

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้แป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์

CONTROLLING ELECTRONIC DEVICES BY USING COMPUTER KEYBOARD

ผศ.ดร.วสุธาน ตันบุญเฮง

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

The Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding author, E-mail: vasutantun@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้สัญญาณไฟ LED ที่แสดงการทำงานของปุ่ม numlock, capslock และ scroll lock บนแป้นพิมพ์ (keyboard) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วในการปิดเปิดไฟ LED อยู่ที่ประมาณ 0.035 วินาที วงจรรีเลย์ (relay) หรือ วงจร LDR สามารถถูกนำมาใช้ในการต่อขยายสัญญาณจากแป้นพิมพ์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมอัตโนมัติ แป้นพิมพ์ วงจรรีเลย์ วงจร LDR

ABSTRACT

This research shows possibility of using computer to control electronic devices by LED signal which display numlock, capslock and scroll lock's status on keyboard. The experiment result shows that the speed of turning LED on and off is about 0.035 second. Relay circuit or LDR circuit could be used to enchant the signal from keyboard to control the others electronic devices.

Keywords: controlling system, keyboard, relay circuit, LDR circuit

บทนำ

ปัจจุบันนี้ระบบคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทต่อการพัฒนาในหลายด้าน ทั้งด้านอุตสาหกรรม ระบบการผลิตสินค้าอัตโนมัติ การดำเนินชีวิตประจำวัน ระบบบ้านอัจฉริยะ ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ และเครื่องมืออำนวยความสะดวกต่าง ๆ มากมาย ซึ่งเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ (นายไฟโรจน์ อีระวงศ์, 2516) ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่นมอเตอร์ สวิตช์ไฟ หรือ หลอดไฟ โดยมีคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่สั่งการควบคุม

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำได้หลายวิธีโดยเชื่อมต่อผ่าน port ต่าง ๆ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น serial port, parallel port และ USB port (Universal Serial Bus) เป็นต้น หากเป็นอุปกรณ์ประเภทที่ใช้สำหรับงาน IoT (Internet of Things) เช่น Raspberry Pi (Chutchavan Suksutthi, 2559) และ Arduino (ThaiEasyElec, 2558) ซึ่งส่วนใหญ่มักเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก จะมีการจัดเตรียม I/O port เป็นเข็มเล็ก ๆ จำนวนมาก (pin) รอบตัวอุปกรณ์ ทำให้ง่ายต่อการนำไปต่อเชื่อมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น

แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่ในช่วงประมาณ 5 ปีที่ผ่านมาเริ่มไม่มีการผลิต serial port และ parallel port ติดมาด้วย ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ และ แบบพกพา (notebook PC) เพราะ port ดังกล่าวมีความเร็วน้อยกว่า USB port การต่อสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่าน USB port จำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณจาก port USB เพิ่มเติม หรืออาจใช้ Raspberry Pi และ Arduino ในการเชื่อมต่อแทน โดยอุปกรณ์ดังกล่าวไม่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป จำเป็นต้องซื้อจากแหล่งขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ เช่น ตลาดบริเวณบ้านหม้อ หรือ สั่งซื้อผ่านทางเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ เป็นต้น

แป้นพิมพ์ (keyboard) เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายจากห้างขายสินค้าในปัจจุบัน ตามปกติแป้นพิมพ์จะถูกใช้เป็นอุปกรณ์ประเภท input เพื่อส่งข้อมูลเข้าไปประมวลผลในระบบคอมพิวเตอร์ แต่เนื่องจากบนแป้นพิมพ์มีหลอดไฟ LED (Light-Emitting Diode) เพื่อแสดงสถานะการทำงานของปุ่ม numlock, capslock และ scroll lock ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหลอดไฟดังกล่าวได้ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์นำสัญญาณไฟมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นได้

ทบทวนวรรณกรรม

ในสมัยก่อนที่ USB port จะได้รับความนิยม serial port และ parallel port มักถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ (วิทยาลัยเทคนิคสศทหีบ, 2556) โดย parallel port จะได้รับความนิยมมากกว่าเนื่องจากสามารถต่อสายไฟจากเข็มที่ 2 ถึง 9 จาก port เข้าสู่วงจรขยายสัญญาณได้โดยตรง ส่วนการใช้งาน serial port นั้นจำเป็นต้องผ่านวงจรแปลงการส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นแบบขนานก่อนแล้วจึงต่อเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณได้ อีกทั้งยังจำเป็นต้องควบคุมอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลให้ตรงกันด้วย

เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณที่ควบคุมไฟ LED มีไม่มากพอที่จะควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้า หรือ มอเตอร์ จึงจำเป็นต้องขยายสัญญาณให้สูงเพียงพอต่อการควบคุมอุปกรณ์อื่นได้ และ ในขณะที่อุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนโดยใช้แม่เหล็กไฟฟ้าหยุดขยับกระทันหัน จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับ ซึ่งสามารถทำความเสียหายแก่วงจรได้ ดังนั้นจึงควรใช้วงจรรีเลย์ (relay) ขยายสัญญาณและป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ควบคุมเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยตรง (ElectronicsTutorials, 2557) วงจรประกอบด้วย transistor ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณควบคุมการเปิดปิดของ relay และ มีการต่อกับ diode เพื่อป้องกันการกระแสป้อนกลับจาก relay ไปทำความเสียหายต่อวงจรขับ หากไม่ต้องถอดแยกชิ้นส่วนแป้นพิมพ์เพื่อเชื่อมสายไฟจากวงจรรีเลย์เข้าสู่วงจรของแป้นพิมพ์โดยตรง สามารถใช้วงจร LDR (Electronic workbench -

PCB heaven, 2552) เพื่อรับแสงจากหลอด LED ที่แสดงอยู่บนแป้นพิมพ์แล้วนำสัญญาณไปควบคุม relay แทนได้เช่นกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเผยแพร่วิธีการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยใช้แป้นพิมพ์เป็นอุปกรณ์ส่งผ่านสัญญาณควบคุม ซึ่งสามารถหาซื้อและนำมาใช้งานได้ง่ายกว่าอุปกรณ์ควบคุมประเภทอื่น
2. เพื่อศึกษาความเร็วการเปลี่ยนสถานะติดดับของหลอดไฟ LED บนแป้นพิมพ์ ซึ่งหากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกควบคุมใช้ความเร็วการควบคุมน้อยกว่า จะสามารถนำวิธีที่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้ไปใช้สร้างเป็นระบบควบคุมอย่างง่ายได้

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ใช้โปรแกรมภาษา C# ในการควบคุมการทำงานของหลอดไฟ LED ที่แสดงการทำงานของปุ่ม numlock, capslock และ scroll lock บนแป้นพิมพ์ File ที่บรรจุ source code ของโปรแกรมชื่อว่า "keyboard_control.cs" สามารถถูก compile โดยพิมพ์คำสั่ง "C:\Windows\Microsoft.NET\Framework\v3.5\csc keyboard_control.cs" ใน command line ของระบบปฏิบัติการ Windows 7 Professional โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมอื่นใดเพิ่มเติม เนื่องจากโปรแกรม compiler ภาษา C# (csc) ที่นำมาใช้ถูกติดตั้งมาพร้อมกับระบบปฏิบัติการ Windows อยู่แล้ว

```
1 using System.Windows.Forms;
2 using System.Runtime.InteropServices;
3
4 namespace KeyLockControl {
5     class TestLockKey {
6
7         [DllImport("user32.dll")]
8         static extern void keybd_event (byte vk, byte sc, uint fl, int info);
9
10        private static void LockKey (Keys key_code, bool is_lock)
11        {
12            const int KEYEVENTF_EXTENDEDKEY = 0x1;
13            const int KEYEVENTF_KEYUP = 0x2;
14            if(Control.IsKeyLocked(key_code)){
```

```
15             if(is_lock) return;
16         }
17         else{
18             if(!is_lock) return;
19         }
20     keybd_event((byte)key_code, 0x45, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY, 0);
21     keybd_event((byte)key_code, 0x45, KEYEVENTF_EXTENDEDKEY | KEYEVENTF_KEYUP, 0);
22     }
23
24     private static void TestDelay (Keys key_code, int delay_time)
25     {
26         for(int i=0;i<50;i++){
27             LockKey(key_code, true);
28             System.Threading.Thread.Sleep(delay_time);
29             LockKey(key_code, false);
30             System.Threading.Thread.Sleep(delay_time);
31         }
32     }
33
34     static void Main()
35     {
36         TestDelay(Keys.NumLock, 35);
37         TestDelay(Keys.CapsLock, 35);
38         TestDelay(Keys.Scroll, 35);
39     }
40 }
41 }
```

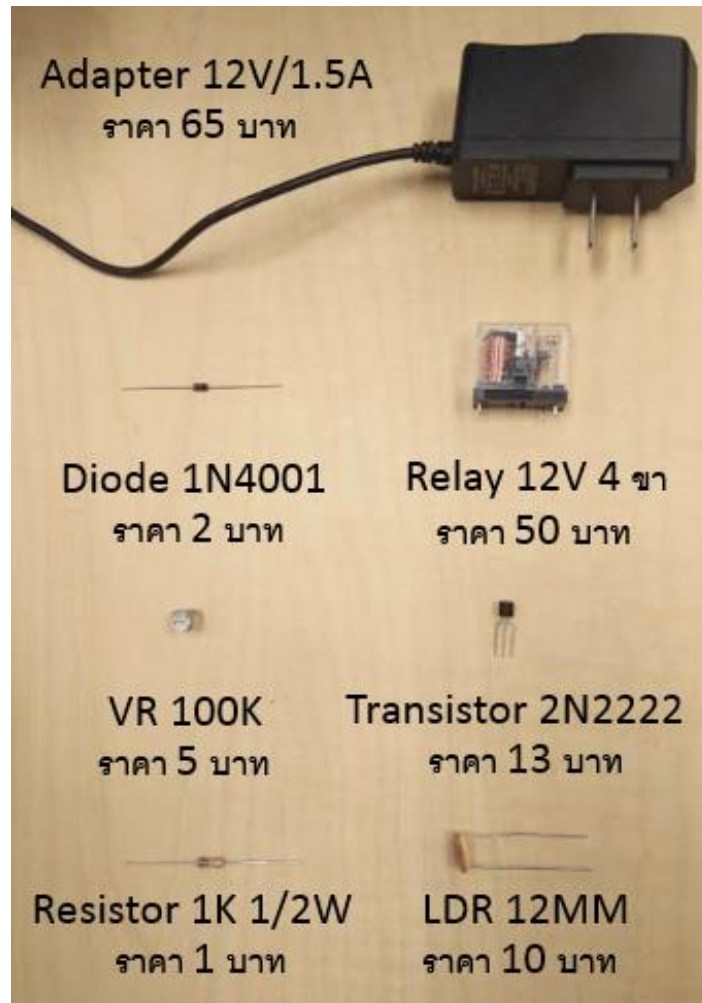
ภาพที่ 1: Source code ของโปรแกรมที่ใช้ทดสอบความเร็วการทำงานของหลอดไฟ LED บนแป้นพิมพ์

Source code ของโปรแกรมที่ใช้ทดสอบความเร็วการทำงานของหลอดไฟ LED บนแป้นพิมพ์ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1 บรรทัดที่ 1 ถึง 8 ใช้สำหรับนำเข้า function อ่านและควบคุมการกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ Function ที่แสดงในบรรทัดที่ 10 ถึง 22 (LockKey) ใช้สำหรับสั่งให้หลอดไฟ LED เปิดหรือปิด

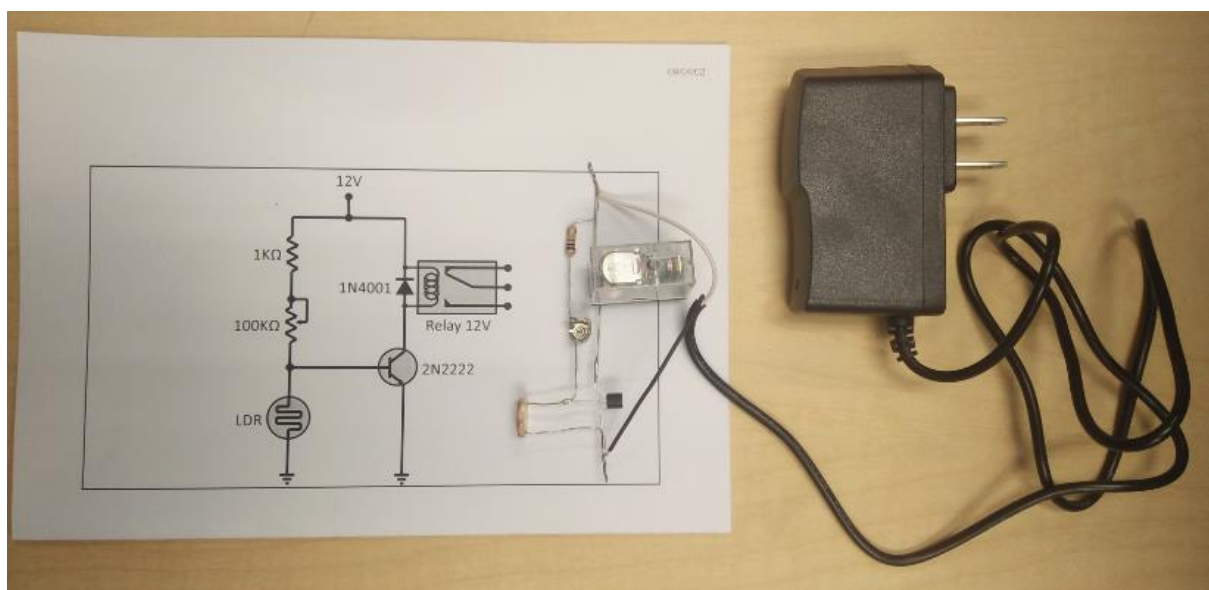
หากป้อน parameter "key_code" ให้มีค่าเป็น Keys.NumLock, Keys.CapsLock และ Keys.Scroll จะสามารถสั่งให้ function ควบคุมการกดปุ่ม numlock, capslock และ scroll lock บนแป้นพิมพ์ ตามลำดับ ส่วน parameter "is_lock" จะทำให้หลอดไฟ LED สว่างเมื่อมีค่าเป็น "true" และ ดับเมื่อมีค่าเป็น "false"

Function ที่แสดงในบรรทัดที่ 24 ถึง 32 (TestDelay) ใช้สำหรับสั่งให้หลอดไฟ LED ที่ระบุกระพริบ 50 ครั้งโดยการเปลี่ยนสถานะในขณะกระพริบแต่ละครั้งจะใช้เวลาเท่ากับค่าที่ป้อนให้กับ parameter "delay_time" ซึ่งมีหน่วยเป็น milisecond (ใช้ค่า 1000 milisecond เพื่อหน่วงเวลานาน 1 วินาที) เมื่อสั่งให้ โปรแกรมที่ผ่านการ compile แล้วทำงาน โปรแกรมจะกระพริบหลอดไฟ LED ที่แสดงการทำงานของปุ่ม numlock, capslock และ scroll lock บนแป้นพิมพ์ปุ่มละ 50 ครั้งตามลำดับ โดยช่วงเวลาที่หลอดไฟสว่าง และดับจะใช้เวลาช่วงละ 35 milisecond สามารถทำการทดลองหาความเร็วอัตราการกระพริบของหลอดไฟ LED แต่ละดวงได้โดยการเปลี่ยนเลข 35 ใน source code บรรทัดที่ 36 ถึง 38 เป็นค่าอื่น

สำหรับการสร้างวงจร LDR เพื่อนำมาใช้ในการจับสัญญาณไฟ LED ที่แสดงบนแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ ผู้ทดลองเลือกสร้างเพียงวงจรแรกที่แสดงใน website (Electronic workbench - PCB heaven, 2552) เท่านั้น เพราะต้องการจำกัดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองให้น้อยที่สุดโดยรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 รวมราคาทั้งสิ้น 146 บาท (ซื้อเมื่อวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ.2562) ทำการประกอบ โดยนำขาของอุปกรณ์มาบัดกรีเชื่อมต่อกันโดยตรง โดยไม่ใช้แผ่น PCB board เนื่องจากมีจำนวนอุปกรณ์ ไม่มากและเป็นวงจรขนาดเล็ก เมื่อประกอบเสร็จแล้วจะได้วงจรดังภาพที่ 3 เมื่อนำมาทดลองโดยใช้มือบังแสง ที่อุปกรณ์ LDR จะสามารถควบคุมให้ relay เปิดปิดได้ แต่แสงจากหลอด LED บนแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์ ไม่เพียงพอต่อการทำให้วงจรทำงาน วงจรนี้จึงยังไม่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้ทดลองเสนอให้ทดลองสร้าง วงจรที่ถัดมาที่แสดงในหน้า website (วงจรลำดับที่ 2 และ 3) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าแทน (หมายเหตุ : ผู้ทดลองมีเหตุจำเป็นต้องรีบเขียนบทความนี้ให้เสร็จภายในเวลาจำกัด จึงทำให้ยังไม่ได้ทดลองสร้างวงจรลำดับ อื่นเพื่อนำมาใช้ทดลองเพิ่มเติมในงานวิจัยชิ้นนี้)



ภาพที่ 2: รายการอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการประกอบวงจร LDR



ภาพที่ 3: วงจร LDR เพื่อนำมาใช้ในการจับสัญญาณไฟ LED ที่แสดงบนแป้นพิมพ์คอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

แป้นพิมพ์ที่ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองคือ Standard Keyboard #KB-04 ยี่ห้อ Movada ราคา 99 บาท ซื้อเมื่อวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2562 จากบริษัท เพาเวอร์บาย จำกัด (สาขาแจ้งวัฒนะ) ที่ศูนย์การค้าห้างเซ็นทรัลสาขาแจ้งวัฒนะซึ่งอยู่ใกล้ที่ทำงานของผู้วิจัย (สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์) และ ราคาถูกที่สุด ณ เวลาที่ซื้อ

ภาพที่ 4 แสดงแป้นพิมพ์ Standard Keyboard #KB-04 ยี่ห้อ Movada ที่ถูกเลือกมาใช้ในการทดลองพร้อมกล่องสินค้า และ ใบเสร็จรับเงิน สาย port ที่ใช้ต่อเชื่อมกับเครื่องคอมพิวเตอร์คือ PS/2 ซึ่งจะต้องต่อผ่านตัวแปลงให้กลายเป็น USB port (แถมฟรีมาในกล่อง) การใช้งานครั้งแรก จะต้องปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ ต่อสายเข้าที่ USB port ผ่านตัวแปลงสีขาว แล้วจึงเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ 4: แป้นพิมพ์ Standard Keyboard #KB-04 ยี่ห้อ Movada ที่ถูกเลือกมาใช้ในการทดลอง

การทดลองเริ่มต้นโดยตั้งค่า parameter "delay_time" ของ function "TestDelay" ที่ source code ในภาพที่ 1 บรรทัดที่ 36 ถึง 38 ให้มีค่าเท่ากับ 100 milisecond เพื่อดูว่าการกระพริบของหลอดไฟ LED แต่ละหลอด หากสามารถกระพริบได้ปกติ การกระพริบทั้ง 50 ครั้งใช้ระยะเวลาเท่ากันแสดงว่าวงจรควบคุมสามารถตอบสนองการทำงานได้ทัน จึงทำการทดลองซ้ำโดยลดค่าหน่วยเวลาลงครั้งละ 5 milisecond ลงไปเรื่อย ๆ จนการกระพริบของหลอดไฟเกิดความผิดปกติ เมื่อลดค่าหน่วยเวลาจนเหลือเท่ากับ 30 milisecond พบว่าการกระพริบของหลอดไฟในบางจังหวะยาวกว่าปกติ ไม่สม่ำเสมอ แสดงว่าวงจรไม่สามารถตอบสนองคำสั่งจากโปรแกรมควบคุมได้ทัน จึงสามารถสรุปได้ว่าความเร็วในการปิดเปิดไฟ LED อยู่ที่ประมาณ 0.035 วินาที (35 milisecond) หรือ อาจกล่าวได้ว่าหลอดไฟ LED บนแป้นพิมพ์สามารถเปลี่ยนสถานะการติดดับได้ประมาณ 28.57 ครั้งต่อวินาที (หมายเหตุ : ทำการทดลอง LED ที่หลอดโดย comment code ในบรรทัดที่ 36 ถึง 38 ให้เหลือเพียงบรรทัดเดียวในการทดลองแต่ละครั้ง)

สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้แสดงแนวความคิดในการประยุกต์ใช้สัญญาณไฟ LED บนแป้นพิมพ์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า หลอดไฟ LED บนแป้นพิมพ์ที่นำมาใช้เชื่อมต่อสัญญาณควบคุมคือหลอดไฟ LED สำหรับแสดงการทำงานของปุ่ม numlock, capslock และ scroll lock ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วในการเปิดปิดไฟ LED อยู่ที่ประมาณ 0.035 วินาที วงจรรีเลย์ (relay) หรือ วงจร LDR ถูกนำมาใช้ในการขยายสัญญาณไฟ LED ให้เพียงพอต่อการนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ

สามารถต่อยอดงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อนำระบบนี้ไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการความเร็วในการควบคุมสูงมาก ตัวอย่างเช่น ระบบควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน โครงการของนักศึกษา ระบบให้อาหารสัตว์ และ ระบบปลูกต้นไม้อัตโนมัติ เป็นต้น

ข้อจำกัดของการใช้สัญญาณไฟ LED จากแป้นพิมพ์เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าคือสามารถควบคุมได้เพียง 3 ช่องทางเท่านั้น (numlock, capslock, scroll lock) สามารถขยายจำนวนช่องทางการควบคุมโดยการสร้างอุปกรณ์หรือกลไกเสริมลงในระบบซึ่งต้องทำการวิจัยถึงความเป็นไปได้ต่อไปในอนาคต

แม้ว่าความเร็วในการควบคุมอุปกรณ์จะไม่สูงมากเพียงพอที่จะนำมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ประเภทเครื่อง CNC ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ หรือ หุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์ เหมือนการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมโดยวิธีอื่น แต่แป้นพิมพ์สามารถหาซื้อตามท้องตลาดได้ง่ายกว่ามาก อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อโดยผ่าน USB port ทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

นายไพโรจน์ ชีระวงศ์ (2516). *ระบบควบคุมอัตโนมัติ*. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, สืบค้นเมื่อ 28

กุมภาพันธ์ 2562, จาก [http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=1
&chap=6&page=t1-6-infodetail13.html](http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=1&chap=6&page=t1-6-infodetail13.html)

วิทยาลัยเทคนิคสตั๊ดฮีบ (2556). *Port คอมพิวเตอร์ที่น่ารู้*. สืบค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2562, จาก

http://www.tatc.ac.th/files/09011219194805_1205180990152.pdf

Chutchavan Suksutthi (2559). *ทำความรู้จัก Raspberry Pi*. สืบค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2562, จาก

<http://www2.crma.ac.th/itd/Know/RBPI/index.asp>

Electronic workbench - PCB heaven (2552). *Light / Dark Activated Relay*. สืบค้นเมื่อ 9 เมษายน

2562, จาก http://www.pcbheaven.com/circuitpages/Light_Dark_Activated_Relay/

ElectronicsTutorials (2557). *Relay Switch Circuit*. สืบค้นเมื่อ 28 กุมภาพันธ์ 2562, จาก

<https://www.electronics-tutorials.ws/blog/relay-switch-circuit.html>

ThaiEasyElec (2558). *บทความ Arduino ตอนที่1 แนะนำเพื่อนใหม่ที่ชื่อ Arduino*. สืบค้นเมื่อ 28

กุมภาพันธ์ 2562. จาก [https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/
บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html](https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html)

การตัดสินใจเลือกผังโรงงานโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตสุขภัณฑ์

DECISION OF PLANT LAYOUT USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS A CASE STUDY OF A SANITARY WARE FACTORY

สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์^{1*}, ณัฐริกา คุณธรรม²

Sukonthip Permsin^{1*}, Nuttarika Khunnatham²

^{1,2} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2} Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

*Corresponding author, E-mail: sukonthipper@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในโรงงานสุขภัณฑ์แห่งหนึ่ง ซึ่งมีการจัดวางแผนผังภายในโรงงานที่ไม่เป็นระบบ ทำให้มีการวางสิ่งของกีดขวางการเคลื่อนที่มีระยะทางในการเคลื่อนย้ายมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น และการจัดเก็บชิ้นส่วนประกอบที่ไม่เป็นระเบียบเนื่องจากพื้นที่ที่จำกัด จึงแก้ปัญหาด้วยวิธีการออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบจำนวน 2 แบบ โดยผังโรงงานแบบที่ 1 เป็นการ จัดตั้งโรงงานโดยใช้ความถี่ของการขนย้ายเป็นหลัก ผังโรงงานแบบที่ 2 เป็นการ จัดตั้งโรงงานโดยใช้ความถี่ของการขนย้ายร่วมกับน้ำหนักในการขนย้าย จากนั้นจึงใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ในการตัดสินใจเลือกผังโรงงานทั้ง 2 แบบเปรียบเทียบกับผังโรงงานปัจจุบัน โดยมีปัจจัยในการพิจารณาทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ การไหลของวัสดุ พื้นที่การใช้งาน ความปลอดภัย และสภาพแวดล้อม ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าผังโรงงานทางเลือกที่เหมาะสมคือผังโรงงานแบบที่ 2 ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญที่ 0.49 เมื่อนำมาใช้ปรับปรุงพื้นที่การทำงานเปรียบเทียบกับผังโรงงานปัจจุบันจะทำให้ระยะทางการเคลื่อนที่ลดลง 41% และเวลาในการทำงานของแผนกประกอบหัวชำระลดลง 43.3% แผนกประกอบชุดกระจก ลดลง 29.2%

คำสำคัญ: การออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ABSTRACT

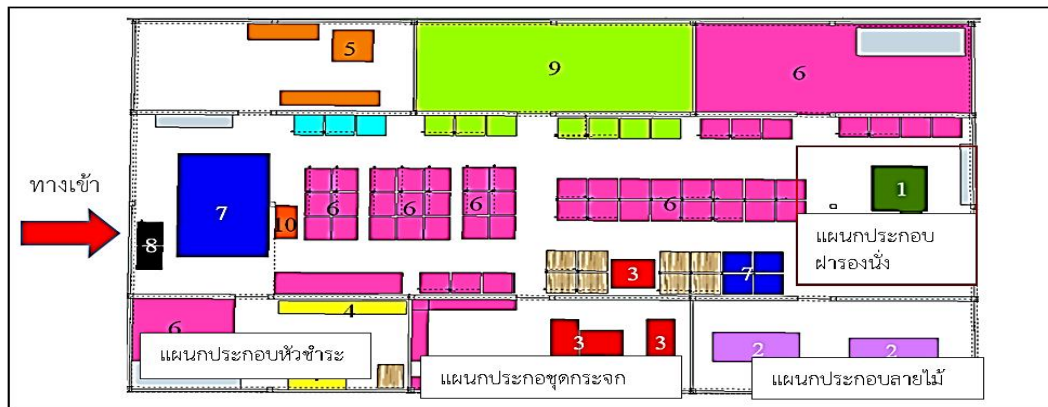
This purpose of this research is to increase the work efficiency in a sanitary ware factory. Currently, it was found that there was a barrier of moving, the distance to move more than necessary and storage of unregulated components due to limited space due to

the non-systematic plant layout. This research has solved the problem by Systematic Layout Planning (SLP) with 2 types of layout; layout type 1 is the arrangement of work stations using the frequency of moving primarily, layout type 2 is a work station arrangement using the frequency of moving and the weight of the transport. By using the Analytical Hierarchy Process (AHP) to decide on the 2 plant layouts compared with the current plant layout. There are 4 factors to consider; materials flow, utilization of plant area, safety and environment. From the analysis, it was found that the suitable plant layout is the factory layout type 2 which has a score of 0.49. When used to improve the working area compared to the current plant layout, the distance of the movement will be reduced by 41% and time. In the work of the sanitary ware assembly department, it decreased 43.3%. The mirror assembly department decreased 29.2%.

Keywords: Systematic Layout Planning, Analytic Hierarchy Process

บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ผลิตสินค้าประเภทสุขภัณฑ์พลาสติกภายในห้องน้ำ เช่น ชุดกระจกฝารองนั่ง กระจกของ ราวแขวน ฝักบัว เป็นต้น จากการศึกษางานประกอบภายในโรงงาน คือ แผนกประกอบหัวชำระ และแผนกประกอบชุดกระจก มีการทำงานภายในอาคารซึ่งใช้พื้นที่ร่วมกันกับการจัดเก็บชิ้นส่วนประกอบ (Work in process: WIP) และที่จัดวางสินค้าที่ประกอบสำเร็จรูป ดังภาพที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่หมายเลข 6 จะเป็นพื้นที่เก็บสินค้าวางไว้ตรงกลางอาคารซึ่งจะพบปัญหาในเรื่องของการวางชิ้นส่วนประกอบที่ล้นออกมาขวางทางเดิน และกีดขวางการขนย้ายของสินค้าจากแผนกไปยังที่วางสินค้าสำเร็จรูป ปัญหาของพื้นที่สำหรับการวางสินค้าสำเร็จรูปและการแพ็คสินค้าออกการนำส่งนั้นมีพื้นที่ในการวางจำกัด จนทำให้มีการวางสินค้าออกไปด้านนอกพื้นที่ที่กำหนดไว้ เนื่องด้วยที่วางสินค้าในการวางสินค้าสำเร็จรูปนั้นอยู่ด้านหน้าทางเข้าอาคาร ส่งผลให้มีการขวางทางเข้าออกของการรับสินค้าเข้าคลังวัสดุ จากปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการกีดขวางการขนย้าย การเคลื่อนที่ ระยะทางในการขนย้ายที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น และการจัดเก็บชิ้นส่วนประกอบที่ไม่เป็นระเบียบเนื่องด้วยพื้นที่ที่จำกัด



ภาพที่ 1: แผนผังโรงงานในปัจจุบัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางผังโรงงานจะมีการนำวิธีการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์มาใช้ในการคัดเลือกผังโรงงานที่เหมาะสม เช่น งานวิจัยของ มนสฤทิ และปวีณา (2555) ได้จัดวางผังโรงงานสายการผลิตชุดบังคับเลี้ยวล้อหน้า โดยกำหนดปัจจัยในการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน 4 ปัจจัย คือ การไหลของวัสดุ ต้นทุนของผังโรงงาน ระยะทางในการขนย้ายวัสดุ และการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ งานวิจัยของ ณัฏฐริยา (2556) ได้วางผังโรงงานอย่างเป็นระบบในโรงงานเครื่องจักรกลการเกษตร โดยกำหนดปัจจัยในการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน 6 ปัจจัย คือ ระยะทางในการขนถ่ายวัสดุ การไหลของวัสดุ การใช้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ลักษณะ/รูปร่าง/ค่านิยม/การยอมรับ และการใช้ประโยชน์พื้นที่ ส่วนงานวิจัยของรัชนิวรรณ (2550) ได้วิเคราะห์ทางเลือกในการวางผังโรงงานประกอบเครื่องปรับอากาศ โดยกำหนดปัจจัยในการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน 6 ปัจจัย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ณัฏฐริยา (2556)

งานวิจัยของ จุริพร และคณะ (2558) ได้ออกแบบผังโรงงานและการจัดการความปลอดภัยของโรงงานผลิตประตุม้วนเพื่อหาแนวทางในการป้องกันการเกิดอุบัติเหตุของโรงงาน โดยกำหนดปัจจัยในการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน 5 ปัจจัย คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ของวัสดุ ความปลอดภัย การไหลของวัสดุ การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ และการใช้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องงานวิจัยนี้จึงนำหลักการการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) มาปรับเปลี่ยนสถานที่ในการวางสินค้าให้เหมาะสม เพื่อไม่กระทบต่อการทำงานของฝ่ายประกอบแต่ละแผนก ลดระยะทางและหาพื้นที่การทำงานที่เหมาะสมให้แต่ละแผนก และใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP) มาช่วยตัดสินใจในการเลือกแผนผังโรงงาน โดยกำหนดปัจจัยในการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน 4 ปัจจัย คือ การไหลของวัสดุ พื้นที่การใช้งาน ความปลอดภัย และสภาพแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วางแผนผังโรงงานใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP)

หลักสำคัญขั้นพื้นฐานสำหรับการวางแผนผังโรงงานแบ่งออกได้ 3 ประการ (สมศักดิ์, 2550) คือ

1.1 ความสัมพันธ์ เป็นการจัดความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ โดยจะเริ่มจากความสัมพันธ์จากมากไปหาน้อย กิจกรรมที่มีความสัมพันธ์มากก็ให้อยู่ใกล้กัน

1.2 เนื้อที่ เป็นการพิจารณาเกี่ยวกับเนื้อที่ต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในโรงงาน

1.3 การปรับตำแหน่งเนื้อที่ ให้ได้อย่างเหมาะสมในข้อจำกัดต่าง ๆ

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ โดยอาศัยแผนภูมิความสัมพันธ์มีขั้นตอนดังนี้

2.1 กำหนดกิจกรรมต่าง ๆ เช่น แผนก หน่วยงาน เฉพาะเจาะจงและมีพื้นที่แน่นอน

2.2 จำแนกระดับความสัมพันธ์ โดยจำแนกออกเป็น 6 ระดับด้วยกันคือ

A: Absolute Necessary มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องอยู่ใกล้กัน

E: Especially มีความสำคัญมากที่จะต้องอยู่ใกล้กัน

I: Important มีความสำคัญที่จะต้องอยู่ใกล้กัน

O: Ordinary มีความสัมพันธ์กันธรรมดา

U: Unimportant ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน

X (XX): Undesirable อยู่ใกล้กันไม่ได้เลย

2.3 เหตุผลสำหรับระดับความสัมพันธ์ การให้เหตุผลควรมีที่จะอยู่ใกล้กัน และควรอยู่ใกล้กัน เช่น การไหลของชิ้นงานหรือวัสดุ การติดต่อบ่อย การใช้เครื่องมือร่วมกัน การใช้เอกสารใบเดียวกัน การเคลื่อนที่ของคน การขนถ่ายง่ายขึ้น

3. กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process : AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมากเริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบ “ความสำคัญ” ของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหา “น้ำหนัก” ของแต่ละเกณฑ์ก่อน หลังจากนั้นจึงนำ “ทางเลือก” ที่มีทั้งหมดมาประเมินผ่านเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติ (วิฑูรย์, 2542) ดังนี้

3.1 กำหนดกรอบปัญหา โดยพิจารณาเป้าหมายและระดับชั้นและเกณฑ์การตัดสินใจจากนั้นสร้างแผนภูมิลำดับชั้นซึ่งโครงสร้างของแผนภูมินี้ประกอบไปด้วย “องค์ประกอบ” หรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจต่างๆ

3.2 เปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์หรือวัตถุประสงค์ย่อยทีละคู่โดยอาศัยมาตราส่วน 1-9 นำผลการเปรียบเทียบที่ได้มาสร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

3.3 เปรียบเทียบความสำคัญของหลักเกณฑ์หรือวัตถุประสงค์ย่อยทีละคู่โดยอาศัยมาตราส่วน 1-9 นำผลการเปรียบเทียบที่ได้มาสร้างตารางเมตริกซ์เปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ

3.4 เปรียบเทียบทางเลือกหรือปัจจัยที่ละคู่และสร้างตารางเมตริกซ์ในลักษณะเดียวกับการเปรียบเทียบเกณฑ์

3.5 นำผลที่ได้มาสังเคราะห์โดยนำเอาลำดับความสำคัญของปัจจัยในระดับล่างมาถ่วงน้ำหนักกับลำดับความสำคัญของแบบจำลองทั้งหมด

3.6 คำนวณค่าความสอดคล้องของการตัดสินใจของทั้งแผนภูมิเพื่อทดสอบว่าการวินิจฉัยทั่วทั้งแผนภูมิสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยตรวจสอบจากค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) ว่ายอมรับได้หรือไม่จากการคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI)

ตารางที่ 1: ระยะทางการขนย้ายโดยเฉลี่ยแต่ละสถานีของผังโรงงานปัจจุบัน (หน่วย: เมตร)

จาก/ไป	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1.stock วัสดุ	-			10		10								
2.stock กล่องล้าง		-			34									
3.stock semi			-											
4.ติดก๊ับกระจก				-		4								
5.พับกล่องล้าง					-	1								
6.ประกอบชุดกระจก						-	1							
7.แพ็คถุง							-	34						
8.เครื่องอบฟิล์มหด								-					1	
9.ประกอบหัวชำระ	32.5								-	1				
10. ประกอบหน้าชำระ										-	0.5	15		
11. แพ็คลงกระสอบ											-		4	
12.ทดสอบการรั่วซึม												-	4	
13.ที่เก็บสินค้ารอนำส่ง													-	
รวม	32.5	0	0	10	34	15	1	34	0	1	0.5	15	9	152

วิธีดำเนินการ

1. เก็บรวบรวมข้อมูลผังโรงงานปัจจุบัน

ทำการวัดระยะทางจะวัดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ในการทำงานจริง สรุประยะทางการเคลื่อนที่ของพนักงานปัจจุบันได้ 152 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 1

2. เก็บรวบรวมข้อมูลขั้นตอนการผลิตในปัจจุบัน

เก็บข้อมูลวิธีการและลำดับขั้นตอนในการประกอบของ 2 แผนก คือแผนกประกอบชุดกระจกและแผนกประกอบหัวชำระ ด้วยแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต โดยการจับเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนการทำงานด้วยนาฬิกาจับเวลา ขั้นตอนละ 3 รอบการทำงานด้วยวิธีการสุ่ม จึงได้ข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3 โดยในการประกอบกระจก 1 ชุดใช้เวลา 676 วินาที ส่วนการประกอบหัวชำระใช้เวลา 404 วินาที

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรม

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมจะใช้แผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรม โดยความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมจะมีคะแนนเป็นตัวแสดงระดับความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรม หากมีระดับความสัมพันธ์กันมากก็ให้ความสัมพันธ์ระดับสูง

ตารางที่ 2: แผนภูมิการไหลของห้องประกอบชุดกระจกก่อนการปรับปรุง

ลำดับ งาน	คำอธิบายการทำงาน	สัญลักษณ์					เวลา(วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	หมายเหตุ
1	ไปเบิกแผ่นกระจก	○	➡	□	D	△	90	10	ไปและกลับ
2	ไปยกกล่องลัง	○	➡	□	D	△	120	34	ไปและกลับ
3	ไปเบิกวัสดุ	○	➡	□	D	△	60	10	ไปและกลับ
4	หยิบกระจกและขอบกระจก	○	➡	□	D	△	3	0.45	ระยะมือเอื้อม
5	วางกระจกบนขอบกระจก	●	➡	□	D	△	11		
6	ติดก๊ิบกระจก	●	➡	□	D	△	40		
7	ตรวจเช็คกระจก	○	➡	■	D	△	7		
8	เช็ดกระจก	●	➡	□	D	△	23		
9	แปะติ๊กเกอร์บาร์ และปั๊มสี	●	➡	□	D	△	27		
10	พับกล่อง	●	➡	□	D	△	50		
11	ยกกระจกไปยังโต๊ะประกอบ	○	➡	□	D	△	15	4	ไปและกลับ
12	หยิบกล่องและวางชุดน็อต	○	➡	□	D	△	4	0.45	ระยะมือเอื้อม
13	วางกระจกและใส่ที่รองกระจก	●	➡	□	D	△	6		
14	พับกล่องส่วนที่เหลือ	●	➡	□	D	△	5		
15	วางอุปกรณ์สำหรับชุดกระจกนั้นๆ	●	➡	□	D	△	9		
16	เตรียมถุง	●	➡	□	D	△	15		
17	หยิบชุดกระจกและถุง	○	➡	□	D	△	4	0.45	ระยะมือเอื้อม
18	ใส่ถุงติดเทป	●	➡	□	D	△	7		
19	ย้ายไปเครื่องรีดฟิล์ม	○	➡	□	D	△	180	34	ไปและกลับ
รวม		10	8	1			676	93.35	

ตารางที่ 3: แผนภูมิการไหลของห้องประกอบหัวชำระก่อนการปรับปรุง

ลำดับ งาน	คำอธิบายการทำงาน	สัญลักษณ์	เวลา(วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	หมายเหตุ
1	ไปเบิกวัสดุสำหรับประกอบที่ห้องคลัง	○ → □ □ □ □	160	32.4	ไปและกลับ
2	หยิบหัวจรวดและตัวชำระ	○ → □ □ □ □	3	0.3	ระยะมือเอื้อม
3	ประกอบหัวชำระเข้ากับหัวจรวด	● → □ □ □ □	5		
4	ยึดหัวชำระกับจิ๊ก	● → □ □ □ □	5		
5	หยิบสลักและมือกด	○ → □ □ □ □	3	0.3	ระยะมือเอื้อม
6	ประกอบสลักและมือกดกับหัวชำระ	● → □ □ □ □	10		
7	ปลดหัวชำระที่ประกอบออกจากจิ๊ก	● → □ □ □ □	7		
8	ย้ายไปโต๊ะประกอบหน้า	○ → □ □ □ □	15	1	ไปและกลับ
9	หยิบยางรองหน้า	○ → □ □ □ □	4	0.45	ระยะมือเอื้อม
10	ใส่ยางรองหน้า	● → □ □ □ □	3		
11	หมุนหน้าชำระ	● → □ □ □ □	5		
12	ย้ายไปทดสอบการรั่วซึม	○ → □ □ □ □	120	15	ไปและกลับ
13	ทดสอบการรั่ว	○ → ■ □ □ □	-		ไม่ได้วัด
14	ใส่ถุงแพ็ค	● → □ □ □ □	4	0.3	ระยะมือเอื้อม
15	ย้ายไปที่รถส่ง	○ → □ □ □ □	60	4	ไปและกลับ
รวม		7 7 1	404	53.75	

4. การวางแผนโรงงานใหม่

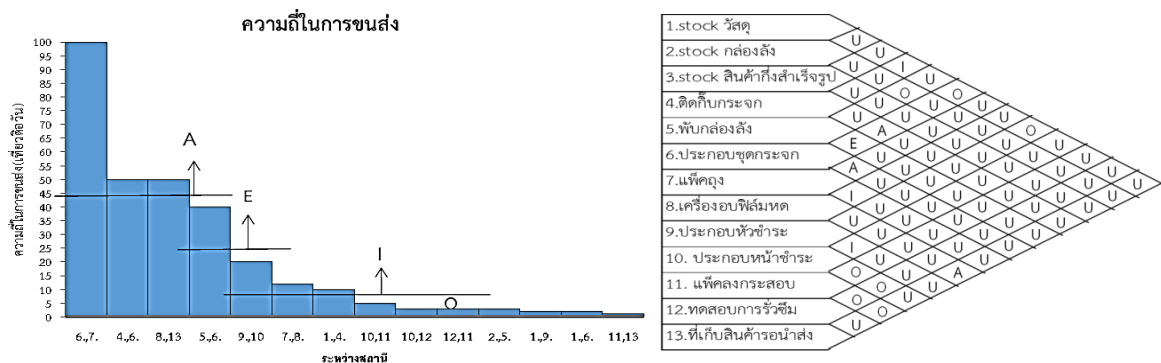
การวางแผนโรงงานใหม่จะทำการกำหนดตำแหน่งการวางสถานีงานของแผนกประกอบหัวชำระ และแผนกประกอบชุดกระจกใหม่ทั้งหมด โดยมีหลักในการวางแผนโรงงาน 2 แบบ คือ แบบที่ 1 จัดวางสถานีงานโดยใช้ความถี่ของการขนย้ายเป็นหลัก ส่วนแบบที่ 2 จัดวางสถานีงานโดยใช้ความถี่ของการขนย้ายร่วมกับน้ำหนักในการขนย้าย

4.1 การวางแผนโรงงานแบบที่ 1

จัดตำแหน่งสถานีงานตามความสัมพันธ์ของแต่ละสถานีโดยใช้ความถี่ในการขนย้าย หากมีความถี่ในการขนย้ายสูงสถานีงานนั้นจะถูกจัดให้อยู่ใกล้กัน โดยจะเริ่มจากการนำข้อมูลขนย้ายเพื่อหาความถี่ใน 1 วัน ดังตารางที่ 4 โดยระดับความสัมพันธ์แบ่งออกเป็น 6 ระดับตามความถี่ในการขนย้าย และสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรมดังภาพที่ 2

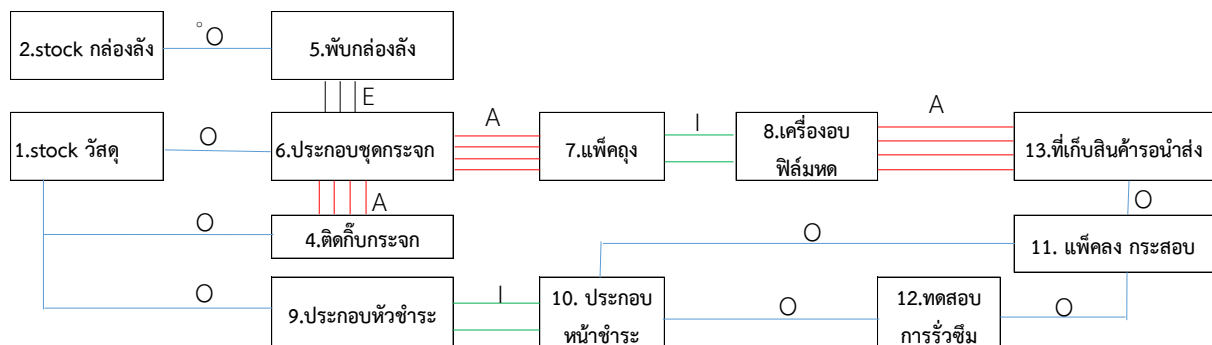
ตารางที่ 4: จำนวนเที่ยวต่อวันในการขนย้ายวัสดุ

จาก	ไป	เที่ยวต่อวัน	จาก	ไป	เที่ยวต่อวัน
6.ประกอบชุดกระจก	7.แพ็คถุง	100	10. ประกอบหน้าชำระ	11. แพ็คกล่องสอบ	5
4.ติดก๊ับกระจก	6.ประกอบชุดกระจก	50	2. stock กล้องลิ่ง	5. พับกล่องลิ่ง	3
8. เครื่องอบฟิล์มหด	13. ที่เก็บสินค้ารอนำส่ง	50	10. ประกอบหน้าชำระ	12. ทดสอบการรื้อชิ้น	3
5. พับกล่องลิ่ง	6. ประกอบชุดกระจก	40	12. ทดสอบการรื้อชิ้น	11. แพ็คกล่องสอบ	3
9. ประกอบหัวชำระ	10. ประกอบหน้าชำระ	20	1. stock วัสดุ	6. ประกอบชุดกระจก	2
7. แพ็คถุง	8. เครื่องอบฟิล์มหด	12	1. stock วัสดุ	9. ประกอบหัวชำระ	2
1. stock วัสดุ	4. ติดก๊ับกระจก	10	11. แพ็คกล่องสอบ	13. ที่เก็บสินค้ารอนำส่ง	1



ภาพที่ 2: ความสัมพันธ์ตามความถี่การขนส่ง และแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามความถี่การขนส่ง

การวางผังโรงงานใหม่เริ่มจากการเขียนแผนภาพความสัมพันธ์ ดังภาพที่ 3 ซึ่งช่วยให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างชัดเจน และทำการกำหนดตำแหน่งการวางสถานีนงานของแผนกประกอบหัวชำระ และแผนกประกอบชุดกระจกใหม่ทั้งหมด ซึ่งแผนผังโรงงานแบบที่ 1 มีระยะทางการเคลื่อนที่รวม 87.5 เมตร



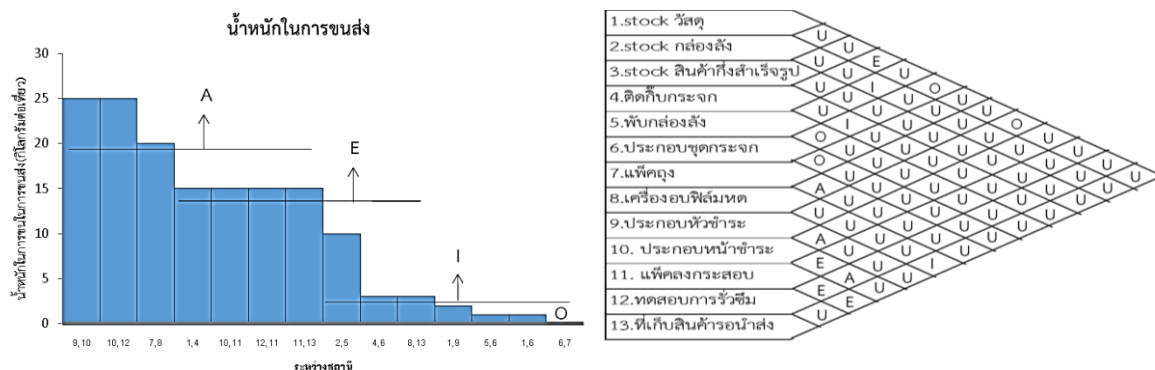
ภาพที่ 3: แผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามความถี่การขนย้าย

ตารางที่ 5: น้ำหนักของการขนย้ายระหว่างสถานีงาน

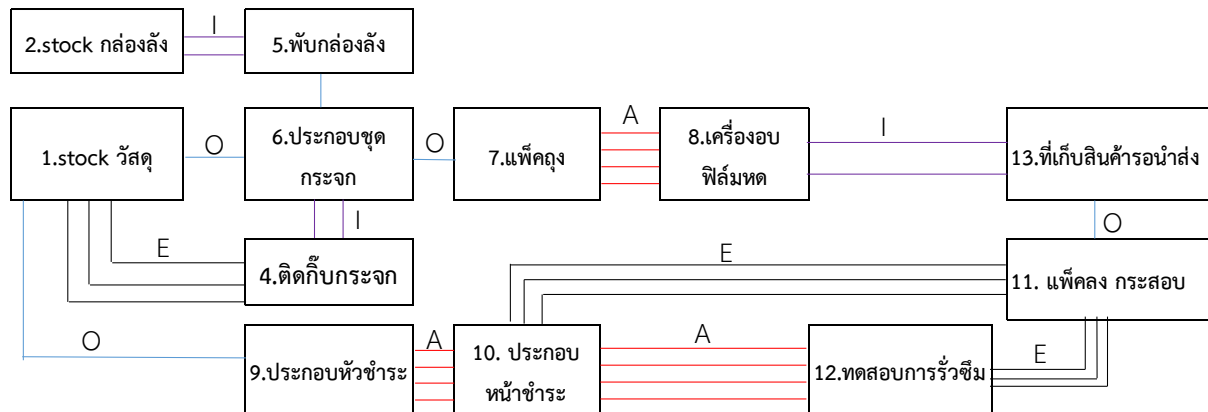
จาก	ไป	กิโลกรัม ต่อเที่ยว	จาก	ไป	กิโลกรัม ต่อเที่ยว
9. ประกอบหัวชำระ	10. ประกอบหน้าชำระ	25	2. stock กล่องล้าง	5. พับกล่องล้าง	10
10. ประกอบหน้าชำระ	12. ทดสอบการรั่วซึม	25	4. ติดก๊ีบกระจก	6. ประกอบชุดกระจก	3
7. แพ็คถุง	8. เครื่องอบฟิล์มหด	20	8. เครื่องอบฟิล์มหด	13. ที่เก็บสินค้ารอนำส่ง	3
1. stock วัสดุ	4. ติดก๊ีบกระจก	15	1. stock วัสดุ	9. ประกอบหัวชำระ	2
10. ประกอบหน้าชำระ	11. แพ็คกล่องกระสอบ	15	5. พับกล่องล้าง	6. ประกอบชุดกระจก	1
12. ทดสอบการรั่วซึม	11. แพ็คกล่องกระสอบ	15	1. stock วัสดุ	6. ประกอบชุดกระจก	1
11. แพ็คกล่องกระสอบ	13. ที่เก็บสินค้ารอนำส่ง	15	6. ประกอบชุดกระจก	7. แพ็คถุง	

4.2 การวางแผนผังโรงงานแบบที่ 2

การวางแผนผังโรงงานในแบบที่ 2 จะนำเรื่องของน้ำหนักในการขนย้ายในแต่ละเที่ยวในมาพิจารณาร่วมด้วย ดังแสดงในตารางที่ 5 และทำการแบ่งระดับความสัมพันธ์ตามน้ำหนักการขนย้ายดังแสดงในภาพที่ 4 การคำนวณหาจำนวนความสัมพันธ์ทั้งหมดได้จากสูตร $= N \times (N-1)/2$ โดย N คือจำนวนกิจกรรมทั้งหมด ดังนั้นจะได้ค่าเท่ากับ $13 \times (13-1)/2 = 78$ ความสัมพันธ์ และจากระดับความสัมพันธ์ตามน้ำหนักการขนส่งระหว่างสถานีงาน ได้นำมาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรมดังภาพที่ 4 และนำมาสร้างแผนภาพความสัมพันธ์ได้ในภาพที่ 5 ซึ่งแผนผังโรงงานแบบที่ 2 มีระยะทางการเคลื่อนที่รวม 90 เมตร



ภาพที่ 4: ความสัมพันธ์ตามน้ำหนักการขนส่งระหว่างสถานีงาน และแผนภูมิความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามน้ำหนักการขนส่ง



ภาพที่ 5: แผนภาพความสัมพันธ์ของกิจกรรมตามน้ำหนักการขนส่ง

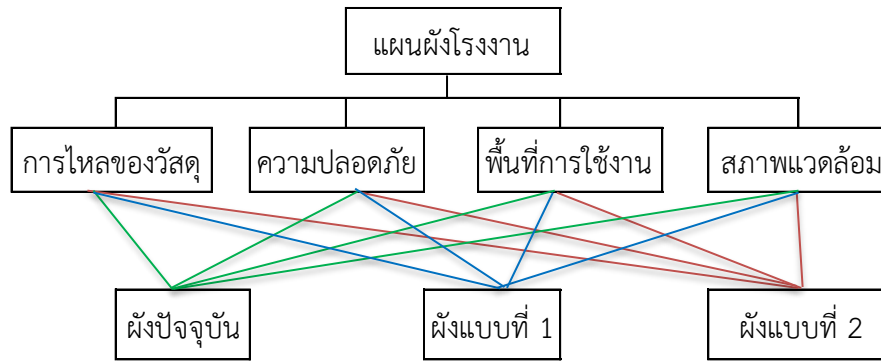
5. แบบประเมินในการตัดสินใจโดยใช้ลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) มาช่วยในการตัดสินใจเลือกแผนผังโรงงาน กำหนดเกณฑ์ดังตารางที่ 6 สร้างแผนภูมิลำดับชั้นการตัดสินใจ เลือกแผนผังโรงงานในภาพที่ 6 เพื่อดูองค์ประกอบในการตัดสินใจ และมาจัดทำแบบประเมินในการเลือก แผนผังโรงงานเพื่อทำแบบสอบถามในการประเมินแผนผังโรงงานซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเป็นคู่

กำหนดกลุ่มตัวอย่างของการตอบแบบประเมิน โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการพิจารณาจาก การตัดสินใจของผู้วิจัย จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องภายในแผนกประกอบในการเลือกแผนผังโรงงาน 5 คน จาก 5 ตำแหน่ง คือ ผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าแผนกชำระ หัวหน้าแผนกกระจก หัวหน้าแผนกฟารองนั่ง และหัวหน้า แผนกกระจกฉายไม้

ตารางที่ 6: ความหมายปัจจัยที่ใช้ในเกณฑ์การตัดสินใจ

ปัจจัย	ความหมาย
การไหลของวัสดุ	การขนย้ายมีความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น เช่น การลดระยะทางขนย้ายในการทำงาน
ความปลอดภัย	ความปลอดภัยของพนักงานและสินค้าในการขนย้าย เช่น ลดความเสียหายในการขนย้ายสินค้าและการ ยกของพนักงานไม่ให้เกิดความล้า
พื้นที่การใช้งาน	ใช้พื้นที่ได้เกิดประโยชน์มากที่สุด เช่น มีพื้นที่ในการวางสินค้ามากขึ้นมีพื้นที่สำรองในการวางสินค้าและ พื้นที่ในการทำงานสะดวกต่อการเคลื่อนที่ปฏิบัติงาน
สภาพแวดล้อม	แสงสว่างในการทำงาน อากาศถ่ายเทสะดวกและความเหมาะสมของการวางสถาณ่างาน



ภาพที่ 6: แผนภูมิลำดับชั้นการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน

ผลการวิจัย

1. เปรียบเทียบระยะทาง

จากการปรับปรุงผังโรงงานโดยใช้หลักการวางแผนผังโรงงานอย่างมีระบบ ได้ทำการเสนอแผนผังในการปรับปรุง 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบกับผังโรงงานในปัจจุบัน ผลจากการเปรียบเทียบระยะทางการขนย้ายแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7: เปรียบเทียบระยะทางการขนย้ายวัสดุรวมของผังโรงงาน

ผังโรงงาน	รวมระยะทาง (เมตร)	ลดลง (เมตร)	การเปลี่ยนแปลงที่ลดลง
ผังโรงงานปัจจุบัน	152		
ผังโรงงานแบบที่ 1	87	65	43%
ผังโรงงานแบบที่ 2	90.5	61.5	40%

2. ประเมินผลผังโรงงานทางเลือก

ประเมินผลจากแบบสอบถามจากผู้เกี่ยวข้องในบริษัทจำนวน 5 คน สามารถแสดงข้อมูลจากการประมวลผลการวิเคราะห์โดยใช้การคำนวณตามตารางการเปรียบเทียบเชิงคู่ โดยสามารถแยกผลจากการตอบแบบสอบถามตามลำดับชั้นของวัตถุประสงค์ปัจจัย และทางเลือกในการเลือกแผนผัง ได้ดังนี้ คือ

1) น้ำหนักความสำคัญแต่ละด้านของเกณฑ์ที่มีผลในการเลือกแผนผังโรงงาน

แสดงข้อมูลในตารางที่ 8

2) น้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์

จากผลของการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกแผนผังโรงงาน ด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับสามารถแสดงผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8: ผลจากการคำนวณค่าน้ำหนักของเกณฑ์ปัจจัยของการประเมิน

ลำดับ	ผู้ตอบแบบสอบถาม	การไหลของวัสดุ	ความปลอดภัย	พื้นที่การใช้งาน	สภาพแวดล้อม	ค่าความสอดคล้อง
1	ผู้จัดการโรงงาน	0.44	0.22	0.24	0.10	0.08
2	หัวหน้าแผนกชำระ	0.20	0.56	0.10	0.14	0.08
3	หัวหน้าแผนกชุดกระจก	0.33	0.15	0.32	0.20	0.44
4	หัวหน้าแผนกสายไม้	0.28	0.24	0.32	0.16	0.04
5	หัวหน้าแผนกฝารองนั่ง	0.33	0.12	0.43	0.11	0.036
ค่าเฉลี่ย		0.32	0.26	0.28	0.14	0.14
ลำดับความสำคัญ		1	3	2	4	

ตารางที่ 9: สรุปค่าน้ำหนักความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ

	การไหลของวัสดุ	ความปลอดภัย	พื้นที่การใช้งาน	สภาพแวดล้อม	คะแนนการตัดสินใจ (%)
	0.32	0.26	0.28	0.14	
แผนผังปัจจุบัน	0.03	0.02	0.02	0.01	9%
แผนผังแบบที่ 1	0.16	0.07	0.13	0.07	42%
แผนผังแบบที่ 2	0.13	0.17	0.13	0.06	49%

3. เลือกผังโรงงานและดำเนินการ

งานวิจัยนี้ได้เลือกผังโรงงานในแบบที่ 2 เพราะการประเมินเพื่อหาความเหมาะสมแผนผังโรงงานแบบที่ 2 มีค่าลำดับความสำคัญที่ 0.49 ซึ่งมากที่สุด โดยทำการออกแบบแผนผังดังภาพที่ 6

4. ผลจากการปรับปรุงแผนผังโรงงาน

การจัดผังโรงงานใหม่สามารถทำให้การขนย้ายคล่องตัวยิ่งขึ้น เพิ่มพื้นที่ในการขนย้าย การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง แสดงในตารางที่ 10



ภาพที่ 6: แผนผังโรงงานหลังปรับปรุง

ตารางที่ 10: ผลการเปรียบเทียบระยะทางการขนย้ายวัสดุก่อนและหลังปรับปรุง

ผังโรงงาน	ระยะทางรวม ห้องชำระ	ระยะรวมห้อง กระจก	ระยะทางรวมการ ทำงาน	ลดลง	การเปลี่ยนแปลงที่ลดลง
ผังโรงงานก่อนปรับปรุง	48.75	93.35	142.1		
ผังโรงงานหลังปรับปรุง	21.35	62.35	83.7	58.4	41%

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแผนกประกอบหัวชำระและแผนกประกอบชุดกระจก ผู้วิจัยได้นำเสนอผังโรงงานปรับปรุงใหม่ 2 แบบ โดยผังโรงงานแบบที่ 1 เป็นการจัดสถานีงานจากการวิเคราะห์ความถี่ของการขนย้ายเป็นหลัก โดยเรียงลำดับความถี่การขนส่งจากมากไปน้อย ซึ่งสถานีงานในการประกอบยังเท่าเดิมเพียงแต่เปลี่ยนสถานที่ในการจัดวางให้มีความสัมพันธ์กันมากขึ้น ผังโรงงานแบบที่ 2 จัดสถานีงานจากการวิเคราะห์ความถี่และน้ำหนักในการขนย้ายเมื่อเปรียบเทียบระยะทางรวมพบว่าแผนผังโรงงานแบบที่ 1 มีระยะทางรวมลดลง 43% แผนผังโรงงานแบบที่ 2 ระยะทางลดลง 40% และจากการใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ในการตัดสินใจเลือกผังโรงงานผลที่ได้คือแผนผังโรงงานในแผนผังโรงงานแบบที่ 2 มีค่าลำดับความสำคัญที่ 0.49 ซึ่งมากที่สุด แบบที่ 1 ค่าระดับความสำคัญ 0.42 แบบปัจจุบัน 0.09 ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกแผนผังโรงงานแบบที่ 2 ในการมาปรับปรุงพื้นที่การทำงานของฝ่ายประกอบและสรุปผลได้ดังนี้

1. ลดระยะทางในการขนย้ายจากแผนผังโรงงานเดิม 142.1 เมตร หลังปรับปรุงระยะทางรวม 83.7 เมตร ลดลง 58.4 เมตร หรือลดลงได้ 41%

2. ลดระยะเวลาในการประกอบ โดยแผนกประกอบหัวชำระแผนผังโรงงานเดิมใช้ระยะเวลา 404 วินาที แผนผังโรงงานหลังการปรับปรุงใช้ระยะเวลา 229 วินาทีที่ระยะเวลาลดลงไป 43.3% แผนกประกอบชุดกระจก แผนผังโรงงานเดิมใช้ระยะเวลา 676 วินาที แผนผังโรงงานหลังการปรับปรุงใช้ระยะเวลา 478.5 วินาที ระยะเวลาลดลงไป 29.2%

เอกสารอ้างอิง

จूरพร จิระภัทรศิลป์, วชิรินทร์ วิทย์กุล และวีระเกษตร สอนผกา. “การออกแบบผังโรงงานและการจัดการความปลอดภัยของโรงงานผลิตประตูกมวน” *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา* ปีที่ 26, ฉบับที่ 4, 2558. ฌัทรียา ภักดีปัญญา, 2556. “การวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ (SLP) และการประเมินผังทางเลือกที่เหมาะสมโดยวิธีลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP): กรณีศึกษาโรงงานเครื่องจักรกลการเกษตร.” *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2556*. 16-18 ตุลาคม 2556 พัทยา ชลบุรี.

- มนสุภี เวทีกุล และปวีณา เซาวลิตวงศ์, 2555. “การวิเคราะห์ทางเลือกการวางผังโรงงานของสายการผลิตชุด
บังคับเลี้ยวล้อหน้า.” วารสารวิศวกรรมศาสตร์: เล่ม 3, ฉบับที่ 3: การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม: ISSN
1906-3636
- รัชนีวรรณ ตั้งเผ่าพงศ์, 2550. “การวิเคราะห์ทางเลือกในการวางผังโรงงาน: กรณีศึกษาโรงงานประกอบ
เครื่องปรับอากาศ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิฑูรย์ ตันศิริคงคล, 2542. AHP: กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับคามนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพฯ: กราฟ
ฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง เซ็นเตอร์.
- วิทยา อินทร์สอน, “การวางผังโรงงานอุตสาหกรรม.” สืบค้นเมื่อ 26 กันยายน พ.ศ. 2561, จาก
<https://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1229§ion=16&issues=79>
- สมศักดิ์ ตรีสัตย์, 2550. การออกแบบและการวางผังโรงงาน. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-
ญี่ปุ่น).

การประยุกต์ใช้ BIM ในงานวิศวกรรมคุณค่า หอพักงานสถาปัตยกรรม กรณีศึกษาโครงการ
ก่อสร้างคอนโดมิเนียม

THE APPLY OF THE BUILDING INFORMATION MODELING FOR VALUE
ENGINEERING IN ARCHITECTURAL WORK CASE STUDY : CONDOMINIUM
CONSTRUCTION PROJECTS

ดาร์รัตน์ พวงมาลี¹, พรณทิภา มหาวงศ์², ศรีณยู พรหมศรี³
Dararat Pounmalee¹, Pantipa mahawong², Saranyoo Promsorn³

¹สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้าง

¹Construction Management

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

²Rajamangala University of Technology Rattanakosin

*Corresponding author, Email: nook_021@outlook.co.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากหน่วยงานด้านการก่อสร้างในประเทศไทยได้นำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในเรื่องของการออกแบบ แต่ก็ต่างประสบปัญหาในเรื่องการขาดมาตรฐานการทำงานบนคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยทำจึงได้เล็งเห็นปัญหา และทำการวิจัยหลักการใช้ BIM ในวิศวกรรมคุณค่า เพื่อให้สถาปนิก, วิศวกร และผู้รับเหมาสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเข้าใจตรงกัน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้ทฤษฎีวิศวกรรมคุณค่าโดยการวิเคราะห์ค่า B/C Ratio ร่วมกับการใช้แบบจำลองสารสนเทศ (Building Information Modeling : BIM) โดยได้ศึกษางานวัสดุปูพื้นเป็นหลัก จากนั้นจะนำวัสดุปูพื้น แต่ละชนิดมาวิเคราะห์คุณสมบัติ เพื่อเลือกวัสดุปูพื้นที่มาผลการวิเคราะห์คุณสมบัติมากที่สุด 3 อันดับแรก ในส่วนของห้องรับแขก, ครีวดอเนื่อง, ห้องนั่งเล่น, ห้องนอน วัสดุที่มีผลการวิเคราะห์มากที่สุด 3 อันดับแรก

สรุปได้ว่า ในส่วนของห้องรับแขก, ครีวดอเนื่อง, ห้องนั่งเล่น, ห้องนอน วัสดุที่มีค่า B/C Ratio มากที่สุด คือ 1) กระเบื้องยางลายไม้ ค่าอัตราผลตอบแทน 1.90 2) ไม้ลามิเนต ค่าอัตราผลตอบแทน 1.03 3) ไม้ไฟเบอร์ซีเมนต์ ค่าอัตราผลตอบแทน 0.98 ในส่วนห้องน้ำ, ระเบียง, ห้องครัวแยก และโถงทางเดิน วัสดุที่มีค่า B/C Ratio มากที่สุด คือ 1) กระเบื้องเซรามิกขนาด 30x30 เซนติเมตร ค่าอัตราผลตอบแทน 1.04 2) กระเบื้องเซรามิกขนาด 30x30 เซนติเมตร ค่าอัตราผลตอบแทน 1.03 3) กระเบื้องพอร์ซแลนด์ขนาด 30x30 เซนติเมตร ค่าอัตราผลตอบแทน 1.01 จะเห็นได้ว่าค่าอัตราผลตอบแทนขึ้นอยู่กับราคาวัสดุปูพื้นแต่ละชนิด ผลการวิจัยสามารถเป็น

แนวทางในการนำเสนอ การเลือกใช้วัสดุปูพื้นแต่ละชนิด อีกทั้งยังชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของการนำแบบจำลองสารสนเทศ (Building Information Modeling : BIM) มาใช้ร่วมกัน เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้น

คำสำคัญ: แบบจำลองข้อมูลสารสนเทศ, วิศวกรรมคุณค่า, คอนโดมิเนียมแบบ Low Rise

Abstract

Construction site project used computer technology to aid design. But got problems of lack between the standard of working on the same standard computer software. BIM program was used by architects, engineers and contractors for coordinate.

This purpose of the study was to use value engineering theory combine with BIM. Floor Material was selected to study in this research. The result was presented according to value engineering theory, then used each type of paving materials to present the properties in order to select the paving materials to come to the results of the analysis of the top 3 properties.

This article showed that in the living room, kitchen, living room, bedroom, the material was score highest B/C ratio 1) rubber wood tiles B/C ratio equal 1.90 2) Laminated wood B/C ratio equal 1.03 3) Fiber cement wood effective rate instead of 0.98 in the bathroom, balcony, separate kitchen and hallway. The material was highest score B / C ratio 1) Ceramic tile size 30x30 cm. substitution rate 1.04 2) ceramic tile size 30x30 cm. substitution rate 1.03 3) Porchland tile size 30x30 cm. value instead 1.01.

The results presented that the rate of return depends on the price of each type of flooring material, and the amount of space for each section is different, resulting in the rate of return for each part and each material is different. Thus the results suggest to for presenting the selection of each type of floor materials. It also develops the benefits of using BIM technology in order to clearly work with teamwork.

Keywords: Building Information Modeling, Value engineering, Low Rise Condominium

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยกำลังเข้าสู่ยุคที่มีการใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์อย่างเต็มรูปแบบ รวมถึงหน่วยงานด้านงานก่อสร้างก็ได้นำเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในเรื่องของการออกแบบ แต่ก็ต่างประสบปัญหาในเรื่องการขาดมาตรฐานการทำงานบนคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ส่งผลต่อ

คุณภาพงานเกิดความล่าช้า ดังนั้นทางผู้วิจัยทำจึงได้เล็งเห็นปัญหา และทำการศึกษาหลักการใช้แบบจำลองสารสนเทศ (Building Information Modeling : BIM) ในวิศวกรรมคุณค่า เพื่อให้สถาปนิก,วิศวกร และผู้รับเหมาสามารถทำงานร่วมกันได้โดยเข้าใจตรงกัน ลดความล่าช้าของการทำงาน เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ได้ตามมาตรฐาน ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้นำหลักของวิศวกรรมคุณค่าเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์คุณค่าของวัสดุปูพื้น เพื่อเพิ่มทางเลือก และเป็นแนวทางในการลดต้นทุนของวัสดุปูพื้นอีกหนึ่งรูปแบบ

ปัจจุบันโปรแกรมที่นิยมใช้ในงานวิศวกรรมคุณค่า คือ โปรแกรม Archicad 22 เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่าย, สะดวก และสามารถนำไปต่อยอดในโปรแกรมอื่นเพิ่มอีกได้ อีกทั้งยังสามารถใช้งานได้ทั้ง 2 มิติ, 3 มิติ รวมถึงสามารถถอดแบบประเมินราคาได้แม่นยำขึ้น เนื่องจากอ้างอิงราคากลางจากสำนักบัญชีกลางของประเทศไทย หากมีการแก้ไขในตัวแบบ ปริมาณจะถูกแก้ไขให้โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องนับสำรวจอีกครั้ง แม้ปัจจุบันหลักของวิศวกรรมคุณค่าจะยังไม่ถูกนำมาพูดถึงมากนัก แต่ในการทำงานมักมีการใช้วิศวกรรมคุณค่าเข้ามาช่วยในการดำเนินงานอยู่เสมอ เช่นการลดขั้นตอนการดำเนินงานที่ไม่จำเป็น เพื่อลดระยะเวลาในการดำเนินงาน ก็ถือว่าเป็นกระบวนการของวิศวกรรมคุณค่าเช่นเดียวกัน

จากการสำรวจข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่ง พบว่า ไม่ปรากฏการใช้งานโปรแกรม BIM และยังพบปัญหาหน้างานในงานติดตั้งแผ่นพื้น เช่น เกิดการยวบ, บวม และปัญหาเกิดจากรอยต่อของไม้ คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการเปรียบเทียบวัสดุที่สามารถนำมาเทียบเท่า ซึ่งยึดหลักตามมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรม Archicad 22 ร่วมด้วย เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้นำไปเป็นแนวทางในการปรับใช้ในโครงการที่มีลักษณะเดียวกันได้

บททวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับการวิจัยโดยมีประเด็นการค้นคว้าเป็นดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎี

1.1 แนวคิด และทฤษฎีของแบบจำลองสารสนเทศ (Building Information Modeling : BIM)

ปัญญาพล จันทรดอน, (2556) กล่าวว่า กระบวนการทำงานของแบบจำลองข้อมูลอาคาร ถือเป็นแนวทางที่ใช้ในการทำงานที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับการพัฒนาของระบบดิจิทัล และผ่านการประมวลผลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการตอบสนองในการพัฒนาทางด้านธุรกิจ ซึ่งมีความต้องการข้อมูล (Information) ที่มีความถูกต้อง และผ่านการบริหารจัดการมาเป็นอย่างดีแล้ว และมีการนำเสนอผลงานที่มีลักษณะเสมือนจริงที่สามารถรับรู้มิติผ่านสื่อเชื่อมโยงทางอิเล็กทรอนิกส์ BIM มีวัตถุประสงค์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างซอฟต์แวร์ และสนับสนุนการทำงานร่วมกันบนฐานข้อมูลดิจิทัล โดยการใช้หลักการทำงานที่ร่วมกันระหว่าง Building Product Model และ Object-based parametric modeling ซึ่งสามารถทำการบริหารจัดการเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมข้อมูลเหล่านั้นได้ตลอดเวลา และจะทำให้ข้อมูลขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในแบบจำลองมีการเปลี่ยนแปลงในทุกมุมมองโดยอัตโนมัติ โดยที่หลักการทำงานสามารถเริ่มต้นด้วยการใช้

แนวความคิดในการดึงข้อมูล (Capturing) ในการบริหารจัดการข้อมูลอาคารซึ่งจะสามารถแสดงข้อมูลเหล่านั้นในแบบอย่าง วิธีการที่ใช้กัน หรือวิธีการที่มีความเหมาะสมต่อการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบ, ผู้รับเหมา และเจ้าของงานสามารถสื่อสารกันได้โดยเข้าใจ โดยการใช้แบบจำลองข้อมูลอาคารเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นในการสร้างตัวจำลองรวมถึงขั้นตอนการจัดเก็บ และการจัดการไว้ในฐานข้อมูลโครงการ และอนุญาตให้ทุกคนในโครงการสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ซึ่งจะเป็นการง่ายในการสื่อสารระหว่างผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และสามารถใช้ในการนำเสนอให้ผู้ดูเข้าใจแบบได้

1.2 วิสวกรรมคุณค่า

วิสวกรรมคุณค่า นางสาวสศิธา หล่อสกุล, (2556) กล่าวว่า เป็นการศึกษาคูณค่าของผลิตภัณฑ์ขั้นตอนการทำงาน, สินค้า, เครื่องมือ หรือบริการอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อพัฒนาให้สิ่งที่ถูกนำมาศึกษานั้นมีคุณค่ามากขึ้น โดยยังคงมีคุณค่าพื้นฐานของตัวมันเอง วิสวกรรมคุณค่านั้นถูกกล่าวถึงควบคู่ไปกับการบริหารโครงการ เป้าหมายของวิสวกรรมคุณค่า จะเน้นที่การพัฒนาคุณค่าของสิ่งที่นำมาศึกษา เช่น เพิ่มคุณภาพ, สมรรถภาพ, ความปลอดภัย, ลดค่าใช้จ่ายทั้งทางตรง และค่าใช้จ่ายตลอดวงจรชีวิต ตัวอย่างของวิสวกรรมคุณค่า เช่นการก่อสร้างถนน โดยการเปลี่ยนขั้นตอนการสร้างถนนเป็นรูปแบบใหม่ แม้ว่าค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นแต่คุณค่าด้านความปลอดภัยสูงขึ้น และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลดลง ซึ่งทำให้คุณค่าโดยรวมสูงกว่า ซึ่งในสหรัฐอเมริกา กรมทางหลวงของประเทศได้มีการผลักดันให้แต่ละรัฐได้มีการนำวิสวกรรมคุณค่าไปใช้ในทุกระยะการก่อสร้างทางหลวงของรัฐบาล

1.3 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

นายชีพวิทย์ รื่นนารินารถ, (2557) กล่าวว่า อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันสุทธิของกระแสเงินสดที่ได้รับตลอดอายุโครงการกับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการนั้น เป็นการเปรียบเทียบระหว่างผลตอบแทนในรูปของกระแสรายได้ที่เกิดขึ้นในอนาคตตลอดอายุโครงการที่มีการปรับค่าให้เป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วกับเงินลงทุนเริ่มแรกของโครงการที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+k)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+k)^t}}$$

B_t	=	กระแสเงินสดรับ ณ ปีที่ t
C_t	=	กระแสเงินสดจ่าย ณ ปีที่ t
k	=	อัตราคิดลด
n	=	อายุโครงการ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1: แสดงข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ชื่อผู้แต่ง	ปี พ.ศ.	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือในการวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
นายชัชวิทย์ รื่นนารีนารถ	2557	การประยุกต์ วิศวกรรมคุณค่า และบีเอ็มเป็น แนวทางในการ เลือกรูปแบบโดย การวิเคราะห์ อุณหภูมิในอาคารที่ พักอาศัย	-Autodesk Revit -Autodesk Ecotec	พบว่า แบบที่แก้ไขใหม่ มีค่า B/C Ratio สูง ที่สุด และต้นทุนในการ ก่อสร้างต่ำที่สุด	หลักวิศวกรรมคุณค่า สามารถนำมาช่วยในการ เพิ่มทางเลือกในการ ก่อสร้างได้ และสามารถนำ บีเอ็มมาใช้ในการจำลองงาน ก่อสร้างได้
นางสาวสศิธา หล่อสกุล	2556	การใช้หลัก วิศวกรรมคุณค่าใน การบริหารโครงการ ประเภทบ้านพัก อาศัย	การสัมภาษณ์	พบว่าผู้รับเหมาหลักจะ เริ่มตรวจสอบแบบ ก่อสร้างว่า ส่วน ใดสามารถลดต้นทุนใน หลักการวิศวกรรม คุณค่า และทำการ เสนอแก่เจ้าของ โครงการ	ในการทำงานจริงนั้น หลักการวิศวกรรมคุณค่า สามารถนำมาใช้ได้ตั้งแต่ ขั้นตอนการนำเสนอ ใน การวิจัยนี้ได้นำเอาแนวคิด การใช้วิศวกรรมคุณค่ามา ประกอบในการเลือกวัสดุ โครงการ
นายปัญญาพล จันทร์ดอน	2556	การนำระบบ BIM มาใช้ในการจัดทำ แบบก่อสร้างจริง ส่วนงานระบบ อาคาร (M&E ASBUILT DRAWINGS) กรณีศึกษา โครงการ โรงแรม เวฟพัทยา	Tekla BIM sight	พบว่า โปรแกรม Tekla BIM sight นั้น สามารถใช้งาน โครงสร้างได้ดีกว่า งานระบบสุขาภิบาล เนื่องจากตัว โปรแกรมมีข้อมูล สำเร็จรูปของเหล็ก อย่างครบถ้วน	ผู้วิจัยได้นำ โปรแกรม Archicad ซึ่งเป็น โปรแกรมที่อยู่ในกลุ่ม BIM มาจำลองงาน สถาปัตยกรรม หลังจาก เปลี่ยนวัสดุปูพื้นแล้ว เพื่อให้เห็นความแตกต่าง ของวัสดุแต่ละชนิด

ชื่อผู้แต่ง	ปี พ.ศ.	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือในการวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
นางสาวภัทร วรรณ ธารพร	2557	โครงสร้างปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้วิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบอาคารโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน	- แบบสอบถาม - โปรแกรม SPSS	พบว่า โครงสร้างปัจจัยถูกแบ่งเป็นสี่กลุ่ม พร้อมน้ำหนักความสำคัญดังนี้ “การออกแบบระบบอาคาร 40%” “การออกแบบภายนอกอาคาร 30%” “การออกแบบสถาปัตยกรรมและตกแต่งภายใน 26%” และ “การออกแบบโครงสร้าง 4%”	มีความสอดคล้องเกี่ยวกับปัญหาในการใช้วิศวกรรมคุณค่าในประเทศไทยซึ่งยังไม่มีการแพร่หลายอย่างเป็นระบบมากนัก
นายสุพฤทธิ ตั้งพฤทธิกุล และ นายณัฐวุฒิ สวัสดิ์สุข	2558	การใช้งาน และแนวทางการผลักดัน Building Information Modeling (BIM) ในประเทศไทย	แบบสอบถาม	พบว่า ในปัจจุบันผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมก่อสร้างส่วนมาก ยังไม่รู้จักและไม่สามารถใช้ BIM ได้ เนื่องจาก การเข้าไม่ถึง BIM เพราะซอฟต์แวร์ที่มีราคาสูงซึ่งอาจไม่คุ้มทุน	สอดคล้องกับข้อมูลในการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการแห่งหนึ่งว่า ข้อจำกัดในการนำ BIM มาใช้ คือ ราคาของโปรแกรมที่สูง ซึ่งอาจจะไม่คุ้มในการนำมาใช้งานจริง
Nam Bui , Christoph Merschbrock , Bjørn Erik Munkvold	2560	การทบทวนแบบจำลองข้อมูลอาคาร เพื่อการก่อสร้างในประเทศกำลังพัฒนา	การทบทวนวรรณกรรม	พบว่า BIM ได้รับการยอมรับในประเทศที่พัฒนาแล้ว แต่สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนานั้นหาได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายอย่าง	มีความสอดคล้องเกี่ยวกับข้อจำกัดในการใช้งาน BIM ในประเทศไทย จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการแห่งหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้เล็งเห็นถึงประโยชน์การนำเทคโนโลยี BIM กับวิศวกรรมคุณค่าเข้ามาใช้งานก่อสร้าง
2. เพื่อศึกษาชนิดของวัสดุในงานพื้น และการเลือกใช้วัสดุตามหลักวิศวกรรมคุณค่า
3. เพื่อจำลองแบบโครงการคอนโดมิเนียม 3 มิติ และถอดปริมาณราคาเปรียบเทียบระหว่างวัสดุตามแบบกับวัสดุตามหลักของวิศวกรรมคุณค่าทั้งโครงการ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน ศึกษาทฤษฎี งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เป็นขั้นตอนในการหาสิ่งที่เริ่มตั้งสมมติฐาน เริ่มหาศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่ผ่านมา เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา เพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถกำหนดขอบเขตของงานศึกษา และทราบถึงข้อมูลที่จะทำให้สามารถบรรลุถึงเป้าหมายที่เราตั้งสมมติฐานไว้ได้

2. การวิเคราะห์คุณค่าตามหลักการของวิศวกรรมคุณค่า

2.1 การเลือกโครงการหรือเป้าหมาย (Project selection Phase)

2.1.1 ในกรณีศึกษาได้เลือกแบบโครงการคอนโดมิเนียมหรืออาคารชุดแบบ “Low Rise” อยู่ใจกลางเมืองกรุง ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งได้ศึกษาวิธีการต่าง ๆ ที่สามารถลดขั้นตอนการดำเนินการเลือกสรรวัสดุตามหลัก VE 3 วิธี เพื่อนำไปสู่การลดต้นทุน และการเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างต่อไป

2.1.2 วิธีการเลือกเป้าหมาย คือการเลือกจากรายการบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคา (BILL OF QUANTITIES : BOQ) ที่มีต้นทุนสูงที่สุดในงานสถาปัตยกรรม และสามารถเปรียบเทียบวัสดุ เพื่อให้สามารถเห็นภาพความแตกต่างได้ชัดเจน เช่น งานพื้น เพื่อนำมาใช้ BIM มาจำลอง เพื่อให้เห็นภาพ และใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าในการช่วยลดปัญหาในการดำเนินงาน เพื่อการลดต้นทุน และลดระยะเวลาการก่อสร้างให้สั้นลง

2.2 การรวบรวมข้อมูล (Information Phase)

ข้อมูลที่สำคัญที่ใช้สำหรับงานวิศวกรรมคุณค่าในกรณีศึกษา

1. ข้อมูลของอาคารชุดแบบ “Low Rise”
2. ข้อมูลชนิด และประโยชน์ของวัสดุปูพื้น
3. ข้อมูลการทำงานหน้างาน
4. ราคาวัสดุ

2.3 การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis Phase) ในขั้นตอนนี้มีการทำงานดังนี้

1. จำแนกงานตามเป้าหมายที่ต้องการทำการวิจัย
2. หาคำจำกัดความของ แต่ละหน้าที่ของวัสดุที่ทำการจัดหมวดหมู่ในงานข้างต้น

2.4 การสร้างสรรค์ความคิด เพื่อปรับปรุง (Creation Phase)

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างสรรค์ความคิดทางบวก และประเมินหลาย ๆ ความคิดโดยมีจุดมุ่งหมายให้กระบวนการผลิตบรรลุถึงหน้าที่การทำงานหลักเป็นสำคัญ โดยคำนึงว่าควรใช้วัสดุอะไรมาทำหน้าที่เหล่านี้ โดยมีการดำเนินงานดังนี้

1. สร้างแบบจำลองเสมือนจริงซึ่งแบบต้นฉบับทางคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรม Archicad 22
2. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์คุณสมบัติ
3. เลือกวัสดุที่มีค่าจากการวิเคราะห์คุณสมบัติสูงสุด 3 ลำดับแรก
4. ทำการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นแบบจำลองเสมือนจริง แต่ปรับเปลี่ยนวัสดุตามค่าการวิเคราะห์คุณสมบัติสูงสุด 3 ลำดับแรก และถอดปริมาณวัสดุที่เปลี่ยนแปลง
5. นำมาคิด B/C ratio เพื่อเลือกวัสดุที่มีความคุ้มค่าด้านราคา เพื่อเลือกวัสดุปูพื้นเปรียบเทียบ

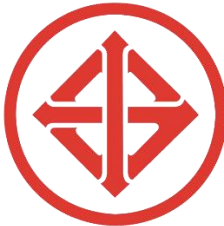
2.5 การทดสอบ และพิสูจน์ (Investigation Phase)

- 2.5.1 นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบอาคารที่พักอาศัยแบบใหม่ ที่มีความคุ้มค่าที่สุด
- 2.5.2 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามคุณภาพของค่า B/C ratio
- 2.5.3 ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของโครงการ

2.6 สรุปข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 2: แสดงมาตรฐานการรับรองผลิตภัณฑ์

ชนิดของวัสดุที่ได้รับการรับรอง	มาตรฐานการรับรอง
- ไม้ปาเก้ - พื้นไวนิล - กระเบื้องยาง - ไม้เอ็นจิเนียร์ - พื้นไม้จริง	 มาตรฐานอุตสาหกรรม
- ไม้ลามิเนต	 CELQ

ชนิดของวัสดุที่ได้รับการรับรอง	มาตรฐานการรับรอง
- หินอ่อน - กระเบื้องแกรนิตโต้ - หินแกรนิต	

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของการนำเทคโนโลยี BIM กับ วิศวกรรมคุณค่าเข้ามาใช้ในงานก่อสร้าง เป็นการศึกษาชนิดของวัสดุปูพื้น และการเลือกใช้วัสดุตามหลักวิศวกรรมคุณค่า โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติวัสดุปูพื้นในห้องรับแขก, พักผ่อน, ครีวต่อเนื่อง, ห้องนอน

ตารางที่ 3: แสดงการวิเคราะห์ผลคุณสมบัติวัสดุปูพื้นในห้องรับแขก, พักผ่อน, ครีวต่อเนื่อง, ห้องนอน

ลำดับ	คุณสมบัติ	ไม้เอ็นจิเนียร์	พื้นไม้จริง	ไม้ลามิเนต	ไม้ปาร์เก้	ไม้พื้นเบอร์ซีเมนต์	กระเบื้องยาง/ไวนิล
1	ปลวก และแมลงกัดกินไม้	กิน	กิน	ไม่กิน	กิน	ไม่กิน	ไม่กิน
2	ทนฝน และความชื้น	ไม่ทน	ไม่ทน	ไม่ทน	ไม่ทน	ทน	ทน
3	ทนต่อรังสี UV	ทน	ทน	ทน	ทน	ขึ้นอยู่กับสีที่ทา	ทน
4	การลามไฟ	ลามไฟ	ลามไฟ	ไม่ลามไฟ	ลามไฟ	ไม่ลามไฟ	ไม่ลามไฟ
5	การบำรุงรักษาในระยะยาว	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	สูง	สูง
6	การติดตั้งง่าย รวดเร็ว	ง่าย รวดเร็ว	ใช้เวลา	ง่าย รวดเร็ว	ง่าย รวดเร็ว	ง่าย รวดเร็ว	ง่าย รวดเร็ว

จากการศึกษาคุณสมบัติวัสดุชนิดต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุปูพื้นชนิดต่าง ๆ ของวัสดุปูพื้นในห้องรับแขก, พักผ่อน, ครีวต่อเนื่อง และห้องนอน ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือมากกว่าพื้นไม้เอ็นจิเนียร์ โดยกำหนดคุณสมบัติเด่นทั้งหมด 6 ข้อดังตารางที่ 1 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติเด่น-ด้อย ของวัสดุปูพื้นทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ไม้เอ็นจิเนียร์, พื้นไม้จริง, ไม้ลามิเนต, ไม้ปาร์เก้, ไม้พื้นไฟเบอร์ซีเมนต์ และกระเบื้องยาง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติว่าวัสดุชนิดใดมีความคุ้มค่าด้านคุณภาพมากที่สุด หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลไปแปลงผลเป็นตัวเลขดังตารางที่ 3 ดังนี้

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุปูพื้นในห้องรับแขก พักผ่อน ครีวต่อเนื่อง ห้องนอน

ตารางที่ 4: แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุปูพื้นในห้องรับแขก พักผ่อน ครีวต่อเนื่อง ห้องนอน

ลำดับ	คุณสมบัติ	ไม้เอ็นจิเนียร์	พื้นไม้จริง	ไม้ลามิเนต	ไม้ปาเก้	ไม้พื้นไฟเบอร์ซีเมนต์	กระเบื้องยาง/ไวนิล
1	ปลวก และแมลงกัดกินไม้	0	0	1	0	1	1
2	ทนฝน และความชื้น	0	0	0	0	1	1
3	ทนต่อรังสี UV	1	1	1	1	0	1
4	การลามไฟ	0	0	1	0	1	1
5	การบำรุงรักษาในระยะยาว	0	1	1	1	1	1
6	การติดตั้ง ง่าย รวดเร็ว	1	0	1	1	1	1
ผลรวมข้อเด่น		2	2	5	3	5	6

จากการวิเคราะห์ผลของข้อมูลในตารางที่ 4 โดยการนำมาเข้าสู่ตรรกะในโปรแกรม Excel เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์คุณสมบัติ

3. ปัญหาหลังการติดตั้งวัสดุปูพื้น

ตารางที่ 5: ปัญหาที่พบหลังการติดตั้งวัสดุในส่วนห้องรับแขก พักผ่อน ครีวต่อเนื่อง ห้องนอน

ปัญหา	รูปภาพประกอบ	การแก้ไขปัญหา
1. รอยต่อพื้นไม้		ให้ช่างเข้ามาตรวจสอบหน้างาน และ ทายาแนว สีที่ใกล้เคียงกับพื้นไม้ เพื่อ ปิดร่อง
2. พื้นไม้เกิด การยวบ		ให้ช่างเข้าผ่าพื้นไม้ส่วนที่เกิดการยวบ และใช้กาวลาเท็กซ์สำหรับติดไม้ ทำให้ ครบ 4 ด้าน จากปกติทาแค่ 2 ด้าน และติดลงไปใหม่

ปัญหา	รูปภาพประกอบ	การแก้ไขปัญหา
3. หน้าพื้นไม้เป็นรอย		ให้ช่างทำการประเมินจำนวนแผ่นไม้ที่เป็นรอย เพื่อสั่งของ หลังจากนั้นก็ผ่าไม้ที่เป็นรอย เพื่อทำการใส่แผ่นไม้แผ่นใหม่ลงไปแทน
4. พื้นไม้เกิดการบวม		ให้ช่างเข้ามาประเมินจำนวนแผ่นไม้ที่บวม เพื่อสั่งของ และนำมาติดตั้งใหม่ หลังจากนั้นก็ทำการตรวจสอบหาปัญหาหลักที่ทำให้พื้นไม้เอ็นจิเนียร์เกิดการบวม เพื่อเรียกร้องค่าเสียหาย

4. ราคารวมวัสดุปูพื้น

ตารางที่ 6: แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุปูพื้นในห้องรับแขก, พักผ่อน, ครีวต่อเนื่อง, ห้องนอน

ชนิดวัสดุปูพื้น	ราคารวมโครงการที่ 1	ราคารวมโครงการที่ 2	หมายเหตุ
1. ไม้เอ็นจิเนียร์	5,120,758.90	5,120,758.90	พื้นไม้เดิม
2. กระเบื้องยางลายไม้	2,701,841.78	2,701,841.78	วัสดุเปรียบเทียบ
3. ไม้ลามิเนต	4,976,710.40	4,976,710.40	วัสดุเปรียบเทียบ
4. ไม้พื้นไฟเบอร์ซีเมนต์	5,245,607.40	5,245,607.40	วัสดุเปรียบเทียบ

5. การวิเคราะห์วัสดุปูพื้นด้วยหลักการวิศวกรรมคุณค่า

5.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์กระเบื้องยางลายไม้

$$\text{สูตร B/C ratio} = \frac{\text{Budget}}{\text{ }}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} &= \frac{\text{Cost}}{2,701,841.78} \\ &= \frac{5,120,758.90}{2,701,841.78} \\ \text{ผลลัพธ์} &= 1.90 \end{aligned}$$

จากการหาค่า B/C ratio ของกระเบื้องยางพบว่าผลลัพธ์เท่ากับ 1.90

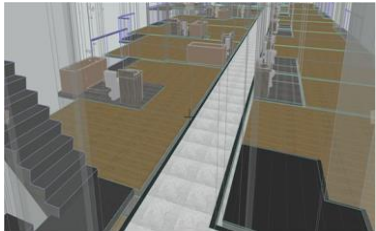
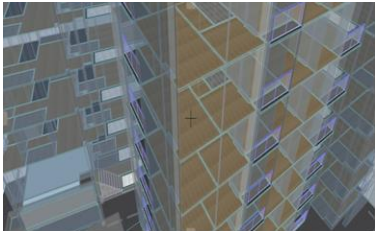
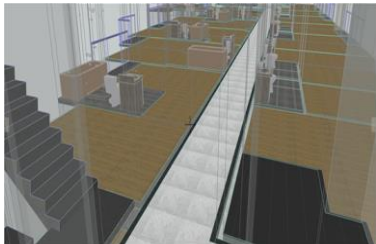
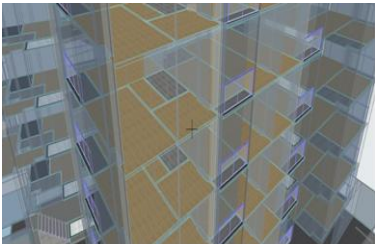
5.2 ตารางผลการวิเคราะห์วัสดุปูพื้นที่ 3 ชนิด

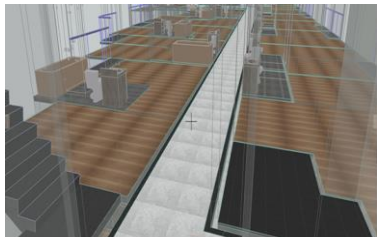
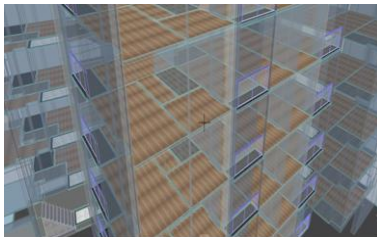
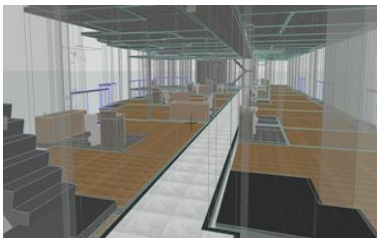
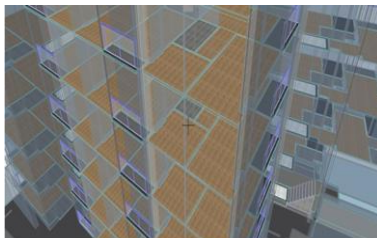
ตารางที่ 7: ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลวัสดุปูพื้นที่ในห้องรับแขก, พักผ่อน, ครีวต่อเนื่อง, ห้องนอน

ชนิดวัสดุเปรียบเทียบ	ค่า B/C ratio โครงการที่ 1	ค่า B/C ratio โครงการที่ 2
1. กระเบื้องยางลายไม้	1.90	1.85
2. ไม้ลามิเนต	1.03	1.03
3. พื้นไม้ไผ่เบอร์ซีเมนต์	0.98	0.98

6. การสร้างแบบจำลองโครงการที่ 1 และโครงการที่ 2 ตามวัสดุปูพื้นต้นฉบับ และวัสดุตามหลักของวิศวกรรมคุณค่า 3 อันดับแรกที่มีค่าความคุ้มค่า B/C ratio สูงสุด

ตารางที่ 8: ตารางแสดงภาพการจำลองโครงการที่ 1 และโครงการที่ 2 ตามวัสดุปูพื้นต้นฉบับ และวัสดุตามหลักของวิศวกรรมคุณค่า 3 อันดับแรกที่มีค่าความคุ้มค่า B/C ratio สูงสุด

แบบวัสดุปูพื้น	โครงการที่ 1	โครงการที่ 2
1. พื้นไม้เอ็นจิเนียร์		
2. กระเบื้องยางลายไม้		

แบบวัสดุปูพื้น	โครงการที่ 1	โครงการที่ 2
3. ไม้ลามิเนต		
4. พื้นไม้ไฟเบอร์ซีเมนต์		

จากตารางที่ 8 จะแสดงภาพการจำลองจากโปรแกรม Archicad 22 เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง ของการใช้วัสดุปูพื้นที่ผ่านหลักการของวิศวกรรมคุณค่าและเพื่อให้เห็นภาพชัดเจน สามารถเพิ่มข้อเสนอในการเลือกใช้วัสดุ อีกทั้งยังสามารถถอดปริมาณได้แม่นยำ

ผลการวิจัย และอภิปราย

จากผลการวิจัย พบว่าการประยุกต์ใช้ BIM ในงานวิศวกรรมคุณค่า เข้ามาช่วยในงานก่อสร้างนั้น สามารถช่วยในการตัดสินใจ และประเมินราคาได้ อีกทั้งยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับวัสดุชนิดนั้นอีกด้วย ซึ่งมีความสอดคล้องกับ ทฤษฎีผลการใช้ขั้นตอนการวิเคราะห์ เพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของวิศวกรรมคุณค่าของ ชัยวิทย์ รื่นนารินารถ, (2557) ที่กล่าวว่า การใช้ขั้นตอนการวิเคราะห์ของวิศวกรรมคุณค่า นั้น สามารถนำมา ประยุกต์ใช้กับอาคารที่พักอาศัยได้เป็นอย่างดี เนื่องจากขั้นตอนการวิเคราะห์ของวิศวกรรมคุณค่า เป็นขั้นตอน ที่มองเห็นภาพของแต่ละวัสดุ และปรับปรุงเฉพาะส่วนที่เป็นหน้าที่หลัก ส่วนหน้าที่รองอาจจะตัดสิ่งที่ไม่จำเป็น ออกไปได้ เพื่อลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกไป จึงส่งผลไปถึงการลดการเปลี่ยนแปลงงบประมาณได้ และสามารถ ประเมินราคาได้ก่อสร้างได้แม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับ ทฤษฎี Building Information Modeling (BIM) ของ สุพฤทธิ์ ตั้งพฤทธิ์กุล และณัฐภูมิ สวัสดิ์สุข, (2558) ที่กล่าวว่า การนำ BIM มาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง คือ สามารถสร้างแบบที่เป็นตัวแทนสามมิติของอาคารที่บูรณาการข้อมูลต่าง ๆ ไว้ได้ โดยศูนย์บูรณาการวิศวกรรม แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด (Stanford University Center for Integrated Facilities Engineering, CIFE) ได้ศึกษาประโยชน์ในการใช้ BIM จาก 32 โครงการก่อสร้าง พบว่า BIM สามารถลดการเปลี่ยนแปลง งบประมาณได้มากกว่าร้อยละ 40 สามารถประมาณราคาก่อสร้างได้แม่นยำไม่เกินร้อยละ 3 สามารถลดเวลา การประมาณราคาก่อสร้างลงมากกว่าร้อยละ 80 สามารถลดปัญหาความขัดแย้งจากแบบได้มากกว่าร้อยละ 10 และสามารถลดเวลาดำเนินโครงการได้มากกว่าร้อยละ 7

สรุป

จากการวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้ BIM ในงานวิศวกรรมคุณค่า หมวดงานสถาปัตยกรรม กรณีศึกษาโครงการก่อสร้าง คอนโดมิเนียม” สามารถสรุปผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุเปรียบเทียบพบว่า กระเบื้องยางลายไม้มีผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเด่น เท่ากับ 6 หรือ 100% ซึ่งมากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์หาคุณสมบัติที่มีความเทียบเท่า หรือมากกว่าพื้นไม้เอ็นจิเนียร์ และจากการวิเคราะห์ด้วยวิศวกรรมคุณค่าจากสูตร B/C Ratio พบว่ากระเบื้องยางลายไม้มีค่า B/C Ratio มากที่สุด แสดงว่ามีความคุ้มค่าด้านราคามากที่สุดจากการเปรียบเทียบวัสดุพื้นทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

- ชัชวิทย์ รื่นนารินารณ, (2557). *การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า และบิม เป็นแนวทางในการเลือกรูปแบบโดยวิเคราะห์อุณหภูมิ ในอาคารที่พักอาศัย: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*
- ปัญญาพล จันทร์ดอน, (2556). *การนำระบบ BIM มาใช้ในการจัดทำแบบก่อสร้างจริง ส่วนงานระบบอาคาร (M&E AS BUILT DRAWING) กรณีศึกษาโครงการโรงแรมเวฟพัทยา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม*
- สศิธา หล่อสกุล, (2556). *การใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าในการบริหารโครงการ ประเภทอาคารพักอาศัย: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
- สุพฤทธิ์ ตั้งพฤทธิกุล และณัฐวุฒิ สวัสดิ์สุข, (2558). *การใช้งาน และแนวทางการผลักดัน Building Information Modeling (BIM) ในประเทศไทย Building Information Modeling (BIM) : Using and Adoption Pathways in Thailand: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*
- ภัทรวรรณ ธราพร, (2557). *โครงสร้างปัจจัยที่ส่งเสริมการใช้วิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบอาคาร โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยั่งยืน: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง*
- Nam Bui, Christoph Merschbrock, Bjørn Erik Munkvold, (2560). *การทบทวนแบบจำลองข้อมูลอาคารเพื่อการก่อสร้างในประเทศกำลังพัฒนา: มหาวิทยาลัยประเทศนอร์เวย์*

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการเร่งงานร่วมกับโปรแกรม Primavera เพื่อสร้างแบบจำลองการวางแผนงานก่อสร้าง

THE APPLIED OF CRASHING THEORY VIA PRIMAVERA PROGRAM FOR CONSTRUCTION PLANNING MODELLING

ปอแก้ว ศรีรอด¹, สุริษา แก้ววงศ์², ศรีณยู พรหมศรี³

Porkaew Srirod¹, Surisa Kaewwong², Saranyoo Promsorn³

¹สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้าง

¹Construction Management

²มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

²Rajamangala University of Technology Rattanakosin

*Corresponding author, E-mail: Porkaewpor1234@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำแนวทางทฤษฎีการเร่งงาน และโปรแกรม Primavera มาประยุกต์ใช้บริหารโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง (สถานีกลางบางซื่อ) โดยการศึกษาแผนงานโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง และสร้างแบบจำลองการเร่งงานโดยใช้ทฤษฎี CPM และทฤษฎีค่าใช้จ่ายเพื่อวิเคราะห์แผนงานก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง

ในการสร้างแบบจำลองด้วยการศึกษาแผนงานหลักของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง การเร่งงานครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดเวลาการทำงานที่ล่าช้าจากแผนงานเดิมถึง 3% โดยการเร่งงานแต่ละงานต้องเร่งงานที่มีค่าเวลาลอยตัวติดลบมากที่สุดไปถึงงานที่ติดลบน้อยที่สุด ซึ่งงานที่มีค่าเวลาลอยตัวติดลบมากที่สุด คืองานวิกฤตที่สุด ในการเร่งงานแต่ละครั้งต้องพิจารณาความสอดคล้องของงานนั้น ๆ ว่ามีผลกระทบที่เกี่ยวข้อง 3 ด้าน คือ ด้านเวลา, ด้านต้นทุน และด้านคุณภาพ

ผลการวิจัยพบว่า การสร้างแบบจำลองการเร่งงานจากแผนงานครั้งที่ 1 ตามแผนงานหลักที่มีความล่าช้าอยู่ 3.72% ระยะก่อสร้างเท่ากับ 2,661 วัน หลังการเร่งงานวิกฤตในหมวดงานสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นหมวดงานที่มีเวลาลอยตัว และหมวดงานโคงทางเดินผู้โดยสาร ฝั่งทิศตะวันออก, งานโรงกำจัดของเสีย หรือห้องกำจัดขยะ, งานห้องโคงทางเข้า พบว่าระยะเวลารวมลดลง 2,640 วัน ซึ่งสามารถเร่งเวลาได้ 21 วัน คิดเป็น 0.789% ในหมวดงานสถาปัตยกรรม, งานโคงทางเดินผู้โดยสาร ฝั่งทิศตะวันออก, งานโรงกำจัดของเสีย หรือห้องกำจัดขยะ, งานห้องโคงทางเข้า โดยประกอบด้วย 60 กิจกรรมย่อย จาก 2,807 กิจกรรมตามแผนงานทั้งหมด

คำสำคัญ : ทฤษฎีการเร่งงาน, ค่าใช้จ่ายทางตรง, โปรแกรม Primavera

ABSTRACT

The purpose of the study was found by the relationship between the crashing time and the Primavera program in management of the red line project (Bang Sue Grand Station) created the study was used by the project for the construction of the red line project, then create a crashing modelling via CPM theory and cost theory. Finding the relationship of the red line construction project plan via CPM theory and cost theory. Next step created model from the study of the baseline plan of the red line project. This article expected to reduce the delay time from the original duration by up to 3.72% via crashing each task to accelerate the most negative float to the least negative float. The most negative float is the most critical work. In each Activity acceleration, it must consider the consistency of the work that has 3 related effect: time, cost and quality.

The result indicated that creating a model for crashing time of the red line project, It showed the master plan found that according to the master plan with a delay of 3.72%, the total time equal 2,661 days after the crashing time of the crisis in the architectural category which was the most negative float WBS. i.e. the Passenger Hall East side, waste disposal plant or waste disposal room, entrance hall found that the total time decreased equal 2,640 days, which can crashing time to 21 days, equivalent to 0.789% in the category of architecture, the passenger hall East side, waste disposal plant or waste disposal room, entrance hall1, which consists of 60 sub-activities from 2,807 activities according to all plans.

Keywords: Crashing time, Direct Cost, Primavera

บทนำ

งานก่อสร้างเป็นงานผลิตทางอุตสาหกรรมที่มีลักษณะแตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ คือเป็นงานที่ต้องใช้เวลา และทรัพยากรต่าง ๆ โดยการดำเนินงานต้องอยู่ในท้องถิ่น หรือสถานที่ที่มีสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ภายใต้สภาวะอากาศที่แปรเปลี่ยนได้ตลอด ซึ่งทำให้ยากต่อการควบคุมคุณภาพ, ปริมาณ, ต้นทุน และเวลา ที่ความเสี่ยงสูงในกรณีงานมีระยะเวลายาวนาน อาจทำให้ต้นทุนวัสดุสูงขึ้น ทำให้ต้องรับผิดชอบต่อค่าใช้จ่ายที่สูงตามระยะเวลา หรือทำให้ขาดทุนได้ ดังนั้นในโครงการก่อสร้างจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการอย่างมีระบบ เพื่อวางแผน และควบคุมโครงการให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย

โดยประยุกต์เทคนิคการจัดการโครงการมาใช้ในโครงการก่อสร้างด้วยเทคนิค PERT และ CPM เพื่อเร่งงาน และลดเวลาในงานทำงานในสายงานที่เป็นงานวิกฤต ลักษณะการทำงานที่เป็นอยู่ ณ ปัจจุบันจะดำเนินการตามแผนหลักในการดำเนินการของโครงการซึ่งเป็นแบบบาร์ชาร์ต (Bar Chart) โดยจะพิจารณาเพียงงานหลัก ๆ ในการก่อสร้างโดยมิได้ทำการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของงานหลักและงานย่อยต่าง ๆ ในโครงการคืองานใดบ้างโดยมิได้ทำให้การดำเนินงานในแบบปกตินั้น ขาดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เพราะไม่เห็นภาพชัดของโครงการว่างานใดบ้าง คืองานหลักสำคัญของโครงการที่ไม่สามารถจะล่าช้าได้เพราะถ้าหากว่างานหลักล่าช้าจะมีผลให้โครงการไม่อาจเสร็จตามเป้าหมาย ดังนั้นการจัดเตรียมเพื่อจะกระทำการสิ่งใดสิ่งหนึ่งไว้ล่วงหน้า โดยมีการจัดแบ่งขั้นตอน และจัดลำดับขั้นของการทำงานต่าง ๆ การบริหารงานก่อสร้างต้องอาศัยวิธีการและเทคนิคการจัดการ เพื่อจัดสรรทรัพยากรให้ลงตัว ภายใต้กรอบของคุณภาพ, ต้นทุน และเวลาที่กำหนดกำลังคน (Manpower), วัสดุก่อสร้าง (Material), เครื่องจักร (Machine), เงินทุน (Money) และการจัดการ (Management) เพื่อผลักดันโครงการให้ประสบผลสำเร็จตามเป้าหมาย

ปัจจุบันแผนงานการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงมีความล่าช้า 3.72% เนื่องจากการติดปัญหาการก่อสร้างที่ช้าตั้งแต่ต้นจึงส่งผลกระทบต่องานอื่น ๆ ซึ่งหมวดงานที่ล่าช้า คือ หมวดงานเครื่องกลและท่อใต้อาคารงานไฟฟ้า ซึ่งท่อมีขนาดใหญ่จึงเกิดความล่าช้า เพราะไม่สามารถเข้างานสถาปัตยกรรมได้ จึงส่งผลกระทบต่องานอื่น ๆ ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำการเร่งงานในสายงานวิกฤต โดยใช้ทฤษฎีการเร่งงาน เพื่อนำแนวทางนี้ไปปรับปรุงให้ทันกับแผนงาน ณ ปัจจุบัน

บททวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับใช้ในการศึกษาโดยมีประเด็นการค้นคว้าเป็นดังต่อไปนี้

1. ทฤษฎี

1.1 ทฤษฎีการวางแผนและควบคุมโครงการแบบ CPM

อาจอง สุขประเสริฐ (2559) กล่าวว่า ในการบริหารงานโครงการขนาดใหญ่ จำเป็นต้องมีการวางแผนเพราะมีกิจกรรมต่าง ๆ มากมาย ต้องกำหนดขั้นตอนในการทำงาน และควบคุมความก้าวหน้าของโครงการเป็นอย่างดี ในปัจจุบันเทคนิคของการบริหารโครงการที่นิยมใช้กัน ได้แก่ เทคนิค PERT และ CPM ขั้นตอนที่สำคัญของวิธีการวางแผนระบบ Critical Path Methods (CPM) ก็คือการเขียนโครงข่ายให้แสดงขั้นตอนและความสัมพันธ์ของหน่วยงานย่อย วิธีวิธีวิกฤต นิยมเรียกกันว่า CPM เป็นเทคนิควิธีการวางแผนและควบคุมงาน ตลอดจนการกำหนดตารางทำงานที่ได้ผลวิธีหนึ่ง ส่วนมาก CPM จะใช้ได้กับงานทุกประเภทที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมุ่งเน้นทางด้านคุณภาพของงาน เพื่อหวังผลในประสิทธิภาพของงานเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานก่อสร้าง คุณค่าที่สำคัญของ CPM อีกอย่างหนึ่ง คือ ประหยัดเวลา และลดค่าใช้จ่ายลงเป็นอันมาก

1.2 ทฤษฎีค่าใช้จ่าย

สุทิน สุวรรณนที (2552) กล่าวว่า การวางแผนงานก่อสร้างต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในงานก่อสร้างให้เข้าใจในงานก่อสร้างทั่วไปจะแบ่งค่าใช้จ่าย ออกเป็น 2 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct

Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำกิจกรรมโดยตรง ซึ่งกำหนดได้แน่ชัด ว่าเกิดจากกิจกรรมใด เช่น ค่าจ้างแรงงาน ค่าใช้จ่ายสำหรับวัตถุดิบ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับวัสดุ - อุปกรณ์ เป็นต้น และค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับค่าใช้จ่ายทางตรง เช่น เงินเดือนพนักงาน ค่าจ้างที่ปรึกษา ค่าเช่าสำนักงาน เป็นต้น

1.3 ทฤษฎีการเร่งงาน

สุทิน สุวรรณนที (2552) กล่าวว่า การเร่งงาน เป็นการวิเคราะห์ที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่าย (Time Cost Tradeoffs) และกิจกรรมวิกฤต คือ กิจกรรมที่สำคัญ ถ้ากิจกรรมวิกฤตเสร็จช้ากว่าที่กำหนดไว้โครงการก็เสร็จช้าไปด้วย ดังนั้น การควบคุมกิจกรรมวิกฤต จึงมีผลต่อการกำหนดการแล้วเสร็จของโครงการด้วย ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้น สามารถทำได้โดยการเร่งให้กิจกรรมวิกฤตเสร็จเร็วกว่ากำหนด ซึ่งจะทำให้ได้โดยการเพิ่มทรัพยากร เช่น คนงาน เวลา หรือเครื่องมือในการดำเนินการ แต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นกว่าการทำงานตามปกติ ซึ่งสามารถคำนวณ ได้ดังนี้

$$= \frac{C_c - C_n}{T_n - T_c}$$

C_c : Crash Cost = ค่าใช้จ่ายในการเร่งโครงการ

C_n : Normal Cost = ค่าใช้จ่ายปกติ

T_c : Crash Time = เวลาเร่งโครงการ

T_n : Normal Time = เวลาปกติ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1: แสดงการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ชื่อผู้แต่ง	ปี	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือในงานวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
นายประวิทย์ แก้วเจริญ	2552	การลดการทำงานเสร็จล่าช้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค CPM : กรณีศึกษาบริษัทรับเหมาก่อสร้างตัวอย่าง	เทคนิค CPM	การนำเทคนิค CPM มาใช้ในงานก่อสร้างนี้ ทำให้ระยะเวลาการก่อสร้างลดลง และราคาค่าก่อสร้างทั้งหมดเหลือ 9,689,811 บาท และยังสามารถวิเคราะห์เส้นทางวิกฤตในงานบางงานได้ทำให้หลังจากคำนวณทั้งหมดแล้วเสร็จ	มีความสอดคล้องกับเทคนิค CPM ที่นำมาใช้ในงานก่อสร้าง โดยที่แบ่งงานหลักออกเป็นงานย่อย ประเมินการระยะเวลาค่าใช้จ่ายในส่วนต่าง ๆ
นายสุทิน สุวรรณนที	2552	การศึกษาเปรียบเทียบในการบริหารงานก่อสร้างโดยวิธีบาร์ชาร์ตกับวิธีสายงานวิกฤต	CPM ด้วยการโปรแกรม Microsoft Project 2007	กรณีศึกษาเปรียบเทียบในการบริหารงานก่อสร้าง ซึ่งเดิมใช้วิธีบาร์ชาร์ต โดยเปรียบเทียบกับวิธีการบริหารโดยใช้วิธีสายงานวิกฤต	หากล่าช้าจะกระทบกับงานต่าง ๆ ของโครงการให้ล่าช้าไป ด้วยการแก้ปัญหางานล่าช้า เช่น เพิ่มคน , เพิ่มเครื่องจักร หรือวิธีอื่น ซึ่งขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความเหมาะสมของแต่ละเหตุการณ์

ชื่อผู้แต่ง	ปี	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือในงานวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
นายอาจอง สุขประเสริฐ	2559	การประยุกต์เทคนิค PERT/ CPM ในการ จัดการกิจกรรมในงาน ก่อสร้างบ้านจัดสรร	PERT และ CPM	การประยุกต์ใช้เทคนิค PERT และ CPM ใน การวางแผนและ ควบคุมโครงการ ก่อสร้างบ้านจัดสรร โดยจะมุ่งเน้นให้ทราบ งานวิกฤติในโครงการ จัดทำโครงสร้างการ จัดแบ่งงาน (Work breakdown structure) และ รายละเอียดของงาน (Work package)	งานวิจัยนี้ได้จัดทำ รายละเอียดของงาน เพื่อควบคุมความ ผิดพลาดที่อาจจะ เกิดขึ้น และสร้าง มาตรฐานในการ ปฏิบัติงานก่อสร้าง
นายชาติศักดิ์ ปานสมบัติ	2553	การศึกษาเปรียบเทียบ โปรแกรมวางแผนงาน ก่อสร้างระหว่าง Primavera กับ Microsoft Project	โปรแกรม Primavera กับ Microsoft Project	การศึกษาเปรียบเทียบ โปรแกรมวางแผนงาน ก่อสร้างระหว่าง Primavera กับ Microsoft Project โดยคำนึงถึงการ เปรียบเทียบฟังก์ชัน การใช้งาน ข้อดี ข้อจำกัด รวมถึงความ ยากง่าย	มีความสอดคล้องกับ โปรแกรม Primavera ที่มีความเหมาะสมใน การใช้งานกับโครงการ ที่มีขนาดใหญ่ ส่วน โปรแกรม Microsoft Project มีความ เหมาะสมในการใช้ งานกับโครงการขนาดเล็ก หรือโครงการที่มี ลักษณะไม่ซับซ้อน

ชื่อผู้แต่ง	ปี	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือในงานวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
MUHAMMAD REDHO BIN MARDZUKI	2556	โครงการใน อุตสาหกรรมการ ก่อสร้าง: การศึกษากล ยุทธ์ความท้าทายและ ผลกระทบ	แบบสอบถาม	พบว่า การระบุกลยุทธ์ ที่สามารถใช้ในโครงการ ได้สำเร็จนั้น จะระบุ ความท้าทายในการจับ โครงการ และตรวจสอบ ความสัมพันธ์ระหว่าง กลยุทธ์ที่ใช้ในการล่าช้า ของโครงการ จาก ผลกระทบของต้นทุน เวลา และคุณภาพ	สอดคล้องกับข้อมูลใน การสัมภาษณ์ว่าความ ล่าช้าของงานที่เกิดขึ้น และแนวทางที่ เหมาะสมในการแก้ไข งาน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลองการวางแผนงานก่อสร้างด้วยโปรแกรมในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่
2. เพื่อคำนวณหาค่าใช้จ่ายทางตรงในงานก่อสร้าง หลังจากใช้ทฤษฎีการเร่งงานแล้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเร่งงานในการบริหารโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง และการวางแผนควบคุมโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดงโดยใช้เทคนิค CPM และทฤษฎีการเร่งงานร่วมกับโปรแกรม Primavera P6 ในการดำเนินงานเพื่อกำหนดวิธีการก่อสร้าง, กำหนดระยะเวลาในการดำเนินงานก่อสร้าง และการจัดอันดับความสำคัญของงานก่อสร้างที่จะดำเนินการก่อนหรือหลัง ให้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน โดยแบ่งหัวข้อได้ดังนี้



ภาพที่ 1: แสดงแนวเส้นทางรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดง บางซื่อ – รังสิต และรูปภาพการดำเนินการก่อสร้าง
ที่มา: สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 และการสัมภาษณ์การรถไฟแห่งประเทศไทย

ทำการวิจัยเฉพาะตัวสถานีกลางบางซื่อ งบประมาณในการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง เฉพาะตัว
สถานีกลางบางซื่อ Bang Sue Station (สถานีกลางบางซื่อ) งบประมาณ 15,988,566,248 บาท และทำการ
เร่งงานดังนี้

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float
RLBR-AII Official-10.7.19 C.4 GS. ARCHITECTURE AND E		953	546	0%	20-May-17 A	22-Apr-20	-146
RLBR-AII Official-10.7.19.12 LEVEL 2 ARCHITECTURE AND E		704	330	0%	20-May-17 A	19-Sep-19	63
RLBR-AII Official-10.7.19.8 LEVEL 3 ARCHITECTURE AND E		617	434	0%	18-May-18 A	01-Jan-20	-34
RLBR-AII Official-10.7.19.9 LEVEL 1 ARCHITECTURE AND E		819	546	0%	10-Nov-17 A	22-Apr-20	-146
RLBR-AII Official-10.7.19.9.1 LEVEL 1 1st. Fix E&M syst		513	240	0%	11-Feb-18 A	21-Jun-19	10
RLBR-AII Official-10.7.19.9.2 LEVEL 1 Architecture: Bloi		554	285	0%	10-Nov-17 A	05-Aug-19	10
RLBR-AII Official-10.7.19.9.3 LEVEL 1 Architecture: Flo		451	330	0%	16-Mar-18 A	19-Sep-19	10
A3Ar(B3.1.1.3.3)2570 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	45	94.44%	27-Apr-18 A	08-Dec-18	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2560 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	68	100%	16-Mar-18 A	31-Dec-18	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2580 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	68	64.44%	04-May-18 A	31-Dec-18	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2590 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	79	57.78%	25-May-18 A	11-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2600 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	79	24.44%	25-May-18 A	11-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2540 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	25-Oct-18	22-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2550 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	25-Oct-18	22-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2610 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	25-Oct-18	22-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2620 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	25-Oct-18	22-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2630 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	25-Oct-18	22-Jan-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2640 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	24-Nov-18	21-Feb-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2650 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	24-Dec-18	23-Mar-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2660 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	23-Jan-19	22-Apr-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2670 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	22-Feb-19	22-May-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2680 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	24-Mar-19	21-Jun-19	40
A3Ar(B3.1.1.3.3)2690 Level 1 Architecture: Floor Finishing		90	90	0%	23-Apr-19	21-Jul-19	40

ภาพที่ 2: แสดงตัวอย่างงานที่กำลังเร่ง ครั้งที่ 1 - 55

จากภาพที่ 2 พบว่าการเร่งงานในหมวดงาน Architecture and Electrical & Mechanical Ventilation System Works (สถาปัตยกรรม และ งานระบบไฟฟ้า & ระบบระบายอากาศเชิงกล) : ผลจากการเร่งงานในงานนี้ ครั้งที่ 1 – 55 ค่าเวลาลอยตัว (Total Float) จากเดิม -200 มีการเปลี่ยนแปลงเป็น -125

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float
RLBR-AII Official-10.7.19 C.4 GS.- ARCHITECTURE AND E		953	525	0%	20-May-17 A	01-Apr-20	-125
RLBR-AII Official-10.7.19.12 LEVEL 2 ARCHITECTURE AND		704	330	0%	20-May-17 A	19-Sep-19	63
RLBR-AII Official-10.7.19.8 LEVEL 3 ARCHITECTURE AND E		617	434	0%	18-May-18 A	01-Jan-20	-34
RLBR-AII Official-10.7.19.9 LEVEL 1 ARCHITECTURE AND E		798	525	0%	10-Nov-17 A	01-Apr-20	-125
RLBR-AII Official-10.7.19.18 BASEMENT ARCHITECTURE A		502	480	0%	15-Jun-18 A	01-Apr-20	-125
RLBR-AII Official-10.7.19.7 CURTAIN WALL, FRAME & GLA		852	189	0%	08-Sep-17 A	02-May-19	211
RLBR-AII Official-10.7.10 C.5 GS.- CHILLER BUILDING		818	316	0%	23-Jul-17 A	06-Sep-19	84
RLBR-AII Official-10.7.11 C.6 GS.- WASTE / GARBAGE RC		514	300	0%	23-Mar-18 A	20-Aug-19	-125
RLBR-AII Official-10.7.14 C.7 GS.- ENTRANCE HALL		1594	460	100%	02-Apr-14 A	27-Jan-20	-60
RLBR-AII Official-10.7.15 C.8 GS.- DROP-OFF AREA EAST		1265	315	0%	20-Nov-15 A	04-Sep-19	-125
A3S (B3.1 1.3.3)1790	gridline 12-18 E Column, Roof Struc	390	32	100%	20-Nov-15 A	26-Nov-18	124
A3S (B3.1 1.3.3)1780	gridline 12-18 E Concourse PC Plan	420	33	100%	10-Mar-16 A	27-Nov-18	-42
A3S (B3.1 1.3.3)1810	gridline 12-19 Connecting Roof to Ir	240	119	0%	21-Apr-18 A	04-Sep-19	-125
A3S (B3.1 1.3.3)1800	gridline 12-18 E Cladding, Insulation	420	198	50.95%	21-Apr-18 A	11-May-19	-42

ภาพที่ 3: แสดงตัวอย่างงานที่กำลังเร่ง ครั้งที่ 56 - 57

จากภาพที่ 3 พบว่าการเร่งงานในหมวดงาน โถงทางเดินผู้โดยสาร ฝั่งทิศตะวันออก (Drop – off Area East) : ผลจากการเร่งงานในงานนี้ ครั้งที่ 56 - 57 ค่าเวลาลอยตัว (Total Float) จากเดิม -146 มีการเปลี่ยนแปลงเป็น -125

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float
RLBR-AII Official-10.7.19 C.4 GS.- ARCHITECTURE AND E		953	525	0%	20-May-17 A	01-Apr-20	-125
RLBR-AII Official-10.7.19.12 LEVEL 2 ARCHITECTURE AND		704	330	0%	20-May-17 A	19-Sep-19	63
RLBR-AII Official-10.7.19.8 LEVEL 3 ARCHITECTURE AND E		617	434	0%	18-May-18 A	01-Jan-20	-34
RLBR-AII Official-10.7.19.9 LEVEL 1 ARCHITECTURE AND E		798	525	0%	10-Nov-17 A	01-Apr-20	-125
RLBR-AII Official-10.7.19.18 BASEMENT ARCHITECTURE A		502	480	0%	15-Jun-18 A	01-Apr-20	-125
RLBR-AII Official-10.7.19.7 CURTAIN WALL, FRAME & GLA		852	189	0%	08-Sep-17 A	02-May-19	211
RLBR-AII Official-10.7.10 C.5 GS.- CHILLER BUILDING		818	316	0%	23-Jul-17 A	06-Sep-19	84
RLBR-AII Official-10.7.11 C.6 GS.- WASTE / GARBAGE RC		514	300	0%	23-Mar-18 A	20-Aug-19	-125
A3S (B3.1 1.3.3)1650	Construction of Garbage Room	240	0	89.17%	23-Mar-18 A	30-Jun-18 A	
A3S (B3.1 1.3.3)1660	E&M System Works	120	120	0%	25-Oct-18	21-Feb-19	-125
A3S (B3.1 1.3.3)1670	Architectural and Landscape Works	240	240	0%	24-Dec-18	20-Aug-19	-125
RLBR-AII Official-10.7.14 C.7 GS.- ENTRANCE HALL		1594	460	100%	02-Apr-14 A	27-Jan-20	-60
RLBR-AII Official-10.7.15 C.8 GS.- DROP-OFF AREA EAST		1265	315	0%	20-Nov-15 A	04-Sep-19	-125
RLBR-AII Official-10.7.16 C.9 GS.- PICK-UP WEST gridlin		610	0	0%	20-Jan-16 A	20-Sep-18 A	

ภาพที่ 4: แสดงตัวอย่างงานที่กำลังเร่ง ครั้งที่ 58 - 60

จากภาพที่ 4 พบว่าการเร่งงานในหมวดงาน โรงกำจัดของเสีย หรือห้องกำจัดขยะ (Waste / Garbage Room) : ผลจากการเร่งงานในงานนี้ ครั้งที่ 58 - 59 ค่าเวลาลอยตัว (Total Float) จากเดิม -125 มีการเปลี่ยนแปลงเป็น -65 แต่ผลจากการเร่งงานในงานนี้ ครั้งที่ 60 ค่าเวลาลอยตัว (Total Float) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ยัง -60 เหมือนเดิม

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

เป็นขั้นตอนเริ่มตั้งวัตถุประสงค์ เพื่อหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการสืบค้นข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมา และศึกษาแผนงานโครงการรถไฟ

สายสีแดง สัญญาที่ 1 สถานีกลางบางซื่อ เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดขอบเขต และสมมติฐานในการวิจัยที่ผู้วิจัยสนใจศึกษา และยังทราบถึงข้อมูลที่เป็นไปได้ เพื่อให้ผู้ศึกษาบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และให้ข้อมูลที่ศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยสนใจ

2. ศึกษาแผนงานโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง

2.1 ศึกษาความก้าวหน้าโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง เดือนตุลาคม 2561 สัญญาที่ 1

2.2 การรวบรวมข้อมูลโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง สัญญาที่ 1 สถานีกลางบางซื่อ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา มีดังนี้

2.2.1 แผนงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง สัญญาที่ 1 สถานีกลางบางซื่อ

2.2.2 ขั้นตอนการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดง

2.2.3 ทรัพยากรที่ใช้ในการทำงาน

3. เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ คือ ใช้ทฤษฎีการแรงงาน โดยเก็บข้อมูลจากแผนงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง สัญญาที่ 1 สถานีกลางบางซื่อ และค่าใช้จ่ายในการทำงาน จากนั้นทำการคำนวณสายงานใหม่ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแผนงานเดิม โดยใช้โปรแกรม Primavera ร่วมด้วย

4. ขั้นตอนการสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปการทำแบบจำลองแผนงานโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดงเฉพาะตัวสถานีกลางบางซื่อ โดยใช้โปรแกรม Primavera ร่วมด้วย

4.2 นำเสนอผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่องการประยุกต์ทฤษฎีแรงงานร่วมกับโปรแกรม เพื่อสร้างแบบจำลองการวางแผนงานก่อสร้าง ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลแผนงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงเฉพาะตัวสถานีกลางบางซื่อ โดยใช้โปรแกรม Primavera วิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองในการแรงงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา แผนงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดง จากการศึกษาทฤษฎีแรงงานในการเร่งเวลา และการกระชับช่องว่างของงานเข้าหากัน เพื่อให้งานสามารถนำเนินต่อกันได้ และลดความล่าช้าในการก่อสร้าง

ส่วนที่ 1 ผลการเร่งสายงานวิกฤต

การเร่งงานในสายงานวิกฤต เป็นกิจกรรมที่สำคัญ ถ้ากิจกรรมวิกฤตเสร็จช้ากว่าที่กำหนดไว้โครงการก็เสร็จช้าไปด้วย ดังนั้น การควบคุมกิจกรรมวิกฤตจึงมีผลต่อการกำหนดการแล้วเสร็จของโครงการด้วย การเร่งงานให้เสร็จเร็วขึ้น สามารถทำได้โดยการเร่งให้กิจกรรมวิกฤตให้เสร็จเร็วกว่ากำหนด ซึ่งจะได้มาโดยการเพิ่มทรัพยากร เช่น คนงาน, เวลา หรือเครื่องมือในการดำเนินการ หากมีการเร่งงานเกิดขึ้น จะต้องวิเคราะห์ได้ว่าควรเร่งกิจกรรมใดบ้าง จึงจะทำให้มีประสิทธิภาพในการทำงานดีที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

หมวดงานที่ต้องเร่งงาน มีดังนี้

1. Architecture and Electrical & Mechanical Ventilation System Works (สถาปัตยกรรม และ งานระบบไฟฟ้า & ระบบระบายอากาศเชิงกล) มีค่า Total Float ที่ -200
2. Drop – off Area East (โถงทางเดินผู้โดยสาร ฝั่งทิศตะวันออก) มีค่า Total Float ที่ -146
3. Waste / Garbage Room (โรงกำจัดของเสีย หรือห้องกำจัดขยะ) มีค่า Total Float ที่ -125
4. Entrance Hall (โถงโถงทางเข้า) มีค่า Total Float ที่ -60

การวิเคราะห์ผล เมื่อทำการเร่งงาน ซึ่งจะทำให้ได้โดยการเพิ่มทรัพยากร จากคนงาน และเครื่องจักร ระยะเวลาที่สามารถลดได้จากเดิม 2,661 วัน เหลือ 2,640 วัน โดยกิจกรรมที่สามารถเร่งมากที่สุด คือ งาน Architecture and Electrical & Mechanical Ventilation System Works (สถาปัตยกรรม และ งานระบบไฟฟ้า & ระบบระบายอากาศเชิงกล)

Activities

Layout: Classic Schedule Layout

Filter: All Activities

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float
RLBR-All Official-10.7	C. BANG SUE (GRAND)	2661	600	99.97%	04-Mar-13 A	15-Jun-20	-200
RLBR-All Official-10.7.1	C.1 GS.- SUBSTRUCTURE	2393	54	100%	04-Mar-13 A	17-Dec-18	346
RLBR-All Official-10.7.2	C.2 GS.- SUBSTRUCTURE - SUBS	1884	332	0%	23-Nov-14 A	21-Sep-19	68
RLBR-All Official-10.7.6	C.3 GS.- ROOF WORKS	613	152	0%	30-Jun-17 A	26-Mar-19	248
RLBR-All Official-10.7.19	C.4 GS.- ARCHITECTURE AND E	974	600	0%	20-May-17 A	15-Jun-20	-200
RLBR-All Official-10.7.10	C.5 GS.- CHILLER BUILDING	818	316	0%	23-Jul-17 A	06-Sep-19	84
RLBR-All Official-10.7.11	C.6 GS.- WASTE / GARBAGE RC	514	300	0%	23-Mar-18 A	20-Aug-19	-125
RLBR-All Official-10.7.14	C.7 GS.- ENTRANCE HALL	1594	460	100%	02-Apr-14 A	27-Jan-20	-60
RLBR-All Official-10.7.15	C.8 GS.- DROP-OFF AREA EAST	1265	336	0%	20-Nov-15 A	25-Sep-19	-146
RLBR-All Official-10.7.16	C.9 GS.- PICK-UP WEST gridlin	610	0	0%	20-Jan-16 A	20-Sep-18 /	
RLBR-All Official-10.7.17	C.10 GS.- RAMPs No. 1-10	1306	106	0%	27-Apr-14 A	08-Feb-19	294
RLBR-All Official-10.7.13	C.11 GS.- RETAINING WALL grid	960	6	0%	21-Jun-15 A	30-Oct-18	394

ภาพที่ 5: แสดงผลก่อนการเร่งงาน มีระยะเวลาการดำเนินงาน เท่ากับ 2,661 วัน

ที่มา : การคำนวณผลด้วยโปรแกรม Primavera

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float
RLBR-All Official-10.7 C. BANG SUE (GRAND)		2640	525	99.97%	04-Mar-13 A	01-Apr-20	-125
RLBR-All Official-10.7.1 C.1 GS.- SUBSTRUCTURE		2393	54	100%	04-Mar-13 A	17-Dec-18	346
RLBR-All Official-10.7.2 C.2 GS.- SUBSTRUCTURE - SUBS		1884	332	0%	23-Nov-14 A	21-Sep-19	68
RLBR-All Official-10.7.6 C.3 GS.- ROOF WORKS		613	152	0%	30-Jun-17 A	26-Mar-19	248
RLBR-All Official-10.7.19 C.4 GS.- ARCHITECTURE AND E		953	525	0%	20-May-17 A	01-Apr-20	-125
RLBR-All Official-10.7.10 C.5 GS.- CHILLER BUILDING		818	316	0%	23-Jul-17 A	06-Sep-19	84
RLBR-All Official-10.7.11 C.6 GS.- WASTE / GARBAGE RC		490	276	0%	23-Mar-18 A	27-Jul-19	-65
RLBR-All Official-10.7.14 C.7 GS.- ENTRANCE HALL		1594	460	100%	02-Apr-14 A	27-Jan-20	-60
RLBR-All Official-10.7.15 C.8 GS.- DROP-OFF AREA EAST		1265	336	0%	20-Nov-15 A	25-Sep-19	-125
RLBR-All Official-10.7.16 C.9 GS.- PICK-UP WEST gridlin		610	0	0%	20-Jan-16 A	20-Sep-18 /	
RLBR-All Official-10.7.17 C.10 GS.- RAMPs No. 1-10		1306	106	0%	27-Apr-14 A	08-Feb-19	294
RLBR-All Official-10.7.13 C.11 GS.- RETAINING WALL grid		960	6	0%	21-Jun-15 A	30-Oct-18	394

ภาพที่ 6: แสดงผลหลังการเร่งงาน เหลือระยะเวลาการดำเนินงาน เท่ากับ 2,540 วัน สามารถลดระยะเวลาการทำงานลงได้ เท่ากับ 21 วัน

ที่มา : การคำนวณผลด้วยโปรแกรม Primavera

ตารางที่ 2: แสดงสถิติการทำงานจากการคำนวณผลด้วยโปรแกรม Primavera

Statistics		Scheduling/Leveling Results	
Projects (โครงการ)	1	Projects Scheduled/Leveled (โครงการที่กำหนดเวลาไว้และระดับ)	1
Activities (กิจกรรม)	2,807	Activities Scheduled/Leveled (กิจกรรมตามกำหนดการและระดับ)	2,807
Not Started (ยังไม่เริ่มต้น)	520	Relationships with other projects (ความสัมพันธ์กับโครงการอื่นๆ)	0
In Progress (กำลังดำเนินการ)	634	Data Date (วันที่ข้อมูล)	15/11/17
Completed (แล้วเสร็จ)	1,653	Earliest Early Start Date (วันที่เริ่มต้นเร็วที่สุด)	15/11/17
Relationships (ความสัมพันธ์)	3,127	Latest Early Finish Date (วันที่เสร็จสิ้นล่าสุด)	08/12/18
Activities with Constraint (ข้อจำกัดกิจกรรม)	155		

ส่วนที่ 2 ค่าใช้จ่ายการก่อสร้างสถานีกลางบางซื่อ

สายงานวิกฤตและการทำงานที่ล่าช้ากว่ากำหนดของโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ทั้งนี้จึงมีการศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการทำงานล่าช้าโดยการทำแบบจำลองการเร่งงานในสถานีกลางบางซื่อ เพื่อให้งานที่ล่าช้าสามารถทำต่อเนื่องกันได้ เพื่อลดปัญหาช่องว่างในการทำงาน และกระชับเวลาในการทำงานให้ต่อเนื่องกัน การเร่งงานนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทางตรงเพิ่มขึ้นแต่ในงานเร่งงานสามารถลดเวลาทำงานได้ วิเคราะห์ผลได้ ดังนี้

Description	Price (Baht)	plan (%)	Actual (%)
Bang Sue Station (สถานีกลางบางซื่อ)	15,988,566,248	86.20	82.48
การวิเคราะห์ผล : ค่าใช้จ่ายทางตรง = $\frac{15,988,566,248}{2,661}$			
= 6,008,480.363 ต่อวัน			
ลดได้	= $21 \times \frac{6,008,480.363}{15,988,566,248} \times 100$		

ตารางที่ 3: แสดงเปอร์เซ็นต์ และค่าใช้จ่ายตามแผนงานสถานีกลางบางซื่อ

$$= 0.789 \%$$

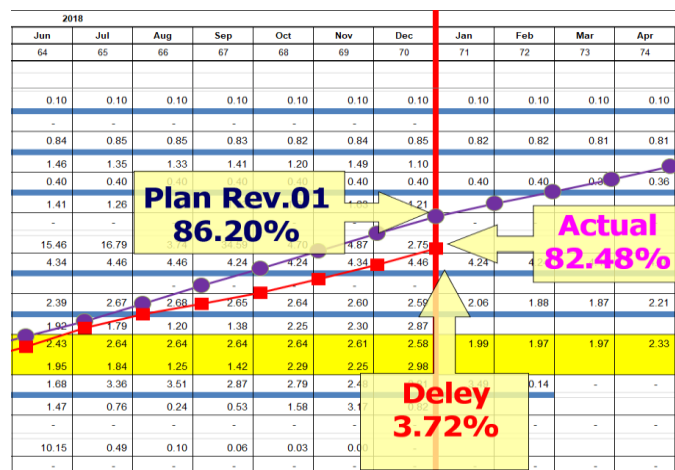
จากตารางที่ 3 พบว่าค่าใช้จ่ายของสถานีกลางบางซื่อ เท่ากับ 15,988,566,248 บาท แผนงานหลัก

เท่ากับ 86.20% และดำเนินการจริง 82.48%

ตารางที่ 4: แสดงเปอร์เซ็นต์ตามแผนงาน ปี 2018

2018												
Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Plan (%)	2.14	2.40	2.40	2.45	2.40	2.43	2.64	2.64	2.64	2.64	2.61	2.58
Actual (%)	1.30	1.12	1.33	2.20	2.23	1.95	1.84	1.25	1.42	2.29	2.25	2.98

จากตารางที่ 4 พบว่าในเดือนธันวาคม 2018 การดำเนินงานจริง มีความก้าวหน้ามากกว่าแผนงานเดิม อันเนื่องมาจากปัจจุบันมีการเร่งงานให้เร็วขึ้น เพื่อให้ความก้าวหน้าสอดคล้องกับแผนงานเดิม



ภาพที่ 7: แสดง s-curve เปอร์เซนต์ตามแผนงาน ปี 2018

ที่มา: การวางแผนงานด้วยโปรแกรม Excel

จากภาพที่ 7 พบว่าแผนงานทำงานจริง มีความล่าช้าจากแผนงานเดิมอยู่ 3.72% ข้อมูล ณ เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561

ส่วนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบกับแผนงานเดิม

หมวดงานที่ต้องเปรียบเทียบกับแผนงานเดิม มีดังนี้

1. Architecture and Electrical & Mechanical Ventilation System Works (สถาปัตยกรรม และ งานระบบไฟฟ้า & ระบบระบายอากาศเชิงกล)
2. Drop – off Area East (โถงทางเดินผู้โดยสาร ฝั่งทิศตะวันออก)
3. Waste / Garbage Room (โรงกำจัดของเสีย หรือห้องกำจัดขยะ)
4. Entrance Hall (โถงโถงทางเข้า)

สรุปผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบกับแผนงานเดิม จากการเปรียบเทียบแผนงานเดิมกับแผนงานที่ทำการ

เร่ง คือ แผนงานเดิม วันที่เริ่ม 04/03/13 วันที่เสร็จ 15/06/20 และแผนงานที่ทำการเร่ง วันที่เริ่ม 04/03/13 วันที่เสร็จ 01/04/20 จะเห็นได้ว่า แผนงานที่ทำการเร่ง วันที่แล้วเสร็จเร็วกว่าแผนงานเดิม 2 เดือน 14 วัน ตามภาพ ดังนี้

Activities								
Layout: Classic Schedule Layout			Filter: All Activities					
Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float	
RLBR-All Official-10.7 C. BANG SUE (GRAND)		2661	600	99.97%	04-Mar-13 A	15-Jun-20	-200	
RLBR-All Official-10.7.1 C.1 GS.- SUBSTRUCTURE		2393	54	100%	04-Mar-13 A	17-Dec-18	346	
RLBR-All Official-10.7.2 C.2 GS.- SUBSTRUCTURE - SUBS		1884	332	0%	23-Nov-14 A	21-Sep-19	68	
RLBR-All Official-10.7.6 C.3 GS.- ROOF WORKS		613	152	0%	30-Jun-17 A	26-Mar-19	248	
RLBR-All Official-10.7.19 C.4 GS.- ARCHITECTURE AND E		974	600	0%	20-May-17 A	15-Jun-20	-200	
RLBR-All Official-10.7.10 C.5 GS.- CHILLER BUILDING		818	316	0%	23-Jul-17 A	06-Sep-19	84	
RLBR-All Official-10.7.11 C.6 GS.- WASTE / GARBAGE RC		514	300	0%	23-Mar-18 A	20-Aug-19	-125	
RLBR-All Official-10.7.14 C.7 GS.- ENTRANCE HALL		1594	460	100%	02-Apr-14 A	27-Jan-20	-60	
RLBR-All Official-10.7.15 C.8 GS.- DROP-OFF AREA EAST		1265	336	0%	20-Nov-15 A	25-Sep-19	-146	
RLBR-All Official-10.7.16 C.9 GS.- PICK-UP WEST gridlin		610	0	0%	20-Jan-16 A	20-Sep-18 A		
RLBR-All Official-10.7.17 C.10 GS.- RAMPS No. 1-10		1306	106	0%	27-Apr-14 A	08-Feb-19	294	
RLBR-All Official-10.7.13 C.11 GS.- RETAINING WALL grid		960	6	0%	21-Jun-15 A	30-Oct-18	394	

ภาพที่ 8: แสดงแผนงานเดิม วันที่เริ่ม 04/03/13 วันที่เสร็จ 15/06/20

ที่มา: การคำนวณผลด้วยโปรแกรม Primavera

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Remaining Duration	Schedule % Complete	Start	Finish	Total Float	
RLBR-All Official-10.7 C. BANG SUE (GRAND)		2640	525	99.97%	04-Mar-13 A	01-Apr-20	-125	
RLBR-All Official-10.7.1 C.1 GS.- SUBSTRUCTURE		2393	54	100%	04-Mar-13 A	17-Dec-18	346	
RLBR-All Official-10.7.2 C.2 GS.- SUBSTRUCTURE - SUBS		1884	332	0%	23-Nov-14 A	21-Sep-19	68	
RLBR-All Official-10.7.6 C.3 GS.- ROOF WORKS		613	152	0%	30-Jun-17 A	26-Mar-19	248	
RLBR-All Official-10.7.19 C.4 GS.- ARCHITECTURE AND E		953	525	0%	20-May-17 A	01-Apr-20	-125	
RLBR-All Official-10.7.10 C.5 GS.- CHILLER BUILDING		818	316	0%	23-Jul-17 A	06-Sep-19	84	
RLBR-All Official-10.7.11 C.6 GS.- WASTE / GARBAGE RC		490	276	0%	23-Mar-18 A	27-Jul-19	-65	
RLBR-All Official-10.7.14 C.7 GS.- ENTRANCE HALL		1594	460	100%	02-Apr-14 A	27-Jan-20	-60	
RLBR-All Official-10.7.15 C.8 GS.- DROP-OFF AREA EAST		1265	336	0%	20-Nov-15 A	25-Sep-19	-125	
RLBR-All Official-10.7.16 C.9 GS.- PICK-UP WEST gridlin		610	0	0%	20-Jan-16 A	20-Sep-18 A		
RLBR-All Official-10.7.17 C.10 GS.- RAMPS No. 1-10		1306	106	0%	27-Apr-14 A	08-Feb-19	294	
RLBR-All Official-10.7.13 C.11 GS.- RETAINING WALL grid		960	6	0%	21-Jun-15 A	30-Oct-18	394	

ภาพที่ 9: แสดงแผนงานที่ทำการเร่ง วันที่เริ่ม 04/03/13 วันที่เสร็จ 01/04/20 เร็วกว่าแผนเดิม 2 เดือน 14 วัน

ที่มา: การคำนวณผลด้วยโปรแกรม Primavera

สรุป

ในการจัดทำวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลแผนงานและการดำเนินได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และข้อเสนอแนะประกอบการศึกษาจาก รพม. การขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย และได้ศึกษาแผนงานการเร่งงานโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงโดยใช้ (CPM) คือการเขียนโครงข่ายให้แสดงขั้นตอน และความสัมพันธ์ของหน่วยงานย่อย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีขององจง สุขประเสริฐ, (2559) ที่กล่าวว่า CPM เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวางแผนและควบคุมงานเป็นโครงข่ายแสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับทฤษฎีเร่งงาน และนายชาติศักดิ์ ปานสมบัติ, (2553) ในเรื่องโปรแกรมวางแผนงานก่อสร้างจะใช้โปรแกรม Primavera เพื่อวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองในการเร่งงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และเพื่อจะทำการเร่งงานลด

เวลาการทำงานที่ล่าช้าในการก่อสร้าง และสรุปผลการทำงาน โดยการสร้างแผนงานจำลองของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีแดงในโปรแกรม Primavera และทำการเปรียบเทียบแผนงานเดิมก่อนเร่งงานกับแผนงานจำลองที่เร่งงานแล้ว ผลจากการเปรียบเทียบสามารถลดเวลาได้ 21 วัน คิดเป็นค่าใช้จ่ายทางตรง 0.789% ในหมวดงานสถาปัตยกรรม, งานระบบไฟฟ้า & ระบบระบายอากาศเชิงกล, งานโครงสร้างเดินผู้โดยสารฝั่งทิศตะวันออก, งานโรงกำจัดขยะ หรือห้องกำจัดขยะ, งานห้องโถงทางเข้า ประกอบด้วย 60 กิจกรรมย่อย จาก 2,807 กิจกรรมตามแผนงานที่เลือกเร่งงาน

เอกสารอ้างอิง

- ชาติศักดิ์ ปานสมบัติ, (2553). *การศึกษาเปรียบเทียบโปรแกรมวางแผนงานก่อสร้างระหว่าง Primavera กับ Microsoft Project*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประวิทย์ แก้วเจริญ, (2552). *การลดการทำงานเสร็จล่าช้าโดยการประยุกต์ใช้เทคนิค CPM: กรณีศึกษาบริษัทรับเหมาก่อสร้างตัวอย่าง*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- วชรภูมิ เบญจโอฬาร, (2553). *การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้างด้วยการกำหนดเวลาและต้นทุนที่เหมาะสม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุทิน สุวรรณนที, (2552). *การศึกษาเปรียบเทียบในการบริหารงานก่อสร้างโดยวิธีบาร์ชาร์ตกับวิธีสายงานวิกฤต*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อาจอง สุขประเสริฐ, (2559). *การประยุกต์ใช้เทคนิค PERT/CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร*. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Muhammad Redho Bin Mardzuki, (2556). *โครงการในอุตสาหกรรมก่อสร้าง: การตรวจสอบกลยุทธ์ความท้าทาย และผลกระทบ*. มหาวิทยาลัยมาเลเซีย ปะหัง.

การพัฒนาวิธีการทำนายการสิ้นสุดของ Atrial Fibrillation จากภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจด้วย วิธีการ Convolutional Neural Network

THE PREDICTION OF ATRIAL FIBRILLATION TERMINATION WITH ELECTROCARDIOGRAM IMAGE USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

สายชล อังสุวัฒนา, สรศักดิ์ จุลเสวต, นกตล อุชายภิชชาติ*

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*Corresponding author: unopadol@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

Atrial fibrillation คือภาวะหัวใจห้องบนเต้นผิดจังหวะเป็นโรคที่พบได้บ่อยในผู้ที่มีอายุมาก โดยภาวะนี้มีโอกาสเกิดขึ้นสูงเมื่อมีอายุเพิ่มขึ้น ผู้ป่วยที่มีอาการ AF มีโอกาสที่จะเกิดสภาวะการเต้นผิดจังหวะที่ร้ายแรงขึ้นเช่น Ventricular fibrillation ซึ่งสามารถทำให้เสียชีวิตได้ โดยผู้ป่วย AF จำเป็นต้องให้แพทย์ติดตามอาการอย่างใกล้ชิด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาเพื่อใช้ในการทำนายการสิ้นสุดของสัญญาณ AF ซึ่งเป็นโจทย์การวิจัยของ Annual PhysioNet/Computers in Cardiology Challenge ครั้งที่ 5 โดยเป็นการจำแนกข้อมูลสัญญาณของกลุ่ม non-terminating AF กับกลุ่ม terminating AF วิธีการจำแนกของในงานวิจัยนี้คือแบบจำลอง Convolutional neural network ซึ่งที่นิยมอย่างมากในการจำแนกข้อมูลชนิดที่เป็นรูปภาพ ผลการทดลองพบว่าระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมานั้นสามารถจำแนกข้อมูลกลุ่ม non-terminating AF และ Terminating AF ได้ที่ค่า Sensitivity เท่ากับ $65 \pm 12\%$ และค่า Specificity เท่ากับ $89 \pm 8\%$

คำสำคัญ: ภาวะหัวใจห้องบนเต้นผิดจังหวะ โครงข่ายประสาทเทียม การประมวลผลภาพ

ABSTRACT

Atrial fibrillation is an arrhythmia that is common in older people. AF patient has a chance to become serious arrhythmias such as ventricular fibrillation which can cause sudden cardiac death. Therefore the AF patients need to be monitored closely by doctors. The objective of this research is to apply the ECG image data to predict the end of the AF signal, which is the challenge in the 5th Annual PhysioNet / Computers in Cardiology

Challenge. This research proposed the method for using electrocardiogram image to classify between non-terminating AF and terminating AF groups. Convolutional Neural network model which is widely used in image classification was employed in this study. The results showed that the proposed method can achieve the performance of classification at $65\pm 12\%$ of sensitivity and $89\pm 8\%$ of specificity.

Keywords: Atrial Fibrillation, Neural Network, Image Processing

บทนำ

ในปัจจุบันทางการแพทย์มีผู้ป่วยที่มีภาวะหัวใจห้องบนเต้นผิดจังหวะ (Atrial fibrillation) ที่มีอัตราเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะชนิดนี้มีโอกาสเกิดสูงเพิ่มขึ้นตามอายุ ภาวะหัวใจห้องบนเต้นผิดปกติเป็นภาวะที่ร้ายแรงที่สุด ทำให้มีผู้เสียชีวิตจากภาวะนี้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ยังสัมพันธ์กับโรคหัวใจชนิดอื่น ๆ เช่น โรคกล้ามเนื้อหัวใจผิดปกติ โรคเยื่อหุ้มหัวใจอักเสบ โรคลิ้นหัวใจรั่ว จะพบภาวะหัวใจห้องบนเต้นผิดปกติได้สูงขึ้นด้วย ผู้ป่วยมากกว่าครึ่งไม่มีการโดยตรง แต่มาพบแพทย์ด้วยผลของการแทรกซ้อนโดยเฉพาะอัมพาตตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

ในงานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการทำนายผลการสิ้นสุดของอาการ AF โดยการวิเคราะห์จากภาพของคลื่นไฟฟ้าหัวใจร่วมกับการจำแนกด้วยวิธีการ Convolutional Neural Network (CNN) ในการสร้างแบบจำลองการทำนายนั้นทางผู้วิจัยได้ทำการทดสอบบนแพลตฟอร์มของ Tensorflow ผลจากการทำนายสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางให้กับแพทย์ในการรักษาผู้ป่วย AF ต่อไป

ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาวิธีการทำนายการสิ้นสุดของ Atrial Fibrillation สามารถสรุปใจความสำคัญได้ดังนี้ ในปี ค.ศ. 2018 Joseph M.Bumgarner และคณะนำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง Smartwatch Algorithm for Automated Detection of Atrial Fibrillation (Joseph M.Bumgarner และคณะ, 2018) โดยได้ทำการทดสอบอุปกรณ์บันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เรียกว่า Kardai Band ร่วมกับ Apple Watch ในการติดตามผู้ป่วย AF จากผู้ป่วย 100 คน สามารถตรวจจับ AF ได้ความแม่นยำที่ sensitivity 93% และ specificity 84% งานวิจัย 'Fibrillatory Wave Analysis of the Surface ECG to Predict Termination of Atrial Fibrillation โดย S Petrutiu และคณะ (S Petrutiu, AV Sahakian, J Ng, S Swiryn 2004) ใช้ข้อมูลของคลื่นหัวใจ AF ชนิด Non-terminating (N), Soon terminating (S) และ Terminating (T) อย่างละ 10 file ในการวิเคราะห์แยกความแตกต่างระหว่างกลุ่มต่างๆโดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุด คือ วิเคราะห์แยกความแตกต่างระหว่าง N และ T และระหว่าง S และ T จากงานวิจัยพบว่าค่าความถี่สูงสุด (Peak frequency) ของแต่ละกลุ่มเป็นดังนี้ค่าความถี่สูงสุดที่ 6.5 ± 0.8 Hz สำหรับกลุ่ม N ค่าความถี่สูงสุดที่ 5.3 ± 0.4

Hz สำหรับกลุ่ม T และค่าความถี่สูงสุดที่ 5.2 ± 0.6 Hz สำหรับกลุ่ม S

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3. เพื่อนำข้อมูลภาพของคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของสัญญาณ AF
4. เพื่อพัฒนาการทำนายการสิ้นสุดของ AF โดยใช้ Convolutional Neural Network

วิธีดำเนินการวิจัย

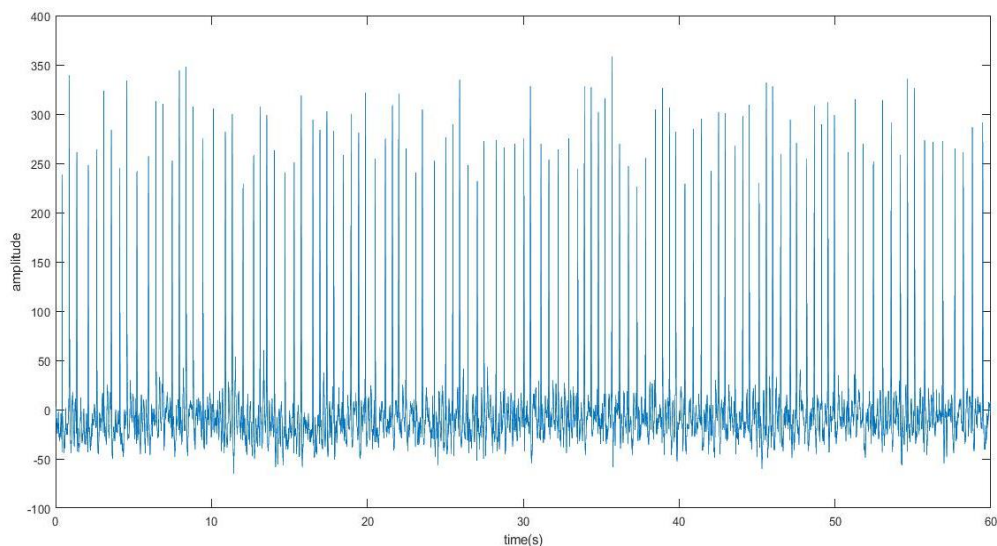
ฐานข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยคือ The AF Termination Challenge Database จากฐานข้อมูลของ Physionet (PhysioNet, 2555: ออนไลน์) โดยข้อมูลที่นำมาศึกษาประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วย AF จำนวน 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 (กลุ่ม N) เป็นกลุ่มที่ยังคงสภาวะ AF หลังจากสิ้นสุดการบันทึกสัญญาณ และกลุ่มที่ 2 (กลุ่ม T) เป็นกลุ่มที่สภาวะ AF เกิดการสิ้นสุดทันทีหลังจากสิ้นสุดการบันทึกสัญญาณ ในแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยสัญญาณ ECG ความยาว 1 นาทีจำนวน 10 สัญญาณ โดยแต่ละสัญญาณจะถูกบันทึกด้วยความถี่ในการสุ่มเท่ากับ 128 Hz รูปที่ 1 แสดงภาพตัวอย่างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้มาจากรฐานข้อมูล คลื่นไฟฟ้าหัวใจกลุ่ม N และ T ประกอบด้วยข้อมูลทั้งสี่กลุ่มละ 10 file ดังนี้

กลุ่ม N : n01,n02,n03,n04,n05,n06,n07,n08,n09,n10

กลุ่ม T : t01,t02,t03,t04,t05,t06,t07,t08,t09,t10

โดยข้อมูลนี้จะถูกแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Training set) และข้อมูลทดสอบ (Test set) ในงานวิจัยครั้งนี้



ภาพที่ 1: ตัวอย่างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ได้จากรฐานข้อมูล

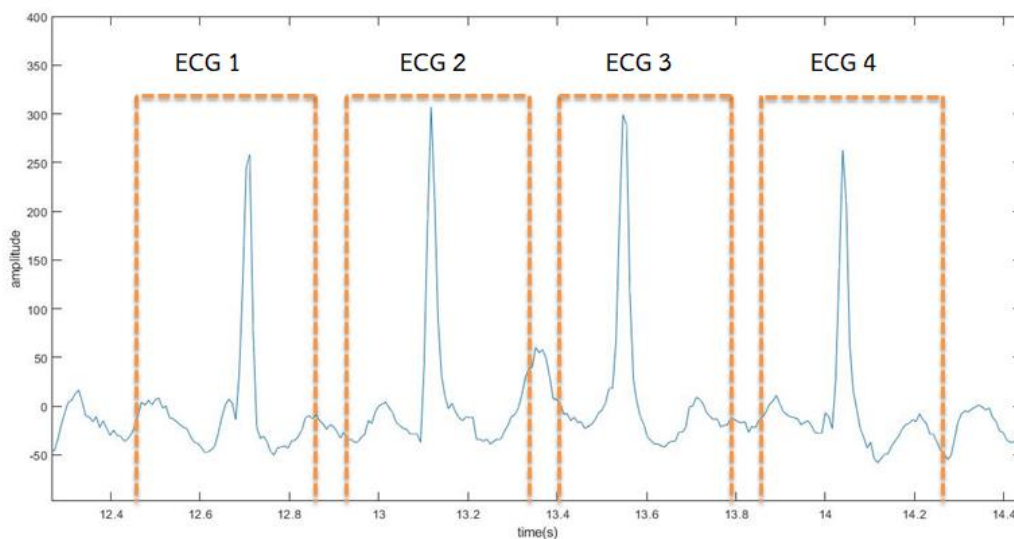
ขั้นตอนการเตรียมภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการตัดแบ่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจออกเป็นลูกคลื่นและจัดเก็บข้อมูลบันทึกเป็นข้อมูลภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจดังแสดงในรูปที่ 2



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการเตรียมภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

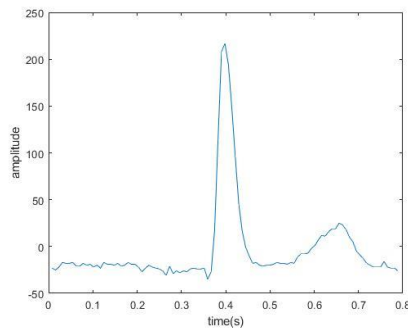
ในขั้นตอนหาตำแหน่งของ R PEAK นั้นจะใช้วิธีการ THRESHOLDING METHOD ซึ่งเป็นวิธีการแบบง่ายในระบุหาตำแหน่งของ R WAVE ในคลื่นไฟฟ้าหัวใจในแต่ละลูกคลื่น เมื่อได้ตำแหน่งของ R WAVE แล้วจะทำการตัดสัญญาณโดยทำการเพิ่มระยะทางด้านซ้ายและขวาของจุด PEAK ทั้งขึ้นอยู่กัระยะห่างของ RR INTERVAL เพื่อให้ได้รูปภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีองค์ประกอบสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ถูกตัดออกมาจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของภาพในนามสกุล .JPG



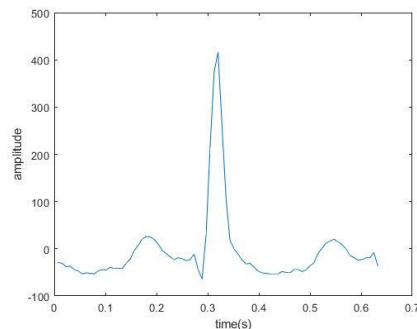
ภาพที่ 3: การแบ่งคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

รูปที่ 4 แสดงภาพตัวอย่างของลูกคลื่นไฟฟ้าหัวใจของผู้ป่วย AF ในกลุ่ม N และ กลุ่ม T โดยคลื่นไฟฟ้าหัวใจของกลุ่ม N คือ คลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีลักษณะผิดปกติแบบ NON-TERMINATING AF โดยคลื่นหัวใจในลักษณะนี้สัญญาณการกระตุ้นของรูปคลื่น P จะหายไป และคลื่นไฟฟ้าหัวใจกลุ่ม T คือ คลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีลักษณะผิดปกติแบบ TERMINATE AF โดยคลื่นไฟฟ้าหัวใจในลักษณะนี้สัญญาณการกระตุ้นของรูปคลื่น P ที่ตรวจพบมาก

ชั้นเกือบจะเป็นปกติ มีเพียงส่วนน้อยของการวัดสัญญาณที่ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณการกระตุกของรูปคลื่น P ได้ โดยข้อมูลที่ได้จะมีสัญญาณการกระตุกของรูปคลื่น P เป็นส่วนใหญ่ของสัญญาณตลอดการวัดสัญญาณคลื่นหัวใจ



(ก) สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในกลุ่ม N

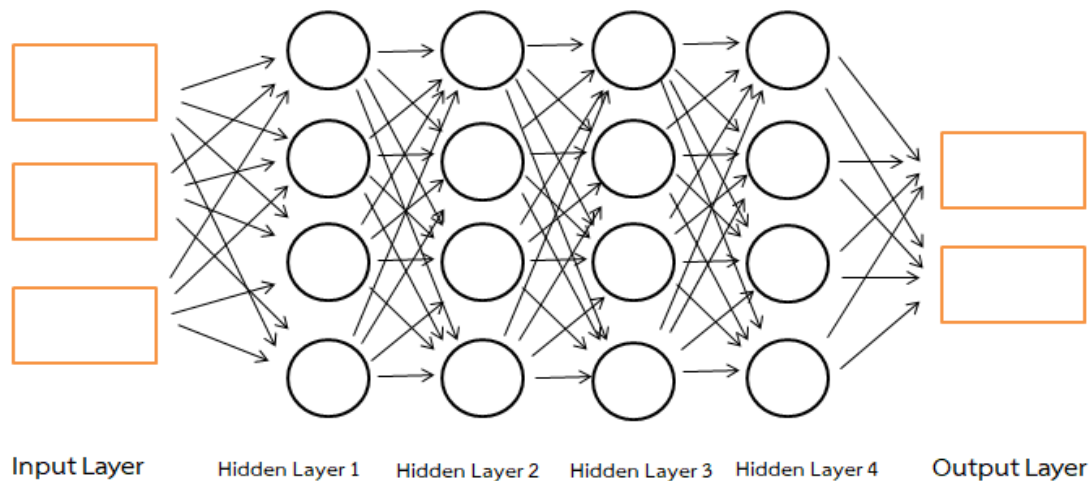


(ข) สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในกลุ่ม T

ภาพที่ 4: ตัวอย่างคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ตัดออกมาใช้ในการทดลอง

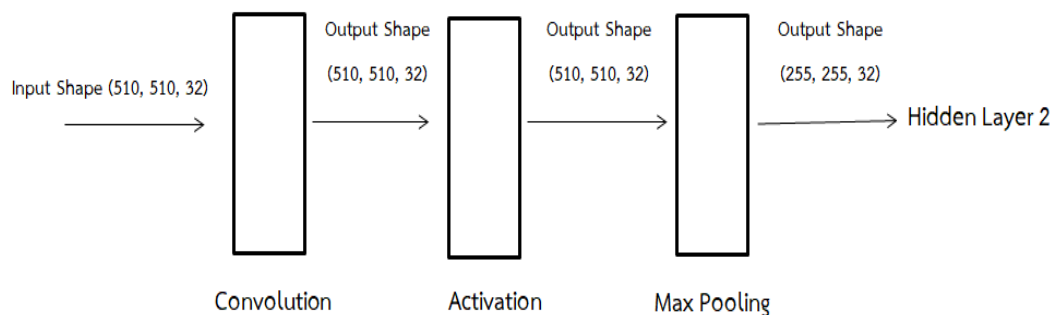
แบบจำลองระบบ CNN และค่าพารามิเตอร์

Convolutional neural networks : CNN คือระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมอย่างแพร่หลายในการจำแนกกลุ่มข้อมูล โดยสถาปัตยกรรมของ CNN ประกอบด้วยหลาย Layer ที่มีโครงสร้างเฉพาะตัว ที่ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสามารถในการแยกแยะลักษณะจำเพาะ (feature) ของกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อน โดย CNN นั้นทำให้กระบวนการประเภทการรับรู้ (perceptual tasks) มีประสิทธิภาพ CNN นั้นมักจะถูกใช้เพื่อการสกัด feature จากข้อมูลประเภทที่ไม่ค่อยเป็นระเบียบหรือไม่ได้มีโครงสร้างเป็นรูปแบบเฉพาะตัว (unstructured data) อย่างเช่น รูปภาพ (image) เป็นต้น(Chatchawan Niyomthum, 2560: ออนไลน์)



ภาพที่ 6: โครงสร้างการทำงานของ CNN

รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างแบบจำลอง CNN ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยประกอบด้วย HIDDEN LAYER จำนวน 4 ชั้น โดย HIDDEN LAYERS ชั้นที่ 1-3 จะประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ CONVOLUTION ACTIVATION และ MAX POOLING ดังแสดงในรูปที่ 7



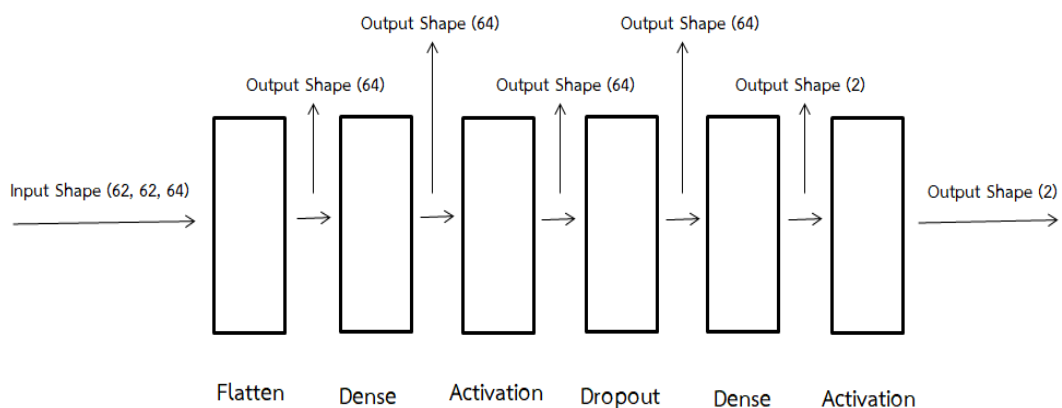
ภาพที่ 7: โครงสร้างภายใน Hidden Layer 1 ถึง 3

แต่ละขั้นตอนภายในโครงสร้างของ Hidden Layer 1 ถึง 3 มีรายละเอียดของการทำงานดังต่อไปนี้ (Phasit Charoenkwan, 2559: ออนไลน์)

- Convolution layers เป็นขั้นตอนที่จะสร้าง Filter มาสแกนรูป input เพื่อแยกองค์ประกอบของรูปออกมา เช่น ขอบ สี รูปทรง เป็นต้น โดยใน model จะใช้ filter ขนาด 3x3 จำนวน 32 filter ใน Hidden Layer ที่ 1 และ 2 ส่วนใน Hidden Layer ที่ 3 จะใช้จำนวน filter ทั้งหมด 64 filter

- Activation เป็น Convolution operator โดยเป็นการ activation แบบ Rectified Linear Units (Relu) โดยจะทำข้อมูลมีความเป็นเชิงเส้น
- Pooling layers เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ปรับขนาดข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงโดยที่รายละเอียดของ input ยังครบถ้วนเหมือนเดิม โดย Pooling มีประโยชน์ในเรื่องของการเพิ่มความไวในการคำนวณและแก้ปัญหา over fitting โดยจาก Model จะเป็นการสร้าง Matrix ขนาด 2x2 วางต่อกันไปจนครบทั้งภาพ โดยพิจารณาว่าใน Matrix ขนาด 2x2 ที่มีค่ามากที่สุดให้คงค่านั้นไว้ที่เหลือตัดทิ้ง โดยในขั้นตอนนี้เริ่มต้นขนาดของรูปภาพเท่ากับ 510x510 pixel เมื่อผ่าน Hidden ที่ 1 จะมีขนาด 255x255 pixel ต่อมาจะผ่าน Hidden ที่ 2 จะมีขนาด 126x126 pixel และสุดท้ายเมื่อผ่าน Hidden ที่ 3 จะมีขนาด 62x62 pixel

ส่วน Hidden layers ชั้นที่ 4 จะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ คือ Flatten, Dense, Activation และ Dropout ดังแสดงในรูปที่ 8



ภาพที่ 8: โครงสร้างภายใน Hidden Layer 4

แต่ละขั้นตอนภายในโครงสร้างของ Hidden Layer 4 มีรายละเอียดของการทำงานดังต่อไปนี้ (Phasit Charoenkwan, 2559: ออนไลน์)

- Flatten เป็นการแปลงข้อมูลจากข้อมูลเดิมเป็นแบบ 2D เปลี่ยนข้อมูลภาพเป็น 1D
- Dense จะทำหน้าที่รับ output จาก Convolution layers ที่ออกมาเข้ามายัง 64 Neuron โดยใช้ activation แบบ Rectified Linear Units (ReLU) เพื่อความง่ายในการคำนวณและประสิทธิภาพของผลลัพธ์
- Activation เป็น Convolution operator โดยจะ activation แบบ Rectified Linear Units (ReLU) โดยจะทำให้ค่า pixel ที่ได้แต่ละจุดไม่ติดลบ

- Dropout เป็นการ random ข้อมูลเพื่อนำมาตัดออกบางส่วนมาพิจารณาเป็นคำตอบของ Model เนื่องจากไม่สามารถใช้ทั้งหมด มีประโยชน์ในเรื่องเพิ่มความไวในการคำนวณและแก้ปัญหา over fitting โดยในส่วนของ Model ได้กำหนดเอาไว้ที่ 0.5 (50%) ของข้อมูลทั้งหมด
- ทำการ Dense อีก 1 รอบโดยในครั้งนี้ใช้เพียง 1 Neuron
- ส่วนสุดท้ายคือ Activation เป็น Convolution operator โดยจะ activation แบบ Sigmoid เพื่อนำมาคำนวณและแยกแยะกลุ่มของข้อมูล

การแบ่งกลุ่มข้อมูลและการประเมินประสิทธิภาพ

ในขั้นตอนการแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ในการฝึกสอนและทดสอบระบบนั้นใช้หลักการ K-fold Crossing validation โดยในงานวิจัยนี้ใช้จำนวนการแบ่งที่ค่า K เท่ากับ 2 จะแบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่มเท่าๆกัน โดยกลุ่มข้อมูลแรกจะนำไปใช้ในการฝึกสอนระบบและกลุ่มข้อมูลที่เหลือจะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบ หลังจากนั้นข้อมูลทั้งสองจะถูกสลับเพื่อนำมาใช้ฝึกสอนและทดสอบอีกรอบ ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยจะสามารถแบ่งได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: กระบวนการจัดแบ่งข้อมูลในการฝึกฝนและทดสอบระบบ

รอบที่ 1	Training Set		Test Set	
	ไฟล์	จำนวนภาพ	ไฟล์	จำนวนภาพ
กลุ่ม N	n01, n03, n05, n07, n09	353	n02, n04, n06, n08, n10	408
กลุ่ม T	t01, t03, t05, t07, t09	636	t02, t04, t06, t08, t10	537

รอบที่ 2	Training Set		Test Set	
	ไฟล์	จำนวนภาพ	ไฟล์	จำนวนภาพ
กลุ่ม N	n02, n04, n06, n08, n10	408	n01, n03, n05, n07, n09	353
กลุ่ม T	t02, t04, t06, t08, t10	537	t01, t03, t05, t07, t09	636

การประเมินประสิทธิภาพผลทดสอบของระบบจะนำเสนอด้วยค่าความไว (Sensitivity) และค่าจำเพาะ (Specificity) โดยการคำนวณค่า Sensitivity และ Specificity เป็นไปตามสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (1)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (2)$$

โดยที่ TP คือค่าผลบวกจริง (True Positive)
FN คือ ค่าผลลบที่ผิด (False Negative)
TN คือ ค่าผลลบจริง (True Negative)
FP คือ ค่าผลบวกที่ผิด (False Positive)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลจากการทดลองเพื่อทำนายการสิ้นสุดของ AF โดยใช้ข้อมูลภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจร่วมกับแบบจำลองระบบแบบ CNN แสดงผลได้ดังตารางที่ 2 โดยในการทดสอบรอบที่ 1 นั้นระบบสามารถจำแนกข้อมูลของกลุ่ม N กับกลุ่ม T ได้ที่ค่า Sensitivity เท่ากับ 74% และค่า Specificity เท่ากับ 83% ในการทดสอบรอบที่ 2 ผลการจำแนกได้ที่ Sensitivity เท่ากับ 57% และค่า Specificity เท่ากับ 95% โดยค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการจำแนกอยู่ที่ Sensitivity เท่ากับ 65±12% และ Specificity เท่ากับ 89±8% จากการทดลองพบว่าค่า Sensitivity ที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าค่า Specificity เนื่องจากจำนวนข้อมูลของข้อมูลในกลุ่ม N มีค่าค่อนข้างน้อยทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกในกลุ่ม N จึงได้ผลที่ไม่สูง

ตารางที่ 2: ผลการทดสอบการจำแนกชุดข้อมูลกลุ่ม N และกลุ่ม T

	กลุ่ม N		กลุ่ม T		Sensitivity	Specificity
	TP	FN	TN	FP		
การทดสอบรอบที่ 1	302	106	448	89	74%	83%
การทดสอบรอบที่ 2	200	153	602	34	57%	95%
ประสิทธิภาพเฉลี่ย					65±12%	89±8%

สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพคลื่นไฟฟ้าหัวใจมาเพื่อใช้ในการทำนายการสิ้นสุดของสัญญาณ AF ซึ่งเป็นโจทย์การวิจัยของ Annual PhysioNet/Computers in Cardiology Challenge ครั้งที่ 5 โดยโจทย์ที่งานวิจัยสนใจคือการจำแนกข้อมูลสัญญาณของกลุ่ม non-terminating AF กับกลุ่ม terminating AF โดยวิธีการจำแนกของในงานวิจัยนี้คือแบบจำลอง CNN ซึ่งที่นิยมอย่างมากในการจำแนกข้อมูลชนิดที่เป็นรูปภาพ และในการแบ่งข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝนและทดสอบระบบใช้วิธีการ k-fold crossing validation ผลการทดลองในงานวิจัยสามารถที่จะจำแนกข้อมูลกลุ่ม N และข้อมูลกลุ่ม T ได้ที่ Sensitivity เท่ากับ $65 \pm 12\%$ และ Specificity เท่ากับ $89 \pm 8\%$ ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นการศึกษาเบื้องต้นโดยข้อจำกัดในการทำวิจัยนี้ คือข้อมูลที่ใช้เป็นฐานข้อมูลในการทดสอบมีจำนวนที่ยังไม่มากพอในกระบวนการของ Machine learning ส่วนแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยนี้สามารถปรับเปลี่ยนได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นนี้ และจำเป็นต้องเพิ่มกระบวนการ pre-processing ที่เหมาะสมก่อนที่จะนำเข้าสู่ระบบการวิจัยนี้เป็นเพียงแนวทางเบื้องต้นในการทำเทคโนโลยีในปัจจุบันคือ Machine learning ที่มุ่งเน้นไปในด้านการจัดการรูปภาพเป็นหลักมามีส่วนร่วมกับการวินิจฉัยทางการแพทย์ ซึ่งอาจประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านอื่นๆต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Chatchawan Niyomthum (2560). *Neural Network 101: CNN with TensorFlow*. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2562, จาก <https://medium.com/@thebear19/neural-network-101-cnn-with-tensorflow-fd5d515e979b?fbclid>
- Joseph M. Bumgarner และคณะ (2018). Smartwatch Algorithm for Automated Detection of Atrial Fibrillation. *Journal of the American College of Cardiology*, Vol. 72, Issue 12, 18 September 2018, หน้า 1433-1434
- Phasit Charoenkwan (2559). *Deep Learning เพื่อทายภาพ*. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2562, จาก <https://facebook.com/groups/988867541235062/permalink/1287099968078483>
- Goldberger AL และคณะ. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation*, 101(23):e215-e220
- Siamhealth. (2560). *Atrial Fibrillation*. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2562, จาก <http://m.siamhealth.net/cardio/af/index.html>
- S Petrutiu, AV Sahakian, J Ng, S Swiryn (2004). Fibrillatory Wave Analysis of the Surface ECG to Predict Termination of Atrial Fibrillation. *Computers in Cardiology (2004)*, Vol.31 หน้า 105–108.

การพัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) TRAVEL BY CHAO PHRAYA EXPRESS BOAT (ORANGE FLAG)

พจนีย์ จันทรศุภวงศ์^{1*}, ขวัญฤทัย กุลกิจเจริญ²

Pojanee Juntarasupawong^{1*}, Kwanruthai Kunkitcharoen²

¹ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

¹Computer Science and Information Technology Department School of Information Technology and
Innovation Bangkok University

²ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

²Computer Science and Information Technology Department School of Information Technology and
Innovation Bangkok University

Corresponding author, E-mail: pojanee.j@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การเดินทางโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเดินทางของคนในกรุงเทพมหานคร อีกทั้งเส้นทางที่เรือผ่านยังมีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจอยู่มากมาย เช่น ป้อมพระสุเมรุ ตลาดวังหลัง สนามหลวง พระบรมหาราชวัง วัดพระแก้ว วัดอรุณราชวรารามมหาวิหาร และเอเชียทีค เดอะ ริเวอร์ฟรอนท์ เป็นต้น ด้วยสถานที่ท่องเที่ยวมากมายแต่มักท่องเที่ยวบางส่วนที่ไม่รู้จักและยังไม่เคยเดินทางไปท่องเที่ยว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแอปพลิเคชันนี้ โดยใช้โปรแกรม Android Studio, SQLite, Genymotion ในการพัฒนาให้สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวที่อยู่ใกล้กับบริเวณท่าเรือต่าง ๆ ของเรือด่วนเจ้าพระยา รวมทั้งแสดงข้อมูลของท่าเรือ ข้อมูลการเดินทางเรือ และแผนที่แสดงพิกัดของท่าเรือต่าง ๆ ในรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยการทำงานของแอปพลิเคชันนั้น ผู้ใช้งานสามารถค้นหาท่าเรือที่อยู่ใกล้ตนเอง และศึกษาเส้นทางของท่าเรือก่อนออกเดินทางจริง เพื่อลดเวลาและอำนวยความสะดวกในการเดินทางสำหรับผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน การประเมินแอปพลิเคชันโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) เพื่อนำมาพิจารณาการออกแบบและฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ว่ามีการตอบสนองต่อผู้ใช้เพียงพอหรือไม่ ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.25

คำสำคัญ: เรือด่วนเจ้าพระยา ธงส้ม ท่องเที่ยว แอปพลิเคชันบนมือถือ

ABSTRACT

Travelling by Chao Phraya Express Boat (the orange flag) is a travelling option for people in Bangkok. In addition, the route that the express boat goes through has many tourist attractions such as Phra Sumen Fort, Wang Lang Market, Sanam Luang, the Royal Grand Palace, Temple of the Holy Jewel Image (Wat Phra Keaw), Arunratchawararam Temple, and Asiatique the Riverfront. Despite the tourist attractions are in existence, some tourists do not know and have never visited them. Therefore researchers developed a mobile application using Android Studio, SQLite and Genymotion programs. The application is applicable on Android mobile Operating System, purposely used to introduce the tourist attractions nearby the Chao Phraya Express Boat's piers as well as present the piers' information, boat trip information, and map of the piers' location in both Thai and English languages. Users can search for nearby piers and learn the travelling route and piers before their actual boat trip. These save some times and provide comfort for the boat trip for the mobile application users. The assessment of the mobile application was performed using a survey on their satisfaction towards the Travelling by Chao Phraya Express Boat (the orange flag) mobile application. The results were taken into consideration whether the design and features of the mobile application were responsive enough for the mobile application users. The assessment results shows that user satisfaction level was very satisfy at the average of 4.25.

Keywords: Chao Phraya Express Boat, Orange Flag, Travel, Mobile Application

บทนำ

ปัจจุบันการเดินทางโดยเรือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเดินทางที่ผู้คนนิยมใช้บริการ โดยเส้นทางที่เรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) ผ่าน มีสถานที่ท่องเที่ยวมากมาย ซึ่งเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สวยงามและน่าไปเยี่ยมชม แต่ยังมีผู้ใช้บริการเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) อีกเป็นจำนวนมากที่ยังไม่รู้จักสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ เหล่านั้น ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้งานผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟน เนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์สมาร์ตโฟนได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของบุคคลทั่วไป ผู้ใช้สามารถใช้ประโยชน์ได้มากมายจากอุปกรณ์สมาร์ตโฟน ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสาร การใช้งานอินเทอร์เน็ต หรือการนำแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ และอำนวยความสะดวก

ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) เพื่อแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวและส่งเสริมการท่องเที่ยวให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น ทั้งนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติ เพื่อให้เห็นถึง

ทัศนียภาพในมุมต่าง ๆ ของสถานที่ท่องเที่ยว โดยแอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟนที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมข้อมูลแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางประกอบการพัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) ดังนี้

สุพัตรา กำลังมาก (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ส่งเสริมการท่องเที่ยวกรุงรัตนโกสินทร์ โดยเรือท่องเที่ยวเจ้าพระยา บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวก และช่วยเหลือนักท่องเที่ยวในการท่องเที่ยวกรุงรัตนโกสินทร์ โดยเรือท่องเที่ยวเจ้าพระยา มีการนำเสนอข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวตามท่าเรือในเส้นทางเรือของเรือท่องเที่ยวเจ้าพระยา มีฟังก์ชัน Nearby สามารถบอกท่าเรือใกล้เคียงตำแหน่งปัจจุบันของนักท่องเที่ยว พร้อมทั้งบอกวิธีการเดินทางไปยังท่าเรือได้ มีฟังก์ชัน MyTrips ซึ่งนักท่องเที่ยวสามารถสร้างกำหนดการท่องเที่ยวของตนเองได้ ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉิน นักท่องเที่ยวสามารถโทรออกไปยังเบอร์โทรฉุกเฉินได้ทันทีผ่านทางแอปพลิเคชัน พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษา JAVA จัดการฐานข้อมูลด้วย phpMyAdmin ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ทดลองใช้อยู่ในระดับดีมาก ข้อมูลมีความถูกต้อง มีประโยชน์ต่อการท่องเที่ยว และมีประโยชน์ในการใช้งาน

พรพิมล อุดมเกษมทรัพย์ (2558) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันระบบข้อมูลการท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่บนอุปกรณ์สมาร์ตโฟน มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ที่พัก และสถานที่บริการต่าง ๆ บนอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ไว้ในแอปพลิเคชัน นำเสนอข้อมูลในรูปแบบภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีระบบค้นหาสถานที่ท่องเที่ยว และแผนที่นำทาง GPS เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเดินทางได้สะดวกมากขึ้น ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชันพบว่าแอปพลิเคชันมีการจัดวางองค์ประกอบสวยงาม สามารถช่วยเหลือนำทางได้จริง โดยมีผลประเมินอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.50

กฤษฎา เอกศิริ และคณะ (2558) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันโปรแกรมระบบนำเที่ยวในจังหวัดศรีสะเกษ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้ผู้ใช้สามารถค้นหาสถานที่พัก สถานที่กิน แหล่งท่องเที่ยวภายในจังหวัดศรีสะเกษ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแอปพลิเคชันสามารถเข้าถึงข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวภายในจังหวัดศรีสะเกษ มีระบบนำทางด้วย Google Map และสามารถแชร์ตำแหน่งพร้อมความคิดเห็นผ่าน Facebook ได้ ผลการประเมินความพึงพอใจกลุ่มผู้ทดลองใช้พบว่า แอปพลิเคชันมีการใช้รูปแบบและสีตัวอักษรที่เหมาะสม นำเสนอข้อมูลถูกต้อง ครบถ้วน สามารถประมวลผลได้รวดเร็ว มีการทำงานตรงตามจุดประสงค์ โดยมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี ที่ค่าเฉลี่ย 4.46

สุชาดา พลาชัยภิรมย์ศิลป์ (2554) ได้ทำการศึกษาแนวโน้มการใช้โมบายแอปพลิเคชัน ซึ่งมีแนวโน้มการใช้งานอุปกรณ์สมาร์ตโฟนเพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดดในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันและเทคโนโลยีของตัวเครื่องโทรศัพท์จากค่ายผู้ผลิตโทรศัพท์ โดยเฉพาะการพัฒนาต่อยอด

แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ของบริษัทต่าง ๆ ที่แข่งขันกันเพื่อชิงความเป็นหนึ่งในตลาดด้านโมบายแอปพลิเคชัน ซึ่งการพัฒนาแอปพลิเคชันแบ่งเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันระบบ (Operation System) และแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ที่ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์ แอปพลิเคชันที่เพิ่มขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่มีแนวโน้มใช้โปรแกรมต่าง ๆ เพื่อตอบสนองกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ทำธุรกรรมทางการเงิน เชื่อมต่อและสืบค้นข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ชมภาพยนตร์ ฟังเพลง หรือแม้แต่การเล่นเกมที่ทั้งออนไลน์ และออฟไลน์ ด้วยอัตราการขยายตัวด้านการใช้งานอุปกรณ์เคลื่อนที่ทำให้บริษัทชั้นนำด้านโทรศัพท์มือถือหลายแห่งหันมาให้ความสำคัญกับการพัฒนาโปรแกรมบนโทรศัพท์มือถือ โดยเชื่อว่าจะมีอัตราการดาวน์โหลดเพื่อใช้งานที่เติบโตอย่างเห็นได้ชัด

ศุภศิศิลป์ กุลจิตต์เจือวงศ์ (2556) ได้ทำการศึกษาเรื่องโทรศัพท์มือถืออัจฉริยะ ทศวรรษใหม่ของนวัตกรรมการสื่อสารแห่งอนาคต ซึ่งโทรศัพท์มือถืออัจฉริยะเป็นนวัตกรรมการสื่อสารรูปแบบใหม่ที่จะสร้างความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้ในด้านต่าง ๆ เป็นอุปกรณ์ที่ผู้ใช้พกติดตัวตลอดทั้งวัน ใช้เป็นช่องทางการสื่อสาร การบริหารจัดการข้อมูล การสื่อสารทางการตลาด และใช้ทำกิจกรรมต่าง ๆ คุณสมบัติเฉพาะพิเศษของโทรศัพท์มือถืออัจฉริยะที่จะช่วยสร้างคุณประโยชน์ให้มีประสิทธิภาพนั้น ทำให้โทรศัพท์มือถืออัจฉริยะได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องเรื่อยมา ในส่วนของผู้ใช้นั้นควรใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดเช่นเดียวกับคุณสมบัติที่มาพร้อมกับโทรศัพท์มือถืออัจฉริยะ โดยผู้ใช้ต้องพิจารณาก่อนว่าจะซื้อรุ่นใดที่มีความเหมาะสมกับผู้ใช้มากที่สุด และใช้งานให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด ควบคู่กับการดูแลรักษาอย่างถูกวิธีตลอดอายุการใช้งาน

ทรงยศ เจริญบุญณะ และ ขวลิย์ ณ ถลาง (2559: 59) ได้ทำการศึกษาทัศนะหนักท่องเที่ยวชาวไทยและตัวแทนประชาชน ชุมชน ต่อการจัดการธุรกิจท่องเที่ยวบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่านักท่องเที่ยวชาวไทยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์การท่องเที่ยวมากกว่า 1 ประการ เมื่อพิจารณารายวัตถุประสงค์พบว่าวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้มากที่สุด รองลงไป คือเพื่อความเพลิดเพลิน ด้านรูปแบบกิจกรรมท่องเที่ยวบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่า ส่วนใหญ่นักท่องเที่ยวชาวไทย ทำกิจกรรมท่องเที่ยวบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยามากกว่า 1 ประเภท เมื่อพิจารณารายประเภท กิจกรรม พบว่า ประเภทกิจกรรมชมวัดและสถาปัตยกรรมริมฝั่งน้ำมากที่สุด รองลงมาเป็น ประเภทกิจกรรมล่องเรือชมธรรมชาติและวิถีชีวิตชาวบ้านริมน้ำ การศึกษาระดับทัศนะของนักท่องเที่ยว พบว่ามีระดับทัศนะในภาพรวมอยู่ระดับปานกลาง เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า มีระดับทัศนะในระดับมาก 4 ด้าน คือ 1) นโยบายและบุคลากรเหมาะสม 2) สิ่งอำนวยความสะดวกและกิจกรรมท่องเที่ยวเหมาะสม 3) การดำเนินธุรกิจเหมาะสม 4) มีการปลูกจิตสำนึกแก่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และมีระดับทัศนะในระดับปานกลาง 3 ด้าน คือ 1) มีจริยธรรมในวิชาชีพและความรับผิดชอบต่อสังคม 2) มีการอนุรักษ์รักษาทรัพยากรท่องเที่ยวและสิ่งแวดล้อม 3) การมีส่วนร่วมของชุมชนและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวบริเวณท่าเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม) และให้ข้อมูลการเดินทางโดยเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม) ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มทดลองผู้ใช้แอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยมุ่งเน้นศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม) บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ด้านข้อมูล การออกแบบ และการนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใช้ทั่วไป ที่มีความสนใจแหล่งท่องเที่ยวที่อยู่บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาสามารถเดินทางได้ด้วยเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม) มีการใช้งานอุปกรณ์สมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ทั้งเพศหญิงและเพศชาย จำนวน 30 คน

แอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม) ที่พัฒนาจะมีขอบเขตการทำงานดังนี้

1. แสดงข้อมูลท่าเรือ 21 ท่าเรือ ผู้ใช้สามารถเลือกดูข้อมูลของท่าเรือและสถานที่ท่องเที่ยวบริเวณท่าเรือนั้น ๆ ได้
2. แสดงข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ที่อยู่บริเวณท่าเรือ และบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา โดยแต่ละสถานที่จะแสดงข้อมูลและรูปภาพสถานที่ท่องเที่ยวนั้น ๆ เช่น ท่าเรือที่ใกล้กับสถานที่ท่องเที่ยว วันและเวลาเปิด-ปิด และสามารถดูตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวผ่าน Google Maps ได้
3. ค้นหาท่าเรือที่ใกล้เคียงตำแหน่งที่ผู้ใช้อยู่ใกล้มากที่สุด 3 ท่าเรือ จากทั้งหมด 21 ท่าเรือ โดยคำนวณจากระยะทางตามเส้นทาง
4. แสดงแผนที่ตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานและแสดงตำแหน่งของท่าเรือ 21 ท่าเรือ ในรูปแบบ Google Maps
5. จัดการภาษา สามารถเลือกภาษาในการแสดงผลได้ 2 ภาษา คือภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
6. แสดงข้อมูลการเดินทาง จะแสดงตารางเวลาเดินทาง

การวิจัยเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือวัดนเจ้าพระยา (งสัม) บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีกระบวนการพัฒนาดังนี้

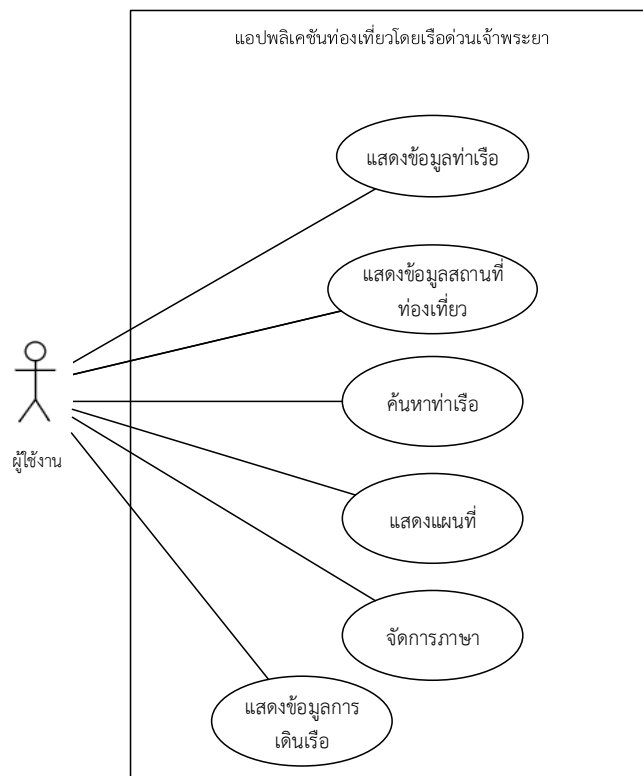
การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลความต้องการของผู้ใช้โดยการสอบถาม สัมภาษณ์ จากนักท่องเที่ยวตามสถานที่ต่าง ๆ ถึงความต้องการในฟังก์ชันงานบนแอปพลิเคชัน ศึกษาข้อมูลท่าเรือ และสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาจากเว็บไซต์ต่าง ๆ ที่แนะนำข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยว พร้อมทั้งลงพื้นที่จริงเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เก็บภาพถ่าย ข้อมูลพิกัดของแต่ละสถานที่ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลจุดเด่นจุดด้อยในแต่ละแอปพลิเคชัน เพื่อนำข้อมูล

ได้มาพัฒนาแอปพลิเคชันให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และศึกษาภาษาและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

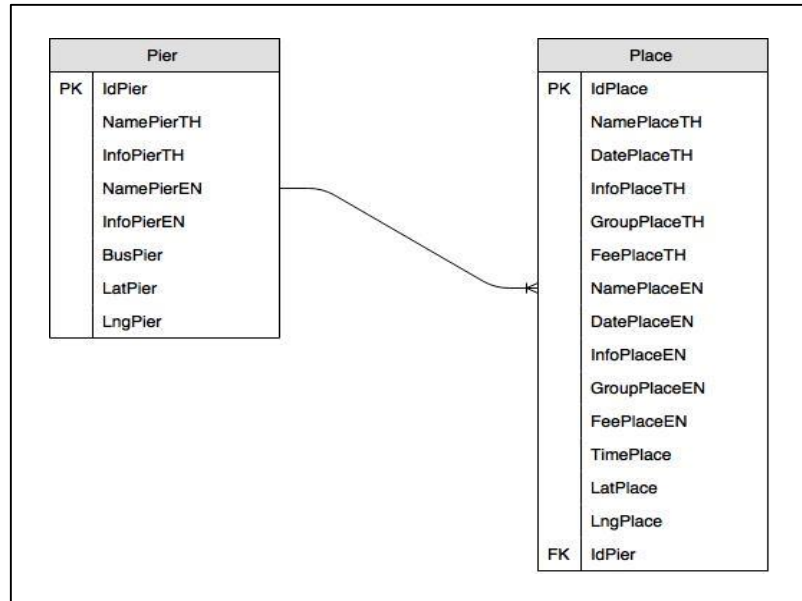
การวิเคราะห์และออกแบบ

จากการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน จึงได้ออกแบบ Use Case Diagram เพื่อแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (User) และความสัมพันธ์กับระบบย่อย (Sub systems) ภายในระบบใหญ่ และการออกแบบหน้าจอการทำงานของแอปพลิเคชัน ให้สวยงามและง่ายต่อการใช้งาน



ภาพที่ 1 : Use Case Diagram แอปพลิเคชันแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (งสั้ม)

ออกแบบจำลองความสัมพันธ์ Entity Relationship Diagram (ERD) เพื่อใช้อธิบายโครงสร้างของฐานข้อมูลแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (งสั้ม)

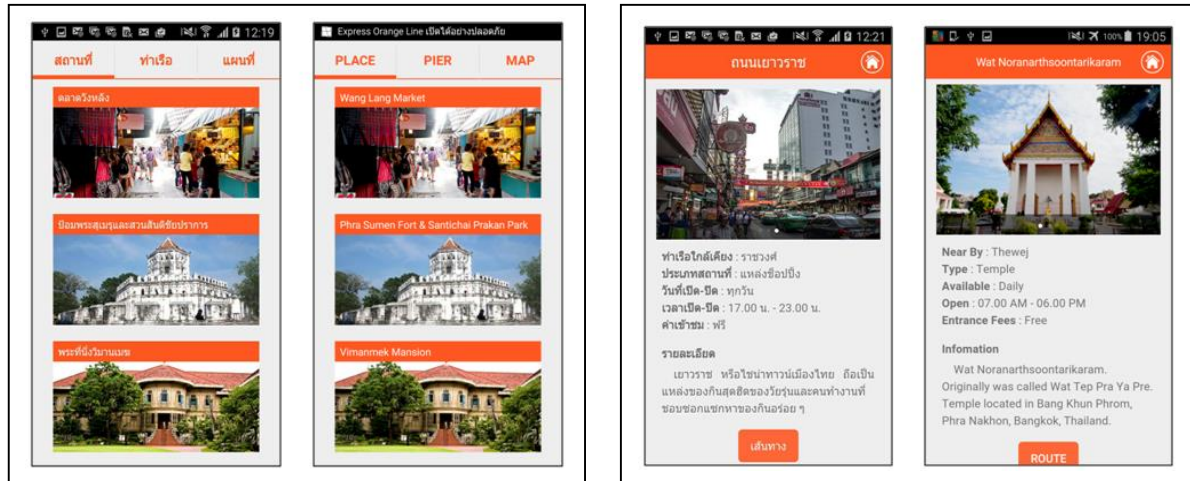


ภาพที่ 2 : Entity Relationship Diagram แอปพลิเคชันแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม)



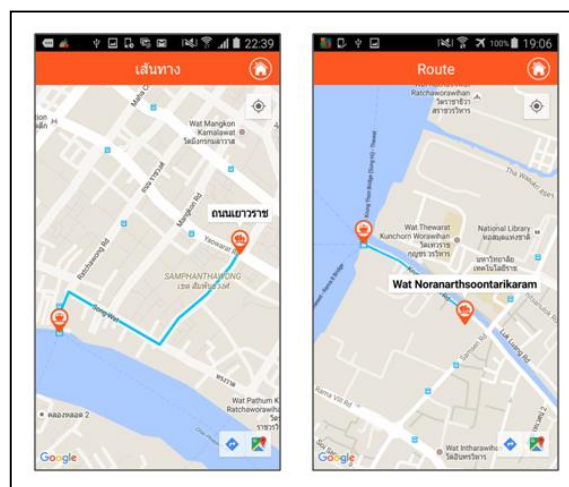
ภาพที่ 3 : ภาพหน้าแรกของแอปพลิเคชันและหน้าแสดงเมนูฟังก์ชันการทำงาน

จากภาพที่ 3 แสดงหน้าแรกของแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) มีการแสดงผล 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ผู้ใช้สามารถเลือกภาษาในการแสดงผลได้จากเมนู เมื่อผู้ใช้เลือกภาษาที่ต้องการแสดงผล แอปพลิเคชันจะแสดงหน้าเมนูหลัก แสดงฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชัน ซึ่งประกอบด้วย 1) สถานที่ เพื่อไปยังหน้าสถานที่ทั้งหมด 2) ทำเรือ เพื่อไปยังหน้าทำเรือทั้งหมด 3) แผนที่ เพื่อไปยังหน้าแผนที่ 4) ตารางเดินเรือ เพื่อไปยังหน้าตารางเดินเรือ 5) ทำเรือที่ใกล้ เพื่อไปยังหน้าค้นหาทำเรือที่ใกล้ที่สุด 6) ตั้งค่า เพื่อไปยังหน้าตั้งค่า



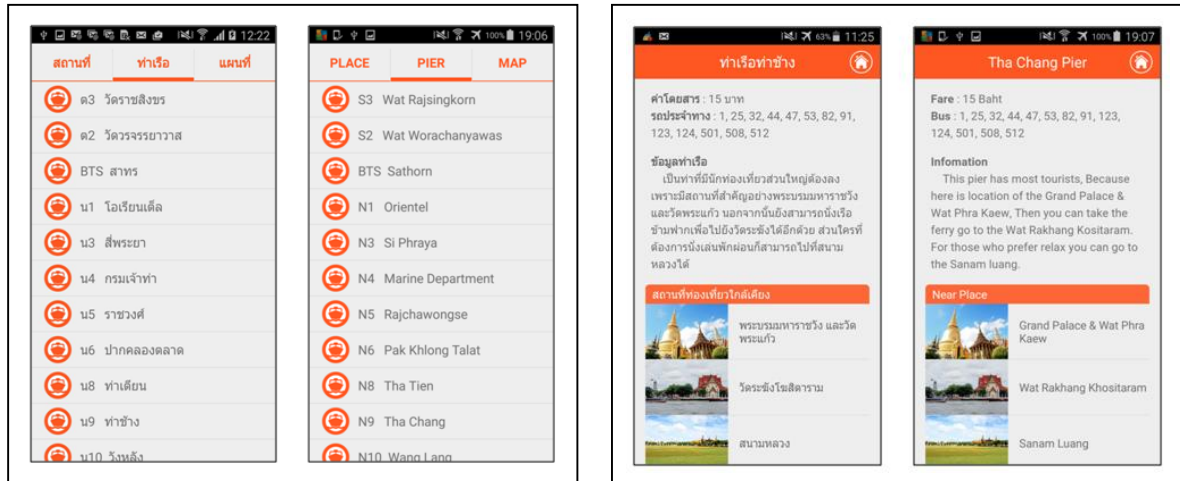
ภาพที่ 4 : ภาพหน้าสถานที่ท่องเที่ยวและหน้าแสดงข้อมูลสถานที่

จากภาพที่ 4 หน้าสถานที่ แสดงสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมด เรียงลำดับตามตัวอักษรภาษาไทย และเมื่อผู้ใช้เลือกสถานที่ จะแสดงข้อมูลของสถานที่นั้น เมื่อผู้ใช้เลือกสถานที่ที่จะแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของสถานที่นั้น เช่น ทำเรือใกล้เคียง วันเวลาเปิด-ปิด เป็นต้น ผู้ใช้สามารถกดปุ่มเส้นทางเพื่อดูเส้นทางเดินทางไปยังสถานที่นั้นได้



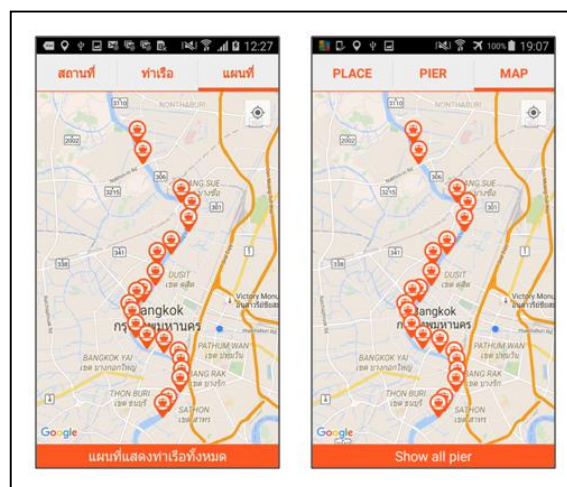
ภาพที่ 5 : ภาพหน้าแผนที่ของสถานที่

จากภาพที่ 5 หน้าแผนที่ของสถานที่ จะแสดงเส้นทางจากท่าเรือที่ใกล้กับสถานที่นั้นไปยังสถานที่



ภาพที่ 6 : ภาพแสดงข้อมูลท่าเรือ

จากภาพที่ 6 แสดงข้อมูลท่าเรือทั้งหมดที่เรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) จอด เรียงลำดับตามรหัสท่าเรือ และเมื่อเลือกท่าเรือ จะไปยังหน้าข้อมูลของท่าเรือนั้น จะแสดงข้อมูลของท่าเรือและสถานที่ท่องเที่ยวใกล้เคียง สามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยวใกล้เคียงได้ เพื่อดูข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวที่เลือก



ภาพที่ 7 : ภาพหน้าแผนที่

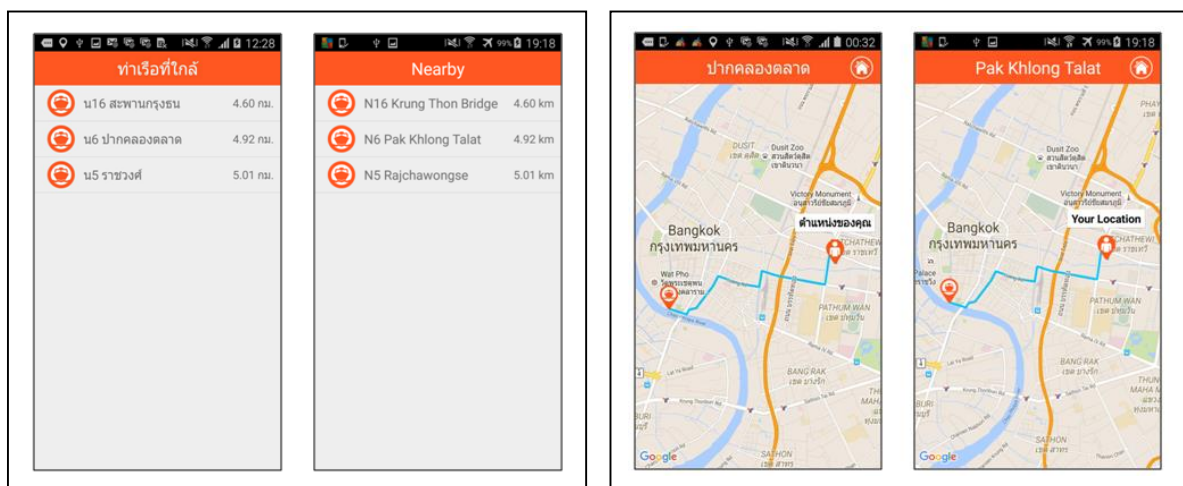
จากภาพที่ 7 แสดงหน้าแผนที่ แสดงตำแหน่งของผู้ใช้และตำแหน่งของท่าเรือทั้งหมดที่เรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) จอด

ตารางเดินเรือ		
วัดราชสิงขร ถึง นนทบุรี		
วันบริการ	ช่วงเวลา	ออก
จันทร์ - ศุกร์	06:00 - 08:00	ทุก 12 นาที
	08:00 - 09:00	ทุก 15 นาที
	09:00 - 15:00	ทุก 20 นาที
	15:00 - 16:00	ทุก 15 นาที
	16:00 - 19:00	ทุก 10 นาที
เสาร์ - อาทิตย์ วันหยุดนักขัตฤกษ์	06:00 - 19:00	ทุก 20 นาที
นนทบุรี ถึง วัดราชสิงขร		
วันบริการ	ช่วงเวลา	ออก
จันทร์ - ศุกร์	05:50 - 07:00	ทุก 10 นาที
	07:00 - 08:00	ทุก 5 นาที
	08:00 - 09:00	ทุก 15 นาที
	09:00 - 15:00	ทุก 20 นาที
	15:00 - 18:00	ทุก 15 นาที

Schedule		
Wat Rajsingorn to Nonthaburi		
Service	Time	Departure
Mon - Fri	06:00 - 08:00	Every 12 min.
	08:00 - 09:00	Every 15 min.
	09:00 - 15:00	Every 20 min.
	15:00 - 16:00	Every 15 min.
	16:00 - 19:00	Every 10 min.
Sat - Sun Holiday	06:00 - 19:00	Every 20 min.
Nonthaburi to Wat Rajsingorn		
Service	Time	Departure
Mon - Fri	05:50 - 07:00	Every 10 min.
	07:00 - 08:00	Every 5 min.
	08:00 - 09:00	Every 15 min.
	09:00 - 15:00	Every 20 min.
	15:00 - 18:00	Every 15 min.

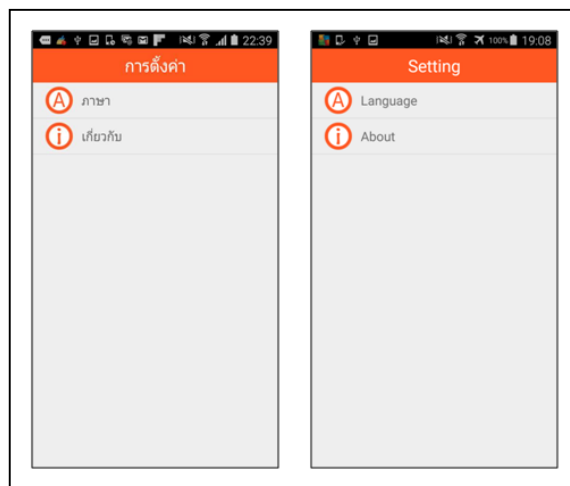
ภาพที่ 8 : หน้าแสดงตารางเดินเรือ

จากภาพที่ 8 แสดงหน้าตารางเดินเรือ แสดงข้อมูลการเดินทางเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) จากวัดราชสิงขรถึงนนทบุรี และนนทบุรีถึงวัดราชสิงขร



ภาพที่ 9 : ภาพหน้าการค้นหาท่าเรือที่ใกล้และภาพหน้าแผนที่นำทาง

จากภาพที่ 9 แสดงหน้าท่าเรือที่ใกล้ จะค้นหาท่าเรือที่ใกล้จากตำแหน่งของผู้ใช้ 3 ลำดับ โดยคำนวณระยะทางจากเส้นทางตามถนน เมื่อเลือกท่าเรือแล้วจะไปยังหน้าแผนที่นำทาง แสดงเส้นทางจากตำแหน่งของผู้ใช้งานไปยังท่าเรือที่ผู้ใช้งานเลือก



ภาพที่ 10 : ภาพหน้าการตั้งค่าภาษา

จากภาพที่ 10 แสดงหน้าตั้งค่าภาษา สามารถเปลี่ยนภาษาการแสดงผล

การพัฒนาระบบ

พัฒนาแอปพลิเคชันแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) ผู้วิจัยเลือกศึกษาและใช้ Android Studio ในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันใช้ Genymotion ในการจำลองอุปกรณ์สมาร์ตโฟนเพื่อใช้ประมวลผลการทำงานจากโปรแกรมที่พัฒนาด้วย Android Studio ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้

การทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้งานแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้น กับบุคคลทั่วไปทั้งใช้และไม่ใช้บริการเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) จำนวน 30 คนโดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน และตอบแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) จากนั้นได้นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลการประเมิน โดยพบว่าผู้ตอบแบบประเมินเป็นผู้ชาย คิดเป็นร้อยละ 66.7 และเพศหญิง ร้อยละ 33.3 และผู้ตอบแบบประเมินเคยใช้บริการเรือด่วนเจ้าพระยามีจำนวน ร้อยละ 53.3 และไม่เคยใช้บริการเรือด่วนเจ้าพระยา ร้อยละ 46.7

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ภายหลังทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน เมื่อได้ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) แล้ว ได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้ วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษาโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ ที่ค่าคะแนนอยู่ในช่วง 1.00 – 5.00 ใช้เกณฑ์ดังนี้ (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2551)

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันด้านข้อมูล

หัวข้อรายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
ด้านข้อมูล			
1. ข้อมูลตรงตามความต้องการของผู้ใช้	4.20	0.61	มาก
2. ข้อมูลที่ได้รับถูกต้องครบถ้วน	3.70	0.53	มาก
3. ข้อมูลอ่านแล้วเข้าใจง่ายมีความชัดเจน	4.01	0.74	มาก
รวม	3.97	0.63	มาก
ด้านการออกแบบ			
1. การจัดวางองค์ประกอบของแอปพลิเคชันมีความสวยงาม	4.50	0.51	มากที่สุด
2. แอปพลิเคชันมีสีเหมาะสม	4.30	0.60	มาก
3. ขนาดของรูปภาพและตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.50	0.63	มากที่สุด
4. แอปพลิเคชันมีขั้นตอนการใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.43	0.57	มาก
รวม	4.43	0.58	มาก
ด้านการนำไปใช้ประโยชน์			
1. แอปพลิเคชันช่วยวางแผนในการเดินทาง	4.07	0.74	มาก
2. แอปพลิเคชันนี้ช่วยให้ผู้ใช้รู้จักสถานที่ท่องเที่ยวบริเวณท่าเรือมากขึ้น	4.53	0.73	มากที่สุด
3. ผู้ใช้คิดว่าแอปพลิเคชันนี้มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจไปท่องเที่ยวโดยเรือ ด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม)	4.23	0.90	มาก
รวม	4.28	0.79	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านข้อมูล โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อมูลตรงตามความต้องการของผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ข้อมูลที่ได้รับถูกต้องครบถ้วน

ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านการออกแบบ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า การจัดวางองค์ประกอบของแอปพลิเคชันมีความสวยงาม และขนาดของรูปภาพและตัวอักษรที่แสดงในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ แอปพลิเคชันมีสีเหมาะสม

ผลการประเมินความพึงพอใจในด้านการนำไปใช้ประโยชน์อยู่ระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า แอปพลิเคชันนี้ช่วยให้คุณรู้จักสถานที่ท่องเที่ยวบริเวณท่าเรือมากขึ้นมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ แอปพลิเคชันช่วยวางแผนในการเดินทาง

สรุปผลการวิจัย

แอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อแนะนำข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว และตารางการเดินทางเรือเส้นทางจากท่าเรือไปยังสถานที่ท่องเที่ยวพร้อมทั้งสามารถแสดงท่าเรือที่ใกล้ตัวผู้ใช้งานมากที่สุดเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกเส้นทางไปยังท่าเรือที่ใกล้ตัวผู้ใช้งานได้เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดสบายในการเดินทางให้กับผู้ใช้งาน อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้ผู้คนหันมาท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยามากขึ้น สอดคล้องกับ ศุภศิลป์ กุลจิตต์เจือวงศ์ (2556) ที่กล่าวว่าโทรศัพท์มือถือเป็นนวัตกรรมการสื่อสารรูปแบบใหม่ ที่ช่วยสร้างความสะดวกรวดสบายให้กับผู้ใช้ และสอดคล้องกับสุชาดา พลาชัยภิมรณศิลป์ (2554) ที่กล่าวว่าแอปพลิเคชันที่ตอบสนองการใช้งานบนอุปกรณ์เคลื่อนที่มีเพิ่มมากขึ้นจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ผู้ใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่มีแนวโน้มการใช้งานแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อตอบสนองกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

การพัฒนาแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยานั้นผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Android Studio ในการพัฒนาแอปพลิเคชันและมีการเปรียบเทียบแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาหาจุดบกพร่องและการออกแบบที่ไม่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้และนำมาปรับปรุงในแอปพลิเคชันท่องเที่ยวโดยเรือด่วนเจ้าพระยา (ธงส้ม) ทำให้แอปพลิเคชันมีความสวยงามและประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น โดยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้จำนวน 30 คน โดยส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 66.7 ซึ่งมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.25 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือด้านการนำไปใช้ประโยชน์และค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือด้านข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา เอกศิริ และคณะ (2558). ระบบนำเที่ยวในจังหวัดศรีสะเกษ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *การประชุมวิชาการระดับชาติ การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. หน้า 1 - 5

พิสุทธา อารีราษฎร์. (2551). *การพัฒนาซอฟต์แวร์ทางการศึกษา*. มหาสารคาม: อริชาตการพิมพ์.

พรพิมล อุดมเกษมทรัพย์. (2558). *แอปพลิเคชันระบบข้อมูลการท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่บนอุปกรณ์*

เคลื่อนที่. สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัย
กรุงเทพ.

ทรงยศ เจริญบุญณะ และชวลีย์ ณ ถลาง. (2559). การศึกษาทัศนชนกท่องเที่ยวชาวไทยและตัวแทนประชาชน
ชุมชน ต่อการจัดการธุรกิจท่องเที่ยวบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, ปีที่
5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม, หน้า 59- 76

ศุภศิลป์ กุลจิตต์เจือวงศ์. (2556). โทรศัพท์มือถืออัจฉริยะ ทศวรรษใหม่ของนวัตกรรมการสื่อสารแห่งอนาคต.
วารสารวารสารวิชาการ Veridian E-Journal บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, ปีที่ 6, ฉบับที่
เดือนมกราคม-เมษายน, หน้า 132-142

สุชาดา พลาชัยภิรมย์ศิลป์. (2554). แนวโน้มการใช้โมบายแอปพลิเคชัน. *วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัย
กรุงเทพ* ปีที่ 16, ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน, หน้า 110-115

สุพัตรา คำลังมาก. (2555). การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ส่งเสริมการท่องเที่ยว กรุงรัตนโกสินทร์โดยเรือ
ท่องเที่ยวเจ้าพระยา บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *จุลนิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยี
สารสนเทศเพื่อการออกแบบคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*.

การเพิ่มประสิทธิภาพคลังอะไหล่เครื่องจักร กรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติก OPTIMIZING INVENTORY SPARE PARTS: A CASE STUDY OF THE FACTORY MANUFACTURED PRODUCTS PLASTIC BOTTLES

ชลิดา ขาววิจิตร^{1*}, ศรดา บุญภา²

^{1,2*}สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1*}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology

Panyapiwat Institute of management

*Corresponding author, E-mail : chalidacha@pim.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการดำเนินการวิจัยนี้เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจนับสต็อกและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังอะไหล่เครื่องจักร กรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์ขวดพลาสติก จากการศึกษาปัญหาพบว่าการจัดการคลังอะไหล่แบบเดิมไม่มีการจัดเก็บให้เป็นระเบียบ เช่น อะไหล่เครื่องจักรวางที่พื้น มีการจัดเก็บอุปกรณ์หลายชนิดในภาชนะเดียวกัน อะไหล่เครื่องจักรวางปนกัน และไม่มีการจัดกลุ่มประเภทของอะไหล่ทำให้ใช้เวลาในการค้นหาอะไหล่เครื่องจักรเป็นเวลานาน ยากต่อการตรวจนับสต็อก ส่งผลให้จำนวนการตรวจนับสต็อकाะไหล่ไม่ตรงกับจำนวนอะไหล่ที่มีอยู่จริง ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ พบว่าปัญหาหลักคือมีการจัดการคลังอะไหล่เครื่องจักรที่ไม่เหมาะสม

จากการศึกษาอะไหล่เครื่องจักรทั้งหมด 581 รายการ สามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น 9 ระบบ ทำการจัดโลเคชันให้แก่อะไหล่เครื่องจักรใหม่ โดยนำทฤษฎี ABC Analysis มาใช้ในการแบ่งกลุ่ม มีการจัดทำป้ายบ่งชี้ที่สถานที่จัดเก็บของอะไหล่เครื่องจักรและทำการปรับปรุงเครื่องมือหรือเอกสารการบันทึกสต็อกการเบิกจ่ายอะไหล่เครื่องจักร โดยการนำบาร์โค้ดเข้ามาใช้ในการจัดการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังอะไหล่เครื่องจักรและลดความผิดพลาดในการตรวจนับสต็อकाะไหล่เครื่องจักร สามารถลดความผิดพลาดจากการตรวจนับสต็อकाะไหล่เครื่องจักรลดลงได้ 38.01% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระยะทางในการค้นหาของก่อนและหลังลดลง จากเดิมรวมระยะทาง 72.4 เมตร หลังปรับปรุงรวมระยะทางทั้งหมด 61.7 เมตร ลดลง 10.7 เมตร และคิดเป็นเวลารวมทั้งหมด 994 วินาที หลังปรับปรุงรวมเวลา 213 วินาที ลดลง 781 วินาที

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ อะไหล่เครื่องจักร

ABSTRACT

The objective of this research was to study the efficiency of the production of machinery spare parts. Case study of plastic bottle product factory Found that the original spare parts arrangement was not kept in order, such as machinery parts placed on the floor There are many storage devices in the same container. Machine parts are mixed together And there is no grouping Makes it time to search for spare parts for a long time Difficult to count stock As a result, the number of spare parts counting does not match the actual number of spare parts. The researcher therefore analyzed the cause. Found that the main problem was the improper supply of machinery spare parts.

From the study of all 581 machine parts, the group can be divided into 9 systems, providing locations for new machine parts by using ABC Analysis to divide the group. There are signs indicating the location of the machine spare parts and make improvements to the tools or documents to record the stock, disbursement of machine parts. By using barcodes to manage In order to increase the efficiency of the machinery spare parts and reduce the error in the stock counting of machinery parts Can reduce errors From the stock counting, the machinery spare parts can be reduced by 38.01%, which when comparing the distance of the search before and after decreasing. From the original total distance of 72.4 meters, after a total adjustment of 61.7 meters, a total of 10.7 meters, and a total of 994 seconds, after 213 seconds total adjustment, reduced 781 seconds.

Keywords: Performance, Spare Parts.

บทนำ

ในปัจจุบันธุรกิจการผลิตขวดพลาสติก มีการแข่งขันที่สูงทำให้ผู้ผลิตต้องมีการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพในหลาย ๆ ด้าน การเพิ่มอัตราการผลิต และการปรับปรุงการทำงานจึงเป็นหัวใจที่สำคัญของการอยู่รอดทางธุรกิจ และการเติบโตทางอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งรายอื่น ๆ ผู้ประกอบการมีความจำเป็นที่จะต้องผลิตสินค้าที่มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า โดยมีต้นทุนต่ำแต่ต้องมีประสิทธิภาพที่สูงที่สุด ผู้ผลิตสินค้าต้องหากกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาแข่งขันในตลาดมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำเอากลยุทธ์ต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและคุ้มค่าที่สุด จึงได้มีการคิดค้นเครื่องมือและนำเทคโนโลยีต่างๆ มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตขององค์กร เช่น กลยุทธ์ด้านการจัดการด้านวัสดุคงคลัง กลยุทธ์ด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรกล กลยุทธ์ด้านการพัฒนาด้านโล-จิสติกส์ กลยุทธ์ทางการตลาด เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องนำเอาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาช่วย

ในกระบวนการผลิต เพื่อลดหรือทดแทนแรงงานมนุษย์ ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนเรื่องของค่าจ้างแรงงาน อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานมากยิ่งขึ้น เมื่อมีการมีการนำเครื่องจักร เครื่องทุ่นแรงมาใช้ในการผลิต เพื่อลดการใช้แรงงานมนุษย์ เพื่อการเพิ่มผลผลิตให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า หรือเพื่อความง่ายและสะดวกในการปฏิบัติงาน กิจกรรมทั้งหมดนี้ทำให้เครื่องจักร หรือเครื่องทุ่นแรงสึกหรอ หรือชำรุดระหว่างการปฏิบัติงานได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เพื่อการดูแลให้เครื่องจักรมีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีและพร้อมที่จะผลิตสินค้าได้อยู่เสมอ

ดังนั้นจึงต้องมีกิจกรรมในการบำรุงรักษาเครื่องจักรนี้ เช่น การเลือกซื้ออะไหล่เครื่องจักร การจัดทำตารางเวลาในการซ่อมบำรุง การจัดการพื้นที่การจัดเก็บอะไหล่ของเครื่องจักร เป็นต้น เมื่อต้องมีกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักร จึงทำให้เกิดปัญหาการสั่งซื้ออะไหล่ของเครื่องจักรมาให้เพียงพอเพื่อไม่ให้เกิดสถานะสินค้าขาดมือ แต่หากสั่งซื้ออะไหล่เครื่องจักรเกินความพอเพียง อะไหล่เครื่องจักรจะมีมากเกินไปพื้นที่จัดเก็บทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดการพื้นที่ของสินค้าคงคลัง เช่น อะไหล่เครื่องจักรจัดเก็บไม่เป็นระเบียบ อะไหล่เครื่องจักรปะปนกันหลายชนิดในช่องจัดเก็บเดียวกัน โดยจะส่งผลให้การหาอะไหล่ไปซ่อมแซมเครื่องจักรหรือซ่อมบำรุงเครื่องจักรนั้นล่าช้า และยากต่อการนับสต็อกสินค้าคงคลัง ดังนั้นปัญหาเรื่องพื้นที่การจัดเก็บถือเป็นเรื่องสำคัญ เพราะพื้นที่คลังสินค้ามีอยู่อย่างจำกัด จึงต้องมีการวางแผนการจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสมและให้เกิดประโยชน์สูงสุด

จากโรงงานกรณีศึกษาเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการจัดเก็บและเบิกจ่ายอะไหล่เครื่องจักรที่ใช้ในการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรภายในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกสำเร็จรูป พบว่ามีปัญหาในการบริหารจัดการอะไหล่เครื่องจักรต่าง ๆ คือ อะไหล่เครื่องจักรมีการปะปนกัน การบริหารจัดการพื้นที่การวางชิ้นส่วนที่ไม่เหมาะสม ทำให้ไม่สะดวกในการตรวจนับสต็อก เอกสารในการรับเข้า-จ่ายออกไม่ครบ ระบบการจัดเก็บเอกสารที่ยังไม่เหมาะสมต่อการดำเนินงาน ไม่มีเจ้าหน้าที่ดูแลคลังอะไหล่ทำให้เกิดความผิดพลาด จำนวนอะไหล่เครื่องจักรไม่ตรงตามที่เบิกจ่ายจริง จำนวนอะไหล่เครื่องจักรไม่ตรงกับการตรวจนับสต็อก และการตรวจนับสต็อกล่าช้า ใช้เวลา 2 วันในการตรวจนับ ดังตาราง

ตารางที่ 1: แสดงความผิดพลาดในการตรวจนับสต็ออะไหล่เครื่องจักร ประจำเดือน กันยายน - พฤศจิกายน พ.ศ.2561

เดือน	จำนวนรายการอะไหล่เครื่องจักรทั้งหมด	จำนวนรายการอะไหล่ที่ตรวจนับตรง	จำนวนรายการอะไหล่ที่ตรวจนับไม่ตรง	% ความผิดพลาด
กันยายน	581	331	250	43.03
ตุลาคม	581	365	216	37.18
พฤศจิกายน	581	326	255	43.89

จากตารางจะพบว่ามียารายการที่ตรวจนับสต็อกไม่ตรงเป็นจำนวนมาก บางเดือนยอดอะไหล่เครื่องจักรในระบบมีมากกว่าอะไหล่จริง ทำให้เมื่อตรวจสอบในระบบจะพบว่ามิของอยู่จำนวนหนึ่งจึงไม่เกิดการสั่งซื้อ แต่เมื่อเวลาเบิกอะไหล่จริง อะไหล่ที่ต้องการกลับไม่มีทำให้เสียเวลาในการสั่งซื้อ เกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิต หรือในระบบตรวจสอบแล้วพบว่าไม่มีอะไหล่ของเครื่องจักรที่ต้องการ จึงมีการสั่งซื้อมาใหม่แต่เมื่อไปตรวจสอบจริงในคลังอะไหล่พบว่ามิของของเครื่องจักรที่ต้องการ อะไหล่ของเครื่องจักรที่สั่งมาใหม่ก็เกินความต้องการ จะเกิดเป็นอะไหล่ของเครื่องจักรค้างสต็อกได้

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจะทำการปรับปรุงการจัดเก็บอะไหล่ เพื่อการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นรวมถึงเสนอระบบหรือเครื่องมือที่ช่วยในการจัดเก็บสต็อกของอะไหล่เครื่องจักรให้มีความแม่นยำในการเบิกใช้ และให้สะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

บททวนวรรณกรรม

ทิพย์วัลย์ (2551) ได้ศึกษาการดำเนินงานของธุรกิจให้บริการซ่อมอุปกรณ์เทคโนโลยีหลังการขายจากการศึกษาดำเนินการขาดแคลนอะไหล่สำหรับงานซ่อมของลูกค้า มีอะไหล่คงคลังสูง การจัดวางไม่เหมาะสม การบวนการเบิกจ่ายใช้เวลานานและผิดพลาดสูง และได้ปรับปรุงจำนวนรายการอะไหล่ จัดความสำคัญอะไหล่ด้วยวิธี ABC คำนวณปริมาณจัดเก็บ สูงสุด - ต่ำสุด ออกแบบแผนผังการจัดเก็บ ระบุตำแหน่งการจัดเก็บอะไหล่และกำหนดรหัสระบบตำแหน่งการจัดเก็บ ผลการปรับปรุงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังอะไหล่ คือ อัตราการหมุนเวียนอะไหล่คงคลังเพิ่มจาก 2.13 เป็น 3.18 ต้นทุนการจัดเก็บลดลงจาก 1,617,922.81 บาท/ ปี เป็น 1,582,747.12 บาท/ ปี เวลาเฉลี่ยในกระบวนการเบิกจ่ายอะไหล่ให้ช่างลดลงจาก 18 นาที เป็น 13 นาที และอัตราส่วนความผิดพลาดในการตรวจนับอะไหล่คอมพิวเตอร์ลดลงจาก 27.53% เป็น 18.56%

เสาวรส และณัฐวี (2552) ศึกษาโดยนำระบบสารสนเทศเข้ามาวางแผนการผลิตและการจัดการคลังสินค้า เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารเกี่ยวกับการวางแผนปริมาณการผลิตสินค้า และช่วยแก้ปัญหาทางด้านการจัดการสินค้า เพื่อให้สามารถตรวจนับปริมาณสินค้าคงคลังได้อย่างถูกต้องและมีการจัดการภาพแบบเอกสาร อย่างเป็นระบบมากขึ้นสำหรับการพยากรณ์นั้นจะนำทฤษฎีของการหาปริมาณการสั่งผลิตที่ประหยัดที่สุดมาช่วยคำนวณหาปริมาณการสั่งผลิตสินค้าล่วงหน้าให้มีปริมาณที่เพียงพอต่อการผลิตแต่ละเดือนได้อย่างเหมาะสม และใกล้เคียงกับปริมาณการขายสินค้าจริงมากที่สุด และสรุปได้ว่าระบบช่วยให้ต้นทุนการผลิตสินค้าลดลงได้ร้อยละ 53 และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ทั้งหมดอยู่ในระดับดี

ทัชพิชา และคณะ (2555) การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล และทำการแบ่งประเภทของอะไหล่ด้วยเทคนิค ABC โดยการนำข้อมูลจากกลุ่ม A ซึ่งมีความสำคัญในเชิงปริมาณและมูลค่ามาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ ระหว่างราคา ปริมาณ ความถี่และเวลาในการซ่อม เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ที่ทำให้ได้ค่าความสำคัญที่สุด เพื่อทำตารางการใช้อะไหล่ในการวางแผนการซ่อมบำรุง

เครื่องจักร เพื่อที่จะลดเวลาในการเปลี่ยนอะไหล่เครื่องจักร และสามารถวางแผนการซ่อมบำรุงล่วงหน้าได้ โดยการเทียบกับเป้าหมายของการผลิต จากปกติผลิตที่ 17,000 ถึง โดยใช้เครื่องจักรในการผลิต 49 เครื่องต่อเดือน เมื่อทำการวางแผนในการซ่อมทำให้จำนวนเครื่องจักรลดลงเหลือเพียง 45 เครื่องต่อเดือน แต่ยังคงไว้ซึ่งกำลังการผลิตที่เท่าเดิม เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามเป้าขีดความสามารถของเครื่องจักร โดยใช้จำนวนเครื่องจักรน้อยลง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าในส่วนของเครื่องจักรได้ถึง 5% จากที่ต้องเสียปกติ และลดเวลาเครื่องจักรหยุดทำงานลดลง 10% ถึง 20% ลดค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง 10% – 20%

ปริญญา และศิริจันทร์ (2556) ทำการศึกษาปรับปรุงระบบการจัดการอะไหล่คลังสำหรับเครื่องจักรการผลิตในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งประสบปัญหาเกี่ยวกับมูลค่าในการจัดเก็บอะไหล่คลังสูง โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์วิธีการจัดกลุ่มอะไหล่คลังแบบหลายปัจจัย โดยเริ่มจากการคัดแยกอะไหล่ที่ไม่ต้องการใช้ และจัดกลุ่มความสำคัญของอะไหล่ โดยพิจารณาทั้งความสำคัญด้านอุปกรณ์และด้านอะไหล่ร่วมกับการจัดกลุ่ม อะไหล่ตามการเคลื่อนไหว จากนั้น คัดแยกกลุ่มอะไหล่ที่ไม่จำเป็นต้องเก็บ ร่วมกับการวิเคราะห์ดัชนีต้นทุนเพื่อ เปรียบเทียบความคุ้มค่าในการเก็บอะไหล่ และได้เสนอนโยบายคลังสำหรับแต่ละกลุ่มความสำคัญของอะไหล่ และการเคลื่อนไหวผลการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการเก็บคลังลดลง 19.9% ต่อปี การเก็บอะไหล่ลดลง และยังช่วยเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของอะไหล่จาก 63% เป็น 81% นอกจากนี้ยังทำให้เวลาที่สูญเสียจากการเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องจักรที่เสียหายโดยเฉลี่ยลดลง 0.85%

วีราภรณ์ (2556) ทำการวิจัยศึกษาเรื่องการหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมของวัตถุดิบ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ปัญหาสำคัญที่พบในโรงงานที่คือวัตถุดิบเหลือจากการผลิตจำนวนมากโดยปัญหาเกิดจาก บริษัทไม่มีนโยบายการบริหารวัตถุดิบคลังที่ดี ไม่มีปริมาณการสั่งซื้อที่ถูกต้อง และปริมาณการสั่งซื้อจะถูกกำหนดตามประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน จากการวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งประเภทความสำคัญของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ ABC Analysis โดยเลือกปรับปรุงในกลุ่มวัตถุดิบที่มีมูลค่าสูงในกลุ่ม A ซึ่งประกอบไปด้วยเม็ดมีด 3 ชนิด คิดเป็น 78.31 % ของมูลค่าที่สูงสุด โดยใช้ข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบในเดือนมกราคม พ.ศ.2553 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2555 จำนวน 36 เดือน โดยใช้วิธียากรณ์ 2 วิธี คือการพยากรณ์แบบสมการถดถอย และการพยากรณ์แบบเอกซ์โปเนนเชียล เมื่อทำการเปรียบเทียบพบว่าวิธีแบบสมการถดถอยเหมาะสมกว่าเพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (MAPE) น้อยกว่าแบบเอกซ์โปเนนเชียล จากนั้นจึงทำการวางแผนการสั่งซื้อที่ประหยัดและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม สามารถประหยัดต้นทุนรวมทั้งสิ้น 44,700 บาท คิดเป็นร้อยละ 27.53 %

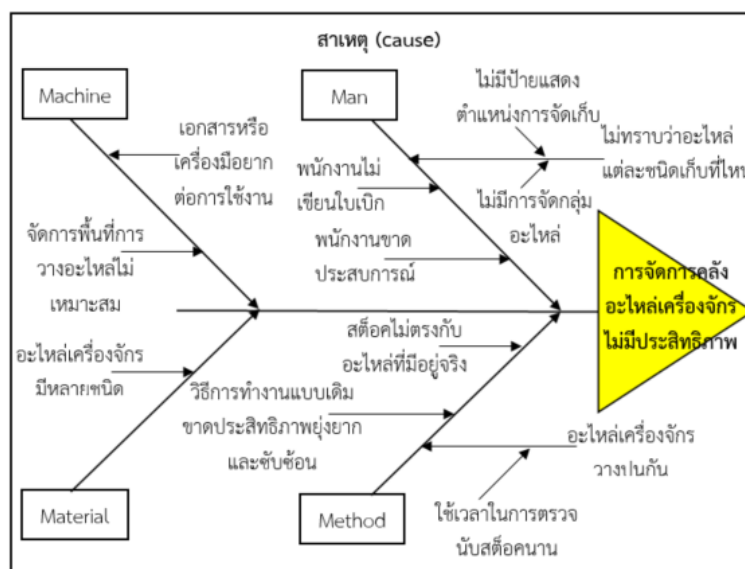
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจนับสต็อกอะไหล่ของเครื่องจักร
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังอะไหล่เครื่องจักร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องของโรงงานกรณีศึกษา ปัจจุบันยังมีปัญหาในการบริหารจัดการอะไหล่เครื่องจักรต่าง ๆ เช่น ไม่มีการจัดเก็บให้เป็นระเบียบ มีการจัดเก็บอุปกรณ์หลายชนิดในภาชนะเดียวกัน อะไหล่เครื่องจักรวางปนกัน ไม่มีการจัดเป็นกลุ่ม ยากต่อการตรวจนับสต็อก

2. การรวบรวมปัญหาและวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกี่ยวข้อง จากกรณีศึกษาการจัดเก็บและเบิกจ่ายอะไหล่เครื่องจักรในการซ่อมบำรุงภายในโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยพบว่ามีปัญหาในการบริหารจัดการอะไหล่เครื่องจักร เช่น การบริหารจัดการพื้นที่การวางยังไม่เหมาะสม อะไหล่เครื่องจักรวางปนกันทำให้ยากต่อการตรวจนับสต็อคออะไหล่เครื่องจักร การตรวจนับล่าช้า การจัดการเอกสารที่ยังไม่เหมาะสมต่อการดำเนินงาน เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุในการศึกษาถึงต้นเหตุของปัญหาทุกปัญหา เพื่อให้เข้าใจและเข้าถึงที่มาและปัจจัยการเกิดปัญหาต่าง ๆ ผู้วิจัยได้นำแผนภูมิแก๊งปลา (Fishbone Diagram) เข้ามาใช้เป็นเครื่องมือในการรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมดทั้ง 4 ปัจจัย ได้แก่ Man, Material, Machine, Method และสามารถจำแนกสาเหตุของปัญหาหลักออกมาได้ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: แผนผังแก๊งปลาแสดงปัญหาในการจัดการอะไหล่เครื่องจักร

การวิเคราะห์หาปัญหา ทำให้สามารถทราบปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดจาก เครื่องจักร พนักงาน และ กระบวนการทำงาน ซึ่งนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาพร้อมทั้งแนวทางแก้ไขโดยใช้หลักการ Why-Why Analysis แสดงดังภาพที่ 2

3. การหาแนวทางในการปรับปรุงขั้นตอนการจัดกลุ่มอะไหล่เครื่องจักร สามารถทำให้การค้นหาอะไหล่ได้ง่ายขึ้น และใช้เวลาในการเบิกจ่ายลดลง การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการจัดกลุ่มอะไหล่เครื่องจักร

เป็น 9 กลุ่ม เพื่อให้่ายต่อการเบิกจ่าย ตรวจสอบสต็อกได้ง่าย และใช้ทฤษฎี ABC Analysis ในการจัดโลเคชั่น
อะไหล่ แสดงดังภาพที่ 3

ประเภท	ปัญหา	Why 1	Why 2	แนวทางการแก้ไข	สถานะ
เครื่องจักร (Machine)	เอกสารหรือเครื่องมือขาดต่อการ ใช้งาน	สต็อกอะไหล่ เครื่องจักรขาดต่อการ บันทึก	ใช้วิธีการ Manual ทั้งหมด	-ปรับปรุงเอกสารและเครื่องมือ ใหม่ให้่ายต่อการใช้งาน	แก้ไขได้
	จัดการพื้นที่การวางอะไหล่ เครื่องจักรไม่เหมาะสม	อะไหล่เครื่องจักรวาง ไว้ที่พื้น	อะไหล่ไม่เป็น หมวดหมู่	-ปรับเปลี่ยนผังการวางอะไหล่ เครื่องจักร	แก้ไขได้
พนักงาน (Man)	พนักงานไม่เขียนใบเบิก	พนักงานขาดความ รับผิดชอบ	ไม่มีเจ้าหน้าที่ดูแล คลังอะไหล่เครื่องจักร	-จัดตั้งให้มีเจ้าหน้าที่ประจำคลัง	แก้ไขได้
	พนักงานขาดประสบการณ์	พนักงานเพิ่งเข้ามาใหม่	พนักงานไม่มีความ รับผิดชอบ	-ให้มีการอบรมพนักงาน	ทำการ แก้ไขแล้ว
	ไม่ทราบว่าจะอะไหล่เครื่องจักร จัดเก็บที่ไหน	ไม่มีป้ายแสดงตำแหน่ง การจัดเก็บ	ไม่มีการจัดกลุ่ม อะไหล่เครื่องจักร	-จัดทำป้ายบอกตำแหน่งและ จัดกลุ่มอะไหล่	แก้ไขได้
วัตถุดิบ (Material)	อะไหล่เครื่องจักรมีหลายชนิด	อะไหล่เครื่องจักรไม่ เป็นหมวดหมู่	อะไหล่เครื่องจักรขาด ต่อการค้นหา	-จัดกลุ่มอะไหล่เครื่องจักรให้ เป็นหมวดหมู่	แก้ไขได้
กระบวนการ (Method)	สต็อกไม่ตรงกับอะไหล่ที่มีอยู่จริง	ไม่บันทึกการเบิกจ่าย อะไหล่เครื่องจักร	เครื่องมือขาดต่อการ ใช้งาน	-ปรับปรุงเครื่องมือให้สะดวก ต่อการเบิกจ่าย	แก้ไขได้
	วิธีการทำงานแบบเดิมขาด ประสิทธิภาพยุ่งยากและซับซ้อน	ระยะทางไม่เหมาะสม	ค้นหาอะไหล่เป็น เวลานาน	-ปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีขึ้น	แก้ไขได้
	ใช้เวลาในการตรวจสอบสต็อกเป็น เวลานาน	อะไหล่เครื่องจักรวาง ปนกัน	อะไหล่เครื่องจักรไม่ ตรงสต็อก	-จัดกลุ่มอะไหล่เครื่องจักร ให้ เป็นหมวดหมู่	แก้ไข

ภาพที่ 2: วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

กลุ่มอะไหล่เครื่องจักร	เฉลี่ยปริมาณใน การเบิกจ่าย (ครั้ง/เดือน)	ร้อยละปริมาณ ในการเบิกจ่าย ของระบบ	ร้อยละสะสมของ ปริมาณในการ เบิกจ่ายของระบบ ทั้งหมด	การจัด กลุ่ม
กลุ่มวัสดุสิ้นเปลือง	64	47.76	47.76	A
การทำความสะอาด	35	26.12	73.88	A
ระบบไฟฟ้า	20	14.93	88.81	B
ระบบเครื่องกล	12	8.96	97.77	B
ระบบอัดอากาศ	2	1.49	99.26	C
ระบบสุขาภิบาล	1	0.75	100.00	C
ระบบทำน้ำเย็น	0	0.00	100.00	C
ระบบป้องกันอัคคีภัย	0	0.00	100.00	C
ระบบความปลอดภัย	0	0.00	100.00	C

ภาพที่ 3: การจัดโลเคชั่นให้กับอะไหล่เครื่องจักรแต่ละระบบ

โดยการนำระบบบาร์โค้ดมาใช้ในระบบคลังอะไหล่ เพื่อแก้ปัญหาเอกสารหรือเครื่องมือที่ขาดต่อการ
บันทึก ลดความผิดพลาดจากการเบิกจ่าย และการตรวจสอบสต็อกไม่ตรงกับอะไหล่ที่มีอยู่จริง ซึ่งการตั้งรหัส
บาร์โค้ดที่ใช้เป็นตัวเลขทั้งหมด 7 หลัก แต่ละหลักเป็นตัวแปรดังภาพที่ 4

XXX-XX-XX					
บริษัท		ระบบทางวิศวกรรม		เครื่องมือ/อะไหล่เครื่องจักร	
X (0-9)		X (0-9)		X (0-9)	XX (00-99)
บริษัทการศึกษา	1	ระบบไฟฟ้า	1	รายการ หลัก	รายการ รอง
บริษัทรวมการค้า	2	ระบบทำน้ำเย็น	2		
กลุ่มหุ้นส่วน	3	ระบบเครื่องกล	3		
กลุ่มลูกค้า	4	ระบบป้องกันอัคคีภัย	4		
		ระบบความปลอดภัย	5		
		ระบบสุขาภิบาล	6		
		ระบบอัดอากาศ	7		
		กลุ่มวัสดุสิ้นเปลือง	8		
		ระบบการทำความสะอาด	9		รายการ ย่อย

ภาพที่ 4: วิธีการตั้งรหัสบาร์โค้ด 7 หลัก

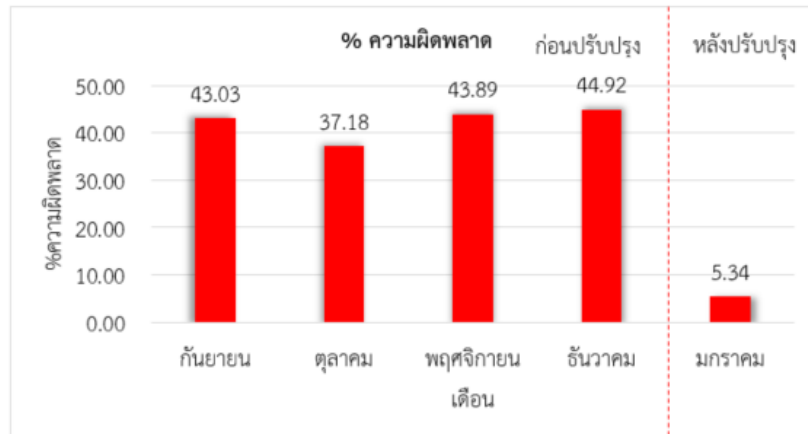
จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงไฟล์โปรแกรม Microsoft office Excel ที่ใช้ในการบันทึกการเบิกจ่ายอะไหล่เครื่องจักร เพื่อให้ง่ายขึ้นต่อการใช้งาน และได้นำระบบบาร์โค้ดมาใช้อย่าง แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 5

Summary Stock balance by monthly								
"Eletronic system"								
								>>> Back !
No.	barcode	Description	Storehouse	ยอดคงมา	In	Out	Balance	Check Stock !
1	1110101	หม้อแปลง 380/220	12B	2	-	-	2	จัดซื้อ
2	1120101	เบรกเกอร์ ABB ms116-1.0 12.5A	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
3	1120102	เบรกเกอร์ CHNT NB1 -63H C63	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
4	1120103	เบรกเกอร์ mitsubishi CP30-BA-2P-10A	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
5	1120104	เบรกเกอร์ mitsubishi CP30-BA-2P-15A	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
6	1120105	เบรกเกอร์ mitsubishi CP30-BA-2P-20A	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
7	1120106	เบรกเกอร์ mitsubishi CP30-BA-2P-30A	11B-D2	1	-	-	1	จัดซื้อ
8	1120107	เบรกเกอร์ mitsubishi CP30-BA-2P-5A	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
9	1120108	เบรกเกอร์ mitsubishi NF30-CS-10A	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
10	1120109	เบรกเกอร์ Panasonic 10A 2P	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
11	1120110	เบรกเกอร์ Panasonic 20A 2P	11B-D2	2	-	-	2	จัดซื้อ
12	1120111	เบรกเกอร์ Schneider c32	11B-D2	1	-	-	1	จัดซื้อ

ภาพที่ 5: ตัวอย่างหน้าแสดงจำนวนการเบิกจ่าย - รับอะไหล่เครื่องจักรและจำนวนคงเหลือ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

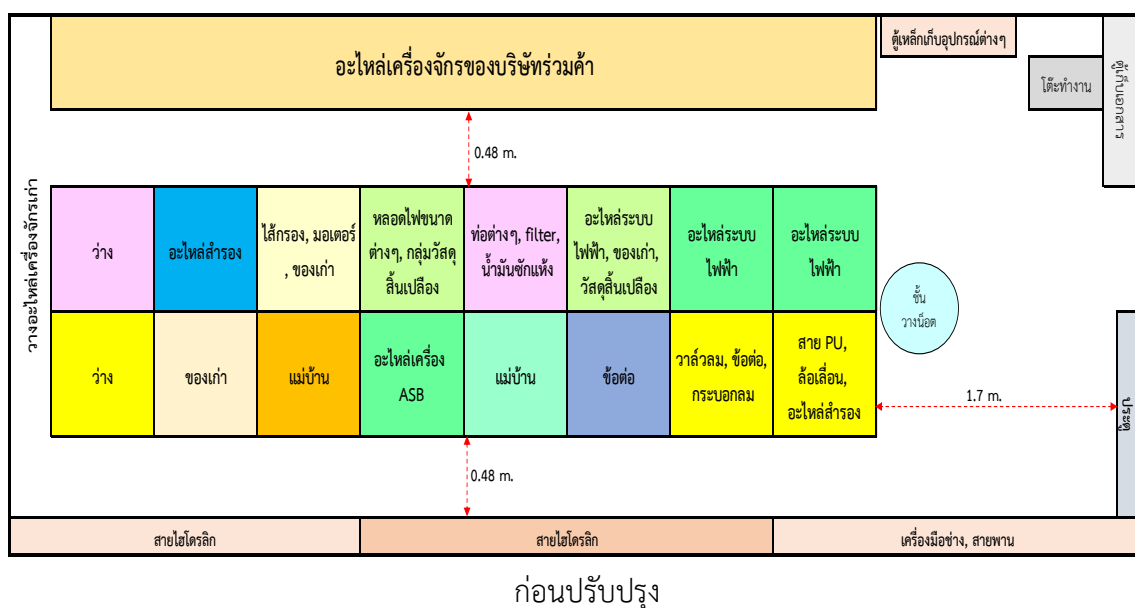
ผลการตรวจนับสต็อกอะไหล่เครื่องจักรประจำเดือน มกราคม พ.ศ.2562 ผลการปรับปรุงเครื่องมือให้สะดวกต่อการเบิกจ่าย จัดตำแหน่งจัดเก็บอะไหล่เครื่องจักรใหม่ ผลการตรวจนับอะไหล่เครื่องจักรประจำเดือน มกราคม พ.ศ.2562 แสดงได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6: แสดงการเปรียบเทียบ % ความผิดพลาด จากจำนวนรายการตรวจนับจริงไม่ตรงสต็อก

พบว่าผลการตรวจนับสต็อกมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดลดลง แต่ยังคงมีจำนวนรายการตรวจนับจริงไม่ตรงกับสต็อกอยู่ โดยอาจจะเกิดจากการที่ยังไม่ชินกับการใช้บาร์โค้ด และการปรับปรุงกระบวนการทำงานทำให้ยังพบความผิดพลาดอยู่บ้างเล็กน้อย

ผลการจัดโลเคชันให้แก่อะไหล่เครื่องจักรโดยใช้ทฤษฎี ABC Analysis เมื่อทำการจัดกลุ่มให้อะไหล่เครื่องจักรแล้ว ได้ทำการจัดตำแหน่งโลเคชันใหม่ให้แก่อะไหล่เครื่องจักร ได้ผลตามแผนผังดังภาพที่ 7





หลังปรับปรุง

ภาพที่ 7: แผนผังคลังอะไหล่เครื่องจักรของบริษัทกรณีศึกษา ก่อนและหลังปรับปรุง

จากภาพที่ 7 เห็นได้ว่า ตำแหน่งการจัดเก็บอะไหล่เครื่องจักรมีการจัดอย่างเป็นระบบและเป็นหมวดหมู่มากขึ้น ทำให้สะดวกต่อการค้นหาอะไหล่เครื่องจักรในการเบิกจ่าย

สรุป

ผลการปรับปรุงทำให้การตรวจนับอะไหล่เครื่องจักรประจำเดือนมกราคม พ.ศ.2562 มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากรายการตรวจนับจริงไม่ตรงสต็อกลดลงเหลือ 5.34% โดยก่อนการปรับปรุงรายการตรวจนับจริงไม่ตรงสต็อกเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ.2561 เฉลี่ยเดือนละ 43.73% ซึ่งลดลง 38.39% จากการนำบาร์โค้ดมาใช้ในการจัดการสต็อกอะไหล่เครื่องจักร รวมถึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังอะไหล่ ซึ่งสามารถลดคนตรวจนับสต็อกเหลือเพียง 2 คน ลดค่าแรงเมื่อตรวจนับสต็อกอะไหล่เครื่องจักรต่อปีได้ 28,128 บาท การลดระยะทางจากการจัดโลเคชั่นให้แก่อะไหล่เครื่องจักรจากเดิมใช้ระยะทางรวม 72.4 เมตร หลังปรับปรุงรวมระยะทางทั้งหมด 61.7 เมตร ลดลง 10.7 เมตร รวมถึงสามารถลดเวลาจากเดิมรวมเวลาทั้งหมด 994 วินาที หลังปรับปรุงรวมเวลาเหลือ 213 วินาที ลดลง 781 วินาที

เอกสารอ้างอิง

ทิพย์วัลย์ เอี่ยมปิยะกุล. (2551) “การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาบริษัทให้บริการ
ซ่อมอุปกรณ์สื่อสาร”. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ทัชพิชา พรหมวงศ์. ปุณณมี สัจจกมล. และพิสิฐ เอื้อธารพิสิฐ. (2556) “การศึกษาปัญหาและแก้ปัญหาระบบสินค้าคงคลังของการซ่อมบำรุงโดยใช้เทคนิค ABC และการจัดตารางการซ่อมบำรุงเครื่องจักรกรณีศึกษา: บริษัทผลิตเส้นด้ายคอตตอน”. *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2555*, : 160-167
- ปริญญญา จันทรวินิจ. และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2556). “การปรับปรุงระบบการคงคลังอะไหล่สำหรับเครื่องจักรการผลิต”. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 24 ฉบับที่ 1*, : 60-66
- เสาวรส จรัสวัฒนาวรรณ. และณัฐวี อุตกฤษฎ์. (2552). “ระบบสารสนเทศเพื่อการวางแผนการผลิตและการจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาบริษัท รีเวอร์วูด จำกัด”. *The 5th National Conference on Computing and Information Technology*.
- วีราภรณ์ โขมพัฒน์. (2556). “การหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมของวัตถุดิบกรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์.” *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*.

DETERMINATION OF CASSAVA DROUGHT RESISTANCE FACTORS BY A NEURAL NETWORK METHOD

การระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อความคงทนความแล้งของมันสำปะหลังด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม

Kanyakorn Sae-jeen^{1*}, Jutta Pichitlamken² and Pasajee Kongsil³

^{1,2}Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand

³Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Thailand

*Corresponding author, E-mail: kanyakorn.p@hotmail.com

ABSTRACT

Due to global warming, droughts are more severe and happen more frequently. Without enough water, cassava grows smaller, ultimately leading to lower market price. We consider the field data from the Faculty of Agriculture at Kasetsart University. They study the arid resistance of cassava and analyze its morphological adaptability of 5 local Thai varieties as check varieties and 248 varieties imported from CIAT germplasm. The width and length of leaves, leaf greenness, height of stems (with and without leaves) are measured. The data was collected for eight, ten, and twelve months after planting. Their aim is to identify varieties with the best arid resistance. Currently, drought resistance is compared by the K-means clustering method that according to individual researcher's judgments. Then, we apply the Neural Network (NN) to select the best varieties and identify predicting factors for arid resistance. We found that the total height of its stem correlate with height with leaves and height without leaves, so the latter two variables are deleted. Therefore, the NN response is cassava weight, and 12 independent variables are as follows: the width and length of its leaves, the height of its stem and leaf greenness. We found that the Mean Square Error is minimum when the number of nodes hidden layer is 8. Our NN Method identifies the breeds with the top 5 highest weight are MInd22, CMN196, MEuc33, MVen134 and Mper378, respectively. The predicting factors for cassavas weights are the width of leaves, leaf greenness and the height of its stem.

Keywords: Cassava, Neural Network, Drought, Arid Resistance

Introduction

Cassava is an easily grown plant which can adapt in almost any soil conditions. It can withstand droughts and quickly yield its produce. Every cassava parts can be consumed as food for human and animals, including leaves, stems and seeds, due to its high amount of essential carbohydrates. It is a raw materials for other food products such as snacks or candies. Many farmers in Thailand, especially in the north-eastern region, grow cassava for the area of 1,898,846 acres (Office of Agricultural Economics, 2018). Thus, cassava yield is essential to livelihood of many farmers.

In the third quarter of 2018, cassava quantity and prices continuously decreased since the prior year. Farmers decided to grow other kinds of substitute crops such as factory sugar-cane. In some area, floods damaged cassava crops and reduced the overall output in Thailand (Office of Agricultural Economics, 2018).

Global warming and climates changes cause unpredictable weather conditions. In the Global Climate Risk Index ranking in 2018, Thailand moved up to the 9th from the 10th position in the previous year (TCIJ, 2017). Droughts cause natural sources of water to run dry and the crops are short of water, leading to the smaller size and lower price of cassavas. Therefore, the objective of many breeding research is to identify varieties with the best arid resistance.

In this paper, we consider the field data from the Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kasetsart University. They study the arid resistance of cassava and analyze its morphological adaptability of 5 local Thai varieties as check varieties and 248 varieties imported from Center of Tropical Agriculture (CIAT) germplasm by measuring the width and length of leaves, leaf greenness, the height of stems (with and without leaves).

Currently, arid resistance is compared by the K-means clustering method, which groups data into the number of groups that the user specifies. Researchers select weights on each variable based on their preferences. Thus, each variable may weigh differently, resulting in different choices of the best breeds (Pragob et al., 2018: 300-310). The K-means weights of each variable vary according to individual researcher's judgments. As a result, the choice of the best varieties may be inconclusive. We apply the Neural Network (NN) to avoid subjective selection.

The NN is a network or circuit of neurons, or in a modern sense, an artificial NN, composed of artificial neurons or nodes. Thus, a NN is either a biological NN, made up of real biological neurons, or an artificial NN, for solving artificial intelligence (AI) problems. The connections of the biological neurons are

modeled as weights. AI, cognitive modeling, and NN are information processing paradigms inspired by the way biological neural systems process data. AI and cognitive modeling try to simulate some properties of biological NN. In the AI field, artificial NN have been applied successfully to speech recognition, image analysis and adaptive control (Wikipedia, 2019). The operation of artificial NN can determine the relations between input and output data that is not necessary to know about mathematical relation of the input and output data.

Our NN model is a feedforward NN which is an artificial NN wherein connections between the nodes do not form a cycle. The feedforward neural network was the first and simplest type of artificial NN devised. A feedforward NN can consist of three types of nodes: the input nodes provide information from the outside to the network and are together referred to as the input layer, the hidden nodes have no direct connection with the outside and the output nodes are collectively referred to as the output layer and are responsible for computations and transferring information from the network to the outside data. In this network, the information moves in only one direction, forward, from the input nodes, through the hidden nodes and to the output nodes (Figure 1). It contains multiple nodes arranged in layers. Nodes from adjacent layers have connections or edges between them. All these connections have weights associated with them (Ujjwal, 2016).

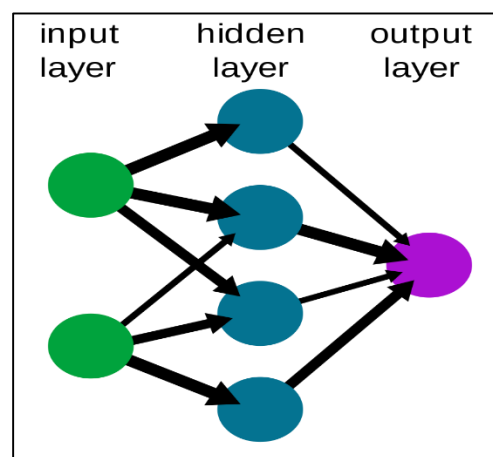


Figure 1: A Neural Network (NN) model.
Source: Wikipedia, 2019

Literature Review

Wongprasert (2015) studies factors that affect starch content in fresh cassava roots using regression analysis and artificial NN models. The dependent variable is the percent starch in fresh cassavas, and the number of independent variables is 171. Both the regression and the NN models can be applied to analyzing factors affecting the starch content in fresh cassava roots, such as the number of cassava stems planted, harvesting age, planting in lateritic soil and plantation location.

Pragob *et al.* (2018: 300-310) evaluates cassava germplasm for drought resistance breeding program in Thailand of 255 varieties, which are originated in Thailand and from other countries. They are planted together with five check varieties in augmented design for experimental trial. Data collected are the width and length of its leaves, greenness, the height of its stems. The measurements are taken in Month 8 (December 2017), Month 10 (February 2018), and Month 12 (April 2018) after planting. Data is normalized and grouped by K-mean clustering by the R program. K-mean clustering analysis showed cassava varieties grouped upon the different responses to drought adaptation and recovery patterns. They select KM89-5, Mbar383, NMGu62, Mind13, Mind56, unknown16, Giant, and Nephngona for further breeding.

Objective.

The objective of many breeding research is to identify varieties with the best arid resistance.

Methodology

1. Experimental design

We consider the same data set as Pragob *et al.* (2018: 300-310): 248 varieties of the CIAT elite germplasm and 5 local Thai varieties that were check ones. The Thai varieties include Kasetsart 50 (KU50), Huay Bong 60 (HB60), Huay Bong 80 (HB80), Rayong 72 (R72), and Rayong 5 (R5) at Tapioca Development Institute, Nakorn Rachasima province. Data collected are the width and length of its leaves, leaf greenness which is standardized with the Chlorophyll Content in the leaf (SPAD), the height of its stem (with and without

leaves) which was collected during cassava plantation for eight (December 2017), ten (February 2018), and twelve (April 2018) months. Cassavas were planted in blocks (Figure 2). A block consists of 20 varieties, five of which are check varieties. There are 21 blocks in total.

Ck1	test4	test7	Ck5	test12
test1	Ck2	test8	test10	test13
test2	test5	Ck3	test11	test14
test3	test6	test9	Ck4	test15

Figure 2: Cassava planting block when Ck is a check variety.

2. Data collection and analysis

Because many input variables involve heights of cassava stems, we consider the Pearson correlation (r) between x and y , which is defined as:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

when $\bar{x}$ and $\bar{y}$ are the average of variable x and y , respectively.

The possible value of r is between -1 and +1. Positive correlation implies that x and y tend to move in the same direction, and if the correlation is negative, they tend to move in the opposite direction. The larger the correlation, the stronger the relationship is.

The correlation of overall heights with heights without leaves and overall heights with heights with leaves are 0.92 and 0.68, respectively. These correlations are quite high so we omit these two variables from our NN models: heights without leaves and heights with leaves. We keep the overall heights because it has the largest correlation with cassava weights, among the three types of heights.

Data is normalized because there are not enough clones of the non-Thai varieties for replications in the test field. In the experimental production block, non-Thai varieties are planted in a row, and check varieties (KU50, R5, R72, HB60, and HB80) are planted by punctuating with tested lines which were 248 non-local breeds. The data of cassava varieties planted on the tested lines and check varieties are compared under the hypothesis that the tested line varieties and check varieties face the same planting conditions. This experimental design is called an augmented design. Thus, the data must be normalized before further analysis. We did it with the R program through the following formula (Walter, 2004):

$$a_j = \bar{x}_{.j} - GM, \quad (2)$$

when a_j is the adjustment of block j

$\bar{x}_{.j}$ is the average of all check varieties in every block

GM is the grand average of every block and every check variety. After we get a_j , we normalize x_{ij} by:

$$\hat{x}_{ij} = x_{ij} - a_j, \quad (3)$$

when $\hat{x}_{ij}$ is a normalized parameter of the tested variety,

x_{ij} is the original parameter of the tested variety i in block j .

After normalization, we found data outliers from the matrix plots by Minitab. Data outliers are breeds No.12, unknown24, V45 and G5-49, leaving the rest of 249 cassava breeds remaining for the test by Neural Network Method. Matrix plots after deleting outliers are shown in Figures 3 and 4.

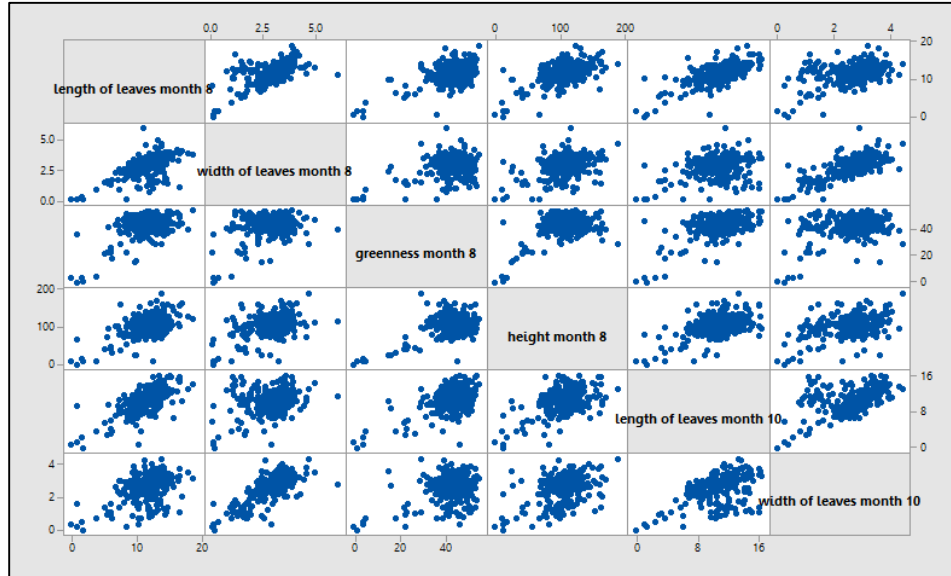


Figure 3: Matrix plot between factors in months 8 and 10 after outliers are removed.

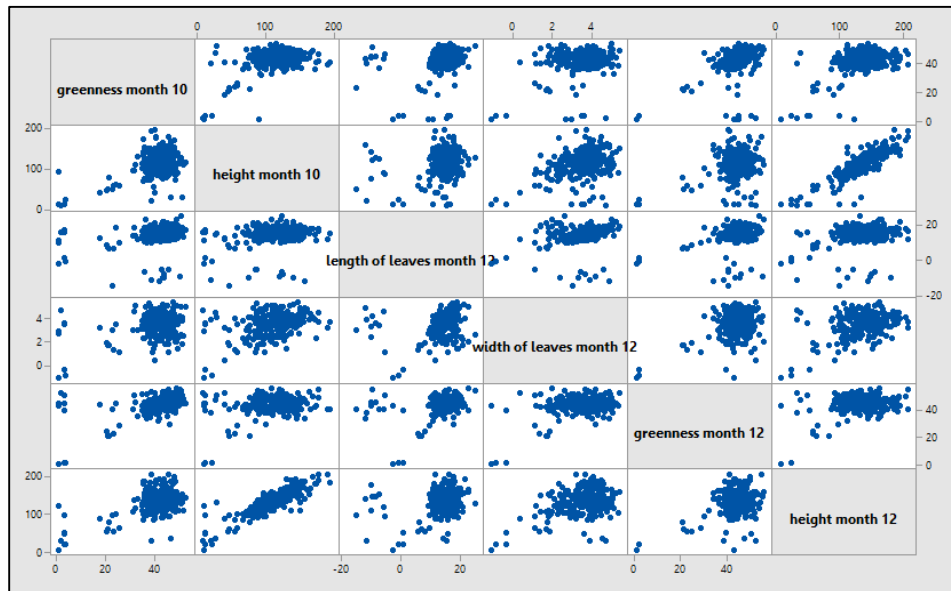


Figure 4: Matrix plot between factors in months 10 and 12 after outliers are removed.

We fit the NN model with Matlab. The data were divided into three sets: a training set (70%, size = 175, called tr), a testing set (15%, size = 37), and a validating set (15%, size = 37). We use the command

net = fitnet(# of node hidden layer).

Let input be a 12x249 matrix of 12 factors: the width and length of its leaves, leave greenness, the height of its stem of the 8th 10th and 12th months after planting of each varieties (Figure 5). Moreover, output is the weight of cassavas harvested in the 12th month so it is 1x249 matrix (Figure 6). Then, we practice the training set with

direction [net,tr] = train(net,input,output),

where net is the Neural Network. NNtraintool can be used to get regression plots (Figure 7). We can calculate the fitted NN values of the testing set by

test Y = net(test output).

Next, we can compute the MSE from

$$\text{Perf} = \text{mse}(\text{net}, \text{test T}, \text{test Y}),$$

where test T is actual values of testing set and test Y is the fitted NN values of testing set. More information about NN in Matlab can be found in (Mathworks, 2019).

length of leaves month8	17.99603	7.962698	13.59603	11.87103
width of leaves month8	3.910714	2.419048	2.952381	1.452381
leave greenness month8	39.9254	47.88373	42.3754	49.01706
height of its stem month8	129.7222	73.05556	95.97222	100.9722
length of leaves month10	13.1756	9.650595	10.31726	11.32976
width of leaves month10	3.569048	2.327381	1.652381	1.327381
leave greenness month10	41.25794	35.9246	42.39127	47.94127
height of its stem month10	123.2698	67.43651	99.10317	129.5198
length of leaves month12	19.27222	15.65556	17.01389	16.50556
width of leaves month12	4.612302	2.287302	2.553968	2.503968
leave greenness month12	44.7631	42.2131	42.2381	49.12143
height of its stem month12	150.6944	101.5278	145.6944	145.2778

Figure 5: NN Input data of 12 factors.

weight of cassavas	15.72143	6.321429	6.121429	1.571429
--------------------	----------	----------	----------	----------

Figure 6: Weight of cassavas as the NN Output.

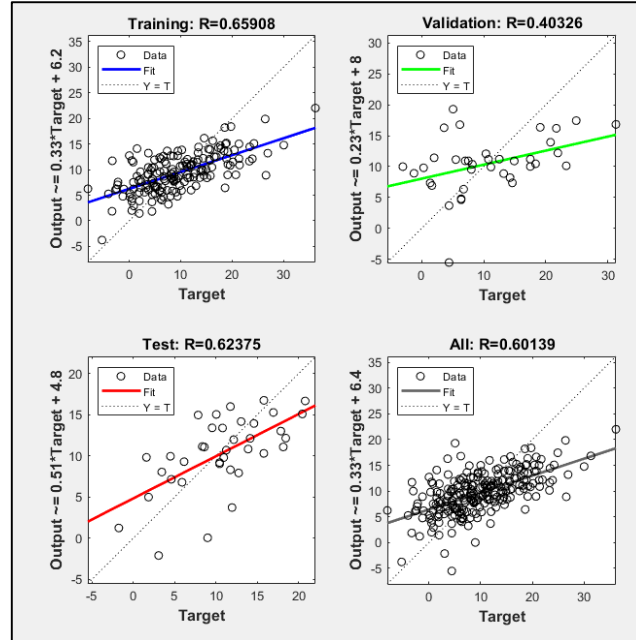


Figure 7: Regression plots from NNtraintool.

Results

We select the number of nodes in a single hidden layer by considering the mean square error (MSE) which measures the squared deviations between 37 actual weights and fitted values from the artificial NN in the testing set (Figure 8).

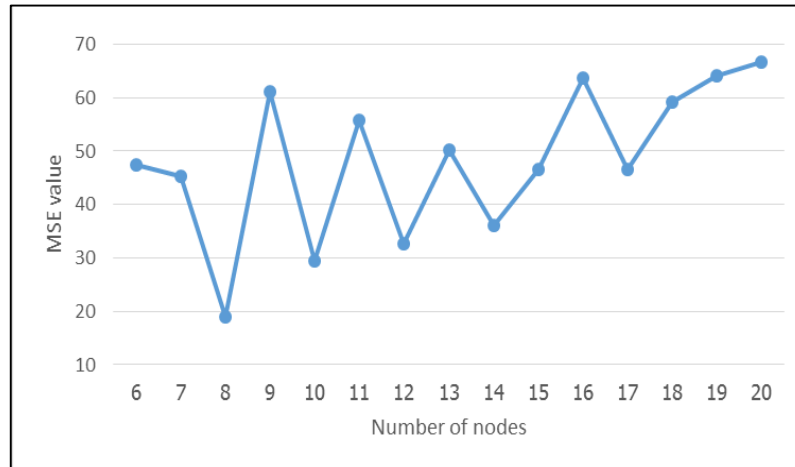


Figure 8: Mean square error value of each the number of node in hidden layer.

The smallest MSE value of 19.08 occurred when the number of nodes/neurons in the hidden layer is 8. Then we consider the correlation (as defined in Equation 1) between the actual weights and the fitted NN values in the training set, testing set, and validating set. The R values are 0.66 for the training set, 0.62 for the testing set, 0.40 for the validating set, and 0.60 on the overall.

Nodes from adjacent layers have connections or edges between them. All these connections have weights associated with them. Weights are determined among input layer, hidden layer and output layer (Tables 1 and 2).

The top five breeds that yield high cassavas weight are MInd22, CMN196, MEuc33, MVen134, Mper378 with the fitted values of 22.01, 19.86, 19.31, 18.39, 18.21 kg, respectively.

The neurons in the hidden layer are analyzed to find the factor that impact cassava weight. The neurons in the hidden layer is kept at 8 while each factor is removed one by one. If the R-value increases when a given factor is omitted, it means that factor does not have strong impact on the response (Researchgate, 2015). The deleted factor is the leave length which R-value increases from 0.60 to 0.65. Thus, the factors which affect cassava weights are the width of leaves, leave greenness and the total height of its stems.

This method is the study of forecast and prediction that is different from other types of research in the neural network method such as the uncertainty of the classification patterns, grouping, categorizing and the controllable system.

Table 1: Weights between the input layer and the hidden layer.

Input layer	Hidden layer							
	the 1st node	the 2nd node	the 3rd node	the 4th node	the 5th node	the 6th node	the 7th node	the 8th node
length of leaves month 8	-0.52	-1.23	-0.94	-0.18	0.12	-0.21	0.91	0.01
width of leaves month 8	1.00	0.98	-0.15	1.05	-1.30	0.31	0.41	0.01
leave greenness month 8	0.51	0.15	-0.25	-0.84	1.49	-0.94	-0.18	-0.72
height of its stem month 8	-0.34	0.33	-0.47	0.23	0.97	-1.21	0.64	-0.64
length of leaves month 10	0.11	0.92	-0.26	0.69	0.65	0.20	-0.05	-0.57
width of leaves month 10	0.16	0.14	1.09	0.73	-1.05	0.08	0.45	-0.97
leave greenness month 10	0.78	0.92	0.63	0.10	0.97	0.51	-0.02	-0.56
height of its stem	1.06	0.54	0.99	0.71	-0.56	-0.95	1.40	0.17

Input layer	Hidden layer							
	the 1st node	the 2nd node	the 3rd node	the 4th node	the 5th node	the 6th node	the 7th node	the 8th node
month 10								
length of leaves month 12	-0.03	-0.68	1.05	-1.08	0.25	0.07	-1.43	0.72
width of leaves month 12	1.09	-1.15	-0.66	-0.22	-1.97	-0.64	-0.09	-0.85
leave greenness month 12	-0.25	-0.32	0.00	0.32	0.00	1.11	-0.03	0.01
height of its stem month 12	0.85	-0.30	-0.33	-0.15	0.37	-0.23	0.15	-0.08

Table 2: Weights between the hidden layer and the output layer.

Hidden layer	Output layer
the 1st node	-0.36
the 2nd node	-0.34
the 3rd node	0.23
the 4th node	0.43
the 5th node	0.22
the 6th node	-0.28
the 7th node	0.34
the 8th node	0.08

Conclusions

We apply the NN to select the best cassava varieties and identify predicting factors for arid resistance. The NN response is cassava weights, and 12 independent variables are as follows: the width and length of its leaves, the total height of its stem and leaf greenness of the 8th, 10th, and 12th months. We found that the Mean Square Error in the testing set is minimum when the number of nodes hidden layer is 8. Therefore, our NN Method identifies the breeds with the top 5 highest weight are MInd22, CMN196, MEuc33, MVen134 and Mper378, respectively. The predicting factors for cassavas weights are the width of leaves, leaf greenness and the total height of its stem.

References

- Mathworks. (2019). *Body fat estimation*. Retrieved March 25, 2019, from <https://uk.mathworks.com/help/deeplearning/examples/body-fat-estimation.html>
- Office of Agricultural Economics. (2018). Cassava. from <http://www.oae.go.th>
- Pragob, C., Kongsil, P., Kerddee, S., Kittipadukul, P., Phumichai, C., & Petchpoung, K. (2018). Evaluation of cassava germplasm for drought tolerance breeding program in Thailand. *The 3rd Environment and Natural Resources International Conference*, 22-23 November 2018. 300-310. Thailand
- Researchgate. (2015). *What is the best approach to identify the most influential factors as input of a neural network*. Retrieved April 30, 2019, from https://www.researchgate.net/post/What_is_the_best_approach_to_identify_the_most_influential_factors_as_input_of_a_neural_network
- TCIJ. (2017). *Thailand is moved up to 9th the risk index ranking*. Retrieved December 18, 2019, from <https://germanwatch.org/sites/germanwatch.org/files/publication/20432.pdf>
- Ujjwal, K. (2016). *A quick introduction to Neural Networks*. Retrieved March 25, 2019, from <https://ujjwalkarn.me/2016/08/09/quick-intro-neural-networks>
- Walter, T. (2004). *Augmented split block experiment design*. New York: Cornell University.
- Wikipedia. (2019). *Neural Network*. Retrieved February 25, 2019, from https://en.wikipedia.org/wiki/Neural_network#cite_note-1

Wongprasert, T. (2015). *A Study on Factors that Affect Starch Content in Fresh Cassava Roots Using Regression Analysis and Artificial Neural Network Models*. Master's thesis, Department of Agro-Industrial Technology, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.

การวิเคราะห์ทางเลือกการวางผังคลังสินค้า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนระดับยนต์
THE ANALYSIS OF WAREHOUSE ALTERNATIVE CASE STUDIES AUTO PARTS
MANUFACTURING INDUSTRY.

จุฑาทิพย์ สีสานาพิพัฒน์^{1*}, จินตนา ใจคุ้มเก่า²
Jutathip Leelathanapipat^{1*}, Jintana Jaikumkao²

สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology,
Panyapiwat Institute of Management
*Corresponding author, E-mail: jutathiplee@pim.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและวางผังคลังสินค้าให้เหมาะสมกับสายการผลิต โดยใช้หลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) และกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) สำหรับการตัดสินใจเลือกผังคลังสินค้า ซึ่งงานวิจัยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลของการประกอบกันชนท้ายจากโรงงานผลิตชิ้นส่วนระดับยนต์ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการวางผังคลังสินค้าอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) ร่วมกับวิธี (Multi – Product Process Chart) เพื่อที่จะออกแบบผังโรงงานทางเลือกที่ตอบสนองต่อความต้องการและข้อจำกัดในการปฏิบัติงาน ได้ทั้งหมด 3 แบบและประเมินผังด้วยวิธีการตัดสินใจโดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ต่อไป

ผลการวิจัยพบว่าผังคลังสินค้าแบบที่ 3 เหมาะสมกับโรงงานกรณีศึกษามากที่สุดซึ่งผังคลังสินค้านี้มีพื้นที่ในการจัดเก็บเท่ากับ 279.28 ตารางเมตร และระยะทางในการขนส่งวัสดุเท่ากับ 1,825.84 เมตร นอกจากนี้ในการประเมินปัจจัยด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการนำทั้ง 4 ปัจจัยมาวิเคราะห์ทำให้ทราบว่าผังคลังสินค้าแบบที่ 3 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 59% ผังคลังสินค้าแบบที่ 2 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 29% และผังคลังสินค้าแบบที่ 1 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 8.3% ตามลำดับ

คำสำคัญ: คลังสินค้า การวางผังคลังสินค้าอย่างมีระบบ กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ABSTRACT

The objective of this research is to design and plan the warehouse to be suitable for the production line using a systematic plant layout. And the hierarchical process of analysis (AHP) for the decision to choose a warehouse plan the research began with the study of the rear bumper assembly from the automotive parts factory. And analyze data by using the systematic layout planning (SLP) with the Multi-Product Process Chart in order to design the plant layout, an alternative that meets the needs and limitations Can perform all 3 types of work and evaluate the plan with a decision-making process by analyzing the hierarchy process (AHP)

The result of the research shows that the warehouse layout type 3 is suitable for the most case studies in the factory. This warehouse has a storage area of 279.28 square meters and the transportation distance of the materials is 1,825.84 meters. Tactic analysis the results from the four factors were analyzed to know that the warehouse layout type 3 has a weight of 59%. Warehouse layout type 2 has a weight of 29% and warehouse layout type 1 has the weight equal to 8.3% respectively.

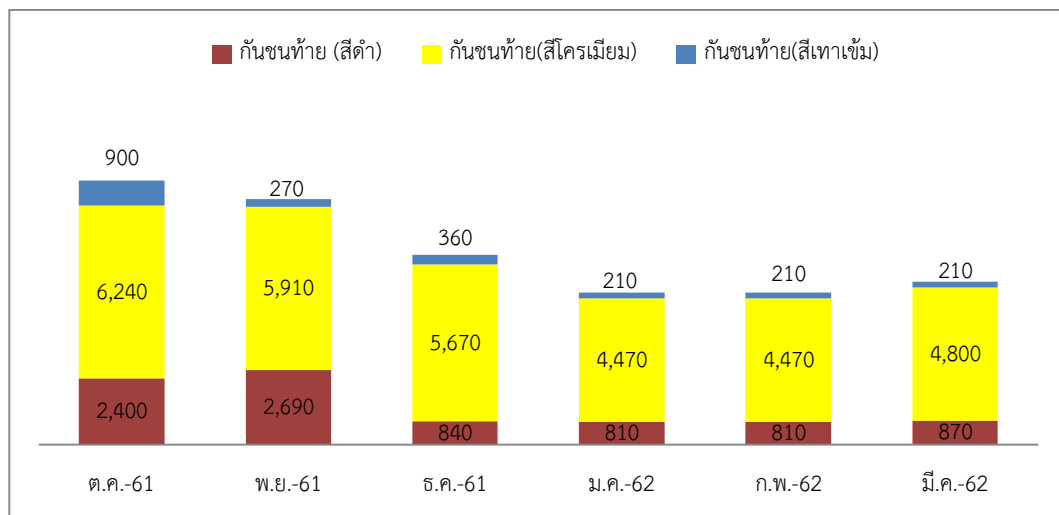
Keywords: Warehouse, Systematic Layout Planning, Analytical Hierarchy Process

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจในภาคอุตสาหกรรมการผลิตอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนระดับยนต์ ทั้งในประเทศและต่างประเทศมีการแข่งขันที่ค่อนข้างสูง ทำให้ต้องมีการลดระยะเวลาในการส่งมอบสินค้า ลดต้นทุนในการผลิต เพิ่มผลผลิตและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการออกแบบและวางผังโรงงานจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการพื้นที่การผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากพื้นที่ของโรงงานมีอยู่อย่างจำกัดและเป็นส่วนสำคัญในการกำหนดประสิทธิภาพของโรงงาน การจัดวางตำแหน่งที่เหมาะสมให้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมถึงการกำหนดพื้นที่ให้กับแผนกต่าง ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับการผลิตและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน สามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ให้มีความสะดวกและปลอดภัยในการปฏิบัติงานมากขึ้นและเป็นที่พึงพอใจกับพนักงานอย่างยิ่ง ดังนั้นแนวทางที่สำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้ คือ การพัฒนาความสามารถของผู้ผลิตด้วยการออกแบบการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning; SLP) ให้เหมาะสมกับการผลิต เช่น Shewale, Shete, & Sane (2012) ปรับปรุงผังโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์ทำให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งวัสดุจากคลังสินค้าไปยังเครื่องจักร (ข้อเหวี่ยง) 177 เมตร ลดระยะทางในการขนส่งวัสดุ (เพลาค้อนเหวี่ยง) 24 เมตร และลดระยะทางในการขนส่งวัสดุ(พูล) 105 เมตร ส่วน Wiyaratn & Watanapa (2010) ทำการปรับปรุงผังโรงงานผลิตเหล็ก

โดยการเสนอผังโรงงานใหม่ 2 ผัง สามารถลดระยะทางในการเคลื่อนที่ระหว่างคลังสินค้าเดิมกับคลังสินค้าใหม่ได้ 37.53 เมตร

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาปัญหาจากบริษัทกรณีศึกษาซึ่งเป็นบริษัทที่ทำการผลิตชิ้นส่วนประต๋บบยนต์หลากหลายชนิดที่ได้รับความนิยมทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยบริษัททำการผลิตชิ้นส่วนประต๋บบยนต์ดังนี้ คือ กันชนท้าย หลังคา และบันไดข้าง เป็นต้น ซึ่งบริษัทต้องการขยายฐานการผลิตกันชนท้ายไปยังคลังสินค้าบางโหลง จากการสำรวจข้อมูลความต้องการของการผลิตกันชนนั้น ดังภาพที่ 1 นั้นพบว่ามีความต้องการเป็นจำนวนมาก อีกทั้งในการจัดเก็บและประกอบกันชนท้าย ต้องทำการจัดเก็บและประกอบกันชน 3 ชนิด คือ กันชนท้ายสีดำกัน ชนท้ายสีโครเมียมและกันชนท้ายสีเทาเข้ม ซึ่งกันชนท้ายทั้ง 3 ชนิดมีพื้นที่ในการใช้งานขนาด 380 ตารางเมตร ซึ่งขนาดพื้นที่ในการใช้งานนี้มีขนาดเล็กทำให้ยากต่อการประกอบและจัดเก็บชิ้นงาน



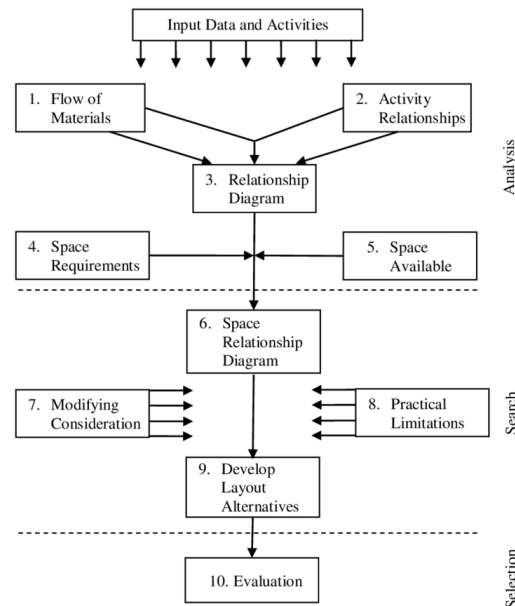
ภาพที่ 1: แผนภูมิผลิตภัณฑ์-ปริมาณ (P-Q Chart)

ดังนั้นผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญที่จะทำการปรับปรุงและออกแบบผังโรงงานใหม่ เพื่อออกแบบและวางผังคลังสินค้าเพื่อให้เหมาะสมกับสายการผลิต ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) สำหรับการออกแบบและจัดวางผังคลังสินค้า นอกจากนี้ยังใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) ในการคัดเลือกผังคลังที่เหมาะสมกับบริบทของพนักงานและผู้บริหารต่อไป

ทบทวนวรรณกรรม

การวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) เป็นกระบวนการวางผังโรงงานที่มุ่งเน้นไปที่ระดับความสัมพันธ์ระหว่างสถานงานหรือกิจกรรมต่างๆว่าควรมีการจัดวางใกล้กันหรือไม่ แล้วพิจารณาระดับความใกล้ชิดของแต่ละสถานที่ละคู่จนครบทุกคู่ โดยพยายามให้สถานี่ต่าง ๆ มีภาระงานที่

สมดุลกัน (ชยุตม์และสุดาวรรณ, 2561) ซึ่งเป็นแนวทางการลดระยะทางและลดเวลาในการขนย้ายวัสดุให้น้อยลง โดยมีขั้นตอนดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการวางผังโรงงานอย่างเป็นระบบ

จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายขั้นตอนที่ 1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานขั้นต้น คือ การกำหนดชนิด (Product: P) หมายถึงข้อมูลความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ซึ่งอาจกำหนดเป็นชนิด กลุ่ม รุ่น รหัส อะไรบ้าง ส่วนข้อมูลปริมาณการผลิต (Quantity: Q) หมายถึงข้อมูลปริมาณการผลิตแต่ละกลุ่ม รุ่น รหัส เพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดผลิตภัณฑ์ที่ควรให้ความสำคัญเป็นหลัก การเลือกกระบวนการผลิต (Routing: R) สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในจำนวนต่าง ๆ กันจะเป็นสิ่งกำหนดชนิดและจำนวนของเครื่องจักรกล เครื่องมือและสิ่งสนับสนุนการ (Support :S) ผลิตต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ นอกเหนือจากกระบวนการผลิตหลัก ซึ่งจะส่งผลต่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลเวลาส่งมอบ(Time: T) หมายถึงจะผลิตเมื่อไร เริ่มดำเนินการตามแผนเมื่อไร ทำงานวันละกี่กะ ความสามารถในการผลิต (Capacity) เวลาการส่งสินค้าซึ่งจะส่งผลต่อกำหนดความต้องการในการใช้พื้นที่ (ประจวบ กล่อมจิตร, 2555)

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลพื้นฐานขั้นต้นมาวิเคราะห์การไหลของวัสดุโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์การไหล ขั้นตอนที่ 3 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เขียนลงแผนภูมิความสัมพันธ์ (Relationship Chart) ขั้นตอนที่ 4 แปลงแผนภูมิความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปแบบแผนภาพความสัมพันธ์ (Relationship diagram) โดยพิจารณาการจัดวางแผนกต่าง ๆ ตามความสัมพันธ์ ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาพื้นที่ที่ต้องการของแต่ละแผนก ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาปรับเนื้อที่ที่ต้องการให้สมดุลกับเนื้อที่ที่มีอยู่จริง ขั้นตอนที่ 7 สร้างแผนภาพความสัมพันธ์เนื้อที่ (Space Relationship Diagram) ขั้นตอนที่ 8 จัดเปลี่ยนตำแหน่งแผนภาพที่ตามข้อพิจารณาเปลี่ยนแปลง

ต่าง ๆ ขั้นตอนที่ 9 จัดเปลี่ยนตำแหน่งภาพตามข้อจำกัดในการใช้งานจริง ขั้นตอนที่ 10 พัฒนาผังโรงงานเพื่อเป็นทางเลือก 2 แบบ และขั้นตอนที่ 11 ประเมินและเลือกผังโรงงานที่เหมาะสม (บุญชัยและคณะ, 2561)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เป็นกระบวนการที่ใช้ในการวัดค่าระดับการตัดสินใจ (Ratio) โดยจะมีการจัดลำดับทางเลือกเมื่อเราต้องพิจารณาทางเลือกหลายทาง ซึ่งให้ผลในการตัดสินใจที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพเมื่อต้องตัดสินใจในเรื่องที่ซับซ้อน ถูกคิดค้นโดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty (วิฑูรย์, 2542)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อออกแบบและวางผังคลังสินค้าให้เหมาะสมกับสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาโดยประยุกต์ใช้หลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบและกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

1. โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนระดับยนต์ ได้แก่ กันชนท้าย หลังคา และบันไดข้าง เป็นต้นดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3: ตัวอย่างชิ้นส่วนระดับยนต์

จากที่กล่าวในบทนำถึงความต้องการขยายฐานการผลิตกันชนท้ายไปยังคลังสินค้าบางโหลง เนื่องจากคลังสินค้าที่บางโหลงเป็นพื้นที่โล่ง ยังไม่มีการใช้งานมาก่อน โดยมีพื้นที่ในการใช้งานเท่ากับ 380 ตารางเมตร

2. การพยากรณ์

การผลิตชิ้นงานในแต่ละครั้งจะต้องมีการนำข้อมูลความต้องการของลูกค้ามาทำการพยากรณ์การผลิตชิ้นงานในแต่ละเดือน เพื่อทำการวางแผนในการจัดเก็บชิ้นงานและจัดเก็บวัสดุในการประกอบชิ้นงานดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แสดงการพยากรณ์ปริมาณการผลิต

ชื่อชิ้นงาน	กันยายน 2561	ตุลาคม 2561	พฤศจิกายน 2561	ธันวาคม 2561	มกราคม 2562	กุมภาพันธ์ 2562	มีนาคม 2562
กันชนท้าย (สีดำ)	540	2,400	2,690	840	810	810	870
กันชนท้าย(สีโครเมียม)	330	6,240	5,910	5,670	4,470	4,470	4,800
กันชนท้าย(สีเทาเข้ม)	60	900	270	360	210	210	210
รวม	930	8,640	8,600	6,510	5,280	5,280	5,670

3. จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย

การวิเคราะห์จำนวนครั้งในการเคลื่อนย้าย จะต้องรู้จำนวนความต้องการของวัสดุก่อน ในกรณีนี้จะใช้จำนวนความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพยากรณ์ไว้ใน ตารางที่ 1 มาทำการวิเคราะห์ความต้องการในการเคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนย้ายดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: จำนวนครั้งการเคลื่อนย้ายวัสดุในคลังสินค้า

จาก	Ornament Chrome	Ornament Gray	Ornament Black	SupportBar Back	Bar Back	WIP BOX	งาน F/G	พื้นที่ในการ ประกอบ	ที่วางกล่อง เปล่า	Office	รวม
Ornament Chrome								8			8
Ornament Gray								2			2
Ornament Black								2			2
SupportBar Back								18			18
Bar Back								18			18
WIP BOX								45			45
งาน F/G											0
พื้นที่ในการประกอบ							24		93		93
ที่วางกล่องเปล่า											0
Office											0
รวม	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	202

4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแผนกโดยใช้แผนภูมิความสัมพันธ์และแผนภาพความสัมพันธ์

สร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ เพื่อให้ทราบว่าแผนกใดจำเป็นต้องอยู่ใกล้กันพร้อมทั้งระบุเหตุผลของความสัมพันธ์ และการเขียนแผนภาพความสัมพันธ์นั้นจะต้องกำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้บอกว่าจะเกิดกิจกรรมใด (ชยันนท์, 2521) ขึ้นในแผนกนั้นๆ ซึ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากการหาจำนวนรวมของความสัมพันธ์ทั้งหมด

จากสมการที่ 1 เมื่อได้จำนวนรวมของความสัมพันธ์ทั้งหมดแล้ว จากนั้นทำการกำหนดระดับความสัมพันธ์โดยมีเกณฑ์การกำหนดระดับความสัมพันธ์และวิธีการคำนวณ ดังตารางที่ 3

$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$

$$N = \frac{10(10-1)}{2}$$

สมการที่ (1)

$$N = 45$$

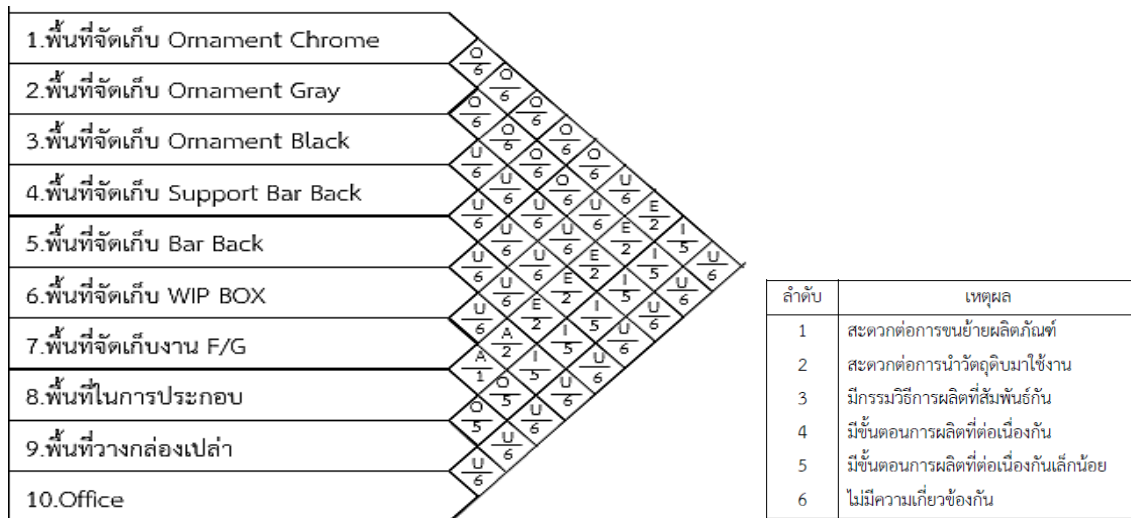
โดยที่ N=จำนวนระดับความสัมพันธ์ทั้งหมดและ n= จำนวนกิจกรรมทั้งหมด

จากการคำนวณโดยใช้สมการที่ (1) สามารถแสดงจำนวนรวมของความสัมพัธ์ทั้งหมดเท่ากับ 45 รหัส

ตารางที่ 3: เกณฑ์การกำหนดระดับความสัมพันธ์

ระดับ	ความหมาย	เกณฑ์การกำหนดระดับ	วิธีการคำนวณ	จำนวนระดับ ความสัมพันธ์
A	สัมพันธ์กันมากที่สุด	2-5%	$5\% \times 45 = 2.25$	2
E	สัมพันธ์กันมาก	3-10%	$10\% \times 45 = 4.50$	5
I	สัมพันธ์กันปานกลาง	5-15%	$15\% \times 45 = 6.75$	7
O	สัมพันธ์กันน้อย	10-25%	$25\% \times 45 = 11.25$	11
U	สัมพันธ์กันน้อยที่สุด	ปริมาณที่เหลือของกิจกรรม		

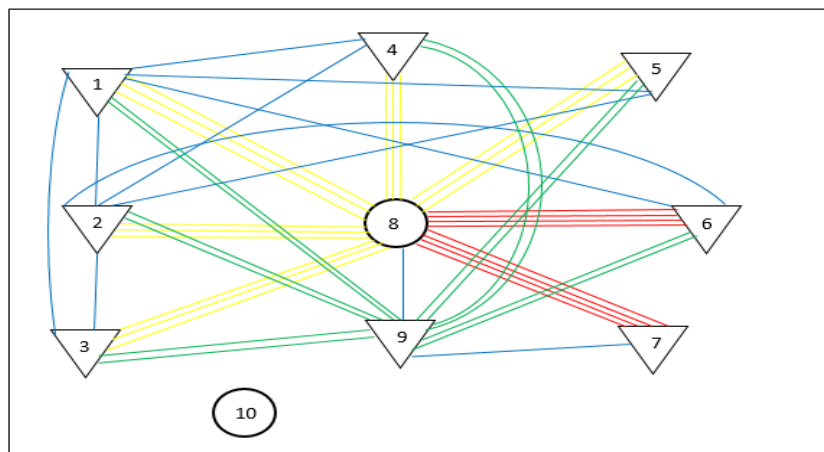
นำข้อมูลในตารางที่ 3 มาสร้างแผนภูมิความสัมพันธ์ เพื่อใส่ระดับความสัมพันธ์ของแต่ละแผนก และเพื่อความสมบูรณ์ของแผนภูมิความสัมพันธ์ จึงได้ขอความร่วมมือจากเจ้าของกิจการ และหัวหน้าแผนกต่าง ๆ มาร่วมกันวิเคราะห์ในการใส่ระดับความสัมพันธ์ของแผนภูมิความสัมพันธ์ พร้อมทั้งระบุเหตุผลของความสัมพัธ์ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4: ความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่าง ๆ ในคลังสินค้า

สำหรับการเขียนแผนภาพความสัมพันธ์นั้นจะต้องกำหนดจำนวนเส้นที่ใช้เชื่อมความสัมพันธ์ และ สี ของแต่ละระดับความสัมพันธ์ และกำหนดสัญลักษณ์เพื่อใช้บอกว่าจะเกิดกิจกรรมใด ขึ้นในแผนนั้น ดังภาพที่

5



ภาพที่ 5: แผนภาพความสัมพันธ์

5. ผังคลังสินค้าและระยะทางในการขนย้าย

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกิจกรรมแต่ละแผนก มาทำการออกแบบและวางผังคลังสินค้า ทางเลือก 3 แบบเพื่อนำมาเปรียบเทียบพื้นที่การใช้งานและระยะทางการขนส่งวัสดุ

5.1 การออกแบบพื้นที่คลังสินค้าแบบที่ 1

พื้นที่ในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 1 ดังภาพที่ 6 ใช้พื้นที่ในการปฏิบัติงานรวมเท่ากับ 325.48 ตารางเมตร ระยะทางในการเคลื่อนย้ายรวมเท่ากับ 1637.04 เมตร รวมถึงแสดงความสามารถ จัดเก็บในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 1 ดังตารางที่ 4



ภาพที่ 6: แบบพื้นที่คลังสินค้าแบบที่ 1

ตารางที่ 4: แสดงความสามารถการจัดเก็บในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 1

ลำดับ	รายการ	จำนวนชั้น ต่อ 1 กล่อง	จำนวนพา เลต	จำนวนชั้นต่อ 1 พาเลต	จำนวนที่เก็บได้ (Set)	เก็บได้ทั้งหมด (วัน)
1	Ornament Chrome (LH)	10	16	50	800	2.22
	Ornament Chrome (RH)	10		50	800	
2	Ornament Gray (LH)	10	8	50	400	4
	Ornament Gray (RH)	10		50	400	
3	Ornament Black (LH)	10	8	50	400	4
	Ornament Black (RH)	10		50	400	
4	Support Bar Back (LH)	20	2	720	1440	4
	Support Bar Back (RH)	20		720	1440	
5	Bar Back (LH)	5	6	150	900	2.5
	Bar Back (RH)	5		150	900	
6	WIPBOX	4	120	4	480	1.33
7	ชิ้นงาน F/G (Chrome)	7-8	48	7-8	360	1
	ชิ้นงาน F/G (Gray)		16	7-8	120	1.20
	ชิ้นงาน F/G (Black)		16	7-8	120	1.20

5.2 การออกแบบพื้นที่คลังสินค้าแบบที่ 2

พื้นที่ในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 2 ดังภาพที่ 7 ใช้พื้นที่ในการปฏิบัติงานรวมเท่ากับ 331.01 ตารางเมตร ระยะทางในการเคลื่อนย้ายรวมเท่ากับ 1,705.51 เมตร รวมถึงแสดงความสามารถจัดเก็บในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 2 ดังตารางที่ 5



ภาพที่ 7: แบบพื้นที่คลังสินค้าแบบที่ 2

ตารางที่ 5: แสดงความสามารถการจัดเก็บในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 2

ลำดับ	รายการ	จำนวนชั้นต่อ 1 กล่อง	จำนวนพาเลต	จำนวนชั้นต่อ 1 พาเลต	จำนวนที่เก็บได้ (Set)	เก็บได้ทั้งหมด (วัน)
1	Ornament Chrome (LH)	10	16	40	640	1.78
	Ornament Chrome (RH)	10		40	640	
2	Ornament Gray (LH)	10	4	40	160	0.44
	Ornament Gray (RH)	10		40	160	
3	Ornament Black (LH)	10	4	40	160	0.44
	Ornament Black (RH)	10		40	160	
4	Support Bar Back (LH)	20	9	160	1440	4
	Support Bar Back (RH)	20		160	1440	
5	Bar Back (LH)	5	36	40	1440	4
	Bar Back (RH)	5		40	1440	
6	WIPBOX	4	105	4	420	1.17
7	ชิ้นงาน F/G (Chrome)	7-8	48	7-8	360	1
	ชิ้นงาน F/G (Gray)		12	7-8	90	0.90
	ชิ้นงาน F/G (Black)		12	7-8	90	0.90

5.3 การออกแบบพื้นที่คลังสินค้าแบบที่ 3

พื้นที่ในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 3 ดังภาพที่ 8 ใช้พื้นที่ในการปฏิบัติงานรวมเท่ากับ 279.28 ตารางเมตร ระยะทางในการเคลื่อนย้ายรวมเท่ากับ 1,825.84 เมตร รวมถึงแสดงความสามารถจัดเก็บในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 3 ดังตารางที่ 6



ภาพที่ 8: แบบพื้นที่คลังสินค้าแบบที่ 3

ตารางที่ 6: แสดงความสามารถการจัดเก็บในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 3

ลำดับ	รายการ	จำนวนชั้น ต่อ 1 กล่อง	จำนวนพา เลต	จำนวนชั้นต่อ 1 พาเลต	จำนวนที่เก็บได้ (Set)	เก็บได้ทั้งหมด (วัน)
1	Ornament Chrome (LH)	10	16	50	800	2.22
	Ornament Chrome (RH)	10		50	800	
2	Ornament Gray (LH)	10	4	50	200	0.55
	Ornament Gray (RH)	10		50	200	
3	Ornament Black (LH)	10	4	50	200	0.55
	Ornament Black (RH)	10		50	200	
4	Support Bar Back (LH)	20	4	200	800	2.22
	Support Bar Back (RH)	20		200	800	
5	Bar Back (LH)	5	16	50	800	2.22
	Bar Back (RH)	5		50	800	
6	WIPBOX	4	48	4	192	0.53
7	ชิ้นงาน F/G (Chrome)	7-8	48	7-8	360	1
	ชิ้นงาน F/G (Gray)		24	7-8	180	1.80
	ชิ้นงาน F/G (Black)		24	7-8	180	1.80

จากข้อมูลตารางที่ 4 ถึง ตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่าความสามารถในการจัดเก็บของวัสดุอุปกรณ์และชิ้นงานในการวางผังคลังสินค้าแบบที่ 1 สามารถจัดเก็บได้มากกว่าผังคลังสินค้าแบบที่ 2 และผังคลังสินค้าแบบที่ 3 เพราะมีวันในการจัดเก็บที่มากกว่าผังคลังสินค้าแบบที่ 2 และผังคลังสินค้าแบบที่ 3

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การออกแบบพื้นที่คลังสินค้าทั้ง 3 รูปแบบ ทำการประเมินผลด้วยการวิเคราะห์โดยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) โดยพิจารณาถึงปัจจัยที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจเลือกผังโรงงาน ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจการให้ความสำคัญในเกณฑ์การประเมิน 4 ข้อ จากคณะผู้บริหารทั้งหมด 3 คน ซึ่งประกอบด้วย ผู้บริหารฝ่ายวางแผน ผู้บริหารฝ่ายผลิต และผู้บริหารฝ่ายคลังสินค้า โดยการทำแบบสอบถามผู้บริหาร สำหรับการเปรียบเทียบความสำคัญเป็นคู่ และให้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย เพื่อดำเนินการเปรียบเทียบค่าน้ำหนักของผังโรงงานทั้ง 2 แบบ ภายใต้การพิจารณาแต่ละปัจจัย 4 ข้อ (บุญชัย และคณะ, 2561) ดังนี้

1. เรื่องการกำหนดพื้นที่ให้เป็นหมวดหมู่ คือ การจัดวางชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบต้องมีการจัดวางที่เป็นหมวดหมู่
2. เรื่องความสามารถในการจัดเก็บชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ คือ สามารถจัดเก็บชิ้นงานได้ในปริมาณมาก
3. เรื่องความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ คือ สามารถเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบได้สะดวกไม่มีสิ่งกีดขวางทาง
4. เรื่องระยะทางเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ คือ ระยะทางในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบต้องมีระยะทางเฉลี่ยน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาเทียบกับเกณฑ์การประเมินแล้วนำผลการคำนวณหาระดับความเหมาะสมในการเลือกผังคลังสินค้าทางเลือกของคณะผู้บริหารโดยประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Hierarchy Process: AHP) ในการตัดสินใจเพื่อเลือกผังคลังสินค้าที่เหมาะสมที่สุดแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7: ผลการคำนวณหาระดับความเหมาะสมในการเลือกผังคลังสินค้าทางเลือกของคณะผู้บริหาร

ผังโรงงาน	การคำนวณ	คะแนนการตัดสินใจ (%)
แบบที่ 1	$(0.049)0.073+(0.203)0.066+(0.305)0.09+(0.396)0.097$	8.3%
แบบที่ 2	$(0.049)0.282+(0.203)0.319+(0.305)0.324+(0.396)0.284$	29%
แบบที่ 3	$(0.049)0.844+(0.203)0.615+(0.305)0.586+(0.396)0.62$	59%

จากตารางที่ 7 สรุปได้ว่า ผังคลังสินค้าทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ เกณฑ์การพิจารณาจากผู้ปฏิบัติงาน คือ ผังคลังสินค้าทางเลือกแบบที่ 3 เพราะมีคะแนนการตัดสินใจมากที่สุดเท่ากับ 59%

สรุป

จากการศึกษาปัญหาการประกอบกันขนถ่ายของบริษัทกรณีศึกษา ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงความต้องการในการที่จะขยายการผลิตและการจัดเก็บไปที่คลังบางโหนด เพื่อลดต้นทุนในการจัดส่ง จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาขั้นตอนการประกอบกันขนถ่ายและทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนประกอบ เพื่อออกแบบผังคลังสินค้า ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผังคลังสินค้าได้ ดังต่อไปนี้

การออกแบบและวางผังคลังสินค้าเพื่อให้เหมาะสมกับสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา โดยใช้หลักการวางผังโรงงานอย่างมีระบบ (Systematic Layout Planning: SLP) สามารถออกแบบผังคลังสินค้าทางเลือกได้จำนวน 3 แบบดังนี้ ผังคลังสินค้าแบบที่ 1 มีพื้นที่ในการจัดเก็บเท่ากับ 325.48 ตารางเมตร และระยะทางในการขนส่งวัสดุเท่ากับ 1637.04 เมตร ผังคลังสินค้าแบบที่ 2 มีพื้นที่ในการจัดเก็บเท่ากับ 331.01 ตารางเมตร และระยะทางในการขนส่งวัสดุเท่ากับ 1,705.51 เมตร ผังคลังสินค้าแบบที่ 3 แบบ พื้นที่ในการจัดเก็บเท่ากับ 279.28 ตารางเมตร และระยะทางในการขนส่งวัสดุเท่ากับ 1,825.84 เมตร จากนั้นได้ออกแบบข้อมูลโดยการสัมภาษณ์คณะผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อเลือกผังโรงงานในการปรับปรุงตามเทคนิคกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ โดยกำหนดปัจจัย 4 ข้อดังนี้ 1. การกำหนดพื้นที่ให้เป็นหมวดหมู่ 2. ความสามารถในการจัดเก็บชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ 3. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ และ 4. ระยะทางเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งผลจากการนำทั้ง 4 ปัจจัยมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบทีละคู่ และคำนวณน้ำหนักออกมาทำให้ทราบว่าผู้บริหารของบริษัทกรณีศึกษาให้ความสำคัญกับปัจจัยระยะทางเฉลี่ยในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 39.6% อันดับสองคือปัจจัยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 30.5% อันดับสามปัจจัยความสามารถในการจัดเก็บชิ้นงานและชิ้นส่วนประกอบ โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 20.3% และอันดับสุดท้ายคือปัจจัยการกำหนดพื้นที่ให้เป็นหมวดหมู่ โดยมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 4.9

จากผลวิเคราะห์ผังโรงงานทางเลือกที่ดีที่สุด เพื่อใช้ในการปรับปรุงภายใต้การพิจารณาทั้ง 4 ปัจจัยได้แก่ผังคลังสินค้าแบบที่ 3 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 59% ผังคลังสินค้าแบบที่ 2 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 29% และผังคลังสินค้าแบบที่ 1 มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 8.3% ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษางานวิจัยครั้งนี้ สำหรับปรับปรุงผังโรงงาน เป็นการเลือกกลุ่มผลิตภัณฑ์หลักของโรงงาน นำมาศึกษากระบวนการผลิต โดยคิดจากปริมาณการผลิต ณ ช่วงเวลาที่ผ่านมา แต่สำหรับอนาคตข้างหน้า อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการผลิต ซึ่งเกิดมาจากมีการเปลี่ยนแปลงตามนโยบายของบริษัท กลุ่มลูกค้า รวมถึงสถานการณ์ทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตามปริมาณการผลิตเพื่อนำมาพิจารณาการปรับปรุงผังโรงงานอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญชัยและคณะ (2561) ที่

ทำการศึกษาการปรับปรุงผังโรงงานด้วยหลักการออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ กรณีศึกษาโรงงานดักท์แอร์ที่ต้องติดตามปริมาณการผลิตและชนิดของผลิตภัณฑ์ตามหลักการของการวางผังโรงงานอย่างมีระบบอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

จุฑาทิพย์ สีสานาพิพัฒน์และณัฐดนัย มะโน. (2560). การปรับปรุงกระบวนการขนถ่ายกล่องขึ้นส่วนภายในตัวถังรถยนต์. *การประชุมวิชาการระดับชาติปัญญาภิวัฒน์ ครั้งที่ 7* กรุงเทพฯ:สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. (2521). *การออกแบบผังโรงงานเพื่อเพิ่มผลผลิต*. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น

จำกัด

ชยุตย์ บรรเทงจิตร และสุดาวรรณ ลีไพฑูรย์. (2561). *การออกแบบผังโรงงานและปรับปรุงกระบวนการผลิต* พา

เลตไม้. *การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*.

ทัศนพงศ์ เลิศปัญญานุกูล และ ศุภฤกษ์ มาจนันท์. (2556). “การออกแบบและวางแผนผังคลังสินค้าโรงงานหลวงอาหารสำเร็จรูปที่ ๑ ผาง จังหวัดเชียงใหม่.” *ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่*

นิตยา งามภักตร์. (2554). “การคัดเลือกผังและการจำลองสถานกณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อการ ออกแบบผังโรงงานแบบเซลล์ลาร์.” *วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางาน อุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*

บุญชัย แซ่ลิ้ว วลัยพร ปราศจาก พงศ์พัฒน์ ช่วยบุตดาและปัญญา พิทักษ์กุล. (2561). *การปรับปรุงผังโรงงานด้วยหลักการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบกรณีศึกษาโรงงานผลิตดักท์แอร์. การประชุมวิชาการระดับชาติปัญญาภิวัฒน์ ครั้งที่ 8* กรุงเทพฯ:สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

ประจวบ กล่อมจิตร. “การออกแบบโรงงานอุตสาหกรรม.” กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2555

เลิศพงศ์ เสกใจเสือ และ ฤฎวัลย์ จันทรส. (2555). “การปรับปรุงผังบริษัทประกอบอุปกรณ์เสริมรถยนต์ ด้วยหลักการออกแบบผังโรงงานอย่างเป็นระบบ.” *ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*

วิฑูรย์ ต้นศิริคงคล. (2542). *AH กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก*. กรุงเทพฯ: กราฟฟิค แอนด์ ปริ้นติ้ง

สมศักดิ์ ตรีสัตย์. “การออกแบบการทดลอง.” พิมพ์ครั้งที่ 31. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท, 2560

Muther, R. (1994). *Systematic Layout Planning*. Boston: Cahnerns Books.

Shewale, P. P., Shete, M. S., & Sane, S. M. (2012). Improvement in Plant Layout using Systematic

Layout Planning (SLP) for increased productivity. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 1(3), 259-261.

Wiyaratn, W., & Watanapa, A. (2010). Improvement Plant Layout Using Systematic Layout

Planning (SLP) for Increased Productivity. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 4(12), 1382-1386.

การศึกษาความสนใจเรียนและผลการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมด้วยการใช้บริการคลาวด์ STUDYING INTERESTS AND LEARNING OUTCOMES THROUGH ACTIVITIES USING CLOUD SERVICES

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิรินธร จิยาศักดิ์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

E-mail: sirinthorn.c@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและพัฒนาแผนปฏิบัติการสอนในห้องเรียนโดยการใช้บริการคลาวด์ 2) เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างการเรียนผ่านกิจกรรมด้วยบริการคลาวด์กับการเรียนแบบเดิม และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อแผนปฏิบัติการสอน โดยกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยนี้คือนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ จำนวน 94 คน ที่กำลังศึกษาวิชาหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น โดยแบ่งนักศึกษา 49 คนใช้เทคโนโลยีคลาวด์ และนักศึกษาอีก 45 คนเรียนผ่านวิธีการเรียนการสอนแบบเดิม สำหรับการรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยสังเกตการณ์มีส่วนร่วมของนักศึกษาระหว่างการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผลการวิจัยพบว่าความพึงพอใจที่มีต่อแผนปฏิบัติการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมด้วยบริการคลาวด์อยู่ในระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.65 ($= 4.65$, $SD = 0.50$) และยังพบว่าแผนปฏิบัติการนี้สามารถกระตุ้นความสนใจเรียนทำให้นักศึกษามีส่วนร่วมในชั้นเรียนและส่งงานได้ตรงเวลาสูงถึงร้อยละ 89 ส่งผลต่อการเรียนรู้ทำให้นักศึกษากลุ่มที่เรียนผ่านกิจกรรมด้วยบริการคลาวด์มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบเดิมถึงร้อยละ 18

คำสำคัญ: บริการคลาวด์, การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์, เครื่องมือออนไลน์, สื่อการสอน

ABSTRACT

This research aims to 1) studying and developing a teaching plan in a classroom using cloud service 2) comparisons the learning outcome between traditional and learning by activities using cloud service and 3) evaluating the students' satisfaction to the proposed teaching plan. The focus group of this research is first-year students amount 94 students who were studying "Fundamental of Programming", 49 students use cloud technology to study while 45 students study via traditional way of learning in School of Information

Technology and Innovation, Bangkok University. For collecting the data, we observe the students' participation during classroom activities. The research found that satisfaction with the learning plan through activities with cloud services was at a very good level with an average score of 4.65 (= 4.65, SD = 0.50) and also found that this action plan can stimulate interest in learning, allowing students to participate in class and delivering work on time as high as 89 percent, affecting learning, allowing students who study through activities with cloud services have a higher average score all students in the traditional 18 percent.

Keywords: Cloud Service, Programming, Online Tools, Teaching Media

บทนำ

การศึกษาในยุคปัจจุบันได้มีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเรื่อยมา และเริ่มมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อให้การเรียนการสอนสอดคล้องกับการศึกษาในยุคศตวรรษที่ 21 โดยเครื่องมือที่เป็นบริการของคลาวด์ได้ถูกนำมาใช้ในวงกว้างด้านการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศ (Herrick, 2009) เพื่อความสะดวกต่อการเข้าถึงและเพิ่มประสิทธิภาพการติดต่อการเรียนการสอน ดังนั้นการนำเทคโนโลยีที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ย่อมทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียนซึ่งนอกจากการได้เรียนรู้และความสะดวกต่อการเข้าถึงเนื้อหาวิชา และยังสามารถฝึกทักษะการใช้เทคโนโลยีและการติดต่อสื่อสารที่ทันสมัยของบริการ คลาวด์ได้อีกด้วยโดย (Malithong, 2005) โดยได้ระบุเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นสิ่งสนับสนุนการเรียนการสอนได้หลายรูปแบบได้แก่ การเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี การเรียนรู้ออนไลน์ การเรียนโดยใช้ห้องปฏิบัติการ เป็นต้น ดังนั้น เครื่องมือบนบริการคลาวด์ในปัจจุบันถือเป็นเทคโนโลยีกำลังได้รับความนิยม เนื่องจากการเข้าถึงได้ง่ายผ่านอินเทอร์เน็ต การใช้งานง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน ทั้งยังมีเครื่องมือต่างๆ มากมายหลายชนิดที่เหมาะสมสำหรับนำมาสนับสนุนการเรียนการสอนในห้องเรียนซึ่งผู้เรียนในยุคปัจจุบันมีความคุ้นเคยกับอุปกรณ์เทคโนโลยีอยู่แล้วเมื่อนำเครื่องมือมาประยุกต์ใช้ก็น่าจะเป็นสิ่งที่สามารถกระตุ้นความสนใจเรียนของผู้เรียนให้เพิ่มมากขึ้นได้ หากผู้เรียนมีความสนใจเรียนมากขึ้นย่อมนำมาซึ่งผลลัพธ์ของการเรียนรู้ที่ดีขึ้นตามไปด้วย (สายสุนีย์, 2557)

บททวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับการเรียนการสอนเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและวิเคราะห์สำหรับการวิจัยครั้งนี้คือ

2.1 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ในการสอนวิทยาศาสตร์ (เอกภูมิ จันทระขันตี, 2558)

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปใช้สำหรับการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูโดยสื่อ ICT ทั้งหมด 5 รูปแบบสำหรับการเรียนการสอนได้แก่ 1) การใช้คลิปวิดีโอเพื่อใช้สำหรับการกระตุ้นความสนใจเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน 2) การใช้ชีรส์อินจินสำหรับให้นิสิตได้สืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม 3) การใช้เครื่องฉายภาพ 3 มิติร่วมกับเครื่องฉายภาพโปรเจคเตอร์เพื่อให้นิสิตใช้นำเสนอผลการทดลองแต่ละกลุ่ม 4) การใช้สื่อแอนิเมชันใช้สำหรับสรุปความคิดหรือแนวคิดของนิสิตที่ได้จากการเรียน และ 5) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น แอ็กเซลเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยการเรียนรู้โดยให้นิสิตนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาใส่ในโปรแกรมเพื่อให้โปรแกรมวาดกราฟความสัมพันธ์ทำให้นิสิตเห็นภาพชัดเจนมากขึ้น โดยงานวิจัยใช้ระเบียบการวิจัยเชิงบรรยายโดยให้นิสิตอธิบายแนวทางการนำเทคโนโลยีสารสนเทศไปประยุกต์ใช้ซึ่งผลการวิจัยนี้พบว่า การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ช่วยให้นิสิตมีแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ ทำให้นิสิตเกิดการพัฒนาทักษะและความรู้อย่างรวดเร็ว ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะให้มีการศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนโดยมีการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้าไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนว่าทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้นกว่าการสอนแบบปกติหรือไม่

2.2 การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์ (ทรงลักษณ์ สกกุลวิจิตรสินธุ์, 2560)

งานวิจัยนี้ศึกษาและนำเสนอกรอบแนวคิดการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) เครือข่ายสังคมออนไลน์ เช่น Facebook เพื่อสร้างชุมชนการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์ระหว่างครูผู้สอนกับผู้เรียน เพื่อให้มีการปฏิสัมพันธ์เชื่อมต่อกันผ่านชุมชนออนไลน์นี้ 2) การใช้การคำนวณแบบคลาวด์สำหรับเก็บข้อมูลแบบออนไลน์ในเซิร์ฟเวอร์ผ่านอินเทอร์เน็ตซึ่งสามารถทำให้เข้าถึงข้อมูลร่วมกันได้ไม่จำกัดสถานที่ 3) การประชุมทางไกลด้วยวิดีโอ ทำให้สามารถประชุมทางไกลหรือสำหรับการสอนของครูซึ่งสามารถโต้ตอบกันได้ทันทีผ่านจอภาพคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่า การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศสามารถทำให้ผลการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์มีประสิทธิภาพ ดังนั้น การเลือกใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์ผ่านเครือข่ายการเรียนรู้ออนไลน์ได้ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เสนอเพียงกรอบแนวคิดการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนรู้ร่วมกัน แต่ยังไม่ได้การศึกษาถึงผลของการนำเทคโนโลยีไปใช้กับกลุ่มนักเรียนหรือนักศึกษาจริง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาแผนปฏิบัติการสำหรับการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมบนบริการคลาวด์
2. เพื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมบนบริการคลาวด์และแบบปกติ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อแผนปฏิบัติการ

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาแผนปฏิบัติการสำหรับการพัฒนาความสนใจเรียนผ่านกิจกรรมบนบริการคลาวด์ในการเรียนวิชาหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้น ศึกษาถึงความสนใจเรียน ความพึงพอใจ และผลการเรียนรู้ของนักศึกษาที่มีต่อแผนปฏิบัติการเรียนโดยเปรียบเทียบจากกลุ่มนักศึกษาจำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่ใช้แผนปฏิบัติการด้วยการทำกิจกรรมบนบริการคลาวด์จำนวน 49 คนกับกลุ่มที่เรียนแบบในห้องแบบเดิมจำนวน 45 คน ซึ่งนักศึกษากลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ทั้งเพศชายและ เพศหญิงรวมจำนวน 94 คน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้แบ่งขอบเขตการวิจัยเพื่อนำผลปฏิบัติการที่ได้มาทำการศึกษาถึงความสนใจเรียน ความพึงพอใจและเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ โดยมี 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1. การศึกษาเครื่องมืออยู่บนบริการคลาวด์ เพื่อนำมาประยุกต์ในการเรียนการสอนรวมถึงการ สามารถเข้าถึง ง่ายต่อการใช้งาน ไม่ซับซ้อนและต้องสามารถรองรับอุปกรณ์ที่หลากหลายจึงทำให้ทางผู้วิจัย เลือกใช้เครื่องมือได้แก่ Google Apps for Education (GSuite), Kahoot, Plickers และ Padlet
2. การออกแบบแผนปฏิบัติการสำหรับการศึกษาความสนใจเรียนผ่านเครื่องมือบนเทคโนโลยีคลาวด์ จำนวน 120 นาที แผนปฏิบัติสำหรับงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการเรียนผ่านกิจกรรมและการส่งงานด้วยเครื่องมือบนเทคโนโลยีคลาวด์มีความสัมพันธ์กับการสร้างบรรยากาศการเรียนการสอน

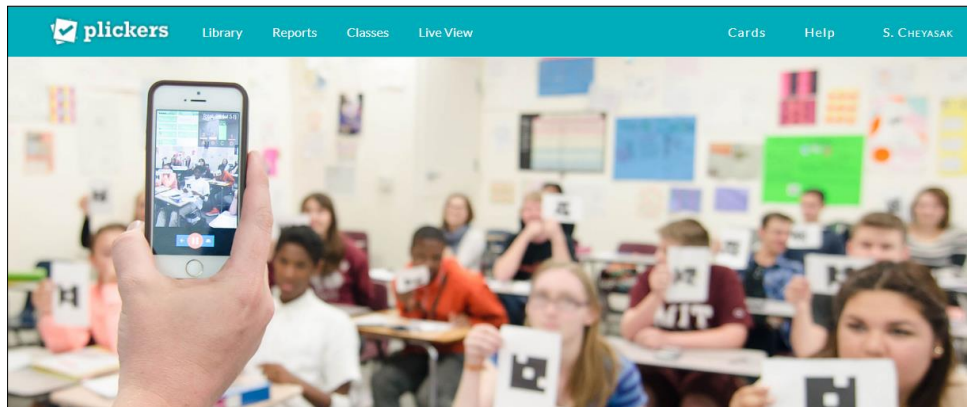
ตารางที่ 1: แผนปฏิบัติการการเรียนการสอนผ่านกิจกรรมบนบริการคลาวด์

แผนปฏิบัติการ	ระยะเวลา	เครื่องมือที่ใช้
กระตุ้นความพร้อมก่อนเรียน	20 นาที	Google Apps for Education, Padlet, Kahoot, Plickers
อธิบายเนื้อหาบทเรียน	20 นาที	Google Site, Google Slide, Youtube
ฝึกแก้โจทย์ปัญหาและ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน	25 นาที	Google Doc, Google Slide Padlet,
ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรม	35 นาที	Google Site, Google Slide, Google Form
ทดสอบผลลัพธ์และสรุป	20 นาที	Google Slide, Google Form

จากตารางที่ 1 แผนปฏิบัติการการเรียนการสอนผ่านกิจกรรมบนบริการคลาวด์มีขั้นตอนการเรียนรู้ โดยรวมทั้งหมด 5 กระบวนการดังนี้

- 2.1 ผู้สอนกระตุ้นความพร้อมของผู้เรียนด้วยการให้ทำแบบทดสอบออนไลน์ด้วย Google

Form, Padlet หรือ Kahoot การค้นหาความหมายหรือการค้นหารูปภาพที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนด้วย Google search engine นำมาวางไว้ใน Google doc, Google slide มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม



ภาพที่ 1: ภาพตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Plickers สำหรับการทดสอบ

ที่มา: <https://plickers.com/>

จากภาพที่ 1 ตัวอย่างการใช้เครื่องมือ Plickers เป็นเครื่องมือบนบริการคลาวด์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการตอบคำถามที่ช่วยสร้างบรรยากาศภายในห้องให้มีความสนุกสนาน ผู้เรียนเหมือนได้เล่นเกม พร้อมผู้สอนสามารถนำอุปกรณ์มือถือสแกนไปยังกระดาษคำตอบของผู้เรียนแล้วเครื่องมือจะวิเคราะห์ผลการตอบคำถามและเก็บผลไว้ในเว็บไซต์ของ Plickers และจะวิเคราะห์ให้ด้วยว่า ข้อคำถามใดมีคนตอบถูกมากหรือน้อยเพียงใดทำให้ผู้สอนสามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้อีกด้วยว่า ข้อคำถามนี้มีความยากไปหรือง่ายไปได้อีกด้วยดังภาพที่ 2 ผลของการเก็บข้อมูลจากการทำแบบทดสอบด้วย Plickers

New Set

Recent

Your Library

Reports

Scoresheet...

Classes

AC431-3921

BUCI

Cs310

Demo Class

IT201

BU-SEM

New Class

LATEST REPORTS

See all Class Reports

Played Wednesday Aug 16

5. ข้อใดกล่าวถึงคุณสมบัติของซีดีรอมได้ถูกต้อง

17%

Played Wednesday Aug 16

7. RAM มีคุณสมบัติ Nonvolatile ใช่หรือไม่

42%

Played Wednesday Aug 16

6. ข้อใดกล่าวถึงคุณสมบัติ DVD-R ได้ถูกต้อง

42%

Played Wednesday Aug 16

4. ข้อใดกล่าวถึง Disc ได้ถูกต้อง

33%

Played Wednesday Aug 16

9. Secondary Storage หมายถึงข้อใด

92%

Played Wednesday Aug 16

3. Main Memory มีกี่ประเภท อะไรบ้าง

67%

Played Wednesday Aug 16

2. ข้อใดต่อไปนี้อยู่ใน Processing Unit

42%

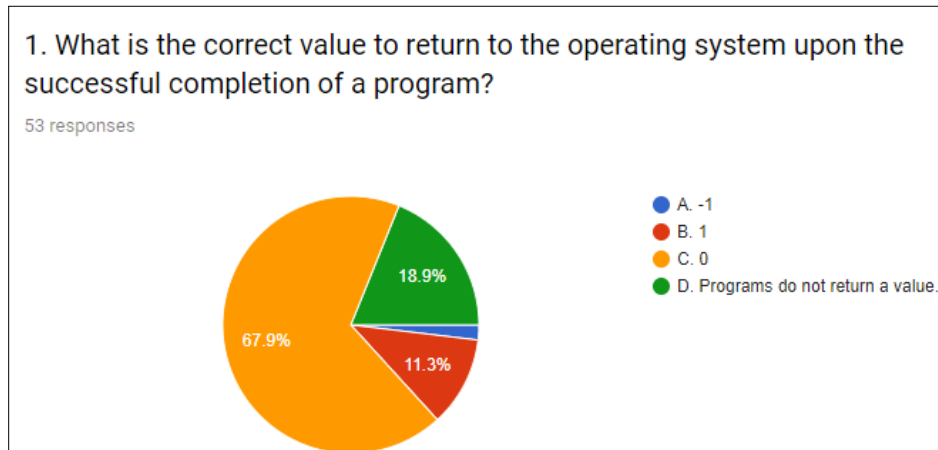
Played Wednesday Aug 16

1. Processing unit คืออะไร

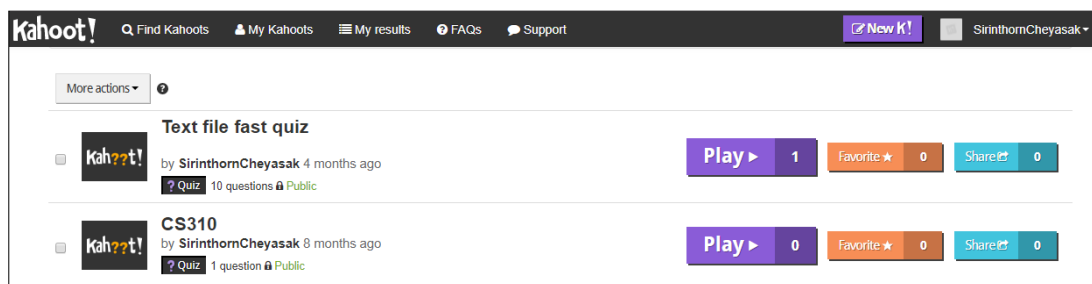
92%

ภาพที่ 2: ผลของการเก็บข้อมูลจากการทำแบบทดสอบด้วย Plickers

การทำแบบทดสอบก่อนเข้าสู่บทเรียนจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความรู้สึกรู้สึกสนุกสนาน มีความอยากรู้ในคำตอบ และเครื่องมือที่เหมาะสมนำมาประยุกต์ใช้กับการทำแบบทดสอบได้อีกคือ Google form สามารถให้ผู้เรียนตอบคำถามสามารถทำแบบทดสอบผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ ข้อดีคือสามารถรวบรวมพร้อมวิเคราะห์ข้อมูลการตอบคำถามได้เช่นกันดังภาพที่ 3



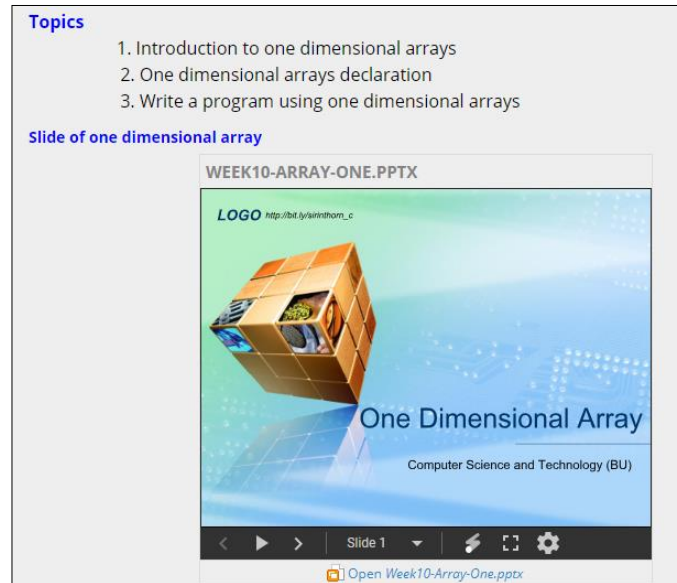
ภาพที่ 3: ภาพตัวอย่างการใช้ Google form ทำแบบทดสอบ



ภาพที่ 4: ภาพตัวอย่างทำแบบทดสอบด้วย Kahoot

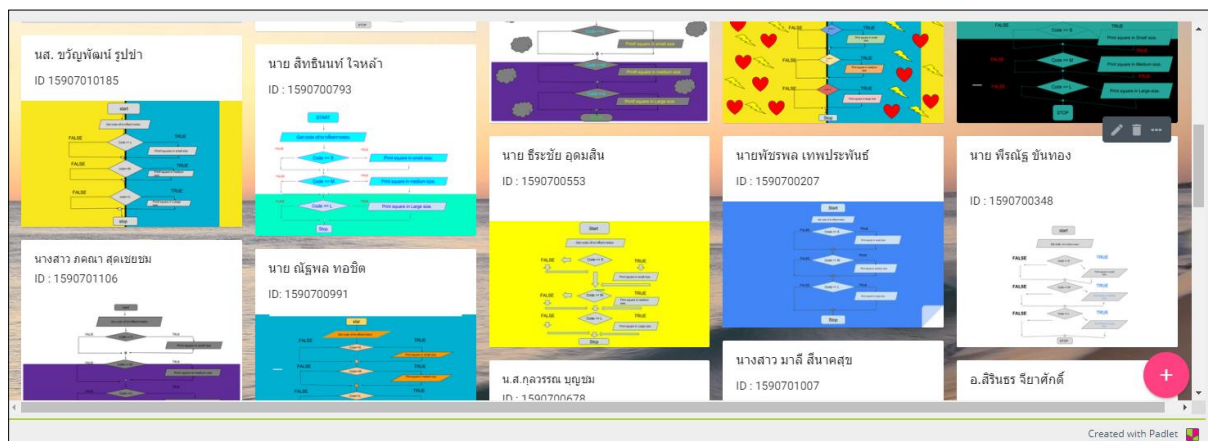
ภาพที่ 4 การทำแบบทดสอบด้วย Kahoot เป็นเครื่องมือบนบริการคลาวด์ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากการใช้งานที่ง่ายผู้เรียนสามารถร่วมตอบคำถามได้ด้วยอุปกรณ์มือถือ ลักษณะการทำงานเหมือนกับการเล่นเกมจะมีเวลาจับและเสียงที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเร่งตอบคำถามหากตอบได้ถูกและเร็วจะได้คะแนนสูงกว่าผู้ที่ตอบถูกและส่งคำตอบช้ากว่า

2.2 อธิบายเนื้อหาบทเรียน โดยการดูคลิปวิดีโอผ่านเว็บไซต์รายวิชา พร้อมกับสามารถดูเนื้อหาบทเรียนได้จาก Google slide ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5: ภาพตัวอย่างทำแบบทดสอบด้วย Kahoot

2.3 ฝึกแก้โจทย์ปัญหาและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ผู้สอนนำโจทย์สำหรับให้นักศึกษา ศึกษา ร่วมกัน และแก้ปัญหาโดยอาจจะให้วาดรูปหรือแสดงความคิดเห็นร่วมกันผ่าน Google doc, Google slide แล้วนำผลงานของทุกคนหรือเป็นกลุ่มไปเก็บไว้ใน Padlet ซึ่งเป็นกระดานแสดงผลงานดิจิทัลผ่านคลาวด์ดัง แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6: ภาพตัวการฝึกแก้โจทย์แล้วแสดงด้วย Padlet

2.4 ฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซีในห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์จากผลลัพธ์ที่ได้ วิเคราะห์ร่วมกันโดยให้นักศึกษาส่งผลงานผ่านโดยนำลิ้งค์ของไฟล์ส่งใน Google form ที่ผู้สอนเตรียมไว้ใน เว็บไซต์รายวิชา

2.5 ทดสอบผลลัพธ์และสรุปผลการแก้ปัญหาร่วมกันผ่าน Google slide และ Google form โดยระหว่างการทำกิจกรรมผู้สอนจะคอยสังเกตและศึกษาพฤติกรรมของนักศึกษาตลอดช่วงระยะเวลาการทำ

กิจกรรม

3. การนำแผนปฏิบัติการไปใช้สำหรับการเรียนวิชาการเขียนโปรแกรมเพื่อศึกษาความพึงพอใจ โดยได้นำไปใช้กับกลุ่มนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เรียนวิชาหลักการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นของภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศจำนวน 49 คน สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินใช้เกณฑ์ประเมิน 5 ระดับ (Rating Scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

- 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดีมาก
- 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดี
- 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง
- 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย
- 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

4. การศึกษาผลการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบจากคะแนนเฉลี่ยรายวิชาซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนนของนักศึกษา 2 กลุ่มนำเข้าสู่การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ภายหลังการนำแผนปฏิบัติการไปใช้เพื่อสังเกตพฤติกรรมและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจจากการเรียนผ่านกิจกรรมต่างๆ ด้วยบริการคลาวด์ ได้แก่ การทำแบบทดสอบ การค้นหาข้อมูล การทำงานร่วมกัน การทำแบบฝึกหัด การส่งการบ้าน ตลอดภาคการศึกษาพบว่า ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นให้ความสนใจและมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการค้นหาข้อมูล การวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อนทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนเป็นกันเอง ช่วยลดช่องว่างระหว่างผู้สอนซึ่งเป็นอาจารย์กับผู้เรียนซึ่งเป็นนักศึกษาโดยผลการเก็บข้อมูลพบว่า ผู้เรียนส่งงานตรงตามเวลาสูงถึงร้อยละ 89 หากเปรียบเทียบกับนักศึกษาในกลุ่มที่เรียนแบบเดิมด้วยการสอนทฤษฎีผ่านสไลด์และการทำแบบฝึกหัดส่งงานผ่านการเขียนตอบบนกระดานมีเพียงร้อยละ 54 ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบการเรียนการสอนผ่านกิจกรรมด้วยบริการคลาวด์กับการเรียนแบบเดิมพบว่า การทำกิจกรรมร่วมกันผ่านบริการคลาวด์ทำให้เกิดแรงกระตุ้นในการเรียนจึงทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนเป็นไปในทางที่ดีขึ้น เนื่องจากผู้เรียนได้เข้ามามีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมร่วมกัน ร่วมแก้ปัญหา ร่วมกันแก้โจทย์ปัญหาในกลุ่มเพื่อนด้วยกัน พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นทำให้เกิดประเด็นความรู้ได้อีกด้วย

ตารางที่ 2: ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนแผนกปฏิบัติการ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1. กระบวนการเรียนกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.66	0.52	ดีมาก
2. ใช้กระบวนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หรือคิดสร้างสรรค์	4.53	0.62	ดีมาก
3. ใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่ทันสมัยน่าสนใจเหมาะสมและเพียงพอในรายวิชา	4.63	0.50	ดีมาก
4. กระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลายใช้เทคโนโลยีทันสมัยและเหมาะสม	4.75	0.38	ดีมาก
5. มีการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาเข้ากับการปฏิบัติงานในวิชาชีพ สภาพสังคมที่เกี่ยวข้องได้อย่างน่าสนใจ	4.66	0.51	ดีมาก
6. การเข้าถึงเครื่องมือบนบริการคลาวด์ทำได้รวดเร็ว	4.59	0.42	ดีมาก
7. เครื่องมือบนบริการคลาวด์ที่นำมาใช้ในห้องเรียนมีความง่ายต่อการใช้งาน	4.75	0.56	ดีมาก
8. มีวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชา	4.63	0.50	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.65	0.50	ดีมาก

จากตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจด้านการเรียนการสอนพบว่า ผู้สอนสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมการเรียนรู้ ทำกิจกรรมร่วมกัน การเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้มีความคิดสร้างสรรค์ การใช้สื่อที่ทันสมัยน่าสนใจ การใช้บริการบนคลาวด์เข้าถึงได้รวดเร็ว การใช้งานเครื่องมือบนบริการคลาวด์ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จากผลประเมินความพึงพอใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม อยู่ระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.66 การใช้กระบวนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์หรือคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.53 การใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่ทันสมัยน่าสนใจเหมาะสมและเพียงพอในรายวิชาอยู่ในระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.63 กระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลายใช้เทคโนโลยีทันสมัยและเหมาะสมอยู่ในระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.75 มีการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาเข้ากับการปฏิบัติงานในวิชาชีพ สภาพสังคมที่เกี่ยวข้องได้อย่างน่าสนใจอยู่ระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.66 การเข้าถึงเครื่องมือบนบริการคลาวด์ทำได้รวดเร็วอยู่ระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.59 เครื่องมือบนบริการคลาวด์ที่นำมาใช้ในห้องเรียนมีความง่ายต่อการใช้งานอยู่ระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.75 และมีวิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์รายวิชาอยู่ในระดับดีมากด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.63

ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ทุกข้ออยู่ในระดับดีมากทั้งหมดส่งผลทำให้ผลประเมินความพึงพอใจการเรียนการสอนโดยรวมอยู่ในระดับดีมากด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 (S.D.=0.50) ซึ่งแผนปฏิบัติการครั้งนี้เน้นการทำกิจกรรมบนบริการคลาวด์เพื่อกระตุ้นความสนใจเรียนของผู้เรียนที่มีต่อรายวิชาหลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น และภายหลังจบภาคการศึกษาผู้วิจัยได้ประเมินความสำเร็จของการเรียนจากการเปรียบเทียบนักศึกษา 2 กลุ่ม โดยทำการทดสอบทางสถิติด้วย Independent t-Test ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: การประเมินความสำเร็จของการเรียนด้วยกิจกรรมผ่านเครื่องมือออนไลน์กับการเรียนการสอนแบบเดิม (คะแนนเต็ม 100 คะแนน)

กลุ่มผู้เรียน	n	$\bar{X}$	SD	t	Sig(1-tailed)
เรียนผ่านกิจกรรมด้วย บริการคลาวด์	49	66.39	16.46	4.44	0.05**
เรียนแบบเดิม	45	47.88	23.49		

** นัยสำคัญทางสถิติ 0.05

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มแรกซึ่งเรียนด้วยกิจกรรมผ่านเครื่องมือออนไลน์มีคะแนนสูงกว่าซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.39 คะแนน ส่วนคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาในกลุ่มที่สองที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบเดิมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.88 คะแนน โดยมีส่วนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.46 และ 23.49 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย Independent t-Test พบว่า กลุ่มแรกมีการเรียนการสอนผ่านเครื่องมือบนเทคโนโลยีคลาวด์ได้ผลการเรียนดีกว่ากลุ่มที่สองอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ทำให้สรุปได้ว่า การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาความสนใจเรียนของนักศึกษา ส่งผลต่อบรรยากาศการเรียนการสอนทำให้นักศึกษามีความสนใจเรียนมากขึ้น เมื่อมีความสนใจเรียนมากขึ้นย่อมส่งผลต่อการเรียนรู้ที่มากขึ้นตามไปด้วย

สรุป

ผลการศึกษาจากการนำแผนปฏิบัติการการเรียนผ่านกิจกรรมด้วยบริการคลาวด์พบว่า เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมนำมาใช้กับนักศึกษาในกลุ่มที่ 1 พบว่า เทคโนโลยีที่มีความทันสมัยสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความสนใจเรียนให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนอยากมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การแสดงความคิดเห็น การร่วมแก้โจทย์ปัญหา การแลกเปลี่ยนประเด็นความรู้ ทำให้บรรยากาศการเรียนดีขึ้นทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ ร่วมทำกิจกรรม ส่งผลให้ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ($\bar{X} = 4.65$, $SD = 0.50$) และเมื่อพิจารณาจากผลการเรียนรู้ภายหลังจบภาคการศึกษาพบว่า นักศึกษากลุ่มแรกมีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 66.39 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ส่วนนักศึกษาในกลุ่มที่สองที่มีการเรียนการสอนแบบเดิมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 47.88 จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน จากการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจึงทำให้สรุปได้ว่า การเรียนการสอนผ่านกิจกรรมด้วยบริการคลาวด์ทำให้ผู้เรียนอยากมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดความสนใจเรียน การส่งงาน การทำแบบฝึกหัด แบบทดสอบมากขึ้นทำให้อากาศการเรียนการสอนมีความแตกต่างไปจากการเรียนการสอนแบบเดิมที่ต้องจดบันทึกในกระดานและดูสไลด์จากผู้สอนเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับเอกภูมิ จันทระพันธ์ (2558:131-145) พบว่า การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและ

การสื่อสารไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ช่วยให้มีแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ ทำให้เกิดการพัฒนาทักษะและความรู้อย่างรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

ทรงลักษณ์ สกวลจิตรสินธุ์. (2560). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อการเรียนรู้ร่วมกันทางออนไลน์.

วารสารวิชาการ Veridian E-Journal สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม) หน้า : 437-450.

บุญชม ศิริสอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ สุวีริยาสาส์น.

ไพรัช นพ วิริยกุลและดวงกมล โพธิ์นาค. (2557). *Google Apps for Education นวัตกรรมทางการศึกษา ยุคดิจิทัล*. วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 7 ฉบับที่ 3 (กันยายน – ธันวาคม) : หน้า 103-112

สายสุนีย์ เจริญสุข. (2557). การพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการคิดแก้ปัญหาจากกรณีตัวอย่าง รายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 1. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน) หน้า : 112-122.

เอกภูมิ จันทรรักษ์. (2558). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์ในการสอนวิทยาศาสตร์. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร ฉบับภาษาไทย ปีที่ 35 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม – สิงหาคม) หน้า : 131-145.

Malithong, K. (2005). *ICT for Education*. Bangkok: Aroon Publishing.

Dan R. Herrick. 2009. *Google This! Using Google Apps for Collaboration and Productivity*. SIGUCCS'09, October 11–14, 2009, St. Louis, Missouri, USA.

Nabil Sultan. 2010. *Cloud computing for education: A new dawn?* International Journal of Information Management 30. () p109–116.

การศึกษาทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพแผ่นกรองแสงรถยนต์สำหรับประเทศไทย
A COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY ON THE PERFORMANCE OF CAR
WINDOW SUNSHADES IN THAILAND

สืบสกุล ศุภรัตน์*, สถาพร เชื้อเพ็ง, ภูริทัต ศุภกิจจามันท์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี 20230

*Corresponding Author, Email: suabsakul@eng.src.ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอุณหภูมิแวดล้อมในประเทศไทยมีค่าประมาณ 40 ถึง 42 องศาเซลเซียสในฤดูร้อน อย่างไรก็ตามสำหรับรถที่จอดไว้ในลานจอดรถนั้นพบว่าอุณหภูมิภายในรถอาจสูงมาก เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายอันเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้ แผ่นกรองแสงในรถยนต์ได้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์ที่เข้ามาทางกระจกหน้ารถ งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของแผ่นกรองแสงในท้องตลาดจำนวนสองชนิดได้แก่แบบ Foil และ Fabric การทดลองนี้ได้ศึกษาที่จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย โดยทำการวัดและเก็บค่าฟลักซ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์รวมถึงอุณหภูมิภายในรถตั้งแต่เวลา 7.30 น. ถึง 17.00 น. (9 ชั่วโมง) ผลการทดลองพบว่ารถที่ไม่ได้ติดแผ่นกรองแสงมีค่าอุณหภูมิภายในรถสูงสุด 63 องศาเซลเซียส ณ เวลา 12.45 น. และมีค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุด $1,116 \text{ W/m}^2$ เมื่อมีการติดตั้งแผ่นกรองแสงในรถพบว่าแผ่นกรองแสงแบบ Foil สามารถลดอุณหภูมิภายในรถได้มากกว่าแบบ Fabric โดยสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 6 องศาเซลเซียส และมีค่าประสิทธิภาพการเย็นตัวร้อยละ 9 ณ เวลา 13.45 น.

คำสำคัญ: แผ่นกรองแสง, ฟลักซ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์, อุณหภูมิ

ABSTRACT

Nowadays, the ambient temperature in Thailand is approximately 40 to 42 degree Celsius in the summer. However, when the car is parked in the parking lots, the extreme high cabin temperature could be observed. To avoid the damage from excessive temperature, the car window sunshade is used to prevent solar flux which passes through the windshield. This research aims to study and evaluate the performance of two

commercial window sunshades, Foil-Type and Fabric-type. The experiment is performed in Chonburi, Thailand. The solar flux and cabin temperature are measured and collected from 7.30 a.m. to 5.00 p.m. (9 hrs). The experimental results show that when the car is not installed the window sunshade, the maximum cabin temperature of 63 degree Celsius can be observed at 12.45 p.m. and the maximum solar flux is 1,116 W/m². When window sunshade is used, it can be seen that Foil-type sunshade can reduce the cabin temperature more than the Fabric-type sunshade. The maximum reduced temperature of 6 degree Celsius and maximum cooling efficiency of 9% are obviously observed at 1.45 p.m.

Keywords: Car Window Sunshade, Solar Flux, Temperature

บทนำ

ด้วยรถรับส่งสาธารณะในประเทศไทย ไม่สามารถตอบโจทย์การเดินทางได้เต็มที่ ดังนั้นรถยนต์ได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันของคนไทย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเดินทางไปทำงาน ไปจับจ่ายซื้อของ รวมถึงรับส่งบุตรหลานไปโรงเรียน ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีรถยนต์ส่วนบุคคลที่จดทะเบียนสะสมทั่วประเทศกว่า 15 ล้านคัน นั้นหมายความว่าอัตราส่วนประชากรไทยต่อรถยนต์ส่วนบุคคลมีค่า 4.6 : 1 ซึ่งเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างสูง เห็นได้ว่ารถยนต์จึงมีความจำเป็นและเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต

สำหรับประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคที่มีอากาศร้อนและมีฝนตกเป็นส่วนใหญ่ อุณหภูมิจึงมีผลต่อการดำเนินชีวิตเป็นอย่างมาก เมื่อจอดรถไว้ในที่แจ้งโดยไม่มีอุปกรณ์บังแสงแดด อุณหภูมิภายในรถมีค่าค่อนข้างสูงมาก สำหรับรถยนต์นั้นอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้ได้ส่งผลโดยตรงต่อรถยนต์ได้แก่ การระบายความร้อนของเครื่องยนต์ และอุณหภูมิภายในห้องโดยสาร สำหรับห้องโดยสารนั้นถ้าอุณหภูมิสูงมีผลต่อทั้งผู้โดยสารทำให้เกิดความไม่สบายส่งผลให้ทำให้เครื่องปรับอากาศรถยนต์ต้องทำงานหนัก นอกจากนี้รถยนต์ส่วนใหญ่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมการใช้งานต่างๆภายในรถ เมื่อในรถมีอุณหภูมิสูงย่อมทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้สั้นลง

Al-Kayiem et al. (2010: 784-789) ทำการทดลองและการจำลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในจอดรถยนต์ไว้กลางแจ้งแดด ที่ประเทศมาเลเซีย ภายในรถยนต์อากาศร้อนได้สะสมอยู่บริเวณเพดานของห้องโดยสาร และการใช้แผ่นกรองแสงช่วยให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารลดลงร้อยละ 26

Dadour et al. (2011: 205-211) ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการนำรถยนต์สีดำและสีขาวไปจอดทิ้งไว้กลางแจ้งแดดในฤดูร้อนของประเทศออสเตรเลีย พบว่ารถยนต์สีดำมีอุณหภูมิภายในห้องโดยสารสูงกว่ารถยนต์สีขาว 5 องศาเซลเซียส และการลดกระจกด้านคนขับ 2.50 cm ช่วยให้อุณหภูมิภายในห้องโดยสารลดลง 3 องศาเซลเซียส

Abd-Fadeel & Hassanein (2013: 75-80) ทำการทดลองเพื่อหาอุณหภูมิสูงสุดในรถยนต์ที่จอดไว้ 4 กลางแจ้งที่ประเทศอียิปต์ โดยอุณหภูมิสูงสุดคือ 120 องศาเซลเซียส ในกรณีทดสอบจอดรถยนต์ไว้กลางแจ้ง ในทิศทางต่างกัน (หันหน้ารถยนต์ทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้) ให้ผลของอุณหภูมิ ภายในรถยนต์สูงสุดที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยและไม่มีนัยสำคัญ และ นอกจากนี้การลดกระจกกลาง 3 เซนติเมตรขณะรถยนต์จอดอยู่กลางแจ้งส่งผลให้อุณหภูมิภายในรถยนต์ลดลง 5 ถึง 10 องศาเซลเซียส

Aljubury et al. (2015: 1-10) ทำการทดลองจอดรถยนต์ทั้งไว้กลางแจ้งนาน 9 ชั่วโมง ณ เมือง แบกแดด ประเทศอิรัก พบว่าอุณหภูมิภายในรถสูงสุดคือ 100 องศาเซลเซียส และการติดตั้งฉนวนกันความร้อนหนา 1 cm ครอบหน้าต่าง หลังคา กระจกหน้าและหลังรถ สามารถลดอุณหภูมิภายในรถทดสอบลงไปได้ ร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีฉนวน

Lahimer et al. (2018: 59-71) ได้ทำการทดลองติดตั้งแผ่นฟิล์มสะท้อนแสงบริเวณกระจกทดสอบ และแผ่นสะท้อนแสงบริเวณกระจกหน้าและหลังการทดสอบเพื่อลดอุณหภูมิภายในรถยนต์ที่ประเทศ มาเลเซีย ผลจากการศึกษาแผ่นสะท้อนแสงสามารถลดอุณหภูมิภายในตัวรถได้ 17.7 °C

Soulis et al. (2018: 635-644) ศึกษาการลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารโดยใช้การเคลือบกระจก ด้วย Cholesteric Liquid Crystal (ChLC) และการใช้แผ่นสะท้อนแสงแบบทึบ โดยทำการทดลองที่ประเทศ กรีซ การทดลองพบว่าเมื่อใช้การเคลือบกระจกสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องโดยสารได้ 12.5 °C และเมื่อใช้ แผ่นสะท้อนแสงแบบทึบพบว่าสามารถลดได้ถึง 23.8 °C

ภุริทัต ศุภกิจจันนัธ และคณะ (2561: 77-81) ศึกษาารูปแบบของอุณหภูมิภายในห้องโดยสารของ รถยนต์ส่วนบุคคลขณะจอดอยู่กลางแจ้งที่สนามฟุตบอลภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี ผลการศึกษาพบว่าค่าฟลักซ์ความร้อนของดวงอาทิตย์ มีค่ามากกว่า 1,000 W/m² ในช่วงเวลา 9.00–14.00 น. อุณหภูมิภายในรถสูงสุดถึง 63 องศาเซลเซียส

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมจาก ภุริทัต ศุภกิจจันนัธ และคณะ (2561: 77-81) ที่ศึกษารูปแบบ ของอุณหภูมิภายในห้องโดยสารของรถยนต์ส่วนบุคคลขณะจอดอยู่กลางแจ้งที่สนามฟุตบอลภายใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี โดยงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่น กรองแสงภายในรถยนต์ 2 แบบที่มีขายในท้องตลาดคือ Foil และ Fabric รวมถึงศึกษาพฤติกรรมการกระจาย ตัวของอุณหภูมิภายในห้องโดยสารเมื่อมีการใช้แผ่นกรองแสง

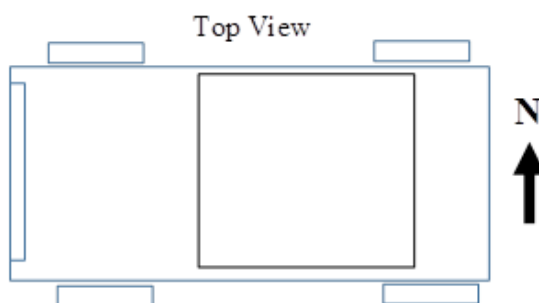
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิภายในรถยนต์ของแผ่นกรองแสงรถยนต์
2. เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในรถยนต์เมื่อมีการติดตั้งแผ่นกรองแสงใน รถยนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทดลองนี้ได้เลือกรถยนต์เอนกประสงค์สีน้ำตาลเป็นรถทดสอบ รถทดสอบได้ถูกจัดตำแหน่งให้หันหน้าไปในทิศตะวันตกดังภาพที่ 1 การทดลองนี้ได้ทำการทดสอบในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม 2560 ที่สนามฟุตบอลภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี พื้นที่ทำการทดสอบนั้นอยู่ที่ตำแหน่งละติจูด 13.17°N และลองจิจูด 100.30°E ที่ระดับความสูง 13.17 เมตรจากระดับน้ำทะเล

รถทดสอบจะถูกปิดหน้าต่างและประตูทุกบานก่อนทำการทดลอง ในส่วนกระจกรถทุกบานเป็นชนิดเทมเปอร์ไมต์ฟิล์มกรองแสง สำหรับการทดลองได้ทำการเลือกวันที่มีสภาพที่อันตรายที่สุด นั่นคือวันที่มีท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ หรือฝนมารบกวน แต่เนื่องจากจังหวัดชลบุรีอยู่ใกล้ทะเลและช่วงที่ทำการทดลองนั้นอยู่ในระหว่างฤดูฝน ส่งผลให้วันที่มีท้องฟ้าโปร่งนั้นมีเพียงไม่กี่วัน

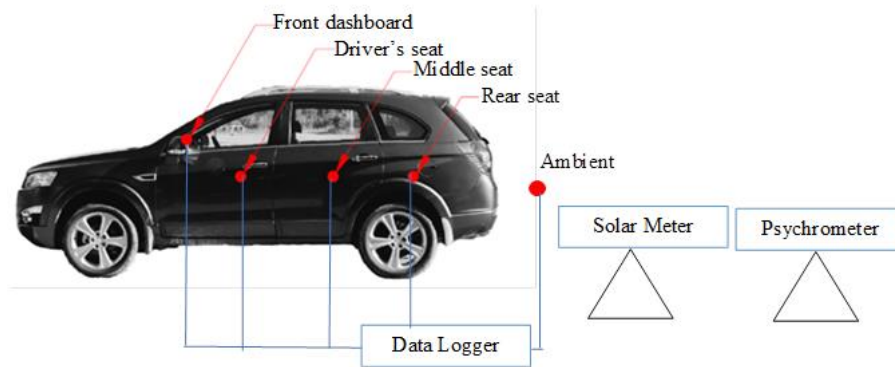


ภาพที่ 1: ทิศทางการจอดรถขณะทำการทดลอง

การวัดการกระจายตัวของอุณหภูมินั้นได้ทำการวัดโดยใช้ Thermocouple ชนิด K จำนวน 5 ตัว ติดตั้งภายในและภายนอกรถทดสอบดังนี้ บนแผงควบคุมด้านหน้า (Front Dashboard), เบาะคนขับ (Driver's Seat), เบาะแถวกลาง (Middle Seat), เบาะแถวหลัง (Rear Seat) และภายนอกรถทดสอบเพื่อวัดค่าอุณหภูมิแวดล้อม (Ambient Temperature) สำหรับส่วนปลายของ Thermocouple ได้ถูกติดตั้งไว้บนแท่นทดสอบขนาดเล็กเพื่อไม่ให้ส่วนปลายนั้นสัมผัสกับพื้นผิวใดๆ Thermocouple ทุกตัวจะถูกต่อกับ Data Logger เพื่อบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทุกๆ 15 นาที ซึ่ง Data logger ได้ถูกติดตั้งไว้ภายนอกรถทดสอบเพื่อป้องกันความเสียหายจากอุณหภูมิสูงภายในรถทดสอบ

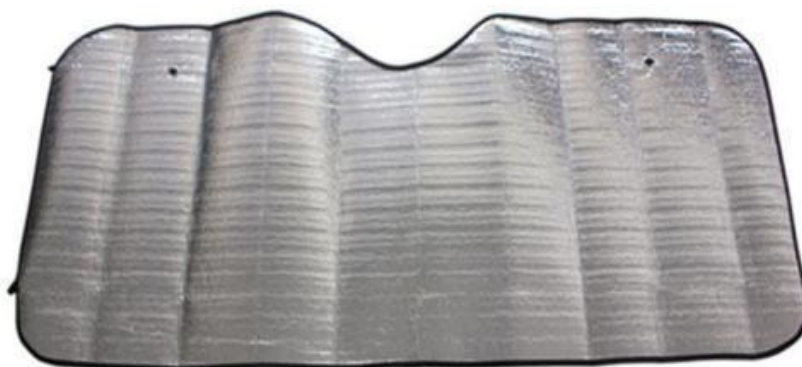
ในการวัดค่าฟลักซ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Solar Flux) นั้นได้ใช้ Solar Meter แบบมือถือ วัดค่าฟลักซ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยรอบรถทดสอบ 3 ตำแหน่งทุกๆ 15 นาที

สุดท้ายสำหรับการวัดความชื้นในอากาศนั้นได้ใช้ Psychrometer แบบดิจิทัลวัดค่าความชื้นในอากาศโดยรอบรถทดสอบ 3 ตำแหน่งทุกๆ 15 นาที โดยรูปการทดลองนั้นถูกแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2: ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

จากผลการศึกษาก่อนหน้านี้ของ ฐริทัต ศุภกิจจามันท์ และคณะ (2561: 77-81) พบว่าภายในรถ บริเวณแผงควบคุมด้านหน้าเป็นบริเวณมีอุณหภูมิสูงที่สุด งานวิจัยได้เลือกแผ่นกรองแสงในท้องตลาดที่เป็นที่นิยม 2 ชนิดได้แก่ แผ่นกรองแสงแบบ Foil และ แผ่นกรองแสงแบบ Fabric ดังภาพที่ 3 และ 4 ติดตั้งบริเวณแผงควบคุมด้านหน้าเพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีอาทิตย์ผ่านกระจกหน้ารถทดสอบ



ภาพที่ 3: แผ่นกรองแสงแบบ Foil



ภาพที่ 4: แผ่นกรองแสงแบบ Fabric

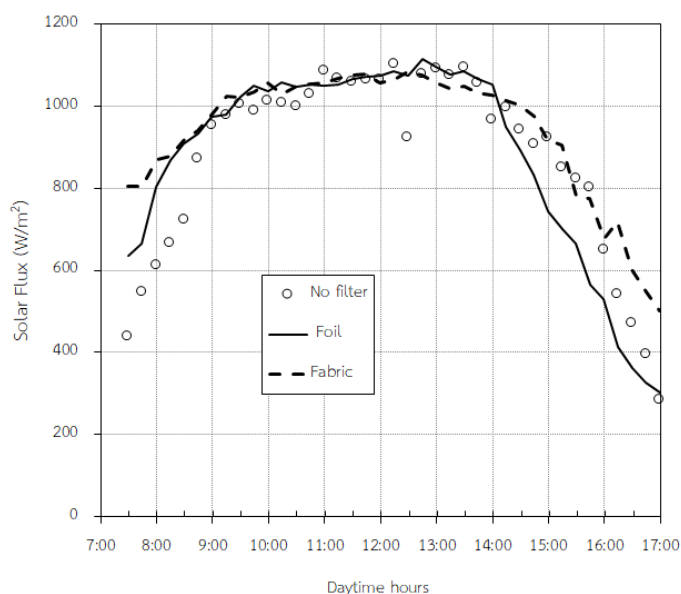
ถัดมาได้การแบ่งกรณีศึกษาเป็น 2 ช่วงดังนี้ช่วงที่ 1 จอctrถยนต์ที่ไม่มีแผ่นกรองแสงกลางแจ้งในวันที่ฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆมาบดบัง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง 30 นาที ตั้งแต่เวลา ตั้งแต่เวลา 7.30 น. ถึง 17.00 น. จำนวน 5 วัน เพื่อหาแนวโน้มและพฤติกรรมของการกระจายตัวของค่าอุณหภูมิและค่าฟลักซ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยการทดลองนี้ได้ถูกนำเสนอไปแล้วในงานวิจัยก่อนหน้านี้โดย ฐริทัต ศุภกิจจามันท์ และคณะ (2561: 77-81)

ช่วงที่ 2 จอctrถยนต์ที่มีแผ่นกรองแสงกลางแจ้งในวันที่ฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆมาบดบัง เป็นเวลา 9 ชั่วโมง 30 นาที ตั้งแต่เวลา 7.30 น. ถึง 17.00 น. จำนวน 3 วัน เพื่อศึกษาความสามารถในการลดอุณหภูมิภายในรถทดสอบ

ผลการทดลอง

ค่าฟลักซ์ความร้อนจากดวงอาทิตย์ในวันที่ทดสอบของรถทดสอบที่ไม่มีแผ่นกรองแสง, มีแผ่นกรองแสงชนิด Foil และ มีแผ่นกรองแสงชนิด Fabric ตั้งแต่เวลา 7.30 น ถึง 17.00 น ถูกแสดงในภาพที่ 5

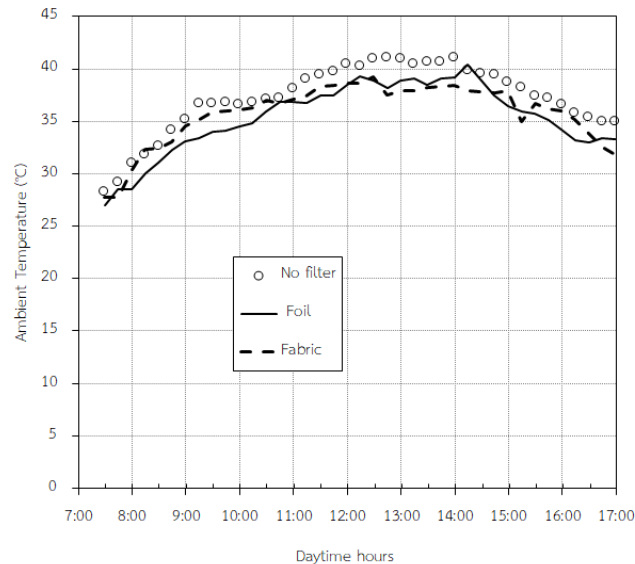
โดยค่าฟลักซ์ความร้อนมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 7.30 -10.00 จากนั้นค่าฟลักซ์ความร้อนมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ และมีค่ามากกว่า $1,000 \text{ W/m}^2$ ถัดมาค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดนั้นมีค่า $1,116 \text{ W/m}^2$ ณ เวลา 12.45 น. หลังจากนั้นค่าฟลักซ์ความร้อนลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 14.00 น. เป็นต้นไป สำหรับแนวโน้มของค่าฟลักซ์ความร้อนทั้ง 3 กรณีศึกษามีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเป็นรูปประฆังคว่ำ



ภาพที่ 5: ค่าเฉลี่ยฟลักซ์ความร้อนเฉลี่ยจากดวงอาทิตย์ตลอด 9 ชั่วโมง 30 นาที

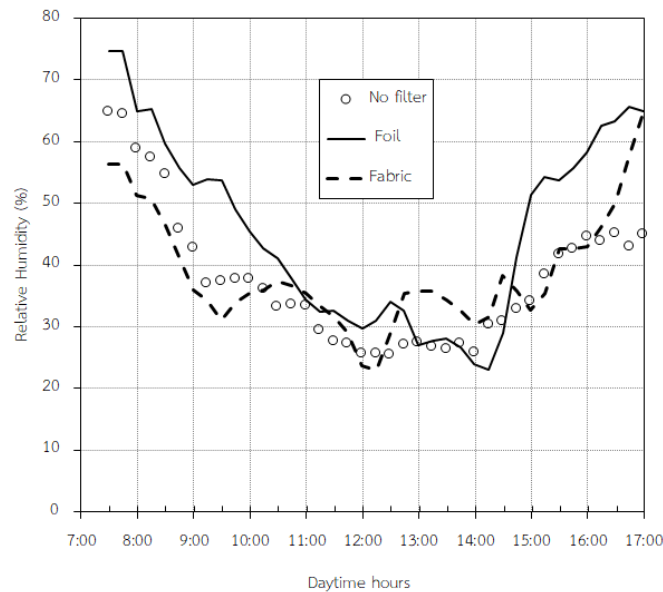
ค่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบ (Ambient Temperature) ในวันที่ทดสอบของรถทดสอบที่ไม่มีแผ่นกรองแสง, มีแผ่นกรองแสงชนิด Foil และ มีแผ่นกรองแสงชนิด Fabric ตั้งแต่เวลา 7.30 น ถึง 17.00 น ถูกแสดงในภาพที่ 6 พบว่าค่าอุณหภูมิของทั้ง 3 กรณีศึกษามีแนวโน้มที่สอดคล้องกันโดยอุณหภูมิเริ่มเริ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ

จนถึงเวลาประมาณ 13.00 น. ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกได้ลดลงอย่างช้าๆ โดยค่าอุณหภูมิอากาศสูงสุดอยู่ที่ 41.06 °C ที่เวลา 12.45 น. เช่นเดียวกับค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุด



ภาพที่ 6: ค่าอุณหภูมิอากาศโดยรอบเฉลี่ยตลอด 9 ชั่วโมง 30 นาที

ถัดมา ภาพที่ 7 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) ในวันที่ทดสอบของรถทดสอบที่ไม่มีแผ่นกรองแสง, มีแผ่นกรองแสงชนิด Foil และ มีแผ่นกรองแสงชนิด Fabric ตั้งแต่เวลา 7.30 น ถึง 17.00 น พบว่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าสูงในช่วงเช้าเนื่องจากพื้นที่ทดสอบมีระยะทางเพียง 2.0 กิโลเมตรจากอ่าวไทย ส่งผลให้ความชื้นในอากาศมีค่าสูง หลังจากนั้นในช่วงเวลา 8.30 น. ถึง 12.00 น. เมื่อค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุดมีค่าเริ่มสูงขึ้นส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าลดลงอย่างชัดเจนและค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงเวลา 14.00 น. เป็นต้นไป



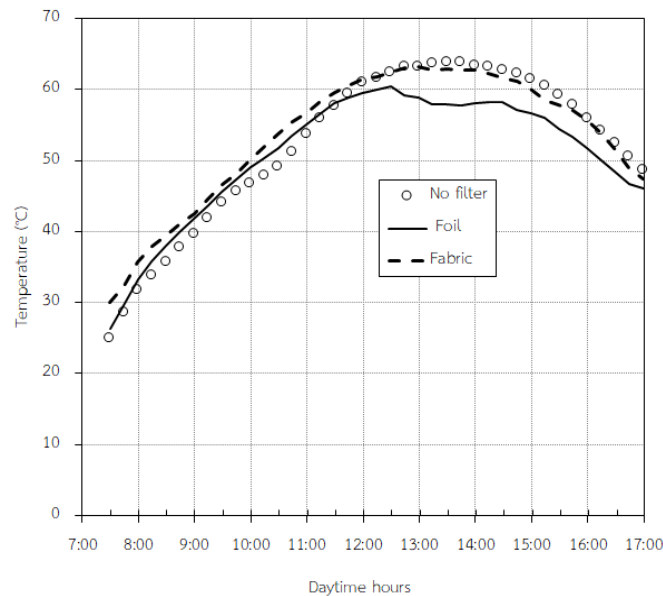
ภาพที่ 7: ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอด 9 ชั่วโมง 30 นาที

จากการทดลอง เมื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่ง ได้แก่บนแผงควบคุมด้านหน้า, เบาะคนขับ, เบาะแถวกลาง และ เบาะแถวหลัง พบว่าค่าอุณหภูมิต่ำบนแผงควบคุมด้านหน้าของรถทดสอบที่มีแผ่นกรองแสง นั้นมีค่าสูงสุดสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของกริทธิต ศุภกิจจานันท์ และคณะ (2561: 77-81)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่ค่าอุณหภูมิต่ำบนแผงควบคุมด้านหน้าเพียงค่าเดียวและถูกแสดงในภาพที่ 8 จากรูปเห็นได้ว่าช่วงเวลา 7.30 น. ถึง 13.00 น. ค่าอุณหภูมิต่ำสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องแม้ตัวรถทดสอบไม่ได้หันหน้าเข้าทิศตะวันตกก็ตาม ต่อมาสำหรับช่วงเวลา 13.00 น. เป็นต้นไปนั้นค่าอุณหภูมิต่ำจะลดลงช้าๆ เนื่องจากมีความร้อนสะสมตั้งแต่ช่วงเช้า

ถัดมาเมื่อพิจารณาการทดสอบมีแผ่นกรองแสงชนิด Foil นั้นพบว่า การกระจายตัวของอุณหภูมิต่ำต่ำกว่าแบบ Fabric ตลอดตั้งแต่เวลา 7.30 น. จนเสร็จการทดลองในเวลา 17.00 น. โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จะลดต่ำลงอย่างชัดเจนในช่วง 12.00 น. เป็นต้นไป เนื่องจากเวลานี้ดวงอาทิตย์ได้เคลื่อนตัวมาอยู่ด้านทิศตะวันตก รังสีอาทิตย์ได้ส่องผ่านกระจกหน้ารถทดสอบตรงมาที่แผ่นกรองแสงโดยตรง จึงทำให้การป้องกันรังสีอาทิตย์มีประสิทธิภาพ แตกต่างกับช่วงเวลา 7.30 น. ถึง 12.00 น. ในเวลาดังกล่าวนี้นี้ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังรถทดสอบซึ่งไม่มีแผ่นกรองแสง ส่งผลให้การกระจายตัวของอุณหภูมิของรถทดสอบที่ไม่มีแผ่นกรองแสง, มีแผ่นกรองแสงชนิด Foil และ มีแผ่นกรองแสงชนิด Fabric มีค่าใกล้เคียงกันเอง

จากผลการศึกษา เห็นได้ว่า แผ่นกรองแสงแดดแบบ Foil สามารถลดอุณหภูมิได้มากที่สุดถึง 6 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 13.45 น.เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีแผ่นกรองแสงแดด



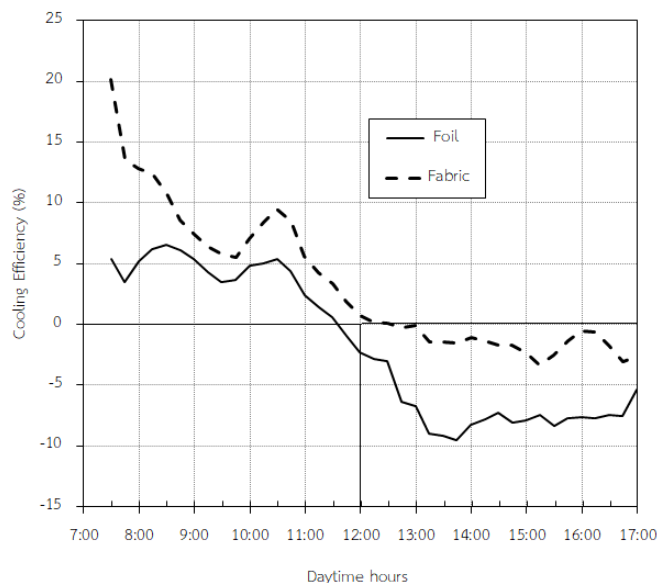
ภาพที่ 8: ค่าอุณหภูมิบนแผงควบคุมด้านหน้าเฉลี่ยตลอด 9 ชั่วโมง 30 นาที

เพื่อเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแผ่นกรองแสง งานวิจัยนี้ได้เลือกค่าประสิทธิภาพการเย็นตัว (Cooling Efficiency, CE) มาใช้และสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (1)

$$CE = \frac{T_i - T_0}{T_0} \times 100 \quad (1)$$

โดย T_i คืออุณหภูมิบนแผงควบคุมด้านหน้าแบบมีแผ่นกรองแสงชนิด Foil หรือ Fabric และ T_0 คืออุณหภูมิบนแผงควบคุมด้านหน้าแบบไม่มีแผ่นกรองแสง สำหรับค่าประสิทธิภาพการเย็นตัวของรถทดสอบที่มีแผ่นกรองแสงชนิด Foil และ Fabric ถูกแสดงดังภาพที่ 9

จากผลการศึกษาพบว่าในช่วงเวลา 7.30 น. ถึง 12.30 น พบว่าค่า CE มีค่าอยู่ในช่วงบวกแสดงถึงแผ่นกรองแสงชนิด Foil และ Fabric ยังไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ อย่างไรก็ตามในช่วง 12.00 น. เป็นต้นไปค่า CE ได้อยู่ในช่วงลบ แสดงถึงค่าอุณหภูมิภายในรถทดสอบที่มีแผ่นกรองแสงมีค่าต่ำกว่าแบบไม่มีแผ่นกรองแสง โดยรถทดสอบที่มีแผ่นกรองแสงแบบ Foil สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 9 ณ เวลา 13.45 น. ส่วนแผ่นกรองแสงแบบ Fabric สามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุดร้อยละ 4 ณ เวลา 15.30 น.



ภาพที่ 9: ค่าประสิทธิภาพการเย็นตัวเฉลี่ยตลอด 9 ชั่วโมง 30 นาที

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นกรองแสงรถยนต์นั้นพบว่า เมื่อติดแผ่นกรองแสงทั้งสองแบบแล้ว แผ่นกรองแสงสามารถลดอุณหภูมิภายในรถยนต์ได้อย่างเห็นได้ชัด แต่แบบ Foil สามารถลดได้มากกว่าแบบ Fabric โดยสามารถลดได้มากกว่าถึงร้อยละ 5

จากผลที่ได้นั้นเมื่อเทียบกับวรรณกรรมที่ผ่านมา เห็นได้ว่าแผ่นกรองแสงที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้มีราคาค่อนข้างต่ำมาก และไม่ได้มีการปรับปรุงหรือดัดแปลงรถยนต์เพิ่มเติม รวมถึงไม่ได้มีการใส่งานเพิ่มให้กับระบบ แต่ประสิทธิภาพเย็นตัวนั้นให้ผลที่น่าพอใจ อุณหภูมิที่สามารถลดลงได้นี้ ช่วยยืดอายุการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ และระบบปรับอากาศภายในรถ

สรุปผลการศึกษา

จากศึกษาทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของแผ่นกรองแสงในท้องตลาดจำนวนสองชนิดได้แก่แบบ Foil และ Fabric ผลการทดลองพบว่ารถที่ไม่ได้ติดแผ่นกรองแสงมีค่าอุณหภูมิภายในรถสูงสุด 63 องศาเซลเซียส ณ เวลา 12.45 น. และมีค่าฟลักซ์ความร้อนสูงสุด $1,116 \text{ W/m}^2$ เมื่อมีการติดตั้งแผ่นกรองแสงในรถพบว่าแผ่นกรองแสงแบบ Foil สามารถลดอุณหภูมิภายในรถได้มากกว่าแบบ Fabric โดยสามารถลดอุณหภูมิได้สูงสุด 6 องศาเซลเซียส และมีค่าประสิทธิภาพการเย็นตัวร้อยละ 9 ณ เวลา 13.45 น.

เอกสารอ้างอิง

ภูริทัต ศุภกิจจามันท์, สถาพร เชื้อเพ็ง และ สืบสกุล คุรุรัตน์. (2561). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในห้องโดยสารรถยนต์ต่อเนกประสงค์สำหรับประเทศไทย. วารสารวิชาการสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 7(1), 77-81.

- Abd-Fadeel, W. A., & Hassanein, S. A. (2013). Temperature variations in a parked car exposed to direct sun during hot and dry climates. *Research & Development (IJAuERD)*, 3(1), 75–80.
- Al-Kayiem, H. H., Sidik, M. F. B. M., & Munusammy, Y. R. A. L. (2010). Study on the thermal accumulation and distribution inside a parked car cabin. *American Journal of Applied Sciences*, 7(6), 784–789.
- Aljubury, I. M. A., Farhan, A. A., & Mussa, M. A. (2015). Experimental study of interior temperature distribution inside parked automobile cabin. *Journal of Engineering*, 21(3), 1–10.
- Dadour, I. R., Almanjahie, I., Fowkes, N. D., Keady, G., & Vijayan, K. (2011). Temperature variations in a parked vehicle. *Forensic Science International*, 207(1–3), 205–211.
- Lahimer, A. A., Alghoul, M. A., Sopian, K., & Khrit, N. G. (2018). Potential of solar reflective cover on regulating the car cabin conditions and fuel consumption. *Applied Thermal Engineering*, 143, 59–71.
- Soulios, V., Loonen, R. C. G. M., Metavitsiadis, V., & Hensen, J. L. M. (2018). Computational performance analysis of overheating mitigation measures in parked vehicles. *Applied Energy*, 231, 635–644.

การหาความสัมพันธ์ และพยากรณ์ค่าที่ควรจะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคาค่าวัสดุก่อสร้างในหมวดโครงสร้าง

THE FINDING OF RELATIONSHIP FACTOR AND FORECASTING TECHNIQUES ON MATERIALS COST IN STRUCTURAL CATEGORY

สุกัญญา แจ่มเที่ยงตรง^{1*}, อรทัย ปัญใจ², ศรันยู พรหมสร³

Sukanya Jamteagthong¹, Orathai Panjai², Saranyoo Promsorn³

¹สาขาวิชาการจัดการงานก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

¹ Department of Construction Management Faculty of Architecture and Design
Rajamangala University of Technology Rattanakosin

*Corresponding author, E-mail: orathai_panjai@outlook.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบันราคาค่าวัสดุก่อสร้างเกิดการผันผวน เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจ และปัจจัยอื่น ๆ เช่น ค่าแรง, ค่าวัสดุก่อสร้าง และค่าน้ำมัน คณะผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมแล้ว จึงสนใจศึกษาราคาวัสดุก่อสร้างในหมวดของโครงสร้าง โดยใช้หลักการหาความสัมพันธ์ และการพยากรณ์ เพื่อการวางแผนงานจัดทำงบประมาณราคาค่าวัสดุก่อสร้างในหมวดโครงสร้าง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยหลายตัวแปร (Multiple Regression) การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Simple Moving Average) รวมถึงการหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธีเอกซ์โพเนนเชียล โดยสำรวจราคาค่าวัสดุ 10 ชนิด ได้แก่ 1. เสาเข็มเหล็กเหล็กลมกลาง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร 2. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 8.00 เมตร 3. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 16.00 เมตร 4. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.26 x 0.26 เมตร ยาว 21.00 เมตร 5. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.22 x 0.22 เมตร ยาว 14.00 เมตร 6. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาดเล็ก รูปตัวไอ ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร 7. เสาเข็มคอนกรีตแบบดินช้าง ขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว ยาว 2.50 เมตร 8. เสาท่อนคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ยาว 1.00 เมตร 9. พื้นสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลางขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 นิ้ว 10. คานคอนกรีตอัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว 3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4.00 เมตร 11. เสาเข็มเหล็กเหล็กลมกลาง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร 12. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 8.00 เมตร 13. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 16.00 เมตร 14. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.26 x 0.26 เมตร ยาว 21.00 เมตร 15. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.22 x 0.22 เมตร ยาว 14.00 เมตร 16. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาดเล็ก รูปตัวไอ ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร 17. เสาเข็มคอนกรีตแบบดินช้าง ขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว ยาว 2.50 เมตร 18. เสาท่อนคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ยาว 1.00 เมตร 19. พื้นสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลางขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 นิ้ว 20. คานคอนกรีตอัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว 3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4.00 เมตร 21. เสาเข็มเหล็กเหล็กลมกลาง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร 22. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 8.00 เมตร 23. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 16.00 เมตร 24. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.26 x 0.26 เมตร ยาว 21.00 เมตร 25. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.22 x 0.22 เมตร ยาว 14.00 เมตร 26. เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงขนาดเล็ก รูปตัวไอ ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร 27. เสาเข็มคอนกรีตแบบดินช้าง ขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว ยาว 2.50 เมตร 28. เสาท่อนคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 10 x 10 เซนติเมตร ยาว 1.00 เมตร 29. พื้นสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลางขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 นิ้ว 30. คานคอนกรีตอัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว 3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4.00 เมตร ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2555-2565

จำนวน 400 ชุดข้อมูล ย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555-2561 เพื่อพยากรณ์ราคาวัสดุก่อสร้างไปข้างหน้าอีก 5 ปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2561-2565 ตามลำดับของวัสดุ ต่อไปนี้

ผลการวิจัยพบว่า วัสดุก่อสร้างที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ เสาเข็มหกเหลี่ยมกลวง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร และเสาเข็มอัดแรงขนาดเล็ก รูปตัวไอ ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร เมื่อใช้วิธีการดังกล่าวแล้ว สามารถนำไปใช้การพยากรณ์วัสดุชนิดอื่น ๆ ต่อไปได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์, วิเคราะห์ค่าถ่วงเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่, การวิเคราะห์วิธีเอกซ์โพเนนเชียล

ABSTRACT

Present, price of construction materials has been fluctuated with economic conditions and other factors, i.e. labor costs, construction materials and oil costs. The purpose of the study was to predict the price of construction materials in the structure category mode by using multiple regression and forecasting for construction planning about budgeting construction material prices in the structure category.

This research was used Multiple regression analysis techniques and simple moving average analysis, including forecasting with the exponential method. To predict the price of construction materials in the structure category of 10 types, including 1. hollow hexagonal piles, 15.00 centimeters long, 2.00 meters long 2. prestressed concrete piles Square ton Single piece type, size 0.18 x 0.18 meters, length 8.00 meters 3. Prestressed concrete piles Square ton Two-piece type, connecting size 0.18 x 0.18 meters, length 16.00 meters. 4. Prestressed concrete pile, single-piece type, size 0.26 x 0.26 meters, length 21.00 meters. 5. Prestressed concrete pile, two-piece type, connecting size 0.22 x 0.22 meters, length 14.00 Meters. 6. Prestressed concrete piles. The size is 15.00 centimeters long, 2.00 meters long. 7. Concrete fence posts with elephant feet size 4 inches x 4 inches, length 2.50 meters, seal CPAC 8. Reinforced concrete poles size 10 x 10 cm long, 1.00 meters 9. Finished floor, strong compression Hollow type, width 1.20 meters, thickness 15.00 cm, wire 4 strands, 3/8 inch, seal, CPAC 10. prestressed concrete beam T-shaped cross-section, length of 3.00 meters, wire 4, ERA 4.00 meters, CPAC brand from 2012-2022.

Finding indicted that forecasted with such methods, the construction materials with the least errors were hollow hexagonal piles, size 15.00 cm, length 2.00 meters, and small

Keywords: Multiple Regression, Simple Moving Average, Exponential Smoothing Average

อุตสาหกรรมก่อสร้างมีการเพิ่มขึ้นของการแข่งขันอย่างรวดเร็ว ยิ่งไปกว่านี้สภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศไทยส่งผลกระทบต่อทั้งทางด้านการลงทุนจากต่างประเทศ และภายในประเทศเช่น การบริการ และจัดการโครงการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์, ลดค่าใช้จ่าย ซึ่งราคาค่าก่อสร้างถือเป็นหนึ่งในข้อจำกัด และปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการบริหารงานก่อสร้าง ราคาก่อสร้างของประเทศไทยมีความผันผวน และปรับตัวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้แก่การแปรผันของดัชนีราคาก่อสร้าง ซึ่งผันผวนตามหลายปัจจัยไม่ว่าจะเป็นทางตรง และทางอ้อม ยกตัวอย่างเช่น เวลา, ค่าแรง, ค่าวัสดุก่อสร้าง, สภาพทางเศรษฐกิจ, สังคม และสภาพแวดล้อมของโครงการก่อสร้าง โดยปัจจัยทั้งหลายเหล่านี้มีส่วนสำคัญในการปรับขึ้น-ลง ของราคาค่าวัสดุในแต่ละชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งราคาค่าวัสดุในหมวดโครงสร้าง เพราะต้องมีการขนส่งโดยการใช้น้ำมันเป็นส่วนเกี่ยวข้อง

จากการที่ทบพวนวรรณกรรมพบว่า มีการวิจัยในเรื่องความผันผวนราคารั่วสด และผลกระทบต่อผู้ประกอบการพบว่า สาเหตุที่สำคัญคือ ความผันผวนของราคาน้ำมัน, ปริมาณการใช้วัสดุภายนอกประเทศ และปริมาณการใช้วัสดุภายในประเทศ คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการหาตัวสดก่อนสร้างในโหมดของโครงสร้างว่าอนาคตราคารั่วสดก่อสร้างจะปรับราคาสูงมากขึ้นเพียงใด โดยอาศัยการหาความสัมพันธ์ ว่าแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องนั้นส่งผลต่อราคารั่วสดมากน้อยเพียงใด และการพยากรณ์ เพื่อการวางแผนงานจัดทำงบประมาณราคารั่วสดก่อสร้างในโหมดโครงสร้างต่อไป

ทบทวนวรรณกรรม

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 การวิเคราะห์ถ้อยเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Simple Moving Average)

ดร. ธนัฐ วงศ์สายเชื้อ, (2555) อธิบายว่า การเลือกจำนวนจุดของชุดข้อมูลอนุกรมเวลา แล้วหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรม เพื่อจะนำมาเป็นค่าพยากรณ์ในช่วงถัดไป เมื่อได้ค่าพยากรณ์จากการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลอนุกรมเวลาได้หนึ่งค่าก็ต้องหาค่าพยากรณ์ค่าต่อไป โดยตัดข้อมูลในช่วงแรกของข้อมูลชุดเดิมออกไป แล้วนำข้อมูลตัวใหม่ที่ต่อเนื่องกันเข้ามาแทน หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลชุดใหม่นี้มาหาค่าเฉลี่ย เช่น ถ้าใช้จุดของข้อมูล 4 จุด เพื่อต้องการพยากรณ์จุดเวลาที่ 5 ดังนี้

$$Y(5) = \frac{y(4)+y(3)+y(2)+y(1)}{4}$$

1.2 การวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์ (Multiple regression analysis)

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพียง 2 ตัว แต่การวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร 3 ตัวขึ้นไป ซึ่งช่วยหาค่าตัวแปรตาม (Y) ที่เป็นผลมาจากตัวแปรอิสระต่างๆ (x_i) ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงได้ดังนี้

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

ในการหาความสัมพันธ์ของสมการข้างต้น สามารถใช้วิธีการเดียวกับการวิเคราะห์รีเกรสชันอย่างง่าย คือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ถ้าสมมติมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปรตาม 1 ตัว สามารถเขียนความสัมพันธ์แบบเส้นตรงได้จากสมการนี้

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

1.3 การพยากรณ์แนวโน้มแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing Average)

ลักษณะแนวโน้มข้อมูลการพยากรณ์แนวโน้มแบบเอกซ์โปเนนเชียลจะเป็นเส้นโค้งเชิงเรขาคณิตโค้งมากเหมือนเส้นโค้งพาราโบลา เพราะข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีอยู่นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของช่วงระยะเวลาหลัง ๆ มากกว่าช่วงระยะเวลาแรก ๆ เช่น จำนวนประชากรของประเทศซึ่งอัตราการเพิ่มตามธรรมชาติปราศจากการควบคุม, ดอกเบี้ยทบต้นเป็นต้น สำหรับสมการแนวโน้มการพยากรณ์แนวโน้มแบบเอกซ์โปเนนเชียลเขียนได้ดังนี้

$$Y(t) = ae^{bt}$$

การคำนวณหาค่า a และ b จะเปลี่ยนสมการข้างต้นให้อยู่ในรูปแบบของสมการลอการิทึมฐานธรรมชาติ ดังนี้

$$\begin{aligned} \ln[Y(t)] &= \ln(a) + \ln(e^{bt}) \\ &= \ln(a) + b_t \end{aligned}$$

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 1: แสดงข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ชื่อผู้แต่ง	ปี พ.ศ.	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือใน การวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
นางแววดาว พูนสวน	2550	การศึกษาการ พยากรณ์แบบอนุกรม เวลา (Time Series) เพื่อการวางแผนการ ผลิตกรณีศึกษา : บริษัท เอส บี อุตสาหกรรมเครื่อง เรือน จำกัด	วิธีการหา แบบเอ็ก โปแนนเชียล	พบว่า ในเดือนกรกฎาคม 2550 การพยากรณ์ ช้ำกัน สองครั้ง ได้การผลิต 400 ชุดโดยมียอดขาย 412 ชุด มีผลต่างเท่ากับ 12 ชุด ในขณะที่ใช้วิธีการ พยากรณ์แบบเก่าจะต้อง สั่งผลิตจำนวน 934 ชุด ทำให้มีผลต่างระหว่าง ยอดขาย	วิธีปรับรูปแบบเอ็ก โปแนนเชียลสองครั้ง ทำให้การผลิตสินค้าวิธี ใหม่มีค่าใกล้เคียงกับ ยอดขายจริง มากกว่า การใช้วิธีการแบบเก่า
นายจามร อนุชิตโอฬาร	2552	ความผันผวนของ ราคาวัสดุก่อสร้าง และผลกระทบต่อ ผู้ประกอบการ ก่อสร้าง	การสัมภาษณ์	พบว่า ปัจจัยต่อราคาวัสดุ ก่อสร้าง คือ ราคาน้ำมัน 80 เปอร์เซ็นต์ และภัย ธรรมชาติ 33 เปอร์เซ็นต์	ความผันผวนที่สำคัญ ของราคาวัสดุก่อสร้าง คือ ความผันผวนของ ราคาน้ำมัน
นางสาว เกสรี สระจินทร์ และ นางสาวมาลี รัตนโสदानิล	2554	ระบบกาพยากรณ์ ดัชนีราคาวัสดุ ก่อสร้างโดยใช้เทคนิค โครงข่ายประสาท เทียมพยากรณ์ดัชนี ราคาวัสดุก่อสร้าง	-วิธีการหา ค่าเฉลี่ยเบ ง่าย -วิธีการแบบ เอ็กโพเน้น เชียล	พบว่า การพยากรณ์โดย ENR มีค่าความ คลาดเคลื่อน RMSE เท่ากับ 50.374 ทำให้ แบบจำลองโครงข่าย ประสาทเทียมสามารถ พยากรณ์ได้แม่นยำกว่า	การพยากรณ์การมีการ เปลี่ยนแปลงของดัชนี ราคางานก่อสร้าง 2 ชนิด คือ Building Cost Index (BCI) และ Construction Cost Index (CCI)
นาย ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง	2555	การประมาณราคา ก่อสร้างอาคารพัก อาศัยรวม โดยวิธี วิเคราะห์ความ	-วิธีวิเคราะห์ ความถดถอย	พบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพล ต่อราคาก่อสร้างนั้นมี 5 ตัวแปรจาก 11 ตัว มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่	คลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10 จะมีความ แม่นยำต่อราคาวัสดุ ก่อสร้างในการ

ชื่อผู้แต่ง	ปี พ.ศ.	ชื่อเรื่อง	เครื่องมือใน การวิจัย	ผลการวิจัย	ข้อค้นพบ
		ถดถอย วิเคราะห์หา ตัวแปรทางด้าน กายภาพของอาคาร ที่มีอิทธิพลต่อราคา ก่อสร้างอาคารพัก		เกินร้อยละ 10 จะมีความ แม่นยำเพียงพอ	พยากรณ์
นายสุพจน์ กาญจนากูร พันธ์	2557	ปัจจัยที่มีผลต่อ พฤติกรรม การตัดสินใจซื้อวัสดุ ก่อสร้างในช่องทาง การจำหน่ายแนวใหม่	แบบสอบถาม	พบว่า ค่าเฉลี่ยคนส่วนใหญ่ชอบเข้าร้านวัสดุ ก่อสร้างที่ทันสมัย ส่วน ใหญ่อายุอยู่ระหว่าง 36 – 45 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระหว่าง 10,001 - 30,000 บาท	การเปรียบเทียบ ความสำคัญของปัจจัย ทางการตลาดที่มี อิทธิพลต่อการตัดสินใจ ซื้อวัสดุก่อสร้างใน ปัจจุบัน
Seonghyeon Moon Seokho Chi and Du Yon Kim	2560	ทำนายดัชนีต้นทุน การก่อสร้างโดยใช้ แบบจำลองค่าเฉลี่ย เคลื่อนที่แบบ อัตโนมัติแบบ เศษส่วน	แบบจำลอง การเคลื่อนที่ แบบเศษส่วน อัตโนมัติ	พบว่าประสิทธิภาพการทำนายโดยเฉลี่ย 9.5% รุ่น ARFIMA ได้รับ ประสิทธิภาพการทำนาย CCI ที่สูงขึ้นโดยการรวม คุณสมบัติของ หน่วยความจำระยะยาว	ผู้วิจัยได้ทำการทำนาย ดัชนีต้นทุนงานก่อสร้าง ที่ส่งผลต่างราคาวัสดุ ก่อสร้าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อราคาวัสดุก่อสร้าง ในหมวดโครงสร้าง
- เพื่อพยากรณ์ และวัดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของราคาวัสดุก่อสร้างในหมวดงาน
โครงสร้างในปี พ.ศ. 2561-2565

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

คือ วัสดุก่อสร้างในหมวดโครงสร้าง 10 ชนิด จำนวน 400 ชุดข้อมูล ดังนี้

- เสาเข็มเหล็กเหล็กลมกลวง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร
- เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดท่อนเดียว ขนาด 0.18 x 0.18 เมตร ยาว 8.00 เมตร

3. เสาค้ำคอนกรีตอัดแรง รูปสี่เหลี่ยมตัน ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.18×0.18 เมตร ยาว 16.00 เมตร
4. เสาค้ำคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดท่อนเดี่ยว ขนาด 0.26×0.26 เมตร ยาว 21.00 เมตร
5. เสาค้ำคอนกรีตอัดแรง รูปตัวไอ ชนิดสองท่อนต่อเชื่อม ขนาด 0.22×0.22 เมตร ยาว 14.00 เมตร
6. เสาค้ำคอนกรีตอัดแรงขนาดเล็ก รูปตัวไอ ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร
7. เสารั้วคอนกรีต แบบตีนช้าง ขนาด 4 นิ้ว $\times$ 4 นิ้ว ยาว 2.50 เมตร ทรายแพค
8. เสาดมคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาด 10×10 เซนติเมตร ยาว 1.00 เมตร
9. พื้นสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลวงขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 นิ้ว ทรายแพค

10. คานคอนกรีตอัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว 3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4.00 เมตร ทรายแพค

หลังจากนั้น นำข้อมูลวัสดุก่อสร้างทั้ง 10 ชนิด มาวิเคราะห์ผลดังนี้

1. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแบบง่าย เพื่อเป็นการพยากรณ์ในแต่ละช่วง เพื่อจะหาค่าเฉลี่ยของแต่ละวัสดุว่า แต่ละปีมีราคาแตกต่างกันเท่าไร
2. การวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร 3 ตัวขึ้นไป ได้แก่ ค่าน้ำมัน ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง, ค่าแรง, ค่าภาษี ที่เป็นผลมาจากตัวแปรอิสระต่าง ๆ (x_i) สามารถเขียนความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง
3. การวิเคราะห์เอกซ์โพเนนเชียล คือการหาค่าน้อยที่สุดที่ทำให้ราคาก่อสร้างลดลง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์ (Multiple Regression Analysis)
2. การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Simple Moving Average)
3. การวิเคราะห์เอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Average)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ราคาวัสดุก่อสร้าง ในหมวดโครงสร้าง โดยสืบค้นจากเว็บไซต์ของกรมบัญชีกลาง

การวิเคราะห์ผลข้อมูล

หาความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (MAD) มีค่าไม่เกินร้อยละ 10

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการพยากรณ์โดยการวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์ ร่วมกับการพยากรณ์โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ โดยศึกษาการพยากรณ์วัสดุก่อสร้างในหมวดโครงสร้าง ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากราคาค่าน้ำมัน, ค่าแรง, ค่าภาษี, ค่าดัชนีวัสดุก่อสร้าง และปัจจัยอื่น ๆ 5 ปีย้อนหลัง เพื่อวัดความคลาดเคลื่อน และหาความสัมพันธ์ ถ้ามีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10 จะทำให้ราคาวัสดุมีความ

แม่นยำ และสามารถพยากรณ์ค่าที่ควรจะเป็นของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับราคาค่าวัสดุก่อสร้างในหมวดโครงสร้าง
สามารถสรุป และอภิปรายผล รวมถึงข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

1. แสดงผลการวิเคราะห์วิธีถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Simple Moving Average) ปี พ.ศ. 2561-2565

ตารางที่ 2: แสดงผลการวิเคราะห์ค่าถ่วงเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Simple Moving Average) ของคานคอนกรีต
อัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว 3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4.00 เมตร トラシーแพค

Price	Moving Average	Standard Error
435.00	0	0
435.00	0	0
435.00	0	0
305.00	397.75	0
416.00	391.81	0
411.25	384.39	0
405.31	407.61	17.63
397.89	405.52	15.12
407.61	404.08	11.60
405.51	403.77	5.03
404.08	405.24	1.47
403.77	404.65	1.08
405.24	404.44	0.82
404.65	404.53	0.80
404.44	404.72	0.33
404.55	404.59	0.16
404.73	404.58	0.12
404.6	404.58	0.13
404.44	404.54	0.12
404.39	404.48	0.10

จากตารางที่ 2 ผลการวิจัย พบว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของคานคอนกรีตอัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว
3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4 เมตร トラシーแพค ค่าถ่วงเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่เท่ากับ 407.61 ในส่วนค่า
Standard Error มีค่าสูงสุดเท่ากับ 17.63 และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0

2. การวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์ (Multiple regression analysis)

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปร 3 ตัวขึ้นไป ได้แก่ ค่าน้ำมัน, ค่าดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง,
ค่าแรง และค่าภาษี ซึ่งช่วยหาค่าตัวแปรตาม (Y) ที่เป็นผลมาจากตัวแปรอิสระต่างๆ (x_i) ซึ่งสามารถเขียน
ความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง

ตัวแปรต้นที่ใช้ มีดังนี้

x_1 = ราคาน้ำมัน

x_2 = ค่าแรง

x_3 = ค่าภาษี

x_4 = ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง

2.1 พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลวง ขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 ตรารี่แพค

ตารางที่ 3: แสดงผลการวิเคราะห์รีเกรสชั่นของพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลวง ขนาดกว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 ตรารี่แพค

SUMMARY OUTPUT						
Regression Statistics			df	SS	MS	F
Multiple R	0.73	Regression	4	209,615.93	52,403.98	14.83
R Square	0.53	Residual	39	183,745.23	4,711.42	
Adjusted R	0.47	Total	43	393,361.16		
Standard	68.64	Significance F				
Observations	43	0.00				
ANOVA						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower	Upper
Intercept	-2,564.31	1,110.91	-2.31	0.03	-4,811.35	-317.28
31.13	21.74	4.10	5.30	0.00	13.44	30.04
300	4.37	2.04	0.05	0.04	8.70	0.04
0.07	0.00	65,535.00	0.00	0.00	0.00	0.00
108.6	8.78	1.89	0.00	-0.63	18.20	-0.63
	Lower	Upper				
Intercept	-4,811.35	-317.28				
31.13	13.44	30.04				
300	0.04	8.70				
0.07	0.00	0.00				
108.6	-0.63	18.20				

จากตารางที่ 3 ผลการการวิเคราะห์รีเกรสชั่นเชิงพหุพันธ์ของพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลวง ขนาด กว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 ตรารี่แพค ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2555-2565 ตัวแปรต้นส่งผลกับตัวแปรตามเท่ากับ 0.47 หรือ ร้อยละ 47 และสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Y = -2,564.31 + 21.74x_1 + 4.37x_2 + 0x_3 + 8.78x_4$$

3. การพยากรณ์แบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing Average)

การพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลทั้งหมด ให้น้ำหนักหรือความสำคัญกับข้อมูลใหม่หรือใกล้ปัจจุบันมากกว่าข้อมูลเก่า โดยใช้สมการ $Forecast(t+1) = \alpha * Actual(t) + (1-\alpha) * Forecast(t)$ โดยที่ค่า Alpha มีค่า 0 ถึง 1 และเรียกว่าเป็น smoothing constant เป็นการใช้กับข้อมูลล่าสุด

ตารางที่ 4: แสดงผลการวิเคราะห์แบบเอกซ์โพเนนเชียลของค่า Error ระหว่าง 0.9 - 0.1 พื้นที่คอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลวง ขนาดกว้าง 1.20 ม.หนา 15 ซม. ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 ตรารี่แพค

Error0.9	Error0.8	Error0.7	Error0.6	Error0.5	Error0.4	Error0.3	Error0.2	Error0.1
7.15	7.95	2.62	1.41	0.68	0.28	0.09	0.02	-10.90
6.44	7.15	1.83	0.85	0.34	0.11	0.03	0.00	0.00
5.79	6.44	1.28	0.51	0.17	0.04	0.01	0.00	0.00
5.21	5.79	0.90	0.31	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00
4.69	5.21	0.63	0.18	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
4.22	4.69	0.44	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
3.80	4.22	0.31	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
-12.98	3.80	-16.18	-16.36	-16.39	-16.40	-16.40	-16.40	0.00
-11.68	-12.98	-11.33	-9.82	-8.20	-6.56	-4.92	-3.28	14.76
-10.51	-11.68	-7.93	-5.89	-4.10	-2.62	-1.48	-0.66	16.24
-9.46	-10.51	-5.55	-3.53	-2.05	-1.05	-0.44	-0.13	16.38
-227.52	-9.46	-222.89	-221.12	-220.02	-219.42	-219.13	-219.03	16.40
-204.76	-227.52	-156.02	-132.67	-110.01	-87.77	-65.74	-43.81	197.10
-184.29	-204.76	-109.21	-79.60	-55.01	-35.11	-19.72	-8.76	216.81

จากตารางที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าค่า Error สูงสุด และค่า Error ต่ำสุด สามารถแสดงผลได้ ดังนี้

ค่า Error สูงสุด ของ 0.9 เท่ากับ 2.60

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.9 เท่ากับ -8.66

ค่า Error สูงสุด ของ 0.8 เท่ากับ 1.62

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.8 เท่ากับ -9.56

ค่า Error สูงสุด ของ 0.7 เท่ากับ 0.95

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.7 เท่ากับ -9.82

ค่า Error สูงสุด ของ 0.6 เท่ากับ 0.51

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.6 เท่ากับ -9.89

ค่า Error สูงสุด ของ 0.5 เท่ากับ 0.24

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.5 เท่ากับ -9.90

ค่า Error สูงสุด ของ 0.4 เท่ากับ 1.58

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.4 เท่ากับ -9.90

ค่า Error สูงสุด ของ 0.3 เท่ากับ 0.03

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.3 เท่ากับ -9.90

ค่า Error สูงสุด ของ 0.2 เท่ากับ 0.01

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.2 เท่ากับ -9.90

ค่า Error สูงสุด ของ 0.1 เท่ากับ 0.00

ค่า Error ต่ำสุด ของ 0.1 เท่ากับ -9.9

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์วิธีหาค่าถ่วงเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ (Simple Moving Average)

1.1 ผลการวิจัย พบว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเสาเข็มคอนกรีต แบบดินข้าง ขนาด 4 นิ้ว x 4 นิ้ว ยาว 2.50 เมตร ตราซีแพค พบว่าค่าถ่วงเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่สูงสุดเท่ากับ 350.00 ในส่วนค่า Standard Error มีค่าเท่ากับ 0 แสดงถึงค่าพยากรณ์ และค่าข้อมูลจริงมีค่าใกล้เคียงกัน

1.2 ผลการวิจัย พบว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของคานคอนกรีตอัดแรง หน้าตัดรูปตัวที ขนาดยาว 3.00 เมตร ลวด 4 เส้น ศก. 4 เมตร ตราซีแพค พบว่าค่าถ่วงเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่สูงสุดเท่ากับ 407.61 ในส่วนค่า Standard Error ค่าสูงสุดเท่ากับ 17.63 และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 แสดงถึงค่าพยากรณ์ และค่าข้อมูลจริงมีค่าใกล้เคียงกัน

2. ผลการวิเคราะห์รีเกรสชันเชิงพหุพันธ์

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4$$

x_1 = ราคาน้ำมัน

x_2 = ค่าแรง

x_3 = ค่าภาษี

x_4 = ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง

2.1 อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาเสาเข็มเหล็กเหลี่ยมกลวง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร ได้ดังนี้

$$\hat{Y} = 27.93 + 1.30 x_1 + 0.16 x_2 + 0 x_3 + 1.04 x_4$$

- ถ้าราคาน้ำมันปรับเพิ่มขึ้น 1 บาท จะส่งผลทำให้ราคาวัสดุเพิ่มขึ้น 1.30 บาท

- ถ้าค่าแรงเพิ่มขึ้น 1 บาท จะส่งผลทำให้ราคาวัสดุเพิ่มขึ้น 0.16 บาท

- ถ้าดัชนีเพิ่มขึ้น 1 เท่า จะส่งผลทำให้ราคาวัสดุก่อสร้างเพิ่มขึ้น 1.04 บาท

- ราคาน้ำมัน, ค่าแรง และดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง ส่งผลต่อราคาเสาเข็มเหล็กเหลี่ยมกลวง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร ส่วนที่ไม่มีผลคือ ค่าภาษี เนื่องจากมีค่าคงที่เท่ากันทุกปี

3. การพิสูจน์สมมติฐาน

3.1 สอดคล้องกับสมมติฐาน เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ มีค่าไม่เกินร้อยละ 10 ตรงตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ โดยเอาค่า Average error ของวัสดุมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยราคาวัสดุจริง มีการหาค่าดังนี้

3.1.1 เสาเข็มเหล็กเหลี่ยมกลวง ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร

$$\text{ค่า Average error} = 9.92$$

$$\text{หาค่าความคลาดเคลื่อน} = 9.92/40$$

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อน (MAD)} = 0.25$$

4. สรุปผลค่า Alpha ที่เหมาะสมต่อราคาวาสตูก่อสร้างในหมวดโครงสร้าง

4.1 เสาค้ำเหล็กเหล็กลวด ขนาด 15.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 เมตร มีค่า Alpha = 1.20 ทำให้ค่า RMSPE = 2.50 จะทำให้ค่าพยากรณ์มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

4.2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 10x10 เซนติเมตร ยาว 1.00 เมตร มีค่า Alpha = 1.00 ทำให้ค่า RMSPE = 2.08 จะทำให้ค่าพยากรณ์มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

การอภิปรายผล

จากผลการวิจัย พบว่า มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ จามร อนุชิตโอฬาร ที่วิจัยเกี่ยวกับการผันผวนของราคาวาสตูก่อสร้าง ที่กล่าวว่า ราคาวาสตูก่อสร้างมีความผันผวนเนื่องจากราคาค่าน้ำมัน แต่ที่คณะผู้วิจัยได้มีการเพิ่มตัวแปรที่ส่งผล คือ ค่าแรง และค่าดัชนีราคาวาสตูก่อสร้างไปนั้น ก็พบว่ามีความสัมพันธ์กับราคาวาสตูก่อสร้าง เช่นเดียวกัน เช่น พื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรง ชนิดกลวง ขนาด กว้าง 1.20 เมตร หนา 15.00 เซนติเมตร ลวด 4 เส้น ศก. 3/8 ตร.ซม. ก็มีตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อราคาวาสตูก่อสร้างชนิดนี้อยู่ถึงร้อยละ 47 และจากผลการวิจัยครั้งนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง ที่วิจัยเกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์ความถดถอยวิเคราะห์หาตัวแปรทางดานกายภาพของอาคาร ที่มีอิทธิพลต่อราคาก่อสร้างอาคารพักอาศัย โดยผลการวิจัยของคณะผู้วิจัยก็ปรากฏ ผลที่ใช้การวิเคราะห์ความถดถอย เพื่อหาความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรว่า ตัวแปรส่งผลต่อราคาวาสตูก่อสร้างในหมวดนั้น ๆ เช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาการพยากรณ์ราคาวาสตูก่อสร้างมีปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาวาสตูก่อสร้างน้อยเกินไป ต้องหาปัจจัยที่ส่งผลเพิ่มขึ้นอีก จากเดิมเก็บรวบรวมข้อมูลจากราคาค่าน้ำมัน, ค่าแรงต่อหน่วยการทำงาน, ค่าดัชนีราคาวาสตูก่อสร้าง และปัจจัยอื่น ๆ 5 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปี 2555-2561 ควรขยายแนวทางการศึกษาเพิ่มการพยากรณ์อีก 5 ปี เพื่อประโยชน์ต่อการหาค่าเฉลี่ยต่อราคาวาสตูก่อสร้างในอนาคต และช่วยให้การศึกษามีความสัมพันธ์มีผลที่ชัดเจน และแม่นยำยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรเพิ่มปัจจัยที่ส่งผลต่อราคาวาสตูก่อสร้างให้มากขึ้น และใช้การวิเคราะห์แค่วิธีการเดียว และลดจำนวนปีในการพยากรณ์ไปข้างหน้า เพื่อจะได้มีความผิดพลาดน้อย และเป็นประโยชน์ต่อการหาค่าเฉลี่ยต่อราคาวาสตูก่อสร้างในอนาคต และเกิดความแม่นยำมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

จามร อนุชิตโอฬาร, (2552). ความผันผวนของราคาวาสตูก่อสร้างและผลกระทบต่อผู้ประกอบการก่อสร้าง.
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

- เกสรี ศรีจันทร์ และนางสาวมารีรัตน์ โสตานิล, (2554). ระบบการพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมพยากรณ์ดัชนีราคาวัสดุก่อสร้าง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- แหวดาว พูนสวน, (2550). การศึกษาการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series) เพื่อการวางแผนการผลิต กรณีศึกษา : บริษัท เอส ปิอุตสาหกรรมการเครื่องเรือน จำกัด. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.
- ธรรมศักดิ์ รุจิระยรรยง, (2555). การประมาณราคาก่อสร้างอาคารพักอาศัยรวม โดยวิธีวิเคราะห์ความถดถอย วิเคราะห์หาตัวแปรทางด้านกายภาพของอาคาร ที่มีอิทธิพลต่อราคาก่อสร้างอาคารพักอาศัย. มหาวิทยาลัยรังสิต, กรุงเทพฯ.
- สิทธิโชค สุนทรโอภาส, นายภาคภูมิ ชูติมานันท์, นายอรรถพล น้อยยืนยงค์, นายธนากร ถิ่นมาบแค และ นายวิริยะ คำนวน, (2550). ฐานข้อมูลราคาวัสดุก่อสร้างและแรงงานสำหรับอาคารสูง, กรุงเทพฯ.

โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนของอุปกรณ์ไฟฟ้า

THERMAL IMAGE ANALYSIS SOFTWARE FOR ELECTRICAL EQUIPMENT

พัสมันต เตรณ¹, นพดล อุชายภิชชาติ², ณัฐพงษ์ ตันthanuch^{2*}

Pasman Terana¹, Napadol Uchaipichat², Nutthaphong Tanthanuch^{2*}

¹โครงการหลักสูตรนวัตกรรมทางวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

¹Thammasat University Programmes of Innovative Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

²Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University

*Corresponding author, E-mail: tanthanuch1@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีถ่ายภาพความร้อนถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการประเมินความผิดปกติในระบบไฟฟ้าแรงสูง ในการประเมินนั้นจะเปรียบเทียบอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่ต้องการตรวจสอบกับอุณหภูมิโดยรอบ โดยทั่วไปการบันทึกภาพถ่ายความร้อนสามารถแสดงเฉพาะอุณหภูมิของจุดที่สนใจ อุณหภูมิที่ไม่อยู่ในจุดที่ระบุจะต้องคำนวณจากซอฟต์แวร์ของผู้ผลิต บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนที่สามารถวิเคราะห์อุณหภูมิของตำแหน่งที่ระบุจากภาพถ่ายความร้อน ซอฟต์แวร์ที่ออกแบบนี้ง่ายต่อการใช้งานในการคำนวณอุณหภูมิของพื้นที่ใด ๆ และสามารถเปรียบเทียบอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างสองจุดของภาพถ่ายความร้อน และนอกจากนี้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยนักวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนทราบถึงอุณหภูมิในทุกตำแหน่งของภาพถ่ายความร้อน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการประเมินสภาพอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการวางแผนการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ภาพถ่ายความร้อน อุณหภูมิ ซอฟต์แวร์ การวิเคราะห์และการเปรียบเทียบ

ABSTRACT

Thermal imaging technology is widely used for the assessment of abnormalities in high-voltage electrical systems. For the inspection, the temperature of inspected equipment will be compared to an ambient temperature. In general, the recording of thermal imaging can present only temperature of the point of interest. The temperature which is out of specified point must be computed from manufacturer's software. This paper aims to develop software for thermal image analysis that can analyze temperature of specified

position from thermal image. The software is easy to use for temperature computation of any area and it can compare different temperature between two points of the thermal image. The software can assist thermal image analyst to know the temperature in every position of the thermal image. In addition to it can be applied to evaluate the electrical equipment condition for effective maintenance planning.

Keywords: Thermal image, Temperature, Software, Analysis and comparison

บทนำ

ปัจจุบันการประเมินความผิดปกติจากการตรวจสอบการทำงานและสภาพของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแรงดันสูงนิยมการตรวจสอบแบบไม่สัมผัส เช่น การสังเกต การได้ยิน การได้กลิ่น และยังมีเทคโนโลยีก้องถ่ายภาพความร้อนมาใช้งาน เนื่องจากเทคโนโลยีภาพถ่ายความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นการตรวจสอบเพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกันแบบทางอ้อมหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำรุงรักษาตามสภาพ (ยุทธพงศ์ ทัพผดุง, 2557) โดยการถ่ายภาพความร้อนตามตำแหน่งที่ไม่สามารถเข้าถึงอุปกรณ์หรือตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูง เช่น การตรวจอุณหภูมิของฟิวส์แรงสูง ปลอกฉนวนนำสายหม้อแปลงไฟฟ้า ครอบระบายความร้อนหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง สวิตช์ตัดตอนแรงสูง และเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นต้น ซึ่งเป็นการตรวจสอบที่ไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์และระบบไฟฟ้า เนื่องจากไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ใด ๆ สามารถตรวจสอบในระยะที่ปลอดภัยต่อผู้ทำการตรวจวัดโดยไม่ต้องปิดระบบไฟฟ้าเพื่อตัดกระแสไฟฟ้าหรือปลด-สับอุปกรณ์ออกจากระบบไฟฟ้า ทำให้ทราบถึงสภาพของอุปกรณ์ในระหว่างการทำงาน สามารถวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาวางแผนการบำรุงรักษาก่อนที่จะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์และระบบไฟฟ้าอย่างทัน่วงทีและสร้างความน่าเชื่อถือในเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า (ยุทธพงศ์ ทัพผดุง และคณะ, 2555) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการใช้ภาพถ่ายความร้อนสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าต้องประเมินหาสาเหตุจากค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของอุปกรณ์ซึ่งโดยทั่วไปภาพถ่ายความร้อนที่ได้จากการบันทึกส่วนใหญ่แสดงผลการวัดแบบสเกลสีและมีการระบุค่าอุณหภูมิเป็นตัวเลขเพียงบางตำแหน่งเท่านั้น ทำให้ยากต่อการประเมินและเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างภาพถ่ายในกรณีที่สเกลของแถบสีแตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการประเมินภาพถ่ายความร้อนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้า โดยแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของบริเวณที่ทำการเลือก อีกทั้งสามารถเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละบริเวณที่เลือก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับประเมินภาพถ่ายความร้อนบนโปรแกรม MATLAB โดยใช้วิธีการประมวลผลภาพถ่าย
2. สามารถแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของบริเวณที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ

3. สามารถเปรียบเทียบผลต่างของค่าอุณหภูมิในแต่ละบริเวณ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การแปลงภาพเป็นภาพโทนสีเทา

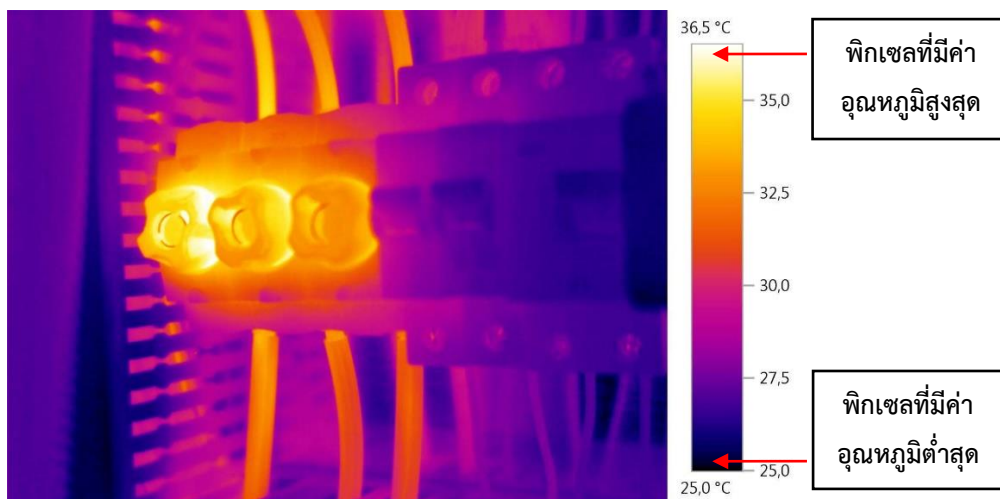
การประมวลผลภาพจะทำการอ่านภาพถ่ายความร้อนเข้าโปรแกรม MATLAB ภาพถ่ายความร้อนที่รับเข้ามาเป็นภาพสี (RGB) ที่มีข้อมูลค่าพิกเซล 3 ชุด ประกอบด้วย สีแดง(R) สีเขียว(G) และสีน้ำเงิน(B) จากนั้นทำการแปลงภาพสีเป็นภาพโทนสีเทา (Gray-Scale) ที่มีข้อมูลค่าพิกเซลเพียง 1 ชุด (Rafael C. Gonzalez et al., 2547) โดยสามารถคำนวณค่าพิกเซลของภาพถ่ายความร้อนที่เป็นภาพโทนสีเทาได้จากสมการที่ (1)

$$\text{Gray} = (0.0299 \times R) + (0.587 \times G) + (0.114 \times B) \quad (1)$$

ผลการแปลงภาพสีเป็นภาพโทนสีเทาจะมีข้อมูลค่าพิกเซลระหว่าง 0 ถึง 255 โดยพิกเซลที่มีค่า 0 จะแสดงเป็นสีดำส่วนพิกเซลที่มีค่า 255 จะแสดงเป็นสีขาว (โศรฐา แข็งการ และกนตธร ชำนิประศาสน์, 2543)

2. การเปรียบเทียบค่าพิกเซลกับค่าอุณหภูมิ

โดยทั่วไปสามารถอ่านค่าอุณหภูมิของภาพถ่ายความร้อนได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนขณะใช้งาน แต่ภาพถ่ายความร้อนที่ได้จากการบันทึกของกล้องถ่ายภาพความร้อนจะมีค่าพิกเซลและค่าอุณหภูมิของแถบสีที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการปรับตั้งของผู้ใช้งาน ดังนั้นการคำนวณค่าอุณหภูมิจากภาพถ่ายความร้อนที่ได้จากการบันทึกจึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบค่าพิกเซลในรูปภาพที่บ่งบอกค่าอุณหภูมิตามแถบสีของภาพถ่ายนั้น ๆ โดยการนำค่าพิกเซลมาเทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจากตำแหน่งพิกเซลที่แสดงบนแถบสี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1: ตำแหน่งพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

3. การหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง

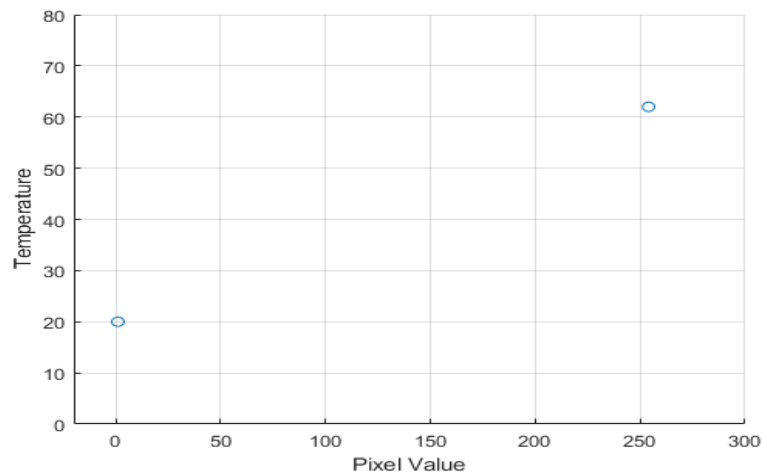
เมื่อเลือกตำแหน่งของพิกเซลพร้อมกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจากแถบเฉดสีที่แสดงในข้อ 2

นำค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และค่าพิกเซลของทั้ง 2 ตำแหน่งมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดังสมการที่ (2)

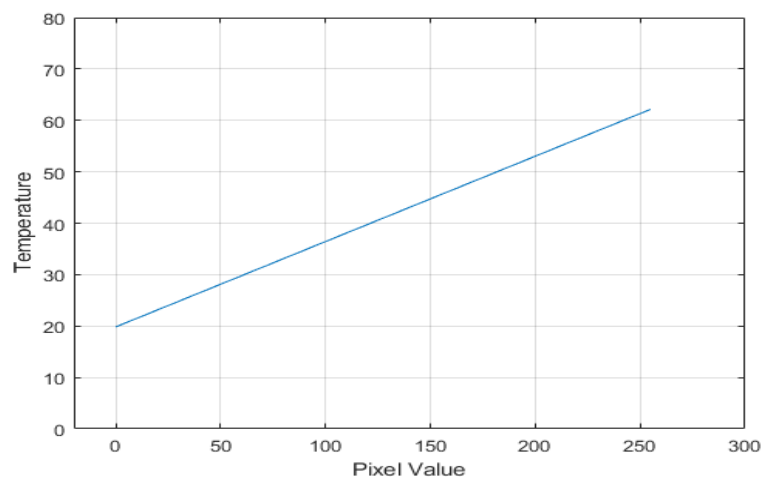
$$T = mP_v + c \quad (2)$$

เมื่อ	T	คือ ค่าอุณหภูมิ
	P_v	คือ ค่าพิกเซล
	m	คือ ความชันของกราฟเส้นตรง
	c	คือ จุดตัดแกนตั้ง

กำหนดให้ค่าอุณหภูมิอยู่ในแนวแกนตั้งและค่าพิกเซลอยู่ในแนวแกนนอน โดยทั่วไปภาพโทนสีเทามีค่าพิกเซลตั้งแต่ 0 ถึง 255 ซึ่งอาจไม่ใช่ค่าพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับบนแถบเฉดสีดังตัวอย่างในภาพที่ 2ก) ดังนั้นการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงจึงต้องทำการปรับสเกลค่าพิกเซลเพื่อขยายช่วงของค่าพิกเซลให้สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิในภาพถ่ายความร้อนได้ทุกค่าพิกเซล ดังภาพที่ 2ข)



ก) ค่าพิกเซลบนแถบเฉดสีที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด



ข) การขยายค่าพิกเซลให้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 255

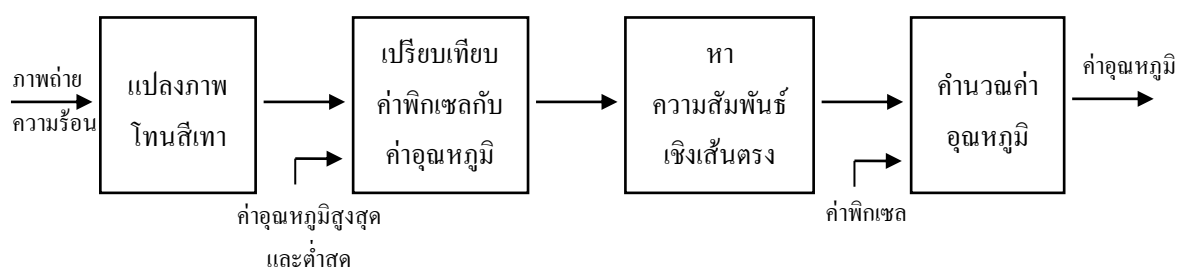
ภาพที่ 2: การปรับค่าพิกเซลของภาพถ่ายความร้อน

4. การคำนวณค่าอุณหภูมิ

จากความสัมพันธ์ที่ได้ในข้อ 3 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของภาพได้จากค่าพิกเซลในตำแหน่งนั้น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะคำนวณค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของอุปกรณ์ไฟฟ้าในบริเวณที่ต้องการ โดยทำการเลือกบริเวณที่ต้องการคำนวณค่าอุณหภูมิเพื่อนำค่าพิกเซลสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยมาคำนวณค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของบริเวณนั้น ๆ จากความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงในสมการที่ (2)

5. พัฒนาโปรแกรม

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนตั้งแต่การแปลงภาพเป็นภาพโทนสีเทาจนถึงการคำนวณค่าอุณหภูมิของบริเวณที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ จะเห็นว่าการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนหนึ่งภาพมีความซับซ้อนที่เกิดจากการประมวลผลหลายขั้นตอน ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการช่วยวิเคราะห์จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วต่อการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนจำนวนมาก โดยสร้างหน้าต่าง GUI (Graphical User Interface) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อน ซึ่งเริ่มจากการออกแบบหน้าต่างการใช้งานใน GUIDE (Graphical User Interface Development) (MathWorks, 2543) ให้ตอบสนองต่อการใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อน หลังจากออกแบบหน้าต่างโปรแกรมจึงทำการเขียนคำสั่ง Callback สำหรับการทำงานของปุ่มกดต่าง ๆ ในหน้าต่างโปรแกรมให้ทำงานได้ตามความต้องการอย่างเป็นขั้นตอน (ปริญา สวงสวัสดิ์, 2556) ซึ่งเป็นการรวมขั้นตอนการทำงานทั้งหมด ดังภาพที่ 3 โดยค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของภาพถ่ายเป็นค่าที่ผู้ใช้งานกำหนดจากแถบสีในภาพ ส่วนค่าพิกเซลเป็นการเลือกบริเวณที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิ



ภาพที่ 3: ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม GUI

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

จากวิธีดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นได้ออกแบบหน้าต่างโปรแกรมที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนดังภาพที่ 4 โดยในแต่ละส่วนมีหน้าที่การทำงานดังนี้

ส่วนที่ 1 : ส่วนของเครื่องมือในการใช้งาน ประกอบไปด้วยปุ่มต่าง ๆ ในการเลือกรูปและบริเวณที่ต้องการคำนวณค่าอุณหภูมิในภาพถ่ายความร้อน รวมถึงฟังก์ชันในการเปลี่ยนภาพสีเป็นภาพโทนสีเทา

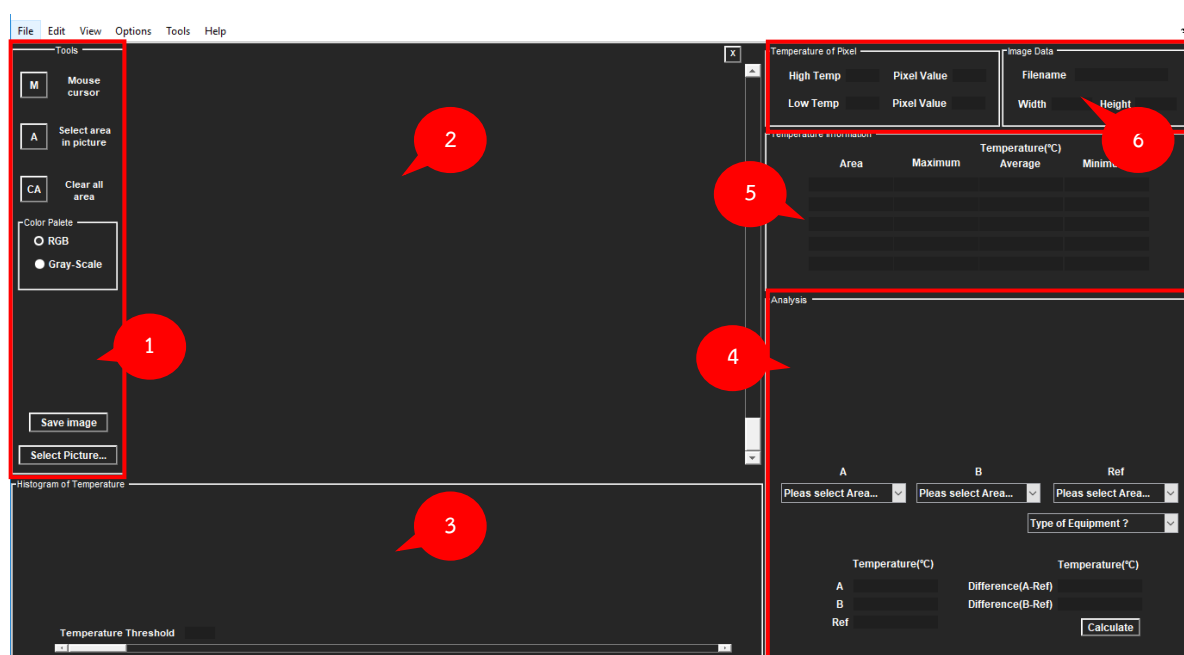
ส่วนที่ 2 : จอแสดงผลภาพที่เลือกจากปุ่ม Select Picture โดยภาพที่แสดงจะเป็นภาพสีหรือภาพโทนสีเทาขึ้นอยู่กับเลือกของฟังก์ชัน Color Palette ในส่วนที่ 1

ส่วนที่ 3 : กราฟแสดงค่าฮิสโตรแกรม (Histogram) ของค่าอุณหภูมิในภาพถ่ายความร้อนที่แสดงในส่วนที่ 2 โดยแกนตั้งคือจำนวนพิกเซลและแกนนอนคือค่าอุณหภูมิ

ส่วนที่ 4 : ส่วนของการแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิในแต่ละบริเวณ โดยสามารถเลือกได้ 5 บริเวณที่เลือกไว้จากปุ่ม Select Picture ในส่วนที่ 1 และสามารถแสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิได้ 3 บริเวณจาก 5 บริเวณที่ทำการเลือก

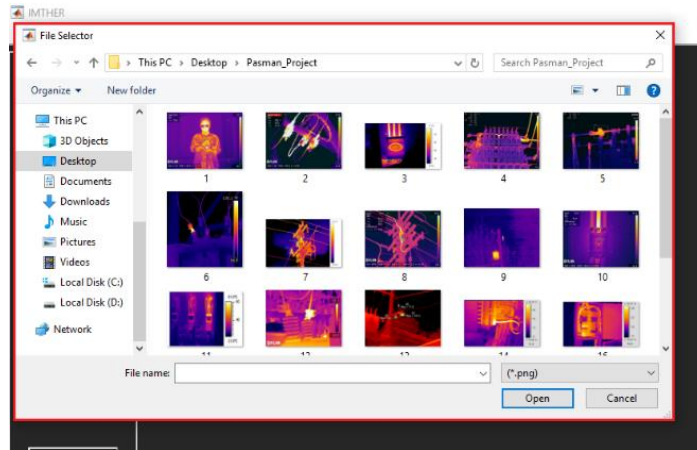
ส่วนที่ 5 : แสดงค่าอุณหภูมิที่คำนวณและชื่อพื้นที่ของในแต่ละบริเวณที่เลือกไว้โดยจำกัดไว้เพียง 5 พื้นที่เช่นเดียวกับส่วนที่ 4

ส่วนที่ 6 : รายละเอียดเกี่ยวกับภาพถ่ายความร้อน เช่น ขนาด ชื่อ และประเภทของไฟล์ภาพ รวมทั้งค่าพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของแถบสีที่ทำการเปรียบเทียบ

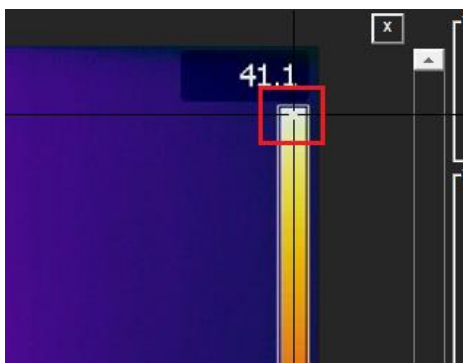


ภาพที่ 4: หน้าต่างโปรแกรม GUI

ขั้นตอนการใช้งานสำหรับการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนจะแสดงการคำนวณค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ไฟฟ้าในภาพถ่ายความร้อน เริ่มจากเลือกรูปภาพที่ต้องการวิเคราะห์ดังภาพที่ 5ก) จากนั้นทำการเลือกพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดบนแถบเฉดสีพร้อมกำหนดค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดดังภาพที่ 5ข) และภาพที่ 5ค) ซึ่งจะแสดงค่าพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในส่วนที่ 6 ของหน้าต่างโปรแกรม



ก) หน้าต่างสำหรับเลือกกรุป



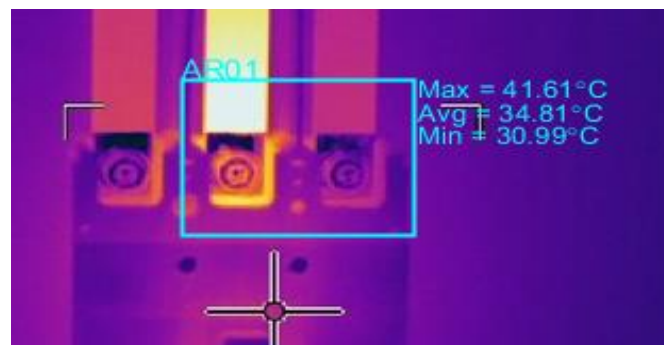
ข) ค่าพิกเซลที่มีอุณหภูมิสูงสุด



ค) ค่าพิกเซลที่มีอุณหภูมิต่ำสุด

ภาพที่ 5: การเตรียมวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อน

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าพิกเซลกับค่าอุณหภูมิแล้ว จะสามารถเลือกบริเวณที่ต้องการทราบค่าอุณหภูมิด้วยปุ่ม Select area in picture ที่อยู่ในส่วนที่ 1 ซึ่งจะแสดงค่าอุณหภูมิ 3 ค่าประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุด ของบริเวณที่เลือกดังภาพที่ 6



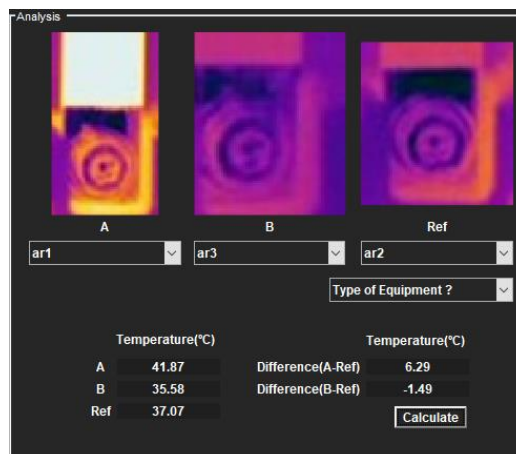
ภาพที่ 6: การเลือกพื้นที่สำหรับคำนวณค่าอุณหภูมิ

การเลือกบริเวณจะสามารถเลือกได้ทั้งหมด 5 พื้นที่ สามารถดูค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของแต่ละบริเวณในส่วนที่ 5 ดังภาพที่ 7ก) เพื่อนำค่าอุณหภูมิมาพิจารณาในการเลือกบริเวณที่ต้องการเปรียบเทียบผลต่างของค่าอุณหภูมิสูงสุดในส่วนที่ 4 ซึ่งสามารถเลือกดูและเปรียบเทียบผลต่างของค่าอุณหภูมิ

ได้ 3 บริเวณพร้อมแสดงภาพของบริเวณนั้น ๆ ประกอบไปด้วย A B และ Ref ดังภาพที่ 7) โดยที่ Ref คือค่าอุณหภูมิอ้างอิง

Temperature Information			
Area	Temperature(°C)		
	Maximum	Average	Minimum
AR01	41.66	34.99	30.98
AR02	35.25	33.33	31.59
AR03	36.98	33.75	30.89
AR04	34.17	32.98	31.13
AR05	36.18	34.14	32.3

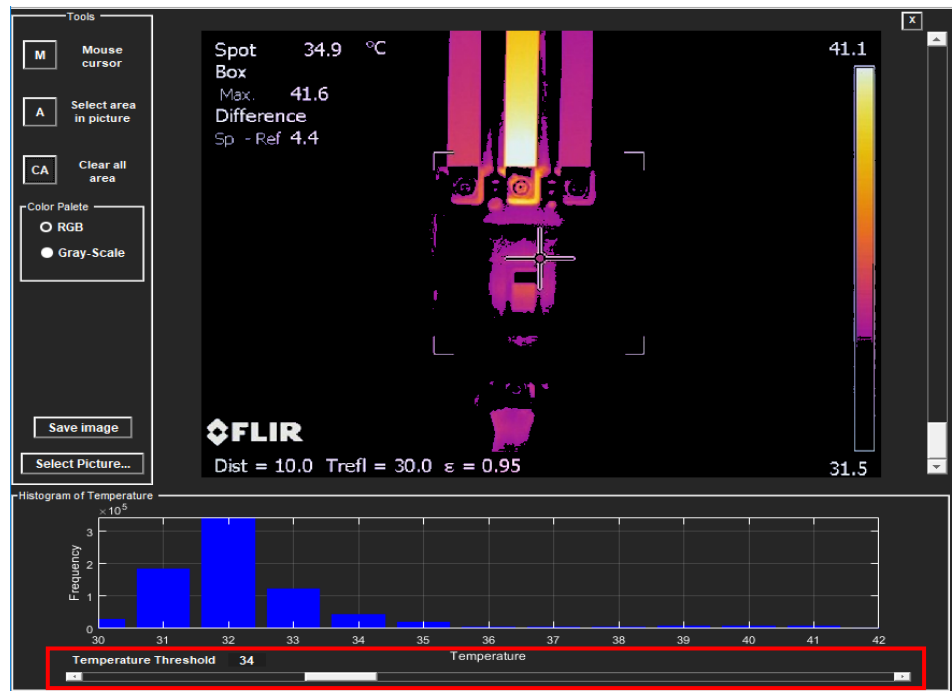
ก) หน้าต่างสรุปค่าอุณหภูมิของแต่ละบริเวณ



ข) หน้าต่างแสดงบริเวณที่ทำการเลือก

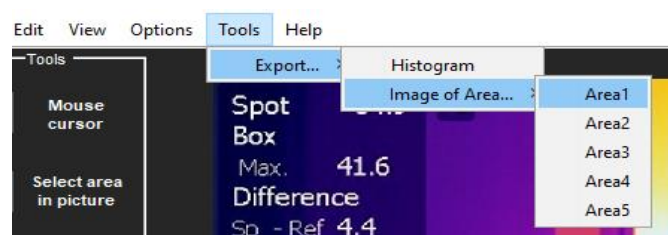
ภาพที่ 7: หน้าต่างแสดงรายละเอียดข้อมูลของบริเวณที่ทำการเลือก

เพื่อให้สามารถทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการ Threshold ภาพถ่ายด้วยค่าอุณหภูมิเพื่อพิจารณาเฉพาะพิกเซลในภาพที่มีค่าอุณหภูมิสูงกว่าค่าอุณหภูมิที่เลือกหรือพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิสูง (MathWorks, 2546) สามารถปรับค่าจากแถบ Slider bar ในส่วนที่ 3 ดังภาพที่ 8 ซึ่งขอบเขตของค่า Threshold ที่สามารถปรับได้จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดถึงอุณหภูมิสูงสุดของแถบสี

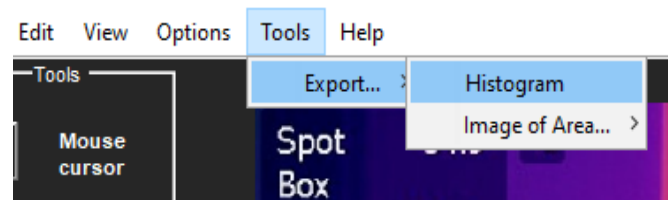


ภาพที่ 8: การปรับค่า Threshold ของภาพถ่าย

นอกจากนี้ยังสามารถบันทึกภาพที่ทำการเลือกพื้นที่ด้วยปุ่ม Save image หรือสามารถเลือกบันทึกเฉพาะบริเวณที่ต้องการโดยเข้าไปที่คำสั่ง Tools >> Export >> Image of Area... ดังภาพที่ 9 รวมทั้งสามารถส่งข้อมูลของกราฟ Histogram ไปที่โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อนำไปจัดทำรายงาน โดยเข้าไปที่คำสั่ง Tools >> Export >> Histogram ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 9: การบันทึกภาพของบริเวณที่ต้องการ



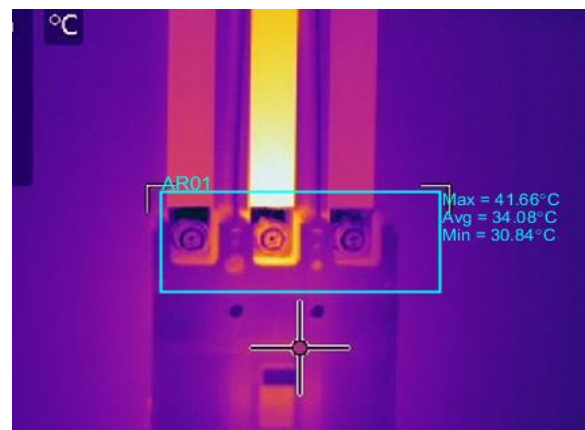
ภาพที่ 10: การส่งข้อมูลกราฟ Histogram

การวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อน

จากการใช้งานโปรแกรมที่ทำการพัฒนาขึ้นในการคำนวณค่าอุณหภูมิในภาพถ่ายความร้อนจำนวน 4 ภาพที่แสดงค่าอุณหภูมิประกอบไปด้วยภาพถ่ายความร้อนของเซอร์กิตเบรกเกอร์ หม้อแปลงไฟฟ้า พิวส์ และกับดักเสิร์จ ดังภาพที่ 11 ถึง ภาพที่ 14 จากนั้นทำการคำนวณค่าอุณหภูมิทั้ง 4 ภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิจากการคำนวณของโปรแกรม ซึ่งการคำนวณค่าอุณหภูมิในโปรแกรมจะทำการเลือกบริเวณที่ต้องการเปรียบเทียบหรือบริเวณที่แสดงค่าอุณหภูมิและคำนวณค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยของบริเวณนั้น ๆ ผลการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิสูงสุดระหว่างค่าที่ได้จากการวัดดังภาพที่ 11ก) ถึง ภาพที่ 14ก) กับค่าจากการคำนวณในแต่ละบริเวณดังภาพที่ 11ข) ถึง ภาพที่ 14ข) แสดงในตารางที่ 1

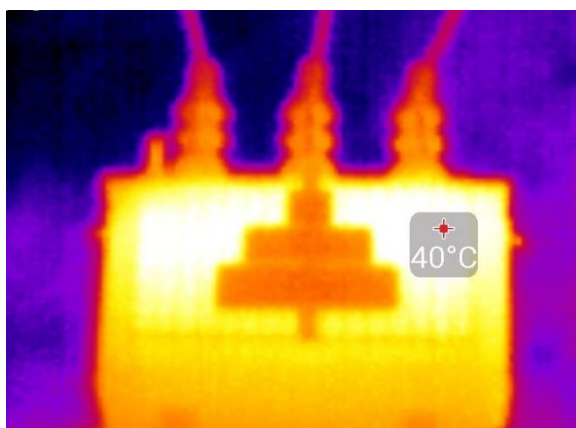


ก) ค่าอุณหภูมิที่แสดงในภาพถ่ายความร้อน

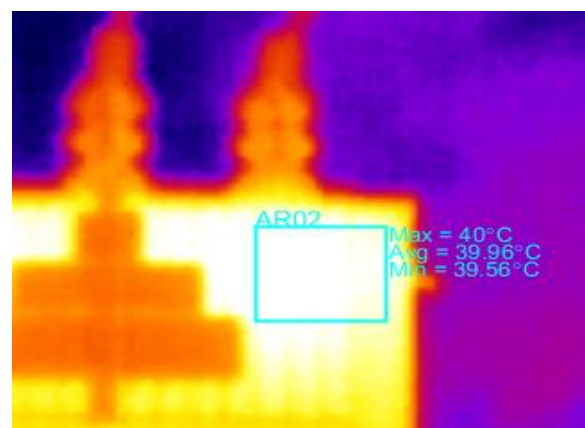


ข) อุณหภูมิจากการคำนวณ

ภาพที่ 11: ภาพถ่ายความร้อนของเซอร์กิตเบรกเกอร์

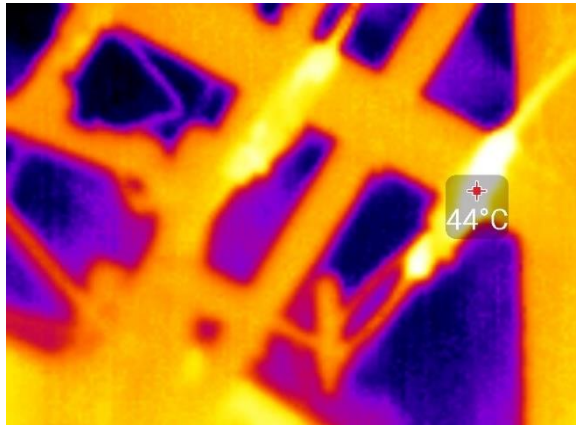


ก) ค่าอุณหภูมิที่แสดงในภาพถ่ายความร้อน

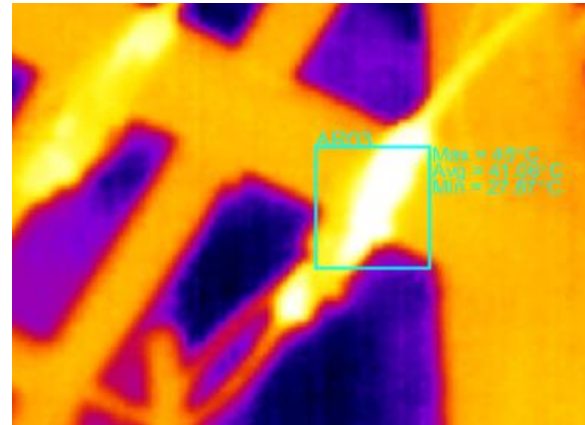


ข) อุณหภูมิจากการคำนวณ

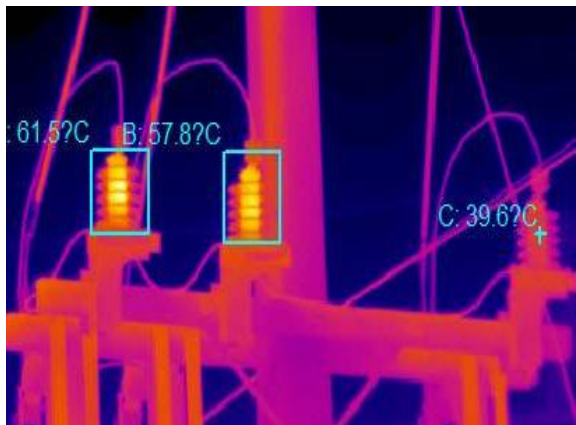
ภาพที่ 12: ภาพถ่ายความร้อนของหม้อแปลงไฟฟ้า



ก) ค่าอุณหภูมิที่แสดงในภาพถ่ายความร้อน
ภาพที่ 13: ภาพถ่ายความร้อนของฟิวส์



ข) อุณหภูมิจากการคำนวณ



ก) ค่าอุณหภูมิที่แสดงในภาพถ่ายความร้อน
ภาพที่ 14: ภาพถ่ายความร้อนของกั๊บดักเสิร์จ



ข) อุณหภูมิจากการคำนวณ

ตารางที่ 1: การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ

อุปกรณ์	อุณหภูมิสูงสุด(°C)		ความคลาดเคลื่อน (°C)	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน
	ภาพถ่าย	การคำนวณ		
เซอร์กิตเบรกเกอร์	41.6	41.66	0.06	0.144
หม้อแปลงไฟฟ้า	44.0	40.0	0.0	0.0
ฟิวส์	44.0	45.0	1.0	2.273
กั๊บดักเสิร์จ	57.8	56.73	1.07	1.851

จากตารางที่ 1 การคำนวณค่าอุณหภูมิของภาพถ่ายความร้อนจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความผิดพลาดไม่เกิน 2.23 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแรงดันสูงและบริเวณอื่น ๆ ที่อยู่ในภาพถ่ายความร้อนได้ใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิจริง

สรุป

การวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนในระบบไฟฟ้าแรงดันสูงมีขั้นตอนในการประมวลผลภาพหลายขั้นตอน การพัฒนาโปรแกรม GUI เพื่อสร้างหน้าต่างโปรแกรมช่วยให้การวิเคราะห์ภาพถ่ายเป็นไปได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วต่อการใช้งานมากขึ้น ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเข้าใจโค้ดคำสั่งก็สามารถทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายความร้อนได้ ผลการเปรียบเทียบระหว่างภาพถ่ายความร้อนกับการคำนวณในโปรแกรมของอุปกรณ์ไฟฟ้าในภาพถ่ายความร้อนมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 2.23 เปอร์เซ็นต์ โดยสาเหตุของความผิดพลาดอาจเกิดจากการกำหนดพิกเซลที่มีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจากแถบสีหรือเกิดจากระยะห่างระหว่างกล้องกับอุปกรณ์ของการถ่ายภาพรวมถึงชนิดวัสดุของอุปกรณ์ที่มีผลต่อค่าความสามารถการแผ่รังสีความร้อน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- ปริญญา สงวนสัตย์. (2556). *คู่มือการใช้งาน MATLAB ฉบับสมบูรณ์*. บริษัท ไอทีซี พีริเมียร์ จำกัด.
ยุทธพงศ์ ทัพผดุง. (2557). *บทความด้านวิศวกรรมไฟฟ้าการตรวจสอบระบบไฟฟ้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน*. สืบค้นเมื่อ มกราคม 2562, จาก www.esd.pea.co.th
ยุทธพงศ์ ทัพผดุง, อธิวัฒน์ หนูนา, ทวีพล ชื้อสัตย์, นวภัทรา หนูนา. (2555). *การใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายความร้อนอินฟราเรดอย่างมืออาชีพ*. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.
โสธร งามการ, กนตธร ขำนิประศาสน์. (2543). *การใช้ MATLAB สำหรับทางวิศวกรรม (ปรับปรุงครั้งที่ 2)*. : สืบค้นเมื่อ มกราคม 2562, จาก <http://www.star-circuit.com>
MathWorks. (2543). *MATLAB App Building*. สืบค้นเมื่อ มกราคม 2562, จาก www.mathworks.com
MathWorks. (2546). *Image Processing Toolbox, Users Guide. Version 4*. : The MathWorks, Inc.
Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddings. (2547). *Digital Image Processing Using MATLAB*. : Pearson Education, Inc.