

กลุ่ม 3

*สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี*

ประสิทธิภาพการเรียนรู้เรื่องโรคเบาหวานผ่านสื่อมัลติมีเดียต่างๆ

โดยการวิเคราะห์การจดจำของคลื่นสมอง

Learning Efficiency about Diabetes Using Different Multimedia via Attention

Data Analysis from Brainwaves

กิตตินันท์ ขอบธรรม

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

chobtham.kittinun@gmail.com

พรชัย มงคลนาม

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

pornchai@sit.kmutt.ac.th

สุนิสา สถาพรวงษา

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

sunisa@sit.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้เรื่องโรคเบาหวานของผู้เรียนผ่านสื่อมัลติมีเดียที่ต่างกัน โดยทำการเปรียบเทียบสัญญาณการจดจำของคลื่นสมองที่ผ่านการเรียนรู้จากทั้ง 3 สื่อ ได้แก่ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ วิดีโอ และแอนิเมชัน เพื่อหาผลลัพธ์ว่าสื่อการเรียนรู้ชนิดใดที่ส่งผลให้เกิดพัฒนาการการเรียนรู้มากที่สุด โดยนำข้อมูลสัญญาณการจดจำของคลื่นสมองระหว่างเรียนรู้สื่อการเรียนรู้แต่ละชนิดมาวิเคราะห์ร่วมกับแบบทดสอบทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน แล้ววิเคราะห์ทางสถิติด้วยเทคนิค Paired Sample t-Test, ANOVA และ Tukey's Test โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จำนวนทั้งหมด 45 คน โดยมีแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 15 คน จากผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน และวิดีโอ เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำกับการเรียนได้มากกว่าสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ และแอนิเมชันยังเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถมีพัฒนาการการเรียนรู้ได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างทั้งสามสื่อ

คำสำคัญ: สื่อมัลติมีเดีย, ประสิทธิภาพการเรียนรู้, การจดจำ, คลื่นสมอง

ABSTRACT

The objective of this research is to compare an efficiency of learning about diabetes with different types of multimedia by comparing obtained attention data. Three types of multimedia used in this research are E-Book, Video, and Animation. To test which type of multimedia affects positive learning efficiency the most, attention data from brainwaves and the differences between pre-test and post-test scores are analyzed using Paired Sample t-Test, ANOVA and Tukey's Test. The samples of this research are 45 volunteers from the first-year and second-year undergraduate students of the Department of Media Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi. This sample group is divided into 3 groups, with 15 participants for each type of multimedia. The obtained results reveals that animation and video media receive attention from the participants more than e-books, and the animation affects a learning efficiency the most.

KEYWORDS: Multimedia, Learning Efficiency, Attention, Brainwave

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในเรื่องการจัดการเรียนการสอน และการให้ความรู้โดยการนำเสนอสื่อมัลติมีเดีย ที่มีการนำเอาข้อความ ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว มาผสมผสานเพื่อให้ผู้ศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น โดยสื่อมัลติมีเดียสามารถสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดีและสามารถประเมินพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้นสื่อมัลติมีเดีย จึงจัดเป็นสื่อที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในปัจจุบัน และจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการขอคำปรึกษาจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการดูแลผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานพบว่า ประชากรในประเทศไทยนั้นยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโรคเบาหวานอยู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากช่องทางที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์นั้นยังเข้าถึงได้ยาก

ซึ่งโรคเบาหวาน [1] ที่มีสาเหตุมาจากความผิดปกติของร่างกายที่ผลิตฮอร์โมนอินซูลินไม่เพียงพอ จึงส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดนั้นสูงขึ้น อาการของโรคเบาหวานที่พบบ่อยนั้น คือ ปัสสาวะบ่อย กระหายน้ำ และน้ำหนักลดลง อาการเบื้องต้นนั้นจะสามารถสังเกตเห็นได้เมื่อระดับน้ำตาลในเลือดสูงกว่า 200 มก. / ดล. ซึ่งรายงานฉบับล่าสุดของกลุ่มโรคไม่ติดต่อ พบว่าอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรของประเทศไทยในช่วงปี 2554 – 2556 ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานนั้นมีอัตราเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 [2]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกสื่อมัลติมีเดียที่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของสื่อมัลติมีเดียผ่านบทเรียนเรื่องโรคเบาหวาน ด้วยเทคนิคการจับสัญญาณการจ่อจอคลื่นสมอง โดยใช้อุปกรณ์จับสัญญาณการจ่อของคลื่นสมองและนำค่าสัญญาณที่ได้ส่งผ่านเทคโนโลยีบลูทูธไปยังสมาร์ตโฟน โดยทำการเปรียบเทียบสัญญาณการจ่อของคลื่นสมองผ่านการเรียนรู้ทั้ง 3 สื่อ ได้แก่ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สื่อวิดีโอ และสื่อแอนิเมชัน เพื่อหาผลการวิจัยว่า สื่อประเภทใดที่ส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ดีที่สุด โดยนำข้อมูลสัญญาณการจ่อของคลื่นสมองระหว่างเรียนสื่อแต่ละชนิด มาวิเคราะห์ร่วมกับแบบทดสอบก่อนเรียน

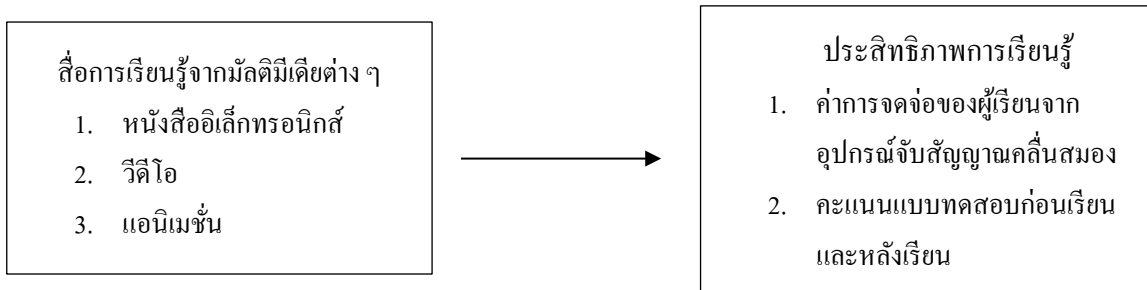
และแบบทดสอบหลังเรียน โดยเลือกใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ Paired Sample t-Test , ANOVA และ Tukey's Test มาทำการวิเคราะห์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนรู้โรคเบาหวานผ่านสื่อมัลติมีเดียที่ต่างกัน
- (2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบว่าสื่อการเรียนรู้มัลติมีเดียประเภทใดที่ส่งผลให้เกิดการจดจำระหว่างทำการเรียนรู้มากที่สุด

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเรียนรู้จาก 3 สื่อ ได้แก่ หนังสือ อิเล็กทรอนิกส์ วิดีโอ และ แอนิเมชัน โดยทำการเปรียบเทียบคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน และค่าสภาวะการจดจำของคลื่นสมองที่วัดจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการวิจัยว่า สื่อการเรียนรู้ชนิดใดส่งผลให้เกิดการพัฒนาการเรียนรู้มากที่สุด โดยตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรจัดกระทำ คือ สื่อมัลติมีเดีย ส่วนตัวแปรตาม หรือตัวแปรที่เป็นผลจากตัวแปรจัดกระทำ คือ ค่าการจดจำของผู้เรียนจากอุปกรณ์จับสัญญาณคลื่นสมอง และคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงได้ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Erik Andreas Lasen [3] ได้ทำการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมอง ที่ใช้ในการควบคุมเกม โดยใช้ NeuroSky Mindset โดยงานวิจัยดังกล่าวได้จำแนกประเภท สัญญาณไฟฟ้าคลื่นสมอง EEG ด้วยระบบเบรนนคอมพิวเตอรอินเตอร์เฟส โดยใช้อุปกรณ์ NeuroSky Mindset ทำการตรวจจับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองในส่วนแรก หลังจากนั้นนำคลื่นไฟฟ้าที่ได้มาทำการแปลงสัญญาณด้วย Fourier Transform และใช้ Neural network สำหรับการจำแนกรูปแบบสัญญาณคลื่นสมองในส่วนที่สอง และนำคลื่นสมองที่ได้มาทำการควบคุม ซึ่งผลที่ได้พบว่า สามารถใช้คลื่นสมองในการบังคับได้ และมีความแม่นยำอยู่ที่ 90 %

ธเนศ อังสุวัฒนากุล , เครือฟ้า ความหมั่น , จิตตาพร ทัพชัย และ นชนราถ สุวรรณจำ [4] ได้ทำการศึกษาการจำแนกสัญญาณคลื่นสมองในขณะที่ผ่อนคลาย หรือเกิดอาการง่วงนอน เพื่อช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจ

เกิดขึ้นตามท้องถนน โดยผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่วงจรขยาย สัญญาณชีวภาพ วงจรกรองความถี่ และส่วนของการประมวลผลและการแจ้งเตือน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC32 และ MX460512L ร่วมกับโมดูล Mp 3 ทำการทดสอบกับอาสาสมัครจำนวน 20 ครั้ง ในแต่ละครั้งของการทดสอบจะทำการติดสายอิเล็กโทรดที่บริเวณใบหูซ้าย และใบหูขวา หลังจากนั้นให้อาสาสมัคร ทำกิจกรรมเพื่อให้สมองตื่นตัว และปรับกิจกรรมให้สมองผ่อนคลายจนหลับ หลังจากการทดลองพบว่า คลื่นอัลฟาเมื่อสมองอยู่ในสภาวะผ่อนคลายจะอยู่ในช่วงความถี่ 8 – 13 Hz

อัญชญา จุลศิริ และ เสรี ชัดเข้ม [5] ได้ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์การฟังดนตรีไทยเดิมในวัยผู้สูงอายุว่า มีผลต่อความจำมากน้อยเพียงใด โดยการนำคลื่นไฟฟ้าจากสมองของผู้สูงอายุระหว่างการฟังดนตรีไทยเดิมมาทำการวิเคราะห์ว่าส่งผลต่อความจำและความคิดของผู้สูงอายุมากน้อยเพียงใด โดยกลุ่มทดลองเป็นผู้สูงอายุจำนวน 15 คน มาทดลองฟังเพลงดนตรีไทยเดิม และเก็บข้อมูลความจำขณะทำกิจกรรมนับตัวเลข โดยดูจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้น ด้วยการเปรียบเทียบความถูกต้องของการทำกิจกรรมขณะนับตัวเลขระหว่างก่อนฟังเพลงดนตรีไทยเดิม และหลังฟังเพลงดนตรีไทยเดิม โดยใช้สถิติ T-Test และเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์อีอาร์ดีของคลื่นไฟฟ้าระดับสูงและเปอร์เซ็นต์อีอาร์เอสของคลื่นเต้าระหว่างทำกิจกรรมนับตัวเลข ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนซ้ำ ผลการทดลองพบว่ามีคะแนนความถูกต้องของการทำกิจกรรมนับตัวเลข และเปอร์เซ็นต์อีอาร์ดีของคลื่นอัลฟาในระดับสูงบริเวณเปลือกสมองส่วนหน้าเพิ่มขึ้นหลังจากผู้สูงอายุได้ฟังดนตรีไทยเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.5 และมีเปอร์เซ็นต์อีอาร์เอสของคลื่นเต้าบริเวณร่างแหของวงจรเซลล์ประสาทบริเวณสมองด้านพาโรเอทัลลดลงหลังจากฟังดนตรีไทยเดิมที่ฟังพอใจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ 0.5 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการฟังดนตรีไทยเดิมที่ฟังพอใจช่วยเพิ่มศักยภาพด้านความจำและความคิดของผู้สูงอายุได้

Bryan Van Hal, Samhita Rhodes, Bruce Dunne และ Robert Bossemeyer [6] ได้ทำการศึกษาว่า อุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำอย่าง NeuroSky Mindset Single EEG Headset นั้นช่วยในการตรวจจับในการนอนหลับได้มากน้อยเพียงใด โดยเขาได้ทดลองทำการ สกัดสัญญาณที่ได้รับมาโดยแบ่งสัญญาณ คลื่นสมองออกเป็น อัลฟาสูงหรือต่ำ เบต้าสูงหรือต่ำ เพื่อวิเคราะห์ถึงผลการนอนหลับ ผลการทดลองพบว่า ความแม่นยำของตัวอุปกรณ์ชิ้นนี้อยู่ที่ 81% เมื่อใช้ในการตรวจจับการนอนหลับ โดยมีการทดลองทั้งสิ้น 16 ครั้ง และให้ผลถูกต้องทั้งสิ้น 13 ครั้งโดยข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเกิดจากค่าความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมที่ทดสอบ

Sim kok Swee, Lim Zheng You และ Teck Kiang [7] ได้ทำการศึกษาเรื่องการเคลื่อนไหวขั้นพื้นฐาน การสร้างรถเข็นไฟฟ้า และ ศึกษาการควบคุมรถไฟฟ้า ด้วยสัญญาณ EEG โดยการทดลองได้แบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ การออกแบบด้าน Hardware Design ได้แก่ การออกแบบรถเข็นคนพิการ, Scooter Motors, Arduino Uno microcontroller board, High Current Motor Driver, Hc-06 Bluetooth Module และ Emotiv EPOC headset เพื่อใช้ในการอ่านสัญญาณคลื่นสมอง ส่วนในด้าน Software Design นั้น เมื่อรับสัญญาณ Brainwaves ผ่าน Emotiv EPOC headset ผ่าน Bluetooth และประมวลผลข้อมูลที่เข้ามาผ่าน Mental Commands แล้วให้ Microcontrollers รับสัญญาณ input เข้ามาเพื่อขับเคลื่อน รถเข็นไฟฟ้า ผลการทดลองพบว่าสามารถสร้างระบบควบคุมรถเข็นไฟฟ้า ด้วยคลื่นสมองได้

A. S. Abdel – Rahman, A. F. Seddik และ D.M. Shawky [8] ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ EEG Headset ในการตรวจจับอาการง่วงนอน ขณะขับรถ เพื่อช่วยให้นักขับรถตื่นตัวอยู่ตลอดเวลา โดยใช้ Neurosky

Mindset เป็นอุปกรณ์ในการวัดคลื่น EEG ที่มีราคาถูกในการวัด ด้วยการรับสัญญาณคลื่นสมองจากอุปกรณ์ดังกล่าว โดยผ่านโปรแกรม Matlab เป็นตัวแสดงผล และทำการประมวลผลรวมทั้งหาคุณลักษณะมี 2 ระยะ คือ Offline Detection System เป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องของ ข้อมูล โดยใช้ NeuroView Software ซึ่งเป็นช่องทางที่ใช้บันทึกสัญญาณ EEG และทำการเก็บข้อมูลตัวเลขหรือตัวอักษร โดยใช้วิธี Comma Separated Values(CSV) แล้วใช้โปรแกรม Math lab ในการประมวลผล มีการเก็บข้อมูลต้นแบบไว้ทั้งสิ้น 60 แบบ จากคนช่วงอายุระหว่าง 20 – 60 ปี ได้ทั้งสิ้น 600 คลื่นสัญญาณ EEG หลังจากนั้นใช้โปรแกรม Math lab ในการแยกสัญญาณประเภทการตื่นตัวและการนอนหลับ โดยที่คลื่นความถี่ 1 – 16 Hz คือคลื่นช่วงเวลาก่อนนอนหลับ และคลื่นสัญญาณช่วง 17 – 30 Hz คือคลื่นสัญญาณการตื่นตัว หลังจากนั้นใช้ power spectral density ในการเก็บความหนาแน่นของข้อมูล Spectam Signal เพื่อนำไปใช้ในการหาคุณลักษณะของสัญญาณ ขั้นตอนต่อมาใช้ Network Classifier เพื่อทำการแยกสัญญาณการตื่นตัวและการนอนต่อไป หลังจากนั้น จะเป็นระยะของ Online Detection System เมื่อ Monitor เสร็จสิ้นในระบบส่วนนี้จะทำการวิเคราะห์ สัญญาณ ถ้า สัญญาณที่วิเคราะห์พบว่ามีอยู่ในช่วงตื่นตัว ระบบจะแสดงข้อมูลตามผลลัพธ์ที่ได้ตามมา แต่ถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าอยู่ในช่วงของการนอนหลับ ระบบจะแสดงผลลัพธ์แจ้งเตือน ในอีก 20 วินาทีต่อมา ในการแจ้งเตือนคนขับ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าสามารถแจ้งเตือนคนขับ ได้อย่างถูกต้อง 97.6%

Namita. R. Tambe และ Ajitkumar kchachance [9] ได้ทำการศึกษาเรื่องระบบ ในการคัดเลือกวิดีโอที่เหมาะสม กับสภาวะอารมณ์ของผู้เรียนระบบ ในการคัดเลือกวิดีโอที่เหมาะสม กับสภาวะอารมณ์ของผู้เรียน โดยใช้ Neurosky BrainWave detector ร่วมกับ Random Forest Classification Method โดยเปรียบเทียบกับเทคนิค Neural Network , LDA, SVM Native Bayes KNN ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า Random Forset ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับทั้งหมด แต่มีข้อเสียคือประมวลผลช้ากว่าวิธีอื่น ให้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ 97.03 % และ มีค่า Error อยู่ที่ 0.04 %

Pei-Yu Cheng, Yu-Cheng Chien, Guan-Yu Chen, Yueh-Min Huang, Yen-Ning Su, Chia-Hung Lai และ I-Wei Lu [10] ได้ทำการสร้างระบบช่วยติดตามความตั้งใจในการอ่าน E-Book ของนักเรียนให้กับอาจารย์ โดยใช้ Brainwave ร่วมกับ Visual โดยทำการทดลอง มี 5 อาจารย์เข้ามาลงทะเบียนเพื่อดูผลการเรียนของนักเรียนระหว่างเรียน โดยใช้ Neurosky ในการ Detection ความตั้งใจของนักเรียน และใช้ visual sensor ในการจับว่าผู้เรียนกำลังดูสื่อการเรียนรู้อยู่จริงๆ โดยใช้เวลาในการทดสอบคนละ 15 นาที ซึ่งได้ผลลัพธ์คือ อาจารย์ทั้ง 5 คนบอกว่าตัวระบบนี้ช่วยให้สามารถติดตามความตั้งใจเรียนของนักเรียนได้ดีขึ้น

จักรกฤษณ์ สันยะลา [11] ได้ทำการวิจัยเรื่องการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อการสอนระหว่างสื่อประเภทสไลด์กับวิดีโอ ในรายวิชาการระบบบริหารและประกันคุณภาพ โดยทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น สองกลุ่ม โดยมีแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียนและนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบผลคะแนนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งจากการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพสื่อการสอนแบบสไลด์ให้พัฒนาการเรียนรู้น่ามากกว่าสื่อการสอนแบบวิดีโอ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้เรื่องนี้ออกแบบโดยใช้การวิจัยเชิงทดลอง ที่ศึกษาพฤติกรรมการทดลองสามกลุ่ม ได้แก่ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ วีดีโอ และแอนิเมชัน โดยมีการวัดผลก่อนการทดลองและหลังการทดลองเพื่อดูพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้ทดลอง โดยทำการทดสอบตัวแปรตามจากการให้ผู้ทดสอบทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นให้ผู้ทดสอบเรียนรู้ด้วยสื่อตามกลุ่มทดลองและเก็บค่าจัดจ่อของคลื่นสมองระหว่างที่ผู้ทดสอบเรียนรู้ด้วยสื่อเหล่านั้น และให้ผู้ทดสอบทำแบบทดสอบหลังเรียนเพื่อหาความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยจะนำผลลัพธ์จากการทดสอบและค่าจัดจ่อของสัญญาณคลื่นสมองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อทดสอบสมมุติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่า สื่อการเรียนรู้แอนิเมชันเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ผู้ทดลองมีความตั้งใจและส่งผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้ทดลองมากที่สุด

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีมีเดีย ชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 จำนวน 45 คน แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่มตามสื่อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.2.1 กลุ่มที่ 1 จำนวน 15 คน ทดสอบการจดจ่อของคลื่นสมอง จากสื่อการเรียนรู้ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์

4.2.2 กลุ่มที่ 2 จำนวน 15 คน ทดสอบการจดจ่อของคลื่นสมอง จากสื่อการเรียนรู้ วีดีโอ

4.2.3 กลุ่มที่ 3 จำนวน 15 คน ทดสอบการจดจ่อของคลื่นสมอง จากสื่อการเรียนรู้ แอนิเมชัน

โดย นักศึกษาที่เข้าร่วมในงานวิจัย มีความรู้เรื่องโรคเบาหวานอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ได้แก่ ตัวแปรอิสระมีจำนวน 1 ตัวแปร คือ สื่อมัลติมีเดียที่ใช้ในการวิจัย ส่วนตัวแปรตาม มีจำนวน 2 ตัวแปร คือ ค่าการจดจ่อที่ได้จากอุปกรณ์ Brainwave และ ความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

(1) แบบทดสอบก่อนเรียน และ หลังเรียน เรื่องโรคเบาหวาน โดยวัดจากคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิดหลายตัวเลือก

(2) อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณคลื่นสมอง เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในงานวิจัยและได้รับการรับรองมาตรฐาน โดย FCC, CE และ SRRC

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลด้วยตนเอง โดยการนำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณคลื่นสมองและแอปพลิเคชันที่สร้างขึ้น ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่เป็นอาสาสมัครจำนวน 45 คน

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ Paired-Sample t-Test, ANOVA และ Tukey's Test

5. สรุปผลการวิจัย

เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการเรียนรู้จากการเรียนรู้สื่อแต่ละชนิด เรื่อง โรคเบาหวาน ของนักศึกษา ระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ด้วยเทคนิคการจับสัญญาณจจของคลื่นสมอง การวัดผลพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา จากการเรียนรู้สื่อแต่ละชนิด วัดได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนเรื่องโรคเบาหวาน และแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องโรคเบาหวาน โดยทั้งสองแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิดหลายตัวเลือก จำนวนแบบทดสอบ ๆ ละ 10 ข้อ

ตารางที่ 1 ตาราง Paired – Sample t-Test เรื่อง พัฒนาการด้านคะแนนเรื่องโรคเบาหวาน ของสื่อมัลติมีเดีย (alpha = 0.05)

สื่อมัลติมีเดีย	t	p
หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	-6.227	2×10^{-5}
วิดีโอ	-8.030	4.252×10^{-5}
แอนิเมชัน	-3.503	0.003

จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการเปรียบเทียบพัฒนาการด้านคะแนนของทั้งสามสื่อการเรียนรู้พบว่า ทั้งสามสื่อ มีพัฒนาการด้านคะแนนอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผลการทดสอบหลังเรียน สูงกว่าผลการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งสังเกตได้จากค่า P ที่มีค่าต่ำกว่า alpha

ตารางที่ 2 ตาราง Multiple Comparison of Means โดยใช้เทคนิคของ Tukey เรื่อง เปรียบเทียบอัตรา การเปลี่ยนแปลงของคะแนน ว่าสื่อใดมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด (alpha = 0.05, F = 6.212, p-value = 0.0047)

Group1	Group2	Meandiff	Lower	Upper	p	Reject
แอนิเมชัน	หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	1.5667	0.0414	3.0919	0.043	true
แอนิเมชัน	วิดีโอ	2.3889	0.6206	4.1572	0.005	true
หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	วิดีโอ	0.8222	-0.9672	2.616	0.507	false

จากข้อมูลในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า สื่อการเรียนรู้แบบแอนิเมชันนั้นมีการเปลี่ยนแปลงคะแนนมากกว่า หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Meandiff) อยู่ที่ 1.5667 และเมื่อนำแอนิเมชันไปทำการเปรียบเทียบกับวิดีโอพบว่า แอนิเมชันยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนที่มากกว่าวิดีโอ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Meandiff) อยู่ที่ 2.3889 เมื่อต้องการหาการเปลี่ยนแปลงคะแนนระหว่างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์กับวิดีโอ พบว่า มีค่าเฉลี่ยในการเปลี่ยนแปลงคะแนนใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Meandiff) อยู่ที่ 0.8222

ตารางที่ 3 ตาราง Multiple Comparison of Means โดยใช้เทคนิคของ Tukey เรื่อง เปรียบเทียบสัญญาณการจذبว่าสื่อใดที่ทำให้ผู้ทดลองสามารถจذبอยู่กับสื่อการเรียนรู้ได้มากที่สุด ($\alpha = 0.05$, $F = 6.212$, $p\text{-value} = 0.0047$)

Group1	Group2	Meandiff	Lower	Upper	p	Reject
แอนิเมชัน	หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	10.4382	2.3557	18.5206	0.008	true
แอนิเมชัน	วิดีโอ	- 0.6572	-10.0276	8.7131	0.900	false
หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	วิดีโอ	-11.0954	-20.5775	-1.6132	0.018	true

จากข้อมูลในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า สื่อการเรียนแบบแอนิเมชัน มีค่าเฉลี่ยสัญญาณการจذبของคลื่นสมองมากกว่าแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Meandiff) อยู่ที่ 10.4382 และเมื่อนำแอนิเมชัน ไปเปรียบเทียบกับสื่อวิดีโอพบว่า แอนิเมชันมีค่าเฉลี่ยของการจذبไม่ต่างจากสื่อการเรียนรู้วิดีโอ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Meandiff) อยู่ที่ - 0.6572 เมื่อนำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์มาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณการจذبของคลื่นสมองกับสื่อการเรียนรู้วิดีโอพบว่า สื่อการเรียนรู้วิดีโอ มีค่าเฉลี่ยการจذبที่สูงกว่าของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Meandiff) อยู่ที่ - 11.0954

6. อภิปรายผล

ผลการวิจัย เรื่องประสิทธิภาพการเรียนรู้เรื่อง โรคเบาหวาน ผ่านสื่อมัลติมีเดีย ด้วยเทคนิคการจับสัญญาณการจذبของคลื่นเมื่อพิจารณาจากคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนของทั้งสามสื่อการเรียนรู้ พบว่า ทั้งสามสื่อการเรียนรู้ นั้น สามารถส่งผลให้เกิดพัฒนาการการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ผลการทดสอบหลังเรียน สูงกว่าผลการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งสังเกตได้จากค่า P ที่มีค่าต่ำกว่า $\alpha = 0.05$ โดยที่ ค่า p ของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ 2×10^{-5} ค่า p ของวิดีโอ 4.252×10^{-5} และค่า p ของแอนิเมชันเท่ากับ 0.003 [11]

เมื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาว่าสื่อการเรียนรู้ชนิดใดทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้มากที่สุดพบว่า แอนิเมชันทำให้เกิดการพัฒนากระบวนการเรียนรู้มากที่สุด ส่วนวิดีโอ และ หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ นั้น ทำให้เกิดการพัฒนารการเรียนรู้ที่มีความใกล้เคียงกัน โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างแอนิเมชันกับหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ พบว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 1.5667 และเมื่อนำแอนิเมชันไปทำการเปรียบเทียบกับวิดีโอ แอนิเมชันยังคงมีอัตราการเปลี่ยนแปลงคะแนนที่มากกว่าวิดีโอ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 2.3889 เมื่อต้องการหาการเปลี่ยนแปลงคะแนนระหว่างหนังสืออิเล็กทรอนิกส์กับวิดีโอ พบว่า มีค่าเฉลี่ยในการเปลี่ยนแปลงคะแนนใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.8222 [12]

นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลสภาวะการจذبของคลื่นสมองจากทั้งสามสื่อมาเปรียบเทียบกันจะพบว่า แอนิเมชัน และวิดีโอ นั้นทำให้ผู้เรียนเกิดความตั้งใจในการเรียนรู้ใกล้เคียงกัน และหนังสืออิเล็กทรอนิกส์นั้น ทำให้ผู้เรียนจذبอยู่กับบทเรียนน้อยที่สุด โดยที่แอนิเมชัน มีค่าเฉลี่ยสัญญาณการจذبของคลื่นสมองมากกว่าแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย อยู่ที่ 10.4382 และเมื่อนำแอนิเมชัน ไปเปรียบเทียบกับวิดีโอพบว่า แอนิเมชันมีค่าเฉลี่ยของการจذبไม่ต่างจากสื่อการเรียนรู้วิดีโอ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย อยู่ที่ - 0.6572 เมื่อนำหนังสืออิเล็กทรอนิกส์มาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณการจذبของคลื่นสมองกับวิดีโอพบว่า

วิดีโอ มีค่าเฉลี่ยการจดจำที่สูงกว่า ของหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ โดยมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย อยู่ที่ – 11.0954 [12]

จากข้อมูลดังกล่าว สรุปในเบื้องต้นได้ว่า สื่อการเรียนรู้แอนิเมชัน และวิดีโอเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำกับการเรียนได้มากกว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) สามารถนำผลวิจัยไปใช้เลือกสื่อการเรียนรู้ที่มีลักษณะที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรีได้

(2) สามารถนำระเบียบและวิธีการวิจัยดังกล่าวไปประยุกต์เพื่อใช้ในการค้นหาประสิทธิภาพการเรียนรู้ในด้านอื่น ๆ ได้

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรจัดหาอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ที่ง่ายกว่าที่ใช้ในงานวิจัย เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการทำวิจัยได้มากยิ่งขึ้น

(2) สามารถเพิ่มตัวแปรต้น เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยแท้จริงอาจซึ่งส่งผลต่อผลลัพธ์

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากอาสาสมัครนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ทั้งสิ้น 45 คนและขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่เพื่อใช้ในการทำวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

จักรกฤษณ์ ชันยะลา, 2556, “การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อการสอนระหว่างสื่อประเภทสไลด์กับวิดีโอในรายวิชาการบริหารและประกันคุณภาพ”, วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏรำปาง, ปีที่ 6 ฉบับที่ 1, หน้า 1 – 7

ชนศ อังศุวัฒนากุล, เครือฟ้า ความหมั่น, จิตราพร ทัพชัย, นุชนารถ สุวรรณขำ, 2012. “EEG Alpha Wave Editor”, **Bio Medical Engineering Conference(BMECON 2012)**, 9 – 10 August, สมาคมวิจัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ไทย, หน้า 119 – 122.

วิชัย เอกพลากร, ธนพันธ์ สุขสอาด, อรรถเกียรติ กาญจนพิบูลวงศ์, 2016, “สรุปสถานการณ์สำคัญโรคไม่ติดต่อและปัจจัยเสี่ยงหลัก”, วารสาร รายงานสถานการณ์โรค NCDs, ฉบับที่ 2, หน้า 14

สุภาวดี ลิขิตมาสกุล, คัทรี ชัยชาญวัฒนากุล, พรพิมล เกียรติศักดิ์ทวี, 2555, คู่มือประกอบความรู้โรคเบาหวานในเด็กวัยรุ่น, พิมพ์ครั้งที่ 4, ชมรมเพื่อเด็กและวัยรุ่นเบาหวาน, กรุงเทพมหานคร, หน้า 8 – 14

อัญชนา จุลศิริ, เสรี ชัดเข้ม, 2556, “ผลของการฟังดนตรีไทยเดิมที่พึงพอใจต่อการเพิ่มศักยภาพความจำและความคิดในผู้สูงอายุ: กรณีศึกษา คลื่นไฟฟ้าสมอง”, *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, หน้า 1 – 18

A. S. Abdel – Rahman, A. F. Seddik, D.M. Shawky, “An Affordable Approach for Detecting Drivers ' Deowsiness using EEG Signal Analysis”, **Advances in Computing, Communications and informatics (ICACCI)**, 10 – 13 August 2015, Kochi, India, pp. 1326-1332.

Bryan Van Hal, Samhita Rhodes, Bruce Dunne Robert Bossemeyer, “Low Cost EEG- Based Sleep Detection”, **Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)**, 26-30 August 2014, Chicago, USA, pp. 4571-4574.

Erik Andreas Lasen, 2011, “EEG Technology: Why and How It Works”, **Classification of EEG Signals in a Brain-Computer Interface System**, June 2011, Norwegian University of Science and Technology, pp. 9 -11.

Namita. R. Tambe, Ajitkumar kchachance, “Mood based E-learning using EEG”, **Computing Communication Control and automation (ICCUBEA), 2016 International Conference on**, 12 – 13 August 2016, Pune, India, pp. 1–4.

Pei-Yu Cheng, Yu-Cheng Chien, Guan-Yu Chen, Yueh-Min Huang, Yen-Ning Su, Chia-Hung Lai, I-Wei Lu,” Develop an Attention Recognition Mechanism on E-Book Reading System by Brainwave and Visual”, **Sensing Technology (ICST), 2015 9th International Conference on**, 24 March 2016, Auckland, New Zealand, pp. 438–442.

Richard G.Lomax , Debbie L Hahs – Vaughm, **Statistical Concept A Second Course**, 4 ed, 2012, United States of America

Sim Kok Swee, Lim Zheng You, Teck Kiang, “Brainwave Controlled Electrical Wheel Chair”, **MATEC Web of Conferences 54**, 1 – 3 February 2016, Cape Town, South Africa, pp. 1-4.

ระบบวิเคราะห์กิจวัตรประจำวันสำหรับผู้สูงอายุ Daily Routine Analysis System for Elderly

นายณัฐวุฒิ กอแก้วปฐมกุล

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

kwanznattawut@gmail.com

นายธนพัฒน์ เด่นไกรรักษ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

thanapatdenkairak@gmail.com

นายกฤษภัทท์ สกฤษสินสิทธิ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

s.kritphat@gmail.com

ดร.พิน แก้วฉัตรมณี

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

pin.ch@spu.ac.th

ดร.สุรัชย์ ทองแก้ว

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

surachai.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Aging Society) อย่างรวดเร็ว ซึ่งผู้สูงอายุเป็นช่วงวัยที่มีอัตราการเจ็บป่วย การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย การลดลงของระดับฮอร์โมน การเกิดอุบัติเหตุต่าง ๆ ตามช่วงอายุที่สูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความเสี่ยงในการดำเนินชีวิตประจำวัน อาจเป็นผลพวงจากภาวะโรคชราที่ผู้สูงอายุทุกคนต้องพบเจอ ระดับคุณภาพชีวิตของประชากรส่วนใหญ่ในประเทศไทยไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีนัก ส่งผลให้หลายครอบครัวมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการทำงาน ทำให้ครอบครัวที่มีผู้สูงอายุขาดการดูแลและได้รับการเอาใจใส่อย่างเหมาะสม

ทางทีมผู้พัฒนาได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ จึงคิดค้นระบบวิเคราะห์กิจวัตรประจำวันสำหรับผู้สูงอายุขึ้น โดยระบบจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้เวลาอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ ของผู้สูงอายุ การพัฒนาในขั้นแรกระบบจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ห้องนอนและห้องน้ำ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะถูกจัดเก็บ วิเคราะห์ และรายงานผล ในส่วนของการรายงานผลจะมีข้อมูลของช่วงเวลาอยู่ในรูปแบบสถิติ และมีการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติผ่านทางแอปพลิเคชัน

เมื่อมีการใช้งานระบบนี้ครอบครัวที่มีผู้สูงอายุจะรับทราบข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ ซึ่งทำให้สมาชิกทุกคนในครอบครัวสามารถวางแผนในการจัดการสิ่งต่าง ๆ สำหรับผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม ระบบนี้สามารถติดตั้งได้กับบ้าน อาคาร สถานที่ต่าง ๆ ที่มีสัญญาณอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้ยังสามารถนำไปให้แพทย์ใช้วิเคราะห์ในการรักษาอาการเจ็บป่วยเบื้องต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตออฟดิงส์, ระบบวิเคราะห์กิจวัตรประจำวัน, ระบบสำหรับผู้สูงอายุ

Abstract

At present, Thailand has entered the rapidly aging society where the elderly are at an age of illness. Physical changes Reduction of hormone levels Accidents at different ages. This causes a risk to the daily life. May be the result of old age sickness that all the elderly must meet. The quality of life of most people in Thailand is not good. As a result, many families are required to spend most of their time working. Elderly families lack the care and attention they deserve.

The development team recognizes the importance of daily life problems of the elderly. The system analyzes the daily routine for the elderly. The system will analyze the time spent in various areas of the elderly. Initially, the system will analyze data in the bedroom and bathroom areas. The data will be stored, analyzed and reported in the report. And there are alerts when anomalies occur via the application.

When this system is used, families with older people will be able to get information in real time. This makes it possible for all family members to plan for the proper management of the elderly. This system can be installed with homes, buildings, places with internet access. In addition, the information can also be taken to the physician for further analysis of the underlying illness.

Keyword: Internet of Thing (IoT), Daily Routine Analysis System, System for Elderly

1. บทนำ

ระบบวิเคราะห์กิจวัตรประจำวันสำหรับผู้สูงอายุ (Daily Routine Analysis System for Elderly) เป็นการนำเทคโนโลยีทางด้าน IoT (Internet of Things) มาประยุกต์ให้เข้ากับสถานการณ์ในปัจจุบันของประเทศไทย เพื่อให้คนทั่วไปสามารถจับต้องและเข้าถึงการใช้งานได้ง่ายขึ้น การทำงานหลักของระบบจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านช่วงเวลาที่ใช้ในแต่ละพื้นที่ และลักษณะท่าทางการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ บริเวณห้องนอนระบบจะทำการวิเคราะห์ระยะเวลาที่นอน ท่าทางการนอน การขยับตัวระหว่างนอนหลับ การพลิกตัวระหว่างนอนหลับ ระบบจะนำค่าที่ได้มาทำการคำนวณหาระยะเวลาในการนอนหลับสนิทที่แท้จริง บริเวณห้องน้ำระบบจะทำการวิเคราะห์ความถี่ในการเข้า-ออกห้องน้ำ ระยะเวลาในการเข้าห้องน้ำ รวมไปถึงหากใช้เวลาในบริเวณใดนานจนเกินไปจากค่าที่กำหนดไว้ ระบบจะทำการส่งค่าไปแจ้งเตือนว่าอาจมีการเกิดเหตุฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุ โดยข้อมูลที่ได้จากทั้งสองส่วนจะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน เพื่อสรุปและรายงานผลทางด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ

ให้กับผู้ที่มีหน้าที่ดูแลหรือสมาชิกในครอบครัวผ่านทางแอปพลิเคชัน หน้าต่างการใช้งานภายในแอปพลิเคชันจะมีลักษณะที่ครอบคลุมข้อมูลทั้งหมด เช่น การรายงานผลแบบปกติ กราฟแสดงสถิติข้อมูล การสรุปผลข้อมูลเพื่อแสดงว่าพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้สูงอายุนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่

1.1 วัตถุประสงค์

- 1) ออกแบบระบบการทำงานเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลา ลักษณะท่าทาง และการพลิกตัวระหว่างนอนหลับ
- 2) ออกแบบระบบการทำงานเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลาและความถี่ในการเข้าห้องน้ำ
- 3) พัฒนาระบบการทำงานเพื่อทำการรายงานผลผ่านแอปพลิเคชันและจะต้องมีการใช้งานที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย
- 4) พัฒนาระบบการทำงานเพื่อทำการแจ้งเตือนเมื่อมีการเกิดเหตุฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุได้อย่างแม่นยำ

1.2 ขอบเขต

- 1) ระบบสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลา ลักษณะท่าทาง และการพลิกตัวระหว่างนอนหลับ
- 2) ระบบสามารถทำการวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลาและความถี่ในการเข้าห้องน้ำ
- 3) ระบบสามารถทำการรายงานผลผ่านแอปพลิเคชันและจะต้องมีการใช้งานที่เข้าถึงได้ง่าย
- 4) ระบบสามารถทำการแจ้งเตือนเมื่อมีการเกิดเหตุฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุได้อย่างแม่นยำ

1.3 เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 การดูแลสุขภาพและภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุไทย [1]

ผู้สูงอายุพบว่า เมื่อผู้สูงอายุมีอายุเพิ่มมากขึ้น ร่างกายจะเสื่อมถอยและอ่อนแอลง จิตใจมีการแปรปรวน (นภากาศ หะวานนท์และธีรวิทย์ วรธนินท์, 2552: 10-11 และ ประพนอม โอทกานนท์, 2554: 11-24) ในด้านสถานการณ์สุขภาพของผู้สูงอายุ พบว่าผู้สูงอายุไทยเป็นโรคเรื้อรังเพิ่มมากขึ้น เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิต ไตวาย โรคดังกล่าวสามารถนำไปสู่ภาวะทุพพลภาพและการเสียชีวิตของผู้สูงอายุซึ่งเป็นภาวะที่บั่นทอนสุขภาพ (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุ, 2554: 25) สิ่งที่สูงอายุต้องการมากที่สุดในช่วงบั้นปลายชีวิต คือความสุข อันเกิดจากการมีคุณภาพชีวิตที่ดี 3 องค์ประกอบด้วยกัน ได้แก่ การมีสุขภาพที่ดี ทั้งร่างกายจิตใจ และสังคม โดยการมีสุขภาพที่ดีย่อมเกิดจากการที่บุคคลทำกิจกรรมที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมสุขภาพของตนเอง ในทางกลับกันการที่บุคคลมีสุขภาพไม่ดีย่อมเกิดจากการมีพฤติกรรมในการดูแลสุขภาพที่ไม่ดีหรือไม่เหมาะสม (Pender, 1996: 98) และนอกจากการที่ผู้สูงอายุดูแลสุขภาพของตนเองแล้วยังสามารถรับการดูแลจากบุคคลอื่นได้ด้วย หรือที่เรียกว่าการสนับสนุนทางสังคม เป็นการกระทำที่ส่งผลในทางบวกมากกว่าทางลบ ซึ่งมีผลให้สุขภาพและความเป็นอยู่ของบุคคลดีขึ้น (Cohen and Syme, 1985: 3-4) ดังนั้นสถาบันครอบครัวจึงเป็นสถาบันหลักในการทำหน้าที่สนองความต้องการทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์และสังคมแก่ผู้สูงอายุ (เล็ก สมบัติ: 2549, 12-1)

นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะพัฒนาศักยภาพและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

รองคณบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา คณะพัฒนาศักยภาพและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

1.3.2 ปัญหาและความต้องการด้านสุขภาพของผู้สูงอายุ [2]

ผู้สูงอายุมีปัญหาด้านสุขภาพเนื่องจากเป็นความชรา เซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะต่างๆ เสื่อมลงตามธรรมชาติ ทำให้เกิดการเสื่อมของอวัยวะต่างๆ พบว่าประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยมีความต้องการช่วยเหลือ

จากญาติพี่น้องหรือคนดูแล คิดเป็นร้อยละ 22.00 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชน, 2551-2552) โรคที่มักพบในผู้สูงอายุได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคมะเร็ง อัมพฤกษ์/อัมพาต เป็นต้น ผลจากการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551 – พ.ศ. 2552 โดยสำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทยที่ประเมินภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ จำนวน 9,195 คน พบว่าผู้สูงอายุส่วนใหญ่ประเมินว่าสุขภาพตนเองโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 48.40 และประเมินว่าดีถึงดีมาก ร้อยละ 38.10 และผู้สูงอายุที่ประเมินว่าสุขภาพไม่ดีและไม่ดีเลย ร้อยละ 12.50 และ 1.00 ตามลำดับ

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเหมืองแบ่ง อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดเลย

ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Corresponding author : Jinnicha Pongdee. E-mail : who-am-i-i@hotmail.com

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

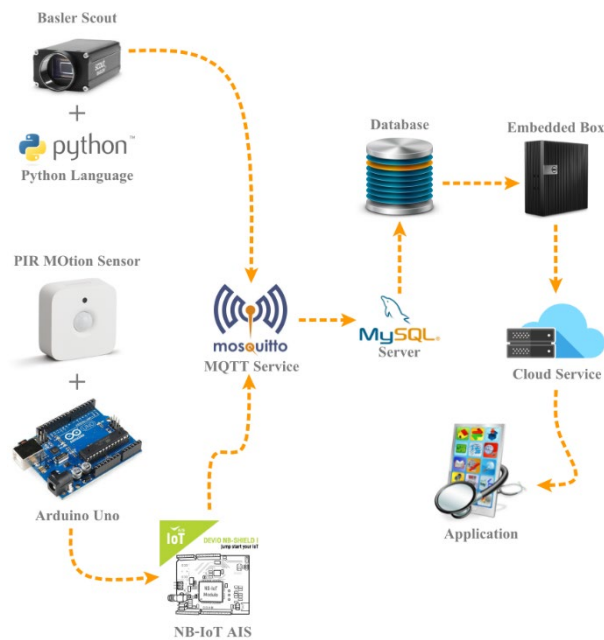
2.1 การออกแบบ

การออกแบบระบบมีการคิดตั้งอุปกรณ์ 2 ประเภท คือ การตรวจจับภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้อง และการตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด

การตรวจจับภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้อง ใช้อุปกรณ์ทั้งหมด 3 ตัว ติดตั้งบริเวณมุมห้องด้านบนหันลง 45 องศา เข้าหากันตรงจุดกึ่งกลาง เพื่อทำการสร้างรูปแบบ 3 มิติ ระบบจะมีการพัฒนาด้วยภาษา Python ให้สามารถตรวจจับผู้สูงอายุในห้องนอน ไม่ว่าจะ เป็นลักษณะท่าทาง การเคลื่อนไหวไปยังจุดต่าง ๆ ภายในห้อง การขยับตัว และการพลิกตัวระหว่างนอนหลับ

การตรวจจับความเคลื่อนไหวด้วยรังสีอินฟราเรด ติดตั้งบริเวณหน้าห้องน้ำด้านบน เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการตั้งค่าระยะห่างของการตรวจจับที่แม่นยำ ระบบจะมีการพัฒนาด้วยภาษาซี ให้สามารถตรวจจับผู้สูงอายุเมื่อเข้า-ออกห้องน้ำ เพื่อทำการนับจำนวนครั้ง ความถี่ และคำนวณระยะเวลา

อุปกรณ์ทั้งหมดจะมีการเชื่อมต่อผ่าน NB-IoT จาก AIS และ MQTT Service ตามลำดับ เพื่อทำการส่งข้อมูลไปจัดเก็บใน MySQL บน Cloud Service แล้วจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นเชิงสถิติ เพื่อรายงานผล เช่น จำนวนครั้งที่ขึ้น-ลงเตียงนอน ระยะเวลาการนอนหลับ การขยับตัวระหว่างนอนหลับ จำนวนครั้งที่พลิกตัวระหว่างนอนหลับ ระยะเวลาจริงที่หลับสนิทหลังจากผ่านการคำนวณแล้ว จำนวนครั้งที่เข้า-ออกห้องน้ำ ระยะเวลาการเข้าห้องน้ำ เป็นต้น



2.2 การพัฒนาระบบ

2.2.1 Hardware

ระบบมีการใช้งานอุปกรณ์ Hardware ดังต่อไปนี้

- 1) PIR Motion Sensor คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของบุคคลผ่านรังสีอินฟราเรด เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ เช่น หลอดไฟ เป็นต้น
- 2) Basler Scout Camera Sensor คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้อง เพื่อนำภาพที่ได้มาทำตรวจสอบตามการตั้งค่าต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบมาทำการวิเคราะห์
- 3) Arduino Uno คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมและรับค่าต่าง ๆ ที่ได้จาก Philips Hue Motion Sensor และเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อกับ NB-IoT AIS เพื่อทำการรับคำสั่งจากผู้ใช้ผ่านอินเทอร์เน็ตส่งผ่านไปยังอุปกรณ์
- 4) NB-IoT AIS คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อการทำงานของตัวให้สามารถผ่านอินเทอร์เน็ตได้ และยังมีหน้าที่สำคัญในการรับ-ส่งค่าจาก Server ผ่าน MQTT Service



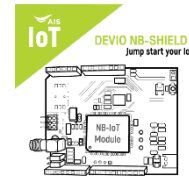
รูปที่ 1) PIR Motion Sensor



รูปที่ 2) Basler Camera Sensor



รูปที่ 3) Arduino Uno



รูปที่ 4) NB-IoT AIS

2.2.2 Communication

ระบบมีการใช้งาน Communication ดังต่อไปนี้

1) MQTT Service ทำหน้าที่เป็น Protocol ที่ใช้สำหรับการรับค่าต่าง ๆ ที่ได้จาก PIR Motion Sensor และ Basler Scout Camera Sensor เพื่อส่งไปจัดเก็บยัง MySQL ที่มีการทำงานในรูปแบบ Cloud Service

2) NB-IoT AIS ทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำคัญในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับทั้งหมดกับ MQTT Service เพื่อให้สามารถทำการแลกเปลี่ยนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกันได้

2.2.3 Software

ระบบมีการใช้งาน Software ดังต่อไปนี้

1) Arduino IDE เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Arduino Uno ที่ใช้ในการรับค่าจากอุปกรณ์ เพื่อทำการส่งค่าต่าง ๆ ขึ้นไปบน Cloud Service และเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้มีการทำงาน และการคัดกรองค่าที่ได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) VSCode เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมในการสร้างหน้าตาการใช้งานของแอปพลิเคชัน ให้มีความสะดวกต่อการใช้งาน สีสันสวยงาม การจัดการฟอนท์รายละเอียดต่าง ๆ ภายในแอปพลิเคชัน

3) Node JS เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับตั้งค่า Server ที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล รวมไปถึงการจัดเก็บค่าที่ได้จากอุปกรณ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์และรายงานผลผ่านแอปพลิเคชัน

4) Ionic-framework 3 เป็นซอฟต์แวร์ที่จัดอยู่ในประเภท Framework ที่ใช้ในการเขียนพัฒนาตัวแอปพลิเคชันที่มีรูปแบบ Cross-Platform เพื่อความหลากหลายและสะดวกต่อการใช้งานของผู้ใช้ทั่วไป

```

also: if(this.time select == "1. Alert");
$(document).ready(function(){
  let datetime = dateFormat(new Date(), "dd mm yyyy");
  let datetime_7 = new Date();
  datetime_7.setDate( datetime_7.getDate() - 7 );
  datetime_7 = dateFormat( datetime_7, "dd mm yyyy");
  $("#timestamp").text( datetime_7 + " - " + datetime );
});

let datetime_post_1 = new Date();
datetime_post_1.setDate( datetime_post_1.getDate() - 7 );
datetime_post_1 = dateFormat( datetime_post_1, "yyyy-mm-dd");
this.$http.post( this.$domain + "countupanddown_date.php", JSON.stringify( {value:datetime_post_1} ) ).subscribe(
  res => {
    let json = res.json();
    if (json.length > 0) {
      this.sum counter = json[0].countdown;
    }
  }
);

let datetime_post = new Date();
datetime_post.setDate( datetime_post.getDate() - 7 );
    
```

รูปที่ 1) ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

```

let datetime_post = new Date();
datetime_post.setDate( datetime_post.getDate() - 7 );
datetime_post = dateFormat( datetime_post, "yyyy-mm-dd");
this.$http.post( this.$domain + "countdown_date.php", JSON.stringify( {value:datetime_post} ) ).subscribe(
  res => {
    let json = res.json();
    // console.log( json );
    if (json.length > 0) {
      let date_1 = [];
      let countdown_1 = [];
      for (let i = 0; i < json.length; i++){
        date_1[i] = json[i].date;
        countdown_1[i] = parseInt( json[i].countdown );
      }
      //console.log( this.date, this.countup );
      this.chart1.update( {
        xaxis: {
          categories: date_1
        },
        series: [ {
          data: countdown_1,
        } ]
      } );
    }
  }
);
    
```

รูปที่ 2) ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

```

date : Array<String> = [] ;
countup : Array<any> = [] ;
interval : number ;
chart : any ;
domain : string = "http://eslabjy.sytes.net/" ;
constructor (public navCtrl: NavController, public navParams: NavParams, public http: Http) {
}

ionViewDidLoad() {
$(document).ready(function() {
let datetime = dateFormat(new Date(), "dd mm yyyy");
$("#timestamp").text(datetime + " : " + datetime);
});
let datetime post = new Date();
datetime post.setDate(datetime post.getDate());
datetime post = dateFormat(datetime post, "yyyy-mm-dd");
this.http.post(this.domain + 'countup_data.php', JSON.stringify({value:datetime post})).subscribe(
res => {
let json = res.json();
if (json.length > 0) {
for (let i = 0; i < json.length ; i++) {
this.date[i] = json[i].date + " : " + json[i].time;
this.countup[i] = parseInt(json[i].countup);
}
}
}
}

```

รูปที่ 3) ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

```

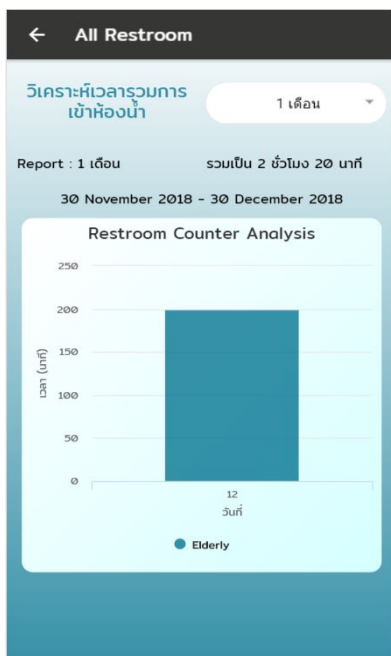
graph_counter = () => {
//console.log(this.date, this.countup);
this.chart = HighCharts.chart('graph_counter', {
chart: {
backgroundColors: [
linearGradient: [0, 0, 500, 500],
stops: [
[0, 'rgb(255, 255, 255)'],
[1, 'rgb(200, 255, 255)']
]
},
type: 'column',
borderRadius: 12,
style: {
fontFamily: 'Titl'
},
plotOptions: {
series: {
// stops 'center' // or 'center' or 'right'
animation: false
},
column: {
borderRadius: 12
}
}
}
}

```

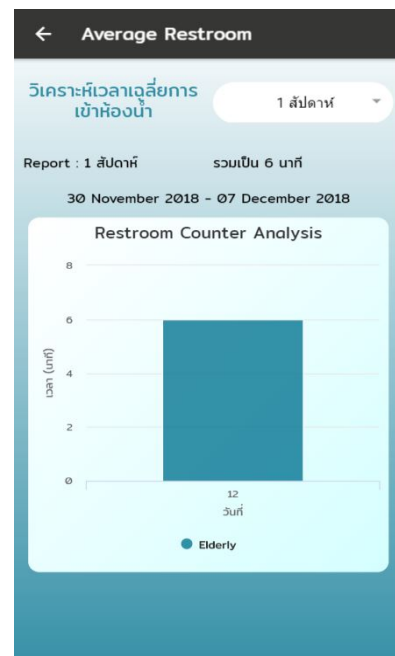
รูปที่ 4) ตัวอย่างการเขียนโปรแกรม

2.2.4 Data Analytics

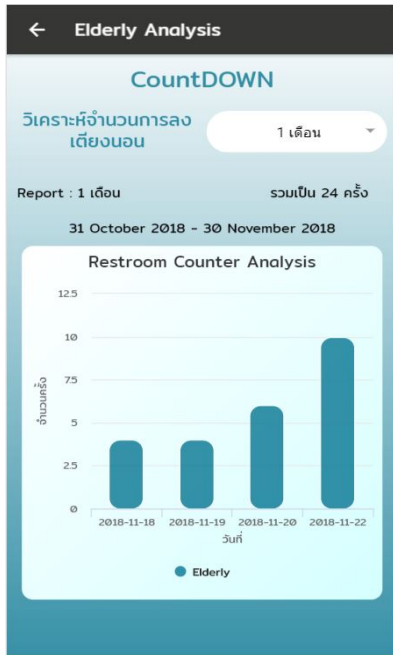
ทางทีมผู้วิจัยได้เลือกใช้ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลหลัก ซึ่งจะมีการทำงานในรูปแบบ Cloud Service ที่มีความสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงสามารถป้องกันความปลอดภัยของข้อมูล และลดความเสี่ยงในการสูญหายของข้อมูลได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 1) ตัวอย่างกราฟรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 2) ตัวอย่างกราฟรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 3) ตัวอย่างกราฟรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 4) ตัวอย่างกราฟรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ผลการทดลองและอภิปราย

ผลการทดลองที่ได้ออกมาเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากทางด้านอุปกรณ์ระบบสามารถทำการตรวจจับและวิเคราะห์กิจกรรมประจำวันสำหรับผู้สูงอายุได้อย่างถูกต้องและมีความแม่นยำ ระบบสามารถนำใช้งานได้จริง หากมีความเสี่ยงจนถึงระดับที่กำหนดไว้ระบบสามารถทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันได้ทันที เพื่อให้ผู้ที่มีหน้าที่ดูแลหรือสมาชิกภายในครอบครัวรับทราบและเข้ามาตรวจสอบผู้สูงอายุได้อย่างรวดเร็ว

ทางด้านแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันการใช้งานที่ง่าย มีการเลือกใช้ตัวอักษรที่ใหญ่จากการสอบถามความคิดเห็นคนทั่วไป การออกแบบได้เลือกใช้สีสันทันอยู่ในโทนสีที่สบายตา หน้าต่างการใช้งานที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้งานหลากหลายช่วงอายุ การแสดงผลแบบเรียลไทม์ในรูปแบบกราฟที่มีรายละเอียดครบถ้วน ซึ่งสามารถกำหนดระยะเวลาการรายงานผลได้หลายช่วงเวลา รายชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน-หลายเดือน รายปี และตลอดการใช้งานระบบ

ทางด้านการวิเคราะห์ข้อมูลมีความเสถียร รวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ สามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์อาการป่วยจากโรคที่ผู้สูงอายุจำนวนมากมักจะเป็น เช่น โรคหัวใจ ความดัน เบาหวาน ได้อย่างดี เนื่องจากผู้สูงอายุที่มีอาการป่วยดังกล่าว หากมีระยะเวลาการนอนหลับที่ไม่เพียงพอ อาจทำให้อัตราการสูดเลือดไปยังหัวใจลดน้อยลง ระดับความดันโลหิตในกระแสเลือดเพิ่มสูงขึ้น ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์เมื่อผู้สูงไปตรวจสุขภาพเป็นประจำตามที่แพทย์กำหนด หลังจากแพทย์ทำการอ่านข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์จะทำให้ประเมินสุขภาพได้ง่ายขึ้น และสามารถคำนวณการจ่ายปริมาณยาได้ถูกต้องตามความเป็นจริง

4. สรุปผลการวิจัย

ทางทีมผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบการทำงาน เลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความจำเป็นเท่านั้น อุปกรณ์มีราคาที่ไม่สูงมากนัก ทำให้สามารถจับต้องและใช้งานได้จริง มีการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสิ่ง (Internet of Things) มาประยุกต์ใช้กันทั่วไปสามารถเข้าถึงได้ง่ายขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยระบบสามารถพัฒนาให้นำไปติดตั้งได้กับหลากหลายสถานที่ ทำให้หากมีการพัฒนาและได้รับการสนับสนุนอย่างจริงจังจนเกิดความแพร่หลาย จะเกิดประโยชน์ทั้งทางด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในแต่ละครอบครัว การจัดการเวลาของสมาชิกในแต่ละครอบครัวสำหรับการดูแลผู้สูงอายุ ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคร้ายในระยะยาว ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ รวมถึงประโยชน์ทางการแพทย์ตามที่ได้อ้างไว้ในการทดลอง

5. ข้อเสนอแนะ

ทางผู้เขียนได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญในการต่อยอด โดยการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์ให้มีความสามารถในการตรวจจับมากยิ่งขึ้น โดยระบบจะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีรายละเอียดครบถ้วนและมีความครอบคลุมมากกว่าเดิมอย่างชัดเจน เช่น การตรวจจับผู้สูงอายุเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์อาการป่วย การตรวจจับผู้ป่วยเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์สภาวะอารมณ์ การตรวจจับผู้ป่วยเพื่อตรวจเช็คการรับประทานอาหารและยา เป็นต้น ซึ่งจะเป็ประโยชน์อย่างมากสำหรับบุคคลทั่วไปทุก ๆ ครอบครัว รวมไปถึงทางการแพทย์ได้เป็นอย่างดี เพราะหากสามารถวิเคราะห์ออกมาได้มีความสัมพันธ์กับ 3 โรคหลัก คือ โรคหัวใจ ความดัน เบาหวาน จากที่กล่าวมาข้างต้นจะช่วยลดความเสี่ยงหรือสาเหตุของอาการเจ็บป่วย การเกิดอุบัติเหตุ ของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] พิมพ์สุทธิ์ บัวแก้ว และ รติพร ถึงฝั่ง. (2559). การดูแลสุขภาพและภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุไทย. กรุงเทพมหานคร: คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
- [2] จินฉฉินชา พงษ์ดี และ ปิยธิดา คูหิรัญญรัตน์. (2558). ปัญหาและความต้องการด้านสุขภาพของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลเหมืองแบ่ง ตำบลหนองหญ้าปล้อง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย. เลข: ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับตรวจสอบสุขภาพจิตกลุ่มเสี่ยงภาวะโรคซึมเศร้า

Internet of Things for Investigation mental health depression

ดุสิตา สีตชัย

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: dusitaa.see@gmail.com

เชิดศักดิ์ ดงบัง

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chirdsakdb@gmail.com

ธีรพงษ์ คงประเสริฐ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: terrpong11@gmail.com

ดร.สุรชัย ทองแก้ว

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Email: surachai.th@spu.ac.th

นิมิตร ทักขวิทยาพงศ์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Email: nimit.tu@spu.ac.th

บทคัดย่อ

โรคซึมเศร้าเป็นโรคที่ทุกคนควรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะโรคนี้เป็นจุดเริ่มต้นของสาเหตุที่ทำให้คนอยากจบชีวิตตัวเองด้วยวิธีสัจ ทั้งความคิด จิตใจที่ไม่เข้มแข็ง คนเหล่านี้จึงต้องการกำลังใจ การเยียวยา และความรู้สึกที่ตัวเองยังมีค่า โรคซึมเศร้าเป็นโรคที่เกิดจากสาร “เซโร โทนิน” ไม่สมดุล ทำให้ความคิด อารมณ์ ความรู้สึก ผิดปกติไปจากเดิม และในปัจจุบันนี้ สังคมบางครอบครัวมีผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้ก็ไม่สามารถเข้าใจได้จริงๆว่าผู้ป่วยมีความคิด และความรู้สึกอย่างไร บางครอบครัวมองโรคนี้ไร้สาระ คิดว่าเดี๋ยวมันก็หายเอง จึงละเลยพฤติกรรมของผู้ป่วยไป สิ่งเหล่านี้เป็นหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้ผู้ป่วยเป็นโรคนี้เพิ่มมากขึ้น และการไม่ได้รับการรักษาอย่างถูกวิธี ไม่กล้าปรึกษาจิตแพทย์เพื่อรับการรักษาเพราะกลัวคนอื่นจะมองว่าบ้าหรือจิตไม่ปกติ คณะผู้วิจัยคิดและพัฒนาแอปพลิเคชัน และสมาร์ทวอทช์หนึ่งในนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยี ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น “Emotion Look” แอปพลิเคชันตรวจสอบสุขภาพจิตสำหรับผู้ที่มีความเสี่ยงในภาวะโรคซึมเศร้า แอปพลิเคชันนี้จะทำงานร่วมกับสมาร์ทวอทช์ ช่วยสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่เข้าข่ายโรคซึมเศร้าหรือมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคซึมเศร้า แอปพลิเคชันสามารถวิเคราะห์ได้ถึงอารมณ์เบื้องต้น อัตราการเต้นของหัวใจ โดยมีช่องทางให้คำแนะนำ

ในการช่วยเหลือจากจิตแพทย์โดยตรง จากการวิจัยนี้จะช่วยทำให้ กลุ่มผู้ใช้งานแอปพลิเคชันที่จะเกิด ความเครียด วิตกกังวล อารมณ์ต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดอาการซึมเศร้าเรื้อรัง จนทำให้กลายเป็น โรคซึมเศร้า มีการดูแลที่ดีขึ้น การรับมือที่ดี และสุขภาพจิตที่ดีจากการได้รับคำปรึกษาของจิตแพทย์ผ่านแอปพลิเคชัน

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง, โรคซึมเศร้า, สมาร์ทแอปพลิเคชัน

ABSTRACT

Depression is a disease that everyone should focus on very seriously because disease is the beginning of the cause, making people want to end their shortcut thinking mind is not strong these people need encouragement, remedies and self worthy feelings. Depression is a disease caused by the substance 'Serotonin' it is not balanced, the thought of emotion is not normal. At present some families have patients and do not understand this disease, how the patient thinks and feels, some families look at this as sickness and so ignore the patients behaviour, these are some of the factors that can increase the incidence of the disease if not treated properly. Patients dare not consult a psychiatrist for treatment because they fear others will look for crazy or mental disorders. Researchers think and develop applications, 'smart watch' is one of the technological innovations, the result is 'emotion look' mental health applications for those who are at risk of depression, this application works with 'smart watch' and observes the behaviour of individuals with depressive disorders or the risk of depression. The application can analyse basic mood and heart rate there is a direct channel of advice from a psychiatrist. The results revealed that applications can help people with stress, anxiety, emotions, and other causes of chronic depression, causes of depression are better understood to allow coping and good mental health through counselling by a psychiatrist through the application.

KEYWORDS: Internet of Things (IOT), Depression, Smart Application

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากข่าวเกี่ยวกับการฆ่าตัวตายในปัจจุบันมีให้เห็นกันบ่อยครั้ง การเลือกจบชีวิตตนเองกลายเป็น เรื่องธรรมดา และใกล้ตัวขึ้นทุกวัน คณะผู้วิจัยไม่สามารถรู้ได้เลยว่าใครบ้างที่กำลังประสบกับปัญหาเหล่านี้ นั่นก็คือ ปัญหาของโรคซึมเศร้า โรคซึมเศร้าเป็นภัยเงียบด้านสุขภาพที่เมื่อก่อนไม่ค่อยมีใครกล้าเปิดเผยมากนักในประเทศไทย แม้ในปัจจุบันจะมีการออกมาเผยแพร่ข้อมูลของอาการ หรือเตือนภัยผ่านสื่อโซเชียลมีเดียต่าง ๆ เพื่อหาทางเตือนและป้องกัน แต่ก็ยังเห็นข่าวของผู้เสียชีวิตจากโรคนี้นี้ ข้อมูลจากโรงพยาบาลพระศรีมหาโพธิ์ พบว่าในปี 2561 ผู้คนป่วยเป็น โรคซึมเศร้า ประมาณ 1.43 ล้านคนในประเทศ มีทั้งผู้ป่วยได้รับการรักษา และผู้ป่วยที่ยังไม่ได้รับการตรวจ ทั้งยังมีผู้ป่วยที่ไม่กล้าเข้ามาปรึกษาแพทย์ รวมถึงกลุ่มเสี่ยงอีกมากมาย ทำให้เกิดการวิเคราะห์หาหนทางในการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น โดยแอปพลิเคชันนี้จะสามารถช่วยให้กลุ่มเสี่ยงมีแนวโน้มในการอยากเข้ารับการรักษามากขึ้น เพราะแอปนี้เปรียบเสมือนแพทย์อิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถทำให้คนกลุ่มเสี่ยงรับรู้ถึง

สาเหตุของอาการต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน การดูแลและการรักษาอาการเบื้องต้นจากจิตแพทย์ และยังช่วยให้คนกลุ่มเดียวกันสามารถรู้ระดับอาการของตนเองได้ว่าควรเข้ารับการรักษาจากทางแพทย์หรือไม่ ทำให้ช่วยลดปัญหาเรื่องการเข้าถึงยากในการรักษา และทำให้การเข้าถึงข้อมูลของภัยเงียบนี้กลายเป็นเรื่องง่ายยิ่งขึ้น (กระทรวงสุขภาพจิต; 2552)

2. วัตถุประสงค์

- (1) เพื่อตรวจสอบความเครียด และสังเกตพฤติกรรมทางอารมณ์ของผู้ใช้งาน
- (2) เพื่อเก็บข้อมูลของอัตราการเต้นหัวใจ อารมณ์ และความรู้สึก มาวิเคราะห์ความเครียดของโรคซึมเศร้า เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานของจิตแพทย์ในอนาคต
- (3) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน ป้องกันสุขภาพจิตจากโรคซึมเศร้า

3. ขอบเขตการทำงาน

- (1) เก็บรวบรวมข้อมูลจากอัตราการเต้นหัวใจ แบบทดสอบ และเกมตอบคำถามของผู้ใช้
- (2) นำข้อมูลของผู้ใช้มาวิเคราะห์สุขภาพจิต
- (3) ส่งข้อมูลที่วิเคราะห์ของสุขภาพจิตให้กับจิตแพทย์
- (4) ติดต่อพูดคุยปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพจิต

4. เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้า

ทัชชา สุริโย (สุริโย, 2559) โปรแกรมการเสริมสร้างความฉลาดทางสังคมในวัยรุ่นกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความฉลาดทางสังคมในกลุ่มวัยรุ่นที่มีความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แบบวัดภาวะซึมเศร้า CES-D ฉบับภาษาไทยเป็นเครื่องมือวัดอาการซึมเศร้าประเภท self-report (2) แบบวัดความฉลาดทางสังคมตามแนวคิดของแดนล โกลแมน (Daniel Goleman) (3) โปรแกรมการให้คำปรึกษาแบบกลุ่มที่มีต่อการเสริมสร้างความฉลาดทางสังคมในวัยรุ่นกลุ่มเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า ผลสรุปที่ได้จากการวิจัยคือแบบประเมินภาวะซึมเศร้า CES-D และโปรแกรมการเสริมสร้างความฉลาดทางสังคม ก่อนและหลังการทดลอง พบว่าการให้คำปรึกษาแบบกลุ่มสามารถลดภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่นได้

เกสร มัยจิน (มัยจิน, 2560) บทความวิจัยโปรแกรมสุขภาพจิตศึกษาต่อภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาพยาบาล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ การศึกษานี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบ one group pretest-posttest มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมการให้สุขภาพจิตศึกษาต่อภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาพยาบาล วิธีการศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคัดเลือกเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป และแบบคัดกรองภาวะซึมเศร้าในวัยรุ่น (CES-D) ฉบับภาษาไทย (2) โปรแกรมการให้สุขภาพจิตศึกษา ผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมที่มีระยะเวลาดำเนินกิจกรรมทั้งสิ้น 6 ครั้ง ครั้งละ 60-90 นาที วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป และค่าเฉลี่ยภาวะซึมเศร้า ดังนั้นการวิจัยนี้ให้ข้อเสนอว่า โปรแกรมการให้สุขภาพจิต

ศึกษาเป็น โปรแกรมหนึ่งที่สามารถช่วยลดภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาได้ จึงอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการนำมาใช้สำหรับดูแลนักศึกษา

Vuorela และคณะ (Vuorela, Seppa, & Vanhala, 2010) ได้ทำการพัฒนาเครื่องวัดข้อมูลผู้ป่วยโรคหัวใจแบบพกพา สามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คืออุปกรณ์เครื่องวัดสัญญาณกับเครื่องควบคุมและสื่อสาร ข้อมูลที่วัดประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับปริมาณของทรวงอกเพื่อชี้ให้เห็นอารมณ์หรือความรู้สึก และกิจกรรม (ยืน เดิน นั่ง นอน) ของผู้ป่วย แสดงดังภาพที่ ก.

Anliker และคณะ (Anliker, Ward, & Lukowicz, 2004) ได้ทำการพัฒนาเครื่องวัดข้อมูลของผู้ป่วยด้วยโรคหัวใจ (cardiac/respiratory) ข้อมูลที่วัดประกอบไปด้วย คลื่นไฟฟ้าหัวใจ ความดันโลหิต ปริมาณออกซิเจนในเลือด เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่ถูกใช้ประกอบรวมเข้ากับอุปกรณ์คล้ายกับนาฬิกาข้อมือที่มีหน้าปัดขนาดใหญ่ แสดงดังภาพที่ ข. สำหรับแสดงข้อมูลที่วัดได้ สามารถวิเคราะห์ ตรวจจับความผิดปกติของหัวใจ แจ้งเตือนเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉินและเชื่อมโยงส่งผ่านข้อมูลที่วัดได้ไปยังโรงพยาบาลเพื่อการรักษาที่ถูกต้อง



รูปที่ ก. เครื่องวัดข้อมูลผู้ป่วยโรคหัวใจพกพา



รูปที่ ข. AMON prototype

4.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับโรคซึมเศร้า

Smile Hub (ทับทิมเจือ, 2560) แอปพลิเคชันเพื่อสุขภาพจิต นาวาอากาศตรี นายแพทย์บุญเรือง ไตรเรืองวรวัฒน์ อธิบดีกรมสุขภาพจิตกล่าวว่า ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการสื่อสารเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันเมื่อสังคมเปลี่ยนแปลงไป การแข่งขัน ความเร่งรีบ และความกดดันต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาทางสุขภาพจิตตามมา แนวทางหนึ่งที่จะช่วยรับมือ และป้องกันปัญหาสุขภาพจิตที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตคือการประเมินสุขภาพจิตของตนเอง และรอบข้างในเบื้องต้นผ่านแอปพลิเคชัน Smile Hub โดยมีการประเมินสุขภาพจิตเบื้องต้นด้วยตนเองซึ่งระบบจะประเมินผลให้โดยอัตโนมัติ ตลอดจนได้รับแนวทางการพัฒนาสุขภาพจิตจากผู้เชี่ยวชาญ

ทั้งนี้บทความงานวิจัยข้างต้นได้ คณะผู้วิจัยนำแบบสอบถาม CES – D ฉบับภาษาไทย 9 ข้อมาประยุกต์การใช้งานถาม – ตอบคำถามเป็นเกมแบบทดสอบสุขภาพจิต และการวัดอัตราการเต้นหัวใจผ่านสมาร์ทวอตช์ ให้สอดคล้องกับแอปพลิเคชัน ที่คณะผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น “Emotion Look” เป็นแอปพลิเคชันตรวจสอบสุขภาพจิตของกลุ่มเสี่ยงภาวะโรคซึมเศร้าที่มีการแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ อารมณ์ และความรู้สึกที่ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบได้ทันที คณะผู้วิจัยจึงคิดว่าทฤษฎีนี้มีโอกาสเป็นไปได้ และการที่ผู้ใช้แอปพลิเคชันให้ความร่วมมือในการทำโอมิเกรตแสดงอารมณ์ เพื่อที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในการวิเคราะห์ให้กับจิตแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในด้านสุขภาพทางอารมณ์ต่อไป

5. วิธีการดำเนินงาน

5.1 การออกแบบ

ระบบมีตัวกลางสำคัญคือ สมาร์ทวอทช์ (smartwatch) ช่วยในการตรวจวัดอัตราการเต้นหัวใจ (Heart - Rate) เพื่อนำมาใช้ควบคุมการวิเคราะห์อารมณ์ผ่านสมาร์ทโฟน แสดงออกมาเป็นกราฟ แผนภูมิ และสถิติเพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ใช้สามารถรับรู้พฤติกรรมของตนเอง และสามารถส่งต่อข้อมูลไปยังที่ต่างๆ ได้ โดยลักษณะการทำงานของระบบจะมีอยู่

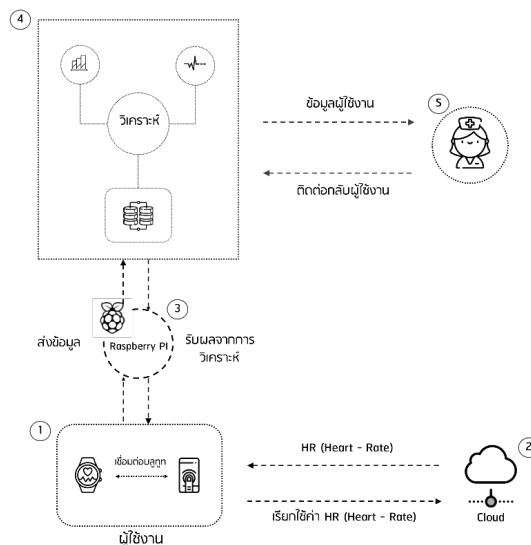
(1) Smart Device คืออุปกรณ์ส่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ของผู้ใช้งานเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์สุขภาพ ในงานวิจัยนี้ อุปกรณ์ที่คณะผู้วิจัยนำมาใช้คือ สมาร์ทวอทช์ (Smart watch) ใช้ตรวจวัดอัตราการเต้นหัวใจ และทำการเชื่อมต่อกับ โมไบล์ แอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีบลูทูธ ส่งข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจไปเก็บในฐานข้อมูล ของ Cloud API และส่ง Emotion – Feelings แสดงอารมณ์ไปเก็บในฐานข้อมูล (Database)

(2) ฐานข้อมูล ของ Cloud API เป็นตัวกลางเชื่อมการส่ง และการเรียกใช้ข้อมูลจาก Google Fit API, Fitbit API ที่เป็น Big Data มีข้อมูลสุขภาพ และการออกกำลังกายส่งให้ โมไบล์ แอปพลิเคชันสามารถเรียกใช้ ข้อมูลอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart - Rate) มาใช้งาน

(3) Raspberry PI เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถลง OS และใช้งานได้เหมือน คอมพิวเตอร์มีคุณสมบัติเด่น คือ ติดต่อ และความคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ และใช้พลังงานน้อย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำมาเป็นเซิร์ฟเวอร์หลัก เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และแอปพลิเคชันเข้ากับระบบ ฐานข้อมูล Database

(4) Database เป็นที่จัดเก็บข้อมูล ที่ได้มาจาก โมไบล์ แอปพลิเคชัน ที่มีข้อมูล Emotion – Feelings แสดงอารมณ์ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart - Rate) และผลทดสอบสุขภาพจิตจากแบบทดสอบ เพื่อจะนำข้อมูล ดังกล่าวไปวิเคราะห์ และสามารถแสดงกราฟแผนภูมิ แสดงอัตราการเต้นหัวใจ และสุขภาพจิต ส่งกลับไป แสดงผลใน โมไบล์ แอปพลิเคชัน และการติดต่อกับจิตแพทย์

(5) จิตแพทย์ เป็นผู้ที่ให้คำปรึกษากับผู้ใช้งาน โมไบล์ แอปพลิเคชัน แสดงดังรูปที่ 1



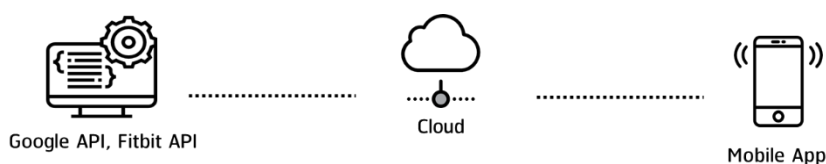
รูปที่ 1 ภาพรวมระบบ

5.2 การพัฒนาระบบ

5.2.1 Communication

(1) Cloud (Wongsuphasawat, 2017) เป็นฐานข้อมูลการเรียกใช้งาน API ผ่านแอปพลิเคชัน และสมาร์ทวอตซ์ Cloud ที่คณะผู้วิจัยได้ใช้คือ Cloud Fitbit คณะผู้วิจัยทำการสมัครบัญชีฐานข้อมูล และเรียกใช้ คีย์ของบัญชีผ่าน Cloud เพื่อทำการเรียกใช้งาน API แสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (BPM) ในแอปพลิเคชัน

(2) Google, Fitbit API (NUUNEOI, 2014) ระบบ Ecosystem แบบเปิดเพื่อให้นักพัฒนา สามารถอัปโหลดข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และการออกกำลังกายใน Google fit มาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับด้านการแพทย์ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ระบบ Google Fit, Fitbit

5.2.2 Hardware Devices

ระบบได้ใช้ Hardware หลัก ๆ อยู่ทั้งหมด 2 อย่างดังต่อไปนี้

(1) Fitbit Alta HR¹ สมาร์ทวอตซ์ที่ทางคณะผู้วิจัยได้ใช้ เป็นอุปกรณ์ในการทำงานวิจัยเพราะ มีระบบ การตรวจวัดชีพจร ตลอด 24 ชั่วโมง และด้วยเทคโนโลยี Pulse Heart Rate เพื่อเข้าใจคุณภาพการเต้นของ ชีพจรที่ดียิ่งขึ้น และยังมีฟังก์ชันอื่นที่เป็นประโยชน์ เช่น การวัดผลการนอน (Sleep Stages) วัดผลการเผาผลาญ แคลอรี (Calories) เป็นต้น

(2) Raspberry PI² เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อกับจอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด และเมาส์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม หรือเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก ไม่ว่าจะเป็นการทำงาน Spreadsheet Word Processing ท่อง อินเทอร์เน็ต ส่งอีเมล หรือเล่นเกมส์ อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วีดีโอความละเอียดสูง (High-Definition) ได้

5.2.3 Software

Ionic language หรือ Ionic Framework (K., 2018) คือเครื่องมือในการสร้าง HTML, Php, TypeScript และ CSS เพื่อใช้ในการสร้างโมบายล์ แอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถใช้งานได้ค่อนข้างง่าย Ionic Framework เป็นเครื่องมือสร้างโมบายล์แอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ IOS, Android และ Windows จะ

¹ ถ้าหากท่านผู้อ่านอยากจะทราบข้อมูลเพิ่มเติมของ Fitbit Alta HR สามารถเข้าไปดูได้ตามลิงก์ <https://tsmactive.com/Review-AltaHR>

² ถ้าหากท่านผู้อ่านอยากจะทราบข้อมูลเพิ่มเติมของ Raspberry PI สามารถเข้าไปดูได้ตามลิงก์ <https://www.blognone.com/node/79187>

ใช้งานร่วมกับ Framework ตัวอื่น ๆ ได้ คือ Angular และ Apache Cordova เพื่อให้แอปพลิเคชันที่เขียนมาใช้งานได้กับทุกระบบปฏิบัติการ และทำให้ผู้พัฒนาเลือกใช้ภาษา HTML, Php, TypeScript และ CSS ในการเขียนแอปพลิเคชัน

5.2.4 Data Analytics

คณะผู้วิจัยใช้ Raspberry Pi เป็นเซิร์ฟเวอร์หลัก ในการส่งและรับข้อมูล Emotion - Feelings เกมแบบทดสอบสุขภาพจิต และอัตราการเต้นหัวใจของแอปพลิเคชัน ซึ่งจะทำงานร่วมกับฐานข้อมูลต่าง ๆ ของ Cloud ได้แก่ Google Fit API, Fitbit API เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลสรุปแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน และจิตแพทย์

6. แสดงหน้าจอ Software

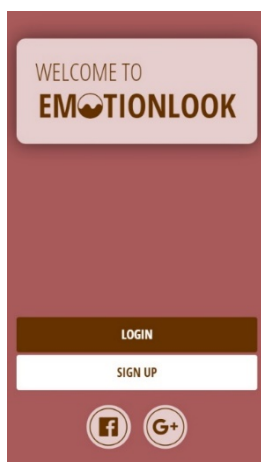
Emotion Look เป็นชื่อของแอปพลิเคชันเกี่ยวกับอินเทอร์เน็ทของทุกสรรพสิ่งเพื่อตรวจสอบสุขภาพจิต กลุ่มเสี่ยงภาวะ โรคซึมเศร้า ในแอปพลิเคชันจะประกอบไปด้วย 4 หลัก ดังนี้

(1) หน้าลงทะเบียน Login Signup Facebook และ Google+ เพื่อทำการลงทะเบียนก่อนเข้าใช้งาน หรือสามารถล็อกอินได้ทันทีสำหรับผู้ลงทะเบียนแล้ว แสดงดังรูปที่ 3

(2) หน้า Heart - Rate เป็นหน้าที่บอกถึงอัตราการเต้นหัวใจ ประกอบไปด้วย ชั่วโมง วัน เดือน นำมาสรุปเป็นข้อมูลอัตราการเต้นหัวใจเฉลี่ย และมีการเชื่อมต่อเทคโนโลยีบลูทูท โมไบล์แอปพลิเคชัน และสามารถสวมทซ์ ดังรูปที่ 4

(3) หน้าประวัติส่วนตัวของผู้ใช้งาน จะประกอบไปด้วย (1) รูปผู้ใช้ (2) ชื่อ-นามสกุล (3) น้ำหนักและส่วนสูง (4) โรคประจำตัวในกรณีที่ผู้ใช้มีโรคประจำตัว (5) การรับประทานยาเป็นประจำ ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ง่ายต่อการส่งต่อข้อมูลผู้ใช้งานไปให้จิตแพทย์ แสดงดังรูปที่ 5

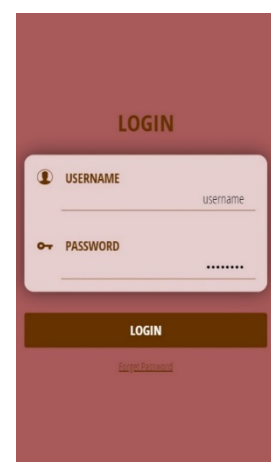
(4) หน้า Emotion – Feelings เป็นหน้าที่ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกใบหน้าตามอารมณ์ของผู้ใช้ในขณะนั้น และเกมแบบทดสอบ เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเป็นภาวะซึมเศร้าในรูปแบบกราฟแสดงผล เมื่อผู้ใช้งานได้ใช้สมาร์ทวอทซ์ (smartwatch) ช่วยในการตรวจจับอัตราการเต้นของหัวใจ ค่าที่วิเคราะห์จะมีความแม่นยำที่มากขึ้น แสดงดังรูปที่ 6



(ก)

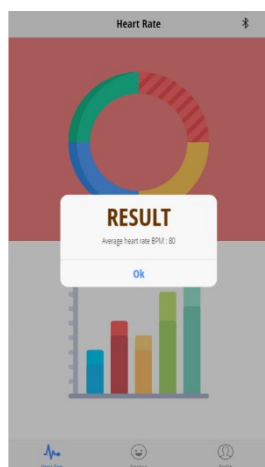


(ข)

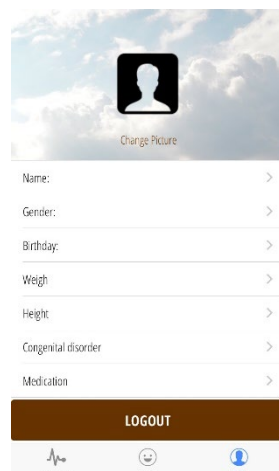


(ค)

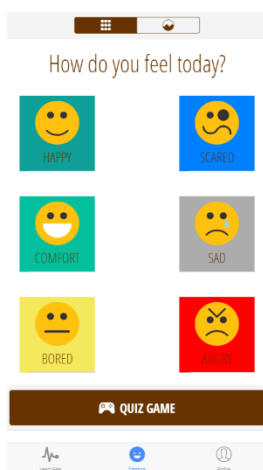
รูปที่ 3 ขั้นตอนการลงทะเบียนและการเข้าสู่ระบบผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน
(ก) – (ค) ขั้นตอนการลงทะเบียน ประกอบด้วย สมัครสมาชิก เข้าสู่ระบบ



รูปที่ 4 สรุปรูปอัตราการเต้นหัวใจ



รูปที่ 5 ข้อมูลของผู้ใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6 ขั้นตอนการทำงาน Emotion – Feelings แสดงอารมณ์ และเกมแบบทดสอบ

(ก) กด Emotion อารมณ์

(ข) เกมแบบทดสอบ

(ค) กราฟสรุปผลแสดงอารมณ์

7. สรุปผลงานและผลการอภิปราย

7.1 สรุปผลงาน

จากผลงานวิจัยข้างต้น [1], [2], [3] และการรวบรวมข้อมูลจากหลากหลายที่ รวมถึงกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขต ทำให้คณะผู้วิจัยได้ทำการสร้าง แอปพลิเคชัน “Emotion Look” ทำงานควบคู่กับสมาร์ทวอตช์ (Smart watch) เพื่อที่จะนำข้อมูลจาก อัตราการเต้นของหัวใจ อีโมจิแสดงอารมณ์ และเกมทดสอบสุขภาพจิต นำมาวิเคราะห์ แสดงผลเป็นกราฟ และข้อมูลดังกล่าว ส่งต่อให้กับผู้ใช้งาน และจิตแพทย์ ซึ่งผลงานวิจัยของคณะที่

ทำงานวิจัยนั้น ไม่ได้แม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลงานวิจัยนี้ยังต้องพัฒนา เพื่อที่จะตอบโจทย์ของผู้ใช้งาน และจิตแพทย์ เพื่อเป็นข้อมูลเอาไว้ศึกษา และเก็บข้อมูลของโรคซึมเศร้าต่อไป

7.2 ผลการอภิปราย

จากการศึกษางานวิจัยโรคซึมเศร้า ทางคณะผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่าสภาวะโรคซึมเศร้าถึงจะเกี่ยวกับสาร “เซโรโทนิน” ไม่สมดุล แต่ก็มีปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญมาก ๆ ได้แก่ (1) สภาพแวดล้อมรอบข้าง (2) พันธุกรรม (3) ความเครียดที่เกิดการสะสม จากหลายๆเหตุการณ์ (4) สุขภาพทางร่างกายที่ทำให้จิตใจบอบช้ำ ปัจจัยเหล่านี้จะเป็นที่มาของการให้เกิดอาการซึมเศร้าเรื้อรัง จนอาจจะก่อให้เกิดโรคซึมเศร้าตามมา

คณะผู้วิจัยได้ทำการขอคำแนะนำจากคุณหมอที่โรงพยาบาลรามารับดี พบว่าทฤษฎีนี้มีโอกาสเป็นไปได้ จากการอ่านบทความวิจัยข้างต้น คณะผู้วิจัยได้นำทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ ซึ่งได้แก่ (1) แบบทดสอบ CES-D นำมาทำเป็นเกมถาม-ตอบ (2) สมาร์ทวอทช์ (3) อีโมจิ เพื่อใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน

8. ข้อเสนอแนะ

(1) สามารถเปลี่ยนตัวฮาร์ดแวร์ได้ ในการทดลองตรวจสอบสุขภาพจิต คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ฮาร์ดแวร์ สมาร์ทวอทช์ของ Fitbit เข้าร่วมทดสอบ ทั้งนี้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้สมาร์ทวอทช์ต่าง ๆ ได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ เช่น Google Fit, Xiaomi mi band เป็นต้น

(2) สามารถเพิ่มฟังก์ชันในแอปพลิเคชันเพิ่มเติมได้ ทั้งนี้การเพิ่มฟังก์ชันต้องตรวจสอบความเข้ากันของแอปพลิเคชัน และสมาร์ทวอทช์

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของอาจารย์นิมิตร ทักษวิทยาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยหลัก ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหามากมายที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย ขอขอบพระคุณ ดร.สุรชัย ทองแก้วอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมสำหรับข้อเสนอแนะและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ช่วยให้ข้อเสนอแนะที่ดี เกี่ยวกับข้อมูลต่าง ๆ ของงานวิจัยฉบับนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

10. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสุขภาพจิต;. (2552). เข้าถึงได้จาก การป้องกันและแก้ไขปัญหาโรคซึมเศร้า (The Excellence Center for

Depressive Disorder): <http://www.thaidepression.com/www/>

เกสร มุ้ยจิน. (2560). ผลโปรแกรมการให้สุขภาพจิตศึกษาต่อภาวะซึมเศร้าของนักศึกษาพยาบาล

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. วารสารพยาบาลสงขลานครินทร์, 58.

ทัชชา สุริโย. (2559). ผลของโปรแกรมการให้คำปรึกษากลุ่มที่มีต่อการเสริมสร้างความฉลาดทางสังคมในวัยรุ่นน กลุ่มเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้า. 81.

- นางสาวปิยฉัตร ทับทิมเจือ. (24 กรกฎาคม 2560). *ประชาสัมพันธ์กิจกรรมสุขภาพจิต*. เข้าถึงได้จาก “SMILE HUB” แอปพลิเคชันเพื่อสุขภาพจิตดีของคนทุกเพศทุกวัย คาวนโพลด์ได้ฟรี ทั้งระบบ ANDROID และ IOS: <http://www.prdmh.com/%20874-“smile-hub”-แอปพลิเคชันเพื่อสุขภาพ>
- Khodom K. (26 Feb 2018). เข้าถึงได้จาก มาเริ่มต้นสร้างแอปฯ แบบ Cross platform ด้วย Ionic Framework กันเถอะ: <https://medium.com/artisan-digital-agency/มาเริ่มต้นสร้างแอปฯ-แบบ-cross-platform-ด้วย-ionic-framework-กันเถอะ-986c7d549780>
- Krist Wongsuphasawat. (25 Jun 2017). เข้าถึงได้จาก API คืออะไร? อธิบายแบบคนไม่เขียนโปรแกรมรู้เรื่องได้มั้ย?: <https://medium.com/skooldio/api-คืออะไร-264ee4186f2c>
- NUUNEOI. (8 Aug 2014). เข้าถึงได้จาก ทำความรู้จักกับ Google Fit ผ่าน Developer Preview แบบคร่าวๆ: https://nuuneoi.com/blog/blog.php?read_id=724
- T. Vuorela, V.-P. Seppa, และ J. et al. Vanhala. (2010). Design and Implementation of a Portable Long-Term Physiological Signal Recorder. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 718-725.
- U. Anliker, J. A. Ward, และ P. et al. Lukowicz. (2004). AMON: A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 415-427.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยคุณภาพซอฟต์แวร์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อหาตัว แบบการพยากรณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์

Comparative Analysis of Software Quality Factors Using Data Mining Techniques to Identify Software Defect Prediction Models

ทิภาพร สุภมิตร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-Mail: tuk_ta12@hotmail.com

สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-Mail: surasak.mu@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหาความบกพร่องซอฟต์แวร์อาจเกิดจากผู้พัฒนาทำผิดไปจากที่ได้รับมอบหมาย และผู้พัฒนาทำผิดเพราะละเลยหรือลืมสิ่งที่จะต้องทำ ปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยพัฒนาตัวแบบการจัดหมวดหมู่เพื่อคาดการณ์ว่าซอฟต์แวร์จะมีข้อบกพร่องหรือไม่ ถือว่ามีความสำคัญในด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์ มีงานวิจัยที่สร้างแบบจำลองนี้โดยใช้วิธีการของต้นไม้ตัดสินใจที่ให้ความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 และขั้นตอนวิธีที่ดีที่สุดคือป่าที่เกิดจากการสุ่ม (Random forest) ที่ให้ความแม่นยำร้อยละ 84.48 อย่างไรก็ตามยังมีเทคนิคอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการสร้างตัวแบบจำแนกประเภท คือ วิธีการตามกฎ (Rule-based method) และวิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด (K-Nearest Neighbor method) วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อหาว่าวิธีการจำแนกประเภทของสองวิธีดังกล่าวให้ผลการคาดการณ์ที่ดีกว่าวิธีการของต้นไม้ตัดสินใจหรือไม่ อัลกอริทึมของวิธีการตามกฎที่ใช้ในการทดสอบคือ Decision table, JRip, M5Rules, OneR, Part และ ZeroR อัลกอริทึมของวิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดที่ใช้ในการทดสอบคือ IBK, KStar และ LWL ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าทั้งสองวิธีที่เสนอให้ผลการจำแนกประเภทที่ถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีการของต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึมที่ดีที่สุดของวิธีการตามกฎ คือ OneR ซึ่งมีความแม่นยำร้อยละ 86.74 และวิธีที่ดีที่สุดสำหรับวิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดคือ KStar ซึ่งมีความแม่นยำร้อยละ 85.88%

คำสำคัญ: การเปรียบเทียบเทคนิค, การทำเหมืองข้อมูล, การพยากรณ์ software metric

Abstract

Software defects can be caused by developers making mistakes out of their assignments and developers making mistakes because of neglect or forgetting things to do. The problem is that the researcher develops a classification model to predict whether the software is defective or not, which is important in

software engineering. Research has been made on this model using a decision tree approach that is more than 80% accurate and the best algorithm is the random forest with 84.48% accuracy. However, there are other techniques that can be used to create classifiers, namely the rule-based method and the K-Nearest Neighbor method. The purpose of this research was to find out whether the two types of classification methods give better predictive results than those using the decision tree technique. The Rule-based algorithms used in the test were the Decision table, the JRip, the M5Rules, the OneR, Part and the ZeroR. The K-Nearest Neighbor algorithms used in the tests were IBK, Kstar and LWL. The results showed that both approaches offer more accurate classification than the methods of decision trees. The best algorithm of the Rule-based method was the OneR, which was 86.74% accurate, and best algorithm of the K-Nearest Neighbor method was the KStar, which was 85.88% accurate.

Keywords: Comparing Technique, Data Mining, Predicting of Software metric

1. บทนำ

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) หรืออาจจะเรียกว่า การค้นหาความรู้ในฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Databases - KDD) เป็นเทคนิคเพื่อ ค้นหาภาพแบบ (Pattern) ของจากข้อมูลจำนวน มหาศาลโดยอัตโนมัติจัดเป็นขบวนการของการดึงเอา ความรู้ออกมาจากข้อมูลขนาดใหญ่ Ian H. Witten (2011) โดยใช้ ขั้นตอนวิธีจากวิชาสถิติการเรียนรู้ของเครื่องและการรู้จำแบบหรือในอีกนิยามหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูล คือ กระบวนการที่กระทำกับข้อมูลจำนวนมากเพื่อค้นหา ภาพแบบ แนวทาง และความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูล นั้น โดยอาศัยหลักสถิติ การรู้จำ การเรียนรู้ของเครื่องและหลักคณิตศาสตร์ของ Han และ Kamber (2006)

จากปัญหาความบกพร่องซอฟต์แวร์นั้นเป็นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจาก error หรือเรียกว่า fault เป็นตัวแทน ของ error รูปแบบต่างๆ ซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ ผู้พัฒนาทำผิดไปจากที่ได้รับมอบหมาย และผู้พัฒนาทำผิดเพราะละเลย หรือลืมสิ่งที่ต้องทำ ทำให้ไม่เกิดสิ่งผิดพลาดที่เป็นตัวแทนของ error นั้นซึ่งทำให้ค้นพบยากและแก้ไขได้ยาก จาก ปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาตัวแบบการจำแนกเพื่อคาดการณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์ ถือว่ามีความสำคัญในด้านของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ซึ่ง โปรแกรมที่เกิดจากความบกพร่องต่าง ๆ จะส่งผลทำให้เกิด ซอฟต์แวร์ที่ไม่มีคุณภาพสู่ท้องตลาด จากความบกพร่องดังกล่าวทำให้มีการประยุกต์ใช้การทำเหมืองข้อมูลมาช่วย ในการวิเคราะห์หาความบกพร่องของซอฟต์แวร์เหล่านั้นก่อนส่งผลิตภัณฑ์ออกไปสู่ผู้บริโภค โดยงานวิจัยที่ได้มี การสร้างตัวแบบโดยใช้วิธีการต้นไม้การตัดสินใจจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของการทำเหมืองข้อมูลใน อัลกอริทึมต่างๆ N. Gayatri (2009) จากการจำแนกประเภทของชุดข้อมูลด้วยวิธีการของ Naïve Bayes และ decision tree เพื่อการคาดการณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์ บทความนี้นำเสนอการประเมินเครื่องตรวจสอบความ บกพร่องโดยใช้การวัดทางสถิติแบบคงที่จากวิธีการสุ่มตัวอย่าง

สำหรับการคาดการณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะทดสอบว่าการสร้างตัว แบบการจำแนกด้วยขั้นตอนวิธีแบบฐานกฎ (rule-based) และขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุดเคตัว (K- Nearest Neighbor) เพื่อทำการทดสอบ และเป็นการเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกกฎที่มีคุณภาพโดยการพิจารณาจากค่าของ

ความถูกต้องของ RMSM ที่มีค่าใกล้เคียงกับ 0 มากที่สุด สำหรับการสร้างตัวแบบการจำแนกด้วยทั้งสองวิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการใช้ต้นไม้ตัดสินใจ และ Naïve Bayes โดยชุดข้อมูลที่นำมาใช้จาก PROMISE 1 ชุด คือ KC2

2. ทบทวนวรรณกรรม

วิธีเบสฐานกฎ (rule-based) เป็นการสร้างต้นไม้ตัดสินใจที่ถูกสร้างขึ้นจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งอาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการตีความ ด้วยเหตุนี้การสกัดกฎจากต้นไม้ตัดสินใจถูกออกแบบเพื่อทำการสร้างกฎจากต้นไม้ตัดสินใจที่อยู่ในรูปแบบ “IF-THEN” ที่ทำให้สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยจะทำการสร้างกฎหนึ่ง ๆ จากแต่ละกิ่งของต้นไม้เริ่มจากโหนดรากไปจนถึงโหนดใบ โดยแอทริบิวต์ต่างๆที่อยู่ในกิ่งจะอยู่ในส่วนของ “IF” และโหนดใบจะอยู่ในส่วนของ “THEN” ตามลำดับ โดยการจำแนกข้อมูลด้วยกฎจะเป็น โมเดลที่จะแสดงผลด้วยเซตของกฎที่มีลักษณะแบบ ‘IF-THEN’ โดยกฎจะถูกแสดงอยู่ในรูปฟอร์มดังนี้ IF condition THEN conclusion ตัวอย่างเช่น R1: IF age = youth AND time term = yes THEN education level = yes จากรูปแบบฟอร์มของกฎและตัวอย่างกฎ R1 ข้างต้น จะประกอบไปด้วยข้อมูลสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรก ส่วนเงื่อนไข ‘IF’ จะเป็นส่วนที่เรียกว่า ‘rule antecedent’ หรือ ‘precondition’ ประกอบไปด้วย เซตของแอทริบิวต์ต่างๆประกอบกันเป็นเงื่อนไข ซึ่งจากกฎ R1 จะประกอบไปด้วยแอทริบิวต์ที่บ่งบอกถึง คุณลักษณะของคน 2 แอทริบิวต์ด้วยกัน คือ อายุอยู่ในช่วงหนุ่มสาว (age = youth) และเป็นนักเรียน (time term = yes) โดยส่วนเงื่อนไขของกฎจะทำการเชื่อมโยงแอทริบิวต์ต่างๆเข้าด้วยกันด้วยเครื่องหมาย AND ที่ซึ่งจะเป็นการบ่งบอกว่าข้อมูลจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ทั้งหมด ในส่วนที่สอง จะเรียกว่า ‘rule consequence’ ที่จะมีหมวดหมู่ข้อมูลบรรจุอยู่ จากตัวอย่างกฎ R1 ข้างต้นจะทำการทำนายว่า ลูกค้าที่มีคุณลักษณะเช่นไรที่จะทำการซื้อคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ในการเขียนกฎสามารถเขียนกฎให้อยู่ในอีกรูปแบบหนึ่งที่ใช้เครื่องหมายคณิตศาสตร์ได้เป็น R1: (age = youth) ^ (time term = yes) -> (education level = yes) โดยจากกฎข้างต้น ถ้ามีข้อมูลเรคคอร์ด x หนึ่งๆเป็นไปตามเงื่อนไขในส่วนของ rule antecedent จะสามารถบอกได้ว่ากฎ R1 ครอบคลุม (Covers) ข้อมูลเรคคอร์ด x หรือ เรคคอร์ด x ถูกครอบคลุมด้วยกฎ R1 ดังนั้นเมื่อในชุดข้อมูลประกอบไปด้วยข้อมูลหลายเรคคอร์ดจะสามารถหาเปอร์เซ็นต์ของเรคคอร์ดทั้งหมดในชุดข้อมูลที่ถูกครอบคลุมโดยกฎ R1 ได้ ที่ซึ่งเราจะเรียกค่าเปอร์เซ็นต์ของการครอบคลุมนั้นว่า ‘Coverage’ ที่ซึ่งสามารถคำนวณด้วยสมการดังนี้

$$\text{Converge}(R) = n_{\text{covers}}/|D|$$

เมื่อ n_{covers} คือ จำนวนเรคคอร์ดในชุดข้อมูลที่ถูกครอบคลุม โดยกฎ R และ $|D|$ คือ จำนวนเรคคอร์ดของข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูล ค่า coverage ของกฎจะถูกใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลของกฎว่ากฎหนึ่งๆที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพอย่างไร และมีความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (การบ่งบอกถึงหมวดหมู่ข้อมูล) เป็นอย่างไร โดยในการวัดความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลของกฎ (Accuracy) จะสามารถคำนวณด้วยสมการดังนี้

$$\text{Accuracy}(R) = n_{\text{correct}}/n_{\text{covers}}$$

เมื่อ n_{correct} คือ จำนวนเรคคอร์ดที่ถูกจำแนกได้อย่างถูกต้องภายใต้กฎ R

ดังนั้นในการที่จะสร้างกฎเพื่อจำแนกข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบของ 'IF-THEN' โดยตรงจากชุดข้อมูลสอน สามารถทำได้โดยการใช้อัลกอริทึม 'sequential covering' ที่ซึ่งจะเกิด จากแนวคิดที่จะทำการเรียนรู้หรือสร้างกฎแบบมีลำดับ โดยกฎที่สร้างได้จะเป็นกฎที่ครอบคลุมข้อมูลบางเรคคอร์ดในชุดข้อมูล

อัลกอริทึม การเรียนรู้กฎ IF-THEN จากชุดข้อมูลสอน (Sequential covering)

อินพุต - ชุดข้อมูลสำหรับเรียนรู้ (D) ที่ประกอบไปด้วยเรคคอร์ดต่างๆแนบด้วยหมวดหมู่ข้อมูล
- ลิสต์ของแอทริบิว (attr_vals) ที่อธิบายถึงคุณลักษณะต่างๆของข้อมูล

เอาต์พุต เซตของกฎที่เป็นแบบ IF-THEN

- (1) กำหนดให้เซตของกฎ Rule_set = {}
- (2) **for** แต่ละหมวดหมู่ c **do**
- (3) **repeat**
- (4) Rule = Learn_One_rule(D, attr_vals, c)
- (5) ลบเรคคอร์ดที่ถูกครอบคลุมด้วยกฎ Rule ออกจากชุดข้อมูล D
- (6) **Until** เงื่อนไขการหยุด
- (7) เพิ่มกฎ Rule เข้าไปใน Rule_set
- (8) **return** Rule_set

รูปที่ 1 อัลกอริทึม sequential covering พื้นฐาน

วิธีเพื่อนบ้านใกล้สุดเคตัว (K- Nearest Neighbor) เป็นวิธีที่ใช้ในการจัดแบ่งคลาส โดยเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุดจะเป็นการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบกันระหว่าง เรคคอร์ดของข้อมูลที่ต้องการจำแนก/ทำนายหมวดหมู่กับเรคคอร์ดทั้งหมดในชุดข้อมูลสอนที่มีลักษณะ เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันด้วยการพิจารณาข้อมูลแอทริบิวต่างๆ โดยข้อมูลเรคคอร์ดหนึ่งๆจะสามารถถูกมอง ว่าเป็นจุดหนึ่งในระนาบ n มิติ (เมื่อ n คือจำนวนแอทริบิวทั้งหมด) ถ้านำข้อมูลทุกๆเรคคอร์ดในชุดข้อมูล สอนมาวางในระนาบ n มิติ จากนั้นนำข้อมูลเรคคอร์ดที่ต้องการจำแนก/ทำนายหมวดหมู่มาวางในระนาบด้วย เช่นกัน จากนั้นพิจารณาหาว่ามีข้อมูลจุดใดบ้าง (เรคคอร์ดใดบ้าง) ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับเรคคอร์ดที่ต้องการจำแนกหมวดหมู่มากที่สุดเป็นจำนวน k เรคคอร์ด ในการที่จะหาความเหมือนกัน ต่างกัน หรือค่าความใกล้เคียงกันระหว่างเรคคอร์ดใดๆ ที่จะสามารถประยุกต์ใช้มาตรวัดความแตกต่างต่างๆ อาทิเช่น 'Euclidean distance' ที่ซึ่งจะทำการพิจารณา 2 เรคคอร์ด $X_1 = (X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n})$ และ $(X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n})$ ใดๆ จากนั้นทำการพิจารณาความแตกต่าง ระหว่างค่าที่ปรากฏขึ้นในแต่ละแอทริบิวของทั้งสองเรคคอร์ดแล้วนำมารวมเป็นค่าความแตกต่างรวมที่ซึ่งจะสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$dist(X_1, X_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

เมื่อค่า $dist(x_1, x_2)$ คือ การคำนวณระยะห่างของข้อมูลที่ต้องการพิจารณาเทียบกับกลุ่มข้อมูล

จากสมการข้างต้น เมื่อทำการพิจารณาค่าที่เกิดขึ้นในแอทริบิว A_i ใดๆ เราจะต้องทำการพิจารณาว่าค่าที่ ปรากฏขึ้นมีลักษณะใด สำหรับแอทริบิวที่มีค่าเป็นตัวเลขจะสามารถหาความแตกต่างระหว่างค่า X_{1i} และ

x_{2i} ได้โดยตรงแต่อย่างไรก็ดี ถ้าการหาความแตกต่างจากข้อมูล x_{1i} และ x_{2i} โดยตรง โดยที่ไม่ทำการประมวลผลใดๆ จะทำให้อาจเกิดความเอนเอียงในค่าความแตกต่างได้ (แอทริบิวต์ที่มีค่าความแตกต่าง มากๆจะขึ้นนำแอทริบิวต์อื่นๆทั้งหมด) ดังนั้นเราควรจะต้องทำการนอร์มัลไลซ์ข้อมูลเสียก่อน โดยการปรับข้อมูลให้อยู่ในช่วงที่กำหนดเช่น อยู่ในช่วง 0 - 1 ด้วย Min-max normalization ดังนี้

$$v' = \frac{v - \min_A}{\max_A - \min_A}$$

เมื่อค่า \min_A และ \max_{A_A} คือ ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่จะปรากฏขึ้นในแอทริบิว A ที่ทำการพิจารณา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทำเหมืองข้อมูลในอัลกอริทึมต่างๆ N. Gayatri (2009) จากการจำแนกประเภทของชุดข้อมูลของ Naïve Bayes และ decision tree (ได้แก่ J48, CART, BFTree และ Random forest) สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องซอฟต์แวร์ พบว่า Random forest สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 84.48%, CART สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 83.72%, Naïve Bayes และ J48 สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 83.33% และ BFTree สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 81.03% ตามลำดับ และสำหรับงานวิจัยในอนาคตเป็นการศึกษารูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านการตรวจสอบมาแล้วเพื่อนำไปใช้กับชุดข้อมูลเบื้องต้นอย่างเหมาะสมนั่นเอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงสามารถสรุปผลการจำแนกประเภทข้อมูลได้ว่า attribute ทุกตัวในชุดข้อมูลมีบทบาทสำคัญในการแยกประเภทข้อมูลทั้งสิ้น และควรจะมีการสร้างโมเดลในการแยกประเภทข้อมูลตามความต้องการเพื่อให้เกิดความพึงพอใจต่อการพัฒนารูปแบบการประเมินผลเชิงประสิทธิภาพในอนาคตอีกทั้งยังพบว่าการกำหนดรูปแบบของ attribute เหล่านี้ยังมีบทบาทที่สำคัญต่อการกำหนดชุดข้อมูลเบื้องต้นในอัลกอริทึม

จากกรณีศึกษาของชุดข้อมูลจากแบบการสุ่มตัวอย่างเพื่อการจำแนกประเภทของชุดข้อมูลของ decision tree (ได้แก่ J48) สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องซอฟต์แวร์ พบว่า J48 สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 84.60% นอกจากนี้ยังมีการประเมินตัวพยากรณ์ของความบกพร่องของซอฟต์แวร์นั้น Jun Zheng (2010) เมื่อมีการเรียนรู้จากเครื่องตรวจสอบความบกพร่อง จากการวัดทางสถิติด้วยค่าคงที่ของ Naive Bayes ซึ่งดีกว่าผู้เรียนที่ใช้โครงสร้างแบบ Entropy-based ของ Decision Tree ให้ความถูกต้องตามพื้นฐานการวัดอยู่ระหว่าง 13% ถึง 30% (การตรวจสอบอย่างง่าย) และ 35% ถึง 65% (สำหรับการตรวจสอบรูปแบบที่มีความซับซ้อน) สำหรับการพยากรณ์ข้อผิดพลาดของซอฟต์แวร์ A. Sonali และ D. Siddhant (2014) ซึ่งการดำเนินงานตั้งอยู่บนพื้นฐานของการจำแนกแบบ threshold-moving tries ไปสู่การจำแนกแบบ not-fault-prone โดยอัลกอริทึมของ boost จะเพิ่มน้ำหนักให้มากขึ้น จากตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับโมดูลที่มีความบกพร่องเหล่านั้นจะสามารถแยกแยะความบกพร่องซอฟต์แวร์ได้ง่ายมากยิ่งขึ้น จากกรณีศึกษาของ Data set แบบการสุ่มตัวอย่างเพื่อการจำแนกประเภทของชุดข้อมูลของ Artificial Neural networks (ได้แก่ Boosting Algorithm) สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องซอฟต์แวร์ พบว่า Boosting Algorithm สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 80% : 20% ดังนั้นจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เราสามารถสรุปผลการศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกความบกพร่องของซอฟต์แวร์ โดยใช้เครื่องมือในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น Decision Tree, Naïve Bayes และ Neural Network ซึ่งเทคนิคที่ดีที่สุดสำหรับการทดสอบทั้งหมดก็คือ Decision Tree, Naïve Bayes และ Neural Network ตามลำดับ

ดังนั้นการจำแนกประเภทข้อมูลได้ว่า attribute ทุกตัวในชุดข้อมูลมีบทบาทสำคัญในการแยกประเภทข้อมูลทั้งสิ้น และควรมีการสร้างโมเดลในการแยกประเภทข้อมูลตามความต้องการเพื่อให้เกิดความเพียงพอต่อการพัฒนารูปแบบการประเมินผลเชิงประสิทธิภพในอนาคตอีกทั้งยังพบว่าข้อกำหนดรูปแบบของ attribute เหล่านี้ยังมีบทบาทที่สำคัญต่อการกำหนดชุดข้อมูลเบื้องต้นในอัลกอริทึม อย่างไรก็ตามการประเมินค่าใช้จ่ายของซอฟต์แวร์และการให้ความเชื่อมั่นที่ดีที่สุดเกี่ยวกับต้นทุน Tim Menzies (2006) ซึ่งให้ budget ที่แน่นอน การประเมินทรัพยากรที่ใช้โดยทั่วไปนั้นอาจจะมีบางส่วนที่เชื่อว่ามีค่าสำคัญ และบางส่วนของระบบที่อาจจะมีความบกพร่อง ดังนั้นนอกเหนือจากการประเมินเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายแล้วยังนำไปสู่การประเมินเกี่ยวกับกิจกรรมที่มีความซับซ้อน Tim Menzies (2007) โดยบทความนี้เป็นการประเมินเครื่องตรวจสอบความบกพร่องโดยใช้การวัดทางสถิติแบบคงที่จากวิธีการสุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตามผลลัพธ์พบว่า เครื่องตรวจจับความบกพร่องดังกล่าวได้ให้ผลลัพธ์ที่คงที่ในหลาย ๆ อัลกอริทึม นอกจากนี้เครื่องตรวจจับเหล่านี้ยังมีราคาที่ไม่แพงจนเกินไป สำหรับการที่จะนำมาใช้และสามารถปรับปรุงให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ทางธุรกิจในปัจจุบันได้ จากกรณีศึกษาของ Data set แบบการสุ่มตัวอย่างเพื่อการจำแนกประเภทของชุดข้อมูลของ decision tree (ได้แก่ J48) สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องซอฟต์แวร์ พบว่า J48 สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 84.60%

3. รูปแบบการวิจัย

รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการนำข้อมูลของ NASA: KC2[<http://promise.site.uottawa.ca/SERepository/>] จากการรวบรวมข้อมูลจากโปรแกรม (โค้ด) ต่าง ๆ สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีทั้งหมด 22 Attribute ตามตารางที่ 3.1 โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

- 1) การทำความเข้าใจข้อมูล
- 2) ความเกี่ยวเนื่องของข้อมูล
- 3) การคัดเลือกข้อมูล
- 4) การเตรียมชุดข้อมูลฝึกและข้อมูลทดสอบ
- 5) การประมวลผลข้อมูล
- 6) เครื่องมือที่ใช้
- 7) การค้นหากฎตามลำดับความสัมพันธ์ของค่าใด ๆ หนึ่งที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 3.1 data set ของ KC2

Loc	v(g)	ev(g)	iv(g)	N	v	l	d	i	e	b	t	LOCcode	LOCcomment	Loblack	LOCcode#end	Comment	uniq_Op	uniq_Opnd	total_Op	tato_Opnd	branchCount	problems
1.1	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2	2	2	2	2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	No
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	yes

อธิบายตารางที่ 3.1 Data Set ของ NASA: KC2 มีทั้งหมด 22 แอททริบิวต์ โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นชนิดตัวเลข ซึ่งสามารถอธิบายความหมายของแต่ละแอททริบิวต์ที่เป็นตัวเลขได้ดังต่อไปนี้

1. LoC คือ การนับจำนวนบรรทัดของซอร์สโค้ด และจำนวนเส้นทางอิสระในเซตของข้อมูล
2. v(g) คือ ความซับซ้อนในระดับของ Class และ Method
3. ev(g) คือ จำนวนของ Method ใน class
4. iv(g) คือ กระบวนการของแก้ไขปัญหาและการวางแผน
5. n คือ จำนวนโหนดของกราฟกระแสน้ำ (flowgraph)

- | | | |
|-----|-------------------|--|
| 6. | v | คือ ขนาดของการพัฒนาซอฟต์แวร์ มีหน่วยวัดเป็นจำนวนบรรทัด |
| 7. | l | คือ ความยาวของซอร์สโค้ดของแต่ละโปรแกรม |
| 8. | d | คือ ความยากของแต่ละโปรแกรม |
| 9. | i | คือ การรวบรวมข้อมูล จัดเก็บ วิเคราะห์ และการเข้าถึงข้อมูล |
| 10. | e | คือ ความพยายาม กำลังคน หรือแรงานที่ต้องใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ |
| 11. | b | คือ การประมาณค่าตัวเลขของข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน |
| 12. | t | คือ ระยะเวลาในการพัฒนาซอฟต์แวร์ |
| 13. | LOCcode | คือ จำนวนบรรทัดของซอร์สโค้ด |
| 14. | LOCcomment | คือ จำนวนบรรทัดที่เกี่ยวกับความคิดเห็นของโปรแกรม |
| 15. | LOCblank | คือ จำนวนบรรทัดที่เป็นค่าว่าง |
| 16. | LOCcodeAndComment | คือ จำนวนบรรทัดของซอร์สโค้ด และจำนวนบรรทัดแสดงความคิดเห็น |
| 17. | uniq_op | คือ จำนวนตัวดำเนินการ (operator) |
| 18. | uniq_opnd | คือ จำนวนตัวแปรหรือตัวถูกดำเนินการ (operand) |
| 19. | total_op | คือ จำนวนตัวดำเนินการ (operator) ทั้งหมด |
| 20. | total_opnd | คือ จำนวนตัวแปรหรือตัวถูกดำเนินการ (operand) ทั้งหมด |
| 21. | Branchcount | คือ จำนวนเส้นเชื่อมระหว่างแผนภาพ (flowgraph) |
| 22. | Problems | คือ โมดูลแสดงปัญหาการรายงานข้อบกพร่องและไม่มีการรายงานข้อบกพร่อง |

3.1 การทำความสะอาดข้อมูล เป็นการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นที่จะลบหรือลดข้อมูลที่มีสิ่งรบกวนด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการปรับเปลี่ยนข้อมูลแบบต่าง ๆ และจัดการกับการขาดหายไปของข้อมูลด้วยการแทนค่าของข้อมูลที่ขาดหายไปด้วยค่าของข้อมูลที่ปรากฏอยู่ที่สุดหรือทำการแทนค่าของข้อมูลที่มั่วค่าเชิงสถิติที่สูงที่สุด

3.2 ความเกี่ยวเนื่องของข้อมูล เป็นการตรวจสอบแอทริบิวต์ต่าง ๆ ว่ามีความเกี่ยวเนื่องกับการขาดหายไปของข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือซ้ำซ้อนกันมารกน้อยเพียงใด ซึ่งโดยปกติของชุดข้อมูลจะมีแอทริบิวต์ที่ซ้ำกัน ดังนั้นเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงความซ้ำซ้อนดังกล่าวเราสามารถประยุกต์ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพื่อทำการตรวจสอบทางสถิติว่า 2 แอทริบิวต์ใด ๆ (เลือกพิจารณาทีละคู่ของแอทริบิวต์จากแอทริบิวต์ทั้งหมด)

3.3 การคัดเลือกข้อมูล เป็นการคัดเลือกข้อมูลในรูปแบบการเลือกคอลัมน์ที่มีข้อมูลที่ค่อนข้างครบถ้วน ยกตัวอย่างเช่น แต่ละคอลัมน์มีค่าที่เหมือนกัน แต่ละคอลัมน์จะต้องมีค่าที่ไม่ซ้ำกัน หากข้อมูลในแต่ละคอลัมน์มีค่าตัวเลขไม่ครบถ้วนให้ทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องสมบูรณ์ โดยการปรับเปลี่ยนข้อมูลให้มีค่าเหมาะสมเพื่อนำข้อมูลไปจัดกลุ่มข้อมูล

3.4 การเตรียมชุดข้อมูลฝึกและข้อมูลทดสอบ

เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูล ให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ซึ่งจะมีการนำข้อมูลมาจัดเตรียมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ก็คือ ข้อมูลฝึก และข้อมูลทดสอบ โดยรายละเอียดในการแบ่งข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลชุดฝึก เป็นการแบ่งข้อมูลฝึก เป็นอัตราส่วน 2 ใน 3 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมดจาก Jun Zheng (2010), A. Sonali และ D. Siddhant (2014)

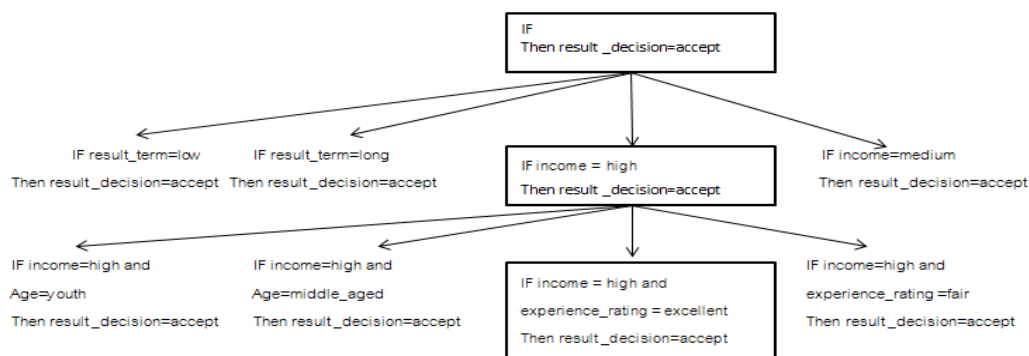
2. ข้อมูลทดสอบ เป็นการแบ่งข้อมูลทดสอบ เป็นอัตราส่วน 1 ใน 3 ของจำนวนชุดข้อมูลจาก Jun Zheng (2010), A. Sonali และ D. Siddhant (2014)

3.5 การประมวลผลข้อมูล โปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ก็คือ โปรแกรม WE-KA สำหรับการพยากรณ์ในส่วนของ Rule based and KNN ซึ่งโปรแกรม WE-KA เป็นที่นิยมในการนำมาพยากรณ์ซอฟต์แวร์เกี่ยวกับการทำเหมืองข้อมูล และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายสำหรับการนำมาประมวลผลข้อมูลทั้งชุดฝึกและชุดทดสอบ

3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ โปรแกรม WE-KA ได้ถูกพัฒนามาจากภาษาจาวาทั้งหมด ซึ่งเขียนมาโดยเน้นกับงานทางการเรียนรู้ด้วยเครื่องจาก David Scuse และ Peter Reutemann (2008) การทำเหมืองข้อมูลเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการข้อมูล และใช้ Graphic User Interface (GUI) และใช้คำสั่งในการให้ซอฟต์แวร์ประมวลผล และสามารถรันได้หลายระบบปฏิบัติการ และสามารถพัฒนาต่อยอดโปรแกรมได้ ซึ่งอัลกอริทึมสามารถเลือกใช้งานได้โดยตรงจาก 2 ทาง คือ จากชุดเครื่องมือที่มีอัลกอริทึมมาให้หรือเลือกใช้จากอัลกอริทึมที่ได้เขียนเป็น โปรแกรมลงไปเป็นชุดเครื่องมือเพิ่มเติม และชุดเครื่องมือมีฟังก์ชันสำหรับการทำงานร่วมกับข้อมูล

3.7 การค้นหากฎตามลำดับความสัมพันธ์ของค่าใดสิ่งหนึ่งที่ใช้ในงานวิจัย

การค้นหากฎจะเริ่มจากการพิจารณาแอทริบิวต์แอทริบิวต์แล้วค่อยเพิ่มการพิจารณาทีละหนึ่งไปเรื่อยๆ (ซึ่งวิธีการนี้จะเรียกว่า ‘general-to-specific’) ดังแสดงในตัวอย่างในรูปที่ 3 แสดงถึงชุดข้อมูล สำหรับผู้เขียนโปรแกรมที่ซึ่งจะประกอบไปด้วยข้อมูลเอกสารของผู้ที่เขียน โปรแกรมแต่ละราย โดยข้อมูลแอทริบิวต์ต่างๆที่จะทำการพิจารณาจะประกอบด้วย อายุ รายได้ การศึกษา ที่อยู่ ความชำนาญ ระยะเวลาในการเขียน โปรแกรม และผลลัพธ์สำเร็จของโปรแกรมตามลำดับ (age, income, education level, residence, experience rating, time term และ result_decision) ที่ซึ่งเป็นหมวดหมู่ของข้อมูล โดยในการจำแนกข้อมูลจะทำการจำแนกว่าเอกสารใดที่จะได้รับการอนุมัติหรือไม่ได้รับการอนุมัติโปรแกรม ซึ่งจะมีหมวดหมู่ของข้อมูลเป็น ‘accept’ และ ‘non-accept’ โดยในการพิจารณาจะเริ่มจากการที่พิจารณาหมวดหมู่ของข้อมูลที่ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าทำการพิจารณาหมวดหมู่ที่ได้รับการอนุมัติซึ่งจะได้กฎเป็น IF THEN result_decision=accept จากนั้นจะทำการเพิ่มแต่ละแอทริบิวต์ที่เป็นไปได้ (attr, val) เข้ากับกฎข้างต้น โดยจะต้องทำการพิจารณาทุกๆ แอทริบิวต์ที่อยู่ในลิสต์ของแอทริบิวต์รวมถึงทุกๆค่าที่เกิดขึ้นในแต่ละแอทริบิวต์ด้วยตัวอย่างเช่น กิ่งซ้ายสุดของรูปที่ 3 จะเป็นการเพิ่มการพิจารณาแอทริบิวต์ ‘result_term=low’ เข้ากับกฎข้างต้นที่ซึ่งจะทำให้กฎมี เงื่อนไขมากขึ้นคือ IF time_term=low THEN result_decision=accept ตามลำดับ โดยทำการพิจารณาทุกๆแอทริบิวต์และทุกๆค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วจึงจะต้องทำการเลือกกฎที่มีคุณภาพมากที่สุดเพื่อทำการพิจารณาต่อไป

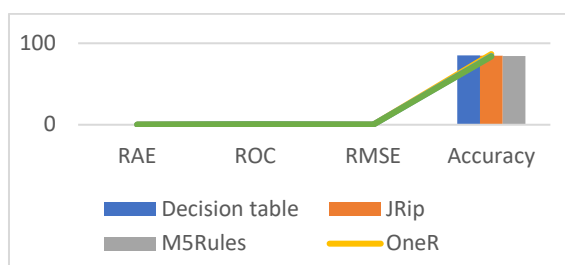


รูปที่ 3 แสดงการค้นหากฎตามลำดับความสัมพันธ์ของค่าไม้หนึ่ง

4. ผลการทดลอง

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างของการทำเหมืองข้อมูลในรูปแบบของอัลกอริทึมต่างๆ จากการจำแนกประเภทของชุดข้อมูลของ Rule based and KNN สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์ จากค่าที่สามารถอธิบายรายละเอียดของการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

- RAE คือ ความแตกต่างระหว่างผลที่จะได้จากการวัด และค่าจริงของปริมาณที่ถูกวัดในทางปฏิบัติ นั้นไม่สามารถหาค่าความผิดพลาดในการวัดอย่างแน่นอน
- ROC คือ การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง true positive rate (Sensitivity) กับ false positive rate (1-Specificity) โดยการแปรค่าจุดตัด (cut – off point) ที่ใช้ต่างๆ กัน
- RMSE คือ การวัดค่าความแตกต่างระหว่างค่าความจริงและค่าที่ถูกประมาณการจากแบบจำลอง หากค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าจริง ดังนั้นหากค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0 หมายถึง ไม่เกิดความคลาดเคลื่อนในแบบจำลอง
- Accuracy คือ ค่าความถูกต้องของการพยากรณ์

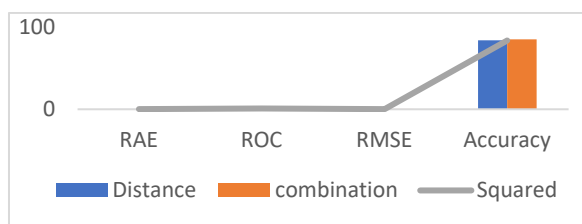


รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบเทคนิค Rule Based

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทำเหมืองข้อมูลของอัลกอริทึม สำหรับเทคนิค Rule based

Algorithm	RAE	ROC	RMSE	Accuracy
Decision table	0.236	0.728	0.386	84.93
JRip	0.226	0.742	0.368	84.68
M5Rules	0.221	0.804	0.334	84.33
OneR	0.204	0.836	0.396	86.74
Part	0.221	0.804	0.334	84.33
ZeroR	0.211	0.818	0.407	83.74

อธิบายรูปที่ 4.1 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบเทคนิค Rule Based โดยมีการเปรียบเทียบความแตกต่างการทำเหมืองข้อมูลในอัลกอริทึมต่าง ๆ สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องซอฟต์แวร์ พบว่า OneR สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 86.74%, มีความถูกต้องมากที่สุด



รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบเทคนิค KNN

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทำเหมืองข้อมูลของอัลกอริทึม สำหรับเทคนิค KNN

Algorithm	RAE	ROC	RMSE	Accuracy
IBk	0.208	0.808	0.348	84.48
KStar	0.206	0.828	0.389	85.88
LWL	0.221	0.804	0.334	84.33

อธิบายรูปที่ 4.1 และ 4.2 จากการวิเคราะห์การเปรียบเทียบเทคนิค KNN โดยมีการเปรียบเทียบความแตกต่างการทำเหมืองข้อมูลในอัลกอริทึมต่าง ๆ สำหรับการพยากรณ์ความบกพร่องซอฟต์แวร์ พบว่า KStar สามารถจำแนกข้อมูลได้ถูกต้อง 85.88% มีความถูกต้องมากที่สุด

5. อภิปรายผลการวิจัย

อภิปรายผลการวิจัย จากการใช้ทฤษฎีของ KNN- Rule Based ในการพยากรณ์ระดับความบกพร่องของซอฟต์แวร์จาก KC2 ของการศึกษาในครั้งนี้ เมื่อได้เปรียบเทียบกับผลการศึกษาซึ่งใช้ทฤษฎีของ Decision Tree เพื่อการพยากรณ์ปริมาณความบกพร่องซอฟต์แวร์ (จากการทดสอบโค้ด) ผลปรากฏว่าค่าดัชนีวัดประสิทธิภาพ (EI) ของสมการมีความเหมาะสม โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าระดับความบกพร่องของซอฟต์แวร์ในอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ ณ เวลาปัจจุบันและช่วงเวลาย้อนหลัง ในครั้งนี้ให้ค่า EI อยู่ในช่วง 0.81-0.82 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า EI ที่อุตสาหกรรมซอฟต์แวร์พยากรณ์ได้โดยใช้ข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าระดับความบกพร่องซอฟต์แวร์จากโค้ดโปรแกรมของ KC2 นำมาวัดค่าต่าง ๆ ณ เวลาปัจจุบันเพียงอย่างเดียวที่มีค่า EI ประมาณ 0.80 ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการพยากรณ์

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาตัวแบบการจำแนกเพื่อคาดการณ์ความบกพร่องของซอฟต์แวร์ โดยเทคนิคที่ผู้วิจัยนำมาสร้างตัวแบบการจำแนก ได้แก่ วิธีแบบฐานกฎ (rule-based) และวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุดเคตัว (K-Nearest Neighbor) ผลการวิจัย พบว่า ตัวแบบการจำแนกด้วยทั้งสองวิธีมีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการใช้ต้นไม้ตัดสินใจดังกล่าว โดยขั้นตอนวิธีแบบฐานกฎที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือ OneR โดยให้ความแม่นยำอยู่ที่ 86.74% และขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้สุดเคตัวที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดคือ KStar ซึ่งให้ความแม่นยำอยู่ที่ 85.88% อย่างไรก็ตามงานวิจัยในอนาคตจะนำเทคนิคในรูปแบบของการ ensemble ระหว่างวิธีแบบต้นไม้การตัดสินใจและวิธีแบบฐานกฎเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

- A. Sonali and D. Siddhant. 2014. Prediction of software defects using twin support vector machine. International Conference on Information Systems and Computer Networks (ISCON). 1-8.
- David Scuse and Peter Reutemann. 2008. WEKA Experimenter Tutorial for Version 3-5-8.
- N. Gayatri, S. Nickolas, A Reddy and R Chitra. 2009. Performance analysis of data mining algorithms for software quality prediction. International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing. 393-395.
- Han and Kamber. 2006. **Data Mining Concepts and Techniques**. Book. 1-8.
- Jun Zheng. 2010. Cost – Sensitive booting neural network for software defect prediction. Expert Systems with Applications. 4537-4543
- Tim Menzies, Justin S and Di Stefano. 2006. How good is your blind spot sampling policy?. Eighth IEEE International Symposium on High Assurance Systems Engineering, 1-10.
- Tim Menzies, Justin Distefano, Andres Orrego and Robert Chapman. 2007. Assessing Predictors of software defects. Eighth IEEE International Symposium on High Assurance Systems Engineering, 1-4.
- Ian H. Witten, Eibe Frank and Mark A. Hall. 2011. **Practical Machine Learning Tools and Techniques**. 3rd Edition, Morgan Kaufman Publishers. 1-8
- <http://promise.site.uottawa.ca/SERepository/>

การกู้คืนสภาพเดิมเว็บไซต์แบบปรับตัวได้อย่างอัตโนมัติสำหรับรับมือเมื่อถูกโจมตี เปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐ

Adaptive Automatic Website Recovery for Government Website Defacement Attack

นนทวัฒน์ สาระมาน (Nontawatt Saraman)¹

ประสงค์ ปราณีตพลกรัง (Prasong Praneetpolgrang)²

¹บัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม E-mail: nontawatt@cipat.or.th

²บัณฑิตศึกษา คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม E-mail: prasong.pr@spu.ac.th

บทคัดย่อ

เว็บไซต์ในหน่วยงานรัฐบาลมีความสำคัญและถือว่าการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารและภารกิจของหน่วยงาน ข้อมูลที่ได้ทำการประกาศลงสู่เว็บไซต์ในสังกัดรัฐบาลนั้นถือว่ามีค่าน่าเชื่อถือ ไม่ควรที่จะถูกเปลี่ยนแปลงจากเหตุไม่พึงประสงค์ โดยเฉพาะนักโจมตีระบบที่ทำการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ (Web Defacement) เป็นการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ หรือ การทำให้เกิดสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นว่าสามารถยึดครองระบบเว็บไซต์ได้ ในงานวิจัยนี้จะมีการทำการศึกษา 4 ส่วน อันได้แก่ ส่วนที่ 1 การศึกษาถึงแนวความคิดและแรงจูงใจที่ทำให้มีการเจาะระบบเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์เพื่อสร้างให้เกิดสัญลักษณ์ ที่เรียกว่า Hacktivism ส่วนที่ 2 คือการรวบรวมสถิติข้อมูลจากเขียนโปรแกรมมิ่งเพื่อจัดเก็บข้อมูลเว็บไซต์รัฐบาลในประเทศไทย ที่มีการถูก Defacement ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 จนถึงปัจจุบัน โดยนำมาจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่ม Hacktivism ในการประกาศให้ทั่วโลกทราบว่าตนเองหรือกลุ่มของตนได้มีการเข้าถึงระบบและมีการสร้างสัญลักษณ์ของตนเองหรือกลุ่มของตนไว้บนเว็บไซต์หน่วยงานรัฐบาลได้แล้ว ส่วนที่ 3 คือ ส่วนที่ใช้ในการออกแบบระบบอัจฉริยะ (Intelligence systems) เพื่อมาป้องกันและตรวจสอบการถูกเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ พร้อมทั้งการกู้คืนสภาพปกติกลับคืนสภาพเดิมได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้แนวคิด Cyber Resilience เพื่อสร้างความยืดหยุ่นและคืนสภาพอย่างรวดเร็วเมื่อมีการโจมตีเกิดขึ้นซึ่งการจะเกิดปฏิกิริยาคืนสภาพนั้นจะต้องทำตามแนวปฏิบัติที่ชื่อว่า “ARAK” ARAK (Automatic Recovery Adaptive Keeper) ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการคืนสภาพย้อนกลับของเว็บไซต์มาใช้งานได้ดังปกติ

คำสำคัญ: การคืนสภาพกลับเมื่อถูกโจมตีเว็บไซต์, นักโจมตีระบบ, การเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์

ABSTRACT

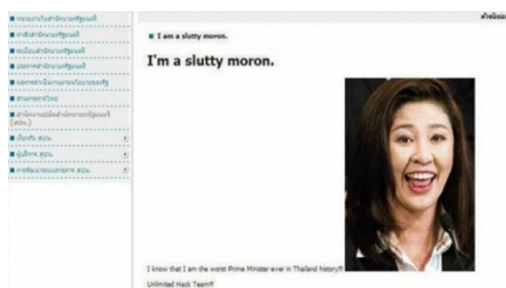
Websites in government agencies are important and are considered public relations information and mission of the agency. The information that has been posted to the government website is credible. Should not

be changed from the cause does not depend on. Especially attackers who make changes to the website. Also known as "Web Defacement" is to modify existing information or to create a symbol that indicates that the site can be occupied. This research will be conducted in four sections: Part 1: A study of the concepts and motivations that drive the system to make changes to the website to create a symbol called Hactivism. Compiled statistics from programming to store government websites in Thailand that have been defrauded from 2015 to present. It is based on the credible and popular sources of hactivism in announcing to the world that they or their groups have access to the system and have created their own symbols or groups on the site. Part 3 is the part used in intelligent system design. (Intelligence systems) to protect and verify the site. With the Cyber Resilience concept, you can quickly and easily recover from any type of attack that can be triggered by "ARAK" ARAK (Automatic Recovery Adaptive Keeper), which will be important for the return of the site to normal.

KEYWORDS: Cyber Resilience, Hactivism, Web Defacement

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ในยุคปัจจุบันเราไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อขับเคลื่อนธุรกิจและงานที่ทำอย่างแยกจากกันไม่ออก ส่วนหนึ่งของการเผยแพร่ข้อมูลของธุรกิจคือเว็บไซต์ ซึ่งทุกหน่วยงานราชการ บริษัทเอกชน หน่วยงานไม่หวังผลกำไร ล้วนแล้วแต่จำเป็นต้องมีเว็บไซต์เป็นของหน่วยงานของตนเพื่อยืนยันว่าหน่วยงานนี้มีตัวตนและเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้กับธุรกิจและหน่วยงาน การที่เว็บไซต์หน่วยงานถูกโจมตีและทำการเปลี่ยนเนื้อหาและข้อมูลบนเว็บนั้นจะทำให้หน่วยงานได้รับผลกระทบทั้งด้านภาพลักษณ์ขององค์กรได้ การเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ในทางเทคนิคเรียกว่า "Web Defacement" ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเว็บไซต์โดยเหตุผลหลายประการ เช่น การเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์เพื่อต้องการสร้างตัวตนในสังคมการแอก อันได้แก่การจัดอันดับเพื่ออยู่ใน ท็อปเท็นบน zone-h, การเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ที่เรียกว่า "Hactivism" คือ บุคคลที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการโจมตีเป้าหมาย เพื่อแสดงความคิดเห็นในทางสังคมหรือการเมือง และการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ (website defacement) ดูเหมือนจะมีความเชื่อมโยงกันบ่อยครั้ง คือเว็บไซต์ที่ถูกเปลี่ยนหน้าโดย hactivist ในแต่ละวันด้วยหลายเหตุผลที่แตกต่าง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการขาดการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์นี้ จึงยังไม่ชัดเจนว่าแรงจูงใจคืออะไร วิธีการทำงานคืออะไร และปัจจัยเหล่านี้จะเป็นภัยคุกคามที่ร้ายแรงต่อบริษัทและองค์กรฝ่ายบริหารหรือไม่เพื่อที่จะตอบคำถามเหล่านี้ รายงานนี้ได้ให้ข้อมูลรายงานการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเกี่ยวกับแรงจูงใจและเจตนาของ hactivist และวิธีการทำงาน ดูเหมือนว่า hactivist ที่เปลี่ยนหน้าเว็บมีแรงจูงใจด้านอุดมการณ์และการเมืองสำหรับการกระทำของพวกเขาอย่างมากมาย ถึงแม้จะดูเหมือนว่าแรงจูงใจทางการเมืองมีความสำคัญมากที่สุด แต่สิ่งกระตุ้นอื่น ๆ เช่น การแสวงหาความตื่นเต้น และการเพิ่มความภูมิใจตน (self-esteem) ยังมีส่วนเกี่ยวข้องอีกด้วย เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยก็เคยปรากฏขึ้นเมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2556 เว็บไซต์ของสำนักงานปลัดนายกรัฐมนตรี ในเพจที่แนะนำผู้บริหารก็มีการเปลี่ยนรูปนายกรัฐมนตรีไทยในอากัปกิริยาที่ไม่น่าเชื่อถือใส่ในเว็บเพจต่อมาได้รู้ว่ามีกลุ่มผู้ไม่ประสงค์ดีได้ทำการเข้าถึงระบบเว็บไซต์ของสำนักงานปลัดนายกรัฐมนตรีและเปลี่ยนรูปภาพเพื่อแสดงความไม่พอใจรัฐบาลเป็นต้น



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์สำนักงานปลัดนายกรัฐมนตรีที่เกิดขึ้นในช่วงรัฐบาลเพื่อไทย

เมื่อวันที่ 8 พฤษภาคม 2556 อีกกรณี เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2556 เป็นความไม่พอใจของนักเรียนในระบบการศึกษาในยุคปัจจุบัน ได้เข้าไปเปลี่ยนหน้าเว็บเพจของกระทรวงศึกษาธิการในหน้าหลักและแสดงข้อความว่า “พวกเราเป็นเด็กรุ่นใหม่ กรุณาสอนในเรื่องที่ต้องใช้ในอนาคต ไม่ใช่สอนเอาแค่นี้ไปสอบแข่งขัน” พร้อมภาพรูปหัวกระโหลก



ภาพที่ 2 หน้าเว็บเพจที่ถูกเปลี่ยนแปลงข้อมูลปรากฏในหน้าแรกของเว็บกระทรวงศึกษาธิการ

อีกเหตุการณ์หนึ่งเมื่อช่วงวันที่ 1-28 กุมภาพันธ์ 2555 เกิดเหตุการณ์ที่ชาวต่างชาติทำการเปลี่ยนหน้าเว็บเพจในประเทศไทยในหลายเว็บพร้อมๆ กันเพื่อประกาศให้ทราบถึงว่าไม่พอใจกับการใช้แรงงานต่างด้าว ที่นายจ้างรังแกลูกจ้างชาวพม่า



ภาพที่ 3 นักเจาะระบบชาวพม่าเปลี่ยนหน้าเว็บเพจในหลายเว็บในประเทศไทยพร้อม ๆ กัน

การวิจัยเกี่ยวกับวิธีการทำงานได้เปิดเผยว่า hacker มักใช้ช่องโหว่ และเทคนิคที่เป็นที่รู้จักและค่อนข้างไม่ซับซ้อน นอกจากนี้พวกเขาใช้เครื่องมือที่หาได้ทั่วไป แต่สามารถสร้างเครื่องมือของตัวเองขึ้นมาด้วย ดูเหมือนจะเลือกจากเป้าหมายที่ง่ายในการถูกบุกรุก และ/หรือ จากความสนใจที่ได้รับจากการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บ

วิธีการของการวิจัยนี้รวมถึงการตรวจสอบงานวิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องอย่างครอบคลุม ร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในแวดวงการรักษาความปลอดภัยข้อมูลข่าวสารและอินเทอร์เน็ต นักวิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลการพิสูจน์หลักฐานที่ได้จากเครื่องแม่ข่าย honeypot^[1] เฉพาะกิจเพื่อการวิจัยนี้ และทดสอบข้อมูลการเปลี่ยนหน้าเว็บที่ได้จากเว็บไซต์ของ Zone-H^[2]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อทำการสำรวจและวิเคราะห์ปริมาณการ โจมตีเว็บไซต์และผลกระทบที่เกิดขึ้น
- 2.2 เพื่อนำเสนอวิธีการกู้คืนสภาพเดิมเว็บไซต์อย่างอัตโนมัติเมื่อถูกโจมตีทางไซเบอร์ด้วยการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ โดยใช้แนวคิด ARAK

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

เว็บไซต์ในหน่วยงานรัฐบาลมีความสำคัญและถือว่าการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารและภาระกิจของหน่วยงาน ข้อมูลที่ได้ทำการประกาศลงสู่เว็บไซต์ในสังกัดรัฐบาลนั้นถือว่ามีค่าน่าเชื่อถือ ไม่ควรที่จะถูกเปลี่ยนแปลงจากเหตุไม่พึงประสงค์ โดยเฉพาะนักโจมตีระบบที่ทำการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ หรือที่เรียกว่า “Web Defacement” เป็นการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่มีอยู่ หรือ การทำให้เกิดสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นว่าสามารถยึดครองระบบเว็บไซต์ได้ ในงานวิจัยนี้จะมีการทำการศึกษา 4 ส่วน อันได้แก่ ส่วนที่ 1 การศึกษาถึงแนวความคิดและแรงจูงใจที่ทำให้มีการเจาะระบบเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์เพื่อสร้างให้เกิดสัญลักษณ์ที่เรียกว่า Hacktivism ส่วนที่ 2 คือการรวบรวมสถิติข้อมูลจากเขียน โปรแกรมมิ่งเพื่อจัดเก็บข้อมูลเว็บไซต์รัฐบาลในประเทศไทย ที่มีการถูก Defacement ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 จนถึงปัจจุบัน โดยนำมาจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของกลุ่ม Hacktivism ในการประกาศให้ทั่วโลกทราบว่าตนเองหรือกลุ่มของตนได้มีการเข้าถึงระบบและมีการสร้างสัญลักษณ์ของตนเองหรือกลุ่มของตนไว้บนเว็บไซต์หน่วยงานรัฐบาลได้แล้ว ส่วนที่ 3 คือ ส่วนที่ใช้ในการออกแบบระบบอัจฉริยะ (Intelligence systems) เพื่อมาป้องกันและตรวจสอบการถูกเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ พร้อมทั้งการกู้คืนสภาพปกติกลับคืนสภาพเดิมได้อย่างอัตโนมัติ โดยใช้แนวคิด Cyber Resilience เพื่อสร้างความยืดหยุ่นและคืนสภาพอย่างรวดเร็วเมื่อมีการ โจมตีเกิดขึ้นซึ่งการจะเกิดปฏิกิริยาคืนสภาพนั้นจะต้องทำตามแนวปฏิบัติที่ชื่อว่า “ARAK” ARAK (Automatic Recovery Adaptive Keeper) ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้

^[1] HoneyPot/HoneyNet คือการสร้างระบบเสมือนที่ทำให้ทั้งพร่องและมีช่องโหว่เพื่อศึกษาการเจาะระบบโดยวางหลุมพรางเพื่อให้ script/bot และนักเจาะระบบเพื่อทำการศึกษาและหาวิธีการป้องกันการเจาะระบบนี้ในอนาคต

^[2] zone-h คือเว็บไซต์ที่รวบรวมข้อมูลการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ โดยทำการสำเนาและบันทึกการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์หรือเรียกว่า Web defacement archive ซึ่งได้รับความนิยมนิยมและมีผู้ส่งการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์มากที่สุดในโลกเป็นแหล่งข้อมูลที่มีตั้งแต่ปี ค.ศ. 2002 จนถึงปัจจุบัน

ให้เกิดการคืนสภาพย้อนกลับของเว็บไซต์มาใช้งานได้อย่างปกติ ในงานวิจัยนี้ได้จะนำการออกแบบผ่านกรอบความคิดจาก NIST Cyber Security Framework เวอร์ชัน 1.1 ปี 2018



ภาพที่ 4 กรอบกำหนดด้านความมั่นคงปลอดภัยข้อมูลสารสนเทศของ NIST

โดยประกอบด้วยกรอบกำหนดในด้านการระบุตัวตนผู้ใช้งาน (Identity) ซึ่งส่วนนี้จะเทียบได้จากค่าไอพีแอดเดรส (IP) ที่ผู้ใช้งานเข้าถึงเว็บไซต์ และค่ายืนยันตัวตนผ่านทางคุกกี้ (cookie) เป็นสคริปต์ที่ส่งมาจากเว็บไซต์ ผู้ให้บริการที่จะสามารถยืนยัน session ที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานได้ การป้องกัน (Protection) โดยการทำให้เป็นเสมือนตัวกลางติดต่อข้อมูล Reverse Proxy^[3] เพื่อจัดทำเป็นตัวป้องกันในลักษณะ WAF (Web Application Firewall) จะมีการตรวจสอบการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้งาน (user) และเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูล (Web Server) โดยทำการตรวจสอบการโจมตีประเภทต่างๆ อาทิ เช่น XSS^[4], SQLi^[5], Bruteforce^[6], DDoS/DoS^[7] เป็นต้น

ส่วนการตรวจสอบข้อมูล (Detect) และการตอบสนองต่อการบุกรุกระบบ (Respond) นั้นได้จากการอ่านค่า Log files บนตัวเสมือนตัวกลาง Reverse Proxy นำค่าที่ได้เทียบความเสี่ยงตาม mod_security^[8] เพื่อดูความเสี่ยงและแจ้งเตือนหากพบสิ่งผิดปกติ ส่วนในหน้าเว็บไซต์ที่มีการถูก Web Defacement ในงานวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ที่เรียกว่า Web Crawler^[9] เพื่อจัดทำสถิติข้อมูลอันเกี่ยวข้องกับเว็บไซต์ของรัฐบาลไทยมีการถูกเปลี่ยนแปลงหน้าและจัดเก็บบันทึกเป็นข้อมูลเชิงสถิติ การออกแบบ Crawler เพื่อจัดเก็บข้อมูลเฉพาะใน

^[3] Reverse Proxy คือการทำแคชซึ่ง (caching) ในฝั่งส่งข้อมูลออกจากเครื่องแม่ข่ายซึ่งด้วยเทคนิคนี้จึงนำ WAF (Web Application Firewall) เพื่อป้องกันการโจมตีเว็บไซต์ของหน่วยงานและผู้พัฒนาเว็บไซต์ได้

^[4] XSS คือเทคนิคการโจมตีชนิดหนึ่งเรียกเต็มว่า “Cross-Site Scripting” โดยที่นักโจมตีระบบจะทำการฝังสคริปต์ (script) ผ่านช่องกรองชื่อเว็บไซต์ URI โดยมักจะเรียกให้ไปเว็บไซต์ที่ถูกฝังมัลแวร์และไวรัสคอมพิวเตอร์รวมถึงอุปกรณ์การเจาะระบบ (Exploit) ได้

^[5] SQLi คือ SQL Injection เป็นการเจาะระบบผ่านช่องโหว่ระบบฐานข้อมูลซึ่งมักจะทำผ่านหน้า Login เพื่อเข้ามีสิทธิใช้งานในระบบโดยไม่จำเป็นต้องรู้รหัสผ่าน

^[6] Brute force คือ การเดารหัสผ่านโดยใช้ซอฟต์แวร์เพื่อทำการไล่เดารหัสผ่านตามพจนานุกรม หรือ หมายเลข ซึ่งมักจะเกิดกับบางบริการ เช่น SSH และ Web login เป็นต้น

^[7] DDoS/DoS คือการโจมตีเพื่อให้ฝั่งผู้ให้บริการไม่สามารถใช้งานได้อย่างปกติ หรือหยุดการให้บริการ Denial-of-service attack เป็นการโจมตีจากจุดเดียวแต่หากเป็น Distributed denial of service จะเป็นการโจมตีจากหลายจุดเพื่อให้เป้าหมายหยุดการทำงาน

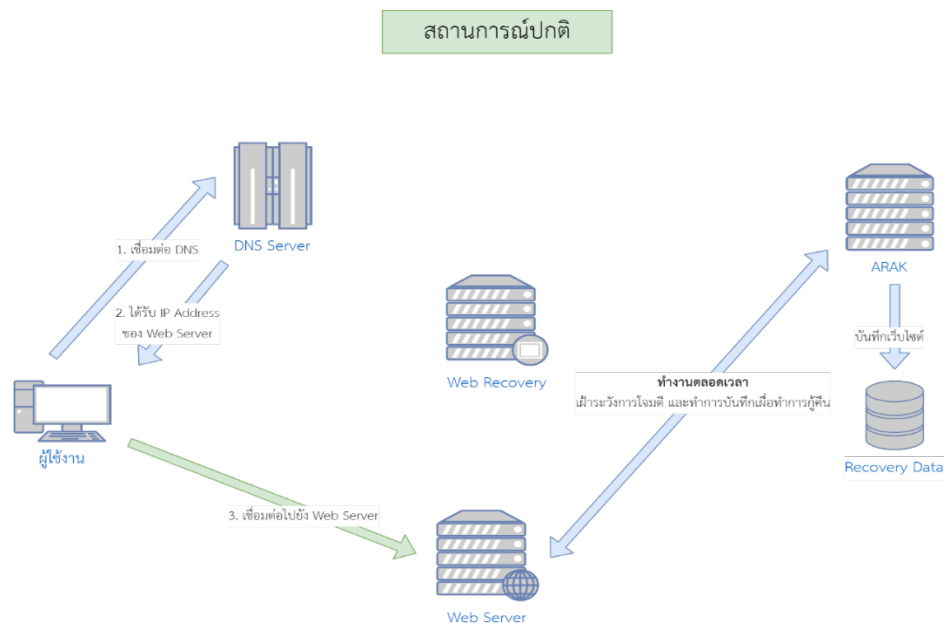
^[8] mod_security เป็น software open source ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Ivan Ristic ซึ่งซอฟต์แวร์นี้มีหน้าที่ไว้ทำการป้องกันภัยคุกคามและการโจมตีที่เข้ามากระทบต่อระบบเว็บไซต์ ซึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ทำ WAF (Web Application Firewall) ได้มี mod_security นี้เข้าไปอยู่ด้วย โดย mod_security จะทำหน้าที่เป็น Reverse Proxy โดยฝั่งไปกับตัว Web Server รองรับที่เป็นทั้ง Apache HTTP Server, Microsoft IIS และ NGINX.

^[9] phishtank คือเว็บไซต์ที่รวบรวมข้อมูลเว็บที่มีลิงก์ที่ทำการหลอกลวง (Phishing) เพื่อให้คนคลิกตกเป็นเหยื่อโดยการคลิกที่หลอกลวงนั้นจะนำพาผู้คลิกลิงก์ไปติดเชื้อมัลแวร์และทำการเก็บบันทึกข้อมูลไอพีรวมถึงระบบปฏิบัติการซึ่งเทคนิคนี้อาจจะเปลี่ยนทิศทางกรเข้าเว็บเพื่อการโจมตีอื่นๆและทำให้เครื่องเหยื่อถูกเข้าถึงระบบได้ในที่สุด phishtank ถือว่าเป็นเว็บไซต์ที่ได้รับความนิยเช่นเดียวกับ zone-h

การจัดเก็บข้อมูลขึ้น โดยมีการใช้แหล่งข้อมูลการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ (Web Defacement) จาก zone-h การตกเป็นเว็บหลอกลวง (Web Phishing) จาก phishtank^[10] และการติดเชื้อไวรัสบนเว็บไซต์ (web malware) เป็นต้น ส่วนสุดท้ายในการนำเป็นกรอบความคิดในงานวิจัยคือการคืนสภาพเดิมได้หากพบการโจมตีซึ่งเป็นหลักการตาม Cyber Resilience^[11] ซึ่งโดยทั่วไปการเกิด resilience ได้นั้นไม่ได้บ่งบอกถึงช่วงเวลา หรือเกิดขึ้นทันทีทันใด แต่ในงานวิจัยนี้จะเน้นการเกิด resilience โดยทันทีทันใดหรือเรียกว่าเป็นอัตโนมัติ เมื่อพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ที่เป็น Web Defacement ขึ้น โดยกระบวนการที่นำเสนอคือการกู้คืนสภาพเดิมได้เมื่อถูกเปลี่ยนแปลงข้อมูลผ่านเทคนิคที่ชื่อว่า ARAK (Automatic Recovery Adaptive Keeper)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย สร้างสถานการณ์ สถานการณ์ออกเป็นสองกรณีจากการทำงานของส่วนเฝ้าระวังการโจมตี และบันทึกเพื่อทำการกู้คืน โดยจะทำงานเฝ้าระวังเว็บไซต์อยู่ตลอดเวลา ถ้าไม่พบการโจมตีเว็บไซต์ จะทำการบันทึกเว็บไซต์ snapshot ไว้เพื่อทำการกู้คืนในภายหลัง และเมื่อกระทบตรวจพบการโจมตี จะทำการกู้คืน snapshot มาที่เครื่อง Web Recovery พร้อมกับทำการการเชื่อมต่อไปยัง DNS Server ให้ตอบกลับ IP Address เครื่อง Web Recovery เพื่อให้ผู้ที่เข้าใช้งานเว็บไซต์จะเห็นเป็นการเชื่อมต่อเข้ามาที่ตัว recovery และไม่พบหน้าจอกที่ถูกเปลี่ยนแปลง

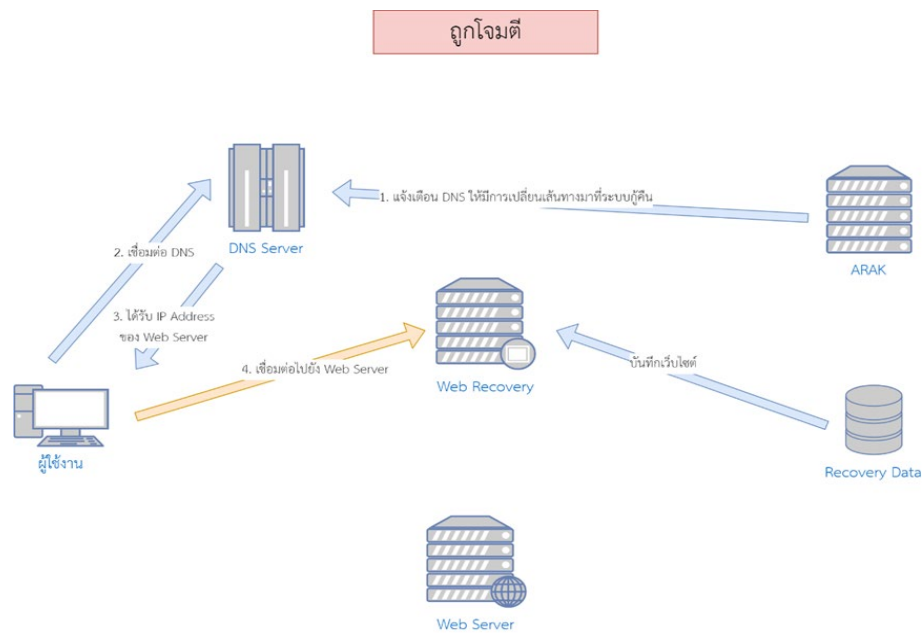


ภาพที่ 5 จำลองภาพการทำงานในสถานการณ์ปกติ

^[10] Cyber Resilience คือการคืนสภาพ มีความยืดหยุ่น และทนต่อสภาพการโจมตีได้ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องและมีความเสถียร

การทำงานในสถานการณ์ปกติ ผู้ใช้งานจะทำการเชื่อมต่อไปยัง Web Server ของผู้ให้บริการเว็บไซต์โดยตรง โดยผ่านการร้องขอ DNS Query และได้ IP Address ของ Web Server การทำงานนี้จะไม่ผ่าน Web Recovery ทำให้ลด load ของระบบและไม่เพิ่ม delay ในการเชื่อมต่อกับ web server

โดยจะมีระบบ ARAK คอยเฝ้าระวังเว็บไซต์ ทำการบันทึก snapshot อยู่ตลอด รวมถึงมีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้รับจากแหล่งต่าง ๆ และเปรียบเทียบหน้าจออกจาก snapshot ก่อนหน้า ถ้าพบการโจมตี จะนำเว็บไซต์ดังกล่าวเข้าสู่สถานการณ์ถูกโจมตี



ภาพที่ 6 จำลองภาพการทำงานในสถานการณ์ไม่ปกติ

การทำงานเมื่อตรวจสอบว่าเว็บไซต์โดนโจมตี จะทำการแจ้งไปยังผู้ดูแลระบบ และนำเว็บไซต์ที่ตรวจพบเข้าสู่ระบบการกักกัน โดยจะทำการส่งข้อมูลไปยัง DNS Server เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เข้าสู่ระบบของการกักกันเว็บไซต์ โดยให้ DNS Query ไปที่ Web Recovery จาก Web Server ในสถานการณ์ปกติ โดยที่ตัว Web Recovery จะแสดงผลหน้าเว็บไซต์ที่ทำการบันทึกไว้จากระบบที่มีการเก็บข้อมูลไว้โดยตลอด

4.2 สถิติข้อมูล

จากการนำข้อมูลจาก zone-h มาจาก โปรแกรม crawler และทำการคัดกรองข้อมูล โดยคัดแยกเฉพาะหน่วยงานภาครัฐจะได้สถิติข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 1 สถิติการเก็บข้อมูลจาก Web crawler ที่นำข้อมูลจาก zone-h.org มาเพื่อคัดกรองเฉพาะประเทศไทย ในเก็บข้อมูลจากรายชื่อโดเมน .go.th คือหน่วยงานภาครัฐบาล , .ac.th คือหน่วยงานการศึกษา , .or.th คือหน่วยงานที่ไม่หวังผลกำไร, .in.th คือเว็บไซต์ทั่วไปที่เกิดขึ้นในประเทศไทย, .co.th คือบริษัททั่วไป

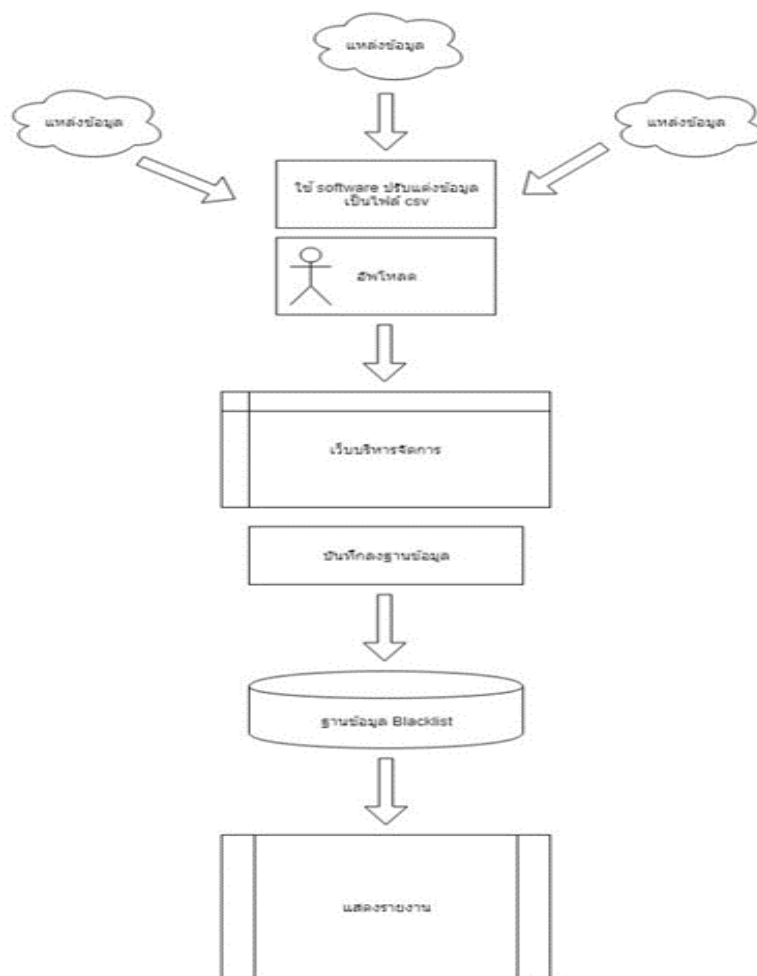
การโจมตีเว็บไซต์ในประเทศไทย	2015	2016	2017	2018
จำนวนการถูกเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์	338	973	643	946
ที่เป็นการโจมตีเว็บไซต์ภาครัฐ	258 (76.33%)	702 (72.14%)	291 (45.25%)	510 (53.91%)

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

เว็บไซต์ของหน่วยงานภาครัฐในประเทศไทยตามชื่อโดเมนที่เขียน .go.th การคืนสภาพกลับหลังถูกเว็บไซต์โจมตีนั้นจำเป็นต้องใช้ระบบปฏิบัติการเดียวกันอยู่

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะทำการเก็บข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ที่เรียกว่า Web Crawler เพื่อจัดทำสถิติข้อมูลอันเกี่ยวข้องกับ



ภาพที่ 7 กระบวนการการทำงานของ Web crawler ที่ทำการคัดกรองเฉพาะ โดเมนในประเทศไทยมาแสดงผล ซึ่งการทำงานนี้จะแสดงข้อมูลเชิงสถิติผ่านเว็บไซต์ https://bl.cipat.org/domain_blacklist

เว็บไซต์ของรัฐบาลไทยมีการถูกเปลี่ยนแปลงหน้าและจัดเก็บบันทึกเป็นข้อมูลเชิงสถิติ การออกแบบ Crawler เพื่อจัดเก็บข้อมูลเฉพาะในการจัดเก็บข้อมูลขึ้น Crawler เพื่อจัดเก็บข้อมูลเว็บไซต์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ (Defacement) และเว็บไซต์ที่ขึ้นบัญชีดำ (Blacklist) โดยมีการใช้แหล่งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ (Web Defacement) จาก zone-h ส่วนสุดท้ายในการนำเป็นกรอบความคิดในงานวิจัยนี้คือการคืนสภาพเดิมได้หากพบการโจมตีซึ่งเป็นหลักการตาม cyber resilience ซึ่งโดยทั่วไปการเกิด resilience ได้นั้นไม่ได้บ่งบอกถึงช่วงเวลาหรือเกิดขึ้นทันทีทันใด แต่ในงานวิจัยนี้จะเน้นการเกิด resilience โดยทันทีทันใดหรือเรียกได้ว่าเป็นอัตโนมัติ เมื่อพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ที่เป็น Web Defacement ขึ้น โดยกระบวนการที่ทำเสนอคือการกู้คืนสภาพเดิมได้เมื่อถูกเปลี่ยนแปลงข้อมูลผ่านเทคนิคที่ชื่อว่า ARAK (Automatic Recovery Adaptive Keeper)

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำข้อมูลมาจาก zone-h archive ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 โดยทำการกำหนดเป้าหมายในการเก็บข้อมูลคือ โดเมนภายใต้ .go.th ที่บ่งบอกถึงหน่วยงานภาครัฐ และ ข้อมูลจากสมาคมส่งเสริมนวัตกรรมเทคโนโลยีไซเบอร์ (CIPAT) https://bl.cipat.or.th/domain_blacklist

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลเชิงสถิติมาทำการวิเคราะห์และทิศทางแนวโน้มที่เกิดขึ้นในอนาคต เพื่อทำการประเมินการลงทุนการสร้างระบบ ARAK เพื่อให้นำมาใช้ป้องกันการโจมตีเว็บไซต์ในภาครัฐ

5. สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิจัยเราจะได้โมเดลในการกู้คืนสภาพของเว็บไซต์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงจากผู้บุกรุกได้โดยใช้ขั้นตอน ARAK (Automatic Recovery Adaptive Keeper) นี้ขึ้นมาได้ ซึ่งเป็นแนวคิดหนึ่งที่ใช้ Web Crawler ดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ zone-h.org เพื่อนำมากรองข้อมูลเฉพาะหน่วยงานภาครัฐในประเทศไทยคือโดเมนที่ลงท้ายด้วย go.th เพื่อจัดทำเป็นข้อมูลและจัดเก็บเพื่อทำสถิติโดยในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 จนถึงปัจจุบัน

ส่วนในการพิสูจน์วิธีการ ARAK ในขั้นนี้เราจะทำการกู้คืนสภาพย้อนกลับหลังจากตรวจพบว่ามีการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์แบบ Manual นั้นหมายถึงการที่

6. อภิปรายผล

ผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัย Countering Web Defacing Attacks with System Self Cleansing เขียนโดย Yin Huang Arun Sood Ravi K. Bhaskar และ Implementing a Web Browser with Web Defacement Detection Techniques เขียนโดย Tushar Kanti Department of Computer Science And Engineering Lakshmi Narayan College of Technology, Bhopal(M.P.), India ปี 2011 และ วิธีการตรวจสอบค่าความถูกต้องของเนื้อหาเว็บไซต์ ตามงานวิจัยของ Implementation of Web Defacement Detection Technique Rashmi K. Verma M.E. Student, Department of Computer Engineering Shah and Anchor Kutchhi Engineering College, Mumbai, Maharashtra, India ที่เขียนขึ้น มีการปรับปรุงจาก 3 งานวิจัยนี้ให้มีการย้อนคืนกลับสภาพเดิมได้และเพิ่มเติมการจัดเก็บข้อมูลโดยนำ web crawler จัดทำข้อมูลผ่าน zone-h.org และทำการคัดกรองเฉพาะโดเมนในประเทศไทย

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1) การตรวจการเปลี่ยนหน้าเว็บไซต์ (Website Defacement) ต้องอาศัยการติด script บนหน้าเว็บไซต์ เพื่อเป็นเสมือน crawler ID ในการตรวจสอบและทำการสำเนาข้อมูลเว็บไซต์กลับมาเขียนขึ้นที่เครื่องแม่ข่ายที่จัดทำระบบ ARAK

2) ในเอกสารเผยแพร่ฉบับนี้การทดลอง ARAK จะอยู่ในขอบเขตเป็นการแจ้งเตือนเมื่อมีการถูกเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ (Website Defacement) เท่านั้น ยังไม่สามารถในการย้อนคืนกลับสภาพได้อย่างอัตโนมัติ

3) จะมีการสำเนาข้อมูลหน้าเว็บไซต์โดยผ่าน Web Crawler ที่ใช้โปรแกรมตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาเว็บไซต์เมื่อพบการโจมตีเกิดขึ้นจะทำการแจ้งเตือน และบอกเวลาที่ล่าสุดของเนื้อหาในเว็บไซต์

8. เอกสารอ้างอิง

Spitzner, "Honeypots: Tracking Hackers". Addison-Wesley, ISBN from-321-10895-7, 2002.

R. Preatoni, M. Almeida, K. Fernandez, and other unknown authors, Zone-H.org - Unrestricted Information, since January 1998.

[Online]. Available: <http://zone-h.org/>.

Meerkat: Detecting Website Defacements through Image-based Object Recognition Kevin Borgolte, Christopher Kruegel, Giovanni Vigna University of California, Santa Barbara

Countering Web Defacing Attacks with System Self Cleansing. Yih Huang. Computer Science Department. George Mason University.

Implementing a Web Browser with Web Defacement Detection Techniques Tushar Kanti Prof. Vineet Richariya Department of Computer Lakshmi Naraian College of Technology, Bhopal(M.P.), India

Guohun Zhu and YuQing Miao, "Co-operative Monitor Web Page Based on MD5", LNCS 3033, pp. 179– 182, Springer- Verlag Berlin Heidelberg 2004.

A. Bartoli, G. Davanzo, and E. Medvet, "The Reaction Time to Web Site Defacements", **Internet Computing, IEEE**, vol. 13, no. 4, 2009.

K. Gregor and Y. LeCun, "Emergence of complex-like cells in a temporal product network with local receptive fields", arXiv preprint arXiv:1006.0448, 2010

G. Davanzo, E. Medvet, and A. Bartoli, "Anomaly Detection Techniques for a Web Defacement Monitoring Service", **Expert Systems with Applications**, vol. 38, no. 10, 2011

E. Medvet, C. Fillon, and A. Bartoli, "Detection of Web Defacements by Means of Genetic Programming", in Proceedings of the 3rd International Symposium on Information Assurance and Security, **IEEE Computer Society**, 2007.

Ramniwas Kachhawa, Nikhil Kumar Singh, Deepak Singh Tomar "A Novel Approach to Detect Web Page Tampering" (**IJCSIT International Journal of Computer Science and Information Technologies**, Vol. 5 (3), 2014, 4604-4607

ระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะ

Smart Room Analysis

นพรุจ เย็นใจ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nopparut.yen@spumail.com

นิรันต์กาล ศิริสุขชัยถาวร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nirunkan.sir@spumail.com

ปราณี นามมุง

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pranee.nau@spumail.com

จิโรจน์ จริตควร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chirot.ch@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน IoT device ได้เข้ามามีส่วนร่วมในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะ Smart Room แต่ส่วนมากมักจะ มีปัญหาเนื่องจากแต่ละ device ก็จะมี software หรือ platform เป็นของตนเองซึ่งถ้าอุปกรณ์ต่าง ๆ มารวมกันจะ ยากต่อการใช้งาน ทางทีมีวิจัยจึงคิดค้นและพัฒนาาระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะ หรือ Smart Room Analysis ซึ่งในปัจจุบันมี IoT เกี่ยวกับห้องอัจฉริยะอย่างแพร่หลายแต่ระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะ จะมีมากกว่าคำว่า IoT เพราะเราสามารถควบคุมและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานของห้องอัจฉริยะ โดยนำค่าต่าง ๆ มาวิเคราะห์ เช่น การใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ มาคำนวณค่าไฟ ความถี่ของการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้า ปริมาณของผู้ใช้งานห้องอัจฉริยะ ช่วงเวลาที่ผู้ใช้ ใช้ห้องจำนวนมาก เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงเป็นการใช้เทคโนโลยี อีกทางในการอำนวยความสะดวกของผู้ดูแลห้อง และสามารถต่อขยายไปในทางต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ: เว็บบแอปพลิเคชัน, ห้องอัจฉริยะ, ระบบวิเคราะห์ข้อมูล

ABSTRACT

IoT device today took part in everyday life by Smart Room, but most often the problem, since each device will have its own software platform, or if the device is different. Gather it is difficult to use. The research

team has developed a system to analyze data for a Smart or Smart Room Analysis, which currently has IoT about a genius widespread, but data analysis system for a scholar to be greater than the IoT because we can control and analyze data. of a genius by bringing the various elements such as the use of different appliances. Any calculation power The frequency of use of electrical appliances. The amount of room for genius. Time users Use a lot of research on this technology as a way to facilitate the chambers. And can be reproduced in any way possible.

KEYWORDS: Web applications, Smart rooms, Data Analysis

1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบัน Internet of things ได้เข้ามามีส่วนร่วมในชีวิตประจำวันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะห้องอัจฉริยะ ซึ่ง Internet of things แต่ละ อุปกรณ์ จะมี Software หรือ Platform เป็นของตนเองซึ่งจะไม่ตอบโจทย์ในการนำมารวมกันของอุปกรณ์ ทางทีมผู้วิจัยจึงคิดค้นและพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะมาเพื่อรวบรวม Internet of things ต่าง ๆ เข้าด้วยกันและสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประโยชน์สูงสุด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) นำข้อมูลการใช้ห้องมาวิเคราะห์เพื่อประโยชน์สูงสุดของเจ้าของห้องอัจฉริยะ

1.1 ปริมาณการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น แอร์ ไฟ โดยวัดจากกำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ ต่อชั่วโมง แล้วนำมาคิดหาค่าไฟในช่วงเวลาต่างๆ

1.2 ปริมาณการใช้ห้องของจำนวนคนใช้งานในแต่ละวัน เพื่อสามารถหาช่วงเวลาที่ถูกค่ากับการจัดกิจกรรมต่าง ๆ

(2) ควบคุมการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้าของห้องได้

3. ขอบเขต

1) การเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ในห้องอัจฉริยะ

2) การนำข้อมูลการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้ามาวิเคราะห์หาปริมาณการใช้งานเพื่อนำมาหาช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้าเยอะที่สุด

3) การนำข้อมูลการเข้าออกของผู้ใช้มาวิเคราะห์

4. เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ Internet of Things

ทฤษฎีสรุปเกี่ยวกับ IoT Margaret Rouse ได้ให้ความหมายของ Internet of Things [1] เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2559 ใจความว่า Internet of Things คือ สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ มีการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันผ่านเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างบุคคลกับบุคคลหรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Internet of Things พัฒนามาจากเทคโนโลยีไร้สาย (wireless technology) ระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค (micro-

electromechanical systems : MEMS) และอินเทอร์เน็ต ซึ่งคาดว่า Things ใน Internet of Things นั้น หมายถึง อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อ้างอิงได้ด้วยเลขไอพี (IP address) และมีความสามารถในการถ่ายโอน ข้อมูลระหว่างกัน ได้ผ่านเครือข่าย สรุปให้เข้าใจง่ายๆ Internet of Things ก็คือ เทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถ แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั่นเอง

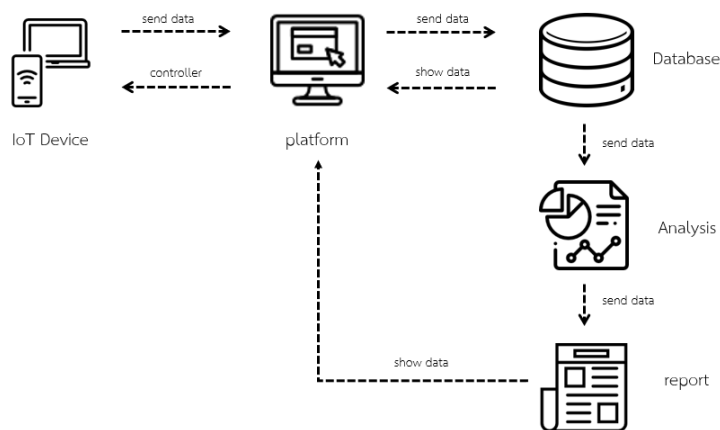
4.2 งานวิจัยเกี่ยวกับสถิติเชิงอนุมาน

เป็นการใช้ศาสตร์ที่ว่าด้วยทฤษฎีและวิธีการทางสถิติ ในการวิเคราะห์ข้อมูล[2] เพื่อตอบคำถามหรือปัญหาที่สนใจ โดยอาศัยข้อมูลเพียงส่วนหนึ่งที่มีอยู่เพื่ออธิบายข้อมูลชุดที่สมบูรณ์หรือประชากรกล่าวคือ จากข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลชุดสมบูรณ์ เราต้องการสรุปสาระสำคัญในข้อมูลชุดสมบูรณ์ หรือลักษณะของปรากฏการณ์หนึ่ง ด้วยการใช้ข้อมูลตัวอย่างหรือข้อมูลเพียงส่วนหนึ่งจากชุดข้อมูลที่สมบูรณ์นั้น แล้วทำการอนุมานจากข้อมูลตัวอย่างไปสู่ข้อมูลชุดสมบูรณ์ ความแตกต่างจากสถิติเชิงพรรณนา คือ สถิติเชิงพรรณนาทำการสรุปสาระสำคัญในข้อมูลชุดที่มีอยู่ในมือหรืออธิบายลักษณะของข้อมูลชุดนี้เท่านั้น ไม่มีการอ้างอิงถึงข้อมูลชุดอื่น หรือพยายามไปอธิบายข้อมูลชุดสมบูรณ์ เรียกว่าไม่ทำการอนุมาน ไปสู่ข้อมูลชุดที่สมบูรณ์นั่นเอง

5. วิธีดำเนินงานวิจัย

5.1 การออกแบบงานวิจัย

ระบบจะทำการรับค่าจาก device ต่าง ๆ ในห้องอัจฉริยะมาเก็บค่าลงใน database และนำมาวิเคราะห์ ออกมาเป็นข้อมูลรายงานการใช้งานต่าง ๆ และนำออกมาแสดงผลผ่าน web application และยังสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆได้



รูปที่ 1 ภาพรวมระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะ

5.2 การพัฒนาระบบ

5.2.1 Communication

- 1) Public : คำสั่งในการกดเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องและการเลือกคู่มือพอร์ต
- 2) Subscribe : ส่วนของบอร์ดจะทำการรอรับค่าการเปิดปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในห้องและเลือกคู่มือพอร์ตของการทำงานที่ส่งมา, ส่วน Web Application จะรอรับค่าของสถานะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสถานะการติดตั้งของอุปกรณ์ต่าง ๆ

5.2.2 Software

ระบบได้ใช้ Software ดังนี้

- 1) Bootstrap [3] คือชุดคำสั่งที่ประกอบด้วยภาษา CSS, HTML และ Javascript เป็นชุดคำสั่งที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อกำหนดกรอบหรือ รูปแบบการพัฒนาเว็บไซต์ในส่วนของการปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานเว็บไซต์ (User Interface) เราจึงสามารถเรียก Bootstrap ว่าเป็น Front-end framework คือใช้สำหรับ พัฒนาเว็บไซต์ส่วนการแสดงผล ซึ่งแตกต่างจากภาษาประเภท

Server Side Script อย่าง PHP, Python หรือภาษาอื่น ๆ

- 2) Html [4] คือ ภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล HTML ย่อมาจากคำว่า Hypertext Markup Language โดย Hypertext หมายถึง ข้อความที่เชื่อมต่อกันผ่านลิงก์ (Hyperlink) Markup language หมายถึงภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลสิ่งต่าง ๆ ที่แสดงอยู่บนเว็บเพจ ดังนั้น HTML จึงหมายถึง ภาษาที่ใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผลเว็บเพจที่ต่างก็เชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink

- 3) Php [5]มาจาก PHP Hypertext Preprocessor แต่เดิมย่อมาจาก Personal Home Page Tools PHP คือภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก scripting language ภาษาจำพวกนี้คำสั่งต่าง ๆ จะเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง ตัวอย่างของภาษาสคริปก็เช่น JavaScript , Perl เป็นต้น

- 4) CodeIgniter [6] คือ Framework ที่ถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา PHP CodeIgniter Framework เหมาะสำหรับพัฒนาเว็บไซต์ หรือเว็บ แอปพลิเคชัน และสร้างกรอบการทำงานในรูปแบบ MVC (Model View Controller) ทั้งในขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขส่วนต่าง ๆ ของซอฟต์แวร์ ก็สามารถจัดการได้อย่างเป็นระเบียบ ด้วยเพราะอาศัยโครงสร้างของเฟรมเวิร์คที่ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาด้านนี้โดยตรง อีกทั้งเพื่อลดความซับซ้อนในการเขียนคำสั่งต่าง ๆ ที่มักจะพบเจอเมื่อการพัฒนาเว็บไซต์มีการใช้นักพัฒนามากกว่า 1 คน เมื่อจำเป็นต้องเปลี่ยนทีมพัฒนา นักพัฒนาหรือโปรแกรมเมอร์สามารถเรียนรู้โครงสร้างพื้นฐานของเฟรมเวิร์คได้ในเวลาไม่นาน ก็สามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ต่อได้

- 5) Database [7] หรือ ฐานข้อมูล คือ กลุ่มของข้อมูลที่ถูกเก็บรวบรวมไว้ โดยมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยไม่ได้บังคับว่าข้อมูลทั้งหมดนี้จะต้องเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลาย ๆ แฟ้มข้อมูล

6. Data Analytic

ทีมผู้วิจัยได้นำข้อมูลจาก Database มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ดังนี้



(ก)

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	result	int(11)			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
2	status	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No	off			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
3	dateTime	datetime			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More

(ข)

รูปที่ 2 รายงานการใช้เครื่องปรับอากาศ

(ก) แผนภูมิแสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ

(ข) ฐานข้อมูลการเก็บการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ



(ก)

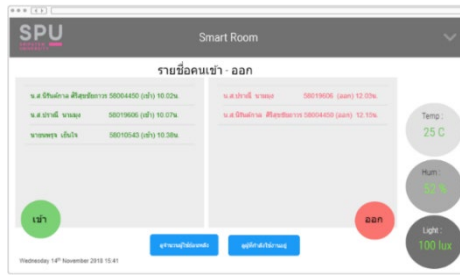
#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	result	int(11)			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
2	status	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No	off			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
3	dateTime	datetime			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More

(ข)

รูปที่ 3 รายงานการใช้ไฟ

(ก) แผนภูมิแสดงการใช้ไฟ

(ข) ฐานข้อมูลการเก็บการใช้ไฟ



(ก)



(ข)



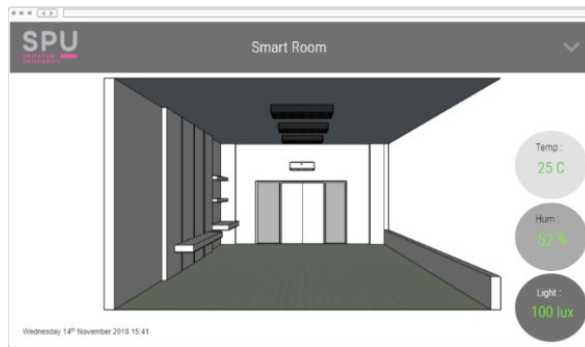
(ค)

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	user_name	varchar(100)	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
2	user_code	varchar(100)	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
3	result	int(11)			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
4	dateTime	datetime			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial More
5	status	varchar(5)	latin1_swedish_ci		No	in			Change Drop Primary Unique Index Spatial More

(ง)

รูปที่ 4 รายงานการใช้ห้อง

- (ก) ตารางแสดงผู้ใช้ที่เข้า-ออกห้อง
- (ข) ตารางแสดงผู้ใช้งานที่อยู่ภายในห้อง
- (ค) แผนภูมิการใช้งานของห้อง
- (ง) ฐานข้อมูลการเก็บข้อมูลการเข้า-ออกห้องของผู้ใช้



(ก)

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
1	Hum	int(11)			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
2	dateTime	datetime			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
3	Temp	int(11)			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More
4	Lux	int(11)			No	None			Change Drop Primary Unique Index Spatial Fulltext More

(ข)

รูปที่ 5 ค่าอุณหภูมิ ความชื้นและแสง

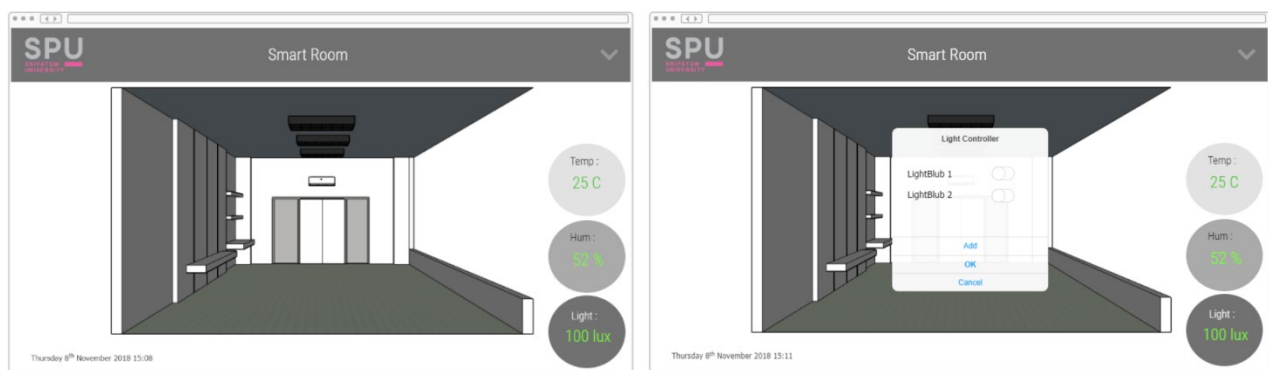
(ก) แสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นและแสง

(ข) ฐานข้อมูลการเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้นและแสง

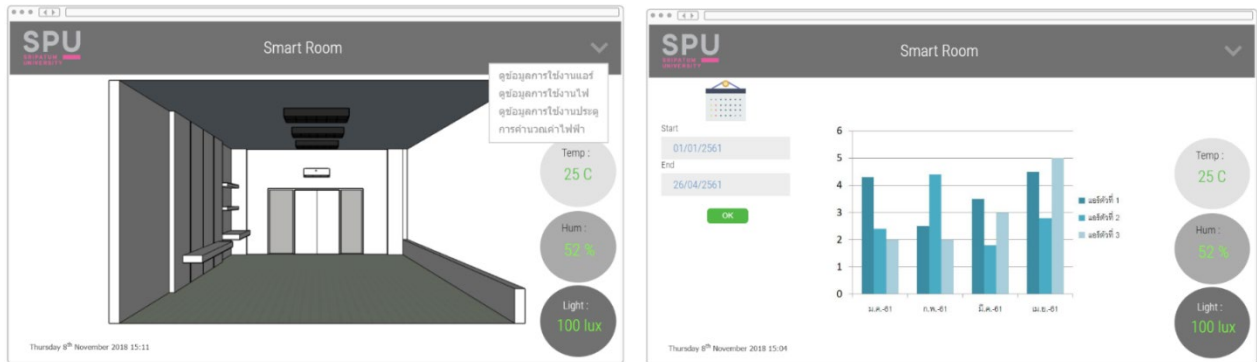
7. ผลการทดลองและอภิปราย

ทำให้ทราบการใช้งานภายในห้องนั้น ๆ ได้รู้เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้า และรู้การใช้ห้องว่ามีผู้ใช้ห้องจำนวนมากน้อยเพียงใด และยังสามารถเช็คคูริพอร์ต ย้อนหลังการใช้งานของห้อง แสดงออกเป็น แผนภูมิ

7.1 แสดงหน้าจอ Software



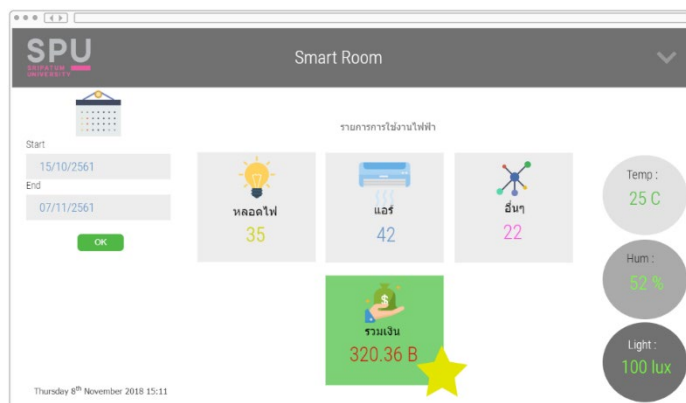
รูปที่ 6 หน้าหลักที่ใช้ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องโดยการคลิกที่เครื่องใช้ไฟฟ้านั้น



รูปที่ 7 หน้าจอแสดงการเก็บข้อมูลการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 8 หน้าจอแสดงรายชื่อผู้ใช้เข้า-ออกและดูจำนวนผู้ใช้งานย้อนหลัง



รูปที่ 9 หน้าจอแสดงรายการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและนำมาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้า

8. สรุปผลงานวิจัย

ทีมผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะ โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาประโยชน์สูงสุดของห้องอัจฉริยะ โดยใช้ข้อมูลจาก database มาต่อยอดจากการเก็บข้อมูล มาวิเคราะห์ คำนวณการใช้งานต่าง ๆ จนได้มาเป็นระบบวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับห้องอัจฉริยะนี้ขึ้นมา

9. กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.จิโรจน์ จริตควร และดร.สุรัชย์ ทองแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด และแนวทาง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาตลอดจนโครงการฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

สุดท้ายขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ช่วยให้คำแนะนำที่ดี เกี่ยวกับการเลือกข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับโครงการห้องอัจฉริยะ ฉบับนี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] Internet of Thing (2554) โดย ดร.มหาศักดิ์ เกตุน้ำ
- [2] สถิติเชิงอนุมาน. “งานวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : [http://thai11.com/spss/\(14ตุลาคม 2561\)](http://thai11.com/spss/(14ตุลาคม 2561))
- [3] Bootstrap. “Bootstrap คืออะไร รู้จักเครื่องมือทำเว็บไซต์ยอดนิยม” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <https://www.codebee.co.th/labs/bootstrap-คืออะไร> (24 ตุลาคม 2561)
- [4] Html. “html คืออะไร” . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.codingbasic.com/html.html> (24 ตุลาคม 2561)
- [5] Php. “PHP คือ” . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2127-php-คืออะไร.html> (24 ตุลาคม 2561)
- [6] CodeIgniter. “CodeIgniter คือ” . [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : www.mindphp.com/developer/Codeigniter-framework/3334-what-is-codeigniter.html (11 พฤศจิกายน 2561)
- [7] Database my Sql. “Database คืออะไร” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2055-database-คืออะไร.html> (24 ตุลาคม 2561)

**อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับระบบเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตและประหยัด
พลังงานสำหรับฟาร์มกล้วยหอมทอง**

**Internet of Things for increasing productivity and energy saving system of
Gros Michel banana farm**

นิมิตร ทักษวิทยาพงศ์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.tu@spu.ac.th

กัญยรัตน์ ศรีวิสุทธิกุล

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kanyarat.sr@spu.ac.th

กฤษณ์ ไชยวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

E-mail: k.chaiwongs@gmail.com

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทำการเกษตร โดยการเกษตรของไทยมีวิวัฒนาการในแต่ละยุคแต่ละสมัยเรื่อยมา จนถึงยุคปัจจุบันรัฐบาลได้มีนโยบายไทยแลนด์ 4.0 เพื่อต้องการผลักดันให้นำนวัตกรรมมาใช้ร่วมกับการทำการเกษตร เพื่อสร้างเกษตรกร 4.0 โดยมีฟาร์มต้นแบบที่นำเทคโนโลยีมาผสมผสานหรือที่เรียกว่า Smart Farming จากสภาพภูมิอากาศของประเทศ หนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรคือการเพาะปลูกกล้วยหอมทองเพื่อการส่งออก ซึ่งจังหวัดเพชรบุรีเป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่ได้รับการส่งเสริมให้ผลิตกล้วยหอมทองเชิงเศรษฐกิจ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoTs) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเพาะปลูกกล้วยหอมทอง โดยการพัฒนาระบบตรวจวัดค่าความชื้นในดิน และการส่งการให้รดน้ำต้นกล้วยผ่านทางแอปพลิเคชัน Line โดยเกษตรกรสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างง่ายดายผ่านโทรศัพท์มือถือของเกษตรกรเอง นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมระบบเก็บข้อมูลผ่านเซิร์ฟเวอร์เพื่อคอยรายงานค่าความชื้นในดินและเก็บรวบรวมค่าที่ได้ เพื่อนำไปปรับปรุงหรือพัฒนาการปลูกกล้วยหอมทองให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้นต่อไป จากการพัฒนาและทดลองใช้ระบบ IoT พบว่าระบบที่ทำการติดตั้งทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบไว้และเกษตรกรมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบ โดยในระยะต่อไป ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากค่าความชื้นในดินเพื่อนำมาพัฒนาระบบตรวจวัดความชื้นและระบบรดน้ำอัตโนมัติแบบครบวงจร โดยสั่งการเองจากค่าความชื้นที่แสดงว่ามีค่าความชื้นในดินต่ำกว่าปกติต่อไป

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, IoT, Smart farming, กล้วยหอมทอง, เกษตรกร 4.0

ABSTRACT

In Thailand, most of the professional career of Thai people is agriculture. The agriculture techniques have been continuously developed from the past. Until now, the Thailand government policy encouraged that the new innovation and technology could help to promote the agriculture system on the era of Thailand 4.0. It is beginning from creating the smart farming model which integrating the technology to the cultivate farm rather than the old agriculture system. Because of the climate of Thailand, one of the popular cultivated economical crops is the Gros Michel banana (GM banana). Phetchaburi province is one of the role model as the area of GM banana cultivation for exportation. Therefore, this study is using the Internet of Thing (IoTs) to apply to GM banana cultivating system. The humidity detection of the soil and the automatic watering command system was developed using a simple and well known application "Line". The application Line was controlled by farmers via their own smart phone making them easy to control the system since they are frequently using this application every single day. Moreover, the humidity report was monitoring and recording by a newly developed server. The result of newly developed IoT system found that the humidity detection of the soil and the automatic watering command system is effectively working. The farmers could simply use the command system on application Line and feel satisfy. In addition, we aim to collect the result from monitoring and recording data, and use these data to design a fully automatic function which automatically watering GM banana when lowering humidity was detected.

KEYWORDS: Gros Michel banana, IoT, Smart farming, Thailand 4.0

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากสังคมไทยมีรากฐานมาจากสังคมการเกษตร เนื่องจากลักษณะทางภูมิอากาศ และภูมิประเทศ มีความเหมาะสมต่อการทำการเกษตร จากผลการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ปี 2561 พบว่า ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพ เกษตรกร การผลิต การขาย ส่ง คิดเป็นร้อยละ 11.27, 6.63, และ 6.36 ตามลำดับ จากผู้มีงานทำทั้งสิ้น 37.30 ล้านคน[1] จะเห็นได้ว่าอาชีพเกษตรกรรม เป็นอาชีพหลักของคนไทย โดยทั่วไปความรู้เกี่ยวกับการทำการเกษตรจะถูกถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น ทำให้เกษตรกรเพาะปลูกด้วยประสบการณ์ที่เรียนรู้จากบรรพบุรุษ และการแก้ไขปัญหาส่วนใหญ่คือการลองผิดลองถูกจากปัญหาที่ตนเองได้เจอ วิวัฒนาการการเกษตรของไทยมีการเปลี่ยนแปลงตามยุคสมัยเรื่อยมา ตั้งแต่เกษตรกร 1.0 คือยุคดั้งเดิม การเกษตรจะเป็นลักษณะการใช้เครื่องมือยุคเก่าที่ต้องออกแรงและใช้เวลาในการทำงานเป็นอย่างมาก จนต่อมาพัฒนาเป็นเกษตรกร 2.0 โดยมีการนำเครื่องจักรเบามาใช้ในการทุนแรงแต่เกษตรกรก็ยังคงต้องออกแรงและใช้เวลาส่วนมากในการทำการเกษตร เช่นเดิมจากนั้นมีการพัฒนาต่อมาเป็นเกษตรกร 3.0 โดยมีการนำเครื่องจักรหนักมาใช้ในการทำการเกษตรเพื่อทุนแรง ทำให้ประหยัดเวลาและช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามการทำการเกษตรแบบ 3.0 มุ่งเน้นเพียงการลดการใช้แรงงานและประหยัดเวลาในการผลิตและเก็บเกี่ยวแต่ยังขาดการควบคุมคุณภาพผลผลิตให้ได้คุณภาพที่เท่าเทียมกันในทุกๆ รอบของการผลิต และยังไม่มีการบันทึกหรือ

จุดปริมาณตัวแปรที่ใช้ในลักษณะที่เป็นตัวเลขที่แน่ชัด เช่น ปริมาณความชื้นของดิน ปริมาณปุ๋ย อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งยังเป็นปัญหาและตัวแปรสำคัญของเกษตรกรที่จะรักษาคุณภาพของผลผลิตให้เท่ากันเสมอ จนมาถึงยุคปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่ต้องการผลักดันให้นำนวัตกรรมมาใช้ในการเพาะปลูก โดยนวัตกรรมนี้จะนำมาใช้ควบคุมตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการผลิต การดูแลตัวแปรต่างๆ เช่น คุณภาพน้ำ ดิน และอากาศ การประเมินคุณภาพผลผลิต รวมไปถึงการตลาด โดยเป็นการจัดการแบบองค์รวมทั้งหมด ในกรณีนี้ต้องอาศัยแรงสนับสนุนจากทั้งทางภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงสถาบันการศึกษา เพื่อสร้างเกษตรกรยุค 4.0 ให้เป็นลักษณะของฟาร์มอัจฉริยะหรือที่เรียกว่า Smart Farming นวัตกรรมที่ได้พัฒนาร่วมกับเกษตรกรจะก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย ที่เหมาะกับสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของประเทศ และผลผลิตที่ได้จะมีคุณภาพที่ดีสม่ำเสมอเนื่องจากมีการควบคุมตัวแปรที่แน่ชัด นำไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนตามนโยบายของรัฐบาลที่ได้ให้ไว้ เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรและประเทศชาติต่อไป

1.1 กล้วยหอมทอง

ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของกล้วย ดังจะเห็นได้ว่าในทุกภูมิภาคของประเทศสามารถเพาะปลูกต้นกล้วยได้ทั้งสิ้น กล้วยเป็นไม้ล้มลุกชนิดหนึ่ง มีหลากหลายสายพันธุ์ ที่เป็นที่รู้จักและได้รับความนิยมต่อผู้บริโภค อาทิเช่น กล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมจันทร์ กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว เป็นต้น ซึ่งในจำนวนสายพันธุ์ของกล้วยที่มีหลากหลายนี้ กล้วยหอมทองถือเป็นอีกสายพันธุ์หนึ่งที่เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูง เพราะเป็นสายพันธุ์ที่นิยมส่งออกไปขายยังต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่นที่นิยมรับประทานกล้วยหอมทองของประเทศไทยเป็นอย่างมาก ด้วยคุณลักษณะของกล้วยหอมทองจะมีน้ำหนักมาก อุดมไปด้วยสารอาหาร สีสวย รสชาติดี มีกลิ่นหอม นำรับประทาน ในด้านการผลิตและส่งออกกล้วยหอมทองนั้น จังหวัดเพชรบุรีเป็นอีกหนึ่งตัวอย่างที่มีการผลิตกล้วยหอมทองเชิงเศรษฐกิจมาอย่างยาวนาน โดยเริ่มผลิตกล้วยหอมทองตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ดำเนินการโดยสหกรณ์การเกษตรบ้านลาดจำกัด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมุ่งเน้นส่งเสริมเกษตรกรในการปลูกกล้วยหอมทองร่วมกับสหกรณ์ชุมชน สหกรณ์ผู้บริโภคนิวโคโน มี การส่งกล้วยหอมทองให้ประเทศญี่ปุ่นสปีดาค์ละ 12 ตัน โดยในปี พ.ศ. 2550 มีมูลค่าการค้าส่งออกกล้วยหอมทองถึง 5.15 ล้านบาท ปัจจุบันยังมีความต้องการสั่งซื้อกล้วยหอมทองอีกเป็นจำนวนมาก สหกรณ์การเกษตรบ้านลาดจึงมีการเตรียมแผนขยายกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น [2] เพื่อให้เกิดผลผลิตที่มีคุณภาพดีสม่ำเสมอ มีปริมาณการผลิตที่ควบคุมได้ ดังนั้นทางกลุ่มผู้ผลิตจึงร่วมมือกับสถาบันที่หลากหลายเพื่อวิจัยและพัฒนาการผลิตกล้วยหอมทอง อาทิเช่น การวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตกล้วยหอม การวิจัยคัดเลือกพันธุ์และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเพื่อการบริโภคสด การเพิ่มมูลค่าโดยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และการนำสารสำคัญจากกล้วยไปใช้ประโยชน์ [3] เป็นต้น

1.2 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoTs) หรือเรียกสั้น ๆ ว่าไอโอที (IoT) ถือเป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยประกอบด้วยอุปกรณ์ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) และมีระบบเชื่อมต่อเครือข่าย (Network) ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์และอุปกรณ์ได้ รวมถึงการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ (Data Analytics) และควบคุมการทำงานหรือแสดงข้อมูลแจ้งเตือนในขณะทำงานได้แบบ Real time จึงเรียกระบบนี้ว่าระบบอัจฉริยะ (Intelligent Systems) IoT สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานหลากหลาย

รูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม ด้านการศึกษาและงานทางการแพทย์ เป็นต้น ในอดีต ผู้วิจัยได้มีการนำ IoT มาประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ เช่น ด้านการเกษตร ได้พัฒนางานวิจัยโดยนำอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งพัฒนาโรงเพาะเลี้ยงเห็ดให้เป็นโรงเพาะเลี้ยงเห็ดอัจฉริยะ [4] นำระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งมาใช้เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในนาข้าว [5] ทางด้านอุตสาหกรรม เช่น ได้นำอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งมาใช้เพื่อควบคุมการประหยัดพลังงานของหลอดไฟแอลอีดี [6] ทางด้านการแพทย์ เช่น ได้นำ IoT มาใช้ในการบันทึกการเดินของทารกในครรภ์ [7] การควบคุมเตียงลมอัจฉริยะเพื่อลดการเกิดโรคแผลกดทับ [8] การวิเคราะห์ความอ้วนขึ้นในผ้าอ้อมเพื่อเป็นข้อบ่งชี้ในการเปลี่ยนผ้าอ้อมสำเร็จรูปสำหรับผู้สูงอายุ [9] เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีงานที่นำ IoT ไปประยุกต์ใช้อีกมากมายหลากหลายด้าน ดังนั้น จะเห็นได้ว่าปัจจุบัน IoT มีประสิทธิภาพสูงและเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องในงานหลากหลายเพื่อควบคุมปริมาณและปัจจัยต่างๆ อย่างแม่นยำ เพื่อช่วยให้กระบวนการต่างๆ มีรูปแบบแน่นอน ตายตัว มีระบบแจ้งเตือนและระบบวิเคราะห์ที่เป็นรูปธรรม ผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการเพาะปลูกกล้วยหอมทองของสหกรณ์การเกษตรบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพการเพาะปลูกกล้วยหอมทองตามวัตถุประสงค์ของเกษตรกร

1.3 เซิร์ฟเวอร์ (Server)

คำว่าเซิร์ฟเวอร์มาจากคำว่าเซิร์ฟ (Serve) โดยมีหน้าที่เป็นผู้ให้บริการสิ่งต่าง ๆ ตามคำร้องขอหรือตามคำสั่งจากผู้ขอใช้บริการ ดังนั้นเซิร์ฟเวอร์ในระบบเครือข่ายก็คือ โปรแกรมหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องให้บริการในเครือข่ายเมื่อมีการร้องขอจากผู้ใช้บริการ (Client) ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกทำเป็นเซิร์ฟเวอร์นั้นควรมีประสิทธิภาพสูงและความเสถียรสูงเพื่อสามารถรองรับการร้องขอบริการจากผู้ใช้บริการที่ละจำนวนมากๆ ได้ ภายในเครื่องเซิร์ฟเวอร์จะประกอบด้วยระบบปฏิบัติการและโปรแกรมบริการตามหน้าที่ที่กำหนดไว้เช่น เว็บเซิร์ฟเวอร์ ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์ เมลเซิร์ฟเวอร์ โดเมนเนมเซิร์ฟเวอร์ ไฟล์เซิร์ฟเวอร์ เป็นต้น

จากสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ผ่านระบบการเก็บข้อมูล โดยใช้เซิร์ฟเวอร์ที่ได้รับการพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับความต้องการของเกษตรกรผู้เพาะปลูกกล้วยหอมทอง จะเป็นนวัตกรรมที่มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อให้เกิดผลผลิตกล้วยหอมทองมีประสิทธิภาพ มีระบบระเบียบแบบแผน และมีการควบคุมการผลิตผ่านระบบอัจฉริยะที่จะคอยควบคุมตัวแปรต่างๆ ให้มีความเหมาะสมกับสภาพการณ์และสิ่งแวดล้อม ทำให้ผลผลิตของเกษตรกรที่ได้ในแต่ละครั้งมีปริมาณและคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน ช่วยลดขั้นตอนการทำงานที่ยุงยาก และอีกทั้งยังสามารถเก็บข้อมูลตัวแปรต่างๆ ออกมาเป็นค่ารูปแบบตัวเลขที่สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการเพาะปลูกกล้วยหอมทองให้ดียิ่งๆ ขึ้นต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1. ศึกษาลักษณะของพื้นที่ ขึ้นตอน รวมถึงพฤติกรรมการดูแลกล้วยหอมทองของเกษตรกรผู้ดูแล
- 2.2. สามารถออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นสำหรับติดตั้งในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทอง
- 2.3. สามารถนำอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบและพัฒนาไปติดตั้งในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองตำบลหนองจอก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี เพื่อทดสอบการทำงานจริงในรูปแบบการควบคุมด้วยตนเอง (Manual Control)

2.4. สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆและเก็บข้อมูลภายในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองต้นแบบและพื้นที่ปลูกเปรียบเทียบ เพื่อนำข้อมูลที่นำไปพัฒนาเป็นพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองที่ทำงานในรูปแบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control) ต่อไป

3. ขอบเขต

- 3.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดจำนวน 15 ชุด
 - อุปกรณ์ตรวจวัดสำหรับพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองต้นแบบ 12 ชุด
 - อุปกรณ์ตรวจวัดสำหรับพื้นที่ปลูกเปรียบเทียบ 3 ชุด
- 3.2 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ควบคุมจำนวน 7 ชุด
 - ควบคุมแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220V (ไม่เกิน 100A) สำหรับปั้มน้ำ 1 ชุด
 - ควบคุมแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ 220V (ไม่เกิน 10A) สำหรับวาล์วน้ำ 6 ชุด
- 3.3 ออกแบบและสร้างระบบสำหรับพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทอง
- 3.4 เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อนำมาใช้พัฒนาระบบแบบควบคุมอัตโนมัติต่อไป

4. วิธีดำเนินการวิจัย

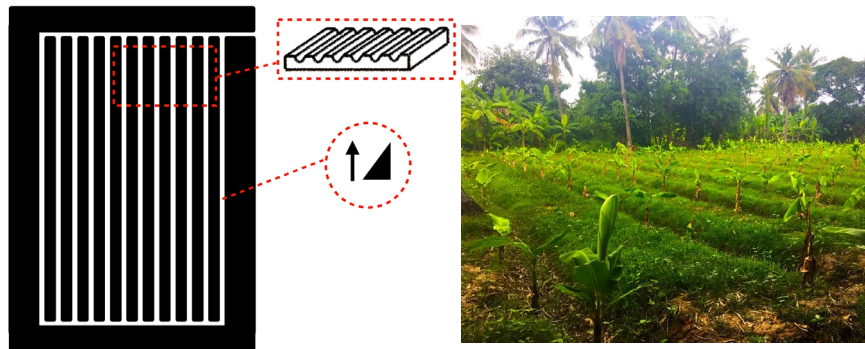
กระบวนการวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ ระยะที่หนึ่งเป็นการลงสำรวจพื้นที่สวนกล้วยหอมทองของเกษตรกร ระยะที่สองจะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการออกสำรวจพื้นที่และความต้องการของเกษตรกรมาออกแบบและพัฒนาตัวอุปกรณ์ และระยะที่สามเป็นการเก็บข้อมูลจากค่าตัวแปรที่ได้บันทึกไว้เพื่อนำมาตั้งค่าระบบอัจฉริยะให้ทำงานแทนเกษตรกร โดยอาศัยพฤติกรรมการดูแลสวนกล้วยหอมทองของเกษตรกรเอง

4.1 สำรวจพื้นที่และเก็บข้อมูลเบื้องต้นของสวนกล้วยหอมทอง

คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจสวนกล้วยหอมทองตำบลหนองจอก อำเภอกำแพง จังหวัดเพชรบุรี เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของสวนกล้วยหอมทอง ขั้นตอนการปลูกกล้วยหอมทองรวมถึงพฤติกรรม การดูแลกล้วยหอมทองของเกษตรกร โดยในขั้นตอนการพูดคุยได้รับทราบถึงปัญหาข้อขัดข้องและความต้องการของเกษตรกร จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้อธิบายและทำความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคโนโลยี IoT แก่เกษตรกร และร่วมกับเกษตรกรในการนำเอาความรู้ของเกษตรกรมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยี IoT หลังจากได้ข้อมูลความต้องการเบื้องต้นจากเกษตรกร คณะผู้วิจัยได้ออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดลักษณะทางการภาพ เช่น ค่าความชื้นของดิน และระบบให้น้ำอัตโนมัติ เพื่อติดตั้งในสวนกล้วยหอมทอง โดยระบบที่กล่าวมานี้ไม่รบกวนขั้นตอนการเพาะปลูกของเกษตรกร ในแบบดั้งเดิม

การทดลองครั้งนี้ได้แบ่งพื้นที่สวนกล้วยหอมทองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นพื้นที่ขนาดประมาณสองงานครึ่ง จะใช้เป็นพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองด้วยเทคโนโลยี IoT และส่วนที่สองขนาดประมาณหนึ่งงานครึ่ง จะใช้วิธีการดูแลแบบดั้งเดิมซึ่งใช้เป็นพื้นที่ปลูกเปรียบเทียบ โดยพื้นที่ทั้งสองส่วนของเกษตรกรได้ทำการยกทรง

และปรับระนาบดินให้มีความเอียงเพื่อถ่ายเทน้ำในกรณีที่ฝนตกหนักหรือมีจำนวนน้ำมากเกินไปเกินความต้องการของต้นกล้วยหอมทอง (ดังแสดงในแผนภาพที่ 1)

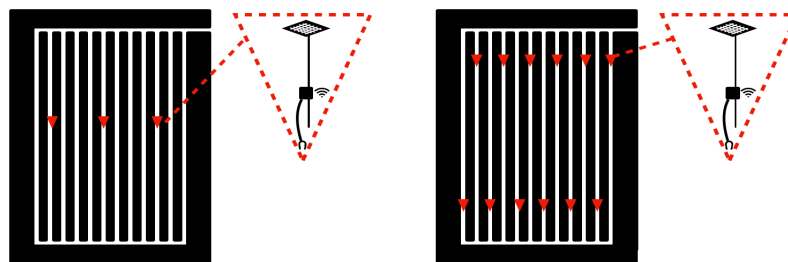


แผนภาพที่ 1 แสดงการออกแบบพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองต้นแบบ

4.2 ออกแบบและพัฒนาตัวอุปกรณ์

ในระยะเวลาที่จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการออกสำรวจพื้นที่และความต้องการของเกษตรกรมาออกแบบและพัฒนาตัวอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินและอุปกรณ์ควบคุมการปล่อยน้ำสำหรับติดตั้งในพื้นที่การปลูกกล้วยหอมทองด้วยเทคโนโลยี IoT ได้มีการแบ่งอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งและทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม

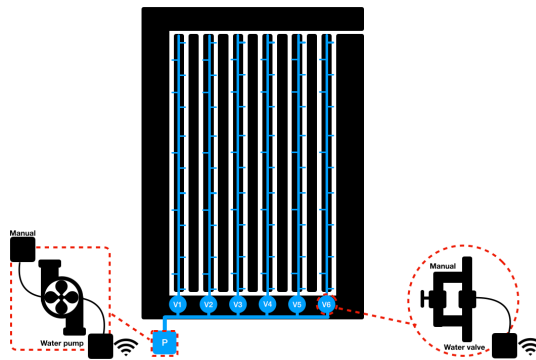
กลุ่มที่ 1 เป็นกล่องอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินที่เป็นปัจจัยสำคัญในการปล่อยน้ำให้พื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองโดยระบบอัตโนมัติ เนื่องจากการเพาะปลูกกล้วยหอมทองเป็นแบบระบบเปิด และเกษตรกรจะต้องมีขั้นตอนการกำจัดวัชพืชในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองเป็นระยะ การเดินสายไฟและสายสัญญาณรับส่งข้อมูลในพื้นที่จึงเป็นข้อจำกัดต่อการวางตัวอุปกรณ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงออกแบบตัวอุปกรณ์โดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาเลี้ยงวงจรต่างๆ



แผนภาพที่ 2 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดิน

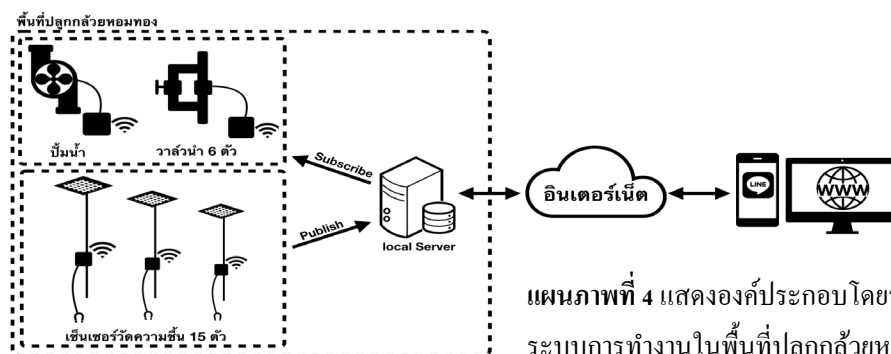
ภายในกล่องอุปกรณ์ การส่งข้อมูลความชื้นในดินผ่านตัวอุปกรณ์จะอยู่ในรูปแบบไร้สายและสามารถส่งข้อมูลได้ตลอดเวลาแม้จะอยู่ในช่วงเวลากลางคืนหรือไม่มีแสงแดดจากดวงอาทิตย์ในระยะเวลาหนึ่ง โดยกล่องอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความชื้นในดินจะแบ่งติดตั้งในสวนปลูกกล้วยหอมทอง จำนวน 12 กล่องและอีก 3 กล่องจะถูกติดตั้งในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองแบบดั้งเดิม (ดังแสดงในแผนภาพที่ 2)

กลุ่มที่ 2 เป็นกล่องอุปกรณ์ควบคุมการปล่อยน้ำให้พื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองด้วยเทคโนโลยี IoT โดยแบ่งอุปกรณ์เป็น 2 ส่วน 1. กล่องควบคุมวาล์วน้ำ 2. กล่องควบคุมปั้มน้ำ โดยติดตั้งกล่องควบคุมวาล์วน้ำจำนวน 6 กล่อง และต่อท่อจากวาล์วไปสุดพื้นที่แปลงปลูกกล้วยหอมทอง ในแต่ละระยะของท่อจะมีการต่อสายขนาดเล็กไปที่โคนของต้นกล้วยเพื่อให้น้ำ โดยน้ำที่ได้จะมาจากกล่องควบคุมปั้มน้ำจำนวน 1 กล่อง ที่คอยควบคุมการสูบน้ำจากบ่อน้ำที่เตรียมไว้ การควบคุมการปล่อยน้ำสามารถทำได้โดยควบคุมวาล์วน้ำที่ละหนึ่งตัวหรือพร้อมกันทั้งหมดในคราวเดียว และเมื่ออุปกรณ์วาล์วน้ำตัวใดตัวหนึ่งถูกเปิดอุปกรณ์ปั้มน้ำจะถูกเปิดเองโดยอัตโนมัติ ในขณะเดียวกันเมื่ออุปกรณ์วาล์วน้ำทุกตัวถูกปิดหมดอุปกรณ์ปั้มน้ำจะปิดโดยอัตโนมัติ การออกแบบยังรองรับต่อความผิดพลาดของระบบเมื่อระบบที่ออกแบบไม่สามารถทำงานได้ตามปกติเกษตรกรสามารถปรับมาใช้การเปิดปั้มน้ำด้วยตัวเองได้ (ดังแสดงในแผนภาพที่ 3)



แผนภาพที่ 3 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ควบคุมการปล่อยน้ำและการวางท่อในพื้นที่ปลูกกล้วย

องค์ประกอบโดยรวมของระบบพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทองแสดงในแผนภาพที่ 4 ในด้านการออกแบบฮาร์ดแวร์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมวาล์วน้ำและอุปกรณ์ควบคุมปั้มน้ำ ส่วนที่สองเป็นอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินและส่วนสุดท้ายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์อยู่ในเครือข่าย คอยประมวลผลคำสั่งและส่งคำสั่งไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ และรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์เก็บลงในฐานข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์รวมถึงทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ให้บริการข้อมูลด้วย



แผนภาพที่ 4 แสดงองค์ประกอบโดยรวมของระบบการทำงานในพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทอง

หลักการการทำงานของระบบในช่วงเก็บข้อมูลความชื้นในดินที่เหมาะสมและพฤติกรรมการปล่อยน้ำให้ต้นกล้วยหอมทองของเกษตรกรเพื่อสร้างระบบอัตโนมัติจะแบ่งออก 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินโดยตัวอุปกรณ์จะทำการส่งข้อมูล (Publish) จากค่าความชื้นที่สามารถวัดได้ทุกๆ 15 นาทีเก็บลงในฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์ (Server) ผ่านเครือข่ายโดยใช้มาตรฐาน MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) Protocol และเมื่อทำการส่งข้อมูลเสร็จจะเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) ในส่วนที่สองจะรับข้อมูลการปล่อยน้ำให้สวนกล้วยหอมทองอย่างเหมาะสมผ่านการสังเกตและความชำนาญในการปลูกของเกษตรกรด้วยแอปพลิเคชัน Line (การเลือกพัฒนาระบบจะดูจากพื้นฐานเกษตรกรเป็นสำคัญเนื่องจากเกษตรกรเองใช้แอปพลิเคชัน Line เป็นประจำอยู่แล้ว) ในมือถือของเกษตรกรโดยการสั่งงานดังกล่าวจะผ่านการพิมพ์คำสั่งหรือผ่านปุ่มกด (รูปแบบ Rich Menu ใน Line) บนแอปพลิเคชัน Line ข้อมูลจะถูกส่งไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์เพื่อวิเคราะห์คำสั่ง หลังจากนั้นตัวประมวลผลจะส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมปั๊มน้ำและวาล์วน้ำผ่านเครือข่ายโดยใช้มาตรฐาน MQTT Protocol เช่นเดิม ส่วนที่สามเป็นการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อการมอนิเตอร์ข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลความชื้นในดินของเซ็นเซอร์ทั้งหมด กราฟแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าและกราฟแสดงการใช้น้ำ เป็นต้น

4.3 การปรับใช้ตัวอุปกรณ์จากข้อมูลที่เก็บได้

ระยะที่สามเป็นการเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดินและพฤติกรรมการปล่อยน้ำของเกษตรกรแบบดั้งเดิมที่ได้จากความรู้และประสบการณ์ที่ปลูกกล้วยหอมทอง ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าคุณภาพของกล้วยหอมทองจากสหกรณ์บ้านลาด จำกัด จังหวัดเพชรบุรี เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับในเรื่องผลผลิตกล้วยหอมทองที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศดังนั้นการจับพฤติกรรมของเกษตรกรมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ IoT จะมีประโยชน์ในการนำมาออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อช่วยพัฒนาระบบควบคุมคุณภาพการเพาะปลูกกล้วยหอมทอง เพื่อให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณ รสชาติ และคุณภาพที่คงที่ต่อไป

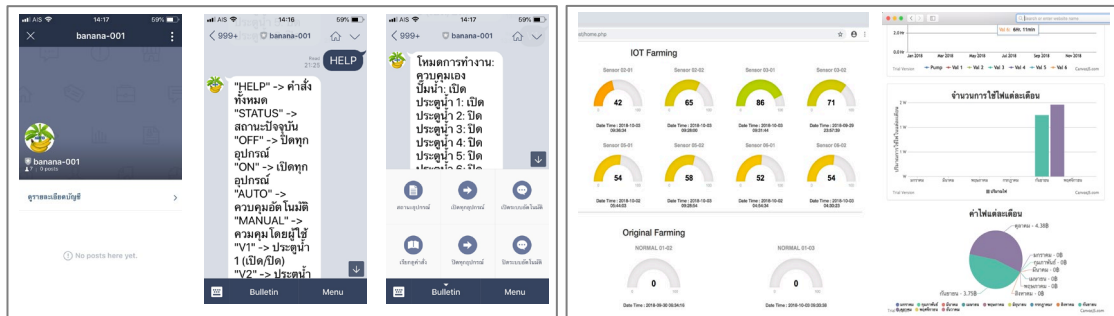
5. ผลการวิจัย

จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูล ไปจนถึงการพัฒนาอุปกรณ์ IoT ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นกล่องอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน โดยมีอุปกรณ์พื้นฐานได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์และการสื่อสาร ESP8266 โมดูลตรวจวัดค่าความชื้นในดินและโซลาร์เซลล์ ส่วนที่สองเป็นกล่องอุปกรณ์ควบคุมปั๊มน้ำและวาล์วน้ำที่ใช้แหล่งจ่ายไฟ 220V โดยมีการเพิ่มส่วนสวิตช์แบบโซลิดสเตทและวาล์วน้ำแบบควบคุมด้วยไฟฟ้าเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยเปิดปิดการปล่อยน้ำ ส่วนที่สามทำการตั้งเซิร์ฟเวอร์โดยใช้บอร์ด Raspberry Pi ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่ง ควบคุมอุปกรณ์และเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความชื้นในดิน และเพื่อความสะดวกและความปลอดภัยในการติดตั้งตัวอุปกรณ์ในพื้นที่จริง ชุดอุปกรณ์ทั้งหมดได้ถูกออกแบบและประกอบลงในกล่อง และนำไปติดตั้งในสวนกล้วยหอมทองตามที่วางแผนไว้ ดังแสดงในแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์ในบริเวณพื้นที่ปลูกกล้วยหอมทอง

ในส่วนการออกแบบการใช้งานและควบคุมตัวอุปกรณ์ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบการควบคุมและรายงานผลผ่านทางแอปพลิเคชัน Line บนมือถือของเกษตรกร เนื่องจากเกษตรกรมีความคุ้นเคยกับการใช้งานแอปพลิเคชันนี้อยู่แล้ว ขั้นตอนการใช้งานเริ่มต้นจากการสแกน QR Code เพื่อเพิ่มเพื่อน โดยอยู่ในรูปแบบ Chat bot ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการควบคุมการปล่อยน้ำ รูปแบบการปล่อยน้ำให้ต้นกล้วยมีการควบคุมอยู่ 2 แบบ แบบแรกเป็นระบบควบคุมด้วยตนเองโดยการพิมพ์คำสั่งหรือเลือกเมนูการปล่อยน้ำพร้อมกันทุกร่องหรือทีละร่อง โดยเกษตรกรจะเป็นผู้พิจารณาถึงความเหมาะสมด้วยตนเอง แบบที่สองเป็นการปล่อยน้ำแบบอัตโนมัติ โดยระบบจะคำนวณจากค่าความชื้นในดิน เมื่อค่าความชื้นต่ำกว่าค่าที่ถูกตั้งไว้ ระบบจะปล่อยน้ำเข้าไปในพื้นที่นั้นๆ โดยอัตโนมัติ ดังแสดงในแผนภาพที่ 6 (ก)



(ก)

(ข)

แผนภาพที่ 6 แสดงการใช้งานแอปพลิเคชัน Line (ก) และ แสดงหน้าเว็บไซต์รายงาน (ข)

ในด้านการออกแบบหน้าเว็บไซต์เพื่อแสดงรายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น สถานะวาล์วน้ำ ข้อมูลค่าความชื้นในดินของเซ็นเซอร์ทุกตัว รายงานแสดงค่าน้ำค่าไฟ ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหน้าเว็บไซต์แสดงผลที่อ่านค่าได้ง่าย ไม่มีความยุ่งยากซับซ้อนเพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าใจและแปลผลค่าที่วิเคราะห์ออกมาได้ด้วยตนเอง รูปแบบการออกแบบหน้าเว็บไซต์แสดงในแผนภาพที่ 6 (ข)

6. สรุปผลการวิจัย

จากการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำการพัฒนาและทดสอบระบบรวมถึงการสอนวิธีการใช้งานระบบต่อเกษตรกรผู้ดูแลสวนกล้วยหอมทอง พบว่าระบบที่ทำการติดตั้งทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ

ไว้ และจากการสัมภาษณ์เกษตรกรมีความพึงพอใจในการใช้งานระบบโดยไม่มีปัญหาข้อขัดข้อง นอกจากนั้นเกษตรกรยังพบว่าระบบเหล่านี้ได้เข้ามาลดภาระงานของเกษตรกร อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการจ้างแรงงานมาดูแลสวนกล้วย ในส่วนการใช้งานระบบผ่านแอปพลิเคชัน Line พบว่ามีการใช้งานง่ายไม่เพิ่มภาระให้แก่เกษตรกรเนื่องจากเป็นแอปพลิเคชันที่ใช้งานอยู่เป็นประจำจึงมีความคุ้นเคยการใช้งาน สุดท้ายเกษตรกรมีเวลาทำงานเหลือเพิ่มมากขึ้น จากการที่ระบบเข้ามาทดแทนภาระงานของเกษตรกร นำไปสู่การที่เกษตรกรสามารถนำเวลาว่างในส่วนนี้ไปทำงานอื่น เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับครัวเรือนตนเองได้อีกด้วย ในระยะต่อไปของงานวิจัยคณะผู้วิจัยจะทำการพัฒนาระบบอัตโนมัติอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเพาะปลูกกล้วยหอมทองจนเกิดเป็นระบบที่สามารถเพาะปลูกด้วยตัวเองได้ทั้งระบบอย่างเหมาะสมและนำไปสู่คำว่า “ทำน้อยได้มาก” ต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสถิติแห่งชาติกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, สรุปรายการสำรวจภาวะการทำงานของประชากรเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561
- [2] อธิสิทธิ์ นุชเนตร และ สุภาพร เพชรรัตน์กุล (2556) ต้นทุนการผลิตกับความคุ้มค่าในการลงทุน, วารสารเทคโนโลยีภาคใต้ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม—ธันวาคม 2556
- [3] เพ็ญจันทร์ สุทธานุกุล (2558) ชุดโครงการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วยเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตคุณภาพ คุณภาพผลผลิตและเพิ่มมูลค่าทางการตลาดกล้วย, รายงานชุดโครงการวิจัยกรมวิชาการเกษตร ประจำปี พ.ศ.2558
- [4] ผิน ฉัตรแก้วมณี และ นิมิตร ทักษิทยาพงศ์ (2560) อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่งสำหรับโรงเพาะเห็ดอัญริยะ, การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุมครั้งที่ 12 ประจำปี พ.ศ.2560, 14 ธันวาคม 2560
- [5] มานพ เกษประดิษฐ์ พิชัย แนวดี สุรัชย์ ทองแก้ว จิโรจน์ จริตควร และ นิมิตร ทักษิทยาพงศ์ (2559) ระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งสำหรับควบคุมน้ำในนาข้าว, การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุมครั้งที่ 11 ประจำปี พ.ศ.2559, 21 ธันวาคม 2559
- [6] ดนุภัทร พานวงศ์ ธนวัฒน์ สมบูรณ์ ผิน ฉัตรแก้วมณี และ สุรัชย์ ทองแก้ว (2559) อินเทอร์เน็ตออฟดิ้งส์เพื่อประหยัดพลังงานของหลอดไฟแอลอีดี, การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุมครั้งที่ 11 ประจำปี พ.ศ.2559, 21 ธันวาคม 2559
- [7] นิพิชญ์ นิธิสุภา เมธัส ชูจิตอริคม ประภาพร ไปรคำ นิมิตร ทักษิทยาพงศ์ และ ผิน ฉัตรแก้วมณี (2559) อินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งสำหรับระบบบันทึกการเดินของท่ารถในครรภ, การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุมครั้งที่ 11 ประจำปี พ.ศ.2559, 21 ธันวาคม 2559
- [8] วชิรา กันหนองขาม ศรีนภัสร์ จุลเขาวาน์ ไพรวรรณมะละ จิโรจน์ จริตควร และ สุรัชย์ ทองแก้ว (2559) เต็มลงมอัญริยะเพื่อลดการเกิดโรคแผลกดทับ, การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุมครั้งที่ 11 ประจำปี พ.ศ.2559, 21 ธันวาคม 2559

- [9] ณิชชากร คำยอด ปริญญา แสนจันทร์ มนต์นันท์ หรั่งยิ้ม สุรชัย ทองแก้ว และ นิมิตร ทักขวิทยาพงศ์ (2559)
การวิเคราะห์ความอับชื้นเพื่อเปลี่ยนการใช้งานของผ้าอ้อมสำเร็จรูปสำหรับผู้สูงอายุ, **การประชุม
วิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยศรีปทุมครั้งที่ 11** ประจำปี พ.ศ.2559, 21 ธันวาคม 2559

โปรแกรมควบคุมสไลด์ผ่าตัดด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือ Surgical Slide Control Program by Detecting Hand Movement

ปานิตาน วงศ์สงฆ์¹ เติชิต ตติยาพิศาล² สหวัสต์ ทรัพย์เจริญกุล³ สุรชัย ทองแก้ว⁴ พิน ฉัตรแก้วมณี⁵

Panitan Wongsong¹ Techit Tatiyapisan² Sahawet Supjaroenkool³

Surachai Thingkaew⁴ Pin Chatkaewmanee⁵

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

panitan.won@gmail.com¹, teachit.ta@gmail.com², sahawat.sup@spulive.net³,

surachai.th@spu.ac.th⁴, pin.ch@spu.ac.th⁵

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันแพทย์ประจำห้องผ่าตัดจำเป็นต้องมีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งการผ่าตัด เพื่อความถูกต้องและปลอดภัยของคนที่ได้รับการผ่าตัด แพทย์สามารถดูสไลด์ผ่าตัดที่ได้จากเครื่องสแกนและเก็บในคอมพิวเตอร์ในห้องผ่าตัด ทำให้ในขณะการผ่าตัด แพทย์จำเป็นต้องหยุดการผ่าตัดถอดถุงมือและอุปกรณ์เพื่อดูสไลด์ทำให้การผ่าตัดขาดความต่อเนื่อง เสียเวลา และอาจเป็นอันตรายต่อผู้ป่วย หรือในกรณีที่ให้แพทย์ผู้ช่วยดูสไลด์แทน อาจเกิดความผิดพลาดของการสื่อสารได้เช่นกัน งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาโปรแกรมและอุปกรณ์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือแพทย์ เพื่อไปควบคุมสไลด์ประกอบการผ่าตัดได้ การตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือแพทย์ทำได้โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวส่งเข้าหน่วยประมวลผลเพื่อตรวจสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวที่ได้ถูกบันทึกไว้ก่อนหน้า แล้วเมื่อทราบรูปแบบการเคลื่อนไหวแล้ว หน่วยประมวลผลจะส่งคำสั่งแทนการกดคีย์บอร์ดบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เก็บสไลด์ งานวิจัยนี้จะช่วยให้แพทย์สามารถดูสไลด์ประกอบการผ่าตัดในขณะผ่าตัดได้ ทำให้เกิดความต่อเนื่องไม่เสียเวลาและมีความเข้าใจสไลด์ผ่าตัดได้ดีกว่าการสื่อสารจากแพทย์ผู้ช่วย ประกอบกับประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ การรักษาและดูแลจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงเป็นการใช้เทคโนโลยีอีกทางหนึ่งในการอำนวยความสะดวกให้แพทย์ช่วยดูแลรักษาให้กับผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การแพทย์, ระบบสมองกลฝังตัว, สไลด์ผ่าตัด

Abstract

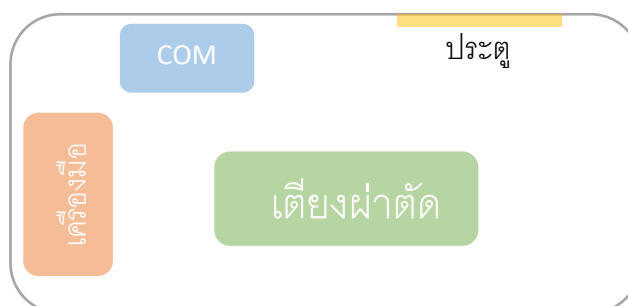
The current doctor in the surgery room need to be precise in specifying the location of the surgery. For accuracy and safety of the patients who received surgery. Doctors can view the slide operation of the scanner and stored on computers in the operating room. While making surgery. Doctors need to stop removing the gloves and surgical equipment to view slides make the surgically lacks continuity, time consuming and may harm patients.

Or, in the case of the physician assistant see slide instead. May cause an error of communication. This research has developed programs and devices to detect movement of the hand doctor. In order to control the slide with the surgery. Detecting hand movements performed by a doctor using a sensor moves into a processing unit to determine movement patterns that were previously recorded. And then when I know the movements and then The processor shall send a command, instead of pressing the keyboard on the computer that stores the slides. This research will allow doctors to see the slides, while surgery surgery practitioner. Cause no time continuity and better surgery slides to communicate from a physician assistant. The country is entering an aging society. Treatment and care is extremely important. This research, therefore, is to use technology, another way to facilitate medical aid to care for patients and the elderly more effectively.

KEYWORD: Medical, Embedded System, Surgical Slide

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันวงการแพทย์มีผู้ป่วยที่ต้องการได้รับการผ่าตัดเป็นจำนวนมาก จึงมีความล่าช้าในการผ่าตัดซึ่งมีความละเอียดอ่อนมากในการรักษาแต่ละครั้ง เนื่องด้วยหมอต้อองดูสไลด์หรือฟิล์มผ่าตัดควบคู่ด้วยการผ่าตัดแพทย์ก็ย่อมลำบากในการถอดถุงมือเพื่อกดเปลี่ยนสไลด์หรือซุม ซึ่งในกรณีนี้ถ้ามีอุปกรณ์ในการควบคุมสไลด์ผ่าตัดหรือฟิล์มได้ ก็จะช่วยให้แพทย์ทำงานได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 ห้องผ่าตัด (ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ จ.นครนายก)

จากการสำรวจห้องผ่าตัด และสอบถามความต้องการของแพทย์ (ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จ.นครนายก) แล้วจึงได้มาออกแบบงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ออกแบบและเลือกอุปกรณ์ที่จำเป็น เพื่อติดตั้งใช้ในห้องผ่าตัด รวมถึงสัญลักษณ์ท่าทางรูปแบบการเคลื่อนไหวของมือในการควบคุมสไลด์โดยซอฟต์แวร์

(2) นำไปติดตั้งที่ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก เพื่อทดสอบการทำงานจริง แบบการควบคุมด้วยตนเอง

1.2 ขอบเขต

(1) ออกแบบสัญลักษณ์ท่าทางรูปแบบการเคลื่อนไหวของมือ ดังนี้

- การเปลี่ยนสไลด์ถัดไป จะทำการเคลื่อนไหวมือไปทางซ้ายซึ่งโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนสไลด์ต่อไปจากหน้าปัจจุบัน
- การเปลี่ยนสไลด์ก่อนหน้า จะทำการเคลื่อนไหวมือไปทางขวาซึ่งทาง โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนสไลด์ก่อนหน้าปัจจุบัน

- การซูมออก โดยทำการใช้นิ้วมือกางเข้าเพื่อซูมออก

- การซูมเข้า โดยทำการใช้นิ้วมือการนิ้วมือกางออก เพื่อซูมเข้า

(2) พัฒนาเขียนซอฟต์แวร์ในการกำหนดคำสั่งในการควบคุมโปรแกรมอ่านสไลด์ผ่าตัดของแพทย์

1.3 เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 ทฤษฎีสรุปที่เกี่ยวกับ Leap Motion

[1] เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อให้เราสามารถบังคับการทำงานต่างๆ ได้โดยการใช้ "มือ" หรือสิ่งของอื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ซึ่งการบังคับทำได้โดยไม่ต้องสัมผัสกับหน้าจอ การทำงานคล้ายๆ กับ Kinect ของ Microsoft แต่อุปกรณ์ Leap Motion มีขนาดเล็ก ราคาถูกกว่ามาก Censor มีความละเอียดในการตรวจจับมากกว่า 100 เท่า ตรวจจับได้ทุกข้อนิ้ว และข้อมือเรา ด้วยอัตราการส่งข้อมูลที่สูงถึง 120 fps และมีความแม่นยำในระดับ 0.01 มิลลิเมตร การตรวจจับของ Censor มีระยะ กว้าง 2 การเชื่อมต่อทำแค่เพียงเสียบสาย USB ในอนาคตยังอาจจะพัฒนาให้สามารถใช้งานแบบไร้สายได้

ข้อจำกัดการใช้งาน – แสงและท่าทางบางอย่าง

- แสงอะไรก็ตามแต่ที่มีอินฟราเรดจะมีผลต่อเซ็นเซอร์ครับ เช่นแสงแดดหรือแสงไฟบางชนิด ซึ่งจะทำให้ระยะที่ Leap จะจับได้ลดลง หรืออาจจะจับผิดพลาดได้

- หากเราใช้อุปกรณ์ในการชี้ตำแหน่ง อย่างเช่นปากกา อาจจะพบปัญหาบ้างหากปากกานั้นสะท้อนแสงเกินไป ไม่สะท้อนแสงเลย หรือเป็นปากกาด้ามใส ก็อาจจะใช้งานไม่ได้

- เรื่องท่าทางก็เป็นข้อจำกัดได้เช่นกัน Leap นั้นไม่สามารถตรวจจับมือหรืออุปกรณ์ที่อยู่ซ้อนกันได้ และไม่สามารถตรวจจับนิ้วมือหรืออุปกรณ์ที่อยู่ใกล้กันเกินไปได้

สำหรับนักพัฒนา - มี 5 ภาษา “หลัก” ให้เลือก

ภาษาที่สามารถพัฒนาแอปฯ ให้ใช้งาน Leap ได้ นั้น โดยหลักๆ แล้วมี 5 ภาษา ได้แก่ C++, C# (และ Unity), Java, JavaScript และ Python ซึ่ง 5 ภาษานี้ทาง Leap Motion จะมีเอกสารให้อ่านพร้อมมีตัวอย่างโค้ดให้ลองเล่น ส่วนภาษาอื่นๆ ที่สามารถพัฒนาได้เช่น Objective-C หรือ ActionScript นั้น อาจจะต้องศึกษาเอง โดยศึกษาจากไลบรารีที่มีคนทำไว้

สำหรับนักพัฒนาข้อมูลที่สามารถดึงมาใช้จาก API มีดังนี้

- ข้อมูลตำแหน่งต่างๆ ใน API จะมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
- เฟรม (frame) คือข้อมูลทุกอย่างที่ Leap อ่าน ได้ 1 ครั้ง ซึ่งจะอัปเดตตลอดเวลา
- แต่ละเฟรมจะมีข้อมูลของมือ ตัวชี้ และท่าทาง
- มือ (hand) ซึ่งจะเก็บตำแหน่ง มุม ความเร็ว และ “ตัวชี้” ที่อยู่ที่มือนั้นๆ
- ตัวชี้ (pointer) แบ่งเป็นสองประเภทคือ นิ้วมือ (finger) และอุปกรณ์ (tool) ทั้งสองประเภท

ต่างกันแค่ความกว้างของตัวชี้ โดยทั้งสองชนิดจะเก็บตำแหน่ง มุม ความเร็ว ขนาดทั้งความกว้างและความยาว และมือที่เป็นเจ้าของตัวชี้ นั้นๆ

- ท่าทาง (gesture) มี 3 แบบ คือวงกลม การบิด และการแตะ
- วงกลม (circle) จะเก็บค่าจุดศูนย์กลาง ทิศทาง ความเร็ว และจำนวนรอบ
- การบิด (swipe) จะเก็บค่าจุดเริ่มต้น จุดปัจจุบัน ทิศทาง และความเร็วการบิด
- การแตะ (screenTap, keyTap) จะเก็บค่าตำแหน่งและทิศทางที่แตะ

1.3.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเมาส์และสมรรถนะการ

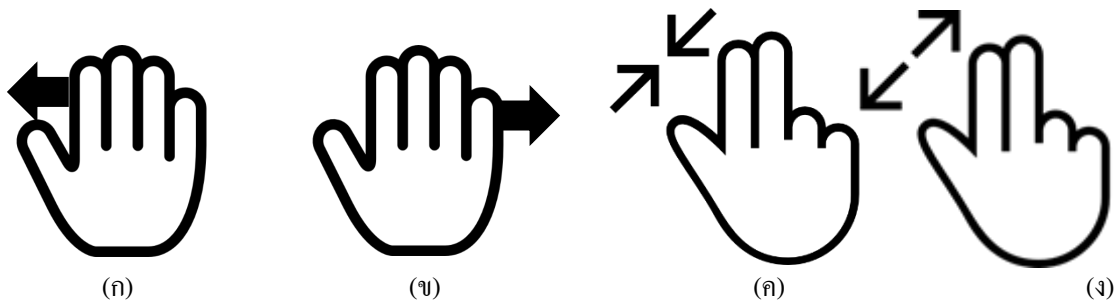
ใช้งานของผู้ใช้

มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการออกแบบการเคลื่อนไหวของเมาส์เพื่อให้ตอบสนองกับสรีระทางร่างกายของมนุษย์ เพื่อช่วยในการควบคุมซอฟต์แวร์ [2] สำหรับการผ่าตัดทำให้แพทย์เกิดความล้าและความเมื่อยล้าจากการใช้งาน [3] อีกลดระยะเวลาในการผ่าตัดเพื่อประโยชน์ของผู้ป่วย [4] และความสะอาด สุขอนามัยของแพทย์ [5]

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

หลังจากที่ได้ลงพื้นที่ สํารวจสอบถามจากศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก อย่างละเอียด ปัญหาที่ทางทีมแพทย์พบและต้องการแก้ไข ทางทีมผู้วิจัยได้ออกแบบอุปกรณ์และซอฟต์แวร์เพื่อติดตั้งในห้องผ่าตัด โดยพยายามไม่ปรับเปลี่ยนวิธีการขั้นตอนการผ่าตัดของทีมแพทย์ที่มีอยู่เดิม

หลังจากลงพื้นที่สอบถามและเก็บข้อมูลเบื้องต้น แล้วทางทีมได้ออกแบบสัญลักษณ์ท่าทางรูปแบบการเคลื่อนไหวของมือ ระบบจะทำการตรวจสอบการเคลื่อนไหวจากเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Leap Motion) แล้วซอฟต์แวร์จะตรวจเช็คการคำนวณตามคำสั่งของการเคลื่อนไหวมือผู้ใช้งานว่าตรงกับรูปแบบ เพื่อควบคุมการโปรแกรมอันสโลดซ์ของแพทย์ โดยลักษณะการทานของเครื่องควบคุมสโลดซ์อัจฉริยะ มีอยู่ 4 โหมดดังรูปที่ 2

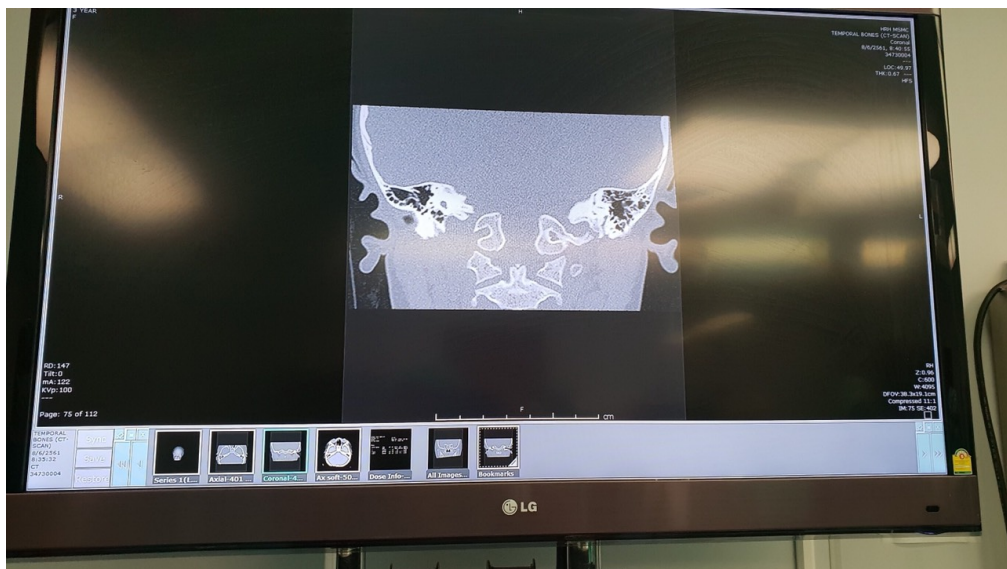


รูปที่ 2 สัญลักษณ์ท่าทางรูปแบบการเคลื่อนไหวของมือ

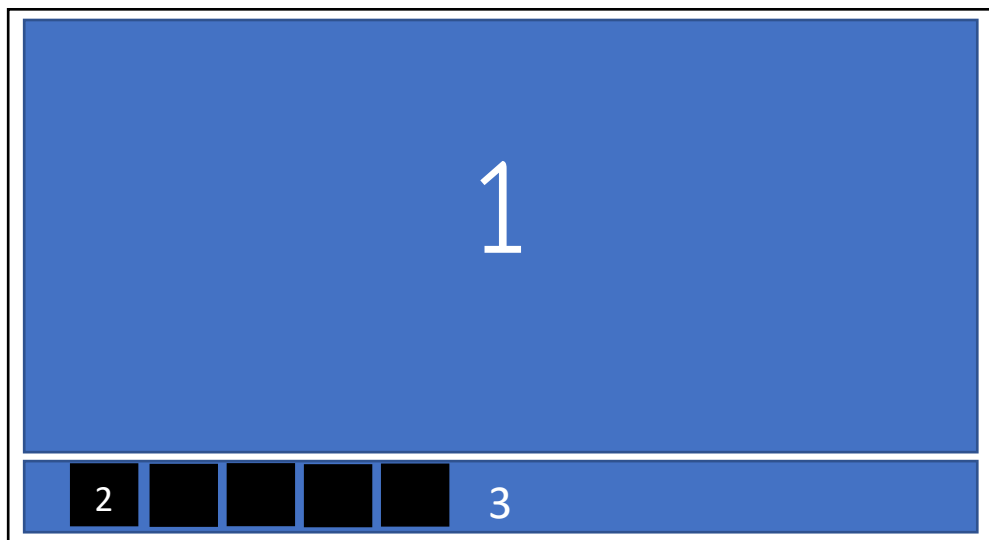
(ก) – (ข) เป็นสัญลักษณ์ท่าทางรูปแบบการเคลื่อนไหวของมือ

- 1) การเปลี่ยนสไลด์ถัดไป จะทำการเคลื่อนไหวไปทางซ้ายซึ่งโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนสไลด์ต่อไปจากหน้าปัจจุบัน ดังรูปที่ (ก)
- 2) การเปลี่ยนสไลด์ก่อนหน้า จะทำการเคลื่อนไหวไปทางขวาซึ่งทางโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนสไลด์ก่อนหน้าปัจจุบัน ดังรูปที่ (ข)
- 3) การซูมออก โดยทำการใช้นิ้วมือกางเข้าเพื่อซูมออก ดังรูปที่ (ค)
- 4) การซูมเข้า โดยทำการใช้นิ้วมือการนิ้วกางออก เพื่อซูมเข้า ดังรูปที่ (ง)

โดยจากการลงพื้นที่จริง ณ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ จ.นครนายก ทาง โปรแกรมควบคุมสไลด์ผ่าตัดของทางศูนย์แพทย์นั้นมีหน้าตา ดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถแบ่งพื้นที่การควบคุมการทำงานดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 โปรแกรมควบคุมสไลด์ผ่าตัด ณ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ จ.นครนายก



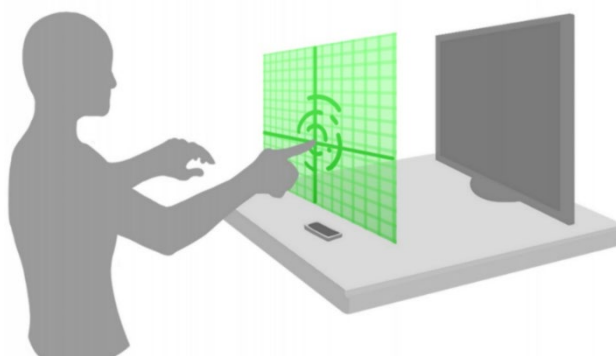
รูปที่ 4 แสดงพื้นที่การควบคุมใน โปรแกรมควบคุมสไลด์ผ้าตัด ณ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ

จ. นครนายก

- 1) ส่วนแสดงสไลด์ผ้าตัดทำงาน โดยใช้ คีย์บอร์ดในการควบคุม
 - ซุมเข้า โดยกดปุ่มบนคีย์บอร์ดเพื่อควบคุม
 - ซุมออก โดยกดปุ่มบนคีย์บอร์ดเพื่อควบคุม
- 2) ส่วนเลือกสไลด์ผ้าตัดทำงาน โดยใช้ เมาส์ในการควบคุม
 - คลิกเมาส์เพื่อเลือกสไลด์ที่ต้องการจะแสดงในส่วนที่ 1
- 3) แถบแสดงตัวเลือกสไลด์ผ้าตัด

จากรูปที่ 4 ที่แสดงพื้นที่ในการควบคุม โปรแกรมควบคุมสไลด์ผ้าตัด ณ ศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ จ. นครนายก ในส่วนของการควบคุมการทำงานโดยโปรแกรมควบคุมสไลด์ผ้าตัดด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือของทางผู้พัฒนานั้นครอบคลุมการทำงานหลักของเดิมที่มีอยู่และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการใช้งานจริง

โดยหลักการทำงานมือผู้ใช้งานต้องอยู่เหนือเซ็นเซอร์ประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อความแม่นยำในการตรวจจับของเซ็นเซอร์ ระยะเวลาทำงาน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ระยะเวลาทำงาน(ที่มา <https://www.codeproject.com/>)

2.2 การพัฒนาระบบ

2.2.1 Hardware

ระบบได้ใช้ Hardware หลักๆอยู่ทั้งหมด 2 อย่างดังต่อไปนี้

1) Leap Motion (ก) ดังแผนภาพที่ 6 คืออุปกรณ์ที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือ นิ้วมือ และอุปกรณ์ทรงกระบอกเช่น ปากกา ดินสอ พู่กัน หรือกระทั่งตะเกียบ เพื่อนำมาใช้งานควบคุมคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชันต่างๆ

2) Computer (ข) ดังแผนภาพที่ 6 ใช้เพื่อเป็นตัวลงโปรแกรม,แสดงข้อมูลและเชื่อมต่อกับ Leap Motion



(ก)

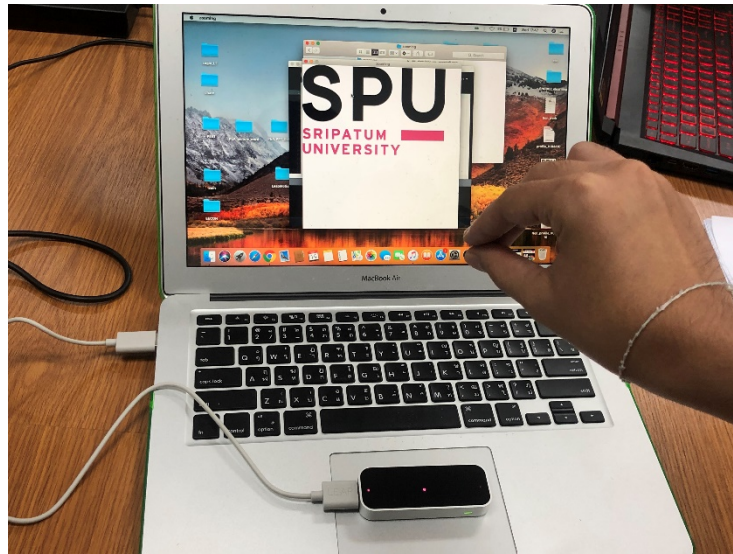
(ข)

รูปที่ 6 อุปกรณ์ที่ใช้งานในห้องผ่าตัด

(ก) - (ข) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับห้องผ่าตัด

3. สรุปผลงานวิจัย

ทีมผู้วิจัยได้ออกแบบและเลือกอุปกรณ์ที่จำเป็น เพื่อติดตั้งใช้ในห้องผ่าตัด รวมถึงสัญลักษณ์ท่าทางรูปแบบการเคลื่อนไหวของมือในการควบคุมสไลด์โดยซอฟต์แวร์การประยุกต์ใช้ได้หลากหลายสามารถนำมาต่อยอดในทั้งด้าน,การศึกษาด้านการแพทย์,ด้านความบันเทิง ในบทความนี้ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ในวงการแพทย์ โดยนำตัวเซ็นเซอร์ Leap Motion มาให้ ควบคู่กับซอฟต์แวร์ที่ทางเราได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อควบคุมโปรแกรมอ่านสไลด์ของแพทย์ เพื่อความสะดวกและง่ายของแพทย์ผู้ใช้งาน โดยสาธิตตัวอย่างโดยใช้ซอฟต์แวร์ตัวอย่างทดสอบก่อนจะนำไปใช้ในการควบคุมโปรแกรมอ่านสไลด์แพทย์จริงในการควบคุม แสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7 การชมภาพโดยใช้ลักษณะมือจิบ



รูปที่ 8 การชมภาพโดยใช้ลักษณะมือกางออก

4. ข้อเสนอแนะ

- 1) สามารถนำเอาโปรแกรมควบคุมสไลด์ที่ตัดด้วยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือไปพัฒนาต่อโดยพัฒนาเป็น VR ในการดูภาพสไลด์ในการดูที่ลึกขึ้นในรูปแบบ 3D
- 2) สามารถนำเอาไปประยุกต์ใช้ในด้านการศึกษา,ความบันเทิง เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์การแพทย์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี จ.นครนายก สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับการแพทย์และวิธีการดำเนินงานขั้นตอนการรักษาผู้ป่วย และอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย กลุ่มคน

อาจารย์และนักศึกษาศาขาศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่ร่วมศึกษา ออกแบบ พัฒนาอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ส่งเสริมและสนับสนุน ให้คณาจารย์และนักศึกษา ได้นำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้งานจริง มาโดยตลอด

6.เอกสารอ้างอิง

- [1] MR.Iinkirby Leap Motion Controller พร้อม Airspace, from: <https://www.blognone.com/node/47147>
- [2] กัทรพร เกียรติธรรม และ ไพโรจน์ ตดาวิจิตรกุล (2555) ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายภาพของเมาส์ และสมรรถนะการใช้งานของผู้ใช้ วิทยานิพนธ์ (วศ.ม.)--จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555
- [3] ทศพล บุตรมี (2558) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานของพยาบาล โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยขอนแก่น
- [4] สมศักดิ์ ศิริวนารังสรรค์ เรื่อง การจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมในโรงพยาบาล
- [5] เรมवल นันทสุภวัฒน์, อรอนงค์ วิชัยคำ และ อภิรดี นันทสุภวัฒน์ เรื่อง : ความสัมพันธ์ระหว่างชั่วโมงการปฏิบัติงานเกินเวลาของพยาบาลและผลลัพธ์ด้านผู้ป่วย พยาบาลและองค์กรในโรงพยาบาลทั่วไป

**การสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากการติดอิเล็กโทรดแบบ 5 อิเล็กโทรด
โดยใช้ลีด V1 ด้วยวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน
สำหรับสมการถดถอย**

**Deriving ECG Signals from 5-Electrodes using lead V1
by Genetic Algorithm for Support Vector Machine – Regression.**

พิรุพห์ แก้วฟุ้งรังษี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

E-mail: kpirun@hotmail.com

วิเชพ ใจบุญ

มหาวิทยาลัยเนชั่น คณะบริหารธุรกิจและรัฐประศาสนศาสตร์

E-mail: wichep_jai@nation.ac.th

พัฒนัฏฐ์ เทพอรรถพร

มหาวิทยาลัยเนชั่น คณะบริหารธุรกิจและรัฐประศาสนศาสตร์

E-mail: putthanut_the@nation.ac.th

บทคัดย่อ

การวินิจฉัยโรคหัวใจด้วยวิธีการตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG : Electrocardiogram) ที่สมบูรณ์นั้น โดยมาตรฐานแล้วจะเป็นการวัดสัญญาณแบบปกติ 12 ลีด (12-lead ECG System) ที่ได้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจทั้งหมด 12 สัญญาณ จากการติดอิเล็กโทรดทั้งหมด 10 อิเล็กโทรด ส่งผลให้เกิดความไม่คล่องตัวกับผู้ป่วย ดังนั้นวิธีการเพิ่มความคล่องตัวให้กับผู้ป่วยและลดต้นทุนในการใช้อิเล็กโทรด จึงต้องทำการลดจำนวนการติดอิเล็กโทรดให้ได้น้อยที่สุดด้วยการใช้มาตรฐานการติดอิเล็กโทรดแบบ 5 อิเล็กโทรด โดยใช้ลีด V1 ที่ใช้อิเล็กโทรดเพียง 5 อิเล็กโทรดเท่านั้น แต่ยังคงได้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจใกล้เคียงกับการวัดแบบปกติ 12 ลีด ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้้นำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอย (GA-SVMR) มาใช้ในการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ขาดหายไปทั้ง 5 สัญญาณ และเพื่อเพิ่มความถูกต้องของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ โดยนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการของการถดถอยแบบเชิงเส้นและวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองพบว่าวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอยนั้น มีค่าความผิดพลาด RMSE ของสัญญาณ ECG ทั้ง 5 สัญญาณโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 12.449 มิลลิโวลต์ ซึ่งน้อยกว่าวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าความผิดพลาด RMSE โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 19.336 มิลลิโวลต์ และน้อยกว่าวิธีการของการถดถอยแบบเชิงเส้นที่มีค่าความผิดพลาด RMSE โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 57.352 มิลลิโวลต์

คำสำคัญ: ระบบวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบปกติ 12 ลีด, การวัดสัญญาณแบบ 5 อิเล็กโทรด โดยใช้ลีด V1, ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน, เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอย, การถดถอยแบบเชิงเส้น, โครงข่ายประสาทเทียม

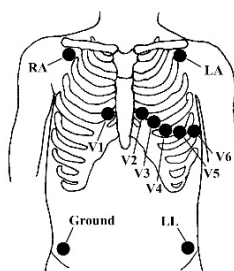
ABSTRACT

The current gold standard for diagnosis is standard 12-lead electrocardiogram (ECG) derived from 10 electrodes using a cardiograph. As for how to reduce the number electrodes in ECG system also from 10 to 5 electrodes for cuts the cost and increase mobility for long term patients monitoring, it requires synthesis method was applied to derive back those 5-lead ECG signals. This paper presents Linear regression, Artificial Neural Networks (ANNs) and Genetic Algorithm for Support Vector Machine – Regression (GA-SVMR) were used to find the minimum of RMSE values from synthesis method for deriving the 5-lead ECG signals with standard 5-Electrode using lead V1. The results have shown that the best performance amongst those methods with the less RMSE values for 5 signals to compare with the standard 5-lead ECG signals was obtained by GA-SVMR with RMSE value is 12.449 mV followed ANNs with RMSE value is 19.336 mV and Linear regression with RMSE value is 57.352 mV, respectively.

KEYWORDS: 12-lead ECG System, Standard 5-Electrode Using Lead V1, SVR, GA-SVMR, Linear Regression, ANNs.

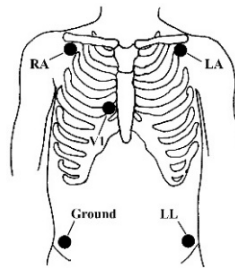
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

Joseph และ Bronzino (2000) ได้กล่าวไว้ว่าการวินิจฉัยโรคหัวใจด้วยวิธีการตรวจวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG : Electrocardiogram) ที่สมบูรณ์นั้น โดยมาตรฐานแล้วจะเป็นการวัดสัญญาณแบบปกติ 12 ลีด (12-lead ECG System) ที่ประกอบด้วยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจทั้งหมด 12 สัญญาณด้วยกัน โดยมีชื่อเรียกสัญญาณทั้ง 12 สัญญาณนี้ว่า สัญญาณลีด I II III aVR aVL aVF V1 V2 V3 V4 V5 และ V6 ซึ่งสัญญาณในแต่ละลีดนั้นเกิดจากการติดอิเล็กโทรดไว้บนร่างกาย ทั้งหมด 10 อิเล็กโทรด และมีการแปลผลสัญญาณออกมาเป็นรูปสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเพื่อใช้สำหรับการวินิจฉัยสำหรับแพทย์โดยเฉพาะ โดยมีลักษณะการติดอิเล็กโทรดดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดแบบมาตรฐานปกติ 12 ลีด

จากแผนภาพที่ 1 พบว่าการติดอิเล็กโทรดทั้ง 10 อิเล็กโทรดนั้น มีความจำเป็นต้องใช้สายสัญญาณในการตรวจวัดทั้งหมด 10 เส้นด้วยกัน ทำให้ในกรณีที่ผู้ป่วยในสถานะที่ต้องเฝ้าระวัง และมีความต้องการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจไว้ตลอดเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมงนั้น จะไม่สามารถทำได้ เพราะผู้ป่วยไม่มีความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงได้มีวิธีการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบมาตรฐาน ที่มีการลดจำนวนการติดอิเล็กโทรดให้น้อยลงกว่าเดิมจาก 10 อิเล็กโทรดไปเป็น 5 อิเล็กโทรด โดยเรียกว่าการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบ 5 ลีด โดยใช้ลีด V1 Jaakko และ Robert (1995) ดังแผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 การวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบ 5 ลีด โดยใช้ลีด V1

จากแผนภาพที่ 2 พบว่าการวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่มีจำนวนอิเล็กโทรดเพียง 5 อิเล็กโทรดนั้น จะใช้สายในการวัดสัญญาณเพียง 5 เส้นเท่านั้น แต่สามารถวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้เพียง 7 สัญญาณ คือ สัญญาณลีด I II III aVR aVL aVF และ V1 ทำให้สัญญาณ V2 V3 V4 V5 และ V6 นั้นหายไป ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการสังเคราะห์สัญญาณ เพื่อทำการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจของลีด V2 V3 V4 V5 และ V6 กลับคืนมา ทำให้ได้สัญญาณครบทั้ง 12 สัญญาณ เหมือนกับการวัดสัญญาณแบบปกติ 12 ลีด ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนมากวิธีการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจะใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear Regression) ดังเช่นจากงานวิจัยของ Nelwan et al. (2000) ที่ใช้วิธีการของ Multiple Linear Regression ในการหาค่าสัมประสิทธิ์และสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่ ของสัญญาณ ลีด V1 V3 V4 และ V6 สัญญาณลีด I II V2 และ V5 ซึ่งผลที่ได้พบว่าการสร้างสัญญาณขึ้นมาใหม่มีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณจริงแต่ยังคงมีความผิดพลาดในการสังเคราะห์สัญญาณ ต่อมางานวิจัยของ Wei (2001) ได้นำเสนอวิธีการสร้างสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจแบบปกติ 12 ลีด จากการติดลีดแบบมาตรฐาน 4 ลีด ตามรูปแบบของ Frank Torso Model ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการลดจำนวนการติดอิเล็กโทรดจาก 10 อิเล็กโทรด เหลือเป็น 6 อิเล็กโทรด โดยวิธีการตัดตำแหน่งอิเล็กโทรดสำหรับการวัดสัญญาณลีด V2 V3 V4 และ V5 ทั้ง และใช้สัญญาณลีด I II V1 และ V6 มาใช้เป็นสัญญาณอินพุต และใช้วิธีการของ Least squares มาใช้ในการสังเคราะห์สัญญาณเพื่อสร้างสัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 ขึ้นมาใหม่ ซึ่งผลที่ได้จากผลการทดลองพบว่าการสังเคราะห์และสร้างสัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 ขึ้นมาใหม่นั้น มีลักษณะใกล้เคียงกับสัญญาณจริงและยังคงมีความผิดพลาดในการสังเคราะห์สัญญาณ ดังนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาการใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้นกับสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นยังคงมีความผิดพลาดในการสังเคราะห์สัญญาณอยู่ เนื่องจากสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจส่วนมากนั้นเป็นสัญญาณแบบไม่เป็นเชิงเส้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากการวัดสัญญาณแบบ 5 อิเล็กโทรด โดยใช้ลีด V1 ด้วยวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอย

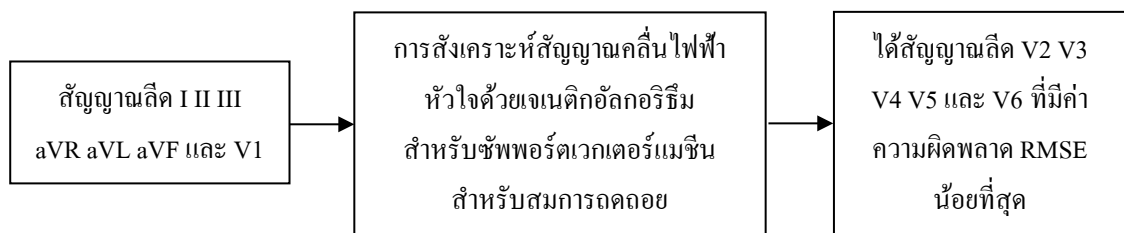
(GA-SVMR) มาประยุกต์ใช้ในการสังเคราะห์สัญญาณที่ขาดหายไปทั้งหมด 5 สัญญาณ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการสังเคราะห์สัญญาณที่ใช้การถอดแบบเชิงเส้นและโครงข่ายประสาทเทียม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อนำวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถอดแบบ มาใช้สำหรับการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากการติดลีดแบบ 5 อิเล็กโทรด โดยใช้ลีด V1

(2) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจระหว่างวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถอดแบบกับการถอดแบบเชิงเส้นและวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การถอดแบบเชิงเส้น (Linear regression)

การถอดแบบเชิงเส้น DTREG (2014), พรสิน (2015) เป็นวิธีที่ใช้เทคนิคทางสถิติในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีการกำหนดค่าที่แน่นอนไว้ล่วงหน้า และตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรอิสระ ในกรณีที่ความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ในสมการการถอดแบบเป็นแบบเชิงเส้นจะเรียกวิธีนี้ว่าการวิเคราะห์การถอดแบบเชิงเส้น ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การวิเคราะห์การถอดแบบเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่มีตัวแปรตามและตัวแปรอิสระอย่างละ 1 ตัวแปร และการวิเคราะห์การถอดแบบเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่มีตัวแปรตาม 1 ตัวและตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้การถอดแบบเชิงเส้นพหุคูณสำหรับการสังเคราะห์สัญญาณ V2 V3 V4 V5 และ V6 ดังสมการที่ (1)

$$Y_n = \beta_0 n + \beta_1 n \times X_1 + \beta_2 n \times X_2 + \beta_3 n \times X_3 + \beta_4 n \times X_4 + \beta_5 n \times X_5 + \beta_6 n \times X_6 + \beta_7 n \times X_7 \quad (1)$$

กำหนดให้ Y_n เป็นสมการของสัญญาณแต่ละลีด

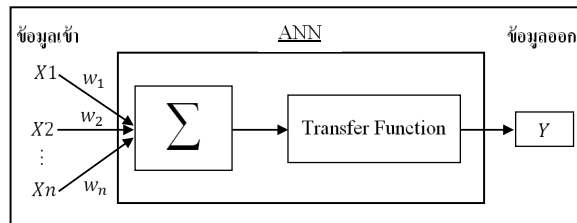
n คือ สัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 และ V6

β_0n คือค่าคงที่ ส่วน $\beta_1n, \dots, \beta_7n$ คือค่าสัมประสิทธิ์ของลีด n จาก Fold ที่มีค่า RMSE น้อยที่สุดในแต่ละสัญญาณของลีด n

X_1 ถึง X_7 คือสัญญาณลีด I II III aVR aVL aVF และ V1

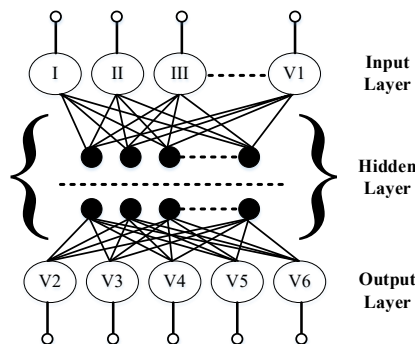
4.2. โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม ชนวนวูดี (2552) เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของสมองมนุษย์ในการเรียนรู้และจดจำด้วยการทำงานแบบเชื่อมต่อ (Connectionist) โดยการนำข้อมูลต่างๆมาประมวลผลวิเคราะห์ ตีความ และผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่าความรู้ (Knowledge) อันเกิดจากกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) โดยทั่วไปเซลล์ประสาทของโครงข่ายประสาทเทียม มีลักษณะการทำงานโดยเมื่อมีข้อมูลนำเข้า (Input) ส่งเข้ามาแล้วนำมาคูณกับค่าน้ำหนัก (Weight) ที่ใช้แทนความสำคัญที่ให้กับข้อมูลนำเข้าแต่ละตัว จากนั้นผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักที่เกิดจากผลคูณของข้อมูลนำเข้าและค่าน้ำหนักจะถูกนำไปวิเคราะห์โดยฟังก์ชันการแปลง (Transfer Function) เกิดเป็นผลลัพธ์ (Output) มีลักษณะการทำงานดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 การทำงานของเซลล์ประสาทหนึ่งเซลล์

สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (MLP : Multi-layer Perceptron) เป็นโครงสร้างแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward Network) ซึ่งโครงสร้างนี้จะประกอบไปด้วยชั้น (Layer) ต่างๆ 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นข้อมูลเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นข้อมูลออก (Output Layer) โดยที่ชั้นซ่อนอาจมีมากกว่าหนึ่งชั้น ในแต่ละชั้นจะประกอบด้วยโหนดหรือเซลล์ประสาทหนึ่งเซลล์หรือมากกว่า และข้อมูลจะถูกส่งจากชั้นข้อมูลเข้าไปถึงชั้น ข้อมูลออกโดยไม่มีการส่งย้อนกลับ แม้โหนดในชั้นเดียวกันก็ไม่มีการเชื่อมต่อกัน มีลักษณะดังแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

ดังนั้นการใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจนี้ เป็นการใช้องค์โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นเป็นโครงสร้างแบบป้อนไปข้างหน้า 3 ชั้น ประกอบด้วย ชั้นนำข้อมูลเข้า

ชั้นซ่อน และชั้นผลลัพท์ ส่วนฟังก์ชันการแปลงในชั้นซ่อนนั้น เป็นการใช้ฟังก์ชันการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยใช้ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบ Hyperbolic Tangent Sigmoid ดังสมการที่ (2)

$$f(n) = \frac{2}{1+exp(-2n)} - 1 \quad (2)$$

4.3 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (Support Vector Machine Regression : SVMR)

ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้น Anusorn Nipon and Sansanee (2012) ใช้ในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้เป็นข้อมูลที่เป็นเชิงเส้น จึงต้องทำการแมปข้อมูลอินพุตไปยังปริภูมิลักษณะเด่น (Feature Space) ให้มีมิติเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการจัดระเบียบข้อมูลเบื้องต้นให้สะดวกต่อการสร้างแนวระนาบเกินและสามารถใช้วิธีการแบบเชิงเส้นได้ในปริภูมินี้ โดยมีลักษณะฟังก์ชันเคอร์เนลดังสมการที่ (3)

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \langle \Phi(\mathbf{x}) \cdot \Phi(\mathbf{x}_i) \rangle \quad (3)$$

โดยที่

\mathbf{x} คือ เวกเตอร์ข้อมูลอินพุต

\mathbf{x}_i คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์

Φ คือ ฟังก์ชันการแมป (Mapping Function)

จากสมการที่ (2) สามารถเขียนอยู่ในรูปอย่างง่ายได้ดังสมการที่ (4)

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^l \beta_i K(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) + b \quad (4)$$

สำหรับฟังก์ชันเคอร์เนลที่ใช้ในการแมปข้อมูลซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากคือ เรเดียลเบซิสฟังก์ชัน (RBF Kernel Function) โดยมีลักษณะดังสมการที่ (5)

$$K_{RBF}(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \exp(-\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\|^2 / 2\sigma^2) \quad (5)$$

โดยที่ σ คือ ค่าตัวแปรของฟังก์ชันเคอร์เนล

นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชันเคอร์เนลอื่นๆ ที่ชื่อว่า เอ็กซ์โพเนนเชียลเคอร์เนล (ERBF Kernel Function) ที่สามารถนำมาใช้แมปข้อมูลที่เป็นข้อมูลของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้เป็นอย่างดี โดยมีลักษณะดังสมการที่ (6)

$$K_{ERBF}(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i) = \exp(-\|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\| / 2\sigma^2) \quad (6)$$

โดยที่ σ คือ ค่าตัวแปรของฟังก์ชันเคอร์เนล

4.4 เจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย (GA-SVMR)

เจเนติกอัลกอริทึม Lanlan (2015) เป็นวิธีที่ใช้หาค่าที่เหมาะสมที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่สุ่มมาได้แบบฮิวริสติก (Heuristic) ที่คิดค้นโดย John Holland ในปี ค.ศ. 1975 จากทฤษฎีวิวัฒนาการของ Charles Darwin และได้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าที่ดีที่สุดหรือเหมาะสมที่สุด ซึ่งเป็นแนวคิดในการแก้ไขปัญหาและค้นหาคำตอบด้วยการเลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติที่เป็นการผสมผสานระหว่างการค้นหาแบบสุ่มกับการเปรียบเทียบคำตอบที่ดีที่สุด

ดังนั้นการสังเคราะห์สัญญาณด้วยเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอย จะเป็นการใช้เจเนติกอัลกอริทึมช่วยในการหาค่า b และ ค่าพารามิเตอร์ σ สำหรับนำมาแทนค่าในฟังก์ชันเคอร์เนลแบบ RBF และ ERBF และแบบอัตโนมัติจากการใช้วิธีการ 5-fold Cross-validation ซึ่งแต่เดิมการ

ใช้สำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอยนั้น จะต้องมีกำหนดค่า $b = 5,000$ แล้วหาค่าค่าพารามิเตอร์ σ ที่เหมาะสมด้วยตนเอง ซึ่งอาจได้ค่าพารามิเตอร์ที่ยังไม่ถูกต้อง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำวิธีการของเจเนติกอัลกอริธึมมาช่วยในการหาค่า b และ ค่าพารามิเตอร์ σ เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมและมีค่าความผิดพลาดในการสังเคราะห์สัญญาณน้อยกว่าการหาค่าพารามิเตอร์ด้วยตนเอง โดยเบื้องต้นได้กำหนดค่า ϵ สำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้นไว้ที่ 0.001 เหมือนกับการทดลองที่ผ่านมา และกำหนดให้ค่า b มีค่าข้อมูลในช่วง 1,000 ถึง 10,000 ส่วนค่าพารามิเตอร์ σ ได้กำหนดไว้ในช่วง 0.1 ถึง 50 และกำหนดให้จำนวนรุ่นของเจเนติกอัลกอริธึมไว้ที่ 10 รุ่น พร้อมกับขนาดของประชากรไว้ที่ 100 เพื่อการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด

4.5 ขั้นตอนลำดับวิธีการทดลอง

ในกระบวนการนี้เป็นการทดลองเปรียบเทียบวิธีการสังเคราะห์สัญญาณทั้ง 3 วิธี คือวิธีการของการถดถอยแบบเชิงเส้น วิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม และวิธีการของเจเนติกอัลกอริธึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอย เพื่อหาวิธีการสังเคราะห์สัญญาณที่ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด โดยมีวิธีการดำเนินการทดลองดังนี้

- นำข้อมูลสัญญาณคลื่น ไฟฟ้าหัวใจทั้ง 12 สัญญาณจากฐานข้อมูล PhysioNet database ของนักวิจัย Dawoud et al. (2007) ที่ประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 4,810 ข้อมูล ของแต่ละสัญญาณ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ประกอบไปด้วยสัญญาณจากการวัดแบบปกติ 12 ลีด จำนวน 12 สัญญาณ คือ สัญญาณลีด I II III aVR aVL aVF V1 V2 V3 V4 V5 V6 นำมาใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับการฝึกสอน (Training Set) และทดสอบ (Testing Set) โดยกำหนดให้ชุดข้อมูลสัญญาณลีด I II III aVR aVL aVF และ V1 เป็นชุดข้อมูลอินพุตสำหรับการฝึกสอน และกำหนดข้อมูลสัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 และ V6 เป็นข้อมูลผลลัพธ์เป้าหมาย (Desired Output)

- ดำเนินการแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อทดสอบการไขว้กันของข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลส่วนที่เป็น Training Set และ Testing Set โดยใช้วิธี 5-fold Cross-validation และในการดำเนินการในแต่ละรอบทั้งหมด 5 รอบนั้น จะมีการหาค่าความผิดพลาดในการสังเคราะห์สัญญาณ โดยการหาค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (RMSE : Root Mean Squared Error) ดังสมการที่ (7)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2} \quad (7)$$

โดยที่ A_t คือ ค่าจริงในช่วงเวลา t ; F_t คือ ค่าที่ได้จากการสังเคราะห์ในช่วงเวลา t และ n คือ จำนวนข้อมูลในแต่ละรอบ

- หลังจากทดลองการไขว้กันของข้อมูลทั้ง 5 Fold จะได้ค่า RMSE ในการสังเคราะห์สัญญาณทั้งหมด 5 สัญญาณ ของแต่ละ Fold จากนั้นจึงทำการเลือกค่า RMSE ของ Fold ที่มีค่าน้อยที่สุดเพื่อนำข้อมูลและค่าพารามิเตอร์ของ Fold นั้นมาใช้กับสมการของการถดถอยแบบเชิงเส้น วิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม และเจเนติกอัลกอริธึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสำหรับสมการถดถอย

- เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสมการของทั้ง 3 วิธีแล้ว จึงนำมาทดสอบกับข้อมูล Blind Test จำนวน 10 เปรอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกนำไปฝึกสอนของแต่ละสัญญาณ โดยใช้สัญญาณลีด I II III aVR aVL aVF และ V1 เป็นข้อมูลสัญญาณอินพุตสำหรับนำมาสังเคราะห์สัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 และ V6

จากนั้นจึงทำการหาค่า RMSE เพื่อเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดระหว่างสัญญาณจริงกับสัญญาณที่ได้จากการสังเคราะห์จากทั้ง 3 วิธี

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองหาค่า RMSE จาก 5-fold Cross-validation ด้วยวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมช่วยในการหาค่า b และค่าพารามิเตอร์ σ แบบอัตโนมัติ จากการเลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลในรูปแบบของ RBF และ ERBF โดยกำหนดค่า $\varepsilon = 0.001$ นำมาทดลองเพื่อหาฟังก์ชันเคอร์เนลและค่าพารามิเตอร์ σ ที่ดีที่สุด ซึ่งจะได้ค่าพารามิเตอร์จาก Fold ที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดนำมาใช้ในการสังเคราะห์สัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 และ V6 เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความผิดพลาดจากการสังเคราะห์สัญญาณกับชุดข้อมูล Blind Test ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดราคกำลังสองเฉลี่ยระหว่างฟังก์ชันเคอร์เนล RBF กับ ERBF

สัญญาณลีด	ค่า RMSE (mV)	
	RBF	ERBF
V2	20.243	8.787
V3	29.287	12.523
V4	30.589	11.835
V5	21.402	13.128
V6	15.861	15.974
ค่าเฉลี่ย	23.476	12.449

จากตารางที่ 1 พบว่าฟังก์ชันเคอร์เนลในรูปแบบของ ERBF ให้ค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดจากการทดลองกับชุดข้อมูล Blind Test ดังนั้นจึงเลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนลในรูปแบบของ ERBF ที่มีค่าพารามิเตอร์ b และ σ ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการหาค่า RMSE ของ Fold ที่น้อยที่สุดเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ b และ σ ในแต่ละ Fold จะมีค่าที่แตกต่างกันไปซึ่งจะได้ค่าที่เหมาะสมดังในตารางที่ 2 เพื่อนำค่าพารามิเตอร์ b และ σ มาใช้สำหรับการสังเคราะห์สัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 และ V6 ต่อไป

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ b และ σ ของ Fold ที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดจากฟังก์ชัน ERBF เคอร์เนล

สัญญาณลีด	ค่าพารามิเตอร์ b	ค่าพารามิเตอร์ σ	Fold
V2	8495.871	3.532	2
V3	9636.368	2.344	3
V4	10000.000	3.109	2
V5	8125.775	3.121	4
V6	9997.205	3.787	4

จากนั้นจึงนำค่า RMSE ที่ได้จาก 5-fold Cross-validation ทั้ง 3 วิธีนั้น นำมาเปรียบเทียบค่า RMSE ที่ได้จากการสังเคราะห์ทั้งหมด 5 สัญญาณได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่า RMSE ระหว่างการถอดแบบเชิงเส้น วิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม และเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีนสำหรับสมการถอด

สัญญาณลีด	ค่า RMSE (mV)		
	Linear	ANNs	GA-SVMR
V2	40.876	18.617	8.787
V3	58.198	23.560	12.523
V4	75.604	15.770	11.835
V5	66.876	15.370	13.128
V6	45.208	23.363	15.974
ค่าเฉลี่ย	57.352	19.336	12.449

6. อภิปรายผล

จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่าการใช้วิธีการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากการติดลีดแบบ 5 ลีด โดยใช้ลีด V1 ด้วยวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีนสำหรับสมการถอด นั้นสามารถเพิ่มความถูกต้องของสัญญาณลีด V2 V3 V4 V5 และ V6 ได้มากกว่าการใช้วิธีการถอดแบบเชิงเส้น และวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม โดยจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่า RMSE ของ GA-SVMR โดยเฉลี่ยทั้ง 5 สัญญาณ มีค่าอยู่ที่ 12.449 มิลลิโวลต์ ซึ่งน้อยกว่าการถอดแบบเชิงเส้นที่มีค่า RMSE โดยเฉลี่ยทั้ง 5 สัญญาณ อยู่ที่ 57.352 มิลลิโวลต์ และวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมมีค่า RMSE โดยเฉลี่ยทั้ง 5 สัญญาณอยู่ที่ 19.336 มิลลิโวลต์ ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nelwan และ Wei ที่ใช้วิธีการถอดแบบเชิงเส้นนั้น ยังมียังมีค่าความผิดพลาดในการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจอยู่พอสมควร แต่ข้อดีของวิธีการถอดแบบเชิงเส้น และวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นก็คือ เวลาที่ใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ของการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจสามารถทำได้เร็วกว่าวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีนสำหรับสมการถอด ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ลีด V2 V3 V4 V5 และ V6 นั้น เหมาะกับการใช้สมการแบบไม่เป็นเชิงเส้นมากกว่ารูปแบบสมการแบบเชิงเส้น และในกรณีที่ต้องการความถูกต้องของการสังเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจให้มากที่สุดเพื่อใช้สำหรับการวินิจฉัยโรค ก็ควรใช้วิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีนสำหรับสมการถอด แต่ถ้าไม่มีความจำเป็นที่ต้องการความถูกต้องของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ หรือเพียงแต่ต้องการดูลักษณะสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจเพียงอย่างเดียว ไม่ได้ใช้ในการวินิจฉัยโรค ก็สามารถใช้วิธีการของการถอดแบบเชิงเส้นและวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมได้

ในอนาคตเราสามารถนำวิธีการสังเคราะห์สัญญาณในรูปแบบสมการไม่เป็นเชิงเส้นที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการของเจเนติกอัลกอริทึมสำหรับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีนสำหรับสมการถอด เพื่อเพิ่มความถูกต้องของสัญญาณทั้ง 5 สัญญาณมากยิ่งขึ้นต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- Anusorn Y., Nipon. T.U. and Sansanee. A.w., 2012. Electrocardiogram Reconstruction using Support Vector Regression. **Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)**. 000269-000273.
- Dawoud F., Wagner G.S., Moody G. and Horacek B.M. 2007. **PhysioNet database**. [On-line]. Available: <http://www.physionet.org/challenge/2007/data/>.
- DTREG Predictive Modeling Software United States. 2014. **Linear Regression**. [On-line]. Available: <https://www.dtreg.com/solution/view/28>.
- Jaakko M. and Robert P. 1995. **Bioelectromagnetism**. [On-line]. Available : <http://www.bem.fi/book/>.
- Joseph E. and Bronzino D. 2000. **Principles of Electrocardio-graphy**. The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition.
- Lanlan z. 2015. Using Genetic Algorithm to Optimize Parameters of Support Vector Machine and Its Application in Material Fatigue Life Prediction. **Advances in Natural Science**. 21-26.
- Nelwan SP, Kors JA and Meij SH. 2000. Minimal lead sets for reconstruction of 12-lead electrocardiograms. **Journal of Electrocardiology**. 163-166.
- Wei D. 2001. **Deriving the 12-lead electrocardiogram from four standard leads based on the Frank torso model**. Engineering in Medicine and Biology Society. Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE. 381-384.
- พรสิน สุภวาลัย. 2558. การวิเคราะห์การถดถอย [ออนไลน์] สืบค้นได้จาก: <http://www.watpon.com>.
- ชนาวุฒิ ประกอบผล. 2552. โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks). **วารสาร มจร.วิชาการ** (24). 73-87.

การพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริง

บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Development of Augmented Reality English Vocabulary Application on Android Operating System

ภัทรพร พรหมคำตัน

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

E-mail: ptrp275@hotmail.com, pataraporn_pro@cmru.ac.th

รัฐพงศ์ ภูสีโสสม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

E-mail: pond_5800_pond@hotmail.com, 57143440@cmru.ac.th

สุทัศน์ เผ่าคุ้ม

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

E-mail: suthut6162@gmail.com, 571434403@cmru.ac.th

ณัฐดนัย บุญเขียว

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

E-mail: yoyolovelives@gmail.com, 57143405@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งระบบจะแบ่งเป็น 3 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการเรียนรู้คำศัพท์พื้นฐานจากอักษร A-Z ส่วนที่สองเป็นการเรียนรู้คำศัพท์บนระบบเสมือนจริงของโมเดล 3 มิติ และส่วนที่สามเป็นเกมเพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ ทั้งนี้การพัฒนาระบบจะใช้โปรแกรมยูนิตี้ (Unity) ร่วมกับโปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender) และปลั๊กอินวูโฟเรีย (Vuforia) ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) และจาวาสคริปต์ (JavaScript : JS) สำหรับการสร้างแอปพลิเคชันเสมือนจริง แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้จะมีประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับเป็นสื่อการเรียนการสอน ในแบบรูปภาพที่เข้าใจง่ายประกอบกับคำบรรยายเพื่อเกิดการเรียนรู้และจินตนาการใหม่ ๆ จากการทดลองใช้และสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันของกลุ่มตัวอย่างนักเรียน ในช่วงอายุ 6 - 8 ปี จำนวน 20 คน มีค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจอยู่ที่ 4.67 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 แปลผลตามเกณฑ์อยู่ในระดับ มากที่สุด

คำสำคัญ: เทคโนโลยีเสมือนจริง ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ คำศัพท์ภาษาอังกฤษ แอปพลิเคชันมือถือ

โมเดล 3 มิติ

ABSTRACT

This research aims to study and develop the augmented reality English vocabulary application on the Android operating system. The system is divided into 3 parts, the first part is to learn the basics of the A-Z letter, the second part is to learn the virtual system of the 3D model vocabulary, and the third part is the game to enhance the learning skills. The development of the system uses the Unity program, the Blender program and Vuforia plugins. C# and Java Script are used for developing augmented reality applications. This developed application is useful for applying as a teaching media. It is easy to understand with the pictures and details for learning and getting new imaginations. Based on the trial and satisfaction of the application, the 20 samples of students in the age group of 6 - 8 years and the teachers had the average satisfaction level of 4.67 and the standard deviation of 0.49.

KEYWORDS: augmented reality, android operating system, English vocabulary, Mobile application, 3D model

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ภาษาอังกฤษเป็นภาษาสากลที่มีบทบาทสำคัญในการติดต่อสื่อสารได้ทั่วโลก เป็นเครื่องมือที่จะเข้าถึงแหล่งวิชาการต่างๆและค้นคว้าความรู้ใหม่ๆ ซึ่งปัจจุบันมีคนทั่วโลกใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลักในการสื่อสารถึงจำนวน 2,000 ล้านคน หรือ 1 ใน 3 ของประชากรของโลก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ภาษาอังกฤษเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้และการประกอบอาชีพ ตลอดจนการเจรจาต่อรองสำหรับการแข่งขันด้านเศรษฐกิจและสังคมในเวทีสากล ดังนั้น ประเทศไทยจึงมีความพยายามที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ ด้วยการประกาศนโยบายให้นักเรียนเรียนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศที่ 1 และกำหนดให้มีการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศระดับประถมศึกษาเป็นต้นไป (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2555) แต่ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนการสอนภาษาอังกฤษมีปัญหาอยู่มาก นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาพื้นฐานความรู้ภาษาอังกฤษน้อย ขาดความมั่นใจในการใช้ภาษา ไม่กล้าพูด ไม่กล้าแสดงออก ไม่เห็นความสำคัญของการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ จึงทำให้เป็นปัญหาต่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ (เสาวภาคย์ ศรี โยธา, 2555) และไม่สามารถต่อยอดในขั้นสูงขึ้นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันได้มีการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน (Smartphone) นั้น นอกจากสามารถใช้ในการโทรเข้าออกและถ่ายรูปลแล้ว ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ทางการศึกษา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งจะเน้นไปที่การเรียนรู้คำศัพท์พื้นฐานเบื้องต้น ง่ายๆ ที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของการเรียนรู้ภาษาจะเริ่มจากคำศัพท์เป็นคำๆ ให้ทราบความหมาย และหัดออกเสียงคำศัพท์ให้ถูกต้อง แล้วจึงเรียนรู้การประสมอักษรเข้าด้วยกันเป็นคำศัพท์ต่างๆ สามารถนำมาใช้เป็นสื่อประกอบการเรียนรู้คำศัพท์ สำหรับนักเรียนในกลุ่มช่วงอายุ 6 - 8 ปี ระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 ให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความสนุกสนานกับการเรียนรู้ และช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ให้ผู้เรียนมีเจตคติ

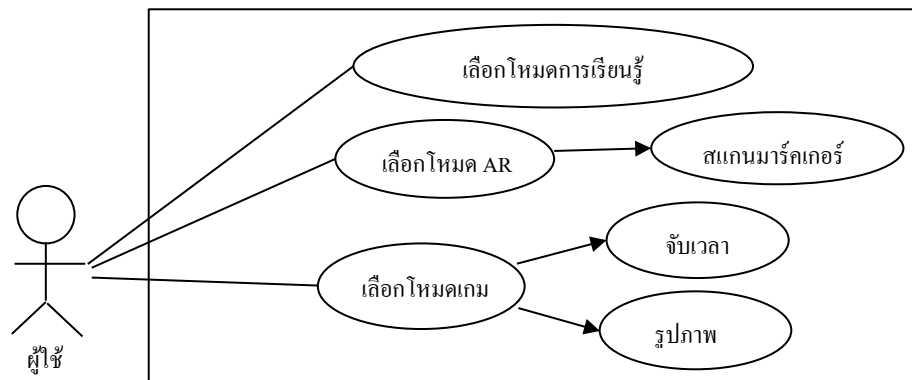
ที่ดีต่อการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ โดยมีการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality: AR) มาประยุกต์ใช้กับรูปแบบของคำศัพท์ต่างๆ เพื่อให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้น มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้และเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์จนเกิดความรู้ และพัฒนาตนเองเต็มความสามารถ โดยแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้ จะให้ข้อมูลคำศัพท์พจนานุกรมภาษาอังกฤษพื้นฐานที่ใช้ในชีวิตประจำวันและความหมายของคำศัพท์ ที่ปรากฏเป็นรูปภาพที่เข้าใจง่ายประกอบกับคำบรรยาย พร้อมทั้งมีเกมที่ผู้เรียนสามารถฝึกสะกดคำศัพท์ที่ได้เรียนรู้จากพจนานุกรมภาษาอังกฤษ และยังมีการใช้โหมดอาร์ (Augmented Reality Mode: AR Mode) ในการดูคำศัพท์จากภาพเสมือนจริงแบบ 3 มิติ เพื่อเกิดการเรียนรู้ใหม่ๆ ได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
- (2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน คำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

แอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (User) และความสัมพันธ์กับระบบย่อย (Sub systems) ได้ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.1 ด้านผู้ใช้งาน สามารถใช้งานแอปพลิเคชัน โดยจะแบ่งเป็น 3 โหมด ดังนี้

- (1) หมวดการเรียนรู้คำศัพท์ (Dictionary Mode) สามารถฝึกออกเสียงและเขียนคำศัพท์ A – Z
- (2) หมวดเสมือนจริง (Augmented reality Mode : AR Mode) สามารถเรียนรู้คำศัพท์และใช้ระบบเทคโนโลยีเสมือนจริง 3 มิติ

- (3) หมวดเกม (Game Mode) สามารถเรียนรู้คำศัพท์ผ่านการเล่นเกม

3.2 ด้านการประมวล

- (1) จับภาพรูปสัญลักษณ์บนรหัสภาพ (Marker) แล้วแสดงผลออกมาทางหน้าจอภาพของโทรศัพท์ในรูปแบบเสมือนจริงของโมเดล 3 มิติ

(2) ประมวลผลคะแนนที่ได้จากการเล่นเกมใน

3.3 ด้านการแสดงผล

(1) แสดงข้อมูลคำศัพท์ A – Z และเปิดฟังเสียงคำศัพท์

(2) แสดงโมเดล 3 มิติ หรือวิดีโอแอนิเมชัน 2 มิติ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย

4.1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

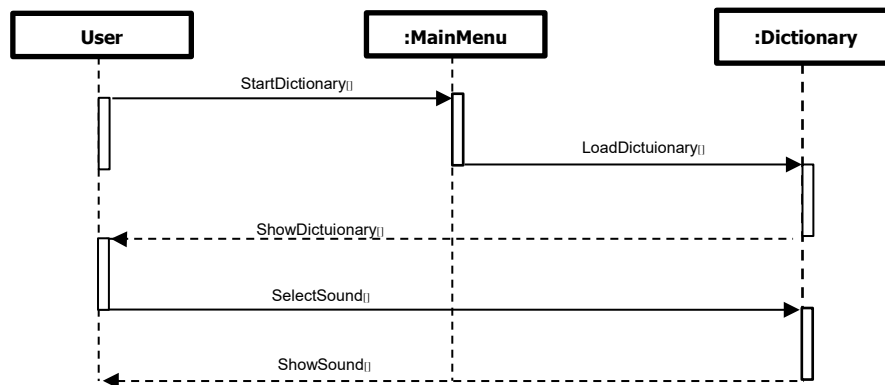
ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสารที่เกี่ยวข้อง และค้นคว้าทางเว็บไซต์ เกี่ยวกับเรื่องคำศัพท์ภาษาอังกฤษ และเนื้อหาการทำแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

วิเคราะห์ความต้องการขอบเขตของงาน และออกแบบระบบ ดังนี้

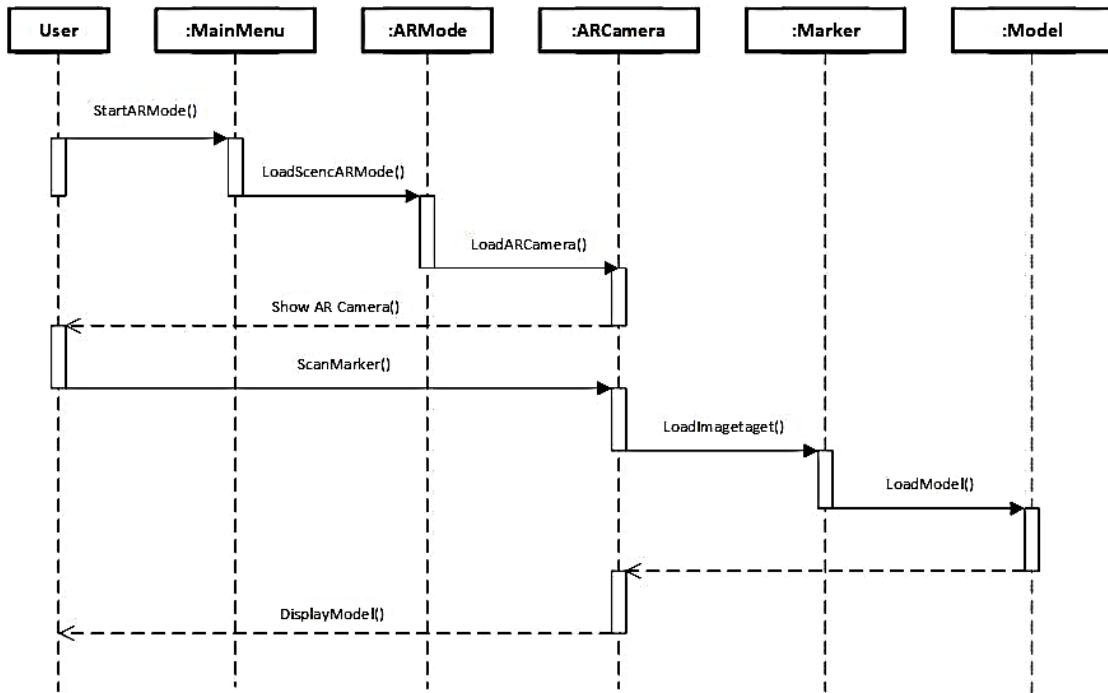
4.2.1 การออกแบบการทำงานของแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริง ทั้ง 3 ส่วน สามารถแสดงในรูปแบบของแผนผังการทำงานแบบลำดับปฏิบัติสัมพันธ์ (Sequence Diagram) ดังนี้

(1) กรณีที่ผู้ใช้เลือกส่วนของหมวดการเรียนรู้คำศัพท์ (Dictionary Mode) ส่วนของหน้าจอหลัก (Main Menu) จะทำการโหลดหน้าจอของคำศัพท์ (Dictionary) มาแสดงให้กับผู้ใช้ จากนั้นจะให้ผู้เลือกข้อมูลของคำศัพท์แต่ละประเภท เมื่อผู้ใช้เลือกแล้วระบบจะทำการแสดงข้อมูลคำศัพท์ตามที่ผู้ใช้เลือก ดังแผนภาพที่ 2



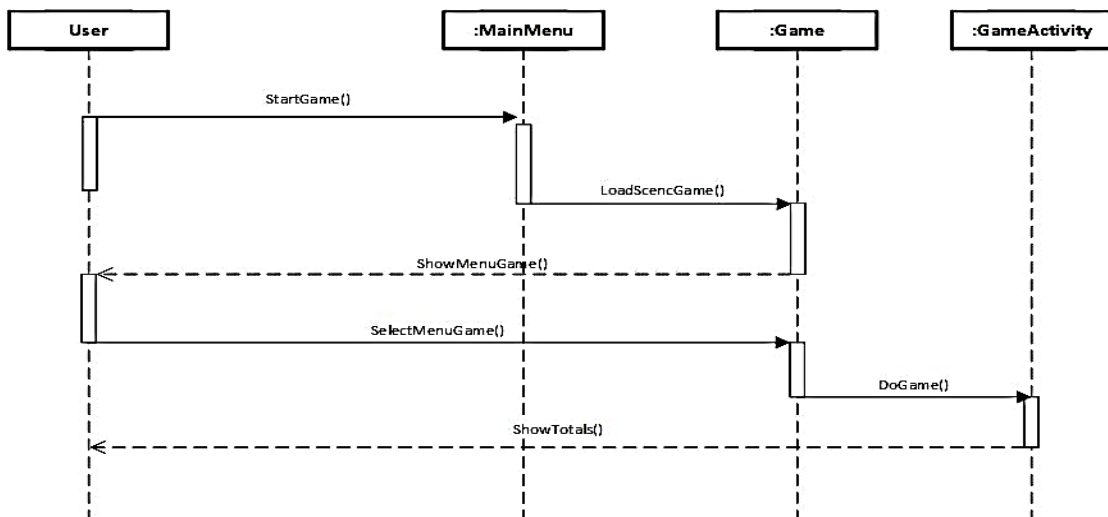
แผนภาพที่ 2 กรณีที่ผู้ใช้เลือก การเรียนรู้คำศัพท์ (Dictionary Mode)

(2) กรณีที่ผู้ใช้เลือกส่วนของหมวดเสมือนจริง (AR Mode) ส่วนของ Main Menu จะทำการโหลดหน้าจอของหมวด AR และ โหลดกล้องเสมือนจริง (AR Camera) ขึ้นมาแสดงให้กับผู้ใช้ จากนั้นให้ทำการสแกนมาร์คเกอร์ แล้วกล้อง AR Camera จะทำการประมวลผล และแสดงโมเดล 3 มิติ ให้กับผู้ใช้ ดังแผนภาพที่ 3



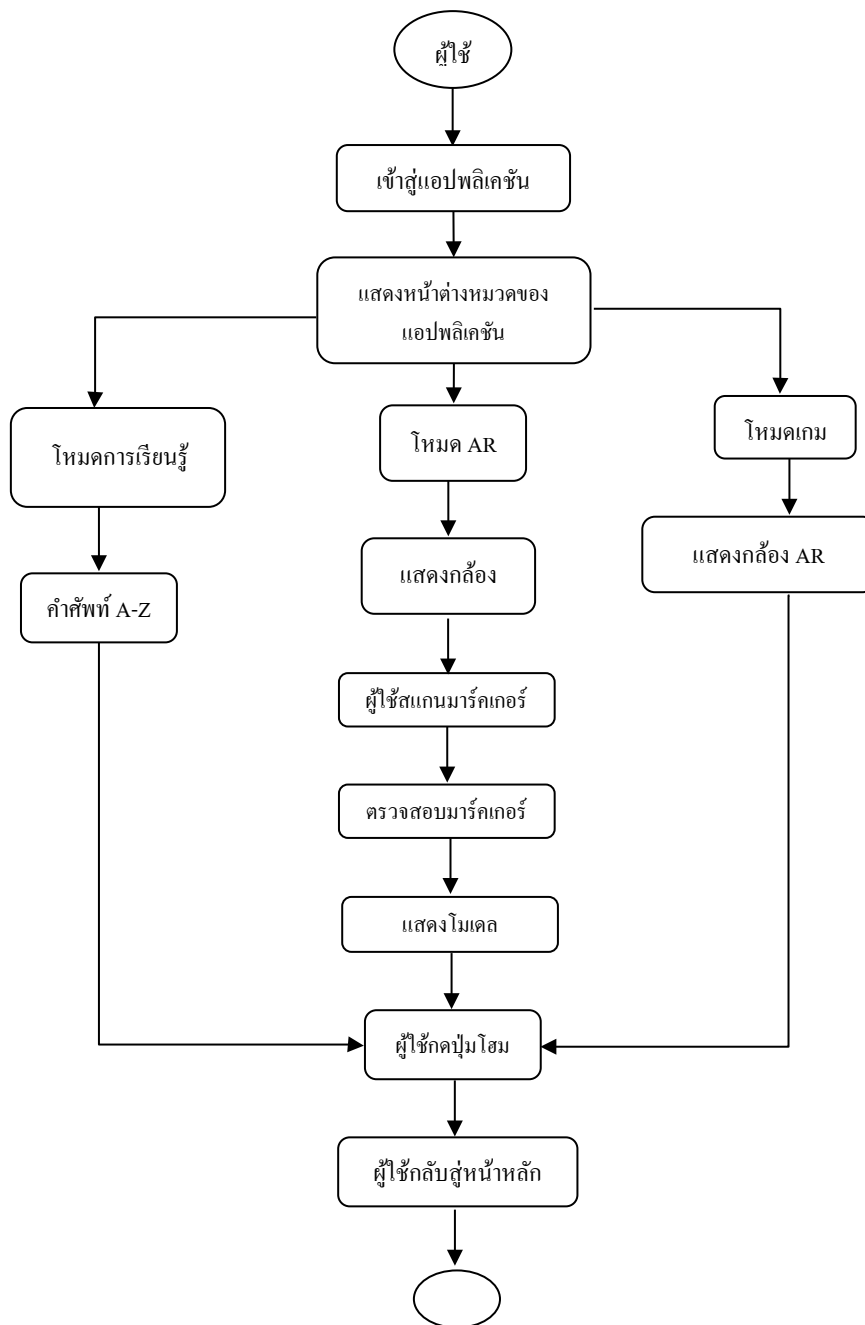
แผนภาพที่ 3 กรณีที่ผู้ใช้เลือก หมวดเสมือนจริง (AR Mode)

(3) กรณีที่ผู้ใช้เลือกส่วนของหมวดเกม (Game Mode) ส่วนของ Main Menu จะทำการโหลดหน้าจอของเกมมาแสดงให้กับผู้ใช้ จากนั้นให้ผู้ใช้เลือกเกมแต่ละประเภท เมื่อผู้ใช้เลือกแล้วระบบจะเริ่มทำงาน เพื่อให้ผู้ใช้เล่นเกมทายคำศัพท์ภาษาอังกฤษ เมื่อผู้ใช้เล่นเกมเสร็จ โปรแกรมแสดงคะแนนรวม ดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 กรณีที่ผู้ใช้เลือก หมวด Game

4.2.2 การออกแบบแอกทิวิตีไดอะแกรม (Activity Diagram) แสดงถึงลำดับกิจกรรมของผู้ใช้และแอปพลิเคชันที่มีการทำงานตอบโต้ระหว่างกัน ดังแผนภาพที่ 5



แผนภาพที่ 5 แอคทิวิตี ไดอะแกรม (Activity Diagram)

4.3 ขั้นตอนการพัฒนาและดำเนินการ

สร้างแอปพลิเคชันด้วย โปรแกรมยูนิตี้ (Unity) ร่วมกับ โปรแกรมเบลนเดอร์ (Blender) และปลั๊กอินวูโฟเรีย (Vuforia) ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) และจาวาสคริปต์ (JavaScript : JS) ได้แอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีหน้าจอต้งแผนภาพที่ 6-9 เมื่อเข้าสู่แอปพลิเคชัน (แผนภาพที่ 6) จะมี 3 โหมดการเรียนรู้ โหมดที่ 1 คือ หมวดการเรียนรู้คำศัพท์ (แผนภาพที่ 7) สำหรับเริ่มต้นเรียนรู้คำศัพท์พื้นฐานจากอักษร A-Z ความหมาย และการอ่านออกเสียง โหมดที่ 2 คือ หมวด

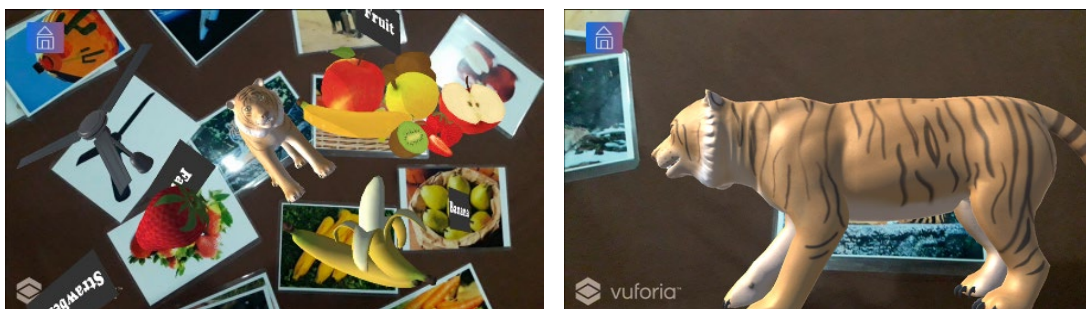
เสมือนจริง (แผนภาพที่ 8) ใช้บัตรภาพแสดงภาพอักษรคำศัพท์และโมเดล 3 มิติ โหมดสุดท้าย คือ หมวดเกม (แผนภาพที่ 9) ใช้เรียนรู้การประสมอักษรเข้าด้วยกันเป็นคำศัพท์ต่างๆ จากคำศัพท์ที่ได้เรียนรู้ในหมวดแรก



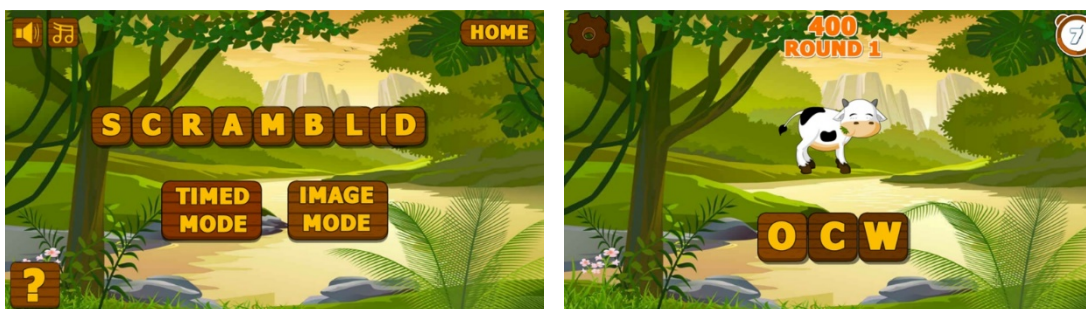
แผนภาพที่ 6 (ก) หน้าจอระบบแอปพลิเคชัน (ข) หน้าจอเมนูเลือกโหมดการเรียนรู้



แผนภาพที่ 7 หมวดการเรียนรู้คำศัพท์ (Dictionary Mode)



แผนภาพที่ 8 หมวดเสมือนจริง (AR Mode)



แผนภาพที่ 9 หมวดเกม (Game Mode)

4.3 ขั้นตอนการประเมินและปรับปรุงคุณภาพการใช้งาน

ทำการทดสอบการใช้งาน ประเมินและปรับปรุงคุณภาพการใช้งานแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ให้ได้ตามประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำแบบสอบถามให้นักเรียน ในช่วงอายุ 6-8 ปี จำนวน 20 คน ใช้งานแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อทำการเก็บข้อมูลแบบสอบถาม และนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ มีลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และเกณฑ์ในการกำหนดน้ำหนักของการประเมินเป็นแบบ 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ต (Linkert) ได้ผลประเมิน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1.	ด้านกระบวนการติดตั้งและความเข้าใจในการใช้งาน			
	1.1 กระบวนการในการติดตั้งแอปพลิเคชันง่ายและสะดวกสบาย	4.75	0.550	มากที่สุด
	1.2 แอปพลิเคชันใช้งานง่าย เข้าใจได้รวดเร็ว	4.65	0.489	มากที่สุด
	1.3 ท่านคิดว่าแอปพลิเคชันมีความเสถียรมากน้อยเพียงใด	3.85	0.671	มาก
2.	ด้านรูปแบบและภาพลักษณ์			
	2.1 สีสันทภายในแอปพลิเคชัน	4.70	0.470	มากที่สุด
	2.2 การจัดองค์ประกอบ	4.70	0.470	มากที่สุด
	2.3 การจัดการรูปแบบ	4.55	0.456	มากที่สุด
3.	ด้านการใช้งาน			
	3.1 ท่านมีความพึงพอใจในด้านการตอบสนองของแอปพลิเคชัน	4.60	0.589	มากที่สุด
	3.2 แอปพลิเคชันมีประโยชน์ต่อท่านมากน้อยเพียงใด	4.65	0.587	มากที่สุด
	3.3 แอปพลิเคชันมีความสะดวกสบายต่อท่านมากน้อยเพียงใด	4.90	0.308	มากที่สุด
	3.4 โดยรวมแล้วมีความพึงพอใจแอปพลิเคชันในระดับใด	4.80	0.410	มากที่สุด
4.	ด้านภาพรวมของแอปพลิเคชัน			
	4.1 ความน่าสนใจในแอปพลิเคชันและความพึงพอใจ	4.85	0.686	มากที่สุด
	4.2 แอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้อย่างถูกต้อง	4.80	0.410	มากที่สุด
	รวม	4.67	0.491	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้แอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีความพึงพอใจเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับ มากที่สุด โดยคิดเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ 4.67 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.491

ประเด็นที่นักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยมากกว่าประเด็นอื่น มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ แอปพลิเคชันมีความสะดวกสบายต่อท่านมากน้อยเพียงใด มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก โดยคิดเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ 4.90 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.308 โดย แอปพลิเคชันคำศัพท์ภาษาอังกฤษเสมือนจริงบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความสนุกสนานกับการเรียนรู้คำศัพท์ที่เป็นภาพเคลื่อนไหว สามารถฟังเสียงอ่านคำศัพท์ ใช้บัตรภาพเสมือนจริงที่แสดงคำศัพท์และโมเดล 3 มิติ และเล่นเกมที่กระตุ้นการเรียนรู้การประมวลคำศัพท์ ช่วยดึงดูดให้เกิดความสนใจในการเรียนรู้ พัฒนาความคิดและจินตนาการ และสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ

ส่วนประเด็นที่นักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยน้อยกว่าประเด็นอื่น มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ท่านคิดว่าแอปพลิเคชันมีความเสถียรมากน้อยเพียงใด มีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับ มาก โดยคิดเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ 3.85 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.671 เนื่องจากแอปพลิเคชันที่พัฒนาใช้ทรัพยากรของโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนที่สูง ทั้งหน่วยความจำหลัก และความละเอียดของกล้องโทรศัพท์ จะต้องมีความละเอียดขั้นต่ำที่สอดคล้องกับที่กำหนดหรือสูงกว่า หากโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนมีความสามารถน้อยกว่าที่กำหนดไว้ก็จะส่งผลทำให้ระบบประมวลผลไม่เป็นไปตามประสิทธิภาพ

สำหรับการใช้แอปพลิเคชันนั้นสามารถดาวน์โหลดและติดตั้งในรูปแบบของไฟล์ .apk และสามารถใช้ในการระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีการทำงานหลัก 3 โหมดการเรียนรู้ ที่มีความสามารถดังนี้

(1) หมวดการเรียนรู้คำศัพท์ (Dictionary Mode) สำหรับฝึกออกเสียงและเขียนคำศัพท์ A – Z เพื่อให้ผู้เรียนจดจำภาพประกอบกับคำศัพท์ A-Z และสามารถฟังการออกเสียงคำศัพท์แต่ละคำได้

(2) หมวดเสมือนจริง (Augmented reality Mode: AR Mode) สำหรับเรียนรู้คำศัพท์และใช้ระบบเทคโนโลยีเสมือนจริง 3 มิติ ที่สามารถเข้าถึงความคิดสร้างสรรค์ในการจินตนาการได้มากยิ่งขึ้น ทำให้มีความสนใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น

(3) หมวดเกม (Game Mode) สำหรับเรียนรู้คำศัพท์ผ่านการเล่นเกม โดยจะนำคำศัพท์ที่ได้เรียนรู้จากโหมดแรกนำมาใช้ในโหมดนี้เป็นหลัก เพื่อเป็นการทบทวนเนื้อหาที่เรียนรู้ และทดสอบความจำด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

การใช้งานแอปพลิเคชันควรใช้กับโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน ที่มีค่าความละเอียดของกล้อง เริ่มต้นที่ 3 ล้านพิกเซล และขนาดของหน้าจอมีขนาด 1280x720 ขึ้นไป รวมทั้งมีหน่วยความจำหลัก (RAM) ขนาด 2 จิกะไบต์ขึ้นไป และระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 4.0 ขึ้นไป

6.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรเพิ่มจำนวนคำศัพท์ให้มีรูปแบบ โมเดลที่หลากหลายมากขึ้น และมีความแตกต่างตามระดับช่วงชั้นเรียนที่แตกต่างกัน

(2) ควรพัฒนาให้รูปแบบโมเดลที่พัฒนา สามารถมีปฏิสัมพันธ์กัน เช่น สามารถนำคำศัพท์มาเรียงต่อกันเกิดคำศัพท์ใหม่ และแสดงภาพ 3 มิติ

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คุณสวฤต จิตตสุข และคุณกฤตกร พรหมนิล ที่กรุณาอบรมให้ความรู้พื้นฐานการโปรแกรมใช้งานเทคโนโลยีเสมือนจริง และขอบพระคุณ อาจารย์ปิยวรรณ พรหมวัง อาจารย์ผู้สอนวิชาภาษาอังกฤษ โรงเรียนเรยีนาเชลีวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำการใช้งาน และอำนวยความสะดวกในการแจกแบบสอบถาม

8. เอกสารอ้างอิง

กิตติ ภัคดีวัฒน์กุล และกิตติพงษ์ กลมกล่อม. 2548. **คัมภีร์การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย UML.**

กรุงเทพมหานคร: หจก.ไทยเจริญการพิมพ์.

รมณียา สุธรรมจรธา. 2559. “ผลการใช้แอปพลิเคชันสำหรับสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษบนแท็บเล็ตวิชาภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาราชบุรี เขต 2.” **Veridian E-Journal ฉบับภาษาไทย**, Vol 9 No 2.

สวฤต จิตตสุข. 2549. “แอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หน้าถึง เออาร์.” **ปริญญาวิทยาศาสตร์ บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.**

เสาวภาคย์ ศรีโยธา. 2555. “ปัญหาการเรียนภาษาอังกฤษระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนขยายโอกาส สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพัทลุง เขต 1.” **ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.**

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2555. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2561, จาก

<http://english.obec.go.th/english/2013/index.php/th/2012-08-08-06-24-42/2012-08-08-06-25-22>

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2555. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม) : Systems Analysis and Design.** กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

Shanshan Li, Yang Chen, David M Whittinghill and Mihaela Vorvoreanu. 2015. “A Pilot Study Exploring Augmented Reality to Increase Motivation of Chinese College Students Learning English.”

Computers in Education Journal. Vol. 6(1):23-33.

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ The Development of Student's Class Attendance Recording Application via LINE

ภูริลาภ จุฑาวัชรพล¹, มาสวีร์ มาศดิสรโชติ² และอดิศักดิ์ สุภชนสินเขมม³

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

purilarp.ch@spu.ac.th¹, masawee.ma@spu.ac.th² and adisak.su@spu.ac.th³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่อาจารย์ผู้สอนในการบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาได้อย่างรวดเร็วและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนในรายวิชา BUS200 บัณฑิตในอุดม

คติทางด้านบริหารธุรกิจ และรายวิชา CSC200 บัณฑิตในอุดมคติทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์สามารถช่วยลดภาระการบันทึกการเข้าเรียนของอาจารย์ผู้สอนได้เป็นอย่างดีและผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ ในส่วนของอาจารย์และนักศึกษา แสดงให้เห็นว่ากลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.49, S.D. = 0.53$) และ ($\bar{X} = 4.45, S.D. = 0.63$) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไลน์, การบันทึกเข้าเรียน, ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ABSTRACT

This research proposed the development for student class attendance recording application via LINE program to facilitate the instructor to record class attendance quickly and efficiently. The target groups of this research are the instructors and students in BUS200 Ideal Graduate in Business Administration subject and CSC200 Ideal Graduate in Information Technology subject. Research tool is user satisfaction questionnaire. The statistics used in the research are mean and standard deviation. As a result of this research, the application can help the instructor to reduce the class attendance recording workload. In terms of the satisfaction result, the instructors and students are satisfied by the application as a whole was very high level at ($\bar{X} = 4.49, S.D. = 0.53$) and ($\bar{X} = 4.45, S.D. = 0.63$), respectively.

KEYWORDS: LINE, class attendance recording, user satisfaction

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

การจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-Centered Approach) เป็นกระบวนการที่มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาจารย์ผู้สอนกับผู้เรียน อาจารย์ผู้สอนซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนการสอน นอกจากต้องเป็นผู้มีความรู้เชิงเนื้อหาวิชาที่สอนแล้ว จะต้องมีการออกแบบการสอนอย่างเป็นระบบเพื่อให้ผู้เรียน ได้เกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพและบรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อย่างแท้จริง

การบันทึกการเข้าเรียนถือได้ว่าเป็นรูปแบบหนึ่งที่อาจารย์ผู้สอนสามารถใช้เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบพฤติกรรมและประเมินความตั้งใจของนักศึกษา อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาเข้าชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542) แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545) และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2553) หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา มาตราที่ 26 ระบุไว้ว่า ให้สถานศึกษาจัดการประเมินผู้เรียน โดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรม การเรียน การร่วมกิจกรรม และการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา ตัวอย่างเช่น มหาวิทยาลัยศรีปทุมกำหนดให้นักศึกษาจะต้องมีเวลาเรียนในรายวิชาไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของเวลาเรียนทั้งหมด จึงสามารถมีสิทธิ์สอบในรายวิชาดังกล่าวได้ (มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2548) ซึ่งการทำงานดังกล่าวนี้หากจำนวนนักศึกษาในกลุ่มเรียนมีจำนวนมากจะส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการบันทึกการเข้าชั้นเรียนเพิ่มมากขึ้นด้วย (Janchai, Angskun & Angskun, 2012)

จากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีในปัจจุบันที่ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากเพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกเพศ ทุกวัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้แอปพลิเคชันเพื่อติดต่อสื่อสารผ่านสมาร์ตโฟน (Smart Phone) ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับอย่างมากโดยมีแอปพลิเคชันที่หลากหลายเพื่อให้สามารถทำการติดต่อสื่อสารกับบุคคลอื่นได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

การนำเทคโนโลยีเข้ามามีใช้ในการบันทึกการเข้าเรียนจึงเป็นวิธีการที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการบันทึกผลและประมวลผลการเข้าเรียนของนักศึกษา ซึ่งได้มีงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยสนับสนุนการบันทึกการเข้าเรียน เช่น การออกแบบและพัฒนาระบบจัดการการเข้าเรียน (Zhang, et al., 2007: 606-609) โดยใช้สถาปัตยกรรมของพี/เอสและซี/เอส เป็นพื้นฐานในการพัฒนาซึ่งต้องใช้เครื่องอ่านบัตรในการระบุตัวตนของนักศึกษาจากบัตรประจำตัวนักศึกษาและบันทึกข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาจัดเก็บในฐานข้อมูล แต่งานวิจัยดังกล่าวนี้หากนักศึกษาไม่สามารถตรวจสอบผลการเข้าชั้นเรียนและไม่สามารถแสดงผลสรุปการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา

การพัฒนาระบบเช็คชื่อและรายงานผลแบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายไร้สายโดยใช้อาร์เอฟไอดี (RFID: Radio Frequency Identification) (สุธรรม จินดาอุดม, จตุพร ชูช่วย, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, ชัยพร ใจแก้ว และ อนันต์ ผลเพิ่ม, 2553: 81-86) ได้ตระหนักถึงความสำคัญในการเข้าชั้นเรียนและใช้วิธีการบันทึกการเข้าเรียนในการชักจูงให้นักศึกษาเข้าชั้นเรียน การพัฒนาระบบติดตามการเข้าชั้นเรียนอัจฉริยะ โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลอาร์เอฟไอดี (Sabri, et al, 2007: 1-4) การพัฒนาระบบบันทึกการเข้าชั้นเรียนผ่านบลูทูธ (Janchai V., et al., 2012) เพื่อจัดเก็บข้อมูลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาโดยใช้อุปกรณ์บลูทูธเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบสัญญาณ ระบบตรวจสอบรายชื่อเข้าชั้นเรียนโดยอุปกรณ์อัจฉริยะ (ก่องกาญจน์ ดุลยไชย อรรถวิท ชังกมานนท์ และอิทธิพงษ์ เชมะเพชร,

2560) ที่พัฒนาระบบตรวจสอบรายชื่อเข้าชั้นเรียน โดยอุปกรณ์อัจฉริยะเพื่อให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบรายชื่อการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาและบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลได้ทันที ในขณะที่นักศึกษาสามารถตรวจสอบสถิติการเข้าชั้นเรียนของตนเองในแต่ละรายวิชาที่ลงทะเบียนเรียนได้ และการพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ร่วมกับคิวอาร์โค้ดสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาวิชาทหาร (มงคล รอดจันทร์ อวยไชย อินทรสมบัติ และชานิล ม่วงพูล, 2561) ที่ได้นำเอาเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับบัตรนักศึกษาวิชาทหาร โดยใช้สมาร์ตโฟนบนพื้นฐานระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อตรวจสอบการเข้าเรียนของนักศึกษาวิชาทหาร งานวิจัยของ Arulogun O. T., et al. (2013) ที่ได้มีการพัฒนาระบบการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาด้วยบัตรระบบอาร์เอฟไอดี และ Shota Noguchi, et al. (2015) ที่ได้มีการพัฒนาระบบการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาด้วยการสแกนบัตรนักศึกษากับเครื่องอ่านบัตรหรือผ่านแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) แต่ งานวิจัยดังกล่าวมุ่งเน้นด้านความรวดเร็วในการบันทึกการเข้าเรียน และสนับสนุนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลพฤติกรรมกรเข้าชั้นเรียนในกลุ่มตัวอย่างปริมาณมากแต่ไม่ได้ช่วยแก้ปัญหาการขาดเรียนของผู้เรียนที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

การพัฒนาระบบติดตามการเข้าชั้นเรียนด้วยอาร์ เอฟไอดี (Scanlan, 2009: 19-29) โดยระบบสามารถติดตามการเข้าชั้นเรียนของนักเรียนแต่ละคนสำหรับแต่ละรายวิชาได้ พร้อมทั้งส่งไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์บันทึกรายงานการเข้าชั้นเรียนและข้อความไปยังนักเรียนทุกคน การพัฒนาระบบเช็คชื่อเพื่อติดตามพฤติกรรมกรเข้าเรียนของนักศึกษาแบบมีส่วนร่วมผ่านระบบออนไลน์ (วัฒนพล ชุมเพชร ภูริณัฐ หนูขุน และคุณัชญ์ เตียวานะ, 2561) ที่บุคคลหรือผู้ที่เกี่ยวข้องซึ่งประกอบด้วย ผู้สอน ผู้ปกครอง อาจารย์ที่ปรึกษา และตัวของผู้เรียนเองได้เข้ามามีส่วนร่วมในการนำข้อมูลไปใช้ในการติดตามการเข้าเรียนของผู้เรียน โดยระบบสามารถรายงานข้อมูลไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องได้ทันทีในทุกครั้งที่มีการบันทึกการเข้าเรียน โดยการส่งข้อความโต้ตอบกับอุปกรณ์บลูทูธของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งทำให้ทุกฝ่ายสามารถติดตามพฤติกรรมกรเข้าเรียนของผู้เรียนได้ตลอดเวลา แต่ระบบดังกล่าว นักศึกษาไม่สามารถส่งข้อความไปยังผู้สอนหรืออาจารย์ที่ปรึกษาในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อแก้ไขปัญหาอันจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตัวนักศึกษาเอง ได้มากยิ่งขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวจึง ได้มีแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่อาจารย์ผู้สอนในการบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาได้อย่างรวดเร็วและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถตรวจสอบรายชื่อการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา และสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังนักศึกษาที่ขาดเรียนผ่าน LINE Chat ในขณะที่นักศึกษาสามารถบันทึกข้อมูลการเข้าเรียน ตรวจสอบสถิติการเข้าชั้นเรียนของตนเองในแต่ละรายวิชาที่ลงทะเบียนเรียน และสามารถส่งข้อความไปยังผู้สอนในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อแก้ไขปัญหาอันจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตัวนักศึกษาเอง ได้มากยิ่งขึ้นได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์
3. เพื่อลดภาระในการบันทึกการเข้าเรียนของอาจารย์ผู้สอน

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน LINE ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถใช้งานบนสมาร์ตโฟนและบันทึกผลลงในระบบฐานข้อมูล โดยมีโครงสร้างในการทำงาน 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผู้ใช้(อาจารย์ผู้สอน/นักศึกษา) ใช้โปรแกรมไลน์สแกนคิวอาร์โค้ดในการเพิ่มเพื่อนกับ LINE Official Account (LINE Official Account สำหรับอาจารย์ผู้สอนคือ Teacher Classroom และ LINE Official Account สำหรับนักศึกษาคือ Student Classroom) ซึ่ง LINE Official Account นั้นจำเป็นต้องการขอเปิดใช้งาน Messaging API ที่ทำให้ LINE Bot ในเว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถรับส่งข้อมูลกับ LINE platform ได้ การใช้งานแอปพลิเคชันผู้ใช้ต้องทำการส่งข้อความ (Message Event) ไปยัง LINE server โดย LINE server จะส่งข้อความที่เกิดขึ้นไปยัง LINE Bot ในเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Webhook Request) จากนั้น LINE Bot จะทำการตอบสนองผู้ใช้ในทันที โดยการส่งข้อความตอบกลับ (Reply Message) ในรูปแบบของ URL ของแอปพลิเคชัน

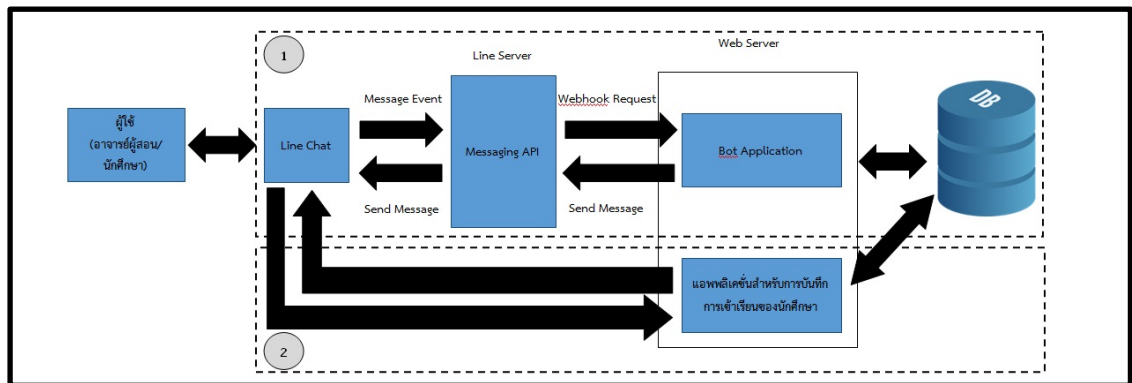
ส่วนที่ 2 แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาได้พัฒนาขึ้นด้วยภาษา PHP เพื่อการใช้งานระบบบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยสามารถรองรับการทำงานบนหน้าจอของสมาร์ตโฟนได้ทุกอุปกรณ์ที่มีขนาดของหน้าจอแสดงผลที่แตกต่างกัน และมีการจัดการฐานข้อมูลด้วย MySQL โดยแบ่งผู้ใช้งานเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มของอาจารย์ผู้สอน

ภายหลังการสแกนคิวอาร์โค้ดในการเพิ่มเพื่อนกับ LINE Official Account ชื่อ Teacher Classroom อาจารย์ผู้สอนสามารถกำหนดรายละเอียดของกลุ่มเรียนในแต่ละรายวิชาที่ต้องการได้ ซึ่งในการบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษา อาจารย์ผู้สอนต้องทำการกำหนดเงื่อนไขการบันทึกการเข้าเรียน ได้แก่ เวลาสิ้นสุดการบันทึกการเข้าเรียนและจำนวนนักศึกษาในห้องเรียนในแต่ละครั้งและเมื่อกำหนดข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการสร้าง Activate Code เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนแจ้งให้กับนักศึกษาสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนในแต่ละครั้ง นอกจากนี้อาจารย์ผู้สอนสามารถตรวจสอบรายชื่อนักศึกษาที่เข้าชั้นเรียน โดยมีสถานะของการเข้าเรียน คือ เข้าเรียนและขาดเรียน และสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังนักศึกษาที่ขาดเรียนผ่าน LINE Chat ได้

2. กลุ่มของนักศึกษา

ภายหลังการสแกนคิวอาร์โค้ดในการเพิ่มเพื่อนกับ LINE Official Account ชื่อ Student Classroom นักศึกษาจะต้องลงทะเบียนเพื่อเข้าใช้งาน ซึ่งนักศึกษาสามารถบันทึกข้อมูลการเข้าเรียนโดยใช้ Activate Code ที่ได้รับจากอาจารย์ผู้สอนในแต่ละครั้งที่เข้าเรียนและสามารถตรวจสอบสถิติการเข้าชั้นเรียนของตนเองในแต่ละรายวิชาและสามารถส่งข้อความไปยังผู้สอนในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นได้ โดยสามารถแสดงกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์ จัดเก็บข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาตลอดช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนและบันทึกลงในฐานข้อมูล ซึ่งมีขั้นตอนในการวิจัย 5 ขั้นตอน ดังนี้

4.1.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษา หลักการทำงานของ LINE Bot ศึกษาปัญหาและการทำงานของระบบ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์และออกแบบแอปพลิเคชัน

4.1.2 วิเคราะห์และออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์ โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยผ่านอุปกรณ์สมาร์ตโฟน

4.1.3 พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์โดยสร้างระบบฐานข้อมูลด้วยแอสคิวแอลเซิร์ฟเวอร์ (SQL Server) และพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP

4.1.4 ทดสอบแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์ในรายวิชา BUS200 บัณฑิตในอุดมคติทางด้านบริหารธุรกิจ และรายวิชา CSC200 บัณฑิตในอุดมคติทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

4.1.5 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์ ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนของคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

กลุ่มตัวอย่าง คือ คือนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนที่ลงทะเบียนในรายวิชา BUS200 บัณฑิตในอุดมคติทางด้านบริหารธุรกิจ จำนวน 29 คน และรายวิชา CSC200 บัณฑิตในอุดมคติทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 168 คน ประจำปีการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2560 และอาจารย์ผู้สอนจำนวน 5 คน

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

งานวิจัยนี้มีตัวแปรที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ตัวแปรต้น คือ ข้อมูลการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษา
2. ตัวแปรตาม คือ พฤติกรรมการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษา

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ที่เป็นอาจารย์ผู้สอน จำนวน 5 ท่าน และกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ที่เป็นนักศึกษาจำนวน 150 คน

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.6.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ ในห้องเรียนจริง

4.6.2 วิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจจากแบบสอบถามโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 – 5.00 หมายความว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.41 – 4.20 หมายความว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก

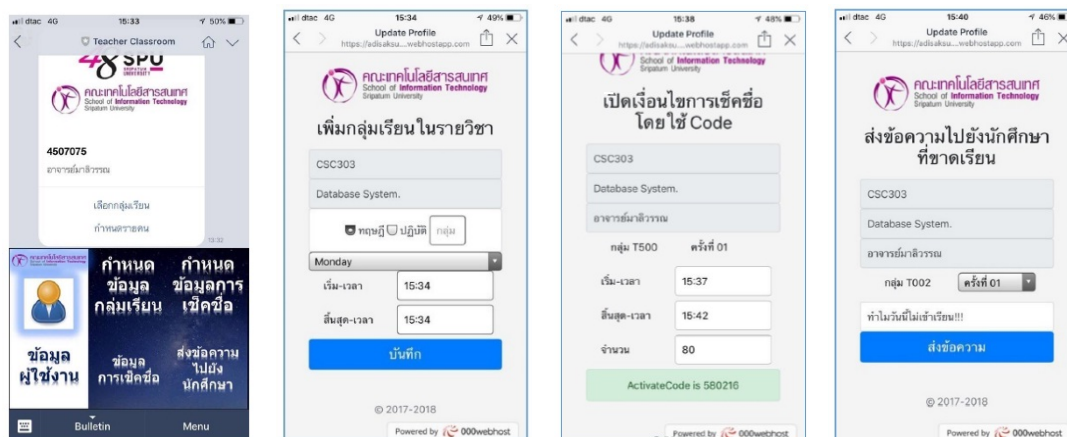
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 – 3.40 หมายความว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.81 – 2.60 หมายความว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.80 หมายความว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

5. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ตามขั้นตอนการวิจัย โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ ดังแผนภาพที่ 2 และ 3

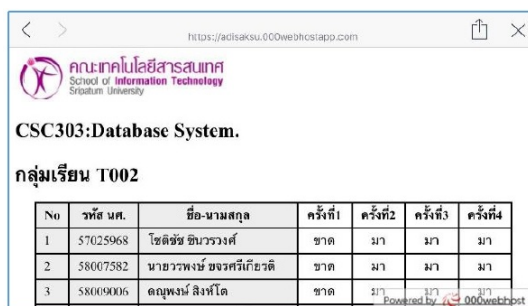


(ก)

(ข)

(ค)

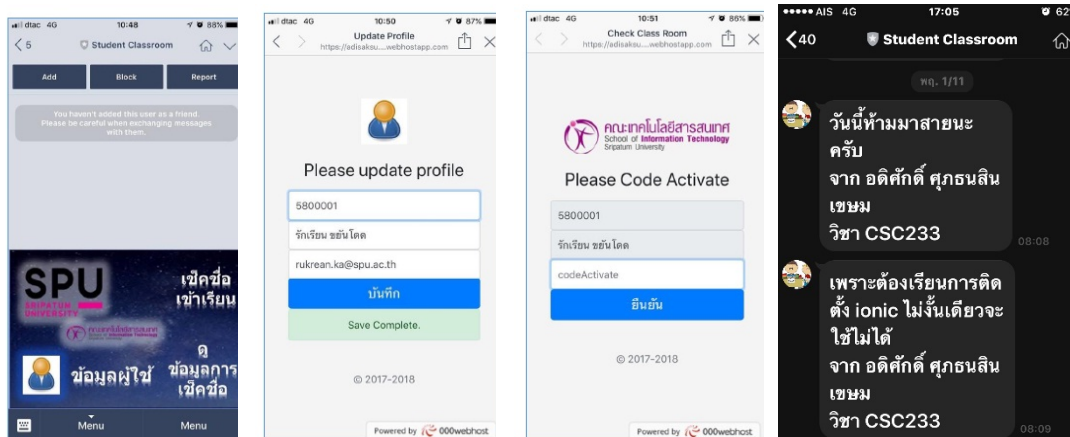
(ง)



(จ)

แผนภาพที่ 2 แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่าน โปรแกรมไลน์ส่วนของอาจารย์ผู้สอน

จากแผนภาพที่ 2(ก) เป็นส่วนหน้าจอสำหรับอาจารย์ผู้สอนภายหลังการสแกนคิวอาร์โค้ดในการเพิ่มเพื่อนกับ LINE Official Account ชื่อ Teacher Classroom แผนภาพที่ 2(ข) เป็นส่วนหน้าจอการเพิ่มกลุ่มเรียนซึ่งภายหลังจากเลือกรายวิชาที่จะทำการบันทึกการเข้าเรียนแล้วอาจารย์ผู้สอนสามารถเพิ่มกลุ่มเรียนในแต่ละรายวิชาที่ต้องการได้โดยจะต้องทำการกรอกข้อมูลกลุ่มเรียนทฤษฎีหรือปฏิบัติ หมายเลขกลุ่มเรียน วันที่เรียน เวลาเริ่มการเรียนการสอนและเวลาสิ้นสุดการเรียนการสอน แผนภาพที่ 2(ค) เป็นส่วนหน้าจอกำหนดข้อมูลการบันทึกการเข้าเรียน โดยอาจารย์ผู้สอนต้องทำการกำหนดเงื่อนไขการบันทึกการเข้าเรียน ได้แก่ เวลาสิ้นสุดการบันทึกการเข้าเรียนและจำนวนนักศึกษาในห้องเรียนในแต่ละครั้งซึ่งเมื่อกำหนดข้อมูลเรียบร้อยแล้วระบบจะทำการสร้าง Activate Code เพื่อให้อาจารย์ผู้สอนแจ้งให้กับนักศึกษาสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนในแต่ละครั้ง แผนภาพที่ 2(ง) เป็นส่วนหน้าจอแจ้งข้อความเตือนไปยังนักศึกษาที่ขาดเรียนและแผนภาพที่ 2(จ) เป็นส่วนหน้าจอสรุปข้อมูลการเข้าเรียนของนักศึกษาในแต่ละรายวิชา



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)



(จ)

แผนภาพที่ 3 แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ส่วนของนักศึกษา

จากแผนภาพที่ 3(ก) เป็นส่วนหน้าจอสำหรับนักศึกษาภายหลังการสแกนคิวอาร์โค้ดในการเพิ่มเพื่อนกับ LINE Official Account ชื่อ Student Classroom แผนภาพที่ 3(ข) เป็นส่วนหน้าจอการบันทึกข้อมูลนักศึกษาเพื่อเข้าใช้งานซึ่งประกอบด้วย รหัสนักศึกษา ชื่อ-นามสกุลนักศึกษา และอีเมล แผนภาพที่ 3(ค) เป็นส่วนหน้าจอการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาโดยใช้ Activate Code ที่ได้รับจากอาจารย์ผู้สอนในแต่ละครั้งที่เข้าเรียน แผนภาพที่ 3(ง) เป็นส่วนหน้าจอแสดงข้อความแจ้งเตือนการขาดเรียน ไปยังนักศึกษาเป็นรายบุคคล และแผนภาพที่ 3(จ) เป็นส่วนหน้าจอแสดงรายละเอียดการเข้าเรียนของนักศึกษารายบุคคล

ผู้วิจัยได้ประเมินผลความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ จากนั้นนำผลการสอบถามวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ในส่วนของอาจารย์

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ประสิทธิภาพในการทำงาน			
1.1 สามารถจัดเก็บข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้สะดวกและรวดเร็ว	4.60	0.55	ระดับมากที่สุด
1.2 ช่วยลดระยะเวลาในการบันทึกการเข้าเรียน	5.00	0.00	ระดับมากที่สุด
1.3 สามารถตรวจสอบข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้อย่างรวดเร็ว	4.60	0.55	ระดับมากที่สุด
1.4 สามารถติดตามการเข้าเรียนของนักศึกษาได้ตลอดเวลา	4.80	0.45	ระดับมากที่สุด
1.5 ใช้งานง่าย	4.40	0.55	ระดับมากที่สุด
1.6 ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้	4.80	0.45	ระดับมากที่สุด
รวม	4.70	0.42	ระดับมากที่สุด
2. การออกแบบหน้าจอ			
2.1 รูปแบบหน้าจอ ขนาดตัวอักษรและสีที่นำเสนอมีความเหมาะสม	4.00	0.71	ระดับมาก
2.2 มีการใช้ภาษาที่ง่ายต่อความเข้าใจ	4.00	0.71	ระดับมาก
2.3 มีความสวยงามและง่ายต่อการใช้งาน	4.20	0.84	ระดับมาก
รวม	4.07	0.75	ระดับมาก
โดยรวม	4.49	0.53	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ในส่วนของอาจารย์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.49, S.D. = 0.53$) เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พอสรุปได้ดังนี้ ด้านประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.70, S.D. = 0.42$) และด้านการออกแบบหน้าจออยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.07, S.D. = 0.75$)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ในส่วนของนักศึกษา

รายการ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ประสิทธิภาพในการทำงาน			
1.1 สามารถจัดเก็บข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้สะดวกและรวดเร็ว	4.42	0.67	ระดับมากที่สุด
1.2 ช่วยลดระยะเวลาในการบันทึกการเข้าเรียน	4.46	0.64	ระดับมากที่สุด
1.3 สามารถตรวจสอบข้อมูลการเข้าชั้นเรียนได้อย่างรวดเร็ว	4.45	0.65	ระดับมากที่สุด
1.4 สามารถติดตามการเข้าเรียนของนักศึกษาได้ตลอดเวลา	4.43	0.64	ระดับมากที่สุด
1.5 ใช้งานง่าย	4.42	0.62	ระดับมากที่สุด
1.6 ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้	4.53	0.60	ระดับมากที่สุด
รวม	4.45	0.64	ระดับมากที่สุด
2. การออกแบบหน้าจอ			
2.1 รูปแบบหน้าจอ ขนาดตัวอักษรและสีที่นำเสนอมีความเหมาะสม	4.41	0.66	ระดับมากที่สุด
2.2 มีการใช้ภาษาที่ง่ายต่อความเข้าใจ	4.51	0.59	ระดับมากที่สุด
2.3 มีความสวยงามและง่ายต่อการใช้งาน	4.39	0.62	ระดับมากที่สุด
รวม	4.44	0.62	ระดับมากที่สุด
โดยรวม	4.45	0.63	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ในส่วนของนักศึกษา พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.45, S.D. = 0.63$) เมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พอสรุปได้ดังนี้ ด้านประสิทธิภาพในการทำงานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.45, S.D. = 0.64$) และด้านการออกแบบหน้าจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.44, S.D. = 0.62$)

6. อภิปรายผล

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ สามารถช่วยลดภาระการบันทึกการเข้าเรียนของอาจารย์ผู้สอน ได้เป็นอย่างดี สามารถติดตามพฤติกรรมกรเข้าเรียนของผู้เรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวัฒนพล ชุมเพชร ภูริณัฐ หนูขุน และคุณชญ์ เตียวนะ (2561) กล่าวคือ อาจารย์ผู้สอนและนักศึกษาสามารถติดตามพฤติกรรมกรเข้าเรียนของผู้เรียนได้ตลอดเวลา อีกทั้งเป็นการเสริมแรงให้นักศึกษาที่ขาดเรียนปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและกลับมาเข้าเรียนได้ตามปกติ

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาผ่านโปรแกรมไลน์ในส่วนของอาจารย์และนักศึกษา แสดงให้เห็นว่ากลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากช่วยลดระยะเวลาในการบันทึกการเข้าเรียน อาจารย์และนักศึกษาสามารถตรวจสอบและติดตามข้อมูลการเข้าเรียนได้ตลอดเวลา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มงคล รอดจันทร์ อวยไชย อินทรสมบัติ และ ธานิล ม่วงพูล (2561) กล่าวคือ นักศึกษาวิชาทหารที่เข้าฝึกในค่ายกำแพงเพชรอัครโยธิน จังหวัดสมุทรสาคร มีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ร่วมกับคิวอาร์โค้ด สำหรับการบันทึกการเข้าเรียนโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.60$) เช่นกัน

7. ข้อเสนอแนะ

1. มหาวิทยาลัยสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ เพื่อตรวจสอบรายชื่อนักศึกษาในการเข้าชั้นเรียน และติดตามพฤติกรรมกรมีส่วนร่วมในห้องเรียนได้
2. ควรเพิ่มคุณสมบัติในการป้องกันไม่ให้นักศึกษาสามารถบันทึกการเข้าเรียนจากภายนอกห้องเรียนได้

8. เอกสารอ้างอิง

- ก่องกาญจน์ ดุลไชย อรรถวิท ชังคมานนท์และอิทธิพงษ์ เชมะเพชร. 2560. “ระบบตรวจสอบรายชื่อเข้าชั้นเรียน โดยอุปกรณ์อัจฉริยะ.” วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น. ปีที่ 11. ฉบับพิเศษ สิงหาคม 2560.
- มงคล รอดจันทร์ อวยไชย อินทรสมบัติ และ ธานิล ม่วงพูล. 2561. “การพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ ร่วมกับคิวอาร์โค้ด สำหรับการบันทึกการเข้าเรียนของนักศึกษาวิชาทหาร” วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. ปีที่ 5. ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2561.
- มหาวิทยาลัยศรีปทุม. 2548. ข้อบังคับมหาวิทยาลัยศรีปทุม ว่าด้วยการศึกษาชั้นปริญญาตรีพ.ศ. 2548. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

- วัฒนพล ชุมเพชร ภูริณัฐ หนูขุน และคุณัชญ์ เตียวณะ. 2561 “การพัฒนาระบบเช็คชื่อเพื่อการติดตามพฤติกรรม การเข้าเรียนของนักศึกษาแบบมีส่วนร่วมผ่านระบบออนไลน์” วารสารเทคโนโลยีภาคใต้. ปีที่ 11. ฉบับที่ 1. มกราคม – มิถุนายน 2561.
- วิญญูทร เจนชัย, จิตมินต์ อังสกุล และธรา อังสกุล. 2554. “การประเมินผลระบบบันทึกการเข้าชั้นเรียนผ่านบลูทูธ.” การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 4, 7-8 กรกฎาคม 2554. หน้า 70-79. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุธรรม จินดาอุดม, จตุพร ชูช่วย, อภิรักษ์ จันทร์สร้าง, ชัยพร ใจแก้ว และอนันต์ ผลเพิ่ม. 2553. “ระบบเช็คชื่อและ รายงานผลแบบเวลาจริงผ่านเครือข่ายไร้สาย.” การประชุมวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 2. 10 พฤษภาคม 2553. หน้า 81-86. ปทุมธานี: สมาคมวิชาการไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคมและ สารสนเทศประเทศไทย.
- Arulogun O. T., Olatunbosun, A., Fakolujo O. A., and Olaniyi, O. M. 2013. “RFID-Based Students Attendance Management System” **International Journal of Scientific & Engineering Research**. Volume 4. Issue 2.
- Janchai, V., Angskun, J. & Angskun, T. 2012. “A class attendance recording system via bluetooth.” **Suranaree Journal of Science and Technology**. 6(1). pp. 37 – 55.
- Sabri, M.K., Aziz, M.Z., Shah, M.S. and Kadir, M.F. 2007. “Smart Attendance System by using RFID.” **Proceedings of Asia-Pacific Conference**. pp. 1 –4. Australia: Australian Computer Society.
- Scanlan, D. A. 2009. “An Inexpensive RFID Attendance System.” **Journal of Computing Sciences in Colleges**. 25(2): pp. 19-29.
- Shota Noguchi, Michitoshi Niibori, Erjing Zhou and Masaru Kamada. 2015. “Student Attendance Management System with Bluetooth Low Energy Beacon and Android Devices” **18th International Conference on Network-Based Information Systems**.
- Zhang, Z., Gong, P., Cao, L., and Chen, Y. 2007. “Design and Implementation of Educational Administration Attendance Management System Based on B/S and C/S.” **Information Technologies and Applications in Education 2007, 1st IEEE International Symposium**. pp. 606 - 609. USA: IEEE Conference Publishing Services.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

The factors influencing digital readiness

มงคล เฟื่องฟูตระกูล

สาขาบริหารธุรกิจดิจิทัล บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: mongkol.fuengfootrakoon@gmail.com

ดร.อานนท์ ทับเที่ยง

ประธานสาขาบริหารธุรกิจดิจิทัล บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: arnont05@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลและ 2) สร้างโมเดลที่เป็นแบบวัดความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล โดยเป็นการวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยระเบียบวิจัยได้ปรับใช้มาจากทฤษฎีของ Triple Helix Model Deloitte Digital และ Capgemini Consulting and MITSloan Management และการปฏิบัติสู่ความเป็นเลิศของ TM Forum Best Practice Digital Maturity Model เป็นต้น โดยผู้วิจัยใช้การเก็บแบบสอบถามจำนวน 205 ชุด องค์กรภาครัฐจำนวน 48 ชุดและภาคเอกชน 157 ชุด การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ และสถิติเชิงอนุมานเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามโดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และการทดสอบความอิสระของปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยด้านกลยุทธ์และความเป็นผู้นำ ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ด้านรูปแบบธุรกิจ ด้านความสามารถทางดิจิทัล ด้านการสนับสนุนจากรัฐบาล ด้านความปลอดภัยของระบบสารสนเทศและด้านบริหารประสิทธิภาพของลูกค้าส่งผลเชิงบวกต่อการพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยได้โมเดลที่เป็นแบบวัดระดับความพร้อมทางดิจิทัลจากสมการจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณคือ $DML = 0.232 + 0.105STR + 0.143OPE + 0.063BUS + 0.274CAP + 0.083GOV + 0.122SEC + 0.103CEM$ โดยมีค่า $R^2 = 84.7\%$ และค่าความอิสระของปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน

คำสำคัญ: แบบวัดระดับความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล ระดับความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

ABSTRACT

The research is a study of factors influencing digital readiness. The qualitative and quantitative analysis were applied to the research, and methodology was adapted from Triple Helix Model, Deloitte, Capgemini Consulting and MITSloan Management and TM Forum Best Practice. The 205 questionnaires were collected from 33 units in production sector, 38 units in trading sector and 134 units in service sector. The descriptive statistics and inferential statistics such as, percentage, multiple regression and multicollinearity were applied to test.

The result are as following, the factors of strategic and leadership, operation process, business model, digital capability, government policy support, Information security process and customer experience are all positively significant at 0.05 towards the organization's digital maturity readiness. The digital maturity model from multiple regression is $DML = 0.232 + 0.105STR + 0.143OPE + 0.063BUS + 0.274CAP + 0.083GOV + 0.122SEC + 0.103CEM$ with $R^2 = 84.7\%$ and no inter-correlation in multicollinearity testing.

KEYWORDS: Digital Maturity Model, Digital Maturity Level

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

อุตสาหกรรม 4.0 ทำให้องค์กรในยุคปัจจุบันต้องเผชิญและมีการปรับตัวให้มีความพร้อมในการรับมือกับการพลิกผันทางดิจิทัล(Digital disruption) อย่างไรก็ตามการปรับตัวที่ไม่มีทิศทางและความชัดเจนนั้นย่อมส่งผลให้เกิดความสับสนและเกิดต้นทุนค่าใช้จ่ายดังนั้นการที่มีแบบวัดระดับทางดิจิทัลจะช่วยให้การปรับตัวมีความชัดเจนและเป็นไปตามทิศทางของอุตสาหกรรม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล
- (2) เพื่อสร้างโมเดลที่เป็นแบบประเมินความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

แบบจำลอง Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นถึงการสร้างนวัตกรรมจากความร่วมมือจาก 3 หน่วยงานคือ ภาครัฐ ภาคการศึกษา และภาคเอกชน เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ เทคโนโลยี หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ

แบบจำลอง CMM หรือ Capability Maturity Model (CMMI Product Development Team, 2010) เป็นแบบจำลองวุฒิภาวะความสามารถโดยทีมผู้พัฒนามาจากหน่วยงานภาคอุตสาหกรรม ภาครัฐบาลและ Carnegie Mellon Software Engineering Institute สามารถแบ่งได้ 5 ระดับ 1.Initial 2.Repeatable 3.Defined 4.Managed และ 5.Optimizing โดยจะใช้การประเมินความสามารถทางด้านกระบวนการขององค์กร โดยจะทำการวัดว่ากระบวนการอะไรบ้างที่กำหนดขึ้นมาและสามารถจัดการกับกระบวนการนั้นได้

งานวิจัยเรื่อง Building your digital DNA. Digital transformation in progress (Deloitte Digital, 2015) ได้มีการวัดผลใน 5 มิติคือ 1. Strategy and Leadership 2. Customer engagement 3. Products and services 4. Organization and talent และ 5. Digital operations ซึ่งพบว่าองค์กรดิจิทัลที่ประสบความสำเร็จจะมีการนำความล้มเหลวมาเป็นส่วนหนึ่งในการวัดผล มีการเรียนรู้ตลาดและการปฏิบัติงานขององค์กร มีการเข้าไปควบคุมในช่วงการพัฒนาองค์กรไปสู่ดิจิทัล รวมถึงมีแผนในการพัฒนาบุคลากร มีการออกแบบโครงสร้างและวัฒนธรรมองค์กรให้มีความเปิดกว้าง ยืดหยุ่น มีความไว้วางใจซึ่งกันและกัน

งานวิจัยเรื่อง Digital Transformation: A roadmap for billion-dollar (Capgemini consulting and MIT Sloan Management, 2011) พบว่าการปรับองค์กรเข้าสู่ดิจิทัลจะมีการปรับเปลี่ยนใน 4 ส่วนคือ 1. Customer experience 2. Operation process 3. Business model และ 4. Digital capabilities ซึ่งการปรับเปลี่ยนทั้ง 4 ส่วนนี้เป็นการสำรวจจากองค์กรที่กำลังเดินทางในการปรับเปลี่ยนเข้าสู่ดิจิทัล และประสบความสำเร็จในระดับต่างๆ

งานวิจัยเรื่อง Digital Transformation Readiness of SMEs (Meesri & Tubtiang, 2016) จากงานวิจัยพบว่ามี 5 ตัวแปรที่ส่งผลเชิงบวกคือ 1. Strategy & leadership 2. Operation process 3. Business model 4. Digital capabilities และ 5. Government policy support

งานวิจัยเรื่อง TM Forum best practice digital maturity model ของ (TM Forum, 2017) พบว่าเพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากโอกาสและเอาชนะความท้าทาย บริษัทต้องเริ่มทำการปรับตัวเข้าสู่ธุรกิจดิจิทัล ในทุกมุมมองของธุรกิจซึ่งมี 5 มิติคือ 1. Customer 2. Strategy 3. Technology 4. Operation และ 5. Culture, people and organization ซึ่งทั้ง 5 มิติจะแปรผลได้ 5 ระดับคือ 1. Initiating 2. Emerging 3. Performing 4. Advancing และ 5. Leading

งานวิจัยเรื่อง The Digital Maturity Model 4.0 Benchmarks: Digital Business Transformation Playbook (Gill & VanBoskirk, 2016) เป็นการวัดผลของการปรับเปลี่ยนเป็นดิจิทัลขององค์กรทั้งหมด เช่น การสนับสนุนของผู้บริหารกับกลยุทธ์ทางดิจิทัล พนักงานที่มีทักษะทางดิจิทัล และความสัมพันธ์อย่างมีประสิทธิภาพระหว่างไอทีและธุรกิจ การโฟกัสทางด้านตลาดดิจิทัลและธุรกิจ โดยจะมีการวัดผลใน 4 มิติคือ 1. Culture 2. Technology 3. Organization และ 4. Insight จากนั้นจะนำมาวัดผลใน 3 ระดับคือ 1. Skeptics 2. Adopters 3. Collaborators และ 4. Differentiator

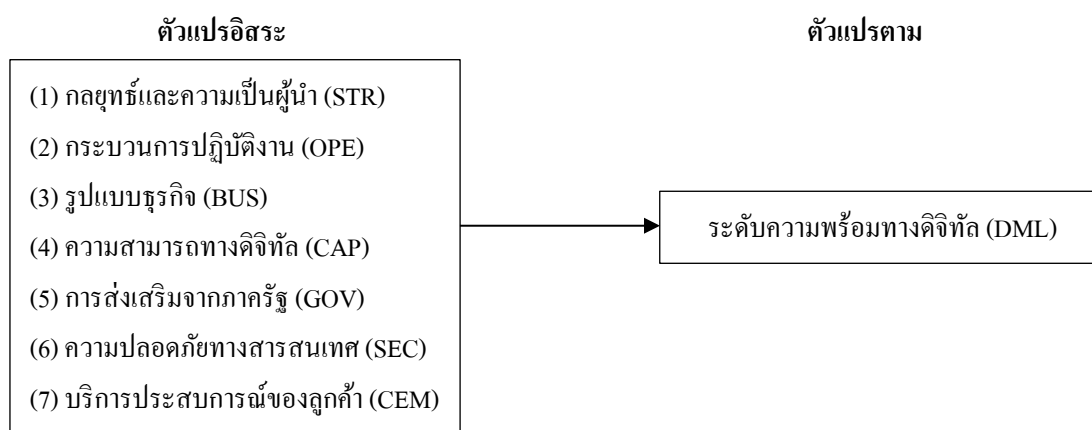
งานวิจัยเรื่อง The Networked Readiness Index (Baller, et al., 2016) เป็นดัชนีชี้วัดระดับความพร้อมของการพัฒนาเทคโนโลยีและการสื่อสาร และโอกาสในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการพัฒนา ประเทศ ที่ครอบคลุมทั้งภาคประชาชน ภาคธุรกิจ และภาครัฐ จัดทำโดย World Economic Forum โดยการวัดผลจะทำการวัดผลจาก 4 ส่วนหลักคือ 1. Environment subindex 2. Readiness subindex 3. Usage subindex และ 4. Impact subindex

งานวิจัยเรื่อง Conception, Development and Implementation of an E-Government Maturity Model in Public Agencies (Valdés, et al., 2011) เป็นโมเดลในการพัฒนารัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์และเป็นโมเดลที่ได้รับการสนับสนุนจากระดับนานาชาติทางด้านการปฏิบัติสู่ความเป็นเลิศ จะมีส่วนประกอบสามส่วนคือ โดเมนแบบเลเวอเรจ (Leverage Domain) พื้นที่โดเมนความสำคัญ (Key Domain Area) และตัวแปรวิกฤต (Critical Variable) โดยจะมีโครงสร้างเป็นแบบลำดับชั้น ในเลเวอเรจ โดเมน จะมี 4 ส่วน 1. E-Government strategy 2. IT Governance 3. Process management และ 4. Organization and people ซึ่งจะมี 5 ระดับคือ ML1 ML2 ML3 ML4 และ ML5

ตารางที่ 1 ตารางทบทวนวรรณกรรม

ปัจจัย	Capgemini Consulting & MITSloan Management (2011)	Deloitte Digital (2015)	Meesri & Tubtiang (2016)	TM Forum (2017)	Gill & VanBos kirk (2016)	Baller, et al. (2016)	Valdés, et al. (2011)	งานวิจัยนี้
กลยุทธ์และความเป็นผู้นำ		x	x	x	x	x	x	x
กระบวนการปฏิบัติงาน	x	x	x	x	x	x	x	x
รูปแบบธุรกิจ	x	x	x		x			x
ความสามารถทางดิจิทัล	x	x	x	x	x	x	x	x
การสนับสนุนจากภาครัฐ			x				x	x
ความปลอดภัยทางสารสนเทศ				x		x	x	x
บริหารประสบการณ์ของลูกค้า	x	x	x	x				x

จากงานวิจัยข้างต้นตามตารางที่ 1 ได้นำมาสร้างกรอบแนวคิดสำหรับการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ดังต่อไปนี้



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีดำเนินการวิจัยในรูปแบบต่างๆ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้ ระเบียบวิธีวิจัย กรอบแนวคิดในการวิจัย ตัวแปรที่ศึกษา สมมติฐานงานวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

การกำหนดขนาดตัวอย่าง (Yamane, 1967) ที่ระดับความเชื่อมั่น 93% จะได้กลุ่มตัวอย่าง 205 ตัวอย่าง โดยขนาดประชากรมีทั้งสิ้น 680,387 แห่ง โดยแบ่งเป็นองค์กรภาครัฐ 119 แห่ง (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2560) และองค์กรภาคเอกชน 680,268 แห่ง (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์, 2560) โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นองค์กรภาครัฐจำนวน 48 แห่งและภาคเอกชน 157 แห่ง

4.3 สมมติฐานงานวิจัย

H1 : ปัจจัยด้านกลยุทธ์และความเป็นผู้นำมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

H2 : ปัจจัยด้านกระบวนการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

H3 : ปัจจัยด้านรูปแบบธุรกิจมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

H4 : ปัจจัยด้านความสามารถทางดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

H5 : ปัจจัยด้านการส่งเสริมจากภาครัฐมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

H6 : ปัจจัยด้านความปลอดภัยทางสารสนเทศมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

H7 : ปัจจัยด้านบริหารประสิทธิภาพลูกค้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำมาประยุกต์ให้สอดคล้องกับปัจจัยด้านต่างๆที่มีความสัมพันธ์ต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล โดยมีเกณฑ์วัด 6 ระดับ คือ ไม่มีข้อมูลดังกล่าวในองค์กรและไม่แน่ใจว่าองค์กรมีข้อมูลดังกล่าวหรือไม่ ระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด ระดับความคิดเห็นน้อย ระดับความคิดเห็นปานกลาง ระดับความคิดเห็นมาก ระดับความคิดเห็นมากที่สุด

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปเก็บข้อมูลจากองค์กรทั้งภาครัฐและภาคเอกชน โดยได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์จำนวน 250 ชุด

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล 205 ชุด โดยใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression Analysis) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และการทดสอบความอิสระของปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล (Multicollinearity)

5. สรุปผลการวิจัย

ผู้ตอบแบบสอบถาม 205 ท่านเป็นผู้บริหารระดับสูงในหน่วยงานภาครัฐและเอกชน 46 ท่านเป็นเจ้าของกิจการธุรกิจจำนวน 17 ท่าน เป็นพนักงานที่มีความเกี่ยวข้องกับหน่วยงานทางด้านดิจิทัล 142 ท่าน เป็นเพศชาย 101 ท่านเพศหญิง 104 ท่านอายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 31-40 ปี ประเภทธุรกิจส่วนใหญ่อยู่ในภาคบริการ มูลค่าของสินทรัพย์ถาวรส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 100-1000 ล้านบาท จำนวนการจ้างงานส่วนใหญ่อยู่ระหว่างคน 101-1000 คน ระยะเวลาประกอบธุรกิจส่วนใหญ่มากกว่า 10 ปีขึ้นไป และรายได้ต่อปีส่วนใหญ่ มากกว่า 1000 ล้านบาท ค่าความ

อิสระของปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล (Multicollinearity) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยค่า Tolerance ค่าน้อยที่สุดคือ 0.365 และค่า Variance inflation factor (VIF) มีค่าสูงสุดคือ 2.738

ตารางที่ 1 ตาราง ANOVA

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	154.443	7	22.063	155.962	.000
Residual	27.869	197	0.141		
Total	182.312	204			

ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination) หรือ ค่า R Square ของปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลมีค่าเท่ากับ 0.847 หมายความว่าตัวแปรต้นทั้ง 7 ตัว สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ 84.7% ตามตารางที่ 1 ตาราง ANOVA ได้ผลทดสอบคือ ค่า Sig. = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 สรุปได้ว่า ตัวแปรต้นอย่างน้อย 1 ตัวมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 2 ตารางทดสอบสมมติฐาน

	สมมติฐาน	สรุปผล
H1	กลยุทธ์และความเป็นผู้นำมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน
H2	กระบวนการปฏิบัติงานมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน
H3	รูปแบบธุรกิจมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน
H4	ความสามารถทางดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน
H5	การส่งเสริมจากภาครัฐมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน
H6	ความปลอดภัยทางสารสนเทศมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน
H7	บริหารประสิทธิภาพของลูกค้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล	ยืนยัน

จากตารางที่ 2 ตารางทดสอบสมมติฐาน ตัวแปรด้านกลยุทธ์และความเป็นผู้นำ ด้านกระบวนการปฏิบัติงาน ด้านรูปแบบธุรกิจ ด้านความสามารถทางดิจิทัล ด้านการส่งเสริมจากภาครัฐ ด้านความปลอดภัยทางสารสนเทศ และด้านบริหารประสิทธิภาพของลูกค้า มีค่า Sig. เท่ากับ 0.003, 0.000, 0.017, 0.000 0.000, 0.000, 0.000 ตามลำดับซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 หมายความว่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงพหุของปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐาน H1, H2, H3, H4, H5, H6 และ H7

จากตารางที่ 3 ตาราง Coefficients สามารถเขียนเป็นสมการถดถอยเชิงพหุซึ่งนำมาใช้เป็นแบบจำลองระดับความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลได้ดังนี้คือ

ตารางที่ 3 ตาราง Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	Sig.
	B	Std. Error	Beta	
ค่าคงที่	0.232	0.094		0.014
กลยุทธ์และความเป็นผู้นำ	0.105	0.035	0.126	0.003
กระบวนการปฏิบัติงาน	0.143	0.038	0.172	0
รูปแบบธุรกิจ	0.063	0.026	0.103	0.017
ความสามารถทางดิจิทัล	0.274	0.035	0.347	0
การสนับสนุนจากภาครัฐ	0.083	0.022	0.118	0
ความปลอดภัยทางสารสนเทศ	0.122	0.025	0.168	0
บริหารประสบการณ์ของลูกค้า	0.103	0.027	0.16	0

$$DML = 0.232 + 0.105STR + 0.143OPE + 0.063BUS + 0.274CAP + 0.083GOV + 0.122SEC + 0.103CEM$$

โดยที่ : DML คือ ระดับความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล

STR คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านกลยุทธ์และความเป็นผู้นำ

OPE คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านกระบวนการปฏิบัติงาน

BUS คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านรูปแบบธุรกิจ

CAP คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านความสามารถทางดิจิทัล

GOV คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านการสนับสนุนจากภาครัฐ

SEC คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านความปลอดภัยทางสารสนเทศ

CEM คือผลรวมของคะแนนเฉลี่ยของข้อคำถามด้านบริหารประสบการณ์ของลูกค้า

6. อภิปรายผล

การวิเคราะห์ด้วย Multiple Regression Analysis พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ มีค่าเท่ากับ 84.7% และยืนยันสมมติฐาน H1, H2, H3, H4, H5, H6 และ H7 โดยเขียนเป็นสมการถดถอยเชิงพหุซึ่งปรับใช้แบบวัดระดับความพร้อมทางดิจิทัลคือ $DML = 0.232 + 0.105STR + 0.143OPE + 0.063BUS + 0.274CAP + 0.083GOV + 0.122SEC + 0.103CEM$ โดยจะมี 5 ระดับซึ่งปรับใช้ตาม CMM โมเดลคือ คือ DML1, DML2, DML3, DML4 และ DML5 โดยแยกเป็นแต่ละปัจจัยดังนี้

(1) ปัจจัยด้านกลยุทธ์และความเป็นผู้นำมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล จาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ส่วนของภาคอุตสาหกรรม องค์กรที่มีวิสัยทัศน์และพันธกิจรวมถึงการผลักดันจากผู้บริหารให้ปรับเปลี่ยนไปสู่ดิจิทัลย่อมทำให้องค์กรนั้นสามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็วซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H1 และงานวิจัยเรื่อง Building your digital DNA: Digital transformation in process (Deloitte Digital, 2015) ที่พบว่า การมีวิสัยทัศน์ กลยุทธ์ที่เหมาะสม และการมีภาวะความเป็นผู้นำ มีส่วนช่วยในการปรับเปลี่ยนองค์กรไปสู่ดิจิทัลได้อย่างรวดเร็ว

(2) ปัจจัยด้านกระบวนการปฏิบัติงาน มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลจาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ภาคอุตสาหกรรมและภาคการศึกษา องค์กรที่มีการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามาใช้ในหน่วยงานรวมถึงการฝึกอบรมพนักงานหรือการส่งเสริมให้พนักงานเข้าศึกษาในสถานศึกษาที่มีหลักสูตรทางด้านดิจิทัลย่อมทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานเทคโนโลยีดิจิทัลนั้น ย่อมทำให้พนักงานในองค์กรนั้นมีประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างดีเยี่ยม เพราะเทคโนโลยีดิจิทัลทำให้เกิดความรวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ และลดความผิดพลาดในกระบวนการทำงานซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H2 และงานวิจัยเรื่อง Building your digital DNA: Digital transformation in progress (Deloitte Digital, 2015) ซึ่งพบว่า การมีกระบวนการควบคุมและมีเทคโนโลยีดิจิทัลที่เหมาะสม สามารถสนับสนุนกระบวนการทำงานขององค์กรให้ปรับเปลี่ยนไปสู่ดิจิทัล

(3) ปัจจัยด้านรูปแบบธุรกิจ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลองค์กร จาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ในส่วนของภาคอุตสาหกรรม ที่มีการนำเครื่องมือดิจิทัลมาใช้ เช่นการวิเคราะห์ข้อมูล การเชื่อมต่อกับลูกค้า การรับชำระเงิน การรับการตอบกลับจากลูกค้า การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้าง Omni Channel รวมถึงการวัดผล เช่น Net Promotor Score นั้นย่อมทำให้องค์กรเกิดการก้าวกระโดดในการปรับเข้าสู่ดิจิทัลอย่างไรก็ตามรูปแบบและมีข้อได้เปรียบทางการแข่งขัน ซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H3 และงานวิจัยเรื่อง Building your digital DNA: Digital transformation in progress (Deloitte Digital, 2015) ซึ่งพบว่าการมีผลิตภัณฑ์และบริการที่เหมาะสม และมีความสามารถในการพัฒนา จัดการและจัดการกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ ย่อมทำให้องค์กรปรับเปลี่ยนไปสู่ดิจิทัล

(4) ปัจจัยด้านความสามารถทางดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล จาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ภาคอุตสาหกรรม การที่องค์กรมีเงินสนับสนุน มี Infrastructure มีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ รวมถึงมีบุคลากรที่มีความสามารถทางดิจิทัลเช่น Digital Marketer หรือ Software Developer นั้น ย่อมแสดงถึงความพร้อมขององค์กรที่สามารถพัฒนา Application ให้เกิดข้อได้เปรียบทางการแข่งขันและตอบโต้ลูกค้าซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H4 และงานวิจัยเรื่อง Building your digital DNA: Digital transformation in progress (Deloitte Digital, 2015) ซึ่งได้อธิบายว่าการมีฐานข้อมูลดิจิทัลแบบครบวงจรและกระบวนการแบบดิจิทัล สามารถแก้ปัญหาและการวิเคราะห์ปัญหาได้ง่ายขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัล

(5) ปัจจัยด้านการสนับสนุนจากรัฐ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลจาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ในส่วนของภาครัฐ การที่รัฐบาลมีนโยบายดิจิทัลที่ชัดเจนย่อมส่งผลให้เกิดการผลักดันประเทศในการเข้าสู่ดิจิทัลอย่างเป็นรูปธรรมรวมถึงการที่รัฐบาลมีแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติและแนวคิดประเทศไทย 4.0 ที่มีการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาเป็นเครื่องมือในการพัฒนารัฐบาล มีการเปิด Open Data เพื่อให้ภาคเอกชนเข้ามาใช้งานและการจัดทำกรเชื่อมต่อกันอย่างเป็นรูปธรรม ย่อมแสดงถึงความพร้อมทางดิจิทัลของภาครัฐในการช่วยส่งเสริมความพร้อมทางดิจิทัลของภาคเอกชน เช่น การลด Time To Market ในการจัดตั้งธุรกิจ ซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H5 และตรงกับข้อมูลของ www.data.go.th (สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, 2555) ที่กล่าวว่า ประโยชน์ที่ได้รับจากการเปิดเผยข้อมูลของภาครัฐเป็นแหล่งข้อมูลหนึ่งที่ช่วยผลักดันการสร้างนวัตกรรมและบริการใหม่ๆ เผยแพร่สู่สังคมและเชิงพาณิชย์

(6) ปัจจัยทางด้านกระบวนการทางด้านความปลอดภัยทางสารสนเทศ มีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล จาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ในส่วนของภาคอุตสาหกรรม การใช้งาน

Internet เป็นพื้นฐานสำคัญในการดำเนินงานทางดิจิทัลที่องค์กรมีอุปกรณ์ในการตรวจจับการโจมตี การมี Antivirus Software การทำ IT Auditing รวมถึงการที่มีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ และการวางแผนในการทำ Business Continuity Planning ย่อมทำให้ความเสี่ยงในองค์กรลดลงจากการโจมตีทาง Cyber Security ซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H6 และมุมมอง Richard A. Clark (Clarke & Knake, 2010) ว่ากลุ่มก่อนการวิจัยปัจจุบันใช้การโจมตีทาง Internet

(7) ปัจจัยทางด้านการบริหารประสิทธิภาพของลูกค้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัล จาก Triple Helix Model (Etzkowitz, 2007) ในส่วนของภาคอุตสาหกรรม องค์กรควรมีการออกแบบ Touchpoint สร้าง Customer Journey Mapping สร้างช่องทางดิจิทัลในการรับ Feedback เพื่อให้แก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว และสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าจนไปสู่การบอกต่อ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ อย่างเช่น Buying Pattern ย่อมสามารถทำนายพฤติกรรมของลูกค้า รวมถึงหรือ Social Listening ที่ใช้ค้นหาสิ่งที่ลูกค้ากล่าวถึงภาพลักษณ์ขององค์กร ซึ่งการยืนยันสมมติฐาน H7 ตรงกับงานวิจัยเรื่อง Building your digital DNA: Digital transformation in progress (Deloitte Digital, 2015) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า สภาพแวดล้อมทางดิจิทัลจะทำให้ลูกค้าสามารถมีส่วนร่วมและมีโอกาสประสบความสำเร็จมากกว่าในการติดต่อกับลูกค้า

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) จากการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านความสามารถทางดิจิทัลมีความสัมพันธ์เชิงบวกต่อความพร้อมในการเข้าสู่ดิจิทัลมากที่สุดโดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.274 ดังนั้นการปรับเปลี่ยนให้มุ่งไปที่ความสามารถทางดิจิทัลที่เป็นจุดแข็งเดิมขององค์กรมีอยู่เป็นอันดับแรก

(2) สามารถใช้แบบวัดระดับความพร้อมทางดิจิทัลเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความก้าวหน้าในการปรับเปลี่ยนทางดิจิทัลขององค์กรได้ทุกประเภท

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) หน่วยงานที่เป็น Regulator จะได้ผลของ Business process น้อยดังนั้นให้ใช้การปรับค่า weighting ให้เพิ่มขึ้นตามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ (ค่า weighting คือค่า Beta)

(2) จากปัจจัยที่ส่งผลต่อความพร้อมทางดิจิทัลและแบบวัดระดับความพร้อมทางดิจิทัลสามารถนำไปวิจัยต่อยอดเช่น Digital sustainable product and services for developing digital organization ซึ่งสามารถใช้ระเบียบวิธีที่เป็นที่ยอมรับในการออกแบบ เช่น Double Diamonds Methodology โดยใช้แบบวัดระดับความพร้อมทางดิจิทัลเป็นเครื่องมือในการวัดผล

8. เอกสารอ้างอิง

- Baller, S., Battista, A. D., Dutta, S. and Lanvin, B., 2016. The Networked Readiness Index 2016. Geneva: WORLD ECONOMIC FORUM, pp. 1-30.
- Capgemini consulting and MIT Sloan Management. 2011. DIGITAL TRANSFORMATION: A ROADMAP FOR BILLION-DOLLAR ORGANIZATIONS. Paris: Capgemini, pp. 17-65.

- Clarke, R. A. and Knake, R. K.. 2010. Cyber War. Newyork: Harper Collins Publishers.
- CMMI Product Development Team. 2010. CMMI for services, Version 1.3. Pittsburgh: Software Engineering Institute, pp. 3-28.
- Deloitte Digital. 2015. "Building your digital DNA Digital transformation in progress." Peloitte UK: Deloitte Touche Tohmatsu Limited, pp. 2-12.
- Etzkowitz, H. 2007. "The triple helix model of innovation." New Castle UK, pp. 2-12.
- Gill, M. and VanBoskirk, S.. 2016. "The Digital Maturity Model 4.0 Benchmarks: Digital Business Transformation Playbook." Massachusetts US: FORRESTER, pp. 2-12.
- Meesri, N. and Tubtiang, A.. 2016. "Digital Transformation Readiness of SMEs." WMS Management Research Conference # 5, Nakhon Si Thammarat, 2016, pp. 156-167.
- TM Forum. 2017. TM Forum Best Practice Digital Maturity Model. NJ: TM Forum 2017, pp. 5-14.
- Valdés, et al. 2011. "Conception, Development and Implementation of an E-Government Maturity Model in Public Agencies." Government Information Quarterly, 28, 2: 176 - 187.
- Yamane, T. 1967. Statistics: An Introductory Analysis (2nd edition). New York: Harper and Row.
- กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์. 2560. สถิติการจดทะเบียน. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2560, จาก www.dbd.go.th.
- สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล. 2555. Open Data Handbook Documentation Release 1.0.0. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2560, จาก www.data.go.th.
- สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล. 2560. รายชื่อหน่วยงานของรัฐประเภทองค์กรมหาชนองค์กรอิสระรัฐวิสาหกิจ. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มิถุนายน 2560, จาก www.data.go.th.

ระบบควบคุมการให้น้ำ ให้น้ำปุ๋ยสำหรับการทำสวนกล้วยหอมทอง
System Control Watering and Fertilizer for Banana Farming

วรพฤกษ์ คงเจริญ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: worapruk.kon@spulive.net

วีรวัดน์ แยมโสม

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: weerawat.yam@spulive.net

นันทวัฒน์ ฮาบละคร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nanthawat.hab@spulive.net

จิโรจน์ จริตควร

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chirot.ch@spu.ac.t

สุรัชชัย ทองแก้ว

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: surachai.th@spu.ac.th

บทคัดย่อ

เกษตรกรรม ถือเป็นอาชีพหลักที่อยู่กับคนไทยมานาน แต่บางครั้งเกษตรกรไม่มีเวลาที่จะดูแลพื้นที่ในการเกษตรของตน ทำให้มีการเพิ่มค่าใช้จ่ายตรงส่วนนี้ หรือในบางครั้งเกษตรกรอาจติดตั้งระบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ แต่ยังมีกลิ่นเหม็นเนื่องจากการทำงานซ้ำซ้อนของระบบกับสภาพอากาศ เช่น ฝนตก แต่ระบบจ่ายน้ำยังคงทำงานอยู่ ทำให้ยังเกิดความสิ้นเปลืองเกินความจำเป็นในระบบอยู่ ดังนั้น หากมีระบบที่ช่วยลดการพื้นที่การทำเกษตรให้กับเกษตรกร ในการรดน้ำ โดยตรวจสอบจากความชื้นในดิน และดูเวลาที่เหมาะสมในการให้น้ำของต้นไม้ ก็จะช่วยให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ลดค่าใช้จ่าย และมีเวลามากขึ้น ตามแนวคิดการเกษตรแบบแม่นยำ ที่ใช้งานร่วมกับระบบ Internet of Thing

คำสำคัญ: เกษตรแบบแม่นยำ, ฟาร์มอัจฉริยะ, ระบบให้น้ำ ให้น้ำปุ๋ยอัตโนมัติ, Internet of Things

ABSTRACT

Farming have been a main job in Thailand for the long times. But sometime farmer doesn't have that much time for look up the plants and need more money to save it or maybe farmer need automatic system. The problem can be solve. But it also can be waste because of unstable of atmosphere such as watering is on while raining it cause waste so if we have a system to solve this problem for farmers by checking humidity in the soil and manure can make more quality of the product for farmers by the way of Internet of things.

KEYWORDS: Precision Agriculture, Smart Farming, watering System and fertilizing automatic System, Internet of Things

1. บทนำ

เนื่องจากการทำการเกษตรแบบเก่านั้น เกษตรกรจะต้องมาคอยดูแลต้นพืชที่ปลูกอยู่ตลอดเวลา เช่น ต้องคอยรดน้ำ, เปิด-ปิดปั๊มน้ำ หรือให้ปุ๋ย ซึ่งในบางครั้ง เกษตรกร ไม่มีเวลา จึงทำให้มีการให้น้ำ และการให้ปุ๋ยนั้นไม่สม่ำเสมอ หรือในบางครั้งก็อาจนำเทคโนโลยีมาช่วยในการทำการเกษตร เช่น คิดตั้งระบบให้น้ำอัตโนมัติโดยการตั้งเวลาการให้น้ำ ซึ่งก็ช่วยแก้ปัญหาเพียงบางส่วน แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมด เนื่องจากในบางครั้งอาจมีฝนตกตกลงมาอยู่แล้ว แต่ระบบให้น้ำอัตโนมัติก็ยังทำงานตามเวลาที่ได้ออกไว้ จึงทำให้ปริมาณที่ให้กับต้นพืชนั้นเกินความจำเป็น จนอาจทำให้เกิดปัญหาอื่น ๆ ตามมาซึ่งในงานวิจัยนี้จึงนำเอาการทำเกษตรแบบใหม่ ที่เรียกว่า “การทำเกษตรแบบแม่นยำ” มาแก้ปัญหาตรงจุดนี้ โดยการตรวจวัดความชื้นในดินแบบ Real Time แล้วนำมาวิเคราะห์ว่าควรให้น้ำหรือไม่ เพื่อให้ความชื้นในดินอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับต้นพืช นอกจากนี้ยังมีระบบการให้ปุ๋ยไปกับน้ำ แบบอัตโนมัติ ผ่านระบบ IoT (Internet of Things) ตามเวลาที่เหมาะสมกับที่พืชต้องการ โดยสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าเว็บ และยังสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังของ การทำงาน ค่าความชื้น และค่าความชื้นที่เฉลี่ยในแต่ละวันได้ ซึ่งระบบเหล่านี้จะทำให้เกษตรกรมีเวลามากขึ้น ได้ผลผลิตจากพืชนั้นมีคุณภาพมากขึ้นและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของทรัพยากรและการจ้างแรงงาน มากขึ้นกว่าเดิม

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อควบคุมการเปิด-ปิด ปั๊มน้ำ เพื่อควบคุมการจ่ายน้ำไปยังพืช
2. เพื่อควบคุมเปิด-ปิดวาล์วน้ำ เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของน้ำ
3. เพื่อควบคุมการผสมปุ๋ยอินทรีย์แบบน้ำเพื่อจ่ายไปยังพื้นที่ทำการเกษตร

1.2 ขอบเขต

1. สามารถเปิด-ปิด ปั๊มน้ำ เพื่อควบคุมการจ่ายน้ำไปยังพืชได้
2. สามารถเปิด-ปิดวาล์วน้ำ เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของน้ำได้
3. สามารถผสมปุ๋ยอินทรีย์แบบน้ำแล้วทำการจ่ายไปยังพื้นที่ทำการเกษตรได้

1.3. เทคโนโลยีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.1 ทฤษฎีสรุปเกี่ยวกับการเกษตรแบบแม่นยำสูง

โดย ดร.ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ [1] ได้กล่าวถึงการเกษตรแบบแม่นยำสูง ไว้ว่า เกษตรกรรมความแม่นยำสูง เป็นที่นิยมกันมากใน ประเทศสหรัฐอเมริกา และ ออสเตรเลีย และเริ่มแพร่หลายเข้าไปในหลายประเทศ เกษตรแบบแม่นยำสูง เกิดจากแนวคิดที่ว่า พืชพันธุ์ที่ปลูก และ สภาพล้อมรอบ (ดิน น้ำ แสง อากาศ) ในไร่นา มีความแตกต่างกัน ในแต่ละบริเวณ แม้จะอยู่ในไร่เดียวกันก็ตาม สภาพล้อมรอบที่แตกต่างนี้ มีผลให้เกิดผลผลิตแตกต่างกันได้ ดังนั้นการปรับการดูแลให้เหมาะสมกับ สภาพที่แตกต่างนั้น จะทำให้สามารถสร้างผลผลิต อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด โดยเทคโนโลยีต่าง ๆ สามารถเข้ามาช่วยงานเกษตรกรรมความแม่นยำสูงหลายๆ ด้านตั้งแต่เรื่องของ เซ็นเซอร์ตรวจวัดการควบคุมการปลดปล่อยปุ๋ย และ ยาฆ่าแมลงด้วยความแม่นยำสูง บรรจุภัณฑ์ทางการเกษตร การตรวจวัดความสด การควบคุมความสดอาหาร ป้ายอิเล็กทรอนิกส์เก็บข้อมูลสินค้า เป็นต้น

Scott Clark [2] เป็นเกษตรกรรัฐเซาท์ออสเตรเลีย มีพื้นที่ทำการเกษตรและเลี้ยงสัตว์ทั้งสิ้น 1,700 เฮกแตร์ หรือ 10,225 ไร่ ได้นำเทคโนโลยีเกษตรแม่นยำสูงไปใช้ภายในฟาร์มตั้งแต่ปี 2006 โดยการใช้เทคโนโลยีนำทาง GPS ช่วยลดปัญหาการหว่านเมล็ดและฉีดสเปรย์รดน้ำซ้ำที่เดิมได้กว่า 50 เฮกแตร์ หรือกว่า 312 ไร่ ซึ่งเป็นการลดรายจ่ายส่วนหนึ่งในฟาร์ม นอกจากนี้ ยังใช้เทคโนโลยีช่วยด้านการจัดการข้อมูลเพื่อตรวจสอบเช็คสภาพภูมิอากาศการนำเทคโนโลยีมาใช้ในฟาร์มช่วยให้เกษตรกรเข้าถึงพื้นที่ทางการเกษตรได้อย่างทั่วถึง อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการบริหารจัดการฟาร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

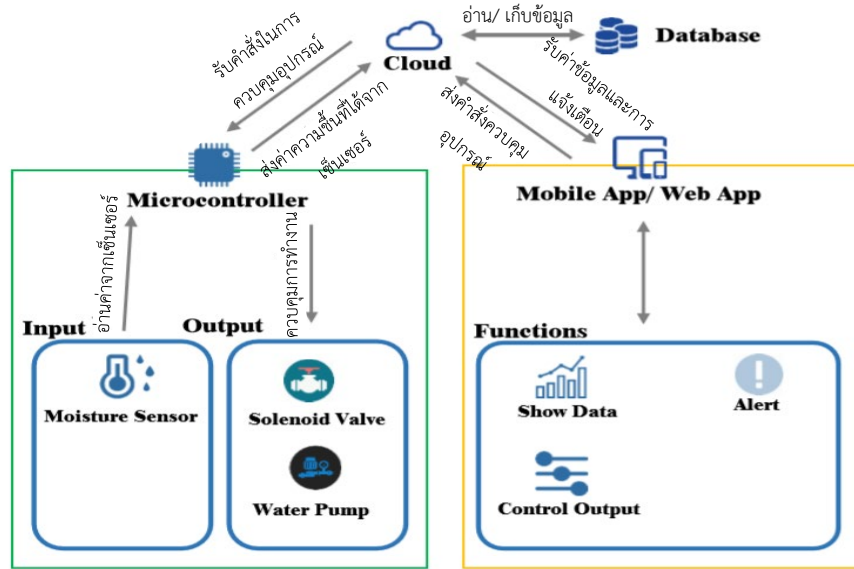
1.3.2 ทฤษฎีสรุปเกี่ยวกับ IoT

Internet of Things (IoT) คือ "อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง" หมายถึง การที่อุปกรณ์ต่าง ๆ สิ่งต่าง ๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (การสั่งการเปิดไฟฟ้าภายในบ้านด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม เช่น มือถือ ผ่านทางอินเทอร์เน็ต) รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องมือทางการเกษตร อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต IoT มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า M2M ย่อมาจาก Machine to Machine คือเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์กับเครื่องมือนานาชนิดเข้าไว้ด้วยกัน เทคโนโลยี IoT มีความจำเป็นต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประเภท RFID และ Sensors ซึ่งเปรียบเสมือนการเติมสมองให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ขาดไม่คือการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อให้อุปกรณ์สามารถรับส่งข้อมูลถึงกันได้ เทคโนโลยี IoT มีประโยชน์ในหลายด้าน

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 การออกแบบ

ระบบจะทำการอ่านค่าความชื้นจากเซ็นเซอร์(Moisture Sensor) เพื่อนำมาเป็นเงื่อนไขในการตรวจสอบการให้น้ำ แล้วทำการส่งคำสั่งการให้น้ำไปยังพื้นที่การเกษตร และมีการตรวจสอบช่วงเวลาถึงเวลาในการให้น้ำแล้วหรือยัง เพื่อที่จะให้ระบบทำการส่งคำสั่งการให้น้ำอินทรีย์แบบน้ำไปกับท่อส่งน้ำไปยังพื้นที่การเกษตรแบบอัตโนมัติ โดยมีการให้น้ำในปริมาณและช่วงเวลาที่เหมาะสมกับพืชที่ทำการเพาะปลูก และมีการแสดงค่าความชื้นรวมถึงวัน และเวลาการทำงานครั้งล่าสุดด้วย ดังรูปที่ 1

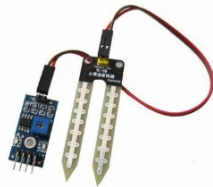


รูปที่ 1 แสดงภาพรวมระบบ

2.2 การพัฒนาระบบ

2.2.1 Hardware

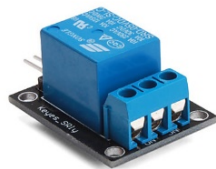
ระบบมี Hardware ดังนี้



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ Moisture Sensor



รูปที่ 3 แสดงอุปกรณ์ Solenoid Valve



รูปที่ 4 แสดงอุปกรณ์ Relay Module



รูปที่ 5 แสดงอุปกรณ์ NodeMCU

1) Moisture Sensor [3] ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบความชื้นในดินเพื่อนำมาเป็นเงื่อนไขในการให้น้ำไปยังพื้นที่ทำการเกษตรมี Specification ดังนี้ Input Voltage: 3.3V-5V, Output Voltage: 0 – 4.2V, Input Current: 35mA, Output Signal: Both Analog and Digital

2) Solenoid Valve [4] ดังแสดงในรูปที่ 3 ใช้การควบคุมการไหลของน้ำมี Specification ดังนี้ Current: 250mA, Voltage: 12V DC, Power: 4.8w, Pressure: 0-0.8MPa, Operation Mode: normally opened, Fluid Temperature: 1-100C

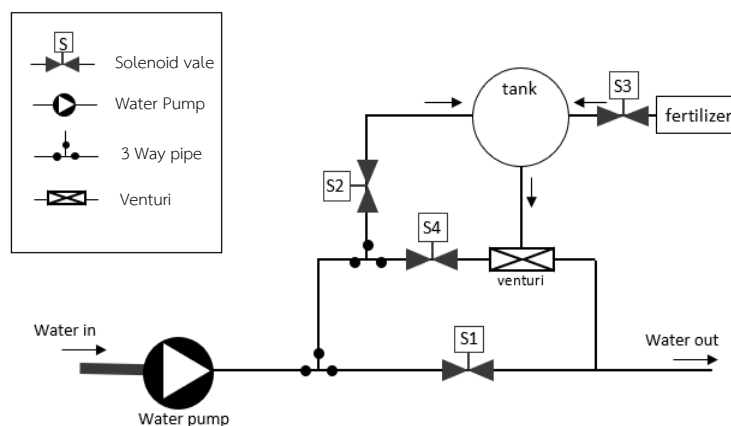
3) Relay Module [5] ดังแสดงในรูปที่ 4 ใช้ในการ trigger เพื่อให้ Solenoid Valve ทำงาน มี Specification ดังนี้

4) NodeMCU [6] ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีโมดูล Wi-Fi (ESP8266) ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบ Wi-Fi ได้

Hardware Layout

จะสามารถแบ่งการทำงานหลักๆ ได้ 3 การทำงานคือ การให้น้ำ, การผสมปุ๋ย และการจ่ายปุ๋ย

- 1) การให้น้ำ ระบบจะทำการเปิด Water pump และ Solenoid (S1) และปิด Solenoid (S2, S3, S4)
- 2) การให้ผสมปุ๋ย ระบบจะทำการเปิด Solenoid (S3) และเปิด Solenoid (S1, S2, S4) เพื่อนำปุ๋ยลงไปผสมใน tank ที่เกษตรเตรียมไว้ หลังจากปริมาณปุ๋ยได้ตามที่เหมาะสมแล้ว ระบบจะทำการเปิด Water pump และ Solenoid (S2) และปิด Solenoid (S3) เพื่อทำการผสมปุ๋ยกับน้ำเมื่อปริมาณน้ำและปุ๋ยได้สัดส่วนที่เหมาะสมแล้ว ระบบจะทำการปิด Solenoid (S4)
- 3) การให้ปุ๋ย ระบบจะทำการเปิด Water pump และ Solenoid (S2) และปิด Solenoid (S1, S3, S4) โดยปุ๋ยจะถูกดูดผ่าน ตัว venturi จาก tank ที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปจ่ายให้กับพื้นที่ทำการเกษตร



รูปที่ 6 แสดง Hardware Layout

2.2.2 Communication

ระบบได้ใช้ Protocol MQTT ซึ่งเป็น Protocol ที่นิยมใช้ในการทำงานในระบบ IoT โดยจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้

- 1) Publish : คือการส่งค่าไปยัง Cloud
 - 2) Subscribe : คือการรับค่าจาก Cloud
- โดยมี Topic และ Message สำหรับการสื่อสารดังนี้

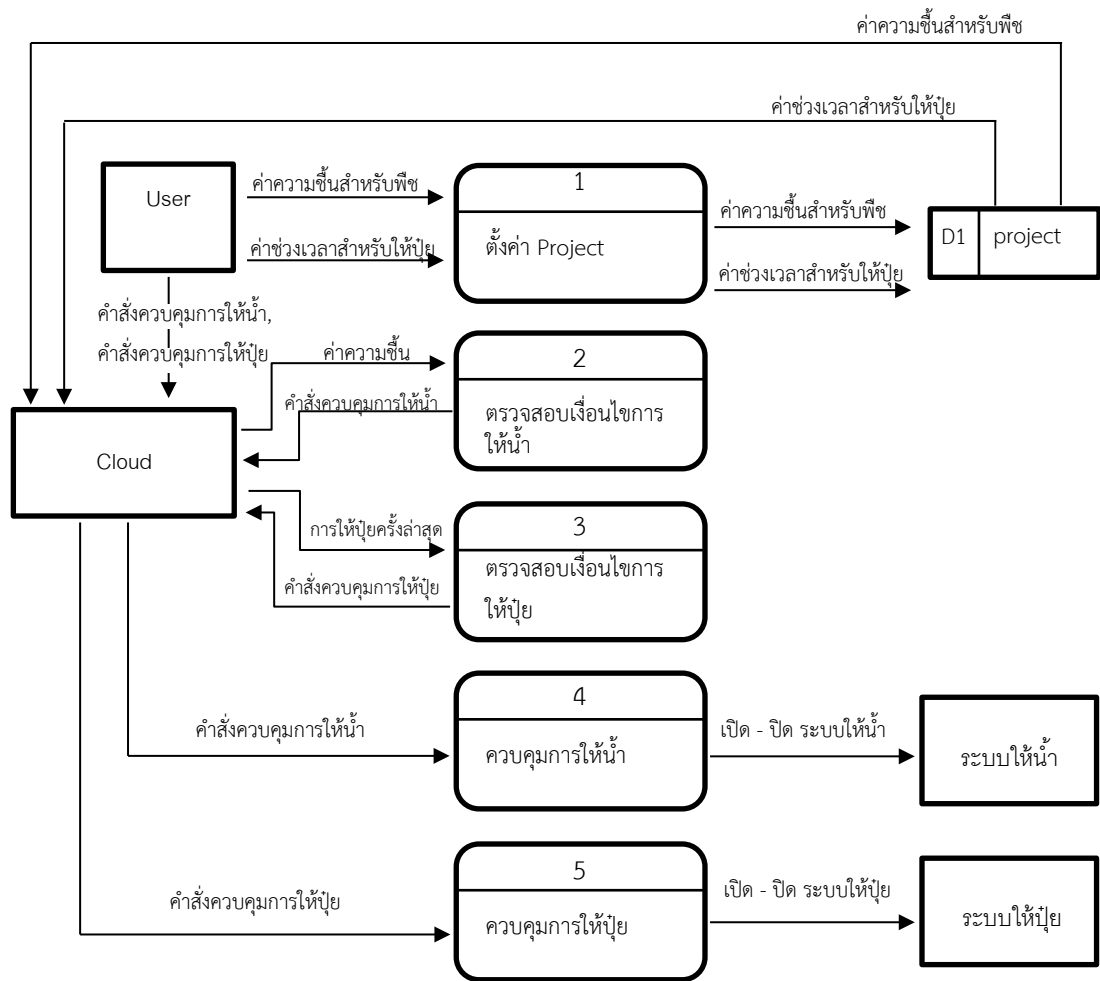
Topic	Message	Explanation
water/control	ON , OFF	ควบคุมการทำงานของระบบให้น้ำ
fertilizer/control	ON, OFF	ควบคุมการทำงานของระบบให้ปุ๋ย
fertilizer/control/step1	WAIT, COMPLETE	บอกสถานะขั้นตอนการผสมปุ๋ยขั้นที่ 1
fertilizer/control/step2	WAIT, COMPLETE	บอกสถานะขั้นตอนการผสมปุ๋ยขั้นที่ 2
fertilizer/control/step3	WAIT, COMPLETE	บอกสถานะขั้นตอนการผสมปุ๋ยขั้นที่ 3
Humidity	Number	ส่งค่าความชื้นที่อ่านได้จาก sensor

2.2.3 Software

ระบบได้ใช้ Software ในการพัฒนา ดังนี้

- 1) Arduino IDE [7] ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมลง NodeMCU เพื่อควบคุมการทำงานของ Solenoid Valve และการ Publish และ Subscribe ไปยัง Cloud ใน Protocol MQTT
- 2) Sublime Text [8] ใช้สำหรับเขียนหน้าตาแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้
- 3) XAMPP [9] ใช้สำหรับจำลอง Database สำหรับการ อัพเดท, เพิ่ม และลบข้อมูลต่าง ๆ

2.2.4 Data Flow



3. ผลการทดลองและอภิปราย

จากผลที่ได้ทดลองการปลูกกล้วยหอมทองด้วย ระบบการให้น้ำให้ปุ๋ย ในพื้นที่ 400 ตารางวา ใช้ระยะในการปลูก 3 x 3 เมตร ใน 400 ตารางวา ปลูกต้นกล้วยได้ 177 ต้น ดังรูปภาพที่ 7. กล้วยหอมใช้เวลา 8-9 เดือน จะให้ผลผลิตและในการให้ปุ๋ยแต่ละเดือนจะให้ปริมาณที่ไม่เท่ากัน ใน 2เดือนแรก กำหนดการให้ปุ๋ยชีวภาพ 2ครั้งต่อสัปดาห์ ในปริมาณปุ๋ย 0.5:20ลิตร ดังรูปภาพที่ 8.

รูปภาพที่ 7 สร้างโปรเจก

รูปภาพที่ 8 การดูแลช่วงอนุมล

ในเดือนที่ 3-5 เราได้กำหนดให้ปุ๋ยชีวภาพ 1ครั้งต่อสัปดาห์ ในปริมาณปุ๋ย 0.5:20ลิตรดังรูปภาพที่ 9. ในเดือนที่ 6-7 เราได้กำหนดให้ปุ๋ยบำรุง(ปุ๋ยหวาน) 1ครั้งต่อสัปดาห์ ในปริมาณปุ๋ย 1:20 ลิตรดังรูปภาพที่ 10.

รูปภาพที่ 9 การดูแลช่วงประถม

รูปภาพที่ 10 การดูแลช่วงมัธยม

ในเดือนที่ 8 เป็นเดือนที่กำลังได้ผลผลิตแล้วต้นกล้วยโตแล้วเราจึงได้กำหนดให้ปุ๋ยชีวภาพ 1ครั้งต่อสัปดาห์ในปริมาณที่ 0.5:20ลิตร ระบบทำการให้ปุ๋ยแบบนี้ไปตลอด ดังรูปภาพที่ 11. แต่ได้กำหนดช่วงออกผลตามฤดูกาลให้ปุ๋ยบำรุง(ปุ๋ยหวาน) 1ครั้งต่อสัปดาห์ในปริมาณ0.5:20ลิตรดังรูปภาพที่ 12.

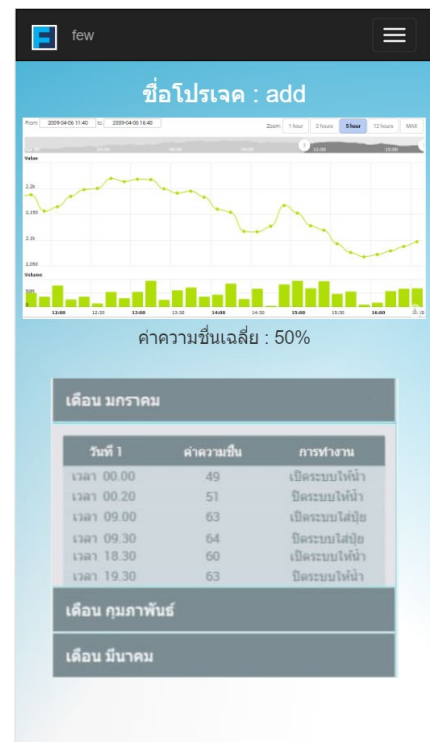
รูปภาพที่ 11 การดูแลช่วงปกติ

รูปภาพที่ 12 ออกผลตามฤดูกาล

ระบบการให้น้ำให้ปุ๋ยยังมีการตรวจวัดความชื้นในดินแบบ Real Time ดังรูปภาพที่ 13 แล้วนำมาวิเคราะห์ว่าควรให้น้ำหรือไม่ เพื่อให้ความชื้นในดินอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับต้นพืช นอกจากนี้ยังมีระบบการให้ปุ๋ยไปกับน้ำ แบบอัตโนมัติ ผ่านระบบ IoT (Internet of Things) ตามเวลาที่เหมาะสมกับที่พืชต้องการ โดยสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าเว็บ และยังสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนหลังของ การทำงาน ค่าความชื้น และค่าความชื้นที่เฉลี่ยในแต่ละวันได้ ดังรูปภาพที่ 14. ซึ่งระบบเหล่านี้จะทำให้เกษตรกรมีเวลามากขึ้น ได้ผลผลิตจากพืชนั้นมีคุณภาพมากขึ้นและยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของทรัพยากรและการจ้างแรงงาน มากขึ้นกว่าเดิม



รูปภาพที่ 13 เปิด-ปิด การให้น้ำและปุ๋ย



รูปภาพที่ 14 รายงานข้อมูลย้อนหลัง

4. สรุป

ประโยชน์	เกษตรแบบเก่า	เกษตรแบบแม่นยำสูง
ผลผลิต	ปานกลาง	เพิ่มขึ้น
ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน	ปานกลาง	ลดลง
ปัญหาความผิดพลาดจากคน	ปานกลาง	ลดลง
เวลาว่างของเกษตรกร	ต่ำ	เพิ่มขึ้น

จากบทความนี้ได้ทำให้ทราบว่า การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการเกษตรนั้นทำให้ลดค่าใช้จ่ายจากการจ้างแรงงาน และลดปัญหาความผิดพลาดจากคน (Human Error) แต่ก็ต้องเลือกเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ให้ถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และใช้ค่าใช้จ่ายให้น้อยลง และการนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการเกษตร ทำให้เกิดการเกษตรแบบใหม่ที่เรียกว่า "การเกษตรแบบแม่นยำ" นั้นสามารถตอบโจทย์ตรงส่วนนี้ได้

5. ข้อเสนอแนะ

1. สามารถเพิ่มหน้าต่าง GUI (Graphical User Interface) ให้ผู้ใช้ในการเพิ่มพารามิเตอร์ และตัวอุปกรณ์ เพื่อให้ผู้ใช้งานไปใช้งานได้สะดวกขึ้น
2. สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณปุ๋ย แล้วทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้เมื่อปริมาณปุ๋ยไม่เพียงพอในการให้ปุ๋ยครั้งถัดไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Precision Agriculture – เกษตรกรรมแบบแม่นยำสูง. ดร.ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. [Online] แหล่งที่มา : <https://www.gotoknow.org/posts/192658> , สืบค้นวันที่ 19 ต.ค. ปี 2561.
- [2] Acceleratign precision to decision agriculture (P2D). Jessica Koch. [Online] แหล่งที่มา : www.agrithai.org.au , สืบค้นวันที่ 20 ต.ค. ปี 2561
- [3] Moisture Sensor FC-28. แหล่งที่มา : <http://www.circuitstoday.com/arduino-soil-moisture-sensor>
- [4] Solenoid Valve. แหล่งที่มา : <https://is.gd/emagar>.
- [5] Relay Module 5 V 1 Channel. แหล่งที่มา : <https://www.arduinoall.com/product/309/โมดูลรีเลย์-relay-module>.
- [6] NodeMCU (ESP8266).แหล่งที่มา : <https://www.electroschematics.com/11276/esp8266-datasheet/>.
- [7] ArduinoIDE 1.8.7. แหล่งที่มา : <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.
- [8] Sublime Text 3. แหล่งที่มา : <https://www.sublimetext.com/3>.
- [9] XAMPP. แหล่งที่มา : <https://www.apachefriends.org/index.html>

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการคำนวณแบบคลาวด์เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอน Application of Cloud Computing Technology to Support Teaching Management

วรารพร กรีเทพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี คณะวิทยาการจัดการ

E-mail: warawork.2014@gmail.com / warapornk2018@udru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา มีวัตถุประสงค์คือ 1) ศึกษารูปแบบการใช้เทคโนโลยีคลาวด์กับกิจกรรมการเรียนการสอน 2) ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์กับกิจกรรมการเรียนการสอน 3) ประเมินรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่ประยุกต์ใช้ วิจัยดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะคือ 1. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ศึกษา กิจกรรมการเรียนการสอน และวิเคราะห์รูปแบบการใช้เทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสม 2. การดำเนินการใช้เทคโนโลยีคลาวด์ในกิจกรรมการเรียนการสอน 3. ประเมินรูปแบบเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน และนักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ จำนวน 115 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบกิจกรรมการเรียนการสอน แบบการวิเคราะห์รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่นำมาสนับสนุนกิจกรรมการเรียน และแบบประเมินรูปแบบเทคโนโลยี สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า การประยุกต์เทคโนโลยีคลาวด์ ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน ประกอบด้วย 8 กิจกรรมคือ 1) กิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน ใช้งาน โดย Website 2) กิจกรรมเช็คชื่อ ใช้งาน โดย Google Sheet 3) กิจกรรมใบงาน ใช้งาน โดย Google Classroom 4) กิจกรรมในห้องเรียน ใช้งาน โดย Google Sheet 5) กิจกรรมสอบย่อย ใช้งาน โดย Google Form 6) กิจกรรมให้คำปรึกษา ใช้งาน โดย Inbox จาก Facebook 7. กิจกรรมการนำเสนอผลงานของนักศึกษา ใช้งาน โดย Page จาก Face book และ Youtube 8. กิจกรรมข่าวสาร ใช้งาน โดย Group จาก Facebook ส่วนผลการประเมินรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่ประยุกต์ใช้สนับสนุนกิจกรรมการเรียนนั้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.50)

คำสำคัญ: เทคโนโลยีคลาวด์, การจัดการเรียนการสอน

ABSTRACT

The purposes of this research and development were to 1) study the use of cloud computing technology in teaching management 2) apply the cloud computing technology in teaching management, and 3) evaluate the appropriateness of the cloud computing technology used. Research methodology was divided into three stages: 1) studying relevant literature about the cloud technology designs and teaching management, 2) applying the cloud computing technologies in teaching, and 3) Evaluating the appropriateness of the cloud computing technology designs that were used in teaching. The samples were eight experts in

intelligence management information system and 115 Business Computer students. The instruments used in this research were the teaching management form, the cloud technology analysis interview form, and appropriateness of cloud computing technology evaluation form. Data were analyzed by using the statistic of Mean and Standard Deviation. The research findings showed that there were eight appropriate cloud computing technologies for supporting teaching including 1) searching for content from webpages , 2) checking class attendance by using the Google Sheets, 3) exercise paper via the Google Classroom , 4) classroom activities by using the Google Sheets, 5) quizzes by using the Google Form, 6) counseling via the Facebook Inbox, 7) student work presentation in the Facebook Page, and 8) news activities via the Group of the Facebook. The students agreed that to apply these cloud computing technologies in teaching management was appropriate in a very good level (Mean = 4.62, S.D. = 0.50).

KEYWORDS: Cloud Technology, Teaching Management

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีคลาวด์ (Cloud Computing Services) ได้นำระบบซอฟต์แวร์และแอปพลิเคชันต่างๆ อาทิ ด้านการจัดเก็บไฟล์ข้อมูล งานเอกสาร งานคำนวณ งานฟอรัม งานเผยแพร่ โดยนำไว้ที่เครื่องแม่ข่ายกลางในระบบอินเทอร์เน็ต โดยผู้ลงทะเบียนใช้งานสามารถล็อกอิน เพื่อใช้งานระบบซอฟต์แวร์ต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ระบบคลาวด์ จึงถือเป็น เทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยให้การดำเนินงานขององค์กร ได้หลากหลาย และยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน สร้างความหลากหลาย ทางด้านทรัพยากรและการเรียนรู้ โดยการนำแนวทางของเทคโนโลยีคลาวด์ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตของมหาวิทยาลัย หรือระบบอินเทอร์เนตระบบเครือข่ายโทรศัพท์ของผู้สอนและผู้เรียนเองโดยตรง โดยทั้งผู้สอนและผู้เรียนไม่จำเป็นต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง หรือซอฟต์แวร์แอปพลิเคชันเฉพาะทาง ทั้งนี้เพื่อลดความซับซ้อน ความยุ่งยาก อีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงาน และลด ค่าใช้จ่าย รองรับการใช้งานที่หลากหลาย สามารถ ทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวิธีการจัดการ โดยมุ่งเน้นการจัด สภาพแวดล้อมทางการเรียน ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน เป็นกลุ่ม ๆ โดยที่สมาชิกแต่ละคนต้องมีส่วนร่วมใน การเรียนรู้และในความสำเร็จของกลุ่ม (ธนยศ สิริโชค, 2555) ซึ่งวาฤทธิ์ กันแก้ว และ ฉมน จีรังสุวรรณ (2558) ได้ศึกษาการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษา ระดับอุดมศึกษา ในแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ให้เกิดความร่วมมือกันในกลุ่มผู้เรียน เกิดการระดมสมองในกลุ่ม โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ ได้แก่ Google Plus, Google Doc, Google Drive, Google Hangouts และ Youtube ในการสนับสนุนกิจกรรมการเรียนในเรื่อง การสร้างผลงาน การนำเสนอผลงาน อภิปราย และสรุปผล ซึ่งสอดคล้องกับ สิริพล แสนบุญส่ง (2560) ที่ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้าน โดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ ได้แก่ Google Docs, Google Drawing, MindMup, EDpuzzle, Google Slides, Edmodo, Google Hangout และ Gmail ในขณะที่ วิษญา รุ่งสุวรรณ , ดวงกมล โพธิ์นาค และปรวิวัฒน์ วิสูตรศักดิ์ (2558) ได้ศึกษารูปแบบระบบการจัดการเรียนการสอนบนเทคโนโลยีก้อนเมฆ เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนด้าน

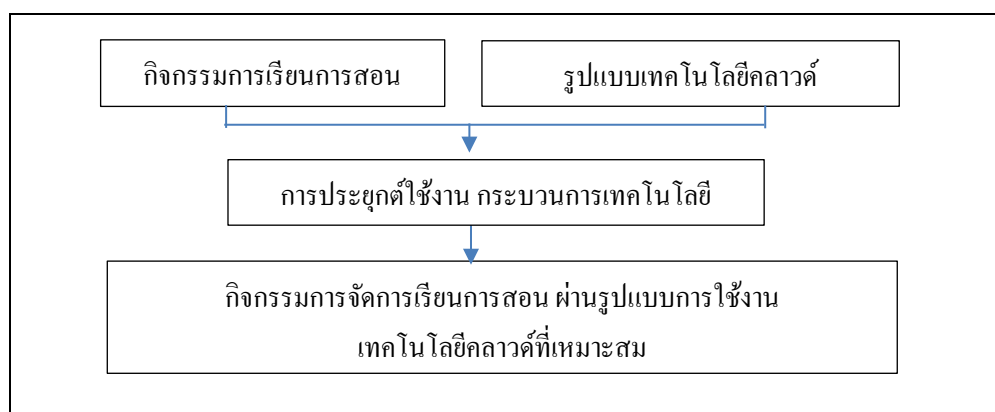
คอมพิวเตอร์ และเห็นว่าสามารถประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคลาวด์ ในกิจกรรมการเรียนได้ 6 รูปแบบคือ 1) เอกสาร อิเล็กทรอนิกส์ที่รวมทั้งภาพวิดีโอ 2) เอกสารนำเสนอ งาน 3) เอกสารในรูปแบบ PDF 4) เอกสารตารางงาน 5) สื่อวิดีโอ และ 6) สื่อการเรียนการสอน (CAD)

ปัจจุบันผู้วิจัยทำการสอนในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ในรายวิชาที่รับผิดชอบ นั้นได้มุ่งเน้นให้ผู้เรียน มีพัฒนาการทางความรู้ ทักษะ ปัญญา รวม 5 ด้านคือ 1.คุณธรรม จริยธรรม 2. ความรู้ 3. ทักษะทางปัญญา 4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และ 5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้วยการจัดการเรียนทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบปฏิบัติงานรายบุคคล รายกลุ่ม ทำชิ้นงานรายบุคคล รายกลุ่ม ทำใบงานรายบุคคล รายกลุ่ม การนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน การสอบย่อย การมีส่วนร่วมต่อกิจกรรมการเรียน เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้เล็งเห็นของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ เพื่อมาสนับสนุนกิจกรรมและกระบวนการเรียนการสอนดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้ นักศึกษา สามารถมีส่วนร่วม และเข้าถึงกิจกรรมการเข้าเรียน การส่งงาน การทดสอบความรู้ ได้สะดวกยิ่งขึ้น และสามารถเป็นตัวอย่าง การจัดกระบวนการเรียนการสอน ให้กับผู้สอนท่านอื่นที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ศึกษารูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ กับการจัดการเรียนการสอน
- 2) ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์กับกิจกรรมการเรียนการสอน
- 3) ประเมินรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ที่ประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอน

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์สนับสนุนการจัดการเรียนการสอน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

ระยะที่ 1 การศึกษากิจกรรมการเรียนการสอน และวิเคราะห์รูปแบบการใช้เทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสม การดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารแนวทางการเรียนการสอน และ สรุปประเภทกิจกรรมงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน

2) ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์กับการเรียนการสอน

3) วิเคราะห์รูปแบบการใช้เทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสม การจัดการเรียนการสอน จากประเภทของบริการ คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Service Models)

ระยะที่ 2 ดำเนินการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ในกิจกรรมการเรียนการสอน ผ่านกระบวนการเทคโนโลยี 7 ขั้นตอนนี้ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) รวบรวมข้อมูล 3) เลือกวิธีการ 4) ออกแบบและปฏิบัติงาน 5) ทดสอบ 6) ปรับปรุงแก้ไข 7) ประเมินผล (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554)

ระยะที่ 3 ประเมินความคิดเห็นต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์กับการจัดการเรียนการสอน จากผู้เรียนที่ได้ใช้งานจริง โดยวัดความเหมาะสมของรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่นำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งประเมินด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 ท่าน ได้เลือกแบบเจาะจง โดยเป็นผู้สอนที่มีประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องอย่างน้อย 5 ปี

2) นักศึกษาสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาจำนวน 115 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง จากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาการจัดการโครงการ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ รูปแบบการใช้เทคโนโลยีคลาวด์ เพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนการสอน

ตัวแปรตาม คือ ความเหมาะสม ของรูปแบบการใช้งานเทคโนโลยีคลาวด์

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) แบบกิจกรรมการเรียนการสอน ในรายวิชาการวางแผนและจัดการโครงการ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

2) แบบวิเคราะห์รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน มี 2 ส่วนคือ

1) ความคิดเห็นที่มีต่อองค์ประกอบของกิจกรรมการเรียน 2) การวิเคราะห์รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียน

3) แบบประเมินความคิดเห็นต่อรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่นำมาสนับสนุนกิจกรรมการเรียน ในด้านความเหมาะสมของรูปแบบเทคโนโลยี จากประโยชน์ที่ได้รับ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความสะดวก ด้านความประหยัด ด้านการรักษาความปลอดภัย และด้านความรวดเร็วในการสื่อสาร สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) เครื่องมือแบบกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาการวางแผนและจัดการโครงการ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลจากเอกสาร มคอ.3 รายละเอียดของรายวิชาดังกล่าว

2) เครื่องมือแบบวิเคราะห์รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน ได้เก็บรวบรวมข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญโดยการสัมภาษณ์ และการประชุมรวมกลุ่มเพื่อหาข้อสรุปแนวทางการประยุกต์ใช้รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน

3) เครื่องมือแบบประเมินความคิดเห็นต่อรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่นำมาสนับสนุนกิจกรรมการเรียน ได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 115 คน โดยเก็บค่าคะแนนประสิทธิภาพ 5 ระดับ คือ 5 คือระดับมากที่สุด 4 คือระดับมาก 3 คือระดับปานกลาง 2 คือ ระดับน้อย และ 1 คือ ระดับน้อยที่สุด

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยได้ใช้การวิเคราะห์แบบสรุปเนื้อหาเชิงบรรยาย และการวิเคราะห์ผลการประเมินความคิดเห็นต่อรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่ประยุกต์ใช้กับกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. สรุปผลการวิจัย

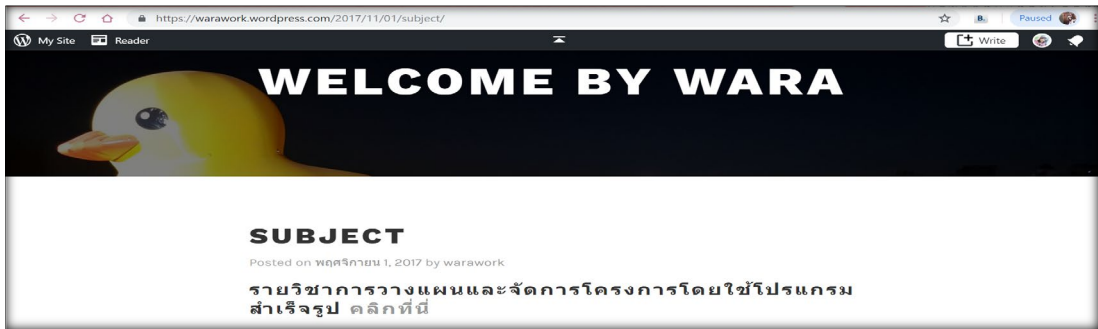
1) ศึกษารูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์ กับการจัดการเรียนการสอน พบว่า จาก มคอ.3 ของรายวิชาการวางแผนและจัดการโครงการ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป มีกิจกรรมการเรียนการสอน ประกอบด้วย 8 กิจกรรม คือ 1. กิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน 2. กิจกรรมเช็คชื่อมาเรียน 3. กิจกรรมส่งใบงานในรูปแบบงานเอกสาร 4.กิจกรรมมีส่วนร่วมในห้องเรียน 5. กิจกรรมสอบย่อย 6.กิจกรรมให้คำปรึกษา 7. กิจกรรมแสดงผลงานนักศึกษา และ 8. กิจกรรมแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา โดยได้ดำเนินการวิเคราะห์รูปแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าว สามารถนำเสนอได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ที่เหมาะสมกับกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน

รายการกิจกรรมการเรียนการสอน	รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ที่นำมาประยุกต์ใช้	ลักษณะการให้บริการของคลาวด์
1. กิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน	Website By WordPress	Platform as a Service (PaaS)
2. กิจกรรมเช็คชื่อมาเรียน	Google Sheet	Software as a Service (SaaS)
3. กิจกรรมส่งใบงาน	Google Classroom	
4. กิจกรรมมีส่วนร่วมในห้องเรียน	Google Sheet	
5. กิจกรรมสอบย่อย	Google Form	
6. กิจกรรมให้คำปรึกษา	Inbox on Facebook	
7. กิจกรรมแสดงผลงานนักศึกษา	Page on Facebook และ Youtube	
8. กิจกรรมแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา	Group on Facebook	

2) การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์กับกิจกรรมการเรียนการสอน สามารถนำเสนอรูปแบบวิธีการได้ ดังนี้

1. กิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน รายวิชาการวางแผนและจัดการ โครงการ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จำนวน 9 บทเรียน ได้สร้างWebsite จาก WordPress URL : <https://warawork.wordpress.com/> ซึ่งนักศึกษาสามารถศึกษาเนื้อหาบทเรียนได้ตลอดเวลา ดังภาพที่ 2



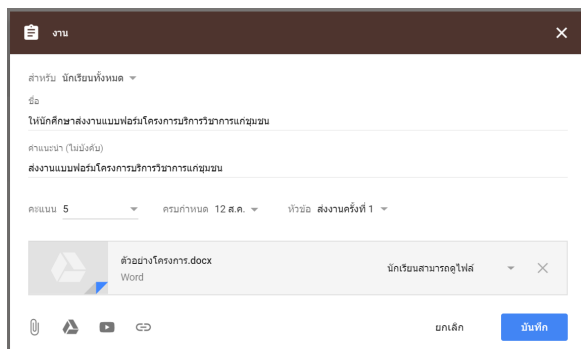
ภาพที่ 2 website สำหรับศึกษาเนื้อหาบทเรียน

2. กิจกรรมเช็คชื่อมาเรียน ซึ่งจะเช็คชื่อนักศึกษาที่เข้าเรียนในวัน เวลา ที่มีเรียน โดยผู้เรียนจะมีส่วนร่วมในการลงชื่อมาเรียนด้วยตัวเอง และผู้สอนสามารถควบคุมเวลาการลงชื่อ สามารถป้องกันการลงชื่อมาเรียนได้ และสามารถคำนวณจำนวนครั้งการเข้าเรียนได้ ได้ประยุกต์การใช้งานโดย Google Sheet ดังภาพที่ 3

ลำดับ	รหัสนักศึกษา	ชื่อนักศึกษา	เบอร์โทรศัพท์	19 สค 61	26 สค 61	9 กย 61	16 กย 61	30 กย 61
29	60200427110	นางสาวสุวิรัตน์ พายรินทร์	061-9739865	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
30	60200427111	นางสาวกนกวรรณ มาพูน	981171713	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
31	60200427112	นางสาวโพลีน ศรีสกุล	092-6847769	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
32	60200427113	นางสาวอริษา คำแพงเพชร	093-4945100	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
33	60200427114	นางสาวดวงรัตน์ จันทร์แก้ว	090-8570161	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
34	60200427115	นางสาวอุษา ทองทาสี	083-3535433	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
35	60200427116	นางสาวกัญญาพร คำศาล	098-1578229	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
36	60200427118	นายณัฐพล ดินวิเศษ	063-0484079	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
37	60200427119	นางสาวสุพิชชา ไกรวิชัย	088-327-8292	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
38	60200427120	นายพลลีนทร์ ศรีนาง	093-253-0968	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
39	60200427121	นางสาวรัฐสุดา บุญมาก	085-0032876	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
40	60200427122	นางสาวปวีญา ภูมิเพ็ง	087-9609719	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
41	60200427123	นายศศิธรณ์ ไร่ยวงส์	098-1247587	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน
42	60200427125	นางสาวรัตนาภรณ์ เบ้าวรรณ	093-5454240	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน	มาเรียน

ภาพที่ 3 ตารางการลงชื่อมาเรียน โดยใช้ Google Sheet

3. กิจกรรมส่งใบงานในรูปแบบงานเอกสาร มีรูปแบบกิจกรรมดังนี้ ผู้สอนแจ้งรายละเอียดใบงานให้นักศึกษาส่งใบงานแบบไฟล์เอกสารได้ นักศึกษาสามารถแสดงความคิดเห็นได้เป็นรายบุคคลได้ ผู้สอนสามารถตรวจและแจ้งคะแนนการตรวจงานได้ ผู้สอนสามารถรวมคะแนนใบงานได้ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้งานโดย Google Classroom ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กิจกรรมใบงาน ประยุกต์ใช้โดย Google Classroom

4. กิจกรรมการมีส่วนร่วมในห้องเรียน อาจารย์ผู้สอนจะสามารถลงรายละเอียดข้อมูลได้ สามารถป้องกันข้อมูลได้ ผู้เรียนสามารถเห็นข้อมูลได้แบบ Real Time ซึ่งได้ประยุกต์ใช้งานโดย Google Sheet ดังภาพที่ 5

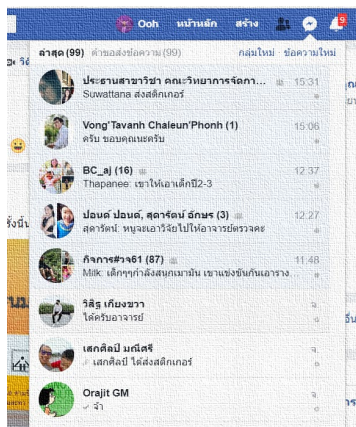
ลำดับ	รหัสนักศึกษา	ชื่อนักศึกษา	เบอร์โทรศัพท์	30 สค 61	7 กย 61
19	58040427253	นางสาวศรีประภา วิริยะ	088-5163269		
20	58040427256	นายณัฐนันท์ เหล่าทองสาร	082-1211646		
21	60200427103	นายณัฏฐวัฒน์ วิเศษชัย	093-3699271	เฉลี่ยใบงาน	
22	60200427104	นายเอกไทย ประเสริฐศรี	093-4172281	เฉลี่ยใบงาน	
23	60200427105	นางสาวสิมพร นิตสังขันธ์	095-8162938	เฉลี่ยใบงาน	
24	60200427106	นางสาวกัญญา ใจน้ำ	093-5253431	เฉลี่ยใบงาน	
25	60200427107	นางสาววิษวรรณ อนันต์ไพฑูริย์	094-2890473	เฉลี่ยใบงาน	
26	60200427108	นางสาววิชชา วงศ์ชัย			
27	60200427109	นางสาวชวีรัตน์ ไตรยราช	065-4793493	เฉลี่ยใบงาน	เฉลี่ยใบงาน
28	60200427110	นางสาวสุวิรัตน์ พายรินทร์	061-9739865	เฉลี่ยใบงาน	เฉลี่ยใบงาน
29	60200427111	นางสาวกวรรณ มาตุผล	981171713	เฉลี่ยใบงาน	เฉลี่ยใบงาน
30	60200427112	นางสาวโพธิ์น ศรีสกุล	092-6847769		
31	60200427113	นางสาวอติมา คำแพงเพชร	093-4945100		
32	60200427114	นางสาวดวงรัตน์ จันทรินทร์	090-8570161		เฉลี่ยใบงาน

ภาพที่ 5 ตารางข้อมูลการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน โดยใช้ Google Sheet

5. กิจกรรมสอบย่อย อาจารย์ผู้สอนจะจัดทำแบบทดสอบ ในรูปแบบคำถามอัตนัย และปรนัย สามารถป้องกันการตอบซ้ำ และสามารถแจ้งผลคะแนนการทำแบบทดสอบหลังทำแบบทดสอบเสร็จได้ ซึ่งได้ประยุกต์ใช้งานจาก Google Form ดังภาพที่ 6

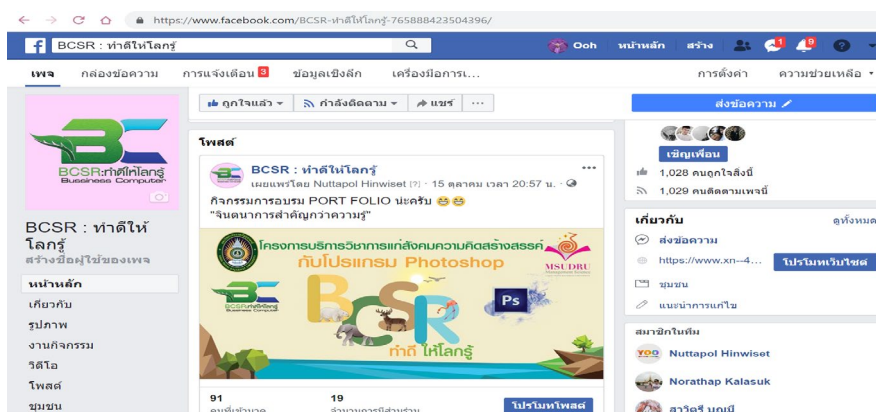
ภาพที่ 6 แบบคำถาม โดยใช้ Google Form

6. กิจกรรมให้คำปรึกษา ผู้เรียนสามารถขอคำปรึกษาผู้สอน ในแบบข้อความ และมีความเป็นส่วนตัว โดยการใช้ Inbox จาก Facebook ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กิจกรรมขอคำปรึกษา โดยประใช้ Inbox จาก Facebook

7. กิจกรรมแสดงผลงานนักศึกษา สามารถแสดงผลงานนักศึกษาได้ โดยนักศึกษาเป็นผู้นำเสนอผลงานด้วยตนเอง ผู้สอนสามารถควบคุมกำหนดสิทธิ์ให้กับนักศึกษาได้ โดยประยุกต์ใช้งาน เพจ บน Facebook และ Youtube ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เพจ บน Facebook ชื่อเพจ “BCSR” สำหรับการนำเสนอผลงานนักศึกษา

8. กิจกรรมแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา เป็นพื้นที่สำหรับการแจ้งข่าวสารระหว่างผู้สอนกับนักศึกษา โดยสามารถกำหนดสมาชิกในการรับรู้ข่าวสารได้ โดยการใช้งาน Group จาก Facebook ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กลุ่มปิด บน Facebook สำหรับแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา

3) ผลการประเมินรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ที่ประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอน

ตาราง 2 ผลการประเมินความเหมาะสม ต่อรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่ประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอน

กิจกรรมการเรียนการสอน	รูปแบบเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้	\bar{X}	S.D.	ระดับความเหมาะสม
1. กิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน	Webpage	4.63	0.52	มากที่สุด
2. กิจกรรมเช็คชื่อมาเรียน	Google Sheet	4.66	0.49	มากที่สุด
3. กิจกรรมส่งใบงาน	Google Classroom	4.62	0.50	มากที่สุด
4. กิจกรรมมีส่วนร่วมในห้องเรียน	Google Sheet	4.58	0.49	มากที่สุด
5. กิจกรรมสอบย่อย	Google Form	4.60	0.51	มากที่สุด
6. กิจกรรมให้คำปรึกษา	Inbox on Facebook	4.67	0.49	มากที่สุด
7. กิจกรรมแสดงผลงานนักศึกษา	Page on Facebook และ Youtube	4.59	0.51	มากที่สุด
8. กิจกรรมแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา	Group on Facebook	4.61	0.49	มากที่สุด
รวม		4.62	0.50	มากที่สุด

จากตาราง 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ กับการประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอน พบว่า ผู้เรียนประเมินความเหมาะสมให้ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.50) โดยการใช้ประยุกต์ใช้ Inbox on Facebook กับกิจกรรมให้คำปรึกษามีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$, S.D. = 0.49) การประยุกต์ใช้ Google Sheet กับกิจกรรมเช็คชื่อมาเรียน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.49) การประยุกต์ใช้ Webpage กับกิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.52) การประยุกต์ใช้ Google Classroom กับกิจกรรมส่งใบงาน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.62$, S.D. = 0.50) การประยุกต์ใช้ Group on Facebook กับกิจกรรมกิจกรรมแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, S.D. = 0.49) การประยุกต์ใช้ Google Form กับกิจกรรมสอบย่อย มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.51) การประยุกต์ใช้ Page on Facebook และ Youtube กับกิจกรรม

แสดงผลงานนักศึกษา มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.51) และการประยุกต์ใช้ Google Sheet กับกิจกรรมมีส่วนร่วมในห้องเรียน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.58$, S.D. = 0.49) ตามลำดับ

6. อภิปรายผล

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคลาวด์สนับสนุนการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 8 กิจกรรม ดังนี้ 1. กิจกรรมศึกษาเนื้อหาบทเรียน 2. กิจกรรมเช็คชื่อมาเรียน 3. กิจกรรมส่งใบงานในรูปแบบงานเอกสาร 4. กิจกรรมมีส่วนร่วมในห้องเรียน 5. กิจกรรมสอบย่อย 6. กิจกรรมให้คำปรึกษา 7. กิจกรรมแสดงผลงานนักศึกษา และ 8. กิจกรรมแจ้งข่าวสารแก่นักศึกษา ซึ่งเทคโนโลยีคลาวด์ ที่ประยุกต์ใช้คือ 1. Webpage 2. Google Sheet 3. Google Classroom 4. Google Form 5. Inbox on Facebook 6. Page on Facebook 7. Youtube และ 8. Group on Facebook ทั้งนี้การประยุกต์ใช้รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ได้ใช้แนวทางของ ธนยศ สิริโชค (2555) โดยมุ่งเน้นในประเด็นสำคัญในด้านการลดความซับซ้อน ความยุ่งยาก ลดค่าใช้จ่าย สามารถทำงานร่วมกัน เรียนรู้ร่วมกันได้ ซึ่งรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่ออกแบบไว้ครั้งนี้มี มีรูปแบบเทคโนโลยีที่นำมาสนับสนุนกิจกรรมการเรียน จำนวน 8 กิจกรรม ดังกล่าว ซึ่งมีความแตกต่างจากการออกแบบกิจกรรมการเรียนของ วิชญา รุ่งสุวรรณ, ดวงมล โพธิ์นาค และปรวิวัฒน์ วิสูตรศักดิ์ (2558) ที่พบว่ารูปแบบระบบการจัดการเรียนการสอนบนเทคโนโลยีก่อนเมฆนั้น มีกิจกรรมการเรียน 6 รูปแบบที่เหมาะสมคือ 1) เอกสาร อิเล็กทรอนิกส์ที่รวมทั้งภาพวิดีโอ 2) เอกสารนำเสนอ งาน 3) เอกสารในรูปแบบ PDF 4) เอกสารตารางงาน 5) สื่อวิดีโอ และ 6) สื่อการเรียนการสอน (CAI) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการวิเคราะห์รูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอนมีเทคนิค และหลักการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน แต่สำหรับรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้พบว่า มีความสอดคล้องกับ วาฤทธิ์ กันแก้ว และ ฉมน จีรังสุวรรณ (2558) ที่พบว่ารูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษานั้น ได้แก่ Google Doc, Google Drive และ Youtube สำหรับการสนับสนุนกิจกรรมการเรียนในเรื่อง การสร้างผลงาน การนำเสนอผลงาน อภิปราย และสรุปผล แต่มีความแตกต่างจากงานของ ศิริพล แสนบุญส่ง (2560) ที่เลือกใช้รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ในการสำหรับสร้างเนื้อหา คือ Google Docs แต่ผู้วิจัยได้สร้างเนื้อหาผ่าน website จาก WordPress ทั้งนี้ด้วยเห็นว่าเป็นรูปแบบการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมสำหรับการสืบค้นเนื้อหาวิชาได้อย่างสะดวกง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล และจากรูปแบบคลาวด์เทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จะเห็นได้ว่าผู้วิจัยได้เลือกใช้บริการในรูปแบบการให้บริการในแบบ Software as a Service (SaaS) และ Platform as a Service (PaaS) ทั้งนี้เนื่องจากการประมวลผลบนระบบของผู้ให้บริการ ทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องลงทุนในการสร้างระบบคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์เอง ไม่ต้องกังวลเรื่องค่าใช้จ่ายในการดูแลระบบ เพราะซอฟต์แวร์จะถูกเรียกใช้งานผ่านระบบคลาวด์ จากที่ไหนก็ได้ เพียงแค่ผู้ใช้งานมีการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ต และจากการประเมินรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมการเรียนการสอน พบว่าผู้เรียนเห็นว่ารูปแบบเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับกิจกรรมการเรียนการสอน มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องด้วยนักศึกษาได้รับความสะดวกในการใช้งาน ลดความยุ่งยาก ลดค่าใช้จ่าย สามารถทำงานร่วมกัน เรียนรู้ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

(1) รูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์ที่ ออกแบบสำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนในครั้งนี้ สามารถนำไปปรับใช้กับรายวิชาอื่นๆ ที่มีลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอนในลักษณะเดียวกันได้

(2) ผู้สอนควรมีการเปิดใช้งาน Internet ในโทรศัพท์มือถืออยู่ตลอดเวลา เพื่อสามารถรับรู้ การติดต่อสื่อสารกับผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง หากแต่ควรกำหนดเวลาร่วมกันกับผู้เรียนถึงช่วงเวลาในการติดต่อสื่อสาร

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

(1) ควรมีการศึกษาวิจัยถึงรูปแบบกิจกรรมการเรียนการสอน และเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับการเรียนรู้ที่เหมาะสม และสอดคล้องต่อการพัฒนาศักยภาพนักศึกษาในทักษะการเรียนรู้ 5 ด้าน

(2) การออกแบบกิจกรรมการเรียนสอนในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า มี 8 กิจกรรมที่ได้นำรูปแบบเทคโนโลยีคลาวด์มาประยุกต์ใช้ ควรนำไปเป็นฐานข้อมูลเพื่อศึกษาถึงแนวทางพัฒนาแผนการดำเนินงานของรายวิชาและสร้างกลยุทธ์ทางการจัดการเรียนการสอนของรายวิชา

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีสำหรับการให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญ และและนักศึกษาจากสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ทุกคนที่มีส่วนร่วมด้วยดีตลอดการดำเนินงานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

ชนยศ สิริโชค. (2555). แนวคิดในการจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนการสอนแบบร่วมมือกับนักเรียนบนคลาวด์คอมพิวเตอร์. *วารสารการอาชีวศึกษาและเทคโนโลยีศึกษา*, 2 (3), 36–43.

วาฤทธิ์ กันแก้ว และณมน จิรังสุวรรณ. (2558). การออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 6(1), 197–204.

วิษญา รุ่งสุวรรณ, ดวงกมล โพธิ์นาค และปรวิวัฒน์ วิสูตรศักดิ์. (2558). รูปแบบระบบการจัดการเรียนการสอนบนเทคโนโลยีก้อนเมฆ เพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนด้านคอมพิวเตอร์. *วารสารปัญญาภิวัฒน์*, 7(2), 169–181.

ศิริพล แสนบุญส่ง. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ห้องเรียนกลับด้านโดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคอมพิวเตอร์สำหรับครูของนักศึกษาปริญญาตรี. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์* 11(พิเศษ), 133-146.

สถาบันส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. (2544). *การจัดการระบบการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม*. เชียงใหม่: เชียงใหม่ บี เอส การพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). กระบวนการเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ:

การออกแบบและเทคโนโลยี.

ศุภฉา พรหมบุญ และ อรพรรณ พรสีมา. (2549). การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม

ร่วม : ต้นแบบการเรียนรู้ทางด้านหลักทฤษฎีและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการ
การศึกษาแห่งชาติ.

จริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0

Ethics in Information and Communication Technology in the Thailand 4.0 Era

สุรัสวดี สร้อยมาลี

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: surasawadee.s58@rsu.ac.th

ปานชนก แพร่พิพัฒน์มงคล

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: panchanok.p58@rsu.ac.th

นครินทร์ อ้นชู

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: nakalin.a58@rsu.ac.th

อักษรภาค กุลสุวรรณ

วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: aksarapak.k58@rsu.ac.th

สุทธิศักดิ์ จันทวงษ์โส

อาจารย์ประจำ วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: suddisak.j@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

การเขียนบทความครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยนั้น ได้ก้าวเข้าสู่ยุคประเทศไทย 4.0 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะช่วยส่งเสริมเทคโนโลยีให้ก้าวหน้า โดยมีทรัพยากรมนุษย์เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดความก้าวหน้าและทันสมัยอยู่เสมอ แต่การมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีย่อมมีผลเสียตามมา เช่น การจรรยาบรรณข้อมูลต่างๆ สามารถเกิดขึ้นได้ง่าย หรือการนำข้อมูลของผู้อื่นไปใช้ในทางที่ผิดย่อมทำให้เกิดความเสียหาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทรัพยากรมนุษย์ไม่มีจริยธรรมหรือคำนึงถึงหลักความถูกต้อง ในบทความนี้ผู้เขียนจึงได้ทำการศึกษาหลักจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 เพื่อสร้างแนวทางหรือเป็นพื้นฐานในการปฏิบัติตนของผู้ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

คำสำคัญ: จริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ประเทศไทยยุค 4.0

ABSTRACT

The main objective of this article is to study the ethical issues related to Information and Communication Technology (ICT) in the Thailand 4.0 initiative. Thailand has now entered the Thailand 4.0 era. The aim of the Thailand 4.0 initiative is used human resource as a key driver to promote the advancement in technologies; and keeping the technologies up to date. However, there will be consequences, if the we focus on the technologies alone. For example, the issues of data theft and misuse of information can easily be happened. These issues can cause the damage; especially if humans do not behave ethically or morally. Therefore, the authors and the team would like to investigate on the issues of ethics related to ICT in the Thailand 4.0 era to be the guideline for the ICT users.

KEYWORDS: Ethics, Information and Communication Technology, Thailand 4.0

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังเข้าสู่ยุค 4.0 (Thailand 4.0) ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ โดยมีกรอบระยะเวลาดำเนินการ 20 ปี ทรัพยากรมนุษย์ คือ หนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ช่วยในการขับเคลื่อนประเทศ โดยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไอซีที (ICT) เทคโนโลยีถูกนำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อลดบทบาทของมนุษย์ และเพิ่มศักยภาพในการใช้ความคิดเพื่อข้ามขีดจำกัด สร้างสรรค์พัฒนาสิ่งใหม่ๆ ซึ่งในปัจจุบันทรัพยากรมนุษย์ดำเนินชีวิตผูกติดกับดิจิทัลทั้งการใช้อินเทอร์เน็ต ซื้อขายออนไลน์ อีคอมเมิร์ซ ทำธุรกรรมการเงินผ่านแอปพลิเคชัน

ในขณะที่เดียวกันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่ก้าวหน้าจึงส่งผลให้การไหลของข้อมูลไม่ถูกจำกัดด้วยพรมแดน ผู้ใช้เทคโนโลยีสามารถเข้าถึงข้อมูลที่สำคัญได้ง่ายไม่ว่าจะเป็น ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลธุรกิจ และข่าวสาร ปัจจุบันสื่อมวลชนไม่ได้เป็นสิ่งเดียวที่ทำหน้าที่นำเสนอข่าวสารสู่สาธารณะ แต่ทรัพยากรมนุษย์ทุกคนสามารถเป็นสื่อได้ด้วยเครือข่ายสังคมออนไลน์ (online) ที่เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของทรัพยากรมนุษย์ ทำให้การได้รับข้อมูลข่าวสารเป็นไปอย่างรวดเร็วและถูกส่งต่ออย่างอิสระบนโลกออนไลน์โดยไม่ผ่านการไตร่ตรองที่ดีถ้วน ในหลายเหตุการณ์ก็กลายเป็นสิ่งที่ไม่มีความมาตรฐานในการรับส่งข้อมูลข่าวสาร ดังนั้นควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับการรับและเข้าถึงข้อมูลนั้นๆ ผู้ใช้เทคโนโลยีรวมถึงผู้ประกอบการควรตระหนักถึงคุณธรรมและจริยธรรมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้มากขึ้นกว่าที่ผ่านมา จากเหตุการณ์ข้างต้นความรวดเร็วของเทคโนโลยีมีผลทำให้ทรัพยากรมนุษย์ไม่เกิดการยับยั้งชั่งใจในการรับข้อมูลข่าวสารจึงทำให้ผู้ใช้เทคโนโลยีควรตระหนักถึงจริยธรรมให้มากยิ่งขึ้น

สุชนา ศิลมัฐ (2553) กล่าวว่า จริยธรรมสารสนเทศ หมายถึง แบบแผนควบคุมความประพฤติของคนในสังคมให้อยู่ในกรอบของความดีงาม จริยธรรมจึงเปรียบเสมือนเครื่องมือที่ช่วยให้คนในสังคมเลือกกระทำในสิ่งที่ถูกต้อง แต่ไม่ได้มีลักษณะเป็นข้อบังคับที่ชัดเจนแน่นอนเหมือนกับกฎหมาย เพราะจริยธรรมเป็นเรื่องคุณค่าทางจิตใจ คือความรู้สึกผิดถูก ดีชั่ว ที่อยู่ภายในจิตใจคน

กรรวิ แก้วประดับเพชร (2557) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการจัดเก็บข้อมูล ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จะมีประโยชน์มากเพียงไรก็ตาม หากพิจารณาอีกด้านหนึ่งแล้ว คอมพิวเตอร์ก็อาจจะเป็นภัยได้เช่นกัน หากผู้ใช้ไม่ระมัดระวังหรือนำไปใช้ในทางที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้น ในการใช้งานคอมพิวเตอร์ร่วมกันในสังคม ในแต่ละประเทศ จึงได้มีการกำหนดระเบียบ กฎเกณฑ์ รวมถึงกฎหมายที่ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้เกิดคุณธรรมและจริยธรรมในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติควบคู่ไปกับกฎหมายในการใช้ชีวิตประจำวันเพื่อให้ไม่เบียดเบียนและส่งผลกระทบต่อผู้อื่น

ผู้เขียนจึงเห็นควรที่จะศึกษาว่ามีกรอบจริยธรรมใดที่สามารถครอบคลุมและสอดคล้องกับกรอบจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 บทความนี้เป็นบทความเบื้องต้นสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาแต่ไม่คุ้นเคยกับเรื่องจริยธรรมและบทบาทด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาบริบทของจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
2. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0
3. เพื่อศึกษาจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 จากมุมมองนักศึกษา

3. บริบทของจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ในหัวข้อนี้ผู้เขียนจะกล่าวถึงคำนิยามของจริยธรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารรวมถึงประเด็นและปัญหาที่เกี่ยวข้อง ส่วนความหมายของคำว่าเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารและประเทศไทยยุค 4.0 จะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ยุคประเทศไทยยุค 4.0 ซึ่งเป็นยุคที่ข้อมูลข่าวสารแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวางไร้พรมแดน โดยมีตัวขับเคลื่อนที่เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทำให้มีการใช้งานคอมพิวเตอร์ร่วมกันในสังคมโดยมีการกำหนดกฎระเบียบ รวมถึงกฎเกณฑ์ที่ใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติเพื่อให้เกิดจริยธรรมในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมากยิ่งขึ้น แต่มีผู้ที่ประพฤตินั้นไม่เหมาะสมปะปนอยู่และสร้างปัญหาให้กับผู้อื่นอยู่เสมอ ในส่วนของจริยธรรมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มีผู้ที่ให้คำนิยามไว้ดังนี้

ตราวุธ ช้วนเศษ (2556) กล่าวว่า “จริยธรรมในการใช้คอมพิวเตอร์จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องปลูกฝังให้กับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้รู้จักการใช้งานที่เหมาะสม ในเรื่องการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้นำไปใช้งานที่เป็นประโยชน์เชิงสร้างสรรค์หรือทางบวก มิใช่นำไปใช้ในทางที่ไม่ดีอย่างเช่นที่เกิดขึ้นเสมอมา”

ชนิดดา อินทรสาร (2558) กล่าวว่า “ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและความนิยมใช้อินเทอร์เน็ตอย่างแพร่หลาย ทำให้ผู้ใช้คอมพิวเตอร์สามารถจัดเก็บข้อมูลส่วนบุคคลหรือข้อมูลส่วนตัวแบบออนไลน์ได้เป็นจำนวน

มาก ความไว้วางใจในระบบสารสนเทศก็มีมากขึ้นทำให้มีความเสี่ยงในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในทางที่ผิดมากขึ้นด้วย”

จากที่กล่าวมาข้างต้นได้สรุปว่า จริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คือ แบบแผนในการควบคุมพฤติกรรมของทรัพยากรมนุษย์ในปัจจุบันให้อยู่ในกฎเกณฑ์ของความถูกต้องและความเหมาะสมที่คอยเป็นเครื่องเตือนใจไม่ให้กระทำในสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ในขณะที่เดียวกันจริยธรรมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารยังช่วยลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในระบบของผู้ใช้งานในองค์กรเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมาประยุกต์ใช้ในการจัดการข้อมูลภายในองค์กรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ถึงแม้เทคโนโลยีสารสนเทศจะมีประโยชน์มากเพียงใด แต่อีกด้านก็ยังสามารถเป็นภัยได้เช่นกัน โดยมีผู้ให้นิยามเกี่ยวกับภัยทางคอมพิวเตอร์และจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ดังนี้

ณัฐกานต์ ธนุสาร (2556) กล่าวว่า “เทคโนโลยีที่ทันสมัย แม้จะช่วยอำนวยความสะดวกได้มากเพียงใดก็ตาม สิ่งที่ต้องยอมรับความจริงก็คือ เทคโนโลยีทุกอย่างมีจุดเด่นและข้อด้อยของคนทั้งสิ้น ทั้งที่มาจากตัวเทคโนโลยีเอง และมาจากปัญหาอื่นๆ แหล่งที่เป็นจุดโจมตีมากที่สุดก็คือ อินเทอร์เน็ต นับว่ารุนแรงกว่าปัญหาไวรัสคอมพิวเตอร์เสียด้วยซ้ำหน่วยงานทุกหน่วยงานที่นำไอทีมาใช้งาน จึงต้องตระหนักในปัญหานี้เป็นอย่างยิ่ง ”

สุวิทย์ ไวยกุล (2559) ได้วิจัปัญหาเกี่ยวกับจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารว่า “เนื่องจากคอมพิวเตอร์เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และจากความแตกต่างกันระหว่างบุคคลในสังคมซึ่งมีหลายระดับ หลากหลายอาชีพ ดังนั้นการละเมิดจริยธรรมจึงมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นได้ และบ่อยครั้งที่สร้างปัญหาให้กับสังคมในปัจจุบัน ตั้งแต่ปัญหาเล็กน้อย จนถึงปัญหาที่เป็นเรื่องราวใหญ่โตลงข่าวทางหน้าหนังสือพิมพ์ก็มีให้เห็นกันอยู่บ่อยครั้ง ” จะกล่าวได้ว่าหากทรัพยากรมนุษย์ไม่คำนึงถึงจริยธรรมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอาจก่อให้เกิดปัญหาดังนี้

1. การนำเอาข้อมูลส่วนตัวของลูกค้ามาขาย เพื่อสร้างผลประโยชน์ในทางธุรกิจ เป็นการกระทำที่ผิดต่อจริยธรรมทางเทคโนโลยี ในเรื่องของความเป็นส่วนตัว (Information Privacy) หมายถึง สิทธิที่เจ้าของสามารถที่จะควบคุมข้อมูลของตนเองในการเปิดเผยให้กับผู้อื่น สิทธิที่ครอบคลุมถึงข้อมูลบุคคล และองค์กรต่างๆ การนำข้อมูลของผู้อื่นมาใช้เพื่อผลประโยชน์โดยไม่ได้รับอนุญาต จึงเป็นการละเมิดความเป็นส่วนตัวซึ่งผิดหลักจริยธรรมที่กล่าวมา

2. การที่อาจารย์ผู้สอนสามารถคะแนนของนักศึกษา เพื่อตรวจสอบว่าคะแนนนั้น ไม่ถูกแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ข้อความข้างต้นเกี่ยวข้องกับ ความถูกต้องของข้อมูล (Information Accuracy) หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อรวบรวม จัดเก็บ และเรียกใช้ข้อมูลโดยคำนึงถึงความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลนั้นว่าไม่ได้ละเมิดสิทธิในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของนักศึกษาที่ถูกต้องเป็นอื่นจากคะแนนความเป็นจริง

3. การละเมิดลิขสิทธิ์ซอฟต์แวร์ เนื่องจากโปรแกรมต่างๆ มีการจดลิขสิทธิ์ ซึ่งมีข้อกำหนดในการใช้งานที่แตกต่างกันออกไปของแต่ละโปรแกรมในแต่ละบริษัท บางโปรแกรมจะอนุญาตให้ติดตั้งได้เพียงครั้งเดียวหรือไม่อนุญาตให้ใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น อย่างเช่น การโหลดโปรแกรม อะโดบี (Adobe) จากเว็บไซต์ (Website) ที่ละเมิดลิขสิทธิ์โดยการติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองแบบไม่เสียค่าบริการเป็นการละเมิดความเป็นเจ้าของ (Information Property) ซึ่งหมายถึง สิทธิความเป็นเจ้าของ หรือกรรมสิทธิ์ในการถือครองทรัพย์สิน ซึ่งอาจเป็นทรัพย์สินที่จับต้องได้ หรือทรัพย์สินทางปัญญา จริยธรรมข้อนี้ยังมีกฎหมายรองรับอีกด้วย

4. การเข้าถึงคอมพิวเตอร์ของผู้อื่น โดยไม่ได้รับอนุญาต อย่างเช่น นาย ก แอบลักลอบเข้าสู่ระบบขององค์กร โดยใช้รหัสผ่านของนาง ข ที่เป็นพนักงานขององค์กรเพื่อสร้างความเสียหายให้แก่องค์กรและนาง ข จากตัวอย่างจะกล่าวถึง การเข้าถึงข้อมูล (Data Accessibility) หมายถึง สิทธิในการเข้าถึงระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะมีการกำหนดสิทธิ์ตามระดับของผู้ใช้งาน เพื่อเป็นการป้องกันการเข้าถึงระบบคอมพิวเตอร์โดยไม่ได้รับอนุญาตและเป็นการรักษาความลับของข้อมูล

การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในปัจจุบันได้มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ผู้ใช้งานจึงควรมีจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อคอยควบคุมพฤติกรรม เพื่อเป็นหลักเกณฑ์หรือแนวทางการปฏิบัติให้ใช้เทคโนโลยีอยู่ร่วมกันได้อย่างไม่สร้างปัญหาหรือเบียดเบียนผู้อื่น และผู้ใช้ต้องหลีกเลี่ยงกิจกรรมบางอย่างที่ไม่ควรปฏิบัติ เพราะบางกิจกรรมจะส่งผลเสียต่อส่วนรวมและองค์กรมากกว่าผลดี และจะไม่ทำให้เกิดประโยชน์ใดๆ ต่อสังคมในปัจจุบันได้เลย

4. เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะได้กล่าวถึงประเทศไทยในยุค 4.0 ตามด้วยบริบทของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

ประเทศไทยยุค 4.0 คือ นโยบายช่วยพัฒนาประเทศที่เปลี่ยนเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยใช้ความร่วมมือของสถานพลังประชารัฐ (ภาครัฐ ภาคเอกชน และภาคประชาสังคม) เพื่อขับเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งกว่าจะมาเป็นประเทศไทยยุค 4.0 ต้องผ่าน 1.0 (ยุคของเกษตรกรรม) ถือเป็นเทคโนโลยีในยุคแรกๆ ที่มีการเริ่มพัฒนาอินเทอร์เน็ต (Internet) อย่างจริงจัง ในยุคนั้นผู้ทำเว็บไซต์จะนำเสนอเว็บไซต์ของตนเองในรูปแบบ HTML (Hypertext Markup Language) ผู้ทำเว็บมีหน้าที่อัปเดตและผู้เข้าชมเว็บก็มีหน้าที่อ่านข้อมูลต่างๆ ได้อย่างเดียวซึ่งเป็นการสื่อสารทางเดียวหรือที่เราเรียกว่า One Way Communication 2.0 (ยุคอุตสาหกรรมเบา) เป็นยุคที่เริ่มมีเว็บบอร์ด บล็อกและวิกิพีเดียเกิดขึ้น ทำให้บุคคลทั่วไปสามารถเป็นเจ้าของเนื้อหา โพสต์ข้อมูลและสามารถแชร์ข้อมูลต่างๆ ถือว่าเป็นยุคที่สามารถแบ่งปันข้อมูลได้กว้างมากขึ้น เรียกกันว่า Two Way Communication และ 3.0 (ยุคอุตสาหกรรมหนัก) เข้าสู่ยุคที่เว็บไซต์มีความสามารถจัดการข้อมูลจำนวนมาก โดยเอาข้อมูลที่มีอยู่มาจัดให้อยู่ในรูปแบบเมทาดาตา (Metadata) เป็นข้อมูลที่สามารถบอกรายละเอียด ทำให้ผู้เยี่ยมชมสามารถเข้าถึงเนื้อหาของเว็บไซต์ได้ดีขึ้น

ขณะนี้ประเทศไทยเข้าสู่ประเทศไทยยุค 4.0 เพื่อให้เป็นกลุ่มประเทศที่มีรายได้สูง ในปัจจุบันประเทศไทยยังติดอยู่ในโมเดลรูปแบบของเศรษฐกิจแบบ “ทำมาก ได้น้อย” จึงสมควรที่จะต้องปรับเปลี่ยนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นเป็น “ทำน้อย ได้มาก” โดยต้องเปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม ปานระพี รพีพันธุ์ (2561) โดยเปลี่ยนวิธีการทำจากการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ มีความมุ่งมั่นที่ต้องการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เน้นการพัฒนาเรื่องวิชาการ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สารสนเทศ การสื่อสารและด้านอื่นๆ อีกมากมาย

โดยเห็นได้ชัดเจนจากการใช้อินเทอร์เน็ตในทั่วทุกพื้นที่ของด้านเทคโนโลยี (Internet of Things หรือ IoT) เป็นได้และนำมาปรับใช้ให้เกิดความสะดวกสบายในชีวิตมากขึ้น เช่น โรงพยาบาลมงกุฎวัฒนะ ได้นำ

หุ่นยนต์มาให้บริการภายในโรงพยาบาลโดยใช้ระบบอัตโนมัติสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานภายในโรงพยาบาลโดยช่วยในการจัดยาอัตโนมัติ การขนส่งลำเลียง ระบบท่อลมส่งของในคลังสินค้าอุตสาหกรรม เพราะทุกวันนี้คลังของโรงพยาบาลใหญ่โตกินพื้นที่การทำงาน และยังเกิดความผิดพลาดของหมดยุติต่อสภาพ เพราะฉะนั้นการจัดการบริการระบบอัตโนมัติ (Warehouse Management) จะเข้ามาช่วยได้ ซึ่งระบบอัตโนมัติและระบบหุ่นยนต์จะทำให้ต้นทุนการบริหารลดต่ำลงในจุดที่มีประสิทธิภาพที่สุดอีกทั้ง ปัญญาประดิษฐ์ (AI : Artificial Intelligence) เป็นวิทยาการด้านปัญญาในที่นี้ ปัญญาประดิษฐ์ไม่ใช่เฉพาะเรื่องของหุ่นยนต์ หรือแขนกลเท่านั้น แต่ยังเป็นเรื่องของโรบอติก ซึ่งการจะเป็นปัญญาประดิษฐ์ได้นั้นต้องมีส่วนที่ใส่เข้าไปในระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ช่วยควบคุมหรือสั่งการซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับการใช้แรงงานของมนุษย์และปัจจุบันประเทศไทยได้นำ ปัญญาประดิษฐ์เข้ามาร่วมพัฒนาองค์กรให้มีความก้าวหน้ามากขึ้น อย่างเช่น สุทธภา อมรวิวัฒน์ (2561) ธนาคารไทยพาณิชย์ จัดตั้ง เอสซีบี ออบาคัส (SCB Abacus) บริษัทในเครือธนาคารไทยพาณิชย์ที่มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีขั้นสูงอย่างปัญญาประดิษฐ์ มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาธุรกิจให้บริการเป็นบริษัทแรกในกลุ่มธุรกิจทางการเงินและการธนาคารของไทยโดยนำมาใช้ในกลุ่มเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถแก่ธนาคารไทยพาณิชย์ในการตอบ โจทย์ทางธุรกิจและบริการสำหรับลูกค้าได้ตรงใจ ปลอดภัย และรวดเร็วยิ่งขึ้น ทั้งยังเพิ่มศักยภาพในการบริหารธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนภาคธุรกิจจะเน้นการพัฒนาจากธุรกิจขนาดเล็กและขนาดย่อม SME (Small and Medium Enterprise) แบบเดิมไปสู่การเป็นองค์กรอัจฉริยะ (Smart Enterprises) ที่มีการเก็บข้อมูลต่างๆ ไว้มากมาย (Big Data) วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้ประกอบการ SME กับ สตาร์ทอัพ (Startup) สร้างเครือข่ายธุรกิจนำไปสู่ธุรกิจยุคใหม่ และ สตาร์ทอัพ เป็นธุรกิจที่เกิดขึ้นใหม่เพื่อรองรับธุรกิจด้านไอที และรวมถึงการทำธุรกิจให้เติบโตขึ้นแบบก้าวกระโดด สามารถสร้างรายได้จำนวนมาก เป็นธุรกิจที่เกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นธุรกิจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในวงการไอซีที เช่น แอปพลิเคชันต่างๆ เลอทัค สตูดิโอ (2561) กล่าวว่า “ธุรกิจ Startup คือธุรกิจที่ถูกออกแบบมาให้เติบโตอย่างรวดเร็วมาตั้งแต่แรก ตั้งแต่ทีมงาน โครงสร้างธุรกิจ ไปจนถึงวิธีการใช้เงิน และการตลาด โดยไม่ได้เกี่ยวข้องกับว่าจะต้องเป็นธุรกิจที่เป็น “ธุรกิจเทคโนโลยี” หรือได้รับการลงทุน หรือ “Venture Capital” หรือมีการ “Exit” ผ่านการควบกิจการหรือการเข้าตลาดหุ้นแต่อย่างใด”

จากเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ได้กล่าวมาข้างต้นไม่ว่าจะเป็น IoT, AI, BigData และ Starup ที่ได้เข้ามาช่วยให้การดำเนินชีวิตประจำวันให้สะดวกสบาย รวดเร็ว ปลอดภัยแล้วจะเห็นได้ว่าทรัพยากรมนุษย์เป็นตัวขับเคลื่อนเทคโนโลยีและนวัตกรรมต่างๆ ให้มีความก้าวหน้ามากขึ้นในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์อาจมีหลายปัจจัยให้คำนึง แต่การปลูกฝังจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่สำคัญของประเทศไทยยุค 4.0 โดยมีพื้นฐานจริยธรรมและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ดี จะส่งผลให้ทรัพยากรมนุษย์ได้ใช้ชีวิตร่วมกับเทคโนโลยีได้ดีขึ้นและถูกจริยธรรมมากยิ่งขึ้นไปด้วย

5. จริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 มุมมองนักศึกษา

ในหัวข้อนี้ผู้เขียนจะกล่าวถึงจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 ในมุมมองของนักศึกษาวิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีสารสนเทศ

ผู้เขียนและคณะจึงให้ความสำคัญกับเรื่องปัจจัยพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีในประเทศไทยยุค 4.0 ปัจจุบันสถาบันการศึกษาต่างๆ มีการปรับหลักสูตรการเรียนการสอน เพื่อให้ตอบสนองกับยุค 4.0 ทางมหาวิทยาลัยต่างๆ จึงดึงเอาเทคโนโลยีมาปรับใช้กับการเรียนการสอนโดยเน้นถึงปัจจัยพื้นฐานที่ได้รับการปลูกฝังในเรื่องของจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในความคิดนักศึกษาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 คือ เป็นแนวทางในการปฏิบัติตนให้อยู่ในความดีงามของการใช้เทคโนโลยีในประเทศไทยยุค 4.0 เพื่อให้มีประสิทธิภาพและคุณภาพที่ดีที่สุด แต่ไม่ใช่ข้อบังคับในการปฏิบัติแต่เป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติตนให้อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น การที่นักศึกษานำงานของผู้อื่นที่มีอยู่ในอินเทอร์เน็ตมาแอบอ้างเป็นงานของตนเอง หากคำนึงถึงหลักจริยธรรมแล้ว พฤติกรรมนี้ผิดจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในส่วนของความเป็นเจ้าของ ดังนั้นจริยธรรมจึงเป็นสิ่งที่ควรปลูกฝังให้ผู้ใช้อคอมพิวเตอร์ใช้งานอย่างสร้างสรรค์ และไม่ใช้เทคโนโลยีในการเบียดเบียนผู้อื่น เป็นปัจจัยพื้นฐานในการใช้เทคโนโลยีในสังคมปัจจุบัน เนื่องจากขณะนี้ประเทศไทยมีอินเทอร์เน็ตที่สามารถเข้าถึงทรัพยากรมนุษย์ได้อย่างง่ายดาย จนกล่าวได้ว่าเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานในชีวิตประจำวัน จึงทำให้มีการละเลยในการคำนึงถึงจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อการใช้งาน เพียงคิดว่าไม่ได้สร้างความเดือดร้อนหรือส่งผลกระทบต่อผู้อื่น ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาชญากรรมทางไซเบอร์

ทรัพยากรมนุษย์ควรคำนึงและนึกคิดในการใช้เทคโนโลยีให้มากยิ่งขึ้น เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอาชญากรรมทางไซเบอร์ในโลกออนไลน์ สำหรับประเทศไทยจากการสำรวจ Security Threat Report ของ Sophos (2556) จัดอันดับให้ประเทศไทยเป็นประเทศอันดับ 3 ของโลกที่มีความเสี่ยงสูงในการถูกคุกคามทางไซเบอร์ ซึ่งศูนย์ประสานการรักษาความมั่นคงปลอดภัยระบบคอมพิวเตอร์ประเทศไทย ได้รับแจ้งในระหว่างปี 2557 – เดือนกรกฎาคม 2559 พบว่าส่วนใหญ่เป็นการโจมตี 4 ประเภท ได้แก่ การโจมตีด้วยโปรแกรมไม่พึงประสงค์ (Malicious Code) การฉ้อฉล นื้อ โกงหรือหลอกลวงเพื่อผลประโยชน์ (Fraud) การบุกรุกหรือเจาะระบบได้สำเร็จ (Intrusions) และความพยายามจะบุกรุกเข้าระบบ (Intrusion Attempts)

จริยธรรมด้านเทคโนโลยีจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งกับสังคมในยุคนี้ หากเราไม่คำนึงถึงจริยธรรมก็จะเกิดผลกระทบที่ตามมาอีกมาก อย่างเช่นธนาคารกรุงไทยและกสิกร โคนแสกข้อมูลลูกค้า ผยง ศรีวณิช (2561) ระบุว่า “จากการตรวจสอบระบบ IT เป็นประจำ ทำให้ธนาคารพบว่า ในช่วงก่อนวันหยุดยาวต่อเนื่องปลายเดือนกรกฎาคมที่ผ่านมา ข้อมูลเบื้องต้นของลูกค้าที่ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลค่าขอสินเชื่อพื้นฐานลูกค้ารายย่อยที่สมัครสินเชื่อผ่านช่องทางออนไลน์ ถูกแฮกด้วยเทคนิคขั้นสูงจากระบบของธนาคาร ซึ่งผลจากการตรวจพบควบคู่กับมาตรการการเฝ้าระวังป้องกันข้อมูลลูกค้าอย่างทันทั่วถึง ทำให้ธนาคารสามารถหยุดการรั่วไหลของข้อมูลได้ในวงจำกัด และไม่มีความเสียหายทางการเงินแต่อย่างใด ”

และอีกหนึ่งตัวอย่างที่เกี่ยวกับความปลอดภัยของข้อมูลที่เป็นข่าวในช่วงที่ผ่านมาและมีส่วนเกี่ยวข้องกับนักศึกษา ในยุคประเทศไทย 4.0 ก็คือ เว็บไซต์ลาซาด้า ประเทศไทย (www.lazada.co.th) ถูกแฮกข้อมูล และอาจทำให้ลูกค้าที่ซื้อสินค้าจากเว็บไซต์ดังกล่าวได้รับผลกระทบ จากการที่แฮกเกอร์จะเจาะเข้าสู่ข้อมูลส่วนตัว รวมถึงบัตรเครดิต

โดยทางไทยรัฐออนไลน์ได้สอบถามไปยังทีมงานลาซาด้าประเทศไทย เพื่อยืนยันและสอบถามความคืบหน้าในกรณีดังกล่าว โดยได้รับคำยืนยันจากบริษัท ลาซาด้า กรุ๊ป (2560) ระบุว่า “เมื่อช่วงเช้าของวันนี้ (28 ก.พ.) เว็บไซต์ลาซาด้าถูกแฮกจริง ซึ่งการแฮกเข้าสู่เว็บไซต์ครั้งนี้เป็นการแฮกไปยังหน้าเพจสินค้าเท่านั้น ไม่ใช่

การแฮกเข้าสู่ระบบหลังบ้านหรือเข้าถึงข้อมูลลูกค้าแต่อย่างใด ประกอบกับการใช้งานบัตรเครดิตภายในเว็บไซต์ ก็เป็นการกรอกข้อมูลผ่านผู้ให้บริการรับชำระเงิน ทำให้ลูกค้าไม่มีข้อมูลบัตรเครดิตของลูกค้าอยู่ภายในเว็บไซต์ ยืนยันว่าลูกค้ายังสามารถใช้งานภายในเว็บไซต์ได้ตามปกติ เนื่องจากลูกค้าชาวไทย ได้ควบคุมและแก้ไขสถานการณ์ดังกล่าวเสร็จสิ้นตั้งแต่ช่วงเที่ยงวันที่ผ่านมา".

จากเหตุการณ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่าการละเมิดจริยธรรมทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในเรื่องของการเข้าถึงข้อมูลและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลลูกค้า โดยยังผิดกฎหมายตาม พระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) ว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ โดยจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมากขึ้น ส่งผลให้จริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารควรมีบทบาทและความสำคัญมากยิ่งขึ้น

6. สรุป

บทความนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลของจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในประเทศไทยยุค 4.0 โดยคณะผู้เขียนเล็งเห็นและได้นำเสนอผลการศึกษาจากบทความวิชาการที่เกี่ยวข้อง รวมถึงจากมุมมองนักศึกษาวิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศบางส่วน แบ่งได้เป็น 3 หัวข้อหลักตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ด้านการศึกษาริบทของจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารพบว่า จริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นแบบแผนในการควบคุมพฤติกรรมของทรัพยากรมนุษย์ในปัจจุบันให้อยู่ในกฎเกณฑ์ของความถูกต้องและความเหมาะสม รวมถึงเป็นสิ่งเตือนจิตใจไม่ให้กระทำในสิ่งที่ไม่ถูกต้อง

2. ด้านการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในประเทศไทยยุค 4.0 พบว่า นโยบายประเทศไทยยุค 4.0 มีส่วนช่วยในการพัฒนาประเทศไทย จากเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร โดยใช้ความร่วมมือ การผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี อุปกรณ์ สิ่งต่างๆ และ ทรัพยากรมนุษย์ ให้สามารถสื่อสารปฏิสัมพันธ์กันได้ เช่น ธุรกิจ Starup ที่เชื่อมโยงเครือข่าย IoT, AI, Big Data และทรัพยากรมนุษย์

3. ด้านการศึกษจริยธรรมในมุมมองของนักศึกษาวិทยาลัยนวัตกรรมการผลิตและเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ทรัพยากรมนุษย์ควรคำนึงและนึกคิดในการใช้เทคโนโลยีให้มากยิ่งขึ้น ดังนั้นจริยธรรมจึงเป็นสิ่งที่ควรปลูกฝังให้กับผู้ใช้คอมพิวเตอร์ใช้งาน ได้อย่างสร้างสรรค์ ทั้งนี้จริยธรรมด้านเทคโนโลยียังมีความสำคัญอย่างยิ่งกับสังคมในยุค 4.0 นี้ เพื่อให้การใช้งานเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่จริยธรรมมิใช่ข้อบังคับในการปฏิบัติ แต่เป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติตนให้อยู่ในแนวทางที่ถูกต้อง

กล่าวโดยสรุป บทความนี้ได้นำเสนอ ข้อมูลพื้นฐานเพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติตนให้อยู่ในความดีงามของการใช้เทคโนโลยีในประเทศไทยยุค 4.0 ซึ่งประกอบด้วยความรู้ความสามารถและความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ควรมีการศึกษาเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเป็นรูปธรรม โดยเน้นความสำคัญในเรื่องจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พร้อมควรปลูกฝังด้านการศึกษจริยธรรมในประเทศไทยยุค 4.0 ประเทศไทยยุค 4.0 เป็นยุคที่มีการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว เป็นปัจจุบัน การใช้เทคโนโลยีในทางที่ไม่เหมาะสมก่อให้เกิดผลเสียโดยง่ายยิ่งขึ้น

กว่าเดิม ดังนั้นจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจึงเป็นเรื่องที่ทรัพยากรมนุษย์ควรรีความสำคัญ เพื่อพัฒนาสู่ยุคที่ปลอดภัยทางไซเบอร์ในอนาคต

7. ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินงานครั้งต่อไปควรมีการสำรวจจากกลุ่มนักศึกษาเพิ่มเติม เพื่อสรุปและอภิปรายผล ในเรื่องการนำหลักจริยธรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปปรับใช้ให้ก้าวทันยุค 4.0 โดยเริ่มจากการสอดแทรกในหลักสูตรการเรียนการสอนเพื่อมุ่งเน้นที่การปลูกฝังด้านจริยธรรมไปพร้อมกับการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์สุมนา เกษมสวัสดิ์ และ อาจารย์ชูลีกร นวลสมศรี สาขาระบบสารสนเทศ วิชาหลัก มหาวิทยาลัยรังสิต ที่สนับสนุนในการเขียนบทความ

9. เอกสารอ้างอิง

สุชนา สิลมัจจุ (2553) แนวคิดเกี่ยวกับจริยธรรมสารสนเทศ ค้นเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก

https://www.schoolofchangemakers.com/knowledge/11456?fbclid=IwAR3u3c7vKPB4XklFtaAplh65fK0uEHkaQ_IJHguwSUpGCHsTjquHsG8BhaI

กรรวี แก้วประดับเพชร (2557) จริยธรรมคอมพิวเตอร์ ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก

<http://konraweeom22.blogspot.com/>

สราวุธ ช้วนเศษ (2556) จริยธรรมสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านไอทีและผู้ใช้อีที (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561

เวลา, จาก https://lovetal1112.wordpress.com/?fbclid=IwAR3-L5ILuqDUBFEiv632W1duqZ4T-FpjsCF5Q0_wqb9J8BIL83YWJMuSv1Q

ชนิดดา อินทรสาร (2558) จริยธรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 เวลา,

จาก [https://chanaddanew.blogspot.com/p/1.html?fbclid=IwAR1SKU-](https://chanaddanew.blogspot.com/p/1.html?fbclid=IwAR1SKU-UyL28C512dtQjia3OB5pkF6n7oovCnSbfNUBrWsAmnKsmOUUs7nY)

[UyL28C512dtQjia3OB5pkF6n7oovCnSbfNUBrWsAmnKsmOUUs7nY](https://chanaddanew.blogspot.com/p/1.html?fbclid=IwAR1SKU-UyL28C512dtQjia3OB5pkF6n7oovCnSbfNUBrWsAmnKsmOUUs7nY)

ณัฐกานต์ ธนสาร (2556) การใช้อินเทอร์เน็ตไม่เหมาะสม ขาดคุณธรรม แล้ววิเคราะห์สาเหตุ ผลกระทบ

(ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก <http://nutthakan9.blogspot.com/2013/06/blog-post.html>

สุวิทย์ ไวยกุล (2559) จริยธรรมคอมพิวเตอร์ (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2561 , จาก

[https://sites.google.com/site/tankman2559/criythrrm-](https://sites.google.com/site/tankman2559/criythrrm-khxmphiwtext?fbclid=IwAR1IGxdEg8N4zuNGVS_FazNKs_e8JI-VYRQ78Hlwk6KffCtzGvRvfJrFj7k)

[khxmphiwtext?fbclid=IwAR1IGxdEg8N4zuNGVS_FazNKs_e8JI-](https://sites.google.com/site/tankman2559/criythrrm-khxmphiwtext?fbclid=IwAR1IGxdEg8N4zuNGVS_FazNKs_e8JI-VYRQ78Hlwk6KffCtzGvRvfJrFj7k)

[VYRQ78Hlwk6KffCtzGvRvfJrFj7k](https://sites.google.com/site/tankman2559/criythrrm-khxmphiwtext?fbclid=IwAR1IGxdEg8N4zuNGVS_FazNKs_e8JI-VYRQ78Hlwk6KffCtzGvRvfJrFj7k)

ชนิดดา อินทรสาร (2558) จริยธรรมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 เวลา,
จาก <https://chanaddanew.blogspot.com/p/1.html?fbclid=IwAR1SKU-UyL28C512dtQjia3OB5pkF6n7oovCnSbfNUBrWsAmnKsmOUUs7nY>

ปานระพี รพินทร์ (2561) Thailand 4.0 คืออะไร (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก
<https://www.uih.co.th/th/knowledge/thailand-4.0?fbclid=IwAR1UAaq2hoGPRmahdHFbt8vBjtf9fU-ZLEwq7zYLPuHw-DPa-KNDQ8KDYssg>

สุทธภา อมรวีวัฒน์ (2561) Go Smart with Internet of Things (IoT) เทคโนโลยีชาญฉลาด ตอบโจทย์ Thailand 4.0 (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก
https://www.uih.co.th/th/knowledge/nectec?fbclid=IwAR3hM3o-Z4UIaYj-RcrwUN77CzIclsMJEKeMt4l_1WMK8zmVSqJ2EER8NnY

เลอทัต สุกดีดิก (2561) “Startup” คืออะไร... และแตกต่างจาก “SME” อย่างไร? ค้นเมื่อ 7 พฤศจิกายน 2561 เวลา,
จาก http://lertad.com/startup-markup/startup-%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/?doing_wp_cron=1542008120.7427959442138671875000

ผยง ศรีวณิช (2561) กรุงไทยยกระดับมาตรการเฝ้าระวังป้องกันข้อมูลลูกค้าเข้มข้นขึ้นสูงสุด หลังพบข้อมูลลูกค้า
สิ้นเชื่อรายย่อยบางส่วนถูกแฮก ยืนยันไม่ส่งผลกระทบต่อลูกค้า ค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก
<https://www.ktb.co.th/th/krungthai-update/news-detail/141>

บริษัท ลาชาด้า กรุ๊ป (2560) โดนดี! 'ลาชาด้า' ถูกโจรออนไลน์แฮกเว็บ ยันคุมสถานการณ์อยู่ไม่กระทบลูกค้า
ค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2561 เวลา, จาก <https://www.thairath.co.th/content/870236>

แบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์
เรื่อง พระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ
(3D Model Supplement with AR Technology about Royal Projects by
King Bhumibol Adulyadej)

สุริยงค์ เลิศกุลวานิชย์¹, จิรอุจน์ พัฒนจันทร์²

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: suriyong.ler@kmutt.ac.th¹, jiruth.pat@kmutt.ac.th²

ชนกร มาบางยาง, กนกกร วัฒนศิลป์, สุทธิดา กีกสูงเนิน

นักศึกษสาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อการเรียนรู้เชิงโต้ตอบร่วมกับเทคโนโลยีเออาร์ มีเนื้อหาเกี่ยวกับพระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ ส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องพระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ โดยยกพระราชกรณียกิจที่โดดเด่นในด้านที่แตกต่างกันของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ มาสร้างเป็นแบบจำลองสามมิติ และสร้างแบบจำลองสามมิติที่พัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีเออาร์ และทดสอบคุณภาพของสื่อการเรียนรู้เชิงโต้ตอบที่พัฒนาร่วมกับเทคโนโลยีเออาร์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ที่มีช่วงอายุ 8-10 ปี จำนวน 9 คน ในโรงเรียนวัดนาคนิมิตร (สว่างนพราษฎร์วิทยา) สังกัดสำนักงานเขตจอมทอง กรุงเทพมหานคร ที่ได้ผ่านการเรียนในเนื้อหาเรื่อง พระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ ผ่านตำราเรียนในชั้นเรียนมาแล้ว เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบประเมินความพึงพอใจและความเข้าใจเนื้อหาสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 9 ข้อ จากการประเมินกลุ่มตัวอย่างพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนวัดนาคนิมิตร จำนวน 9 คน ได้ให้คะแนนความพึงพอใจ และสร้างความเข้าใจในเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์สูงมาก โดยมีคะแนนด้านการทำงานโดยรวมของชิ้นงาน ความเข้าใจของเนื้อหา และความพึงพอใจในแบบจำลองอยู่ที่ 4.86, 4.81 และ 5 ตามลำดับซึ่งอาจแสดงได้ว่าโครงการนี้มีความเหมาะสมในการจัดทำเป็นสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ที่มีช่วงอายุ 8-10 ปี

คำสำคัญ: เทคโนโลยีเออาร์/ แบบจำลองสามมิติ/ พระราชกรณียกิจ

ABSTRACT

The objectives of this research were three- fold: to develop Interactive Media working with AR Technology about King Bhumibol Adulyadej 's Royal Development Projects; to encourage learning about King Bhumibol Adulyadej 's Royal Development Projects by taking 7 projects which is distinguished and different built them in form of 3D Models and 3D Model working with AR Technology; and to evaluate quality of Interactive Media working with AR Technology by taking 9 primary students in age 8- 10 years old from Wat Nak Nimit School as population. Who have ever learned about King Bhumibol Adulyadej 's Royal Development Projects in their class before. For this research, we use evaluation form of satisfaction and evaluation form of understanding in contents for primary student in amount of 9 sections. From result of evaluation, found that 9 primary students from Wat Nak Nimit School give score of satisfaction and score of understanding in content very high score. By the score of process, understanding of contents and satisfaction of 3D Model is 4.86, 4.81 and 5 respectively. It can be said that this project is appropriate to make it into 3D Model and supplement motion with AR Technology.

KEYWORDS: Augmented Reality Technology/ 3D Model/ Royal Duties

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

พระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช รัชการที่ 9 ด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ตลอด 60 ปี ภายใต้ร่มฉัตรแห่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว พสกนิกรชาวไทยต่างซาบซึ้งในพระมหากรุณาธิคุณ และต่างรู้ซึ่งถึงพระอัจฉริยภาพรอบด้านของพระองค์ โครงการพระราชดำริหลายโครงการ นอกจากจะแสดงถึงความห่วงใยของพระองค์ที่ทรงมีต่อปวงชนชาวไทยแล้ว ยังยืนยันถึงพระปรีชาสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วย [1] เป็นที่ประจักษ์ว่าตลอดระยะเวลา 70 ปี 4 เดือนที่พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ ได้เสด็จขึ้นครองสิริราชสมบัติ การครองราชย์ที่ผ่านมา ข้อมูลจากเครือข่ายกาญจนาภิเษก (2542) ระบุว่า พระองค์ท่านได้พระราชทาน โครงการในพระราชดำรินานับปีการ โดยรวมแล้วกว่า 2,000 โครงการ โดยโครงการต่าง ๆ นั้นเกี่ยวเนื่องกับทั้งการแพทย์สาธารณสุข การเกษตร การชลประทาน การพัฒนาที่ดิน การศึกษา การศาสนา การสังคมวัฒนธรรม การคมนาคม ตลอดจนการเศรษฐกิจเพื่อประโยชน์สุขของพสกนิกรในชนบท นอกจากนั้นพระองค์ยังทรงช่วยบรรเทาความทุกข์ยากและปัญหาที่เกิดขึ้นกับชุมชนเมือง เช่น ทรงแก้ปัญหาเกี่ยวกับอุทกภัยและปัญหาน้ำเน่าเสีย รวมทั้งโครงการในพระราชดำรินี้อันเกี่ยวกับการอนุรักษ์ธรรมชาติอีกด้วย [2]

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ทรงสนพระราชหฤทัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาตั้งแต่ทรงศึกษาในต่างประเทศ เห็นได้จากการที่ทรงเลือกศึกษาแผนกวิทยาศาสตร์ สาขาสหวิทยาการ ในระดับอุดมศึกษา แม้ต่อมาจะทรงเปลี่ยนไปศึกษานิติศาสตร์และรัฐศาสตร์เพื่อให้ทรงมีพื้นฐานด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อการปกครองประเทศ แต่พระองค์ก็ทรงใช้ประสบการณ์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ตลอดจนเทคโนโลยีต่าง ๆ ในการประยุกต์ใช้เข้ามาพัฒนาประเทศผ่านโครงการพระราชดำริต่าง ๆ อาทิ โครงการ

ฝนหลวง แก้มลิง กังหันชัยพัฒนา หญ้าแฝก เพื่อปรับปรุงความเป็นอยู่ของพสกนิกรให้อยู่ดีกินดีตามวิถีแห่งความพอเพียงตลอดมา [3] ข้อมูลจากบทความแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาในรัชสมัยของพระองค์นั้น พระองค์ทรงตราครุฑพระวรกายทรงงานอย่าง มีทรงเหน็ดเหนื่อยแม้แต่น้อย ไม่เว้นแม้กระทั่งในยามที่ทรงพระประชวร พระองค์มิได้ทรงหยุดยั้ง ที่จะทรงงานเพื่อประโยชน์สุขของพสกนิกร แม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่ทุรกันดารเพียงใด ก็มิได้เป็นอุปสรรคต่อพระองค์ แม้ฝนจะตกหรือแดดจะร้อนเพียงไหน ก็ไม่สามารถทำให้พระองค์หยุดที่จะทรงงานได้ ตลอดระยะเวลาที่เสด็จเถลิงถวัลยราชสมบัติจนถึงปัจจุบัน นับว่าเป็นสิ่งที่พสกนิกรชาวไทยทุกคนซาบซึ้งในพระมหากรุณาธิคุณของพระองค์ท่านเป็นล้นพ้น

ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณ งานวิจัยครั้งนี้จึงนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีปัจจุบัน สร้างแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เสนอพระราชกรณียกิจที่ทรงคุณค่า เพื่อให้เยาวชนรุ่นหลังได้เห็นช่วงที่พระองค์ท่านลงพื้นที่ทรงงานหนัก ได้เห็นสิ่งที่พระองค์ท่านมีพระมหากรุณาธิคุณต่อปวงชนชาวไทย โดยสร้างแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เรื่อง พระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ งานวิจัยนี้แตกต่างจากแบบจำลองทั่วไปที่ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างสมจริง และไม่ปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมงานได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้จัดทำแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เพื่อให้ผู้ชมได้มีปฏิสัมพันธ์และเพิ่มความน่าสนใจให้กับแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) สร้างแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เรื่อง พระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ
- (2) เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนโรงเรียนวัดนาคนิมิตร ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 คน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แบบแผนการวิจัย

การสร้างแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์

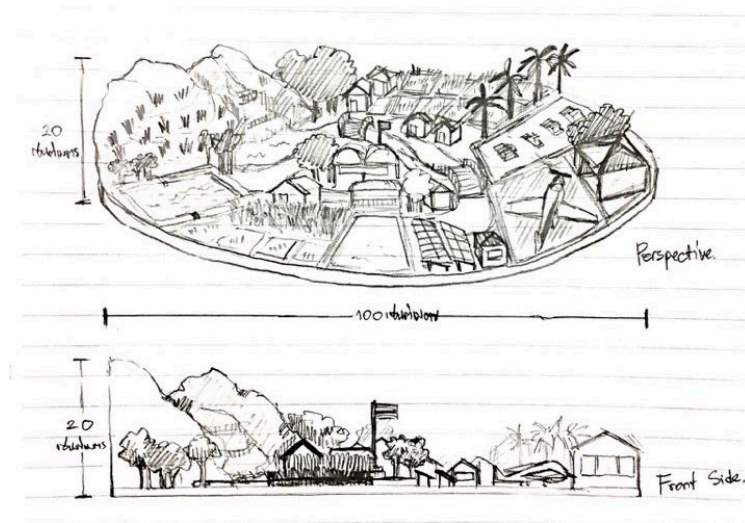
1. วางรูปแบบการจัดสรรพื้นที่ที่ต้องการจะจัดทำโมเดลและศึกษาสภาพความเป็นจริง โดยกำหนดรูปแบบของแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เรื่อง พระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ บนไม้กระดานที่มีลักษณะเป็นวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 เซนติเมตร เพื่อให้ง่ายต่อการเข้ามามีปฏิสัมพันธ์กับโครงงาน และใช้เทคโนโลยีเออาร์ในการมีปฏิสัมพันธ์กับชิ้นงาน ดังรูปที่ 1
2. วางรูปแบบจำลอง (Prototype) ที่จะใช้ในแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ โดยวางรูปแบบและอุปกรณ์การเล่นให้มีปริมาณเสมือนจริง ดังรูปที่ 2
3. ประกอบโมเดลสามมิติและโมเดล AR ที่ต้องป้อนขึ้นมาใช้ในส่วนและเทคโนโลยีเออาร์ และวางรูปแบบโครงการให้เสมือนพื้นที่ของจริง
4. กำหนดการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์

5. นำโมเดลสามมิติสำหรับตกแต่งบนแบบจำลองสามมิติที่ทำเสร็จเรียบร้อยแล้วไปจัดวางบนแบบจำลองสามมิติตามพื้นที่โครงการ

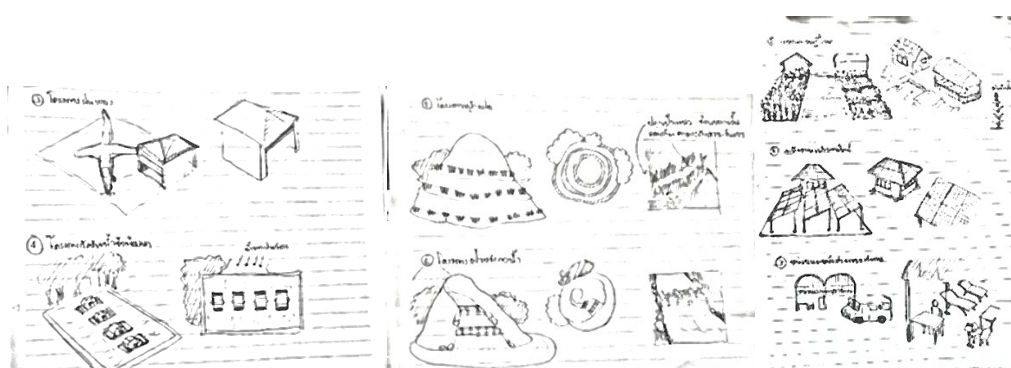
6. นำข้อมูลที่เสกนจากโมเดลสามมิติด้วยแอปพลิเคชันไปใช้เป็นมาร์คเกอร์สำหรับเทคโนโลยีเออาร์โดยนำไปสร้างแอปพลิเคชัน

7. ปั้นโมเดลและนำโมเดลที่ปั้นไปใช้ในการแสดงผล เพื่อทำการส่องมาร์คเกอร์และใส่เสียงบรรยายแต่ละโครงการพระราชกรณียกิจ รวมกับนำข้อมูลที่เสกนจากโมเดลสามมิติด้วยแอปพลิเคชันไปใช้เป็นมาร์คเกอร์สำหรับเทคโนโลยีเออาร์โดยนำไปสร้างแอปพลิเคชัน

ผลการออกแบบโมเดล



รูปที่ 1 รูปแสดงการจัดสรรพื้นที่แบบจำลองพระราชกรณียกิจ 7 โครงการ



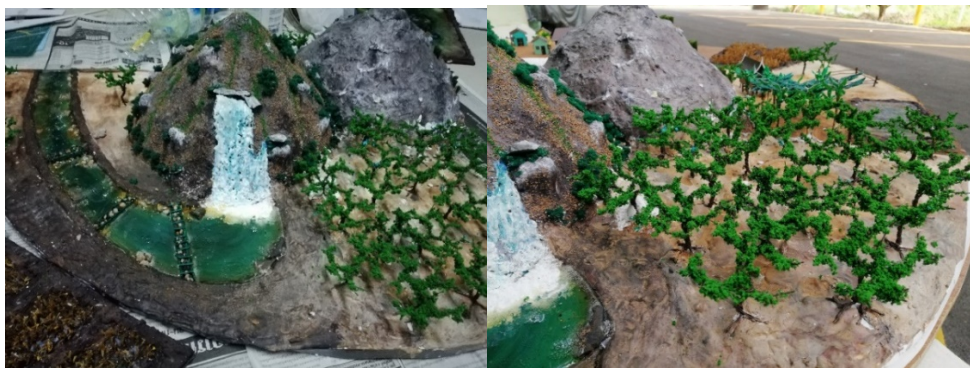
รูปที่ 2 แบบจำลอง (Prototype) พระราชกรณียกิจ 7 โครงการ



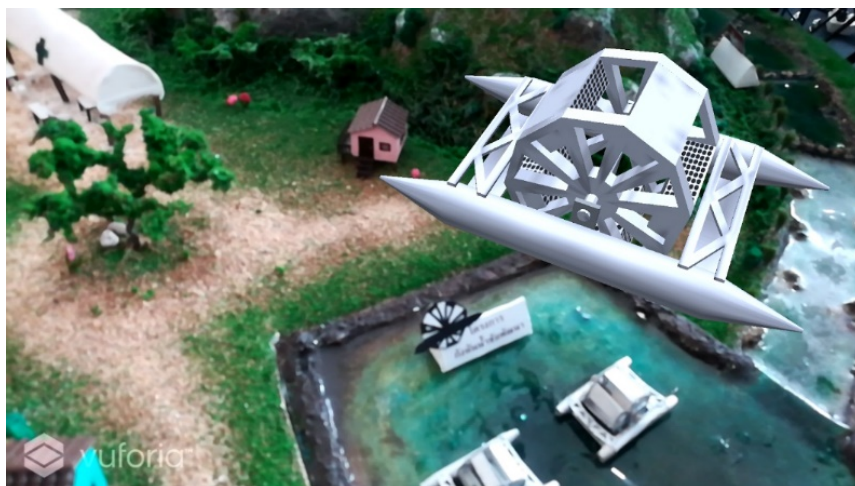
รูปที่ 3 วางโมเดลสามมิติสำหรับตกแต่งโครงการเกษตรทฤษฎีใหม่บนแบบจำลองสามมิติ



รูปที่ 4 วางโมเดลสามมิติสำหรับตกแต่งโครงการฟลวลงบนแบบจำลองสามมิติ



รูปที่ 5 วางโมเดลสามมิติสำหรับตกแต่งบนแบบจำลองสามมิติที่สำเร็จเรียบร้อย



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงการทำงานร่วมกันระหว่างชิ้นงานแบบจำลองสามมิติแสดงโครงการพระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ ร่วมกับเทคโนโลยีเออาร์



รูปที่ 7 ชิ้นงานสำเร็จของแบบจำลองสามมิติแสดงโครงการพระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีเออาร์

ชิ้นงานสำเร็จหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการออกแบบวางแผนผังโมเดลลงบนพื้นที่โครงการเสมือนจริง ที่ถูกกำหนดในลักษณะวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 เซนติเมตรแล้ว จึงเข้าสู่กระบวนการสร้างโมเดลจำลองสามมิติเพื่อนำไปบูรณาการร่วมกันกับโปรแกรมกำหนดการเคลื่อนไหวเทคโนโลยีเออาร์ เพื่อให้ตัวชิ้นงานสำเร็จสามารถทำงานร่วมกันได้กับโมเดลสามมิติจำลอง และสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้รับชมโครงการ

3.2 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกมาจากประชากร โดยเลือกแบบเจาะจง คือ นักเรียนโรงเรียนวัดนาคนิมิตร ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 คน

5. สรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ด้านโมเดลสามมิติ (AR)			
1. สามารถสื่อให้ผู้ใช้งานได้ว่าเป็นโมเดลโครงการใด	5.00	0.00	ดีมาก
2. สามารถสื่อให้ผู้ใช้งานได้ว่าเป็นโมเดลเกี่ยวกับอะไร	4.88	0.33	ดีมาก
3. ข้อมูลพระราชกรณียกิจมีความเข้าใจมากน้อยเพียงใด	4.66	0.50	ดีมาก
4. โมเดลสามมิติ (AR) และข้อมูลพระราชกรณียกิจมีประโยชน์	4.88	0.33	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยรวมด้าน โมเดลสามมิติ (AR)	4.85	0.23	ดีมาก
ด้านข้อมูลพระราชกรณียกิจ			
1. เนื้อหามีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ	5.00	0.00	ดีมาก
2. ข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน	4.88	0.33	ดีมาก
3. จัดลำดับเนื้อหาเป็นขั้นตอนและต่อเนื่อง เข้าใจง่าย	4.55	0.53	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยรวมด้านข้อมูลพระราชกรณียกิจ	4.81	0.29	ดีมาก
ด้านออกแบบและจัดรูปแบบโมเดล			
1. โมเดลมีความสวยงาม เหมาะสม น่าสนใจ	5.00	0.00	ดีมาก
2. สีที่ใช้สวยงาม และสบายตา	5.00	0.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยรวมด้านออกแบบและจัดรูปแบบโมเดล	5.00	0.00	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยรวมทุกด้าน	4.88	0.17	ดีมาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจในภาพรวม พบว่าอยู่ในระดับดีมาก โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.88 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.17 โดยด้านที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ด้านออกแบบและจัดรูปแบบ โมเดล ค่าเฉลี่ยที่ 5.00 รองลงมาคือด้าน โมเดลสามมิติ (AR) ค่าเฉลี่ย 4.85 และด้านข้อมูลพระราชกรณียกิจ ค่าเฉลี่ย 4.81 ตามลำดับ

6. อภิปรายผล

การจัดทำแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์เรื่องพระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ นั้นประสบความสำเร็จ จากการศึกษาความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างในการนำเทคโนโลยีเออาร์ไปใช้ในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งาน ความสนุกสนาน และโอกาสในการทำแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์เรื่องพระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ พบว่าผู้เล่นมีความเห็นว่า การใช้เทคโนโลยีเออาร์ร่วมกับแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ ช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับชิ้นงานและทำให้เข้าถึงเนื้อหาโครงการพระราชกรณียกิจมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีเออาร์ทำให้เกิดความแปลกใหม่และสร้างประสบการณ์ใหม่ให้กับ ผู้เล่น ทั้งยังทำให้แบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวแตกต่างจากแบบจำลองสามมิติที่มีอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีเออาร์ในการแสดงโมเดล (AR) ยังช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เล่น ซึ่งการสร้างความแปลกใหม่และการใช้โมเดล (AR) เคลื่อนไหวนี้เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ ซึ่งเป็นปัจจัยการรับรู้ที่มาจากคุณลักษณะของสิ่งเร้า จากการศึกษาด้านจิตวิทยาพบว่า สิ่งเร้าที่มีรูปแบบใหม่จะทำให้บุคคลเกิดความสนใจมากกว่าสิ่งเร้าที่มีรูปแบบเดิมที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และการเคลื่อนไหวของสิ่งเร้าจะทำให้บุคคลเกิดความสนใจที่จะรับรู้ในสิ่งเร้านั้นมากขึ้น นอกจากการใช้เทคโนโลยีเออาร์แล้ว เสียงบรรยายก็ช่วยให้ผู้เล่นมีความสนใจในการมีปฏิสัมพันธ์ได้อย่างต่อเนื่อง เพราะเทคโนโลยีเออาร์และสื่อดิจิทัลกำลังมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดในปัจจุบัน และเป็นที่ยึดตามองของคนจำนวนมาก นอกจากนั้นการใช้เทคโนโลยีในสื่อต่าง ๆ ก็ยังเป็นสิ่งที่ช่วยดึงดูดความสนใจของคนรุ่นใหม่ อย่างไรก็ตามการใช้แบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ยังมีข้อจำกัดอยู่มาก เพราะเทคโนโลยีเออาร์ยังไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของโมเดลที่ทำเป็นมาร์คเกอร์ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกันมากได้ อาจทำให้เกิดความไม่แม่นยำในการแสดงผลข้อมูล และยังมีข้อจำกัดในเรื่องแสงที่เป็นอุปสรรคเมื่อทำการใช้เทคโนโลยีเออาร์ในที่ที่มีแสงน้อยอาจทำให้ไม่สะดวกต่อการใช้งาน และส่งผลให้อรรถรสในการมีปฏิสัมพันธ์ลดลง ซึ่งต้องมีการปรับปรุงแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่นให้มากขึ้นแล้ว จะทำให้การสร้างแบบจำลองสามมิติเสริมการเคลื่อนไหวด้วยเทคโนโลยีเออาร์ได้รับความนิยมได้ในอนาคตต่อไป

9. เอกสารอ้างอิง

- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย, พระราชกรณียกิจพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ 9, ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [Online], Available: http://www.exat.co.th/index.php/th_TH/news/article/view/88/2838/, [10 ตุลาคม 2561]
- เครือข่ายกาญจนาภิเษก, 2542, พระราชประวัติพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดชฯ, [Online], Available : <http://kanchanapisek.or.th/biography/hmk.th.html>, [29 กันยายน 2560]
- ทรูปลูกปัญญา, พระอัจฉริยภาพด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9, [Online], Available : <http://www.truelookpanya.com/learning/detail/32152-044729>, [20 ตุลาคม 2561]

กรมประชาสัมพันธ์, 2559, พระราชกรณียกิจ ด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ, [Online], Available :

http://www.prd.go.th/ewt_news.php, [8 ตุลาคม 2560]

มูลนิธิชัยพัฒนา สำนักงานเลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา, ม.ป.ป., กังหันน้ำชัยพัฒนา, [Online], Available :

<http://www.manpattanalibrary.com/กังหันน้ำชัยพัฒนา2.pdf>, [9 ตุลาคม 2560]

สำนักงานปฏิบัติการฝนหลวง, 2512, ในหลวงของเรากับฝนหลวง, [Online], Available :

<http://www.manpattanalibrary.com/ในหลวงของเรากับฝนหลวง.pdf>, [8 ตุลาคม 2560]

สำนักพิมพ์สถาพรบุ๊คส์, 2532, โครงการพระราชดำริกังหันน้ำชัยพัฒนา, [Online], Available :

<http://www.manpattanalibrary.com/กังหันน้ำชัยพัฒนา1.pdf>, [8 ตุลาคม 2560]

ม.ป.ป., 2559, คู่มือการกำหนดรูปแบบ ก่อสร้าง ซ่อมปรับปรุง บำรุงรักษา และเพิ่มประสิทธิภาพฝายชะลอน้ำ

พอเพียงตามแนวพระราชดำริ, [Online], Available : [https://www.yotathai.com/yotanews/manual-](https://www.yotathai.com/yotanews/manual-porpeang-dams/คู่มือการกำหนดรูปแบบ ก่อสร้าง ซ่อม)

[porpeang-dams/คู่มือการกำหนดรูปแบบ ก่อสร้าง ซ่อม](https://www.yotathai.com/yotanews/manual-porpeang-dams/คู่มือการกำหนดรูปแบบ ก่อสร้าง ซ่อม)

ม.ป.ป., เพิ่มประสิทธิภาพฝายชะลอน้ำพอเพียงตามแนวพระราชดำริ.pdf, [9 ตุลาคม 2560]. สำนักพิมพ์สถาพร

บุ๊คส์, 2540, โครงการพระราชดำริหญ้าแฝก, [Online], Available : [http://www.manpattanalibrary.com/](http://www.manpattanalibrary.com/หญ้าแฝก.pdf)

[หญ้าแฝก.pdf](http://www.manpattanalibrary.com/หญ้าแฝก.pdf), [9 ตุลาคม 2560].

ม.ป.ป., กังหันลมผลิตไฟฟ้า ทางเลือก พลังงานทดแทน, [Online], Available :

<http://www.techtron.co.th/Windturbine.htm>, [10 ตุลาคม 2560].

สำนักงาน กปร., 2517, ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริกับแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง, [Online],

Available : <http://www.rdpb.go.th/StudyCenter/ผลสำเร็จของการนำแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงในรูปแบบ>

[เกษตรทฤษฎีใหม่.pdf](http://www.rdpb.go.th/StudyCenter/ผลสำเร็จของการนำแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงในรูปแบบ), [10 ตุลาคม 2560].

สำนักงาน กปร., 2554, จอมปราชญ์แห่งการพัฒนารากฐานความมั่นคงของมนุษย์, [Online], Available :

<http://www.manpattanalibrary.com/หน่วยแพทย์.pdf>, [10 ตุลาคม 2560].

กฤตชัย บุญฉนวนนท์, 2557, เทคโนโลยีอุบัติใหม่: เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม, [Online], Available :

http://www.fci.ksu.ac.th/wp-content/uploads/2014/02/EmergingTech_AR1.pdf, [11 ตุลาคม 2560].

พนิดา ตันศิริ, 2554, โลกเสมือนผสานโลกจริง, [Online], Available :

http://www.bu.ac.th/knowledgecenter/executive_journal/30_2pdf/aw.28pdf, [11 ตุลาคม 2560].

ธีรเดช บุญญา, 2558, การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมแตงบนระบบปฏิบัติการ

แอนดรอยด์, [Online], Available : <http://aucc.csit.rru.ac.th/Upload/447-289-camera-ready>, [14 ตุลาคม

2560]

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกลยุทธ์การกลายพันธุ์ที่ต่างกันของขั้นตอน
วิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการหาเส้นทางการเดินทางเดินเรือ
**The Comparison of Performance between Different Mutation Strategies on
Genetic Algorithm for Solving Shipping Route Problem**

นายสรรพสิริ แสงประไพ

วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: sapasiri.sa@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิพงษ์ ชินศรี

ผู้อำนวยการหลักสูตร วิทยาลัยนวัตกรรมการศึกษาและเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิชาการจัดการ

ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

E-mail: wutthipong.c@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกลยุทธ์การกลายพันธุ์ของวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อใช้สำหรับการแก้ปัญหาการเดินทางแบบกำหนดเงื่อนไข ซึ่งนับเป็นปัญหาที่ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหามากสำหรับการออกเดินเรือในแต่ละครั้ง ซึ่งการเดินทางในแต่ละครั้งนั้นจะต้องวนกลับมาซึ่งท่าที่ชายฝั่งเดิม ทำให้ปัญหามีลักษณะที่ใกล้เคียงกับปัญหาการหาเส้นทางเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem) แต่ปัญหาการเดินทางนั้นจะมีการเพิ่มเงื่อนไขที่ซับซ้อนมากกว่าในเรื่องของการกำหนดเวลาที่ต้องการให้ไปถึงจุดหมายบางจุดให้ได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดและต้องรองจนกว่าจะถึงเวลาที่กำหนดจึงจะสามารถออกเดินทางไปยังจุดถัดไปได้ โดยในการทดสอบนี้จะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ในส่วนของการเลือกใช้กลยุทธ์การกลายพันธุ์ที่ต่างกันทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การกลายพันธุ์แบบสลับที่ (Swap Mutation) และการกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inversion Mutation) ซึ่งจากการทดสอบโดยเปรียบเทียบกลยุทธ์การกลายพันธุ์พบว่า 2 ใน 3 ของปัญหาที่นำมาทดลองนั้น วิธีการกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inversion Mutation) ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดยทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางลดลงกว่า 1.83% และ 2.93% จากวิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่

คำสำคัญ: ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม การกลายพันธุ์ วิธีการกลายพันธุ์แบบผกผัน วิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่

ABSTRACT

This research aims to compare performances of 2 different mutation strategies on genetic algorithms in order to solve problems regarding conditional shipping routes. Planning vessel route is a major struggle that

consumes plenty of time on each voyage, which it also forces a vessel to turn back to the previous port. This matter is closely resembled to the Traveling Salesman Problem; however, there are more numerous complicated conditional format, as a vessel must be punctually arrived at its destination and departed to another point on a strict schedule. Due to this, the study mainly focuses on doing an experiment by comparing performance of 2 selected different types of mutation strategies; swap mutation and inversion mutation. The result of the finding has showed that 2 of 3 random samples of shipping route problems appear to have better performances on generic algorithms using inversion mutation strategy. It reduces transit time sequentially as 1.83% and 2.93% less than swap mutation strategy.

KEYWORDS: Genetic Algorithm, Mutation, Inversion Mutation, Swap Mutation

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาเรื่องการวางแผนการเดินทางเรือขึ้นถือเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการออกเดินทางในแต่ละครั้งมาก เนื่องจากการออกเดินทาง ออกจากชายฝั่งในแต่ละครั้งนั้น จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ผันแปรกับระยะทางและเวลาอันเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าอะไหล่ ค่าซ่อมบำรุง ฯลฯ จากค่าใช้จ่ายข้างต้นนั้นทำให้การออกเดินทางในแต่ละครั้งมีความจำเป็นต้องวางแผนหาเส้นทางเดินเรือที่ใช้ระยะเวลาที่น้อยที่สุด หรือหากมีเหตุฉุกเฉินทำให้ต้องทำการเปลี่ยนแปลงเส้นทางเดินเรือใหม่ขณะเดินทาง แต่ในการหาเส้นทางเดินเรือขึ้นเป็นปัญหาที่ต้องใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างมาก เนื่องจากรูปแบบของการเดินทางในแต่ละครั้งนั้นสามารถมีรูปแบบในการเดินทางได้หลากหลายรูปแบบ ทำให้ต้องทำการคำนวณว่ารูปแบบใดถึงจะสามารถใช้เวลาได้น้อยที่สุด ซึ่งในแต่ละครั้งอาจจะมีความจำเป็นที่ต้องเดินทางไปยังจุดบางจุดที่ได้มีการกำหนดเงื่อนไขไว้ โดยต้องถึงภายในระยะเวลาที่กำหนด และต้องรอที่จุดดังกล่าวจนกว่าจะถึงเวลาที่กำหนดก่อน จึงจะสามารถออกเดินทางไปยังจุดต่อไปได้ ทำให้ต้องมีการวางแผนเส้นทางเดินเรือก่อนเดินทางออกจากท่าเรือใหม่ทุกครั้ง เมื่อเงื่อนไขหรือปัจจัยต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลง โดยลักษณะของการเดินเรือขึ้นเริ่มต้นจากออกจากชายฝั่งเพื่อไปรับวัตถุดิบต่างๆ บนจุดที่ตั้งบนท้องทะเล จากนั้นเมื่อดำเนินการไปครบทุกจุดที่กำหนดจึงจะสามารถนำเรือกลับมาขังที่ท่าชายฝั่งได้ ทำให้ลักษณะของการเดินเรือขึ้นมีลักษณะที่ต้องมีจุดเริ่มต้นและจุดที่สิ้นสุดเป็นที่เดียวกัน ซึ่งลักษณะของปัญหานี้คล้ายกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TSP) ของ E. L. Lawler, J. K. Lenstra, A. H. G. Rinnooy Kan และ D. B. Shmoys (1985) โดยพนักงานขายต้องเดินทางจากเมืองหนึ่งไปยังเมืองอื่นๆ จนครบตามที่กำหนดและจะต้องกลับมาขังเมืองที่เริ่มต้นออกเดินทางอีกครั้ง แต่สำหรับในงานวิจัยนี้จะมีจุดที่แตกต่าง ในส่วนของการเดินทาง ด้วยเรือขึ้นจะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขระยะเวลาที่จะต้องเดินทางไปให้ถึงบางจุดในช่วงเวลาที่กำหนด โดยลักษณะปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาลักษณะประเภท NP-Hard ซึ่งวิธีการเมตาฮิวริสติกถือเป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้ดี โดยวิธีการทางเมตาฮิวริสติกนั้นมีอยู่หลายวิธีเช่น วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) วิธีการค้นหาแบบตาบ (Tabu search) วิธีการเลียนแบบการอบอุ่น (Simulated Annealing) ซึ่งในงานวิจัยของ 1) Mohammed Alhanjouri และ Belal Alfarra (2011) ได้มีการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization : ACO) กับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm

: GA) โดยใช้ทดสอบกับปัญหาประเภท TSP พบว่าวิธีเชิงพันธุกรรมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า 2) งานวิจัยของ Shalini Singh และ Ejaz Aslam Lodhi (2013) ได้มีการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง วิธีการหาเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor algorithm : NN) กับวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) โดยใช้ทดสอบกับปัญหาประเภท TSP พบว่าวิธีเชิงพันธุกรรมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า และ 3) วรนิษฐ์ ทองอยู่ และคณะ (2561) ได้มีการทดสอบเปรียบเทียบระหว่าง วิธีการค้นหาแบบที่คิดที่สุดกรีดี (Greedy Best First Search) การค้นหาแบบเอ-สตาร์(A*Search) และวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) โดยใช้ทดสอบกับปัญหาประเภท TSP พบว่าวิธีเชิงพันธุกรรมให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าเช่นกัน

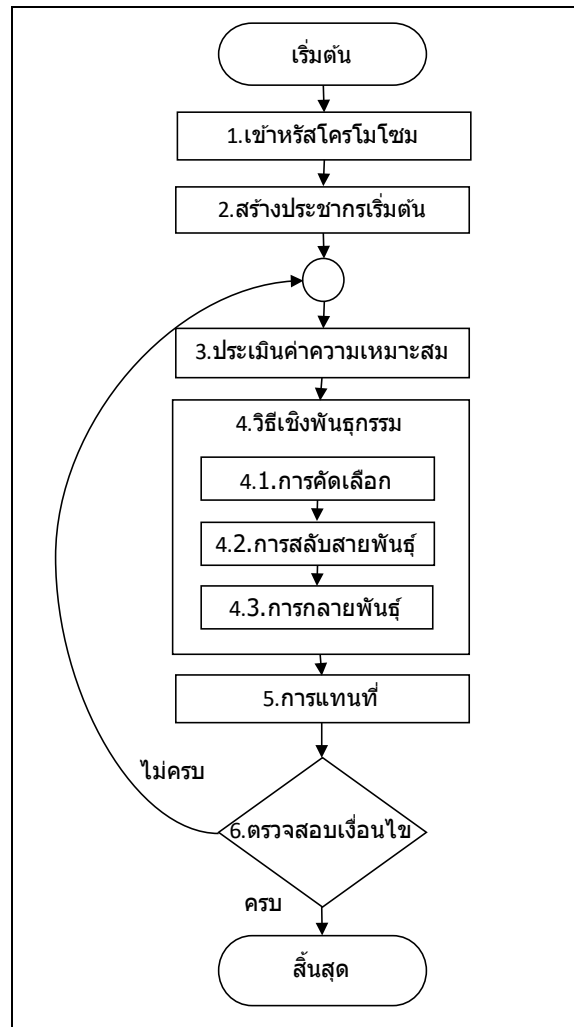
วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นขั้นตอนวิธีหาคำตอบโดยเลียนแบบมาจากแนวคิดของ Charles Robert Darwin เรื่องทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติซึ่ง J. Holland (1975) ได้นำแนวคิดทฤษฎีดังกล่าวมาพัฒนาโดยใช้หลักการที่ ผู้ที่แข็งแกร่งกว่ามีสิทธิจะได้สืบทอดลักษณะและอยู่ต่อ โดยได้ถ่ายทอดพันธุกรรมไปสู่รุ่นถัดไป ซึ่งวิธีเชิงพันธุกรรมจัดเป็นวิธีทางเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) ประเภทหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้สำหรับการแก้ปัญหาเช่น ปัญหาการหาเส้นทางเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem) ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วและสามารถประมาณการคำตอบได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยในกระบวนการหาคำตอบด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะมีกระบวนการ การคัดเลือก (Selection) การสลับสายพันธุ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวเหล่านี้ ควรมีการเลือกใช้กลยุทธ์ต่างๆ ให้เหมาะสมถึงจะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยมีงานวิจัยของ Noraini Mohd Razali และ John Geraghty (2011) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการคัดเลือก (Selection) ในแบบต่างๆ ได้แก่ การคัดเลือกแบบจัดแข่งขัน (Tournament Selection) , การคัดเลือกตามสัดส่วน (Proportional Selection) และ การคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Rank-based Selection) สำหรับปัญหาที่นำมาทดสอบนั้นใช้รูปแบบปัญหา TSP ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าวิธี การคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Rank-based Selection) นั้นให้ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด งานวิจัยของ Naveen kumar, Karambir, Rajiv Kumar (2012) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการสลับสายพันธุ (Crossover) 3 วิธี ได้แก่ วิธีแบบจัดคู่เป็นส่วน (Partially matched crossover) แบบอันดับ (Cyclic crossover) และแบบ วัฏจักร (Ordered crossover) และปัญหาที่นำมาทดสอบนั้นใช้รูปแบบปัญหา TSP ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลองพบว่า วิธีแบบจัดคู่เป็นส่วน (Partially matched crossover) นั้นให้ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ทางผู้จัดทำจะเลือกใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการแก้ปัญหาเพื่อหาเส้นทางเดินเรือแบบมีเงื่อนไข โดยเลือกใช้วิธีคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Rank-based Selection) และวิธีการสลับสายพันธุแบบจัดคู่เป็นส่วน (Partially matched crossover)

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

จากปัญหาการเดินทางเรือแบบมีเงื่อนไขที่ต้องเดินทางไปถึงยังจุดหมายที่กำหนดให้ทันเวลานั้น ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม(Genetic Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาในลักษณะดังกล่าว ในส่วนของขั้นตอนการพัฒนากระบวนการนั้นใช้ AngularJS ในการพัฒนา Web Application เพื่อใช้สำหรับการทดลอง และ ได้ทำการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ Intel Core i5 6200U CPU @ 2.30 GHz Ram 8.00 GB ระบบปฏิบัติการ Windows 10 โดยได้จำลองข้อมูลระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเดินทางไปยังจุดต่างๆ บนท้องทะเลเพื่อใช้สำหรับเป็น

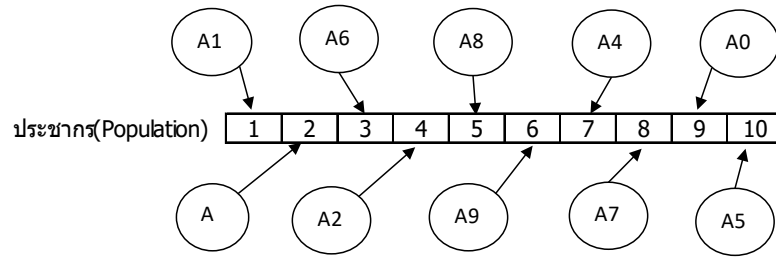
ตัวชี้วัด และจำลองรูปแบบปัญหาเพื่อใช้สำหรับการทดสอบทั้งหมด 3 รูปแบบ โดยขั้นตอนทางพันธุกรรม เป็นไปตามรูปภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนทางพันธุกรรม

2.1 การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding)

ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยทำการเข้ารหัสประชากร โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการเข้ารหัสแบบเพอมิวเตชัน (Permutation Encoding) เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินค่าความเหมาะสม และเพื่อใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกให้ประชากรชุดนั้นคงอยู่ในรุ่นถัดไปหรือไม่ โดยการเข้ารหัสนั้นจะทำการนำจุดที่ต้องเดินทางในรอบนั้น มาทำการเก็บเป็นชุดข้อมูลโดยถือให้ชุดข้อมูลนั้นมีค่าเท่ากับประชากร 1 ชุด ซึ่งมีลักษณะเป็นแถวเรียงต่อกัน และขนาดของประชากรในแต่ละชุดนั้นจะเท่ากับจำนวนจุดที่ต้องเดินทางในรอบนั้นๆ



ภาพที่ 2: ตัวอย่างการเข้ารหัสแบบเพอิมูวเคชัน

2.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

การสร้างประชากรเริ่มต้นจะต้องทำการกำหนดจุดที่ต้องการเดินทางในรอบนั้นๆ ขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับเป็นกรอบในการกำหนดค่าเริ่มต้นในการสุ่มสร้างลักษณะของประชากร ในส่วนของตำแหน่งของประชากรนั้น จะใช้วิธีการสุ่มตำแหน่งจุดที่เดินทางขึ้นมาโดยมีเงื่อนไขว่าประชากรในชุดนั้นต้องไม่เกิดจุดที่ซ้ำกันเกิดขึ้น เนื่องจากการเดินทางจะทำการเดินทางไปแต่ละจุดเพียงครั้งเดียวเท่านั้น แต่จะยกเว้นในส่วนของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่จะใช้จุดเดียวกันทำให้สามารถมีค่าซ้ำกันได้

ประชากร(Population)

AC	A1	A6	A3	A2	A9	A5	A4	A7	AC
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

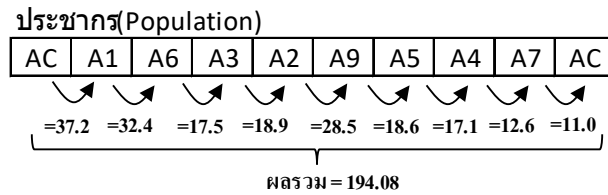
ภาพที่ 3: ตัวอย่างประชากรเริ่มต้นที่ทำการสุ่ม

2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

เมื่อได้ชุดข้อมูลของประชากรแต่ละชุดมาแล้ว ต่อมาจะทำการคำนวณหาระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้สำหรับการเดินทางของประชากรชุดนั้น โดยใช้วิธีการหาระยะเวลาที่ต้องเดินทางจากจุดที่ 1 ไปยังจุดที่ 2 ว่าใช้ระยะเวลาเท่าไร ซึ่งจะต้องทำการกระบวนกรนี้ซ้ำไปจนกว่าจะถึงจุดสุดท้าย เมื่อทำไปจนถึงจุดสุดท้ายแล้วจะทำการรวมระยะเวลาทั้งหมดที่คำนวณ โดยค่าที่ได้ถือว่าเป็นระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้สำหรับในการเดินทางของประชากรชุดนั้น ซึ่งชุดของประชากรที่มีค่าระยะเวลาน้อยที่สุดน้อยถือว่าเป็นประชากรที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด และประชากรที่มีค่าของระยะเวลามากที่สุดถือว่าเป็นมีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุด

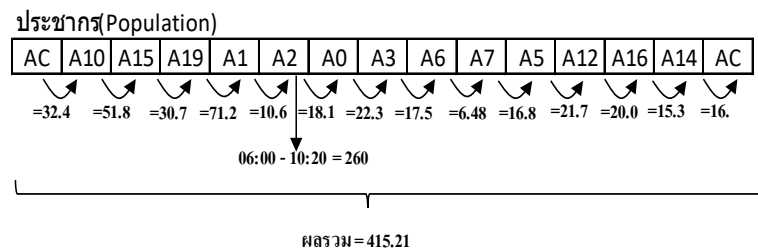
เวลา : นาที	AC	A0	A1	A2	A3	A4	A5
AC	0	43.74	37.26	26.89	31.43	22.84	17.82
A0	43.74	0	11.34	18.14	22.36	24.46	28.84
A1	37.26	11.34	0	10.69	24.79	23.33	20.25
A2	26.89	18.14	10.69	0	18.95	14.74	11.02
A3	31.43	22.36	24.79	18.95	0	9.07	24.79
A4	22.84	24.46	23.33	14.74	9.07	0	17.17
A5	17.82	28.84	20.25	11.02	24.79	17.17	0

ภาพที่ 4 ตารางแสดงระยะเวลาที่ใช้สำหรับในการเดินทางไปยังแต่ละจุด



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมกรณีไม่มีเงื่อนไข

ในส่วนของกรณีที่มีการกำหนดเงื่อนไขให้ต้องเดินทางไปให้ถึงยังจุดที่ได้กำหนดไว้ตามเวลาที่กำหนด จะมีการเพิ่มเงื่อนไขการตรวจสอบที่เพิ่มมากขึ้น โดยใช้วิธีการตรวจสอบว่ารายการใดสามารถทำตามเงื่อนไขได้ เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ กระบวนการจะทำการเก็บเส้นทางการเดินทางนั้นไว้แต่ในส่วนของเส้นทาง การเดินทางใดที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข เส้นทางการเดินทางนั้นจะถูกลบออกจากชุดข้อมูล โดยภาพที่ 6 เป็นตัวอย่าง จะต้องมีเส้นทางที่จุด A2 เวลา 10:20 ณ โดยเริ่มออกเดินทาง เวลา 06:00 ณ



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการประเมินค่าความเหมาะสมกรณีมีเงื่อนไข

2.4 การดำเนินวิธิต่างพันธุกรรม (Genetic Operation)

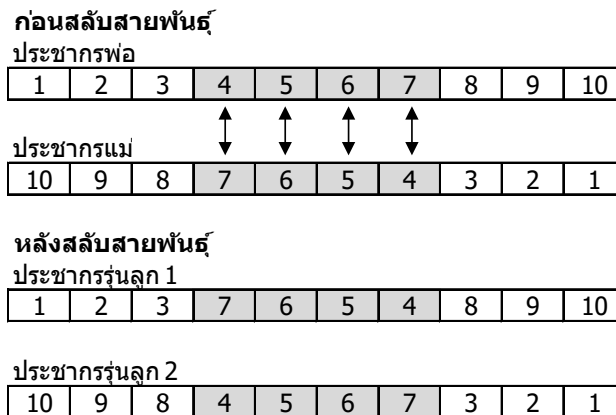
วิธีการดำเนินทางพันธุกรรมนั้นเป็นวิธีการจำลองวิธิต้องต่อและเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมจากในรุ่นเดิมสู่รุ่นใหม่ เพื่อให้ได้ออกมาซึ่งพันธุกรรมในรุ่นใหม่ที่มีลักษณะที่ดีขึ้นกว่ารุ่นก่อนๆ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะประกอบไปด้วย 3 กระบวนการดังนี้

(1) การคัดเลือก (Selection) สำหรับการคัดเลือกนั้นผู้วิจัยได้ใช้วิธีการคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Rank-based Selection) โดยจะทำเรียงลำดับค่าความเหมาะสมของประชากรก่อนจากนั้นทำการจัดลำดับ โดยให้ลำดับที่มีค่าความเหมาะสมน้อยที่สุดที่ลำดับแรก และค่าความเหมาะสมมากที่สุดอยู่ที่ลำดับสุดท้ายจากนั้นทำการคำนวณสัดส่วนจากลำดับของแต่ละประชากร ซึ่งค่าที่ได้หลังจากการคำนวณสัดส่วนจะเห็นได้ว่าประชากรที่มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด จะมีโอกาสได้รับเลือกมากที่สุด ซึ่งจะสอดคล้องตามหลักพันธุกรรมที่ผู้แข็งแกร่งกว่าจะมีโอกาสที่ออรอดมากกว่าผู้ที่อ่อนแอกว่า

ประชากร	เวลาที่ใช้	ลำดับ	โอกาสที่ได้รับเลือก
ประชากรที่ 1	135	3	20%
ประชากรที่ 2	95	5	33%
ประชากรที่ 3	110	4	27%
ประชากรที่ 4	178	1	7%
ประชากรที่ 5	128	2	13%

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการเลือกแบบจัดอันดับ

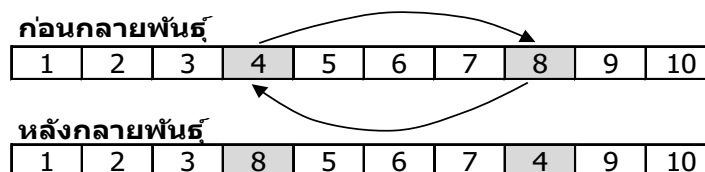
(2) การสลับสายพันธุ (Crossover) สำหรับการสลับสายพันธุ นั้นจะเป็นการเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่ มา 1 คู่ เพื่อทำการสุ่มตำแหน่งภายในของประชากรเพื่อใช้สำหรับการสลับตำแหน่งกัน โดยผู้วิจัยได้ใช้วิธีแบบจัดคู่เป็นส่วน (Partially Matched Crossover) ซึ่งจะทำให้การสุ่มตำแหน่งภายในของประชากรขึ้นมา เพื่อที่จะทำการใช้สำหรับการสลับตำแหน่ง ระหว่างตำแหน่งดังกล่าวของประชากรทั้งคู่ ตามตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มไว้ เพื่อให้ได้ประชากรรุ่นใหม่



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการสลับสายพันธุแบบจัดคู่เป็นส่วน

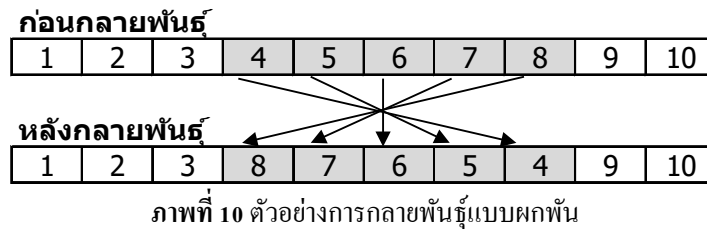
(3) การกลายพันธุ (Mutation) สำหรับการกลายพันธุ นั้นจะเป็นการเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่ มา เพื่อที่จะทำการสุ่มตำแหน่งภายในประชากรของชุดประชากรดังกล่าวเพื่อใช้สำหรับการสุ่มเปลี่ยนค่าตำแหน่งเดิมที่มีอยู่ โดยผู้วิจัยจะดำเนินการทดสอบโดยการใช้วิธีการ 2 วิธี ได้แก่

(3.1) การกลายพันธุแบบสลับที่ (Swap Mutation) วิธีการนี้จะทำการสุ่มประชากรขึ้นมา 1 ชุด เมื่อได้ประชากรมาจากรุ่นนั้นจะทำการสุ่มตำแหน่งจำนวน 2 ตำแหน่ง หลังจากนั้นจะทำการนำตำแหน่งที่ 1 ไปแทนที่ยังตำแหน่งที่ 2 และนำตำแหน่งที่ 2 มาแทนที่ยังตำแหน่งที่ 1



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการกลายพันธุแบบสลับที่

(3.2) การกลายพันธุแบบผกผัน (Inversion Mutation) วิธีการนี้จะทำการสุ่มประชากรขึ้นมา 1 ชุดจากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งเป็นจำนวนครั้งหนึ่งของประชากรชุดนั้น ซึ่งตำแหน่งที่ได้ทำการสุ่มนั้นจะเป็นลักษณะแบบเรียงต่อกัน หลังจากนั้นทำการสลับตำแหน่ง โดยใช้วิธีการสลับตำแหน่งแบบผกผัน โดยเริ่มจากตำแหน่งแรกสุดกับตำแหน่งสุดท้ายนำมาสลับที่กัน ถัดมาจะทำการนำตำแหน่งรองแรกสุดกับตำแหน่งรองสุดท้ายนำมาสลับที่กัน โดยจะทำการสลับตำแหน่งในลักษณะนี้ไปจนกว่าจะทำการสลับตำแหน่งครบทุกตำแหน่ง



2.5 การแทนที่ (Replacement)

สำหรับวิธีการในการแทนที่นั้นทางผู้วิจัยได้ทำการนำประชากรรุ่นใหม่ทั้งหมดมาแทนรุ่นเดิมทั้งหมด แต่จะมีการเก็บประชากรที่ดีที่สุดของรุ่นพ่อแม่ไว้ 1 ชุด ให้มาอยู่ในประชากรรุ่นถัดไปเนื่องจากต้องการที่จะรักษาคำตอบที่ดีที่สุดไว้เพื่อให้ประชากรรุ่นถัดไปมีค่าความเหมาะสมที่มากขึ้น

2.6 การตรวจสอบเงื่อนไขเพื่อสิ้นสุดการทำงาน (Stop condition)

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบว่ากระบวนการในช่วงวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นทำครบตามจำนวนครั้งที่กำหนดหรือยัง ถ้าครบแล้วจะหยุดการทำงาน แต่ถ้ายังไม่ครบจะดำเนินการทำซ้ำใหม่ ตั้งแต่กระบวนการประเมินค่าความเหมาะสม วิธีเชิงพันธุกรรม และการแทนที่ ไปจนกว่าจะครบรอบตามที่ได้กำหนดไว้

2.7 รูปแบบปัญหา (Problem model)

ในส่วนของรูปแบบปัญหาที่ใช้สำหรับการทดลองนั้นผู้วิจัยได้ทำการจำลองเส้นทางการเดินเรือขึ้นมาทั้งหมด 3 รูปแบบโดยรูปแบบที่จำลองขึ้นมาทั้งหมดนี้จะมีเงื่อนไขข้อกำหนดด้านเวลา ซึ่งรูปแบบปัญหาที่ 1 จะมีการกำหนดเงื่อนไขเพียง 1 เงื่อนไข และปัญหาที่ 2, 3 จะมีการกำหนดเงื่อนไขอยู่ที่ 3, 2 ตามลำดับ

รูปแบบปัญหา	จำนวนจุดที่ต้องเดินทาง	จำนวนจุดที่มีเงื่อนไข
รูปแบบที่ 1	11	1
รูปแบบที่ 2	15	3
รูปแบบที่ 3	11	2

ภาพที่ 11 รูปแบบปัญหา

การทดสอบจะต้องทำการกำหนดอัตราการสลับสายพันธุ์ (Crossover Rate) และอัตราการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) ก่อนซึ่งอัตราดังกล่าวเป็นการกำหนดว่ากระบวนการเชิงพันธุกรรมในส่วนของ การสลับสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์มีโอกาสเกิดขึ้นร้อยละเท่าไร โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดอัตราดังกล่าวที่ร้อยละ 20, 40, 60, 80, 100 ทั้ง 2 ขั้นตอน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการหาให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจึงต้องทำการกำหนดอัตราดังกล่าวให้ครอบคลุมมากที่สุด ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ จะเป็นไปตามรูปภาพที่ 12 เพื่อใช้สำหรับในการทดลอง โดยผลลัพธ์ที่ได้มาหลังจากการทดลองซ้ำทั้งหมด 30 รอบ จะนำมาทำการคำนวณหาผลรวมและใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยจากการทดลองทั้งหมด เพื่อใช้สำหรับเป็นค่าวัดผลประสิทธิภาพในการเปรียบเทียบวิธีการกลายพันธุ์ทั้ง 2 วิธี

รายการ	Parameter
ขนาดของประชากร	100
วิธีการคัดเลือก	Rank-based Selection
วิธีการสลับสายพันธุ์	Partially Matched Crossover
วิธีการกลายพันธุ์	Swap , Inversion Mutation
อัตราการสลับสายพันธุ์ (ร้อยละ)	20 , 40 , 60 , 80 , 100
อัตราการกลายพันธุ์ (ร้อยละ)	20 , 40 , 60 , 80 , 100
จำนวนครั้งการแทนที่	2,000
จำนวนครั้งในการทดลอง	30

ภาพที่ 12 รูปภาพการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ

3. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองเปรียบเทียบวิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่และการกลายพันธุ์แบบผกผัน โดยใช้วิธีพันธุกรรมทำให้ได้ผลลัพธ์ตามภาพที่ 13 นั้น จากผลการทดสอบปัญหาทั้ง 3 รูปแบบพบว่า รูปแบบปัญหาที่ 1 ที่มีเงื่อนไขด้านเวลา 1 เงื่อนไข วิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่ให้เส้นทางการเดินเรือที่ดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลาเดินทาง 224.52 นาที ซึ่งดีกว่าวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันที่ให้เส้นทางการเดินเรือที่ดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลาเดินทาง 224.58 นาที ในอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ที่ 100 , 80 ทั้งคู่ แต่รูปแบบปัญหาที่ 2 , 3 ที่มีเงื่อนไขด้านเวลา 3 , 2 เงื่อนไขตามลำดับนั้น วิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันกลับให้เส้นทางการเดินเรือที่ใช้ระยะเวลาที่ดีกว่าโดยรูปแบบปัญหาที่ 2 วิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่ให้เส้นทางการเดินเรือที่ดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลาเดินทาง 349.00 นาที ในอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ที่ 100 , 100 และวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันให้เส้นทางการเดินเรือที่ดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลาเดินทาง 342.73 นาที ในอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ที่ 80 , 100 และรูปแบบปัญหาที่ 3 วิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่ให้เส้นทางการเดินเรือที่ดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลาเดินทาง 187.15 นาที ในอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ที่ 100 , 80 และวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันให้เส้นทางการเดินเรือที่ดีที่สุดโดยใช้ระยะเวลาเดินทาง 181.82 นาที ในอัตราการเกิดการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ที่ 100 , 60

Crossover rate	Mutation rate	รูปแบบปัญหาที่ 1		รูปแบบปัญหาที่ 2		รูปแบบปัญหาที่ 3	
		Swap Mutation	Inversion Mutation	Swap Mutation	Inversion Mutation	Swap Mutation	Inversion Mutation
20	20	237.42	234.48	364.49	360.68	201.22	190.91
	40	232.82	228.99	363.84	353.75	201.20	195.45
	60	231.28	226.09	362.23	354.21	198.51	194.93
	80	225.94	230.34	362.83	354.66	196.58	190.65
	100	226.77	226.16	363.25	355.91	196.45	193.45
40	20	237.39	233.15	362.70	361.78	196.99	194.91
	40	226.88	228.60	362.64	357.48	193.34	190.99
	60	230.80	226.77	360.20	352.49	196.81	189.97
	80	226.49	224.78	358.31	355.16	194.98	189.08
	100	225.14	224.71	357.98	353.94	192.76	190.61
60	20	230.73	227.92	362.80	359.98	201.11	194.88
	40	228.60	226.45	358.81	352.87	193.75	193.42
	60	226.79	225.12	358.50	352.33	192.27	190.21
	80	226.53	224.78	357.38	349.62	193.73	188.82
	100	224.72	224.65	360.80	349.33	194.71	183.01
80	20	226.80	225.47	359.42	354.62	194.38	188.19
	40	227.73	229.13	357.75	357.30	195.49	187.13
	60	226.07	225.31	355.87	350.94	191.68	185.70
	80	224.80	224.65	356.14	352.82	190.46	183.20
	100	224.68	225.86	353.00	342.73	189.00	186.23
100	20	224.84	228.46	357.27	348.82	193.44	186.09
	40	226.33	225.07	353.62	353.00	191.17	188.33
	60	224.71	224.78	351.81	348.73	189.33	181.82
	80	224.52	224.58	349.63	348.17	187.15	182.64
	100	224.65	224.61	349.00	345.09	189.47	183.83

ภาพที่ 13 ตารางสรุปผลการทดลอง

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบกลยุทธ์การกลายพันธุ์ของวิธีเชิงพันธุกรรมระหว่างวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inversion Mutation) และวิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่ (Swap Mutation) ในการแก้ปัญหาเส้นทางเดินเรือแบบมีเงื่อนไข ซึ่งปัญหาดังกล่าวมีลักษณะที่หาคำตอบได้ยาก และใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่นานจึงได้มีการนำวิธีเชิงพันธุกรรมเข้ามาช่วยในการหาคำตอบดังกล่าว โดยใช้วิธีการเข้ารหัสแบบเพอมีวเดชัน ขนาดของประชากรต่อรุ่นอยู่ที่ 100 ใช้วิธีการคัดเลือกแบบจัดอันดับ (Rank-based Selection) วิธีการสลับสายพันธุ์แบบจับคู่เป็นส่วน (Partially Matched Crossover) จำนวนครั้งในการแทนที่ทั้งหมด 2,000 ครั้ง และในการทดลองได้ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 30 รอบแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย โดยในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบจากรูปแบบของปัญหาที่กำหนดมา 3 รูปแบบ

จากการทดลองทำให้เห็นได้ว่าวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันนั้นได้ให้คำตอบที่ดีกว่าวิธีแบบสลับที่ ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่วิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันมีการสลับที่กันของตำแหน่งภายในชุดของประชากรที่มากกว่าวิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่ ที่เปลี่ยนแปลงเพียง 2 ตำแหน่ง ทำให้คำตอบที่ได้จากการกลายพันธุ์แบบผกผันมีโอกาสเป็นไปได้หลากหลายกว่า และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hock Hung Chieng และ Noorhaniza Wahid (2014) ที่ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการกลายพันธุ์ ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวพบว่าวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผันนั้นให้ระยะทางที่สั้นที่สุด

จึงสรุปได้ว่าวิธีการกลายพันธุ์แบบผกผัน (Inversion Mutation) ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า 2 ใน 3 ของปัญหา ที่ทำการทดลอง ซึ่งให้เส้นทางที่ใช้ระยะเวลาในการเดินทางที่ดีกว่าวิธีการกลายพันธุ์แบบสลับที่ (Swap Mutation) โดยรูปแบบปัญหาที่ 2 ใช้ระยะเวลาที่น้อยกว่าอยู่ที่ 6.27 นาที คิดเป็น 1.83% และรูปแบบปัญหาที่ 3 ใช้ระยะเวลา ที่น้อยกว่าอยู่ที่ 5.34 นาที คิดเป็น 2.93% ดังนั้นข้อมูลในงานวิจัยนี้สามารถนำมาทำเป็นประโยชน์ต่อ ผู้ประกอบการที่ต้องการหาวิธีการลดต้นทุนด้านการเดินเรือ โดยสามารถนำไปพัฒนาต่อเป็นเว็บแอปพลิเคชันเพื่อ ใช้งาน และยังสามารถใช้กับอุปกรณ์ที่หลากหลายเช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ทำให้สะดวกต่อ การใช้งานแม้มีเหตุจำเป็นต้องเปลี่ยนเส้นทางฉุกเฉินขณะเดินทางก็สามารถคำนวณเส้นทางใหม่ได้ทันที

5. รายการอ้างอิง

- J. Holland. 1975. *Adaptation in Natural and Artificial Systems*: Ann Arbor. **University of Michigan Press**
- E. L. Lawler, J. K. Lenstra, A. H. G. Rinnooy Kan, D. B. Shmoys. 1985. *The Traveling Salesman Problem*. **John Wiley & Sons Ltd.**
- Mohammed Alhanjouri, Belal Alfarra. 2011. Ant Colony versus Genetic Algorithm based on Travelling Salesman Problem. **International Journal of Computer Applications in Technology 2(3):570-578**
- Shalini Singh, Ejaz Aslam Lodhi. 2013. Study of Variation in TSP using Genetic Algorithm and Its Operator Comparison. **International Journal of Soft Computing and Engineering, Volume-3, Issue-2 ISSN: 2231-2307**
- Noraini Mohd Razali, John Geraghty. 2011. Genetic Algorithm Performance with Different Selection Strategies in Solving TSP, **World Congress on Engineering 2011 Vol II:1134-1139**
- Naveen kumar, Karambir, Rajiv Kumar 2012. A Comparative Analysis of PMX, CX and OX Crossover operators for solving Travelling Salesman Problem, **International Journal of Latest Research in Science and Technology, Vol.1, Issue 2 :98-101**
- Hock Hung Chieng, Noorhaniza Wahid. 2014. A Performance Comparison of Genetic Algorithm's Mutation Operators in n-Cities Open Loop Travelling Salesman Problem, (SCDM), **Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Johor, Malaysia :89-97**
- วรณิตย์ ทองอยู่ และคณะ. 2561. “ระบบชาญฉลาดวางแผนเส้นทางอัตโนมัติโดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมออนไลน์” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 28 ฉบับที่ 4 : 789-798

**การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงาน
แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาสำหรับอาคารพาณิชย์**
**STUDY OF COST BENEFIT ANALYSIS OF SOLAR ROOFTOP PV
SYSTEM FOR COMMERCIAL BUILDING**

เขมิกา จิตจันทน์

สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: Khemikajitjumnong@gmail.com

ภรชัย จุณวัฒน์กุล

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม**

E-mail: parachai.ju@spu.ac.th

สำเร้ง อินทามิ

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม**

E-mail: samroeng.hi@spu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาต้นทุนและความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารพาณิชย์ โครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล จำนวน 4 อาคาร บนพื้นที่รวมบนดาดฟ้าทุกอาคารทั้งหมด 2,513 ตารางเมตร โดยศึกษาการออกแบบและติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาในรูปแบบการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ประกอบไปด้วยอาคาร A1 A2 A6 และ P1 โดยเจ้าของ บริษัท กิรัชบุรี เป็นผู้ลงทุนเองทั้งหมด โดยมีการใช้โปรแกรม PVsyst Version 5.5 สำหรับช่วยในการวิเคราะห์ประมาณผลจำนวนชั่วโมงของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อใช้สำหรับในการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 449,913.60 kWh ต่อปี ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ซื้อจากการไฟฟ้า คิดเป็นรายได้ที่จะได้รับจากการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับอาคารสำนักงานเชิงพาณิชย์ ทั้ง 4 อาคาร เท่ากับ 1,655,232.13 บาทต่อปี

จากการวิเคราะห์การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าทางเลือกที่ 4 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390 Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 162 แผง อาคาร A2 จำนวน 162 แผง อาคาร A6 จำนวน 162 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน

906 แผง โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 25 kW จำนวน 9 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 33 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 11,661,393.06 บาท

การวิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 3,152,694.71 บาท IRR เป็น 3 % Payback Period อยู่ที่ 7.22 ปี ทางเลือกที่ 4 แสดงให้เห็นว่าเป็นการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่าเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 25 ปี และอินเวอร์เตอร์จะมีการรับประกันยาวนานที่ 10 ปี จึงสรุปได้ว่าทางเลือกที่ 4 มีความคุ้มค่าในการลงทุนและสามารถคืนทุนได้ตามวัตถุประสงค์ตามนโยบายที่กำหนดไว้

คำสำคัญ: ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา, การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้ง

ABSTRACT

This research is to study the cost and cost benefit of the solar power system installation for 4 commercial buildings of the Summer Lasalle project. The design and installation of solar rooftop PV system of the firstphase consist of buildings A1, A2, A6, and P1. The owner of the company is a wholly owned subsidiary. The PVSystem program version 5.5 is used to assist in the analysis of hours of solar power generation for the calculation of electrical energy. It can generate electricity of 449,913.60 kWh per year, which reduces the cost of electricity purchased. The revenue generated from solar panels installed on the roof of the four commercial buildings is 1,655,232.13 baht per year.

Form the analysis of solar power system design, option 4 uses a 390 Wp Mono Crystalline solar panel mount. There were 162 panels on A1, A2, and A6 buildings, 420 panels on P1 buildings, totaling 906 panels. A1 A2 and A6 buildings use nine 25 kW inverters and the P1 building uses five 33 kW inverters. The investment in the installation is 11,661,393.06 baht.

Cost analysis and economic value under 25 years project life cycle, the net present value, NPV is 3,152,694.71 baht. The IRR is 3%. The payback period is 7.22 years. Option 4 shows that the investment is worth the cost compared to the lifetime of solar panels 25 years and inverter has a long-term warranty of 10 years. So it is concluded that option 4 is worthwhile and can be reimbursed for its intended purpose.

KEYWORDS: SOLAR ROOFTOP PV, COST-BENEFIT ANALYSIS

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากภาคส่วนต่างๆ เช่น ภาคประชาชน ภาคอุตสาหกรรม มีใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความสว่าง ใช้ในระบบปรับอากาศ และใช้ในการขนส่งโดยเฉพาะการสื่อสารต่างๆ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar Rooftop PV) สำหรับอาคารพาณิชย์ โดยเลือกโครงการ ซัมเมอร์ ลาซาล (Summer Lasalle) ในสังกัดบริษัท กิรัช บุรี จำกัด เป็น

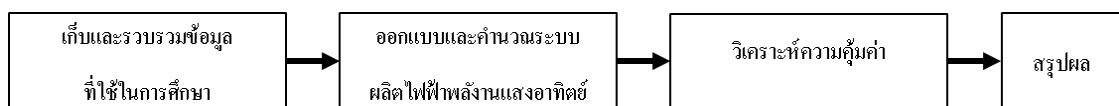
กรณีศึกษา เนื่องจากบริษัท กิรัช บุรี จำกัด ได้มองเห็นถึงความสำคัญของการใช้ทรัพยากรพลังงานอย่างคุ้มค่า ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและลดการใช้พลังงานแบบเดิมที่มีราคาแพงและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้มีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้สำหรับในอาคารสำนักงาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการด้านการเงินก่อนการตัดสินใจลงทุนว่าจะเลือกลงทุนหรือไม่ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจลงทุนในโครงการ โดยวิเคราะห์ถึงการลงทุนที่ให้ประโยชน์สูงสุดและพิจารณาผลตอบแทนของโครงการในแง่ผลกำไรทางการเงิน ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาจะสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการวางแผนหรือกำหนดแนวทางการลงทุนให้มีความเหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อศึกษาการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาที่เหมาะสมกับอาคารพาณิชย์ โครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล
- (2) เพื่อศึกษาต้นทุนและความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับอาคารสำนักงานเชิงพาณิชย์
- (3) เพื่อเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการติดตั้งและระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับอาคารพาณิชย์ โครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล ในเฟสอื่นๆต่อไป
- (4) เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้พลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคา

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและตัวอย่าง

โครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล ตั้งอยู่ในย่านสุขุมวิท-บางนา ซอยลาซาล 21 มีเนื้อที่ 61 ไร่ มีทั้งหมด 5 เฟส โดยแต่ละเฟสประกอบไปด้วยอาคารสำนักงานพาณิชย์ 3 ชั้น จำนวน 3 อาคาร และ 7 ชั้น เป็นอาคาร Parking

4.2 ออกแบบและคำนวณระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบและติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์เบื้องต้นที่ติดตั้งบนหลังคา เริ่มจากการประเมินพื้นที่ในการติดตั้งของอาคารพาณิชย์ A1 A2 A6 และ P1 เพื่อคำนวณหาจำนวนแผง และค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด ในการศึกษาใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono Crystalline Silicon แผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะผลิตมาจากซิลิคอนเกรดดีที่สุดโดยมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ 15-20% และมีประสิทธิภาพต่อพื้นที่สูงสุด เพราะว่าให้กำลังสูงจึงต้องการพื้นที่น้อยที่สุดในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ชนิดนี้ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้

เกือบ 4 เท่า ของชนิดฟิล์มบางหรือ thin film มีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 25 ปีขึ้นไป และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าชนิด Poly Crystalline Silicon เมื่ออยู่ในภาวะแสงน้อยโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Mono Crystalline Silicon มีกำลังผลิตเท่ากับ 390 วัตต์ต่อแผง โดยมีพื้นที่แผงเท่ากับ 2.062 m² (กว้าง 2.067 m และ ยาว 0.998 m) ดังนั้นถ้าพื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนคานาฟ้าของอาคาร A1 เท่ากับ 340.4m²สามารถคำนวณหาจำนวนแผงที่ใช้ทั้งหมดโดยนำพื้นที่บนคานาฟ้าทั้งหมดหารด้วยพื้นที่แผงคือ $340.4/2.062 = 165$ แผง

ทำการคำนวณหาค่ากำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุด โดยนำจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์คูณกับค่ากำลังไฟฟ้า ดังนั้นสำหรับอาคาร A1 ค่ากำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่ากับ $165 \times 390W = 64.35$ kW สำหรับจำนวนแผงที่ติดตั้งจริง (ข้อจำกัดในการจัดเรียงแผง) และการคำนวณของอาคารอื่นๆ สามารถสรุปได้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการคำนวณระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละอาคาร

อาคาร	พื้นที่ที่ใช้ติดตั้งแผงจริง (m ²)	จำนวนแผง PV ที่ได้จากคำนวณ	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด (kW)	จำนวนแผงที่ติดตั้งจริง
A1	340.4	165	64.35	162
A2	340.4	165	64.35	162
A6	340.4	165	64.35	162
P1	876.7	425	165.81	420
Total	1,897.9	920	358.95	906

ทำการประเมินค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ สำหรับอาคารพาณิชย์ ทั้ง 4 อาคาร โดยคิดถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ ค่า STC นี้เป็นค่ากำลังการผลิตกำลังไฟฟ้าของแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ความเข้มแสงอาทิตย์ตกกระทบ 1,000 W/m² และที่อุณหภูมิ 25 °C ในสภาพอากาศโปร่งและนิ่ง (Clear sky)

- ปัจจัยค่าอุณหภูมิ (f_{temp} = 0.89)
- ปัจจัยค่าฝุ่นและความสกปรกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (f_{dirt} = 0.93)
- ปัจจัยการต่อของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่สม่ำเสมอและการสูญเสียในสายไฟฟ้า (f_{mis} = 0.95)
- ปัจจัยค่าการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าจาก DC เป็น AC ค่า STC (f_{inv} = 0.90)

ดังนั้นค่ากำลังผลิตไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุด × f_{temp} × f_{dirt} × f_{mis} × f_{inv} = 45.56 kW

ส่วนจำนวนชั่วโมงการผลิตไฟฟ้าของระบบ ใช้ค่า 4.92 h/day ซึ่งได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst Version 5.5 ดังแผนภาพที่ 2 โดยป้อนค่าพารามิเตอร์ต่างๆเช่น ตำแหน่งพิกัดที่ติดตั้ง ทิศและมุมของแผง

	Gl. horiz. kWh/m2.day	Coll. Plane kWh/m2.day	System output kWh/day	System output kWh
Jan.	4.55	5.17	271.0	8400
Feb.	4.93	5.34	279.9	7836
Mar.	5.68	5.86	307.0	9517
Apr.	5.60	5.45	285.4	8563
May	5.23	4.88	255.9	7934
June	4.80	4.42	231.6	6948
July	4.81	4.45	233.4	7237
Aug.	4.61	4.42	231.6	7180
Sep.	4.23	4.23	221.9	6656
Oct.	4.13	4.33	226.8	7030
Nov.	4.43	4.94	259.1	7773
Dec.	4.74	5.53	289.9	8987
Year	4.81	4.92	257.7	94061

แผนภาพที่ 2 การจำลองด้วยโปรแกรม PVsyst

อาคาร A1 สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ = กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้(kW) x ชั่วโมงของการผลิตไฟฟ้าต่อวัน
 = 45.56 kW x 4.92 h/day = 224.15 kWh/day

สำหรับการประเมินค่ากำลังผลิตไฟฟ้าของอาคารอื่นๆ ที่สามารถผลิตได้เฉลี่ยต่อวันและต่อปี สามารถสรุปได้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเมินค่ากำลังผลิตไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้/วัน ของโครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล

อาคาร	พื้นที่ที่ใช้ติดตั้งแผงจริง(m ²)	กำลังผลิตไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้เฉลี่ย/วัน (kWh/day)	กำลังผลิตไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้/ปี (kWh/year)
A1	340.4	224.15	80,694
A2	340.4	224.15	80,694
A6	340.4	224.15	80,694
P1	876.7	577.31	207,831.60
Total	1,897.9	1,249.76	449,913.60

ดังนั้น จะได้ค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 ปีของทุกอาคาร = 1,249.76 x 30 x 12 = 449,913.60 kWh/year ซึ่งการคิดค่าไฟฟ้าเป็นไปตามราคาของการไฟฟ้านครหลวง ประเภทที่ 3 อาคารกิจการขนาดกลาง โดยมีอัตราค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3.679 บาท ดังนั้น ค่าไฟฟ้าต่อปี จึงอยู่ที่ 449,913.60 x 3.679 เท่ากับ 1,655,232.13 บาทต่อปี

ส่วนการเลือกขนาดของอินเวอร์เตอร์ ในการปรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ จะต้องเลือกขนาดที่สามารถรองรับกับความต้องการใช้ไฟฟ้าของสูงสุดของอาคาร โดยมีคุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ดังแสดงในตารางที่ 3 ส่วนการแสดงผลการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ต่างกัน สำหรับอาคาร A1 A2 และ A6 แสดงในตารางที่ 4 และการแสดงผลการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่ต่างกัน สำหรับอาคาร P1 แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของอินเวอร์เตอร์ ที่เลือกใช้ BRAND: HUAWEI

MODEL	ค่า Pmax (kW)	Operation Temperature Range	ราคาต่อเครื่อง (บาท)	WARRANT (Year)
SUN2000-36KTL	36	-25 °C ~ 60 °C	145,031.66	10
SUN2000-25KTL-US	25	-25 °C ~ 60 °C	18,994.16	5
SUN2000-33KTL	33	-25 °C ~ 60 °C	160,504.17	15

ตารางที่ 4 ตารางการเปรียบเทียบการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์(Inverter) ที่ต่างกัน สำหรับอาคาร A1,A2,A6

อาคาร	ตัวเลือก 1A		ตัวเลือก 2A		ตัวเลือก 3A	
	จำนวนแผ่น PV ที่ใช้จริง	Inverter 36kW	จำนวนแผ่น PV ที่ใช้จริง	Inverter 25kW	จำนวนแผ่น PV ที่ใช้จริง	Inverter 33kW
A1	162	2	162	3	156	2
A2	162	2	162	3	156	2
A6	162	2	162	3	156	2

ตารางที่ 5 ตารางการเปรียบเทียบการเลือกขนาดอินเวอร์เตอร์(Inverter) ที่ต่างกัน สำหรับอาคาร P1

อาคาร	ตัวเลือก 1P		ตัวเลือก 2P	
	จำนวนแผ่น PV ที่ใช้จริง	Inverter 36kW	จำนวนแผ่น PV ที่ใช้จริง	Inverter 33kW
P1	420	5	420	5

การคำนวณเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการทางการเงินโดยใช้ตัวชี้วัดดังนี้

(1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) ของโครงการ

$$NPV = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n}$$

กำหนดให้

CF_0 = เงินลงทุนในโครงการ

CF_n = กระแสเงินสด ณ ปีที่ n

n = ระยะเวลาสิ้นสุดโครงการ

k = ต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน คิดที่ 10%

โดยที่เกณฑ์การยอมรับสำหรับวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV Acceptance Criterion) กิจการจะยอมรับโครงการลงทุนเมื่อ NPV มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 และจะปฏิเสธโครงการเมื่อมีค่าน้อยกว่า 0

(2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) คือ การประเมินว่า การลงทุนให้อัตราผลตอบแทนเท่าใด คือ การสุ่ม IRR ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์

$$NPV = 0 = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \dots + \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n}$$

โดยที่เกณฑ์การยอมรับสำหรับวิธีอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR Acceptance criterion) แบ่งได้ดังนี้

IRR > r คຸ້ມคຳกຳการลงทุนและยอมรับข้อเสนอโครงการ

IRR < r ไม่คຸ້ມคຳกຳการลงทุนและไม่ยอมรับข้อเสนอโครงการ

IRR = r เสมอตัว

(3) ระยะคืนทุน (Payback Period) คือ จำนวนปี ที่กิจการจะได้รับเงินที่ลงทุนเริ่มแรกของโครงการกลับคืนมา

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก/ ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ต้นทุนและความคຸ້ມคຳของโครงการ ระบบนี้ต้นทุนคิดจาก เซลล์แสงอาทิตย์ อินเวอร์เตอร์ ค่าแรงการติดตั้ง ค่าดำเนินการ จะคิดที่อายุโครงการที่ 25 ปี เนื่องจากอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์อยู่ที่ได้ 25 ปี เช่นกันอัตราดอกเบี้ยคิดที่ 10% ตามอัตราดอกเบี้ยของธนาคาร มีการวิเคราะห์ข้อมูล NPV PB และ IRR สำหรับทางเลือกทั้ง 6 แบบดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ข้อมูล NPV PB และ IRR สำหรับทางเลือกทั้ง 6 แบบ

ทางเลือก	อาคาร	เงินลงทุนในการติดตั้ง	NPV (บาท)	Payback period(ปี)	IRR %
ตัวเลือก 1 (1A+1P)	A1,A2,A6,P1	12,376,555.02	2,054,207.81	8.00	2%
ตัวเลือก 2 (1A+2P)	A1,A2,A6,P1	12,465,522.96	2,142,720.28	7.92	2%
ตัวเลือก 3 (2A+1P)	A1,A2,A6,P1	12,602,947.73	1,488,352.40	8.40	1%
ตัวเลือก 4 (2A+2P)	A1,A2,A6,P1	11,661,393.06	3,152,694.71	7.22	3%
ตัวเลือก 5 (3A+1P)	A1,A2,A6,P1	12,402,171.34	2,277,783.00	7.78	2%
ตัวเลือก 6 (3A+2P)	A1,A2,A6,P1	12,491,138.28	2,438,295.47	7.66	2%

5. สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และศึกษาต้นทุนของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารพาณิชย์ โครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล จำนวน 4 อาคาร ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ติดตั้งหลักๆดังต่อไปนี้ แผงพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผง Mono - Crystalline ขนาด 390 Wp ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 449,913.60 kWh ต่อปี คิดเป็นรายได้ที่จะได้รับการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาสำหรับอาคารพาณิชย์ ทั้ง 4 อาคาร เท่ากับ 1,655,232.13 บาท ต่อปี

จากการวิเคราะห์ต้นทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี และเจ้าของเป็นผู้ลงทุนเอง

ตัวเลือก 1 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390 Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 162 แผง อาคาร A2 จำนวน 162 แผง อาคาร A6 จำนวน 162 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน 906 แผ่น โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 36 kW จำนวน 6 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 36 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 12,376,555.02 บาท วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 2,054,207.81 บาท IRR เป็น 2% Payback Period อยู่ที่ 8 ปี จึงสรุปได้ว่า ตัวเลือก 1 แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่าแต่การลงทุนที่ยังค่อนข้างสูงเนื่องจากอินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้มีราคาแพงและการออกแบบมีการออกแบบอินเวอร์เตอร์เพื่อให้เผื่อเกินกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวเลือก 2 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390 Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 162 แผง อาคาร A2 จำนวน 162 แผง อาคาร A6 จำนวน 162 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน 906 แผ่น โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 36 kW จำนวน 6 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 33 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 12,465,522.96 บาท วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี จากบทที่ 4 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 2,142,720.28 บาท IRR เป็น 2% Payback period อยู่ที่ 7.92 ปี จึงสรุปได้ว่า ตัวเลือก 2 แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่า อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้มีราคาแพงและการออกแบบมีการออกแบบอินเวอร์เตอร์เพื่อให้เผื่อเกินกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวเลือก 3 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390 Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 162 แผง อาคาร A2 จำนวน 162 แผง อาคาร A6 จำนวน 162 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน 906 แผ่น โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 25 kW จำนวน 9 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 36 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 12,602,947.73 บาท วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี จากบทที่ 4 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 1,488,352.40 บาท IRR เป็น 1% Payback Period อยู่ที่ 8.40 ปี จึงสรุปได้ว่า ตัวเลือก 3 แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่า เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้มีราคาถูกและการออกแบบมีการออกแบบอินเวอร์เตอร์เพื่อให้รองรับกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์แม้จะมีการเปลี่ยนอินเวอร์เตอร์ใหม่ทุกๆ 5 ปี และ 10 ปี ของตลอดอายุของโครงการ

ตัวเลือก 4 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390 Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 162 แผง อาคาร A2 จำนวน 162 แผง อาคาร A6 จำนวน 162 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน 906 แผ่น โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 25 kW จำนวน 9 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 33 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 11,661,393.06 บาท วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี จากบทที่ 4 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 3,152,694.71 บาท IRR เป็น 3% Payback Period อยู่ที่ 7.22 ปี จึงสรุปได้ว่า ตัวเลือก 4 แสดงว่าการลงทุน

ของโครงการมีความคุ้มค่า เงินลงทุนน้อยและอายุคืนทุนยังอยู่ในระยะสั้น อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ขนาด 33 kW มีราคาแพงกว่ามากแต่จะมีการรับประกันที่ยาวนานกว่าอินเวอร์เตอร์ที่ขนาด 25kW

ตัวเลือก 5 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390 Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 156 แผง อาคาร A2 จำนวน 156 แผง อาคาร A6 จำนวน 156 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน 888 แผง โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 33 kW จำนวน 6 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 36 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 12,402,171.34 บาท วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี จากบทที่ 4 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 2,277,783.00 บาท IRR เป็น 2 % Payback period อยู่ที่ 7.78 ปี จึงสรุปได้ว่า ตัวเลือก 5 แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุนแต่จำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์สามารถติดตั้งได้มีปริมาณที่น้อยกว่าตัวเลือกอื่นๆและอินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ขนาด 33 kW มีราคาแพงกว่ามีการรับประกันที่ยาวนานมากถึง 15 ปี

ตัวเลือก 6 จะใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ Mono Crystalline ขนาด 390Wp แบบยึดติดอยู่กับที่ ติดตั้งบนหลังคาอาคาร A1 จำนวน 156 แผง อาคาร A2 จำนวน 156 แผง อาคาร A6 จำนวน 156 แผง และอาคาร P1 จำนวน 420 แผง รวมทั้งสิ้นจำนวน 888 แผง โดยอาคาร A1 A2 และ A6 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 33 kW จำนวน 6 ตัว และอาคาร P1 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 33 kW จำนวน 5 ตัว ซึ่งเงินลงทุนในการติดตั้ง 12,491,138.28 บาท วิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน ภายใต้เงื่อนไขอายุโครงการ 25 ปี จากบทที่ 4 พบว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV เป็น 2,438,295.47 บาท IRR เป็น 2 % Payback Period อยู่ที่ 7.66 ปี จึงสรุปได้ว่า ตัวเลือก 6 แสดงว่าการลงทุนของโครงการมีความคุ้มค่าในการลงทุน แต่เงินลงทุนยังคงสูงมากมาจากการเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ขนาด 33 kW มีราคาแพงมากแต่จะคุ้มค่าในเรื่องของการรับประกันที่ 15 ปี

6. อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์การออกแบบและความคุ้มค่าของการติดตั้งระบบผลิตพลังงานด้วยแสงอาทิตย์ตัวเลือก 4 จะมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและการใช้งานของระบบอย่างคุ้มค่ามากที่สุด เนื่องจากมีการออกแบบขนาดของอินเวอร์เตอร์ให้มีหลายขนาดที่สามารถครอบคลุมกับกำลังการผลิตของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อหาความคุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุดสำหรับโครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล หากเลือกใช้ในโครงการอื่นหรือเฟสอื่นๆในโครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล โดยที่ตัวเลือก 4 ตอบโจทย์ความคุ้มค่ามากที่สุด เงินลงทุนน้อยและอายุคืนทุนยังอยู่ในระยะสั้น อินเวอร์เตอร์ที่เลือกใช้ขนาด 33 kW มีการออกแบบมาเพื่อใช้งานอย่างคุ้มค่าและจะมีการรับประกันที่ยาวนานกว่าอินเวอร์เตอร์ขนาดอื่นๆ

ดังนั้นการลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารพาณิชย์ โครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล จะมีความคุ้มค่าเป็นอย่างมาก ถ้ามีการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆให้เหมาะสมและพอดีกับการใช้งาน ซึ่งการลงทุนจะมีความคุ้มค่าเป็นอย่างมาก หากมีการนำไปใช้ให้เหมาะสมแก่การลงทุนในเฟสอื่นๆในโครงการ ชัมเมอร์ ลาซาล ต่อไป ทั้งนี้การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องต้นทุนมีการดูแลบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ ตรวจสอบเช็คอุปกรณ์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งบุคลากร จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และต้องมีการบริหาร

จัดการใช้ไฟฟ้าว่าช่วงเวลาไหนควรจะใช้อุปกรณ์ชนิดใด และอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดใดที่ไม่สามารถใช้งานพร้อมกัน เพื่อไม่ให้ระบบผลิตไฟฟ้าเกิดความเสียหายได้

7. ข้อเสนอแนะ

(1) ในการที่จะออกแบบและติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ควรเลือกแผงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้การรับรองมาตรฐาน และเหมาะสมสำหรับพื้นที่นั้นๆ เพื่อประสิทธิภาพและความคุ้มค่าที่สูงสุดต่อผู้ลงทุน

(2) ผู้ที่จะลงทุนติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะบริหารจัดการระบบไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ในแต่ละวัน

(3) ในการออกแบบระบบติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องคำนึงถึงการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆอย่างคุ้มค่าและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการออกแบบระบบกับอาคารและพื้นที่นั้นๆ

8. เอกสารอ้างอิง

เอกประพันธ์ อักษรพันธ์. 2543. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการสาธิตระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาบ้าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พันธุ์ วิรัตน์ พิชิตกฤษ. 2559. การออกแบบและการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการติดตั้งระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารกองบัญชาการกรมยุทธโยธาทหารบก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม

รัตนา สังข์เจริญ. 2559. การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับครัวเรือนที่อยู่ห่างจากเขตจำหน่ายไฟฟ้าจากการใช้งานจริง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม

อังสนา พจน์ศิริ. 2559. การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาในอาคารธุรกิจขนาดเล็ก. วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการขนส่งและโลจิสติกส์. มหาวิทยาลัยบูรพา

การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Dissolved Gas Analysis in Transformer Oil for Preventive Maintenance Planning

จิตติมา ฅรงค์ วิชชากร เสงศรีชัช พศวีร์ ศรีโหมด และ เพชร นันทิวัดนา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-1111 ต่อ 2272

E-mail: vichchakorn.he@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงเพื่อการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งน้ำมันมีหน้าที่สำคัญในการช่วยระบายความร้อนและเป็นฉนวนทางไฟฟ้าของหม้อแปลง ดังนั้นการเสื่อมสภาพใดๆ ก็ตามที่เกิดขึ้นในน้ำมันอาจนำไปสู่ความเสียหายของหม้อแปลงก่อนเวลาอันควร โดยเมื่อน้ำมันอยู่ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความเครียดทางไฟฟ้าสูง จะเกิดการแตกตัวของกลุ่มก๊าซออกจากน้ำมัน ทั้งนี้ลักษณะของความผิดปกติที่ไม่เหมือนกันของหม้อแปลงก็จะทำให้เกิดก๊าซต่างชนิดกันด้วย ซึ่งการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของก๊าซเหล่านี้จะช่วยจำแนกและระบุลักษณะของความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้ทันเวลา ผลการวิเคราะห์ก๊าซจากหม้อแปลงตัวอย่างแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของก๊าซไฮโดรเจนและอะเซทิลีนรวมถึงคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งหมายถึงมีการเกิดอาร์คแรงในน้ำมันจากการไหลอย่างต่อเนื่องของกระแสค่าสูงจนทำให้เกิดความเสียหายของฉนวน ดังนั้นจึงควรเร่งดำเนินการตรวจสอบเพื่อหาจุดบกพร่องและแก้ไขทันที

คำสำคัญ: น้ำมันหม้อแปลง, การบำรุงรักษาหม้อแปลง, การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมัน

ABSTRACT

This paper presents techniques of dissolved gas analysis in transformer oil for preventive maintaining planning. The oil has important function to provide cooling and electrical insulation for the transformer operation. Any deterioration in the oil can lead to the premature failure of the transformer. When the oil is subjected to high thermal and electrical stress, gases are generated from the decomposition of the oil. Different type of fault will generate different gases. The analysis of these gases will provide the identification of the type of fault in the transformer and used for planning preventive maintenance. As the example results, it is shown that the hydrogen and acetylene tend to be increased. This means there is a severe arc in the oil due to the continuous flow of high currents causing insulation damage. Therefore, it should be investigated to find the bug and fix it immediately.

KEYWORDS : Transformer Oil, Transformer Maintenance, Dissolved Gas Analysis

1. บทนำ (Introduction)

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหม้อแปลงจัดเป็นสารประกอบที่มีส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เป็นหลัก และทันทีที่หม้อแปลงเริ่มมีการใช้งานน้ำมันก็จะเริ่มเสื่อมสภาพลงจากหลายปัจจัย เช่น การเกิดแรงดันสูงเกิน การมีความร้อนสูงเกิน และการมีสภาพแวดล้อมการทำงานที่ไม่ปกติ เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการเสื่อมสภาพของน้ำมันนี้ ปริมาณสารประกอบของไฮโดรคาร์บอน เช่น มีเทน (Methane), อีเทน (Ethane), อะเซทิลีน (Acetylene), เอทิลีน (Ethylene) และอื่นๆ จะถูกสร้างขึ้นโดยผสมปนอยู่กับก๊าซจำพวก คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide), คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) และไฮโดรเจน (Hydrogen) ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะอยู่รวมกันภายในถังปิดของหม้อแปลงและอาจเกิดระเบิดได้หากมีก๊าซบางตัวในปริมาณที่มากเกินไป ทั้งนี้ ชนิดและปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้นในน้ำมันจะขึ้นอยู่กับสถานะเงื่อนไขในการทำงานของหม้อแปลง ดังนั้นการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันหม้อแปลงจึงมีประโยชน์ต่อการบอกถึงสุขภาพของหม้อแปลง เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยทั่วไปการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันมักถูกเรียกว่า DGA (Dissolved Gas Analysis) โดยทุกวิธีจะต้องเก็บตัวอย่างน้ำมันในขณะที่หม้อแปลงกำลังทำงานอยู่หรืออาจถูกปลดออกจากระบบในระยะเวลาไม่นาน ตัวอย่างน้ำมันจะถูกทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาชนิดและปริมาณของก๊าซต่างๆ ด้วยวิธีโครมาโตกราฟี (Chromatography) และทำการแปลผลซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เพื่อบอกถึงลักษณะความผิดปกติที่อาจเกิดจากความร้อนสูงในฉนวน การทำงานเกินพิกัด การเกิดดิสชาร์จบางส่วน (Partial discharge) หรือการเกิดอาร์ค (Arcing) ในหม้อแปลง

2. ลักษณะความผิดปกติและการเกิดก๊าซในน้ำมัน (Faults and Gas Generation)

สาเหตุการเกิดก๊าซในน้ำมันเป็นเพราะการแตกตัวของพันธะทางเคมีระหว่างอะตอมที่ใช้สร้างเป็นโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนของน้ำมัน การเกิดความผิดปกติ (Fault) ลักษณะต่างๆ ในหม้อแปลงจะก่อให้เกิดพลังงานสำหรับการแตกตัวของพันธะเคมีดังกล่าว ซึ่งก๊าซสำคัญ (Key gas) ที่เกิดขึ้นจะมีอยู่ด้วยกัน 7 ชนิดได้แก่ ไฮโดรเจน (H_2), มีเทน (CH_4), อีเทน (C_2H_6), เอทิลีน (C_2H_4), อะเซทิลีน (C_2H_2), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) โดยลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลงอาจแบ่งออกได้ 3 ประเภทดังนี้

1) **โคโรน่า (Corona)** หรือดิสชาร์จบางส่วน (Partial Discharge) เป็นลักษณะปัญหาทางไฟฟ้าที่ส่งพลังงานต่ำๆ ออกมาในน้ำมันโดยจะพบก๊าซไฮโดรเจนและมีเทนในปริมาณพอสมควร และยังสามารถพบก๊าซอีเทนและเอทิลีนปริมาณน้อยปนอยู่ด้วย ซึ่งหากมีการดิสชาร์จในกระดาศฉนวนก็จะพบการเพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์

2) **การเกิดความร้อนสูงเกิน (Overheating)** เป็นลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปริมาณก๊าซจะสะสมไปตามเวลา โดยหากเกิดขึ้นในน้ำมันส่วนเดียวจะพบก๊าซไฮโดรเจน, มีเทน, อีเทน, และเอทิลีน ปริมาณของก๊าซแต่ละชนิดจะขึ้นกับค่าความร้อนจากปัญหานั้นๆ ซึ่งถ้ามีความร้อนสูงมากๆ จะพบปริมาณก๊าซอะเซทิลีนด้วย ในกรณีที่เกิดความร้อนสูงเกินบริเวณกระดาศฉนวนจะพบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากเนื่องมาจากการเสื่อมของกระดาศที่มีโครงสร้างเป็นเซลลูโลส (Cellulose)

3) **การเกิดอาร์ค (Arcing)** จัดเป็นปัญหาที่รุนแรงที่สุด เนื่องจากมีความร้อนสูงจากการไหลอย่างต่อเนืองของค่ากระแสสูงในน้ำมัน ซึ่งจะพบก๊าซไฮโดรเจนและอะเซทิลีนปริมาณมาก

3. วิธีแปลผลการทดสอบก๊าซ (Interpretation of Result)

การแปลความหมายของก๊าซสำคัญทั้ง 7 ชนิดที่ได้จากการทำ DGA จะสามารถบอกถึงสภาพการทำงานของหม้อแปลงได้ว่าเป็นปกติหรือผิดปกติในลักษณะใด ซึ่งวิธีการแปลผลที่ได้รับความนิยมมีอยู่ด้วยกัน 6 วิธีคือ

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| (1) วิธี IEEE Method | (4) วิธี IEC Method |
| (2) วิธี Key Gas Method | (5) วิธี Doernenburg Ratio Method |
| (3) วิธี Roger's Ratio Method | (6) วิธี Duval Triangle Method |

3.1 วิธี IEEE Method

การแปลผลตามมาตรฐาน IEEE C57-104 (1991) จะพิจารณาจากค่าผลรวมของก๊าซทั้งหมดที่สามารถติดไฟได้ (Total Dissolved Combustible Gases: TDCG) โดยจะดูอัตราการเพิ่มขึ้นของ TDCG ร่วมกับแนวโน้มการเกิดขึ้นของก๊าซทั้ง 7 ชนิด เพื่อวิเคราะห์สภาพของก๊าซในหม้อแปลง ซึ่งสามารถแบ่งสถานะ (Status) ออกเป็น 4 แบบตามตารางที่ 1 โดยผลรวมของก๊าซที่ติดไฟได้แสดงไว้ในสมการที่ (1)

$$TDCG = H_2 + CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4 + C_2H_6 + CO \quad (1)$$

โดยที่ TDCG คือผลรวมทั้งหมดของก๊าซที่สามารถจุดติดไฟได้ (ppm)

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดของก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำมันหม้อแปลง (ppm) ตามมาตรฐาน IEEE

Status	Hydrogen (H ₂)	Methane (CH ₄)	Acetylene (C ₂ H ₂)	Ethylene (C ₂ H ₄)	Ethane (C ₂ H ₆)	Carbon monoxide (CO)	Carbon dioxide (CO ₂)	TDCG
Condition 1	< 100	< 120	< 1	< 50	< 65	< 350	< 2500	<= 720
Condition 2	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920
Condition 3	701-1800	401-1000	10-35	101-200	101-150	571-1400	4001-10000	1921-4630
Condition 4	> 1800	> 1000	> 35	> 200	> 150	> 1400	> 10000	> 4630

Condition 1: ค่า TDCG ที่ต่ำกว่าระดับนี้แสดงว่าหม้อแปลงไฟฟ้าอยู่ในสภาพปกติ แต่หากก๊าซตัวใดมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์ควรใช้วิธีอื่นช่วยในการวิเคราะห์ผล

Condition 2: ค่า TDCG ในช่วงนี้แสดงถึงการเผาไหม้สูงกว่าปกติควรมีการตรวจสอบเพิ่มเติมและควรนำค่า DGA ไปคำนวณและประเมินก๊าซที่ถูกผลิตขึ้นต่อวัน

Condition 3: ค่า TDCG ในช่วงนี้แสดงถึงระดับที่สูงของการสลายตัวของเซลลูโลสจนวนหรือน้ำมัน ควรนำค่า DGA ไปคำนวณและประเมินก๊าซที่ถูกผลิตขึ้นต่อวันและเริ่มวางแผนปลดการทำงานของหม้อแปลงเพื่อตรวจสอบละเอียด

Condition 4: ค่า TDCG ที่สูงกว่าระดับนี้แสดงถึงระดับของการสลายตัวของเซลลูโลสจนวนหรือน้ำมันมากเกินไป ควรทำการปลดหม้อแปลงออกจากการทำงานเพื่อเข้าบำรุงรักษาทันที

3.2 วิธี Key Gas Method

ตามข้อเสนอแนะของมาตรฐาน IEEE C57-104 (1991) วิธีการนี้จะถูกใช้เมื่อหม้อแปลงไม่เคยได้รับการวิเคราะห์ก๊าซแต่ละชนิดมาเป็นเวลานาน โดยยังคงพิจารณาจากค่า TDCG เป็นหลักร่วมกับการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดของก๊าซบางตัวเพื่อระบุถึงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับหม้อแปลงได้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากปริมาณก๊าซสำคัญในน้ำมันหม้อแปลงตามมาตรฐาน IEEE

Case	Fault	Principle gas	CO	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂
1	Overheated oil	C ₂ H ₄	-	2%	16%	19%	63%	-
2	Overheated cellulose	CO	92%	-	-	-	-	-
3	Corona in oil	H ₂	-	85%	13%	1%	1%	-
4	Arcing in oil	C ₂ H ₂	-	60%	5%	2%	3%	30%

3.3 วิธี Roger's Ratio Method

วิธีการนี้จะพิจารณาเกณฑ์จากค่าอัตราส่วนของก๊าซแต่ละชนิด โดยค่าอัตราส่วนที่สำคัญซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลมีอยู่ด้วยกัน 5 ค่าตามตารางที่ 3 ซึ่งแสดงในหน่วยส่วนต่อล้าน (ppm) อย่างไรก็ตาม วิธีการของ Roger's Ratio (R.R. Rogers, 1978) จะพิจารณาเฉพาะค่าอัตราส่วนของ R1, R2 และ R5 เท่านั้น โดยมีขีดจำกัดของค่าอัตราส่วนสัมพันธ์ตามลักษณะของความผิดปกติ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 อัตราส่วนสำคัญของก๊าซแต่ละชนิด

Ratio	Gas (ppm)
R1	CH ₄ /H ₂
R2	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄
R3	C ₂ H ₂ /CH ₄
R4	C ₂ H ₆ /C ₂ H ₂
R5	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี Roger's Ratio

Case	Fault	R2	R1	R5
0	Unit normal	< 0.1	0.1 – 1.0	< 1.0
1	Low energy density arcing	< 0.1	< 0.1	< 0.1
2	High energy discharge arcing	0.1 – 3.0	0.1 – 1.0	> 3.0
3	Low temperature thermal	< 0.1	0.1 – 1.0	1.0 – 3.0
4	Thermal fault < 700 °C	< 0.1	> 1.0	1.0 – 3.0
5	Thermal fault > 700 °C	< 0.1	> 1.0	> 3.0

3.4 วิธี IEC Method

วิธีการแปลผลตามมาตรฐาน IEC 60599 (1999) จะคล้ายกับวิธีของ Roger's Ratio โดยการพิจารณาจากค่าอัตราส่วนก๊าซ 3 จำนวน (R1,R2,R5) ในหน่วย ppm เพื่อระบุถึงลักษณะความผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้นในหม้อแปลงซึ่งแบ่งออกเป็นความผิดปกติทางไฟฟ้าและอุณหภูมิ 6 ลักษณะ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี IEC

Case	Fault	R2	R1	R5
PD	Partial discharge	-	< 0.1	< 0.2
D1	Low energy discharge	> 1	0.1 – 0.5	> 1
D2	High energy discharge	0.6 – 2.5	0.1 – 1.0	> 2.0
T1	Thermal fault < 300 °C	-	> 1.0	< 1.0
T2	Thermal fault 300 °C to 700 °C	< 0.1	> 1.0	1.0 – 4.0
T3	Thermal fault > 700 °C	< 0.1	> 1.0	> 4.0

3.5 วิธี Doernenburg Ratio Method

วิธีการของ Doernenburg (Rohit Kumar Arora, 2013) จะใช้ค่าอัตราส่วนก๊าซจำนวน 4 ค่า (R1,R2,R3,R4) เพื่อระบุถึงลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลงซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะตามตารางที่ 6 โดยจะพิจารณาร่วมกับขีดจำกัดปริมาณของก๊าซแต่ละชนิดตามตารางที่ 7

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าอัตราส่วนก๊าซด้วยวิธี Doernenburg's Ratio

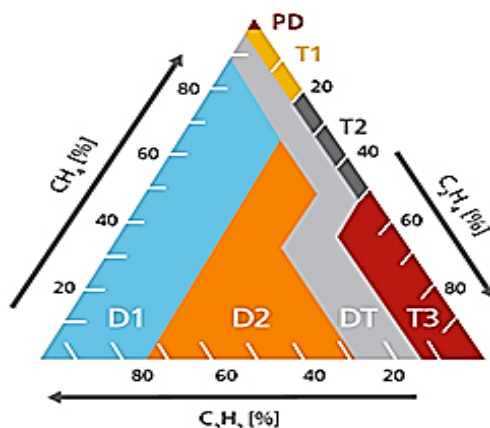
Case	Fault diagnosis	R1	R2	R3	R4
1	Thermal decomposition	> 1.0	< 0.75	< 0.3	> 0.4
2	Corona (Low intensity partial discharge)	< 0.1	-	< 0.3	> 0.4
3	Arcing (High intensity partial discharge)	0.1 – 1.0	> 0.75	> 0.3	< 0.4

ตารางที่ 7 ขีดจำกัดปริมาณของก๊าซแต่ละชนิดตามวิธีของ Doernenburg Ratio

Gas	Limit (ppm)
H ₂	100
CH ₄	120
C ₂ H ₄	50
C ₂ H ₂	35
C ₂ H ₆	1
CO	350

3.6 วิธี Duval's Triangle Method

วิธีการนี้ถูกคิดและนำเสนอโดย Mr. Duval โดยใช้รูปสามเหลี่ยมตามภาพที่ 1 ในการอธิบายลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลงซึ่งแบ่งเป็น 7 ลักษณะตามตารางที่ 8 วิธี Duval's Triangle (M.Duval, 2008) จะพิจารณาจากค่าร้อยละของก๊าซ 3 ชนิด ได้แก่ CH_4 , C_2H_2 และ C_2H_4 ตามสมการที่ (2) ถึง (4) เพื่อหาจุดตัดของเส้นตรงภายในสามเหลี่ยมว่าอยู่ในบริเวณใดซึ่งจะเป็นการบอกลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลง



ภาพที่ 1 การระบุลักษณะความผิดปกติด้วยสามเหลี่ยมของ Duval

$$\%CH_4 = \left(\frac{CH_4}{CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4} \right) \times 100 \quad (2)$$

$$\%C_2H_2 = \left(\frac{C_2H_2}{CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4} \right) \times 100 \quad (3)$$

$$\%C_2H_4 = \left(\frac{C_2H_4}{CH_4 + C_2H_2 + C_2H_4} \right) \times 100 \quad (4)$$

ตารางที่ 8 การวิเคราะห์เหตุผิดปกติจากค่าร้อยละของก๊าซด้วยวิธี Duval's Triangle

Case	Fault Diagnosis	CH_4	C_2H_2	C_2H_4
PD	Partial discharge	98%	-	-
D1	Low energy discharge	-	> 13%	< 23%
D2	High energy discharge	-	13% – 29%	23% - 38%
			> 29%	> 23%
T1	Thermal fault < 300 °C	-	< 4%	< 20%
T2	Thermal fault 300 °C to 700 °C	-	< 4%	20% – 50%
T3	Thermal fault > 700 °C	-	< 15%	> 50%
DT	Combination of thermal and electrical fault	-		

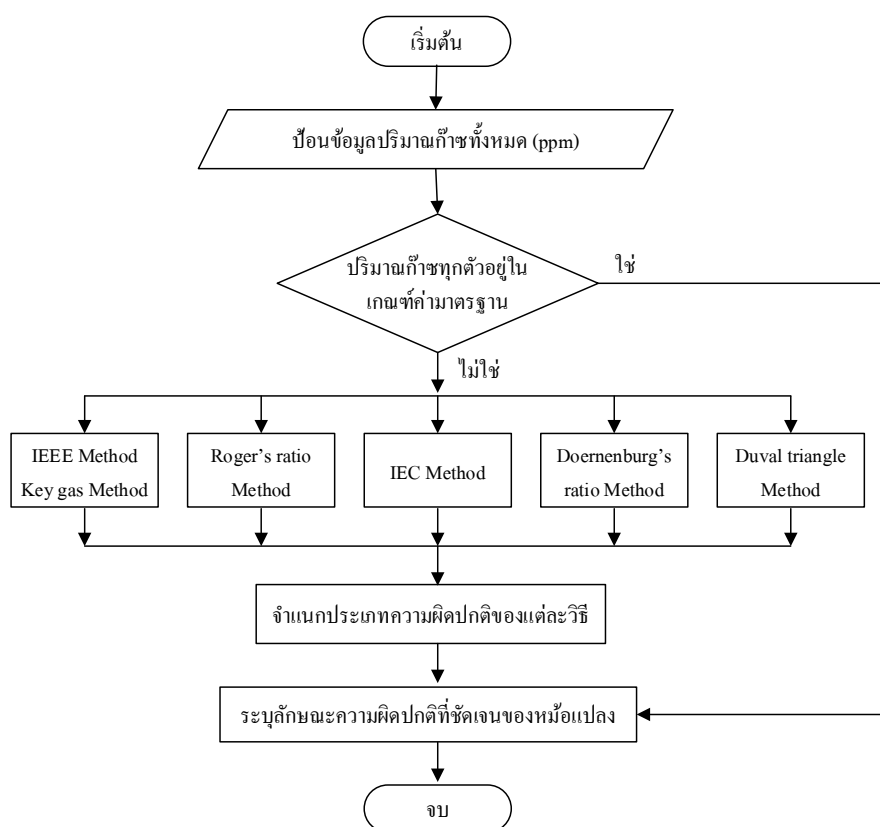
4. ผลการวิเคราะห์ค่าก๊าซในน้ำมัน (Results of DGA)

โดยทั่วไปกระบวนการวิเคราะห์ค่าก๊าซในน้ำมันจะเริ่มจากการพิจารณาปริมาณก๊าซทั้ง 7 ชนิด โดยอาจเทียบกับค่าปกติตามที่มาตรฐาน IEC 60599 (1999) กำหนดตามตารางที่ 9 ซึ่งถ้าอยู่ในเกณฑ์ก็แสดงว่าหม้อแปลง

อยู่ในสภาพปกติ แต่ถ้ามีก๊าซตัวหนึ่งตัวใดหรือหลายตัวมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ จำเป็นต้องใช้วิธีการแปลผลค่าก๊าซซึ่งควรกระทำในหลายๆ วิธีเพื่อจะได้นำประเภทความผิดปกติที่ได้จากแต่ละวิธีมาระบุลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลงที่ชัดเจนแม่นยำขึ้น โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ผลแสดงดังภาพที่ 2

ตารางที่ 9 ข้อกำหนดปริมาณปกติของก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงตามมาตรฐาน IEC

Gas	Hydrogen (H ₂)	Methane (CH ₄)	Ethane (C ₂ H ₆)	Ethylene (C ₂ H ₄)	Acetylene (C ₂ H ₂)	Carbon dioxide (CO ₂)	Carbon monoxide (CO)
ppm	< 100	< 50	< 50	< 50	< 5	< 5000	< 200

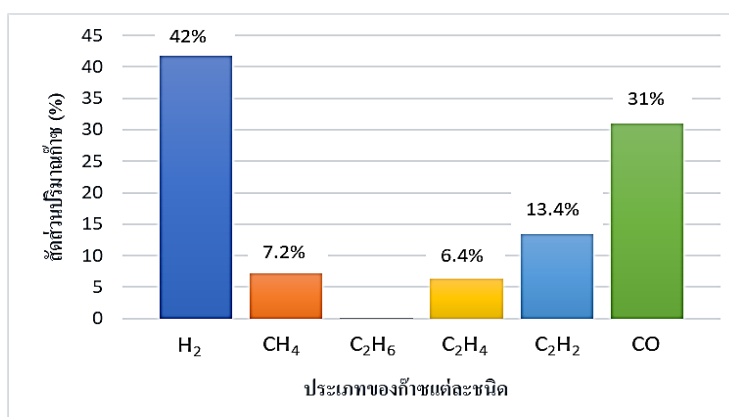


ภาพที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันเพื่อระบุลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลง

ตารางที่ 10 ตัวอย่างผลค่าก๊าซของหม้อแปลงที่ใช้ในการทดสอบ

Gas	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂	CO ₂	CO	TDCG
ppm	633	109	< 1	96	203	262	469	1510

ตารางที่ 10 เป็นผลการทดสอบค่าก๊าซจริงที่ได้จากการทำ DGA ของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวหนึ่ง สำหรับใช้เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์ลักษณะความผิดปกติของหม้อแปลงด้วยวิธีต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าปริมาณก๊าซเกือบทั้งหมดมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน โดยหากพิจารณาตามวิธี IEEE (ตารางที่ 1) ด้วยค่า TDCG เท่ากับ 1510 สถานะของหม้อแปลงจะอยู่ในเงื่อนไขที่ 2 (TDCG: 721-1920) หมายถึงเริ่มเกิดความผิดปกติและควรมีการตรวจสอบด้วยวิธีอื่นเพิ่มเติม ซึ่งจากวิธี Key gas method โดยการพิจารณาปริมาณของก๊าซแต่ละชนิดยกเว้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะเห็นว่าก๊าซไฮโดรเจน (H₂) และก๊าซอะเซทิลีน (C₂H₂) มีสัดส่วนการเพิ่มขึ้นที่สูงอย่างชัดเจนตามภาพที่ 3 แสดงว่าหม้อแปลงมีความผิดปกติในลักษณะเกิดอาร์คในน้ำมัน และทำให้เกิดความร้อนสูงเกินที่กระดาศนวนจึงทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ขึ้นด้วย



ภาพที่ 3 สัดส่วนการเกิดก๊าซแต่ละชนิดของหม้อแปลงทดสอบเพื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Key gas method

ตารางที่ 11 ผลอัตราส่วนของก๊าซแต่ละชนิดของหม้อแปลงทดสอบ

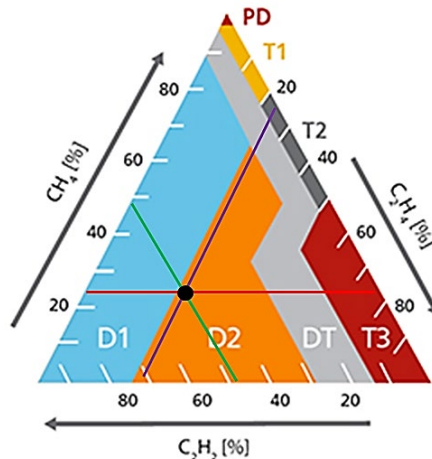
Ratio	Gas (ppm)	Value
R1	CH ₄ /H ₂ = (109/633)	0.172
R2	C ₂ H ₂ /C ₂ H ₄ = (203/96)	2.115
R3	C ₂ H ₂ /CH ₄ = (203/109)	1.862
R4	C ₂ H ₆ /C ₂ H ₂ = (1/203)	< 0.1
R5	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆ = (96/1)	96

การวิเคราะห์ผลด้วยวิธีอัตราส่วนก๊าซทั้ง 5 ค่า สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 11 โดยวิธีของ Roger's Ratio จะพิจารณาเฉพาะค่าอัตราส่วน R1 , R2 และ R5 ซึ่งจากการเทียบค่ากับตารางที่ 4 จะเห็นว่าสถานะอยู่ในกรณีที่ 2 หมายถึงหม้อแปลงเกิดอาร์คแบบใช้พลังงานสูง (High energy discharge arcing) ในทำนองเดียวกันกับวิธีของ IEC สภาพของหม้อแปลงถูกบ่งชี้ไปที่ความผิดปกติทางไฟฟ้า D2 (ตารางที่ 5) ซึ่งหมายถึงเกิดการดีสชาร์จแบบใช้พลังงานสูง (High energy discharge) สำหรับวิธีการของ Doernenburg's Ratio จะพิจารณาจากค่าอัตราส่วน R1 , R2 , R3 และ R4 ซึ่งจากตารางที่ 6 ผลประเมินชี้ให้เห็นถึงการเกิดอาร์คแบบรุนแรง (High intensity partial discharge) เช่นเดียวกัน

การวิเคราะห์ผลด้วยวิธี Duval's Triangle จะต้องคำนวณค่าร้อยละของก๊าซ 3 ชนิด ตามสมการที่ (2) ถึง (4) ซึ่งสามารถแสดงค่าที่คำนวณได้ตามตารางที่ 12 โดยเมื่อนำค่าทั้งหมดไปกำหนดลงในรูปสามเหลี่ยมของ Duval จะเห็นว่าจุดตัดที่เกิดจากเส้นทั้งสามอยู่ในบริเวณ D2 ซึ่งจากตารางที่ 8 จะหมายถึงการเกิดคิสซาร์จแบบพลังงานสูง (High energy discharge) ตามภาพที่ 4

ตารางที่ 12 ตัวอย่างปริมาณก๊าซสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duval's Triangle

Gas	Concentration (ppm)	Percentage
Methane (CH ₄)	109	26.72 %
Acetylene (C ₂ H ₂)	203	49.75 %
Ethylene (C ₂ H ₄)	96	23.53 %
Total Gas	408	100 %



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความผิดปกติของหม้อแปลงทดสอบด้วยวิธี Duval's Triangle

จากการแปลผลการทดสอบทั้งหมดที่ได้ของแต่ละวิธีสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 13 ซึ่งแสดงให้เห็นชัดเจนว่าหม้อแปลงนี้มีลักษณะความผิดปกติทางไฟฟ้าเกิดขึ้น โดยการวิเคราะห์จากทุกวิธีถูกบ่งชี้ว่าหม้อแปลงเกิดการอาร์คที่ค่อนข้างรุนแรง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องรีบวางแผนเพื่อทำการตรวจสอบและหาทางแก้ไขต่อไป

ตารางที่ 13 สรุปผลการวิเคราะห์เหตุผิดปกติของแต่ละวิธี

Method	Case	Fault Diagnosis
IEEE (TCDG)	Condition 2	Low level decomposition, requires individual gas analysis
Key Gas	4	Arcing in oil
Roger's Ratio	2	High energy discharge arcing
IEC	D2	High energy discharge
Doernenburg's Ratio	3	Arcing (High intensity partial discharge)
Duval's Triangle	D2	High energy discharge

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ก๊าซในน้ำมันหม้อแปลงถือเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นที่จะต้องทำอย่างน้อยปีละครั้ง เนื่องจากผลการทดสอบสามารถบ่งชี้ถึงลักษณะของความคิดผิดปกติที่เกิดขึ้นในการทำงานของหม้อแปลง ซึ่งอาจมีตั้งแต่ระดับความรุนแรงน้อยไปจนถึงขั้นเกิดการลุกไหม้ได้ ดังนั้น การแปลผลทดสอบซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทราบถึงสภาพของหม้อแปลงในปัจจุบัน เพื่อใช้วางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายและยังเป็นการยืดอายุการใช้งานของหม้อแปลงด้วย ผลการวิเคราะห์ค่าก๊าซจากหม้อแปลงตัวอย่างแสดงให้เห็นถึงปริมาณที่สูงของก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซอะเซทิลีน (C_2H_2) หมายถึงมีการเกิดอาร์คระดับค่อนข้างรุนแรงในน้ำมันจากการไหลอย่างต่อเนื่องของกระแสค่าสูงจนทำให้เกิดความเสียหายของฉนวน จึงทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ขึ้นด้วย ซึ่งโดยทั่วไปการอาร์คมักเกิดขึ้นหลังจากการเกิดปัญหาอื่นก่อน เช่น ฉนวนขดลวดมีการแตกหัก หรือความเป็นฉนวนบางส่วนอาจจะลดลงจนไม่สามารถทนความเครียดของตัวนำไฟฟ้าได้ ถ้าขดลวดมีการลัดวงจรระหว่างรอบหรือระหว่างเฟส หรือเฟสถึงดิน การอาร์คที่เกิดขึ้นจากเหตุเหล่านี้ จะทำให้หม้อแปลงเกิดความเสียหายทันที เมื่อการอาร์คเกิดขึ้นในบริเวณของขดลวดจะต้องทำการยกใส่หม้อแปลงและพันขดลวดใหม่ นอกจากนี้การหลวมของจุดต่อต่างๆ ก็เป็นอีกสาเหตุของการอาร์คได้ด้วยเช่นกัน แต่การอาร์คที่เกิดจากการแตกหักของฉนวนจะมีความสำคัญมากกว่า

6. เอกสารอ้างอิง

- IEEE C57.104-1991. **Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil-Immersed Transformers.**
- R.R. Rogers. 1978. **Concepts used in the development of the IEEE and IEC codes for the interpretation of incipient faults in power transformers by dissolved gas in oil analysis.** IEEE Transactions on Electrical Insulation, vol. EI-13, no. 5, pp. 349-354.
- IEC 60599. 1999. **Guide to the Interpretation of Dissolved and Free Gases Analysis.** NTT IEC.
- Rohit Kumar Arora. 2013. **Different DGA techniques for monitoring of transformer.** International Journal of Electronics and Electrical Engineering, vol. 1, no. 4.
- M.Duval. 2008. **The duval triangle for load tap changers: non-mineral oils and low temperature faults in transformers.** IEEE Electrical Insulation Magazine, vol. 24, no. 6.
- Tirathai Journal. **Transformer Oils.** ปีที่ 4, ฉบับที่ 11, ธันวาคม 2557.

การเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความสำคัญระดับสูงมากให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหวในเขตภาคเหนือของประเทศไทย

Strengthening of Reinforced Concrete Buildings with very High Significance to Earthquake Resistance in the Northern of Thailand.

เจนศักดิ์ คชนิล

หลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

E-mail: jensakpanda@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินและเสริมสมรรถนะความต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก การวิเคราะห์โครงสร้างในการศึกษานี้ใช้วิธีแบบสถิตไม่เชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่า อาคารที่เสริมกำลังด้วยการหุ้มด้วยคอนกรีตสามารถต้านทานแรงเฉือนได้สูงที่สุด คือ 1,731 ตัน (ทิศทาง X) และ 784 ตัน (ทิศทาง Y) การเคลื่อนตัวระหว่างชั้นสูงสุด (Story Drift) ของอาคาร สำหรับอาคารเดิมและอาคารที่เสริมกำลังมีสมรรถนะที่ยังอยู่ภายใต้ระดับเข้าใช้อาคารได้ทันที (Immediate Occupancy Level-IO) เส้นโค้งกำลังของอาคารที่เสริมกำลังด้วยการหุ้มด้วยคอนกรีตมีลักษณะเป็นเส้นตรงที่มีความชันสูงกว่าอาคารเดิม อาคารที่เสริมกำลังโดยการหุ้มด้วยคอนกรีตพบว่าจุดหมุนพลาสติกไม่เกิดการเสียหายเลย เนื่องจากเป้าหมายในการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่เป็นอาคารสำคัญระดับสูงมากถูกกำหนดให้มีระดับความเสียหายไม่เกินระดับเข้าใช้อาคารได้ทันที (IO) ตามมาตรฐาน มยผ.1303-57

คำสำคัญ: อาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก การประเมินสมรรถนะอาคาร การเสริมกำลังอาคาร

ABSTRACT

This research aimed to evaluate and strengthen earthquake resistance performance of reinforced concrete buildings. The analysis methods used in this study are Pushover Analysis. It was found that the building was strengthened with concrete jacketing that have the highest base shear are 1,731 tons (direction X) and 784 tons (direction Y). The story drift of a building for existing buildings and the concrete jacketing building were still in immediate occupancy level (IO). The Capacity curve of the concrete jacketing building is a straight line with a height slope more than the existing building. The concrete jacketing building found that plastic hinge is not damaged at all, because the purpose for strengthening of reinforced concrete buildings was immediately level (IO) by the DPT 1303-57.

KEYWORDS: Reinforced Concrete Building, Performance evaluate of the building, strengthen of the building.

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

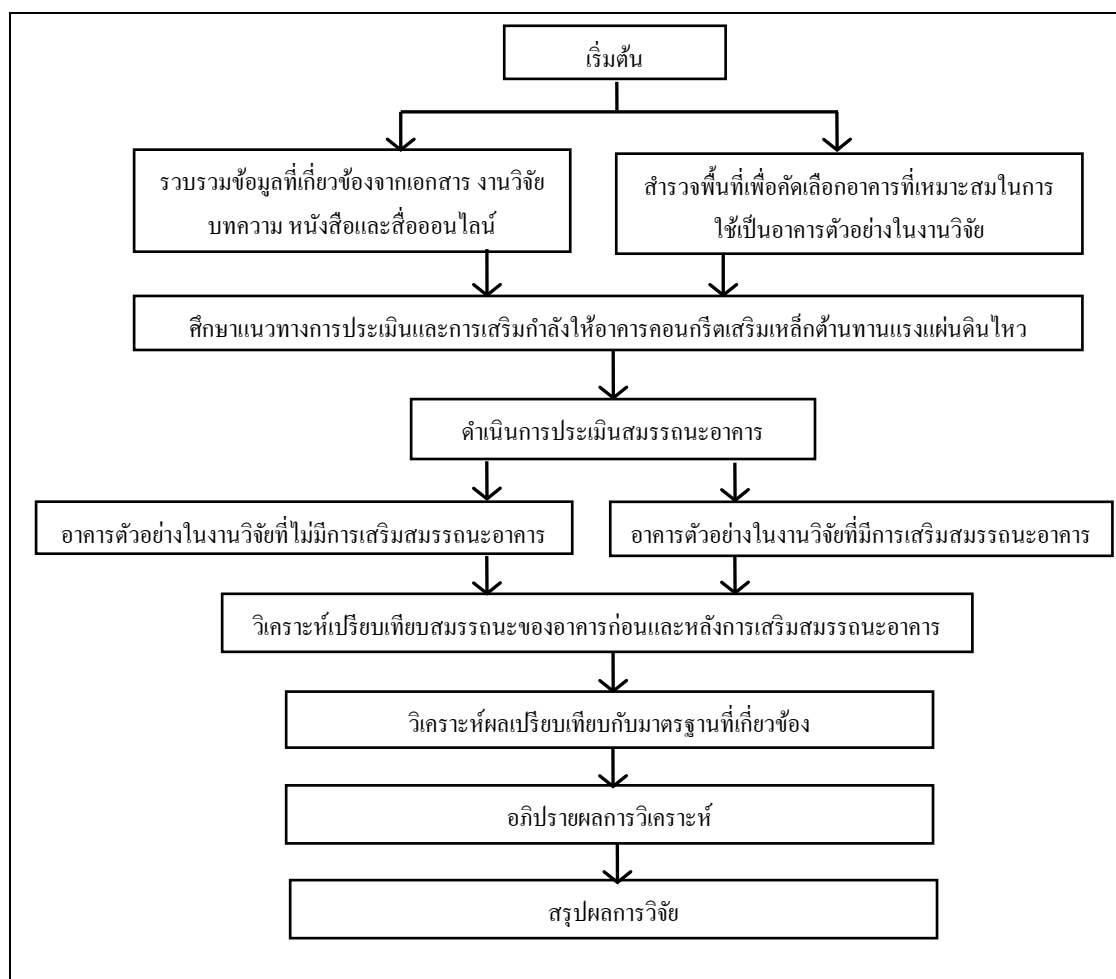
การเสริมกำลังให้กับอาคารเพื่อให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหวนั้นเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับอาคารในปัจจุบัน เนื่องจากสถานการณ์ภัยพิบัติด้านแผ่นดินไหวมีความรุนแรงและเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นจำนวนมาก อาคารในประเทศไทยส่วนใหญ่ประมาณมากกว่า 80% เป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งชนิดที่หล่อในที่ (Cast in Situ) และชนิดที่หล่อสำเร็จ (Precast Concrete) โดยอาจเป็นคอนกรีตหล่อสำเร็จแบบเหล็กเสริมธรรมดา หรือแบบเสริมเหล็กอัดแรงที่เรียกว่าคอนกรีตอัดแรง (วินิต ช่อวิเชียร, 2545:15) อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กนี้มีการคำนวณออกแบบและก่อสร้างโดยวิธีอีลาสติคมาตั้งแต่ในอดีตซึ่งนับเป็นเวลานานมากกว่า 40 ปี โดยนับจากการกำหนดมาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (มาตรฐาน ว.ส.ท., 2534: 28) ที่มีขึ้นครั้งแรกในปี พ.ศ.2515 ซึ่งเป็นการคำนวณออกแบบโดยคิดเฉพาะแรงกระทำในแนวตั้งเท่านั้น (Vertical Load) ยังมีได้คำนึงถึงแรงกระทำทางด้านข้าง (Lateral Load) ได้แก่ แรงลม (Wind load) และแรงแผ่นดินไหว (Earthquake Load) ทำให้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวนมากในประเทศไทยมีความเสี่ยงที่จะพังทลายลงได้เมื่อเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขึ้น (เจนศักดิ์ กชนิล, 2555: STR003-2) ถึงแม้ในปัจจุบันกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ได้จัดทำมาตรฐานการออกแบบอาคารไว้เรียกว่า มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวปี พ.ศ. 2550 (มยผ.1301, 2550: 1-19) มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวพ.ศ. 2552 (มยผ.1302, 2552: 1-55) และมาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานแผ่นดินไหวปี พ.ศ. 2554 (มยผ.1301, 2554: 11-18) แต่เป็นเพียงมาตรฐานที่นำไปใช้กับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ออกแบบขึ้นมาใหม่เท่านั้น ยังมีได้มีมาตรฐานสำหรับการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กเดิมให้ต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2557 กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย ได้ดำเนินการจัดทำมาตรฐานการประเมินและการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวขึ้น (มยผ.1303, 2557: iii) เพื่อใช้สำหรับการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขึ้นเป็นครั้งแรก มาตรฐานฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นโดยอิงเอกสารวิชาการและมาตรฐานเกี่ยวกับการประเมินและการเสริมกำลังความต้านทานแผ่นดินไหวของอาคารประเทศที่มีวิทยาการก้าวหน้าทางด้านนี้ ได้แก่ มาตรฐาน ASCE/SEI 41-06 (ASCE/SEI 41-06, 2007) มาตรฐาน JBDPA (JBDPA, 2001) และมาตรฐาน Eurocode 8 (Eurocode 8, 2005) เนื่องจากงานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมและสมรรถนะของชิ้นส่วนอาคารในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวมีน้อยมาก ไม่เพียงพอที่จะนำมาสร้างเป็นมาตรฐานได้ สำหรับในปัจจุบันเทคนิคการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่เพิ่งเริ่มต้นขึ้นและมีแนวทางการดำเนินการที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล ในปัจจุบันการเสริมกำลังอาคารให้สามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวให้กับอาคารที่สร้างก่อนมาตรฐาน มยผ.1301 ปี พ.ศ.2550 จึงเป็นสิ่งจำเป็น (เจนศักดิ์ กชนิล, 2557) โดยเฉพาะอาคารสาธารณะที่มีความสำคัญในระดับสูงมากซึ่งมีผลกระทบต่อประชาชนจำนวนมากในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในเขตภาคเหนือในประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการเสริมกำลังอาคารดังกล่าวเพื่อเป็นการลดความสูญเสียในด้านชีวิต และทรัพย์สินของประชาชนที่ตกอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) ศึกษาแนวทางการประเมินสมรรถนะและการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตภาคเหนือของประเทศไทยให้ด้านทานแรงแผ่นดินไหวตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ

(2) ประเมินสมรรถนะและการเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กในเขตภาคเหนือของประเทศไทยให้ด้านทานแรงแผ่นดินไหวในระดับที่ยอมรับได้

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้เริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูล การสำรวจพื้นที่ การศึกษาแนวทางการประเมินสมรรถนะ และการเสริมกำลังให้กับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กด้านทานแรงแผ่นดินไหว ดำเนินการประเมินสมรรถนะอาคารเดิมและอาคารที่เสริมกำลัง วิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของอาคารก่อนและหลังการเสริมสมรรถนะอาคาร วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง อภิปรายผลการวิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย

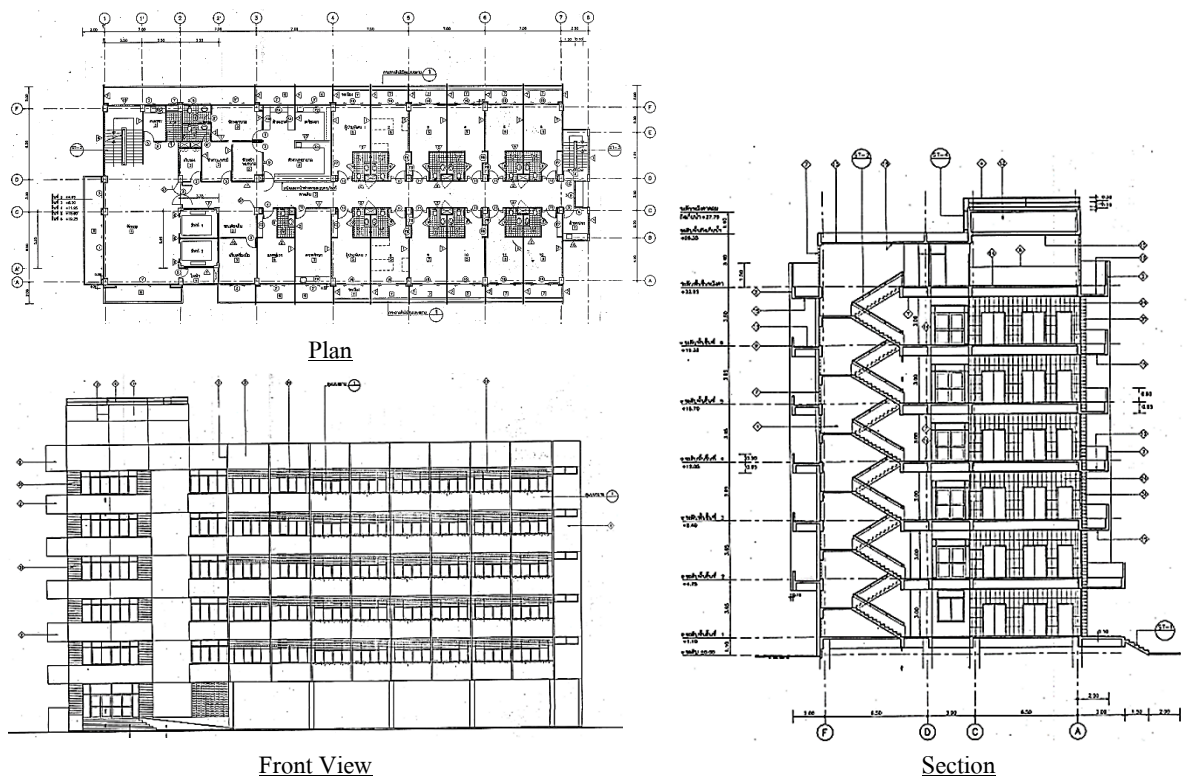
4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

เป็นการศึกษาโดยใช้วิธีสถิตไม่เชิงเส้น (Nonlinear static procedure, NSP) โดยทำการผลัดโครงสร้าง (อาคารต้นแบบ) ให้ถึงค่าการเคลื่อนที่เป้าหมาย (Target Displacement) ของยอดอาคารที่ประมาณค่าไว้ พิจารณาผลการวิเคราะห์โครงสร้างได้แก่ แรงภายใน การเคลื่อนที่ และการเสียรูป เช่น การเคลื่อนที่ที่ระหว่างชั้น (Inter Story Drift) หรือการหมุนของจุดหมุนพลาสติกที่ปลายคานหรือเสา (Plastic Hinge Rotation) ซึ่งถือว่าเป็นค่าตอบสนองสูงสุด (Peak Response) ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหว นำค่าตอบสนองสูงสุดนี้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การยอมรับเพื่อประเมินระดับสมรรถนะของโครงสร้างในการต้านทานแผ่นดินไหวว่าอยู่ในระดับใดทั้งก่อนเสริมกำลังและหลังจากการเสริมกำลังให้กับอาคาร เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

4.2 ประชากรและตัวอย่าง

อาคารต้นแบบในการศึกษานี้ผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้ใช้วิจรรณญาณพิจารณาติดตามวัตถุประสงค์หรือลักษณะของการวิจัยเป็นสำคัญ (ณรงค์ โพธิ์พุกขานันท์, 2551) ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลการใช้อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีความสำคัญระดับสูงมากในเขตภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากเป็นอาคารสาธารณะที่มีผลกระทบต่อชีวิตคนจำนวนมาก โดยมีการก่อสร้างอาคารเป็นไปตามแบบมาตรฐานของกองแบบแผน สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ในที่นี้ได้แก่อาคารผู้ป่วย 60 ห้อง (6 ชั้น) ขนาดกว้าง 16 เมตร ยาว 42 เมตร พื้นที่ 4,032 ตารางเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 รูปแปลน รูปด้านหน้าและรูปตัดของอาคารต้นแบบ

4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ประกอบด้วย แนวทางการการประเมินสมรรถนะและการเสริมกำลังอาคารให้ต้านทานแผ่นดินไหว ผลการประเมินสมรรถนะอาคาร และการเสริมกำลังอาคารที่เหมาะสม

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การประเมินสมรรถนะและการเสริมกำลังอาคารให้ต้านทานแผ่นดินไหวดำเนินการให้เป็นไปตามมาตรฐาน มขพ.1303-57 (มขพ.1303-57, 2557) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผล

4.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

(1) รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นจากแบบก่อสร้างของอาคารต้นแบบที่ใช้ในการวิจัยเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและประเมินสมรรถนะอาคาร ประกอบด้วย รูปแบบลักษณะของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดของชิ้นส่วน โครงสร้างทั้งหมดของอาคาร และลักษณะการเสริมเหล็กในชิ้นส่วน โครงสร้างแต่ละส่วนอย่างครบถ้วน

(2) รวบรวมผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิตไม่เชิงเส้น โดยสามารถแสดงระดับสมรรถนะของโครงสร้างและความเสียหายได้ดังนี้ คือ ระดับอาคารปฏิบัติงานได้(Operational Level) ระดับเข้าใช้อาคารได้ทันที (Immediate Occupancy Level-IO) ระดับปลอดภัยต่อชีวิต(Life Safety Level-LS) และระดับป้องกันการพังทลาย (Collapse Prevention Level-CP) เพื่อให้สามารถเสริมกำลังอาคารต้นแบบได้อย่างเหมาะสมเป็นไปตามมาตรฐาน

4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

(1) การประมาณน้ำหนักบรรทุก (Load) ของอาคาร ดำเนินการได้โดยใช้น้ำหนักต่อหน่วยของวัสดุหลักในการก่อสร้างอาคาร ได้ดังนี้ คอนกรีต $2,400 \text{ kg/m}^3$ เหล็กเสริมคอนกรีต $7,856 \text{ kg/m}^3$ กำแพงก่ออิฐครึ่งก้อน 180 kg/m^2 และน้ำหนักบรรทุกจร 300 kg/m^2

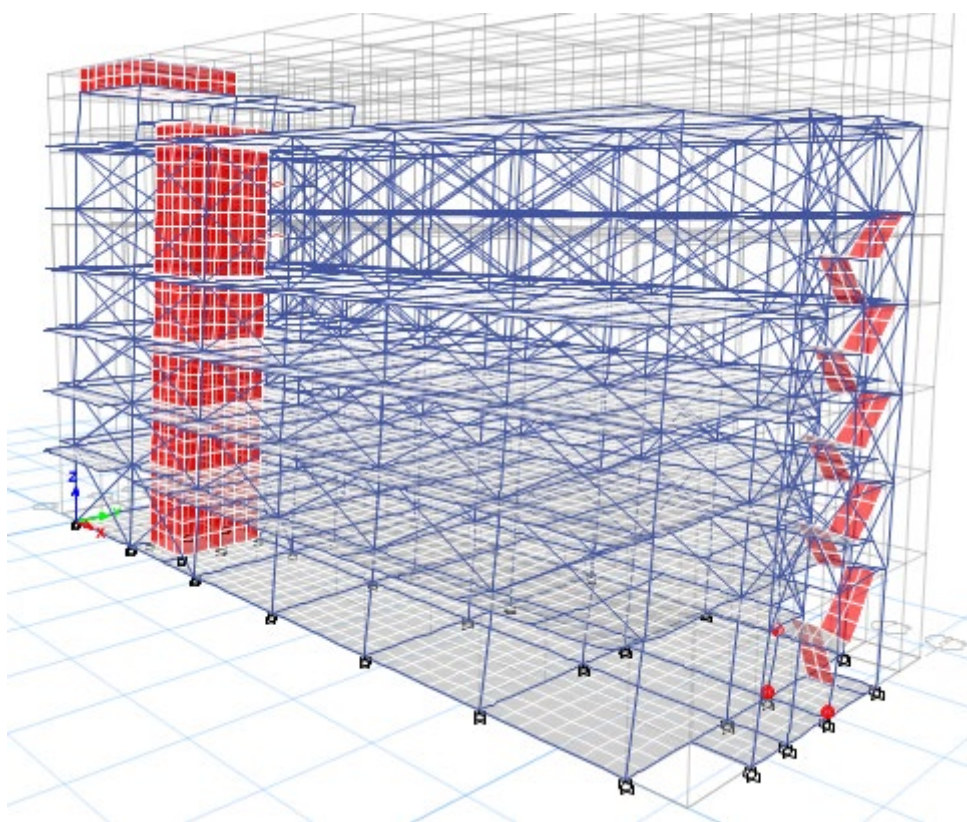
(2) ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้าง ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของแผ่นดินไหวรุนแรงสูงสุดที่พิจารณา(Maximum Considered Earthquake) ที่คาบการสั่น 0.2 วินาที (S_0) และ คาบการสั่น 1 วินาที (S_1) ในที่นี้ได้พิจารณาจากพื้นที่ตั้งของอาคารต้นแบบที่ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือซึ่งมีค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมมากที่สุดคือ อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ โดยได้ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมดังนี้ $S_0 = 1.021$ และ $S_1 = 0.276$ ค่าความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบสำหรับวิเคราะห์โครงสร้างมีค่าดังนี้ $S_{DS} = 0.743$ และ $S_{D1} = 0.340$ ค่าต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างอื่นๆ ได้แก่ ประเภทความสำคัญของอาคาร = IV, ตัวประกอบความสำคัญ = 1.5, ประเภทการออกแบบต้านทานแผ่นดินไหว = ง, ค่าตัวประกอบปรับผลตอบสนอง (Response Modification Factor, R) = 5, ตัวประกอบกำลังส่วนเกิน (System Over strength Factor, Ω_0) = 2.5, ตัวประกอบขยายค่าการโก่งตัว(Deflection Amplification Factor, C_d) = 4.5, ค่าคาบการสั่นพื้นฐาน (Fundamental Period, T = 0.02H) = 0.459 วินาที, และสัมประสิทธิ์ผลตอบสนองแรงแผ่นดินไหว(C_s) = 0.223

(3) แรงกระทำด้านข้างที่เป็นตัวแทนของแรงแผ่นดินไหวที่มีรูปแบบของการกระจายแรงที่คงที่กระทำต่ออาคาร โดยกำหนดให้การกระจายตามแนวลิ่งของแรงให้เป็นสัดส่วนกับรูปร่างโหมดพื้นฐานของอาคาร ในทิศทางของแรงกระทำแนวราบที่พิจารณา ผลดังแสดงในตารางที่ 1 การกำหนดคุณสมบัติต่างๆในการสร้างแบบจำลองอาคารสำหรับใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างเป็นไปตามมาตรฐาน มขพ.1303-57 เมื่อพิจารณาการ

วิเคราะห์โครงสร้างอาคาร โดยวิธี Pushover Analysis พบว่าการผลัดอาคารในทิศทางตามขวางของอาคาร (Push Y) พบว่าจุดต่อพลาสติกของเสาชั้น 1 มีสมรรถนะอยู่ในระดับป้องกันการพังทลาย(Collapse Prevention Level-CP) โดยสามารถแสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงควรดำเนินการเสริมกำลังให้กับอาคารในที่นี้ได้ใช้วิธีการหุ้มเสาด้วยคอนกรีต(Concrete Jacketing) เนื่องจากเหมาะสมกับลักษณะการวิบัติของอาคาร ค่าใช้จ่ายไม่แพง และขั้นตอนการดำเนินงานไม่ยุ่งยากเมื่อพิจารณากับการเสริมกำลังด้วยวิธีการอื่น

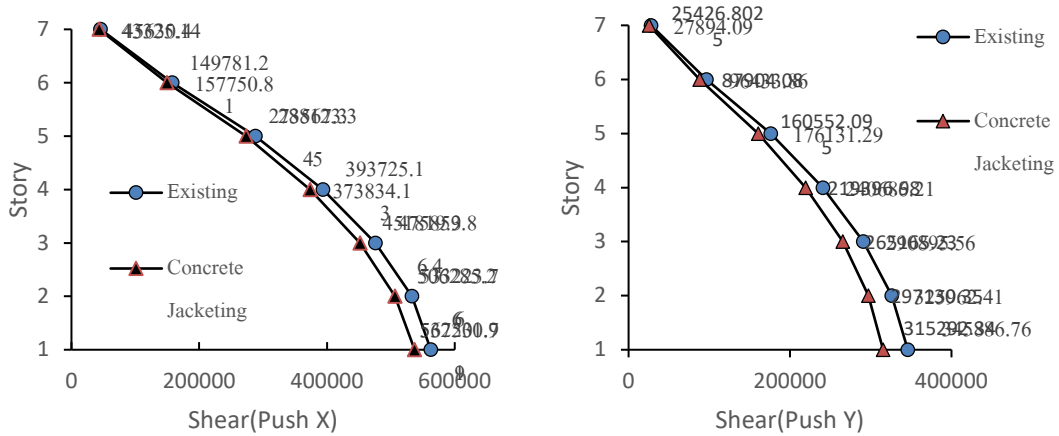
ตารางที่ 1 การกระจายแรงสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร โดยวิธี Pushover Analysis

Story	Elevation (m)	Force X (kg)	Force Y (kg)
Roof	22.95	132,592	132,592
Story6	19.35	146,872	146,872
Story5	15.70	119,339	119,339
Story4	12.05	91,595	91,595
Story3	8.40	63,850	63,850
Story2	4.75	39,840	39,840
Base	0	0	0



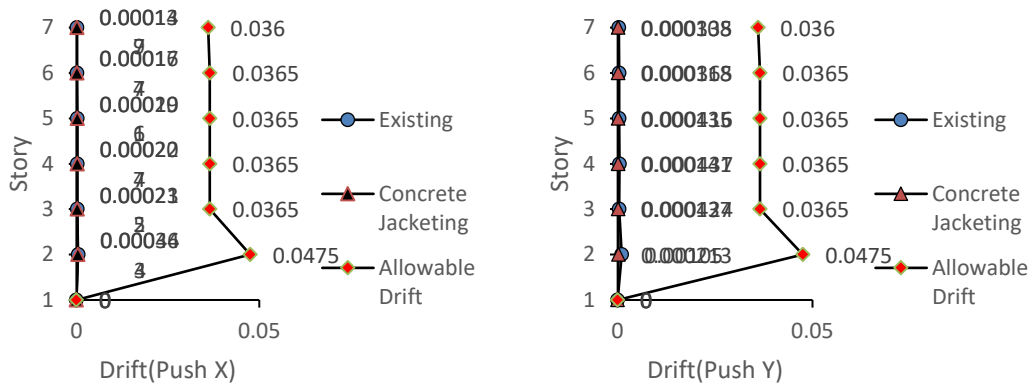
ภาพที่ 3 จุดต่อพลาสติกที่มีสมรรถนะระดับป้องกันการพังทลาย(Collapse Prevention Level-CP)

(4) แรงเฉือนของอาคาร (Story Shear) จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธี Pushover Analysis สามารถแสดงถึงแรงเฉือนของอาคารแต่ละชั้น ดังแสดงในภาพที่ 4



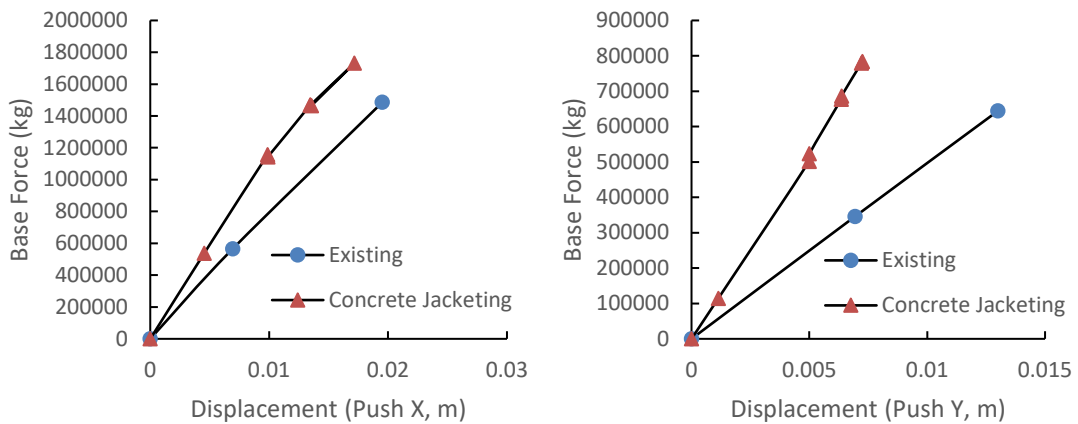
ภาพที่ 4 แรงเฉือนของอาคาร (Story Shear)

(5) การเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของอาคาร (Story Drift) จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธี Pushover Analysis สามารถแสดงถึงแรงเฉือนของอาคารแต่ละชั้น ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของอาคาร (Story Drift)

(6) เส้นโค้งกำลังของอาคาร (Capacity Curve) จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธี Pushover Analysis สามารถแสดงถึงแรงเฉือนของอาคารแต่ละชั้น ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เส้น โหลดกำลัง (Capacity Curve)

5. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธี Pushover Analysis สามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การวิเคราะห์โครงสร้างอาคาร โดยวิธี Pushover Analysis พบว่าจุดต่อพลาสติกของเสาชั้น 1 มีสมรรถนะอยู่ในระดับป้องกันการพังทลาย(Collapse Prevention Level-CP) ควรเสริมกำลังให้กับอาคาร ในที่นี้ได้ใช้วิธีการหุ้มเสาด้วยคอนกรีต(Concrete Jacketing) ตามมาตรฐาน มยผ.1303-57

(2) แรงเฉือนของอาคาร (Story Shear) ที่กระจายในแต่ละชั้นของอาคารเมื่อพิจารณาในทิศทางตามยาว (Push X) มีค่าใกล้เคียงกันทุกชั้น ส่วนทิศทางตามขวาง(Push Y)อาคารที่เสริมกำลังมีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าอาคารเดิม

(3) การเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของอาคาร (Story Drift) เมื่อพิจารณาทิศทางตามยาว (Push X) และทิศทางตามขวาง(Push Y) มีค่าน้อยมาก โดยอาคารเดิมและอาคารที่เสริมกำลังยังคงมีค่าการเคลื่อนที่ระหว่างชั้นน้อยกว่าที่มาตรฐานมยผ.1502-52 กำหนด ($\Delta \leq 0.01H$)

(4) เส้น โหลดกำลังของอาคาร (Capacity Curve) เมื่อพิจารณาในทิศทางตามยาว (Push X) และทิศทางตามขวาง(Push Y) อาคารที่เสริมกำลังมีความชันมากกว่าอาคารเดิม

6. อภิปรายผล

การวิเคราะห์โครงสร้างอาคารโดยวิธี Pushover Analysis อาคารเดิมโดยภาพรวมพบว่าอาคารดังกล่าวมีสมรรถนะในการต้านทานแรงแผ่นดินไหวอยู่ภายใต้ระดับเข้าใช้อาคารได้ทันที(Immediate Occupancy Level-IO) มีเพียงโครงสร้างเสาชั้นที่ 1 บางส่วนเท่านั้นที่มีสมรรถนะระดับป้องกันการพังทลาย(Collapse Prevention Level-CP) ภายหลังจากการเสริมกำลังให้กับอาคารพบว่าอาคารมีแรงเฉือนแต่ละชั้นลดลง การเคลื่อนที่ระหว่างชั้นของอาคารลดลง แต่มีกำลังรับแรงเฉือนที่ฐานเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของค่าสติฟเนส(Stiffness)ของเสาที่มากขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยสามารถประยุกต์ใช้วิธีการประเมินสมรรถนะอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กและการเสริมกำลังให้กับโครงสร้างไปใช้กับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กอื่น ๆ ได้ โดยพิจารณาตามความเหมาะสมเป็นไปตามมาตรฐาน มยผ.1303-57

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

นอกจากการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารโดยวิธี Pushover Analysis ควรทำการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีอื่น ๆ ด้วยเพื่อเปรียบเทียบผลการประเมินสมรรถนะอาคารว่ามีความสอดคล้องใกล้เคียงกันหรือไม่ เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่สนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัย คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ช่วยสนับสนุนด้านห้องปฏิบัติการ และทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- ASCE/SEI 41-06. (2007). American Society of Civil Engineers. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- JBDPA. (2001). the Japan Building Disaster Prevention Association. Standard for Seismic Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings.
- BS EN 1998-1:2004. (2005). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Page 78-136.
- วินิต ช่อวีเชียร. (2545). การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 2. วินิต ช่อวีเชียร. กรุงเทพฯ. หน้า 15.
- มาตรฐาน ว.ส.ท. (2534). มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กโดยวิธีหน่วยแรงใช้งาน. แก้ไขปรับปรุงครั้งที่ 2. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ. หน้า 28.
- เจนศักดิ์ คชนิล. (2555). การประเมินการต้านทานแรงแผ่นดินไหวของอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กที่ออกแบบสำหรับรับแรงในแนวตั้งในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 17. อุตรธานี. หน้า STR003-1 ถึง STR003-10.
- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2550). มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ. 1301-50. กรุงเทพฯ : สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการและผังเมือง. หน้า 1-19.
- กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2552). มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ. 1302-52. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ดิจิตอล ออฟเซท เอเชีย แปซิฟิก จำกัด. หน้า 1-55.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2554). **มาตรฐานประกอบการออกแบบอาคารเพื่อด้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ. 1301-54.** กรุงเทพฯ : สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคารกรมโยธาธิการและผังเมือง. หน้า 11-18.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2557). **มาตรฐานการประเมินและการเสริมความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารในเขตที่อาจได้รับแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว มยผ.1303-57.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักควบคุมและตรวจสอบอาคาร กรมโยธาธิการและผังเมือง. หน้า iii.

เจนศักดิ์ คชนิล. (2557). การเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กและการจัดทำคู่มือเตรียมความพร้อมรับมือเหตุการณ์แผ่นดินไหว กรณีศึกษา : อาคารเรียนตามแบบมาตรฐานในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. **การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.** วันที่ 3-4 ธันวาคม 2557.

ณรงค์ โพธิ์พุกษานันท์. (2551). **ระเบียบวิธีวิจัย.** พิมพ์ครั้งที่ 5. บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด, กรุงเทพฯ.

พฤติกรรมการวิบัติของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเสริมกำลังด้วย CFRP ที่ความเหนียวต่ำ
Failure Behavior of the Low Ductility CFRP Strengthening RC-Slab

ชัชวาลย์ พุนลาภพานิช

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: chatshawal.po@spu.ac.th

ดร.ณัฐวัฒน์ จุฑารัตน์

อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nuttawat.ch@spu.ac.th

มนอชญ์ สาขุม

พัฒนพงษ์ ลิงห์สง่า

ศิโรรัตน์ จิตต์สุภาพรรณ

ภาคภูมิ พิริยะภิญโญ

นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

การศึกษาพฤติกรรมการวิบัติของพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กเสริมกำลังด้วย CFRP ที่ความเหนียวต่ำ ได้ทดสอบแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวด้วยวิธี Third Point Loading ช่วงความยาว 2.4 เมตรจำนวน 2 ตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างทดสอบ 0.10 x 0.63 x 2.6 เมตร ประกอบด้วยแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวที่ไม่เสริมกำลังด้วย CFRP รับน้ำหนักบรรทุกจร 400 kg./m² จำนวน 1 ตัวอย่าง และแผ่นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กทางเดียวที่เสริมกำลังด้วย CFRP กว้าง 10 cm.หนา 6 ซม. ตามมาตรฐาน ACI 440.2R-08 เพื่อรับน้ำหนักบรรทุกจร 800 kg./m² จำนวน 1 ตัวอย่าง โดยขึ้นทดสอบถูกออกแบบให้ภายหลังจากเสริมกำลังด้วย CFRP แล้วมีความเหนียวต่ำที่สุด ได้ค่าตัวคูณลดกำลังโมเมนต์ดัดเท่ากับ 0.76 ระหว่างการทดสอบได้ทำการบันทึกความเครียดดึง-อัดในเหล็กเสริม ในคอนกรีตบริเวณผิวบน ผิวล่าง และบนผิว CFRP รวมทั้งการโก่งตัวของแผ่นพื้น ณ น้ำหนักบรรทุกต่างๆ จนกระทั่งวิบัติ ผลการทดสอบพบว่าแผ่นพื้นเสริมกำลังด้วย CFRP มีพฤติกรรมการวิบัติโดยการครากของเหล็กเสริมแล้วตามด้วยและการหลุดล่อนของ CFRP ณ กำลังรับน้ำหนักต่ำกว่าที่ออกแบบไว้ โดย CFRP เกิดหลุดล่อนขณะเกิดความเครียดดึงเพียง 0.001371 น้อยกว่าค่าที่คาดหวังตามมาตรฐาน ในขณะที่ค่าตัวคูณลดกำลังโมเมนต์ดัดคิดจากความเครียดดึงในเหล็กเสริมขณะวิบัติเท่ากับ 0.75 จึงสรุปได้ว่าการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP แล้วมีความเหนียวต่ำมากอาจควบคุมพฤติกรรมให้เป็นไปตามที่คาดหวังได้ยากสมควรอยู่ภายใต้การดูแลของมืออาชีพทุกขั้นตอน และยังคงต้องการงานวิจัยเพื่อสนับสนุนข้อมูลเพิ่มเติม

คำสำคัญ: พฤติกรรมการวิบัติ ตัวคูณลดกำลังของโมเมนต์ ความเหนียว เสริมกำลังด้วยเส้นใยคาร์บอน
พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก

ABSTRACT

Two Reinforced concrete one-way slabs with the cross section of 0.10 m x 0.63 m and 2.4 m span length were designed for the live load of 400 kg/m². One of them was then strengthened according to ACI 318-05 with the 6 layers of CFRP to increase the live load resistance to 800 kg/m² aiming to fail by CFRP debonding at low ductility range or with the flexural strength reduction factor, ϕ , of 0.76. Third point loading test showed the debonding failure at the interface of CFRP and concrete during yielding of the rebars. The load carrying capacity of strengthen slab was less than predicted ultimate capacity. The maximum tensile strain of outermost carbon fiber sheet was 0.001371 which is also lower than expected standard value. The evaluation of the flexural strength reduction factor, ϕ , based on the ultimate strain of rebar is 0.75. The test results showed that CFRP slab strengthening in case of very low ductility may be hardly controlling failure behavior. The proper installation of strengthening system must be conducted under close supervision of licensed engineers and more research in this topic is needed.

KEYWORDS: Failure behaviors, Moment reduction factor, Ductility, CFRP, Reinforced concrete slabs

1. บทนำ

การนำอาคารเดิมมาดัดแปลงปรับปรุงสภาพการใช้งานให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้น เป็นหนึ่งในแผนงานธุรกิจก่อสร้างที่แพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน มีการนำเทคนิคการเสริมกำลังโครงสร้างวิธีต่างๆมาใช้งาน ในกรณีอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสท.) นิยมใช้การเสริมกำลังด้วยวัสดุเส้นใยคาร์บอน (Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP) ซึ่งเป็นระบบเสริมกำลังภายนอกของอาคารที่ดำเนินการได้สะดวก น้ำหนักเบาไม่เพิ่มภาระน้ำหนักบรรทุกต่ออาคาร มีกำลังวัสดุและค่าโมดูลัสสูงสามารถเพิ่มกำลังให้โครงสร้างเดิมได้มาก แต่ข้อเสียคือ CFRP ไม่มีความหยุ่นเหนียวอาจทำให้องค์อาคารภายหลังเสริมกำลังมีสภาพแข็งเกร็งมากขึ้น ลดทอนสภาพความเหนียว (Ductility) ทำให้เปลี่ยนรูปได้น้อยลง อาจไม่มีสัญญาณเตือนผู้ใช้งานอาคารก่อนเกิดอุบัติเหตุที่ทราบล่วงหน้า รวมทั้งลักษณะการวิบัติส่วนใหญ่ของชิ้นทดสอบที่พบในการทดลองคือ วิบัติโดยการหลุดล่อนของแผ่น CFRP ซึ่งดูเหมือนเป็นลักษณะการวิบัติที่ยากจะควบคุมให้เกิดได้ ณ ระดับที่ต้องการแบบคงเส้นคงวาทุกครั้ง

อย่างไรก็ตามมาตรฐาน ACI 318-05 ได้พิจารณาตัวคูณลดกำลังรับแรงดัด (ϕ) ตามค่าความเหนียวขององค์อาคาร และ ACI 440.2R-08 แนะนำวิธีควบคุมการหลุดล่อนของแผ่น CFRP ที่ใช้เสริมกำลังรับแรงดัด ซึ่งวิศวกรนำทั้งสองหลักการมาพิจารณาร่วมกันในการออกแบบเสริมกำลังตัดโครงสร้าง จึงเป็นที่น่าสนใจว่าเมื่อออกแบบเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP ที่ความเหนียวต่ำมากๆ (ตัวคูณลดกำลัง โมเมนต์ดัดน้อยๆ) และให้เกิดการวิบัติแบบหลุดล่อนแล้ว กำลังรับน้ำหนักและพฤติกรรมการวิบัติจะยังสอดคล้องกับที่ออกแบบไว้หรือไม่

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

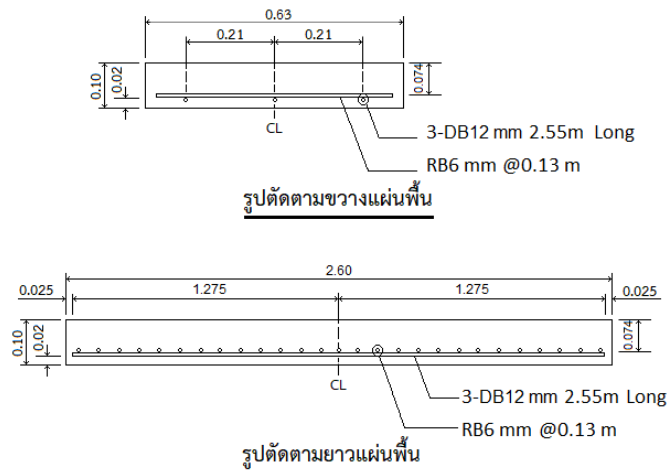
(1) ออกแบบเสริมกำลังแผ่นพื้น คสท. ทางเดียวด้วย CFRP ให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นได้จาก 400 kg/m² เป็น 800 kg/m² โดยควบคุมให้วิบัติแบบหลุดล่อนและมีค่าความเหนียวหรือตัวคูณลดกำลังต่ำที่สุด

(2) ศึกษาพฤติกรรมของแผ่นพื้น คสล. ที่เสริมกำลังรับแรงค้ำด้วย CFRP ที่ความเหนียวต่ำ ทั้งในด้านกำลัง ลักษณะการวิบัติ และความเหนียว

3. วิธีดำเนินการวิจัย

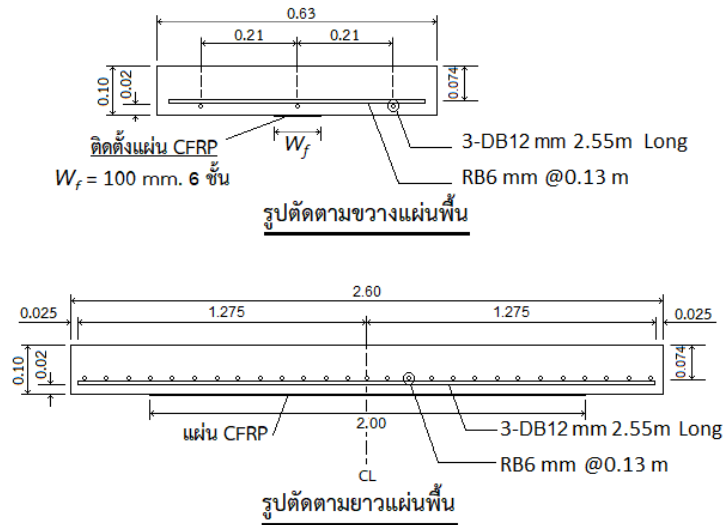
3.1 ชั้นทดสอบ

การออกแบบแผ่นพื้น คสล. ทางเดียว ในเบื้องต้นกำหนดคุณสมบัติวัสดุ กำลังอัดประลัยของคอนกรีต (f'_c) เท่ากับ 240 kg/cm^2 เหล็กเสริมกำลังรับแรงดึงชั้นคุณภาพ SD30 ภาระน้ำหนักบรรทุกที่ใช้ออกแบบแผ่นพื้น ประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุกตายเนื่องจากน้ำหนักโครงสร้าง (W_{DL}) น้ำหนักบรรทุกตายเพิ่มเติมจากวัสดุตกแต่งผิวพื้น (W_{SDL}) 80 kg/m^2 และน้ำหนักบรรทุกจร (W_{LL}) 400 kg/m^2 โดยมีช่วงความยาวพื้น (span) เท่ากับ 2.4 m ออกแบบตามมาตรฐาน ACI 318-05 และปรับแก้เพื่อให้เกิดความเหนียวต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ในชั้นเสริมกำลังด้วย CFRP ได้หน้าตัดแผ่นพื้น คสล. ทางเดียว (ชั้นทดสอบ #1) ขนาด $0.63 \text{ m} \times 0.10 \text{ m}$ มีเหล็กเสริมหลัก 3-DB12 หน้าตัดด้านขวางใส่เหล็กเสริมกั้นรัว RB6 @0.13 m ดังในแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 รายละเอียดแผ่นพื้นที่ไม่ได้เสริมกำลังด้วย CFRP (ชั้นทดสอบ #1)

แผ่นพื้นทดสอบชั้นที่ 2 (ชั้นทดสอบ #2) ได้เสริมกำลังด้วย CFRP ให้สามารถรับภาระน้ำหนักบรรทุกจรเพิ่มขึ้นเป็น 800 kg/m^2 และเน้นให้มีความเหนียวน้อยที่สุดที่เป็นไปได้ ซึ่งชั้นทดสอบ #2 ออกแบบตาม ACI 440.2R-08 ได้ความหนาจำนวน 6 ชั้น มีความกว้างของแผ่นเท่ากับ 100 mm ซึ่งจะมีพฤติกรรมการวิบัติแบบหลุดล่อนหลังการครากของเหล็กเสริมและมีค่าตัวคูณลดกำลังโมเมนต์ค้ำเท่ากับ 0.76 รายละเอียดดังแสดงในแผนภาพที่ 2 คุณสมบัติของแผ่น CFRP ที่นำมาใช้เสริมกำลังโครงสร้างนำเสนอไว้ในตารางที่ 1



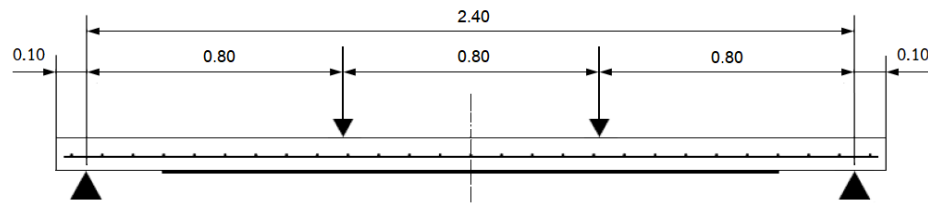
แผนภาพที่ 2 รายละเอียดแผ่นพื้นที่เสริมกำลังด้วย CFRP (ชั้นทดสอบ #2)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติวัสดุแผ่นคาร์บอนไฟเบอร์ที่ใช้เสริมกำลังโครงสร้าง

System type :	dry, unidirectional sheet, installed using a wet layup procedure where the dry carbon-fiber sheets are impregnated and adhered with an epoxy resin on-site.
Fiber type :	high-strength carbon
Polymer resin :	epoxy
Mechanical properties :	Thickness per ply $t_f = 0.167$ mm ultimate tensile strength of the CFRP $f_{tu} = 35,000$ kg/cm ² tensile modulus of elasticity of the CFRP $E_f = 2,350,000$ kg/cm ² ultimate rupture strain of CFRP $\epsilon_{fu} = 1.5\%$
Design reduction factors :	environmental reduction factor $C_E = 0.95$ for interior exposure FRP strength reduction factor $\Psi = 0.85$ for flexure

3.2 การติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมโครงสร้างและการทดสอบ

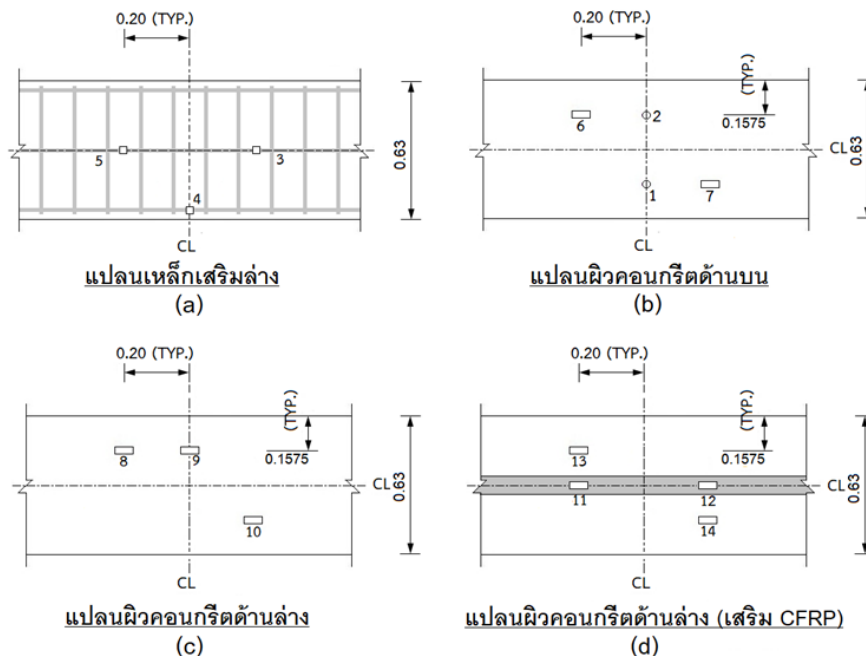
ทดสอบกำลังดัดของชั้นทดสอบทั้งหมดโดยใส่น้ำหนักบรรทุกทุกแบบ Third point loading ดังแผนภาพที่ 3 โดยดำเนินการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกทุกครั้งละ 40 kg จนกระทั่งถึงจุดวิบัติ อุปกรณ์วัดพฤติกรรมโครงสร้างประกอบด้วย Dial gauge วัดระยะโก่งตัวที่จุดกึ่งกลางแผ่นพื้น Strain gauge วัดความเครียดดึงและอัดที่ผิวบนและล่างของแผ่นพื้นคอนกรีต และติดตั้ง Strain gauge วัดความเครียดดึงในเหล็กเสริมและ CFRP รายละเอียดของการติดตั้งอุปกรณ์วัดพฤติกรรมชั้นทดสอบนำเสนอไว้ในตารางที่ 2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ นำเสนอในแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 3 Third Point Loading Test

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดการติดตั้ง อุปกรณ์วัดพฤติกรรมโครงสร้าง

No.	Instruments	Measurement items / Locations	#1	#2
1, 2	Dial gauge	Mid-span deflections	√	√
3, 4, 5	Strain gauge	Tensile strains in main steel reinforcement	√	√
6, 7	Strain gauge	Compressive strains at the top slab surface	√	√
8, 9, 10	Strain gauge	Tensile strains at the bottom slab surface	√	
11, 12	Strain gauge	Tensile strains in CFRP		√
13,14	Strain gauge	Tensile strains at the bottom slab surface		√



แผนภาพที่ 4 ฟังแสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดพฤติกรรมโครงสร้างในขั้นตอนสอบ

- (a) ฟังแสดงตำแหน่งติดตั้ง strain gauge ในเหล็กเสริม (ขั้นตอนสอบ #1 และ #2)
- (b) ฟังแสดงตำแหน่งติดตั้ง Strain gauge และ Dial gauge ที่ผิวบนแผ่นพื้น (ขั้นตอนสอบ #1 และ #2)
- (c) ฟังแสดงตำแหน่งติดตั้ง Strain gauge ที่ผิวล่างแผ่นพื้น (ขั้นตอนสอบ #1)
- (d) ฟังแสดงตำแหน่งติดตั้ง Strain gauge ที่แผ่น CFRP และผิวล่างแผ่นพื้น (ขั้นตอนสอบ #2)

4. ผลการทดสอบ

4.1 การออกแบบเสริมกำลัง

ผลการออกแบบเสริมกำลังด้วย CFRP และควบคุมให้วิบัติโดยการหลุดล่อนที่ความเหนียวต่ำที่สุด ในขั้นตอนทดสอบ #2 ได้ค่าความเครียดดึงใน CFRP และเหล็กเสริมขณะวิบัติเท่ากับ 0.00414 และ 0.00297 ตามลำดับ ทำให้มีตัวคูณลดกำลังโมเมนต์ดัด (Φ) เท่ากับ 0.76 แต่ส่งผลให้กำลังรับน้ำหนักบรรทุกของขั้นตอนทดสอบทั้งสองสูงกว่าที่ต้องการคือกำลังรับน้ำหนักบรรทุกจริงเปลี่ยนเป็น 643 kg/m² และ 1395 kg/m² ในขั้นตอนทดสอบ #1 และ #2 ตามลำดับ

4.2 กำลังอัดคอนกรีตและกำลังดึงเหล็กเสริม

กำลังอัดคอนกรีตของแผ่นพื้น คสล. ทั้งที่เสริมกำลังและไม่เสริม CFRP มีค่าเท่ากับ 340 kg/cm² กำลังรับแรงดึง ณ จุดคราก (f_y) ของเหล็กเสริมมีค่าเท่ากับ 3,171 kg/cm² ขณะที่กำลังวัสดุเบื้องต้นที่ใช้ออกแบบมีค่าเท่ากับ 240 kg/cm² และ 3000 kg/cm² ตามลำดับ นอกจากนี้ผลทดสอบการดึงเหล็กเสริมจำนวนสามตัวอย่างพบว่าความเครียด ณ จุดครากของเหล็กเสริม ϵ_{sy} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.001374

4.3 ลักษณะการวิบัติ

ลักษณะการวิบัติของขั้นตอนทดสอบ #1 วิบัติแบบ Tension failure ขั้นตอนทดสอบ #2 วิบัติโดยการครากของเหล็กเสริม แล้วตามด้วยการหลุดล่อนของแผ่น CFRP ดังแสดงในแผนภาพที่ 5 ที่น้ำหนักบรรทุก 1440 kg และ 1960 kg หรือเทียบเท่ากับรับน้ำหนักบรรทุกจริงที่ 553 kg/m² และ 840 kg/m² ตามลำดับ และเมื่อพิจารณา ณ จุดครากของเหล็กเสริมที่มีค่าความเครียดดึง $\epsilon_{sy} = 0.001374$ น้ำหนักบรรทุกของทั้งสองขั้นตอนมีค่าเท่ากับ 916 kg และ 1348 kg ตามลำดับ

4.4 พฤติกรรมของโครงสร้าง

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและระยะโก่งตัวของขั้นตอนทดสอบ ณ กึ่งกลางช่วงพื้น แสดงในแผนภาพที่ 6(a) จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด ขั้นตอนทดสอบ #1 และ #2 มีระยะโก่งตัว (Δ_u) เท่ากับ 22.89 mm และ 19.79 mm ตามลำดับ และเมื่อพิจารณา ณ จุดครากของเหล็กเสริม ค่าระยะโก่งตัว (Δ_y) ของขั้นตอนทดสอบเท่ากับ 4.86 mm และ 6.05 mm ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและค่าความเครียดของเหล็กเสริมรับแรงดึงของขั้นตอนทดสอบทั้งสองแสดงในแผนภาพที่ 6(b) จากกราฟจะเห็นได้ว่าที่ค่าน้ำหนักบรรทุกสูงสุด เหล็กเสริมในขั้นตอนทดสอบ #1 และ #2 มีค่าความเครียดดึง (ϵ_{su}) เท่ากับ 0.005119 และ 0.002891 ตามลำดับ ส่วนความเครียด ณ จุดครากซึ่งพิจารณาที่ค่าเท่ากับ 0.001374 ก็สอดคล้องกับพฤติกรรมของกราฟ ซึ่งเปลี่ยนแปลงความชันก่อนข้างชัดเจนดังแสดงในแผนภาพที่ 6(b) ที่จุด A และ B

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักบรรทุกและค่าความเครียดดึงของ CFRP ของขั้นตอนทดสอบ #2 แสดงในกราฟแผนภาพที่ 6(c) จากเส้นกราฟพบว่า ณ จุดวิบัติ ค่าความเครียดสูงสุดในคาร์บอนไฟเบอร์ (ϵ_{fc}) ในขั้นตอนทดสอบ #2 มีค่าเท่ากับ 0.001371 ซึ่งเป็นความเครียดดึงค่าสุดท้ายที่ Strain gauge ตรวจวัดและบันทึกได้ก่อน CFRP หลุดล่อน

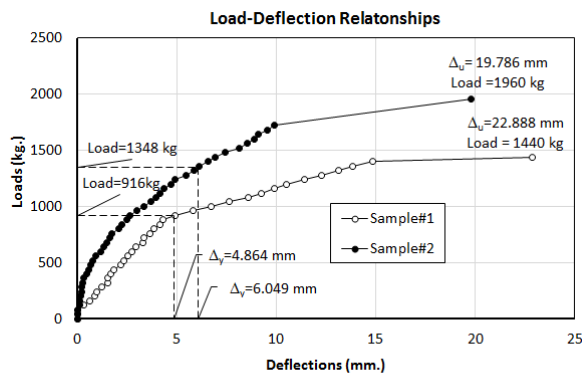


(a)

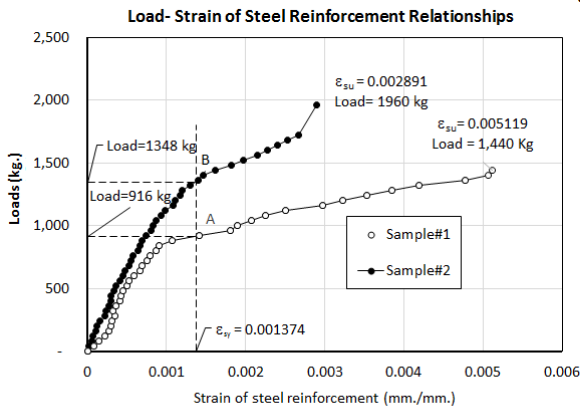


(b)

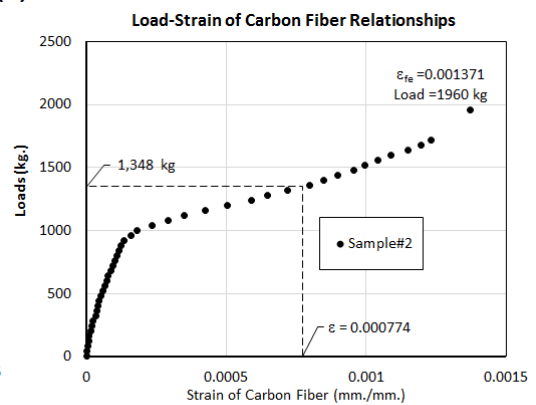
แผนภาพที่ 5 แสดงการวิบัติของชิ้นทดสอบ (a) ชิ้นทดสอบ #1 (b) ชิ้นทดสอบ #2



(a)



(b)



(c)

แผนภาพที่ 6 แสดงค่าผลตรวจวัดพฤติกรรม โครงสร้างที่ค้ำน้ำหนักบรรทุกต่างๆ
(a) การโค้งตัวของชิ้นทดสอบ (b) ค่าความเครียดดึงในเหล็กเสริม (c) ค่าความเครียดดึงใน CFRP

5. วิเคราะห์และอภิปรายผล

5.1 กำลังรับแรงดัดสูงสุด, M_n

จากผลทดสอบค้ำน้ำหนักบรรทุกสูงสุดของชิ้นทดสอบทั้งสอง สามารถคำนวณเป็นค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุด (M_n from load test) ได้ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากำลังรับแรงดัดที่คำนวณตามทฤษฎี โดยใช้กำลังวัสดุตามที่ออกแบบ (Theoretical M_n (f_c/f_y Prelim prop)) และเมื่อปรับการคำนวณโดยใช้กำลังวัสดุจริง

(Theoretical M_n (f'_c/f_y Real prop.)) จะพบว่าในขั้นตอนทดสอบ #1 ค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีทั้ง 2 กรณีเท่ากับ 19.2% และ 24.6% ตามลำดับ ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากการเกิดน้ำหนักบรรทุกบางส่วนขึ้นกับขั้นตอนการเตรียมชุดทดสอบ ก่อนบันทึกค่าแรงกระทำจริง ขณะที่ผลการทดสอบขั้น #2 ได้ค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีทั้ง 2 กรณีเท่ากับ 49.8% และ 56.3% ตามลำดับ ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้เกิดจากขณะที่วัดค่า หน่วยแรงใน CFRP มีค่าน้อยกว่าค่าที่คาดหวังตามทฤษฎี อย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณค่ากำลังรับแรงดัดสูงสุดจากค่าความเครียดดึงจริงใน CFRP ขณะที่คำนวณ (M_n from measured ϵ_{fc}) พบว่า M_n from load test จะต่ำกว่าเพียง 4.3% ยืนยันได้ว่าค่าความเครียดดึงใน CFRP ที่ตรวจวัดได้ สอดคล้องกับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกจริง

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของขั้นตอนทดสอบ ระหว่างค่าที่ประเมินด้วยทฤษฎีจากค่ากำลังวัสดุ และค่าจาก

ผลทดสอบ loading test

Summary of Results		#1	#2
Required Factored Moment, M_u	(kg-m)	464.49	757.79
Theoretical M_n (f'_c/f_y Prelim prop.)	(kg-m)	712.80	1561.81
Theoretical M_n (f'_c/f_y Real prop.)	(kg-m)	764.28	1793.32
M_n from load test	(kg-m)	576	784
M_n from measured ϵ_{fc}	(kg-m)	-	819
Theoretical ϵ_{fc} (f'_c/f_y Prelim prop.)	(mm/mm)	-	0.004140
Theoretical ϵ_{fc} (f'_c/f_y Real prop.)	(mm/mm)	-	0.004930
ϵ_{fc} (Measured strain)	(mm/mm)	-	0.001371
Theoretical ϵ_{st} (f'_c/f_y Prelim prop.)	(mm/mm)	0.02071	0.002976
Theoretical ϵ_{st} (f'_c/f_y Real prop.)	(mm/mm)	0.02876	0.003551
ϵ_{st} (Measured strain)	(mm/mm)	0.00512	0.002891
ϕ (Prelim design)		0.9	0.76
ϕ (Measuring strain estimation)		0.9	0.75
Ductility ratio ($\epsilon_{su}/\epsilon_{sy}$)		3.72	2.10
Ductility ratio (Δ_u/Δ_y)		4.71	3.27

5.2 ลักษณะการวิบัติ

ขั้นตอนทดสอบ #1 วิบัติแบบ Tension failure โดยเหล็กเสริมรับแรงดัดครากก่อนคอนกรีตแตก ขณะที่ขั้นตอนทดสอบ #2 วิบัติโดยการหลุดล่อนของ CFRP จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่าความเครียดดึงของ CFRP ขณะหลุดล่อน (ϵ_{fc}) ที่ได้จากการวัดในขั้นตอนทดสอบจริง (ϵ_{fc} , Measuring strain) ของขั้นตอนทดสอบ #2 มีค่าเท่ากับ 0.001371 น้อยกว่าค่าทางทฤษฎีที่คาดหวังไว้คือ 0.00414 และ 0.00493 ในการคำนวณจากกำลังวัสดุที่ออกแบบและที่เกิดขึ้นจริงตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่าถึงแม้ลักษณะการวิบัติของขั้นตอนทดสอบ #2 จะเป็นไปตามที่ออกแบบบางส่วนคือเหล็กเสริมครากแล้วตามด้วยการหลุดล่อนของ CFRP แต่ก็เป็นการหลุดล่อนที่เกิดก่อนเวลาอันควร ซึ่งไม่ใช่พฤติกรรมที่ต้องการ อย่างไรก็ตามก็เป็นพฤติกรรมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของการเสริมกำลังด้วย CFRP ที่มีความหนาหลายชั้น (กรณีนี้ 6 ชั้น) ซึ่งจะทำให้แผ่น CFRP มีความแข็งแรงสูง ยึดหยุ่นได้น้อย และหลุดล่อนได้ง่ายขึ้น

5.3 ค่าความเหนียวและตัวคูณลดกำลัง

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าค่า ϵ_{st} (Measured strain) จากการทดสอบเท่ากับ 0.00512 เปรียบเทียบกับค่าความเครียดดึงของเหล็กเสริมขณะวิบัติตามที่ออกแบบไว้ของชิ้นทดสอบ #1 (Theoretical ϵ_{st} (f_u/f_y Prelim prop.)) คือ 0.02071 นั้นมีค่าน้อยกว่าอยู่มาก แต่ทั้ง 2 กรณีถือว่าเป็นการวิบัติที่ค่าความเหนียวสูงเทียบเท่ากับค่าตัวคูณลดกำลังรับแรงดัด (ϕ) 0.9 ซึ่งเป็นพฤติกรรมการวิบัติที่ดีและควบคุมได้ตามต้องการ ซึ่งถ้าพิจารณาถึงค่าความเหนียวที่คิดจาก $\epsilon_{su}/\epsilon_{sy}$ และ Δ_u/Δ_y แล้ว ก็ได้ค่าสูงมากเช่นกันเท่ากับ 3.72 และ 4.71 ตามลำดับ ขณะที่ค่า ϵ_{st} (Measured strain) ในชิ้นทดสอบ #2 เท่ากับ 0.002891 เปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ออกแบบไว้คือ 0.002976 มีค่าใกล้เคียงมาก ส่งผลให้มีค่า $\phi = 0.75$ และ 0.76 ตามลำดับ ทำให้สามารถศึกษาพฤติกรรมรับแรงดัดของชิ้นทดสอบที่เสริมกำลังด้วย CFRP แล้วมีความเหนียวต่ำตามที่ต้องการ ซึ่งผลการทดสอบพบว่า การออกแบบเสริมกำลังด้วย CFRP ตามมาตรฐาน ACI 440.2R-08 ในกรณีที่ต้องค่าการเกิดความเหนียวต่ำหรือค่าตัวคูณลดกำลังรับแรงดัด (ϕ) มีค่าน้อยๆ (ในกรณีนี้เท่ากับ 0.76) อาจไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมการวิบัติได้ตามต้องการ ซึ่งในกรณีนี้คือเกิดการหลุดล่อนของ CFRP ก่อนเวลาอันควร จึงน่าจะเกิดจากการแปะ CFRP ที่หนามากถึง 6 ชั้น ส่งผลให้ความคุมคุณภาพของ Adhesive ได้ไม่เต็มที่และเกิดความไม่เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของ CFRP ความเครียดดึงที่ผิว CFRP ไม่ได้เกิดสูงที่สุดในบรรดาความเครียดดึงตลอดความลึกของหน้าตัดตามที่ควรจะเป็น สังเกตได้จาก ϵ_{tc} ที่วัดได้จากชั้นนอกสุดขณะวิบัติคือ 0.001371 ขณะที่ ϵ_{st} ที่วัดได้คือ 0.002891

6. สรุปผลการวิจัย

(1) การออกแบบเสริมกำลังเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกเพิ่มขึ้นตามต้องการสามารถทำได้ไม่ยาก แต่ถ้าต้องการควบคุมให้มีค่าตัวคูณลดกำลังต่ำที่สุดเช่นในกรณีศึกษานี้จะทำได้ยาก ซึ่งส่งผลให้กำลังรับน้ำหนักสูงขึ้นมากกว่าที่ต้องการได้

(2) การควบคุมพฤติกรรมการวิบัติของพื้น คสล. เสริมกำลังด้วย CFRP ที่ความเหนียวต่ำ ที่มีค่าตัวคูณลดกำลังรับแรงดัด (ϕ) เพียง 0.76 ในกรณีศึกษานี้ไม่สามารถทำได้ตามความต้องการ เพราะถึงแม้จะวิบัติด้วยการร้าวของเหล็กเสริมตามด้วยการหลุดล่อนของ CFRP แต่เป็นการหลุดล่อนที่เกิดก่อนเวลาอันควร

(3) กำลังรับน้ำหนักขณะวิบัติของชิ้นทดสอบที่เสริมกำลังด้วย CFRP ถึงแม้จะต่ำกว่าค่าทางทฤษฎี แต่ก็สูงกว่าที่ต้องการคือเทียบเท่ากับกำลังรับน้ำหนักบรรทุกจรที่ 840 kg/m^2

(4) ชิ้นทดสอบเสริมกำลังด้วย CFRP ที่ความเหนียวต่ำถึงแม้จะวิบัติด้วยการหลุดล่อนก่อนค่าที่กำหนด แต่ก็ยังมีอัตราส่วนความเหนียวที่คิดจากค่าความเครียดดึงในเหล็กเสริมและการ โกงตัวเท่ากับ 2.10 และ 3.27 ตามลำดับ

7. ข้อเสนอแนะ

(1) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) ชิ้นทดสอบที่ศึกษามีเพียงชนิดละ 1 ตัวอย่าง เมื่อนำผลทดสอบของตัวอย่างจำนวนน้อยไปสรุปวิเคราะห์ผลอาจไม่ได้ข้อสรุปที่ถูกต้อง ต้องระมัดระวังในการนำผลวิเคราะห์ไปใช้

(2) การติดตั้ง CFRP ที่หนาและซ้อนกันหลายชั้นเพื่อรับแรงดึงในระดับสูง ย่อมมีความเสี่ยงต่อการหลุดล่อนของแผ่นไฟเบอร์ก่อนแรงดึงวัสดุถึงค่าที่ได้ออกแบบไว้อย่างมาก จึงต้องอาศัยคุณภาพในการติดตั้งอย่างสูง โดยช่างฝีมือที่เชี่ยวชาญภายใต้การควบคุมให้เป็นไปตามมาตรฐานอย่างเคร่งครัด

8. เอกสารอ้างอิง

ACI 318-05, "Building Code Requirement for Structural Concrete and Commentary," American Concrete Institute, 2004.

ACI 440.2R-08, "Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures," American Concrete Institute, 2008.

การศึกษาาระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับของสนามบินพาณิชย์
(The Study on Runway and Taxiway Lighting System for Commercial Airport)

นิमित บุญภิรมย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.bo@spu.ac.th

กษิเดช ทิพย์อมรวิวัฒน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kasidej.ti@spu.ac.th

ฐาภพ จันทร์สุข

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ภาดา เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาาระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับของสนามบินพาณิชย์ โดยมีรายละเอียดหลักคือระบบแสงสว่างเพื่อให้สัญญาณของทางวิ่งและทางขับของสนามบินพาณิชย์ขนาดใหญ่เนื้อหาจะกล่าวถึงระบบแสงสว่าง โคมไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ โดยแบ่งแยกตามฟังก์ชันตามกระบวนการในส่วนต่าง ๆ ของการขึ้นลงของอากาศยานหรือเครื่องบิน ความเข้มของการส่องสว่างของโคมไฟฟ้าทั้งในระบบทางวิ่งและทางขับอ้างอิงตามมาตรฐาน ICAO ANNEX 14 VOLUME 1-9 ระบบการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วยแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ วงจรการทำงานของตัวควบคุม และวงจรการควบคุมโคมไฟฟ้าแบบอนุกรม เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานเผยแพร่ต่อผู้ปฏิบัติงานด้านไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับของงานไฟฟ้าสนามบิน

คำสำคัญ: ระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับ แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่

ABSTRACT

This paper explores the study on run way and taxi way lighting systems for the commercial airport which employed the main specifications in runway and taxiway lighting systems. It is explained about the various kind of lighting luminaries that classified by function of the aviation utilization. The intensity of the lighting luminaries in the runway and taxi way with the reference standard provided by the ICAO ANNEX 14 VOLUME 1-9 and constant current electrical power supply system, power supply controller and series circuit control respectively. The advantage of the paper is to inform the persons that working on the airport lighting system.

KEYWORDS: Runway and Taxiway Lighting Systems, Current Constant Electrical Power Supply.

1. บทนำ

ระบบไฟฟ้าสนามบินนับว่าเป็นระบบไฟฟ้าที่มีความสำคัญมากในด้านความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับที่ใช้เป็นสัญญาณนำร่องในกระบวนการขึ้นลงของเครื่องบินที่ต้องมีความปลอดภัยที่สุดและมีความเชื่อมั่นสูงสุด มีหน้าที่บอกตำแหน่งในส่วนต่าง ๆ ของสนามบินในกับนักบินหรือผู้ควบคุมอากาศยานให้สามารถขึ้นลงได้ปลอดภัยทั้งเวลากลางวันที่มีสภาพอากาศไม่ดีและเวลากลางคืน ดังนั้นมาตรฐานการบินในระดับนานาชาติจะเคร่งครัดในการกำหนดมาตรฐานและกฎหมายต่าง ๆ องค์กรการบินระหว่างประเทศ (The International Civil Aviation Organization: ICAO) [1] ได้วางระเบียบและข้อบังคับของการบินระหว่างประเทศให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด ปัจจุบันมีประเทศสมาชิก 119 ประเทศ ICAO ได้ออกกฎหมายการบินระหว่างประเทศตามข้อตกลงร่วมกันของประเทศสมาชิก แบ่งเป็นภาคผนวกต่าง ๆ หรือเรียกว่า Annex ออกเป็น 19 Annex มาตรฐานทางขับและทางวิ่งเป็นส่วนหนึ่งใน Annex ที่ 14 Volume 1-9 ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของกระบวนการขึ้นลงของอากาศยานจะต้องมีสัญญาณไฟเป็นระบบนำร่องให้การขึ้นลงของอากาศยานมีความปลอดภัยสูงสุด และองค์ความรู้ในด้านระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งทางขับและกระบวนการควบคุมเป็นข้อมูลที่ใช้เฉพาะในหน่วยงานทำอากาศยานจะไม่ได้นำมาเผยแพร่ภายนอกมากนัก โดยเฉพาะแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสคงที่ เป็นอุปกรณ์พิเศษที่หาข้อมูลได้ยากจึงถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่มีความสำคัญกับวิศวกรและผู้ที่ต้องทำงานที่เกี่ยวข้อง ปัจจุบันความเชี่ยวชาญในระบบนี้จะอยู่เฉพาะบางกลุ่มที่ดำเนินการเท่านั้น

บทความนี้เป็นบทความวิชาการเพื่อเผยแพร่องค์ความรู้รายละเอียดของระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับ ซึ่งได้นำเสนอฟังก์ชันของระบบไฟส่องสว่างในแต่และส่วนของทางขึ้นลงของอากาศยาน และ ตัวแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ที่เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับ

2. วัตถุประสงค์

- (1) เพื่อศึกษาระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับของสนามบินพาณิชย์
- (2) เพื่อศึกษาฟังก์ชันการทำงานของระบบไฟส่องสว่างที่ใช้ในทางวิ่งและทางขับ
- (3) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่
- (4) เพื่อเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้เฉพาะทางแก่วิศวกรและผู้เกี่ยวข้องด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

3. ขอบเขตของการนำเสนอในบทความ

- (1) ศึกษา ระบบไฟส่องสว่างของทางวิ่งและทางขับ (Movement Area) ของสนามบินพาณิชย์ไทยกับมาตรฐานสากล
- (2) ศึกษาฟังก์ชันต่าง ๆ ขนาดของปริมาณแสง จุดประสงค์การใช้งานของทางวิ่งและทางขับ
- (3) ศึกษาและระบบควบคุมและการจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ให้กับไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับสนามบินพาณิชย์ไทย

4. มาตรฐานและระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับ

มาตรฐานการติดตั้งระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับจะอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของกรมท่าอากาศยาน โดยกรมท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยจะอ้างอิงข้อมูลตามคำแนะนำของ ICAO โดยหลักๆ ในหัวข้อของเรื่อง ไฟฟ้าจะอ้างอิงข้อมูลจากมาตรฐาน ICAO ANEX 14 เป็นหัวข้อที่พูดถึงระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง [1],[2]

1. มาตรฐาน ICAO ANNEX14 มาตรฐานของ ICAO ในหมวดย่อยที่ 14 หรือ ANNEXS 14 ได้กล่าวถึงเรื่องของสนามบิน ในส่วนของประเทศไทยการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ จะใช้มาตรฐานของ IEC และ NASI ซึ่ง ทาง ICAO หรือ FAA จะทำการรับรองและกำหนดพื้นที่ใช้งานให้กับอุปกรณ์นั้น ๆ

2. มาตรฐาน Federal Aviation Administration (FAA) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านการบินแห่งชาติของสหรัฐอเมริกาในเรื่องของ หลอดไฟ หรือ โคมไฟ ที่ใช้บนทางวิ่งทางขับ ในประเทศไทยจะผ่านการรับรองจากมาตรฐาน FAA ด้วยซึ่งสามารถใช้ทดแทนมาตรฐานของ ICAO ได้เนื่องจากมาตรฐาน FAA เป็นมาตรฐานที่ ICAO ยอมรับ

4.1 โคมไฟที่ใช้บนทางวิ่งและทางขับ [2][3]

4.1.1. หลอด Tungsten-Halogen Quartz Lamps

หลอดไฟฮาโลเจนหรือเรียกว่าหลอดไฟควอดซ์ฮาโลเจนและหลอดไฟฮาโลเจนทั้งสแตนดาร์ดขึ้นจากหลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดไส้แบบดั้งเดิมมีไส้หลอดทั้งสแตนดาร์ดคล้ายกับในหลอดอินแคนเดสเซนต์ทั่วไป แต่ตัวหลอดไฟมีขนาดเล็กกว่า มีการบรรจุแก๊สฮาโลเจนในหลอดตัวหลอดแก้วทำด้วยควอดซ์ แก้วซิลิกา หรืออะลูมิเนียมซิลิเกตหลอดไฟฮาโลเจนมีความแข็งแรงกว่าหลอดแก้วแบบมาตรฐานเนื่องจากต้องบรรจุแรงดันสูง อุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วฮาโลเจนจะร้อนขึ้นจนกลายเป็นแก๊สที่อุณหภูมิต่ำลงฮาโลเจนคือองค์ประกอบของโลหะโมโนวาเลนซ์ชนิดหนึ่งที่จะรวมตัวกันเป็นไอออนประจุลบ สารฮาโลเจนมี 5 ชนิด ได้แก่ ฟลูออรีน คลอรีน โบรมีน ไอโอดีน และแอสทาทีน หลอดไฟฮาโลเจนมีขนาดกะทัดรัดและให้ค่าลูเมนที่สูง มีคุณสมบัติทางแสง หลอดประเภทนี้จะมีย่านขนาดเล็กแสดงในรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์กับกระแสและความสว่างในแต่ละระดับ



ระดับความสว่าง 5 ระดับ	ระดับกระแส	ความสว่างของหลอดไฟ (%)
1	2.8 A	0.2 %
2	3.4 A	0.8 %
3	4.1 A	8 %
4	5.2 A	20 %
5	6.6 A	100 %
ระดับความสว่าง 3 ระดับ	ระดับกระแส	ความสว่างของหลอดไฟ (%)
1	4.8 A	10 %
2	5.5 A	30 %
3	6.6 A	100 %

ก. ลักษณะของหลอด

ข. ค่าความสว่างและค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละระดับ

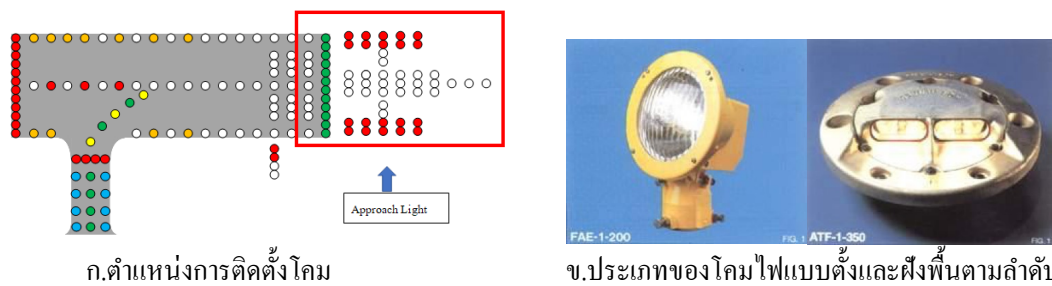
รูปที่ 1 ตัวอย่างของหลอดไฟ Tungsten-Halogen Quartz Lamps

4.1.2 ระบบไฟสัญญาณนำร่อง

ระบบไฟสัญญาณนำร่องประกอบด้วยโคมไฟสัญญาณ Approach Light, Flashing Light, Papi Light โดยจุดประสงค์เพื่อให้นักบินได้ทราบถึงตำแหน่งของสนามบิน และช่วยในการลงของอากาศยานอย่างปลอดภัย

1. ระบบไฟสัญญาณบอกตำแหน่งทางวิ่ง (Approach and Flashing Lights)

เป็นไฟสัญญาณที่ทำหน้าที่บอกตำแหน่งหัวทางวิ่งเพื่อช่วยนำร่องนักบินนำอากาศยานเข้าสู่ทางวิ่งได้ในเวลา กลางคืนหรือในเวลากลางวันในช่วงที่มีทัศนวิสัยของอากาศไม่ดี (ค่า RVR ต่ำกว่า 550) เช่น ขณะที่ฝนตกหนัก หรือหมอกลดจัด ค่าความเข้มของแสงอยู่ที่ 8,000 แคนเดลา ดังรูปที่ 2

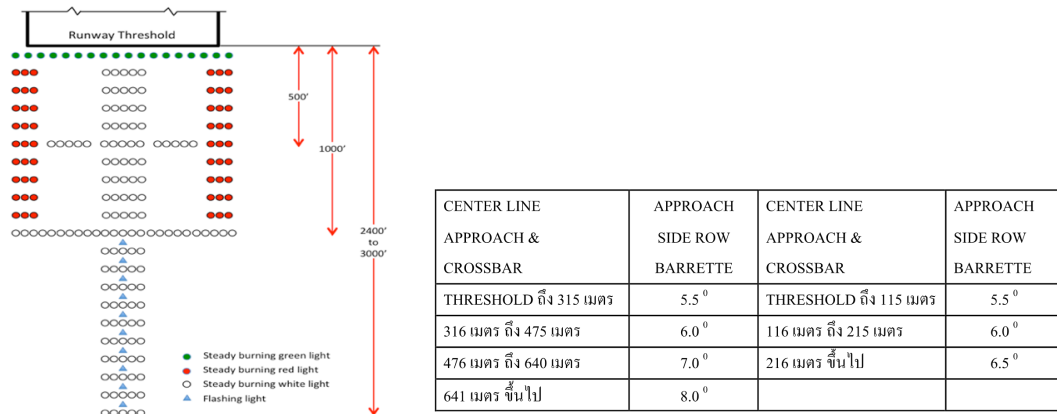


ก.ตำแหน่งการติดตั้งโคม

ข.ประเภทของโคมไฟแบบตั้งและฝังพื้นตามลำดับ

รูปที่ 2 ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Approach Light

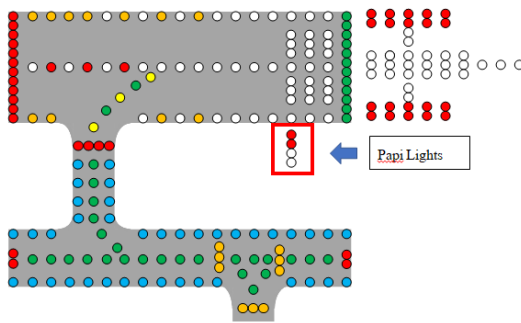
ตำแหน่งที่ติดตั้งโคมไฟสัญญาณ Approach Light จะติดตั้งอยู่ก่อนถึงทางวิ่ง เพื่อให้นักบินเห็นระบบไฟสัญญาณนี้ก่อนและรับรู้ว่ามีสิ่งกีดขวางที่ทำการเปิดระบบไฟสัญญาณ Approach Light นั้นคือด้านที่สามารถนำเครื่องร่อนลงได้ ลักษณะทั่วไปเป็นโคมไฟที่ดูออกแบบให้มองเห็นเพียงด้านเดียว (Uni-Directional) โคมไฟ (Centerline Approach , Simple Approach) โคมไฟจะให้แสงสีขาว ส่วนโคมไฟ(Approach Side Row Barrette) ให้แสงสีแดง ลักษณะโคมไฟดังแสดงในรูปที่ 2 ตำแหน่งที่ติดตั้ง ในลักษณะการตั้งโคมไฟ Approach Light แบบ CAT I , CAT II ไฟ Flashing Light จะติดตั้งอยู่กึ่งกลาง Bar ของแต่ละ Bar ตั้งแต่ Approach Light Bar 1 - Approach Light Bar 21 ในลักษณะการตั้งไฟ Approach Light แบบ Simple Approach ไฟ Flashing Light จะติดตั้งอยู่กึ่งกลาง Bar ตั้งแต่ Approach Light Bar 1 - Approach Light Bar 3 ดังรูปที่ 3 [4],[5]



รูปที่ 3 Approach and Flashing Light

2. ระบบไฟสัญญาณลดระดับ (Precision Approach Path Indicator Lights: PAPI lights)

เป็นระบบเครื่องช่วยเดินอากาศแบบใช้แสงไฟ ในขณะที่ลดระดับจะช่วยบอกนักบินให้ทราบถึงระยะของเสาต่าง ๆ ขณะลดระดับ ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path มาก(ประมาณ 3 องศา)นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาวทั้ง 4 โคม ถ้าเครื่องบินอยู่สูงกว่า Approach Path ที่ถูกต้องเล็กน้อย (มุมที่ถูกต้องประมาณ 3 องศา)นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 3 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 1 โคม แต่ถ้าเครื่องบินอยู่ที่ Approach Path ที่ถูกต้องพอดีจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีขาว 2 โคม และสีแดงด้านในสุดติดทางวิ่งอีก 2 โคม ถ้าเครื่องบินอยู่ต่ำกว่า Approach Path นักบินจะมองเห็นแสงไฟเป็นสีแดงทั้ง 4 โคมดังแสดงในรูปที่ 4 โดยระบบไฟ PAPI นี้จะเปิดใช้ทั้งกลางวันและกลางคืนมาตรฐานความสว่างของระบบไฟ PAPI ความเข้มของแสงอยู่ที่ 22,795 แคนเดลลาระดับความเข้มที่ตำแหน่งต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5

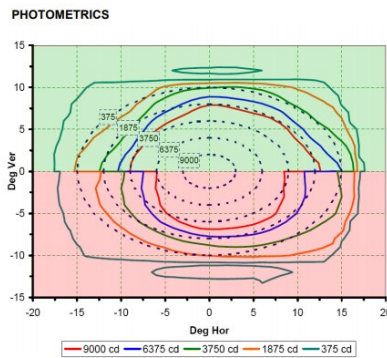


ก. ตำแหน่งของไฟPAPI



ข. ลักษณะที่มองเห็นของไฟPAPI

รูปที่ 4 Approach and Flashing Light

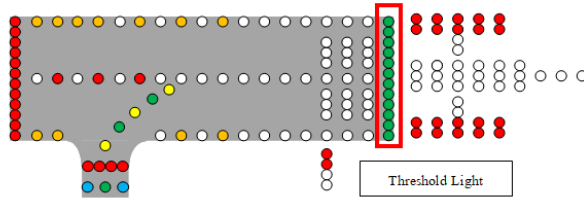


PPL 400/1	15km	10km	7.5km	5km
เวลากลางวัน ท้องฟ้ามีเมฆ Background 1,000CD/m ²	13	10.3	8.67	6.6
เวลากลางวัน ท้องฟ้าโปร่ง Background 10,000CD/m ²	7.4	6.15	5.33	4.29
เวลากลางคืน Background 0 CD/m ²	32	23.3	18.65	13.51

รูปที่ 5 ระยะทางของการมองเห็นไฟPAPI เทียบกับข้อกำหนดในชนิดPPL400/1

4.1.3 ระบบไฟบนทางวิ่ง จะประกอบด้วย Threshold Light, Runway Centerline Light, Runway

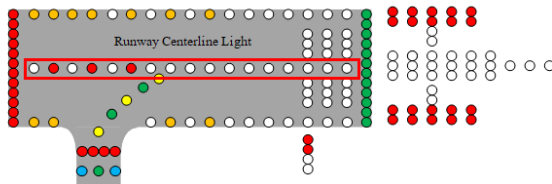
Edge Light, Touch Down Light, Runway End Light, Runway Exit Light. [4]



ก. ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Threshold Light



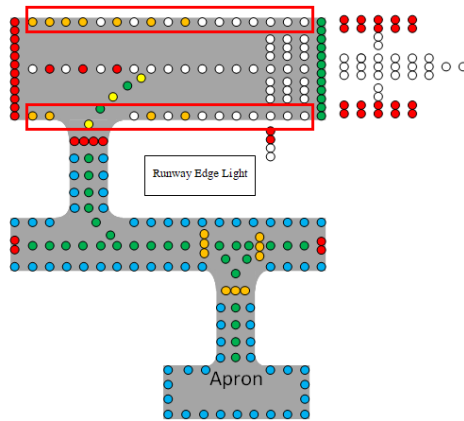
ข. โคมไฟ Threshold Light



ค. ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Centerline Light



ง. โคมไฟ Runway Centerline Light



จ. ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Edge Light



ฉ. โคมไฟ Runway Edge Light ชนิดตั้งพื้น

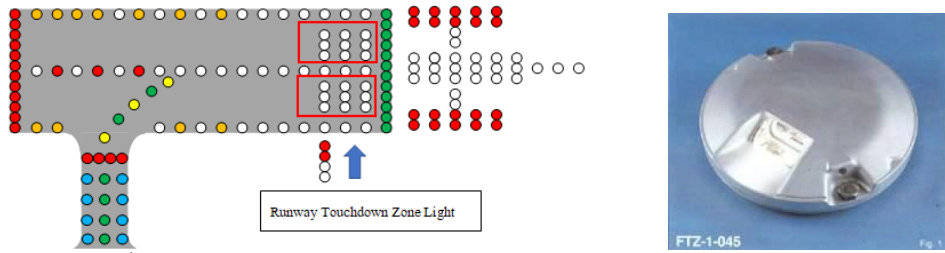
รูปที่ 6 แสดงโคมไฟทางวิ่งชนิดต่าง ๆ

จากรูปที่ 6 ก-ฉ แสดงไฟทางวิ่งที่ตำแหน่งต่าง ๆ จาก Threshold Light, Runway Centerline Light, Runway Edge Light ตามลำดับ โดย

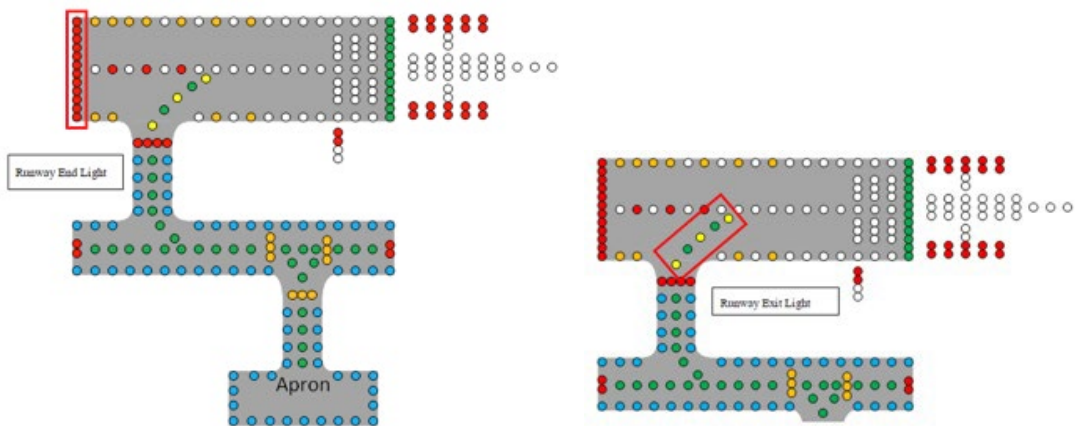
- Threshold Light วางอยู่ที่ตำแหน่งขอบเริ่มต้นของทางวิ่งทำหน้าที่บอกจุดเริ่มต้นของทางวิ่งให้นักบินทราบว่าอากาศยานลงได้ปลอดภัยเมื่อข้ามจุดนี้ ใช้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ความเข้มของแสงไม่น้อยกว่า 11,049 แคนเดลา การติดตั้งด้านนอกของทางวิ่งห่างออกไปประมาณ 3 เมตร

- Runway Centerline Light เป็นไฟบอกตำแหน่งกึ่งกลางทางวิ่งประกอบการ Landing ใช้ในทางวิ่ง CATII, CATIII ใช้บอกเวลากลางคืนหรือกลางวันทัศนวิสัยไม่ดี มีความเข้ม 1678 แคนเดลาเป็นแสงสีขาว เริ่มต้นจาก Threshold Light ไปถึง 900 เมตรก่อนสุดทางวิ่งช่วงแรก 600 เมตร ช่วงที่สอง 300 เมตร สลับด้วยสีแดง

- Runway Edge Light เป็นไฟแสดงขอบทางวิ่งใช้ในเวลากลางวันเช่นเดียวกับไฟอื่น ๆ เป็นแสงสีขาวและสลับกัน มีความเข้ม 4860 แคนเดลา



ก.ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Touchdown Zone Light ข.โคมไฟ Runway Touchdown Zone Light



ค.ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway End Light ง.ตำแหน่งติดตั้งโคมไฟ Runway Exit Light

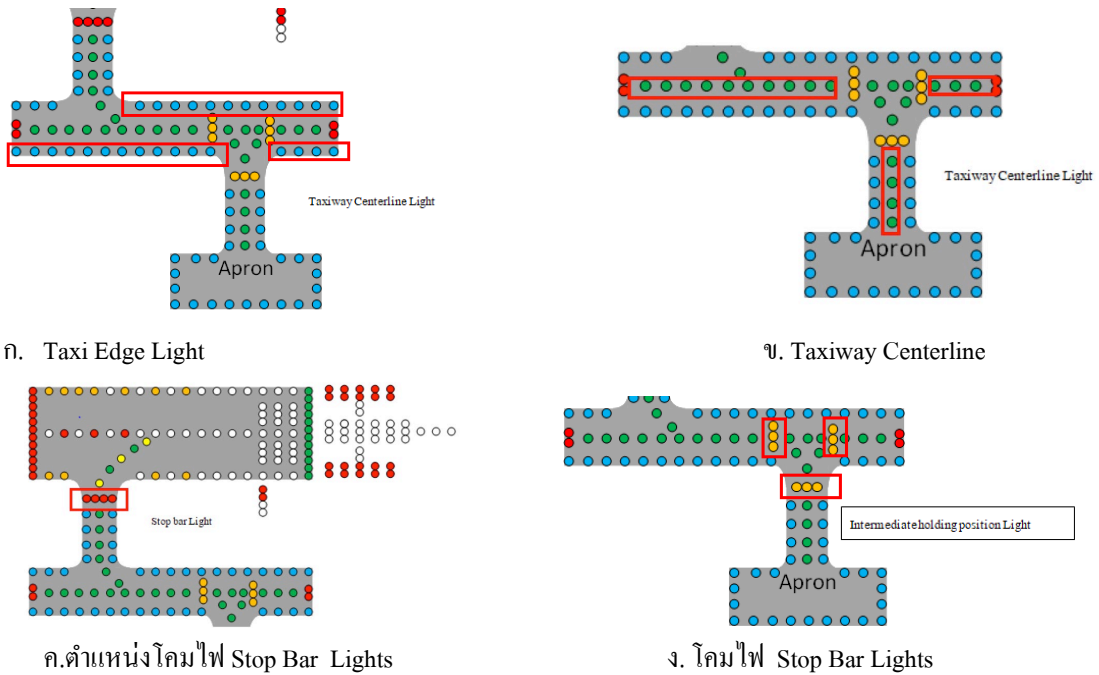
รูปที่ 7 แสดงโคมไฟทางวิ่งชนิดต่าง ๆ

นอกจากที่กล่าวแล้วในรูปที่ 7 เป็นการแสดงตำแหน่งของ

- Runway Touchdown Zone เป็นไฟที่กำหนดให้บริเวณพื้นที่ที่เครื่องบินสามารถ Landing ได้อย่างปลอดภัยใช้ในเวลากลางคืนหรือกรณีเดียวกันกับชนิดอื่น ๆ ติดตั้งแสดงในรูประยะห่างระหว่าง Bar 30 เมตร และ 60 เมตรติดตั้งทั้งสองด้านของทางวิ่ง

- Runway End Light และ Runway Exit Light เป็นไฟแสดงตำแหน่งสิ้นสุดและทางออกของจากทางวิ่งมีค่าความเข้มของแสงด้านสีเขียว 317 แคนเดล่า และสีส้ม 418 แคนเดล่า

4.1.4 ระบบไฟบนทางขับ (Taxi Way) จะประกอบด้วย Taxi Centerline Light, Taxiway Edge Light, Stop Light และ Intermediate Light.



รูปที่ 8 โคมไฟส่วนต่างๆ ของทางขับ(Taxiway)

จากรูปที่ 8 ก-ง แสดงไฟทางวิ่งที่ตำแหน่งต่างๆ Taxi Centerline Light, Taxiway Edge Light , Stop Light และ Intermediate Light ตามลำดับดังนี้

- Taxi Centerline Light วางอยู่ที่ตำแหน่งขอบเริ่มต้นของทางวิ่งทำหน้าที่บอกจุดเริ่มต้นของทางวิ่งให้นักบินทราบว่าอากาศยานลงได้ปลอดภัยเมื่อข้ามจุดนี้ ใช้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน ความเข้มของแสงไม่น้อยกว่า 11,049 แคนเดลา การติดตั้งด้านนอกของทางวิ่ง ห่างออกไปประมาณ 3 เมตร
- Taxiway Edge Light เป็นไฟบอกตำแหน่งกึ่งกลางทางวิ่ง ใช้ในทางวิ่ง CATII ,CATIII ใช้เวลากลางคืนหรือกลางวันที่มีทัศนวิสัยไม่ดี มีความเข้ม 1678 แคนเดลาเป็นแสงสีขาว เริ่มต้นจาก Threshold Light ไปถึง 900 เมตรก่อนสุดทางวิ่ง ช่วงแรก 600 เมตร ช่วงที่สอง 300 เมตร สลับด้วยสีแดง
- Runway Edge Light เป็นไฟแสดงขอบทางวิ่งใช้ในช่วงเวลาเช่นเดียวกับไฟอื่น ๆ เป็นแสงสีขาวและสีส้มสลับกัน มีความเข้ม 4860 แคนเดลา

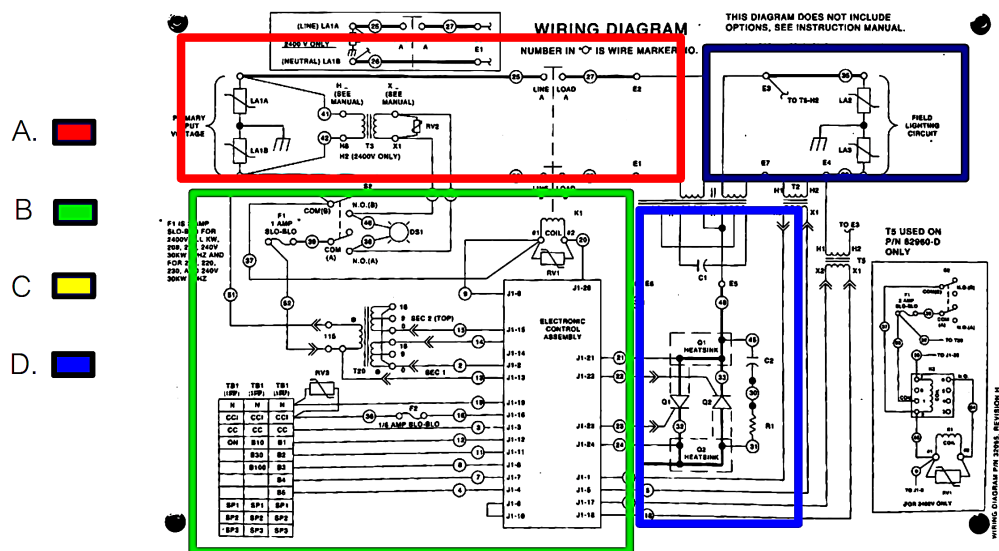
4.2. แหล่งจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟส่องสว่างบนทางวิ่งและทางขับ [6]

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้ระดับความเข้มการส่องสว่างคงที่มีเสถียรภาพและควบคุมได้ระบบจ่ายกำลังไฟฟ้ดังกล่าวจะใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบกระแสคงที่ (Constant Current Regulator : CCR)หรือเรียกว่า CCR จะรับแรงดันที่ 380-400VAC 50-60 Hz. มีหน้าที่ควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าในโคมไฟฟ้าต่างๆของทางวิ่งและทางขับ แสดงดังรูปที่ 9 แบ่งโครงสร้างการทำงานเป็น 4 ส่วน A,B,C และ D ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 10

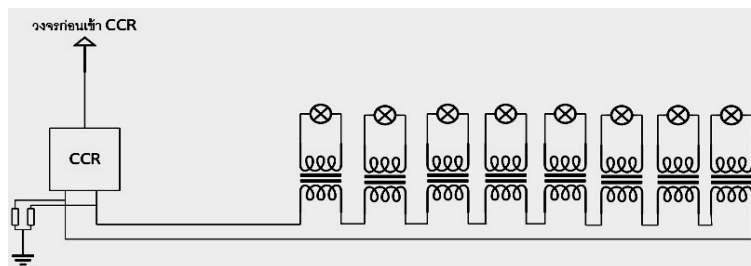


รูปที่ 9 ตู้ควบคุมการจ่ายกระแสแบบคงที่ (Constant Current Regulator : CCR)

ภาค A. จะเป็นวงจรที่รับแรงดันไฟฟ้า 400V และจ่ายให้รับแบ่งเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกจ่ายให้กับระบบหลักและส่วนที่สองจ่ายให้หม้อแปลงไฟฟ้า T3 ลดแรงดันไฟฟ้าลงเพื่อจ่ายให้กับชุดควบคุม ที่วงจรรับจะประกอบด้วยอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินจากปัญหาฟ้าผ่า หรือ มี Surge ต่าง ๆ เข้ามาในวงจร ผ่านไปที่หม้อแปลงไฟฟ้า T3 เพื่อนำมาเป็นแหล่งจ่ายให้วงจรควบคุม ภาค B. หลังจากที่หม้อแปลง T3 ลดแรงดันไฟฟ้าลงและจ่ายให้กับ Electronic Control Assembly เพื่อควบคุม คอนแทกเตอร์ของระบบวงจรไฟฟ้าหลัก ภาค C.เมื่อ Electronic Control Assembly สั่งให้คอนแทกเตอร์ทำงานระบบวงจรไฟฟ้าหลักจ่ายไฟฟ้าให้กับหม้อแปลง T1 และจ่ายเอาต์พุตให้กับโหลด ภาค D.หลังจากที่หม้อแปลง T1 จ่ายโหลดแล้ว หม้อแปลงกระแส T2 ทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกไปโดยส่งให้กับ Electronic Control Assembly และสั่งให้วงจรขับเคลื่อนด้วยคอนเวอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Zero Voltage Mode และ Phase Control Mode เพื่อทำหน้าที่ในการเปิดปิดและควบคุมกระแสที่วงจรจ่ายผ่านหม้อแปลงที่ต่ออนุกรมไว้กับวงจร แสดงวงจรการทำงานในแต่ละส่วนดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 วงจรภายในของ CCR (Constant Current Regulator)



รูปที่ 11 การต่อวงจรของระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับที่ควบคุมโดย CCR

จากภาคเอาต์พุตของวงจร CCR จะนำไปต่อกับโคมไฟฟ้าต่าง ๆ บนทางวิ่งและทางขับเป็นแบบอนุกรม ที่มีแรงดัน 400 โวลต์ความถี่ 50 Hz ค่ากระแสที่ 0-30 แอมป์ขึ้นกับชนิดของหลอดไฟแต่ละส่วน โดยอุปกรณ์ที่ต่อแบบรูปที่แสดงดังรูปที่ 11 มีหม้อแปลงแบบแยกส่วน (Isolate Transformer) เป็นตัวเชื่อมกับหลอดไฟฟ้ามีกระแสคงที่ตลอดทั้งวงจร ควบคุมจาก CCR. มีระบบป้องกันการชำรุด หรือ Short Circuit ด้วย Fuse Film Cutout แต่ละชุด โดยไม่มีผลกระทบกันทั้งวงจรแรงดันตกคร่อมจะขึ้นกับอิมพีแดนซ์และกำลังของหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิดติดตั้งแบบฝังดินโดยสายตัวนำจะคล้ายกับสาย NYY แต่ฉนวนจะทนแรงดันได้สูง 5 กิโลโวลต์

5. สรุป

บทความระบบไฟส่องสว่างทางวิ่งและทางขับของสนามบินพาณิชย์ที่ได้นำเสนอนี้เป็นกระบวนการสำคัญที่สุดในระบบของสนามบินในการนำอากาศยานขึ้นลงอย่างสมบูรณ์และปลอดภัย บทความได้นำเสนอชนิดของหลอดไฟฟ้า สีและจำนวนความเข้มของแสงที่ฟังก์ชันต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของแต่ละกระบวนการและการจ่ายกำลังไฟฟ้าด้วย CCR โครงสร้างของวงจร CCR และหลักการทำงานในวงจร CCR เพื่อควบคุมความเข้มของความสว่างของหลอดไฟฟ้าตามมาตรฐานที่กำกับสนามบินพาณิชย์รายละเอียดดังที่กล่าวนี้เป็นเนื้อหาบางส่วนในภาพรวมส่วนรายละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมตามเอกสารอ้างอิงหรือในแหล่งที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเฉพาะทางที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งกับวิศวกรออกแบบหรือวิศวกรรวมความปลอดภัยสนามบินหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องและเป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมที่เกี่ยวข้องต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] International Civil Aviation Organization, (1983). **Aerodrome design manual Part 5 Electrical Systems: First Edition**, International Civil Aviation Organization, U.S.A.
- [2] Airfield Specification, (2001) **Introduction of Airfield Lighting Document No. ATO1001 Rev: A**, Published by NV. ADB S.A Aviation Light System Deviation, Belgium
- [3] Aviation Light System, (1930) **The Theory of Airport Visual Aids Techniques**, Published by N.V. Published by N.V. ADB, Belgium

- [4] International Civil Aviation Organization, (1995), **Aerodromes Annex catalogue** of ICAO Publications. COSCAP-South Asia (1999), **Aerodrome Standards: Aerodrome Design and Operations**, ICAO Annex14, Third Edition-July.
- [5] International Standard and Recommendation Practices, (2000), **Aerodrome Volume 1: Aerodrome Design and Operations**, International Civil Aviation Organization, July.
- [6] ฐาภพ จันทรสุษ และ ภาดาศ เสนิงศ์ ณ อรุณา การศึกษาระบบไฟฟ้าของสนามบินพาณิชย์ขนาดใหญ่
ปริญญาานิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2560.

เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัล

The Latex Quality Meter with Digital System

นิमित บุญภิรมย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: nimit.bo@spu.ac.th

พัศวีร์ ศรีโหมด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: pasawee.sr@spu.ac.th

จรัส สว่างอรุณ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

นิติพงศ์ ขุนทอง

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัล โดยวัตถุประสงค์จะเป็นการสร้างเครื่องวัดคุณภาพของน้ำยางพาราเพื่อใช้วัดประเมินคุณภาพประกอบกระบวนการซื้อขายน้ำยางพาราในระดับท้องถิ่นที่ใช้การอบไล่ความชื้นในน้ำยางพาราด้วยเตาไมโครเวฟก่อนนำมาซึ่งเพื่อประเมินคุณภาพของน้ำยางพาราทำให้ใช้เวลานานและไม่แม่นยำ เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราที่ได้นำเสนอนี้จะใช้หลักการวัดความหนืดของน้ำยางพาราโดยใช้หลักการปล่อยลูกตุ้มเหล็กที่บรรจุน้ำยางพาราที่ต้องการวัดในหลอดแก้วขนาด 250 มิลลิเมตร และจับเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มผ่านน้ำยางพาราจากปลายหลอดแก้วถึงก้นหลอดแก้ว น้ำยางพาราที่มีความเข้มข้นต่างกันจะได้เวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็กที่แตกต่างกัน แสดงถึงคุณภาพของน้ำยางพาราในรูปความเข้มข้นหรือมีส่วนผสมของน้ำที่แตกต่างกัน การควบคุมลูกตุ้มและจับเวลาจะประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ MEGA16 ควบคุมการทำงานและตัวตรวจจับโลหะ เพื่อตรวจสอบเมื่อลูกตุ้มตกถึงก้นของหลอดแก้ว และแสดงผลของเวลาและคุณภาพออกจอ LCD เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราเราสามารถนำเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราเพื่อเปรียบเทียบกับการวัดด้วยการอบแบบดั้งเดิมและเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำยางพารานี้ช่วยให้เกษตรกรชาวสวนยางพาราประหยัดเวลาและเพิ่มความเที่ยงตรงในการหาคุณภาพน้ำยางพารา

คำสำคัญ: เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพารา การวัดความหนืดด้วยลูกตุ้มเหล็ก

ABSTRACT

A design and build of the latex quality meter with digital system are presented. The main purpose is to build the quality measurement of the latex in order to evaluate the quality of latex in the local purchase process that used a microwave oven to remove moisture in latex before evaluating latex quality which is time-consuming. The current quality measurement of the latex employs the principle of falling ball viscosity method that releases the falling ball containing the latex to be measured in a 250 ml glass tube and timer the movement of the falling ball through the rubber latex from the top of the glass tube to the bottom of the glass tube. Latex with different concentration has different movement time. Microcontroller AVR MEGA 16 are applied to control the falling ball and timer to monitor the velocity of falling ball drop into the bottom and to show the time movement and quality on the LCD measurement tool. This tool is used to evaluate the quality of latex in order to compare with the traditional measurement tool. The advantage of the current tool is to help farmers to accurate and save time to evaluating the quality of latex.

KEYWORDS: Latex Quality Meter, Falling Ball Viscosity Method,

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

น้ำยางพาราจะเป็นของเหลวสีขาวหรือขาวปนเหลือง ชุ่มชื้นได้จากการกรีดส่วนเปลือกของต้นยางพารา ใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในกระบวนการซื้อขายน้ำยางพาราสดในระดับท้องถิ่นในปัจจุบันเกษตรกรจะนำน้ำยางพาราไปขายให้กับพ่อค้าซึ่งจะต้องคัดเลือกน้ำยางพาราสดที่มีความเข้มข้นปราศจากการเจือปนของน้ำและความชื้น โดยนำน้ำยางพาราสดมาอบหาค่าร้อยละของน้ำยางพารา โดยชั่งน้ำหนักน้ำยางพาราตัวอย่างน้ำหนัก 10 กรัม (หักลบน้ำหนักถ้วยตวง) จากนั้นนำไปอบด้วยเตาอบไมโครเวฟประมาณ 3 นาทีเพื่อขจัดปริมาณน้ำที่เจือปนแล้วจึงนำไปชั่งอีกครั้งหนึ่ง ปัญหาความไม่แน่นอนในกระบวนการอบและซึ่งประกอบด้วยยางพาราที่บริเวณภาคใต้จะผ่านฤดูฝนจะมีระยะเวลานาน ยางพาราจะมีน้ำปะปนมาก การประเมินราคาจะขาดความแม่นยำต่อการซื้อขาย มีงานวิจัยที่ได้ศึกษาเพื่อแก้ปัญหานี้โดยการวัดความหนืดของน้ำยางพาราด้วยการวัดอัตราการไหลของน้ำยางพาราผ่านหลอดแก้วขนาดเล็กกับเวลาการไหลของน้ำยางผ่านหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตามท่อนอกแบบเพื่อประเมินความหนาแน่นของน้ำยางพารา[1] และงานวิจัยการประเมินความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้วิธีการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟที่ผ่านน้ำยางพารา [2] กระบวนการจะเป็นการสร้างคลื่นความถี่สูงเพื่อส่งผ่านน้ำยางพาราและตรวจจับการสะท้อนกลับเพื่อวัดโมเลกุลซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ความละเอียดสูงมีความซับซ้อนทางกระบวนการเหมาะสมอย่างยิ่งในการใช้กับห้องทดลองที่มีสิ่งแวดล้อมสะอาดมากกว่าการใช้ในภาคสนาม และงานวิจัย [3] ได้สร้างชุดทดสอบความหนืดของของเหลวโดยอาศัยการตกของวัตถุทรงกลมเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของหลอดแก้วและใช้การจับเวลาการตกลงมาของวัตถุทรงกลมผ่านของเหลว งานวิจัยวัดคุณภาพของน้ำยางพาราโดยใช้เป็นเครื่องตรวจวัดเนื้อยางแห้งในน้ำยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้คุณสมบัติเชิงแสง(ความขุ่น)ของน้ำยางพารา[4] และยังมีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเพื่อใช้วัดความเข้มข้นของน้ำยางพาราโดยใช้หลักการสะท้อนของคลื่นเสียงเมื่อไปชนรอยต่อของตัวกลางที่มีอิมพีแดนซ์เสียงที่แตกต่างกัน[5]

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอแนวทางของระบบการวัดความหนืดของของเหลวโดยใช้ลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่ผ่านของเหลวในหลอดแก้วตามกฎของสโตกส์มาใช้กับน้ำยางพาราและจับเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็กที่เคลื่อนที่ผ่านน้ำยางพาราในหลอดแก้วด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ประเมินคุณภาพน้ำยางพาราในระดับต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการใช้อุปกรณ์ไมโครเวฟ ทำให้เกิดความรวดเร็วและแม่นยำสามารถเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- (1) เพื่อสร้างเครื่องวัดคุณภาพของน้ำยางพาราโดยใช้ระบบดิจิทัล
- (2) เพื่อแก้ปัญหาการวัดคุณภาพน้ำยางพาราที่ใช้วิธีดั้งเดิมในระดับท้องถิ่น
- (3) เพื่อศึกษาหลักการวัดคุณภาพน้ำยางพาราโดยการวัดความหนืด
- (4) เพื่อประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการสร้างเครื่องวัดคุณภาพของน้ำยางพารา

3. ขอบเขตของงานวิจัย

- (1) สร้างเครื่องวัดคุณภาพของน้ำยางพาราโดยวัดความหนืดจากการประมวลผล เวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็กผ่านน้ำยางพาราที่บรรจุในหลอดแก้วมีขนาด 250 มิลลิลิตร ประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
- (2) ใช้โปรแกรมภาษาซีควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ MEGA16 เพื่อประมวลผลและจับเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็ก
- (3) ใช้ Timer ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จับเวลาการส่งผลของเวลาและระดับคุณภาพที่จอ LCD
- (4) ใช้หลอดแก้วขนาด 250 มิลลิลิตร ในการบรรจุน้ำยางพาราเพื่อตรวจสอบคุณภาพ
- (5) ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างของน้ำยางพาราจำนวน 5 กลุ่มทดสอบกลุ่มชนิดเดียวกัน 10 ครั้ง

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

4.1 การคัดเลือกน้ำยางพาราแบบดั้งเดิม

ในการคัดเลือกน้ำยางพาราในระดับท้องถิ่นปัจจุบันการอบหรีอระยะของน้ำยางพาราด้วยไมโครเวฟจะนำน้ำยางพาราไปชั่งน้ำหนักก่อนแล้วนำไปอบด้วยเตาไมโครเวฟเป็นเวลา 3 นาที เมื่อเสร็จจึงนำน้ำยางพารามาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหรีอระยะของน้ำยางพารา

การคิดราคาน้ำยางพาราตามค่าหรีอระยะของน้ำยางพารา

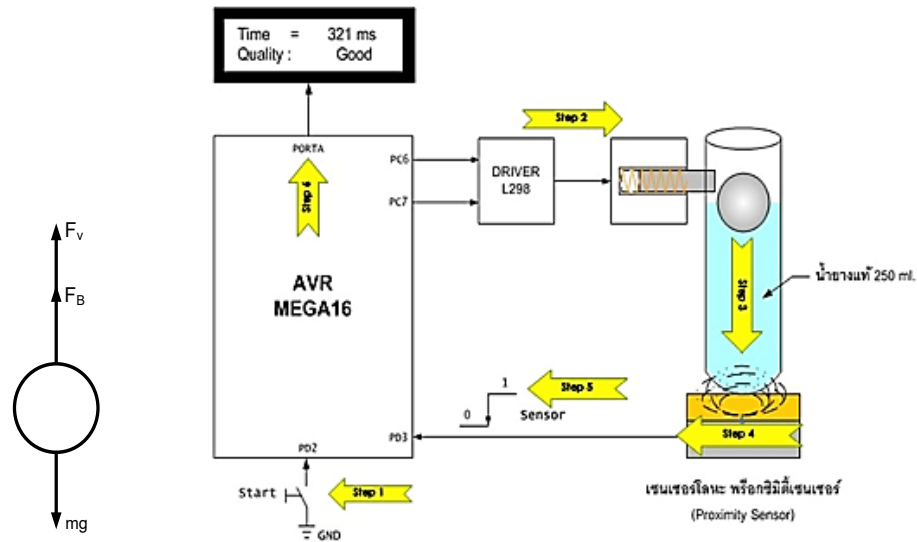
ยกตัวอย่างในการคิดราคา ดังนี้

น้ำหนักน้ำยางพาราก่อนการอบไมโครเวฟ	10 กรัม
น้ำหนักยางพาราหลังการอบไมโครเวฟ	3.6 กรัม
เปอร์เซ็นต์น้ำยางพารา	36 %

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำยางแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำยางพาราหลังการอบ}}{\text{น้ำหนักของน้ำยางพาราก่อนการอบ}} \times 100$$

4.2 หลักการของเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัล

การสร้างเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัลนี้จะใช้หลักการเคลื่อนที่ของวัตถุทรงกลมในของเหลวที่มีความหนืด โดยอ้างอิงกฎของสโตกส์(Stoke) แรงต้านจากความหนืดของน้ำยางพาราจะแปรผันเป็นเชิงเส้นกับความเร็ว



ก. การเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็ก

ข. ลูกตุ้มเหล็กที่เคลื่อนที่ผ่านน้ำยางพาราในหลอดแก้ว

รูปที่ 1 แสดง โครงสร้างของเครื่องวัดคุณภาพของน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัล

จากรูปที่ 1 ก-ข แสดงให้เห็นถึงหลักการของการใช้ลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่ผ่านน้ำยางพาราในหลอดแก้ว ขณะที่ลูกตุ้มเหล็กถูกปล่อยให้ตกลงมาในหลอดแก้วจะตกลงมาด้วยความเร่ง(a) ถูกต้านด้วยแรง 2 แรงคือแรงการลอยตัว(F_B) และแรงต้านจากความหนืดของน้ำยางพารา(F_v) จากภาพเปรียบเทียบระหว่างทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวแรง(รูป ก.)กับการเคลื่อนที่จริงในหลอดแก้วของเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพารา(รูป ข.) สมการการเคลื่อนที่จากกฎของนิวตันแสดงดังสมการที่ (1) และกฎของสโตกส์ แสดงในสมการที่ (2) ขณะที่ลูกตุ้มเหล็กตกลงมาในช่วงแรกจะเกิดอัตราเร่งเพราะความเร่งเริ่มต้นมีทิศทางเดียวกับความเร็วของลูกตุ้มแต่แรงต้านจากความหนืดเพิ่มขึ้นตามความเร็วเมื่อถูกแรงต้านด้วยแรงทั้งสองทำให้ความเร่งลดลงจนไม่มีความเร่ง ลูกตุ้มเหล็กจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ดังสมการที่(2)- สมการที่(4) [3]

$$mg - F_B - F_v = ma \quad (1)$$

โดยที่ m เท่ากับมวลของลูกตุ้มเหล็กทรงกลม, a เท่ากับความเร็วของลูกตุ้มเหล็กที่เคลื่อนที่ในน้ำยางพารา g เท่ากับความเร็วจากแรงโน้มถ่วงของโลก และ F_B, F_v เท่ากับแรงการลอยตัวและแรงต้านจากความหนืดของน้ำยางพารา ตามลำดับ

$$F_v = 6\pi\mu r v \quad (2)$$

$$mg - F_B - F_v = 0 \quad (3)$$

$$v = \frac{mg - F_B}{6\pi\mu r} \quad (4)$$

โดยที่ r เท่ากับรัศมีของลูกตุ้มเหล็กทรงกลม, v เท่ากับความเร็วที่ลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่
 μ เท่ากับความหนืดของน้ำยางพารา และ ρ เท่ากับความหนาแน่นของน้ำยางพารา

$$F_B = \rho V g = \rho \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right) g \quad (5)$$

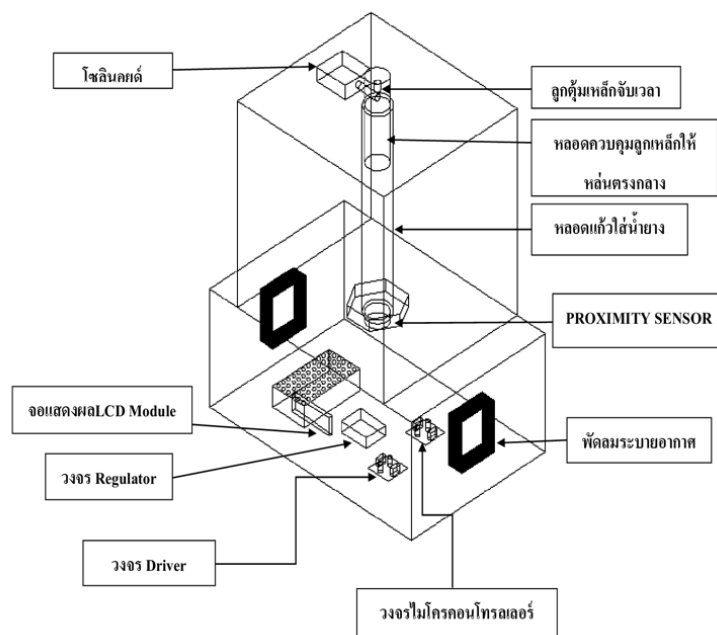
จากหลักการที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าการจับเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็กที่เคลื่อนที่จะสามารถประเมินคุณภาพของน้ำยางพาราว่ามีความบริสุทธิ์ที่ปราศจากน้ำผสม หรือเป็นน้ำยางพาราบริสุทธิ์ด้วยเปอร์เซ็นต์เท่าไร

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การออกแบบงานเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพารา

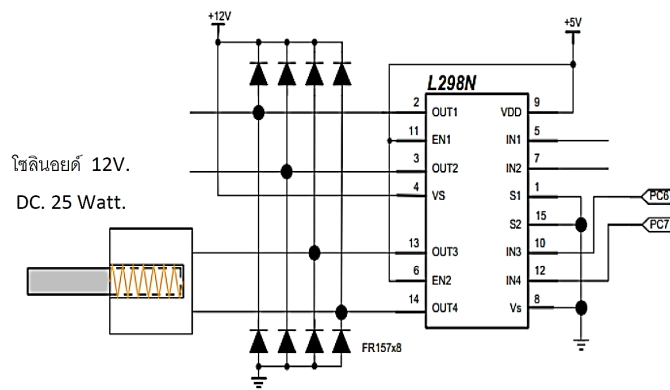
แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. โครงสร้างของเครื่องวัดน้ำยางพาราประกอบด้วย หลอดแก้วที่ใช้บรรจุน้ำยางพาราที่ต้องการวัดขนาด 250 มิลลิลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร สูง 33 เซนติเมตร ขนาดของกล่อง 35 x 35 เซนติเมตร จากการทดลองได้กำหนดขนาดลูกตุ้มเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.5 มิลลิเมตร น้ำหนัก 8 กรัมทดลองจับเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็กในย่าน 100-500 มิลลิวินาทีเหตุผลองในการเลือกขนาดของลูกตุ้มเหล็ก ถ้าลูกตุ้มขนาดใหญ่กว่านี้จะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เร็วขึ้นมีความคลาดเคลื่อนสูง และถ้าขนาดเล็กจะเกิดการกวัดแกว่งจากเคลื่อนที่ ส่วนบนของหลอดแก้วจะติดตั้งโซลินอยด์เพื่อเป็นตัวปล่อยลูกตุ้มเหล็กเคลื่อนที่ตามความยาวของหลอดแก้วควบคุมการเริ่มต้นจากสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์และด้านล่างของหลอดแก้วจะติดตั้งตัวตรวจจับโลหะ (Proximity Sensor) เพื่อเป็นจุดสุดท้ายที่ลูกตุ้มเหล็กจะเคลื่อนที่มาถึง ดังแสดงในรูปที่ 2

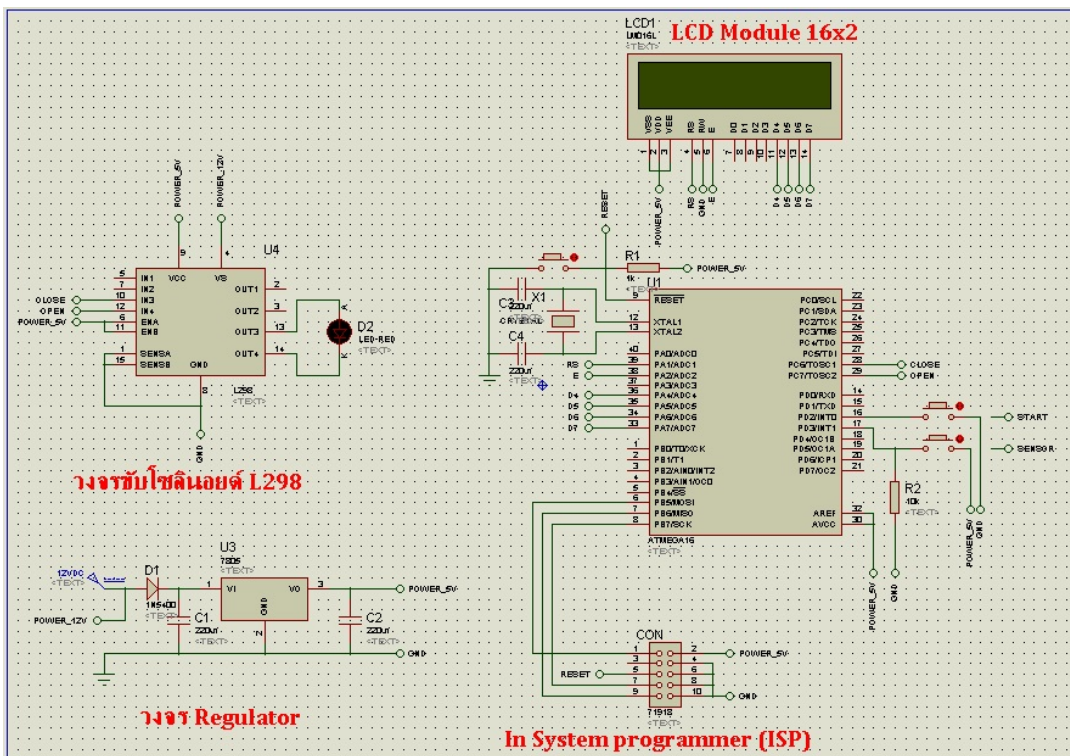


รูปที่ 2 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องวัดคุณภาพของน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัล

2. วงจรขับเคลื่อนโซลินอยด์ ประกอบด้วย ไอซี L298N ใช้เป็นตัวขับแบบสำเร็จรูปแรงดันที่ขับสูงสุด 50 โวลต์ในที่นี้ ออกแบบให้ใช้ 12 โวลต์ขับโซลินอยด์ขนาด 25 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3 สั่งการด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ AVRMEGA16 ขนาด 8 บิต เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี แสดงผลบนจอ LCD มีสวิตช์ควบคุมการทำงานเมื่อเริ่มและหยุดทำงานจากผู้ใช้งาน ดังแสดงวงจรการต่อเชื่อมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับวงจรควบคุมโซลินอยด์และแสดงผลในรูปที่ 4 และแสดง โพลชาร์ตการทำงานของโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 3 วงจรควบคุมโซลินอยด์



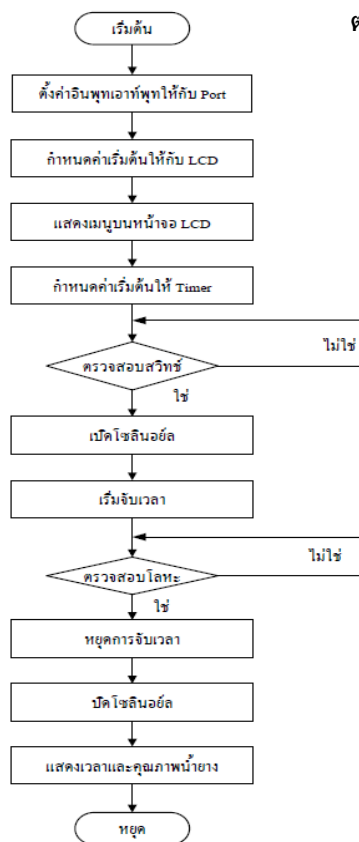
รูปที่ 4 แสดงโคแอดแกรมวงจรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2 การทดลองและผลการทดลอง

1. ปรับตั้งค่าฐานเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุม โดยปรับค่าเวลากับฐานเวลามาตรฐานในที่นี่ได้เปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลาในสเกลเวลามิลลิวินาทีและมิลลิวินาที และทดสอบการทำงานของโซลินอยส์ให้มีการทำงานตามคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์

2. ทดลองใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพารากับตัวอย่างน้ำยางพาราแท้บริสุทธิ์, น้ำยางพาราไม่บริสุทธิ์ และน้ำเปล่ารวม 5 กรณี ประกอบด้วยน้ำยางพาราบริสุทธิ์ 250 มิลลิลิตรกับน้ำยางพาราผสมกับน้ำ 50 มิลลิลิตร 100 มิลลิลิตร 150 มิลลิลิตรและน้ำเปล่าเปรียบเทียบกัน 5 ชนิดทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่คุณภาพเดียวกัน ปริมาตรเท่ากัน 10 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1 และกราฟเปรียบเทียบในรูปที่ 6 จากผลของเวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็ก 10 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยทั้ง 5 กรณีมีค่าเฉลี่ย โดยน้ำยางพาราแท้หรือน้ำยางพาราบริสุทธิ์ น้ำยางพาราที่มีน้ำเจือปน และน้ำบริสุทธิ์ มีค่าเฉลี่ย(\bar{X})เท่ากับ 328.1, 320.1, 315.7, 310.3 และ 290.5 มิลลิวินาที ตามลำดับ และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) เท่ากับ 1.64, 0.894, 0.894, 1.472 และ 2.16 ตามลำดับ

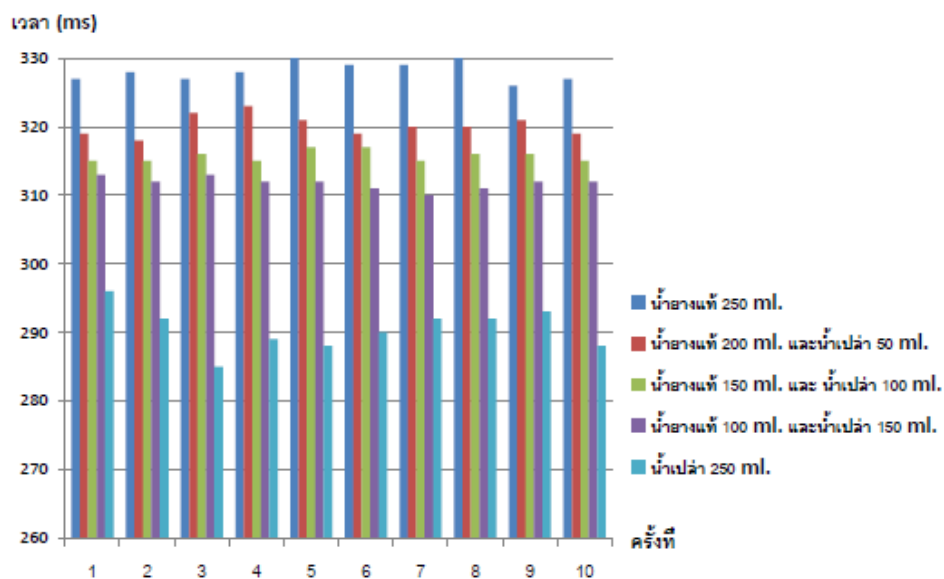
3. นำผลการทดลองในหัวข้อที่ 2 ไปเปรียบเทียบกับการประเมินคุณภาพแบบดั้งเดิมด้วยวิธีการอบด้วยเตาไมโครเวฟจากวัตถุดิบเดียวกันกับการทดลองที่ 2 และสรุปผลคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในระดับท้องถิ่นที่สามารถจำแนกคุณภาพของน้ำยางพาราเป็น ดีมาก(Best), ดี(Good), ปานกลาง(Medium), ไม่ดี(Bad), ไม่ดีอย่างยิ่ง (Very Bad) นำผลการประเมินบรรจุเป็นเอาต์พุตของโปรแกรมแสดงผลระดับคุณภาพเพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจในการซื้อขายระดับท้องถิ่นได้ ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 7



รูปที่ 5 แผนผังโครงสร้างของโปรแกรมการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

ตารางที่ 1 เวลาการเคลื่อนที่ของลูกตุ้มเหล็กในน้ำยางพาราระดับต่าง ๆ

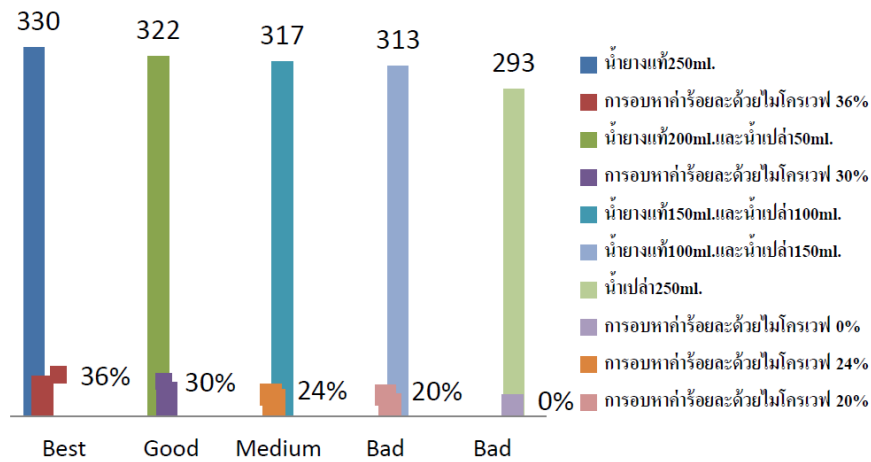
ครั้งที่	ผลการแสดงเวลาจากเครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพารา (มิลลิวินาที)				
	น้ำยางแท้ 250 มิลลิตร	น้ำยางแท้ 200 มิลลิตรและน้ำเปล่า 50 มิลลิตร	น้ำยางแท้ 150 มิลลิตรและน้ำเปล่า 100 มิลลิตร	น้ำยางแท้ 100 มิลลิตรและน้ำเปล่า 150 มิลลิตร	น้ำเปล่า 250 มิลลิตร
1	327	319	315	313	296
2	328	318	515	312	292
3	327	322	316	307	285
4	328	323	315	312	289
5	330	321	317	309	288
6	329	319	317	311	290
7	329	320	315	310	292
8	330	320	316	308	292
9	326	321	316	312	293
10	327	319	315	309	288
\bar{X}	328.1	320.1	315.7	310.3	290.5
S.D.	1.6432	0.894	0.8944	1.472	2.16



รูปที่ 6 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบผลการทดลองจากตารางที่ 1

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพน้ำยางพาราเปรียบเทียบกับกรอบด้วยเตาไมโครเวฟ

อัตราส่วน น้ำยางพารา และน้ำปัสสาวะ	เครื่องวัดความหนืด น้ำยางพารา (ms)	การอบหาค่าร้อยละ ด้วยไมโครเวฟ (%)	คุณภาพ น้ำยางพารา
น้ำยางแท้ 250 มิลลิลิตร	327-330	36	Best
น้ำยางแท้ 200 มิลลิลิตร และน้ำปัสสาวะ 50 มิลลิลิตร	319-322	30	Good
น้ำยางแท้ 150 มิลลิลิตร และน้ำปัสสาวะ 100 มิลลิลิตร	315-317	24	Medium
น้ำยางแท้ 100 มิลลิลิตร และน้ำปัสสาวะ 150 มิลลิลิตร	307-313	20	Bad
น้ำปัสสาวะ 250 มิลลิลิตร	285-293	0	Bad



รูปที่ 7 แสดงผลการประเมินคุณภาพเปรียบเทียบกับกรอบด้วยเตาไมโครเวฟ

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า การใช้เครื่องวัดคุณภาพน้ำยางพาราด้วยระบบดิจิทัลสามารถแก้ปัญหาการประเมินคุณภาพน้ำยางพาราประกอบการซื้อขายน้ำยางพาราในระดับท้องถิ่น ได้รวดเร็วและแม่นยำทดแทนการอบด้วยเตาไมโครเวฟจากผลการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ครั้งสามารถแบ่งกลุ่มของคุณภาพน้ำยางพาราเป็นระดับต่าง ๆ โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในระดับที่ยอมรับได้ คือ 16.4 % เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีแบบดั้งเดิมและตัดสินโดยผู้เชี่ยวชาญสามารถจำแนกเป็นคุณภาพระดับต่าง ๆ ได้ ในการพัฒนาต่อไปการใช้ระบบดิจิทัลสามารถในฐานะข้อมูลระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) มาตัดสินได้อย่างรวดเร็วและยังสามารถสื่อสารรายงานผลในระบบดิจิทัลลักษณะต่าง ๆ ได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] P.Danwanich, P.Lertsurasakda, R.Wiwattanasit , **Correlation between Dry Rubber Content in Field Latex and Viscosity Measured with Efflux Time Method**, TIChE, Hatyai, Songkhla Thailand, 2011.
- [2] ทศพร ห่านสิงห์และคณะ, การศึกษาการลดทอนกำลังคลื่นไมโครเวฟเมื่อผ่านน้ำยางพารา ปรินญานพนธ์ คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [3] หทัยชนก เพ็ชรมาตศรี, **เทคนิคการวัดความหนืดโดยอาศัยการตกของวัตถุทรงกลม: บทบาทของอิทธิพล** ปรินญานพนธ์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.
- [4] ประสิทธิ์ ศรีประสิทธิ์และคณะ, **ระบบตรวจวัดและประเมินผลเปอร์เซ็นต์เนื้อยางแห้ง (%DRC) ในน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติ**, งานวิจัยดีเด่นด้านวิทยาศาสตร์สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช), 2557.
- [5] กาญจน์บุษยา พานิชเจริญและชาญยุทธ์ อุบายโส, **การพัฒนาชุดทดสอบคุณภาพน้ำยางพาราด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย** งานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, 2558.

การวิเคราะห์ค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 ของ
โรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง
Short Circuit Analysis According to IEC60909 Standard
of Medium Size Factory

บวรวงศ์ วัฒนไถยพันธ์

โกศลย์ สันติรักษโยธิน

เพชร นันทิวัฒนา

วิชาการ เสงศรีธวัช

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: petch.na@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรเพื่อนำผลลัพธ์ที่สูงสุดมาวิเคราะห์ถึงความปลอดภัยหากเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวขึ้น มีการดำเนินในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง ผลลัพธ์จากการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรมีการใช้ตัวแปรของแรงดันระบบจำหน่ายที่ 416 V ค่าประกอบแรงดัน (C) เท่ากับ 1.1 ขนาดกำลังงานพิกัดหม้อแปลง 500 kVA (ใช้ค่าอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงตามมาตรฐานการผลิตของ IEC) โดยทำการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรในระบบไฟฟ้าแรงต่ำประเภท สามเฟสสมดุล สายถึงสาย และสายถึงดิน ผลลัพธ์จากการคำนวณที่จุดแรกคือค่ากระแสลัดวงจรที่ตู้จ่ายไฟประธาน (MDB) ซึ่งมีระยะห่างจากหม้อแปลง 5 เมตร (ขนาดสาย IEC01 2x300 Sq.mm) พบว่าค่ากระแสลัดวงจรแบบสายถึงดินนั้นมีค่าสูงสุด (18.42 kA) และการคำนวณที่แผงวงจรรย่อยที่มีระยะห่างออกไปจากตู้จ่ายไฟประธาน (MDB) ผลลัพธ์ของการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรทั้งหมดพบว่าการลัดวงจรแบบสามเฟสสมดุลให้ค่าที่สูงที่สุด สุดท้ายผลลัพธ์ของค่ากระแสลัดวงจรจะนำมาเปรียบเทียบกับพิกัดความคงทนต่อกระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Ic) โดยความเหมาะสมของค่าดังกล่าวไม่ควรต่ำกว่า 125% ของกระแสลัดวงจรสูงสุด

คำสำคัญ: กระแสลัดวงจร อิมพีแดนซ์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ตู้จ่ายไฟประธาน(MDB) แผงวงจรรย่อย

ABSTRACT

This paper presents a case study of short-circuit calculation results of a medium size industry plant. The system parameters compose of line-voltage 416 V, voltage factor (C) 1.1 and transformer of 500 kVA which has a percent impedance (% Z) comply with IEC-Standard. Types of short-circuit on low voltage side

included three-phase, line-to-line, and single line-to-ground fault. The results demonstrate that the maximum short-circuit current is 18.42 kA of single line-to-ground fault at the main distribution board (MDB) point. Distance from MDB to the transformer is 5 m with conductor size of IEC01 2x300 Sq.mm. The short-circuit calculation at any point far away from the MDB finds out three-phase fault given the highest current. Finally, all result of high short-circuit current are checked and compare with the interrupting current (I_c) of the circuit breaker (CB). To ensure that CBs and components are able to withstand without damage. The interrupting operating current should not less than 125% of maximum short-circuit current.

KEYWORDS: short-circuit current, percent impedance, circuit breaker, main distribution board

1. บทนำ

ในปัจจุบันพบว่า การวิเคราะห์ค่ากระแสลัดวงจรนั้นมีการดำเนินงานในหลายมิติตั้งแต่ระบบไฟฟ้าแรงสูง ระบบไฟฟ้าแรงดันปานกลาง และระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำที่มีการใช้งานในอาคารบ้านเรือน รวมไปถึงโรงงานอุตสาหกรรม การวิเคราะห์กระแสลัดวงจรของงานวิจัยต่างๆมีจุดประสงค์หลักเพื่อการเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันและการปรับตั้งอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดการลัดวงจรในระบบไฟฟ้าแล้วนั้นอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวต้องไม่เกิดความเสียหายและทำหน้าที่ตัดวงจรที่เกิดการลัดวงจรให้เร็วที่สุด หากแต่อุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวเกิดความเสียหายอาจจะส่งผลกระทบต่อ การเกิดอัคคีภัยซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้า

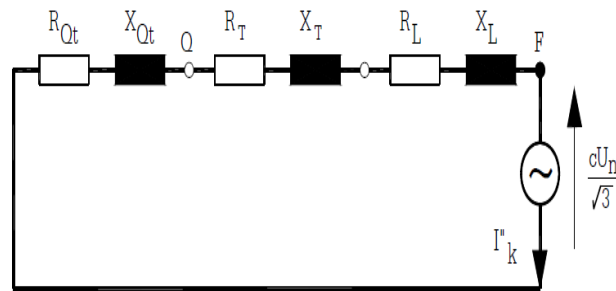
การศึกษาตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การเกิดลัดวงจรที่มีกระแสสูงซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลแอมแปร์ (kA) ทำให้เกิดความเครียดทางความร้อนและความเครียดทางกลอาจส่งผลให้หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ป้องกันเกิดความเสียหาย[1] โดยค่ากระแสลัดวงจรจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิมพีแดนซ์ที่ประกอบไปด้วย อิมพีแดนซ์ของระบบจำหน่าย อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้า และอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้าตัวนำ[2] ทั้งนี้การคำนวณค่ากระแสลัดวงจรนั้นมีมาตรฐานสากลเพื่อให้มีแนวทางในการดำเนินงานเช่น มาตรฐาน IEC60909 และ IEEE551 โดยการคำนวณจากมาตรฐาน IEC60909[3] จะให้ค่ากระแสลัดวงจรที่สูงกว่า 3-10%[4] นอกจากนี้ยังพบงานวิจัยและบทความที่มีการนำเสนอถึงการวิเคราะห์กระแสลัดวงจรเพื่อการเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันและปรับตั้งอุปกรณ์ป้องกันจากการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909[5] การคำนวณค่ากระแสลัดวงจรเพื่อการออกแบบระบบไฟฟ้าของเรือเดินสมุทรให้มีความปลอดภัยจากการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร[6] การคำนวณค่ากระแสลัดวงจรเพื่อหาตำแหน่งของการเกิดลัดวงจรในระบบสายส่ง[7] และกระแสลัดวงจรของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งโหลดมอเตอร์ดังกล่าวถือได้ว่าเป็นโหลดทางไฟฟ้าหลักของโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย[8]

จากบทความที่ได้มีการศึกษาค้นคว้าดังกล่าวทำให้เห็นว่าความสำคัญของการเลือกขนาดพิถีพิถันความคงทนต่อกระแสลัดวงจรเช่นในสถานีไฟฟ้าย่อย การเกิดลัดวงจรในสายส่ง ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้โหลดประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นหลัก แม้กระทั่งเรือเดินทะเลที่มีการใช้ไฟฟ้าภายใน ดังนั้นบทความฉบับนี้จึงตระหนักถึงความสำคัญของการเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้าโดยมีแนวคิดที่จะคำนวณค่ากระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน IEC60909 เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคงทนต่อกระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีการ

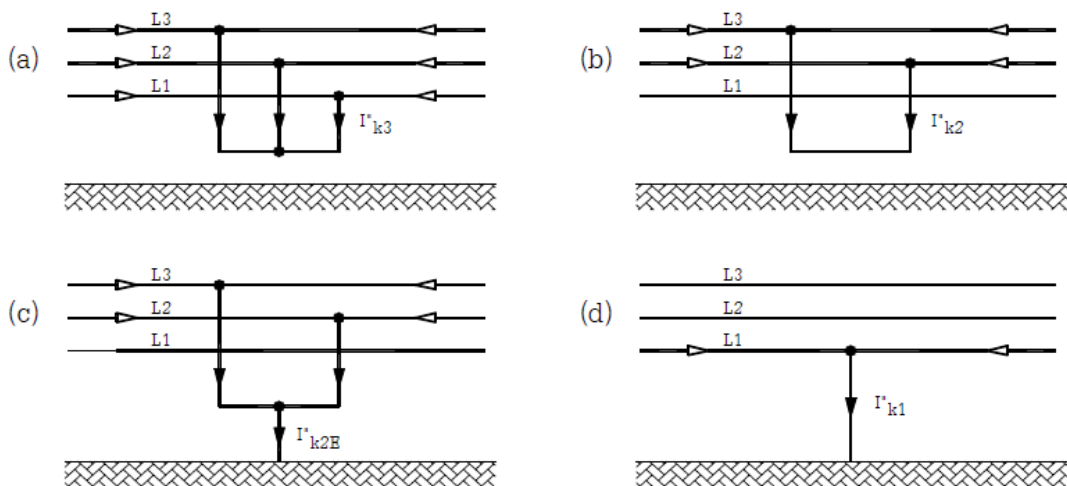
ติดตั้งเดิมในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลาง เป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายของอุปกรณ์ป้องกันหากเกิดการลัดวงจรที่ส่งผลถึงความเครียดทางความร้อนและความเครียดทางกลของกระแสลัดวงจรจนเป็นสาเหตุของการเกิดอัคคีภัยในที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเกิดลัดวงจรในระบบไฟฟ้าหมายถึงการที่มีการสัมผัสถึงกันของ 2 ตัวนำขึ้นไปที่มีระดับแรงดันหรือมุมเฟสที่ต่างกัน เมื่อเกิดลัดวงจรจะเหลือเพียงแค่อิมพีแดนซ์ของระบบจำหน่าย อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง และอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้ตัวนำสามารถนำมารวมกันเป็นวงจรสมมูลอิมพีแดนซ์ลัดวงจรดังภาพที่ 1ก. อิมพีแดนซ์ที่ลดลงเป็นผลทำให้กระแสที่ไหลผ่านมีปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีประเภทของการเกิดลัดวงจรแต่ละประเภทดังภาพที่ 1ข. ที่สามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้[1]



ภาพที่ 1ก วงจรสมมูลของการเกิดลัดวงจร



ภาพที่ 1ข ประเภทของการเกิดลัดวงจร

ค่ากระแสลัดวงจรประเภทสามเฟสสมดุล
$$I''_{k3} = \frac{C}{\sqrt{3}} \times \frac{U_n}{Z_k} \quad (1)$$

ค่ากระแสลัดวงจรแบบสายถึงสาย
$$I''_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I''_{k3} \quad (2)$$

ค่ากระแสลัดวงจรแบบสายถึงดิน
$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3}}{2Z_k + Z_0} \times CU_n \quad (3)$$

โดยที่

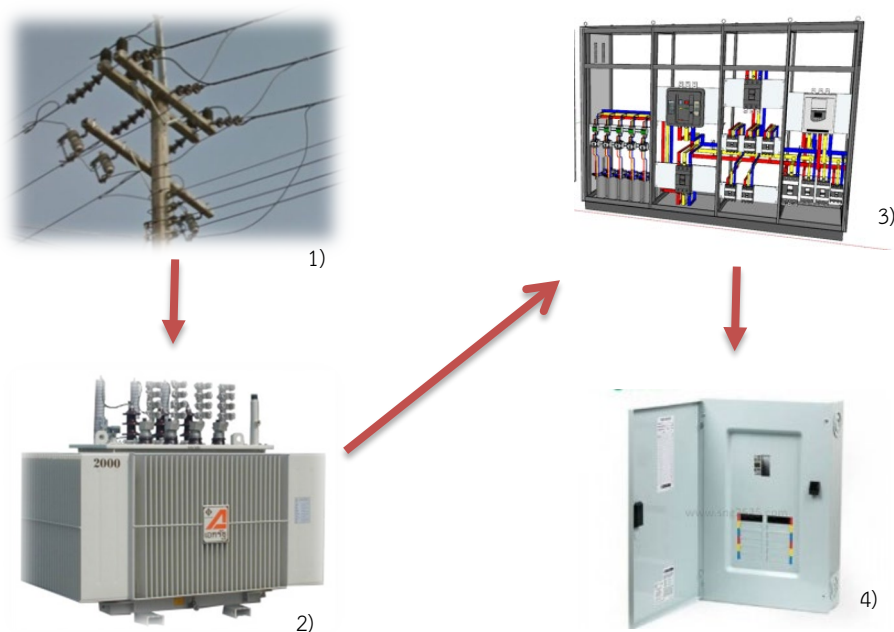
U_n = แรงดันของระบบทางด้านแรงต่ำ

C = Voltage factor

Z_k = ผลรวมอิมพีแดนซ์ลำดับบวกและลำดับลบ (ระบบจำหน่าย Z_{QT} +หม้อแปลง Z_T +สายตัวนำ Z_L)

Z_0 = ผลรวมอิมพีแดนซ์ลำดับ (กำหนดให้ $Z_{(0)L} = 4R_L + j3X_L$ และ $Z_{(0)T} = R_T + j0.95X_{(0)T}$)

3. วิธีดำเนินการ



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการดำเนินงาน

จากภาพที่ 2 กรอบแนวคิดของการวิจัยซึ่งมีการดำเนินงานดังต่อไปนี้ 1) การศึกษาในส่วนของระบบจำหน่ายโดยมีตัวแปรที่สำคัญคือระดับแรงดันไฟฟ้า (การไฟฟ้านครหลวง 416-240V การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 400-

230V) 2) การสำรวจระบบไฟฟ้าของสถานที่ทำการศึกษาโดยทำการสำรวจในส่วนขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์ นำค่าขนาดกำลังงานพิกัดมาเทียบตารางมาตรฐานการผลิตหม้อแปลงของ IEC โดยมีค่า% อิมพีแดนซ์ที่ 4-6% และทำการวัดระยะความยาวของหม้อแปลงมายัง MDB ซึ่งมีผลต่อค่าอิมพีแดนซ์ในส่วนของสายตัวนำประธาน 3) การสำรวจระยะในส่วนต่างๆ ทำการศึกษาจากแผนผังของสถานที่ทำการศึกษา ซึ่งมีผลต่ออิมพีแดนซ์ของสายตัวนำที่มีการป้อนจากผู้จ่ายไฟประธาน ไปยังแผงวงจรร้อยในส่วนต่างๆ หลังจากที่ได้ค่าอิมพีแดนซ์ของระบบไฟฟ้า อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง อิมพีแดนซ์ของสายตัวนำประธาน และอิมพีแดนซ์ของสายป้อนมายังแผงวงจรร้อยแล้ว สามารถนำค่าอิมพีแดนซ์ทั้งหมดมาคำนวณค่ากระแสลัดวงจรได้โดยทำการคำนวณของการเกิดการลัดวงจรประเภทสามเฟสสมดุลตั้งสมการ (1) ประเภทสายถึงสายตั้งสมการ (2) และประเภทสายถึงดินตั้งสมการ (3) ทำการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรที่MDB และแผงวงจรร้อย 4) หลังจากได้ผลลัพธ์ของค่ากระแสลัดวงจรทั้ง 3 ประเภททั้งใน MDB และแผงวงจรร้อยมาเปรียบเทียบกับค่าความคงทนต่อกระแสลัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Ic) ในแต่ละจุด ถ้าพบว่าค่า Ic มีค่าต่ำกว่า 125% ของกระแสลัดวงจรจะมีการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อการปรับเปลี่ยนขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้มีค่า Ic ที่เหมาะสม

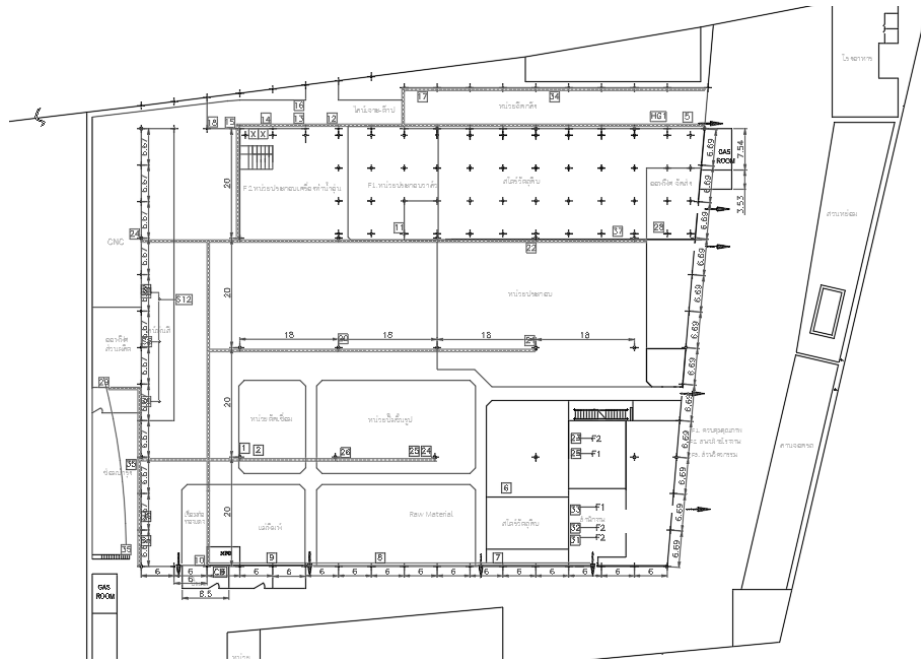
4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 ตัวแปรที่ศึกษา

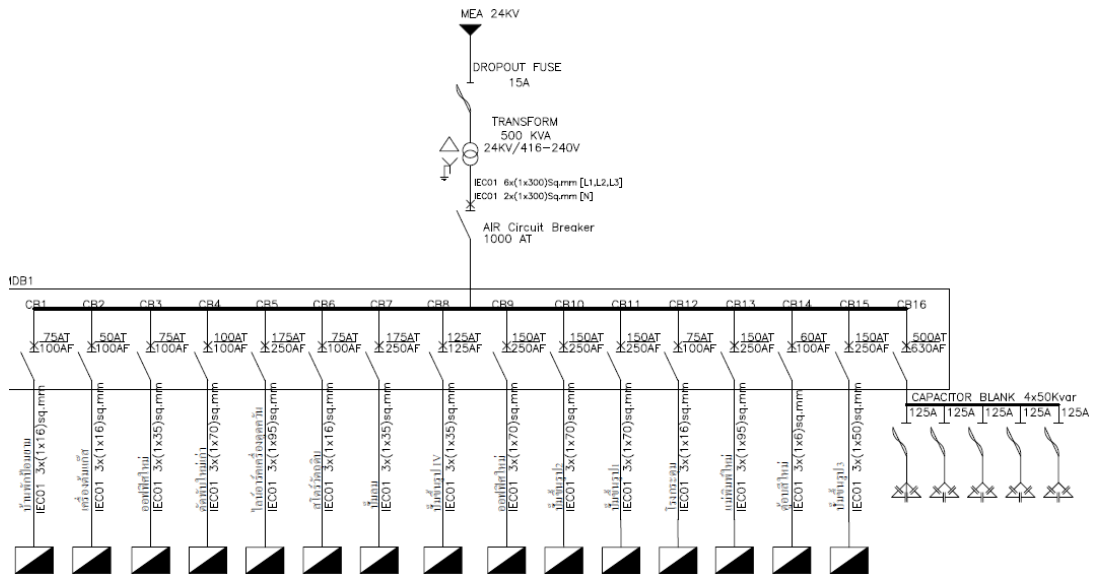
- ระบบจำหน่ายที่ระดับแรงดันปานกลาง 24 kV ทางด้านแรงดันต่ำ 416 V จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ของระบบจำหน่าย = $0.382 \text{ m}\Omega$

- หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA ตามตารางมาตรฐานการผลิตของ IEC จะมีค่าอิมพีแดนซ์ลำดับบวก, ลบ = $13.84 \text{ m}\Omega$ และอิมพีแดนซ์ลำดับศูนย์ = $13.14 \text{ m}\Omega$

- สายไฟฟ้าตัวนำประธานขนาด $2 \times 300 \text{ Sq.mm}$ ความยาว 5 m และสายไฟฟ้าตัวนำที่ใช้ป้อนจากผู้จ่ายไฟประธาน (MDB) ไปยังแผงวงจรร้อย ขนาด 6, 16, 25, 35, 50, 70 และ 90 Sq.mm ที่ความยาวตั้งแต่ 2 ถึง 100 m



ก. แผนผังโรงงานอุตสาหกรรม



ข. แผนผังเส้นเคเบิล

ภาพที่ 3 แผนผังของ โรงงานอุตสาหกรรมและแผนผังเส้นเคเบิล

4.2 ข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อการดำเนินงาน

โดยข้อมูลที่ได้นำมาใช้จากหัวข้อที่ 4.1 สามารถศึกษาได้จากแผนผังเส้นเคเบิลเพื่อทราบข้อมูลในส่วน ของระบบจำหน่าย ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดสายไฟฟ้าตัวนำประธาน และขนาดสายไฟฟ้าตัวนำที่ใช้ป้อน นอกจากนี้ยังมีการนำแผนผังการบอกระยะของ โรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ในการบอกระยะจากตู้จ่ายไฟประธาน (MDB) ไปยังแผงวงจรย่อยซึ่งตัวอย่างของแผนผังเส้นเคเบิลและแผนผังที่ใช้บอกระยะแสดงดังภาพที่ 3

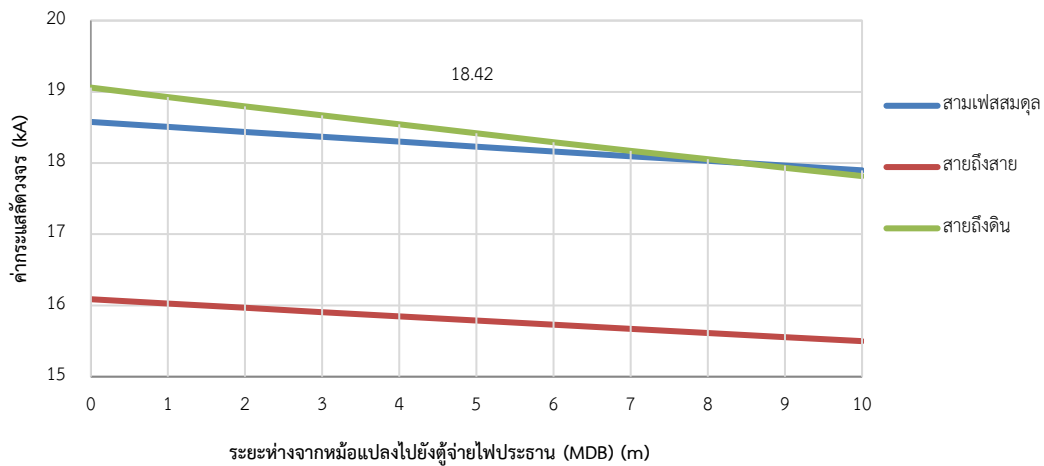
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรที่ตู้จ่ายไฟประธาน (MDB) ซึ่งประกอบไปด้วยอิมพีแดนซ์ของระบบจำหน่าย อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้า และอิมพีแดนซ์ของสายป้อน หลังจากนั้นทำการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรที่แผงวงจรร้อยในแต่ละจุดซึ่งจะมีส่วนประกอบอิมพีแดนซ์ที่คล้ายกันกับการคำนวณที่ตู้จ่ายไฟประธาน แต่มีการเพิ่มอิมพีแดนซ์ของสายป้อนเข้ามา โดยอิมพีแดนซ์ของสายป้อนนั้นขึ้นอยู่กับขนาดและความยาว

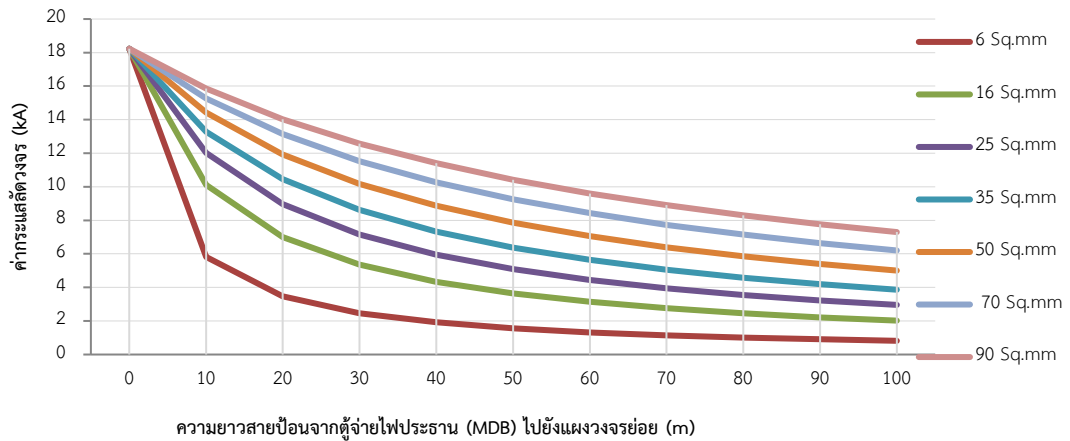
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่ากระแสลัดวงจร

ทำการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรที่ตู้จ่ายไฟประธานด้วยขนาดสาย 2 x 300 Sq.mm ความยาว 5 m ดังแสดงภาพที่ 4 จะได้ค่ากระแสลัดวงจรเท่ากับ 18.42 kA ประเภทการเกิดลัดวงจรแบบสายถึงดิน และจากการคำนวณที่แผงวงจรร้อยทั้งหมดตามขนาดสายป้อนที่มีการกล่าวไปในหัวข้อที่ 4.1 พบว่าการเกิดลัดวงจรที่แผงวงจรร้อยทั้งหมดนั้น การเกิดลัดวงจรประเภทสามเฟสสมดุลให้ผลลัพธ์ที่สูงสุดจึงทำการคำนวณดังแสดงภาพที่ 5

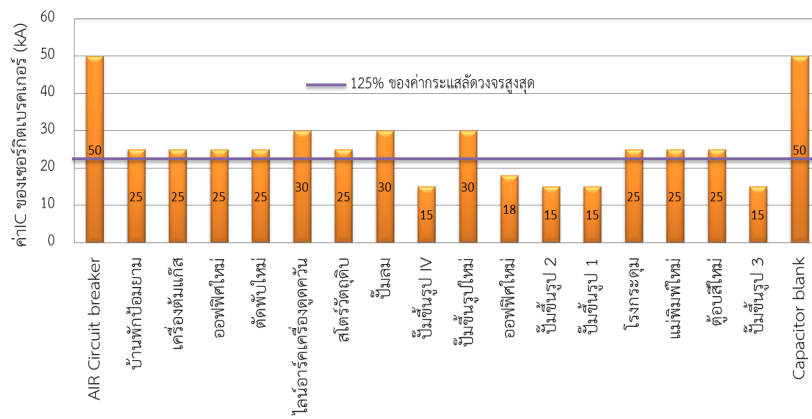
จากภาพที่ 5 เมื่อทราบขนาดของสายป้อนและความยาวสายป้อนสามารถนำมาหาค่ากระแสลัดวงจรได้หลังจากที่ทราบค่ากระแสลัดวงจรในแต่ละส่วนแล้วนั้นสามารถนำค่ากระแสลัดวงจรไปคูณด้วย 125 % และนำไปเปรียบเทียบกับค่า I_c ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ได้ดังแสดงภาพที่ 6 – ภาพที่ 9



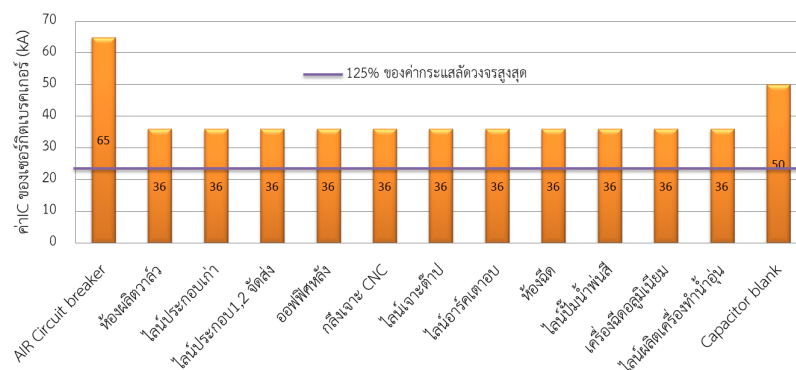
ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่ากระแสลัดวงจรที่ตู้จ่ายไฟประธาน (MDB)



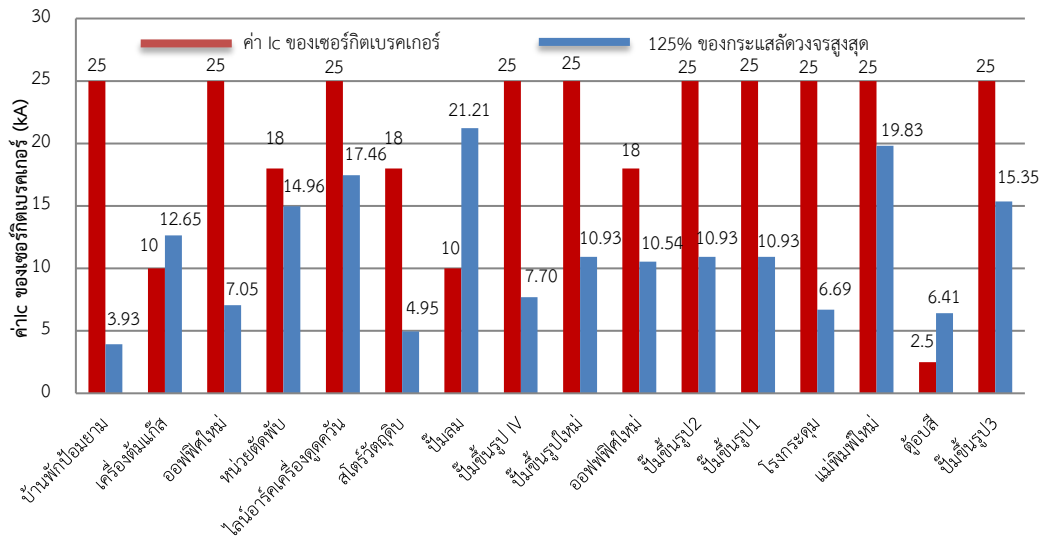
ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่ากระแสลัดวงจรตามความยาวสายป้อนในแต่ละขนาด



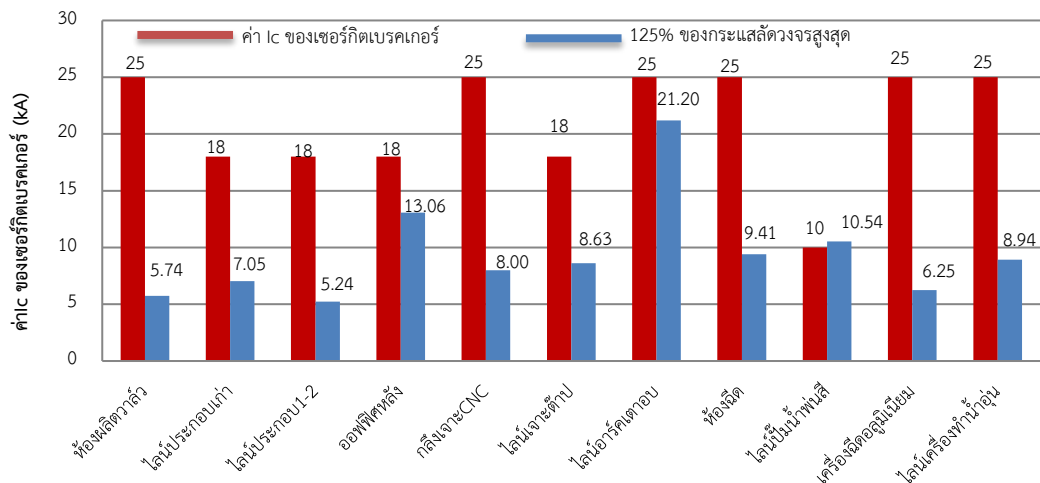
ภาพที่ 6 ผลการเปรียบเทียบค่า I_c กับ 125% ของกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ตู้จ่ายไฟประธาน (MDB1)



ภาพที่ 7 ผลการเปรียบเทียบค่า I_c กับ 125% ของกระแสลัดวงจรสูงสุดที่ตู้จ่ายไฟประธาน (MDB2)



ภาพที่ 8 ผลการเปรียบเทียบค่า I_c กับ 125% ของกระแสตัดวงจรสูงสุดที่แผงวงจรย่อย (ป้อนจาก MDB1)



ภาพที่ 9 ผลการเปรียบเทียบค่า I_c กับ 125% ของกระแสตัดวงจรสูงสุดที่แผงวงจรย่อย (ป้อนจาก MDB2)

4.5 ข้อสรุปเชิงแนะนำ

ผลการคำนวณค่ากระแสตัดวงจรดังกล่าวเป็นการคำนวณจากการใช้ค่าอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงตามตารางมาตรฐานการผลิต ซึ่งค่าอิมพีแดนซ์จริงอาจมีความคลาดเคลื่อนไปจากตารางดังกล่าวซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในส่วนของการดำเนินงานคลาดเคลื่อนไปด้วย

- การเกิดลัดวงจรในอดีต

การวิเคราะห์ค่ากระแสตัดวงจรดังกล่าวไม่ได้มีการทราบถึงประวัติการเกิดลัดวงจรของระบบไฟฟ้าในโรงงานที่ได้ทำการศึกษา ซึ่งหากเคยเกิดการลัดวงจรมาแล้วค่า I_c ของเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจจะเหลือเพียงแค่ 50-75% (ในกรณีที่เซอร์กิตเบรกเกอร์มีค่า I_{cs} < 100% I_{cu})

- การเลือกค่า I_{cs} เพื่อป้องกันการลัดวงจรถัดไปจากครั้งแรก

หากทำการเปลี่ยนขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้มีค่า I_c สอดคล้องกับค่ากระแสลัดวงจร ตามที่ได้ทำ
ข้อสรุปเชิงแนะนำดังกล่าว ควรพิจารณาค่า I_{cs} ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้มีค่า $I_{cs} = 100\% I_{cu}$ เพื่อความปลอดภัย
หากเกิดการลัดวงจรครั้งต่อไป

ตารางที่ 1 ข้อสรุปเชิงแนะนำในส่วนของผู้จ่ายไฟประธาน (MDB1)

ค่า I_c ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ผู้จ่ายไฟประธาน (MDB1)		
ชื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์	ค่า I_c เดิมที่มีการติดตั้ง (kA)	ค่า I_c ที่เหมาะสม (kA)
1. บีมขึ้นรูป IV	15	ไม่ต่ำกว่า 23.03
2. ออฟฟิศใหม่	18	
3. บีมขึ้นรูป 1	15	
4. บีมขึ้นรูป 2	15	
5. บีมขึ้นรูป 3	15	

ตารางที่ 2 ข้อสรุปเชิงแนะนำในส่วนของแผงวงจรรย่อย

ค่า I_c ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่แผงวงจรรย่อย		
ชื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์	ค่า I_c เดิมที่มีการติดตั้ง (kA)	ค่า I_c ที่เหมาะสม (kA)
1. เครื่องต้มแก๊ส	10	ไม่ต่ำกว่า 12.65
2. บีมลม	10	ไม่ต่ำกว่า 21.21
3. ตู้อบสี	2.5	ไม่ต่ำกว่า 6.41
4. โลนบีมน้ำพันสี	10	ไม่ต่ำกว่า 10.54

5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- ความคลาดเคลื่อนจากอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้า

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- แผ่นป้ายของหม้อแปลงไฟฟ้า

หากมีการนำค่าอิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงไฟฟ้าจากแผ่นป้ายตามผู้ผลิตมาคำนวณจะทำให้ค่ากระแสลัดวงจรมีความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าการใช้ตารางอิมพีแดนซ์ที่มาจากมาตรฐานการผลิต

- โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการคำนวณ

ในปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์หลายโปรแกรมที่สามารถทำการคำนวณค่ากระแสลัดวงจรได้โดยใช้ข้อมูลของระบบจำหน่าย ขนาดของหม้อแปลง และสายไฟฟ้าตัวนำซึ่งมีความถูกต้องแม่นยำและสะดวกต่อการวิเคราะห์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ “การคำนวณกระแสลัดวงจร” การออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical system design) ฉบับปรับปรุง ครั้งที่3. 2557 ตามมาตรฐาน วสท. 2556
- [2] ลือชัย ทองนิล “การคำนวณกระแสลัดวงจร” การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า(ปรับปรุงครั้งที่3) พฤษภาคม 2559. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
- [3] IEC 60909-0:2016 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents
- [4] วรเวช ปั้นกระจ่าง, นิศย์ เพ็ชรรักษ์ “การศึกษาความแตกต่างของกระแสลัดวงจรตามIEC60909 กับ IEEE551 และผลกระทบต่อระบบป้องกันในสถานีไฟฟ้าย่อย” 2558 การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยศรีปทุม (SPU Conference) บทความวิชาการ
- [5] อริยะ เมธเศรษฐ์ “การวิเคราะห์กระแสลัดวงจรเพื่อใช้ปรับตั้งและเลือกค่าพิกัดของอุปกรณ์ป้องกัน” 2544 สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ วิทยานิพนธ์
- [6] Angjuang Adi Panji, Hardika Raditya A, Triyan Indrawan “Short-Circuit Current Calculation Application for Marine and Mobile Offshore Installation Based on IEC-61363 Standard.” 2016 10th International Conference On Marine Technology MARTEC.
- [7] สำเริง อินท่าไม้ “การคำนวณตำแหน่งลัดวงจรของสายส่งแบบวงจรถนนานในระบบไฟฟ้ากำลัง” 2541 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยานิพนธ์
- [8] วัลลภ สุวรรณเวช “การประมาณค่ากระแสลัดวงจรเนื่องจากกลุ่มของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยใช้แบบจำลองการรวมกลุ่ม” 2547 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยานิพนธ์

**การบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า
กรณีศึกษาโรงพยาบาลวิภาวดี**

**Electrical Energy Management Using Analytic Load Profile of
Vibhavadi Hospital Case Studies.**

พศวีร์ ศรีโหมต วิชชากร เสงศรีรัช นิมิต บุญภิรมย์ และ ธนภัทร พรหมวัฒน์ภักดี
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีปทุม 2410/2 ถ.พหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 0-2579-1111 ต่อ 2272 E-mail: pasawee.sr@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ แนวทางในการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาโรงพยาบาลวิภาวดี ตัวชี้วัดการบริหารต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถพิจารณาจากค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าหรือบาทต่อหน่วยไฟฟ้า การบริหารจัดการดังกล่าวสามารถทำได้โดยการศึกษาข้อมูลและควบคุมการใช้กำลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาให้เป็นไปตามวิธีการลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าของแต่ละประเภทอัตราค่าไฟฟ้า ก็จะสามารถปรับปรุงต้นทุนค่าพลังงานของโรงพยาบาลให้ลดลงได้ อาคารโรงพยาบาลวิภาวดีมีการใช้ไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อาคาร 1,2 และ 3 เป็นประเภทกิจการขนาดใหญ่ อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) และอาคาร 4 ประเภทกิจการขนาดใหญ่ใช้อัตราตามช่วงเวลาการใช้ (TOU) ผลจากการดำเนินการควบคุมการใช้กำลังงานไฟฟ้า สามารถลดค่าบาทต่อหน่วยไฟฟ้ารวมกันทั้ง 2 ประเภทค่าไฟฟ้าเป็นจำนวน 0.15 Bath/kWh หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ในเดือนนั้น เท่ากับ 70,407.94 บาท หรือเมื่อเทียบจากหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี จะสามารถทำให้เกิดผลประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายรวมในรอบปีเท่ากับ 1,427,215.50 บาท/ปี ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินงานเป็นประโยชน์กับแนวทางการบริหารจัดการด้านพลังงานในโรงพยาบาล โดยสามารถใช้วิธีการนี้ไปใช้ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางที่ใช้ในการพัฒนาการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารต่อไปในอนาคต

คำหลัก: การประหยัดพลังงานไฟฟ้า, ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า, อาคาร โรงพยาบาล

Abstract

This paper presents the guideline for electrical energy management. Using analytic load profile information of Vibhavadi Hospital case studies. The energy management cost indicator can be obtained from the demand cost in Bath/Unit. The process starts to understand the characteristic of power usage and attempt to control in time comply with the type of tariff. There are two type of energy tariff used in building of Vibhavadi

Hospital. One is the Time of Day (TOD) of building 1,2,3 and other is Time of Use (TOU) of building 4. After the power usage is controlled it can reduce the total unit cost of 0.15 Bath/kWh. In other words, the electricity bill that can be reduced in that month is 70,407.94 baht or it can save to 1,427,215.50 baht/year. The results are useful for energy management system of the hospital. Furthermore, choosing the proper energy tariff can increase the power usage efficiency.

Keywords: energy saving, power consumption data, hospital building

1. บทนำ

เนื่องด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาล โดยโรงพยาบาลมีการใช้งานโหลดทางไฟฟ้าต่อเนื่องตลอด 24 ชม. จึงทำให้ค่าไฟฟ้าเป็นต้นทุนที่สูงในลำดับต้นๆของโรงพยาบาลเสมอ และนับวันค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามการขยายตัวทางธุรกิจของโรงพยาบาล ดังนั้นการลดภาระหรือลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการดำเนินธุรกิจโรงพยาบาล และผู้บริหารถือว่าเป็นพันธกิจหลักของหน่วยงานด้านบริหารงานวิศวกรรมของโรงพยาบาลที่ต้องหาวิธีการลดต้นทุนในด้านนี้ โดยการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ประหยัดจะพิจารณาเฉพาะข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์-ชั่วโมง:kW-h)เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอที่จะชี้วัดได้ว่าอาคารนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ อาทิเช่น โรงพยาบาลมีปริมาณคนไข้พักรักษาตัวในอาคารเพิ่มมากขึ้นย่อมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงมากขึ้น หรือในทางกลับกันถ้ามีการปริมาณคนไข้ลดลงหรือไม่มีกิจกรรมในการใช้อาคารโรงพยาบาลการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่น้อยอย่างแน่นอน ด้วยเหตุนี้ค่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถบอกได้ว่าอาคารใดที่มีการบริหารต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากัน ตัวชี้วัดการบริหารต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงควรพิจารณาจากค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าหรือบาทต่อหน่วยการใช้พลังงาน(Bath/kWh) ถ้าทำการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสม โดยทำการควบคุมการใช้โหลดทางไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละวัน ให้เป็นไปตามวิธีการลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าตามประเภทการเรียกเก็บค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง ก็จะสามารถปรับปรุงต้นทุนค่าพลังงานของโรงพยาบาลให้สามารถลดลงได้ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ภาควิชาสถาปัตยกรรม, 2550)

ค่าไฟฟ้ามีองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้ 1.ค่าพลังงานไฟฟ้าหรือหน่วยไฟฟ้า(Energy Charge) 2.ค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Demand Charge) 3.ค่าตัวประกอบกำลัง(Power Factor Charge) 4. ค่าต้นทุนแปรผัน(FT Charge) 5.ค่าบริการ(Service Charge) และ 6.ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม(Vat) ซึ่งการคำนวณค่าไฟฟ้าในแต่ละประเภทจะมีวิธีคิดแตกต่างกันไปทั้งข้อมูลต้นทุนค่าไฟฟ้าและเวลาในการใช้กำลังงานไฟฟ้า แต่องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าคือปริมาณการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Peak Demand) และช่วงเวลาการใช้กำลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร ดังนั้นการนำข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา(Load Profile) มาวิเคราะห์ร่วมกันกับวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าตามประเภทต่างๆ จะช่วยในการปรับปรุงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานที่

ใช้ไปให้ลดลงได้อย่างมีหลักการ และเป็นเครื่องมือการบริหารจัดการต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารได้อีกวิธีหนึ่ง (การคิดค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ, 2561)

ดังนั้นจากความสำคัญและประโยชน์ที่ได้จากการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้น ในบทความนี้จึงทำการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพยาบาลวิภาวดี เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลาและหาแนวทางนำวิธีการคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานตามประเภทที่ทางอาคารโรงพยาบาลวิภาวดีถูกเรียกเก็บจากทางการไฟฟ้านครหลวง มาใช้บริหารจัดการต้นทุน พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการนำมาพัฒนาวิธีการประหยัดพลังงานเพื่อลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี

อาคาร โรงพยาบาลวิภาวดี ประกอบไปด้วยอาคารหลักจำนวน 4 อาคาร มีการใช้ไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ประเภท คือกลุ่มอาคาร 1,2 และ 3 ใช้ประเภท 4.1.2 กิจการขนาดใหญ่อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) ในกรณี Partial Peak มากกว่า On Peak ($PP > P$) และอาคาร 4 ใช้ประเภท 4.2.2 เป็นกิจการขนาดใหญ่ใช้อัตราตามช่วงเวลาการใช้ (TOU) ในกรณี On Peak มากกว่า Off Peak ($P > OP$) (การคิดค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ, 2561) โดยแต่ละประเภทมีวิธีคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(ไชยะ แซ่มซ้อย,2544) ดังนี้

2.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD)

อัตราตามช่วงเวลาของวัน(TOD) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าออกจากกัน โดยมีกรแบ่งแยกค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าให้มีอัตราที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของวันโดยช่วงเวลา 24 ชั่วโมงในแต่ละวันจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังนี้

1. ช่วง On Peak ระหว่างเวลา 18:30 - 21:30 น. ของทุกวัน
2. ช่วง Partial Peak ระหว่างเวลา 08:00 - 18:30 น. ของทุกวัน
3. ช่วง Off Peak ระหว่างเวลา 21:30 - 08:00 น. ของทุกวัน

และมีวิธีคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า(Bath/kWh) เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด แสดงดังสมการ

$$\frac{C}{E} = \frac{(DC_p \times P)}{E} + \frac{(DC_{pp}(PP-P))}{E} + EC \quad (\text{สำหรับ } PP > P) \quad (1)$$

เมื่อ	C	คือ ค่าไฟฟ้า (Bath)
	P	คือ ความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (kW)
	PP	คือ ความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Partial Peak (kW)
	DC_p	คือ อัตราค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (Bath/kW)
	DC_{pp}	คือ อัตราค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Partial Peak (Bath/kW)
	E	คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh)
	EC	คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (Bath/kWh)

จากสมการ(1) จะเห็นได้ว่าการทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(C/E) ที่ใช้ไปลดลงได้ โดยการปรับค่าตัวแปรที่สามารถควบคุมการใช้ภายในอาคารได้ คือ

1. ลดค่า PP (ค่า Peak Demand ในช่วงเวลา Partial Peak)
2. ลดค่า P (ค่า Peak Demand ในช่วงเวลา On Peak)

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าออกจากกัน โดยมีการแบ่งแยกค่าพลังงานไฟฟ้าให้มีอัตราที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของวัน หรือตามช่วงเวลาของการใช้ โดยแบ่งเวลาในแต่ละสัปดาห์ออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

1. ช่วง On Peak ระหว่างเวลา 09:00 - 22:00 น. ของวันจันทร์ – ศุกร์
2. ช่วง Off Peak ระหว่างเวลา 22:00 - 09:00 น. ของวันจันทร์ – ศุกร์

00:00 - 24:00 น. ของวันเสาร์ – อาทิตย์และวันหยุดราชการ

และมีวิธีคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า(Bath/kWh) เมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด แสดงดังสมการ

$$\frac{C}{E} = \frac{(DC \times P)}{E} + \frac{(EC_p \times E_p)}{E} + \frac{(EC_{op} \times E_{op})}{E} \quad (\text{สำหรับ } P > OP) \quad (2)$$

เมื่อ	C	คือ ค่าไฟฟ้า (Bath)
	DC	คือ อัตราค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Bath/kW)
	E	คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปทั้งเดือน (kWh)
	E_p	คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak (kWh)
	E_{op}	คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในช่วง Off Peak (kWh)
	EC_p	คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak (Bath/kWh)
	EC_{op}	คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Off Peak (Bath/kWh)
	P	คือ ความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (kW)

จากสมการ(2)จะเห็นได้ว่าการทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(C/E) ที่ใช้ไปลดลงได้ โดยการปรับค่าตัวแปรที่สามารถควบคุมการใช้ภายในอาคารได้ คือ

1. ลดค่า P (ค่า Peak ในช่วงเวลา On Peak)
2. ลดค่า E_p (ค่า หน่วย ในช่วงเวลา On Peak)
3. ลดค่า E_{op} (ค่า หน่วย ในช่วงเวลา Off Peak)

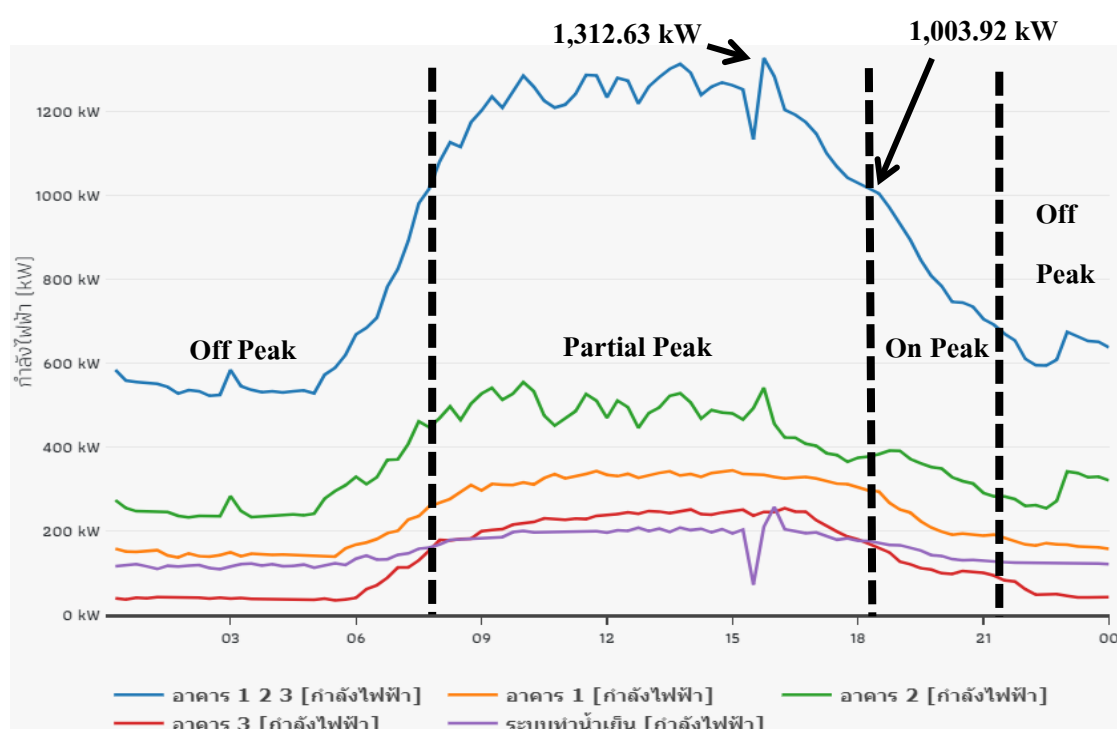
3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน(Load Profile) ของอาคาร

ทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานจำนวน 30 วัน โดยที่กลุ่มอาคาร 1,2 และ 3 ดำเนินการระหว่างวันที่ 16 มกราคม 2561 ถึง วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561 และอาคาร 4 ดำเนินการระหว่างวันที่ 17

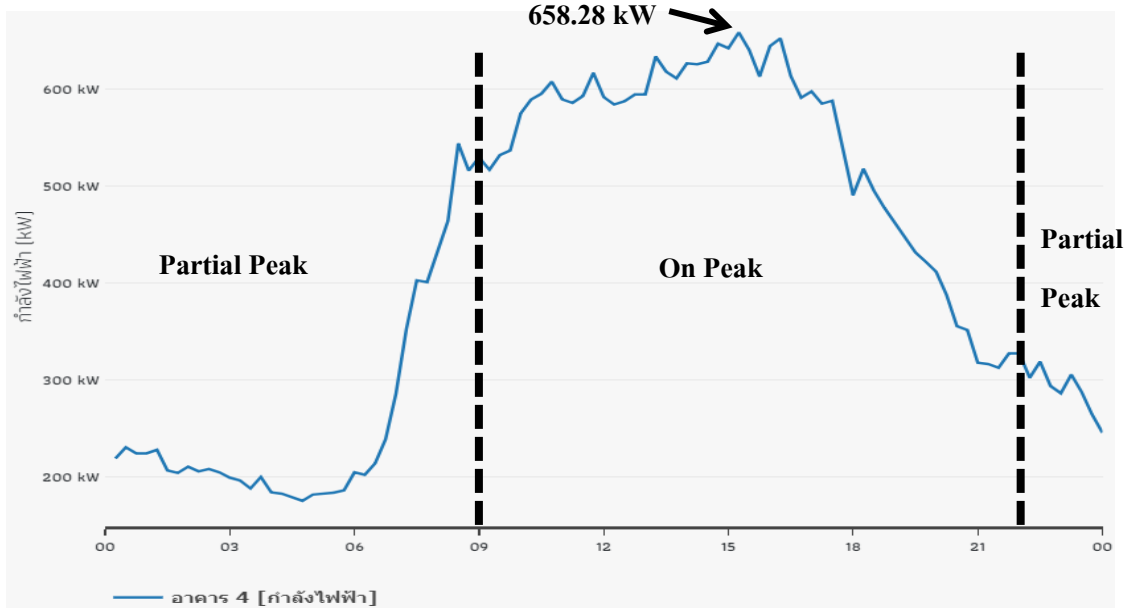
มีนาคม 2561 ถึงวันที่ 15 เมษายน 2561 ซึ่งในการวิเคราะห์แบ่งเป็น 2 ส่วน คือการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุง 15 วัน และการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานหลังการปรับปรุงเพื่อให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(C/E) ที่ใช้ไปลดลงอีก 15 วัน ซึ่งผลการนำข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา(Load Profile) ซึ่งได้มาจากเครื่องบันทึกค่าการใช้กำลังงานไฟฟ้า(ENRES) ภายในอาคาร โรงพยาบาลวิภาวดีมีผลดังนี้

อาคาร 1,2 และ 3 ประเภทอัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) มีผลการใช้กำลังงานสูงสุด ในวันที่ 30 มกราคม 2561 โดยมีข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Partial Peak(PP) เกิดขึ้นที่เวลา 15:30 น. ใช้กำลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1,312.63 kW ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak(P) เกิดขึ้นที่เวลา 18 : 30 น. ใช้กำลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1,003.92 kW ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้า(Load Profile) อาคาร1,2และ3 ณ.วันที่ 30 มกราคม 2561

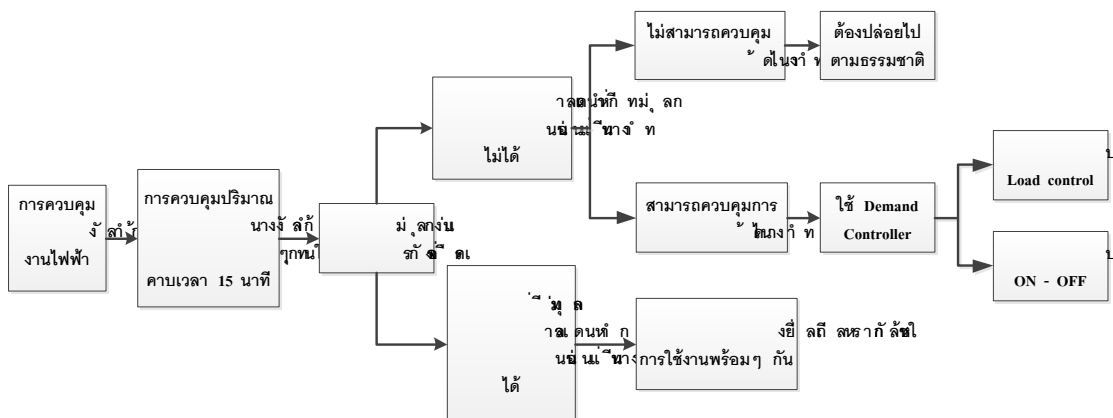
อาคาร 4 ประเภทอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) มีผลการใช้กำลังงานสูงสุดในวันที่ 19 มีนาคม 2561 โดยมีข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (P) เกิดขึ้นที่เวลา 15:15 น. ใช้กำลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 658.28 kW ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้า(Load Profile) อาคาร4 ณ.วันที่ 19 มีนาคม 2561

3.2 แนวทางในการดำเนินการลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน

จากการวิเคราะห์สมการ(1)และ(2) จะเห็นได้ว่า การทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(C/E) ลดลงนั้น สามารถดำเนินการปรับปรุง จากการลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดของอาคารในช่วง On peak และในช่วง Partial Peak โดยทำการสำรวจเครื่องจักรที่ใช้กำลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่ทำให้เกิด Peak Demand และทำการแบ่งเครื่องจักรเป็น 2 กลุ่มคือ 1.เครื่องจักรที่มีการกำหนดเวลาทำงานที่แน่นอน ให้ทำการหลีกเลี่ยงการใช้งานพร้อมๆ กัน เพื่อลดการใช้กำลังงานไฟฟ้ารวมของอาคาร 2.เครื่องจักรที่ไม่สามารถกำหนดเวลาทำงานที่แน่นอน ให้หาเครื่องจักรที่สามารถควบคุมการใช้งานและสามารถลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าลงได้ ตามขั้นตอนการควบคุมการใช้กำลังงานดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงแนวทางในการควบคุมกำลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร

4.ผลการดำเนินงาน

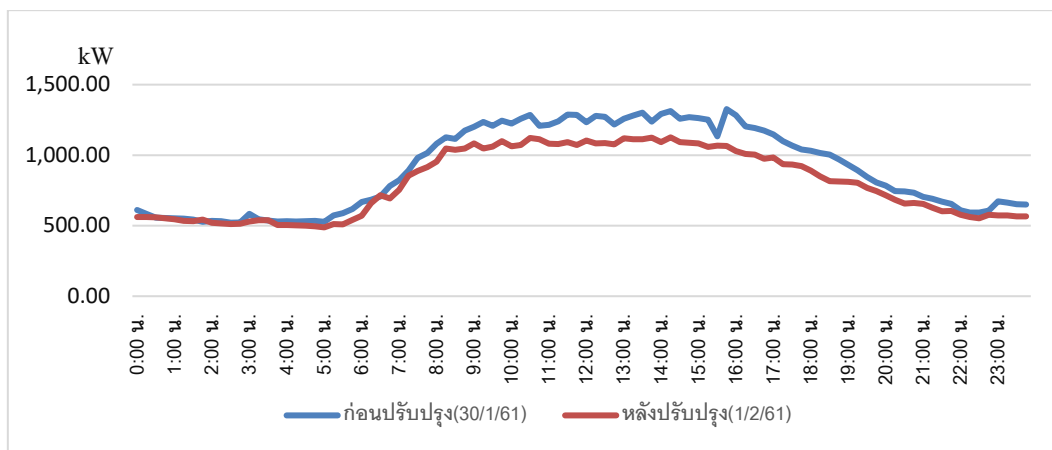
เมื่อดำเนินการสำรวจเครื่องจักรภายในอาคารโรงพยาบาลวิภาวดี และดำเนินการวิเคราะห์หาแนวทางในการดำเนินการลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน ได้ดังนี้

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) อาคาร 1,2 และ 3

- การลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ในช่วงเวลา Partial Peak โดยทำการเพิ่มอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์(Chiller) ให้สูงขึ้นจากปกติ 1-2 องศา และปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน(Split Type) บางตัวที่ไม่จำเป็นออกหรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นในช่วงเวลา 13:45 – 15:45 น. แต่ต้องให้มีผลกระทบต่อผู้ใช้น้อยที่สุด โดยการเก็บข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดสามารถลดการใช้ในช่วง Partial Peak จาก 1,312.63 kW เป็น 1,126.17 kW ลดลง 186.46 kW

- การลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Peak Demand) ในช่วงเวลา On Peak โดยปรับการทำงานของปั๊มน้ำประปา ให้ทำงานก่อนช่วงเวลา On Peak คือกำหนดให้ทำงานในเวลา 17:45 – 18:20 น. เพื่อปั๊มน้ำประปาเข้าถึงเก็บน้ำบนอาคารให้เต็มก่อนถึงช่วงเวลา On Peak และทำการเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องทำน้ำเย็น(Chiller) ให้มีค่าสูงขึ้นจากปกติ 2-3 องศา และปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนบางตัวที่ไม่จำเป็นออก ในช่วงเวลา 18:15 -19:00 น. โดยต้องไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งานในอาคาร ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานในช่วง On Peak จาก 1,003.92 kW เป็น 815.83 kW ลดลง 188.09 kW

ซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบการบันทึกการใช้กำลังงานไฟฟ้า ก่อนปรับปรุงและหลังดำเนินการมาตรการเพื่อลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak และ Partial Peak ดังรูปที่ 4

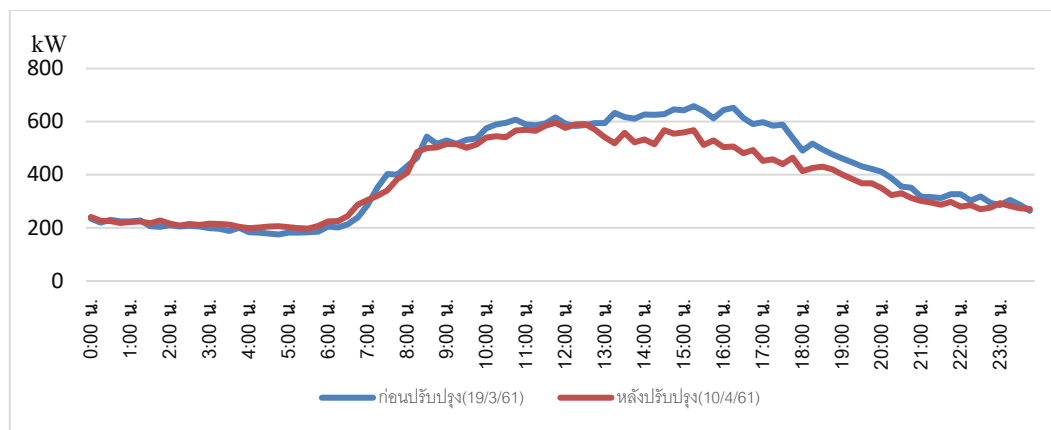


รูปที่ 4 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า(Load Profile)อาคาร 1,2 และ 3 ก่อนและหลังการปรับปรุง

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOU) อาคาร 4

- การลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Peak Demand) ในช่วง On Peak โดยทำการหยุดการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน(Split Type) บริเวณทางเดินที่ไม่จำเป็นออก หรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น ในช่วงเวลา 14:30 -15:45 น. โดยต้องไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งานในอาคาร สามารถลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak จาก 658.28 kW เป็น 565.88 kW สามารถลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ 92.40 kW

ซึ่งสามารถแสดงการเปรียบเทียบการบันทึกการใช้กำลังงานไฟฟ้า ก่อนปรับปรุงและหลังดำเนินการมาตรการเพื่อลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak และ Partial Peak ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า(Load Profile)อาคาร 4 ก่อนและหลังการปรับปรุง

4.3 การคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า(Bath/kWh)

เพื่อทำการประเมินผลจากการปรับปรุงลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา Partial Peak และช่วงเวลา On Peak ของกลุ่มอาคารที่ 1,2 และ 3 และ ช่วงเวลา On Peak ในอาคารที่ 4 ตามรายละเอียดดังหัวข้อ 4.2 สามารถคำนวณหาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้า(C/E : Bath/kWh) เปรียบเทียบผลระหว่างกรณีใช้กำลังงานไฟฟ้าปกติ กับกรณีดำเนินการปรับลดการใช้กำลังงาน ตามข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนนั้นๆ แสดงผลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการคำนวณค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(C/E)

อาคาร 1 2 และ 3 ระบบTOD กรณี PP > P				อาคาร 4 ระบบTOU กรณี P > OP			
ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
DC _p	285.05	DC _p	285.05	DC	132.93	DC	132.93
DC _{PP}	58.88	DC _{PP}	58.88	EC _p	4.21	EC _p	4.21
EC	3.17	EC	3.17	EC _{OP}	2.63	EC _{OP}	2.63
FT	- 0.159	FT	- 0.159	FT	- 0.16	FT	- 0.16
ค่าบริการ	312.24	ค่าบริการ	312.24	ค่าบริการ	312.24	ค่าบริการ	312.24
P	1,003.92	P	815.83	P	658.28	P	565.88
PP	1,312.63	PP	1,126.17	E _p	107,185.63	E _p	107,185.63
E	575,673.18	E	575,673.18	E _{OP}	148,061.14	E _{OP}	148,061.14
C	2,130,897.67	C	2,077,378.59	C	928,051.27	C	915,768.54
(+)ค่าบริการ	2,131,209.91	(+)ค่าบริการ	2,077,690.83	(+)ค่าบริการ	928,363.51	(+)ค่าบริการ	916,080.78
(+)ค่า FT	2,039,677.88	(+)ค่า FT	1,986,158.80	(+)ค่า FT	887,779.28	(+)ค่า FT	875,496.55
(+)ค่าภาษี 7%	2,182,455.33	(+)ค่าภาษี 7%	2,125,189.91	(+)ค่าภาษี 7%	949,923.83	(+)ค่าภาษี 7%	936,781.30
ค่าไฟฟ้ารวม (C)	2,182,455.33	ค่าไฟฟ้ารวม (C)	2,125,189.91	ค่าไฟฟ้ารวม (C)	949,923.83	ค่าไฟฟ้ารวม (C)	936,781.30
C/E	3.79	C/E	3.69	C/E	3.72	C/E	3.67
สามารถลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานได้			0.099	สามารถลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานได้			0.051
สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้			57,265.42	สามารถลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้			13,142.52

ข้อมูลจากการคำนวณ สามารถแสดงให้เห็นว่าการลดการใช้กำลังงานไฟฟ้าสูงสุด(Peak Demand) ตามวิธีการที่สามารถทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าลดลงได้ สามารถทำให้โรงพยาบาลมีผลการลดค่าบาทต่อหน่วยไฟฟ้า(C/E) รวมกันทั้ง 2 ประเภทค่าไฟฟ้า เป็นจำนวน 0.15 Bath/kWh หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ในเดือนนั้น เท่ากับ 70,407.94 บาท ซึ่งพิจารณาหน่วยค่าไฟฟ้าในรอบหนึ่งปี ทางโรงพยาบาลจะใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 9,514,750 kWh/year (โรงพยาบาลวิภาวดี ฝ่ายงานวิศวกรรม, 2561) ถ้าโรงพยาบาลสามารถลดการดำเนินการตามวิธีการดังกล่าวและสามารถทำให้มีผลประหยัดต้นทุนบาทต่อหน่วยไฟฟ้าอยู่ที่ 0.15 Bath/kWh จะสามารถทำให้เกิดผลประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายรวมในรอบปีเป็น 0.15 Bath/kWh x 9,514,750 kWh/year เท่ากับ 1,427,215.50 บาท/ปี

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินการบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการวิเคราะห์หาแนวทางการลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงาน(C/E : Bath/kWh) ร่วมกับการศึกษาข้อมูลการใช้กำลังงานไฟฟ้า (Load Profile) กรณีศึกษาโรงพยาบาลวิภาวดี โดยอาคารของโรงพยาบาลวิภาวดีประกอบไปด้วยอาคารทั้งหมด 4 อาคาร ประกอบด้วยกลุ่มอาคาร 1,2 และ 3 มีการใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทตามช่วงเวลาของวัน (TOD) ซึ่งสามารถลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานด้วยวิธีการลดกำลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ในช่วงเวลา Partial Peak และ On Peak จากการลดการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์(Chiller) ,เปิดการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน(Split Type) บางตัวที่ไม่จำเป็นออก และ ปรับเปลี่ยนเวลาในการใช้งานปั๊มน้ำขึ้นสู่ตัวอาคาร มีผลทำให้สามารถลดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าลงไปได้ 0.099 Bath/kWh และ อาคาร 4 มี

การใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ซึ่งสามารถลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานด้วยวิธีการลดค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ในช่วงเวลา On Peak จากการหยุดการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) บริเวณทางเดินที่ไม่จำเป็นออก หรือเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นในช่วงเวลา 14:30 - 15:45 น. สามารถลดค่าต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าลงไปได้ 0.051 Bath/kWh ทำให้โรงพยาบาลมีผลการลดค่าบาทต่อหน่วยไฟฟ้า (C/E) รวมกันทั้ง 2 ประเภทค่าไฟฟ้า เป็นจำนวน 0.15 Bath/kWh หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ในเดือนนั้น เท่ากับ 70,407.94 บาท หรือเมื่อเทียบจากหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี จะสามารถทำให้เกิดผลประหยัดค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายรวมในรอบปีเท่ากับ 1,427,215.50 บาท/ปี ซึ่งผลที่ได้จากการดำเนินงานเป็นประโยชน์กับแนวทางการบริหารจัดการด้านพลังงานในโรงพยาบาล โดยสามารถใช้วิธีการนี้ไปใช้ควบคุมการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางที่ใช้ในการพัฒนาการปรับปรุงการใช้พลังงานของอาคารต่อไปในอนาคต

6. รายการอ้างอิง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรม.

2550. “รายงานโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ (SEC) อาคารประเภทโรงพยาบาล”, กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน

การคิดค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ. (ออนไลน์).2016.แหล่งที่มา <https://www.mea.or.th/aboutelectric/116/280/form/11>
(2 ตุลาคม 2561)

ไชยะ แซ่มซ้อย. 2544. “คู่มือการลดค่าไฟฟ้า”, กรุงเทพฯ : เอ็มแอนด์ดี

โรงพยาบาลวิภาวดี ฝ่ายงานวิศวกรรม. 2561. “รายงานการจัดการพลังงานอาคารโรงพยาบาลวิภาวดี ประจำปี 60”, กรุงเทพฯ:โรงพยาบาลวิภาวดี

การวิเคราะห์ดัชนีเพื่อทำนายการบำรุงรักษาสำหรับระบบ PLC ผ่าน SCADA

Analysis of Predictive Maintenance Index for PLC System through SCADA

วนิดา เครือภู

สมชาย คำสัตย์

เพชร นันทวิวัฒนา

วิศวกร เองศรีธวัช

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: petch.na@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบสร้างระบบ SCADA และระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server สำหรับตรวจสอบความแม่นยำในการทำงานของระบบ PLC ในสภาพอุณหภูมิโดยรอบสูง (Ambient Temperature) โดยวิธีการทดสอบระบบ PLC Mitsubishi รุ่น FX3S จำนวน 2 เครื่องให้ PLC1 มีสภาพอุณหภูมิปกติที่ผู้ผลิตแนะนำ เปรียบเทียบค่าเอาต์พุตที่โปรแกรมคำสั่งในรูปแบบความถี่ (สัญญาณพัลส์ Duty Cycle 50%) ในย่าน 10 เฮิร์ต ตามลำดับ ให้กับ PLC2 ขณะทำงานที่ 30, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ตรวจสอบค่าอินพุตว่าตรงกับที่ PLC1 ส่งมาหรือไม่ นำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อสรุปด้วยวิธีทางสถิติ เพื่อกำหนดการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบแนวโน้มก่อนจะเกิดความผิดพลาดล่วงหน้าได้ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Wonderware Intouch ในการสร้างกราฟการทำงานจริงของระบบ PLC แสดงค่าพารามิเตอร์ ดัชนี และแสดงกราฟการทำงานแบบเรียลไทม์ ใช้เทคโนโลยีในการสื่อสาร OPC ด้วยซอฟต์แวร์ Kepware EX เพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ คือ PLC Mitsubishi FX3S จำนวน 2 เครื่อง และบอร์ด Arduino UNO เป็นอนาล็อกอินพุตรับค่าอุณหภูมิ และความชื้นจากเซนเซอร์ส่งมาที่ระบบ SCADA นำข้อมูลจากการทดสอบทั้ง 4 ครั้ง ครั้งละ 10 นาทีมาคำนวณใน Microsoft Excel ผลจากการวิเคราะห์พบว่า อุณหภูมิ และ โปรแกรมคำสั่งที่ความถี่โหลดให้ระบบ PLC (ความถี่) มีผลต่อความแม่นยำในการทำงานอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้ ช่วงอุณหภูมิโดยรอบการติดตั้งระบบ PLC ที่ 30 - 40 องศาเซลเซียส ระบบ PLC มีแนวโน้มการทำงานผิดพลาดตั้งแต่ 22% - 38% ช่วงอุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียส ทำงานผิดพลาดตั้งแต่ 29% - 51% และช่วงอุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส ทำงานผิดพลาดตั้งแต่ 29% - 58% จากการทดสอบที่ความถี่ 10, 20, 30 และ 40 เฮิร์ต พบว่าความถี่ต่ำที่สุดในการทดสอบมีค่าการทำงานผิดพลาด (Error) ต่ำกว่าความถี่ทั้งหมดที่ทดสอบ

คำสำคัญ: พีแอลซี, ระบบสกาดา, โพรโตคอลมอดบัส, ทำนายการบำรุงรักษา

ABSTRACT

This paper presents the SCADA and database managing system design using Microsoft SQL Server. The main objective is accuracy verification of PLC under high ambient temperature operation. Testing implementation with 2 unit of PLC Mitsubishi series FX3 S which PLC1 is setting up for normal operation recommended by manufacturing. Another one, PLC2 is operating under temperature control of 30, 40, 50 and 60 °C. In order to investigate how the ambient temperature impact on PLC, the output signal of PLCs with the same command in pulse rate of 10 Hz (50% duty cycle) are compared and analyzed. The OLE for process control (OPC) takes into the communication of the SCADA, PLCs and Arduino UNO interfaced with temperature sensor using the KepwareEX software. The results from 4 tests (10 min/test) demonstrate that temperature has a significant impact on the accuracy of PLC operation. The PLC systems tend to mis-operation from 22% to 38% errors of 30-40 °C ambient temperature. Also, the 29% to 51% errors occur at 40-50 °C and 29% to 58% errors at 50-60 °C. Finally, the minimum error occurs at a minimum frequency from all testing of 10, 20, 30 and 40 Hz.

KEYWORDS: PLC, SCADA, Protocol MODBUS, Predictive Maintenance

1. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

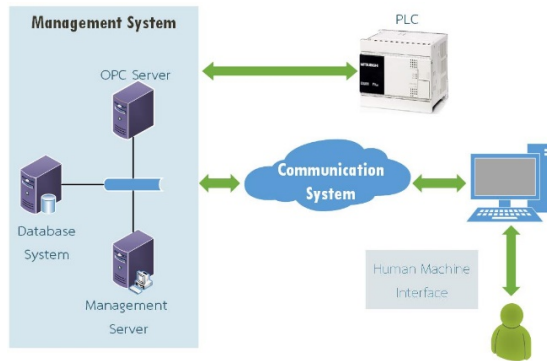
ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานออกแบบ สร้างระบบ SCADA ระบบจัดการฐานข้อมูล ที่ได้จากการทดสอบการทำงานจริงของระบบ PLC ที่อุณหภูมิรอบการติดตั้งสูงกว่าผู้ผลิตกำหนดนำไปสู่การวิเคราะห์หาระดับการแจ้งเตือนเพื่อทำนายการบำรุงรักษาระบบ PLC ผ่าน SCADA ประกอบด้วย SCADA, โพรโตคอลมอดบัส, PLC และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1.1 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) [1]

SCADA เป็นระบบการส่งข้อมูลในระยะไกลผ่านเครือข่ายเพื่อใช้การการตรวจสอบ เก็บข้อมูลและควบคุมกระบวนการผลิต สามารถแสดงผลสัญญาณจากตัววัดที่อยู่ในรูปแบบไฟฟ้า หรือพลังงานอื่นๆแปลงอยู่ในรูปข้อมูลที่เป็นตัวเลข เช่นแสดงผลบนจอภาพ เก็บข้อมูลไว้เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ

1.1.1 ส่วนประกอบของระบบ SCADA [2]

ระบบ SCADA ประกอบไปด้วยระบบย่อยหลายระบบเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของระบบ SCADA

โครงสร้างด้านการสื่อสาร (Communications) การสื่อสารระหว่าง Client/Server จะสื่อสารผ่านโปรโตคอลโดย Client จะติดต่อกับพารามิเตอร์หรือ Tag ภายใน Server ที่บริการข้อมูลด้วยรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามผู้ผลิตซึ่งในบทความนี้ใช้ PLC มีมาตรฐานการสื่อสาร คือ Modbus มาตรฐาน RS-485

ในการพัฒนาระบบ SCADA มีรูปแบบมาตรฐานการรับส่งข้อมูลเพื่อให้ SCADA กับ PLC ต่างยี่ห้อต้องใช้ซอฟต์แวร์กลางคือ OPC (OLE for Process Control) โดยจะรวมโปรโตคอลของ PLC ที่หลากหลายให้ติดต่อกันได้ สามารถแสดงบนกราฟิกที่ใช้ควบคุมเหมือนกับโรงงานจริงมากที่สุด นอกจากนี้ยังมีการสร้างให้สามารถติดต่อได้ผ่าน ODBC (Open Data Base Connectivity), DDE (Dynamic Data Exchange) เพื่อให้สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือทำการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลรูปแบบต่าง ๆ เช่น Microsoft SQL, Microsoft Excel

1.1.2 การแจ้งเตือนของระบบ SCADA [3]

การแจ้งเตือน (Alarm) เมื่อเกิดข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ระบบ SCADA ต้องมีการแจ้งเตือนให้ผู้ที่เกี่ยวข้องรับผิดชอบระบบ รับทราบและแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที รวมไปถึงการแจ้งเตือนในกรณีที่มีความเสี่ยงต่อการทำให้ระบบเสียหายอีกด้วย

1.2 โพรโทคอลมอดบัส (Protocol MODBUS) [4]

โพรโทคอลมอดบัส เป็น โพรโทคอลเพื่อสื่อสารข้อมูลอินพุต เอาต์พุต และรีจิสเตอร์ภายใน PLC โพรโทคอลมอดบัสเป็นการสื่อสารข้อมูลในลักษณะ Master/Slave ซึ่งเป็นการสื่อสารจากอุปกรณ์แม่ข่าย (Master) เครื่องเดียว ไปยังอุปกรณ์ลูกข่าย (Slave) ได้หลายๆ เครื่องโดยสามารถกำหนดหมายเลขอุปกรณ์ได้สูงสุด 255 เครื่อง โดยมีลักษณะการส่งข้อมูล 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบแอสกี (ASCII) และข้อมูลแบบเลขฐานสอง (Binary) โพรโทคอลมอดบัสที่สื่อสารข้อมูลแบบเลขฐานสอง จะเรียก MODBUS RTU ซึ่งทั้ง 2 โหมดนี้มีความแตกต่างกันที่การกำหนดรูปแบบของชุดข้อมูลภายในเฟรม ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์จะเลือกใช้โหมดใดก็ได้แต่มีเงื่อนไขว่าอุปกรณ์ทุกตัวที่ต้องร่วมกันอยู่ในบัสหรือเครือข่ายเดียวกันจะต้องตั้งให้เลือกใช้โหมดเดียวกันทั้งหมด

1.3 PLC (Programmable Logic Controller) [5]

PLC เป็นเครื่องมือที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ การควบคุมขบวนการผลิตอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทจะมีการควบคุมแบบซีควีนซ์ (Sequence Control) [6] เนื่องจาก PLC ทำงานตามโปรแกรมที่ถูกป้อนไว้ก่อนในหน่วยความจำ ทำให้ PLC มีความอ่อนตัว สามารถ

นำไปใช้ควบคุมงาน ได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับผู้ใช้พัฒนาโปรแกรมที่ต้องการควบคุมตามลักษณะงาน ไม่ควรติดตั้ง PLC ในสภาพที่มีแสงแดดส่องโดยตรง มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0° C หรือสูงกว่า 55° C ถ้ามีอุณหภูมิสูงกว่า 60° C ควรติดพัดลมเป่าระบายความร้อน

1.3.1 โครงสร้างพื้นฐานของ PLC

PLC ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูลและหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับพีแอลซีขนาดเล็ก

- หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) หน่วยประมวลผลประกอบด้วยระบบไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) จะทำหน้าที่ในการประมวลผลทางลอจิก ทางคณิตศาสตร์ การจัดการข้อมูล และควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยรับข้อมูลอินพุตเข้ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory Unit) CPU จะทำการประมวลผลโปรแกรมตามโปรแกรมที่ผู้ใช้ป้อนเข้าไป และส่งผลนั้นไปสั่งให้อุปกรณ์เอาต์พุตภายนอกทำงาน

- ภาคนินพุตทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปเพื่อทำการประมวลผลสัญญาณอินพุตต่างๆ ที่เข้ามา

- หน่วยเอาต์พุต ภาคนินพุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาต์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ ส่วนของเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสถานะที่ได้จากการประมวลผลของซีพียู แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ [7]

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบการทำงานของระบบ PLC โดยใช้วิธีการหาข้อสรุปทางสถิติ คือ การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง เพื่อหาค่าตัวแทนของการทดสอบ ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย และวัดการกระจายของข้อมูลแบบ ความแปรปรวนและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Variance and Standard deviation) ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ความหมายดีที่สุด

สูตรค่าเฉลี่ย
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X}{N} \quad (1)$$

สูตรความแปรปรวน
$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X - \bar{X})^2}{N - 1} \quad (2)$$

สูตรความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

เมื่อ	X_i	แทนค่ากลุ่มตัวอย่าง
	\bar{X}	แทนค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
	N	แทนจำนวนข้อมูล
	S	แทนความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง
	S^2	แทนความแปรปรวนของตัวอย่าง

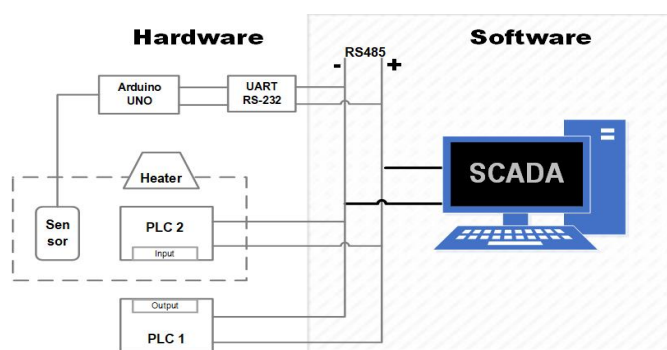
2. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการวิเคราะห์ดัชนีเพื่อทำนายการบำรุงรักษาระบบ PLC ผ่าน SCADA ได้ร่วมดำเนินงานกับโครงการสหกิจศึกษาหัวข้อ “การวิเคราะห์อุณหภูมิที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ PLC” เพื่อรับข้อมูล โปรโตคอลมอดบัส สำหรับตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ที่ส่งมาจากแบบจำลองการทำงานจริงของระบบ PLC จึงแบ่งโครงสร้างการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนดังแสดงไว้ในภาพที่ 2 แต่ละส่วนมีการดำเนินงานดังนี้

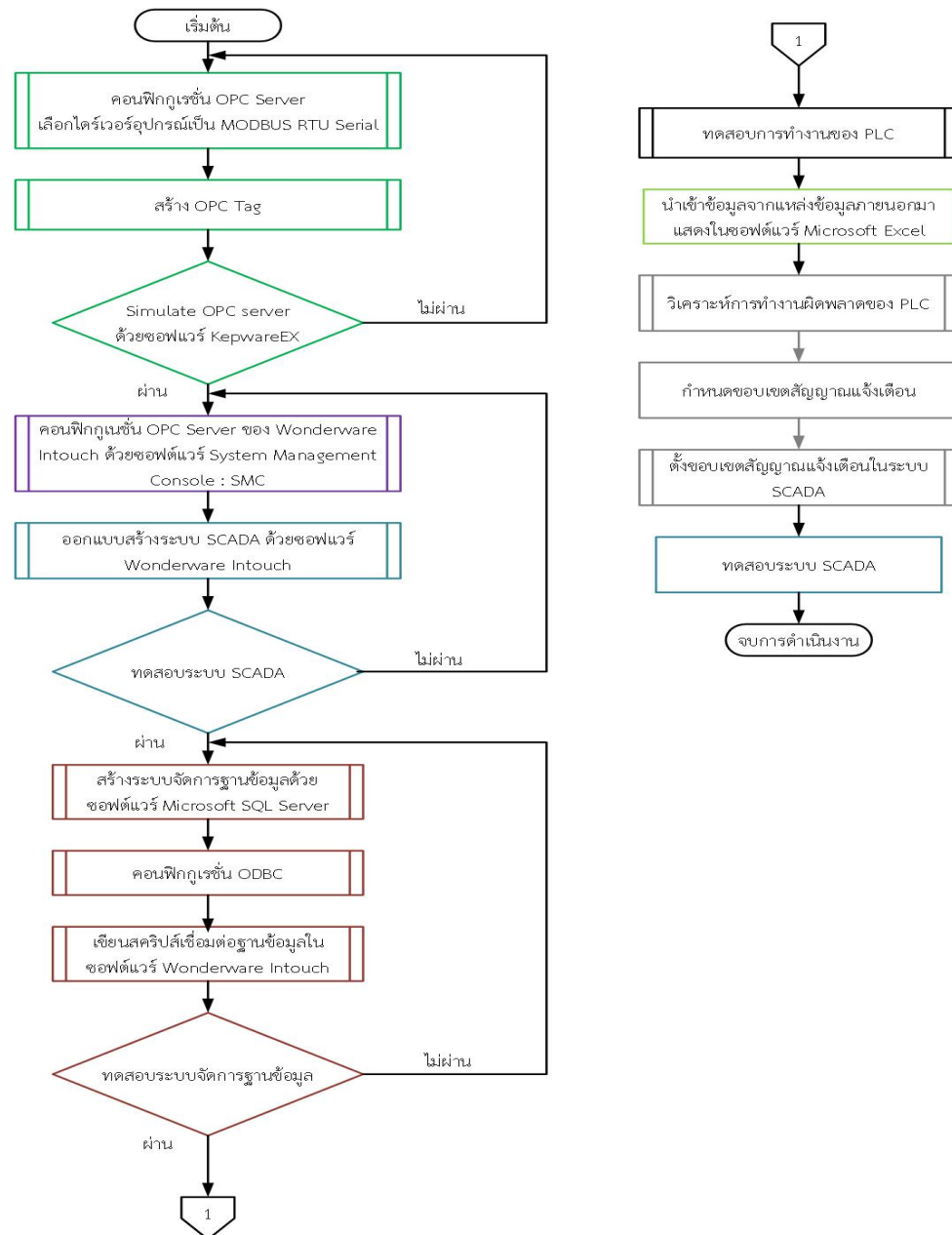
ส่วนที่ 1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในส่วนของฮาร์ดแวร์จะทำการสร้างเครือข่ายอุปกรณ์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานจริงของระบบ PLC เพื่อส่งค่าดัชนี คืออุณหภูมิและพารามิเตอร์ต่างๆมาที่ SCADA ประกอบด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อดังแสดงในภาพที่ 2 มีดังต่อไปนี้

- PLC Mitsubishi รุ่น FX3S จำนวน 2 เครื่องมีการสื่อสารผ่านทาง RS-485
- บอร์ด Arduino Uno ทำหน้าที่เป็นอนาล็อกอินพุต รับส่งค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นจากเซนเซอร์ที่สื่อสารผ่าน RS-232 แปลงเป็น RS-485

ส่วนที่ 2 ซอฟต์แวร์ (Software) ในส่วนของซอฟต์แวร์จะสร้างระบบ SCADA สำหรับแสดงผล ตรวจสอบ และเก็บค่าดัชนีรวมถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แนวโน้มการทำงานของระบบ PLC ที่อุณหภูมิสูงขึ้นว่าส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ PLC อยู่ในช่วงใด เพื่อนำไปสู่การทำนายผ่านระบบ SCADA แสดงดัชนีขั้นตอนการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งการดำเนินงานจะเน้นอธิบายในส่วนซอฟต์แวร์เป็นหลัก



ภาพที่ 2 แสดงการออกแบบ โครงสร้างการดำเนินงานระหว่างส่วนฮาร์ดแวร์ กับซอฟต์แวร์

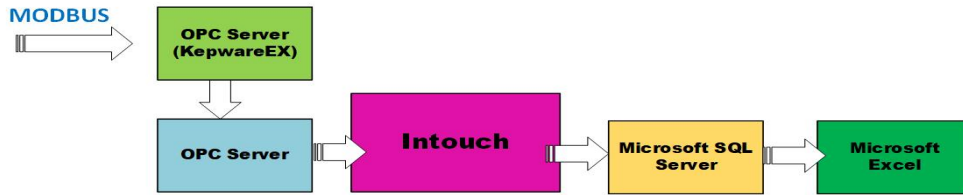


ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานจะมีการออกแบบและสร้างระบบ SCADA สร้างระบบจัดการฐานข้อมูล ทำการทดสอบการทำงานจริงของระบบ PLC ส่งออกฐานข้อมูลจากจากซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server ไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติในซอฟต์แวร์ Microsoft Excel แล้วจึงกำหนดขอบเขตสัญญาณแจ้งเตือน ในระบบ SCADA และสุดท้ายจึงทำการทดสอบระบบอีกครั้ง

2.1 การสร้างระบบ SCADA โดยใช้โปรแกรม Wonderware Intouch ต้องเชื่อมต่อผ่าน OPC server ด้วยซอฟต์แวร์ชื่อ KepwareEX เพื่อรับข้อมูลอนุกรมมอดบัส จากแบบจำลองการทำงานจริงของระบบ PLC

2.2 การกำหนดคอนฟิกูเรชัน มีขั้นตอนหลักๆดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงลำดับการคอนฟิกูเรชันซอฟต์แวร์สร้างระบบ SCADA ผ่าน โปรโตคอลมอดบัส

(1) กำหนดค่าพารามิเตอร์หรือ Tag ให้กับอุปกรณ์ PLC Mitsubishi รุ่น FX3S และบอร์ด Arduino มีการควบคุมผ่านระบบการสื่อสารแบบ Ethernet ที่จะนำไปแสดงผลด้วยกราฟิก โดยใช้ KepwareEX เลือกไดรเวอร์ของอุปกรณ์เป็น MODBUS RTU serial ทำการสร้าง Tag ตั้งค่าอันดับ ตำแหน่งแอดเดรสที่ใช้ใช้งาน ชนิดของพารามิเตอร์ให้ตรงกับตำแหน่งอินพุต หรือเอาต์พุตของ PLC ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางค่าพารามิเตอร์ที่สื่อสารโปรโตคอลมอดบัส

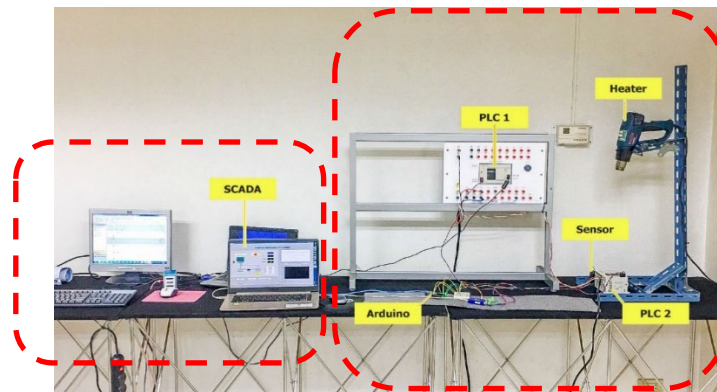
Chanel	Node	ชื่อ Tag	คำอธิบาย	ID	ลำดับคำสั่ง	ตำแหน่งแอดเดรส
1	PLC1	D100	ค่าเอาต์พุตของ PLC1	1	03	300101
		Freq.	ค่าความถี่	1	03	300103
	PLC2	D101	ค่าเอาต์พุตของ PLC2	2	03	300102
	Arduino	Temp1	ค่าอุณหภูมิ (°C)	3	04	300001
		Humidity	ค่าความชื้น	3	04	300002

(2) โปรแกรม Wonderware Intouch ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ System Management Console (SMC) เป็นการจัดการ Tag เพื่อเลือกเชื่อมต่อของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับ จัดเก็บค่าการทำงานจริงจาก PLC และ Arduino

(3) สร้างกราฟิกแสดงระบบจำลองการทำงานจริงของ PLC แสดงดังภาพที่ 6 เพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ที่กำหนด โดย SCADA Server จะทำหน้าที่จัดการข้อมูล RTDB (Real Time Data Base)

(4) การติดต่อกับฐานข้อมูลภายนอกของซอฟต์แวร์ SCADA ต้องผ่าน ODBC (Open Data Base Connectivity) เลือกฐานข้อมูล ตารางเซิร์ฟเวอร์ ใน SQL โดยการเขียนฟังก์ชันสคริปต์ส่งพารามิเตอร์ทุก 1 วินาที

(5) ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ PLC 2 ด้วยวิธีการตรวจสอบการรับคำสั่งในรูปแบบความถี่เพิ่มขึ้น 10 เฮิร์ต ภายในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นใช้เครื่องเป่าลมร้อน (Heater) เพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเพิ่มความถี่เป็น 20, 30 และ 40 เฮิร์ต ทำการทดสอบลักษณะเดียวกับที่ความถี่ 10 เฮิร์ต แสดงการการทดสอบประสิทธิภาพของ PLC ดังภาพที่ 5 ในขณะเดียวกัน SCADA เก็บค่าการทดสอบทุกๆ 1 วินาที ได้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้วิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพการทำงานของ PLC ได้อย่างสมบูรณ์



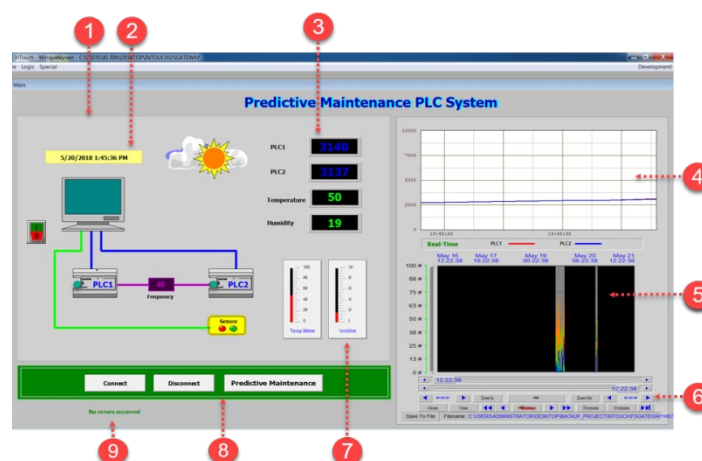
ภาพที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ PLC ภายในอุณหภูมิสูง

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างระบบ SCADA สำหรับรับข้อมูลโปรโตคอลมอดบัส สร้างฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บค่าดัชนี ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบ และวิเคราะห์ดัชนีเพื่อทำนายการบำรุงรักษาระบบ PLC ผ่าน SCADA ได้จัดลำดับผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

3.1 ผลการออกแบบและสร้างระบบ SCADA สำหรับรับข้อมูลโปรโตคอลมอดบัส

การออกแบบและสร้างระบบ SCADA สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ทางฝั่งฮาร์ดแวร์ต้องคอนฟิกยูเรชั่นซอฟต์แวร์ทั้ง 5 โปรแกรมเพื่อให้ได้ระบบ SCADA ที่มีความสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงกราฟิกระบบ SCADA ขณะติดต่อกับ PLC Mitsubishi FX3S รับค่าแบบเรียลไทม์

ส่วนที่ 1 แสดงการทำงานจริงในการทดสอบการทำงานของระบบ PLC

ส่วนที่ 2 แสดงเวลาขณะทดสอบ

ส่วนที่ 3 ส่วนแสดงค่าเอาต์พุตของ PLC1 ค่าอินพุตของ PLC2 ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น

ส่วนที่ 4 แสดงกราฟการทำงานของ PLC แบบเรียลไทม์

ส่วนที่ 5 แสดงกราฟการทำงานของ PLC ที่ผ่านมา

ส่วนที่ 6 รูปแบบการเรียกดูกราฟการทำงานของ PLC ที่ผ่านมา

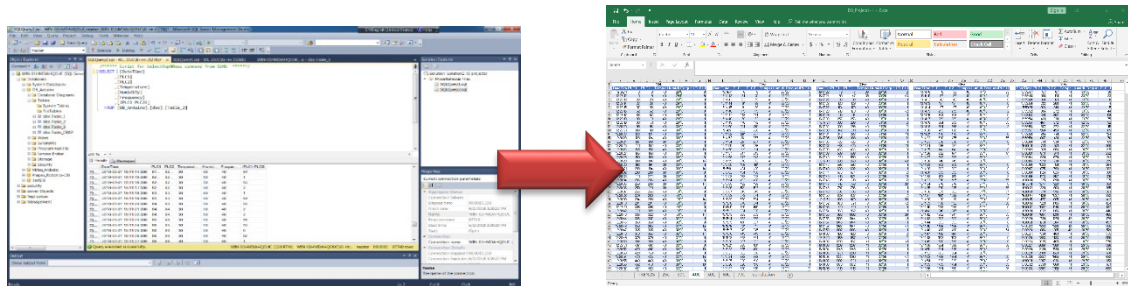
ส่วนที่ 7 มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น

ส่วนที่ 8 ปุ่มเปิด/ปิดการเชื่อมต่อข้อมูลไปเก็บไว้ใน Microsoft SQL Server

ส่วนที่ 9 แสดงสถานะการเชื่อมต่อ ไปยังระบบจัดการฐานข้อมูล

3.2 ผลการสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลนำมาแสดงในซอฟต์แวร์ Microsoft Excel

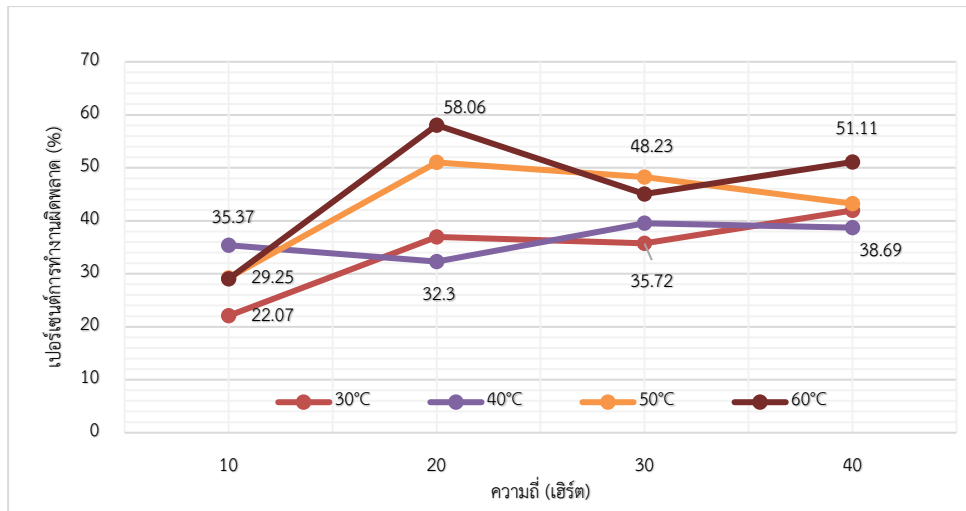
การสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าดัชนี และพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบการทำงานจริงของระบบ PLC ให้แสดงผลด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft Excel เรียงลำดับอุณหภูมิโดยรอบตั้งแต่ 30, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ดังในภาพที่ 7



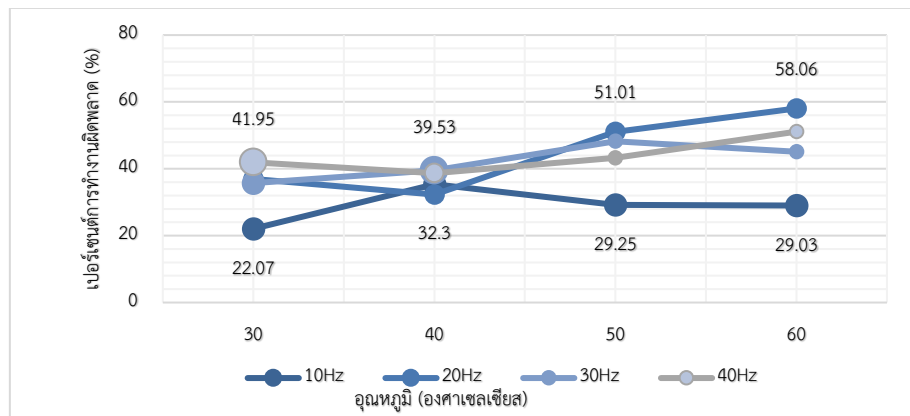
ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างผลการสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ Microsoft SQL Server และนำเสนอข้อมูลจากภายนอกมาแสดงในซอฟต์แวร์ Microsoft Excel

3.3 ผลการวิเคราะห์การทำงานผิดพลาดของระบบ PLC โดยพิจารณาความถี่

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบการทำงานจริงของระบบ PLC ณ เวลาที่ PLC1 ส่งสัญญาณความถี่ให้ PLC2 ค่าอินพุตของ PLC2 ต้องเท่ากับค่าเอาต์พุตของ PLC1 แต่จากการทดสอบไม่เป็นเช่นนั้น จึงแสดงค่าเปอร์เซ็นต์การทำงานผิดพลาด (Percent Error) ที่ความถี่ 10, 20, 30 และ 40 เฮิรตซ์ ดังภาพที่ 8 และภาพที่ 9



ภาพที่ 8 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์การทำงานผิดพลาดรวมของที่พิจารณา อุณหภูมิ 30, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 9 แนวโน้มเปอร์เซ็นต์การทำงานผิดพลาดรวมของที่พิจารณา ความถี่ 10, 20, 30 และ 40 เฮิร์ต

4. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบ PLC เป็นอุปกรณ์สำคัญในกระบวนการควบคุมอัตโนมัติ จำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำสูง จึงนำคุณสมบัติของระบบ SCADA มาใช้ในการตรวจสอบและทำนายการบำรุงรักษาระบบ PLC จากการสร้างระบบ SCADA สำหรับ แสดงผลค่าพารามิเตอร์ กราฟิกแอนิเมชันการทำงาน และสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลสำหรับเก็บค่าพารามิเตอร์แบบ Real-time ต้องใช้ซอฟต์แวร์ระบบทั้งหมด 5 ซอฟต์แวร์คือ KepwareEX, System Management Console, Wonderware Intouch, Microsoft SQL Server และ ODBC ระบบที่สร้างสามารถนำมาใช้งานเก็บข้อมูลการทดสอบ PLC ได้ตามวัตถุประสงค์

สรุปผลการวิเคราะห์

จากการทดสอบทดสอบ PLC Mitsubishi รุ่น FX3S พบว่าอุณหภูมิ และ โปรแกรมคำสั่งที่ดาวน์โหลดให้ระบบ PLC มีผลต่อความแม่นยำในการทำงานอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้

อุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นยิ่งส่งผลต่อการทำงานผิดพลาดดังนี้

- ช่วงอุณหภูมิโดยรอบการติดตั้งระบบ PLC ที่ 30 - 40 องศาเซลเซียส ระบบ PLC มีแนวโน้มการทำงานผิดพลาดตั้งแต่ 22% - 38%
- ช่วงอุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียส ระบบ PLC มีแนวโน้มการทำงานผิดพลาดตั้งแต่ 29% - 51%
- ช่วงอุณหภูมิ 50 - 60 องศาเซลเซียส ระบบ PLC มีแนวโน้มการทำงานผิดพลาดตั้งแต่ 29% - 58% จากการทดสอบที่ความถี่ 10, 20, 30, 40 และ 50 เฮิร์ต

ความถี่ จากที่ได้ทำการทดสอบความถี่ 10 เฮิร์ต คือความถี่ต่ำที่สุดในการทดสอบมีค่าการทำงานผิดพลาด (Error) ต่ำกว่าความถี่ทั้งหมดที่ทดสอบ

สรุปการทำการบำรุงรักษาระบบ PLC ผ่าน ระบบ SCADA

ในการทำการบำรุงรักษาระบบ SCADA จะนำค่าจากการค่าเฉลี่ยการทำงานผิดพลาดของระบบ PLC ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน มาประเมินควบคู่กับจำนวนครั้งการทำงานผิดพลาด เพื่อออกแบบแจ้งเตือน ให้ผู้ใช้ได้ทราบแนวโน้มการทำงานจากระบบ PLC

5. เอกสารอ้างอิง

รศ. สุเชียร เกียรติสุนทร. 2558. ระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม พีแอลซีกับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม.

สำนักพิมพ์, หน้า 88-100.

คอร์ดี สุกิม .2555. การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลแบบเวลาจริงสำหรับระบบ SCADA เพื่อใช้ใน

สถานีไฟฟ้าย่อย. มหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

กรวิษณ์ จันทอง .2553. การพัฒนาเชื่อมต่อ OPC (OLE for Process Control) สำหรับระบบ SCADA ในไฟฟ้า

สถานีย่อย. บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

นริศ เสริมปรุงสุข .2559. โปรโตคอลมอดบัสการสื่อสารไร้สายระยะใกล้ด้วยแสงที่มองเห็น มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยานิพนธ์

ภาณุ วิชระนฤมล .2550. การพัฒนาซอฟต์แวร์พีแอลซี สำหรับภาษา IL ตามมาตรฐาน IEC 61131-3. สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

Damrong Jintasirikool **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER AND CONTROL 3120-210.** Rev.0

Rayong Technical Collage

รศ.ล้วน ลายยศ และ รศ.อังคณา ลายยศ. 2540. สถิติวิทยาทางการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ สุวีริยา สาส์น, หน้า 52-115.

การวิเคราะห์กำลังต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างที่มีผนังก่ออิฐแบบมีช่องเปิด
บางส่วนเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์และตะแกรงเหล็กฉีก
Seismic Analysis of Partial Opening Masonry Infilled Frame Strengthening with
Ferrocement and Expanded Metal

ศักดิ์ดา ชมภูยงค์¹

ไพบุลย์ ปัญญาคะโป²

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: sakda1263@gmail.com

²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: phaiboon.pa@spu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์กำลังต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างอาคารเรียนที่มีการก่อผนังเพียงบางส่วน ซึ่งมีการติดตั้งหน้าต่างขนาดใหญ่ และการเสริมกำลังเสา คานและผนังก่ออิฐด้วยเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก โดยเสนอแบบจำลองค้ำยันเทียบเท่าเพื่อการคำนวณกำลังต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างที่มีผนังก่ออิฐแบบมีช่องเปิดบางส่วน โครงสร้างอาคารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จำลองจากโครงสร้างชั้นล่างเพียงช่วงเดียว ซึ่งเป็นรูปแบบทั่วไปของอาคารเรียนตามแบบมาตรฐานกระทรวงศึกษาธิการขนาดความสูง 3 ชั้น และวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลัดอาคารแบบวิฤกษ์ ด้วยรูปแบบการเคลื่อนที่เช่นเดียวกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยศึกษาขนาดของช่องเปิดร้อยละ 40 ของพื้นที่ผนังก่ออิฐ ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่ากำลังต้านทาน ค่าความเหนียว และค่าสตีเฟนสของโครงสร้างเสริมกำลังเทียบกับโครงสร้างเดิมมีค่าเพิ่มขึ้นคิดเป็น 47.37%, 31.51% และ 103.61% ตามลำดับ โครงสร้างผนังก่ออิฐบางส่วนที่มีการเสริมกำลัง มีกำลังต้านทานแรงกระทำด้านข้างใกล้เคียงกับแบบจำลองที่นำเสนอ นอกจากนี้ ยังพบว่า ผนังส่วนบนมีค่าแรงต้านทานสูงกว่าผนังส่วนล่าง เนื่องจากแรงกระทำทางด้านข้างมีการถ่ายแรงเข้าสู่ผนังส่วนบนมากกว่าผนังส่วนล่าง การวิบัติของผนังส่วนบนจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่าผนังส่วนล่าง

คำสำคัญ: ตะแกรงเหล็กฉีก, เฟอร์โรซีเมนต์, การเสริมกำลังต้านทานแผ่นดินไหว, ผนังก่อที่มีช่องเปิด

ABSTRACT

This paper presents the seismic analysis of partial opening masonry infilled frames with wide opening. The infilled frame which is composed of column, beam, and infill panel was strengthened with ferrocement and expanded metal. In this study, an equivalent strut model is proposed to calculate the seismic

capacity of the partial opening masonry infilled frame. A typical reinforced concrete frame which is a single span of the lower floor was selected from the 3storiesstandard school building according to Ministry of Education Thailand. Cyclic Pushover Analysis was conducted for the infilled frame with a laboratory type loading protocol. The infilled frameis composed of a wide opening located at the middle height of the framewith the opening sizeof 40% of the infill panel.It was found that the lateral strength, the displacement ductility and the initial stiffnessof the infilled frames with strengthening were increased up to 47.37%,2.43%and 103.61 % respectively, when they were compared with the existing frame. The proposed model predicted thelateral strength with a good accuracy when it was compared with the cyclic pushover analysis result. In addition, the strut force of the upper masonry panel was greater than that of the lower masonry panel due to the high lateral force transferring to the upper panel. This indicated that the upper masonry panel may experience greater damage than the lower panel.

KEYWORDS:expanded metal, ferrocement, strengthening, opening infilledframe.

1. บทนำ

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ.2557 ขนาด 6.3 ริกเตอร์ ศูนย์กกลางเกิดแผ่นดินไหวที่อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย ได้สร้างความเสียหายให้กับอาคารบ้านเรือนของผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บริเวณนั้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอาคารเรียนที่สร้างตามแบบมาตรฐานของกระทรวงศึกษาธิการ และไม่ได้มีการออกแบบให้สามารถรองรับแรงแผ่นดินไหวได้ พบว่าอาคารเรียนซึ่งมีผนังก่ออิฐบางส่วนความสูงประมาณ 1.0 เมตรตลอดช่วงความยาวระหว่างเสา โดยมีช่องเปิดหน้าต่างบานกระจกมีความสูงจากผนังก่ออิฐถึงใต้ห้องคานประมาณ 2.5เมตร ทำให้เสาที่ขนาดด้วยผนังก่ออิฐบางส่วนมีความยาวลดลงจากปกติ จึงเกิดการแตกร้าวเนื่องจากแรงเฉือนบริเวณตำแหน่งที่อยู่เหนือผนังก่ออิฐ เนื่องจากพฤติกรรมการวิบัติด้วยแรงเฉือนของเสาสั้น ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการเสริมกำลังแก่โครงสร้าง โดยเฉพาะเสาที่ติดอยู่กับโครงอาคารที่มีผนังก่ออิฐไม่เต็มแผงที่เว้นช่องเปิด

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา ได้มีการศึกษาพฤติกรรม โครงสร้างที่มีผนังช่องเปิด โดยNiyompanitpattana และ Wamitchai (2017) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของ โครงอาคารที่มีผนังช่องเปิดรูปแบบที่แตกต่างกันผลการทดสอบพบว่าผนังที่มีช่องเปิดตรงกลางจะมีกำลังต้านทานจากแรงค้ำยันสองแนว แบ่งออกเป็นสองส่วนจากช่องเปิด สำหรับแต่ละทิศทางการรับแรง ซึ่งแนวทแยงของแรงค้ำยัน จะมีแนวยาวจากมุมผนังบนลงมาจนถึงแนวผนังล่างทำมุมประมาณ 45 องศา Tasnimi และ Mohebkhab (2011) ได้ทำการทดสอบกำลังรับแรงด้านข้างของ โครงอาคารเหล็กที่มีผนังอิฐก่อแบบช่องเปิด พบว่าผลของช่องเปิดมีผลต่อกำลังรับแรง โดยตรง ซึ่งพื้นที่ช่องเปิดที่มากขึ้นมีผลทำให้กำลังรับแรงลดลงตามลำดับ เมื่อเทียบกับกำลังต้านทานของผนังทึบโพลีและอนุชาติ (2556) ได้ศึกษาการใช้ตะแกรงเหล็กฉีกขนาดที่แตกต่างกันร่วมกับวิธีเฟอร์โรซีเมนต์เพื่อเสริมกำลังผนังก่ออิฐ ทำการเสริมกำลังให้แก่ผนังทั้งสองด้านแล้วจึงทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดของปริซึมอิฐก่อและกำลังรับแรงเฉือนของผนังอิฐ ผลการศึกษาพบว่าการเสริมกำลังที่ผนังนั้น มีผลให้ผนังมีกำลังต้านทานที่เพิ่มขึ้นมากกว่าว่าผนังที่ไม่ได้กำลัง

สูงถึงร้อยละ 53.10 อีกทั้งยังพบว่าการเลือกใช้ตะแกรงเหล็กฉีก No.22 เสริมกำลัง ให้ผลต่อกำลังต้านทานที่เพิ่มขึ้นมากกว่าตะแกรงเหล็กฉีก No.23, XS-31 และ XS-32 Kazemi and Morshed (2005) ได้ทำการศึกษากำลังรับแรงเฉือนของเสาสั้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เสริมกำลังด้วยตะแกรงเหล็กฉีกร่วมกับวิธีเฟอร์โรซีเมนต์ ทำการทดสอบภายใต้แรงผลักแบบวัฏจักร ผลการศึกษาพบว่าเสามีกำลังรับแรงเฉือนและค่าความเหนียวที่มากกว่าเสาที่ไม่ได้เสริมกำลังถึง 5.5 เท่า จากผลงานวิจัยที่ผ่านมา การประยุกต์ใช้ตะแกรงเหล็กฉีกร่วมกับวิธีเฟอร์โรซีเมนต์ในการเสริมกำลังนั้น ยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษากำลังต้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างที่มีการเสริมกำลัง โครงอาคารและผนังอิฐก่อแบบมีช่องเปิดบางส่วน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีผนังก่อบางส่วนและมีการเสริมกำลังด้วยตะแกรงเหล็กฉีก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- ก) เสนอวิธีการเสริมกำลัง โครงสร้างที่มีผนังก่ออิฐแบบมีช่องเปิดบางส่วน ด้วยวิธีเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก
- ข) วิเคราะห์พฤติกรรมด้านทานแผ่นดินไหวของโครงสร้างที่มีผนังก่ออิฐแบบมีช่องเปิดบางส่วน ด้วยวิธีเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีกด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร

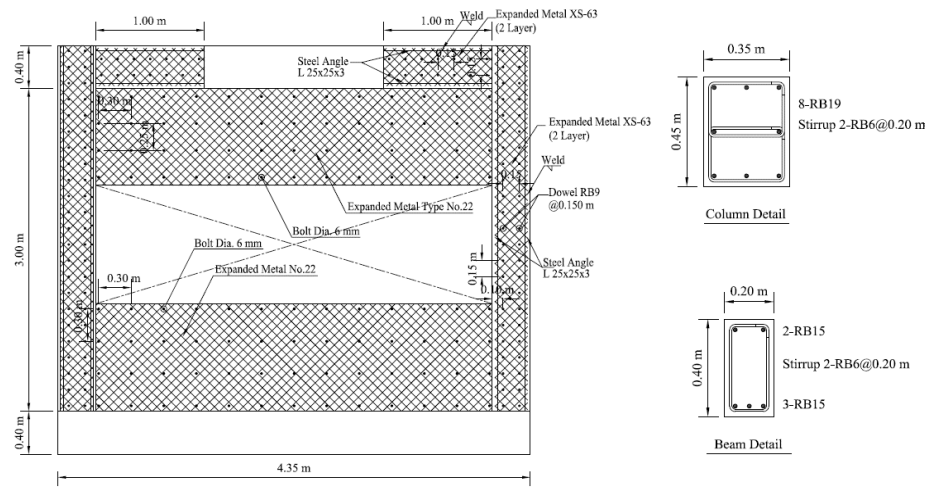
3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

แบบโครงสร้างอาคารที่ใช้อ้างอิง เป็นอาคารเรียน โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กตามแบบมาตรฐานของกระทรวงศึกษาธิการสูง 3 ชั้น โครงสร้างอาคารมีผนังอิฐก่อที่มีขนาดช่องเปิดประมาณ 40% ของพื้นที่ผนังก่ออิฐ ซึ่งถือว่าเป็นขนาดช่องเปิดหน้าต่างของอาคารเรียนทั่วไป การเสริมกำลังใช้เทคนิคเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก เสริมกำลังเสา คาน และผนังก่ออิฐ การคำนวณโครงสร้างที่มีผนังก่ออิฐแบบมีช่องเปิด ใช้แบบจำลองแรงค้ำยันเทียบเท่า (Equivalent Strut Model) และทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองแรงค้ำยันเทียบเท่าและวิธีการผลักแบบวัฏจักร (Cyclic Pushover Analysis)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

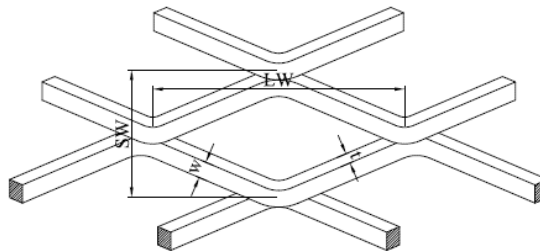
4.1 วิธีการเสริมกำลังโครงสร้างที่มีผนังแบบมีช่องเปิดบางส่วน

การเสริมกำลังเสาและคาน ใช้ตะแกรงเหล็กฉีกขนาด XS-63 โดยใช้ในการเสริมกำลัง โครงสร้างเปล่า ที่เสนอโดย Panyakapo, P. และคณะ (2017) สำหรับการเสริมกำลังผนังอิฐมอญใช้ตะแกรงเหล็กฉีก No.22 จำนวนหนึ่งชั้น ยึดติดเข้ากับผนังทั้งสองด้านด้วยพุกขนาด 6 มม. ทุกระยะ 30 ซม. และยึดตะแกรงเหล็กฉีกเข้ากับเสาด้วยขนาดพุกและระยะการยึดแบบเดียวกัน หลังจากนั้นจึงทำการฉาบปิดด้วยปูนมอร์ตาร์หนา 1.5 ซม. แสดงในรูปแบบที่ 1



รูปที่ 1 แบบการเสริมกำลังเสา คานและผนังก่ออิฐของโครงสร้างอาคารต้นแบบ

โครงสร้างเสาคานใช้คอนกรีตที่มีกำลังรับแรงอัดประลัย (f'_c) เท่ากับ 21.40 MPa ที่อายุ 28 วัน เหล็กเสริมคอนกรีต (Rebar) ในงานวิจัยนี้เป็นไปตามมาตรฐาน TIS.20-2543 Grade SR24 ซึ่งมีค่ากำลังคราก (F_y) ไม่น้อยกว่า 235 MPa และกำลังประลัย (F_u) ไม่น้อยกว่า 385 MPa ตะแกรงเหล็กฉีก (Expanded Metal) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน JIS G3351 Standard ซึ่งมีค่า กำลังคราก (F_y) และ ค่ากำลังประลัย (F_u) เท่ากับ 340 MPa และ 400 MPa ตามลำดับ



รูปที่ 2 ลักษณะของตะแกรงเหล็กฉีกตามมาตรฐาน JIS G 3351-1987 ชนิด EMS

ตารางที่ 1 ขนาดและคุณสมบัติของตะแกรงเหล็กฉีกตามมาตรฐาน JIS G 3351-1987 ชนิด EMS

ชนิดตะแกรงเหล็กฉีก	ช่วงความกว้างของรู (SW)	ช่วงความยาวของรู (LW)	ความหนา (t)	สัน (w)	น้ำหนักต่อแผ่น (ขนาดแผ่น 0.91x1.83 ม.)
	มม.	มม.	มม.	มม.	กก.
No.22	8.6	20	0.6	-	1.15
XS-63	34	76.2	4.5	4.5	16.12

กำลังอัดของปูนมอร์ต้าสำหรับงานเฟอร์โรซีเมนต์ที่มีอัตราส่วน 1:4.0 มีค่าเท่ากับ 4.90 Mpa ที่อายุ 28 วัน [อนุชาติ ลื่อนันต์ศักดิ์ศิริ 2555] กำลังรับแรงอัดปริซึม (f'_m) ของผนังก่ออิฐที่เสริมด้วยตะแกรงเหล็กฉีกแต่ละ

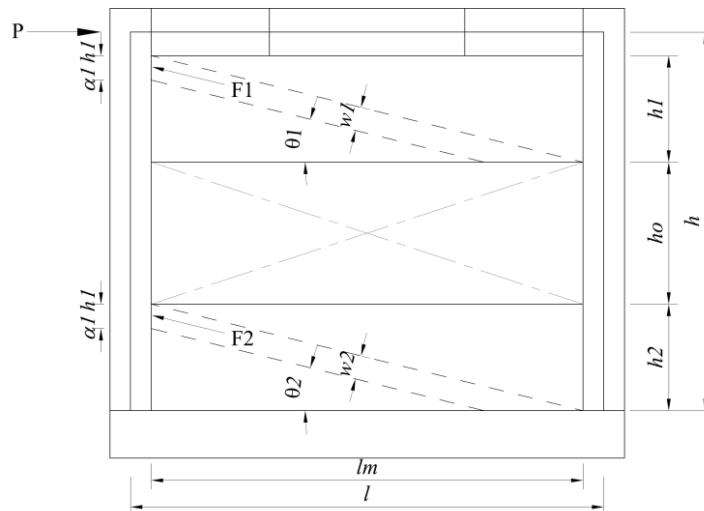
ชนิดได้จากการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C1314-07 โดยควบคุมความหนาของการฉาบเฟอร์โรซีเมนต์เท่ากับ 0.50 ซม. สัดส่วนของปูนก่อและฉาบใช้ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ทราช 2 ส่วน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดปริซึม (f'_m) ของผนังก่ออิฐที่เสริมด้วยตะแกรงเหล็กฉีกที่อายุ 28 วัน (อนุชาติและไพบูลย์ 2560)

ตัวอย่างทดสอบ	เสริมกำลังด้วยตะแกรงเหล็กฉีก	กำลังรับแรงอัดปริซึมผนัง (f'_m) N/mm ²
ผนังก่ออิฐ	-	7.0
ผนังก่ออิฐ	No. 22	9.0

4.2 แบบจำลองแรงค้ำยันสำหรับโครงสร้างที่มีช่องเปิด

ในการจัดทำแบบจำลองโครงสร้างที่มีผนังช่องเปิด ใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีช่องเปิดหน้าต่างแบบบานกว้างเต็มช่วงเสา เป็นโครงสร้างต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3 การเสริมกำลังเสาและคานใช้เทคนิคเฟอร์โรซีเมนต์ตามที่แสดงข้างต้น ผนังก่ออิฐแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนบนและส่วนล่างมีความสูง h_1 และ h_2 ตามลำดับ ส่วนกลางเป็นช่องเปิดหน้าต่างซึ่งมีความสูง h_0 ผนังอิฐทั้งสองส่วนมีการเสริมกำลังด้วยเทคนิคเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กฉีก



รูปที่ 3 แบบจำลองแรงค้ำยันสำหรับโครงสร้างที่มีช่องเปิด

ในการวิเคราะห์แรงภายในแผ่นผนัง จะใช้แบบจำลองแรงค้ำยันเทียบเท่า (Equivalent Strut Model) เพื่อจำลองพฤติกรรมการรับแรงของผนังทั้งสองส่วน เมื่อพิจารณาว่า รูปแบบการวิบัติของแผ่นผนังโดยทั่วไปเป็นแบบการแตกร้าวในแนวทแยงมุม แรงกระทำด้านข้างสูงสุด P คำนวณได้จากผลรวมของแรงต้านทานของโครงแปล่า R_{BF} และแรงต้านทานในแนวราบของผนังทั้งสองส่วน F_1 และ F_2 ดังนี้

$$P = R_{BF} + F_1 \cos \theta_1 + F_2 \cos \theta_2 \quad (1)$$

เมื่อ F_1 และ F_2 คือ แรงค้ำยันในแนวทแยงมุมสำหรับแผ่นผนังส่วนบนและแผ่นผนังส่วนล่าง ตามลำดับ คำนวณได้ดังนี้

$$F_1 = w_1 t f_a \quad (2)$$

$$F_2 = w_2 t f_a \quad (3)$$

เมื่อ f_a คือ หน่วยแรงที่ยอมรับของปริซึมอิฐ คำนวณได้จาก $f_a = 0.6 \phi f'_m$, $\phi = 0.65$, f'_m คือ กำลังอัดประลัยของปริซึมอิฐ t คือ ความหนาของแผ่นผนังอิฐ และ θ_1, θ_2 คือ มุมของแรงค้ำยันในแนวทแยงเทียบกับแนวราบสำหรับแผ่นผนังส่วนบนและแผ่นผนังส่วนล่าง ตามลำดับ

แรงค้ำยันของแผ่นผนังส่วนบนและแผ่นผนังส่วนล่างมีขนาดความกว้าง w_1 และ w_2 สมมติว่า หน่วยแรงที่กระทำต่อผิวสัมผัสระหว่างผนังอิฐและหน้าเสามีขนาดความกว้าง $\alpha_c h_1$ และ $\alpha_c h_2$ ตามลำดับ ตามที่เสนอโดย Saneinejad และ Hobbs (1995) ดังนั้น ขนาดความกว้างของแรงค้ำยันเทียบเท่า คำนวณได้ ดังนี้

$$w_1 = \alpha_c h_1 \frac{l_m}{\sqrt{h_1^2 + l_m^2}} = \alpha_c h_1 \cos \theta_1 \quad (4)$$

$$w_2 = \alpha_c h_2 \frac{l_m}{\sqrt{h_2^2 + l_m^2}} = \alpha_c h_2 \cos \theta_2 \quad (5)$$

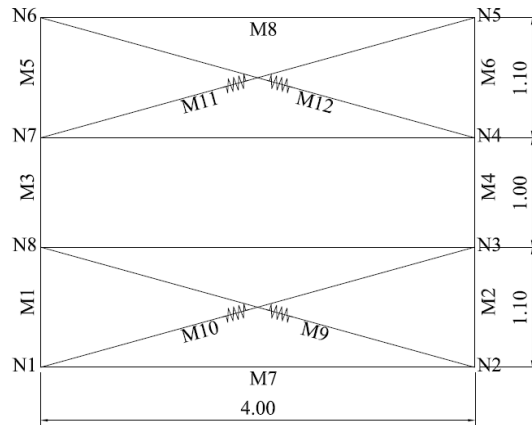
$$\alpha_c = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{2M_{pj} + 2\beta_c M_{pc}}{\sigma_c t}} \quad (6)$$

$$\sigma_c = \frac{f'_m}{\sqrt{1 + 3\mu^2 r^4}} \quad (7)$$

μ คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสโครงสร้างและผนังอิฐ, r คือ อัตราส่วนระหว่างความสูงและความยาวของโครงสร้าง ($r = h/l$), β_c คือ ตัวประกอบลดกำลังสำหรับเสา ซึ่งใช้ค่าเท่ากับ 0.2

4.3 การวิเคราะห์ด้วยวิธีการผลักแบบวัฏจักร (Cyclic Pushover Analysis)

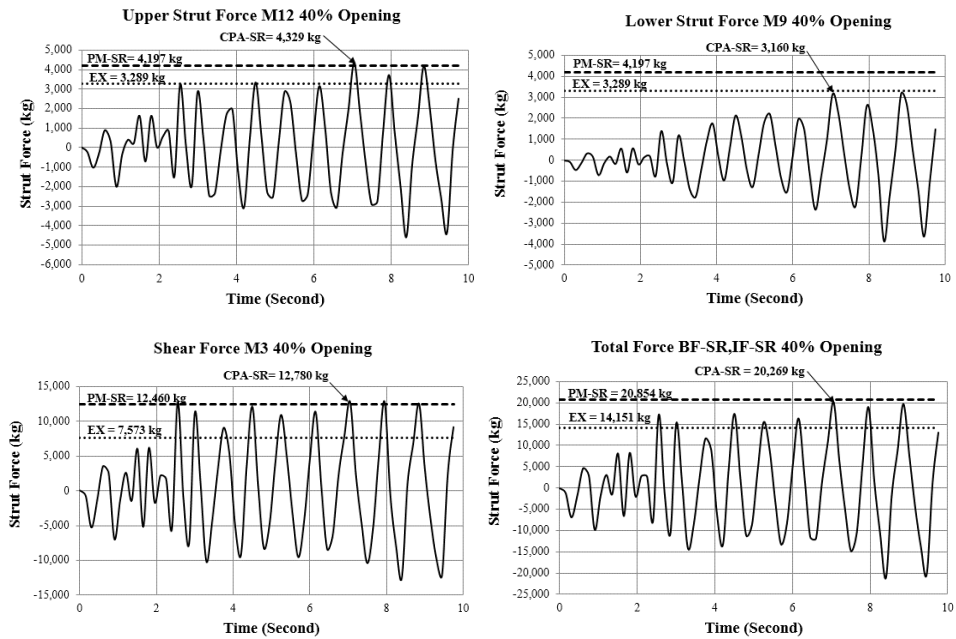
ในการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีผนังช่องเปิดภายใต้แรงกระทำแบบวัฏจักร ทำการจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรม RUAUMOKO (Carr, 2006) การจำลองชิ้นส่วนคานและเสา ใช้พฤติกรรมการรับแรงแบบวัฏจักรด้วยแบบจำลอง Modified Takeda การจำลองพฤติกรรมของผนังอิฐ ใช้ชิ้นส่วนสปริงซึ่งมีพฤติกรรมการรับแรงแบบไม่เชิงเส้น เพื่อเป็นตัวแทนของแรงอัดค้ำยันเทียบเท่า และใช้พฤติกรรมการรับแรงแบบวัฏจักรของค้ำยันด้วยแบบจำลอง SINA Degrading Tri-linear (Saiidi และ Sozen, 1979) ค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองผนังอิฐทั้งสองส่วนคำนวณโดยใช้แบบจำลองผนังอิฐตามที่แสดง โดย Leeanansaksiri A., Panyakapo P., Ruangrassamee A. (2018) ในการคำนวณ ค่าความเครียดของผนังอิฐ ใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยแรงและความเครียดของผลทดสอบปริซึมอิฐก่อนเสริมกำลังด้วยเฟอร์โรซีเมนต์แบบจำลองโครงสร้างที่มีผนังช่องเปิด โดยโปรแกรม RUAUMOKO แสดงในรูปที่ 4 การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีการผลักแบบวัฏจักร ใช้วิธีการตามข้อเสนอโดย Panyakapo, P. (2014) และผลักไปถึงค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์เป้าหมาย 2.5% การกระจายแรงผลักสอดคล้องกับการสั่นในรูปแบบโหมดแรก และใช้ค่าประวัติการเคลื่อนที่รูปแบบเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อควบคุมรูปแบบการเคลื่อนที่ในขั้นตอนการผลักแบบวัฏจักร



รูปที่ 4 แบบจำลองแรงค้ำยันสำหรับโครงสร้างที่มีช่องเปิดเสริมกำลังด้วยเฟอร์ไรต์เมนต์

4.4 ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างที่มีผนังช่องเปิดภายใต้แรงกระทำแบบวัฏจักรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงต้านทานของโครงสร้างและเวลา ดังนี้ ค่าแรงต้านทานของแรงค้ำยันของผนังส่วนบน ค่าแรงต้านทานของแรงค้ำยันของผนังส่วนล่าง ค่าแรงเฉือนต้านทานของเสา และกำลังต้านทานรวมของโครงสร้างผนังที่มีช่องเปิด โดยมีขนาดช่องเปิด 40% ดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจาก ค่าแรงต้านทานของโครงสร้างแปรเปลี่ยนตามเวลา จึงพิจารณาค่าแรงต้านทานสูงสุด ของ ผนังส่วนบน ผนังส่วนล่างและเสา ที่ตำแหน่งเวลาเดียวกัน เพื่อนำมารวมเป็นกำลังต้านทานรวมของโครงสร้างที่มีผนังช่องเปิด โดยใช้ค่าที่เป็นค่าบวกเนื่องจากพิจารณาเป็นแรงค้ำยันอัดเทียบเท่า พบว่า ผลการวิเคราะห์โดยวิธีการผลัดแบบวัฏจักร ให้ผลเป็นกำลังต้านทานสูงสุด โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่นำเสนอ เมื่อพิจารณาแรงต้านทานของผนัง พบว่า ผนังส่วนบนมีค่าแรงต้านทานโดยเฉลี่ยสูงกว่าผนังส่วนล่าง เนื่องจาก แรงกระทำทางด้านข้างมีการถ่ายแรงเข้าสู่ผนังส่วนบนมากกว่าผนังส่วนล่าง ดังนั้น จึงควรมีการป้องกันการวิบัติของผนังส่วนบน โดยการเสริมความแข็งแรงของผนังส่วนบนเป็นพิเศษ ได้แก่ การเพิ่มตะแกรงเหล็กฉีกในแนวทแยงมุมสำหรับผนังส่วนบน เพื่อเพิ่มกำลังต้านทานแรงดึงของผนังในแนวทแยงมุม เป็นต้น เมื่อพิจารณาค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองโครงสร้างผนังที่นำเสนอเปรียบเทียบกับโครงสร้างเดิม แสดงในตารางที่ 1 พบว่า กำลังต้านทานรวมของโครงสร้างผนังที่มีช่องเปิด มีค่าเพิ่มขึ้น มากกว่าโครงสร้างเดิม 47.37%ตามลำดับ โดยกำลังต้านทานที่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการเสริมกำลังเสาทำให้มีกำลังเพิ่มขึ้นประมาณ 65% และกำลังต้านทานของผนังมีค่าเพิ่มขึ้น 27.6% แสดงว่าการเสริมกำลังโครงสร้างให้ผลเป็นที่น่าพอใจ เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์กำลังต้านทานของโครงสร้างผนังอิฐก่อเสริมกำลังจากวิธีการผลัดแบบวัฏจักร (Cyclic Pushover Analysis) เทียบกับแบบจำลองที่นำเสนอ(Proposed Model)แสดงในตารางที่ 3 พบว่า กำลังต้านทานรวมของโครงสร้างผนังที่มีช่องเปิด 40% มีความแตกต่างกันเพียง 2.81% แสดงว่า แบบจำลองที่นำเสนอนี้ให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือได้



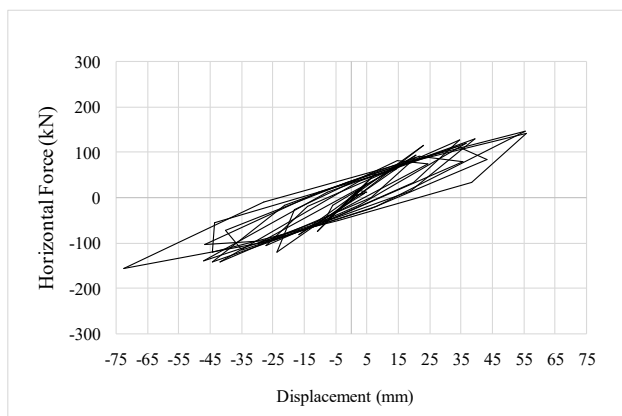
รูปที่ 5 กำลังต้านทานของโครงสร้างที่มีขนาดช่องเปิดที่ 40%

ตารางที่ 3 กำลังต้านทานของโครงสร้างผนังอิฐก่อเดิมเทียบกับ โครงสร้างผนังเสริมกำลัง (Proposed Model)

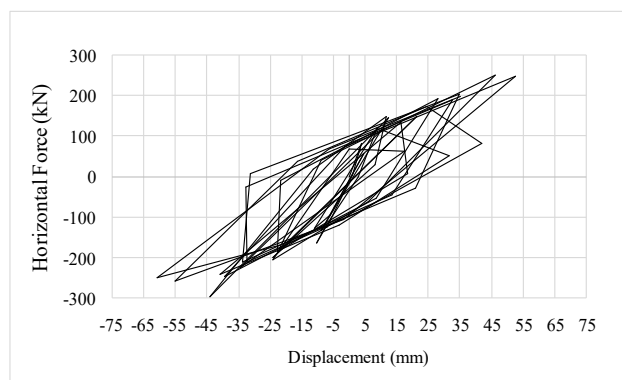
โครงสร้างมีผนังช่องเปิด	กำลังต้านทานของเสา(kg)	กำลังค้ำยันผนังอิฐก่อ		กำลังต้านทานรวม (kg)	กำลังที่เพิ่มขึ้น %
		ผนังส่วนบน (kg)	ผนังส่วนล่าง (kg)		
โครงสร้างเดิม	7,572.88	3,288.94	3,288.94	14,150.77	47.37
โครงสร้างเสริมกำลัง	12,460.00	4,197.20	4,197.20	20,854.40	

ตารางที่ 4 กำลังต้านทานของโครงสร้างผนังอิฐก่อเสริมกำลังจากวิธีการผลักแบบวัฏจักร (Cyclic Pushover Analysis) เทียบกับแบบจำลองที่นำเสนอ(Proposed Model)

โครงสร้างมีผนังช่องเปิด	กำลังต้านทานของเสา (kg)	กำลังค้ำยันผนังอิฐก่อ		กำลังต้านทานรวม(kg)	ค่าความแตกต่าง (%)
		ผนังส่วนบน (kg)	ผนังส่วนล่าง (kg)		
วิธีการผลักแบบวัฏจักร	13,630	4,687	4,259	22,576	2.81
แบบจำลองที่นำเสนอ	12,460	4,197	4,197	20,854	



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวและกำลังรับแรงต้านข้างโครงสร้างและผนังเดิมที่มีช่องเปิด 40%



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์การเคลื่อนตัวและกำลังรับแรงต้านข้างโครงสร้างและผนังเสริมกำลังที่มีช่องเปิด 40%

ตารางที่ 5 ระยะเวลาเคลื่อนตัวที่จุดคราก ระยะเวลาเคลื่อนตัวสูงสุด และค่าความเหนียวของ โครงสร้างที่ผนังช่องเปิดที่ 40 % ของโครงสร้างเดิมและโครงสร้างเสริมกำลัง

โครงสร้างที่มีผนังช่องเปิด	การเคลื่อนตัวที่จุดคราก Δ_y mm.	การเคลื่อนตัวที่สูงสุด Δ_m mm.	ค่าความเหนียว $= \Delta_m / \Delta_y$	กำลังที่จุดคราก V_y (kN)	สติฟเนส $K_0 = V_y / \Delta_y$ (kN/mm.)
โครงสร้างเดิม	23.10	55.00	2.38	115.00	4.98
โครงสร้างเสริมกำลัง	14.80	46.20	3.13	150.00	10.14

5. สรุปผลการวิเคราะห์

ก) เมื่อพิจารณาผลการคำนวณจากแบบจำลองที่นำเสนอ ให้ค่ากำลังต้านทานรวมของ โครงสร้างผนังที่มีช่องเปิด มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าโครงสร้างเดิม 47.37% โดยกำลังต้านทานที่เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการเสริมกำลังเสาทำให้มีกำลังเพิ่มขึ้นประมาณ 65% และกำลังต้านทานของผนังมีค่าเพิ่มขึ้น 27.6% แสดงว่า การเสริมกำลังโครงสร้างได้ผลเป็นอย่างดี

ข) เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์กำลังต้านทานของโครงสร้างผนังอิฐก่อเสริมกำลังจากวิธีการหลักแบบวิถัจกร เทียบกับแบบจำลองที่นำเสนอพบว่า กำลังต้านทานรวมของโครงสร้างผนังที่มีช่องเปิดมีความแตกต่างกันเพียง 2.81% ผลการวิเคราะห์โดยวิธีการหลักแบบวิถัจกร ให้ผลเป็นกำลังต้านทานสูงสุดโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่นำเสนอ

ค) เมื่อพิจารณาค่าความเหนียวของโครงสร้าง พบว่าโครงสร้างที่มีผนังช่องเปิดเดิมมีค่าความเหนียวเท่ากับ 2.38 ซึ่งอยู่ในระดับความเหนียวต่ำ ส่วน โครงสร้างผนังช่องเปิดที่มีการเสริมกำลังค่าความเหนียวของโครงสร้างเท่ากับ 3.13 คิดเป็นความเหนียวที่เพิ่มขึ้น 31.51% การเสริมกำลังโครงสร้างและผนังช่วยเพิ่มความเหนียวให้สูงขึ้นได้เป็นอย่างดี

ง) เมื่อพิจารณาค่าสติฟเนสเริ่มต้น K_0 (Initial Stiffness) โครงสร้างเดิมมีค่าเท่ากับ 4.98 kN/mm. และโครงสร้างเสริมกำลังมีค่าเท่ากับ 10.14 kN/mm คิดเป็นค่าสติฟเนสเพิ่มขึ้น 103.61% ดังนั้นการเสริมกำลังโครงสร้างผนังและผนังด้วยวิธีเฟอร์โรซีเมนต์เสริมตะแกรงเหล็กก็ช่วยเพิ่มค่า ค่าสติฟเนสเริ่มต้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งส่งผลต่อกำลังรับแรงที่จุดครากมีค่าสูงตามไปด้วย

จ) เมื่อพิจารณาแรงต้านทานของผนัง พบว่า ผนังส่วนบนมีค่าแรงต้านทานสูงกว่าผนังส่วนล่าง เนื่องจากแรงกระทำทางด้านข้างมีการถ่ายแรงเข้าสู่ผนังส่วนบนมากกว่าผนังส่วนล่าง การวิบัติของแผ่นผนังส่วนบนจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่าแผ่นผนังส่วนล่าง ดังนั้น จึงควรมีการป้องกันการวิบัติของผนังส่วนบน โดยการเสริมความแข็งแรงของผนังส่วนบนเป็นพิเศษ

เอกสารอ้างอิง

ไพบุลย์ ปัญญาะโป และอนุชาติ ลีอนันต์ศักดิ์ศิริ.2556. การเสริมกำลังผนังก่ออิฐสำหรับอาคารเพื่อต้านทาน

แผ่นดินไหวการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 9 จังหวัดพิษณุโลก

ASTM Committee C1314-07, 2007. Standard test method for compressive strength of masonry prisms.

American Society for Testing and Materials.

Carr AJ.2006. RUAUMOKO computer program. Christchurch.New Zealand: University of Canterbury.

JIS G3351 Standard.1987 Japan industrial standards for expanded metal .

Kazemi MT, Morshed R.2005.Seismic shear strengthening of R/C columns with ferrocementjacket. Cementand Concrete Composites. 27:834-42.

Leeanansaksiri A., Panyakapo P., Ruangrassamee A. 2018 .Seismic capacity of masonry infilled RC frame strengthening with expandedmetal ferrocement.Engineering Structures.159:110-127.

Niyompanitpattana S.,Warnitchai P.2017. Effects of masonry infill walls with openings on seismic behaviorof long-span GLD RC frames. Magazine of Concrete Research. Paper 1700008.

Panyakapo P. 2014. Cyclic pushover analysis procedure to estimate seismic demands for buildings. Engineering Structures.66:10-23.

- Panyakapo, P., Chompooyunt, S., Ruangrassamee, A. Panyakapo, M. 2017. Strengthening of RC Bare Frame using Ferrocement with Expanded Metal, The 5th International Conference on Arts and Sciences, Phuket, Thailand.
- Saiidi M, Sozen MA. 1979. Simple and complex models for nonlinear seismic response of reinforced concrete structures. Report UILU – ENG-79-2031, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana, ILLINOIS.
- Saneinejad A, Hobbs B. 1995. Inelastic design of infilled frames. Journal of Structural Engineering, ASCE. 6682:634–50.
- Tasnimi, A.A. and Mohebkah, A. 2011. Investigation on the behavior of brick-infilled steel frames with openings, experimental and analytical approaches. Engineering Structures; 33(3), 968–980.
- TIS.20-2543 Grade SR24. Thai industrial standard for round bar.