N5

วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

(Engineering and Technology)

การจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์จากการแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย
HUMAN EMOTIONS AND EMOTIONAL LEVELS CLASSIFICATION BASED ON FACIAL AND BODY EXPRESSION

นวศิลป์ สุดเสริฐสิน[1*] และเสาวลักษณ์ วรรธนาภา[2]
Nawasin Sudsertsin[1*] and Saowaluk Watanapa[2]

[1,2]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
[1,2]Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University
[*]**Corresponding Author, E-mail:** nawasin.suds@dome.tu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เสนอขั้นตอนการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์จากการแสดงออกทางสีหน้าร่วมกับภาษากายด้วยการวิเคราะห์ภาพ เพื่อทำให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลอารมณ์หรือระดับอารมณ์ ได้หลากหลายยิ่งขึ้น เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกอารมณ์ของมนุษย์ส่วนใหญ่นิยมให้ความสำคัญกับการแสดงออกทางใบหน้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ในทางจิตวิทยา ทุกส่วนบนร่างกายของมนุษย์สามารถ บ่งบอกอารมณ์ที่อยู่ภายใต้จิตใจได้ทั้งหมด โดยงานวิจัยนี้แบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมภาพ ขั้นตอนการแบ่งส่วนของภาพ ขั้นตอนการหาคุณลักษณะ และขั้นตอนการจำแนก ในขั้นตอนการเตรียมภาพจะปรับปรุงคุณภาพของภาพนำเข้าให้ดีขึ้นก่อนการประมวลผลจริง ในขั้นตอน การแบ่งส่วนของภาพจะแบ่งส่วนของภาพออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของใบหน้า และส่วนของร่างกาย ในขั้นตอนการหาคุณลักษณะจะทำการหาคุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ ในภาพ โดยใช้วิธี HOG, Star Skeletonization และ Shoulder Slope และในขั้นตอนการจำแนกจะนำข้อมูลคุณลักษณะของวัตถุไปวิเคราะห์ว่าเป็นการแสดงออกทางอารมณ์ใด และมีระดับอารมณ์เท่าใด ผลการทดลองพบว่า การนำภาษากายมาวิเคราะห์อารมณ์และระดับอารมณ์ร่วมกับการแสดงออกทางสีหน้า ให้ผลความถูกต้องมากกว่าการวิเคราะห์จากการใช้การแสดงออกทางสีหน้าเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ภาพ การจำแนกอารมณ์ การแสดงออกทางสีหน้า การแสดงออกทางร่างกาย

ABSTRACT

This research proposes an image-processing algorithm for recognizing human emotions and emotional levels based on facial expressions and body language. Most of the previous research on human emotion classification has focused on facial expressions alone. But in psychology, every part of the human body can express emotions. The proposed algorithm could be divided into 4 phases: Preprocessing, Segmentation, Description, and Classification. In the Preprocessing step, the quality of the input image will be improved before further processing. In the Segmentation step, the image is divided into 2 parts: Face and Body. In the Description step, the features of the objects in the image were obtained using HOG, Star Skeletonization, and Shoulder Slope methods. In the Classification step, the characteristics of an object will be analyzed as an emotional expression and what level of emotion. The results showed that using body language to analyze emotion and emotional level together with facial expressions. This results in greater accuracy than analysis based on facial expressions alone.

Keywords: Image Analysis, Emotion Classification, Facial Expression, Body Language

บทนำ

มนุษย์มีส่วนประกอบหลักสองด้าน คือ ด้านร่างกายและด้านจิตใจ โดยมีระบบประสาทเป็นตัวเชื่อมให้ทั้ง 2 ระบบทำงานประสานกันได้อย่างเหมาะสม อารมณ์ ความคิด และความรู้สึกที่อยู่ภายใต้จิตใจของมนุษย์ จะถูกถ่ายทอดออกมาเป็นการแสดงออกของร่างกาย โดย Antonio Damasio (2018) ซึ่งเป็นนักประสาทวิทยาได้กล่าวไว้ว่า “เราไม่ใช่เครื่องจักรแห่งความคิดที่มีความรู้สึก แต่เราคือเครื่องจักรแห่งความรู้สึกที่มีความคิด” ดังนั้นอารมณ์และความรู้สึกจึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับมนุษย์ ทำให้เกิดงานวิจัยมากมายในแวดวงของเทคโนโลยี ที่พยายามศึกษาวิธีการที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้อารมณ์ของมนุษย์ได้ เช่น Sarmiento et al. (2018) ได้นำเสนอเทคนิคการลดขนาดภาพ 3 มิติในการประมวลผลภาพ สำหรับการรับรู้อารมณ์บนใบหน้า เช่น ลดมิติโดยวิธี Forward selection, Decision tree และ Principal component analysis เพื่อลดระยะเวลาในส่วนของการประมวลผลภาพ Bikku et al. (2022) ได้นำเสนอเทคนิคการรับรู้อารมณ์ของมนุษย์ โดยการพิจารณาจากใบหน้าและเพิ่มข้อความอ้างอิงลงไป โดยใช้วิธีการโครงข่ายประสาทเทียม (CNN) ร่วมกับการประมวลผลภาพเพื่อจำแนกอารมณ์ นอกจากนี้ Kusunose et al. (2022) ได้นำเสนอวิธีการเสริมข้อมูลตาม StyleGAN2 เพื่อสร้างภาพการแสดงอารมณ์ทางใบหน้าที่ประดิษฐ์ขึ้นตาม

อารมณ์ที่กำหนด และใช้เป็นข้อมูลในการฝึกอบรมเพิ่มเติม เพื่อแก้ปัญหาการมีอยู่อย่างจำกัดของภาพที่ใช้ทดลอง ในการรู้จำอารมณ์ทางใบหน้า โดยวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำอารมณ์ของมนุษย์ส่วนใหญ่ นิยมให้ความสนใจการแสดงอารมณ์ จากการแสดงออกทางใบหน้า โดยพิจารณาจากอวัยวะต่าง ๆ บนใบหน้า ไม่ว่าจะเป็น คิ้ว ดวงตา หรือปาก แต่ในทางจิตวิทยานั้น ทุกส่วนบนร่างกายของมนุษย์สามารถบ่งบอกอารมณ์ที่อยู่ภายใต้จิตใจได้ทั้งหมด งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำการแสดงออกทางภาษากาย มาวิเคราะห์ร่วมกับการแสดงออกทางสีหน้า เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ทบทวนวรรณกรรม

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอารมณ์

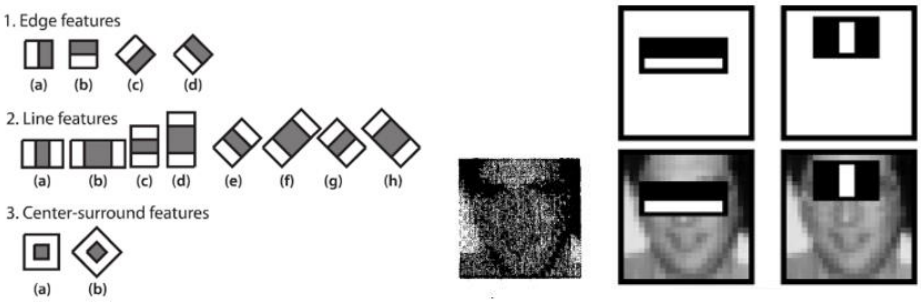
อารมณ์ (Emotion) หมายถึง สิ่งที่ยึดหน่วงจิตใจโดยผ่านทางตา หู จมูก ลิ้น กาย และใจ โดยเป็นความรู้สึกทางใจหรือภายในที่เปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งเร้า หรือกระตุ้นให้มนุษย์กระทำหรือเปลี่ยนแปลงความรู้สึกภายในตัวเอง เช่น อารมณ์รัก อารมณ์โกรธ อารมณ์ดี อารมณ์ร้าย (พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน, 2554)

Robert Plutchik (2013) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอารมณ์ของมนุษย์ และสันนิษฐานว่ามนุษย์มีอารมณ์พื้นฐานทั้งหมด 8 อารมณ์ คือ อารมณ์กลัว (Fear) อารมณ์ประหลาดใจ (Surprise) อารมณ์เศร้าเสียใจ (Sadness) อารมณ์รังเกียจ (Disgust) อารมณ์โกรธ (Anger) อารมณ์คาดหวัง (Anticipation) อารมณ์รื่นเริง (Joy) และอารมณ์ไว้ใจ (Trust) นอกจากนี้ Paul Ekman et al. (2007) ได้ทำการศึกษาในด้านอารมณ์และการแสดงออกทางสีหน้า โดยพบว่ามนุษย์ทุกชาติ และทุกภาษา มีการแสดงอารมณ์ผ่านการแสดงออกทางสีหน้าที่เป็นสากลทั้งหมด 6 อารมณ์ ได้แก่ อารมณ์ประหลาดใจ อารมณ์รังเกียจ อารมณ์เศร้าเสียใจ อารมณ์โกรธ อารมณ์กลัว และอารมณ์มีความสุข

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ภาพ

2.1 การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการสร้างรูปเหลี่ยมแบบฮาร์ (Haar Like Features)

การสร้างรูปเหลี่ยมแบบฮาร์ ถูกนำเสนอโดย Viola and Jones (2001) เพื่อใช้ในการตรวจจับวัตถุภายในภาพ โดยใช้หลักการปรับขนาดรูปเหลี่ยมแบบฮาร์ (Haar Wavelet) เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดคุณลักษณะพิเศษ (Feature) ซึ่งแต่ละคุณลักษณะสามารถมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งและขนาดได้ นอกจากนี้ยังมีการแสดงความแตกต่างระหว่างพื้นที่ของส่วนที่เป็นสีขาวและพื้นที่ส่วนที่เป็นสีดำ โดยแต่ละคุณลักษณะพิเศษที่ถูกกำหนดขึ้นมานั้น จะนำไปใช้พิจารณาในการตรวจจับวัตถุต่าง ๆ ที่สนใจภายในภาพ เช่น ใช้ในการตรวจจับใบหน้าของมนุษย์ที่ปรากฏในภาพ เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เวลาที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าแต่ละครั้งมีระยะเวลาที่คงที่



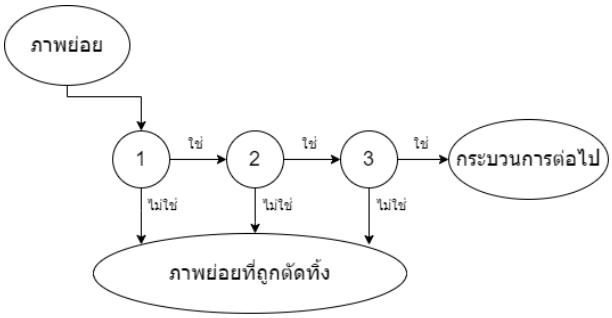
ภาพที่ 1: แสดงตัวอย่างรูปแบบของคุณลักษณะพิเศษ 14 ชนิด ที่ใช้สำหรับการตรวจจับลักษณะแบบต่าง ๆ บนใบหน้า และการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการสร้างรูปที่เหลี่ยม

ที่มา: Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, โดย Viola, P., & Jones, M. J., 2001, Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2001

การคำนวณหากลุ่มภาพ (Integral Image) พิจารณาจากแบบจำลองวิธีการสร้างรูปเหลี่ยมแบบฮาร์ โดยกำหนดให้คุณลักษณะที่ใช้ในการตรวจจับประกอบด้วยสี่เหลี่ยมที่มีความแตกต่างกัน 2 ประเภท คือ สี่เหลี่ยมส่วนที่แรงเงา (พื้นที่สีดำ) และสี่เหลี่ยมส่วนที่ไม่ได้แรงเงา (พื้นที่สีขาว) ซึ่งพิจารณาจากผลต่างระหว่างความเข้มของส่วนที่แรงเงากับส่วนที่ไม่ได้แรงเงา เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง (Threshold) และค่าความตรงกันข้าม (Polarity) และพิจารณาว่าภาพนำเข้านั้น ควรถูกจำแนกเป็นภาพใบหน้าหรือไม่ โดยสามารถคำนวณได้จากการหาผลรวมความเข้มของค่าในทุกจุดภาพ (Pixels) ของพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ ที่ตำแหน่ง i(x, y) ใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$ii(x,y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x', y')$$

นอกจากนี้ Viola และ Jones ได้นำเสนอแนวคิดการสร้างกลุ่มตัวจำแนกแบบต่อเรียง (Cascaded Classifier) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุในภาพให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น และลดระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณ โดยทำการนำตัวจำแนก (Classifier) หลาย ๆ ตัว มาเรียงต่อกันเป็นลำดับ ซึ่งมีสมมติฐานว่า ยิ่งมีจำนวนชั้นของตัวจำแนกมากเท่าใด จะทำให้มีโอกาสสูงมากขึ้นที่ภาพย่อยจะถูกจำแนก ให้เป็นใบหน้า ดังนั้น เพื่อลดปริมาณการคำนวณ จึงกำหนดให้ตัวจำแนกในลำดับแรกจะมีการพิจารณาที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า เนื่องจากถูกสร้างมาจากตัวจำแนกที่อ่อนแอ และมีการลดระดับของค่าขีดแบ่ง (Threshold) เพื่อลดโอกาสของความผิดพลาดในการตรวจจับใบหน้าที่ผิดตำแหน่ง โดยภาพย่อยที่ถูกจำแนกว่าไม่ใช่บริเวณที่เป็นใบหน้า จะถูกส่งต่อไปยังตัวจำแนกถัดไป ซึ่งจะเป็นการพิจารณาที่มีความซับซ้อนที่สูงขึ้นตามลำดับ



ภาพที่ 2: แสดงตัวอย่างการสร้างกลุ่มตัวจำแนกแบบต่อเรียง (Cascaded Classifier)

ที่มา: Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,

โดย Viola, P., & Jones, M. J., 2001, Accepted Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2001

2.2 การหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ (Histograms of Oriented Gradients : HOG)

การหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ เป็นวิธีการพิจารณาลักษณะเฉพาะจาก การกระจายตัวแนวทิศทางของเส้นขอบวัตถุในภาพ โดย Dalal and Triggs (2005) ได้คิดค้นวิธีการดังกล่าวขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจจับมนุษย์ ซึ่งการหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์สามารถดำเนินการได้ โดยทำการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ขนาดเล็กหรือเซลล์ (Cell) ย่อย ๆ และคำนวณหากราฟแสดงค่าของสถิติความถี่ (Histograms) ของแต่ละเซลล์ จากนั้นนำค่าสถิติความถี่ของทุกเซลล์มาปรับค่าให้เป็นปกติ (Normalize) จากค่าความสว่าง (Gamma) และสี (Color) ด้วยวิธีการคำนวณตัวชี้วัดค่าความเข้มจากการซ้อนทับ (Overlap) ของเซลล์ภายในบล็อก (Block) เพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแสงและเงา โดยค่าที่ได้จากการคำนวณจะนำมาใช้เป็นคุณลักษณะของวัตถุ (Feature)

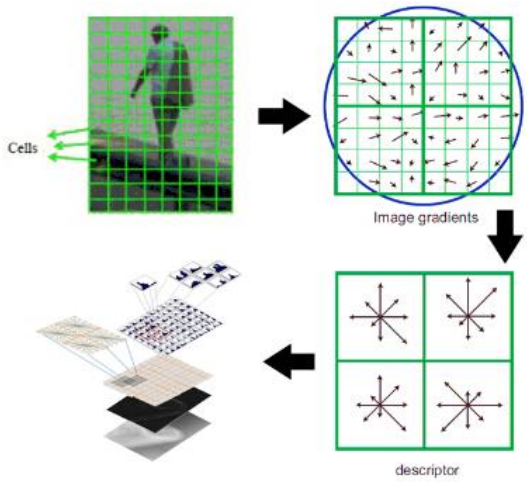
ภาพที่ 3: แสดงตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของการหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์

ที่มา: Histograms of Oriented Gradients for Human Detection,

โดย Dalal, N. & Triggs, B.,2005, IEEE Computer Society 2005

วิธีการคำนวณหาค่าเกรเดียนท์ที่มีขนาดหนึ่งมิติ (1-D) เพื่อหาค่าในแนวแกน x และแกน y โดยแต่ละจุดภาพ (Pixels) ที่อยู่ในเซลล์ (Cell) จะมีทิศทาง (Vector) และขนาดของทิศทาง (Magnitude) ที่ใกล้เคียงกัน โดยที่มีองศาตั้งแต่ 0-180 สามารถคำนวณได้จากการหาค่าในแนวตั้ง $[-1\ 0\ 1]^{\mathrm{T}}$ และแนวนอน $[-1\ 0\ 1]$ จากนั้นนำค่าที่ได้มาใช้ในการคำนวณหากราฟแสดงค่าของสถิติความถี่ (Histograms) ที่มีความสัมพันธ์กัน และทำการสร้างบล็อก (Block) เพื่อจัดกลุ่มเซลล์ โดยใน 1 บล็อกจะประกอบด้วย 4 เซลล์ และแต่ละเซลล์จะมี

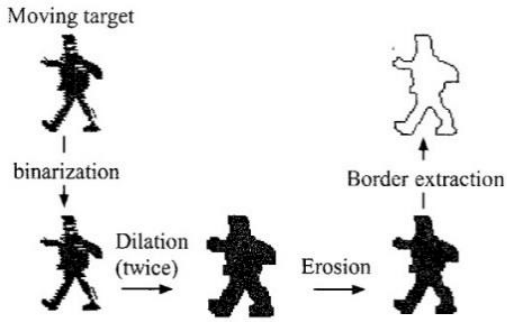
ขนาดเป็น 8×8 หรือ 16×16 จากนั้นทำการปรับค่าสถิติความถี่ของทุกเซลล์ในช่วงพื้นที่ที่มีการซ้อนทับกันของบล็อกให้เป็นปกติ (Normalize) เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ต่อมาทำการรวบรวมหน้าต่าง (Windows) ของ HOG สำหรับการตรวจจับทั้งหมด และขั้นตอนสุดท้ายทำการจำแนกคุณลักษณะเฉพาะด้วยซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) แบบเชิงเส้น (Linear)



ภาพที่ 4: แสดงตัวอย่างการแบ่งพื้นที่เป็นเซลล์และบล็อกของการหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์
ที่มา: Matlab implementation of HOG (Histogram of Oriented Gradients) โดย Farshbafdoustar, M., 2014

2.3 การหาโครงกระดูกแบบรูปดาว (Star Skeletonization)

การหาโครงกระดูกแบบรูปดาว เป็นวิธีการหาขอบของวัตถุ โดยใช้หลักการของการหาโครงสร้างหลักรูปทรงของวัตถุ (Skeletonization) เพื่อนำมาวิเคราะห์การเคลื่อนไว้ของมนุษย์ 2 รูปแบบ คือ ลักษณะท่าทางของมนุษย์ และการเคลื่อนไหวแบบซ้ำ ๆ โดยวิธีดังกล่าวถูกเสนอโดย Fujiyosh (2004) มีขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการตรวจจับบริเวณที่เป็นร่างกายของมนุษย์ และกำจัดจุดภาพหรือวัตถุส่วนเกินที่ไม่ต้องการออกไปด้วยการประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน (Morphological Image Processing) โดยใช้การขยายขนาด (Dilation) จำนวน 2 ครั้ง เพื่อเติมเต็มในส่วนของจุดภาพที่ผิดปกติและทำให้ขอบของวัตถุดูเนียนขึ้น จากนั้นจะใช้วิธีการกร่อน (Erosion) เพื่อให้เห็นรูปทรงของวัตถุชัดเจนยิ่งขึ้น และทำให้สามารถตรวจจับบริเวณที่เป็นแขนขาของมนุษย์ได้ จากนั้นนำรูปทรงของวัตถุที่หาได้มาทำการหาขอบของวัตถุ (Border Extraction)



ภาพที่ 5: แสดงตัวอย่างภาพการหาโครงร่างวัตถุด้วยขอบภาพ (Border Extraction)

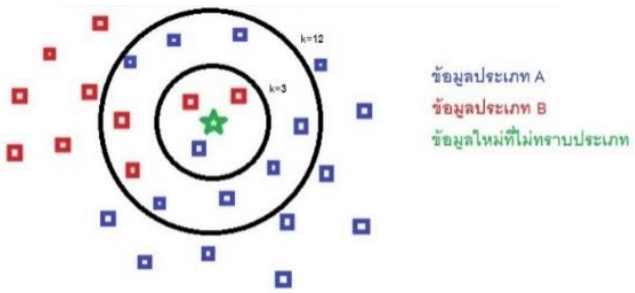
ที่มา: Real-time human motion analysis by image skeletonization, โดย Fujiyosh, H., 2004, Proceedings Fourth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision

2.4 การจำแนกแบบเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor : k-NN)

การจำแนกแบบเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด k ตัว เป็นวิธีการจำแนกข้อมูล โดยใช้หลักการเปรียบเทียบคุณลักษณะของข้อมูลที่สนใจกับข้อมูลอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของคุณลักษณะข้อมูล โดยค่า ความคล้ายคลึงหาได้จากระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean Distance) ระหว่างจุด $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ และ $(u_1, u_2, \dots, u_n)$ สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$d(x,u) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - u_i)^2}$$

วิธีการนี้จะทำการคำนวณเพื่อค้นหาชุดข้อมูลที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลที่มีความคล้ายคลึงกับ ชุดข้อมูลใหม่มากที่สุดจำนวน k ตัว เพื่อใช้พิจารณาว่าชุดข้อมูลใหม่นี้ควรจำแนกอยู่ในกลุ่มประเภทใด การตัดสินใจเพื่อคัดแยกกลุ่มประเภทของข้อมูล อาจใช้วิธีการนับจำนวนเสียงข้างมาก (Majority Vote) โดยกำหนดให้ชุดข้อมูลใหม่มีประเภทเดียวกับชุดข้อมูลที่มีจำนวนมากที่สุด โดยอ้างอิงจากเพื่อนบ้านที่ให้เคียงที่สุดจำนวน k ตัว (สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล, 2559)



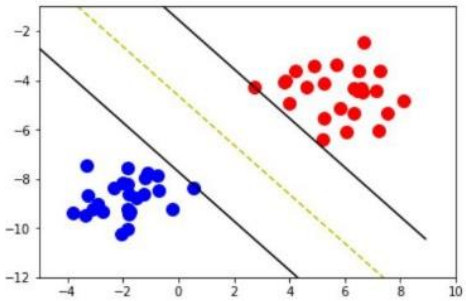
ภาพที่ 6: แสดงตัวอย่างภาพการจำแนกแบบเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด k ตัว

ที่มา: Machine Learning - การคำนวณเพื่อนบ้านใกล้สุด (K-nearest Neighbors) โดย ก้อง รักสยาม, 2563

2.5 การจำแนกข้อมูลแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine : SVM)

การจำแนกข้อมูลแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เป็นวิธีการจำแนกข้อมูล โดยใช้หลักการสร้างแบบจำลองเส้นตรง (Linear Model) เพื่อใช้เป็นเส้นแบ่งระหว่างกลุ่มของข้อมูล โดยพิจารณาว่าเส้นตรงเส้นใด ที่สามารถแบ่งประเภทของข้อมูลออกจากกันได้ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาจากเส้นตรงที่มีระยะห่างระหว่าง 2 ที่ห่างกันมากที่สุด (อนุสรณ์ อุ่นท้าว และ สมปอง เวฬุวนาธร, 2557) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$f(x) = \mathrm{sign}(w * x + b)$$



ภาพที่ 7: ภาพตัวอย่างวิธี SVM ที่แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม

ที่มา: Support vector machine with math โดย Sanjeevi, M., 2021

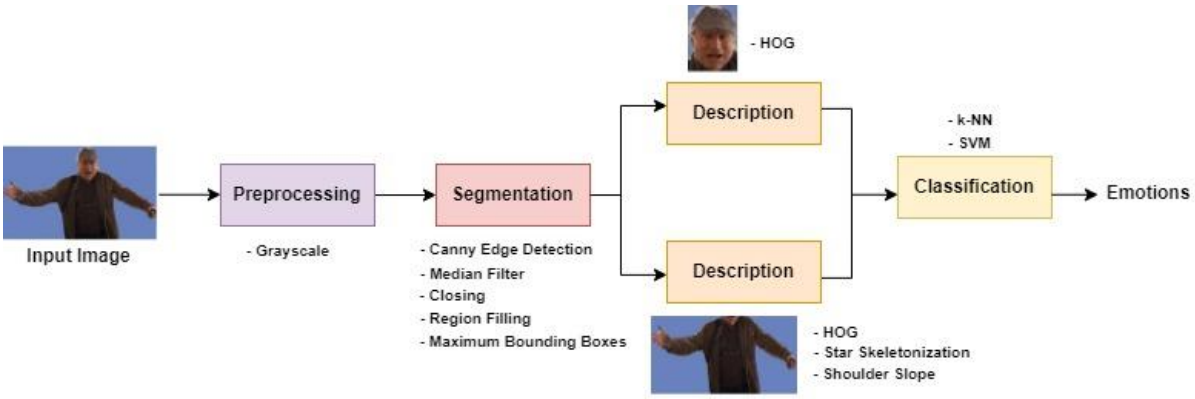
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหลักการประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์จากภาพถ่าย
2. เพื่อศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ โดยใช้คุณลักษณะ ที่ได้จากภาพใบหน้า เทียบกับคุณลักษณะที่ได้จากทั้งภาพใบหน้าและภาษากาย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. โครงสร้างภาพรวมของระบบ

การจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์จากการแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย มีโครงสร้างภาพรวมของระบบ ดังนี้



ภาพที่ 8: ภาพขั้นตอนการทำงานของระบบ

2. วิธีการพัฒนา

วิธีการในการพัฒนาระบบ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมภาพ (Preprocessing) ขั้นตอนการแบ่งส่วนของภาพ (Segmentation) ขั้นตอนการหาคุณลักษณะ (Description) และขั้นตอน การจำแนก (Classification)

ขั้นตอนของการเตรียมภาพหรือขั้นตอนก่อนประมวลผล เป็นขั้นตอนที่จะปรับภาพนำเข้าให้พร้อมก่อนทำการประมวลผลจริง โดยทำการแปลงภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์ จากภาพสีเป็นภาพระดับเทา (Grayscale)

(ก) (ข)

ภาพที่ 9: ภาพตัวอย่างการแปลงภาพสีเป็นระดับเทา

(ก) ภาพก่อนการแปลงภาพเป็นระดับเทา (ข) ภาพหลังการแปลงภาพเป็นระดับเทา

ขั้นตอนการแบ่งส่วนของภาพ จะนำภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์ที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมภาพแล้ว มาทำการแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ภาพบริเวณใบหน้า และส่วนที่สอง คือ ภาพบริเวณลำตัว โดยการแบ่งส่วนของภาพบริเวณใบหน้า จะทำโดยใช้วิธี Haar Like Features ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้รูปที่เหลี่ยมในการกำหนดคุณลักษณะพิเศษของวัตถุในภาพ โดยภาพส่วนที่เป็นบริเวณใบหน้าของมนุษย์จะถูกนำไปใช้ในการหาคุณลักษณะของใบหน้าในการจำแนกอารมณ์ต่อไป

ภาพที่ 10: ภาพตัวอย่างการหาบริเวณใบหน้าของมนุษย์ โดยใช้เทคนิค Haar Like Features

ในส่วนของการแบ่งส่วนภาพบริเวณลำตัวของมนุษย์ จะทำโดยใช้ทฤษฎีการหาขอบของภาพด้วยวิธีแคนนี (Canny Edge Detection) แสดงออกมาในรูปของภาพลักษณ์ฐานสอง (Binary Image)

(ก) (ข)

ภาพที่ 11: ภาพตัวอย่างการหาขอบของภาพด้วยวิธีแคนนี
(ก) ภาพก่อนการหาขอบของภาพ (ข) ภาพหลังการหาขอบของภาพ

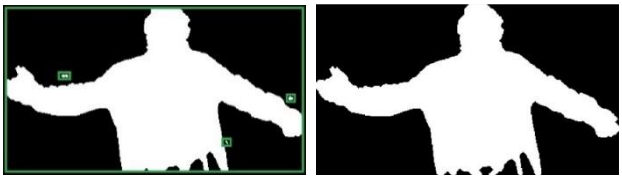
จากนั้นจะนำภาพลักษณ์ฐานสองที่ได้จากการหาขอบของภาพ มาทำการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เป็นจุดขนาดเล็กและไม่เกี่ยวข้องกับวัตถุที่สนใจในภาพ ด้วยตัวกรองมัธยฐาน (Median Filter) และเพื่อให้กลุ่มของจุดภาพที่ขาดออกจากกันเชื่อมต่อกัน จะทำการประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน (Morphological Image Processing) ด้วยตัวดำเนินการปิด (Closing) นอกจากนี้เพื่อให้วัตถุไม่มีช่องว่างตรงกลาง จะทำการเติมเนื้อวัตถุให้เต็ม โดยใช้วิธีการเติมเนื้อวัตถุ (Region Filling)

(ก) (ข)

ภาพที่ 12: ภาพตัวอย่างการกรองภาพลักษณ์ฐานสอง
ภาพก่อนการกรองภาพลักษณ์ฐานสอง (ข) ภาพหลังการกรองภาพลักษณ์ฐานสอง

จากนั้นนำภาพลักษณ์ฐานสองที่ผ่านการกรองแล้วมาหาพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดล้อมที่เล็กที่สุด (Bounding Boxes) ของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ และจะทำการเก็บเฉพาะวัตถุที่มีพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดล้อมที่เล็กที่สุดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (Maximum Bounding Boxes) ของวัตถุในภาพเอาไว้ ส่วนวัตถุชิ้นอื่นจะถูกลบทิ้ง

ทั้งหมด ซึ่งวัตถุที่เหลืออยู่จะใช้เป็นบริเวณร่างกายของตัวมนุษย์ เพื่อใช้ในขั้นตอนของการหาคุณลักษณะของร่างกายในการจำแนกอารมณ์ต่อไป



(ก) (ข)

ภาพที่ 13: ภาพตัวอย่างการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดล้อมที่เล็กที่สุด
ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (Maximum Bounding Boxes) ของวัตถุในภาพ
(ก) ภาพพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดล้อมที่เล็กที่สุดของวัตถุ
(ข) ภาพของวัตถุที่มีพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดล้อมที่เล็กที่สุดที่มีขนาดใหญ่ที่สุด

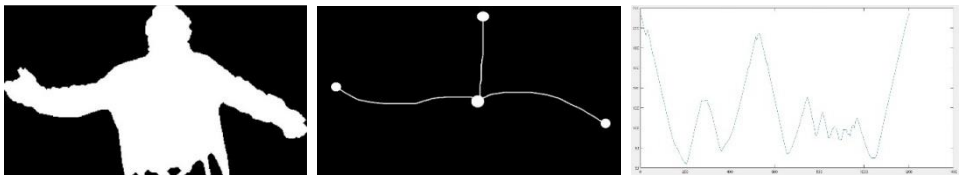
ขั้นตอนการหาคุณลักษณะ จะนำส่วนของภาพบริเวณใบหน้าและส่วนของภาพบริเวณร่างกายของมนุษย์ที่แบ่งออกมาได้ จากขั้นตอนการแบ่งส่วนของภาพ มาทำการหาคุณลักษณะของวัตถุแต่ละชิ้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการหาคุณลักษณะของใบหน้า และขั้นตอนการหาคุณลักษณะของร่างกายของมนุษย์ โดยการหาคุณลักษณะในบริเวณใบหน้าของมนุษย์ จะทำการแบ่งส่วนของใบหน้าออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนของคิ้วทั้งสองข้าง ส่วนของดวงตาทั้งสองข้างและส่วนของปาก โดยใช้วิธี Haar Like Features จากนั้นจะนำภาพอวัยวะทั้งสามส่วนที่แบ่งได้ มาหาคุณลักษณะโดยใช้วิธี HOG ซึ่งหาได้จากการกระจายตัวของทิศทางของเส้นขอบวัตถุ ค่าคุณลักษณะที่หาได้จากค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ของอวัยวะบนใบหน้าทั้งสามส่วนจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการจำแนกต่อไป

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 14: ภาพตัวอย่างการแบ่งส่วนและการหาคุณลักษณะของบริเวณใบหน้า
(ก) ภาพก่อนการแบ่งส่วนบริเวณใบหน้า (ข) ภาพหลังการแบ่งส่วนบริเวณใบหน้า
(ค) ภาพการหาคุณลักษณะจากวิธี HOG

ในส่วนของการหาคุณลักษณะบริเวณร่างกายของมนุษย์ จะใช้เทคนิคในการหาคุณลักษณะทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่ การหาโครงกระดูกแบบรูปดาว (Star Skeletonization) การหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ (HOG) และการหาค่าความชันของหัวไหล่ (Shoulder Slope)

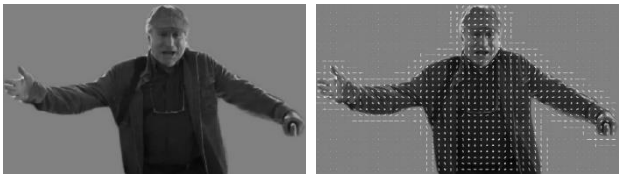
การหาโครงกระดูกแบบรูปดาว เป็นการหาจุดที่เป็นส่วนสำคัญบนร่างกายของมนุษย์ 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนของศีรษะ ส่วนของมือทั้งสองข้าง และส่วนของเท้าทั้งสองข้าง จากนั้นทำการลากเส้นจากจุดสำคัญทั้ง 5 ส่วน เข้าสู่จุดศูนย์กลางของร่างกาย แต่เนื่องจากการแสดงออกทางอารมณ์ มีการขยับตำแหน่งของเท้าทั้งสองข้างค่อนข้างน้อย จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะโครงกระดูกแบบรูปดาว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้วิธีโครงกระดูกแบบรูปดาว โดยให้ความสนใจของจุดสำคัญบนร่างกายเพียง 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนของศีรษะ และส่วนของมือทั้งสองข้างเท่านั้น



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 15: ภาพตัวอย่างการหาโครงกระดูกแบบรูปดาว
(ก) ภาพก่อนการหาโครงกระดูกแบบรูปดาว (ข) ภาพหลังการหาโครงกระดูกแบบรูปดาว
(ค) ภาพกราฟแสดงระยะห่างระหว่างทุกจุดบนเส้นขอบวัตถุไปยังจุดกึ่งกลางวัตถุ

การหาค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ เป็นวิธีเดียวกันกับการหาคุณลักษณะบริเวณใบหน้า ซึ่งจะใช้หาทิศทางของเส้นขอบของบริเวณร่างกาย



(ก) (ข)

ภาพที่ 16: ภาพตัวอย่างการหาค่า HOG
(ก) ภาพก่อนการหาค่า HOG (ข) ภาพหลังการหาค่า HOG

การหาค่าความชันของหัวไหล่ (Shoulder Slope) เป็นการหาค่าความชันของหัวไหล่ทั้ง 2 ข้าง ในภาพบริเวณร่างกายของมนุษย์ เพื่อใช้วิเคราะห์ว่าในแต่ละการแสดงออกทางร่างกาย มีค่าความชันของหัวไหล่ทั้งสองข้างเป็นเท่าใด เมื่อ Slope คือ ระดับความชันของหัวไหล่ (x_2, y_2) คือ จุดพิกัดของตำแหน่งที่สูงที่สุดของหัวไหล่ และ (x_1, y_1) คือ จุดพิกัดของตำแหน่งที่ต่ำที่สุดของหัวไหล่ โดยมีสมการดังนี้

$$\text{Slope} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

(ก) (ข)

ภาพที่ 17: ภาพตัวอย่างการหาค่าความชันของหัวไหล่
(ก) ภาพก่อนการหาค่าความชันของหัวไหล่ (ข) ภาพหลังการหาค่าความชันของหัวไหล่

เมื่อได้คุณลักษณะของร่างกายจากทั้ง 3 วิธีที่ได้กล่าวไปข้างต้นแล้ว จะนำคุณลักษณะทั้ง 3 ส่วนไปวิเคราะห์ในขั้นตอนของการจำแนกอารมณ์ต่อไป

ขั้นตอนการจำแนกจะนำผลลัพธ์จากการหาคุณลักษณะต่าง ๆ ของภาพบริเวณใบหน้าและบริเวณร่างกายของมนุษย์จากขั้นตอนการหาคุณลักษณะ มาทำการวิเคราะห์และจำแนกว่าภาพของมนุษย์ดังกล่าว เพื่อพิจารณาว่ากำลังแสดงอารมณ์อย่างไร โดยใช้วิธีการจำแนก 2 วิธี คือ วิธี k-NN และ SVM

3. การทดลอง

ขั้นตอนการทดลองจะเก็บรวบรวมภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์จากภาพยนตร์ที่มีการแสดงอารมณ์ความสุขปกติ อารมณ์ความสุขมาก อารมณ์โกรธปกติ อารมณ์โกรธมาก อารมณ์ประหลาดใจปกติ และอารมณ์ประหลาดใจมาก มาอย่างละ 150 ภาพ โดยกำหนดให้ผู้เข้าทดลอง จำนวน 10 คน ทำการจำแนกภาพอารมณ์ทั้งหมดข้างต้น เพื่อพิจารณาว่าภาพดังกล่าวมีการแสดงออกทางอารมณ์แบบใด และผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกรูปภาพที่ผ่านการจำแนกโดยผู้ทดลอง ที่มีผลการจำแนกตรงกันเกินร้อยละ 80 ขึ้นไป มาใช้ในการทดลองอารมณ์ละ 100 ภาพ รวมทั้งหมด 600 ภาพ โดยภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง เป็นภาพถ่ายครึ่งลำตัวบนของมนุษย์ มีความหลากหลายของเพศ ช่วงอายุ (อายุมากกว่า 15 ปีขึ้นไป) และเชื้อชาติ มีพื้นหลังเป็นสีพื้นเรียบไม่มีลวดลายใด ๆ

ภาพที่ 18: ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการทดลอง

โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ การทดลองการตรวจจับอวัยวะบนใบหน้า การทดลองการจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น การทดลองการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น และการทดลองการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ผลการทดลองการตรวจจับอวัยวะบนใบหน้า ผลการทดลองการจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น ผลการทดลองการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น และผลการทดลองการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย

ส่วนที่ 1 ผลการทดลองการตรวจจับอวัยวะบนใบหน้า จะนำภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์ 3 อารมณ์ อารมณ์ละ 2 ระดับ รวมทั้งหมด 600 ภาพ มาตรวจจับใบหน้า และอวัยวะ 3 ส่วนบนใบหน้า ได้แก่ คิ้ว ดวงตา และปาก โดยใช้วิธี Haar Like Features มีผลความถูกต้องของการตรวจจับ ดังนี้

ตารางที่ 1: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการตรวจจับอวัยวะบนใบหน้า

อวัยวะที่ตรวจจับ	ตรวจจับได้	ความถูกต้อง
ใบหน้า	596/600	99.33%
คิ้ว	483/600	80.50%
ดวงตา	585/600	97.50%
ปาก	569/600	94.83%

ผลการทดลอง พบว่า การตรวจจับใบหน้า ดวงตา และปาก มีความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 90 แต่ในส่วนของการตรวจจับคิ้วมีความแม่นยำที่ลดลงมาเหลือเพียงร้อยละ 80.50 เนื่องจากลักษณะคิ้วของมนุษย์มี ความหนาหรือบางไม่เท่ากัน มนุษย์ที่มีลักษณะของคิ้วที่หนาหรือเข้ม จะสามารถตรวจจับคิ้วได้แม่นยำกว่าคิ้ว ที่มีลักษณะอ่อนหรือบาง และหากคิ้วมีลักษณะบางมาก ๆ ก็อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดหรือไม่สามารถตรวจจับคิ้วได้

ส่วนที่ 2 ผลการทดลองการจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น จะนำภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์ 3 อารมณ์ ได้แก่ มีความสุข โกรธ และประหลาดใจ อารมณ์ละ 200 ภาพ มาตรวจจับใบหน้า และอวัยวะ 3 ส่วนบนใบหน้า ได้แก่ คิ้ว ดวงตา และปาก เพื่อหาคุณลักษณ์ของการแสดงออกทางสีหน้า จากนั้นนำคุณลักษณะของอวัยวะบนใบหน้าที่หาได้จากวิธี HOG มาทำการจำแนกอารมณ์ โดยใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM ซึ่งแบ่งภาพเป็นข้อมูลสอน อารมณ์ละ 140 ภาพ รวมทั้งหมด 420 ภาพ และแบ่งภาพเป็นข้อมูลทดสอบ อารมณ์ละ 60 ภาพ รวมทั้งหมด 180 ภาพ มีผลความถูกต้องของการจำแนก ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น จำแนกโดยวิธี k-NN เมื่อ k = 3

		ผลทำนาย			
		ความสุข	โกรธ	ประหลาดใจ	ความถูกต้อง
ผลจริง	ความสุข	55	4	1	91.67%
	โกรธ	7	51	2	85.00%
	ประหลาดใจ	3	3	54	90.00%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง				88.89%

ตารางที่ 3: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น จำแนกโดยวิธี SVM

		ผลทำนาย			
		ความสุข	โกรธ	ประหลาดใจ	ความถูกต้อง
ผลจริง	ความสุข	57	3	0	95.00%
	โกรธ	4	54	2	90.00%
	ประหลาดใจ	2	3	55	91.67%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง				92.22%

ผลการทดลอง พบว่า การจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น เมื่อใช้ตัวจำแนก k-NN ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 88.89 ซึ่งสามารถจำแนกอารมณ์ความสุข โกรธ และประหลาดใจได้ถูกต้องร้อยละตามลำดับ ดังนี้ 91.57, 85 และ 90 แต่เมื่อใช้ตัวจำแนก SVM จะได้ผลลัพธ์ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นมาเล็กน้อย โดยมีความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ 92.22 ซึ่งสามารถจำแนกอารมณ์ความสุข โกรธ และประหลาดใจได้ถูกต้องร้อยละตามลำดับ ดังนี้ 95, 90 และ 91.67

ส่วนที่ 3 ผลการทดลองการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น จะนำภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์ 3 อารมณ์ อารมณ์ละ 200 ภาพ ได้แก่ มีความสุขปกติ มีความสุขมาก โกรธปกติ โกรธมาก ประหลาดใจปกติ และประหลาดใจมาก โดยแต่ละอารมณ์แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับปกติและระดับมาก ระดับละ 100 ภาพ มาตรวจจับใบหน้า และอวัยวะ 3 ส่วนบนใบหน้า ได้แก่ คิ้ว ดวงตา และปาก เพื่อหาคุณลักษณ์ของการแสดงออกทางสีหน้า จากนั้นนำคุณลักษณะของอวัยวะบนใบหน้า ที่หาได้จากวิธี HOG มาทำการจำแนกอารมณ์ โดยใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM ซึ่งแบ่งภาพเป็นข้อมูลสอน อารมณ์ละ 140 ภาพ โดยแต่ละอารมณ์แบ่งเป็น 2 ระดับ ระดับละ 70 ภาพ รวมทั้งหมด 420 ภาพ และแบ่งภาพเป็นข้อมูลทดสอบ อารมณ์ละ 60 ภาพ โดยแต่ละอารมณ์แบ่งเป็น 2 ระดับ ระดับละ 30 ภาพ รวมทั้งหมด 180 ภาพ มีผลความถูกต้องของการจำแนก ดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ผลการทดลอง พบว่า การจำแนกอารมณ์ของมนุษย์ เมื่อเพิ่มการให้ความสนใจถึงระดับอารมณ์ด้วยนั้น แต่ยังคงพิจารณาจากการแสดงออกทางสีหน้าเพียงอย่างเดียว ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องที่ลดลงเป็นอย่าง

มาก เมื่อเทียบกับการทดลองส่วนที่ 2 ที่จำแนกอารมณ์ โดยไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ เนื่องจากไม่สามารถจำแนกอารมณ์เดียวกันที่มีระดับของอารมณ์ที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน เช่น จากตารางที่ 4 อารมณ์ความสุขปกติทั้งหมด 30 ภาพ สามารถจำแนกได้ถูกต้อง 17 ภาพ จำแนกผิดไปเป็นอารมณ์ความสุขมาก 12 ภาพ และจำแนกผิดไปเป็นอารมณ์โกรธปกติ 1 ภาพ ความถูกต้องของการจำแนกคิดเป็นร้อยละ 56.67 โดยผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ย เมื่อใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM อยู่ที่ร้อยละ 53.89 และ 59.94 ตามลำดับ

ตารางที่ 4: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น จำแนกโดยวิธี k-NN เมื่อ k = 3

		ผลทำนาย						
		ความสุขปกติ	ความสุขมาก	โกรธปกติ	โกรธมาก	ประหลาดใจปกติ	ประหลาดใจมาก	รวม
ผลจริง	ความสุขปกติ	17	12	1	0	0	0	56.67%
	ความสุขมาก	8	19	0	3	0	0	63.33%
	โกรธปกติ	2	0	14	13	1	0	46.67%
	โกรธมาก	0	3	10	17	0	0	56.67%
	ประหลาดใจปกติ	2	0	1	0	14	13	46.67%
	ประหลาดใจมาก	0	0	0	2	12	16	53.33%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง							53.89%

ตารางที่ 5: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น จำแนกโดยวิธี SVM

		ผลทำนาย						
		ความสุขปกติ	ความสุขมาก	โกรธปกติ	โกรธมาก	ประหลาดใจปกติ	ประหลาดใจมาก	รวม
ผลจริง	ความสุขปกติ	19	10	1	0	0	0	63.33%
	ความสุขมาก	6	22	0	2	0	0	73.33%
	โกรธปกติ	1	0	16	11	2	0	53.33%
	โกรธมาก	0	3	9	18	0	0	60.00%
	ประหลาดใจปกติ	2	0	1	0	15	12	50.00%
	ประหลาดใจมาก	0	0	0	3	10	17	56.67%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง							59.44%

ส่วนที่ 4 ผลการทดลองการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย จะนำภาพการแสดงอารมณ์ของมนุษย์ 3 อารมณ์ อารมณ์ละ 200 ภาพ ได้แก่ มีความสุขปกติ มีความสุขมาก โกรธปกติ โกรธมาก ประหลาดใจปกติ และประหลาดใจมาก โดยแต่ละอารมณ์แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ระดับปกติและระดับมาก ระดับละ 100 ภาพ มาตรวจจับใบหน้า และอวัยวะ 3 ส่วนบนใบหน้า ได้แก่ คิ้ว ดวงตา และปาก เพื่อหาคุณลักษณ์ของการแสดงออกทางสีหน้า จากนั้นนำคุณลักษณะของอวัยวะบนใบหน้า ที่หาได้จากวิธี HOG มาทำการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ร่วมกับการหาคุณลักษณะของภาษากาย จากการใช้วิธี HOG, Star Skeletonization และ Shoulder Slope โดยใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM ซึ่งแบ่งภาพเป็นข้อมูลสอน อารมณ์ละ 140 ภาพ โดยแต่ละอารมณ์แบ่งเป็น 2 ระดับ ระดับละ 70 ภาพ

รวมทั้งหมด 420 ภาพ และแบ่งภาพเป็นข้อมูลทดสอบ อารมณ์ละ 60 ภาพ โดยแต่ละอารมณ์แบ่งเป็น 2 ระดับ ระดับละ 30 ภาพ รวมทั้งหมด 180 ภาพ มีผลความถูกต้องของการจำแนก ดังตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตารางที่ 6: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย จำแนกโดยวิธี k-NN เมื่อ k = 3

		ผลทำนาย						
		ความสุขปกติ	ความสุขมาก	โกรธปกติ	โกรธมาก	ประหลาดใจปกติ	ประหลาดใจมาก	รวม
ผลจริง	ความสุขปกติ	26	3	1	0	0	0	86.67%
	ความสุขมาก	1	28	0	1	0	0	93.33%
	โกรธปกติ	1	0	24	3	2	0	80.00%
	โกรธมาก	0	2	3	25	0	0	83.33%
	ประหลาดใจปกติ	2	0	1	0	20	7	66.67%
	ประหลาดใจมาก	0	0	1	2	5	22	73.33%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง							80.56%

ตารางที่ 7: สรุปผลการทดลองความถูกต้องของการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย จำแนกโดยวิธี SVM

		ผลทำนาย						
		ความสุขปกติ	ความสุขมาก	โกรธปกติ	โกรธมาก	ประหลาดใจปกติ	ประหลาดใจมาก	รวม
ผลจริง	ความสุขปกติ	27	2	1	0	0	0	90.00%
	ความสุขมาก	1	28	0	1	0	0	93.33%
	โกรธปกติ	1	0	24	3	2	0	80.00%
	โกรธมาก	0	1	2	27	0	0	90.00%
	ประหลาดใจปกติ	2	0	1	0	22	5	73.33%
	ประหลาดใจมาก	0	0	1	2	4	23	76.67%
	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง							83.89%

ผลการทดลอง พบว่า การจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าและเพิ่มการแสดงออกของภาษากายเข้ามาช่วยในการจำแนกนั้น เมื่อใช้ตัวจำแนก k-NN ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 80.56 และเมื่อใช้ตัวจำแนก SVM ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 83.89 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองส่วนที่ 3 ที่มีการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ แต่พิจารณาจากการแสดงออกทางสีหน้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น พบว่าการนำภาษากายเข้ามาช่วยในการจำแนก ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ได้มากขึ้น เช่น จากตารางที่ 6 อารมณ์ความสุขปกติทั้งหมด 30 ภาพ สามารถจำแนกได้ถูกต้อง 26 ภาพ จำแนกผิดไปเป็นอารมณ์ความสุขมาก 3 ภาพ และจำแนกผิดไปเป็นอารมณ์โกรธปกติ 1 ภาพ ความถูกต้องของการจำแนกคิดเป็นร้อยละ 86.67 ซึ่งมีผลความถูกต้องมากกว่าตารางที่ 4 ที่ไม่ได้นำภาษากายมาพิจารณาในการจำแนก โดยอารมณ์ความสุขปกติทั้งหมด 30 ภาพเช่นกัน แต่สามารถจำแนกได้ถูกต้องเพียง 17 ภาพ จำแนกผิดไปเป็นอารมณ์ความสุขมาก 12 ภาพ และจำแนกผิดไปเป็นอารมณ์โกรธปกติ 1 ภาพ ความถูกต้องของการจำแนกคิดเป็นร้อยละ 56.67

สรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ จากการแสดงออกทางสีหน้าและภาษากาย ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกอารมณ์ของมนุษย์ที่ผ่าน นิยมให้ความสนใจเฉพาะการแสดงออกทางสีหน้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น จึงทำให้การจำแนกประเภทของอารมณ์ถูกจำกัด และไม่มีความหลากหลาย ซึ่งในทางจิตวิทยา อวัยวะต่าง ๆ บนร่างกายนอกเหนือจากใบหน้าก็สามารถบ่งบอกอารมณ์ได้เช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำการแสดงออกของภาษากาย มาวิเคราะห์ร่วมกับการแสดงออกทางสีหน้า เพื่อให้สามารถจำแนกอารมณ์ รวมถึงระดับของอารมณ์ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

การทำงานของระบบแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมภาพ ขั้นตอนการแบ่งส่วนของภาพ ขั้นตอนการหาคุณลักษณะ และขั้นตอนการจำแนก ในขั้นตอนการเตรียมภาพจะปรับปรุงคุณภาพของภาพนำเข้าให้ดีขึ้นก่อนการประมวลผลจริง ในขั้นตอนการแบ่งส่วนของภาพจะแบ่งส่วนของภาพออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของใบหน้า และส่วนของร่างกาย ในขั้นตอนการหาคุณลักษณะจะทำการหาคุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ ในภาพ โดยส่วนของใบหน้าจะนำอวัยวะบนใบหน้ามาหาคุณลักษณะโดยใช้วิธี HOG และส่วนของร่างกายจะหาคุณลักษณะโดยใช้วิธี HOG, Star Skeletonization และ Shoulder Slope และในขั้นตอนการจำแนกจะนำข้อมูลคุณลักษณะของวัตถุไปวิเคราะห์ว่าเป็นการแสดงออกทางอารมณ์ใด และมีระดับอารมณ์เท่าใด โดยใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM

ผลการทดลอง พบว่า การจำแนกอารมณ์ที่ไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ โดยใช้การแสดงออกทางสีหน้าเท่านั้น เมื่อใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 88.89 และ 92.22 ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มการให้ความสนใจถึงระดับอารมณ์ด้วยนั้น ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องที่ลดลงเป็นอย่างมาก เมื่อเทียบกับการทดลองที่จำแนกอารมณ์ โดยไม่คำนึงถึงระดับอารมณ์ เนื่องจากไม่สามารถจำแนกอารมณ์เดียวกันที่มีระดับของอารมณ์ที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน โดยผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ย เมื่อใช้ตัวจำแนก k-NN และ SVM อยู่ที่ร้อยละ 53.89 และ 59.94 ตามลำดับ นอกจากนี้การจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ของมนุษย์ โดยใช้ การแสดงออกทางสีหน้าและเพิ่มการแสดงออกของภาษากายเข้ามาช่วยในการจำแนกนั้น เมื่อใช้ตัวจำแนก k-NN ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 80.56 และเมื่อใช้ตัวจำแนก SVM ให้ผลลัพธ์ความถูกต้องเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 83.89 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองที่มีการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ แต่พิจารณาจากการแสดงออกทางสีหน้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น พบว่าการนำภาษากายเข้ามาช่วยในการจำแนก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกอารมณ์และระดับอารมณ์ได้มากยิ่งขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

ก้อง รักสยาม. (2563, 23 มกราคม). *Machine Learning - การคำนวณเพื่อนบ้านใกล้สุด (K-nearest Neighbors).* https://kong ruksiam.medium.com/สรุป-machine-learning-ep-4-เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด-k-nearest-neighbors-787665f7c09d

ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์.

สุรพงค์ เอื้อวัฒนามงคล. (2559). *การทำเหมืองข้อมูล.* สำนักพิมพ์สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

อนุสรณ์ อุ่นท้าว และ สมปอง เวฬุวนาธร. (2557). การรู้จำท่ามือไทยโดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ร่วมกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 10 (NCCIT2014)* (น. 571-576).

Bikku, T., Viswanadha, L., Madhulatha, M., Jyothirgamai, P., Shabana S., & Sreedevi, S. (2022). Emotion Detection and Quotations using CNN.In *2022 International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC).* (pp. 251-258).

Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of Oriented Gradients for Human Detection.In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2005)* (pp. 886-893).

Damasio, A. (2018). *The Strange Order of Things: Life, Feeling, and The Making of Cultures.* Vintage.

Ekman, P. (2007). *Emotions Revealed: Recognizing Faces and Feelings to Improve Communication and Emotional Life* (2nd ed.). Holt Paperbacks

Farshbafdoustar, M. (2014). *Matlab implementation of HOG (Histogram of Oriented Gradients).* https://farshbaf.net/en/artificial-intelligence/blog/hog-matlabimplementation

Fuiyoshi, H. (2004). *Real-Time Human Motion Analysis by Image Skeletonization*. IEICE Trans. Inf. & Syst, (Vol.E87-D), pp.113-120.

Kusunose, T., Kang, X., Kiuchi, K., Nishimura, R., Sasayama, M., & Matsumoto, K. (2022). Facial Expression Emotion Recognition Based on Transfer Learning and Generative Model. In *2022 8th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*. (pp. 1-6).

Plutchik, R. (2013). *Theories of Emotion.* Academic Press.

Sanjeevi, M. (2021). *Support vector machine with math.* https://medium.com/deep-math-machine-learning-ai/chapter-3-support-vector-machine-with-math-47d6193c82be

Sarmiento, A., Avinante, R., Liwanag, J., & Dadiz, B. (2018). Dimension Reduction Techniques Analysis on Image Processing for Facial Emotion Recognition. ICCCV '18: In *Proceedings of the 1st International Conference on Control and Computer Vision* (pp. 23-27).

Viola, P., & Jones, M. J. (2001). Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features. In *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001)* (pp. I-I).

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR TOOLS USED IN BUILDING MAINTENANCE WORK

อร่ามศรี อาภาอดุล

Aramsri Arphaadul

คณะวิทยาการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Management Sciences, Panyapiwat Institute of Management

Corresponding Author, E-mail: aarphaadul@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร เริ่มจากวิเคราะห์การควบคุมเครื่องมือจากบันทึกการเบิกจ่าย พบว่า เครื่องมือสูญหาย ข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน ตรวจสอบสถานะและประวัติการใช้งานไม่ได้ ปัญหาเกิดจากกระบวนการควบคุม คือ การลงทะเบียน การเบิกจ่าย และการทำประวัติการใช้งาน โดยใช้สมุดบันทึกร่วมกับโปรแกรม Excel ทำให้การตรวจสอบสถานะใช้เวลานาน จึงทำการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคารเป็นระบบปิด โดยใช้ระบบ QR Code ในการอ่านข้อมูลเครื่องมือ มีการใช้ Google Sheet เชื่อมโยงกับ Google Form เพื่อจัดทำสถิติ บันทึกการเบิกจ่าย และตรวจสอบสถานะของเครื่องมือ

ผลการวิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจ ในการทดลองใช้ระบบควบคุมเครื่องมือ ด้วย QR Code โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พบว่า ในประเด็นการเข้าสู่ระบบเบิกจ่ายเครื่องมือสามารถทำได้ง่าย การใช้งานที่เร็วขึ้น และความเชื่อมโยงระบบ QR Code กับข้อมูลเครื่องมือมีความชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 4.66 การสรุปข้อมูลของเครื่องมือเข้าใจได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 5.00 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุด มีขั้นตอนการปฏิบัติที่ชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในเกณฑ์พอใจมาก ผลการวิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจการใช้ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form พบว่า ประเด็นการเข้าสู่ระบบ Google Sheet ทำได้ง่าย และใช้เวลาในการจัดทำข้อมูลเร็วขึ้น มีค่าเฉลี่ย 5.00 แสดงขั้นตอนการจัดทำชัดเจน และความเชื่อมโยงระบบเบิกจ่ายเครื่องมือกับGoogle Sheet ทำให้สะดวกขึ้น มีค่าเฉลี่ย 4.66 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุดในทุกรายการ แสดงว่า ระบบควบคุมเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ในกระบวนการทำงาน ส่งผลให้การจัดเก็บข้อมูล การเบิกจ่ายสะดวกและรวดเร็วขึ้น มีข้อมูลป้อนกลับสามารถนำมาวางแผนจัดเตรียมเครื่องมือให้เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งช่วยลดความล่าช้าในการซ่อมบำรุงอาคารที่เกิดจากความไม่พร้อมของเครื่องมือได้

คำสำคัญ: ระบบควบคุมเครื่องมือ งานซ่อมบำรุงอาคาร

ABSTRACT

The research on the development of a control system for tools used in building maintenance work. The objective of this research was to study and developed a control system for tools used in building maintenance work. Starting from the analysis of the control system for tools from disbursement records found that lost tools, information was out of date, unable to check status and usage history. The problem caused by the control process were to registration, disbursement and usage history by used log book together with Excel program. This causes status checked to take a long time, therefore development of the control system for tools used in building maintenance work by closed loop control system. By using a QR Code system to read tool information. There was a link between Google Sheet with Google Form to create a record disbursement statistics and check the status of the tools.

The results of the analysis of satisfaction in the trial tools control system using QR Code by 3 experts found that in the issue of logging into the disbursement tool system can be done easily, faster usage and the linkage of the QR Code system with tools information was clear had average was 4.66, summary of tool information was easy to understand had average was 5.00 mean that most satisfactory level. There were clear procedures to follow had average was 4.33 mean that high satisfactory level. The results of the analysis of satisfaction in the using Google Sheet linked with Google Form found that in the issue of logging into the Google Sheet can be done easily and faster usage had average was 5.00 mean that most satisfactory level, there were clear procedures to follow and linked disbursement tool system with Google Sheet made more convenient had average was 4.66 mean that most satisfactory level in all items. It showed that the tool control system developed by using new technology in the work process. As the results, data storage and disbursement was more convenient and faster. There was feedback data that can be used to plan and prepare the tools to be sufficient for use. This reduces building maintenance delays caused by tools unavailability.

Keywords: Control System for Tools, Building Maintenance Work

บทนำ

งานซ่อมบำรุงอาคาร มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการบริหารทรัพยากรกายภาพของอาคาร โดยต้องดูแลการใช้งานของอาคาร และระบบประกอบอาคาร อาทิ ระบบไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบสุขาภิบาล ระบบลิฟท์ ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย เป็นต้น เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาจนมีผลกระทบต่อผู้ใช้งาน เมื่อปัญหาความเสียหายเกิดขึ้น งานซ่อมบำรุงอาคาร จะต้องเข้าไปทำการตรวจสอบโดยเร่งด่วน ถ้าความเสียหายนั้นไม่สามารถแก้ไขได้ก็จะประสานหน่วยงานอื่นที่รับผิดชอบ เข้ามาดำเนินการ แต่ถ้าความเสียหายนั้นสามารถแก้ไขได้จากช่างซ่อมบำรุงของอาคารเอง ก็จะต้องรีบดำเนินการซ่อม โดยเร่งด่วน เพื่อลดข้อร้องเรียนที่เกิดขึ้น แต่ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบในงานซ่อมบำรุงที่ทำให้การแก้ไขเกิดความล่าช้านั้น มีสาเหตุมาจากความพร้อมของเครื่องมือ และอุปกรณ์สำรอง ที่ใช้ในแต่ละงานมีไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถแก้ไขระบบให้กลับมาใช้งานตามปกติได้ โดยเฉพาะปัญหาของเครื่องมือนั้น พบว่า ข้อมูลของการเบิก-จ่ายเครื่องมือที่ใช้งานไม่เป็นปัจจุบัน มีเครื่องมือบางชนิดที่สูญหายโดยไม่สามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากการนำไปใช้งานโดยไม่มีการบันทึกข้อมูล หรือจากการที่มีการยืมแล้วไม่นำส่งคืน ทำหาย และผู้ที่รับผิดชอบเกี่ยวกับเครื่องมือมีการเช็คข้อมูลที่ล่าช้าไม่ตรงตามวันที่มีการยืม ข้อมูลการเบิก-จ่ายเครื่องมือ ยังขาดระบบที่ดี จึงควรต้องทำการปรับปรุงระบบควบคุมเครื่องมือ ทั้งเรื่องของจำนวนที่ต้องมีพอเพียงกับการใช้งาน ข้อมูลการเบิก-จ่าย-คืน การชำรุดเสียหายของเครื่องมือ สามารถตรวจสอบและบันทึกข้อมูลสถิติที่เป็นปัจจุบัน ก็จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากความล่าช้าของงานซ่อมบำรุงในเรื่องของเครื่องมือลงได้

ระบบควบคุม ประกอบด้วย อินพุต และกระบวนการ (Process) ที่นำมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อก่อให้เกิดผลลัพท์ตามที่ต้องการ นำมาใช้เป็นแนวคิดในการแก้ไขปัญหานี้ จะทำการปรับกระบวนการทำงานที่มีอยู่เดิม โดยนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาทำงานร่วมด้วย คือ ใช้ระบบ QR-Code ซึ่งเป็นระบบบาร์โค้ดที่มีการตอบสนองที่รวดเร็ว อ่านได้อย่างสะดวก ร่วมกับการใช้งานด้วย Google Form เพื่อช่วยให้การควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร ให้ทำงานได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงในงานวิจัยนี้ จะดำเนินการเฉพาะเครื่องมือพื้นฐาน อาทิ สว่าน ประแจ คีม ไขควง และเลื่อย เพราะพบปัญหามากที่สุด

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร ในประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ระบบควบคุม (Control System)

ระบบควบคุม (Control System) หมายถึง การควบคุมระบบหรือสิ่งที่ผู้ออกแบบต้องการควบคุมให้ได้ค่าผลลัพธ์ในรูปแบบของเอาต์พุตที่ต้องการ ซึ่งทำได้โดยการป้อนค่าอินพุตให้กับระบบ

นิยามศัพท์พื้นฐานของระบบควบคุม มีดังนี้

1) อินพุต (Input) หมายถึง การสัญญาณเข้าที่ต้องการป้อนให้กับระบบรับรู้ซึ่งอาจแสดงในรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า

2) ระบบ (System) หมายถึง สิ่งที่ต้องการหรือระบบที่ต้องการควบคุม ซึ่งประกอบด้วยชุดควบคุม กระบวนการ (Process) ซึ่งอาจเป็นเครื่องมืออุปกรณ์หรือเครื่องจักร

3) ระบบควบคุมวงเปิด (Open-Loop Control) หมายถึงระบบควบคุมที่ไม่ได้ใช้สัญญาณจากเอาต์พุต มาบ่งบอกถึงลักษณะการควบคุม

4) ระบบควบคุมวงปิด (Closed-Loop Control) หรือระบบป้อนกลับ (Feedback Control) หมายถึง ระบบควบคุมที่ใช้สัญญาณจากเอาต์พุตมาบ่งบอกหรือคำนวณค่าที่เหมาะสม สำหรับการควบคุม

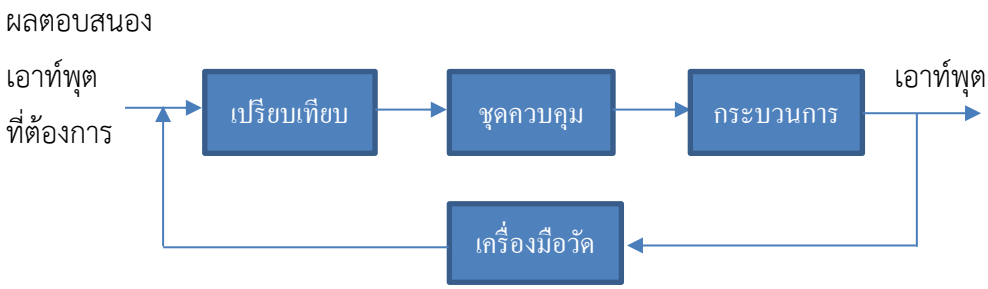
5) เอาท์พุต (Output) หมายถึง ผลของการทำงานของระบบที่ผ่านการควบคุมซึ่งจะแสดงในรูปแบบผลตอบสองทางกล (Mechanical Response) และผลตอบสนองทางไฟฟ้า (Electrical Response)

ประเภทของระบบควบคุม แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) ระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System) คือ ระบบที่มีการป้อนอินพุต ซึ่งอาจอยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าที่ระบบ (System) และได้สัญญาณออกหรือเอาท์พุต โดยไม่มีการนำสัญญาณป้อนกลับมาที่ระบบ ซึ่งสามารถแสดงในลักษณะของบล็อกไดอะแกรมในภาพที่ 1

ภาพที่ 1: บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบเปิด (Open Loop Control System)

2) ระบบควบคุมแบบปิด (Close Loop Control System) คือ ระบบที่มีการป้อนอินพุตซึ่งอาจอยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าที่ระบบ (System) และมีอุปกรณ์เครื่องมือวัด (Measurement) นำสัญญาณเอาท์พุตป้อนกลับสู่ระบบเพื่อเปรียบเทียบกับผลตอบสนองของสัญญาณเอาท์พุตที่ต้องการ ซึ่งสามารถแสดงในลักษณะของบล็อกไดอะแกรม ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2: บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบปิด (Close Loop Control System)

ภาพที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบปิด ที่แตกต่างจากระบบควบคุมแบบเปิด คือ มีการนำข้อมูลย้อนกลับ เพื่อปรับผลตอบสนองเอาท์พุตที่ต้องการได้ (สุมาลี อุณหวณิชย์, 2545)

การบริหารงานบำรุงรักษา

การบริหารงานบำรุงรักษา หรือการซ่อมบำรุง หมายถึง การวางแผน การจัดองค์กร การกำกับดูแล การประเมินกิจกรรมบำรุงรักษา และการประเมินค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ระบบการบริหารงานบำรุงรักษาที่ดี มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) ลดเวลาการหยุดเดินเครื่อง
2) พัฒนาระบบให้สะดวกใช้ประโยชน์ได้
3) ยืดอายุงานของเครื่องมือและอุปกรณ์
4) ความปลอดภัยและกระบวนการเป็นไปอย่างราบเรียบ
5) เกิดความปลอดภัยส่วนบุคคลและองค์กร
6) เพิ่มความเชื่อมั่นของระบบ
7) จัดเตรียมสิ่งแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะสม
8) ควบคุมค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ

การบำรุงรักษาเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และโรงงาน เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผลผลิตสูงขึ้น มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อให้เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์เสียหายน้อยที่สุด และเพื่อคงรักษาสภาพของโรงงานให้อยู่ในสภาวะที่มีการทำงานที่ดี โดยให้ต้นทุนต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
2) เพื่อลดการหยุดทำงานของคนงานและเครื่องจักรให้น้อยที่สุด
3) เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร สิ่งก่อสร้าง อาคาร โรงงาน
4) และการบริการเมื่อต้องการใช้ในการทำงาน
5) เพื่อพัฒนาบุคคลากรให้มีทักษะเฉพาะในการบำรุงรักษา
6) เพื่อป้องกันสภาพสิ่งแวดล้อม
7) เพื่อปรับปรุงพัฒนาความปลอดภัยในการทำงาน
8) เพื่อเป็นหลักประกันในคุณภาพของสินค้า
9) เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตสินค้า
10) เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในแง่ดีของเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์ และสิ่งสาธารณูปโภค (อนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล, 2557)

ระบบคิวอาร์โค้ด (QR Code)

คุณสมบัติของคิว QR Code คือ สามารถบรรจุข้อมูลได้ในปริมาณสูง QR Code สามารถบรรจุข้อมูลได้มากกว่าบาร์โค้ดธรรมดาหลายเท่าตัวและการบรรจุข้อมูลของ QR Code นั้นก็ยังไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่

ตัวเลขเท่านั้น แต่ยังสามารถบรรจุตัวอักษรเลข (Alphanumeric) ตัวอักษรภาษาญี่ปุ่น (ทั้ง Kanji และ Hiragana) สัญลักษณ์ตัวเลขฐานสอง (Binary) และรหัสสี (Colure Code) อีกด้วยโดยทั้งหมดนี้สามารถจะบรรจุไว้ได้ในคราวเดียวกัน สิ่งที่ต้องมี คือ บัญชี (account) ของผู้ใช้งานเพื่อเป็นแหล่งเก็บไฟล์ข้อมูลบนคลาวด์ เช่น Google Drive, OneDrive, Dropbox ที่สามารถแชร์ไฟล์ได้

วิธีการทำ QR Code ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) เตรียมลิงก์ URL ที่คุณต้องการให้ลูกค้าเข้าถึงผ่าน QR Code ต้องรู้ก่อนว่าจะให้ QR Code นั้นลิงก์ไปที่ไหน อาจจะไปบนหน้าใดหน้าหนึ่งของเว็บไซต์ หรือจะไปบน Social Media ซึ่งเมื่อรู้แล้ว สิ่งที่ต้องเตรียมก็คือลิงก์ URL

2) ไปยังเครื่องมือสร้าง QR Code มีให้เลือกมากมาย เช่น QR Code Monkey และ QR Code Generator แต่ที่นิยมใช้จะเป็น QR Code Monkey เพราะมีลูกเล่นเยอะ และไม่ต้องลงทะเบียนก่อนใช้งาน

3) ใส่ลิงก์ และปรับแต่ง QR Code ตามต้องการ

4) เริ่มทำการ Create QR Code เมื่อปรับเรียบร้อยแล้ว ให้คลิกปุ่ม “Create QR Code” สีเขียว จากนั้นตัวอย่าง QR Code ที่เราสร้างก็จะแสดงขึ้นมา ทั้งนี้ ก่อนที่จะดาวน์โหลด QR Code มาใช้งาน ยังสามารถเลือก Resolution ได้

5) ทดสอบก่อนนำ QR Code ไปใช้ โดยทดลองสแกนทดสอบว่าใช้งานได้หรือไม่ (อนุชา ชีช้าง, 2553)

การใช้งาน กูเกิ้ล ฟอร์ม (Google Form)

Google Form เป็นส่วนหนึ่งในบริการของกลุ่ม Google Docs ที่ช่วยให้เราสร้างแบบสอบถามออนไลน์ หรือใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ในการใช้งาน Google Form ผู้ใช้สามารถนำไปปรับประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบ อาทิเช่น การทำแบบฟอร์มสำรวจความคิดเห็น แบบฟอร์มสำรวจความพึงพอใจ แบบฟอร์มลงทะเบียน การลงคะแนนเสียง เป็นต้น

การใช้งาน Google Form นั้น ผู้ใช้งานหรือผู้ที่จะสร้างแบบฟอร์มจะต้องมีบัญชีของ Gmail หรือ Account ของ Google เสียก่อน ผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานสร้างแบบฟอร์มผ่าน Web Browser ได้เลย โดยที่ไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใด ๆ ทั้งสิ้น การใช้งาน Google Form มีความสามารถในการสร้างแบบฟอร์ม การสร้างคำถาม การกำหนดลักษณะคำตอบ การปรับแต่งธีมแบบฟอร์ม การแสดงตัวอย่างแบบฟอร์ม การตั้งค่าแบบฟอร์ม การส่งแบบฟอร์ม การดูการตอบกลับ การปิดการตอบกลับ และการลบแบบฟอร์ม ที่ผู้ใช้งานสามารถจัดทำแบบฟอร์มต่าง ๆ ได้โดยไม่ยุ่งยากนัก (มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล, 2563)

การออกแบบระบบการจัดการเบิกจ่ายเครื่องมือช่าง ในโรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการจัดการเบิกจ่ายเครื่องมือช่าง สามารถลดการขาดแคลนของเครื่องมือช่าง ลดอัตราการสูญหายของเครื่องมือช่าง และอำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมเครื่องมือช่าง ของแผนกวิศวกรรมการผลิต โรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง ซึ่งรับผิดชอบการซ่อมบำรุงเครื่องจักร จากการศึกษา พบว่า มีอัตราการสูญหายของเครื่องมือช่างสูงถึง 5.75 ชิ้นต่อเดือน ส่งผลให้ขาด

แคลนเครื่องมือช่าง โดยปัญหาเกิดจากขาดระบบการจัดการข้อมูลที่ดี ไม่มีบันทึกการเบิกจ่ายและไม่มีข้อมูลคลังเครื่องมือช่าง ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มด้วยการสำรวจข้อมูลเครื่องมือช่าง และศึกษาขั้นตอนในการเบิกจ่าย จากนั้นจึงหาความต้องการของระบบเพื่อออกแบบฐานข้อมูล โดยสร้างฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Access และระบบเบิกจ่ายด้วยภาษา Visual Basic พร้อมกันนั้นได้นำระบบรหัสแท่ง (บาร์โค้ด) มาใช้งาน

ผลการวิจัย พบว่า ระบบการจัดการเบิกจ่ายเครื่องมือช่าง ที่ออกแบบใหม่ สามารถบันทึกข้อมูลการเบิกจ่ายและจำนวนคงคลังเครื่องมือช่าง รายงานเครื่องมือช่างที่ขาดแคลน และให้ข้อมูลในการจัดเตรียมเครื่องมือช่าง ระบบสามารถใช้งานได้ถูกต้องและรวดเร็ว ป้องกันการสูญหายของเครื่องมือช่างได้ (ชยินท์ จงไพบูลย์พัฒนะ และ นภิสพร มีมงคล, 2555)

การพัฒนาระบบการจัดการพัสดุคงคลัง กรณีศึกษาคลังยา แผนกเภสัชกรรม โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี

การวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการจัดการยาคงคลังของแผนกเภสัชกรรม โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี โดยนำหลักการสินค้าคงคลังด้วยการประยุกต์ใช้ตัวแบบการสั่งซื้อแบบประหยัด (Economic Order Quantity) ร่วมกับจุดสั่งซื้อ (Reorder Point) มาใช้ในการจัดการยาคงคลัง โดยจัดทำแบบจำลองการจัดการยาคงคลังด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไมโครซอฟท์เอ็กเซล โดยเริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบันและวิธีดำเนินงานบริหารคลังยา พบว่า มีปริมาณยาคงคลังมากทำให้มูลค่ายาคงคลังเฉลี่ยสูงและเกิดต้นทุนจมในรูปพัสดุคงคลังจำนวนมาก นำไปสู่ต้นทุนในการจัดเก็บรักษาที่สูงตามไปด้วย ในขณะที่ยาบางชนิดขาดทำให้ไม่สามารถให้บริการกับผู้มาใช้บริการได้ ซึ่งสาเหตุของปัญหาพบว่า ไม่มีรูปแบบและวิธีการจัดการยาคงคลังที่มีประสิทธิภาพเพียงพอ

ผลการวิจัยจากการพัฒนาระบบการบริหารยาคงคลัง โดยใช้แบบจำลองจัดการยาคงคลังที่พัฒนาขึ้นใหม่ สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดการยาคงคลังลงเป็นจำนวนเงิน 73,390.27 บาท หรือลดลงคิดเป็นร้อยละ 28.13 และมูลค่ายาคงคลังเฉลี่ยลดลง 3,380,407.14 บาทหรือลดลงร้อยละ 31.91 ของมูลค่ายาคงคลังเฉลี่ยของระบบปัจจุบัน จากผลการวิจัย สามารถควบคุมปริมาณยาคงคลัง และกำหนดจุดสั่งซื้อได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลงได้ (ไปรวิทย์ ลาน้อย, 2558)

การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ที่ใช้งานคิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในด้านการอำนวยความสะดวก การลดขั้นตอนการทำงาน การประหยัดค่าใช้จ่ายของหน่วยงาน และการลดการใช้ทรัพยากรเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของคิวอาร์โค้ดแบบประเมินความพึงพอใจและแบบสัมภาษณ์ความพึง

พอใจ เก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวน 33 คน โดยใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจ ด้านความสะดวก ขนาดของคิวอาร์โค้ด ความละเอียดของคิวอาร์โค้ด ด้านการช่วยประหยัดเวลา ใช้งานง่ายได้ด้วยตนเอง ด้านการลดขั้นตอนการทำงาน ด้านช่วยลดการใช้ทรัพยากร ด้านการออกแบบคิวอาร์โค้ด ด้านข้อมูลครุภัณฑ์ การแสดงผลข้อมูลครุภัณฑ์ รวดเร็ว รูปภาพชัดเจน ถูกต้อง ด้านคู่มือการติดตั้งและวิธีการใช้งานครอาร์โค้ด โดยภาพรวมระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในทุกด้าน (เจษฎา เปาจีน, 2561)

ระบบการจัดเก็บเอกสารภายในของบุคลากรสายสนับสนุน คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

การวิจัยนี้ เป็นการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการจัดเก็บเอกสารและแนวทางการพัฒนาระบบการจัดเก็บเอกสารภายในของบุคลากรสายสนับสนุน คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พบว่า แนวทางการพัฒนาระบบการจัดเก็บเอกสารภายในควรมีการตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติงานของบุคลากร การปรับปรุงการปฏิบัติงาน และการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ในการปฏิบัติงาน จะทำให้การปฏิบัติงาน มีประสิทธิภาพ มีความรวดเร็ว และเป็นการกระตุ้นให้บุคลากรมีการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ควรมีการจัดอบรมสำหรับการปฏิบัติหน้าที่ของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน เพื่อทบทวนการปฏิบัติหน้าที่ และมีการประเมินผลการปฏิบัติงานอย่างจริงจัง (ละอองดาว ภูสำรอง, 2561)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการควบคุมการ เบิก-จ่าย เครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร
2. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยนี้ ประชากร ได้แก่ เครื่องมือพื้นฐาน อาทิ คีม ค้อน ไขควง สว่าน ประแจ เลื่อย และกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องมือพื้นฐานที่ใช้งานซ่อมบำรุงอาคารของนิติบุคคลอาคารชุด ยู ดีไลท์ รัชวิภา

ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตงานวิจัยด้านเนื้อหา ระบบควบคุมเครื่องมือในงานซ่อมบำรุงรักษาอาคาร ในงานวิจัยนี้ จะทำเฉพาะเครื่องมือพื้นฐาน ได้แก่ คีม ค้อน ไขควง สว่าน ประแจ เลื่อย เป็นต้น

ขอบเขตด้านพื้นที่เลือกแบบเจาะจง ได้แก่ หน่วยงานซ่อมบำรุงนิติบุคคลอาคารชุด ยู ดีไลท์ รัชวิภา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

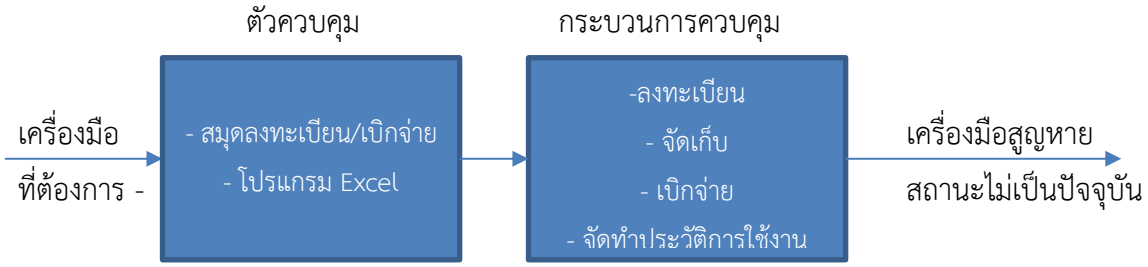
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวบข้อมูล ได้แก่

1. แบบบันทึก ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการใช้เครื่องมือในงานซ่อมบำรุงรักษาอาคาร เฉพาะเครื่องมือพื้นฐาน อาทิ ประวัติเครื่องมือ จำนวนเครื่องมือ ใบเบิกจ่ายเครื่องมือ เป็นต้น
2. แบบประเมินความพึงพอใจการใช้ QR Code เพื่อช่วยในการควบคุมการเบิกจ่ายเครื่องมือ
3. แบบประเมินความพึงพอใจ หลังจากการทดลองใช้งานจริง ของ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form ในการเบิกจ่ายเครื่องมือ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแนวคิด และทฤษฎี เกี่ยวกับระบบควบคุม การบริหารงานบำรุงรักษา ระบบคิวอาร์โค้ด (QR Code) การใช้งานกูเกิ้ล ฟอร์ม (Google Form) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร ร่วมกับเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

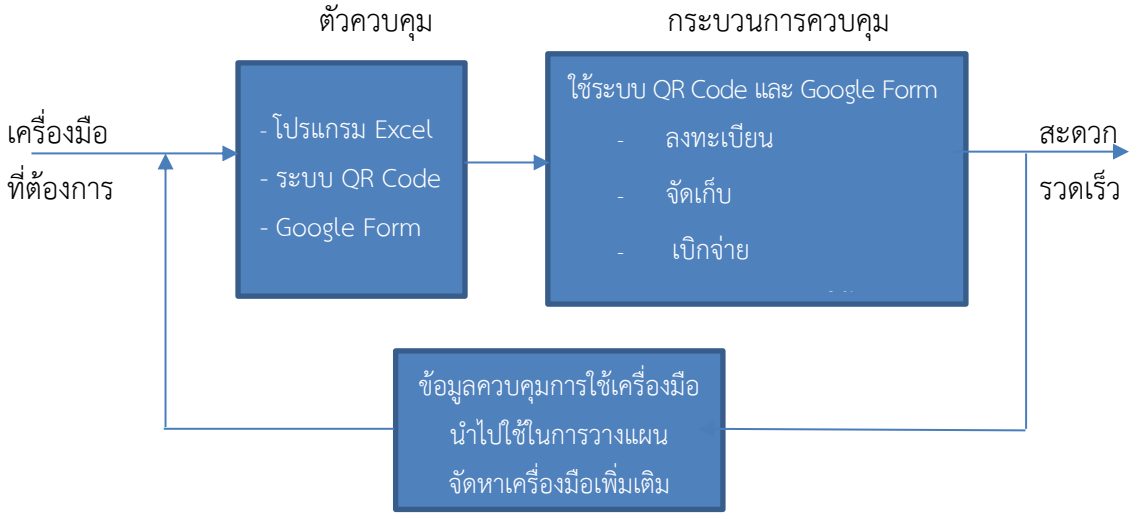
1) วิเคราะห์ปัญหาจากระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร ของ นิติบุคคล อาคารชุด ยู ดีไลท์ รัชวิภา เป็นระบบควบคุมแบบเปิด มีอินพุต คือ เครื่องมือที่ใช้งาน กระบวนการ เริ่มจาก การลงทะเบียน การจัดเก็บเครื่องมือ การเบิกจ่ายเครื่องมือ การจัดทำประวัติการใช้งาน โดยการจัดทำบันทึกลงสมุดร่วมกับ โปรแกรม Excel ในส่วนของเอาท์พุต พบปัญหาว่า ข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน จำนวนเครื่องมือที่ลงทะเบียนไว้ ไม่ตรงกับเครื่องมือที่มีในที่จัดเก็บ ไม่รู้สาเหตุการสูญหาย ไม่สามารถตรวจสอบสถานะได้ว่าเครื่องมือนั้น มีผู้ยืมไปใช้ หรือยังคงอยู่ ระบบควบคุมดังกล่าว แสดงในภาพที่ 3 ดังนี้



ภาพที่ 3: ระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร (เดิม)

2) พัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร เพื่อแก้ปัญหาที่พบ โดยการออกแบบระบบควบคุมให้เป็นระบบปิด โดยปรับกระบวนการควบคุม ให้ใช้ระบบ QR Code ร่วมกับ Google Form ในการลงทะเบียน การจัดเก็บ การเบิกจ่ายและบันทึกประวัติการใช้งานเครื่องมือพื้นฐานแต่ละชนิด เพื่อให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว ในการทำงาน และนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ในการวาง

แผนการจัดหาเครื่องมือเพิ่มเติม เพื่อให้มีใช้งานได้เพียงพอกับการทำงานซ่อมบำรุงอาคาร ดังแสดงระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในการบำรุงรักษาอาคาร เป็นระบบแบบปิด ดังแสดงในภาพที่ 4

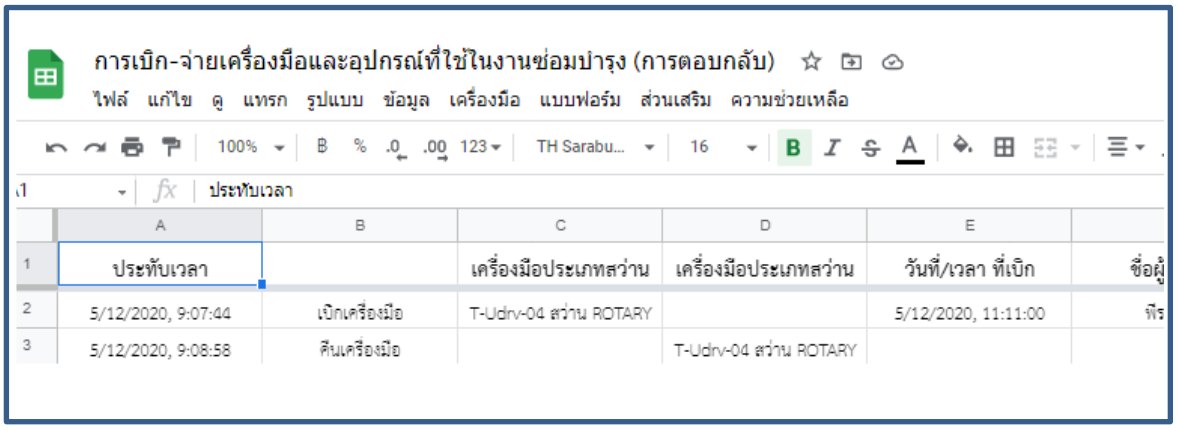


ภาพที่ 4: ระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในการซ่อมบำรุงอาคาร (ใหม่)

3) สร้างลิงค์เชื่อมโยงระหว่างแบบฟอร์มใน Google Form กับ QR Code โดยการนำลิงค์จากแบบฟอร์มใน Google Form ไปสร้าง QR Code เพื่อใช้ในการสแกนเพื่อกรอกรายละเอียดในการเบิกจ่าย หลังจากสร้าง QR Code เรียบร้อยแล้ว จัดทำแฟ้มการเบิกจ่ายด้วย QR Code ไว้ ณ ห้องช่าง การสร้าง QR Code จะจัดกลุ่มตามประเภทของเครื่องมือ เช่น ไขควง สว่าน คีม ค้อน ข้อมูลที่อ่านจาก QR Code ส่วนที่ 1 ประกอบด้วย ชื่อเครื่องมือ รหัสเครื่องมือ ยี่ห้อ/รุ่น จำนวน สถานะการใช้งาน สถานที่จัดเก็บ ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลการเบิกเครื่องมือ แสดงไว้ใน Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form ประกอบด้วย วัน/เดือน/ปี เวลา ชื่อผู้ขอเบิก สาเหตุการเบิก หมายเลขใบแจ้งซ่อม ผู้ให้เบิก ตามภาพที่ 5 และ ภาพที่ 6

รหัส	รูปภาพ	รายละเอียด	QR Code
T-Udrv-04		สว่าน ROTARY BOSCH/GBH2-26 DFR	
T-Udrv-05		อะแดปเตอร์ดอกสว่าน BOSCH	
T-Udrv-27		สว่านแบตฯ 1ชุด BOSCH/GSR9.6	

ภาพที่ 5: ตัวอย่างการจัดทำ QR Code แยกตามประเภทของเครื่องมือ



ภาพที่ 6: ตัวอย่าง Google Sheet แสดงข้อมูลสถานะการเบิกจ่ายเครื่องมือ

4) จัดทำ Google Sheet การเบิกจ่ายเครื่องมือที่ใช้ในงานบำรุงรักษาบำรุงรักษา เมื่อสร้าง QR Code เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจะสร้างความเชื่อมโยงระหว่างแบบฟอร์ม Google Form กับ Google Sheet เพื่อให้สามารถดูผลการเบิกจ่ายทั้งหมด

5) ประเมินความพึงพอใจ ในการใช้งานระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยี QR Code เชื่อมโยงกับ Google Form ที่พัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน จากแบบประเมินความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ที่สร้างขึ้น

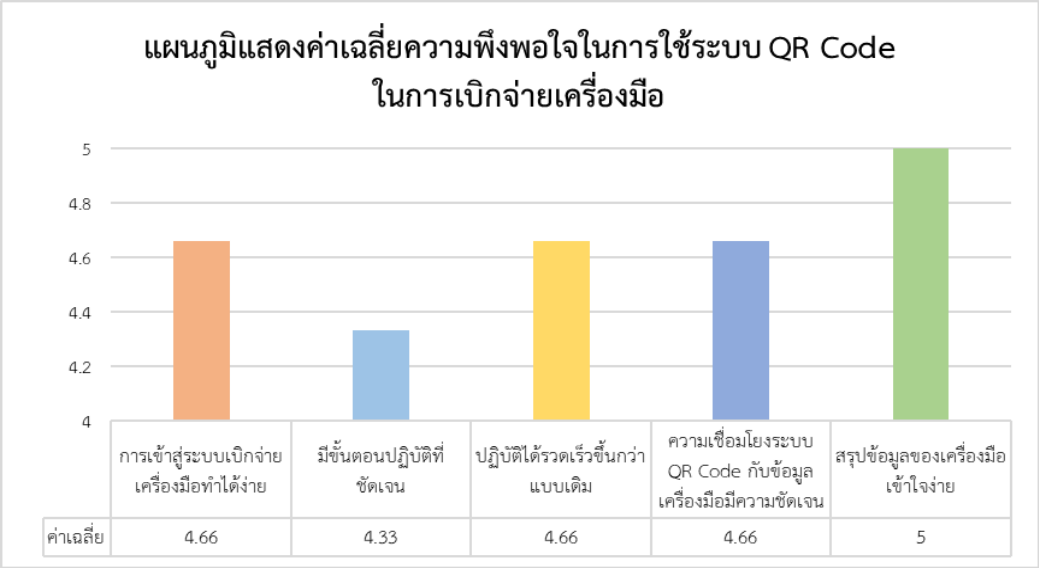
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร เฉพาะเครื่องมือพื้นฐาน โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการ มีการนำระบบ QR Code มาใช้งานร่วมกับ Google Form เมื่อนำระบบที่พัฒนาแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ช่างซ่อมบำรุง ที่ทำหน้าที่ในการเบิกจ่ายเครื่องมือ จำนวน 3 ท่าน ทดลองใช้ เพื่อประเมินความพึงพอใจ พบว่า มีค่าความพึงพอใจ ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1: ตารางวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้ QR Code ระบบเบิกจ่ายเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง

รายการคำถาม	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์การประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. การเข้าสู่ระบบเบิกจ่ายเครื่องมือทำได้ง่าย	4	5	5	4.66	พอใจมากที่สุด
2. มีขั้นตอนปฏิบัติที่ชัดเจน	5	4	4	4.33	พอใจมาก
3. ปฏิบัติได้รวดเร็วขึ้นกว่าแบบเดิม	5	4	5	4.66	พอใจมากที่สุด
4. ความเชื่อมโยงระบบ QR Code กับข้อมูลเครื่องมือมีความชัดเจน	5	5	4	4.66	พอใจมากที่สุด
5. สรุปข้อมูลของเครื่องมือเข้าใจได้ง่าย	5	5	5	5.00	พอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม				**4.66**	**พอใจมากที่สุด**

จากตารางที่ 1 แสดงค่าความพึงพอใจในการใช้ระบบ QR Code ในการเบิกจ่ายเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของช่างผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ในประเด็นการเข้าสู่ระบบเบิกจ่ายเครื่องมือทำได้ง่าย ปฏิบัติได้รวดเร็วขึ้นกว่าแบบเดิม ความเชื่อมโยงระบบ QR Code กับข้อมูลเครื่องมือมีความชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 4.66 และสรุปข้อมูลของเครื่องมือเข้าใจได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 5.00 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุด ส่วนในประเด็นคำถาม มีขั้นตอนปฏิบัติที่ชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในเกณฑ์พอใจมาก มีค่าเฉลี่ยรวม ทุกรายการ 4.66 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุด แสดงด้วยแผนภูมิ ได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7: แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความพึงพอใจการใช้ระบบ QR Code ในการเบิกจ่ายเครื่องมือ

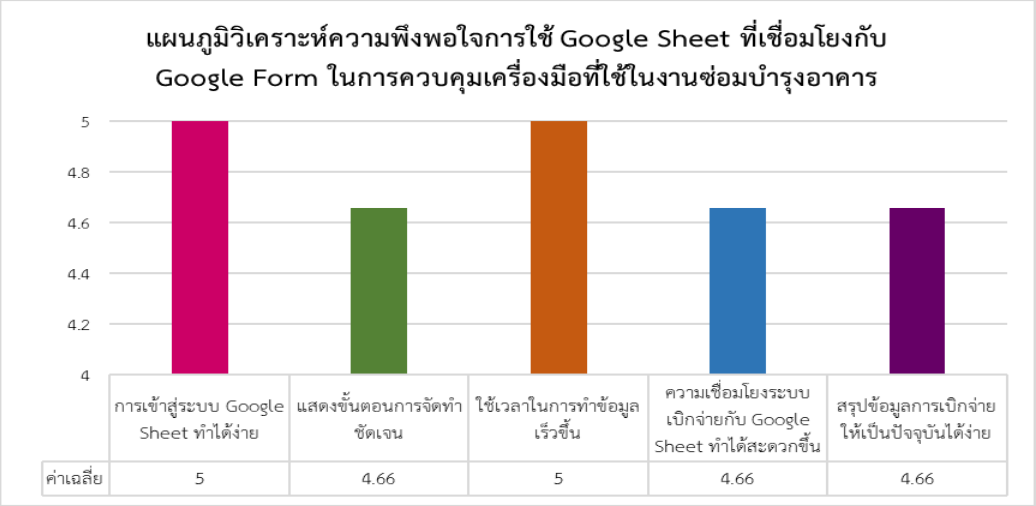
จากการประเมินหาค่าความพึงพอใจ ในการใช้ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form ในการควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร โดยช่างซ่อมบำรุงอาคารที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุง จำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินหลังจากการทดลองใช้งานจริง ผลการประเมินความพึงพอใจ แสดงในตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2: ตารางวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form ในการควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร

รายการคำถาม	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์การประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1. การเข้าสู่ระบบ Google Sheet ทำได้ง่าย	5	5	5	5.00	พอใจมากที่สุด
2 แสดงขั้นตอนการจัดทำชัดเจน	5	4	5	4.66	พอใจมากที่สุด
3. ใช้เวลาในการทำข้อมูลเร็วขึ้น	5	5	5	5.00	พอใจมากที่สุด

รายการคำถาม	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์การประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
4. ความเชื่อมโยงระบบเบิกจ่าย กับ Google Sheet ทำได้สะดวกขึ้น	5	5	4	4.66	พอใจมากที่สุด
5. สรุปข้อมูลการเบิกจ่ายให้เป็นปัจจุบันได้ง่าย	5	5	4	4.66	พอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม				**4.79**	**พอใจมากที่สุด**

จากตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form พบว่า ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของช่างผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน จำนวน 5 รายการ ในประเด็นการเข้าสู่ระบบ Google Sheet ทำได้ง่าย ใช้เวลาในการจัดทำข้อมูลเร็วขึ้น มีค่าเฉลี่ย 5.00 แสดงขั้นตอนการจัดทำชัดเจน ความเชื่อมโยงระบบเบิกจ่ายกับ Google Sheet ทำได้สะดวกขึ้น และสรุปข้อมูลการเบิกจ่ายให้เป็นปัจจุบันได้ง่าย มีค่าเฉลี่ย 5.00 และมีค่าเฉลี่ยรวม 4.79 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุดในทุกรายการ แสดงแผนภูมิความพึงพอใจ ไว้ในภาพที่ 8



ภาพที่ 8: แผนภูมิวิเคราะห์ความพึงพอใจการใช้ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form ในการควบคุมเครื่อมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร

ผลจากการวิเคราะห์ความพึงพอใจในการใช้งาน ระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร โดยทำการพัฒนากระบวนการทำงาน มีการนำเทคโนโลยี ระบบ QR Code กับ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form มาใช้แทนระบบเดิม พบว่า การเข้าสู่ระบบการเบิกจ่ายเครื่องมือ ทำได้ง่าย มีการแสดงขั้นตอนการจัดทำข้อมูลที่ชัดเจน ใช้เวลาในการทำข้อมูลได้เร็วขึ้น ความเชื่อมโยงของระบบ QR Code กับข้อมูลของเครื่องมือ และความเชื่อมโยงของระบบเบิกจ่าย กับ Google Sheet ทำให้สามารถทำงานได้สะดวกขึ้น รวมทั้งการสรุปข้อมูลเครื่องมือ และข้อมูลการเบิกจ่าย ให้เป็นปัจจุบัน ทำได้ง่ายขึ้น

การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคารครั้งนี้ ได้นำหลักการของระบบควบคุม โดยปรับจากระบบเปิด (Open Loop) เป็นระบบปิด (Close Loop) โดยนำเทคโนโลยีระบบ QR Code และ Google Form มาปรับใช้ในกระบวนการทำงาน นำข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการใช้เครื่องมือ นำหลักการบริหารงานบำรุงรักษาที่ดี ในประเด็นการพัฒนาระบบให้สะดวกและใช้ประโยชน์ได้ ทำให้สามารถยืดอายุงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ และเมื่อนำระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชยินท์ จงไพบูลย์พัฒนะ และ นภิสพร มีมงคล (2555) การออกแบบระบบการจัดการเบิกจ่ายเครื่องมือช่าง ในโรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง ที่พบว่า ระบบการจัดการเบิกจ่ายเครื่องมือช่าง ที่ออกแบบใหม่ สามารถบันทึกข้อมูลการเบิกจ่าย และให้ข้อมูลในการจัดเตรียมเครื่องมือช่าง ทำให้สามารถใช้งานได้ถูกต้องและรวดเร็ว ป้องกันการสูญหายของเครื่องมือช่างได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไปรวิทย์ ลาน้อย (2558) การพัฒนาระบบการจัดการพัสดุคงคลัง กรณีศึกษาคลังยา แผนกเภสัชกรรม โรงพยาบาลค่ายนวมินทราชินี ในประเด็นควบคุมปริมาณยาคงคลัง ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลงได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจษฎา เปาจีน (2561) การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในประเด็น ผู้ใช้มีความพึงพอใจในความสะดวก ประหยัดเวลา ใช้งานง่ายได้ด้วยตนเอง ลดขั้นตอนการทำงาน ลดการใช้ทรัพยากร โดยมีภาพรวมระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ในทุกด้าน รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ละอองดาว ภูสำรอง (2561) ระบบการจัดเก็บเอกสารภายในของบุคลากรสายสนับสนุน คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ในประเด็นการพัฒนาระบบการจัดเก็บเอกสารภายใน ควรมีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้ในการปฏิบัติงาน จะทำให้การปฏิบัติงาน มีประสิทธิภาพและมีความรวดเร็ว

จากผลการวิจัยดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร ที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยนำเทคโนโลยี ระบบ QR Code เชื่อมโยงกับ Google Form จัดทำเป็น Google Sheet นั้น สามารถช่วยให้กระบวนการทำงาน การเบิกจ่ายเครื่องมือทำได้ สะดวก รวดเร็ว มีข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน และนำข้อมูลที่มีไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการจัดหาเครื่องมือให้พอเพียงกับการใช้งาน ซึ่งหน่วยงานอื่น สามารถนำผลการวิจัยนี้ ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการในการทำงาน โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย เข้ามาแทนที่ระบบเดิมที่ทำอยู่ เพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลที่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ มีความสะดวกรวดเร็ว ในการปฏิบัติงาน และอาจจะเป็นการช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย

สรุป

สรุปข้อมูลจากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ศึกษาการควบคุมการ เบิก-จ่าย เครื่องมือพื้นฐาน ในงานซ่อมบำรุงอาคาร ของหน่วยงานซ่อมบำรุงอาคาร นิติบุคคลอาคารชุด ยู ดีไลท์ รัชวิภา โดยทำการวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้งานซ่อมบำรุงงานล่าช้า

พบว่า สาเหตุหนึ่งมาจากความพร้อมของเครื่องมือ ข้อมูลของการเบิก-จ่ายเครื่องมือไม่เป็นปัจจุบัน มีเครื่องมือบางชนิดที่สูญหายโดยไม่สามารถตรวจสอบได้ เนื่องจากการนำไปใช้งานโดยไม่มีการบันทึกข้อมูล หรือจากการที่มีการยืมแล้วไม่นำส่งคืน ข้อมูลการเบิก-จ่ายเครื่องมือ มีจำนวนไม่ตรงตามบัญชีควบคุม

2) พัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร โดยการนำเทคโนโลยีระบบ QR Code มาใช้ในการลงทะเบียน การจัดเก็บ การเบิกจ่าย สามารถตรวจสอบสถานะของเครื่องมือได้ จากการสแกน QR Code มีการเชื่อมโยงกับ Google Form จัดทำเป็น Google Sheet และพัฒนาระบบควบคุมให้เป็นระบบปิด เพื่อให้กระบวนการทำงาน มีข้อมูลย้อนกลับนำไปใช้ในการวิเคราะห์ วางแผน การจัดหาเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน ผลจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมทุกรายการ 4.66 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุด และผลประเมินความพึงพอใจในการใช้ Google Sheet ที่เชื่อมโยงกับ Google Form เพื่อควบคุมเครื่อมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร มีค่าเฉลี่ยรวมทุกรายการ 4.79 อยู่ในเกณฑ์พอใจมากที่สุด

3) ผลการวิจัย การพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือที่ใช้ในงานซ่อมบำรุงอาคาร พบว่า สามารถช่วยให้กระบวนการทำงาน การเบิกจ่ายเครื่องมือทำได้ สะดวก รวดเร็ว มีข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน วางแผนการจัดหาเครื่องมือให้พอเพียงกับการใช้งานได้ จึงควรมีการนำไปพัฒนาระบบควบคุมเครื่องมือประเภทอื่น ๆ เช่น เครื่องมือวัด เครื่องมือเฉพาะงาน รวมทั้ง การควบคุมวัสดุ และอุปกรณ์ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว สามารถนำไปใช้ในการวางแผน จัดซื้อ วัสดุและอุปกรณ์ เพื่อที่จะไม่ต้องสำรองไว้เกินความต้องการ เพราะจะมีผลต่อค่าใช้จ่าย และสถานที่จัดเก็บ

เอกสารอ้างอิง

เจษฎา เปาจีน. (2561). *การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ออนไลน์ของคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชยินท์ จงไพบูลย์พัฒนะ และ นภิสพร มีมงคล. (2555). การออกแบบระบบการจัดการเบิกจ่ายเครื่องมือช่างในโรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง. ใน *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555* (น. 189-194). http://www.dms.eng.su.ac.th/filebox/FileData/POME010.pdf

ไปรวิทย์ ลาน้อย. (2558). *การพัฒนาระบบการจัดการพัสดุคงคลัง กรณีศึกษาคลังยา แผนกเภสัชกรรม โรงพยาบาล ค่ายนวมินทราชินี* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

ละอองดาว ภูสำรอง. (2561). *ระบบการจัดเก็บเอกสารภายในของบุคลากรสายสนับสนุน คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. คณะมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล. (2563). *คู่มือการใช้งาน Google Form*. มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล.

สุมาลี อุณหวณิชย์. (2545). *ระบบควบคุม (Control System)*. บริษัท ว. เพ็ชรสกุล จำกัด.

อนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล. (2557). *การบำรุงรักษา*. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

การพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป

THE DEVELOPEMENT OF INVENTORY MATERIAL BORROWING - LENDING MANAGEMENT SYSTEM CASE STUDY PATTAKARN GROUP (PTK-ICS)

พจนีย์ จันทรศุภวงศ์

Pojanee Juntarasupawong

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
Computer Science and Information Technology,
Department School of Information Technology and Innovation, Bangkok University
Corresponding Author, E-mail: pojanee.j@bu.ac.th

บทคัดย่อ

บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป (1965) จำกัด เป็นบริษัทที่ทำการรับเหมาก่อสร้าง โดยข้อมูลและรายละเอียดของงานส่วนใหญ่ ณ ปัจจุบันถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของเอกสาร ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดหรือข้อมูลสูญหายได้ อีกทั้งยังพบปัญหาอุปกรณ์สูญหาย ไม่มีบันทึกการยืม-คืน ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าผู้ใดเป็นผู้ยืมอุปกรณ์และขาดระบบในการจัดการวัสดุอุปกรณ์ที่ดี โดยทางผู้พัฒนานั้นจึงได้มีแนวทางที่จะนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยในการแก้ไขในส่วนของการจัดการวัสดุและอุปกรณ์เพื่อทำให้ปัญหาต่าง ๆ ลดน้อยลง เพิ่มความถูกต้องในการทำงาน

ในการพัฒนาระบบจัดการคงคลัง บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป ซึ่งเป็นระบบที่จัดการในส่วนของการยืม-คืนวัสดุอุปกรณ์ โดยระบบได้มีการแบ่งการทำงานเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ผู้ใช้งานที่เป็นผู้ดูแลระบบ จะสามารถทำการเพิ่ม-ลด และแก้ไข้ข้อมูลได้ เช่น รหัสผู้ใช้งาน รหัสผ่าน และข้อมูลไซต์งานที่โฟร์แมนรับผิดชอบได้ กลุ่มที่ 2 ผู้ใช้งานที่เป็นโฟร์แมน สามารถทำเรื่อง ยืม-คืน สั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ได้ และสามารถตรวจสอบประวัติการยืม-คืน สั่งซื้อ วัสดุ/อุปกรณ์ได้ โดยทางผู้พัฒนาได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา PHP ใช้โปรแกรม XAMPP ในการทดลองเซิร์ฟเวอร์ และใช้โปรแกรม phpMyAdmin ในการจัดการฐานข้อมูล ประเภท MySQL

จากการประเมินผลกลุ่มผู้ทดลองใช้ระบบจัดการคงคลัง บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป จำนวน 30 คน พบว่าความพึงพอใจโดยรวมของกลุ่มผู้ทดลองใช้อยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 3.75 โดยด้านที่มีผลการประเมินความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านประโยชน์ของผู้ใช้ รองลงมา คือ ด้านการออกแบบระบบ และด้านที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุด คือ ด้านการใช้งานระบบ

คำสำคัญ: ระบบยืมคืนอุปกรณ์ ระบบจัดการคลังสินค้า ระบบบริหารคลังวัสดุอุปกรณ์ สินค้าคงคลัง

ABSTRACT

Pattakarn Group Co., Ltd. (1965) is a construction contractor company whose information and job details currently are mostly stored in document format, which may cause errors or data loss. Additionally, there found some problems of missing equipments and no recoding of borrowing-returning that made unable to track who had borrowed the equipments and lacking of a good material/equipment management system. Therefore, the developers have proposed using efficient technology to solve the material and equipment management inorder to reduce various problems and increase correctness of work.

To develop the Pattakarn Group Co., Ltd. inventory management system which is a system that manages material/ equipment borrowing-returning, the system is divided its functionalities into 2 groups: Group 1 the users who were the system administrators were able to add-delete, and edit information such as user ID, password, and responsibility of foreman's site information; Group 2 the users who were Foremens were able to proceed borrowing-returning, purchase order of materials/ equipment, and examine the history of borrowing-returning and purchase orders of materials/ equipment. The developers developed the system using PHP language, tested the server using XAMPP, and used phpMyAdmin to manage the MySQL database.

Based on evaluation results of 30 participants who used the inventory management system of Pattakarn Group, found that the overall satisfaction of the group of participants was high level at an average of 3.75, the highest satisfaction evaluation results were user perceived usefulness, support working time-saving, present varios device's information correcly, and reduce mistake in working.

Keywords: Equipment Borrow-Return System, Warehouse Management System, Material Management System, Inventory

บทนำ

เนื่องจากทางบริษัท พัฒฒการกรุ๊ป มีความต้องการที่จะเปลี่ยนระบบจัดการภายในบริษัทให้มีความทันสมัยมากขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการเติบโตของบริษัท โดยปรับเปลี่ยนการทำงานจากเดิมที่มีการเก็บข้อมูลและรายละเอียดของงานส่วนใหญ่ ในรูปแบบของเอกสาร อาจทำให้เกิดความผิดพลาดหรือข้อมูลสูญหายได้ อีกทั้งยังพบปัญหาอุปกรณ์สูญหายซึ่งปัจจุบันมีอุปกรณ์สูญหายเฉลี่ย 10 ชิ้นต่อเดือน ซึ่งส่งผลกระทบกับงาน

เนื่องจากไม่มีบันทึกการยืม-คืน ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าผู้ใดเป็นผู้ยืมอุปกรณ์ ยืมอุปกรณ์ไปใช้ที่ไซต์งานไหน ผู้ยืมอุปกรณ์ได้รับอุปกรณ์ไม่ตรงตามที่ขอ ขาดระบบในการจัดการวัสดุอุปกรณ์ที่ดีทำให้ต้องเสียเวลาในการค้นหาข้อมูลจากเอกสารที่มีจำนวนมาก และต้องดำเนินการยืม-คืนในวันและเวลาทำการของบริษัท จันทร์-ศุกร์ เวลา 9.00-17.00 น. จึงได้มีแนวทางการนำเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมาช่วยในการแก้ไขในส่วนของการจัดการวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อช่วยให้การจัดการวัสดุเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีความถูกต้อง ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการปรึกษากับทางบริษัทในเรื่องระบบที่จะมารองรับต่อการทำงานภายในบริษัทว่าระบบควรมีการทำงานอย่างไร และทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป ที่ทำงานในรูปแบบออนไลน์เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการจัดสรรทรัพยากรภายในไซต์งาน ซึ่งจะเป็นระบบที่เกี่ยวกับเรื่องการยืม-คืน วัสดุและอุปกรณ์ในแต่ละไซต์งานของบริษัท

ทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมข้อมูลการพัฒนาระบบเพื่อช่วยในการจัดการระบบยืม-คืน เบิกจ่ายอุปกรณ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลและแนวทางประกอบการพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป ดังนี้

วิกานต์ดา โหม่งมาตย์ (2565) การพัฒนาระบบการให้บริการยืม-คืน วัสดุครุภัณฑ์ของห้องปฏิบัติการทางการพยาบาล คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เพื่อพัฒนาระบบนรูปแบบออนไลน์ลดการสัมผัสเนื่องจากการแพร่ระบาดไวรัสโคโรน่า 2019 สามารถสร้างความพึงพอใจการเข้าถึงการรับบริการยืม-คืนอย่างถูกต้อง รวดเร็ว เพิ่มความพึงพอใจในการบริการ รวมถึงเพิ่มความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลและรายงานผลการให้บริการยืม-คืนวัสดุครุภัณฑ์ สามารถลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่จำเป็น ผู้ใช้สามารถใช้บริการยืม-คืนวัสดุครุภัณฑ์ของห้องปฏิบัติการได้ทุกที่ทุกเวลา

สุทธิณี ฝุ่นครบุรี และคณะ (2564) พัฒนาระบบจัดเก็บและสืบค้นวัสดุสำนักงานผ่านออนไลน์หอสมุดและคลังความรู้มหาวิทยาลัยมหิดล (Online Office Material Management System) เพื่ออำนวยความสะดวกและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้อง แก่ผู้รับบริการกับหน่วยพัสดุของหอสมุดและคลังความรู้มหาวิทยาลัยมหิดลให้สามารถสืบค้นรหัสวัสดุ ชื่อวัสดุ รูปภาพ วัสดุ และสถานะของวัสดุ เพื่อความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบฯ ในด้านข้อมูลของระบบจัดเก็บและสืบค้นวัสดุสำนักงานผ่านออนไลน์ สามารถตรวจสอบสถานะของวัสดุว่ามีจำนวนพร้อมให้เบิกหรือไม่ และข้อมูลวัสดุมีครบถ้วน ถูกต้องเป็นปัจจุบัน

สุกัญญา ทับทิม (2562) ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบคอมพิวเตอร์สำหรับจัดเก็บและตรวจสอบข้อมูลการจัดเก็บและการเบิกรับ-จ่ายวัสดุสำนักงานเพื่ออำนวยความสะดวก ให้แก่ อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาในการเบิกวัสดุสำนักงานไม่ต้องเสียเวลาลงนามในสมุดเบิกวัสดุสำนักงาน และเพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์อีกทั้งช่วยลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่จัดเก็บสามารถค้นหา และแสดงรายละเอียดของวัสดุคงเหลือ เพื่อเตรียมจัดซื้อ โดยค้นหาจากชื่อวัสดุหรือจากรหัส/บาร์โค้ด ของวัสดุ โดยใช้

ภาษา PHP และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล SQL ในการใช้งานผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูล รวมทั้งเรียกดูการรายงานผลการเบิก-จ่าย

ไตรภพ จิตนาริน และ แก้วใจ อาภรณ์พิศาล (2561) ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบการจัดการคลังสินค้าให้จัดการเก็บข้อมูลสินค้าอย่างเป็นระบบ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา คือ โปรแกรม Microsoft Visual Basic 2010 เป็นภาษาในการพัฒนา และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล Microsoft SQL Server 2008 R2 ในการจัดเก็บข้อมูล โดยระบบงานนี้สามารถจัดเก็บข้อมูลหลัก เช่น ข้อมูลการซื้อ ขายสินค้า และข้อมูลลูกค้า เป็นต้น โดยการจัดการข้อมูลสินค้า การรับสินค้าเข้าคลังสินค้า และการขายสินค้ารวมทั้งการออกรายงานการขายประจำวัน

รัตนพล นาคสังข์ และ จินดาพร อ่อนเกตุ (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบยืม-คืนวัสดุและครุภัณฑ์ออนไลน์โรงเรียนบ้านมอสมบูรณ์มิตรภาพที่ 189 ระบบถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้อาจารย์และเจ้าหน้าที่ของโรงเรียนนำไปใช้ในการบริหารจัดการการยืม-คืนวัสดุและครุภัณฑ์ การพัฒนาระบบใช้กระบวนการพัฒนาระบบแบบ System development Life Cycle (SDLC) และมีการพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษา PHP เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล ผู้ใช้สามารถกรอกหรือจัดการข้อมูลการยืมวัสดุและครุภัณฑ์ออนไลน์และตรวจสอบผลการยืม-คืนได้ และสามารถออกรายงานได้ ทำให้การทดสอบความถูกต้องของข้อมูลทั้งในส่วนของการนำเข้าและการแสดงผลมีความถูกต้องสมบูรณ์

กนิษฐา ปิติฤทธิ์ และ เพ็ญศรี อมรศิลปะชัย (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่องระบบคลังพัสดุ กรณีศึกษาฝ่ายบริหารทั่วไป สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 จังหวัดนครราชสีมา ระบบมีความสามารถในการสืบค้นพร้อมแสดงผลการสืบค้นพัสดุในแต่ละปีสามารถสืบค้นพร้อมแสดงผลการซ่อมแซมพัสดุสามารถแสดงรายการการจำหน่ายพัสดุประจำปีสามารถบันทึกแก้ไขข้อมูลการซ่อมพัสดุ สามารถบันทึกแก้ไขข้อมูลการจำหน่ายพัสดุและสามารถบันทึกและแก้ไขข้อมูลพัสดุ แต่ระบบดังกล่าวรองรับการทำงานเฉพาะบนเว็บไซต์ไม่รองรับการทำงานบนโทรศัพท์สื่อสารเคลื่อนที่ได้ มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับคลังพัสดุ ด้านการบันทึกข้อมูล รับพัสดุ การเบิกจ่ายพัสดุ ทะเบียนควบคุมพัสดุ ซึ่งทำให้การจัดทำข้อมูลเป็นไปได้อย่างถูกต้อง ใช้เวลาในการดำเนินการไม่นานและเป็นปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป ในรูปแบบออนไลน์
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจผู้ทดลองใช้ระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป มีกระบวนการพัฒนา ดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

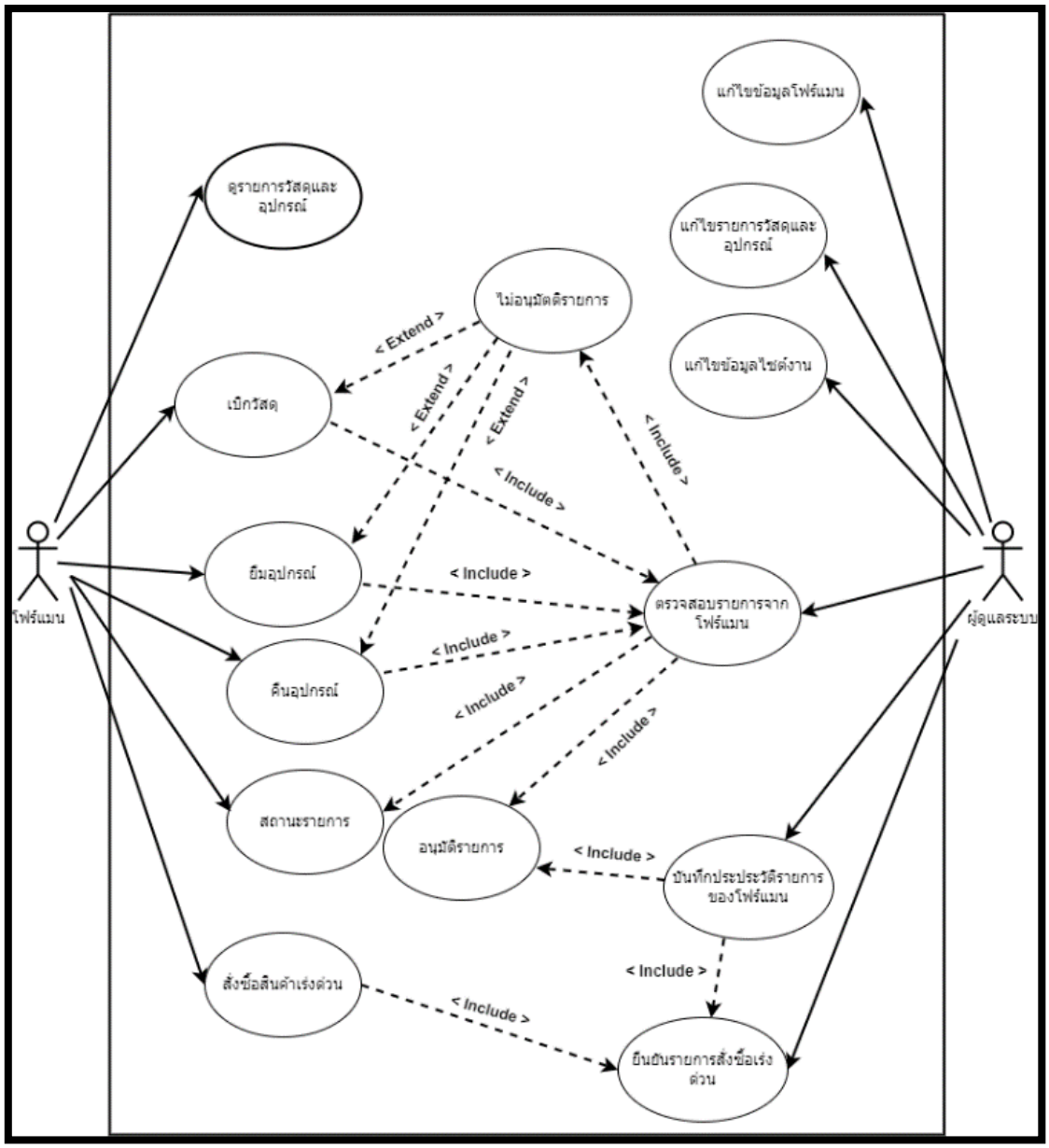
ผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบโดยการสอบถาม สัมภาษณ์ จากเจ้าของบริษัท ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และโฟร์แมน ถึงความต้องการในฟังก์ชันของระบบ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการยืม-คืนวัสดุคงคลัง ระบบจัดการคลังสินค้า การบันทึกข้อมูล ขั้นตอนและกระบวนการทำงานของระบบ เอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาระบบที่เกี่ยวข้องเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจุดเด่นจุดด้อยในแต่ละระบบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และศึกษาภาษาและเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ที่มีต่อการทำงานของระบบด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบระบบ และประโยชน์ของผู้ใช้งาน โดยมีการเก็บข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบและผู้ใช้งานทั่วไป ที่มีความสนใจเกี่ยวกับระบบทั้งเพศหญิงและชาย จำนวน 30 คน

โดยพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows โดยมีการแสดงผลเป็นภาษาไทย โดยแยกเป็น 2 กลุ่มผู้ใช้งาน มีขอบเขตการทำงานดังนี้

1. โฟร์แมน (ช่าง)
   - สามารถ Login เข้าสู่ระบบได้
   - เข้าดูรายการ วัสดุ/อุปกรณ์ที่มีอยู่ในคลังได้
   - สามารถทำเรื่อง ยืมอุปกรณ์ได้ (ยืมอุปกรณ์แล้วคืน)
   - สามารถทำเรื่อง เบิกวัสดุได้ (เบิกไปใช้แล้วหมดไป)
   - สามารถทำเรื่อง คืนอุปกรณ์ที่ยืมมาได้
   - สามารถทำเรื่อง สั่งซื้อวัสดุ/อุปกรณ์ได้
   - สามารถตรวจสอบสถานะของเรื่องที่ยื่นไปให้ได้ว่าอยู่ในขั้นตอนใด
   - สามารถดูรายการของเรื่องที่ผ่านการอนุมัติหรือเสร็จสิ้นแล้ว
2. ผู้ดูแลระบบ (พนักงานจัดการทรัพยากร)
   - สามารถเพิ่มลดและแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของโฟร์แมนได้
   - สามารถเพิ่มลดและแก้ไขข้อมูลของวัสดุ/อุปกรณ์ได้
   - สามารถเพิ่มลดและแก้ไขข้อมูลไซต์งานได้
   - เมื่อโฟร์แมนทำการเบิกวัสดุ/ยืมคืนอุปกรณ์/สั่งซื้อ จะมีรายการถูกส่งมาให้ผู้ดูแลระบบยืนยันหรือปฏิเสธรายการ

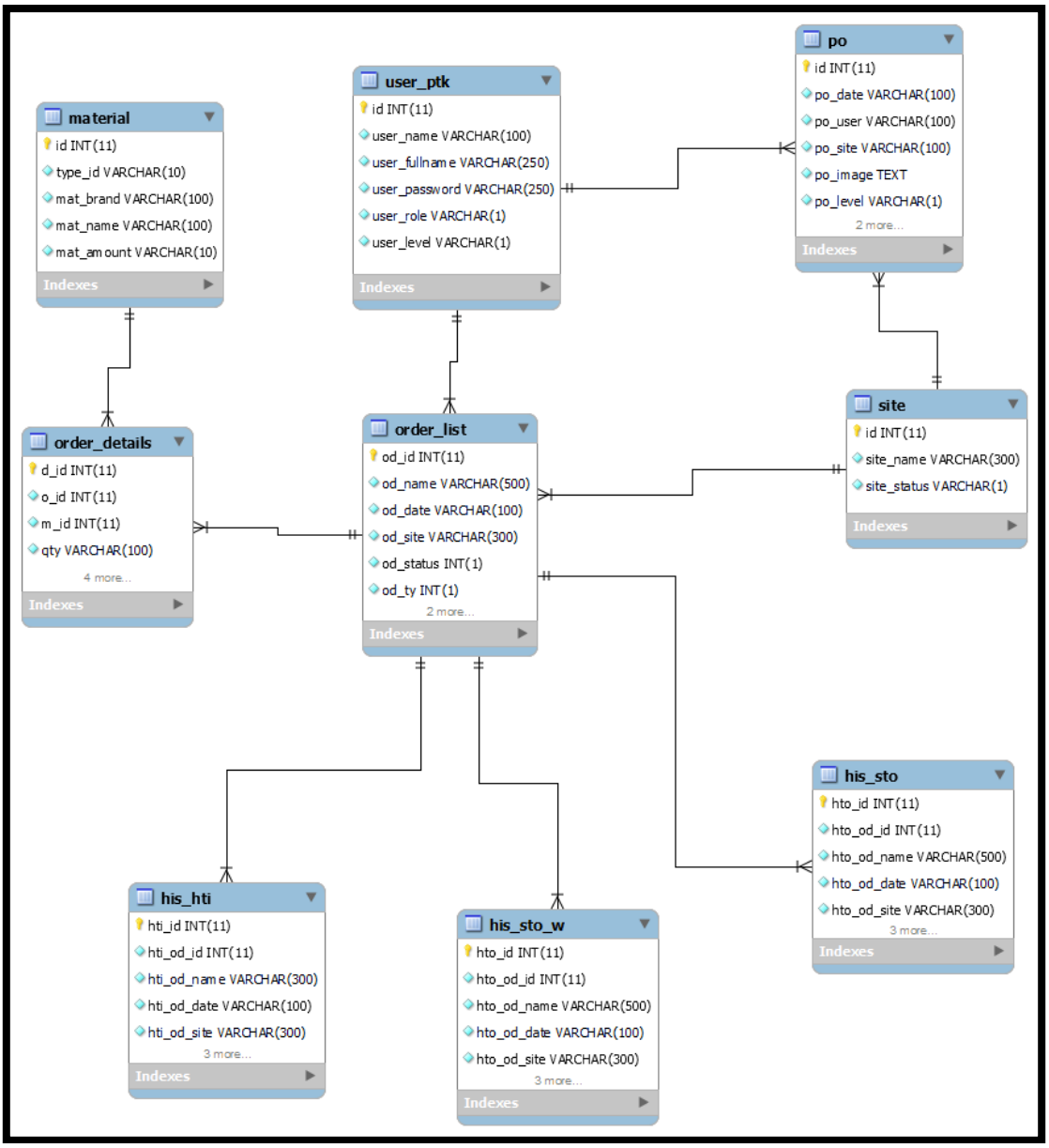
การวิเคราะห์และออกแบบ

จากการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน จึงได้ออกแบบ Use Case Diagram เพื่อแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (User) และความสัมพันธ์กับระบบย่อย (Sub systems) ภายในระบบใหญ่ และการออกแบบหน้าจอการทำงานของระบบ ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน



ภาพที่ 1: Use Case Diagram ระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฒการกรุ๊ป

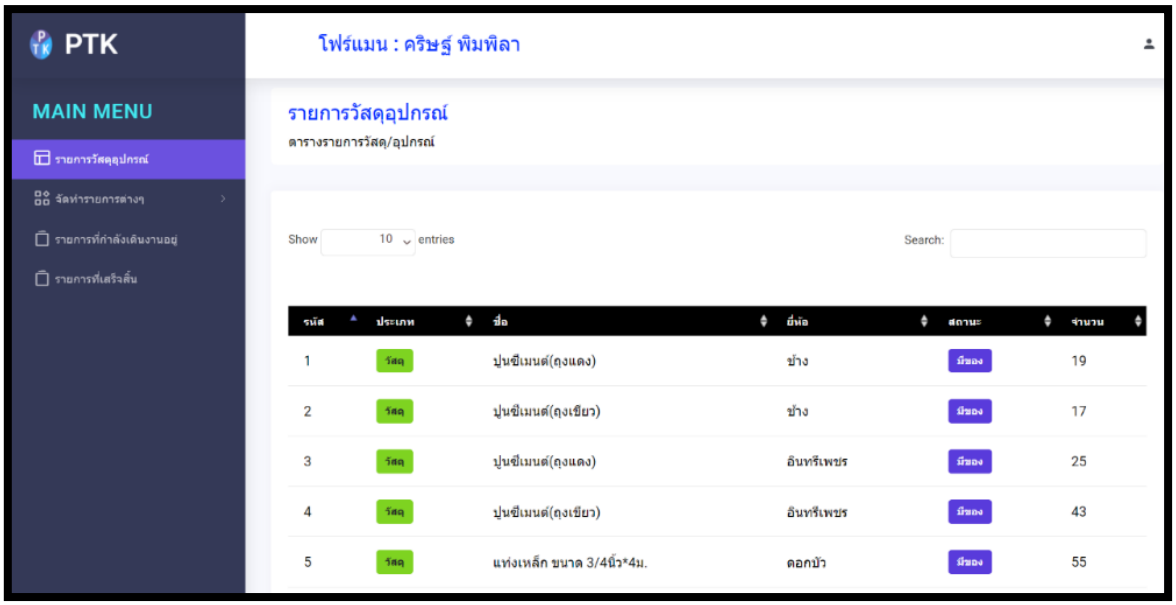
ออกแบบจำลองความสัมพันธ์ Entity Relationship Diagram (ERD) เพื่อใช้อธิบายโครงสร้างของฐานข้อมูลระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฒการกรุ๊ป



ภาพที่ 2: Entity Relationship Diagram ระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฒการกรุ๊ป

หน้าระบบในส่วนโฟร์แมน

ในการเข้าสู่ระบบ โฟร์แมนสามารถกรอกบัญชีผู้ใช้และรหัสผ่านพร้อมกับเลือกประเภทผู้ใช้ “โฟร์แมน” และกดเข้าสู่ระบบ ระบบจะแสดงชื่อโฟร์แมนและฟังก์ชันการทำงาน



ภาพที่ 3: หน้าระบบการจัดการรายการวัสดุอุปกรณ์

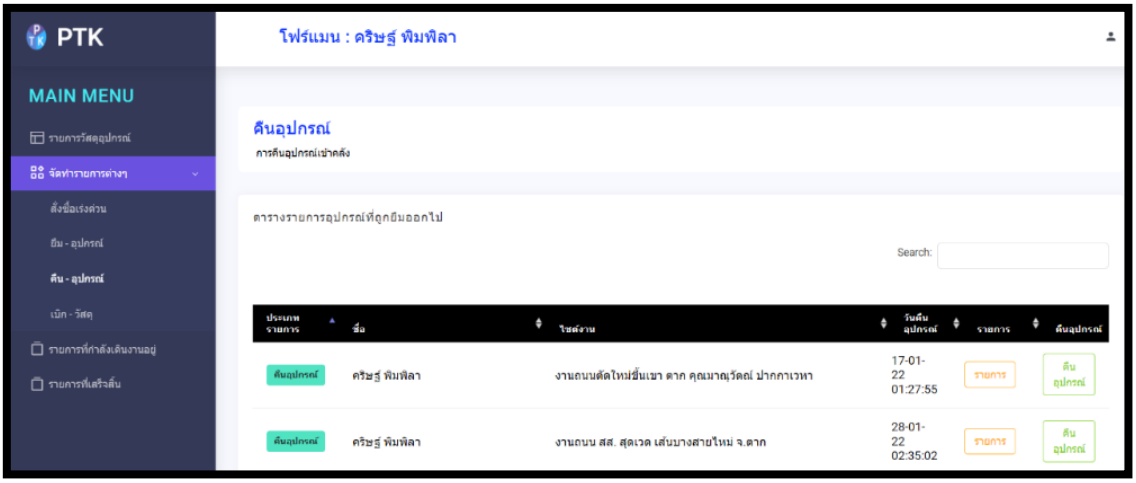
จากภาพที่ 3 เป็นหน้าที่แสดงข้อมูลรายการวัสดุอุปกรณ์ที่มีในปัจจุบันพร้อมจำนวนของวัสดุอุปกรณ์ให้กับโฟร์แมนทราบ

โฟร์แมนสามารถทำรายการสั่งซื้อเร่งด่วน ซึ่งจะมีการดึงข้อมูลชื่อผู้โฟร์แมน เวลาที่ทำรายการและให้โฟร์แมนเลือกไซต์งานที่เปิดให้ทำงาน โดยโฟร์แมนจะต้องแนบไฟล์รูปภาพใบเสร็จสินค้าที่ซื้อมาและทำการเลือกรายการ “แจ้งการสั่งซื้อ” เพื่อแจ้งไปให้ผู้ดูแลระบบทราบ

ภาพที่ 4: หน้าทำรายการยืมอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ

จากภาพที่ 4 จะเป็นหน้าสำหรับการทำรายการยืมอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ โฟร์แมนสามารถเลือกรายการที่ต้องการยืมอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ โดยสามารถกด “เบิก” พร้อมระบุจำนวนอุปกรณ์ได้ และทำการกดยืนยัน

การยืมอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ ระบบจะแสดงข้อมูลชื่อโฟร์แมนที่ทำรายการ วันเวลาที่ทำรายการและส่วนที่ให้โฟร์แมนเลือกไซต์งานที่จะทำการยืมอุปกรณ์ และส่งเรื่องไปให้ผู้ดูแลระบบ



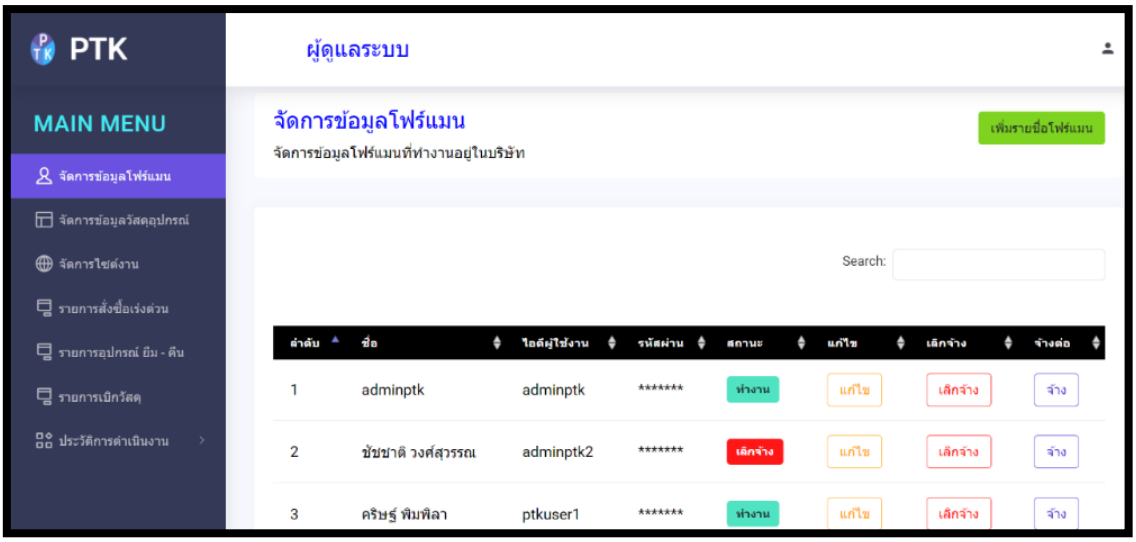
ภาพที่ 5: หน้าการคืนอุปกรณ์

จากภาพที่ 5 จะเป็นหน้าสำหรับการคืนอุปกรณ์ จะแสดงข้อมูลรายการที่โฟร์แมนได้รับอนุมัติยืมอุปกรณ์ สามารถกดดูรายการอุปกรณ์ที่ยืมไป และกดคืนอุปกรณ์ ที่ต้องการคืนได้

เมื่อโฟร์แมนทำการแจ้งรายการต่าง ๆ ระบบจะส่งข้อมูลไปให้ผู้ดูแลระบบทราบ โดยจะแสดงข้อมูลของประเภทรายการที่แจ้ง สถานะของรายการว่าตอนนี้อยู่ขั้นตอนใด ชื่อผู้ใช้ วันเวลาที่ทำรายการ ชื่อไซต์งานที่ทำการแจ้งและสุดท้ายรายการวัสดุหรืออุปกรณ์ที่อยู่ในรายการ

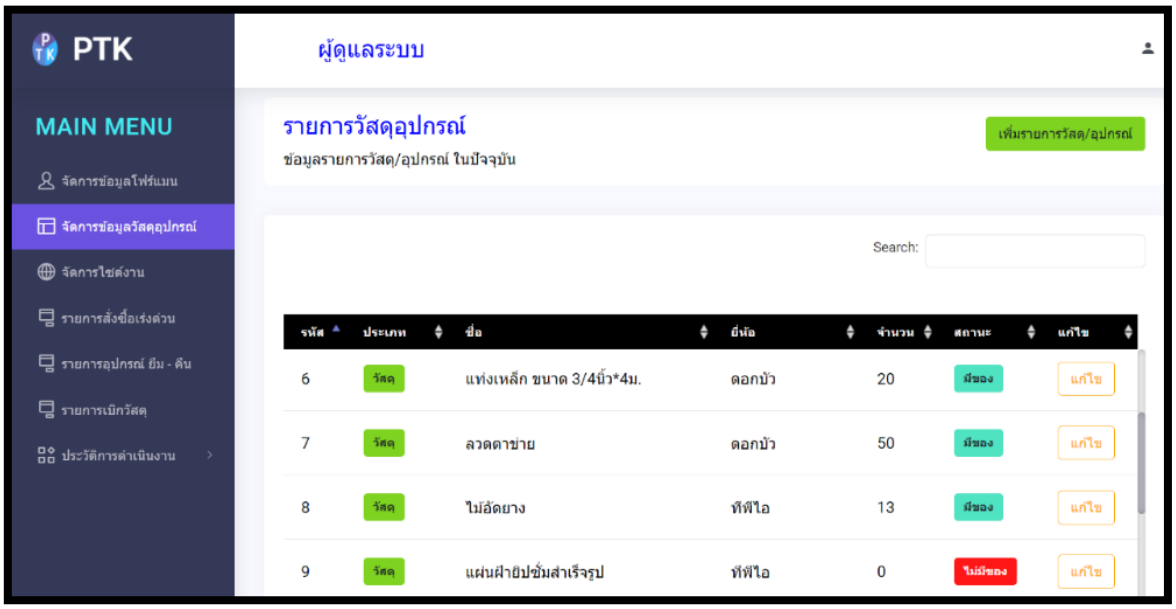
หน้าระบบในส่วนของผู้ดูแลระบบ

ในการเข้าสู่ระบบ ผู้ดูแลระบบและทำการเข้าบัญชีและรหัสผ่านพร้อมกับเลือกประเภทผู้ใช้ “ผู้ดูแลระบบ” และกดเข้าสู่ระบบ ระบบจะแสดงชื่อผู้ดูแลระบบและฟังก์ชันการทำงาน



ภาพที่ 6: หน้าการจัดการข้อมูลโฟร์แมน

จากภาพที่ 6 แสดงข้อมูลโฟร์แมนทั้งหมดในระบบ ผู้ดูแลระบบสามารถกด “แก้ไข” เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลโฟร์แมนที่ต้องการ กด “เพิ่มข้อมูลโฟร์แมน” เพื่อเพิ่มข้อมูลโฟร์แมนคนใหม่เข้าไปในระบบ กด “เลิกจ้าง” เพื่อทำการเปลี่ยนสถานะของโฟร์แมนที่กำลังทำงานอยู่ให้เป็นเลิกจ้างแล้วโฟร์แมนคนดังกล่าวจะไม่สามารถเข้าสู่ระบบได้อีก และกด “จ้าง” เพื่อเปลี่ยนสถานะของโฟร์แมนที่เคยถูกเลิกจ้างไปแล้วในระบบให้กลับเข้ามาทำงานใหม่



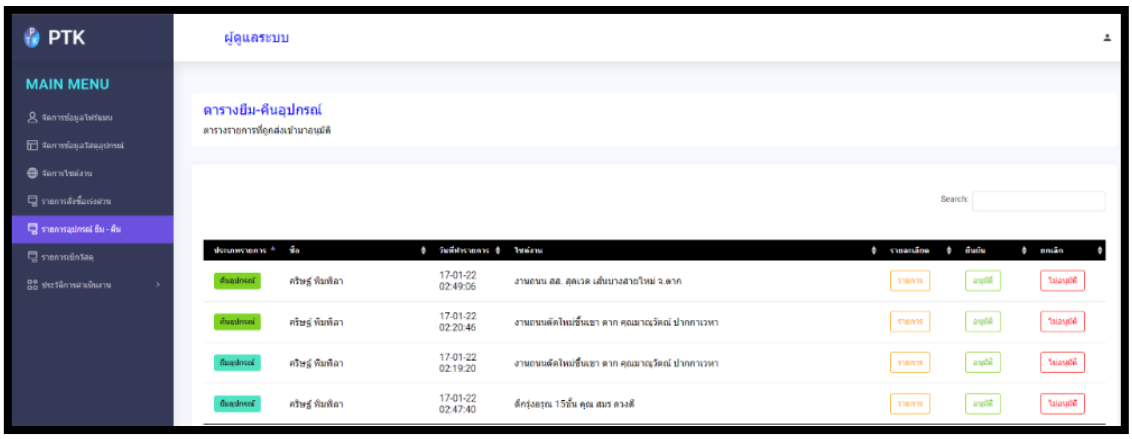
ภาพที่ 7: หน้าจัดการข้อมูลวัสดุ / อุปกรณ์

จากภาพที่ 7 แสดงข้อมูลวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ จะมีการแยกหัวข้อทั้งหมดออกเป็น ประเภท ชื่อ ยี่ห้อ จำนวน และสถานะของวัสดุอุปกรณ์ที่จะแจ้งเตือนเมื่อมีจำนวนของเป็น “0” ในระบบว่า “ไม่มีของ” ในช่องสถานะ โดยผู้ดูแลระบบสามารถค้นหาวัสดุอุปกรณ์ในช่อง “search” กด “เพิ่มรายการวัสดุ/อุปกรณ์” เพื่อเพิ่มข้อมูลรายการใหม่เข้าไปในระบบ และกด “แก้ไข” เพื่อทำการแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ของรายการที่เลือก

ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลไซต์งานทั้งหมดในระบบ ระบบจะแสดงสถานะ ลำดับ และชื่อไซต์งาน ผู้ดูแลระบบสามารถทำการแก้ไขข้อมูลไซต์งานได้ “เพิ่มไซต์งาน” เพื่อเพิ่มรายการไซต์งานใหม่ “ปิดไซต์งาน” เพื่อทำการเปลี่ยนสถานะของไซต์งานที่กำลังทำอยู่ให้เป็น “เสร็จสิ้น” เพื่อเป็นการประกาศว่าไซต์นี้เสร็จแล้วและโฟร์แมนจะไม่สามารถเลือกไซต์งานดังกล่าวได้เวลาทำเรื่อง เบิก ยืม คืนวัสดุอุปกรณ์ และ “เปิดไซต์งาน” เพื่อเปลี่ยนสถานะของไซต์งานที่เคยถูกปิดไปแล้วในระบบให้กลับมาใช้งานได้ใหม่

ภาพที่ 8: หน้ารายการสั่งซื้อเร่งด่วน

จากภาพที่ 8 แสดงตารางรายการข้อมูลการสั่งซื้อเร่งที่โฟร์แมนทำรายการส่งเข้ามา ผู้ดูแลระบบสามารถกด “รายการสั่งซื้อเร่งด่วน” เพื่อดูภาพของใบเสร็จที่โฟร์แมนส่งเข้ามา กด “รับทราบแล้ว” เพื่อยืนยันว่าผู้ดูแลระบบทราบแล้วว่ามีการแจ้งการสั่งซื้อเข้ามา



ภาพที่ 9: หน้ารายการยืม-คืนอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ

จากภาพที่ 9 แสดงตารางรายการยืม-คืนอุปกรณ์ ที่โฟร์แมนทำรายการรายการยืม-คืนอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ ส่งเข้ามา ผู้ดูแลระบบสามารถกด “รายการ” เพื่อดูรายละเอียด กด “อนุมัติ หรือ ไม่อนุมัติ”การยืม-คืนอุปกรณ์ / เบิกวัสดุ

การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป ผู้วิจัยได้ใช้โปแกรม Visual Studio code และ PHP ใช้ในการพัฒนาระบบ และใช้โปรแกรม XAMPP ใช้ในการสร้างเซิร์ฟเวอร์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ

การทดลองใช้งานระบบ

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้งานระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป กับเจ้าบริษัท ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และโฟร์แมน จำนวน 30 คนโดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้งานระบบ และตอบแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป จากนั้นได้นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผลการประเมิน โดยพบว่าผู้เข้าทดลองใช้ระบบส่วนใหญ่เป็นผู้ชายคิดเป็น ร้อยละ 53.3 โดยมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 21-30 ปี คิดเป็น ร้อยละ 80 และมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือเทียบเท่าเป็นส่วนมากคิดเป็น ร้อยละ 76.7

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ภายหลังทดลองใช้งานระบบ เมื่อได้ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฑฒการกรุ๊ป แล้ว ได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังนี้ วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ศึกษาโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของระดับความพึงพอใจ ที่ค่าคะแนนอยู่ในช่วง 1.00 – 5.00 ใช้เกณฑ์ดังนี้ (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2551)

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตารางที่ 1: ตารางแสดงความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฒการกรุ๊ป

หัวข้อรายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปรผล
ด้านการใช้งานระบบ			
1. ความสะดวกในการใช้งานระบบ	3.93	0.74	มาก
2. ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	3.80	0.76	มาก
3. ทำความเข้าใจได้ทันที	3.60	0.67	มาก
4. ข้อมูลการใช้งานสัมพันธ์กัน	3.63	0.76	มาก
5. ระบบทำงานได้รวดเร็วไม่ติดขัด	3.73	0.74	มาก
รวม	3.74	0.74	มาก
ด้านการออกแบบระบบ			
1. ระบบเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	3.73	0.58	มาก
2. ความชัดเจนของข้อความที่แสดง	3.73	0.64	มาก
3. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	3.77	0.63	มาก
4. การใช้สีพื้นหลัง	3.80	0.71	มาก
5. ความเหมาะสมในการใช้รูปภาพประกอบ	3.80	0.66	มาก
6. ความเหมาะสมของจำนวนข้อมูลที่แสดงในแต่ละหน้าจอ	3.73	0.64	มาก
7. ตำแหน่งการจัดว่างในหน้าจอ	3.67	0.55	มาก
8. ตำแหน่งกรอกข้อมูล	3.60	0.50	มาก
รวม	3.73	0.61	มาก
ประโยชน์ของผู้ใช้งาน			
1. ช่วยประหยัดเวลากว่าในการทำงานแบบเดิม (การยื่นเอกสาร)	4.53	0.73	มากที่สุด
2. สามารถดำเนินงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้	3.53	0.57	มาก
3. สามารถแสดงข้อมูลต่าง ๆ ให้ผู้ใช้ทราบได้ตามต้องการ	3.60	0.62	มาก
4. ระบบสามารถแสดงข้อมูลวัสดุ/อุปกรณ์ ได้อย่างถูกต้อง	3.70	0.65	มาก
5. สามารถลดข้อผิดพลาดในการทำงาน	3.53	0.63	มาก
รวม	3.78	0.74	มาก
รวมทุกด้าน	**3.75**	**0.68**	**มาก**

จากการประเมินผลความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฒการกรุ๊ป พบว่าโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.75 ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ด้านประโยชน์ของผู้ใช้งาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.78 ถัดมาเป็นด้านการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.74 และ

สุดท้ายเป็นด้านการออกแบบระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.73 โดยทั้ง 3 ด้านนั้นอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจที่ระดับมาก ซึ่งสามารถแยกรายการประเมินของแต่ละด้านได้ดังนี้

ด้านการใช้งานระบบโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ความสะดวกในการใช้งานระบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.93 อยู่ในอยู่เกณฑ์ความพึงพอใจในระดับมาก โดยเหตุผลที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว สามารถเข้าถึงและทำรายการจากที่ใดก็ได้ผ่านอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต และยังลดข้อผิดพลาดและการสูญหายของข้อมูลและเอกสาร

ด้านการออกแบบระบบโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การใช้สีพื้นหลังและความเหมาะสมในการใช้รูปภาพประกอบ โดยทั้ง 2 รายการมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.80 อยู่เกณฑ์ความพึงพอใจในระดับมาก โดยเหตุผลที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเนื่องจากการเลือกใช้สีพื้นหลังและภาพประกอบที่เหมาะสม ช่วยสื่อความหมาย เพิ่มความน่าสนใจให้กับผู้ใช้ ทำให้เข้าใจและจดจำได้ง่ายขึ้น ซึ่งส่งผลที่ดีต่อการใช้งานระบบ

ด้านประโยชน์ของผู้ใช้งานโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ช่วยประหยัดเวลากว่าในการทำงานแบบเดิม (การยื่นเอกสาร) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.53 ซึ่งอยู่เกณฑ์ความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยเหตุผลที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุด เนื่องจากช่วยให้ผู้ใช้ลดเวลาในการยื่นเอกสาร ลดข้อผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลด้วยมือ เพิ่มความสะดวกในการยื่นเอกสารผ่านออนไลน์ และสามารถตรวจสอบสถานะผ่านระบบได้ทุกที่ทุกเวลา

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบจัดการยืม-คืนวัสดุคงคลัง กรณีศึกษา บริษัท พัฒการกรุ๊ป เพื่อช่วยในการจัดการการยืม-คืนวัสดุคงคลัง เกิดความสะดวกสบายในการทำงาน ช่วยลดข้อผิดพลาดจากการทำงานให้น้อยลง และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน สามารถทำงานได้ถูกต้องและรวดเร็วมากขึ้น สอดคล้องกับ สุกัญญา ทับทิม (2562) ได้วิเคราะห์และออกแบบระบบคอมพิวเตอร์สำหรับจัดเก็บและตรวจสอบข้อมูลการจัดเก็บและการเบิกรับ-จ่ายวัสดุสำนักงาน เพื่ออำนวยความสะดวก มีความถูกต้อง และเพิ่มความพึงพอใจของผู้ใช้ และสอดคล้องกับรัตนพล นาคสังข์ และ จินดาพร อ่อนเกตุ (2560) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบยืม-คืนวัสดุและครุภัณฑ์ออนไลน์โรงเรียนบ้านมอสมบูรณ์มิตรภาพที่ 189 ผู้ใช้สามารถกรอกหรือจัดการข้อมูลการยืมวัสดุและครุภัณฑ์ออนไลน์และตรวจสอบผลการยืม-คืนได้ เพิ่มความถูกต้องของข้อมูลทั้งในส่วนของการนำเข้าและการแสดงผลมีความถูกต้องสมบูรณ์

ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากในการพัฒนาระบบ ผู้วิจัยมีเวลาในการดำเนินการที่จำกัด จึงไม่สามารถพัฒนาระบบให้มีการทำงานครบทุกฟังก์ชัน ระบบยังมีความบกพร่องบางส่วนในเรื่องของการใช้งานที่ดูค่อนข้างจะซับซ้อนและระบบยังขาดฟังก์ชันการแจ้งเตือนในการทำงานที่สำคัญซึ่งอาจทำให้ความน่าเชื่อถือของระบบลดน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้หากมีการพัฒนาต่อในอนาคตควรมีการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานของระบบให้ดูเป็นขั้นตอนมากยิ่งขึ้น เพื่อง่ายต่อการใช้ง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะลดความยุ่งยากและข้อผิดพลาดในการใช้งาน มีการเพิ่มการแจ้งเตือนในจุดที่สำคัญ หรือมีหมายเหตุอธิบายเพื่อให้เกิดความเข้าใจทั้งในส่วนของตัวผู้ใช้ทั้งส่วนผู้ดูแลระบบและส่วนโฟร์แมน

เอกสารอ้างอิง

กนิษฐา ปิติฤทธิ์ และเพ็ญศรี อมรศิลปชัย. (2559). *ระบบคลังพัสดุกรณีศึกษาฝ่ายบริหารทั่วไป สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 จังหวัดนครราชสีมา*, การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 3, วิทยาลัยนครราชสีมา.

ไตรภพ จิตนาริน และ แก้วใจ อาภรณ์พิศาล. (2561). *การพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาสินค้าแบรนด์ตรีสรา*, การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ UTCC Academic Day ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, กรุงเทพฯ.

พิสุทธา อารีราษฎร์. (2551). *การพัฒนาซอฟแวร์ทางการศึกษา*. มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.

รัตนพล นาคสังข์ และ จินดาพร อ่อนเกตุ. (2560). *การพัฒนาระบบยืม-คืนวัสดุและครุภัณฑ์ออนไลน์ โรงเรียนบ้านมอสมบูรณ์มิตรภาพแห่งที่ 189*. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 4, มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

วิกานต์ดา โหม่งมาตย์. (2565). *การพัฒนาระบบการให้บริการยืม-คืน วัสดุครุภัณฑ์ของห้องปฏิบัติการทางการพยาบาล คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม*. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

วุฒิชัย อินทร์แก้ว. (2557). *พัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการสินค้าคงคลังของสหกรณ์เครดิตยูเนี่ยนบ้านทุ่งเลียบ จำกัด.* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ครั้งที่ 6,มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สุกัญญา ทับทิม. (2562). การพัฒนาระบบงานพัสดุสำนักงาน โดยใช้โปรแกรมทะเบียนวัสดุสำนักงาน สำหรับสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. *วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, 6*(2), 49-58.

สุทธิณี ฝุ่นครบุรี, จิรวรรณ นารีเลิศ, และ ปิยวัฒน์ ชวนวารี. (2564). การพัฒนาระบบจัดเก็บและสืบค้นวัสดุสำนักงานผ่านออนไลน์ หอสมุดและคลังความรู้มหาวิทยาลัยมหิดล. *วารสาร Mahidol R2R e-Journal, 8*(1), 157-168.

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหารด้วยเทคนิคการตอบสนอง
THE DEVELOPMENT OF FOOD RECIPE CENTER WEB APPLICATION WITH RESPONSIVE TECHNIQUES

สิรินธร จียาศักดิ์
Sirinthorn Cheyasak

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ
School of Information Technology and Innovation, Bangkok University
Corresponding Author, E-mail: sirinthorn.c@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหารด้วยเทคนิค Responsive 2) เพื่อศึกษาการจัดการข้อมูลและการค้นหาสูตรอาหารจากวัตถุดิบ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน โดยแอปพลิเคชันได้พัฒนาตามแนวทางการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยใช้เทคนิค Responsive เพื่อให้รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์หลากหลายขนาด เพื่อนำมาศึกษาการจัดการข้อมูลและการค้นหาสูตรอาหารจากวัตถุดิบ และศึกษาความพึงพอใจผ่านเครื่องมือวิจัยด้วยแบบสอบถามออนไลน์ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 44 คน พบว่า ผลประเมินความพึงพอใจในด้านข้อมูลและการใช้งานมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ผู้ใช้สามารถจัดการข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลสูตรอาหาร ค้นหาสูตรอาหาร ได้ครบถ้วนตรงตามความต้องการ รองลงมา คือ ด้านประโยชน์การนำไปใช้ อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.65 และด้านการออกแบบอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ตามลำดับ สรุปได้ว่า เว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร ด้วยเทคนิคการตอบสนอง สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลสูตรอาหารได้บนทุกอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดหลากหลาย ทำให้สะดวก มีความสวยงาม และทันสมัย

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน สูตรอาหาร การตอบสนอง

ABSTRACT

This research has objectives 1) to develop a recipe center web application with responsive techniques, 2) to study data management and recipe searching based on ingredients, and 3) to study user satisfaction with the use of the web application. The web application is developed based on System Development Life Cycle (SDLC) approach by using responsive

techniques to ensure that the application can display properly on various device screen sizes. The application provide data management and recipe searching from ingredients, as well as to investigate satisfaction through online survey tools, a sample group of 44 people was surveyed. It was found that the evaluation of satisfaction in terms of data and functionality was the highest ($\bar{x}$= 4.71), users can manage their personal information, recipe data and recipe searches according to their needs. The benefits of using the application were rated very highly ($\bar{x}$= 4.65). The design aspect was also rated highly ($\bar{x}$= 4.63). In summary, the recipe center web application with responsive techniques can meet the needs of users, allowing them to access recipe data on a variety of communication devices, making it convenient, aesthetically pleasing, and modern.

Keywords: Web application, Food recipe, Responsive

บทนำ

ผลกระทบหลังจากการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ทำให้การออกไปรับประทานอาหารนอกบ้านมีความเสี่ยงสูงจึงจำเป็นที่จะต้องป้องกันตนเอง และเพื่อความรับผิดชอบต่อสังคมจึงเป็นเหตุให้ต้องอาศัยอยู่ภายในอาคารบ้านเรือนของตนเอง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เวลายามว่างที่มีในการประกอบอาหารเพื่อรับประทานกันภายในครอบครัว สอดคล้องกับผลสำรวจความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง (โพสทูเดย์, 2564) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังมีสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 พบว่า ประชาชนให้ความสำคัญกับการรับประทานอาหารมากขึ้น 70.94% พฤติกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ การประกอบอาหารเพื่อรับประทานที่บ้านมากขึ้น 75.81% โดยผู้คนมีความสนใจในการเรียนรู้การประกอบอาหาร 67.68% เพื่อที่จะประกอบอาหารด้วยตนเอง 60.74% แต่ปัญหาอันดับต้นของประชากรบางส่วนในประเทศไทยพบว่าไม่รู้เกี่ยวกับข้อมูลวิธีประกอบอาหาร

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร เพื่อเป็นศูนย์รวมสำหรับเผยแพร่ข้อมูลสูตรอาหาร พร้อมทั้งการจัดการข้อมูลสมาชิก การจัดการข้อมูลสูตรอาหาร การค้นหาสูตรจากประเภทอาหาร การค้นหาอาหารจากวัตถุดิบที่เหลืออยู่ภายในครัวเรือน การติดตามสูตรอาหาร การกดถูกใจ เป็นต้น งานวิจัยครั้งนี้พัฒนาด้วยภาษา HTML5 ภาษา JavaScript และ ภาษา PHP พร้อมใช้เทคนิค Responsive ด้วย Bootstrap Framework เพื่อรองรับการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถเข้าใช้งานบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย อีกทั้งสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งในงานวิจัยการพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (ศิริพล แสนบุญส่ง, 2559) ด้วยการใช้เทคนิค Responsive สำหรับระบบบริหารจัดการเว็บไซต์ ทำให้สามารถแสดงผลได้บนทุกอุปกรณ์เครือข่ายและยังช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน

ทบทวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเผยแพร่ข้อมูล การประชาสัมพันธ์ การจัดการข้อมูล โดยใช้เทคนิคแบบ Responsive เพื่อเป็นแนวทางการวิเคราะห์และศึกษาสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

การศึกษาพฤติกรรมขอผู้ใช้งานต่อเว็บไซต์ที่พัฒนาด้วยเทคนิคเรสพอนซีฟ

การศึกษาการพัฒนาเว็บไซต์ด้วยเทคนิคเรสพอนซีฟ (นวพล ศรีวัฒนทรัพย์, 2560) ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บไซต์ตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) โดยใช้เทคนิคแบบ Responsive เพื่อนำมาทดสอบการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย เช่น Smartphone Tablet และ Desktop เป็นต้น จากนั้นทำการศึกษาพฤติกรรมผู้ใช้งานเว็บไซต์จากการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านเครื่องมือ Google Analytics เพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งาน พร้อมทั้งสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บไซต์จากแบบสอบถามออนไลน์จากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาปัจจุบัน ศิษย์เก่า อาจารย์ บุคลากร และบุคคลทั่วไป ที่เข้าใช้งานเว็บไซต์จำนวน 1,850 คน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาเว็บไซต์โดยใช้เทคนิค Responsive ช่วยแก้ปัญหาการแสดงผลของเว็บไซต์บนอุปกรณ์ที่มีขนาดหน้าจอที่แตกต่างกัน ทำให้ข้อมูลครบถ้วน ถูกต้อง และสวยงาม ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลรวดเร็วมากขึ้น มีความง่ายต่อการใช้งาน และเว็บไซต์มีความทันสมัยสวยงามมากขึ้น

การพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

งานวิจัยเพื่อพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (ศิริพล แสนบุญส่ง, 2559) เพื่อการบริหารจัดการข้อมูลเว็บไซต์ โดยใช้ระบบบริหารจัดการเนื้อหาบนเว็บไซต์ (CMS) ด้วยโปรแกรม Joomla สำหรับงานวิจัยการพัฒนาเว็บไซต์นี้ โดยศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลจากเว็บไซต์ครุศาสตร์ของมหาวิทยาลัยอื่น ๆ เพื่อนำมาออกแบบให้ตรงตามความต้องการของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยเทคนิคแบบ Responsive มาใช้เพื่อทำให้สามารถรองรับการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์เครือข่ายได้ทุกขนาดที่หลากหลาย ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน พร้อมทั้งมีระบบการบริหารจัดการเนื้อหาบนเว็บไซต์ สามารถกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้งานหลายระดับเพื่อป้องกันการแก้ไขข้อมูล ทำให้ผู้ดูแลเว็บไซต์ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมด้านเว็บไซต์ แต่สามารถแก้ไขข้อมูลบนเว็บไซต์ได้ การวิจัยนี้พบว่าการใช้ระบบบริหารจัดการเนื้อหาเว็บไซต์ (CMS) ด้วย Joomla พร้อมใช้เทคนิค Responsive ส่งผลให้การพัฒนาเว็บไซต์ทำได้ง่าย ออกแบบสวยงาม ทำให้สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เข้ามาใช้งานและสามารถนำทางสำหรับการเข้าถึงสารสนเทศได้สะดวกและรวดเร็ว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร
2. เพื่อศึกษาการจัดการข้อมูลและการค้นหาสูตรอาหารจากวัตถุดิบ
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร

วิธีดำเนินการ

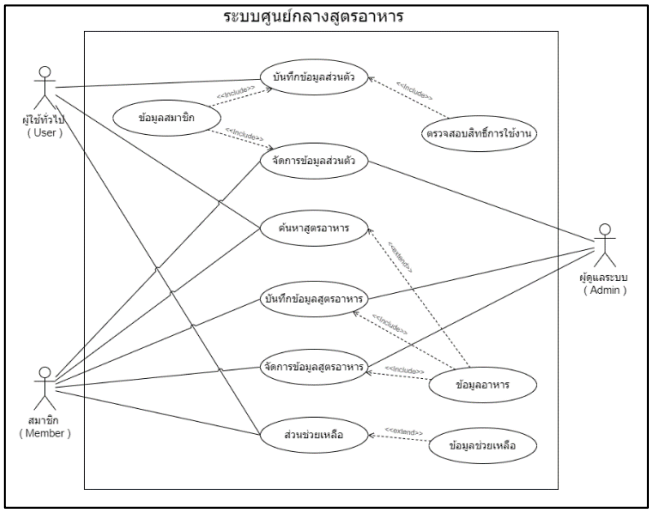
ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร โดยใช้เทคนิคแบบ Responsive เพื่อรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์สื่อสารได้หลากหลายขนาด สำหรับจัดการข้อมูลสูตรอาหาร การสร้างสูตรอาหาร การค้นหาสูตรอาหารจากประเภท หรือค้นหาจากวัตถุดิบที่เหลือในครัวเรือน ตามวงจรการพัฒนาแอปพลิเคชัน (นวพล ศรีวัฒนทรัพย์, 2560) ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

โดยรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประเภทอาหาร ส่วนประกอบของการทำอาหาร สูตรอาหารประเภทต่าง ๆ ความต้องการการค้นหาสูตรอาหารจากคำสำคัญ และความต้องการค้นหาสูตรอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้ในครัวเรือน โดยสำรวจจากแบบสอบถามออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ บุคคลทั่วไปที่สนใจเกี่ยวกับการทำอาหาร แม่ครัว แม่บ้านที่ชอบทำอาหารภายในครอบครัว ทำให้ทราบถึงความต้องการเบื้องต้น และข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาวางแผนงานการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต ระยะเวลา เครื่องมือ ภาษา รวมถึงเทคโนโลยีสำหรับการดำเนินงาน

2. การวิเคราะห์ระบบ

จากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้ใช้งานจากแบบสอบถามออนไลน์ นำมาวิเคราะห์ถึงความต้องการเพื่อจำแนกการทำงานหลักของแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร ดังภาพ



ภาพที่ 1: แผนภาพการทำงานของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร

จากภาพที่ 1 แผนภาพการทำงานของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร แบ่งประเภทผู้ใช้งาน 3 ประเภท คือ ผู้ใช้งานทั่วไป สมาชิก และผู้ดูแลระบบ โดยมีการทำงานหลัก ได้แก่ การบันทึกข้อมูลส่วนตัว การจัดการข้อมูลส่วนตัว ค้นหาสูตรอาหารด้วยคำสำคัญหรือค้นหาจากวัตถุดิบเหลือใช้ในครัวเรือน บันทึกสูตรอาหาร จัดการข้อมูลสูตรอาหาร และส่วนช่วยเหลือ

3. การออกแบบระบบ

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ความต้องการเพื่อนำมาออกแบบแอปพลิเคชัน โดยแบ่งการออกแบบเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบโครงสร้างการทำงานของแอปพลิเคชัน การออกแบบขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน และการออกแบบหน้าจอการแสดงผลของแอปพลิเคชัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การออกแบบโครงสร้างการทำงานของแอปพลิเคชัน

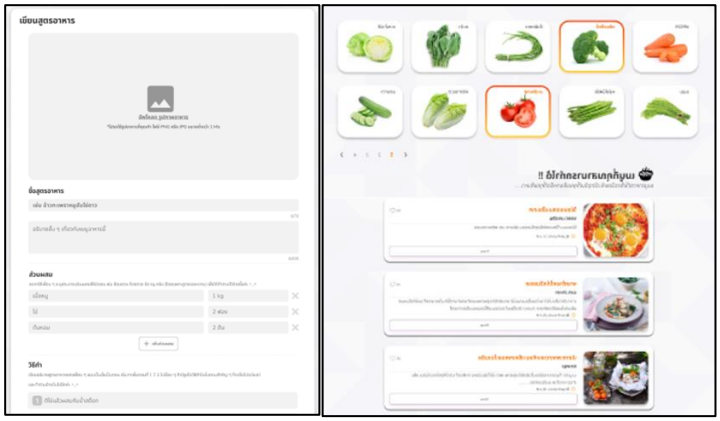
โครงสร้างการทำงานของแอปพลิเคชันประกอบด้วยการกำหนดเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร พร้อมด้วยเทคโนโลยีการแสดงผลเพื่อให้รองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดที่หลากหลายของผู้ใช้งานเพื่ออำนวยความสะดวก และแสดงผลได้สวยงามทันสมัย

3.2 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

เพื่อให้ตรงกับความต้องการผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างหลักของเว็บแอปพลิเคชัน โดยให้มีส่วนผู้ใช้งาน 3 ประเภท คือ ผู้ใช้งานทั่วไป สมาชิก และผู้ดูแลระบบ ออกแบบการทำงานหลักประกอบด้วยการบันทึกข้อมูลส่วนตัว การจัดการข้อมูลส่วนตัว ค้นหาสูตรอาหารด้วยคำสำคัญหรือค้นหาจากวัตถุดิบเหลือใช้ในครัวเรือน บันทึกสูตรอาหาร จัดการข้อมูลสูตรอาหาร และส่วนช่วยเหลือ เป็นต้น

3.3 การออกแบบหน้าจอการแสดงผลของแอปพลิเคชัน

การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานตามการทำงานหลัก โดยออกแบบโครงร่าง (Layout) พร้อมจำลองรายละเอียดข้อมูล เพื่อให้การแสดงผลที่สวยงามเหมาะสมต่อผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชัน ดังภาพตัวอย่าง



ภาพที่ 2: ตัวอย่างภาพโครงร่างการออกแบบหน้าจอสำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

3.4 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันจากการออกแบบตามการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน โดยผู้วิจัยได้ใช้ภาษา HTML5 JavaScript PHP และ Bootstrap Framework สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนี้ให้ตรงตามความต้องการ มีส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่สามารถแสดงผลบนทุกอุปกรณ์สื่อสารที่หลากหลายขนาด พร้อมความสวยงาม และได้จำลองการทำงานโดยใช้โปรแกรม Xampp สำหรับการจำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทดสอบการทำงานของเว็บไซต์ก่อนนำไปทดสอบ

3.5 การทดสอบและประเมินผล

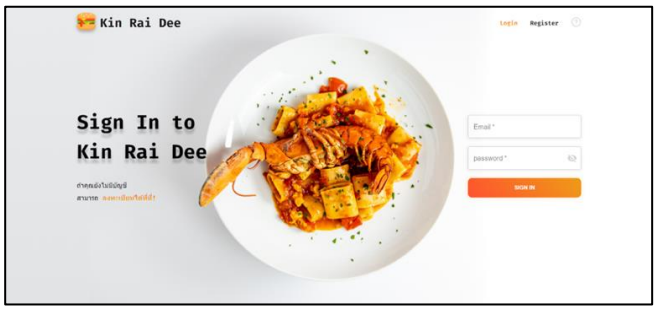
ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันเกี่ยวกับการทำงานหลัก การเชื่อมโยงต่าง ๆ และการแสดงบนอุปกรณ์สื่อสาร ได้แก่ Desktop Tablet และ Smartphone เพื่อทำการปรับปรุง จากนั้นนำเว็บแอปพลิเคชันดำเนินการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มผู้ใช้งาน บุคคลทั่วไปที่สนใจการประกอบอาหาร แม่บ้าน แม่ครัว รวมจำนวน 44 คน กลุ่มตัวอย่างได้ทดลองใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน และตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนี้ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน ความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน และข้อเสนอแนะ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นด้วยค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแปลผลของการประเมินด้วยค่าเฉลี่ยนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ตามมาตรฐานการประเมิน 5 ระดับ (Likert’s Scale) โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

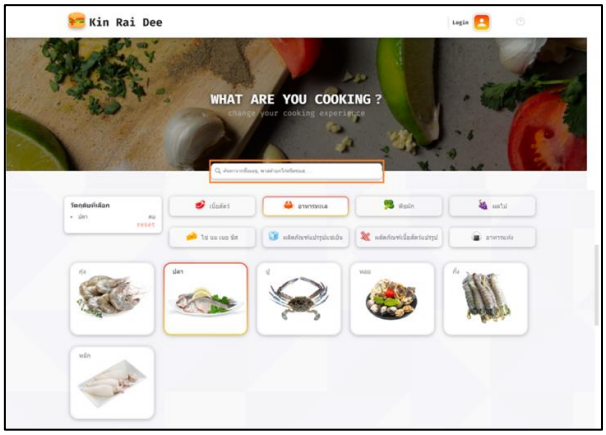
ผลการวิจัยนี้จำแนกตามวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) การพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์กลางสูตรอาหารโดยใช้เทคนิคการแสดงผล Responsive 2) การศึกษาการจัดการข้อมูลและการค้นหาข้อมูลจากวัตถุ และ 3) การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร ดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์กลางสูตรอาหารโดยใช้เทคนิคการแสดงผล Responsive ผลการพัฒนาตามกระบวนวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) โดยใช้เทคนิคการแสดงผลด้วย Responsive พบว่า แอปพลิเคชันสามารถแสดงผลลนอุปกรณ์สื่อสารหลากหลายขนาด ไม่ว่าจะเป็น Desktop Tablet หรือ Smartphone ทำให้การแสดงผลมีความสวยงาม ใช้งานสะดวกสบาย เนื่องจากมีการปรับเนื้อหาและขนาดของรูปภาพไปตามขนาดของอุปกรณ์สื่อสารที่นำมาแสดงผล ดังภาพตัวอย่าง



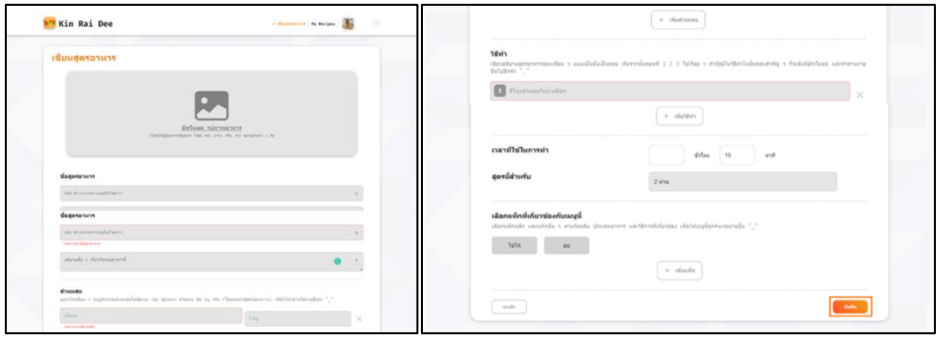
ภาพที่ 3: หน้าหลักเพื่อเข้าสู่เว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร

ภาพที่ 3 หน้าหลักเพื่อเข้าสู่เว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร เพื่อรับบริการต่าง ๆ ภายในแอปพลิเคชัน ได้แก่ การจัดการข้อมูลส่วนตัว การเขียนสูตรอาหาร การค้นหาสูตรอาหาร การกดติดตาม เป็นต้น



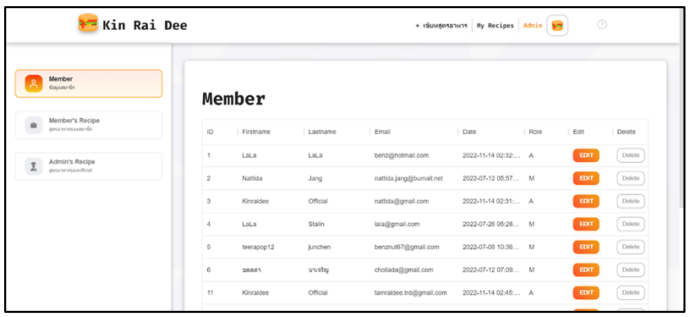
ภาพที่ 4: หน้าการค้นหาสูตรอาหารจากคำสำคัญและจากวัตถุดิบ

ภาพที่ 4 การแสดงการค้นหาสูตรอาหารด้วยคำสำคัญและเลือกจากวัตถุดิบ ภายหลังจากทำการเลือกวัตถุดิบแล้ว แอปพลิเคชันจะแสดงรายการสูตรอาหารหลากหลายเมนูที่มีส่วนผสมหรือวัตถุดิบที่ผู้ใช้งานได้เลือกไว้ ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเมนูได้ตามความสนใจ



ภาพที่ 5: การสร้างหรือการเขียนสูตรอาหารของสมาชิก (Member)

ภาพที่ 5 การสร้างหรือการเขียนสูตรอาหารของผู้ใช้งานหรือเพิ่มสูตรอาหารของผู้ใช้งาน เริ่มต้นด้วย การกรอกรายละเอียดสูตรอาหาร ซึ่งประกอบด้วย ชื่อเมนูอาหาร รูปภาพ คำอธิบายของเมนูอาหาร ส่วนผสม วิธีทำ เวลาที่ใช้ในการทำ สูตรนี้เหมาะสำหรับกี่ท่าน และกำหนดแท็กเพื่อใช้สำหรับการค้นหา สำหรับการสร้างสูตรอาหารภายในเว็บแอปพลิเคชันจะมีการตรวจสอบข้อมูลที่จำเป็นว่ามีการกรอกข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่มีการกรอกจะมีการแจ้งเตือนทันที หลังจากกรอกข้อมูลสูตรอาหารของหน้าฟังก์ชันสร้างสูตรอาหารเสร็จสิ้น สมาชิกจะกดคลิกบันทึกพร้อมมีการแจ้งเตือนเพื่อยืนยันการเผยแพร่สูตรอาหาร



ภาพที่ 6: หน้าการจัดการข้อมูลสมาชิกของผู้ดูแลระบบ

ภาพที่ 6 หน้าการจัดการข้อมูลสมาชิกของผู้ดูแลระบบ ภายในเว็บแอปพลิเคชันจะแสดงรายการอาหารของสมาชิกทั้งหมด ผู้ดูแลระบบสามารถดูข้อมูลของสมาชิกและรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสามารถบริหารจัดการข้อมูลที่ไม่เหมาะสม

2. การศึกษาการจัดการข้อมูลและการค้นหาข้อมูลจากวัตถุดิบ ผลการศึกษาพบว่า ผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในส่วนสมาชิก สามารถบริหารจัดการข้อมูลส่วนตัว การเขียนหรือสร้างสูตรอาหาร แก้ไขข้อมูลสูตรอาหาร ได้ครบถ้วนตามความต้องการ สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการค้นหาสูตรอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้ พบว่า ผู้ใช้สามารถคลิกเลือกวัตถุดิบจากประเภทของวัตถุดิบ เช่น เนื้อสัตว์ อาหารทะเล พืชผัก เป็นต้น จากนั้นจะนำเข้าสู่รายการวัตถุดิบที่แสดงผลเป็นภาพเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกผ่านภาพที่แสดงในแต่ละรายการวัตถุดิบ จากนั้นแอปพลิเคชันจะแสดงรายการสูตรอาหารทั้งหมดที่มีส่วนประกอบตามรายการวัตถุดิบที่ผู้ใช้เลือก

3. การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้งานผ่านแบบประเมินออนไลน์เพื่อนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานด้วยแบบประเมินความพึงพอใจจำนวน 44 คน พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 82 และเพศชายร้อยละ 18 โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 75 มีอาชีพเป็นแม่บ้านที่ส่วนใหญ่สามารถใช้งานอุปกรณ์สื่อสารประเภท Smartphone อยู่เป็นประจำ โดยผลการประเมินความพึงพอใจนี้ประกอบด้วย 1) ด้านการออกแบบ 2) ด้านข้อมูลและการใช้งาน และ 3) ด้านประโยชน์การนำไปใช้งาน โดยแสดงในตารางผลการประเมินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบของเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	แปลผล
รูปแบบเว็บแอปพลิเคชันมีความน่าสนใจ	4.67	0.55	มากที่สุด
ความเหมาะสมในการใช้สีและตัวอักษร	4.65	0.55	มากที่สุด
สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	4.63	0.54	มากที่สุด
การจัดวางองค์ประกอบที่เหมาะสม	4.65	0.53	มากที่สุด
ขนาดภาพ ขนาดตัวอักษร สวยงาม เหมาะสม	4.55	0.62	มากที่สุด
ผลประเมินเฉลี่ยรวม	**4.63**	**0.56**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินด้านการออกแบบ พบว่า รูปแบบเว็บแอปพลิเคชันมีความน่าสนใจ ความเหมาะสมในการใช้สีและตัวอักษร การจัดวางองค์ประกอบที่เหมาะสม สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน ขนาดภาพ ขนาดตัวอักษร สวยงาม เหมาะสม มีผลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67, 4.65, 4.65, 4.63 และ 4.55 ตามลำดับ ส่งผลให้ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อเว็บแอปพลิเคชันด้านการออกแบบอยู่ระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54

ตารางที่ 2: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านข้อมูลและการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	แปลผล
สามารถค้นหาสูตรอาหารด้วยคำสำคัญ	4.77	0.48	มากที่สุด
สามารถค้นหาสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบ	4.77	0.48	มากที่สุด
การเขียนหรือสร้างสูตรอาหาร	4.63	0.54	มากที่สุด
สามารถแก้ไขข้อมูลสูตรอาหาร	4.65	0.53	มากที่สุด
สามารถเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัว	4.77	0.48	มากที่สุด
การกดไลค์และติดตามสูตรอาหาร	4.73	0.69	มากที่สุด
การทำงาน การใช้คำ ปฏิบัติตามได้ง่าย ไม่ซับซ้อน	4.65	0.49	มากที่สุด
ผลประเมินเฉลี่ยรวม	**4.71**	**0.53**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านข้อมูลและการใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ สามารถค้นหาสูตรอาหารด้วยวัตถุคำสำคัญ สามารถค้นหาสูตรอาหารด้วยวัตถุดิบ สามารถเพิ่มหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 รองลงมา คือ การกดไลค์และติดตามสูตรอาหาร สามารถแก้ไขข้อมูลสูตรอาหาร การทำงาน การใช้คำ ปฏิบัติตามได้ง่ายไม่ซับซ้อน และการเขียนหรือสร้างสูตรอาหาร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.73, 4.65, 4.65 และ 4.63 ตามลำดับ ทำให้ผลความพึงพอใจโดยรวมของด้านข้อมูลและการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53

ตารางที่ 3: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์การนำไปใช้งานต่อเว็บแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	แปลผล
เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และการนำไปใช้	4.65	0.49	มากที่สุด
แหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.67	0.48	มากที่สุด
สามารถเป็นแหล่งเผยแพร่สูตรอาหาร	4.63	0.54	มากที่สุด
ผลประเมินเฉลี่ยรวม	**4.65**	**0.50**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินด้านประโยชน์การนำไปใช้งาน พบว่า ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ แหล่งข้อมูลที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 รองลงมา คือ เนื้อหามีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานและการนำไปใช้ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และสามารถเป็นแหล่งเผยแพร่สูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ทำให้ผลความพึงพอใจโดยรวมของด้านประโยชน์การนำไปใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50

สรุป

การศึกษาการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหารโดยการด้วยการใช้เทคนิค Responsive สำหรับการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันทำให้สามารถแสดงผลบนอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดที่หลากหลาย เช่น Desktop Tablet และ Smartphone ทำให้การแสดงผลมีประสิทธิภาพ สวยงาม รวดเร็ว โดยใช้ภาษา HTML5 JavaScript พร้อมใช้ Bootstrap Framework ทำให้เว็บแอปพลิเคชันมีความทันสมัย สวยงาม การใช้งานง่าย ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของนวพล ศรีวัฒนทรัพย์ (2560) การศึกษาพฤติกรรมของผู้ใช้งานต่อเว็บไซต์ที่พัฒนาด้วยเทคนิคเรสพอนซีฟ กรณีศึกษาการพัฒนาเว็บไซต์บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่า การพัฒนาเว็บไซต์ด้วยเทคนิค Responsive ทำให้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการแสดงผลบนอุปกรณ์สื่อสาร ทำให้สามารถแสดงผลได้สวยงาม ทันสมัย ง่ายต่อการใช้งาน และสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริพล แสนบุญส่ง (2559) เกี่ยวกับการพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ด้วยการใช้เทคนิค Responsive ทำให้สามารถแสดงผลได้บนทุกอุปกรณ์เครือข่ายและยังช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน สำหรับการศึกษาการจัดการข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลสูตรอาหาร และการค้นหาข้อมูลจากวัตถุดิบภายในเว็บแอปพลิเคชัน พบว่า ผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันในส่วนผู้ใช้งานทั่วไป ผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิก และผู้ดูแลระบบ สามารถบริหารจัดการข้อมูลส่วนตัว การเขียนหรือสร้างสูตรอาหาร แก้ไขข้อมูลสูตรอาหาร ได้ครบถ้วนตามความต้องการ สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการค้นหาสูตรอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้ พบว่า แอปพลิเคชันสามารถแสดงรายการสูตรอาหารทั้งหมดที่มีส่วนประกอบตามรายการวัตถุดิบได้ตรงตามความต้องการ

การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่ต่อเว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหารจำนวน 44 คน พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพแม่บ้าน โดยการประเมินความพึงพอใจแบ่งประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบ พบว่า ผลประเมินความพึงพอใจโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.54 ทำให้เกณฑ์ประเมินอยู่ระดับดีมาก สำหรับด้านข้อมูลและการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 ทำให้เกณฑ์ประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านประโยชน์การนำไปใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 ทำให้เกณฑ์ประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด สรุปได้ว่า เว็บแอปพลิเคชันศูนย์กลางสูตรอาหาร สามารถจัดการข้อมูลบนส่วนตัว ข้อมูลสูตรอาหาร ข้อมูลสมาชิก การค้นหาสูตรอาหาร ได้ครบถ้วนทำให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน อีกทั้งการนำเทคนิค Responsive มาใช้งานทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลสูตรอาหารภายในเว็บแอปพลิเคชันได้บนทุกอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดหลากหลาย ทำให้สะดวกต่อการเข้าถึงข้อมูล อีกทั้งการแสดงผลยังมีความสวยงาม และทันสมัย

เอกสารอ้างอิง

นวพล ศรีวัฒนทรัพย์. (2560). การศึกษาการพัฒนาเว็บไซต์ด้วยเทคนิคเรสพอนซีฟ. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 27*(3), 511-522.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น.* (พิมพ์ครั้งที่ 8). สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

โพสทูเดย์. (2564, 2 พฤษภาคม). *โพลชี้คนไทยให้ความสำคัญกับอาหารมากขึ้นหลังโควิดระบาด.* https://www.posttoday.com/politics/651804

ศิริพล แสนบุญส่ง. (2559). การพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา. *วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 10*(2), 117-128.

Al-Zu'bi, M., Barham, H. & Sararhah, W. (2021). The GJU Website Development Process and Best Practices. *Journal of Cases on Information Technology*, *23*(1), 21-48.

การศึกษาการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเผาขยะเพื่อผลิตไฟฟ้า: กรณีศึกษา เทศบาลนครขอนแก่น

STUDY ON THE REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FORM WASTE INCINERATION FOR ELECTRICITY GENERATION: A CASE STUDY OF KHONKAEN MUNICIPALITY

ชวลิต หงษ์ยนต์[1*] และจุฬาภรณ์ โสตะ[2]
Chawalit Hongyon[1*] and Chulaporn Sota[2]

[1,2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยบัณฑิตเอเชีย
[1,2]Faculty of Science and Technology, College of Asian Scholars
[*]**Corresponding Author, E-mail:** Chawalit@cas.ac.th

บทคัดย่อ

ภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาเร่งด่วนที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องช่วยกันหาทางแก้ไข การกำจัดขยะที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกได้ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่น โดยวิธีการจัดการขยะ โดยมีวัตถุประสงค์ย่อยดังนี้ 1) ศึกษาการจัดการขยะของเทศบาลนครขอนแก่น 2) เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของขยะเทศบาลนครขอนแก่น 3) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะเทศบาลนครขอนแก่นระหว่างวิธีการฝังกลบกับวิธีการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก 4) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของขยะเทศบาลนครขอนแก่นด้วยวิธีการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก 5) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากขยะระหว่างการคำนวณและปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครขอนแก่น วิธีการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ทำการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันโดยการศึกษาจากเอกสารต่าง ๆ การศึกษาดูงาน รวมทั้งการสัมภาษณ์บุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของขยะ ด้วยวิธี Quartering เพื่อนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของขยะไปคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูตรคำนวณโดยใช้ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER) และการคำนวณการผลิตไฟฟ้าจากสมการ Dulong เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะเทศบาลนครขอนแก่นระหว่างวิธีการฝังกลบกับวิธีการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพของขยะเทศบาลนครขอนแก่น พบว่า มีปริมาณขยะชนิดเศษอาหารมากที่สุด รองลงมา คือ พลาสติกและกระดาษ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 48.13, 26.31 และ 7.36

ตามลำดับ สำหรับผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะโดยวิธีฝังกลบจะอยู่ที่ประมาณ 172.17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq) ส่วนการนำขยะไปผลิตไฟฟ้าจะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกลดลงประมาณร้อยละ 68.38 การผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมจะทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าแบบขยะแยก 56.45 tCO_2 eq (P <0 .01) เทศบาลสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 62.65 MWh ต่อวัน ผลการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากการคำนวณและปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเทศบาลนครขอนแก่น พบว่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากการคำนวณ (เนื่องจากการคำนวณจะคิดการลดค่าประสิทธิภาพการผลิตลงร้อยละ 30) ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เทศบาลนครขอนแก่นสามารถลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกได้จากการนำขยะไปผลิตไฟฟ้าแทนการกำจัดด้วยวิธีฝังกลบ เทศบาลอื่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำแนวทางนี้สามารถใช้เป็นต้นแบบได้

คำสำคัญ: การปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดการขยะ การฝังกลบ การเผา

ABSTRACT

Global warming is an urgent problem that was needed contributions from all stakeholders. Burning solid waste for power generation was one of the good method to reduce greenhouse gas. The main objective of this research was to study how Khon Kaen Municipality manage to reduce greenhouse gas from solid waste disposal. Specific objectives were (1) to study waste management to reduce greenhouse gas emissions of Khon Kaen Municipality, (2) to study physical and chemical properties of the waste, (3) to compare the amount of greenhouse gas emissions from three different disposal methods: landfill, electricity generation of all waste, electricity generation of sorted waste, (4) to compare the amount of greenhouse gas reduced from electricity generation of all waste and those from electricity generation of sorted waste (5) to compare the amount of electric power actual generated from the facility and those predicted using a model.

Information on waste management to reduce greenhouse gas of Khon Kaen municipality was collected using documentary study, observational study, and stakeholder's interviews. Data on the physical and chemical components of the waste was studied after sampling with quartering method. This information was then used for calculation of greenhouse gas emission. The amount of greenhouse gas emitted from landfill was compared to those from electricity generation methods. In this study, voluntary greenhouse gas reduction method (T-VER) was used to calculated greenhouse gas reduction. (Thailand Greenhouse Gas Management Organization,2014). Amount of greenhouse gas reduction from two electricity

generation methods, recycle waste and non-recycle waste, were compared. The study also calculated electricity production using the Dulong equation (Solid Waste Engineering Khon Kaen University, 2018).

The main physical characteristics of waste from Khon Kaen Municipal were food waste (48%), plastic (26%), and paper (7%). The amount of greenhouse gas emissions from landfill disposal is approximately 172.17 tons of carbon dioxide equivalent (tCO2 eq). Waste to energy can reduce greenhouse gas emissions by 68 %. Non-recycle waste generated 56.45 tCO2 eq more greenhouse gas than recycle waste did. Waste from Khon Kaen municipality produced electricity of 62.65 MWh per day. This number was higher than the predicted value using model calculation. In conclusion, this research reported a success story of Khon Kaen municipality in reduction greenhouse gas emissions by using integrated waste management method. The major activity was to switch from landfill to electricity generation of waste. This approach could be applied by the other municipalities and related institutes should promote this action for better control of greenhouse gas.

Keywords: Greenhouse gas emission, Waste Management, Landfill, Incineration

บทนำ

ในปัจจุบันทุกภาคส่วนของโลกกำลังได้รับผลกระทบจากสถานการณ์โลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ที่ต้องการใช้ทรัพยากรเพื่อตอบสนองต่อความจำเป็นและความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้พลังงานในส่วนที่พักอาศัย การขนส่งหรือการจัดการขยะและของเสีย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตเมืองเพื่อให้เห็นภาพที่เป็นรูปธรรมชัดเจนขึ้น เมื่อลองเปรียบเทียบน้ำหนักของก๊าซเรือนกระจกในรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจะพบว่า 1 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามีพื้นที่เท่ากับลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เมตร โดยเมืองจะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ประมาณ 400,000 – 600,000 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (ขึ้นอยู่กับขนาดและกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองนั้น ๆ) หรือเท่ากับลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เมตร 400,000 – 600,000 ลูก ทั้งนี้ แนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะสามารถเพิ่มขึ้นได้ 2-3 เท่าตามการขยายตัวของเมืองและจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น (The World Resources Institute (WRI): 2012, Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission (GPC).Version 0.9) ประเทศไทยถือได้ว่าเปลี่ยนแปลงสู่ยุคอุตสาหกรรมทั้งทางด้านอุตสาหกรรมการเกษตรและอุตสาหกรรมการผลิต จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้การดำเนินชีวิตของประชาชนเปลี่ยนแปลงไปด้วย มีการผลิตวัสดุและบรรจุภัณฑ์ให้มีความเหมาะสมกับเวลาที่เร่งรีบ โดย

ผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปได้ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ในปี 2561 มีการเกิดขยะมูลฝอยชุมชนเพิ่มขึ้น มีการจัดการขยะมูลฝอยโดยการคัดแยกที่ต้นทางและการกำจัดอย่างถูกต้องมีแนวโน้มดีขึ้น ซึ่งในปี 2561 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 27.82 ล้านตัน เมื่อเปรียบเทียบกับปี 2560 มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.64 เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง และการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมือง การเพิ่มขึ้นของประชากร และการส่งเสริมการท่องเที่ยว มีการบริโภคที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยในหลายพื้นที่เพิ่มมากขึ้น แม้ว่าปริมาณขยะมูลฝอยจะเพิ่มขึ้น พบว่า การจัดการขยะมูลฝอยในปี 2561 ขยะมูลฝอยชุมชนได้ถูกคัดแยก ณ ต้นทาง และนำกลับไปใช้ประโยชน์ 9.58 ล้านตัน (ร้อยละ 34) เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 13 ส่วนใหญ่เป็นการใช้ประโยชน์จากขยะรีไซเคิลและทำปุ๋ยอินทรีย์ ขยะมูลฝอยชุมชนอีกจำนวน 10.88 ล้านตัน (ร้อยละ 39) ถูกกำจัดอย่างถูกต้อง ส่วนที่เหลือเป็นขยะที่ถูกกำจัดอย่างไม่ถูกต้องประมาณ 7.36 ล้านตัน (ร้อยละ 27) ซึ่งในขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นนี้มีศักยภาพสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หากมีการดำเนินการและทำการคัดแยกอย่างมีประสิทธิภาพ หากขยะมูลฝอยเหล่านี้มีการทิ้งเป็นของเสียที่ต้องกำจัดรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไปแล้ว ขยะมูลฝอยประเภทอินทรีย์จะเกิดการเน่าเสียง่าย ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มากมาย เช่น ปัญหาด้านกลิ่นไม่พึงประสงค์ แมลงวัน ปัญหาด้านพื้นที่ในการกำจัด ปัญหาการแพร่กระจายของเชื้อโรค รวมทั้งปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic) กระจายสู่บรรยากาศและทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับเมืองถือเป็นเรื่องสำคัญที่ควรถูกระบุในแผนพัฒนาเมืองและมีความสอดคล้องตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) ที่ให้ความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและระบุการปรับกระบวนทัศน์การพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศเพื่อเตรียมพร้อมไปสู่การเป็นเศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจน ดังนั้น เมืองจึงควรทราบข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในขอบเขตเมืองของตน เพื่อเตรียมความพร้อมในการวางแผนและกำหนดนโยบาย รวมถึงยุทธศาสตร์และแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับเมืองอย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องตามนโยบายของประเทศ และเป็นการร่วมผลักดันให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับประเทศได้ ทั้งนี้การจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (City Carbon Footprint: CCF) จึงเป็นวิธีการในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมืองได้

พิจารณาจากขอบเขตพื้นที่ของเทศบาลเทศบาลนครขอนแก่นในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศของกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย ซึ่งมีพื้นที่ 46 ตารางกิโลเมตร มีประชากร 199,615 คน (เทศบาลนครขอนแก่น, 2561) โดยการขยายตัวประชากรของเทศบาลฯ ค่อนข้างคงที่ อยู่ภายใต้ขอบเขตพื้นที่ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น การกำหนดกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามคู่มือการจัดทำข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: GPC) จำแนกกิจกรรมออกเป็น 5 กลุ่มหลัก ดังนี้ 1) กลุ่มเผาไหม้อยู่กับที่ ซึ่งกิจกรรมในเทศบาลนครขอนแก่น ได้แก่ การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงและไฟฟ้าจากสายส่งสำหรับกลุ่มที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์

ธุรกิจการค้า และหน่วยงานต่าง ๆ อุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง การผลิตพลังงาน การเกษตร และอื่น ๆ ที่ไม่สามารถระบุที่มาได้ 2) กลุ่มขนส่ง ซึ่งกิจกรรมในเทศบาลนครขอนแก่น ได้แก่ การใช้พลังงานเชื้อเพลิงสำหรับการขนส่งทางบก (On-road) 3) กลุ่มการจัดการของเสีย ซึ่งกิจกรรมในเทศบาลนครขอนแก่น ได้แก่ การกำจัดของเสียโดยหลุมฝังกลบ การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ และการเผากำจัด 4) กลุ่มกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งกิจกรรมในเทศบาลนครขอนแก่น ได้แก่ การใช้ผลิตภัณฑ์ประเภทสารทำความเย็น และ 5) กลุ่มเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งกิจกรรมในเทศบาลนครขอนแก่น ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผู้วิจัยทำการศึกษากลุ่มการจัดการของเสียและกลุ่มขนส่ง ซึ่งเป็นแหล่งกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากและรองลงมาตามลำดับ โดยมีกิจกรรมกลุ่มการจัดการของเสีย คือ การกำจัดของเสียโดยหลุมฝังกลบ การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ และการเผากำจัด และแหล่งกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกกลุ่มขนส่ง คือ การขนส่งขยะไปกำจัด โดยเทศบาลนครขอนแก่นมีการผลิตขยะมูลฝอยเฉลี่ยวันละ 165.74 ตัน/วัน (เทศบาลนครขอนแก่น, 2561) และมีรถบรรทุกขยะที่ใช้ในการขนส่งขยะไปกำจัดที่โรงไฟฟ้า จำนวน 21 คัน ปริมาณขยะที่นำไปกำจัดมีองค์ประกอบของขยะมูลฝอยที่สามารถนำมารีไซเคิลและนำมาทำปุ๋ยหมักหรืออาจนำขยะมาเพื่อผลิตไฟฟ้ามาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ โดยได้ทำการสุ่มตัวอย่างขยะเทศบาลนครขอนแก่นเพื่อทำการหาองค์ประกอบขยะแล้วนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์หาการเกิดก๊าซเรือนกระจกและคำนวณค่าการผลิตไฟฟ้า หากมีการจัดการขยะมูลฝอยด้วยวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกและจัดการขยะให้เกิดประโยชน์ด้วยวิธีดังกล่าวจะส่งผลให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากขยะมูลฝอยที่มีการปล่อยสู่บรรยากาศลดน้อยลงอีกทั้งยังเป็นแนวทางการลดปัญหาการเกิดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย

ดังนั้น จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น หากสามารถนำข้อมูลจากการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำขยะไปกำจัดโดยวิธีการผลิตกระแสไฟฟ้า จะทำให้สามารถนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะด้วยวิธีการฝังกลบว่าสามารถลดลงได้ จึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ระหว่างวิธีการฝังกลบกับวิธีการนำขยะเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบคัดแยกขยะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่น

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อศึกษาการจัดการขยะของเทศบาลนครขอนแก่น
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพและทางเคมีของขยะเทศบาลนครขอนแก่น

3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะเทศบาลนครขอนแก่นระหว่างวิธีการฝังกลบกับวิธีการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก

4. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของขยะเทศบาลนครขอนแก่นด้วยวิธีการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก

5. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากขยะระหว่างแบบคำนวณและปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครขอนแก่น

ทบทวนวรรณกรรม

เทศบาลนครขอนแก่นได้มีกระบวนการจัดการขยะมูลฝอย อย่างเป็นระบบโดยมีคณะผู้บริหารที่มีนโยบายในการจัดการอย่างต่อเนื่องและให้ความสำคัญตลอดมา โดยรายงานสรุปการจัดการขยะเทศบาลนครขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2563 ระบุไว้ดังนี้

ด้านการจัดการขยะมูลฝอย ณ แหล่งกำเนิด โดยการส่งเสริมการลดปริมาณขยะต้นทาง พบว่า มีการคัดแยกขยะออกมาใช้ประโยชน์ได้ยังมีจำนวนค่อนข้างน้อย แต่ในการดำเนินงานมีกลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมโครงการหลากหลายกลุ่ม ได้แก่ ชุมชน วัด โรงเรียน หน่วยภาครัฐ เอกชน ร้านอาหาร ตลาดสด กลุ่มเกษตรกร เป็นต้น โดยในปี 2555 แยกขยะกลับมาใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 124 ตัน (ร้อยละ 0.2) ดังนั้น คณะทำงานยุทธศาสตร์จึงได้มีการปรับยุทธศาสตร์ในการจัดการขยะต้นทางในปี 2557 เป็น 4 กลยุทธ์ เพื่อให้การขับเคลื่อนในการลดปริมาณขยะมีความชัดเจนและเป็นรูปธรรม และปรับตัวชี้วัดเป็น “ ขยะนำไปกำจัดลดลงร้อยละ” ประกอบด้วย

กลยุทธ์ที่ 1 การป้องกันการเกิดขยะ มุ่งเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การคิดกระบวนการในการลดปริมาณขยะจากผู้สร้างขยะ ค้นหาวิธีแบบมีส่วนร่วม หาวิธีไม่ก่อขยะในกลุ่มเป้าหมาย ชุมชน สถานศึกษา วัด หน่วยงานสถานประกอบการ โดยใช้แนวคิดองค์กรปลอดขยะมาขับเคลื่อนอย่างเต็มระบบ

กลยุทธ์ที่ 2 รณรงค์ลดการสร้างขยะ มุ่งเน้นการรณรงค์ลดการสร้างขยะ ที่เป็นปัญหากับสิ่งแวดล้อม ลดการใช้ถุงพลาสติก ส่งเสริมการบริโภคอย่างยั่งยืน สร้างกระแสอนุรักษ์ สิ่งแวดล้อม และลดโลกร้อน เป็นกลุ่มเป้าหมายทั่วไปและเยาวชนเป็นหลัก

กลยุทธ์ที่ 3 สร้างเครือข่ายผู้คัดแยกขยะ มุ่งเน้นการสร้างแนวร่วมในการลดขยะในกลุ่มเป้าหมาย ร้านรับซื้อของเก่า ซาเล้ง พนักงานเก็บขนขยะ โดยเชื่อมั่นในแนวทางการทำงานร่วมแบบเครือข่าย

กลยุทธ์ที่ 4 การคัดแยกขยะไปจัดการอย่างเหมาะสม มุ่งเน้นการคัดแยกขยะออกไปใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดโดยเฉพาะขยะอินทรีย์ที่มีสัดส่วนสูงมาก โดยการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายทั้งในรูปแบบชุมชน เกษตรกร อาสาสมัคร รวมทั้งการนำเทคโนโลยีขนาดใหญ่เข้ามาจัดการ เช่น การสร้างโรงงานผลิตปุ๋ยจากเศษอาหาร ใบไม้และขยะอินทรีย์ โรงงานไบโอแก๊ส โรงงานคัดแยกมูลฝอย ทั้งนี้ เพื่อให้ได้ปริมาณในการแยกออกมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด นอกจากนั้น ขยะพิษหรือขยะอันตรายชุมชนต้องมีการคัดแยกและส่งไปกำจัดยังบริษัทรับกำจัดขยะอันตรายอย่างถูกต้อง

ด้านการเก็บรวบรวมมูลฝอยและการขนส่งขยะมูลฝอยไปกำจัด พบว่า ยังมีขยะตกค้างในบางส่วนซึ่งไม่เกินเป้าหมายร้อยละ 0.5 ที่กำหนดเป้าหมายไว้ แต่จากสถานการณ์ที่แนวโน้มการพัฒนาของเมืองมีการเจริญเติบโต มีการสร้างอาคารคอนโดมิเนียม อาคารชุด อพาร์ทเม้นต์จำนวนมาก โดยคาดการณ์ไม่ต่ำกว่า 10,000 ยูนิต และคาดการณ์ขยะอาจเพิ่มประมาณ 20-30 ตัน ต่อวัน คณะผู้บริหารจึงได้อนุมัติในการตั้งงบประมาณผ่านสภาเทศบาล ในการจัดซื้อรถขยะเก็บขนมูลฝอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บ และมีการซ่อมบำรุงระบบติดตามผ่านดาวเทียมให้สามารถใช้ในการควบคุมรถเก็บขนได้อย่างทั่วถึงและทันท่วงที

การกำจัดขยะด้วยวิธีการผลิตไฟฟ้า เทศบาลนครขอนแก่นได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2559 โดยเริ่มต้นจากการคัดแยกขยะที่ต้นทาง มีการคัดแยกขยะรีไซเคิลและขยะอินทรีย์ในระดับหน่วยงาน และระดับเทศบาลเพื่อรวบรวมขยะรีไซเคิลเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ (Recycle) และนำขยะอินทรีย์ไปผลิตน้ำหมักชีวภาพหรือทำปุ๋ยหมักซึ่งจะเป็นการช่วยลดปริมาณขยะ ทั้งนี้เพื่อการประหยัดงบประมาณในการกำจัดขยะและช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ในกรณีมีการคัดแยกขยะก่อนโดยคัดแยกขยะรีไซเคิลและขยะอินทรีย์ไปใช้ประโยชน์ ใช้ขยะทั่วไปไปผลิตไฟฟ้าจะต้องใช้ขยะทั่วไปเป็นจำนวนมากทำให้เทศบาลนครขอนแก่นสามารถนำขยะเก่าในบ่อฝังกลบที่มีขยะตกค้างอยู่เดิมมาใช้ร่วมกับขยะทั่วไปจากการคัดแยกขยะใหม่ ทำให้สามารถกำจัดขยะเก่าในหลุมฝังกลบให้หมดไปได้ และมีพื้นที่ว่างสำหรับใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น การกำจัดขยะด้วยวิธีการผลิตไฟฟ้าสามารถรองรับและแก้ปัญหาขยะที่ส่งไปกำจัดได้อย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมาก สามารถบริการองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น ๆ ได้อีกด้วย ถึงแม้เทศบาลนครขอนแก่นจะได้มีการวางระบบและการจัดการครบทุกขั้นตอนแต่ต้องยอมรับว่าปัญหาขยะมูลฝอย เป็นการเกิดปัญหาแบบพลวัตอย่างต่อเนื่อง จึงต้องมีการพัฒนารูปแบบในการเข้ามาจัดการปัญหาอย่างครอบคลุมและหาเทคนิควิธีการใหม่ ๆ เพื่อรองรับและติดตามปัญหาได้ทันท่วงที เทศบาลนครขอนแก่น โดยคณะผู้บริหารก็จะไม่ได้หยุดยั้งเพียงเท่านี้ ยังมีการเตรียมการในด้านต่าง ๆ เพื่อรองรับการพัฒนาและจัดการปัญหาขยะต่อไป

วิธีการวิจัย

ในการถอดบทเรียนการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น ผู้วิจัยได้ศึกษาการดำเนินงานของเทศบาล โดยดำเนินการดังนี้

1. การศึกษาการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลนครขอนแก่น

แนวทางการดำเนินการและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

1.1 ติดต่อประสานงานกับเจ้าหน้าที่เทศบาลนครขอนแก่นเพื่อนัดการลงพื้นที่ในการเก็บข้อมูลในเรื่องการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ทำการรวบรวมและเก็บข้อมูลโดยการศึกษาจากเอกสารต่าง ๆ ในเรื่องการจัดการขยะ การดำเนินการกิจกรรมต่าง ๆ ของเทศบาลจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

1.3 จัดโปรแกรมนัดหมายการศึกษาดูงานสถานที่จริง เพื่อจะได้ทราบปัญหาต่าง ๆ และการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน

1.4 การนัดสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่เทศบาลนครขอนแก่นที่เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงานรวมทั้งการสัมภาษณ์บุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

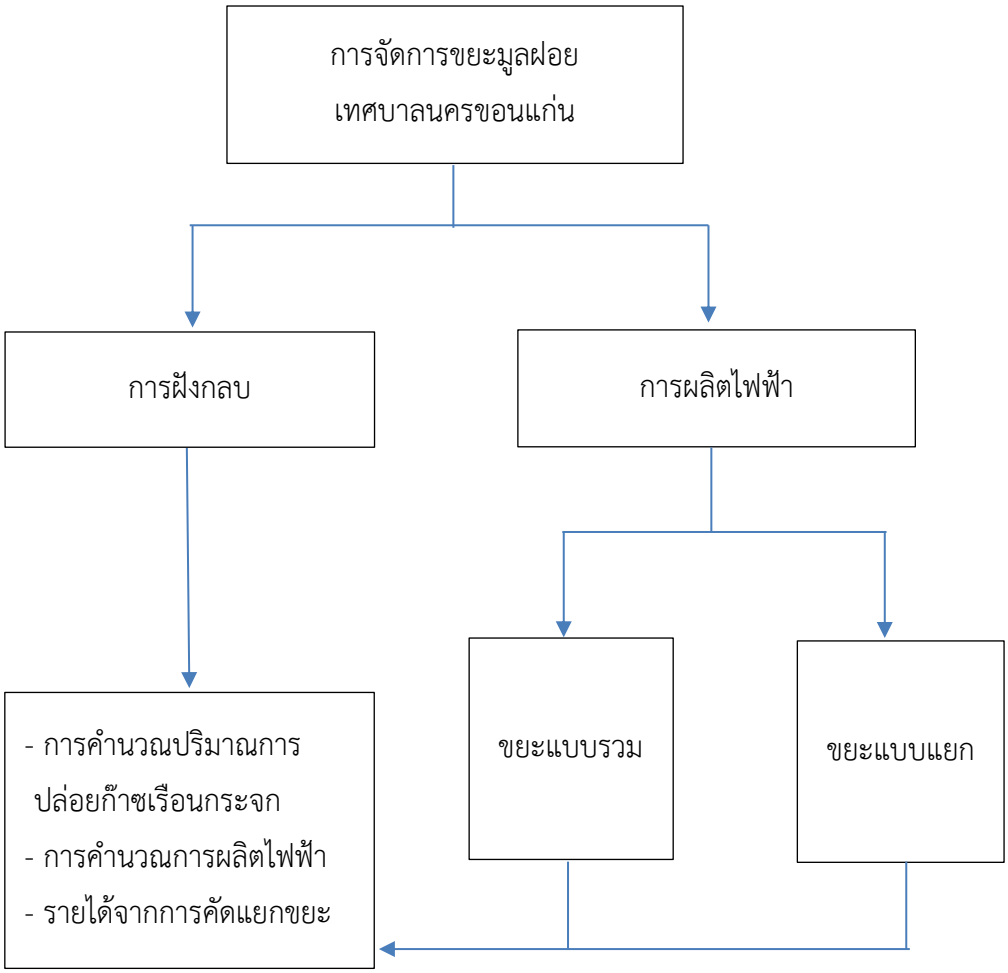
1.5 นำข้อมูลที่ได้มาทำการประมวลผลเพื่อจัดทำแนวทางการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่น

1.6 จัดทำแนวทางการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่นและจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหารเทศบาล

1.7 กำหนดมาตรการ/ และการเผยแพร่แนวทางในการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่น

1.8 ทำการประเมินผลและนำผลจากการถอดบทเรียนการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่นเผยแพร่นำไปใช้กับเทศบาลอื่นต่อไป

การถอดบทเรียนการจัดการขยะเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่น มีกรอบแนวคิดในการศึกษาดังนี้



ภาพที่ 1: แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาการจัดการขยะมูลฝอย

2. การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะเทศบาลนครขอนแก่น

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของขยะ เริ่มต้นจากการศึกษาองค์ประกอบของขยะเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีรายละเอียดการศึกษาดังนี้

2.1 การหาองค์ประกอบขยะ

การสุ่มตัวอย่าง (รายละเอียดภาคผนวก ก) เริ่มจากการสุ่มเลือกรถขนขยะในแต่ละเขตพื้นที่ของเทศบาล ให้ครอบคลุมทั้งสามฤดูกาล หลังจากนั้นจึงนำขยะจากรถที่ถูกเลือกประมาณ 2.4 – 8.0 ตัน มาเทกองรวมกัน จากนั้นจึงแบ่งขยะออกเป็นสี่ส่วน (Quartering Method) และสุดท้ายเลือกขยะหนึ่งส่วนมาศึกษาองค์ประกอบและสัดส่วนตามน้ำหนัก โดยมีรายละเอียดขั้นตอนของการหาองค์ประกอบขยะ ดังนี้

2.1.1 นำขยะในแต่ละเขตแต่ละฤดูกาลและแต่ละครั้งที่สุ่มตัวอย่างได้ จำนวนประมาณ 750 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้รถแมคโคร (รถตักหน้าขุดหลัง) ตักขยะมา 1 ตัก (1 ตักมีปริมาตร 750 ลูกบาศก์เมตร) ที่เทกองรวมกันผสมคลุกเคล้าขยะทั้งหมดให้ทั่วถึง แล้วแบ่งขยะออกเป็น 4 กอง แล้วเลือกเอา 2 กองมารวมกัน จำนวนประมาณ 375 ลูกบาศก์เมตร ขยะที่เหลือทิ้งออกนอกกอง

2.1.2 ตัดแบ่งขยะที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง โดยแบ่งขยะทั้งหมดออกเป็น 4 ส่วน แล้วเลือกขยะ 2 ส่วนที่อยู่ในทิศทางตรงข้ามกัน จำนวนประมาณ 187.5 ลูกบาศก์เมตร ขยะที่เหลือทิ้งออกนอกกอง

2.1.3 คลุกเคล้าขยะให้เข้ากันแล้วแบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน เลือกขยะ 2 กองที่อยู่ด้านตรงข้ามมารวมกัน จำนวนประมาณ 93.75 ลูกบาศก์เมตร ขยะที่เหลือทิ้งออกนอกกอง

2.1.4 นำขยะกองที่เหลือมาคลุกเคล้าผสมกันใหม่แบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน เลือกขยะ 2 กอง โดยเป็นคนละด้านกับที่เลือกในครั้งที่ผ่านมา มารวมกัน จำนวนประมาณ 46.87 ลูกบาศก์เมตรขยะที่เหลือทิ้งออกนอกกอง

2.1.5 นำขยะกองที่เหลือมาคลุกเคล้าผสมกันใหม่แบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน เลือกขยะ 2 กอง โดยเป็นคนละด้านกับที่เลือกในครั้งที่ผ่านมา มารวมกันขยะจำนวนประมาณ 2.34 ลูกบาศก์เมตรที่เหลือทิ้งออกนอกกอง

2.1.6 นำขยะกองที่เหลือมาคลุกเคล้าผสมกันใหม่แบ่งขยะออกเป็น 4 ส่วน เลือกขยะ 2 กอง โดยเป็นคนละด้านกับที่เลือกในครั้งที่ผ่านมา มารวมกันขยะจำนวนประมาณ 1.17 ลูกบาศก์เมตรที่เหลือทิ้งออกนอกกอง เพื่อจะนำมาทำการหาองค์ประกอบของขยะ

2.1.7 ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดแยกขยะจากกองขยะเทศบาลนครขอนแก่นทั้งหมด ซึ่งขยะที่ได้ทำการคัดแยกจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ขยะอินทรีย์ 2) ขยะรีไซเคิล และ 3) ขยะทั่วไป

2.1.8 ผู้วิจัยทำการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยทางกายภาพ แบ่งออกได้เป็น 12 ชนิด ได้แก่ 1) เศษอาหาร 2) ไม้/ใบไม้ 3) กระดาษ 4) พลาสติก 5) ผ้า 6) ยาง 7) หนัง 8) แก้ว 9) หิน/กระเบื้อง 10) โลหะ 11) ขยะอันตราย และ 12) อื่น ๆ หลังจากนั้นมาชั่งน้ำหนักแล้วคำนวณค่าน้ำหนักที่ได้เป็นร้อยละ

2.2 การหาองค์ประกอบทางเคมีของขยะ

นำขยะที่คัดแยกได้จากการคัดแยกองค์ประกอบของมูลฝอยทางกายภาพ 12 ชนิด ได้แก่ 1) เศษอาหาร 2) ไม้/ใบไม้ 3) กระดาษ 4) พลาสติก 5) ผ้า 6) ยาง 7) หนัง 8) แก้ว 9) หิน/กระเบื้อง 10) โลหะ 11) ขยะอันตราย และ 12) อื่น ๆ นำไปหาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 ค่าความชื้น ทำได้โดยการชั่งน้ำหนักตัวอย่างขยะด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล จากนั้นนำตัวอย่างขยะที่ชั่งแล้วไปอบในตู้อบ (Hot air Oven) โดยมีระยะเวลาในการเผา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งอีกครั้ง จากนั้นทำการคำนวณหาค่าความชื้นโดยเปรียบเทียบน้ำหนัก ก่อน-หลังการอบ

2.2.2 ค่าความร้อน โดยการนำตัวอย่างขยะเข้าเครื่อง Bomb Calorimeter แล้วอ่านค่าความร้อนที่ได้จากเครื่อง Bomb Calorimeter

2.3 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประกอบด้วยการคำนวณหลายอย่าง ดังนี้

2.3.1 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบ

2.3.2 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า

2.3.3 การคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า

2.3.4 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการขนส่ง

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1: องค์ประกอบขยะเทศบาลนครขอนแก่นเขต 1 เขต 2 เขต 3 และเขต 4 ปี 2563

องค์ประกอบขยะ	ปริมาณขยะ (%)				ค่าเฉลี่ย ± S.D.
	เขต 1	เขต 2	เขต 3	เขต 4	
เศษอาหาร	47.71	48.02	48.13	48.78	48.16 ± 0.45
พลาสติก	26.66	27.08	27.07	25.41	26.55 ± 0.79
กระดาษ	7.12	7.06	7.06	7.18	7.10 ± 0.06
ผ้า	3.76	3.82	3.76	3.63	3.74 ± 0.08
อื่น ๆ	1.98	2.15	2.15	2.48	2.19 ± 0.21
ยาง	2.33	2.11	2.15	2.23	2.21 ± 0.09
ไม้/ใบไม้	2.42	2.23	2.26	1.96	2.21 ± 0.19
แก้ว	1.81	1.66	1.64	1.75	1.72 ± 0.08
หิน/กระเบื้อง	2.00	1.97	1.94	2.32	2.06 ± 0.18
หนัง	1.54	1.54	1.52	1.82	1.60 ± 0.14
ขยะอันตราย	1.35	1.25	1.27	1.32	1.30 ± 0.05
โลหะ	1.32	1.11	1.11	1.11	1.16 ± 0.11
รวม	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจก ดำเนินการโดยการหาองค์ประกอบขยะแล้วนำผลที่ได้นำมาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถดำเนินการดังนี้

องค์ประกอบทางกายภาพของขยะ

ผลการศึกษา พบว่า ขยะของเทศบาลขอนแก่นส่วนใหญ่เป็นเศษอาหาร (ร้อยละ 48.16) รองลงมาคือ พลาสติก (ร้อยละ 26.55) และกระดาษ (ร้อยละ 7.10)

ผลการศึกษา พบว่า องค์ประกอบขยะเทศบาลนครขอนแก่นแบ่งตามเขต ได้แก่ เขต 1 เขต 2 เขต 3 และเขต 4 แสดงผลการหาองค์ประกอบขยะ เพื่อทดสอบหาปริมาณขยะของเทศบาลนครขอนแก่นปี 2563 แบ่งออกเป็น 4 เขต ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณขยะ จำแนกตามองค์ประกอบของขยะ พบว่า ปริมาณองค์ประกอบของขยะ ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ ไม้/ใบไม้ พลาสติก ยาง หนัง แก้ว หิน/กระเบื้อง โลหะ ขยะอันตรายและขยะอื่น ๆ ของแต่ละเขต มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการศึกษา พบว่า องค์ประกอบขยะเทศบาลนครขอนแก่นแบ่งตามฤดู ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน แสดงผลการหาองค์ประกอบขยะ เพื่อทดสอบหาปริมาณขยะของเทศบาลนครขอนแก่นปี 2563 แบ่งออกเป็น 3 ฤดู ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณขยะ จำแนกตามองค์ประกอบของขยะ พบว่า ปริมาณองค์ประกอบของขยะ ได้แก่ เศษอาหาร กระดาษ ไม้/ใบไม้ พลาสติก ยาง หนัง แก้ว หิน/กระเบื้อง โลหะ ขยะอันตรายและขยะอื่น ๆ ของแต่ละฤดูกาล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การกำจัดขยะโดยการนำขยะไปผลิตไฟฟ้าจะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 58.83 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq) และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะขึ้นอยู่กับการแยกขยะก่อนนำไปผลิตไฟฟ้าโดยพบว่าการผลิตไฟฟ้าขยะแบบแยกทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการกำจัดขยะในรูปแบบต่าง ๆ

เขต / ฤดู	วันที่	ฝังกลบ	ผลิตไฟฟ้าขยะรวม	ผลิตไฟฟ้าขยะแยก
เขต 1 / ฤดู				
หนาว	15/10/63	190.94	46.09	3.04
	15/11/63	158.43	49.36	3.42
	15/12/63	143.70	52.53	4.38
ร้อน	15/3/63	105.37	70.20	1.75
	15/4/63	87.98	75.29	2.09
	15/5/63	212.13	72.74	1.67
ฝน	15/6/63	187.34	50.42	2.34
	15/7/63	150.36	59.38	1.40
	15/8/63	234.45	55.57	1.56
เฉลี่ย/เขต		163.41	59.06	2.41

เขต / ฤดู	วันที่	ฝังกลบ	ผลิตไฟฟ้าขยะรวม	ผลิตไฟฟ้าขยะแยก
เขต 2 / ฤดู				
หนาว	15/10/63	193.67	47.50	2.93
	15/11/63	75.71	49.19	3.36
	15/12/63	123.74	55.86	4.29
ร้อน	15/3/63	166.41	70.44	1.53
	15/4/63	78.44	74.88	2.21
	15/5/63	208.51	75.24	1.66
ฝน	15/6/63	144.02	51.90	2.25
	15/7/63	163.98	59.06	1.30
	15/8/63	258.22	54.95	1.65
เฉลี่ย/เขต		156.97	59.89	2.35
เขต 3 / ฤดู				
หนาว	15/10/63	228.78	47.48	2.91
	15/11/63	132.16	48.57	3.21
	15/12/63	150.72	56.05	4.32
ร้อน	15/3/63	166.71	70.47	1.56
	15/4/63	123.60	74.88	2.21
	15/5/63	165.45	75.24	1.66
ฝน	15/6/63	187.34	51.90	2.26
	15/7/63	159.49	59.06	1.30
	15/8/63	183.03	54.95	1.66
เฉลี่ย/เขต		166.36	59.90	2.34
เขต 4 / ฤดู				
หนาว	15/10/63	180.19	43.76	3.43
	15/11/63	149.75	48.62	3.25
	15/12/63	180.14	47.58	4.32
ร้อน	15/3/63	221.16	66.50	1.88
	15/4/63	148.10	68.23	1.91
	15/5/63	178.47	66.69	1.52
ฝน	15/6/63	187.19	56.19	2.34
	15/7/63	190.46	55.15	1.62
	15/8/63	131.78	55.10	1.57
เฉลี่ย/เขต		174.14	56.46	2.42
ค่าเฉลี่ยรวมทุกเขต		**165.22**	**58.83**	**2.38**

การลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้นำขยะในเทศบาลนครขอนแก่นไปผลิตไฟฟ้าที่โรงไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครขอนแก่น คำนวณโดยใช้ระเบียบวิธีการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2560) สามารถคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

ผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวม มีค่าเท่ากับ 100.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq) ต่ำกว่าการเผาแบบขยะแยกซึ่งมีค่าเท่ากับ 156.45 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ผลการลดก๊าซเรือนกระจกของขยะรวมและขยะแยกที่นำไปผลิตไฟฟ้า

เขต	ฤดู	วันที่	แบบรวม	แบบแยก	ผลต่าง
1	หนาว	15/10/63	142.36	185.41	43.05
		15/11/63	123.23	169.17	45.94
		15/12/63	138.89	187.04	48.15
	ร้อน	15/3/63	75.62	144.07	68.45
		15/4/63	60.59	133.79	73.38
		15/5/63	61.06	132.13	71.07
	ฝน	15/6/63	99.86	147.94	48.08
		15/7/63	93.52	151.50	57.98
		15/8/63	99.22	153.23	54.01
เฉลี่ย/เขต			99.37	156.03	56.68
2	หนาว	15/10/63	145.14	189.71	44.57
		15/11/63	125.70	171.53	45.83
		15/12/63	136.06	187.63	51.57
	ร้อน	15/3/63	74.29	143.20	68.91
		15/4/63	59.42	132.09	72.67
		15/5/63	51.06	124.64	73.58
	ฝน	15/6/63	101.60	151.25	49.65
		15/7/63	97.84	155.60	57.76
		15/8/63	104.55	157.85	53.30
เฉลี่ย/เขต			99.52	157.06	57.54
3	หนาว	15/10/63	146.82	191.39	44.57
		15/11/63	126.63	171.99	45.36
		15/12/63	126.62	178.35	51.73

เขต	ฤดู	วันที่	แบบรวม	แบบแยก	ผลต่าง
	ร้อน	15/3/63	73.66	142.57	68.91
		15/4/63	59.22	131.89	72.67
		15/5/63	52.76	126.34	73.58
	ฝน	15/6/63	100.20	149.84	49.64
		15/7/63	103.80	162.10	58.30
		15/8/63	99.22	153.23	54.01
เฉลี่ย/เขต			99.05	156.61	57.56
4	หนาว	15/10/63	155.84	196.17	40.33
		15/11/63	118.58	163.95	45.37
		15/12/63	143.81	187.07	43.26
	ร้อน	15/3/.63	72.94	137.56	64.62
		15/4/63	72.97	139.29	66.32
		15/5/63	65.81	130.98	65.17
	ฝน	15/6/63	92.41	146.29	53.88
		15/7/63	98.39	152.28	53.89
		15/8/63	97.90	151.43	53.53
เฉลี่ย/เขต			102.07	156.11	54.04
ค่าเฉลี่ยรวมทุกเขต			**100.00**	**156.45**	**56.46**

หมายเหตุ: หน่วยเป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

จากการคำนวณจากสมการ Dulong ซึ่งจะได้ค่าพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นแล้วนำไปคำนวณการผลิตไฟฟ้า พบว่า ถ้านำขยะของเทศบาลนครขอนแก่นจำนวน 1 ตัน มาผลิตไฟฟ้าจะได้ไฟฟ้า 0.213 MWh ซึ่งต่ำกว่าค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงงานไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครขอนแก่น 1 ตัน ซึ่งได้เท่ากับ 0.378 MWh แสดงดังตารางที่ 4

ผลการการเปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากการเผาขยะ 1 ตันจากการคำนวณและปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครขอนแก่น พบว่า ปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการเผาขยะจากโรงไฟฟ้าจากขยะมีค่าสูงกว่าปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการคำนวณ

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าที่ผลิตจากขยะเทศบาลนครขอนแก่น จำนวน 165.74 ตันต่อวันจึงมีค่าเฉลี่ยการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ = 62.65 MWh/d

ตารางที่ 4: ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าเทศบาลนครขอนแก่น ปี 2563

เดือน	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อน้ำหนักขยะ 1 ตัน (MWh/ตัน)
มกราคม	0.373
กุมภาพันธ์	0.599
มีนาคม	0.390
เมษายน	0.387
พฤษภาคม	0.366
มิถุนายน	0.369
กรกฎาคม	0.363
สิงหาคม	0.336
กันยายน	0.310
ตุลาคม	0.320
พฤศจิกายน	0.343
ธันวาคม	0.384
ค่าเฉลี่ย	**0.378**

สรุป

ผลจากการหาองค์ประกอบของขยะในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ในปี 2563 โดยแบ่งออกเป็น 4 เขต ได้แก่ เขต 1 เขต 2 เขต 3 และเขต 4 และได้แบ่งตามฤดูกาลได้ 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ซึ่งสามารถแยกองค์ประกอบของขยะได้ทั้งหมด 12 ชนิด ได้แก่ เศษอาหาร ร้อยละเฉลี่ย 48.16 กระดาษ ร้อยละเฉลี่ย 7.10 ไม้/ใบไม้ ร้อยละเฉลี่ย 2.21 พลาสติก ร้อยละเฉลี่ย 26.55 ผ้า ร้อยละเฉลี่ย 3.74 ยาง ร้อยละเฉลี่ย 2.21 หนัง ร้อยละเฉลี่ย 1.60 แก้ว ร้อยละเฉลี่ย 1.72 หิน/กระเบื้อง ร้อยละเฉลี่ย 2.06 โลหะ ร้อยละเฉลี่ย 1.16 ขยะอันตราย ร้อยละเฉลี่ย 1.30 และอื่น ๆ ร้อยละเฉลี่ย 2.19 จากผลดังกล่าว พบว่า มีปริมาณขยะชนิดเศษอาหารมากที่สุด รองลงมา คือ พลาสติก และกระดาษ เท่ากับ 48.16, 26.55 และ 7.10 ตามลำดับ

สรุปการหาองค์ประกอบขยะ เพื่อทดสอบหาปริมาณขยะแบ่งออกเป็น 4 เขตและ 3 ฤดู ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณขยะ จำแนกตามองค์ประกอบของขยะ พบว่า ปริมาณองค์ประกอบของขยะแต่ละเขตและแต่ละฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1. ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบ

ปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขยะรวมที่นำไปฝังกลบจำนวน 165.74 ตันต่อวัน มีค่าเท่ากับ 172.17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

ผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบและจากการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขยะรวมที่นำไปฝังกลบเฉลี่ยประมาณ 165.74 ตันต่อวันมีค่าเท่ากับ 172.17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อผลิตไฟฟ้าของขยะรวมมีค่าเท่ากับ 58.83 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อผลิตไฟฟ้าของขยะแยกมีค่าเท่ากับ 2.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

สรุปการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบมีค่ามากกว่าจากการผลิตไฟฟ้าแบบขยะรวมและแบบขยะแยก

2. ผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการขนส่ง

สมการการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงในการขนส่ง

EmissionsGHG, fuel = Fuel Consumptionfuel × Net Calorific Valuefuel × Emisson FactorGHG, fuel

แทนค่า = 25.29 lit/day x 2.70 kgCO2
= 68.68 kgCO2
= 0.07 tonCO2

สรุปผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการขนส่ง มีค่าเท่ากับ 0.07 (tCO_2 eq)

เนื่องจากสถานที่ฝังกลบขยะและโรงไฟฟ้าจากขยะเทศบาลนครขอนแก่นเป็นสถานที่เดียวกันห่างจากสถานีขนถ่ายขยะเทศบาลนครขอนแก่นเท่ากัน การคำนวณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งขยะไปกำจัดจึงเท่ากันซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.07 (tCO_2 eq) ดังนั้นผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะแตกต่างกันเหมือนเดิม

ผลการเปรียบเทียบปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของขยะในเขตเทศบาลนครขอนแก่น

ผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าของขยะรวม มีค่าเท่ากับ 100.00 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

ผลการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าของขยะแยก มีค่าเท่ากับ 156.45 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)

สรุปการเปรียบเทียบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าของขยะแยกลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าของขยะรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการคำนวณการผลิตไฟฟ้า

ผลการคำนวณเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากการคำนวณและการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเทศบาลนครขอนแก่น แทนค่าในสมการ Dulong จากการคำนวณขยะเทศบาลนครขอนแก่น 1 ตัน ผลิตไฟฟ้าได้ เท่ากับ 0.213 MWh แต่ปริมาณการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเทศบาลนครขอนแก่น ปี 2563 ขยะเทศบาลนครขอนแก่น 1 ตัน ผลิตไฟฟ้าได้เฉลี่ย เท่ากับ 0.378 MWh

4. ผลการวิเคราะห์รายได้จากขยะเทศบาลนครขอนแก่น

สรุป รายได้จากการคัดแยกขยะเฉลี่ยต่อวัน มีรายละเอียดดังนี้

1) รายได้จากการขายปุ๋ยหมัก	= 7,299บาท	
2) รายได้จากการขายขยะรีไซเคิล	= 73,488	บาท
รวมทั้งสิ้น	= 80,787	บาท

การอภิปรายผล

การปรับปรุงการกำจัดขยะเพื่อลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครขอนแก่นใช้แนวทางการจัดการขยะแบบผสมผสาน ประกอบด้วยหลายวิธีการ เริ่มต้นจากการคัดแยกขยะที่ต้นทางเพื่อนำขยะรีไซเคิลเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ (Recycle) และนำขยะอินทรีย์ไปผลิตน้ำหมักชีวภาพหรือทำปุ๋ยหมัก ในขั้นตอนนี้จะช่วยลดปริมาณขยะ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งในการเก็บขนและกำจัดขยะ จากนั้นจึงนำขยะที่เหลือไปผลิตไฟฟ้า ผลการวิจัยของ Othman et al. (2013) ซึ่งได้ศึกษาทางเลือกในการจัดการขยะในประเทศแถบภูมิภาคเอเชีย และรายงานว่าการจัดการขยะแบบผสมผสานเป็นวิธีการจัดการที่เหมาะสมที่สุดในการลดก๊าซเรือนกระจกจากขยะ และสอดคล้องกับผลการวิจัย เพื่อหารูปแบบการจัดการขยะที่มีศักยภาพด้านพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งพบว่า การจัดการขยะที่เหมาะสม ประกอบด้วย การรีไซเคิล การฝังกลบ การผลิตปุ๋ย/ก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 (ทัศวรรณ ใจเที่ยง, ณัฐนี วรยศ และ ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) Liamsanguan (2008) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการขยะของจังหวัดภูเก็ตด้วยวิธี LCA โดยเปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกจากวิธีการจัดการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ด้วยวิธีการจัดการแบบผสมผสานอีก 3 แบบ พบว่า ทางเลือกที่ดีที่สุดเป็นระบบที่มีการนำก๊าซจากพื้นที่ฝังกลบกลับมาใช้ (gas recovery) และผลิตพลังงานไฟฟ้า จะให้ค่าศักยภาพในการเกิดภาวะโลกร้อน 415 kg. CO_2 eq.

นอกจากนี้ยังพบว่าการนำขยะไปผลิตไฟฟ้าจะช่วยในด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และทำให้ได้พลังงานไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่าการนำขยะ จำนวน 165.74 ตันต่อวันจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 172.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (tCO_2 eq)ต่อวัน ซึ่งสูงกว่าการนำขยะไปผลิตไฟฟ้า (58.83(tCO_2 eq) ขยะเทศบาลนครขอนแก่น สามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.378 MWh ต่อขยะ 1 ตัน หรือคิดจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครขอนแก่น 165.74 ตันต่อวันจะผลิตไฟฟ้าได้ 62.65 MWh ต่อวัน ใกล้เคียงกับ

ตัวเลขอัตราการผลิตไฟฟ้าจากขยะของเทศบาลนครภูเก็ตที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 0.363 MWh ต่อขยะ 1 ตัน หรือ 61.37 MWh ต่อวัน

การวิจัยของ เนตรชนากานต์ สุนันตา และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งพบว่าการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลด้วยระบบวัฏจักรแรงคินสารอินทรีย์ขนาด 1 kWh ตลอดวัฏจักรชีวิตมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.93 kgCO2eq. เทียบเท่าสามารถช่วยลดปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบได้ถึงร้อยละ 30 และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ถึงร้อยละ 51.47 เมื่อเทียบกับการจัดการขยะด้วยวิธีการเทกองและร้อยละ 34.31 เมื่อเทียบกับการจัดการขยะด้วยวิธีการฝังกลบ

การนำขยะไปเผาเพื่อผลิตไฟฟ้าอาจเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดก๊าซเรือนกระจกและผลิตพลังงาน การศึกษาวิธีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะมูลฝอยของเมืองเทียนจิน (Tianjin) พบว่า การนำขยะไปเผาเป็นวิธีที่สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด คือ 0.871 tCO2e / t MSW เมื่อเปรียบเทียบกับการฝังกลบโดยไม่ใช้ประโยชน์ของก๊าซจากการฝังกลบ หรือการฝังกลบด้วยการใช้ประโยชน์จากก๊าซจากการฝังกลบก็ตาม (Elsevier B.V., (2012) สอดคล้องกับการศึกษาของ Dastjerdi et al. (2019) ที่พบว่าการนำขยะกลับมาใช้เป็นพลังงาน (Energy recovery) เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการกำจัดขยะ เมื่อเปรียบเทียบกับการฝังกลบขยะมูลฝอย การเผา หรือการย่อยสลายโดยไม่ใช้ออกซิเจน จะทำให้ได้พลังงาน 4165GWh การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 1.7 ล้าน เมตริกตันและทำให้ปริมาณการฝังกลบขยะมูลฝอยครัวเรือนลงลดประมาณ 3 ล้านเมตริกตัน และสอดคล้องกับการวิจัยเนตรชนากานต์ สุนันตา และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล ที่พบว่าการนำขยะมาผลิตไฟฟ้าจะลดปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบได้ถึงร้อยละ 30 และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ถึงร้อยละ 34.31 เมื่อเทียบกับการจัดการขยะด้วยวิธีการฝังกลบ

จากการวิจัยพบว่า ขยะเทศบาลนครขอนแก่นทั้งขยะรวมและขยะแยกเมื่อทำการศึกษาในแต่ละเขตและแต่ละฤดูพบว่าการลดลงของก๊าซเรือนกระจกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value< 0.001) ทำให้ผู้วิจัยต้องทำการศึกษาครอบคลุมทั้งพื้นที่เขตเทศบาลนครขอนแก่น ตามผลการเปรียบเทียบการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระหว่างขยะรวมและขยะแยก เมื่อเปรียบเทียบตามเขตต่าง ๆ ทั้ง เขต 1, เขต 2, เขต 3 และเขต 4 พบว่า การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะรวมและขยะแยกแตกต่างกันในทุกเขตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value< 0.001) และผลการเปรียบเทียบการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกระหว่างขยะรวมและขยะแยก เมื่อเปรียบเทียบตามฤดูต่าง ๆ ทั้ง ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน พบว่า การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะรวมและขยะแยกแตกต่างกันในทุกฤดูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value< 0.001)

สำหรับผลการเปรียบเทียบการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะรวม เมื่อเปรียบเทียบตามฤดูต่าง ๆ ทั้งฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน พบว่า การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value< 0.001) สรุปว่า ฤดูร้อนมีการลดลงของก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 3 ฤดู เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของขยะของฤดูร้อนมีขยะพลาสติกมากกว่าฤดูอื่น ๆ จึงทำเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาก จึงมีความจำเป็นต้องมีการคัดแยกขยะพลาสติกในฤดูร้อนไปขายเป็นรายได้ให้มากและยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย โดยพบว่าการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของ

ขยะรวมในฤดูหนาวสามารถลดได้มากกว่าฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mea difference= 71.690, p-value< 0.001) การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะรวมในฤดูหนาวสามารถลดได้มากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mea difference= 37.387, p-value< 0.001) และการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะรวมในฤดูร้อนสามารถลดได้น้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mea difference= -34.303, p-value< 0.001)

ผลการเปรียบเทียบการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะแยก เมื่อเปรียบเทียบตามฤดูต่าง ๆ ทั้งฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน พบว่า การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะแยกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value< 0.001) สรุปว่า ฤดูร้อนมีการลดลงของก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับทั้ง 3 ฤดู เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของขยะของฤดูร้อนมีขยะพลาสติกมากกว่าฤดูอื่น ๆ จึงทำเกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากจึงมีความจำเป็นต้องมีการคัดแยกขยะพลาสติกในฤดูร้อนไปขายเป็นรายได้ให้มาก และยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย โดยพบว่าการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะแยกในฤดูหนาวสามารถลดได้มากกว่าฤดูร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mea difference= 47.571, p-value< 0.001) การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะคัดแยกในฤดูหนาวสามารถลดได้มากกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mea difference= 29.588, p-value< 0.001) และการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของขยะคัดแยกในฤดูร้อนสามารถลดได้น้อยกว่าฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Mea difference= -17.983, p-value< 0.001)

รายได้จากการคัดแยกขยะ ถ้าประชาชนมีความตระหนักและทำการคัดแยกขยะก่อนที่จะนำขยะไปทิ้งในถังขยะก็จะสามารถนำขยะที่คัดแยกได้ไปขายเป็นรายได้และเกิดแรงจูงใจในการคัดแยก เป็นผลให้ปริมาณขยะลดลงและยังสามารถทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกลดลงอีกด้วย โดยการนำผลการวิจัยไปวิเคราะห์หารายได้พบว่ามีรายได้จากการคัดแยกขยะต่อวัน คิดเป็นเงินรายได้ทั้งหมด 80,787 บาท/วัน

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2547ก). *โครงการสำรวจและวิเคราะห์องค์ประกอบขยะมูลฝอยชุมชนของเทศบาลทั่วประเทศ.* กรมควบคุมมลพิษ.

_____. (2547ข). *องค์ประกอบและปริมาณขยะมูลฝอย.* กรมควบคุมมลพิษ.

_____. (2552ข). *คู่มือสำหรับผู้บริหารองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การจัดการขยะมูลฝอยชุมชนอย่างครบวงจร 1.* กรมควบคุมมลพิษ.

_____. (2561). *สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561.* กรมควบคุมมลพิษ.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2554). *โครงการศึกษาประเมินปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากของเสียชุมชนในพื้นที่นำร่องด้วยมาตรการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่และเทคโนโลยีพลังงาน.* กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2562). *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ปี 2561.* http://www.reo09.mnre.go.th/attachment/iu/download.php?WP=qUIcnKtkpQMgZKqCGWOghJstqTgcWat0pQugZKpmGQSgG2rDqYyc4Uux

ธเรศ ศรีสถิตย์. (2542). *วิศวกรรมการจัดการมูลฝอย.* สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. (2553). *โครงการศึกษาประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามรายประเภทวัสดุจากขยะชุมชนที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่.* ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.

ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2557). *ก๊าซเรือนกระจกคืออะไร แหล่งที่มา และความสำคัญ.* http://www.environnet.in.th/?s=ก๊าซเรือนกระจก

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). *รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย.* สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

_____. (2557). *Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยสำนักงานสิ่งแวดล้อมที่ 9 (อุดรธานี) องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก.* http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=category&sectionid=8&id=44&Itemid=68

สุธิวรรณ นกสง่า, ปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา, และ สมรัฐ เกิดสุวรรณ. (2551). *การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนด้วยการเผาโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต.* สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สุรพล ผดุงทน. (2561). *วิศวกรรมขยะมูลฝอยชุมชน.* โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2552ข). *รายงานสรุปผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยประจำปี 2552.* http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=359&Itemid=2&limit=1& limitstali=1

_____. (2552ก). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.* องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (2553). *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และของเสียอันตราย.* สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

Andersen, J., Jerker-Samuelson, A., Christensen, T. & Scheutz, C. (2010). Quantifi cation of Greenhouse Gas Emissions from Windrow Composting of Garden Waste. *J. Environ. Qual, 39*, 713-724.

Barlaz, M., Green, R., Chanton, J.., Goldsmith, C. & Hater, G. (2004). Biologically active cover for mitigation of landfill gas emissions. *Environmental Science and Technology, 38*, 4891-4899.

Bogner, J., Hashimoto, S., Diaz, C., Mareckova, K., Diaz, L. Kjeldsen, P. et al. (2008). Mitigation of global greenhouse gas emissions from waste: conclusions and strategies from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Fourth Assessment Report. Working Group III (Mitigation). *Waste Management & Research, 26*, 11–32.

Boldrin, A., Andersen, J., Møller, J., Christensen, T., & Favoino, E. (2009). Composting and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research, 27*, 800–812.

Borjesson, G. & Svensson, B. (1997). Seasonal and diurnal methane emissions from a landfill and their regulation by methane oxidation. *Waste Manag. Res., 15,* 33–54.

Cevat, Y., Ismail A., & Omar A. (2020). Potential for greenhouse gas reduction and energy recovery from MSW through different waste management technologies. *Cleaner Production, 264*, 121432

Chiemchaisri, C., Juanga, J. & Visvanathan, C. (2007). Municipal solid waste management in Thailand and disposal emission inventory. *Environ Monit Assess, 135*, 13-20.

Cosimo, M., Marco, M., & Nicolas, S. (2020). The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland. *Waste Management, 113*, 508-520.

Hellebrand, H. (1998). Emissions of nitrous oxide and other trace gases during composting of grass and green waste. *J. agric, Engng Res., 69*, 365-375.

Mohammad, A., Hossein, G., Behrouz, B., Reinout, H., Mortaza, A, & Meisam T. (2017). Electricity generation and GHG emission reduction potentials through different municipal solid waste management technologies: *ELSEVIER, 117,* 414-439

UNFCCC. (2012). *Methodological Tool Emissions from solid waste disposal sites*. https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-04-v6.0.1

การออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

DESIGN AND DEVELOPMENT OF MINI BOAT FOR COLLECTING WATER HYACINTH

วรนุช แจ้งสว่าง

Woranuch Jangsawang

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Energy Engineering, Faculty of Industrial Technology, Phranakhon Rajabhat University

Corresponding Author, E-mail: woranuch@pnru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยในหัวข้อนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก การออกแบบเริ่มจากการกำหนดแนวคิดในการออกแบบเพื่อกำหนดข้อมูลเบื้องต้นที่จะใช้ในการคำนวณออกแบบต่อไป เพื่อให้เรือมีน้ำหนักเบาสามารถสร้างและประกอบได้ง่าย สะดวกในการใช้งานและขนย้าย ข้อมูลเบื้องต้นของเรือไฟเบอร์กลาสที่จะนำไปใช้ในการคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กประกอบด้วยน้ำหนักบรรทุก 180 กิโลกรัม ปริมาตร 650 ลิตร ซึ่งคำนวณน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรได้ 0.28 กิโลกรัมต่อลิตร เนื่องจากขณะใช้งานจะมีน้ำหนักบรรทุกรวม 400 กิโลกรัม คำนวณปริมาตรของเรือที่ใช้งานจะต้องมีค่า 1,428.57 ลิตร ดังนั้นเพื่อให้เรือสามารถรองรับปริมาตรที่เพิ่มขึ้นได้ จึงต้องขยายฐานรับแรง จากการคำนวณจะต้องเพิ่มปริมาตรของทุ่น 800 ลิตร ดังนั้นจึงออกแบบเพิ่มทุ่นด้านข้างของเรือทั้งสองด้านโดยเพิ่มปริมาตรข้างละ 400 ลิตร โดยใช้ถังพลาสติกขนาด 200 ลิตรสองถังต่อกันทำเป็นทุ่นในแต่ละด้าน ซึ่งจะทำให้เรือเก็บผักตบชวามีปริมาตรรวมเป็น 1,450 ลิตร และจากการคำนวณออกแบบกระบะถ้าต้องการเก็บผักตบชวาสดครั้งละ 30 กิโลกรัม กระบะจะมีพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร จากผลการทดสอบการแล่นเรือเก็บผักตบชวาที่ระยะทางคงที่ 100 เมตร จำนวน 5 ครั้ง สรุปผลได้ว่า เรือเก็บผักตบชวามีอัตราเร็วแล่นเรือเฉลี่ย 1.22 กิโลเมตร/ชั่วโมง สามารถเก็บรวบรวมผักตบชวาเฉลี่ย 203.48 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีอัตราการใช้น้ำมันเบนซินเฉลี่ย 0.57 ลิตร/ชั่วโมง คิดเป็นค่าพลังงานเก็บผักตบชวา 81.58 กิโลจูล/กิโลกรัม และมีค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 20,348 กิโลกรัม เมตร/ชั่วโมง ซึ่งจากค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวาที่คำนวณได้จะทำให้สามารถประเมินข้อมูลการเก็บผักตบชวาที่ระยะต่าง ๆ ได้

คำสำคัญ: เรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก แนวคิดในการออกแบบ การคำนวณออกแบบ หน่วยงานท้องถิ่น

ABSTRACT

The aim of the present study is to design and development of mini boat for collecting water hyacinth. The design has been started from determining of the conceptual design to determine the initial data for calculation in the next step. The broadly conclusions from studying of the conceptual design for using the mini boat for sailing in the small canal, the design should consider include these factors; the boat that have light weight, user friendly and convenience for transport. Thus the initial data of the boat are determined such as the boat should make from fiberglass with the weight load of 180 kilograms and the volume of 650 liters. The ratio of weight load to boat volume is calculated, the calculation result is 0.28 kg/l. According to the total of weight load required is 400 kg thus the boat volume should equal to 1428.57 liters. Thus the increasing of the boat volume based on base expanding is required. The two hundred plastic bucket in which connecting together in each side will be used as the pontoon. From the calculation to design the pick-up tray that suitable to carry 30 kilograms of fresh water hyacinth, thus the pick-up tray will have the area around 1.5m^2 .From the results of sailing the mini boat for collection water hyacinth in the river with the constant distance at 100 meter with 5 rounds sailing. The results showed that the sailing velocity was 1.22 km/hr with the rate for collecting water hyacinth was 203.48 kg/hr. For considering the energy consume for sailing the mini boat, the results showed that consumption rate of fuel oil was 0.57 liter/hr while the energy consume for collecting water hyacinth was 81.58 kJ/kg and specific amount of water hyacinth collected was 20,348 kg m/hr.

Keywords: mini water hyacinth collecting boat, conceptual design, design calculation, local administrator

บทนำ

ผักตบชวา (Water hyacinth) เป็นวัชพืชน้ำที่กระจายแน่นหนาในแหล่งน้ำต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทั้งแม่น้ำสายหลักและคลองย่อยต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาและผลกระทบในด้านต่าง ๆ เช่น การสัญจรทางน้ำ การชลประทาน การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ และการประมงน้ำจืด เป็นต้น (Julien & Griffiths, 1999, p. 240) ปัญหาผักตบชวาถือเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศที่จะต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วนและเป็นรูปธรรม เนื่องจากผักตบชวามีการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก ผักตบชวา 1 ต้น สามารถให้เมล็ดได้ถึง 5,000 เมล็ด

เมล็ดผักตบชวาเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำจะมีชีวิตได้นานถึง 15 ปีผักตบชวาสามารถขยายพันธุ์ได้ด้วยการแตกหน่อ ผักตบชวา 2 ต้นสามารถแตกใบและเจริญเติบโตเป็นต้นได้ถึง 30 ต้น ภายในเวลา 20 วัน หรือเพิ่มน้ำหนักขึ้น 1 เท่าตัวภายใน 10 วัน สามารถขยายตัวครอบคลุมผิวน้ำได้อัตราร้อยละ 8 ต่อวัน ถ้าเริ่มปล่อยผักตบชวาในแหล่งน้ำเพียง 10 ต้น จะสามารถแพร่กระจายเพิ่มปริมาณเป็น 1 ล้านต้น ภายในระยะเวลา 1 ปี (Okunowo, Osuntoki, Adekunle & Gbenle, 2013, pp. 1387-1401) จากการจัดอันดับวัชพืชร้ายแรง 10 อันดับของโลก ผักตบชวาจัดเป็นวัชพืชร้ายแรงอันดับที่ 8 ของโลก (Goodland, 1995, p. 23) โดยทั่วไปวิธีการควบคุมปริมาณผักตบชวาที่ใช้กันทั่วโลกมี 3 วิธี ได้แก่ การควบคุมทางกายภาพ (physical control) การควบคุมโดยใช้สารเคมี (chemical control) และการควบคุมทางชีววิทยา (biological control) (Gopal, 1987, p. 471) ในการควบคุมโดยใช้สารเคมีนั้นจะสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของผักตบชวาได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ เนื่องจากผักตบชวาจะมีรากที่ฝังอยู่จึงทำให้สามารถกลับมาเจริญเติบโตได้ใหม่รวมถึงการใช้สารเคมีจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีในดิน ในน้ำและในอากาศ และเป็นอันตรายต่อพืชน้ำชนิดอื่น สำหรับการควบคุมทางชีววิทยานั้นจะต้องใช้ระยะเวลานานในการควบคุมที่ทำให้เกิดผล ในทางปฏิบัติอาจต้องใช้เวลานาน 3-5 ปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าการควบคุมโดยใช้สารเคมีและควบคุมทางชีววิทยานั้นผักตบชวาที่ถูกทำลายจะยังคงอยู่ในน้ำ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพน้ำ รวมถึงทั้งสองวิธีการนี้จะไม่สามารถนำผักตบชวาขึ้นฝั่งเพื่อมาใช้ประโยชน์ด้านอื่นได้ และสำหรับวิธีทางกายภาพเป็นวิธีการควบคุมโดยการตัดและนำผักตบชวาที่ตัดแล้วขึ้นมาบนฝั่ง ซึ่งสามารถนำผักตบชวาไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นได้ วิธีการนี้จำเป็นต้องใช้แรงงานคนร่วมกับเครื่องมือทางกล เป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูง ได้มีการประมาณค่าใช้จ่ายในการควบคุมทางกายภาพประมาณ 2,400-30,000 เหรียญสหรัฐต่อพื้นที่ 2.5 เอเคอร์ อย่างไรก็ตาม การควบคุมทางกายภาพ เป็นวิธีที่มีการนำไปปฏิบัติมากที่สุด (biological control) (Gopal, 1987, p. 471) เนื่องจากผักตบชวาสามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็วมากและก่อให้เกิดผลกระทบด้านต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องมีการควบคุมและบริหารจัดการผักตบชวา ในประเทศไทยการควบคุมปริมาณผักตบชวานิยมใช้วิธีทางกายภาพ รวมถึงได้มีการศึกษาและพัฒนานำผักตบชวาไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์จักรสานผักตบชวา เชื้อเพลิงอัดแท่ง และเป็นชีวมวลผลิตพลังงาน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การที่จะนำผักตบชวาไปใช้ประโยชน์ ๆ ได้นั้นจำเป็นต้องนำขึ้นมาบนฝั่งซึ่งการที่จะนำผักตบชวาขึ้นมาบนฝั่งได้นั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือทางกลหรืออุปกรณ์ที่มีเหมาะสม กรณีที่ผักตบชวากระจายอยู่ในแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ต้องใช้เรือเก็บผักตบชวาขนาดใหญ่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่การควบคุมผักตบชวาในแม่น้ำหรือลำคลองหลักจะมีหน่วยงานรัฐที่รับผิดชอบดูแล สำหรับกรณีที่ผักตบชวากระจายในลำคลองขนาดเล็กหรือคลองย่อยต่าง ๆ ที่เรือเก็บผักตบชวาขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าไปทำงานได้ จำเป็นต้องใช้เรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กเพื่อความสะดวกในการเข้าไปทำงานและเคลื่อนย้าย ปัจจุบันมีการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาขนาดต่าง ๆ ตามความต้องการใช้งานเพื่อความสะดวกในการเก็บผักตบชวาขึ้นมาบนฝั่ง สำหรับเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กที่มีความเหมาะสมในการใช้งานในคลองย่อยต่าง ๆ นั้นได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในการเก็บผักตบชวา จากข้อมูล ในปี พ.ศ. 2564 ส่วนวิจัยและพัฒนาเครื่องกล สำนักเครื่องจักรกล กรมชลประทานได้พัฒนาเรือกำจัดวัชพืชขนาดเล็ก และผลิตไปใช้ทั่วประเทศ

172 ลำ ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการและตั้งเป้าไว้ว่าเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องผลิตไม่น้อยกว่า 1,000 ลำ ปัจจุบันกรมชลประทานมีขีดความสามารถในการผลิตปีละ 150 ลำเท่านั้น และหากหน่วยงานท้องถิ่นมีความต้องการสามารถจัดงบประมาณเรือกำจัดวัชพืชขนาดเล็กตามแบบของกรมชลประทานนี้ราคาลำละ 5 แสนบาท (เกษตรทำกิน, 2564) ซึ่งจะเห็นได้ว่า เรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นในการกำจัดผักตบชวาของหน่วยงานท้องถิ่นทั่วประเทศรวมถึงชาวบ้านที่อาศัยอยู่ริมคลองที่จะสามารถนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กนั้นยังมีจำกัดและไม่แพร่หลาย ดังนั้นการศึกษาในหัวข้อการออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวา ที่มีการออกแบบโดยใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น สร้างและประกอบได้ง่าย รวมถึงมีความสะดวกในการใช้งาน และราคาถูก จะเป็นแนวทางให้แก่หน่วยงานท้องถิ่นและผู้สนใจ ได้ศึกษาวิธีการที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ เพื่อสามารถนำไปใช้สร้างประกอบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพึ่งพาตนเองได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางในการออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก
2. เพื่อออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก
3. เพื่อศึกษาการใช้พลังงานเรือเก็บผักตบชวาที่ได้ออกแบบและพัฒนา

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในหัวข้อการออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กมีวิธีดำเนินการศึกษาวิจัยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกำหนดแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวา 2) การคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวา และ 3) การทดสอบเรือเก็บผักตบชวา การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดังนี้

1. การกำหนดแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวา

เพื่อให้เรือเก็บผักตบชวาที่ออกแบบมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ ก่อนที่จะคำนวณออกแบบผู้วิจัยจะกำหนดแนวคิดในการออกแบบ ซึ่งในการกำหนดแนวคิดในการออกแบบนั้นจะนำปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นกรอบในการพิจารณา โดยจะพิจารณาร่วมกับวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาที่ต้องการนำไปใช้งานในแหล่งน้ำขนาดเล็ก

2. การคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวา

เรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กประกอบด้วยส่วนประกอบหลายส่วนซึ่งการออกแบบในแต่ละส่วนนั้นจะต้องมีการคำนวณเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และมีความแข็งแรง การคำนวณออกแบบในแต่ละส่วนแสดงรายละเอียดดังนี้

2.1 การคำนวณออกแบบกระบะตักผักตบชวา

กระบะตักผักตบชวาทำหน้าที่ตักผักตบชวาจากในน้ำหรือลำคลองและนำขึ้นไปไว้บนบก เพื่อนำไปดำเนินการในขั้นต่อไป ในการออกแบบกระบะตักผักตบชวานั้นตัวแปรที่จะต้องทราบเพื่อเป็นค่าเบื้องต้นในการคำนวณต่อไป คือ น้ำหนักผักตบชวาสดต่อพื้นที่ การคำนวณขนาดของกระบะแสดงดังสมการที่ 1

การออกแบบกระบะตักผักตบชวาคำนวณได้จากอัตราส่วนของน้ำหนักผักตบชวาสดที่ต้องการตักในแต่ละครั้งต่อน้ำหนักผักตบชวาสดต่อพื้นที่ สมการที่ใช้ในการคำนวณแสดงดังสมการที่ 1

$$A = \frac{m}{w} \tag{1}$$

เมื่อ A = พื้นที่กระบะ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)
W = น้ำหนักผักตบชวาสดต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2)
m = น้ำหนักผักตบชวาสดที่ต้องการตักในแต่ละครั้ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)

2.2 การออกแบบขนาดทุ่นเพื่อพยุงเรือ

ขนาดหรือปริมาตรของทุ่นเพื่อพยุงเรือที่ออกแบบจะต้องมีความสัมพันธ์กับขนาดหรือปริมาตรของเรือ และน้ำหนักของเรือรวมกับน้ำหนักบรรทุก สมการที่ใช้ในการคำนวณขนาดของทุ่นเพื่อพยุงเรือแสดงดังสมการที่ 2

$$V_s = (M_t * S_v) - V_b \tag{2}$$

เมื่อ V_s = ปริมาตรทุ่นพยุงเรือ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)
V_b = ปริมาตรเรือ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (m^3)
M_t = น้ำหนักเรือรวมน้ำหนักบรรทุก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
S_v = สัดส่วนของปริมาตรเรือต่อนำหนักบรรทุก (คำนวณได้จากปริมาตรเรือต่อน้ำหนักบรรทุก)

3. การทดสอบเรือเก็บผักตบขวา

ในการทดสอบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กที่ได้ออกแบบและพัฒนานั้น ได้ดำเนินการโดยกำหนดระยะทางที่ทำการทดสอบให้มีค่าคงที่ตลอดการทดสอบโดยมีค่าเป็นระยะกระจัด 50 เมตร ซึ่งรวมระยะทางไปกลับ 100 เมตร โดยทำการทดสอบซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ข้อมูลที่ทำการตรวจวัดประกอบด้วย 1) ระยะเวลา 2) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ปริมาณผักตบชวา โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดมาคำนวณหาค่าต่าง ๆ เป็นลำดับไป ได้แก่ (1) อัตราความเร็วแล่นเรือ (km/hr) (2) อัตราเก็บผักตบขวา (kg/hr) (3) อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (lite/hr) (4) ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเก็บผักตบขวา(ml/kg) (5) ค่าพลังงานเก็บผักตบชวา (kJ/kg) (6) น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผักตบชวาที่เก็บได้ (kg.m/hr) (7) ค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวา (kJ/(hr.m)

ผลการศึกษาวิจัยและอภิปรายผล

1. การกำหนดแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวา

ในการกำหนดแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาผู้วิจัยได้อ้างอิงปัจจัยด้านต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ได้นำมาพิจารณาจำนวน 12 ปัจจัย ได้แก่ 1) หน้าที่ใช้สอย 2) ความปลอดภัย 3) ความแข็งแรงทนทาน 4) ความประหยัด 5) วัสดุ 6) โครงสร้าง 7) ความสะดวกในการใช้งาน 8) ความสวยงาม 9) มีลักษณะเฉพาะ 10) กรรมวิธีการผลิต 11) การบำรุงรักษา และ 12) การขนส่ง (Loewy, 1980) เนื่องจากการศึกษาวิจัยในหัวข้อนี้เป็นการออกแบบเรือขนาดเล็กเพื่อใช้ในการเก็บผักตบชวา ดังนั้นจึงเลือกนำปัจจัยด้านต่าง ๆ ข้างต้นมาพิจารณา 10 ปัจจัย ยกเว้นปัจจัยในข้อ 8 และข้อ 9 จะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากสิ่งที่ออกแบบนั้นเน้นที่ประโยชน์ใช้สอยเป็นหลัก การกำหนดแนวคิดในการออกแบบโดยนำปัจจัยด้านต่าง ๆ ทั้ง 10 ปัจจัย มาพิจารณาร่วมกับวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาที่ต้องการนำไปใช้งานในแหล่งน้ำขนาดเล็ก เช่น ลำคลอง คลองแยกต่าง ๆ และสภาพพื้นที่ที่จะใช้เรือไปเก็บผักตบชวาเป็นสำคัญ ซึ่งเรือขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงได้ การพิจารณากำหนดแนวคิดในการออกแบบสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: การกำหนดแนวคิดในการอออกแบบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

ปัจจัยในการออกแบบ	ความต้องการใช้งาน	แนวคิดในการออกแบบ
1. หน้าที่ใช้สอย	ใช้เก็บผักตบชวาในลำคลอง คลองแยก	มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา
2. ความปลอดภัย	เรือมีความสมดุล	มีการขยายฐานรับแรง โดยใช้ทุ่นเพื่อพยุงเรือ
3. ความแข็งแรงทนทาน	มีความแข็งแรง เคลื่อนย้ายได้	มีโครงเหล็กยึด
4. ความประหยัด	ใช้วัสดุสำเร็จรูป	เรือไฟเบอร์กลาส
5. วัสดุ	ใช้วัสดุที่หาได้ในท้องถิ่น	ทุ่นทำจากถังพลาสติก
6. โครงสร้าง	มีความแข็งแรง	มีโครงเหล็ก
7.ความสะดวกในการใช้งาน	ทุ่นแรงและสะดวกในการใช้งาน	ใช้ระบบรอกสลิงและเกียร์ทด
8. กรรมวิธีการผลิต	สร้างและประกอบได้ง่าย	สามารถถอดแยกประกอบได้
9. การบำรุงรักษา	ระบบไม่ซับซ้อน	ขับเคลื่อนโดยใช้เครื่องยนต์อเนกประสงค์
10. การขนส่ง	ขนาดไม่ใหญ่มาก	ขนาดไม่ใหญ่มาก/ถอดประกอบได้

จากการศึกษาเพื่อกำหนดแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวา สรุปได้ว่า รูปแบบและลักษณะของเรือเก็บผักตบชวาที่เหมาะสมในการใช้งานนั้น ขนาดของเรือควรมีขนาดไม่ใหญ่มากเกินไป เพื่อทำให้มีความสะดวกในการขนย้าย ดังนั้นเรือเก็บผักตบชวาจะต้องมีน้ำหนักเบา และสามารถถอดประกอบได้ ดังนั้นเรือเก็บผักตบชวาควรจะเป็นเรือที่ทำจากไฟเบอร์กลาสเป็นโครงสร้างหลัก และมีการขยายฐานรับแรงเพื่อกระจายน้ำหนักเพื่อลดปัญหาการโคลงของเรือโดยใช้ทุ่นพลาสติก และเนื่องจากเรือเก็บผักตบชวาจะต้องเก็บผักตบชวาที่อยู่ในลำน้ำและนำขึ้นมาบนฝั่ง ดังนั้นควรจะติดตั้งกระบะเก็บผักตบชวา ไว้ด้านหน้าของเรือเพื่อความสะดวกในการเก็บผักตบชวา โดยจะใช้วิธีช้อนกระบะให้จมลงใต้กลุ่มรากของผักตบชวาแล้วยกกระบะขึ้น

ให้ลอยจากน้ำแล้วขับเคลื่อนเรือมาเทผักตบชวาที่ชายฝั่ง โดยใช้ระบบรอกสลิงและเกียร์ทดช่วยผ่อนกำลังขับเคลื่อนกลไกกระบะขึ้น-ลง และกลไกกระบะพลิก-เท การขับเคลื่อนเรือเก็บผักตบชวาจะใช้เครื่องยนต์เอนกประสงค์

จากการสืบค้นข้อมูลพบว่า เรือไฟเบอร์กลาสที่มีขนาดเหมาะสม ที่มีจำหน่ายทั่วไปสำหรับบรรทุกผู้ปฏิบัติการได้ 2 คนเป็นเรือพลาสติกที่มีน้ำหนักบรรทุก 180 กิโลกรัมและมีปริมาตร 650 ลิตร เครื่องยนต์เอนกประสงค์มีขนาด 6.5 แรงม้า จากแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาข้างต้นทำให้ได้ข้อกำหนดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบ 5 ข้อดังสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ข้อกำหนดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

ข้อกำหนดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบ	ปริมาณ
1. น้ำหนักตักผักตบชวาในแต่ละครั้ง	30 กิโลกรัม
2. เรือขับด้วยเครื่องยนต์เอนกประสงค์	6.5 แรงม้า
3. เรือไฟเบอร์กลาสมีน้ำหนักบรรทุก	180 กิโลกรัม
4. เรือไฟเบอร์กลาสมีปริมาตร	650 ลิตร
5. ผู้ปฏิบัติการบนเรือ	2 คน

2. ผลการคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวา

การคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวาเป็นขั้นตอนที่ดำเนินการต่อจากที่ได้ข้อสรุปแนวคิดในการออกแบบและข้อกำหนดเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับการคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวานั้นจะมีการดำเนินการคำนวณโดยยึดข้อกำหนดเบื้องต้นที่ได้แล้วนำมาคำนวณออกแบบส่วนอื่น ๆ ต่อไป ได้แก่ ขนาดของกระบะ ขนาดของทุ่นพยุงเรือ ซึ่งในการคำนวณในแต่ละส่วนนั้นจะเริ่มจากการคำนวณออกแบบขั้นต้นเพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้ประกอบในการคำนวณออกแบบขนาดในรายละเอียดต่อไป

2.1 ผลการคำนวณออกแบบทุ่นพยุงเรือ

การคำนวณออกแบบทุ่นพยุงเรือ จะต้องคำนวณข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ น้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตร และปริมาตรของเรือเก็บผักตบชวาก่อน เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคำนวณออกแบบทุ่นพยุงเรือต่อไป

การคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรจะเริ่มจากข้อกำหนดเบื้องต้นของโครงสร้างหลักของเรือที่นำมาใช้งาน โดยกำหนดเป็นเรือไฟเบอร์กลาสที่มีขนาดเหมาะสมสำหรับบรรทุกผู้ปฏิบัติงานได้ 2 คน มีน้ำหนักรวมประมาณ 120 กิโลกรัม และจากการสืบค้นข้อมูลพบว่า เรือไฟเบอร์กลาสขนาดเหมาะสมที่มีจำหน่ายทั่วไปและมีขนาดเหมาะสมสำหรับบรรทุกผู้ปฏิบัติการได้ 2 คน เป็นเรือที่มีน้ำหนักบรรทุก 180 กิโลกรัมและมีปริมาตร 650 ลิตร

ดังนั้นจากข้อมูลเบื้องต้นของเรือสามารถนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตร เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบเรือต่อไป การคำนวณหาน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรเรือจากข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะของเรือ คำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 3

น้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตร = น้ำหนักบรรทุกของเรือ /ปริมาตรเรือ (3)

ผลการคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรของเรือพลาสติกจากข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะของเรือรุ่นนี้จะมีค่าเท่ากับ 0.27 กิโลกรัม/ลิตร รายละเอียดการคำนวณแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: การคำนวณค่าน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรของเรือพลาสติก

รายการข้อมูลเรือพลาสติก	ปริมาณ (หน่วย)	น้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตร (กิโลกรัม/ลิตร)
น้ำหนัก	180 กิโลกรัม	0.28
ปริมาตร	650 ลิตร	

เนื่องจากนอกจากเรือจะต้องรับน้ำหนักบรรทุกจากผู้ปฏิบัติงานแล้ว ยังต้องรับน้ำหนักบรรทุกส่วนอื่น ๆ อีก ได้แก่ กระบะเก็บผักตบชวาที่ติดตั้งด้านหน้าเรือ โครงเหล็ก ทุ่นประคองและน้ำหนักเครื่องยนต์ ดังนั้นในการออกแบบขั้นต้นนี้จะต้องคำนวณหาค่า ปริมาตรเรือที่สามารถรับน้ำหนักบรรทุกที่ต้องการใช้งานได้ การคำนวณปริมาตรของเรือที่ต้องการใช้งานสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 4

ปริมาตรเรือที่ต้องการใช้งาน = น้ำหนักบรรทุกรวมขณะใช้งาน x น้ำหนักบรรทุกของเรือต่อปริมาตร (4)

ค่าน้ำหนักบรรทุกของเรือขณะใช้งานประมาณโดยคิดน้ำหนักรวมขณะใช้งานจริงประกอบด้วย น้ำหนักผู้ปฏิบัติงาน น้ำหนักผักตบชวาในกระบะและน้ำหนักเรือรวมกับน้ำหนักโครงเหล็กและทุ่น การประมาณค่าปริมาตรของเรือที่ต้องการใช้งานแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4: การคำนวณค่าปริมาตรของเรือที่ต้องการใช้งาน

รายการ	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	น้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรของเรือ (กิโลกรัมต่อลิตร)	ปริมาตรเรือที่ต้องการใช้งาน (ลิตร)
ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน	120	0.28	400/0.27 = 1428.57
น้ำหนักผักตบชวาในกระบะ	30		
น้ำหนักเรือเก็บผักตบชวารวม	250		
น้ำหนักโครงเหล็กและทุ่น			
รวมน้ำหนักบรรทุก	**400**	-	-

ผลการคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวา สรุปได้ว่า เพื่อให้เรือที่ออกแบบสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 400 กิโลกรัม ปริมาตรของเรือที่ใช้งานจะมีค่า 1,428.57 ลิตร เนื่องจากในการออกแบบได้เลือกใช้เรือที่มีขนาดเหมาะสมสำหรับผู้ปฏิบัติงาน 2 คนเป็นเรือไฟเบอร์กลาสมีน้ำหนักบรรทุก 180 กิโลกรัม มีปริมาตร 650 ลิตร ดังนั้นเพื่อให้เรือสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ตามวัตถุประสงค์ จึงต้องมีการเพิ่มขยายฐานรับแรงและกระจายน้ำหนัก เพื่อให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก 650 ลิตรเป็น 1,428.57 ลิตร ดังนั้นในการเพิ่มปริมาตรของเรือเพื่อต้องการให้สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 400 กิโลกรัม แต่ยังคงใช้เรือที่กำหนดในการออกแบบไว้ที่มีปริมาตร 650 ลิตรนั้น จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักการออกแบบที่ใช้วัสดุในท้องถิ่น หาง่ายและราคาถูก จึงเลือกใช้การเพิ่มทุ่นด้านข้างเรือทั้ง 2 ด้าน เพื่อเพิ่มปริมาตรข้างละประมาณ 400 ลิตร โดยวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นทุ่นเป็นถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ถังมาต่อกันเป็นทุ่นในแต่ละด้าน ซึ่งจะทำให้ได้เรือเก็บผักตบชวามีปริมาตรเท่ากับ 1,450 ลิตร ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรเท่ากับ 0.27

2.2 ผลการคำนวณออกแบบขนาดกระบะตักผักตบชวา

การคำนวณออกแบบกระบะตักผักตบชวานั้นในขั้นตอนแรกจะต้องคำนวณหาน้ำหนักผักตบชวาสดต่อพื้นที่ โดยในการหาน้ำหนักเทกองผักตบชวามีวิธีโดยการนำผักตบชวามาวางกองสุมบนพื้นที่ที่กำหนดมีขนาดความกว้าง 58 เซนติเมตร ความยาว 90 เซนติเมตร มีพื้นที่ 0.52 ตารางเมตร การทดสอบน้ำหนักเทกองผักตบชวาสดแสดงดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1: การทดสอบน้ำหนักเทกองผักตบชวาสด

ในขั้นต่อไปนำผักตบชวาที่กองในพื้นที่ที่กำหนดมาชั่งน้ำหนัก โดยดำเนินการทดสอบ 5 ครั้ง พบว่า ผักตบชวาสด มีน้ำหนักเทกองเฉลี่ย 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ค่าน้ำหนักเทกองผักตบชวาที่คำนวณได้นี้จะใช้เป็นข้อมูลออกแบบขนาด กระบะเก็บผักตบชวาต่อไป ผลการทดสอบน้ำหนักเทกองผักตบชวาสดแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5: ผลการทดสอบน้ำหนักเทกองผักตบชวาสด

ครั้งที่	รายการ	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
น้ำหนัก	kg	9.2	11	11.4	10.3	10.3	10.44
น้ำหนัก/พื้นที่	kg/m^2	17.62	21.07	21.84	19.73	19.73	20.00

จากข้อมูลน้ำหนักเทกองผักตบชวาสดที่คำนวณได้มีค่า 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นถ้าต้องการเก็บผักตบชวาสดครั้งละ 30 กิโลกรัม กระบะเก็บผักตบชวาจะมีพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร

จากข้อมูลเฉพาะของเรือพาสติกและถังพลาสติกได้นำมาใช้ในการคำนวณออกแบบขนาดความกว้าง ความยาว และความลึกของกระบะเก็บผักตบชวา โดยใช้หลักการคำนวณออกแบบโดยความกว้างของกระบะที่เหมาะสมจะต้องมีความกว้างใกล้เคียงกับความกว้างรวมของเรือและทุ่นด้านซ้ายและด้านขวา ซึ่งมีค่าเท่ากับความกว้างของเรือพลาสติกรวมกับความกว้างของถังที่นำมาใช้ทำทุ่นด้านซ้ายและด้านขวาจะมีค่าประมาณ 200 เซนติเมตร (84+58+58 =200) ดังนั้น ความกว้างของกระบะจะมีค่าไม่เกินระยะความกว้าง 200 เซนติเมตร ถ้ากำหนดให้ความกว้างของกระบะมีค่า 150 เซนติเมตร จะได้ความยาวกระบะมีขนาด 65 เซนติเมตร ซึ่งจะได้พื้นที่กระบะมีพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร ที่สามารถรับผักตบชวาสดได้ 30 กิโลกรัม ในส่วนความลึกของกระบะนั้นได้ออกแบบโดยพิจารณาจากระยะความยาวของรากผักตบชวา จะได้กระบะมีความลึก 58 เซนติเมตร

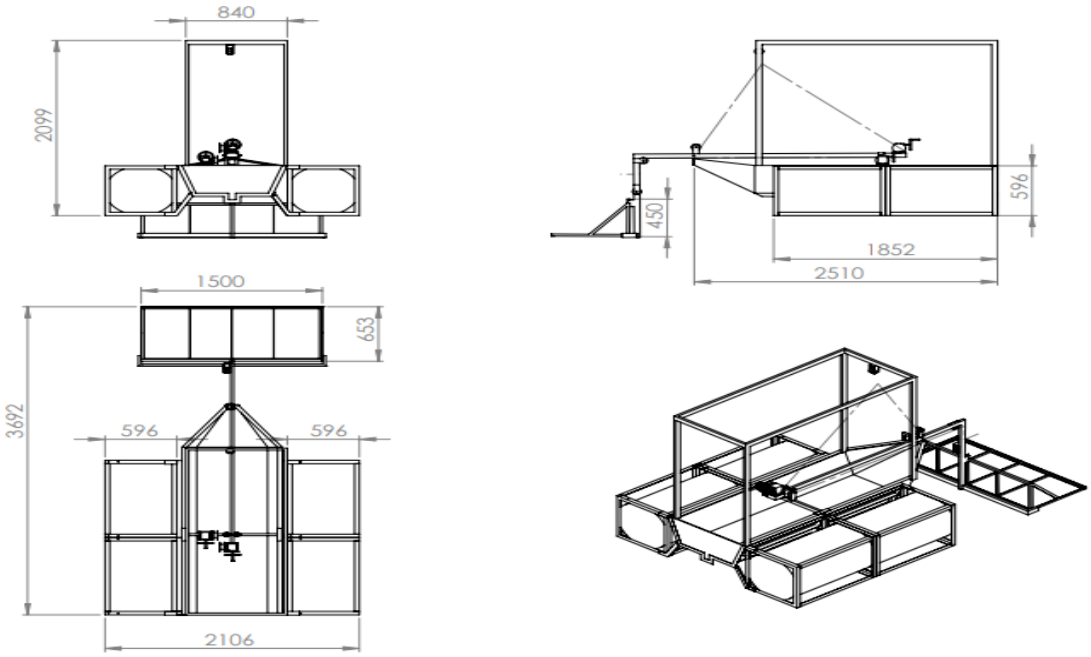
2.3 ภาพรวมรายละเอียดและแบบของเรือเก็บผักตบชวา

จากผลการออกแบบคำนวณ ที่ได้คำนวณออกแบบโครงสร้างของส่วนประกอบต่าง ๆ ตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.2.1 และ 3.2.2 สามารถสรุปแบบรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6: รายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

รายการ	กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	ลึก (ซม.)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ปริมาตร (ลิตร)	แหล่งข้อมูล
เรือพลาสติก	84	258	53	25.7	650	ลักษณะเฉพาะของเรือ
ทุนด้านซ้าย	58	178	58	44	400	ลักษณะเฉพาะของถังพลาสติก
ทุ่นด้านขวา	58	178	58	44	400	ลักษณะเฉพาะของถังพลาสติก
กระบะ	150	65	40	23	-	ออกแบบคำนวณ
โครงเหล็ก	87	170	-	84	-	ออกแบบคำนวณ
เครื่องยนต์	-	-	-	25	-	ลักษณะเฉพาะของเครื่องยนต์
			รวมน้ำหนัก	**245.7**	**1,450**	

แบบทางวิศวกรรมของเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก ที่ได้ออกแบบในการศึกษาวิจัยนี้ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2: แบบทางวิศวกรรมเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

ภาพเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็กที่ออกแบบและพัฒนาแสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3: เรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

3. ผลการทดสอบเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก

หลังจากที่ออกแบบและสร้างเรือเก็บผักตบชวาเรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานเรือเก็บผักตบชวา โดยได้กำหนดระยะกระจัดการเก็บผักตบชวาที่ระยะห่างจากฝั่ง 50 m ระยะทางไปกลับ 100 เมตร โดยได้ทำการทดสอบการแล่นเรือเก็บผักตบขวาจำนวน 5 ครั้ง ผลการทดสอบการเก็บผักตบชวาแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7: ผลการทดสอบการแล่นเรือเก็บผักตบชวา

ครั้งที่	หน่วย	1	2	3	4	5	เฉลี่ย
ผลการทดสอบ							
ระยะเวลา	นาที	5.31	5.18	4.58	5.2	4.22	**4.9**
ปริมาณน้ำมัน	ml	40	40	40	45	40	**41**
ปริมาณผักตบชวา	kg	14	12	18.5	18	19	**16.3**
ระยะทางไปกลับ	เมตร	100	100	100	100	100	**100**
ระยะกระจัด	เมตร	50	50	50	50	50	**50**
ผลการคำนวณ							
อัตราความเร็วแล่นเรือ	km/hr	1.13	1.16	1.31	1.15	1.42	**1.22**
อัตราเก็บผักตบชวา	kg/hr	158.19	139	242.36	207.69	270.14	**203.48**
อัตราการใช้น้ำมันเบนซิน	lite/hr	0.45	0.46	0.52	0.52	0.57	**0.50**
ปริมาณเชื้อเพลิงเก็บผักตบชวา	ml/kg	2.86	3.33	2.16	2.5	2.11	**2.59**
ค่าพลังงานเก็บผักตบชวา*	kJ/kg	89.94	104.93	68.06	78.7	66.27	**81.58**
ค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวา	kg.m/hr	15,819	13,900	24,236	20,769	27,014	**20,348**
ค่าจำเพาะพลังงานเก็บผักตบชวา	kJ/(hr.m)	0.90	1.05	0.68	0.79	0.66	**0.82**

*ค่าพลังงานความร้อนน้ำมันเบนซิน 31.48 kJ/ml

จากผลการทดสอบการแล่นเรือเก็บผักตบชวาที่ระยะทางคงที่ 100 เมตร จำนวน 5 ครั้ง สรุปผลได้ว่า มีอัตราเร็วแล่นเรือเฉลี่ย 1.22 km/hr (คิดที่ระยะทางไป-กลับ100 m) สามารถเก็บรวบรวมผักตบชวาเฉลี่ย 203.48 kg/hr และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเฉลี่ย 0.57 lite/hr คิดเป็นค่าพลังงานเก็บผักตบชวา 81.58 kJ/kg และมีค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 20,348 kg.m/hr ซึ่งจากค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวาที่คำนวณได้จะทำให้สามารถประเมินข้อมูลการเก็บผักตบชวาที่ระยะต่าง ๆ ได้ โดยการเก็บรวบรวมผักตบชวาในระยะใกล้ชายฝั่ง จะประหยัดพลังงานมากกว่าการเก็บผักตบชวาในระยะไกล

สรุปผลการศึกษา

การออกแบบและพัฒนาเรือเก็บผักตบชวาขนาดเล็ก มีการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดแนวคิดในการออกแบบ การคำนวณออกแบบ และการทดสอบใช้งานเรือเก็บผักตบชวา จากการศึกษาเพื่อกำหนดแนวคิดในการออกแบบเรือเก็บผักตบชวา สรุปได้ว่า รูปแบบและลักษณะของเรือเก็บผักตบชวาที่เหมาะสมในการใช้งานนั้น ขนาดของเรือควรมีขนาดไม่ใหญ่มากเกินไป เพื่อให้สามารถเข้าไปปฏิบัติการในคลองย่อยขนาดเล็กได้ และมีความสะดวกในการขนย้าย ดังนั้นเรือเก็บผักตบชวาจะต้องมีน้ำหนักเบา และสามารถถอดประกอบได้ ซึ่งสรุปเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นในการออกแบบคือเรือเก็บผักตบชวาควรจะเป็นเรือที่ทำจากไฟเบอร์กลาสเป็นโครงสร้างหลัก และมีการขยายฐานรับแรงเพื่อกระจายน้ำหนักเพื่อลดปัญหาการโคลงของเรือโดยใช้ทุ่นพลาสติก ขนาดของเรือที่ใช้เป็นเรือที่มีน้ำหนักบรรทุก 180 กิโลกรัม มีปริมาตร 650 ลิตร เนื่องจากในการใช้งานเรือเก็บผักตบชวาจะต้องรับน้ำหนักบรรทุกรวมทั้งสิ้น 400 กิโลกรัม เนื่องจากน้ำหนักของโครงเหล็ก เครื่องยนต์ น้ำหนักกระบะ และน้ำหนักผักตบชวาสด เมื่อนำค่านำหนักบรรทุกที่เรือจะต้องรับไปคำนวณหาปริมาตร พบว่า เรือจะต้องมีปริมาตร 1,428.57 ลิตร จึงจะสามารถรับน้ำหนักที่ต้องการได้ ดังนั้นเพื่อให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นจาก 650 ลิตรเป็น 1,428.57 ลิตร แต่ยังคงใช้เรือขนาดที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มทุ่นเพื่อพยุงเรือและกระจายน้ำหนัก จากการวิเคราะห์โดยใช้หลักการออกแบบที่ใช้วัสดุในท้องถิ่น หาง่าย และราคาถูก จึงเลือกใช้การเพิ่มทุ่นด้านข้างเรือทั้ง 2 ด้าน เพื่อเพิ่มปริมาตรข้างละประมาณ 400 ลิตรโดยวัสดุที่ใช้ประกอบเป็นทุ่นเป็นถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ถังมาต่อกันเป็นทุ่นในแต่ละด้านซึ่งจะทำให้ได้เรือเก็บผักตบชวามีปริมาตรเท่ากับ 1,450 ลิตร ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนน้ำหนักบรรทุกต่อปริมาตรเท่ากับ 0.28 ผลการคำนวณออกแบบเรือเก็บผักตบชวขนาดเล็ก สรุปได้ดังนี้ เรือเก็บผักตบชวาทำจากเรือไฟเบอร์กลาสท้องแบนมีความกว้าง 70 เซนติเมตร ความยาว 230 เซนติเมตร และความลึก 35 เซนติเมตร มีทุ่นประคองเรือขนาด 400 ลิตร จำนวน 2 ทุ่น กระบะมีพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร มีขนาดความกว้าง 150 เซนติเมตร ความยาว 65 เซนติเมตร และความลึก 58 เซนติเมตร สามารถรับผักตบชวาสดได้คราวละ 30 กิโลกรัม การเก็บผักตบชวาดำเนินการโดยวางกระบะจุ่มลงใต้น้ำ ในการควบคุมกระบะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมการยกขึ้นลงและควบคุมการพลิกเท ในการยกขึ้นลงใช้ลวดสลิงดึงผ่านรอกด้วยเกียร์ทดในอัตรา 1 ต่อ 30 และการพลิก-เทควบคุมโดยใช้สลิงดึงผ่านรอกด้วยกียร์ทดในอัตรา 1 ต่อ 10 เรือขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์เอนกประสงค์ขนาด 6.5 แรงม้า มีใบพัดเรือหางยาว ขนาด 7.5 นิ้ว จากผลการทดสอบการแล่นเรือเก็บผักตบชวาที่ระยะทางคงที่ 100 เมตร จำนวน 5 ครั้ง สรุปผลได้ว่า เรือเก็บผักตบชวามีอัตราเร็วแล่นเรือเฉลี่ย 1.22 km/hr (คิดที่ระยะทางไป-กลับ 100 m) สามารถเก็บรวบรวมผักตบชวาเฉลี่ย 203.48 kg/hr และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินเฉลี่ย 0.57 lite/hr คิดเป็นค่าพลังงานเก็บผักตบชวา 81.58 kJ/kg และมีค่าจำเพาะค่าจำเพาะพลังงานเก็บผักตบชวามีค่า 0.82 kJ/(hr.m) และค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวาเฉลี่ย 20,348 kg.m/hr ซึ่งจากค่าจำเพาะปริมาณเก็บผักตบชวาที่คำนวณได้จะทำให้สามารถประเมินข้อมูลการเก็บผักตบชวาที่ระยะต่าง ๆ ได้ โดยสรุปได้ว่า การเก็บรวบรวมผักตบชวาในระยะใกล้ชายฝั่ง จะประหยัดพลังงานมากกว่าการเก็บผักตบชวาในระยะไกล

เอกสารอ้างอิง

เกษตรทำกิน. (2564, 24 มีนาคม). *เรือกำจัดวัชพืชขนาดเล็ก จิ๋วแต่แจ๋ว พิชิตผักตบชวาชั่วโมงละ 12 ตันต้นทุนไม่ถึง 60 บาท*. เกษตรทำกิน (Kasettumkin). https://kasettumkin.com/innovation- technology/article_53562

Goodland, R. (1995). *Uganda: Owen Falls Hydroproject: An Environmental Reconnaissance of the Water Hyacinth Problem*. Environment Department Report, The World Bank.

Gopal, B. (1987). *Water Hyacinth: Aquatic Plant Studies.* Elsevier Science Publishers.

Julien, M. H., & Griffiths, M. W. (1999). *Biological Control of Weeds. A world Catalogue of Agents and their Target Weeds* (4th ed.). Oxford University Press.

Loewy, R. (1980). *Industrial Design.* Fourth Estate Ltd.

Okunowo, W. O., Osuntoki, A. A., Adekunle, A. A., & Gbenle, G.O. (2013). Occurrence and Effectiveness of an Indigenous Strain of *Myrothecium Roridum* Tode: Fries as a Bioherbicide for Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Nigeria, *Biocontrol Science and Technology*, *23*(12), 1387-1401, DOI: 10.1080/09583157.2013.839981.

อุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ
IoT OF MEDICINE REMINDER FOR THE ELDERLY PEOPLE

พินทุสร ปัสนะจะโน[1*] จิรภัทร หวยสูงเนิน[2] และบวรรัตน์ รักเพ็ง[3]
Pinthusorn Pasanajano[1*], Jirapat Hoaysoongnern[2], and Borwornrat Rakpeng[3]

[1,2,3]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[1,2,3]Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
[*]**Corresponding Author, E-mail:** pinthusorn.p@rmutsb.ac.th

บทคัดย่อ

อุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้นเพื่อช่วยแก้ปัญหาการรับประทานยาไม่ตรงเวลา เพื่อความสะดวกแก่ผู้ดูแลและผู้สูงอายุที่ยังสามารถดูแลตัวเองได้ โดยการสร้างเครื่องมือช่วยบริหารยาสำหรับผู้สูงอายุ เริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล เวลาการรับประทานยา และออกแบบเครื่องแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุ ในการพัฒนาระบบผู้วิจัยจึงใช้โปรแกรม Arduino IDE ทำการเขียน Code ลงไปใน แผงวงจร Arduino โดยใช้ภาษา C และมีการแจ้งเตือนผ่านทาง application LINE มีสัญญาณแจ้งเตือนในการรับประทานยาสำหรับผู้ป่วยสูงอายุ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้ การแจ้งเตือนสัญญาณไฟ LED และการแจ้งเตือนแบบเสียง โดยผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบจากผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดี โดยมีความพึงพอใจด้านความสะดวกและสวยงามอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.67, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.32) ด้านการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย = 3.64, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.80) ด้านประสิทธิภาพ (ค่าเฉลี่ย = 3.52, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.25) และคุณภาพของระบบ (ค่าเฉลี่ย = 3.36, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.62) ตามลำดับ

คำสำคัญ: อุปกรณ์ ผู้สูงอายุ การแจ้งเตือนการรับประทานยา

ABSTRACT

The IoT of Medicine Reminder for The Elderly people was created to help solve the problem of taking medication on time that use for the convenience of caregivers and the elderly who can still take care of themselves. The creating tool can be helped and managed for the elderly people. This research started to collect information about the time of taking the medicine of elderly people and design alarms for the elderly people. The developed

system of the research uses the Arduino IDE program to write code into the Arduino circuit board with C language and also remind a notification via application LINE. The overall satisfaction of the users was at a good level. The satisfaction on convenience and beauty was at a high level (the highest mean = 3.67, the standard deviation = 0.32), the part of functionality (the highest mean = 3.64, the standard deviation = 0.80), efficiency (the highest mean = 3.52, the standard deviation = 0.25), and quality. system (the highest mean= 3.36, the standard deviation= 0.62), respectively.

Keywords: IoT, Elderly people, Medicine Reminder

บทนำ

ปัจจุบันผู้สูงอายุมีจำนวนมากทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ การประเมินสุขภาพตนเองของผู้สูงอายุ พบว่า เพศหญิง (70%) ให้ความใส่ใจและดูแลตนเอง มากกว่าเพศชาย (30%) (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566) โดยธรรมชาติของผู้สูงอายุต้องเข้าทำการรักษาพยาบาลและได้รับยาจากแพทย์ ยามีความจำเป็นสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งต้องการรักษาโดยแพทย์เฉพาะทางและได้รับยามารับประทานอย่างต่อเนื่อง การลืมรับประทานยา หรือรับประทานยาไม่ตรงเวลาก็เป็นปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการรักษา ถ้าผู้ป่วยลืมรับประทานยาหรือการรับประทานยาไม่ตรงเวลาก็ส่งผลต่อสุขภาพและในการรักษา

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้จัดทำอุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ เพื่อช่วยแก้ปัญหาการรับประทานยาไม่ตรงเวลา เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ดูแลและผู้สูงอายุที่ยังสามารถดูแลตัวเองได้ และยังสามารถช่วยให้ผู้สูงอายุรับประทานยาได้ตรงต่อเวลาอย่างสม่ำเสมอทุกวัน

โดยการสร้างอุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาเพื่อช่วยบริหารยาสำหรับผู้สูงอายุ เริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาการรับประทานยา และออกแบบเครื่องแจ้งเตือนสำหรับผู้สูงอายุ ในการพัฒนาระบบนั้นผู้วิจัยใช้โปรแกรม Arduino IDE เพราะเป็นโปแกรมสำหรับการเขียน Code ลงไปใน แผงวงจร Arduino โดยใช้ภาษา C และแจ้งเตือนผ่านทาง application LINE

ทบทวนวรรณกรรม

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับใช้ในการศึกษาโดยมีประเด็นการค้นคว้าดังต่อไปนี้

เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ

พีรวิชญ์ สุขเมือง ธีรวุฒิ เจิมเจริญ และวรเชษฐ์ บุญเอื้อ (2563). คณะผู้วิจัยจึงได้คิดค้นเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ มียาชนิดเม็ดทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ 1. ยาแก้แพ้ 2. ยาแก้ไอ 3. ยาลดน้ำมูก 4. ยาแก้ปวดท้อง

โดยผู้ป่วยสามารถเลือกยาแต่ละประเภทได้ตามที่ผู้ป่วยต้องการตามอาการ สำหรับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัตินี้จะทำการสั่งจ่ายยาผ่านแอปพลิเคชันที่คณะผู้วิจัยสร้าง ขึ้นมาเพื่อเชื่อมต่อกับเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ซึ่งโปรแกรมใช้สร้างแอปพลิเคชันก็คือ App blynk โดยแอปพลิเคชันนี้ทำการสั่งการตัวบอร์ด Arduino ESP32 WIFI ที่ประกอบกับตัวเครื่อง โดยตัวบอร์ดนั้นได้ทำการเซ็ตค่าเพื่อสั่งการให้กับตัวที่ให้ทำการจ่ายยาออกมา โดยตัวที่จะทำให้การจ่ายยาออกมา คือ ตัวมอเตอร์เฟืองเป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานต่าง ๆ เช่น ควบคุม ความเร็ว, ควบคุมแรงบิด และควบคุมแรงตำแหน่ง ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง จากนั้น สามารถเลือกจำนวนและชนิดของยาผ่านแอปพลิเคชันได้ วิธีการสั่งจ่ายยานั้นสมมติว่านักศึกษามีอาการ ปวดหัวแล้วไม่สามารถเดินลงไปได้หรือห้องพยาบาลอยู่ระยะทางที่ไกลเกินไป ตู้ยานั้นจะตั้งไว้หน้า ห้องสมุดอาคาร 4 ชั้น 2 ที่ค่อนข้างไกลจากห้องพยาบาล โดยวิธีการสั่งยาในเครื่องจ่ายยา ในตัวเครื่อง จ่ายยาอัตโนมัตินั้นจะมีปุ่มส่งสัญญาณแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน ปุ่มที่จะใช้คือ Push Button สั่งการ กับบอร์ด Arduino NodeMCU ESP32 เป็นบอร์ดที่เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันออนไลน์ได้ เช่น นักศึกษามีอาการ ปวดหัว ให้กดปุ่มแจ้งเตือนตามอาการ โดยด้านล่างแต่ละปุ่มจะมีข้อความบอกสรรพคุณของยาแต่ละชนิด จากนั้นถ้ากดปุ่มแจ้งเตือนแล้วตัวปุ่ม Push Button จะสั่งการไปยังตัวบอร์ด Arduino NodeMCU ESP32 ให้ทำการส่งสัญญาณกับตัวแอปพลิเคชันที่เจ้าที่ห้องพยาบาลควบคุมอยู่และทำการสั่งจ่ายยาออกมา

ระบบเครื่องจ่ายยาเม็ดอัตโนมัติแบบพกพาเคลื่อนย้าย

วนายุทธ์ แสนเงิน สิรภพ ขัดสาย และ ศราวุธ อุ่นเรือน (2564) การออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องจ่ายยาเม็ดอัตโนมัติแบบพกพาเคลื่อนย้าย การออกแบบและพัฒนาเครื่องจ่ายยาเม็ดแบบอัตโนมัติแบบเคลื่อนย้ายได้และต้นทุนต่ำ เพื่อช่วยให้ผู้ที่ต้องได้รับยาอย่างต่อเนื่องและแจ้งเตือนต่อเวลาที่ได้กำหนดไว้ เหมาะสำหรับ ผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น ผู้สูงอายุ ผู้พักฟื้น และรักษาตัวในสถานที่อยู่อาศัย โดยอุปกรณ์ต้นแบบเครื่องจ่ายยาเม็ดแบบอัตโนมัติติดตั้งระบบสมองกล ฝังตัว สำหรับควบคุมการทำงานโซโวมอเตอร์ 3 ชุด โดยตัวเครื่องได้ ออกแบบเป็นทรงกระบอกแบ่งเป็น 4 ชั้น, ชั้นที่ 1 เป็นระบบสมองกล ฝังตัว และประมวลผล ชั้นที่ 2, 3 และ 4 สำหรับบรรจุยาเม็ดและแคปซูล มี ช่องบรรจุยา 15 ช่องต่อชั้นต่อถาดยาและใน 1 ช่อง ต่อมื้อสามารถบรรจุ ยาชนิดเม็ดและแคปซูลได้ไม่เกิน 7 เม็ด ชุดถาดยามี 3 ชั้น เพื่อให้บรรจุยา ทานได้ 3 ช่วงเวลา สามารถกำหนดเวลาการจ่ายยาได้ตามเวลาที่กำหนด สามารถจ่ายยาต่อเนื่อง 15 วัน โดยไม่ต้องจัดยาใหม่รวมถึงระบบแจ้ง เตือนผ่าน Application LINE เมื่อมีการจ่ายยาและกรณียาหมด ไปยังผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลผู้ป่วย

เครื่องเตือนกินยาสำหรับผู้สูงอายุ

พิตราพร บริบูรณ์ สิทธิชัย สุดนาลาว และ ภูรินทร์ ชาโนภาษ (2564) ในการวิจัยสิ่งประดิษฐ์ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์ คือ เพื่อสร้างเครื่องเครื่องเตือนกินยาสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้วิธีการตั้งค่าเวลาและใช้เสียงแจ้งเตือน ประกอบด้วย บอร์ด Arduino บอร์ด Seven Segment บอร์ด Buzzer และ Servo Motor การทำงานของเครื่องเมื่อถึงระยะเวลาที่ตั้งค่าไว้ Buzzer จะส่งเสียงเตือนพร้อมกับเปิดช่องเก็บยาให้ยาไหลลงสู่ภาชนะที่รองรับ การทดสอบโดยใส่ยาในช่องเก็บยา โดยใช้ยาหลาย ๆ แบบ ตั้งเวลาจ่ายยา 6 ช่อง

ช่องแรกตั้งเวลา 1 นาที ช่องที่ 2 ตั้งเวลา 2 นาที ตามลำดับ จนถึงช่องที่ 6 ตั้งไว้ 6 นาที เมื่อถึงเวลา Buzzer จะส่งเสียงเตือน Servo Motor จะเปิดช่องเก็บยาให้ยาไหลลงสู่ภาชนะที่รองรับตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อเครื่องเตือนกินยาสำหรับผู้สูงอายุ จากการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง ผลที่ได้ คือ เครื่องเตือนกินยาสำหรับผู้สูงอายุ ระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 ดังนั้นเครื่องเตือนกินยาสำหรับผู้สูงอายุ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการนำเอาความรู้ที่ได้เรียนมาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติและสังคม

แอปพลิเคชันแจ้งเตือนการบริหารยา

จุธาดา สุวรรณธารา และอารีนา น้อยนงเยาว์ (2561) แอปพลิเคชันแจ้งเตือนการบริหารยา (Medication Reminder Application) ถูกออกแบบมาเพื่อเน้นการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ที่เป็นผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มักมีอาการหลงลืมได้ง่ายและไม่ถนัดในการใช้แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือมาก จึงมีการใช้การสแกนคิวอาร์โค้ดบนซองยาแทนการกรอกข้อมูลของยาที่ต้องการด้วยตนเองหรือการถ่ายภาพซองยาเพื่อดึงข้อมูลการบริหารยา เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว ช่วยลดความผิดพลาดของข้อมูลและมันใจได้ว่า ผู้ป่วยจะได้รับข้อมูลการบริหารยาที่ถูกต้องตามที่แพทย์สั่งยาและมีการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่มีตัวอักษรใหญ่กว่าปกติ รวมทั้งมีการใช้รูปภาพไอคอนประกอบ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับผู้สูงอายุมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการแจ้งเตือนการบริหารยาที่ครอบคลุมตัวยาหลายประเภท และมีการให้ข้อมูลเบื้องต้นของยาสำหรับรักษาโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุทั้ง 9 โรค ได้แก่ โรคเกาต์ โรคเบาหวาน โรคไขมันในเลือดสูง โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก โรคไต โรคหัวใจขาดเลือด โรคจอประสาทตาเสื่อม และโรคความจำเสื่อม ทำให้ผู้ใช้ทราบข้อมูลยาที่ตนได้รับมากยิ่งขึ้น ลดโอกาสเสี่ยงในการใช้ยาที่ผิดวิธีเพราะความเข้าใจที่ผิด และมีการเก็บประวัติการบริหารยาของผู้ป่วยด้วย เพื่อให้แพทย์สามารถใช้ในการวิเคราะห์ต่าง ๆ เช่น การบริหารยาบางชนิดเป็นเวลานานติดต่อกัน อาจวิเคราะห์ได้ว่าผู้ป่วยมีโรคอื่นแทรกซ้อน หรือ ยาที่ผู้ป่วยได้รับอาจจะมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ ทำให้ต้องมีการปรับการให้ยาใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการสร้างอุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพที่มีต่ออุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ประชากร คือ กลุ่มผู้สูงอายุ โดยตั้งเป้ากลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุ ที่มีอายุมากกว่า 60 ปีโดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลของการศึกษาครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม (Google form) ซึ่งเป็นไปในรูปแบบของการให้กลุ่มตัวอย่างกรอกแบบสอบถามเอง (Self-Administrated questionnaire)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ โดยมีการเก็บข้อมูล 2 ส่วน คือ แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติเชิงพรรณา ใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แนวคิดหลักการทำงานของระบบ

เมื่อผู้ใช้ติดตั้ง Application Bylnk ให้ผู้ใช้ทำการเปิด Application Bylnk เพื่อเข้าระบบการทำงานของเครื่องแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ และเชื่อมต่อ Wi-Fi เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับ NodeMCU ESP32 หลังจากนั้นให้ผู้ใช้เลือกช่องรับประทานยา 1–7 เพื่อทำการตั้งเวลาระบบจะสามารถตั้งเวลาได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งมีช่องที่ 1-3 ก่อนอาหารสีของหลอดไฟ LED สีแดง ช่องที่ 4-6 หลังอาหาร สีของหลอดไฟ LED สีขาว ช่องที่ 7 ก่อนนอน สีของหลอดไฟ LED สีน้ำเงิน หากทำการตั้งเวลาแล้วระบบจะทำการแจ้งเตือนโดยมีเสียงผ่านโมดูลเสียง และแจ้งเตือนผ่านทาง Line Notify เมื่อผู้สูงอายุได้ทำการหยิบยาแล้วจะมีแจ้งเตือนผ่านทาง Line Notify จากช่องยาว่าได้มีการหยิบยาออกจากช่องแล้ว

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ผลการวิเคราะห์พบว่า ลักษณะส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ซึ่งมีอายุมากกว่า 60 ปี คิดเป็นร้อยละ 53.30 มีอาชีพพนักงานบริษัท คิดเป็นร้อยละ 30.00

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม พบว่า ด้านความสะดวกและสวยงามอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 3.67, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.32) ด้านการใช้งาน (ค่าเฉลี่ย = 3.64, ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน = 0.80) ด้านประสิทธิภาพ (ค่าเฉลี่ย = 3.52, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.25) และคุณภาพของระบบ (ค่าเฉลี่ย = 3.36, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.62) ตามลำดับ

ส่วนที่ 3 ผลประเมินประสิทธิภาพเครื่องแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ

ตารางที่ 1: แบบประเมินด้านความพึงพอใจด้านการใช้งาน

ด้านการใช้งาน	$\bar{X}$	S.D	ความหมาย
การเลือกใช้ซอฟต์แวร์ได้อย่างเหมาะสมตาราง	3.73	0.74	มาก
การตั้งเวลาผ่านแอปพลิเคชั่น Blynk มีความง่ายตาราง	2.80	0.76	ปานกลาง
ระยะเวลาในการแจ้งเตือนด้วย Application LINE	4.40	0.62	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	3.64	0.80	มาก

ตารางที่ 2: แบบประเมินด้านประสิทธิภาพ

ด้านประสิทธิภาพ	$\bar{X}$	S.D	ความหมาย
การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์ได้อย่างเหมาะสม	3.77	0.63	มาก
อุปกรณ์มีความปลอดภัยในการใช้งาน	3.53	0.63	มาก
ความแข็งแรงของเครื่องแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	3.27	0.74	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	3.52	0.25	มาก

ตารางที่ 3: แบบประเมินด้านความสะดวกและสวยงาม

ด้านความสะดวกและสวยงาม	$\bar{X}$	S.D	ความหมาย
การจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม	3.47	0.78	ปานกลาง
ช่องยามีความเหมาะสมต่อการใส่ยา	4.03	0.81	มาก
การออกแบบชิ้นส่วนสามารถประกอบได้ง่าย	3.50	0.78	มาก
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	3.67	0.32	มาก

ตารางที่ 4: แบบประเมินด้านคุณภาพของระบบ

รายการ	$\bar{X}$	S.D	ความหมาย
สามารถนำไปติดตั้งได้ง่าย	4.07	0.87	มาก
ต้นทุนในการพัฒนาเครื่องแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุมีราคาค่อนข้างต่ำทำให้สามารถพัฒนาเพื่อใช้งานได้จริง	2.93	0.91	ปานกลาง
ความแข็งแรงของเครื่องแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน	3.07	0.69	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยโดยรวม	3.36	0.62	ปานกลาง

ส่วนที่ 4 การทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ 5: ผลการทดสอบระยะเวลาในการส่งเสียงแจ้งเตือนรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ

ครั้งที่	ช่วงเวลารับประทานยา	ผลการทดลอง	ระยะเวลาการส่งเสียง
1	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
2	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
3	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
4	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
5	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
6	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
7	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
8	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
9	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
10	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที

ครั้งที่	ช่วงเวลารับประทานยา	ผลการทดลอง	ระยะเวลาการส่งเสียง
11	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
12	ก่อนอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	หลังอาหาร	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที
	ก่อนนอน	เสียงแจ้งเตือน	7 วินาที

สมมติฐานที่ 1 จากตาราง การเก็บผลการทดสอบระยะเวลาในการส่งเสียงแจ้งเตือนรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ จำนวน 12 ครั้ง พบว่า เมื่อทดลองตั้งเวลาการรับประทานยาในแต่ละครั้งผ่าน Application Blynk เครื่องแจ้งเตือนการรับทานยาสามารถส่งเสียงแจ้งเตือนในช่วงเวลาที่รับประทานยา และเครื่องแจ้งเตือนการรับประทานยาสามารถส่งเสียงแจ้งเตือนในระยะเวลา 7 วินาที

ตารางที่ 6: ผลการทดสอบแสงไฟ LED

ครั้งที่	ช่วงเวลารับประทานยา	ผลการทดลอง	ระยะเวลาการแสดงสถานะ LED
1	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
2	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
3	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
4	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
5	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
6	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที

ครั้งที่	ช่วงเวลารับประทานยา	ผลการทดลอง	ระยะเวลาการแสดงสถานะ LED
7	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
8	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
9	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
10	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
11	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที
12	ก่อนอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	หลังอาหาร	ไฟติด	5 วินาที
	ก่อนนอน	ไฟติด	5 วินาที

สมมติฐานที่ 2 จากตาราง การเก็บผลการทดสอบแสงไฟ LED จำนวน 12 ครั้ง พบว่า เมื่อทดลองตั้งเวลาการรับประทานยาในแต่ละครั้งผ่าน Application Blynk เครื่องแจ้งเตือนการรับทานยาสามารถแสดงสถานะ LED ในการทำงานของช่วงเวลาที่รับประทานยา ได้ตรงตามเวลาที่กำหนด ในระยะเวลา 5 วินาที

ตารางที่ 7: ผลการทดลองการกดปุ่มเพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทาง application LINE

ครั้งที่	วิธีการกดปุ่ม	ผลการทดลอง	ระยะเวลาข้อความที่ถูกส่ง
1	กดแล้วปล่อย	ข้อความไม่ถูกส่ง	-
2	กดแล้วปล่อย	ข้อความไม่ถูกส่ง	-
3	กดแล้วปล่อย	ข้อความไม่ถูกส่ง	-
4	กดแล้วปล่อย	ข้อความไม่ถูกส่ง	-
5	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	5 วินาที
6	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	6 วินาที
7	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	6 วินาที
8	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	7 วินาที
9	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	5 วินาที

ครั้งที่	วิธีการกดปุ่ม	ผลการทดลอง	ระยะเวลาข้อความที่ถูกส่ง
10	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	8 วินาที
11	กดค้าง	ข้อความถูกส่ง	10 วินาที
12	กดแล้วปล่อย	ข้อความไม่ถูกส่ง	-

สมมติฐานที่ 3 จากตารางการเก็บผลการทดลองการกดปุ่มเพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทาง application LINE จำนวน 12 ครั้ง พบว่า เมื่อทดลองกดปุ่มค้างปรากฏว่าข้อความถูกส่งผ่านทาง Application LINE และเมื่อกดปุ่มค้างแล้วปล่อยปรากฏว่าข้อความถูกส่งผ่านทาง application LINE เช่นกัน โดยจะมีระยะเวลา 5 ถึง 10 วินาทีในการส่งแจ้งเตือนแต่ละครั้ง

จากการทดลองการทำงานของอุปกรณ์การแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ ผลการทดสอบระยะเวลาในการส่งเสียงแจ้งเตือนรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุ จำนวน 12 ครั้ง พบว่า เมื่อทดลองตั้งเวลาการรับประทานยาในแต่ละครั้งผ่าน Application Blynk เครื่องแจ้งเตือนการรับทานยาสามารถส่งเสียงแจ้งเตือนในช่วงเวลาที่รับประทานยาได้อย่างถูกต้องตามที่กำหนด ผลการทดสอบแสงไฟ LED จำนวน 12 ครั้ง พบว่า เมื่อทดลองตั้งเวลาการรับประทานยาในแต่ละครั้งผ่าน Application Blynk เครื่องแจ้งเตือนการรับทานยาสามารถแสดงสถานะ LED ในการทำงานของช่วงเวลาที่รับประทานยา ได้ตรงตามเวลาที่กำหนด ผลการทดลองการกดปุ่มเพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านทาง Application LINE จำนวน 12 ครั้ง พบว่า เมื่อทดลองกดปุ่มค้างปรากฏว่าข้อความถูกส่งผ่านทาง Application LINE และเมื่อกดปุ่มค้างแล้วปล่อยปรากฏว่าข้อความถูกส่งผ่านทาง Application LINE ตามที่ผู้ใช้งานทำการตั้ง

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นระบบการแจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุทำการควบคุมสั่งการด้วยอุปกรณ์ควบคุม NodeMCU ESP32 โดยมี ESP32 Shield V2 รับค่าจากการเขียนโปรแกรมและมี WiFi เพื่อเชื่อมต่อ Application Blynk ควบคุมการตั้งเวลาโดยมีโมดูลนาฬิกา RTC เป็นการรับค่าเวลา จะมีการแจ้งเตือนผ่านทาง Application LINE โมดูลเสียง MP3 UART Serial player และ ไฟ LED โดยมีการเขียนโปรแกรมสั่งการของระบบตามความต้องการเพื่อเชื่อมการควบคุมการตั้งเวลา และการแจ้งเตือน เพื่อเชื่อมการควบคุมการตั้งเวลา และการแจ้งเตือน จากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์แจ้งเตือนการรับประทานยาสำหรับผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้จริงมีการแจ้งเตือนที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

จุธาดา สุวรรณธารา และ อารีนา น้อยนงเยาว์. (2561). *แอปพลิเคชันแจ้งเตือนการบริหารยา.* [ปริญญานิพนธ์บัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิตราพร บริบูรณ์ และคณะ. (2564). *เครื่องเตือนกินยาสำหรับผู้สูงอายุ.* สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (National Innovation Agency (Public Organization). https://www.thailandinnovationportal.com/info/innovation/item/33141

พีรวิชญ์ สุขเมือง, ธีรวุฒิ เจิมเจริญ, และ วรเชษฐ์ บุญเอื้อ. (2563). *เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติภายในวิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พณิชยการ.* วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พณิชยการ.

วนายุทธ์ แสนเงิน, สิรภพ ขัดสาย, และ ศราวุธ อุ่นเรือน. (2564). ระบบเครื่องจ่ายยาเม็ดอัตโนมัติแบบพกพาเคลื่อนย้าย. ใน *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 44* (น. 1-4). http://dspace.spu.ac.th/handle/123456789/7767

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). สถิติด้านผู้สูงอายุ. https://www.nesdc.go.th/main.php?filename=social