อุณหภูมิอากาศภายในห้องที่ใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องที่ใช้ผนังอิฐมวลเบา 1 องศาเซลเซียสและต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 7 องศาเซลเซียส ในขณะที่ เงื่อนไขที่ใช้เครื่องปรับอากาศ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ในห้องที่ปิดประตู หน้าต่างนั้น การใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องที่ใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกต่ำกว่าห้องที่ใช้ผนังอิฐมวลเบา 0.04 kWหรือค่าไฟฟ้าของห้องที่ใช้ผนังอิฐนาโนบล็อก น้อยกว่าค่าไฟฟ้าของห้องที่ใช้ผนังอิฐมวลเบา 635.1 บาทต่อปี

คำสำคัญ: ประสิทธิภาพ การใช้พลังงาน บ้านพักอาศัย ผนังอิฐนาโนบล็อก ผนังอิฐมวลเบา

Abstract

This objective of this research is to improve the energy efficiency in domestic house by using nanoblock by the construction of 15 m² testing rooms with 9,000 BTU split type air conditions and measure the external ambient, internal temperature every hour for 48 hours under the condition of a) without air condition in closed window-door room b) without air condition in opened window-door room c) with air condition in closed window-door room. It was found that without air condition in closed window-door room, the internal temperature of nanoblock room was lower than that of lightweight concrete room around 2 degree Celsius and lower than the ambient temperature around 11 degree Celsius. Without air condition in opened window-door room, the internal temperature of nanoblock room was higher than that of lightweight

concrete room around 1 degree Celsius and lower than the ambient temperature around 7 degree Celsius. Moreover, with air condition at 25 degree Celsius in closed window-door room, the electricity energy of nanoblock room was lower than that of lightweight concrete around 0.04 kW. The electricity cost of nanoblock room was lower than that of lightweight concrete around 635.1 Baht per year.

Keywords: Energy Efficiency, Domestic House, Nano Block Wall, Lightweight Concrete

บทนำ

มูลค่ารวมของธุรกิจ “บ้านสร้างเอง” ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 1.3-1.5 แสนล้านบาท มีการขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากความสะดวกในการเข้าถึงกลุ่มธุรกิจรับสร้างบ้านและการรับรู้ในข้อมูลของการก่อสร้างบ้านของผู้บริโภค (สมาคมไทยรับสร้างบ้าน, 2561) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบ้านประหยัดพลังงานซึ่งได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจาก การใช้วัสดุป้องกันความร้อนและการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เป็นแหล่งพลังงานทดแทน ทั้งนี้ หลักในการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน ประกอบด้วย การจัดวางทิศทางที่เหมาะสม การใช้ร่มเงาแก่เปลือกอาคาร (หลังคา ชายคา อุปกรณ์กันแดด) การป้องกันการรั่วซึมของผนัง ช่องเปิดต่าง ๆ (วงกบประตูหน้าต่าง) และลดการถ่ายเทความร้อนด้วยวัสดุกันความร้อน แสดงดังตารางที่ 1 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) ตลอดจนการพัฒนาให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีนวัตกรรมใหม่ เช่น วัสดุก่อสร้างแบบสำเร็จรูป (Prefabrication building material) เป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพื่อช่วยลดระยะเวลาการก่อสร้าง ลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และลดการใช้พลังงานรวมในอาคาร

ตารางที่ 1 แนวทางการประหยัดพลังงานของบ้านพักอาศัย

ส่วนประกอบ	แนวทาง
หลังคา	หลังคาทรงปั้นหยาจั่ว ฝ้าเพดานกรุฉนวนใยแก้วหุ้มอลูมิเนียมพอลิเอทิลีนและมีชายคา
ผนัง	ผนังก่อ คอนกรีตมวลเบา
พื้น	ใช้วัสดุปูพื้นที่ลดการสะท้อนความร้อน
ฝ้าเพดาน	ใช้วัสดุฉนวนหรือวัสดุทาสีอ่อน
ประตู	ใช้กระจกสีเขียวตัดแสง
หน้าต่าง	

ผนังอาคารมีส่วนของพื้นที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เปลือกอาคารทั้งหมด โดยวัสดุที่ใช้ทำผนังมีหลากหลาย เช่น ไม้ หิน ดินเผา อิฐแดง อิฐคอนกรีต คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก และอิฐมวลเบา โดยห้องที่ติดตั้งผนังมวลเบาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในห้องต่ำกว่าห้องที่ติดตั้งผนังอิฐมวลประมาณ 1-4 องศาเซลเซียส (กานต์ และคณะ, 2550) อย่างไรก็ตาม วัสดุก่อสร้างที่มีส่วนผสมจากคอนกรีต มีช่องว่างอากาศภายใน จำนวน 2 ช่อง แต่ละช่องมีขนาด 11.00x13.00 เซนติเมตร สามารถรับน้ำหนักมากกว่า 15 ตันต่อก้อน โดยคอนกรีตมวลเบาที่มีรูสามารถรับน้ำหนักได้ตามมาตรฐานการก่อสร้าง มอก. 2601-2556 (จรัส และ พิธาน, 2559) สามารถใช้เป็นผนังรับแรงโดยไม่ต้องมีเสาและคาน ประกอบกับสามารถก่อผนังง่ายโดยการจุ่มปูนขาว (พิพัฒน์พงศ์ และ ชูพงษ์, 2560) ส่งผลให้มีต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างต่ำกว่าอิฐประสาน อิฐมวลเบา อิฐมวลอู (ฐิติพร และคณะ, 2556) เนื่องจากราคาค่าแรงในการก่อผนังคอนกรีตบล็อก 210 บาทต่อตารางเมตร (สุภากานต์, 2557) และ บล็อกคอนกรีตมวลเบาแบบมีรู 4 รู มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับแบบปกติ (จรัส และ พิธาน,

2559) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของไม้ประกอบพลาสติกกับผนังอิฐบล็อกมีค่าเท่ากับ 1.088 วัตต์ต่อตารางเมตร เคลวิน ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของไม้ประกอบพลาสติกกับผนังวัสดุก่ออิฐคอนกรีตมวลเบา เท่ากับ 0.837 วัตต์ต่อตารางเมตร เคลวิน และ (อมลวรรณ และคณะ, 2559) และการใช้พลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยอันดับแรก คือ การใช้เครื่องปรับอากาศ (โอภาส, 2556) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในการเพิ่มประสิทธิภาพของบ้านพักอาศัยโดยใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกเทียบกับอิฐมวลเบา ของห้องทดสอบขนาด 15 ตารางเมตร และเครื่องปรับอากาศขนาด 9,000 บีทียู

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุและอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

1. อิฐนาโนบล็อก มีพองอากาศเล็ก เป็นรูพรุนไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่อิฐมวลเบาที่มีผิวเรียบตลอดก่อน แสดงดังรูปที่ 1 เพื่อนำมาทำเป็นผนังของห้องทดสอบจำนวน 2 ห้อง ในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยเลือกใช้รูปทรงหลังคาแบบเพิงหมาแหงน (Lean to Roof) มีองศาหลังคา 30 องศา เพื่อช่วยในการระบายน้ำฝน และมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างหลังคา ค่าแรงงาน น้อย และแต่ละห้องมีขนาด 15 ตารางเมตร โดยมีความกว้าง 3 เมตร ความยาว 5 เมตร และความสูง 3 เมตร ประกอบด้วยประตูขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร และหน้าต่างขนาดกว้าง 1.2 เมตร สูง 1.2 เมตร จำนวนอย่างละ 1 จุด มีฝ้าภายในห้อง และไม่ฉาบผนังภายในและภายนอก แสดงดังรูปที่ 2



(ก) อิฐนาโนบล็อก



(ข) อิฐมวลเบา

รูปที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของอิฐนาโนบล็อกและอิฐคอนกรีตมวลเบา



(ก) ห้องทดสอบจากผนังอิฐนาโนบล็อก



(ข) ห้องทดสอบจากผนังอิฐมวลเบา

รูปที่ 2 ห้องทดสอบที่ก่อผนังอิฐนาโนบล็อกและผนังอิฐมวลเบา

2. เครื่องปรับอากาศ ขนาด 9,000 บีทียู ที่มีตราสินค้า CENTRAL AIR รุ่น CFW-IFE09 ห้องละ 1 ชุด ติดตั้งภายในห้องทดสอบ แสดงดังรูปที่ 3



(ก) เครื่องปรับอากาศ ภายในของห้องอิฐนาโนบล็อก

(ข) เครื่องปรับอากาศ ภายในของห้องอิฐมวลเบา

รูปที่ 3 การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ภายในของห้องทดสอบ

3. มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า ที่มีตราสินค้า I METER รุ่น TS12 จำนวนห้องละ 1 ชุด แสดงดังรูปที่ 4



(ก) มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้า ของห้องอิฐนาโนบล็อก

(ข) มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าของห้องอิฐมวลเบา

รูปที่ 4 การติดตั้งมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าของห้องทดสอบ

4. เครื่องวัดอุณหภูมิ ภายในห้องทดสอบ ห้องละ 2 ชุด สำหรับการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในห้องและอุณหภูมิอากาศภายนอก

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในห้องและอุณหภูมิอากาศภายนอก การใช้พลังงานไฟฟ้า (KWh) ต่อวันของเครื่องปรับอากาศ ตั้งแต่เวลา 6.00 น. เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ในวันที่ 5-6 เมษายน 2563 ตามเงื่อนไขในการทดสอบ

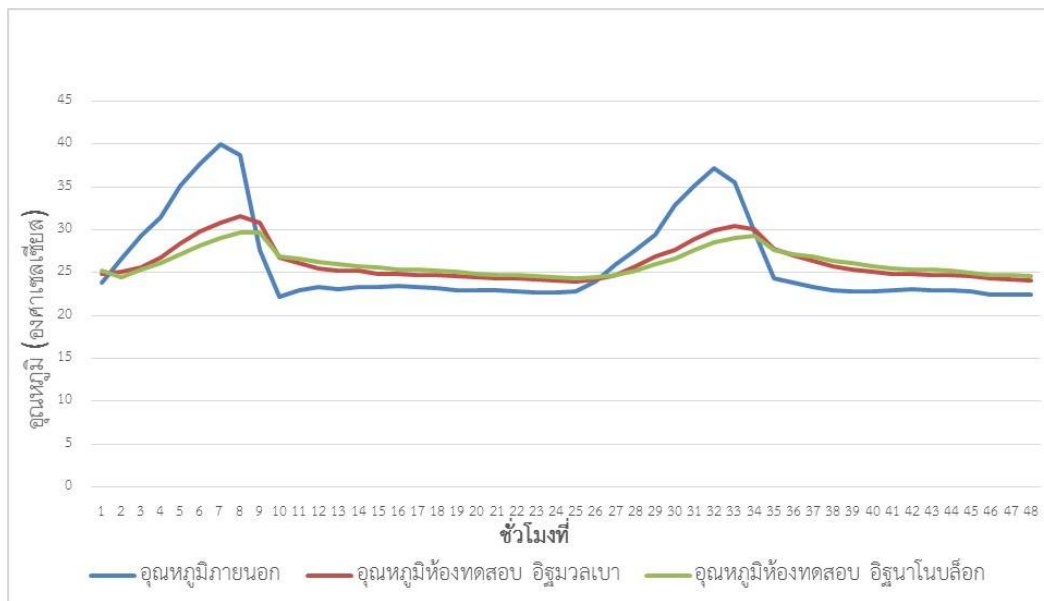
เงื่อนไขที่ 1 ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างปิด

เงื่อนไขที่ 2 ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างเปิด

เงื่อนไขที่ 3 ใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างปิด

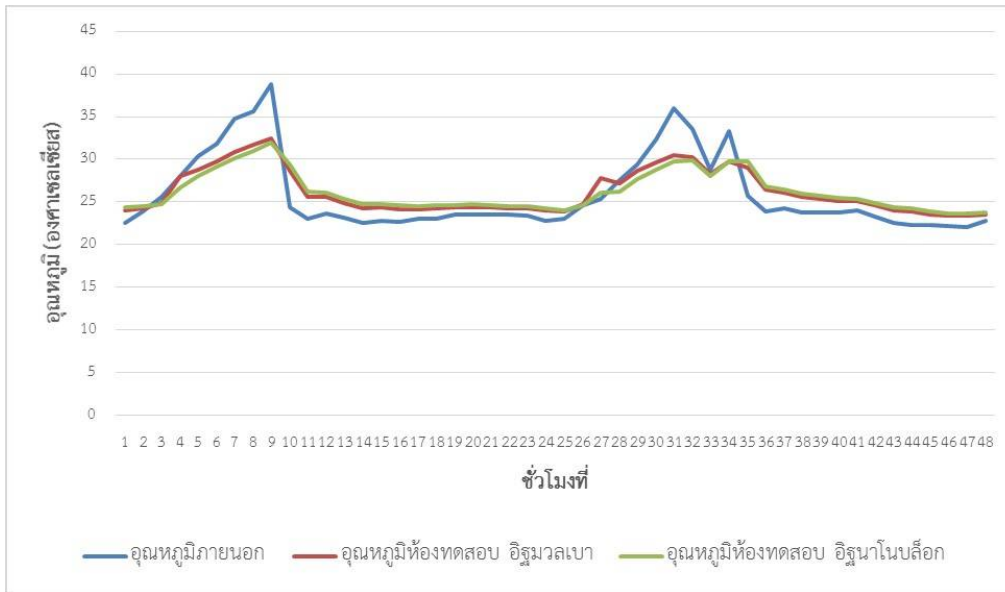
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

เงื่อนไขที่ 1 ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างปิด พบว่าขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 40 องศาเซลเซียส นั้น อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบที่มีผนังอิฐนาโนบล็อก มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบที่มีผนังอิฐมวลเบา 2 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 11 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 5 เนื่องจากเมื่อผนังได้รับความร้อนจากอากาศภายนอก จะทำให้ความร้อนเริ่มสะสมภายในเนื้อวัสดุอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้วัสดุนาโนบล็อกซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าอิฐมวลเบา จึงสามารถรับปริมาณความร้อนได้มากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัย พิพัฒน์พงศ์ และ ชูพงษ์ (2560)



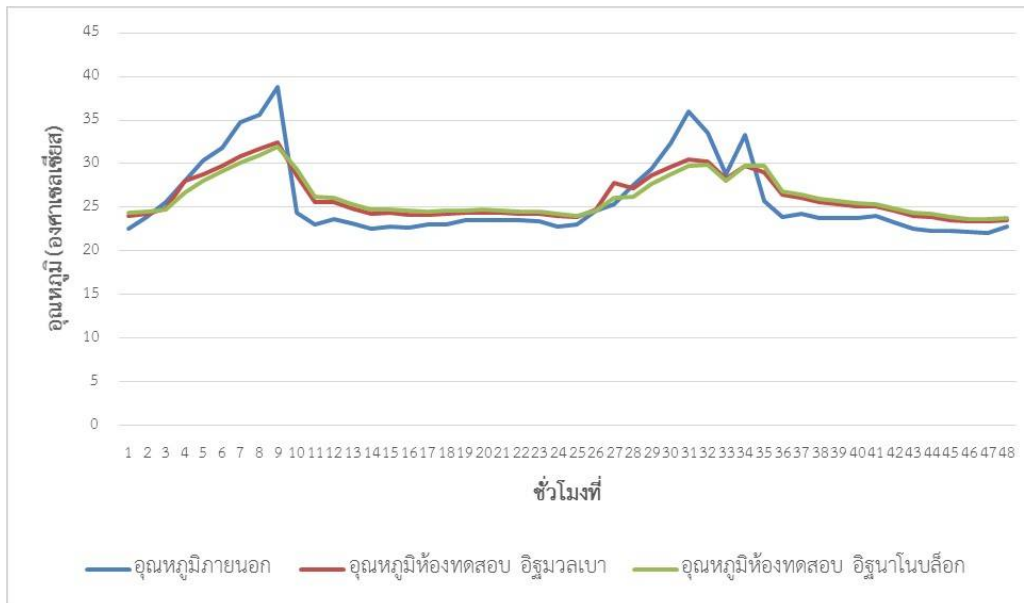
รูปที่ 5 อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกของห้องทดสอบ กรณีไม่ใช้เครื่องปรับอากาศและประตูหน้าต่างปิด

เงื่อนไขที่ 2 ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างเปิด พบว่าขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 39 องศาเซลเซียส นั้น อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบที่มีผนังอิฐนาโนบล็อก มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบที่มีผนังอิฐมวลเบา โดยมีค่าประมาณ 32 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 8 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 6 และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อมลวรรณ และคณะ (2559) ที่พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของไม้ประกอบพลาสติกกับผนังอิฐบล็อกมีค่าเท่ากับ 1.088 วัตต์ต่อตารางเมตร เคลวิน ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของไม้ประกอบพลาสติกกับผนังวัสดุก่ออิฐคอนกรีตมวลเบา เท่ากับ 0.837 วัตต์ต่อตารางเมตร เคลวิน



รูปที่ 6 อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกของห้องทดสอบ กรณีไม่ใช้ระบบปรับอากาศและ ประตูหน้าต่างเปิด

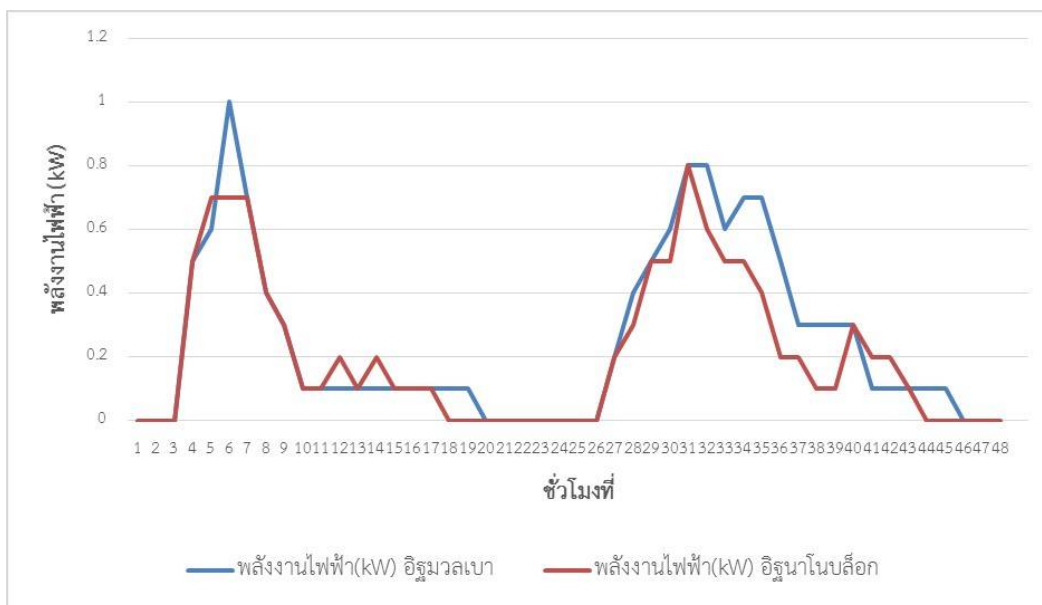
เงื่อนไขที่ 3 ใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างปิด พบว่าขณะที่อุณหภูมิอากาศภายนอก 45 องศาเซลเซียสนั้น อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบที่มีผนังอิฐนาโนบล็อก มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในห้องทดสอบที่มีผนังอิฐมวลเบา โดยมีค่า 25 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 15 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกของห้องทดสอบ กรณีใช้ระบบปรับอากาศ และประตูหน้าต่างปิด

ค่าวัสดุในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกมีค่า 20,883 บาทต่อห้อง แสดงดังตารางที่ 2 โดยมีค่าสูงกว่าค่าวัสดุในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐมวลเบา เท่ากับ 11,743 บาท หรือคิด 1.28 เท่า เมื่อเทียบกับค่าวัสดุในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐมวลเบา เนื่องจากผนังอิฐนาโนบล็อกเป็นผนังรับแรงเป็นโครงสร้างหลักโดยไม่จำเป็นต้องประกอบด้วยเสาและคาน และทำหน้าที่เป็นตัวกันห้องพร้อมกัน ทำให้ลดต้นทุนในส่วนของการก่อสร้าง ค่าแรงงานในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐนาโนบล็อก มีค่า 3,600 บาท แสดงดังตารางที่ 3 โดยมีค่าน้อยกว่าค่าแรงงานในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐมวลเบา เท่ากับ 4,100 บาท เนื่องจากอิฐบล็อกนาโน มีลักษณะตัวบล็อกเป็นเตี้ยด้านบนและล่าง ทำให้ง่ายในการก่อผนังและลดเวลาและเหล็กเสริมโครงสร้างได้มากกว่าอิฐมวลเบา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์ และคณะ (2550)

ห้องทดสอบผนังอิฐนาโนบล็อกใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ 10.8 กิโลวัตต์ชั่วโมง ในขณะที่ห้องทดสอบผนังอิฐมวลเบาใช้พลังงานไฟฟ้า 12 กิโลวัตต์ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 8 โดยค่าไฟฟ้าจากการใช้เครื่องปรับอากาศจากห้องทดสอบที่ก่อสร้างโดยผนังอิฐนาโนบล็อกมีค่า 3,317.85 บาทต่อปี แสดงดังตารางที่ 4 โดยมีค่าน้อยกว่าค่าไฟฟ้าของห้องทดสอบที่ก่อสร้างโดยอิฐมวลเบา เท่ากับ 635.1 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 16.06 เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าของห้องทดสอบที่ก่อสร้างโดยผนังอิฐมวลเบา ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าลงทุน ในด้านวัสดุทั้งหมด ค่าแรงงานทั้งหมด ในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐนาโนบล็อก พบว่ามีค่าเท่ากับ 24,483 บาท ในขณะที่ ค่าลงทุน ในด้านวัสดุทั้งหมด ค่าแรงงานทั้งหมด ในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐมวลเบา มีค่าเท่ากับ 21,565 บาท หรือค่าลงทุน ในด้านวัสดุทั้งหมด ค่าแรงงานทั้งหมด ในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐนาโนบล็อก มีค่ามากกว่าค่าลงทุน ในด้านวัสดุทั้งหมด ค่าแรงงานทั้งหมด ในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐมวลเบา เท่ากับ 2,918 บาท ในขณะที่ค่าไฟฟ้าของห้องที่ก่อสร้างโดยอิฐนาโนบล็อก เท่ากับ 3,317.85 บาทต่อปีในขณะที่ ค่าไฟฟ้าของห้องที่ก่อสร้างโดยอิฐมวลเบา เท่ากับ 3,952.95 บาทต่อปี หรือค่าไฟฟ้าของห้องที่ก่อสร้างโดยอิฐนาโนบล็อก น้อยกว่าค่าไฟฟ้าของ



ห้องที่ก่อสร้างโดยอิฐมวลเบา เท่ากับ 635.1 บาทต่อปี ดังนั้นจุดคุ้มทุนจากการก่อสร้างผนังจากอิฐนาโนบล็อกเทียบกับอิฐมวลเบา เท่ากับ 4.59 ปี

รูปที่ 8 การใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศของห้องทดสอบผนังอิฐนาโนบล็อกและผนังอิฐมวลเบา

ตารางที่ 2 ค่าวัสดุในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกและผนังอิฐมวลเบา

รายการ	ผนังอิฐนาโนบล็อก	ผนังอิฐมวลเบา
ราคาต่อก้อน (บาท)	40	20
ความกว้าง ต่อก้อน (เมตร)	0.18	0.20
ความยาวต่อก้อน (เมตร)	0.40	0.60
ความหนาต่อก้อน (เมตร)	0.20	0.07
พื้นที่ต่อก้อน (ตารางเมตร)	0.07	0.08
จำนวนต่อตารางเมตร (ก้อน)	14.28	12.5
ราคาต่อตารางเมตร (บาท)	571.2	250
ค่าวัสดุต่อห้อง * (บาท)	20,883	9,140
ค่าเหล็กในเสา รับแรงจากผนัง (บาท)	-	2,472.19
ค่าเหล็กใน อเส โครงสร้างหลังคา (บาท)	-	1,603.73
ค่าทับหลัง (บาท)	-	251.58
ค่าคอนกรีตไม่แบบ (บาท)	-	397.50
มูลค่าต่อห้อง (บาท)	20,883	13,865

หมายเหตุ: * พื้นที่ก่อผนัง 36.56 ตารางเมตร

ตารางที่ 3 ค่าแรงในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกและผนังอิฐมวลเบา

รายการ	ผนังอิฐนาโนบล็อก	ผนังอิฐมวลเบา
แรงงานทั่วไป (คน)	3	2
จำนวนวันทำงานทั่วไป (วัน)	4	7
ค่าแรงงานทั่วไป * (บาท)	3,600	4,200
แรงงานเฉพาะ (คน)	-	1
จำนวนวันทำงานเฉพาะ (วัน)	-	7
ค่าแรงงานเฉพาะ** (บาท)	-	3,500
ค่าแรงทั้งหมด (บาท)	3,600	7,700

หมายเหตุ: * ค่าแรงงานทั่วไป 300 บาทต่อคนต่อวัน ** ค่าแรงงานเฉพาะ 500 บาทต่อคนต่อวัน

ตารางที่ 4 ค่าไฟฟ้าห้องทดสอบใช้ผนังอิฐนาโนบล็อกและผนังอิฐมวลเบา

รายการ	ผนังอิฐนาโนบล็อก	ผนังอิฐมวลเบา
พลังงานไฟฟ้า ใน 48 ชั่วโมง (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	10.08	12.00
พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ต่อ 1 ชั่วโมง (กิโลวัตต์ ชั่วโมง)	0.21	0.25
พลังงานไฟฟ้า ต่อวัน (กิโลวัตต์ชั่วโมง) *	2.52	3.00
ค่าไฟฟ้า (บาทต่อวัน) **	9.09	10.83

ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี) **	3,317.85	3,952.95
------------------------	----------	----------

หมายเหตุ: * ค่าไฟฟ้า 3.61 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ในกรณีที่พักอาศัยไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

** การใช้งานเครื่องปรับอากาศ 12 ชั่วโมงต่อวัน

บทสรุป

ห้องทดสอบอิฐนาโน มีค่าก่อสร้างรวมวัสดุ 24,483 บาทต่อห้อง โดยมีค่าสูงกว่าค่าก่อสร้างรวมวัสดุ ในการก่อสร้างจากการใช้ผนังอิฐมวลเบา 15,843 บาทต่อห้อง อย่างไรก็ตาม ค่าไฟฟ้าของห้องที่ก่อสร้างโดยอิฐนาโนบล็อก 3,317.85 บาทต่อปี ซึ่งน้อยกว่าค่าไฟฟ้าของห้องที่ก่อสร้างโดยอิฐมวลเบา 3,952.95 บาทต่อปี

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ สุขสงญาติ, อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์, อำนาจ จันทกะพ้อ, ปรีดา จันทวงษ์, วิชาญ วิมานจันทร์ และพิชัย นามประการ. (2550). การศึกษาเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ระหว่างบ้านที่ใช้ผนังอิฐมวลเบากับอิฐมวลเบาด้านการถ่ายเทความร้อนและคุณสมบัติทางความร้อน. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 17(2): 34-42.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. บ้านอยู่สบายประหยัดพลังงาน. ค้นเมื่อ 29 กันยายน 2561. https://www.dede.go.th/download/article/article_20140530154724.pdf.
- จรัสรัตน์ โชตินันท์, พิธาน ไพโรจน์. (2559). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานของคอนกรีตมวลเบาแบบมีรูกลวงกับคอนกรีตมวลเบาแบบปกติ. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 10(3): 212-224.
- ฐิติพร กิจกอบชัย, ปริญญา บุญกนิษฐ, สหรัตน์ วงษ์ศรีษะ. (2556). การพัฒนาบล็อกคอนกรีตอัดแรงรับน้ำหนักเชิงนิเวศน์เศรษฐกิจ. ใน การประชุมวิชาการ วิศวกรรม นวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 2 เรื่องการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน 23-25 กันยายน 2556. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. กรุงเทพฯ. 279-286.
- พิพัฒน์พงษ์ ภูมิทอง และชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2560). การเพิ่มคุณสมบัติด้านป้องกันความร้อนของบล็อกคอนกรีตด้วยวัสดุทางเลือก. ใน การประชุมวิชาการ เทคโนโลยีอาคารด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 4 เรื่อง พลังงานและสิ่งแวดล้อมกับเมือง 13 กรกฎาคม 2560. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 145-157.
- สุภากานต์ แสงบำรุง. (2557). บล็อกประสาน, คอนกรีตบล็อก, อิฐมวลเบา กรณีศึกษาเปรียบเทียบวัสดุก่อผนัง สำหรับบ้านพักอาศัยในอำเภอจตุรัส จังหวัดชัยภูมิ. วิทยานิพนธ์นี้ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อมลวรรณ แสนนวล, ศุภธา ศรีเผด็จ และชนินทร์ ทิพย์โยภาส. (2559). การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารกรณีศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติก. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15(2): 161-173.
- โอบาส สุขหวาน. (2556). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคที่อยู่อาศัย. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา. 7(1): 93-106.
- สมาคมไทยรับสร้างบ้าน. (2561). สรุปภาพรวม ตลาดรับ สร้างบ้าน ปี 2560 และแนวโน้มปี 2561. ค้นเมื่อ 29 กันยายน 2561. <https://decor.mthai.com/news/38587.html>.

การพัฒนาเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน Develop 3D survival games using Unreal Engine

รัชพล สีสมพาน^{1*} จิรวัดน์ สุขสมบูรณ์¹ และอิทธิชัย อินลูปะ¹
Ratchapon Seesompan^{1*}, Jirawat suksomboon¹ and Ittichai Inlupet¹

^{1*}คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย
^{*}asmmmmm89@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน 2) ประเมินความพึงพอใจต่อเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน งานวิจัยนี้มีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ เกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน และแบบประเมินความพึงพอใจต่อเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) ได้รับเกมเอาชีวิตรอด 3 มิติที่พัฒนาด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน ประกอบด้วยด่านของเกมจำนวน 2 ด่าน 2) นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย มีความพึงพอใจต่อเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.39 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.55

คำสำคัญ: พัฒนาเกม เกม 3 มิติ อันเรียลเอนจิน

Abstract

The objectives of this research were 1) to develop 3D survival games using Unreal Engine and 2) to assess satisfaction with 3D survival games using Unreal Engine. This research consisted of a sample group of students from the Faculty of Science and Technology Loei Rajabhat University Loei Province with a sample of 20 people. Research tools are 3D survival games using Unreal Engine and Satisfaction Assessment Questionnaire for 3D survival games using Unreal Engine. Statistics used in research is the mean and standard deviation. The results of the study showed that 1) Get a 3D survival game developed with Unreal Engine software. It consists of 2 levels of the game. 2) Students of the Faculty of Science and Technology Loei Rajabhat University Satisfying 3D survival games using Unreal Engine software Overall, it's at a high level, with a mean of 4.39 and a standard deviation of 0.55

Keywords: Game development, 3D games, Unreal Engine

บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาซอฟต์แวร์เกมในประเทศไทยกำลังได้รับความสนใจ สามารถสร้างมูลค่าในเชิงพาณิชย์ ซอฟต์แวร์เกมมีรูปแบบและจำนวนเพิ่มมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นซอฟต์แวร์เกมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC Game) หรือซอฟต์แวร์เกมบนโทรศัพท์มือถือ (Mobile Game) เช่น เกม ROV เกม Point Blank ซึ่งในการพัฒนาซอฟต์แวร์เกมนั้นผู้พัฒนาเกมจำเป็นต้องมีผู้ที่มีความรู้ ความเข้าใจในงานหลากหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นความรู้ด้านกราฟฟิกในการพัฒนาเกม การออกแบบเกม ซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาเกม (Game Engine) โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเกมนั้นมีจำนวนมาก เช่น ซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน (Unreal Engine) ซอฟต์แวร์ยูนิตี (Unity) ซอฟต์แวร์ไครเอนจิน (CryEngine) เป็นต้น ซึ่งความเข้าใจในการใช้งานซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเกม จะช่วยให้ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์เกมสามารถพัฒนาเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เกมเป็นผลผลิตจากความก้าวหน้าของการผสมผสานเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ การออกแบบ การศึกษาความต้องการของมนุษย์ การนำเข้าสู่โปรแกรมเพื่อให้สิ่งที้ออกแบบสามารถทำงานได้ ซึ่งต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในศาสตร์ต่าง ๆ ประกอบกัน เพื่อพัฒนาเกมที่ตอบสนองความบันเทิงและส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน เนื่องจากเกมสามารถสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เล่น โดยใช้ความสวยงาม ความท้าทาย การแข่งขัน การสร้างจินตนาการ การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่นกับตัวเกม มีการสื่อสารระหว่างผู้เล่นด้วยกัน ทำให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ของกลุ่มผู้เล่นด้วยกัน (พงษ์พิพัฒน์ สายทอง และคณะ, 2564)

เกมเอนจิน (Game engine) หรือซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาเกม เกมเอนจินมีประสิทธิภาพมากขึ้นและเป็นซอฟต์แวร์ที่นิยมใช้ในการพัฒนาเกมในปัจจุบัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรนเดอร์กราฟิกแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ (Harrison, 2005) ซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินเป็นเกมเอนจินที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Epic Games มีการใช้งานอย่างกว้างขวางสำหรับนักพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อความบันเทิง ซึ่งซอฟต์แวร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความเร็วของกระบวนการพัฒนาเกม ซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาเกม นอกจากนี้ยังสามารถการสร้างสภาพแวดล้อมจำลองการทดลองต่าง ๆ ได้ (McGrath, 2004) ดังเช่นงานวิจัยของ Lewis et al. (2011) ที่นำซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินมาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์จำลองความบกพร่องทางสายตา (Simulating visual impairments using the Unreal Engine 3 game engine) รวมถึงการพัฒนาสื่อแบบอินเทอร์แอคทีฟในรูปแบบ VR และ AR (Nop et al., 2019)

ด้วยความสามารถของซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาเกมในปัจจุบัน ทำให้การพัฒนาเกมมีความน่าสนใจและมีมุมมองภาพที่สวยงามมากขึ้นในรูปแบบของเกม 3 มิติ ซึ่งเกม 3 มิติเป็นสื่อมัลติมีเดียที่ผู้เล่นสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวละครได้อย่างเป็นอิสระเสมือนเป็นผู้เล่นเอง ซึ่งเกม 3 มิติจะมีความสมจริง ในเรื่องของรูปที่นำเสนอต่อสายตาผู้เล่น จึงทำให้เป็นที่นิยมสำหรับผู้ที่เล่นเกม โดยเกม 3 มิติแต่ละเกมอาจมีวิธีการเล่นที่แตกต่างกัน ข้อจำกัดถึงการเล่นเกมขณะ สามารถแก้ปริศนาหรือผ่านเกณฑ์ที่เกมได้ออกแบบไว้ ทำให้เกิดความท้าทายของผู้เล่นในการเล่น (ทะนงศักดิ์ ตัน และคณะ, 2562)

การออกแบบพัฒนาเกมโดยส่วนมากจะทำงานเป็นคณะทำงาน นักออกแบบเกมซึ่งอาจเป็นนักโปรแกรมเมอร์ด้วย จะเริ่มต้นที่การระดมความคิดเห็นเพื่อกำหนดแนวคิด แนวทางของเกมว่าจะมีรูปแบบการเล่น กฎกติกา วิธีควบคุม รวมถึงแนวคิดทางด้านศิลปะ เพื่อสร้างเอกสารการออกแบบเกม (Hurley, 2017) โดยการพัฒนาเกมด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินตามแนวคิดของ Torres-Ferreyros et al. (2016) มี 4 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 จะต้องทำการเตรียมข้อมูลรายละเอียดก่อนพัฒนา เช่น เอกสารข้อมูลเกี่ยวกับเกมที่สำคัญ ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาเกม คุณลักษณะต่าง ๆ ของเกม ขั้นตอนที่ 2 ทำการพัฒนาสร้างเกมด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน ซึ่งผู้พัฒนาต้องพัฒนาคุณลักษณะต่าง ๆ ของเกม เช่น แผนที่ ตัวละคร ในรูปแบบ 3 มิติ รวมทั้งการเขียนชุดคำสั่งเพิ่มเติมด้วยภาษา C++ ขั้นตอนที่ 3 นำเกมที่พัฒนาไปทดลองใช้งาน เพื่อทดสอบการทำงานของงานของเกม ขั้นตอนที่ 4

ทำการเก็บรายละเอียดเพิ่มเติม โดยนำปัญหาจากการทดลองมาปรับแก้ไข รวมทั้งการเพิ่มเติมรายละเอียดให้เกมมีคุณภาพมากขึ้น เช่น เสียงเอฟเฟคของเกม การปรับแสงของเกม

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเกม 3 มิติด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน และประเมินความพึงพอใจต่อเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน โดยทำการพัฒนาคุณลักษณะต่าง ๆ ของเกม เช่น แผนที่ ตัวละคร ในรูปแบบ 3 มิติ การเขียนชุดคำสั่งตามเงื่อนไขที่คณะผู้วิจัยได้วางรูปแบบไว้ ซึ่งคณะผู้วิจัย ได้กำหนดรูปแบบของเกมเป็นแบบผจญภัยเอาชีวิตรอดจากศัตรู และค้นหาจุดผ่านด่าน เพื่อให้ผู้เล่นเกิดความสนุกสนานในการเล่น และยังช่วยฝึกทักษะในการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาของเกม เพื่อให้ผ่านหรือชนะในแต่ละด่านของเกม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน
2. แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจินให้นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน ทดลองเล่นแล้วทำเก็บข้อมูลแบบสอบถามความพึงพอใจจากผู้ทดลองเล่น โดยแบบประเมินความพึงพอใจใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ กำหนดเกณฑ์การพิจารณาของขอบเขตคะแนนเพื่อใช้ในการแปลความหมายโดยอาศัยแนวคิดของ บุญชม ศรีสะอาด และบุญส่ง นิลแก้ว (2535) และแปลความหมายของคะแนนเฉลี่ยตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ดังนี้

ตารางที่ 1 มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

ระดับความพึงพอใจ	คะแนน
มากที่สุด	5
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
น้อยที่สุด	1

ตารางที่ 2 เกณฑ์ประเมินระดับความพึงพอใจ

ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์ประเมิน
4.51-5.00	มากที่สุด
3.51-4.50	มาก

2.51-3.50	ปานกลาง
1.51-2.50	น้อย
1.00-1.50	น้อยที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยพัฒนาเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 6 ระยะดังนี้

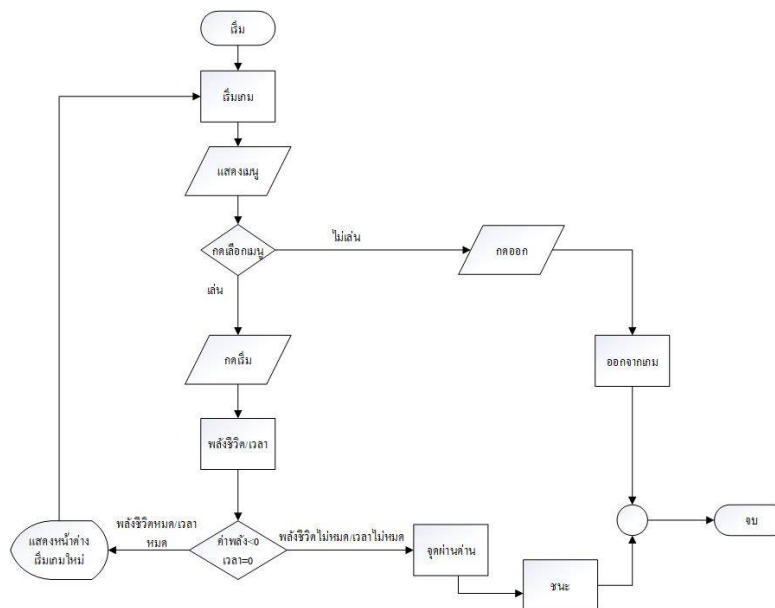
ระยะที่ 1 รวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทบทวนวรรณกรรม ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาเกมด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน ขั้นตอนเทคนิคการออกแบบเกม การออกแบบเกม 3 มิติ และการเขียนชุดคำสั่ง จากเอกสารตำรา เอกสารจากเว็บไซต์ หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการพัฒนาซอฟต์แวร์เกมให้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์

ระยะที่ 2 วิเคราะห์ออกแบบและกำหนดขอบเขต

ผู้วิจัยได้ทำการ วิเคราะห์ออกแบบรูปแบบหรือลักษณะของเกมสเก็ม และกำหนดขอบเขตของเกม โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เขียนผังงาน เพื่ออธิบายลำดับขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์เกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน



รูปที่ 1 ผังงานอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงานโดยรวมของเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน

2. ออกแบบเรื่องราวของเกม โดยใช้การเขียนสตอรี่บอร์ด (Story Board) เพื่อใช้เป็นรายละเอียดในการดำเนินเรื่องของเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนเรียลเอนจิน
3. ออกแบบตัวละคร ศัตรู ฉากของด่านเกม และไอเทมต่างๆ ในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อใช้เป็นองค์ประกอบของเกม
4. กำหนดขอบเขตของเกมโดยมีรายละเอียดดังนี้

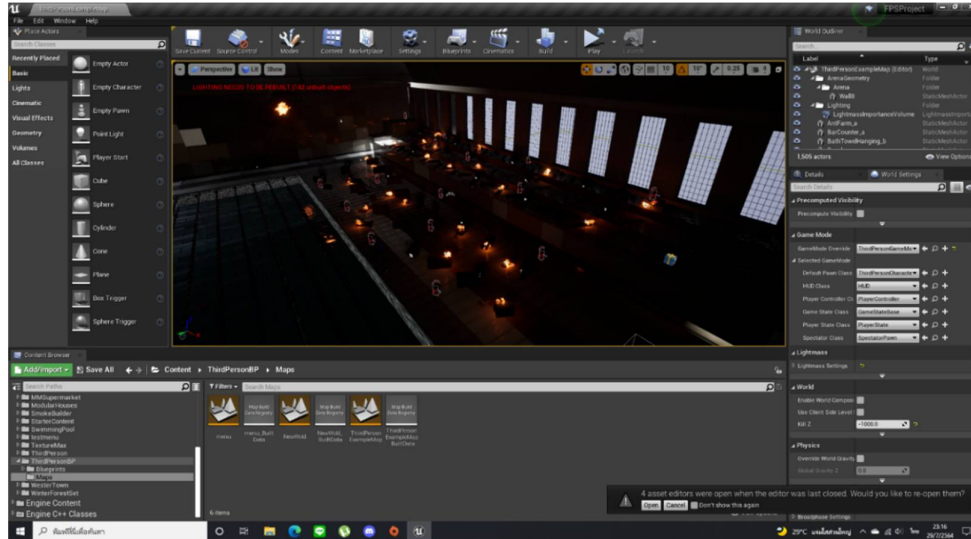
4.1 เกมเป็นแนวเอาชีวิตรอด 3 มิติ การควบคุมมีการเดิน ซ้าย ขวา เดินหน้า ถอยหลัง โดยมีปุ่ม W A S D เป็นตัวควบคุมตัวละคร เกมมีเป้าหมายของเกมคือการเอาชีวิตรอดจากซอมบี้ (Zombie) แล้วไปยังจุดปลอดภัยในเวลาที่กำหนด

4.2 ผู้เล่น (Player) เป็นตัวละครหลักที่ผู้เล่นเกมเป็นคนควบคุมซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่เราควบคุมผู้เล่นจะมีพลังชีวิต (HP) และ พลังเกราะ (Armor) เริ่มต้น 100 ผู้เล่นสามารถโจมตีศัตรูตามฉากโดยทำให้พลังชีวิต (HP) ของซอมบี้ (Zombie) ลดลงได้ทีละ 20 โดยหากผู้เล่นไม่โดนศัตรูโจมตี พลังเกราะของผู้เล่นจะสามารถเพิ่มขึ้นทีละ 10 จนสูงสุดที่พลังเกราะ 100 เมื่อผู้เล่นถูกซอมบี้ (Zombie) ทำร้ายพลังเกราะจะลดลงทีละ 20 โดยหากพลังเกราะหมดแล้วพลังชีวิตจึงจะถูกกลืน หากพลังเลือดหมดตัวละครจากตายต้องเริ่มเล่นเกมใหม่

4.3 ซอมบี้ (Zombie) เป็นศัตรูตามฉากทั่วไปสามารถเคลื่อนที่ได้ มีพลังชีวิตเริ่มต้น 100 สามารถโจมตีผู้เล่นได้ทำให้พลังชีวิตของผู้เล่นลดลงทีละ 20 โดยการโจมตีของซอมบี้ (Zombie) จะเป็นการวิ่งเข้าไปโจมตีผู้เล่น ซึ่งซอมบี้ (Zombie) จะถูกตั้งค่าให้เดินหาผู้เล่นเมื่อเจอผู้เล่นก็ทำการไล่ข่วนผู้เล่น โดยหากผู้เล่นโจมตีทำให้พลังชีวิตของซอมบี้ (Zombie) เหลือ 0 หรือหมด ซอมบี้ (Zombie) ก็จะถูกขับออกจากฉาก

ระยะที่ 3 พัฒนาด้านแบบเกม

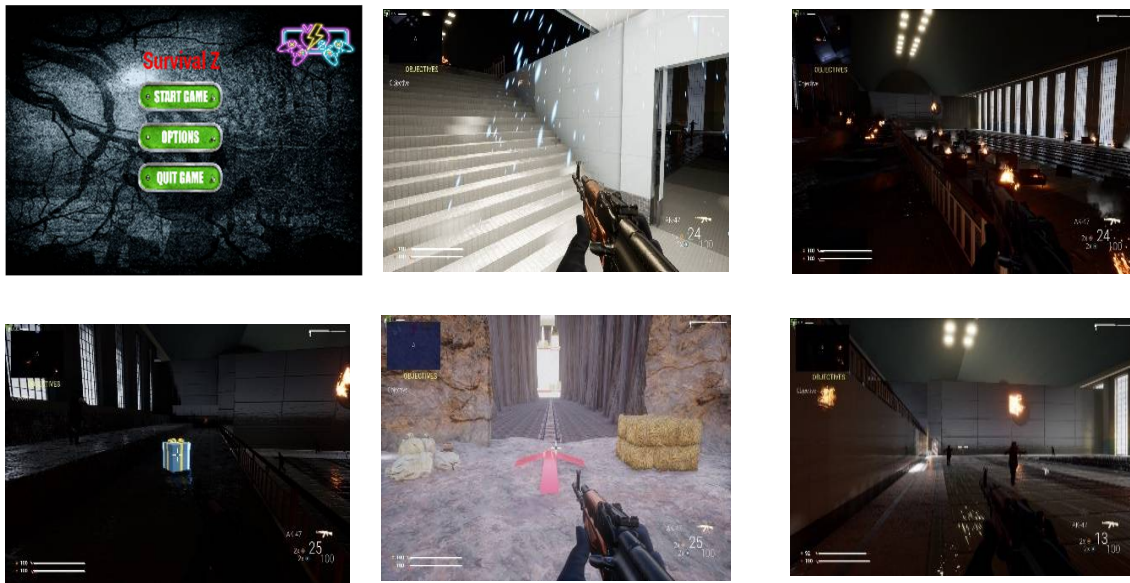
พัฒนาด้านแบบเกมตามการออกแบบ (ระยะที่ 2) ด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน ซึ่งในระหว่างการพัฒนา ผู้วิจัยได้นำเกมนี้พัฒนาเข้ารับการตรวจสอบความเหมาะสมด้านการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้และตรวจสอบความถูกต้องในการดำเนินงานของ ต้นแบบเกมกับผู้เชี่ยวชาญเป็นระยะ เพื่อยืนยันความถูกต้องเหมาะสมตามบริบทของงาน และในขั้นสุดท้ายนำต้นแบบเกมเข้ารับการตรวจสอบความถูกต้องและประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน เป็นอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย



รูปที่ 2 การพัฒนาเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน

ระยะที่ 4 ทดลองใช้

ภายหลังจากการพัฒนาด้านแบบเกม ผู้วิจัยนำเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินไปให้นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 20 คน ทดลองทดลองเล่นเกม โดยซอฟต์แวร์เกมนี้ให้บริการนั้นทำงานในรูปแบบสแตนด์ออล (Standalone) ที่สามารถติดตั้งและทดลองเล่นเกมได้ที่ละคน



รูปที่ 3 หน้าจอแสดงผลในการทดลองเล่นเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน

ระยะที่ 5 ประเมินความคิดเห็นและความพึงพอใจ

ภายหลังการทดลองเกม ผู้วิจัยได้ให้นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน ที่ทดลองเล่นเกม ทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบและการแสดงผล และด้านระบบของเกม ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาเกม

ผลการพัฒนาพบว่าเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน 3 มิติที่พัฒนาด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน ประกอบด้วยด้านของเกมจำนวน 2 ด้าน โดยเกมที่พัฒนาขึ้นมีรูปแบบการเล่นเกมที่ฝึกให้ผู้เล่นฝึกทักษะการควบคุมตัวละคร ให้เอาชีวิตรอดจากการโจมตีของศัตรู การค้นหาไอเทมของเกม การโจมตีศัตรู รวมทั้งการค้นหาจุดผ่านด้านของเกม ช่วยให้ผู้เล่นเกิดความสนุกสนานในการเล่น และยังช่วยฝึกทักษะในการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาของเกม เพื่อให้ผ่านหรือชนะในแต่ละด้านของเกม

2. ผลการประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินความพึงพอใจเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จำนวน 20 คน โดยแบ่งออกเป็นการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบและการแสดงผล และด้านระบบของเกม มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบและการแสดงผล

ด้านการออกแบบและการแสดงผล	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ความพึงพอใจต่อความสวยงามของกราฟฟิกโดยรวมของเกม	4.50	0.606	มาก
ความพึงพอใจต่อความสวยงามของฉากเกม	4.45	0.604	มาก
ความพึงพอใจต่อความสวยงามของตัวละครและศัตรู	4.30	0.571	มาก
ความพึงพอใจต่อเสียงประกอบเกม	4.15	0.587	มาก
ความพึงพอใจต่อการออกแบบเมนูเกม	4.40	0.502	มาก
รวม	4.36	0.574	มาก

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าระดับความพึงพอใจด้านการออกแบบและแสดงผลมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.36 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมอยู่ที่ 0.574 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ระดับมาก ซึ่งหัวข้อที่มีคะแนนมากที่สุดได้แก่ ความพึงพอใจต่อความสวยงามของกราฟฟิกโดยรวมของเกม มีค่าเฉลี่ย 4.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.606 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับความพึงพอใจด้านระบบของเกม

ด้านระบบของเกม	\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ความน่าสนใจหรือความสามารถในการดึงดูดของเกม	4.20	0.523	มาก
ความสนุกสนานเพลิดเพลินที่ได้จากเกม	4.35	0.587	มาก
ลำดับขั้นตอนการเล่นเกมน่าสนใจ	4.45	0.510	มาก
สามารถเข้าใจในการเล่นเกมน่าสนใจ	4.60	0.502	มากที่สุด
ความเสถียรของซอฟต์แวร์เกม	4.55	0.510	มากที่สุด
รวม	4.43	0.526	มาก

จากตารางที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าระดับความพึงพอใจด้านระบบของเกมมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมอยู่ที่ 0.526 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ที่ระดับมาก ซึ่งหัวข้อที่มีคะแนนมากที่สุดได้แก่ สามารถเข้าใจในการเล่นเกมน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 4.60 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.502 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนิเมชัน โดยรวมด้านการออกแบบและการแสดงผล และด้านระบบของเกม จะมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.39 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมอยู่ที่ 0.550 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนิเมชัน เพื่อให้ได้ซอฟต์แวร์เกมที่มีความสนุกสนานในการเล่น และยังช่วยฝึกทักษะในการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาของเกม เพื่อให้ผ่านหรือชนะในแต่ละด่านของเกม โดยผลการศึกษาพบว่า 1) ได้รับเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์แอนิเมชัน 3 มิติที่พัฒนาด้วยซอฟต์แวร์แอนิเมชัน

เอนจิน ประกอบด้วยด่านของเกมจำนวน 2 ด่าน โดยการสร้างเกมผ่านวิธีเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา C++ หรือวิธีการใช้งานพิมพ์เขียว (Blueprint) ในการพัฒนา โดยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินมีต้นแบบของฉากและตัวละครให้ผู้พัฒนาสามารถเลือกใช้งาน รวมทั้งซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินยังช่วยประมวลผลกราฟิกต่าง ๆ เช่น แสงของภาพ การเคลื่อนไหว 2) ผลการประเมินความพึงพอใจเกมเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน พบว่าผลรวมทั้งด้านการออกแบบและการแสดงผล และด้านระบบของเกมจะมีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 4.39 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมอยู่ที่ 0.550 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดคล้อยกับงานวิจัยของ มิตรภาพ พงษานิตร์ และคณะ (2562) ที่ได้พัฒนาเกม 3 มิติด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน โดยการจำลองสถานที่จริง กรณีศึกษาคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร แม่สอด พบว่ามีความพึงพอใจในภาพรวมของทุกด้านเฉลี่ยอยู่ที่ 4.27 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.68 เกณฑ์ระดับความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมาก

บทสรุป

การพัฒนาเกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการขั้นตอนและเทคนิคการออกแบบพัฒนาเกม และการเขียนชุดคำสั่งเพื่อควบคุมเกม รวมถึงการออกแบบคุณลักษณะต่าง ๆ ของเกมในรูปแบบ 3 มิติ จากเอกสารตำรา เอกสารจากเว็บไซต์ต่าง ๆ เพื่อให้การพัฒนาเกมสามารถบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ โดยการพัฒนาเกมด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินช่วยให้ผู้พัฒนาเกมสามารถพัฒนาเกมได้ง่ายและเร็วขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. เกม 3 มิติเอาชีวิตรอดด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจิน ใช้ทรัพยากรฮาร์ดแวร์สูงในการทำงานให้มีประสิทธิภาพ
2. การพัฒนาเกม 3 มิติด้วยซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินยังไม่รองรับข้อมูลภาษาไทย
3. ซอฟต์แวร์อันเรียลเอนจินไม่รองรับไฟล์เสียงที่ใช้ในการพัฒนาเกมสกุลไฟล์ MP3

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย ที่ให้ข้อมูลชี้แนะแนวทางในการพัฒนา ขอขอบคุณนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลองในงาน ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนในการเข้าร่วมนำเสนองานวิจัยและอำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์อาคารสถานที่ตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ทะนงศักดิ์ ต้น, ภูรี บุรณฉัตรบรร และชัยรัตน์ ชันแก้ว. การพัฒนาเกมสามมิติ เรื่องนักท่องระบบสุริยะ. ใน การประชุมทางวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 8 และนานาชาติครั้งที่ 1 วิทยาการจัดการ 2019 "การจัดการนวัตกรรมสู่การพัฒนาสังคมที่ยั่งยืน" 8 กุมภาพันธ์ 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. จังหวัดนครสวรรค์. 761-767.
บุญชม ศรีสะอาด, และ บุญส่ง นิลแก้ว. (2535). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 6). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม: มหาสารคาม.

- พงษ์พิพัฒน์ สายทอง, วีรภัทร จันทจรุฎภัทร และศิวาดล ภาภิรมย์. (2564). การออกแบบเกมดิจิทัล. วารสารวิชาการวิทยาลัย
สัตพล. 7(2): 217-228.
- มิตรภาพ พงษานิตร พีระศักดิ์ อัสมิมานะ และ กฤติเดช จินดาภักดิ์. (2562). การพัฒนาเกมสามมิติโดยการจำลองสถานที่จริง
กรณีศึกษา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร แม่สอด. ใน การประชุมวิชาการ
ระดับชาติ ครั้งที่ 6 20 ธันวาคม 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏกาแพงเพชร. กำแพงเพชร. 1262-1276.
- C. M. Torres-Ferreyros, M. A. Festini-Wendorff and P. N. Shiguihara-Juárez. (2016). Developing a videogame
using unreal engine based on a four stages methodology. In Proceedings of the 2016 IEEE
ANDESCON. United States. 1-4.
- Harrison, L. T. (2005). Introduction to 3D Game Engine Design using DirectX9 and C#. Apress: Berkeley.
- Hurley, L. (2017). How to make a videogame (With no experience). Popular. Gamesradar. Accessed
4 September 2019. Available: <https://www.gamesradar.com/how-to-make-a-videogame-with-no-experience>.
- K. Nop, J. Manissaward and T. Oattarapon. (2019). Development of Character Design Frameworks using Game
Engine: Unreal Engine. 2019 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology
with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and
Telecommunications Engineering (ECTI DAMT-NCON). Nan. Thailand. 54-59.
- J. Lewis, D. Brown, W. Cranton and R. Mason. (2011). Simulating visual impairments using the Unreal Engine
3 game engine. 2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for
Health (SeGAH), 2011. Braga. Portugal. 1-8.
- McGrath, D. (2004). UnrealTriage: A Game-Based Simulation for Emergency Response. In Proceedings of the
Huntsville Simulation Conference. Huntsville. Alabama. 19-21.

เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว Rapid Soil Core Sampling Drilling Machine

สหภัทร ชลาชัย¹ กฤษณะ เนาว์ประโคน¹ รังสรรค์ ภูมสุภาโรง¹ นัจภัก สุขสวัสดิ์¹
ชัยสิทธิ์ แก้วจรรยา¹ และเชิดศักดิ์ คงขวัญ¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกเฉียงเหนือ

*sahapat@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาและพัฒนาเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว โดยตัวเครื่องแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1. ส่วนปลอกนอก เป็นทรงกระบอกกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 64.5 มม. สูง 102 มม. มีเกลียว 1 ปาก และ 2 ปาก เชื่อมติดกับปลอกเพื่อให้เจาะดินได้ง่ายขึ้น 2. ส่วนห้องเก็บตัวอย่างดินเป็นทรงกระบอกกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 53 มม. สูง 39 มม. 3. ส่วนเพลลา มีส่วนหัวไว้นห้องเก็บตัวอย่างดินไม่ให้ขยับตัว และมีส่วนเพลลาเชื่อมต่อขึ้นมา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.43 มม. โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความหนาแน่นของตัวหลังการเก็บตัวอย่างดินและเวลาในการเก็บตัวอย่างดิน

จากการทดสอบเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว โดยหัวเจาะทั้ง 3 แบบ คือหัวเจาะเก็บตัวอย่างดิน แบบเกลียว 1 ปาก แบบเกลียว 2 ปาก และแบบไม่มีปากเกลียว มีผลต่อเวลาในการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งหัวเจาะแบบไม่มีปากเกลียวใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างดินมากที่สุด 16.08 วินาที ส่วนหัวเจาะแบบเกลียว 1 ปาก และ 2 ปาก จะใช้สว่านไฟฟ้าต่อเข้ากับหัวเจาะที่พัฒนาขึ้นมา ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ย 4.35 และ 4.43 วินาที ตามลำดับ ส่วนหัวเจาะแบบเกลียว 1 ปาก 2 ปาก และ แบบไม่มีปากเกลียวให้ค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 1.75, 1.78 และ 1.79 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ แต่แบบเกลียว 2 ปาก ให้ความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับแบบเก่ามากที่สุด และสามารถเก็บตัวอย่างดินได้เร็วกว่าเดิมถึง 4 เท่า หัวเจาะแบบเกลียว 2 ปาก จึงเหมาะสมที่สุด เพราะสามารถใช้เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ซึ่งได้ผลที่แม่นยำ ประหยัดเวลาในการเก็บตัวอย่างดินมากขึ้นและช่วยทุ่นแรงในการทำงานได้ดีกว่าแบบเก่า

คำสำคัญ: ดิน เก็บตัวอย่างดิน รวดเร็ว

Abstract

The objective of this study was to design and construct a rapid soil core sample drilling machine. Main parts of this machine consist of 1. the cylinder of outer casing with 64.5 mm outside diameter, 102 mm height and has 1 and 2 screw mouths connected to the casing for soil drilling. 2. The soil sampling cylinder

with 53 mm diameter and 39 mm height. 3. The fixed sampling cylinder shaft with 14.43 mm diameter. This study soil density and time of soil sample collection were studied.

The performance test result showed that the maximum working time for drilling soil sampling was 16.08 second with original drilling head. 1 threaded and 2 threaded drill head have average working time of 4.35 and 4.43 second, respectively. Soil density test of 1 threaded, 2 threaded drill and original drilling type were 1.75, 1.78 and 1.79 g/cm³, respectively. 2 threaded drill type has an optimum for soil sampling with working time at 4 times of original drilling type and Soil density was similar to that of the original drilling type. It can be used to collect soil samples for analysis, which gives accurate results, saves more time in collecting soil samples and saves the workload better than the original drilling type.

Keywords: Earth, Collect soil samples, Fast

บทนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกประเภท สำหรับมนุษย์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับดินอย่างมาก ในสภาพที่ประชากรมนุษย์เพิ่มขึ้นตามลำดับ ความต้องการผลผลิตด้านการเกษตรก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ภาคการเกษตรจึงเร่งรัดการผลิตพืชและสัตว์ จนเป็นเหตุให้ทรัพยากรดินในหลายภูมิภาคเสื่อมโทรมลงไปอย่างเห็นได้ชัด ด้วยเหตุนี้ นักวิชาการและเกษตรกรจึงให้ความสนใจเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นกับดินมากขึ้น ทั้งมุ่งที่จะพัฒนาให้ดินมีผลิตภาพสูง เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างระบบการเกษตรที่พัฒนาถาวรหรือระบบเกษตรยั่งยืน โดยการถ่ายทอดความรู้ทางปฐพีวิทยา ให้ทุกคนที่เกี่ยวข้องกับดินทั้งทางตรงและทางอ้อมได้เข้าใจและนำไปปรับปรุงทรัพยากรดินที่เสื่อมโทรมให้ฟื้นคืน และที่ดียิ่งไปกว่านั้นคือสภาพที่ดีตลอดไป (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

การสำรวจดินมีวัตถุประสงค์เพื่อการทำนายคุณลักษณะต่างๆของดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการใช้ทรัพยากรดิน โดยมีการรวบรวมจัดระบบข้อมูลของดินในลักษณะต่างๆกัน ซึ่งข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาดินสามารถชี้แนะในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ที่ดินอันเป็นประโยชน์ของแต่ละบุคคล โดยผลการสำรวจดินสามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้และการจัดการที่ดิน (เอิบ, 2548)

ปัจจุบันวิธีการสำรวจดินทำได้หลายวิธี เช่น การขุดบ่อตรวจสอบ (Test Pit) การเจาะดินโดยส่วนมือ (Hand Auger) การเจาะแบบฉีดล้าง (Wash Boring) การเจาะโดยใช้เครื่องจักร (Mechanical Auger Boring) โดยในทางการเกษตร การเก็บตัวอย่างดินโดยการใช้ส่วนมือ เป็นวิธีการเริ่มแรกที่ใช้ในการเจาะสำรวจดิน เนื่องจากค่าใช้จ่ายน้อย สามารถประยุกต์ใช้และทำได้โดยทั่วไป ซึ่งการเจาะโดยใช้ส่วนมือเป็นการเจาะด้วยแรงงานคนกดส่วนมือและก้านเจาะพร้อมกับหมุนหรือตอกจนดินเข้ามาเต็มส่วน จากนั้นจึงนำดินไปทดสอบคุณภาพบางประเภทได้ ข้อเสียของการเจาะด้วยส่วนมือนี้จะต้องออกแรงในการหมุน หรือตอกจึงใช้แรงและเวลาในการทำงานในแปลงค่อนข้างมาก (สุพจน์, 2544)

จากปัญหาต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาและพัฒนาชุดเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว โดยมีจุดประสงค์เพื่อประหยัดเวลา เพิ่มจำนวนในการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง เพื่อให้ผลการทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้นของดินมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากขึ้น

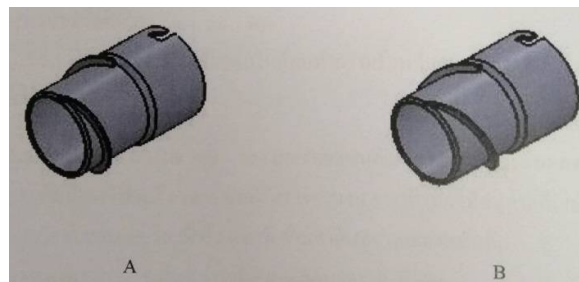
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วิธีดำเนินการแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักการทำงานและข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบเดิม พบว่า เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดิน มีส่วนประกอบหลัก ประกอบด้วย หัวเจาะเก็บตัวอย่างดิน ห้องเก็บตัวอย่างดิน และด้ามตอก จึงนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาตัดแปลงและปรับปรุงให้เหมาะสมกับการสร้างเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว ในการสร้างเน้นที่เครื่องสามารถถอดซ่อมบำรุงได้ทุกชิ้นส่วน และมีการพัฒนาให้สามารถต่อเข้ากับสว่านไฟฟ้าได้ รวมทั้งเพิ่มเกลียวสว่านรอบหัวเจาะเก็บตัวอย่างดิน แบบ 1 ปาก และ 2 ปาก
2. สร้างและพัฒนาเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว ได้มีที่พัฒนาเพิ่มให้ต่างจากเครื่องที่มีใช้ในปัจจุบัน โดยมีการสร้างเพลลา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.43 มม. ยาว 112 มม. เชื่อมต่อเข้ากับส่วนบนของเครื่อง (ดังรูปที่ 1) และออกแบบหัวเจาะเก็บตัวอย่างดินเป็น 2 แบบ คือ แบบหัวเจาะเกลียว 1 ปาก และ แบบหัวเจาะเกลียว 2 ปาก (ดังรูปที่ 2)



รูปที่ 1 ส่วนเพลลาต่อเข้ากับสว่านไฟฟ้า



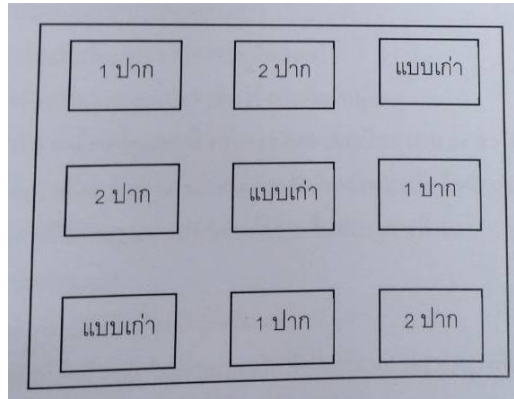
รูปที่ 2 หัวเจาะเก็บตัวอย่างดิน A = เกลียว 1 ปาก B = เกลียว 2 ปาก

3. ทดสอบเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว

3.1 วางแผนการทดสอบเพื่อวัดความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดิน แบบรวดเร็ว แบบเกลียว 1 ปาก เกลียว 2 ปาก และแบบเดิม โดยการนำตัวอย่างดินทั้ง 3 แปลงไปวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น เช่น ชนิดของดิน ความต้านทานการแทงทะลุ แรงเฉือนของดิน เป็นต้น

3.2 สำรวจพื้นที่ ที่จะทำการเจาะเก็บตัวอย่างดิน ทั้ง 3 พื้นที่ นำเหล็กฉากขนาด 1 x 1 เมตร แบ่งเป็น 9 ช่อง มาวางกำหนดไว้เพื่อเก็บตัวอย่างดิน โดยแต่ละจะเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ คือ ที่ความลึก 0 – 10 เซนติเมตร และ 10 – 20 เซนติเมตร ทำทั้งหมด 5 ครั้ง ครั้งละ 3 พื้นที่ (ดังรูปที่ 3) นำตัวอย่างดินไปหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความชื้นดิน ความหนาแน่นของดิน เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบดินแต่ละพื้นที่ ที่มีผลต่อการเก็บตัวอย่างดินแต่ละเครื่อง

3.3 ขณะเก็บตัวอย่างดินให้จับเวลาการเก็บตัวอย่างดิน ของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดิน แบบรวดเร็ว แบบเกลียว 1 ปาก เกลียว 2 ปาก และแบบเดิม ทั้ง 5 ครั้ง ใน 3 แปลงที่ทำการทดสอบ เพื่อนำเวลาที่ทำการทดสอบมาเปรียบเทียบหาความสามารถและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดิน แบบรวดเร็ว



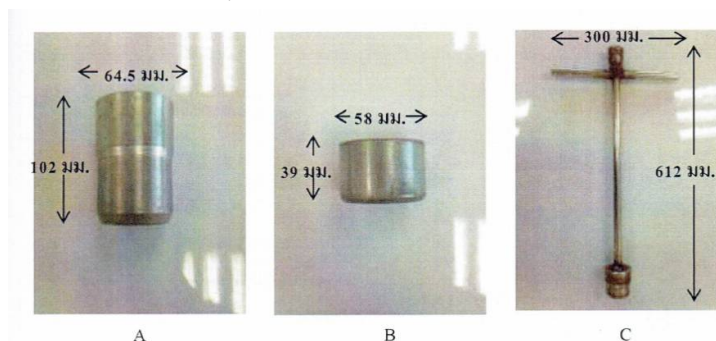
รูปที่ 3 ตำแหน่งในการเจาะเก็บตัวอย่างดินของแต่ละแบบ

ผลการวิจัย

1. ศึกษาหลักการทำงานและข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบเดิม

1.1 ศึกษาหลักการทำงานและข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบเดิม

ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบต่างๆ ที่สำคัญของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบเดิม ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน พบว่ามีส่วนประกอบที่สำคัญหลักๆของเครื่องประกอบด้วย หัวเจาะเก็บตัวอย่างดิน ห้องเก็บตัวอย่างดินและด้ามตอก จึงนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเบื้องต้น มาดัดแปลงและปรับปรุงให้เหมาะสมกับการสร้างเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว



รูปที่ 4 ชิ้นส่วนของเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบเก่า A คือ ปลอกสวม B คือ ห้องเก็บตัวอย่างดิน C คือ ด้ามตอก

1.2 ศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของดิน

ในการออกแบบเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว มีความจำเป็นที่จะต้องรู้ถึงคุณสมบัติทั่วไปของดิน ในแต่ละแปลงที่จะทำการทดสอบ ได้แก่ แปลงบริเวณหลังอาคาร COE แปลงบริเวณภาคพืช และ แปลงลูกพืช 35 ไร่ ในพื้นที่มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ ซึ่งในการศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ชนิดของดิน ความต้านทาน การแทงทะลุดิน แรงเฉือนในดิน และแรงบิดในดิน โดยข้อมูลแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ตารางผลค่าเฉลี่ยที่ได้จากดินของแปลงต่างๆ ชนิดดิน และความต้านทานการแทงทะลุดิน

แปลง	อัตราส่วนอนุภาคดิน (%)			ชนิดของดิน	ความต้านทานการแทงทะลุ (N/cm ²)		
	Sand	Silt	Clay		5 cm	10 cm	15 cm
COE	45.82	25.16	29.01	ดินร่วนเหนียว	128.89	250.00	357.78
ภาคพืช	76.39	19.67	3.92	ดินทรายร่วน	205.56	270.00	330.00
35ไร่	60.22	24.49	15.28	ดินร่วนทราย	217.78	305.00	343.33

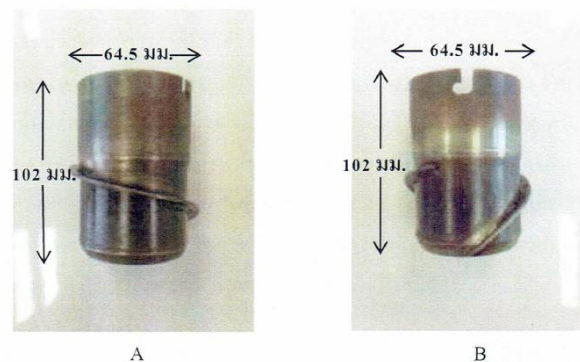
ตารางที่ 2 ตารางผลค่าเฉลี่ยของแรงตัดเฉือน และแรงบิด

แปลง	ความเค้นเฉือน (kPa)				แรงบิด (kN·m)			
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
COE	62.44	67.44	85.44	91.78	0.94	1.01	1.29	1.38
ภาคพืช	41.78	51.11	56.89	63.44	0.63	0.77	0.86	0.95
35ไร่	73.56	74.67	79.33	86.78	1.11	1.12	1.19	1.31

2. สร้างและพัฒนาเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว

ในการออกแบบเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว ได้คำนึงถึงการออกแบบให้มีความใกล้เคียงกับอุปกรณ์เดิม โดยสามารถแบ่งการออกแบบได้ทั้งหมด 3 ส่วน คือ

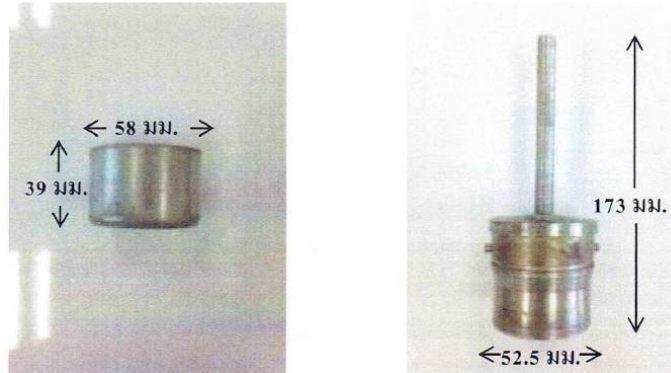
1. ชุดหัวเจาะ มีขนาด 64.5 × 102 มิลลิเมตร และออกแบบเพิ่มเติมแตกต่างไปจากของเดิม คือ เพิ่มเกลียวส่วนใบมีด ด้านข้างของหัวเจาะ โดยออกแบบให้มีเกลียวส่วน 1 ปาก และ 2 ปาก เพื่อลดเวลาในการทำงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเจาะเก็บตัวอย่างดิน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 หัวเจาะเก็บตัวอย่างดินหลังจากพัฒนาแล้ว A คือ เกลียว 1 ปาก B คือ เกลียว 2 ปาก

2. ส่วนของห้องเก็บตัวอย่างดิน ออกแบบให้มีลักษณะเหมือนแบบเดิม โดยมีขนาด 56 x 39 มิลลิเมตร โดยติดตั้งภายในของชุดหัวเจาะ มีหน้าที่สำหรับเก็บตัวอย่างดินที่จะใช้ในการทดสอบ ดังรูปที่ 6

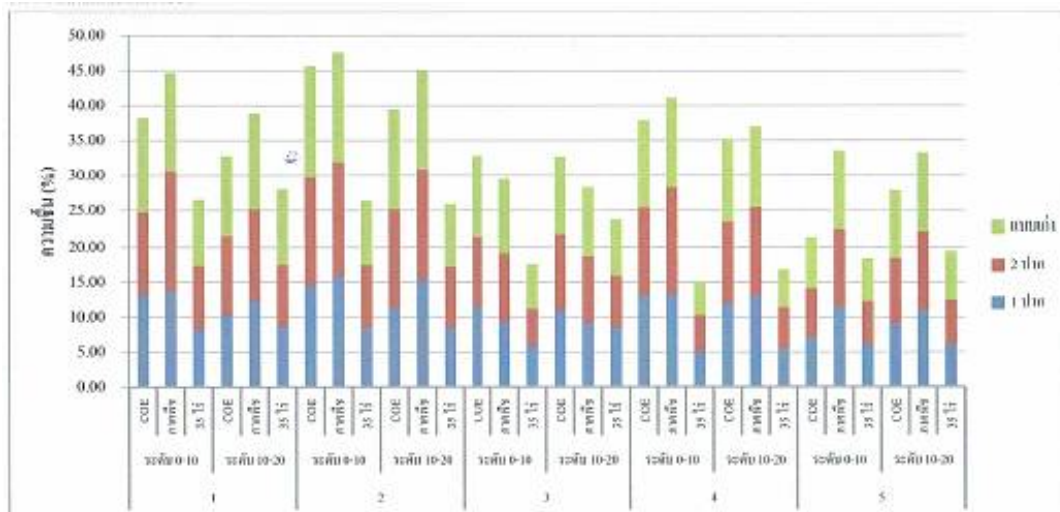
3. ส่วนด้ามจับจะออกแบบให้มีด้ามที่สามารถต่อเข้ากับสว่าน และมีส่วนของตัวรองรับไว้สำหรับติดตัวชุดหัวเจาะ ซึ่งส่วนประกอบต่างๆสามารถถอดประกอบออกจากกันได้ ในส่วนของการออกแบบด้ามจับได้ใช้ข้อมูลเบื้องต้นของแรงเฉือน และแรงบิดของดิน มาช่วยในการคำนวณหาขนาดของเพลลา โดยขนาดของเพลลาที่คำนวณ มีค่าเท่ากับ 14.43 มิลลิเมตร



รูปที่ 6 ห้องเก็บตัวอย่างดิน และ ด้ามจับ

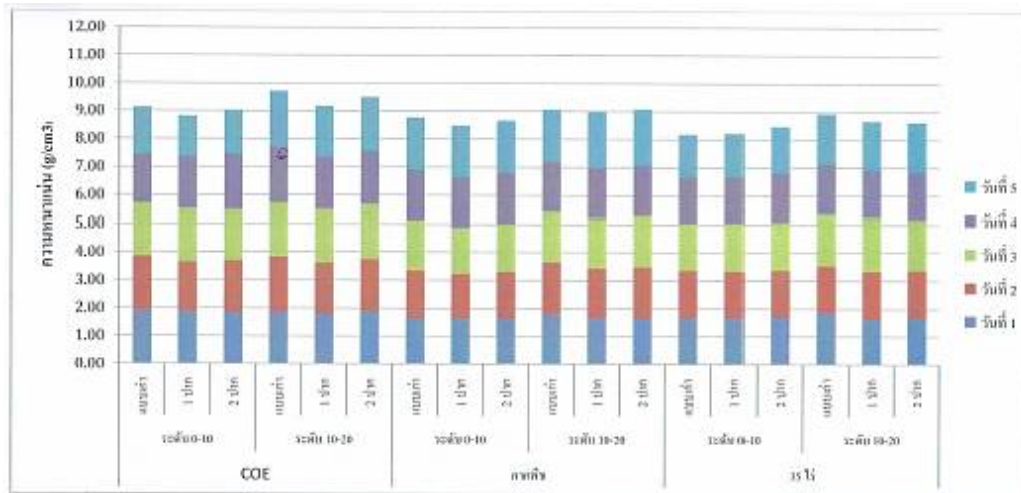
3. ทดสอบเครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบรวดเร็ว

ผลการทดสอบการเก็บตัวอย่างดินที่แปลงบริเวณหลังอาคาร COE แปลงบริเวณภาคพืช และ แปลงลูกพีช 35 ไร่ ในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยชนิดดินที่ที่จะเก็บแต่ละแปลงคือ ดินร่วนเหนียว ดินทรายร่วน และดินร่วนทราย ตามลำดับ ทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ครั้งละ 3 พื้นที่ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินของแต่ละแปลงกำหนดให้สุ่มเก็บตัวอย่างดิน ในกรอบ เมตร x เมตร โดยใช้เครื่องเจาะเก็บตัวอย่างดินแบบเกลียว 1 เกลียว 2 ปาก และ แบบเดิม แต่ละเครื่องจะเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกที่ 0 – 10 เซนติเมตร และ 10 – 20 เซนติเมตร และเก็บข้อมูลในแต่ละพื้นที่แปลงทดสอบหาคุณสมบัติพื้นฐานของดิน



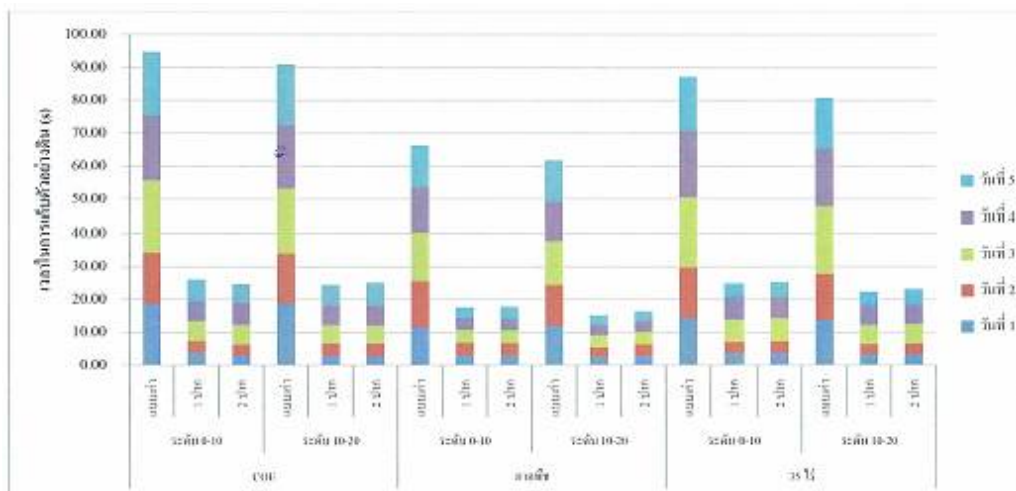
รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยความชื้นดินต่อแปลงทดสอบทั้ง 3 แปลง ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ และวันในการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 5 วัน

จากรูปที่ 7 พบว่า วันที่มีความชื้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ วันที่ 2, 1, 4, 3 และ 5 โดยมีความชื้นเฉลี่ย 12.71, 11.61, 10.18, 9.14 และ 8.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยระดับความลึก 0 – 10 และ 10 – 20 เซนติเมตร มีค่าความชื้นเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน 10.56 และ 10.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แปลงทดสอบมีความชื้นเฉลี่ยมากที่สุด คือ ภาคพืช COE และ แปลง 35 ไร่ โดยมีความชื้นเฉลี่ย 12.63, 11.43 และ 7.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หัวเจาะเก็บตัวอย่างดิน แบบเก่า แบบเกลียว 1 ปาก และ แบบเกลียว 2 ปาก เก็บตัวอย่างดินได้เปอร์เซ็นต์ความชื้นดินเฉลี่ย 10.51, 10.31 และ 10.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 8 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นต่อหัวเจาะเก็บตัวอย่างดินทั้ง 3 แบบ ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ และแปลงทดสอบทั้ง 3 แปลง

จากรูปที่ 8 พบว่า วันที่มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดคือ วันที่ 3, 4, 5, 1, และ 2 โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ย 1.78, 1.78, 1.78, 1.76 และ 1.76 g/cm³ ตามลำดับ ระดับความลึก 10 – 20 มีค่าความหนาแน่นมากกว่า 0 – 10 เซนติเมตร โดยมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1.82 และ 1.73 g/cm³ แปลงทดสอบที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด คือ COE, ภาคพืช, และแปลง 35 ไร่ มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1.85, 1.77, และ 1.70 g/cm³ หัวเจาะที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ แบบเก่า แบบเกลียว 1 ปาก และ แบบเกลียว 2 ปาก มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 1.79, 1.78 และ 1.75 g/cm³ ตามลำดับ



รูปที่ 9 ค่าเฉลี่ยเวลาในการเก็บตัวอย่างดินต่อหัวเจาะเก็บตัวอย่างดินทั้ง 3 แบบ ระดับความลึกทั้ง 2 ระดับ และแปลงทดสอบทั้ง 3 แปลง

จากรูปที่ 9 พบว่า วันที่มีค่าเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ยมากที่สุด คือ วันที่ 3, 4, 5, 2 และ 1 มีค่าเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ย 9.53, 9.19, 8.49, 7.16 และ 7.07 วินาที ตามลำดับ เวลาในการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 10 มีค่าใกล้เคียงกับระดับ 10 – 20 เซนติเมตร มีเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ย 8.56 และ 8.02 วินาที ตามลำดับ แปลงทดสอบที่มีเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ยมากที่สุด คือ COE แปลง 35 ไร่ และ ภาคพืช มีเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ย 9.55, 8.79 และ 6.52 วินาที ตามลำดับ หัวเจาะที่มีเวลาในการเก็บตัวอย่างดินมากที่สุดคือ แบบเก่า แบบเกลียว 2 ปาก และ แบบเกลียว 1 ปาก มีเวลาในการเก็บตัวอย่างดินเฉลี่ย 16.08, 4.43 และ 4.35 วินาที ตามลำดับ เหตุที่เครื่องเก็บตัวอย่างดินแบบเก่าใช้เวลานาน เนื่องจากต้องใช้แรงงานคนในการตอกและบิดหัวเจาะลงดิน ส่วนหัวเจาะแบบเกลียว 1 ปาก และ 2 ปาก ที่สามารถต่อเข้ากับสว่านไฟฟ้า เพื่อเป็นต้นกำลังในการหมุนเจาะตัวอย่างดิน ช็่อประหยัดแรง และเวลามากกว่า

บทสรุป

ในการทดสอบหัวเก็บตัวอย่างดินทั้ง 3 แบบ ในแปลงทดสอบทั้ง 3 แปลง พบว่า หัวเจาะทั้ง 3 แบบ มีผลต่อเวลาในการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งหัวเจาะแบบเก่าใช้เวลา 16.08 วินาที ส่วนหัวเจาะแบบเกลียว 1 ปาก และ แบบเกลียว 2 ปาก สามารถเก็บตัวอย่างดินได้เร็วกว่า 4.35 และ 4.43 วินาที ตามลำดับ หัวเจาะดินแบบเก่า แบบเกลียว 1 ปาก และ แบบเกลียว 2 ปาก มีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกันคือ 1.79, 1.75 และ 1.78 g/cm³ ตามลำดับ แต่หัวเจาะแบบเกลียว 2 ปาก มีค่าความหนาแน่นที่ใกล้เคียงกับแบบเก่ามากที่สุด และสามารถเก็บตัวอย่างดินได้เร็วกว่าเดิม 4 เท่า

หัวเจาะแบบเกลียว 2 ปาก มีความเหมาะสมมากที่สุด สามารถใช้เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ซึ่งได้ผลที่แม่นยำ ประหยัดเวลาในการเก็บตัวอย่างดินมากขึ้นและช่วยทุ่นแรงในการทำงานได้ดีกว่าแบบเก่า

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยี คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อบุคลากรและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

- ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุพจน์ ศรีนิล. (2544). คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.
- วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. (2522). การออกแบบเครื่องจักรกล 1. โรงพิมพ์ทั้งฮั่วชิน กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรัตน์มย์. (2548). การสำรวจดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

การพัฒนาระบบการอบแห้งมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ Development of Cassava Drying System in Laboratory scales

นิพล สมบัติ^{1*} วัทัญญ รอดประพัฒน์¹ และธนิศ สวัสดิ์เสวี²
Nipol Sombat^{1*}, Wathanyoo Rordprapat¹ and Thanit Swasdisevi²

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

² สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

* Jp.first2013@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาศึกษาระบบการอบแห้งมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ ในระบบการอบแห้ง ประกอบด้วย การอบแห้งด้วยฟลูอิดซ์เบด การพักตัว การเป่าด้วยอากาศแวดล้อม และการอบแห้งด้วยเบดนิ่ง การเตรียมวัสดุ ก่อนดำเนินการอบแห้ง นำมันสำปะหลังสดมาหั่นให้มีลักษณะทรงลูกบาศก์หรือลูกเต๋า ขนาด 10 x 10 x 10 มิลลิเมตร จากผลการทดลอง พบว่าระบบการอบแห้งนี้สามารถลดความชื้นมันสำปะหลังจากร้อยละ 152.99 มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 13.80 มาตรฐานแห้ง ภายในเวลา 220 นาที ในขณะที่การอบแห้งด้วยวิธีการตากลานจะใช้เวลารวมถึง 1,620 นาที ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งของระบบการอบแห้งเร็วกว่าวิธีการตากลานประมาณ 7 เท่า ในขณะที่คุณภาพทางด้านสีของมันสำปะหลังที่ผ่านระบบการอบแห้ง จะมีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่ามันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการตากลาน ซึ่งตรงข้ามกับค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ของมันสำปะหลังที่ผ่านระบบการอบแห้ง มีค่าต่ำกว่าการอบแห้งด้วยวิธีการตากลาน ปริมาณน้ำอิสระ (aw) ของมันสำปะหลังที่ผ่านระบบการอบแห้งมีค่าเท่ากับ 0.6 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีค่าปริมาณน้ำอิสระน้อยกว่าการอบแห้งด้วยวิธีการตากลาน ที่มีค่าเท่ากับ 0.65 ในส่วนของค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของระบบการอบแห้งมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการมีค่าเท่ากับ 287.67 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

คำสำคัญ: ระบบอบแห้ง มันสำปะหลัง ฟลูอิดซ์เบด การพักตัว

Abstract

The aim of this research is to investigate cassava drying system in laboratory level. In drying process, the procedure consists of fluidized bed drying, tempering, ambient air blowing and fixed bed drying, respectively. Prior to start drying, the fresh cassava was washed with tap water and sliced to the sizes of 10 x 10 x 10 millimeters. Based on these experiments, it was found that this drying system was able to reduce the moisture content from 152.99% (dry basis) to a final moisture content less than 13.80% (dry basis) in 220 minutes whereas the sun drying used 1,620 minutes for reducing moisture content. In addition, the drying time of this drying system was faster than the sun drying approximately 7 times. For color quality of

cassava drying, the L^* value of this drying system was higher than that of sun drying whereas a^* and b^* value were lower than the sun drying. The water activity (a_w) of cassava drying system was 0.6 which was in the standard value while the water activity of sun drying was 0.65. Furthermore, the specific energy consumption of cassava drying system in laboratory scales was 287.67 MJ/kg-water evap.

Keywords: Drying System, Cassava, Fluidization, Tempering

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่มีปริมาณแป้งสูง (Carbohydrate-rich crops) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างน้อย 4 ด้าน หรือ “4F” ประกอบด้วย Food อาหารสำหรับมนุษย์ Feed อาหารเลี้ยงสัตว์ Fuel วัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวภาพ และ Factory ภาคอุตสาหกรรม ได้แก่ แอลกอฮอล์ กรดมะนาว เครื่องนึ่งหมัก ยา ผงชูรส กระดาษ และเคมีภัณฑ์ เป็นต้น ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มันสำปะหลังมีราคาสูงกว่าพืชอาหารที่ให้แป้งประเภทอื่น อีกทั้งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้ความต้องการมันสำปะหลังในตลาดโลกเติบโตต่อเนื่อง ส่งผลให้มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าวเจ้า และมันฝรั่ง และมันสำปะหลังก็ถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณการผลิตเป็นอันดับ 3 ของโลก ขณะเดียวกันเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังเป็นอันดับหนึ่งของโลก และในปี 2563 คิดเป็นมูลค่ามากกว่า 80,000 ล้านบาท ปัญหาทั้งในอดีตและปัจจุบันของเกษตรกรและผู้ประกอบการมันสำปะหลัง คือ ความชื้นหลังการเก็บมีค่อนข้างสูง (มากกว่าร้อยละ 60 มาตรฐานเปียก) เก็บไว้ได้ไม่เกิน 2 วัน จะทำให้เกิดการเน่าเสีย ขายไม่ได้ราคา ดังนั้นหลังการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจึงต้องนำไปขายให้กับโรงงานโดยตรงหรือผู้ประกอบการลานมันทันที ซึ่งมีเครื่องจักรและพื้นที่ในการตากแห้งเพื่อลดความชื้นได้ในปริมาณมาก แต่ก็ยังมีข้อจำกัด คือไม่สามารถนำมันสำปะหลังมาตากลานได้ในช่วงที่มีฝนตกหรือแสงแดดน้อย ซึ่งจะต้องใช้เวลาการลดความชื้นให้ได้มาตรฐานมากกว่าวันที่มีแสงแดดดี และผลิตภัณฑ์มันเส้นที่ได้จากการตากลานมักจะมีสารปนเปื้อนของฝุ่น เศษหิน หวาย และอื่นๆ เนื่องจากอยู่ในพื้นที่โล่ง และมีการใช้เครื่องจักรในการพลิกกลับในขณะตากลาน ทำให้ต้องนำมันเส้นที่ได้ไปผ่านขั้นตอนการทำความสะอาด เพื่อคัดแยกเอาสิ่งเจือปนดังกล่าวออกก่อนที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต่อไป ถ้ามีพัฒนากระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังให้สามารถลดความชื้นได้ต่อเนื่องให้เหลือความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13 มาตรฐานเปียก จะทำให้สามารถลดปัญหาการสูญเสียของมันเป็นอันขาดได้มาก ประกอบกับจะได้มันเส้นที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและสะอาด ปราศจากสิ่งเจือปน ตามมาตรฐานมันเส้นสะอาดที่กำหนดให้ ปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 13 ปริมาณแป้งไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 เส้นใยไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 และดินไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 (กรมการค้าต่างประเทศ, 2544) จากการศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเครื่องอบแห้งฟลูอิดซ์เบดสามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะช่วงความชื้นสูงๆ เนื่องจากการคลุกเคล้าของวัสดุกับอากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งเป็นไปอย่างทั่วถึง ทำให้สามารถใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงๆ ได้ ใช้พื้นที่ในการติดตั้งไม่มาก เมื่อเทียบกับเครื่องอบแห้งชนิดอื่นที่กำลังผลิตเท่ากัน แต่วัสดุที่ใช้ในการอบแห้งต้องมีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ เช่น เมล็ดข้าวเปลือก ข้าวโพด อาหารสัตว์ เป็นต้น อุณหภูมิวัสดุหลังการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดมักจะสูง เพราะวาล์วบริเวณผิวของวัสดุมีความชื้นต่ำกว่าภายใน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งในขั้นตอนต่อไป จำเป็นต้องมีการพักตัว (Tempering) และลดอุณหภูมิของวัสดุลงก่อน (Natthapol et al, 2013) เพื่อให้ความชื้นที่อยู่ภายในแกนกลางวัสดุแพร่ออกมาที่บริเวณผิวมากขึ้น เนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในวัสดุอบแห้ง ต่อมา สุพจน์ และคณะ, 2562 ได้ศึกษาการอบแห้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดระดับห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 90 100 และ 110 องศาเซลเซียส ความสูงของเบด 5 เซนติเมตร และความเร็ว 4.5 เมตรต่อวินาที โดยหั่นมันสำปะหลังให้มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ขนาด 5 x 5 x 5 มิลลิเมตร

พบว่าสามารถลดความชื้นจากร้อยละ 257.34 มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 13-15 มาตรฐานแห้ง ในระยะเวลา 15-20 นาที ที่อุณหภูมิอบแห้ง 100 และ 110 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิของมันสำปะหลังมีค่าใกล้เคียงอุณหภูมิแป้งสุก (70 องศาเซลเซียส) ไม่เป็นผลดีเมื่อนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ ในขณะที่วิธีการตากลานจะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 2-3 วัน โดยที่คุณภาพด้านสี เฟอร์เซนต์แป้ง เส้นใย และโปรตีน หลังที่ผ่านการอบแห้งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากลานยังอยู่ในเกณฑ์ที่ตลาดยอมรับได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและพัฒนากระบวนการอบแห้งมันสำปะหลังในดับห้องปฏิบัติการก่อน เพราะที่ใช้วัสดุในการทดลองไม่มากนัก ในกระบวนการอบแห้งประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ การทำความสะอาดเพื่อเอาเศษดินที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังออก การหันให้เป็นลักษณะลูกบาศก์เพื่อสะดวกต่อการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไคซ์เบด การพักตัวเพื่อให้ความชื้นแพร่มาบริเวณผิวมากขึ้น การเป่าลมด้วยอากาศแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิมันสำปะหลัง และขั้นตอนการอบแห้งที่ความเร็วต่ำเป็นเวลานานซึ่งจำลองเทียบกับการอบแห้งแบบ LSU คล้ายกับระบบการอบแห้งข้าวเปลือก (Rordprapat et al., 2003) เพื่อหาปริมาณความชื้นที่ลดลง ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ และการใช้พลังงานจำเพาะ โดยคณะผู้วิจัยคาดว่าระบบอบแห้งนี้จะใช้เป็นต้นแบบในการติดตั้งเครื่องจักรสำหรับอบแห้งมันสำปะหลังในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ในงานวิจัยนี้ใช้วัสดุทดลองเป็นมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 8-10 เดือน พื้นที่ปลูกอำเภอแก้งสนามนาง จังหวัดนครราชสีมา ก่อนการทดลองนำหัวมันสำปะหลังสดมาล้างทำความสะอาดเอาเศษดินที่ติดมากับหัวมันออก ตัดหัวและท้ายของหัวออก แล้วใช้มีดหันด้วยมือ (ดังรูปที่ 1) ให้เป็นก้อนสี่เหลี่ยมลักษณะคล้ายลูกบาศก์หรือลูกเต๋าขนาด 10 x 10 x 10 มิลลิเมตร ในการอบแห้งแต่ละครั้งจะใช้มันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม และเครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง (ดังรูปที่ 2) ปรับความเร็วของอากาศและอุณหภูมิอบแห้งได้ มีชุดปรับความเร็วรอบพัดลม (Inverter) จึงสามารถอบแห้งได้ทั้งเบตนิ่งที่ความเร็วสูงแบบฟลูอิดไคซ์เบด รวมถึงการเป่าลมด้วยอากาศแวดล้อม ส่วนการพักตัว (Tempering) ใช้กระติกใส่น้ำแข็งขนาด 1.5 ลิตร ที่มีฉนวนกันการสูญเสียความร้อน เจาะรูตรงกลางฝาเพื่อติดตั้งสายเทอร์โมคัปเปิ้ล Type K สำหรับวัดอุณหภูมิมันสำปะหลัง และการใช้พลังงานไฟฟ้าวัดด้วยแคลล์มิเตอร์

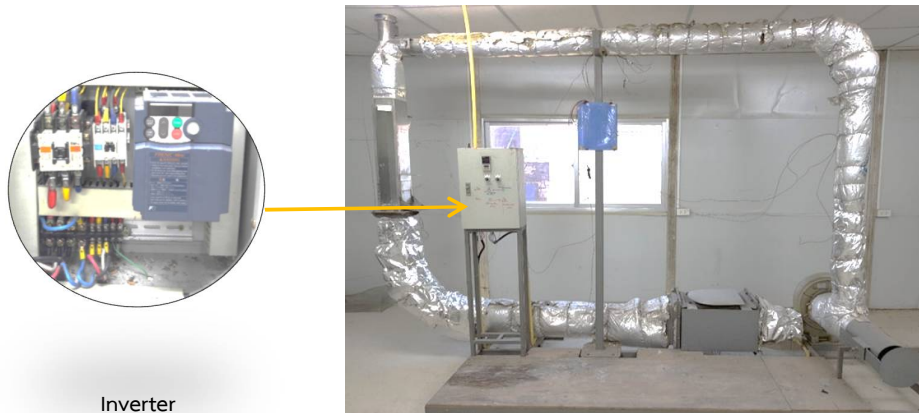


(ก) การหันด้วยมีด



(ข) ลักษณะมันสำปะหลังทรงลูกบาศก์

รูปที่ 1 การหันมันสำปะหลังให้มีรูปทรงลูกบาศก์หรือลูกเต๋า



Inverter

รูปที่ 2 เครื่องอบแห้งระดับห้องปฏิบัติการและชุดปรับความเร็วรอบมอเตอร์
ที่มา; ดัดแปลงมาจาก มนูญ และคณะ, 2555

วิธีดำเนินการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ 1) วิธีการอบแห้งแบบดั้งเดิมหรือการตากลาน 2) วิธีการอบแห้งที่พัฒนาขึ้นมาใหม่หรือระบบการอบแห้งมันสำปะหลังระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งในแต่ละวิธีมีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

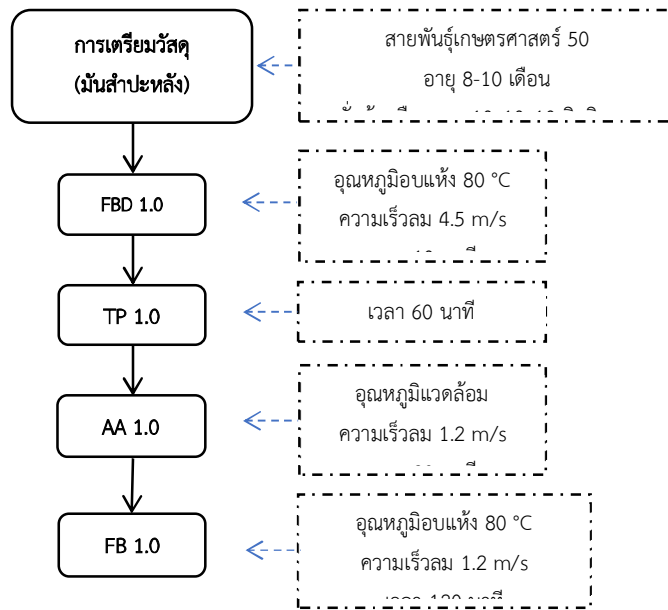
1. วิธีการอบแห้งแบบดั้งเดิมหรือการตากลาน

นำมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ประมาณ 2 กิโลกรัม ไปตากแห้งบนลานคอนกรีต โดยเริ่มที่เวลา 07:00 น. และเก็บที่เวลา 17:00 น. ของทุกวัน จะใช้เวลาการตากลาน 2-3 วัน เพื่อให้ได้ความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13-14 มาตรฐานแห้ง โดยเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังก่อน และหลังการตากลาน 2-3 วัน ไปหาความชื้น และตรวจสอบคุณภาพต่อไป

2. ระบบการอบแห้งมันสำปะหลังระดับห้องปฏิบัติการ

จากรูปที่ 3 ขั้นตอนแรก (FBD 1.0) นำมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ 1 กิโลกรัม ไปอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไคซ์เบด ที่ปรับตั้งความเร็ว 4.5 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิอบแห้งไว้ที่ 80 องศาเซลเซียส เวลาการอบแห้ง 10 นาที และเก็บตัวอย่างก่อนและหลังการอบแห้งดังกล่าวไปหาความชื้นและวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ตัวอย่างที่เหลือนำไปผึ่งด้วยลมให้แห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13-14 มาตรฐานแห้ง ก่อนนำตัวอย่างดังกล่าวไปตรวจสอบคุณภาพด้านสี ต่อมาขั้นตอนที่สอง (TP 1.0) นำมันสำปะหลังที่เตรียมไว้ 1 กิโลกรัม ไปผ่านขั้นตอนการอบแห้งก่อนหน้า แล้วนำมาพักตัว (Tempering) โดยใส่กระตักน้ำแข็งที่เป็นภาชนะปิดกั้นการสูญเสียความร้อน ขนาด 1.5 ลิตร เป็นระยะเวลา 60 นาที พร้อมเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังหลังการ Tempering ไปหาความชื้นและวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ส่วนตัวอย่างที่เหลือนำไปผึ่งด้วยลมให้แห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13-14 มาตรฐานแห้ง ก่อนนำตัวอย่างดังกล่าวไปตรวจสอบคุณภาพด้านสี ขั้นตอนที่สาม (AA 1.0) นำมันสำปะหลังอีก 1 กิโลกรัม ไปผ่านขั้นตอนการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไคซ์เบดและการ Tempering ตามเงื่อนไขที่ผ่านมา จากนั้นนำมันสำปะหลังที่ได้ไปลดอุณหภูมิลงโดยการเป่าด้วยอากาศแวดล้อม ที่ความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 30 นาที สุ่มเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านขั้นตอนนี้ไปหาความชื้นและวัดปริมาณน้ำ

อิสระ (Water activity, a_w) ตัวอย่างที่เหลือนำไปผึ่งด้วยลมให้แห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13-14 มาตรฐานแห้ง ก่อนนำตัวอย่างดังกล่าวไปตรวจสอบคุณภาพด้านสี และขั้นตอนที่สี่ (FB 1.0) นำมันสำปะหลังที่เตรียมไว้อีก 1 กิโลกรัม ไปผ่านขั้นตอนการอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดซ์เบด การ Tempering และการเป่าลมเย็นด้วยอากาศแวดล้อม มาอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดซ์เบดแต่ใช้ความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที สุ่มเก็บตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านขั้นตอนนี้ไปหาความชื้นและวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity, a_w) ตัวอย่างที่เหลือนำไปผึ่งด้วยลมให้แห้งจนเหลือความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13-14 มาตรฐานแห้ง ตามมาตรฐานมันเส้นสะอาด ก่อนนำตัวอย่างดังกล่าวไปตรวจสอบคุณภาพด้านสีต่อไป และดำเนินการตรวจสอบการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนและปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปของระบบการอบแห้งในระดับห้องปฏิบัติการนี้ เพื่อหาการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption; SEC)



รูปที่ 3 แผนผังระบบการอบแห้งมันสำปะหลังระดับห้องปฏิบัติการ

วิธีการทดสอบคุณภาพ

ในส่วนของการทดสอบคุณภาพและสมรรถนะระบบการอบแห้งในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย การหาความชื้น การวัดปริมาณน้ำอิสระ การวัดค่าสี และการหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ มีรายละเอียดดังนี้

1. การหาความชื้น

การนำตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ มาทดสอบหาความชื้น โดยทำการสุ่มและตั้งตัวอย่างออกมา 3 กระป๋อง ปริมาณน้ำหนัก 40 - 50 กรัมต่อกระป๋อง ชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่งแบบดิจิตอล ความละเอียด 0.01 กรัม ความถูกต้อง ±0.02 กรัม ยี่ห้อ And รุ่น FX-3000i ก่อนเข้าตู้อบความร้อน (Forced convection oven) แบบใช้ไฟฟ้าขนาด 150 ลิตร ความละเอียด 1 องศาเซลเซียส ความถูกต้องร้อยละ ±1 °C ยี่ห้อ Jeitech รุ่น OF-21E ตั้งอุณหภูมิที่ 103 °C เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง (AOAC, 2002) หลังจากนั้นนำตัวอย่างมันสำปะหลังออกจากตู้อบความร้อนชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อคำนวณหาความชื้นมาตรฐานเปียก ดังสมการที่ 1 หรือความชื้นมาตรฐานแห้ง ดังสมการที่ 2

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100 \quad (1)$$

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ	M_w	คือ มวลเปียกของวัสดุอบแห้ง, เศษส่วนมาตรฐานเปียก
	M_d	คือ มวลเปียกของวัสดุอบแห้ง, เศษส่วนมาตรฐานแห้ง
	w	คือ น้ำหนักของวัสดุเปียก, กรัม
	d	คือ น้ำหนักของวัสดุแห้ง, กรัม

2. ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)

สุ่มตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ของระบบการอบแห้ง ทำการทดสอบหาปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000) โดยใช้เครื่องวัดเทอร์แอดคิตีวี ยี่ห้อ Aquilab รุ่น CX3TE ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

3. การวัดค่าสี (color)

การวัดค่าสีของมันสำปะหลังสามารถวัดได้โดยเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Portable colorimeter 3NH รุ่น 310 ซึ่งระบบที่ใช้ในระบบ Hunter (L^* , a^* และ b^*) โดยที่ ค่า L^* แสดงความสว่าง มีค่าระหว่าง 0-100 ค่า a^* แสดงค่าสีแดงเมื่อมีค่าเป็นบวก และแสดงค่าสีเขียวเมื่อมีค่าเป็นลบ ส่วนค่า b^* แสดงค่าสีเหลืองเมื่อมีค่าเป็นบวก และแสดงค่าสีน้ำเงินเมื่อมีค่าเป็นลบ โดยนำตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งในขั้นตอนต่างๆ มาทำการวัดค่าสีซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

4. การใช้พลังงานจำเพาะ (Specific energy consumption)

การหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะของระบบอบแห้งมันสำปะหลัง ทำได้โดยตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าด้วยแคลมป์แอมป์มิเตอร์แบบดิจิตอล ยี่ห้อ Kyoritsu รุ่น 2017 ความถูกต้องในการวัดร้อยละ ± 2 แล้วนำค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในระบบอบแห้งไปคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบอบแห้ง และนำความชื้นของมันสำปะหลังก่อนและหลังผ่านระบบการอบแห้ง มาใช้ประกอบการคำนวณหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะ ดังสมการที่ 3

$$SEC = \frac{3.6Ep}{(M_{in}-M_f)W_d} \quad (3)$$

เมื่อ	SEC	คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย
	Ep	คือ พลังงานที่ใช้, กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	M_{in}	คือ ความชื้นเริ่มต้นมาตรฐานแห้ง, เศษส่วน
	M_f	คือ ความชื้นสุดท้ายมาตรฐานแห้ง, เศษส่วน
	W_d	คือ มวลแห้งของวัสดุอบแห้ง, กิโลกรัม

ผลการวิจัย

จากผลการดำเนินการวิจัยแบ่งออกได้เป็น ผลของการอบแห้งมันสำปะหลังแบบดั้งเดิมหรือตากลาน และระบบการอบแห้งในระดับห้องปฏิบัติการ เช่น ปริมาณความชื้นและอุณหภูมิของมันสำปะหลัง ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ และค่าการใช้พลังงานจำเพาะ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในขั้นตอนต่างๆ

จากการนำตัวอย่างมันสำปะหลังที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ในระบบการอบแห้ง ทั้งแบบดั้งเดิมและแบบใหม่ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 พบว่ามันสำปะหลังก่อนการอบแห้งมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 152.99 มาตรฐานแห้ง เมื่อนำไปตากลานบนลานคอนกรีต เป็นเวลา 3 วัน ลดความชื้นลงได้ 139.19 จุด โดยการตากด้วยแสงอาทิตย์เฉพาะเวลากลางวัน 9 ชั่วโมง ต่อวัน รวมเป็นเวลาทั้งสิ้น 27 ชั่วโมง หรือ 1,620 นาที ความชื้นสุดท้ายลดลงเหลือร้อยละ 13.80 มาตรฐานแห้ง และมันสำปะหลังมีอุณหภูมิ 28.3 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวมีแสงแดดค่อนข้างดีตลอดทั้งวัน ขณะเดียวกันมันสำปะหลังที่นำไปอบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดไซเบต ที่อุณหภูมิอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส ความเร็ว 4.5 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดความชื้นลงได้ 63.63 จุด เหลือความชื้นร้อยละ 89.36 มาตรฐานแห้ง มันสำปะหลังมีอุณหภูมิขึ้นเป็น 61.2 องศาเซลเซียส เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนของอากาศร้อนที่ใช้เป็นตัวกลางในการอบแห้ง ทำให้มันสำปะหลังอุณหภูมิสูงขึ้นเข้าใกล้กับอุณหภูมิแห้งสุก (Gelatinization) ซึ่งอยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมันสำปะหลังไปผ่านขั้นตอนการพักตัว (Tempering) เป็นเวลา 60 นาที ช่วยให้ความชื้นลดลงอีก 5.88 จุด จนเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 83.48 มาตรฐานแห้ง ขณะที่อุณหภูมิมันสำปะหลังลดลงเหลือ 50.6 องศาเซลเซียส เนื่องมาจากภาวะที่ใส่อาจมีขนาดใหญ่เกินไปเมื่อเทียบกับปริมาณวัสดุ จึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกมาภายนอกบางส่วน และนำมันสำปะหลังดังกล่าวไปผ่านการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมเป็นเวลา 30 นาที เพื่อลดอุณหภูมิของมันสำปะหลังให้ใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อม โดยความชื้นลดลงอีก 13.67 จุด เหลือความชื้นร้อยละ 69.81 มาตรฐานแห้ง อุณหภูมิมันสำปะหลังลดลงเหลือ 30.4 องศาเซลเซียส และเมื่อนำมันสำปะหลังไปอบแห้งในสภาวะที่เบดนิ่ง (Fixed bed) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความเร็ว 1.2 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 120 นาที สามารถลดความชื้นลงได้ 58.58 จุด เพราะการพักตัวและเป่าลมเย็น ช่วยทำให้ความชื้นภายในแพร่หรือเคลื่อนที่มาบริเวณผิวได้มากขึ้น (Jaiboon P and Meesukchaosaan S, 2009) ส่งผลให้การอบแห้งในขั้นตอนถัดไปทำได้ง่ายยิ่งขึ้น จนเหลือความชื้นสุดท้ายร้อยละ 11.23 มาตรฐานแห้ง ซึ่งมีค่าต่ำกว่าความชื้นที่กำหนดไว้ในมาตรฐานมันสะอาด ในขณะที่อุณหภูมิของมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็น 66.5 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปเก็บรักษาควรลดอุณหภูมิให้มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมก่อน

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของมันสำปะหลังที่ขั้นตอนต่างๆ

เงื่อนไขการอบแห้ง	ความชื้น (% d.b.)	อุณหภูมิมันสำปะหลัง (°C)
ก่อนการอบแห้ง	152.99	28.3
อบแห้งด้วยวิธีการตากลาน เป็นเวลา 1,620 นาที	13.80	52.1
อบแห้งด้วยฟลูอิดไซเบต ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที (FBD1.0)	89.36	61.2
การพักตัว เป็นเวลา 60 นาที (TP 1.0)	83.48	50.6
การเป่าลมเย็นด้วยอากาศแวดล้อม เป็นเวลา 30 นาที (AA 1.0)	69.81	30.4
การอบแห้งด้วยเบดนิ่ง ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 120 นาที (FB1.0)	11.23	66.5

เมื่อเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของวิธีการตากลานและระบบการอบแห้งมันสำปะหลังแบบใหม่ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าวิธีการตากลานใช้ระยะเวลาในการลดความชื้นจากร้อยละ 152.99 มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 13.80 มาตรฐานแห้ง นานถึง 1,620 นาที ในขณะที่ระบบอบแห้งมันสำปะหลังแบบใหม่ใช้เวลาในการอบแห้งเพียงแค่ 220 นาที ซึ่งต่างกันถึง 7 เท่า

2. คุณภาพด้านสีและปริมาณน้ำอิสระ

จากการตรวจสอบคุณภาพด้านสีและปริมาณน้ำอิสระของมันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งในขั้นตอนต่างๆ ของระบบการอบแห้งด้วยวิธีแบบดั้งเดิมหรือการตากลาน และระบบการอบแห้งแบบใหม่ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่ามันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการตากลาน ค่า L ที่แสดงถึงค่าความสว่างน้อยกว่า เมื่อเทียบกับมันสำปะหลังที่ผ่านระบบการอบแห้ง

แบบใหม่ในทุกขั้นตอน ทั้งนี้เพราะว่าความชื้นในระบบอบแห้งแบบใหม่ลดลงได้เร็วกว่าวิธีการตากลาน จึงทำให้มันสำปะหลังมีค่าความสว่างสูงกว่า ซึ่งตรงกันข้ามกับค่าความเป็นสีแดง a และค่าความเป็นสีน้ำเงิน b มันสำปะหลังที่ผ่านการตากลานมีค่าสูงกว่าทุกขั้นตอนของระบบการอบแห้งแบบใหม่ มีลักษณะทางตามรูปที่ 4 ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของมันสำปะหลังในขั้นตอนสุดท้ายของระบบอบแห้งแบบใหม่มีค่าต่ำกว่ากับ 0.60 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานและไม่เกิดเชื้อรา (สุพจน์ และคณะ, 2562) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการตากลาน 0.65

เงื่อนไขการอบแห้ง	ค่าสี (Color)			ปริมาณน้ำอิสระ (a_w)
	L*	a*	b*	
อบแห้งด้วยวิธีการตากลาน เป็นเวลา 1,620 นาที	87.09	2.81	9.68	0.65
อบแห้งด้วยฟลูอิดซ์เบด ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 10 นาที	89.75	1.93	8.04	0.99
การพอกตัว เป็นเวลา 60 นาที	88.71	2.20	8.11	0.98
การเป่าลมเย็นด้วยอากาศแวดล้อม เป็นเวลา 30 นาที	89.63	1.91	7.81	0.98
การอบแห้งด้วยเบดนิ่ง ที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 120 นาที	89.95	1.73	7.37	0.60



(ก) วิธีการตากลาน



(ข) อบแห้งด้วยเครื่องฟลูอิดซ์เบด (FDB)



(ค) การพอกตัวในที่อับอากาศ (TP)



(ง) การเป่าลมเย็นด้วยอากาศแวดล้อม (AA)



(จ) การอบแห้งด้วยเบดนิ่ง (FB)

รูปที่ 4 ลักษณะของมันสำปะหลังที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ในระบบอบแห้ง

3. การใช้พลังงานจำเพาะ

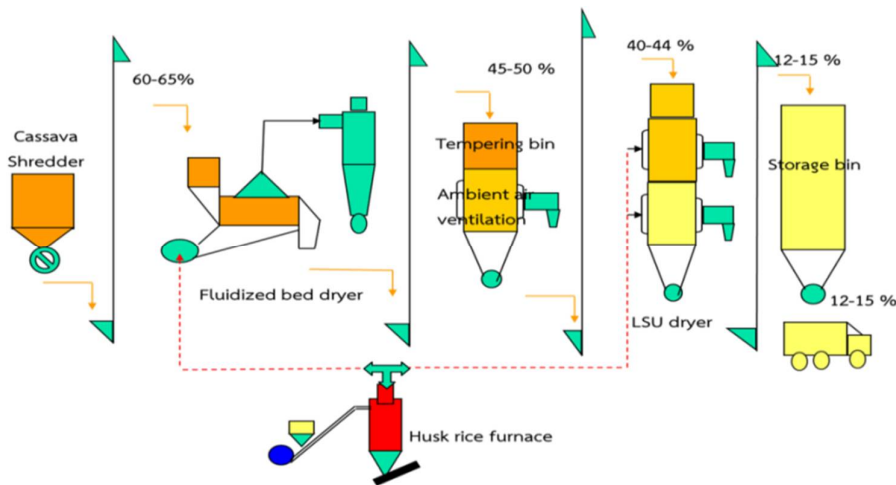
จากการตรวจสอบและวัดปริมาณการใช้พลังงาน พบว่าการอบแห้งมันสำปะหลังด้วยวิธีการตากลานที่อาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์ ถือว่าไม่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการอบแห้ง ส่วนระบบการอบแห้งมันสำปะหลังแบบใหม่ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์สำหรับขับพัดลม (Blower) และอุปกรณ์ให้ความร้อน (Heater) ในขั้นตอนการอบแห้งด้วยฟลูอิดไอซ์เบต การเป่าลมเย็นด้วยอากาศแวดล้อม และขั้นตอนการอบแห้งด้วยเบตนิ่ง มีค่าการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 20.52, 14.35 และ 252.81 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3 เมื่อรวมค่าการใช้พลังงานจำเพาะของระบบการอบแห้งมันสำปะหลังระดับห้องปฏิบัติการทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 287.67 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

ตารางที่ 3 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะในขั้นตอนต่างๆ ของระบบอบแห้ง

เงื่อนไขการอบแห้ง	ความชื้น		พลังงานที่ใช้ (kWh, Ep)	SEC (MJ/kg _{water evap.})
	เริ่มต้น(M _{in})	สุดท้าย(M _f)		
อบแห้งด้วยวิธีการตากลาน เป็นเวลา 1,620 นาที	152.99	13.80	0	0
อบแห้งด้วยฟลูอิดไอซ์เบต ที่อุณหภูมิ 80°C เวลา 10 นาที	152.99	89.36	1.43	20.52
การพักตัว เวลา 60 นาที	89.36	83.48	0.00	0.00
การเป่าลมเย็นด้วยอากาศแวดล้อม เวลา 30 นาที	83.48	69.81	0.22	14.35
อบแห้งด้วยเบตนิ่ง ที่อุณหภูมิ 80 °C เวลา 120 นาที	69.81	11.23	16.26	252.81

บทสรุป

จากการวิจัย โดยการนำมันสำปะหลังสายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มาหั่นให้มีลักษณะทรงลูกบาศก์หรือลูกเต๋า ก่อนนำไปผ่านระบบการอบแห้งแบบใหม่ในระดับห้องปฏิบัติการและวิธีการตากลาน พบว่าในการลดความชื้นจากร้อยละ 152.99 มาตรฐานแห้ง ให้เหลือความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 13.80 มาตรฐานแห้ง กรณีระบบอบแห้งมันสำปะหลังแบบใหม่จะใช้เวลาในการอบแห้งเพียงแค่ 220 นาที ในขณะที่วิธีการตากลานใช้เวลาถึง 1,620 นาที ซึ่งต่างกันมากกว่า 7 เท่า ขณะที่อุณหภูมิมันสำปะหลังยังต่ำกว่าอุณหภูมิเป้งสุกมาก ส่วนค่าสี L* a* b* ของมันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการตากลาน มีค่า L* ที่แสดงถึงค่าความสว่างน้อยกว่า ที่ผ่านระบบการอบแห้งแบบใหม่ในทุกขั้นตอน ซึ่งตรงกันข้ามกับค่าความเป็นสีแดง a* และค่าความเป็นสีน้ำเงิน b* มันสำปะหลังที่ผ่านการตากลานมีค่าสูงกว่าระบบการอบแห้งแบบใหม่ ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของมันสำปะหลังในขั้นตอนสุดท้ายของระบบอบแห้งแบบใหม่มีค่าต่ำกว่ากับ 0.60 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นและไม่ทำให้เกิดเชื้อรา ในขณะที่มันสำปะหลังที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการตากลานมีค่าเท่ากับ 0.65 และเมื่อคิดค่าการใช้พลังงานจำเพาะของระบบการอบแห้งมันสำปะหลังในระดับห้องปฏิบัติการ มีค่าเท่ากับ 287.67 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย จากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบอบแห้งมันสำปะหลังระดับอุตสาหกรรมเพื่อผลิตมันเส้นสะอาดในเชิงพาณิชย์ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมระบบอบแห้งมันสำปะหลังในระดับอุตสาหกรรมเพื่อผลิตมันเส้นสะอาดในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก ที่อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพมันสำปะหลัง บริษัท ซีซีเอส คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่อนุเคราะห์สถานที่ติดตั้งเครื่องอบแห้งและอำนวยความสะดวกในส่วนของการทดลอง และบริษัท เจพี เฟิร์ท เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ที่ช่วยซ่อมและปรับปรุงเครื่องอบแห้งในระดับห้องปฏิบัติการให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ ทำให้งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมค้าต่างประเทศ. (2544, 20, 07). เรื่องการกำหนดคุณภาพและมาตรฐานมันเส้นสะอาด. กระทรวงพาณิชย์.
- มนูญ สุขสวัสดิ์ วัทัญญ รอดประพัฒน์ กิตติศักดิ์ วิธินันทกิตต์ และมานพ กาญจนบุรังกูร. (2555). การอบแห้งอาหารปลาด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชันระดับห้องปฏิบัติการ. ใน การประชุมสัมมนาวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออกครั้งที่ 5 14-16 พฤษภาคม 2555. ณ โรงแรมแกรนด์จอมเทียน พาเลซ พัทยา ชลบุรี. 104-111.
- สุพจน์ เอี่ยมเขียว วัทัญญ รอดประพัฒน์ และประพฤติ พรหมสมบูรณ์. (2562) การอบแห้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิคฟลูอิดเซชัน. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 10 “วิจัยและนวัตกรรม นำสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน” 19-20 กันยายน 2562. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. B53-B63.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th edition. Association of official analytical chemists. Maryland: Gaithersburg.
- Jaiboon P., Prachayawarakorn S., Devahasin S. and Soponronnarit S. (2009). Effects of fluidized bed drying temperature and tempering time on quality of waxy rice. Food Engineering Journal. 95(3): 517-524.

Natthapol P., Wetchacama, S. and Soponronnarit S. (2013). Managing moist paddy by fluidization drying tempering and ambient air ventilation. *KKU Res. J.* 18(2): 311-24.

Rordprapat, W., Soponronnarit, S. and Wetchacama, S. (2003). Paddy drying system in rice mills. *Science Journal, Agricultural University.* 125 – 133.

การปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่มของโรงงานกวิณณาน้ำดื่ม จังหวัดกระบี่ Process Improvement of Drinking Water Production of Kawinna Drinking Water Factory, Krabi Province

ฤดี นียมรัตน์^{1*} ศศิมาภรณ์ แซ่ลี¹ และสุदारัตน์ ราชบุญศรี¹
Ruedee Niyomrath^{1*}, Sasimaporn Saelee¹ and Sudarat Ratboonsuek¹

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กรุงเทพมหานคร
*s61122502007@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่มของโรงงานกวิณณาน้ำดื่ม จังหวัดกระบี่ โดยการลดความสูญเสียเปล่าในการผลิต 7 ประการ ด้วยหลัก ECRS ตามขั้นตอนการดำเนินงานของวงจรเดมมิง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผังการไหลของกระบวนการ แผนภูมิกระบวนการ และแผนภูมิแท่ง ผลการวิจัยพบว่ากระบวนการผลิตน้ำดื่มมี 14 กิจกรรม ใช้พนักงานทั้งหมด 8 คน เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อรอบกระบวนการเฉลี่ย 318.4 วินาที ระยะทางการเคลื่อนย้าย 6.6 เมตร ข้อผิดพลาดที่พบคือ (1) ในกิจกรรมเคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพานมีพนักงาน 2 คน โดยพนักงานใช้มือข้างเดียวในการเคลื่อนย้ายถัง (2) ในกิจกรรมการล้างฝาถังเกิดการว่างงานจากการรอรถที่ขนส่งถังเปล่าและฝา และ (3) พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าไม่เพียงพอ หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่มด้วยหลักการ ECRS โดย (1) การกำจัด ด้วยการลดจำนวนพนักงานเคลื่อนย้ายถังจาก 2 คนเหลือ 1 คนให้เคลื่อนย้ายถังครั้งละ 2 ถัง (2) การรวมกัน โดยให้พนักงานล้างฝามาช่วยจัดเรียงถังบนสายพาน (3) การจัดใหม่ โดยจัดพื้นที่ว่างให้เป็นที่จัดเก็บน้ำดื่ม และ (4) การทำให้ง่าย ด้วยการปรับปรุงเครื่องล้างถังภายนอก ผลการปรับปรุง พบว่า เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิต 303.6 วินาที (ลดลง 14.8 วินาที) ระยะทางการเคลื่อนย้ายคงเดิม (6.6 เมตร) และลดจำนวนพนักงานลง 1 คน เหลือ 7 คน

คำสำคัญ: การปรับปรุงกระบวนการ การผลิตน้ำดื่ม หลัก ECRS วงจรเดมมิง ความสูญเสียเปล่า

Abstract

The objective of this research was to improve the drinking water production process of the Kawinna drinking water factory, Krabi province by reducing 7 waste in production by ECRS principle and according to the operation of the Deming cycle. Instruments used in the research were flow process chart, flow chart, and bar chart. The results showed that the drinking water production process had 14 activities, 8 employees, the average production time per a process cycle was 318.4 seconds, the distance of 6.6 meters. The process error found were; (1) In the activity of moving drinking water from the conveyor belt, there are 2 employees in which use one hand to move the water bottle. (2) In the activity of washing the bottle lid, there is an

unemployment due to waiting for the car to transport the empty water bottle and lid, and (3) less of storage space. After improving the drinking water production process using ECRS principles by; (1) Elimination by reducing the number of staff moving the water bottle from 2 people to 1 person, move 2 bottles at a time, (2) Combine by having the staff to wash the bottle lid to help arrange the bottle on the conveyor, (3) Rearrange by providing space to store drinking water, and (4) Simplify by improving the external water bottle washers. The improvement results showed that the average time spent in production was 303.6 seconds (reduced by 14.8 seconds), the distance remained the same (6.6 meters), and reduced the number of employees to 1 person to 7 people.

Keywords: Process improvement, Drinking water production, ECRS, Deming cycle, Wastes

บทนำ

ปีพ.ศ. 2562 ธุรกิจผลิตน้ำดื่มมีมูลค่าตลาดประมาณ 4,000 ล้านบาทต่อปี มีผู้ประกอบการทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ รวมกันประมาณ 2,000 ราย การผลิตน้ำดื่มมีแนวโน้มขยายตัวได้อีกมากจากหลายปัจจัย เช่น ปัญหาความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำธรรมชาติ มลภาวะจากแหล่งต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ รวมถึงจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น น้ำดื่มจึงเป็นปัจจัยสำคัญ โดยเฉพาะผู้ที่พักอาศัยในเมืองใหญ่ที่เป็นศูนย์รวมของธุรกิจและอาชีพ ส่งผลให้มีผู้ประกอบการที่สนใจประกอบธุรกิจผลิตน้ำดื่มเพิ่มขึ้นร้อยละ 20-30 ต่อปี (บริษัทตารา วอเตอร์ จำกัด, 2562) ซึ่งปัญหาของธุรกิจผลิตน้ำดื่ม คือ การแข่งขันด้านราคาของผู้ประกอบการขนาดเล็กแข่งขันกับผู้ประกอบการขนาดใหญ่ไม่ได้ เนื่องจากผู้ประกอบการขนาดใหญ่ที่มีผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นร่วมด้วย รวมทั้งการมีส่วนแบ่งทางการตลาดเป็นของตนเอง สำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็กผลิตน้ำดื่มให้สถานีบริการน้ำมันและแก๊สเพื่อใช้ส่งเสริมการขาย จึงมีปัญหาระงับราคาขายเพราะมีต้นทุนการผลิตและมีมาตรฐานที่ได้รับการรับรองเทียบเท่าผู้ประกอบการขนาดใหญ่ อีกทั้งมีการแข่งขันสูงระหว่างผู้ประกอบการขนาดเล็กด้วยกันเอง แม้ปัจจุบันมีโรงงานผลิตน้ำดื่มที่มีมาตรฐานเพียงพอ แต่มีปัญหาทางด้านต้นทุน ด้านการตลาด รวมทั้งค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เพื่อการขนส่ง (อนิรุทธิ์ จาริภรธรรม, 2559) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้บริหารจะต้องอาศัยชั้นเชิงในการบริหารที่เหนือกว่าคู่แข่งหรืออาศัยความว่องไวในการปรับตัวให้ทันต่อภาวะการแข่งขันที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในการจัดการการผลิตหรือการบริหารการผลิต ผู้บริหารต้องประสบปัญหากับการตัดสินใจหลายอย่าง ซึ่งการตัดสินใจนั้นๆ ประกอบไปด้วยกิจกรรมที่ผู้บริหารต้องทำเพื่อที่จะผลิตสินค้าที่มีคุณภาพตอบสนองความต้องการของลูกค้า (สมเกียรติ กอบัวแก้ว, 2552 น. 1, 28) ทั้งนี้ในการบริหารและการจัดการเป็นต้นทุนของผลิตภัณฑ์และเป็นส่วนหนึ่งของปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต เป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียเวลา และกระบวนการผลิตไม่ต่อเนื่อง ซึ่งหากผู้ประกอบการสามารถหามาตรการรองรับเพื่อลดค่าใช้จ่ายและลดความสูญเสียจากกระบวนการผลิตนี้ได้ จะช่วยเพิ่มโอกาสการแข่งขันทางธุรกิจกับคู่แข่งในตลาดเดียวกันได้อย่างดี และเป็นส่วนสนับสนุนที่ส่งผลประกอบการโดยรวมดีขึ้น โรงงานผลิตน้ำดื่มจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร (อรรถพร อ่าวขวัญยืน, 2557) ซึ่งในการปรับปรุงกระบวนการผลิตนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้เทคนิคลีน (Lean technique) แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่า (Value stream mapping; VSM) ไคเซ็น (Kaizen) การระดมสมอง (Brain storming) การวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic layout planning; SLP) QC Story การออกแบบกระบวนการใหม่ (Process redesign) และทฤษฎี ECRS เป็นต้น โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

จินตรัตน์ ศรีสุพรรณ (2557) การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนแกนกระบอกเคลื่อนที่ลงตามแรงดันน้ำมัน ซึ่งมีการวางแผนที่จะเพิ่มขีดความสามารถการผลิต เพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นของลูกค้าของชุดปั๊มในระบบหัวฉีดน้ำมันแบบคอมมอนเรลโดยได้นำหลักการไคเซ็นและแนวความคิดแบบลีนมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งการศึกษาเบื้องต้นพบว่าในสายการผลิตประกอบด้วยชุดเครื่องจักร 4 เครื่องเป็นขั้นตอนสำคัญที่เป็นคอขวดในการผลิตชิ้นงาน ภายหลังจากติดตั้งระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต ผลการวิจัยพบว่า สามารถลดจำนวนพนักงานจาก 2 คน เหลือพนักงาน 1 คน และลดต้นทุนในการผลิตกว่า 200,000 บาท ต่อปี (ต้นทุนการผลิตลดลงร้อยละ 50.1) มีระยะเวลาคืนทุน 1.27 ปี

กฤต จันทระสมัย และอรอุมา ลาสุนนท์ (2560) ศึกษาเรื่องการออกแบบผังโรงงานและปรับปรุงกระบวนการผลิตประตูไม้บานเลื่อน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบผังโรงงานและปรับปรุงกระบวนการผลิตประตูไม้บานเลื่อน โดยการประยุกต์ใช้หลักการของการวางผังโรงงานอย่างมีระบบและหลักการ ECRS (กำจัด รวม จัดลำดับใหม่ ทำให้ง่าย) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดเวลาในการทำงาน เวลาในการเคลื่อนที่และเวลาในการผลิตรวมต่อชุดให้น้อยลง โดยขั้นตอนในการวิจัยเริ่มจากการบันทึกข้อมูลด้วยแผนภูมิกระบวนการผลิตและแผนภูมิการไหล แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยผังแสดงเหตุและผล จากนั้นทำการออกแบบผังโรงงานและปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อทำการเปรียบเทียบเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตประตูไม้บานเลื่อน โดยการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมโปรโมเดล ผลการวิจัยพบว่า สามารถลดเวลาในการทำงานโดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7 จากเดิม 51.90 ชั่วโมง เหลือ 48.30 ชั่วโมง ลดเวลาเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ประมาณร้อยละ 80 จากเดิม 43.30 นาที เหลือ 8.80 นาที และลดระยะเวลาในการผลิตรวมประมาณร้อยละ 8 จากเดิม 52.60 ชั่วโมงต่อชุด เหลือ 48.40 ชั่วโมงต่อชุด

กณิศร ภูนิคม (2560) ศึกษาเรื่องการปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคการปรับปรุงงานกรณีศึกษา โรงงานน้ำดื่มไป๋แม่เขียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดต้นทุนด้านเวลาและแรงงาน ให้กับผู้ประกอบการ โดยโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นโรงงานผลิตน้ำดื่มขนาดย่อมในจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งมีผลิตภัณฑ์หลักคือน้ำดื่มบรรจุถังขนาด 20 ลิตร น้ำดื่มบรรจุขวดขนาด 600 มิลลิลิตร และ ขนาด 300 มิลลิลิตรและใช้แรงงานคนในการผลิตเป็นหลัก หลังจากศึกษาขั้นตอนการทำงานในปัจจุบันแล้วพบว่า กระบวนการผลิตเป็นไปด้วยความล่าช้าและมีการรอคอยของพนักงานซึ่งเป็นการเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเครื่องมือทางวิศวกรรมอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การศึกษางาน การจับเวลา การใช้แผนผังก้างปลา การใช้แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart) และหลักการ ECRS มาช่วยแก้ปัญหาให้กับโรงงาน ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการปรับปรุงการทำงานสามารถลดเวลาความสูญเปล่าในการทำงานได้จากเดิม 254.40 วินาที เหลือ 174.16 วินาที ลดลงไป 80.24 วินาที คิดเป็นร้อยละ 32.17

อัจฉรา ผ่องพิทยา (2560) ศึกษาเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าดิบโดยใช้หลักการ ECRS กรณีศึกษา บริษัทแห่งหนึ่ง ในเขตอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษากระบวนการผลิตผ้าดิบ และ (2) การปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าดิบโดยใช้หลักการ ECRS เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต และแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์กระบวนการผลิตและการปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าดิบโดยใช้หลักการ ECRS ผลการวิจัยพบว่า (1) กระบวนการผลิตผ้าดิบประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 นำด้ายใส่เข้าเครื่องจักรทอผ้า ขั้นตอนที่ 2 ตั้งค่าเครื่องจักรทอผ้า ขั้นตอนที่ 3 ทอผ้าด้วยเครื่องจักรทอผ้า ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบงาน และ ขั้นตอนที่ 5 บรรจุภัณฑ์ และ (2) การปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าดิบโดยใช้หลักการ ECRS ลดขั้นตอนของกระบวนการผลิตผ้าดิบ จากเดิม 5 ขั้นตอน เหลือ 4 ขั้นตอน โดยการรวมขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบงาน และขั้นตอนที่ 5 บรรจุภัณฑ์ ไว้ด้วยกันเป็นขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบงานและบรรจุภัณฑ์ ทำให้เวลาในการทำงานลดลง คือ ขั้นตอนที่

4 ตรวจสอบงาน 9.43 นาที/ชิ้น และขั้นตอนที่ 5 บรรจุภัณฑ์ 10.85 นาที/ชิ้น รวมเป็น 20.28 นาที/ชิ้น เหลือเวลาดลง หลังจากรวม 2 ขั้นตอนแล้วเหลือ 12.61 นาที/ชิ้น เวลาการทำงานลดลง 6.67 นาที/ชิ้น คิดเป็นเวลาทีลดลงร้อยละ 5.94 โรงงานกวนฉนวนน้ำดื่ม ตั้งอยู่ที่ตำบลเกาะลันตาใหญ่ อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ เริ่มก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ.2553 จนถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2563) เป็นเวลา 9 ปี ได้รับอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และดำเนินการผลิตตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดภายใต้ระบบจีเอ็มพี (GMP) มีการผลิตน้ำดื่มจำนวน 3 ขนาดบรรจุ คือ ขนาด 18 ลิตรต่อถัง ขนาด 1,500 มิลลิลิตรต่อขวด และขนาด 600 มิลลิลิตรต่อขวด จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตน้ำดื่มทั้ง 3 ขนาด พบว่าขั้นตอนการผลิตน้ำดื่มขนาด 18 ลิตร มีขั้นตอนการดำเนินงานที่เกิดความสูญเปล่า ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ทฤษฎี ECRS โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่ม และเพื่อลดขั้นตอน ลดเวลาในการปฏิบัติงาน รวมทั้งลดการดำเนินงานที่สูญเปล่า เกิดความผิดพลาดในกระบวนการผลิตน้อยลง

วัตถุประสงค์ และวิธีการ

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนการวิจัย มี 4 ขั้นตอน ได้แก่

1. ศึกษากระบวนการผลิต และวิเคราะห์กระบวนการผลิต โดยศึกษาข้อมูลการผลิตที่นำสู่ความสูญเปล่า 7 ประการ ได้แก่ (1) ปริมาณคงคลัง (2) การรอคอย (3) ข้อผิดพลาดที่พบในกระบวนการผลิต (4) การเคลื่อนย้ายงาน (5) จำนวนคน (6) เวลา และ (7) ระยะทาง โดยการสังเกตและบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกกระบวนการผลิต และนำเสนอเป็นแผนภูมิกระบวนการ (flow chart) เก็บข้อมูลนาน 5 วัน วันละ 4 รอบกระบวนการผลิต โดยการสุ่มเวลาการจัดเก็บข้อมูล ได้ข้อมูลรวม 20 รอบกระบวนการผลิต นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการหาค่าเฉลี่ยของระยะทางและเวลาของแต่ละกิจกรรมพิจารณาข้อมูลด้านการปฏิบัติงาน (operation) การขนย้าย (transportation) ความล่าช้า (delay) การตรวจสอบ (inspection) และการเก็บรักษา (storage) นำมาเขียนเป็นผังการไหลของกระบวนการ (flow process chart)

2. ปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการพิจารณาเปลี่ยนแปลงแก้ไขขั้นตอน หรือกิจกรรมในกระบวนการผลิตภายใต้หลักการ ERCS ได้แก่ (1) การกำจัด โดยการพิจารณาการทำงานปัจจุบันและการกำจัดความสูญเปล่า (2) การรวมกัน โดยการรวมขั้นตอนเป็นขั้นตอนหรือกิจกรรมเดียวกันได้ (3) การจัดใหม่ โดยการจัดขั้นตอนการผลิตใหม่เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นหรือการรอคอย และ (4) การทำให้ง่าย โดยการปรับปรุงการทำงานให้ง่ายและสะดวกขึ้น เพื่อให้การทำงานสะดวก

3. นำไปใช้ และติดตามผล โดยการนำกระบวนการผลิตที่ได้รับการปรับปรุง นำเสนอต่อผู้บริหารเพื่อขออนุญาตใช้กระบวนการที่ปรับปรุงใหม่รวมทั้งการอบรมพนักงานฝ่ายผลิต เรื่องกระบวนการทำงานใหม่ เพื่อให้ทุกคนได้รับทราบและปฏิบัติตามวิธีที่กำหนดไว้ สังเกตและบันทึกข้อมูลจากแบบบันทึกกระบวนการผลิต เป็นเวลา 5 วัน วันละ 4 รอบกระบวนการ ได้ข้อมูลรวม 20 รอบกระบวนการผลิต และนำมาเขียนเป็นผังการไหลของกระบวนการ

4. ทำมาตรฐาน โดยจัดทำวิธีปฏิบัติงาน (work instruction) นำเสนอต่อผู้บริหาร เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการผลิต

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำดื่มของโรงงานกวนฉนวนน้ำดื่ม จังหวัดกระบี่ ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธี ECRS มีผลการวิจัยดังนี้

- 1.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิต

ผลการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตพบว่าการผลิตน้ำดื่มมีขั้นตอนการผลิตทั้งหมด 14 กิจกรรม ที่เป็นการทำงาน 7 กิจกรรม การเคลื่อนย้ายงาน 5 กิจกรรม ไม่มีการรอคอย การตรวจสอบ 1 กิจกรรม และการจัดเก็บสินค้า 1 กิจกรรม ข้อผิดพลาดที่พบในกระบวนการผลิต ได้แก่ (1) ในกิจกรรมการล้างฝาล้างเกิดการว่างงานจากการรอรถที่ขนส่งถึงเปล่าและฝา (2) ในกิจกรรมเคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพานมีพนักงาน 2 คน โดยพนักงานใช้มือข้างเดียวในการเคลื่อนย้ายถึง และ (3) พื้นที่ในการจัดเก็บไม่เพียงพอ แสดงดังรูปที่ 1

ผังการไหลของกระบวนการผลิต	<input checked="" type="checkbox"/> คน	<input type="checkbox"/> วัสดุ	<input type="checkbox"/> เครื่องจักร		
ชื่อบริษัท: โรงงานกวินณาน้ำดื่ม	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอแนะ	ลดลง
กรรมวิธี: กระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุถัง 18 ลิตร	การปฏิบัติ (VA)	○	7	-	-
	การขนส่ง (NNVA)	⇒	5	-	-
	การรอคอย (NVA)	⊐	0	-	-
<input checked="" type="checkbox"/> วิธีปัจจุบัน <input type="checkbox"/> วิธีปรับปรุง	การตรวจสอบ (NVA)	□	1	-	-
ตำแหน่งที่ตั้ง: อ.เกาะรัตน จ.กระบี่	การเก็บ (NVA)	▽	1	-	-
ผู้บันทึก: ปุณณิสา จันทร์แก้ว และมัลลิกา นนพิมพ์	ระยะทาง (เมตร)		6.6	-	-
วันที่ 25-29 ธันวาคม 2562	เวลา (นาที)		5.307	-	-

รายการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
			○	⇒	⊐	□	▽	
1. ล้างฝา	-	165.3	●	⇒	⊐	□	▽	8 คน
2. ตรวจสอบคัตดั่งที่ชำรุด หรือมีตะไคร่	-	2.75	○	⇒	⊐	□	▽	1 คน
3. เคลื่อนย้ายถังไปจัดล้างภายนอกด้วยน้ำยา	0.35	4.3	○	⇒	⊐	□	▽	1 คน
4. ชัดล้างถังภายนอกด้วยน้ำยา	-	31.3	●	⇒	⊐	□	▽	1 คน
5. เคลื่อนย้ายถังไปล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ทั้งภายนอกและภายใน	1	4.1	○	⇒	⊐	□	▽	1 คน
6. ล้างถังด้วยน้ำบริสุทธิ์	-	24.1	●	⇒	⊐	□	▽	1 คน
7. เคลื่อนย้ายถังไปจัดเรียงบนสายพาน	1.25	12.5	○	⇒	⊐	□	▽	1 คน
8. กดปุ่มทำงานเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	-	1	●	⇒	⊐	□	▽	1 คน
9. บรรจุน้ำใส่ถังด้วยเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	-	21	●	⇒	⊐	□	▽	1 คน
10. ปิดฝาล้าง และหุ้มพลาสติกที่ฝาล้าง	-	3.15	●	⇒	⊐	□	▽	1 คน
11. ปิดพลาสติกหุ้มฝา	-	4	●	⇒	⊐	□	▽	1 คน
12. เคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพาน	3	10.1	○	⇒	⊐	□	▽	2 คน
13. จัดเก็บถังพื้นที่จัดเก็บสินค้า	-	5.55	○	⇒	⊐	□	▽	1 คน
14. เคลื่อนย้ายน้ำที่บรรจุเรียบร้อยแล้วพร้อมจัดส่ง	1	29.95	○	⇒	⊐	□	▽	3 คน
รวม	6.6	318.4						

รูปที่ 1 แสดงผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำดื่มก่อนการปรับปรุง

1.2 ปรับปรุงกระบวนการผลิต

ปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการเปลี่ยนแปลงแก้ไขขั้นตอนหรือกิจกรรมในกระบวนการผลิตภายใต้หลักการ ECRS ดังต่อไปนี้

1.2.1 การกำจัด จากข้อผิดพลาดที่พบในกระบวนการผลิตกิจกรรมที่ 12 คือ เคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพานไปให้พนักงานที่จัดเก็บ มีพนักงานปฏิบัติงาน 2 คน โดยพนักงานใช้มือข้างเดียวในการเคลื่อนย้ายถัง ซึ่งหากพนักงานใช้ 2 มือในการเคลื่อนย้ายถังข้างละ 1 ถัง จะสามารถใช้พนักงานในขั้นตอนนี้เพียง 1 คน จึงปรับปรุงโดยลดจำนวนพนักงานให้เหลือเพียง 1 คน

1.2.2 การรวมกัน จากข้อผิดพลาดที่พบในกิจกรรมที่ 7 เคลื่อนย้ายถังไปจัดเรียงบนสายพาน มีพนักงานปฏิบัติงาน 1 คน เนื่องจากกิจกรรมที่ 1 การล้างฝาถัง เมื่อพนักงานล้างฝาเสร็จแล้วเกิดการว่างงานจากการรอรถที่ขนส่งถังเปล่าและฝา จึงปรับปรุงโดยให้มาช่วยขั้นตอนการจัดเรียงถังบนสายพานซึ่งสามารถทำงานร่วมกันได้เพื่อความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน และลดการว่างงาน

1.2.3 การจัดใหม่ จากข้อผิดพลาดที่พบในกระบวนการผลิตเรื่องพื้นที่จัดเก็บสินค้า ก่อนปรับปรุงพื้นที่จัดเก็บสินค้ามีความคับแคบและมีพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการจัดเก็บน้ำดื่มจำนวน 1,500 ถังต่อวัน ก่อนที่จะเคลื่อนย้ายขึ้นรถเพื่อจัดส่ง แสดงดังรูปที่ 2(ก) หลังปรับปรุงมีการขยายพื้นที่จัดเก็บสินค้าโดยใช้พื้นที่ว่างเปล่าที่ห่างกับพื้นที่จัดเก็บเดิม 1.5 เมตร ทำการต่อเติมให้มีพื้นที่เพียงพอต่อการจัดเก็บสินค้า แสดงดังรูปที่ 2(ข) และสามารถจัดเก็บสินค้าจากการผลิตที่เพิ่มขึ้นได้อีก 72 ถัง โดยระยะทางในการเคลื่อนย้ายไปจัดเก็บยังคงเดิม (3 เมตร) แต่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นจากเดิม 3.35 วินาที



(ก) ก่อนปรับปรุง



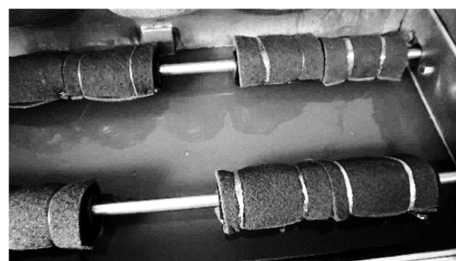
(ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 2 แสดงภาพพื้นที่จัดเก็บสินค้าก่อนและหลังปรับปรุง

1.2.4 การทำได้ง่าย จากกระบวนการผลิตกิจกรรมที่ 4 ชัดถังภายนอกด้วยน้ำยา ก่อนปรับปรุงมีการใช้ปลอกยางที่หุ้มแกนเหล็กหมุนอัตโนมัติของเครื่องล้างถังด้วยน้ำยาในการล้างถัง ซึ่งล้างถังไม่สะอาดเนื่องจากปลอกยางไม่ดูดซับน้ำยาและปลอกยางไม่สามารถขจัดคราบบนถังได้หมด ทำให้พนักงานต้องคอยขัดถังในจุดที่ไม่สะอาด แสดงดังรูปที่ 3(ก) หลังปรับปรุงมีการใช้ฟองน้ำไปติดทับบนปลอกยางที่หุ้มแกนเหล็กหมุนอัตโนมัติชุดเดิม ซึ่งสามารถช่วยให้พนักงานล้างถังได้เร็วขึ้น และทำให้ถังสะอาดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากฟองน้ำสามารถดูดซับน้ำยาและยังช่วย แสดงดังรูปที่ 3(ข)



(ก) ก่อนปรับปรุง



(ข) หลังปรับปรุง

รูปที่ 3 แสดงภาพพื้นที่จัดเก็บสินค้าก่อนและหลังปรับปรุง

1.3 นำไปใช้และติดตามผล

นำไปใช้และติดตามผล โดยนำกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงเสนอต่อผู้บริหาร และอบรมกับพนักงานฝ่ายผลิต เรื่อง กระบวนการทำงานใหม่ เพื่อให้ปฏิบัติตามวิธีที่กำหนดไว้ ติดตามผล โดยสังเกตและบันทึกข้อมูลลงในผังการไหลของ กระบวนการ จำนวน 20 รอบกระบวนการพบว่า กระบวนการผลิตน้ำดื่มมีทั้งหมด 14 กิจกรรม ใช้เวลาการผลิตรวมเฉลี่ยรวม 303.6 วินาที แสดงดังรูปที่ 4

ผังการไหลของกระบวนการผลิต	<input checked="" type="checkbox"/> คน	<input type="checkbox"/> วัสดุ	<input type="checkbox"/> เครื่องจักร			
ชื่อบริษัท: โรงงานกวนฉนวนน้ำดื่ม	สัญลักษณ์		ปัจจุบัน	เสนอแนะ	ลดลง	
กรรมวิธี: กระบวนการผลิตน้ำดื่มบรรจุถัง 18 ลิตร	การปฏิบัติ (VA)	<input type="radio"/>	7	-	-	
	การขนส่ง (NNVA)	<input checked="" type="radio"/>	5	-	-	
	การรอคอย (NVA)	<input type="radio"/>	0	-	-	
<input type="checkbox"/> วิธีปัจจุบัน <input checked="" type="checkbox"/> วิธีปรับปรุง	การตรวจสอบ (NVA)	<input type="radio"/>	1	-	-	
ตำแหน่งที่ตั้ง: อ.เกาะรัตน จ.กระบี่	การเก็บ (NVA)	<input checked="" type="radio"/>	1	-	-	
ผู้บันทึก: ปุณณิศา จันทร์แก้ว และมัลลิกา นนพิมพ์ วันที่ 25-29 ธันวาคม 2562	ระยะทาง (เมตร)		6.6	-	-	
	เวลา (นาที)		5.06	-	-	

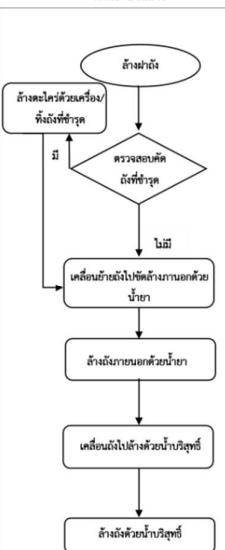






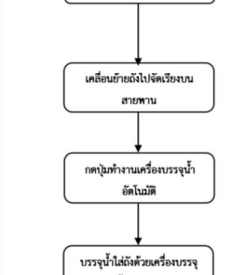






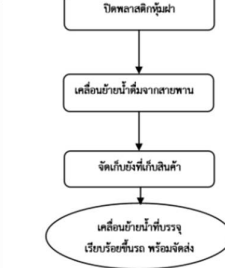



รายการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (วินาที)	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
1. ล้างฝา	-	165.3	○ → D □ ▽	8 คน
2. ตรวจสอบคัตถังที่ชำรุด หรือมีตะไคร่น้ำ	-	2.75	○ → D □ ▽	1 คน
3. เคลื่อนย้ายถังไปขัดล้างภายนอกด้วยน้ำยา	0.35	4.15	○ → D □ ▽	1 คน
4. ขัดล้างถังภายนอกด้วยน้ำยา	-	13.25	○ → D □ ▽	1 คน
5. เคลื่อนย้ายถังไปล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ทั้งภายนอกและภายใน	1	4.75	○ → D □ ▽	1 คน
6. ล้างถังด้วยน้ำบริสุทธิ์	-	23	○ → D □ ▽	1 คน
7. เคลื่อนย้ายถังไปจัดเรียงบนสายพาน	1.25	6.85	○ → D □ ▽	1 คน
8. กดปุ่มทำงานเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	-	1	○ → D □ ▽	1 คน
9. บรรจุน้ำใส่ถังด้วยเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	-	21	○ → D □ ▽	1 คน
10. ปิดฝาถัง และหุ้มพลาสติกที่ฝาถัง	-	3.8	○ → D □ ▽	1 คน
11. ปิดพลาสติกหุ้มฝา	-	4	○ → D □ ▽	1 คน
12. เคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพาน	3	13.45	○ → D □ ▽	1 คน
13. จัดเก็บถังพื้นที่จัดเก็บสินค้า	-	5.95	○ → D □ ▽	1 คน
14. เคลื่อนย้ายน้ำที่บรรจุเรียบร้อยขึ้นรถและพร้อมจัดส่ง	1	34.35	○ → D □ ▽	3 คน
รวม	6.6	303.60		

รูปที่ 4 แสดงผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำดื่มหลังการปรับปรุง

จากการนำกระบวนการผลิตไปใช้และติดตามผลพบว่า กระบวนการผลิตน้ำดื่มมีทั้งหมด 14 กิจกรรม เวลาเท่าเดิม 5 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 ล้างฝาถัง กิจกรรมที่ 2 ตรวจสอบคัตถังที่ชำรุด หรือมีตะไคร่ กิจกรรมที่ 8 กดปุ่มทำงานเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ กิจกรรมที่ 9 บรรจุน้ำใส่ถังด้วยเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ และกิจกรรมที่ 11 ปิดพลาสติกหุ้มฝา สามารถลดเวลาลงได้ 4 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 3 เคลื่อนย้ายถังไปขัดล้างภายนอกด้วยน้ำยาใช้เวลาเฉลี่ยลดลง 0.15 วินาที กิจกรรมที่ 4 ขัดล้างถังภายนอกด้วยน้ำยาใช้เวลาเฉลี่ยลดลง 18.05 วินาที กิจกรรมที่ 6 ล้างถังด้วยน้ำบริสุทธิ์ทั้งภายนอกและภายในใช้

เวลาเฉลี่ยลดลง 1.1 วินาที และกิจกรรมที่ 7 เคลื่อนย้ายถังไปจัดเรียงบนสายพานใช้เวลาเฉลี่ยลดลง 5.65 วินาที เวลาที่ลดรวม 24.95 วินาที ใช้เวลาเพิ่มขึ้น 5 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 5 เคลื่อนย้ายถังไปล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ใช้เวลาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.65 วินาที กิจกรรมที่ 10 ปิดฝาถัง และหุ้มพลาสติกที่ฝาถังใช้เวลาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.65 วินาที กิจกรรมที่ 12 เคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพานโดยให้พนักงานใช้ 2 มือในการเคลื่อนย้ายถังข้างละ 1 ถังใช้เวลาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.39 วินาที กิจกรรมที่ 13 จัดเก็บยังพื้นที่จัดเก็บสินค้าใช้เวลาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.4 วินาที และกิจกรรมที่ 14 เคลื่อนย้ายน้ำที่บรรจุเรียบร้อยแล้วพร้อมจัดส่งใช้เวลาเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.4 วินาที เวลาเพิ่มรวม 9.45 วินาที

1.4 ทำมาตรฐาน ทำมาตรฐาน โดยทำวิธีปฏิบัติงาน (work instruction) ที่ประกอบด้วยรายละเอียดเรื่องขั้นตอนวิธีการทำงาน ผังกระบวนการ ภาพประกอบแต่ละขั้นตอน ลักษณะกิจกรรม เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ และมาตรฐานการทำงาน นำเสนอต่อผู้บริหารเพื่อแสดงในพื้นที่ปฏิบัติงาน (ภาพที่ 5) ใช้เป็นมาตรฐานในการผลิตน้ำดื่มของโรงงานกวิณาน้ำดื่ม

ขั้นตอนการผลิตน้ำดื่มขนาด 18 ลิตรต่อถัง						
ลำดับ	ขั้นตอน	ผังกระบวนการ	ภาพประกอบ	กิจกรรม	เครื่องมือ/อุปกรณ์	มาตรฐาน/การควบคุม
1	ขั้นตอนการล้างถัง	 <pre> graph TD Start([ล้างถัง]) --> Check{ตรวจสอบเครื่องที่ถังที่ชำรุด} Check -- มี --> Repair[เปลี่ยนถังเครื่องที่ชำรุด] Repair --> Check Check -- ไม่มี --> Drain[เคลื่อนย้ายถังไปจัดล้างภายนอกด้วยน้ำยา] Drain --> Rinse[ล้างถังภายนอกด้วยน้ำยา] Rinse --> Rinse2[เคลื่อนถังไปล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์] Rinse2 --> Rinse3[ล้างถังด้วยน้ำบริสุทธิ์] </pre>		1.1 ล้างถัง	ฟองน้ำ กะละมัง และเครื่องอบผ้าเชื้อ	โดยการรับแจ้งจากกรณีที่ส่งถังเปล่าและผ้า จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำยาและล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ (แล้วนำมาไปเข้าเครื่องอบผ้าเชื้อ)
				1.2 ตรวจสอบคัตติ้งที่ชำรุด หรือมีตะไคร่โดยพนักงาน (ดู)		ตรวจสอบคัตติ้งที่ชำรุด หรือมีตะไคร่โดยพนักงาน (ดู) เมื่อพบจำนวนตะไคร่ไม่แยก ถังชำรุดให้ไปล้างเครื่องหรือถังที่ชำรุด
				1.3 นำถังไปจัดล้างภายนอกด้วยน้ำยา	เครื่องล้างถัง ภายนอกด้วยน้ำยา	โดยการหยิบถังละ 2 ถังเดินไปยังเครื่องล้างถังด้วยน้ำยา และนำถังใส่เครื่องล้างถังด้วยน้ำยา ครึ่งละ 2 ถัง
				1.4 จัดล้างถังภายนอกด้วยน้ำยา	เครื่องล้างถัง ภายนอกด้วยน้ำยา	โดยการใส่เครื่องล้างถังภายนอก
				1.5 นำถังไปล้างด้วยน้ำบริสุทธิ์ที่ภายนอกและภายใน	เครื่องฉีดน้ำเปล่า	โดยการเคลื่อนย้ายถังละ 2 ใบ ไปล้างน้ำบริสุทธิ์ ที่ภายนอกและภายใน
				1.6 ล้างถังด้วยน้ำบริสุทธิ์ทั้งภายนอกและภายในด้วยเครื่องฉีดน้ำเปล่า	เครื่องฉีดน้ำเปล่า	ล้างถังทั้งภายนอกและภายในด้วยน้ำบริสุทธิ์ ครึ่งละ 2 ถัง โดยใช้เครื่องฉีดน้ำเปล่า
2	บรรจุน้ำ	 <pre> graph TD Rinse3 --> Fill[เคลื่อนย้ายถังไปจัดเรียงบนสายพาน] Fill --> Operate[กดปุ่มทำงานเครื่องบรรจุอัตโนมัติ] Operate --> Stop[บรรจุน้ำได้ถึงด้วยเครื่องบรรจุอัตโนมัติ] </pre>		2.1 นำถังไปจัดเรียงบนสายพาน	สายพาน	ยกถังที่ล้างน้ำบริสุทธิ์เรียบร้อยแล้ว ครึ่งละ 2 ถังไปยังเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติจนครบ 4 ถัง
				2.2 กดปุ่มทำงานเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	เครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	พนักงานทำการกดปุ่มทำงานเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติเพื่อให้เครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติทำงาน
				2.3 บรรจุน้ำได้ถึงด้วยเครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	เครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติ	เครื่องบรรจุน้ำอัตโนมัติบรรจุน้ำได้ถึงทั้ง 4 ถังพร้อมกัน
3	บรรจุน้ำที่เสร็จแล้ว	 <pre> graph TD Stop --> Cap[ปิดฝาถัง และขันพลาสติกที่ฝาดัง] Cap --> Label[ปิดพลาสติกกัมน้ำ] </pre>		3.1 ปิดฝาดัง และขันพลาสติกที่ฝาดัง		เมื่อบรรจุน้ำเต็มถังแล้วสายพานจะเคลื่อนไปยังผู้ปิดฝา จากนั้นปิดฝาดัง และขันพลาสติก
				3.2 ปิดพลาสติกกัมน้ำด้วยเครื่องเป่าลมร้อน	เครื่องเป่าลมร้อน	ปิดพลาสติกกัมน้ำด้วยเครื่องเป่าลมร้อน
4	จัดเก็บหรือขนส่ง	 <pre> graph TD Label --> Move[เคลื่อนย้ายน้ำดื่มจากสายพาน] Move --> Store[จัดเก็บน้ำดื่มที่เก็บสินค้า] Store --> End([เคลื่อนย้ายน้ำที่บรรจุเรียบร้อยแล้วพร้อมจัดส่ง]) </pre>		4.1 ขนย้ายน้ำดื่มจากสายพานและยกไปให้พนักงานที่จัดเก็บ		ยกน้ำที่บรรจุเรียบร้อยแล้ว เดินไปยัง ที่เก็บสินค้า
				4.2 จัดเก็บสินค้า		จัดเรียงและเก็บสินค้าไว้ในที่จัดเก็บสินค้าเพื่อรอลูกค้าสั่ง
				4.3 ขนน้ำที่บรรจุเรียบร้อยแล้วขึ้นรถและพร้อมจัดส่งให้ลูกค้า		นำถังน้ำที่บรรจุเรียบร้อยแล้วไปยังรถกระบะจำนวน 2 คัน และจัดเรียงถังน้ำบนรถบรรทุก ทั้ง 2 คัน จากนั้นเตรียมพร้อมจัดส่ง

จังหวัดกระบี่
 รูปที่ 5 แสดงวิธีปฏิบัติงาน

การอภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงานกวนนํ้าดื่ม จังหวัดกระบี่ มีประเด็นของข้อค้นพบที่นำไปสู่การอภิปรายผลได้ดังนี้

2.1 จากการวิจัยพบว่า เมื่อให้พนักงานใช้ 2 มือในการเคลื่อนย้ายถังข้างละ 1 ใบ ไปจัดเก็บ สามารถลดพนักงานในการเคลื่อนย้ายถังนํ้าดื่มลงได้เหลือ 1 คน ซึ่งสอดคล้องกับหลัก ECRS การกำจัดสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดความสูญเปล่า ที่ส่งผลถึงการเพิ่มขึ้นของเวลา 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนเคลื่อนย้ายนํ้าดื่มจากสายพานเวลาเพิ่มขึ้น 3.35 วินาที และขั้นตอนการขนนํ้าที่บรรจุเรียบร้อยขึ้นรถพร้อมจัดส่ง เวลาเพิ่มขึ้น 4.4 วินาที แต่ทั้งนี้แม้เวลาการผลิตบางขั้นตอนจะเพิ่มขึ้น หากแต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้วเวลาลดลง 14.8 วินาที นอกจากนี้จะเกิดความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรบุคคลที่มีอยู่อย่างเต็มประสิทธิภาพ เป็นไปตามกฎหมายแรงงานที่ลูกจ้างชายอายุเกิน 18 ปีขึ้นไป สามารถยกของหนักได้ไม่เกิน 55 กิโลกรัม (พระราชบัญญัติคุ้มครองแรงงาน พ.ศ. 2541 มาตรา 37 และกฎกระทรวง กำหนดอัตราน้ำหนักที่นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานได้ พ.ศ. 2547)

2.2 จากการวิจัยพบว่า หลังปรับปรุงโดยให้พนักงานล้างฝาทิ้งฝาร้อยแล้วมาช่วยในกิจกรรมเคลื่อนย้ายถังไปจัดเรียงบนสายพานเป็นการเพิ่มคนในกิจกรรม ช่วยลดเวลาสูญเปล่าของคน และลดเวลาการทำงานลงได้ จากเดิมใช้เวลา 12.5 วินาที ลดเหลือ 6.85 วินาที สอดคล้องกับหลัก ECRS การรวมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของอัจฉรา ผ่องพิทยา (2560) ศึกษาเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าดิบโดยใช้หลักการ ECRS ที่สามารถลดขั้นตอนของกระบวนการผลิตผ้าดิบจากเดิม 5 ขั้นตอน เหลือ 4 ขั้นตอน โดยการรวมขั้นตอนทำให้เวลาในการทำงานลดลงจาก 20.28 นาที/ชิ้น เหลือ 12.61 นาที/ชิ้น คือลดลง 6.67 นาที/ชิ้น คิดเป็นเวลาทีลดลงร้อยละ 5.94

2.3 จากการวิจัยพบว่า เมื่อติดอุปกรณ์เสริมช่วยพนักงานในการขัดล้างถังภายนอกด้วยนํ้ายาซึ่งสอดคล้องกับหลัก ECRS การทำให้ง่าย สามารถลดเวลาในการทำงานของพนักงานลงได้จากเดิม 31.3 วินาที ลดเหลือ 13.25 วินาที สอดคล้องกับงานวิจัยของจิตรัตน์ ศรีสุพรรณ (2557) เรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ได้ติดตั้งระบบอัตโนมัติในเครื่องจักร เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต และสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 2 คนเหลือ 1 คน

บทสรุป

การปรับปรุงกระบวนการผลิตนํ้าดื่มของโรงงานกวนนํ้าดื่ม จังหวัดกระบี่ ได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธี ECRS ผลการปรับปรุงพบว่าระยะทางเคลื่อนย้ายคงเดิม (6.6 เมตร) เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเฉลี่ยรวม 303.6 วินาที เวลาที่ใช้ลดลงเฉลี่ย 14.8 วินาที ใน 1 วัน สามารถลดเวลาได้ 5,550 วินาที หรือ 92.5 นาที (1.54 ชั่วโมง) ผลิตนํ้าดื่มขนาด 18 ลิตรได้เพิ่มขึ้น 18 รอบกระบวนการ หรือคิดเป็นนํ้าดื่ม 72 ถัง รวมเป็นเงิน 1,080 บาท และมีข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ ดังนี้

1. จากการวิจัยพบว่า การใช้วิธีปฏิบัติงานเป็นเหมือนคู่มือการปฏิบัติงาน กำหนดเป็นมาตรฐานให้พนักงานปฏิบัติได้อย่างเป็นขั้นตอน ช่วยลดเวลาในแต่ละกระบวนการผลิต ที่ชัดเจนในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต โรงงานจึงควรใช้งานต่อเนื่อง ให้ความรู้อบรมแก่พนักงานใหม่ ติดตาม และควบคุมเพื่อพัฒนาวิธีการทำงานต่างๆ ให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2. จากการวิจัยพบว่า สามารถลดพนักงานได้ 1 คน ในกิจกรรมที่ 12 เคลื่อนย้ายนํ้าดื่มจากสายพาน โดยให้พนักงานใช้ 2 มือในการเคลื่อนย้ายถังข้างละ 1 ถัง ซึ่งโรงงานควรบริหารจัดการสรรจำนวนพนักงานให้เหมาะสมกับกิจกรรมการผลิต และให้ความสำคัญต่อความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตทั้งที่เกิดจากคน และเครื่องจักรที่ส่งผลให้เกิดความสูญเสียนํ้าสู่การเสียโอกาสและต้นทุนในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนในการจัดทำและเผยแพร่จากสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา และโรงงานกวนนํ้าดื่ม จังหวัดกระบี่

เอกสารอ้างอิง

- กฎกระทรวง กำหนดอัตราน้ำหนักรายจ่ายให้ลูกจ้างทำงานได้ พ.ศ. 2547. (2547). กระทรวงแรงงาน.
- กฤต จันทรัมย์ และอรอุมา ลาสุนนท์. (2560). การออกแบบผังโรงงานและปรับปรุงกระบวนการผลิตประตูไม้บานเลื่อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนเรศวร, 25(3), 146-155.
- คณิศร ภูนิคม. (2560). การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคการปรับปรุงงาน กรณีศึกษา: โรงงานนํ้าดื่มไป๋ไผ่เขียว. เอกสารการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2560 (IE-Network 2017). โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่.
- จินตรัตน์ ศรีสุพรรณ. (2557). การปรับปรุงกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- ญาณิศา พรหมบุตร และสุนิตรา สมศักดิ์ดี. (2561). การปรับปรุงกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของห้างหุ้นส่วน จำกัด เอสพีเอ็น ซีพีพลาย (2002) โดยเทคนิค QC Story. วารสารงานวิจัยสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, 6(6), 40-47.
- บริษัทตรา วอเตอร์ จำกัด. (2562). สถานการณ์ปัจจุบัน. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2562, จาก <http://www.darawater-drinking.com/>
- สมเกียรติ กอบัวแก้ว. (2552). การบริหารการผลิตในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- อนิรุทธิ์ จาริภธรรม. (2559). ธุรกิจนํ้าดื่มใสๆ ไปได้ไกล. สืบค้นเมื่อ 11 กันยายน 2562, จาก <https://www.smartsme.co.th/content/40373>.
- อรรถพร อําขวัญยืน. (2557). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตนํ้าดื่มบรรจุขวดพลาสติกโดยใช้ทฤษฎีแบบลีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, คณะ บริหารธุรกิจ, สาขาการจัดการวิศวกรรมธุรกิจ, กรุงเทพฯ.
- อัจฉรา ผ่องพิทยา. (2560). การปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าดิบโดยใช้หลักการ ECRS กรณีศึกษา บริษัทแห่งหนึ่ง ในเขตอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิชาการจัดการปริทัศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, 8(2), 40-49.

การสร้างระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยหุ่นยนต์แขนกล Fabrication of 3D Printing System for Robotic Arm

วิโรจ ทัศนะ^{1*} และภาสกร ชาลิสานกฤตการ²
Wiroj Thasana^{1*} and Phassakorn Chalisathanakritdakarn²

^{1*}สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

²Air Conditioner Assembly Engineering Group, Daikin Industries (Thailand) LTD. จังหวัดชลบุรี

*wiroj.th@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสร้างระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์ 6 แกน ด้วยระบบป้อนเส้นใยพลาสติกชนิด ABS ที่ควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ โดยศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติทางกลของเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของพลาสติกที่พิมพ์ขึ้นด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ สำหรับบอร์ทอกอนัลแอร์เรย์แอล 9 (3³) โดยมีปัจจัยควบคุม 3 ตัวแปร 3 ระดับคือ สัญญาณพัลส์ 180, 190, 200 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 0.9, 1.0, 1.1 มิลลิเมตร และอุณหภูมิหลอมละลายเส้นใยพลาสติก 190, 200, 210 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ผลลัพธ์ของปัจจัยที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากระดับอัตราส่วน S/N ที่ค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ สัญญาณพัลส์ 200 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 0.9 มิลลิเมตร และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก 210 องศาเซลเซียส และมีค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวมากที่สุดอยู่ที่ 3.422%

คำสำคัญ: การผลิตแบบเพิ่มเนื้อวัสดุ การพิมพ์สามมิติ หุ่นยนต์แขนกล การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ

Abstract

The objective of this research is to study the fabrication of 3D printing system with a six-axis robot arm with an ABS plastic fiber feeding system controlled with a programmable logic controller. The study has been studied the variables affecting the mechanical properties of the percentage adhesion of printed plastics by using the Taguchi experimental design method with the L9 (3³) orthogonal array and three control factors with 3 levels: 180, 190, 200 pulse signal, and 0.9, 1.0, 1.1 mm plastic fiber spacing and fiber melting temperature 190, 200, 210 degrees Celsius. The proposed approach of the study confirmed that the optimal factor results based on the highest mean S/N ratio level are 200 pulses and 0.9 mm plastic fiber spacing, and heat for plastic fiber melting 210 °C, and the most elongated percentage at 3.422%.

Keywords: Additive Manufacturing (AM), 3D printing, Robotic arm, Taguchi experimental design method.

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการและอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เทคโนโลยีได้มีความก้าวหน้าและพัฒนาอย่างรวดเร็วจนสามารถประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตแบบดิจิทัล และได้มีการนำหุ่นยนต์และการผลิตแบบเพิ่มเนื้อวัสดุ (Additive Manufacturing: AM) ไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายสำหรับในภาคอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ชิ้นส่วนอากาศยาน ซึ่งจำเป็นต้องนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่แบบต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสมเพื่อประโยชน์ในการเพิ่มประสิทธิภาพทางการผลิตและเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องมีความผิดพลาดน้อยและมีความละเอียดสูง

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาการผลิตแบบ AM หรือที่เรียกว่าการพิมพ์สามมิติ เป็นการกำหนดกระบวนการของการเพิ่มเนื้อวัสดุ เพื่อสร้างวัตถุจากโมเดลสามมิติด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบในเลเยอร์ที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งกระบวนการ AM แบบใหม่ได้รับการพัฒนาในช่วงเวลามากกว่า 20 ปีของการพัฒนา AM พร้อมกับการใช้งานในอวกาศ ยานยนต์ ชีวการแพทย์ ดิจิทัลอาร์ต การออกแบบสถาปัตยกรรม ฯลฯ ซึ่งเมื่อเร็ว ๆ นี้การเพิ่มขึ้นของเทคโนโลยี AM ยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานได้ที่ต้นทุนต่ำในการสร้างต้นแบบอย่างรวดเร็วและการใช้งานด้านการผลิต โดยปัจจุบันส่วนที่โดดเด่นของอุตสาหกรรมพิมพ์สามมิติมีหลายประเภท เช่น การพิมพ์แบบสเตอริโอไลท์เทอร์ราฟิ (Stereolithography: SL), การพิมพ์แบบลามิเนต (Laminated Object Manufacturing: LOM), การพิมพ์แบบการดันวัสดุหลอม (Fused Deposition Modeling: FDM), การพิมพ์แบบซินเทอริงด้วยเลเซอร์ที่คัดสรร (Selective Laser Sintering: SLS), และการอัดรีด (Extrusion) เป็นต้น ซึ่งหนึ่งในกระบวนการพิมพ์แบบสามมิติที่ร้อนแรงที่สุดในการศึกษาวิจัยและพัฒนาในขณะนี้คือ การพิมพ์แบบ FDM ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาค้นคว้าในการปรับปรุงสมบัติทางกลอย่างมีนัยสำคัญให้เพิ่มขึ้น การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของความหนาผิว และความถูกต้องแม่นยำทางมิติของชิ้นส่วนที่พิมพ์ขึ้นงาน 3 มิติ โดยใช้แนวทางวิทาภูชิ (Moza et al., 2015; Parandoush and Lin., 2017; Ahmad et al., 2019; Munproma and Limtasiri, 2019)

Tim et al., 2018 ได้เสนอการศึกษาแบบจำลองการพิมพ์แบบ FDM ซึ่งนำเสนอเชิงวิเคราะห์ภายในหัวฉีดของกระบวนการผลิตเส้นใยแบบหลอมรวมที่อัตราการหลอมเหลวสูงสุดที่ถูกควบคุมโดยแรงที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกล ซึ่งการเปรียบเทียบระหว่างการทดลองกับแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าสมมติฐานที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองนั้นเป็นไปได้ และแบบจำลองนั้นสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และต่อมา Tan and Low, 2018 ได้เสนอการศึกษารางไฟฟ้าฝังตัวในวัตถุที่พิมพ์ 3 มิติโดยการผลิตเส้นใยผสมของวัสดุผสมที่เป็นสื่อกระแสไฟฟ้าแรงสูงเพื่อส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกล และ Luan et al., 2018 ได้เสนอการศึกษาเทอร์โมพลาสติกเสริมแรงด้วยคาร์บอนไฟเบอร์แบบต่อเนื่องที่ตรวจสอบตัวเองโดยใช้กระบวนการรวมการพิมพ์สามมิติแบบสองวัสดุที่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกล และต่อมา Carabina et al., 2021 ได้เสนอการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานสำหรับการพิมพ์สามมิติด้วยหุ่นยนต์เดลด้าเชิงเส้นที่ติดตั้งสปริงที่เหมาะสมที่สุด และ Li et al., 2021 ได้เสนอการศึกษาเทคโนโลยีการพิมพ์ชีวภาพสามมิติด้วยหุ่นยนต์ในแหล่งกำเนิดเพื่อซ่อมแซมข้อบกพร่องของท่อนกระดูกขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยค้นคว้าดังกล่าวข้างต้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องพิมพ์สามมิติแบบ FDM ด้วยแขนหุ่นยนต์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกลเพื่อศึกษาการจับยึดตัวของพลาสติกก็ยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าในการใช้งานอย่างแพร่หลาย

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การสร้างระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์ 6 แกน ด้วยระบบป้อนเส้นใยพลาสติกชนิด Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) ที่ ควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติทางกลของการจับยึดตัวของพลาสติกด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบทาภูชิ (Taguchi method) โดยการศึกษารูปแบบของชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติ หลักการทำงาน รวมไปถึงหลักการสร้างชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติ โดยใช้ PLC ในการเชื่อมต่อระหว่างแขนหุ่นยนต์กับชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติ

เนื่องจากได้สังเกตเห็นว่าการใช้เครื่องพิมพ์สามมิติหากต้องการชิ้นงานที่มีความซับซ้อนหรือมีขนาดใหญ่ เครื่องพิมพ์สามมิติจะต้องมีขนาดใหญ่ตาม ซึ่งแขนหุ่นยนต์มีความเหมาะสมและอิสระให้การเคลื่อนที่มากกว่า ทำให้สามารถพิมพ์ชิ้นงานที่ซับซ้อนหรือมีขนาดใหญ่ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยเริ่มต้นโดยการศึกษาอุปกรณ์ของเครื่องพิมพ์ชิ้นงานสามมิติเพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติที่จะนำมาติดตั้งกับแขนหุ่นยนต์ หลังจากเริ่มศึกษาอุปกรณ์ต่าง ๆ จนได้ชิ้นงานและรูปแบบของชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติที่จะนำมาติดตั้งกับแขนหุ่นยนต์เสร็จแล้ว ดำเนินการออกแบบอุปกรณ์การพิมพ์สามมิติทั้งระบบทางกลและไฟฟ้า หลังจากนั้นก็ทำข้อสรุปกันว่ารูปแบบของชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติที่ได้ออกแบบนั้นสามารถทำงานได้หรือไม่ โดยวิเคราะห์ระบบการจำลองการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วนต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ถ้าผลการจำลองการเคลื่อนไหวถูกต้อง ก็ดำเนินการในขั้นตอนถัดไปคือ การสร้างระบบอุปกรณ์การพิมพ์สามมิติ หลังจากสร้างระบบเสร็จแล้วก็ดำเนินการทดสอบเบื้องต้นว่าสามารถใช้งานได้หรือไม่ และหลังจากที่ได้ทำการทดลองจนสามารถใช้งานได้แล้วจึงนำชุดอุปกรณ์การพิมพ์ชิ้นงานสามมิติไปติดตั้งกับแขนหุ่นยนต์พร้อมการต่อวงจรของระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติเข้ากับแขนหุ่นยนต์ เมื่อสามารถใช้งานได้จึงเริ่มนำไปพิมพ์ชิ้นงานทดสอบตามค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่กำหนด เพื่อมาทดสอบความยืดหยุ่นของชิ้นงาน แล้วนำมาวิเคราะห์ผลโดยวิธีแบบทฤษฎีและสรุปผลการทดลอง

1. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การสร้างอุปกรณ์การพิมพ์สามมิติต่อเข้ากับแขนหุ่นยนต์ 6 แกน ในงานวิจัยนี้ใช้ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น Melfa RV-3S และการควบคุมแขนหุ่นยนต์ใช้โปรแกรม RT Toolbox3 เพื่อสั่งการเคลื่อนไหวดังแสดงในรูปที่ 1 และระบบป้อนการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติใช้เส้นใยพลาสติกชนิด ABS ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 มม. ที่ควบคุมผ่าน PLC ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX3U 32MT/ES



(ก) แขนหุ่นยนต์พิมพ์ชิ้นงาน 3 มิติ

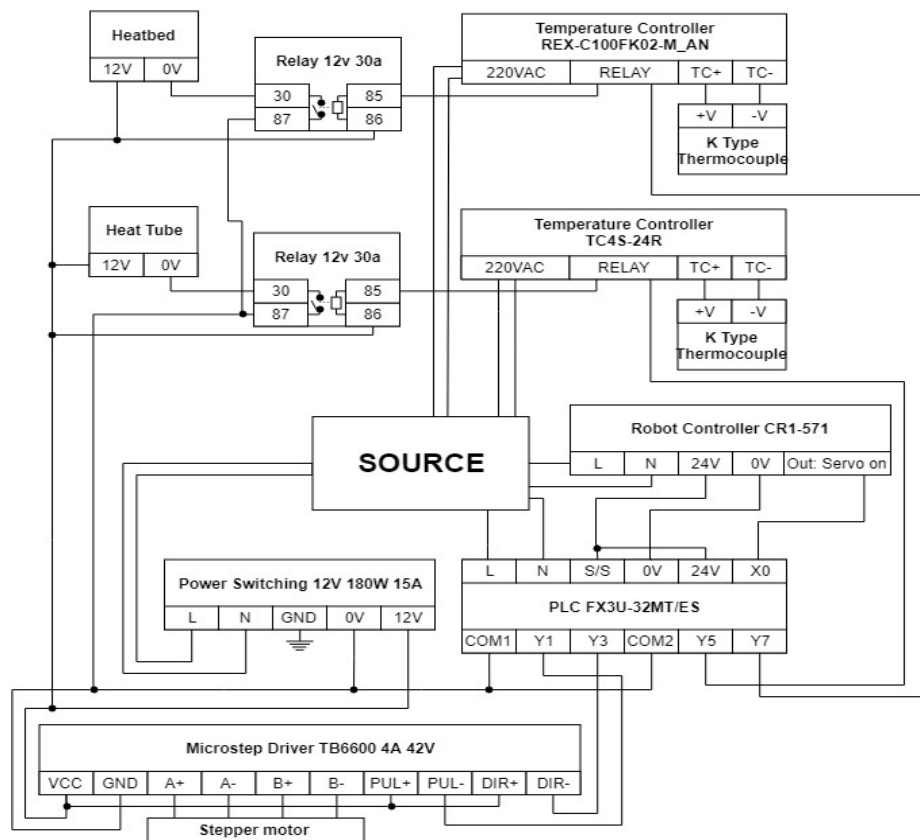


(ข) ชุดหัวอัดรีดเส้นใยพลาสติก

รูปที่ 1 ระบบการพิมพ์สามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์ 6 แกน ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น Melfa RV-3S

2. การต่อวงจรไฟฟ้าของระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติ

การต่อวงจรของระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติสำหรับแขนหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ 1. การต่อวงจร Stepper motor 42BYGH34 1.3A และ Microstep Driver TB6600 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้สามารถเคลื่อนที่และปรับความเร็วของเส้นใยพลาสติกที่ขนาดหัวฉีดที่ 1.75 มม. และ 2. การต่อวงจรของ Heated Bed MK2b PCB 214x214 เป็นตัวช่วยยึดให้เส้นใยที่ไหลออกมาจากหัวฉีดมีแรงตึงผิว ทำให้เส้นใยที่พิมพ์ออกมาไม่ไหลไปมาเกาะตัวอยู่กับที่ และ 3. การต่อวงจร Heat tube ช่วยทำให้เส้นใยพลาสติกละลายและไหลออกทางหัวฉีดพลาสติก และ 4. การต่อวงจร อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งใช้อุปกรณ์รุ่น Temperature Controller TC4S-24R และรุ่น REX-C100FK02-M_AN โดยทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับการควบคุมอุณหภูมิตัว Heat Tube ให้ได้อุณหภูมิที่ตามต้องการ และ 5. การต่อวงจรของการควบคุมหุ่นยนต์ (Robot controller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์และเชื่อมไปยังอุปกรณ์ PLC เพื่อส่งสัญญาณไปยังระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติให้ทำงานได้ ดังแสดงในรูปที่ 2

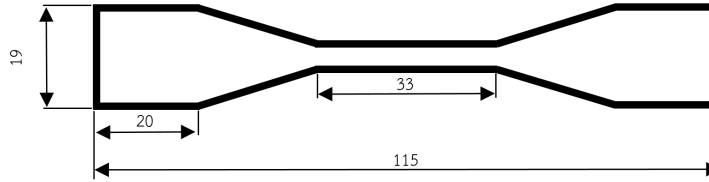


รูปที่ 2 การต่อวงจรทั้งหมดของระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์

ระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์ทั้ง 5 ส่วนนี้จะมีจุดร่วมกันคือต้องต่อเข้ากับ PLC FX3U โดยการเขียนในรูปแบบแลตเตอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram) ของโปรแกรม PLC ซึ่งจะกำหนดให้รับสัญญาณฝั่งป้อนเข้า (input) 1 ตัว นั่นคือสัญญาณของการควบคุมหุ่นยนต์ เพื่อนำไปส่งสัญญาณของฝั่งป้อนออก (output) ให้ทำงาน โดยอุปกรณ์ฝั่งป้อนออกจะมี 3 ตัว ได้แก่ Stepper motor, Heated bed และ Heat tube

3. การพิมพ์ชิ้นงาน 3 มิติด้วยหุ่นยนต์แขนกล

การพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้น จะทำการทดสอบโดยการพิมพ์ชิ้นงานตามมาตรฐานของ ASTM D638 Type IV โดยมีความกว้าง 19 ± 2 มิลลิเมตร ความยาว 115 ± 2 มิลลิเมตร และความหนา 2.1 ± 0.2 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชิ้นงานพิมพ์สามมิติตามรูปแบบมาตรฐานของ ASTM D638 Type IV

หลังจากที่กำหนดขนาดชิ้นงานการทดสอบดังรูปที่ 3 เรียบร้อย ผู้วิจัยได้นำไปเขียนแบบด้วยคอมพิวเตอร์ 3D แล้วนำไปพิมพ์เป็นชิ้นงานสามมิติด้วยโปรแกรมควบคุมแขนหุ่นยนต์ RT Toolbox3 ผ่าน PLC ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX3U 32MT/ES โดยพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยระบบป้อนเส้นใยพลาสติกชนิด ABS เป็นจำนวน 9 ชิ้นดังแสดงในรูปที่ 4 ตามแผนการออกแบบการทดลองแบบวิธีทากูชิ สำหรับออร์ทอกอนัลแอร์เรย์แอล $9 (3^3)$ โดยมีเงื่อนไขการทดลอง 3 เงื่อนไข คือ สัญญาณพัลส์ที่จ่ายไปให้มอเตอร์สำหรับการป้อนเส้นใยพลาสติก โดยแบ่งสัญญาณพัลส์เป็น 3 สัญญาณได้แก่ 180, 190, 200 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะได้แก่ 0.9, 1.0, 1.1 มิลลิเมตร และสุดท้ายคือ อุณหภูมิหลอมละลายเส้นใยพลาสติก แบ่งได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ 190, 200, 210 องศาเซลเซียส โดยเงื่อนไขข้างต้นสามารถเขียนเป็นตารางดังแสดงตารางที่ 1



รูปที่ 4 ชิ้นงานพิมพ์สามมิติที่ได้จากระบบการพิมพ์สามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์

ตารางที่ 1 ปัจจัยและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัยควบคุม	ระดับการทดลอง		
	1	2	3
สัญญาณพัลส์	180	190	200
ระยะห่างระหว่างเส้นใย (mm)	0.90	1.0	1.10
อุณหภูมิหลอมละลายเส้นใย (°C)	190	200	210

เมื่อได้ชิ้นงานทดสอบตามรูปที่ 4 แล้วก็มาทดสอบเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของพลาสติกของชิ้นงานพิมพ์สามมิติ เพื่อดูค่าความเหนียวและการจับยึดตัวของชิ้นส่วนพลาสติก ABS ที่ได้จากการพิมพ์ขึ้น ในการทดสอบเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัวครั้งนี้ใช้เครื่องทดสอบแรงดึง ยี่ห้อ SHIMADZU ดังแสดงในรูปที่ 5



(ก) เครื่องทดสอบแรงดึงยี่ห้อ Shimadzu



(ข) ชิ้นงานทดสอบแรงดึง

รูปที่ 5 การทดสอบหาค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของชิ้นงาน

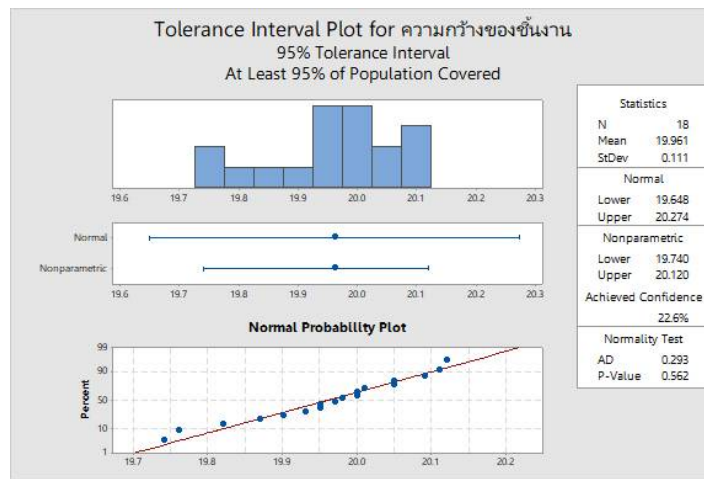
ตารางที่ 2 แสดงการทดสอบเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของชิ้นงานพิมพ์สามมิติ ผลปรากฏว่าชิ้นงานที่มีการจ่ายสัญญาณพัลส์ 180 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 0.9 มิลลิเมตร และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก 200 องศาเซลเซียส มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวมากที่สุด คือ 3.422% และมีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวน้อยที่สุด คือ 0.441% ด้วยสัญญาณพัลส์ 190 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 1.1 มิลลิเมตร และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก 200 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของชิ้นงานพิมพ์สามมิติที่พิมพ์ตามมาตรฐานของ ASTM D638 Type IV

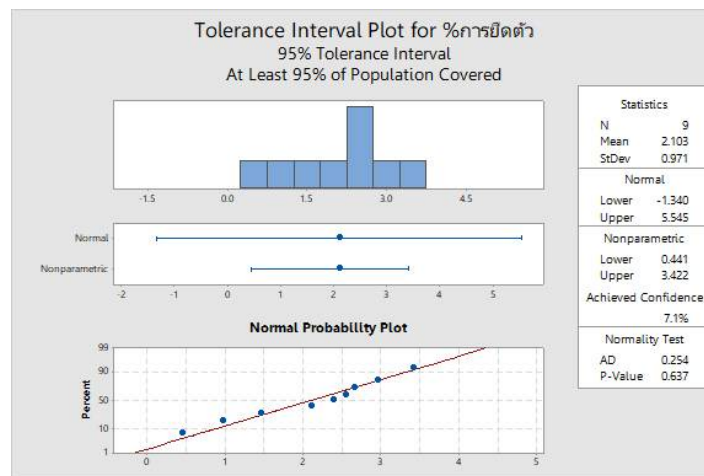
ชิ้นงานที่	สัญญาณพัลส์ มอเตอร์	ระยะห่างระหว่างเส้นใย พลาสติก (มิลลิเมตร)	ความร้อนสำหรับการละ ลายเส้นใยพลาสติก (องศา เซลเซียส)	เปอร์เซ็นต์ การยืดตัว
1	180	0.9	200	3.422
2	180	1.0	210	2.551
3	180	1.1	190	0.959
4	190	0.9	210	2.949
5	190	1.0	190	1.451
6	190	1.1	200	0.441
7	200	0.9	190	2.656
8	200	1.0	200	2.389
9	200	1.1	210	2.107

ผลการศึกษา

จากผลการทดลองโดยนำ 3 ปัจจัย 3 ระดับที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของสายใยพลาสติกชนิด ABS ซึ่งประกอบไปด้วย สัญญาณพัลส์ ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก มาทดลองพิมพ์ชิ้นงานสามมิติโดยเปลี่ยนปัจจัยทุกครั้ง โดยทำการทดสอบตามหลักการการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ พบว่าเมื่อทำการวัดขนาดครบทั้งหมด 18 ครั้งแล้วจึงนำมาหาความคลาดเคลื่อนของความกว้างของชิ้นงานทดสอบ โดยจากการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของความกว้างชิ้นงานทดสอบจะอยู่ที่ 19.961 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งขนาดของการพิมพ์ชิ้นงานทดสอบอยู่ที่ 19 มิลลิเมตร สาเหตุที่ทำให้ความกว้างของชิ้นงานไม่เป็นไปตามขนาดที่ตั้งไว้มีสาเหตุหลัก ๆ คือ 1.สัญญาณพัลส์ 2. ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก และ 3. ความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก



รูปที่ 6 แสดงความคลาดเคลื่อนของความกว้างชิ้นงานจากการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติ



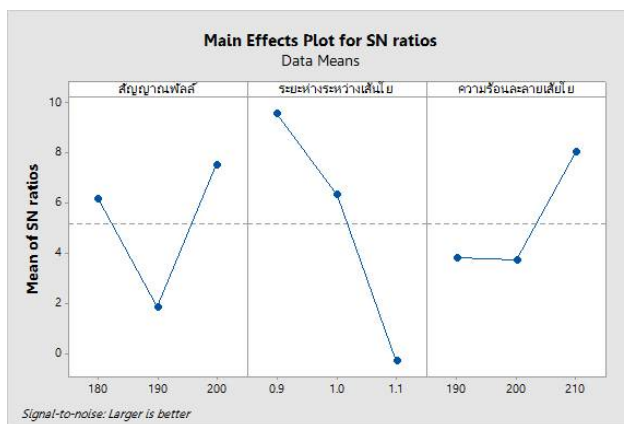
รูปที่ 7 แสดงความคลาดเคลื่อนของเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของชิ้นงานจากการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติ

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่า P-Value มีค่ามากถึง 0.637 ซึ่งค่า P-Value ที่ดีไม่ควรเกิน 0.05 สาเหตุที่ทำให้เกิดค่า P-Value มากถึง 0.637 นั้นเกิดจากจำนวนชั้นของชิ้นงานแต่ละชิ้นมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากการเปลี่ยนค่า สัญญาณพัลส์ ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก ในระหว่างการพิมพ์ชิ้นงาน ซึ่งมีผลทำให้ความหนาของแต่ละชิ้นงานมีค่าไม่เท่ากัน

การหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเส้นใยพลาสติก ABS จะใช้การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของหลักการทดลองแบบทากูชิ เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากระดับของสัญญาณรบกวนที่มีค่าสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3 สรุปปัจจัยที่ตอบสนองต่ออัตราส่วนสัญญาณรบกวนของตัวแปรในการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติตามผลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก สัญญาณพัลส์ และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก ตามลำดับจากมากไปน้อย และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของทากูชิเพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากระดับอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน (Signal to-Noise Ratio, S/N) ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือ กรณียิ่งมากยิ่งดี (Larger-the Better), กรณีค่าน้อยยิ่งดี (Smaller-the Better) และกรณีค่าตรงเป้าหมายดีที่สุด (Target-the Better) (Moza et al., 2015; Ahmad et al., 2019; Munproma and Limtasiri, 2019) ที่ค่าสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 8 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยึดตัว คือ ผลลัพธ์ของการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติที่ค่าเฉลี่ยของสัญญาณสูงสุดคือ สัญญาณพัลส์ 200 ที่ชั้นที่ 3 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 0.9 มิลลิเมตร ที่ชั้นที่ 1 และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก 210 องศาเซลเซียส ที่ชั้นที่ 3

ตารางที่ 3 การตอบสนองต่อสัญญาณรบกวน

ชั้นที่	สัญญาณพัลส์	ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก	ความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก
1	6.153	9.521	3.786
2	1.838	6.311	3.712
3	7.506	-0.334	8.001
Delta	5.668	9.856	4.289
ลำดับที่	2	1	3



รูปที่ 8 กราฟแสดงค่าปัจจัยโดยเทียบกับสัญญาณรบกวน

บทสรุป

การสร้างระบบการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติด้วยแขนหุ่นยนต์ 6 แกน ด้วยระบบป้อนเส้นใยพลาสติกชนิด ABS ที่ควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติทางกลของการจับยึดตัวโดยพิจารณาเรื่องเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของพลาสติกด้วยวิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ จากผลการทดลองโดยนำ 3 ปัจจัย 3 ระดับที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเส้นใยพลาสติกชนิด ABS ซึ่งประกอบไปด้วย สัญญาณพัลส์ ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก มาทดลองพิมพ์ชิ้นงานสามมิติโดยเปลี่ยนปัจจัยทุกครั้งตามหลักการการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ พบว่าการใช้สัญญาณพัลส์ที่ 180, ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 0.9 มิลลิเมตร และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติกที่ 200 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การยึดตัวที่มากที่สุดซึ่งมีค่าอยู่ที่ 3.422% และมีระดับความเชื่อมั่นอยู่ที่ 7.1% อันเกิดจากสาเหตุหลายปัจจัยได้แก่ 1. ตัวจับยึดระหว่างชิ้นงานกับชุดพิมพ์ชิ้นงานสามมิติไม่มีความแข็งแรงทนทานและมีความสั่นคลอนอยู่เล็กน้อย 2. การเคลื่อนที่ของแขนหุ่นยนต์มีความคลาดเคลื่อน และมีความเร็วไม่สม่ำเสมอในการเคลื่อนที่ เช่น เวลาเคลื่อนที่โค้งจะเร็วกว่าเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรง 3. ลูกกลิ้งในการรีดเส้นใยพลาสติกกับมอเตอร์ ถ้าการตั้งลูกกลิ้งไม่มีจะทำให้การป้อนเส้นใยด้วยสัญญาณพัลส์ที่ต่างกันมีความคลาดเคลื่อนได้ แต่ภาพรวมการทดลองนี้เป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัย และปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเส้นใยพลาสติก ABS โดยพิจารณาจากระดับของสัญญาณรบกวนที่มีค่าสูงสุดที่ตอบสนองต่ออัตราส่วนสัญญาณรบกวนของตัวแปรในการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติตามผลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก สัญญาณพัลส์ และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก ตามลำดับจากมากไปน้อย และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของทากูชิเพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากระดับอัตราส่วน S/N ที่มีค่าสูงสุดที่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การยึดตัว คือ ผลลัพธ์ของการพิมพ์ชิ้นงานสามมิติที่ค่าเฉลี่ยของสัญญาณสูงสุดคือ สัญญาณพัลส์ 200 ที่ชั้นที่ 3 และระยะห่างระหว่างเส้นใยพลาสติก 0.9 มิลลิเมตร ที่ชั้นที่ 1 และความร้อนสำหรับการละลายเส้นใยพลาสติก 210 องศาเซลเซียส ที่ชั้นที่ 3

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต นายภาสกร ชาลีสาธนกฤดาการ ซึ่งปัจจุบันทำงานเป็นวิศวกรที่บริษัท Daikin Industries (Thailand) LTD. จังหวัดชลบุรี เป็นผู้ดำเนินการหลักของโครงการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งผู้เขียนเองเป็นที่ปรึกษาโครงการ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องคนอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวชื่อนามทุกท่านที่มีส่วนร่วมช่วยเหลือในการทำวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad M. N., Rahman M. H. B. A., Maidin N. A., Maidin N. A. (2019). Optimization on surface roughness of fused deposition modelling (FDM) 3D printed parts using Taguchi approach. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Chapter: Intelligent Manufacturing and Mechatronics. Publishing: Springer Nature. 230-243.
- Carabina G., Scalera L., Wongratanaphisanb T. and Vidonia R. (2021). An energy-efficient approach for 3D printing with a Linear Delta Robot equipped with optimal springs. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 67:102045.

- Lan L., Jianping S., Kaiwei M., Jing J., Peng W., Huixin L., Yi C., Xingsong W., Qing J. (2021). Robotic in situ 3D bio-printing technology for repairing large segmental bone defects. *Journal of Advanced Research*. 30: 75-84.
- Luan X. Y., Chengzhe L., Liujian L. and Jianzhong F. (2018). Self-monitoring continuous carbon fiber reinforced thermoplastic based on dual material three-dimensional printing integration process. *Carbon*. 140: 100-111.
- Moza Z., Kitsakis K., Kechagia J., Mastorakis N. (2015). Optimizing dimensional accuracy of fused filament fabrication using Taguchi design. *Recent Researches in Electrical and Computer Engineering*. June 2015: 110-114.
- Munproma R. and Limtasiri L. (2019). Optimization of stereolithographic 3D printing parameters using Taguchi method for improvement in mechanical properties. *Materials Today: Proceedings*. 17: 1768–1773.
- Parandoush P. and Lin. D. (2017). A review on additive manufacturing of polymer-fiber composites. *Composite Structures*. 182: 36-53.
- Tan J. C. and Low H. Y. (2018). Embedded electrical tracks in 3D printed objects by fused filament fabrication of highly conductive composites. *Additive Manufacturing*. 23: 294-302.
- Thasana W., Kaewdook D., Khantiyanuwat P., Boonsiri N. and Yoshida Y. (2015). Study of 3D Printer for Educational Use, paper presented in *the 6th TSME International Conference on Mechanical Engineering (ICoME 2015)*, 16-18 December 2015, Phetchaburi, Thailand.
- Tim A., Osswald J. P. and Kattinger J. (2018). Fused filament fabrication melting model. *Additive Manufacturing*. 22: 51-59.

การใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานสำหรับผลิตถ่านอัดแท่ง

Using raw rubber latex as binder for charcoal briquette production

สุรสิงห์ อารยางกูร¹ ลำพูน เหลลาราช¹ จุฑาพล จำปาแถม¹ และวัชรานนท์ จุฑาจันทร์^{1*}

Surasing Arayangkun¹, Lumpoon Laorach², Jutapol Jumpatam² and Watcharanon

Jutajan^{2*}

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

watcharanon_j@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานสำหรับผลิตถ่านอัดแท่ง โดยศึกษาสมบัติของถ่านอัดแท่งที่ใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสาน การผลิตถ่านอัดแท่งโดยการนำผงถ่านจากเศษถ่านไม้รวมกับตัวประสานมาผสมในอัตราส่วนที่ต่างกันไป 7 อัตราส่วนโดยมวลต่อปริมาตร ได้แก่ 1 : 0.1, 1 : 0.2, 1 : 0.3, 1 : 0.4, 1 : 0.5, 1 : 0.6 และ 1 : 0.7 กิโลกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นำไปขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบคานโยกทดกำลัง ผ่านกระบวนการทำแห้งโดยวิธีการผึ่งไว้ในที่ร่ม นำถ่านอัดแท่งมาทดสอบหาสมบัติของถ่านอัดแท่ง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่าน จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วน 1 : 0.1 และ 1 : 0.2 ไม่สามารถขึ้นรูปได้ อัตราการทำแห้งแปรผกผันกับปริมาณของน้ำยางที่เป็นตัวประสาน ทุกอัตราส่วนมีค่าความหนาแน่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปริมาณความชื้นและดัชนีแฉกร่วนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณของน้ำยางที่เป็นตัวประสาน การศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ ถ่านอัดแท่งมีการเกิดสะเก็ดไฟเล็กน้อยและมีควันไฟ อัตราส่วนที่เกิดควันมากที่สุด คือ อัตราส่วน 1 : 0.7 และอัตราส่วนที่เกิดควันน้อยที่สุด คือ อัตราส่วน 1 : 0.3

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง ยางพารา ตัวประสาน

Abstract

The objective of this research is to study effect of natural rubber latex as binder for charcoal briquette production. The properties of the obtained charcoal briquette samples using raw para rubber as a binder was investigated. The mixing charcoal powder ratios of wood charcoal to the binder for the charcoal briquette production were studied in 7 different ratios by mass to volume: 1: 0.1, 1: 0.2, 1: 0.3, 1: 0.4, 1: 0.5, 1: 0.6 and 1: 0.7 kg/liter, respectively. The charcoal powders were formed by using the charcoal compactor with level type. Then, the produced charcoal briquettes are dried by drying in the shade. Lastly, the properties of the charcoal briquette samples were tested to find the optimal ratio for charcoal production. The studied results were found that the ratio 1: 0.1 and 1: 0.2 cannot be formed. The drying

rate was inversely proportional to the amount of the latex binder. The density of all ratios had no statistically significant difference at .05. The moisture content and the shatter index value tended to increase with increasing the amount of latex binder. For studying the burning behavior, the sparks and smoke were occurred in all ratios. The most-smoke producing ratio was 1: 0.7, while the least ratio was 1: 0.3.

Keywords: Charcoal briquette, Rubber latex, Binder

บทนำ

ถ่านยังคงเป็นเชื้อเพลิงสำหรับการหุงต้มหรือปิ้งย่างสำหรับการประกอบอาหารที่มีการใช้อย่างแพร่หลายในท้องถิ่นหลายพื้นที่ของประเทศไทย ในอดีตจะใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงอาจจะอยู่ในรูปของไม้ฟืน หรือถ่านไม้ แต่ในปัจจุบันปริมาณไม้มีปริมาณไม่มากนัก จึงทำให้มีความสนใจในการนำวัสดุหรือวัสดุทางการเกษตรหลายชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว เศษไม้ยางพารา ซังข้าวโพด กะลาปาล์ม ซี้เลื่อย ซังข้าวโพด หรือเศษถ่านเหลือใช้มาผลิตเป็นเชื้อเพลิง เศษถ่านเหลือใช้สามารถนำมาทำเป็นถ่านอัดแท่งที่สามารถใช้งานได้ดี แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวประสานที่ใช้ในการผสมเพื่อขึ้นรูปถ่านอัดแท่งที่เหมาะสม (วัชรานนท์ จุฑาจันทร์, 2559) แต่จากการใช้ถ่านสำหรับการหุงต้มหรือปิ้งย่างนั้นในกระบวนการเก็บรักษา ขนส่ง หรือเหลือจากการใช้งาน มีเศษถ่านหรือส่วนแตกเหลือใช้เกิดขึ้นจำนวนมาก

ถ่านอัดแท่งเป็นถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือถ่านที่ผ่านการบดละเอียดมาแล้วโดยมีการผสมกับตัวประสานเพื่อยึดเหนี่ยวให้ถ่านจับกันเป็นก้อน โดยในตัวประสานนั้นจะช่วยประสานวัสดุให้ติดกันง่ายขึ้น ลักษณะของตัวประสานที่ติดนั้นนอกจากจะต้องมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคสูงแล้วที่อุณหภูมิใช้งานยังต้องเปียกและสามารถปกคลุมพื้นที่ผิวของถ่านได้ ตัวประสานที่มีการใช้อย่างแพร่หลายวัสดุที่ใช้เป็นตัวประสานมีหลายชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง น้ำแป้งเปียก ดินเหนียว กากน้ำตาล ผักตบชวา มูลสัตว์ ทรายไม้ น้ำมันดิบ และผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียม เป็นต้น ตัวประสานแต่ละชนิดมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน (อนุสรฯ งามเลิศ และคณะ, 2562) กากน้ำตาลและแป้งเปียกเป็นตัวประสานที่ดี ถ่านอัดแท่งที่ใช้กากน้ำตาลเป็นตัวเชื่อมประสานนั้นมีความร้อนสูงกว่า และมีปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านอัดแท่งที่ใช้แป้งเปียกเป็นตัวเชื่อมประสาน แต่ข้อเสียของการใช้กากน้ำตาลคือ ต้องใช้ปริมาณมากกว่าและเมื่อทิ้งไว้ในอากาศชื้นๆจะดูดความชื้นจากในอากาศเข้าไปทำให้อ่อนตัวลง คุณภาพของตัวประสานจึงส่งผลต่อคุณภาพของถ่านอัดแท่ง

เทคโนโลยีการอัดแท่งถ่านในปัจจุบันมีวิธีการอัดแท่งถ่านมากมายทั้งการอัดด้วยมือ อัดด้วยเครื่องจักรโดยคำนึงถึงความเหมาะสมและลักษณะการใช้งานของถ่านอัดแท่ง กระบวนการผลิตถ่านชีวมวลอัดแท่งมี 2 รูปแบบ คือรูปแบบการอัดแล้วนำไปเผา (Briquetting-Carbonization (B-C) option) และวิธีการอัดเย็น ความดันต่ำ (Cold and High pressure densification) สามารถอัดได้ทั้งชีวมวลสดหรือแห้ง ข้อเสียคือความชื้นและความหนาแน่นของการอัดเกาะของชีวมวลหลังการอัดที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีตัวประสานจากภายนอกมาช่วยในการอัดให้แน่นขึ้นและรูปแบบการเผาแล้วนำไปอัด (Carbonization-Briquetting (B-C) option) (พงษ์ศักดิ์ อยู่มัน, 2559) สำหรับในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ใช้การอัดแท่งถ่านด้วยเครื่องกลที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้อัดแท่งถ่านแบบเครื่องอัดถ่านแบบคานโยกทดกำลัง และเป็นแบบการเผาแล้วนำไปอัด

ยางพาราเป็นพืชที่มีการนำเข้ามาปลูกมากขึ้นในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเริ่มมีการปลูกในจังหวัด ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ ซึ่งยางพาราเป็นสินค้าเกษตรที่ทรงคุณค่า เนื่องจากน้ำยางสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้จำนวนมาก ในขณะที่ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกยางพาราและผลิตภัณฑ์ยางอันดับหนึ่งของโลก แต่ปัญหาราคายางตกต่ำตั้งแต่ปี 2557 (ประชาคุณธรรมดี, 2563) ส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงแก่ครัวเรือนชาวสวนยาง แม้ว่ารัฐบาล มีมาตรการช่วยเหลือเกษตรกรชาวสวน

ทั้งการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหน่วยงาน ปัญหายางพาราของไทยไม่ได้มีเฉพาะที่ราคายางพาราตกต่ำ แต่ยังมีปัญหาเรื่อง การจัดการสวนยาง การตลาด และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยาง โครงการของรัฐในอดีตตั้งแต่ปี 2553 เน้นการเพิ่มผลผลิต ยางพารา เนื่องจากราคายางอยู่ในระดับสูง แต่ในปัจจุบันราคายางอยู่ในระดับต่ำซึ่งเป็นผลจากเศรษฐกิจโลก และผลจาก โครงการการเพิ่มผลผลิตดังกล่าว ก็ซ้ำเติมปัญหาราคายางตกต่ำอย่างต่อเนื่อง จึงมีแนวคิดในการนำน้ำยางพารามาประยุกต์ใช้ ประโยชน์ในลักษณะอื่นเพื่อเพิ่มคุณค่าให้กับน้ำยางพารา

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานสำหรับผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อเป็น แนวทางในการศึกษาผงถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมของน้ำยางพารา เป็นการทดสอบการศึกษาหาสมบัติของถ่านอัดแท่งในการขึ้น รูปของถ่านโดยมีน้ำยางพาราเป็นตัวประสาน ซึ่งน้ำยางพาราสามารถหาได้ง่ายมีอยู่ในปริมาณมาก เนื่องจากประเทศไทยเป็น ประเทศทางเกษตรกรรม จึงเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้วัสดุธรรมชาติให้เกิดประโยชน์และส่งเสริมสนับสนุนการตัดสินใจให้ มีการผลิตถ่านอัดแท่งใช้เองภายในครัวเรือน ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงหรือจำหน่ายเพื่อเป็นรายได้เสริมแก่ชุมชนท้องถิ่นที่มี ศักยภาพในการผลิตต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณในการศึกษาอัตราส่วนของผงถ่านไม่รวมต่อตัวประสานน้ำยางพาราดิบที่ส่งผลต่อ สมรรถนะ และคุณสมบัติทั่วไปของถ่าน มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบในการผลิตถ่านอัดแท่ง

1.1 การเตรียมผงถ่าน โดยนำเศษถ่านไม่รวมที่ได้จากการเผาถ่านจากเตาภูมิปัญญาชาวบ้าน ชุมชนบ้านจารย์ ตำบล หนองเหล็ก อำเภอดุสิตบุรี จังหวัดสุรินทร์ ซึ่งเป็นเศษถ่านก้อนเล็ก ๆ ที่ไม่สามารถนำไปจำหน่ายได้ แต่มีสมบัติเหมือนกันกับ ถ่านก้อนแล้วนำเศษถ่านมาเข้าเครื่องบดให้ละเอียด นำผงถ่านที่ได้จากการบดมาผ่านกระบวนกรองเพื่อให้ได้ผงถ่านที่ ละเอียดพอที่ตัวประสานจะสามารถยึดและประสานกันเป็นก้อนได้ หลังจากที่ได้ผงถ่านจากขั้นตอนการบดถ่านแล้วทำการเก็บ ผงถ่านไว้ในกล่องที่มีฝาปิดมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นจากภายนอก และร่อนนำไปใช้ในกระบวนการถัดไป

1.2 การเตรียมตัวประสานยางพารา ยางพาราที่ผู้วิจัยใช้คือต้นยางพันธุ์ PB 600 โดยนำน้ำยางพาราดิบ ที่กรีดจาก ต้น 1-2 วัน มารองผ่านผ้าขาวและกระชอนอีกชั้น เพื่อกรองน้ำยางพาราที่จับตัวกันเป็นก้อนออกก่อนที่จะผสมเข้ากับถ่าน

1.3 การผสมวัตถุดิบ ในการผสมผงถ่านกับตัวประสานใช้อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสาน ใช้อัตราส่วนโดยมวล ของผงถ่านต่อปริมาตรของตัวประสาน (กิโลกรัมต่อลิตร) ดังนี้ 1 : 0.1, 1 : 0.2, 1 : 0.3, 1 : 0.4, 1 : 0.5, 1 : 0.6 และ 1 : 0.7 ในการผสมทำการคลุกผสมด้วยมือ



(ก) ผงถ่าน



(ข) กรองน้ำยางพารา



(ค) ผสมผงถ่านกับตัวประสาน

รูปที่ 1 วัตถุประสงค์ในการผลิตถ่านอัดแท่ง

2. ขั้นตอนการอัดแท่งถ่าน ใช้เครื่องอัดถ่านแบบใช้คานโยกทดกำลัง โดยกำหนดขนาดของถ่านอัดแท่งรูปทรงแบบกล่อง ตามแบบพิมพ์ของเครื่องอัดขนาด กว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตรหนา 2 เซนติเมตร การทำแท่ง ใช้วิธีการฝังไว้ในที่รมที่มีอากาศถ่ายเท ฝังไว้จนกว่ามวลจะไม่มีเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2 เครื่องอัดถ่านแบบใช้คานโยกทดกำลัง

3. ขั้นตอนการทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง พิจารณาความสามารถในการขึ้นรูป หลังจากที่ทำถ่านอัดแท่งออกมาจากเครื่องอัดถ่านแล้ว สามารถใช้มือจับ ยก หรือ บีบเบา ๆ ได้แล้วยังอยู่ในรูปทรงได้ ไม่แตกร่วนจะถือว่าสามารถขึ้นรูปได้ และพิจารณาเนื้อสัมผัสถ่านอัดแท่งหลังการตากแห้งโดยการพิจารณาพื้นผิวและใช้มือสัมผัสบอกลักษณะ

3.2 การหาปริมาณความชื้นของตัวอย่าง โดยวิธีการฝังในอุณหภูมิห้อง ชั่งมวลถ่านอัดแท่งเพื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามสมการที่ 1 (ณัฐวิวัฒน์ วิสัยพรหม และคณะ, 2562) แสดงผลของค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เปลี่ยนไปตามเวลา

$$\% \text{ d.b.} = (W - D) / D \quad (1)$$

เมื่อ % d.b. แทน เปอร์เซ็นต์ความชื้น (เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง)

W แทน มวลถ่านที่เวลาใด ๆ

D แทน มวลถ่านแห้ง

3.3 ค่าความหนาแน่น เป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของถ่านอัดแท่งเป็นแบบความหนาแน่นปรากฏ (Bulk Density) โดยชั่งมวลถ่านอัดแท่งและวัดขนาดถ่านอัดแท่งทุกตัวอย่างแล้วนำมาคำนวณ

3.4 ดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่ง เพื่อหาความคงทนของถ่านอัดแท่งซึ่งเป็นวิธีทดสอบดัดแปลงจาก ASTM D-3038-93 (กนกวรรณ สุภรณ์นท์ และนิพนธ์ ตันไพบุลย์กุล, 2562) โดยการเปรียบเทียบน้ำหนักของถ่านก่อนกระแทกกับน้ำหนักของถ่านที่สามารถคงรูปได้หลังกระแทก และหาค่าดัชนีการแตกร่วน จากสมการที่ 2

$$R = W_f / W_i \quad (2)$$

เมื่อ R แทน ดัชนีการแตกร่วน

W_f แทน น้ำหนักของถ่านอัดแท่งที่เหลือจากการทดลอง (กรัม)

W_i แทน คือน้ำหนักของถ่านอัดแท่งก่อนการทดสอบ (กรัม)

3.5 การศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ โดยทำการสังเกตการติดไฟ ทดสอบการเกิดควัน การเกิดสะเก็ดไฟ โดยนำตะแกรงเหล็กไปวางบนเตาทดสอบ จากนั้นนำถ่านอัดแท่งจำนวน 5 ก้อน ใส่บนตะแกรงเหล็ก แล้วจุดไฟเพื่อทำการเผาถ่านอัดแท่ง และเริ่มสังเกตผลที่เกิดขึ้น จนถ่านอัดแท่งเริ่มติดไฟ จากนั้นนำถ่านอัดแท่งที่ติดไฟแล้วใส่ลงไปในเตาถ่าน และทำการสังเกตแบบการตรวจพินิจ จนกระทั่งถ่านอัดแท่งมอดดับจึงหยุดทำการสังเกต



(ก) จุดไฟเพื่อทำการเผาถ่านอัดแท่ง

(ข) ถ่านอัดแท่งที่ติดไฟแล้วใส่ลงไปในเตาถ่าน

รูปที่ 3 การศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้

ในการทดสอบสมบัติของถ่านอัดแท่งใช้ 5 ตัวอย่างทดสอบสำหรับสมบัติทางกายภาพ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบค่าความหนาแน่น ดัชนีการแตกร่วน และปริมาณความชื้น นำมาวิเคราะห์ผลด้วย ANOVA และใช้ Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการใช้งานต่อไป

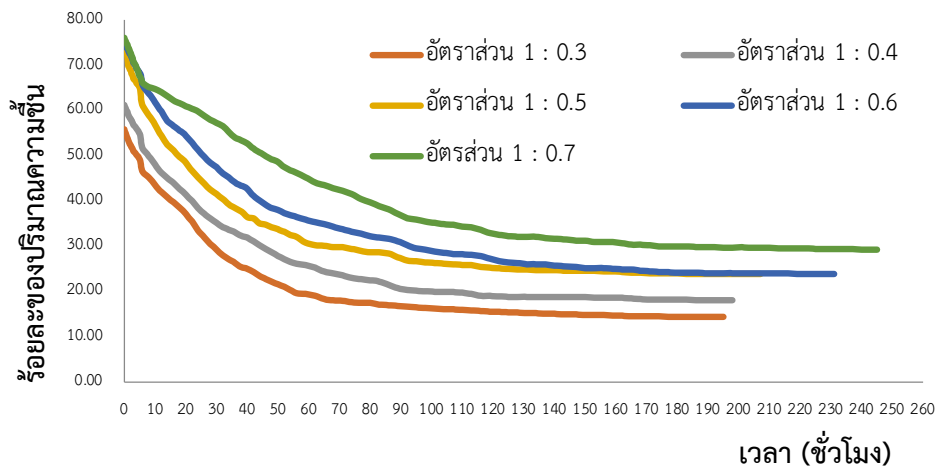
ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ สำหรับผลิตถ่านอัดแท่งและทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์สมบัติของถ่านอัดแท่ง ได้ผลการทดลองดังนี้

1. ผลการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง จากการขึ้นรูปถ่านอัดแท่ง จำนวน 5 อัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยเป็นอัตราส่วนผสมระหว่างผงถ่านต่อตัวประสาน (กิโลกรัมต่อลิตร) ได้ผลการขึ้นรูป แสดงในตารางที่ 1




เนื่องจากอัตราส่วน 1 : 0.1 และ 1 : 0.2 ไม่สามารถผสมผงถ่านกับตัวประสานให้เข้ากันได้ เพราะตัวประสานมีปริมาณไม่พอเหมาะกับอัตราส่วนของผงถ่าน ไม่สามารถขึ้นรูปได้ จึงไม่นำมาทดสอบเพื่อวิเคราะห์สมบัติของถ่านอัดแท่ง ในลำดับต่อไป

2. การศึกษากระบวนการทำแห้งของถ่านอัดแท่ง จากการศึกษาปริมาณความชื้นการใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานเพื่อหาปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลา สามารถแสดงค่าที่ทดสอบได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการทำแห้ง

ตารางที่ 1 ผลการขึ้นรูปถ่านอัดแห้ง

อัตราส่วนของผงถ่านต่อตัวประสาน (กิโลกรัม : ลิตร)	ความสามารถในการขึ้นรูป	รูปภาพ	เนื้อสัมผัสถ่านอัดแห้งหลังการทำแห้ง
1 : 0.1	X	-	-
1 : 0.2	X	-	-
1 : 0.3	✓		เนื้อหยาบมีรูพรุนเป็นวงกลมขนาดเล็ก เมื่อใช้มือสัมผัส ถ่านอัดแห้งเนื้อจะเป็นผงหลุดออก
1 : 0.4	✓		เนื้อหยาบรูพรุนเป็นวงกลมขนาดเล็ก เมื่อใช้มือสัมผัสถ่านอัดแห้งเนื้อจะเป็นผงหลุดออก
1 : 0.5	✓		เนื้อเรียบ เมื่อใช้มือสัมผัสถ่านอัดแห้งเนื้อถ่านจะหลุดออก เป็นก้อนเล็ก ๆ

1 : 0.6	✓		เนื้อเรียบเนียนและแน่น เมื่อใช้มือสัมผัส ถ่านอัดแท่งเนื้อจะเหนียว และไม่มีเนื้อ ถ่านหลุดออก
1 : 0.7	✓		เนื้อเรียบเนียนสวยและแน่นมาก เมื่อใช้ มือสัมผัสถ่านอัดแท่งเนื้อจะเหนียว มากกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ และไม่มีเนื้อ ถ่านหลุดออก

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลงตามเวลา ทุกอัตราส่วนมีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน ความชื้นเริ่มต้นมีค่ามากตามอัตราส่วนของตัวประสานในส่วนผสม ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของอัตราส่วน 1 : 0.3, 1 : 0.4, 1 : 0.5, 1 : 0.6 และ 1 : 0.7 คือ 55.81, 61.22, 74.88, 75.55 และ 76.04 ตามลำดับ อัตราส่วนที่ใช้เวลาในการทำแห้งมากที่สุดคืออัตราส่วน 1 : 0.7 อัตราส่วนที่ใช้เวลาในการทำแห้งน้อยที่สุดคืออัตราส่วน 1 : 0.3

3. ผลการศึกษาปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และดัชนีการแทรก่วน จากการอัดแท่งถ่านที่น้ำยารวมเป็นตัวประสานแล้ว ผ่านกระบวนการทำแห้งจนกระทั่งความชื้นไม่เปลี่ยนแปลง นำมาทดสอบสมบัติทางกายภาพได้แก่ ปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และดัชนีการแทรก่วน หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่าง สามารถแสดงผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และดัชนีการแทรก่วน

อัตราส่วนของผงถ่าน ต่อตัวประสาน (กิโลกรัม : ลิตร)	ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ดัชนีการแทรก่วน
1 : 0.3	14.29±0.24a	0.566±0.07a	0.924±0.05a
1 : 0.4	17.64±1.02b	0.566±0.05a	0.951±0.06ab
1 : 0.5	23.75±2.72c	0.550±0.08a	0.996±0.0018b
1 : 0.6	25.69±1.51c	0.542±0.03a	0.997±0.0012b
1 : 0.7	29.67±4.25d	0.532±0.06a	0.998±0.0003b

หมายเหตุ : a b c d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับความแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลการทดสอบปริมาณความชื้นของทุก ๆ อัตราส่วนมีค่าแตกต่างกันตามอัตราส่วนของตัวประสานที่เพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วน 1 : 0.7 มีค่าความชื้นมากที่สุด 29.67±4.25 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 1 : 0.3 มีค่าความชื้นน้อยที่สุด 14.29±0.24 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่นทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน โดยความหนาแน่นมีค่าอยู่ในช่วง 0.532-0.566 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงว่าโดยรวมแล้วเมื่อยังพารวมกับผงถ่านจะมีมวลไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าดัชนีการแทรก่วนมีค่าแตกต่างกัน โดยแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของตัวประสานที่มากขึ้นในอัตราส่วน

4. การศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการเกิดควัน และการเกิดสะเก็ดไฟ โดยนำตะแกรงเหล็กไปวางบนเตาทดสอบ จุดไฟให้กับเตาทดสอบเพื่อทำการเผาถ่านอัดแท่ง และเริ่มสังเกตผลที่เกิดขึ้น จนถ่านอัดแท่งเริ่มติดไฟ จึงทำการปิดเตาทดสอบ จากนั้นนำถ่านอัดแท่งที่ติดไฟแล้วใส่ลงไปในเตาถ่าน และทำการสังเกต จนกระทั่งถ่านอัดแท่งมอดดับจึงหยุดทำการสังเกต ซึ่งได้ผลการศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้แสดงดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 พฤติกรรมการเผาไหม้

อัตราส่วนของผงถ่าน ต่อตัวประสาน (กิโลกรัม : ลิตร)	การเกิดควัน	การเกิดสะเก็ดไฟ
1 : 0.3	น้อยที่สุด	มีสะเก็ดไฟเล็กน้อย
1 : 0.4	น้อย	มีสะเก็ดไฟเล็กน้อย
1 : 0.5	ปานกลาง	ไม่เกิดสะเก็ดไฟ
1 : 0.6	มาก	ไม่เกิดสะเก็ดไฟ
1 : 0.7	มากที่สุด	ไม่เกิดสะเก็ดไฟ

จากพฤติกรรมการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งที่มีน้ำยางพาราติดเป็นตัวประสาน เมื่อนำถ่านอัดแท่งที่ผ่านการจุดไฟจากเตาทดสอบ ปรากฏว่าตัวประสานที่เป็นยางพาราจะติดไฟและไหม้ก่อน ทำให้ถ่านอัดแท่งหลุดออกจากก้อนถ่าน ทำให้มีบางส่วนเกิดสะเก็ดไฟ เมื่อนำถ่านที่ผ่านการให้ความร้อนแล้วไปวางในเตาถ่าน จากการสังเกต ถ่านอัดแท่งติดไฟยังไม่ดีมากนัก ไม่เกิดสะเก็ดไฟแต่เกิดควันจากการเผาไหม้ส่วนที่เป็นตัวประสาน อัตราส่วนที่เกิดควันมากที่สุด คือ อัตราส่วน 1 : 0.7 อัตราส่วนที่เกิดควันน้อยที่สุด คือ อัตราส่วน 1 : 0.3 เนื่องจากปริมาณของควันขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำยางพาราจึงทำให้เกิดปริมาณควันที่แตกต่างกัน

การอภิปรายผล

การขึ้นรูปถ่านอัดแท่งที่มีสัดส่วนของตัวประสานที่แตกต่างกัน อัตราส่วน 1 : 0.1 และ 1 : 0.2 ไม่สามารถขึ้นรูปได้เนื่องจากมีตัวประสานน้อยเกินไป ผงถ่านไม่เกาะกัน มวลรวมของถ่านจึงไม่สามารถจับตัวเป็นก้อนได้สอดคล้องกับงานวิจัยของรักพงศ์ สายแก้ว และคณะ (2559) อัตราส่วน 1 : 0.3 และ 1 : 0.4 ขึ้นรูปได้แต่ยาก เนื่องจากตัวประสานที่ใช้มีปริมาณที่น้อยการยึดติดระหว่างผงถ่านจึงไม่มากนัก ผิวจึงไม่ค่อยเรียบเนียนหยาบ เมื่อใช้มือสัมผัส ถ่านอัดแท่งเนื้อจะเป็นผงหลุดออกได้ ส่วนในอัตราส่วน 1 : 0.6 และ 1 : 0.7 มีปริมาณตัวประสานที่มากพอจึงทำให้ที่ขึ้นรูปได้สวยงามและมีผิวที่เรียบเนียนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของนิพนธ์ ต้นไพบุลย์กุล และธรรพร บุคย์น้ำเพชร (2559) ที่พบว่าเมื่อมีปริมาณตัวประสานที่มากขึ้น ทำให้การขึ้นรูปถ่านอัดแท่งทำได้ดีและมีผิวที่เรียบเนียนมากขึ้น

การศึกษาอัตราการทำแห้งของถ่านอัดแท่ง พบว่า ปริมาณความชื้นของถ่านอัดแท่งมีค่าลดลงตามเวลา และจากการวิเคราะห์แนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลา พบว่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นมีผลต่ออัตราการทำแห้งของถ่านอัดแท่ง และส่งผลให้ความชื้นสุดท้ายของถ่านอัดแท่งไม่เท่ากัน เมื่อปริมาณตัวประสานมากขึ้นส่งผลให้แนวโน้มของปริมาณความชื้นสุดท้ายของถ่านอัดแท่งมีค่าเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของธนกร หอมจำปา และคณะ (2559).

ค่าความหนาแน่นทุกอัตราส่วนไม่แตกต่างกัน แสดงว่าสัดส่วนของตัวประสานที่เป็นน้ำยางพาราไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่น ค่าความหนาแน่นทุกอัตราส่วนอยู่ในช่วงมีประสิทธิภาพดีตามงานวิจัยของอนุวัตร ศรีนิวล และอัมพวัลย์ ชัยนาวา

(2561) ได้กล่าวไว้ว่า ถ่านชีวภาพจะมีประสิทธิภาพดีนั้น ค่าความหนาแน่นของถ่านชีวภาพนั้น ควรที่จะอยู่ระหว่าง 0.5 – 1 ส่วนค่าค่าดัชนีการแตกร่วนของถ่านอัดแท่ง มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอัตราส่วนของตัวประสานที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนของตัวประสานมากขึ้นทำให้มีความสามารถของแรงยึดเกาะประสานของถ่านอัดแท่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล และธรรพร บุศย์น้ำเพชร (2559).

จากพฤติกรรมการเผาไหม้ปริมาณการเกิดควันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของตัวประสานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งควันที่เกิดขึ้นอาจจะเป็นผลมาจากปริมาณสารระเหยที่มีอยู่ในตัวประสาน (อาคม ปะหลามานิต และคณะ, 2563) ยังมีการเกิดสะเก็ดไฟเล็กน้อยเมื่อสกัดส่วนของตัวประสานน้อย ตัวประสานที่เป็นยางพาราจะถูกเผาไหม้และหดตัวทำให้ผงถ่านที่ไม่มีตัวยึดเกาะแตกเป็นสะเก็ดไฟได้

บทสรุป

การผลิตถ่านอัดแท่งใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานสามารถขึ้นรูปได้โดยใช้อัตราส่วนของน้ำยางพาราที่เป็นตัวประสานในอัตราส่วนผงถ่าน 1 กิโลกรัมต่อตัวประสานที่มากกว่า 0.3 ลิตร ขึ้นไป อัตราส่วนผสมของถ่านอัดแท่งที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของถ่านอัดแท่งแตกต่างกัน ถ่านอัดแท่งใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสานมีคุณสมบัติด้านค่าความหนาแน่นและดัชนีการแตกร่วนเหมาะสมต่อการใช้งาน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเผาไหม้เทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนถ่านอัดแท่ง (มพช.238/2547) อาจกล่าวได้ว่า การผลิตถ่านอัดแท่งเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการปิ้งย่างหรือประกอบอาหาร อาจยังไม่เหมาะสมที่จะใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสาน

การพัฒนาคุณภาพหรือการศึกษาในเรื่องการผลิตถ่านอัดแท่งใช้น้ำยางพาราดิบเป็นตัวประสาน อาจต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำยางพาราดิบให้เหมาะสมกับการเป็นตัวประสานให้มากขึ้น และยังคงศึกษาสมบัติด้านอื่น ๆ ของถ่านอัดแท่งให้เหมาะสมกับการใช้งาน หรือหาวิธีการใช้งานของถ่านอัดแท่งใช้น้ำยางพาราเป็นตัวประสานที่เหมาะสมและคุ้มค่าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ ศุภนันท์ และนิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล. (2562). การใช้กากมันสำปะหลังเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นตัวประสานในการอัดแท่งผงถ่านจากเปลือกตาลโตนด. Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University. 6(5): 48-65.
- ณัฐวิวัฒน์ วิสัยธรรม และคณะ. (2562). การศึกษาการเปรียบเทียบกระบวนการอบแห้งกึ่งด้วยการอบแห้งแบบความชื้นสัมพัทธ์ต่ำและการอบแห้งแบบอากาศร้อน. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 11(1): 83-94.
- ธนกร หอมจำปา และคณะ. (2559). เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดยางพารา. ใน การประชุมวิชาการราชชมงคลสุรินทร์ วิชาการ ครั้งที่ 8 “วิจัยเพื่อประเทศไทย 4.0” 22-23 ธันวาคม 2559. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์. (190 –196)
- นิพนธ์ ต้นไพบูลย์กุล และธรรพร บุศย์น้ำเพชร. (2559). ลักษณะการขึ้นรูปและตัวประสานที่แตกต่างกันต่อสมบัติของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผักตบชวา. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University. 3(6): 86-100.
- ประชา คุณธรรมดี. (2559). วิถีถ่านอัดแท่ง: ปัญหาและแนวทางแก้ไข. ค้นเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2564. <https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/637159>.

- พงษ์ศักดิ์ อยู่มั่น. (2559). การพัฒนาเครื่องอัดแท่งถ่านในรูปแบบเกลียวอัดเย็นสำหรับเชื้อเพลิงชีวมวล จากเศษวัสดุเหลือใช้
ในกระบวนการผลิตกาแฟชุมชน และการหาคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงจากผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง. วารสารวิชาการคณะ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง. 9(1): 34-48.
- รักพงศ์ สายแก้ว และคณะ. (2559). ถ่านอัดแท่งจากผงถ่านกะลามะพร้าวที่ใช้โมลาสเป็นตัวประสาน. ใน การประชุมวิชาการ
ราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8 “วิจัยเพื่อประเทศไทย 4.0” 22-23 ธันวาคม 2559. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชม
งคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์. (123 –128)
- วิชรานนท์ จุฑาจันทร์. (2559). การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของตัวประสานในการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านเหลือใช้. ใน
การประชุมวิชาการราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8 “วิจัยเพื่อประเทศไทย 4.0” 22-23 ธันวาคม 2559.
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์. สุรินทร์. (123 –128)
- อนุวัตร ศรีนวล และอัมพวัลย์ ชัยนาวา. (2561). การศึกษาเชื้อเพลิงอัดแท่งจากใบสนประดิษฐ์ผสมถ่านหินลิกไนต์. วิศวกรรม
สารเกษมบัณฑิต. 8(3): 128-151.
- อนุสรรา งามเลิศ, เขมนิจจารีย์ สารพันธ์ และประนิดดา เพ็งจิว. (2562). ชนิดของตัวประสานที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่ง
จากเปลือกยูคาลิปตัส. วารสารวิชาการเทพสตรี I-TECH. 14(2). 86-97.
- อาคม ปะหลามานิต และคณะ. (2563). ชนิดและสัดส่วนตัวประสานต่อคุณภาพถ่านกะลาตาลโดนอัดแท่งโดยใช้ระบบ
อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 28(6): 1107-1125.

การพัฒนาอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงาน กรณีศึกษาเครื่องเจียรระไนทรงกระบอก The development of workpiece clamping device in case study of a cylindrical grinding machine

ศศิธร จันท์เทียน^{1*} และ บุญส่ง คำอ่อน¹

Sasithorn Junthien^{1*} and Bunsong Khamon¹

Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

*sasithorn.ie@gmail.com

บทคัดย่อ

โดยปกติเครื่องเจียรระไนทรงกระบอกจับชิ้นงานด้วยหัวจับแบบสามจับทำให้เกิดการสูญเสียเวลาปรับตั้งชิ้นงานสูงรวมถึงการตั้งค่าระดับปัจจัยในการตัดเฉือนโลหะไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดของเสีย งานวิจัยนี้ สร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานขึ้นมาใหม่และประยุกต์วิธีออกแบบการทดลองหาค่าระดับปัจจัยในการตัดเฉือนโลหะที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพและผลผลิตเครื่องเจียรระไนทรงกระบอกชิ้นงานทดสอบเหล็กกล้าสแตนเลสชนิด SUS 630 ตกบ่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.52 และ 6 มิลลิเมตร และค่าระดับปัจจัย คือ ความเร็วรอบชิ้นงาน 52 รอบต่อนาที ความลึกการเจียรระไน 0.025 มิลลิเมตร อัตราการป้อนหินเจียรระไน 0.035 มิลลิเมตรต่อรอบ พบว่า เวลาปรับตั้งชิ้นงานลดลงร้อยละ 6.21 และของเสียลดลงร้อยละ 4.34 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.5 และอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 0.844 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็น 1.227 ชิ้นต่อชั่วโมง หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.38 ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัย

คำสำคัญ: เครื่องเจียรระไนทรงกระบอก อุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงาน การออกแบบการทดลอง

Abstract

Cylindrical grinding machines normally hold the workpiece with a three-jig chuck, resulting in a loss of time of set-up and improper metal-cutting factor level settings, resulting in waste. This study developed a new specimen holder device and used a method to design an experiment to determine the optimal metal shear factor level, as well as to reduce the time it takes to set the workpiece and waste. SUS 630 stainless steel specimens with shoulder diameters of 9.52 and 6 mm, with a factor level value of 52 rpm, 0.025 mm grinding depth, and 0.035 mm per cycle grinding stone feed rate. Part set-up time was reduced by 6.21 percent, and waste was reduced by 4.34 percent. Resulting in a 22.5 percent gain in production efficiency and a 45.38 percent increase in productivity from 0.844 parts per hour to 1.227 parts per hour. This corresponds to the study's goals.

Keywords: Cylindrical grinding machine, Workpiece clamping device, Experimental design

บทนำ/Introduction

ในการดำเนินธุรกิจใด ๆ ก็ตามต้องผลิตสินค้าให้ได้ทั้งปริมาณ คุณภาพและต้นทุนตามมาตรฐานการผลิตที่กำหนด การที่จะผลิตสินค้าให้ได้ทั้งปริมาณ คุณภาพ และต้นทุนตามเป้าหมายนั้นต้องมีวิธีการบริหารจัดการที่ดี รวมทั้งการนำเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งอุตสาหกรรมประเภทผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักรก็เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศให้มีความเจริญก้าวหน้าจำเป็นต้องหาแนวทางพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ มีความสนใจศึกษาการเพิ่มค่าประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิตของเครื่องเจียรไนทรงกระบอกให้สูงขึ้น และสุดท้ายจะส่งผลทำให้การผลิตได้ปริมาณ คุณภาพ และต้นทุนต่ำลง การผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทชิ้นส่วนเครื่องจักรจะมีการแปรรูปโลหะแบบพิเศษ เช่น การกลึง การกัด การเจาะ การไส การเจียรไน เป็นต้น การแปรรูปโลหะแบบพิเศษถ้ามีขั้นตอนการเจียรไนถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและยังมีความต้องการความละเอียดสูง ปกติจะมีความสูญเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องมากในขั้นตอนนี้ จากงานวิจัย (พีรณัฐ กล้าหาญ, 2552) พบว่า ในขั้นตอนการเจียรไนการกำหนดค่าระดับปัจจัยการตัดโลหะการเจียรไนที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดของเสียได้ จากการหาค่าประสิทธิภาพและผลผลิตของเครื่องเจียรไนทรงกระบอกที่นำมาใช้ทำการศึกษาโดยทำการเจียรไนชิ้นงานเหล็กกล้าสแตนเลส (Stainless Steel) ชนิด SUS 630 เจียรไนตกปานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.52 และ 6 มิลลิเมตร ได้ค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 49.38 จำนวนผลผลิตจริง 0.844 ชิ้นต่อชั่วโมง มีของเสียเฉลี่ยร้อยละ 5.06 สิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นความสูญเสียและทำให้การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพและผลผลิตตกต่ำ งานวิจัยนี้ จึงสร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงาน และประยุกต์ใช้วิธีออกแบบการทดลองหาค่าระดับปัจจัยการตัดโลหะในการเจียรไนที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิต

การเพิ่มค่าประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิต ในงานวิจัยนี้ มี 2 ส่วน คือ

1. ลดการสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Machine Efficiency)

การสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง คือ การสูญเสียที่เกิดจากเวลาเครื่องจักรไม่ได้รับภาระงาน เวลาปรับตั้งชิ้นงาน และเวลาเครื่องจักรเสีย (เครื่องจักรเสียฉุกเฉิน) งานวิจัยนี้เป็นการสร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานขึ้นมาใหม่เพื่อลดเวลาที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงาน

2. ลดการสูญเสียด้านอัตราคุณภาพ (Quality Rate)

การสูญเสียด้านอัตราคุณภาพ เป็นการสูญเสียความสามารถในการผลิตของดีตรงตามข้อกำหนดของเครื่องจักรต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด ถ้าความเร็วรอบของล้อหินเจียรไน อัตราการป้อนของหินเจียรไน ความลึกในการเจียรไน และความเร็วรอบของชิ้นงานมีผลต่อจำนวนของเสีย การตั้งค่าในระดับที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวได้จำนวนของเสียจะลดลงวิธีการศึกษาเริ่มจากการคัดเลือกเครื่องเจียรไนทรงกระบอกมาทำการศึกษาและใช้ค่าประสิทธิภาพและผลผลิตเป็นค่าชี้วัดการปรับปรุง จากนั้นก็จะได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา กำหนดแนวทางการแก้ปัญหา เลือกใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมมาแก้ปัญหา คือ วิธีการศึกษาเวลาการทำงาน วิธีการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร สร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงาน เพื่อลดการสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่องในการทำงาน และวิธีการออกแบบการทดลองในการหาค่าระดับปัจจัยการตัดโลหะในการเจียรไนเพื่อลดของเสีย

วัตถุประสงค์ (Objective)

ศึกษาเพิ่มค่าประสิทธิภาพและผลผลิตเครื่องเจียรไนทรงกระบอก โดยการพัฒนาอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานและประยุกต์ใช้วิธีออกแบบการทดลอง

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ/ Material and Methods

ในการเพิ่มค่าประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิต

ส่วนที่ 1 ลดการสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง

1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ ใช้เครื่องเจียระไนทรงกระบอกกึ่งอัตโนมัติทำการเจียระไนชิ้นงานเหล็กกล้าสแตนเลสชนิด SUS 630 เจียระไนตักผ่านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.52 และ 6 มิลลิเมตร สำหรับขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์หัวฉีด ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์หัวฉีด (Nozzle) ที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษา พบว่า เครื่องเจียระไนทรงกระบอกที่ใช้ทำการศึกษามีค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 49.38 และอัตราผลผลิต 0.844 ชิ้นต่อชั่วโมง สามารถแยกเวลาสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง ได้ดังนี้ (1) การสูญเสียเวลาเกิดจากเครื่องจักรไม่ได้รับภาระงานเฉลี่ย 603 นาที หรือร้อยละ 5.37, (2) การสูญเสียเวลาเกิดจากปรับตั้งชิ้นงานเฉลี่ย 789.5 นาที หรือร้อยละ 7.03, (3) การสูญเสียเวลาเกิดจากเครื่องจักรเสียฉุกเฉินเฉลี่ย 842 นาที หรือร้อยละ 7.49, (4) การสูญเสียเชิงสมรรถนะการเดินเครื่องหรือความเร็วการทำงานของเครื่องไม่เป็นไปตามมาตรฐานเฉลี่ย 3,451.74 นาที หรือร้อยละ 30.73 ของเวลารับภาระงาน

1.2 วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา

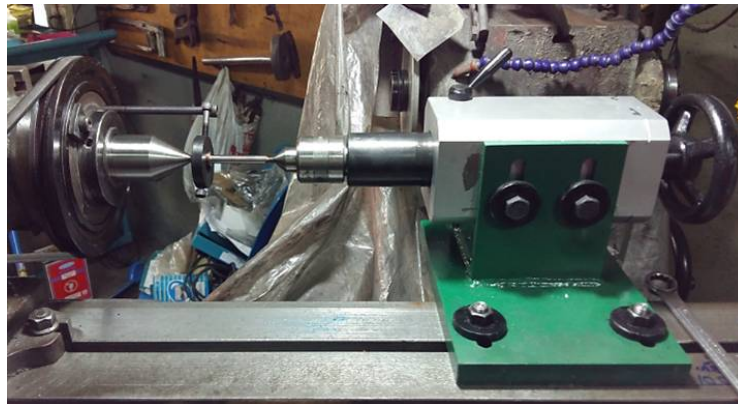
จากวิเคราะห์การทำงานเครื่องเจียระไนดังกล่าว พบว่า มีการสูญเสียเวลาปรับตั้งชิ้นงานด้วยหัวจับแบบสามจับ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องเจียระไนทรงกระบอกจับชิ้นงานด้วยหัวจับแบบสามจับ [แบบปัจจุบัน]

โดยมีการสูญเสียเวลาปรับตั้งชิ้นงานเฉลี่ย 789.5 นาที งานวิจัยนี้ นำวิธีการด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม 2 วิธี มาทำการวิเคราะห์หาแนวทางลดเวลาการสูญเสียประสิทธิภาพการเดินเครื่องที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงาน คือ (1) การศึกษาการทำงาน (วิจิตรและคณะ, 2543) กล่าวไว้ว่าเป็นการวิเคราะห์ขั้นตอนของการเคลื่อนไหวในการปฏิบัติงานเครื่องมือและเครื่องจักรใช้ร่วมกับวิธีการศึกษาเวลาโดยตรง (อิทธิต, 2557) กล่าวไว้ว่าการศึกษาเวลาโดยตรงเป็นหาจำนวนตัวอย่างเพื่อสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่มีความสมบูรณ์และใกล้เคียงกับระบบงานจริงให้มากที่สุด (2) การลดเวลาปรับตั้งและปรับแต่ง (Shingo et al., 1985) กล่าวไว้ว่าเป็นการวิเคราะห์งานย่อยอย่างละเอียดและแปลงการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการตั้งเครื่องภายนอก ในขั้นตอนการเจียระไนสามารถแยกเวลาเป็นงานนอก 21.1 วินาที งานใน 263.8 วินาที และมีเวลาเจียระไนชิ้นงาน 434.5 วินาทีต่อรอบการทำงาน

1.3 กำหนดแนวทางการแก้ปัญหา จากการสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่องที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงาน ผู้วิจัยและคณะจึงเสนอแนวทางสร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานเครื่องเจียระไนทรงกระบอกขึ้นมาใหม่ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องเจียระไนทรงกระบอกจับชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงาน [พัฒนาขึ้นมาใหม่]

เพื่อเป็นการแปลงการตั้งเครื่องภายในให้เป็นการตั้งเครื่องภายนอก ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานนั้นได้พิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น วัสดุที่นำมาสร้างอุปกรณ์ โครงสร้างมีความคงทนแข็งแรงและมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

ส่วนที่ 2 ลดการสูญเสียด้านอัตราคุณภาพ

จากการศึกษาการสูญเสียด้านอัตราคุณภาพเครื่องเจียระไนที่นำมาใช้ทำการศึกษา พบว่า มีของเสียเฉลี่ยร้อยละ 5.06 และอัตราคุณภาพเฉลี่ยร้อยละ 94.94 โดยมีของเสียเกิดจากลักษณะความเรียบผิวชิ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนด (มากกว่า 20 ไมครอน) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 3.16 จึงถูกนำมากำหนดเป็นหัวข้อในการแก้ไขปัญหา เริ่มจากนำผังแสดงเหตุและผลมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และวิเคราะห์ความล้มเหลวและผลกระทบในกระบวนการ (Tejaskumar and Mihir, 2014) ได้ศึกษาไว้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียที่มีระดับความเสี่ยงมากกว่าค่า 100 ควรนำมาศึกษา ผู้วิจัยและคณะจึงได้นำปัจจัยความเร็วรอบชิ้นงาน ความลึกในการเจียระไน อัตราการป้อนของหินเจียระไน และความเร็วรอบของล้อหินเจียระไน มาทำการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (Montgomery, 2011) กล่าวไว้ว่าขั้นตอนนี้เป็นการทดลองเบื้องต้นไม่จำเป็นต้องลดรูปการทดลองลักษณะการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลเชิงเศษส่วน (Fractional Factorial Design), (Montgomery, 2017) กล่าวไว้ว่า Center Point, Curvature มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงถึงตัวแปรที่ทำการศึกษามีความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง จึงได้นำปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวชิ้นงานมาหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยวิธีการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

และหาสภาวะปัจจัยที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนองตามที (Myers et al., 2009) ได้ศึกษาไว้ สามารถสรุปผลการศึกษาระดับนัยสำคัญ ดังนี้

1. ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวชิ้นงาน ได้ผลจากการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ คือ (1) ความเร็วรอบชิ้นงาน (2) ความลึกการเจียระไน (3) อัตราการป้อนหินเจียระไน
2. ระดับปัจจัยที่เหมาะสม หลังจากนำปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญมาทำการทดลองแบบส่วนประสมกลาง แล้วหาสภาวะปัจจัยที่เหมาะสมด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง พบว่า จุดเหมาะสมในกระบวนการเจียระไนที่ทำให้ค่าความเรียบผิวชิ้นงานต่ำสุด เป็น 9.5 ไมครอน มีค่าระดับปัจจัยการตัดโลหะ คือ (1) ความเร็วรอบชิ้นงาน 52 รอบต่อนาที (2) ความลึกการเจียระไน 0.025 มิลลิเมตร (3) อัตราการป้อนหินเจียระไน 0.035 มิลลิเมตรต่อรอบ

ผลการวิจัย/Results

1. ผลการวิจัยด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง หลังจากนำอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้งาน สรุปผล ดังนี้ (1) เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากเครื่องจักรไม่ได้รับการระงับลดจากร้อยละ 5.37 เป็นร้อยละ 4.4 ลดจากร้อยละ 0.97, (2) เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงานลดจากร้อยละ 7.03 เป็นร้อยละ 0.82 ลดจากร้อยละ 6.21, (3) เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากเครื่องจักรเสียเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.45 เป็นร้อยละ 7.91 เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.46, (4) เวลาสูญเสียเฉลี่ยเชิงสมรรถนะการเดินเครื่องลดจากร้อยละ 30.73 เป็นร้อยละ 22.18 ลดจากร้อยละ 8.55 ของเวลาบริการงาน
2. ผลการวิจัยด้านอัตราคุณภาพ หลังจากนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้งาน สรุปผลดังนี้ ค่าเฉลี่ยของเสียที่เกิดจากความเรียบผิวไม่ได้ตามข้อกำหนดลดจากร้อยละ 3.16 เป็นร้อยละ 0.24 ลดจากร้อยละ 2.92 และค่าเฉลี่ยของเสียทั้งหมดลดลงจากร้อยละ 5.06 เป็นร้อยละ 0.72 ลดจากร้อยละ 4.34 จากการที่ของเสียดังกล่าวลดลง ทำให้อัตราคุณภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 94.94 เป็นร้อยละ 99.28

การอภิปรายผล/Discussion

1. การสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง หลังจากนำอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้งานกับเครื่องเจียระไนทรงกระบอกที่นำมาใช้ทำการศึกษ สามารถสรุปผลได้ดังนี้ (1) เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากเครื่องจักรไม่ได้รับการระงับ อันเนื่องจากรอชิ้นงานจากห้องพัสดุ 325 นาที รอพนักงานเข้าประจำเครื่อง (พักเที่ยง) 120 นาที การสูญเสียในส่วนนี้ เป็นเรื่องของการบริหารจัดการองค์กรและแรงงาน ซึ่งไม่ได้นำโครงสร้างองค์กรมาใช้อย่างเป็นทางการหรือลายลักษณ์อักษรทำให้ขาดการสั่งงานที่ชัดเจน ขาดการสื่อสารและการประสานระหว่างหน่วยงาน (การสูญเสียส่วนนี้โรงงานตัวอย่างยังไม่ได้นำดำเนินการตามผู้วิจัยและคณะเสนอแนะ) จึงทำให้ค่าเฉลี่ยเวลาการสูญเสียลดลงเล็กน้อยจากร้อยละ 5.37 เป็นร้อยละ 4.4 ลดจากร้อยละ 0.97 ของเวลาบริการงาน (2) เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงานลดจากร้อยละ 7.03 เป็นร้อยละ 0.82 ลดจากร้อยละ 6.21 ของเวลาบริการงาน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัย (3) เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากเครื่องจักรเสียฉุกเฉิน เนื่องจากระบบควบคุมขัดข้อง (ไฟฟ้า) 301 นาที เครื่องจักรเสีย ฝ่ายช่างฯ ซ่อม 320 นาที และชิ้นส่วนอะไหล่ชำรุด (ซ่อมเอง) 180 นาที การสูญเสียในส่วนนี้เป็นเรื่องของการบริหารจัดการในด้านการนำเทคนิคการบำรุงรักษามาใช้เพื่อลดเครื่องจักรเสียฉุกเฉิน (การสูญเสียส่วนนี้โรงงานตัวอย่างยังไม่ได้นำดำเนินการตามผู้วิจัยและคณะเสนอแนะ) จึงทำให้เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากเครื่องจักรเสียเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.45 เป็นร้อยละ 7.91 เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.46 ของเวลาบริการงาน (4) เวลาสูญเสียเฉลี่ยเชิงสมรรถนะการเดินเครื่อง จากการนำอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้งานกับ

เครื่องเจียรระโน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เวลาสูญเสียเฉลี่ยเชิงสมรรถนะลดลง เนื่องจากชิ้นงานถูกล็อกด้วยหัวยึดศูนย์และยึดศูนย์ท้ายแทน จึงทำให้เวลาสูญเสียเฉลี่ยเชิงสมรรถนะลดลงจากร้อยละ 30.73 เป็นร้อยละ 22.18 ลดลงร้อยละ 8.55 ของเวลารับภาระงาน

2. การสูญเสียด้านอัตราคุณภาพ ผลวิจัยนี้ กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์ พบว่า (1) ความเร็วรอบชิ้นงาน มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2) ความลึกการเจียรระโน มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3) อัตราการป้อนหินเจียรระโน มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (4) ความเร็วรอบชิ้นงานสัมพันธ์กับอัตราการป้อนหินเจียรระโน ส่งผลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (5) ความลึกการเจียรระโนสัมพันธ์กับอัตราการป้อนหินเจียรระโน ส่งผลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและ (6) ความเร็วรอบชิ้นงานสัมพันธ์กับความเร็วรอบชิ้นงาน ส่งผลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัย (พิรณัฐ, 2552) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติงานการเจียรระโนกลมเหล็กกล้าคาร์บอนชุบแข็งเกรด AISI 4140 โดยใช้วิธีการเจียรระโนกลม มีปัจจัยอิสระที่เกี่ยวข้อง คือ ความเร็วรอบชิ้นงาน ความลึกในการเจียรระโน และอัตราป้อนตัวแปรตาม คือ ความเรียบผิวชิ้นงาน ผลวิจัย พบว่า (1) ความลึกในการเจียรระโน มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (2) ความเร็วรอบชิ้นงานมีสัมพันธ์กับอัตราป้อน ส่งผลต่อความเรียบผิวชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทสรุป

1. การลดการสูญเสียด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง เป็นการสร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานขึ้นมาใหม่เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงาน หลังจากสร้างอุปกรณ์แล้วจึงนำไปใช้งานกับเครื่องเจียรระโนทรงกระบอกกึ่งอัตโนมัติสามารถเจียรระโนทรงกลมสูงสุด [Max. Diameter 260 × length 800 mm.] ความเร็วรอบตั้งแต่ 0 – 500 รอบต่อนาที โดยทำการเจียรระโนชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าสแตนเลส ชนิด SUS 630 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 และความยาว 78 มิลลิเมตร เจียรระโนตก่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.52 และ 6 มิลลิเมตร ผลการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานที่สร้างขึ้นใหม่ พบว่าเวลาสูญเสียการปรับตั้งหัวจับ/ปรับแต่งศูนย์ชิ้นงานลดลงจากร้อยละ 6.55 เป็นร้อยละ 0.67 ลดลงร้อยละ 5.88 และด้านหน้าหินเจียรระโนลดลงจากร้อยละ 0.48 เป็นร้อยละ 0.15 ลดลงร้อยละ 0.33 จากการศึกษาที่ความสูญเสียดังกล่าวลดลง ทำให้เวลาสูญเสียเฉลี่ยที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงานลดลงจากร้อยละ 7.03 เป็นร้อยละ 0.82 ลดลงร้อยละ 6.21 ของเวลารับภาระงาน

2. การลดการสูญเสียด้านอัตราคุณภาพ เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการออกแบบการทดลองหาค่าระดับปัจจัยการตัดโลหะในการเจียรระโนที่เหมาะสมเพื่อลดของเสีย หลังจากนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้งานกับเครื่องเจียรระโนและเจียรระโนชิ้นงานดังกล่าวมา ผลการประยุกต์ใช้ผลการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียที่เกิดจากความเรียบผิวไม่ได้ตามข้อกำหนดลดลงจากร้อยละ 3.16 เป็นร้อยละ 0.24 ลดลงร้อยละ 2.92 และค่าเฉลี่ยของเสียทั้งหมดลดลงจากร้อยละ 5.06 เป็นร้อยละ 0.72 ลดลงร้อยละ 4.34 ของจำนวนผลผลิตจริง ทำให้อัตราคุณภาพเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 94.94 เป็นร้อยละ 99.28

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตและอัตราผลผลิต

ดัชนีการวัด	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน		
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง	ผลการปรับปรุง
	ก.ค. - ส.ค. 61	ม.ค. - ก.พ. 63	เพิ่มขึ้น
เวลาที่เครื่องจักรรับภาระงาน (ชม.)	187.2	168.7	-

ผลผลิตตามแผน (ชิ้น)	320	288	-
ผลผลิตจริง (ชิ้น)	158	207	-
ประสิทธิภาพการผลิต (ร้อยละ)	49.38	71.88	22.5
อัตราผลผลิต (ชิ้นต่อชั่วโมง)	0.844	1.227	0.383

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าวิธีการต่าง ๆ ในการวิจัยนี้และผลของการวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดเวลาสูญเสียเกิดจากการปรับตั้งชิ้นงานและของเสียเครื่องเจียระไนที่นำมาใช้ทำการศึกษานั้น สามารถลดเวลาสูญเสียเกิดจากการปรับตั้งชิ้นงานลงได้ร้อยละ 6.21 และลดของเสียลงได้ร้อยละ 4.34 ทำให้อัตราคุณภาพเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99.28 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 49.38 เป็นร้อยละ 71.88 เพิ่มขึ้นร้อยละ 22.5 และอัตราผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 0.844 ชิ้นต่อชั่วโมง เป็น 1.227 ชิ้นต่อชั่วโมง ซึ่งไปเป็นตามวัตถุประสงค์การวิจัย รวมถึงสามารถนำผลงานวิจัยไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์หัวฉีดรุ่นอื่น ๆ และสามารถนำผลงานวิจัยไปเป็นแนวทางในประยุกต์ใช้กับเครื่องเจียระไนทรงกระบอกขนาดอื่น ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. ด้านประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (1) โครงสร้างของเครื่องต้นแบบชุดยนต์หุ่นยนต์ทำแทนเพื่อความสวยงามและคงทนแข็งแรงในการใช้งานยิ่งขึ้น ควรเปลี่ยนเป็นแบบหล่อฐานเข้ากับโครงสร้างส่วนบนเป็นชิ้นเดียวกัน (2) การใช้งานทุกครั้งควรปฏิบัติตามคู่มือการติดตั้งและการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน
2. ด้านอัตราคุณภาพ การที่จะนำผลการทดลองนี้ไปใช้เป็นมาตรฐานกับกระบวนการเจียระไน ควรมีการประเมินความเสถียรความสามารถของกระบวนการและมีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติระยะยาวก่อน
3. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป งานวิจัยนี้ เป็นการสร้างอุปกรณ์ชุดจับยึดชิ้นงานขึ้นมาใหม่ ซึ่งสามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากการปรับตั้งชิ้นงานลงได้ แต่เวลาสูญเสียที่เกิดจากเครื่องจักรเสียฉุกเฉิน และเวลาสูญเสียเชิงสมรรถนะยังมีค่าสูง ผู้วิจัยและคณะเห็นว่าควรมีการศึกษาต่อเพื่อลดเวลาสูญเสียดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่สนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง/Reference

วิจิตร ตันทสุทธิ , วันชัย ริจิรวนิช , จรูญ มหิตธาพองกุล และชูเวช ชาญสง่าเวช. (2543). การศึกษาการทำงาน.พิมพ์ครั้งที่ 7.

โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.

ธีทัต ตรีศิริโชติ. (2557). การศึกษาเวลาโดยตรง. ค้นเมื่อ วันที่ 1 มีนาคม 2562.

<https://www.slideshare.net/TeeTre/15-38124697>

Shingo S., Andrew P. and Dillon A. P. (1985). A Study of the Toyota Production System: From an Industrial

Engineering. Printed and bound by Sheridan books, Inc. the USA.

Tejaskumar S. P. and Mihir T. P. (2014). A Case Study: A Process FMEA Tool to Enhance Quality and Efficiency of Manufacturing Industry Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management. 4(3) : 145-152.

Montgomery D. C., Wiley & Sons, INC. (2011). Statistics for engineering 5th Edition. New York. John.

Montgomery D. C., Wiley & Sons INC. (2017). Design and Analysis of Experiments. 9th Edition.
New York John.

Myers R. H., John Wiley & Sons INC. (2009). Montgomery D. C. & Anderson-Cook C. M. Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments. 3rd Edition. New York.

พีรณัฐ กล้าหาญ. (2552). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติงานการเจียระไนกลมเหล็กกล้าคาร์บอนชุบแข็งเกรด AISI 4140 .
วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี:
กรุงเทพมหานคร.

การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบต่อสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้
โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว
Effect of rotational speed on crushing capacity of the leaf crushing machine
by using one-way ANOVA analysis

ธาริณี มีเจริญ^{1*} นิตานาถ แก้ววินัด¹ ศุภวิช นิยมพันธ์¹ และศุภวัชร นิยมพันธ์²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

² สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

*me.tarinee@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วรอบที่มีผลต่อสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว คณะผู้วิจัยวัดความเร็วรอบของใบมีดจากการปรับขนาดมู่เส้ตาม 3 ขนาด คือ 8 10 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ มีความเร็วรอบของใบมีด เท่ากับ 543.75 435 และ 362.5 รอบต่อนาที ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำ 4 รอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการย่อยของแต่ละระดับของความเร็วของใบมีด ผลการทดลองพบว่า ในความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 435 และ 362.5 รอบต่อนาที มีความสามารถในการย่อยเฉลี่ย 17.04 14.21 และ 6.63 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย ร้อยละ 88.10 86.41 และ 83.06 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ความเร็วรอบของใบมีดส่งผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ที่ระดับความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยและค่าประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ยสูงสุด นั่นคือ เครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบควรเลือกใช้ขนาดมู่เส้ตามขนาด 8 นิ้ว เป็นองค์ประกอบของตัวส่งกำลังเครื่องสับย่อยใบไม้ โดยเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบนี้มีต้นทุนดำเนินการในการสับย่อยคิดเป็นค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น 0.55 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ: เครื่องสับย่อยใบไม้ ความเร็วรอบ สมรรถนะ การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Abstract

This research aimed to study the rotational speed which affected the crushing capacity of the leaf crushing machine by using one-way ANOVA analysis. Researchers changed blade's rotational speed by varying dimension of a driven pulley in 3 diameters such as 8 inches, 10 inches, and 12 inches respectively. There were 3 levels of the blade's rotational speed such as 543.7, 435, and 362.5 rpm respectively. The experiment for testing the crushing capacity was conducted with 4 replications in each level of blade's rotational speed. The experimental results showed that at 543.75, 435, and 362.5 rpm, the average crushing capacities were 17.04, 14.20, and 6.63 kg/hour respectively and crushing efficiencies were 88.10%, 86.41%, and 83.06% respectively.

After analyzing by one-way ANOVA analysis, results showed that at significance level of 0.05, blade's rotational speed had affected on averaged crushing efficiency significantly. Nevertheless, the blade's rotational speed at 543.75 rpm got the maximum averaged crushing capacity and crushing efficiency. The prototype of leaf crushing machine should use an 8-inch driven pulley in the components of the leaf shredder's transmission. This prototype of leaf crushing machine got crushing unit cost by calculating from the electricity charge which equaled to 0.55 baht/kg.

Keywords: Leaf crushing machine, rotational speed, capacity, one-way ANOVA analysis

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ตั้งอยู่บนเลขที่ 186 หมู่ที่ 1 ถนนสุรินทร์-ปราสาท ตำบลนอกเมือง อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ 32000 มีเนื้อที่ทั้งหมด 479 ไร่ 1 งาน 70 ตารางวา โดยปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์มีทั้งหมด 6 คณะ และ 6 หน่วยงาน (งานประชาสัมพันธ์ มรภ.สุรินทร์, 2561) ซึ่งบริเวณภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มีพื้นที่ที่คงสภาพป่ามากที่สุดตั้งอยู่ในทิศใต้เพียงแห่งเดียว ประกอบไปด้วย ไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม ไม้เถา และไม้ล้มลุก กระจายอยู่บนพื้นที่ประมาณ 10,510.5 ตร.ม. หรือประมาณ 6.6 ไร่ คิดเป็น 1.37% ของพื้นที่ทั้งหมด อีกทั้งในบริเวณรอบอาคาร ต่าง ๆ และตามถนนรอบมหาวิทยาลัยมีการปลูกต้นไม้เพื่อปรับภูมิทัศน์ให้มีความร่มรื่นและสวยงาม เช่น อินทนิล ก้ามปู ยางนา มะขาม สะเดา เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้มีปริมาณใบไม้แห้งที่ร่วงหล่นในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก โดยใบไม้แห้งเหล่านี้ปัจจุบันไม่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ และยังไม่มีวิธีการกำจัดอย่างเหมาะสม โดยใบไม้ถือเป็นขยะอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่มักจะนำมารีไซเคิลทำเป็นปุ๋ยหมักอินทรีย์เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ปุ๋ยหมักจะได้ช้าหรือเร็วขึ้นกับขนาดของใบไม้ที่นำมาใช้ ถ้าใบไม้มีขนาดเล็กและมีลักษณะอื่น ๆ ที่เหมาะสม การสลายตัวของวัสดุใบไม้จะเป็นไปอย่างรวดเร็วภายใน 1 สัปดาห์

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการลดขนาดใบไม้จากการใช้เครื่องสับย่อยใบไม้เพื่อลดเวลาในการย่อยสลายในการทำปุ๋ยหมักต่อไป ซึ่งหากเครื่องสับย่อยใบไม้ที่ใช้มีสมรรถนะในการสับย่อยใบไม้ที่รวดเร็วจะเป็นการช่วยลดเวลาในการทำงานของผู้ใช้เครื่องให้ลดลง ลดพื้นที่ในการกองใบไม้แห้ง และผู้ใช้เครื่องสามารถนำใบไม้ที่สับย่อยแล้วไปใช้ประโยชน์ต่อได้เร็วยิ่งขึ้นอีกด้วย ซึ่งในหลายปีที่ผ่านมาทีมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบและพัฒนาเครื่องสับย่อยต่าง ๆ เช่น โชคอนันต์ พันธุ์หลวง และคณะ (2554) ทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องย่อยใบไม้และกิ่งไม้ โดยใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 9 แรงม้า ใบมีดตัด 2 ใบ ใบมีดย่อย 36 ใบ และมีความเร็วรอบ 360 รอบต่อนาที สามารถย่อยใบไม้แห้งขนาด 10-20 เซนติเมตร ได้เฉลี่ย 13.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง และ อนุชา แก้วหลวง และดุสิต ทองเปรมจิตต์ (2555) ศึกษาพัฒนาเครื่องย่อยใบไม้สำหรับงานอาคารสถานที่ โดยใช้มอเตอร์ขนาด 16 แรงม้า ชุดใบมีด 16 ใบ มุ่เล่ขนาด 8 นิ้ว มีความเร็วรอบ และมีความเร็วรอบ 2,560 รอบต่อนาที สามารถย่อยกิ่งไม้ขนาดเล็กกว่า 1.5 ซม. ได้เฉลี่ย 200 กิโลกรัม/ชั่วโมง เป็นต้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาปัจจัยความเร็วรอบของใบมีดที่มีผลต่อสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้จากการปรับขนาดมุ่เล่ตาม และใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อกำหนดความเร็วรอบของใบมีดที่เหมาะสมเพื่อให้เครื่องมีสมรรถนะการสับย่อยที่ดีที่สุด

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. องค์ประกอบของเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบ มีองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1.1 ชุดไซโล เป็นโครงสร้างแผ่นเหล็กกรุปรวยใช้เป็นช่องทางใส่ใบไม้แห้ง มีความสูง 350 มิลลิเมตร ความกว้าง 560 มิลลิเมตร ความยาว 560 มิลลิเมตร และมีแผ่นเหล็กเปิด-ปิด โดยใช้คันทันซึกเพื่อควบคุมการปริมาณการไหลลงของใบไม้

1.2 ชุดส่งกำลัง ประกอบด้วย

1.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 230 โวลต์ 50 Hz ขนาด 3 แรงม้า และมีความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที

1.2.2 มูเล่ในงานวิจัยนี้ใช้มูเล่ 2 ชนิด ได้แก่ มูเล่ซับขนาด 3 นิ้ว และทดความเร็วรอบโดยปรับขนาดมูเล่ตามแบบชนิดร่องวี 3 ขนาด คือ 8 10 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ

1.2.3 สายพานวี ชนิด B ยาว 66 นิ้ว 68 นิ้ว และ 71 นิ้ว

1.2.4 เพลากลมเหล็กกล้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 มิลลิเมตร

1.2.5 ตู้คอนโทรล ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักที่สำคัญ คือ เบรกเกอร์ 2P40A แมกเนติกคอนแทคเตอร์ S-T21 220 V โอเวอร์โวลต์รีเลย์ TH-T18 15A และฟิวส์

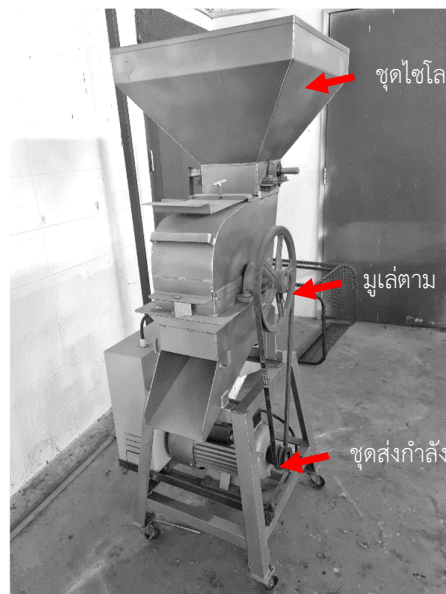
1.3 ชุดใบมีด เป็นใบมีดแบบค้อนกึ่งใบมีดตัดอ้อยดังรูปที่ 1 โดยจะทำการย่อยใบไม้ที่ไหลลงมาจากไซโล โดยใช้ใบมีดทั้งหมด 28 ใบมีด และแต่ละใบมีดมีความกว้าง 30 มิลลิเมตร ความยาว 135 มิลลิเมตร และความหนา 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 1 ชุดใบมีด

1.4 ตะแกรงกรอง มีหน้าที่คัดแยกความละเอียดของใบไม้ที่ถูกสับย่อย มีความกว้าง 400 มิลลิเมตร ยาว 900 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของรูขนาด 12 มิลลิเมตร

1.5 รางทางออก เป็นแผ่นเหล็กขนาดความกว้าง 205 มิลลิเมตร และความยาว 520 มิลลิเมตร



รูปที่ 2 เครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบ

2. วิธีการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการสับย่อยที่ดีที่สุด

การออกแบบการทดลองโดยการทดสอบความเร็วรอบของใบมีดจากการปรับขนาดมูเล่ตาม 3 ขนาด ให้มีความเร็วรอบของใบมีดที่แตกต่างกัน 3 ระดับ โดยคำนวณความเร็วรอบจากสมการที่ (1) (วีระเดช เกตุมรรค และพงศกร สุรินทร์, 2555) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเร็วรอบของใบมีดที่มีต่อสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้ และเพื่อศึกษาสมรรถนะการสับย่อยที่ดีที่สุดของเครื่องสับย่อยใบไม่ว่าเกิดจากการตั้งค่าความเร็วรอบของใบมีดที่ระดับใด โดยประชากรที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้คือใบไม้แห้ง และกลุ่มตัวอย่างเป็นใบอินทนิลแห้งปริมาณ 1 กิโลกรัม เนื่องจากต้นไม้นี้เป็นต้นไม้ประจำมหาวิทยาลัย จึงมีการปลูกโดยรอบมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก และใบมีลักษณะใหญ่ปานกลางเหมาะแก่การนำมาลดขนาดให้เล็กลงก่อนนำไปทำปุ๋ยหมักต่อไป

$$\text{ความเร็วรอบตาม (รอบ/นาที)} = \frac{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมูเล่ซับ}}{\text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมูเล่ตาม}} \times \text{ความเร็วรอบของล้อซับ} \quad (1)$$

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลองในการหาสมรรถนะการสับย่อยที่ดีที่สุด

ปัจจัยที่ศึกษา (ตัวแปรต้น)	ความเร็วรอบของใบมีด 3 ระดับ ได้แก่ 1) 543.75 รอบต่อนาที (มูเล่ตาม ขนาด 8 นิ้ว) 2) 435 รอบต่อนาที (มูเล่ตาม ขนาด 10 นิ้ว) 3) 362.5 รอบต่อนาที (มูเล่ตาม ขนาด 12 นิ้ว)
ตัวแปรตาม	สมรรถนะการสับย่อยใบไม้
ตัวแปรควบคุม	- มูเล่ซับ ขนาด 3 นิ้ว - ใบมีดจำนวน 28 ใบ - ตะแกรงกรอง ขนาด 12 มม. - ใบอินทนิลแห้งปริมาณ 1 กก.
จำนวนการทดลองซ้ำ	4 รอบการทดลองซ้ำ ในแต่ละความเร็วรอบของใบมีด

โดยการคำนวณค่าสมรรถนะการสับย่อยใบไม้ (อัตราเศษ ไม้จันทร์, 2560) คณะผู้วิจัยพิจารณาจากค่าน้ำหนักใบไม้ที่ได้หลังการย่อยต่อค่าเวลาที่ใช้ในการย่อยในการทดลองแต่ละรอบ แสดงดังสมการที่ (2)

$$\text{สมรรถนะการสับย่อย (กิโลกรัม/ชั่วโมง)} = \frac{\text{น้ำหนักใบไม้ที่ได้หลังการย่อย}}{\text{เวลาที่ใช้ในการย่อย}} \quad (2)$$

นอกจากนี้ยังมีการคำนวณค่าประสิทธิภาพในการย่อยใบไม้ (ลักษณะ บุญส่งศรีกุล, 2555) ประกอบการพิจารณาค่าสมรรถนะการสับย่อยใบไม้ แสดงดังสมการที่ (3)

$$\text{ประสิทธิภาพในการย่อย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักใบไม้ที่ได้หลังการย่อย}}{\text{น้ำหนักใบไม้ทั้งหมดที่นำเข้า}} \times 100 \quad (3)$$

3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

3.1 การตรวจสอบความเพียงพอของตัวแบบ (Model Adequacy Checking)

ตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ยด้วยวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ เพื่อทดสอบว่าข้อมูลที่เก็บมามีความเพียงพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์และอนุมานค่าทางสถิติของประชากรได้หรือไม่ (Montgomery et al., 2012) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 18 ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha=0.05$) ดังนี้

H_0 : ข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA)

ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$)

H_0 : สมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยของความเร็วรอบของใบมีดทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีความเร็วรอบของใบมีดอย่างน้อย 2 ระดับ ที่มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยแตกต่างกัน

หรือ $H_0: \mu_{543.75} = \mu_{435} = \mu_{362.5}$

H_1 : มี $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$

3.3 การเปรียบเทียบเชิงซ้อน

คณะผู้วิจัยเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีของ Tukey (สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสำหรับกรณีในกลุ่มตัวอย่างเท่ากันและข้อตกลงพื้นฐานที่เป็นปกติ หรือความแปรปรวนเท่ากัน) วิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงความเร็วของใบมีดระดับใดที่ให้สมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha=0.05$) โดยใช้ฟังก์ชัน Pairwise Comparison ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 18

4. การคำนวณค่าไฟฟ้า

การคำนวณค่าหน่วยไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ทางคณะผู้วิจัยจะพิจารณาจากองค์ประกอบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องสับย่อยใบไม้ ซึ่งองค์ประกอบนั้นคือ มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า จากนั้นนำค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ใช้มาวิเคราะห์ต้นทุนดำเนินการที่ใช้ในการย่อยใบไม้ นำมาคำนวณค่าไฟฟ้าที่ใช้ในรอบ 1 เดือน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 คำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ โดยพิจารณาที่ระยะเวลาดำเนินงาน 8 ชั่วโมง จากสมการที่ (4)

$$\text{จำนวนหน่วย (ยูนิท)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{จำนวนเครื่องใช้ไฟฟ้า} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้}}{1,000} \quad (4)$$

4.2 คำนวณค่าไฟฟ้าฐาน โดยรวมค่าพลังงานไฟฟ้ากับค่าบริการรายเดือนจำนวน 38.22 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2561)

4.3 คำนวณค่าไฟฟ้าผันแปร ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ไฟฟ้าผันแปร (F_t) ประจำเดือนมกราคม-เมษายน 2564 มีค่าอยู่ที่ -15.32 สตางค์ต่อหน่วย (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค, 2564) จากสมการที่ (5)

$$\text{ค่าไฟฟ้าผันแปร} = \text{จำนวนพลังงานไฟฟ้า} \times F_t \quad (5)$$

4.4 คำนวณค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% จากสมการที่ (6)

$$\text{ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม} = (\text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร}) \times \frac{7}{100} \quad (6)$$

4.5 รวมค่าไฟฟ้าทั้งหมด จากสมการที่ (7)

$$\text{ค่าไฟฟ้ารวม} = \text{ค่าไฟฟ้าฐาน} + \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร} + \text{ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม} \quad (7)$$

4.6 หาต้นทุนดำเนินการในการย่อยใบไม้ ในระยะเวลาดำเนินงาน 8 ชั่วโมง และต้นทุนต่อหน่วยในการย่อยใบไม้แห้ง 1 กิโลกรัม ซึ่งในระหว่างดำเนินการทดลองทางคณะผู้วิจัยได้จับเวลาที่ใช้ในการย่อย เพื่อนำมาใช้คำนวณค่าความสามารถการย่อยใบไม้โดยสมรรถนะการสับย่อยที่นำมาพิจารณาค่าไฟฟ้านี้เป็นผลของการตั้งค่าความเร็วรอบของใบมีดที่มีสมรรถนะการสับย่อยที่ดีที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการสับย่อยที่ดีที่สุด

คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้จากการปรับขนาดมู่เล่ตาม 3 ขนาด ให้มีความเร็วรอบของใบมีดที่แตกต่างกัน 3 ระดับ โดยทดลอง 4 รอบการทดลองซ้ำ ใช้วิธีการสุ่มในแต่ละความเร็วรอบของใบมีด แสดงผลดังตารางที่ 2

1.1 ผลการศึกษาสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยและประสิทธิภาพเฉลี่ยของเครื่องสับย่อยใบไม้ที่ความเร็วรอบของใบมีดแต่ละระดับ

ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	ขนาดของ มู่เล่ตาม (นิ้ว)	ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการ ย่อย (นาที)	สมรรถนะการสับ ย่อย (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพในการย่อย (%)	
543.75	8	1	3.18	16.60	87.90	
		2	3.09	17.93	92.18	
		3	3.10	17.01	87.90	
		4	3.05	16.61	84.41	
	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})			3.11	17.04	88.10
	S.D.			0.05	0.62	3.18
435	10	1	3.42	15.99	91.05	
		2	4.50	10.34	77.50	
		3	3.40	15.60	88.40	
		4	3.57	14.93	88.68	
	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})			3.72	14.21	86.41
	S.D.			0.52	2.62	6.05
362.5	12	1	7.26	5.90	71.35	
		2	7.24	7.24	87.29	
		3	8.09	6.31	84.96	
		4	7.54	7.06	88.64	
	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})			7.53	6.63	83.06
	S.D.			0.40	0.63	7.95

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองการสับย่อยใบไม้ด้วยความเร็วรอบของใบมีด 3 ระดับ พบว่า จากการทดลองซ้ำ 4 รอบ ในความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย 17.04 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย 88.10% ในความเร็วรอบของใบมีดที่ 435 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย 14.21 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย 86.41% และในความเร็วรอบของใบมีดที่ 362.5 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย 6.63 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย 83.06%

1.2 ผลการวิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab

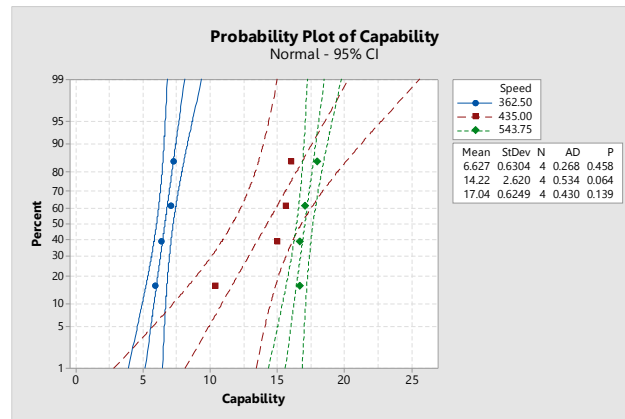
1.2.1 การทดสอบความเพียงพอของตัวแบบ

การทดสอบความเพียงพอของตัวแบบเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ย ด้วยวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลสมรรถนะการสับย่อย โดยใช้การวิเคราะห์ Normality Test ในโปรแกรม Minitab 18 และทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$)

H_0 : ข้อมูลสมรรถนะการสับย่อย มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ข้อมูลสมรรถนะการสับย่อย ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

โดยผลการทดสอบความเพียงพอของตัวแบบเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยเพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างแทนข้อมูลประชากร แสดงดังรูปที่ 3 และผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 3 กราฟการวิเคราะห์ Normality Test ของค่าสมรรถนะการสับย่อยที่ความเร็วรอบของใบมีดแต่ละระดับ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ Normality Test ของค่าสมรรถนะการสับย่อยที่ความเร็วรอบของใบมีดแต่ละระดับ

ความเร็วรอบของใบมีด (รอบ/นาที)	จำนวน การทดลองซ้ำ	สมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	S.D.	P-Value
543.75	4	17.04	0.62	0.139
435	4	14.22	2.62	0.064
362.5	4	6.63	0.63	0.458

จากรูปที่ 3 และตารางที่ 3 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลสมรรถนะการสับย่อย โดยใช้โปรแกรม Minitab 18 พบว่า ในความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 435 และ 362.5 รอบต่อนาที มีค่า P-Value มากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยมีความเพียงพอที่สามารถเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากร

จากนั้นผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 18 ทำการวิเคราะห์สมมติฐาน ผลการคำนวณความแปรปรวนแบบทางเดียว ดังตารางที่ 4

1.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

คณะผู้วิจัยวิเคราะห์ที่ใช้การแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA Analysis) ในการศึกษาอิทธิพลของความเร็วนรอบของใบมีดที่มีต่อสมรรถนะการสับย่อย โดยใช้โปรแกรม Minitab 18 ทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) การทดสอบปัจจัยความเร็วนรอบของใบมีด

H_0 : สมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยของความเร็วนรอบของใบมีดทั้ง 3 ระดับไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีความเร็วนรอบของใบมีดอย่างน้อย 2 ระดับ ที่มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยแตกต่างกัน

หรือ $H_0 : \mu_{543.75} = \mu_{435} = \mu_{362.5}$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ ; $i \neq j$

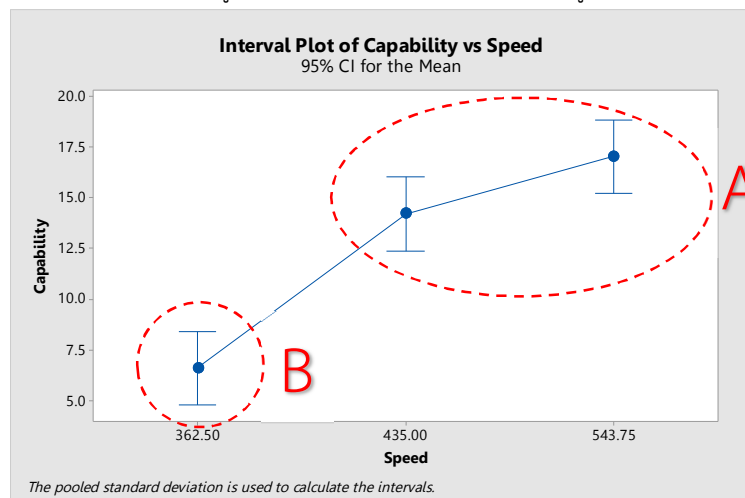
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ความเร็วรอบของใบมีด (รอบ/นาที)	2	231.87	115.937	45.45	0.000
Error	9	22.96	2.551		
Total	11	254.83			

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาปัจจัยความเร็วรอบของใบมีด พบว่า ค่า P-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้นระดับปัจจัยความเร็วรอบของใบมีด อย่างน้อย 2 ระดับ มีสมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ความเร็วรอบของใบมีดส่งผลต่อสมรรถนะการสับย่อย ทำให้คณะผู้วิจัยจึงต้องวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนต่อ

1.2.3 การเปรียบเทียบเชิงซ้อน

คณะผู้วิจัยเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีของ Tukey ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) โดยใช้ฟังก์ชัน Pairwise comparison ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 18 ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4 และตารางที่ 5



รูปที่ 4 กราฟการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีของ Tukey

ตารางที่ 5 ผลการทดลองการเปรียบเทียบเชิงซ้อนข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ยที่ระดับต่าง ๆ ของปัจจัยความเร็วรอบของใบมีด

ความเร็วรอบของใบมีด (รอบ/นาที)	จำนวน การทดลองซ้ำ	สมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	การจัดกลุ่ม
543.75	4	17.04	A
435	4	14.22	A
362.5	4	6.63	B

จากรูปที่ 4 และตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบการเปรียบเทียบเชิงซ้อนของปัจจัยความเร็วรอบของใบมีด โดยใช้ฟังก์ชัน Pairwise comparison ด้วยวิธี Tukey ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab พบว่า การจัดกลุ่มมีพหุคูณแตกต่างกัน 2 กลุ่ม ซึ่งแปลความได้ว่า สมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยของสองกลุ่มนี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่ม A คือความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 และ 435 รอบต่อนาที นั่นคือ ที่ความเร็วรอบของใบมีด 2 ระดับนี้ มีสมรรถนะการสับย่อยไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญ (เส้นช่วงความเชื่อมั่นมีช่วงที่ทับซ้อนกันกับเส้นอื่น) ส่วนกลุ่ม B คือความเร็วรอบของใบมีดที่ 362.5 รอบต่อนาที (เส้นช่วงความเชื่อมั่นไม่มีช่วงที่ทับซ้อนกันกับเส้นอื่น) นั่นคือ ที่ความเร็วรอบของใบมีดระดับนี้ มีสมรรถนะการสับย่อยแตกต่างจากความเร็วรอบใบมีดที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น เมื่อพิจารณาระดับความเร็วรอบของใบมีดที่ควรใช้ตั้งค่าในเครื่องสับย่อยใบไม้ ควรพิจารณาจากกลุ่มที่ให้ค่าสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยที่มีค่ามาก นั่นคือกลุ่ม A ซึ่งในการวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเร็วสองระดับนี้ สมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยของสองกลุ่มนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผู้ใช้งานจะปรับความเร็วรอบของใบมีดเป็น 543.75 หรือ 435 รอบต่อนาที ก็ได้ แต่หากพิจารณาค่าประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ยประกอบจะพบว่าที่ความเร็วรอบใบมีดที่ 543.75 รอบต่อนาที มีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 88.10% ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพในการย่อยมากกว่าที่ความเร็วรอบใบมีดที่ 435 รอบต่อนาที ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 86.41%

2. ผลการคำนวณค่าไฟฟ้า

เครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถคำนวณต้นทุนดำเนินการสับย่อยใบไม้ที่พิจารณาจากค่าไฟฟ้าได้ดังนี้

2.1 คำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

จาก มอเตอร์ 3 แรงม้า ใช้กำลังไฟฟ้า = 2,237.1 วัตต์ และหาก 1 วัน ทำการสับย่อยใบไม้ทั้งหมด 8 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{จากสมการที่ (4)} \quad \text{จำนวนหน่วย(ยูนิท)} &= \frac{2,237.1 \times 1 \times 8}{1,000} \\ &= 17.90 \text{ หน่วยต่อวัน} \end{aligned}$$

จำนวนหน่วยที่ใช้ใน 1 เดือน กรณีทำงาน 30 วัน = 17.90 × 30 = 536.90 หน่วยต่อเดือน

2.2 คำนวณค่าไฟฟ้าฐาน เครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์ไว้ใช้ในครัวเรือน จึงคิดไฟฟ้าประเภทที่ 1 ผู้ที่ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าไม่เกิน 5 แอมป์ 220 โวลต์ 1 เฟส จากการนำหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่เข้ามาคำนวณค่าไฟฟ้าฐาน ซึ่งเกิดจากการรวมกันของค่าพลังงาน ไฟฟ้ากับค่าบริการรายเดือน โดยแสดงผลได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าไฟฟ้าฐาน

รายการ	หน่วยพลังงาน ไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)	อัตราค่าพลังงาน ไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/เดือน)
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 - 150)	150	3.2484	487.26
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	250	4.2218	1,055.45
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	136.90	4.4217	605.33
รวม	536.90		2,148.04
ค่าบริการ			38.22
รวมค่าไฟฟ้าฐาน			2,186.26

จากตารางที่ 5 พบว่า มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าพลังงาน 536.90 หน่วย/เดือน คิดเป็นค่า พลังงานไฟฟ้ารวมกับค่าบริการ 2,186.26 บาท/เดือน

2.3 ค่าไฟฟ้าผันแปร คำนวณจากสมการที่ (5) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าผันแปร} &= 536.90 \times (-0.1532) \\ &= 82.25 \text{ บาท} \end{aligned}$$

2.4 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% คำนวณจากสมการที่ (6) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม} &= (2,186.26 + (-82.25)) \times \frac{7}{100} \\ &= 147.28 \text{ บาท}\end{aligned}$$

2.5 รวมค่าไฟฟ้าทั้งหมด คำนวณจากสมการที่ (7) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ค่าไฟฟ้ารวม} &= 2,187.89 + (-82.25) + 147.28 \\ &= 2,252.92 \text{ บาท/เดือน} \\ &= 75.10 \text{ บาท/วัน} \quad (\text{กรณีทำงาน 30 วัน/เดือน}) \\ &= 9.39 \text{ บาท/ชั่วโมง} \quad (\text{กรณีทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน})\end{aligned}$$

2.6 คำนวณต้นทุนต่อหน่วยในการสับย่อยใบไม้แห้งปริมาณ 1 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบที่ 543.75 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการสับย่อยใบไม้ที่สูงที่สุด โดยในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถสับย่อยใบไม้ได้เฉลี่ย 17.04 กิโลกรัม นั่นคือ การสับย่อยใบไม้ 17.04 กิโลกรัม จะเกิดค่าไฟฟ้า 9.39 บาท

$$\text{ถ้าสับย่อยใบไม้ 1 กิโลกรัม จะเกิดค่าไฟฟ้า} \quad \frac{9.39}{17.04} = 0.55 \text{ บาท}$$

สรุปได้ว่า ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการสับย่อยใบไม้ปริมาณ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 0.55 บาทต่อกิโลกรัม

การอภิปรายผล

ในการพัฒนาตัวเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบ คณะผู้วิจัยออกแบบการทดลองโดยปัจจัยที่ศึกษาหรือตัวแปรต้นคือความเร็วรอบของใบมีดที่เกิดจากการปรับขนาดมุมเล่ตาม 3 ขนาด คือ 8 10 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ โดยมีระดับความเร็วรอบของใบมีด 3 ระดับ ได้แก่ 543.75 435 และ 362.5 รอบต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้การทดลองซ้ำทั้งหมด 4 รอบในแต่ละความเร็วรอบของใบมีด สามารถอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

ด้านการศึกษาสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้ โดยพิจารณาจากค่าน้ำหนักใบไม้ที่ย่อยได้ต่อเวลาที่ใช้ในการย่อย พบว่า ในความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย 17.04 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย 88.10% ลำดับถัดมาคือความเร็วรอบของใบมีดที่ 435 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย 14.21 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย 86.41% และลำดับสุดท้ายคือความเร็วรอบของใบมีดที่ 362.5 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ย 6.63 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการย่อยเฉลี่ย 83.06% กล่าวได้ว่า เมื่อลดความเร็วรอบของใบมีดให้ต่ำลง แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพในการย่อยมีทิศทางลดลงเช่นกัน

ด้านการศึกษาประสิทธิภาพผลของความเร็วรอบของใบมีดที่มีต่อสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้ พบว่า เมื่อนำค่าสมรรถนะการสับย่อยที่ความเร็วรอบของใบมีดแต่ละระดับมาทดสอบความเพียงพอของตัวแบบเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องของข้อมูล โดยใช้การวิเคราะห์ Normality Test ด้วยโปรแกรม Minitab 18 พบว่า ข้อมูลสมรรถนะการสับย่อยมีค่า P-Value มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ 0.05 นั่นคือ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว เพื่อพิจารณาอิทธิพลของปัจจัยความเร็วรอบของใบมีดที่ส่งผลต่อสมรรถนะการสับย่อย พบว่า ค่า P-value เท่ากับ 0.514 ซึ่งมากกว่า 0.05 ดังนั้น ปัจจัยความเร็วรอบของใบมีดส่งผลต่อสมรรถนะการสับย่อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาเมื่อวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อน ด้วยวิธี Tukey ด้วย พบว่า การจัดกลุ่มมีพหุคูณแตกต่างกัน 2 กลุ่ม ที่มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่ม A คือความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 และ 435 รอบ

ก่อนหน้าที่ ซึ่งมีเส้นช่วงความเชื่อมั่นมีช่วงที่ทับซ้อนกัน นั่นคือ ที่ความเร็วรอบของใบมีด 2 ระดับนี้ มีสมรรถนะการสับย่อยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่ม B คือ ความเร็วรอบของใบมีดที่ 362.5 รอบต่อนาที เส้นช่วงความเชื่อมั่นไม่มีช่วงที่ทับซ้อนกันกับเส้นอื่น นั่นคือ ที่ความเร็วรอบของใบมีดระดับนี้ มีสมรรถนะการสับย่อยแตกต่างจากความเร็วรอบใบมีดที่ระดับอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการย่อยของความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 และ 435 รอบต่อนาที พบว่าประสิทธิภาพในการย่อยใบไม้ที่สูงที่สุดเฉลี่ยอยู่ที่ 88.10% นั่นคือ มีใบไม้แห้งที่สามารถย่อยได้คิดเป็น 88.10% ของปริมาณใบไม้ทั้งหมด ซึ่งเกิดจากการใช้ระดับความเร็วรอบของใบมีดที่ 543.75 รอบต่อนาที ดังนั้น ในการผลิตเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบนี้ควรใช้มีดเล่มตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้วเป็นองค์ประกอบของชุดส่งกำลัง

ด้านการศึกษาต้นทุนพลังงานไฟฟ้าเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบ คณะผู้วิจัยใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าเป็นต้นกำลัง และคำนวณค่าไฟฟ้าหากทำการสับย่อยใบไม้ทั้งหมด 8 ชั่วโมงเป็นเวลา 1 เดือน โดยพิจารณาการคิดไฟฟ้าประเภทที่ 1 พบว่า ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 9.39 บาท/ชั่วโมง และเมื่อคำนวณต้นทุนต่อหน่วยในการสับย่อยใบไม้แห้งปริมาณ 1 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบที่ 543.75 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยใบไม้ที่สูงที่สุด โดยในเวลา 1 ชั่วโมง สามารถสับย่อยใบไม้ได้เฉลี่ย 17.04 กิโลกรัม จะมีต้นทุนต่อหน่วยเท่ากับ 0.55 บาทต่อกิโลกรัม

บทสรุป

การศึกษาปัจจัยความเร็วรอบของใบมีดที่มีผลต่อสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบจากการปรับขนาดมีดเล่มตามของชุดส่งกำลัง คณะผู้วิจัยออกแบบการทดลองโดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือ ใบอินทนิลแห้ง ปริมาณ 1 กิโลกรัม กำหนดปัจจัยที่ศึกษา 1 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบของใบมีด แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 543.75 435 และ 362.5 รอบต่อนาที ตามลำดับ จำนวน 4 รอบการทดลองซ้ำ พบว่า เมื่อลดความเร็วรอบของใบมีดให้ต่ำลง แนวโน้มของสมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ยในการย่อยมีทิศทางลดลงตามลำดับ โดยค่าสมรรถนะการสับย่อยโดยเฉลี่ยมีค่า 17.04 14.21 และ 6.63 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว พบว่า ค่า P-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั่นคือปัจจัยความเร็วรอบของใบมีดที่ส่งผลต่อสมรรถนะการสับย่อย เมื่อนำมาวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนพบว่า ที่ระดับความเร็วรอบของใบมีด 543.75 รอบต่อนาที มีสมรรถนะการสับย่อยเฉลี่ยสูงสุด 17.04 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการย่อยที่ดีที่สุด 88.10% ซึ่งผู้ใช้งานควรใช้มีดเล่มตามขนาด 8 นิ้ว เพื่อให้เครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเมื่อพิจารณาจากอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า มีต้นทุนต่อหน่วยอยู่ที่ 0.55 บาทต่อกิโลกรัม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ในการอนุเคราะห์ใบไม้แห้งและสถานที่เพื่อใช้ในการทดสอบสมรรถนะการสับย่อยของเครื่องสับย่อยใบไม้ต้นแบบ และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2562 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ ทั้ง 6 คน ได้แก่ นายกรมพัฒน์ บุราณกิติ นายจิรวุฒิ สัจจุ นายทรงพล ยศวิชัย นายวีระชัย แข็งกล้า นายศุภนันท์ สังข์ศรี และ นายอัษฎา จินดาหนา ในการทดสอบและเก็บข้อมูลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2561). การคำนวณไฟฟ้า (ออนไลน์). เข้าได้ถึงจาก : <https://www.pea.or.th/home>
สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2564.
- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2564). ค่าไฟฟ้าผันแปร (ออนไลน์). เข้าได้ถึงจาก : <https://www.pea.or.th/home>
สืบค้นเมื่อ 28 มกราคม 2564.
- งานประชาสัมพันธ์ มรภ.สุรินทร์. (2561). แผนผังมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. (ออนไลน์). เข้าได้ถึงจาก :
<https://www.srru.ac.th/about/map> สืบค้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน 2561.
- โซคอนันต์ พันธุ์หลวง สมมิตร นวลมา และ อนุรักษ์ เทศสวัสดิ์. (2554). เครื่องย่อยใบไม้กิ่งไม้. ชลบุรี:
กลุ่มวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ลักขณา บุญส่งศรีกุล. (2555). การออกแบบและการสร้างเครื่องย่อยเศษผ้า. ขอนแก่น:
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วีระเดช เกตุมรรค และ พงศกร สุรินทร์. (2555). การทดสอบความเร็วรอบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อนุชา แก้วหลวง และ ดุสิต ทองเปรมจิตต์. (2555). โครงการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยใบไม้สำหรับงานอาคารสถานที่
(เจ็ดยอด). เชียงใหม่: คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาควิชาฯ.
- อัครเดช ไม้จันทร์. (2560). เครื่องจักรกลเกษตร. กรุงเทพฯ : ครุสภาลาดพร้าว.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., and Vining, G. G. (2012). Introduction to linear regression analysis. (5).
Hoboken: John Wiley & Sons.

อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และส่งข้อมูลแบบเครือข่าย Soil moisture measurement module with solar cell and relay data across a network

บุญยง สิงห์เจริญ^{1*} สันติ साแก้ว¹ วันทนา สุขุมณี¹ สรายุตร์ สวัสดิ์วงษ์ชัย¹ และภูวนาท มากแสน¹
Boonyung Singjaroen^{1*}, Sunti Sakaew¹, Wantana Sukmanee¹, Sarayut Sawatdiwongchai¹
and Puwanak Marksan¹

^{1*}สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

* boonyung.si@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนออุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินให้สามารถสื่อสารผ่านระบบไร้สาย และเพื่อนำข้อมูลค่าความชื้นในดินที่ตรวจวัดได้มาพยากรณ์วิเคราะห์แก้ไขปัญหาการจัดการน้ำในอนาคต มีวิธีการดำเนินงานประกอบด้วย การศึกษาออกแบบการทำงานเบื้องต้น การออกแบบระบบควบคุม และการรับส่งข้อมูลสื่อสารผ่านระบบเครือข่าย เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภท Node MCU เพื่อใช้ในกระบวนการเขียนโปรแกรม และเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย เลือกใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่มีชื่อว่า NETPIE ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อ และแลกเปลี่ยนข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สำหรับแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เลือกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ ทำการทดสอบวัดค่าความชื้นในดินที่มีลักษณะของดินที่เป็นดินแห้ง ลักษณะของดินที่มีความชื้น และลักษณะของดินเปียก พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถตรวจวัดได้ตามที่กำหนดไว้ โดยมีค่าผิดพลาดของดินเฉลี่ย 4.62 3.88 และ 2.02 ตามลำดับ และสามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายพร้อมแสดงผลผ่านระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ บทความนี้สามารถนำค่าข้อมูลความชื้นในดินที่ตรวจวัดได้มาประยุกต์ใช้เป็นฐานข้อมูลเพื่อกำหนดการทำงานอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำของพืชต่อไปได้

คำสำคัญ: แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความชื้นในดิน ไมโครคอนโทรลเลอร์ เน็ตไอบี

Abstract

This study shows soil moisture sensing devices that use solar cells to relay data across a network. The goal of this research was to create a device that could measure moisture in the soil, connect wirelessly, and analyze the humidity data for future water management. Preliminary work design, control system design, and data communication via network system employing a Node MCU microcontroller are all part of the operating process. The NETPIE cloud server is intended for connecting and transmitting data over the

internet. The 10 watt power generation system was designed. This study was put to the test by determining the moisture content of dry soil, wet soil and damp soil are both capable of achieving the goals set out. The average soil error was 4.62, 3.88 and 2.02, respectively. can send data over the internet and display it on a cloud server This study can use the measured soil moisture data as a database to program the device that controls plant watering.

Keywords: solar cell, Soil Moisture, microcontroller, netpie

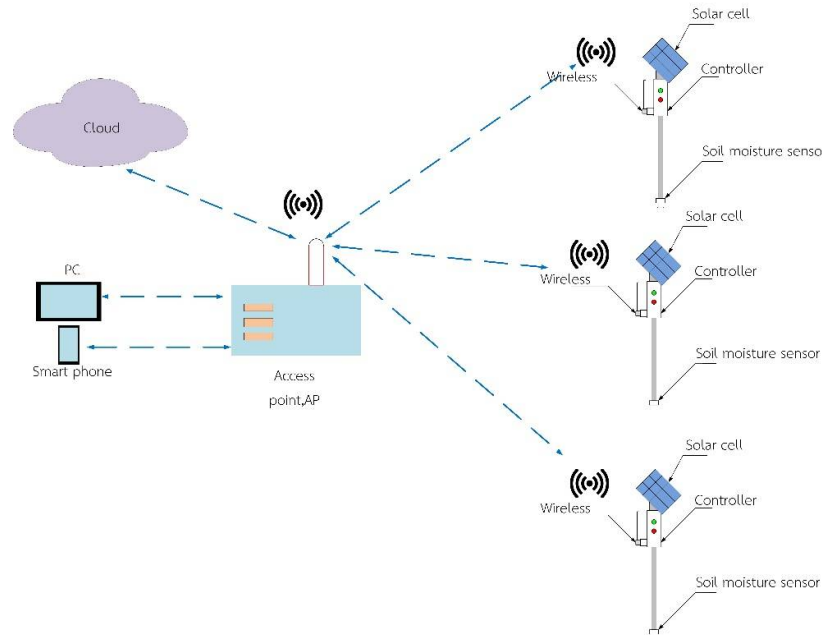
บทนำ

เกษตรกรรมยังคงเป็นรายได้หลักของประเทศไทยในทุกวันนี้ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการกำหนดค่า GDP ของประเทศ ข้าวยังคงเป็นสินค้าหลักในการส่งออก และสร้างรายได้ให้กับประเทศ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้มีการทำนาปลูกข้าวแทบทุกพื้นที่ ซึ่งทำให้ภาคอีสานนั้นเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญ โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิที่ได้สร้างมูลค่า และชื่อเสียงให้กับประเทศตลอดมาเนื่องจากข้าวเป็นพืชไร่ที่ต้องการน้ำในการเลี้ยงในปริมาณที่เหมาะสม และต่อเนื่อง จากสถิติการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรพบว่า ในแต่ละปีปริมาณน้ำฝนที่ได้มีความแตกต่างกัน และคาดเดาไม่ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และลมมรสุม น้ำจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดผลผลิตที่ได้ เนื่องจากพื้นที่ไร่นาเป็นพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ทำให้ยากต่อการจัดการปริมาณน้ำอย่างทั่วถึง หากต้องการทราบว่าแปลงนาไหนแห้งแล้ง หรือขาดน้ำ ขาวนาจำเป็นต้องเดินสำรวจนาแต่ละแปลงด้วยตัวเอง ซึ่งด้วยพื้นที่ขนาดใหญ่ของนาทำให้ต้องเสียเวลาในการสำรวจมาก ทำให้การจัดการน้ำทำได้ช้า ไม่ทันเวลาเมื่อเกิดวิกฤตภัยแล้งความชื้นในดินเป็นอีกหนึ่งข้อมูลในการบ่งชี้ความสมบูรณ์ของแปลงนา แปลงนาที่ขาดน้ำปริมาณความชื้นในดินจะน้อย ในขณะที่แปลงนาที่มีน้ำเพียงพอความชื้นในดินจะสูง เพื่อเป็นการแก้ปัญหาการจัดการน้ำในไร่นา ดังนั้นโครงการวิจัยนี้ได้นำเสนออุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย มาวิเคราะห์ และนำค่าความชื้นในดินมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำของพืช ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง และสภาพแวดล้อมความชื้นในดินขณะนั้น หากเกิดวิกฤตปัญหาในพื้นที่แปลงเกษตร หรือแปลงนาแห้งก็สามารถดำเนินการสูบน้ำเข้านาได้ถูกที่ สามารถแก้ปัญหาการจัดการน้ำตรงจุดตามที่ต้องการ และทำให้ดินมีค่าความชื้นที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช โดยอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นดังกล่าวมีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

การตรวจวัดค่าความชื้นในดิน

การตรวจวัดความชื้นในดินประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน (Soil moisture sensor) ที่สามารถเชื่อมต่อ และสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลมาประมวลผล และส่งข้อมูลให้ระบบเครือข่ายเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูล (Data logger) สามารถดูข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย โดยวงจรตรวจวัดความชื้นในดินมีการออกแบบใช้แหล่งพลังงานแสงอาทิตย์มีระบบควบคุมประจุแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งพลังงานสำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ดังกล่าว ดังรูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของระบบตรวจวัดความชื้นในดิน และในส่วนของ การส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้อุปกรณ์แอคเซสพอยต์ (Access point , AP) ทำหน้าที่อุปกรณ์กระจายสัญญาณให้อุปกรณ์ไร้สายในระบบเครือข่าย (จุดซุ้ช,2551; อานาจ,2553; วิวัฒน์,2559; วชิรพรรณ,2559) ให้สามารถนำค่าข้อมูลความชื้นในดินที่ตรวจวัด

ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Cloud server) เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลให้กับอุปกรณ์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรืออุปกรณ์ต่อรวมที่เชื่อมต่อ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน หรือแท็บเล็ต เป็นต้น

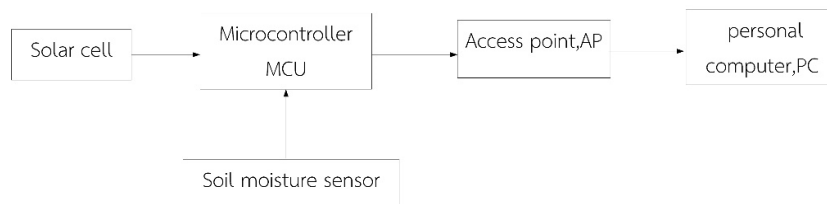


รูปที่ 1 ส่วนประกอบระบบการตรวจวัดความชื้นในดิน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการ

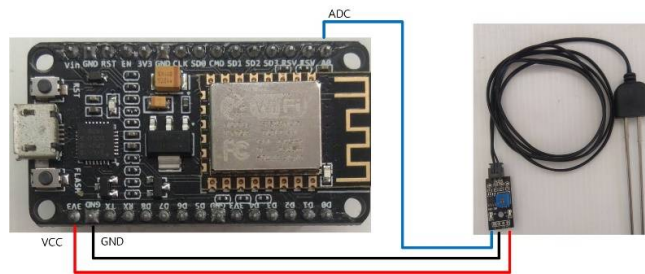
การออกแบบการทำงาน

การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่ใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ และส่งข้อมูลแบบไร้สายในบทความวิจัยนี้ ประกอบด้วย การออกแบบระบบควบคุม และการโปรแกรมเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller MCU) ให้สามารถเชื่อมต่อสื่อสารอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) การออกแบบส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายด้วยอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ (Access point , AP) สำหรับนำข้อมูลค่าความชื้นในดินที่ตรวจวัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Cloud server) และการออกแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2



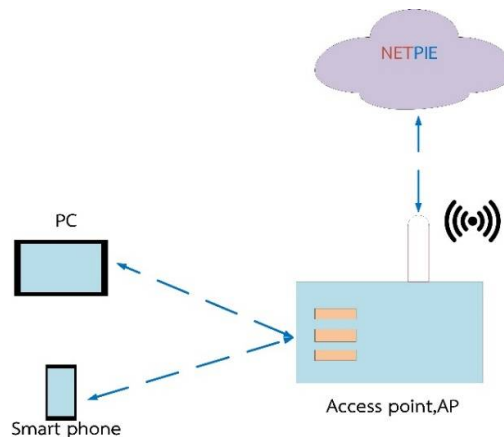
รูปที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆ ในระบบตรวจวัดความชื้นในดินที่ใช้พลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ และส่งข้อมูลแบบไร้สาย

การออกแบบระบบควบคุมในงานวิจัยนี้มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 3 ประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลเซ็นเซอร์ตรวจวัดค่าความชื้นดิน โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภท Node MCU บอร์ด ESP8266 (Arduinoall,2562; ไพโรจน์,2559) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมโยง หรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ต (Internet of Things; IoT) ที่สามารถเชื่อมต่อระบบ Wi-Fi พร้อมอุปกรณ์ที่อำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น พอร์ต Micro USB สำหรับจ่ายไฟ อับโหลดโปรแกรม ชิพสำหรับอับโหลดโปรแกรมผ่านสาย USB ชิพแปลงแรงดันไฟฟ้า และขาสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก ทั้งแบบรับค่าแอนาล็อก (Analog) และแบบดิจิทัล (Digital) เป็นต้น ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านค่าความชื้นในดินจากโมดูลเซ็นเซอร์เข้ามาทางพอร์ตขา A0 หรือที่ขา ADC ของบอร์ด ESP8266 โดยจะอ่านค่าแบบแอนาล็อก โดยเลือกโมดูลเซ็นเซอร์ Soil Humidity Detection Sensor หัวเซ็นเซอร์สามารถค่าความชื้นได้เป็นอย่างดี ทุนน้ำ ทุนกรด ให้สัญญาณเอาต์พุตทั้งแบบแอนาล็อก และดิจิทัลได้ ใช้แหล่งจ่ายไฟ 3.3 -12 โวลต์สามารถต่อเข้าอุปกรณ์ Arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi และอุปกรณ์อื่นๆ ได้โดยตรง



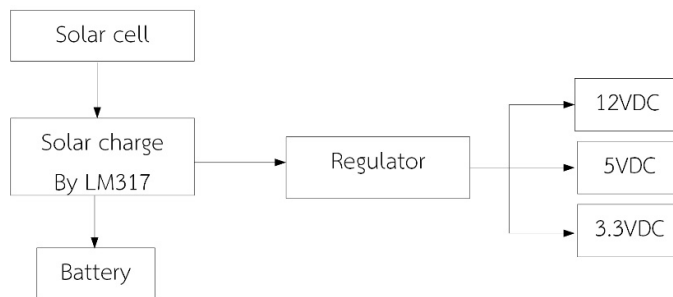
รูปที่ 3 ระบบควบคุมและการ

การออกแบบระบบส่งข้อมูลสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายมีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 4 ประกอบด้วย อุปกรณ์กระจายสัญญาณทำหน้าที่ในการกระจายสัญญาณออกไปยัง Node MCU หรือเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีการกระจายสัญญาณ โดยรอบ ข้อดีของอุปกรณ์ดังกล่าวมีความสะดวกสบายสำหรับใช้งาน และติดตั้ง โดยที่ไม่ต้องทำการติดตั้งเดินสายแลนไปเชื่อมกับอุปกรณ์เครื่องลูกข่าย และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยน หรือเก็บข้อมูลในเครือข่ายเลือกใช้ NETPIE (ธีรรุจ,2562; Nectec,2562) เป็นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการสำหรับ IOT ที่เป็นพื้นฐานที่อำนวยความสะดวกให้บริการโดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือสวทช. ซึ่งไม่มีค่าใช้จ่ายแต่ต้องลงทะเบียนก่อนใช้งานผ่านเว็บไซต์ www.netpie.io

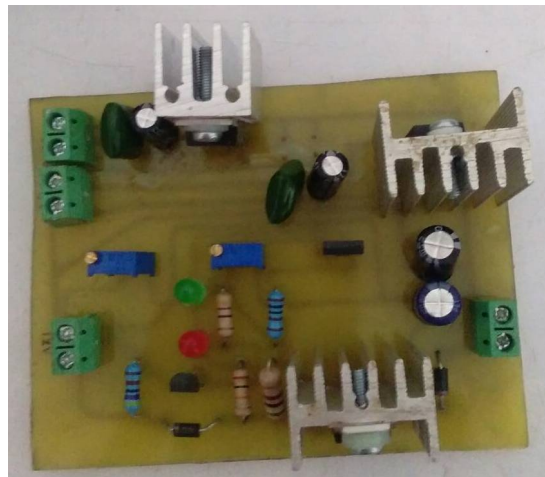


รูปที่ 4 การสื่อสารผ่านระบบเครือข่าย

การออกแบบระบบสะสมพลังงานในงานวิจัยเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ หรือโซล่าเซลล์(Solar cell) สำหรับเป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินได้อย่างเพียงพอจึงเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ ใช้วิธีการประจุแบตเตอรี่โดยประยุกต์ใช้วงจรเรกกูเลเตอร์แบบลิเนียร์เบอร์ LM317 เป็นอุปกรณ์ควบคุมการประจุประจุแบตเตอรี่ (บุญยัง,2562) และเลือกใช้วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าออกให้คงที่ที่ใช้เบอร์ 7805, LM1117 สำหรับควบคุมไฟ 5 โวลต์ และ 3.3โวลต์ สำหรับเป็นแหล่งพลังงานให้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินต่อไป ส่วนประกอบโดยรวมการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6 แสดงวงจรที่ได้ออกแบบสร้างจริง



รูปที่ 5 ส่วนประกอบโดยรวมการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์



รูปที่ 6 วงจรควบคุมการประจุแบตเตอรี่สร้างจริง

ผลการทดสอบ

การทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย สามารถแบ่งการทดสอบประกอบด้วย การทดสอบวัดค่าความชื้นในดิน การทดสอบการส่งค่าข้อมูลความชื้นในดินผ่านระบบเครือข่าย และการทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีรายละเอียดของผลการทดสอบดังนี้

การทดสอบวัดค่าความชื้นในดินเป็นการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินที่ได้นำเสนอ ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ผ่านมาแล้วนั้น โดยเป็นการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินเปรียบเทียบกับค่าจากเครื่องมือ

ตรวจวัดค่าความชื้นในดินตามมาตรฐานว่ามีค่าตรงกัน หรือไม่ ดังรูปที่ 7 เป็นเครื่องมือตรวจวัดค่าความชื้นในดินตามมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด และได้นำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับเปรียบเทียบวัดค่าความชื้นในดินของงานวิจัยนี้ จากข้อมูลจำเพาะของเครื่องมือตรวจวัดค่าความชื้นในดิน ซึ่งมีคุณสมบัติของตัวเครื่อง ประกอบด้วยความยาวของแท่งวัดค่าความชื้นในดินขนาด 202 มิลลิเมตร สามารถอ่านค่าความเป็นกรด และต่างในระยการวัดค่า PH 3.5 - 8 สามารถวัดค่าความชื้นในดิน Moisture ระยะค่าการวัดความชื้นในดิน 0 - 10 และสามารถวัดค่าความเข้มแสง 0 - 2000 ลักซ์



รูปที่ 7 เครื่องมือตรวจวัดค่าความชื้นในดิน

ขั้นตอนการทดสอบได้นำดินซึ่งมีลักษณะของดินที่เป็นดินแห้ง ลักษณะของดินที่มีความชื้น และลักษณะของดินเปียก มาทดสอบวัดค่าความชื้นในดินจากอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นที่นำเสนอเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่มีขายตามท้องตลาด ดังรูปที่ 8 ทำการทดสอบวัดค่าความชื้นในดินของแต่ละชนิดจำนวน 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยค่าผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นที่นำเสนอ ได้ผลดังตารางที่ 1



รูปที่ 8 การทดสอบวัดค่าความชื้นในดินแต่ละชนิด

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบวัดค่าความชื้นในดินแต่ละชนิด

ครั้งที่	เปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาด		
	ดินแห้ง	ดินชื้น	ดินเปียก
1	0	4.7	1.4
2	9	4.7	2.7

3	4.7	1.9	2.4
4	4.7	3.8	2.4
5	4.7	3.8	1.2
ค่าเฉลี่ย	4.62	3.78	2.02

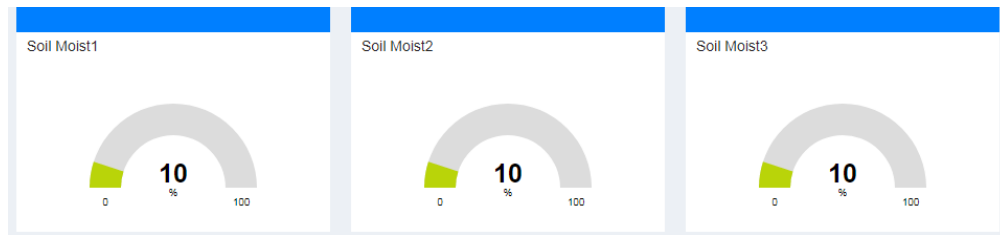
จากตารางที่ 1 พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินที่นำมาวัดของลักษณะของดินที่เป็นดินแห้ง ลักษณะของดินที่มีความชื้น และลักษณะของดินเปียก มีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 4.62, 3.78 และ 2.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การส่งค่าความชื้นในดินผ่านระบบเครือข่ายในงานวิจัยนี้เลือกใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่มีชื่อว่า NETPIE ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อ และแลกเปลี่ยนข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องลงทะเบียนการใช้งานก่อน การเชื่อมต่อ NETPIE สามารถเข้าไปที่เว็บไซต์ <https://netpie.io/> จากนั้นทำการ Log in เข้าสู่ระบบด้วย ID และ Password ของ NETPIE เมื่อทำการเข้าระบบ NETPIE เรียบร้อยจากนั้นให้เข้าไปในส่วนของ FREEBOARDS ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อแสดงผลค่าความชื้นในดิน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ทำหน้าที่รับ และส่งข้อมูลความชื้นในดินไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านระบบเราเตอร์ทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลแบบไร้สายเข้ากับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งไปยังคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ต่อไป ซึ่งในบทความวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน จำนวน 3 ชุด บริเวณพื้นที่แปลงเกษตรข้างสาขาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ดังรูปที่ 9

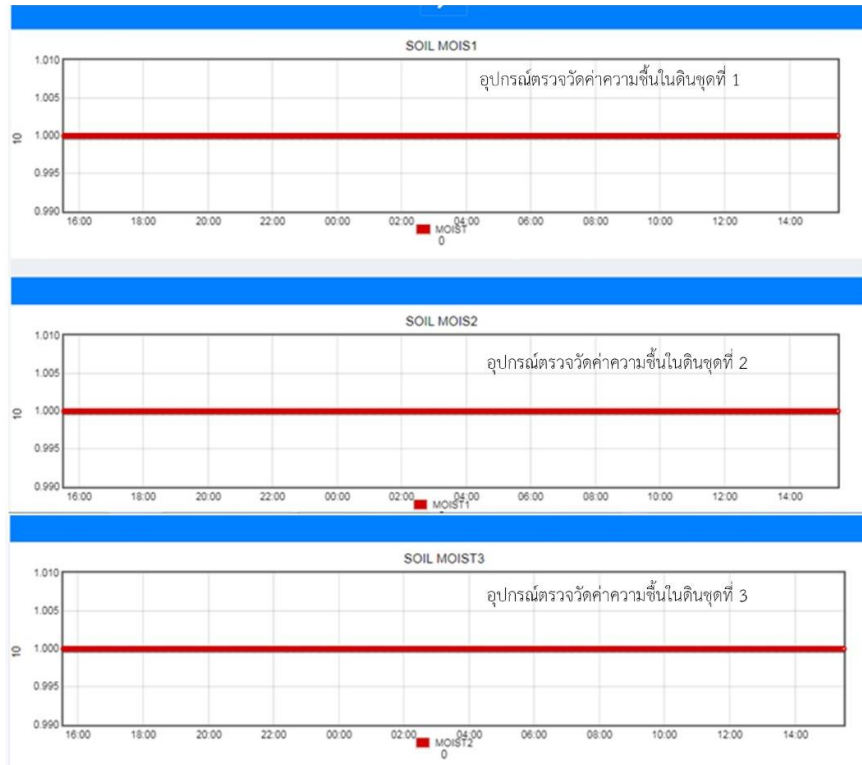


รูปที่ 9 อุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินที่ใช้ทดสอบ

ผลจากการทดสอบตรวจวัดค่าความชื้นในดินแสดงผลผ่านระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ของ NETPIE ได้ผลแสดงค่าความชื้นในดินมีค่า 10 เปอร์เซ็นต์ ทั้ง 3 ชุด ดังรูปที่ 10 เนื่องจากพื้นที่ทำการทดสอบมีลักษณะเป็นดินแห้ง เมื่อนำข้อมูลมาแสดงกราฟผ่านทาง Feed ของ NETPIE โดยแสดงผลข้อมูลค่าความชื้นในดินแบบต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 การแสดงค่าความชื้นในดินผ่านระบบคลาวด์



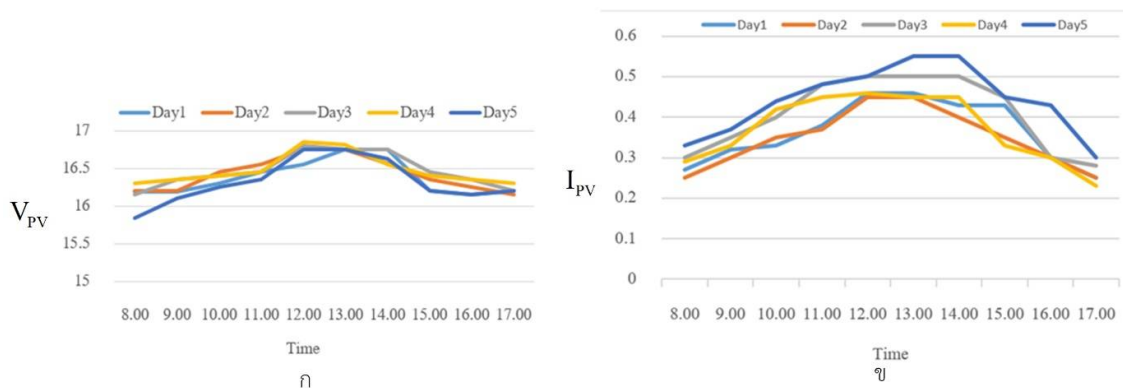
รูปที่ 11 การส่งข้อมูลค่าความชื้นในดินทาง Feed ของ NETPIE

การทดสอบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับเป็นแหล่งพลังงานอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน โดยทำการจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดสอบ และเก็บข้อมูลประกอบด้วย แคลมป์ปมิเตอร์สำหรับวัดแรงดัน และ กระแสไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่ ลิคซ์มิเตอร์สำหรับวัดค่าความส่องสว่างของแสง ดังรูปที่ 12



ภาพที่ 12 เครื่องมือสำหรับการทดสอบและเก็บข้อมูล

การทดสอบการทำงานของระบบประจุแบตเตอรี่ด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยทดสอบการประจุแบตเตอรี่เป็นระยะเวลา 5 วัน ตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. ทำการบันทึกข้อมูลแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าขณะประจุแบตเตอรี่ ดังรูปที่ 13 มีแรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ย 16.41 โวลต์ (ดังรูปที่ 13 ก) โดยจะมีแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00 – 14.00 น. ส่วนกระแสไฟฟ้าขณะทำการประจุแบตเตอรี่เฉลี่ย 0.33 แอมแปร์ (ดังรูปที่ 13 ข) โดยมีกระแสสูงสุดในช่วงเวลา 11.00 – 14.00 น.



ภาพที่ 4.13 แรงดันไฟฟ้าที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะทำการประจุแบตเตอรี่

ส่วนการทดสอบความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำแคลมป์มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 4.14 พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.43 แอมแปร์ ซึ่งระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอในแต่ละวัน



ภาพที่ 4.14 ความต้องพลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน

อภิปรายผล

จากผลการทดสอบอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินสามารถวัดค่าความชื้นในดิน และมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ส่วนการส่งข้อมูลค่าความชื้นในดินผ่านระบบเครือข่าย เลือกใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่มีชื่อว่า NETPIE ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อ และแลกเปลี่ยนข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแสดงผลกราฟผ่านทาง Feed ของ NETPIE ซึ่งสามารถแสดงผลค่าความชื้นในดินบริเวณแปลงเกษตรที่ทำการทดสอบได้ทั้ง 3 ชุด และการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์สำหรับเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอให้กับอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน โดยมีความต้องพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 0.43 แอมแปร์

สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดินที่สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประเภท Node MCUบอร์ด ESP8266 เพื่อใช้ในกระบวนการเขียนโปรแกรม และรับส่งข้อมูลสื่อสารผ่านระบบเครือข่าย เลือกใช้คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ที่มีชื่อว่า NETPIE ทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อ และแลกเปลี่ยนข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต การออกแบบระบบสะสมพลังงานเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 วัตต์ ใช้วิธีการประจุแบตเตอรี่โดยประยุกต์ใช้วงจรเร็กกูเลเตอร์แบบลิเนียร์เบอร์ LM317 เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการประจุแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 7.5 แอมป์ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินสามารถทำงาน และรับส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายไร้สายโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เหมาะสำหรับพื้นที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง และสามารถนำค่าความชื้นในดินที่ตรวจวัดมาเป็นฐานข้อมูลสำหรับนำมาประยุกต์ใช้เพื่อกำหนดการทำงานอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำของพืชต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้รับความร่วมมือของคณะวิจัยทุกท่านที่ช่วยเก็บข้อมูลวิเคราะห์ผลและให้คำปรึกษา ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อาคารวิทยบริการที่คอยอำนวยความสะดวกในการสืบค้นแหล่งข้อมูล ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าที่อำนวยความสะดวกในการเบิกจ่ายเครื่องมืออุปกรณ์ที่จำเป็นในการเก็บรวบรวมข้อมูลและ

สถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณงานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
อีสาน ปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

- จตุชัย แผงจันทร์และอนุชิต วุฒิพรพงษ์. (2551). เจาะระบบเน็ตเวิร์ค. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็น
เตอร์: นนทบุรี.
- ธีรวิธ จิตรพรมมาและชัยวัฒน์ สัมพรจิตรวีโล. (2562). เริ่มต้นการใช้งาน Netpie กับ ESP 8266 / NodeMCU-12E. บริษัท อิน
โนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. กรุงเทพฯ.
- บุญยัง สิงห์เจริญ. (2562). การประยุกต์บอร์ดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. ใน การประชุมวิชาการ ราชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 10
วิจัยและนวัตกรรม และสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน 19-20 กันยายน 2562. ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
วิทยาเขตสุรินทร์. 109-120
- ไพโรจน์ เหลืองวงศกร. (2559). ระบบรักษาความปลอดภัยที่บ้านโดยใช้ ESP8266. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศคณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหา
นคร.
- วิวัฒน์ มีสุวรรณ. (2559). อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง. วารสารวิชาการ นวัตกรรมสื่อสารเพื่อสังคม. 4(2): 83 - 92.
- วชิรพรรณ ทองวิจิตร. (2559). เมื่อสรรพสิ่งอิงกับอินเทอร์เน็ต. นิตยสาร สสวท. 44(202): 38 - 41.
- Arduinoall. (2562). NodeMCU ESP8266 การเพิ่มบอร์ดลงในโปรแกรม Arduino IDE. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562. จาก.
[https://www.arduinoall.com/article/263/1-สอนวิธีใช้งาน-nodemcu-esp8266-การเพิ่มบอร์ดลงในโปรแกรม-
arduino-ide](https://www.arduinoall.com/article/263/1-สอนวิธีใช้งาน-nodemcu-esp8266-การเพิ่มบอร์ดลงในโปรแกรม-arduino-ide)
- Nectec. (2562). คู่มือการใช้งาน Netpie. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2562. จาก. <https://netpie.io/tutorials>

สมรรถนะของเครื่องผลิตก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ Performance of the semi-automatic mushroom block pressing machine

สัณหวัฒน์ ทองแดง^{1*} สมพร หงษ์กง¹ นำพน พิพัฒน์ไพบูลย์¹ และ กันตภณ เปรมประยูร²
Sanhawat Thongdaeng^{1*}, Somporn Hongkong¹ Namphon Pipatpaiboon¹ and
Kantapon premprayoon²

^{1*}สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จังหวัดสกลนคร

²สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

*sanhawat_cu@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบสมรรถนะเครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ช่วยเพิ่มกำลังการผลิต และช่วยลดระยะเวลา ระบบนิวเมติกส์ถูกนำมาใช้เป็นต้นกำลังหลักในการอัดก้อนเห็ดเพื่อลดความซับซ้อนของระบบกลไกเครื่องอัดแบบเดิม โดยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานแบบ 4 ขั้นตอนที่มีเงื่อนไขสัมพันธ์กันติดตั้งถังป้อนซีลี้อย่างบน มีตัวแปรทดสอบประกอบด้วย ความเร็วรอบมอเตอร์ในการป้อนซีลี้อยู่ที่ 100 120 140 และ 160 รอบต่อนาที ระยะแผ่นรองถุงบรรจุซีลี้อยู่ที่ปลายกระบอกระหวัด กำหนดระยะยกของหัวอัดคือ 100 130 และ 150 มิลลิเมตร ก้อนเห็ดที่อัดได้ถูกเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพของก้อนเห็ดของเกษตรกรอาชีพเพาะเห็ด ได้แก่ ขนาด น้ำหนัก และความหนาแน่น พบว่าเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์ในการป้อนซีลี้อยู่ที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการกรอกซีลี้อย่างจะลดลง น้ำหนักเฉลี่ยของก้อนเห็ดใกล้เคียงกัน แต่ถุงเห็ดไม่สมบูรณ์ เมื่อพิจารณาระยะยกของหัวอัดที่สูงเกินไปจะทำให้ความหนาแน่นของก้อนเห็ดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในทางกลับกันเมื่อระยะยกของหัวอัดที่ต่ำเกินไปจะทำให้ก้อนเห็ดเกิดรอยย่น ระยะยกของหัวอัดและระยะแผ่นรองถุงบรรจุซีลี้อยู่ที่ปลายกระบอกระหวัดที่เหมาะสมคือ 130 มิลลิเมตร โดยเครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติมีกำลังผลิตที่ 758 ก้อนต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: ก้อนเห็ด กึ่งอัตโนมัติ ระบบนิวเมติกส์ โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research aims to testing the performance the semi-automatic mushroom block pressing machine to employment problem of labor, increasing productivity and reduce time. The pneumatics are used as the main power in compressed a mushroom briquette to simplify the mechanism of conventional a compress machine. The programmable controller was operated of 4 steps operation with relative conditions, install the sawdust feed hopper on top. The variables consist of the motor speed of feeding sawdust were 100, 120, 140 and 160 rpm. The heights of the compress head and the distance of the sawdust bag backing and the end of the cylinder head were 100, 130 and 150 mm. The mushroom briquette was compared with the physical properties of the mushroom briquette of the mushroom farmers as sizing, weight and density. It

was found that when increasing the motor speed in feeding sawdust, the time filling sawdust was reduced. The average weight of the mushroom briquettes was similarly but the bag of mushrooms is incomplete. Considering that the heights of the compress head was highest, the density is lower than the standard. On the other hand, the heights of the compress head were lowest, causing the mushroom briquette to wrinkle. The optimum of the heights of the compress head and the distance of the sawdust bag backing and the end of the cylinder head was 130 mm. The semi-automatic mushroom block pressing machine has a capacity of 758 cubes per hour.

Keywords: Mushroom block, Semi-automatic, Pneumatic, Programmable controller

บทนำ

การทำเกษตรยุคใหม่มีแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีมากขึ้นและมีแนวโน้มที่เกษตรกรจะมีอายุลดลง สังคมของคนรุ่นใหม่หันไปทำการเกษตรมากขึ้น โดยรัฐบาลมีนโยบายสนับสนุนให้ประเทศไทยพัฒนาเข้าสู่ยุค Thailand 4.0 พัฒนาสินค้าเกษตรให้มีราคาสูงขึ้นโดยอาศัยเทคโนโลยีและนวัตกรรมช่วยในการผลิตและนำการแปรรูป รวมทั้งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566-2570) มุ่งพลิกโฉมประเทศไทย ที่จะถูกนำมาใช้ในอนาคตอันใกล้ ประกอบด้วย 4 ประเด็นที่สำคัญของแผนแบ่งออกเป็น 13 หมวด โดยหมวดหมู่ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรโดยตรงคือ หมวดหมู่ที่ 1 สนับสนุนให้ไทยเป็นประเทศชั้นนำด้านสินค้าเกษตรและเกษตรแปรรูปมูลค่าสูง และหมวดหมู่อื่นๆ ที่สนับสนุนเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นเกษตรกรยุคใหม่ จึงต้องเรียนรู้การใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรต่อไปให้สูงขึ้น หมายถึงความคุ้มค่าต่อการลงทุนที่มากกว่า และระยะเวลาการคืนทุนจากการลงทุนได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ปัจจัยแรงงานคืนถิ่นที่มีคนรุ่นใหม่จากการเกิดโรคระบาดโควิด 19 ยังเป็นตัวช่วยผลักดันและเป็นกำลังสำคัญพัฒนาท้องถิ่นเพื่อพัฒนาภาคเกษตรในอนาคตที่จะกลายเป็นผู้ประกอบการเกษตรเทคโนโลยีและนวัตกรรมปรับตัวรับโอกาสท่ามกลางความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (พิฑูร และคณะ, 2564) สำหรับอาชีพเกษตรกรเพาะเห็ดเลี้ยงเห็ด ได้รับความสนใจอย่างมากคือ อาชีพเพาะเห็ด มีการเพาะปลูกทั้งเกษตรกรรายย่อย รายใหญ่ หรือการรวมกลุ่มของวิสาหกิจชุมชน แต่อย่างไรก็ดีกระบวนการผลิตก่อนเห็ดยังใช้เครื่องมือพื้นฐานในการผลิต เช่น การผสมเชื้อเห็ดบางแห่งยังใช้คนในการผสมอยู่ เครื่องอัดก้อนเห็ดในปัจจุบันพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ช่วยให้ก้อนเห็ดได้ขนาดมาตรฐาน ลดระยะเวลา และทดแทนแรงงานได้ (Saisin K and Saisin P. 2017) ในส่วนของระบบที่ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังหลักมีกลไกงานหมุนหัวอัด ได้แก่ เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด 4 หัวอัด (ชูชาติ, 2560) เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด 6 หัวอัด ความสามารถที่ผลิตได้ 342 ถูงต่อชั่วโมง (ศิริลักษณ์, 2553) และ เครื่องอัดก้อนเห็ดจำนวน 8 หัวอัดทำงานกึ่งอัตโนมัติ (พรประดิษฐ์, 2554) โดยเครื่องอัดก้อนเห็ดสามารถทำงานทดแทนแรงงานคนได้และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า (จรงค์ศักดิ์ และคณะ, 2560) สำหรับการประยุกต์ใช้ไฮดรอลิกส์ในการอัดได้ถูกนำมาใช้ในเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดหอม เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ดหอมและความปลอดภัยในการทำงาน (ปรเมศวร์ และคณะ, 2557) แต่อย่างไรก็ดีระบบไฮดรอลิกส์ทำงานได้ช้าให้กำลังอัดสูงจึงไม่เป็นที่นิยมในการนำมาใช้ และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เครื่องอัดก้อนเห็ดระบบหัวอัดงานหมุนมีข้อดีที่โดดเด่นคือ ไม่สิ้นเปลืองพื้นที่ติดตั้ง เมื่อพิจารณาถึงกลไกเชื่อมโยง (Link) พบว่าต้นกำลังหลักคือ มอเตอร์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับกลไกทั้งตัวเครื่องที่ซับซ้อน ทำให้ยากต่อการแก้ปัญหาและซ่อมบำรุง การลดกลไกเชื่อมโยงของชิ้นส่วนจะช่วยให้การซ่อมบำรุงทำได้สะดวก และมีน้ำหนักเบาเป็นอย่างมาก ระบบนิวเมติกส์ที่ใช้ลมในการส่งกำลังจึงมีความเหมาะสม และสามารถผลิตก้อนเห็ดได้จำนวนมากจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ พลเทพ และคณะ (2564) ได้ทำการพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดฟางแบบกึ่งอัตโนมัติ แบบงานหมุนจำนวน 4 หัว มีตัวแปรในการทดลองคือ ความดันที่ใช้ในการอัดก้อนเห็ด 3, 4 และ 5 บาร์ พบว่า

ความดัน 4 บาร์ มีความเหมาะสมก้อนเห็ดไม่แน่นเกินค่าที่กำหนดไว้ 0.36-0.38 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ยังขาดปัจจัยอื่นๆ ในการทดสอบสมรรถนะเครื่องอัดก้อนเห็ดได้แก่ ระยะยกของหัวอัด ปริมาณการป้อนที่เหมาะสมในสภาวะการทำงานจริง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องผลิตก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติและประเมินสมรรถนะของตัวเครื่อง โดยตัวแปรคือ ระยะยกของหัวอัดและปริมาณการป้อนที่เหมาะสม เพื่อให้ทราบสภาวะการทำงานจริง มีระบบการทำงานหลักด้วยนิวเมติกส์ และควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ (PLC) ซึ่งจะช่วยให้อัดก้อนเห็ดได้มากขึ้นภายใต้ระยะเวลาที่รวดเร็ว ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนคนงานในการอัดก้อนเห็ดที่เป็นปัญหาที่สำคัญของเกษตรกรที่เพาะเห็ดในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแรงงานมีแนวโน้มที่จะมีราคาค่าจ้างที่เพิ่มขึ้นบางแห่งผู้ประกอบการต้องลงมือทำเอง เครื่องผลิตก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาการเกษตรด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมเหมาะกับผู้ประกอบการยุคใหม่

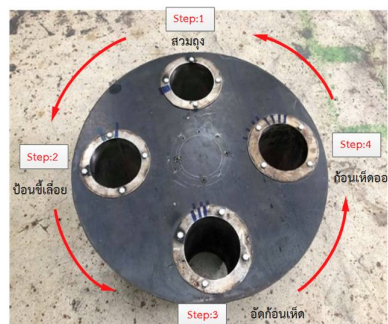
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

ในการทดสอบหาสมรรถนะของเครื่องผลิตก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติที่ติดตั้งงานหมุนที่มี 4 ขั้นตอน โดยใช้เชื้อที่ใช้ในการทดลองมาจากไม้ยางพารามีส่วนผสม คือ ชี้อเลี้ยงจากไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม รำละเอียด 5 กิโลกรัม ดิเกส 0.2 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม ความชื้น 60 -70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมทั้งหมดจะถูกผสมในเครื่องผสมมาก่อนและเทลงในถังป้อนก่อนการทดสอบ ดังรูปที่ 1

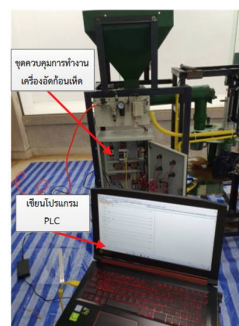


รูปที่ 1 เชื้อเลี้ยงที่ถูกเทลงก่อนการทดสอบ

การทำงานของเครื่อง ดังรูปที่ 2 ประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 สวมถุงก้อนเห็ด ขั้นตอนที่ 2 ป้อนเชื้อเลี้ยง ขั้นตอนที่ 3 อัดก้อนเห็ด และขั้นตอนที่ 4 เอาก้อนเห็ดออก ซึ่งการทำงานกึ่งอัตโนมัติใช้เกษตรกรสวมถุงและการเอาถุงที่อัดแล้วออก ในส่วนการป้อนเชื้อเลี้ยงและการอัดตัวเครื่องทำงานอัตโนมัติ ทั้งนี้เครื่องอัดก้อนเห็ดนี้จะถูกพัฒนาต่อไปในส่วนการทำงานอัตโนมัติทั้งระบบโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานจากการวิจัยในครั้งนี้



(ก)



(ข)

(ก) ขั้นตอนหลักการทำงานของเครื่องอัดก้อนเห็ดกึ่งอัตโนมัติ (ข) การทดสอบการทำงานของเครื่อง
รูปที่ 2 เครื่องอัดก้อนเห็ดกึ่งอัตโนมัติ

ระบบนิวเมติกส์ถูกนำมาใช้เนื่องจากการเคลื่อนที่ที่รวดเร็ว ควบคุมด้วย PLC ภาษาแลตเตอร์ เซนเซอร์แบบอินดักทีฟ (Inductive) เอ็นพีเอ็น ติดตั้งสำหรับระบุตำแหน่งของหัวอัดและการเริ่มต้นการทำงาน การทดสอบจะทดสอบจนได้เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้จริง ดังรูปที่ 3 แสดงขึ้นส่วนสำคัญที่ทำให้เครื่องทำงานได้สมบูรณ์



(ก) แผ่นรองกำหนดปริมาณซีลี้อย



(ข) ตัวกดชอบนถุง



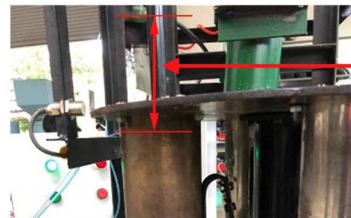
(ค) ตัวประกอบก่อนเกิดขณะทำการอัด

รูปที่ 3 แสดงขึ้นส่วนสำคัญที่ทำให้เครื่องทำงานได้สมบูรณ์

สำหรับข้อสำคัญในการทำงานของสิ่งประดิษฐ์เครื่องผลิตก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ มีการทำงานดังนี้ เปิดสวิทซ์การทำงานของเครื่องที่อุปกรณ์ควบคุมหลักหมายเลข (1) มอเตอร์ (2) ขนาด 1 แรงม้าจะหมุนโดยคลัช (3) จะถูกปล่อยทำให้จานหมุน (5) หมุนจนเซนเซอร์ (6) จับตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานได้มอเตอร์จานหมุนจะหยุดการทำงานมอเตอร์ป้อนซีลี้อย (7) จะลำเลียงซีลี้อยจากถังป้อน (8) เข้าไปยังกระบอกภายใต้ระยะเวลาที่บันทึกไว้ในการทดลองป้อนซีลี้อยจนเต็มถุงบรรจุขนาด 6.5x12.5 นิ้ว (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง x ยาว) ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ในการป้อนซีลี้อยคือ 100, 120, 140 และ 160 รอบต่อนาที และที่ระยะระหว่างปลายกระบอกหัวอัดและแผ่นรองที่ระยะ 10, 13 และ 15 เซนติเมตร ดังรูปที่ 4 (ก)

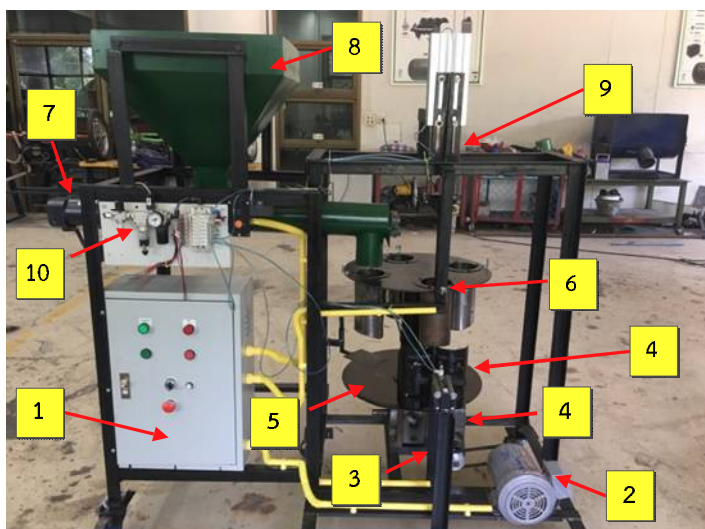


(ก) ระยะระหว่างปลายกระบอกหัวอัดและแผ่นรอง



(ข) ระยะยกของหัวอัด

รูปที่ 4 ระยะระหว่างปลายกระบอกหัวอัดและแผ่นรอง



- (1) ชุดควบคุม
- (2) มอเตอร์
- (3) คลัช/เบรค
- (4) เกียร์ 4 จังหวะ
- (5) ชุดจานหัวอัด
- (6) เซนเซอร์จับตำแหน่ง
- (7) มอเตอร์ป้อนซีลี้อย
- (8) ถังป้อนซีลี้อย
- (9) กระบอกอัด
- (10) ชุดบริการลมอัด

รูปที่ 5 ขั้นตอนการทดลอง

เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมของความเร็วรอบมอเตอร์ในการป้อนซีลี้อยู่ที่ป้อนจนเต็มกระบอกลบและที่ระยะระหว่างปลายกระบอกลบหัวอัดและแผ่นรอง โดยถูกที่ถูกลบซีลี้อยู่แล้วงานหมุนจะหมุนหัวอัดไปยังตำแหน่งการอัดหัวอัดที่ติดอยู่ปลายกระบอกลบนิวมติคส์ (9) จะทำการอัด ในการทดลองจะตั้งระยะของหัวอัด ดังรูปที่ 3 (ข) ที่กำหนดไว้คือ 10, 13 และ 15 เซนติเมตร ความดันที่ใช้ในการทดลองกำหนดไว้ที่ 4 บาร์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ พลเทพ และคณะ (2564) ที่ทดสอบความดันที่เหมาะสมคือ 4 บาร์ เครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติแสดง ดังรูปที่ 5

ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพก้อนเห็ดตัวอย่าง

ในการทดสอบเครื่องอัดก้อนเห็ดจำเป็นต้องมีตัวอย่างก้อนเห็ดสำหรับนำไปอ้างอิงของผลการทดลอง ซึ่งเป็นผลข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จากการทดลองก้อนเห็ดที่ได้จากฟาร์มเห็ดเกษตรกร อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร มาใช้ทำการเก็บข้อมูล ความสูง ความหนาแน่น ความชื้น และน้ำหนัก

ความหนาแน่น (ρ) หาได้จากจากสมการ

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi r^2 h} \quad (1)$$







เมื่อ m คือมวลของก้อนเห็ดที่อัด (kg), h คือความสูงของก้อนเห็ด (m) และ V คือปริมาตรของก้อนเห็ด (m^3)



ความชื้นมาตรฐานเปียก (%wet) หาได้จากจากสมการ

$$\%wet = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ m_w คือมวลของก้อนเห็ดที่อัด (kg) และ m_d คือความสูงของก้อนเห็ด (kg)

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของก้อนเห็ดตัวอย่างจากเกษตรกร อำเภอพังโคน

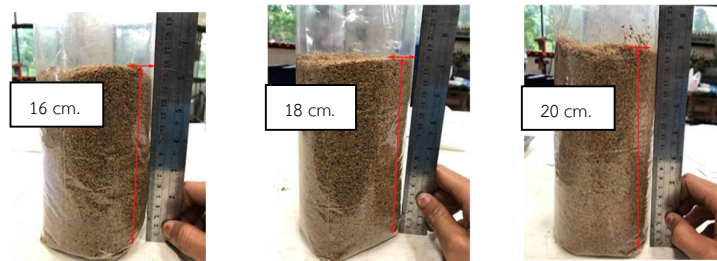
ตัวอย่าง	ความสูง	น้ำหนัก	ความหนาแน่น
	17 เซนติเมตร 	0.774 กิโลกรัม 	615.93 kg/m ³
	17 เซนติเมตร 	0.780 กิโลกรัม 	620.70 kg/m ³

	17 เซนติเมตร 	0.762 กิโลกรัม 	606.38 kg/m ³
---	---	--	-----------------------------

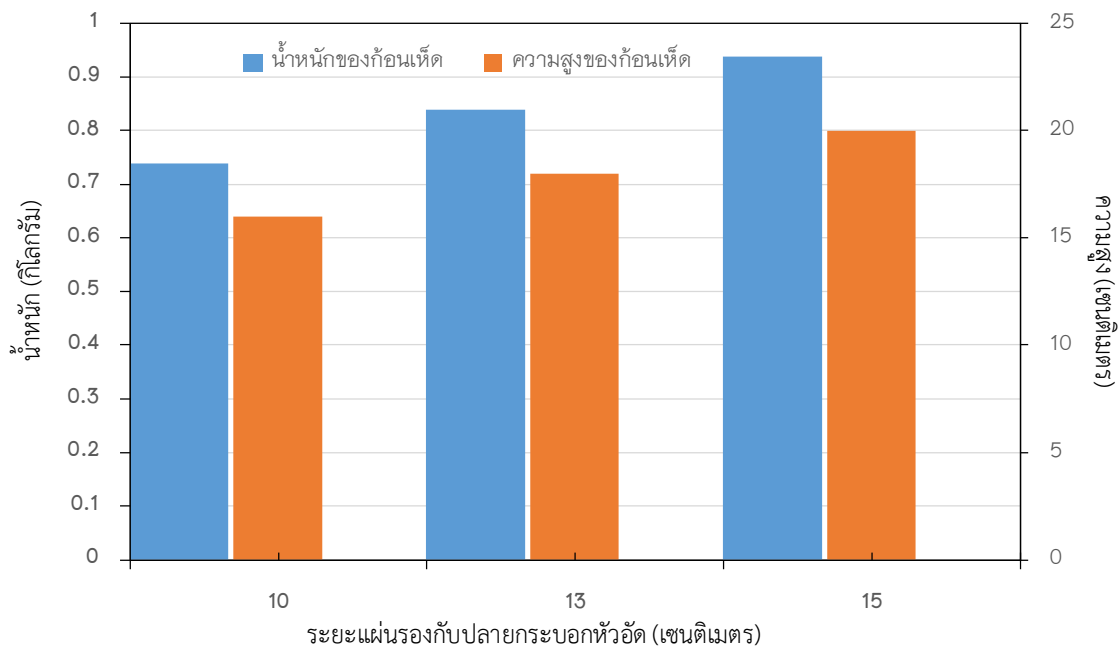
จากข้อมูลก้อนเชื้อเห็ดตัวอย่างที่ฟาร์มเห็ดได้ทำการผลิตก้อนเชื้อเห็ดทั่วไปที่ตามเครื่องผลิตก้อนเชื้อเห็ดทั่วไปจากในตารางจะเห็นได้ว่าก้อนเชื้อตัวอย่างนั้นมีความสูงของก้อนเชื้อเห็ดเฉลี่ยอยู่ที่ 17 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 0.772 กิโลกรัม และมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 614.34 kg/m³ จากการวัดด้วยวิธีเตาอบลมร้อนพบว่าความชื้นของขี้เลื่อยก้อนเห็ดคือ 56 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก

ระยะแผ่นรองของถุงบรรจุขี้เลื่อยกับปลายกระบอแก้วอัด

ในการหาเงื่อนไขการเขียนแลตเตอร์ ในโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ น้ำหนักของขี้เลื่อยที่บรรจุลงในถุงที่สวมเข้ากระบอแก้วแล้วมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะของแผ่นรองถุงบรรจุขี้เลื่อยกับกระบอแก้วที่กำหนดไว้คือ 10, 13 และ 15 เซนติเมตร เมื่อบรรจุขี้เลื่อยจนเต็มกระบอแก้วจะถูกนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อเป็นเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 6 ความสูงที่วัดได้จากผลระยะของแผ่นรองถุงบรรจุขี้เลื่อยกับกระบอแก้วบรรจุ

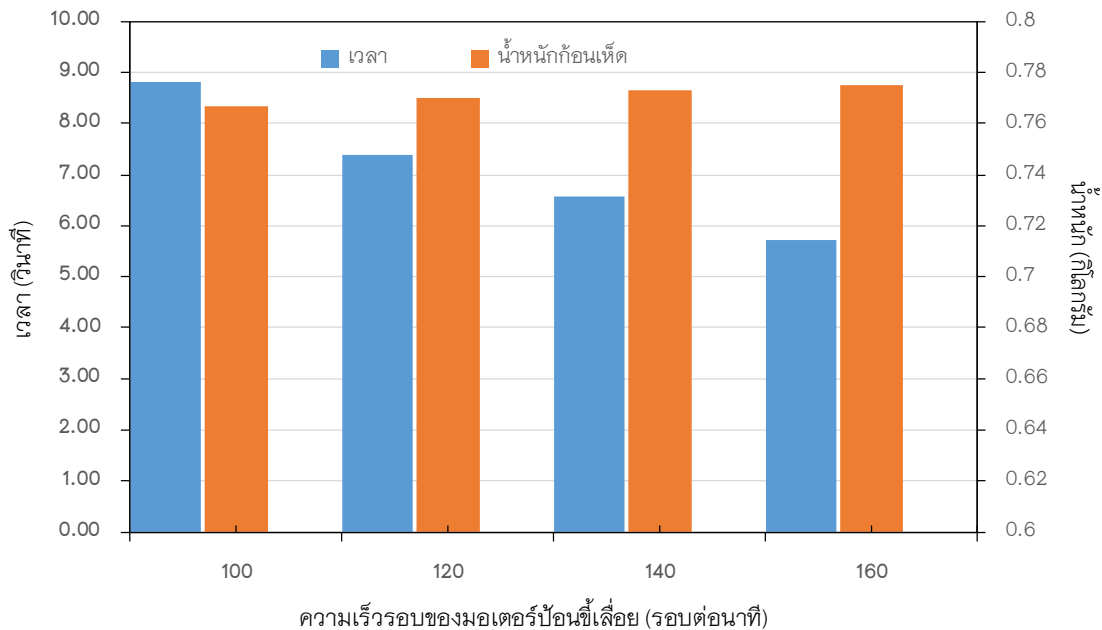


รูปที่ 7 ผลระยะของแผ่นรองถุงบรรจุขี้เลื่อยกับกระบอแก้วที่มีต่อน้ำหนักและความสูงของก้อนเห็ด

จากรูปที่ 7 ผลระยะของแผ่นรองถุงบรรจุซีลเกี่ยวกับกระบอกบรรจุที่มีต่อน้ำหนักและความสูงของก้อนเห็ด เมื่อทำการทดลองที่ 10, 13 และ 15 เซนติเมตร พบว่า เมื่อระยะของแผ่นรองถุงบรรจุซีลเกี่ยวกับกระบอกบรรจุที่เพิ่มขึ้นจาก 10, 13 และ 15 เซนติเมตร ทำให้น้ำหนักและความสูงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยน้ำหนักเพิ่มจาก 0.74, 0.82 และ 0.94 กิโลกรัม ความสูงเพิ่มจาก 16, 18 และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ เนื่องจากระยะที่เปลี่ยนไปทำให้การบรรจุเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยรวมทั้งความสูงที่แปรผันตรงกันและไม่เกินความสูงของถุงที่ 31.75 เซนติเมตร แต่ในการพิจารณาค่าที่เหมาะสมที่ระยะ 10 เซนติเมตร มีหนักรวมที่ต่ำกว่าก้อนเห็ดตัวอย่างส่งผลให้อาหารเห็ดน้อยตามไปด้วย แต่ในกรณีระยะ 15 เซนติเมตรพบว่า น้ำหนักของก้อนเห็ดสูงเกินไปหากจำหน่ายก้อนจะมีผลต่อต้นทุนและน้ำหนักสูงกว่าก้อนตัวอย่างมาก ดังนั้นการทดสอบเครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติจะเลือกระยะของแผ่นรองถุงบรรจุซีลเกี่ยวกับกระบอกบรรจุที่มีต่อน้ำหนักและความสูงของก้อนเห็ดที่ 13 เซนติเมตร

ผลของความเร็รรอบของมอเตอร์ป้อนซีลเดี่ยว

สำหรับผลของความเร็รรอบของมอเตอร์ป้อนซีลเดี่ยวมีความสำคัญในการกำหนดเวลาในการทำงานของเครื่องอัดก้อนเห็ดเพื่อใช้ในการหยุดและให้น้ำหนักของก้อนเห็ดเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหมดทุกก้อน ในการทดลองและใช้ในการทดสอบค่าความเร็รรอบของมอเตอร์ป้อนซีลเดี่ยวที่ระดับความเร็ว 100, 120, 140 และ 160 รอบ/นาที มีผลการทดลองดังต่อไปนี้



รูปที่ 8 ผลของความเร็รรอบของมอเตอร์ป้อนซีลเดี่ยว

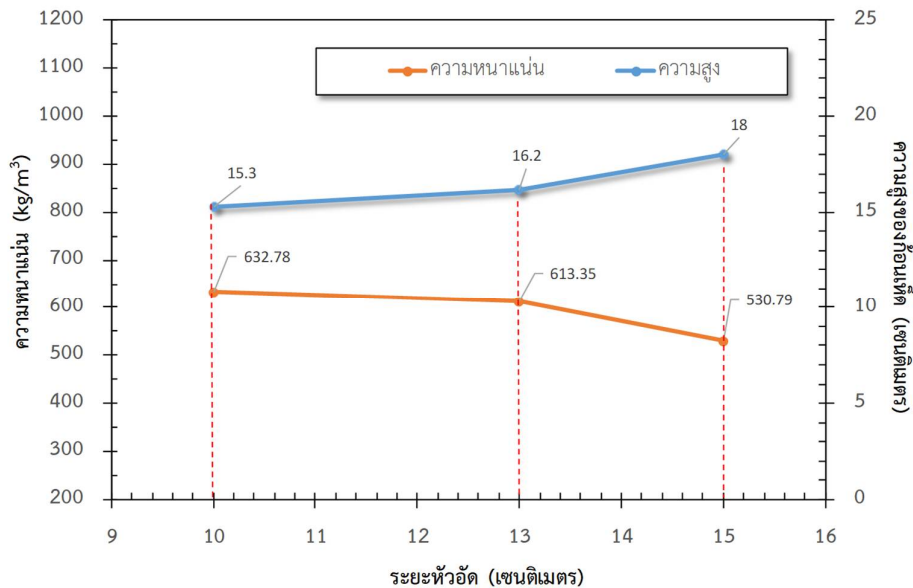


รูปที่ 9 ลักษณะของถุงที่ไม่สมบูรณ์เป็นรอยย่นที่รอบการป้อนสูง

จากรูปที่ 8 ผลความเร็วรอบของมอเตอร์ป้อนซีลี้อยที่มีต่อน้ำหนักของก้อนเห็ดและเวลา เมื่อทำการทดสอบความเร็วรอบของมอเตอร์ป้อนซีลี้อยที่ระดับความเร็ว 100, 120, 140 และ 160 รอบ/นาที พบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ป้อนซีลี้อยที่เพิ่มขึ้นจาก 100, 120, 140 และ 160 รอบ/นาที จะทำให้เวลาในการกรอกซีลี้อยเฉลี่ยลดลงจาก 8.82, 7.40, 6.56 และ 5.72 วินาที ตามลำดับ ในส่วนของน้ำหนักก้อนซีลี้อยนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากกำหนดระดับของแผ่นรองกับปลายกระบอกรัดแล้วจึงส่งผลน้อยต่อน้ำหนัก ในส่วนของเวลาจะเห็นว่าความเร็วที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เวลาลดลง แต่อย่างไรก็ดีที่ความเร็วรอบการป้อน 140 และ 160 รอบ/นาที ทำให้เกิดการย่นดังรูปที่ 9 เนื่องจากการป้อนที่เร็วซีลี้อยที่กรอกใส่ถุงไม่แน่นมากพอจึงเกิดรอยย่น ดังนั้นความเร็วรอบที่ไม่ทำให้เกิดรอยย่นของถุงที่เหมาะสมและไม่เข้าเกินไปคือ ความเร็วรอบในการป้อนซีลี้อยที่ 120 รอบ/นาที

ผลของระยะห่างของหัวอัด

ในการทดลองระยะห่างของหัวอัดมีผลต่อความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ด การย่นของถุง ความสูงของก้อนเชื้อเห็ด ในการทดลองทำการปรับตั้งระยะของหัวอัดที่ 10 เซนติเมตร 13 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร



รูปที่ 10 ผลของระยะกดจากหัวอัดถึงด้านบนสุดกระบอกรัด



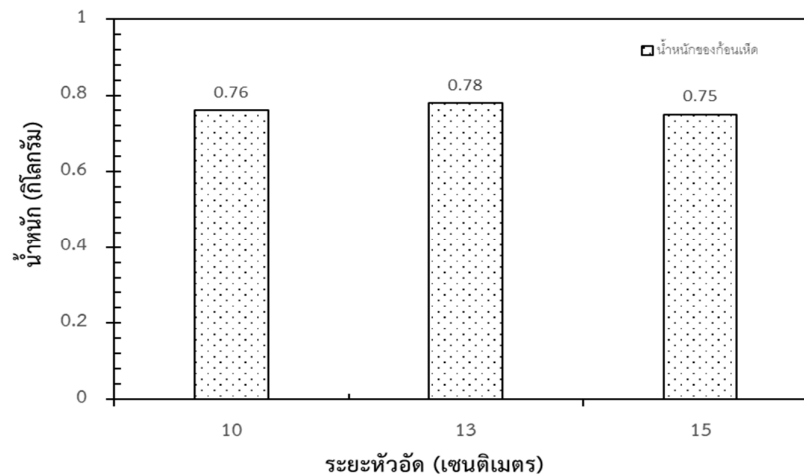
(ก)



(ข)

รูปที่ 11 (ก) ลักษณะของถุงที่ไม่สมบูรณ์เป็นรอยย่นที่รอบการป้อนสูง (ข) ก้อนเห็ดที่อัดสมบูรณ์

จากรูปที่ 10 ผลของระยะห่างของหัวอัดที่มีต่อความหนาแน่น ความสูง และน้ำหนักของก้อนเห็ด เมื่อทำการปรับตั้งระยะหัวอัดห่างจากด้านบนของ 10, 13 และ 15 เซนติเมตร พบว่า เมื่อระยะห่างของหัวอัดมีผลต่อความหนาแน่นและความสูงของก้อนเห็ด แต่ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักของก้อนเห็ดที่อัดได้ เนื่องจากการปรับตั้งแผ่นรองซีลื้อยในขั้นตอนการป้อนเป็นตัวกำหนดน้ำหนักให้ใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 11 สำหรับความสูงและความหนาแน่นของก้อนเห็ดพบว่า ระยะหัวอัดที่เพิ่มขึ้นจาก 10, 13 และ 15 เซนติเมตร ทำให้ความหนาแน่นของก้อนเห็ดลดลงจาก 632.78, 613.35 และ 530.79 kg/m³ ตามลำดับ เนื่องจากการปรับระยะหัวอัดให้สูงขึ้นทำให้ระยะการกดอัดก้อนเห็ดลดลงได้น้อยและความสูงของก้อนเห็ดที่มากกว่าค่าอื่นที่ระยะหัวอัด 15 เซนติเมตร ในทางกลับกันระยะของหัวอัดที่ลดลงทำให้หัวอัดอยู่ใกล้ก้อนเห็ดมากขึ้นความหนาแน่นจึงเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ดีระยะหัวอัดที่มากไปจะทำให้ก้อนเห็ดมีความหนาแน่นที่น้อยกว่าก้อนเห็ดตัวอย่างที่ได้จากเกษตรกรคือ 614.34 kg/m³ และระยะหัวอัดที่น้อยไปจะทำให้ก้อนเห็ดเป็นรอยยับและปริได้ ดังรูปที่ 12 ดังนั้นระยะที่หัวอัดเหมาะสมคือ 13 เซนติเมตร สำหรับเครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ 12 น้ำหนักของก้อนเห็ดที่ระยะหัวอัดต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

สำหรับผลการทดลองเครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติเป็นระบบที่ใช้งานอุปกรณ์นิวเมติกส์เป็นหลักควบคุมด้วยโปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์ ทดลองที่ตัวแปรต่างกันเพื่อนำไปใช้เขียนโปรแกรมแลตเตอร์และทดสอบหาความเหมาะสมตัวแปรได้แก่ ระยะแผ่นรองของถูบรรจุซีลื้อยกับปลายกระบอกระบายหัวอัด ผลของความเร็วยรอบของมอเตอร์ป้อนซีลื้อย และผลของระยะห่างของหัวอัด มีรายละเอียดดังนี้

1 เครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขการทดลองในการเขียนโปรแกรม การทดลองนำก้อนเห็ดตัวอย่างจากเกษตรกร อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 0.772 กิโลกรัม ความสูง 17 เซนติเมตร และความหนาแน่น 614.34 kg/m³

2 เมื่อระยะของแผ่นรองกับกระบอกระบายบรรจุเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักของก้อนเห็ดมีค่าเพิ่มขึ้น ระยะของแผ่นรองกับกระบอกระบายที่เหมาะสมคือ 13 เซนติเมตร

3 เมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์ป้อนซีลื้อยเพิ่มขึ้น ทำให้เวลาในการกรอกซีลื้อยเฉลี่ยลดลง ความเร็วรอบในการป้อนซีลื้อยที่เหมาะสมและไม่ทำให้ถูยับคือ 120 รอบ/นาที

4 เมื่อระยะห่างของหัวอัดเพิ่มขึ้น ทำให้ความสูงของก้อนเห็ดมีค่าเพิ่มขึ้น น้ำหนักก้อนเห็ดมีค่าใกล้เคียงกัน ระยะห่างของหัวอัดที่เหมาะสมคือ 13 เซนติเมตร

ข้อเสนอแนะในการใช้งานเครื่องอัดก้อนเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติ จำเป็นต้องคนในการสวมถุง และเอาก้อนเห็ดออกหากต้องการทำให้ระบบสมบูรณ์ควรมีระบบสวมถุงและการเอาก้อนเห็ดออก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่เอื้อเฟื้อปัจจัยที่สำคัญในการทดลอง และเป็นสถานที่ทำการทดลอง ขอขอบคุณวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน งบประมาณรายจ่ายปี พ.ศ.2562

เอกสารอ้างอิง

- พิฑูร ชมสุข, จิราภรณ์ พิณนาพิเชษฐ และเพชรลักษณ์ บุญญาคุณากร. (2564). เกษตรกรยุคใหม่: อาชีพทางเลือก (ทางรอด) ในยุคโควิด 19. ฝายนโยบายโครงสร้างเศรษฐกิจ ธนาคารแห่งประเทศไทย. <https://www.bot.or.th/Thai/ResearchAndPublications/articles>
- ชูชาติ ผาระนัต. (2560). เครื่องอัดเชื้อเห็ดสำหรับเพาะเลี้ยงเห็ดแบบอัตโนมัติ. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- พรประดิษฐ์ สีนดีและคณะพิพัฒน์ หนานวงศ์ อริญชัย ตรีเจริญ. (2556). การออกแบบและสร้างเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแปดสถานี ปริมาณนิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพเชียงใหม่
- ศิริลักษณ์ พานโคกสูง. (2554). การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบเพื่อชุมชน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 2519-21 ตุลาคม จังหวัดกระบี่
- จรงค์ศักดิ์ สิงห์ตัน, สิริวัฒน์ นิลวัฒน์ และ นพฤทธิ์ พรหมลัง. (2560). การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ด. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1.
- ปรเมศวร์ สุทธิประภา และคณะ. (2557). เครื่องอัดก้อนเชื้อเห็ดหอมด้วยระบบไฮดรอลิค เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของก้อนเชื้อเห็ดหอมและความปลอดภัยในการทำงาน. ปริมาณนิพนธ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตนครราชสีมา
- พลเทพ เวงสูงเนินวารี ศรีสอน ขนิษฐา ชัยบรรดิษฐ์และ จาริณี จงปลื้มปิติ*. (2564). การพัฒนาเครื่องอัดก้อนวัสดุเพาะเห็ดฟางแบบกึ่งอัตโนมัติ. วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ. ฉบับเดือน มกราคม-มิถุนายน 2564. หน้า 10-20.
- เกรียงศักดิ์ นักผูก และ เชิง อักษร (2561) การศึกษาและพัฒนาเครื่องอัดวัสดุเพาะเห็ดจากเศษเปลือกฝักข้าวโพดแบบก้อนยาว ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตรเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
- Saisin K and Saisin P. (2017). Design Construction and Efficiency of Press Equipment Mushroom cube. Vocational Education Innovation and Research Journal.2017; 1(1): 1–6.

ระบบนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ ด้วยเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้าบนอุปกรณ์สมองฝังตัว

A people counting system using face detection on embedded device

ชัชพล แร่งประโคน^{1*} เกียรติศักดิ์ สุระ¹ อริสรา ง่ายจันทร์¹ นราศักดิ์ วงษ์वासัน¹
และ บุญเหลือ นามำรุง¹

Chutchaphon Rangprakhon^{1*}, Kiattisak Sura¹ Arisra Ngoijan¹ Narasuk Vongvas¹
and Boonlueo Nabumroong¹

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี ³มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

*chutchaphon.ra@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาวิธีการการตรวจจับใบหน้าบนระบบสมองฝังตัว 2) เพื่อพัฒนาระบบนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ โดยระบบมีการติดตั้ง ESPino32CAM ในการตรวจจับใบ้ทั้งทางด้านฝั่งประตูทางเข้าและทางออกโดยใช้ MTMN Model ในการตรวจจับใบหน้าเพื่อนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ จากนั้นจะบันทึกจำนวนบุคคลลงไปในระบบแฟ้มข้อมูลของบอร์ด ESPino32CAM และฐานข้อมูล ระบบจะแสดงผลข้อมูลจำนวนบุคคลปัจจุบันที่อยู่ในสถานที่และจำนวนบุคคลที่สามารถเข้าใช้พื้นที่ได้อีกบนหน้าเว็บ โดยได้ทำการทดลองการตรวจจับใบหน้าต่อสภาพแวดล้อมแสง โดยใช้แอปพลิเคชันชื่อว่า Light Meter ในการวัดค่าความสว่างของแสง และใช้ ESPino32CAM ในการจับเวลา การทดสอบระยะห่างระหว่างเครื่องกับความสูงของบุคคลเพื่อหาระยะที่เหมาะสมที่เครื่องจะสามารถตรวจจับได้ และการทดสอบใช้งานจริง กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาและอาจารย์ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จากผลการทดลองพบว่าระบบสามารถตรวจจับใบหน้าได้ดีในสภาพแวดล้อมแสงไม่ต่ำกว่า 19 ลักซ์ มีความเร็วเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 1.09 วินาที และช้าสุดอยู่ที่ 1.86 วินาที ด้านการทดสอบระยะห่างระหว่างเครื่องกับความสูงของบุคคลพบว่าในระยะ 30 เซนติเมตร เป็นระยะที่ระบบจะสามารถตรวจจับใบหน้าได้ดี ตั้งแต่ส่วนสูง 140-185 เซนติเมตร และผลการใช้งานจริงโดยทำการทดลองเป็นเวลา 5 วัน ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่ที่ได้นั้นไม่ตรงกับจำนวนบุคคลที่เข้า-ออกจริง ซึ่งเกิดจากที่ผู้ใช้งานไม่ทราบวิธีการใช้งานของระบบและไม่ทราบจุดประสงค์ของระบบ

คำสำคัญ: ตรวจจับใบหน้า สมองฝังตัว ระบบตรวจนับจำนวนบุคคล

Abstract

This research article aims to 1) to study methods for face detection on an embedded device, 2) develop a system for counting people in using a place. The system is equipped with an ESPino32CAM to

detect on both the entrance and exit sides. To count the number of entering the place the number of people is then recorded into the file system and database. The system will display the current number of people on-site and the number of people who have access to the area again on the web. The experiment was conducted to detect faces in light environments. Using an application called Light Meter to measure the brightness of the light and use the ESPino32CAM to measure the time. By doing experiments to detect in the light environment test the distance between the device and the height of the person to find the proper distance that the machine can detect and practical testing. The population sample group includes students and teachers of Computer Technology Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus. The results showed that the system was able to detect faces well in a light environment of not less than 19 lux, with an average speed of 1.09 seconds and the slowest at 1.86 seconds. Testing the distance between the device and the height of the person found that within 30 centimeters is the distance that the system will be able to detect faces well from height 140-185 centimeters. And the results of actual use by experimenting for 5 days, where most of the information obtained does not match the actual number of people entering and leaving. This is because users do not know how to use the system and do not know the purpose of the system.

Keywords: Face detection, Embedded device, Person counting system

บทนำ

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโรคโควิด 19 ซึ่งองค์การอนามัยโลกประกาศให้ การระบาดของโรคโควิด 19 เป็นการระบาดใหญ่ ซึ่งขณะนี้ในประเทศไทยมีการระบาดอย่างรวดเร็วและทวีความรุนแรงในวง กว้างมากขึ้น ส่งผลให้ประชาชนในประเทศตกอยู่ในสภาวะเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรดังกล่าว ด้วยเหตุนี้กระทรวงสาธารณสุขได้ ประกาศให้โรคโควิด 19 เป็นโรคติดต่ออันตราย ตามพระราชบัญญัติโรคติดต่อ พ.ศ.2558 (กระทรวงสาธารณสุข,2563) ใน ปัจจุบันการเข้าใช้สถานที่ที่มีการรวมกันของคนหมู่มาก จำเป็นต้องมีกระบวนการคัดกรองเพื่อลดความเสี่ยงในการติดเชื้อ เริ่ม ตั้งแต่มีการเว้นระยะห่างในสังคม (Social Distancing) เพื่อช่วยลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัส เพื่อให้ผู้ติดเชื้อมีจำนวน ลดลง จนสามารถควบคุมได้ เมื่อเว้นระยะห่างกัน ไม่มีการสัมผัสกัน โอกาสติดเชื้อก็จะลดลงไป อีกทั้งยังมีการณรงค์ให้สวม หน้ากากอนามัยและการตรวจวัดอุณหภูมิ รวมไปถึงมีการเขียนชื่อลงสมุดรายชื่อก่อนเข้าใช้งานสถานที่ซึ่งเป็นที่มาของการ พัฒนาแพลตฟอร์มที่มีชื่อว่า “ไทยชนะ” เพื่อเป็นการบันทึกและติดตามข้อมูลของผู้เข้าใช้งานสถานที่นั้น ๆ

ที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาและนำเสนอการนับหลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็น การนับด้วยเซนเซอร์ เช่น การนับด้วย อินฟราเรด หลักการทำงานคือ จะเปล่งแสงอินฟราเรดออกมาอย่างต่อเนื่อง หากว่ามีวัตถุผ่านทางช่องที่อยู่ของเซนเซอร์ ด้านหน้าอุปกรณ์ (ซึ่งอยู่ในระนาบเดียวกัน) วัตถุจะสะท้อนแสงไปในเซนเซอร์เข้ากับชุดกระจกภายในภายในเซนเซอร์ จากนั้น แสงที่ถูกรังสะท้อนออกมานั้น จะถูกส่งไปยังตัวตรวจจับทางด้านล่างของเซนเซอร์ ถ้าตรวจสอบพบวัตถุ LED จะติดขึ้นเป็นสี แดง (ภูบดีรินทร์,2561) แล้วจะนับจำนวนเพิ่มขึ้น ส่วนการนับด้วยการประมวลผลภาพหรือตรวจจับใบหน้า คือระบบการ ตรวจหาใบหน้าของมนุษย์และปรับภาพใบหน้าโดยอัตโนมัติ กรอบจะปรากฏขึ้นบนใบหน้าที่ถูกตรวจจับ และโฟกัส สี และค่า การวัดแสงจะถูกปรับโดยอัตโนมัติ นอกจากนั้นเมื่อบันทึกด้วยคุณภาพแบบ HD เทคโนโลยีการบีบอัดจะจัดสรรความจุของ ข้อมูลให้ลดลง แต่ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากขึ้นเพื่อปรับคุณภาพของภาพ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูล

ตัวอย่างที่เก็บบันทึกไว้ อาจจะมีทั้งใบหน้า หรือเพียงบางส่วน ขึ้นกับชนิดของวิธีแยกเอกลักษณ์ใบหน้าค้นหาใบหน้าของบุคคล จากภาพหรือวิดีโอ (อิชกรณ, 2562)

คณะผู้จัดทำมีความสนใจในเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ จึงได้มีแนวคิดที่จะศึกษาระบบนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้ สถานที่ด้วยเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้าบนอุปกรณ์สมองกลฝังตัว

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

คณะผู้จัดทำได้มีวิธีการดำเนินงานระบบนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ด้วยเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้าบนอุปกรณ์ สมองกลฝังตัวมีรายละเอียดงานดังต่อไปนี้

1. การตรวจจับใบหน้า (Face Detection)
2. การออกแบบภาพรวมของระบบ
3. การออกแบบวงจร
4. การออกแบบผังงานของโปรแกรม
5. การพัฒนาและสร้างชิ้นงาน

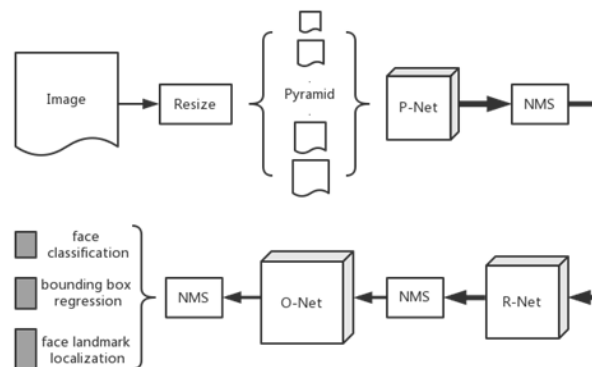
1. การตรวจจับใบหน้า (Face Detection)

กระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพหรือวิดีโอหลังจากนั้นก็ทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับขั้นตอน ถัดไปเพื่อให้ภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ง่ายต่อการจำแนก และ อัลกอริทึมที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าในปัจจุบันก็มีอยู่ด้วยกัน หลายวิธีซึ่งอัลกอริทึมในการตรวจจับใบหน้าที่ดีนั้นมีส่วนช่วยในการจำแนกใบหน้าที่แม่นยำและรวดเร็วขึ้นเป็นอย่างมาก

การตรวจจับใบหน้าของ MTMN Model

โมเดลการตรวจจับใบหน้าที่ชื่อว่า MTMN เป็นโมเดลที่ใช้ทรัพยากรในการประมวลผลตรวจจับใบหน้าน้อย สร้างขึ้นจาก สถาปัตยกรรมที่เรียกว่า MobileNetV2 และ Multi-task Cascaded Convolutional Networks และออกแบบมาสำหรับใช้ งานบน Embedded Device ซึ่งมีการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

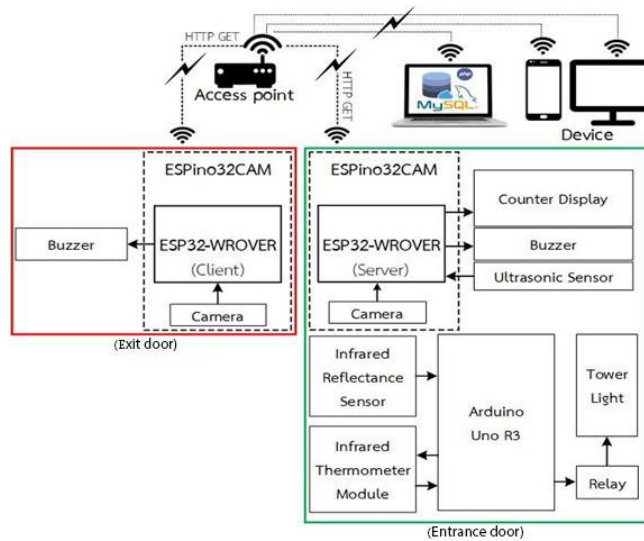
- P-Net (Proposal Network) คือ ส่วนตรวจสอบและตีกรอบพิกัดในภาพที่ส่วนที่มีใบหน้าอยู่ แล้วส่งไปยัง R-Net
- R-Net (Refine Network) คือ ส่วนที่คัดกรองข้อมูลที่ได้รับ P-Net กรองเอาเฉพาะข้อมูลที่ควรจะเป็นใบหน้า
- O-Net (Output Network) คือ ส่วนที่นำเอาข้อมูลที่คัดกรองแล้วจาก R-Net มาหาค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ค่าความ น่าเชื่อถือ และจุดกำหนดตำแหน่ง 5 จุด (Landmark)



รูปที่ 1 กระบวนการทำงานของ MTMN Model

ที่มา: <https://arxiv.org/abs/1604.02878>

2. การออกแบบภาพรวมของระบบ

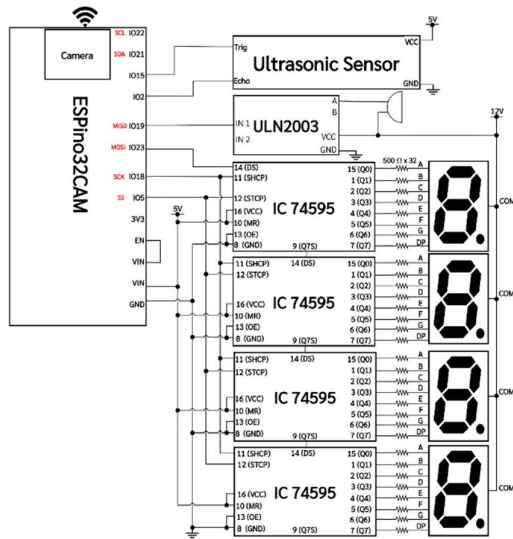


รูปที่ 2 ภาพรวมของระบบ

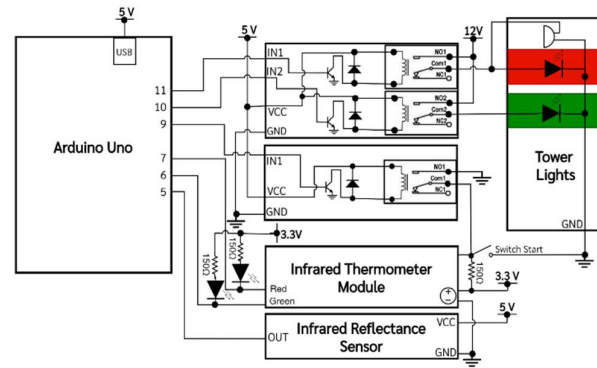
จากรูปที่ 2 ระบบจะใช้โมดูล ESPino32CAM จำนวน 2 ตัว ติดตั้งฝั่งทางเข้า (เซิร์ฟเวอร์) และฝั่งทางออก (ไคลเอนต์) ทางฝั่งประตูทางเข้า ตรวจสอบว่าได้รับค่าจากไคลเอนต์หรือไม่ หากได้รับค่า ให้ลดค่าลด และแสดงผลผ่านจอแสดงผล จากนั้นทำการรับภาพจากกล้องเมื่อมีบุคคลผ่านเข้ามาแล้วตรวจจับใบหน้าได้ Buzzer จะส่งเสียงแจ้งเตือน ให้ทำการเพิ่มค่าและบันทึกค่าลง EEPROM จากนั้นแสดงค่าจำนวนบุคคลผ่านจอแสดงผล แล้วส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล MySQL อัลตราโซนิกจะทำการตรวจสอบว่าบุคคลออกจากจุดที่กำหนดแล้วหรือไม่ ถ้าไม่ระบบจะวนตรวจสอบจนกว่าจะออกจากจุดที่กำหนด เพื่อป้องกันการนับซ้ำในกรณีบุคคลที่ยังไม่ได้ออกจากจุดตรวจนับ โดยมีวงจรดังรูปที่ 3 (ก) อีกทั้งบริเวณนี้ได้มีการติดตั้งโมดูลวัดอุณหภูมิของร่างกาย โดยใช้บอร์ด Arduino Uno ในการประมวลผล โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรดในการตรวจจับวัตถุหากมีระยะน้อยกว่า 5 เซนติเมตร Arduino Uno จะส่งให้รับข้อมูลจากโมดูลวัดอุณหภูมิ ถ้าหากได้รับค่าอุณหภูมิตามค่าที่ตั้งไว้ จะสั่งให้รีเลย์ไปควบคุม Tower Light ในการแจ้งเตือนการวัดอุณหภูมิ (ผู้จัดทำได้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด WDKL-EWQ-001 ค่าอุณหภูมิที่ได้มีค่าความแม่นยำ $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ และมีช่วงค่าอุณหภูมิที่สามารถวัดได้ตั้งแต่ $32^{\circ}\text{C} - 42.9^{\circ}\text{C}$) โดยมีวงจรดังรูปที่ 3 (ข)

ส่วนฝั่งประตูทางออก เมื่อมีบุคคลผ่านเข้ามาก็จะทำการตรวจจับใบหน้าเมื่อพบใบหน้า Buzzer จะส่งเสียงแจ้งเตือน ทำการเพิ่มค่าแล้วจะทำการบันทึกข้อมูลลงบน EEPROM ของ ESPino32CAM แล้วส่งค่าไปที่เซิร์ฟเวอร์ และส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล MySQL ดังรูปที่ 4

3. การออกแบบวงจรระบบตรวจนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่

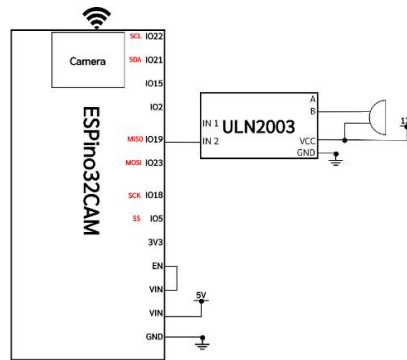


(ก) วงจรระบบตรวจนับจำนวน



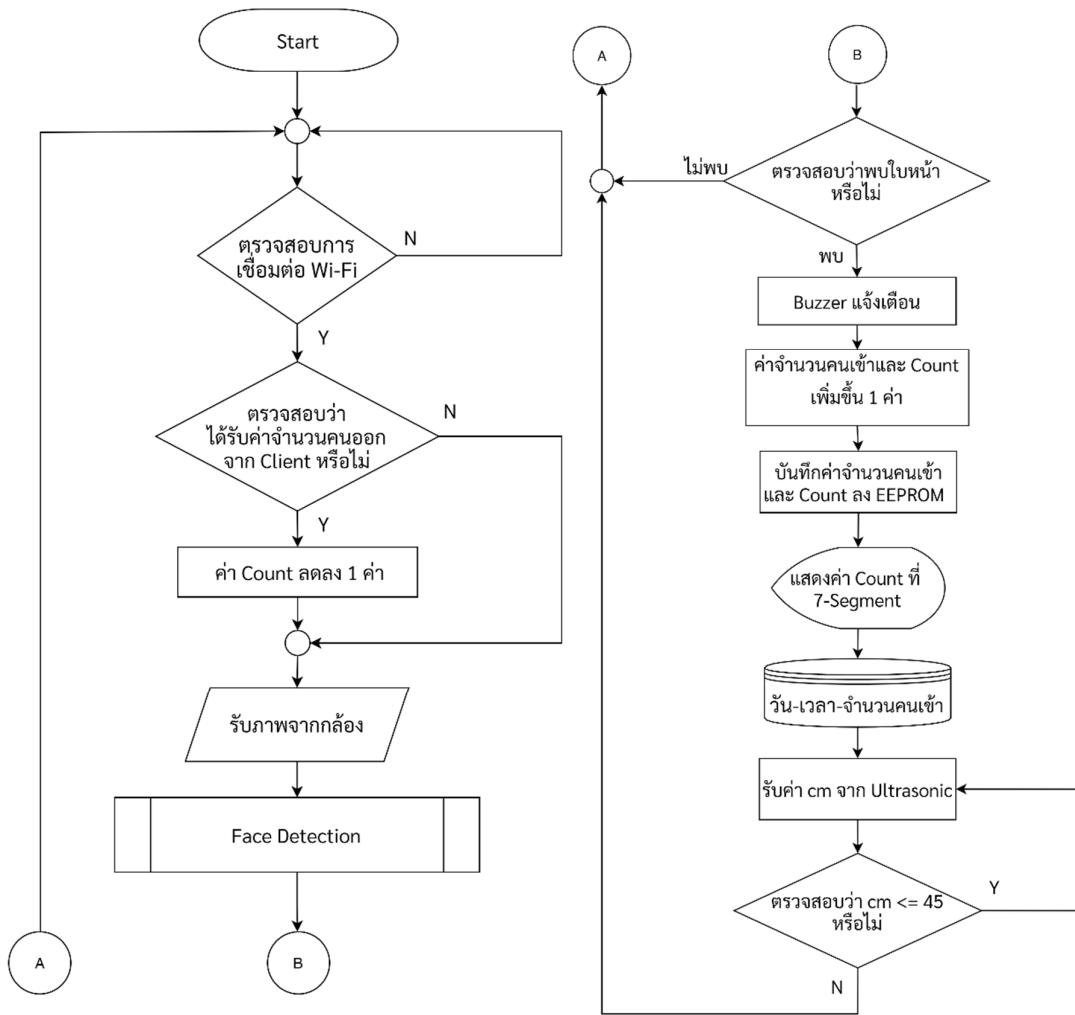
(ข) วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3 วงจรระบบตรวจนับจำนวนบุคคลฝั่งทางเข้า (เซิร์ฟเวอร์)



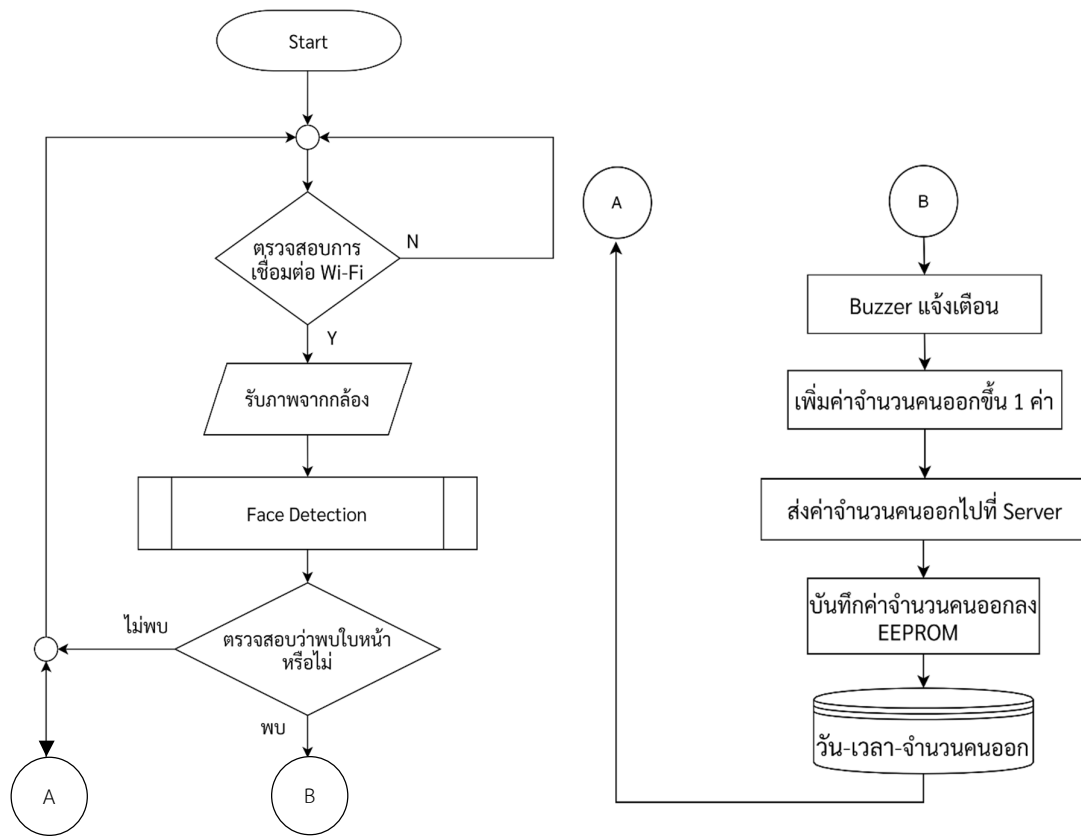
รูปที่ 4 วงจรระบบตรวจนับจำนวนบุคคลฝั่งทางออก (ไคลเอนต์)

4. การออกแบบผังงานของโปรแกรม



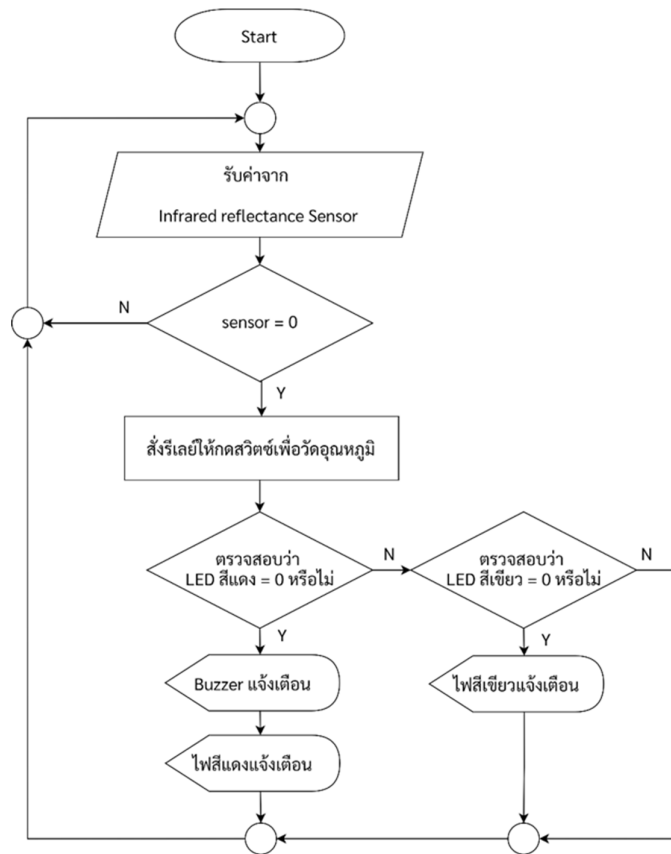
รูปที่ 5 Flowchart การทำงานของระบบตรวจนับจำนวนบุคคลฝั่งทางเข้า (เซิร์ฟเวอร์)

ระบบจะทำการตรวจสอบว่ามี การเชื่อมต่อ Wi-Fi หรือไม่ ถ้าไม่จะวนกลับไปจุดเริ่มต้น ถ้าใช่จะตรวจสอบว่ามีส่งค่าจำนวนคนออกจากไคลเอนต์หรือไม่ ถ้าใช่ให้ค่า Count ลดลง 1 ถ้าไม่ใช่ให้รับภาพจากกล้องเข้ามา จากนั้นตรวจสอบว่าพบใบหน้าหรือไม่ ถ้าไม่พบจะวนกลับไปจุดเริ่มต้น ถ้าพบจะให้ Buzzer แจ้งเตือน ให้ค่าจำนวนคนเข้าและค่า Count เพิ่มขึ้น 1 จากนั้นบันทึกค่าจำนวนคนเข้าและค่า Count ลง EEPROM นำค่าวัน เวลา และจำนวนคนเข้าลงฐานข้อมูล เพื่อป้องกันการนับซ้ำในกรณีบุคคลยังไม่ได้ออกจากจุดตรวจนับผู้จัดทำจึงได้ใช้ Ultrasonic sensor รับค่าระยะห่างแล้วตรวจสอบว่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 45 เซนติเมตรหรือไม่ หากใช่ให้วนกลับไปรับค่าระยะห่างใหม่ หากไม่ใช่ให้กลับไปจุดเริ่มต้น ดังรูปที่ 5



รูปที่ 6 Flowchart การทำงานของระบบตรวจนับจำนวนบุคคลฝั่งทางออก (โคลored)

ระบบจะทำการตรวจสอบว่ามีการเชื่อมต่อ Wi-Fi หรือไม่ ถ้าไม่พบการเชื่อมต่อจะวนกลับไปจุดเริ่มต้น ถ้าพบการเชื่อมต่อให้รับภาพจากกล้องเข้ามา และเข้าสู่ฟังก์ชันการตรวจจับใบหน้า ตรวจสอบว่าพบใบหน้าหรือไม่ หากพบให้ Buzzer แจ้งเตือนและส่งค่าจำนวนคนออกไปที่เซิร์ฟเวอร์ และนำค่าวัน เวลา และจำนวนคนออกลงฐานข้อมูล และบันทึกค่า Decrease ลง EEPROM จากนั้นจะวนกลับไปจุดเริ่มต้น หากไม่พบใบหน้าจะวนกลับไปจุดเริ่มต้น ดังรูปที่ 6



รูปที่ 7 Flowchart การทำงานของระบบตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย

ส่วนของการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย ตรวจสอบว่าเซ็นเซอร์วัดระยะอินฟราเรดมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ หากไม่ใช่ให้กลับไปจุดเริ่มต้น หากใช่ให้เครื่องวัดอุณหภูมิอ่านค่าอุณหภูมิ จากนั้นแสดงค่าอุณหภูมิและมีสัญญาณไฟแจ้งเตือน ตรวจสอบว่า LED สีแดงเท่ากับ 0 หรือไม่ หากใช่ให้บี๊เซอร์และไฟสีแดงแจ้งเตือน หากไม่ใช่ให้ตรวจสอบว่า LED สีเขียวเท่ากับ 0 หากใช่ ให้ไฟสีเขียวแจ้งเตือน หากไม่ใช่ให้กลับไปจุดเริ่มต้น ดังรูปที่ 7

5. การพัฒนาและสร้างชิ้นงาน

เป็นกระบวนการพัฒนาและสร้างวงจรต่างๆตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อประกอบอุปกรณ์แต่ละตัวให้สามารถทำงานร่วมกันได้ ตามที่ผู้จัดทำได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3 (ก) รูปที่ 3 (ข) และรูปที่ 4 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆสำเร็จจะเห็นดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ชิ้นงานระบบ

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผลทดสอบการตรวจจับใบหน้าที่ต่อสภาพแวดล้อมแสง

เนื่องจากค่าความสว่างของแสงมีผลต่อระยะเวลาในการการตรวจจับใบหน้าที่ คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าความสว่างของแสงที่ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าที่ได้ คณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองระบบตรวจนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้าที่ ทดลอง ณ ประตูทางเข้าด้านทิศตะวันตก ชั้น 5 ตึกอภิตยาคาร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ โดยการวัดค่าความสว่างของแสง จำนวน 10 ค่า โดยใช้แอปพลิเคชันชื่อว่า Light meter ในการวัดค่าความสว่างของแสง ค่าความสว่างของแสงแต่ละค่าจะทำการทดสอบ 5 ครั้ง โดยใช้บุคคลในการทดลองจำนวน 1 คน และจับเวลาการตรวจจับใบหน้าที่ด้วย ESPIno32CAM ซึ่งจะได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการตรวจจับใบหน้าที่

ลำดับ	ค่าความสว่างของแสง (ลักซ์)	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการตรวจจับ(วินาที)
1	19	1.09
2	34	1.76
3	115	1.86
4	230	1.64
5	460	1.56
6	500	1.85
7	730	1.35
8	820	1.35
9	942	1.65
10	1020	1.18





จากตารางที่ 1 ค่าความสว่างของแสงค่าที่ 1 ถึง ค่าที่ 10 ไม่มีผลต่อการการตรวจจับใบหน้าที่ ระยะเวลาเฉลี่ยโดยรวมไม่เกิน 1.9 วินาที ในกรณีที่ค่าความสว่างของแสงมากกว่า 1020 ลักซ์ ยังสามารถตรวจจับใบหน้าที่ได้ดี แต่หากย้อนแสงจะทำให้ระยะเวลาในการตรวจจับใบหน้าที่มากขึ้นหรืออาจตรวจจับใบหน้าที่ไม่ได้เลย

ผลทดสอบระยะห่างและความสูงในการตรวจจับใบหน้าที่

เนื่องด้วยประสิทธิภาพของฮาร์ดแวร์ ESPIno32CAM มีน้อย ระยะในการตรวจจับใบหน้าที่ไกลขึ้นจะทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้น และจะส่งผลให้การนับจำนวนต่อคนมีระยะเวลามากขึ้น คณะผู้จัดทำได้ออกแบบการจัดวางกล้องให้เงยขึ้นเพื่อให้สะดวกกับผู้ใช้งานที่เข้า-ออกสถานที่ ระยะห่างระหว่างผู้ใช้งานกับกล้องจึงมีผลต่อการตรวจจับใบหน้าที่ ผู้จัดทำจึงทำการทดลองระยะที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับใบหน้าที่ซึ่งได้ทดลองในสถานที่เดียวกันทั้งหมด โดยมีค่าความสว่างของแสงอยู่ที่ประมาณ 350 ถึง 370 ลักซ์ ซึ่งการทดลองนี้ได้ทำการทดลองกับนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์ ที่มีความสูงต่างกันจำนวน 9 คน ทดลองที่ระยะ 20 ถึง 50 เซนติเมตร ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลทดสอบระยะห่างและความสูงในการตรวจจับใบหน้า

ความสูง	ระยะ 20 cm	ระยะ 30 cm	ระยะ 40 cm	ระยะ 50 cm
153 cm				
158 cm				
160 cm				
165 cm				
167 cm				
175 cm				
180 cm				
185 cm				

ความสูง	ระยะ 20 cm	ระยะ 30 cm	ระยะ 40 cm	ระยะ 50 cm
185 cm				
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง	66.66%	100%	77.77%	33.33%

ผลทดสอบระยะห่างและความสูงในการตรวจจับใบหน้าจากรางที่ 2 คณะผู้จัดทำได้นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องหรือความแม่นยำ (Accuracy) ดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

$$A = 1 - \left| \frac{M-T}{T} \right| \quad (1)$$

A คือ ความแม่นยำสัมพัทธ์ (relative accuracy)

M คือ จำนวนครั้งที่ถูกต้อง

T คือ จำนวนครั้งที่เก็บจริง

ดังนั้น จะได้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง ดังสมการที่ (2)

$$A = A \times 100 \quad (2)$$

ผลการทดสอบการใช้งานจริง

ผลการทดลองการใช้งานจริงระบบตรวจนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ด้วยเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้า ทดลอง ณ ประตูทางเข้าด้านทิศตะวันตก ชั้น 5 ตึกกอทิตยาทร คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ คณะผู้จัดทำได้ทำการทดลองเป็นเวลา 5 วัน (26-30 มิถุนายน 2564 ช่วงปิดภาคการศึกษา) โดยวันที่ 1-4 คณะผู้จัดทำได้ขอความร่วมมือบุคคลที่เข้า-ออกสถานที่ในการทดสอบระบบ และผู้จัดทำได้ให้คำแนะนำในการใช้ระบบ ในส่วนของวันที่ 5 ทางคณะผู้จัดทำไม่ได้ขอความร่วมมือ และไม่ได้อยู่ให้คำแนะนำในการใช้ระบบ จึงได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบระยะห่างและความสูงในการตรวจจับใบหน้า

วันที่	จำนวนบุคคลเข้า	จำนวนบุคคลออก	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง
1	9	9	100%
2	20	13	65%
3	15	22	68%
4	18	18	100%
5	15	6	40%

คณะผู้จัดทำได้นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องหรือความแม่นยำ (Accuracy) ดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

จากตารางที่ 3 เนื่องจากประตูก้าวเข้า-ออก มี 2 ทาง จะมีการมีที่บุคคลเข้าประตูฝั่งที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่อง แล้วออกฝั่งที่ติดตั้งเครื่อง หรือ เข้าฝั่งที่ติดตั้งเครื่อง แต่ออกฝั่งที่ไม่ได้ติดตั้งเครื่อง ผลที่ได้จึงมีความถูกต้องแม่นยำน้อย ดังเช่น ในวันที่ 2 และ 3 แต่ถ้าหากมีบุคคลน้อย ดังเช่นวันที่ 1 จะขอความร่วมมือได้ง่าย และวันที่ 4 คณะผู้จัดทำได้ขอความร่วมมืออย่างเต็มที่กับบุคคลที่เข้ามาภายในสถานที่ทั้งหมด ผลที่ได้จึงมีความถูกต้อง 100% และวันที่ 5 ผู้จัดทำทดลองไม่อยู่ให้คำแนะนำและไม่ได้ขอความร่วมมือในการใช้เครื่องใดๆ จำนวนบุคคลออกจึงน้อยกว่าที่ควรเป็นมาก เนื่องจากบุคคลที่เข้าใช้สถานที่ไม่ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการตรวจนับ และประตูก้าวเข้า-ออกมีมากกว่า 1 ทาง

บทสรุป

ระบบนับจำนวนบุคคลในการเข้าใช้สถานที่ด้วยเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้าบนอุปกรณ์สวมกอล์ฟตัว ระบบจะสามารถทำงานได้ดีในความสว่างแสงไม่ต่ำกว่า 19 ลักซ์ โดยตัวกล้องนั้นไม่หันเข้าหาจุดกำเนิดแสงหรือย้อนแสง และระยะตรวจจับ 30 เซนติเมตร เป็นระยะที่ระบบจะสามารถตรวจจับใบหน้าได้ตั้งแต่ส่วนสูง 140-185 เซนติเมตร ในการตรวจจับใบหน้าข้อมูลใบหน้าจะต้องผ่านกระบวนการตรวจจับใบหน้าหรือ Face detection เพื่อยืนยันใบหน้าทำให้ในบางครั้งการใส่แว่นเลนส์ใสอาจจะไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ ส่วนการใส่แว่นเลนส์ดำ และการสวมหน้ากากอนามัยนั้นจะทำให้ระบบไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ เนื่องจากการที่จะตรวจสอบว่าเป็นคน จำเป็นต้องเห็นทุกส่วนของใบหน้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆ ทำให้ผู้พัฒนาสามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์เป็นแนวทางในการทำโครงงานปริญญาโทเป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดประโยชน์อย่างมากให้กับผู้พัฒนา

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาและอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยสนับสนุนงบประมาณและคอยให้กำลังใจ จึงทำให้โครงงานปริญญาโท สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข (2563). คู่มือการปฏิบัติตามมาตรการผ่อนปรนกิจการและกิจกรรมเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคโควิด 19. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์อักษรกราฟิกแอนด์ดีไซน์, กรุงเทพฯ.

กรีน. (2545). Canny Edge Detection Tutorial. แหล่งที่มา: http://www.page.drexel.edu/~weg22/can_tut.html/. 2 ตุลาคม 2563

ธัชกรณ์ วชิรมน (2562). Face Recognition ตรวจสอบ-จดจำใบหน้าด้วย 'เอไอ'. แหล่งที่มา: <https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/646837?fbclid=IwAR2V8RouNzJHvSRITAm0rQwvmCGeTk9evgm2qUwG034JOmhmVJ2L0BiYA0/>. 6 สิงหาคม 2563

นรินาม. (2556). เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image processing). แหล่งที่มา: <https://sillovely.wordpress.com/>. 1 ตุลาคม 2563

- บริษัท ห้างเน็ตจำกัด. (2563). เช็กอินเข้างานง่ายขึ้น ด้วยเทคโนโลยี Face Recognition ที่ THiNKNET พัฒนาขึ้นเอง.
แหล่งที่มา: <https://www.thinknet.co.th/things-we-learn/>. 1 มกราคม 2564
- บริษัท วินัสซัพพลาย จำกัด. (2560). บทความ Arduino คืออะไร ตอนที่ 1 แนะนำเพื่อนใหม่ที่ชื่อ Arduino. แหล่งที่มา:
<https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/25> กุมภาพันธ์ 2564
- ภูบดินทร์ (2561). การตรวจนับจำนวนคนเข้า-ออก ด้วยเซนเซอร์อินฟราเรดผ่าน NETPIE. แหล่งที่มา:
<https://medium.com/@projectid030/การตรวจนับจำนวนคนเข้า-ออก-ด้วยเซนเซอร์อินฟราเรดผ่าน-netpie-bc40f53315cd/>. 8 สิงหาคม 2563
- สิริกร ลีม่วงศัพท์ชุกกุล และคณะ. 2562. 59-60. โปรแกรมประยุกต์บนเว็บการวิเคราะห์ลักษณะนิสัยจากภาพโครงหน้าและ
เทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้า, การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยี 4.0 เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น
และประเทศไทยอย่างยั่งยืน ครั้งที่ 11. (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี)
- สมเกียรติ อุดมทรราชกุล. (2554). การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น. สำนักพิมพ์ท็อป, กรุงเทพฯ.
- สุริยา ศรีวิเศษ. (ม.ป.ป). เซ็นเซอร์อัลตราโซนิก. แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/mik_horkhxnthor/lexr1/sensexr-xaltra-so-nik/. 2 ตุลาคม 2563
- ARTRONSHOP. (2560). การใช้งานไอซี 74HC595 ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์. แหล่งที่มา: <https://www.ioxhop.com/article/>. 1 ตุลาคม 2563
- ARTRONSHOP. (2564). เครื่องวัดอุณหภูมิ อินฟราเรด. แหล่งที่มา: <https://www.7propack.com/product/202/>.
1 กุมภาพันธ์ 2564
- ARTRONSHOP. (2564). E18-D80NK Infrared Proximity Sensor (เซนเซอร์วัดระยะทาง). แหล่งที่มา:
<https://www.ab.in.th/product/84/e18-d80nk-infrared-proximity-sensor/>. 1 กุมภาพันธ์ 2564
- C. N. Khac, J. H. Park and H. Y. Jung. (2552). “Face Detection using Variance based Haarlike feature and SVM,”. World Academy of Science, Engineering and Technology 60, 2009.
- Navapat Jesadapatrakul (2562). Image Processing. แหล่งที่มา: <https://medium.com/tni-university/image-processing-981c65c262891> กุมภาพันธ์ 2564
- THAIEASYELEC (2562). Introduction to ESPIno32CAM. แหล่งที่มา:
<https://blog.thaieasyelec.com/espino32cam-introduction/>. 2 ตุลาคม 2563
- Yuan Jiong และ Ye Hang Yang. (2563) MTMN Model. แหล่งที่มา: https://github.com/espressif/esp-face/tree/master/face_detection?fbclid=IwAR2q59K4OuP5nNPwWmJUG_aKujS003QojX96OFGxQ7JXE8VLnxtZz8o0EXU/. 2 ตุลาคม 2563

กรณีศึกษา: การใช้สารดีกรีสเซอร์ออยล์ต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไขมันและน้ำมัน Case Study: The Use of Degreaser Oil on Grease and Oil Removed Efficiency

วราวุฒิ กัณฐมิตร^{1,2} และ ขวัญเนตร สมบัติสมภพ^{2*}

¹ส่วนบริหารพื้นที่ 2-ปตท. ฝ่ายบริหารทรัพยากรและวิศวกรรม

บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) 555 ถ.วิภาวดีรังสิต แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

²ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

* kwannate.s@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพและสภาวะที่เหมาะสมในการใช้สาร Degreaser Oil สำหรับกำจัดไขมันและน้ำมันของน้ำเสียจากโรงอาหารของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่ ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งปกติแล้วน้ำเสียจากโรงอาหารหลังผ่านบ่อดักไขมัน (Grease Trap) สามารถกำจัด Grease & Oil และ BOD ได้ประมาณร้อยละ 33.3 และ 29.1 ตามลำดับ โดยในงานวิจัยนี้ทดสอบการเติมสาร Degreaser Oil พบว่าปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสมเท่ากับ 20 มล./ล. สามารถกำจัด Grease & Oil ได้ร้อยละ 79.2 อย่างไรก็ตามการเติมสาร Degreaser Oil ส่งผลให้ค่า BOD ในน้ำเสียมีค่าสูงขึ้น ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการเติมอากาศ จึงนำไปสู่การทดสอบระยะเวลาการเติมอากาศและการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสม โดยทดสอบด้วยการเติมสาร Degreaser Oil ปริมาณ 10 และ 20 มล./ล. ที่ระยะเวลาการเติมอากาศและการทำปฏิกิริยา 6 12 และ 18 ชม. พบว่าการเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 10 มล./ล. ระยะเวลาการเติมอากาศและการทำปฏิกิริยาเป็น 6 ชม. สามารถกำจัด Grease & Oil และ BOD ได้ร้อยละ 60.8 และ 20.5 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไขมันและน้ำมัน สารดีกรีสเซอร์ออยล์ น้ำเสียจากโรงอาหาร

Abstract

This work aimed to study the efficiency and optimal conditions for using degreaser oil for removing fat and oil on wastewater from the cafeteria of PTT Public Company Limited (Head office) before entering the wastewater treatment system. Normally, wastewater from the cafeteria after grease trapping could remove the grease & oil and BOD of about 33.3% and 29.1% respectively. In this work, the findings revealed that optimal degreaser oil of 20 mL/L could remove grease & oil at 79.2%. However, adding the Degreaser oil increased the BOD in the wastewater. This problem could be solved by aeration and this would lead to the tests of optimal aeration and reaction time. By experimenting with the addition of Degreaser Oil amount 10 and 20 mL/L, at aeration and reaction time of 6, 12 and 18 hours found that the addition of Degreaser Oil amount at 10 mL/L. at aeration and reaction time was 6 hours could remove the Grease & Oil and BOD up to 60.8% and 20.5%, respectively.

Keywords: Grease and Oil, Degreaser Oil, Cafeteria

บทนำ

ไขมันและน้ำมันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพลดลง โดยจะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของระบบในขั้นตอนต่างๆ และอาจสะสมในบริเวณระบบบำบัดน้ำเสียจนเป็นปัญหาในการปฏิบัติงานได้ นอกจากนี้หากไขมันและน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษและทำลายสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากไขมันจะเคลือบที่ผิวหน้าของน้ำทิ้ง ทำให้อากาศไม่สามารถผ่านเข้าไปผสมกับน้ำได้ทำให้น้ำเกิดการเน่าเสีย ระบบบำบัดน้ำเสียของ บริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ โดยใช้แบคทีเรียเป็นตัวกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียด้วยปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของแอโรบิกเฮเทอโรโทรฟิก แบคทีเรีย (Aerobic heterotrophic bacteria) สำหรับปริมาณออกซิเจนในระบบบำบัดได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และการถ่ายเทออกซิเจนตามธรรมชาติระหว่างน้ำกับอากาศ เครื่องเติมอากาศทำหน้าที่เพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำเสียให้มีเพียงพอต่อความต้องการของแบคทีเรียในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ส่งผลให้การกำจัดสารอินทรีย์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ใช้เวลาในการบำบัดน้อย และรวดเร็วกว่าการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติทำให้น้ำทิ้งที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น สามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นการแยกไขมันและน้ำมันออกจากน้ำเสียจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ทางบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ให้ความสนใจ

ปัจจุบันปัญหาน้ำเสียจากโรงอาหารภายใน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) มีปริมาณไขมันและน้ำมันในบ่อดักไขมันจำนวนมาก ซึ่งบ่อดักไขมันเป็นเพียงการแยกกำจัดไขมันที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำเบื้องต้นโดยการตักทิ้ง ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูดไขมันและน้ำมัน แต่ก็ยังมีไขมันส่วนที่เหลือเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง หากปล่อยไขมันและน้ำมันทั้งหมดเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ส่งผลให้การทำงานของระบบขาดประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ และต้องมีการเติมอากาศเป็นเวลานานเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ไขมันและน้ำมัน แต่ยังมีประสิทธิภาพไม่เท่าที่ควรอีกทั้งยังส่งกลิ่นเหม็นและเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นตามปริมาณไขมันและน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ บุญส่ง และคณะ (2554) ศึกษาประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนและแผงลอยจำหน่ายอาหาร พบว่า การใช้ถังดักไขมันที่ทำจากถังสตีควมจุ 18 ลิตร จำนวน 2 ถัง ให้ประสิทธิภาพในการดักไขมันจากบ้านเรือน และร้านอาหารตามสั่งเท่ากับร้อยละ 77.6 และ 99.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ถังดักไขมันจากวัสดุเหลือใช้มีต้นทุนถูกกว่าถังดักไขมันสำเร็จรูปประมาณ 5 เท่า และยังสามารถช่วยลดขยะในชุมชนจากการนำของเหลือใช้มาทำให้เกิดประโยชน์ Hind และ คณะ (2020) ศึกษาการกำจัดน้ำมันโดยการใช้หญ้าคาเป็นวัสดุดูดซับ โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับได้แก่ pH อุณหภูมิ ปริมาณวัสดุดูดซับ ระยะเวลาในการดูดซับ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 30°C pH 9 ปริมาณวัสดุดูดซับเท่ากับ 0.1 กรัม และ ระยะเวลาเท่ากับ 90 นาที สามารถกำจัดน้ำมันได้ร้อยละ 97 นอกจากนี้ รัตวีวรรณ และ คณะ (2561) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันด้วยถังดักไขมันเสริมวัสดุดูดซับจากธรรมชาติ ได้แก่ ใบสนทะเล และถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง ระยะเวลาพักในถังดักไขมันและถังเสริมวัสดุดูดซับจากธรรมชาติเท่ากับ 30 นาที ผลการทดลองประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันของถังดักไขมันเสริมวัสดุธรรมชาติทั้ง 2 ชนิด พบว่าใบสนทะเล และถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่งมีประสิทธิภาพการบำบัดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 67.8 และ 65.4 ตามลำดับ การบำบัดไขมันยังสามารถบำบัดได้โดยใช้จุลินทรีย์ทางการค้า 3 ชนิด (EM1 EM2 และ EM3) ผลการทดลองพบว่า EM2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดไขมันได้สูงกว่าเชื้อประจำถิ่นในน้ำเสียคิดเป็นร้อยละ 58.6 และ 9.6 ของไขมันทั้งหมดในน้ำเสีย ถูกย่อยสลายโดย EM2 และเชื้อประจำถิ่น ตามลำดับ (Chanthamalee และคณะ, 2019)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่ากระบวนการกำจัดไขมันและน้ำมันมีหลากหลายวิธี ซึ่งทางบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ให้ความสนใจในการนำสาร Degreaser Oil มาใช้เพื่อช่วยลดปริมาณไขมันและน้ำมันในบ่อดักไขมัน ก่อนที่น้ำเสียจะไหลเข้าสู่ระบบบำบัดทางชีวภาพ หรือระบบตะกอนเร่งของบริษัทต่อไป ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปริมาณสาร Degreaser Oil หรือ สารช่วยลดการจับตัวของไขมันและน้ำมันที่เหมาะสม และระยะเวลาในการเติมอากาศที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหาร โดยสาร Degreaser Oil ดังกล่าวเป็นสารช่วยลดการจับตัวของไขมันและน้ำมันในบ่อดักไขมันก่อนที่น้ำเสียจะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมันของบ่อดักไขมัน (Grease Trap) ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ น้ำเสียจากบ่อดักไขมัน (Grease Trap) ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งเป็นที่รวบรวมน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ของศูนย์อาหารประจำอาคารขนาดใหญ่ เพื่อกำจัดไขมันและน้ำมันเบื้องต้นก่อนจะส่งเข้าสู่กระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยน้ำเสียจากโรงอาหาร รวมทั้งสถานประกอบการที่มีการประกอบอาหาร จะมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ไขมัน น้ำมันและกรีส (Fat Oil and Grease) โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน ส่วนที่ 2 ศึกษาปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสม โดยเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณต่างกัน ภายใต้อุณหภูมิทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พร้อมทั้งศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของการกำจัดไขมันและน้ำมัน หลังจากการเติมสาร Degreaser Oil และส่วนที่ 3 ศึกษาระยะเวลาการเติมอากาศ และการทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับสาร Degreaser Oil โดยการเติมอากาศ และทำปฏิกิริยาที่เวลาแตกต่างกัน เพื่อนำมาพิจารณาสถานะที่เหมาะสมของการใช้สาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมันของบ่อดักไขมัน (Grease Trap) ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง โดยรายละเอียดและวิธีการศึกษามีดังต่อไปนี้

1.1 การศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียเบื้องต้นหลังผ่านบ่อดักไขมัน (Grease Trap) ก่อนเข้าสู่ระบบบำบัด

โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำ 2 จุด คือ จุดที่ 1 น้ำเสียก่อนเข้าบ่อดักไขมัน และ จุดที่ 2 น้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบจ้วง แสดงดังรูปที่ 1

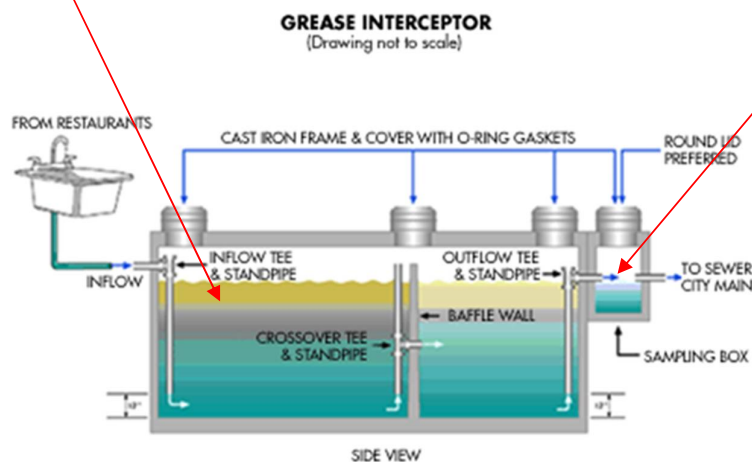
1.1.1 ทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียทั้ง 2 จุด โดยมีรายละเอียดดังนี้

- น้ำเสียจากบ่อดักไขมัน ทำการตรวจวิเคราะห์ค่า Grease & Oil และ BOD
- น้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน ทำการตรวจวิเคราะห์ค่า Grease & Oil และ BOD

1.1.2 ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบ่อดักไขมัน (Grease Trap)

จุดที่ 1 น้ำเสียจากบ่อดักไขมัน

จุดที่ 2 น้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน



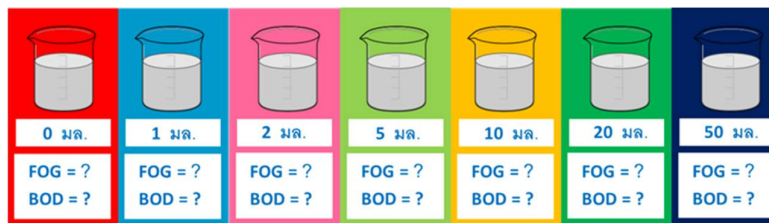
รูปที่ 1 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากบ่อดักไขมัน และน้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน

1.2 การศึกษาปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

1.2.1 ทำการเก็บตัวอย่างจากบ่อดักไขมัน จำนวน 7 ตัวอย่าง ด้วยวิธีแบบจ้วง (Grap Sampling) ใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรค (Sterile) ขนาด 1,000 มล.

1.2.2 ทำการเติมสาร Degreaser Oil ในปริมาณ 0 1 2 5 10 20 และ 50 มล./ล. ตามลำดับ จากนั้นกวนผสมให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แสดงดังรูปที่ 2 โดยสาร Degreaser Oil โดยสาร Degreaser Oil ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท ไทยไมโครเทค เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด โดยสาร Degreaser Oil เป็นสารกำจัดไขมัน และน้ำมันประเภทสารลดแรงตึงผิว (Surface active agent) มีองค์ประกอบเป็นอินทรีย์ ซึ่งมีส่วนผสมของสารสกัดเอนไซม์ที่มีจุลินทรีย์ และ Texapon N70 หรือ Sodium Lauryl Ether Sulfate เป็นส่วนประกอบหลัก มีค่า BOD ระหว่าง 6,600 – 8,400 มก./ล. และค่า COD ระหว่าง 10,300-18,560 มก./ล.ค่า pH ระหว่าง 6.3-6.9 มีคุณสมบัติ ไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะชนิดต่างๆ เช่น สแตนเลส สังกะสี รวมทั้ง อวัยวะร่างกาย ผิวหนัง เหมาะที่จะนำไปใช้ในการกำจัดไขมันในถังดักไขมันบ่อดักไขมัน จากนั้นทำการตรวจวิเคราะห์หาค่า Grease & Oil และ BOD ตามมาตรฐาน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21th Edition (APHA, 2005)

1.2.3 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Degreaser Oil ที่เหมาะสม (รูปที่ 2) สำหรับกำจัดไขมันและน้ำมัน พร้อมกับศึกษาประสิทธิภาพและผลกระทบของการกำจัดไขมันและน้ำมัน หลังจากการเติมสาร Degreaser Oil



รูปที่ 2 การเติมสาร Degreaser Oil ใส่ขวดเก็บ ตัวอย่างในปริมาณ 0 1 2 5 10 20 และ 50 มล./ล.

1.3 การศึกษาระยะเวลาการเติมอากาศและระยะเวลาในการบำบัดที่เหมาะสมสำหรับสาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมันก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

1.3.1 ทำการเก็บตัวอย่างจากบ่อดักไขมัน ด้วยวิธีแบบจ้วง (Grap Sampling) ใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อโรค (Sterile) ขนาด 1,000 มล.

1.3.2 นำตัวอย่างน้ำเสียปริมาณ 1,000 มล. บรรจุลงบีกเกอร์ (Beaker) จากนั้นเติมสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันจากหัวข้อ 1.2 โดยใช้ปริมาณ Degreaser Oil เท่ากับ 10 และ 20 มล./ล. ทำการกวนผสมให้เข้ากันพร้อมติดตั้งชุดอุปกรณ์เติมอากาศลงในบีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 1,000 มล.

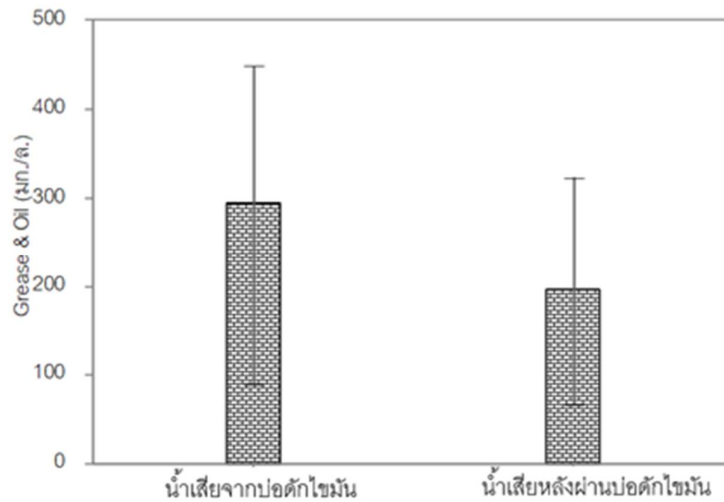
1.3.3 การศึกษาระยะเวลาการเติมอากาศและทำปฏิกิริยาที่เหมาะสมสำหรับสาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมัน โดยทดสอบระยะเวลาที่ 6 12 และ 18 ชม. ตามลำดับ โดยระหว่างการทดลองต้องควบคุมค่า DO ให้อยู่ระหว่าง 4-6 มก./ล. ทำการตรวจวิเคราะห์ค่า Grease & Oil และ BOD

1.3.4 ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างหาระยะเวลาการเติมอากาศและระยะเวลาบำบัดที่เหมาะสมสำหรับสาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมัน

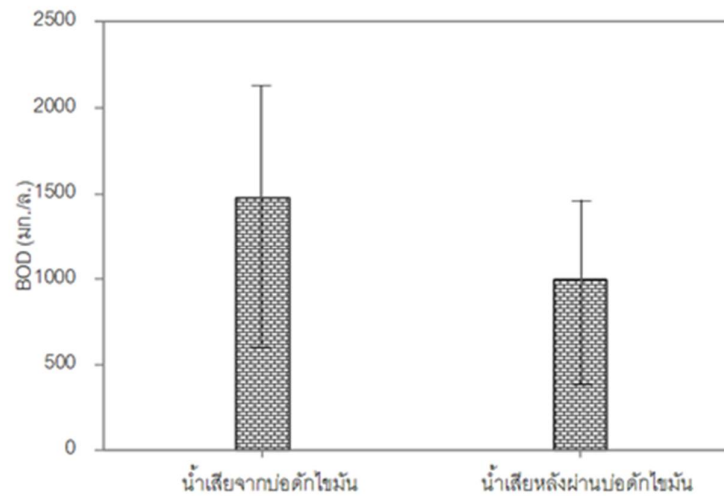
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การศึกษาคุณลักษณะของน้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน (Grease Trap)

จากการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงอาหารในบ่อดักไขมันและทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำทิ้ง พบว่า ลักษณะของน้ำเสียเบื้องต้นมีดังนี้ คือ มีค่า Grease & Oil อยู่ในช่วง 90-446 มก./ล. (รูปที่ 3) และค่า BOD อยู่ในช่วง 600-2,180 มก./ล. (รูปที่ 4) ซึ่งน้ำเสียมีการปนเปื้อนปริมาณไขมันค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นน้ำเสียจากศูนย์อาหาร โรงครัว รวมทั้งไขมันที่ปนเปื้อนจากกระบวนการปรุงอาหารถูกทิ้งลงสู่รางรับน้ำเสียเพื่อเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย จากข้อมูลของ กรมควบคุมมลพิษ (2551) กล่าวถึงน้ำมันและไขมันที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียจากร้านอาหารมีปริมาณ เฉลี่ยเท่ากับ 1,500 มก./ล. และค่าความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันเพิ่มขึ้นตามขนาดพื้นที่ร้านอาหาร โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของน้ำมันและไขมันในบ่อดักไขมันสำหรับร้านอาหารขนาดเล็ก (น้อยกว่า 100 ตารางเมตร) ขนาดกลาง (100-200 ตารางเมตร) และขนาดใหญ่ (มากกว่า 200 ตารางเมตร) เท่ากับ 1,300 2,400 และ 6,400 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ สำหรับน้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน พบว่ามีลักษณะคุณภาพที่ดีขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยมีค่า Grease & Oil อยู่ในช่วง 60-320 มก./ล. และค่า BOD อยู่ในช่วง 420-1460 มก./ล. โดยสามารถลด Grease & Oil และ ความสกปรกในรูป BOD คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัดเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 33.3 และ 29.1 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ บุญส่ง และคณะ (2554) พบว่าประสิทธิภาพของบ่อดักไขมันจากครัวเรือนมีค่าเท่ากับร้อยละ 74.2 ซึ่งมีค่าสูงกว่าบ่อดักไขมันจากศูนย์อาหาร โรงครัวของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่อัตราการไหลของน้ำเสีย ขนาดดักไขมัน เวลาเก็บกักของน้ำเสีย (ประสิทธิ์, 2545) ซึ่งการใช้บ่อดักไขมันของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) เป็นเพียงอุปกรณ์สำหรับแยกไขมันไม่ให้ไหลปนไปกับน้ำทิ้ง การจัดการน้ำมันและไขมันโดยใช้บ่อดักไขมันเป็นวิธีการที่สะดวกและประหยัดค่าใช้จ่ายในการลดไขมันและน้ำมันจากศูนย์อาหารได้ในระดับเบื้องต้น การใช้บ่อดักไขมันจึงจำเป็นต้องออกแบบให้ถึงความจุเพียงพอที่จะกักเก็บน้ำไว้ระยะหนึ่ง เพื่อให้ไขมันและน้ำมันแยกตัวจากน้ำเสียและลอยสู่ผิวเพื่อรอการตักและกวาดออกไปกำจัด (รติวรรณ และ คณะ, 2561) จากมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาดของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แสดงถึงค่าน้ำมันและไขมันที่ออกจากอาคารต่างๆ พบว่า ต้องมีค่ามาตรฐาน ไม่เกิน 20 มก./ล. สำหรับอาคารประเภท ก. (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) และเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของบ่อดักไขมันที่ดีควรกำจัดไขมันได้ร้อยละ 60 (กรมควบคุมมลพิษ, 2551). จากศึกษาครั้งนี้พบว่า น้ำที่ผ่านบ่อดักไขมันยังมีค่าเกินมาตรฐาน และจะถูกนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งของบริษัทต่อไป



รูปที่ 3 ค่า Grease & Oil จากบ่อดักไขมัน และหลังผ่านบ่อดักไขมัน

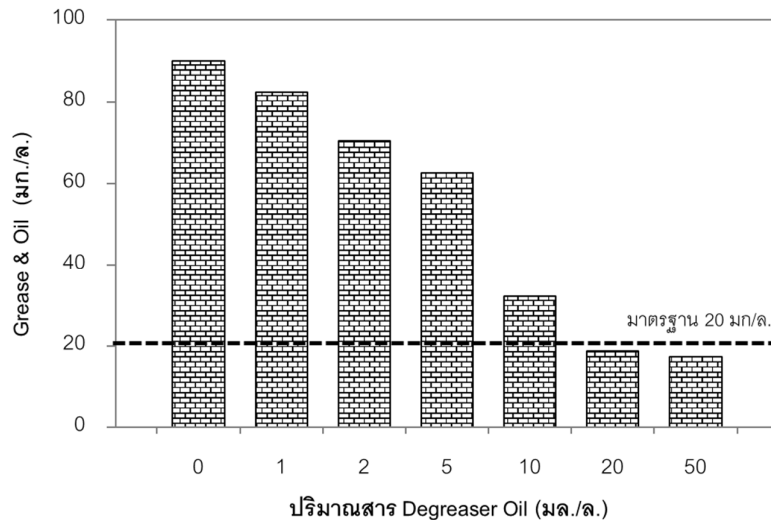


รูปที่ 4 ค่า BOD จากบ่อดักไขมัน และหลังผ่านบ่อดักไขมัน

ผลของปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสียการศึกษาปริมาณการเติมสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสม

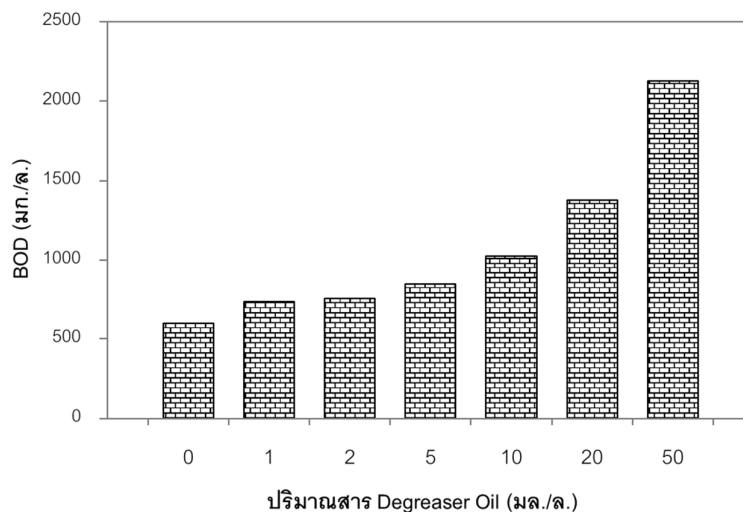
การศึกษาปริมาณการเติมสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสม โดยใช้ปริมาณ Degreaser Oil เท่ากับ 0 1 2 5 10 20 และ 50 มล./ล. (รูปที่ 5) จากนั้นกวนผสมให้เข้ากันและควบคุมการเติมอากาศทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และควบคุมค่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) อยู่ระหว่าง 4-6 มก./ล. จากการทดลองพบว่า เมื่อเติมสาร Degreaser Oil ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจาก 0 1 2 5 10 20 และ 50 มก./ล. ค่า Grease & Oil มีแนวโน้มลดลงจาก 90 82.3 70.5 62.7 32.3 18.7 และ 17.3 มก./ล. ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพการกำจัด Grease & Oil เท่ากับร้อยละ 0 8.6 21.7 30.3 64.1 79.2 และ 80.8 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 5 โดยเมื่อเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 20 มล./ล. สามารถกำจัด Grease & Oil ในน้ำเสียเหลือเพียง 18.7 มก./ล. ซึ่งน้อยกว่าเกณฑ์ของมาตรฐานตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (อาคารประเภท ก.) (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548) ซึ่งสามารถกำจัด Grease & Oil คิดเป็นประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 79.2 ทั้งนี้เมื่อเติมสาร Degreaser Oil ปริมาณ 50 มล./ล. พบว่าสามารถกำจัด Grease & Oil ในน้ำเสียเหลือเพียง 17.7 มก./ล. ซึ่ง

น้อยกว่ามาตรฐานฯ เช่นเดียวกัน โดยสามารถกำจัดได้ร้อยละ 80.8 แต่ต้องเติมสาร Degreaser Oil เพิ่มขึ้น 2.5 เท่า จึงเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่สามารถกำจัด Grease & Oil ได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสมในการกำจัดไขมันและน้ำมันเท่ากับ 20 มล./ล.



รูปที่ 5 ปริมาณ Grease & Oil ในน้ำเสียเมื่อเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณแตกต่างกัน

อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อเติมสาร Degreaser Oil ตั้งแต่ปริมาณ 0 1 2 5 10 20 และ 50 มล./ล. ส่งผลกระทบต่อปริมาณค่า BOD เริ่มต้นเท่ากับ 596 มก./ล. เพิ่มขึ้นเป็น 732 752 846 1,026 1,378 และ 2,128 มก./ล. ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก สาร Degreaser Oil เป็นสารอินทรีย์และยังช่วยแตกตัวของก้อนไขมันขนาดใหญ่กลายเป็นก้อนไขมันขนาดเล็ก ทำให้เกิดสารแขวนลอยในน้ำเสียเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า BOD มีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เติมลงไป (รูปที่ 6) ซึ่งน้ำเสียตัวอย่างที่นำมาทดลองหลังจากผ่านบ่อดักไขมันแล้วจะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง ซึ่งเป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยาโดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด



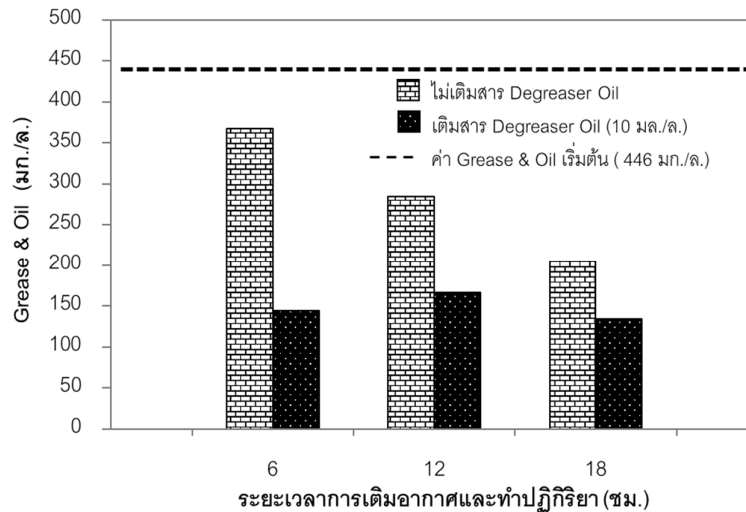
รูปที่ 6 ปริมาณ BOD ในน้ำเสีย เมื่อเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณแตกต่างกัน

ผลของระยะเวลาการเติมอากาศและระยะเวลาในการบำบัดที่เหมาะสมสำหรับสาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมัน

ในการศึกษาระยะเวลาการเติมอากาศที่เหมาะสม ได้มีการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเริ่มต้นในบ่อดักไขมันพบว่า บ่อดักไขมันมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่ต่ำมากโดยมีค่าเท่ากับ 0.7 มก./ล. เนื่องจากน้ำมันและไขมันมีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าโมเลกุลของน้ำและไม่ละลายน้ำจึงทำให้เกิดขวางการถ่ายเทของออกซิเจนลงสู่น้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง ปริมาณที่น้อยเช่นนี้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยออกซิเจนไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ในการทดลองนี้จึงควบคุมการเติมอากาศตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาให้มีค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำไม่น้อยกว่า 4 มก./ล. ที่ทุกสภาวะของการทดลองรูปที่ 7 แสดงปริมาณ Grease & Oil ในน้ำเสียที่ระยะเวลาการเติมอากาศในการบำบัดไขมันและน้ำมันเท่ากับ 6 12 และ 18 ชั่วโมง และมีการเติมและไม่เติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 10 และ 20 มล./ล. พบว่าปริมาณ Grease & Oil เริ่มต้นของน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อดักไขมันมีค่าเท่ากับ 446 มก./ล. เมื่อเพิ่มระยะเวลาเติมอากาศและการทำปฏิกิริยาที่ 6 12 และ 18 ชั่วโมง โดยไม่มีการเติมสาร Degreaser Oil (10 มล./ล.) พบว่า ปริมาณ Grease & Oil มีแนวโน้มลดลงจากปริมาณไขมันเริ่มต้นเท่ากับ 446 ลดลงเหลือ 367 285 และ 205 มก./ล. ที่ระยะเวลาเติมอากาศและทำปฏิกิริยาเท่ากับ 6 12 และ 18 ชั่วโมงตามลำดับ

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการเติมอากาศและการทำปฏิกิริยาที่ 6 12 และ 18 ชั่วโมง โดยเติมสาร Degreaser Oil ปริมาณ 10 และ 20 มล./ล. พบว่า ที่ระยะเวลาการเติมอากาศและการทำปฏิกิริยาที่ได้ผลดีที่สุดคือระยะเวลา 6 ชั่วโมง กับ 12 ชั่วโมง พบว่าระยะเวลาการเติมอากาศที่ 6 ชั่วโมง โดยเติมสาร Degreaser Oil ปริมาณ 10 มล./ล. มีค่า Grease & Oil ลดลงจากค่าเริ่มต้น 446 มก./ล. ลดลงเหลือ 144 มก./ล. และระยะเวลาการเติมอากาศที่ 12 ชั่วโมง โดยเติมสาร Degreaser Oil ปริมาณ 20 มล./ล. ลดลงเหลือ 98 มก./ล. (ไม่ได้แสดงผลในรูปกราฟ) คิดเป็นค่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกันที่ร้อยละ 60.8 และ 65.6 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความคุ้มค่าของต้นทุนค่าใช้จ่ายของสาร Degreaser Oil พบว่าการเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณที่แตกต่างกันระหว่าง 10 มล./ล. หรือ 20 มล./ล. ส่งผลกระทบต่อราคาค่าต้นทุนในการเติมสาร Degreaser Oil จากข้อมูลการเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายรายเดือนของสาร Degreaser Oil ปริมาณ 10 และ 20 มล./ล. พบว่าการเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 10 มล./ล. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเติมสาร Degreaser Oil ได้มากกว่า

การเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 20 มล./ล. ได้มากถึงร้อยละ 50 ในขณะที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและน้ำมัน
 โกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 1



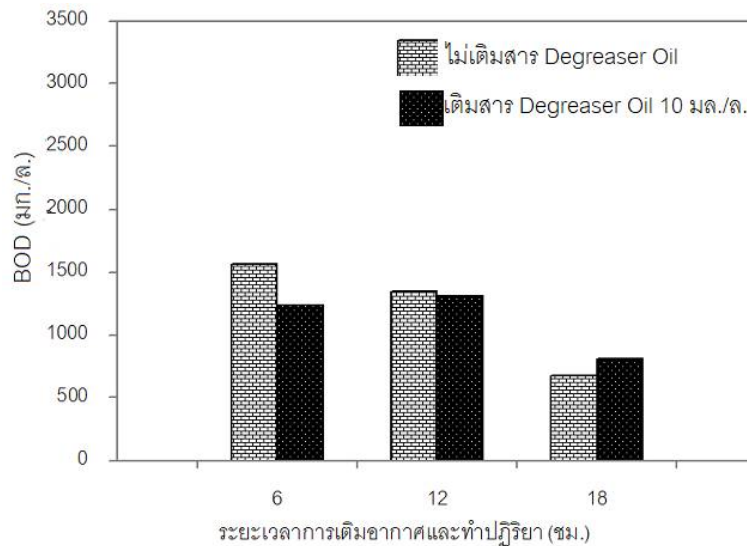
รูปที่ 7 ปริมาณ Grease & Oil ในน้ำเสีย เมื่อเติมสาร Degreaser Oil 10 มล./ล. ด้วยระยะเวลาการเติมอากาศ และการทำ
 ปฏิกิริยา 6 12 และ 18 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายรายเดือนของสาร Degreaser Oil ปริมาณ 10 มล./ล. และ 20 มล./ล.

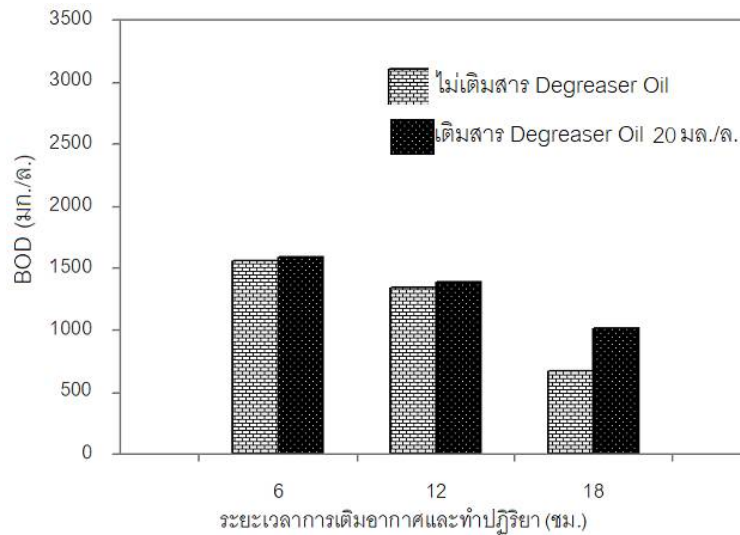
ลำดับ	รายการ	ปริมาณสาร Degreaser Oil	
		10 มล./ล.	20 มล./ล.
1	ปริมาตรบ่อดักไขมัน	18,000 มล.	18,000 มล.
2	ปริมาณการใช้สาร Degreaser Oil ในบ่อดักไขมัน	180 มล./ครั้ง	360 มล./ครั้ง
3	ระยะเวลาการเติมสาร Degreaser Oil (คำนวณจากระยะเวลากักเก็บ น้ำเสีย 43 ชั่วโมง)	15 ครั้ง/เดือน	15 ครั้ง/เดือน
4	ราคาต้นทุนสาร Degreaser Oil	0.05 บาท/มล.	0.05 บาท/มล.
5	ค่าใช้จ่ายในการเติมสาร Degreaser Oil ต่อครั้ง	9 บาท/ครั้ง	18 บาท/ครั้ง
6	ค่าใช้จ่ายในการเติมสาร Degreaser Oil รายเดือน	135 บาท/เดือน	270 บาท/เดือน
7	ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด	60.76 %	65.61 %

สำหรับค่าปริมาณ BOD ในน้ำเสีย เมื่อเติมสาร Degreaser Oil 10 และ 20 มล./ล. ด้วยระยะเวลาการเติมอากาศและ
 การทำปฏิกิริยา 6 12 และ 18 ชม. (รูปที่ 8 และ 9) พบว่า ปริมาณ BOD เริ่มต้นของน้ำเสียที่เข้าสู่บ่อดักไขมันมีค่าเท่ากับ
 2,176 มก./ล. การเติมอากาศเพียงอย่างเดียวที่ระยะเวลาเพิ่มขึ้นที่ 6 12 และ 18 ชั่วโมง พบว่าค่าปริมาณ BOD หลังจากเติม

อากาศมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 1,572 1,347 และ 677 มก./ล. ที่ระยะเวลาเติมอากาศและทำปฏิกิริยาเท่ากับ 6 12 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ การเติมอากาศเป็นการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ให้กับน้ำออกซิเจนเป็นก๊าซที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่ต้องนำออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการต่างๆ เพื่อก่อให้เกิดพลังงานในการย่อยสลายสิ่งสกปรก สารอินทรีย์ (BOD) ในน้ำเสียทำให้ค่า BOD ลดลง ปริมาณออกซิเจนซึ่งละลายอยู่ในน้ำสามารถบอกถึงคุณภาพน้ำ น้ำที่มีความสกปรกมากๆ มักมีค่าออกซิเจนละลายต่ำ เมื่อมีการเติมสาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 10 มล./ล. ร่วมกับการเติมอากาศปรากฏว่าปริมาณค่า BOD หลังจากเติมอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับ BOD เริ่มต้น โดยมีค่า BOD เท่ากับ 1,242 1,310 และ 808 มก./ล. ที่ระยะเวลาเติมอากาศและทำปฏิกิริยาเท่ากับ 6 12 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ สำหรับที่ปริมาณ Degreaser Oil 20 มล./ล. ร่วมกับการเติมอากาศมีค่า BOD เท่ากับ 1,595 1,394 และ 1,015 มก./ล. ที่ระยะเวลาเติมอากาศและทำปฏิกิริยาเท่ากับ 6 12 และ 18 ชั่วโมง ตามลำดับ การที่เติมสาร Degreaser Oil ลงไปทำให้เพิ่มปริมาณสารอินทรีย์รวมทั้งสารแขวนลอยในน้ำ เนื่องจากสาร Degreaser Oil เป็นสารอินทรีย์และยังทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวของน้ำทำให้โมเลกุลน้ำสามารถแทรกเข้าสู่โมเลกุลของไขมันและน้ำมัน ทำให้โมเลกุลไขมันมีขนาดเล็กลงเกิดเป็นสารแขวนลอยอาจส่งผลให้ค่า BOD สูงขึ้น ผดุง (2541) กล่าวว่า วิธีการกำจัดน้ำมันและไขมันด้วยการเติมสารเคมีที่ใช้สำหรับแยกน้ำมันและไขมันออกจากน้ำ โดยการใช้สารเคมีที่มีส่วนประกอบของสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบทำให้น้ำมันแตกตัว โดยสารเคมีนี้จะทำให้ความแตกต่างของแรงตึงผิวระหว่างน้ำมันและไขมันกับน้ำลดลง จนแรงตึงผิวของน้ำมัน และไขมันใกล้เคียงกับน้ำ ทำให้น้ำมันและไขมันกระจายตัวและช่วยป้องกันการรวมตัวของน้ำมันและไขมัน จากผลทดลองดังกล่าว พบว่าการเติมสาร Degreaser Oil สามารถลดปริมาณไขมันและน้ำมันได้ดี เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนปริมาณไขมันและน้ำมันในปริมาณสูงที่จะส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสียรวม แต่การเติม Degreaser Oil จึงเป็นเพียงการปรับปรุงหรือเตรียมการสำหรับคุณภาพน้ำเสียเบื้องต้น ก่อนที่จะนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด จากคุณสมบัติของ Degreaser Oil ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวนั้น แบคทีเรียที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งจะเปลี่ยนโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ สำหรับระยะเวลาของการย่อยสลายสารลดแรงตึงผิว จะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวที่มีโมเลกุลเป็นกิ่งก้านจะย่อยสลายได้ช้ากว่าประเภทที่มีโมเลกุลเป็นเส้นตรง โดยทั่วไปสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการทำความสะอาดจะสามารถถูกย่อยสลายได้โดยแบคทีเรีย (วิสาขา, 2548)



รูปที่ 8 ค่า BOD ในน้ำเสีย เมื่อเติมสาร Degreaser Oil 10 มล./ล. ด้วยระยะเวลาการเติมอากาศ และการทำปฏิกิริยา 6 12 และ 18 ชั่วโมง



รูปที่ 9 ค่า BOD ในน้ำเสีย เมื่อเติมสาร Degreaser Oil 20 มล./ล. ด้วยระยะเวลาการเติมอากาศ และการทำปฏิกิริยา 6 12 และ 18 ชั่วโมง

บทสรุป

จากการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสาร Degreaser Oil ในการกำจัดไขมันและน้ำมันของบ่อดักไขมัน (Grease Trap) ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่า น้ำเสียหลังผ่านบ่อดักไขมัน (Grease Trap) สามารถกำจัด Grease & Oil จากค่าเริ่มต้น ระหว่าง 90-446 มก./ล. ลดลงอยู่ระหว่าง 60-320 มก./ล. คิดเป็นค่าประสิทธิภาพร้อยละ 33.3 และ BOD จากค่าเริ่มต้นระหว่าง 600-2,180 มก./ล. ลดลงเหลือ 420-1,460 มก./ล. คิดเป็นค่าประสิทธิภาพร้อยละ 29.1 ปริมาณสาร Degreaser Oil ที่เหมาะสมต่อการกำจัดไขมันและน้ำมันของบ่อดักไขมัน (Grease Trap) เท่ากับ 20 มล./ล. สามารถกำจัด Grease & Oil จาก 90 มก./ล. ลงเหลือเพียง 18.7 มก./ล. คิดเป็นค่าประสิทธิภาพร้อยละ 79.2 สำหรับการเติมสาร Degreaser Oil ร่วมกับการเติมอากาศ พบว่าที่ปริมาณสาร Degreaser Oil เท่ากับ 10 มล./ล. และระยะเวลาการเติมอากาศที่ 6 ชั่วโมงสามารถกำจัด Grease & Oil สามารถกำจัด Grease & Oil คิดเป็นค่าประสิทธิภาพร้อยละ 60.8 สำหรับระยะเวลาการเติมอากาศที่ 12 ชั่วโมง โดยเติมสาร Degreaser Oil ปริมาณ 20 มล./ล. สามารถกำจัด Grease & Oil คิดเป็นค่าประสิทธิภาพร้อยละ 65.6 จากการเปรียบเทียบต้นทุนค่าใช้จ่ายรายเดือนของสาร Degreaser Oil พบว่าการใช้สาร Degreaser Oil ที่ปริมาณ 10 มล./ล. ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเติมสาร Degreaser Oil ได้มากกว่าถึงร้อยละ 50 ในขณะที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและน้ำมันใกล้เคียงกันกับการใช้สาร Degreaser Oil 20 มล./ล. การเติม Degreaser Oil เป็นเพียงการปรับปรุงหรือเตรียมการสำหรับคุณภาพน้ำเสียเบื้องต้นของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ก่อนที่จะนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองจากบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน) และขอขอบคุณบริษัท ไทยไมโครเทค เอ็นไวรอนเมนท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์สาร Degreaser Oil และงบประมาณในงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2551). คู่มือแนวทางการจัดการน้ำมันและไขมันจากบ่อดักไขมันและการนำไปใช้ประโยชน์สำหรับร้านอาหาร. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2548). ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 122 ตอนที่ 125ง ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด. 29 ธันวาคม 2548. 4-10.
- บุญส่ง ไชเกษ สุธาสินี อังสูงเนิน จิรา แก้วดำ และ ปัญจพัชรกร บุญพร้อม. (2554). ประสิทธิภาพของถังดักไขมันที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากบ้านเรือนและแผงลอยจำหน่ายอาหารในชุมชนซอยโชดกา เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม. 7(1): 30-42.
- ประสิทธิ์ เหลืองรุ่งเกียรติ. (2545). ความรู้ ความเข้าใจและทัศนคติของผู้ประกอบการที่จำหน่ายอาหารและปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของบ่อดักไขมันในกรุงเทพมหานคร. กรมอนามัย ส่งเสริมให้คนไทย สุขภาพดี. 25 (2): 54-64.
- ผดุง คำยอด. (2541). ผลของน้ำยาล้างภาชนะที่มีต่อประสิทธิภาพของถังดักไขมันในการบำบัดน้ำเสียจากร้านอาหาร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยมหิดล.
- รตีวรรณ สุวัฒน์มาลา, กาญจนภรณ์ อัครวงษ์, ช่อสุดา สูงทรัพย์ไพศาล, ฐิติกานต์ บุญต่อ และ เอมอร ประจวบมอญ. (2561). การบำบัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจากร้านสะดวกซื้อด้วยถังดักไขมันเสริมวัสดุดูดซับจากธรรมชาติ. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 56. วันที่ 6 - 9 กุมภาพันธ์ 2561. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพมหานคร. 1015-1022.
- วิชาชา ภูจินดา. (2548). การใช้ประโยชน์สารลดแรงตึงผิวในการบำบัดน้ำเสีย. การจัดการสิ่งแวดล้อม.1(1): 1-15.
- American Public Health Association (APHA). (2005). Standard Methods for the examination of water and wastewater. (21th ed.). APHA-AWWA-WEF. Washington D.C.
- Chanthamalee J., Suktitipat P., Bunyanon K., Bunyanon C. and Onchaioe R. (2019). Comparative Studies on the Efficiency of Commercial Effective Microorganisms for Treatment of Lipid-containing Wastewater. Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University. 21 (1): 184-191.
- Hind J.H., Khalid M.M. and Mohammed J.A. (2020). Oil Removal from Produced Water Using *Imperata Cylindrica* as Low-Cost Adsorbent. Current Applied Science and Technology. 20 (3): 494-511.

การพัฒนาระบบสั่งอาหารกลางวันออนไลน์ในองค์กรผ่านเว็บแอปพลิเคชัน Implementing Online Lunch Ordering System in Organization Using Web-Base Application

สุกัลยา ขาญสมร^{1*} และอรรณนิตี วงศ์จักร¹
Sukanya Chansamorn^{1*} and Auttanit Wongjak¹

^{1*} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ จังหวัดชลบุรี

*Sukanya_ch@rmutto.ac.th

บทคัดย่อ

ในสถานการณ์ปัจจุบันการออกไปซื้ออาหารของพนักงานในองค์กรก่อให้เกิดความเสี่ยงในการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบสั่งอาหารกลางวันแบบออนไลน์ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการสัมผัสของคนในองค์กรและใช้แทนวิธีการแบบเดิมที่มีปัญหา ในการกำหนดความต้องการของระบบนักพัฒนาได้ทำการสัมภาษณ์และสังเกตพฤติกรรมของผู้ใช้เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และสร้างขึ้นโดยใช้ UML ส่วนการเขียนโปรแกรมได้ใช้ภาษา ASP.net และใช้ SQL sever เป็นฐานข้อมูล เมื่อพัฒนาระบบเสร็จสิ้นได้มีการให้พนักงานและแม่บ้านในองค์กรเป็นผู้ทดสอบระบบ หลังจากได้ทดลองใช้งานระบบผู้ใช้รู้สึกพึงพอใจเป็นอย่างมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 ระบบได้ช่วยลดการสัมผัสของคนในองค์กรและช่วยให้พนักงานสั่งอาหารกลางวันได้สะดวกมากขึ้น

คำสำคัญ: ระบบสั่งอาหาร องค์กร เว็บแอปพลิเคชัน

Abstract

In the current situation, going out to buy food for employees in the organization poses a risk of contracting corona virus disease 2019 (COVID-19). Therefore, this research developed an online lunch ordering system via web application. This system aims to reduce the exposure of people in organization and replace problematic old system. In determining the system requirements, developers conduct interviews and observe user behavior to gather relevant information. Then examined and created using the UML modeling. The programming language was ASP.net and use SQL server as database. Once the system was developed, the system was tested by employees and housewives in the organization. User was very satisfied with the system with average 4.67 . The system has minimized people's exposure within the organization and made ordering lunch more convenient for employees.

Keywords: Food Ordering System, Organization, web-based application

บทนำ

ในปัจจุบันองค์กรได้มีวิธีการสั่งอาหารกลางวันโดยให้แม่บ้านเป็นคนเดินไปตามแต่ละแผนกและถามถึงความต้องการของพนักงานแต่ละคน โดยแม่บ้านจะจกรายการอาหารลงในกระดาษพร้อมให้พนักงานจ่ายเงิน การสั่งซื้ออาหารในลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาขึ้นหลายอย่าง เช่น แม่บ้านคิดราคาค่าอาหารผิด พนักงานลืมจ่ายค่าอาหารเนื่องจากไม่มีหลักฐานการชำระเงิน บางวันร้านอาหารที่พนักงานต้องการสั่งปิด ส่งผลให้แม่บ้านเสียเวลาเพื่อกลับไปปรับรายการอาหารใหม่ รวมถึงในสถานการณ์ปัจจุบันเรื่องของการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด-19 ดังจะเห็นว่ามีประกาศจากภาครัฐในเรื่องของการปิดสถานที่หรือจำกัดจำนวนคนเข้าใช้บริการ[1] รวมถึงปิดร้านอาหารในห้างสรรพสินค้าออกมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้แม่บ้านผู้ต้องเดินจกรายการอาหารและรับเงินในทุกแผนกมีความเสี่ยงต่อการสัมผัสโรคสูง ทางองค์กรได้เล็งเห็นถึงปัญหาและได้มีการพัฒนาระบบสั่งอาหารกลางวันขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาแทนที่ระบบงานเดิม ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความสะดวกให้กับแม่บ้านรวมถึงพนักงานมากยิ่งขึ้น

พนักงานต้องเข้าสู่ระบบเพื่อเลือกรายการอาหารที่ต้องการซื้อ พนักงานสามารถดูข้อมูลของร้านอาหาร รายการอาหารและราคาผ่านระบบโดยระบบจะแสดงเฉพาะข้อมูลของร้านค้าที่เปิดอยู่เท่านั้น จากนั้น แม่บ้านสามารถสั่งพิมพ์รายละเอียดการสั่งซื้ออาหารทั้งหมดในวันนั้นได้ และใช้วิธีการโทรไปยังร้านอาหารเพื่อสั่งอาหารแต่ละรายการ ในส่วนของการชำระเงินระบบจะคำนวณค่าอาหารให้อัตโนมัติ ทำให้การจัดปัญหาการคิดค่าอาหารผิด นอกจากนี้ ยังมีระบบเครดิตทำให้พนักงานไม่จำเป็นต้องจ่ายเงินทันที โดยสามารถนำเงินมาชำระค่าสินค้าเมื่อพนักงานสะดวกเป็นการช่วยลดการสัมผัสภายในองค์กร ระบบสั่งอาหารกลางวันได้มีการเก็บข้อมูลสถิติการสั่งซื้อของพนักงานเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำรายการอาหารให้กับพนักงาน เช่น รายการอาหารที่มีคนสั่งซื้อมากที่สุดในวันนั้น หรืออาหารที่มีการสั่งซ้ำมากที่สุด เพื่อช่วยลดเวลาการสั่งอาหารของพนักงาน อีกทั้ง พนักงานยังสามารถประเมินคะแนนให้กับร้านอาหาร เพื่อเป็นข้อมูลที่แสดงถึงคุณภาพของร้านอาหารในแต่ละร้านได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบสั่งอาหารออนไลน์ภายในองค์กร
2. เพื่ออำนวยความสะดวกในการสั่งอาหารให้กับพนักงานและแม่บ้าน
3. เพื่อลดการสัมผัสของคนในองค์กร ทำให้ลดโอกาสสัมผัสเชื้อไวรัสโควิด 19 ของบุคลากรในองค์กร
4. เพื่อสำรวจความพึงพอใจของพนักงานและแม่บ้านในการใช้ระบบสั่งอาหารออนไลน์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนวัชร จริยะภูมิ, รุ่งโรจน์ สุบรรณจัญ (2560) [2] ศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบสั่งอาหารออนไลน์ภายในร้านอาหาร โดยใช้ Cloud 9 ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้และใช้ภาษา PHP ในการพัฒนาเว็บไซต์ระบบสั่งอาหารออนไลน์ร่วมกับฐานข้อมูล MySQL มีการนำเอาทฤษฎีวงจรการพัฒนากระบวนการ (Systems Development Life Cycle : SDLC) มาใช้ในการออกแบบและพัฒนา ระบบเป็นเว็บไซต์ที่สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้เพิ่มความสะดวกให้กับผู้ที่ต้องการสั่งอาหาร ภายในระบบประกอบด้วย 4 ส่วนงานย่อยคือ ส่วนของผู้ใช้งานซึ่งใช้สำหรับสั่งอาหาร ส่วนของห้องครัวที่ใช้แสดงรายการอาหารที่มีการสั่งเพื่อให้สามารถจัดเตรียมอาหารตามรายการได้อย่างถูกต้อง ส่วนของพนักงานเก็บเงินใช้ในการคำนวณค่าอาหารของลูกค้าและแจ้งเตือนพนักงานเมื่อมีลูกค้าแจ้งขอชำระเงิน รวมทั้งพิมพ์ใบเสร็จให้กับลูกค้า ส่วนผู้ดูแลระบบใช้ในการจัดการเว็บไซต์ จัดการข้อมูลสมาชิกและรายการอาหาร

Indu , LyLa (2560) [3] ศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบสั่งอาหารอัตโนมัติในร้านอาหารโดยใช้เทคโนโลยีฝังตัว โดยใช้ชิปที่สามารถโปรแกรมได้ (PSoC) ใช้การติดต่อแบบไร้สายเพื่อส่งข้อมูลเชื่อมต่อแต่ละโมดูล การทำงานประกอบด้วยส่วนของการรับรายการอาหารผ่านทางคีย์แพดขนาด 4x4 จากนั้น ส่งผ่านข้อมูลผ่านระบบไร้สายไปยังอุปกรณ์ปลายทางที่ทำการรับรายการอาหารแล้วนำมาแสดงผลบนหน้าจอ ด้วยต้นทุนที่ไม่สูงมากทำให้เหมาะกับการนำมาใช้กับร้านอาหารขนาดเล็กถึงขนาดกลาง

ระบบนี้สามารถทำให้ลูกค้ามีความยืดหยุ่นในการสั่งอาหาร ปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการของร้านค้าและลดต้นทุนค่าแรงงานลงได้

Warlina, Noersidik (2561) [4] ศึกษาแนวทางการออกแบบเว็บไซต์สั่งอาหารเพื่อใช้ในร้านอาหาร โดยในขั้นตอนการเก็บความต้องการได้ใช้การสังเกตวิธีการสั่งซื้อสินค้าภายในร้านอาหารและมีการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลที่ต้องการ ซึ่งทำให้สามารถพัฒนาระบบสั่งอาหารผ่านเว็บไซต์เพื่อนำไปใช้กับร้านอาหาร การประเมินผลใช้การตอบแบบสอบถามของผู้ใช้ทั้งลูกค้าและพนักงานอย่างละ 100 คน โดยถามถึงประสิทธิภาพของเว็บไซต์สั่งอาหารและความต้องการให้มีเว็บไซต์สำหรับสั่งอาหาร ผู้ประเมินส่วนมากมีความสงสัยในประสิทธิภาพของเว็บไซต์แต่ก็ยังอยากให้มีเว็บไซต์สำหรับสั่งอาหารเช่นกัน

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นถึงข้อดีของการใช้ระบบการสั่งอาหารแบบออนไลน์ไม่ว่าจะทำผ่านเว็บไซต์ แอปพลิเคชันหรือนำเทคโนโลยีฝังตัวมาใช้ ล้วนทำให้ลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการสั่งอาหารได้ ไม่ว่าจะการบันทึกรายการอาหารผิดพลาดหรือการจัดลำดับการทำงานและข้อดีอีกอย่างที่เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบันคือช่วยลดการสัมผัสของบุคคลทำให้การแพร่เชื้อของโรคระบาดเป็นไปได้ยากมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนากระบวนการสั่งอาหารกลางวันออนไลน์ในองค์กรผ่านเว็บแอปพลิเคชัน มีวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาระบบ [5] ดังนี้

1. ระยะเวลาวางแผน (Planning Phase)
2. ระยะเวลาวิเคราะห์ (Analysis Phase)
3. ระยะเวลาออกแบบ (Design Phase)
4. ระยะเวลาสร้างและพัฒนา (Implementation Phase)

ระยะเวลาวางแผน

การวางแผนระบบเป็นขั้นตอนแรกของการลงมือพัฒนาระบบ โดยมีจุดประสงค์ในการตรวจสอบระบบเบื้องต้นและให้ทราบถึงระบบงานเดิมที่ใช้อยู่ว่ามีข้อได้เปรียบ ข้อจำกัด ทรัพยากรที่ต้องใช้ รวมถึงพิจารณาความถูกต้องของระบบงานแต่ละส่วนเพื่อเตรียมปรับเปลี่ยนระบบงานให้เป็นระบบสารสนเทศ

เริ่มจากการค้นพบปัญหาว่าการสั่งอาหารกลางวันในองค์กรด้วยระบบงานเดิมมักจะมีปัญหาในเรื่องของเงิน ทั้งการลืมจ่ายค่าอาหาร คิดเงินไม่ครบหรือคิดเงินผิด อีกทั้งยังลำบากในเรื่องการทอนเงิน ในกรณีที่ร้านอาหารปิดหรือไม่มีอาหารที่ต้องการ การปรับเปลี่ยนรายการอาหารก็ทำได้ยากและเมื่อมีสถานการณ์โรคระบาดโควิด 19 เข้ามาก็ทำให้แม่บ้านมีความเสี่ยงต่อการสัมผัสเชื้อมากขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดจะหาวิธีการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำการพัฒนาระบบสั่งอาหารกลางวันออนไลน์ จากการศึกษาเอกสาร หนังสือ คู่มือต่าง ๆ ดังนี้

ศึกษาเกี่ยวกับโปรแกรมที่ใช้ทำงานคือ ASP.net และ SQL server รวมถึงศึกษาการออกแบบและการสร้างเว็บเพจ[6] การจัดการเนื้อหาเว็บไซต์[7] การออกแบบและสร้างฐานข้อมูล[8]

ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค โดยศึกษาว่าระบบสามารถพัฒนาได้จริง ผู้พัฒนาระบบมีความเชี่ยวชาญมากพอที่จะนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาใช้งานได้ ส่วนความเป็นไปได้ขององค์กร จากการสอบถามระบบที่สร้างขึ้นไม่มีส่วนขัดแย้งกับนโยบายขององค์กรและระบบงานใหม่จะช่วยให้พนักงานสามารถสั่งอาหารได้สะดวกขึ้นและลดการสัมผัสในองค์กร

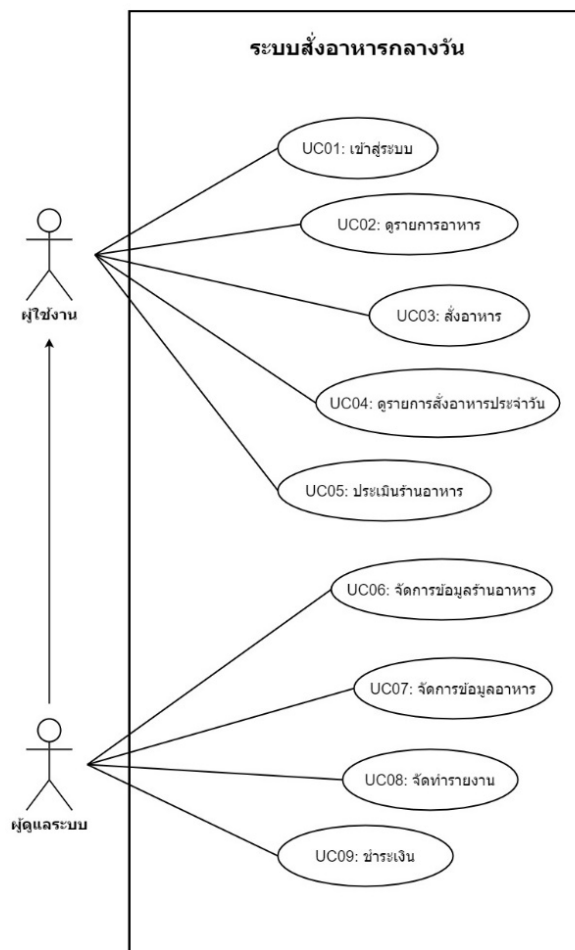
ระยะเวลาวิเคราะห์

หลังจากทราบปัญหาและศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานเดิมแล้ว จึงรวบรวมข้อมูลและทำการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาแนวทางแก้ไข โดยใช้การวิเคราะห์รูปแบบการทำงานในปัจจุบัน เพื่อให้ทราบรายละเอียดของวิธีการ ข้อได้เปรียบ ข้อจำกัด

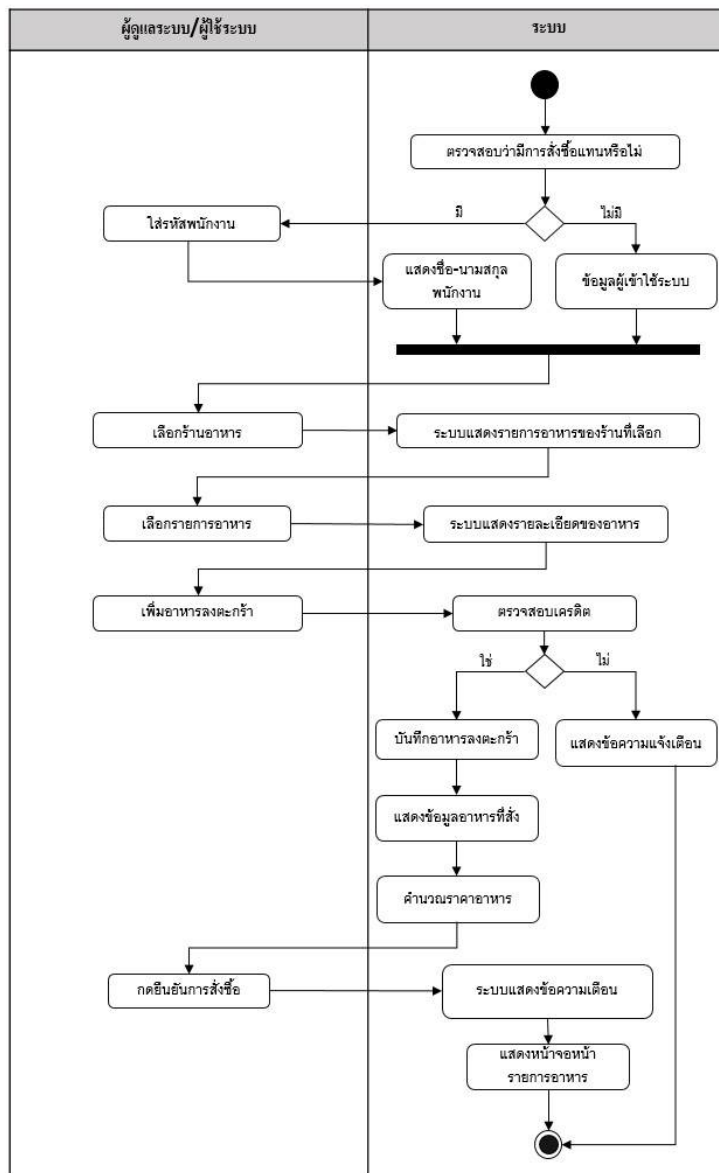
ทรัพยากรที่ใช้และความเหมาะสมของระบบงานแต่ละส่วน เพื่อวิเคราะห์ถึงแนวทางในการปรับเปลี่ยนให้เป็นระบบสารสนเทศ โดยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลของระบบงานเดิม ซึ่งปกติแล้วองค์กรจะใช้แม่บ้านในการเก็บรวบรวมรายการอาหารของ พนักงานแต่ละแผนก จากนั้นแม่บ้านจึงออกไปซื้ออาหารกับทางร้านค้า วิธีการดังกล่าวมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดได้ ในส่วนของ การศึกษาจะใช้วิธีการสังเกตวิธีการทำงานรวมถึงการสัมภาษณ์ทั้งตัวพนักงานและแม่บ้านเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ

ระยะการออกแบบ

การออกแบบใช้หลักการ UML ในการออกแบบระบบคือแผนผังยูสเคสและแผนผังแอกติวิตี จากรูปที่ 1 แผนผังยูสเคส ของระบบสั่งอาหารกลางวันที่ได้ออกแบบประกอบด้วยผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ พนักงานและแม่บ้านขององค์กรจะได้สิทธิ์เป็นผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้งานจะต้องเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน จากนั้นจะสามารถดูรายการอาหารรวมถึงสั่งอาหารได้ แม่บ้านที่เป็นผู้ใช้งานยังสามารถดูรายการอาหารที่มีผู้ใช้งานคนอื่นสั่งเข้ามาได้และผู้ใช้งานสามารถจะประเมินร้านอาหารที่ตน สั่งอาหารได้ ในส่วนของผู้ดูแลระบบมีการสืบทอดจากผู้ใช้งานทำให้สามารถทำงานได้เหมือนกับผู้ใช้งาน โดยมีการเพิ่มในส่วน ของการจัดการข้อมูล เช่น ข้อมูลร้านอาหารหรือข้อมูลอาหาร มีการดูรายงานที่เกี่ยวข้องกับระบบเช่น รายงานรายได้และ ค่าใช้จ่าย รายงานการสั่งซื้อ รายงานการเติมเงิน ผู้ดูแลระบบเป็นผู้รับชำระเงินค่าอาหารของผู้ใช้งานในระบบ



รูปที่ 1 แผนผังยูสเคสของระบบสั่งอาหารกลางวัน



รูปที่ 2 แผนผังแอกติวิตีของระบบสั่งอาหารกลางวัน

จากรูปที่ 2 แผนผังแอกติวิตีของระบบสั่งอาหารกลางวันที่ได้ออกแบบ เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบก็จะสามารถสั่งอาหารได้ โดยผู้ใช้งานจะมีตัวเลือกในการสั่งอาหารของตนเองหรือสั่งอาหารให้เพื่อนร่วมงานได้ หากต้องการสั่งอาหารแทนเพื่อนจะต้องระบุรหัสพนักงานของคนที่ต้องการสั่งแทน จากนั้น ระบบจะแสดงข้อมูลของผู้ที่ต้องการสั่งอาหาร ผู้ใช้งานต้องทำการเลือกร้านอาหารที่ต้องการ ระบบจะแสดงข้อมูลรายการอาหารของร้านที่เลือกให้ผู้เลือกเพิ่มลงในตะกร้าแล้วระบบจะทำการคำนวณว่าเครดิตของผู้ใช้งานสามารถซื้ออาหารในตะกร้าได้หรือไม่ หากเครดิตไม่เพียงพอระบบจะแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้และไม่สามารถทำการสั่งซื้อได้ แต่ถ้ามีเครดิตเพียงพอระบบจะคำนวณราคาเพื่อให้ผู้ใช้งานยืนยันและเสร็จสิ้นขั้นตอนการสั่งอาหาร

ระยะการสร้างและพัฒนา

การพัฒนาระบบ นำสิ่งที่ได้ออกแบบมาในขั้นตอนก่อนหน้ามาสร้างเว็บไซต์ โดยใช้ ASP.net เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและใช้ตัวพัฒนาคือ Visual Studio 2017 ส่วน SQL Server 2017 ถูกลำนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลของระบบ

ในการพัฒนาระบบประกอบด้วยเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างระบบงานใหม่ มีการทดสอบโปรแกรมหน่วยย่อย การทดสอบระบบรวม การแก้ไขข้อผิดพลาด การติดตั้งระบบใช้การติดตั้งแบบเปลี่ยนระบบทันที มีการทำเอกสาร การอบรมผู้ใช้งานและการทดสอบระบบควบคู่หลังจากการพัฒนาเสร็จสิ้น

การทดสอบระบบ ได้มีการทดสอบระบบโดยวิธีการทดลองใช้งานจริงเป็นเวลา 15 วัน ก่อนการทดลองใช้จะมีการแนะนำข้อตกลงเบื้องต้นและอบรมวิธีการใช้งานกับทั้งพนักงานและแม่บ้าน จากนั้นมีเก็บรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจจากแบบสอบถามผ่าน google form สอบถามผู้ใช้งานจำนวนทั้งสิ้น 50 คน แบ่งเป็นผู้หญิง 35 คนและผู้ชาย 15 คน หากแบ่งตามแผนสามารถแบ่งได้เป็นพนักงานฝ่ายบุคคล 12 คน พนักงานทั่วไป 34 คน แม่บ้าน 2 คนและนักศึกษาฝึกงาน 2 คน

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบสั่งอาหารกลางวันในองค์กรตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้ หน้าหลักของระบบแสดงดังรูปที่ 3 หลังการพัฒนาเสร็จสิ้นจะได้ระบบซึ่งประกอบด้วยสองส่วนหลักดังต่อไปนี้

1. ส่วนการทำงานของผู้ดูแลระบบ

จัดการร้านอาหาร เป็นเมนูแสดงรายละเอียดการจัดการร้านอาหาร ที่หน้าจอนี้ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขข้อมูลร้านอาหารที่มีอยู่ได้ รวมถึงการเปลี่ยนสถานะของร้านอาหารในกรณีที่ร้านไม่ได้เปิดทำการ

จัดการอาหาร เป็นเมนูที่แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับอาหารของแต่ละร้าน ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลและเปลี่ยนสถานะของรายการอาหารได้

จัดการการสั่งซื้อ ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าถึงข้อมูลการสั่งอาหารในอดีตและปัจจุบันผ่านหน้าจอนี้ รวมถึงสามารถจัดการข้อมูลสถานะการชำระเงิน

จัดการเกรด เป็นเมนูที่ใช้จัดการเกรดของผู้ใช้งาน เกรดในระบบแสดงถึงเครดิตของผู้ใช้ซึ่งจะประกอบด้วย A B และ C เกรด A จะสามารถสั่งอาหารได้ตลอดโดยไม่สนใจยอดเงินในระบบ ส่วนเกรด B ก่อนการสั่งอาหารยอดเงินจะต้องไม่ติดลบแต่เมื่อสั่งอาหารแล้วยอดเงินสามารถติดลบได้ สุดท้ายเกรด C จะห้ามมียอดเงินติดลบในระบบ โดยเกรดจะถูกกำหนดโดยแผนกบริหารงานบุคคล

รายงาน ผู้ดูแลระบบสามารถออกรายงานจากหน้าจอนี้ โดยตัวอย่างรายงานแสดงตามรูปที่ 4 - รูปที่ 6



รูปที่ 3 หน้าหลักของระบบสั่งอาหารกลางวัน



รูปที่ 4 หน้าเมนูรายงาน

รายงานรายรับรายจ่าย

ร้านอาหาร	รายจ่าย	รายรับ
ร้านข้าวผัดกระเทียมทะเล	640.00	-
ร้านเดียว	275.00	-
ร้านนายสร้อย	40.00	-
ร้านทีเบิ้ล	284.00	-
ร้านยา	160.00	-
เติมเงิน :	-	875.00
รวมทั้งหมด :	1399.00	875.00

รูปที่ 5 รายงานรายรับรายจ่าย

รายงานการสั่งซื้อ ร้านข้าวผัดกระเทียมทะเล ประจำวันที่ 20/05/2021

ลำดับ	รายการอาหาร	รายละเอียด	ราคา/หน่วย	จำนวนรวม	ราคารวม
1	ไก่ย่างแดงโบราณ (ไม่ละลาย)		5.00	10	50.00
2	ข้าวหน้าคอกหมูย่าง+น้ำจิ้มแจ่ว+ผัก		45.00	3	135.00
3	ข้าวหน้าคอกหมูย่าง+น้ำจิ้มแจ่ว+ผัก	ไข่ต้ม	50.00	3	150.00
4	ข้าวหน้าคอกหมูย่าง+น้ำจิ้มแจ่ว+ผัก	เพิ่มคอกหมูย่าง 10 + ไข่ต้ม	60.00	1	60.00
5	ข้าวหน้าคอกหมูย่าง+น้ำจิ้มแจ่ว+ผัก	เอาไข่ข้างล่างคะ	45.00	2	90.00
6	ไข่ต้ม (ฟองละ)		5.00	1	5.00
7	ไข่กรอกอีสานทอด (ชุดละ)		30.00	5	150.00
รวม :				25	640.00

รูปที่ 6 รายงานการสั่งซื้อ

2. ส่วนการทำงานของผู้ใช้งาน

รายการอาหาร รายละเอียดข้อมูลของร้านอาหารและรายการอาหารจะแสดงที่หน้าจอเมนูนี้ โดยข้อมูลจะไม่แสดงหากร้านอาหารปิด

สั่งอาหาร เป็นเมนูที่ใช้สำหรับสั่งอาหารสำหรับผู้ใช้งานรวมถึงสั่งให้เพื่อนร่วมงาน ผู้ใช้งานสามารถเลือกตัวเลือกเพิ่มเติมให้กับรายการอาหารได้เช่น ไข่ต้ม ไข่ดาว หรือไม่เผ็ด ดังรูปที่ 7

รายการสั่งซื้อ เป็นเมนูที่ใช้แสดงรายละเอียดการสั่งซื้อสำหรับร้านอาหารแต่ละร้านในวันที่ระบุ โดยสามารถพิมพ์ข้อมูลออกมาที่เครื่องพิมพ์เพื่อให้แม่บ้านนำไปใช้ในการสั่งอาหารที่ร้านอาหาร

ประเมินร้านอาหาร เป็นเมนูที่ใช้ในการให้คะแนนร้านอาหาร ดังรูปที่ 8 คะแนนทั้งหมดจะถูกนำมาคำนวณเพื่อกำหนดระดับดาวที่แสดงของร้านอาหารแต่ละแห่ง



รูปที่ 7 หน้าเมนูสั่งซื้ออาหาร



รูปที่ 8 หน้าเมนูประเมินร้านอาหาร

สถิติที่ใช้ในงานวิจัย คือค่าเฉลี่ยโดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินต่อไปนี้ [9]
 สำหรับการแปรความหมายข้อมูล

- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 แสดงถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 แสดงถึง ระดับความพึงพอใจมาก
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 แสดงถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 แสดงถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
- ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 แสดงถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินระบบอาหารกลางวัน

หัวข้อการประเมิน	จำนวนของผู้ประเมิน (คน)					\bar{x}
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	
การออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	35	12	3	0	0	4.64
มีการออกแบบกระบวนการให้จ่ายต่อการใช้งาน	32	14	4	0	0	4.56
การจัดหมวดหมู่จ่ายต่อการค้นหา	37	10	3	0	0	4.68

ความสวยงามและความน่าสนใจ	32	12	6	0	0	4.52
ความสะดวกในการใช้งาน	40	8	2	0	0	4.76
ผู้ใช้งานสามารถสั่งอาหารได้รวดเร็วขึ้น	41	8	0	0	1	4.76
ผู้ใช้งานลดการสัมผัสจากขั้นตอนการสั่งอาหาร	40	10	0	0	0	4.80
					รวม	4.67

การประเมินการทำงานของระบบด้วยแบบสอบถามพนักงานจำนวน 50 คนหลังมีการทดสอบระบบเป็นเวลาทั้งสิ้น 15 วัน แบบสอบถามมีคำถามทั้งหมด 7 ข้อดังแสดงในตารางที่ 1 ตัวเลือกมีทั้งหมด 5 ตัวเลือกคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และคงเดิม จากผลการประเมินพบว่าความพึงพอใจของพนักงานและแม่บ้านในการใช้ระบบสั่งอาหารกลางวันออนไลน์ เมื่อพิจารณาในภาพรวมของการประเมินพบว่ามีค่าเฉลี่ย (\bar{X}) เท่ากับ 4.67 นั่นคือมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยคำถามที่สำคัญคือ ผู้ใช้งานสามารถสั่งอาหารได้รวดเร็วขึ้น ผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 82 รู้สึกว่าตนเองสามารถสั่งอาหารได้เร็วขึ้นอย่างมาก ร้อยละ 16 รู้สึกว่าตนเองสั่งอาหารได้เร็วขึ้นและมีเพียงร้อยละ 2 ที่รู้สึกว่าไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมซึ่งผู้ที่ตอบแบบสอบถามนี้คือแม่บ้าน จากการสอบถามเพิ่มเติมทำให้ทราบว่าโดยปกติแม่บ้านต้องสั่งอาหารของตนเองอยู่แล้ว การต้องเพิ่มข้อมูลของตนเองเข้าสู่ระบบทำให้การสั่งอาหารของตนเองต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อถามถึงจำนวนเวลาที่ต้องใช้โดยรวมแม่บ้านตอบว่าเวลาที่ใช้ในขั้นตอนการสั่งอาหารทั้งหมดสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ส่วนอีกคำถามที่สำคัญคือผู้ใช้งานลดการสัมผัสจากขั้นตอนการสั่งอาหาร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.80 อยู่ในระดับมากที่สุด โดยผู้ใช้งานร้อยละ 80 เห็นว่าระบบสั่งอาหารกลางวันช่วยลดการสัมผัสจากขั้นตอนสั่งอาหารลงได้มากที่สุดและร้อยละ 20 เห็นว่าช่วยลดการสัมผัสลงได้มาก ในช่วงเวลาที่มีการทดลองใช้งานระบบ จากการสังเกตและสอบถามในเรื่องของข้อผิดพลาดของระบบจะเกิดจากผู้ใช้ที่ยังไม่คุ้นเคยกับการใช้งาน เช่น ไม่เข้าใจในระบบเกรตทำให้สั่งอาหารไม่ได้ หรือเข้าใจผิดเรื่องการสั่งอาหารแทน นอกเหนือจากเรื่องดังกล่าว ระบบสามารถทำงานได้โดยไม่มีข้อผิดพลาด

อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

1. สรุปผลการศึกษา

การออกแบบระบบสั่งอาหารกลางวันในองค์กร เป็นการออกแบบระบบเพื่ออำนวยความสะดวกให้กับพนักงานและแม่บ้านในองค์กร ลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น รวมถึงลดการสัมผัสของบุคคลในองค์กร หลังการดำเนินการพัฒนาเรียบร้อยแล้ว มีการทดสอบระบบแล้ว พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ผู้ใช้งานสามารถสั่งอาหารได้รวดเร็วขึ้น สำหรับแม่บ้านขั้นตอนการสั่งอาหารจากร้านอาหารใช้เวลาสั้นลง ข้อมูลการสั่งอาหารจะถูกบันทึกไว้ในระบบเพื่อให้สามารถประเมินและสร้างรายงานที่เกี่ยวข้องได้ จากผลการประเมินของพนักงานสามารถสรุปได้ว่าระบบนี้ทำให้พนักงานสั่งอาหารกลางวันได้สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น อีกทั้งยังมีส่วนช่วยในเรื่องลดการสัมผัสของบุคคลในขั้นตอนการสั่งอาหารได้อย่างมาก

2. อภิปรายผล

ระบบสั่งอาหารกลางวันสามารถใช้งานระบบได้ ดังนี้

ส่วนของผู้ใช้งาน เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบจะสามารถดูรายการร้านอาหารและรายการอาหารของแต่ละร้านได้ จากนั้นผู้ใช้งานสามารถสั่งอาหารเพิ่มลงตะกร้าหรือสั่งอาหารให้กับเพื่อนร่วมงานได้ ระบบจะทำการคำนวณค่าอาหารและทำการหักออกจากเครดิตของผู้สั่งอาหาร หากจำนวนเครดิตที่มีไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของเกรตพนักงานจะไม่สามารถสั่งซื้ออาหารได้ แม่บ้านสามารถดูรายการอาหารที่มีพนักงานสั่งเข้ามาเพื่อใช้ในการติดต่อกับร้านอาหารให้นำอาหารมาส่ง ผู้ใช้งานสามารถประเมินร้านค้าได้

ส่วนของผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลร้านอาหาร ข้อมูลอาหาร ข้อมูลการสั่งซื้อ และข้อมูลเกรดของพนักงาน รวมทั้งออกรายงานจากข้อมูลการสั่งซื้อที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลได้

ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ๆ คือระบบการสั่งอาหารโดยทั่วไปจะมีส่วนช่วยให้การสั่งอาหารมีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้น ช่วยลดข้อผิดพลาดในการสั่งอาหารและการคิดราคาอาหาร อีกทั้งยังช่วยลดการสัมผัสของบุคคลได้ การวัดและประเมินผลโดยส่วนมากใช้แบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานและบุคคลอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานประชาสัมพันธ์กรุงเทพมหานคร. (2564). เข้าถึงเมื่อ (31 สิงหาคม 2564). เข้าถึงได้จาก www.prbangkok.com/th/post/view/MDY1cDBzNnM0NHlyb3Ezc3E2NnEyNDk0cDRyOTQzcjQ4Nzg1Mg==
- [2] ธนะวัชร จรรย์ภูมิและรุ่งโรจน์ สุบรรณจ้อย. (2560). การพัฒนาระบบสั่งอาหารออนไลน์. วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร. 2(2): 6-15.
- [3] Indu S. and Lyla B Das. (2560). Automated Restaurant Ordering System Based on Embedded Technology. International Journal of Engineering Research. 6(2): 82-86.
- [4] Warlina L. and Noersidik S.M. (2561). Designing Web-based Food Ordering Information System in Restaurant. IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. 407. 012029.
- [5] พนิดา ต้นสิริ. (2553). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพ: กรุงเทพฯ.
- [6] ธวัชชัย ศรีสุเทพ. (2548). คัมภีร์ web design คู่มือการออกแบบเว็บไซต์ฉบับมืออาชีพ. โปรวิชั่น: กรุงเทพฯ.
- [7] พันจันทร์ ธนวัฒน์เสถียรและปิยะ นากสงค์. (2551). ออกแบบและสร้างเว็บไซต์ฉบับสมบูรณ์ : พร้อมตัวอย่างการใช้งานจริง. ซีคเซส มีเดีย : กรุงเทพฯ.
- [8] กิตติ ภัคดีวัฒนกุลและจำลอง ครูอุตสาหะ. (2550). ระบบฐานข้อมูล (Database Systems). เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์: กรุงเทพฯ.
- [9] พิสุทธา อารีราษฎร์. (2550). การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา. อภิชาติการพิมพ์: มหาสารคาม.

วงจรรองความถี่ลำดับสองหลายหน้าที่โหมดกระแสที่ควบคุม ความถี่โพลและควอลิตี้แฟกเตอร์ได้อิสระโดยใช้ CC-CCTAs

A current-mode universal biquad filter using CC-CCTAs
for independently controlling pole frequency and quality factor

ศุภกิจ วงศ์ปัจฉิม^{1*} ศักดิ์สิทธิ์ สุ่มมาตย์² และนิติพัฒน์ พิสุทธิพงษ์¹

Supakit Wongpatchim¹, Saksit Summart² and Nitiphat pisutthipong¹

¹ สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

² สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

* Supakitgolf14@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรรองความถี่หลายหน้าที่โหมดกระแส โดยใช้ CC-CCTAs เป็นอุปกรณ์แอคทีฟ วงจรที่นำเสนอสามารถสังเคราะห์ฟังก์ชันพื้นฐานได้ครบทั้ง 5 ฟังก์ชัน ประกอบด้วย กรองความถี่ต่ำผ่าน กรองความถี่สูงผ่าน กรองแถบความถี่ผ่าน กรองจำกัดความถี่ผ่าน และกรองผ่านทุกความถี่ผ่าน วงจรรองความถี่ที่นำเสนอจะใช้ CC-CCTA จำนวน 3 ตัว และตัวเก็บประจุต่อลงกราวด์ 2 ตัว ทั้งนี้ยังสามารถควบคุมค่าความถี่โพลได้อิสระจากควอลิตี้แฟกเตอร์ได้โดยวิธีอิเล็กทรอนิกส์ จากผลการทดสอบสมรรถนะของวงจรด้วยโปรแกรมจำลอง PSPICE พบว่าผลของค่าความถี่โพลมีค่าเท่ากับ 124.738kHz ส่วนค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 153kHz (มีค่าคาดเคลื่อน 18.47%) นอกจากนี้วงจรที่นำเสนอยังสามารถปรับความถี่ และควอลิตี้แฟกเตอร์ได้โดยการปรับกระแสไบแอส (ปรับอิเล็กทรอนิกส์) ดังนั้นกล่าวได้ว่าผลที่ได้จากการจำลองมีความสอดคล้องตามค่าที่วิเคราะห์ไว้ทางทฤษฎี

คำสำคัญ: วงจรรองความถี่หลายหน้าที่อันดับสอง, โหมดกระแส, CC-CCTA

Abstract

This paper presents a current-mode universal biquadratic filter by using CC-CCTAs with active element. The proposed circuit can synthesize all five standard functions: low-pass filter, high-pass filter, band-pass filter, band-reject filter and All-pass filter. The proposed filter circuit consists of 3 CC-CCTAs and 2 grounded capacitors. In addition, the pole frequency can be independently controlled from the quality factor with electronic method. The results of PSPICE simulation program found that the pole frequency is 124.738kHz with the calculated value is 153kHz (deviated by 18.47%). Moreover, Therefore, the proposed filter can be adjusted pole frequency and quality factor by varying the bias currents (electronic adjusted). Therefore, the result of simulation is included to verify the theoretical analysis.

Keywords: universal biquadratic filter, current-mode, CC-CCTA

บทนำ

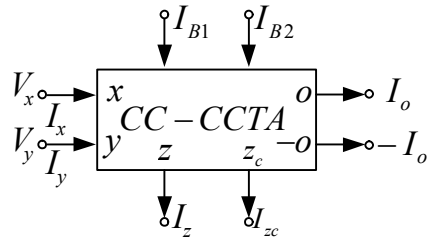
ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีการออกแบบวงจรกรองความถี่ออกอย่างแพร่หลายเพื่อนำไปใช้งานด้านระบบการสื่อสาร ระบบเครื่องมือวัดและระบบประมวลผลสัญญาณ [3-4] ในการออกแบบและพัฒนางานวิจัยนั้นเพื่อให้มีข้อดีมากกว่าวงจรกรองความถี่แบบทั่วไป วงจรจึงมักถูกออกแบบให้เป็นวงจรกรองความถี่หลายหน้าที่ลำดับสอง(Universal biquadratic filter) ซึ่งมีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการ อาทิเช่น วงจรสามารถตอบสนองการกรองความถี่ได้หลายหน้าที่ในโครงสร้างเดียว เช่น กรองความถี่ต่ำผ่าน(Low-pass) กรองความถี่สูงผ่าน(High-pass) กรองแถบความถี่ผ่าน(Band-pass) กรองจำกัดความถี่ผ่าน(Band-reject) และกรองผ่านทุกความถี่ผ่าน(All-pass) เป็นต้น จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในโหมดแรงดันและโหมดกระแส ต่อมาได้มีความพยายามที่จะลดแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายวงจร เนื่องจากต้องการนำมาใช้ในอุปกรณ์พกพาที่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายกำลังงาน ดังนั้นจึงมีการออกแบบและพัฒนาให้วงจรทำงานได้หลายหน้าที่ ทั้งนี้เทคนิคที่นิยมนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การสังเคราะห์และออกแบบวงจรในโหมดกระแส เนื่องจากมีข้อดีอยู่หลายประการ เช่น มีแบนด์วิธกว้าง มีความเป็นเชิงเส้นสูง มีค่าพิสัยพลวัตกว้างและวงจรไม่ซับซ้อนเมื่อเทียบกับวงจรที่ทำงานในโหมดแรงดัน [3]

จากการศึกษาค้นคว้าบทความที่เกี่ยวกับวงจรกรองความถี่ลำดับสองหลายหน้าที่โหมดกระแส พบว่าได้มีผู้นำเสนองานวิจัยเป็นจำนวนมากและยังถูกออกแบบและพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แต่ที่ผ่านมานั้นยังมีข้อจำกัดของวงจรอยู่หลายประการ เช่น ใช้อุปกรณ์พาสซีฟจำนวนมาก [6-10] มีตัวต้านทานต่อจากภายนอก [1-2] ซึ่งไม่เหมาะที่จะทำเป็นวงจรรวม [11-12] และยังไม่สามารถควบคุมความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ทั้งยังไม่สามารถควบคุมค่าความถี่โพล (pole frequency: ω_0) และควอลิตี้แฟกเตอร์ (Quality Factor: Q_0) ได้อย่างอิสระต่อกัน [5,13] นอกจากนี้ในบางวงจรยังไม่สามารถให้ฟังก์ชันของวงจรกรองความถี่หลายหน้าที่ลำดับสองได้ครบทั้ง 5 ฟังก์ชัน [6, 8-9, 14-16, 17-18,]

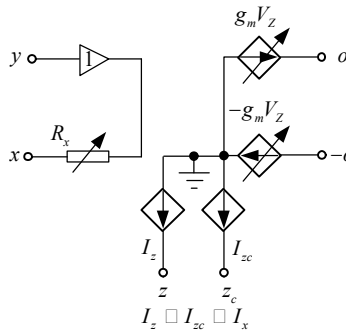
จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้มีวัตถุประสงค์ที่จะสังเคราะห์และออกแบบวงจรกรองความถี่ลำดับสองหลายหน้าที่โหมดกระแสที่ควบคุมความถี่โพล (pole frequency: ω_0) และควอลิตี้แฟกเตอร์ (Quality Factor: Q_0) ได้อิสระโดยใช้วงจรสายพานกระแสส่งผ่านความนำที่สามารถควบคุมได้ด้วยกระแส (current-controlled current conveyor transconductance; CC-CCTA) [19] ซึ่งวงจรที่ได้นำเสนอมีจุดเด่น คือ ใช้อุปกรณ์พาสซีฟน้อย และไม่มีตัวต้านทานต่อภายนอกวงจรสามารถควบคุมค่าความถี่โพลและค่าควอลิตี้แฟกเตอร์ได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน วงจรประกอบไปด้วย CC-CCTA จำนวน 3 ตัวและตัวเก็บประจุต่อลงกราวด์ 2 ตัว ทั้งนี้วงจรยังให้ฟังก์ชันครบทั้ง 5 ฟังก์ชันนอกจากนี้วงจรที่นำเสนอมีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูงจึงง่ายต่อการนำไปต่อคาสเคด เพื่อยืนยันสมรรถนะของวงจรได้จำลองโดยใช้โปรแกรม PSpice ซึ่งผลปรากฏว่าผลที่ได้สอดคล้องกับค่าที่วิเคราะห์ในทางทฤษฎี

ทฤษฎีพื้นฐานของ CC-CCTA

เนื่องจากวงจรที่นำเสนอประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก คือ CC-CCTA ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงขอกล่าวถึงคุณสมบัติของสายพานกระแสส่งผ่านความนำที่สามารถควบคุมได้ด้วยกระแส CC-CCTA เป็นอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่จะนำมาออกแบบทั้งโหมดแรงดันและโหมดกระแส โดยที่อุปกรณ์มีค่าความต้านทานภายในอินพุตที่ขา x (R_x) โดย R_x สามารถปรับได้ด้วยกระแสไบอัสจากภายนอก สัญลักษณ์และวงจรเทียบเคียงแสดงได้ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งคุณสมบัติของ CC-CCTA แสดงได้ดังสมการที่ (1)



รูปที่ 1 สัญลักษณ์ของ CC-CCTA



รูปที่ 2 วงจรเทียบเท่าของ CC-CCTA

$$\begin{bmatrix} I_y \\ V_x \\ I_z, I_{zc} \\ I_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ R_x & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pm g_m & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_x \\ V_y \\ V_z \\ V_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

จากสมการที่ (1) จะได้ค่า R_x และค่า g_m ดังสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$R_x = \frac{V_T}{2I_{B1}} \quad (2)$$

และ

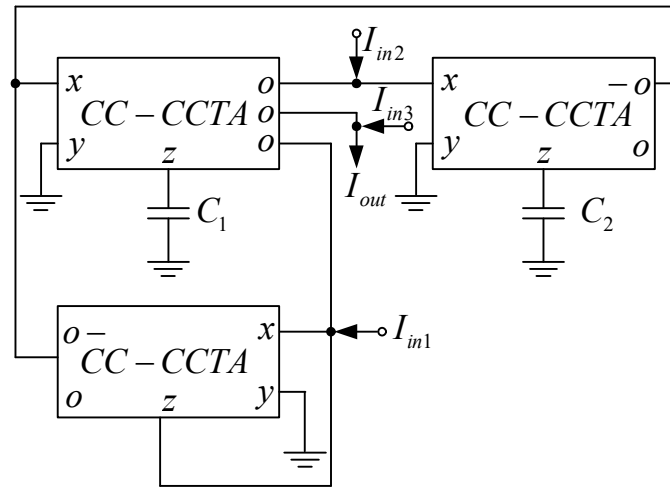
$$g_m = \frac{I_{B2}}{2V_T} \quad (3)$$

จากสมการที่สองจะเห็นได้ว่าค่า R_x สามารถปรับค่าด้วยกระแสไบอัส I_{B1} ส่วนค่าความนำถ่ายโอน (g_m) ปรับได้ที่ I_{B2} เมื่อ (V_T) คือค่าศักดาความร้อน ของทรานซิสเตอร์ชนิด 2 รอยต่อ (Bipolar Junction Transistor : BJT) มีค่าประมาณ 26 mV

วงจรกรองความถี่โหมดกระแสที่นำเสนอ

โครงสร้างของวงจรกรองความถี่ลำดับสองหลายหน้าที่โหมดกระแสแบบ 3 อินพุต 1 เอาต์พุต ที่นำเสนอประกอบไปด้วย CC-CCTA จำนวน 3 ตัว และตัวเก็บประจุต่อลงกราวนด์ 2 ตัว ซึ่งเอาต์พุตของวงจรจะอยู่ที่ขั้ว o ของ CC-CCTA ตัวที่

หนึ่งซึ่งส่งผลให้มีอิมพีแดนซ์ด้านเอาต์พุตสูงจึงเหมาะที่จะนำไปทำเป็นวงจรรวมต่อไป แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรรองความถี่ที่นำเสนอ

จากรูปที่ 3 เมื่อวิเคราะห์วงจรโดยใช้คุณสมบัติของ CC-CCTA แล้วสามารถเขียนสมการทางเอาต์พุตของวงจรรองความถี่ได้ดังนี้

$$I_{out} = \frac{\left(s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1} s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2} \right) I_{in3} - \left(\frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1} s \right) I_{in1} - \left(\frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2} \right) I_{in2}}{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1} s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (4)$$

จากสมการที่ (4) จะได้ค่าความถี่โพล (ω_0) และค่าควอลิตี้แฟกเตอร์ (Q) แสดงดังสมการที่ (5) และ (6)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (5)$$

และ

$$Q_0 = \frac{2}{g_{m3}R_x} \sqrt{\frac{C_1g_{m2}}{C_2g_{m1}}} \quad (6)$$

เมื่อแทนค่า g_m และ R_x ลงในสมการที่ (5) และ (6) จะได้สมการใหม่ดังนี้

$$\omega_0 = \frac{1}{2V_T} \sqrt{\frac{I_{B2}I_{B4}}{C_1C_2}} \quad (7)$$

และ

$$Q_0 = \frac{8I_{B1}}{I_{B6}} \sqrt{\frac{C_1 I_{B4}}{C_2 I_{B2}}} \quad (8)$$

จากสมการที่ (7) และ (8) พบว่าสามารถเปลี่ยนค่าความถี่โพล ω_0 ได้อิสระจากค่าควอดตีแฟคเตอร์ Q_0 โดยการปรับที่ I_{B2} และ I_{B4} ทั้งนี้เมื่อต้องการเปลี่ยนค่าควอดตีแฟคเตอร์ Q_0 สามารถปรับได้ที่ I_{B6}

จากสมการที่ (4) ฟังก์ชันทางเอาต์พุตของวงจรกรองความถี่ สามารถกำหนดด้วยเงื่อนไขทางด้านอินพุต I_{in1} I_{in2} และ I_{in3} ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดเงื่อนไขทางด้านอินพุตของแต่ละฟังก์ชัน

Filter responses	I_{in1}	I_{in2}	I_{in3}
I_{LP}	0	1	0
I_{HP}	1	1	1
I_{BP}	1	0	0
I_{BR}	1	0	1
I_{AP}	2	0	1

จากสมการที่ (4) เมื่อให้เงื่อนไขทางด้านอินพุต I_{in1} I_{in2} และ I_{in3} ตามตารางที่ 1 จะได้ผลการตอบสนองทางเอาต์พุตของแต่ละฟังก์ชัน ดังสมการที่ (9) - (13)

$$I_{LP} = \frac{-\frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}}{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (9)$$

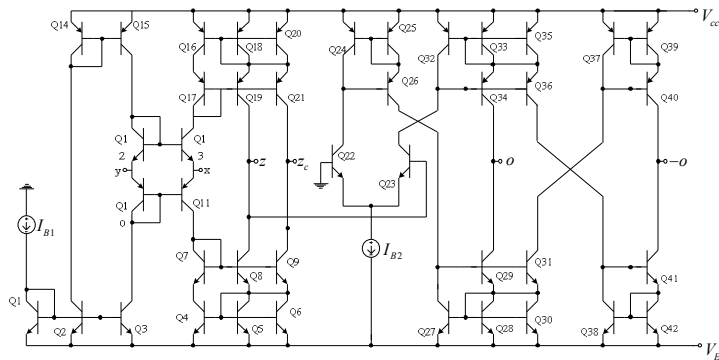
$$I_{HP} = \frac{s^2}{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (10)$$

$$I_{BP} = \frac{\frac{-g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s}{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (11)$$

$$I_{BR} = \frac{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}}{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (12)$$

และ

$$I_{AR} = \frac{s^2 - \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}}{s^2 + \frac{g_{m1}g_{m3}R_x}{2C_1}s + \frac{g_{m1}g_{m2}}{C_1C_2}} \quad (13)$$

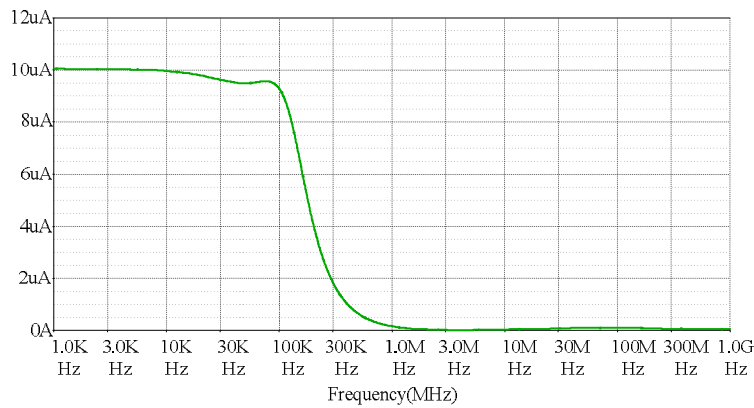


รูปที่ 4 โครงสร้างภายในของ CC-CCTA ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

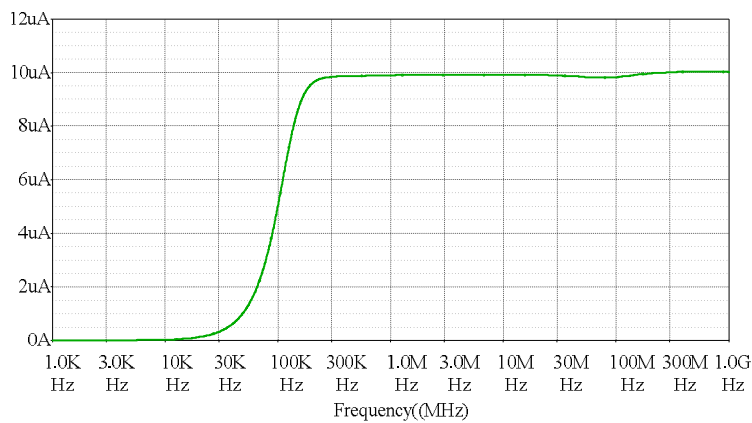
ผลการวิจัยและอภิปราย

เพื่อทดสอบและยืนยันสมรรถนะของวงจรกรองความถี่ที่ออกแบบในรูปที่ 3 โดยใช้โครงสร้างภายในของ CC-CCTA แสดงดังรูปที่ 4 โดยจำลองการทำงานของวงจรผ่านโปรแกรม PSPICE สำหรับทรานซิสเตอร์ PNP และ NPN ที่ใช้ในการจำลองการทำงานของวงจรได้ใช้พารามิเตอร์ของทรานซิสเตอร์เบอร์ PR200N และ NR200N ตามลำดับ ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์อาร์เรย์ ALA400 ของ AT&T [20] โดยให้แหล่งจ่ายแรงดันเท่ากับ $\pm 1.5V$ และค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์แอกทีฟและพาสซีฟ ได้แก่ $C_1 = C_2 = 1nF$ ให้กระแสไบอัส $I_{B2} = I_{B4} = 50\mu A$ และ $I_{B6} = 300\mu A$ ค่าความถี่โพล ω_0 ที่ได้จากการจำลองมีค่าเท่ากับ $124.738kHz$ ส่วนค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการที่ (7) มีค่าเท่ากับ $153kHz$ (มีค่าผิดพลาดที่ 18.47%) ทั้งนี้เนื่องมาจาก ความไม่เป็นอุดมคติที่เกิดจากค่าความจุของตัวเก็บประจุและความต้านทานแฝง ผลการตอบสนองทางด้านเอาต์พุตแสดงดังรูปที่ 5-9 และรูปที่ 10 เฟสของผลตอบสนองกรองผ่านทุกความถี่

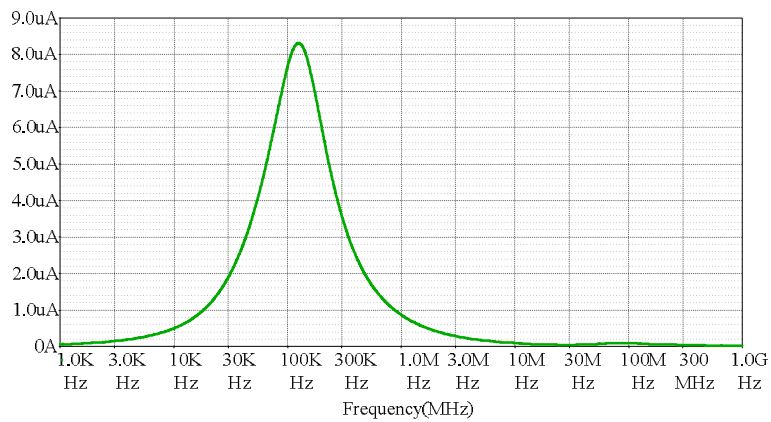
เมื่อให้เงื่อนไขทางด้านอินพุต I_{in1} I_{in2} และ I_{in3} ตามตารางที่ 1 โดยกำหนดให้ 0 คือการป้อนกระแสอินพุต $0\mu A$ และ 1 คือการป้อนกระแสอินพุต $10\mu A$ จะได้ผลการตอบสนองทางด้านเอาต์พุตของแต่ละฟังก์ชันแสดงดังรูปที่ 5-10



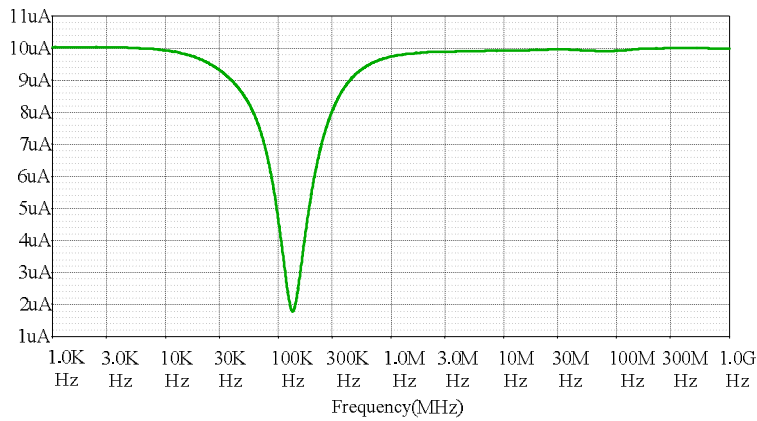
รูปที่ 5 ผลตอบสนองกรองความถี่ต่ำผ่าน



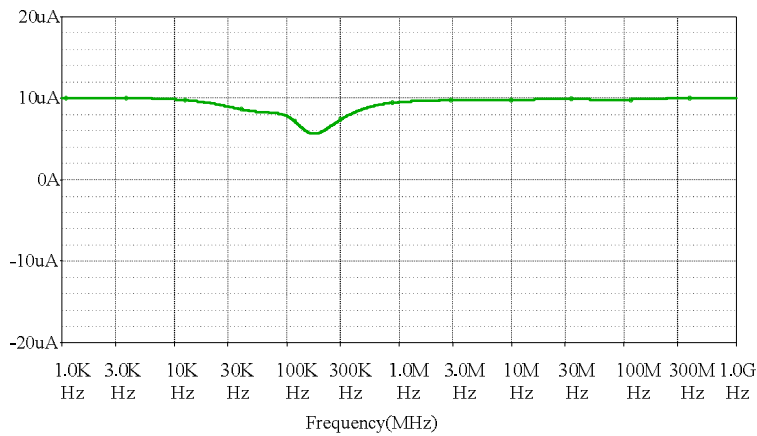
รูปที่ 6 ผลตอบสนองกรองความถี่สูงผ่าน



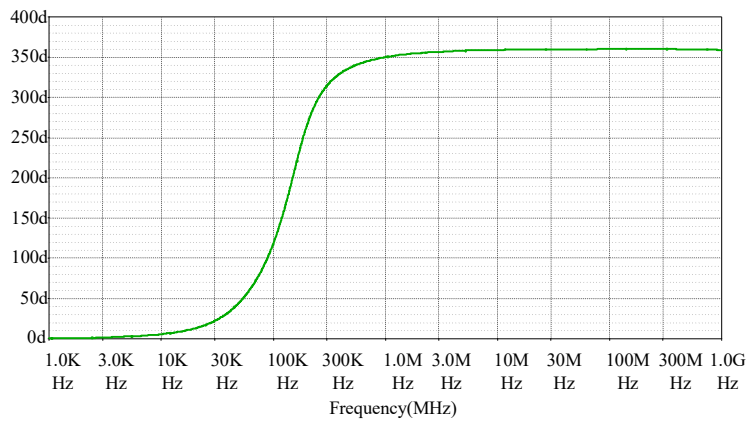
รูปที่ 7 ผลตอบสนองกรองแถบความถี่ผ่าน



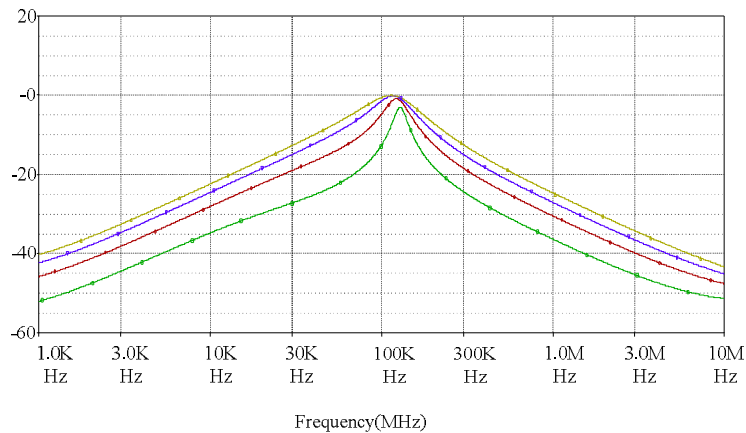
รูปที่ 8 ผลตอบสนองกรงหยุดแถบความถี่



รูปที่ 9 ผลตอบสนองกรงกรงผ่านทุกความถี่

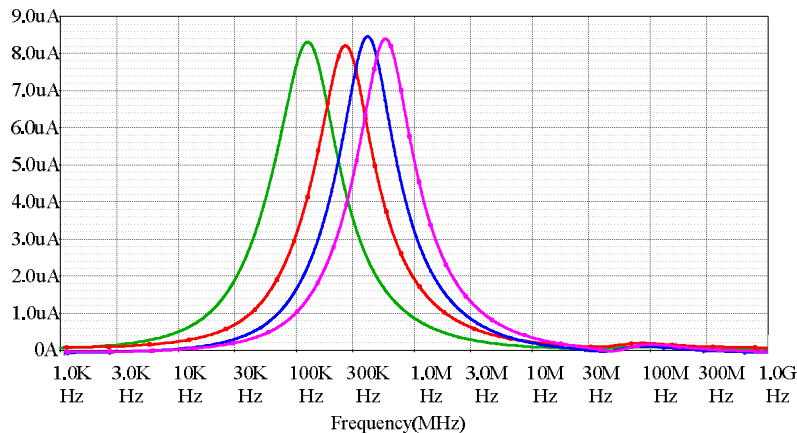


รูปที่ 10 เฟสของผลตอบสนองกรงผ่านทุกความถี่



รูปที่ 11 ผลการปรับค่ากระแสไบอัส I_{B6} เพื่อปรับค่าควอดิตี้แฟกเตอร์ Q_0

จากรูปที่ 11 วงจรกรองความถี่ที่นำเสนอสามารถเปลี่ยนค่าควอดิตี้แฟกเตอร์ Q_0 ได้โดยการปรับที่ I_{B6} ให้เท่ากับ $50\mu A$, $100\mu A$, $150\mu A$, $200\mu A$



รูปที่ 12 ผลการปรับค่ากระแสไบอัส $I_{B2} = I_{B4}$ เพื่อปรับค่าความถี่โพล ω_0

จากรูปที่ 12 วงจรกรองความถี่ที่นำเสนอสามารถเปลี่ยนค่าความถี่โพล ω_0 ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำการทดสอบด้วยการให้กระแสไบอัส $I_{B2} = I_{B4}$ เท่ากับ $50\mu A$, $100\mu A$, $150\mu A$, $200\mu A$ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับกระแส $I_{B2} = I_{B4}$ ทำให้แบนด์วิธและค่าความถี่โพล ω_0 จะเปลี่ยนแปลงไปตามกันและไม่มีผลต่อควอดิตี้แฟกเตอร์ Q_0

สรุปผลการวิจัย

บทความวิจัยนี้นำเสนอวงจรกรองความถี่ลำดับสองหลายหน้าที่โหมดกระแสที่ควบคุมความถี่โพลและควอดิตี้แฟกเตอร์ ได้อิสระโดยใช้ CC-CCTAs ซึ่งวงจรต่อทำงานร่วมกับตัวเก็บประจุสองตัวแบบต่อลงกราวด์ โดยปราศจากตัวต้านทานจากภายนอกและอุปกรณ์ต่อลอย รวมทั้งยังสามารถปรับค่าความถี่โพล ω_0 และค่าควอดิตี้แฟกเตอร์ Q_0 ได้อย่างอิสระต่อกัน

นอกจากนี้วิจัยยังสามารถตอบสนองการทำงานได้ครบทั้ง 5 ฟังก์ชัน ทั้งนี้วิจัยถูกทดสอบสมรรถนะด้วยโปรแกรม PSPICE ซึ่งปรากฏว่าผลจากการจำลองสอดคล้องกับค่าที่วิเคราะห์ไว้ทางทฤษฎี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการคณาจารย์คณาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมมาตร สุพรรณพงษ์, ปิยะณัฐ ใจตรง, ศุภวัฒน์ ลาวัญย์วิสุทธิ. (2560). วงจรกรองความถี่โหมดกระแสหลายหน้าที่ที่ควบคุมด้วยวิธีการทาง อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ CCCII วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม เทพสตรี I-TECH ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน , หน้า.81-87
- [2] ศุภวัฒน์ ลาวัญย์วิสุทธิ, พนิดา อุทกศิริ, วริศรา ลิขิตสี้อชา, บัญชา ศรี วิโรจน์, สมชาย ศรีสกุลเดี่ยว, ธาดา คำแดง. (2559). วงจรกรองความถี่หลายหน้าที่โหมดกระแส 3 อินพุต 1 เอาต์พุต โดยใช้ DDCC วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม เทพสตรี I-TECH ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม, หน้า.114-120
- [3] A.S.Sedra and K.C.Smith. (1991) Microelectronic circuits 3rd ed. Florida: Holt, Rinehart and Winston.
- [4] W. Ninsraku, D. Biolk, W. Jaikla, S. Siripongdee and P.Suwanjan. (2014). Electronically controlled high input and low output impedance voltage mode multifunction filter with grounded capacitors. AEU -International Journal of Electronics and Communications. 68 (12), pp. 1239-1246.
- [5] C. Toumazou, F.J. Lidgley, and D.G. Haigh. (1990). Analogue IC design the current-mode approach .London: Peter Peregrinus.
- [6] N. A. Shah, and M. A.Malik. Voltage/current-mode universal filter using FTFN and CFA Analog Integrated Circuite and Signal Processing. vol. 45, pp. 197-203, 2005.
- [7] C. M Chang, T. S. Liao, T. Y.Yu,E. S. Lin, C. H. Teng and C. L. Hou. (2001) Novel universal current-mode filters using unity-gain cells. International Journal of Electronics, vol.86, pp. 929-932.
- [8] H. Y. Wang and C. T. Lee. (2005). Versatile insensitive current-mode universal biquad implementation using current conveyors. IEEE Transaction on Circuits and Systems II, vol. 48, pp. 409-413.
- [9] R. K. Sharma and R. Senani. (2004). universal current-mode biquad using a Single CFOA. International Journal of Electronics, vol.91, pp. 175-183.
- [10] S. H. Tu, C.M. Chang and K. P. Liao. (2002). Novel versatile insensitive universal current-mode biquad employing two second-generation current conveyors. International Journal of Electronics, vol. 89, pp. 897-903.

- [11] J. W. Horng. (2005). current conveyors based allpass filters and quadrature oscillators employing grounded capacitors and resistors. Computers and Electrical Engineering vol.31, pp. 81-92
- [12] M.Bhusan, W.Newcomb. (1967). Grounding of Capacitors in Integrated Circuits. Electronics Letters. vol.3, pp. 148-149
- [13] J.W. Horng. (2011). High output impedance current-mode biquadratic filters with five input using multi-output CCIs. Microelectronics Journals, 42(5), pp. 693-700
- [14] N. A. Shah and M. A. Malink. (2005). High impedance voltage and current-mode multifunction filters. International Journal of Electronics and Communications (AEU). Vol. 59, pp. 262-266
- [15] M.Sagbas and K. Fidanboyu. (2004). Electronically tunable current-mode second-order universal filter using minimum elements. Electronics Letters, vol.40, pp. 2-4
- [16] J. Wu and e.I. El-masry. (1998). Universal voltage and current-mode OTAs based biquads. International Journal of Electronics, vol.85, pp. 553-560
- [17] N. Pandey, S. K Paul, A. Bhattacharyya, and S.B. Jain. (2005) A Novel Current Controlled Current-mode Universal Filter: SITO Approach. IEICE Electronics Express, vol. 2, pp. 451-457
- [18] R. Senani, V. K. Singh, A. K. Singh . and D. R. Bhaskar. (2004). Novel Electronically Controllable Current-mode Universal Biquad Filter. IEICE Electronics Express, vol. 1, pp. 410-415
- [19] M. Siripruchyanun & W. Jaikla. (2008). Current controlled current conveyor transconductance amplifier (CCCCTA): a building block for analog signal processing. Electrical Engineering. 90, pp. 443-453

ระบบบันทึกเวลาการเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า

Attendance recording system by face recognition method

ณรงค์ชัย เอี่ยมสะอาด^{1*} ภาณุมาศ สังข์กุล¹ นราศัคดี วงษ์วาสน์¹ และ ทองมี ละครพล¹

Narongchai Aiamsaart^{1*}, Phanumat Sangkoon¹, Narasuk Vongvas¹ and

Thongmee Lakonpol¹

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี³ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

*art.so@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาาระบบบันทึกเวลาการเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า โดยระบบจะใช้การบันทึกข้อมูลใบหน้าไปยังฐานข้อมูล และลงบนหน่วยความจำของ ESPino32CAM ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีคุณสมบัติในการประมวลผลใบหน้าได้ เมื่อมีการตรวจจับใบหน้า ระบบจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลใบหน้าที่ตรวจจับได้กับข้อมูลบนหน่วยความจำ ซึ่งจะมีการบันทึก วัน เวลา ชื่อ ลงไปยังฐานข้อมูล และสามารถแสดงผลข้อมูลดังกล่าวที่หน้าเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยหน้าเว็บสำหรับแสดงผลจะมีส่วนของนักเรียนที่สามารถดูข้อมูลการเช็คชื่อได้ ส่วนของผู้ดูแลระบบจะสามารถแก้ไขข้อมูลและดูข้อมูลการเช็คชื่อของนักเรียนได้ โดยการประเมินผลการทำงานของระบบ ได้มีการทดสอบค่าแสงที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการประมวลผล พบว่าแสงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบันทึกใบหน้ามีค่าประมาณ 500 ถึง 1000 ลักซ์ ส่วนผลการตรวจจับและรู้จำใบหน้าของตัวเครื่องมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 93.7 จากจำนวนที่ทดสอบ

คำสำคัญ: การรู้จำใบหน้า ฐานข้อมูล สมองกลฝังตัว

Abstract

This paper presents the development of an attendance record system with a facial recognition method. The system uses facial data to be saved to the database. And onto the memory of the ESPino32CAM, a microcontroller board that can process faces. When face detection the system will compare the detected face data with the data on the memory. Which will save the date, time, name into the database and can display such information on the web server The display page will have a student section where you can view check-in information. The administrator will be able to edit the information and can see the student's name check information by evaluating the performance of the system Optimal exposure has been tested. Which is a factor that affects processing it was found that the optimal light for recording faces was about 500 to 1000 lux, while the face detection and recognition results of the device had an average accuracy of 93.7% of the number tested.

Keywords: face recognition, database, Embedded

บทนำ

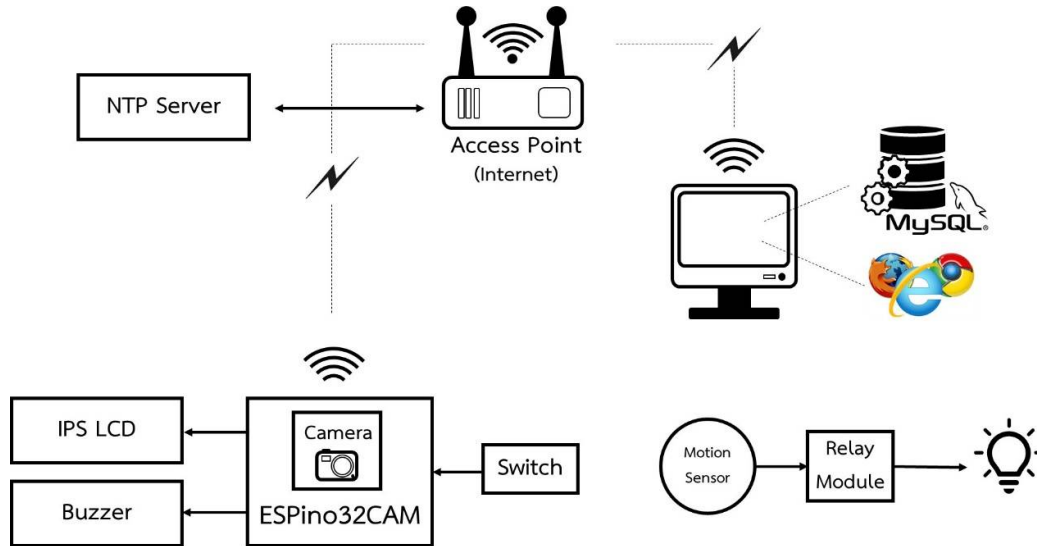
การเรียนการสอนในแต่ละคาบเรียนนั้นจะมีการตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษา โดยอาจารย์ประจำวิชาจะเรียกชื่อนักศึกษาแต่ละคนและให้นักศึกษาขานรับ ซึ่งทำให้เสียเวลาการสอนไปกับการตรวจสอบการเข้าเรียนในกรณีที่ในห้องเรียน ซึ่งในบางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบการเข้าเรียนได้ เช่น อาจารย์ผู้สอนลืมตรวจสอบการเข้าเรียน นักศึกษาไม่ได้ยินเมื่อถูกขานชื่อ การขานข้ามชื่อ เป็นต้น และในบางรายวิชาเก็บข้อมูลการตรวจสอบการเข้าเรียนไว้ในกระดาษทำให้ยากต่อการนำมาใช้งาน และอาจเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นจำเป็นต้องมีวิธีการที่สามารถตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาได้โดยที่ครูผู้สอนไม่จำเป็นต้องเรียกชื่อทีละคน

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าอย่างมาก ซึ่งมีเทคโนโลยีอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเช็คชื่อในชั้นเรียนได้โดยไม่ต้องสัมผัสคือเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า (Face recognition) เป็นเทคโนโลยีส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) มีประสิทธิภาพในการจดจำใบหน้าของบุคคล โดยทำการจดจำลักษณะใบหน้าของบุคคลโดยนำข้อมูลรูปภาพมาทำการหาคุณลักษณะ (Feature) บนใบหน้าแล้วบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล จากนั้นทำการระบุตัวตนโดยการคำนวณเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลใบหน้าปัจจุบันกับข้อมูลใบหน้าของบุคคลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้าไปประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับการยืนยันตัวตนอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่นงานตรวจสอบการเข้าทำงานของพนักงาน การเช็คชื่อเข้าชั้นเรียน เป็นต้น

ที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอ (ปริญญ์, 2559) ระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ตรวจหาหลายใบหน้า โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ตรวจหาหลายใบหน้าด้วยการใช้ Cloud Based Face Detection and Recognition เพื่อตรวจจับใบหน้าด้วยกระบวนการ Knowledge Based ร่วมกับ Segmentation Algorithm ซึ่งเป็นอัลกอริทึมสำหรับตรวจจับใบหน้าหลายหน้าพร้อมกัน ผู้ค้นคว้าได้ใช้ Waterfall Model ในการพัฒนาระบบทำงานบนสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 4.2.4 ร่วมกับฐานข้อมูลออนไลน์และไลบรารี Face++ ในการตรวจสอบข้อมูลใบหน้า ผลที่ได้รับจากการพัฒนา ระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนสามารถตรวจสอบข้อมูลใบหน้า อีกทั้งแจ้งเตือนจาก Google Cloud Messaging และผู้ใช้งานสามารถส่งออกข้อมูลผลการลงเวลาเข้าชั้นเรียนไปยังอีเมลหรือ Cloud Service อื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม (ธนสรร์ และคณะ, 2555) ได้ทำการพัฒนาระบบบันทึกการปฏิบัติงานออนไลน์ด้วยใบหน้าเพื่อพัฒนาระบบบันทึกเวลาปฏิบัติงานออนไลน์ด้วยใบหน้าสำหรับสำนักงาน โดยใช้คุณลักษณะจำเพาะส่วนต่างๆ ของใบหน้าด้วยภาพถ่ายจากกล้องที่ต่อกับคอมพิวเตอร์มาประมวลผล ขั้นตอนสำหรับการรู้จำภาพใบหน้านั้นจะประกอบไปด้วยการค้นหาภาพใบหน้าโดยการแปลงให้อยู่ในรูปแบบและนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่เพื่อหาบุคคลในฐานข้อมูลที่มีหน้าตาคล้ายกับภาพที่นำมาเปรียบเทียบมากที่สุดและแสดงผลเป็นใบหน้านั้นออกมาโดยนำหลักการ Face detection มาช่วยในการตรวจหาบริเวณที่เป็นใบหน้าจะเป็นการเลือกข้อมูลที่มีความสำคัญมาทำเช่นนั้น โดยการทดลองนี้ได้ทำการทดสอบระยะห่างจากตัวกล้องกับพนักงานจำนวน 10 คน ซึ่งค่าที่ได้จากการบันทึกนั้นสามารถนำมาบันทึกลงในตารางเพื่อนำค่าที่ได้นั้นมาคำนวณแล้วนำมาแสดงผลหาความถูกต้องของใบหน้า จากผลการทดลองระบบบันทึกการปฏิบัติงานออนไลน์ด้วยใบหน้า ซึ่งได้ผลลัพธ์ของการตรวจสอบใบหน้า 84% จากการทดสอบการบันทึกเวลาปฏิบัติงานของพนักงานจำนวน 10 คนที่ระยะห่างจากตัวกล้อง 25 cm และ 45 cm (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2561) ได้พัฒนาระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า โดยได้ทำการทดลองตรวจสอบหาวิธีการรู้จำใบหน้าที่มีความถูกต้องสูงที่สุดจากเทคนิคที่เป็นที่นิยม 3 เทคนิค คือ เทคนิค Eigenface recognition เทคนิค Fisherface recognition และเทคนิค Local Binary Pattern Histograms (LBPH)

recognition เพื่อนำไปใช้ในระบบที่พัฒนา ซึ่งจากการทดลองความสามารถของระบบพบว่า LBPH recognition มีความถูกต้องในการระบุตัวตนสูงถึง 94.21 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาวิธีการแสดงผลการตรวจสอบแบบเรียลไทม์บนเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ นักศึกษาสามารถตรวจสอบและแจ้งแก้ไขในกรณีที่มีผลการตรวจสอบผิดพลาด

จากภาพรวมงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาาระบบประมวลผลใบหน้าบนคอมพิวเตอร์ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้มีความสนใจในส่วนของอุปกรณ์สมองกลฝังตัว บทความนี้จึงได้นำเสนอวิธีการตรวจจับและรู้จำใบหน้าบนระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ โดยมีภาพรวมการทำงานดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมของระบบ

คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้บอร์ด ESPino32CAM ซึ่งบริษัท ThaiEasyElec พัฒนาขึ้นโดยใช้ชิพ ESP32 ร่วมกับโมดูลกล้อง CMOS Camera OV2640 ที่สามารถถ่ายภาพความละเอียดสูงสุด 2 Megapixel (1600 x 1200) ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลหลัก และตรวจจับรู้จำใบหน้า โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวสำหรับควบคุมหลอดไฟเพื่อเพิ่มความสว่างในการตรวจจับของกล้อง และมีจอ IPS LCD ในการแสดงผลภาพ ทำการบันทึกข้อมูลไปยังฐานข้อมูลและแสดงผลที่เว็บเซิร์ฟเวอร์

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

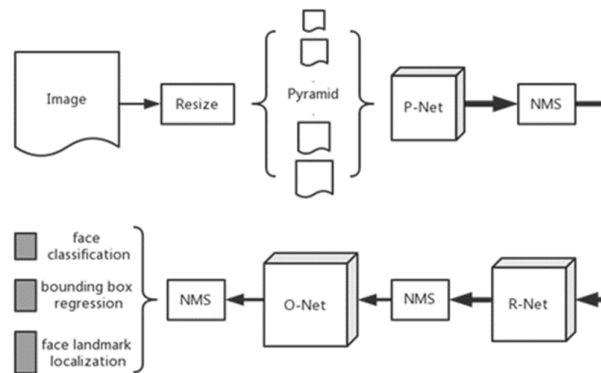
การตรวจจับและรู้จำใบหน้า (Face Detection)

การตรวจจับใบหน้า คือกระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพหรือวิดีโอ จากนั้นก็จะทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับขั้นตอนถัดไปเพื่อให้ภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ง่ายต่อการจำแนก ซึ่งในการตรวจจับใบหน้านั้นจะมีกระบวนการของการหาขอบภาพและกรอบภาพเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ MTMN Model ในการตรวจจับใบหน้า ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้ทรัพยากรในการประมวลผลตรวจจับใบหน้าน้อย ออกแบบมาสำหรับใช้งานบนอุปกรณ์สมองกลฝังตัว ซึ่งมีการทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

P-Net (Proposal Network) คือ ขั้นตอนการตรวจสอบและตีกรอบพิกัดในภาพที่มีใบหน้าน้อย แล้วส่งไปยัง R-Net
 R-Net (Refine Network) คือ ขั้นตอนการคัดกรองข้อมูลที่รับจาก P-Net กรองเอาเฉพาะข้อมูลที่ควรจะเป็นใบหน้า

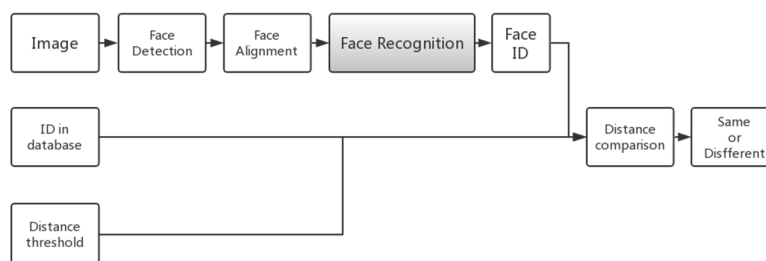
O-Net (Output Network) คือ ขั้นตอนที่น่าเอาข้อมูลที่คัดกรองแล้วจาก R-Net มาหาค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ค่าความน่าเชื่อถือ และจุดกำหนดตำแหน่ง 5 จุด (Landmark)

ซึ่งหลักการทำงาน คือ เมื่อรับภาพมาแล้วจะนำภาพมาย่อขนาดของภาพด้วยเทคนิคที่เรียกว่าพีรามิด (pyramid) จากนั้นจะได้ภาพตามขนาดที่กำหนดไว้ แล้วเข้าสู่กระบวนการ Proposal Network (P-Net) เพื่อหาขอบภาพและตีกรอบภาพ แล้วส่งไปยัง Refine Network (R-Net) เพื่อคัดกรองข้อมูลที่ถูกตีกรอบทั้งหมด ให้เหลือเฉพาะข้อมูลที่เป็นใบหน้า แล้วส่งไปยัง Output Network (O-Net) เพื่อนำเอาข้อมูลที่คัดกรองแล้วมาหาค่าความถูกต้องแม่นยำ ค่าความน่าเชื่อถือ ถ้าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะทำการกำหนดพิกัด (Landmark) 5 จุด (Neung, 2019)



รูปที่ 2 การทำงานของ MTMN Model

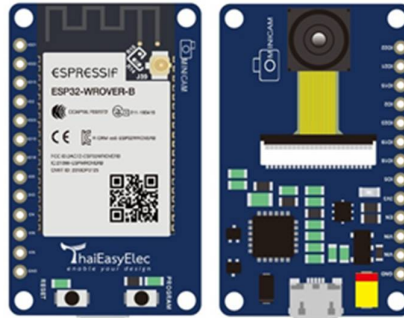
ZKTecosecurity (2019) กล่าวว่า การจดจำใบหน้า (Face Recognition) คือกระบวนการที่นำภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้และประมวลผลแล้วจากขั้นตอนการตรวจจับใบหน้า มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าเพื่อระบุว่าใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับบุคคลใดในฐานข้อมูล โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ FRMN Model ซึ่งจะมีมาให้บน library ของ ESP32-WROVER ซึ่งเป็นโมเดลจดจำใบหน้าของมนุษย์ที่มีการใช้ทรัพยากรในการประมวลผลตรวจจับใบหน้าน้อย ที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษสำหรับอุปกรณ์ฝังตัว ซึ่งมีหลักการทำงาน คือ เมื่อมีการรับภาพเข้ามาจะเริ่มตรวจจับใบหน้าและรับพิกัดจุดสังเกต 5 จุด แล้วระบบจะเริ่มจัดตำแหน่งใบหน้าโดยใช้จุดสังเกต และป้อนภาพใบหน้าที่จัดตำแหน่งแล้วให้กับอัลกอริทึมการจดจำใบหน้า และสร้าง FaceID จากนั้นนำ FaceID ที่สร้างขึ้นใหม่กับ FaceID ที่ได้ทำการบันทึกลงฐานข้อมูลมาเปรียบเทียบกับกัน หลักการสุดท้ายคือการตรวจสอบว่า FaceID ทั้งสองมาจากบุคคลเดียวกันหรือไม่โดยเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างรหัสใบหน้าทั้งสองกับเกณฑ์ที่ระบุ (Neung, 2019)



รูปที่ 3 การทำงานของ FRMN Model

ESPino32CAM

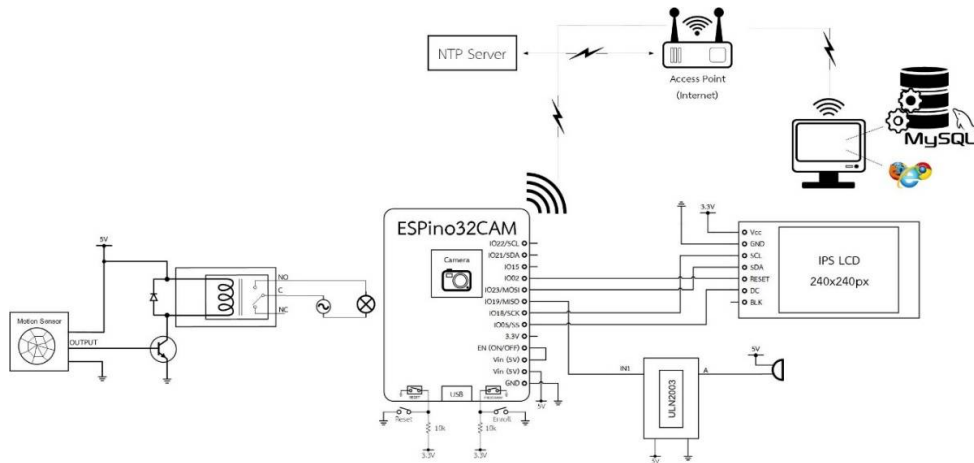
ESPino32CAM คือบอร์ดที่ ThaiEasyElec พัฒนาขึ้นโดยใช้ ESP32 ร่วมกับกล้อง OV2640 เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างแอปพลิเคชันที่เกี่ยวกับการถ่ายภาพและประมวลผลภาพได้ ซึ่งภายในบอร์ด ESPino32CAM มี Module ESP32Wrover-IB ซึ่งภายในใช้ชิพ ESP32 Dual-Core Tensilica LX6 ความเร็ว 240 MHz หน่วยความจำ PSRAM 8 MB และ Flash Memory 16 MB (128 Mbit) เป็นส่วนประมวลผลหลัก และโมดูลกล้อง CMOS Camera OV2640 ที่สามารถถ่ายภาพความละเอียดสูงสุด 2 Megapixel (1600 x 1200) (Thaieasyelec, 2019)



รูปที่ 4 บอร์ด ESPino32CAM

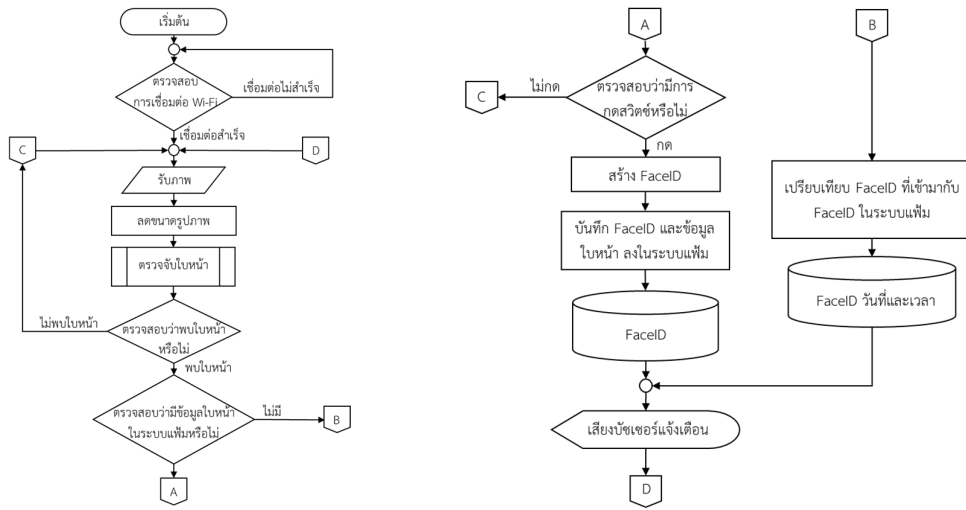
การออกแบบระบบ

การออกแบบวงจรรวมของระบบมีวงจรรวมดังนี้



รูปที่ 2 การออกแบบวงจรรวมของระบบ

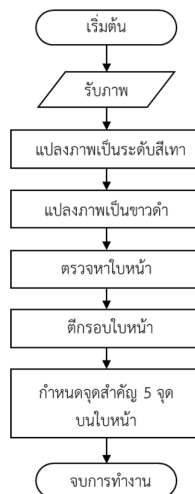
การทำงานของระบบนั้น ควรที่จะทำงานได้ตรงกับความต้องการ มีลำดับขั้นตอนชัดเจน ผู้จัดทำจึงได้ทำการออกแบบกระบวนการทำงาน ดังนี้



รูปที่ 3 กระบวนการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3 เป็นกระบวนการทำงานของระบบโดยเริ่มจากตรวจสอบการเชื่อมต่อ Wi-Fi จนกว่าจะเชื่อมต่อสำเร็จ เมื่อเชื่อมต่อสำเร็จแล้ว จะมีการรับภาพเข้ามาจากกล้อง และทำการตรวจจับใบหน้าและตรวจสอบว่าพบใบหน้าหรือไม่ หากไม่พบจะวนขึ้นไปรับภาพใหม่ หากพบใบหน้าแล้ว จะตรวจสอบว่ามีข้อมูลใบหน้าในระบบเพิ่มหรือไม่ ถ้าไม่มีจะตรวจสอบอีกครั้งว่ามีการกดสวิตช์หรือไม่ ถ้าไม่กดสวิตช์ให้กลับไปรับภาพใหม่อีกครั้ง ถ้ามีการกดสวิตช์จะสร้าง FaceID ขึ้นมา จากนั้นจะเป็นการบันทึกหน้าบุคคลนั้นเข้าไปในฐานข้อมูลใหม่ซึ่งผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้บันทึก โดยระบบจะสร้าง FaceID ขึ้นมาใหม่ และบันทึกข้อมูลใบหน้าลงในระบบเพิ่มและบันทึก FaceID ลงในฐานข้อมูล เมื่อบันทึกเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีเสียงแจ้งเตือนจากลำโพงบัสเซอร์แต่หากมีข้อมูลใบหน้าในระบบเพิ่มแล้วเปรียบเทียบกับ FaceID ในระบบเพิ่มจากนั้นจะบันทึก FaceID วันที่และเวลาลงในฐานข้อมูลเพื่อบันทึกเวลาการเข้าเรียน เมื่อบันทึกเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีเสียงแจ้งเตือนจากลำโพงบัสเซอร์

กระบวนการทำงานส่วนของฟังก์ชันตรวจจับใบหน้า มีกระบวนการทำงานดังนี้



รูปที่ 4 กระบวนการทำงานของระบบ

ผลการวิจัย

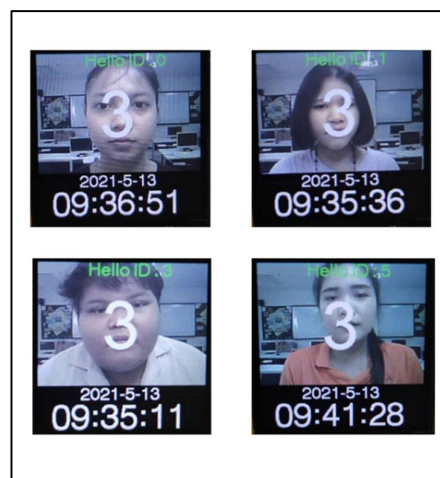
การตรวจจับและรู้จำใบหน้าด้วยโมดูลกล้องที่เลือกใช้จำเป็นต้องใช้งาน ณ บริเวณที่มีแสงสว่างอย่างเหมาะสม ดังนั้น เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองหาสภาพแวดล้อมแสงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบันทึกใบหน้า โดยเบื้องต้นได้ทดสอบในสถานที่ที่มีความสว่างของแสงแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 1 สภาพแวดล้อมแสงที่ทดลอง

ค่าแสง (ลักซ์)
น้อยกว่า 100
200 ถึง 400
500 ถึง 600
700 ถึง 800
900 ถึง 1000

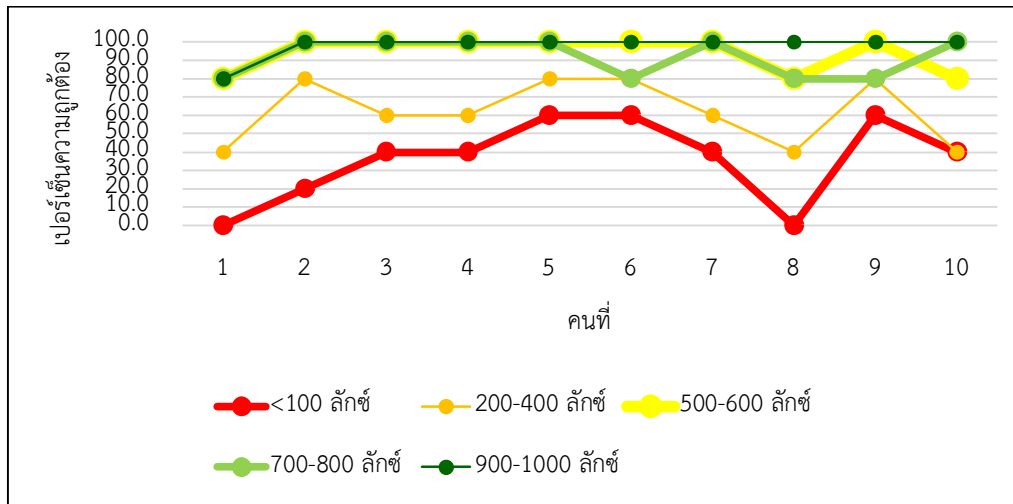


รูปที่ 5 การการสแกนใบหน้า



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผลของระบบขณะสแกนใบหน้า

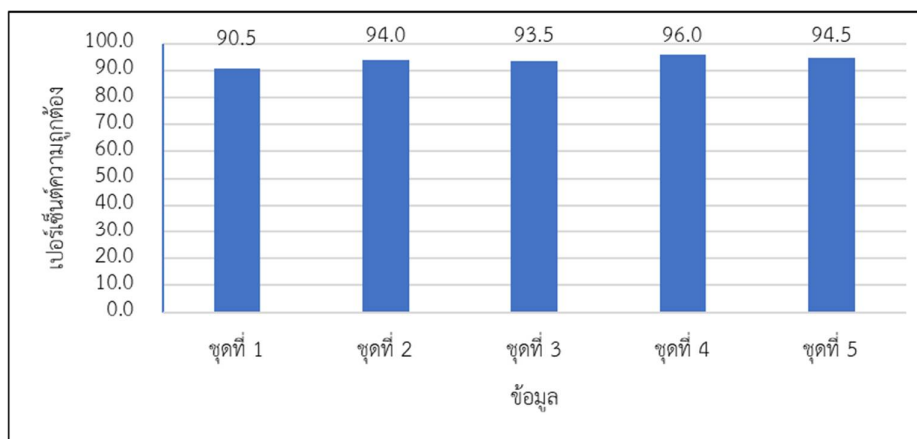
ทำการทดสอบด้วยแอปพลิเคชัน Lux Light Meter Free สำหรับการวัดค่าความสว่างของแสง ทดลองกับบุคคลจำนวน 10 คนๆ ละ 5 ครั้ง ซึ่งได้ทำการบันทึกใบหน้าบุคคลในหน่วยความจำบน ESPino32CAM ไว้ก่อนแล้ว จึงให้บุคคลมาทดลอง แสกนใบหน้าในสถานที่ที่มีแสงตามที่กำหนดข้างต้น ได้ผลดังต่อไปนี้



รูปที่ 5 การเปรียบเทียบผลการตรวจจับและรู้จำใบหน้า

จากภาพที่ 5 การเปรียบเทียบผลการตรวจจับและรู้จำใบหน้า พบว่าช่วงความสว่างของแสงที่น้อยกว่า 100 ลักซ์ จะมีการตรวจจับและจดจำใบหน้าได้น้อยหรืออาจไม่ได้เลย ที่ช่วงความสว่างประมาณ 200 – 400 ลักซ์ ก็จะมีการตรวจจับและจดจำใบหน้าที่ดีขึ้นมาแต่ก็ยังมีผิดพลาดสูงอยู่ จะเห็นได้ว่าบริเวณที่ช่วงความสว่างประมาณ 500 – 1000 ลักซ์ เป็นช่วงความสว่างที่เหมาะสมต่อการบันทึก การตรวจจับและการจดจำใบหน้า ทำให้ระบบสามารถตรวจจับและจดจำใบหน้าได้ดี

ผลการทดลองใช้งานจริงนี้ได้ทำการทดสอบบุคคลจำนวน 5 ชุด ชุดละ 20 คน คนละ 10 ครั้ง โดยทดลองในสถานที่เดียวกัน ที่ค่าแสงประมาณ 700 – 800 ลักซ์ และมีการเปิดไฟที่ระบบด้วย โดยทดลองที่ระยะห่าง 60 เซนติเมตร จากตัวกล้อง ซึ่งผลการทดลองที่ได้มาทั้ง 5 ชุด ได้ผลเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องแสดงเปรียบเทียบทั้ง 5 ชุด ข้อมูล ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการตรวจจับและรู้จำใบหน้า

จากรูปที่ 6 พบว่าการตรวจจับและการรู้จำใบหน้าของระบบมีค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ย 93.7 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ข้อมูลชุดที่ 1 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 90.5 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลชุดที่ 2 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 94 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลชุดที่ 3 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 93.5 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลชุดที่ 4 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 96 เปอร์เซ็นต์ และข้อมูลชุดที่ 5 มีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 94.5 เปอร์เซ็นต์

บทสรุป

การพัฒนาระบบบันทึกเวลาการเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้ามีผลการดำเนินงานดังต่อไปนี้ 1) ผลการทดสอบค่าแสงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบันทึกใบหน้าพบว่าบริเวณที่มีความสว่างของแสงประมาณ 500 – 1000 ลักซ์ เป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมต่อการบันทึก การตรวจจับ และการจดจำใบหน้า ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถตรวจจับและจดจำใบหน้าได้ และรูปที่บันทึกเข้าไปในระบบควรบันทึกในสถานะแสงที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ให้นักเรียนมาแสดนใบหน้าให้มากที่สุด ซึ่งจะสามารถเพิ่มความแม่นยำในการระบุตัวตนของระบบได้ 2) การใช้งานจริงของเครื่องพบว่า การตรวจจับและการรู้จำใบหน้าของตัวเครื่องมีค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 93.7 เปอร์เซ็นต์ และในการใช้งานเว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ จากการทดลองนั้นทางผู้จัดทำได้ทราบถึงการทำงานของระบบการตรวจจับและจดจำใบหน้า ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้อาร์ดแวร์ที่มีการประมวลผลที่ไม่เร็วมาก และในการบันทึกข้อมูลของใบหน้านั้นจะใช้แลนดมาร์ก 5 จุดของโมเดลตรวจจับใบหน้า ได้แก่ ดวงตา จมูก และมุมปาก ช่วยในการจัดเรียงใบหน้า เพื่อให้ได้ข้อมูลใบหน้าที่ดีที่สุดต่อการนำไปวิเคราะห์ต่อ เนื่องจากมีการใช้จุดเพียง 5 จุด อาจจะทำให้ความแม่นยำในการตรวจจับและจดจำใบหน้าที่ยังไม่มี ความแม่นยำที่สูงที่สุด โดยในการบันทึกข้อมูลของใบหน้านั้น มีการบันทึกเป็นไฟล์ไวนฮาร์ดแวร์ ซึ่งมีพื้นที่ที่ค่อนข้างจำกัด ไม่สามารถบันทึกข้อมูลใบหน้าเข้าไปได้เยอะมาก ถ้ามีการบันทึกข้อมูลใบหน้าเข้าไปมาก ตัวฮาร์ดแวร์จะมีการแยกแยะข้อมูล ใบหน้าไม่ค่อยได้ก็จะทำให้ความแม่นยำในจดจำใบหน้านั้นลดลง ทางผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะว่าควรใช้กล้องที่มีความละเอียดสูง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้า และควรใช้หน่วยประมวลผลหลักที่ทำงานร่วมกับกล้องให้มีความเร็วที่สูงขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของกล้องให้มีความเร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ ตรีประพัฒน์, ภัคภัทร นาอุดม และไพชยนต์ คงไชย. 2561. การพัฒนาระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 20(2): 92-105
- ธนสรธรต์ แก่นเพชร, สุวิทย์ เขียวสระคู และเสกสรร เมฆขุนทด. 2555. ระบบบันทึกการปฏิบัติงานออนไลน์ด้วยใบหน้า. ปริญญาานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
- ปริญญา กรรมสิทธิ์. 2559. ระบบเช็คชื่อเข้าชั้นเรียนโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ตรวจหาหลายใบหน้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พี.ซี.ซี.ที.วี เน็ตเวิร์ค เอ็นจิเนียริง. ม.ป.ป. เกร็ดความรู้ เทคโนโลยีจดจำใบหน้า (Face Recognition). แหล่งที่มา: <https://www.pi-tech.biz/17217199/เกร็ดความรู้-เทคโนโลยีจดจำใบหน้า-face-recognition>, 2 พฤศจิกายน 2563
- วริษฐ์ วรเวทย์กุล วราศิริ พวงมาลัย และ วัชรพงษ์ คุปตคุณัน. 2555. การรู้จำใบหน้า. แหล่งที่มา:

<http://www.ce.kmitl.ac.th/project/display1.php?action=old&id=587>, 2 พฤศจิกายน 2563

Neung Haha. 2019. **ทดลองทำ Facial Recognition ที่ Edge device ด้วย ESP32-WROVER.**

แหล่งที่มา: <https://medium.com/@rattanaporn.neung/ทดลอง-facial-recognition-ด้วย-esp32-wrover-11f44b8a382f>, 5 พฤศจิกายน 2563

Thaieasyelec. 2019. **ESPino32CAM : Introduction.** แหล่งที่มา: <https://blog.thaieasyelec.com/espino32cam-introduction/>, 26 ตุลาคม 2563

ZKTecosecurity. 2019. **เทคโนโลยีการจดจำใบหน้า หรือ Face Recognition คืออะไร ?**

แหล่งที่มา: <https://www.zktecosecurity.net/article/12/เทคโนโลยีการจดจำใบหน้า-หรือ-face-recognition-คืออะไร>, 29 ตุลาคม 2563

การพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก
กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

A Chair Development form To Promote the Identity of the Traditions of Tak
Province Case Study: Rajamangala University of Technology Lanna Tak

สมชาย บุญพิทักษ์^{1*}
Somchai boonpitak

¹สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จ.ตาก

*Industrial Design Faculty of Fine Arts and Architecture Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Tak
boonpitak.chai@gmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการมีดังนี้ 1) เพื่อการพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษา อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถาม 2 รูปแบบคือ แบบสอบถามก่อนดำเนินโครงการและแบบสอบถามหลังดำเนินโครงการ เป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านรูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก พบว่า รูปทรงกระทงกะลามีความเหมาะสมในการผลิตชิ้นงานมากที่สุด และใช้วัสดุไฟเบอร์กลาส ที่มีความแข็งแรง ผลสำรวจความพึงพอใจของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านต่างๆ ดังนี้ ด้านรูปทรง สามารถสื่อถึงอัตลักษณ์ประเพณี มีความเหมาะสมของรูปแบบสวยงาม มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$), ด้านประโยชน์ใช้สอย มีความเหมาะสมกับการใช้งาน สะดวกสบาย มีความพึงพอใจในด้านการเพิ่มความสะดวกสบายในการนั่งอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$), ด้านความปลอดภัย มีโครงสร้างมีแข็งแรง วัสดุมีความปลอดภัยกับผู้บริโภค มีความพึงพอใจในด้านที่นั่งมีความปลอดภัยในการเลือกใช้ฟังก์ชันเสริมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.41$), และด้านขนาดสัดส่วน มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมนั่งได้สบาย มีความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.33$)

คำสำคัญ: พัฒนาเก้าอี้ อัตลักษณ์ประเพณี

Abstract

The development of the chair is to promote self- conservative tradition Tak Case Study: Rajamangala University of Technology Lanna Tak has defined the objectives of the project are: 1) to cover the development of the chair promote self- conservative tradition Tak 2) to assess the value. Satisfied Consumers towards chairs to promote identity and traditions of Tak Province The sample consisted of 100 students, lecturers and staff at Rajamangala University of Technology Lanna, Tak. Two forms of questionnaires were used: pre-project questionnaire and post-project questionnaire. It is a tool to collect data and then analyze the data for percentage, mean and standard deviation.

The results of analyzing the shape data of Chairs to promote the identity of traditions in Tak province, it was found that the shape of the krathong-kala was most suitable for the production of workpieces. And fiber glass is strong. The consumer satisfaction survey found that Consumers are satisfied in various aspects as follows: Shape can convey identity, tradition. There is a suitable form of a beautiful woman. They were satisfied at the highest level ($\bar{X} = 4.51$) in terms of utility. They were suitable for use, comfortable, and were satisfied with the increase in sitting comfort at the highest level ($\bar{X} = 4.51$) safety. has a strong structure Materials are safe for consumers. Satisfaction in the seat safety in choosing the supplementary function was at a high level ($\bar{X} = 4.41$) and in terms of proportional dimensions. It has the right proportions to sit comfortably. The satisfaction of the users was at a high level ($\bar{X} = 4.33$).

Keywords: Chair Development, identity tradition

บทนำ

ประเทศไทยมีศักยภาพทั้งภูมิปัญญาด้านศิลปวัฒนธรรม การออกแบบ นวัตกรรม และเทคโนโลยี ควบคู่กับความคิดสร้างสรรค์ของคนไทย การวิเคราะห์หาแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ในเชิงสร้างสรรค์ ที่สามารถตอบโจทย์กระแสการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคของประชากรโลก ซึ่งทิศทางของอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ในอนาคตจะแบ่งเป็น 5 ประเภท ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์เพื่อสิ่งแวดล้อม (Eco-Furniture) เฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ (Multifunction Furniture) เฟอร์นิเจอร์ผสมผสานวัฒนธรรม (Cultural-mixed Furniture) เฟอร์นิเจอร์เน้นประโยชน์ใช้สอย (Functionalism Furniture) และเฟอร์นิเจอร์เพื่อสุขภาพ (Furniture for Health) และประเทศไทยจะเป็นสัญลักษณ์ของเฟอร์นิเจอร์เอเชียผ่านการขับเคลื่อน 5 ยุทธศาสตร์หลัก ได้แก่ สนับสนุนการพัฒนาบุคลากร ส่งเสริมการสร้างสรรค์ เฟอร์นิเจอร์สู่ภาคอุตสาหกรรม พัฒนานวัตกรรมด้านวัสดุดิบ สร้างช่องทางการตลาด และวางโครงสร้างสนับสนุนเพื่อยกระดับการพัฒนาต่อไป (สมชาย หาญหิรัญ, 2555)

จังหวัดตากเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีความเป็นมาในประวัติศาสตร์ ควบคู่กับการสนใจและเป็นจังหวัดที่มีขนบธรรมเนียมประเพณีที่สืบทอดกันมาอย่างยาวนานและเป็นเอกลักษณ์ได้แก่ ประเพณีลอยกระทงสายไหลประทีปพันดวง ซึ่งจัดขึ้นทุกปีในช่วงเดือนพฤศจิกายน ในวันขึ้น 15 ค่ำเดือน 12 เป็นภูมิปัญญาของชาวบ้านที่สืบทอดแต่โบราณเกี่ยวกับการลอยกระทง เพื่อขอขมาพระแม่คงคา คือ แม่น้ำปิง โดยมีจุดเด่นคือ ตัวกระทงทำจากกะลามะพร้าว ภายใน

บรรจู้ด้วยขี่ได้หรือขี่เพลึง ปล่อยลงในแม่น้ำปิง ประมาณระยะห่างเท่าๆ กัน สม่่าเสมอ ทำให้เกิดเป็นสายสวยงาม (สำนักงานเทศบาลเมืองตาก, 2557) จังหวัดตากประกอบไปด้วยหลายหน่วยงานซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก เป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นมหาวิทยาลัยในเครือราชมงคลล้านนา มีที่ตั้งอยู่ในจังหวัดตาก มีแผนยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ระยะ 5 ปี โดยในหัวข้อ ยุทธศาสตร์ที่ 2 คือการพัฒนามหาวิทยาลัยเพื่อเติบโตร่วมกับการพัฒนาประเทศ ซึ่งมีกลยุทธ์ที่ 2.4 คือ สร้างความตระหนักในคุณค่า ศิลปะ วัฒนธรรม ภูมิปัญญา สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก เป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ของนักเรียน นักศึกษา ประชาชนทั่วไป อีกทั้งยังเป็นสถานที่ที่บุคคลภายในและภายนอกมาใช้บริการด้านต่างๆ เช่น การกีฬา การประชุมสัมมนา การจัดงานสำคัญต่างๆ เป็นต้น (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2561) การก้าวขึ้นพักผ่อนกลางแจ้งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้ทุกคนได้ผ่อนคลายความตึงเครียดจากการเรียน การติดต่อประสานงาน การสอบ การนั่งพักคอย เป็นต้น แก้อ้อจึงกลายเป็นองค์ประกอบหลักในสถานที่กลางแจ้งภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ซึ่งปัจจุบันรูปแบบของแก้อ้อยังคงเป็นรูปแบบทั่วไปที่มีตามท้องตลาด ไม่เป็นอัตลักษณ์ของวัฒนธรรมจังหวัดตาก

จากคักกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาแก้อ้อเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก เป็นการกระตุ้นให้นักศึกษาได้เรียนรู้เกี่ยวกับอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตากได้อย่างใกล้ชิด และสามารถเผยแพร่แก่ผู้สนใจได้อย่างทั่วถึง โดยมีรูปแบบคือการนำเอาประเพณีลอยกระทงสายไหลประทีปพันดวงที่เป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดตากมาเป็นแนวทางในการออกแบบ สีสันลวดลาย วัสดุที่ใช้ในการทำ เพื่อตอบสนองผู้บริโภคที่มาใช้บริการในรั้วมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก และยังมีประโยชน์ใช้สอยที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้มากกว่าผลิตภัณฑ์เดิม ทำให้เกิดความน่าสนใจ ศักนคติที่ดีในการใช้บริการ รู้สึกผ่อนคลาย และเป็นการนำเสนออัตลักษณ์ประเพณีของจังหวัดตาก

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อการพัฒนาแก้อ้อเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อแก้อ้อเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจำแนกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1. การศึกษาข้อมูลภาคปฐมภูมิ

ผู้ดำเนินการวิจัยได้ขอความร่วมมือจากนักศึกษา อาจารย์ และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก เพื่อขออนุญาตในการเก็บข้อมูล ดังต่อไปนี้

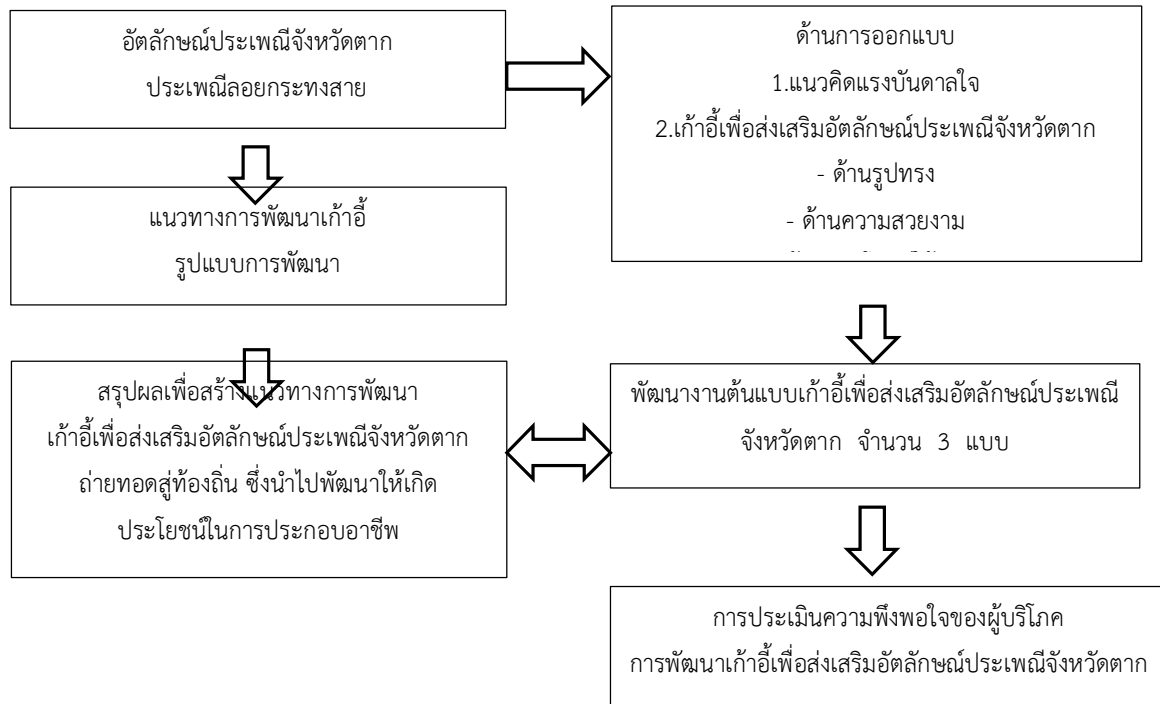
1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแก้อ้อเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตากจากนักศึกษา และบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ในการทำงานกิจกรรมต่างๆ

2) ดำเนินการใช้เครื่องมือแบบสอบถาม สอบถามความคิดเห็นของกลุ่มประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1.2. การศึกษาข้อมูลภาคทุติยภูมิ

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลภาคเอกสาร ข้อมูลเกี่ยวกับแก้อ้อเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตากภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ทั้งเอกสารและงานโครงการที่เกี่ยวข้อง จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเรียบเรียงข้อมูล และสรุปเป็นเรื่องราว เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

2. กรอบแนวคิดในงานวิจัย



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามความคิดเห็นตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์จากวัตถุประสงค์ของโครงการ คือ

1. เพื่อการพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก ภูมิศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก การวิเคราะห์แบบสอบถามหลังการดำเนินโครงการ

แบบสอบถามหลังการดำเนินโครงการ จะวัดระดับความพึงพอใจ เป็น 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์การวิเคราะห์ดังนี้

- 5 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง ระดับมาก
- 3 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ระดับน้อย
- 1 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามมาวิเคราะห์เป็นรายข้อเฉพาะด้าน เพื่อหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้เกณฑ์แปลความหมายจากคะแนนเฉลี่ยตามแนวคิดของบุญชม ศรีสะอาด (บุญชม ศรีสะอาด. 2545 : 103) ดังนี้

- 4.50 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 3.50 – 4.49 หมายถึง ระดับมาก
- 2.50 – 3.49 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง ระดับน้อย
- 1.00 – 1.49 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติการพัฒนาก้าวเพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก ภูมิศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ได้นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์มาวิเคราะห์หาข้อมูลค่าต่างๆ โดยการใช้ โปรแกรมสำเร็จรูป และใช้สถิติ คือ ค่าร้อยละ(Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ,ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation),ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สำหรับหาค่ากึ่งกลางของข้อมูลแบบต่อเนื่องหรือข้อมูลที่มีค่าเป็นเลขทศนิยม สูตรที่ใช้คือ

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย
 $\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน
N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) หรือ SD เป็นค่าสถิติที่ใช้วัดการกระจายของคะแนนในกลุ่ม เพื่อบอกให้ทราบว่าคะแนนในกลุ่มแตกต่างกันมากน้อยแค่ไหน ถ้าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง แสดงว่าคะแนนของกลุ่มนั้นกระจายกว้าง ห่างกันมาก ซึ่งก็หมายความว่า คะแนนในกลุ่มนั้น มีสภาพต่างกันมาก และถ้าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ แสดงว่าคะแนนของกลุ่มนั้น กระจายกว้างห่างกันน้อย ซึ่งก็หมายความว่าคะแนนในกลุ่มนั้นมีสภาพต่างกันน้อย โดยใช้สูตรดังนี้

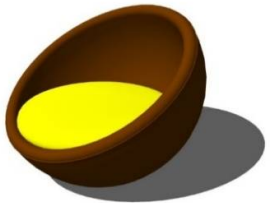
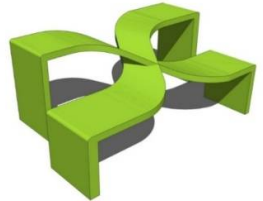
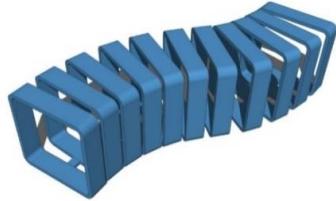
$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน
 \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละจำนวน
N คือ จำนวนประชากรทั้งหมด

ผลการวิจัย

ผู้ดำเนินการวิจัยได้ศึกษาโดยใช้ประชากรกลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มนักศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก จำนวน 100 คน โดยวิธีการเก็บข้อมูลด้วยตนเองจากการแจกแบบสอบถามให้ผู้ตอบแบบสอบถามโดยตรงและจากการตอบแบบสอบถามทางออนไลน์ (Google Form) โดยใช้ตารางกำหนดขนาดประชากรกลุ่มตัวอย่างของ Krejcie & Morgan มีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย(\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลจากการวิเคราะห์พบว่า

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์รูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ลำดับ ที่	รายละเอียด		\bar{X}	S.D.	ระดับความคิดเห็น
	ข้อมูล	ภาพประกอบ			
1	แบบที่ 1 รูปทรงกระทงกะลา		3.91	0.76	มาก
2	แบบที่ 2 รูปทรงการไหลของ กระทงสายไหล ประทีปพันดวง		3.83	0.79	มาก
3	แบบที่ 3 รูปทรงการไหลของ สายน้ำ		3.85	0.78	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่าจากการวิเคราะห์รูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก รูปแบบที่ 1 รูปทรงของกระทงกะลา มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.91 อยู่ในระดับความคิดเห็นมาก บ่งบอกถึงคุณลักษณะด้านรูปทรงของเก้าอี้ที่สื่อถึงรูปแบบของกระทงสายตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ ด้านรูปทรง, ด้านการให้สี, ด้านประโยชน์ใช้สอย, และความปลอดภัยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ลำดับ ที่	รายการประเมิน	N = 100					
		รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
1	ด้านรูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก						
1.1	รูปทรงสามารถสื่อถึงเอกลักษณ์จังหวัดตากได้ชัดเจน	4.53	0.78	4.19	0.93	4.37	0.82
1.2	รูปทรงมีความทันสมัย	4.52	0.96	4.41	0.87	4.48	0.82
1.3	รูปทรงมีความแปลกใหม่จากที่นั่งสาธารณะรูปแบบเดิม	4.65	0.62	4.48	0.61	4.44	0.84
	รวม	4.57	0.79	4.36	0.80	4.43	0.83
2	ด้านสีของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก						
2.1	สีมีความเหมาะสมกับที่นั่ง	4.39	0.96	4.23	0.96	4.17	1.08

2.2	สีมีความแปลกใหม่จากสีของที่นั่งสาธารณะเดิมภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	4.53	0.77	4.37	0.86	3.9	1.07
	รวม	4.46	0.87	4.30	0.91	4.04	1.08
3	ด้านประโยชน์ใช้สอยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก						
3.1	สามารถนั่งใช้งานได้หลายคน	3.91	1.1	4.28	1.0	4.7	0.6
3.2	รูปแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลาย	4.36	0.73	4.1	0.93	4.43	0.81
	รวม	4.14	0.92	4.19	0.97	4.57	0.71
4	ด้านความปลอดภัยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก						
4.1	รูปแบบของเก้าอี้มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.28	0.93	4.37	0.93	4.17	1.0
	รวม	4.28	0.93	4.37	0.93	4.17	1.0
	รวมทั้งหมด	3.91	0.76	3.83	0.79	3.85	0.78

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์แบบสอบถามความต้องการของผู้บริโภค โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย 3 ลำดับ ในภาพรวมพบว่า รูปแบบที่ 1 (รูปทรงกระทงกะลา) มีความคิดเห็นในระดับความคิดเห็นมาก มีค่าเฉลี่ย 3.91 รองลงมาคือ รูปแบบที่ 2 (รูปทรงการไหลของกระต่ายไหลประทีปพันดวง) มีความคิดเห็นในระดับความคิดเห็นมาก มีค่าเฉลี่ย 3.85 และรูปแบบที่ 3 (รูปทรงการไหลของสายน้ำ) มีความคิดเห็นในระดับความคิดเห็นมาก มีค่าเฉลี่ย 3.83 ตามลำดับ

รูปแบบ IDEA SKETCH ของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก



(ก) รูปแบบกระทงกะลา

(ข) รูปแบบการไหลของกระต่าย

(ค) รูปแบบการไหลของสายน้ำ

รูปที่ 2 แสดงแบบร่างของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก



รูปที่ 3 แสดงชิ้นงานต้นแบบของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

จากการทำแบบสำรวจสอบถามความพึงพอใจของผู้บริโภคเกี่ยวกับการพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จากประชากรกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน การเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจากประชากรกลุ่มตัวอย่าง สามารถจำแนกการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้บริโภคแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ

- 1) ด้านรูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก
- 2) ด้านประโยชน์ใช้สอยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก
- 3) ด้านความปลอดภัยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก
- 4) ด้านขนาดสัดส่วนของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านรูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ลำดับที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	1.1 รูปทรงกระทงกะลา 	4.62	0.60	มากที่สุด
	1.2 เก้าอี้รูปทรงกระทงกะลาสามารถสื่อถึงอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตากได้	4.40	0.75	มาก
รวม		4.51	0.84	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า ข้อมูลด้านรูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 100 คน พบว่า แบบที่ 1 รูปทรงกระทงกะลา อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.51 และรองลงมา คือ ที่นั่งสามารถสื่อถึงรูปทรงกระทงกะลาซึ่งเป็นเอกลักษณ์จังหวัดตากได้ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย 4.40

ตารางที่ 4 ด้านประโยชน์ใช้สอยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ข้อที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
2	2.1 มีการใช้งานหลายรูปแบบ เช่น มีที่เสียบ USB, มีที่วางกระเป๋า	4.1	0.81	มาก
	2.2 เพิ่มความสวยงามให้กับพื้นที่สาธารณะในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก	4.43	0.68	มาก
	2.3 เพิ่มความสะดวกสบายในการนั่ง	4.51	0.59	มากที่สุด
	2.4 มีความแข็งแรงและสามารถทนทานต่อสภาพอากาศได้ดี	4.16	0.83	มาก
	2.5 สามารถดูแลรักษาได้ง่าย	4.22	0.82	มาก
รวม		4.24	0.76	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า ด้านประโยชน์ใช้สอยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 100 คน พบว่า ส่วนใหญ่เลือกเพิ่มความสะดวกสบายในการนั่ง อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.51 รองลงมาคือ เพิ่มความสวยงามให้กับพื้นที่สาธารณะในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22 และสามารถดูแลรักษาง่าย อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านความปลอดภัยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ลำดับที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D	ระดับความพึงพอใจ
3	3.1 วัสดุมีความแข็งแรงทนทานไม่ก่อให้เกิดอันตราย	4.27	0.86	มาก
	3.2 เก้าอี้มีความปลอดภัยในการเลือกใช้อุปกรณ์เสริม	4.41	0.69	มาก
	3.3 เก้าอี้มีความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายขนส่ง	4.12	0.87	มาก
รวม		4.27	0.81	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า ด้านความปลอดภัยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 100 คน พบว่า ส่วนใหญ่เลือกเก้าอี้มีความปลอดภัยในการเลือกใช้อุปกรณ์เสริม อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย 4.41 รองลงมาคือ วัสดุมีความแข็งแรงทนทานไม่ก่อให้เกิดอันตราย อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.27 และที่นั่งมีความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายขนส่ง อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.12 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ข้อมูลด้านขนาดสัดส่วนของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก

ลำดับที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D	ระดับความพึงพอใจ
4	4.1 ความสูงของเก้าอี้จากพื้นมีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	4.33	0.87	มาก
	4.2 ความกว้างของเก้าอี้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน	3.95	0.93	มาก
	4.3 เก้าอี้สามารถรองรับน้ำหนักของผู้ใช้งานได้ดี	4.28	0.79	มาก
รวม		4.19	0.86	มาก

จากตารางที่ 6 พบว่า ด้านขนาดสัดส่วนของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 100 คน พบว่า ส่วนใหญ่เลือกความสูงของเก้าอี้จากพื้นมีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย 4.33 รองลงมาคือ เก้าอี้สามารถรองรับน้ำหนักของผู้ใช้งานได้ดี อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.28 และความกว้างของเก้าอี้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งาน อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 3.95 ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

การดำเนินการวิจัยการพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ผู้ดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาในงานที่มีความสอดคล้องตรงตามขอบเขตของการศึกษาทั้งภาคปฐมนูมิและทุติยภูมิ โดยการสำรวจข้อมูลนั้น กลุ่มตัวอย่างที่สำรวจคือ กลุ่มนักศึกษา อาจารย์และเจ้าหน้าที่ ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก จำนวน 100 คน ซึ่งผลสำรวจด้านรูปทรงของเก้าอี้ผู้บริโภคเลือกรูปทรงของกระทงกะลา

ผู้ดำเนินการวิจัยได้เริ่มผลิตงานต้นแบบ และได้นำไปทดลองใช้กับประชากรกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผลปรากฏว่า ประชากรกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในการใช้งานของเก้าอี้ ทั้งในด้านรูปทรง ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านขนาดสัดส่วน และด้านความปลอดภัย ที่สอดคล้องและตอบสนองการใช้งานของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจพบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านรูปทรงของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.51 ซึ่งสอดคล้องกับโครงการศึกษาและออกแบบเก้าอี้เอนกประสงค์สำหรับสวนสาธารณะจังหวัดตาก ของ เกลิมพงษ์ คงพริก (2560) เป็นผู้จัดทำโครงการ ได้มีการศึกษาและออกแบบเก้าอี้ทรงกระทง ที่เป็นเอกลักษณ์ของประเพณีลอยกระทงสายไหลประทีปพันดวงจังหวัดตาก ในด้านความปลอดภัยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.27 ซึ่งสอดคล้องกับโครงการศึกษาและออกแบบม้านั่งเอนกประสงค์สำหรับสวนสาธารณะ ของพรพิมล นาคะ (2559) เป็นผู้จัดทำโครงการได้ออกแบบม้านั่งไม้เทียมในสวนสาธารณะที่สามารถนั่งได้หลายคน และมีฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย มีการไล่ระดับความสูงของม้านั่งเพื่อให้ผู้บริโภคที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันได้ใช้งานสะดวก และมีความปลอดภัยในการใช้งาน ม้านั่งไม่มีเหลี่ยมคมที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน ในด้านประโยชน์ใช้สอยของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.24 สอดคล้องกับโครงการศึกษาและออกแบบที่นั่งเอนกประสงค์สำหรับพื้นที่สาธารณะ : กรณีศึกษาโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชจังหวัดตาก ของธัญญ์ พิชัยช่วง (2560) เป็นผู้จัดทำโครงการ ได้ออกแบบที่นั่งเอนกประสงค์เพื่อผู้บริโภคที่อยู่ในพื้นที่สาธารณะในโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ได้ใช้งานหลากหลาย มีประโยชน์ใช้สอยได้หลายด้าน หลายอิริยาบถ ได้แก่ นั่งพักผ่อน พักคอย นอนเล่น รับประทานอาหาร เป็นต้น และผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านขนาดสัดส่วนของเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.19 ซึ่งสอดคล้องกับโครงการศึกษาและออกแบบเก้าอี้ที่นั่งพักผ่อนเอนกประสงค์สำหรับสวนสาธารณะ ของ สุรเชษฐ์ อินทรสูตร (2559) เป็นผู้จัดทำโครงการ ได้ออกแบบที่นั่งที่มีสัดส่วนการใช้งานได้หลากหลาย สามารถใช้ได้ทุกคน ในพื้นที่สาธารณะ และยังสามารถใช้งานได้หลากหลายเช่น อ่านหนังสือ รับประทานอาหาร นั่งพักผ่อน นั่งเล่นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

- 1.1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมต่อผู้ใช้งานที่มีลักษณะทางกายภาพต่างกันในพื้นที่สาธารณะ ผลิตภัณฑ์จึงต้องมีขนาดใหญ่กว่าปกติ เพื่อความสะดวกสบาย การใช้งานที่หลากหลาย
- 1.2. การออกแบบส่วนที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ให้สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ปลอดภัยต่อผู้เคลื่อนย้าย และไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์

2. ข้อเสนอแนะในการศึกษารั้งต่อไป

- 2.1. การเลือกวัสดุที่ไม่มีจำหน่ายในพื้นที่ ควรศึกษาให้ละเอียดถี่ถ้วนและทำการสั่งซื้อจากแหล่งที่เชื่อถือได้ และควรคำนวณระยะเวลาในการส่งสินค้าเพื่อนำมาใช้งานให้ทันต่อเวลาที่กำหนด
- 2.2. ศึกษาวิธีการทำอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อไม่ก่อให้เกิดความสิ้นเปลืองเวลา วัสดุ และงบประมาณ

กิตติกรรมประกาศ

ในการพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก ที่ให้ความสนับสนุนงบประมาณและสถานที่ อำนวยความสะดวกในการจัดทำโครงการวิจัยในครั้งนี้ และอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับพัฒนาเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก ตลอดจนนักศึกษาสาขาออกแบบอุตสาหกรรมที่ให้ความช่วยเหลือในการเขียนแบบและร่วมกันสร้างงานเก้าอี้เพื่อส่งเสริมอัตลักษณ์ประเพณีจังหวัดตาก ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมพงษ์ คงพริก. (2560). ศึกษาและออกแบบเก้าอี้เนกประสงค์สำหรับสวนสาธารณะจังหวัดตาก. ศิลปนิพนธ์ สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- พรพิมล นาคะ. (2559). ศึกษาและออกแบบม้านั่งเนกประสงค์สำหรับสวนสาธารณะ. ศิลปนิพนธ์. สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก.(2561). ประวัติความเป็นมา. [Online]. สืบค้นเมื่อวันที่ 15กรกฎาคม 2561. Available : <https://tak.rmutl.ac.th/page/HistoryTak>
- ธัญญา พิชัยช่วง. (2560). ศึกษาและออกแบบที่นั่งเนกประสงค์สำหรับพื้นที่สาธารณะ : กรณีศึกษาโรงพยาบาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชจังหวัดตาก. ศิลปนิพนธ์. สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก.
- ศิริชัย ธนทิพย์. 2551. “การออกแบบเครื่องเรือนอัตลักษณ์ไทยต้นแบบ เพื่อความยั่งยืนของเศรษฐกิจชุมชน ตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง.” คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานเทศบาลเมืองตาก. (2557). “งานประเพณีลอยกระทงสายไหลประทีปพันดวงประจำปี 2557”. สำนักงานเทศบาลเมืองตาก
- สมชาย หาญหิรัญ. (2555). แนวคิดการวัดประสิทธิภาพการผลิตทางเศรษฐศาสตร์.สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม
- สถาบันส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม. (24 กรกฎาคม 2563). จำนวนกลุ่มประชากรเทียบตาราง แครซี และ มอร์แกน. สืบค้นจาก <http://www.fsh.mi.th/km>.
- สุรเชษฐ์ อินทรสูตร. (2559). ศึกษาและออกแบบเก้าอี้ที่นั่งพักผ่อนเนกประสงค์สำหรับสวนสาธารณะ. ศิลปนิพนธ์. สาขาออกแบบอุตสาหกรรม คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก
- สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ. (2551). วิวัฒนาการเฟอร์นิเจอร์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- อุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2550). ออกแบบเฟอร์นิเจอร์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

Sugarcane Leaf Disease Analysis System with Deep Learning Techniques

อัษฎายุทธ สุขแพทย์¹ และ ประศาสตร์ บุญสนอง¹

¹ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

*asadayuts60@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันวิเคราะห์โรคบนใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลภาพของใบอ้อยที่ติดโรค แล้วนำข้อมูลภาพที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึกผ่านไลบรารี TensorFlow เพื่อทำโมเดลจำแนกโรคบนใบอ้อย โดยผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบจำนวนรอบในการเทรน ได้แก่ 300 รอบ 500 รอบและ 1000 รอบ ซึ่งผลการทดลองพบว่าการเทรนโมเดลจำนวน 1000 รอบมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 95.80% เป็นค่าที่สูงที่สุดในการทดสอบ หลังจากนั้นนำโมเดลที่ได้ไปพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา Python, CSS, HTML และนำ Bootstrap เป็นเฟรมเวิร์คส่วนหน้าที่มีศักยภาพซึ่งใช้ในการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน โดยเว็บแอปพลิเคชันจะทำการเรียกใช้โมเดลผ่านชุดคำสั่งเพื่อวิเคราะห์โรคบนใบอ้อย โดยการประเมินจากผู้ใช้งาน 20 คน จากผลการทดสอบพบว่าระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกมีความถูกต้องอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ: โรคใบอ้อย เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

Abstract

The research is aimed at developing a web-based application for analyzing diseases on the sugarcane leaf using a deep learning technique, Starting with a collection of infected leaf images, Then use the image data to be analyzed with deep learning neural network through the TensorFlow library to create a classification model of sugarcane leaf disease. The researcher has tested and compared rounds of training which are 300, 500, and 1000 rounds. The result shows training model 1000 rounds have the most value which is 95.80 percent. then develop an application in Python, CSS, and HTML. And bring in the Bootstrap is a potent front-end framework used to create web applications. The web application will be run model passes the command set to the analysis of the sugarcane leaf disease. An evaluation of 20 users from the results of the tests, which it was found that the system for analyzing sugarcane leaf disease using deep learning technique was at a good level

Keywords: Sugarcane Leaf Disease, Deep Learning Techniques, Convolutional Neural Network

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อ้อยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่มีลักษณะมีลำต้นเป็นข้อปล้อง ลำต้นภายในมีน้ำตาลอยู่จำนวนมากจึงนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำตาลทราย น้ำเชื่อม เป็นต้น โดยการที่อ้อยจะสามารถเก็บและสะสมน้ำตาลได้นั้นจะต้องมีใบอ้อยที่สมบูรณ์แข็งแรงไม่เป็นโรค เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง สะสมอาหารและเปลี่ยนสารอาหารที่ได้เป็นน้ำตาลแล้วเก็บไว้ในลำต้น อ้อยที่มีโรคบนใบจะผลิตและสะสมน้ำตาลภายในลำต้นได้น้อยลง ซึ่งใบอ้อยที่เป็นโรคก็อาจจะแพร่กระจายไปหาอ้อยต้นใกล้เคียงได้ และถ้าไม่ดำเนินการแก้ไขโรคบนใบอ้อยจะทำให้ต้นอ้อยที่ติดโรคตายได้ เกษตรกรชาวไร่จึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการจำแนกโรคและลักษณะอาการของความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับอ้อย โดยเฉพาะส่วนใบที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาโรคบนใบอ้อย พบว่า โรคบนใบอ้อยนั้นจะมีลักษณะเป็นแผลบนใบอ้อยที่มีสี รูปปร่าง และลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์โดยโรคแต่ละชนิดต้องใช้วิธีการรักษาและแก้ไขที่ต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำแอปพลิเคชันโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก มาช่วยประมวลผลของรูปภาพ เพื่อจำแนกโรคบนใบอ้อยและแนะนำวิธีการแก้ไขโรคบนใบอ้อย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง ระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาโมเดลสำหรับจำแนกโรคบนใบอ้อยโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก และพัฒนาระบบจำแนกโรคใบอ้อยผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชัน

3. ขอบเขตการศึกษา

การพัฒนาระบบวิเคราะห์บนเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีฟังก์ชันประกอบการทำงานดังนี้

1) ขอบเขตด้านเทคโนโลยี

การพัฒนาระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก มีส่วนประกอบด้านเทคโนโลยี ได้แก่ Image Processing, Convolutional Neural Network, TensorFlow, Bootstrap, Flask, Python version 3.6.3, Java Script, HTML

2) ขอบเขตด้านระบบ

ระบบสามารถวิเคราะห์ใบอ้อยได้ว่าเป็นโรคชนิดใด

3) ขอบเขตด้านข้อมูล

(1) โรคใบอ้อยที่ต้องการศึกษาในบทความนี้ ได้แก่ โรคแถบสีน้ำตาล, โรคใบจุดวงแหวน, โรคขีดขาว, โรคราสนิม, โรคใบจุดสีน้ำตาล

(2) รูปโรคใบอ้อยที่รวบรวมทั้งหมดมี 772 รูป โดยแบ่งแต่ละโรคดังนี้ โรคแถบสีน้ำตาล 152 รูป, โรคใบจุดวงแหวน 76 รูป, โรคขีดขาว 210 รูป, โรคราสนิม 39 รูป, โรคใบจุดสีน้ำตาล 289 รูป

(3) โรคอ้อย 1 โรค จะใช้ 1 ส่วนโดยจะเห็นหน้าใบ และหลังใบ โดยรูปภาพจำนวน 2 รูป แบ่งเป็นระยะห่าง 10-15 ซม. และ 15-20 ซม. ดังนั้น โรคใบอ้อย 1 โรค จะถ่ายรูปทั้งหมด 4 รูป

(4) รูปภาพขนาด 300x300 พิกเซล

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

1) แนวคิดโรคเกี่ยวกับใบอ้อย

อวิช หะหมาน (2559) ได้กล่าวว่าโรคบนใบอ้อยโดยมีหลายสาเหตุและโรคแต่ละชนิดก็มีลักษณะที่แตกต่างกันโดยจำแนกเป็น 3 สาเหตุคือ โรคจากเชื้อรา แมลงศัตรูพืชและการขาดแร่ธาตุต่าง ๆ มีโรคทั้งหมด 34 โรค ได้แก่

(1) โรคที่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรียและไวรัสที่ทำให้อ้อยเสียหาย มี 11 โรค คือ โรคราสนิม โรคใบขีดสีน้ำตาล, โรคใบจุดสีน้ำตาล, โรคใบจุดวงแหวน, , โรคใบลอก, โรคราน้ำค้าง, โรคใบขาว, โรคฟิจิ, โรคใบขีดสีแดง, โรคใบเน่าคออ้อย

(2) โรคที่เกิดจากแมลงศัตรูพืชที่กัดกินใบอ้อย เจาะลำต้นหรือเกาะที่ต้นอ้อยเพื่อดูดกินน้ำหวานจากต้นอ้อย มี 10 โรค คือ แมลงหี้ย่ขาว, ไรอ้อยใยสีขาว, มวนอ้อย, เพลี้ยกระโดดดำ, ตั๊กแตน, ตัวงวงอ้อย, หนอนบู่, เพลี้ยสำลีแปง, ไรอ้อยสีแดง, หนอนซอนใบ

(3) โรคที่เกิดจากอ้อยที่ขาดแร่ธาตุหรือได้รับแร่ธาตุมากเกินไป มี 12 โรค คือ ขาดธาตุโพแทสเซียม, ขาดธาตุแมกนีเซียม, ขาดธาตุแคลเซียม, ขาดธาตุซิลิคอน, ขาดธาตุเหล็ก, ขาดธาตุสังกะสี, ขาดธาตุแมงกานีส, ธาตุโบรอนเป็นพิษ, ขาดธาตุโมลิบดีนัม, ขาดธาตุไนโตรเจน, ธาตุโซเดียมเป็นพิษ, ขาดธาตุฟอสฟอรัส

จากการรวบรวมข้อมูลของผู้วิจัย ได้ทำการคัดเลือกโรคบนใบอ้อยที่พบบ่อยจากข้อมูลที่รวบรวมมามี 5 โรคดังนี้

(1) โรคราสนิม เกิดจากเชื้อรา *Puccinia Melanocephala* จะมีลักษณะบนใบเป็นจุดเล็ก ๆ สีแดงต่อมาจุดแผลจะพัฒนาขึ้นจนเห็นได้ชัดเจนเมื่อใบอ้อยเจริญเป็นใบแก่ แผลขยายยาวออก ขนาดแผลกว้าง 1-3 มิลลิเมตร ยาว 2-10 มิลลิเมตร เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง แผลนูนขึ้นโดยเฉพาะด้านหลังใบโดยเชื้อ ราจะสร้างสปอร์ในส่วนแผลนูนดังกล่าวที่บริเวณใต้ใบ เมื่อแผลแตกออกมีลักษณะแผลขรุขระ มีผงสปอร์สีน้ำตาลแดงลักษณะคล้ายสีสนิมจำนวนมาก

(2) โรคใบจุดสีน้ำตาล เกิดจากเชื้อรา *Cercospora Longipes* Butl มีลักษณะเป็นจุดเล็ก ๆ สีแดงต่อมาแผลขยายเป็นขีดสีน้ำตาลแดง ซึ่งมักเกิดติดกันเป็นปื้น ขนาดของแผลมีทั้งเล็กและใหญ่ ใบส่วนเป็นโรคจะแห้ง เห็นเป็นสีน้ำตาลหลังใบบริเวณแผลมีจุดสีดำ ๆ ของสปอร์ของเชื้อ

(3) โรคใบจุดวงแหวน เกิดจากเชื้อรา *Leptosphaeria Sacchari* B.de Haan มีลักษณะเริ่มแรกเป็นจุดสีเขียวขุ่นน้ำ ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ขอบสีน้ำตาล หรือจุดสีน้ำตาลเล็ก ๆ ตรงกลางมีสีขาว ลักษณะคล้ายรูปไข่ต่อมาแผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง และมีสีเหลืองล้อมรอบเมื่อแผลขยายใหญ่ขึ้น ภายในแผลก็จะแห้งสีคล้ายสีฟางข้าวและขอบแผลเป็นสีน้ำตาล ถึงน้ำตาลเข้ม เมื่อเกิดแผลจำนวนมากติดต่อกันใบจะไหม้เป็นบริเวณกว้าง

(4) เส้นกลางใบแดง เกิดจากเชื้อรา *Cochliobolus Stenospilus* T.Mats. & Yamam. มีลักษณะรอยขีดเล็ก ๆ ฉ่ำน้ำบนใบของต้นกล้าอ้อยต่อมาแผลขยายเป็นรอยขีดยาวสีแดงกว้าง 0.5 - 4 มิลลิเมตร อาจยาว 1 - 2 เซนติเมตร หรือยาวตลอดความยาวใบ รอยขีดอาจเกิดติดกันเป็นปื้นบนใบ มักพบครบทั้งของหอดแบบที่เรียบริเวณรอยขีดด้านหลังใบ

(5) ใบอ้อยชืดขาว เกิดจากแบคทีเรีย *Xanthomonas Albilineans* มีลักษณะใบจะมีสีเปลี่ยนไปเป็นทางยาวเรียวยาว สีเทา เหลืองปนเขียว หรือเหลืองครีม โดยส่วนมากจะยาวสุดความยาวของใบหรือกาบใบ ต่อไปจะขยายตัวขึ้น โดยเริ่มจากปลายใบลงมา ต่อจากนั้นใบจะแห้งตามรอยแผลจะเป็นสีน้ำตาลหรือสีแดง แตกตาข้าง ถ้าหากเกิดโรคนี้อันรุนแรง ต้นอ้อยจะแห้งตายและเหี่ยวไปทั้งต้น

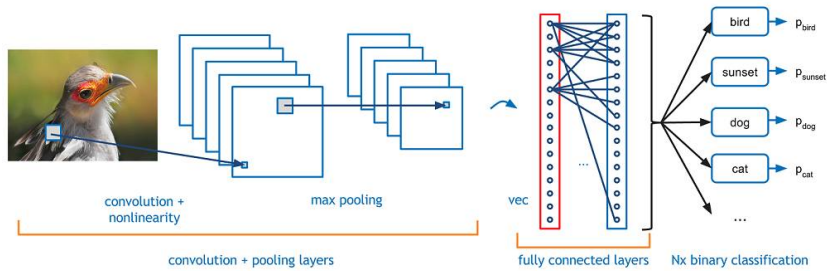
2) แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้เชิงลึก

(1) เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) Giancarlo Zaccane (2018) เป็นเทคนิคในกลุ่มโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) ที่มีการจำลองการเรียนรู้คล้ายกับเซลล์สมองของมนุษย์ โครงสร้างขนาดใหญ่ประกอบไปด้วยนิวรอนและชั้นซ่อนจำนวนมากเป็นอัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการเรียนรู้ แต่ละเลเยอร์จะเปรียบเสมือนประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neural) จำนวนมากที่มีหน้าที่ในการประมวลผลโดยเลเยอร์แรกสุดจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูล (Input Layer) และส่งข้อมูลที่ประมวลผลเสร็จแล้วไปยังเลเยอร์สุดท้าย (Output Layer) ถ้าป้อนข้อมูลเข้าไปให้กับโมเดลมากเท่าไรแต่ละเลเยอร์ก็จะสามารถเรียนรู้คุณลักษณะที่มีความซับซ้อนมากขึ้นทำให้ระบบสามารถตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับมนุษย์มากยิ่งขึ้น

(2) โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network : CNN) เป็นรูปแบบหนึ่งของการจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) ให้เป็นรูปแบบการเรียนรู้เชิงลึกที่เป็นลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Learning Neural Network) โดยที่ CNN เป็นอัลกอริทึมที่เน้นใช้กับรูปภาพโดยจะดึงจุดเด่นของภาพนั้นๆออกมาส่วนการคอนโวลูชัน (Convolution) ภาพหมายถึงการมองภาพเป็นเมตริกของพิกเซลเรียงต่อกัน และจะ

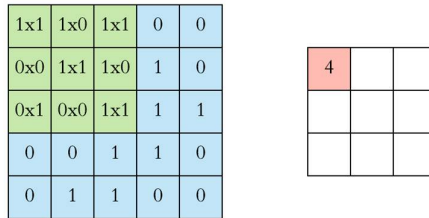
จำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อย ๆ หรือนำมาจำแนก (Classification) และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มาผสมผสานกันเพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เป็นสิ่งใด

CNNs ประกอบด้วยอินพุต และ เอาต์พุตรวมทั้ง hidden layer เหมือนกับ ANN ทั่วไปแต่ตรงชั้น hidden layer จะมีชั้น Convolutional Layer อยู่เสมอ และจะประกอบไปด้วย pooling layers, fully connected layers ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างการทำงานของ Convolutional Neural Network (CNN)

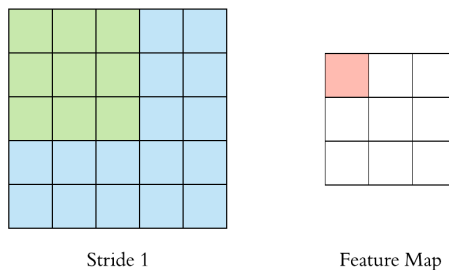
โดยชั้น Convolution ก็คือการหา Feature Extraction ของภาพโดยเราสามารถมองได้ว่าเป็นการตรวจหาลักษณะเด่นในภาพ คือจะสร้างตัวกรองแล้วมาหาไว้กับรูปที่นำเข้า ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 Feature Extraction

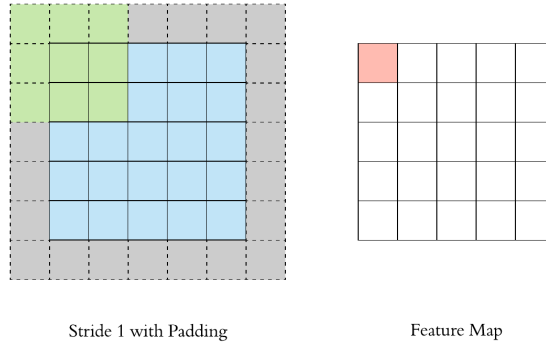
Feature Extraction เป็นรูปแบบการกำหนด ตัวกรอง (Filter) ที่ช่วยดึงคุณลักษณะที่ใช้ในการรู้จำวัตถุออก โดยปกติตัวกรองอันหนึ่งจะดึงคุณลักษณะที่สนใจออกมาได้หนึ่งอย่าง เราจึงจำเป็นต้องตัวกรองหลายตัวกรองด้วย เพื่อหาคุณลักษณะทางพื้นที่หลายอย่างประกอบกัน โดยวิธีการขยับตัวกรองมี 2 รูปแบบ คือ Stride และ Padding

Stride เป็นตัวกำหนดว่าเราจะเลื่อนตัวกรอง (Filter) ไปด้วย Step เท่าไร (ตัวอย่างด้านล่างกำหนด Stride เท่ากับ 1 เราสามารถกำหนดค่าของ Stride ให้มากขึ้นก็ได้ ถ้าเราต้องการให้การคำนวณหาคุณลักษณะมีพื้นที่ที่ทับซ้อนกันน้อยขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการกำหนดค่าของ Stride ที่มากขึ้นจะทำให้เราได้ดึงคุณลักษณะ (Feature Map) ที่มีขนาดเล็กลง ดังรูปที่ 3



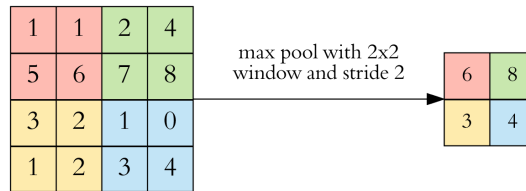
รูปที่ 3 Stride

Padding จากรูปด้านล่างเราจะเห็นที่สี่เหลี่ยมรอบๆ Input พื้นที่เหล่านี้เป็นพื้นที่ที่เราเพิ่มเข้าไป โดยอาจจะเป็นเติม 0 หรือค่าต่างๆ เข้าไป ในบางปัญหา Input ที่อยู่ตามขอบภาพอาจมีความสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจบางอย่าง เราจึงจำเป็นต้องเก็บคุณลักษณะตามขอบของรูปภาพไว้ด้วย เพื่อให้เวลาในการทำ CNN นั้น Feature Map ที่ได้ยังคงมีขนาดเท่ากับ Input ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Padding

Pooling Layers จะใช้เพื่อลดจำนวนพารามิเตอร์ โดยที่นิยมใช้คือ Max Pooling Layer และ Mean Pooling Max Pooling เป็นตัวกรองแบบหนึ่งที่หาค่าสูงสุดในบริเวณที่ตัวกรองทาบอยู่ มาเป็นผลลัพธ์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Max Pool

ในส่วนของ Mean Pooling นั้น จะเป็นตัวกรองแบบหนึ่งที่หาค่าเฉลี่ยในบริเวณที่ตัวกรองทาบอยู่มาเป็นผลลัพธ์ และหลังจากขั้น Convolution แล้วจะต้องทำการ Flatten ค่าที่ได้มาให้อยู่ในรูปแบบ 1 มิติ เพื่อให้สามารถใช้ชั้น Fully Connected Layers ได้โดยชั้น Fully Connected Layers คือชั้นที่เอาไว้สำหรับการ Classification โหนดทุกชั้นจะต่อกันทุก ๆ ชั้น โดยมีหลักการเหมือนชั้น Neural Network จุดเด่นของ CNN ก็คือตัวแปรของชั้น Convolution นี้ถูก Train ไปพร้อม ๆ กับ ส่วนอื่นของ Neural Network ทำให้ได้ลักษณะเด่นที่เหมาะสมกับงานจริง กระบวนการ Convolution นั้นเป็นการ share ค่าถ่วงน้ำหนักในหลายๆ ตำแหน่งในภาพนำเข้า

(3) Tensor Flow เป็นไลบรารีสำหรับใช้พัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกเป็น Open Source (เขียนด้วย Python) ที่พัฒนาโดยกูเกิล TensorFlow มาจากชื่อเฟรมเวิร์คที่ถูกนำมาพัฒนาต่ออย่าง Tensor การคำนวณทั้งหมดจึงเกี่ยวข้องกับเวกเตอร์และเมทริกซ์หลายมิติที่มีข้อมูลอยู่หลากหลายชนิด ค่าทั้งหมดในหนึ่ง Tensor จะมีขนาดของข้อมูลแตกต่างกันไป ที่เรียกว่า Shape Tensor จะมาจากอะไรก็ได้ทั้งข้อมูลที่ป้อนเข้าไปการคำนวณทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใน Graph เป็นโครงสร้างของตัวประมวลผลและการเชื่อมต่อกันระหว่าง Node และในแต่ละ Node ก็มี Tensor อยู่มากมายที่รอประมวลผล แสดงโครงสร้าง

(4) Flask คือ Miguel Grinberg (2014) เว็บเฟรมเวิร์คที่เขียนขึ้นมาสำหรับ Python เพื่อใช้ร่วมกับ Webserver เช่น Apache โดย Flask ถูกเรียกว่า Micro Framework เพราะว่า มันไม่ต้องการเครื่องมือ หรือ Library อะไรมาก อีกทั้ง ไม่จำเป็นต้องมี Database ด้วย แต่อย่างไรก็ตาม Flask ก็ยังรองรับการเพิ่ม Extensions พิเศษได้ ถ้ามันรองรับ Flask

(5) Bootstrap เป็น Codebee (2559). ส่วนที่ใช้ในการตกแต่งหน้าเว็บแอปพลิเคชัน Front-end Framework ที่ประกอบด้วยโครงสร้าง CSS , HTML และ JavaScript ที่ช่วยให้เราสามารถสร้างหน้าจอ User Interface ได้ง่าย สวยงาม

และ รวดเร็ว ลดเวลาในการที่จะมานั่งออกแบบ Design หน้าจอ layout หรือรายการ Element อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับหน้า Form ทั้งหมด ก็สามารถใช้ Bootstrap เข้ามาจัดการได้ทั้งหมดสำหรับ Bootstrap มีทั้ง CSS Component และ JavaScript Plugin และที่สำคัญคือ Bootstrap มีการแสดงผลในรูปแบบของ Responsive ซึ่งจะแสดงผลภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่ทำการเปิดอยู่ในขณะนั้น เช่น PC Desktop , Tablets, Mobile หรืออุปกรณ์อื่นๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักรินทร์ สุกแสน และ โอฬาริก สุรินตะ (2562) ได้นำเสนอผลงานวิจัยเกี่ยวกับ “โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึกสำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ” วิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Network: Deep CNN) เพื่อใช้จำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยมีการเปรียบเทียบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันจำนวน 4 โครงสร้าง ประกอบด้วย LeNet-5, AlexNet, GoogLeNet และ VGGNet และมีชุดข้อมูลในการทดสอบ 3 ชุด คือ PNE, 102 Flower และ Folio จากผลการเปรียบเทียบพบว่าโครงสร้างแบบ GoogLeNet มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในชุดข้อมูล PNE และ 102 Flower และยังใช้เวลาในการเรียนรู้ที่เร็วกว่าเมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบ VGGNet โดยใช้จำนวนรอบในการเรียนรู้ 10,000 รอบ

ณัฐดี หงส์บุญมี และคณิน ประทุมทอง (2563) ได้นำเสนอผลงานวิจัย “ระบบวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก” การศึกษานี้มี การดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างภาพธนบัตร โดยแบ่งคลาสที่ต้องการจำแนกออกเป็น 10 คลาส คลาสละ 100 ภาพ จำนวนภาพทั้งหมด 1,000 ภาพ นำมาสร้างโมเดลจำแนกภาพด้วยไลบรารี TensorFlow และภาษา Python โดยทำการสุ่มแบ่งชุดข้อมูลภาพแต่ละประเภทออกเป็นข้อมูลเทรน (Train Data Set) 90% และข้อมูลทดสอบ (Test Data Set) 10% รอบการเทรนจำนวน 500 รอบ ผลการสร้างโมเดลจำแนกภาพพบว่าโมเดลมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 98.00% จากนั้นนำโมเดลไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ผลการทดสอบการใช้งานจริงของแอปพลิเคชัน พบว่ามีความถูกต้องเฉลี่ย 80.00%

พิมพ์า สีวาประกอบกิจ (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของเทคนิคการสร้างภาพเทียมแบบต่างๆ ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองนี้รวบรวมจาก Canada Institute for Advanced Research (CIFAR-10) ซึ่งมีทั้งหมด 60,000 ภาพ แต่ละภาพมี ขนาด 32x32 พิกเซล แบ่งเป็น 10 หมวด ในรอบแรกของการเทรนให้ คอมพิวเตอร์เรียนรู้ จะใช้วิธี 10-fold Cross Validation ในการแบ่งข้อมูล 50,000 ภาพ สำหรับการเทรนและ 10,000 ภาพเพื่อทดสอบ ในรอบที่ 2 จะสุ่มใช้เทคนิคการปรับ สีของภาพ การหมุนภาพ การย่อ ขยายภาพ หรือการกลับด้านของภาพอย่างใดอย่างหนึ่ง แล้วทำการเทรนใหม่ 300 รอบ ผลการทดลองพบว่าการใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ ด้วยการสร้างภาพเทียมจะ ช่วยให้ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพแม่นยำสูงขึ้นจาก 84.79% เป็น 87.57%

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บรวบรวมรูปโรคบนใบอ้อยทั้งหมด จำนวน 772 รูป โดยแต่ละรูปทำการตัดพื้นหลังให้เป็นสีขาว เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแยกไฟล์ ทำการกำหนดขนาดรูปภาพ 300 x 300 พิกเซล ตัดพื้นที่ยด้านหลังของรูปภาพและแบ่งโรคออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ โรคใบจุดสีน้ำตาล, โรคแถบสีน้ำตาล, โรคใบจุดวงแหวน, โรคราสนิม, โรคขีดขาว

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการวิจัยมีลักษณะ ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ Windows 10 Pro, หน่วยการประมวลผล AMD Ryzen 5 3600 6-core Processor, up to 3.6 GHz, หน่วยความจำ 16.00 GB, ฮาร์ดดิสก์ ขนาด 1 TB

2) ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ TensorFlow ใช้สำหรับสร้าง Model, Bootstrap ใช้สำหรับตกแต่งหน้า Web Application, Flask ใช้สำหรับสร้าง Web Application, HTML ใช้สำหรับสร้าง Web Page, Studio Code เป็น IDE สำหรับเขียน Code, Git เป็นระบบควบคุมเวอร์ชันฟรีและโอเพ่นซอร์ส

3) ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบ คือ ภาษา Python

3. การประเมินประสิทธิภาพโมเดล

Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. (2015). การประเมินประสิทธิภาพโมเดลจำแนกโรคบนใบอ้อย โดยนำชุดข้อมูลภาพสำหรับทดสอบ (Test Data) จำนวน 100 ภาพ ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบ่งข้อมูลทดสอบจากภาพโรคใบอ้อย ประเภทละ 30 ภาพ มาทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพการจำแนกภาพของโมเดลที่ได้ฝึกสอนไว้ โดยใช้เกณฑ์ความแม่นยำ เป็นเกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความถูกต้องหรือความแม่นยำในการจำแนกประเภทภาพ และจะแสดงผลลัพธ์ที่จำแนกได้ว่าเป็นคลาสบวก (Positive Class: P) หรือคลาสลบ (Negative Class: N) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถมีได้ 4 แบบ คือ True Positive (TP) , False Positive (FP) , True Negative (TN) และ False Negative (FN) ซึ่งสามารถคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy) ได้ ดังสมการ

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP + TN) \times 100}{(TP + TN + FP + FN)}$$

โดยกำหนดให้

True Positive (TP) คือ คลาสบอกว่าจริงและทำนายว่าจริง

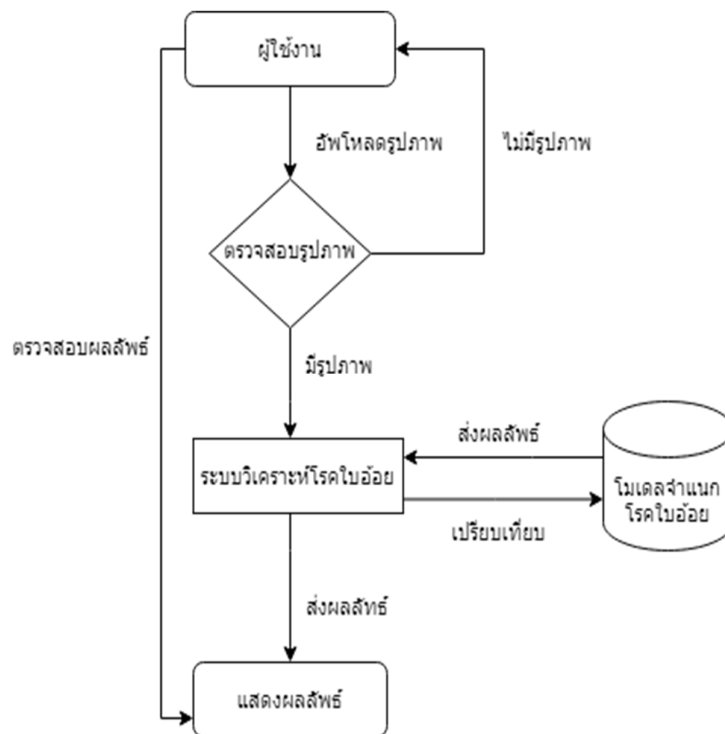
True Negative (TN) คือ คลาสบอกว่าไม่จริงและทำนายว่าไม่จริง

False Positive (FP) คือ คลาสบอกว่าจริงและทำนายว่าไม่จริง

False Negative (FN) คือ คลาสบอกว่าไม่จริงและทำนายว่าจริง

4) การทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน

การทำงานของระบบนั้นผู้ใช้ทำการถ่ายรูปใบอ้อยที่ต้องการ แล้วระบบจะทำการประมวลผลภาพ เมื่อประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะแสดงคำตอบข้อมูลและรายละเอียดข้อมูลของของโรคใบอ้อย ดังรูปที่ 6



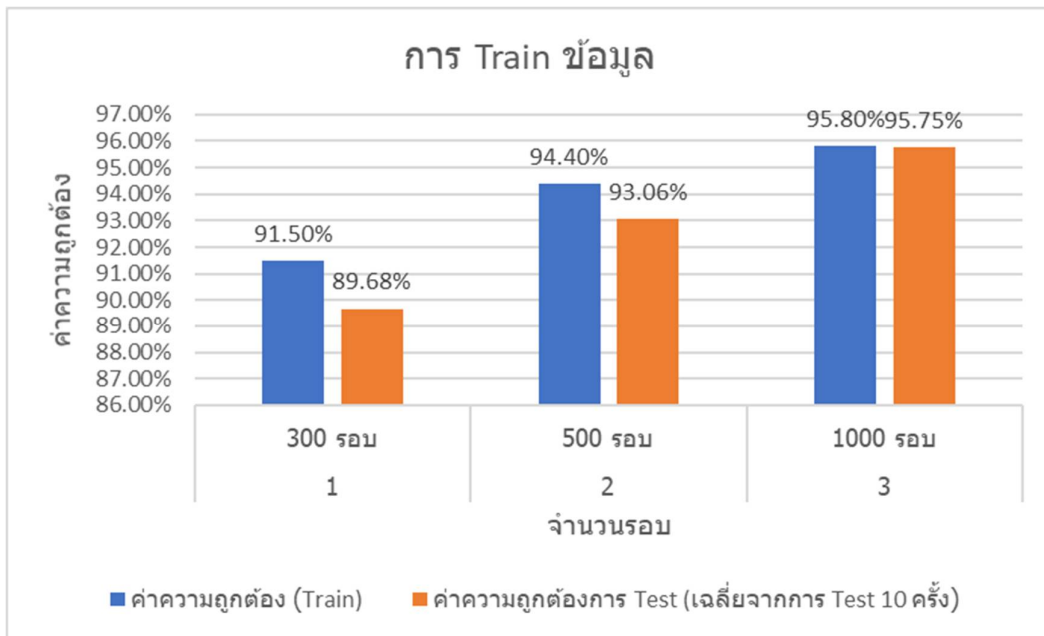
รูปที่ 6 Flow Chart แสดงการทำงานของระบบ

ผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยและการอภิปรายผลของระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกหลังจากที่ได้ทำการทดลองด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ ซึ่งผลการวิจัยและอภิปรายผลมีดังนี้

1. ผลการพัฒนางานวิจัย

การเลือกใช้ข้อมูลที่ได้จากการ Train ข้อมูลเพื่อทราบค่าความถูกต้องที่มากที่สุด จึงเลือกโมเดลจำนวนที่มีการเรียนรู้ของโมเดลที่ 1000 รอบ มาพัฒนาเป็นระบบเว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 รายละเอียดการ Train ข้อมูล

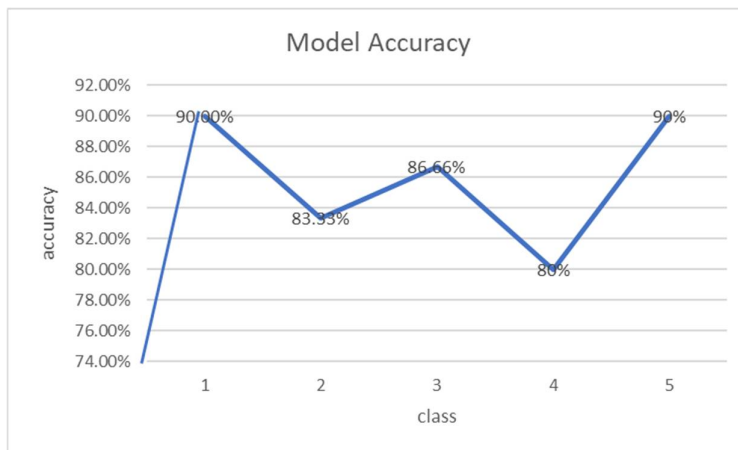
2. ผลการทดสอบเมื่อนำโมเดลเข้าแอปพลิเคชัน

จากผลการทดสอบโมเดลดังรูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าโมเดล จำนวนการเรียนรู้ของโมเดลที่ 1000 รอบ มีความถูกต้องจากการ Train ที่สูงที่สุดจึงได้นำโมเดลนี้มาคำนวณหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) ของการจำแนกชนิดโรคบนใบอ้อย ได้ทดสอบจำแนกโรคบนใบอ้อยโดยแบ่งเป็น 5 โรค โรคละ 30 รูป รวมทั้งหมด 150 รูป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชัน

ประเภทโรคใบอ้อย	ถูกต้อง	ผิดพลาด	Accuracy
โรคใบจุดสีน้ำตาล Brown Leaf Spot Disease	27	3	90.00%
โรคแถบสีน้ำตาล Brown Stripe Disease	25	5	83.33%
โรคใบจุดวงแหวน Ring Spot Disease	26	4	86.66%

โรคราสนิม	24	6	80%
Rust Disease			
โรคซีดขาว	27	3	90%
Sugarcane Leaf Scald Disease			
ค่าเฉลี่ย			85.99%



รูปที่ 8 การแสดงผลเมื่อนำโมเดลเว็บเข้าแอปพลิเคชัน

3. หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชัน

หน้าหลักของระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก จะลักษณะดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการประเมินแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งาน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันขึ้นมา โดยผู้ใช้งานมาใช้งานแอปพลิเคชันแสดงชื่อโรค รายละเอียด สาเหตุและวิธีการดูแลรักษาของโรคบนใบอ้อยด้วยภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยให้ผู้ใช้งานนั้นสามารถประเมินเว็บแอปพลิเคชัน และเสนอแนะข้อดี ข้อเสียของแอปพลิเคชัน เพื่อนำคำแนะนำที่ได้จากผู้ใช้งานมาปรับปรุงแอปพลิเคชันให้ดียิ่งขึ้น

โดยในแบบสอบถามผู้วิจัยได้แบ่งระดับการให้คะแนน 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 หมายถึง เมื่อผู้ตอบมีความคิดเห็นว่าการใช้งาน ไม่ดีเท่าที่ควร

ระดับ 2 หมายถึง เมื่อผู้ตอบมีความคิดเห็นว่าการใช้งานในระดับ น้อย

ระดับ 3 หมายถึง เมื่อผู้ตอบมีความคิดเห็นว่าการใช้งานในระดับ พอใช้

ระดับ 4 หมายถึง เมื่อผู้ตอบมีความคิดเห็นว่าการใช้งานในระดับ ดี

ระดับ 5 หมายถึง เมื่อผู้ตอบมีความคิดเห็นว่าการใช้งานในระดับ ดีมาก

จากนั้นผู้วิจัย ได้นำแอปพลิเคชันและแบบสอบถามไปให้ผู้ใช้งานจำนวน 20 คน โดยให้ผู้ใช้งานได้ทดสอบเว็บแอปพลิเคชัน ทำการประเมินและให้คะแนนในแบบสอบถามจากนั้นได้ผลการคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินและคะแนนเฉลี่ยของแอปพลิเคชัน

ลำดับที่	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
1	ความถูกต้องในการวิเคราะห์	4.1	ดี
2	สีสันในการออกแบบ	3.8	พอใช้
3	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.3	ดี
4	ความสะดวกสบายในการใช้งาน	4.5	ดี
เฉลี่ยรวม		4.175	ดี

บทสรุปและการอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก จากปัญหาต้องการระบุโรคบนใบอ้อย ผู้วิจัยจึงนำการเรียนรู้เชิงลึกและใช้อัลกอริทึม Convolutional Neural Network (CNN) มาช่วยประมวลผลรูปภาพ การดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลโรคบนใบอ้อย จำนวนภาพทั้งหมด 772 ภาพ โดยแบ่งคลาสที่ต้องการออกเป็น 5 คลาสแล้วนำมาสร้างโมเดลจำแนกภาพด้วยไลบรารี TensorFlow และภาษา Python รอบการเทรนจำนวน 1000 รอบ ผลการสร้างโมเดลจำแนกภาพพบว่าโมเดลมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 95.82% จากนั้นนำโมเดลไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน ผลการทดสอบการใช้งานจริงของแอปพลิเคชัน พบว่าแอปพลิเคชันสามารถจำแนกโรคบนใบอ้อยได้ถูกต้องเฉลี่ย 85.99%

จากการทดลองพบว่าโรคบนใบอ้อยที่แอปพลิเคชันจำแนกได้ถูกต้องมากที่สุดได้แก่ โรคใบจุดสีน้ำตาล, โรคขีดขาว และโรคใบอ้อยที่จำแนกได้ความถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่ โรคราสนิม ภาพที่ใช้ในการทำโมเดลมีน้อย ซึ่งอาจทำให้การทำนายผลมีค่าความถูกต้องน้อยกว่าคลาสอื่นนอกจากนี้จากการทดสอบการใช้งานจริงแอปพลิเคชันยังพบข้อจำกัด คือ การจำแนกโรคบนใบอ้อยนั้น คุณภาพและความละเอียดของรูปภาพมีผลต่อความแม่นยำในการทำนายและระยะห่างการถ่ายภาพรวมทั้งแสงสว่างก็มีผลต่อความแม่นยำของการจำแนกโรคด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ประศาสตร์ บุญสนอง ที่ช่วยให้แนะนำเรื่องต่างๆที่จัดทำ งานวิจัยในครั้งนี้ และขอบคุณเพื่อนๆที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำระบบวิเคราะห์โรคใบอ้อยด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกให้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] จักรินทร์ สุนุกแสน และ โอฬาริก สุรินตะ (2562).โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก สำหรับการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. คณะวิทยาการสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- [2] ณัฐวดี หงส์บุญมี และ คณิน ประทุมทอง (2563).ระบบวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้เทคนิค การเรียนรู้เชิงลึก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- [3] ธวัช หะหมาน (2559). คู่มือวินิจฉัยโรคอ้อย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย: กรุงเทพฯ.
- [4] พิมพ์ ชีวาประกอบกิจ (2562). การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ.มหาวิทยาลัย นานาชาติเอเชีย-แปซิฟิก
- [5] codebee (2559). Bootstrap. เข้าถึงเมื่อ(20 พฤษภาคม 2563). เข้าได้จาก (<https://www.codebee.co.th/labs/bootstrap-คืออะไร/>)
- [6] Giancarlo Zaccane. Deep Learning with TensorFlow. Packt Publishing Ltd. (2018). Birmingham
- [7] Miguel Grinberg. Flask Web Development. (2014). O'Reilly Media, Inc. Sebastopol
- [8] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyle. (2015). Image Processing, Analysis, and Machine Vision. Global Engineering:Timothy L. Anderson. USA
- [9] Scott Chacon and Ben Straub. Pro Git. (2021):12-14. Accessed 1 Aug. 2021. (<https://git-scm.com/book/en/v2>)

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อประมาณประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์:
กรณีศึกษาสวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

The Application of Neural Networks to Photovoltaic Panel Efficiency
Estimation: Case Study of Energy garden KamphaengPhet Rajabhat University

นิวดี คลังสีดา^{1*} ปากิน มณีโชติ¹ กนกวรรณ เขียววัน¹ และนรุตม์ บุตรพลอย¹

Nivadee Klungsida ^{1*} Pakin Maneechot¹ Kanokwan Khiewwan¹ and Narut Butploy¹

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร

* nivadee_k@kpru.ac.th , nivadee@gmail.com

บทคัดย่อ

การวางแผนการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์จะต้องทราบถึงปริมาณโหลดที่ต้องการจ่ายไฟฟ้าและสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิของแผงและอัตราความชื้น การทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อวางแผนการติดตั้ง แต่ในกรณีที่ยังไม่สามารถติดตั้งแผงได้จริงเนื่องจากปัจจัยในด้านงบประมาณนักวิจัยสามารถสร้างตัวแบบการเรียนรู้ได้หลายเทคนิค โครงข่ายประสาทเทียมเป็นหนึ่งในเทคนิคการจำแนกข้อมูลที่ให้ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเทคนิคด้านโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้สำหรับหาพลังงานไฟฟ้าที่แผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตได้เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งจริงและเจอกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 10 นิวรอนทำนายผลและสร้างที่ให้ค่าความสัมพันธ์ที่ 0.964 และสามารถประมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ใกล้เคียงกับค่าจริงโดยผิดพลาดเดือนมกราคมต่ำสุดที่ 8.46% เดือนกุมภาพันธ์ต่ำสุดที่ 8.36% และเดือนมีนาคมต่ำสุดที่ 8.82% จากการทดลองสามารถนำไปเป็นสารสนเทศเพื่อรายงานต่อผู้บริหารในการลงทุนเพื่อติดตั้งระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยแผงโซลาร์เซลล์ต่อไป

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม แผงโซลาร์เซลล์ สวนพลังงาน

Abstract

When planning a solar panel installation, it is important to know the required load power and environmental conditions such as light intensity, panel temperature, and humidity rating. Knowing the factors that affect installation planning, but if the panels cannot be installed due to budget factors, researchers can create a learning model in several techniques. Neural networks are one of the classification techniques that provide accurate and efficient learning outcomes. In this research, applied neural network techniques to determine the electrical energy that solar cells can produce to know the efficiency of the actual installed solar panels and face the factors that affect their performance generate electricity The results showed that the neural network model of 10 neurons predicted and generated a correlation value of 0.964 and was able to estimate the electricity produced close to the actual value with the lowest January

error of 8.46%. The lowest was at 8.36% and the lowest in March at 8.82%. From the experiment, it can be used as information to report to the management on investments to install solar power generation systems.

Keywords: Neural Networks, Photovoltaic Panel, Energy garden

บทนำ

ปัจจุบันการเติบโตของประชากรและอุตสาหกรรมทำให้ความต้องการไฟฟ้าในแต่ละวันเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (เช่น ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) นำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การที่เชื้อเพลิงเหล่านี้จะถูกใช้จนหมดอย่างรวดเร็วทำให้ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาพลังงานแสงอาทิตย์ถูกนำมาช่วยแก้ปัญหาความต้องการพลังงานของโลกและปัญหาสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี การผลิตไฟฟ้าด้วยแผงโซลาร์เซลล์ (PV) เป็นการแปลงแสงแดดเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรมและ/หรือแบบขนานที่เชื่อมต่อกันเป็นโมดูล PV ทั้งนี้มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ได้แก่ มุมลาดเอียงของแผง ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของแผง ความเร็วลม ความชื้น และความสูญเสียอื่นๆ ซึ่งในบรรดาปัจจัยเหล่านี้ความเข้มของการแผ่รังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิของแผง และความชื้นเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุด (M. Irwanto et al.,2014 ; R. Bhol et al.,2015) สวมพลังงานเป็นหน่วยงานภายใต้การทำงานของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยได้รับงบประมาณให้ทดลองและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อใช้ในระบบสมาร์ตฟาร์มโรงเรียนปลูกผัก โดยที่จะติดตั้งระบบปั้มน้ำ เครื่องคอมพิวเตอร์ และระบบไฟฟ้าส่องสว่างที่ได้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ การเก็บข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของโรงเรียนจะติดตั้งแผงและต่อวงจรอนุกรมของแผงส่งเข้าสู่ควบคุม ในเบื้องต้นทางผู้รับผิดชอบจะเก็บข้อมูลในทุกๆ 10 นาที จากการใช้ไฟฟ้าจากโหลด โดยจะวัดค่ากระแสไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ นอกจากนี้ยังได้ติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศเพื่อเก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้า การประมาณประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์เป็นส่วนหนึ่งและมีความสำคัญในการเตรียมความพร้อมสำหรับการดูแลแผงโซลาร์เซลล์ โครงการประชาสัมพันธ์เป็นเทคนิคการจำแนกข้อมูลประเภทหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องซึ่งเทคนิคนี้จะเป็นการนำเข้าปัจจัยที่ต้องการให้โครงข่ายเรียนรู้และจะทำนายผลที่ให้ค่าความถูกต้องสูง ตัวอย่างงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมได้แก่ การประมาณและการสร้างแบบจำลองของข้อมูลการแผ่รังสีแสงอาทิตย์รายวันโดยใช้ข้อมูลระยะเวลาแสงแดดและอุณหภูมิในระบบโซลาร์เซลล์ (F. Bonanno et al.,2012) การประมาณประสิทธิภาพโดยใช้รังสีแสงอาทิตย์ในระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ที่เชื่อมต่อแบบ on-grid (A. Mellit et al.,2014) การประมาณกำลังไฟฟ้าออกโดยใช้รังสีแสงอาทิตย์และอุณหภูมิในโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 1 MW (A. Mellit et al.,2005) การประมาณค่ากำลังไฟฟ้าสำหรับ ระบบไฟฟ้าโซลาร์เซลล์หนึ่งวันข้างหน้าโดยใช้พารามิเตอร์การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (A. Yona et al.,2007) จากที่กล่าวมาจะพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าเพื่อให้ประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในสวนพลังงานของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรโดยใช้ปัจจัยนำเข้าได้แก่กระแสไฟฟ้าที่มีการใช้งาน ค่าแรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้สำหรับประมาณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้วัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความแม่นยำในการประมาณค่ากำลังไฟฟ้าแบบอัตโนมัติเมื่อมีปัจจัยนำเข้าตามที่กล่าวมาสำหรับการวางแผนการขยายการติดตั้งระบบแผงโซลาร์เซลล์ของคณะต่อไปในอนาคต

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ผู้วิจัยติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของแผงกระแสไฟฟ้าใช้ขณะนั้น แรงดันไฟฟ้า ความชื้นสัมพัทธ์และจดบันทึกทุก 10 นาที



(ก) แผงโซลาร์เซลล์



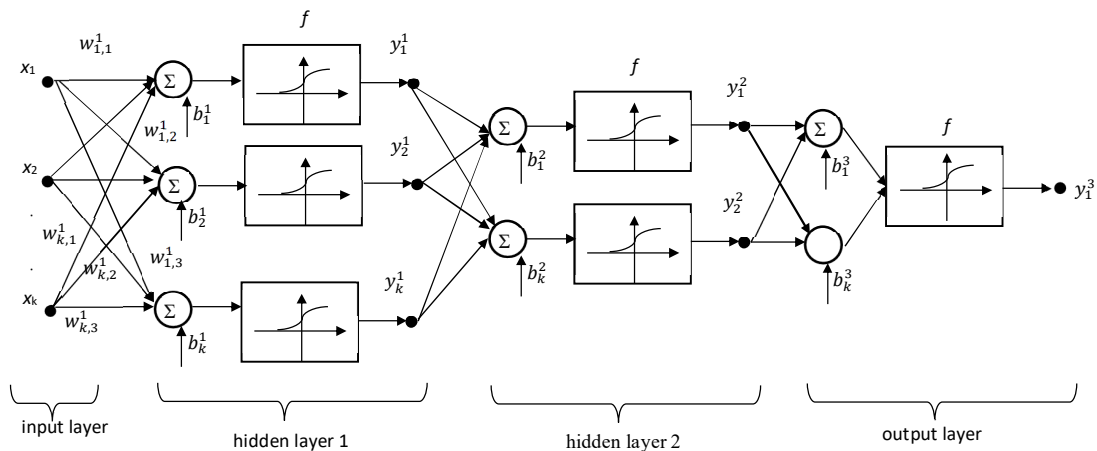
(ข) ระบบควบคุม

รูปที่ 1 แผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งและการเก็บข้อมูล

รูปที่ 1 แสดงแผงโซลาร์เซลล์บนหลังคาอาคารเก็บข้อมูลโดยเป็นการต่อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 2.72 KW จำนวน 8 แผง แบบอนุกรมแล้วต่อไฟฟ้าเข้ากับตู้ควบคุมและแผงแบตเตอรี่ ซึ่งภายในระบบจะจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดได้แก่ บิ๊มน้ำ ระบบไฟฟ้าส่องสว่างและคอมพิวเตอร์จำนวน 1 เครื่อง การทดลองใช้ Intel® core i7 CPU พร้อม RAM 8 GB ใช้โปรแกรม MATLAB R2019 ในการเขียนโปรแกรม

โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นหนึ่งในเทคนิคการสอนระบบให้เรียนรู้ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการประมวลผลข้อมูลด้วยการคำนวณตามการเชื่อมต่อ โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการสร้างการประเมินพลังงานและรู้จักกันในชื่อเทคนิค ML หลักในพื้นที่นี้ประสบความสำเร็จในการใช้แบบจำลองปัญหาที่ไม่เชิงเส้นและระบบที่ซับซ้อน (Saleh Seyedzadeh et al.,2018) โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยตัวประมวลผลที่เชื่อมต่ออยู่หลายตัว เรียกว่าเซลล์ประสาทและแต่ละชุดมีฟังก์ชันการกระตุ้นเพื่อปรับค่าและส่งผลลัพธ์กับเซลล์ประสาทถัดไป (Muhammad Imran Razzak et al.,2017) เซลล์ประสาทบางชนิดอาจส่งผลต่อการกระทำที่ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้หรือนำหนักที่ทำให้โครงข่ายสามารถแสดงพฤติกรรมที่ต้องการได้ซึ่งสภาพการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงข่ายประสาทเทียม

รูปที่ 2 แสดงภาพการเชื่อมโยงของโครงข่ายประสาทเทียมโดยเมื่อมีข้อมูลนำเข้า x_i ข้อมูลจะส่งต่อมาที่ฟังก์ชันรวมเพื่อทำการคำนวณโดยแต่ละค่านำเข้าจะมีค่าน้ำหนัก w_i เมื่อรวมค่าแล้วจะส่งผลต่อไปที่ฟังก์ชันกระตุ้นโดยแต่ละฟังก์ชันกระตุ้นเพื่อปรับค่าก่อนที่จะส่งไปยังชั้นการเรียนรู้ถัดไป

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลนำเข้า 6 ปัจจัยได้แก่ วัน เวลา กระแสไฟที่ใช้ในขณะนั้น แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และ มีนาคม 2564 เก็บข้อมูลวันทำการ (จันทร์-ศุกร์) ทุกวันตั้งแต่เวลา 09.30 ถึง 16.30 น. การนำเข้าสู่ข้อมูลสู่โครงข่ายประสาทเทียมผู้วิจัยบันทึกข้อมูลในรูปแบบ (comma-separated values : csv) ไฟล์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า

ข้อมูลนำเข้า							
วันที่ (X_1)	เวลา (X_2)	กระแส (X_3)	แรงดัน (X_4)	อุณหภูมิ (X_5)	ความชื้น (X_6)	วัดต์ (y)	
1	9.30	2.18	374.3	31.9	70	708	
1	9.40	2.19	373.8	32.4	69	704	
1	9.50	2.32	370.1	32.9	69	744	
..	
1	16.30	2.55	351.9	39.8	62	737	

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างข้อมูลนำเข้าโครงข่ายประสาทเทียมของวันที่ 1 จะแบ่งเป็น 6 ปัจจัย (X) และ 1 เป้าหมาย (y) โดยปัจจัยนำเข้าข้อมูลจะเป็นไปดังรูปที่ 2 คือค่า X จะเป็นอินพุตของโครงข่ายประสาทเทียม เมื่อเรียนรู้ข้อมูลแล้วโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมจะต้องประมาณค่า y ออกมา 1 ค่า จากนั้นผู้วิจัยจะนำไปเปรียบเทียบกับค่า y ที่เกิดขึ้นจริงผลลัพธ์ที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

การวิเคราะห์การถดถอยและการวัดประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์เชิงถดถอยคือการประมาณค่าของตัวแปรตัวหนึ่งเรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent Variable) เขียนในรด้วย y โดยอาศัยค่าจากตัวแปรอื่นมาคำนวณซึ่งเรียกตัวแปรเหล่านั้นว่าตัวแปรอิสระ (Independent Variable) เขียนแทนด้วย X ซึ่งการทำค่า y เป็นการนำความรู้จาก X เพื่อประมาณการและมีค่า β เรียกว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 1

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

เมื่อ y คือตัวแปรตามที่ต้องการหาคำตอบ ค่า β_i คือสัมประสิทธิ์การถดถอย ($i = 0, 1, \dots, n$) และค่า X_i คือตัวแปรอิสระ [5] ซึ่งค่า y ที่เกิดขึ้นนี้เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง เช่น ค่า X มีค่ามาก ค่า y ก็จะมีค่ามากตาม หรือค่า X มีค่าน้อย ค่า y จะมีค่าน้อยตามเรียกว่าความสัมพันธ์เชิงบวก แต่ถ้าค่า X มีค่ามาก ค่า y จะมีค่าน้อย หรือค่า X มีค่าน้อย ค่า y มีค่ามากตามเรียกว่าความสัมพันธ์เชิงลบ ซึ่งค่าความสัมพันธ์นี้ค่าออกมาใกล้ 1 แสดงว่ามีความต่อกัน

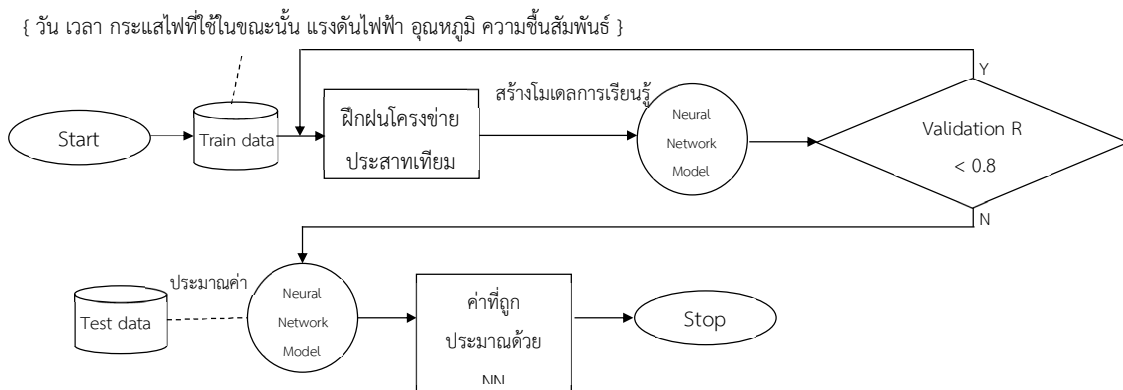
ในส่วนของการวัดประสิทธิภาพของตัวแบบใช้วิธีการ MAPE (Mean Absolute Percentage Error) ซึ่งค่าผิดพลาดนี้ยังมีค่าน้อยแสดงว่าคำตอบใกล้เคียงค่าจริงมากคำนวณตามสมการต่อไปนี้

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \left(\frac{|Actual - Predicted|}{|Actual|} \right) \times 100 \quad (2)$$

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์การถดถอยสามารถช่วยหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระได้ เมื่อมีการประมาณค่าด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและดูผลการประมาณค่าผู้วิจัยจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยแผนภาพการกระจายของข้อมูลซึ่งจะเห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล

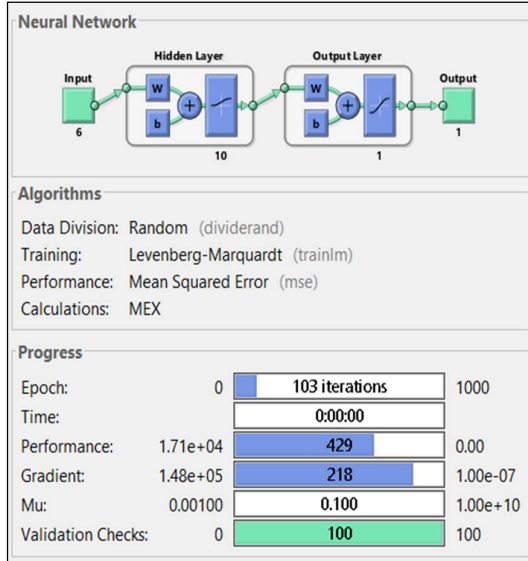
การประมาณค่าด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

การทดลองผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่เก็บได้ในช่วงเดือน มกราคม-มีนาคม 2564 มาแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ข้อมูลสำหรับสอนระบบ (train data) และข้อมูลการทดสอบระบบ (test data) แล้วส่งข้อมูลเพื่อฝึกฝนและทดสอบโดยภาพรวมการทดลองแสดงดังรูปที่ 3

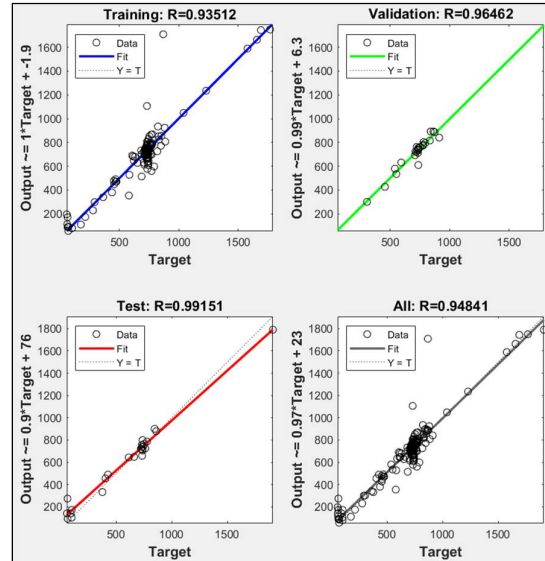


รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

รูปที่ 3 แสดงภาพขั้นตอนการทดลอง ขั้นแรกจะส่งข้อมูลสำหรับฝึกฝนระบบให้โครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นใช้ผลลัพธ์เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์เชิงถดถอยและเปรียบเทียบการทำนายของแบบจำลองประสาทกับค่าจริง ถ้าค่า Validation Test ต่ำกว่า 90% ขึ้นไปให้กลับไปฝึกโครงข่ายประสาทเทียมใหม่ การทดลองผู้วิจัยสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อนจำนวน 1 ชั้น โดยในชั้นซ่อนนี้ประกอบด้วยเซลล์ประสาท (นิวรอน) 10 เซลล์และใช้ฟังก์ชันกระตุ้นแบบ TANSIG (sigmoid function)



(ก) การสร้างโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีปัจจัยนำเข้า



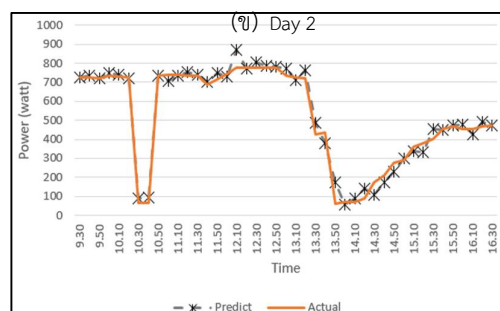
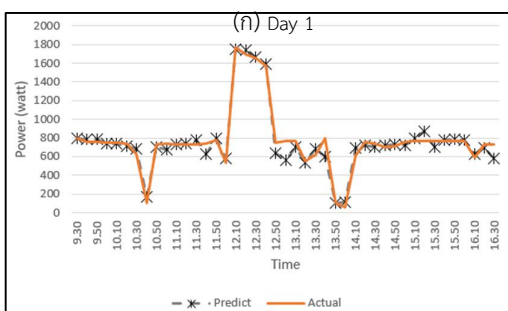
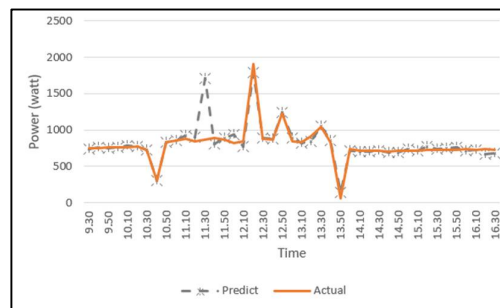
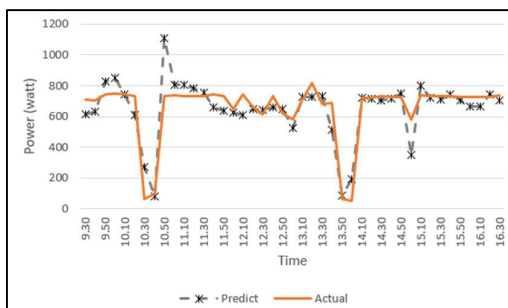
(ข) แผนภาพการกระจายข้อมูล

รูปที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างขึ้น

รูปที่ 4 (ก) แสดงการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีปัจจัยนำเข้า 6 ปัจจัยได้แก่ วัน เวลา กระแสไฟที่ใช้ในขณะนั้น แรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีชั้นการเรียนรู้ 1 ชั้นขนาด 10 นิวรอน รูปที่ 4 (ข) แสดงแผนภาพการกระจายข้อมูลภาพขาวบวมจะเป็นผลการทดสอบโมเดลจะเห็นว่าข้อมูลเกาะกลุ่มและมีความสัมพันธ์ที่ทิศทางเดียวกันและให้ความสัมพันธ์สูงถึง 0.964

ผลการวิจัย

การทดลองผู้วิจัยจะนำข้อมูลการเก็บข้อมูลในทุกวันทำงานของเดือนมกราคม กุมภาพันธ์และมีนาคม 2564 การประมาณค่าใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมพัฒนาตัวแบบด้วยโปรแกรม MATLAB ตัวอย่างผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 5



(ค) Day 3

(ง) Day 4

รูปที่ 5 ผลการประมาณค่าพลังงานไฟฟ้าจากโครงข่ายประสาทเทียม

รูปที่ 5 แสดงการประมาณค่า (Predict) กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันซึ่งจะเห็นว่าค่าประมาณมีรูปแบบใกล้เคียงกับข้อมูลจริงและมีผลการประมาณค่าดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ค่า MAPE วันที่ 1-10 เดือน มกราคม-มีนาคม 2564

	ค่า MAPE (%) แต่ละวัน									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
January	23.30	8.78	9.71	12.92	17.86	10.37	15.89	18.19	17.41	20.39
February	19.25	9.91	17.74	9.20	9.00	18.88	18.93	20.19	10.16	20.21
March	12.18	9.08	15.99	11.50	14.84	14.21	15.03	10.68	11.43	15.51

ตารางที่ 3 ค่า MAPE วันที่ 11-20 เดือน มกราคม-มีนาคม 2564

	ค่า MAPE (%) แต่ละวัน									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
January	8.46	11.58	15.93	12.41	16.06	11.84	10.16	9.30	13.86	10.61
February	14.14	12.68	11.42	21.66	8.36	10.69	10.03	10.64	18.65	17.23
March	17.02	13.60	11.52	8.82	15.50	20.66	10.09	13.23	17.02	13.60

ตารางที่ 2 และ 3 นำเสนอค่าผิดพลาดเฉลี่ย (MAPE) ในแต่ละวันซึ่งผู้วิจัยเก็บข้อมูลทุกวันทำการ 5 วันในแต่ละสัปดาห์ของแต่ละเดือนพบว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเดือนมกราคมต่ำสุดที่ 8.46% เดือนกุมภาพันธ์ต่ำสุดที่ 8.36% และเดือนมีนาคมต่ำสุดที่ 8.82%

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งผู้วิจัยเลือกจำนวนนิวรอนเท่ากับ 10 เนื่องจากได้ทดลองใส่จำนวนนิวรอน 1 ถึง 20 นิวรอน ดังตารางที่ 4 เพื่อหาจำนวนนิวรอนที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่สามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้ากับค่ากำลังไฟฟ้า (y)

ตารางที่ 4 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้ากับค่า y ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมในกรณีจำนวนนิวรอนที่ต่างกัน

	จำนวน Neurons									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Validation R	0.898	0.876	0.916	0.937	0.866	0.806	0.882	0.886	0.907	0.964
Validation R	0.943	0.927	0.916	0.943	0.923	0.923	0.918	0.925	0.925	0.918

ตารางที่ 4 แสดงค่าการวิเคราะห์การถดถอยต่อจำนวนนิวรอนโดยเริ่มจากจำนวน 1 ถึง 20 นิวรอนซึ่งจะเห็นว่าจำนวนนิวรอนที่ 10 นิวรอนให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนำเข้ากับค่าไฟฟ้าที่โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมทำนายมีความสอดคล้องกันสูงสุดซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงบวกแสดงให้เห็นดังรูปที่ 4(x) ผู้วิจัยจึงเลือกนิวรอนที่จะใช้ในการทดลองขนาด 10

นิเวรอน ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ที่บอกว่าค่าไฟฟ้าที่ประมาณจะเพิ่มหรือลดจะสัมพันธ์กับตัวแปรที่นำเข้าจึงสามารถอธิบายได้ โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 10 นิเวรอนสามารถสร้างโมเดลในการประมาณค่าไฟฟ้าได้ถูกต้องใกล้เคียงกับค่าไฟฟ้าจริง

นอกจากจะดูในเรื่องของค่าความสัมพันธ์ของค่าประมาณการกับข้อมูลนำเข้าแล้วยังดูค่าผิดพลาดระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณการ (MAPE) ดังตารางที่ 1 และ 2 พบว่ายังมีข้อผิดพลาดของการประมาณค่าโดยเมื่อเข้ามาดูในรายละเอียดในแต่ละวันดังตารางที่ 5 พบว่าบางช่วงเวลาผิดพลาดสูงบางช่วงเวลาผิดพลาดต่ำมาก

ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลการทำนายและค่าผิดพลาดวันที่ 1 มกราคม 2564

	เวลา									
	09.30	09.40	09.50	10.00	10.10	10.20	10.30	10.40	10.50	11.00
ค่าประมาณ	613.29	630.58	830.11	852.69	744.85	610.29	273.02	78.81	1106.51	805.56
ค่าจริง	708	704	744	752	745	735	63	101	731	739
ค่าผิดพลาด	13.37	10.42	11.57	13.38	0.019	16.96	333.37	21.96	51.36	9.00
(%)										

ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างผลการทำนายและค่าผิดพลาดวันที่ 1 มกราคม 2564 ช่วงเวลา 9.30 – 11.00 น. จะเห็นว่าส่วนใหญ่จะประมาณค่าใกล้เคียงกับค่าจริง เช่น ค่าประมาณในช่วงเวลา 10.10 น. สามารถประมาณค่าได้ 744.85 วัตต์ ส่วนค่าจริงอยู่ที่ 745 วัตต์ผิดพลาด 0.019% แต่มีบางช่วงเวลา เช่น ที่เวลา 10.30 น. กำลังไฟฟ้าตกลงไปที่ 63 วัตต์ ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมคำนวณผิดพลาดสูงถึง 333.37% ซึ่งเหตุผลที่ กำลังไฟฟ้าตกลงไปต่ำอยู่ที่ 63 วัตต์ ทั้งที่ตัวแปรนำเข้า อุณหภูมิ ความชื้น ยังอยู่ในระดับใกล้เคียงกับช่วงเวลาอื่นอาจเนื่องมาจากปัจจัยที่ไม่ได้นำเข้าเช่น ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ส่งผลโดยตรงกับแผง (ไฟโรจน์ ทองประศรี, 2018) ซึ่งความเข้มแสงอาทิตย์นี้จะมีผลโดยตรงต่อการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์

บทสรุป

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทดลองเก็บข้อมูลจากแผงโซลาร์เซลล์ที่ติดตั้งที่สวนพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ซึ่งจากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพื่อจ่ายระบบไฟฟ้าให้กับโรงเรือนฟาร์มอัจฉริยะ จากการสังเกตของผู้วิจัยซึ่งต้องการทราบถึงประสิทธิภาพของแผงเมื่อทำการติดตั้งเนื่องจากถ้าทดลองเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของแผงในหน้างานจริงจะสามารถเป็นสารสนเทศเพื่อรายงานผู้บริหารและเป็นประโยชน์ต่อการลงทุนการติดตั้งระบบต่อไป ในส่วนผลการทดลองซึ่งพบว่าตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้และให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงดังรูปที่ 5 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถเรียนรู้รูปแบบข้อมูลและความสัมพันธ์โดยค่าประมาณสูงถึง 0.964 ซึ่งตัวแบบนี้สามารถไปประยุกต์ใช้เพื่อทำนายข้อมูลที่เข้าป้อนเข้าเป็นความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น เช่น อัตราการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์ในอนาคตได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสวนพลังงานคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เอกสารอ้างอิง

- ไพโรจน์ ทองประศรี. (2518). การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์และพิคัดของโหลดสำหรับติดตั้งระบบเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชวมงคลธัญบุรี. หน้า 95-105.
- A. Mellit, M. Benghanem, and M. Bendekhis.(2005). Artificial neural network model for prediction solar radiation data: application for sizing stand-alone photovoltaic power system. in IEEE Power Engineering Society General Meeting. San Francisco. CA. USA.
- A. Mellit, A. Massi Pavan, and V. Lughi. (2014). Short-term forecasting of power production in a large-scale photovoltaic plant. *Solar Energy*. vol. 105, pp. 401–413.
- A. Yona, A. Y. Saber, H. Sekine, and C. H. Kim.(2007).Application of neural network to one-day-ahead 24 hours generating power forecasting for photovoltaic system. in International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems. Toki Messe, Niigata. Japan.
- Choi B.R., Palmquist D.L. and Allen M.S. (2000). Cholecystokinin mediates depression of feed intake in dairy cattle fed high fat diets. *Domestic Animal Endocrinology*. 19(3): 159–175.
- F. Bonanno, G. Capizzi, G. Graditi, C. Napoli, and G. M. Tina. (2012). A radial basis function neural network based approach for the electrical characteristics estimation of a photovoltaic module. *Applied Energy*. vol. 97, pp. 956–961.
- M. Irwanto, Y. M. Irwan., S. Ibrahim, W. Z. Leow, and G. Nair. (2014). Analysis simulation of the photovoltaic output performance. in IEEE 8th International Power Engineering and Optimization Conference. pp. 477–481.
- M. S. Cengiz and M. S. Mamiş.(2015). Price-efficiency relationship for photovoltaic systems on a global basis. *International Journal of Photoenergy*. vol. 2015.
- Muhammad Imran Razzak, Saeeda Naz and Ahmad Zaib. (2017). Deep Learning for Medical Image Processing: Overview, Challenges and Future.
- Panyadee P., Balslev H., Wangpakapattanawong P. and Inta A. (2016). Woody plant diversity in urban homegardens in Northern Thailand. *Economic Botany*. 70(3): 285–302.
- R. Bhol, A. Pradhan, R. Dash, and S. M. Ali. (2015). Environmental effect assessment on performance of solar PV panel. in International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies. Nagercoil. India. pp. 1–5.
- Saleh Seyedzadeh, Farzad Pour Rahimian, Lvan Glesk and Marc Roper. (2018). Machine learning for estimation of building energy consumption and performance: a review. *Visualization in Engineering*

การพัฒนาผลึกซีเซียมสตรอนเซียมไอโอไดต์เพื่อใช้ในการตรวจวัดรังสี

Development of cesium strontium iodide for radiation detection

วศิน ชีวจารัสสกุล^{1*}, พรรณี แสงแก้ว¹, ประวิทย์ บัวบาน¹, จักรพงษ์ แก้วขาว², นุชจรี คิวสกุลกาญจน์²
และ นครินทร์ สิงคิบุรินทร์²

Wasin Chevajarassakul^{1*}, Phannee Sangkaew¹, Prawit Buaban¹, Jakrapong Kaewkhao²,
Nuchjaree Kiwsakunkran² and Nakarin Singkiburin²

^{1*} คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม

* wasin.cheva@gmail.com

บทคัดย่อ

การตรวจวัดรังสีนั้นจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการตรวจวัดรังสี ภายในอุปกรณ์วัดรังสีมีส่วนประกอบที่สำคัญคือหัววัดรังสี และหัววัดรังสีชนิดผลึกเรืองแสงเป็นที่นิยมใช้งานเนื่องด้วยมีประสิทธิภาพการตรวจวัดรังสีที่ดีแต่ว่ามีราคาที่สูงกว่าที่ค่อนข้างแพง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาผลึกเพื่อใช้ในการตรวจวัดรังสี ด้วยวิธีการปลูกแบบบริดจ์แมน-สต็อกบาร์เกอร์ที่ปรับปรุงขึ้นเอง โดยใช้ส่วนผสมของสารเริ่มต้นซีเซียมไอโอไดต์และสตรอนเซียมไอโอไดต์ที่แตกต่างกันคือร้อยละ 1, 3 และ 5 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงหรือการเพิ่มปริมาณสัดส่วนของสตรอนเซียมไอโอไดต์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลึกและคุณสมบัติทางแสงของผลึกซีเซียมสตรอนเซียมไอโอไดต์ โดยนำตัวอย่างผลึกทั้งสามก้อนไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึก คุณภาพผลึก และคุณสมบัติทางแสง ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณสัดส่วนสตรอนเซียมไอโอไดต์เพิ่มขึ้นในปริมาณเล็กน้อย โครงสร้างผลึกและคุณภาพความเป็นผลึกมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก คือเกิดสถานะความเครียดแบบบีบอัดในผลึกเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และขนาดเม็ดผลึกของผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อย โดยรวมถือว่าไม่ส่งผลเสียต่อโครงสร้างผลึกและคุณภาพความเป็นผลึกเมื่อผสมสตรอนเซียมปริมาณเล็กน้อยเข้าไปเป็นองค์ประกอบในการปลูกผลึกซีเซียมไอโอไดต์ แต่ว่าสตรอนเซียมที่ผสมเข้าไปนั้นสามารถช่วยส่งผลที่ดีขึ้นของคุณสมบัติทางแสงที่ค่อนข้างเห็นได้ชัดเจนคือ ช่วยทำให้แสงที่เปล่งออกมาจากผลึกมีความเข้มของการเปล่งแสงสูงมากขึ้น และแสงมีความยาวคลื่นที่เพิ่มมากขึ้นเป็นประมาณ 595-600 นาโนเมตร ทำให้ผลึกอาจจะเหมาะสมต่ออุปกรณ์ขยายแสงชนิดอื่นที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แสงเพื่อทดแทนการใช้หลอดทิวคูณแสงได้ สำหรับเพื่อการพัฒนาเครื่องตรวจวัดรังสีหรือวัดปริมาณรังสีราคาที่ย่อมเยาได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ผลึกซินทิลเลชัน สตรอนเซียมไอโอไดต์ ซีเซียมไอโอไดต์ ซีเซียมสตรอนเซียมไอโอไดต์ การวัดรังสี

Abstract

Radiation detections require an efficient and suitable device system to measure each type of radiations. One of the most important components of the radiation measurement system is the radiation detector. The scintillation detectors are one of the most popular utilization because of their high suitable properties

and radiation-measurement efficiency but they are quite expensive. Therefore, the development of scintillators for radiation measurements is the attractive topic for long time. This work aims to study the impact of the increased amount of strontium iodide on the crystal quality and optical properties of the grown samples of cesium strontium iodide crystals by the home-made Bridgeman-Stock Barker method. There are 3 different compositions of cesium iodide and strontium iodide of 1%, 3% and 5%. After that, three crystal samples were analyzed for the crystal structure, crystal quality and optical properties. It was found that the crystal structure and crystalline quality are slightly worse with the increased composition of strontium iodide due to the compressive strain in the grown crystal samples by decreasing their lattice parameter. Moreover, the crystal size was slightly bigger with the increased strontium composition. Briefly, the small amount of strontium added in CsI crystals could not be dramatically caused to change in the crystal structure and crystalline quality and crystallite size. However, there are quite noticeable that this small amount of strontium can enhance the improvement of optical properties. As the obvious results, the intensity of light emission was higher by crystals with higher amount of strontium and also the increased wavelength of about 595-600 nm. This will be useful for other types of the light amplifier devices such as the cheaper optoelectronics for replacing the expensive photomultiplier tubes for further development of low-cost radiation detectors or dosimeters in the next future.

Keywords: Scintillation crystal, Strontium iodide, Cesium iodide, Cesium-strontium iodide, Radiation detection

บทนำ

การตรวจวัดรังสีที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีต้องคำนึงถึงประเภทของหัววัดรังสี ต้องเลือกใช้หัววัดรังสีที่เหมาะสมกับประเภทรังสีที่ตรวจวัด โดยหัววัดรังสีประเภทหนึ่งที่เคยใช้งานแพร่หลาย คือ หัววัดรังสีชนิดผลึกเรืองแสง (Scintillation detector) โดยหัววัดรังสีชนิดผลึกซีเซียมไอโอไดด์นั้นถือว่าเป็นผลึกเรืองแสงชนิดหนึ่งที่มีความสนใจในการศึกษาพัฒนาวิจัยให้มีประสิทธิภาพการตรวจวัดรังสีและความสามารถจำแนกระดับพลังงานให้ดีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง (อิมรอน, 2560) จากงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า ผลึกสตรอนเชียมไอโอไดด์มีคุณสมบัติทางแสงที่ดีและมีความสามารถในการเปล่งแสงที่ดีซึ่งเปล่งแสงได้เท่ากับ 110,000 โฟตอนต่อเมกะอิเล็กตรอนโวลต์ และพบว่าการใช้สารเคลือบไปนั้น จะทำให้คุณสมบัติทางแสงของผลึกสตรอนเชียมไอโอไดด์ดีขึ้นอีกด้วย (Hawrami et al., 2020) นอกจากนี้ยังพบงานวิจัยเกี่ยวกับการปลูกผลึกซีเซียมสตรอนเชียมไอโอไดด์มีความสามารถจำแนกระดับพลังงานรังสีได้ 4.6% สำหรับระดับพลังงาน 662 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งถึงคุณสมบัติที่ดีในการตรวจวัดรังสี (Raja et al., 2018) อย่างไรก็ตามถึงผลึกสตรอนเชียมไอโอไดด์มีข้อเสียที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้นั้นคือ ผลึกดังกล่าวมีความไวต่อความชื้นจากอากาศมาก ซึ่งหากผลึกเกิดการสัมผัสกับอากาศขึ้นจะทำให้ผลึกมีประสิทธิภาพในการตรวจวัดรังสีน้อยลง (Kawai et al., 2016) และนอกจากนี้ยังพบว่ามีการวิจัยที่ปลูกผลึกสารประกอบซีเซียมสตรอนเชียมไอโอไดด์โดยเจือด้วยยูโรเปียม ทำให้ได้ความสามารถในการจำแนกระดับพลังงานได้ 5.9% สำหรับระดับพลังงาน 662 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (Wu et al., 2016; Yao et al., 2019) ในงานวิจัยนี้จึงต้องการพัฒนาการปลูกผลึกซีเซียมสตรอนเชียมไอโอไดด์ที่เจือด้วยสารเคลือบ ด้วยว่าได้เล็งเห็นถึงคุณสมบัติของผลึกซีเซียมไอโอไดด์สามารถทนต่อความชื้นในอากาศได้มากกว่าสตรอนเชียมไอโอไดด์ จึงนำสารตั้งต้นสตรอนเชียมไอโอไดด์มาผสมให้เข้ากันกับซีเซียมไอ

ไอโอดีน เพื่อให้ได้ผลึกสารประกอบซีเซียมสตรอนเชียมไอโอดีนที่มีความไวและมีประสิทธิภาพการตรวจวัดรังสีที่ดีจากการผสมด้วยสตรอนเชียมไอโอดีน ถือได้ว่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการสังเคราะห์ผลึกเรืองแสงชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติการตรวจวัดรังสีได้ดีขึ้นต่อไปในอนาคต

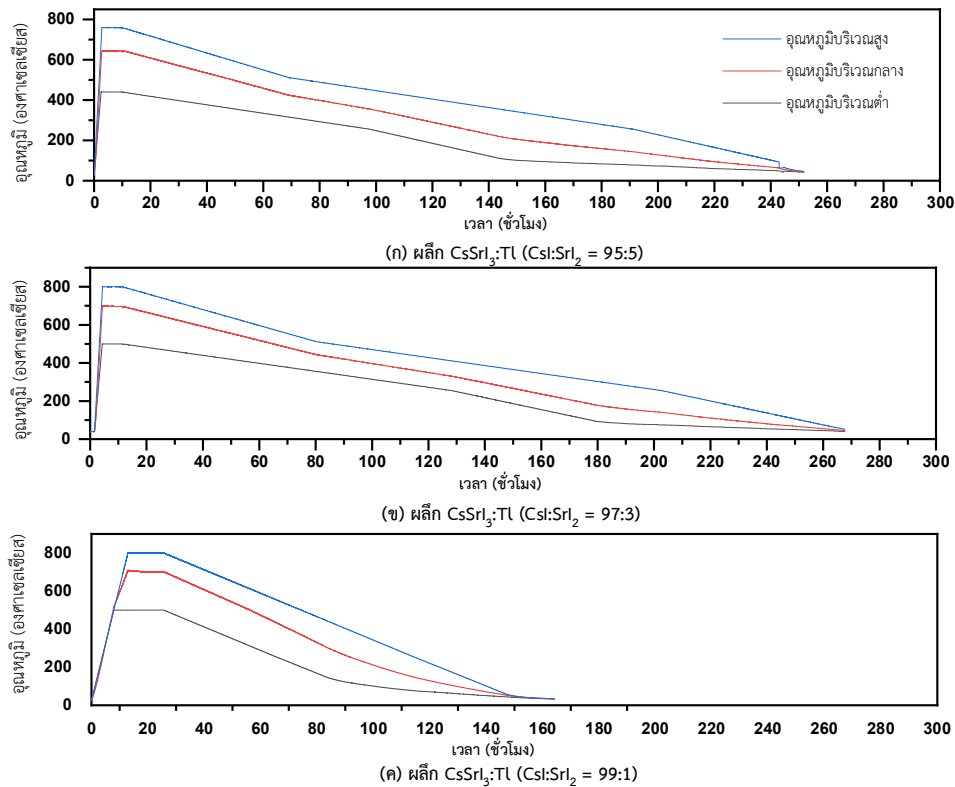
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาการปลูกผลึกซีเซียมสตรอนเชียมไอโอดีนด้วยวิธีการปลูกผลึกแบบบริดจ์แมน-สต็อกบาร์เกอร์ (Bridgeman-Stockbarger method) ที่พัฒนาขึ้นเอง โดยเตาบริดจ์แมน-สต็อกบาร์เกอร์นี้มีลักษณะการควบคุมอุณหภูมิแบ่งเป็น 3 บริเวณ คือ บริเวณความร้อนสูง บริเวณความร้อนต่ำ และบริเวณความร้อนกึ่งกลาง โดยบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่บริเวณความร้อนที่ใช้ในการปลูกผลึก ในการวิจัยนี้ใช้สารตั้งต้นซีเซียมไอโอดีนที่เป็นผงละเอียดที่มีความบริสุทธิ์ 99.999% เป็นระดับเกรดคุณภาพการทดลองมาตรฐานโดยบริษัทอัลฟาเอซาร์จำกัด โดยทั่วไปสารประกอบซีเซียมไอโอดีนมีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ที่มีอะตอมตรงกลางหรือโครงสร้างผลึกแบบ BCC (Body-centered cubic) มีจุดหลอมเหลว 626 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 1280 องศาเซลเซียส สำหรับสารตั้งต้นสตรอนเชียมไอโอดีนที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นผงละเอียดมีความบริสุทธิ์ 99.9% เป็นเกรดระดับคุณภาพการทดลองมาตรฐานโดยบริษัทอัลฟาเอซาร์จำกัด โดยทั่วไปสารประกอบสตรอนเชียมไอโอดีนมีโครงสร้างผลึกแบบออร์ทอโรมบิก (Orthorhombic) มีจุดหลอมเหลว 645 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 1173 องศาเซลเซียส และสำหรับสารแทลเลียมไอโอดีนเพื่อใช้เป็นสารเจือมีความบริสุทธิ์ 99.999% เป็นระดับเกรดคุณภาพการทดลองมาตรฐาน มีลักษณะผงละเอียดโดยบริษัทซิกม่าออลทริจ จำกัด มีจุดหลอมเหลว 442 องศาเซลเซียส และจุดเดือด 824 องศาเซลเซียส และในงานวิจัยนี้ทำการทดลองปลูกตัวอย่างผลึก 3 ก้อน ที่มีสัดส่วนโดยน้ำหนักของซีเซียมไอโอดีนต่อสตรอนเชียมไอโอดีนแตกต่างกันคือ 99:1, 97:3 และ 95:5 ตามลำดับ โดยที่ผลึกทั้งสามนี้จะถูกเจือด้วยแทลเลียมไอโอดีน ปริมาณร้อยละ 0.35 โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงหรือการเพิ่มปริมาณสัดส่วนของสตรอนเชียมไอโอดีนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและคุณสมบัติทางแสงของผลึกซีเซียมสตรอนเชียมไอโอดีน เริ่มต้นการปลูกตัวอย่างผลึกโดยนำสารตั้งต้นตามสัดส่วนที่กำหนดไว้บรรจุในหลอดปลูกผลึกซึ่งเป็นหลอดแก้วควอตซ์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร และยาว 42 เซนติเมตร โดยออกแบบให้หลอดแก้วมีปลายแหลมมากเป็นรูปตัววี หลอดก่อนทำการปลูกผลึกจะต้องผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกด้วยแอลกอฮอล์ ทำซ้ำจำนวน 3 รอบ และอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้ความชื้นเหลือในหลอดแก้วปลูกผลึก โดยหลอดปลูกผลึกที่พร้อมทำการปลูกผลึกเมื่อบรรจุลงในเตาจะถูกปรับให้เป็นระบบสุญญากาศด้วยก๊าซอาร์กอนก่อนการเริ่มให้ความร้อนหรือเพิ่มอุณหภูมิกับเตาปลูกผลึกนั้น หลังจากทำการปลูกผลึกได้ตัวอย่างผลึกซีเซียมสตรอนเชียมไอโอดีนทั้งสามก้อนที่มีสัดส่วนต่างกันแล้ว จึงนำไปศึกษาวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกและคุณภาพผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยเอกซเรย์ (X-ray diffraction) และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงด้วยเทคนิคการกระตุ้นด้วยแสง (Photoluminescence spectroscopy) และเทคนิคการส่องผ่านด้วยแสงย่านความยาวคลื่นเหนือม่วงและย่านที่ตามองเห็นได้ (UV-Vis spectroscopy) และสุดท้ายจะนำตัวอย่างผลึกทั้งสามก้อนไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการตรวจวัดรังสีและความสามารถในการจำแนกพลังงานรังสีต่อไป

ผลการวิจัย

ในการปลูกผลึกจะต้องทำการตั้งค่าอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำจากเครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยการตั้งค่าจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิกลางเนื่องจากบริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่ใช้ในการปลูกผลึก โดยอุณหภูมิกลางนี้จะอ้างอิงจากจุดหลอมเหลวของสารตั้ง

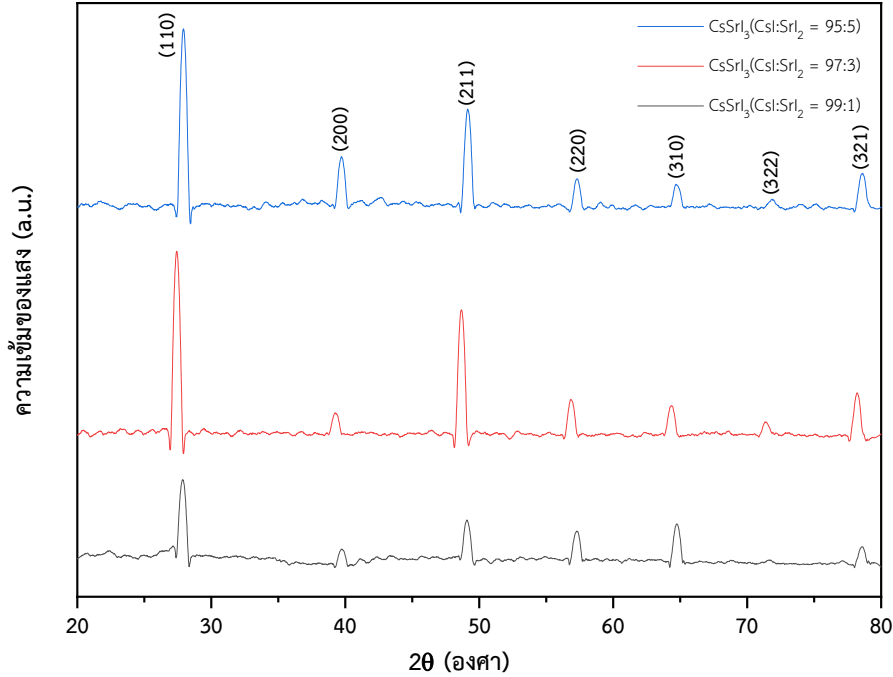
ต้นที่ใช้ในการปลูก ในการทดลองนี้ได้ใช้อุณหภูมิกลางที่ประมาณ 650 องศาเซลเซียส เมื่อตั้งค่าอุณหภูมิเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องรอให้อุณหภูมิขึ้นไปสูงสุดตามที่ตั้งค่าเอาไว้ หลังจากนั้นจะควบคุมอุณหภูมิตรงนี้ไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสภาวะคงที่ของสารละลาย แล้วจึงทำการลดอุณหภูมิเตาเพื่อให้สารตั้งต้นที่เป็นสารละลายทั้งหมดแล้วเกิดการตกผลึกกลายเป็นของแข็งอย่างช้า ๆ ในการทดลองของผลึกที่มีสัดส่วน 95:5 มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิเท่ากับ 0.1 องศาเซลเซียสต่อนาที ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเตาปลูกผลึกขณะนั้น ส่วนผลึกที่มีสัดส่วน 99:1 และ 97:3 มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิเท่ากับ 0.05 องศาเซลเซียสต่อนาที เมื่อทำการปรับปรุงระบบเตาใหม่ และจากกราฟโปรไฟล์อุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 1 สามารถนำมาคำนวณหาเกรเดียนต์อุณหภูมิของเตาในช่วงการลดอุณหภูมิ 3.96, 4.08 และ 4.64 องศาเซลเซียสต่อมิลลิเมตร สำหรับตัวอย่างผลึกที่มีสัดส่วน 95:5, 97:3 และ 99:1 ตามลำดับ และเมื่อนำมาคำนวณจึงทำให้ทราบว่า อัตราการตกผลึกของการปลูกผลึกตามเงื่อนไขการปลูกผลึกนี้ของตัวอย่างผลึกที่มีสัดส่วน 95:5 คือ 0.03 มิลลิเมตรต่อนาที และสำหรับผลึกที่มีสัดส่วน 97:3 และ 99:1 มีอัตราการตกผลึกของการปลูกผลึกเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตรต่อนาที



รูปที่ 1 โปรไฟล์อุณหภูมิของการปลูกผลึก CsSrI₃:TL ที่มีสัดส่วนสารตั้งต้น CsI:SrI₂ ต่างกัน คือ 99:1, 97:3 และ 95:5 โดยกำหนดค่าอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ เพื่อให้ได้อุณหภูมิบริเวณกึ่งกลางที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผลึกประมาณ 650°C

จากการศึกษาด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์เพื่อวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกและคุณภาพความเป็นผลึกของตัวอย่างผลึกที่ปลูกได้ ได้ผลว่า ผลึกทั้ง 3 ก้อน โดยแสดงรูปแบบตำแหน่งของพีคการเลี้ยวเบนผ่านระนาบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (110), (200), (211), (220), (310), (322) และ (321) และแสดงพีคการเลี้ยวเบนผ่านระนาบที่เด่นชัดที่สุดคือระนาบ (110) และถัดไปคือพีคของระนาบ (211) โดยรูปแบบตำแหน่งพีคการเลี้ยวเบนลักษณะนี้เป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของผลึกซีเซียมไอโอไดด์ (Cesium iodide: CsI) ที่มีโครงสร้างผลึกแบบ BCC ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ว่า เมื่อมีสัดส่วนของ

สตรอนเชียมไอโอไดต์เพิ่มมากขึ้น พีคของระนาบ (110) มีความเด่นชัดมากขึ้น และพบว่า ผลึกที่มีสัดส่วน 95:5 ($\text{CsI}:\text{SrI}_2$) มีระนาบที่จัดเรียงตัวกันของผลึกเด่นชัดใกล้เคียงกัน 2 ระนาบ คือ ระนาบ (110) และ ระนาบ (211) โดยที่มีค่าความเข้มของพีคสูงกว่าของกรณีผลึกที่มีสัดส่วน 99:1 ($\text{CsI}:\text{SrI}_2$) ค่าความเข้มนี้จะแสดงถึงคุณภาพความเป็นผลึกเบื้องต้นของผลึกที่ต่างกันของผลึกที่มีสัดส่วนสารตั้งต้นต่างกัน

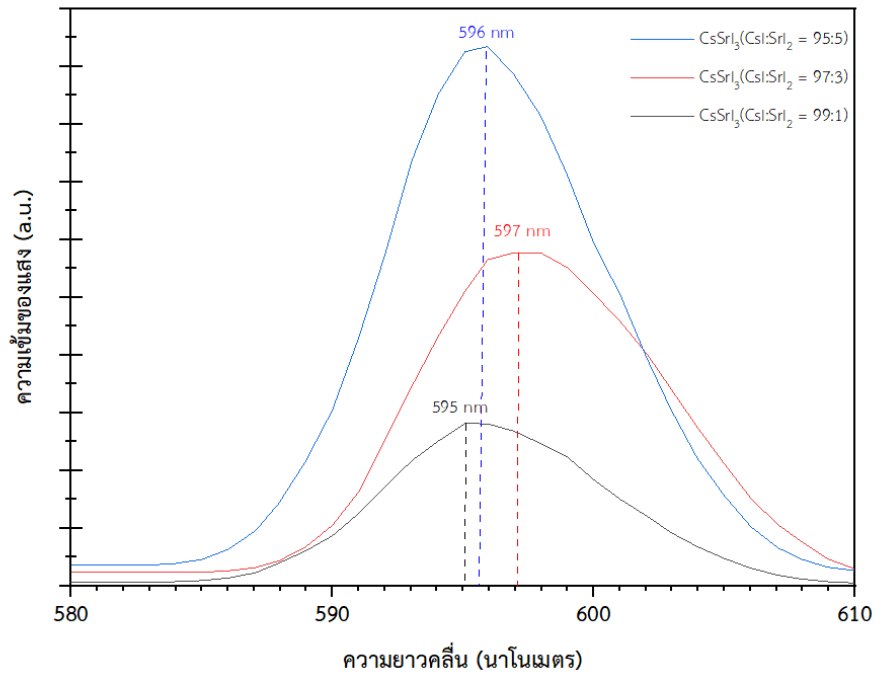


รูปที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ในผลึก $\text{CsSrI}_3:\text{TL}$ ที่มีสัดส่วนสารตั้งต้น $\text{CsI}:\text{SrI}_2$ ต่างกันคือ 99:1, 97:3 และ 95:5

จากผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ สามารถคำนวณหาระยะห่างระหว่างระนาบตามทฤษฎีของกฎของแบรกก์ (Bragg's Law) สามารถนำมาคำนวณหาค่าคงที่แลตทิซของผลึก (Lattice constant) เฉลี่ยเท่ากับ 4.4574 ± 0.0958 อังสตรอม สำหรับผลึกที่มีสัดส่วน $\text{CsI}:\text{SrI}_2$ เป็น 95:5 และค่าคงที่แลตทิซของผลึกเท่ากับ 4.5156 ± 0.0370 อังสตรอม และ 4.4647 ± 0.0707 อังสตรอม สำหรับผลึกที่มีสัดส่วน $\text{CsI}:\text{SrI}_2$ เป็น 97:3 และ 99:1 ตามลำดับ โดยสังเกตเห็นว่า ผลึกซีเซียมไอโอไดต์เมื่อมีการผสมสตรอนเชียมไอโอไดต์เป็นองค์ประกอบ ส่งผลทำให้ค่าคงที่แลตทิซขนาดเล็กลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดค่าคงที่แลตทิซของผลึกซีเซียมไอโอไดต์ 4.5567 อังสตรอม (Klimmonsky et al., 2011; Hsu J. and Ma Y., 2019) แต่นั่นคือ ทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบบีบอัด (Compressive strain) ในผลึกที่มีสัดส่วนเป็น 95:5, 97:3 และ 99:1 ดังนี้ -2.39%, -1.12% และ -2.23% และจากผลการทดสอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์นี้ยังคงสามารถนำมาคำนวณหาขนาดเม็ดผลึกของแต่ละก้อนโดยสมการเชียร์เรอร์ (Scherrer's equation) (Triloki, R. Rai and B. K. Singh (2015) ได้ขนาดเม็ดผลึกเฉลี่ยของผลึกมีสัดส่วน $\text{CsI}:\text{SrI}_2$ เป็น 99:1, 97:3 และ 95:5 ดังนี้ 16.47 ± 0.89 , 16.62 ± 0.93 และ 16.72 ± 1.15 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่า เมื่อมีสัดส่วนของสตรอนเชียมไอโอไดต์เพิ่มมากขึ้นในช่วงร้อยละ 1- 5 นี้ ส่งผลให้ขนาดเม็ดผลึกเฉลี่ยมีขนาดใหญ่อขึ้นเพียงเล็กน้อยมากหรืออาจจะแทบถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก

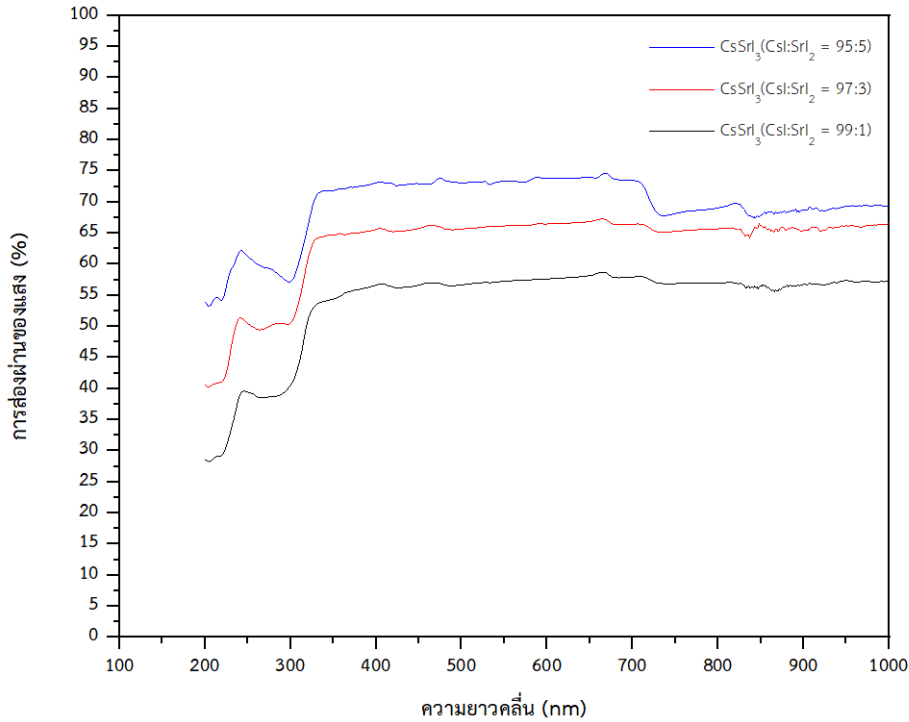
และในการศึกษาคุณสมบัติทางแสงของผลึก รูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าจากสเปกตรัมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการกระตุ้นด้วยแสงของผลึก $\text{CsSrI}_3:\text{TL}$ ทั้งสามก่อนที่มีสัดส่วนสารตั้งต้นต่างกัน โดยผลึกทั้งสามก่อนมีการตอบสนองต่อการกระตุ้นที่ความยาวคลื่น 300 นาโนเมตร และมีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 595-597 นาโนเมตร หรือประมาณ

2.10 eV จะเห็นได้ว่า เมื่อมีสัดส่วนของสตรอนเชียมไอโอไดด์เพิ่มมากขึ้นในช่วงแคบร้อยละ 1, 3 และ 5 แสงที่เปล่งออกมาจากตัวอย่างผลึกเหล่านี้แทบจะถือว่ามีความยาวคลื่นไม่แตกต่างกันหรืออาจจะมีแนวโน้มความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ได้สังเกตพบว่า ค่าความเข้มแสงที่เปล่งออกมาเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณสัดส่วนสตรอนเชียมเพิ่มขึ้น และเมื่อเทียบกับกรณีของงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบสิ่งเจือปนผสมร่วมกับการเจือแพลเลียมจะส่งผลทำให้แสงที่เปล่งออกมามีความยาวคลื่นยาวมากขึ้นคือจะลดลงจากราวประมาณ 540 นาโนเมตร ไปเป็น 590 นาโนเมตร และความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเช่นกัน (ปรมินทร์, 2560)



รูปที่ 3 สเปกตรัมจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการกระตุ้นด้วยแสง (Photoluminescence spectroscopy; PL) ในผลึก CsSr₁₃:Tl ทั้ง 3 สัดส่วน ผลึกทั้งสามปลดปล่อยความยาวคลื่นประมาณ 595-597 nm

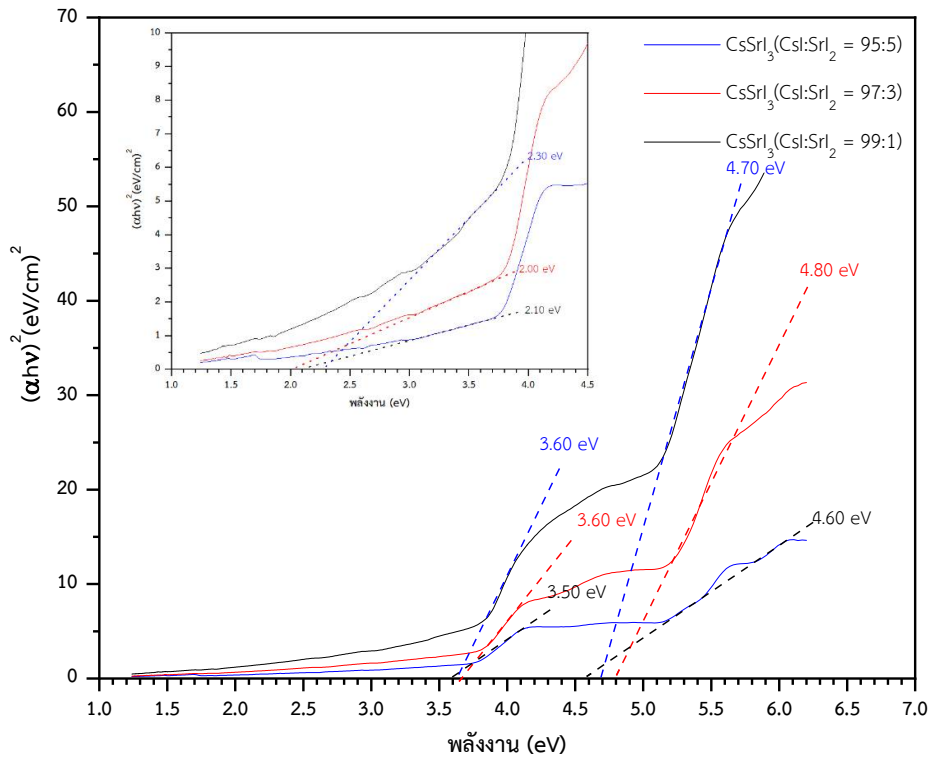
นอกจากนี้การศึกษาคุณสมบัติทางแสงของผลึกด้วยเทคนิคการส่องผ่านด้วยแสงย่านเหนือม่วงและย่านที่ตามองเห็นพบว่า ผลึกที่มีสัดส่วนของซีเซียมไอโอไดด์และสตรอนเชียมไอโอไดด์เป็น 95:5 นั้นมีค่าการส่องผ่านของแสงมากที่สุด โดยมีค่าประมาณ 72.5% ของแสงความยาวคลื่นประมาณ 325 นาโนเมตร และมีค่าการส่องผ่านของแสงเท่ากับ 62.5% และ 52.5% ของแสงความยาวคลื่นประมาณ 325 นาโนเมตรเช่นกัน สำหรับผลึกที่มีสัดส่วนเป็น 97:3 และ 99:1 ตามลำดับ ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 4 ซึ่งนี้ส่งผลให้เห็นว่า เมื่อมีสัดส่วนของปริมาณสตรอนเชียมเพิ่มมากขึ้นมีความเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางแสงเปลี่ยนไปโดยสังเกตเห็นว่าการดูดกลืนแสงย่านระดับพลังงานสูงไว้ได้มากกว่าและการส่องผ่านของแสงย่านระดับพลังงานต่ำได้มากกว่า กรณีของผลึกที่มีปริมาณสัดส่วนของสตรอนเชียมน้อยกว่า



รูปที่ 4 สเปกตรัมค่าร้อยละการส่องผ่านของแสงและความยาวคลื่นซึ่งมาจากเทคนิคการส่องผ่าน (UV-Vis spectrometry) ในผลึก CsSrI₃:TL ทั้ง 3 สัดส่วนแสดงให้เห็นถึงร้อยละการส่องผ่านของแสงที่มากที่สุด อยู่ที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 325 nm

เมื่อได้กราฟความสัมพันธ์ของการส่องผ่านของแสงกับความยาวคลื่นแสงที่ส่องตกกระทบแล้ว สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปหาค่าช่องว่างแถบพลังงานของผลึกได้ตามหลักการสร้างความสัมพันธ์แบบทาวซ์ (Tauc's plot) เพื่อหาค่าความสามารถในการดูดกลืนแสง (Poramin et al., 2018) ผลการวิเคราะห์พบว่า แต่ละผลึกแสดงค่าช่องว่างแถบพลังงานของผลึก 2 ค่า แบบชัดเจน คือมีค่าช่องว่างแถบพลังงานแรกเท่ากับ 3.60, 3.60 และ 3.50 อิเล็กตรอนโวลต์ และอีกค่าช่องว่างแถบพลังงานเท่ากับ 4.70, 4.80 และ 4.60 อิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับผลึก CsSrI₃:TL ที่มีสัดส่วน 95:5, 97:3 และ 99:1 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นค่าแถบพลังงานของผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือด้วยเทลเลียมที่พบได้ทั่วไปคือประมาณ 3.51 และ 4.4 อิเล็กตรอนโวลต์ โดยทั้งนี้ยังคงมีอีกหนึ่งค่าแถบพลังงานของผลึกชนิดนี้คือ 2.0 อิเล็กตรอนโวลต์ (ปรมินทร์, 2560) แต่สำหรับค่าแถบพลังงานช่วงนี้สังเกตเห็นได้ค่อนข้างลำบากเนื่องด้วยว่าเป็นช่วงที่มีพลังงานต่ำเกิดความผิดพลาดจากการสูญเสียพลังงานได้ง่ายและเป็นผลมาจากขีดจำกัดของเครื่องมือด้วย ถึงอย่างไรในรูปแทรกในรูปที่ 5 จะสามารถลากแนวโน้มเส้นการเปลี่ยนตรงรอยต่อได้เป็น 2.10, 2.00 และ 2.30 eV สำหรับผลึกที่มีสัดส่วน 99:1, 97:3 และ 95:5 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์สามารถกล่าวได้ว่า ค่าช่องว่างแถบพลังงานเมื่อมีสตรอนเซียมผสมในผลึกซีเซียมไอโอไดต์เพิ่มมากขึ้นในปริมาณแตกต่างกันน้อยมากนั้นแทบจะไม่แตกต่างกันเท่าไรนัก แต่สามารถสังเกตเห็นทิศทางแนวโน้มว่าโดยรวมแล้วผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือด้วยสตรอนเซียมด้วยมีค่าช่องว่างแถบพลังงานสูงมากกว่าในกรณีของผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือเทลเลียมอย่างเดียว และจากคุณสมบัติของผลึกสตรอนเซียมไอโอไดต์จะมีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 540 นาโนเมตร (Yanagida et al., 2016; Yokoya et al., 2018) หรือราว 2.30 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลึกซีเซียมไอโอไดต์เจือเทลเลียม แต่เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะสังเกตเห็นว่า เมื่อมีสัดส่วนปริมาณของสตรอนเซียมไอโอไดต์เพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 1 เป็นร้อยละ 5 นั้น จะพบว่าส่งผลให้ค่าช่องว่างแถบพลังงานของผลึกมีค่าเพิ่มมากขึ้นหรือมีความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมาสั้นลงเล็กน้อย ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกับผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเทคนิคการส่องผ่านด้วยแสงนี้กับเทคนิคการกระตุ้นด้วยแสง ถือได้ว่ามีความ

สอดคล้องกันในกรณีสามารถช่วยทำให้เกิดการเพิ่มศักยภาพการดูดกลืนแสงของคลื่นแสงที่มีระดับพลังงานสูงดีกว่าหรือได้มากกว่าเมื่อมีปริมาณสตรอนเชียมเพิ่มมากขึ้นในผลึก



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ของค่าความสามารถในการดูดกลืนแสงกับพลังงานของแสงที่ตกกระทบ แสดงให้เห็นถึงค่าช่องว่างแถบพลังงานทางแสงของผลึกซีเซียมสตรอนเชียมไอโอไดด์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพโครงสร้างและคุณสมบัติเชิงแสงของผลึกที่ปลูกได้ในสัดส่วนที่ต่างกัน

อัตราส่วนของสารตั้งต้น (CsI:SrI ₂)	ผลการวิเคราะห์คุณภาพโครงสร้างและคุณสมบัติเชิงแสง		
	ขนาดเม็ดผลึก (อังสตรอม)	ความยาวคลื่นเปล่งแสง จากเทคนิค PL (นาโนเมตร)	ค่าช่องว่างแถบพลังงาน จากเทคนิค UV-Vis (อิเล็กตรอนโวลต์)
99:1	16.47 ± 0.89	595	2.10
97:3	16.62 ± 0.93	597	2.00
95:5	16.72 ± 1.15	596	2.30

การอภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกและคุณภาพผลึก พบว่าเมื่อมีปริมาณสตรอนเชียมผสมในผลึกมากขึ้น เมื่อมีสัดส่วนของสตรอนเชียมไอโอไดด์เพิ่มมากขึ้นจากร้อยละ 1, 3 และ 5 จะเห็นได้ว่าขนาดเม็ดผลึกเปลี่ยนแปลงน้อยมากแต่มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยดังนี้ 16.47 ± 0.89, 16.62 ± 0.93 และ 16.72 ± 1.15 นาโนเมตร ตามลำดับ และค่าคงที่ของแลททิซเฉลี่ยมีค่า

เท่ากับ 4.4647 ± 0.0707 , 4.5156 ± 0.0370 และ 4.4574 ± 0.0958 อังสตรอม และทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบบีบอัดในผลึกเงิน -2.23% , -1.12% และ -2.39% โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพเชิงโครงสร้างของผลึก แสดงให้เห็นว่า สตรอนเซียมไอโอไดต์ที่ผสมเพิ่มเข้าไปในการปลูกผลึกซีเซียมไอโอไดต์ในปริมาณสัดส่วนเล็กน้อยนี้สามารถส่งผลทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบบีบอัดในผลึกได้มากขึ้นเล็กน้อยและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของขนาดเม็ดผลึกเล็กน้อยมากโดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นผลจากการเข้าไปผสมหรือแทนที่ในตำแหน่งแลททิซของอะตอมซีเซียมหรืออะตอมไอโอดีนในผลึกซีเซียมไอโอไดต์ซึ่งขนาดอะตอมของสตรอนเซียมที่ขนาดเล็กกว่าอะตอมซีเซียม เมื่อไปแทนที่จึงย่อมสามารถส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการลดขนาดค่าคงที่ของแลททิซและคุณภาพผลึกได้ แต่ด้วยว่าในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มปริมาณสตรอนเซียมไอโอไดต์ในช่วงแคบจึงเห็นผลการเปลี่ยนทางโครงสร้างผลึกและคุณภาพความเป็นผลึกเพียงเล็กน้อยมาก และสำหรับผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงของผลึกจากเทคนิคการกระตุ้นด้วยแสงพบว่า ผลึกซีเซียมสตรอนเซียมไอโอไดต์มีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 596 นาโนเมตร หรือประมาณ 2.08 eV เมื่อเทียบกับคุณสมบัติการเปล่งแสงของผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือด้วยเทลเลียมทั่วไปจะถือว่าตัวอย่างผลึกชนิดใหม่นี้เปล่งแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้เคียงกับกรณีของผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือด้วยสารอื่นร่วมกับเทลเลียมคือจะมีความยาวคลื่นมากกว่า แต่หาเมื่อพิจารณาโดยละเอียดถึงค่าช่องว่างแถบพลังงานระดับอื่นที่ระดับสูงกว่านั้นพบว่า กรณีที่เป็นผลึกซีเซียมสตรอนเซียมไอโอไดต์นั้นมีค่าระดับพลังงานสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับผลึกซีเซียมไอโอไดต์ และสูงมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีสัดส่วนของสตรอนเซียมเพิ่มขึ้น ซึ่งนี่น่าจะเป็นผลมาจากคุณสมบัติทางแสงของสตรอนเซียมไอโอไดต์ แต่ยังไม่ชัดเจนเนื่องจากว่ายังเป็นกรณีของสตรอนเซียมในปริมาณสัดส่วนช่วงแคบ แต่หาผลวิเคราะห์ค่อนข้างชัดเจนว่าในกรณีที่มีปริมาณสตรอนเซียมมากขึ้นจะช่วยส่งเสริมให้ความเข้มของการเปล่งแสงสูงมากขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มสถานะพลังงานในช่องว่างแถบพลังงานมากขึ้นจากการที่มีการเจือหรือผสมสตรอนเซียมเพิ่มมากขึ้น รวมไปถึงความสามารถในการดูดกลืนและความสามารถในการส่องผ่านของแสงเพิ่มมากขึ้น

บทสรุป

ผลึกซีเซียมสตรอนเซียมไอโอไดต์ที่มีสัดส่วนของสารตั้งต้นสตรอนเซียมไอโอไดต์เพิ่มขึ้นในช่วงร้อยละ 1, 3 และ 5 ส่งผลทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบบีบอัดในผลึกเล็กน้อยจึงส่งผลทำให้ขนาดค่าคงที่ของแลททิซของผลึกมีขนาดเล็กลง 4.4647 ± 0.0707 , 4.5156 ± 0.0370 และ 4.4574 ± 0.0958 อังสตรอม ตามลำดับเมื่อเทียบกับผลึกซีเซียมไอโอไดต์บริสุทธิ์ และส่งผลทำให้ขนาดเม็ดผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยคือ 16.47 ± 0.89 , 16.62 ± 0.93 และ 16.72 ± 1.15 นาโนเมตร หมายถึงการเพิ่มปริมาณสตรอนเซียมในช่วงปริมาณเล็กน้อยนี้อาจจะถือได้ส่งผลเสียต่อคุณภาพความเป็นผลึกของผลึกที่ปลูกเพียงเล็กน้อยมาก แต่พบว่า ปริมาณสตรอนเซียมที่ผสมเข้าไปนั้นสามารถช่วยส่งผลที่ดีขึ้นของคุณสมบัติทางแสงที่ค่อนข้างเห็นได้ชัดเจนคือช่วยทำให้แสงที่เปล่งออกมาจากผลึกมีความเข้มของการเปล่งแสงสูงมากขึ้น และแสงมีความยาวคลื่นที่เพิ่มมากขึ้นเป็นประมาณ 595-600 นาโนเมตร ซึ่งอาจจะเหมาะสมต่ออุปกรณ์ขยายแสงชนิดอื่นที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แสงเพื่อทดแทนการใช้หลอดทวิคูมแสงได้ สำหรับเพื่อการพัฒนาเครื่องตรวจจับรังสีหรือวัดปริมาณรังสีราคาย่อมเยาได้ต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ภาควิชาการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2562 รุ่นที่ 46 ครั้งที่ 2/2563 ในการสนับสนุนงานวิจัยเชิงวิชาการในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ปรมินทร์ ศิลธรรม. (2560). ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อสมบัติเชิงโครงสร้างและเชิงแสงของผลึก CsI:TL. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อิมรอน วาเต็ง (2560). การพัฒนาผลึกซีเซียมไอโอไดต์โดยเทคนิคการเจือสารร่วมหลายชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Klimonsky S.O., Sheberstov K.F., Gol'dt A.E., Sinitskii A.S., Yakovlev V.Y. and Trefilova L.N. (2011). Synthesis and properties of nanocrystalline CsI. *Inorganic Materials*. 47(9): 1137-1142.
- Triloki P., Rai R. and Singh B.K. (2015). Optical and structural properties of CsI thin film photocathode. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment*. 785:70-76.
- Takayuki Y., Koshimizu M., Okada G., Kojima T., Osada J. and Kawaguchi N. (2016). Comparative study of nondoped and Eu-doped SrI₂ scintillator. *Optical Materials*. 61: 119-124.
- Yuntao W., Gokhale S.S., Lindsey A.C., Zhuravleva M., Stand L., Johnson J.A., Loyd M., Koschan M. and Melcher C.L. (2016). Toward high energy resolution in CsSrI₂/Eu²⁺ scintillating crystals: effects of off-stoichiometry and Eu²⁺ concentration. *Crystal Growth & Design*. 16: 7186-7193.
- Taketoshi K., Sakuragi S. and Hashimoto S. (2016). Luminescence properties of pure and Eu-doped SrI₂ crystals purified by a "Liquinert" process and grown by vertical Bridgman method. *Journal of Luminescence*. 176: 58-64.
- Arumugam R., Daniel J., Ramasamy P., Singh S.G. and Gadkari S.C. (2018). Difficulties and improvement in growth of europium doped strontium iodide (SrI₂:Eu²⁺) scintillator single crystal for radiation detection applications. *Journal of Alloys and Compounds*. 747: 989-993.
- Poramin S., Saengkaew P. and Sanorpim S. (2018). Optical properties of CsI:TL crystals grown using different precursors purities. *Journal of Physics: Conference Series*. 1144: 1-6.
- Yuui Y., Ito T., Yoshino M., Yamaji A., Ohashi Y., Kurosawa S., Kamada K. and Yoshikawa A. (2018). Crystal growth and scintillation properties of Pr-doped SrI₂ single crystals. *Journal of Crystal Growth*. 487: 126-130.
- Smerechuk A., Galenin E., Nesterkina V., Sidletskiy. and Dujardin C. (2019). Growth and scintillation performances of SrI₂:Eu with low activator concentration. *Journal of Crystal Growth*. 521: 41-45.
- Qian Y., Liu L., Dong W., Wen H., Wang Q., Li J. and Wang J. (2019). High-speed growth of CsSr_{1-x}Eu_xI₃ (x = 0.03, 0.05, 0.07) single crystals by the edge-defined film-fed growth method. *Optical Materials Express*. 9(12/1): 4742-4750.
- Jin-Cherng H. and Yu-Shen M. (2019). Luminescence of CsI and CsI:Na films under LED and X-ray excitation. *Coatings*. 9(11): 751.
- Rastgo H., Ariesanti E., Buliga V. and Burger A. (2020). Thallium strontium iodide: a high efficiency scintillator for gamma-ray detection. *Optical Materials*. 100: 109624.

อัตราส่วนผสมและชนิดของตัวประสานที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางความร้อน
ของถ่านอัดแท่งจากขานอ้อย

The Mixing Ratio and Type of Binder Affected Thermal Properties
of Charcoal Briquette from Bagasse

คมเพชร อินลา^{1,2} ปฏิวัติ วรามิตร^{2,3} บัณฑิต กฤตาคม^{2,3} นิวัฒน์ เกตชาติ^{2,4} ไพลิน หาญชุตท^{2,5},
ญาดา พรภักดี⁶ ฉลอง สวัสดิ์⁶ รักชาติ กลิ่นกล้า⁷ รุ่งนภา แห้วกำปัง⁷ และรพีพงศ์ เปี่ยมสุวรรณ^{2,7*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

²ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพอร์น (Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory)

³สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์กลางนครราชสีมา

⁴สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานและการปรับอากาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์กลางนครราชสีมา

⁵สาขาวิชาวิศวกรรมระบบราง สถาบันระบบรางแห่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์กลางนครราชสีมา

⁶สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์กลางนครราชสีมา

⁷สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ศูนย์กลางนครราชสีมา

*rapeepong.pe@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการอัดขึ้นรูปถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยโดยใช้น้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วนผสมคือ 1:0.25 1:0.5 1:0.75 และ 1:1 โดยมวล ตามลำดับ จากนั้นนำถ่านอัดแท่งมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อน ได้แก่ ค่าความร้อนและประสิทธิภาพเชิงความร้อน เพื่อหาอัตราส่วนผสมและตัวประสานที่เหมาะสมของถ่านอัดแท่งจากขานอ้อย ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยทั้งสองตัวประสานสามารถอัดขึ้นรูปได้เฉพาะอัตราส่วนผสม 1:0.75 และ 1:1 เท่านั้น โดยถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยที่ใช้น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผสม 1:1 จะมีค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 7,632.12 cal/g และถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยที่ใช้น้ำมันพืชใช้แล้วเป็นตัวประสานในอัตราส่วนผสม 1:0.75 จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 18.16% และผ่านตามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547) สามารถนำไปใช้งานได้ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและช่วยจัดการวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ถ่านอัดแท่ง ขานอ้อย สมบัติทางความร้อน ตัวประสาน

Abstract

This research article aims to present the extrusion of charcoal briquette from bagasse using used-vegetable oil and mucilage as binder with mixing ratios of 1:0.25, 1:0.5, 1:0.75, and 1:1 by mass, respectively. The thermal properties of charcoal briquette which is heating value and thermal efficiency were analyzed, to determine the appropriate mixing ratio and type of binder of charcoal briquette. The results show that

charcoal briquette that used two types of binder can be extruded only at mixing ratio of 1:0.75 and 1:1, charcoal briquette using used-vegetable oil as a binder at the mixing ratio of 1:1 had the highest heating value of 7,632.12 cal/g, and charcoal briquette using used-vegetable oil as a binder at mixing ratio of 1:0.75 had the highest thermal efficiency of 18.16% and had passed Thai community product standards (TCPS 238/2004) and it can be used; moreover, this is the value increasing and managing of agricultural waste sustainably.

Keywords: Charcoal Briquettes, Bagasse, Thermal properties, binder

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณของที่เหลือใช้จากภาคครัวเรือนและภาคเกษตรกรรมในปริมาณมาก ตามลักษณะชนิดของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ดังนั้นขั้นตอนการผลิตแท่งเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่ จึงแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับความหนาแน่น และความชื้นของการจับตัวกันของเนื้อวัสดุเหลือใช้ นอกจากนี้มีงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตแท่งเชื้อเพลิงที่นำที่เหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมเกษตรและครัวเรือน เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานซึ่งแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากของเหลือจากอุตสาหกรรมเกษตรและครัวเรือนก่อให้เกิดผลดีในด้านการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นทางเลือกของพลังงานทดแทนที่ดีทางหนึ่งของประเทศไทยได้อีกด้วย แนวทางหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจเป็นจำนวนมากเนื่องจากเหมาะสมกับ ประเทศไทย คือการนำวัสดุชีวมวลและของเหลือ ใช้จากภาคครัวเรือน ภาคเกษตร และภาคอุตสาหกรรมมาแปรรูปให้เป็นเชื้อเพลิงซึ่งนอกจาก จะได้พลังงานทดแทนที่นำไปใช้งานในรูปแบบ ต่างๆ แล้ว ยังช่วยลดปริมาณของเหลือใช้ที่ต้องกำจัดให้เหลือน้อยลงอีกด้วย โดยได้มีนักวิจัยได้พยายามศึกษาเกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวมวล ดังนี้ รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล [1] การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลัง ทำการทดลองโดยนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาผสมกัน ผลทางด้านสมรรถนะทางความร้อน สรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้งน้ำมันสำปะหลังในอัตราส่วน 9:1 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุด เท่ากับ 6,580.10 kcal/kg และอัตราส่วน 1:9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุด เท่ากับ 4,514.13 kcal/kg ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)

ลักษณะ สุทธิวิไลรัตน์ [2] ศึกษาการผลิตถ่านจากเศษวัสดุชีวมวลเปลือกกล้วยน้ำหว่า พบว่าเปลือกกล้วยเมื่อนำมาเผาเป็นถ่านจะมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตถ่านเฉลี่ย 17.13% และมีพลังงานความร้อนเฉลี่ย 6,771.16 kcal/kg แต่ถ่านที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบางไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน และยังพบว่าเมื่อนำไปอัดแท่ง โดยใช้เปลือกกล้วยสับผสมกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนต่างๆ สามารถอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ โดยพบว่าอัตราส่วนที่ให้ถ่านอัดแท่งที่มีคุณสมบัติที่ดีที่สุดคือ อัตราส่วนที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านเปลือกกล้วยสด 2,000 g กับกาวแป้งมันสำปะหลัง 10% ซึ่งถ่านอัดแท่งมีประสิทธิภาพการใช้ งาน 24.76 % อัตราการเผาไหม้ 6.64 g/min และพลังงานความร้อนเฉลี่ย 5,718.25 kcal/kg

สังเวย เสวกวิหारी [3] ได้นำเสนองานวิจัยศึกษาทางด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด โดยมีแป้งเปียกเป็นตัวประสาน พบว่าเปลือกมังคุดสามารถนำมาเผาได้ถ่านเปลือกมังคุด มีสีดำ น้ำหนักเบา นำมาบดให้ละเอียดจนเป็นผงถ่าน ผสมผงถ่านเปลือกมังคุดกับแป้งเปียก คลุกเคล้าให้เข้ากัน นำมาอัดให้เป็นแท่งเชื้อเพลิง ได้แท่งเชื้อเพลิง คงรูปไม่แตกหัก เมื่อนำไปตากแดดจนแห้ง ผลการทดสอบศึกษาทางด้านพลังงาน พบว่า มีค่าความร้อนเท่ากับ 5920 แคลอรีต่อกรัม มีอัตราการเผาไหม้ 11.80 กรัมต่อเวลาที่ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยร้อยละ 61.7 ปริมาณเถ้าร้อยละ 7

นริศ ชุตสว่าง [4] ได้ทำการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนที่เหลือทิ้งและเพื่อให้นักกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลเกวียนหัก ลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ ก๊าซหุงต้ม ร้อน สรุปได้ว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน ที่ทางกลุ่มผลิตได้มีค่าความร้อนที่ 6,134 แคลอรี

ต่อกรัม สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน มีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.2 โดยน้ำหนัก ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547)

นฤภัทร ตั้งมันคงวรกุล [5] ได้ทำการศึกษาการนำกากกาแฟและกากชามาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน โดยนำมาวิเคราะห์ค่าความร้อนตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing and Materials) ผลจากการศึกษาพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการคาร์บอนไนซ์กากกาแฟและกากชา มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้นจาก 5,517 แคลอรี/กรัม ไปเป็น 7,460 แคลอรี/กรัมและกากชาเพิ่มขึ้นจาก 4,482 แคลอรี/กรัม ไปเป็น 5,600 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ ลดาวัลย์ วัฒนะจิระ [6] ศึกษาการผลิตก้อนเชื้อเพลิงจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้งที่ โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน ทำการทดลองที่อัตราส่วนของเศษฟางข้าวต่อเศษลำไย เหลือทิ้งที่อัตราส่วนต่างๆ จากนั้นตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของก้อนเชื้อเพลิงชีวมวล จากผลการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิต คือการใช้เศษฟางข้าวต่อเศษลำไยเหลือทิ้งที่อัตราส่วน 20:80 โดยน้ำหนัก มีแป้งเปียกร้อยละ 6 เป็นตัวประสานใช้แรงอัดที่ 50 kg/cm³ ซึ่งก้อนเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีค่าความหนาแน่น 0.33 g/cm³ สำหรับค่าความชื้น ค่าเถ้า ค่าสารระเหยที่ได้และค่าคาร์บอนคงตัว ของก้อนเชื้อเพลิงมีค่าร้อยละ 7.39 5.00 85.73 และ 1.88% ฐานแห้ง ตามลำดับ ขณะที่ค่าความร้อนของก้อนเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากับ 3,698.46 kcal/g และก้อนเชื้อเพลิงมีค่าประสิทธิภาพการใช้งานความร้อนเท่ากับร้อยละ 10.64%

กานต์ วิรุณพันธ์ [7] ผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม โดยทำการศึกษาค่าความร้อนจากถ่านชีวภาพ โดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำถ่านชีวภาพโดยใช้มูลสัตว์เป็นตัวประสาน ผลจากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลัง และอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลัง การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเมื่อพิจารณาผลการทดลองจากค่าความร้อนการต้ม น้ำปริมาณคว้นและลักษณะของถ่าน พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตคือ อัตราส่วน 2:1:1 ทั้งขานอ้อยผสมลำต้นมันสำปะหลังและขานอ้อยผสมกากมะพร้าว

อามานี สามะ และคณะ [8] ได้ทำการพัฒนาถ่านอัดแท่งจากผักตบชวา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านอัดแท่งจากผักตบชวาต่อกะลามะพร้าว โดยทดสอบหาค่าสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งจากผักตบชวา เพื่อเปรียบเทียบอัตราการเผาไหม้และค่าความร้อนระหว่างถ่านอัดแท่งจากผักตบชวากับถ่านไม้ในท้องตลาดและนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์โดยการผลิตถ่านอัดแท่งใช้ในครัวเรือน จากการทดลองพบว่าที่อัตราส่วน 50:50 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีค่าความร้อน 5,659.45 cal/g ค่าความหนาแน่น 0.701 g/cm³ ค่าดัชนีการแตกร่วนร้อยละเท่ากับ 0.92 ค่าความชื้นร้อยละเท่ากับ 47

หทัยนุช จันทรชัยภูมิ [9] ได้นำเสนองานวิจัยถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามและทดสอบคุณสมบัติของถ่านอัดแท่ง จากเปลือกมะขามเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดโดยเริ่มจากการนำเปลือกมะขามมาทำการบดย่อย แล้วนำไปผสมกับตัวประสานในอัตราส่วน ถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ ใน อัตราส่วนต่างๆ ด้วยวิธีการอัดเย็น จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขามที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วน 2 : 1 : 0.50 โดยน้ำหนัก มีค่าความร้อน 5,730 กิโลแคลอรีต่อ กิโลกรัม ปริมาณ ความชื้น 6.1% ค่าดัชนีการแตกร่วน 0.97 และประสิทธิภาพการใช้งานสามารถให้ความร้อนได้ระยะเวลา 440 นาที

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมในการอัดแท่งถ่านจากขานอ้อยตลอดจนศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนด้วยกระบวนการอัดเย็น โดยใช้ น้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน เพื่อใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นทางเลือกของพลังงานทดแทนที่ดีทางหนึ่งของประเทศไทยได้อีกด้วย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งในงานวิจัยนี้จะใช้บอมบ์แคลอริมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นการวัดค่าความร้อนที่ สละสมอยู่ในตัวอย่างทดสอบโดยทำการเผาไหม้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนบริสุทธิ์สูง (ร้อยละ

99.5%) อยู่ภายในปริมาตรที่กำหนดล้อมรอบด้วยน้ำที่ทราบปริมาณเพื่อตรวจหาอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยาอุปกรณ์ทั้งหมดบรรจุอยู่ในภาชนะที่หุ้มฉนวน (ไม่มีการถ่ายเทความร้อน ระหว่างเครื่องมือวิเคราะห์และสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทดสอบ) เมื่อทราบปริมาณน้ำและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปรวมทั้งน้ำหนักของสารตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ ทำให้สามารถคำนวณหาค่าความร้อนต่อหน่วยมวลของสารทดสอบได้



รูปที่ 1 แสดงเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter)

ค่าความร้อน

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (Heating Value) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงนั้น ๆ 1 หน่วยมวล (สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งและของเหลว) หรือ 1 หน่วยปริมาตร (สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นก๊าซ) เมื่อเผาไหม้หมดอย่างสมบูรณ์ หาได้จาก

$$H = \frac{Q}{M} \quad (1)$$

$$Q = mc_p \Delta T - C_3 \quad (2)$$

- โดยที่
- Q คือ ปริมาณความร้อนของขดลวด (kJ)
 - m คือ มวลของน้ำ (kJ)
 - c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ/kg.°C)
 - ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (°C)
 - C_3 คือ ค่าความร้อนของขดลวด (kJ)

ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน

$$\eta = \frac{mc_p (T_2 - T_1) + m_i L}{m_f H} \times 100\% \quad (3)$$

- เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (%)

M	คือ มวลของน้ำเริ่มต้น (g)
c_p	คือ ความร้อนจำเพาะของน้ำ ($J/g \cdot ^\circ C$)
T_1	คือ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($^\circ C$)
T_2	คือ อุณหภูมิน้ำเดือด ($^\circ C$)
m_i	คือ มวลของน้ำที่ระเหย (g)
m_f	คือ มวลของถ่านอัดแท่ง (g)
L	คือ ความร้อนแฝง (J/g)
H	คือ ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง (J/g)

อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

ในการศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่ง ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 แสดงโมลอัดแท่งเชื้อเพลิง



รูปที่ 3 แสดงเครื่องอัดไฮโดลิก

การเตรียมตัวประสาน

ตัวประสานที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ประกอบไปด้วย น้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียก ซึ่งสามารถแสดงดังรูปที่ 4



(ก) น้ำมันพืชใช้แล้ว

(ข) แป้งเปียก

รูปที่ 4 ตัวประสาน: (ก) น้ำมันพืชใช้แล้ว; (ข) แป้งเปียก

วิธีการทดลอง

การศึกษานี้ เป็นการศึกษาถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยโดยใช้เครื่องอัดไฮโดลิกด้วยกระบวนการอัดเย็น เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่แห้งแล้ว จึงทำให้เชื้อเพลิงไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้ ดังนั้นในการอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล จึงต้องมีการใช้ตัวประสาน เพื่อให้เชื้อเพลิงสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งได้ มีขั้นตอนในการอัดแท่งเชื้อเพลิง คือนำเอาวัตถุดิบมาผสมเข้ากับตัวประสานที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปใส่ในโมลด์อัดแท่งแล้วจึงนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮโดลิก นำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ไปตากแดดเพื่อลดความชื้น นำไปหาค่าความร้อนด้วยเครื่องบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ (Bomb Calorimeter) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยเป็นการหาค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เกิดจากตัวประสานต่างๆ

ขั้นตอนการทดสอบ

ทดสอบหาค่าความร้อน

วิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D 5865

1. นำถ่านตัวอย่างของแต่ละอัตราส่วนมาคั่วให้ละเอียด
2. นำผงถ่านตัวอย่างมาเผาไหม้กับออกซิเจนบริสุทธิ์ภายใต้ความดันในบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ ความร้อนที่ได้จะถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็นรอบตัวบอมบ์แคลอรีมิเตอร์ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิของน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
3. จดบันทึกค่า
4. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าความร้อนของถ่านอัดแท่ง

ทดสอบหาประสิทธิภาพเชิงความร้อน

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยและซังข้าวโพดจะเป็นการทดสอบโดยการต้มน้ำ จะใช้ถ่านอัดแท่งมวลประมาณ 400 g เพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการต้มน้ำ 3 L บนเตาอังโล่แล้วบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของน้ำในหม้อต้มทุก ๆ 5 min อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งน้ำในหม้อต้มมีอุณหภูมิลดลงเป็น 50 °C จะหยุดบันทึกข้อมูลและตลอดเวลาในการทดสอบนั้นจะทำการสังเกตลักษณะการเผาไหม้ของถ่านอัดแท่งจากขานอ้อยด้วย

ผลการทดลองและการอภิปราย

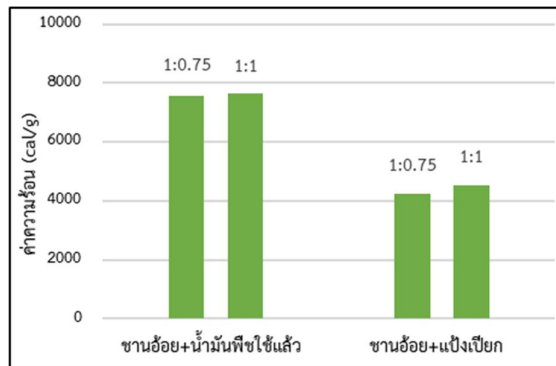
ผลการศึกษการอัดขึ้นรูปของถ่านอัดแท่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่งแสดงรายละเอียดการอภิปรายผลมีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แสดงการอัดขึ้นรูปที่อัตราส่วนผสมโดยมวลต่างๆ

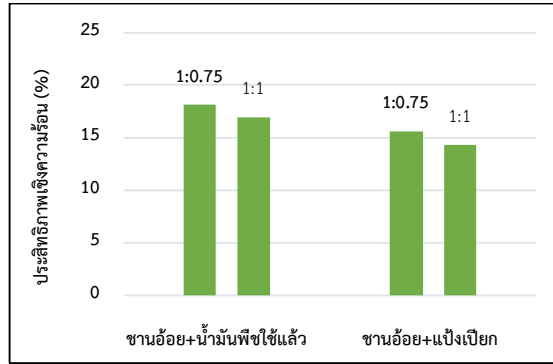
ชนิดเชื้อเพลิง	การอัดขึ้นรูป	
	อัตราส่วนผสมโดยมวล (ชีวมวล:ตัวประสาน)	ความสามารถในการอัดขึ้นรูป
ชานอ้อย+น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว	1:0.25	อัดไม่ได้
	1:0.50	อัดไม่ได้
	1:0.75	อัดได้
	1:1	อัดได้
ชานอ้อย+แป้งเปียก	1:0.25	อัดไม่ได้
	1:0.50	อัดไม่ได้
	1:0.75	อัดได้
	1:1	อัดได้

ผลการวิจัยนี้ได้อธิบายผลการศึกษาอิทธิพลของตัวประสานที่มีผลต่อค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อย โดยมีน้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียกแล้วเป็นตัวประสาน จะเห็นว่าถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:0.75 และ 1:1 จะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 7558.80 และ 7632.12 cal/g และถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีแป้งเปียกเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:0.75 และ 1:1 จะให้ค่าความร้อนอยู่ที่ 4224.19 และ 4525.21 cal/g ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วและแป้งเปียกเป็นตัวประสาน

ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วและ แป้งเปียกเป็นตัวประสาน พบว่าถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:0.75 และ 1:1 จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ที่ 18.16% และ 16.96% และถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีแป้งเปียกเป็นตัวประสานในอัตราส่วน 1:0.75 และ 1:1 จะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนอยู่ที่ 15.60% และ 14.29% จากรูปที่ 6

สรุปผลการทดลอง

1. ผลการศึกษากำหนดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ชานอ้อยมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่งโดยใช้แป้งเปียกและน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นตัวประสาน ในอัตราส่วน (1:0.25 1:0.50 1:0.75 และ 1:1) ตามกำหนด พบว่าถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยสามารถอัดขึ้นรูปได้ในเฉพาะอัตราส่วน 1:0.75 และ 1:1 ทั้งสองตัวประสาน
2. ผลการวิเคราะห์ค่าความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่มีน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นตัวประสานจะให้ค่าความร้อนสูงที่สุดในอัตราส่วนผสม 1:1 โดยมีมวล ที่ 7632.12 cal/g
3. ผลการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการให้ความร้อนของถ่านอัดแท่งจากชานอ้อยที่ให้ค่าประสิทธิภาพการให้ความร้อนมากที่สุดในอัตราส่วน 1:0.75 โดยมีมวลที่ 18.16%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพูน (DiTo-Lab) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ และสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา ที่ได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์การทดลองและสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล (2553). การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเห้ง้าสำหรับอัดแท่ง. ปรินูญานันท์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- [2] ลักษณ์ สุทธิวิไลรัตน์ ประภัสสร ภาคอรอด และขวัญรพี สิทธิระสอาด (2553). รายงานวิจัยเรื่อง การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษวัสดุชีวมวลจากเปลือกกล้วย, กลุ่มพัฒนาพลังงานจากไม้: ส่วนวิจัยและพัฒนาผลผลิตปาล์ม กรมป่าไม้.
- [3] สียงเว เสวกวิหาร (2555). ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมังคุด, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร..

- [4] นริศ ชุตสว่าง (2556). การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนตำบลเกวียนหัก อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาการผลิตรถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียน สาขาวิชาสาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- [5] นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกุล (2015). การศึกษากากกาแฟและกากขามาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 7(13).
- [6] ลดาวัลย์ วัฒนะจีระและคณะ (2559). การพัฒนาก้อนเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษฟางข้าวผสมเศษลำไยเหลือทิ้ง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.
- [7] กานต์ วิรุณพันธ์ (2560). การผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตข้าวหลาม. สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก.
- [8] อามานี สามะ และคณะ (2560). การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากผักตบชวา. รายงานการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- [9] ทศยัญญ์ จันทร์ชัยภูมิ (2561). ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะขาม. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ราชธานีวิชาการ ครั้งที่ 3 “นวัตกรรมที่พลิกโฉมสังคมโลก”

การคำนวณระยะเวลาการอพยพด้วยวิธี Hydraulic Flow Calculation

: กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลสูง 20 ชั้น

Evacuation Time Calculation by Hydraulic Flow Calculation Method

: Case Study 20-story High Rise Hospital Building

เสาวนิตย์ ยุทธยศ^{1*} และเสรี เสวตเศรณี¹

Saowanit Yutthayot^{1*} and Saeree Svetasreni¹

^{1*} สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

*saowanit.y@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการคำนวณหาระยะเวลาการอพยพ กรณีศึกษาอาคารโรงพยาบาลอาคารสูง ซึ่งจัดอยู่ในประเภทอาคารชนิดอาคารขนาดใหญ่พิเศษโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ ด้วยวิธี Hydraulic Flow Calculation ผลจากการศึกษาพบว่าอาคารโรงพยาบาลนี้เป็นอาคารที่มีผู้ใช้จำนวนมาก ส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับสถานที่ วิธีการคำนวณนี้จะทำการคำนวณหาระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟผ่านบันไดหนีไฟ ทั้ง 4 บันไดของตัวอาคาร พบว่าระยะเวลาการอพยพหนีไฟไปถึงจุดที่ปลอดภัยของบันไดหนีไฟทั้ง 4 บันได มีระยะเวลาอยู่ระหว่าง 45 - 46 นาที ซึ่งทุกเส้นทางสามารถอพยพออกจากอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง ถือว่าอาคารโรงพยาบาลนี้มีเวลาการอพยพหนีไฟไม่เกินเวลาสูงสุดที่กฎหมายกำหนด นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้จัดทำฐานข้อมูลเพื่อรวบรวมและจัดเก็บเส้นทางหนีไฟทุกเส้นทาง สำหรับนำไปใช้ในงานตกแต่งหรือปรับปรุงพื้นที่ และจะเป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการจัดทำแผนอพยพหนีไฟ เพื่อสร้างความมั่นใจในระบบความปลอดภัยด้านอัคคีภัยของอาคารให้กับผู้ใช้บริการของโรงพยาบาลนี้ต่อไป

คำสำคัญ: การอพยพ เส้นทางหนีไฟ การคำนวณระยะเวลาอพยพ Hydraulic Flow Calculation

Abstract

This research calculated the evacuation time from the building. Case studies of high-rise hospital building was classified as an Extra-Large Building. The evacuation time was calculated by the Hydraulic Flow Calculation method. The study concluded that there are many users in hospital buildings and most of them are unfamiliar with the place. The calculation calculated the fire evacuation through all the 4 units of fire escape stairs. It found out that the time to evacuate through the four fire escape stairs to the safe point were between 45 - 46 minutes. All means of egress can be evacuated from the building within 1 hour. The fire evacuation time does not exceed the maximum time required by law. In addition, this research did compile the database for the preparation of fire escape routes. It can be used in decorating the space and preparing fire evacuation plans to make confidence in the fire safety system for all building users.

Keywords: Evacuation, Mean of egress, Hydraulic flow calculation

บทนำ

ข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ(สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2564) ที่ได้จากการเก็บสถิติการเกิดอัคคีภัยในช่วงปี พ.ศ. 2532 - 2560 พบว่าในช่วงแรก ปีพ.ศ. 2532-2541 มีจำนวนครั้งการเกิดอัคคีภัยที่สูง ภายหลังจากปีพ.ศ.2542 เป็นต้นมามีจำนวนครั้งการเกิดอัคคีภัยที่ลดลง ซึ่งอาจเป็นด้วยวิทยาการหรือความรู้ต่างๆ ที่ช่วยป้องกันความเสี่ยง การแจ้งเตือนก่อน ผู้คนเอาใจใส่ดูแล ป้องกันภัยมากขึ้น หรืออะไรก็ตามที่ทำให้อัคคีภัยน้อยลง แต่จากมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้นกลับมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเหตุนั้นเกิดขึ้นในพื้นที่เศรษฐกิจ

อาคารโรงพยาบาลนับเป็นสถานที่ที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับสถานที่ ต้องใช้เวลามากในการอพยพหนีไฟ อีกทั้งอาคารดังกล่าวเป็นอาคารสูง ซึ่งตามกฎหมายกระทรวงมหาดไทย(สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2564) ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ข้อที่ 22 อาคารสูงต้องมีบันไดหนีไฟจากชั้นสูงสุดหรือดาดฟ้าสู่พื้นดินอย่างน้อย 2 บันได ตั้งอยู่ที่ที่บุคคลไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถมาถึงบันไดหนีไฟได้สะดวก แต่ละบันไดหนีไฟต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 60.00 เมตร เมื่อวัดตามแนวทางเดินระบบบันไดหนีไฟตามวรรคหนึ่งต้องแสดงการคำนวณให้เห็นว่าสามารถใช้ค่าเสี่ยงบุคคลทั้งหมดในอาคารออกนอกอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง

ทฤษฎีการวิเคราะห์ผู้ใช้งานอาคารตามมาตรฐาน NFPA101

ตามมาตรฐานข้างต้น (National Fire Protection Association, 2012) สามารถจำแนกการใช้งานอาคารได้เป็น 12 ประเภทดังนี้

- 1) ประเภทชุมนุมคน (Assembly occupancy)
- 2) ประเภทสถานศึกษา (Educational occupancy)
- 3) ประเภทสถานรับดูแลในเวลากลางวัน (Day care occupancy)
- 4) ประเภทรักษาพยาบาล (Health Care occupancy)
- 5) ประเภทรักษาพยาบาลผู้ป่วยนอก (Ambulatory health care occupancy)
- 6) ประเภทกักขังและลงโทษ (Detention and correctional occupancy)
- 7) ประเภทที่อยู่อาศัย (Residential occupancy)
- 8) ประเภทที่อยู่อาศัยและให้การดูแล (Residential board and care occupancy)
- 9) ประเภทค้าขาย (Mercantile occupancy)
- 10) ประเภทประกอบธุรกิจ (Business occupancy)
- 11) ประเภทกิจการโรงงาน (Industrial occupancy)
- 12) ประเภทจัดเก็บสินค้า (Storage occupancy)

ในแต่ละประเภทมีการกำหนดค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคารสำหรับจำนวนผู้ใช้อาคาร โดยจำนวนผู้ใช้อาคารขึ้นกับพื้นที่และกิจกรรมในพื้นที่นั้นๆ ดังสมการ

$$p = A/Cp \tag{1}$$

เมื่อ p = จำนวนผู้ใช้อาคาร (คน)

A = ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)

Cp = ค่าตัวประกอบความจุผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตร/คน)

เมื่อทราบจำนวนผู้ใช้งานอาคารจากสมการ(1) แล้วสามารถวิเคราะห์ความสามารถของเส้นทางหนีไฟดังสมการ

$$Pe = w /Cw \tag{2}$$

เมื่อ Pe = ความสามารถในการหนีไฟ (คน)

- w = ความกว้างจริง (มิลลิเมตร)
- Cw = ตัวประกอบความสามารถ (มม.ต่อคน)

ตารางที่ 1 ค่าตัวประกอบความสามารถ

ชนิดพื้นที่	บันได (มม.ต่อคน), Cw	ทางราบและทางขึ้น (มม.ต่อคน), Cw
ที่อยู่อาศัยและให้การดูแล	10	5
รักษาพยาบาล (ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง)	7.6	5
รักษาพยาบาล (ไม่ได้ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง)	15	13
มีวัสดุอันตรายสูง	18	10
อื่นๆ	7.6	5

หลักการคำนวณเวลาอพยพหนีภัยตาม SFPE Handbook

การคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟ มีการคำนวณได้หลายวิธี และมีการพัฒนาการวิเคราะห์การหนีไฟอย่างต่อเนื่อง และในเวลาต่อมาได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์การหนีภัยโดยวิธี Hydraulic Flow Calculation (Nelson and Maclennan, 1995) โดยการตั้งสมมติฐานว่าคนเดินทางไปตามเส้นทางหนีไฟไปจนถึงปลายทางที่กำหนด คือ จุดปลอดภัยหรือภายนอกอาคาร ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้จะไม่คำนึงถึงการเดินวน หรือเดินหลงทาง หรือเดินกลับไปกลับมา ดังนั้น ในการวิเคราะห์โดยวิธีการนี้ จะเป็นไปตาม

ความเร็วการเคลื่อนที่ (Speed, S) เป็นอัตราการเคลื่อนที่ไปตามทางเดิน ในอาคาร บันได ทางลาดชัน มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

อัตราการเคลื่อนที่ (Flow rate, Fc) เป็นจำนวนคนอพยพที่ผ่านช่องทางใดๆ ในหนึ่งวินาที เช่น ผ่านทางบันได ผ่านประตู ผ่านเส้นทางเดินในอาคาร โดย $F_c = F_s \times W_e$ มีหน่วยเป็น คนต่อวินาที

การเคลื่อนที่จำเพาะ (Specific flow, F_s) เป็นอัตราการเคลื่อนที่ของคนต่อหน่วยความกว้างสุทธิของเส้นทางหนีไฟ มีหน่วยเป็น (คนต่อวินาที)/เมตร

ความกว้างที่ใช้ได้จริง (Effective width, W_e) เป็นขนาดความกว้างของทางหนีภัยที่ผู้อพยพเดินผ่าน ซึ่งในมาตรฐานความปลอดภัยได้กำหนดให้คำนวณค่าดังกล่าว เป็นความกว้างที่ใช้ได้จริง (Effective width, W_e) ซึ่งหมายถึงค่าความกว้างสุทธิ (Clear width, W_c) ที่หักลบส่วนประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ทางหนีภัยนั้นๆ ออกแล้ว เช่น ราวบันได สิ่งกีดขวางอื่นๆ เป็นต้น และได้มีการกำหนดเป็นค่าที่เรียกว่า ระยะเวลาขอบ (Boundary layer, BL) ไว้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของทางเดินนั้นๆ และสามารถอ้างอิงได้มาตรฐานความปลอดภัยดังระบุไว้ตามตารางที่ 2

สมการในการหาค่าความกว้างที่ใช้ได้จริง (Effective width, W_e) สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$\text{ความกว้างที่ใช้ได้จริง}(W_e) = \text{ความกว้างสุทธิ}(W_c) - \text{ระยะเวลาขอบ (BL)} \tag{3}$$

ตารางที่ 2 ค่าระยะเวลาขอบ

ส่วนประกอบต่างๆ (Exit Route Element)	ระยะเวลาขอบ (BL)	
	นิ้ว	เมตร
ช่องบันได, ประตู	6	0.15

ราวจับ	3.5	0.09
ผนังช่องทางเดินทางลาดเอียง	8	0.20
สิ่งกีดขวางตามทาง	4	0.10
ความกว้างของทางเดิน ช่องทางผ่าน	18	0.46

จากการศึกษาค่าความเร็วในการอพยพหนีภัยนั้น พบว่าค่าความเร็วในการอพยพจะมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของคนในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งสามารถสร้างความสัมพันธ์ได้เป็น 3 กรณีคือ

- 1) กรณีความหนาแน่นของคน (D) เท่ากับหรือน้อยกว่า 0.54 คนต่อตารางเมตร

$$S = 0.85 k \quad (4.1)$$

- 2) กรณีความหนาแน่นของคน (D) มีค่าระหว่าง 0.54 - 3.8 คนต่อตารางเมตร

$$S = k - akD \quad (4.2)$$

- 3) กรณีความหนาแน่นของคน (D) เท่ากับหรือมากกว่า 3.8 คนต่อตารางเมตร

$$S = 0 \quad (4.3)$$

โดย S = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตร/วินาที)

D = ความหนาแน่นของคน (คนต่อตารางเมตร)

k = ตัวประกอบความเร็ว (ตามตารางที่ 3)

a = ค่าคงที่ในการคำนวณ ซึ่งมีค่า 0.266

ตารางที่ 3 ค่าคงที่ k

ส่วนประกอบต่างๆ		k
ช่องทางเดิน ประตู และทางลาด บันได		1.40
ลูกตั้ง (มม.)	ลูกนอน (มม.)	
190	254	1.00
178	279	1.08
165	305	1.16
165	330	1.23

การเคลื่อนที่จำเพาะ (Specific flow, F_s) คือค่าการเคลื่อนที่ของคนที่เคลื่อนที่ไหลไปในทางหนีภัยนั้น ๆ เทียบกับค่าความกว้างสุทธิของทางหนีภัย โดยมีหน่วยเป็นจำนวนคนต่อเวลาต่อความกว้างสุทธิ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความหนาแน่นของคนกับความเร็วการเคลื่อนที่ ตามสมการ

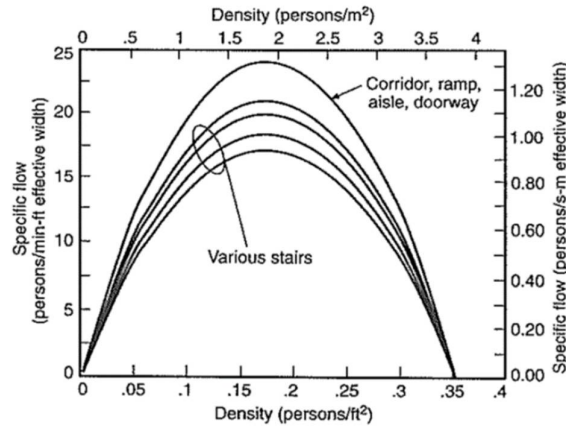
$$F_s = SD \quad (5)$$

เมื่อ F_s = อัตราการเคลื่อนที่จำเพาะ (คนต่อวินาที)/เมตร

D = ความหนาแน่น (คนต่อตารางเมตร)

S = ความเร็วการเคลื่อนที่ (เมตรต่อวินาที)

จากสมการข้างพบว่าค่าอัตราการเคลื่อนที่จำเพาะแปรผันโดยตรงกับค่าความเร็วในการเคลื่อนที่และความหนาแน่น
 ดังนั้นจากสมการที่ 4 และ 5 ค่าอัตราการเคลื่อนที่จำเพาะจะมีค่าสูงสุดเมื่อค่าความหนาแน่นของคนเท่ากับ 1.88 คนต่อ
 ตารางเมตร ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์อัตราการเคลื่อนที่และความหนาแน่น (John L.Bryan, 2003)

ตารางที่ 4 ค่า $F_{s(max)}$

ส่วนประกอบต่างๆ		k	$F_{s(max)}$ (คนต่อวินาที)/เมตร
ช่องทางเดิน ประตู และทางลาด		1.40	1.32
บันได			1.32
ลูกตั้ง (มม.)	ลูกนอน (มม.)		
190	254	1.00	0.85
178	279	1.08	0.94
165	305	1.16	1.00
165	330	1.23	1.05

อัตราการไหลที่คำนวณได้ (Calculated flow, F_c) คือจำนวนผู้คนที่คาดการณ์ว่าจะไหลเคลื่อนผ่านจุดใดจุดหนึ่งใน
 เส้นทางหนีไฟ มีหน่วยเป็นคนต่อวินาที ดังสมการ

$$F_c = F_s \times W_e \quad (6)$$

เมื่อ F_c = อัตราการไหลเคลื่อนที่ที่คำนวณได้ (คนต่อวินาที)

F_s = อัตราการไหลเคลื่อนที่เฉพาะ (คนต่อวินาที)/เมตร

W_e = ความกว้างทางที่ใช้ได้จริง (เมตร)

เวลาในการเคลื่อนตัวตามเส้นทางหนีไฟ (Travel time) เป็นการคำนวณระยะเวลาการอพยพบนทางราบจากจุดที่
 ไกลที่สุดไปตามระยะทางของเส้นทางหนีไฟ โดยไม่มีการพิจารณาจำนวนคนแต่อย่างใด ดังสมการ

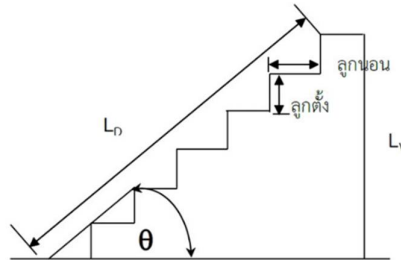
$$\text{เวลาในการอพยพ} = \text{ระยะทาง (d) / ความเร็ว (S)} \quad (7)$$

เมื่อ ความเร็ว (S) = ความเร็วในการอพยพ (เมตรต่อวินาที)

ระยะทาง (d) = ระยะทางที่ไกลที่สุด (เมตร)

ซึ่งเวลาในการเคลื่อนตัวตามเส้นทางหนีไฟ (Travel time) จะมี 2 แบบคือการเคลื่อนตัวตามทางราบ ซึ่งเป็นไปตั้งสมการที่ 8 และการเคลื่อนตัวตามทางลาดชัน(บันไดหนีไฟ)

การเคลื่อนตัวตามทางลาดชัน จะใช้ระยะทางในแนวเอียง ในการหาระยะทางในแนวเอียง จะวัดความยาวตามเส้นทแยงมุมของบันได



รูปที่ 3 ระยะทางในแนวเอียงบันไดหนีไฟ

$$LD = LV / \sin\theta \quad (8)$$

เมื่อ LD = ระยะทางวัดตามแนวเส้นทแยงมุมของบันได (เมตร)

LV = ระยะในแนวตั้ง (เมตร)

θ = มุมเอียงของบันได

ตารางที่ 5 ขนาดลูกตั้ง ลูกนอน และมุมเอียงบันได

ลูกตั้ง (มิลลิเมตร)	ลูกนอน (มิลลิเมตร)	มุม θ	$\sin\theta$
190	254	36.9	0.600
178	279	32.5	0.537
165	305	28.4	0.476
165	330	26.6	0.447

เวลาในการอพยพ (Evacuation time) เป็นเวลาที่คนทั้งหมดในเส้นทางหนีไฟนั้นๆ เคลื่อนตัวผ่านจุดตามทางส่วนประกอบหนีไฟออกสู่พื้นที่ปลอดภัยหรือภายนอกอาคารทั้งหมด คำนวณได้จากจำนวนคนที่ประเมินได้ของแต่ละพื้นที่หารด้วย อัตราการเคลื่อนที่ของคน จากสมการ

$$T = P/Fc \quad (9)$$

เมื่อ T = เวลาในการอพยพ (วินาที)

P = จำนวนคนในพื้นที่อพยพ (คน)

Fc = อัตราการไหลเคลื่อนที่ (คนต่อวินาที)

เวลาทั้งหมดในการอพยพ = เวลาในการเคลื่อนตัวตามเส้นทางหนีไฟ (Travel time) + เวลาในการอพยพ (Evacuation time) (10)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. แบบแปลนอาคารโรงพยาบาล 20 ชั้น
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Office, Auto CAD
3. คอมพิวเตอร์

วิธีการ

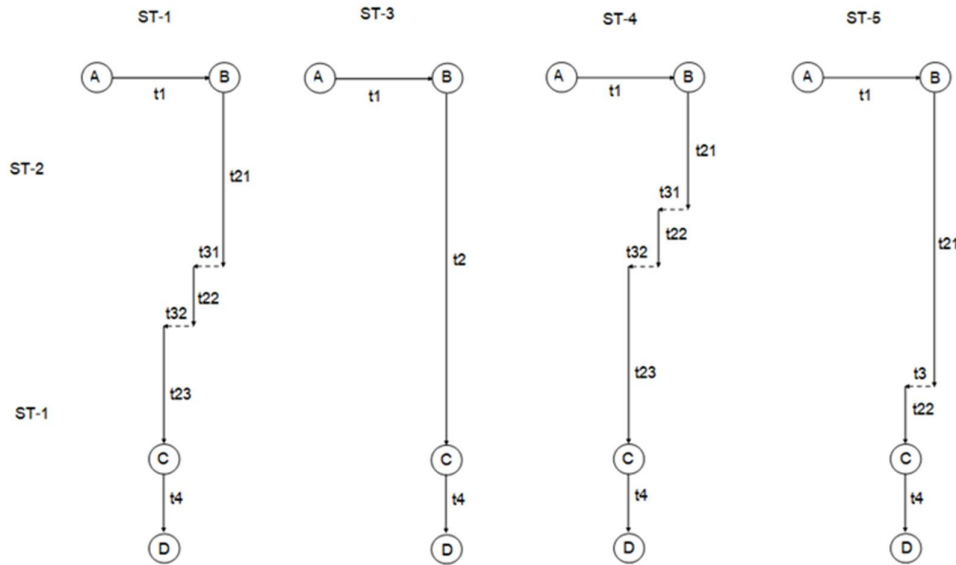
1. ทำการตรวจสอบเอกสาร รวบรวมข้อมูลแบบแปลน รายละเอียดของอาคาร, เส้นทางหนี ไฟ และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์กิจกรรมการใช้อาคาร
3. คำนวณปริมาณผู้ใช้อาคารสูงสุด
4. คำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟ โดยวิธี Hydraulic Flow Calculation ไปจนถึงจุดปล่อยออกอย่างต่อเนื่อง ปลายทางที่เป็นจุดปลอดภัย (Point of Safety) โดยคำนวณที่ผู้ใช้งานอาคารเต็มความจุอาคาร อพยพลงจากอาคารทั้งหมด

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของอาคารจากการศึกษาแบบแปลน

ชื่ออาคาร	อาคารโรงพยาบาล 20 ชั้น	
ลักษณะอาคาร	อาคารโรงพยาบาล ความสูงอาคารวัดจากระดับพื้นดินถึงยอดระดับหลังผนังชั้นหลังคา มีความสูง 97.30 เมตร พื้นที่ใช้สอยรวมประมาณ 97,000 ตารางเมตร	
รายละเอียดแต่ละพื้นที่	ชั้น G	งานชั้นสูตรและนิติเวชวิทยา พื้นที่ท่าลาย
	ชั้น 1	ศูนย์ผู้ป่วยนอก แผนกฉุกเฉิน
	ชั้น 2	ศูนย์ผู้ป่วยนอก คลังยา
	ชั้น 3	ห้องปฏิบัติการ
	ชั้น 4-6	ที่จอดรถ
	ชั้น 7-10	ห้องผ่าตัด ห้อง ICU
	ชั้น 11-18	หอผู้ป่วยใน
	ชั้น 19	สำนักงาน
	ชั้น 20	ห้องสมุด
	หลังคา	ลานจอดรถเฮลิคอปเตอร์

เส้นทางการอพยพหนี ผู้อพยพที่อยู่ไกลที่สุดจะอยู่ที่จุด A เคลื่อนที่ไปยังประตูหนีไฟที่อยู่จุด B โดยใช้เวลา t_1 จากนั้นผู้อพยพลงบันไดหนีไฟไปยังจุด C ซึ่งอยู่ชั้นล่าง ซึ่งเป็นจุดก่อนผ่านประตูหนีไฟเพื่อปล่อยออก โดยลงบันไดหนีไฟใช้เวลา t_2 หากมีการเคลื่อนที่แนวราบในบันไดหนีไฟใช้เวลา t_3 เมื่อถึงจุด C แล้ว จะเคลื่อนที่ผ่านประตูปล่อยออก เพื่อไปยังจุดปล่อยออกที่จุด D โดยใช้เวลา t_4



รูปที่ 4 เส้นทางอพยพของแต่ละบันได

การวิเคราะห์ขนาดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

ความสามารถในเส้นทางหนีไฟ = ความกว้างจริง (มม.) / ตัวประกอบความสามารถ (มม./คน)

เนื่องจากทำการศึกษาอาคารโรงพยาบาล ซึ่งเข้าข่ายอาคารในกลุ่มรักษาพยาบาล (ติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง) โดยจะใช้ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factors) ของบันไดเป็น 7.6 มิลลิเมตร ในกรณีเป็นทางราบและทางลาดชัน จะใช้เป็น 5 มิลลิเมตร

วิเคราะห์ความสามารถของประตู

สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถของประตูหนีไฟ จะใช้ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factors) สำหรับประตูคือ 5 มิลลิเมตรต่อคน และความกว้างจริง คือ 900 มิลลิเมตร

$$\begin{aligned} \text{ความสามารถของประตู} &= \text{ความกว้างจริง (มม.)} / \text{ตัวประกอบความสามารถ (มม./คน)} \\ &= 900 \text{ (มม.)} / 5 \text{ (มม./คน)} = 180 \text{ คน} \end{aligned}$$

เนื่องจากประตูหนีไฟมีการออกแบบให้มีขนาดความกว้างเท่ากัน ดังนั้นขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟต่อหนึ่งประตูหนีไฟคือ 180 คน

วิเคราะห์ความสามารถของบันได

สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถของบันไดหนีไฟ จะใช้ค่าตัวประกอบความสามารถ (Capacity Factors) สำหรับบันไดคือ 7.6 มิลลิเมตรต่อคน และความกว้างจริง คือ 1,500 มิลลิเมตร (สำหรับบันได ST-3 และ ST-5) และ 1,180 มิลลิเมตร (สำหรับบันได ST-1, ST-2 และ ST-4) ในกรณีที่ค่าตัวขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟ เป็นเศษส่วน ต้องทำการปัดค่าลง

ความสามารถในเส้นทางหนีไฟ = ความกว้างจริง (มม.) / ตัวประกอบความสามารถ (มม./คน)

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ (ST-3)} = 1,500 \text{ (มม.)} / 7.6 \text{ (มม./คน)} = 197 \text{ คน}$$

$$\text{ความสามารถของบันไดหนีไฟ (ST-1)} = 1,180 \text{ (มม.)} / 7.6 \text{ (มม./คน)} = 155 \text{ คน}$$

จากการคำนวณขีดความสามารถของเส้นทางหนีไฟต่อหนึ่งบันไดหนีไฟ คือ

$$197 \text{ คน} \quad (\text{สำหรับบันได ST-3 และ ST-5})$$

155 คน (สำหรับบันได ST-1, ST-2 และ ST-4)

ตารางที่ 6 จำนวนผู้ใช้งานอาคารและความสามารถของเส้นทางหนีไฟ

ชั้นที่	จำนวนห้อง	ผู้ใช้งานจากการคำนวณ	ความสามารถของประตูหนีไฟ	ความสามารถของบันไดหนีไฟ
G	47	506	-	-
1	60	347	720	704
2	67	544	720	704
3	70	579	900	859
4	12	175	720	704
4A	2	180	720	704
5	2	180	720	704
5A	2	180	720	704
6	2	180	720	704
6A	4	179	720	704
7	124	351	720	704
8	83	397	720	704
9	31	178	720	704
10	70	479	720	704
11	58	343	720	704
ชั้นที่	จำนวนห้อง	ผู้ใช้งานจากการคำนวณ	ความสามารถของประตูหนีไฟ	ความสามารถของบันไดหนีไฟ
12	58	323	720	704
13	59	320	720	704
14	68	331	720	704
15	77	332	720	704
16	77	383	720	704
17	75	327	720	704
18	75	318	720	704
19	44	528	720	704
20	26	222	720	704
รวม	1,193	7,882		

1) ทหาระยะทางการอพยพไปยังทางออกที่ไกลที่สุดของโรงพยาบาล ชั้น20

จากการวัดระยะในโปรแกรม Autocad ระยะทางที่ไกลที่สุดไปยังบันได คือ 59.38 เมตร

2) คำนวณหาความกว้างที่ใช้งานจริง (We) ของประตูหนีไฟ และบันไดหนีไฟ

อาคารโรงพยาบาล ขนาดประตูหนีไฟ มีความกว้าง 0.90 เมตรและบันไดหนีไฟ มีความกว้าง 1.50 เมตร (สำหรับบันได ST-3 และ ST-5) และ 1.18 เมตร(สำหรับบันได ST-1, ST-2 และ ST-4) ดังนั้น การหาความกว้างที่

ใช้งานจริง (We) ดังสมการต่อไปนี้ โดยระยะขอบ (BL) ดูจากตารางที่ 2 โดยจะใช้ระยะขอบ (BL) สำหรับช่องบันได, ประตู 0.15 เมตร

ความกว้างที่ใช้งานจริง (We) = ความกว้างสุทธิ (Wc) - ระยะขอบ (BL)

$$We(ST-3) = We(ST-5) = 1.50 - (2 \times 0.15) = 1.20 \text{ เมตร}$$

$$We(ST-1) = We(ST-4) = 1.18 - (2 \times 0.15) = 0.88 \text{ เมตร}$$

$$We(Door) = 0.90 - (2 \times 0.15) = 0.60 \text{ เมตร}$$

ดังนั้นจะได้ความกว้างที่ใช้งานจริงของบันไดหนีไฟ คือ 1.20 เมตร (สำหรับบันได ST-3 และ ST-5) และ 0.88 เมตร (สำหรับบันได ST-1 และ ST-4) และของประตูหนีไฟ คือ 0.60 เมตร

3) คำนวณหาอัตราการเคลื่อนที่เฉพาะ (Fs) อัตราการไหลที่คำนวณ (Fc) และความเร็วในการอพยพ (S) ของอาคารโรงพยาบาล

สมมติให้เกิดการรอคอยที่ประตูหนีไฟ และบันไดหนีไฟ ดังนั้นอัตราการเคลื่อนที่เฉพาะ (Fs) มีค่าเท่ากับ อัตราการเคลื่อนที่เฉพาะสูงสุด (Fsm) ตามตารางที่ 4 อัตราการเคลื่อนที่เฉพาะสูงสุด (Fsm) ดังนี้

$$Fsm(Stair) = 1.00 \text{ (คน/วินาที)/เมตร}$$

$$Fsm(Door) = 1.32 \text{ (คน/วินาที)/เมตร}$$

อัตราการไหลที่คำนวณได้ (Fc) คือจำนวนผู้คนที่คาดการณ์ว่าจะไหลเคลื่อนผ่านจุดใดจุดหนึ่งในเส้นทางหนีไฟ ซึ่งคำนวณของประตูหนีไฟ และบันไดหนีไฟ ต่อไปนี้

$$Fc = Fs \times We$$

เมื่อ Fc = อัตราการไหลเคลื่อนที่คำนวณได้

Fs = อัตราการไหลเคลื่อนที่เฉพาะ (เลือกใช้อัตราการเคลื่อนที่เฉพาะสูงสุด, Fsm)

We = ความกว้างทางที่ใช้ได้จริง

$$Fc(ST-3) = Fc(ST-5) = 1.00 \times 1.20 = 1.20 \text{ คน/วินาที}$$

$$Fc(ST-1) = Fc(ST-4) = 1.00 \times 0.88 = 0.88 \text{ คน/วินาที}$$

$$Fc(Door) = 1.32 \times 0.60 = 0.79 \text{ คน/วินาที}$$

ในการคำนวณหาอัตราการไหลเคลื่อนที่ (Fc) ของประตูหนีไฟ และบันไดหนีไฟ จะเลือกค่าน้อยกว่าเป็นตัวกำหนดอัตราการไหลเคลื่อนที่ของทางหนีไฟ ดังนั้น $Fc(Door) = 0.79$ คนต่อวินาที

ในการคำนวณหาความเร็วในการอพยพ โดย S = ความเร็วในการอพยพ (เมตรต่อวินาที), $D = D_{max}$ คือความหนาแน่นสูงสุด ($D = 1.88$) ค่าตัวประกอบความเร็ว (k) ตารางที่ 3 k ของบันได คือ 1.16 และ k ของช่องทางเดิน ประตู ทางลาด คือ 1.40 โดยให้ $a = 0.266$ สำหรับความเร็วที่คำนวณ มีค่าเป็นเมตรต่อวินาที ดังสมการ

$$S = k - akD$$

การคำนวณหาความเร็วบนทางราบ

$$S_{\text{ทางราบ}} = 1.4 - (0.266 \times 1.4 \times 1.88) = 0.70 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

การคำนวณหาความเร็วลงบันไดหนีไฟ

$$S_{\text{ลงบันไดหนีไฟ}} = 1.16 - (0.266 \times 1.16 \times 1.88) = 0.58 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

ดังนั้นคนจะอพยพบนทางราบ 0.70 เมตรต่อวินาที และอพยพลงบันไดหนีไฟด้วยความเร็ว 0.58 เมตรต่อวินาที

4) คำนวณหาระยะการเคลื่อนตัวในบันไดหนีไฟ

ระยะการเคลื่อนตัวในบันไดหนีไฟ คือ ระยะทางในแนวเอียงของบันไดหนีไฟ โดยวัดความยาวตามเส้นทแยงมุมตามรูปที่ 3

$$LD = LV / \sin\theta$$

LD = ระยะทางวัดตามแนวเส้นทแยงมุมของบันได (เมตร)

LV = ระยะในแนวตั้ง (เมตร)

θ = มุมเอียงของบันได

โดยบันไดมีลูกตั้งคือ 165 มิลลิเมตร มีลูกนอน 305 มิลลิเมตร และความสูงตลอดบันได คือ 92.50 เมตร จากตารางที่ 5 แสดงขนาดของลูกตั้ง ลูกนอน และมุมเอียงของบันได ได้ค่ามุมของบันไดที่มีลูกตั้ง ลูกตั้งคือ 165 มิลลิเมตร มีลูกนอน 305 มิลลิเมตร โดยได้ค่า $\sin\theta$ เท่ากับ 0.476

$$LD = LV / \sin\theta = 92.50 / 0.476 = 193.28 \text{ เมตร}$$

5) คำนวณระยะเวลาการอพยพทั้งอาคาร

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$$

T = ระยะเวลาในการอพยพทั้งสิ้น

t_1 = ระยะเวลาในการเคลื่อนที่บนทางราบจากจุดที่ไกลที่สุดถึงประตูหนีไฟ

t_2 = ระยะเวลาในการเคลื่อนตัวในบันไดหนีไฟสูงสุด

t_3 = ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ทางราบในบันไดหนีไฟ

t_4 = ระยะเวลาในการอพยพของคนทั้งหมด

ตารางที่ 7 ระยะเวลาอพยพที่ใช้ในการอพยพผ่านแต่ละบันไดหนีไฟ

บันได	ระยะเวลาการเคลื่อนที่จากที่ไกลที่สุดถึงประตูหนีไฟ	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ในบันไดหนีไฟ	ระยะเวลาเคลื่อนตัวในทางราบของบันได	ระยะเวลาในการอพยพ	ระยะเวลาทั้งสิ้น	
	t_1	t_2	t_3	t_4	T	นาที
ST-1	84.83	333.2	46.01	2,340.51	2,804.55	46.74
ST-3	84.83	333.2	-	2,339.24	2,757.27	45.95

ST-4	84.83	333.2	45.07	2,335.44	2,798.54	46.64
ST-5	84.83	333.2	15.80	2,321.52	2,755.35	45.92

ตารางที่ 8 สรุปเวลาอพยพแต่ละบันไดหนีไฟ

บันได	เวลาอพยพ (นาที)	Safety Factor
ST-1	46.74	1.28
ST-3	45.95	1.31
ST-4	46.64	1.29
ST-5	45.92	1.31

บทสรุป

จากการศึกษาการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟอาคารโรงพยาบาล อาคารสูง 20 ชั้น ซึ่งมีผู้ใช้งานอาคารจากการวิเคราะห์ 7,882 คนการจัดเตรียมเส้นทางหนีไฟ ทั้งจำนวนประตูบันไดหนีไฟและจำนวนบันไดหนีไฟ มีเพียงพอกับจำนวนผู้ใช้งานอาคาร

ผลการคำนวณระยะเวลาอพยพหนีไฟผลการคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟ ผู้ทำการวิจัยกำหนดให้จำนวนผู้อพยพหนีไฟอพยพลงบันไดหนีไฟทุกบันไดเท่าๆ กัน ระยะเวลารวมทั้งหมดในการอพยพหนีไฟที่ผ่านบันไดหนีไฟแต่ละตัวของอาคารลงไปชั้นล่างจนถึงจุดที่ปลอดภัย บันไดที่ใช้ระยะเวลาอพยพน้อยที่สุดคือ ST- 5 รองลงมาคือ ST - 3, ST - 4 และ ST - 1 ตามลำดับ โดยใช้ระยะเวลาในการอพยพ 45.92 นาที, 45.95 นาที, 46.64 นาที และ 46.74 นาที ตามลำดับ ซึ่งทุกเส้นทางสามารถอพยพออกจากอาคารได้ภายใน 1 ชั่วโมง และมีค่า Safety Factor อย่างน้อย 1.28 ในแต่ละเส้นทางสำหรับเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น หาทงหนีไฟไม่เจอ อพยพไปผิดทาง ถือว่าอาคารโรงพยาบาล มีเวลาการอพยพหนีไฟไม่เกิน 1 ชั่วโมงตามที่กฎหมายกำหนด

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากอาคารที่ใช้วิเคราะห์เป็นอาคารโรงพยาบาล จึงมีผู้ป่วยทั้งที่อาการหนักที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้เป็นผู้ป่วยติดเตียง และผู้ป่วยที่อาการไม่รุนแรง สามารถช่วยเหลือตัวเองได้

1. ควรมีการทำแผนฉุกเฉินกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ ตามระดับความรุนแรงของอัคคีภัย เช่น อัคคีภัยขนาดเล็ก หากสามารถควบคุมเพลิงได้ ก็ควรดับให้เรียบร้อย โดยที่ไม่ต้องแจ้งเหตุเพลิงไหม้ หากมีอัคคีภัยรุนแรงเกินกว่าจะควบคุมได้ ควรพิจารณาถึงการแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับพื้นที่บางส่วน เช่น แจ้งเหตุเฉพาะชั้นเกิดเหตุ, ชั้นด้านล่างของชั้นเกิดเหตุ และชั้นด้านบนของชั้นเกิดเหตุ หรือแม้แต่การเกิดอัคคีภัยบางส่วน อาจอพยพโดยการอพยพไปยังอีกฝั่งของผนังกันไฟ ซึ่งอยู่ตรงกลางของตึกแบ่งพื้นที่ตึกเป็นส่วนซ้ายหรือขวา โดยผนังกันไฟมีความสามารถในการป้องกันอัคคีภัยได้ 2 ชั่วโมง

2. หากมีความจำเป็นต้องใช้แผนอพยพ ควรใช้ประโยชน์จากเส้นทางที่มีให้มากที่สุด เช่น ผู้ป่วยหนัก ในชั้นที่ 7-10 หากมีความจำเป็นต้องอพยพลง ก็อาจย้ายผู้ป่วยลงมาที่ชั้นจอดรถ ชั้น 4-6A แล้วอพยพด้วยทางลาด (Ramp) ข้างอาคาร, ผู้ป่วยในชั้นที่ 2 - 3 หากมีความจำเป็นต้องอพยพลง ก็อาจย้ายผู้ป่วยลงมาที่ชั้น1 แล้วอพยพด้วยทางลาดตรงบริเวณรับ-ส่ง (Drop-off) อีกทั้งชั้นตอนการออกแบบอาคาร ก็ได้มีการวางแผนขจัดความเสี่ยงเกิดอัคคีภัยขนาดใหญ่ไว้แล้วส่วนหนึ่ง การที่วางแผนหลักของงานไฟฟ้ากำลัง อย่างหม้อแปลงไฟฟ้าไว้ที่ตึกพลังงาน

3. ควรมีการจัดทำแผนอพยพและฝึกซ้อมแผนฉุกเฉินก็ยังคงมีความจำเป็น เพื่อให้บุคคลภายในอาคารเกิดความสะดวกต่อรีอริ้นและสามารถดำเนินการอพยพได้โดยปราศจากความตื่นตระหนก โดยทดสอบให้มีความคล้อยคลึงกับสถานการณ์จริง และนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจัดทำแผนอพยพครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. ผู้ดูแลอาคารควรจะต้องมีการวางแผนทดสอบระบบและซ่อมบำรุงตามกำหนดเวลาที่เหมาะสม เพื่อลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้ อาคารมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

5. เพื่อให้การเข้าถึงข้อมูลการอพยพได้อย่างรวดเร็ว ควรมีการจัดเก็บข้อมูลอาคารในรูปแบบดิจิทัล มีการจัดทำฐานข้อมูล (Database) เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษาและสืบค้นข้อมูล
ผู้วิจัยคาดหวังว่าผลการวิเคราะห์นี้ จะสามารถนำไปใช้และปรับปรุงระบบการอพยพของอาคารให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นตามข้อมูลที่สรุปอยู่ในผลการวิเคราะห์ในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- 1.โชคดี หนูเอียด. (2553). โปรแกรมคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- 2.เยาวลักษณ์ ยวงสร้อย. (2555). การคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์วิทยาเขตศรีราชา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- 3.สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2564). สรุปสถานการณ์อัคคีภัยของประเทศไทย. ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม2564.
<http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/21.aspx>,
- 4.สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2564). กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535). ค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม2564.
<https://www.krisdika.go.th/librarian/get?sysid=302293&ext=htm>.
- 5.John, L.Bryan. National Fire Protection Association. (2003). NFPA, Fire Protection Handbook 19th ed. 2003. Human Behavior and Fire, U.S.A
- 6.National Fire Protection Association. (2012). NFPA 101 Life Safety Code, U.S.A
- 7.Nelson and Maclennan. (1995). Society of Fire Protection Engineer. SFPE handbook of Fire Protection Engineer 2nd ed. Section3 Chapter 14 Emergency Movement, U.S.A.

การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ แบบ FDM

The study of Suitable factors to model forming by FDM 3D-Printing

รังสรรค์ ไชยเชษฐ์^{1*} นิรุต อ่อนสลุง² วิภาดา ไชยเชษฐ์¹ และธรรมสุข มิ่งเมือง¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร

² คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร

* Rungsan.c@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด Fused Deposition Modeling(FDM) ที่ส่งผลต่อขนาดชิ้นงาน โดยได้ออกแบบการทดลองแบบชนิด Full factorial Design ชนิด 2-level จำนวน 8 Run 3 replicates เพื่อกำหนดเป็นปัจจัยในการขึ้นรูปชิ้นงานที่มีขนาด 20x20x20 mm³ วัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นวัสดุ Polylactic Acid (PLA) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 mm. กำหนดให้อุณหภูมิในการพิมพ์คงที่ 210 °C โดยกำหนดปัจจัยในการขึ้นรูปประกอบด้วย ความสูงของชั้น (layer height) จำนวนผนังของชิ้นงาน (Wall number) และความกว้างของเส้น (Line wide) โดยกำหนดค่าต่ำ ค่าสูงในการออกแบบการทดลอง จากนั้นนำชิ้นงานที่ขึ้นรูปมาทำการวัดขนาดของชิ้นงานแต่ละแกนเพื่อหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในแต่ละชั้นแล้วนำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง พบว่าปัจจัยความสูงของชั้น (layer height) ของการขึ้นรูปชิ้นงาน ที่ระดับ 0.1 mm. และ 0.3 mm. มีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ร้อยละ 1.484 และ 0.265 ปัจจัยจำนวนผนังของชิ้นงาน(Wall number) ที่ระดับ 2 ชั้น และ 5 ชั้น มีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ เฉลี่ยที่ 0.759 และ 1.000 ปัจจัยสุดท้ายปัจจัยความกว้างของเส้น(Line wide) ที่ 0.3 mm. และ0.5mm. มีส่งผลต่อร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ 1.495 และ 0.265 และการวิเคราะห์พยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนในการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่ ระดับ 0.3 mm. 2 ชั้น และ 0.3 mm. เมื่อนำมาขึ้นรูปชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนของขนาดเฉลี่ยที่ร้อยละ 0.061 จึงสามารถสรุปได้ว่าขนาดของชิ้นงานจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิตินั้น มีผลมาจากอิทธิพลของปัจจัยในการขึ้นรูปประกอบด้วยปัจจัยความหนาของชั้น จำนวนผนังและความกว้างของเส้น ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

คำสำคัญ: เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ปัจจัยที่เหมาะสม การขึ้นรูป ออกแบบการทดลอง

Abstract

This research aims to investigate the appropriate factors in model forming from Fused Deposition Modeling (FDM) 3D printers which affect the size of the workpiece. The design of experiment (DOE) was based on a 2-level full factorial design with 8 Run 3 replicates, to determine the factors in the forming of a 20 x 20 x 20 mm³ size piece. The material used for the molding consisted of Polylactic acid (PLA) with a diameter of 1.75 mm. The printing temperature was set at a constant of 210 °C. The factors for the formation consisted of setting the high and low values for the layer height, the wall numbers, and the line width of the workpiece. Thereafter, the data from the experiment was then analyzed and the size of the molded

workpiece was determined from each axis to find the average discrepancy in each piece. Results revealed that the layer height factor of the workpiece that was formed at the 0.1 mm. and 0.3 mm. level yielded an average percentage error of 1.484% and 0.265% respectively. The wall number factor at the 2 and 5 layers yielded an average percentage error at 0.759 and 1.000 respectively. As for the line width factor of 0.3 mm. and 0.5mm. yielded an average percentage error of 1.495 and 0.265 respectively. The analysis on the forecast of the optimum piece forming tolerances at 0.3 mm. for the layer height, a 2-wall layer, and a 0.3 mm. line width, yielded an average size error of 0.061%. It can, therefore, be concluded that the formation of the workpiece from a 3D printer is the result of the influences of layer height, wall numbers, and line width forming factors at a significance level of 0.05.

Keywords: 3d-printer, Suitable factors, Forming, DOE

บทนำ

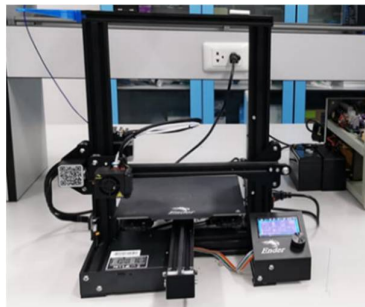
ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีการพัฒนาไปอย่างมาก จากแรงขับเคลื่อนทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและเทคโนโลยี เพื่อตอบโจทย์เป้าหมายการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพ ต้นทุนที่ต่ำและใช้เวลาในการผลิตที่น้อย จึงได้มีเทคโนโลยีการผลิต ที่ได้รับความสนใจเป็นในช่วงเวลานี้คือ การผลิตแบบเติมเนื้อวัสดุ (Additive manufacturing; AM) เป็นการผลิตแบบเพิ่มเนื้อวัสดุเข้าไปทีละชั้นหรือทีละส่วน เพื่อรวมเป็นรูปทรงของชิ้นงานสุดท้าย โดยจะมีข้อดีคือมีจำนวนของเสียจากกระบวนการผลิตต่ำ สามารถสร้างชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนโดยไม่จำเป็นต้องสร้างแม่พิมพ์ (สมบุญ, 2560) การพิมพ์สามมิติเป็นประเภทหนึ่งของการผลิตแบบเติมเนื้อวัสดุ เครื่องพิมพ์สามมิติเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางในปี 2550 เนื่องจากมีการผลิตเครื่องพิมพ์สามมิติ โดย 3D Systems มีแนวโน้มราคาลดลง ทำให้เทคโนโลยีการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยการพิมพ์สามมิติได้รับความนิยมมากขึ้น (Dana Goldberg, 2014) กระบวนการผลิตแบบเพิ่มเนื้อวัสดุ สามารถจำแนกได้เป็น สองประเภทตามแหล่งพลังงานหลอมวัสดุ คือ แบบที่ใช้เลเซอร์และแบบไม่ใช้เลเซอร์ (Majeed, Zhang et al. 2021) ส่วนเครื่องพิมพ์สามมิติเป็นการผลิตแบบที่ไม่ใช้เลเซอร์ ประกอบด้วย ระบบการเรียงซ้อนของวัสดุแผ่นเรียบ (Laminated Object Manufacturing; LOM) ระบบพ่นกาวบนผงวัสดุ (Powder-based Manufacturing) และระบบการดันวัสดุหลอม (Fused Deposition Modeling; FDM) ซึ่งระบบการดันวัสดุหลอม FDM เป็นวิธีสร้างชิ้นงานสามมิติที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Tymrak, Kreiger et al. 2014) เนื่องจากการใช้งานที่คุ้มค่าเมื่อเทียบกับเทคนิคอื่น และใช้งานและบำรุงรักษาง่าย (Fateri, Kaouk et al. 2018) แต่อย่างไรก็ตามในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติระบบการดันวัสดุหลอม FDM นั้นยังพบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานในการผลิต ได้แก่ การโก่งงอของชิ้นงาน ชิ้นงานล้มระหว่างการขึ้นรูป (ศุภวิชฌ์, 2561) เนื่องจากกระบวนการขึ้นรูปใช้วัสดุเป็นพลาสติกเส้น (Filament) และจะมีผลต่อขนาดของชิ้นงานจากการหดตัวของพลาสติกทำให้ขนาดที่ได้นั้นมีความคลาดเคลื่อน จากงานวิจัยการขึ้นรูปชิ้นงานสามมิติจากภาพเอกซเรย์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด FDM ขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ อะคริลิกแฟนทอม (Acrylic phantom) ที่มีขนาดใกล้เคียงกับศีรษะ ด้วยการสแกนเป็นไฟล์ DICOM จากนั้นแปลงภาพให้เป็นโมเดลชิ้นงานนามสกุล .STL แล้วขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด FDM เพื่อทดสอบความแม่นยำ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานไม่มากกว่าร้อยละ 2 ชิ้นงานจริง (ปนพรัตน์, 2562)

จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์สามมิติ เนื่องจากความแม่นยำของขนาดของชิ้นงานนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการผลิตชิ้นงาน เพราะหากมีการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติขึ้นรูปชิ้นงานแล้วนั้นชิ้นงานที่ขึ้นรูปเกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดนั้นจะส่งผลโดยตรงในการนำไปใช้งาน หากควบคุมหรือปรับความคลาดเคลื่อนให้อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ ก็จะเป็นการยกระดับการผลิตชิ้นงานด้วยการพิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติ

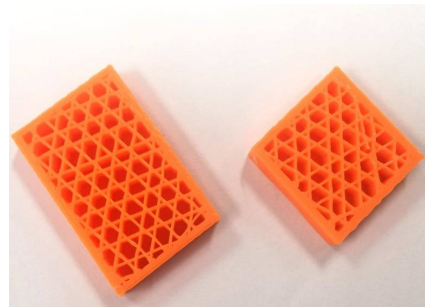
โดยงานวิจัยนี้ได้นำหลักการออกแบบการทดลองเพื่อมาทดสอบการขึ้นรูปชิ้นงานตามเงื่อนไขที่กำหนดเพื่อหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นและปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1 การออกแบบและการขึ้นรูปชิ้นงาน ชิ้นงานเป็นทรงลูกบาศก์ ซึ่งมีขนาด $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ จากงานวิจัยการดูดซับพลังงานของชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ โครงสร้างภายในที่เป็นรูปทรงหกเหลี่ยมเป็นโครงสร้างสามารถดูดซับพลังงานสูงสุด โดยกำหนดการเติมเนื้อภายในชิ้นงานที่ร้อยละ 40 (จිරดา, 2561) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกขนาดชิ้นงานขนาด $20 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ โครงสร้างภายในรูปทรงหกเหลี่ยมมีการเติมเนื้อภายในร้อยละ 40 การขึ้นรูปชิ้นงานใช้เครื่องพิมพ์สามมิติระบบการดันวัสดุหลอม (Fused Deposition Modeling; FDM) ยี่ห้อ Ender 3 Pro โดยใช้โปรแกรม Cura 4.10.0 ในการแปลงจากการออกแบบชิ้นงาน นามสกุล .STL ให้เป็นไฟล์ g.code ลักษณะชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์สามมิติ แสดงในรูปที่ 1 โดยอุณหภูมิและความเร็วจะถูกควบคุมเป็นปัจจัยจากการออกแบบการทดลองตาม ตารางที่ 1



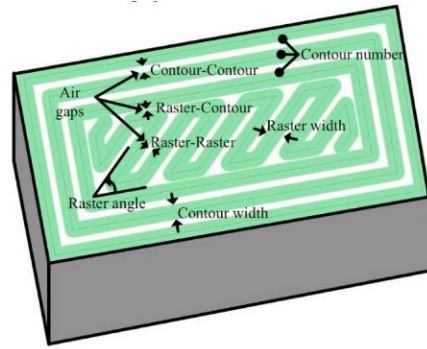
(ก) เครื่องพิมพ์สามมิติ



(ข) โครงสร้างภายในของชิ้นงาน

รูปที่ 1 เครื่องพิมพ์สามมิติระบบการดันวัสดุหลอม(FDM) ยี่ห้อ Ender 3 Pro และโครงสร้างภายในของชิ้นงาน

1 การกำหนดปัจจัยและการออกแบบการทดลอง ได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ Full factorial Design โดยใช้โปรแกรม Minitab 14 กำหนดให้การทดลองแบบ 3^K และมี 3 replicates เพื่อทำการออกแบบการทดลอง จากงานวิจัยการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติชนิด FDM โดยใช้วัสดุ Polylactic Acid (PLA) พบว่าการวางองศาเรสเตอร์หรือทิศทาง การฉีกเส้นพลาสติกในการขึ้นรูป มีผลต่อค่า Young's modulus และค่า tensile strength ของชิ้นงาน(Kiendl and Gao, 2020) นอกจากนั้นปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความแม่นยำของชิ้นงานคือปัจจัยความหนาของชั้นในการพิมพ์ แนวการวางของชิ้นงานในการขึ้นรูป (M. M. Hanon et al, 2021) และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดของเส้นพลาสติกในการขึ้นรูปคือ ปัจจัยจำนวนของผนังชิ้นงาน (Contour number) และความกว้างของเส้นผนัง (Contour width) โดยแสดงในรูปที่ 1 จึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในปัจจัยที่มีผลต่อขนาดชิ้นงานหลังจากการขึ้นรูปดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 2 ปัจจัยในการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติชนิด FDM (A. W. Gebisa, H. G. Lemu, 2019)

จากศึกษาข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติชนิด FDM พบว่าคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานปัจจัยที่ส่งผลประกอบด้วย โครงสร้างภายในของชิ้นงาน องศาของเรสเตอร์ ปริมาณเนื้อของชิ้นงาน ทิศทางการวางชิ้นงานในการขึ้นรูป และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการขึ้นรูปที่น่าสนใจในการนำมาพิจารณาถึงผลกระทบต่อขนาดของชิ้นงานจากการขึ้นรูปจะประกอบด้วย จำนวนของผนังของชิ้นงาน ความกว้างของผนังชิ้นงาน และความสูงของแต่ละชั้นในการขึ้นรูปชิ้นงาน เนื่องมาจากปัจจัยที่กล่าวมานั้นจะส่งผลโดยตรงต่อขนาด ความสูง ความกว้างของชิ้นงาน หากทดลองกำหนดค่าปัจจัยดังกล่าวอาจทำให้ทราบถึงปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงาน

0

ตารางที่ 1 แสดงปัจจัยและระดับปัจจัยในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	
	ต่ำ(-1)	สูง(1)
ความสูงของชั้น (mm.)	0.1	0.3
จำนวนของผนัง (No.)	2	5
ความกว้างของเส้น (mm.)	0.3	0.5

จากข้อมูลการออกแบบการทดลอง ตารางที่ 1 ได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial Design โดยใช้โปรแกรม Minitab 18 กำหนดให้การทดลองแบบ 2^k และมี 8 run และ 3 replicates จำนวนทั้งหมดเท่ากับ 24 run โดยมีปัจจัยควบคุมในการทดลองประกอบด้วยปัจจัย อุณหภูมิ ขนาดของหัวฉีด และความเร็ว และวัสดุในการขึ้นรูป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยควบคุมในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย
อุณหภูมิ (C°)	210
ขนาดของหัวฉีด (mm.)	0.4
ความเร็ว (mm/s.)	30
วัสดุในการขึ้นรูป	PLA

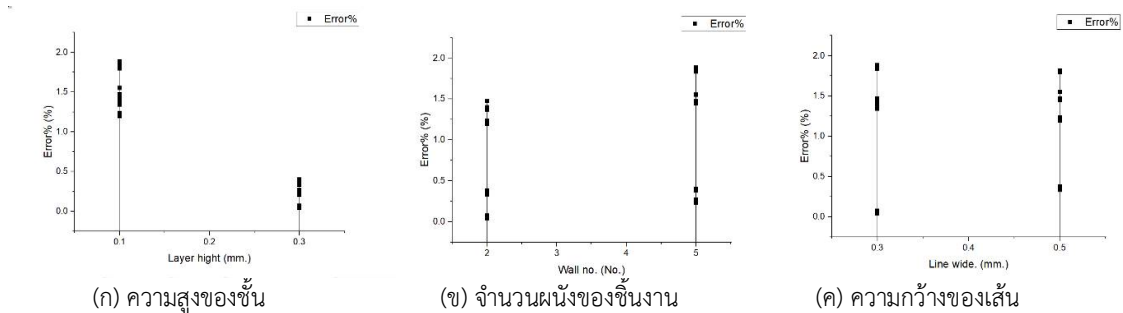
จากข้อมูลปัจจัยควบคุมในการขึ้นรูปชิ้นงานทุกชิ้นโดยอุณหภูมิของวัสดุ Polylactic Acid (PLA) กำหนดให้คงที่อุณหภูมิ 210 C° เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ให้วัสดุพลาสติกกลุ่ม PLA เกิดเป็นร้อยละของความเป็นผลึกสูงสุดในการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (B. Wittbrodt and J.M. Pearce, 2015) ขนาดของหัวฉีดใช้ขนาดมาตรฐานของเครื่องพิมพ์สามมิติที่ขนาด Nozzle 0.4 mm. และวัสดุที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ใช้วัสดุ PLA ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 mm. ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของเส้นพลาสติก (Filament) ที่ใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติชนิด FDM

ผลการวิจัย

เมื่อทำการขึ้นรูปชิ้นงานโดยควบคุมปัจจัยความสูงของชั้น จำนวนของผนัง และความกว้างของเส้น ตามการออกแบบการทดลองทั้ง 8 run และ 3 replicates แล้วนั้น ได้ทำการวัดขนาดชิ้นงานในทุกแกนของการขึ้นรูปเพื่อนำมาการคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อน โดยนำขนาดชิ้นงานที่ขึ้นรูปได้มาเปรียบเทียบกับขนาดชิ้นงานที่ออกแบบเพื่อคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อน ตามแสดงในสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ขนาดของชิ้นงาน} - \text{ขนาดที่ออกแบบ}}{\text{ขนาดที่ออกแบบ}} \quad (1)$$

เมื่อทำการคำนวณร้อยละความคลาดเคลื่อนจากชิ้นงานที่ออกแบบการทดลองทั้ง 8 Run และ 3 replicates แล้ว จึงนำมาพิจารณาผลของปัจจัยในการขึ้นรูปใดที่ส่งผลต่อขนาดของชิ้นงาน โดยทำการเปรียบเทียบจากขนาดของชิ้นงานที่ขึ้นรูปและงานของชิ้นงานที่ออกแบบ



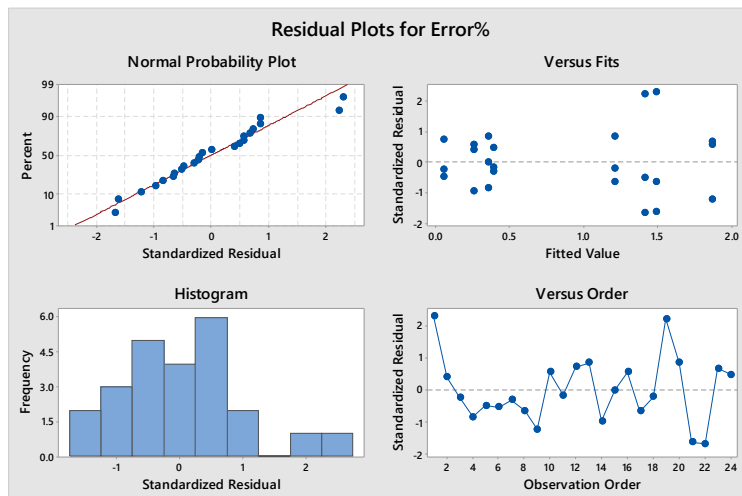
รูปที่ 3 ผลของร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการขึ้นรูปในแต่ละปัจจัย

จากรูปที่ 3 แสดงผลร้อยละความคลาดเคลื่อนในการขึ้นรูปแต่ละปัจจัย พบว่าปัจจัยความสูงของชั้น(layer height) ของการขึ้นรูปชิ้นงาน ที่ระดับ 0.1 mm. และ 0.3 mm. มีร้อยละความคลาดเคลื่อน (Error%) ของขนาดชิ้นงานที่ขึ้นรูป ค่าที่แสดงเป็นค่าสมบูรณ์โดยค่าเฉลี่ยที่ร้อยละ 1.484 และ 0.265 ปัจจัยจำนวนผนังของชิ้นงาน(Wall number) ที่ระดับ 2 ชั้น และ 5 ชั้น มีร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ เฉลี่ยที่ 0.759 และ 1.000 ปัจจัยสุดท้ายปัจจัยความกว้างของเส้น(Line wide) ที่ 0.3 mm. และ 0.5mm. มีส่งผลต่อร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ 1.495 และ 0.265

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอผลของปัจจัยในการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด FDM วัสดุเป็น PLA โดยศึกษาปัจจัยขึ้นรูปที่เหมาะสม 3 ประการ ผลกระทบของความสูงของชั้นจำนวนผนังของชิ้นงานและความกว้างของเส้น ซึ่งพบว่าความสูงของชั้นในการขึ้นรูปที่ความสูง 0.1 mm.พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของความสูงของชิ้นงานมากกว่า ความสูงของชั้นในการขึ้นรูปที่ 0.3

mm. ส่งผลเนื่องมาจากการขึ้นรูปแบบ FDM นั้นมีการขึ้นรูปแบบฉีดเส้นพลาสติกที่ละเส้นเรียงเป็นชั้นสูง ในแต่ละชั้นจะขึ้นรูปจากผิวชั้นงานด้านนอกเข้ามาสู่ด้านใน จากการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานจากความสูงของชั้นที่ต่ำกว่าจะทำให้ขนาดแตกต่างจากขนาดที่ออกแบบมากกว่าชั้นที่มีความสูงที่มากกว่า เนื่องมาจากการขึ้นรูปชิ้นงานจำนวนชั้นที่มากกว่าโดยปกติความสูงของชั้นของชิ้นงานจะส่งผลต่อจำนวนชั้นในการขึ้นรูปโดยตรงหากจำนวนชั้นที่ค่าที่ต่ำจะทำให้การขึ้นรูปนั้นต้องมีจำนวนชั้นในการขึ้นรูปที่มากขึ้นจะไปส่งผลกับขนาดชิ้นงานในแกน X และ Y เพราะมีผลโดยตรงกับจำนวนชั้นของชิ้นงาน แต่ในส่วนความสูงของชิ้นงานนั้นหากจำนวนชั้นที่มากขึ้นจะทำให้ความคลาดเคลื่อนต่ำลงเนื่องจากการแบ่งชั้นจำนวนที่มากขึ้นความละเอียดที่สูงขึ้นจะทำให้ความสูงของชิ้นงานหรือขนาดชิ้นงานในแนวแกน Z มีความแม่นยำมากขึ้น หากพิจารณาในภาพรวมทั้งสามแกนความคลาดเคลื่อนจะเพิ่มขึ้นหากความสูงของชั้นมีค่าที่ลดลง และผลกระทบของจำนวนผนังของชิ้นงานที่ 5 ชั้น ขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยขนาดของชิ้นงานจะมาจากขนาดเล็กกว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปที่มีจำนวนผนัง 2 ชั้น ส่งผลเนื่องมาจากการขึ้นรูปแบบ FDM นั้นมีการขึ้นรูปแบบฉีดเส้นพลาสติกที่ละเส้นเรียงเป็นชั้น จึงจำเป็นที่ในการขึ้นรูปต้องมีช่องว่างระหว่างเส้นพลาสติก(Air gap) ที่แสดงในรูปที่ 2 ทำให้หากจำนวนเส้นที่มากขึ้นต้องมีช่องว่างดังกล่าวเพิ่มขึ้นตามจำนวนชั้นของผนัง จึงส่งผลโดยตรงกับขนาดของชิ้นงานและสาเหตุใดที่ชิ้นงานถึงมีขนาดเล็กกว่าชิ้นงานจากการออกแบบเนื่องจากหลักการทำงานของการขึ้นรูปชิ้นงานแบบ FDM และโปรแกรม Slicer ในการสร้าง G code จะเริ่มสร้างชิ้นงานจากผิวนอกสุดเข้าไปสู่ด้านใน จึงส่งผลให้ชิ้นงานที่ขึ้นรูปมักมีขนาดเล็กและอาจจะส่งผลจากสาเหตุอื่นด้วย เช่นการหดตัวของวัสดุ เป็นต้น แต่หากเปรียบเทียบแล้วในด้านารรับแรงพบว่าจำนวนผนังที่มากขึ้นนั้นจะสามารถรับแรงได้มากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทดสอบโดยวิธีการดึงชิ้นงานตามมาตรฐาน ASTM D638 โดยกำหนดปัจจัยการขึ้นรูปของชิ้นความหนาที่แตกต่างกันและมุมในการขึ้นรูป พบว่าชั้นที่มีความหนามากกว่าและมุมในการขึ้นรูปที่ต่ำกว่าจะมีค่าความแข็งแรงกว่า(Yao, Deng et al. 2019)



รูปที่ 4 ส่วนตกค้างของผลตอบของร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง

จากข้อมูลรูปที่ 4 ข้อมูลส่วนตกค้างของผลตอบของร้อยละความคลาดเคลื่อนจากการทดลองทดสอบการแจกแจงแบบปกติของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ของค่าผลตอบ พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นตรงแสดงว่าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ เมื่อพิจารณาการกระจายระหว่างส่วนตกค้างกับผลตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย (Fitted Value) พบว่ามีลักษณะการเรียงตัวที่ไม่แน่นอนแสดงว่า ข้อมูลเป็นแบบสุ่มและแต่ละกลุ่มมีความแปรปรวนเท่าๆ กัน จึงสรุปได้ว่า ข้อมูลการทดลองชุดนี้จึงมีความเหมาะสมสำหรับกรวิเคราะห์หรือตีผลของปัจจัยทั้งหมด โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 โดยสามารถเขียนแบบจำลองสมการการถดถอยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลกับความหนาของสารเคลือบได้ดังสมการ (2)

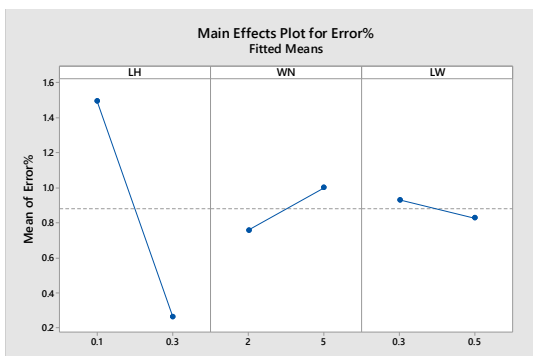
และเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ R-Sq (adjusted) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99.75 ซึ่งหมายถึง สมการที่ได้มีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์หาค่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อไป

$$\text{Error\%} = 2.391 - 11.477 \text{ LH} + 0.1916 \text{ WN} - 2.126 \text{ LW} + 0.460 \text{ LH*WN} + 16.92 \text{ LH*LW} - 0.0714 \text{ WN*LW} - 2.182 \text{ LH*WN*LW} \quad (2)$$

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์พารามิเตอร์แต่ละปัจจัยในการขึ้นรูปและความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value
Constant	-	0.88024	0.00667	131.93	0.000
LH	-1.23054	-0.61527	0.00667	-92.22	0.000
WN	0.24137	0.12068	0.00667	18.09	0.000
LW	-0.10378	-0.05189	0.00667	-7.78	0.000
LH*WN	-0.12384	-0.06192	0.00667	-9.28	0.000
LH*LW	0.18571	0.09286	0.00667	13.92	0.000
WN*LW	-0.15233	-0.07617	0.00667	-11.42	0.000
LH*WN*LW	-0.06546	-0.03273	0.00667	-4.91	0.000

จากตารางที่ 3 การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยในการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด FDM ชิ้นรูปชิ้นงานที่มีขนาด 20x20x20 mm³ วัสดุที่นำมาขึ้นรูปเป็นวัสดุ Polylactic Acid (PLA) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.75 mm. การออกแบบการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้น ปัจจัยความสูงของชั้น(LH) ปัจจัยจำนวนผนังของชิ้นงาน(WN) และความกว้างของเส้น(LN) มีผลต่อค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนอิทธิพลของปัจจัยร่วมระหว่างความสูงของชั้นและปัจจัยจำนวนผนังของชิ้นงาน(LH*WN) มีผลต่อค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนปัจจัยร่วมระหว่างความสูงของชั้นและความกว้างของเส้น(LH*LW) มีผลต่อค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ แต่หากพิจารณาอันตรกิริยาของปัจจัยของความสูงของชั้นและความกว้างของเส้น(LH*LW) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ จากรูปที่ 5 อาจเกิดเนื่องจากการการทดลองในการออกแบบการทดลองมีการทดลองที่จำกัดจึงทำให้อาจไม่เห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวแต่หากพิจารณาจะพบว่าทั้งสองปัจจัยมีแนวโน้มที่จะมีความสัมพันธ์ในระดับความสูงของชั้นที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยร่วมระหว่างทั้งสามปัจจัย(LH*WN*LW) มีผลต่อค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญ เห็นจะได้ว่าปรับระดับปัจจัยความสูงของชั้น จำนวนผนังและความกว้างของเส้นนั้นส่งผลต่อค่าร้อยละ ความคลาดเคลื่อนอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

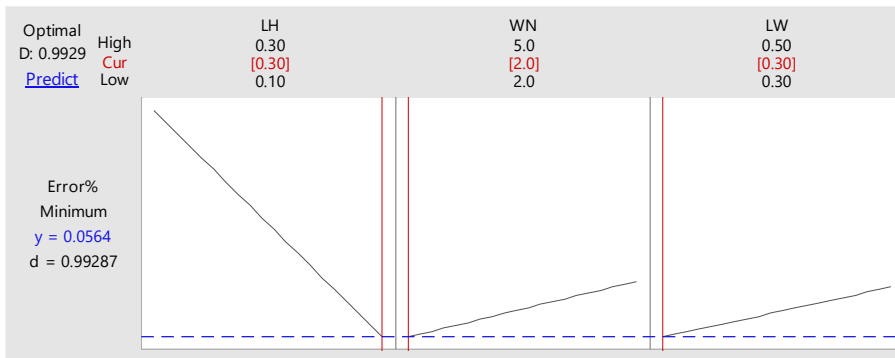


(ก) อิทธิพลหลักของปัจจัย

(ข) อันตรกิริยาของปัจจัย

รูปที่ 5 อิทธิพลหลักของปัจจัยในการขึ้นรูปของชิ้นงาน

จากรูปที่ 5 แสดงอิทธิพลหลักของปัจจัยในการขึ้นรูปชิ้นงานประกอบด้วย ความสูงของชั้น(LH) ที่ระดับปัจจัยอยู่ที่ระดับสูง(+1) คือ 0.3 mm. ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.265 และที่ระดับปัจจัยอยู่ที่ระดับต่ำ(-1) คือ 0.1 mm. ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.484 ปัจจัยจำนวนผนังของชิ้นงาน(WN) ที่ระดับปัจจัยอยู่ที่ระดับสูง(+1) คือ 5 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.000 และที่ระดับปัจจัยอยู่ที่ระดับต่ำ(-1) คือ 2 ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.759 ปัจจัยความกว้างของเส้น(LW) ที่ระดับสูง(+1)คือ 0.5 mm. ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.265 และที่ระดับปัจจัยอยู่ที่ระดับต่ำ(-1) คือ 0.3 mm. ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.495 เพื่อพยากรณ์ค่าความคลาดเคลื่อนในระดับปัจจัยในการขึ้นรูปที่เหมาะสมนั้น โดยการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ด้วยฟังก์ชัน response optimizer เพื่อพยากรณ์ความคลาดเคลื่อนซึ่งมีค่าตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูป จากการวิเคราะห์ Response optimizer

จากผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติ ได้อธิบายถึงผลการวิเคราะห์โดยโปรแกรม Minitab 18 เทียบกับค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ให้ความความคลาดคลาดเป็นแบบ Minimize เนื่องจากมีความต้องการให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการขึ้นรูปชิ้นงานต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ จึงพบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ให้ค่าความพึงพอใจของการวิเคราะห์ที่สูงที่ 0.9929 แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมั่นในการทดลองลองที่สูงเหมาะกับการนำมาใช้งาน และการปรับตั้งปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ได้ดังต่อไปนี้ ควรใช้ความสูงของชั้นที่ 0.3 mm. โดยให้มีความหนาของผนังที่ 2 เส้น และความกว้างของเส้นขณะขึ้นรูปที่ 0.3 mm. จะให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 0.0546 ดังแสดงรูปที่ 6

ตารางที่ 4 ระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ผลตอบที่เหมาะสม

ปัจจัยในการทดลอง	สัญลักษณ์	หน่วย	ระดับปัจจัยที่เหมาะสม
ความสูงของชั้น	LH	mm.	0.3
จำนวนผนัง	WN	เส้น	2
ความกว้างของเส้น	LW	mm.	0.3

หลังจากได้ค่าการปรับตั้งปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานซ้ำเพื่อยืนยันผลโดยใช้ปัจจัยจากการพยากรณ์ จากตารางที่ 4 โดยการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจำนวน 15 ชิ้น ภายใต้การปรับตั้งค่าปัจจัยตามที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ผลตอบที่เหมาะสม ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานตามระดับปัจจัยที่เหมาะสม

No.	LH	WN	LW	Error
1	0.3	2	0.3	0.037
2	0.3	2	0.3	0.053
3	0.3	2	0.3	0.067
4	0.3	2	0.3	0.046
5	0.3	2	0.3	0.078
6	0.3	2	0.3	0.075
7	0.3	2	0.3	0.041
8	0.3	2	0.3	0.054
9	0.3	2	0.3	0.023
10	0.3	2	0.3	0.090
11	0.3	2	0.3	0.070
12	0.3	2	0.3	0.099
13	0.3	2	0.3	0.056
14	0.3	2	0.3	0.093
15	0.3	2	0.3	0.036

ผลการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจากปัจจัยที่วิเคราะห์ในฟังก์ชัน Response optimizer พบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปนั้นมีขนาดแตกต่างทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.061 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.022 ซึ่งสามารถสรุปเบื้องต้นได้ว่าปัจจัยในการขึ้นรูปชิ้นงานในการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ชนิด FDM ที่วิเคราะห์ได้นั้น ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ วิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดของชิ้นงานจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนทางด้านขนาดของชิ้นงาน พร้อมทั้งหาปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์สามมิติ ระบบ FDM ซึ่งรูปแบบการขึ้นรูปสามมิติที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน อันเนื่องมาจากความสะดวกในการใช้งาน ราคาของเครื่องพิมพ์ที่ไม่สูงมากนัก หากมีแนวทางในการพัฒนาการขึ้นรูปให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น ก็จะเป็นประโยชน์กับบุคคลหน่วยงาน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น ในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้นำวิธีการออกแบบการทดลองมาประยุกต์หาปัจจัยที่เหมาะสม โดยสามารถสรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อขนาดชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ประกอบด้วย ความสูงของชั้น จำนวนผนังของชิ้นงาน และความกว้างของเส้น เมื่อนำระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์มาทำการขึ้นรูปชิ้นงานจริง พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของขนาดที่ร้อยละ 0.061 และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาความคลาดเคลื่อนของโมเดล 3 มิติ เปรียบเทียบกับอะคริลิกแฟนทอมพบว่าความคลาดเคลื่อนจากการจากขนาดที่ขึ้นรูปต่ำที่สุดที่ร้อยละ 0.20 (ป.นพรัตน์, 2562) หากเปรียบเทียบกับงานวิจัยดังกล่าวแล้วนั้นชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากปัจจัยที่เหมาะสมมีความคลาดเคลื่อนที่ต่ำกว่าที่ร้อยละ 92 และงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาถึงความแม่นยำขนาดชิ้นงานจากปัจจัยในการขึ้นรูปและและสีของวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงาน ชนิด Dog-bone ตามมาตรฐาน ISO 527-2: 2012 Type 1B พบว่ามีความคลาดเคลื่อนในขนาดความกว้างต่ำที่สุดที่ร้อยละ 0.17 และความหนาที่ 0.36 (Muammel, Hanon et al.

2001) โดยปัจจัยที่เหมาะสมอยู่ที่ระดับ ความสูงของชั้นที่ 0.3 mm. จำนวนผนังของชั้นงาน 2 เส้น และความกว้างของเส้นที่ 0.3 mm. ดังนั้นงานวิจัยนี้ สรุปได้ว่าการนำวิธีการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ในการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมสามารถใช้ในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานจาก การพิมพ์สามมิติได้เป็นอย่างดี เพื่อพัฒนาคุณภาพและกระบวนการการผลิตให้มีมาตรฐานที่ดีขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะวัสดุในการขึ้นรูปชนิด Polylactic Acid (PLA) ดังนั้น ควรที่จะนำแนวคิดและความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้ไปทดลองวัสดุกลุ่มอื่นๆ เนื่องจากการศึกษาเฉพาะการขึ้นรูปชิ้นงานในทิศทาง 90° ทิศทางเดียวเท่านั้น ดังนั้น ควรศึกษาเรื่องทิศทางของการขึ้นรูปที่ส่งผลต่อขนาดของชิ้นงานด้วยเช่นกัน และผลจากการนำค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้มาขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อทดสอบขนาดของชิ้นงานที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนพบว่ามีความคลาดเคลื่อนที่ต่ำที่ร้อยละ 0.061 แต่เนื่องจากการการขึ้นรูปชิ้นงานนั้นเป็นการขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อนำชิ้นงานต้นแบบมาใช้งานจริงผิวชิ้นงานควรมีความเรียบเนียนไม่ขรุขระพร้อมการนำไปใช้งาน ดังนั้นควรที่จะศึกษาและพิจารณาความเรียบผิวของชิ้นงานเพื่อลดระยะเวลาในการเตรียมผิวชิ้นงานให้พร้อมกับการนำไปใช้งาน แต่ยังคงให้ค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดที่ต่ำตามวัตถุประสงค์เช่นเดิม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสกลนคร ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างสูง ที่ให้การช่วยเหลืออุปกรณ์และเครื่องมือในการทำวิจัย และขอขอบคุณในการสนับสนุนของคณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่สนับสนุนทุนวิจัยและเวลาในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ในสำเร็จได้

เอกสารอ้างอิง

- สมบุญ สหสิทธิวัฒน์ (2560). การผลิตแบบเพิ่มเนื้อวัสดุ: ฝืนที่เป็นจริง. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. 26(85): 29-36.
- Dana Goldberg. (2014). History of 3D Printing: It's Older than You Are (That Is, If You're Under 30). Accessed 1 Aug. 2021. <https://redshift.autodesk.com/history-of-3d-printing/>
- Majeed, A., Y. Zhang, S. Ren, J. Lv, T. Peng, S. Waqar and E. Yin (2021). "A big data-driven framework for sustainable and smart additive manufacturing." *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 67.
- Tymrak, B. M., M. Kreiger and J. M. Pearce (2014). *Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions. Materials & Design.* x(58): 242-246.
- Fateri, M., A. Kaouk, A. Cowley, S. Siarov, M. V. Palou, F. G. González, R. Marchant, S. Cristoforetti and M. Sperl (2018). "Feasibility study on additive manufacturing of recyclable objects for space applications." *Additive Manufacturing* 24: 400-404.
- ศุภวิชญ์ อุทะยะพิรุณลักษณ์. 2561. การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม.

- ป.นพรัตน์ เทศพิทักษ์. 2562. การสร้างโมเดล 3 มิติ จากภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ. ศรีนครินทร์เวชสาร.34(6). 574-577
- จิรดา สุขมณี, วิริยะ ทองเรือง และ เจริญยุทธ เดชวายุกุล. (2561). ความต้านทานแรงกดและการดูดซับพลังงานของเทอร์โมพลาสติกโพลีเอทิลีนที่ขึ้นรูปโครงสร้างแตกต่างกันด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ. ใน ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 32 วันที่ 3 – 6 กรกฎาคม 2561. มุกดาหาร. 281-286
- Josef Kiendl, Chao Gao. (2020). Controlling toughness and strength of FDM 3D-printed PLA components through the raster layout. *Composites Part B: Engineering*. 25(180):1-6.
- Ben Wittbrodt, Joshua M. Pearce. (2015). The effects of PLA color on material properties of 3-D printed components. *Additive Manufacturing*. 2(8): 110–116
- Yao, T., Z. Deng, K. Zhang and S. Li (2019). A method to predict the ultimate tensile strength of 3D printing polylactic acid (PLA) materials with different printing orientations. *Composites Part B: Engineering* 163: 393-402.
- Muammel M. Hanon, László Zsidai, Quanjin Ma (2001). Accuracy investigation of 3D printed PLA with various process parameters and different colors. *Materials Today: Proceedings* 42: 3089-3096.

ระบบรายงานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล
กรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนคร

Drugs and medical supplies reporting system of sub-district health promoting
hospital: a case study of health promoting hospital of Narong sub-district

วิภาสสิทธิ์ หิรัญรัตน์^{1*} ธงชัย ทองคำ² และปารเมศ สุขแสวง³

Wiphasith Hiranrat^{1*} Thongchai Thongkham² and Paramate Suksawang³

¹สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

²กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม ตำบลในเมือง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

³โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านนาตราว ตำบลบ้านนาตราว อำเภอคูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ

*wiphasith.hi@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนคร และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยเจาะจงเป็นผู้ที่เกี่ยวข้องกับคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนคร จำนวน 4 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัย ได้แก่ระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์ และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้ ขณะที่ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องพบว่า โดยภาพรวมผลความพึงพอใจมีอยู่ระดับดีถึงดีมาก หากวิเคราะห์แต่ละรายการโดยภาพรวมพบว่าด้านการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงกว่าทุกด้าน ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีการจัดวางรูปแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน ปริมาณข้อมูลที่แสดงมีความเพียงพอต่อการใช้งาน ขณะที่ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากด้วยปริมาณข้อมูลในระบบฐานข้อมูลมีจำนวนมากจึงส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการประมวลผล

คำสำคัญ: ระบบรายงานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

Abstract

This research aimed to develop drugs and medical supplies reporting system of Narong sub-district health promoting hospital, and finally to evaluate the user satisfaction with the developed system. The purposive sampling consisted of 4 persons who related to drugs and medical supplies at Narong sub-district health promoting hospital to assess the satisfaction with system. The drugs and medical supplies reporting system and satisfaction questionnaires are tools used to collect data, while statistics used in data analysis are, mean and standard deviation. The results of this study indicated that: the system developed can accuracy and efficiency of the system according to the specified scope. Given assessing the satisfaction involved with the system, it was found that the overall satisfaction score had a good and very good level of satisfaction. If

each item is analyzed, it was found that user interface design, satisfaction averages were higher in all item. Because the system has a layout that is easy to use. While the performance of the system has a relatively low average satisfaction. The amount of information displayed is sufficient for use. This is probably due to the large amount of data in the database, with many resulting in delays in processing.

Keywords: Drugs and Medical Supplies Reporting System, Health Promoting Hospital

บทนำ

เทคโนโลยีด้านการแพทย์และสุขภาพเป็นหนึ่งในวงการที่เข้ามามีบทบาทต่อวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอย่างมาก แม้ปัจจุบันเทคโนโลยีดังกล่าวได้พัฒนาเพิ่มมากขึ้นเป็นรวดเร็ว แต่ยังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อระบบสุขภาพ และการพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์ (พลวรรณ, 2560) เป็นผลให้ประเทศไทยยังคงให้ความสำคัญกับระบบสาธารณสุขอย่างต่อเนื่อง และต้องเร่งสร้างสมรรถนะทางเทคโนโลยีขึ้นสูงในกลุ่มสาธารณสุข ดังเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พหุศักราช 2560-2564) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคม, 2560) และแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (คณะกรรมการอำนวยการจัดทำแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 12, 2559) ที่มุ่งเน้นปรับปรุงระบบสาธารณสุขของประเทศให้มีประสิทธิภาพ เนื่องจากระบบสุขภาพไทยกำลังเผชิญกับสิ่งที่ท้าทายจากรอบด้าน อาทิ การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ การเปลี่ยนจากสังคมชนบทสู่สังคมเมือง การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ ตลอดจนความก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ส่งผลให้ประชาชนมีความคาดหวังต่อคุณภาพของระบบบริการมากขึ้น ขณะที่งบประมาณภาครัฐเริ่มมีจำกัดในการบริหารจัดการด้านต่างๆ โดยเฉพาะด้านสาธารณสุข ทำให้หน่วยงานต้องมีการบริหารจัดการที่ดีตามตัวชี้วัดที่ปรากฏในคำรับรองการปฏิบัติราชการระหว่างปลัดกระทรวงสาธารณสุขและรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขในปี 2561 ว่าด้วยเรื่องร้อยละของหน่วยบริการที่ประสบภาวะวิกฤติทางการเงิน (กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร, 2561) ด้วยปัจจุบันงบประมาณในการบริหารจัดการค่อนข้างมีอย่างจำกัด การควบคุมการสูญเสียทรัพยากรด้านยาและเวชภัณฑ์ที่จัดซื้อจัดหาเนื่องจากการหมดอายุก็มีผลต่องบประมาณดังกล่าวเช่นกัน เพื่อไม่ให้หน่วยงานประสบภาวะวิกฤติทางการเงิน ดังนั้นจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการ

ประเทศไทยมีการพัฒนาระดับสถานีอนามัยขึ้นเป็นโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) สังกัดกระทรวงสาธารณสุขจำนวน 9,770 แห่ง กระจายอยู่ในทุกตำบล เป็นหน่วยบริการสุขภาพที่ใกล้ชิดประชาชนในภูมิภาคมากที่สุด ซึ่งมีภารกิจสำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการส่งเสริมสุขภาพ ด้านการรักษาพยาบาล ด้านการควบคุมป้องกันโรค ด้านการฟื้นฟู และด้านการคุ้มครองผู้บริโภค (จรินทร์, 2554) โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครศรี (2561) สังกัดกระทรวงสาธารณสุข อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดสุรินทร์ เป็นหนึ่งในสถานพยาบาลที่เน้นบริการเชิงรุกด้านสุขภาพทำให้ประชาชนเข้าถึงบริการที่มีคุณภาพและมาตรฐาน เนื่องจากเป็นหน่วยบริการที่ใกล้บ้าน เข้าถึงง่าย ทั้งยังได้รับความสะดวกสบายและประหยัดค่าใช้จ่ายด้านต่าง ๆ เช่น เวลาและการเดินทาง ขณะเดียวกันแต่ละวันมีประชากรในท้องถิ่นตามพื้นที่รับผิดชอบเข้ารับบริการจำนวนมาก ส่งผลให้สถานพยาบาลดังกล่าวมีการเบิกจ่ายยาและเวชภัณฑ์เป็นจำนวนมาก จากการสำรวจกระบวนการเบิกจ่ายยาและเวชภัณฑ์ของหน่วยงาน พบว่า การเบิกยาและเวชภัณฑ์ของทางโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครศรีมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบแรก เป็นการเบิกประจำงวดจัดทำ 4 ครั้งต่อปี โดยจัดซื้อยาและเวชภัณฑ์ 3 เดือนต่อ 1 ครั้งจากโรงพยาบาลศรีนครินทร์ซึ่งเป็นโรงพยาบาลประจำอำเภอ และรูปแบบที่สอง เป็นการขอเบิกฉุกเฉิน กล่าวคือมียามหมดก่อนระยะเวลาที่กำหนด ต้องทำการจัดซื้อเพิ่มเติมก่อนถึงเวลาที่กำหนด การเบิกยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลศรีนครินทร์จะมีการจ่ายค่ายาและเวชภัณฑ์โดยการหักเงินจากเงินงบประมาณของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครศรี หน่วยงานมีการเบิกจ่ายยาและเวชภัณฑ์เพื่อสำรองให้เพียงพอและ

แก้ปัญหาเรื่องยาและเวชภัณฑ์หมดจากคลัง เพราะการตรวจสอบยาและเวชภัณฑ์คงเหลือต้องใช้เวลา โดยปกติมีการตรวจสอบคลังยาและเวชภัณฑ์ตามแนวปฏิบัติทุกสี่เดือน การเบิกจ่ายใช้ยอดหรือรายการเดิมในการขอเบิกจากโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ทำให้ยาและเวชภัณฑ์อาจเกิดการสะสมจนนำไปสู่การหมดอายุ การจัดทำเอกสารรายการมีการจัดทำในรูปของกระดาษ และด้วยยาและเวชภัณฑ์ที่มีอยู่ในคลังมีจำนวนมากและบุคลากรมีจำนวนจำกัด จึงทำให้การตรวจสอบค้นหาด้วยยาและเวชภัณฑ์ที่จะใช้นั้นทำได้ยากและใช้เวลาค่อนข้างนาน ปัญหาอีกประการหนึ่งคือ ยาและเวชภัณฑ์บางตัวมีมากเกินไป ซึ่งเกิดจากการเบิกยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลเข้ามาแบบซ้ำซ้อน เพราะการจัดทำรายการข้อมูลของยาและเวชภัณฑ์ที่ไม่ชัดเจน (ปารเมศ, 2560) จากปัญหาดังกล่าวยาหรือเวชภัณฑ์บางอย่างอาจเสียไปโดยไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการเกี่ยวกับการเบิกจ่ายยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล กรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครินทร์ อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดสุรินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2 ข้อได้แก่ เพื่อพัฒนาระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครินทร์ และเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครินทร์

วัตถุประสงค์ และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ บุคลากรที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบยาและเวชภัณฑ์ในปีงบประมาณ 2561 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครินทร์ จำนวน 4 ท่าน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือบุคลากรที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับระบบยาและเวชภัณฑ์ในปีงบประมาณ 2561 โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครินทร์ จำนวน 4 ท่าน

2. การพัฒนาระบบ ใช้หลักการพัฒนาระบบตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) (ผลิตหนังสือตำราวิชาการคอมพิวเตอร์, 2551; วิโรจน์ และสุพรรณษา, 2552) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การกำหนดปัญหา (Problem Definition) ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการบริหารจัดการยาและเวชภัณฑ์

2.2 การวิเคราะห์ (Analysis) วิเคราะห์ระบบงานเดิม เพื่อให้ทราบถึงองค์ประกอบและรายละเอียดนำมาซึ่งระบบใหม่

2.3 การออกแบบ (Design) นำข้อมูลและกระบวนการทำงานในขั้นการวิเคราะห์มาออกแบบฐานข้อมูล ออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ ออกแบบรายงาน และการกำหนดสิทธิ์และความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบ

2.4 การพัฒนา (Development) พัฒนาระบบตามกรอบการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ โดยเลือกใช้ซอฟต์แวร์แบบฟรี

2.5 การทดสอบ (Testing) นำข้อมูลยาและเวชภัณฑ์ปัจจุบันที่มีเข้าระบบ โดยทำคู่ขนานไปกับกระบวนการทำงานเดิมเพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของระบบเทียบกับผลการจัดทำข้อมูลของระบบเดิม จากนั้นทดสอบการทำงานในแต่ละฟังก์ชันใช้การทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) จากการทดสอบพบว่าทุกฟังก์ชันสามารถทำงานได้ถูกต้องและครอบคลุมการทำงานตามขอบเขตที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ

2.6 การนำไปใช้ (Implementation) ติดตั้งระบบเพื่อใช้งานได้จริงควบคู่ไปกับการทำงานของระบบเดิมในระยะแรก จากนั้นทำการฝึกอบรมผู้ใช้งาน พร้อมกับให้คำแนะนำขณะใช้งาน

2.7 การบำรุงรักษา (Maintenance) มีการปรับแต่งบางส่วนให้การใช้งานสะดวกและคล่องตัวขึ้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการขอความอนุเคราะห์จากทางโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครงค์ เพื่อขอเข้าเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นแนะนำการใช้งานให้กับผู้ใช้งานจำนวน 4 ท่านเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อระบบ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ หาค่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยใช้ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

ผลการพัฒนาระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1.1 ผลการพัฒนาส่วนความปลอดภัยในการใช้งานระบบ ประกอบด้วย การตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้งาน และการจัดการผู้ใช้ระบบ ตัวอย่างดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 การเข้าสู่ระบบและการเปลี่ยนรหัสผ่าน

1.2 ผลการพัฒนาส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่คลังยาและเวชภัณฑ์ รพ. ประจำอำเภอ ประกอบด้วย การจัดการข้อมูลยาและเวชภัณฑ์คลัง การตรวจสอบยาและเวชภัณฑ์ที่หมดอายุ การจัดการข้อมูลองค์กรหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในระบบ การจัดการปีงบประมาณ การจัดการข้อมูลการรับยาและเวชภัณฑ์เข้า - ออกระบบ และการออกรายงานการใช้จ่ายยาและเวชภัณฑ์แต่ละช่วงไตรมาส ตัวอย่างดังรูปที่ 2-5

รหัส	ชื่อยาเวชภัณฑ์	หน่วย	ประเภท	กลุ่ม	หมวด	สถานะ	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
BUR01	Diamond fissure bur (รสบริ้ว)	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	8	ต่ำกว่ากำหนด	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
BUR02	Diamond round bur (รสบริ้ว)	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	8	ต่ำกว่ากำหนด	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
BUR03	Green stone bur (รสบริ้ว)	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	8	ต่ำกว่ากำหนด	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
BUR05	Rubber cup	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	20	ต่ำกว่ากำหนด 3 เดือน	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
BUR06	Steel round bur (รสบริ้ว)	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	20	ต่ำกว่ากำหนด 3 เดือน	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
BUR07	White stone bur (รสบริ้ว)	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	18	ต่ำกว่ากำหนด 3 เดือน	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
H0001	Adrenaline inj. 1:1000	Amp	ยาฉุกเฉินช่วยชีวิต	ยาแผนปัจจุบัน	0	ต่ำกว่ากำหนด	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
H0002	Atropine sulfate inj. 0.6 mg/ml	Amp	ยาฉุกเฉินช่วยชีวิต	ยาแผนปัจจุบัน	18	ต่ำกว่ากำหนด 3 เดือน	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
IV001	0.9% NSS IV	100 ml	ยาฉุกเฉินช่วยชีวิต	ยาแผนปัจจุบัน	8	ต่ำกว่ากำหนด	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ
OPE01	Acid etching	pc	ไม่ระบุ	กันตกรส	8	ต่ำกว่ากำหนด	ตรวจสอบ	แก้ไข	ลบ

รูปที่ 2 รายการยาและเวชภัณฑ์คลัง รพ. ประจำอำเภอ

ระบบบริหารคลังยาและเวชภัณฑ์ ยาและเวชภัณฑ์ งบ - จ่ายยาและเวชภัณฑ์ ข้อมูลองค์กร ปีงบประมาณ รายงาน ระบบฯ ประชุมยา

ค้นหา รหัส ชื่อยาเวชภัณฑ์

เลขที่แจ้งชื่อ	รหัสบาร์โค้ด	รหัสยาเวชภัณฑ์	ชื่อยาเวชภัณฑ์	ราคา/หน่วย	จำนวนรับ	คงเหลือ	วันหมดอายุ	สถานะ
10001	101	BUR01	Diamond fissure bur (กรอเร็ว)	10.50	10	10	30 มิถุนายน 2561	หมดอายุ
10001	103	BUR02	Diamond round bur (กรอเร็ว)	10.00	10	10	25 สิงหาคม 2561	หมดอายุ
10001	105	BUR03	Green stone bur (กรอเร็ว)	10.00	10	10	30 พฤศจิกายน 2561	หมดอายุ
10001	107	HD001	Adrenaline inj. 1:1000	10.50	10	10	18 ตุลาคม 2561	หมดอายุ
10001	108	HD001	Adrenaline inj. 1:1000	10.50	10	8	19 ธันวาคม 2561	หมดอายุ
10001	109	IV001	0.9% NSS IV	10.00	10	10	12 ตุลาคม 2561	หมดอายุ

รูปที่ 3 การแสดงข้อมูลยาและเวชภัณฑ์ที่หมดอายุ

ระบบบริหารคลังยาและเวชภัณฑ์ ยาและเวชภัณฑ์ ระบบฯ ประชุมยา

ค้นหา รหัส ชื่อยาเวชภัณฑ์

รหัส บาร์โค้ด ชื่อยาเวชภัณฑ์ สถานะ

BUR01 Diamond fissure bur (กรอเร็ว) 10.50 10 หมดอายุ

BUR01 Diamond fissure bur (กรอเร็ว) 10.50 10 หมดอายุ

BUR02 Diamond round bur (กรอเร็ว) 10.00 10 หมดอายุ

BUR02 Diamond round bur (กรอเร็ว) 10.00 10 หมดอายุ

BUR03 Green stone bur (กรอเร็ว) 10.00 10 หมดอายุ

BUR03 Green stone bur (กรอเร็ว) 10.00 10 หมดอายุ

BUR05 Rubber cup 10.00 10 หมดอายุ

BUR06 Steel round bur (กรอช้า) 10.00 10 หมดอายุ

BUR07 white stone bur (กรอเร็ว) 10.00 10 หมดอายุ

HD001 Adrenaline inj. 1:1000 10.50 10 หมดอายุ

ค้นหา รหัส ชื่อยาเวชภัณฑ์ สถานะ

10 หมดอายุ

8 1.5 วัน หมดอายุ

10 หมดอายุ

8 5 วัน หมดอายุ

10 หมดอายุ

8 6 วัน หมดอายุ

20 7 วัน หมดอายุ

20 16 วัน หมดอายุ

18 26 วัน หมดอายุ

10 หมดอายุ

แก้ไขข้อมูล ยกเลิก

รูปที่ 4 การแก้ไขรายการยาและเวชภัณฑ์รับเข้าระบบ

รหัส

หมายเลขเอกสาร 8 หน้า

พิมพ์ ยกเลิก

หมายเลข TSC TTP-244 Pro

เปิด

หน้า 1 ทั้งหมด

เช่น 1-5, 11-15

จำนวน 1

พิมพ์

การตั้งค่าเพิ่มเติม

รหัสบาร์โค้ด

116

116

116

116

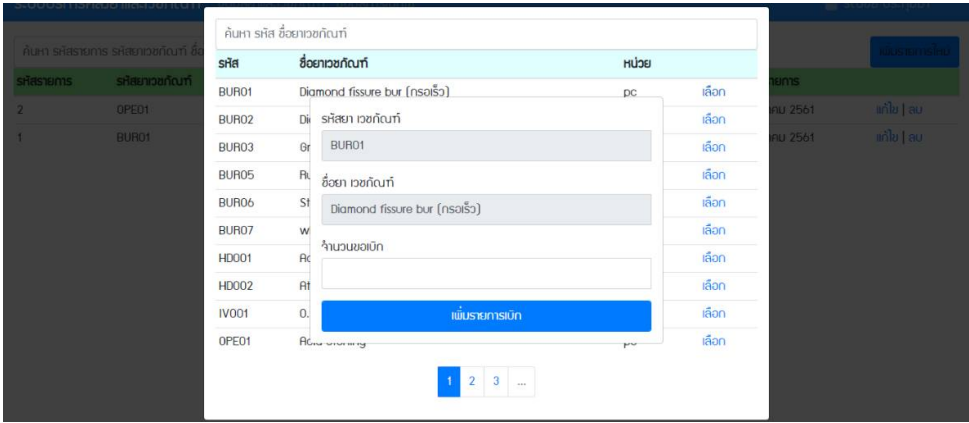
รูปที่ 5 รายงานรหัสบาร์โค้ดที่ใช้ในการจ่ายยาและเวชภัณฑ์แต่ละช่วงของไตรมาส

1.3 ผลการพัฒนาส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่คลังยาและเวชภัณฑ์ รพ.สต. ประกอบด้วย การจัดการข้อมูลยาและเวชภัณฑ์ในระบบ การจัดการข้อมูลการขอเบิกยาและเวชภัณฑ์จากคลัง รพ. ประจำอำเภอ การจัดการข้อมูลการนำเวชภัณฑ์ออกจากระบบ การจัดการข้อมูลการจ่ายเวชภัณฑ์ภายในหน่วยงาน การออกรายงานยาและเวชภัณฑ์ภายในระบบคลัง รพ.สต. ตัวอย่างดังรูปที่ 6

รหัส	ชื่อยา เวชภัณฑ์	หน่วย	ราคาเฉลี่ย(บาท)	ประเภท	กลุ่ม	คงเหลือ	สถานะ
BUR01	Diamond fissure bur (รสนอริ้ว)	pc	10.00	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	1	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
BUR02	Diamond round bur (รสนอริ้ว)	pc	10.00	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	2	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
BUR03	Green stone bur (รสนอริ้ว)	pc	10.00	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	2	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
BUR05	Rubber cup	pc	10.50	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	0	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
BUR06	Steel round bur (รสนอริ้ว)	pc	10.50	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	0	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
BUR07	White stone bur (รสนอริ้ว)	pc	10.50	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	2	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
HD001	Adrenaline inj. 1:1000	Amp	10.50	ยาฉุกเฉินช่วยชีวิต	ยาแผนปัจจุบัน	0	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
HD002	Atropine sulfate inj. 0.6 mg/ml	Amp	10.50	ยาฉุกเฉินช่วยชีวิต	ยาแผนปัจจุบัน	0	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
IV001	0.9% NSS IV	100 ml	10.50	ยาฉุกเฉินช่วยชีวิต	ยาแผนปัจจุบัน	2	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ
OPE01	Acid etching	pc	10.50	ไม่ระบุ	ทันตกรรม	1	ต่ำกว่ากำหนด ตรวจจับ

รูปที่ 6 รายการยาและเวชภัณฑ์ในระบบ

1.4 ผลการพัฒนาส่วนการทำงานของเจ้าหน้าที่เบิกจ่าย ประกอบด้วย การจัดการข้อมูลการเบิกใช้ยาและเวชภัณฑ์ ภายใน ตัวอย่างดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเพิ่มรายการเบิกใช้ยาและเวชภัณฑ์

2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานระบบ

2.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบจำนวน 1 ท่านที่มีต่อการใช้งานระบบ ซึ่งมีรายการสอบถามหลักจำนวน 3 ด้าน พบว่าผู้ดูแลระบบมีความพึงพอใจในระดับดีมากในด้านการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ และด้านการสนองตอบต่อการทำงานของระบบ ($\bar{X} = 5.00$ S.D = 0.00 และ $\bar{X} = 4.75$ S.D = 0.00 ตามลำดับ) ส่วนด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ผู้ดูแลระบบมีความพึงพอใจในระดับดี ($\bar{X} = 4.20$ S.D = 0.00) ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งสามด้านพบว่า ผู้ดูแลระบบมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.65$ S.D = 0.00) (ดังตารางที่ 1) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโดยภาพรวมผู้ดูแลระบบมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดีมาก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ดูแลระบบ

รายการสอบถาม	\bar{X}	S.D.
1. ด้านการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้	5.00	0.00
2. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.20	0.00
3. ด้านการสนองตอบต่อการทำงานของระบบ	4.75	0.00
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งสามด้าน	4.65	0.00

3.2 ส่วนของเจ้าหน้าที่คลังยา จากการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่คลังยา จำนวน 1 ท่านที่มีต่อการใช้งานระบบ ซึ่งมีรายการสอบถามหลักจำนวน 4 ด้าน พบว่า เจ้าหน้าที่คลังยา มีความพึงพอใจในระดับดีมากในด้านขอบเขตการทำงานของระบบ ด้านการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ และด้านการสนองตอบต่อการทำงานของระบบ ($\bar{X} = 4.70$ S.D = 0.00, $\bar{X} = 4.75$ S.D = 0.00 และ $\bar{X} = 4.75$ S.D = 0.00 ตามลำดับ) ขณะที่ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เจ้าหน้าที่คลังยา มีความพึงพอใจในระดับดี ($\bar{X} = 4.00$ S.D = 0.00) ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งสี่ด้านพบว่า เจ้าหน้าที่คลังยา มีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.55$ S.D = 0.00) (ดังตารางที่ 2) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า โดยภาพรวมเจ้าหน้าที่คลังยา รพ.สต. มีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดีมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่คลังยา

รายการสอบถาม	\bar{X}	S.D.
1. ด้านขอบเขตการทำงานของระบบ	4.70	0.00
2. ด้านการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้	4.75	0.00
3. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.00	0.00
4. ด้านการสนองตอบต่อการทำงานของระบบ	4.75	0.00
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งสี่ด้าน	4.55	0.00

3. ส่วนของเจ้าหน้าที่เบิกจ่าย จากการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่เบิกจ่ายจำนวน 2 ท่านที่มีต่อการใช้งานระบบ ซึ่งมีรายการสอบถามหลักจำนวน 4 ด้าน พบว่า เจ้าหน้าที่เบิกจ่ายมีความพึงพอใจในระดับดีมากต่อการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้ และด้านการสนองตอบต่อการทำงานของระบบ ($\bar{X} = 4.50$ S.D = 0.71 และ $\bar{X} = 4.33$ S.D = 0.88 ตามลำดับ) สำหรับด้านขอบเขตการทำงานของระบบและด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เจ้าหน้าที่เบิกจ่ายมีความพึงพอใจโดยรวมในระดับดี ($\bar{X} = 3.83$ S.D = 0.71 และ $\bar{X} = 4.00$ S.D = 0.94 ตามลำดับ) ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งสี่ด้านพบว่า เจ้าหน้าที่เบิกจ่ายมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดี ($\bar{X} = 4.16$ S.D = 0.81) (ดังตารางที่ 3) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า โดยภาพรวมเจ้าหน้าที่เบิกจ่ายมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดี

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่เบิกจ่าย

รายการสอบถาม	\bar{X}	S.D.
1. ด้านขอบเขตการทำงานของระบบ	3.83	0.71
2. ด้านการออกแบบส่วนประสานผู้ใช้	4.50	0.71
3. ด้านประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	4.00	0.94
4. ด้านการสนองตอบต่อการทำงานของระบบ	4.33	0.88
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งสี่ด้าน	4.16	0.81

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถสรุปและอภิปรายผลตามจุดประสงค์การวิจัย 2 ข้อ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนากระบวนการรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครงค์

เมื่อพิจารณาจากผลการพัฒนาระบบ ปรากฏว่าระบบสามารถทำงานได้ตามความต้องการของทุกฟังก์ชันการทำงาน ทั้งนี้เนื่องมาจากการนำเข้าข้อมูลยาและเวชภัณฑ์เข้าระบบ นำเข้าโดยโรงพยาบาลศรีนครินทร์ที่เดียว ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกส่งผ่านโดยระบบทำให้ รพ.สต. ไม่ต้องมีการจัดทำข้อมูลซ้ำอีกลดภาระงานทำงานของ รพ.สต. การตรวจสอบคลังยาและเวชภัณฑ์สามารถตรวจสอบได้ตลอดเวลาผ่านระบบ ระบบสามารถสืบค้น แก้ไข ยาและเวชภัณฑ์ที่มีในระบบให้เป็นปัจจุบัน ตลอดจนมีการกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำระบบที่พัฒนาขึ้นมาใช้งานทำให้การตรวจสอบปริมาณยาและเวชภัณฑ์ของหน่วยงานทำได้รวดเร็วขึ้น และสามารถลดเวลาในการจัดทำข้อมูลการเบิกยาและเวชภัณฑ์ให้เป็นปัจจุบัน ทั้งนี้เนื่องมาจากผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการบริหารจัดการข้อมูลยาและเวชภัณฑ์เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับระบบและบุคลากรในการเบิกจ่ายยาและเวชภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชุตติมาภรณ์ และคณะ (2563) ที่ได้นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และฐานข้อมูลเข้ามาช่วยพัฒนาระบบบริหารจัดการยาและเวชภัณฑ์ ทำให้ง่ายต่อการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการคลังยาและเวชภัณฑ์รวมทั้งช่วยลดงบประมาณในการจัดซื้อยาอีกด้วย เช่นเดียวกับ ไปรวิทย์ (2558) รอดอนิง (2558) และวรศักดิ์ (2560) ที่ได้กล่าวว่าการพัฒนาระบบบริหารเวชภัณฑ์จะช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายด้านยาสืบเนื่องมาจากไม่พบปัญหาหายขาดยาหรือยาเสื่อม ทำให้การบริหารงานของโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพ

2. ผลการหาประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครงค์

จากการหาประเมินความพึงพอใจของระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล พบว่า โดยภาพรวมผู้ใช้งานทั้ง 3 ส่วนมีความพึงพอใจต่อระบบในระดับดีถึงดีมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากระบบมีการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้เข้าใจง่ายและง่ายต่อการใช้งาน ตลอดจนมีการกำหนดสิทธิ์การใช้งานและการเข้าถึงข้อมูลการจัดทำรายการขอเบิกยาและเวชภัณฑ์ที่สะดวก รวมทั้งมีช่องทางเพิ่มเติมในการแลกเปลี่ยนยาระหว่างโรงพยาบาลภาครัฐด้วยกันทำให้ง่ายต่อการบริหารจัดการมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จตุพร และคณะ (2562) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรายงานความสมบูรณ์ของการสรุปเวชระเบียนผู้ป่วยใน โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ สังกัดสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร ที่พบว่าเมื่อนำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยบริหารงานดังกล่าวทำให้มีระบบรายงานที่ทันต่อเวลาการใช้งานเข้าถึงง่าย และสามารถใช้ระบบร่วมกันได้หลายคน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ปรีชา และคณะ (2560) ที่ได้ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยทางอินเทอร์เน็ต จังหวัดศรีสะเกษพบว่า ระบบสามารถใช้งานง่าย มีการแบ่งสิทธิ์การเข้าจัดการกับข้อมูล และการได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งมีส่งต่อข้อมูลกันที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ก็มีผลต่อการใช้งานเช่นกัน หากระบบนั้นได้รับการออกแบบจัดตำแหน่งรายการต่าง ๆ ให้เหมาะสม รวมทั้งรูปแบบและขนาดตัวอักษร ภาษา สี ภาพที่ใช้เหมาะสมและชัดเจน ก็จะส่งผลให้สะดวกต่อการใช้งานและง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล (ชัชวาล และพรภรณ์, 2563)

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ประการ ได้แก่เพื่อพัฒนาระบบรายงานคลังข้อมูลยาและเวชภัณฑ์โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลตำบลนครงค์ และประเมินความพึงพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น มีการพัฒนาระบบตามวงจรการพัฒนาระบบ ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน และผู้ที่เกี่ยวข้องมีความพึงพอใจต่อระบบ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวนี้เป็นเพียงกรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครงค์เท่านั้น โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลอื่น ๆ ได้ โดยการเพิ่มหรือพัฒนาฟังก์ชันต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับหน่วยงานนั้น ๆ ตลอดจนควรมีการสำรวจผลเพิ่มเติมว่าเกี่ยวกับผลกระทบทางเศรษฐกิจและงบประมาณหลังจากมีการนำระบบดังกล่าวไป

ใช้งาน นอกจากนี้เพื่อให้รองรับเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและรองรับการทำงานเพิ่มขึ้นขึ้นควรมีการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ 2561 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประโยชน์ที่บังเกิดขึ้นจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ขออุทิศแด่ผู้ช่วยศาสตราจารย์อลงกรณ์ อัมพูช ผู้ร่วมวิจัยที่ได้ล่วงลับไปแล้ว

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มพัฒนาระบบบริหาร, สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2561). คู่มือรายละเอียดตัวชี้วัด (KPI Template) ตามคำรับรองการปฏิบัติราชการ (Performance Agreement: PA) ของผู้บริหารกระทรวงสาธารณสุข ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561. สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.

คณะกรรมการอำนวยการจัดทำแผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 12, กระทรวงสาธารณสุข. (2559). แผนพัฒนาสุขภาพแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560 -2564. ค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562 http://bps.moph.go.th/new_bps/sites/default/files/HealthPlan12_2560_2564.pdf

จตุพร กลมบั้น อรรถพล กาญจนพงษ์พร อุดมสิทธิ์ จีรสิทธิ์กุล และฐิตารีย์ ศิริศรีรัชชัย. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการรายงานความสมบูรณ์ของการสรุปเวชระเบียนผู้ป่วยใน โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ สังกัดสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร. วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์, 15(1): 55-79.

จรินทร์ ลักษณะวิศิษฎ์. (2554). “ปฐมบท โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล”, คู่มือบริหารจัดการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข.

ชัชวาล ชันติคชนชาติ และพรภรณ์ย์ สมขาว. (2563). การพัฒนาระบบสารสนเทศผู้ใช้บริการศูนย์บริการทางการแพทย์แผนไทยและแพทย์ทางเลือก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, 14(2): 153-164.

ชุติมาภรณ์ ไชยสงค์ พิริยา ตียามักดี กาญจนภรณ์ ตาราโต สถาพร ณ ราชสีมา และสุรศักดิ์ ไชยสงค์. (2563). การวิจัยและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อป้องกันการส่งไข้ย้าซ้อนในโรงพยาบาลมหาสารคาม. วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข, 14(4): 405-416

ปรีชา แหวนหล่อ บุญช่วย ศรีธรรมศักดิ์ และสุรีย์พันธุ์ วรพงศธร. (2560). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการส่งต่อข้อมูลผู้ป่วยทางอินเทอร์เน็ต จังหวัดศรีสะเกษ. วชิรเวชสารและวารสารเวชศาสตร์เขตเมือง, 62(3): 215-224.

ปารเมศ สุขแสวง. (2560). เจ้าพนักงานสาธารณสุขปฏิบัติงาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนคร. (26 กรกฎาคม 2560). สัมภาษณ์.

ไปรวีวิทย ลาน้อย. (2558). การพัฒนาระบบการจัดการพัสดุคงคลัง กรณีศึกษาคลังยา แผนกเภสัชกรรม โรงพยาบาลค่ายฉนวนทรราชินี. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ฝ่ายผลิตหนังสือตำราวิชาการคอมพิวเตอร์. (2551). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. ซีเอ็ดยูเคชั่น: กรุงเทพฯ.

พลวรรณ์ วิฑูรกลชิต. (2560). ยุทธศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2560 – 2569. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข: นนทบุรี.

มนต์ชัย เทียนทอง. (2548). เอกสารประกอบการเรียนการสอน รายวิชาการออกแบบและพัฒนาคอร์สแวร์สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ: กรุงเทพฯ.

รอแอนิง วาเฮง. (2558). การบริหารเวชภัณฑ์และระบบยาของ รพ.สต.ในเขตพื้นที่อำเภออ่าวลึก จ.กระบี่. วารสารวิชาการแพทย์เขต 11, 29(3): 449-463.

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนรงค์. (2561). ข้อมูลพื้นฐานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนรงค์ ประจำปี 2561. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนรงค์ อำเภอศรีนครินทร์ จังหวัดสุรินทร์.

วรศักดิ์ พุฒินิชย์ (2560). การพัฒนางานคลังเวชภัณฑ์ในโรงพยาบาลสุราษฎร์ธานีโดยใช้ ABC - VEN matrix. วารสารเภสัชกรรมคลินิก, 23(1): 55-61.

วิโรจน์ ชัยมูล และสุพรรณษา ยวงทอง. (2552). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. โปรวีชั่น: กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานรัฐมนตรี. (2560). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564. ค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562 https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422.

การศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลระบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์
ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

The study the elements needed to create a database of drugs and medical
supplies reporting system of sub-district health promoting hospital

วิภาสสิทธิ์ หิรัญรัตน์^{1*} ธงชัย ทองคำ² และปารเมศ สุขแสวง³

Wiphasith Hiranrat^{1*} Thongchai Thongkham² and Paramate Suksawang³

¹สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์

²กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษา โรงเรียนบุรีรัมย์พิทยาคม ตำบลในเมือง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

³โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านนาตราว ตำบลบ้านนาตราว อำเภอภูสิงห์ จังหวัดศรีสะเกษ

*wiphasith.hi@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลระบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อให้รองรับการพัฒนาระบบงานใหม่ ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการดำเนินงานดังกล่าวจากเอกสาร บทความ ทฤษฎี งานวิจัย และเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครจำนวน 2 ท่าน ผลการวิจัยพบว่า ในการจัดทำฐานข้อมูลระบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล มี 6 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ยาและเวชภัณฑ์ การเบิกยาและเวชภัณฑ์ การแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์ การจ่ายยาและเวชภัณฑ์ การรับยาและเวชภัณฑ์ และการรายงานยาและเวชภัณฑ์ จากนั้นผู้วิจัยนำองค์ประกอบดังกล่าวมาสร้างฐานข้อมูล และกำหนดขอบเขตของระบบและกระบวนการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการออกแบบในครั้งนี้จะถูกนำไปพัฒนาระบบคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลต่อไป

คำสำคัญ: องค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลระบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์ โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

Abstract

The purpose of this research was to study the elements needed to create a database of this drugs and medical supplies reporting system. To support the development of new systems. The researcher collected information for implementation from documents, articles, theories, literature review, and related technologies, including interviews 2 persons involved in the management of drug and medical inventory of Narong Sub-district health promoting hospital. The results of this study indicated that: there are 6 elements needed to create a database, including drugs and medical, drugs and medical: withdrawal, exchange,

payment, receiving, and report. Then researcher take those elements to create database and define the scope of the system and operating process. However, the results of this design will be used to develop the drug and medical inventory system of the sub-district health promoting hospitals in the future.

Keywords: Elements Needed to Create a Database of Drugs and Medical Supplies Reporting System, Health Promoting Hospital

บทนำ

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) หรือเดิมที่เรียกกันมานานว่า สถานีอนามัย ซึ่งเป็นสถานพยาบาลประจำตำบล สังกัดกระทรวงสาธารณสุข และเป็นหน่วยบริการสุขภาพประชาชนระดับปฐมภูมิ โดยมีขอบเขตการดำเนินงานด้านบริการสาธารณสุข การรักษาพยาบาล การควบคุมป้องกันโรค การส่งเสริมสุขภาพ รวมทั้งการฟื้นฟูสภาพและการจัดการปัจจัยเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับประชาชนในเขตพื้นที่รับผิดชอบ (ชูชัย และคณะ, 2552) ทำให้ประชาชนได้รับบริการสุขภาพปฐมภูมิครบถ้วน มีคุณภาพและมาตรฐาน (รพ.สต.ติดดาว, 2562) นับได้ว่าเป็นสถานที่ดูแลสุขภาพที่ใกล้ชิดกับประชาชน เมื่อเทียบกับหน่วยบริการในระดับที่สูงกว่า โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเกือบหนึ่งหมื่นแห่งทั่วประเทศมีผู้มาใช้บริการมากกว่าร้อยละ 50 (กลุ่มงานบริการวิชาการ 3, 2564) และในแต่ละวันมีผู้มารับบริการจำนวนมากส่งผลให้มีการบริหารจัดการและการจัดบริการสุขภาพมีจำนวนภาระงานมากขึ้น โดยเฉพาะเรื่องยาและเวชภัณฑ์ที่มีการขยายกรอบเพิ่มขึ้นเพื่อให้รองรับการบริการที่ทั่วถึง

ยาและเวชภัณฑ์เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการรักษาผู้ป่วยให้หายจากโรคภัยไข้เจ็บ ดังนั้นการบริหารคลังยาและเวชภัณฑ์จึงเป็นการบริหารที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้มียาและเวชภัณฑ์สำหรับผู้รับบริการที่เพียงพอ มีคุณภาพ เกิดประสิทธิผลสูงสุดในการรักษา (สำนักพัฒนาบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2557; มัตติกา, 2564) จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการบริหารจัดการยาและเวชภัณฑ์ของซวพร และคมสัน (2554) จารุพงษ์ (2559) พรรณอร (2561) และกานติมา (2562) พบว่า ถ้าระบบคลังยาและเวชภัณฑ์ไม่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดผลกระทบหลายประการ อาทิ หากจำนวนยาไม่เพียงพอทำให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการรักษาผู้ป่วย ต้องมีการขอขยืมยาจากสถานพยาบาลอื่น หรือมีการนัดผู้ป่วยมารับยาในวันถัดไป ขณะที่การมียาในคลังยามากเกินไปก็ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของยากับระยะเวลาในการจัดเก็บ เช่น ยาเสื่อมสภาพและหมดอายุเหล่านี้เกิดการสิ้นเปลืองงบประมาณโดยเปล่าประโยชน์ตามมา อย่างไรก็ตามจากการศึกษาปัญหาเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลปัญหาที่พบก็ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ การควบคุมการเบิกจ่ายที่ซ้ำซ้อนและไม่เป็นปัจจุบัน ส่งผลให้ยาและเวชภัณฑ์ขาดคลังและ/หรือเกินคลังที่กำหนด อีกทั้งการเก็บยาอย่างไม่เป็นหมวดหมู่ กระบวนการเบิกจ่ายและการจัดทำรายการยาและเวชภัณฑ์ยังเป็นรูปแบบของเอกสาร ทำให้การเข้าถึงข้อมูลเกิดความล่าช้า (รอแอนิง, 2558; นันทน์ภัส และอัญญาคม 2560; ปารเมศ, 2560; มัตติกา, 2564) ปัญหาเหล่านี้หากได้รับแนวทางในการแก้ไขก็จะนำไปสู่ประสิทธิภาพของการรักษาผู้ป่วยและความเชื่อมั่นของหน่วยงานตามมา

เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพระบบบริหารจัดการยาและเวชภัณฑ์ให้มีคุณภาพจะต้องมีการจัดการสารสนเทศที่ดี การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยสนับสนุนการทำงานของระบบอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ระบบสามารถทำงานรวดเร็ว และลดข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการออกแบบและการจัดทำฐานข้อมูล ตลอดจนวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ จัดเป็นหัวใจสำคัญของการระบบสารสนเทศ (โอภาส, 2546) เพื่อนำมาช่วยพัฒนาระบบให้เกิดประสิทธิภาพและลดปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างยิ่งยอนภายในทรัพยากรที่มีอย่างจำกัด ตลอดจนสามารถรองรับการบริการที่มีคุณภาพ จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมี

แนวคิดที่จะศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นสำหรับการจัดทำฐานข้อมูลระบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล กรณีศึกษาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครคีรี เพื่อนำไปวางแผนการพัฒนาบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ บุคลากรที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับยาและเวชภัณฑ์ สังกัดโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครคีรี

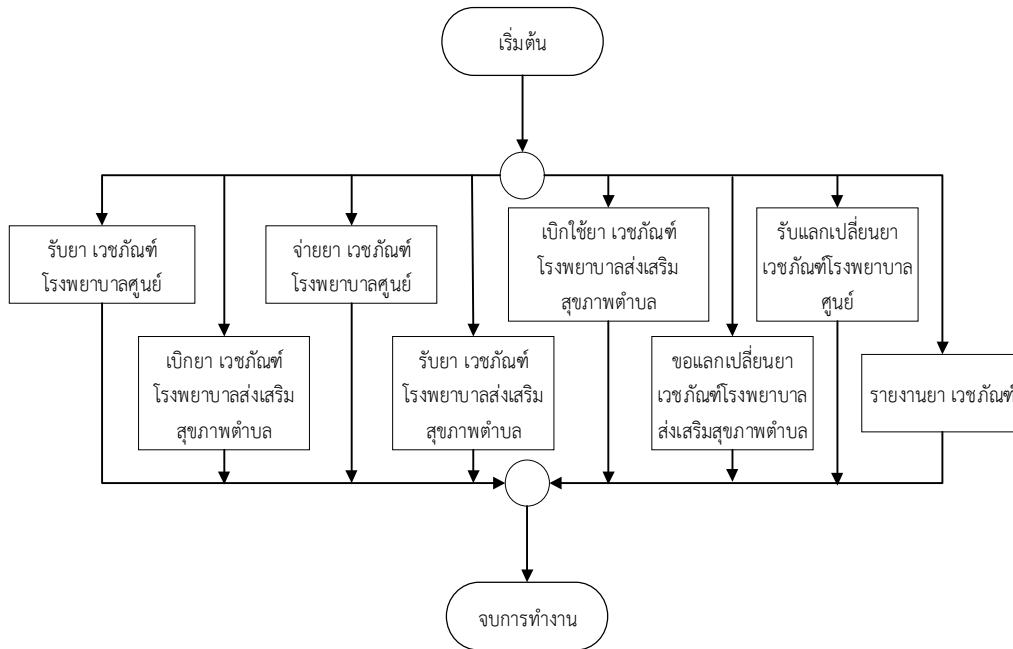
1.2 กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจงเป็นเจ้าหน้าที่เบิกจ่ายยา สังกัดโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครคีรี

จำนวน 2 ท่าน เพื่อให้การสัมภาษณ์ข้อมูล แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดในการออกแบบระบบงาน

2. การศึกษาวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 จากการศึกษาปัญหาพบว่า สาเหตุหลักเกี่ยวกับการสูญเสียงบประมาณเนื่องมาจากยาและเวชภัณฑ์เสื่อมคุณภาพเกิดจากข้อมูลที่ใช้ในการบริหารยาและเวชภัณฑ์ไม่เป็นปัจจุบัน ส่งผลให้จำนวนยาขาดคลังและเกินคลัง รวมทั้งยาหมดอายุ ซึ่งแนวทางแก้ไขปัญหาคือพัฒนาระบบที่สามารถลดเวลาในการจัดทำข้อมูลการเบิกจ่ายยาและเวชภัณฑ์ ระบบที่สามารถตรวจสอบข้อมูลยาและเวชภัณฑ์ในคลังให้สะดวกรวดเร็ว

2.2 วิเคราะห์ระบบงานเดิมพบว่าการทำงานของระบบงานเดิมถูกแบ่งออกเป็น 8 กิจกรรมงาน (ดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 ระบบงานเดิมของระบบคลังยาและเวชภัณฑ์

จากรูปที่ 1 สามารถอธิบายระบบงานเดิมของระบบคลังยาและเวชภัณฑ์ได้ดังต่อไปนี้

1. การรับยาและเวชภัณฑ์เข้าคลังจากการสั่งซื้อของโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอ เมื่อผู้ดูแลคลังได้รับยาและเวชภัณฑ์จากการสั่งซื้อของโรงพยาบาลแล้ว จะทำการตรวจเช็คยอดรายการที่ได้รับเพื่อนำมาทำบัญชีรับเข้า เพื่อให้ยอดยาและเวชภัณฑ์เป็นปัจจุบันและง่ายต่อการตรวจสอบ

2. การขอเบิกยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล รูปแบบการเบิกยาและเวชภัณฑ์ มี 2 รูปแบบ ได้แก่

2.1. แบบที่ 1 การเบิกตามไตรมาส เมื่อถึงรอบเบิกตามไตรมาสจะเป็นการเบิกยาแบบทั่วไป คือการเบิกตามไตรมาส จะเบิกได้ 4 ครั้งใน 1 ปี หรือ 3 เดือนเบิก 1 ครั้ง

2.2. แบบที่ 2 การเบิกฉุกเฉิน (เร่งด่วน) หากยังไม่ถึงรอบเบิกตามไตรมาสจะเป็นการเบิกยาแบบเร่งด่วน คือการเบิกยาและเวชภัณฑ์ที่ต้องการใช้ มิใช่เพียงพอในการให้บริการ และต้องการใช้อย่างเร่งด่วน สามารถเบิกได้ตลอด ไม่จำกัด วัน เวลาในการเบิกผู้ดูแลคลังจะจัดทำเอกสารการเบิกยาและเวชภัณฑ์ตามรูปแบบการเบิกเร่งด่วนและส่งให้ผู้อำนวยการตรวจสอบและอนุมัติหากผู้อำนวยการไม่เห็นชอบในการเบิก ผู้ดูแลคลังจะต้องจัดทำเอกสารการเบิกใหม่และถึงจะส่งให้ผู้อำนวยการอนุมัติอีกครั้ง เมื่อผู้อำนวยการเห็นชอบและทำการอนุมัติแล้วผู้ดูแลคลังจะจัดส่งเอกสารการเบิกไปยังโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอ

3. การจ่ายยาและเวชภัณฑ์ให้โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลของโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอ เมื่อผู้ดูแลคลังได้รับเอกสารการขอเบิกยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลแล้ว จะทำการตรวจสอบและจัดเตรียมยาและเวชภัณฑ์ตามรายการที่ขอเบิกและทำบัญชียาและเวชภัณฑ์จ่ายออก เมื่อเสร็จสิ้นก็ติดต่อโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมารับยาและเวชภัณฑ์ที่จ่ายให้

4. การรับยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอเข้าคลังของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เมื่อเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลศูนย์ติดต่อให้รับยาและเวชภัณฑ์ ผู้ดูแลคลังจะทำการไปรับยาและเวชภัณฑ์ที่โรงพยาบาลศูนย์ โดยจะมีสำเนาเอกสารที่ขอเบิกเพื่อทำการตรวจสอบรายการยาและเวชภัณฑ์จากที่ขอเบิกว่าได้มาเท่าไร อาจจะได้ไม่ครบตามจำนวนที่ขอเบิกไปแล้วแต่โรงพยาบาลศูนย์จะจัดสรรให้ เมื่อทราบจำนวนยอดที่ได้รับแล้ว ผู้ดูแลคลังจะนำเอกสารที่ได้รับมา จัดทำเอกสารบัญชียาและเวชภัณฑ์โดยนำไปรวมกับยอดคงคลังที่มีอยู่ และจัดเก็บยาและเวชภัณฑ์

5. การเบิกใช้ยาและเวชภัณฑ์จากคลังของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เมื่อเจ้าหน้าที่ที่ต้องการเบิกใช้ยาและเวชภัณฑ์เพื่อนำไปให้บริการ เจ้าหน้าที่จะเขียนรายการยาและเวชภัณฑ์ที่ต้องการเบิกตามแบบฟอร์มการเบิก และนำส่งให้ผู้ดูแลคลัง จากนั้นผู้ดูแลคลังจะทำการนำยาและเวชภัณฑ์ตามที่เจ้าหน้าที่ได้เขียนเบิกออกจากคลังมาให้เจ้าหน้าที่และจัดเก็บเอกสาร เพื่อจะได้เป็นข้อมูลหลักฐานการเบิก และทำบัญชียาและเวชภัณฑ์

6. การขอแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอ ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ผู้จัดการคลังจะทำการตรวจสอบรายการยาและเวชภัณฑ์ที่คาดว่าจะใช้ไม่หมดก่อนหมดอายุ เมื่อพบจะทำการเขียนเอกสารรายการขอแลกเปลี่ยนกับโรงพยาบาลศูนย์เพื่อขอยาหรือเวชภัณฑ์ใหม่ที่อายุการใช้งานมากกว่า จากนั้นจะส่งเอกสารให้ผู้อำนวยการตรวจสอบและอนุมัติ และส่งเอกสารไปให้กับโรงพยาบาลศูนย์

7. การรับแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลของโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลประจำอำเภอ ซึ่งขั้นตอนการทำงานเดิมของการขอแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลศูนย์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล หลังจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลส่งเอกสารมาให้แล้ว เจ้าหน้าที่จะทำการตรวจสอบรายการแลกเปลี่ยนว่ายาหรือเวชภัณฑ์ตามที่ขอมานี้หรือไม่ หากพบตามรายการที่ขอมานี้ ก็ทำการจัดเตรียมยาและเวชภัณฑ์ที่ขอแลกเปลี่ยน และทำเอกสารแลกเปลี่ยน จัดทำบัญชีจ่ายจ่ายออก เมื่อเสร็จสิ้นก็จะทำการติดต่อโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลให้มารับยาและเวชภัณฑ์

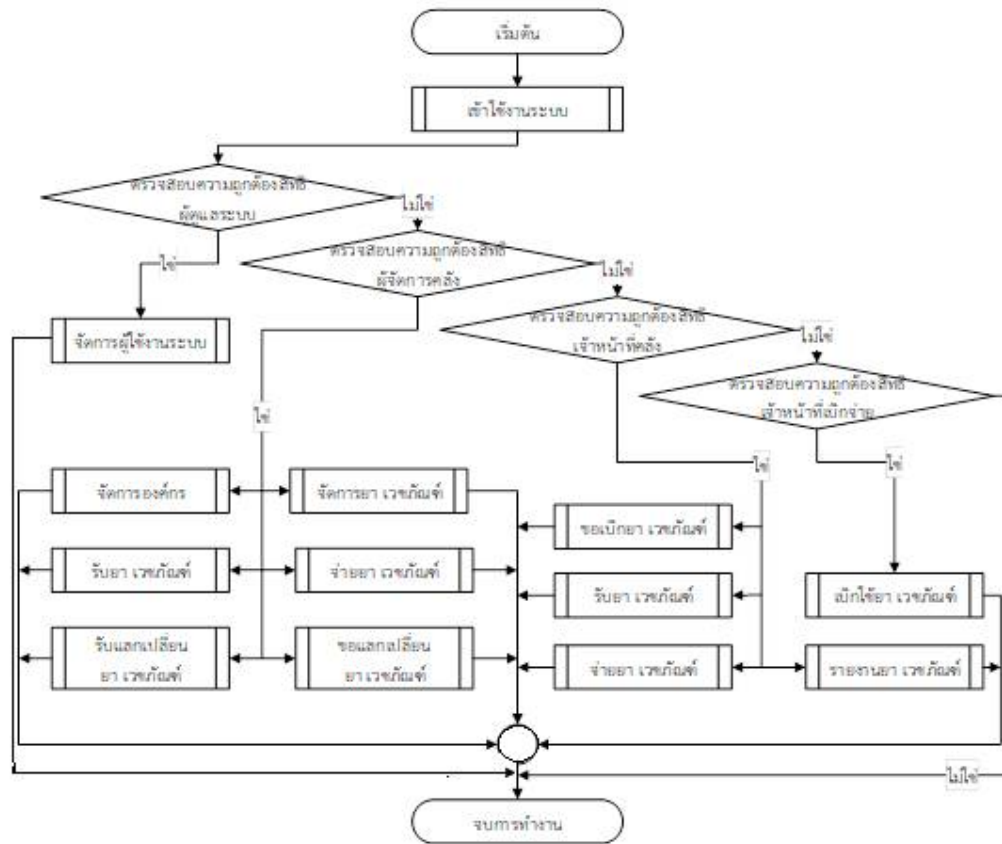
8. การรายงานการใช้จ่ายยาและเวชภัณฑ์ จะทำขึ้นเพื่อใช้ตรวจสอบการใช้จ่ายยาและเวชภัณฑ์ในแต่ละเดือน ซึ่งมียอดรับเข้าทั้งหมด ยอดจ่ายออกทั้งหมด และยอดคงเหลือ ภายในเดือนนั้น ๆ จากเอกสารหรือบัญชียาและเวชภัณฑ์ เมื่อทำเสร็จสิ้นก็จะส่งเอกสารรายงานให้ผู้อำนวยการหรือผู้ที่ต้องการตรวจสอบ

จากผลการวิเคราะห์ระบบงานเดิม และแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีแนวทางขั้นตอนการพัฒนาและออกแบบระบบงานใหม่ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาเสริมการทำงานของระบบ เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของการเข้าถึง ตรวจสอบ ค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำการเข้าถึงระบบการทำงาน (ดังรูปที่ 2) ซึ่งมีผู้เกี่ยวข้องกับระบบ 4 ด้านดังต่อไปนี้

1. ผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าจัดการข้อมูลบุคลากรผู้ใช้งานในระบบได้
2. เจ้าหน้าที่เบิกจ่าย สามารถขอเบิกใช้ยาและเวชภัณฑ์ในระบบได้
3. ผู้จัดการคลัง สามารถจัดการข้อมูลองค์กร จัดการข้อมูลยาและเวชภัณฑ์ รับยาและเวชภัณฑ์เข้าระบบ ทำรายการจ่ายยาและเวชภัณฑ์จากการขอเบิก รับแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์ได้
4. เจ้าหน้าที่คลัง สามารถทำรายการขอเบิกยาและเวชภัณฑ์ รับยาและเวชภัณฑ์จากที่ขอเบิก จ่ายยาออกจากการเบิกใช้ และทำรายงานการใช้จ่ายยาและเวชภัณฑ์ได้

ระบบงานใหม่ของระบบคลังยาและเวชภัณฑ์ได้เข้ามาสนับสนุนและแก้ไขของระบบงานเดิม ดังต่อไปนี้

1. แก้ไขปัญหาในเรื่องการตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว
2. แก้ไขปัญหาในเรื่องข้อมูลที่ผิดพลาด ไม่ถูกต้องจากการทำเอกสาร การตัดยอดต่าง ๆ
3. ช่วยลดภาระหน้าที่ของบุคลากร โดยให้ระบบเข้าสนับสนุนการทำงาน
4. สนับสนุนเรื่องความเร็วในการทำงาน ลดระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ



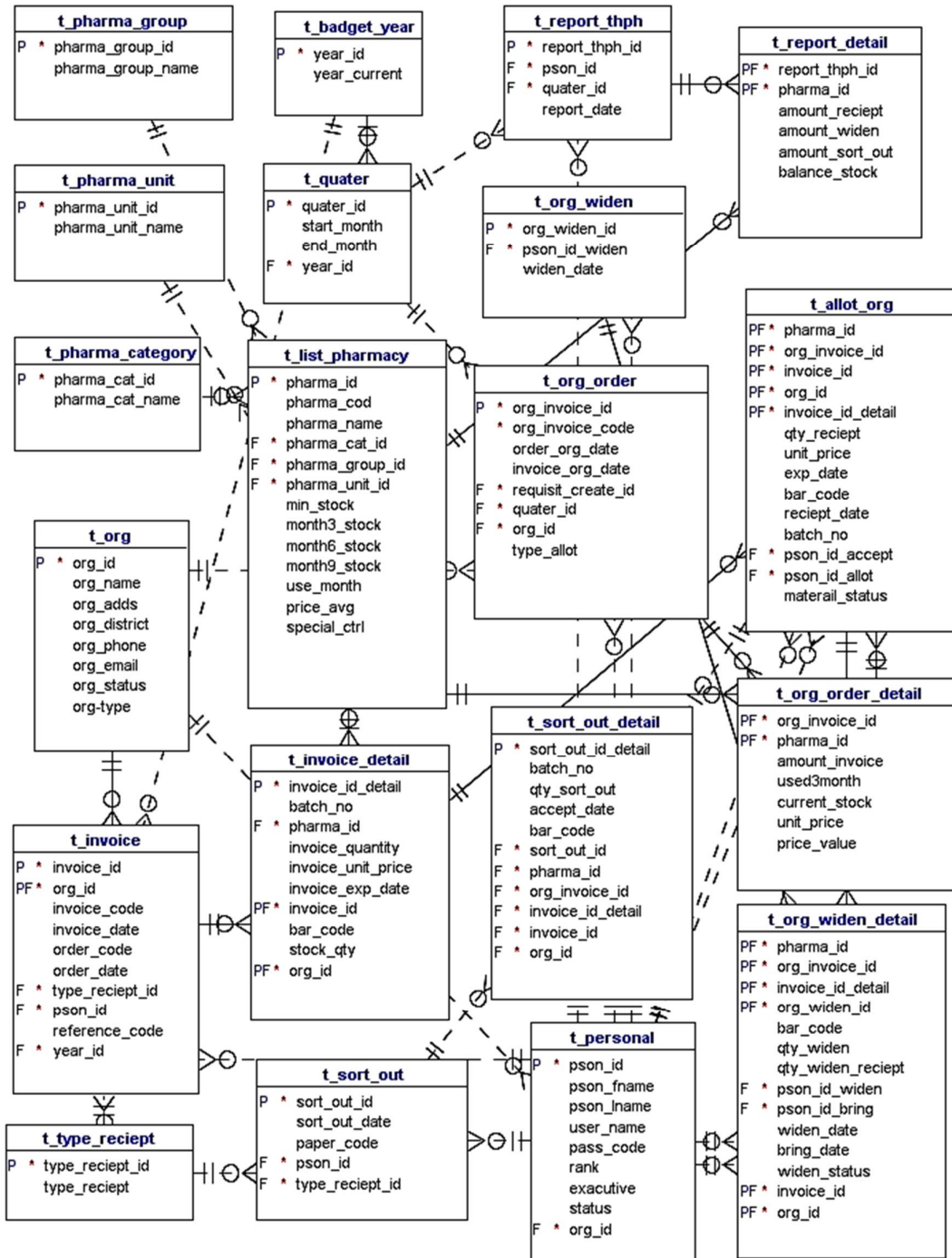
รูปที่ 2 ระบบงานใหม่ของระบบคลังยาและเวชภัณฑ์

ผลการวิจัย

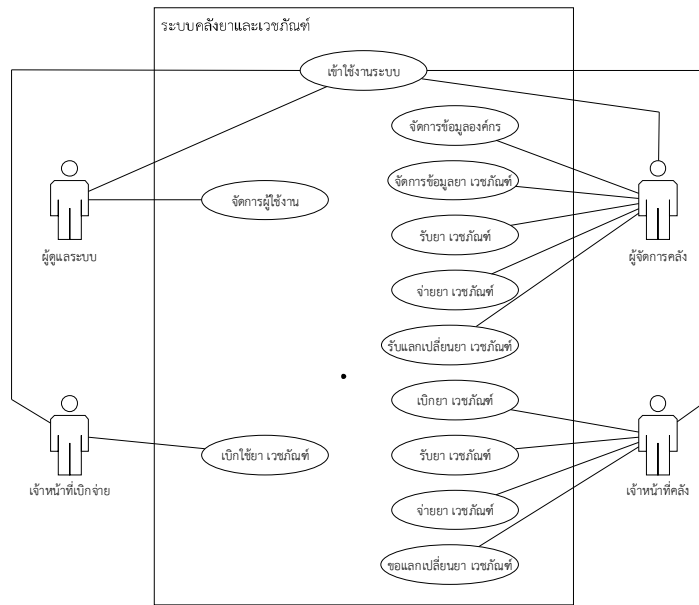
ผลการศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดทำฐานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล พบว่าระบบคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมีรูปแบบ ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนานี้ประกอบด้วย ข้อมูลการเบิกจ่าย ข้อมูลการจัดซื้อ ข้อมูลการจัดเก็บ ผู้วิจัยจึงนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาสนับสนุนการทำงาน โดยให้รองรับกระบวนการทำงานเดิมของหน่วยงาน โดยการพัฒนาระบบเพื่อสนับสนุนการจัดการคลังยาและเวชภัณฑ์โดยเน้นการจัดทำข้อมูลตั้งแต่ต้นทางของจากจัดซื้อ มีการส่งผ่านข้อมูลจาก รพ. ศูนย์ หรือ รพ. ประจำอำเภอไปยัง รพ.สต. ให้เป็นข้อมูลเดียวกัน ลดการจัดทำข้อมูลซ้ำซ้อน จากการศึกษาและสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบคลังยาและเวชภัณฑ์ดังกล่าวพบว่าองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดทำฐานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ดังต่อไปนี้

1. ยาและเวชภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการที่สำคัญได้แก่ รหัสยาเวชภัณฑ์ ชื่อยาเวชภัณฑ์ ประเภทยาเวชภัณฑ์ ขนาดยาหน่วย และราคาต่อหน่วย
2. การเบิกยาและเวชภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการที่สำคัญ ได้แก่ เลขที่การเบิก วันที่เบิกและวันที่ขอรับยาและเวชภัณฑ์ ไตรมาส ปีงบประมาณ ประเภทการเบิก และผู้เบิก
3. การแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการที่สำคัญ ได้แก่ เลขที่การแลกเปลี่ยน วันที่ และผู้ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนยา
4. การจ่ายยาและเวชภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการที่สำคัญ ได้แก่ เลขที่การจ่าย วันที่ และผู้ที่ทำหน้าที่จ่ายยา
5. การรับยาและเวชภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการที่สำคัญ ได้แก่ เลขที่การรับ วันที่ และผู้ที่ทำหน้าที่รับยา
6. การรายงานยาและเวชภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการที่สำคัญ ได้แก่ เลขที่รายงาน วันที่ออกรายงาน ประเภทรายงาน ปีงบประมาณ และผู้ที่ทำหน้าที่ออกรายงาน

จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลองค์ประกอบที่จำเป็นทั้ง 6 องค์ประกอบข้างต้นมาออกแบบฐานข้อมูล ปรากฏดังรูปที่ 3 ออกแบบการทำงานของระบบให้สอดคล้องกับกระบวนการทำงานปัจจุบัน ตัวอย่างปรากฏดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 3 ER-Diagram ของระบบคลังยาและเวชภัณฑ์



รูปที่ 4 Use Case Diagram ระบบคลังยาและเวชภัณฑ์



รูปที่ 5 Class Diagram ระบบคลังยาและเวชภัณฑ์

หลังจากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลข้างต้นมากำหนดขอบเขตของระบบกับกระบวนการปฏิบัติงาน และเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง พบว่าขอบเขตของระบบกับกระบวนการปฏิบัติงานมีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญยังได้เสนอเพิ่มเติมเกี่ยวกับการขอเบิกยาและเวชภัณฑ์ของ รพ.สต. ว่าการทำรายการเบิกในระบบ และออกรายงานการขอเบิก รพ.สต. จำยาและเวชภัณฑ์ตามรายการที่ขอเบิก และมีการส่งผ่านข้อมูลที่จำเป็นไปยังฐานข้อมูลของ รพ.สต. ทำให้ รพ.สต. ไม่ต้องไปจัดทำข้อมูลซ้ำ

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลตามจุดประสงค์การวิจัย ได้ว่า จากผลการศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดทำฐานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล พบว่าองค์ประกอบทั้ง 6 ส่วน ได้แก่ ยาและเวชภัณฑ์ การเบิกยาและเวชภัณฑ์ การแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์ การจ่ายยาและเวชภัณฑ์ การรับยาและเวชภัณฑ์ และการรายงานยาและเวชภัณฑ์ ที่จำเป็นในการจัดทำฐานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ซึ่งระบบเดิมที่เจ้าหน้าที่ต้องเบิกยาและเวชภัณฑ์มาสำรองเพื่อป้องกันการหมดจากคลัง บางครั้งมีการใช้ใบเบิกรายการเดิมในการขอเบิกยาและเวชภัณฑ์จากโรงพยาบาลประจำอำเภอเป็นผลทำให้เกิดการสะสมยาและเวชภัณฑ์ และนำไปสู่การหมดอายุของยาและเวชภัณฑ์ ตลอดจนการจัดทำเอกสารต่าง ๆ ยังเป็นรูปแบบของเอกสารทำให้เข้าถึงข้อมูลได้ยาก อย่างไรก็ตามหากมีการทราบถึงองค์ประกอบที่จำเป็นหรือสำคัญจะทำให้ง่ายต่อการออกแบบและพัฒนาระบบ และเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้งาน เพราะระบบสารสนเทศที่ดีต้องได้รับการออกแบบฐานข้อมูลที่ดี นอกจากนี้การออกแบบและจัดทำฐานข้อมูลช่วยทำให้ลดข้อผิดพลาดในการพัฒนาระบบ (โอภาส, 2546) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจะนำผลการศึกษาดังกล่าวไปพัฒนาระบบรายงานคลังยาและเวชภัณฑ์ กรณีศึกษา โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครงค์ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุรินทร์ ต่อไป

บทสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อการศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดทำฐานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ผลการวิจัยพบว่า ยาและเวชภัณฑ์ การเบิกยาและเวชภัณฑ์ การแลกเปลี่ยนยาและเวชภัณฑ์ การจ่ายยาและเวชภัณฑ์ การรับยาและเวชภัณฑ์ และการรายงานยาและเวชภัณฑ์ เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการจัดทำฐานข้อมูลคลังยาและเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้กลุ่มผู้ให้ข้อมูลเป็นเพียงบุคคลภายในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนครงค์ หากต้องการข้อมูลที่แตกต่างควรมีการสอบถามหรือสัมภาษณ์จากผู้ที่เกี่ยวข้องกับคลังยาและเวชภัณฑ์ที่หลากหลายหน่วยงาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ 2561 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ประโยชน์ที่บังเกิดขึ้นจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ขออุทิศแด่ผู้ช่วยศาสตราจารย์อลงกรณ์ อัมพฤษ ผู้ร่วมวิจัยที่ได้ล่วงลับไปแล้ว

เอกสารอ้างอิง

- กานติมา ศรีวัฒน์. (2562). การพัฒนาประสิทธิภาพในการบริหารคลังยา โรงพยาบาลสระบุรี. การค้นคว้าอิสระ ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ปทุมธานี.
- กลุ่มงานบริการวิชาการ 3 สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร นโยบายด้านสาธารณสุขกับคุณภาพชีวิตของคนไทย. (2564). ค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2564 https://www.parliament.go.th/ewtadmin/ewt/parliament_parcy/ewt_dl_link.php?nid=26945.
- ชวพร ลีลาเวทพงษ์ และคมสัน โสตากร. (2554). การศึกษาประสิทธิภาพการบริหารเวชภัณฑ์ กลุ่มงานเภสัชกรรม โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์. วารสารโรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์, 7(2): 1-14.
- จารุพงษ์ บรรเทา. (2559). การจัดการคลังยาและเวชภัณฑ์ กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชนนครราชสีมา. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.
- ชูชัย ศุภวงศ์ สมศักดิ์ ชุณหรัศมิ์ ลัดดา ดำริการเลิศ สุพัตรา ศรีวิจิตร เกษม เวชสุทรานนท์ และศุภกิจ ศิริลักษณ์. (2552). คู่มือการให้บริการของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล. ที คิว พี: กรุงเทพฯ.
- นันทน์ภัส พึ่งสุข และ อัญญาณ์ พลนอก. (2560). การพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารคลังเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสาร มฉก.วิชาการ, 21(41): 109- 122.
- ปารเมศ สุขแสง. (2560). เจ้าหน้าที่งานสาธารณสุขปฏิบัติงาน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลณรงค์. (26 กรกฎาคม 2560). สัมภาษณ์.
- พรณอร บุญพิสิษฐ์ (2561). พัฒนาระบบการจัดการคลังเวชภัณฑ์ไม่ใช่อยา กลุ่มการพยาบาล โรงพยาบาลเฝ้าไร่. วารสารวิทยาศาสตร์สุขภาพและการสาธารณสุขชุมชน, 1(1): 39-53.
- มัตติกา ประพฤดีดี. (2564). การพัฒนางานบริหารเวชภัณฑ์ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล อำเภอพระพรหม จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารศาสตร์สุขภาพและการศึกษา, 1(2): 16-29.
- รอแฮนิง วาเฮง. (2558). การบริหารเวชภัณฑ์และระบบยาของ รพสต.ในเขตพื้นที่อำเภออ่าวลึก จ.กระบี่. วารสารวิชาการแพทย์เขต 11, 29(3): 449-463.
- โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลติดดาว. (2562). คู่มือแนวทางการพัฒนาโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลติดดาว (รพ.สต.ติดดาว) ปี 2562. ค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2564 http://www.mdo.moph.go.th/computer/web51v2/nhso_star63.pdf.
- สำนักพัฒนาบริการสุขภาพ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. (2557). มาตรการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารเวชภัณฑ์ของหน่วยบริการ สังกัดกระทรวงสาธารณสุข ปีงบประมาณ 2557.
- โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2546). การออกแบบและจัดการฐานข้อมูล. ซีเอ็ดดูเคชั่น: กรุงเทพฯ.

การสืบค้นย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มฝัวและศักยภาพในการผลิตของเกษตรกร
ตำบลหนองแม่นา อำเภอลำปาง

Reverse Traceability "Leum Pua Rice" and Production Potential
of Nong Mae Na Farmers in Khao Kho District

วรชัย ศรีสมุดคำ^{1*} กฤษณ์พันธ์ พรรณรัตน์ชัย¹และเชษฐา คุ่มขุน¹

Worachai Srisamoodkham^{1*}, Kritphon Phanrattanachai¹ and Chettar CoomKhoon¹

^{1*} คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์

*Corresponding Author E-mail Address : hs5xij@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการสืบค้นย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มฝัว และจัดทำข้อมูลด้านการผลิตของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มฝัว เกษตรกรตำบลหนองแม่นา อำเภอลำปาง จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการพัฒนาเว็บไซต์ ร่วมกับเทคโนโลยีทางด้านฐานข้อมูลกลาง และเทคโนโลยีการนำเข้าข้อมูลผ่านระบบรหัสคิวอาร์ วัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจต่อสินค้า ในด้านของความปลอดภัย และสามารถทราบถึงแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ จนนำไปสู่การเพิ่มยอดขายสินค้า ซึ่งการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการออกแบบและพัฒนาระบบ ขั้นตอนที่ 2 คือการถ่ายทอดวิธีการใช้งานให้แก่เกษตรกรและประเมินประสิทธิภาพการใช้งานเบื้องต้นเพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงระบบ และขั้นตอนสุดท้ายคือการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยคณะผู้วิจัยได้ใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภคต่อยอดจำหน่ายสินค้า

จากผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรและผู้บริโภคพึงพอใจต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบอยู่ในระดับที่ดีมาก โดยมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยในทุก ๆ ด้านอยู่ที่ 4.5 คะแนนอย่างไรก็ตามมีการตั้งข้อสังเกตต่อการใช้งานระบบว่าเกษตรกรบางรายไม่ถนัดทางด้านเทคโนโลยีมากนัก เนื่องจากมีอายุค่อนข้างมาก ทำให้การนำเข้าข้อมูลสามารถทำได้ยาก ส่วนผลจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย สามารถสรุปได้ว่าการพัฒนาระบบ และการจัดทำข้อมูลด้านการผลิตของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มฝัวนั้นสามารถแสดงถึงศักยภาพของผู้ผลิต และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มยอดขายให้แก่เกษตรกร ตำบลหนองแม่นา

คำสำคัญ: การสืบค้นย้อนกลับ รหัสคิวอาร์ ข้าวไร้ลิ้มฝัว

Abstract

The purpose of this study was to create a system for traceability of Rai Lum Pua rice and produce information on the production of the Lum Pua rice Farmers in Nong Mae Na Subdistrict, Khao Kho District, Phetchabun which was developed from the website, central database technology and importing data technology through the QR code system. The objectives are giving consumers confidence in the product.

In terms of safety, contamination can be identified as the source of the product. The research is divided into 3 steps. The first step is the design and development, the second step is transferring the method of using to farmers and evaluate the efficiency of the preliminary use as information to improve the system. And the last step is to test the performance of the system. The researchers used a simple linear regression analysis to examine the relationship between the number of consumer requests to product sales.

From the results of this study, it was found that farmers and consumers were satisfied with the performance of the system at a very good level. The average satisfaction score was 4.5. However, it was noted that some farmers were not good at technology. Because of they are quite old. This makes importing data are difficult. The results of a simple linear regression analysis can be concluded that the development of the system and the production of information on the Rai Lum Pua rice can show the potential of the producers and build consumer's confidence which leads to increasing sales to farmers Nong Mae Na Sub district.

Keywords: Traceability, QR Code, Rai Lum Pua rice

บทนำ

พื้นที่ในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นแหล่งการปลูกข้าวไร้มันข้าว โดยเป็นข้าวนาปีของกลุ่มชาติพันธุ์ม้ง พื้นที่การปลูกข้าวไร้มันข้าวของอำเภอเขาค้อเป็นนิเวศการปลูกแบบไร่อาศัยน้ำฝน ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลเฉลี่ย 714 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 25.8 องศาเซลเซียส ซึ่งให้อัตราผลผลิตสูงสุดประมาณ 425 กิโลกรัมต่อไร่ (ข้าวไร้มันข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) โดยจากรายงานสถิติจังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ.2559 พบว่า พื้นที่การเพาะปลูกข้าวไร้มันข้าวของ อำเภอเขาค้อ (ปีเพาะปลูก 2558) มีจำนวนทั้งหมด 14,538 ไร่ ผลผลิตการเพาะปลูก 5,271.60 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 362.61 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับข้าวไร้มันข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และ เส้นใยธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นแหล่งของสารอาหารสำคัญที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น โอลิโกแซคคาไรด์ 3 โอลิโกแซคคาไรด์ 6 แอนโทไซยานิน แหวมมา-โอโรซาซอล วิตามินอี ฯลฯ ข้าวที่นุ่ม มีกลิ่นหอม กากใยและสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในระดับสูงกว่าข้าวชนิดอื่น ๆ (อภิชาติ เนินพลับ, 2553; ยศพร พลายน้อย, 2559) แต่ทั้งนี้ยังพบปัญหาด้านกำลังการผลิต เนื่องจากข้าวไร้มันข้าวเป็นพันธุ์ข้าวที่มีความอ่อนแอต่อโรค และอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อการปลูกเพื่อเลี้ยงชีพเท่านั้น แต่ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการปลูกเพื่อยังชีพเป็นการปลูกเพื่อการค้าและเกิดการรวมกลุ่มเพื่อจัดตั้งเป็นวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อพัฒนาผลผลิตให้เป็นเชิงพาณิชย์เพื่อจำหน่ายให้กับนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามาในจังหวัดเพชรบูรณ์ ทำให้เกิดการขยายตัวของสภาพทางเศรษฐกิจของจังหวัดเป็นอย่างมาก

ข้าวไร้มันข้าวจะมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง แต่มีความอ่อนแอต่อโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง อีกทั้งมักเกิดความเสี่ยงจากการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว (วรวิทย์ ราชยา, 2558) เมื่อมีต้องการผลผลิตที่มีจำนวนมาก เกษตรกรจึงหันมาใช้สารเคมีป้องกันโรคและกำจัดศัตรูพืช ส่งผลต่อคุณภาพและมาตรฐานของสินค้า ผู้บริโภคเกิดความไม่มั่นใจ และทำให้ยอดขายลดลงในที่สุด ดังนั้นเพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นให้กับทางผู้บริโภค กลุ่มวิสาหกิจชุมชนหนองเม่นน้ำจึงได้หันกลับมาทำข้าวไร้มันข้าวที่มีความปลอดภัย เน้นการใช้ชีวภัณฑ์ในการกำจัดแมลงและป้องกันโรคพืชเพื่อเรียกความเชื่อมั่นของผู้บริโภคให้กลับมาอีกครั้ง แต่ถึงอย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่ยังนิยมใช้สารเคมี เนื่องจากมีความเชื่อว่า ผู้บริโภคต้องการผลผลิตที่มีลักษณะสวยงาม ไม่มีร่องรอยการถูกทำลาย เกษตรกรมีความประสงค์ที่จะจำหน่ายผลผลิตให้ได้ราคาสูง จึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เพื่อเป็นหลักประกันว่าผลผลิตจะไม่เสียหาย และมีคุณภาพตรงตามความต้องการ ผลผลิตที่ได้จึงมี

ปริมาณมากกว่าข้าวสาลีที่มีการปลูกแบบปลอดภัย ทำให้กลุ่มผู้ประกอบการมักจะถือนำสินค้าที่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต มาแอบอ้างชื่อกลุ่มในการจำหน่ายสินค้าทำให้เกิดความเสียหายต่อการจำหน่ายสินค้าในภาพรวม

เพื่อให้เป็นหลักประกันว่าผลผลิตของเกษตรกรชุมชนหนองแม่นาที่ได้ใช้กระบวนการผลิตที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ และลดปัญหาการแทรกแซงจากกลุ่มผู้ผลิตที่ใช้สารเคมี คณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาและนำองค์ความรู้ทางด้านการพัฒนาเว็บไซต์ ร่วมกับเทคโนโลยีทางด้านฐานข้อมูลกลาง และเทคโนโลยีการนำเข้าข้อมูลผ่านระบบรหัสคิวอาร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจต่อสินค้า ในด้านของความปลอดภัย การปนเปื้อน สามารถทราบถึงแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ หากมีการตรวจพบความผิดในกระบวนการผลิต ผู้บริโภคสามารถสืบย้อนกลับไปหาแหล่งการผลิตนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง และยังสามารถตรวจสอบศักยภาพในการผลิตของเกษตรกรเพื่อใช้ในการพัฒนาระบบการผลิตและการบริหารจัดการกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์

1. ระบบและการจัดทำข้อมูลด้านการผลิตของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มผิว
2. สมาร์ทโฟนและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่สามารถแสดงผลจากการแสกนรหัสคิวอาร์ได้
3. แบบสอบถามความพึงพอใจและความเชื่อมั่นที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์

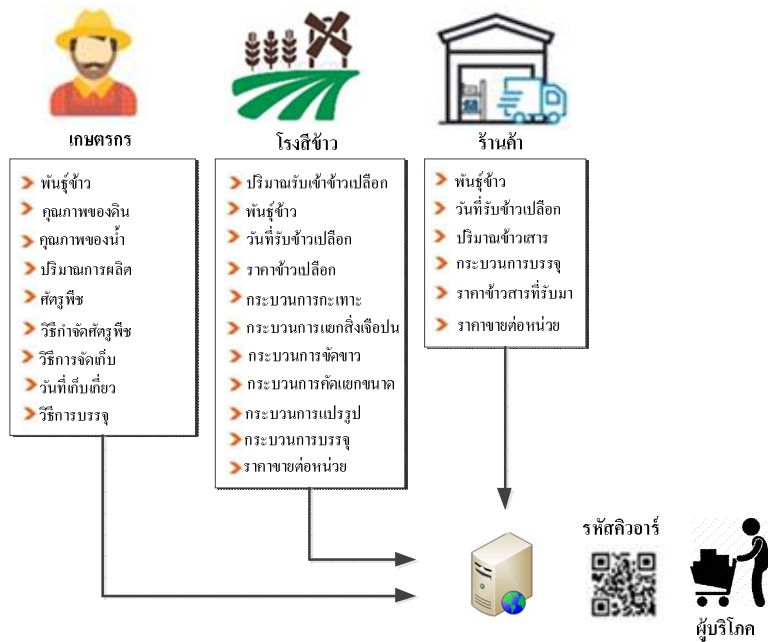
วิธีการวิจัย

ในการพัฒนาระบบการสืบค้นย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิว ต้องอาศัยข้อมูลที่สำคัญจากส่วนต่าง ๆ มาใช้ในการพัฒนา เพื่อให้มีระบบการสืบค้นย้อนกลับเกิดความสมบูรณ์ มีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบได้ จึงจำเป็นต้องให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มผิวเป็นผู้นำเข้าข้อมูล แต่จากการสำรวจปัญหาของกลุ่มเกษตรกรตำบลหนองแม่นา คณะผู้วิจัยได้พบว่าปัญหาของเกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ในด้านการใช้เทคโนโลยี ดังนั้นในการพัฒนาระบบจึงเน้นการมีส่วนร่วม เรียนรู้และทำความเข้าใจการใช้ระบบไปพร้อม ๆ กัน ตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ไปจนถึงการประเมินผล โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ ประกอบด้วย การออกแบบและพัฒนาระบบ การทดสอบการใช้งานและประเมินระบบการทำงานเบื้องต้น และการประเมินความประสิทธิภาพของระบบที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

1. การออกแบบและพัฒนาระบบ

1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

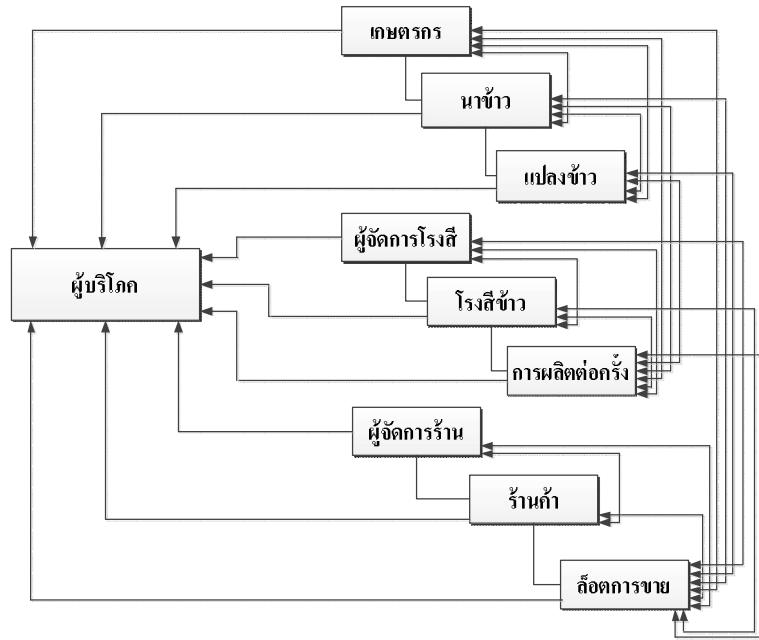
จากแนวความคิดพัฒนาระบบสืบค้นย้อนกลับผลผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ในการสำรวจ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการสร้างแบบสอบถามเพื่อนำไปใช้สำรวจความคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบโลจิสติกส์ 4 กลุ่มประกอบด้วย เกษตรกรผู้ปลูกข้าว ผู้แปรรูป ผู้จำหน่าย และผู้บริโภคที่อยู่ตามแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ทั่วอำเภอเขาค้อ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามไปเป็นข้อมูลในการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อสรุปและคัดกรองข้อมูลที่ได้รับ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อระบบการออกแบบระบบย้อนกลับ



รูปที่ 1 ระบบโลจิสติกส์ 4 กลุ่มของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

1.2 การออกแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลระบบ

เมื่อได้ข้อมูลจากการคัดกรองแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลระบบสอยย้อนกลับข้าว โดยพิจารณาจากการไหลจากปลายน้ำย้อนกลับไปยังต้นน้ำ การออกแบบระบบจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มเช่นเดิม และแต่ละกลุ่มมีผู้จัดการข้อมูลของตนเอง (Data Manager) โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกเชื่อมโยงเข้ากับกลุ่มอื่นตามความเหมาะสม ข้อมูลที่สามารถเผยแพร่ได้จะถูกส่งต่อ แต่หากมีข้อมูลที่ต้องการปกปิดจะมีการเข้ารหัสและมีการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึง รูปที่ 2 คือ ความสัมพันธ์ของข้อมูล เริ่มจากกลุ่มของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีหน้าที่ให้ข้อมูลสถานที่ปลูกข้าวและแปลงข้าวของตนเอง หากสืบย้อนกลับจะทราบว่าแปลงข้าวอยู่ที่ใดและมีใครเป็นเจ้าของ เช่น เดียวกันกับโรงสีข้าวที่มีหน้าที่ในการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร เริ่มจากผู้จัดการข้อมูลของโรงสีมีหน้าที่ในการให้ข้อมูลของโรงสีและการกรรมวิธีการแปรรูปข้าวสาร ดังนั้นถ้าหากมีการสืบย้อนกลับจากการแปรรูปเราจะทราบว่าข้าวสารล็อตนี้มาจากโรงสีใด และใครที่เป็นคนให้ข้อมูล รวมถึงข้อมูลก่อนหน้านี้นี้ ทำให้เราสามารถทราบถึง เกษตรกรผู้ปลูกข้าว สถานที่ปลูก และข้อมูลของแปลงข้าวที่โรงสีรับมาเช่นเดียวกัน

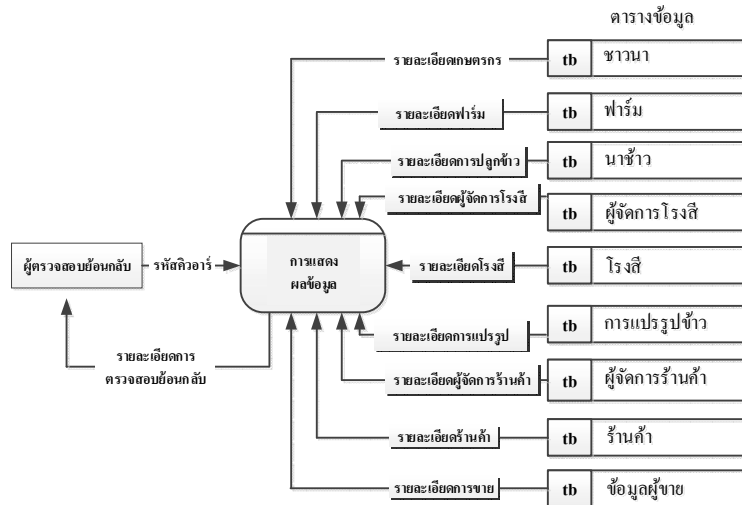


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของชุดตารางฐานข้อมูล

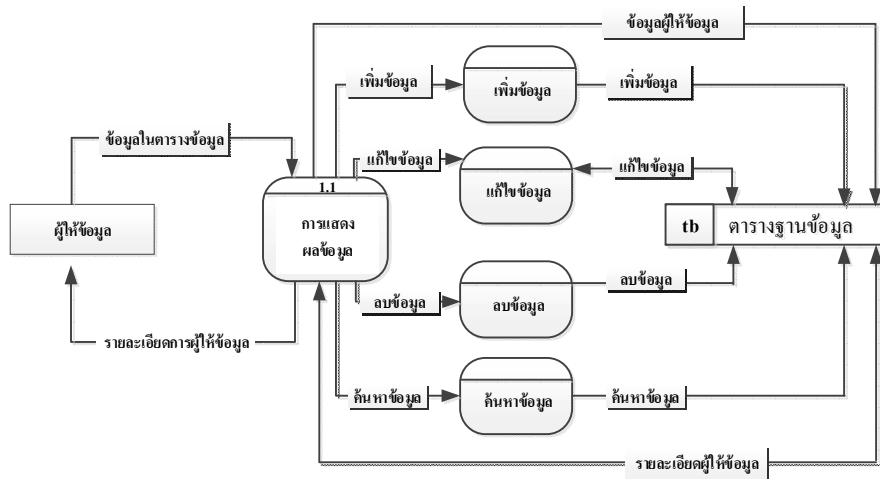
ในส่วนของการตลาดถ้าหากสืบย้อนจากถือการขาย ผู้ค้าก็จะทราบข้อมูลตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ ดังนั้นถ้าหากพบข้าวไม่มีคุณภาพผู้ค้าก็สามารถสืบได้ว่าข้าวมาจากแหล่งใด ทำให้สามารถนำข้าวล็อตนั้นออกจากระบบ ไม่จำเป็นต้องนำออกจากคลังสินค้าทั้งหมด ทำให้สามารถลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างทันท่วงที และท้ายที่สุดข้อมูลทุกส่วนที่สามารถเปิดเผยได้ จากทุกส่วนก็จะส่งไปให้ผู้บริโภคผ่านการแสกนรหัสคิวอาร์ ผู้บริโภคก็จะสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับจาก เกษตรกร ผู้แปรรูป หรือ ผู้จำหน่ายได้ ซึ่งเป็นการสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคว่าข้าวมีความปลอดภัยสามารถสอบย้อนกลับข้อมูลย้อนกลับได้ทั้งระบบการผลิต

1.3 ระบบฐานข้อมูลสอบย้อนกลับข้าวไร้ลิ้มผั่ว

ขั้นตอนนี้คือการสร้างระบบฐานข้อมูล ซึ่งจะถูกเก็บไว้ในกลุ่มตารางฐานข้อมูล แต่ละตารางจะเก็บรายละเอียดข้อมูลที่สำคัญสำหรับการสร้างระบบสอบย้อนกลับข้าว ใน รูปที่ 3 แสดงภาพกระแสการไหลของข้อมูลระบบการสืบย้อนโดยระบบจะดึงข้อมูลจาก ส่วนเก็บข้อมูล (Data store) มาแสดงผลข้อมูลผ่าน ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) บนเว็บไซต์ โดยคำขอจากผู้บริโภคผ่านการแสกนรหัสคิวอาร์ โดยรูปที่ 4 แสดงกระแสการไหลของระบบการเปลี่ยนแปลงในตารางข้อมูล แต่ละตารางทำหน้าที่แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของทั้ง 3 ส่วน ประกอบได้ ส่วนของเกษตรกร ผู้แปรรูป และผู้จำหน่าย ตารางข้อมูลทั้ง 3 ส่วน และมีทั้งหมด 8 ตาราง ประกอบด้วย ตารางข้อมูล เกษตรกร สถานที่ปลูกข้าว รายละเอียดแปลงข้าว สถานที่แปรรูป ขั้นตอนการแปรรูปข้าว ผู้จำหน่าย และรายละเอียดผลิตภัณฑ์



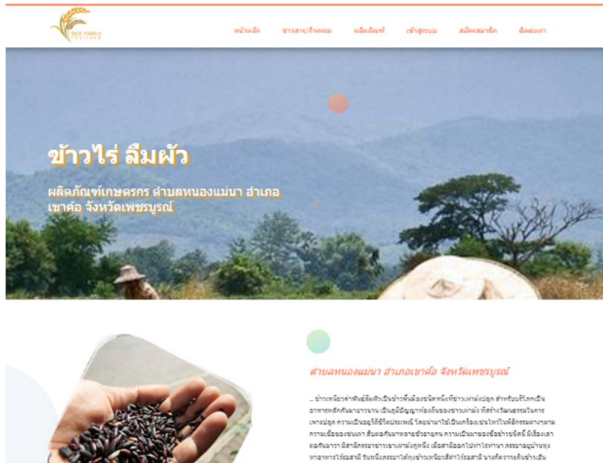
รูปที่ 3 กระแสการไหลของข้อมูลระบบการสืบย้อน



รูปที่ 4 กระแสข้อมูลของการแก้ไขข้อมูล

1.4 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

งานวิจัยชิ้นนี้สั่งงานจะผ่านส่วนประสานงานกับผู้ใช้ประเภทกราฟิก (GUI – Graphical User Interface) เนื่องจากการใช้งานแบบคอมพิวเตอร์ที่ต้อป้อนข้อมูลชุดคำสั่งที่ละบรรทัดนั้น ทำให้เกิดความไม่สะดวกและยุ่งยากกับผู้ใช้คอมพิวเตอร์มากพอสมควร ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบคำสั่งงานคอมพิวเตอร์แบบใหม่โดยปรับมาใช้รูปภาพหรือสัญลักษณ์ในการสั่งงานมากยิ่งขึ้น โดยผู้พัฒนาจะใช้เว็บไซต์ที่พัฒนาโดย Frontend Framework ที่เรียกว่า Bootstrap ที่รวมภาษา HTML CSS และ JS เข้าด้วยกันสำหรับพัฒนาเว็บไซต์ ข้อมูลที่ถูกนำเข้าโดยผู้ใช้งานผ่านเว็บไซต์ จากนั้นข้อมูลจะถูกเก็บไว้ฐานข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้น และแสดงผ่านเว็บไซต์เมื่อผู้ใช้งานระบบต้องการ แต่ผู้ใช้งานระบบจะต้องทำการลงทะเบียนเพื่อระบุตัวตนว่าเป็นผู้ใช้งานกลุ่มใด ซึ่งนอกจากผู้ดูแลระบบ (Administrator) ผู้ใช้งานระบบจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มประกอบด้วย กลุ่มเกษตรกร กลุ่มโรงสีข้าว กลุ่มผู้ค้าข้าว และกลุ่มของผู้บริโภค



รูปที่ 5 ส่วนประสานงานกับผู้ใช้ประเภทกราฟิก (GUI)

2. การทดสอบการใช้งานและประเมินระบบการทำงานเบื้องต้น

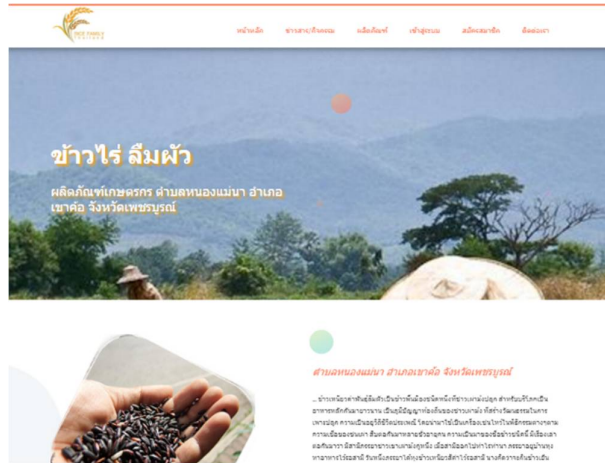
การทดสอบการใช้งานและประเมินระบบการทำงานเบื้องต้น คณะผู้วิจัยได้จัดให้มีการอบรม การอบรมเชิงปฏิบัติการให้ความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีการสืบค้นข้อมูลย้อนกลับ แก่สมาชิกของกลุ่มเกษตรกรตำบลหนองแม่นาจำนวน 20 คน โดยเน้นไปที่การนำเข้าสู่ข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อระบบ จากนั้นให้ผู้ใช้งานได้ประเมินการใช้งาน 3 ด้านประกอบด้วย ด้านการออกแบบเว็บไซต์ ด้านข้อมูลข่าวสารบนเว็บไซต์ และด้านประโยชน์และการใช้งาน เพื่อนำผลลัพธ์การประเมินที่ได้ไปเป็นข้อมูลในการพัฒนาระบบก่อนนำไปใช้จริง

3. การประเมินความประสิทธิภาพของระบบที่ส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภค

ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินการนำระบบไปใช้งานจริง โดยคณะผู้พัฒนาได้นำรหัสคิวอาร์ไปพิมพ์ไว้บนบรรจุภัณฑ์ข้าวไร่ลิ้มผั่ว เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถใช้อุปกรณ์มือถือสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต ในการตรวจสอบ ในการประเมินประสิทธิภาพ คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ระหว่าง จำนวนการขอข้อมูลสืบย้อนจากผู้บริโภค (x) ซึ่งระบบจะทำหน้าที่จัดเก็บ และ ปริมาณยอดจำหน่าย โดยใช้การตรวจสอบจากยอดจำหน่ายนับจากทุกผลิตภัณฑ์ที่มีรหัสคิวอาร์ในทุกแพลตฟอร์ม (Platform) ทั้งการจำหน่ายแบบ แบบจำหน่ายหน้าร้าน (On site) และแบบออนไลน์ (Online)

ผลการวิจัย

หน้าเว็บไซต์หลักมีการออกแบบให้ใช้งานได้ง่ายแก่ผู้ใช้งานมี 6 เมนูให้ใช้งานประกอบด้วย หน้าหลัก จะเป็นหน้าแรกเมื่อเข้าสู่เว็บไซต์ หน้าข่าวสารและกิจกรรม จะมีข้อมูลข่าวสารหรือเรื่องราวเกี่ยวกับข้าวไร่ลิ้มผั่วให้ผู้ใช้งานได้เข้ามาอ่านหาข้อมูลต่าง ๆ หน้าผลิตภัณฑ์ จะมีผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้ผู้ใช้งานเข้ามาเลือกดูสิ่งที่น่าสนใจ หน้าเข้าสู่ระบบ ให้ผู้ใช้งานกรอกข้อมูล ชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่าน หน้าสมัครสมาชิก ให้ผู้ใช้งานเข้ามากรอกข้อมูลเพื่อสมัครสมาชิกเข้าใช้งานเว็บไซต์ และหน้าติดต่อเรา จะมีข้อมูลผู้จัดทำและวัตถุประสงค์



รูปที่ 6 หน้าเว็บไซต์หลัก

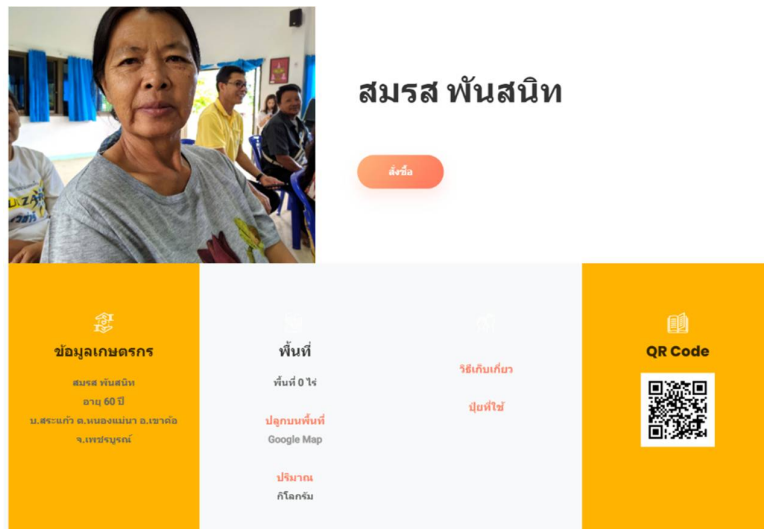
รูปที่ 7 สมัครสมาชิกเข้าใช้งาน

หน้าสมัครสมาชิกจะมีส่วนในการกรอกข้อมูลของผู้ใช้งานเพื่อเข้าใช้งานเว็บไซต์จะต้องกรอกข้อมูลคือ ชื่อผู้ใช้งาน รหัสผ่าน ชื่อ-สกุล คำอธิบายอื่น ๆ อายุ ที่อยู่ เบอร์โทร พื้นที่ใช้ปลูก Google map จำนวนที่ดิน วิธีเก็บเกี่ยว ปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้และเลือกไฟล์



รูปที่ 8 สแกน QR Code สมาชิกเกษตรกร

หน้าแสดงข้อมูลต่าง ๆ ที่สามารถสแกน QR Code เพื่อเข้าไปดูข้อมูลของผู้ใช้งานแสดงข้อมูลของผู้ใช้งานได้แก่ ชื่อ-สกุล อายุ ที่อยู่ เบอร์โทร พื้นที่ที่ปลูก สถานที่ วิธีเก็บเกี่ยว ปุ๋ยที่ใช้



รูปที่ 9 ข้อมูลเกษตรกรผู้ผลิต

เมื่อผู้ใช้งานสแกน QR Code จะเข้าสู่หน้าแสดงข้อมูลเกษตรกรผู้ผลิตจะแสดงข้อมูลเกษตรกร ชื่อ-สกุล อายุ ที่อยู่ พื้นที่จำนวนไร่ พื้นที่ปลูก Google map ปริมาณ วิธีเก็บเกี่ยวและปุ๋ยที่ใช้

ผลที่ได้จากการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการการให้ความรู้ทางด้านการใช้เทคโนโลยี

การอบรมเชิงปฏิบัติการให้ความรู้ด้านการใช้เทคโนโลยีการสืบค้นข้อมูลย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิวและศักยภาพในการผลิตของเกษตรกรตำบลหนองแม่เฒ่า อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์ มีเกษตรกรผู้สนใจเข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการจำนวน 20 คน ซึ่งหลังจากการอบรมเชิงปฏิบัติการแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการวัดผลที่ได้จากการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการจากผู้เข้าร่วมการจัดอบรม โดยแบ่งทักษะความรู้ ความเข้าใจของผู้เข้าร่วมอบรมจำนวน 3 ด้าน ประกอบด้วย

ด้านการออกแบบเว็บไซต์ด้านข้อมูลข่าวสารบนเว็บไซต์ และด้านประโยชน์และการใช้งาน จากนั้นประเมินผลความพึงพอใจ จากความเห็นของผู้เข้าร่วมอบรมโดยใช้แบบสอบถามที่ใช้มาตราวัดของลิเคิร์ต (Likert rating scales)



รูปที่ 10 การอบรมเชิงปฏิบัติการการสืบค้นข้อมูลย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิวและศักยภาพในการผลิตของเกษตรกร ตำบลหนองแม่นา อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์



รูปที่ 11 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการนำเข้าสู่ข้อมูลในเว็บไซต์



รูปที่ 12 ตัวอย่างการติดตั้งรหัสคิวอาร์ ที่ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 สรุปความพึงพอใจของเกษตรกรผู้เข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการการสืบค้นข้อมูลย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิวและศักยภาพในการผลิตของเกษตรกรตำบลหนองแม่เฒ่า อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ชื่อหัวข้อ	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ด้านการออกแบบเว็บไซต์		
1.1 หน้าโฮมเพจมีความสวยงาม มีความทันสมัย น่าสนใจ	4.75	0.44
1.2 ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษร มีความสวยงามและอ่านได้ง่าย	3.90	0.31
1.3 สีสีนในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	4.70	0.73
1.4 การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	4.65	0.67
2. ด้านเนื้อหา ข้อมูลบนเว็บไซต์		
2.1 การประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ภาพ ในเว็บไซต์มีความเหมาะสม น่าสนใจ	4.75	0.44
2.2 เนื้อหากับภาพมีความสอดคล้องกัน	3.90	0.31
2.3 ปริมาณเนื้อหาเพียงพอกับความต้องการ	4.70	0.39
2.4 มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการ ค้นหาและทำความเข้าใจ	4.65	0.00
3. ด้านประโยชน์และการใช้งาน		
3.1 ความสะดวกการนำเข้าสู่ข้อมูลในระบบ	4.75	0.47
3.2 ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์	3.90	0.51
3.3 เป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อกลุ่มผู้บริโภค	4.70	0.00
3.4 เป็นแหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของเกษตรกร	4.65	0.00

จากแบบสอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบดังตารางที่ 1 สามารถสรุปได้ว่าผู้บริโภคและเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการมีความเห็นตรงกันว่าสืบค้นข้อมูลย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิว เป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อกลุ่มผู้บริโภคและเกษตรกร ข้อมูลต่าง ๆ มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหาและทำความเข้าใจ รองลงมาคือภาพรวมของการออกแบบเว็บไซต์ ทั้งการจัดรูปแบบ สีสีนที่มีความเหมาะสม และความสวยงามของเว็บไซต์ แต่ในส่วนที่ควรมีการปรับปรุงคือ ขนาดตัวอักษร และรูปแบบตัวอักษรสามารถอ่านได้ง่ายมากยิ่งขึ้น การประชาสัมพันธ์ข่าวสารในเว็บไซต์ มีข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานระบบว่าควรมีเนื้อหาที่น่าสนใจ ได้รับการปรับปรุงทันสมัยอยู่ตลอดเวลา รวมถึงผลักดันให้เป็นช่องทางสำคัญในการประชาสัมพันธ์ กิจกรรม และข่าวสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์แก่สมาชิก อย่างไรก็ตามมีการตั้งข้อสังเกตต่อการใช้งานระบบว่าเกษตรกรบางรายไม่ถนัดทางด้านเทคโนโลยีมากนัก เนื่องจากเป็นเกษตรกรที่มีอายุค่อนข้างมาก ทำให้การนำเข้าสู่ข้อมูลสามารถทำได้ยาก ดังนั้นควรมีการแต่งตั้งตัวแทนของกลุ่มเป็นผู้รับผิดชอบในการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ

การทดสอบการใช้งานระบบสืบค้นข้อมูลย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิว

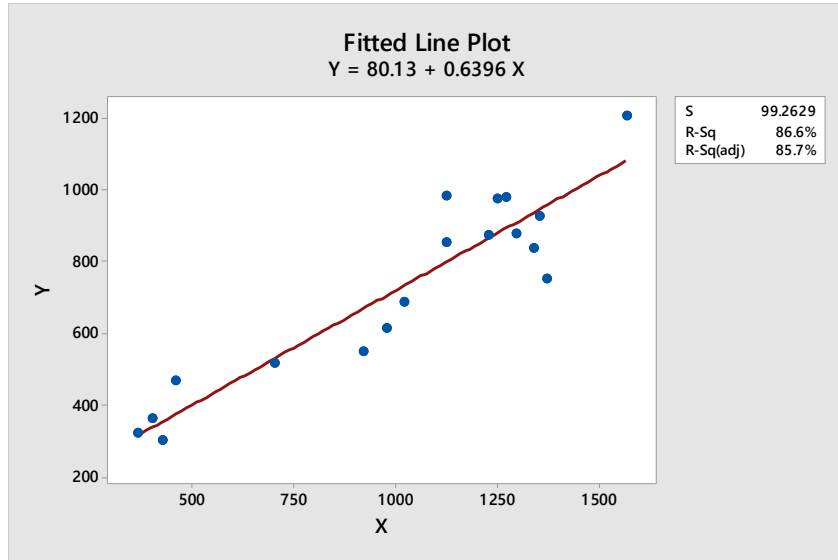
คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้การพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างยอดขายสินค้าและจำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภค โดยได้ตั้งสมมติฐานว่า จำนวนครั้งของการขอข้อมูลของผู้บริโภค (x) จะส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค (y) กล่าวคือ เมื่อผู้บริโภคเข้าระบบเพื่อขอข้อมูลสำหรับใช้ในการตัดสินใจ และได้ทราบว่า สินค้ามีความสะอาด ปลอดภัย และไม่มีการใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต สามารถตรวจสอบที่มาที่ไปของสินค้าตลอดโซ่อุปทานได้อย่างชัดเจน จะทำให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจซื้อสินค้าได้ง่ายยิ่งขึ้น คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อตรวจสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภค (x) ที่มีผลต่อยอดจำหน่ายสินค้า โดยได้แบ่งกลุ่มการพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่มทั้งแบบจำหน่ายหน้าร้านและแบบออนไลน์

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างยอดจำหน่ายสินค้าและจำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภค

เดือนที่จำหน่าย	ยอดจำหน่าย (หน่วย)		การขอข้อมูล จากผู้บริโภค (จำนวนครั้ง)
	หน้าร้าน	ออนไลน์	
ข้อมูลจากปี 2563			
มกราคม	320	58	365
กุมภาพันธ์	360	62	402
มีนาคม	300	59	424
เมษายน	467	52	458
พฤษภาคม	515	80	702
มิถุนายน	687	98	1019
กรกฎาคม	752	107	1370
สิงหาคม	879	119	1295
กันยายน	548	101	918
ตุลาคม	836	166	1337
พฤศจิกายน	975	147	1250
ธันวาคม	612	112	975
ข้อมูลจากปี 2564			
มกราคม	927	102	1354
กุมภาพันธ์	852	115	1123
มีนาคม	875	131	1226
เมษายน	1205	157	1567
พฤษภาคม	982	134	1124
มิถุนายน	978	119	1270

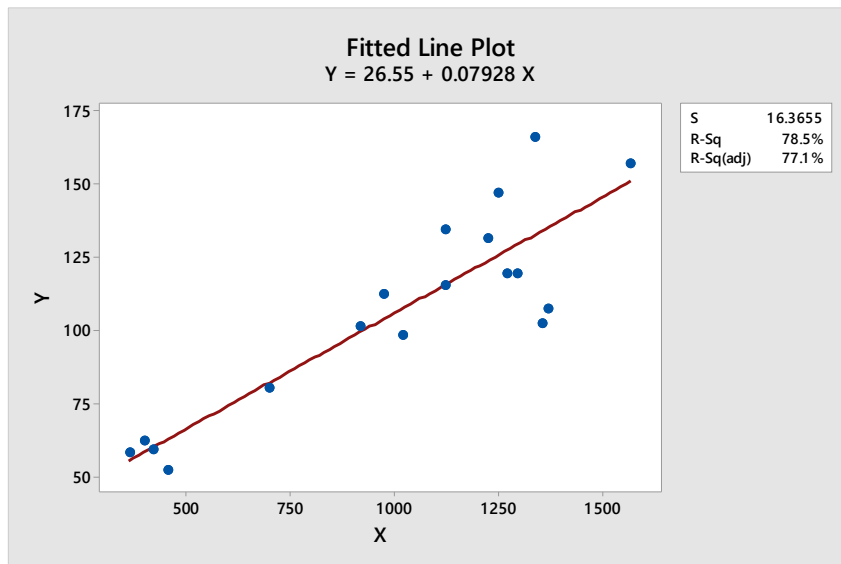
จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลยอดจำหน่ายสินค้าที่ได้รับจากการบันทึกของกลุ่มเกษตรกรและจำนวนครั้งในการขอข้อมูลที่
ได้รับจากระบบเพื่อตรวจสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภค (x) ที่มีผลต่อยอดจำหน่ายสินค้า (y)
โดยได้แบ่งกลุ่มการพิจารณาออกเป็น 2 กลุ่มทั้งแบบจำหน่ายหน้าร้านและแบบออนไลน์ ซึ่งจากรูปที่ 13 ได้แสดงให้เห็นว่า
จำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับยอดขายหน้าร้านในทางบวก กล่าวคือ หากมีการเข้าขอข้อมูลจากระบบ
สืบย้อนจากผู้บริโภคมากเท่าไรจำนวนยอดขายก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งผู้ประกอบการสามารถใช้สมการที่ 1 ในการทำนายยอดขายได้
และหากพิจารณาจากค่า ค่า R-Squared จะพบว่าสมการมีความสามารถในการทำนายผลลัพธ์ได้แม่นยำเท่ากับร้อยละ 86.6
ของความแปรปรวน หรืออาจเกิดความผิดพลาดประมาณร้อยละ 13.4

$$y=80.13+0.6396x \dots\dots\dots(1)$$



รูปที่ 13 แบบจำหน่ายหน้าร้าน

ส่วนในรูปที่ 14 แสดงให้เห็นว่า จำนวนการขอข้อมูลจากผู้บริโภคมีความสัมพันธ์กับยอดขายหน้าร้านในทางบวก เช่นเดียวกับการจำหน่ายแบบหน้าร้าน แต่สังเกตได้ว่ามีความแปรปรวนมากกว่า ซึ่งซึ่งผู้ประกอบการสามารถใช้สมการที่ 2 ในการทำนายยอดขายได้ แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากค่า ค่า R-Squared จะพบว่าสมการมีความสามารถในการทำนายผลลัพธ์ได้แม่นยำเท่ากับร้อยละ 78.5 ของความแปรปรวน หรืออาจเกิดความผิดพลาดประมาณร้อยละ 21.5



รูปที่ 14 แบบออนไลน์

ผลลัพธ์จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย แสดงให้เห็นว่าหากผู้บริโภคขอข้อมูลหรือสามารถติดตามการเดินทางของสินค้าตลอดโซ่อุปทาน ตั้งแต่ กระบวนการผลิต การบรรจุ การขนส่ง จนถึงมือผู้บริโภค จะส่งผลให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจต่อตัวสินค้า และเชื่อมั่นว่าจะหากเกิดปัญหาจะได้รับการแก้ไขจากผู้ขายได้ทันที ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การ

พัฒนาระบบ และการจัดทำข้อมูลด้านการผลิตของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มฝั่วนั้นสามารถแสดงถึงศักยภาพของผู้ผลิต และสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคได้

การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการพัฒนาความน่าเชื่อถือของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มฝั่วในตำบลหนองแม่นา อำเภอเขาค้อ จังหวัด เพชรบูรณ์ โดยเป็นการสร้างและพัฒนาระบบการสืบค้นย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มฝั่วและศักยภาพในการผลิตของเกษตรกร แบ่งออกเป็น 2 ส่วนในการวิจัยคือ

1. การพัฒนาระบบและจัดอบรมให้ความรู้การใช้งานแก่เกษตรกรพบว่าเกษตรกรมีความเห็นตรงกันว่าสืบค้นข้อมูลย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มฝั่ว เป็นแหล่งข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อกลุ่มผู้บริโภค มีข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของเกษตรกร และระบบมีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการ ค้นหาและทำความเข้าใจ รองลงมาคือภาพรวมของการออกแบบเว็บไซต์ โดยมีสีสันที่น่าสนใจ รูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย แต่มีข้อแนะนำให้มีการปรับขนาดของตัวอักษรให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้ง่ายในการเข้าถึงข้อมูล และสุดท้ายภาพรวมของเนื้อหา ข้อมูลบนเว็บไซต์ มีข้อแนะนำให้มีการเพิ่มเนื้อหาที่น่าสนใจ และต้องได้รับการปรับปรุงที่ทันสมัยตลอดเวลารวมถึงผลักดันให้เป็นช่องทางสำคัญในการประชาสัมพันธ์ กิจกรรม และข่าวสารต่าง ๆ ที่มีประโยชน์แก่สมาชิก อย่างไรก็ตามมีการตั้งข้อสังเกตต่อการใช้งานระบบว่าเกษตรกรบางรายไม่ถนัดทางด้านเทคโนโลยีมากนัก เนื่องจากเป็นเกษตรกรที่มีอายุค่อนข้างมาก ทำให้การนำเข้าสู่ข้อมูลสามารถทำได้ยาก ดังนั้นควรมีการแต่งตั้งตัวแทนของกลุ่มเป็นผู้รับผิดชอบในการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ

2. จากผลลัพธ์ได้แสดงให้เห็นว่าระบบสืบค้นย้อนกลับที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ประกอบการได้ทั้งในรูปแบบของการจำหน่ายแบบหน้าร้านและออนไลน์ หากมีข้อมูลเพิ่มเติมในด้านความปลอดภัยของกระบวนการผลิต และข้อมูลต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้บริโภค ทราบถึงที่มาที่ไปของสินค้าและบริการจะทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้ามากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ (วารุณี จินศร, 2554) ที่รายงานว่าแรงจูงใจในการเลือกซื้อผักปลอดสารพิษ ผู้บริโภคจะพิจารณาจากความสะอาดและความปลอดภัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความสัมพันธ์กับแนวโน้มการซื้อและการบอกต่อในอนาคต ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบสืบค้นย้อนกลับส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคส่งผลต่อยอดขายที่เพิ่มขึ้น เพียงแต่การจำหน่ายแบบหน้าร้านจะมีความชัดเจนในด้านยอดขายมากกว่า อาจเกิดขึ้นจากการได้เห็นสินค้าของจริง การได้พูดคุยเกี่ยวกับคุณค่าทางอาหาร และความปลอดภัยจากกระบวนการปลูก ซึ่งเป็นข้อมูลโดยตรงจากผู้ประกอบการที่มีความรู้ แต่หากปรับปรุงในเรื่องของการประชาสัมพันธ์ในส่วนของคุณภาพที่สำคัญในแพลตฟอร์มแบบออนไลน์อาจทำให้ช่องทางดังกล่าวอาจได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่พัฒนาต่อยอดมาจากงานวิจัยเรื่อง การสืบค้นย้อนกลับผลิตภัณฑ์ข้าวคุณภาพแบบสัญญาภาคของเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการสืบค้นย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มฝั่ว และจัดทำข้อมูลด้านการผลิตของกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มฝั่ว ตำบลหนองแม่นา อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการขาดความเชื่อมั่นของผู้บริโภคที่มีต่อสินค้าของกลุ่มเกษตรกรในการผลิตข้าวไร้ลิ้มฝั่ว โดยประยุกต์ใช้รหัสคิวอาร์ ภาษาพีเอชที ร่วมกับระบบการจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล เพื่อสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยระบบฐานข้อมูลสามารถแสดงข้อมูลและรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ได้ ทั้งยังสามารถทำงานได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ และสามารถพิมพ์ โดยหน้าเว็บประกอบด้วยหัวข้อหลัก 6 หัวข้อ คือ 1) หน้าหลัก 2) ข่าวสาร/กิจกรรม 3) ผลิตภัณฑ์ 4) เข้าสู่ระบบ 5) สมัครสมาชิก และ 6) ติดต่อเรา

จากผลการวิจัยพบว่า การสืบค้นย้อนกลับผลผลิตข้าวไร้ลิ้มผิวและศักยภาพในการผลิต ของเกษตรกรตำบลหนองแม่นำ อำเภอลำลูกขัน จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นระบบที่จัดขึ้นเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในสินค้า ในด้านของความปลอดภัย การปนเปื้อน สามารถทราบถึงแหล่งที่มาของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคสามารถสืบค้นย้อนกลับไปหาแหล่งการผลิตนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งจากการอบรมเชิงปฏิบัติการ ให้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวไร้ลิ้มผิวตำบลหนองแม่นำจำนวน 20 คน พบว่าเกษตรกรมีระดับความพึงพอใจทางการออกแบบเว็บไซต์มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ 4.54 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก รองลงมาคือด้านประโยชน์และการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ 4.44 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และด้านเนื้อหา ข้อมูลเว็บไซต์มีค่าความพึงพอใจน้อยที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ที่ 4.20 ซึ่งอยู่ในระดับดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ในการสนับสนุนทุนวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ.2562 และคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เครือข่ายเกษตรอินทรีย์จังหวัดเพชรบูรณ์. (2558). ข้าวไร้พันธุ์ “ลิ้มผิว”. เอกสารเผยแพร่. เครือข่ายเกษตรอินทรีย์ จังหวัดเพชรบูรณ์.
- จินตนา สนามชัยสกุล. (2554). การพัฒนาห่วงโซ่มูลค่าข้าวจากระดับชุมชนสู่การตลาดอย่างยั่งยืน. รายงานการวิจัย. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์.
- ยศพร พลายนโ. (2559). ฤทธิ์การป้องกันภาวะเครียดจากออกซิเดชันในเซลล์ลำไส้มนุษย์ของข้าวหมากจากข้าวเหนียวดำลิ้มผิว. โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.
- วรชัย ศรีสมุดคำ. (2561). การสืบค้นย้อนกลับผลิตภัณฑ์ข้าวคุณภาพแบบสัญญาภาคของเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานการวิจัย. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- วรวิรี รายน. (2558). ข้าวไร้ลิ้มผิว. เอกสารเผยแพร่. ฝ่ายส่งเสริมและเผยแพร่ สำนักงานส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- วารุณี จินศร. (2554). ปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อผักปลอดสารพิษ. การค้นคว้าอิสระ หลักสูตรปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สถาบันวิทยาศาสตร์ข้าวแห่งชาติ. (2562). ปริมาณการผลิตข้าว. ค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563. <http://trsi.ricethailand.go.th>
- อภิชาติ เนินพลับ. (2553). ข้าวเหนียว พันธุ์ “ลิ้มผิว” พันธุ์กรรมข้าวอนุรักษ์เพื่อ คุณค่าทางโภชนาการ. โครงการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน คณะทรัพยากรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นแบบเฉพาะเจาะจง Correlation matrix analysis of Covid-19 situation with specific stock price

กฤติยาภรณ์ คุณสุข^{1*} และเกรียงไกร ตรีฤทธิวิทยา¹
Kritiyaporn Kunsook^{1*} and Kriangkrai Treerittiwitaya¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี

*kritiyaporn.k@rbru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาหุ้น ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของนักลงทุน ปัจจัยภายในหลัก ได้แก่ กำไรต่อหุ้น เงินปันผล ขนาดของผลตอบแทนต่อส่วนของผู้ถือหุ้น และอาจถูกกระทบจากการเคลื่อนไหวทางเศรษฐกิจ และสังคม อาทิเช่น อัตราเงินเฟ้อ อัตราดอกเบี้ย อัตราแลกเปลี่ยน เสถียรภาพทางการเมือง หรือ สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคระบาดใหม่ หรือโควิด 19 (COVID-19) งานวิจัยนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองในการหาค่าสหสัมพันธ์ของสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นแบบเฉพาะเจาะจง และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นปัจจัยส่งผลต่อราคาหุ้น โดยใช้กระบวนการมาตรฐานสำหรับการทำเหมืองข้อมูล (CRISP-DM : Cross-industry standard process for data mining) ด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ในหมวดธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร จำนวน 5 บริษัท ที่มีทุนจดทะเบียนไม่ต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท และมีอัตราการซื้อขายหลักทรัพย์ติดอันดับ 1 ใน 5 ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563-เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้น มีนัยสำคัญ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการนำไปใช้ตัดสินใจในการลงทุน จำนวน 2 บริษัทที่มีทุนจดทะเบียนตั้งแต่ 5,000 ล้านบาทขึ้นไป ในหมวดธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ สถานการณ์โควิด 19 หุ้นแบบเฉพาะเจาะจง

Abstract

The studies of factors affecting stock price that influences investor's decision making. The internal factors are earnings per share, dividend policy and size of the firm return, Meanwhile, stock price would be affected by the movement of macroeconomic such as inflation rate, interest rate, exchange rate, political stability or Covid-19 situation. This research aims to create a correlation matrix model of Covid-19 situation with specific stock price and analyze value of correlation which are factors affect the price of stocks by Cross-industry standard process for data mining and software for data on category of technology business and communication 5 companies. Which, the registered capital not less than 1,000 million baht and trading rate ranks 1 in 5 on December 2020 to July 2021. Therefore, this research to be the correlation of the Covid-19 situation with stock price are significant. It is a factor that affects investment decision making 2

companies which the registered capital not less than 5,000 million on business of technology and communication.

Keywords: Correlation matrix analysis, Covid-19 situation, specific stock price

บทนำ

ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (The Securities Exchange of Thailand) ช่วยส่งเสริมให้เกิดการออมทรัพย์ และการระดมทุนภายในประเทศ มีบทบาทสำคัญในการเป็นศูนย์กลางการซื้อขายหลักทรัพย์ รวมถึงการเป็นศูนย์กลางการระดมเงินทุนจากผู้ที่มีเงินออม ให้กับกิจการที่ต้องการเงินทุนขยายกิจการ เปิดโอกาสให้ประชาชนได้เป็นเจ้าของกิจการผ่านการซื้อขายหลักทรัพย์หรือหุ้น ที่แสดงความเป็นเจ้าของส่วนหนึ่งของบริษัท ดังนั้นการลงทุนในหลักทรัพย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการผลตอบแทน และต้องการออมเงินที่มากกว่าการฝากเงินไว้กับธนาคาร หรือสถาบันทางการเงิน ลักษณะผลตอบแทนจากกองทุนในหลักทรัพย์นั้นมีหลายรูปแบบ เช่น เงินปันผล กำไรจากการซื้อขายหลักทรัพย์ นักลงทุนจะได้รับผลตอบแทนที่เพิ่มมากขึ้น ถ้าบริษัทขยายกิจการ ส่งผลการพัฒนา และขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ มีผลประกอบการที่ดี และส่งผลให้ราคาหลักทรัพย์เพิ่มขึ้นด้วย (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2563) แต่อย่างไรก็ตามราคาหลักทรัพย์มีการเปลี่ยนแปลง และเกิดการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ดังนั้นกลุ่มนักลงทุนต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละหลักทรัพย์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนไหวของราคาในตลาดหลักทรัพย์ เพื่อควบคุมความเสี่ยง และลดความเสี่ยงจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ หรือการกำหนดกลยุทธ์เพื่อการลงทุน

อีกทั้งปัจจุบันสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา หรือโควิด 19 ทำให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ และสังคมในหลายด้าน อาทิเช่น ด้านสาธารณสุข ด้านอุตสาหกรรม ด้านการศึกษา และรวมไปถึง ด้านการลงทุนการซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์ เนื่องมาจากมาตรการควบคุมการออกจากร้าน กำหนดช่วงเวลาในการทำกิจกรรม ที่ใช้ในการควบคุมการแพร่ระบาดของโควิด 19 ทำให้นักลงทุนกับตลาดหลักทรัพย์เกิดความกลัวการลงทุน หันมาถือเงินสดมากขึ้น จึงตัดสินใจขายหลักทรัพย์เป็นจำนวนมาก (พรทิพย์ กองชุน, 2021) ทำให้ไม่สามารถคาดคะเนราคาหุ้นจากปัจจัยพื้นฐาน หรือเหตุผลได้ โดยที่ราคาหุ้นจะปรับตัวสูงขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีข้อมูลข่าวสารเข้ามากระทบ (Eugene, 1965 อ้างใน สมยศ กิตติสุขเจริญ, 2558)

การหาค่าสหสัมพันธ์เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไปเพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยไม่สนใจความเป็นเหตุเป็นผลของตัวแปร ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยกับการหาค่าสหสัมพันธ์ของคุณลักษณะผู้สอนขนาดห้องเรียน และคะแนนของ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้เพื่อการทำนายคะแนนโอเน็ต (O-NET) สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (ธเรศ ศุภกุล และโชพรัตต ธรรมบุษดี, 2560) การหาค่าสหสัมพันธ์ของหุ้น SET 50 (สุดา ตระการเถลิงศักดิ์ ญัฐชา ชุ่มสุนทร และบุญอนันต์ ลีชยาภิตติกร, 2559) เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบโครงสร้างจากค่าสหสัมพันธ์ในช่วงวิกฤตตลาดหุ้น และการสหสัมพันธ์ปัจจัยพื้นฐานระหว่างอัตราแลกเปลี่ยน และดัชนีหุ้น เพื่อพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบ (เกรียงศักดิ์ วนิชชากรพงศ์ และนิภาพรรณ อนันต์พลศักดิ์)

ดังนั้นจากสถานการณ์ดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิด เพื่อศึกษาปัจจัยจากสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นแบบเฉพาะเจาะจงด้วยสร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้น ในการนำปัจจัยจากสถานการณ์โควิด 19 พิจารณาร่วมปัจจัยอื่น ๆ ในการลงทุนหลักทรัพย์ในช่วงสถานการณ์โควิด 19 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลราคาหุ้น และสถานการณ์โควิด 19 ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2564 ของกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร เนื่องจากการสำรวจข้อมูลการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2563 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในยุคดิจิทัล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2563) ถือเป็นส่วน

สำคัญในการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจช่วยลดระยะเวลา และการดำเนินธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นอีกกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจของนักลงทุน จำนวน 5 บริษัทที่มีมูลค่าการลงทุนไม่ต่ำกว่าหนึ่งพันล้านบาท

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้การสร้างแบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้น โดยใช้การหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Matrix) เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) เป็นค่าที่วัดความสัมพันธ์ ค่าสหสัมพันธ์นี้จะแสดงให้เห็นถึงทิศทางบวก และทิศทางลบ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีสัมพันธ์ เครื่องหมาย +,- หน้าตัวเลขจะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่หากมีเครื่องหมาย + หมายถึง การมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน และเครื่องหมาย - หมายถึงการมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน ประกอบด้วย

1. ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา และค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับนำมาพัฒนางานวิจัยประกอบไปด้วย งานวิจัยในการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 ที่ส่งผลต่อราคาหุ้น การหาค่าสหสัมพันธ์ สถานการณ์โควิด 19 ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงราคาหุ้น และข้อมูลพื้นฐาน สถานการณ์ราคาหุ้นประจำวัน เป็นแนวทางในการหาค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูล (Mantegna,R.N., 1999) โดยใช้กระบวนการมาตรฐานสำหรับการทำเหมืองข้อมูล ในการสร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าสหสัมพันธ์

ตารางที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงราคาหุ้น

Authors	Factors	Country
กฤติกา วัฒนชัย (2540)	สถานการณ์การเมือง, ความขัดแย้งพรรคการเมือง, การบริหารเศรษฐกิจ และการเมืองที่ไม่ได้ผล	ประเทศไทย
เรวัต เทียมหมอก และสุเมธ ฐวตารตระกูล(2563)	ตนเอง, เศรษฐกิจ, การเมือง, อุตสาหกรรม	ประเทศไทย
Rimcharoen et al.(2005)	Dow Jones Index, Nikkei Index, Hang Seng Index, Gold price, MLR	Thailand
Al-Deehani, T. M. (2005)	Earnings per share, Cash dividend per share, Price to book value	Kuwait
Worasuchep (2007)	Dow Jones Index, Exchanges rates (USD), Oil price, MLR	Thailand
Ibrahim Obeidat, M. (2009)	Earnings per share, Book value per share	Abu Dhabi
Sutheebanjard and Premchaiswadi (2009)	Dow Jones Index, Nikkei Index, Hang Seng Index, MLR	Thailand
Sharma, S. (2011)	Earnings per share, Dividend per share, Book value per share	India
Hashemijoo, M., Mahdavi- Ardekani, A., & Younesi, N. (2012)	Dividend yield, Dividend payout ratio, size	Malaysia

Tandon, K., & Malhotra, N. (2013)	Book value, Earnings per share, Price-Earnings ratio, Dividend yield	USA
Bhattarai, Y. R. (2014)	Earnings per share, Price-Earnings ratio, Dividend yield	Nepal
Hunjra, A. I., Ijaz, M., Chani, D., Irfan, M., & Mustafa, U. (2014)	Dividend yield, Dividend payout ratio, Profit after tax, Earnings per share	Pakistan
Enow, S. T., & Brijlal, P. (2016)	Earnings per share, Price-Earnings	South Africa
Asif, M., Arif, K., & Akbar, W. (2016)	Earnings per share, Book value per share, Capital employed per share, Operating cash flow per share	Pakistan
Tharinee Pongsupatt and Apichat Pongsupatt (2019)	dividend yield, growth, leverage, return on equity, bookvalue per share, earnings per share, price-earning (P/E) ratio, and net profit after ta	Thailand

2. เก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 จากรายงานสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จากกรมควบคุมโรค (กรมควบคุมโรค, 2563) และปัจจัยราคาหุ้นในกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2563) ตั้งแต่เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คำอธิบายรายละเอียดข้อมูล

Order	Attribute	Description
1	Open_Cost	ราคาเปิด
2	H_cost	ราคาสูงสุด
3	L_cost	ราคาต่ำสุด
4	Close_Cost	ราคาปิด
5	Change	ข้อมูลการเปลี่ยนแปลง
6	% Change	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง
7	Total_Index	ปริมาณหุ้น
8	Sum_Profit	มูลค่ารวม
9	New_Covid19	ข้อมูลผู้ป่วยรายใหม่โควิด19
10	Out_Covid19	ข้อมูลรักษาหายจากโควิด19
11	L_Covid19	ข้อมูลผู้เสียชีวิตโควิด19

3. เตรียมข้อมูล

นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาทำการกรองข้อมูล (Data cleaning) ตรวจสอบและการแก้ไข (หรือลบ) รายการข้อมูลที่ไม่ถูกต้องออกไปจากชุดข้อมูล และมีความสมบูรณ์พร้อมใช้งาน เช่นการเติมข้อมูลที่ขาดหายไป หรือการลบข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์

ออกไป และทำการแปลงข้อมูล (Data Transformation) ให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำมาสร้างแบบจำลอง และหาค่าความสัมพันธ์ดังรูปที่ 1 และสามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2

10.9, 11.1, 10.8, 10.9, 0.1, 0.93, 5131464.0, 56032.0, 13655.0
11.0, 11.1, 10.8, 10.8, -0.1, -0.92, 4390898.0, 47910.13, 13002.0
11.2, 11.2, 10.8, 10.9, -0.2, -1.8, 5080979.0, 55739.78, 11305.0
11.1, 11.3, 11.0, 11.1, -0.2, -1.77, 3922972.0, 43721.54, 11784.0
11.5, 11.5, 11.2, 11.3, -0.2, -1.74, 2972735.0, 33691.37, 9692.0

รูปที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลอง



รูปที่ 2 การอธิบายค่าความสัมพันธ์ของข้อมูล

4. ออกแบบและประเมินผล

การออกแบบเพื่อสร้างโมเดลด้วยซอฟต์แวร์ประยุกต์ ในการหาค่าสหสัมพันธ์ของสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นแบบเฉพาะเจาะจง ใช้เทคนิคการหาเมตริกซ์ค่าสหสัมพันธ์ ของข้อมูลจำนวน 5 บริษัทในหมวดธุรกิจเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่มีมูลค่าการลงทุนไม่ต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท มีอัตราการซื้อขายหลักทรัพย์ติดอันดับ 1 ใน 5 ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563-เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564 กับรายงานสถานการณ์โควิด 19 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของข้อมูล และสรุปผล

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบจำลองเพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้น เพื่อการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 5 บริษัทได้ดังนี้

Attributes	Open_Cost	H_Cost	L_Cost	Close_Cost	Change	%Change	Total_Index	Sum_Profit	New_Covid19	Out_Covid19	L_Covid19
Open_Cost	1	0.975	0.984	0.953	-0.072	-0.071	0.470	0.515	-0.160	-0.163	-0.182
H_Cost	0.975	1	0.978	0.982	0.070	0.073	0.593	0.635	-0.164	-0.171	-0.188
L_Cost	0.984	0.978	1	0.976	0.041	0.040	0.450	0.497	-0.145	-0.136	-0.160
Close_Cost	0.953	0.982	0.976	1	0.192	0.194	0.545	0.588	-0.111	-0.115	-0.133
Change	-0.071	0.070	0.041	0.192	1	0.999	0.233	0.230	0.091	0.107	0.109
%Change	-0.071	0.073	0.040	0.194	0.999	1	0.241	0.238	0.090	0.106	0.108
Total_Index	0.470	0.593	0.450	0.545	0.233	0.241	1	0.998	-0.162	-0.209	-0.199
Sum_Profit	0.515	0.635	0.497	0.588	0.230	0.238	0.998	1	-0.164	-0.210	-0.200
New_Covid19	-0.160	-0.164	-0.145	-0.111	0.091	0.090	-0.162	-0.164	1	0.910	0.949
Out_Covid19	-0.162	-0.171	-0.136	-0.115	0.107	0.106	-0.209	-0.210	0.910	1	0.926
L_Covid19	-0.182	-0.188	-0.160	-0.133	0.109	0.108	-0.199	-0.200	0.949	0.926	1

รูปที่ 3 ค่าความสัมพันธ์สถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นบริษัทที่ 1

จากรูปที่ 3 ค่าสหสัมพันธ์ตัวแปรชุดข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับตัวแปรชุดข้อมูลราคาหุ้น ของบริษัทที่ 1 ที่แสดงค่าความสหสัมพันธ์ที่มีทิศทางเดียวกัน อยู่ในช่วง 0 ถึง 0.4 ทิศทางตรงข้ามกันอยู่ในช่วง -0.4 ถึง 0 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่ไม่มีค่าความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น

Attributes	Open_Cost	H_Cost	L_Cost	Close_Cost	Change	%Change	Total_Index	Sum_Profit	New_Covid19	Out_Covid19	L_Covid19
Open_Cost	1	0.965	0.985	0.956	-0.075	-0.074	0.102	0.144	-0.378	-0.372	-0.416
H_Cost	0.965	1	0.967	0.986	0.113	0.115	0.306	0.350	-0.260	-0.260	-0.297
L_Cost	0.985	0.967	1	0.974	0.020	0.022	0.094	0.137	-0.398	-0.389	-0.436
Close_Cost	0.956	0.986	0.974	1	0.180	0.183	0.259	0.303	-0.287	-0.289	-0.330
Change	-0.075	0.113	0.020	0.180	1	0.998	0.489	0.495	0.315	0.306	0.304
%Change	-0.074	0.115	0.022	0.183	0.998	1	0.487	0.492	0.312	0.302	0.302
Total_Index	0.102	0.306	0.094	0.259	0.489	0.487	1	0.997	0.467	0.458	0.477
Sum_Profit	0.144	0.350	0.137	0.303	0.495	0.492	0.997	1	0.458	0.447	0.462
New_Covid19	-0.378	-0.260	-0.398	-0.287	0.315	0.312	0.467	0.458	1	0.910	0.949
Out_Covid19	-0.372	-0.260	-0.389	-0.289	0.306	0.302	0.458	0.447	0.910	1	0.926
L_Covid19	-0.416	-0.297	-0.436	-0.330	0.304	0.302	0.477	0.462	0.949	0.926	1

รูปที่ 4 ค่าความสัมพันธ์สถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นบริษัทที่ 2

จากรูปที่ 4 ค่าสหสัมพันธ์ตัวแปรชุดข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับตัวแปรชุดข้อมูลราคาหุ้น ของบริษัทที่ 2 ที่แสดงค่าความสหสัมพันธ์ที่มีทิศทางเดียวกัน อยู่ในช่วง 0 ถึง 0.4 ทิศทางตรงข้ามกันอยู่ในช่วง -0.4 ถึง 0 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่ไม่มีค่าความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น

Attributes	Open_Cost	H_Cost	L_Cost	Close_Cost	Change	%Change	Total_Index	Sum_Profit	New_Covid19	Out_Covid19	L_Covid19
Open_Cost	1	0.994	0.997	0.993	-0.004	-0.009	0.132	0.168	0.666	0.721	0.711
H_Cost	0.994	1	0.994	0.996	0.054	0.049	0.156	0.191	0.657	0.715	0.700
L_Cost	0.997	0.994	1	0.996	0.012	0.008	0.117	0.154	0.675	0.732	0.720
Close_Cost	0.993	0.996	0.996	1	0.078	0.073	0.134	0.171	0.664	0.720	0.707
Change	-0.004	0.054	0.012	0.078	1	0.999	0.195	0.191	-0.041	-0.039	-0.055
%Change	-0.009	0.049	0.008	0.073	0.999	1	0.195	0.190	-0.042	-0.042	-0.056
Total_Index	0.132	0.156	0.117	0.134	0.195	0.195	1	0.999	-0.088	-0.049	-0.064
Sum_Profit	0.168	0.191	0.154	0.171	0.191	0.190	0.999	1	-0.063	-0.021	-0.037
New_Covid19	0.666	0.657	0.675	0.664	-0.041	-0.042	-0.088	-0.063	1	0.910	0.949
Out_Covid19	0.721	0.715	0.732	0.720	-0.039	-0.042	-0.049	-0.021	0.910	1	0.926
L_Covid19	0.711	0.700	0.720	0.707	-0.055	-0.056	-0.064	-0.037	0.949	0.926	1

รูปที่ 5 ค่าความสัมพันธ์สถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นบริษัทที่ 3

จากรูปที่ 5 ค่าสหสัมพันธ์ตัวแปรชุดข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับตัวแปรชุดข้อมูลราคาหุ้น ของบริษัทที่ 3 ที่แสดงค่าความสหสัมพันธ์ที่มีทิศทางเดียวกัน อยู่ในช่วง 0.4 ถึง 0.8 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่มีค่าความสัมพันธ์กัน หรือมีความสัมพันธ์กันมาก อาจส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น และมีปัจจัยที่มีทิศทางตรงข้ามกันอยู่ในช่วง -0.4 ถึง 0 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่ไม่มีค่าความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น

Attributes	Open_Cost	H_Cost	L_Cost	Close_Cost	Change	%Change	Total_Index	Sum_Profit	New_Covid19	Out_Covid19	L_Covid19
Open_Cost	1	0.997	0.998	0.994	-0.116	-0.161	-0.247	0.018	0.312	0.336	0.335
H_Cost	0.997	1	0.997	0.998	-0.058	-0.104	-0.210	0.064	0.305	0.331	0.328
L_Cost	0.998	0.997	1	0.997	-0.069	-0.116	-0.248	0.017	0.302	0.330	0.325

Close_Cost	0.994	0.998	0.997	1	-0.018	-0.065	-0.216	0.056	0.299	0.322	0.319
Change	-0.116	-0.058	-0.069	-0.018	1	0.975	0.286	0.339	-0.168	-0.159	-0.171
%Change	-0.161	-0.104	-0.116	-0.065	0.975	1	0.332	0.354	-0.182	-0.176	-0.187
Total_Index	-0.247	-0.210	-0.248	-0.216	0.286	0.332	1	0.925	-0.137	-0.114	-0.151
Sum_Profit	0.018	0.064	0.017	0.056	0.339	0.354	0.925	1	-0.061	-0.025	-0.064
New_Covid19	0.312	0.305	0.302	0.299	-0.168	-0.182	-0.137	-0.061	1	0.910	0.949
Out_Covid19	0.336	0.331	0.330	0.322	-0.159	-0.176	-0.114	-0.025	0.910	1	0.926
L_Covid19	0.335	0.328	0.325	0.319	-0.171	-0.187	-0.151	-0.064	0.949	0.926	1

รูปที่ 6 ค่าความสัมพันธ์สถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นบริษัทที่ 4

จากรูปที่ 6 ค่าสหสัมพันธ์ตัวแปรชุดข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับตัวแปรชุดข้อมูลราคาหุ้น ของบริษัทที่ 4 ที่แสดงค่าความสัมพันธ์ที่มีทิศทางเดียวกัน อยู่ในช่วง 0 ถึง 0.4 ทิศทางตรงข้ามกันอยู่ในช่วง -0.4 ถึง 0 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่ไม่มีค่าความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น

Attributes	Open_Cost	H_Cost	L_Cost	Close_Cost	Change	%Change	Total_Index	Sum_Profit	New_Covid19	Out_Covid19	L_Covid19
Open_Cost	1	0.981	0.990	0.971	-0.192	-0.228	0.040	0.192	0.487	0.589	0.530
H_Cost	0.981	1	0.981	0.989	-0.050	-0.083	0.171	0.317	0.467	0.578	0.511
L_Cost	0.990	0.981	1	0.984	-0.109	-0.151	0.020	0.172	0.507	0.611	0.550
Close_Cost	0.971	0.989	0.984	1	0.032	-0.009	0.097	0.246	0.481	0.590	0.523
Change	-0.192	-0.050	-0.109	0.032	1	0.981	0.303	0.277	-0.080	-0.050	-0.080
%Change	-0.228	-0.083	-0.151	-0.009	0.981	1	0.320	0.274	-0.091	-0.070	-0.092
Total_Index	0.040	0.171	0.020	0.097	0.303	0.320	1	0.977	-0.156	-0.127	-0.148
Sum_Profit	0.192	0.317	0.172	0.246	0.277	0.274	0.977	1	-0.096	-0.045	-0.080
New_Covid19	0.487	0.467	0.507	0.481	-0.080	-0.091	-0.156	-0.096	1	0.910	0.949
Out_Covid19	0.589	0.578	0.611	0.590	-0.050	-0.070	-0.127	-0.045	0.910	1	0.926
L_Covid19	0.530	0.511	0.550	0.523	-0.080	-0.092	-0.148	-0.080	0.949	0.926	1

รูปที่ 7 ค่าความสัมพันธ์สถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นบริษัทที่ 5

จากรูปที่ 7 ค่าสหสัมพันธ์ตัวแปรชุดข้อมูลสถานการณ์โควิด 19 กับตัวแปรชุดข้อมูลราคาหุ้น ของบริษัทที่ 5 ที่แสดงค่าความสัมพันธ์ที่มีทิศทางเดียวกัน อยู่ในช่วง 0.4 ถึง 0.6 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่มีค่าความสัมพันธ์กัน อาจส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น และมีปัจจัยที่มีทิศทางตรงข้ามกันอยู่ในช่วง -0.4 ถึง 0 สามารถอธิบายค่าความสัมพันธ์ ได้ว่า ปัจจัยสถานการณ์โควิด 19 อยู่ในช่วงที่ไม่มีค่าความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กันแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น

การอภิปรายผล

จากการหาค่าสหสัมพันธ์ตัวแปรสถานการณ์โควิด 19 กับตัวแปรราคาหุ้น และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของทั้ง 5 บริษัทในกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทำให้พบว่า ตัวแปรสถานการณ์โควิด 19 ของบริษัทที่ 1, 2 และ 4 ไม่มีความสัมพันธ์ หรือมีความสัมพันธ์กัน แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น และพบว่าตัวแปรสถานการณ์โควิด 19 ของบริษัทที่ 3 และ 5 มีความสัมพันธ์กัน กับราคาเปิด ราคาปิด ราคาสูงสุด และราคาต่ำที่สุดของราคาหุ้น ที่อาจส่งผลกระทบต่อราคาหุ้น ดังนั้นการหาค่าสหสัมพันธ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรสถานการณ์โควิด 19 ที่มีความสัมพันธ์กัน สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อเลือกเป็นปัจจัยในการทำนาย (ธเรศ ศุภคณ และโชภรตต ธรรมบุษดี, 2560) ราคาหุ้น หรือ

อัตราการขึ้นลงของหุ้น ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับราคาหุ้น เพื่อหาค่าประสิทธิภาพ ในการนำมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อ การลงทุนต่อไป

บทสรุป

การวิจัยเพื่อการจำลองการหาค่าสหสัมพันธ์ของสถานการณ์โควิด 19 กับราคาหุ้นแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 5 บริษัท ในกลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่มีมูลค่าการลงทุนไม่ต่ำกว่า 1,000 ล้านบาท โดยใช้กระบวนการมาตรฐานสำหรับการ ทำเหมืองข้อมูล พบว่าสถานการณ์โควิด 19 ซึ่งประกอบด้วย อัตราผู้ป่วยรายใหม่ อัตราผู้หายป่วย และ อัตราผู้เสียชีวิต มีความสัมพันธ์กับราคาเปิด ราคาปิด ราคาสูงที่สุด และราคาต่ำสุดของราคาหุ้นในบริษัทที่ 3 และ 5 ที่ทั้งสองบริษัทมีมูลค่าการ ลงทุนไม่ต่ำกว่า 5,000 ล้านบาท ดังนั้นในการพิจารณาการลงทุนในบริษัทที่ 3 และ 5 สถานการณ์โควิด 19 เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อพิจารณาการลงทุน เนื่องจากมีสัมพันธ์กับราคาหุ้น และสามารถนำมาเป็นปัจจัยในการทำนายราคาหุ้น หรืออัตราการขึ้นลงเพื่อหาค่าประสิทธิภาพ และนำมาประยุกต์ใช้เพื่อตัดสินใจลงทุนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมโรค. (2563). โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). รายงานสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. ค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2564. https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/situation_more.php
- กฤติกา วัฒนชัย. (2540). การศึกษาปัจจัยทางการเมืองที่ส่งผลกระทบต่อดัชนีราคาหุ้นตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยปี 2540. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
- เกรียงศักดิ์ วัฒนชากรพงศ์ และนิภาพรรณ อนันต์พลศักดิ์. (2564). วิเคราะห์ความสัมพันธ์ปัจจัยพื้นฐานระหว่าง อัตราแลกเปลี่ยนและดัชนีหุ้น ต่อราคาน้ำมันดิบด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมครั้งที่ 12 20 สิงหาคม 2564. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 1410-1418
- ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2563). ราคาหลักทรัพย์ - ตามกลุ่มอุตสาหกรรม. ค้นเมื่อ 18 มกราคม 2564. <https://marketdata.set.or.th/mkt/sectorquotation.do?language=th&country=TH&market=SET§or=TECH>
- ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. (2563). ประวัติความเป็นมาของตลาดหลักทรัพย์ฯ. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2564, จาก https://www.set.or.th/th/about/overview/history_p1.html
- ธเรศ ศุภกุล และโชครัตน์ ธรรมบุษดี. (2560). แบบจำลองในการหาค่าสหสัมพันธ์และการทำนายระดับคะแนน O-NET สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ปีที่ 6 บนพื้นฐานจากคุณลักษณะของครูผู้สอนและโรงเรียน. Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University, 4(3): 101-116
- พรทิพย์ กองขุน. (2564). บทความสงสัยไหมว่า เหตุการณ์แบบไหนที่กระทบกับมูลค่าหุ้น Plearn เพลิน by Krungsri GURU. ค้นเมื่อ 16 มิถุนายน 2564. <https://www.krungsri.com/th/plearnplearn/events-and-their-consequence-to-stock-value>.
- เรวัต เทียมหมอก และสุเมธ ชูวราตราตระกูล. (2563). ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการลงทุนของนักลงทุนรายย่อยเขตภาค กลางในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย. วารสารรัชต์ภาคย์, 14(36): 147-162

- สมยศ กิตติสุขเจริญ, ศุภเจตน์ จันทร์สาส์น. (2560). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายวันของดัชนีราคาหลักทรัพย์ SET50. วารสารปัญญาวิวัฒน์, 9(ฉบับพิเศษ): 92-104.
- สุตา ตระการเถลิงศักดิ์ ณิชูชา ชุ่มสุนทร และบุญอนันต์ สีขยาภิตติกร. (2559). การวิเคราะห์โครงสร้างอิงสหสัมพันธ์ของหุ้นใน SET 50. Veridian E-Journal Science and Technology Silpakorn University, 3(5): 1-16
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2563). สํารวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2563. เผยแพร่โดยกองสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ: กรุงเทพฯ.
- Al-Deehani, T. M. (2005). The determinants of stock prices in Kuwait stock exchange: an extreme bounds analysis. *Investment Management and Financial Innovation*, 3, 16-24.
- Asif, M., Arif, K., & Akbar, W. (2016). Impact of accounting information on share price: Empirical evidence from Pakistan stock exchange. *International Finance and Banking*, 3(1), 124-135.
- Bhattarai, Y. R. (2014). Determinants of share price of Nepalese commercial banks. *Economic Journal of Development Issues*, 187-198.
- C. Worasuchep, "A New Self Adaptive Differential Evolution: Its Application in Forecasting the Index of Stock Exchange of Thailand," *Evolutionary Computation*, 2007. CEC 2007, 2007.
- Enow, S. T., & Brijlal, P. (2016). Determinants of share prices: the case of listed firms on Johannesburg Stock Exchange.
- Hashemijoo, M., Mahdavi-Ardekani, A., & Younesi, N. (2012). The impact of dividend policy on share price volatility in the Malaysian stock market. *Journal of business studies quarterly*, 4(1).
- Hunjra, A. I., Ijaz, M., Chani, D., Irfan, M., & Mustafa, U. (2014). Impact of Dividend Policy, Earning per Share, Return on Equity, Profit after Tax on Stock Prices. *International Journal of Economics and Empirical Research*, 2(3), 109-115.
- Ibrahim Obeidat, M. (2009). The internal financial determinants of common stock market price: Evidence from Abu Dhabi securities market. *Journal of Economic and Administrative Sciences*, 25(1), 21-46.
- Mantegna, R. N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. *The European Physical Journal B*, 193-197.
- P. Sutheebanjard and W. Premchaiswadi, "Factors Analysis on Stock Exchange of Thailand (SET) Index Movement," *The 7th International Conference on ICT and Knowledge Engineering, ICTKE2009, Bangkok, Thailand, December, 2009.*
- Sharma, S. (2011). Determinants of equity share prices in India. *Researchers World*, 2(4), 51.
- S. Rimcharoen, D. Sutivong and P. Chongstitvatana, "Prediction of the Stock Exchange of Thailand Using Adaptive Evolution Strategies," *Tools with Artificial Intelligence*, 2005. ICTAI 05. 17th 2005.
- Tandon, K., & Malhotra, N. (2013). Determinants of stock prices: Empirical evidence from NSE 100 companies. *International Journal of Research in Management & Technology (IJRMT)*, ISSN, 2249- 9563.
- Tharinee Pongsupatt and Apichat Pongsupatt. (2019). Factors affecting stock piece: the case of Thailand stock exchange set 100 index. *IISES International Academic Conference 17 September 2019. Vienna.* 110-122.

การพัฒนาผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์เพื่อใช้ในการตรวจวัดรังสี

Development of cesium calcium iodide crystal for radiation detection

ประวิทย์ บัวบาน^{1*} พรรณี แสงแก้ว¹ วศิน ชิวจรัสสกุล¹ จักรพงษ์ แก้วขาว² นุชจรี คิ้วสกุลกาญจน์²
และ นครินทร์ สิงคิบุรินทร์²

Prawit Buaban^{1*} Phanee Sangkaew¹ Wasin Chevjarassakul¹ Jakrapong Kaewkhao²
Nuchjaree Kiwsakunkan² and Nakarin Singkiburin²

^{1*} คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

² คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม

*witbua@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์สำหรับตรวจวัดรังสี การปลูกผลึกใช้วิธีบริดจ์แมน-สโตคบาร์เกอร์โดยการปลูกผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์ที่มีสัดส่วนของสารตั้งต้น คือ สารซีเซียมไอโอไดด์และสารแคลเซียมไอโอไดด์ (CsI:CaI₂) ในสัดส่วนโดยน้ำหนักที่แตกต่างกัน คือ 80:20 และ 97:3 ด้วยเทคนิคการเลี้ยงเบนรังสีเอกซ์พบว่า ผลึกทั้งหมดมีโครงสร้างผลึกของรูปแบบผลึกซีเซียมไอโอไดด์ ที่มีระนาบที่โดดเด่นคือ (110) และ (211) มีค่าคงที่แลตทิซ คือ 4.5721 ± 0.0091 อังสตรอม และ 4.5512 ± 0.0107 อังสตรอม ทำให้เกิดสภาวะความเครียดในผลึกแบบดึงขยายและแบบบีบอัด โดยผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์สัดส่วน 80:20 ที่ระนาบ (110) และ (211) มีขนาดเม็ดผลึก คือ 25.30 และ 25.32 นาโนเมตร ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์สัดส่วน 97:3 ที่ระนาบ (110) และ (211) มีขนาดเม็ดผลึก คือ 25.10 และ 26.12 นาโนเมตร สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงพบว่า ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์สัดส่วน 80:20 มีจุดเริ่มโปร่งแสงที่ความยาวคลื่น 439 นาโนเมตร เกิดโปร่งแสงเต็มที่ย้อยละ 65 และมีค่าช่องว่างแถบพลังงานทางแสง 2.82, 3.63 และ 3.87 อิเล็กตรอนโวลต์ ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์ที่สัดส่วน 97:3 จุดเริ่มโปร่งแสงที่ความยาว 426 นาโนเมตร เกิดโปร่งแสงเต็มที่ย้อยละ 49 และมีค่าช่องว่างแถบพลังงานทางแสง 2.91 และ 3.45 อิเล็กตรอนโวลต์ ในส่วนผลตรวจสอบการเปล่งแสงของผลึกด้วยเทคนิคโฟโตลูมิเนสเซนซ์ ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์สัดส่วน 80:20 และ 97:3 ความยาวคลื่นแสงกระตุ้น 229 นาโนเมตร ความยาวแสงที่เปล่งออกมา 458 นาโนเมตร โดยเป็นความยาวแสงที่ตรงช่วงการตอบสนองของตัวรับแสงหรือหลอดทวิคูณแสงและสามารถพัฒนาเป็นหัววัดรังสีที่ดีและมีประสิทธิภาพได้ สำหรับผลึกซีเซียมไอโอไดด์เจือด้วยเทลเลียม ความยาวแสงกระตุ้น 332 นาโนเมตร ความยาวแสงที่เปล่งออกมา 559 นาโนเมตร ซึ่งนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการผสมด้วยแคลเซียมช่วยให้การเปล่งแสงขยับมาทางย่านแสงสีน้ำเงินที่ความยาวคลื่นสั้นกว่าเมื่อเทียบกับผลึกซีเซียมไอโอไดด์เจือด้วยเทลเลียม และความยาวคลื่นที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับผลึกซีเซียมไอโอไดด์ การเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมไอโอไดด์อาจจะส่งผลทำให้การจัดเรียงระนาบในโครงสร้างผลึกเปลี่ยนแปลง แต่ไม่ได้ส่งผลต่อคุณสมบัติทางแสงที่มากนัก ดังนั้นจึงควรศึกษาหาปริมาณสัดส่วนที่ไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพผลึกและยังคงส่งผลดีต่อคุณสมบัติทางแสง

คำสำคัญ: บริดจ์แมน-สโตคบาร์เกอร์ หัววัดรังสี แคลเซียมไอโอไดด์ คุณสมบัติการเรืองแสง

Abstract

This research is development of cesium calcium iodide crystal for radiation detection. Single crystals were grown by Bridgeman-Stockbarger method. This research use CsI: CaI₂ with different compositions by weight, 80:20, 97:3 and the CsI(Tl) crystal was also grown for the reference scintillator. By x-ray diffraction technique, all crystals were characterized by the diffraction pattern of CsI-crystal with the dominant planes of (110) and (211). As the results, lattice constants of CsCaI₃ crystals with 80:20 and 97:3 ratios are 4.5721 ± 0.0091 Å with the tensile strain and 4.5512 ± 0.0107 Å with the compressive strain in their crystals, respectively. Moreover, their crystallite size for (110) and (211) planes are 25.30 and 25.32 nm for the 80:20 crystal and 25.10 and 26.12 nm for the 97:3 crystal, respectively. By UV-visible spectroscopy to analyze the optical properties, in case of CsCaI₃ crystal with 80:20, the starting transparent wavelength is 439 nm by the maximum transmittance of 65% and the optical energy gaps are 2.83 eV, 3.63 eV and 3.87 eV. For CsCaI₃ crystal with 97:3, the starting transparent wavelength is 426 nm by the maximum transmittance of 49% and the energy gaps are 2.91 eV and 3.45 eV. To investigate the emission wavelength of the grown crystal samples by photoluminescence measurement, the emission wavelength of 458 nm is from CsCaI₃ crystal with 80:20 by using the exciting wavelength of 229 nm and emission wavelength of 458 nm is from CsCaI₃ crystal with 97:3 by using the exciting wavelength of 229 nm. In the case of grown CsI(Tl) crystal, emission wavelength is 559 nm by using the exciting wavelength of 332 nm This result shows that the presence of calcium into the CsI crystal could change the emission wavelength of the scintillation crystals shifting to the blue light with the shorter wavelength. Furthermore, this scintillation properties of CsCaI₃ crystals can provide the suitable light wavelength for the high response of the typical photomultiplier tube. This means that CsCaI₃ crystals will be the good choice for developing the radiation detector with the enhanced efficiency of radiation detection and the better energy resolution. The amount of calcium may affect crystalline structure, but it doesn't have much impact on crystalline light properties. So we should be looking at perfect amount of calcium that give high crystallization and good light properties.

Keywords: Bridgeman-Stockbarger method, Radiation detection, Calcium iodide, Scintillation properties

บทนำ

หัววัดรังสีที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบันแบ่งได้เป็นหลายประเภทและมีหลากหลายชนิด และที่นิยมใช้งานกันมากชนิดหนึ่งคือ หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง การพัฒนาหัววัดรังสีชนิดเรืองแสงเพื่อให้มีประสิทธิภาพและความสามารถในการตรวจวัดรังสีที่ดีตรงตามวัตถุประสงค์การนำไปใช้งานที่หลากหลายด้าน ทั้งงานด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม ด้านความปลอดภัยทางนิวเคลียร์ และรังสี และอื่น ๆ ซึ่งหัววัดรังสีชนิดเรืองแสงมีส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดคือ ผลึกเรืองแสงที่เป็นส่วนทำอันตรกิริยากับรังสีและแปลงเป็นสัญญาณนับวัดต่อไป ดังนั้นผลึกเรืองแสงนี้จึงเป็นส่วนที่ถูกศึกษาพัฒนาให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในการปรับปรุงคุณภาพผลึกและคุณสมบัติทางแสงของผลึก รวมถึงศึกษาสังเคราะห์ผลึกชนิดใหม่ ซึ่งมีหลายกลุ่มวิจัยที่ศึกษาการปลูกผลึกแคลเซียมไอโอดไรด์ร่วมกับสารประกอบชนิดอื่น แล้วให้คุณสมบัติเป็นหัววัดรังสีชนิดเรืองแสงที่ดี อาทิ เช่น อัตราการเรืองแสง

ต่อพลังงานรังสีสูง ค่าความหนาแน่นสูง ความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมาอยู่ในช่วงตอบสนองของอุปกรณ์รับแสง มีความเสถียรต่อความชื้น เป็นต้น (Yanagida, 2018) ด้วยว่าแคลเซียมไอโอไดด์มีอัตราการเรืองแสงต่อพลังงานรังสีสูง (Alekhin et al., 2013; Iida et al., 2019; Stand et al., 2019) แต่จะมีปัญหาเรื่องความชื้นได้ง่าย งานวิจัยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยพัฒนาสังเคราะห์ปลูกผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์ (CsCa₂) โดยที่ใช้ซีเซียมไอโอไดด์เป็นวัสดุตั้งต้นหลักเพราะว่าเป็นสารประกอบเรืองแสงที่มีคุณสมบัติทางโครงสร้างผลึกและคุณสมบัติทางแสงที่ดี ความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ความทนทานต่อการได้รับรังสี เสถียรภาพต่อความชื้นในอากาศ และเมื่อประกอบเป็นหัววัดรังสีจึงมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลการตรวจวัดรังสีได้ดี (Zhang et al., 2016; Zhao et al., 2017) โดยงานวิจัยนี้ศึกษาถึงผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของสารประกอบตั้งต้นสองชนิดนี้ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางโครงสร้างผลึกและคุณสมบัติทางแสงของผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์ได้ ซึ่งทำการปลูกผลึกโดยวิธีการแบบบริดจ์แมน-สโตคบาร์เกอร์ ผลึกที่ปลูกได้นี้นำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางโครงสร้างผลึกและคุณภาพผลึก ตรวจสอบคุณสมบัติทางแสง ช่องว่างแถบพลังงานทางแสง และ คุณสมบัติการเปล่งแสงของผลึก และเมื่อได้สัดส่วนของสารประกอบตั้งต้นที่เหมาะสมแล้ว จึงสามารถนำไปประกอบเป็นหัววัดรังสีเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพและความสามารถในการจำแนกพลังงานของรังสีที่ตรวจวัดได้ในขั้นตอนต่อไป

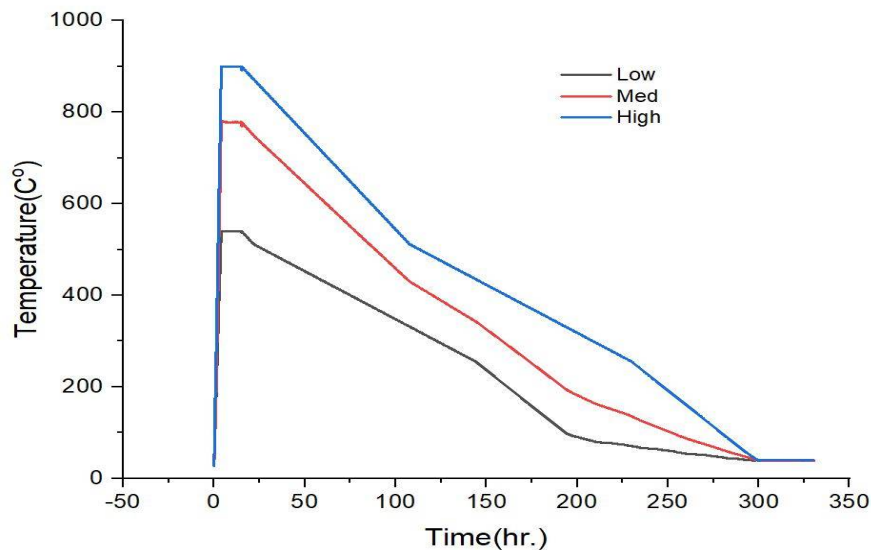
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การวิจัยนี้ทำการปลูกผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์โดยวิธีการปลูกผลึกแบบบริดจ์แมน-สโตคบาร์เกอร์ (Jitpukdee et al., 2011) โดยทำการปลูกผลึกทั้งหมด 3 ก้อน ที่มีสัดส่วนสารตั้งต้นของปริมาณสารซีเซียมไอโอไดด์ (CsI) ต่อแคลเซียมไอโอไดด์ (Ca₂) ที่แตกต่างกัน จำนวน 2 ค่า 80:20 และ 97:3 และผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์ (CsI(TL)) สำหรับเป็นผลึกอ้างอิง การคำนวณสัดส่วนโดยน้ำหนักสารของสารประกอบตั้งต้น ซีเซียมไอโอไดด์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นเป็นลักษณะผงละเอียดระดับเกรดที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 โดยบริษัท เทอร์โม พิคเซอร์ ไฮเอินทิฟิค จุดหลอมเหลว 626 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 4.15 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และแคลเซียมไอโอไดด์ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 โดย บริษัท เทอร์โมพิคเซอร์ไฮเอินทิฟิค จุดหลอมเหลว 779 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 3.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนแคลเซียมไอโอไดด์ (TL) ที่ใช้เป็นสารเจือเป็นลักษณะผงละเอียดระดับเกรดที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99 โดย บริษัท พีพีลซ์ แอนด์เบาเออร์ จุดหลอมเหลว 442 องศาเซลเซียส ความหนาแน่น 7.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับกรณีปลูกผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดด์โดยเจือแคลเซียมไอโอไดด์ที่ปริมาณร้อยละ 0.35 เมื่อเตรียมสารตั้งต้นให้ได้ตามสัดส่วนดังกล่าวข้างต้น จะนำบรรจุในหลอดปลูกผลึกคือเป็นหลอดแก้วควอทซ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร และยาว 42 เซนติเมตร โดยออกแบบให้หลอดแก้วมีปลายแหลมมากเป็นรูปตัววี ซึ่งหลอดก่อนทำการปลูกผลึกจะต้องผ่านการทำความสะอาดด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยแอลกอฮอล์ ทำซ้ำจำนวน 3 รอบ และอบด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อไม่ให้ความชื้นเหลือในหลอดแก้วปลูกผลึก หลอดแก้วควอทซ์ที่บรรจุสารตั้งต้นไว้แล้วนำบรรจุลงในเตาปลูกผลึก และทำการติดตั้งเข้ากับระบบสุญญากาศ เพื่อดึงอากาศภายในหลอดแก้วควอทซ์ให้เป็นสุญญากาศแล้วทำการแทนที่ด้วยก๊าซอาร์กอน เตาปลูกผลึกนี้เป็นเตาปลูกผลึกอย่างง่ายแบ่งออกเป็น 3 โซน คือ โซนอุณหภูมิสูงตั้งไว้ที่ 900 องศาเซลเซียส โซนอุณหภูมิต่ำตั้งไว้ที่ 540 องศาเซลเซียส ซึ่งจะดึงโซนปลูกผลึกที่ระดับอุณหภูมิในช่วง 790 ถึง 800 องศาเซลเซียส ซึ่งโซนนี้เป็นโซนที่มีความสำคัญมากที่สุดในการหลอมละลายสารตั้งต้น และการควบคุมระดับความร้อนของเตาจะแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการเพิ่มความร้อน ช่วงสภาวะคงที่ทางความร้อน และช่วงลดอุณหภูมิสำหรับการตกผลึก โดยเมื่อถึงค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ให้ควบคุมรักษาอุณหภูมิให้คงที่ไว้เป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดสภาวะคงตัวของสารละลายที่มีการหลอมละลายทั้งหมด หลังจากนั้นจึงเริ่มช่วงขั้นตอนการลดอุณหภูมิลงเพื่อให้เกิดการตกผลึกของสารละลาย โดยจะให้มีการลดอุณหภูมิลงอย่างช้าด้วยอัตรา 0.05 องศาเซลเซียสต่อนาที (°C/min) จากนั้นจึงนำผลึก

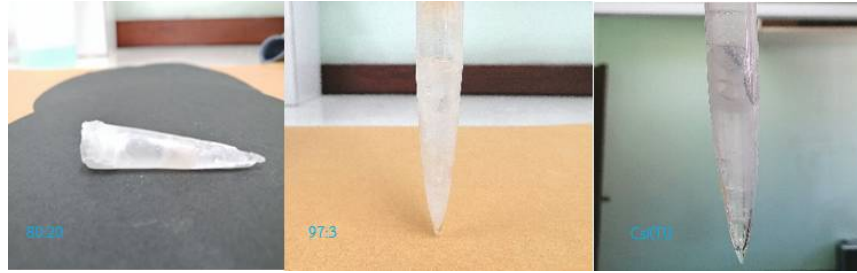
ทั้งสามก้อนที่ปลูกได้ด้วยเทคนิคนี้ไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ โครงสร้างผลึกและความเป็นผลึกโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) และตรวจสอบคุณสมบัติทางแสง คือ การส่องผ่าน (Transmittance) การดูดกลืนแสง (Absorbance) และช่องว่างแถบพลังงานทางแสง (Optical energy band gap) ของผลึกที่ปลูกได้โดยเทคนิคการวัดสเปกตรัมแสงย่านแสงยูวีและช่วงตามองเห็น (UV-visible spectrophotometry) (Chen and Jaramillo, 2017) และตรวจสอบถึงคุณสมบัติการเปล่งแสงของผลึกโดยเทคนิคการตรวจวัดการเรืองแสงด้วยการกระตุ้นด้วยแสงหรือเทคนิคโฟโตลูมิเนสเซนซ์ (Photoluminescence)

ผลการวิจัย

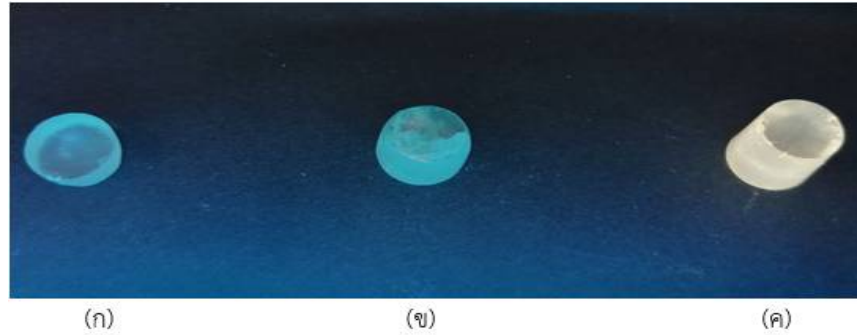
การปลูกผลึกด้วยวิธีแบบบริดจ์แมน-สโตคบาร์เกอร์ โดยมีสภาวะเงื่อนไขการปลูกดังที่กล่าวมาแล้วสรุปได้ว่าผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ (CsCaI_3) ที่มีสัดส่วน 80:20 และ 97:3 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีอัตราการตกผลึกด้วยอัตรา 0.82 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และผลึก CsI(TL) มีอัตราการตกผลึกด้วยอัตรา 0.80 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง โดยมีโปรไฟล์อุณหภูมิของการปลูกผลึกแสดงดังรูปที่ 1 สำหรับลักษณะผลึกที่ปลูกได้ทั้ง 3 ก้อน ขณะที่ยังบรรจุอยู่ในหลอดแก้วควอทซ์แสดงดังรูปที่ 2 จากนั้นจึงนำผลึกมาตัดเป็นแว่นหนาประมาณ 1 ซม. โดยลักษณะทางกายภาพของผลึกที่ปลูกทั้งสามก้อน แสดงดังรูปที่ 3 (ก) ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ (CsCaI_3) ที่มีสัดส่วน 80:20 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 0.5 ซม. มีลักษณะใสและโปร่งแสง ผลึกมีรอยร้าวเล็กน้อย มีความไวต่อความชื้นไม่มากนัก รูปที่3 (ข) ผลึก CsCaI_3 ที่มีสัดส่วน 97:3 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 1 ซม. มีลักษณะใสและโปร่งแสง แต่ผลึกมีรอยแตกร้าวมากกว่าผลึกที่มีสัดส่วน 80:20 มีความไวต่อความชื้นไม่มากนัก รูปที่3 (ค) ผลึก CsI(TL) เจือสาร TL 0.35% มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 1 ซม. มีลักษณะใสและโปร่งแสง และผลึกเป็นเนื้อเดียวกัน มีความไวต่อความชื้นไม่มากนัก และภายใต้แสงยูวีที่ส่องให้กับผลึกทั้งสามก้อน จะเห็นได้ว่าผลึกทั้งสามก้อน มีการเปล่งแสงออกมาที่แสงย่านความยาวคลื่นต่างกัน คือ ก้อนผลึก CsCaI_3 ที่มีสัดส่วน 80:20 และ 97:3 เปล่งแสงสว่างย่านแสงสีฟ้า และก้อนผลึก CsI(TL) เปล่งแสงสว่างย่านแสงสีเหลือง



รูปที่ 1 โปรไฟล์อุณหภูมิตลอดช่วงของการปลูกผลึก



รูปที่ 2 ผลึกอยู่ในแก้วควอทซ์ของผลึก CsCaI₃ ที่มีสัดส่วน 80:20 97:3 ของ CsI:CaI₂ และผลึก CsI(TL)



รูปที่ 3 การเรืองแสงของผลึกภายใต้การกระตุ้นด้วยแสงยูวี

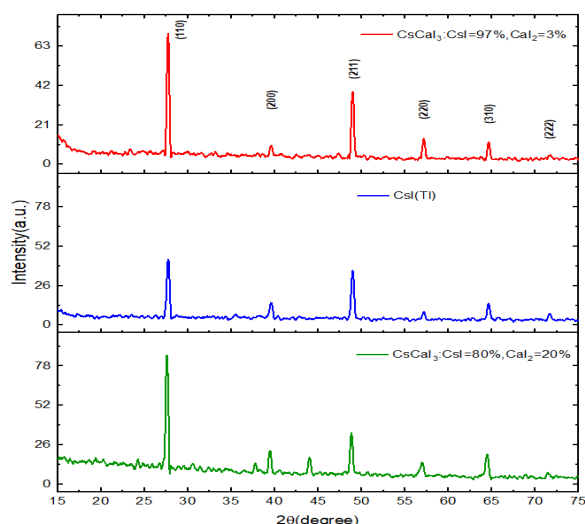
- (ก) ผลึก CsCaI₃ ที่มีสัดส่วน 80:20 ของ CsI:CaI₂ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 0.5 ซม.
- (ข) ผลึก CsCaI₃ ที่มีสัดส่วน 97:3 ของ CsI:CaI₂ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 1 ซม.
- (ค) ผลึก CsI(TL) เจือสาร TL 0.35% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ซม. ความยาว 1 ซม.

ผลการตรวจสอบโครงสร้างผลึกและความเป็นผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบโครงสร้างและความเป็นผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

ผลการทดสอบผลึก	CsCaI ₃ :CsI=80%, CaI ₂ =20%	CsCaI ₃ :CsI=97%, CaI ₂ =3%	CsI(TL)
โครงสร้างผลึก	BCC	BCC	BCC
ระนาบเด่น	(110) และ (211)	(110) และ (211)	(110) และ (211)
ค่าคงที่แลตทิซ	4.5721±0.0091 °Å	4.5512±0.0107 °Å	4.5484±0.0022 °Å
ขนาดผลึกที่ระนาบเด่น	25.30 และ 25.32 nm	25.10 และ 26.12 nm	21.78 และ 23.59 nm

พบว่าผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอดีนทั้ง 2 ก้อน ได้แสดงรูปแบบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างผลึกของผลึกซีเซียมไอโอดีนมาตรฐานทั่วไปซึ่งเป็นโครงสร้างแบบคิวบิกที่มีอะตอมตรงกลาง (Body-center cubic) หรือโครงสร้างแบบ BCC โดยแสดงถึงรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ทั้งหมด 6 พีคของตำแหน่ง 2θ คือ พีคของระนาบ (110) (200) (211) (220) (310) และ (222) และมีโครงสร้างผลึกที่เด่นชัด คือโครงสร้างผลึกระนาบ (110) ที่เด่นชัดมากที่สุดและรองถัดลงมาด้วยระนาบ (211) แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลวิเคราะห์ผลึก CsCa_3 สัดส่วน 80:20 และ 97:3 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ และผลึก CsI(Tl) เจือสาร Tl 0.35 % ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction)

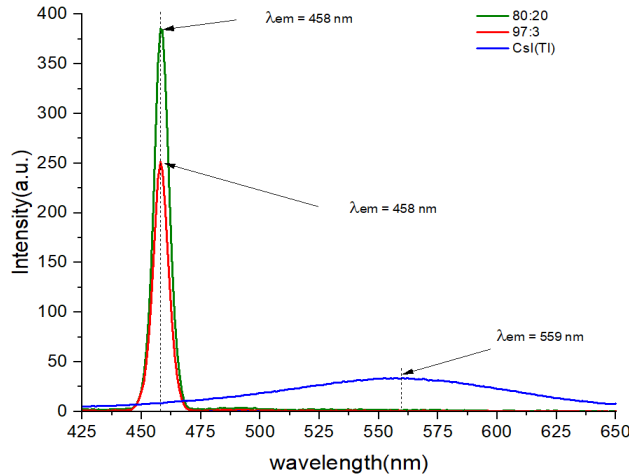
และพบว่า ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ ที่มีสัดส่วน 80:20 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีพีคที่ตำแหน่งค่ามุม 2θ ที่ 45 องศา ซึ่งเป็นพีคของแคลเซียมไอโอไดต์ (Persson and Kristin, 2014; Yee et al., 2019) ซึ่งแสดงว่ามีสารแคลเซียมไอโอไดต์บางส่วนที่ยังไม่หลอมรวมกันกับสารซีเซียมไอโอไดต์ ส่วนผลึกซีเซียมไอโอไดต์เจือเทลเลียม มีลักษณะของโครงสร้างผลึกเป็นแบบ BCC โดยมีโครงสร้างผลึกที่เด่นชัดพอกัน 2 ระนาบ คือโครงสร้างผลึกระนาบ (110) และระนาบ (211) แสดงดังรูปที่ 4 จากการคำนวณพบว่า ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ที่มีสัดส่วน 80:20 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีค่าคงที่แลตทิซ 4.5721 ± 0.0091 อังสตรอม โดยทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบดึงขยาย (Tensile strain) ในผลึกเล็กน้อย 0.34% เมื่อเทียบกับผลึกซีเซียมไอโอไดต์อ้างอิงที่มีค่าคงที่แลตทิซ 4.5567 อังสตรอม (Klimmonsky et al., 2011) ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (110) 25.30 nm และ ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (211) 25.32 nm และ ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ที่มีสัดส่วน 97:3 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีค่าคงที่แลตทิซ 4.5512 ± 0.0107 อังสตรอม โดยทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบบีบอัด (Compressive strain) ในผลึกเล็กน้อย -0.12% และมีขนาดเม็ดผลึกระนาบ (110) 25.10 นาโนเมตร และ ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (211) 26.12 นาโนเมตร และ ผลึกซีเซียมไอโอไดต์เจือเทลเลียม มีค่าคงที่แลตทิซ 4.5484 ± 0.0022 อังสตรอม โดยทำให้เกิดสภาวะความเครียดแบบบีบอัด (Compressive strain) ในผลึกเล็กน้อย -0.18% ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (110) 21.78 นาโนเมตร และ ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (211) 23.59 นาโนเมตร ซึ่งจากผลสังเกตเห็นได้ว่าปริมาณแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าคงที่แลตทิซของผลึกเพิ่มขึ้น โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมไอโอไดต์ที่ร้อยละ 20 ส่งผลให้เปลี่ยนรูปแบบสภาวะความเครียดในผลึกเปลี่ยนจากแบบบีบอัดกลายเป็นแบบดึงขยาย ซึ่งหมายถึงการส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างผลึกที่มีปริมาณสัดส่วนของแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน สำหรับขนาดเม็ดผลึกค่อนข้างใกล้เคียงกันมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเล็กน้อย แต่สังเกตเห็นว่าขนาดผลึกระนาบ (211) มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า คือ เมื่อมีสัดส่วนปริมาณแคลเซียมไอโอไดต์สูงกวานั้นมีขนาดเม็ดผลึกเล็กลง แสดงว่าผลึกที่มีสัดส่วนของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ ต่างกันนั้นน่าจะมีการจัดเรียงตัวหน้าระนาบของโครงสร้างผลึกที่เปลี่ยนแปลงไปที่เป็นผลมาจากปริมาณแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติการเปล่งแสงของผลึก ด้วยเทคนิคโฟโตลูมิเนสเซนซ์ โดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 229 นาโนเมตร สำหรับผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ทั้งสองก้อน และพบว่าผลึก ซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์ที่มีสัดส่วน 80:20 และ 97:3 ของ $\text{CsI}:\text{CaI}_2$ มีการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 458 นาโนเมตร และผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือด้วยเทลเลียม มีการ

เปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 559 นาโนเมตร โดยกระตุ้นด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 332 นาโนเมตร โดยตรวจสอบคุณสมบัติการเปล่งแสงของผลึกทั้งสามก่อนแสดงดังตารางที่ 1 และสำหรับสเปกตรัมการเปล่งแสงของผลึกทั้งสามแสดงดังรูปที่ 5

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบคุณสมบัติการเปล่งแสงของผลึกทั้งสามก่อนด้วยเทคนิคโฟโตลูมิเนสเซนซ์

ผลทดสอบคุณสมบัติทางแสง	CsCa ₃ :CsI=80%, Ca ₂ =20%	CsCa ₃ :CsI=97%, Ca ₂ =3%	CsI(Tl)
ความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา (nm)	458	458	559



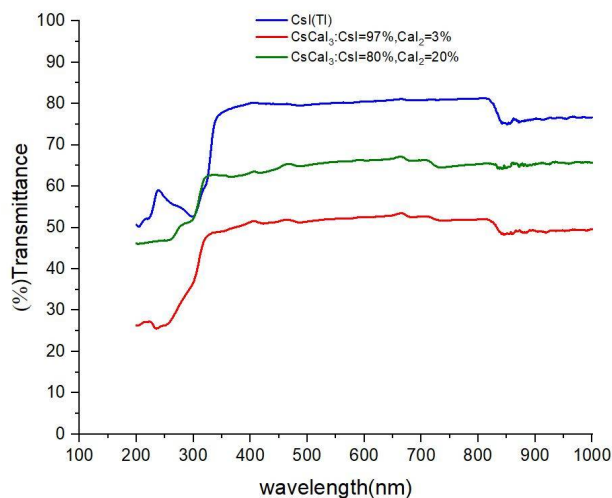
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ด้วยเทคนิคโฟโตลูมิเนสเซนซ์ของทั้งสามแบบ

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงของผลึกที่แสดงถึงความสามารถในการส่องผ่านแสง การดูดกลืนแสง และช่องว่างแถบพลังงานทางแสง ด้วยเทคนิคการวัดสเปกตรัมแสงย่านแสงยูวีและช่วงตามมองเห็นตามหลัก Beer-Lambert (Chen and Jaramillo, 2017) คือแสงในช่วงความยาวคลื่นแสง 190-1000 นาโนเมตร โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการส่องผ่านแสง การดูดกลืนแสง และค่าช่องว่างแถบพลังงานทางแสงของผลึก

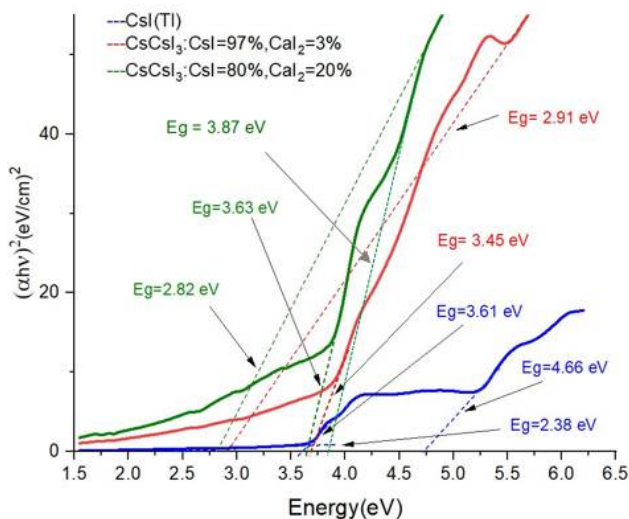
ผลการทดสอบผลึก	CsCa ₃ :CsI=80%, Ca ₂ =20%	CsCa ₃ :CsI=97%, Ca ₂ =3%	CsI(Tl)
การโปร่งแสงเต็มที่ (%)	65	49	76
ค่าช่องว่างแถบพลังงาน (eV)	2.82, 3.63, 3.87	2.91, 3.45	2.38, 3.61, 4.66

ได้ผลการตอบสนองการส่องผ่านแสงของผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอดีนที่มีสัดส่วน 80:20 ของ CsI:Ca₂ แสดงจุดเริ่มโปร่งแสงที่ความยาวคลื่นช่วง 439 นาโนเมตร และเกิดการโปร่งแสงเต็มที่ที่ประมาณร้อยละ 65 ซึ่งค่าช่องว่างแถบพลังงานที่ 2.82, 3.63 และ 3.87 อิเล็กตรอนโวลต์ ผลการตอบสนองการส่องผ่านแสงของผลึก ซีเซียมแคลเซียมไอโอดีนที่มีสัดส่วน 97:3 ของ CsI:Ca₂ แสดงจุดเริ่มโปร่งแสงที่ความยาวคลื่น 426 นาโนเมตร และเกิดการโปร่งแสงเต็มที่ที่ประมาณร้อยละ 49 ซึ่งค่าช่องว่างแถบพลังงานที่ 2.91 และ 3.45 อิเล็กตรอนโวลต์ และผลการตอบสนองการส่องผ่านแสงของผลึกซีเซียมไอโอดีนเจือด้วยเทลเลียม มีจุดเริ่มโปร่งแสงที่ความยาวคลื่น 521 นาโนเมตร และเกิดการโปร่งแสงเต็มที่ที่ประมาณร้อยละ 76 ซึ่งค่าช่องว่างแถบพลังงานที่ 2.38, 3.61 และ 4.66 อิเล็กตรอนโวลต์ สำหรับผลการตอบสนองการส่องผ่านแสงและผลการเปรียบเทียบผลึกทั้งสามก่อนแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเปรียบเทียบค่าตอบสนองการส่องผ่านแสงของผลึกทั้งสามแบบ

และเมื่อทำการแปลงผลการตอบสนองทางแสงให้เป็นค่าความสามารถการดูดกลืนแสง ตามหลักการหาความสัมพันธ์ของทาว (Tauc's plot) (Chen and Jaramillo, 2017) โดยค่าช่องว่างแถบพลังงานทางแสงของผลึกทั้งสามก้อนได้จากกราฟความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงและค่าพลังงานแสงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบช่องว่างแถบพลังงานทางแสง (Optical energy gap) ของผลึกทั้งสามแบบด้วยเทคนิค UV-visible

การอภิปรายผล

ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอดีนที่มีสัดส่วน 80:20 และ 97:3 ของ CsI:CaI₂ และ ผลึกซีเซียมไอโอดีนเจือด้วยเทลเลียมมีลักษณะกายภาพที่มีความใสและโปร่งแสงพอกัน แต่ผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอดีนที่มีสัดส่วน 97:3 มีรอยแตกร้าวมากกว่าเล็กน้อย แสดงว่าเมื่อผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอดีนที่มีสัดส่วน 80:20 สามารถหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้มาก รอย

แตกร้างภายในผลึกลดลง ทั้งนี้อาจเป็นส่วนที่เหมาะสมกว่า สำหรับผลการตรวจสอบขนาดของผลึก CsCa₃ สัดส่วน 80:20 ของ CsI:Ca₂ คือ ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (110) และระนาบ (211) มีขนาด 25.30 นาโนเมตร และ 25.32 นาโนเมตร ตามลำดับ สำหรับผลึก CsCa₃ สัดส่วน 97:3 ของ CsI:Ca₂ คือ ขนาดเม็ดผลึกระนาบ (110) และระนาบ (211) มีขนาด 25.10 นาโนเมตร และ 26.12 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยผลึกที่มีสัดส่วนแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นมีขนาดเม็ดผลึกระนาบ (211) เล็กลงแต่ของระนาบ (110) แทบจะไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่าเมื่อมีแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของอะตอมในโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป แล้วค่าค่าคงที่แลตทิซก็เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดสภาวะความเครียดเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบบีบอัดกลายเป็นแบบดึงขยายแทน ซึ่งนี้อาจจะมาจากการที่มีโครงสร้างผลึกต่างกันของผลึกแคลเซียมไอโอไดต์ที่มีโครงสร้างแบบรอมโบฮีดรอน และสำหรับผลึก CsI(TL) พบว่ามีขนาดเม็ดผลึกระนาบ (110) และระนาบ (211) คือ ขนาด 21.78 นาโนเมตร และ 23.59 นาโนเมตร ตามลำดับ ซึ่งขนาดเม็ดผลึกค่อนข้างเล็กอาจจะถือว่าเป็นการปลูกภายใต้สภาวะเงื่อนไขการปลูกที่ยังไม่เหมาะสมนัก และผลการทดสอบนี้ยังแสดงให้เห็นว่า ผลึกมีโครงสร้างผลึกเหมือนกันถึงแม้อัตราส่วนของสารที่ใช้จะแตกต่างกันก็ตาม ผลึก CsCa₃ สัดส่วน 80:20 ของ CsI:Ca₂ และผลึก CsCa₃ สัดส่วน 97:3 ของ CsI:Ca₂ มีความยาวคลื่นแสงที่กระตุ้นประมาณ 229 nm ความยาวแสงที่เปล่งออกมาประมาณ 458 นาโนเมตร และช่องว่างแถบพลังงานทางแสงของผลึก CsCa₃ สัดส่วน 80:20 ของ CsI:Ca₂ มีค่า 2.82, 3.63 และ 3.87 อิเล็กตรอนโวลต์ และผลึก CsCa₃ สัดส่วน 97:3 ของ CsI:Ca₂ มีค่า 2.91 และ 3.45 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งสำหรับสองค่าระดับนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สำหรับผลึกที่มีสัดส่วนปริมาณแคลเซียมไอโอไดต์สูงอาจเป็นไปได้ที่จะเกิดช่องว่างแถบพลังงานแยกกันระหว่างของผลึก CsI กับผลึก Ca₂ ได้จึงทำให้สามารถสังเกตเห็นค่าเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งระดับ จากผลการวิเคราะห์จากเทคนิคต่างๆ แสดงให้เห็นว่า ผลึกทั้งสองมีคุณสมบัติการเปล่งแสงระดับพลังงานแทบจะเท่ากัน นั้นแสดงถึงว่าปริมาณการเจือของแคลเซียมที่สามารถจะเข้าไปได้มีปริมาณสูงสุดค่าหนึ่ง โดยจะไม่ขึ้นกับปริมาณแคลเซียมของสารตั้งต้น และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของผลึกซีเซียมไอโอไดต์ที่เจือด้วยเทลเลียมประมาณร้อยละ 0.35 ผลึกแสดงการเปล่งแสงที่มีความยาวคลื่น 559 นาโนเมตร สำหรับความยาวแสงที่เปล่งมาจากผลึก CsCa₃ ทั้งสองสัดส่วนอยู่ในช่วงการตอบสนองของหลอดทวิคูณแสงที่ใช้งานทั่วไป จึงเป็นผลึกที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานกับหลอดทวิคูณแสง แต่ต้องปรับสัดส่วนของ CsI และ Ca₂ ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้นหรือเพิ่มสารเจือลงไป เพื่อให้ผลึกมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี มีความโปร่งแสง ลดรอยแตก และมีความเสถียรต่อความชื้นต่อไป

บทสรุป

การพัฒนาผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์เพื่อใช้วัดรังสีในงานวิจัยนี้ ได้ทำการปลูกผลึกโดยใช้สารซีเซียมไอโอไดต์และสารแคลเซียมไอโอไดต์ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน เมื่อปริมาณแคลเซียมไอโอไดต์เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของระนาบในโครงสร้างผลึกเปลี่ยนแปลงไปด้วยโครงสร้างผลึกที่แตกต่างกัน แต่แม้จะเพิ่มปริมาณสัดส่วนแคลเซียมเพิ่มขึ้นแต่ยังคงส่งผลการเปลี่ยนแปลงต่อคุณสมบัติทางแสงของผลึกได้ใกล้เคียงกันโดยให้ความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมาประมาณ 458 นาโนเมตร ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่อยู่ในช่วงที่ตามองเห็นและอยู่ในช่วงการตอบสนองของอุปกรณ์รับแสง เช่น หลอดทวิคูณแสงที่ใช้งานทั่วไป โดยถ้าต้องการปรับปรุงให้ได้คุณภาพผลึกที่ดีขึ้นคงต้องมีการศึกษาหาปริมาณสัดส่วนที่เหมาะสมที่ไม่ส่งผลเสียต่อโครงสร้างผลึกและยังคงส่งผลดีต่อคุณสมบัติทางแสงของผลึก

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาผลึกซีเซียมแคลเซียมไอโอไดต์เพื่อใช้วัดรังสีในงานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนจากทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รุ่นที่ 46 (2/2563) ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พรณี แสงแก้ว ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำทั้งในเรื่องการวางแผนการวิจัย ทฤษฎี และอื่นๆ ขอขอบคุณอาจารย์และ

นิสิตนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ให้ความกรุณาในการทดสอบและวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างผลึกที่ได้จากงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- S. O. Klimonsky, K. F. Sheberstove, A. E. Gold, A. S. Sinitskii, V. Yu. Yakovlev and L. N. Trefilova. (2011). Synthesis and properties of nanocrystalline CsI. *Inorganic materials*. 47 (9): 1033-1038.
- Manit Jitpukdee, Donyapong Woongsaweng and Suvit Punnachaiya. (2011). Applied moving-temperature-gradient technique for CsI(Tl) crystal growth. *Journal of nuclear science and technology*. 48 (9): 1250-1255
- Mikhail S. Alekhin, Daniel A. Biner, Karl W. Krämer and Pieter Dorenbos. (2013). Improvement of LaBr₃:5%Ce scintillation properties by Li⁺, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Sr²⁺ and Ba²⁺ co-doping. *Journal of Applied Physics*. 113 (2): 224904-7.
- Persson and Kristin. (2014). Materials data on CaI₂(SG: 164) by materials project. Accessed 14 Aug. 2021. <https://materialsproject.org/materials/mp-30031/>
- Zheng Zhang, Qiang Zhao and Yang Li. (2016). Electronic structure and optical properties of CsI, CsI(Ag) and CsI(Tl) . *Journal of Korea Physical Society*. 68 (9): 1069-1074.
- Qiang Zhao, Zheng Zhang and Xiaoping Ouyang. (2017). Electronic structure and optical properties of CsI under high pressure. *Ralyal society of chemistry*. (7): 52449-52455
- Zhebo Chen and Thomus F. Jaramillo. (2017). The use of UV-vis spectroscopy to measure the band gap of Semiconductor. Bruce Brunschwing., Editor. Department of chemical engineering. Stanford University. 1-18
- Takayuki Yanagida. (2018). Inorganic scintillating materials and scintillation detectors. *Proceedings of the Japan academy, series B physical and biological science*. 94:75-97.
- L. Stand, M. Zhuravleva, B. Chakoumakos, H. Wei, J. Johnson, V. Martina, M. Loyd, D. Rutstrom, W. McAlexander, Y. Wu, M. Koschan and C. L. Melcher. (2019). Characterization of mixed halide scintillators: CsSrBr₂: Eu, CsCaBr₂: Eu and CsSrClBr₂: Eu. *Journal of Luminescence*. 207: 70–77
- Liaw. Pho Yee, N. K. Farhana, Fatin Saiha Omar, V.Sundarajan, Shahid Bashir, Norshahirah M. and saidi, S. Ramesh. (2019). Enhancing efficiency of dye sensitized solar cells based on poly (Propylene) carbonate polymer gel electrolytes incorporating double salts. *Springer nature*. 26: 493-502

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพ
เพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์

An Application of Quality Function Deployment in Development of
Herb Chopping Machine for Community Enterprise Group of Surin Province

วิทยา อินทร์สอน^{1*} ปัทมาพร ท่อชู² และอุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา³

Withaya Insorn^{1*}, Pattarmarporn Torchoo² and Udompong Ketsripongsas³

^{1*}แผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

²สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

³สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

*withaya.insorn@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพในการพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ และเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกพืชสมุนไพร ผลที่ได้จากการศึกษาความต้องการของเกษตรกรเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง มีความแข็งแรงมั่นคง และมีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น ผลการประเมินพบว่า มีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจเพิ่มขึ้นจาก 3.76 เป็น 4.46 คิดเป็นร้อยละ 18.61 ต้นทุนของเครื่องสับสมุนไพรสำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ก่อนการพัฒนามีต้นทุน 15,000 บาท การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนหลังการพัฒนาเพิ่มขึ้น 30,000 บาท หรือต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น 45,000 บาท

คำสำคัญ: เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพ เครื่องสับสมุนไพร วิสาหกิจชุมชน

Abstract

The purposes of this research was to apply Quality Function Deployment in developing herb chopping machine for community enterprise of surin province and to develop the herb chopping machine in order to meet the needs of herb planting agriculturist. The results of the study of agriculturists' needs to develop new herb chopping machine was found that the structure had been changed in siding of increasing the strength and endurance and safety in use. The evaluation results was found that the average of customers' satisfactory increased from 3.76 to 4.46 or equivalent to 18.61 percent. The cost of herb chopping machine before development was about 15,000 baht. The change of the machine cost after development increased 30,000 baht or total cost of product was changed by increasing 45,000 baht.

Keywords: Quality Function Deployment, Herb Chopping Machine, Community Enterprise

บทนำ

ศูนย์รวบรวมและจำหน่ายสมุนไพรไทย ตั้งอยู่เลขที่ 62 หมู่ 6 ตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์ จัดตั้งเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2563 โดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรทฤษฎีใหม่ มีเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนทั้งหมด 28 กลุ่ม มีพนักงานจำนวน 16 คน ประกอบกิจการเป็นศูนย์รวบรวมและจำหน่ายสมุนไพร (Green Sun Organic Products) โดยขายส่งวัตถุดิบอื่นๆ ทาง การเกษตร เป็นสมุนไพรอบแห้ง เช่น ตะไคร้ ใบเตย โพล ขมิ้น ชিং ข่า มะกรูด กระชาย และมะขาม เป็นต้น โดยมีช่องทางการจำหน่ายทั้งในและต่างประเทศ โดยในประเทศจะจำหน่ายให้แก่ หน่วยงานของโรงพยาบาล กระทรวงสาธารณสุข และอื่นๆ เป็นต้น ส่วนต่างประเทศจะจัดจำหน่ายในกลุ่มเครือข่ายซึ่งประเทศที่จำหน่าย เช่น เวียดนาม จีน อินเดีย และรัสเซีย เป็นต้น มียอดขายประมาณปีละ 12.7 ล้านบาท (สายชน, 2563)

ปัจจุบันทางศูนย์จะรับซื้อสมุนไพรสดมาจากกลุ่มสมาชิกวิสาหกิจชุมชน นำมาสับอบแห้งเพื่อจำหน่าย ปัจจุบันพบว่า ขั้นตอนที่ทำให้เกิดความล่าช้ามากที่สุด และยังขาดเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยในการผลิต คือ กระบวนการสับ ยังต้องใช้แรงงานคนในการสับเป็นหลัก โดยมีกำลังการผลิตประมาณ 5-6 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน ใช้แรงงานคน 5-6 คน ทำงาน 6-8 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับระยะเวลาและจำนวนแรงงาน ทำให้กำลังการผลิตไม่ทันตามความต้องการของคำสั่งซื้อจากลูกค้า (กฤดาการ, 2563)

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) เป็นระบบช่วยออกแบบวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่เน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้า เทคนิคนี้จะช่วยแปลงความต้องการของผู้บริโภค เป็นคุณลักษณะทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ เพื่อการสื่อสารในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เน้นการตอบสนองความต้องการ และสร้างความพึงพอใจให้กับผู้บริโภค งานวิจัยเริ่มจากการสำรวจตลาดผลิตภัณฑ์ และหาความต้องการหลักของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (ชุดิมา และสุภาวดี, 2550) เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) เพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ที่ได้พัฒนาขึ้นให้ตรงความต้องการของผู้บริโภคหรือเกษตรกร

จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ เข้ามาช่วยในกระบวนการสับสมุนไพร เพื่อลดระยะเวลาและภาระการทำงานคน ช่วยเพิ่มกำลังการผลิต ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความยาวสม่ำเสมอ มีคุณภาพ โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีหลักการทำงานที่ง่าย สะดวกและปลอดภัยในการใช้งาน ตลอดจนให้สอดคล้องกับปริมาณการผลิตของผู้ประกอบการ ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ และแผนการพัฒนารถตลาดที่จะขยายในอนาคตได้มากขึ้น รวมถึงช่วยเพิ่มความยั่งยืนต่อไปในอนาคตด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพในการพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. สสำรวจความต้องการของลูกค้า (Voice of Customer : VOC) เกี่ยวกับต้นแบบเครื่องสับสมุน ไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ โดยทำการสัมภาษณ์กับกลุ่มชาวบ้าน เกษตรกรผู้ปลูกพืชสมุนไพร อบต. และนักวิชาการ จังหวัดสุรินทร์ เพื่อเป็นตัวแทนกลุ่มลูกค้าหรือผู้ใช้งาน

2. นำถ้อยคำข้อเรียกร้องของลูกค้า หรือผู้ใช้งาน มาจัดเรียงถ้อยคำใหม่ แล้วจัดกลุ่มคุณลักษณะความต้องการ โดยใช้แผนภูมิต้นไม้ (Tree Diagram) มาช่วยในการจัดเก็บข้อมูล เพื่อช่วยแก้ปัญหาความสับสน และเกิดภาพพจน์ที่ชัดเจนมากขึ้น โดยแบ่งออก 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านโครงสร้าง 2) ด้านวัสดุ 3) ด้านความสะดวก และ 4) ด้านการใช้งาน

3. จัดทำแบบสอบถาม โดยแจกให้กับกลุ่มชาว บ้าน เกษตรกรผู้ปลูกพืชสมุนไพร อบต. และนักวิชา การ จำนวน 30 คน ประเมินคะแนนความสำคัญเพื่อสำรวจระดับความคิดเห็นของกลุ่มลูกค้าหรือผู้ใช้งาน ว่าอยู่ระดับใด โดยใช้มาตราส่วนสเกล 5 ระดับ

4. วิเคราะห์คะแนนความสำคัญของแบบสอบถามจากความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นมาตราส่วนสเกล 5 ระดับ หลังจากนั้นคำนวณคะแนนความ สำคัญ โดยสรุปเป็นค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล ซึ่งคำนวณ หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Geometric Mean) เพื่อนำคะแนนความสำคัญไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค QFD

$$\text{Geometric Mean} = \sqrt[n]{N_1 \times N_2 \times N_3 \times \dots \times N_n}$$

เมื่อ N = ค่าของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

1, 2, 3...n = จำนวนข้อมูล

5. ประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ เป็นการวิเคราะห์ความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งาน ที่ได้จากค่าเฉลี่ยเลขคณิตของแบบสอบถามเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบต้นแบบเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้งาน และนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้เทคนิค QFD ทั้ง 4 เฟส ดังนี้ (วิทยา และคณะ. 2561)

5.1 เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์(Product Planning) หรือบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality: HOQ) ปัจจัยเข้าคือความต้องการของลูกค้าหรือกลุ่มผู้ใช้งาน (Customer Needs) ได้ผลลัพธ์คือเทคนิคที่ ต้องการ (Technical Requirement) ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

5.2 เมตริกซ์การแปลงการออกแบบ (Design Development or Deployment) เป็นปัจจัยเข้า คือเทคนิคที่ต้องการ ได้ผลลัพธ์คือข้อกำหนดของส่วน ประกอบย่อย (Part Characteristics)

5.3 เมตริกซ์การวางแผนกระบวนการ (Process Planning) เป็นปัจจัยเข้า คือ ข้อกำหนดของส่วนประกอบย่อย (Part Characteristics) ได้ผลลัพธ์ คือพารามิเตอร์ของกระบวนการ (Process Parameter)

5.4 เมตริกซ์การวางแผนปฏิบัติการผลิต (Production Operations Planning) เป็นปัจจัยเข้า คือพารามิเตอร์ของกระบวนการ(Process Parameter) ได้ผลลัพธ์คือ กระบวน การปฏิบัติงาน (Process Name) ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน

ผลการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ พบว่า เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดในตารางเมตริกซ์ทั้ง 4 เมตริกซ์ มาพัฒนาเครื่องสับสมุนไพรสำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ที่ได้รับการพัฒนา ดังแสดงในรูปที่ 1 หลังจากนั้นนำชุด เครื่องสับสมุนไพรสำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ดังกล่าวไปประเมินความพึงพอใจจากลูกค้าหรือเกษตรกร ซึ่งผลการประเมินและการเปรียบเทียบสามารถดูได้จาก

ตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าลูกค้ามีความพึงพอใจในคุณลักษณะของเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ เพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์หลังการพัฒนา เท่ากับ 4.46 (จากคะแนนเต็ม 5) เมื่อเทียบเกณฑ์ที่ใช้กำหนดระดับคะแนนความพึงพอใจในแบบสอบถาม แสดงว่าลูกค้าหรือเกษตรกรมีความพึงพอใจในเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ที่ได้รับการพัฒนาแล้วนี้ค่อนข้างมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ก่อนการพัฒนามีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 3.76 (จากคะแนนเต็ม 5) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิม 18.61%

	Technical Requirements	Hierarchy													Rating	Importance Ratio	Importance weight		
		50%	การผสมผสาน						ต้นแบบ	การฝึกอบรม		Rating							
Customer Requirements	WP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13					
โครงสร้าง	โครงสร้าง	4.68	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	4.13	4.89	4.88	1.18	5.30
	อุปกรณ์ยกถ่าย	4.57		3	3										3.70	4.30	4.30	1.18	5.30
	การออกแบบรถเข็น	4.37	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3.37	4.56	4.56	1.35	5.89
	ขนาดสปีด	4.18	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	3.62	4.20	4.20	1.22	5.09
สี	สีรวมภายนอก	3.52	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	3.37	4.04	4.04	1.19	4.18
	รถเข็น	3.73				3									2.70	3.27	3.27	1.21	4.07
	พลาซิก	3.99		9				9							3.73	3.33	3.73	1	3.99
ความสะอาด	ข้อดีของโปรแกรมควบคุม	3.15	9	3	9			9	3		9	9	9	3	2.50	3.10	3.10	1.24	3.90
	ระบบการใช้น้ำมัน	3.50	9		3		3	9			9	9	9	9	3.23	3.70	3.70	1.14	3.99
	เครื่องล้าง	3.22	9		9	9			9	1	9		9	3	3.81	4.78	4.78	1.25	4.02
	รถเข็นแบบไดรฟ์	3.32	3	9	9		9	3				9			3.33	3.84	3.84	1.15	3.81
การใช้งาน	สีรวมภายนอก	3.35			9		3		9		9		9		3.22	4.01	4.01	1.24	4.15
	สามารถกับสมุนไพรได้	3.21	9		9		9		9		9		9		2.98	3.36	3.36	1.12	3.59
	อายุการใช้งานยาวนาน	3.95	1		9						9		9		3.27	3.46	3.46	1.05	4.14
	สีรวมภายนอก	3.66					9		3		3		9		4.50	4.89	4.89	1.08	3.95
Targets value		46.10	100%																
Absolute Requirements		1.95	11.44	3.60	14.45	3.15	9.64	4.67	12.23	3.12	18.31	4.02	12.12	3.27					
Relative Requirements		1.00	11.44	3.60	14.45	3.15	9.64	4.67	12.23	3.12	18.31	4.02	12.12	3.27					

รูปที่ 1 บ้านคุณภาพ (House of Quality : HOQ)

ผลการวิเคราะห์ด้านต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากเครื่องสับสมุนไพรร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ที่ได้รับการพัฒนาได้รับการปรับปรุงเช่น ใบมีดที่ยาวขึ้น ความยาวหน้ากว้างสายพาน มอเตอร์ โครงสร้างที่แข็งแรง และระบบ ลูกเบี้ยว เป็นต้น โครงสร้าง ดังรูปที่ 2 จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุนเกิดขึ้น โดยต้นทุนรวมต่อหน่วยของเครื่องสับสมุนไพรร ก่อน การพัฒนามีต้นทุนประมาณ 15,000 บาท การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนหลังการพัฒนาเพิ่มขึ้น 30,000 บาท หรือต้นทุนรวมผลิต ภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น 45,000 บาท เมื่อเทียบกับความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์เครื่องสับสมุนไพรร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ก่อน และหลังการพัฒนาของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง

	คุณลักษณะความต้องการของลูกค้า (Customer Requirement)	ค่าเฉลี่ย		
		ผลิตภัณฑ์ ก่อนพัฒนา	ผลิตภัณฑ์ หลังพัฒนา	% ที่เปลี่ยนแปลง ในชุดผลิตภัณฑ์
โครงสร้าง	มีความแข็งแรง	4.68	4.78	+2.13
	ถอดประกอบง่าย	4.57	4.67	+2.18
	การออกแบบเหมาะสม	4.37	4.48	+2.51
	ขนาดกะทัดรัด	4.20	4.37	+4.54
วัสดุ	มีความเหมาะสม	3.52	4.75	+34.94
	ราคาเหมาะสม	3.73	4.58	+22.78
	หาซื้อได้ง่าย	3.99	4.58	+14.78
ความสะดวก	ช่องใส่สมุนไพรรมีความ สะดวก	3.15	4.90	+55.55
	ระบบการใช้งานได้สะดวก	3.50	4.25	+21.42
	เคลื่อนย้ายสะดวก	3.22	4.35	+35.09
	ถอดซ่อมแซมได้ง่าย	3.32	4.40	+32.53
การใช้งาน	มีความปลอดภัย	3.35	4.23	+26.26
	สามารถสับสมุนไพรรได้ง่าย	3.21	4.28	+33.33
	อายุการใช้งานยาวนาน	3.95	4.25	+7.59
	มีความทนทาน	3.66	4.04	+10.38
	ค่าเฉลี่ย	3.76	4.46	+18.61



ก่อนปรับปรุง



หลังปรับปรุง

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์ต้นแบบเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์

การอภิปรายผล

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดในตารางเมตริกซ์ทั้ง 4 เมตริกซ์ ประกอบด้วย เมตริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์มาพัฒนาเมตริกซ์การแปลงการออกแบบ เมตริกซ์การวางแผนกระบวนการ และเมตริกซ์การวางแผนปฏิบัติการผลิต เป็นต้น ดังนั้นการใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ เป็นเครื่องมือที่แปรความต้องการของลูกค้าไปสู่การออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบ และพัฒนาให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างตรงจุด และยัง สามารถทำให้การออกแบบและพัฒนาเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีของสุรสิทธิ์ และคณะ (2563) ได้กล่าวว่า การใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ เป็นเครื่องมือที่แปรความต้องการของลูกค้าไปสู่การออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบและพัฒนาให้ สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างตรงจุด สามารถทำให้การออกแบบและพัฒนาเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และมีต้นทุนในการดำเนินงานลดลง

การพัฒนาเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ผลที่ได้จากการศึกษาความต้องการของเกษตรกร เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้าง มีความแข็งแรง มั่นคง และมีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น ผลการประเมินพบว่า มีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจเพิ่มขึ้นจาก 3.76 เป็น 4.46 ต้นทุนของเครื่องสับสมุนไพร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ก่อนการพัฒนามีต้นทุน 15,000 บาท การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนหลังการพัฒนาเพิ่มขึ้น 30,000 บาท หรือต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น 45,000 บาท เมื่อเทียบกับความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพงศกร (2552) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) กรณีศึกษา: โรงงานผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง พบว่า การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดแข็งควรเน้น เรื่องคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ในด้านความเรียบของผิวหน้า ความสม่ำเสมอทางด้านความหนา และจากการนำผลลัพธ์ของการใช้เทคนิค QFD ไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ พบว่า ทำให้ผลิตภัณฑ์แผ่นใยไม้อัดแข็งหลังการพัฒนา มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นในเชิงความต้องการผู้บริโภค โดยมีค่าการทดสอบผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งและมีแนวโน้มของข้อร้องเรียนของลูกค้าในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ร้อยละ 91.5

บทสรุป

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องสับสมุนไพรร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) แบบสี่เฟส (Four Phase Model) โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นชาวบ้าน กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกสมุนไพรร อบต. และนักวิชาการ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 30 คน เป็นผู้ประเมินความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ มีค่าเฉลี่ยคะแนนความพึงพอใจเพิ่มขึ้นจาก 3.76 เป็น 4.46 คิดเป็นร้อยละ 18.61 ผลที่ได้จากพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่นั้น สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าหรือเกษตรกร ต้นทุนของเครื่องสับสมุนไพรร สำหรับวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดสุรินทร์ ก่อนการพัฒนามีต้นทุน 15,000 บาท การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนหลังการพัฒนาเพิ่มขึ้น 30,000 บาท หรือต้นทุนรวมผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้น 45,000 บาท เมื่อเทียบกับความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษาและสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่สนับสนุนทุนวิจัย ที่ศร.0607/ 0046 และเครือข่ายโปรแกรม ITAP มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตลอดจนวิทยาลัยเทคนิคสุรินทร์ แผนกช่างเชื่อมโลหะ ที่สนับสนุนเครื่องมือเครื่องจักร ในการผลิตและสร้างเครื่องจักร

เอกสารอ้างอิง

- กฤดาการ สุขจิตร. (2563). ศูนย์รวบรวมและจำหน่ายสมุนไพรรไทย. ตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์.
- ชุติมา ไวศรายุทธ์ และสุภาวดี วัชรอุดมมงคล. (2550). การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพในงานพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องตีมีธัญญาหารผงสำเร็จรูปจากปลายข้าวกล้องหอมมะลิและถั่วอะซูกิ. การจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงศกร คำเกาะ. (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD) กรณีศึกษา: โรงงานผลิตแผ่นใยไม้อัดแข็ง. ปรินญาอุตสาหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- วิทยา อินทร์สอน และคณะ. (2561). การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องตัดท่อนพันธุมันสำปะหลังพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม การ ประจำปี พ.ศ.2561 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี.
- สายชน สุขจิต. (2563). ศูนย์รวบรวมและจำหน่ายสมุนไพรรไทย. เลขที่ 62 หมู่ 6 ตำบลทุ่งมน อำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์.
- สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ และคณะ. (2563). การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนเครื่องปั้นดินเผาในจังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2563.

ชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

Induction motor three phase controlled by using microcontroller

บุญตัน สนั่นน้ำหนัก^{1*} สรายุตร์ สวัสดิ์วงศ์ชัย¹ ณัฐวัฒน์ เตชะพูลประเสริฐ¹
และ วุฒิชัย ศรีพฤกษ์ภูมิ¹

^{1*} คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดสุรินทร์

* buntan61@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มีขั้นตอนการดำเนินการโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ทางไฟฟ้าคงที่ ในการควบคุมความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จากการสร้างสัญญาณปรับแต่งความกว้างของพัลส์ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์บนที่กลงในไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างสัญญาณพีดีบีเบิลยูเอ็มควบคุมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส ผลการทดสอบความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/2 แรงม้า โดยการปรับแรงดันต่อความถี่ทางไฟฟ้าที่โหลดทางกลของมอเตอร์ 1.5 นิวตัน-เมตร ผ่านชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์พบว่า ที่ความถี่ไฟฟ้าต่ำสุด 20 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้า 82 โวลต์ ผลลัพธ์ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 204 รอบต่อนาที ผลของความเร็วรอบมีค่าเท่ากับ 204 รอบต่อนาที และที่ความถี่สูงสุด 62 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้า 187 โวลต์ผลลัพธ์ความเร็วรอบของมอเตอร์เท่ากับ 1,531 รอบต่อนาที ดังนั้นจากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสได้จริงโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ทางไฟฟ้าคงที่

คำสำคัญ: มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส สัญญาณพีดีบีเบิลยูเอ็ม ไมโครคอนโทรลเลอร์

Abstract

This research aims to design and build a three-phase alternating electric motor control unit using a microcontroller. There is an operation procedure based on the principle of voltage-to-frequency variation to control the rotational speed and torque of a three-phase alternating electric motor. Based on, the principle generating a pulse width modulation signal with a computer programming language and record into the microcontroller unit for generate a pulse width modulation signal to control a three-phase alternating electric motor drive. The results of the speed test of a 1/2 horse power electric motor by adjusting the voltage per electrical frequency at a mechanical load of 1.5 N-m through a three-phase alternating electric motor control using a microcontroller, found that at a minimum power frequency of 20 Hz, the voltage is 82 volts, the resultant motor speed is 204 rpm, and the maximum frequency of 62 Hz, the output voltage is 187 volts will be obtained speed of the motor is 1,531 rpm respectively. Therefore,

from the results of the experimental can be concluded that the three-phase alternating electric motor control using a microcontroller can actually control the rotational speed of a three-phase alternating motor based on changing the voltage per frequency principle which is in accordance with the assumptions set .

Keywords: Induction motor three phase, PWM signal, Microcontroller

บทนำ

ปัจจุบันนี้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานต่างๆ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรม มอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดมีทั้งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับและมีขนาดแรงม้าตั้งแต่ 1/4 แรงม้าขึ้นไป มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีราคาถูกกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีความแข็งแรงทนทานมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีคุณสมบัติที่ดี คือ มีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า และมีโครงสร้างไม่ซับซ้อนสะดวกในการบำรุงรักษา เพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นมอเตอร์ที่ปรับความเร็วได้ยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาก ดังนั้นจึงมีผู้สนใจวิจัยนำเสนอเทคนิควิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวเช่น (สายัณห์ เกลี้ยงสิน,2550) ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วอินดักชันมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสโดยอินเวอร์เตอร์ ซึ่งใช้หลักการปรับเปลี่ยนความถี่ทางไฟฟ้า ผลการทดลองสามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ตามความถี่ แต่เมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์สูงขึ้นเกิดผลกระทบต่อแรงบิดของมอเตอร์ (ไวยพจน์ ศุภาวรเสถียร และ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์, 2559) ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วรอบของอินดักชันมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยการปรับความถี่ ผลการทดสอบพบว่ามีความผิดพลาดความเร็วรอบของมอเตอร์ไม่เกิน $\pm 1.2 \%$ และที่ความถี่สูงขึ้นไม่มีผลกระทบต่อแรงบิดของมอเตอร์ (รุ่งเรือง วังโรสงค์ และคณะ, 2559) ได้นำเสนอการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่คงที่ด้วยบอร์ดเอฟพีจีเอ ผลการทดสอบส่งผลให้มอเตอร์ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้อย่างรวดเร็ว แต่บอร์ดเอฟพีจีเอยังคงมีราคาแพง

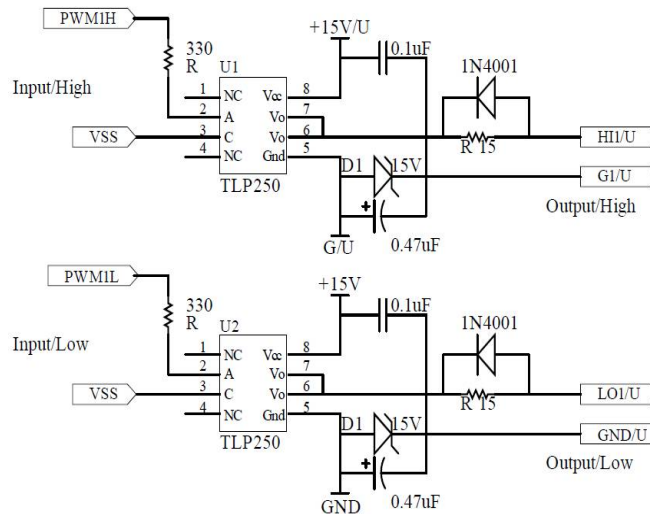
ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมุ่งเน้นเพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้หลักการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่คงที่ เพื่อแก้ไขปัญหาผลกระทบแรงบิดของมอเตอร์ในกรณีความเร็วรอบของมอเตอร์สูงกว่าพิกัดของมอเตอร์ซึ่งเกิดจากผลกระทบของการปรับความถี่ที่สูงกว่าพิกัดความถี่ของมอเตอร์ และแก้ไขปัญหาในกรณีบอร์ดเอฟพีจีเอที่ใช้ร่วมกับการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสแบบอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่คงที่ ที่ยังคงมีราคาแพง ซึ่งใช้หลักการออกแบบและสร้างชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ การเขียนโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมเพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้หลักการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่คงที่ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวมาแล้วข้างต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส แบ่งตามอุปกรณ์วงจรที่สำคัญได้ดังต่อไปนี้

- 1 วงจรขับเคลื่อน วงจรขับเคลื่อนกำลังทำหน้าที่แปลงผันแรงดันไฟตรงให้เป็นกระแสผ่านตัวเหนี่ยวนำด้วยเทคนิคการปรับความกว้างของพัลส์ โดยการสวิตช์จะถูกควบคุมจากส่วนการควบคุมที่กำหนดไว้จากตัวประมวลผล อุปกรณ์สวิตช์กำลังที่นำมาใช้จะต้องคำนึงถึงพิกัดของโหลด การควบคุมการทำงานของไอซีบีทีกำลัง จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ทำการแยกกระแหว่งเกิด

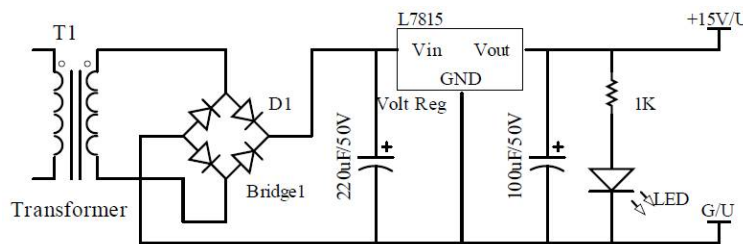
กับสัญญาณควบคุมที่ถูกสร้างขึ้นจากตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล ในการแยกกันของสัญญาณนี้ก็เพื่อต้องการแยกกราวด์ไม่ให้ไอซีบีทีกำลังตัวบน และตัวล่างในกิ่งเดียวกันเกิดการลัดวงจร เนื่องจากการใช้กราวด์เดียวกัน อุปกรณ์ที่ใช้แยกกราวด์จะเลือกใช้ไอซีอ็อปโต เบอร์ TLP250 จำนวน 6 ตัว โดยไอซีอ็อปโตที่ใช้ในการควบคุมไอซีบีทีที่กำลัง 3 ตัว ในกิ่งบนจะถูกแยกไฟเลี้ยงวงจรขนาด 15 V ออกจากกัน ส่วนไอซีบีทีกำลัง 3 ตัวในกิ่งล่างจะใช้ไฟเลี้ยงวงจร 15 V ชุดเดียวกัน



รูปที่ 1 วงจรขับเกตไอซีบีที

2 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า

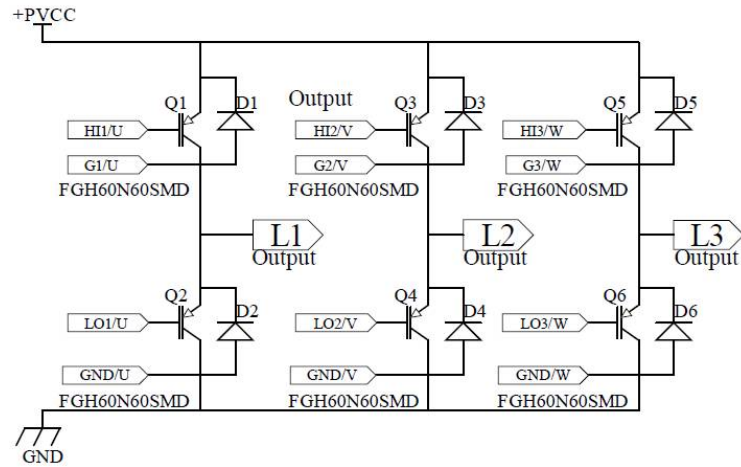
วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและควบคุมระดับแรงดันให้คงที่



รูปที่ 2 วงจรควบคุมแรงดันไฟฟ้า

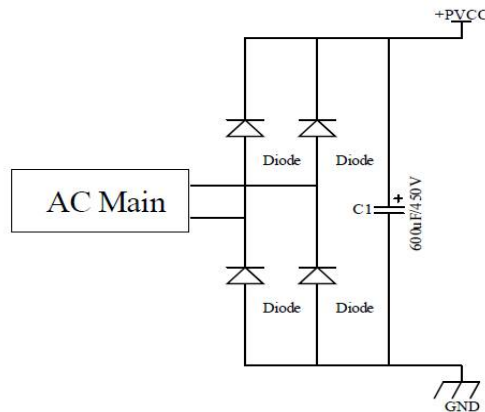
3 วงจรอินเวอร์เตอร์

วงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบควบคุมได้โดยสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งขนาดและความถี่และมีเฟสต่างกัน 120 องศาของความถี่หลักมูล สามารถออกแบบวงจรได้ดังนี้ วงจรอินเวอร์เตอร์ เป็นวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบควบคุมได้ โดยสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งขนาดและความถี่ และมีความสมดุลสามเฟสจึงต้องมีเฟสต่างกัน 120 องศาของความถี่หลักมูล ซึ่งประกอบด้วย ชุดคอนเวอร์เตอร์ เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ชุดอินเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถปรับขนาดของแรงดันและความถี่ได้ และชุดวงจรควบคุมทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดคอนเวอร์เตอร์ และชุดอินเวอร์เตอร์

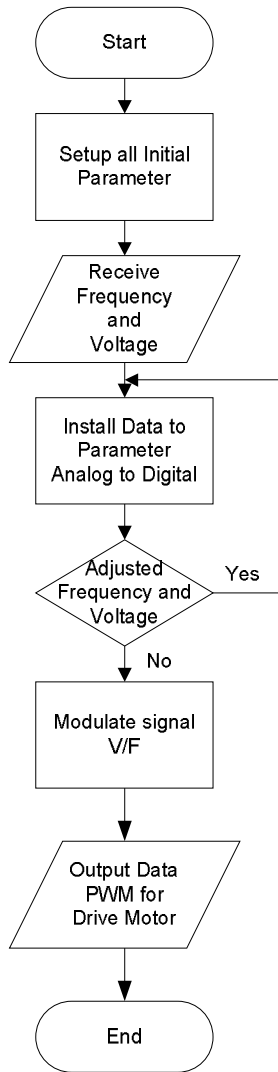


รูปที่ 3 วงจรอินเวอร์เตอร์
4 วงจรเรียงกระแส

วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า คือวงจรที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ในงานวิจัยนี้ใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ซึ่งมีแรงดันกระแสเพิ่มน้อยกว่าแบบครึ่งคลื่น แรงดันไฟสลับที่ถูกตัดออกไปจากไดโอดตัวแรกจะถูกส่งกลับเข้ามาโดยไดโอดตัวที่สองวงจรเร็คตีไฟเออร์เต็มคลื่นที่มีตัวเก็บประจุทำหน้าที่สะสมประจุให้กับวงจรจะได้รูปคลื่นของแรงดันไฟตรงที่ออกเอาต์พุตที่มีแรงดันกระแสเพิ่มลดลง



รูปที่ 4 วงจรเรียงกระแสไฟฟ้า
5 ผังการทำงานของโปรแกรมปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส



รูปที่ 5 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟส

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบสามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสได้จากวิธีการควบคุมแรงดันและความถี่ที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยให้เป็นไปตามอัตราส่วนของแรงดัน (V) ต่อความถี่ (f) ในสองเงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์คือ เงื่อนไขไม่มีโหลดและเงื่อนไขแรงบิดโหลด 1.5 นิวตัน-เมตร โดยเงื่อนไขไม่มีโหลด สามารถปรับความเร็วรอบต่ำสุด 275 รอบต่อนาทีที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ และความเร็วรอบสูงสุด 1857 รอบต่อนาทีที่ความถี่ 62 เฮิร์ตซ์ ดังตารางที่ 1 และเงื่อนไขแรงบิดโหลด 1.5 นิวตัน-เมตร สามารถปรับความเร็วรอบต่ำสุด 204 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้า 82 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ และที่ความเร็วรอบสูงสุด 1,537 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 62 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้า 187 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.7 แอมแปร์ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การปรับความถี่และความเร็วรอบในสถานะไม่มีโหลด

ความถี่ Frequency (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)
10	275
20	594
30	882
40	1,175
50	1,452
62	1,857

ตารางที่ 2 การปรับความถี่และความเร็วรอบที่แรงบิดโหลด 1.5 นิวตัน-เมตร

ความถี่ (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)	กระแส (A)	แรงดัน (V)
20	204	0.5	82
30	705	0.52	118
40	1,135	0.55	151
50	1,308	0.58	179
62	1,531	0.7	187

การอภิปรายผล

จากผลการทดลองปรับความเร็วรอบมอเตอร์ด้วยชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ในเงื่อนไขไม่มีโหลดสามารถปรับความเร็วรอบต่ำสุด 275 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 10 เฮิร์ตซ์ และปรับความเร็วรอบสูงสุด 1,857 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 62 เฮิร์ตซ์ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (สายัณห์ เกลี้ยงสิน, 2550) และ (ไวพจน์ ศุภบวรเสถียร และ วิชาวัลย์ นาคทรัพย์, 2559) และในเงื่อนไขแรงบิดโหลด 1.5 นิวตัน-เมตรสามารถปรับความเร็วรอบต่ำสุด 204 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 20 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้า 82 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.5 แอมแปร์ และความเร็วรอบสูงสุด 1,531 รอบต่อนาที ที่ความถี่ 62 เฮิร์ตซ์ แรงดันไฟฟ้า 187 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 0.7 แอมแปร์ และจากตารางที่ 2 ที่ความถี่เริ่มต้น 20 เฮิร์ตซ์ ถึง 50 เฮิร์ตซ์ กระแสไฟฟ้าที่ได้ค่อนข้างคงที่ทำให้มอเตอร์ทำงานในลักษณะแรงบิดคงที่ส่งผลให้มอเตอร์ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (รุ่งเรือง วังไธสงค์ และคณะ, 2559)

บทสรุป

ชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นสามารถปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟสขนาด 1/2 แรงม้า ในเงื่อนไขไม่มีโหลดที่ความเร็วรอบต่ำสุด 257 รอบต่อนาที ถึงความเร็วรอบสูงสุด 1,857 รอบต่อนาที และเงื่อนไขแรงบิดโหลด 1.5 นิวตัน-เมตร ที่ความเร็วรอบต่ำ 204 รอบต่อนาที ถึงความเร็วรอบสูงสุด 1,531 รอบต่อนาที โดยใช้หลักการปรับอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ที่ได้มีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีต้องขอขอบพระคุณสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความสะดวกในการอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทดสอบ และนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า ได้แก่ นายพิชัย ครอบชัย นายปริญญา แป้นแก้ว และนายศักดิ์เกษม พรหมศักดิ์ ที่สละเวลาในการช่วยเหลือเก็บข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิมชาติ มานพ และคณะ. (2548). แรงดันเพลลาและกระแสในมอเตอร์เหนี่ยวนำเมื่อถูกจ่ายโดยอินเวอร์เตอร์แบบพรีดีคัปปลิง เอ็ม.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 15(3): 15-20.
- บุญเรือง วัชชีลาบุตร และ ธวัชชัย จิตต์สนธิ. (2554). วงจรกำเนิดรูปคลื่นไซน์สามเฟสเพื่อการศึกษา.วารสารวิชาการปทุมวัน. 1(3) : 27-32.
- รุ่งเรือง วัชชีลาบุตร, มงคลดำน บำรุงตระกูล และ พิณิจ ศรีธร. (2559). การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสแบบอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ด้วยบอร์ดเอฟพีจีเอ. ในการประชุมวิชาการ “วิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 7 ” 25-26 กรกฎาคม 2559. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. นครราชสีมา .132 – 137.
- ไวพจน์ ศุภวรรเสถียร และวิภาวัลย์ นาคทรัพย์. (2559). การควบคุมความเร็วรอบอินดักชันมอเตอร์ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์. ในการประชุมวิชาการ ECTI-CARD 2016 ครั้งที่ 8 “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดเพื่อตอบสนองภาคอุตสาหกรรมสมัยใหม่อย่างยั่งยืน” 27-29 กรกฎาคม 2559. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. ประจวบคีรีขันธ์. 677- 680.
- สายัณห์ เกลี้ยงสิน. (2550). การควบคุมความเร็วมอเตอร์เฟสโดยอินเวอร์เตอร์. โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรมฝ่ายเครื่องมือวิทยาศาสตร์. ค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2563.
https://www.dss.go.th/images/st-article/pep_11_2550_Induction_Motor.pdf