

N5

วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
(Engineering and Technology)

การแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าวด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

RICE IMAGE SEGMENTATION USING DEEP LEARNING

ทิพากร กิจรุ่งโรจน์เจริญ^{1*}, ธนาสัย สุคนธ์พันธุ์²

Tipakorn Kijrungrorjarean^{1*}, Tanasai Sucontphunt²

^{1,2}คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

^{1,2}Graduate School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration

*Corresponding author, E-mail: tipakorn.kij@stu.nida.ac.th

บทคัดย่อ

การระบาดของข้าววัชพืชมีผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวที่เป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นสินค้าส่งออกของประเทศไทย ในยุคที่เทคโนโลยีตรวจจับด้วยภาพพัฒนาไปอย่างมาก งานวิจัยหลายงานพยายามที่จะพัฒนาแบบจำลองการจำแนกสายพันธุ์ของข้าวด้วยรูปภาพ โดยรูปภาพที่นำมาใช้จำแนกถ้ามีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อความแม่นยำของการจำแนกสายพันธุ์เป็นอย่างมาก เนื่องจากข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการแยกเมล็ดข้าวในรูปภาพที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันออกมาก่อน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการจำแนกสายพันธุ์ และจากนั้นจึงนำภาพเมล็ดข้าวที่ได้ไปต่อยอดกับแบบจำลองการจำแนกสายพันธุ์ข้าว (Rice Image Classification Model) ต่อไป โดยในขั้นตอนการแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าว (Rice Image Segmentation) นั้นจะใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Model) ให้สามารถระบุตำแหน่งของเมล็ดข้าวในหลากหลายบริบทก่อนที่จะนำเข้าแบบจำลองจำแนกสายพันธุ์ข้าว จากการทดลอง Mask R-CNN ที่พัฒนาด้วยการทำ Augmentation แบบ Cropping และ Scaling ด้วยภาพถ่ายเมล็ดข้าวจากหลากหลายสภาพแวดล้อม สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพกับภาพถ่ายเมล็ดข้าวในหลากหลายบริบท โดยมีค่า IoU 91.77%

คำสำคัญ: การแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าว คอมพิวเตอร์วิทัศน์ การเรียนรู้เชิงลึก

ABSTRACT

An epidemic of weedy rice affects rice productivity which is an economic crops and export products of Thailand. In computer vision era, many researchers attempted to develop rice image classification model but most of model have developed in controlled contexts. Due to the actual usage, images in different environments greatly affect the model accuracy

because each type of rice is slightly different. This research aims to extend rice image classification model in rice image segmentation phase using deep learning model to localize rice seeds in the images in various contexts in order to improve overall accuracy. The experiment reveals that Mask R-CNN developed using cropping and scaling augmentation techniques trained with rice seed images captured in various environments performs well with 91.77% IoU.

Keywords: Rice Image Segmentation, Computer Vision, Deep Learning

บทนำ

ข้าวนอกจากจะเป็นอาหารหลักของคนทั่วโลก ข้าวยังถือเป็นพืชเศรษฐกิจ ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีปริมาณการส่งออกข้าวมูลค่า 130,585 ล้านบาท (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2563) โดยในประเทศไทยมีพื้นที่ในการทำนาข้าวสูงถึง 68,728,288 ไร่ คิดเป็น 46% ของจำนวนพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมดในประเทศ อีกทั้งอาชีพชาวนายังเป็นอาชีพหลักของคนส่วนใหญ่ในประเทศ

โดยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ชาวนาประสบปัญหาเกี่ยวกับการระบาดของข้าววัชพืช โดยเริ่มระบาดในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี และขยายวงกว้างเพิ่มขึ้น จนทั่วเขตบริเวณภาคกลางและภาคเหนือ การระบาดของข้าววัชพืชสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตข้าวอย่างมาก โดยข้าววัชพืชที่พบนั้นมีทั้ง ข้าวหาง ข้าวดีด และข้าวลาย โดยข้าววัชพืชดังกล่าวมีลักษณะลิบแบน ไม่สมบูรณ์ เมล็ดมีหางยาว มักมีสีเข้มกว่าเมล็ดปกติ มักจะร่วงก่อนที่จะถึงฤดูเก็บเกี่ยว และยังแย่งอาหารจากข้าวที่ต้องการปลูก (สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2552) จึงทำให้ข้าววัชพืชส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าว แต่เนื่องจากลักษณะของเมล็ดข้าววัชพืชที่มีความใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวสายพันธุ์ ต่างจากการจำแนกเพียงแค่อายุพันธุ์ข้าว จึงทำให้เมื่อมองด้วยตาเปล่าไม่สามารถแยกออกจากกันได้ แต่ต้องอาศัยประสบการณ์ความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ

ด้วยในปัจจุบันวิทยาการคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) มีการพัฒนาไปอย่างมาก หลายงานวิจัยได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อช่วยในการจำแนกข้าววัชพืชออกจากข้าวสายพันธุ์ ด้วยวิธีการประมวลผลด้วยภาพ เนื่องจากข้าวสายพันธุ์และข้าววัชพืชมีความคล้ายคลึงกันสูง และมีรายละเอียดที่ต้องจัดเก็บจำนวนมาก จึงต้องเก็บภาพด้วยการใช้กล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว หรือ กล้องดีเอสแอลอาร์ (Digital Single Lens Reflex camera: DSLR camera) ใน Controlled Environment ที่มีการควบคุมแสง และระยะระหว่างกล้องกับเมล็ดข้าว เพื่อให้ได้รายละเอียดที่สูงที่ classification model จะทำงานได้ดีที่สุด ซึ่งก่อนที่จะนำเมล็ดข้าวเข้าไป classify ได้นั้น จะต้องผ่านขั้นตอนการทำ Image Segmentation เพื่อให้ได้เมล็ดข้าวเมล็ดเดี่ยว แต่ในการใช้งานจริงภาพส่วนใหญ่มาจากกล้องโทรศัพท์มือถือ ไม่ได้อยู่ใน Controlled Environment ที่ไม่มีการควบคุมแสง พื้นผิว และระยะระหว่างกล้องกับเมล็ดข้าว เนื่องจากภาพที่ได้มามีความหลากหลายทั้งในเรื่องของโทนสีภาพ ขนาดของเมล็ดข้าว พื้นหลัง และวัตถุรอบข้าง ดังนั้นการระบุตำแหน่งของเมล็ดข้าวจึงมีความซับซ้อนมากขึ้น จำเป็นที่จะต้องนำ Deep Learning เข้ามาใช้ในขั้นตอนการทำ Image Segmentation

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะต่อยอดและพัฒนาแบบจำลองการจำแนกสายพันธุ์ข้าว (Rice Image Classification Model) โดยจะพัฒนาให้สามารถใช้ได้กับภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ โดยการสร้างแบบจำลองการแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าว (Rice Image Segmentation Model) ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ที่สามารถระบุตำแหน่งของเมล็ดข้าวจากภาพที่ไม่ได้อยู่ใน Controlled Environment ได้ เพื่อที่จะนำภาพเมล็ดข้าวที่ได้ไปทำการแยกแยะหาข้าววัชพืชโดยละเอียดอีกที

บททวนวรรณกรรม

1. การแบ่งข้อมูลภาพด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก (Image Segmentation : Deep Learning Approaches)

Image Segmentation คือการระบุตำแหน่งและจำแนกวัตถุภายในภาพ โดยเป็นการจำแนกในระดับ พิกเซลว่าพิกเซลในแต่ละตำแหน่งเป็นวัตถุชนิดใด วิธีที่ใช้ในการทำ Image Segmentation ในยุคก่อนมักใช้แบ่งแยกด้วยสี (Color), ขอบภาพ (Edge), พื้นผิว (Texture), หรือลักษณะสำคัญอื่นๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่สกัดลักษณะสำคัญนั้นโดยความเข้าใจของมนุษย์ แล้วจึงนำไปให้ Machine Learning เรียนรู้แล้วจำแนกประเภท แต่เมื่อปัญหาที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น Deep Learning จึงถูกนำเข้ามาประยุกต์ใช้ End-to-end ซึ่งจะสามารถทำให้เกิดการเรียนรู้ในขั้นตอนการทำ Feature Extraction ให้สามารถเรียนรู้และปรับค่า parameter ภายในเพื่อให้ผลลัพธ์โดยรวมดีที่สุด โดยทั่วไปแล้วในงาน Image Segmentation นิยมใช้แบบจำลองดังนี้

1.1 U-net

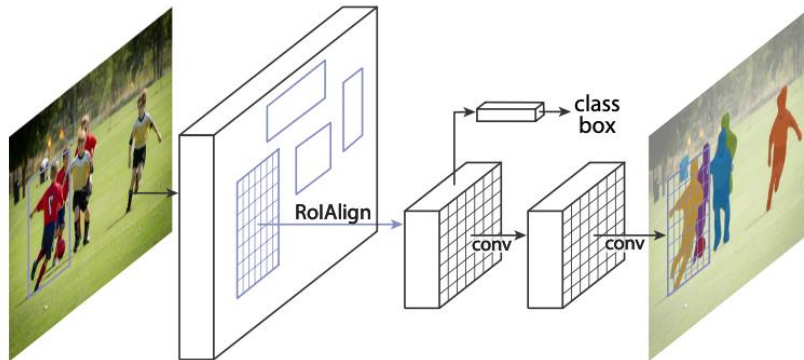
U-net เป็น โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมักถูกใช้ในงานประเภท Biomedical Image Segmentation ซึ่งถูกคิดค้นโดย Olaf Ronneberger และคณะ โดยมีแนวคิดเบื้องหลังคือการหาคุณลักษณะสำคัญในหลักหลายระดับของความละเอียด โดยทำการหาคุณลักษณะจากภาพที่มีความละเอียดสูง แล้วลดความละเอียดลงไปเป็นลำดับ จากนั้นในขั้นตอนการหาผลลัพธ์ จะมีการนำคุณลักษณะสำคัญในระดับต่างๆ กลับมาช่วยในการพิจารณาหาวัตถุที่สนใจที่อยู่ในภาพได้ โดยที่ยังสามารถรักษาความละเอียดของภาพได้โดยการใช้ skip connection ในระดับความละเอียดเดียวกัน นอกจากนี้ U-net ยังมีโครงสร้างแบบคอนโวลูชันทั้งหมด ทำให้การประมวลผลสามารถทำได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย

U-Net มักถูกนำไปใช้ในทางการแพทย์ เช่น ภาพถ่ายฟิล์ม X-Ray หรือภาพจากกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมักอยู่ในบริบทเดิม ๆ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้แบบจำลองอื่นที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และเป็นแบบจำลองที่มีความจำเพาะต่อวัตถุที่สนใจ

1.2 Mask Region-based Convolutional Neural Network (Mask R-CNN)

Mask R-CNN เป็นแบบจำลองซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกใช้ในการหาพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีวัตถุที่สนใจอยู่ (bounding box) แบบคร่าวๆ ถัดมาจะทำนายประเภทของวัตถุที่ได้จากพื้นที่ใน

ส่วนแรก และส่วนสุดท้ายจะหาพิกเซลที่เป็นวัตถุ ซึ่ง Mask R-CNN ถูกพัฒนามาจาก Faster R-CNN โดย Kaiming He และคณะ ด้วยการพัฒนาส่วนแรกของแบบจำลองให้เป็นแบบจำลองย่อยที่สามารถถูก train ได้ จึงทำให้ Mask R-CNN มีประสิทธิภาพในการทำ segmentation ที่สูงกว่า Faster R-CNN โดยมีสถาปัตยกรรมตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1: สถาปัตยกรรม Mask Region-based Convolutional Neural Network

2. การขยายข้อมูล (Data Augmentation)

การขยายข้อมูลจุดประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณและความหลากหลายของข้อมูลให้แบบจำลองได้เรียนรู้ เพื่อป้องกันการเกิดปัญหา Overfitting ของแบบจำลอง นอกจากนี้ยังส่งผลให้แบบจำลองมีความแม่นยำเพิ่มสูงมากขึ้น (Pholberdee, Pathompatai, & Taeprasartsit, 2018) โดยทั่วไปการขยายข้อมูลภาพ (Image Augmentation) มีทั้ง การขยายข้อมูลภาพด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าสี (Color Augmentation) และการขยายข้อมูลภาพด้วยแปลงเรขาคณิต (Geometric Transformation Augmentation) เช่น พลิกภาพ ตัดภาพ หมุนภาพ และ เลื่อนภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบจำลอง (Deep Learning Model) ที่สามารถแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าว (Rice Segmentation) จากภาพที่ไม่ได้อยู่ใน Controlled Environment
2. เพื่อพัฒนาแบบจำลองการจำแนกภาพสายพันธุ์ข้าว (Rice Image Classification Model) สำหรับภาพถ่ายจากกล้องโทรศัพท์มือถือ

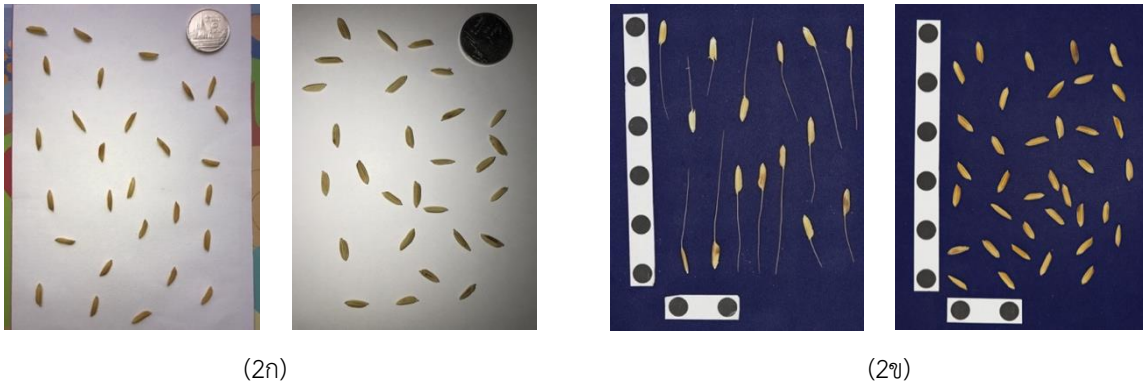
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.1 การเก็บข้อมูล (Data Collection)

การเก็บข้อมูลในงานวิจัยชิ้นนี้ เก็บจากเมล็ดข้าวเปลือกสายพันธุ์ทั้งหมด 12 สายพันธุ์ ได้แก่ กข15 กข31 กข41 กข43 กข57 กข77 ชัยนาท1 ชัยนาท2 ปทุม1 พิษณุโลก2 เหลืองประทิว15 ดอกมะลิ105 และข้าววัชพืชจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวหาง ข้าวลาย ข้าวติดต้นเตี้ย ข้าวติดต้นสูง ได้รับจาก ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมีวิธีการ 2 วิธีในการเก็บข้อมูล ดังนี้

ชุดข้อมูลที่ถ่ายด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือ 5 รุ่น จำนวนรุ่นละ 1,000 รูป รวมเป็น 5,000 รูป เลือกตั้งค่าให้ภาพมีความละเอียดสูงสุดของโทรศัพท์มือถือแต่ละรุ่น ถ่ายรูปพร้อมเปิดแฟลชภายใน (built-in flash) โดยเรียงเมล็ดข้าวบนกระดาษสีขาวขนาด 105x148 มิลลิเมตร ไม่ให้มีส่วนที่ซ้อนทับกัน โดยกล้องโทรศัพท์มือถือและกระดาษสีขาวจะมีระยะห่างไม่เกิน 50 เซนติเมตร และชุดข้อมูลที่ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว หรือ กล้องดีเอสแอลอาร์ (Digital Single Lens Reflex camera: DSLR camera) รุ่น Canon77D เลนส์ Canon Lens EF-S 60mm F2.8 Macro USM โดยเรียงเมล็ดข้าวบนพื้นกำมะหยี่สีน้ำเงิน จำนวน 500 รูป ต้องไม่มีส่วนที่เมล็ดข้าวซ้อนทับกัน ควบคุมระยะห่างระหว่างกล้องดีเอสแอลอาร์กับพื้นกำมะหยี่สีน้ำเงินให้อยู่ที่ 40 เซนติเมตร ความสว่างของแสงแฟลช (flash) ให้คงที่เท่ากันในทุกรูป ตามภาพที่ 2

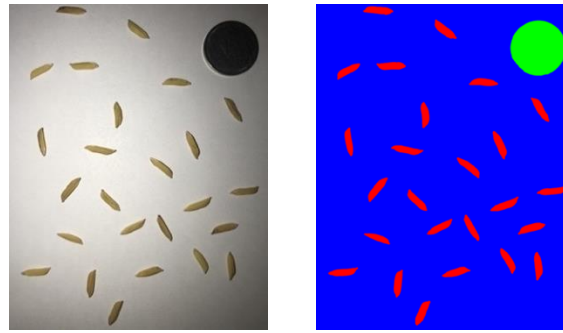


ภาพที่ 2: ตัวอย่างรูปภาพจากชุดข้อมูลที่ถ่ายด้วย (2ก) กล้องโทรศัพท์มือถือและ (2ข) กล้อง ดีเอสแอลอาร์

1.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

1.2.1 การระบุผลเฉลย (Data Annotation)

ในขั้นตอนนี้เป็นการให้คำตอบที่ถูกต้อง (Ground Truth) เพื่อเป็น Training Data ให้แบบจำลอง (Model) เกิดการเรียนรู้จำด้วยการทำ Mask โดยบริเวณที่เป็นเมล็ดข้าวจะระบายด้วยสีแดง บริเวณที่เป็นเหรียญจะระบายด้วยสีเขียว โดยที่เหรียญนั้นได้กำหนดไว้ให้ถ่ายด้วยในทุกรูปเพื่อใช้ในการหาขนาดเมล็ดข้าวในอนาคต ส่วนบริเวณอื่น ๆ ที่เป็นพื้นหลังจะระบายด้วยสีน้ำเงินดังตัวอย่างในภาพที่ 3



(3ก)

(3ข)

ภาพที่ 3: ตัวอย่าง (3ก) ภาพต้นฉบับและ (3ข) Mask

1.2.2 การขยายข้อมูล (Data Augmentation)

เนื่องจากภาพถ่ายด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือมีความหลากหลายทั้งในเรื่องโทนสีภาพ ขนาดของเมล็ดข้าว พื้นหลัง และวัตถุรอบข้าง จึงจำเป็นที่จะต้องใช้เทคนิค Image Augmentation มาเพื่อสร้างความหลากหลายในชุดข้อมูลสำหรับแบบจำลองการแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าว ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิค Image Augmentation ทั้งหมด 5 วิธี ตามภาพที่ 4

1.2.2.1 การขยายข้อมูลด้วยการแปลงค่าแสง (Exposure)

การขยายข้อมูลด้วยการแปลงค่าแสงด้วยวิธีการแปลงค่าสีจากระบบสี RGB เป็นระบบสี HSV จากนั้นเปลี่ยนแปลง channel Value ด้วยการสุ่มเพิ่มค่าคงที่ระหว่าง -30 ถึง 30 หน่วย

1.2.2.2 การขยายข้อมูลด้วยการเปลี่ยนสีพื้นหลัง (Background Color)

การขยายข้อมูลด้วยการเปลี่ยนสีพื้นหลังด้วยวิธีการ การสุ่มเพิ่มค่าคงที่ระหว่าง -50 ถึง 50 หน่วย ในทั้ง 3 channels ของระบบสี RGB

1.2.2.3 การขยายข้อมูลด้วยการเปลี่ยนภาพพื้นหลัง (Implicit Semantic)

การขยายข้อมูลด้วยการเปลี่ยนภาพพื้นหลังด้วยวิธีการ นำภาพพื้นผิวอื่นๆ มาเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average) โดยให้น้ำหนักพื้นหลังใหม่เป็น 0.8

1.2.2.4 การขยายข้อมูลด้วยการลดขนาดภาพ (Scaling)

การขยายข้อมูลด้วยการลดขนาดภาพด้วยวิธีการสุ่มลดขนาดภาพด้วยอัตราส่วนระหว่าง 0 ถึง 0.3

1.2.2.5 การขยายข้อมูลด้วยการตัดภาพ (Cropping)

การขยายข้อมูลด้วยวิธีการตัดภาพเพื่อให้วัตถุในภาพมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่หลังจากการตัดแล้วจะต้องได้เมล็ดข้าวที่เต็มเมล็ด



ภาพที่ 4: ตัวอย่างภาพเมล็ดข้าวหลังจากทำ Augmentation แบบต่างๆ

1.2.3 การปรับขนาดข้อมูล (Resizing Image)

เนื่องจากแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning Model) ประเภทการแบ่งแยกพื้นที่ภาพ (Image Segmentation) ภาพจำเป็นที่จะต้องมีความเท่ากัน แต่ด้วยภาพจากโทรศัพท์มือถือที่ต่างบริษัทผู้ผลิต และรุ่นที่จำหน่ายแตกต่างกัน ส่งผลให้ขนาดภาพมีขนาดไม่เท่ากัน จึงจำเป็นต้องปรับรูปให้อยู่ในแนวตั้ง และมีขนาด 512 x 512 พิกเซล โดยการปรับขนาดภาพโดยคำนึงถึงสัดส่วน (Scaling) ให้มีขนาดเต็มด้านใดด้านหนึ่งของขนาดที่กำหนด และเติมพื้นที่ที่เหลือด้วยสีดำ ตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5: ตัวอย่างภาพหลังจากปรับขนาด

2. การเรียนรู้ของแบบจำลอง (Model Training)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้ 2 แบบจำลอง ได้แก่ U-Net และ Mask R-CNN เพื่อแก้ไขและพัฒนาจุดบกพร่องของการทดลอง ได้แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น training set และ test set ในอัตราส่วน 90 : 10 แบบสุ่ม เพื่อใช้ training set ในการ train model และ test set สำหรับประเมินผลเพื่อใช้เลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยทดสอบการเรียนรู้เชิงลึกบน Google Colab ที่มี GPU รุ่น T4 & P100 และขนาดหน่วยความจำ 25GB

2.1 U-Net

เริ่มต้นผู้วิจัยเลือกพัฒนาด้วยแบบจำลอง U-Net ที่มี 6 layers ในการทดลองชุดนี้ผู้วิจัยได้ใช้ชุดข้อมูลภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือทั้งหมดจำนวน 5,000 ภาพ โดยกำหนดให้ batch size = 1 epoch = 20 learning rate = 0.0001 และ loss = 'categorical_crossentropy'

2.1.1 Vanilla U-Net

สร้างแบบจำลอง U-net ที่มี 6 layers โดยมีภาพใน training set ทั้งหมด 4,500 ภาพ และ test set ทั้งหมด 500 ภาพ

2.1.2 U-Net with Augmentation

ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการขยายข้อมูลภาพ 3 วิธี ได้แก่ การขยายข้อมูลด้วยการแปลงค่าแสง (Exposure Augmentation) การขยายข้อมูลด้วยการเปลี่ยนสีพื้นหลัง (Background Color Augmentation) และการขยายข้อมูลด้วยการเปลี่ยนภาพพื้นหลัง (Implicit Semantic Augmentation) โดยขยายข้อมูลภาพเป็นจำนวนหนึ่งเท่า

2.2 Mask R-CNN

Mask R-CNN มีโครงสร้าง (Architecture) ที่มีขนาดใหญ่และมีจำนวน parameter มาก ซึ่งต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากเพื่อทำให้แบบจำลองสามารถรู้จำได้ ผู้วิจัยจึงใช้เทคนิคการถ่ายโอนความรู้ (Transfer Learning) กับ Mask R-CNN ที่ถูก pretrained บน coco dataset ซึ่งจะสามารถลดจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองลงไปได้มาก ในการสร้างแบบจำลองนี้เลือกใช้ backbone ใน Mask R-CNN ที่มีโครงสร้างแบบ ResNet101 กำหนดให้ batch size = 1 epoch = 20 และ learning rate = 0.0002 สำหรับ 5 epochs แรก และ 0.0001 สำหรับ epoch ที่ 6-20

2.2.1 Vanilla Mask R-CNN

สร้างแบบจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือจำนวน 500 ภาพ

2.2.2 Mask R-CNN with augmentation

การขยายข้อมูลภาพด้วยเทคนิคการลดขนาดภาพ (Scaling) และการตัดภาพ (Cropping) โดยทำการขยายข้อมูลภาพทั้ง 2 เทคนิคในอัตราส่วนเท่า ๆ กัน ซึ่งจะทำให้มีข้อมูลทั้งหมด 1,000 ภาพ

2.2.3 Mask R-CNN with augmentation and adding DSLR dataset

ในการทดลองครั้งนี้ ยังคงต้องการรักษาประสิทธิภาพในการจำแนกเหรียญของแบบจำลอง และต้องการให้แบบจำลองสามารถทำงานได้ดีกับเมล็ดข้าวในขนาดที่แตกต่างกันได้ จึงได้สร้าง training set จากภาพ 4 กลุ่ม ประกอบด้วยภาพจากกล้อง DSLR จำนวน 400 ภาพ, ภาพจากกล้อง DSLR ที่ผ่านการขยายข้อมูลภาพ จำนวน 100 ภาพ, ภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือ จำนวน 400 ภาพ และภาพจากกล้องโทรศัพท์มือถือที่ผ่านการขยายข้อมูลภาพแล้ว จำนวน 100 ภาพ เพื่อเป็นการคงอัตราส่วนของภาพที่มีเหรียญไม่ให้น้อยจนเกินไป

3. การประเมินผลแบบจำลอง (Model Evaluation)

ในการประเมินผล Image Segmentation Model จะมีวิธีการประเมินผลที่แตกต่างจาก Classification Model ทั่วไป เนื่องจากเป็น pixel-level classification จึงนิยมใช้กันอยู่ 3 รูปแบบ ดังนี้

Precision and Recall ค่า Precision จะบอกว่าจากที่แบบจำลอง (Model) ทำนายมีความถูกต้องเป็นเท่าไร ส่วน Recall จะบอกว่าจาก Ground Truth Pixel ทั้งหมดแบบจำลอง (Model) สามารถทำนายได้เท่าไร คำนวณได้จากสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

Intersection over Union (IoU) หรือ the Jaccard Index จะแสดงอัตราส่วนระหว่างจำนวน pixel แบบจำลอง (Model) ทำนายถูกต้องว่าเป็นเมล็ดข้าวเทียบกับจำนวน Predicted Pixel อินเทอเซกกับ Ground Truth Pixel Pixel คำนวณได้จากสมการที่ (3) โดยที่ A คือจำนวน Predicted Pixel และ B คือ Ground Truth Pixel

$$IoU = \frac{A \cap B}{A \cup B} \quad (3)$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

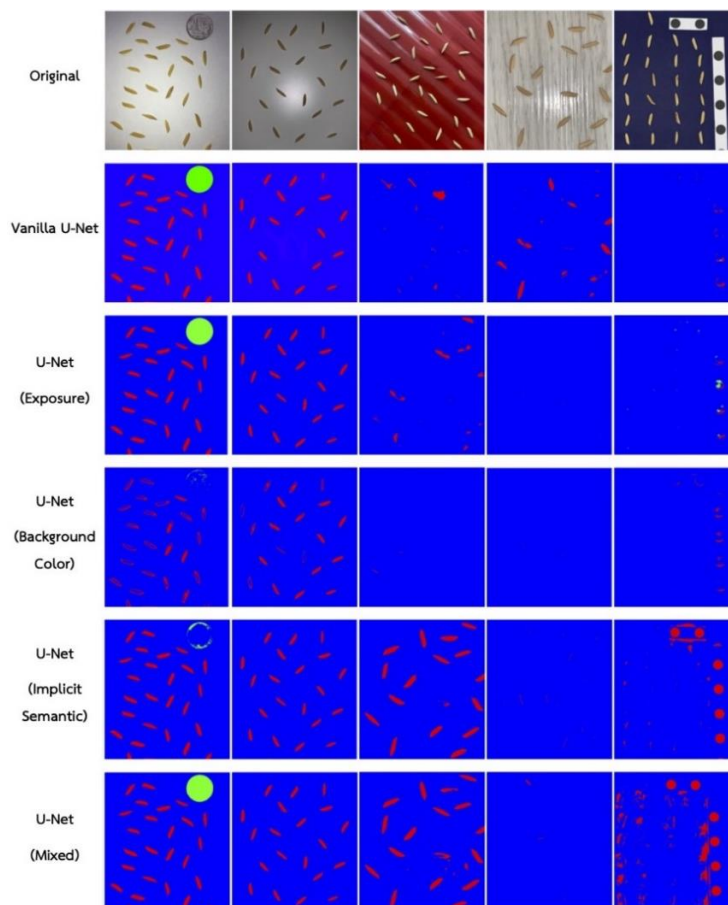
1. U-Net

การสร้างแบบจำลอง Vanilla U-net ให้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 1 แบบจำลองสามารถระบุตำแหน่งของเมล็ดข้าวได้ดี มีค่า Precision 99.62% Recall 99.33% และ IoU ของข้าวอยู่ที่ 96.95% แต่ระบุตำแหน่งของเหรียญได้ไม่ดีนักในบางภาพ ซึ่งมีค่า IoU ของเหรียญอยู่ที่ 87.82% นอกจากนี้เมื่อนำแบบจำลองไปทดสอบกับภาพในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจาก training data เช่น มีสีพื้นหลังที่ไม่ใช่สีขาว ไม่มีการควบคุมแสง และระยะระหว่างกล้องกับเมล็ดข้าว ดังภาพที่ 6 พบว่าแบบจำลองมีจุดบกพร่องคือ ไม่สามารถทำงานกับภาพในบริบทที่ต่างไปจาก training data ได้ดีมากนัก โดยเฉพาะภาพที่มีพื้นหลังต่างกันมากๆ ผู้วิจัยจึงเลือก

วิธีการขยายข้อมูลภาพมาเพิ่มความ generalize ให้กับแบบจำลอง เพื่อให้สามารถรองรับภาพที่มีแสงและพื้นหลังที่หลากหลาย แตกต่างจาก training set โดยแบบจำลอง U-Net with Augmentation ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 1 เห็นได้ว่าการขยายข้อมูลด้วยการแปลงค่าแสงและเปลี่ยนพื้นหลังนั้นได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงนำการขยายข้อมูลทั้ง 2 แบบนั้นมารวมกัน เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงแสงและพื้นหลัง U-Net (mixed) สามารถทำงานได้ดีในบริบทที่พบใน training set แต่ก็ยังไม่ generalize มากพอที่จะสามารถนำไปใช้งานจริงได้

ตารางที่ 1: เมตริกซ์จากแบบจำลอง U-Net

Model	Precision	Recall	Rice IoU	Coin IoU
Vanilla U-net	99.62	99.33	96.95	87.82
U-Net (exposure)	99.90	99.61	96.40	95.19
U-Net (background color)	97.67	97.37	51.13	41.09
U-Net (implicit semantic)	99.29	99.00	95.98	61.97
U-Net (mixed)	99.79	99.49	96.44	89.29

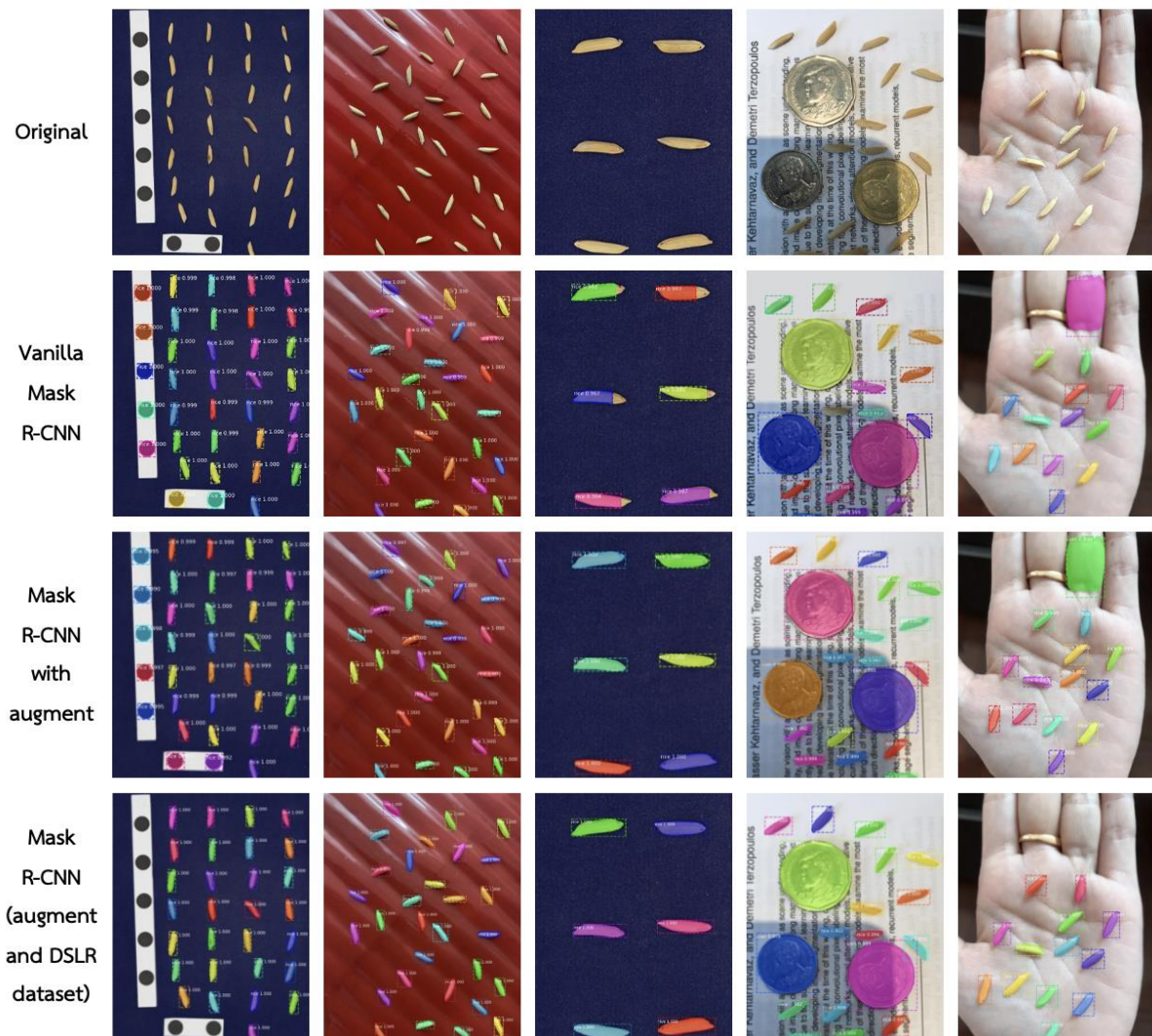


ภาพที่ 6: ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง U-net

2. Mask R-CNN

การสร้างแบบจำลองได้ผลดังตารางที่ 2 เห็นได้ว่าแบบจำลองสามารถระบุตำแหน่งของเมล็ดข้าวได้อย่างแม่นยำ มีความทนทานต่อแสงและพื้นหลังที่หลากหลาย แต่จากภาพที่ 6 พบว่าแบบจำลองยังมีข้อบกพร่อง โดยประการแรกคือ หากเมล็ดข้าวมีขนาดใหญ่หรือเล็กแตกต่างจากภาพใน training set ไปมาก แบบจำลองจะระบุตำแหน่งของเมล็ดข้าวผิดพลาด และประการที่สองคือ แบบจำลองมักเข้าใจว่าวัตถุอื่นที่มีขนาดใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวเป็นข้าว ผู้วิจัยจึงพัฒนา Mask R-CNN ที่มีการขยายข้อมูลภาพด้วยการลดขนาดภาพ (Scaling) และการตัดภาพ (Cropping) เพื่อให้แบบจำลองไม่ตัดสินวัตถุที่เป็นข้าวจากขนาดหลังจากการพัฒนาแบบจำลอง Mask R-CNN with Augmentation พบว่าสามารถแก้ปัญหาในประการแรกได้อย่างดี แต่ยังคงพบปัญหาในประการที่สอง และมักเกิดขึ้นกับวัตถุที่อยู่บนพื้นหลังสีขาว หรือวัตถุที่อยู่บนพื้นผิวที่เรียบ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า ใน training set เมล็ดข้าวถูกวางอยู่บนพื้นผิวที่เรียบและเป็นสีขาว แบบจำลองจึงมีความเข้าใจว่าวัตถุใดๆ ที่อยู่บนพื้นหลังสีขาวหรือพื้นผิวที่เรียบมักเป็นเมล็ดข้าว ผู้วิจัยจึงสร้าง dataset เพิ่มจากภาพที่ถ่ายด้วยกล้อง DSLR มีพื้นหลังเป็นสีน้ำเงิน และมีวัตถุอื่นที่มีขนาดใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวอยู่ในภาพด้วย

ในการสร้างแบบจำลอง Mask R-CNN with augmentation and adding DSLR dataset ผลลัพธ์เป็นที่น่าพึงพอใจมีค่า Precision 99.23% Recall 93.65% IoU ของข้าว 91.77% และ IoU ของเหรียญ 97.08% ดังตารางที่ 2 แต่เมื่อนำเปรียบเทียบกับแบบจำลองก่อนหน้านี้ พบว่า มีค่า Recall ที่น้อยที่สุด แต่ก็มีค่า Precision มากที่สุด ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเพิ่มภาพที่พื้นหลังมีความหลากหลายขึ้น แบบจำลองสามารถเรียนรู้ลักษณะของเมล็ดข้าวได้ดียิ่งขึ้น แต่ในขณะที่เดียวกับพื้นหลังที่คล้ายคลึงกับเมล็ดข้าวก็อาจสร้างความสับสนให้แก่แบบจำลอง สุดท้ายเมื่อนำแบบจำลองไปทดสอบในสภาพแวดล้อมต่างๆ พบว่า แบบจำลองสามารถทนต่อแสง พื้นหลัง พื้นผิว และระยะการถ่ายภาพที่แตกต่างกันได้อย่างดี ดังภาพที่ 7 ส่งผลให้สามารถใช้งานในบริบทที่หลากหลาย เพียงพอต่อการใช้งานจริง



ภาพที่ 7: ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง Vanilla Mask R-CNN, Mask R-CNN with augmentation และ Mask R-CNN with augmentation and adding DSLR dataset

ตารางที่ 2: เมตริกซ์จากแบบจำลอง Mask R-CNN

Model	Precision	Recall	Rice IoU	Coin IoU
Vanilla Mask R-CNN	98.78	94.51	91.11	95.03
Mask R-CNN (augmentation)	99.07	93.91	91.02	95.62
Mask R-CNN (augmentation & adding DSLR dataset)	99.23	93.65	91.77	97.08

สรุป

จากการพยายามสร้างแบบจำลองการแบ่งข้อมูลภาพเมล็ดข้าวด้วยการเรียนรู้เชิงลึก ผู้วิจัยเลือกใช้แบบจำลอง Mask R-CNN ด้วยการทำ Augmentation แบบ Cropping และ Scaling ด้วยภาพเมล็ดข้าวจากกล้องโทรศัพท์มือถือ และกล้อง DSLR ใน Controlled Environment ซึ่งมีค่า Precision 99.23% Recall 93.65% IoUของข้าว 91.77% และIoUของเหรียญ 97.08% แบบจำลองนี้สามารถหาเมล็ดข้าวในรูปภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบริบทที่หลากหลาย

จากการศึกษาและทดลองพบว่าในด้าน Image Segmentation U-Net เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสำหรับการนำไปใช้ที่ภาพ training set และการนำไปใช้งานจริงอยู่ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน อีกทั้งการเลือกใช้ loss function เป็น ‘categorical_crossentropy’ อาจมีผลให้การพัฒนาแบบจำลองบนข้อมูลที่เป็น Imbalance ทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร

เนื่องจากการพัฒนา Image Segmentation ด้วยแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ไม่ต้องใช้ความรู้เฉพาะทางในการหาคุณลักษณะสำคัญ เพียงแต่ต้องการชุดข้อมูลที่มีคุณภาพให้เครื่องจักรได้เรียนรู้ ซึ่งชุดข้อมูลที่มีคุณภาพดีจะต้องประกอบด้วย ข้อมูลที่มีปริมาณมาก และจัดเก็บในสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายมากเพียงพอที่จะให้แบบจำลองได้เรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. (2552). *วัชพืชในนาข้าว*. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563, จาก <http://www.ricethailand.go.th/Rkb/weed/index.php-file=content.php&id=43.htm>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี ๒๕๖๑*. สืบค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563, จาก <http://irre.ku.ac.th/books/pdf/128.pdf>
- สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. (2563). *Rice Export Quantity and Value: 2019*. สืบค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2563, จาก http://www.thairiceexporters.or.th/statistic_2019.html
- อภิัญญา นันทะโสภาน. (2548). ข้าววัชพืชชนิดที่ร้ายในนาข้าว. *วารสารเคหการเกษตร*, 29(5), 239-244.
- Aukkapinyo, K., Sawangwong, S., Pooyoi, P., Kusakunniran, W. (2020). Localization and Classification of Rice-grain Images Using Region Proposals-based Convolutional Neural Network. *International Journal of Automation and Computing*, 17(2), 233-246.
- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P. & Girshick, R. (2017). Mask R-CNN In Computer Vision (ICCV). *The IEEE International Conference* (pp. 2961-2969). Venice, Italy: IEEE.
- Patel, V. & Joshi, M. V. (2017). Convolutional Neural Network with Transfer Learning for Rice Type Classification. In Machine Vision (ICMV 2017). *Tenth International Conference* (p. 1069613). Vienna, Austria: SPIE.



- Pholberdee, N., Pathompatai, C., & Taeprasartsit, P. (2018). Study of Chronic Wound Image Segmentation: Impact of Tissue Type and Color Data Augmentation. In Computer Science and Software Engineering (JCSSE). *15th International Joint Conference* (pp.1-6). Nakhonpathom, Thailand: IEEE.
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI)*, 9351, 234-241.

การพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตในประเทศไทย

THE DEVELOPMENT OF INFORMATION CENTER WEBSITE FOR E-SPORTS TOURNAMENT IN THAILAND

สิรินธร จิยาศักดิ์

Sirinthorn Cheyasak

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

School of Information Technology and Innovation, Bangkok University

*Corresponding author, E-mail: sirinthorn.c@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต 2) เพื่อศึกษาคุณภาพการจัดการทัวร์นาเมนต์กีฬาอีสปอร์ตบนเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลอีสปอร์ตที่พัฒนาขึ้น 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตที่พัฒนาขึ้น จากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักกีฬาอีสปอร์ต ผู้จัดการทีมการแข่งขัน และผู้ที่เล่นเกมหรือกีฬาอีสปอร์ตทั่วไป จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตที่พัฒนาด้วยเทคนิคแบบ Responsive เพื่อให้สามารถรองรับการแสดงผลบนทุกอุปกรณ์สื่อสาร และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์

ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพการจัดการทัวร์นาเมนต์บนเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตโดยรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 อยู่ระดับมาก และผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเว็บไซต์ด้านข้อมูลของเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 (SD=0.63) ด้านการออกแบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 (SD=0.64) และด้านประสิทธิภาพการใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 (SD=0.64) ส่งผลให้ความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อเว็บไซต์อยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.52 (SD=0.64)

คำสำคัญ: การพัฒนาเว็บไซต์ กีฬาอีสปอร์ต การตอบสนอง

ABSTRACT

This research has objectives 1) to develop a community website that collects E-sport competition information 2) to study the quality of E-sports tournament management on developed E-sports information center website 3) to study satisfaction towards the developed

E-sport community website from 42 research selected samples who were E-sport, E-sport competitors, E-sport team managers, and general gamers and E-sport players. Tools used in this research were a community E-sport website which was developed with responsive technique in order to be able to response to every communication device and a satisfaction questionnaire towards the website.

Research result found that general quality of tournament management of the community E-sport website had average value of 4.42 which was in high level and the user satisfaction evaluation towards the website's information had average value of 4.49 (SD=0.63), towards the design had average value of 4.54 (SD=0.64), and towards effectiveness of application had average value of 4.54 (SD=0.64) were all in high level which affected the overall satisfaction towards the website in high level with an average value of 4.52 (SD=0.64).

Keywords: Web Development, E-sport, Responsive

บทนำ

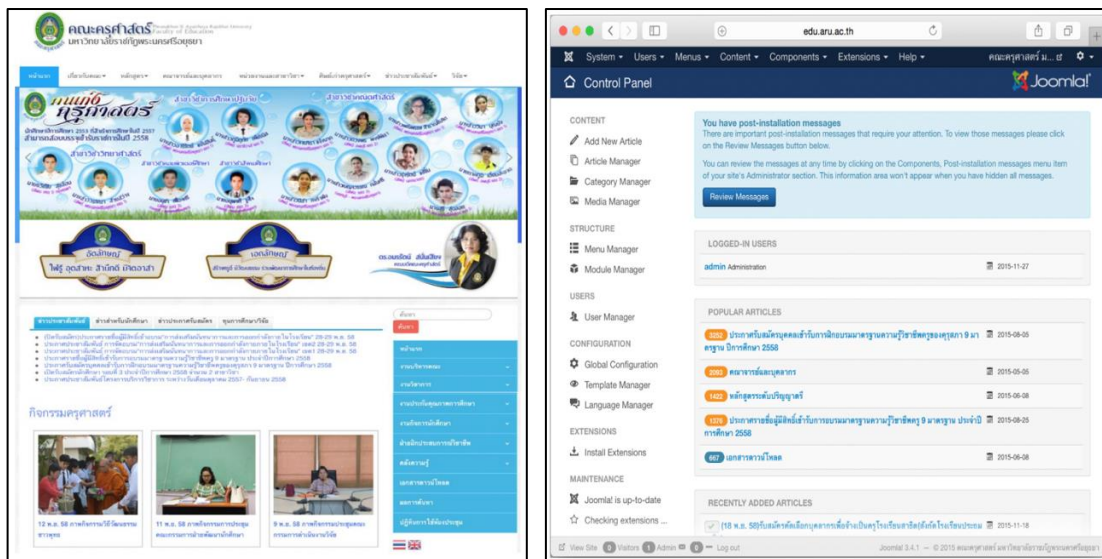
ปัจจุบันวงการอีสปอร์ตมีการเติบโตอย่างมากโดยคิดมูลค่าโดยรวมของโลกนั้นมีมูลค่ากว่า 696 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในปี 2017 และยังมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 29% ในช่วงปี 2560-2563 (ธรรู จีรัฐพงษ์, 2561) รวมถึงในไทยนั้นก็มีการเติบโตอย่างต่อเนื่องด้วยเช่นกัน โดยมีการจัดแข่งขันขึ้นมากมาย ทั้งจากสมาคมอีสปอร์ตไทย สถาบันการศึกษา และ บริษัทต่าง ๆ จากภาคเอกชน ที่มาพร้อมเงินรางวัล การจ้างนักกีฬา สามารถสร้างรายได้สร้างอาชีพได้อีกทางหนึ่ง ในการเข้าร่วมการแข่งขันของนักกีฬาอีสปอร์ตนั้น แต่ยังคงขาดศูนย์กลางการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทัวร์นาเมนต์การแข่งขัน การจัดการทัวร์นาเมนต์การแข่งขัน สำหรับสื่อที่ไม่เป็นทางการสำหรับผู้จัดทั่วไป การเก็บสถิติของทีม หรือนักกีฬา เพื่อสามารถเข้าถึงข้อมูล บริหารจัดการทัวร์นาเมนต์ การเข้าร่วมการแข่งขัน เป็นต้น เพื่อให้ทั้งผู้จัดและนักกีฬาสามารถเข้าถึงข้อมูล บริหารจัดการข้อมูล ได้สะดวกรวดเร็วบนอุปกรณ์สื่อสารแบบต่าง ๆ ได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์กลางการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต เพื่อเป็นศูนย์กลางการเผยแพร่ข้อมูลการจัดการแข่งขัน พร้อมทั้งการจัดการทัวร์นาเมนต์การแข่งขันสำหรับผู้จัดทั่วไปแบบไม่เป็นทางการ และแบบทางการ การจัดการทีม การจัดการผู้เล่น การสมัครสมาชิก และการแสดงผลสถิติการแข่งขัน เป็นต้น โดยพัฒนาเว็บไซต์ด้วย HTML5, JavaScript และ PHP โดยได้นำเทคนิค Responsive ผ่าน Bootstrap Framework ทำให้สนับสนุนการแสดงผลบนอุปกรณ์สื่อสารที่มีหน้าจอที่แตกต่างกันได้สวยงาม สะดวกสบาย สามารถเข้าถึงได้ง่ายผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งในงานวิจัยศิริพล แสนบุญสูง (2559) ได้พัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาด้วยระบบบริหารจัดการเว็บไซต์ โดยใช้ระบบบริหารจัดการเนื้อหาบนเว็บไซต์ (CMS) ให้มีการแสดงผลแบบ Responsive นั้นสามารถรองรับได้ทุกอุปกรณ์เครือข่ายและช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน

บททวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อเผยแพร่ข้อมูล การประชาสัมพันธ์ การจัดการข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางการวิเคราะห์และศึกษาสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

การพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (ศิริพล แสนบุญส่ง, 2559) การวิจัยเพื่อพัฒนาเว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาด้วยระบบบริหารจัดการเว็บไซต์ โดยใช้ระบบบริหารจัดการเนื้อหาบนเว็บไซต์ (CMS) จากโปรแกรม Joomla! เวอร์ชัน 3.4.1 สำหรับการพัฒนาเว็บไซต์นี้ โดยศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลจากเว็บไซต์ครุศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยอื่น ๆ เพื่อนำมาออกแบบให้ตรงตามความต้องการของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา สามารถแสดงผลแบบ Responsive รองรับการแสดงผลบนหน้าจออุปกรณ์เครือข่ายได้ทุกอุปกรณ์แตกต่างกัน สามารถเพิ่มความสะดวกรบายให้กับผู้ใช้งาน พร้อมทั้งมีระบบการบริหารจัดการเนื้อหาบนเว็บไซต์ที่สะดวก สามารถกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้งานหลายระดับก่อนเข้าทำการแก้ไขข้อมูล ทำให้ผู้ดูแลเว็บไซต์ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมด้านเว็บไซต์ ก็สามารถแก้ไขข้อมูลบนเว็บไซต์ได้ การวิจัยพบว่าการใช้ระบบบริหารจัดการเนื้อหาเว็บไซต์ (CMS) ด้วย Joomla! เวอร์ชัน 3.4.1 ส่งผลให้การพัฒนาเว็บไซต์ทำได้ง่าย มีรูปแบบที่สวยงาม ทำให้สามารถดึงดูดความสนใจของผู้เข้ามาใช้งานและสามารถนำทางสำหรับการเข้าถึงสารสนเทศได้รวดเร็ว



ภาพที่ 1: เว็บไซต์คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ที่มา: <https://so02.tci-thaijo.org> > article > download (ThaiJO)

การพัฒนาเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวจังหวัดกระบี่ (ชาญณรงค์ แก้วกระจ่าง, 2555)

การวิจัยเพื่อพัฒนาเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวจังหวัดกระบี่ให้มีคุณภาพด้วยซอฟต์แวร์

สำเร็จรูป Drupal ในการบริหารจัดการเนื้อหาเว็บไซต์ สามารถตอบสนองการใช้งานด้านต่าง ๆ ได้แก่ การติดต่อสื่อสาร การโต้ตอบ แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร สำหรับเนื้อหาและสื่อ เช่น ภาพ วิดีโอ ซึ่งเป็นข้อมูลสถานที่การท่องเที่ยว ข้อมูลโรงแรมที่พัก กิจกรรมการท่องเที่ยว ข้อมูลแผนที่การเดินทาง ที่ปรากฏบนเว็บไซต์ มีการปรับปรุงแก้ไขโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้มีคุณภาพระดับดีมาก เพื่อให้เว็บไซต์เป็นแหล่งแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ข้อมูลข่าวสาร ส่งเสริมการท่องเที่ยวภายในประเทศ ประชาสัมพันธ์สถานที่ท่องเที่ยวแหล่งใหม่ที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก เป็นช่องทางการประชาสัมพันธ์สินค้าภายในท้องถิ่น จากผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาเว็บไซต์ด้วยระบบบริหารจัดการข้อมูล Drupal ส่งผลให้เพิ่มความสะดวกในการติดต่อสื่อสาร โต้ตอบผู้ดูแลเว็บไซต์ไม่ต้องมีความรู้ด้านเว็บไซต์ก็สามารถใช้งานได้ และสำหรับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเว็บไซต์จากบุคคลทั่วไปพบว่าอยู่ในระดับดี เว็บไซต์ที่มีการออกแบบสวยงาม เนื้อหาที่น่าสนใจ ตรงตามความต้องการทำให้สามารถกระตุ้นให้เกิดความสนใจ จึงเป็นอีกทางเลือกที่ใช้เป็นสื่อกลางสำหรับเผยแพร่ข้อมูลการท่องเที่ยวจังหวัดกระบี่ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต
2. เพื่อศึกษาคุณภาพการบริหารจัดการข้อมูลและเนื้อหาบนเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลอีสปอร์ต
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

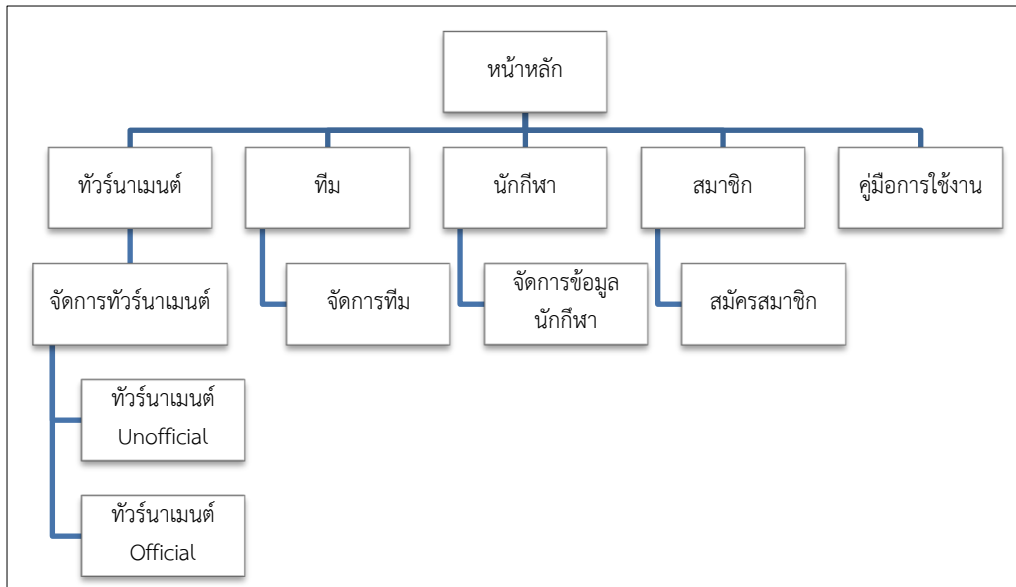
การศึกษาและรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การศึกษาการจัดทัวร์นาเมนต์สำหรับการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง และจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์การจัดทัวร์นาเมนต์การแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต ส่วนที่ 2 ข้อมูลสารสนเทศบนเว็บไซต์ โดยสอบถามความต้องการจากผู้จัดการแข่งขัน ผู้แข่งขัน และบุคคลภายนอกทั่วไปที่เล่นกีฬาอีสปอร์ต

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงขอบเขตความต้องการสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตที่สามารถบริหารจัดการข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทัวร์นาเมนต์ ข้อมูลทีม ข้อมูลผู้เล่น และการสมัครสมาชิก จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าการจัดการทัวร์นาเมนต์จะแบ่งออกเป็นแบบ Unofficial และ Official ทั้งนี้เพื่อรองรับการจัดการทัวร์นาเมนต์หรือการแข่งขันที่มาจากผู้สนใจทั่วไปสามารถเข้าร่วมใช้งานเว็บไซต์นี้ได้

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและศึกษาเว็บไซต์การแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาศึกษาวิเคราะห์และออกแบบแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2: แผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต

จากภาพที่ 2 แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บไซต์ซึ่งประกอบด้วย ทัวร์นาเมนต์ ทีม นักกีฬา สมาชิก และคู่มือการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา

การพัฒนาเว็บไซต์จากการออกแบบตามโครงสร้างเว็บไซต์ โดยผู้วิจัยได้ใช้ภาษา HTML5 JavaScript PHP และ Bootstrap Framework สำหรับการพัฒนาเว็บไซต์นี้ให้ตรงตามความต้องการ มีความสวยงาม รองรับบนทุกอุปกรณ์สื่อสารที่แตกต่างกันได้ โดยใช้โปรแกรม Xampp สำหรับการจำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทดสอบการทำงานของเว็บไซต์ก่อนเผยแพร่จริง

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบเว็บไซต์และประเมินผล

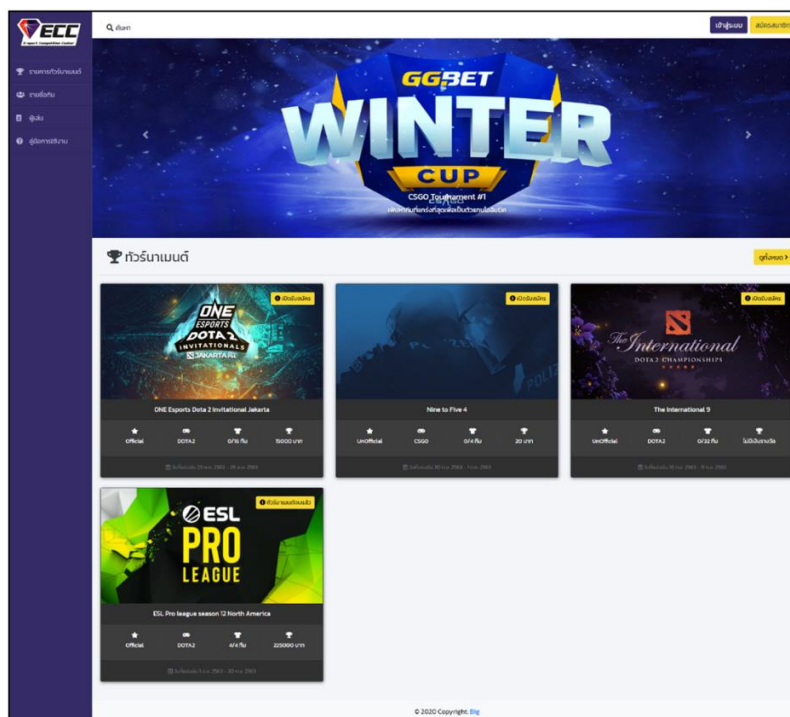
ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมาให้กับกลุ่มผู้ใช้งานระดับ ผู้จัดทัวร์นาเมนต์ นักกีฬา ผู้แข่งรายย่อยทั่วไป รวมจำนวน 42 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้ทดลองใช้งานเว็บไซต์ และตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์นี้ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน ความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์ และข้อเสนอแนะ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นด้วยค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแปลผลของการประเมินด้วยค่าเฉลี่ยนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ตามมาตรฐานประเมิน 5 ระดับ (Rating Scale) (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

ผลการวิจัยครั้งนี้จำแนกออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตด้วยเทคนิค Responsive ส่วนที่ 2 การศึกษาคุณภาพการจัดการทัวร์นาเมนต์อีสปอร์ต และส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต ดังนี้

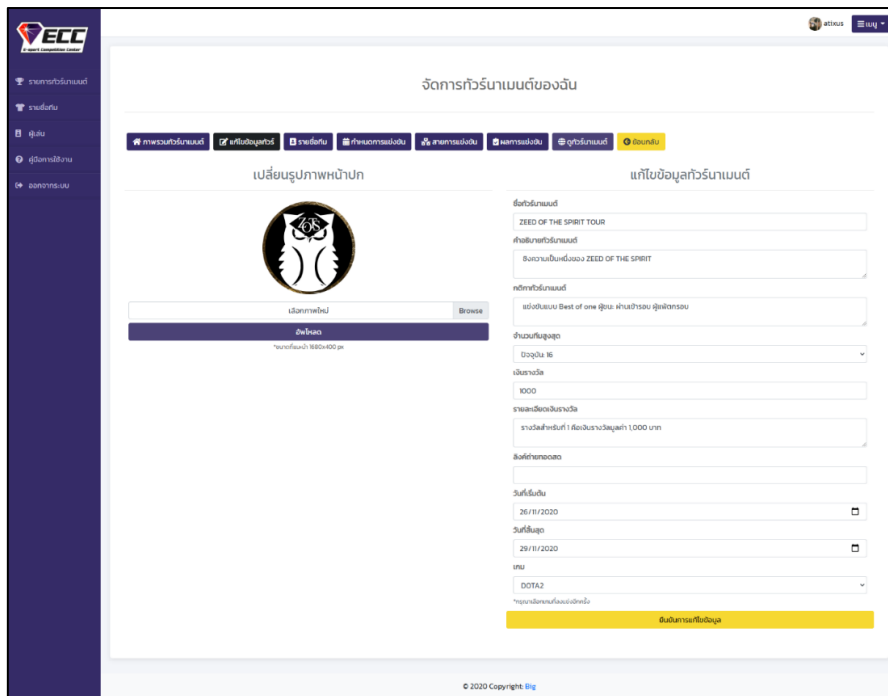
ส่วนที่ 1 เว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันอีสปอร์ตด้วยเทคนิค Responsive สามารถใช้งานบนอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดแตกต่างกันได้ เว็บไซต์สามารถจัดการแข่งขันทัวร์นาเมนต์กีฬาอีสปอร์ตทั้งแบบไม่เป็นทางการ (Unofficial) สำหรับทัวร์นาเมนต์เล็ก ๆ และแบบทางการ (Official) เมื่อเข้าสู่เว็บไซต์จะพบหน้าหลักดังภาพ



ภาพที่ 3: หน้าหลักเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต

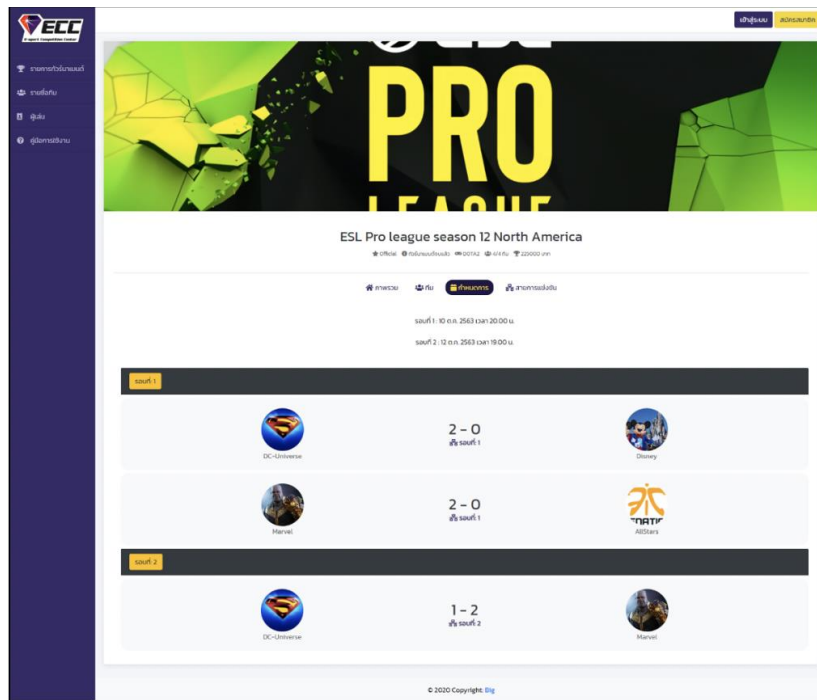
ภาพที่ 3 แสดงหน้าหลักของเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต ประกอบด้วย การสมัคร

สมาชิก/เข้าสู่ระบบ การค้นหารายการทัวร์นาเมนต์ รายการทัวร์นาเมนต์ รายชื่อทีม ผู้เล่น และคู่มือการใช้งาน
เว็บไซต์ โดยผู้สนใจหรือนักกีฬาจะต้องสมัครสมาชิกก่อนจึงจะสามารถเข้าร่วมการแข่งขันทัวร์นาเมนต์ที่
ปรากฏบนเว็บไซต์บนได้



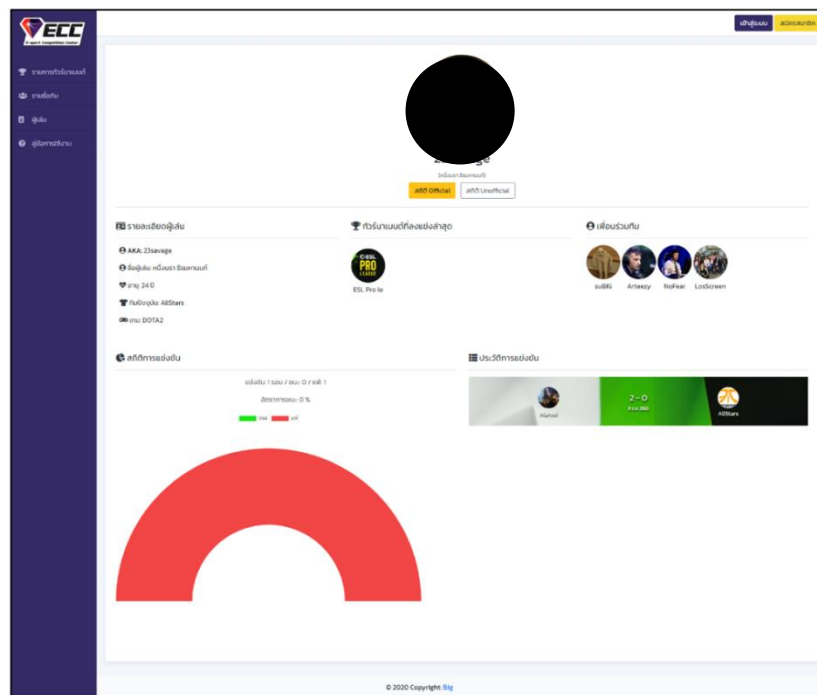
ภาพที่ 4: หน้าการสร้างทัวร์นาเมนต์สำหรับผู้จัด

ภาพที่ 4 หน้าการสร้างทัวร์นาเมนต์สำหรับผู้จัด สามารถสร้างทัวร์นาเมนต์ ด้วยการกรอกข้อมูลทัวร์
นาเมนต์ ได้แก่ ชื่อทัวร์นาเมนต์ รูปภาพทัวร์นาเมนต์ คำอธิบายทัวร์นาเมนต์ กติกาทัวร์นาเมนต์ จำนวนทีม
สูงสุด เงินรางวัลพร้อมด้วยรายละเอียดเงินรางวัล ลิงค์ถ่ายทอดสด วันที่เริ่มต้น-วันที่สิ้นสุด



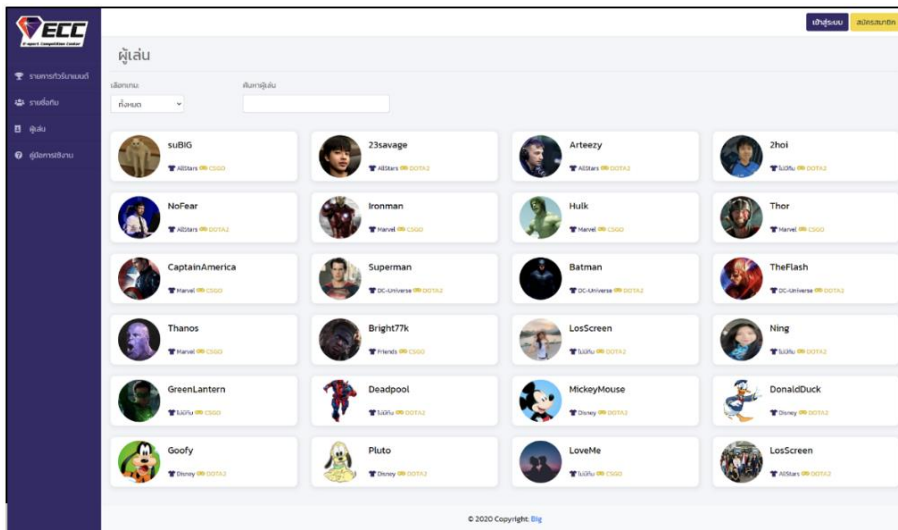
ภาพที่ 5: หน้าแสดงรายละเอียดของทัวร์นาเมนต์

ภาพที่ 5 หน้าแสดงรายละเอียดของทัวร์นาเมนต์ สามารถคลิกลิงค์เพื่อเข้าดูรายละเอียดของทัวร์นาเมนต์ เงินรางวัล ตารางการแข่งขัน และผลการแข่งขัน ผลการแข่งขันจะแสดงคะแนนผลการแข่งขันแต่ละรอบของทีมที่เข้าร่วมทัวร์นาเมนต์



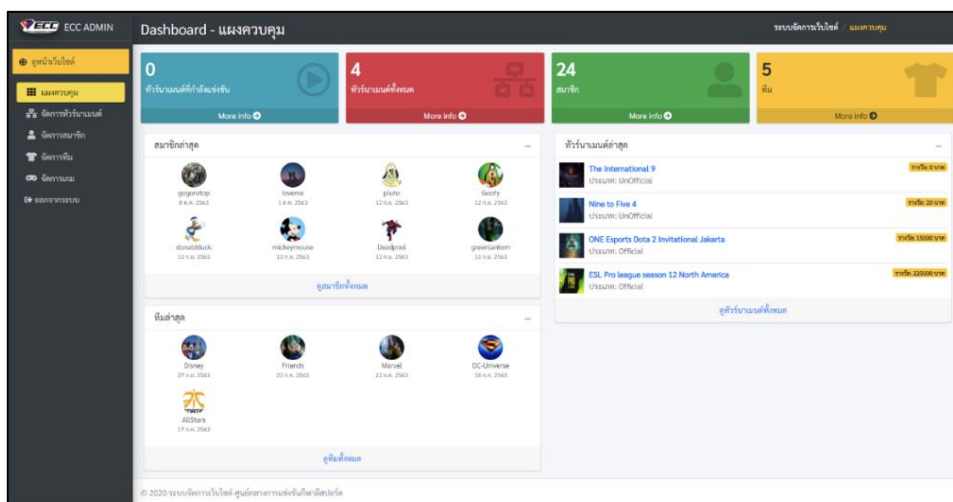
ภาพที่ 6: หน้าแสดงรายละเอียดของทีมและการเข้าร่วมแข่งขัน

ภาพที่ 6 หน้าแสดงรายละเอียดของทีมและการเข้าร่วมแข่งขันประกอบด้วย รูปภาพทีม ชื่อทีม ประเภทเกมการแข่งขัน วันที่สร้างทีม จำนวนสมาชิกในทีม และเมนูสถิติการแข่งขันทั้งสถิติการแข่งขันแบบเป็นทางการ สถิติการแข่งขันแบบไม่เป็นทางการ และประวัติการแข่งขัน โดยแสดงสถิติแพ้หรือชนะถูกแสดงในรูปแบบกราฟิกเพื่อให้ดูง่ายและน่าสนใจ



ภาพที่ 7: หน้าแสดงรายละเอียดข้อมูลผู้แข่งหรือนักกีฬา

ภาพที่ 7 หน้าแสดงรายละเอียดข้อมูลผู้แข่งหรือนักกีฬา เมื่อคลิกไปยังข้อมูลผู้แข่งหรือนักกีฬาแต่ละคน จะแสดงรายละเอียดข้อมูลของผู้เล่น ข้อมูลทัวร์นาเมนต์ที่ลงแข่งล่าสุด ข้อมูลเพื่อนร่วมทีม สถิติการแข่งขัน และประวัติการแข่งขัน



ภาพที่ 8: หน้าแดชบอร์ดสำหรับผู้ดูแลเว็บไซต์

ภาพที่ 8 หน้าแผงควบคุมสำหรับผู้ดูแลเว็บไซต์ ประกอบด้วยข้อมูลทัวร์นาเมนต์ ได้แก่ ทัวร์นาเมนต์ที่กำลังแข่งขัน ทัวร์นาเมนต์ทั้งหมด สมาชิก และทีม โดยผู้ดูแลระบบสามารถเข้าจัดการข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่ การจัดการทัวร์นาเมนต์ การจัดการสมาชิก การจัดการทีม การจัดการเกมกีฬาอีสปอร์ต

ส่วนที่ 2 การศึกษาคุณภาพการจัดการทัวร์นาเมนต์กีฬาอีสปอร์ต

ผลการประเมินคุณภาพการจัดการทัวร์นาเมนต์กีฬาอีสปอร์ตบนเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น จากผู้เชี่ยวชาญที่เคยจัดทัวร์นาเมนต์ จำนวน 3 ทัวร์นาเมนต์ โดยการทดลองใช้และสัมภาษณ์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ผลการประเมินคุณภาพการจัดการทัวร์นาเมนต์กีฬาอีสปอร์ต

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	แปลผล
การสร้างทัวร์นาเมนต์ได้ครบถ้วน	4.33	มาก
ข้อมูลตารางและเวลาการแข่งขันครบถ้วน	4.33	มากที่สุด
แสดงผลการแข่งขันได้ถูกต้องครบถ้วน	4.33	มาก
การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.67	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.42	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินการจัดการทัวร์นาเมนต์กีฬาอีสปอร์ต พบว่าการสร้างทัวร์นาเมนต์ครบถ้วน การใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน ข้อมูลตารางและเวลาการแข่งขันครบถ้วน และแสดงผลการแข่งขันได้ถูกต้องครบถ้วน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.67 4.67 4.33 และ 4.33 ตามลำดับ ส่งผลให้การประเมินคุณภาพโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 ผลการประเมินอยู่ระดับมากที่สุด

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต

เมื่อนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานด้วยแบบประเมินความพึงพอใจจำนวน 42 คน พบว่าผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 81 และเพศหญิงร้อยละ 19 ส่วนใหญ่เล่นเกมกีฬาในรูปแบบของ Multiplayer Online Battle Arena (MOBA) คิดเป็นร้อยละ 78.60 ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็นรายด้านได้แก่ ด้านข้อมูล ด้านการออกแบบ และด้านการใช้งานที่มีต่อเว็บไซต์ศูนย์รวมข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ต ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านข้อมูลของเว็บไซต์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	แปลผล
ข้อมูลเกี่ยวกับทัวร์นาเมนต์ครบถ้วน	4.53	0.63	มาก
ข้อมูลตารางและเวลาการแข่งขันครบถ้วน	4.62	0.62	มากที่สุด
ข้อมูลผู้เล่นหรือนักกีฬาครบถ้วน	4.43	0.65	มาก
ข้อมูลหรือเมนูของเว็บไซต์ หมวดหมู่ชัดเจน เหมาะสม	4.38	0.62	มาก
ผลการประเมินโดยรวม	4.49	0.63	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านข้อมูลของเว็บไซต์พบว่า การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับตารางเวลาการแข่งขันครบถ้วน ข้อมูลเกี่ยวกับทัวร์นาเมนต์ครบถ้วน ข้อมูลผู้เล่นหรือนักกีฬาครบถ้วน ข้อมูลหรือเมนูของเว็บไซต์หมวดหมู่ชัดเจนเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 4.53 4.43 และ 4.38 ตามลำดับ ส่งผลให้ความพึงพอใจด้านข้อมูลโดยรวมของเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 อยู่ระดับมาก

ตารางที่ 3: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบของเว็บไซต์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	แปลผล
การจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ของเว็บไซต์ สวยงามเหมาะสม	4.53	0.67	มากที่สุด
ขนาดตัวอักษรและสีที่แสดงในหน้าเว็บไซต์เหมาะสม	4.45	0.63	มาก
รูปแบบการแสดงผลบนหน้าจอสวยงามเหมาะสม	4.56	0.65	มากที่สุด
ความหลากหลายของรูปแบบข้อมูลทั้งตัวอักษร ภาพนิ่ง ตารางและกราฟิก	4.63	0.62	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.54	0.64	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินด้านการออกแบบของเว็บไซต์พบว่า การแสดงข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายของรูปแบบข้อมูลทั้งตัวอักษร ภาพนิ่ง ตารางและกราฟิก รูปแบบการแสดงผลบนหน้าจอสวยงามเหมาะสม การจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ของเว็บไซต์สวยงามเหมาะสม ขนาดตัวอักษรและสีที่แสดงในหน้าเว็บไซต์เหมาะสม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 4.56 4.53 และ 4.45 ตามลำดับ ส่งผลให้ความพึงพอใจด้านการออกแบบโดยรวมของเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ระดับมากที่สุด

ตารางที่ 4: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานของเว็บไซต์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	แปลผล
การเชื่อมโยงหน้าเว็บไซต์ต่าง ๆ ถูกต้องเหมาะสม	4.48	0.62	มาก
ความรวดเร็วในการตอบสนองการใช้งาน	4.57	0.67	มากที่สุด
การใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.52	0.67	มากที่สุด
การจัดหมวดหมู่ เมนู เหมาะสม ค้นหาง่าย	4.40	0.62	มาก
การกำหนดสิทธิ์เข้าใช้งานเหมาะสม	4.62	0.63	มากที่สุด
ความรวดเร็วในการแสดงผล	4.65	0.65	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.54	0.64	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินด้านการใช้งานของเว็บไซต์พบว่า ความเร็วในการแสดงผล การกำหนดสิทธิ์เข้าใช้งานเหมาะสม ความรวดเร็วในการตอบสนองการใช้งาน การใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน การเชื่อมโยงหน้าเว็บไซต์ต่าง ๆ ถูกต้องเหมาะสม การจัดหมวดหมู่เมนูเหมาะสมค้นหาง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 4.62 4.57 4.52 4.48 และ 4.40 ตามลำดับ ส่งผลให้ความพึงพอใจด้านการใช้งานโดยรวมของเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ระดับมากที่สุด

สรุป

การพัฒนาเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตโดยใช้ HTML5 PHP JavaScript และ Bootstrap Framework เพื่อให้เว็บไซต์มีรูปแบบการแสดงผลบนหน้าจอแบบ Responsive ทำให้สามารถแสดงผลเว็บไซต์ได้บนทุกอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดหน้าจอที่แตกต่างกันได้สวยงามและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ ศิริพล แสนบุญส่ง (2559) ที่ว่าการพัฒนาเว็บไซต์ให้มีการแสดงผลแบบ Responsive นั้นสามารถรองรับได้ทุกอุปกรณ์เครือข่ายและช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้งาน การประเมินผลการใช้งานเว็บไซต์เกี่ยวกับการบริหารจัดการทัวร์นาเมนต์ พบว่าเว็บไซต์สามารถตอบสนองเกี่ยวกับการบริหารจัดการทัวร์นาเมนต์สำหรับส่วนของผู้จัดได้ครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ ด้วยการสร้างการประเมินคุณภาพโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 อยู่ระดับมาก สอดคล้องกับ ญัฐวรรณ ธรรมวัชรกร (2562) พบว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกแบบออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ ทำให้มีความสะดวกเรียกดูข้อมูลได้รวดเร็ว ทำให้สนับสนุนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเว็บไซต์จำนวน 42 คน พบว่าผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง ส่วนใหญ่เล่นเกมกีฬาในรูปแบบของ Multiplayer Online Battle Arena (MOBA) การประเมินรายด้าน 3 ด้าน คือ ด้านข้อมูลของเว็บไซต์มีความพึงพอใจด้านข้อมูลโดยรวมด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 อยู่ระดับมาก ด้านการออกแบบเว็บไซต์มีความพึงพอใจด้านการออกแบบโดยรวมด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ระดับมาก และด้านการใช้งานเว็บไซต์มีความพึงพอใจโดยรวมด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ระดับมาก ส่งผลให้ความพึงพอใจโดยรวมของเว็บไซต์ทั้ง 3 ด้าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 อยู่ในระดับมาก สรุปได้ว่าเว็บไซต์ศูนย์กลางข้อมูลการแข่งขันกีฬาอีสปอร์ตสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานทั้งผู้จัดทัวร์นาเมนต์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการทัวร์นาเมนต์บนเว็บไซต์สามารถให้ผู้ที่สนใจเข้าสู่ข้อมูลการแข่งขันหรือเข้าร่วมกันแข่งขันผ่านเว็บไซต์ได้ อีกทั้งยังสามารถตอบสนองการใช้งานของบุคคลทั่วไปที่สนใจในกีฬาอีสปอร์ต เพื่อเข้าสู่ข้อมูลหรือเข้าร่วมการแข่งขันผ่านอุปกรณ์สื่อสารรูปแบบต่าง ๆ ได้สะดวกและรวดเร็ว

เอกสารอ้างอิง

ชาญณรงค์ แก้วกระจ่าง. (2555). *การพัฒนาเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวจังหวัดกระบี่*. ปรินญาณิพนธ์ การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ญัฐวรรณ ธรรมวัชรกร. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 18(2), 2651-2289.

ธรรฐ จิรัฐพงษ์. (2561). *e-Sports โอกาสทางธุรกิจที่มีมากกว่าแค่เกม*. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2563, จาก <https://www.scbeic.com/th/detail/product/4860>



- ธนธร วาสกุล. (2562). *อีสปอร์ต: เทรนด์ที่เปลี่ยนเด็กติดเกมสู่อาชีพที่สร้างรายได้*. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2563, จาก <https://bangkokesports.com/บทความแนะนำ/อีสปอร์ต/>
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สุวีริยาสาส์น.
- ศิริพล แสณบุญส่ง. (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.

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด

THE DEVELOPMENT OF WEB APPLICATION FOR LAUNDRY BUSINESS

สิรินธร จิยาศักดิ์

Sirinthorn Cheyasak

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

School of Information Technology and Innovation, Bangkok University

*Corresponding author, E-mail: sirinthorn.c@bu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด แบบ 2 ภาษา 2) ศึกษาคุณภาพของการให้บริการซักอบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น เว็บแอปพลิเคชันนี้สามารถรองรับบริการซักอบรีดแบบออนไลน์ ตรวจสอบราคา ตรวจสอบสถานะ หรือจองคิวล่วงหน้าได้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด โดยใช้เทคนิคแบบ Responsive เพื่อให้สามารถรองรับการแสดงผลบนทุกอุปกรณ์สื่อสาร และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการวิจัยพบว่าคุณภาพของการให้บริการซักอบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชันโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 และความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย จำนวน 30 คน ด้านข้อมูลด้านการออกแบบ และด้านการใช้งาน พบว่าอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งหมด ส่งผลให้ความพึงพอใจต่อเว็บแอปพลิเคชันนี้ อยู่ระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 (SD=0.56)

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน ธุรกิจซักอบรีด การตอบสนอง

ABSTRACT

This research objectives are 1) to develop a bilingual web application for a laundry business 2) to study the quality of laundry service through web application 3) to study a satisfaction towards the developed laundry business web application. This web application can support online laundry service, check laundry prices, track status of laundry process, and reserve a queue in advance. The tools used in this research include the web application for laundry business using responsive technique to be able to support all different communication device platforms and the satisfaction survey on the web application.

The research results found that general quality of laundry online service on the web application had average value of 4.70 which was in highest level. The user satisfactions from 30 research selected samples evaluation included the web application information, design, and effectiveness of web application. All these satisfactions had the highest level resulting in the overall satisfaction towards the web application in highest level with an average value of 4.65 (SD=0.56).

Keywords: Web Application, Laundry Business, Responsive

บทนำ

ธุรกิจการทำความสะอาดเสื้อผ้า เป็นธุรกิจรูปแบบการให้บริการ ประเภท ซัก อบ รีด ซักแห้ง บริการด้านการทำความสะอาดเสื้อผ้าและผ้าทุกชนิด รวมถึงรองเท้าที่มีความสะอาดและรวดเร็วในการให้บริการ ซึ่งในปัจจุบันการให้บริการของร้านยังคงเป็นแบบออฟไลน์ทำให้ประสบปัญหาความไม่สะดวกในการจองคิว การตรวจสอบสถานะของการให้บริการ ข้อมูลเรื่องราคาการให้บริการ ถูกค่าลิ้มเวลา วันที่นัดรับเสื้อผ้า ในบางกรณีลูกค้าไม่สามารถระบุวันที่ต้องมารับเสื้อผ้าได้อย่างชัดเจน และธุรกิจส่วนใหญ่ เปิดให้บริการพื้นที่ใกล้เคียงกับ มหาวิทยาลัย หอพัก คอนโด จึงมีผู้ใช้บริการทั้งคนไทยและคนต่างชาติ รวมถึงคนจีนที่เป็นนักศึกษาจำนวนมาก ทำให้การสื่อสารที่ต้องจะใช้ภาษาค่อนข้างติดขัด

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด เพื่อตอบสนองการทำงานของเจ้าของธุรกิจและผู้รับบริการในการทำรายการซักอบรีด ในรูปแบบออนไลน์ เพื่อเพิ่มความสะดวกรสบายในการดำเนินงานให้กับเจ้าของธุรกิจและลูกค้าได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การทำงานที่เป็นระบบมีขั้นตอนเข้าใจได้ง่ายขึ้น สามารถจองคิวในการเข้ารับบริการซักอบรีด การติดตามหรือตรวจสอบสถานะเมื่อเสื้อผ้าเสร็จสิ้นกระบวนการ ข้อมูลโปรโมชันในแต่ละเดือน ตรวจสอบโปรโมชันคงเหลือ มีระบบสมาชิก จึงทำให้สามารถเก็บข้อมูลผู้ใช้ที่เป็นระบบระเบียบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน รวมถึงเพิ่มภาษาที่ใช้งานให้กับผู้ใช้ได้เลือกใช้

บททวนวรรณกรรม

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลผลงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศแบบออนไลน์ การพัฒนาเว็บไซต์ เพื่อติดตามตรวจสอบเกี่ยวกับสถานะการทำงาน การบริหารจัดการข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางการศึกษาสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ณัฐวรรณ ธรรมวัชรกร, 2562)

การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบสำหรับติดตามงานของงานทุนวิจัยภายนอกแบบออนไลน์ ซึ่งพัฒนาด้วย

ภาษา PHP ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ เพื่อทดแทนการทำงานแบบเดิมที่ต้องใช้แรงงานคน เวลาการติดตาม ค่าใช้จ่ายในการโทรศัพท์ และการส่งเอกสารที่มีความยุ่งยาก จากผลการวิจัยพบว่าระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงาน ทุนวิจัยภายนอกแบบออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริง โดยผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว สามารถตรวจสอบความถูกต้อง ติดตามสถานะของทำงาน ติดตามผลการปฏิบัติงาน การแสดงรายงาน พร้อมสนับสนุนการติดตามงานทุนวิจัยได้รวดเร็วและได้ประสิทธิภาพ



ภาพที่ 1: ระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ที่มา: <http://www.ird.mutt.ac.th/>

ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้บริการ ชัก ออบ รีด ที่ตั้งใน มทร.ธัญบุรี (โสภภาพรรณ ซอหะซัน, 2559)

การวิจัยเพื่อศึกษาเรื่องปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้บริการ ชัก ออบ รีด ที่ตั้งใน มทร.ธัญบุรี ผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมการใช้บริการศูนย์บริการ ชัก ออบ รีด คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธัญบุรี เพราะคุณภาพความสะอาด การจัดส่งเสริมการขาย และความไว้วางใจในการให้บริการ และจากการศึกษาถึงปัจจัยส่วนประสมการตลาดของผู้ใช้บริการศูนย์บริการ ชัก ออบ รีด ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาระดับความสำคัญของปัจจัยส่วนประสมการตลาดแต่ละด้านพบว่าด้านพนักงาน มีผลต่อพฤติกรรมการใช้บริการมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านบริการ ด้านกระบวนการให้บริการ ด้านช่องทางการจัดจำหน่าย ด้านลักษณะทางกายภาพ ด้านราคา และด้านส่งเสริมการตลาด โดยมีกลุ่มประชากรสำหรับวิจัยครั้งนี้จำนวน 48 คน พบว่า เพศ อายุ รายได้ต่อเดือน มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้บริการเกี่ยวกับความถี่ในการใช้บริการต่อเดือนและประเภทที่ให้บริการ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

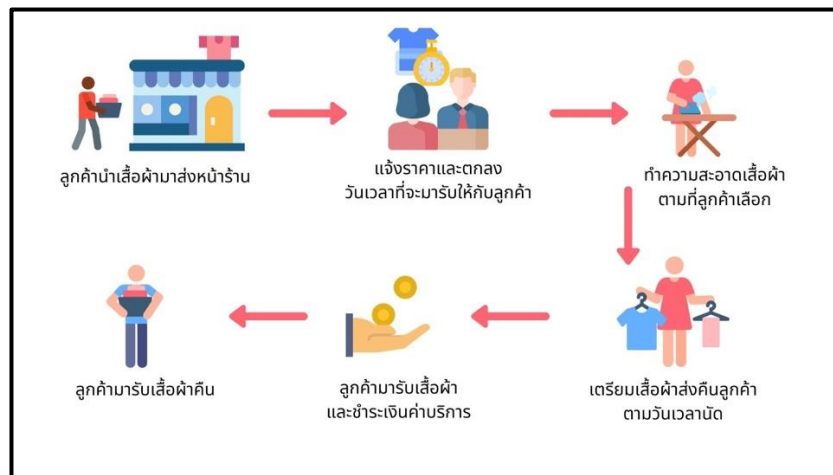
1. เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจชัก ออบ รีด
2. ศึกษาคุณภาพของการให้บริการชักออบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจชัก ออบ รีด

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจโดยการสอบถาม ฝ่าฝืนสังเกตเกี่ยวกับกระบวนการให้บริการการซักอบรีดให้แก่ลูกค้าแต่ละราย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการให้และรับบริการของธุรกิจซัก อบ รีด

จากภาพที่ 1 ขั้นตอนการให้และรับบริการของธุรกิจซัก อบ รีด เริ่มจากลูกค้านำเสื้อผ้าหรือเครื่องนุ่งห่มอื่น ๆ มาส่งที่หน้าร้าน มีการสอบถามและแจ้งราคาพร้อมตกลงเวลาที่จะมารับเมื่อเสร็จกระบวนการ จากนั้นทางร้านนำเสื้อผ้า เครื่องนุ่งห่มอื่น ๆ ไปเข้ากระบวนการตามที่ลูกค้าต้องการ จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนเตรียมเสื้อผ้าส่งคืนให้กับลูกค้าตามวันเวลาดัง ลูกค้ามารับเสื้อผ้าพร้อมชำระเงินค่าบริการ และสุดท้ายลูกค้านำเสื้อผ้ากลับคืน

จากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาที่พบคือ ลูกค้าลิ้มวันที่ เวลารับเสื้อผ้า ตามที่ตกลงกันในการนำผ้ามาส่งครั้งแรก จึงไม่สามารถระบุวันรับได้ชัดเจนทำให้เสื้อผ้าที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดเสร็จสิ้นค้างอยู่ที่ร้านจำนวนมาก และกลุ่มลูกค้ามีความหลากหลายภาษา เนื่องจากธุรกิจร้านซัก อบ รีด ส่วนใหญ่เปิดบริการบริเวณสถาบันศึกษา ทำให้เกิดการสื่อสารติดขัดในเรื่องของภาษาให้เข้าใจและเข้าถึงบริการกับลูกค้า

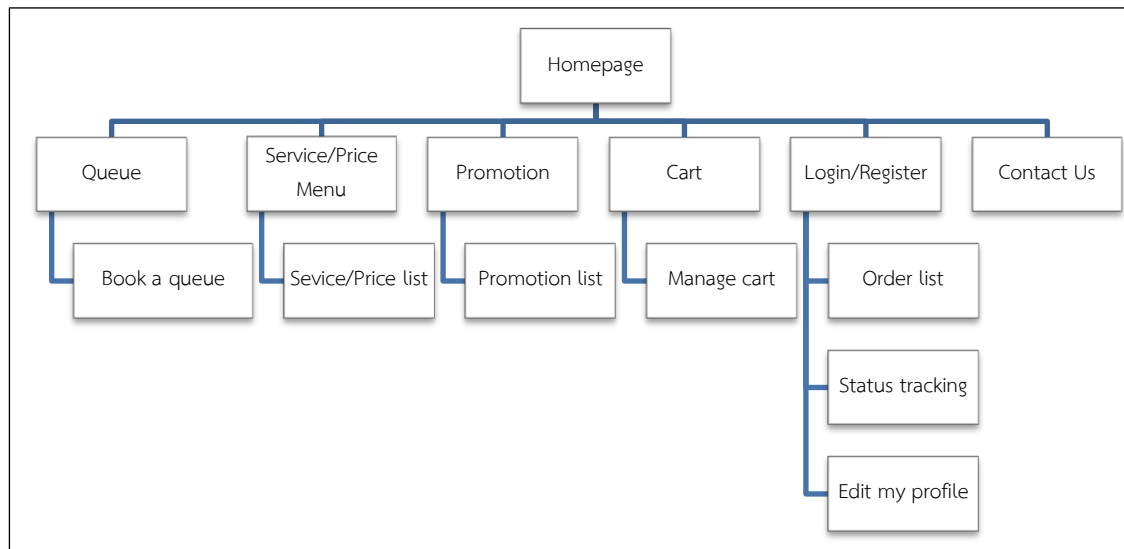
ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ปัญหา จึงทำให้สามารถนำมากำหนดขอบเขตความต้องการสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถรองรับการให้และรับบริการสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1) ส่วนของลูกค้า ประกอบด้วย การจองคิว การแสดงราคาค่าบริการ โปรโมชั่น การส่งผ้าด้วยระบบตะกร้า และการสมัครสมาชิก โดยจะรองรับ 2 ภาษา ได้แก่ ไทย และอังกฤษ สำหรับส่วนที่ 2) ส่วนของเจ้าของร้าน ประกอบด้วย จัดการคิว จัดการบริการซักอบรีด จัดการโปรโมชั่น เรียกดูประวัติลูกค้า ซึ่งทำผ่าน

เว็บแอปพลิเคชัน พร้อมนำเทคนิค Responsive เพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันสามารถรองรับบนอุปกรณ์สื่อสารที่มีขนาดหน้าจอกการแสดงผลที่แตกต่างกันได้

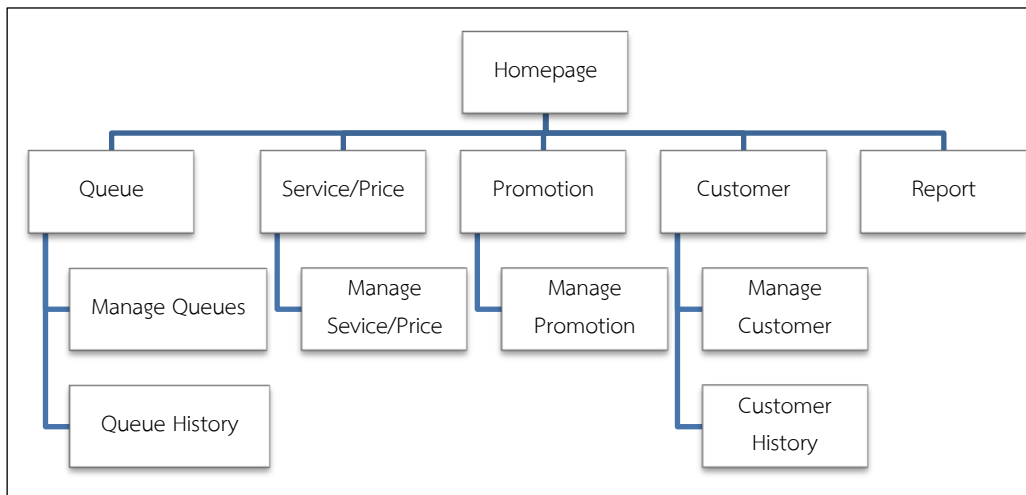
ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาทำให้ได้ทราบขอบเขตการทำงาน นำมาสู่การออกแบบแผนผังโครงสร้างของเว็บแอปพลิเคชัน 2 ส่วน คือ ส่วนของลูกค้า และส่วนของผู้ขายร้าน ดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 3: แผนผังโครงสร้างเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีด (ส่วนของลูกค้า)

จากภาพที่ 3 แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีดในส่วนของลูกค้า ประกอบด้วยหน้าหลักที่ให้ผู้ใช้งานกลุ่มลูกค้าที่ลงทะเบียนเป็นสมาชิกสามารถดำเนินการจองคิวซักผ้า หน้าต่างข้อมูลของบริการและราคาเป็นส่วนที่แสดงรูปภาพบริการ และราคาต่อหน่วยของสินค้า ถัดมาคือหน้าแสดงรายการจัดโปรโมชั่นของร้าน ส่วนของหน้าตะกร้าผ้าเป็นส่วนที่รวมสินค้าที่ผู้ใช้ทำการสั่งซื้อ สุดท้ายหน้าเข้าสู่ระบบจะแสดงชื่อผู้ใช้งานเมื่อได้เข้าสู่ระบบ สามารถตรวจสอบสถานะคิว และหน้าข้อมูลเกี่ยวกับการติดต่อกับร้านซัก อบ รีด คือหน้าที่แสดงข้อมูลช่องทางติดต่อเจ้าของร้าน



ภาพที่ 4: แผนผังโครงสร้างเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีด (ส่วนของผู้ใช้)

จากภาพที่ 4 แสดงแผนผังโครงสร้างเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีดในส่วนของผู้ใช้ ประกอบด้วย หน้าเว็บที่สามารถรับรายการจองคิวที่ฝั่งผู้ใช้หรือลูกค้าส่งร้องขอมา เพื่อให้ฝั่งผู้ดูแลหรือเจ้าของร้านตอบรับรายการคิวหรือยกเลิกรายการคิวสามารถเปลี่ยนสถานะรายการคิวเป็นรับรายการจองคิว หรือยกเลิกรายการจองคิว เมื่อกระบวนการเสร็จสิ้นคิวจะถูกเก็บไว้ที่หน้าประวัติของคิว หากผู้ดูแลต้องการตรวจสอบข้อมูลการจองคิวที่ผ่านมา สามารถเลือกช่วงวันที่ที่ต้องการ ข้อมูลจะถูกแสดงเป็นรายงานตามวันที่เลือกให้ตรวจสอบ ในส่วนหน้าบริการและราคาเป็นหน้าที่ใช้เพิ่ม ลบ แก้ไข รายการสินค้า รวมทั้งหน้าโปรโมชั่นที่สามารถทำงานได้เหมือนหน้าบริการและราคา มีหน้าต่างแสดงรายชื่อสมาชิกที่ลงทะเบียนใช้เว็บแอปพลิเคชัน สุดท้ายหน้าต่างสรุปรายรับที่สามารถเลือกช่วงเวลาของบริการที่มีการสั่งจองกับเว็บแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด โดยผู้วิจัยได้พัฒนาส่วนของ Front-end ด้วยภาษา HTML5 VueJS สำหรับ Back-end พัฒนาด้วย NodeJS และนำ Bulma Framework สำหรับรองรับการทำงานเว็บแอปพลิเคชันแบบ Responsive เพื่อให้เว็บแอปพลิเคชันนี้ให้ตรงตามความต้องการ มีความสวยงาม รองรับบนทุกอุปกรณ์สื่อสารที่แตกต่างกันได้ โดยใช้โปรแกรม Xampp สำหรับการจำลองเว็บเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทดสอบการทำงานของเว็บไซต์ก่อนเผยแพร่จริง

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบเว็บไซต์และประเมินผล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมาขึ้นนี้กับกลุ่มผู้ใช้งานที่ประกอบกิจการธุรกิจซัก อบ รีด จำนวน 3 คน และผู้ใช้ที่เคยใช้บริการทำความสะอาดเสื้อผ้าทั่วไป จำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างได้ทดลองใช้งานเว็บไซต์ และตอบแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์นี้ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน ความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีด และข้อเสนอแนะ

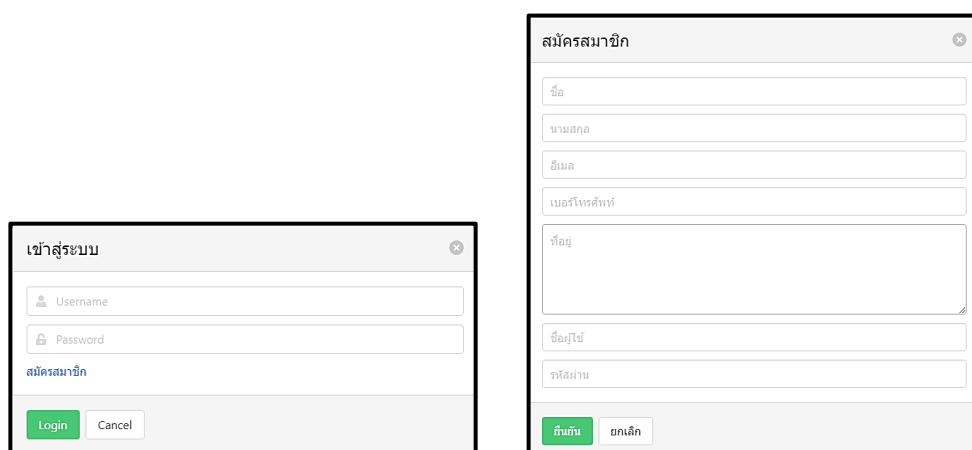
ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเบื้องต้นด้วยค่าเฉลี่ย ร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแปลผลของการประเมินด้วยค่าเฉลี่ยนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ตามมาตรฐานการประเมิน 5 ระดับ (Rating Scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้

- 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

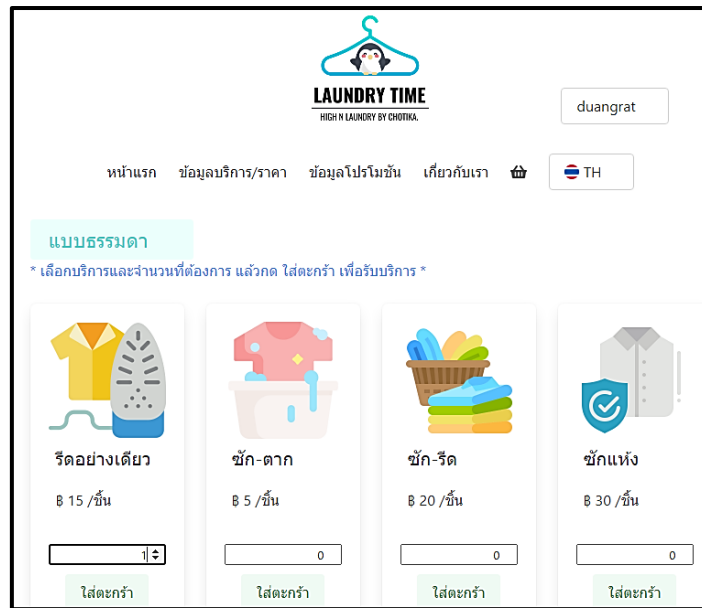
ผลการวิจัยครั้งนี้จำแนกออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีดที่รองรับ 2 ภาษา พร้อมเทคนิค Responsive ส่วนที่ 2 ผลการศึกษาคุณภาพการให้บริการซักอบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด สามารถรองรับสมัครสมาชิก เมื่อเป็นสมาชิกแล้ว จะเข้ารับบริการต่าง ๆ ของทางร้านแบบออนไลน์ ได้แก่ จองคิว การให้บริการซักอบรีด โปรโมชั่นของทางร้าน บนอุปกรณ์สื่อสารที่มีหน้าจอแสดงผลที่มีขนาดแตกต่างกัน ด้วยภาษาไทย จีน หรืออังกฤษ ดังภาพ



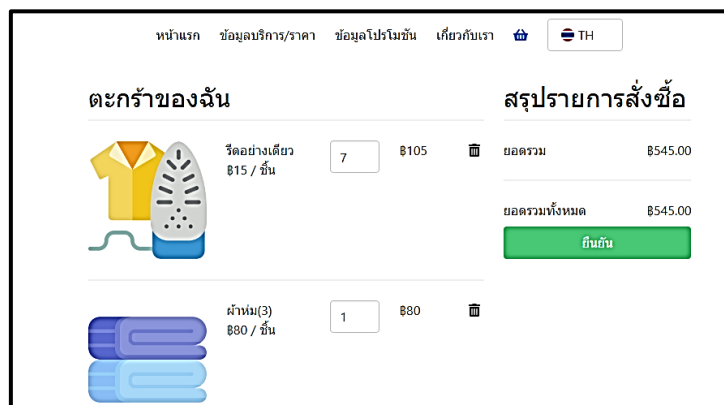
ภาพที่ 5: การเข้าสู่ระบบ/การสมัครสมาชิก

จากภาพที่ 5 แสดงการเข้าสู่ระบบหรือการสมัครสมาชิก ซึ่งในการขอรับบริการซักอบรีดนั้น ลูกค้าจำเป็นต้องเป็นสมาชิกก่อน โดยสามารถสมัครสมาชิกแบบออนไลน์ผ่านอุปกรณ์สื่อสารได้



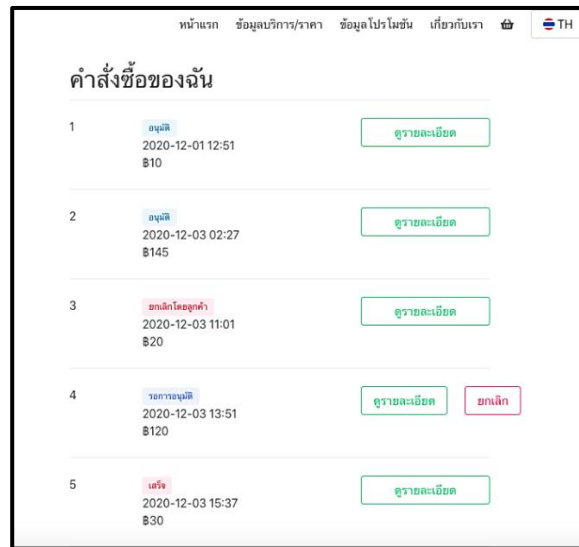
ภาพที่ 6: หน้าเพิ่มรายการขอรับบริการ

จากภาพที่ 6 แสดงหน้าเพิ่มรายการขอรับบริการ เมื่อผู้ใช้เข้าสู่ระบบเรียบร้อยแล้วจะมีชื่อผู้ใช้แสดงที่มุมขวาทางด้านบนบอกถึงอยู่ในบัญชีของชื่อผู้ใช้เรียบร้อยแล้ว ผู้ใช้สามารถเลือกบริการแบบเร่งด่วน หรือแบบธรรมดา ที่มีการบอกหมายเหตุแจ้งให้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างบริการ ผู้ใช้สามารถเลือกจำนวนของสินค้า และคลิกที่ปุ่มใส่ตะกร้า เพื่อเป็นการเพิ่มบริการต่าง ๆ ที่ต้องการ



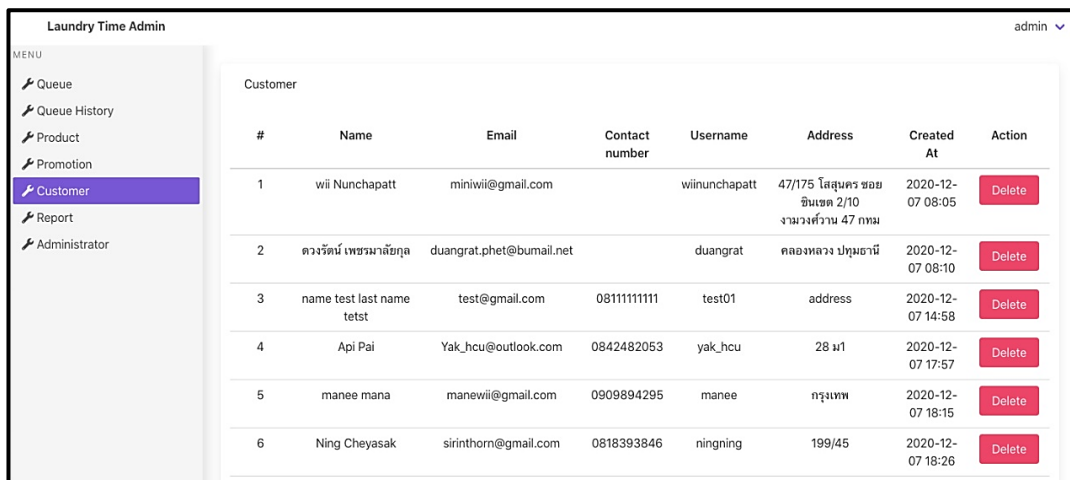
ภาพที่ 7: หน้าแก้ไขการรับบริการ

จากภาพที่ 7 หน้าแก้ไขการรับบริการ จะประกอบด้วย รูปภาพสินค้า ชื่อสินค้า ราคาต่อชิ้น กล่องที่สามารถแก้ไขจำนวนสินค้าชิ้นนั้น กรณีผู้ใช้งานต้องการแก้ไขจำนวนสินค้าในเมนูไอคอนตะกร้าของฉัน หรือไม่ต้องการสินค้าสามารถคลิกไอคอน ถังขยะ เพื่อลบสินค้าชิ้นนั้นได้ ทางด้านขวาจะเป็นสรุปรายการสั่งซื้อทั้งหมด ที่ประกอบด้วยยอดรวมและยอดรวมทั้งหมด เมื่อผู้ใช้แก้ไขรายการเสร็จจึงสั่งให้คลิกปุ่มยืนยัน



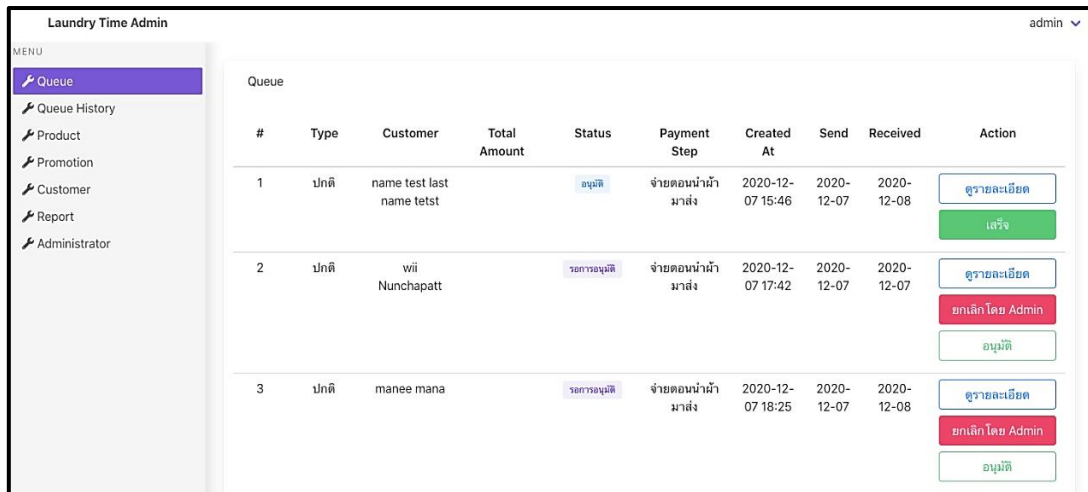
ภาพที่ 8: หน้าแสดงประวัติรายการจองคิว

ภาพที่ 8 หน้าแสดงประวัติรายการจองคิว แสดงวันที่และเวลา ผู้ใช้สามารถตรวจสอบรายละเอียดโดยการคลิกที่ปุ่มดูรายละเอียด เพื่อแสดงข้อมูลสินค้าที่ผู้ใช้ได้ทำการสั่งภายในรายการนั้น รายละเอียดส่วนสรุปประกอบด้วย วันที่-เวลา รูปแบบของบริการ รูปแบบการชำระเงิน แสดงสถานะ ยอดรวมของรายการสินค้าที่สั่งรายการนั้น และตารางรายการสินค้าที่แสดงเป็นรายการ บอกจำนวน ชิ้น ราคา และยอดคงเหลือโปรโมชั่น



ภาพที่ 9: หน้าหลักสำหรับเจ้าของร้านหรือผู้ดูแล (Admin)

ภาพที่ 9 หน้าหลักสำหรับเจ้าของร้านหรือผู้ดูแล ประกอบด้วยเมนูสำหรับการบริหารจัดการข้อมูลหรือเรียกดูรายงาน ได้แก่ การจัดการคิว การจัดการสินค้าหรือบริการ การจัดการโปรโมชั่น การจัดการลูกค้า การเรียกดูรายงาน เป็นต้น



Laundry Time Admin admin

MENU

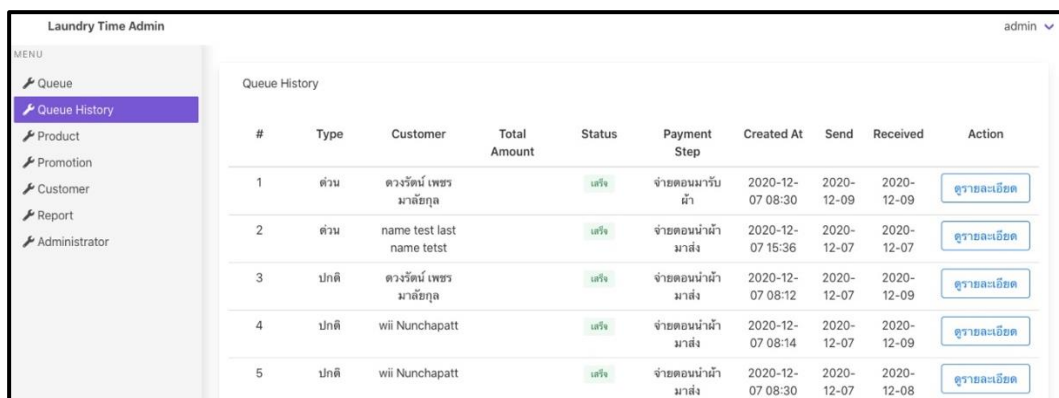
- Queue
- Queue History
- Product
- Promotion
- Customer
- Report
- Administrator

#	Type	Customer	Total Amount	Status	Payment Step	Created At	Send	Received	Action
1	ปกติ	name test last name tetst		อนุมัติ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 15:46	2020-12-07	2020-12-08	ดูรายละเอียด เสร็จ
2	ปกติ	wii Nunchapatt		รอการอนุมัติ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 17:42	2020-12-07	2020-12-07	ดูรายละเอียด ยกเลิกโดย Admin อนุมัติ
3	ปกติ	manee mana		รอการอนุมัติ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 18:25	2020-12-07	2020-12-08	ดูรายละเอียด ยกเลิกโดย Admin อนุมัติ

ภาพที่ 10: หน้าการจัดการคิว

จากภาพที่ 10 หน้าต่างการจัดการรายการคำสั่งคิวทั้งหมดที่อยู่ในหน้า Queue จะประกอบด้วยรายการคิวที่ถูกจัดอันดับความสำคัญ กรณีรายการคิวมีรูปแบบเร่งด่วนจะถูกจัดอันดับให้แสดงอยู่ลำดับแรก ๆ เป็นลำดับต่อกัน (First-Come-First-Served) และต่อด้วยรูปแบบธรรมดา รายการคิวจะแสดงชื่อผู้ใช้ที่ทำคำสั่งจองคิว จำนวน ราคา รูปแบบการชำระเงิน และแสดงวันที่รับ-ส่ง ปุ่มคำสั่งในการจัดการจะสอดคล้องกับสถานะ มีดังต่อไปนี้

- สถานะรออนุมัติ จะแสดงปุ่มให้จัดการคือ ยกเลิกโดย Admin เพื่อยกเลิกรายการจองคิว และปุ่มอนุมัติ เพื่อยืนยันการรับรายการจองคิวนั้น
- สถานะอนุมัติ จะแสดงปุ่มให้จัดการคือ เสร็จ กรณีเมื่อสินค้าผ่านกระบวนการซัก อบ รีด เสร็จสิ้นคลิกจะเป็นการแจ้งให้ลูกค้ามารับสินค้าได้ที่ร้านทันที



Laundry Time Admin admin

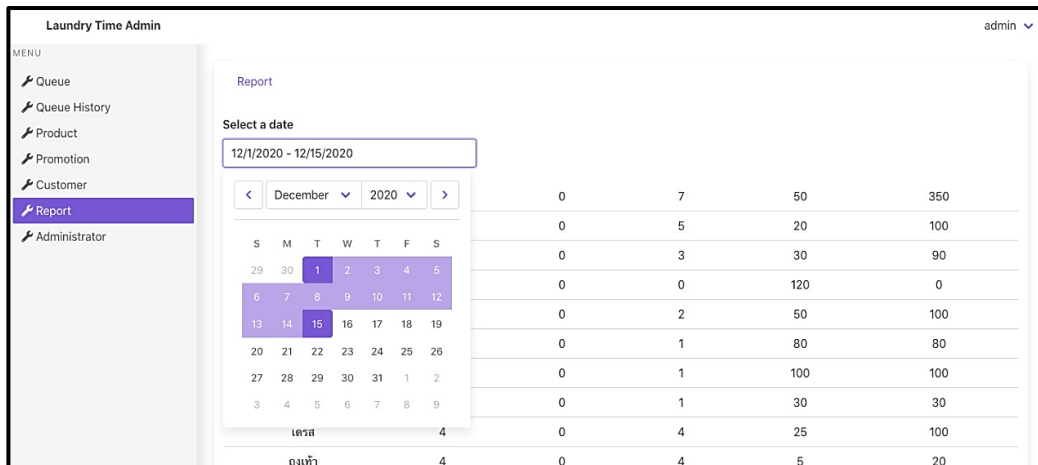
MENU

- Queue
- Queue History
- Product
- Promotion
- Customer
- Report
- Administrator

#	Type	Customer	Total Amount	Status	Payment Step	Created At	Send	Received	Action
1	ด่วน	ดวงรัตน์ เพชรมาลัยกุล		เสร็จ	จ่ายตอนมารับผ้า	2020-12-07 08:30	2020-12-09	2020-12-09	ดูรายละเอียด
2	ด่วน	name test last name tetst		เสร็จ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 15:36	2020-12-07	2020-12-07	ดูรายละเอียด
3	ปกติ	ดวงรัตน์ เพชรมาลัยกุล		เสร็จ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 08:12	2020-12-07	2020-12-09	ดูรายละเอียด
4	ปกติ	wii Nunchapatt		เสร็จ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 08:14	2020-12-07	2020-12-09	ดูรายละเอียด
5	ปกติ	wii Nunchapatt		เสร็จ	จ่ายตอนนำผ้ามาส่ง	2020-12-07 08:30	2020-12-07	2020-12-08	ดูรายละเอียด

ภาพที่ 11: หน้าแสดงประวัติรายการคิว

จากภาพที่ 11 หน้าแสดงประวัติรายการคิว เมื่อร้านให้บริการครบกระบวนการแล้ว ผู้ดูแลจะคลิกปุ่มเสร็จสิ้นในหน้าจัดการรายการคิวเพื่อเปลี่ยนสถานะจากอนุมัติเป็นสถานะเสร็จสิ้นของสมาชิกรายบุคคล ให้มารับผ้าตามกำหนดวันนัดรับ



ภาพที่ 12: หน้าแสดงรายงาน

จากภาพที่ 12 หน้าแสดงรายงาน แสดงสรุปรายรับที่ผู้ดูแลสามารถเลือกช่วงเวลาเริ่ม สิ้นสุด เพื่อแสดงข้อมูลสรุปยอดรายรับรวมทั้งหมดที่ถูกจองคิวผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ข้อมูลประกอบด้วยชื่อสินค้า จำนวน ราคาต่อชิ้น ราคารวม

ส่วนที่ 2 การศึกษาคุณภาพของการให้บริการช้กอบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพของการให้บริการออนไลน์บนเว็บแอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีดที่พัฒนาขึ้น จากเจ้าของร้าน จำนวน 5 คน โดยให้เจ้าของร้านลองใช้แล้วทำการสัมภาษณ์เกี่ยวกับการใช้งานเพื่อสรุปผล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ผลประเมินคุณภาพการให้บริการช้กอบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	แปลผล
การจัดการคิว	4.60	มากที่สุด
การจัดการเกี่ยวกับการรับบริการของลูกค้า	4.80	มากที่สุด
การจัดการข้อมูล รายการสินค้า/บริการ ลูกค้า และโปรโมชั่น	4.60	มากที่สุด
การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.80	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.70	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลประเมินคุณภาพการให้บริการช้กอบรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าการจัดการเกี่ยวกับการรับบริการของลูกค้า การใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน การจัดการคิว และการจัดการข้อมูล รายการสินค้า/บริการ ข้อมูลลูกค้า และข้อมูลโปรโมชั่น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 4.80 4.60 และ 4.60 ตามลำดับ ส่งผลให้การประเมินคุณภาพโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.70 ประเมินอยู่ระดับมาก และจากผลสัมภาษณ์การทำงานพบว่า “สามารถใช้งานเองทั้งหมดได้ ถ้าเป็นภาษาไทยทั้งหมด การใช้งานง่ายเข้าใจการทำงานเพราะการทำงานขั้นตอนหลัก ๆ ของทางร้านปรกติก็แบบนี้ แต่เดิมต้องจดข้อมูลต่าง ๆ ของลูกค้าเอาเอง เช่น ชื่อคุณ

อะไร ส่งวันไหน ชักริต หรือรืดอย่างเดียว จะมารับวันไหน ส่งกี่ชิ้น ทั้งหมดเท่าไร จ่ายเงินหรือยัง เวลาลูกค้าส่วนใหญ่เอาผ้ามาส่งก็ไม่ได้จำว่าตัวเองเอาผ้ามาส่งกี่ชิ้น มักจะถามยาม้าว่า ครั้งที่แล้วเอามาส่งกี่ชิ้น โปรโมชั่น เหลือกี่ชิ้น เป็นความเชื่อใจของลูกค้าที่ให้กับทางร้าน ทางร้านเลยต้องจดข้อมูลเหล่านี้ของลูกค้าไว้ ทุกครั้งในการรับบริการ เว็บไซต์แอปพลิเคชันนี้ช่วยตอบสนองการใช้งานดีมากขึ้น ทำให้ทำงานได้เร็วขึ้นประหยัดเวลา และลดขั้นตอนการทำงานของทางร้านลง จากที่ตัวเองต้องคอยส่งให้ลูกค้าแต่ละคนเอง ให้ลูกค้าเป็นฝ่ายจัดการข้อมูลของตัวเองแทน ทางร้านสามารถกดรับออเดอร์ตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชัน ฟังก์ชันการทำงานในฝั่งผู้ดูแลหรือเจ้าของร้าน ตรงกับการทำงานจริงทั้งหมด มีเพิ่มขึ้น คือ กระบวนการทำงานมีความเป็นสัดส่วนเป็นระเบียบมากขึ้น”

ส่วนที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บไซต์แอปพลิเคชันธุรกิจซัก อบ รีด

เมื่อนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานด้วยแบบประเมินความพึงพอใจจำนวน 30 คน พบว่าผู้ตอบแบบประเมินเป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 75 และเพศชายร้อยละ 25 โดยมีผลการประเมินความพึงพอใจแบ่งเป็นรายด้านได้แก่ ด้านข้อมูล ด้านการออกแบบ และด้านการใช้บริการผ่านเว็บไซต์แอปพลิเคชัน ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ

ตารางที่ 2: ผลการประเมินความพึงพอใจด้านข้อมูลของเว็บไซต์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	แปลผล
ข้อมูลรายละเอียดสินค้า/บริการ ครบถ้วน	4.63	0.49	มากที่สุด
ข้อมูลรายละเอียดโปรโมชั่น ครบถ้วน	4.60	0.62	มากที่สุด
มีประเภทของการรับบริการตรงกับที่ต้องการ (เช่น ชักริต, ซักแห้ง)	4.77	0.43	มากที่สุด
ภาษาที่สามารถสื่อความให้เข้าใจได้ถูกต้อง	4.70	0.53	มากที่สุด
ข้อมูลเกี่ยวกับการจองคิว ครบถ้วน	4.60	0.67	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.66	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินด้านข้อมูลของเว็บไซต์แอปพลิเคชันพบว่า ผลประเมินโดยรวมด้านข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาพบว่ารายการประเมินที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ มีประเภทของการรับบริการตรงกับที่ต้องการ (เช่น ชักริต, ซักแห้ง) มีคะแนนเฉลี่ย 4.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 โดยสาเหตุที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด เพราะมีประเภทของบริการที่หลากหลายตรงความต้องการพื้นฐานของบริการซักอบรีด

ตารางที่ 3: ผลประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบของเว็บแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	แปลผล
ตัวอักษรมีขนาดเหมาะสมกับหน้าจอและง่ายต่อการอ่าน	4.70	0.45	มากที่สุด
สีของตัวอักษรและพื้นหลังเหมาะสมมีความชัดเจน	4.63	0.56	มากที่สุด
รูปภาพที่ใช้ประกอบมีขนาดเหมาะสมกับหน้าจอ มีความชัดเจน	4.73	0.53	มากที่สุด
การจัดวางองค์ประกอบแต่ละส่วนในหน้าจอมีความเหมาะสม	4.57	0.57	มากที่สุด
วิธีการนำเสนอข้อมูลใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.63	0.49	มากที่สุด
เว็บแอปพลิเคชันมีการออกแบบที่สวยงาม ทันสมัย	4.67	0.71	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.66	0.55	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 ผลประเมินด้านการออกแบบของเว็บแอปพลิเคชันพบว่า ผลประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบโดยรวมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาพบว่าหัวข้อที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยมากที่สุดด้านการออกแบบคือ รูปภาพที่ใช้ประกอบมีขนาดเหมาะสมกับหน้าจอ มีความชัดเจน มีคะแนนเฉลี่ย 4.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.53 โดยสาเหตุที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด เพราะรูปภาพที่ใช้ประกอบมีขนาดเหมาะสมกับหน้าจอ มีความชัดเจน สื่อสารได้ตรงความหมาย

ตารางที่ 4: ผลประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชัน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	S.D.	แปลผล
ความถูกต้องในการเชื่อมโยงแต่ละหน้า	4.57	0.63	มากที่สุด
ฟังก์ชันการทำงานซับซ้อน ใช้งานง่าย	4.63	0.67	มากที่สุด
สามารถตอบสนองการขอรับบริการได้สะดวก รวดเร็ว	4.70	0.48	มากที่สุด
แอปพลิเคชันใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.57	0.49	มากที่สุด
ความรวดเร็วในการแสดงผล	4.65	0.63	มากที่สุด
ผลการประเมินโดยรวม	4.62	0.58	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผลประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชันพบว่า มีความพึงพอใจโดยรวมต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน ด้วยคะแนนเฉลี่ย 4.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 อยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาพบว่าหัวข้อที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ สามารถตอบสนองการขอรับบริการได้สะดวก รวดเร็ว มีคะแนนเฉลี่ย 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 โดยสาเหตุที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุด เพราะลูกค้าหรือผู้ใช้สามารถขอรับบริการแบบออนไลน์ผ่านอุปกรณ์มือถือ ได้สะดวกรวดเร็วทำให้ตอบสนองความต้องการในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน

สรุป

เว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีดแบบ 2 ภาษา มีฟังก์ชันงานครบถ้วน สามารถตอบสนองความต้องการทั้งในส่วนของลูกค้าและส่วนของธุรกิจ ทำให้สะดวกและรวดเร็วในการให้หรือรับบริการแบบออนไลน์ โดยแบ่งผลสรุปเป็น 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1) ลูกค้า ประกอบด้วย การจองคิวสำหรับผู้ใช้งานที่ลงทะเบียนเป็นสมาชิก การจัดการข้อมูลรายละเอียดบัญชีของผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิก การแสดงสถานะของรายการที่เกิดการจองคิว การตรวจสอบโปรโมชั่น ส่งผลให้ผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อเว็บแอปพลิเคชันสำหรับธุรกิจซัก อบ รีด อยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.56

ส่วนที่ 2) เจ้าของธุรกิจ ผลการประเมินคุณภาพการใช้งานพบว่าการจัดการรายการจองคิว การจัดการเนื้อหาบริการ การจัดการเนื้อหาการโปรโมชั่นการจัดข้อมูลลูกค้า และการสรุปรายงานเลือกตามช่วงเวลา ส่งผลให้การบริการซักรีดผ่านเว็บแอปพลิเคชันมีความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น สอดคล้องกับฉันทรรณ ธรรมวัชรกร (2562) พบว่า การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกแบบออนไลน์ ผ่านเว็บแอปพลิเคชันทำให้มีความสะดวก ในการตรวจสอบข้อมูล ติดตามสถานการณ์ทำงาน เรียกดูข้อมูลได้รวดเร็ว มีผลทำให้การทำงาน การจัดการข้อมูลการให้บริการมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาพฤติกรรมของผู้เข้ารับบริการซักรีด โสภภาพรณ ซอหะซัน (2559) เพื่อหาส่วนประสมของปัจจัยที่มีผลต่อการรับบริการธุรกิจซัก อบ รีด พบว่าปัจจัยที่มีผลประกอบด้วย ปัจจัยด้านกระบวนการให้บริการ และช่องทางการให้บริการ หากมีกระบวนการและช่องทางที่สะดวก รวดเร็ว เข้าถึงง่าย ส่งผลให้จำนวนการใช้บริการมากขึ้นด้วย

เอกสารอ้างอิง

- ฉันทรรณ ธรรมวัชรกร. (2562). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 18(2), 63-70.
- เบญจวรรณ มงคลชาติ. (2554). การศึกษาความพึงพอใจที่มีผลต่อการใช้บริการร้านซักรีดของประชาชนจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิทยาลัยนครราชสีมา*, 5, 9-16.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สุวีริยาสาส์น.
- ระวีพรรณ ฉิ่นไพศาล. (2561). *การศึกษาส่วนประสมทางการตลาดที่มีความสัมพันธ์ต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการร้านซักรีด: กรณีศึกษาผู้ใช้บริการในเขตตำบลเสาธงหิน จังหวัดนนทบุรี*. ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- โสภภาพรณ ซอหะซัน. (2559). *ปัจจัยส่วนประสมการตลาดที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการใช้บริการ ซัก อบ รีด ที่ตั้งใน มทร.ธัญบุรี*. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย



เทคโนโลยีราชภัฏธนบุรี. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2563, จาก <http://www.repository.rmutt.ac.th/dspace/>

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

Jeremy T. (2020). *Bulma is A Free, Open Source CSS framework*. Retrieved February 20, 2020, from <https://bulma.io/documentation/overview/start/>

การลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุง กรณีศึกษาบริษัทผลิตเบาะรถยนต์
REDUCING INVENTORY HOLDING COST OF THE MAINTENANCE SPARE PARTS
A CASE STUDY OF AUTOMOTIVE SEAT COMPANY

สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์
Sukonthip Permsin

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุง ในโรงงานผลิตเบาะรถยนต์แห่งหนึ่ง โดยอะไหล่ซ่อมบำรุงบางชนิดมีการจัดเก็บไว้มากเกินความจำเป็น ส่งผลให้เกิดต้นทุนจัดเก็บสินค้าคงคลังที่สูง และอะไหล่ซ่อมบำรุงบางชนิดจัดเก็บไว้มากเกินไปพอต่อความต้องการ ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนเมื่อต้องการใช้งาน

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการวิเคราะห์ ABC มาใช้ในการจัดกลุ่มอะไหล่ซ่อมบำรุงตามมูลค่าสินค้าคงคลัง โดยกำหนดระยะเวลาในการทบทวนอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม จากอะไหล่ซ่อมบำรุงทั้งหมด 494 รายการ จะได้อะไหล่กลุ่ม A จำนวน 57 รายการ มีมูลค่า 69.8% อะไหล่กลุ่ม B จำนวน 123 รายการ มีมูลค่า 20.2% และอะไหล่กลุ่ม C มีจำนวน 314 รายการ มีมูลค่า 10.0% เพื่อให้การควบคุมสินค้าคงคลังมีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงกำหนดระดับสินค้าคงคลังสำรอง กำหนดจุดสั่งซื้อใหม่ และกำหนดระดับสูงสุด-ต่ำสุดของการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม ผลจากการดำเนินการสามารถลดมูลค่าการจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงจากเดิม 15,851,331 บาท เหลือเพียง 8,239,090 บาท หรือลดลงได้ 7,612,241 บาท

คำสำคัญ: สินค้าคงคลังสำรอง การวิเคราะห์ ABC จุดสั่งซื้อใหม่ ระดับสูงสุด-ต่ำสุด

ABSTRACT

This purpose of this research is to reduce the inventory holding cost in the automotive seat company. Some of maintenance spare parts was storage more than necessary, resulting in high inventory holding costs and some maintenance spare parts are not stored enough to meet the demand, resulting in a shortage when needed.

This research applied the ABC analysis to classify the maintenance spare parts by inventory value. By determine the period of time to review maintenance parts for each group. The classification of 494 maintenance spare parts; group A had 57 items valued at 69.8%, group B had 123 items, valued at 20.2%, and group C had 314 items valued at 10.0%. To make inventory control more efficient therefore set the safety stock, re-order point and the maximum - minimum level of stock for each group. The result of using the proposed method shows that the inventory holding cost of maintenance spare parts is reduced from 15,851,331 baht to 8,239,090 baht or a decrease of 7,612,241 baht.

Keywords: Safety Stock, ABC Analysis, Re-Order Point, Min-Max Stock

บทนำ

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจผลิตเบาะรถยนต์ ซึ่งหนึ่งในปัจจัยที่จะช่วยสนับสนุนกระบวนการผลิตของบริษัทให้มีความต่อเนื่องและมีคุณภาพ คือการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่อยู่ในสายการผลิตให้มีความพร้อมใช้งานเสมอ มีความพร้อมของเครื่องมืออุปกรณ์และอะไหล่ที่ใช้ในการซ่อมบำรุง โดยต้องมีการจัดเก็บสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ให้เพียงพอต่อการใช้งานเพื่อป้องกันการขาดสต็อก แต่ในขณะเดียวกันหากมีการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุงที่มากเกินไปจนความจำเป็นต่อการใช้งานย่อมทำให้บริษัทมีต้นทุนสินค้าคงคลังที่สูงขึ้น

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุงของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งมีการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุงจำนวน 494 รายการ เช่น อะไหล่ Cylinder อะไหล่ Battery PLC และ อะไหล่ Sensor มีมูลค่าคงคลังเฉลี่ยรวม 15,851,331 บาท ข้อมูลการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละรายการมีมูลค่าและจำนวนจัดเก็บที่ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยอะไหล่ซ่อมบำรุงบางรายการมียอดจัดเก็บที่สูงและไม่มีการเบิกใช้ ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 ส่งผลให้เกิดต้นทุนจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงที่สูง ส่วนอะไหล่ซ่อมบำรุงบางรายการกลับไม่มีการเก็บสต็อก ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2 ส่งผลเมื่อเครื่องจักรขัดข้องจะไม่มีอะไหล่ซ่อมบำรุงไว้ใช้ทดแทน ทำให้การผลิตหยุดชะงัก และต้องสั่งซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงรายการนั้นอย่างเร่งด่วน ดังนั้นหากสามารถควบคุมระดับสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุงได้อย่างเหมาะสม จะช่วยลดปัญหาการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุงมากเกินไปจนความจำเป็นทำให้ต้นทุนของบริษัทลดลงได้ และลดปัญหาการขาดแคลนอะไหล่ซ่อมบำรุง งานวิจัยนี้จึงดำเนินการควบคุมระดับสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ ABC เพื่อจัดแบ่งกลุ่มของอะไหล่ซ่อมบำรุงตามมูลค่าสินค้าคงคลัง และกำหนดระยะเวลาในการทบทวนอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่มให้มีความเหมาะสม กำหนดระดับสินค้าคงคลังสำรอง กำหนดจุดสั่งซื้อใหม่ เพื่อป้องกันอะไหล่ซ่อมบำรุงขาดแคลน และกำหนดระดับสูงสุด-ต่ำสุดของการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุง เพื่อลดการจัดเก็บที่มากเกินไปจนความจำเป็น

ตารางที่ 1: ตัวอย่างรายการอะไหล่ซ่อมบำรุงที่ไม่มีการเบิกใช้

รายการอะไหล่	รุ่น	ราคาต่อหน่วย (บาท)	คงเหลือ (ชิ้น)	มูลค่าคงคลังรวม (บาท)
JOINT CHAIN	C019	6,556	30	196,680
METER EOL	GDM397	3,315	8	26,520
Battery PLC	CJ1W	700	16	11,200
Remote Terminal	GT11	6,482	7	45,374
Cylinder	MDB1	4,972	9	44,752
รวม				324,526

ตารางที่ 2: ตัวอย่างรายการอะไหล่ซ่อมบำรุงที่ไม่มีการเก็บสต็อก

รายการอะไหล่	รุ่น	ราคาต่อหน่วย (บาท)	คงเหลือ (ชิ้น)	มูลค่าคงคลังรวม (บาท)
POWER SUPPLY	S8JX	7,643	0	0
Relay 24VDC	LY2N	241	0	0
Cylinder	MDB1	3,789	0	0
Capacitive sensor	BCS00	4,300	0	0
Square Drive Sockets	41475	408	0	0
Push Button Switch	BW33	31.5	0	0
รวม				0

บททวนวรรณกรรม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบริหารสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ เช่น งานวิจัยของศิริกานดา คำภูษา (2559) ได้ลดต้นทุนการจัดเก็บอะไหล่คงคลังของรถจักรยานยนต์ ด้วยเทคนิควิเคราะห์ ABC โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากมูลค่าของอะไหล่คงเหลือต่อปีในการแบ่งกลุ่ม จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด และจุดสั่งซื้อใหม่ สุพรรณ ทองเพชร (2554) ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการอะไหล่คงคลัง แบ่งกลุ่มอะไหล่โดยใช้การวิเคราะห์ ABC โดยใช้เกณฑ์มูลค่าการเบิกใช้ต่อปีในการแบ่งกลุ่ม จากนั้นวิเคราะห์นโยบายควบคุมอะไหล่คงคลัง สำหรับกลุ่ม A มีนโยบายการควบคุมจุดสั่งซื้อและระดับการสั่งซื้อ ส่วนอะไหล่กลุ่ม B และ C มีนโยบายควบคุมจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ จิรายุทธ คิ้วเที่ยง (2551) ได้จัดแบ่งกลุ่มของอะไหล่ซ่อมบำรุง ด้วยเทคนิควิเคราะห์ ABC โดยใช้เกณฑ์มูลค่าการเบิกใช้ต่อปีในการแบ่งกลุ่ม และใช้ทฤษฎีการพยากรณ์การสำรองอะไหล่เพื่อการคำนวณหาปริมาณการสั่งซื้อและหาจุดสั่งซื้อใหม่ เพื่อให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการจัดการอะไหล่ซ่อมบำรุงต่ำที่สุด

ปริญญา จันทร์วิจิ และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ (2556) ได้จัดกลุ่มความสำคัญของอะไหล่โดยใช้การวิเคราะห์ ABC โดยพิจารณาความเคลื่อนไหวและวิเคราะห์ความสำคัญของอะไหล่ จากนั้นคัดแยกกลุ่มอะไหล่ที่ไม่มีความจำเป็นร่วมกับการวิเคราะห์ดัชนีต้นทุน เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการจัดเก็บอะไหล่

กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ และคณะ (2556) ได้ทำการจัดแบ่งกลุ่มของอะไหล่ซ่อมบำรุง ด้วยเทคนิควิเคราะห์ ABC โดยใช้เกณฑ์ปริมาณการใช้งาน ร่วมกับเทคนิค VED โดยใช้เกณฑ์ค่าความวิกฤติในการซ่อมบำรุงในการแบ่งกลุ่ม แบ่งประเภทของอะไหล่ได้เป็น 6 กลุ่ม จากนั้นจึงคำนวณปริมาณการจัดเก็บสูงสุด-ต่ำสุด และกำหนดสินค้าคงคลังสำรอง

กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ และกุลวุฒิ โตรอด (2563) ได้จัดแบ่งกลุ่มของอะไหล่ซ่อมบำรุง ด้วยเทคนิควิเคราะห์ ABC โดยใช้เกณฑ์มูลค่ารวมของการเบิกใช้ ร่วมกับเทคนิค VED โดยใช้เกณฑ์ค่าความวิกฤติในการซ่อมบำรุงในการแบ่งกลุ่ม จากนั้นจึงกำหนดปริมาณการสั่งซื้อแบบสูงสุด-ต่ำสุด เพื่อให้ต้นทุนรวมในการถือครองสินค้าคงคลังลดลง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อควบคุมระดับสินค้าคงคลัง
2. เพื่อลดต้นทุนจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การวิเคราะห์ ABC (ABC Analysis)

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2552) การวิเคราะห์ ABC คือวิธีการแยกประเภทพัสดุคงคลังตามมูลค่าการใช้พัสดุคงคลังที่หมุนเวียนในรอบปี เนื่องจากในคลังสินค้ามักมีพัสดุคงคลังหลากหลายประเภท ยิ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมจะยังมีพัสดุคงคลังอยู่เป็นจำนวนมาก แต่มักจะมีพัสดุไม่กี่ประเภทที่มีมูลค่าสูงและอยู่ในการควบคุมอย่างใกล้ชิด หลักเกณฑ์ในการแบ่งประเภทพัสดุคงคลังสรุปได้ดังนี้

กลุ่ม A มีปริมาณไม่มาก แต่ละชิ้นมีมูลค่าสูง กลุ่มนี้จะต้องดูแลอย่างเข้มงวด โดยพัสดุคงคลังจะต้องมีระดับต่ำ ต้องการการพยากรณ์ที่แม่นยำและการเก็บข้อมูลที่ละเอียด เพราะถ้าเกิดความผิดพลาด เช่น วัสดุเสื่อมสภาพ หรือสูญหาย ก็จะเป็นค่าใช้จ่ายอย่างมากของโรงงาน

กลุ่ม B มีปริมาณปานกลาง และแต่ละชิ้นมีมูลค่าไม่สูงมากนัก การควบคุมดูแลพัสดุก็จะต้องมีการควบคุมดูแลตามปกติ

กลุ่ม C มีปริมาณมากที่สุด ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุสิ้นเปลืองที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำ ซึ่งถ้าหากมีการสูญหายไปบ้าง ก็ไม่ได้เกิดผลกระทบอะไรกับทางโรงงาน ในการจัดเก็บหรือการดูแลจึงจะมีการตรวจสอบเป็นบางครั้ง

การวิเคราะห์ ABC ก็เพื่อแยกระดับการดูแลและควบคุมพัสดุ โดยพัสดุที่มีมูลค่าสูงก็จะต้องได้รับการดูแลควบคุมอย่างเข้มงวด ดังนั้นพัสดุในกลุ่ม A จะต้องได้รับการดูแลและควบคุมอย่างเข้มงวด ส่วนพัสดุในกลุ่ม B และ C การดูแลควบคุมก็จะยืดหยุ่นได้มากขึ้น ลำดับแรกของการวิเคราะห์ ABC ก็คือการแยกประเภทของพัสดุคงคลังทั้งหมดออกเป็นแต่ละรายการ และหามูลค่าของสินค้าแต่ละรายการ เพื่อเรียงลำดับมูลค่าจาก

มากไปหาน้อย โดยจัดให้กลุ่ม A เท่ากับ 60-80% แรก กลุ่ม B เท่ากับ 15-25% ต่อมา และกลุ่ม C เท่ากับ 5-10% ที่เหลือ

2. ระบบจุดสั่งซื้อใหม่ (Re-order Point)

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2552) ระบบจุดสั่งซื้อใหม่ แบ่งเป็นระบบย่อยอีก 2 ระบบ คือ

2.1 ระบบปริมาณการสั่งคงที่

ระบบนี้จะทำการออกใบสั่งเมื่อพัสดุคงคลังลดลงมาถึงระดับที่กำหนดไว้ ด้วยปริมาณคงที่เท่ากันทุกครั้งที่ทำการออกใบสั่ง เมื่อได้รับพัสดุดังใหม่ที่สั่งไปแล้ว ก็จะนำเข้าแทนที่พัสดุคงคลังเดิมด้วยขนาดการสั่งที่คงที่ แต่รอบการสั่งจะไม่แน่นอนขึ้นกับว่าอัตราการใช้นั้นจะน้อยหรือมาก ในระบบปริมาณการสั่งคงที่การบันทึกการเคลื่อนไหวของรายการพัสดุคงคลังจะเป็นแบบต่อเนื่อง คือจะทำทุกครั้งที่ได้รับพัสดุเพิ่มหรือนำออกจากคลัง ในทางปฏิบัติการบันทึกหรือทบทวนจะทำค่อนข้างถี่และมักจะเป็นแบบต่อเนื่อง ทำให้สามารถหาปริมาณพัสดุคงคลังในเวลาใดๆ ได้

ในระบบนี้จะต้องหาจุดสั่งซื้อใหม่ หรือจุดที่บ่งบอกว่าถึงเวลาที่จะต้องสั่งซื้อวัสดุเพื่อมาทดแทนวัสดุที่ใช้หมดไป โดยมีสินค้าคงคลังสำรองเป็นสินค้าคงคลังที่ต้องสำรองไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงสินค้าขาดแคลน โดยจุดสั่งซื้อใหม่หรือระดับสินค้าคงคลังต่ำสุด มีสูตรคำนวณดังแสดงในสมการที่ 1

$$ROP = (\bar{d} \times \overline{LT}) + ss \quad (1)$$

เมื่อ	\bar{d}	คือ ความต้องการใช้เฉลี่ย
	\overline{LT}	คือ เวลารนำโดยเฉลี่ย
	ss	คือ สินค้าคงคลังสำรอง

2.2 ระบบรอบเวลาสั่งคงที่

ระบบรอบเวลาสั่งคงที่มีความแตกต่างจากระบบปริมาณการสั่งคงที่ คือ เวลาออกใบสั่งจะไม่ดูจากระดับพัสดุคงเหลือ แต่จะกำหนดด้วยรอบเวลาซึ่งได้กำหนดไว้คงที่ เช่น ทุกเดือน หรือทุกครึ่งเดือน ปริมาณการสั่งแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน แปรเปลี่ยนไปในแต่ละรอบ ขึ้นอยู่กับระดับพัสดุคงคลังที่เหลืออยู่ ณ จุดที่ออกใบสั่ง โดยจะทำการสั่งให้มีระดับพัสดุคงคลังกลับขึ้นไปเท่ากับระดับสูงสุดที่กำหนดไว้ ในระบบรอบเวลาสั่งคงที่ ในระบบนี้การทบทวนระดับพัสดุคงคลังไม่จำเป็นต้องเฝ้าติดตามตลอดเวลา เนื่องจากได้มีการกำหนดรอบเวลาในการทบทวนไว้แล้ว ดังนั้นการทบทวนจะเริ่มขึ้นเมื่อถึงรอบเวลาการสั่งในครั้งต่อไป

นอกจากนี้ ยังมีการควบคุมพัสดุคงคลังระบบผสมหลาย ๆ ระบบ ที่พัฒนาขึ้นจากการนำคุณลักษณะบางประการของระบบปริมาณการสั่งคงที่ และระบบรอบเวลาการสั่งคงที่มาผสมกัน เช่น ระบบผสมการทบทวนจุดสั่ง-รอบเวลาสั่ง ในระบบนี้ถ้าระดับสินค้าคงคลังลดลงมาถึงจุดสั่งซื้อก่อนที่จะถึงรอบทบทวนสต็อกก็จะทำการออกใบสั่งซื้อ ด้วยขนาดรุ่นที่จะทำให้ระดับพัสดุคงคลังกลับขึ้นไปอยู่ที่ระดับสูงสุดที่

ได้กำหนดไว้ แต่หากระดับสินค้าคงคลังยังไม่ถึงจุดที่กำหนดสั่งไว้ ก็จะรอสั่งเมื่อถึงรอบทบทวนสต็อก

3. สินค้าคงคลังสำรอง (Safety stock)

พิภพ ลลิตาภรณ์ (2552) สินค้าคงคลังสำรองมีไว้เพื่อป้องกันความเสี่ยงสินค้าขาดสต็อก ถ้าต้องการให้ระบบการควบคุมมีระดับบริการที่สูงขึ้น มีความเสี่ยงในการขาดสต็อกน้อยลง จะต้องมีการเก็บสินค้าคงคลังสำรองมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลังสูงขึ้น ดังนั้น จึงต้องกำหนดสินค้าคงคลังสำรองให้มีปริมาณที่เหมาะสม การคำนวณปริมาณสินค้าคงคลังสำรองทำได้หลายวิธี ซึ่งจะต้องเลือกวิธีการคำนวณให้เหมาะสมกับความจำเป็นและความสำคัญของพัสดุคงคลัง เช่น

3.1 วิธีค่าสูงสุดในอดีต

วิธีนี้สามารถคำนวณหาสินค้าคงคลังสำรองได้อย่างรวดเร็วและใช้ข้อมูลน้อย แต่ก็จะไม่มีความละเอียดถูกต้องมากนัก โดยปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง มีสูตรคำนวณดังแสดงในสมการที่ 2

$$SS = (D_{\max} - \bar{d}) \times \overline{LT} + (LT_{\max} - \overline{LT}) \times \bar{d} \quad (2)$$

เมื่อ D_{\max} คือ อัตราการใช้สูงสุดที่เคยเกิดขึ้นในอดีต

LT_{\max} คือ ช่วงเวลานำสูงสุดที่เคยเกิดขึ้นในอดีต

3.2 วิธีหลักการทางสถิติ

การใช้วิธีนี้ในการคำนวณสินค้าคงคลังสำรอง ต้องอยู่บนสมมติฐานที่ว่าความแปรปรวนของข้อมูล ทั้งอัตราความต้องการ และเวลานำจะต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ถูกต้องและเพียงพอ การคำนวณระดับสินค้าคงคลังสำรองที่คำนวณได้จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับระดับบริการและความแปรปรวนของข้อมูล โดยปริมาณสินค้าคงคลังสำรอง มีสูตรคำนวณดังแสดงในสมการที่ 3

$$SS = Z\sigma_{dLT} \quad (3)$$

เมื่อ Z คือ ค่ามาตรฐานภายใต้ระดับบริการที่กำหนดไว้ ของการแจกแจงแบบปกติ

σ_{dLT} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความต้องการในช่วงเวลานำ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. จัดกลุ่มอะไหล่ซ่อมบำรุงโดยใช้หลักการ ABC

จัดแบ่งกลุ่มของอะไหล่ซ่อมบำรุงทั้งหมดจำนวน 494 รายการ ด้วยการวิเคราะห์ ABC โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากมูลค่าการเบิกใช้ของอะไหล่ต่อปีในการแบ่งกลุ่ม โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

- 1.1 นำปริมาณการเบิกใช้อะไหล่ซ่อมบำรุงในรอบหนึ่งปีมาคูณกับราคาของอะไหล่ต่อหน่วย
- 1.2 นำมูลค่าการเบิกใช้อะไหล่ซ่อมบำรุงต่อปี มาจัดเรียงลำดับจากมากไปน้อย
- 1.3 แบ่งกลุ่มอะไหล่ซ่อมบำรุงเป็นกลุ่ม A B และ C จากเปอร์เซ็นต์มูลค่าเบิกใช้สะสม โดยกำหนดให้กลุ่ม A เท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์แรก กลุ่ม B เท่ากับ 70 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ถัดมา และ กลุ่ม C เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือ ข้อมูลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3: จำนวนอะไหล่แต่ละรายการโดยแบ่งตามกลุ่ม A B และ C

ประเภทอะไหล่	จำนวนอะไหล่ (รายการ)	มูลค่าอะไหล่ (บาท)	สัดส่วน
A	57	3,798,925	69.8%
B	123	1,101,740	20.2%
C	314	544,479	10.0%
รวม	494	5,445,145	100.0%

2. กำหนดการควบคุมระดับสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม

การควบคุมระดับสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงจะใช้ระบบผสมระหว่างระบบปริมาณการสั่งคงที่กับระบบรอบเวลาสั่งคงที่ คือระบบผสมการทบทวนจุดสั่ง-รอบเวลาสั่ง โดยดำเนินการดังนี้

2.1 กำหนดระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min) ซึ่งเป็นข้อดีของระบบปริมาณการสั่งคงที่ เนื่องจากสามารถควบคุมระดับสินค้าคงคลังไม่ให้มีปริมาณสูงเกินไป และป้องกันการขาดสต็อกได้

2.2 กำหนดช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้ออะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม ซึ่งเป็นข้อดีของระบบรอบเวลาสั่งคงที่ เนื่องจากไม่ต้องเฝ้าติดตามระดับสินค้าคงคลังตลอดเวลา เพราะได้มีการกำหนดรอบเวลาในการทบทวนไว้แล้ว ทำให้ลดเวลาในการเก็บข้อมูลลงได้ โดยกลุ่ม A มีมูลค่าคงคลังสูงสุด คิดเป็นสัดส่วนได้ถึง 69.8% จึงจำเป็นต้องมีการดูแลอย่างเข้มงวด เพราะมีผลต่อต้นทุนจัดเก็บสินค้าคงคลัง จึงกำหนดช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อทุก ๆ 15 วัน กลุ่ม B เป็นอะไหล่ซ่อมบำรุงที่มีมูลค่าคงคลังรองลงมาจากอะไหล่กลุ่ม A ซึ่งมีสัดส่วน 20.2% วิธีการดูแลไม่จำเป็นต้องเข้มงวดมาก จึงกำหนดช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อทุก ๆ 30 วัน หรือหนึ่งเดือน กลุ่ม C เนื่องจากมูลค่าคงคลังน้อยที่สุด คิดสัดส่วนได้เพียงแค่ 10.0% เท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องเข้มงวดในการดูแลรักษามากนัก จึงกำหนดช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อทุก ๆ 90 วัน

2.3 วิธีการควบคุมระดับสินค้าคงคลังจะพิจารณาจุดสั่งซื้อใหม่ ร่วมกับรอบเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อ ดังนี้

2.3.1 ถ้าระดับสินค้าคงคลังลดลงมาถึงจุดสั่งซื้อก่อนที่จะถึงรอบทบทวนสต็อกก็จะทำการออกไปสั่งซื้อ ด้วยขนาดรุ่นที่จะทำให้ระดับพัสดุคงคลังกลับขึ้นไปอยู่ที่ระดับสูงสุดที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันสินค้าขาดสต็อก

2.3.2 แต่หากระดับสินค้าคงคลังยังไม่ถึงจุดที่กำหนดสั่งไว้ ก็จะรอสั่งเมื่อถึงช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อ ด้วยขนาดรูนที่จะทำให้ระดับพัสดุดังกล่าวกลับขึ้นไปอยู่ที่ระดับสูงสุดที่ได้กำหนดไว้

3. คำนวณสินค้าคงคลังสำรอง (Safety Stock)

ในการคำนวณสินค้าคงคลังสำรอง หากคำนวณโดยใช้วิธีหลักการทางสถิติจะมีความละเอียดสูง แต่ต้องใช้ข้อมูลในอดีตเป็นจำนวนมาก ซึ่งจากการเก็บข้อมูลปริมาณเบิกใช้อะไหล่ซ่อมบำรุงในระยะเวลา 1 ปี พบว่ามีปริมาณการเบิกใช้อะไหล่แต่ละรายการไม่มากนัก ข้อมูลนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้วิธีหลักการทางสถิติมาคำนวณ ในงานวิจัยนี้จึงจะใช้วิธีคำนวณหาค่าสูงสุดในอดีตซึ่งใช้ข้อมูลในการคำนวณน้อยกว่า โดยได้ดำเนินการดังนี้

- 3.1 เก็บข้อมูลปริมาณการเบิกใช้อะไหล่ซ่อมบำรุงสูงสุด (D_{max}) โดยพิจารณาจำนวนการเบิกใช้สูงสุดในช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม
- 3.2 เก็บข้อมูลปริมาณการเบิกใช้เฉลี่ยในรอบหนึ่งปีของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละรายการ
- 3.3 เก็บข้อมูลเวลานำของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละรายการ
- 3.4 คำนวณระดับสินค้าคงคลังสำรองของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละรายการ

ตัวอย่าง การคำนวณสินค้าคงคลังสำรอง ของอะไหล่ซ่อมบำรุงกลุ่ม B ชื่อ Heating Element short 2.2 kW เมื่อกำหนดค่าตัวแปรในตารางที่ 4

$$\begin{aligned}
 ss &= (D_{max} - \bar{d}) \times \overline{LT} + (LT_{max} - \overline{LT}) \times \bar{d} \\
 &= (3 - 0.42) \times 0.5 + (0.5 - 0.5) \times 0.42 \\
 &= 1.29 \approx 2 \text{ หน่วย (ปัดขึ้นเพื่อให้เป็นจำนวนเต็ม)}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 4: ค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณสินค้าคงคลังสำรอง

ตัวแปร	ค่าของตัวแปร	หน่วย	หมายเหตุ
D_{max}	3	ชิ้นต่อเดือน	ข้อมูลในระยะเวลา 1 ปี
\bar{d}	0.42	ชิ้นต่อเดือน	ข้อมูลในระยะเวลา 1 ปี
LT_{max}	0.5	เดือน	เวลานำมีค่าคงที่
\overline{LT}	0.5	เดือน	เวลานำมีค่าคงที่

ตารางที่ 5: ค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่

ตัวแปร	ค่าของตัวแปร	หน่วย	หมายเหตุ
\bar{d}	0.42	ชิ้นต่อเดือน	ข้อมูลในระยะเวลา 1 ปี
\overline{LT}	0.5	เดือน	เวลานำมีค่าคงที่
ss	2	ชิ้น	

4. คำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ (Re-order Point)

จุดสั่งซื้อใหม่ คือจุดที่ใช้บ่งบอกระดับสินค้าคงคลังที่ต้องมีการสั่งซื้อใหม่มาทดแทนอะไหล่ซ่อมบำรุงที่ใช้หมดไป ซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของความถี่ความต้องการในช่วงเวลานำรวมกับจำนวนสินค้าคงคลังสำรอง

ตัวอย่าง การคำนวณจุดสั่งซื้อใหม่ ของอะไหล่ซ่อมบำรุง กลุ่ม B ชื่อ Heating Element short 2.2 kW เมื่อกำหนดค่าตัวแปรในตารางที่ 5

$$\begin{aligned} \text{ROP} &= (\bar{d} \times \overline{LT}) + \text{ss} \\ &= (0.42 \times 0.5) + 2 \\ &= 2.21 \approx 3 \text{ หน่วย (ปัดขึ้นเพื่อให้เป็นจำนวนเต็ม)} \end{aligned}$$

5. คำนวณระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min)

จากการเก็บข้อมูลสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุงในระยะเวลา 1 ปี พบว่าเป็นสินค้าคงคลังที่มีการหมุนเวียนช้า มีปริมาณการเบิกใช้อะไหล่แต่ละรายการไม่มากนัก และมีจำนวนสำรองคล้งน้อยหากเปรียบเทียบกับสินค้าคงคลังประเภทอื่น ๆ เช่น วัตถุดิบ หรือ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ดังนั้นการควบคุมระดับสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุงจึงใช้การกำหนดระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ได้ดีกับสินค้าคงคลังที่มีการหมุนเวียนช้า มีสินค้าคงคลังน้อย และไม่สามารถจับสถิติการใช้ได้ (สุชาติ ศุภมงคล, 2546)

การกำหนดระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด จะทำการสั่งซื้อเมื่อสินค้าคงคลังลดระดับลงจนถึงค่าต่ำสุด และสั่งซื้อในปริมาณที่ทำให้สินค้าคงคลังมีปริมาณเพิ่มถึงระดับสูงสุด โดยมีปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้งไม่เท่ากัน กำหนดให้ระดับสินค้าคงคลังต่ำสุด (Min) เท่ากับปริมาณที่เป็นจุดสั่งซื้อใหม่ ดังสมการที่ 4 ส่วนระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (Max) กำหนดให้เท่ากับปริมาณการเบิกสูงสุดในช่วงเวลาในการตรวจนับและสั่งซื้อของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม รวมกับสินค้าคงคลังสำรอง ดังสมการที่ 5

$$\text{Min} = \text{ROP} = (\bar{d} \times \overline{LT}) + \text{ss} \quad (4)$$

$$\text{Max} = D_{\text{max}} + \text{ss} \quad (5)$$

ตัวอย่าง การคำนวณระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด (Max-Min) ของอะไหล่ซ่อมบำรุง กลุ่ม B ชื่อ Heating Element short 2.2 kW โดยใช้ค่าตัวแปรในตารางที่ 4

$$\begin{aligned} \text{Min} &= \text{ROP} = 3 \text{ หน่วย} \\ \text{Max} &= D_{\text{max}} + \text{SS} \\ &= 3 + 2 \\ &= 5 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการคำนวณระดับสินค้าคงคลังสำรอง จุดสั่งซื้อใหม่ และระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุดของอะไหล่ซ่อมบำรุงแต่ละกลุ่ม สามารถนำไปใช้ควบคุมอะไหล่ซ่อมบำรุงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ดังแสดงตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ 6-8 โดยผลการคำนวณระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด และมูลค่าสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด ของอะไหล่แต่ละกลุ่ม จำนวนทั้งหมด 494 รายการ สามารถสรุปดังตารางที่ 9 และตารางที่ 10 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับอะไหล่ซ่อมบำรุงสูงสุดก่อนและหลังการปรับปรุงมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ส่วนระดับอะไหล่ซ่อมบำรุงต่ำสุดก่อนและหลังการปรับปรุงนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีค่าสูงสุดในอดีตมาคำนวณสินค้าคงคลัง เนื่องจากมีข้อมูลทางสถิติไม่เพียงพอ ซึ่งแตกต่างกับงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา เช่น งานวิจัยของ กานดา คำภูษา (2559) สุพรรณ ทองเพชร (2554) กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ และกุลวุฒิ โตรอด (2563) ซึ่งใช้วิธีทางสถิติในการคำนวณสินค้าคงคลังสำรอง แต่อย่างไรก็ตาม การคำนวณทั้งสองวิธีสามารถลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลังได้เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 6: ตัวอย่างการควบคุมระดับสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงกลุ่ม A

ลำดับ	รายการ	สินค้าคงคลังสำรอง (ชิ้น)	ระดับสินค้าคงคลังต่ำสุด (ชิ้น)	ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (ชิ้น)
1	DMR-60QL-00	1	2	3
2	SK9016.1AZ-71L/4 - 4 CHAIN	1	2	3
3	SK9016.1AZ-80L/4-81.38-VFD	1	2	3
4	COMPUTER EOL	1	2	3
5	C019081104	1	2	3

ตารางที่ 7: ตัวอย่างการควบคุมระดับสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงกลุ่ม B

ลำดับ	รายการ	สินค้าคงคลัง สำรอง (ชิ้น)	ระดับสินค้า คงคลังต่ำสุด (ชิ้น)	ระดับสินค้า คงคลังสูงสุด (ชิ้น)
1	MGPM100-175Z-M9BW	1	2	3
2	EDS-G308	1	2	3
3	CJ1W-DRM21	1	2	3
4	AVW411R	2	3	6
5	Load Cell Track Assy	1	2	3

ตารางที่ 8: ตัวอย่างการควบคุมระดับสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงกลุ่ม C

ลำดับ	รายการ	สินค้าคงคลัง สำรอง (ชิ้น)	ระดับสินค้า คงคลังต่ำสุด (ชิ้น)	ระดับสินค้า คงคลังสูงสุด (ชิ้น)
1	EZ-30M	1	2	5
2	BM-202H	1	2	5
3	CDQ2B25-30DZ	2	3	9
4	SY7320-5DZ-02	1	2	5
5	6304-2Z	10	11	41

ตารางที่ 9: ระดับอะไหล่สูงสุด-ต่ำสุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

อะไหล่ซ่อม บำรุง	ระดับอะไหล่สูงสุด ก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	ระดับอะไหล่สูงสุด หลังปรับปรุง (ชิ้น)	ระดับอะไหล่ต่ำสุด ก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	ระดับอะไหล่ต่ำสุด หลังปรับปรุง (ชิ้น)
กลุ่ม A	386	136	75	65
กลุ่ม B	4,915	524	297	296
กลุ่ม C	8,818	4,256	1,049	1,298

ตารางที่ 10: มูลค่าอะไหล่สูงสุด-ต่ำสุด ก่อนและหลังการปรับปรุง

อะไหล่ซ่อม บำรุง	มูลค่าอะไหล่สูงสุด ก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	มูลค่าอะไหล่สูงสุด หลังปรับปรุง (ชิ้น)	มูลค่าอะไหล่ต่ำสุด ก่อนปรับปรุง (ชิ้น)	มูลค่าอะไหล่ต่ำสุด หลังปรับปรุง (ชิ้น)
กลุ่ม A	15,225,130	7,331,813	3,926,320	3,658,167
กลุ่ม B	6,766,801	1,802,886	1,298,302	910,857
กลุ่ม C	3,732,201	2,037,381	753,907	737,076

สรุป

จากการดำเนินการควบคุมสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. การกำหนดระดับสินค้าคงคลังสำรอง ช่วยป้องกันการขาดแคลนอะไหล่ซ่อมบำรุงได้
2. การกำหนดระดับสินค้าคงคลังสูงสุด-ต่ำสุด ได้ ช่วยป้องกันการจัดเก็บอะไหล่ซ่อมบำรุงมากเกินไป
ความจำเป็น ทำให้ลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง
3. การกำหนดค่าควบคุมของระดับสินค้าคงคลังแต่ละกลุ่ม ทำให้มูลค่าเฉลี่ยของการจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงกลุ่ม A ลดลงจากเดิม 9,575,725 บาท เหลือเพียง 5,494,990 บาท กลุ่ม B ลดลงจากเดิม 4,032,552 บาท เหลือเพียง 1,356,872 บาท และกลุ่ม C ลดลงจากเดิม 2,243,054 บาท เหลือเพียง 1,387,229 บาท รวมมูลค่าเฉลี่ยของการจัดเก็บสินค้าคงคลังของอะไหล่ซ่อมบำรุงที่ลดลงได้ทั้งหมด 7,612,241 บาท

เอกสารอ้างอิง

- กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์ และกุลวุฒิ โตรอด (2563). การจัดการพัสดุคงคลังอะไหล่ในคลังสาขา. *วารสารวิชาการ ปทุมวัน*, 10(1), 26-40.
- กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์, วราภพ แซ่ซิ่น และอภิชาติ มณีงาม. (2556). การจัดการวัสดุคงคลังอะไหล่ย่อยในการซ่อมบำรุงระบบจัดเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ. *การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2556*. (น.45). นครราชสีมา.
- จิรายุทธ คิ้วเที่ยง. (2551). *การบริหารสินค้าคงคลังประเภทอะไหล่ซ่อมบำรุง*. ปรินญาณิพนธ์บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยมหิดล, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ปริญญา จันทรวินิจ และศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2556). การปรับปรุงระบบการคงคลังอะไหล่สำหรับเครื่องจักรการผลิต. *วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา*, 24(1), 58-66.
- พิภพ ลลิตาภรณ์. (2552). *การบริหารพัสดุคงคลัง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ศิริกานดา คำภูษา. (2559). *กลยุทธ์การวิเคราะห์ปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่คงคลัง กรณีศึกษา บริษัทผลิตรถจักรยานยนต์*. ปรินญาณิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุชาติ ศุภมงคล. (2546). *การจัดการอะไหล่ให้เพิ่มผลผลิต*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สุพรรณ ทองเพชร (2554). *ระบบสนับสนุนการตัดสินใจการจัดการอะไหล่คงคลัง กรณีศึกษา: โรงงานผลิตขนมเบเกอรี่*. ปรินญาณิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สถิติประยุกต์และเทคโนโลยีสารสนเทศ), สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.



การศึกษาใช้การเรียนรู้แบบเสริมกำลังกับ OpenAI Gym บนสภาพแวดล้อมแบบ High-Way A STUDY OF REINFORCEMENT LEARNING WITH OPENAI GYM ON HIGH-WAY ENVIRONMENT

อดิศร แยกของ^{1*}, วสุธาน ต้นบุญเฮง², วรณวิภา วงศ์วิไลสกุล³, พงศกร สมอไทย⁴
Adisorn Kheaksong^{1*}, Vasutan Tunbunheng², Wanvipa Wongvilaisakul³,
Pongsakorn Samothai⁴

^{1,2,4}สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

^{1,2,4}Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Technology,
Panyapiwat Institute of Management

³สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

³Department of Information Technology, Faculty of Engineering and Technology,
Panyapiwat Institute of Management

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

บทคัดย่อ

การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) เป็นหนึ่งในอัลกอริทึมการเรียนรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ซึ่งนิยมนำมาใช้กับแอปพลิเคชันที่ข้อมูลที่ไม่ต้องรู้ผลลัพธ์ เช่น การขับขี้อัตโนมัติ ผู้ช่วยเหลือทางการแพทย์และอื่น ๆ การเรียนรู้แบบเสริมกำลังเป็นการเรียนรู้ตามคุณลักษณะการตัดสินใจแบบสุ่มตามลำดับขั้นตามสภาพแวดล้อมที่พิจารณา แทนการเรียนรู้ผ่านข้อมูลตามผลลัพธ์ที่ถูกกำหนดไว้ก่อนหน้า OpenAI Gym เป็นเครื่องมือของอัลกอริทึมปัญญาประดิษฐ์หลายอย่าง ในบทความนี้นำเสนอการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือการเรียนรู้แบบเสริมกำลังสำหรับการทำงานในในสภาพแวดล้อม High-way มีการอธิบายขั้นตอนการเรียนรู้อย่างครอบคลุมพร้อมกับการตั้งค่าสภาพแวดล้อมและพารามิเตอร์การเรียนรู้ นอกจากนี้ยังมีการกล่าวถึงการใช้เครื่องมือการเรียนรู้ร่วมกับแอปพลิเคชันอื่น ๆ

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ปัญญาประดิษฐ์ แบบจำลอง OpenAI Gym

ABSTRACT

Reinforcement learning (RL) is one of the learning algorithms of artificial intelligence which is popularly utilized for unlabeled data applications such as automated driving, medical assistance and etc. Instead of learning the predicted model according to the prior information,

RL learns the model according to a sequential decision according to the considered environment in a trial-and-error strategy. OpenAI Gym is a tool of several artificial intelligence algorithms. In this paper, we present a comprehensive study of RL learning tools in a highway environment. Learning procedures are described comprehensively with the setting of the environment and learning parameters. Moreover, the utilization of the learning tools with other applications are discussed.

Keywords: Reinforcement Learning, Artificial Intelligence, OpenAI Gym

บทนำ

ปัญญาประดิษฐ์เข้ามามีบทบาทในสังคมมนุษย์มากยิ่งขึ้น จากการพัฒนาเทคโนโลยีให้มีความเจริญ รุดหน้าในทุกด้านสามารถนำปัญญาประดิษฐ์ไปใช้ในกระบวนการได้ การนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้นั้น ส่งผลให้มีความต้องการผู้เชี่ยวชาญด้านปัญญาประดิษฐ์มากขึ้น (AIAT, 2021) การพัฒนาผู้เชี่ยวชาญด้านปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบันมีแหล่งความรู้มากมายทางสื่อดิจิทัลออนไลน์ทั้งในประเทศ (thaimooc.org, 2021) และต่างประเทศ (coursera.org, 2021) อีกทั้งยังมีพื้นที่ในการช่วยให้ผู้เตรียมตัวเข้าสู่การเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านปัญญาประดิษฐ์มีพื้นที่ในการทดลอง ปรับปรุงประสิทธิภาพอัลกอริทึมให้มีความสมบูรณ์อีกเป็นจำนวนมาก การมีพื้นที่ในการทดลอง จำลองโมเดลต่าง ๆ ของผู้พัฒนาด้านปัญญาประดิษฐ์จึงมีส่วนสำคัญในการทำให้การเรียนรู้รูตรุ่นไปอย่างรวดเร็ว

การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) (Sutton & Barto, 2020) เป็นสาขาหนึ่งในระบบการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่มี การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning) การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Unsupervised learning) และการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement learning) ที่ใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการตัดสินใจบนสภาพแวดล้อมแบบพลวัตเพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดในระบบโดยรวม ในการสร้างสภาพแวดล้อมมาใช้ในการจำลองโมเดลหรือทดสอบการทำงาน นักวิจัยผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีความเข้าใจในการสร้างเป็นอย่างดี เพื่อให้ผลลัพธ์ของคำตอบที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมนั้น แต่สำหรับผู้เริ่มศึกษาและพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบกำลังควรมีพื้นที่ในการทดสอบและวัดผลลัพธ์ที่มีความหลากหลายของสภาพแวดล้อม เช่น OpenAI Gym (Brockman et al., 2016) ที่ให้นักวิจัยด้านการเรียนรู้แบบกำลังมีพื้นที่ในการทดสอบอัลกอริทึมได้ หรือการเรียนรู้ระบบแบบหลายตัวแทน (Baker et al., 2019) ในการเล่นซ่อนแอบของระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลของการเรียนรู้ทำให้เห็นได้ว่าการเรียนรู้แบบเสริมกำลังเมื่อนำมาใช้ในระยะยาวสามารถทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จักการซ่อนตัว: จากการสร้างสถานการณ์แวดล้อมเองได้ซึ่งใกล้เคียงเทคนิคการเล่นซ่อนหาของมนุษย์

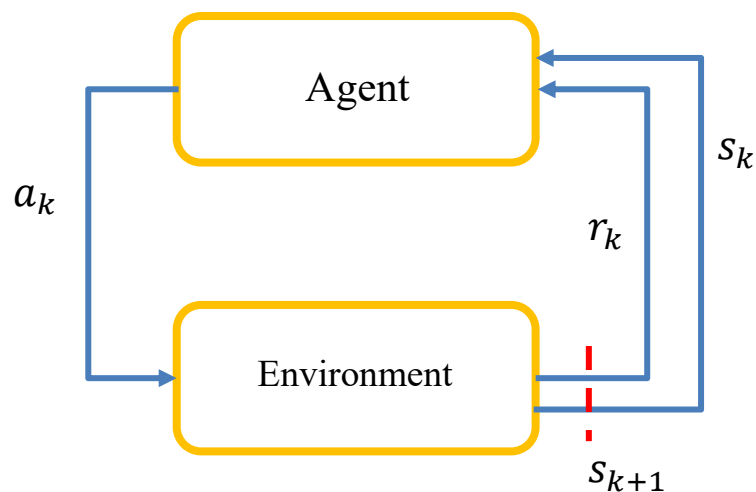
OpenAI Gym เป็นพื้นที่จำลองทางด้านปัญญาประดิษฐ์แบบโอเพ่นซอร์สที่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาด้านการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ในการทดสอบอัลกอริทึมที่เชื่อมต่อกับสภาพแวดล้อมของ OpenAI Gym

ด้วย Application Programming Interface (API) โดยมีสภาพแวดล้อมที่ได้เตรียมไว้ให้ผู้เริ่มต้นได้เรียนอยู่เป็นจำนวนมากกว่า 2,900 แบบ เช่น สภาพแวดล้อมของเกมตู้ (Atari) เพื่อให้ผู้ทดลองนำอัลกอริทึมมาเล่นเกมให้มีคะแนนหรือผลลัพธ์ที่ดี หรือการจำลองการขับเคลื่อนรถในสภาพแวดล้อมแบบ Highway เพื่อทดลองการควบคุมรถให้สามารถวิ่งได้อย่างต่อเนื่องด้วยการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

ในบทความนี้ได้นำเสนอวิธีการใช้งานการเรียนรู้แบบเสริมกำลังบนสภาพแวดล้อมแบบ Highway Environment ซึ่งเป็นหนึ่งในสภาพแวดล้อมที่ OpenAI Gym มี เพื่อให้เข้าใจการทำงานกับรูปแบบการเรียนรู้แบบเสริมกำลังแบบต่อเนื่องได้ ผ่านการตั้งค่าของแบบจำลอง การกำหนดตัวแปรที่สำคัญ และค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นและการฝึกให้อัลกอริทึมสามารถเรียนรู้การหลบเลี่ยงรถในช่องทางหรือสิ่งกีดขวางได้เองจนสามารถนำความรู้ที่ได้จากแบบจำลองไปต่อยอดกับการสร้างระบบขับรถอัตโนมัติได้ในอนาคต ผลที่ได้จะทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้วิธีการสร้างระบบด้วยการเรียนรู้แบบเสริมกำลังได้

ทบทวนวรรณกรรม

การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning: RL) (Sutton & Barto, 2020) เป็นลักษณะของการเรียนแบบมนุษย์ผ่านการลองผิดลองถูกในช่วงเริ่มต้น ด้วยรูปแบบการให้ค่าคะแนนเป็นบวกเมื่อทำได้ถูกต้อง และเป็นลบเมื่อทำผิด จนได้ผลของการลองผิดลองถูกไปใช้ในการกำหนดรูปแบบของคำตอบที่ถูกต้องและเหมาะสมในระยะยาวกับสภาพเหตุการณ์นั้น และเมื่อเกิดสภาพการณ์นั้นอีก ก็สามารถนำค่าประสบการณ์มาใช้ได้อย่างเหมาะสม แม้บางที่อาจมีสถานการณ์ไม่เหมือนเดิมได้แต่ก็จะเป็นการเพิ่มค่าประสบการณ์เข้าไปเรื่อย ๆ



ภาพที่ 1: แผนผังการทำงานของตัวแทนและสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

การเรียนรู้แบบเสริมกำลังในทางปฏิบัตินั้นต้องเข้าใจแนวคิดหลักในการพัฒนาระบบการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง โดยมีฟังก์ชันที่ต้องรู้จักและเข้าใจดังนี้ ตัวแทน (Agent), ผลตอบแทน (Rewards), สภาพแวดล้อม

(Environment), สถานะ (State), ค่าฟังก์ชัน (Value function) และนโยบาย (Policy)

เทคนิคพื้นฐานของการเรียนรู้แบบเสริมกำลังนั้นอาศัยการกำหนดกระบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ (Markov decision process :MDP) (Sutton & Barto, 2020) เป็นกรอบที่เป็นทางการสำหรับการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ใช้เพื่ออธิบายสภาพแวดล้อมที่สังเกตได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งผลลัพธ์ เป็นแบบสุ่มบางส่วนและบางส่วนขึ้นอยู่กับกระทำของตัวแทนหรือผู้มีอำนาจตัดสินใจ ในการระบุปัญหาให้เข้ากับสภาพแวดล้อมเพื่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมได้ โดยคุณสมบัติของมาร์คอฟนั้นได้กล่าวถึงคุณสมบัติที่ว่าด้วยสิ่งที่เกิดขึ้นในระยะยาวเป็นผลมาจากการทำในสถานะปัจจุบัน จึงเป็นความน่าจะเป็นของสถานะถัดไป ณ เวลา $k + 1$ สามารถแสดงโดยเงื่อนไขอย่างง่าย ณ เวลา k ดังนี้

$$\Pr\{s_{k+1} = s' | s_k = s\} = \Pr\{s_{k+1} = s' | s_k = s, s_{k+1} = s, \dots, s_0 = s\} \quad (1)$$

และเมื่อการเรียนรู้แบบเสริมกำลังที่มีสภาพแวดล้อมที่สอดคล้องกับคุณสมบัติแบบมาร์คอฟจะเรียกว่า การบวนการตัดสินใจแบบมาร์คอฟ โดยกำหนดให้ช่วงเวลา k เป็นสถานะที่เกิดจากสภาพแวดล้อม S และการกระทำ a ผลที่ได้รับจากการกระทำ a ที่สถานะ S คือ สถานะใหม่ S' ซึ่งความน่าจะเป็นที่เกิดได้คือ

$$P_{SS'}^a = \Pr\{s_{k+1} = s' | s_k = s, a_k = a\} \quad (2)$$

สมการนี้ถูกเรียกว่า ความน่าจะเป็นของการส่งสถานะ (transition probabilities) ที่ ณ เวลาปัจจุบันคือ S_k และ a_k และสถานะถัดไปคือ S_{k+1} ส่งผลให้ค่าตอบแทน r_k ซึ่งเป็นค่าจากการกระทำ ทำให้ค่าคาดหวังของผลตอบแทนถัดไปเป็น

$$R_{SS'}^a = E\{r_k | s_k = s, a_k = a, s_{k+1} = s'\} \quad (3)$$

เมื่อได้ผลตอบแทนจากสมการแล้ว ก็สามารถนำไปหาการทำงานที่เหมาะสมและปรับปรุงให้ได้ผลตอบแทนที่ดีในระยะยาวได้ อีกทั้งยังมีเทคนิคต่าง ๆ ที่นำมาปรับใช้กับการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง ตัวอย่างเช่น Monte Carlo (MC), Temporal Difference (TD), Q-Learning, SARSA, Deep Q-Learning, Deep Reinforcement Learning และ DDPG (Deep Deterministic Policy Gradient) ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้เพื่อพัฒนาอัลกอริทึม ในสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ ใน OpenAI Gym ได้

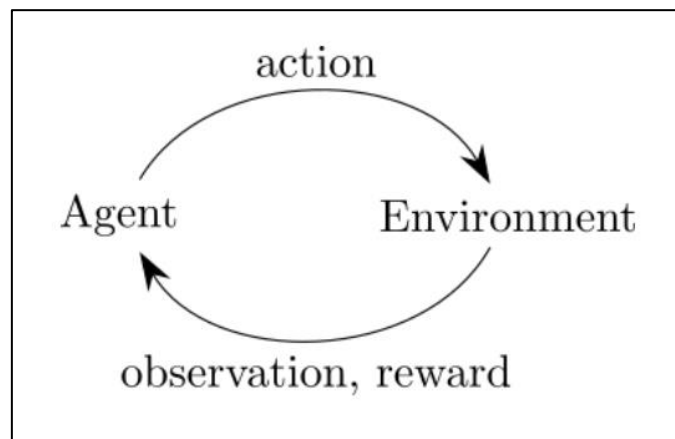
ในส่วนนี้จะกล่าวถึง OpenAI Gym ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือสำหรับการวิจัยเพื่อใช้ในการศึกษา ปัญหาประดิษฐ์ในรูปแบบการเรียนรู้แบบกำลัง เปิดตัวเมื่อปี 2016 โดยเป็นโปรเจกต์หนึ่งในหลายโปรเจกต์ของ OpenAI ที่ได้รับการสนับสนุนก่อตั้งโดย Elon musk เพื่อใช้เป็นเว็บไซต์ที่ผู้คนสามารถแบ่งปันผลลัพธ์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการเรียนรู้แบบกำลัง ภายได้ OpenAI ยังมีโครงการที่ใช้การเรียนรู้

แบบกำลังมาใช้ เช่น โครงการ OpenAI Five (Berner et al., 2019) ที่ใช้การเรียนรู้แบบเสริมกำลังเชิงลึกที่สามารถสร้างปัญญาประดิษฐ์จนทำให้เล่นเกม Dota2 จนชนะที่มระดับชั้นนำของโลกได้

OpenAI Gym ได้มีการสร้าง Environment ไว้ให้นักพัฒนาได้ใช้งานโดยมีการทำงานและได้ส่งคืนค่าออกมาโดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. observation คือ ตัวที่แสดงถึงสถานะของ environment
2. reward คือ จำนวนรางวัลที่ได้จากการกระทำก่อนหน้า
3. done คือ ค่าความเป็นจริงที่ระบุถึงเวลาในการรีเซ็ต environment
4. info คือ ข้อมูลที่ใช้ในการ debug

ซึ่งเราสามารถนำไปใช้งานได้โดยที่ ณ timestep จะมีการตัดสินใจของ agent เพื่อเลือก action และนำไปให้ Environment โดยในลำดับถัดไป environment จะมีการคืนค่าตามรายละเอียดด้านบนต่อไป



ภาพที่ 2 Agent-Environment Loop

ที่มา: <https://gym.openai.com/docs/>

OpenAI Gym ได้มีการจัดหมวดหมู่ของ Environment ไว้ให้นักพัฒนาได้นำมาใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น 7 หมวดหมู่ ดังนี้ Algorithms, Atari, Box2D, Classic control, MuJoCo, Robotics และ Toy Text โดยในแต่ละหมวดหมู่มีความมุ่งหวังให้นักพัฒนาสามารถปรับอัลกอริทึมบนแบบจำลองที่มีให้เลือกจนสามารถเรียนรู้เข้าใจสามารถพัฒนาจนได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด OpenAI Gym มีเพียงสภาพแวดล้อมเท่านั้นสำหรับใช้งาน ผู้พัฒนาต้องออกแบบ agent ให้ทำงานเข้ากับอินเทอร์เฟซที่ใช้ร่วมกันกับการเรียนรู้แบบเสริมกำลังทั่วไปได้และอัลกอริทึม ของ OpenAI Gym ที่มีใช้งานได้อย่างอิสระ เหมาะสำหรับการพัฒนาโมเดลใหม่และแบ่งปันสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แบบเสริมกำลังใหม่ได้

มีนักพัฒนาได้นำอัลกอริทึมมาทดลองบน OpenAI Gym ยกตัวอย่างเช่น (Plasencia et al., 2019) ได้นำ OpenAI Gym มาเป็นหนึ่งในเครื่องมือช่วยในการสอนให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานด้วย การเรียนรู้แบบเสริมกำลังกับอัลกอริทึม Deep reinforcement learning ในการทำงานของระบบจำลองหุ่นยนต์ งานวิจัย

ของ (Blakeman & Mareschal, 2020) ได้นำอัลกอริทึม Complementary Temporal Difference Learning (CTDL) ร่วมกับ DNN และ Self-Organizing Map (SOM) มาทดสอบเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมแบบ DQN บนสภาพแวดล้อม Cart-Pole และ Continuous Mountain Car แสดงผลที่ได้ในตอนเริ่มต้นที่ช้า แต่ได้ผลระยะยาวที่ดีขึ้นกว่าแบบ DQN เดิม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการทำงานทางปัญญาประดิษฐ์ของรูปแบบการเรียนรู้แบบกำลัง (Reinforcement Learning)
2. สร้างองค์ความรู้ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ในรูปแบบการเรียนรู้แบบกำลัง เพื่อนำไปปรับใช้กับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ได้
3. สามารถสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบกำลังได้บนพื้นที่จำลอง OpenAI Gym ได้

วิธีการเข้าใช้งาน OpenAI Gym บนสภาพแวดล้อมแบบ Highway

OpenAI Gym เป็น library หนึ่งของภาษา python ที่เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปพัฒนา หรือ เปรียบเทียบอัลกอริทึมของการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง สำหรับ version 0.18.0 สนับสนุนการทำงานบน Linux และ OS X ที่ใช้ Python 3.5 – 3.8 สำหรับระบบปฏิบัติการ Windows จะสามารถใช้ได้เฉพาะ algorithmic, toy_text, classic_control and Atari โดยสามารถติดตั้งและใช้งานเบื้องต้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้ง package ของ gym และ highway

```
pip install gym
```

```
pip install highway-env
```

2. การใช้งานเบื้องต้น

```
#import package
import gym
import highway_env

#สร้าง environment
env = gym.make("highway-v0")

#การทำงานของ environment
done = False
while not done:
    action = ... # Your agent code here
    obs, reward, done, info = env.step(action)
    env.render()
```

ภาพที่ 3 อธิบายการเรียกใช้ OpenAI Gym เบื้องต้น

Highway เป็นสภาพแวดล้อมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาบน OpenAI Gym ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่พร้อมใช้งาน

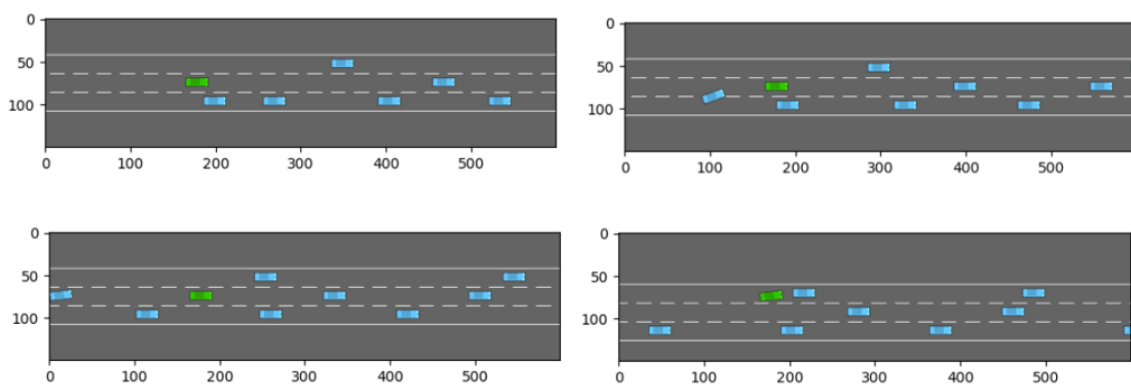
ซึ่งได้อำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน โดยได้มีตั้งค่าสภาพแวดล้อมเบื้องต้นแล้ว แต่เราสามารถปรับแต่งสภาพแวดล้อม เพื่อกำหนดคุณลักษณะเพิ่มเติมให้กับสภาพแวดล้อมได้ ผ่าน parameter ดังนี้

1. lanes_count คือ จำนวนช่องทางจราจรในสภาพแวดล้อม
2. vehicles_count คือ จำนวนรถบนถนน
3. vehicles_density คือ ความหนาแน่นของรถที่สัญจร
4. collision_reward คือ reward เมื่อรถที่บังคับมีการชนกับรถคันอื่นบนถนน
5. screen_width คือ ความกว้างของจอแสดงผลมีหน่วยเป็น px
6. screen_height คือ ความสูงของจอแสดงผลมีหน่วยเป็น px

```
import gym
from matplotlib import pyplot as plt
import highway_env

env = gym.make("highway-v0")
config = {
    "lanes_count": 3,
    "vehicles_density": 2,
    "duration" : 30,
    "screen_height" : 150,
    "screen_width" : 600
}
env.configure(config)
env.reset()
plt.imshow(env.render(mode="rgb_array"))
plt.show()
```

ภาพที่ 4 source code ตัวอย่างการปรับแต่งสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 5 ผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับแต่งสภาพแวดล้อม ตามภาพที่ 4

การสร้างโมเดลโดยใช้อัลกอริทึม Double DQN บนสภาพแวดล้อมแบบ Highway

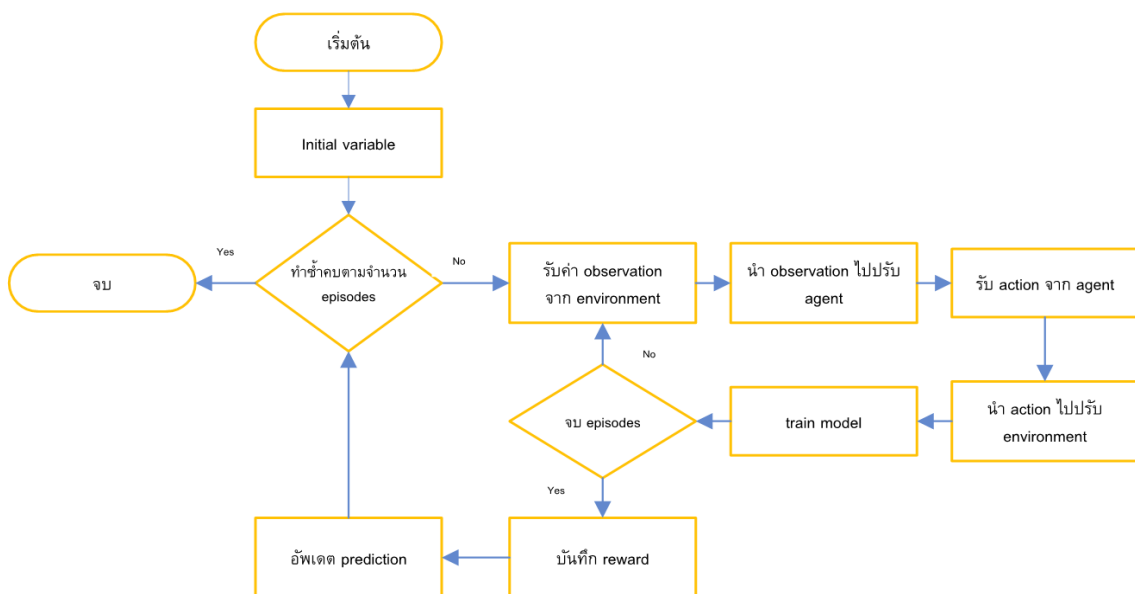
การสร้างโมเดลโดยใช้อัลกอริทึม Double DQN บนสภาพแวดล้อม Highway ในการทดสอบ Training จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ Training Network และ Predicting Network โดยใช้ชุดคำสั่ง tensorflow 2 ในการสร้าง Double DQN โดยใช้สถาปัตยกรรมการประมวลผลแบบคู่ขนาน บนแพลตฟอร์ม CUDA ซึ่งได้อาศัยการประมวลผลจากการ์ดจอ Nvidia GeForce GTX 1060 ใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง โดยมีจำนวน 3000 episode และมีการกำหนดค่าสภาพแวดล้อมดังภาพที่ 6

```

configr = {
    "offscreen_rendering": True,
    "observation": {
        "type": "GrayscaleObservation",
        "weights": [0.9, 0.1, 0.5], # weights for R
        "stack_size": 4,
        "observation_shape": (screen_width, screen_h
    },
    "screen_width": screen_width,
    "screen_height": screen_height,
    "scaling": 5.75,
    "lanes_count": 4,
}
    
```

ภาพที่ 6 ค่าที่ปรับแต่งของสภาพแวดล้อม ที่ใช้ในการ training

โดยเมื่อติดตั้ง OpenAI Gym เพื่อเตรียมสภาพแวดล้อมเสร็จแล้ว สามารถทดลองอัลกอริทึม Double DQN (Paarvendhan, 2021) โดยสามารถอธิบายการทำงานเบื้องต้นดังนี้



ภาพที่ 7 อธิบายผังการทำงานของ source code



โดยจะสามารถทดลอง training ตาม source code ได้โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. Clone Repository ของ github.com/perseus784/Vehicle_Overtake_Double_DQN
2. ติดตั้ง library ที่จำเป็นเพิ่มเติม

`pip install tqdm numpy opencv-python tensorflow`

3. ใช้คำสั่ง `python run.py` เพื่อรัน โดยสามารถอธิบายการทำงานเบื้องต้นได้ดังนี้

```
def run(self, episodes, train_frequency=2):
    for episode in tqdm(range(episodes)):
        #กำหนดตัวแปรเริ่มต้น
        reward_history = []
        step_counter = 0
        #รับค่า observation เริ่มต้นจาก environment
        self.observation = self.env.reset()

        while 1:
            #รับค่า Action จาก Agent
            action = self.dqn.get_action(self.observation)
            #รับค่า observation ณ ปัจจุบันจาก environment
            self.next_observation, reward, done, info = self.env.step(action)
            #เก็บค่า
            reward_history.append(reward)
            self.previous_memory.append([self.observation,
                                        action,
                                        self.next_observation,
                                        reward,
                                        1 if done else 0])

            self.observation = self.next_observation
            #train model
            if step_counter % 10 == 0:
                if len(self.previous_memory) >= batch_size:
                    self.train_network()
            if done:
                break

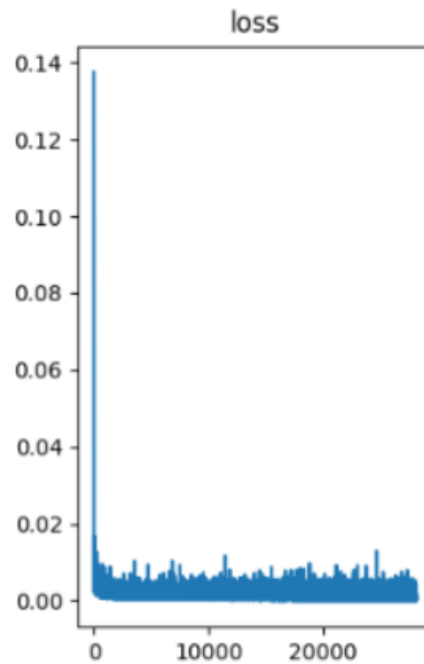
        #บันทึก reward ของแต่ละ Episodes
        with tf_writer.as_default():
            tf.summary.scalar("Episodic Average Rewards",
                             data=np.mean(reward_history),
                             step=episode)
            tf.summary.scalar("Epsilon", data=self.dqn.epsilon, step=episode)
        self.dqn.save_log(episode, np.mean(reward_history), "episodic_reward.csv")
        #อัปเดต prediction
        if generations // 2 >= episode >= 1:
            new_epsilon = self.dqn.epsilon - self.dqn.decay
            self.dqn.epsilon = max(new_epsilon, self.dqn.min_epsilon)
        if episode > 9 and episode % 10 == 0:
            self.dqn.update_prediction_network()
```

ภาพที่ 8 อธิบายการทำงานเบื้องต้นของไฟล์ run.py

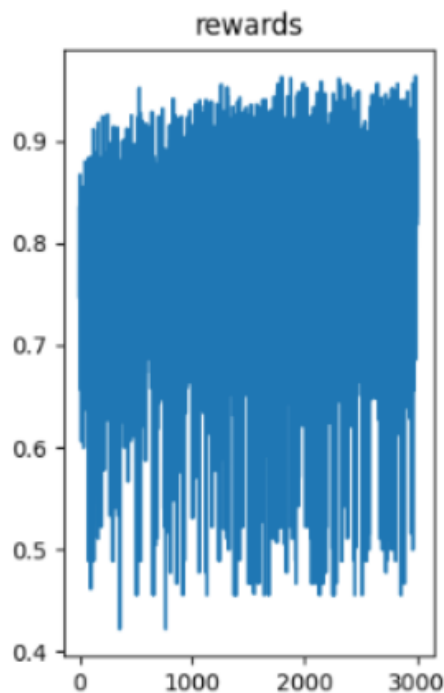
เมื่อรันเสร็จแล้ว จะได้ model file ที่อยู่ในโฟลเดอร์ `./files/training/model_files` เพื่อนำ model ที่ผ่านการ training ไปใช้ได้อนาคต และจะได้ log ที่เก็บอยู่ในรูปแบบนามสกุล csv ในโฟลเดอร์ `./files/training/my_logs` ที่บ่งบอกถึง ค่า loss คือ ค่าที่บ่งบอกการทำงานของโมเดลว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด และ reward ที่แสดงให้เห็นถึงคะแนนของโมเดลในแต่ละ episode

ผลการวิจัย

จาก log ที่มีข้อมูล loss จำนวน 57823 จำนวน และข้อมูล reward จำนวน 3,000 จำนวน ที่ได้จากการ training โดยนำมาสร้างกราฟ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ผลดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10



ภาพที่ 9 กราฟแสดง loss ที่ได้จากการ training



ภาพที่ 10 กราฟแสดง reward ที่ได้จากการ training



ซึ่งเราสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโมเดล ได้ว่าอัลกอริทึม Double DQN ที่สอนบนสภาพแวดล้อม highway นั้น เมื่อทำงานไประยะเวลาหนึ่ง loss มีค่าลดลง จาก 0.14 ลงมาอยู่ระหว่าง 0.00 – 0.02 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีการทำงานที่ไม่ผิดพลาด และมี reward อยู่ในช่วง 0.5 – 1.0 โดยไม่พบ reward ที่เป็น -1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า โมเดลนี้มีความสามารถในการตัดสินใจได้ 100% โดยไม่ผิดพลาด

สรุป

จากผลการวิจัยได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึม Double DQN ในการทำงานบนสภาพแวดล้อม Highway ที่มีการตั้งค่าสภาพแวดล้อมตามข้างต้น ได้บ่งบอกถึงความสามารถในการตัดสินใจของอัลกอริทึมได้ 100% โดยไม่มีการผิดพลาด แต่ยังมี reward ที่ไม่เสถียรนัก ซึ่งเป็นตัวอย่างการใช้งานที่พิสูจน์ได้ว่าการเรียนรู้แบบเสริมกำลังสามารถต่อยอดองค์ความรู้สำหรับผู้พัฒนางานด้านปัญญาประดิษฐ์ให้สามารถนำเทคนิคการใช้ปัญญาประดิษฐ์ไปพัฒนาเทคโนโลยีและสังคมได้ และพื้นที่จำลอง OpenAI Gym ที่มีการทำงานและทดลองใช้สภาพแวดล้อมแบบ highway แสดงให้เห็นถึงการทำงาน การเข้าใช้งาน และการแสดงผล สามารถทำให้ผู้พัฒนาสามารถนำไปต่อยอดได้

เอกสารอ้างอิง

- AIAT, A. I. (2021). *Super AI Engineer*. Retrieved May 3, 2021, from Super AI Engineer: <https://superai.aiat.or.th/>
- Baker, B., Kanitscheider, I., Markov, T., Wu, Y., Powell, G., McGrew, B., & Mordatch, I. (2019). *Emergent Tool Use from Multi-Agent Autocurricula*. ArXiv.
- Berner, C., Brockman, G., Chan, B., Cheung, V., Debiak, P. P., Dennison, C., Farhi, D., Fischer, Q., Hashme, S., Hesse, C., Józefowicz, R., Gray, S., Olsson, C., Pachocki, J., Petrov, M., De Oliveira Pinto, H. P., Raiman, J., Salimans, T., Schlatter, J., Zhang, S. (2019). *Dota 2 With Large Scale Deep Reinforcement Learning*. ArXiv.
- Brockman, G., Cheung, V., Pettersson, L., Schneider, J., Schulman, J., Tang, J., & Zaremba, W. (2016). *OpenAI Gym*. 1–4. Retrieved December 27, 2020, from <http://arxiv.org/abs/1606.01540>
- Coursera.org. (2021). *Artificial Intelligence Courses*. Retrieved May 3, 2021, from <https://www.coursera.org/>: [https://www.coursera.org/courses?query=artificial intelligence](https://www.coursera.org/courses?query=artificial%20intelligence)
- Paarvendhan. (2021). *Explaining Double Q Learning for OpenAI Environments Using The Movie TENET*. Retrieved December 2, 2020, from <https://towardsdatascience.com/> :



<https://towardsdatascience.com/explaining-double-q-learning-for-openai-environments-using-the-movie-tenet>

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2020). *Reinforcement Learning: An Introduction*.

Thaimooc.org. (2021). วิทยาปัญญา Artificial Intelligence. Retrieved May 3, 2021, from <https://thaimooc.org/course?keys=Artificial+Intelligence>

การศึกษารถไฟฟ้าต้นแบบไร้มลพิษเพื่อการขนส่ง

STUDY ON ZERO EMISSION ELECTRIC VEHICLE PROTOTYPE FOR TRANSPORTATION

วีรวุฒิ ทัพหิกรรม

Weerawut Thanhikam

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

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

บทคัดย่อ

ยานยนต์ไฟฟ้า หรือ Electric Vehicle เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขนส่ง โดยเฉพาะการลดไอเสีย ลดการพึ่งพาน้ำมันได้อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งหนึ่งในคำถามที่สำคัญที่สุดในการใช้รถยนต์ไฟฟ้า คือ การจะใช้รถยนต์ไฟฟ้าอย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การทดลองนี้เป็นการเก็บข้อมูลอัตราการใช้พลังงานของระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ซึ่งดัดแปลงมาจากเครื่องยนต์ดีเซลโดยเปลี่ยนระบบขับเคลื่อนจากเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ICE: Internal Combustion Engine) มาเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) โดยที่อัตราการใช้พลังงานที่ได้จากการทดลอง จะนำไปพัฒนาความแม่นยำในการคำนวณอัตราสิ้นเปลืองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการออกแบบจำลองประกอบกรคำนวณและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากการตรวจสอบค่าของแบบจำลองพบว่า สามารถจำลองการทำงานได้ใกล้เคียงกับผลการทดสอบจริง

จากการทดสอบการใช้รถยนต์พลังงานไฟฟ้าในครั้งนี้ ทำให้ได้ทราบถึงอัตราการสิ้นเปลืองของรถยนต์พลังงานไฟฟ้า ทั้งจากการทดสอบวิ่ง (Test Drive) จากการทดสอบในการใช้งานจริง ซึ่งได้ทำการเก็บค่าโดยละเอียด ทั้งจากการวัดการสิ้นเปลืองจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ รวมไปถึงการเก็บข้อมูลน้ำหนักสินค้า จุดตรวจสินค้าต่อรอบวิ่ง ระยะทาง ความเร็วเฉลี่ยโดยละเอียด รวมไปถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้งานจริง พร้อมทั้งวิธีแก้ปัญหาเบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ และจากการวิจัยสรุปได้ว่าผลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน รถไฟฟ้าต้นแบบ ประหยัดกว่า 48.77% รวมถึงยังประหยัดค่าบำรุงรักษาต่อปีถึง 72.10%

คำสำคัญ: รถยนต์ไฟฟ้า ต้นแบบขนส่ง อัตราสิ้นเปลือง

ABSTRACT

Electric vehicle (EV) is the efficient choice for reducing emissions and fossil fuel dependence in transport systems. One of the most concerned questions about EV is how to optimize the use of it.

In this experiment, energy consumption data is collected from EV prototype. EV prototype is modified from diesel pickup truck by replacing the internal combustion engine (ICE: Internal Combustion Engine) into electric motor. The experimental consumption data will be used to improve the accuracy of consumption calculation with mathematical models. The simulation model and parameters from the experiment perform the result close to the actual test one.

From this experiment, we obtained consumption data from both testing run (Test Drive) and usage in real situations. Not only the electricity usage, but also goods weight, dropping points per round, distance, and average speed data are collected. Moreover, we also collected the usage problems that happened in experiment, and offer basic solution for those problems. Analysis of these experimental data will be beneficial to EV usage that will be significantly widespread in the near future.

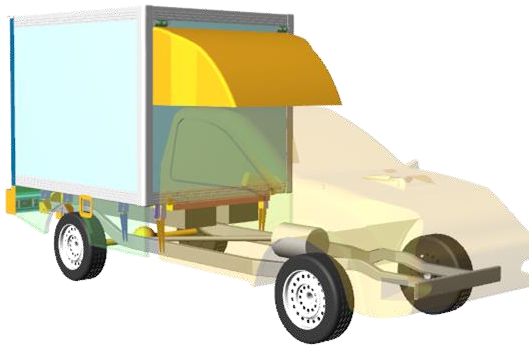
Keywords: Electric Vehicle (EV), Prototype, Internal Combustion Engine (ICE), Consumption, Test Drive

บทนำ

รถยนต์เป็นส่วนหนึ่งของระบบขนส่งเป็นพื้นฐานซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ อย่างไรก็ตามระบบขนส่งในประเทศในขณะนี้ส่วนมากใช้รถยนต์ระบบเครื่องยนต์เผาไหม้ ทำให้ต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงหลักคือน้ำมันซึ่งต้องพึ่งพาการนำเข้าเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งยังเป็นต้นตอของการปล่อยมลภาวะซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดสภาวะเรือนกระจกโดยเฉพาะในเมืองหลวงที่มีการจราจรแออัด (Tamsanya, 2009) อีกทั้งการจะหมดไปของน้ำมันในอนาคตอันใกล้และการสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ความสนใจจึงพุ่งเล็งมาที่การพัฒนาขนส่งที่ยั่งยืน ลดปัญหาสภาวะโลกร้อน และลดการพึ่งพาน้ำมัน (IEA, 2010)

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลากหลายที่สามารถช่วยบรรเทาปัญหาดังกล่าว หนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากคือ รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles: EV) ซึ่งสามารถตอบโจทย์ได้ทั้งด้านการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ ลดการใช้ น้ำมัน และไม่มีการปล่อยไอเสียโดยสิ้นเชิง

รถยนต์ไฟฟ้า หรือ EV เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขนส่งโดยเฉพาะการลดไอเสีย ลดการพึ่งพาน้ำมันได้อย่างเห็นได้ชัด การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าได้รับความสนใจจากทั้งภาครัฐและเอกชนเป็นอย่างมาก ซึ่งหนึ่งในคำถามที่สำคัญที่สุดในการพัฒนารถยนต์ไฟฟ้า คือ การพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าอย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Chi-Sheng Tsai, 2010)



ภาพที่ 1: รถกระบะไฟฟ้าต้นแบบซึ่งไม่ปล่อยมลภาวะบนท้องถนน (Zero Emission)

งานวิจัยนี้จะศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองของรถยนต์พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบในภาพที่ 1 กับการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงรถยนต์ไฟฟ้าให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยสถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูลจะเป็น เส้นทางเดินรถจากศูนย์กระจายสินค้า ของบริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน) ไปยังร้านสะดวกซื้อต่าง ๆ นอกจากข้อมูลการพลังงานในรูปแบบไฟฟ้าแล้ว ข้อมูลอื่น ๆ เช่น ความเร็ว, ระยะทาง, น้ำหนักสินค้า, จุดตรอบสินค้า, ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานจะถูกเก็บรวบรวมไปด้วยในระหว่างการทดลอง

ซึ่งเป้าหมายการทดลองนี้จะเป็นก้าวแรกในการช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ โดยการระบุหัวข้อพื้นฐานเช่น การวัดและคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองของรถยนต์ไฟฟ้า รวมไปถึงการแก้ไขปัญหาเบื้องต้นในการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ซึ่งข้อมูลจากโครงการนี้อาจจะนำไปสู่การใช้รถยนต์ไฟฟ้าในระบบขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพและลดมลภาวะในระบบขนส่งอย่างยั่งยืน

บททวนวรรณกรรม

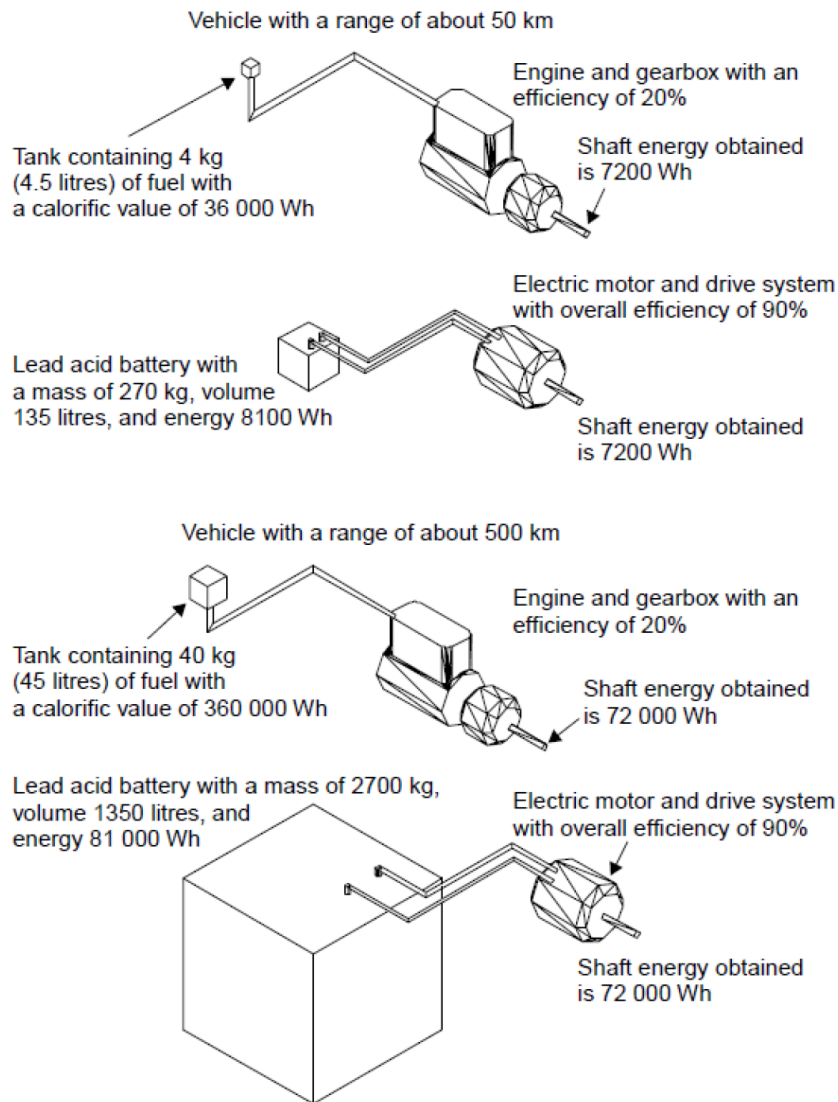
ในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลที่ได้กล่าวมาข้างต้นจากการทดลองใช้งานรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบจากการหาข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองของการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลสมรรถนะต่าง ๆ ของรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งส่วนใหญ่จะหาได้จากข้อมูลในต่างประเทศ (Kempton, 2000) เช่น ในประเทศญี่ปุ่นและประเทศในยุโรป เพื่อวิเคราะห์หาข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญได้แก่การวัดและคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองของรถยนต์ไฟฟ้าโดยมีประเด็นดังต่อไปนี้

ประวัติของเทคโนโลยียานพาหนะไฟฟ้า

ในปี ค.ศ. 1834 ได้มีการพัฒนายานยนต์ไฟฟ้าขึ้นโดยใช้แบตเตอรี่ปฐมภูมิ (แบตเตอรี่แบบไม่สามารถประจุไฟใหม่ได้) หลังจากนั้น ในช่วงศตวรรษที่ 19 ได้มีการผลิตแบตเตอรี่แบบประจุไฟใหม่ได้อย่างแพร่หลาย จึงส่งผลให้ยานยนต์ไฟฟ้าเป็นที่นิยมยิ่งขึ้น โดยนำมาใช้เป็นยานยนต์ส่วนบุคคลและรถแท็กซี่เมื่อเริ่มต้นศตวรรษที่ 20 ยานยนต์ไฟฟ้ามีเสถียรภาพในการขับเคลื่อนสูง ง่ายต่อการใช้งาน ในขณะที่ยานยนต์สันดาป

ภายในยังใช้งานไม่สะดวกนัก เนื่องจากต้องใช้แรงคนในการเริ่มการทำงานของเครื่องยนต์ ส่วนเครื่องยนต์อื่น ๆ เช่น เครื่องจักรไอน้ำยังต้องการการดูแล ตลอดจนประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องต่ำ ทำให้ในปี ค.ศ. 1920 มีการใช้งานยานยนต์ไฟฟ้าแพร่หลายยิ่งขึ้น อยู่ในรูปของระบบขนส่งสาธารณะและรถส่งของต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์สันดาปภายในมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (ค.ศ. 1911) จึงทำให้ยานยนต์สันดาปภายในได้รับความสนใจมากขึ้น นอกจากนี้ความได้เปรียบในส่วนของค่าพลังงานจำเพาะของเชื้อเพลิง (พลังงานที่ปล่อยออกมาในหนึ่งหน่วยน้ำหนักของแหล่งพลังงาน) อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในมีค่าพลังงานจำเพาะประมาณ 9000 Wh/kg แม้ยานยนต์จะมีประสิทธิภาพการทำงานเพียง 20% และทำให้ค่าพลังงานจำเพาะเหลือเพียง 1800 Wh/kg ในขณะที่แบตเตอรี่ Lead-acid นั้นมีพลังงานจำเพาะเพียง 30 Wh/kg เมื่อส่งพลังงานไปยังมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพ 90% จึงทำให้เหลือค่าพลังงานจำเพาะเพียง 27 Wh/kg เท่านั้น ส่งผลให้ต้องใช้แบตเตอรี่จำนวนมากในการให้พลังงาน หมายถึงการที่ยานยนต์ต้องรับน้ำหนักของแบตเตอรี่ที่มากขึ้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความได้เปรียบของเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์สันดาปภายในโดยการเปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ต่อน้ำหนักที่ต้องรองรับเพื่อขับเคลื่อนยานยนต์ในระยะทาง 50 และ 500 กิโลเมตร

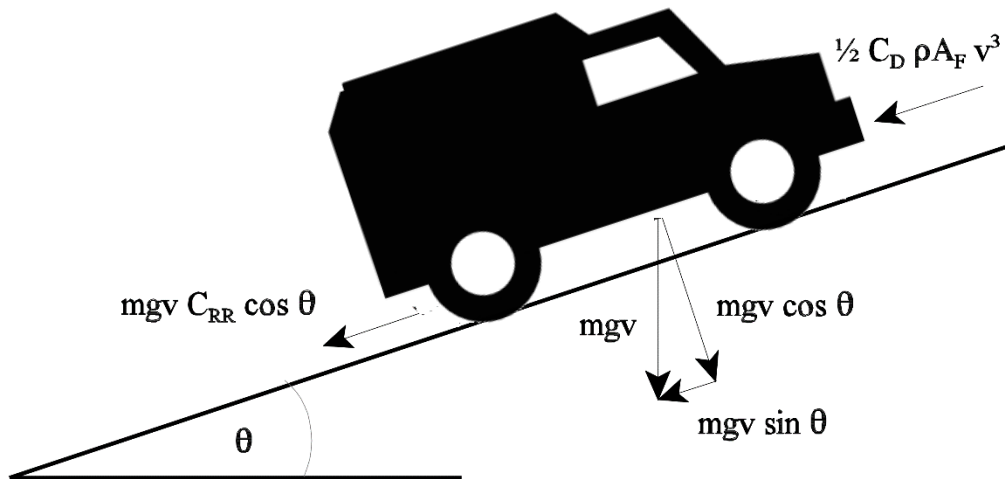


ภาพที่ 2: แสดงการเปรียบเทียบการจ่ายพลังงานของแบตเตอรี่และน้ำมันสำหรับ
ขับเคลื่อนยานยนต์ในระยะ 50 และ 500 กิโลเมตร
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อยานพาหนะไฟฟ้า

การศึกษาและการพัฒนาสมรรถนะของระบบขับเคลื่อนยานยนต์ไฟฟ้านั้น หากทำโดยการสร้างรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบเพื่อทดสอบ จะมีความยุ่งยากซับซ้อน ใช้เวลานานและเสียค่าใช้จ่ายสูง จึงได้เปลี่ยนเป็นการสร้างแบบจำลองรถยนต์ไฟฟ้า คือ การจำลองการทำงานของระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้าด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวแทนของระบบจริงในการทดสอบ เช่น การทดสอบหาสมรรถนะ การทดสอบหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า รวมถึงระยะทางการวิ่ง เป็นต้น นอกจากนี้ แบบจำลองยังสามารถปรับปรุงและพัฒนา ระบบได้โดยเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง

ซึ่งการที่ยานยนต์จะสามารถเคลื่อนที่ได้ก็ต่อเมื่อแรงจากมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนสามารถชนะแรงต้านทานการเคลื่อนที่ (Road load) ได้ ซึ่งแรงต้านทานการเคลื่อนที่นั้นจะประกอบด้วย แรงต้านทานการกลิ้งของล้อ (Rolling resistance force) แรงต้านทานการไหลของอากาศ (Aerodynamic drag force) แรงที่ใช้ในการขึ้นทางลาดชัน (Hill climbing force) และแรงจากความเร่ง (Acceleration force) ดังแสดงในภาพที่ 3 (Amrhein, 2005)



ภาพที่ 3: Free body diagram ของแรงที่กระทำกับยานยนต์

ดังนั้น ภาระการขับเคลื่อนของรถยนต์รวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่ล้อรถจักยานยนต์ (Total tractive effort, P_{te}) สามารถแสดงได้ดังสมการ

$$P_{te} = (mav) + (mgv \sin \theta) + (mgv C_{RR} \cos \theta) + \left(\frac{1}{2} \rho_{air} C_D A_F v^3\right)$$

โดยที่กำหนดให้

m	คือมวลทั้งหมดของรถ คนขับ และสิ่งของที่บรรทุก
θ	มุมความลาดชัน
a	อัตราเร่งของรถยนต์
v	ความเร็วของรถยนต์
C_{RR}	ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านทานการกลิ้งของล้อ
ρ_{air}	ความหนาแน่นของอากาศ
C_D	ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านทาน
A_F	พื้นที่หน้าตัด

ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณแรงกระทำต่อรถยนต์

C_{RR}	C_D	A_F (m ²)	Curb Weight (Kg)
0.014	0.9	0.6	140

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลการสิ้นเปลืองพลังงานจากการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ และสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเทียบกับการใช้งานจริง
2. เก็บข้อมูลการใช้งานในสภาวะแวดล้อมจริง เพื่อปรับปรุงพัฒนารถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบให้สมบูรณ์แบบมากขึ้น รวมไปถึงการตัดแปลงและประยุกต์ใช้รถไฟฟ้าในการขนส่งเพื่อการพาณิชย์ และลดต้นทุนการขนส่งและมลพิษ
3. พัฒนาและออกแบบรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ซึ่งมีโครงสร้างเหมือนรถกระบะบรรทุกทั่วไป แต่นำเครื่องยนต์ที่วิ่งด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด และแหล่งเก็บพลังงานจากแบตเตอรี่ โดยการออกแบบจะพัฒนาจากปัญหาที่พบได้บ่อยจากการใช้รถยนต์ไฟฟ้าในประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เริ่มทำการสร้างรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ซึ่งโครงสร้างใช้จากรถกระบะทั่วไปซึ่งได้ทำการตัดแปลงโดยนำเครื่องดีเซลออก และใส่ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเข้าไป โดยที่ระบบควบคุมต่าง ๆ เช่น พวงมาลัย เบรก รวมถึงคันเร่ง จะใช้เป็นระบบไฟฟ้าทั้งหมด

หลังจากนั้นจึงสำรวจและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ โดยทำการเก็บข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าหลังจากการวิ่งในสภาวะแวดล้อมและเส้นทางที่ต่างกัน เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากแบบจำลองระบบขับเคลื่อนรถยนต์ไฟฟ้า และเปรียบเทียบอัตราสิ้นเปลืองกับรถยนต์เผาไหม้ภายในทั่วไป

วิธีการวิจัย

การเตรียมตัวสำหรับการสร้างรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบ

สำหรับขั้นตอนแรกของงานวิจัยนี้ คือการออกแบบรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบ เพื่อที่จะหา Driving Cycle ที่ได้จากการขับทดสอบรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบ ซึ่งได้ทำการออกแบบเพื่อตัดแปลงจากเครื่องยนต์เผาไหม้ (ICE) เป็นยานยนต์ไฟฟ้าที่มีระบบขับเคลื่อนเป็นมอเตอร์ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 100 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบอยู่ที่ 1800 rpm และ 4000 rpm เมื่อมอเตอร์ทำงานด้วยกำลังไฟ 50 และ 100 กิโลวัตต์ตามลำดับ

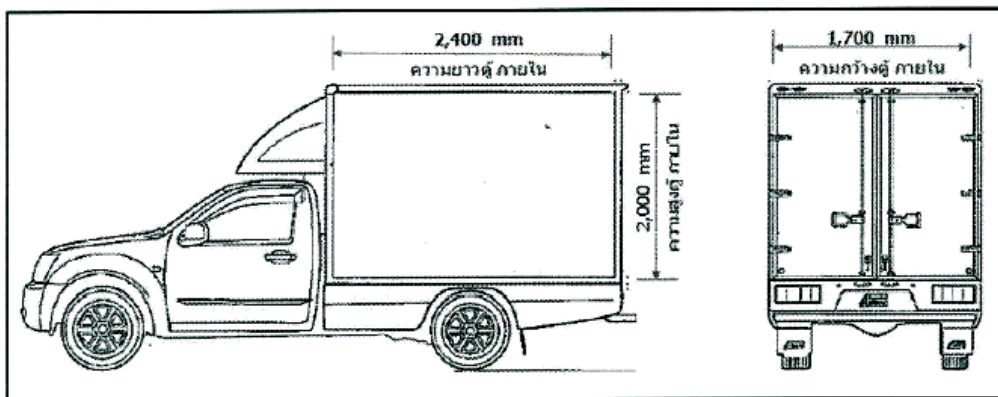
ตัวมอเตอร์ติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าของตัวรถ ที่เคยเป็นห้องเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะเชื่อมต่อกับล้อหลังโดยใช้เพลาสําหรับขับเคลื่อน

แบตเตอรี่ที่เก็บพลังงานสำหรับระบบขับเคลื่อนจะเป็นแบตเตอรี่เป็นประเภท Li-ion แรงดันขนาด 173 โวลต์ ความจุ 125 แอมป์ชั่วโมง มีน้ำหนัก 195 กิโลกรัม ซึ่งติดตั้งอยู่กับตัวรถด้านหลัง และไม่สามารถถอดเปลี่ยนทำการ swap แบตเตอรี่ได้ สำหรับระบบควบคุมจะใช้แหล่งพลังงานที่แยกกันซึ่งจะเป็นแบตเตอรี่ 12 V ประเภท Graphene Lead Acid หรือที่ใช้อยู่ทั่วไปตามท้องตลาด ซึ่งความจุที่ใช้จะเป็นขนาด 60 แอมป์ชั่วโมง ระบบเบรกมีระบบ Regenerative สำหรับปั่นไฟกลับเข้าตัวแบตเตอรี่ สำหรับน้ำหนักแบตเตอรี่สำหรับระบบขับเคลื่อนจะอยู่ที่ 195 กิโลกรัม ซึ่งในการขับเคลื่อนจะใช้ทั้งหมดสองชุด น้ำหนักแบตเตอรี่รวมทั้งสิ้นจะอยู่ที่ 400 กิโลกรัมโดยประมาณ

ซึ่งโครงสร้างของรถกระบะ ต้องยึดตามมาตรฐานขนส่งสินค้าประจำศูนย์กระจายสินค้า Dry Grocery ซึ่งรายละเอียดข้อมูลมาตรฐานขนาดภายในตู้ 4 ล้อ Cargo Box สำหรับการทดสอบโครงการรถยนต์ไฟฟ้าจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

มาตรฐานรถขนส่งสินค้าประจำศูนย์กระจายสินค้า Dry Grocery

- ขนาดตู้สินค้า (กว้าง x ยาว สูง) ขนาดตู้ภายใน ชั้นต่ำ 1.7m. x 2.4m. x 2.0m.
- ปริมาตรตู้บรรจุสินค้า (m³) - ปริมาตร ชั้นต่ำ 8.2 m³
- น้ำหนักบรรทุกสินค้า (ตัน) 1.8 ตัน



ภาพที่ 4 ขนาดมาตรฐานของรถกระบะ 4 ล้อ ประเภทตู้ Cargo พื้นเรียบ

โครงการขนส่ง 4 ล้อคันนี้ เป็นรถกระบะยี่ห้อมิทซูบิชิ รุ่นไทรทัน ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัทขนส่ง ลัดดาทรานสปอร์ต แอนด์ ซัพพลาย ให้เพื่อไว้เป็นโครงสร้างสำหรับการดัดแปลงเป็นรถไฟฟ้าต้นแบบในโครงการทดลองนี้



ภาพที่ 5 รถกระบะบรรทุกเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะนำส่วนโครงสร้างไปดัดแปลงเป็นรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ โดยส่วนเครื่องยนต์จะถูกแทนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
ที่มา: บริษัทขนส่ง ลัดดาทรานสปอร์ต แอนด์ ซัพพลาย

ซึ่งขนาดตู้สินค้านี้ ในการออกแบบตู้สินค้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า จะนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานของบริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนค่าใช้จ่ายและอุปกรณ์ ในการดัดแปลงรถยนต์จากระบบขับเคลื่อนด้วยเชื้อเพลิงดีเซลมาสู่ไฟฟ้า โดยรุ่นที่ใช้มาทำการเปรียบเทียบคือ THERMOTECH C-SERIES ซึ่งมีสามรุ่นย่อยได้แก่ PK1 LO barn door, PK1-STD barn door และ PK1 Hi barn door ซึ่งในขั้นต้น จะใช้รุ่น PK1-STD barn door และ PK1 Hi barn door ในการวางแบบเบื้องต้น ซึ่งจะทำการปรับเปลี่ยนในการออกแบบขั้นต่อไปหลังจากวางแบบเตอรีแล้ว ขนาดดังกล่าวจะแสดงอยู่ในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นขนาดอ้างอิงสำหรับตู้บรรทุกสินค้าเย็นเท่านั้น ซึ่งตู้บรรทุกสินค้าแห้งจะมีขนาดภายในที่กว้างกว่าตู้บรรทุกสินค้าเย็น



ภาพที่ 6 ตู้บรรทุกสินค้า THERMOTECH C-SERIES
ที่มา: บริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน)

ตารางที่ 2: Standard box dimension of THERMOTECH (หมายเหตุ: ขนาดดังกล่าวจะเป็นขนาดอ้างอิง สำหรับตู้บรรทุกสินค้าเย็น ซึ่งตู้บรรทุกสินค้าแห้งจะมีขนาดภายในที่กว้างกว่า)

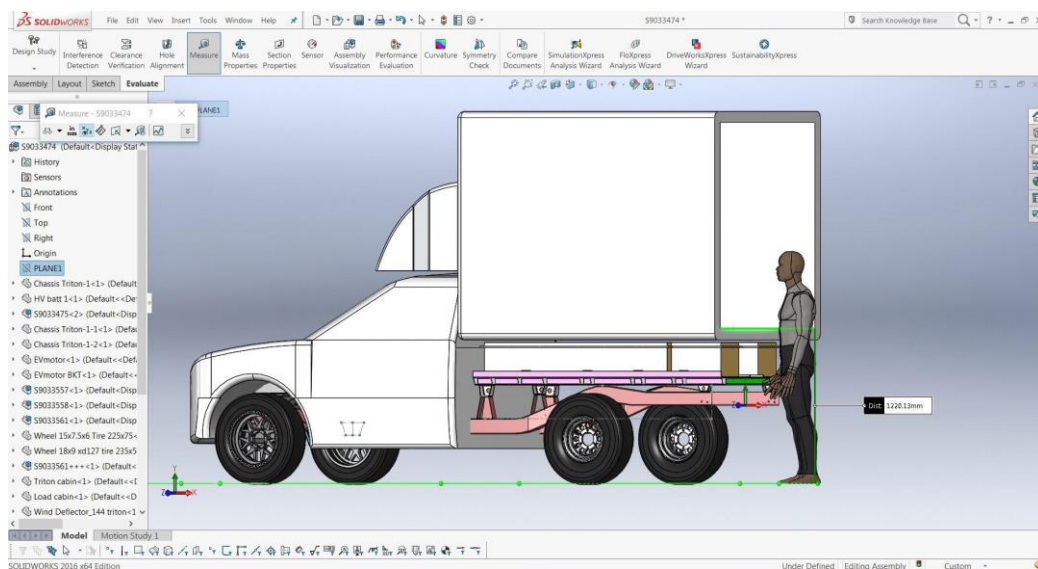
THERMOTECH Type/Model	Internal Dimension (mm.)			External Dimension (mm.)			Volume m ³	Weight Kgs.
	Length	Width	Height	Length	Width	Height		
PK1 LO barn door	2110	1570	1265	2290	1750	1450	3.80	280
PK1-STD barn door	2110	1570	1465	2290	1750	1650	4.50	300
PK1 Hi barn door	2110	1570	1785	2290	1750	1970	5.90	380

ที่มา: บริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน)

การออกแบบรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบ

เนื่องจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้องออกแบบให้ได้ตามมาตรฐาน ส่วนประกอบสำคัญคือโครงสร้างรถ การออกแบบโครงสร้างรถไฟฟ้าต้นแบบ จึงเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำรถกระบะดีเซล มาทำการยกเครื่องยนต์ดีเซลออก และนำมอเตอร์ไฟฟ้ามาเป็นตัวขับเคลื่อน

โดยในการออกแบบการวางของแบตเตอรี่ต้องคำนึงถึงผู้ใช้งาน โดยที่ไม่ให้สูงเกินจากพื้นดิน ซึ่งความสูงในการออกแบบห้องบรรทุก จะอยู่สูงจากพื้นดิน 120 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความสูงที่เหมาะสมกับการยื่นทำงาน (ESA, 2009)



ภาพที่ 7 ระดับความสูงของห้องบรรทุกหลังจากการวางแบตเตอรี่ ออกแบบให้เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โครงสร้างรถหลังจากนำในส่วนของกระบะหลังออก มีการออกแบบจัดหาที่เพื่อวาง แบตเตอรี่ ซึ่งเพื่อความปลอดภัย ผู้วิจัยได้นำทั้งแพค (Battery Pack) มาวาง โดยที่ไม่ได้มีการแบ่งแยกเซลล์ (Battery Cell) ออกจากกันดังรูปในหัวข้อถัดไป (Matthias, 2006)

ติดตั้งอุปกรณ์ระบบรถพลังงานไฟฟ้า

ขั้นตอนการทำงานหลังจากการออกแบบจัดหาที่เพื่อวางแบตเตอรี่ ซึ่งได้นำในส่วนของกระบะหลัง รวมถึงตู้ที่บรรจุทุกสินค้าออกเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้นำทั้งแพค (Battery Pack) มาวาง โดยที่ไม่ได้มีการแบ่งแยกเซลล์ (Battery Cell) ออกจากกันเพื่อความปลอดภัย รวมถึงเตรียมติดตั้งติดตั้งตัวควบคุมหภูมิ เพิ่มเติมสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต



ภาพที่ 8: แบตเตอรี่ที่วางอยู่บนทั้งสองด้านของโครงรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบ ซึ่งมีการวางห่างกันเพื่อกระจายน้ำหนักที่ช่วยสมดุลจุดศูนย์ถ่วงของรถ

การออกแบบและติดตั้งระบบขับเคลื่อน

สำหรับมอเตอร์ที่ใช้ทดสอบในรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ ที่มีโครงสร้างเหมือนรถกระบะ เครื่องยนต์หลักคือมอเตอร์ไฟฟ้าซึ่งมีกำลังสูงสุดที่ 100 kW หรือ 134 แรงม้า ทำงานที่แรงดัน 220V แรงบิดสูงสุดที่ 680 N•M ปริมาตรสูงสุดที่สามารถบรรจุของได้คือ 7.63 ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 3: รายละเอียดของเครื่องยนต์ไฟฟ้า ซึ่งแทนที่เครื่องยนต์เผาไหม้ในระบบขับเคลื่อนของรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ

Power	Engine type	DC Motor	WTYCDJ-50A-XL 50kw 220vac 1800RPM 100kw 4000RPM
	Max Power		100KW
	Max Torque		680 n.M
	Max Speed		100Km/h
	Battery		125Ah 173V 21.5kw 195kg And 12V 60Ah
	Battery Charger	32A/16A Charger	*
	Cruising radius	No load and A/C off	230 Km @ 60 Km/h

ที่มา: King Long Kingo Operation Manual (EV)

ระบบจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 100 กิโลวัตต์ ความเร็วรอบอยู่ที่ 1800 rpm และ 4000 rpm เมื่อมอเตอร์ทำงานด้วยกำลังไฟ 50 และ 100 กิโลวัตต์ตามลำดับ ตัวมอเตอร์ติดตั้งอยู่ที่ด้านหน้าของตัวรถ ที่เคยเป็นห้องเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะเชื่อมต่อกับล้อหลังโดยใช้เพลาสําหรับขับเคลื่อน

รูปแบบการเชื่อมเพลาสําหรับขับเคลื่อนซึ่งแสดงดังภาพที่ 9 รถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบจะมีระบบขับเคลื่อนล้อหลัง ซึ่งมอเตอร์จะอยู่ด้านหน้า(เช่นเดียวกับเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป) จึงต้องทำการเชื่อมระบบขับเคลื่อนกับมอเตอร์ผ่านเพลาสําหรับขับเคลื่อนจะถูกควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าซึ่งรับคำสั่งจากกล่อง ECU ที่ทำงานควบคู่กับกล่อง BMS (Battery Management System) ซึ่งมีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ รวมไปถึงการชาร์จประจุแบตเตอรี่ ซึ่งจะติดตั้งอยู่ด้านหน้าของตัวรถต้นแบบ ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 9: การเชื่อมต่อเพลาสําหรับขับเคลื่อนล้อหลัง กับมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อน ซึ่งอยู่ที่ด้านหน้าตัวรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบ



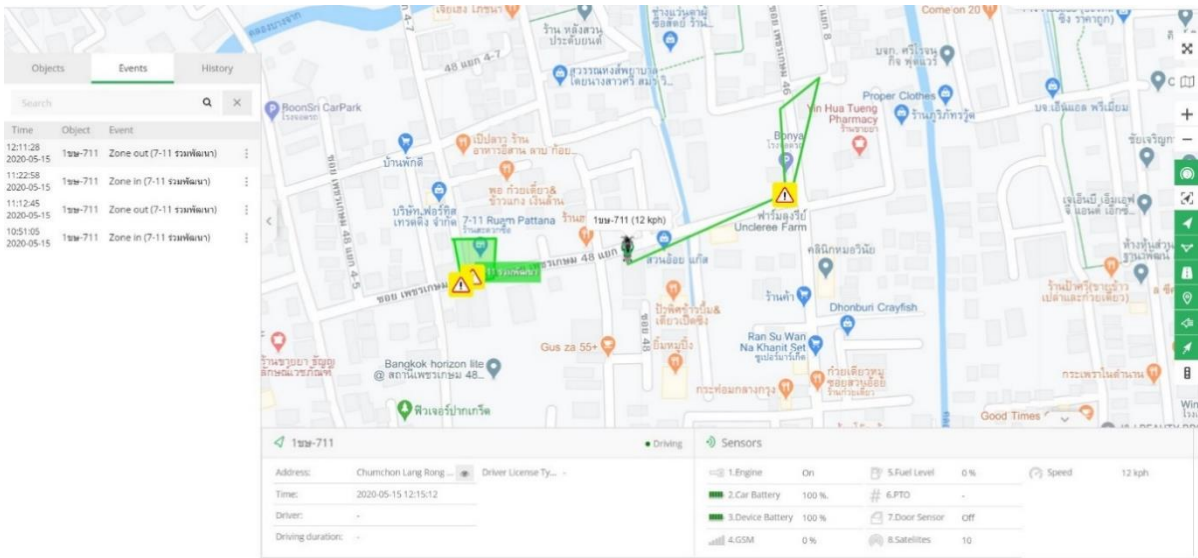
ภาพที่ 10 กล่องควบคุมและระบบ BMS ซึ่งมีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ขับขี่ ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ รวมไปถึงการชาร์จประจุแบตเตอรี่

การเก็บรวบรวมข้อมูล

แผนของการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในโครงการนี้ เริ่มจากทำการสำรวจและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองของรถยนต์ไฟฟ้าโดยทำการเก็บข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าหลังจากการวิ่งในสภาวะแวดล้อมและเส้นทางที่ต่างกัน เพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับรถยนต์เผาไหม้ภายในทั่วไป อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยน้อยชิ้น

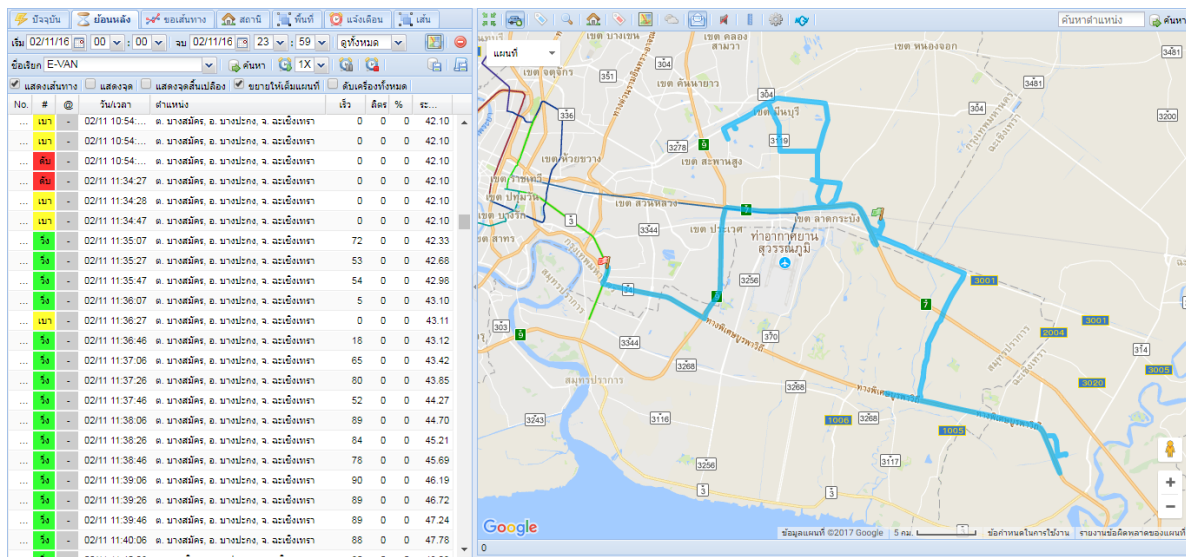
ที่ได้ทำการทดสอบการสิ้นเปลืองพลังงานในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากโครงการนี้จะสะท้อนถึงการแก้ปัญหาพลังงานได้อย่างยั่งยืนโดยส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด

ข้อมูลเส้นทางจะถูกเก็บโดยระบบติดตามรถ GPS ซึ่งสามารถระบุได้ทั้งตำแหน่งรถ ความเร็วเฉลี่ย เส้นทางเดินทางตั้งแต่ออกจนกระทั่งกลับมาที่เดิมดังแสดงในภาพที่ 11 ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ สามารถนำมาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งานรถยนต์ไฟฟ้าในเส้นทางที่ต่างกัน จากการเก็บข้อมูลทดสอบรถหลายๆครั้ง ในเส้นทางในเขตเมืองของกรุงเทพฯ จะพบว่าความเร็วเฉลี่ยของรถนั้นอยู่ในช่วง 13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งงานวิจัยอื่น ๆ ได้เก็บข้อมูลความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 15 -17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การเก็บข้อมูลความเร็วของรถ ในขณะที่ขับขึ้นนั้น เส้นทางที่ขับทดสอบนั้นเริ่มต้นจากร้านสะดวกซื้อในซอยร่วมพัฒนา ส่งกระจายสินค้าซึ่งน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัมสู่ลูกค้าในละแวกไม่เกินรัศมี 5 กิโลเมตร



ภาพที่ 11: การเก็บข้อมูลจาก GPS ซึ่งจะประกอบไปด้วย ระยะทาง เวลา และ ความเร็ว

นอกจากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าแล้ว รถยนต์ไฟฟ้าจะมีการติดตั้งระบบติดตามแบบจีพีเอส เพื่อเก็บข้อมูลตำแหน่ง ระยะทาง เส้นทางเดินรถ รวมถึงความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ไฟฟ้า ที่ใช้ในแต่ละรอบ ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12: ข้อมูลที่เก็บด้วยระบบติดตามจีพีเอสอย่างละเอียด ซึ่งเก็บข้อมูลความเร็ว ระยะเวลาที่ใช้ต่อรอบ เส้นทางที่ใช้ ตำแหน่งของรถ ณ ปัจจุบัน

หลังจากการเดินรถแต่ละครั้ง พนักงานขับรถ จะเป็นผู้บันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ลงแบบฟอร์ม ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ เช่น วันที่และเวลา รอบวิ่งงาน จำนวนร้าน ปริมาตรและน้ำหนักของสินค้า เวลาไหลดสินค้า ไมล์ของรถ EV ก่อนและหลัง ระยะเวลาต่อรอบ และ ระยะเวลาต่อวัน % ของแบตเตอรี่ก่อน และหลัง



ภาพที่ 13 รูปแบบการไหลและบรรทุกสินค้าด้วยรถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบในการใช้งานจริง ซึ่งจะมีการจดบันทึกน้ำหนักรวมและจำนวนลูกบาศก์ที่ใช้

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ มีวิธีการดำเนินงานโดยสร้างระบบการเก็บข้อมูลรถยนต์ไฟฟ้าในโครงการนี้ครอบคลุมทั้งข้อมูลการสิ้นเปลืองไฟฟ้าและข้อมูลเส้นเดินทางตัวรถยนต์ที่ใช้ทดสอบคือรถยนต์ไฟฟ้าที่มีโครงสร้างเหมือนรถกระบะ โดยดัดแปลงให้เหมาะสมกับการขนส่งสินค้าในระยะรัศมี 100 กิโลเมตร/รอบโดยเฉลี่ย

การวัดและคำนวณอัตราสิ้นเปลืองจะทำจากข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ซึ่งเก็บจากการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า หลังจากการวิ่งรอบงานจนกระทั่งแบตเตอรี่เหลือต่ำจนไม่เพียงพอต่อการวิ่งรอบต่อไปได้ ข้อมูลที่ได้จาก power meter ซึ่งเก็บข้อมูลการกินไฟฟ้าของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าจะนำมาคำนวณเป็นอัตราสิ้นเปลืองโดยใช้อัตราสิ้นเปลืองเป็นหน่วยไฟฟ้าหรือจำนวนเงิน/กิโลเมตร

ตารางที่ 4: ตารางการบันทึกผลระยะทาง จำนวนรอบ อัตราการสิ้นเปลือง

เดือนที่	ระยะทาง (กม.)	จำนวนรอบ	อัตราสิ้นเปลือง (kWh)	หมายเหตุ
1	1,143	7	404	ช่วงเริ่มต้นการทดสอบ
2	2,394	17	847	
3	3,853	27	1,363	
4	3,854	22	1,436	
5	3,097	21	1,095	
6	3,043	27	1,067	
7	-	-	-	จอดซ่อมบำรุง
8	3,793	27	1,341	
9	3,261	23	1,153	
10	2,945	21	1,042	
11	2,751	19	973	
12	2,033	14	719	ช่วงปิดการทดสอบ
รวม	32,167	225	11,376	

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของพนักงานขับรถ จะนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจาก Power Meter เพื่อนำมาคำนวณเป็นอัตราสิ้นเปลือง แปลงเป็นหน่วยไฟฟ้าและจำนวนเงินที่ใช้ในการชาร์จไฟแต่ละครั้ง ข้อมูลดังกล่าวจะถูกเก็บ เป็นเวลา 12 เดือน รวมจำนวนรอบทั้งสิ้น 225 รอบวิ่งงาน รวมระยะทางทั้งสิ้น 32,167 กิโลเมตร ซึ่งในช่วงเริ่มต้นการทดสอบ จำเป็นต้องมีการฝึกพนักงานขับรถเพื่อให้คุ้นเคยกับรถกระบะไฟฟ้าต้นแบบ เพื่อการขับขี่ที่ปลอดภัย รวมถึงทดสอบการเข้า-ออก จุดส่งและรับสินค้า จึงทำให้รอบการส่งได้น้อยกว่าปกติ

สรุป

เป็นระยะเวลา 12 เดือนในการเก็บข้อมูลรถยนต์ไฟฟ้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพและประเมินการใช้งานในสภาวะต่าง ๆ ซึ่งจากการทดสอบเห็นว่ารถยนต์ไฟฟ้ามีอัตราสิ้นเปลืองที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ทั่วไป (Internal Combustion Engine) โดยที่ประหยัดกว่า 48.77% ซึ่งข้อมูลปริมาณและน้ำหนักในการบรรทุกสูงสุดยังต่ำกว่ารถกระบะดีเซลอยู่มาก แต่ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปขยายผลต่อ เช่นการใช้รถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบในเมืองหลวง ที่มีการจอดบ่อยมีความคุ้มค่าและข้อดีข้อเสียต่างกันอย่างไร รวมไปถึงการใช้บรรทุกสินค้าที่น้ำหนักเบา ซึ่งนำมาเก็บรวบรวมและสรุปหาค่าเฉลี่ยออกมาดังแสดงใน ตารางที่ 5

ตารางที่ 5: ตารางสรุปผล เปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงาน

	รถกระบะพลังงาน ไฟฟ้าต้นแบบ	รถกระบะดีเซล	หมายเหตุ
อัตราการใช้พลังงาน	1.46 บาท/ กม.	2.85 บาท/กม.	รถไฟฟ้าต้นแบบ ประหยัดกว่า 48.77%
ปริมาณในการบรรทุกสูงสุด	5.2 ลูกบาศก์เมตร	5.8 ลูกบาศก์เมตร	รถกระบะดีเซล พื้นที่มากกว่า 10.34%
น้ำหนักในการบรรทุกสูงสุด	1.0 ตัน	1.8 ตัน	รถกระบะดีเซล บรรทุกได้หนักกว่า 80%
ค่าบำรุงรักษาต่อปี	11,659 บาท/ ปี	41,774 บาท/ปี	รถไฟฟ้าต้นแบบ ประหยัดกว่า 72.10%

แม้ว่ารถยนต์ไฟฟ้ายังต้องมีจุดที่พัฒนา แต่อีกข้อได้เปรียบจากข้อมูลการทดลองคือช่วยประหยัดค่าบำรุงรักษาต่อปี ซึ่งจากการที่ไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายของเหลวในเครื่องยนต์ไอเสีย ทำให้รถไฟฟ้าต้นแบบประหยัดค่าบำรุงรักษาจากรถกระบะดีเซลทั่วไปถึงต่อปีถึง 72.10%

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ และการสนับสนุนจาก บริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) ในการสร้างรถยนต์ต้นแบบ โดยที่มีความช่วยเหลือจากพนักงานและสถานที่ในการทดลองจาก บริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

- Ching-Hua T. & Chi-Sheng T. (2010). Evaluation of a Multi-Power System for an Electric Vehicle. *International Conference on Control, Automation and Systems 2010*, 1308-1311.
- Matthias, D. rr, Cruden, A., Gair, S. & McDonald, J. R. (2006). Dynamic Model of A Lead Acid Battery for Use in A Domestic Fuel Cell System. *Journal of Power Sources*, 161, 1400-1411.



- Ergonomic Systems Associates Incorporated ESA. (2009). *ESA's Guideline for the Design of Standing Workstation*.
- International Energy Agency (IEA). (2010). *Energy Technology Perspective 2010: Scenarios & Strategies to 2050. IEA Publications, 639*.
- Amrhein. M. (2005). *Dynamic Simulation for Analysis of Hybrid Electric Vehicle System and Subsystem Interactions, Including Power Electronics. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 54, 3*.
- Tamsanya, S., Chungpaibulpaattana, S. & Atthajariyakul, S. (2009). *Development of Automobile Bangkok Driving Cycle for Emission and Fuel Consumption Assessment. Sustainable Energy and Environment, 251-264*.
- Tamsanya, S., Chungpaibulpaattana, S. & Limmeechokchai, B. (2009). *Development of A Driving Cycle for The Measurement of Fuel Consumption and Exhaust Emissions of Automobiles in Bangkok During Peak Periods. International Journal of Automotive Technology. 10(2), 251-264*.
- Kubo, W. & Kempton T. (2000). *Electric-drive Vehicles for Peak Power in Japan. Energy Policy, 28(1), 9-18*.

การออกแบบเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับต้นไม้ในเมือง DESIGNING WEB ARCGIS FOR URBAN TREE

กิตติคุณ ศรีทุมมา^{1*}, เยาวเรศ จันทะคัต², ทิฆัมพร หัตขุนทด³
Kittikhun Srithumma^{1*}, Yaowaret Jan², Thikamporn Hud³

^{1,2,3}สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

^{1,2,3}Applied Information and Communication Technology, Faculty of Sciences and Liberal Arts,
Rajamangala University of Technology Isan

*Corresponding author, E-mail: kittikhunsrithumma@hotmail.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์บนแพลตฟอร์มอาร์คจีไอเอสออนไลน์สำหรับต้นไม้ในเมือง โดยมีพื้นที่ศึกษา คือ เทศบาลนครนครราชสีมา วิธีการศึกษาของการออกแบบเว็บอาร์คจีไอเอส ประกอบด้วย (1) การสำรวจความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสำนักงานของเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 4 คน (ระดับผู้บริหาร 2 คน และปฏิบัติการ 2 คน) และกลุ่มผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจากการสุ่มอย่างง่าย 160 คน (2) การออกแบบเว็บ GIS และ (3) การออกแบบการประเมินเว็บ GIS ด้วยแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้ทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า (1) ความต้องการเว็บ GIS ในระดับผู้บริหารของเทศบาลฯ เน้นที่การเพิ่มการรักษา และการติดตามต้นไม้ ขณะที่ในระดับปฏิบัติการเน้นที่ข้อมูลต้นไม้ เช่น การวางแผนกำหนดตำแหน่งการปลูกต้นไม้และชนิดไม้ที่เหมาะสม เป็นต้น (2) การออกแบบเว็บ GIS ได้ทำการออกแบบตามข้อ (1) ด้วยการเขียนกรอบผังงานภาพรวม แผนภาพบริบทแผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี และ (3) แบบสอบถามสำหรับการประเมินเน้นที่การประเมินการยอมรับเทคโนโลยี 2 ด้านหลักๆ คือ ด้านเนื้อหาและด้านการใช้งาน

คำสำคัญ: เว็บอาร์คจีไอเอส ต้นไม้ในเมือง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ABSTRACT

The objective of this paper is to design web GIS on platform of ArcGIS online for urban tree in Nakhon Ratchasima City Municipality (NCM). Method of web ArcGIS designing includes (1) requirement of 2 groups: group of office of NCM 4 officers (2 administrators and 2 workers) and 160 NCM residents-based random sampling, (2) designing web ArcGIS and (3) designing

assessment of web ArcGIS with questionnaires for experts and users. The results are found that (1) The need for the GIS web site at administration level focuses on adding treatments and tree tracking on the other hand, the operator level focuses on tree information such as planning, determining the appropriate tree planting locations and types of trees etc. , (2) designing web GIS is made by according to requirement of (1) that is presented in patterns of work flow diagram, context diagram, data flow diagram and ER-Diagram, and (3) assessment of this web ArcGIS focuses on the acceptance of technology-based questionnaires in 2 main issues: contents and using web ArcGIS.

Keywords: Web ArcGIS, Urban Tree, Geographical Information System

บทนำ

จากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561-2580 ในด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อสังคมเศรษฐกิจสีเขียวที่ยั่งยืน ประกอบด้วย 1) การเพิ่มคุณค่าของเศรษฐกิจฐานชีวภาพ 2) การอนุรักษ์และฟื้นฟูความหลากหลายทางชีวภาพ ศึกษา สำรวจ และจัดทำฐานข้อมูล 3) การอนุรักษ์และฟื้นฟูแม่น้ำลำคลองและแหล่งน้ำ 4) การรักษาและเพิ่มพื้นที่สีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และ 5) การส่งเสริมการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2564) ซึ่งยุทธศาสตร์ดังกล่าวนี้ส่งผลให้ทางสำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมาได้นำมาพัฒนาเป็นแผนพัฒนาเทศบาลนครนครราชสีมา พ.ศ. 2561-2565 ในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อการบริหารจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม อันประกอบไปด้วย 1) การส่งเสริมการดำรงชีวิต 2) การเร่งรัดปรับปรุงภูมิทัศน์ระบบนิเวศของเมือง 3) การพัฒนาการบริหารจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม และ 4) การเพิ่มศักยภาพในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ (สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา, 2564) และในปัจจุบันทางเทศบาลนครนครราชสีมาได้มีการดำเนินการพัฒนาความเป็นเมืองสีเขียว อย่างไรก็ตามยังขาดแคลนข้อมูลด้านเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือเรียกสั้นๆ ว่า ‘เว็บ GIS’ จะสามารถช่วยมีฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศและการบูรณาการข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ใช้บริหารจัดการเก็บรวบรวมข้อมูลต้นไม้ในเมือง สำหรับการสนับสนุนการพัฒนาพื้นที่สีเขียวบริเวณถนนภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งบทความนี้ จะเป็นส่วนสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินงานด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของเมือง และการเตรียมความพร้อมสู่การเป็นเมืองอัจฉริยะด้วยการพัฒนาแผนที่ดิจิทัลความละเอียดสูง ซึ่งเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่น่าอยู่เอื้อต่อการส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจ และภูมิทัศน์ป่าในเมืองที่สวยงามจะมีส่วนกระตุ้นให้นักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวภายในตัวจังหวัดนครราชสีมามากขึ้น รวมถึงจะช่วยกระตุ้นการท่องเที่ยวในเขตเมือง และที่สำคัญประโยชน์ทางตรงของป่าไม้ในเมืองอีกประการคือช่วยในเรื่องการลดมลพิษทางอากาศซึ่งเป็นปัญหาประเด็นสำคัญของจังหวัดนครราชสีมา

ทบทวนวรรณกรรม

การออกแบบเว็บ GIS บนแพลตฟอร์ม ArcGIS ออนไลน์ ได้ทำการศึกษาจากงานวิจัยต่างดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: การรวบรวมและศึกษาเว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมือง

ลำดับที่	เรื่อง	การอ้างอิง
1	การสำรวจต้นไม้ในเมืองบนแพลตฟอร์ม ArcGIS ออนไลน์ และการใช้ข้อมูลดาวเทียมกูเกิลเอิร์ธ	ESRI (2021a)
2	โปรแกรม i-SpatialTec InvenTREE สำหรับการศึกษาด้านต้นไม้ในเมือง	ESRI (2021b)
3	การจัดการป่าไม้ในเมือง	ArboPro (2021)
4	แผนที่ออนไลน์บนแพลตฟอร์ม ArcGIS ออนไลน์	The City of West Linn (2021).
5	ระบบภูมิสารสนเทศสถิติ	สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2564)
6	งานวิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย.	ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย (2564).
7	ระบบให้บริการข้อมูลแผนที่ร่วม	สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล (2564).
8	ระบบภูมิสารสนเทศที่อยู่อาศัย	การเคหะแห่งชาติ (2558)

นอกจากนี้ ทฤษฎีของ UX/UI เพื่อออกแบบประสบการณ์ที่ดีในการใช้งานเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ใช้ในการศึกษานี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: ทฤษฎีของ UX/UI เพื่อออกแบบประสบการณ์ที่ดีในการใช้งานเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์

ลำดับที่	เรื่อง	การอ้างอิง
1	ทฤษฎีพื้นฐานและแนวปฏิบัติสำหรับการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน	กฤษฎา เฉลิมสุข (2564)
2	ทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการออกแบบ UI	UIBLOGAZINER (2016)
3	การออกแบบ UX คืออะไร	9EXPERT COMPANY LIMITED (2021)
4	UX/UI-คืออะไร และ แตกต่างกันอย่างไรร.	AI (2021)
5	UX/UI คืออะไร และสำคัญต่อการออกแบบเว็บไซต์อย่างไร	ThaiBusinessSearch (2021)
6	UI vs. UX: อะไรคือความแตกต่างระหว่าง user interface และ user experience	Benley Media (2021)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อการออกแบบเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับต้นไม้ในเมือง
2. เพื่อออกแบบสอบถามการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีเว็บ GIS

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษาของการออกแบบเว็บสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือเรียกย่อๆ ว่า ‘เว็บ GIS’ จะออกแบบบนแพลตฟอร์ม ArcGIS ออนไลน์ ที่เว็บ <https://www.arcgis.com/index.html> และมีขั้นตอนการออกแบบเว็บ GIS ดังนี้

1. การสำรวจความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสำนักงานของเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 4 คน (ระดับผู้บริหาร 2 คน และปฏิบัติการ 2 คน) และกลุ่มผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลนครราชสีมาจากการสุ่มอย่างง่าย 160 คน สัปดาห์ระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ. 2563
2. การออกแบบเว็บ GIS ได้ทำการออกแบบตามข้อ (1) ด้วยการเขียนกรอบผังงานภาพรวม แผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี
3. การออกแบบการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีเว็บ GIS ด้วยแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้ทั่วไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลของการออกแบบเว็บ GIS สำหรับต้นไม้ในเมือง บนแพลตฟอร์ม ArcGIS ออนไลน์ ดังนี้

1. ผลการสำรวจความต้องการของ 2 กลุ่มผู้ใช้งาน ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 คือ สำนักงานของเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 4 คน (ระดับผู้บริหาร 2 คน และปฏิบัติการ 2 คน) และกลุ่มที่ 2 คือ ผู้ที่อาศัยอยู่ในเขตเทศบาลนครราชสีมาจากการสุ่มอย่างง่าย 160 คน สัปดาห์ระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม พ.ศ. 2563 โดยมีความต้องการเว็บ GIS สำหรับต้นไม้ในเมืองนครราชสีมา ดังตารางที่ 2

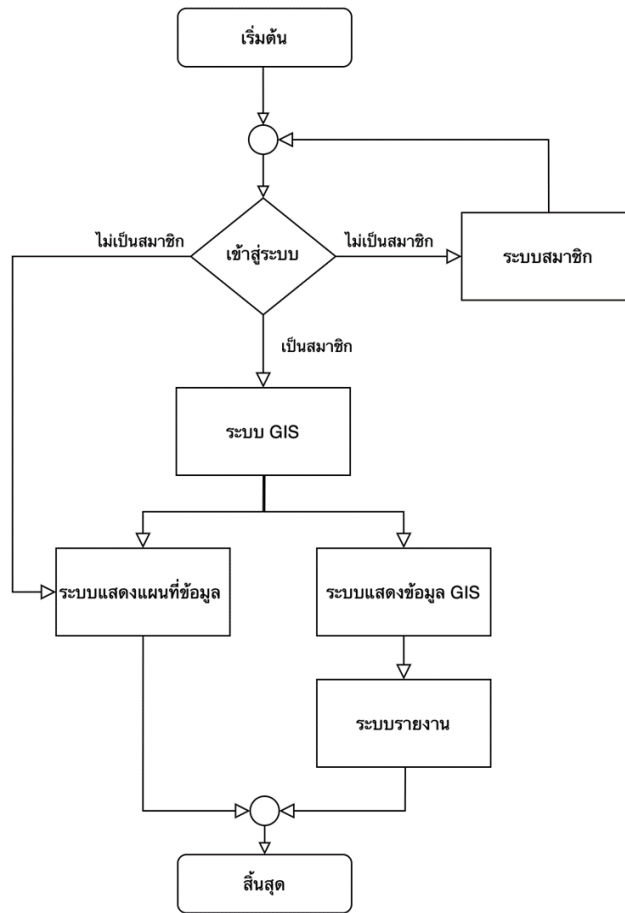
ตารางที่ 3: ผลการสำรวจความต้องการของ 2 กลุ่มผู้ใช้งาน

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
1. ระดับผู้บริหาร 1.1) นโยบายที่จะเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับเมือง แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ใด ๆ มารองรับนโยบายผู้บริหาร 1.2) นโยบายในการห้ามตัดต้นไม้โดยเด็ด ถ้าต้นไม้เป็นอุปสรรคในการก่อสร้างให้ขุดย้ายไปปลูกที่อื่น อยากได้ระบบติดตามการย้ายต้นไม้	1) ตัดต้นไม้ให้สูงเท่ากันจะสวย 2) ควรมีการตัดแต่งกิ่งไม้ให้ถูกสายไฟ 3) อยากให้เขตเทศบาลเป็นพื้นที่สีเขียวมีต้นไม้มากกว่านี้ 4) อยากให้ศึกษาชนิดพรรณไม้และขนาดของต้นไม้บริเวณถนนว่ามีความเหมาะสมเพียงไร 5) ต้นไม้ตายควรหาต้นไม้มาทดแทน 6) ควรทำประวัติต้นไม้

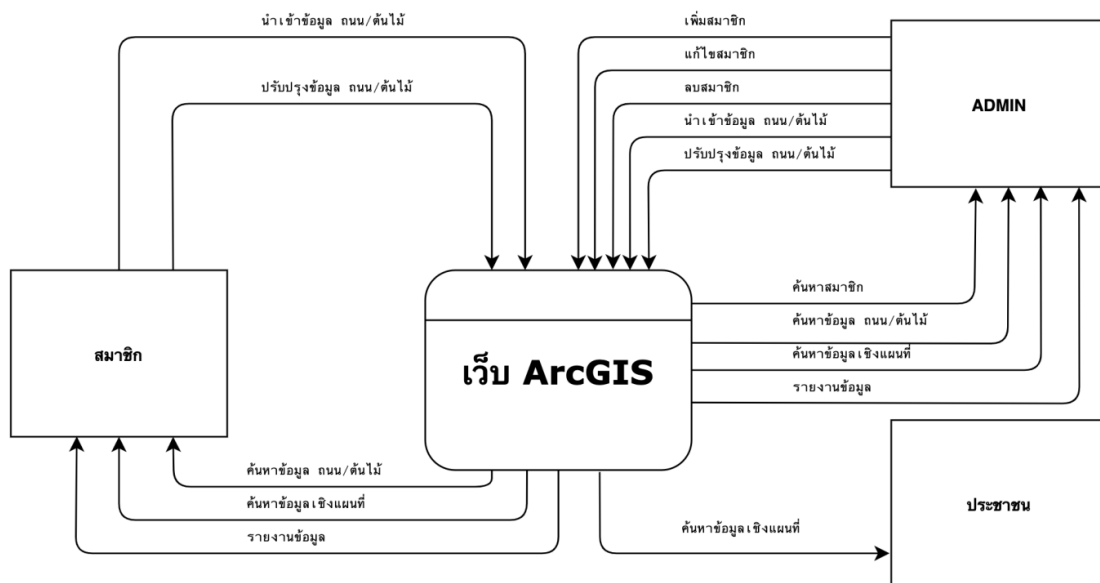
ตารางที่ 3: ผลการสำรวจความต้องการของ 2 กลุ่มผู้ใช้งาน (ต่อ)

กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
<p>2. ระดับปฏิบัติการ</p> <p>2.1) ไม่มีระบบฐานข้อมูลต้นไม้ในเทศบาลฯ และข้อมูลทางวิชาการในการวางแผนกำหนดตำแหน่งการปลูกต้นไม้ และชนิดไม้ที่เหมาะสมและมีความหลากหลาย (เช่น ตามเกณฑ์ราคาที่ราชการกำหนด พืชประจำถิ่นต้นไม้สัญลักษณ์ของหน่วยงาน เป็นต้น) ในถนนเส้นใหม่ และถนนเส้นถนนที่มีอยู่แล้ว</p> <p>2.2) ไม่มีระบบติดตามการดูแลรักษาต้นไม้ในเขตเทศบาลฯ</p> <p>2.3) อยากให้มีระบบสารสนเทศเก็บระยะความกว้างยาวของฟุตบาททางเท้า และการออกแบบการปลูกต้นไม้สำหรับทางเท้าให้กับคนเดินและคนพิการที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ</p>	<p>7) มลพิษทางอากาศเยอะ ควรปลูกต้นไม้เยอะๆ</p> <p>8) เลือกปลูกต้นไม้ที่ช่วยเรื่อง PM 2.5</p> <p>9) ต้นไม้ที่ขุดออกไป ไม่รู้เทศบาลเอาไปไหน</p>

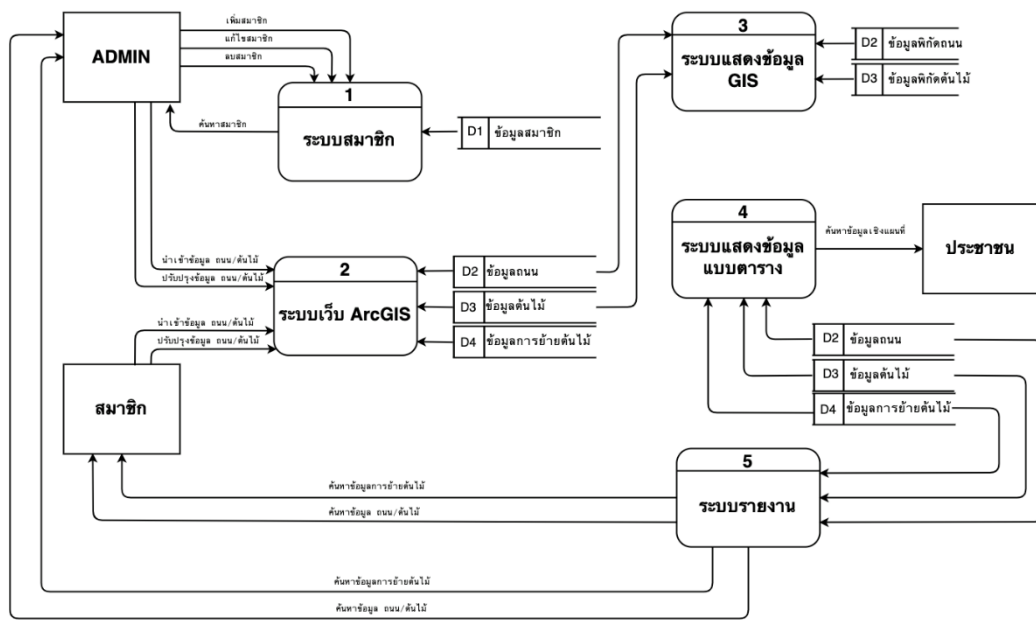
2. ผลของการออกแบบเว็บ GIS สำหรับต้นไม้ในเมืองได้ทำการออกแบบตามข้อ (1) ด้วยการเขียนกรอบผังงานภาพรวม แผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ดังนี้



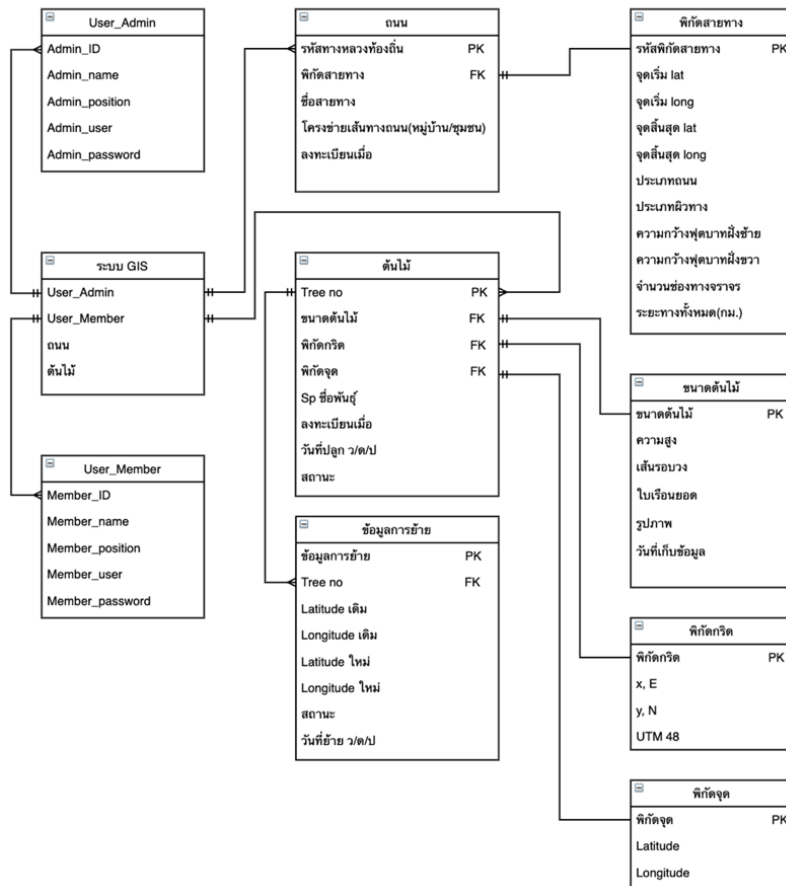
ภาพที่ 1: กรอบผังงานภาพรวม



ภาพที่ 2: แผนภาพบริบท



ภาพที่ 3: แผนภาพกระแสข้อมูล



ภาพที่ 4: แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี

3. ผลของการออกแบบการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีเว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมือง

ผู้วิจัยได้การออกแบบการประเมินเว็บ GIS สำหรับต้นไม้ในเมืองด้วยแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้ทั่วไป โดยการจัดทำแบบประเมินออกเป็นทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านเนื้อหาภูมิสารสนเทศ 2. ด้านระบบความเหมาะสมเว็บ ArcGIS และ 3 ด้านระบบ มีผลการตรวจสอบ มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านเนื้อหาภูมิสารสนเทศ

1.1 การเลือกใช้แผนที่ฐาน (Base map) ที่หลากหลายโดยให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเลือกแผนที่ฐาน (Base map)

1.2 สีของชั้นข้อมูลขอบเขตเทศบาลบนแผนที่ฐาน (Base map) ควรเลือกใช้สีเขียวและมีเส้นของสีดำ

1.3 ไอคอน (Icon) แสดงตำแหน่งของต้นไม้เลือกใช้แบบที่ 4 (รูปสี่เหลี่ยมมุมแหลม) ใช้ขนาด Icon ระดับกลางและเป็นสีเขียว

2. ด้านระบบความเหมาะสมเว็บ ArcGIS

2.1 เมนู Dash Board ขนาดของตัวอักษรสีขาวสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ตัดกับพื้นหลังสีดำ

2.2 เมนู Dash Board การแสดงผลรวมของจำนวนต้นไม้ ทั้งแบบตัวอักษรสีส้มและแบบกราฟแผนที่ภูมิ

2.3 เมนู Data Trees ขนาดของตัวอักษรสีขาวสามารถมองเห็นได้ชัดเจน ตัดกับพื้นหลังสีดำ

2.4 เมนู Data Trees ภาพรวมการจัดลำดับการแสดงผลส่วนเนื้อหา

3. ด้านระบบสำหรับผู้ใช้งานเจ้าหน้าที่เทศบาล

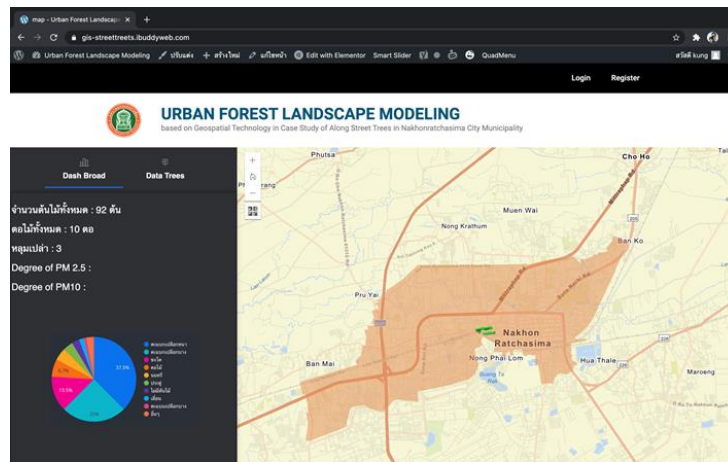
3.1 ตำแหน่งปุ่ม ขนาดปุ่ม และสีของปุ่ม Login, Register

3.2 ขั้นตอนการลงทะเบียน (Register) และการเข้าสู่ระบบ (Login) และรายละเอียดในการกรอกข้อมูลส่วนตัว

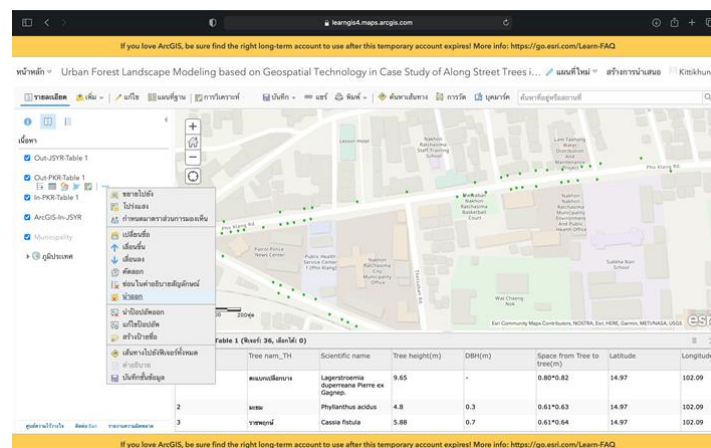
3.3 การนำเข้าชั้นข้อมูลใน การแก้ไขปรับปรุงชั้นข้อมูล และการแสดงชั้นข้อมูลในรูปแบบแผนที่ภูมิศาสตร์

3.4 ตำแหน่งการจัดวาง Layout บนหน้าเว็บไซต์ และภาพรวมการใช้งาน ArcGIS Online

4. ผลของการพัฒนาเว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมือง



ภาพที่ 5 หน้าแรกของเว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมือง



ภาพที่ 6 ปรับปรุง แก้ไข นำออก และบันทึกชั้นข้อมูล

อภิปรายผล

การออกแบบเว็บ GIS สำหรับต้นไม้ในเมือง บนแพลตฟอร์ม ArcGIS ออนไลน์ หรือเรียกย่อๆ ว่า ‘เว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมือง’ ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำไปใช้ประโยชน์สำหรับ 2 กลุ่มหรือระดับผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มสำนักงานของเทศบาลนครนครราชสีมา ประกอบด้วย

1.1 ระดับผู้บริหาร 2 คน จะได้ระบบเว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมือง เพื่อดูการรายงานผลพื้นที่สีเขียว และจำนวนต้นไม้ในเทศบาลนครนครราชสีมา เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารและจัดการต่อไป

1.2 ระดับปฏิบัติการ 2 คน จะได้ระบบเว็บ ArcGIS สำหรับต้นไม้ในเมืองไปใช้งานในหน่วยงานเทศบาลนครนครราชสีมา โดยมีระบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับต้นไม้ เช่น ข้อมูลต้นไม้ในเมือง ข้อมูลการดูแลต้นไม้ เช่น ควรตัดต้นไม้ให้สูงเท่ากันจะสวย ควรมีการตัดแต่งกิ่งไม้ให้ถูกสายไฟ เป็นต้น

2. กลุ่มผู้ที่อาศัยหรือบุคคลทั่วไปภายในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จะได้เข้ามาดูหรือศึกษาต้นไม้ในเทศบาลนครนครราชสีมา โดยสามารถให้คำแนะนำ และการมีส่วนร่วมในการเพิ่มข้อมูลต้นไม้

สรุป

ผลการศึกษาสามารถสรุป พบว่า (1) ความต้องการเว็บ GIS ในระดับผู้บริหารของเทศบาลฯ เน้นที่ การเพิ่มการรักษา และการติดตามต้นไม้ ขณะที่ในระดับผู้ปฏิบัติการเน้นที่ข้อมูลต้นไม้ เช่น การวางแผน กำหนดตำแหน่งการปลูกต้นไม้และชนิดไม้ที่เหมาะสม เป็นต้น (2) การออกแบบเว็บ GIS ได้ทำการออกแบบ ตามข้อ (1) ด้วยการเขียนกรอบผังงานภาพรวม แผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนภาพ ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี และ (3) แบบสอบถามสำหรับการประเมินเน้นที่การประเมินการยอมรับ เทคโนโลยีเว็บ GIS 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา GIS และด้านการใช้งานเว็บ GIS

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- เจ้าหน้าที่เทศบาล ผู้ที่อาศัยในเขตเทศบาล และประชาชนทั่วไปที่สนใจ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- การนำไปการประเมินการยอมรับเทคโนโลยีเว็บ GIS ด้วยแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญ เจ้าหน้าที่เทศบาล และผู้ใช้ทั่วไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยภายใต้หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการนำเสนอบทความนี้จากคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดนครราชสีมา พร้อมทั้งได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านจาก (1) ภาควิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2) กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วน การศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (จปร.) และ (3) เจ้าพนักงานสวนสาธารณะชำนาญงาน สำนัก การช่าง สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา ดังนั้นคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนด้านงบประมาณ และคำปรึกษาด้านต่างๆ สำหรับการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา เฉลิมสุข (2564). บทที่-1-ทฤษฎีพื้นฐานและแนวปฏิบัติสำหรับการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2564, จาก <http://blog.bru.ac.th/wp-content/uploads/bp-attachments/27504/บทที่-1-ทฤษฎีพื้นฐานและแนวปฏิบัติสำหรับการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน.pdf>
- การเคหะแห่งชาติ (2558). ระบบภูมิสารสนเทศที่อยู่อาศัย. สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2564, จาก <http://dhds.nha.co.th/GISNHA/>



- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย (2564). *งานวิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย*. สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <http://www.gisthai.org/v2/index.php>
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2564). *ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี พ.ศ. 2561-2580*. สืบค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2564, จาก <http://nscr.nesdc.go.th/ยุทธศาสตร์ชาติ/>
- สำนักงานเทศบาลนครนครราชสีมา (2564). *แผนพัฒนาเทศบาลนครนครราชสีมา (พ.ศ. 2561 – 2565)*. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2564, จาก <https://www.koracity.go.th/page/development-plan>
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2564). *ระบบภูมิสารสนเทศสถิติ*. สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2564, จาก <http://statgis.nso.go.th/d>
- สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล (2564). *ระบบให้บริการข้อมูลแผนที่ร่วม*. สืบค้นเมื่อ 15 มกราคม 2564, จาก <http://gid.bangkok.go.th/wms/>
- AI (2021). *ทำความเข้าใจ UX/UI คืออะไร-แตกต่างกันอย่างไร*. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2564, จาก <https://www.advancedis.co.th/en/blog/ทำความเข้าใจ-ux-ui-คืออะไร-แตกต่างกันอย่างไร>
- ArboPro (2021). *Urban Forest Management*. สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2564, จาก <https://arborprousa.com/>
- Benley Media (2021). *UI vs. UX: อะไรคือความแตกต่างระหว่าง user interface และ user experience*. สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2564, จาก <https://www.benleymedia.co.th/ui-vs-ux-อะไรคือความแตกต่างระหว่าง-use-interface-และ-user-experience>
- ESRI (2021a). *Street Tree Inventory*. Retrieved December 2, 2020, from <https://solutions.arcgis.com/local-government/help/street-tree-inventory/>
- ESRI (2021b). *iSpatialTec InvenTREE - A Tree Inventory Dashboard*. Retrieved February 2, 2021, from <https://www.esri.com/en-us/arcgis-marketplace/listing/products/440ca1d087064c45b7f0828ae2c32bb1>
- 9Expert Company Limited (2021). *UX Design คืออะไร*. Retrieved February 2, 2021, from <https://www.9experttraining.com/articles/ux-design-คืออะไร>
- ThaiBusinessSearch (2021). *UX/UI คืออะไร และสำคัญต่อการออกแบบเว็บไซต์อย่างไร*. Retrieved March 25, 2021, from <https://www.thaibusinesssearch.com/marketing/ux-ui-website-design/>
- The City of West Linn (2021). *Street Tree Inventory Map*. Retrieved March 25, 2021, from <https://westlinnoregon.gov/maps/street-tree-inventory-map>
- Uiblogaziner (2016). *Gestalt Theory for UI Design*. Retrieved March 20, 2021, from <http://www.uiblogazine.com/gestalt-for-uid/>

ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่เหมาะสมในการผลิตผ้าใยสังเคราะห์

OPTIMAL QUANTITY OF RECYCLED PLASTICS USE IN NONWOVEN PRODUCTION

ชลิดา ชาญวิจิตร

Chalida Chanwichit

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Technology

Panyapiwat Institute of management

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

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล และกำหนดปริมาณการใช้ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ โดยการประยุกต์หลักการออกแบบ และวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiment) ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design ของโปรแกรม Minitab เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด ในการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลประเภทพอลิโพรพิลีน และปริมาณการใช้ในกระบวนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ ที่ทำให้เกิดสัดส่วนของเสียไม่เกิน 5% ตามที่บริษัทกำหนด ด้วยเทคนิคการศึกษาค่าผลตอบสนองที่ดีที่สุดของตัวแปร (Response Optimizer) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิต ผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกรีไซเคิลประเภทพอลิโพรพิลีน ที่เหมาะสมคือ 190 องศาเซลเซียส และปริมาณการใช้เม็ดรีไซเคิลเป็นส่วนผสมในการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุงปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลเพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 3.5% ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการใช้เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ลดลงจากการเป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิต 161,437 บาทต่อเดือน

คำสำคัญ: การออกแบบการทดลอง เม็ดพลาสติกรีไซเคิล ผ้าใยสังเคราะห์

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the optimal quantity of plastic recycled pellets and to determine the appropriate usage in the nonwoven production by applying the design and analysis of experiment. The general full factorial design methodology of Minitab was chosen to find the most suitable factors in the production of

plastic recycled pellets and optimal quantity used in the nonwoven process. This finding cause proportion defective not exceeding 5% as determined by the company by using the response optimizer technique to find the appropriate level of factors. The results showed that the melting temperature of recycled polypropylene plastic pellets was used to determine the optimum response factor of the variable. The optimum amount is 190 degrees Celsius and the amount of recycled pellets is used as an ingredient in the production of nonwoven. In contrast the use of plastic recycled pellets from the original average of 3.5% . It is worth using the active ingredient of polypropylene plastic produced from 161,4307 baht per month.

Keywords: Design and Analysis of Experiment, Plastic Recycled Pellets, Nonwoven

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจประเภทปิโตรเคมีมีการแข่งขันค่อนข้างสูงทั้งในเชิงปริมาณ คุณภาพสินค้า และต้นทุนของผลิตภัณฑ์ โดยบริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตผ้าใยสังเคราะห์หรือเรียกอีกชื่อว่า Nonwoven ที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง โดยผ้าใยสังเคราะห์ที่ได้สามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอนามัยภัณฑ์ ได้แก่ หน้ากากอนามัย ผ้าอนามัยสำหรับผู้หญิง ผ้าอ้อมสำหรับเด็ก ผ้าอ้อมสำหรับผู้ใหญ่ และผลิตภัณฑ์ประเภทการแพทย์ ได้แก่ เครื่องแบบที่ใช้ในห้องผ่าตัด รวมทั้งประเภทการใช้งานในอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตผ้าคลุมรถ ตัวยึดติดสำหรับงานเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น บริษัทกรณีศึกษามีนโยบายที่จะลดต้นทุนในการผลิต โดยการนำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านมาตรฐานซึ่งในด้านการผลิตเรียกว่า “ของเสียหรือสินค้าที่ไม่สามารถขายได้” เช่น มีตำหนิที่เกิดจากกระบวนการผลิต ไม่ผ่านผลการทดสอบตามข้อกำหนดของลูกค้า มาทำการรีไซเคิลด้วยเครื่องผลิตเม็ดพลาสติกจนได้เป็นเม็ดพลาสติกรีไซเคิล จากนั้นนำไปใช้เป็นส่วนผสมในวัตถุดิบเพื่อลดปริมาณการใช้เม็ดพอลิโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งมีปัญหาที่ตามมาคือมีข้อบกพร่อง และเกิดของเสียเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลเป็นส่วนผสม เนื่องจากเม็ดพลาสติกรีไซเคิล ได้จากการนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากพลาสติกมาผ่านกระบวนการทางความร้อนโดยการหลอมเหลว และขึ้นรูปใหม่อีกครั้ง มีผลทำให้สายโซ่ที่เป็นโครงสร้างของพอลิเมอร์แตกออกทำให้ความยาวของโมเลกุล และน้ำหนักของโมเลกุลลดลง (Sombatsompop & Woo, 1998) ดังนั้น ถ้านำเม็ดพลาสติกรีไซเคิลมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพลดลง ทั้งนี้ทางบริษัทยังไม่มีข้อกำหนดเกี่ยวกับอุณหภูมิที่ใช้ผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล และปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต ตามนโยบายที่บริษัทกำหนด สัดส่วนของเสียจากการผลิตต้องมีปริมาณไม่เกิน 5% ปัจจุบันบริษัทมีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล เป็นส่วนผสมอยู่อย่างต่อเนื่องดังนี้

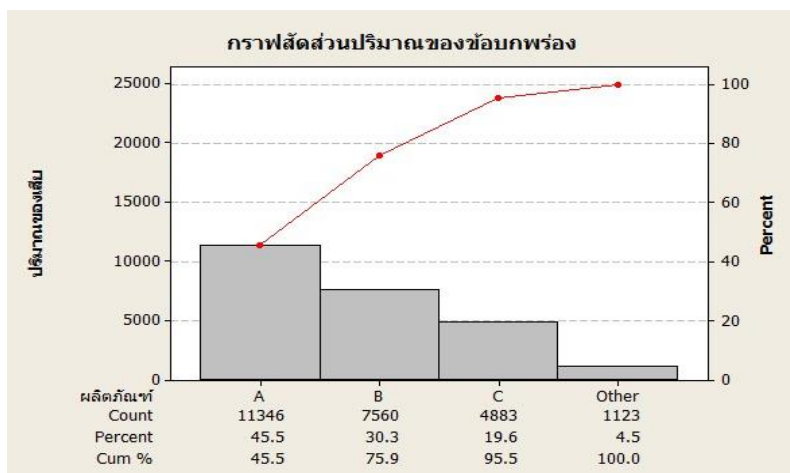
1. ผลิตภัณฑ์ A เป็นผ้า Nonwoven สีขาว น้ำหนัก 80 กรัม/ตารางเมตร ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลในอัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5
2. ผลิตภัณฑ์ B เป็นผ้า Nonwoven สีเขียว น้ำหนัก 70 กรัม/ตารางเมตร ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลในอัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5
3. ผลิตภัณฑ์ C เป็นผ้า Nonwoven สีเขียว น้ำหนัก 80 กรัม/ตารางเมตร ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลในอัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5
4. ผลิตภัณฑ์ D เป็นผ้า Nonwoven สีขาว น้ำหนัก 70 กรัม/ตารางเมตร ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลในอัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5

จากการศึกษาข้อมูลการผลิตระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2562 ถึงเดือน มิถุนายน 2563 พบปัญหาข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดของเสียจากผลิตภัณฑ์ โดยสามารถอธิบายได้ว่า 3 อันดับแรกของจำนวนของเสีย คือ ผ้าเป็นทาง ผ้าพับ และหยด ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1: ปริมาณของลักษณะข้อบกพร่องของเสียที่เกิดขึ้นในช่วงเดือน พ.ย. 2562 ถึงเดือน มิ.ย. 2563

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 1 จะเห็นว่าข้อบกพร่องที่เกิดจากผ้าเป็นทาง มีความสำคัญมากที่สุดตามลำดับ ผู้วิจัยจึงเลือกที่จะศึกษาปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดจากผ้าเป็นทาง โดยรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องผ้าเป็นทางแต่ละผลิตภัณฑ์ ในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2562 ถึงเดือน มิถุนายน 2563 ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2: ปริมาณของข้อบกพร่องผ้าเป็นทางแต่ละผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 2 เมื่อพิจารณาปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละผลิตภัณฑ์ พบว่าข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ A มีสัดส่วนของเสียสูงที่สุดคือ 45.5% โดยผู้วิจัยใช้วิธีการการออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล และหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ที่มีผลกระทบต่อ การเกิดข้อบกพร่องผ้าเป็นทาง แล้วนำไปขยายผล เพื่อหาอัตราส่วนการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่ดีที่สุด

บททวนวรรณกรรม

ประเสริฐ ชุมปัญญา และชลิตา ชาญวิจิตร (2554) ได้ศึกษาการขึ้นรูปด้วยระบบสูญญากาศที่เกิดปัญหาขึ้นงานมีความหนาไม่สม่ำเสมอ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหนาของขึ้นงาน ได้แก่ อุณหภูมิในการให้ความร้อน ระยะเวลาในการให้ความร้อน ระยะเวลาในการสูญญากาศ ระยะเวลาในการให้ลมเป่า และระยะเวลาในการให้ ลมเย็นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาระดับปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับการขึ้นรูปพลาสติกชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ที่มีความหนา 0.4 มิลลิเมตร ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^5 (2^k Factorial Design) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยทดลองซ้ำเพียง 1 ครั้ง (single replicate) จากผลการทดลอง พบว่า อุณหภูมิในการให้ความร้อน 190 C ระยะเวลาในการให้ความร้อน 34 วินาที ระยะเวลาสูญญากาศ 36 วินาที ให้ลมเป่า 19 วินาที และให้ลมเย็น 9 วินาที จะส่งผลให้ความหนาของขึ้นงานที่ตำแหน่งที่ 7, 9 และ 13 ซึ่ง มีความหนาเพิ่มขึ้นเป็น 0.13, 0.11 และ 0.14 มม.

จิรายุส จันทราภาสกุล และคณะ (2555) ได้ศึกษากระบวนการรีไซเคิลเศษพลาสติกที่เกิดจากกระบวนการการผลิตฟิล์มซีพีพี (Cast Polypropylene Film) ให้เป็นเม็ดพลาสติก Repel let เพื่อนำกลับมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต โดยพัฒนากระบวนการการรีไซเคิลตั้งแต่วิธีการตัดแยก จัดเก็บและเปลี่ยนเครื่องจักรที่ใช้เทคโนโลยีแบบเอ็กซ์ทรูชันแกรนูลเรท (Extrusion granulate) ผลจากการพัฒนากระบวนการรีไซเคิลฟิล์มซีพีพีปรากฏว่าสามารถผลิตพลาสติกบริสุทธิ์ที่มีความหนาแน่น 0.86 g/cm^3 ซึ่งมีสมบัติ

เทียบเท่าพลาสติกตั้งต้น ผลการทดลองนำพลาสติกที่ผ่านการรีไซเคิลผสมเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์ (Pure resin) ในอัตราส่วนผสมร้อยละ 10, 20, 30, 40, 50, 75 และใช้พลาสติกจากการรีไซเคิล 100% ในฟิล์มซีพีพี (Homo polymer) ที่ความหนา 17 ไมครอน ผลจากการทดสอบคุณสมบัติทางกล (Mechanical test) ของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่ พบว่ามีคุณสมบัติด้านความแข็งแรง (Tensile strength) ตามมาตรฐานของฟิล์มซีพีพีในด้านแนวเครื่องจักร (Machine direction) มีค่ามากกว่า 5.0 Kgf/mm² และในด้านตามขวาง (Traverse direction) มีค่ามากกว่า 3.0 Kgf/mm² ค่าความแข็งแรงรอยซีล (Heat seal strength) มีค่าอยู่ที่ 1.28 Kgf/15mm ได้ตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องมีค่ามากกว่า 1.0 Kgf/15mm ผลจากการพัฒนาสามารถผลิตวัตถุดิบจากการรีไซเคิลถึง 964,175 กิโลกรัมต่อปี และลดต้นทุนวัตถุดิบจำนวน 14,462,625 บาทต่อปี และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าผลิตเม็ดพลาสติกตั้งต้นรวม 1,949,562 เมกกะ จูล เทียบเท่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในรูปของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalent) 126,532 กิโลกรัม (kg CO₂e) ตามแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อความยั่งยืน

ฤทธิชัย สังฆทิพย์ และคณะ (2555) ศึกษาหาปัจจัย และระดับที่เหมาะสมในการผสม และขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิพรอพิลีนกับยางอนุภาคนาโน โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านความเหนียวของพอลิพรอพิลีน ในการทดลองครั้งนี้ใช้ยางอนุภาคนาโนมาเป็นสารตัวเติมตามสัดส่วนพอลิพรอพิลีนต่อยางอนุภาคนาโนที่ 100: 0, 99.5: 0.5, 99:1, 98.5:1.5 และ 98:2 ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบมีขนาดตามมาตรฐาน ASTM D 638 Type IV และ ASTM D 256 โดยออกแบบการทดลองเป็นแบบ General Factorial ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปริมาณยางอนุภาคนาโนโดยน้ำหนักที่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วรอบในการผสมที่ 40, 60 และ 80 รอบต่อนาที และอุณหภูมิในการผสมที่ 180 และ 200 องศาเซลเซียส ตัวแปรตอบสนองคือค่าการต้านทานต่อแรงดึงและค่าการต้านทานต่อแรงกระแทก ทำการศึกษาผลกระทบหลักและผลกระทบร่วมของปัจจัยต่าง ๆ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จากผลการทดลองและวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปัจจัยและระดับที่เหมาะสมในการผสมและขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบของวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิพรอพิลีนกับยางอนุภาคนาโนคือที่ปริมาณยางอนุภาคนาโน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ความเร็วรอบในการผสมที่ 40 รอบต่อนาที อุณหภูมิในการผสม 180 องศาเซลเซียส ค่าการต้านทานแรงดึงเท่ากับ 52 MPa และค่าการต้านทานแรงกระแทกเท่ากับ 32.55 kJ/m²

ภูริต ภูศรี (2559) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตข้อต่อพีวีซีของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตมากที่สุดมีทั้งหมด 2 ลักษณะคือ ปัญหาชิ้นงานมีรอยไหม้ และชิ้นงานเป็นรอยฝ้าขาว ผู้วิจัยจึงใช้หลักการ 4M1E จำแนกสาเหตุของปัญหาที่มีอิทธิพลกับของเสีย โดยใช้หลักการ 3G วิเคราะห์สาเหตุทั้งหมด พบว่าปัญหาเกิดในส่วนของขั้นตอนการปรับตั้งค่าปัจจัยการให้ความร้อนในการผลิต ซึ่งปัจจัยทั้งหมดมี 4 ปัจจัยคือ 1. อุณหภูมิในการอุ่นเม็ดพลาสติก 2. อุณหภูมิในการเริ่มหลอมเม็ดพลาสติก 3. อุณหภูมิในการหลอมเม็ดพลาสติก 4. อุณหภูมิในการฉีดพลาสติกเหลว โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูปแบบ 2 ระดับ (2^k Full Factorial Design) เพื่อศึกษาอิทธิพลที่เกิดกับของเสียของทั้ง 4 ปัจจัย จากนั้นใช้

หลักการ Response Optimization เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab ในการสุ่มการทดลองและวิเคราะห์ผล พบว่าระดับปัจจัยที่มีอิทธิพลร่วมกันคือ 1. อุณหภูมิในการอุ่นเม็ดพลาสติกกับอุณหภูมิในการเริ่มหลอมเม็ดพลาสติก 2. อุณหภูมิในการเริ่มหลอมเม็ดพลาสติกกับอุณหภูมิในการฉีดพลาสติกเหลว 3. อุณหภูมิในการหลอมเม็ดพลาสติกกับอุณหภูมิในการฉีดพลาสติกเหลว และพบว่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตข้อต่อพีวีซี คืออุณหภูมิในการอุ่นเม็ดพลาสติกที่ค่าระดับปัจจัย 170 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการเริ่มหลอมเม็ดพลาสติกที่ระดับปัจจัย 180 องศาเซลเซียส อุณหภูมิในการหลอมเม็ดพลาสติก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลในกระบวนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์
2. เพื่อกำหนดปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องจากการผลิตผ้าใยสังเคราะห์มีการใช้เม็ดพลาสติกรีไซเคิล ดังนั้นอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกจะไม่เป็นไปตามช่วงการหลอมเหลวเดิม ซึ่งไม่มีมาตรฐานในปรับตั้งค่าอุณหภูมิ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับโพลีเมอร์ พบว่าอุณหภูมิความร้อนมีผลต่อกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก ดังนั้น จึงต้องทำการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ โดยผู้วิจัยได้ทดลองหาค่าระดับอุณหภูมิเบื้องต้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: การทดลองหาค่าระดับอุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกรีไซเคิล

ลำดับ	อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกรีไซเคิล (°C)	อัตราการไหลเฉลี่ย (กรัม/10นาที)
1	190	29.1
2	200	30.6
3	210	33.3
4	220	35.6
5	230	38.6

ที่มา: จากการทดลองของผู้วิจัย

จากตารางที่ 1 พบว่าการปรับอุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวที่ 190 -200 องศาเซลเซียส จะทำให้เม็ดพลาสติกรีไซเคิลที่ได้มีค่าอัตราการไหลใกล้เคียงกับการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาคือ 28 ± 3 กรัม/10นาที ซึ่งเป็นมาตรฐานในการผลิต โดยการทดลองดังกล่าวใช้เป็นทางในการกำหนดระดับช่วงการปรับอุณหภูมิที่ใช้ใน



การหลอมเหลวที่ส่งผลต่อข้อบกพร่องที่เกิดจากผ้าเป็นทาง ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2562 ถึง เดือนมิถุนายน 2563 พบว่ามีการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลในอัตราส่วนผสมร้อยละ 1.5 เพื่อกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ผู้วิจัยจึงใช้หลักการ General Full Factorial Design จากโปรแกรม Minitab ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: กำหนดระดับปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับปัจจัย					
1. อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล (°C)	190	200				
2. ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล (%)	0	1	2	3	4	5

จากตารางที่ 2 แสดงการกำหนดค่าระดับปัจจัยที่จะศึกษา โดยสามารถออกแบบแผนการ ซึ่งมีกรทดลองซ้ำ 2 ครั้ง จะได้ทั้งหมด 24 การทดลองและได้กำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

1. การกำหนดสมมติฐาน

1.1 สมมติฐานที่ 1 การปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad i = 1, 2, \dots, a$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \quad \text{อย่างน้อย 1 ตัวไม่เท่ากับ 0}$$

1.2 สมมติฐานที่ 2 การปรับปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลในการผลิต

$$H_0 : \gamma_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, a$$

$$H_1 : \gamma_j \neq 0 \quad \text{อย่างน้อย 1 ตัวไม่เท่ากับ 0}$$

1.3 สมมติฐานที่ 3 การที่มีอิทธิพลร่วมของค่าการปรับค่าอุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลว และปริมาณการใช้เม็ดกรีไซเคิล

$$H_0 : \beta\gamma_{ij} = 0$$

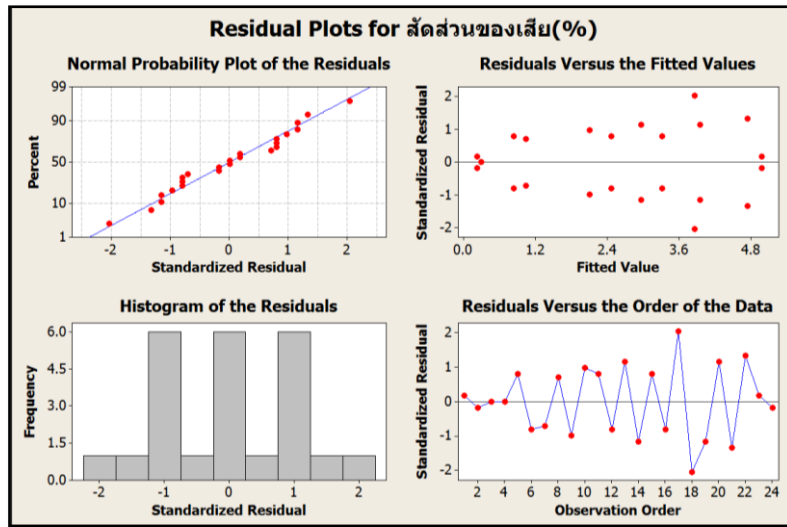
$$H_1 : \beta\gamma_{ij} \neq 0 \quad \text{อย่างน้อย 1 ตัวไม่เท่ากับ 0}$$

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

1.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง (Model Adequacy Checking)

ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการทดลอง โดยรูปแบบของการทดลองจะต้องเป็นไปตามหลักการ $\epsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$ คือการตรวจสอบการแจกแจงปกติ และการเป็นอิสระที่มีค่าใกล้เคียง 0 และความแปรปรวน (σ^2) มีค่าคงตัว จึงจะทำให้ข้อมูลมีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ



ภาพที่ 3: กราฟส่วนตกค้างของข้อมูล
ที่มา: การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

จากภาพที่ 3 เป็นรูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residual) พบว่ามีการกระจายตัวแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และการพล็อตกราฟระหว่างค่าของ ส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองไม่มีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การทดลองนี้มีความถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือของข้อมูล การทดลอง สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ความแปรปรวนในลำดับถัดไป

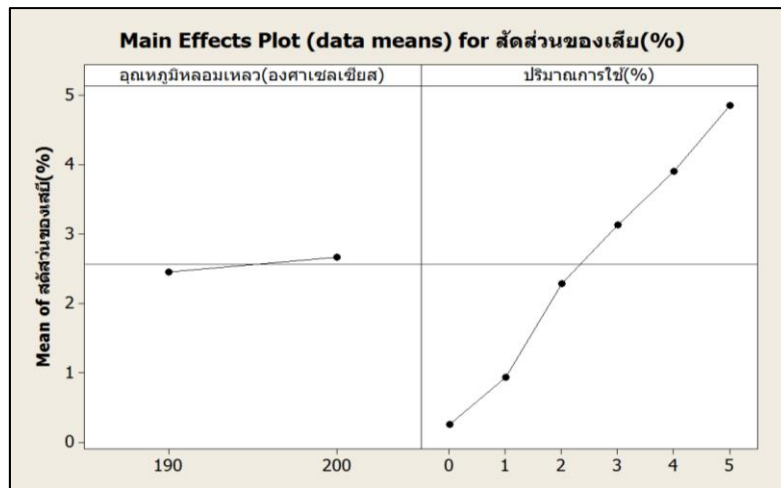
1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเต็มรูปแบบ General Full Factorial Analysis of Variance for Response

จากตารางที่ 3 ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา (2551) ได้กล่าวว่าผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัยที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ให้พิจารณาโดยใช้ปัจจัยหลักที่เหลือมาทำการวิเคราะห์ผล พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลคือ อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล และปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ซึ่งมีผลต่อการเกิดของเสียที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังภาพที่ 4

ตารางที่ 3: ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเต็มรูปแบบ

Source	DF	Seq.ss	Adj SS	Adj MS	F	P
อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล	1	0.2750	0.2750	0.2750	16.34	0.002
ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล	5	61.6344	61.6344	12.3269	731.3	0.000
อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติก และ ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล	5	0.0773	0.0773	0.0155	0.92	0.502
Error	12	0.202	0.202	0.0168		
Total	23	62.1887				

S = 7.97914 R-Sq = 99.68% R-Sq(adj) = 99.38%



ภาพที่ 4: ผลกระทบหลัก


จากภาพที่ 4 พิจารณาผลกระทบหลักทั้งสองปัจจัย โดยปัจจัยอุณหภูมิหลอมเหลวพบว่า เมื่อปรับตั้งค่าทั้ง 190 และ 200 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดสัดส่วนของเสียเฉลี่ยที่ 2-3% ซึ่งเป็นปริมาณที่ไม่เกินมาตรฐานตามที่บริษัทกำหนด ส่วนปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดของเสียเพิ่มขึ้น แต่การเกิดของเสียยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ สัดส่วนของเสียไม่เกิน 5% ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่บริษัทกำหนด

1.3 การกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสม (Response Optimization)

การทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ จากผลการวิเคราะห์ผลกระทบหลักของปัจจัยปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลมีแนวโน้มการเกิดของเสียเพิ่มขึ้นตาม การเพิ่มอัตราส่วนการใส่เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตผู้วิจัยจึงกำหนดเงื่อนไขการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม โดยโปรแกรมจะคำนวณค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ที่จะเกิดปริมาณของเสียของเสียสูงสุด คือ สัดส่วนของเสีย 5% ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 5

ตารางที่ 4: การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม

Parameters	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
ปริมาณของเสีย	Maximum	0	5	-	1	1
Global Solution อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลว = 190 ,ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล = 5						
Predicted Reponse สัดส่วนของเสีย = 4.7216 , desirability = 0.94433						
Composity Desirability = 0.94433						

New D 0.94433	Hi Cur Lo	อุณหภูมิ 200.0 [190.0] 190.0	ปริมาณ 5.0 [5.0] 0.0
Response Maximum $y = 4.7216$ $d = 0.94433$			

ภาพที่ 5: ผลการวิเคราะห์ระดับปัจจัยที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์โดยใช้ Response Optimizer พบว่าปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผ้าใยสังเคราะห์สีขาว น้ำหนัก 80 กรัม/ตารางเมตร ต้องใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่ 190 องศาเซลเซียส และใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลปริมาณในอัตราส่วนผสมร้อยละ 5 โดยจะเกิดของเสียจากข้อบกพร่องผ้าเป็นทางสัดส่วนของเสียอยู่ที่ 4.72 %

2. การทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการวิเคราะห์

ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมจากการวิเคราะห์ Response Optimizer มาทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการคำนวณ โดยทดลองซ้ำ 4 ครั้งแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5: ผลการทดลองเพื่อยืนยันผลระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด

ลำดับ	อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติก (°C)	ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล (%)	สัดส่วนของเสีย (%)
1	190	5	4.86
2	190	5	4.49
3	190	5	4.96
4	190	5	4.93
สัดส่วนของเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 4.81 %			

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่าปริมาณของเสียจากข้อบกพร่องผ้าเป็นทางที่เกิดขึ้นในทุกลำดับการทดลอง มีสัดส่วนของเสียเฉลี่ยอยู่ที่ 4.81 % ใกล้เคียงกับ ค่าที่ได้จากวิธี Response Optimizer ซึ่งมีปริมาณสัดส่วนของเสียต่ำกว่า 5% ทุกการทดลอง และอยู่ในเกณฑ์ที่บริษัทกำหนด ดังนั้นสรุปได้ว่าระดับปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล คือ 190 องศาเซลเซียส และปริมาณการใช้เม็ดกรีไซเคิลในการผลิตผ้าใยสังเคราะห์สีขาว น้ำหนัก 80 กรัม/ตารางเมตร คือ อัตราส่วนผสมร้อยละ 5 เป็นระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุด

2.1 การเปรียบเทียบผลก่อนและหลังปรับปรุง

ขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6: การเปรียบเทียบปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล และสัดส่วนของเสียเฉลี่ยต่อเดือน

ลำดับ	รายละเอียด	สัดส่วน (%)	จำนวน (กิโลกรัม/เดือน)
1	ยอดขาย (เฉลี่ย)	100	76,875
2	ปริมาณการใช้ ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลก่อนปรับปรุง (เฉลี่ย)	1.5	1,153.13
3	ปริมาณการใช้ ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลหลังปรับปรุง (เฉลี่ย)	5	3,843.75
4	ผลต่างปริมาณการใช้ ใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง	3.5	2,690.62
5	ปริมาณของเสียก่อนปรับปรุง (เฉลี่ย)	1.84	1,418.21
6	ปริมาณของเสียหลังปรับปรุง (เฉลี่ย)	4.81	3,697.69
7	ผลต่างปริมาณของเสียก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง	2.97	2,279.48

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 6 ปริมาณของเสียหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.84% เป็น 4.81 % เนื่องจากการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่เพิ่มขึ้น 3.5% หรือ 2,690.62 กิโลกรัม แต่ของเสียยังอยู่ในเกณฑ์ที่บริษัทกำหนดคือไม่เกิน 5% เมื่อนำมาคิดต้นทุนการใช้เม็ดพลาสติกสามารถลดต้นทุนได้ 161,437 บาทต่อเดือนดังรายละเอียดดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนเม็ด PP ที่ลดลงก่อนปรับปรุง} &= 60 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \times 1,153.13 \text{ กิโลกรัมต่อเดือน} \\ &= 69,188 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนเม็ด PP ที่ลดลงหลังปรับปรุง} &= 60 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \times 3,843.75 \text{ กิโลกรัมต่อเดือน} \\ &= 230,625 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลต่างต้นทุนเม็ด PP ก่อน และหลัง} &= 230,625 \text{ บาทต่อเดือน} - 69,188 \text{ บาทต่อเดือน} \\ &= 161,437 \text{ บาทต่อเดือน} \end{aligned}$$

สรุป

1. สรุปผลงานวิจัย

การผลิตผ้าใยสังเคราะห์โดยนำเม็ดพลาสติกกรีไซเคิลมาเป็นส่วนผสมในวัตถุดิบเพื่อลดปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีน ในการลดต้นทุนการผลิตผ้าใยสังเคราะห์ พบปัญหาข้อบกพร่องผ้าเป็นทางที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุดของ คือผลิตภัณฑ์ผ้าใยสังเคราะห์สีขาว น้ำหนัก 80 กรัม/ตารางเมตร เนื่องจากไม่มีมาตรฐานในการกำหนดระดับช่วงการปรับอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลว ซึ่งมีผลต่อกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก และการกำหนดปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่เหมาะสมในการผลิต จึงประยุกต์หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง (Design and Analysis of Experiment) ประกอบด้วย 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล มี 2 ระดับคือ 190 องศาเซลเซียส และ 200 องศาเซลเซียส ปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล มี 6 ระดับคือ อัตราส่วนผสมร้อยละ 0 อัตราส่วนผสมร้อยละ 1

อัตราส่วนผสมร้อยละ 2 อัตราส่วนผสมร้อยละ 3 อัตราส่วนผสมร้อยละ 4 และอัตราส่วนผสมร้อยละ 5 ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง General Full Factorial Design จากโปรแกรม Minitab ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($\alpha = 0.05$)

ผลการศึกษาพบว่า ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย ไม่มีความสัมพันธ์กัน จึงพิจารณาเฉพาะปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิที่ใช้หลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล และปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย และใช้ Response Optimizer เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการกำหนดค่าของปัจจัยหลักทั้ง 2 โดยของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องผ้าเป็นทาง ต้องไม่เกินสัดส่วนของเสียที่ 5% ตามที่บริษัทกำหนดพบว่าควรปรับค่าระดับปัจจัยอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมเหลวเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล คือ 190 องศาเซลเซียส และปริมาณการใช้เม็ดกรีไซเคิลในอัตราส่วนผสมร้อยละ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนปรับปรุง พบว่าปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 3.5 คิดเป็นมูลค่าการใช้เม็ดพลาสติกพอลิโพรพิลีนที่ลดลง จากการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลเป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม 161,437 บาทต่อเดือน

2. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาระดับของปัจจัยในการผลิตเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล และกำหนดปริมาณการใช้เม็ดพลาสติกกรีไซเคิลที่เหมาะสม ควรศึกษาปัจจัยด้านอื่นด้วย เช่น ระยะเวลาการเก็บรักษาเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล ความชื้นของเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล วิธีจัดเก็บเม็ดพลาสติกกรีไซเคิล เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- จิรายุส จันทราภาสกุล, ญัฐวรพล รัชสิริวัชรบุล และสหรัตน์ วงษ์ศรีษะ. (2555). *การพัฒนากระบวนการรีไซเคิลพลาสติกซีพีพีในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน บริษัทไทยโทเรซินเทคติกส์*. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองโงปบูลย์. (2551). *การออกการทดลองและการวิเคราะห์การทดลอง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท็อป.
- ประเสริฐ ชุมปัญญา และชลิตา ชาญวิจิตร. (2554). การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยระบบสูญญากาศ สำหรับพลาสติกชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์. *RMUTP Research Journal* 2011, 5(2), 33-45.
- ภูริต ภูศรี (2560). *การหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตข้อต่อพีวีซี*. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์.
- ฤทธิชัย สังฆทิพย์ และคณะ (2557). *การทำปัจจัยที่เหมาะสมในการผสมวัสดุเชิงประกอบระหว่างพอลิพรอพิลีนกับยางอนุภาคนาโนด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง*. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- Sombatsompop, N. & Wood, A. K. (1998). An Examination of Melt Fracture in Molten Polymers. *Polymer-Plastic Technology and Engineering*, 37(3), 317-331.