



Contents

บทความวิจัย

- Real-Time Weed Location Estimation in Cassava Field Using an Aerial Multispectral Camera 1-8
พงศกร บำรุงไทย
- การจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ 9-22
พิศณุ คูมิชัย
- การตรวจสอบการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามสำหรับระบบรู้จำใบหน้าภาพสเก็ตซ์และภาพถ่าย 23-32
สามารถ หมดและ
- การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากเศษวัสดุในอุตสาหกรรมการขนส่งเพื่อต่อยอดแนวทางการออกแบบสู่วิสาหกิจชุมชน 33-44
แดน อุดรพงษ์
- การศึกษาและวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการขึ้นรูปพอลิอะครีโลไนไตรล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) 45-57
ด้วยเทคนิคการพิมพ์สามมิติ
- นัยยุนาถ นนทะภาพ
- การวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน 58-71
เกรียงไกร ทานา
- การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่จากกระบวนการชำแหละไก่ 72-86
ยศพล พงษ์แก้ว
- การเปรียบเทียบผลการศึกษาทางการเรียนวิชาสถิติโดยใช้การใช้แอปพลิเคชัน 87-94
สุภาวดี ลีลายุทธ



บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ (NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) ซึ่งฉบับนี้เป็นปีที่ 19 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566 โดยวารสารออนไลน์ใช้ระบบ Thaijo2.0 มีหมายเลข ISSN (Online) คือ 2651-1002 และวารสารเป็นเล่ม มี ISSN (Print) คือ 2651-1134 ซึ่งวารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ (ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม) โดยกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศได้ทุ่มเททำงานเพื่อดำรงความมีคุณค่าของงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารฯ และยังมุ่งมั่นที่จะปรับระดับคุณภาพของวารสารฯ ให้พร้อมที่จะเข้าสู่การประเมินเพื่อเลื่อนขึ้นสู่วารสารกลุ่มที่ 1 ต่อไป

กองบรรณาธิการฯ ขอขอบคุณผู้สนับสนุนบทความทุกท่านที่ให้ความไว้วางใจในการส่งบทความ จำนวน 8 บทความ (บทความภายนอก 4 บทความ บทความภายใน 4 บทความ) เพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ ปีที่ 19 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566 กองบรรณาธิการฯ ขอขอบคุณมูลนิธิพลอากาศเอก ศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิฤทธาภรณ์ คณะที่ปรึกษา และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของบทความและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ยิ่ง สุดท้าย ขอขอบคุณ ทีมงานที่เกี่ยวข้องทุกคนที่ทำให้รูปเล่มของวารสารฯ มีความสมบูรณ์และสวยงาม จนเกิดความสำเร็จทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณตามมาตรฐานคุณภาพของ TCI

นาวาอากาศเอก รองศาสตราจารย์ เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ
บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ

Real-Time Weed Location Estimation in Cassava Field Using an Aerial Multispectral Camera

^{1#} Pongsakon Bamrungthai, ^{2*} Nattagorn Pramona and ^{3#} Prasatporn Wongkamchang

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University, Sriracha Campus

²Department of Aeronautical Engineering, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

³Graduate School , Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

[#]pongsakon@eng.src.ku.ac.th, ^{*}soulskys4249@gmail.com, [#]aerialinnovation@gmail.com

Received : July 29, 2023

Revised : November 8, 2023

Accepted : November 9, 2023

Abstract

This research presents a real-time weed location estimation system for precision agriculture in cassava planting. The widely employed vegetation index known as the normalized difference vegetation index (NDVI) was applied to identify and estimate the locations of the weeds. The multispectral camera mounted on an unmanned aerial vehicle (UAV) with nadir orientation was used to capture the field images. The NDVI values were calculated in real-time using an onboard microcomputer and streamed weed locations in latitude/longitude format to the ground control station. The UAV with the attached camera was controlled to follow a predefined flight path using user-specified coordinates based on the configuration of the planting area. The flight altitude was set at 10 m above ground level. Experimental flight tests were conducted over a cassava field covering an approximate area of 2,500 m². The results demonstrated that detected weed locations exhibited errors within the precision bounds of the GPS system. In the future, a spraying system could be implemented on the UAV to eliminate weeds and perform other planting operations.

Keywords: Weed location estimation, Multispectral imaging, Unmanned aerial vehicle, Cassava planting

1. Introduction

Cassava holds a prominent position among the key agricultural commodities in Thailand. In 2018, Thailand's cassava product export achieved an impressive global ranking, securing the third position. As a result, increasing the yield of cassava production becomes an important goal because it not only improves the farmers' financial situation but also greatly boosts Thailand's export revenue. Applying innovation and technology to help solve problems and increase productivity in cassava cultivation is therefore a good choice. Utilizing various methods to reduce the number of weeds that grow in the cassava furrows is an excellent approach to boost productivity.

Optimizing yield in cassava plantations necessitates effective weed control, as weeds have demonstrated the potential to cause substantial yield reductions, ranging from 25 to 50 percent [1]. The weeds in cassava fields comprise various species, encompassing both annual and perennial types. Consequently, several methods exist to address weed infestation, with the choice of approach contingent upon the specific weed species encountered. Traditional weed eradication practices

in Thailand entail a manual hoe-up method aimed at eliminating all weeds. However, this technique necessitates a substantial labor force, particularly when managing extensive fields. An alternative method involves the application of herbicides through spraying, which offers an efficient and practical means of long-term weed control while minimizing manual labor requirements.

The advent of Unmanned Aerial System (UAS) technology has emerged as a pivotal development in modern precision agriculture, presenting promising avenues for cost reduction and yield enhancement. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have been significantly developed in the past decade, leading to their extensive utilization across various domains, encompassing both military and civilian applications. Notably, electro-optical technology has played a pivotal role in reducing the dimensions of high-end cameras, enhancing their portability and operational efficiency. Historically, multispectral cameras were primarily employed in satellites for remote sensing applications, facilitating natural earth observation. However, the limitations of satellite-based monitoring, particularly concerning cloud cover interference, render it less suitable for precision agricultural assessments. Integrating multispectral cameras with UAVs for precision agriculture has been considered a promising novel alternative technique. [2-4]

Another challenge in the realm of precision agriculture development in Thailand pertains to the ability of farmers to comprehend data derived from aerial imagery, particularly in the context of remote sensing technical terminology. To surmount this issue, computer-based remote sensing systems have garnered attention as a compelling and pragmatic solution. These systems offer a user-friendly interface that enables farmers to understand the conditions of their plantations without necessitating expert interpretation. Therefore, this study introduces a real-time weed location estimation system for precision agriculture in cassava planting.

2. Research Scope

This study employed a multirotor UAV equipped with a Raspberry Pi 3B+ and a customized Pi NoIR camera integrated with a blue filter, enabling its functionality as a multispectral camera. The Python programming language, in conjunction with the OpenCV image processing library, was employed for real-time data processing and data recording on the UAV's onboard system. The experimental site for the cassava plantation encompassed an estimated area of 2,500 m², located in Amphoe Borabue, Maha Sarakham province, situated in the northeastern region of Thailand.

3. Weed Location Estimation

3.1 The Coordinate Transformation

The requirement for coordinate transformation arises from differences between the coordinate system employed in the UAV navigation system and that corresponding to the detected weed locations represented in image coordinates. The relationship between these coordinate systems is shown in Fig. 1. The coordinate frame denoted as {B} designates the UAV coordinate system, while the coordinate frame designated as {C} corresponds to the camera coordinate system utilized to represent image coordinates specified in pixels. The UAV navigation system utilizes the NED (North, East, Down) [5], which serves as the reference frame for the transformation of weed location coordinates before transmission to the ground control station.

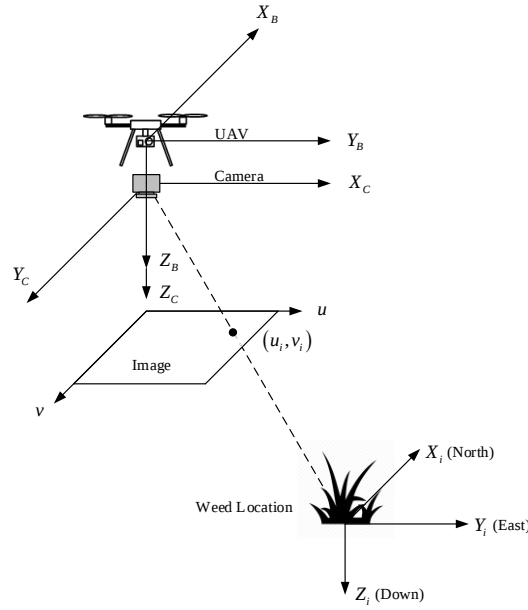


Fig. 1. Coordinate transformation from image coordinates to latitude/longitude coordinates.

The process of coordinate transformation involves a series of equations, as shown in Equations (1) to (4). In Equation (1), the detected weed location coordinates in the image frame coordinates (pixels) are transformed to physical units (m) using the relationship between pixel size and footprint size in physical units that are related to the scaling factors T_1 and T_2 , FP_x and FP_y are footprints in x and y directions, respectively. Following that, Equation (2) is applied to transform the coordinates in physical units to reference with the true north using the heading of the UAV platform obtained from the GPS module as specified by θ . Then, the x and y in NED (North, East, Down) coordinates are transformed to the LAT and LON using Equation (3) and (4), respectively.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}_{meter} = \begin{bmatrix} T_1 & 0 & -T_1 FP_x / 2 \\ 0 & T_2 & -T_2 FP_y / 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}_{pixel} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_{NED} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_{meter} \quad (2)$$

$$LAT = LAT_1 + (y_{NED} * 0.00001 / 1.1132) \quad (3)$$

$$LON = LON_1 + (x_{NED} * 0.00001 / 1.1132) \quad (4)$$

LAT_1 , and LON_1 are the latitude and longitude of the center of the camera system. These LAT and LON values will be sent to the ground control station.

3.2 Weed Classification Algorithm

Various techniques have been explored for weed classification [6-8]. This study employed the NDVI values acquired from the Parrot Sequoia, a commercially available off-the-shelf multispectral camera, for the purpose of calibrating the NDVI values, as illustrated in Fig. 2. Subsequently, the calibrated NDVI values were employed in a dedicated weed detection algorithm. The outcomes of this algorithm demonstrated that the NDVI values effectively enabled the difference between cassava crops and weeds by considering both the difference in NDVI values and the diameter of the detected weeds, which were processed using an edge detection algorithm. The classification of weeds from cassava crops was accomplished based on a specific condition using Equation (5).

$$(\text{NDVI value} < 0.3) \text{ and } (\text{Diameter of NDVI blob} < 10 \text{ cm}) \Rightarrow \text{Weed} \quad (5)$$

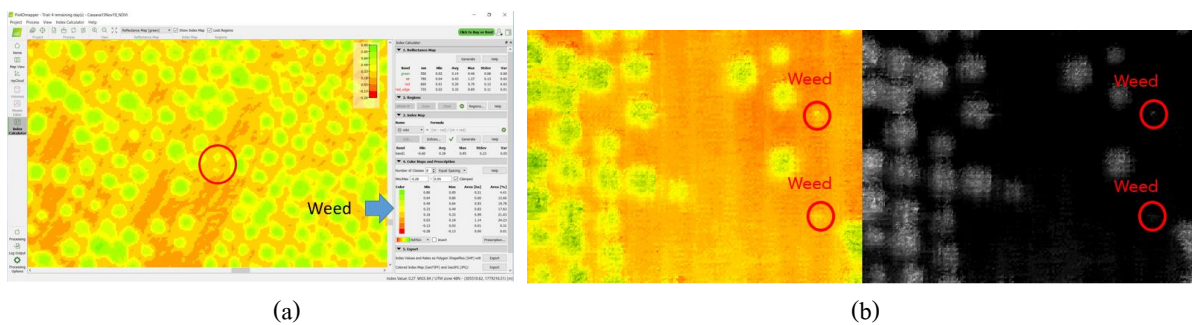


Fig. 2. Weed detection algorithm: (a) The NDVI value < 0.3 (b) Diameter of NDVI blob < 10 cm

4. Methodology

Fig. 3 illustrates the weed-targeting operation developed in this research. A quadrotor UAV featuring vertical take-off and landing capabilities was utilized to capture the image. The acquired images were processed by an onboard computer, a Raspberry Pi 3B+ equipped with a multispectral camera. The UAV flew autonomously with a predefined flight path using the Pixhawk flight controller and ArduPilot ground control software. It can carry any sensors that weigh less than 1.0 kg mounted under its structure. The images were captured with a multispectral camera and a Pi NoIR camera with a blue filter. The software was developed to calculate the NDVI and perform weed classification between cassava and weeds in the cassava field in real-time.

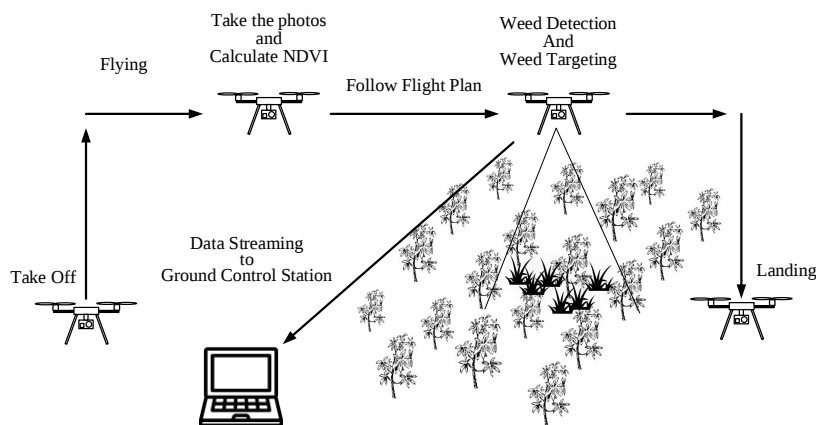


Fig. 3. Overview of the weed-targeting operation using the developed system

The UAV, ground control station, and communication scheme are shown in Fig. 4. The airborne unit consisted of an onboard computer with a GPS module for location estimation of the weed. This design choice was necessitated by the fact that the algorithm employed for weed detection was operated within the image coordinate system, while the position and orientation of the UAV were referenced in latitude/longitude format. The coordinate transformation is necessary to align the weed coordinates with a global coordinate system. Its details will be described in the next section.

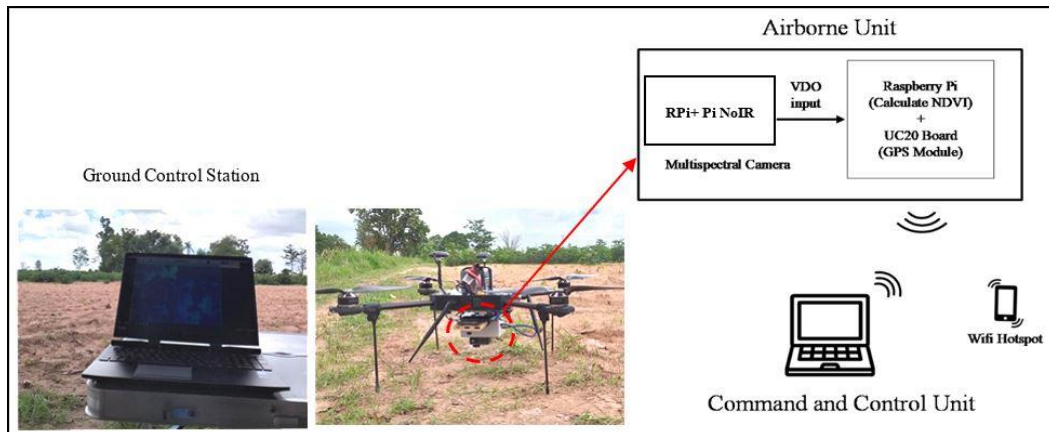


Fig. 4. The UAV system and communication scheme

5. Experimental Results

Thailand has a variety of weed species, which can be classified into two main types based on their characteristics: cover weeds (e.g., grasses) and tiny bush weeds (e.g., Billy Goat Weed). This project focused on the tiny bush weeds, as they offered ease for conducting the experiment. The experiment started with data collection from the cassava plantation, where six distinct weed locations were selected. The locations were recorded in latitude/longitude format, as depicted in Figs. 5 - 6. The UAV equipped with the Parrot Sequoia multispectral camera was programmed to follow a predefined flight path at a height of 10 m above the plantation. Upon completion of the data acquisition, post-processing analysis yielded both RGB and NDVI indexes. The study's focus lay in locating weeds, which were readily identifiable by the UAV, as demonstrated in Fig. 7.

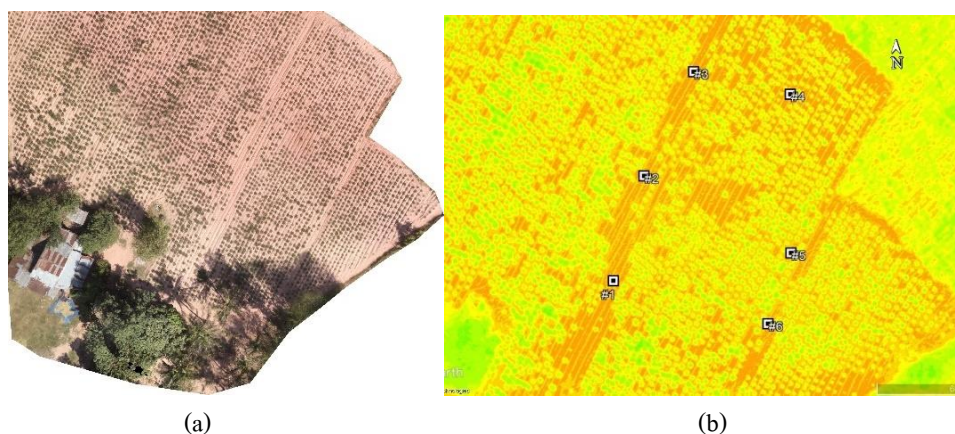


Fig. 5. The experimental cassava plantation. (a) RGB format (b) NDVI format

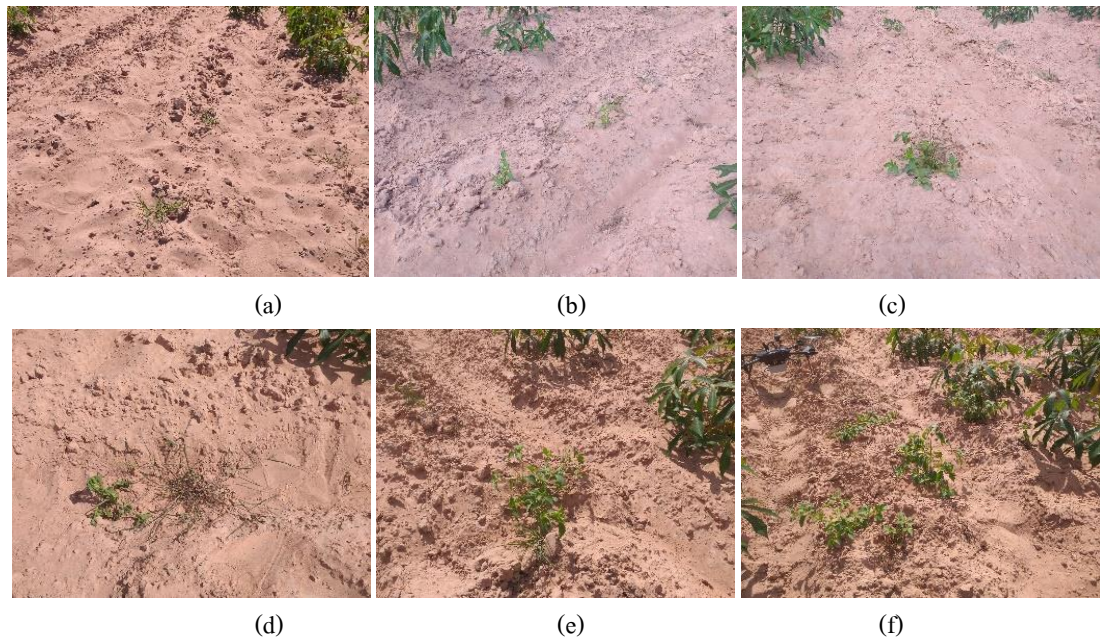


Fig. 6. The weed images in the field (a) to (f) for weed numbers (1) to (6) respectively

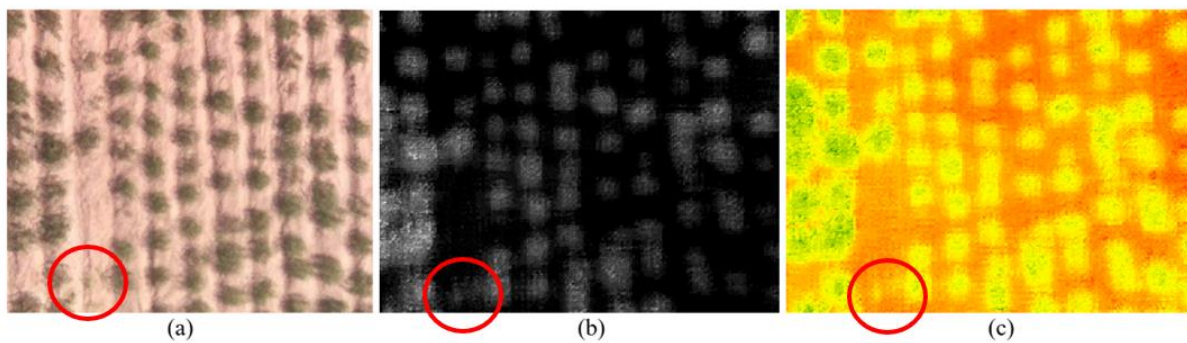
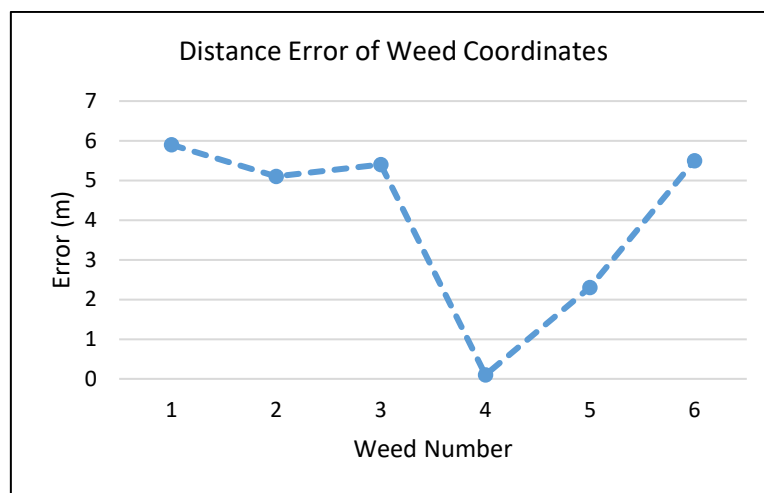


Fig. 7. The aerial image captured: (a) RGB, (b) Real-Time NDVI image, and (c) NDVI colormap post-processing.

After the calibration of the weed detection algorithm, both the NDVI value and the diameter of the NDVI blob were computed using Python programming and an image processing library. The processing tasks were executed on a Raspberry Pi 3B+ integrated with a Pi NoIR camera. The UAV was repeatedly flown along the designated flight path to detect the locations of the weeds. These detections enabled the estimation of weeds' positions in the latitude/longitude format. Subsequently, a comparative analysis was performed by juxtaposing the estimated weed locations with the measured positions, as presented in Table 1 and Fig. 8.

Table 1. The comparison of the measured weed locations and the estimated weed locations.

Target No.	Measured Weed Position		Estimated Weed Position		Heading (degree)	Error (m)
	LAT	LON	LAT	LON		
1	16.085352 N	103.181491 E	16.085308 N	103.181458 E	40.52	5.9
2	16.085446 N	103.181521 E	16.085411 N	103.181473 E	200.45	5.1
3	16.085535 N	103.181585 E	16.085510 N	103.181534 E	32.45	5.4
4	16.085448 N	103.181624 E	16.085453 N	103.181625 E	66.46	0.1
5	16.085328 N	103.181655 E	16.085314 N	103.181633 E	145.54	2.3
6	16.085268 N	103.181649 E	16.085247 N	103.181602 E	158.15	5.5

**Fig. 8.** Distance errors of weed coordinates for 6 weed locations.

6. Conclusion

This research is part of an unmanned aerial vehicle for precision agriculture to calculate NDVI in real-time. The NDVI was calculated using an onboard computer, a Raspberry Pi 3B+, integrated with a Pi NoIR camera equipped with a blue filter. The calibration of the NDVI values for the weed detection algorithm was achieved using data from the Parrot Sequoia, a commercially available multispectral camera. During real-time test flights, the Pi NoIR multispectral camera mounted on the UAV, along with the onboard computer, could estimate weed coordinates within the cassava field. Furthermore, the system recorded the latitude and longitude values of the detected weed locations for subsequent analysis. The flight tests encompassed a predefined flight path at an altitude of 10 m, traversing over designated weed locations in six distinct areas at a speed of 3 m/s. The weed location estimation errors ranged from 0.1 to 6 m, which can be reduced using higher-performance GPS with real-time kinetics and a ground reference point.

7. References

- [1] Maneesa, T. (1983). Weed control in cassava. In: Cassava Monograph No.7, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand.
- [2] Nebiker, S., Annen, A., Scherrer, M. and Oesch, D. (2008). A Light-Weight Multispectral Sensor for Micro UAV- Opportunities for very High Resolution Airborne Remote Sensing, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, 1193-2000.
- [3] Martin, D.B., Thomas, A., Raimund, L., Gerald, M. & Richard, M. (2010). UAV-based environmental monitoring using multi-spectral imaging, Proc. SPIE 7668, Airborne Intelligence, Surveillance, Reconnaissance (ISR) Systems and Applications, 7, 766811.
- [4] Pederi, Y. A. & Cheporniuk, H. S. (2015). Unmanned aerial vehicles and new technological methods of monitoring and crop protection in precision agriculture. IEEE International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), 298–301.
- [5] Randal W. B. & Timothy W. M. (2012). Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice, Second Edition. New Jersey: Princeton University Press.
- [6] Louargant, M., Jones, G., Faroux, R., Paoli, J.-N., Maillot, T., Gée, C. & Villette, S. (2018). Unsupervised Classification Algorithm for Early Weed Detection in Row-Crops by Combining Spatial and Spectral Information. Remote Sensing, 10(5): 761.
- [7] Sunil, G. C., Yu Zhang, Cengiz, K., Mohammed, R. A., Kirk, H. & Xin, S. (2022). Weed and crop species classification using computer vision and deep learning technologies in greenhouse conditions, Journal of Agriculture and Food Research, 9: 1-15.
- [8] Corceiro, A., Alibabaei, K., Assunção, E., Gaspar, P. D., & Pereira, N. (2023). Methods for Detecting and Classifying Weeds, Diseases and Fruits Using AI to Improve the Sustainability of Agricultural Crops, 11(4): 1-40.

การจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ

Automatic Classification and Tracking of Surface Ships

พิชญ์ ภูมิชัย

กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝายศึกษา โรงเรียนนายเรือ

Pisanu Kumeechai

Department of Engineering, Education Branch, Royal Thai Naval Academy

Pisanu41984198@hotmail.com

Received : April 11, 2023

Revised : November 9, 2023

Accepted : November 13, 2023

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการขับเรืออัตโนมัติของเรือผิวน้ำ กล้องเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดเส้นทางและการตรวจจับวัตถุ เพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางหรือหลีกเลี่ยงการชนกันของเรือ สิ่งที่สำคัญคือการติดตามการเคลื่อนไหวของเรือที่รู้จัก ในบทความนี้ได้ใช้ชุดข้อมูลการเดินเรือของไทย และการรวบรวมภาพข้อมูลสำหรับแบบจำลองฝึกอบรม จากนั้นจะนำเสนอการจดจำวัตถุด้วยวิธี AlexNet ด้วยการจำลองและประเมินผลการปฏิบัติงานในสภาพแวดล้อมการเดินเรือที่แตกต่างกัน จากนั้นจะเสนออัลกอริทึมการติดตามเพื่อติดตามวัตถุที่ระบุโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประเมินผลด้วยวิดีโอที่มีการเคลื่อนไหวสูง ในงานวิจัยนี้ใช้ภาพรวม 300 ภาพ แบ่งเป็นตัวอย่างการฝึก 200 ภาพ และตัวอย่างทดสอบ 100 ภาพ มีการวัดประสิทธิภาพของอัลกอริทึมด้วยค่า (Confusion Matrix) ผลการทดลองมีประสิทธิภาพของทั้ง precision, recall และ f1-score โดยมีค่า Precision เท่ากับ 71.3%, Recall เท่ากับ 95.4% และ F1-score เท่ากับ 81.6%

คำสำคัญ: การขับเรืออัตโนมัติของเรือผิวน้ำ, การจดจำวัตถุ, อัลกอริทึมการติดตาม, วิธี AlexNet,

Abstract

Automatic Watercraft Driving Technology: Cameras are essential for path determination and object detection to avoid obstacles and prevent ship collisions. The key focus lies in tracking the recognizable ship movements. In this article, the authors used Thai ship movement data and collected image data to develop a training model. They then presented an object recognition method using AlexNet, simulated different maritime environments, and evaluated the model's performance. Subsequently, they proposed a tracking algorithm for precise object tracking, especially in high-motion video evaluations. The study utilized a total of 300 images, divided into 200 training samples and 100 testing samples. Performance was assessed using a confusion matrix, and the experimental results revealed high efficiency, with precision, recall, and F1-score values of 71.3%, 95.4%, and 81.6%, respectively. These results demonstrate that the tracking algorithm outperforms real-time online tracking in terms of object tracking accuracy.

Keywords: automatic watercraft driving, object recognition, tracking algorithm, AlexNet method

1. บทนำ

เทคโนโลยีการขับเคลื่อนอัตโนมัติได้รับความนิยมอย่างสูงในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยเทคโนโลยีเหล่านี้จะใช้งานประมวลผลข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพื่อช่วยให้สามารถขับเคลื่อนได้โดยไม่ต้องมีผู้ขับ โดยระบบนี้สามารถทำงานได้โดยอิงตามสภาพแวดล้อมและข้อมูลที่รับจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ซึ่งการออกแบบระบบสื่อสารส่งผ่านข้อมูล และการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ยานพาหนะต่าง ๆ เช่น รถยนต์ เรือ และโดรน ในอนาคตควรที่จะสามารถจดจำและตอบสนองถึงสิ่งกีดขวางที่อยู่เบื้องหน้าได้อย่างรวดเร็วเพื่อขับเคลื่อนตัวเองโดยปราศจากการแทรกแซงของมนุษย์ การพัฒนาความสามารถในการขับเคลื่อนอัตโนมัติในอากาศยานเทคโนโลยีต่าง ๆ ประกอบด้วย เพื่อให้การทำงานดีขึ้น เช่น กล้องไลดาร์ LIDAR (Light Detection and Ranging) เป็นเลเซอร์การถ่ายภาพ การตรวจจับ และการวัดระยะทาง GPS (Global Positioning System) ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก และ SONAR (Sound Navigation and Ranging) ระบบการหาตำแหน่งวัตถุใต้น้ำโดยการส่งคลื่นเสียงและรับเสียงสะท้อน นอกจากนี้ในส่วนของการเดินเรือเรือผิวน้ำอัตโนมัติสามารถใช้ระบบระบุตัวตนอัตโนมัติ AIS (Automatic Identification System) ซึ่งเป็นระบบฐานข้อมูลตำแหน่งอัตโนมัติทั่วโลก โดยจะอิงจากการติดตั้งตัวรับสัญญาณขนาดเล็กเข้ากับเรือ ที่ส่งสัญญาณอย่างต่อเนื่อง แจ้งเตือนเรือลำอื่นและสถานีฝั่งที่มีเครื่องรับสัญญาณ AIS อยู่ และ GPS (Global Positioning System) ระบบการนำทางด้วยดาวเทียมซึ่งประกอบด้วยดาวเทียมอย่างน้อย 24 ดวง โดย GPS (Global Positioning System) สามารถปฏิบัติการได้ในทุกสภาพอากาศ ทุกที่ในโลก ตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจจับเรือข้างเคียงและป้องกันการชนกับเรือลำอื่น เรือขนาดเล็ก หรือทุ่นต่าง ๆ แต่ในส่วน of เรือเล็กและเรือคายัคส่วนมากจะไม่มีเครื่องส่งสัญญาณของ AIS (Automatic Identification System) เรือประมงผิดกฎหมายที่ออกหาปลาในเวลากลางคืนโดยไม่ได้รับอนุญาต อาจปิด AIS (Automatic Identification System) ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุทางเรือ เทคโนโลยีในอนาคตจำเป็นต้องจดจำวัตถุโดยใช้วิธีจากกล้องเพื่อป้องกันอุบัติเหตุทางทะเล เช่น การชนกันของเรือโดยไม่คาดคิด หลังจากการระบุเรือที่อยู่รอบ ๆ ประมวลผลข้อมูล เช่น แนวทางการเคลื่อนที่ ความเร็ว และทิศทางของเรือลำอื่นจำเป็นต้องวางแผนเพื่อหลีกเลี่ยงการชนกัน เพราะการรับรู้วัตถุในวิดีโอจะดำเนินการที่ละเฟรม เป็นไปไม่ได้ที่จะตรวจพบการเปลี่ยนแปลงในตำแหน่งของวัตถุที่กำหนดเมื่อเวลาผ่านไป สำหรับการนำทางในเส้นทางจำเป็นต้องมีเทคโนโลยีการติดตามวัตถุด้วยเพื่อกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ ความเร็ว ทิศทาง ฯลฯ มีการศึกษาหลายเรื่องเกี่ยวกับการตรวจหาและติดตามวัตถุด้วยวิดีโอ [1-9] การรู้จำวัตถุแบบ Deep-Learning เช่น R-CNN ออกแบบมาสำหรับการตรวจจับวัตถุได้อย่างยืดหยุ่น (บริเวณที่มี Convolutional Neural คุณสมบัติเครือข่าย) และ YOLO (You Only Look Once) ที่สามารถตรวจจับแม้กระทั่งวัตถุที่มันซ้อนกันได้ด้วย โดยมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อนของกริดในแต่ละชั้นที่เล็กลงเรื่อย ๆ ในแต่ละเลเยอร์ระบุตำแหน่งของวัตถุและทำนายประเภทของมันในสตรีมภาพจากกล้อง [1,10] การติดตามอัลกอริทึมประเมินว่าเป็นวัตถุเดียวกันหรือไม่เมื่อติดตั้งกล้องบนเรือแล้ว

เนื้อหาโดยสรุปเป็นการศึกษาการพัฒนาการพัฒนาระบบการขับเคลื่อนอัตโนมัติสำหรับเรือผิวน้ำ โดยระบบนี้จะใช้เทคโนโลยีการรับรู้วัตถุและติดตามวัตถุจากกล้องวิดีโอเพื่อตรวจจับเรือที่อยู่รอบ ๆ และป้องกันการชนกัน และวัตถุประสงค์ย่อยของการศึกษา ได้แก่ ศึกษาเทคโนโลยีการรับรู้วัตถุและติดตามวัตถุจากกล้องวิดีโอ พัฒนาระบบการรับรู้วัตถุและติดตามวัตถุจากกล้องวิดีโอสำหรับเรือผิวน้ำ และการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของระบบการรับรู้วัตถุและติดตามวัตถุจากกล้องวิดีโอสำหรับเรือผิวน้ำ จากเนื้อหาที่ระบุไว้ การศึกษาเหล่านี้จะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาการรับรู้วัตถุและติดตามวัตถุจากกล้องวิดีโอสำหรับเรือผิวน้ำ โดยระบบนี้จะใช้เทคโนโลยีการรู้จำวัตถุแบบ Deep-Learning เช่น R-CNN และ YOLO เพื่อตรวจจับเรือที่อยู่รอบ ๆ และติดตามการเคลื่อนไหวของเรือเหล่านั้น เพื่อป้องกันการชนกันของเรือ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้จะช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการเดินเรือและลดอุบัติเหตุทางทะเล

สำหรับวัตถุประสงค์หลักในการวิจัยนี้คือการพัฒนากระบวนการการจำแนกและติดตามวัตถุสำหรับเรือผิวน้ำ และประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบการติดตามวัตถุมีประสิทธิภาพสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเดินเรือได้ และวัตถุประสงค์ย่อยเพื่อศึกษาเทคโนโลยีการเรียนรู้จำแนกแบบ Deep-Learning เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการติดตามวัตถุ เพื่อพัฒนาชุดข้อมูลการเดินเรือของไทย และเพื่อใช้สำหรับการฝึกอบรมโมเดลการติดตามการเคลื่อนไหวของเรือที่อยู่ในสภาพแวดล้อมการเดินเรือที่แตกต่างกัน

งานวิจัยนี้นำเสนอการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำด้วยระบบอัตโนมัติเพื่อศึกษาการตรวจเรือด้วยปัญญาประดิษฐ์เชิงลึก (Deep-Learning) ซึ่งที่เหลือของบทความนี้มีการจัดระเบียบดังต่อไปนี้ ส่วนที่ 2 ขอบเขตงานวิจัยที่นำเสนอ ส่วนที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 4 การดำเนินการวิจัย ส่วนที่ 5 ผลการวิจัย ส่วนที่ 6 สรุปผล และสุดท้ายส่วนที่ 7 เป็นข้อเสนอแนะ

2. ขอบเขตงานวิจัย

ชุดข้อมูลรูปภาพถูกสร้างขึ้นในลักษณะที่เป็นรูปภาพเดียบันทีทุก ๆ เฟรม เนื่องจากเฟรมที่ต่อเนื่องกันมีความคล้ายคลึงกันในระดับสูงอาจเกิด Overfitting สำหรับวัตถุที่เปิดเผยในรูปแบบเดียวกัน และดังนั้นจึงไม่ได้เลือกทุกเฟรมของวิดีโอ ทำการดึงภาพจำนวน 300 ภาพจากวิดีโอ 5 รายการของเรือประเภทต่าง ๆ แสดงจำนวนวัตถุที่แยกจากข้อมูล เพื่อป้องกันการโอเวอร์ฟิต จึงรวบรวมภาพวัตถุจำนวน 300 ภาพ ประกอบไปด้วยเรือประเภทต่างกัน 5 ประเภท คือ เรือน้ำมัน, เรือขนส่ง, เรือหาปลา, เรือรบ และเรือพาณิชย์ขนาดเล็ก โดยใช้กล้องเว็บแคม การทดลองการรับรู้และติดตามวัตถุดำเนินการบนเซิร์ฟเวอร์ที่มี CPU Intel Xeon E5-2620, RAM 16 GB และ GTX สองตัว GPU 1080Ti ระบบปฏิบัติการและเฟรมเวิร์กคือ window10 และ Darknet ตามลำดับ

ในเอกสารนี้ใช้ชุดข้อมูล Cifar-10 ปรับขนาดภาพ 32×32 นำมาแบ่ง เป็นตัวอย่างการฝึก 200 ตัวอย่าง และตัวอย่างทดสอบ 100 ตัวอย่าง

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

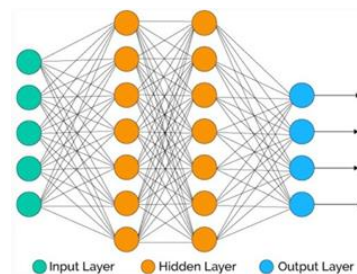
การจำแนกวัตถุจะแยกคุณลักษณะของวัตถุที่จะตรวจพบก่อนจากนั้นจะจดจำคุณสมบัติเหล่านั้นภายในภาพที่กำหนด เทคนิคการตรวจจับวัตถุต่าง ๆ เช่น ตัวตรวจจับ Canny Edge, Harris Corner, HOG (ฮิสโตแกรมของการไล่ระดับสี) และ SIFT (การแปลงคุณลักษณะที่ไม่แปรเปลี่ยนมาตราส่วน) ถูกนำเสนอในอดีต [11–14] การเรียนรู้ได้รับความนิยมมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา อาทิ เช่น อัลกอริทึมการเรียนรู้ CNN (Convolutional Neural Network) การคำนวณนี้จะเริ่มจากการกำหนดค่าในตัวกรอง (Filter) หรือเคอร์เนล (Kernel) ที่ช่วยดึงคุณลักษณะที่ใช้ในการรู้จำวัตถุออก โดยปกติตัวกรองเคอร์เนลอันหนึ่งจะดึงคุณลักษณะที่สนใจออกมาได้หนึ่งอย่างจึงจำเป็นต้องใช้ตัวกรองหลายตัวกรองด้วยเพื่อหาคุณลักษณะทางพื้นที่หลายอย่างประกอบกัน Mask R-CNN (Mask Regional Convolutional Neuron Network) ภูมิภาคที่มีคุณสมบัติโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Convolutional และ VGG (Visual Geometry Group) ถูกแนะนำให้ใช้กลุ่ม Visual Geometry และ ResNet Residual Network สำหรับวัตถุการเรียนรู้ [10,15,16] การค้นหาวัตถุโดยใช้การจัดหมวดหมู่วัตถุโดยใช้การจำแนกภูมิภาคข้อเสียของการตรวจจับแบบสองขั้นตอนคือ ตรวจจับวัตถุได้ช้าทำให้การตรวจจับตามเวลาจริงไม่สามารถทำได้ YOLO เครื่องตรวจจับแบบขั้นตอนเดียวที่จัดทำข้อเสนอระดับภูมิภาคและการจัดหมวดหมู่พร้อมกันได้รับการเสนอให้อำนวยความสะดวกในการตรวจจับตามเวลาจริง [1] YOLO เป็นการจำแนกวัตถุที่ใช้วิธีการที่เรียกว่า “Fast Single-Shot Detection” ซึ่งจะเป็นวิธีการที่สามารถตรวจจับวัตถุได้จากการส่งผ่านรูปภาพเข้าไปในระบบเพียงครั้งเดียว โดยใช้หลักการของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน อัลกอริทึม YOLO มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ตัวแรกที่สร้างขึ้นบน GoogLeNet มีโครงสร้างเครือข่ายแบบ 24 Convolutional เลเยอร์ และสองเลเยอร์ที่เชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์ด้วยอัตราตรวจจับ 45 เฟรมต่อวินาทีใน [17] YOLOv2

หรือที่รู้จักในชื่อ YOLO9000 ได้เสนอการเพิ่มประสิทธิภาพลิบประการมืองค์ประกอบ เพื่อจัดการกับอัตราการจัดจับที่ไม่ดีของ YOLO แรก และแสดง mAP เพิ่มขึ้น 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ YOLO เริ่มต้น YOLOv3 ขึ้นอยู่กับสถาปัตยกรรม YOLOv2 อย่างไรก็ตามเครือข่ายหลักคือ Darknet-53 และใช้การเชื่อมต่อแบบสั้น ResNet [18] ใน [19] YOLOv4 ใช้ CSPDarknet53 SPP (การรวมพิกเซลเชิงพื้นที่) และ PAN (การรวมเส้นทาง) และ YOLOv3 ยังใช้เพื่อปรับปรุงความแม่นยำและประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าด้วยการใช้กลยุทธ์การคำนวณแบบคู่ขนาน การเรียนรู้ที่รวดเร็วและแม่นยำสามารถทำได้แม้ในสภาพแวดล้อมการฝึกสอน GPU เดียวในการติดตามวัตถุ เทคนิคในการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ข้ามเวลาความคล้ายคลึงกันระหว่างเฟรมต่อเนื่อง เพื่อดำเนินการติดตามวัตถุโดยเฉพาะ FairMOT (การติดตามหลายวัตถุอย่างยุติธรรม) SORT (การติดตามออนไลน์และเรียลไทม์อย่างง่าย) และการติดตามแบบออนไลน์และเรียลไทม์อย่างง่ายเชิงลึกเป็นอัลกอริทึมการติดตามวัตถุ [2-4] ใน [2] FairMOT ดำเนินการตรวจจับวัตถุและฟังก์ชัน Re-ID อย่างสมดุล โดยมีอัตราเฟรมเท่ากับ 30 เฟรมต่อวินาที เพื่อลดต้นทุนการคำนวณ SORT ใช้ตัวกรองกาลมานและอัลกอริทึมฮังการี [3] เนื่องจากตัวกรองกาลมานคาดการณ์ตำแหน่งของวัตถุตามด้วยความเร็วก่อนหน้านี้ การติดตามในกรณีที่วัตถุสองชิ้นทับซ้อนกันหรือเปลี่ยนทิศทางอย่างรวดเร็ว ใน [4] ใช้อัลกอริทึมของฮังการีโดยสะท้อนความลึกคุณลักษณะการเรียนรู้ (Re-ID) ในตัวกรอง Kalman เพื่อติดตามวัตถุแม้ว่าจะทับซ้อนกันและเปลี่ยนทิศทางในการประเมินว่าวัตถุที่รู้จักสำหรับแต่ละเฟรมนั้นเหมือนกับเฟรมก่อนหน้านี้หรือไม่ การติดตาม ID จะดำเนินการตามความคล้ายคลึงกันของวัตถุจากนั้นจะติดตามแต่ละวัตถุจำนวนมากในเฟรมมีการศึกษาต่าง ๆ เกี่ยวกับการจดจำและติดตามเรือด้วยภาพในอุตสาหกรรมต่อเรือใน [5] แบบจำลองการจดจำวัตถุใช้ YOLOv2 และโทโพโลยีโครงข่ายประสาทเทียมได้รับการปรับแต่งเพื่อปรับปรุงความแม่นยำ ใช้ข้อมูลการฝึกสอนประกอบด้วย 159 ภาพที่รวบรวมจากชุดข้อมูลจากไทย อย่างไรก็ตามเนื่องจากฉลากไม่สม่ำเสมอแบบกระจายประสิทธิภาพการตรวจจับสำหรับแต่ละคลาสจะแตกต่างกันอย่างมาก นอกจากนี้ในขณะที่โมเดลที่ได้รับการปรับแต่งสามารถประมวลผลแบบเรียลไทม์ที่ 30 เฟรมต่อวินาที การเรียกคืนความแม่นยำ และ mAP แสดงผลการทำงานค่อนข้างต่ำที่ 76% 66% และ 69.79% ตามลำดับ ใน [7] Ship-YOLOv3 ถูกเสนอเพื่อเพิ่มความแม่นยำของเป้าหมายเรือการตรวจจับ เมื่อเทียบกับ YOLO3 ความแม่นยำและการเรียกคืนเพิ่มขึ้น 12.5% และ 11.5% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีเพียงสามป้ายกำกับและใช้ข้อมูลจากกล้องติดตั้งบนสะพาน จึงไม่เหมาะสมสำหรับวิดีโอที่มีการเคลื่อนไหวสูง ใน [6] การตรวจจับวัตถุวิธีการติดตามแบบจำลองและวัตถุถูกนำมาใช้โดยใช้ YOLOv3 เมื่อเปรียบเทียบกับรุ่นก่อนหน้านี้ YOLOv3 ที่ได้รับการปรับปรุงจะเพิ่ม mAP และ FPS 5% และ 2% ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพเหนือกว่า อย่างไรก็ตามไม่เพียงพอที่จะนำไปใช้กับพื้นผิวที่เป็นอิสระในการเดินเรือ เนื่องจากได้รับการทดสอบด้วยวิดีโอที่รายการจากกล้องที่ตั้งบนนั้น องค์ประกอบของภาพไม่สามารถใช้ได้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของเรือ เพราะวัตถุมีการเคลื่อนที่ต่อเนื่องในกรอบและออกนอกเฟรม เป็นการยากที่จะรับรู้ว่าเป็นวัตถุเดียวกันในสถานการณ์นั้น นอกจากนี้เรือหลายขนาดยังทับซ้อนกันในวิดีโอด้วยการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่างๆ เพื่อให้วัตถุที่ทับซ้อนกันหายไปหน้าจอ เมื่อวัตถุที่ซ่อนอยู่ปรากฏขึ้นอีกครั้งวัตถุนั้นจะถูกจดจำว่าเป็นวัตถุอื่น ดังนั้นจึงเสนออัลกอริทึมการจดจำและติดตามวัตถุสำหรับวิดีโอเคลื่อนที่เร็ว ข้อมูลการฝึกสอนนับพันจะถูกใช้และการถ่ายโอนใช้เทคนิคการเรียนรู้เพื่อหลีกเลี่ยงการขาดแคลนข้อมูลการฝึกสอนและความไม่สมดุลของป้ายกำกับ แบบจำลองการรับรู้ตาม YOLO ถูกเสนอสำหรับการจดจำวัตถุใช้ YOLO เพื่อการจดจำ เนื่องจากสามารถตรวจจับวัตถุได้อย่างรวดเร็วและติดตามวัตถุได้ จำเป็นต้องมีอัตราการเรียนรู้ที่รวดเร็ว จากนั้นจึงนำเสนออัลกอริทึมการติดตามที่ใช้ IoU_Matching และ ORB_and_Size_Matching

3.1 โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เป็นโมเดลคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของระบบประสาทเทียมในสมองของมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยรับข้อมูลเข้ามาผ่านชั้นของโหนด (Node) หรือเรียกว่าเซลล์ประสาทเทียม (Neuron) แล้วนำไปประมวลผลผ่านชั้นต่าง ๆ เพื่อสร้างโมเดลการเรียนรู้และการจำแนกข้อมูล โดยโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบไปด้วยชั้นของโหนดหลาย ๆ ชั้นที่เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่าย และมีการกำหนดน้ำหนักในการเชื่อมต่อของโหนด

เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ต้องการ โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการเรียนรู้แบบเชิงลึก ทำให้สามารถจำแนกและรู้จำลักษณะของข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้งานในการจำแนกภาพ ประมวลผลเสียง และการแยกประเภทของข้อมูลอื่น ๆ ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โครงข่ายประสาทเทียมได้เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการพัฒนาโมเดลการเรียนรู้และการจำแนกข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ [20] โดยโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) [21]

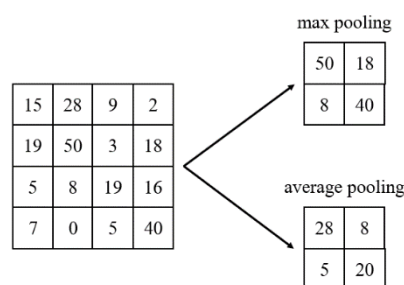
3.2 การดำเนินการของ Pooling

Pooling เป็นหนึ่งในชั้นของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับลดขนาดของข้อมูลภายในชั้นก่อนที่จะส่งต่อไปยังชั้นต่อไป การลดขนาดของข้อมูลจะช่วยให้การลดการคำนวณและการประมวลผลที่จำเป็นในโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม Pooling มีหลายวิธีการดำเนินการ โดยที่วิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดคือ Max Pooling และ Average Pooling

Max Pooling: การเลือกค่าสูงสุดในช่วงของข้อมูลสำหรับส่วนที่ต้องการลดขนาด โดยเลือกค่าสูงสุดจากส่วนของข้อมูลที่กำหนดขนาด (ตัวอย่างเช่นการกำหนดส่วนของข้อมูลเป็นขนาด 2×2 จะเลือกค่าสูงสุดในช่วงของข้อมูล 4 ตัวเลข)

Average Pooling: การเลือกค่าเฉลี่ยของช่วงของข้อมูลสำหรับส่วนที่ต้องการลดขนาด โดยเลือกค่าเฉลี่ยจากส่วนของข้อมูลที่กำหนดขนาด (ตัวอย่างเช่นการกำหนดส่วนของข้อมูลเป็นขนาด 2×2 จะเลือกค่าเฉลี่ยของช่วงของข้อมูล 4 ตัวเลข)

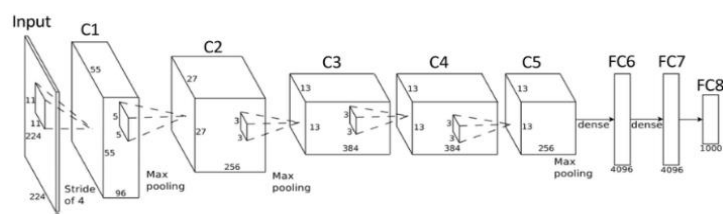
การใช้ Pooling จะช่วยลดขนาดของข้อมูล เพื่อลดการคำนวณและประหยัดความจำในการเก็บข้อมูล นอกจากนี้ การใช้ Pooling ยังสามารถช่วยลดการเกิด Overfitting ในโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมด้วยการลดความซับซ้อนของโมเดล โดยการลดขนาดของข้อมูลภายใน ซึ่งนิยมใช้การเลือกข้อมูลที่มีค่ามากที่สุด (Max Pooling) หรือ ค่าเฉลี่ย (Average Pooling) มาจากแต่ละช่วงของเมตริกซ์ เพื่อสร้างเป็นเมตริกซ์ที่มีขนาดเล็ก [22] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างขั้นตอนการรวมโดยค่าที่มากที่สุดและค่าเฉลี่ย

3.3 อเล็กซ์เน็ต (AlexNet)

AlexNet เป็น โมเดลโครงข่ายประสาท ประเภท CNN (Convolutional Neural Network) ที่ถูกพัฒนาโดยทีมนักวิจัยของอุตสาหกรรมการค้าออนไลน์ระดับโลกของอเมริกา เพื่อใช้ในการแข่งขันการตรวจจับวัตถุในภาพ (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) ในปี 2012 โดยมีชื่อผู้วิจัยหลักคือ Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever และ Geoffrey Hinton โมเดล AlexNet มีลักษณะการสร้างโครงข่ายที่มีความลึกมากกว่าโมเดล CNN ที่พัฒนาก่อนหน้านั้น โดยมีชั้น CNN ทั้งหมด 5 ชั้น ซึ่งจัดวางแบบลึก (Deep Architecture) และมีจำนวนนิวตริ่งเส้น (Filter) ในแต่ละชั้นมากถึง 96 นิวตริ่งเส้นต่อชั้น โดยใช้ฟังก์ชันเชื่อมโยง (Activation Function) แบบ ReLU (Rectified Linear Unit) สำหรับการคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างระดับความเข้มของสัญญาณ (Signal Strength) นอกจากนี้ โมเดล AlexNet ยังใช้เทคนิคการกำหนดพารามิเตอร์ช่วยลดการเกิด Overfitting โดยใช้ Dropout ซึ่งทำการลบบางจำนวนโหนดของชั้นออกไปในระหว่างการฝึกโมเดลเพื่อลดความซับซ้อนและการเรียนรู้ที่เกินไป [20] โดยโครงสร้างของ AlexNet แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างของ AlexNet [23]

จากรูปที่ 3 แสดงโครงสร้างสถาปัตยกรรม Alexnet ภาพ Input จะถูกประมวลผลก่อนด้วยตัวกรองโดย 5 เลเยอร์ Convolutional C1-C5 ก่อนป้อนเข้าสู่เลเยอร์ FC6-FC8 ที่เชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์ 3 เลเยอร์ การอ่านค่าสุดท้ายจะเกิดขึ้นที่ FC8 มีขั้นตอนการรวมสูงสุดเพิ่มเติมหลังจาก C1, C2 และ C5 ขนาดเชิงพื้นที่จะลดลงเรื่อย ๆ จาก C1 เป็น C3 ในขณะเดียวกันมีการใช้ตัวกรองมากขึ้นเรื่อย ๆ เดิมทีการประมวลผลถูกแยกออกเป็นสองสตรีมแยกกันและฝึกฝนบน GPU สองตัว

4. การดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัยจะเริ่มการแยกวัตถุออกจากวิดีโอ และการจำแนกประเภทเรือ ดังนี้

4.1 การแยกวัตถุออกจากวิดีโอ

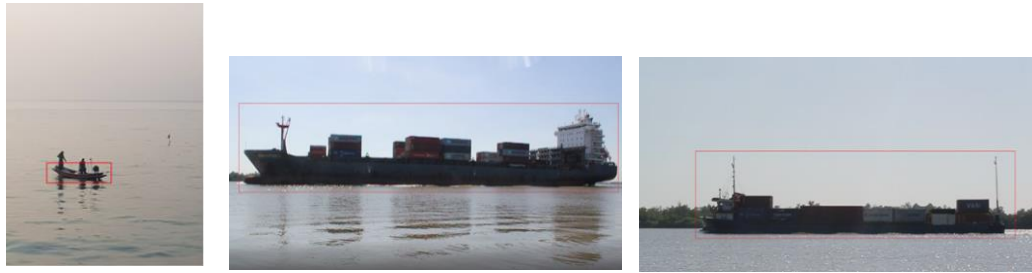
วิดีโอจะต้องถูกแปลงเป็นภาพเนื่องจากการป้อนข้อมูลในการฝึกสอนรูปแบบเป็นภาพ การแยกวัตถุออกจากวิดีโอเป็นกระบวนการที่ทำหายและที่ยากที่สุดในการประมวลผลภาพดิจิทัล เนื่องจากวิดีโอเป็นภาพเคลื่อนไหว ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนและมีความซับซ้อนเพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการแยกวัตถุออกจากวิดีโอสามารถทำได้หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพและการเรียนรู้เชิงลึก AlexNet เป็นโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมประเภท CNN (Convolutional Neural Network) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.1.1 การจัดเตรียมข้อมูล ข้อมูลจะถูกแปลงเป็นภาพนิ่ง (Still image) หรือเฟรม (Frame) ของวิดีโอ และทำการปรับขนาดและตัดเฟรมตามขนาดที่ต้องการ

4.1.2 การแยกแยะวัตถุ ใช้โมเดล CNN เพื่อค้นหาวัตถุในเฟรม โดยแยกวัตถุจากพื้นหลังของเฟรม และทำการกำหนดกรอบสี่เหลี่ยม (Bounding Box) ที่อยู่บนวัตถุ

4.1.3 การติดตามวัตถุ ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก RNN เพื่อติดตามวัตถุในวิดีโอ โดยสร้างโมเดลที่สามารถติดตามวัตถุในเฟรมก่อนหน้า และนำไปใช้ต่อเนื่องในเฟรมถัดไป

4.1.4 การคัดกรองวัตถุทำการคัดกรองวัตถุที่ไม่เกี่ยวข้อง และแสดงผลการตรวจจับภาพเรือ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลการตรวจจับภาพเรือ

การกำหนดขั้นตอนสำหรับการแสดงภาพตัวอย่างด้วยหน้าฉากเรือ และหน้าฉากเข้ารหัสและถอดรหัสที่ใช้ภาพความจริงพื้นฐานในรูปแบบของมาสก์ จากนั้นโหลดโมเดล Mask-RCNN จากที่เก็บแยก หลังจากนั้นจะสร้างคลาสที่มีสามฟังก์ชันสำหรับนำเข้าชุดข้อมูล มาสก์ และรูปภาพอ้างอิง และสร้างชั้นเรียนที่มีสามตำแหน่งสำหรับนำเข้าชุดข้อมูล รายการ และรูปภาพอ้างอิง นอกจากนี้ยังออกแบบสำหรับงานที่คล้ายกัน ซึ่งใช้ GPU การทำงาน โดย GPU เป็นสิ่งจำเป็นในสถานการณ์นี้เนื่องจากชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ เคอร์เนล Google Colab และ Kaggle เป็นทั้งผู้ให้บริการ GPU บนคลาวด์ฟรีในขณะนี้ยังทำงานกับสคริปต์เพื่อโหลดชุดข้อมูลการฝึกสอน จากนั้นก็วางโมเดลผ่านขั้นตอนของมัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เร็วขึ้นใช้เวลาในการฝึกฝนมากกว่านั้นมากเพื่อให้ได้การบรรจบกันที่เพียงพอ และเอฟเฟกต์ที่เหมาะสม แบบจำลองล้มเหลวในบางกรณีเมื่อเข้าใจผิดว่าเกาะเล็ก ๆ หรือก้อนกรวดชายฝั่งเป็นเรือ กล่าวอีกนัยหนึ่งโมเดลกำลังสร้างผลบวกปลอม ในบางครั้งแบบจำลองตรวจไม่พบเรือรบ กล่าวอีกนัยหนึ่ง โมเดลกำลังสร้างผลลบปลอม

4.2 การจำแนกประเภทเรือ

เมื่อได้ภาพวัตถุที่ต้องการมาแล้วจากขั้นตอนข้างต้นจะเข้าสู่ขั้นตอนของโครงข่ายประสาทเทียม โดยโครงข่ายจะทำการประมวลผลก่อนการเข้ารหัส (Pre-Processing) โดยประมวลผลภาพวัตถุที่ได้รับเข้ามาก่อนการเข้ารหัส เพื่อเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมสำหรับการทำงานของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เช่น การปรับความคมชัดของภาพ (Sharpness) การปรับความสว่างและความเข้มของภาพ (Brightness and Contrast) การลบสัญญาณรบกวน (Noise Reduction) และอื่น ๆ จากนั้นจะทำการเข้ารหัสภาพวัตถุ (Encoding) หลังจากที่ได้โครงข่ายประสาทเทียมได้ทำการประมวลผลก่อนการเข้ารหัสแล้ว โครงข่ายจะทำการเข้ารหัสภาพวัตถุที่ได้รับเข้ามา โดยการแปลงภาพวัตถุให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์หรือพจน์ทางคณิตศาสตร์ที่เข้าใจง่ายกับโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม เช่น การแปลงภาพวัตถุให้อยู่ในรูปแบบของรูปภาพสีเทา (Grayscale Image) หรือแปลงภาพวัตถุให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature Vector) สุดท้ายจะเป็นการจำแนกแบบ (Learning) หลังจากที่ได้โครงข่ายประสาทเทียมได้ทำการเข้ารหัสภาพวัตถุแล้ว โครงข่ายจะเริ่มทำการจำแนกแบบโดยใช้ข้อมูลที่รับมา

ในงานวิจัยนี้จะใช้โมเดล AlexNet ซึ่งเป็นโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม ประเภท CNN (Convolutional Neural Network) มีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผล (Processing Unit) และสถานะ (State) ซึ่งจะถูกส่งเข้าต่อกันในแต่ละรอบของการคำนวณ โดยแต่ละสถานะจะถูกเก็บไว้เพื่อใช้ในการประมวลผลของรอบต่อไป โครงสร้างของ RNN จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนประมวลผล และส่วนควบคุม โดยในส่วนประมวลผลจะประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผลหลายตัวที่มีความสามารถในการรับข้อมูลจำนวนมากและเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่าย ในขณะเดียวกันส่วนควบคุมจะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของหน่วยประมวลผลในแต่ละขั้นตอน โดยการส่งสัญญาณกลับมาจากสถานะของการคำนวณในขั้นตอนก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ โมเดล RNN ยังสามารถมีการเพิ่มเติมส่วนประมวลผลเพิ่มเติมเข้าไป

เช่น การใช้ Long Short-Term Memory (LSTM) หรือ Gated Recurrent Unit (GRU) เพื่อเพิ่มความสามารถในการจำความหรือความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนของข้อมูลได้ดีขึ้น

ในส่วนนี้จะใช้ Pooling ที่เป็นหนึ่งในชั้นของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม ที่ใช้สำหรับลดขนาดของข้อมูลภายในชั้นก่อนที่จะส่งต่อไปยังชั้นต่อไป

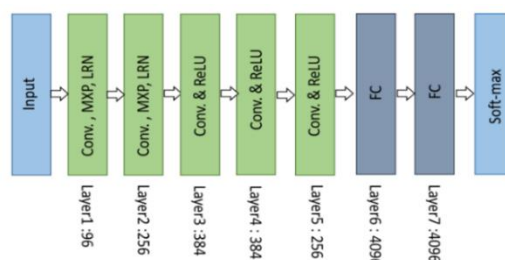
ขั้นตอนการทำงานของ AlexNet ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การเทรน (Training) และการทำงาน (Inference) การเทรน (Training) ในขั้นตอนแรก จะนำภาพมาเป็น Input ให้กับโมเดลแต่ละภาพจะถูกส่งผ่าน Convolutional Layer และ Pooling Layer เพื่อสกัดคุณลักษณะของภาพคุณลักษณะที่ได้จากการสกัดนี้จะถูกนำไปผ่าน Fully Connected Layer ซึ่งจะทำให้การหาค่าเชื่อมโยง (Weights) ระหว่าง Input กับ Output ในส่วนสุดท้าย ผลลัพธ์จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (Loss) และใช้ Gradient Descent Algorithm ในการปรับค่าเชื่อมโยง (Weights) ให้เหมาะสมกับข้อมูลของภาพในชุดข้อมูล

2) การทำงาน (Inference) ในขั้นตอนนี้ จะนำภาพมาเป็น Input ให้กับโมเดลแต่ละภาพจะถูกส่งผ่าน Convolutional Layer และ Pooling Layer เพื่อสกัดคุณลักษณะของภาพคุณลักษณะที่ได้จากการสกัดนี้จะถูกนำไปผ่าน Fully Connected Layer ซึ่งจะทำให้การคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นคลาส (Class) ของภาพ โดยรวมแล้ว ขั้นตอนการทำงานของ AlexNet นั้นจะมีการใช้งาน Convolutional Layer, Pooling Layer, และ Fully Connected Layer เพื่อสกัดคุณลักษณะของภาพและจำแนกภาพให้ได้ถูกต้อง

ในการทดสอบของงานวิจัยนี้จะแสดงสถาปัตยกรรมของ AlexNet ในรูปที่ 5 โดยประการแรก Convolutional Layer ทำการ Convolution และ Max Pooling ด้วย Local Response Normalization (LRN) โดยที่ต่างกัน ใช้ตัวกรองตัวรับที่มีขนาด 11×11 สูงสุด ดำเนินการโดยใช้ตัวกรอง 3×3 การดำเนินการเดียวกันจะดำเนินการในครั้งที่สองชั้นที่มีตัวกรอง 5×5 ฟิลเตอร์ 3×3 ใช้ในอันที่สามสี่ และเลเยอร์คอนโวลูชันที่ห้าที่มีคุณสมบัติ 384, 384 และ 296 ตามลำดับ ใช้เลเยอร์ที่เชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์สองชั้นด้วยการออกกลางคันตามด้วยชั้น Softmax ในตอนท้ายสองเครือข่ายที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกันและมีคุณลักษณะจำนวนเท่ากัน แผนที่ได้รับการฝึกฝนแบบคู่ขนานสำหรับโมเดลนี้ สองแนวคิดใหม่ Local Response Normalization (LRN) และการออกกลางคันที่แนะนำในเครือข่ายนี้ สามารถใช้ LRN ได้สองแบบวิธี: ใช้ครั้งแรกในแกนแนวนอนหรือแผนที่คุณลักษณะโดยที่มีการเลือก $N \times N$ จากพิกเจอร์แผนที่เดียวกัน และทำให้เป็นมาตรฐานโดยอิงจากค่าย่านใกล้เคียง ประการที่สอง LRN สามารถนำไปใช้ข้ามช่องทางหรือแผนที่คุณลักษณะ (พื้นที่ใกล้เคียงตามมิติที่ 3 แต่มีพิกเซลเดียวหรือที่ตั่ง)

AlexNet มี 3 ชั้น Convolution และ 2 ชั้นที่เชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์ เมื่อประมวลผลชุดข้อมูล ImageNet จำนวนทั้งหมด พารามิเตอร์สำหรับ AlexNet สามารถคำนวณได้ดังนี้ สำหรับค่าแรกชั้น: ตัวอย่าง Input คือ $224 \times 224 \times 3$ Output ของชั้นการม้วนแรกคือ $55 \times 55 \times 96$ สามารถคำนวณได้เท่านี้ก่อนชั้นนี้มีเซลล์ประสาท 290,400 ($55 \times 55 \times 96$) และ 364 ($11 \times 11 \times 3 = 363$) + 1) น้ำหนักพารามิเตอร์สำหรับชั้นการม้วนแรกคือ $290,400 \times 364 = 105,705,600$



รูปที่ 5 สถาปัตยกรรมของ AlexNet [24]



รูปที่ 6 การจำแนกประเภทเรือขนส่งสินค้า (Transport Ship)

5. ผลการวิจัย

แบบจำลองการจำแนกวัตถุที่นำเสนอได้รับการประเมินโดยการตรวจสอบประสิทธิภาพเมตริกต่าง ๆ เช่น ความแม่นยำ การเรียกคืน ฯลฯ สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล จากนั้น รูปแบบการติดตามวัตถุได้รับการประเมินโดยวัดความแม่นยำในการติดตาม สำหรับการประเมินผลการปฏิบัติงาน

ความแม่นยำ การเรียกคืน คะแนน F1เฉลี่ย ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกวัตถุ มีการอ้างอิงถึงความแม่นยำของการคาดคะเนของแบบจำลองเป็นความแม่นยำ ความแม่นยำหมายถึงอัตราส่วนของผลลัพธ์ที่คาดการณ์ได้อย่างแม่นยำในบรรดาทั้งหมดผลการทำนายตามที่ระบุในสมการที่ (1)

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

โดยที่ TP (ผลบวกจริง) หมายถึง การทำนายผลลัพธ์จริงว่าเป็นจริง ในขณะที่ FP (ผลบวกหลวง) หมายถึง การคาดคะเนผลลัพธ์ที่ผิดพลาดให้เป็นจริง สัดส่วนของวัตถุที่จดจำได้ถูกต้องจากจำนวนวัตถุทั้งหมดที่รับรู้โมเดลควรรับรู้เรียกว่า การเรียกคืน กล่าวอีกนัยหนึ่ง การเรียกคืน คือ เศษส่วนของผลการคาดคะเนจริงที่แบบจำลองทำนายท่ามกลางการคาดคะเนที่เป็นจริง แสดงออกมาในสมการที่ (2)

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

โดยที่ FN (ค่าลบเป็นเท็จ) หมายถึง การทำนายผลลัพธ์จริงเป็นเท็จ คะแนน F1 พิจารณาทั้งความแม่นยำและการเรียกคืน ซึ่งเป็นสัดส่วนผกผัน คะแนน F1 กำหนดเป็นค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกของความแม่นยำและการเรียกคืน ดังที่แสดงในสมการที่ (3) คะแนน F1 อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งยิ่งโมเดลเข้าใกล้ 1 มากเท่าไรก็ยิ่งดี

$$F1score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

หลักการเลือกการ Training และ Testing ของงานวิจัยนี้มีดังนี้ Training Set เลือกตัวแทนของข้อมูลจริงมากที่สุด เพื่อที่โมเดลจะได้เรียนรู้ลักษณะของข้อมูลจริง และสามารถทำงานได้ดีกับข้อมูลจริงมากที่สุด Testing Set เลือกชุดข้อมูลใหม่ที่ไม่ซ้ำกับ Training Set เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลกับข้อมูลใหม่ที่ไม่คาดคิด สัดส่วนของ Training Set และ Testing Set ได้แบ่ง Training Set ประมาณ 80% และ Testing Set ประมาณ 20% จากการศึกษาได้แบ่งภาพรวมทั้งหมดออกเป็น 300 ภาพ โดยแบ่งเป็น Training Set จำนวน 200 ภาพ และ Testing Set จำนวน 100 ภาพ ซึ่งสัดส่วนนี้ถือว่าเหมาะสม เนื่องจาก Training Set มีขนาดเพียงพอที่จะเรียนรู้ลักษณะของข้อมูลจริง และ Testing Set มีขนาดเพียงพอที่จะทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลกับข้อมูลใหม่

สำหรับการจำแนกประเภทเรือ 5 ประเภทดังกล่าว สามารถใช้ Confusion Matrix เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการจำแนกได้ โดยมีขนาดเป็น 5 x 5 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Confusion Matrix ประเมินประสิทธิภาพของการจำแนก

	เรื่อน้ำมัน	เรือขนส่ง	เรือหาปลา	เรือรบ	เรือพายขนาดเล็ก	FN	TN
ทำนายว่าเป็น เรื่อน้ำมัน	13 TP	7 FP	0 FP	0 FP	0 FP	0 FN	0 TN
ทำนายว่าเป็น เรือขนส่ง	7 FP	13 TP	0 FP	0 FP	0 FP	0 FN	0 TN
ทำนายว่าเป็น เรือหาปลา	0 FP	0 FP	12 TP	0 FP	3 FP	0 FN	5 TN
ทำนายว่าเป็น เรือรบ	0 FP	7 FP	0 FP	13 TP	0 FP	0 FN	0 TN
ทำนายว่าเป็น เรือพายขนาดเล็ก	0 FP	0 FP	1 FP	0 FP	11 TP	3 FN	5 TN

โดยที่ TN (True Negative) คือ จำนวนรูปภาพที่ถูกจำแนกว่าไม่ใช่เรือประเภทนั้น และ FP (False Positive) คือ จำนวนรูปภาพที่ถูกจำแนกว่าเป็นเรือประเภทนั้น แต่จริง ๆ แล้วไม่ใช่ ในงานวิจัยนี้มีจำนวนรูปภาพทั้งหมดจำนวน 300 ภาพ เป็นตัวอย่างการฝึก 200 ภาพ และตัวอย่างทดสอบ 100 ภาพ ในการฝึกสอนใช้ CONV ใช้จำนวน 5 ชั้น ขนาด 1 x 11 Max Pool ใช้จำนวน 3 ชั้น ใช้ขนาด 3x3 และต้องการหาประสิทธิภาพของการจำแนก พบว่า มีจำนวนรูปภาพที่ถูกจำแนกถูกต้อง (True Positive) จำนวน 65 ภาพ และมีจำนวนรูปภาพที่ถูกจำแนกผิด (False Positive) จำนวน 35 ภาพ ซึ่งหมายความว่ามีความแม่นยำในการจำแนกประเภทที่ 1, 2, 3 หรือ 4 โดยไม่ใช่ประเภทที่แท้จริง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบ

	Predicted True (Positive)	Predicted False (Negative)
True (Positive)	True Positive (TP) = 62	False Negative (FN) = 3
False (Negative)	False Positive (FP) = 25	True Negative (TN) = 10

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) = 62 / (62 + 3) = 0.954 \text{ (หรือ } 95.4\%)$$

$$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) = 62 / (62 + 25) = 0.713 \text{ (หรือ } 71.3\%)$$

$$\text{F1-score} = 2 * (\text{Precision} * \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall}) = 2 * (0.713 * 0.954) / (0.713 + 0.954) = 0.816 \text{ (หรือ } 81.6\%) \text{ ดังแสดงผล}$$

ในตารางที่ 3

ให้ต้องใช้ GPU หรือ Hardware Acceleration อื่น ๆ เพื่อคำนวณข้อมูลในการเทรนโมเดลได้เร็วขึ้น ไม่สามารถใช้กับภาพที่มีขนาดเล็ก AlexNet ถูกออกแบบมาเพื่อจำแนกภาพขนาดใหญ่ แต่ถ้ามีการใช้กับภาพขนาดเล็กจะทำให้เสียประสิทธิภาพในการจำแนกภาพ และการติดตั้งและใช้งาน AlexNet เป็นโมเดล Deep Learning ที่มีความซับซ้อน ต้องมีความรู้ความเข้าใจในการติดตั้งและใช้งานโมเดลเพื่อให้สามารถใช้งานได้ถูกต้อง

ในการศึกษานี้ผลที่ได้พบว่า แบบจำลอง มีค่า Precision น้อยที่สุด และยังได้ค่า Recall และ F1 Score ที่สูง โดย Recall สูง แสดงว่าโมเดลสามารถจำแนกเรือผิวน้ำได้ดีได้ดี โดยไม่มีการพลาดของเรือผิวน้ำ (False Negative) มากนัก F1 Score สูง แสดงว่าโมเดลมีความแม่นยำสูงในการทำนายทั้งในกรณี Positive และ Negative โดยที่ไม่มีการพลาดหรือทำนายผิด (False Positive และ False Negative) มากนัก และ Precision ต่ำ แสดงว่าโมเดลมีประสิทธิภาพในการจำแนกเรือผิวน้ำที่ต่ำกว่า โดยมีการทำนายเรือผิวน้ำเป็น Positive (True Positive) น้อยกว่า False Positive หรือการทำนายเป็น Positive โดยไม่มีเรือผิวน้ำ (False Positive) ดังนั้นเมื่อใช้ AlexNet ในการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำ จะต้องใช้ Precision และ Recall ร่วมกันในการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดลอาจจะต้องใช้วิธีการปรับแต่งโมเดล และการเพิ่มจำนวนข้อมูลสำหรับการฝึกโมเดลเพิ่มเติมให้มากขึ้น และใช้การทำความเข้าใจและวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงโมเดลให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นในการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำ

สรุปสุดท้ายคือโมเดลสามารถจำแนกเรือผิวน้ำได้ดีเมื่อเทียบกับจำนวนเรือผิวน้ำที่มีอยู่จริงแต่ความแม่นยำในการจำแนกยังต้องพัฒนาเพิ่มเติม ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้โมเดลนี้ในงานที่ต้องการความแม่นยำในการจำแนกที่สูง เช่น งานวิจัยหรืองานที่มีความสำคัญในการคาดการณ์แนวโน้มของผลลัพธ์ เช่น การทำนายการเกิดภัยพิบัติในทะเล และในการติดตามเรือผิวน้ำที่มีลักษณะเด่นเฉพาะอย่างเช่นเรือที่มีขนาดใหญ่

7. ข้อเสนอแนะ

AlexNet เป็นโมเดล Deep Learning ที่มีความแม่นยำสูงในการจำแนกภาพ และมีการนำไปใช้งานในหลากหลายแนวโน้มน รวมถึงการติดตามเรือผิวน้ำด้วยภาพจากดาวเทียมด้วยกัน เพื่อให้สามารถใช้ AlexNet ในการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำได้อย่างเหมาะสม โดยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับขั้นตอนในการนำไปใช้ ดังนี้

7.1 เตรียมข้อมูลในการสร้างโมเดลสำหรับการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำด้วย AlexNet ต้องมีข้อมูลภาพที่เป็นรูปภาพของเรือผิวน้ำ โดยจะต้องเตรียมภาพให้มีขนาดและความละเอียดที่เหมาะสมกับโมเดล AlexNet ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลของโมเดลเอง

7.2 เทรนโมเดล สามารถนำข้อมูลภาพที่เตรียมไว้มาเทรนโมเดล AlexNet โดยใช้ข้อมูลที่แบ่งแยกออกเป็นชุดเทรนและชุดทดสอบ เพื่อปรับพารามิเตอร์ของโมเดลให้มีค่าที่เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่ใช้

7.3 ทดสอบและปรับปรุงโมเดล หลังจากนั้นก็สามารถทดสอบโมเดลในชุดข้อมูลทดสอบเพื่อดูว่าโมเดลสามารถจำแนกและติดตามเรือผิวน้ำได้ถูกต้องหรือไม่ โดยควรมีการปรับค่าให้มีความเหมาะสมกับงาน

การใช้ Pooling ร่วมกับ AlexNet เป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำได้ดีขึ้น โดยเฉพาะเมื่อต้องการลดขนาดของ Feature Map จากการสกัดภาพด้วย Convolutional Layer ในชั้นก่อนหน้า ด้วยเหตุนี้สามารถเลือกใช้ Pooling Layer ในชั้นถัดไป เพื่อลดขนาดของ Feature Map ลงอีก ซึ่งจะช่วยลดการคำนวณและประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลได้ นอกจากนี้ การใช้ Pooling Layer ยังช่วยลด Overfitting ของโมเดลได้ด้วย โดยที่ Pooling Layer จะทำการลดขนาดของ Feature Map ลงในขั้นตอนการเรียนรู้ ทำให้โมเดลไม่สามารถจำจำนวนมากของรายละเอียดในรูปภาพได้ ซึ่งสามารถช่วยลด Overfitting ได้ การใช้ Pooling Layer ยังช่วยลดความซับซ้อนในโมเดลได้อีกด้วย โดยที่การใช้ Pooling Layer จะช่วยลดขนาดของ Feature Map แต่ยังคงรักษาข้อมูลที่สำคัญอยู่ ซึ่งจะช่วยให้โมเดลมีความเร็วในการเรียนรู้และการทำงานมากขึ้น ดังนั้น การใช้ Pooling Layer ร่วมกับ AlexNet จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกและการติดตามเรือผิวน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดเวลาในการคำนวณ

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ขอขอบคุณกองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ฝายศึกษาโรงเรียนนายเรือ กองทัพเรือที่ช่วยเหลือเพื่อทั้งอุปกรณ์และสถานที่ในการวิจัย จนงานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016, 779–788.
- [2] Zhang, Y., Wang, C., Wang, X., Zeng, W., Liu, W., & Fairmot. (2020). On the fairness of detection and re-identification in multiple object tracking.
- [3] Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2016). Simple online and realtime tracking. In Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Phoenix, AZ, USA, 25–28 September 2016, 3464–3468.
- [4] Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Beijing, China, 17–20 September 2017, 3645–3649.
- [5] Lee, S.J., Roh, M.I., & Oh, M.J. (2020). Image-based ship detection using deep learning. *Ocean Systems Engineering*. 10(4): 415–434.
- [6] Jie, Y., Leonidas, L., Mumtaz, F., & Ali, M. (2021). Ship detection and tracking in inland waterways using improved YOLOv3 and Deep SORT. *Symmetry*. 13(2): 308.
- [7] Huang, H., Sun, D., Wang, R., Zhu, C., & Liu, B. (2020). Ship target detection based on improved YOLO network. *Mathematical Problem Engineering*. 2020: 1-10.
- [8] Chen, X., Qi, L., Yang, Y., Luo, Q., Postolache, O., Tang, J., & Wu, H. (2020). Video-based detection infrastructure enhancement for automated ship recognition and behavior analysis. *Journal of Advanced Transportation*. 2020: 1-12.
- [9] Chen, X., Xu, X., Yang, Y., Wu, H., Tang, J., & Zhao, J. (2020). Augmented ship tracking under occlusion conditions from maritime surveillance videos. *IEEE Access*. 8: 42884–42897.
- [10] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA, 23–28 June 2014, 580–587.
- [11] Deriche, R. (1987). Using Canny's criteria to derive a recursively implemented optimal edge detector. *International Journal of Computer Vision*. 91(3): 167–187.
- [12] Harris, C., & Stephens, M. (1988). A combined corner and edge detector. In Proceedings of the Alvey Vision Conference, Manchester, UK, 31 August–2 September 1988, 15: 10–5244.
- [13] Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of oriented gradients for human detection. In Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), San Diego, CA, USA, 20-25 June 2005, 886–893.

- [14] Lowe, D.G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2): 91–110.
- [15] Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv 2014, arXiv:1409.1556.
- [16] He, K., Zhang, X., Ren, S. & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016, 770–778.
- [17] Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: Better, faster, stronger. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, HI, USA, 21–26 July 2017, 7263–7271.
- [18] Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. arXiv 2018, arXiv:1804.02767.
- [19] Bochkovskiy, A., Wang, C.Y., & Liao, H.Y.M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv 2020, arXiv:2004.10934.
- [20] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25(2): 1097-1105.
- [21] Artificial Neural Networks. (2023). โครงข่ายประสาทเทียม. สืบค้น 9 เมษายน 2566, จาก <https://shorturl.asia/PYZ2v>.
- [22] LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11): 2278-2324.
- [23] Alexnet architecture. (2023). Alexnet architecture. สืบค้น 9 เมษายน 2566, จาก <https://shorturl.asia/BD9rC>.
- [24] Moodley, D., & Haar, R. (2022). Automated recognition of the cricket batting backlift technique in video footage using deep learning architectures. *Nature Communications*, 13(1), 2506.

การตรวจสอบการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามสำหรับระบุจำใบหน้าภาพสเก็ตซ์และภาพถ่าย

Investigating the Use of the Siamese Network for Face Sketch - Photo Recognition

^{1#}สามารถ หมดและ, ^{2*} เทียนสิริ เหลืองวิลไล, ^{3#}สิริอร วิทยากร, ^{4#}ปรัชญา พลายเวช และ ^{5#}ชัยวัฒน์ บุระณะ

^{1,3} คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

²ภาควิชาคณิตศาสตร์, โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

⁴กรมสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ทหารอากาศ

⁵ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 1, สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

^{1#} Samart Moodleah, ^{2*} Thiansiri Luangwilai, ^{3#} Sirion Vittayakorn,

^{4#} Prachaya Plaivech and ^{5#} Chaiwat Burana

^{1,3} Faculty of Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

² Mathematics Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

⁴ Directorate of Communications and Electronics, Royal Thai Air Force

⁵ Scientific Crime Detection Center 1, Royal Thai Police

[#]samart@it.kmitl.ac.th, ^{*}Thiansiri.L@gmail.com, [#]sirion@it.kmitl.ac.th, [#]prachaya_p@rtaf.mi.th, [#]chaiwat.bm@hotmail.com.au

Received : March 20, 2023

Revised : November 20, 2023

Accepted : November 21, 2023

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนกล้องวงจรปิดในทุกสถานที่ แต่อย่างไรก็ตามยังมีอยู่หลายเหตุการณ์ที่กล้องวงจรปิดไม่สามารถบันทึกเหตุอาชญากรรมได้ ทำให้เจ้าหน้าที่ต้องสืบสวนสอบสวนจากผู้เห็นเหตุการณ์ คำบอกเล่าจากผู้เห็นเหตุการณ์เหล่านี้จะถูกใช้ในการเป็นหลักฐานและสร้างภาพสเก็ตซ์ใบหน้าสำหรับติดตามผู้กระทำความผิด แต่อย่างไรก็ตามความถูกต้องของภาพสเก็ตซ์หน้าผู้กระทำความผิดนั้นปกติจะมีความถูกต้องที่น้อยอยู่ ขึ้นอยู่กับความจำและความสามารถในการอธิบายลักษณะหน้าตาผู้กระทำความผิดของผู้เห็นเหตุการณ์ ทำให้การบ่งชี้ตัวบุคคลจากภาพสเก็ตซ์ถือเป็นเรื่องท้าทาย อีกทั้งการจะหาภาพถ่ายบุคคลนั้น ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่โดยใช้ภาพสเก็ตซ์เป็นภาพเริ่มต้นนั้นแทบจะเป็นไปไม่ได้

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ จึงได้ดำเนินการตรวจสอบการใช้อัลกอริทึมในการจับคู่ภาพสเก็ตซ์กับภาพถ่ายผู้ต้องสงสัย ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ได้ โดยนำเสนอโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามที่มีโครงข่ายแฝดเป็นโครงข่ายคอนโวลูชัน และทดสอบประสิทธิภาพของโครงข่ายที่นำเสนอด้วย ชุดข้อมูลจาก The Chinese University of Hong Kong (CUHK) จากการทดสอบพบว่าอัลกอริทึมที่นำเสนอมีความสามารถในการจับคู่ภาพสเก็ตซ์กับภาพถ่ายผู้ต้องสงสัย ได้ความแม่นยำมากกว่า 98 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ระบุจำใบหน้าจากภาพสเก็ตซ์, โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม, โครงข่ายคอนโวลูชัน, ภาพสเก็ตซ์ใบหน้าทางนิติวิทยาศาสตร์

Abstract

Nowadays, there is an increase in the number of CCTV everywhere. However, there are still many cases when CCTV cannot capture criminal activities and officers have to rely heavily on the eyewitness report. The eyewitness report is used as a piece of evidence and creates forensic face sketches of the criminals. The accuracy of a forensic face sketch is normally low depending on the memory of the eyewitness and the ability of the eyewitness to explain. Therefore, identifying persons from forensic face sketches is very challenging. Moreover, manually searching for the suspected photo from a large database by using a forensic face sketch as input is rather impossible.

As a result, in this research, we investigate an algorithm to match a forensic face sketch to a suspected photo in a database. The model used here is the Siamese network with a twin convolution neural network. The model's performance is investigated using the dataset from the Chinese University of Hong Kong (CUHK). It was found that the proposed algorithm is able to match the forensic face sketch to the mugshot photo with an accuracy greater than 98 per cent.

Keywords: Face sketch recognition, Siamese network, Convolution network, Forensic face sketch

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) โดยอาศัยภาพถ่ายหรือวิดีโอ ถือเป็นเทคโนโลยีที่มีอัตราความสำเร็จสูง และถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายด้าน เช่น การตรวจจับคนร้ายโดยอาศัยภาพจากกล้องวงจรปิด การเข้าถึงข้อมูลการเงินโดยอาศัยการรู้จำใบหน้า รวมทั้งการรู้จำใบหน้าเพื่อปลดล็อกโทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟน อย่างไรก็ตาม การรู้จำใบหน้าโดยอาศัยข้อมูลจากโดเมนที่แตกต่างกัน (Heterogeneous Face Recognition) เช่น การรู้จำใบหน้าคนร้ายจากภาพสเก็ตซ์ก็ยังเป็นปัญหาที่มีความท้าทายเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ภาพสเก็ตซ์ที่ความคลาดเคลื่อนจากกระบวนการวาดเอง หรือความคลาดเคลื่อนในการสื่อสารระหว่างพยานและผู้สเก็ตซ์ภาพ [1, 2, 3] ซึ่งความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ เหล่านี้ ทำให้อัลกอริทึมสำหรับการรู้จำใบหน้าจากภาพถ่ายสเก็ตซ์นั้นไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

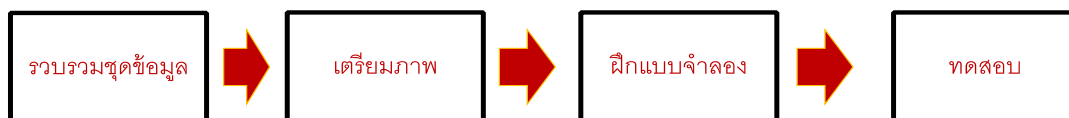
งานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบรู้จำใบหน้าจากภาพสเก็ตซ์จะมีปัญหาหลัก คือ การที่ต้องดำเนินการวิเคราะห์ภาพที่อยู่ในรูปแบบหรือโดเมนที่แตกต่างกัน [4] ตัวอย่างเช่น ภาพชนิดหนึ่งเป็นภาพถ่ายสี อีกชนิดเป็นภาพลายเส้น หรือเป็นภาพสเก็ตซ์ที่สร้างขึ้นมาจากโปรแกรมชิ้นส่วนร่างประกอบ (Composite Face Sketch) การจะฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้สามารถจับคู่ภาพสเก็ตซ์กับภาพถ่ายได้นั้น จึงมีความซับซ้อนและมีความยุ่งยากกว่าปกติ อีกทั้งในกระบวนการใช้ภาพสเก็ตซ์เพื่อค้นหาภาพถ่ายประวัติดอาชญากรในกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์เพื่อติดตามผู้กระทำความผิดมาลงโทษก็จะมีอุปสรรคในกระบวนการสร้างภาพเพิ่มเข้ามาอีก เพราะภาพสเก็ตซ์ที่สร้างจากคำบอกเล่าของผู้เห็นเหตุการณ์จะมีความผิดพลาดจากความเป็นจริงอยู่มาก [5] ทำให้ความซับซ้อนในกระบวนการฝึกของโครงข่ายประสาทเทียมมีความยากและความถูกต้องลดน้อยลงไปมาก

กระบวนการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าจากภาพสเก็ตซ์สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี [6, 7] โดยวิธีที่หนึ่ง คือการแปลงภาพทั้งสองให้เป็นรูปแบบหรือโดเมนเดียวกัน โดยสามารถแปลงภาพสเก็ตซ์เป็นภาพถ่าย หรือแปลงภาพถ่ายเป็นภาพสเก็ตซ์ จากนั้นนำภาพทั้งคู่ไปดำเนินการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้มีขีดความสามารถในการจับคู่ภาพสเก็ตซ์และภาพถ่ายจริงได้ในขั้นตอนกระบวนการแปลงรูปแบบภาพนั้นสามารถกระทำได้หลากหลายวิธี [4, 8, 9] ในกรณีวิธีที่สองคือ การนำภาพสเก็ตซ์และภาพถ่ายดั้งเดิมมาใช้ในการฝึกแบบโครงข่ายประสาทเทียมโดยตรงเลย ให้สามารถพยากรณ์หรือจับคู่ภาพได้ถูกต้อง

กระบวนการวิธีนี้แม้ว่าจะมีความยากในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมในเรื่องความแตกต่างของชุดข้อมูลทั้งสองชุด แต่มีข้อดีคือจะไม่เพิ่มตัวแปรความคลาดเคลื่อน ในขั้นตอนของการแปลงภาพอย่างในวิธีแรก [10, 11, 12]

ในงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นนำเสนอการประยุกต์ใช้งาน โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม จากนั้นจะดำเนินการวิเคราะห์ศักยภาพของโครงข่ายในการจับคู่ภาพเหมือนระหว่างภาพถ่ายกับภาพสเก็ชลายเส้น ว่าความสามารถมีศักยภาพ และมีความเป็นไปได้ในการไปประยุกต์ใช้ทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อสามารถค้นกรองชุดภาพจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้มีจำนวนน้อยลงเพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถดำเนินการตรวจสอบต่อไปได้หรือไม่

2. วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 1 ขั้นตอนการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามในการพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าที่จากภาพถ่ายและภาพสเก็ช

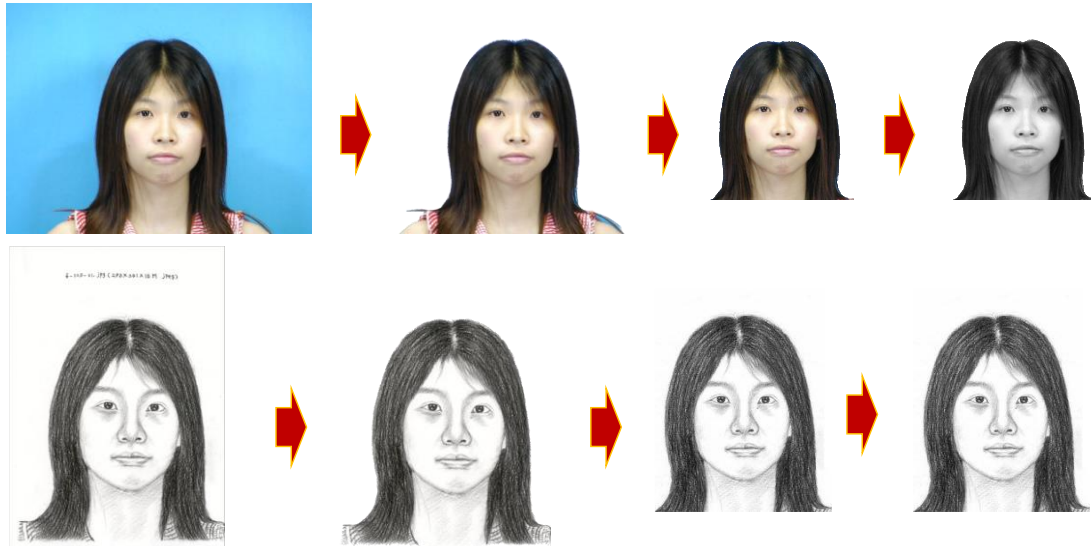
จากรูปที่ 1 แสดงขั้นตอนการฝึกและประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามสำหรับระบบรู้จำใบหน้าที่ภาพถ่ายและภาพสเก็ช โดยในงานวิจัยชิ้นนี้เป็นกระบวนการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามก่อน ดังนั้นขั้นตอนแรกจะเริ่มต้นด้วยชุดข้อมูลภาพที่ศิลปินวาดให้มีความใกล้เคียงกับต้นฉบับก่อน โดยใช้ชุดข้อมูลภาพ CUHK Face Sketch Database (CUFS) ซึ่งเป็นชุดข้อมูลภาพคู่ระหว่างภาพถ่ายหน้าตรงและภาพสเก็ชลายเส้นของ Chinese University of Hong Kong (CUHK) [13, 14] (แสดงตัวอย่างภาพถ่ายหน้าตรงและภาพสเก็ช โดยใช้ศิลปินวาดลายเส้นในชุดข้อมูล ดังรูปที่ 2) ซึ่งจุดประสงค์ของชุดข้อมูลนี้คือ การสร้างฐานข้อมูลเพื่อฝึกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมให้มีขีดความสามารถในการสังเคราะห์สร้างภาพสเก็ชให้เหมือนที่สุดจากภาพถ่ายจริง โดยงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ในระบบรู้จำใบหน้าที่จากภาพสเก็ชแทน



รูปที่ 2 ภาพแสดงตัวอย่างภาพถ่ายหน้าตรงและภาพสเก็ช โดยใช้ศิลปินวาดลายเส้นในชุดข้อมูล CUFS [13]

ขั้นตอนที่สองเป็นกระบวนการเตรียมภาพเพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้กับโครงข่ายประสาทเทียมต่อไป โดยชุดข้อมูลภาพ CUFS นั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 100 คู่สำหรับการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมและอีก 88 คู่ จะใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ซึ่งแต่ละคู่นั้นประกอบไปด้วยภาพสเก็ชลายเส้นหนึ่งภาพและภาพถ่ายหน้าตรงอีกหนึ่งภาพ โดยภาพทั้งคู่นั้นจะถูกกำหนดด้วยหมายเลขเดียวกัน และจะถูกนำมาเข้ากระบวนการเตรียมภาพดังนี้ 1) ดำเนินการตัดพื้นหลัง

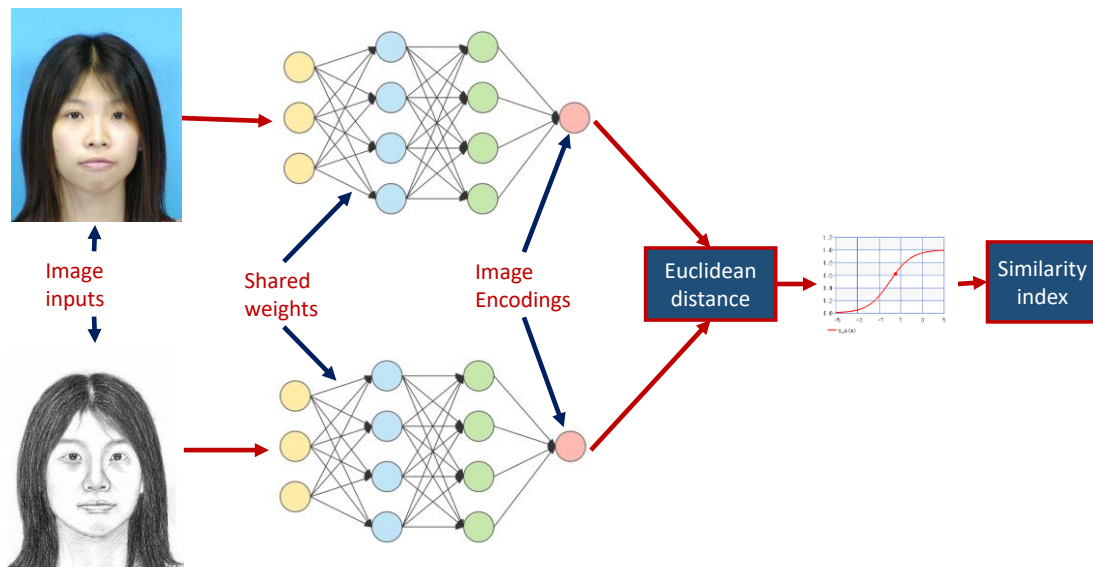
ของภาพออกทั้งหมด 2) เลือกตัดเก็บไว้เฉพาะส่วนหน้า และ 3) แปลงภาพเป็นภาพสีโทนเทา (Greyscale Image) ขนาด 200x250 พิกเซล ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3



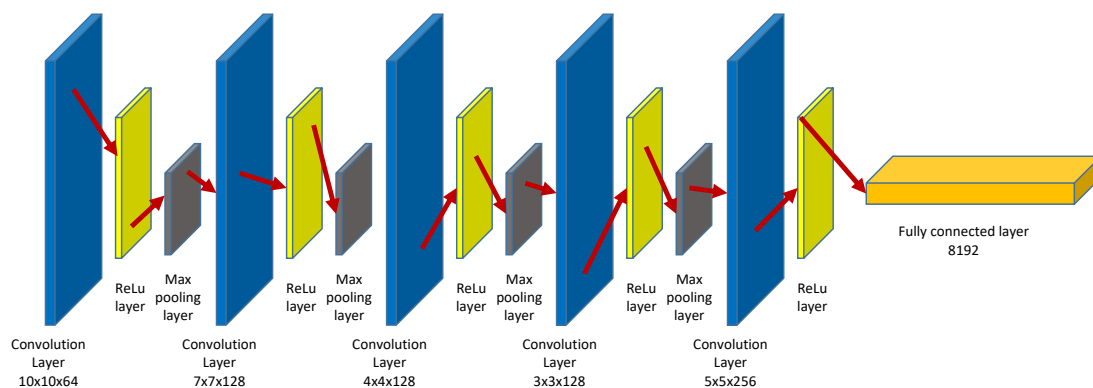
รูปที่ 3 ภาพแสดงตัวอย่างการเตรียมชุดข้อมูลภาพถ่ายและภาพสเก็ทซ์เพื่อจะใช้ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม

ขั้นตอนที่สามคือ การดำเนินการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม ซึ่งโครงข่ายชนิดนี้เป็นโครงข่ายแบบแผ่ที่สามารถรับชุดข้อมูลได้สองชุดพร้อมกันได้ ซึ่งโครงข่ายทั้งสองจะใช้น้ำหนักเท่ากัน ในขณะที่ทำงานควบคู่ไปกับเวกเตอร์อินพุตที่แตกต่างกันสองแบบเพื่อคำนวณเวกเตอร์เอาต์พุตที่เปรียบเทียบกันได้ โดยจากพฤติกรรมการทำงานแบบแผ่นี้ ทำให้สามารถแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างของชุดข้อมูลทั้งสองชุดที่ต้องการจะเปรียบเทียบกันได้ อีกทั้งโครงข่ายชนิดนี้ยังได้มีการนำไปใช้ในงานวิจัยและทดสอบในกับรูปภาพมาแล้วหลายงาน เช่น การจับคู่ภาพสิ่งของกับภาพสเก็ทซ์แบบหยาบ [10] การจับคู่ภาพหน้ากับภาพสเก็ทซ์โดยใช้ข้อมูลจากกราฟอิสโตแกรมของภาพ [11] การจับคู่ภาพหน้ากับภาพสเก็ทซ์โดยใช้ข้อมูลจากกราฟของส่วนประกอบของหน้า [12]

ในงานวิจัยนี้ เลือกทดสอบการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม ที่ประกอบไปด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) สองข้าง โดยโครงข่ายแผ่ด้านนี้สามารถรับภาพนำเข้า (Input Image) สำหรับการฝึกได้พร้อมกันสองภาพและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าความเหมือน (Similarity Index) ดังตัวอย่างในรูปที่ 4 และแผนภาพแสดงโครงสร้างของประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ แสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 4 ภาพแสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม (Siamese Neural Network) ของงานวิจัยนี้



รูปที่ 5 ภาพแสดงโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network)

ที่ใช้เป็นโครงข่ายแฝดในโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม

เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการทดสอบความเป็นไปได้และประสิทธิภาพในการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามที่มีโครงข่ายคอนโวลูชันอยู่ภายในสองชุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกรูปแบบมาตรฐานของโครงข่ายคอนโวลูชันจำนวน 5 ชั้น ซึ่งแสดงด้วยแผ่นสีน้ำเงิน และระหว่างนั้นจะมีชั้นของ Rectifier Layer (ReLU Layer) และชั้นของ Max Pooling Layer ซึ่งแสดงด้วยแผ่นสีเหลืองและสีเทาตามลำดับ กันอยู่ระหว่างกลางของแต่ละชั้นของชั้นคอนโวลูชัน โดยในชั้นสุดท้ายจะเป็นชั้นของ Fully Connected Layer ซึ่งแสดงด้วยแผ่นสีส้ม

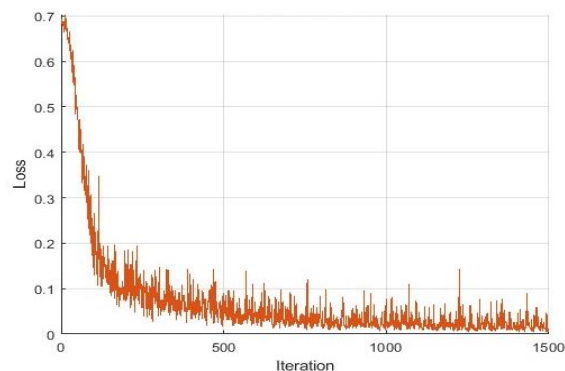
ในขั้นตอนการฝึกนั้น ในแต่ละรอบของการฝึกนั้นจะมีการกำหนดเลือกภาพมาจำนวน 40 ภาพ จากนั้นอัลกอริทึมจะดำเนินการสุ่มตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หากได้ค่ามากกว่า 0.5 จะเลือกภาพถ่ายหน้าตรงและภาพสเก็ชของบุคคลคนกันเดียวมา ในทางตรงกันข้ามหากได้ค่าน้อยกว่า 0.5 จะดำเนินการสุ่มภาพถ่ายหน้าตรงและภาพสเก็ชของบุคคลคนละคนกัน จากนั้นจะดำเนินการส่งผ่านภาพแต่ละคู่เข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม เมื่อเสร็จหนึ่งคู่จะดำเนินการทำซ้ำจนครบทั้งหมดทุกภาพ

ถือว่าครบหนึ่งรอบของการฝึก จากนั้นจะดำเนินการคำนวณค่าฟังก์ชันเป้าหมาย (Loss Function) เฉลี่ยรวมที่ได้จากทุกคู่ภาพ จากนั้นจะดำเนินการปรับปรุงค่าของตัวแปรต่าง ๆ ให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าความคลาดเคลื่อนลดน้อยลง

ในขั้นตอนสุดท้ายนั้นคือ การทดสอบ โดยการนำชุดภาพที่เหลืออีก 88 ภาพมาใช้ในการทดสอบ โดยจะสุ่มภาพมารอบละ 50 คู่ ซึ่งใน 50 คู่นี้ จะมีทั้งคู่ที่เป็นภาพของบุคคลเดียวกันและคู่ที่เป็นภาพของบุคคลคนละคนกัน จากนั้นจะนำภาพแต่ละคู่เข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยาม และตรวจสอบว่าโครงข่ายประสาทเทียมสามารถพยากรณ์ภาพคู่เหมือนและคู่ที่ต่างกันได้เท่าใด และดำเนินการทำซ้ำจนครบ 10 รอบ เพื่อทำการคำนวณอัตราความถูกต้องของการพยากรณ์ว่ามีความถูกต้องทั้งหมดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์จากการทำนายทุกคู่ภาพ ซึ่งผลที่ได้นั้นจะเป็นการชี้วัดประสิทธิภาพของโครงข่ายการเรียนรู้เชิงลึกที่ออกแบบและพัฒนาในงานวิจัยนี้

3. ผลการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมนั้นได้ดำเนินการตามที่อธิบายไว้ดังกล่าวข้างต้น โดยผลลัพธ์ของกราฟแสดงค่าฟังก์ชันเป้าหมาย (Loss Function) ที่ได้ในแต่ละรอบของการฝึกแบบจำลองแสดงในรูปที่ 6 โดยในกราฟนี้เป็นการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 1500 รอบ ซึ่งค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย (Loss Function) ได้มีการลดต่ำลงอย่างรวดเร็วจาก 0.7 จนต่ำกว่า 0.1 ภายใน 200 รอบของการฝึก จนมีค่าใกล้กับ 0 ที่การฝึก 1500 รอบ แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามตอบสนองได้ดีต่อชุดข้อมูลภาพ CUFS



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าฟังก์ชันเป้าหมาย (Loss Function) ที่ได้ในแต่ละรอบของการฝึกโครงข่ายประสาทสยาม (Siamese Neural Network)

เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามได้ถูกฝึกเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โครงข่ายประสาทเทียมนี้จะถูกทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ และคำนวณหาค่าดัชนีความคล้ายของคู่ภาพสเก็ชกับภาพถ่ายหน้าตรง ซึ่งจากกระบวนการทดสอบโครงข่าย (Model Validation) พบว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ในการพยากรณ์หรือทำนายว่าภาพสเก็ชกับภาพถ่ายหน้าตรงเป็นบุคคลเดียวกันหรือไม่ มีความถูกต้องถึง 98.6 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นขีดความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามนี้ว่าเหมาะสมกับชุดภาพสเก็ชลายเส้นชนิดนี้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีความเป็นไปได้ในการต่อยอดกับภาพสเก็ชชนิดอื่น ๆ อีก

รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาดัชนีความคล้ายของภาพจำนวน 10 คู่ที่สุ่มขึ้นมา เพื่อทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามที่ผ่านการฝึกมาแล้ว ตัวอย่างในภาพนี้จะเห็นว่าภาพคู่ใดที่เป็นคู่ภาพของบุคคลเดียวกันทั้งภาพสเก็ชและภาพถ่ายหน้าตรง ค่าคะแนนดัชนีความคล้ายจะมีค่าสูงและใกล้เคียงกับหนึ่งมาก ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามก็จะสามารถพยากรณ์ได้ว่าเป็นภาพบุคคลเดียวกันได้อย่างแม่นยำ ในทางตรงกันข้ามหากคู่ภาพของภาพสเก็ชและภาพถ่ายหน้าตรงมาจากบุคคลคนละคนกันแล้ว ค่าดัชนีความคล้ายจะมีค่าต่ำและใกล้เคียงศูนย์ ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามก็จะทำนาย

ออกมาว่าเป็นภาพของบุคคลคนละคนกัน ได้อย่างถูกต้อง โดยขอบเขตค่าดัชนีความคล้ายที่กำหนดไว้ในกระบวนการฝึก และการพยากรณ์ว่าเป็นบุคคลเดียวกันคือ ค่าดัชนีความคล้ายที่มากกว่า 0.5



รูปที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณค่าดัชนีความคล้ายของภาพที่สุ่มมาเพื่อใช้ในการพยากรณ์คู่ภาพเหมือนระหว่างภาพถ่ายจริงและภาพสเก็ตซ์

นอกจากนี้แล้ว จากการปรับแต่งไฮเปอร์พารามิเตอร์พื้นฐาน พบว่า

- 1) การเพิ่มจำนวนชั้นของโครงข่ายคอนโวลูชันมากกว่า 5 ชั้น ทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่การฝึกและการพยากรณ์ต้องใช้เวลาอย่างมากขึ้นอย่างสูง อีกทั้งโครงข่ายปัจจุบันสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้องถึง 98.6 เปอร์เซ็นต์ แต่ในทางตรงกันข้าม หากลดจำนวนชั้นของโครงข่ายคอนโวลูชันน้อยกว่า 5 ชั้น พบว่า ประสิทธิภาพลดลงมาก
- 2) ขนาดของรูปอินพุตที่ใหญ่ขึ้น ทำให้ต้องลดจำนวนภาพในแต่ละรอบการฝึกลง ทำให้ได้ประสิทธิภาพลดลงไปด้วย
- 3) โครงสร้างโครงข่ายปัจจุบันสามารถให้ค่าความถูกต้องที่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ จากการฝึกเพียง 500 รอบ

4. แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยัมที่ประกอบไปด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ฝ่าฝืนหนึ่งคู่ มีขีดความสามารถในการพยากรณ์คู่เหมือนระหว่างภาพถ่ายจริงและภาพสเก็ตซ์ ซึ่งจากขีดความสามารถนี้สามารถนำไปประยุกต์ในกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบค้นหาภาพถ่ายประวัติอาชญากรจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ได้จากการใช้ภาพสเก็ตซ์จากคำบอกเล่าเป็นภาพเริ่มต้นในกระบวนการสืบค้น

โดยในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างแนวทางในการนำไปใช้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยัมในกระบวนการสืบค้นหาภาพถ่ายผู้ต้องสงสัยในฐานข้อมูล โดยจะใช้ภาพสเก็ตซ์ลายเส้นเป็นข้อมูลตั้งต้นในการค้นหา ซึ่งในตัวอย่างนี้ได้เลือกภาพสเก็ตซ์หมายเลขที่ 8 ดังแสดงในรูปที่ 8 (ก) จากนั้นภาพนี้จะถูกสมมุติเป็นภาพสเก็ตซ์ของคนบุคคลผู้ต้องสงสัยที่ได้จากคำบอกเล่าของผู้เห็นเหตุการณ์ ขั้นตอนต่อไปภาพนี้จะถูกส่งเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยัมเพื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายหน้าตรงภาพอื่น ๆ ในฐานข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละการเปรียบเทียบ เป็นค่าดัชนีความคล้ายซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 9 จากนั้นเมื่อได้ดัชนีความคล้ายจากการเปรียบเทียบภาพสเก็ตซ์กับภาพถ่ายหน้าตรงในฐานข้อมูลมาครบแล้ว จะดำเนินการเรียงลำดับค่าดัชนีจากน้อยไปมาก เพื่อหาภาพถ่ายหน้าตรงที่มีความคล้ายหรือมีคุณลักษณะเหมือนกับภาพสเก็ตซ์ที่เป็นภาพตั้งต้นมากที่สุด

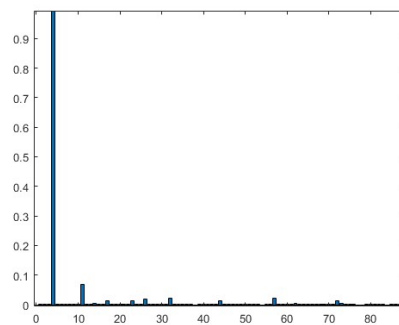


(ก)

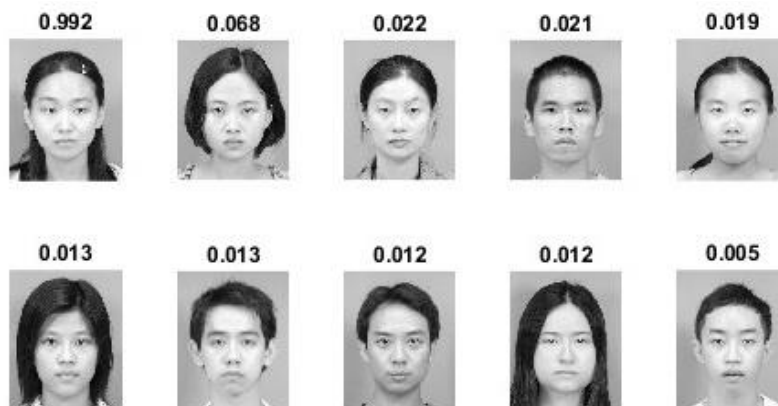


(ข)

รูปที่ 8 ตัวอย่างภาพสเก็ตช์ (ก) และภาพถ่ายหน้าตรงบุคคล (ข) หมายเลข 8 ในชุดข้อมูล CUFS [13]



รูปที่ 9 ค่าดัชนีความคล้ายของภาพสเก็ตช์ในรูปที่ 8 (ก) เทียบกับภาพถ่ายหน้าตรงในฐานข้อมูลภาพที่ใช้ทดสอบ



รูปที่ 10 แสดงภาพหน้าตรงที่มีดัชนีความคล้ายกับภาพสเก็ตช์ในภาพที่ 8 (ก) จำนวน 10 อันดับแรก

ในรูปที่ 10 แสดงภาพถ่ายหน้าตรง 10 อันดับแรกที่มีดัชนีความคล้ายมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับภาพสเก็ตช์หมายเลข 8 ในภาพที่ 8 (ก) จากผลที่ได้ในภาพนี้จะเห็นได้ว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามมีประสิทธิภาพในการค้นหาภาพถ่ายหน้าตรงจากภาพสเก็ตช์อย่างสูง ดังเห็นได้จากภาพของบุคคลคนเดียวกัน จะมีค่าดัชนีความคล้ายอยู่ในระดับที่สูงมาก อยู่ที่ 0.992 ซึ่งเป็นภาพของบุคคลคนเดียวกันและแสดงอยู่ในรูปที่ 8(ข) ในขณะที่อันดับสองมีดัชนีความคล้ายอยู่เพียง 0.068 และอันดับที่ 10 จะมีค่าดัชนีความคล้ายน้อยลงไปอีกมาก อยู่ที่ 0.005 ซึ่งค่าดัชนีความคล้ายของภาพคู่เหมือนและภาพคู่ต่างนั้น มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยามนี้ สามารถแบ่งแยกภาพถ่ายบุคคล และภาพสเก็ตช์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบสยวมที่ประกอบไปด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันแฝดนั้น มีศักยภาพเพียงพอในการพยากรณ์ความเหมือนระหว่างภาพจริงและภาพสเก็ตช์ โดยในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์เพื่อสืบค้นหาภาพถ่ายประวัติอาชญากรจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยใช้ภาพสเก็ตช์จากคำบอกเล่าของผู้เห็นเหตุการณ์เป็นภาพเริ่มต้นในกระบวนการสืบค้น

โดยแนวทางในการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยชิ้นนี้ คือการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบสยวมนี้กับภาพสเก็ตช์ในรูปแบบอื่น อย่างเช่นชุดข้อมูลภาพสเก็ตช์ที่สร้างขึ้นจากซอฟต์แวร์ ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาทำงานของศิลปินและได้ภาพจำนวนมาก โดยจะเลือกชิ้นส่วนต่าง ๆ ของหน้ามาประกอบขึ้นเป็นหน้าบุคคล โดย Galea & Farrugia [15] ได้อธิบายและรวบรวมชุดข้อมูลภาพสเก็ตช์ชนิดนี้ไว้ในงานวิจัยของเขา และในกรณีสุดท้าย คือการต่อยอดไปใช้กับภาพสเก็ตช์บุคคลต้องสงสัยที่สร้างจากกระบวนการเฉพาะทางของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เพื่อให้อัลกอริทึมและโครงข่ายประสาทเทียมนี้มีศักยภาพที่สูงขึ้นและสามารถนำไปใช้ได้จริงในทางนิติวิทยาศาสตร์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Klare, B., Li, Z., & Jain, A. K. (2010). Matching forensic sketches to mug-shot photos. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 33(3): 639-646.
- [2] Klare, B. F., & Jain, A. K. (2012). Heterogeneous face recognition using kernel prototype similarities. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 35(6): 1410-1422.
- [3] Ouyang, S., Hospedales, T. M., Song, Y. Z., & Li, X. (2016). Forgetmenot: Memory-aware forensic facial sketch matching. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp.5571-5579).
- [4] Ounachad, K., Oualla, M., Souhar, A., & Sadiq, A. (2020, March). Face sketch recognition-an overview. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Networking, Information Systems & Security* (pp.1-8).
- [5] Bushra, S. N., & Maheswari, K. U. (2021). Crime Investigation using DCGAN by Forensic Sketch-to-Face Transformation (STF)-A Review. In *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 1343-1348). IEEE.
- [6] Lahlali, S. E., Sadiq, A., & Mbarki, S. (2015). A REVIEW OF FACE SKETCH RECOGNITION SYSTEMS. *Journal of Theoretical & Applied Information Technology*. 81(2).
- [7] Ashwini, B., & Prajakta, K. (2016). A survey of face recognition from sketches. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*. 6(3): 150-158.
- [8] Liu, Q., Tang, X., Jin, H., Lu, H., & Ma, S. (2005). A nonlinear approach for face sketch synthesis and recognition. In *2005 IEEE Computer Society conference on computer vision and pattern recognition*. 5 (1): 1005-1010). IEEE.
- [9] Wang, N., Tao, D., Gao, X., Li, X., & Li, J. (2014). A comprehensive survey to face hallucination. *International journal of computer vision*. 106(1): 9-30.
- [10] Qi, Y., Song, Y. Z., Zhang, H., & Liu, J. (2016). Sketch-based image retrieval via siamese convolutional neural network. In *2016 IEEE international conference on image processing (ICIP)* (pp. 2460-2464). IEEE.
- [11] Fan, L., Liu, H., & Hou, Y. (2019). An improved siamese network for face sketch recognition. In *2019 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)* (pp. 1-7). IEEE.

- [12] Fan, L., Sun, X., & Rosin, P. L. (2021). Siamese graph convolution network for face sketch recognition: an application using graph structure for face photo-sketch recognition. In 2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR) (pp. 8008-8014). IEEE.
- [13] Wang, X., & Tang, X. (2008). Face photo-sketch synthesis and recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 31(11): 1955-1967.
- [14] Zhang, W., Wang, X., & Tang, X. (2011). Coupled information-theoretic encoding for face photo-sketch recognition. In CVPR 2011 (pp. 513-520). IEEE.
- [15] Galea, C., & Farrugia, R. A. (2016). A large-scale software-generated face composite sketch database. In 2016 International Conference of the Biometrics Special Interest Group (BIOSIG) (pp. 1-5). IEEE.

การออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากเศษวัสดุในอุตสาหกรรมการขนส่งเพื่อต่อยอด
แนวทางการออกแบบสู่วิสาหกิจชุมชน

Design of Wood Furniture from Waste Materials in the Logistic Industry and Extend the
Design Guidelines to Community Enterprises

แดน อุตระพงษ์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

Dan Auttarapong

Faculty of Science, Chandrakasem Rajabhat University

dan.a@chandra.ac.th

Received : October 28, 2023

Revised : November 5, 2023

Accepted : November 8, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากเศษวัสดุในอุตสาหกรรมการขนส่ง ด้วยแนวความคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจเพื่อต่อยอดแนวทางการออกแบบสู่วิสาหกิจชุมชน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งออกได้ดังนี้ ด้านวิศวกรรม ด้านวัสดุ และด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์ไม้พาเลท เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเฟอร์นิเจอร์ไม้จากสมาคมห้องสมุดอเมริกัน คุณสมบัติการรับแรงต่อพื้นที่มีค่ามาตรฐานเท่ากับ 45.37 - 286.34 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลจากการทดสอบไม้ทั้ง 3 ประเภทจะรับแรงต่อพื้นที่ได้ตั้งแต่ 272.16 - 453.59 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความทนจากความเสียหายหรือแตกหักที่ 145.16 - 333.00 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความเหนียวที่ 389.92 - 655.49 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าไม้ทั้ง 3 ชนิดได้แก่ ไม้สน ไม้ยางพารา และไม้ยาง มีคุณสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ย 2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3) การวิเคราะห์ IOC การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่อความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.58 ด้านรูปแบบพบว่ารูปแบบที่ 1 มีผลการประเมินความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.00$) คะแนน การออกแบบตอบโจทย์การใช้งานอย่างคุ้มค่าอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.67$) คะแนน แสดงให้เห็นว่าการดำเนินการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากเศษวัสดุในอุตสาหกรรมการขนส่งมีความพึงพอใจในระดับมากถึงดีมาก

คำสำคัญ: เฟอร์นิเจอร์ไม้, เศษวัสดุในอุตสาหกรรม, อุตสาหกรรมการขนส่ง, วิสาหกิจชุมชน, แนวทางการออกแบบ

Abstract

This research aims to study the efficiency of wooden packaging materials and to analyze the design of wooden furniture from waste materials in the logistic industry using a sustainable approach in order to extend the design guidelines to community enterprises. The researcher has studied the related literature reviews in these areas, which are engineering, materials, and industrial product design. This analyzes the attributes of wooden pallet packaging to compare them with the standard of wooden furniture loading performance values from the American Library Association, whose strength is set at 45.37-286.34 kg/cm². The results found that 3 types are pine wood, Para wood, and Dipterocarpus alatus wood were able to demonstrate strength for the area at 272.16-453.59 kg/cm², elastic strength at 145.16-333.00 kg/cm² and toughness at 389.92 - 655.49 kg/cm², showing all 3 types of wood meet the standard. The statistics used in the data analysis of this research were 1) mean 2) standard deviation 3) IOC analysis. The index of item objective congruence was 1.00 and content validity was equal to 0.58. In terms of the design, it was found that model 1 had the highest level of satisfaction at ($\bar{X} = 4.00$) and the design responded to cost-effectiveness at the highest level ($\bar{X} = 4.67$) showing that the satisfaction in the design of wooden furniture from waste materials in the logistic industry had the highest level to very good level of satisfaction.

Keywords: wood furniture, industrial waste materials, logistic industry, community enterprises, design guidelines

1. บทนำ

บรรจุภัณฑ์ไม้หรือ WPM (Wood Packaging Material) เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทที่ทำจากไม้และถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ประกอบการที่ต้องการขนส่งสินค้าทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศจะใช้ WPM เป็นหลักเพราะมีต้นทุนที่ต่ำ และป้องกันความเสียหายของสินค้าได้ดี ช่วยลดขั้นตอนในการจัดการขนส่งและการเคลื่อนย้ายสินค้าได้เป็นอย่างดี จะเห็นได้ว่า พาเลทไม้มีความสำคัญต่อสินค้าในระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ทั่วโลก หลังจากการขนส่งแล้วหากไม่นำกลับมาใช้ใหม่ ไม้พาเลทเหล่านี้ก็จะกลายเป็นขยะที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมและสร้างปัญหาได้มากมาย อาทิ ปัญหาด้านสภาพแวดล้อม และปัญหาด้านต้นทุนในการผลิตดัง Luttrupp และ Lagerstedt ได้กล่าวไว้ว่ามีเครื่องมือมากมายที่ได้รับการพัฒนาเพื่อช่วยให้กระบวนการพัฒนาอย่างยั่งยืนแต่อย่างไรก็ตาม เครื่องมือส่วนใหญ่ก็มักไม่ค่อยได้ใช้ เนื่องจากขาดข้อกำหนดและนโยบาย ในด้านความยั่งยืนเกี่ยวกับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ สอดคล้องกับกรอบการพัฒนาตามหลักการด้านความยั่งยืน และนำไปสู่เป้าหมายด้านความยั่งยืนขององค์กรในระดับที่สูงขึ้น [1]

ดังนั้นการบริหารจัดการขยะจากอุตสาหกรรมขนส่งที่มีประสิทธิภาพโดยการออกแบบและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ หรือสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบอื่น ๆ ได้จะช่วยให้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นให้ลดลง การศึกษาของ Rocha และคณะในแนวทางการออกแบบกระบวนการเพื่อความยั่งยืนระหว่างผู้มีส่วนได้กับส่วนเสียรวมถึงการปรับเปลี่ยนกฎเกณฑ์ใหม่ในด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจให้สอดคล้องกับมิติทางสังคม [2] โครงการนำร่องสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนเกิดขึ้นภายใต้แนวคิดของสมาชิกโลกว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา รวมทั้งวิธีการสร้างแรงบันดาลใจให้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยแนวความคิดเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ตลอดจนการดำเนินกิจกรรมการออกแบบออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อความยั่งยืน (Eco Product Design) กลยุทธ์เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมสีเขียวเพื่อแนวปฏิบัติใน SMEs [3]

ทั้งในแง่การจัดการขั้นตอนในการทิ้งและทำลายผลิตภัณฑ์ (Optimization of End-of-Life Processes) ลดการใช้วัสดุที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Reduction of Environmentally Impactful Materials) ลดปริมาณวัสดุที่ใช้ในการผลิต รวมถึงวัสดุจากธรรมชาติ (Reduction of Materials Used) เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบสู่แนวทางในการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดย Diler และคณะ [4] การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน แล้วขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบในการเผยแพร่ข้อมูลความรู้สู่ชุมชน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้ได้แก่ กลุ่มเฟอร์นิเจอร์สตรีไม้พาลาเก่า ตำบลห้วยงู อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท ซึ่งมีการจัดตั้งกลุ่มวิสาหกิจชุมชนจากสมาชิกครัวเรือนที่เป็นสุภาพสตรี 5 - 10 ครัวเรือน ต้องการหารายได้เสริมในช่วงเวลาที่ว่างเว้นจากการทำเกษตรกรรม ดังรูปที่ 1 แสดงการลงพื้นที่เก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเฟอร์นิเจอร์สตรีไม้พาลาเก่า



รูปที่ 1 กลุ่มเฟอร์นิเจอร์สตรีไม้พาลาเก่า ต.ห้วยงู อ.หันคา จ.ชัยนาท

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

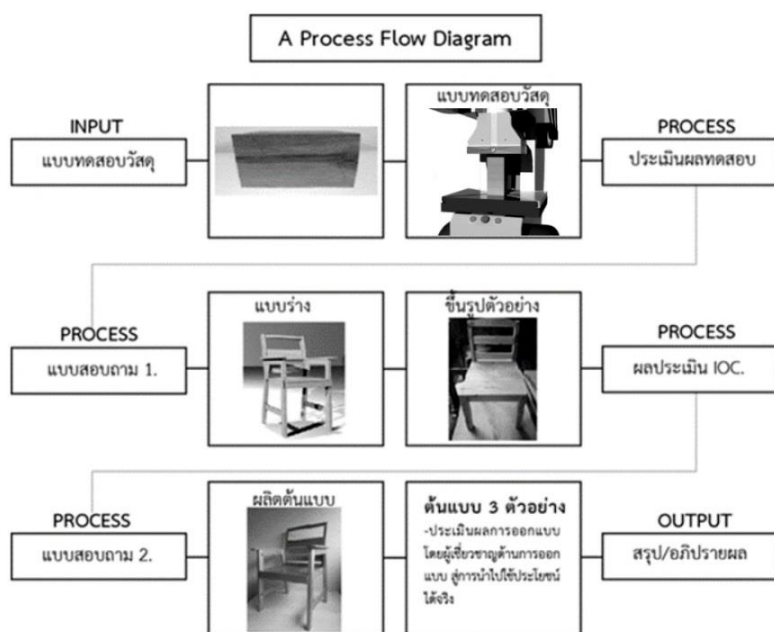
2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในแนวทางการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ด้วยวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้เหลือใช้จากอุตสาหกรรมการขนส่ง

2.2 เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของไม้พาลาเก่าที่เหมาะสมกับหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์และออกแบบผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์ไม้พาลาเก่าต้นแบบที่สามารถผลิตได้จริง โดยการมีส่วนร่วมจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารงานวิชาการที่เกี่ยวข้อง สื่อสิ่งพิมพ์ และสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากเศษวัสดุในอุตสาหกรรมการขนส่ง การทดสอบประสิทธิภาพและคุณสมบัติของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้พาลาเก่า โดยการดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยและพัฒนา ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนประกอบด้วย การกำหนดประชากร กำหนดพื้นที่วิจัย และการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประชากรในงานวิจัยนี้ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ด้านละ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรม ด้านการออกแบบ และด้านการแปรรูปวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม้ที่ได้จากอุตสาหกรรมการขนส่ง เครื่องมือการทดสอบวัสดุ ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิศวกรรมโยธาและบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม พื้นที่วิจัยและเก็บข้อมูล ณ ตำบลห้วยงู อำเภอหันคา จังหวัดชัยนาท

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) สถิติค่าเฉลี่ย 2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3) การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่อความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (ค่า IOC) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

มาตรฐานที่ มยผ. 1221-51 ถึง 1227-51 มาตรฐานการทดสอบไม้และนำเสนอโดย Department of Public Works and Town and Country Planning and Building Control Bureau [5] ระบุวิธีการทดสอบการรับแรงอัดของไม้ขนาดตั้งฉากเสียไม้ และกำลังต้านทานแรงดึงของไม้ดังแสดงในรูปที่ 3 เพราะในงานโครงสร้างนั้น ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญสามารถนำมาใช้งานได้ง่ายและมีความคงทน ในการพัฒนาการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากเศษวัสดุในระบบอุตสาหกรรม การขนส่ง ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนของการทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของเศษวัสดุไม้พาเลทในอุตสาหกรรมการขนส่ง นักวิจัยได้เลือกวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม้พาเลท 3 ชนิด ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมขนส่งในประเทศไทยมาใช้ในการประเมินคุณสมบัติออกแบบ วิเคราะห์ และพัฒนา ได้แก่ ไม้สนยุโรป ไม้ยางพารา และไม้ยาง ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของเศษวัสดุไม้พาเลทในอุตสาหกรรมการขนส่ง

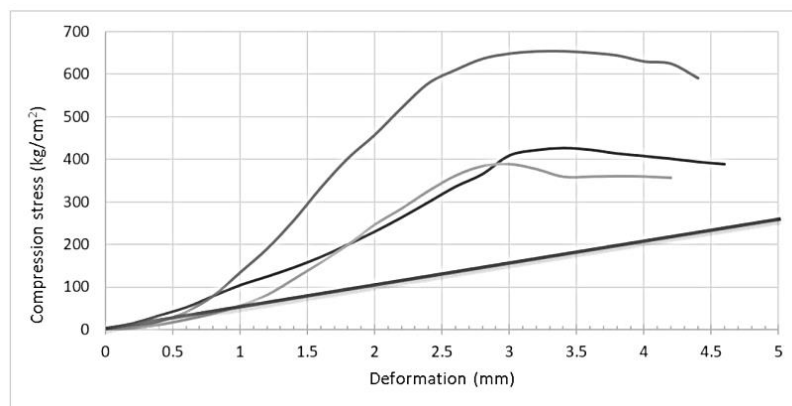
ขนาดในการทดสอบ	ไม้สน	ไม้ยางพารา	ไม้ยาง
Dimension (Scale)			
กว้าง width (cm)	4.50	4.50	4.50
ยาว length (cm)	5.50	5.50	5.50
สูง height (cm)	15.00	15.00	15.00
ความหนาแน่น kg/m3	352-849	560-650	620-905
ความชื้น ไม่เกินร้อยละ	12%	15%	15%



รูปที่ 3 การทดสอบคุณภาพและคุณสมบัติของเศษวัสดุไม้พาเลทที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมการขนส่ง

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการทดสอบสมบัติวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้ที่ได้จากอุตสาหกรรมการขนส่งเบื้องต้น เพื่อหาประสิทธิภาพของไม้ที่จำแนกออกมาใช้ในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ รวมถึงการออกแบบตกแต่งภายใน โดยการทดสอบในเครื่องมือทดสอบวัสดุในทางวิศวกรรมเพื่อสังเกตการเปลี่ยนรูป รวมถึงประสิทธิภาพในการรับแรง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ประสิทธิภาพของการทดสอบวัสดุบรรจุภัณฑ์ 3 ประเภทโดยมาตรฐาน ALA

ความตึงเครียดของวัสดุเมื่อถูกกดทับในระดับต่าง ๆ เบื้องต้นได้มีการแบ่งขนาดไม้ให้เท่า ๆ กัน คือ กว้าง 4.50 เซนติเมตร ยาว 5.50 เซนติเมตร และสูง 15.00 เซนติเมตร การทดสอบประสิทธิภาพของการทดสอบวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้ ที่ได้จากอุตสาหกรรมการขนส่ง จะทำการทดลองในการกดที่ระดับค่าต่าง ๆ คือ ตั้งแต่ แรงกดที่ 0 - 700 กิโลกรัม ต่อตารางเซนติเมตร ที่แกน Y และค่าความผิดปกติในแกน X ซึ่งมีหน่วยเริ่มต้นที่ 0 - 5 มิลลิเมตร การทดสอบโดยใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ 3 ประเภท เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ALA จากภาพรูปที่ 4 แสดงให้เห็นอัตราส่วนระหว่างความเค้น และความเครียดของวัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภทไม้ รวมถึงประสิทธิภาพของการทดสอบวัสดุบรรจุภัณฑ์ในรูปแบบการทดสอบของ Erdil และคณะ ไม้ที่ได้จากอุตสาหกรรมการขนส่ง ชนิด [6] ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่งในประเทศไทยและค่าความทนจากความเสียหายหรือแตกหัก ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยไม้สนมีค่าความยืดหยุ่นต่ำสุดที่ 145.16 kg/cm^2 ไม้ยางพารามีค่าความยืดหยุ่นสูงสุดที่ 333.00 kg/cm^2 และไม้ยางมีคุณสมบัติความทนจากความเสียหายต่ำสุดที่ 389.92 kg/cm^2 ไม้ยางพารามีคุณสมบัติความทนจากความเสียหายสูงสุดที่ 655.49 kg/cm^2 ตามลำดับ



รูปที่ 5 แบบร่างและชิ้นงานที่ใช้ในการประเมินผลการออกแบบ (ก) รูปแบบที่ 1 (ข) รูปแบบที่ 2 (ค) รูปแบบที่ 3

โดยขนาดของเฟอร์นิเจอร์ทั้ง 3 รูปแบบมีการกำหนดขนาดสัดส่วนในงานวิจัยเพื่อประเมินผลการออกแบบมีขนาดความกว้างคูณ (x) ความลึกคูณ (x) ความสูง ดังรูป (ก) รูปแบบที่ 1 มีขนาด 55 x 65 x 99 รูป (ข) รูปแบบที่ 2 มีขนาด 46 x 70 x 100 รูป (ค) รูปแบบที่ 3 มีขนาด 50 x 58 x 95 ตามลำดับ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถามการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลื่อใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถามการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลื่อใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง

รายงาน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3 $\bar{x}$	ผลรวม/ข้อ $\bar{x}$	ค่าเฉลี่ย/ข้อ S.D.	แปลผล
ด้านรูปแบบ						
1. การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลื่อใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง รูปแบบสมัยใหม่สามารถใช้ร่วมกับรูปแบบเฟอร์นิเจอร์ได้หลากหลาย	4.00	4.00	3.00	3.67	0.58	มาก

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถาม
การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง (ต่อ)

รายงาน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3 $\bar{x}$	ผลรวม/ข้อ $\bar{x}$	ค่าเฉลี่ย/ข้อ S.D.	แปลผล
2. การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง ง่ายต่อการดูแล	3.00	4.00	3.00	3.33	0.58	ปานกลาง
3. สอดคล้องการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	5.00	4.00	4.00	4.33	0.58	มาก
4. การออกแบบสวยงามตอบโจทย์การใช้งานอย่างคุ้มค่า	5.00	4.00	3.00	4.00	1.00	มาก
5. ความปลอดภัยในการใช้งานเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง	4.00	4.00	3.00	3.67	0.58	มาก
6. การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง ตอบสนองต่อการใช้สอยกับพื้นที่	3.00	4.00	4.00	3.67	0.58	มาก
รวม	4.25	4.00	3.50	3.92	0.69	มาก
ด้านประโยชน์ใช้สอย						
7. วัสดุที่นำมาใช้ สัมพันธ์กับขนาดในการออกแบบ	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	มาก
8. มีขนาดมาตรฐาน	4.00	3.00	4.00	3.67	0.58	มาก
9. ขนาดและสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับการยศาสตร์	5.00	4.00	4.00	4.33	0.58	มาก
10. สามารถจัดวางหรือเคลื่อนย้ายได้ง่าย	4.00	3.00	3.00	3.33	0.58	ปานกลาง
11. มีการเคลื่อนงานที่สวยงามและผลงานเรียบร้อย	4.00	3.00	3.00	3.33	0.58	ปานกลาง
12. ใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร	3.00	2.00	3.00	2.67	0.58	น้อย
13. ขนาดของเก้าอี้มีขนาดเหมาะสมกับพื้นที่	5.00	4.00	3.00	4.00	1.00	มาก
รวม	4.14	3.29	3.43	3.62	0.56	มาก

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถาม
การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมงานส่ง (ต่อ)

รายงาน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3 $\bar{x}$	ผลรวม/ข้อ $\bar{x}$	ค่าเฉลี่ย/ข้อ S.D.	แปลผล
ด้านโครงสร้าง						
14. โครงสร้างมีความสอดคล้องกับ การใช้งาน และรับน้ำหนักได้ เหมาะสม	4.00	3.00	3.00	3.33	0.58	ปานกลาง
15. โครงสร้างมีความแข็งแรง ทนทาน	4.00	4.00	2.00	3.33	1.15	ปานกลาง
16. โครงสร้างได้มาตรฐาน	4.00	3.00	4.00	3.67	0.58	มาก
17. โครงสร้างมีคุณภาพสามารถ ใช้งานได้ในระยะยาว	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	ปานกลาง
รวม	3.75	3.25	3.00	3.33	0.58	ปานกลาง
ด้านความแข็งแรง						
18. ทนทานต่อการใช้งานตาม หน้าที่การใช้อยู่และตรงตาม วัตถุประสงค์	4.00	3.00	4.00	3.67	0.58	มาก
19. เฟอร์นิเจอร์มีความเหมาะสม ตามคุณสมบัติของวัสดุ	5.00	2.00	3.00	3.33	1.53	ปานกลาง
20. การเลือกใช้ ฮาร์ดแวร์ มี ความเหมาะสมกับการรับ น้ำหนัก	4.00	2.00	2.00	2.67	1.15	น้อย
21. ขนาด สัดส่วน มีความเหมาะสม	3.00	2.00	3.00	2.67	0.58	น้อย
22. จุดข้อต่อเหมาะสมกับรูปแบบ	5.00	3.00	3.00	3.67	1.15	มาก
รวม	4.20	2.40	3.00	3.20	1.00	ปานกลาง

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบสอบถาม

การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง (ต่อ)

รายงาน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2 $\bar{x}$	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3 $\bar{x}$	ผลรวม/ข้อ $\bar{x}$	ค่าเฉลี่ย/ข้อ S.D.	แปลผล
ด้านวัสดุ						
23. คุณสมบัติของวัสดุสามารถทนต่อความร้อน ความชื้น และการขีดข่วนได้	5.00	3.00	2.00	3.33	1.53	ปานกลาง
24. วัสดุที่เลือกใช้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนในการรับน้ำหนักโครงสร้าง	5.00	4.00	3.00	4.00	1.00	มาก
25. การเคลือบผิวเลือกใช้ได้เหมาะสมกับรูปแบบ	4.00	3.00	3.00	3.33	0.58	ปานกลาง
รวม	4.67	3.33	2.67	3.55	1.04	มาก

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจในการตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด $n = 3$ ท่าน พบว่า การประเมินในด้านรูปแบบมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ย 3.92 คะแนน ด้านประโยชน์ใช้สอยมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ย 3.62 คะแนน ด้านโครงสร้างมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ย 3.33 คะแนน ด้านความแข็งแรงมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ย 3.20 คะแนน และด้านวัสดุมีค่าความพึงพอใจเฉลี่ย 3.55 คะแนน โดยรวมในทุก ๆ ด้านอยู่ในระดับค่าความพึงพอใจมากเฉลี่ย 3.52 คะแนน โดยมีผลการกระจายข้อมูลเชิงลึกในค่าคะแนนเฉลี่ยที่มากที่สุดคือรูปแบบสอดคล้องกับการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และขนาดสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับการยศาสตร์เฉลี่ย 4.33 คะแนน ค่าประเมินความพึงพอใจน้อยที่สุดคือการใช้งานได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร การเลือกใช้ฮาร์ดแวร์มีความเหมาะสมกับการรับน้ำหนัก และขนาดสัดส่วนมีความเหมาะสมเฉลี่ย 2.67 คะแนน

ทั้งนี้ ผลการวิเคราะห์แนวทางการออกแบบและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่งตัวอย่างทั้ง 3 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการออกแบบและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อการออกแบบเฟอร์นิเจอร์
จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่งตัวอย่างทั้ง 3 รูปแบบ

การวิเคราะห์จากคำถามที่ด้านแนวทางการออกแบบโดยการ หาค่าความสอดคล้อง IOC	รูปแบบที่ 1		รูปแบบที่ 2		รูปแบบที่ 3	
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.
1. ผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่	4.33	0.58	3.33	0.58	3.33	0.58
2. การออกแบบเฟอร์นิเจอร์เหมาะสมกับสมัยนิยม	4.33	0.58	3.67	0.58	3.00	1.00
3. การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากไม้เหลือใช้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง ตอบสนองต่อการใช้สอยกับพื้นที่	4.00	1.00	3.67	1.00	3.67	0.58
4. การออกแบบตอบโจทย์การใช้งานอย่างคุ้มค่า	4.67	0.58	3.67	0.58	3.67	0.58
5. ความปลอดภัยในการใช้งานเฟอร์นิเจอร์ที่ผลิตจากไม้ที่เหลือในอุตสาหกรรมขนส่ง	3.67	0.58	3.67	0.58	4.00	1.00
6. สอดคล้องการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	4.00	0.00	3.33	0.58	3.67	0.58
7. เฟอร์นิเจอร์มีความเหมาะสมตามคุณสมบัติของวัสดุ	4.00	0.00	4.33	0.58	4.33	0.58
8. การเคลือบผิวเลือกใช้ได้เหมาะสมกับรูปแบบ	3.67	0.58	3.67	0.58	3.67	0.58
9. ขนาดสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับกายศาสตร์	4.00	0.00	4.33	0.58	4.33	0.58
10. การเคลือบผิวเลือกใช้ได้เหมาะสมกับรูปแบบ	3.33	0.58	3.00	0.00	3.67	0.58
รวม	4.00	0.58	3.67	0.0	3.73	0.58
แปลผล	มาก		มาก		มาก	

จากตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจด้านรูปแบบจากผลการตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด $n = 3$ ท่าน เพื่อหาแนวทางการออกแบบและค่าความสอดคล้องก่อนนำไปออกแบบชิ้นงานจริงจากการประเมินตัวอย่างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 3 ชิ้นงาน 3 รูปแบบ โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ 3 ท่าน ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และสอดคล้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการออกแบบผลิตภัณฑ์ ตามแนวคิดนิเวศเศรษฐกิจ พบว่ารูปแบบที่ 1 มีผลการประเมินความพึงพอใจสูงสุด โดยมีผลคะแนนเฉลี่ยที่ 4.00 คะแนน ซึ่งถือเป็นผลการประเมินในระดับที่สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างในเรื่องของการออกแบบตอบโจทย์การใช้งานอย่างคุ้มค่าสูงที่สุดที่ 4.67 คะแนน และการเคลือบผิวเลือกใช้ได้เหมาะสมกับรูปแบบเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดที่ 3.33 คะแนน รูปแบบที่ 3 มีผลการประเมินความพึงพอใจในลำดับที่ 2 โดยมีผลคะแนนเฉลี่ยที่ 3.73 คะแนน มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างในเรื่องของขนาดสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับกายศาสตร์และความเหมาะสมของวัสดุสูงที่สุดที่ 4.33 คะแนน และการออกแบบเฟอร์นิเจอร์เหมาะสมกับสมัยนิยมมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดที่ 3.00 คะแนน รูปแบบที่ 2 มีผลการประเมินความพึงพอใจต่ำที่สุดที่ 3.67 คะแนน มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างในเรื่องของขนาดสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับกายศาสตร์และความเหมาะสมของวัสดุสูงที่สุดที่ 4.33 คะแนน และการเคลือบผิวเลือกใช้ได้เหมาะสมกับรูปแบบเป็นค่าเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดที่ 3.00 คะแนน

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

คุณสมบัติของเศษวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม้ในอุตสาหกรรมการขนส่ง เพื่อนำใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ โดยใช้กรอบแนวความคิดเกี่ยวกับมาตรฐานด้านการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้จากสมาคมห้องสมุดอเมริกัน สามารถประเมินค่าคุณสมบัติต่าง ๆ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพคุณสมบัติของเศษวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม้จากอุตสาหกรรมการขนส่งในด้านการรับน้ำหนักหรือการทดสอบหน่วยแรงอัดในแนวนานที่เสี้ยน (Compressive Stress Parallel to Grain) เป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการออกแบบสำหรับ โครงสร้าง หรือเฟอร์นิเจอร์ไม้เป็นหลัก ในการผลิตและ ท่อนรับแรงอัด กำลังของของไม้ทั้ง 3 แบบนี้ มีความต้านทานของเสี้ยนในทางยาวคล้ายกับเสาถาวรขนานเสี้ยนไม้ โดยมี เสี้ยนไม้ข้างเคียงยันกันอยู่ทำให้การรับแรงอัดในแนวนานเสี้ยนสูงกว่าในแนวตั้งฉาก ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำไม้ทั้ง 3 ชนิด ที่ได้ จากอุตสาหกรรมการขนส่งในประเทศไทยได้แก่ไม้สน ยางพารา และไม้ยาง ซึ่งค่าความยืดหยุ่นของเนื้อไม้จะรับแรงต่อพื้นที่ได้ เป็นหน่วย kg/cm^2 หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ได้ตามลำดับดังนี้ 145.16 kg/cm^2 333.00 kg/cm^2 และ 208.73 kg/cm^2 รับแรงกดได้ที่ $426.29, 655.49 \text{ kg/cm}^2$ และ 389.92 kg/cm^2 ถือว่าผ่านคุณสมบัติในการใช้งานในด้านโครงสร้างของการ ออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ตามมาตรฐานที่ได้ระบุไว้ใน (American Library Association: ALA) กำหนดไว้ตั้งแต่ช่วงระหว่าง 272.15 kg/cm^2 ถึง 453.59 kg/cm^2 [7] ทั้งนี้ต้องมีการออกแบบ โครงสร้างและเทคนิคในเชิงวิศวกรรมเข้ามาเป็นส่วน สนับสนุนในด้านการออกแบบ จากการศึกษาและการวิเคราะห์ ซึ่งเน้นกลยุทธ์การเพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ที่จะร่วมกัน ขยายมุมมองต่อสถานการณ์สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ด้วยแนวทางการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ [8]

การดำเนินการงานวิจัยด้วยวิธีวิจัยทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ รวมถึงการสร้างต้นแบบเพื่อการวิเคราะห์จากต้นแบบ และประเมินจากการผลิตชิ้นงานจริงนั้น จึงทำให้เกิดข้อค้นพบทั้งในข้อดี – ข้อเสียในทุก ๆ องค์ประกอบ รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ อย่างละเอียดก่อนนำมาปรับปรุงและให้ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านตรวจสอบ จึงได้ผลประเมินความพึงพอใจ และความ เหมาะสมของเฟอร์นิเจอร์ที่ทั้ง 3 รูปแบบ มีค่าคะแนนตามลำดับดังนี้ รูปแบบที่ 1) 4.00 คะแนน รูปแบบที่ 2) 3.67 คะแนน และรูปแบบที่ 3) 3.73 คะแนน โดยที่รูปแบบที่ 1 มีคะแนนมากที่สุด รองลงมา คือ รูปแบบที่ 2 และ 3 ผลคะแนนของการ ออกแบบทั้งหมด มีค่าคะแนนความเหมาะสมเกินที่ระดับ 3.50 คะแนน เหมาะสมต่อการนำไปต่อยอดสู่การผลิตให้แก่ วิทยาลัยชุมชนในพื้นที่การศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ด้วยแนวความคิดและการดำเนินกิจกรรมการออกแบบ สร้างสรรค์เพื่อสร้างความยั่งยืนให้กับชุมชน สังคม และสิ่งแวดล้อม

ผู้วิจัยจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะมีส่วนสำคัญต่อการบูรณาการวิชาการทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์สู่ชุมชน ช่วยยกระดับการพัฒนาของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) เช่นการลดต้นทุนจากการผลิตโดยการนำวัสดุเหลือใช้ และขยะจากระบบอุตสาหกรรมขนส่งหรือระบบโลจิสติกส์ มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์และใช้งานได้จริง จึงมีความสำคัญ และจะส่งผลที่ดีต่อระบบเศรษฐกิจตลอดจนสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณธนาคารออมสิน “โครงการออมสินยุวพัฒน์รักษ์ถิ่น” ที่สนับสนุนเงินทุนในการลง พื้นที่ชุมชน เทศบาล และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเฟอร์นิเจอร์สตรีไม้พาเลทเก่า ตำบลห้วยยูง จังหวัดชัยนาท ที่ให้ความอนุเคราะห์ สถานที่และข้อมูลในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Luttrupp, C., & Lagerstedt, J. (2006). Eco-design and The Ten Golden Rules: Generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14, 1396-1408.
- [2] Rocha, C. S., Antunes, P., & Partidário, P. (2019). Design for sustainability models: A multi perspective review. *Journal of Cleaner Production*, 234, 1428-1445.
- [3] Noranarttakun, P., & Pharino, C. (2021). Strategic Implementation to Enhance Green Industry Practices in SMEs: Lesson Learned from Thailand. *Environment Asia*, 14(1).
- [4] Diler, H., Efe, H., Erdil, Y. Z., Kuskun, T., & Kasal, A. (2017). Determination of allowable design loads for wood chairs. In J. Surname & J. Lastname (Eds.), *Proceedings of the 28th International Conference Research for Furniture Industry* (pp. 37-42). Poznan, Poland.
- [5] Department of Public Works and Town and Country Planning and Building Control Bureau. (2017). Standard test of Wood., from http://www.subsites.dpt.go.th/edocument/images/pdf/sd_work/1221_7.pdf (in Thai)
- [6] Erdil, Y. Z., Haviarova, E., & Eckelman, C. A. (2004). Product engineering and performance testing in relation to strength design of furniture. *Wood and Fiber Science*, 36(4), 411-416.
- [7] Eckelman, C. A. (1989). Performance testing of furniture. II. A multipurpose universal structural performance test method. *Forest Products Journal*, 38(7), 13-7.
- [8] Smith, J., & Johnson, R. (2022). Bio-Circular-Green Economy: A Paradigm Shift towards Sustainable Resource Management. *Environmental Sustainability Review*, 8(2), 67-82.

การศึกษาและวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการขึ้นรูป พอลิอะคริโลไนไตรล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) ด้วยเทคนิคการพิมพ์สามมิติ

Investigation and Optimization of Printing Parameters of 3D-Printed ABS-Based parts

^{1*} นัยยุนาถ นนทะภาพ, ^{2#} นพพล สมเศรษฐ์ และ ^{3#} ณัฐ ธานุมนทล

^{1,2,3} ภาควิชาวัสดุศาสตร์ทางการทหารและอากาศยาน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

^{1*} Naiyunard Nontapaph, ^{2#} Noppon Somsesta and ^{3#} Nat Tanumonthon

^{1,2,3} Military and Aerospace Material Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Thai Air Force Academy

*naiyunard@rtaf.mi.th, #noppon_soms@rtaf.mi.th, #nat.meng@yahoo.com

Received : September 27, 2023

Revised : November 24, 2023

Accepted : November 26, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ การศึกษาผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรจากเครื่องพิมพ์สามมิติ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละตัวแปรสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงาน ผ่านการศึกษาพื้นฐานวิทยา ดัชนีความเป็นผลึก สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อน โดยตัวแปรที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ อุณหภูมิหัวฉีดที่อุณหภูมิ 240°C , 250°C และ 260°C และเปอร์เซ็นต์ของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่างที่ 25%, 50%, 75% และ 100% วัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูป คือ พอลิอะคริโลไนไตรล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) การวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์สมบัติของชิ้นงาน 5 ประเภท คือ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เครื่องทดสอบแรงดึง เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงกล และ เครื่องวิเคราะห์เชิงอุณหภูมิความร้อน ผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิหัวฉีดสูงขึ้นจะทำให้เนื้อพลาสติกของแต่ละชั้นหลอมเชื่อมติดกันและโครงสร้างภายในมีความเป็นระเบียบมากขึ้น อีกทั้งยังทำให้ค่ามอดูลัสการจذبสูงขึ้นส่งผลให้วัสดุมีความคงรูปมากขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นที่มากขึ้นจะส่งผลให้ความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น แต่ในด้านเสถียรภาพทางความร้อนนั้น การปรับตัวแปรทั้งสองไม่ส่งผลกระทบใด ๆ กล่าวคือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิการสลายตัว

คำสำคัญ: เครื่องพิมพ์สามมิติ, พอลิอะคริโลไนไตรล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน, สมบัติเชิงกล, สมบัติทางความร้อน

Abstract

Recently, 3D printers have rapidly expanded and played an important role in the fabrication of composite materials because they are able to design complex and durable aerospace component structures. The objective of this research is to study the effects of printing or processing parameters on 3D printers and find the most appropriate values that provide the best properties for three-dimensional modeling. In this work, the ABS filament was used as a precursor for the 3D printing process, and a study on the effect of nozzle temperature (240 °C, 250 °C, and 260 °C) and infill density (25%, 50%, 75%, and 100%) on morphology, crystallinity index, mechanical properties, and thermal properties was performed. The 3D-printed parts were then characterized using scanning electron microscopes (SEM), universal testing machines (UTM), X-ray diffraction analyzers (XRD), thermal mechanical analyzers (DMA), and thermogravimetric analyzers (TGA). The experimental results showed that at higher nozzle temperatures, the adhesion between the layers improved and the air voids were smaller. These led to an increment in the molecular orientation. In addition, the higher printing temperature can enhance the storage modulus, which makes the part harder to dislocate. The results also indicated that the tensile strength of 3D-printed parts increased with increasing infill density. Nevertheless, these two parameters had no effect on thermal stability since the decomposition temperature did not change even when the processing condition was adjusted.

Keywords: 3D printing, Polyacrylonitrile-butadiene-styrene, Mechanical properties, Thermal properties

1. บทนำ

ในปัจจุบันกองทัพอากาศให้ความสำคัญในด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตชิ้นส่วนของอากาศยานเป็นอย่างมาก เพื่อเป็นการสร้างองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีอากาศยานแก่องค์กรและลดการนำเข้าวัสดุราคาแพงจากต่างประเทศ รวมไปถึงเสริมสร้างศักยภาพในการปฏิบัติการกิจต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน ปัจจุบันวัสดุคอมโพสิตได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเอาไปใช้เป็นส่วนประกอบของพาหนะ เช่น จักรยานยนต์ รถยนต์ เรือ อากาศยาน ดาวเทียม ฯลฯ เนื่องจากวัสดุคอมโพสิตนั้นมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูงกว่าโลหะ อีกทั้งยังทนต่อการกัดกร่อนสูงเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้งานวิจัยโดยส่วนใหญ่จึงเน้นไปทางการศึกษาวัสดุประเภทคอมโพสิต ซึ่งวัสดุที่ใช้งานในอุตสาหกรรมอากาศยานนั้นจำเป็นต้องมีทั้งความแข็งแรงสูงและความสามารถในการคงตัวได้ดีภายใต้ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากแรงเสียดทานขณะทำการบินที่บริเวณพื้นผิวโครงสร้างโดยมีอุณหภูมิที่เกิดขึ้น 120°C ที่ความเร็ว 2.2 เท่าของความเร็วเสียง [1] หากสามารถลดน้ำหนักได้ก็จะส่งผลดีต่ออากาศยานในแง่ของสมรรถนะที่จะสูงขึ้นหากมวลรวมเบาลง และยังเอื้อประโยชน์ในแง่ของการลดการใช้เชื้อเพลิงด้วยเช่นกัน โดยชิ้นส่วนอากาศยานเหล่านี้หลักจากผ่านกระบวนการขึ้นรูปแล้วนั้น จะต้องนำไปทำการทดสอบคุณสมบัติทั้งด้านสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อน เนื่องจากอากาศยานนั้นจะถูกใช้ในสภาพแวดล้อมหรือภูมิประเทศที่แตกต่างกันออกไป จึงทำให้ต้องมีการออกแบบและขึ้นรูปส่วนประกอบที่มีลักษณะและสมบัติที่ต่างกันอย่างไปตามการใช้งาน การขึ้นรูปวัสดุทางอากาศยานนั้น ณ ปัจจุบันมีอยู่หลากหลายวิธีการ โดยในปัจจุบันนี้การใช้เทคโนโลยีเครื่องพิมพ์สามมิติเริ่มเข้ามามีบทบาทในการขึ้นรูปชิ้นส่วนอากาศยานมากขึ้นเนื่องจากสามารถขึ้นรูปวัสดุคอมโพสิตที่โครงสร้างซับซ้อน แม่นยำ และแข็งแรงทนทาน เช่น โครงสร้างแบบแซนด์วิช โครงสร้างแบบรวงผึ้ง อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปที่น้อยเมื่อเทียบกับกระบวนการขึ้นรูปของคอมโพสิตวิธีการอื่นๆ [2]

เทคโนโลยีการขึ้นรูปโดยเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นพัฒนาไปอย่างรวดเร็วมากเมื่อเทียบกับในอดีต เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างและออกแบบโครงสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเชิงพาณิชย์อุตสาหกรรม เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ เครื่องประดับ ชิ้นส่วนยานยนต์ ของใช้ในชีวิตประจำวัน รวมไปถึงชิ้นส่วนอากาศยาน เป็นต้น [3] โดยหลักการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิตินั้น ผู้ใช้ต้องเขียนแบบจากซอฟต์แวร์ Computer-Aided Design (CAD) จากนั้นส่งโมเดลที่ออกแบบไปทำการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติโดยการผลิตแบบชั้นต่อชั้น (Layer by Layer) เพื่อให้ได้แบบที่ต้องการ [4]

เนื่องด้วยค่าตัวแปรของเครื่องพิมพ์สามมิตินั้นมีหลายค่าตัวแปร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรต่าง ๆ ของ เครื่องพิมพ์สามมิตินั้น จะส่งผลกระทบต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูป ทั้งด้านคุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติเชิงความร้อน [5] ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะไม่สามารถใช้งานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งนับเป็นความท้าทายของคณะผู้วิจัย ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำการขึ้นรูปชิ้นงานจากพอลิอะครีโลไนไตรล์-บิวเทไดอิน-สไตรีน (ABS) ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยเน้นไปที่การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรสองชนิดของเครื่องพิมพ์สามมิติ คือ อุณหภูมิหัวฉีด (Nozzle temperature; 240°C , 250°C และ 260°C) และปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่าง (Infill Density; 25%, 50%, 75% และ 100%) ต่อลักษณะพื้นฐานวิทยา ค่าดัชนีความเป็นผลึก สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อน เพื่อศึกษาและวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูปชิ้นส่วนของชิ้นส่วนอากาศยาน

2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 การขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเทคนิคการพิมพ์แบบสามมิติ โดยทำการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิหัวฉีดและปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่าง

2.2 การศึกษาและทดสอบลักษณะพื้นฐานวิทยา ค่าดัชนีความเป็นผลึก สมบัติเชิงกล และสมบัติทางความร้อนของชิ้นงานที่เตรียมได้

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2018 Wu และ Junhui [6] ศึกษาหาค่าความสูงของชั้นเลเยอร์ในการพิมพ์แบบสามมิติที่ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปวัสดุ ความสิ้นเปลืองของวัสดุ และความแม่นยำในการพิมพ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยผู้ทำวิจัยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติรุ่น Raise3D N2plus อุณหภูมิหัวฉีดถูกตั้งไว้ที่ 210°C วัสดุที่ใช้ในการพิมพ์คือพอลิแลคติกแอซิด (PLA) โดยผลการวิจัยพบว่าที่ความสูงของชั้นเลเยอร์เท่ากับ 0.14 มม. นั้น ใช้เวลาในการพิมพ์และมีความสิ้นเปลืองของวัสดุน้อย และมีความแม่นยำในการพิมพ์ที่สุด

ในปี ค.ศ. 2022 Fontana L และคณะผู้วิจัย [7] ทำการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรในการพิมพ์สามมิติที่มีต่อความต้านทานแรงดึงของวัสดุ PLA โดยตัวแปรของการพิมพ์สามมิติคือความสูงของชั้นพิมพ์และเปอร์เซ็นต์การเติมสาร ผลการทดสอบแรงดึงแสดงให้เห็นว่าความหนาของชั้นมีความสำคัญมากกว่าเปอร์เซ็นต์การเติมสารสำหรับความต้านทานแรงดึงของผลิตภัณฑ์ PLA นอกจากนี้ยังมีการเสนอแบบจำลองการถดถอยเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำนายความต้านทานแรงดึงสูงสุดของผลิตภัณฑ์ PLA โดยขึ้นอยู่กับค่าของพารามิเตอร์ทั้งสองที่ได้จากการศึกษา

ในปี ค.ศ. 2018 Coppola และคณะผู้วิจัย [8] ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการขึ้นรูปจากเครื่องพิมพ์สามมิติโดยใช้วัสดุนาโนคอมโพสิต (PLA/ดินเหนียว) และใช้เครื่อง TGA DMA และ DSC ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ในส่วนของผลการวิจัยพบว่า การจัดแนวเมตริกซ์ อุณหภูมิการพิมพ์ และสัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ

4. การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรจากเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยตัวแปรที่ทำการปรับเปลี่ยนมี 2 ตัวแปร คือ อุณหภูมิหัวฉีด และปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่าง โดยที่อุณหภูมิหัวฉีดในการศึกษาครั้งนี้คือ ที่อุณหภูมิ 240°C , 250°C และ 260°C ส่วนปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่างจากแม่พิมพ์คือ 25%, 50%, 75% และ 100% ตามลำดับ และเรียกชิ้นงานที่เตรียมได้ด้วยชื่อย่อ 240F25, 240F50, 240F75, 240F100, 250F25, 250F50, 250F75, 250F100, 260F25, 260F50, 260F75 และ 260F100 โดยตัวเลขข้างหน้าอ้างอิงตามอุณหภูมิหัวฉีดและตัวเลขข้างหลังอ้างอิงตามปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติก

ในส่วนของตัวอย่างชิ้นงานทั้งหมดในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ (Bambu Lab, X1 Carbon, China) และวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปคือเส้นใยของพอลิอะคริโลไนไทรล์-บิวตะไดอีน-สไตรีน (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene; ABS, Raise3D, U.S.A.) โดยกำหนดความเร็วในการพิมพ์ 200 มม.ต่อวินาที อุณหภูมิฐานรองพิมพ์ 100°C ความหนาของชั้นพิมพ์ 2 มม. ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์สมบัติของชิ้นงาน 5 ประเภท คือ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM) เครื่องทดสอบแรงดึง (Universal Testing Machine; UTM) เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction Analysis; XRD) เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงกล (Dynamic Mechanical Analysis; DMA) และ เครื่องวิเคราะห์เชิงอุณหภูมิกความร้อน (Thermogravimetric Analysis; TGA)

4.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การศึกษาพื้นผิวหรือลักษณะสัณฐานวิทยาของชิ้นงานทำการโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Carl Zeiss, Auriga, Germany) โดยตัวอย่างชิ้นงานที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้เป็นชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบความทนต่อแรงดึงจนขาดเป็นสองท่อนมาแล้ว จากนั้นนำเอาไปอบไอน้ำของทองก่อนการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนต่อไป ซึ่งเป็นการศึกษาภาพถ่ายแนวขวางของชิ้นงาน ณ บริเวณที่เกิดการร้าวจากการทดสอบความทนต่อแรงดึง โดยทำการศึกษาที่กำลังขยาย 30 เท่า

4.2 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

การศึกษาสมบัติเชิงกลของวัสดุผ่านการทดสอบความทนต่อแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (LLOYD, LD10, England) โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 638 ตัวอย่างทดสอบที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติจะมีรูปร่างเป็นกระดูกหมา (Dog Bone Shape) ที่มีความหนา 3.2 มม. ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ขนาดหัวกดขนาด 10 กิโลนิวตัน และมีอัตราเร็วในการดึงที่ 10 มม.ต่อนาที โดยจะใช้ชิ้นงานจำนวน 5 ชิ้นงานต่อการทดสอบแต่ละสูตรเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร และนำไปแปลงเป็นค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบเพื่อให้ผลการทดสอบมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือ

4.3 เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การทดสอบและวิเคราะห์โครงสร้างผลึก รวมไปถึงดัชนีความเป็นผลึกทำการศึกษาด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟร็กโตมิเตอร์ (Bruker, AXS D8, Germany) โดยมุมการเลี้ยวเบน อยู่ในค่าระหว่าง 5° C ถึง 40° C ด้วยอัตราสแกน 2° C ต่อนาที ซึ่งผู้วิจัยกำหนดชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติให้เป็นรูปร่างทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มม. และความสูง 2 มม. ก่อนการวิเคราะห์ทำการอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 60° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจัดเก็บไว้ในตู้เก็บความชื้นเพื่อรอทดสอบ

4.4 เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงกล

เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงกล (DMA) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกลและสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ ทำให้สามารถทราบค่ามอดุลัสจืดเก็บและมอดุลัสสูญเสียโดยการกำหนดแรงที่มากระทำต่อชิ้นงานในลักษณะเป็นคาบ [9] การทดลองนี้ใช้เครื่อง Mettler Toledo Model DMA 1 ในการทดลองโดยผู้วิจัยกำหนดขนาดชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติให้มีความยาว ความกว้าง และความหนา คือ 10.65 มม. x 12.19 มม. x 2.10 มม. จากนั้นนำชิ้นงานไปวิเคราะห์เพื่อหาค่ามอดุลัสการจืดเก็บต่ออุณหภูมิชิ้นงานด้วยเครื่อง DMA ซึ่งกำหนดค่าอุณหภูมิเริ่มต้น 35° C อุณหภูมิสิ้นสุดที่ 150° C อัตราการให้ความร้อนของเครื่องคือ 5° C ต่อนาที ค่าแอมพลิจูดที่ 20 ไมโครเมตร และความถี่ที่ 1 เฮิรตซ์ จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ในรูปแบบแผนภูมิเชิงเส้น

4.5 เครื่องวิเคราะห์เชิงอุณหภูมิความร้อน

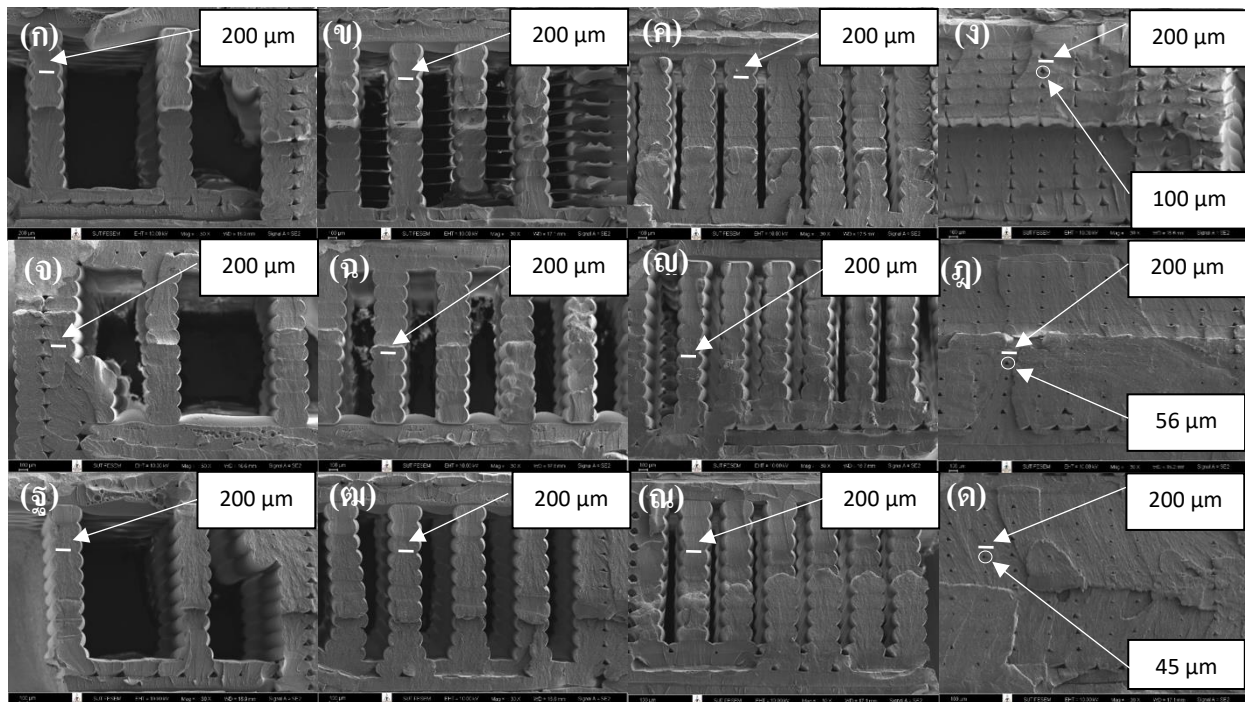
เครื่องวิเคราะห์เชิงอุณหภูมิความร้อนเป็นเครื่องมือวัดเสถียรภาพทางความร้อนของวัสดุโดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักระหว่างการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างอย่างต่อเนื่อง [10] การทดลองนี้ใช้เครื่อง Mettler Toledo Model TGA/DSC1 ในการทดลองโดยชิ้นงานที่ใช้การทดลองคือ ABS น้ำหนักประมาณ 5-10 มก. ซึ่งชิ้นงานจะได้รับความร้อนจาก TGA ด้วยอัตราความร้อน 10° C ต่อนาที เนื่องจากเป็นอัตราการให้ความร้อนที่เหมาะสมสำหรับ ABS [11] จนถึงอุณหภูมิที่ 500° C จากนั้นปล่อยอุณหภูมิให้คงที่เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ในรูปแบบแผนภูมิเชิงเส้น

5. ผลการวิจัย

5.1 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

การศึกษาลักษณะพื้นฐานวิทยาของชิ้นตัวอย่าง (240F25-100 250F25-100 และ 260F25-100) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยลักษณะพื้นผิวและรายละเอียดต่าง ๆ ดังรูปที่ 1 พบว่า ในทุกอุณหภูมิหัวฉีด 240° C, 250° C และ 260° C มีลักษณะแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อเพิ่มปริมาณสัดส่วนความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกมากขึ้นช่องว่างของเนื้อพลาสติกจะลดลงตามสัดส่วนตั้งแต่ 25, 50, 75 และที่ความหนาแน่น 100% จะสังเกตได้ว่าพื้นผิวของชิ้นงานจะมีช่องว่างปรากฏอยู่น้อยมาก อย่างไรก็ตามหากทำการพิจารณาภาพถ่ายอย่างละเอียดจะเห็นช่องว่างขนาดเล็กที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยจะพบได้เมื่อทำการตรวจสอบตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนเท่านั้น และมักจะถูกเรียกว่าช่องว่างอากาศ (Air voids) [12] ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปในกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ ในขณะที่อุณหภูมิหัวฉีดที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อขนาดของช่องว่างเหล่านี้ โดยพบว่าช่องว่างมีขนาดเล็กลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีขนาดช่องว่างเฉลี่ยเท่ากับ 94, 62

และ 47 ไมโครเมตร ตามลำดับภาพ (ง), (ญ) และ (ค) เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เนื้อพลาสติกของแต่ละชั้นหลอมเชื่อมติดกันได้ดีขึ้น จึงทำให้ช่องว่างอากาศของชิ้นงานที่ทำการพิมพ์โดยใช้อุณหภูมิหัวฉีด 260°C มีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 240°C และ 250°C ตามลำดับ เมื่อช่องว่างขนาดเล็กลงทำให้ชิ้นงานมีสมบัติการคงทนต่อการเปลี่ยนรูปสูงขึ้น เนื่องจากช่องว่างอากาศถือเป็นความไม่สมบูรณ์ของวัสดุ (Voids Defect) การที่ช่องว่างมีขนาดเล็กลงนั้น ส่งผลให้ความไม่สมบูรณ์ของวัสดุมีน้อยลงตาม ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถสังเกตได้ที่ปริมาณสัดส่วนความหนาแน่น 100% เท่านั้น โดยที่ความหนาแน่น 25%, 50% และ 75% จะไม่สามารถสังเกตความแตกต่างของขนาดช่องว่างได้ชัดเจน เนื่องจากมีที่ว่างที่เกิดจากปริมาณเนื้อพลาสติกที่ยังไม่เต็มแม่พิมพ์



รูปที่ 1 ภาพถ่ายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่าง

โดยที่ : (ก) 240F25 (ข) 240F50 (ค) 240F75 (ง) 240F100 (จ) 250F25 (ฉ) 250F50

(ญ) 250F75 (ฎ) 250F100 (ฐ) 260F25 (ฒ) 260F50 (ณ) 250F75 (ด) 250F100

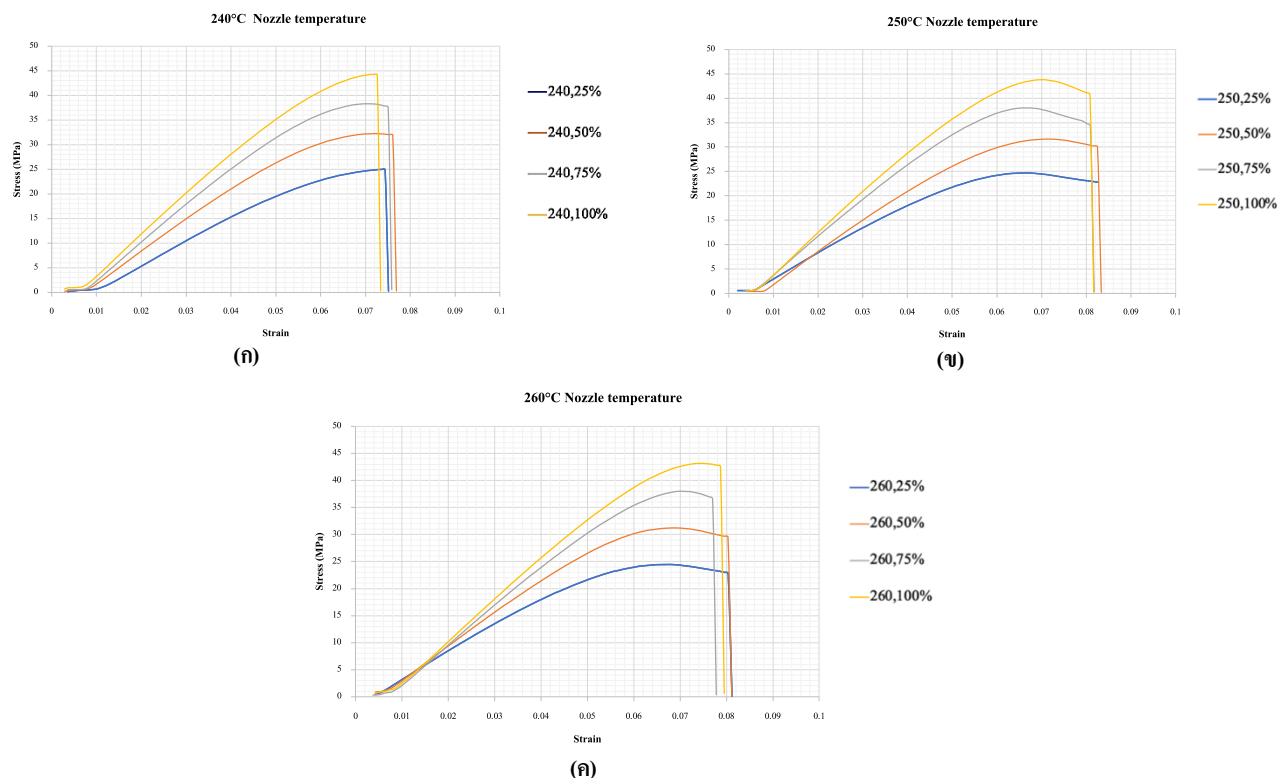
5.2 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์

ความทนต่อแรงดึง ระยะยืด และน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงาน เมื่อทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความทนต่อแรงดึง ระยะยืด และน้ำหนักของตัวอย่างชิ้นงาน

ตัวอย่าง	ความทนแรงดึง (เมกะปาสคาล)	ระยะยืด	น้ำหนัก (กรัม)
240F25	25.33	9.02	26.85
240F50	31.96	8.26	32.35
240F75	38.23	7.87	38.11
240F100	44.73	8.47	43.47
250F25	24.25	7.88	26.85
250F50	31.46	9.23	32.35
250F75	38.11	8.25	38.11
250F100	43.72	8.12	43.47
260F25	24.47	8.28	26.85
260F50	31.47	9.02	32.35
260F75	37.83	8.63	38.11
260F100	43.09	9.01	43.47

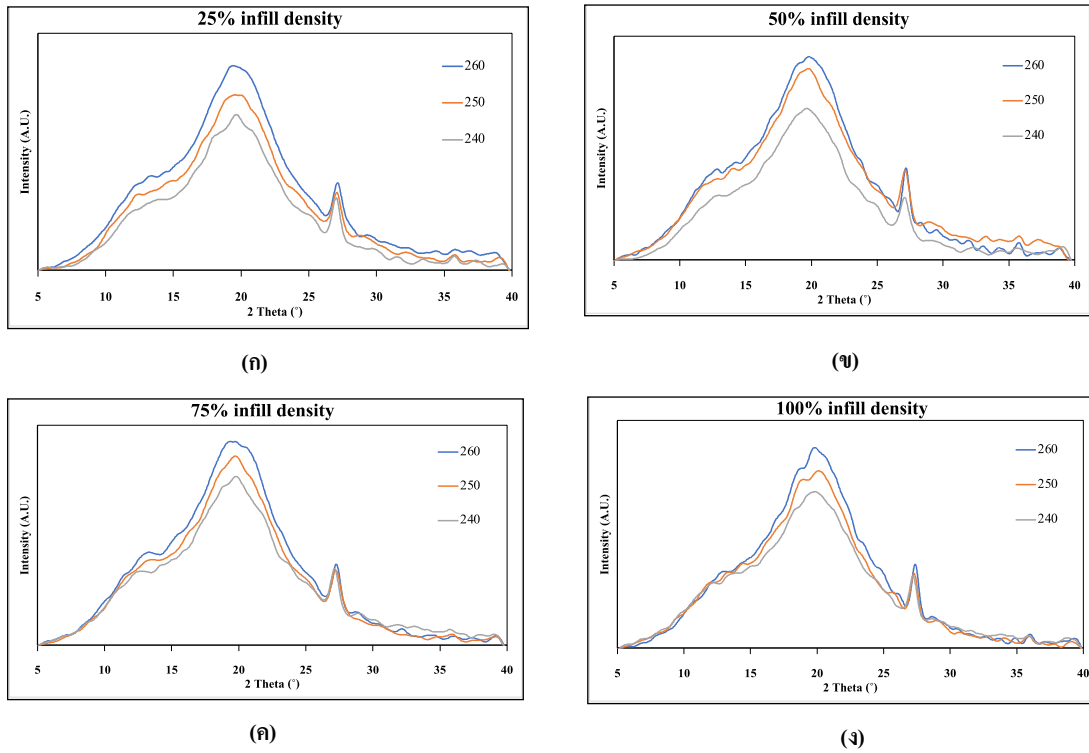
การศึกษาสมบัติเชิงกลของชิ้นงานผ่านการทดสอบความทนแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบเนกประสงค์ โดยรูปที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของชิ้นงานในแต่ละอุณหภูมิหัวฉีด จากผลการทดสอบพบว่าความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นมากขึ้น [13] และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันสำหรับทุกอุณหภูมิหัวฉีด ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากการมีช่องว่างภายในชิ้นงานลดลงเมื่อปริมาณความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แต่ในส่วนของคุณค่าความเครียดหรือระยะยืดของชิ้นงานนั้นพบว่า เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นส่งผลต่อค่าความยืดเพียงเล็กน้อย โดยค่าความทนต่อแรงดึงและระยะยืดของชิ้นตัวอย่าง (240F25-100, 250F25-100 และ 260F25-100) จะถูกรวบรวมไว้ในตารางที่ 1 นอกจากนี้ น้ำหนักของชิ้นตัวอย่างขึ้นอยู่กับความหนาแน่นด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของตัวอย่างที่อุณหภูมิหัวฉีด
(ก) 240°C (ข) 250°C (ค) 260°C

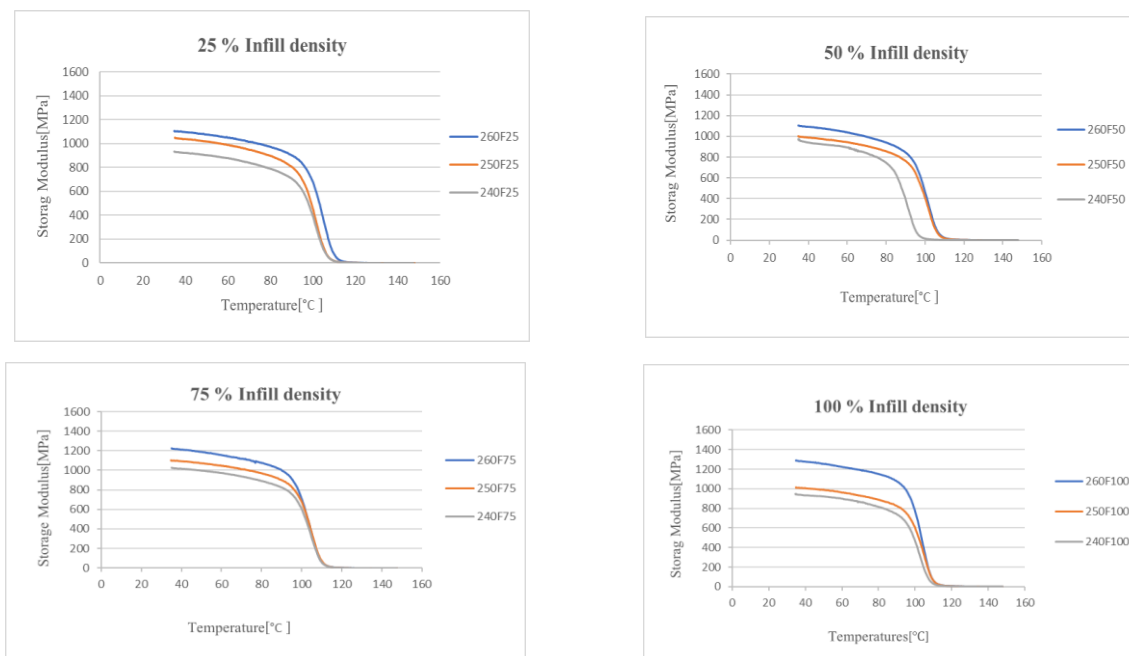
5.3 เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์

การวิเคราะห์โครงสร้างและดัชนีความเป็นผลึกของชิ้นตัวอย่างด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ หรือ XRD นั้น ทำให้ทราบถึงลักษณะผลึกหรือความเป็นระเบียบของโครงสร้างภายในวัสดุได้ ซึ่งเป็นปัจจัยที่จะส่งผลต่อสมบัติทางความร้อน โดยรูปที่ 3 ได้แสดงค่าความหนาแน่นของการเลี้ยวเบนของชิ้นตัวอย่าง พบว่า มีความหนาแน่นของการเลี้ยวเบนสูงขึ้นบริเวณ โดยรอบจุด 19.7° ซึ่งเป็นการแสดงถึงลักษณะเฉพาะของ ABS และค่านี้ก็เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Zulfi และ คณะ [14] โดยในทุกเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นนั้นจะสังเกตได้ว่าอุณหภูมิของหัวฉีดมีผลต่อความสูงของการเลี้ยวเบน ยิ่งอุณหภูมิของหัวฉีดมีค่าสูงขึ้น ความหนาแน่นของการเลี้ยวเบนก็สูงขึ้นตาม ซึ่งการสูงขึ้นนี้บ่งบอกถึงลักษณะ โครงสร้างที่มีความเป็นระเบียบ ที่มากขึ้น และการที่วัสดุใด ๆ มีโครงสร้างที่มีความเป็นระเบียบสูงขึ้นจะทำให้สมบัติเชิงกลสูงขึ้นตามเช่นกัน [13]



รูปที่ 3 ความหนาแน่นของการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ที่องค์าแตกต่างกันของตัวอย่างที่ปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่างจากแม่พิมพ์
(ก) 25% (ข) 50% (ค) 75% (ง) 100%

5.4 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงกล

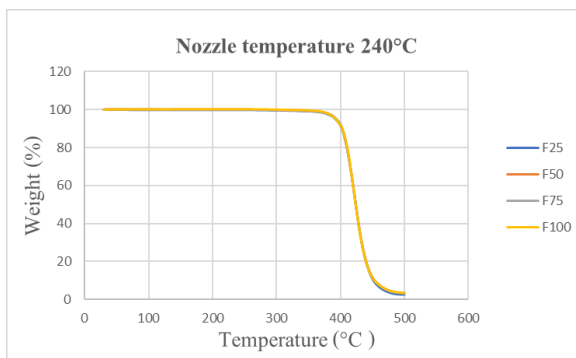


รูปที่ 4 มอดูลัสการจับเก็บของตัวอย่างที่ปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่างจากแม่พิมพ์
(ก) 25% (ข) 50% (ค) 75% (ง) 100%

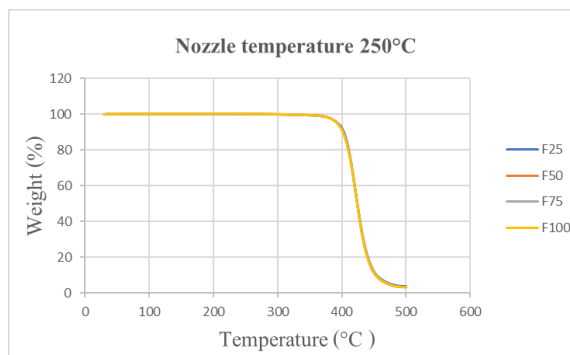
จากแผนภูมิเชิงเส้นทั้ง 4 แผนภูมิที่แสดงในรูปที่ 4 ข้างต้นสามารถกล่าวได้ว่าอุณหภูมิหัวฉีดของเครื่องพิมพ์สามมิตินี้ส่งผลต่อมอดูลัสการจับเก็บของชิ้นงาน เช่น ณ อุณหภูมิที่ 80 °C ที่ 75% ของปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติก และอุณหภูมิหัวฉีดที่ 240 °C, 250 °C และ 260 °C มีค่ามอดูลัสการจับเก็บ 891.95, 971.29 และ 1071.36 เมกะปาสคาลตามลำดับ โดยค่ามอดูลัสการจับเก็บนั้นจะมีค่ามากขึ้นตามอุณหภูมิหัวฉีดของเครื่องพิมพ์สามมิติ ซึ่งวัสดุที่มีค่ามอดูลัสการจับเก็บมากนั้นจะมีความสามารถในการคงรูปและแข็งแรงได้มากกว่าวัสดุที่มีค่ามอดูลัสการจับเก็บที่น้อยกว่า [15] [16] และผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทดสอบด้วย SEM และ XRD โดยการทดสอบด้วยเทคนิค SEM นั้นแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิหัวฉีดมีผลต่อขนาดช่องว่างในเนื้อของวัสดุ ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ขนาดของช่องว่างอากาศเล็กลง จึงทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปได้ยากขึ้น [17] ส่วนการทดสอบแบบ XRD ถ้าอุณหภูมิหัวฉีดของเครื่องพิมพ์ยังสูงขึ้น ยิ่งทำให้ความหนาแน่นของการเลี้ยวเบนสูงขึ้นตามแสดงถึงความเป็นระเบียบของโครงสร้างที่มากขึ้น จึงมีผลให้วัสดุคงทนต่อการเปลี่ยนรูปมากขึ้น [18]

5.5 เครื่องวิเคราะห์เชิงอุณหภูมิความร้อน

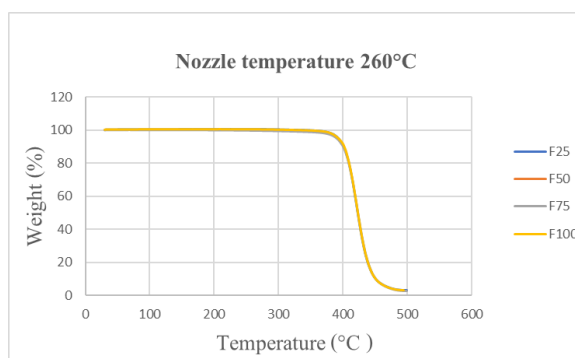
ผลการทดสอบด้วย TGA นั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบเสถียรภาพและหาอุณหภูมิการสลายตัวทางความร้อนต่อชิ้นงานตัวอย่าง โดยจากแผนภูมิในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิหัวฉีดและปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่แตกต่างกันออกไป ไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิการสลายตัวของ ABS โดยผลการทดลองทุกผลมีค่าใกล้เคียงกันมากหรืออาจจะเท่ากันในบางตัว กล่าวคือ ชิ้นตัวอย่างจะเริ่มสลายตัวที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C ซึ่งเป็นเพราะ ABS ที่ใช้ในงานวิจัยเป็น ABS ชนิดเดียวกันทั้งหมด จึงทำให้มีค่าความเสถียรภาพทางความร้อนที่เท่ากัน ดังนั้นอุณหภูมิการสลายตัวจึงมีค่าใกล้เคียงกัน [19]



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 ร้อยละน้ำหนักที่อุณหภูมิแตกต่างกันของตัวอย่างที่อุณหภูมิหัวฉีด

(ก) 240°C (ข) 250°C (ค) 260°C

6. สรุป

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกระทบของอุณหภูมิหัวฉีดและปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่างต่อสมบัติของชิ้นงานที่ขึ้นรูปจากเส้นใยพอลิเอทรีโกลไนด์-ไตรล-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) ด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ โดยพบว่า ชิ้นงานที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในทางอากาศยานคือชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิหัวฉีดที่ 260°C และมีปริมาณความหนาแน่นของเนื้อสาร 100% จากการตรวจสอบลักษณะสันฐานวิทยา พบว่าเมื่อปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกมีสัดส่วนที่มากขึ้น ช่องว่างของเนื้อพลาสติกก็จะลดน้อยลง ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นที่มากขึ้นจะส่งผลให้ความทนต่อแรงดึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิของหัวฉีดที่สูงขึ้นส่งผลให้แต่ละชั้นหลอมเชื่อมติดกันได้มากขึ้น โดยสังเกตได้จากช่องว่างอากาศที่เล็กลง จึงทำให้โครงสร้างภายในมีความเป็นระเบียบมากขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่ามอดูลัสการจับเก็บเพิ่มมากขึ้นและส่งผลให้วัสดุมีความสามารถในการคงรูปได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามผลของการศึกษาเสถียรภาพทางความร้อนบ่งชี้ว่าการปรับเปลี่ยนตัวแปรทั้งสองตัวนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิการสลายตัวของชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้

7. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการศึกษาและวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการขึ้นรูปพอลิเอทรีโคโนไครล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) ด้วยเทคนิคการพิมพ์สามมิตินี้ ทำการศึกษาตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติอยู่สองตัว คือ อุณหภูมิหัวฉีด และปริมาณความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกที่เติมลงในช่องว่าง นอกจากการวิเคราะห์สองตัวแปรนี้แล้วยังมีตัวแปรอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์อีก เช่น ความหนาของชั้นพิมพ์ ลักษณะรูปร่าง ความเร็วในการพิมพ์ องศาของการซ้อนทับระหว่างชั้นพิมพ์ ฯลฯ รวมไปถึงการศึกษาในด้านความคุ้มค่าด้านงบประมาณ การกำหนดค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติเพียงพอต่อการใช้งาน การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักและความแข็งแรงของวัสดุ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ควรศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมมากขึ้นและสุดท้ายจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้ในที่สุด

8. กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาและวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการขึ้นรูปพอลิเอทรีโคโนไครล์-บิวตะไดอิน-สไตรีน (ABS) ด้วยเทคนิคการพิมพ์สามมิติ สามารถสำเร็จได้ด้วยดีด้วยคิณของขอบคุณ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ทางการทหารและอากาศยาน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยและสถานที่สำหรับการทดลองกรรมสรรพุทธหารอากาศที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ และขอขอบคุณ น.ท. รศ. โชคชัย แจ่มอำพร ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำทางวิชาการต่าง ๆ ในช่วงตลอดการดำเนินงานวิจัยนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] National Research Council. (1996). Accelerated Aging of Materials and Structures: The Effects of Long-Term Elevated-Temperature Exposure. Washington, DC: The National Academies Press.
- [2] Choudhari, C.J., Thakare, P.S. & Sahu, S.K. (2021). **3D printing of composite sandwich structures for aerospace applications**. In High-performance composite structures: additive manufacturing and processing. Singapore: Springer Singapore.
- [3] Shahrubudin, N., Lee, T.C., & Ramlan, R.J.P.M. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*. 35: 1286-1296.
- [4] Tofail, S.A., Koumoulos, E.P., Bandyopadhyay, A., Bose, S., O'Donoghue, L., & Charitidis, C. (2018). Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities. *Materialstoday*. 21(1): 22-37.
- [5] Fernandes, J., Deus, A.M., Reis, L., Vaz, M.F., & Leite, M. (2018). Study of the influence of 3D printing parameters on the mechanical properties of PLA. 3rd International Conference on Progress in Additive Manufacturing (547-552). Singapore.
- [6] Wu, J. (2018). Study on optimization of 3D printing parameters. In IOP conference series: materials science and engineering. China.
- [7] Fontana, L., Minetola, P., Iuliano, L., Rifuggiato, S., Khandpur, M.S., & Stiuso, V. (2022). An investigation of the influence of 3d printing parameters on the tensile strength of PLA material. *Materialstoday*. 57: 657-663.
- [8] Coppola, B., Cappetti, N., Di Maio, L., Scarfato, P., & Incarnato, L. (2018). 3D printing of PLA/clay nanocomposites: Influence of printing temperature on printed samples properties. *Materials*. 11(10): 1947.
- [9] Xu, X., & Gupta, N. (2018). Determining elastic modulus from dynamic mechanical analysis: a general model based on loss modulus data. *Materialia*. 4: 221-226.

- [10] Rajisha, K.R., Deepa, B., Pothan, L.A., & Thomas, S. (2011). Thermomechanical and spectroscopic characterization of natural fibre composites. *Interface engineering of natural fibre composites for maximum performance*. 2011: 241-274.
- [11] De Oliveira, G.C., Pereira, L.C., Silva, A.L., Semaan, F.S., Castilho, M., & Ponzio, E.A. (2018). Acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) composite electrode for the simultaneous determination of vitamins B 2 and B 6 in pharmaceutical samples. *Journal of Solid State Electrochemistry*. 22: 1607-1619.
- [12] Mulliken, A.D., & Boyce, M.C. (2006). Mechanics of the rate-dependent elastic-plastic deformation of glassy polymers from low to high strain rates. *International journal of solids and structures*. 43(5): 1331-1356.
- [13] Feiyang, H., & Muhammad, K., (2021). Effects of Printing Parameters on the Fatigue Behaviour of 3D-Printed ABS under Dynamic Thermo-Mechanical Loads. *Polymers*. 13: 2362.
- [14] Akmal, Z., Dian, A.H., Muhammad, M.M., Ferry, I., & Khairurrijal, K. (2019). The synthesis of nanofiber membranes from acrylonitrile butadiene styrene (ABS) waste using electrospinning for use as air filtration media. *Royal Society of Chemistry*. 9(53): 30741-30751.
- [15] Zin, M.H., Abdan, K., & Norizan, M.N. (2019). The effect of different fiber loading on flexural and thermal properties of banana/pineapple leaf (PALF)/glass hybrid composite. In *Structural health monitoring of biocomposites, fibre-reinforced composites and hybrid composites*. 2019: 1-17
- [16] Campbell, F.C. (2008). **Elements of Metallurgy and Engineering Alloys**.
- [17] Podsiadly, B., Skalski, A., Rozpiórski, W., & Sloma, M. (2021). Are We Able to Print Components as Strong as Injection Molded Comparing the Properties of 3D Printed and Injection Module Components Made from ABS Thermoplastic. *Applied sciences*. 11(15): 6946.
- [18] Martineau, P.M., Gaukroger, M.P., Guy, K.B., Lawson, S.C., Twitchen, D.J., Friel, I., Hansen, J.O., Summerton, G.C., Addison, T.P.G., & Burns, R. (2009). High crystalline quality single crystal chemical vapour deposition diamond. *Journal of Physics: Condensed Matter*. 21(36).
- [19] Parker, G. (2001). **Encyclopedia of materials: science and technology**.

การวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

The Most Efficient Route Analysis Using 3D Maps for Assistance to Aircraft Accident Victims

^{1#}เกรียงไกร ทานา และ ^{2*}จิตรพล แสงศิริ

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการการบิน กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหการ กองการศึกษา
โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

^{1#}Kriengkrai Thana, ^{2*}Jittraphon Sangsiri

^{1,2} Industrial Engineering and Aviation management Department Division of Education Navaminda Kasatriyadhiraj

Royal Air Force Academy

[#]Kriengkrai_thana@rtaf.mi.th, ^{*}Jittraphon19@gmail.com

Received : October 8, 2023

Revised : November 21, 2023

Accepted : November 23, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางจากแผนที่ 3 มิติที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ และ 2) เพื่อสนับสนุนโปรแกรมให้กรมปฏิบัติการพิเศษ กองทัพอากาศ นำไปใช้วิเคราะห์หาเส้นทางที่ปลอดภัยและใกล้ที่สุด ในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยผู้วิจัยวิเคราะห์หาเส้นทางจากแผนที่ 3 มิติที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลในพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการแบบละโมบ (Greedy Algorithm) ในการเขียนชุดคำสั่งในการวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางที่ตรงตามข้อจำกัดในการหลีกเลี่ยงความชันที่มากกว่า 60 องศา โดยผลการวิจัย พบว่า โปรแกรมสามารถวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยานได้จริง ซึ่งโปรแกรมสามารถแสดงการหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีความชันมากกว่า 60 องศาได้ตรงตามข้อจำกัดของหน่วยค้นหาและช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน ช่วยลดเวลาในการวางแผนของทีม และลดความล่าช้าในการเข้าช่วยชีวิต ผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

คำสำคัญ: การวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด, แผนที่ 3 มิติ, ทฤษฎีการเลือกแบบละโมบ

Abstract

The purposes of this study were to 1) create and design programs to analyze for the most efficient route using 3D maps from unmanned aerial vehicles and 2) support the program for the Royal Thai Air Force Special Operations Regiment to utilize and assist in analyzing for the most efficient and shortest route to rescue aircraft accident victims. The researchers analyzed the route from 3D maps of which the data is collected on Khaomakok hill in the area of Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy, Muak Lek District, Saraburi Province. The researchers applied the Greedy Algorithm in compliance with the limitation to write instructions to analyze and avoid routes with a slope greater than 60 degrees. The results of the study revealed that the program was able to analyze and find the most effective route for assisting in the rescue of aircraft accident victims. The program can display avoidance of routes with a slope of more than 60 degrees to solve the limitations of aircraft accident search and rescue units, reduce team planning time and reduce the delay in saving the aircraft accident victims.

Keywords: The Most Efficient Route Analysis, 3D Maps, Greedy Algorithm

1. บทนำ

ตามยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580) ในประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2 เสริมสร้างสมรรถนะและความพร้อมในการป้องกันประเทศ กลยุทธ์ย่อย 2.10.5 “ศึกษา ค้นคว้า วิจัยและพัฒนาศาสตร์ด้านการยุทธสมัยใหม่ และพิจารณาแนวทางการประยุกต์ใช้ โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมกับธรรมชาติของกองทัพอากาศ” และกลยุทธ์ย่อย 4.1.3 “ปฏิบัติการกิจเพื่อสนับสนุนการรักษาผลประโยชน์แห่งชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจการด้านการบินของประเทศ อาทิ การคุ้มครองน่านฟ้าและเส้นทางคมนาคมทางอากาศ และการค้นหาและช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศในระดับประเทศและภูมิภาค” [1] จากยุทธศาสตร์กองทัพอากาศดังกล่าว หน่วยที่มีหน้าที่หลักด้านการค้นหาและช่วยเหลือชีวิตผู้ประสบเหตุทางอากาศยานของกองทัพอากาศ คือ กรมปฏิบัติการพิเศษ กองทัพอากาศ ซึ่งมีหน้าที่ในการค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุจากอากาศยานทั้งในพื้นที่ปกติและพื้นที่การรบ โดยเมื่อเกิดอุบัติเหตุทางอากาศยาน หน่วยค้นหาและช่วยเหลือกรมปฏิบัติการพิเศษมีขั้นตอนในการเข้าช่วยเหลือ 2 วิธี คือ 1) เข้าค้นหา และ 2) เข้าช่วยเหลือ โดยการค้นหานี้ แบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ การติดตามจากการสื่อสารในพื้นที่สุดท้ายของการสื่อสารของนักบินและหอบังคับการบินจนถึงจุดที่ขาดการติดต่อ จะทำให้สามารถจำกัดพื้นที่ของจุดเกิดเหตุให้มีขอบเขตน้อยลง เพื่อที่จะสามารถลดเวลาในการค้นหาจุดประสบเหตุของอากาศยานได้เป็นอย่างมาก และอีกวิธีการหนึ่ง คือ ทำการค้นหาโดยติดตามสัญญาณจากกล่องดำ ซึ่งจะสามารถทราบถึงจุดเกิดเหตุได้ และทำการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุเป็นลำดับต่อไป ส่วนการช่วยเหลือนั้น ในปัจจุบันมีวิธีในการเข้าช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทางอากาศยาน 3 วิธี โดยวิธีแรก คือการดูภูมิประเทศจากภาพถ่ายทางอากาศ วิธีที่สอง คือ วิเคราะห์จาก Google Earth ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมมุมสูง และวิธีสุดท้าย คือ การขอความร่วมมือจากชาวบ้านที่มีความชำนาญในพื้นที่ในการเข้าไปช่วยเหลือ เพื่อจะได้ทราบถึงเส้นทางที่ชาวบ้านในพื้นที่ใช้ว่าในพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุ ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นั้นมีเส้นทางในการเดินเข้าไปพื้นที่ดังกล่าวอย่างไร เพื่อนำไปใช้ในการช่วยเหลือต่อไป ซึ่งทั้งสามวิธีนี้เป็นเพียงการลองผิดลองถูกของตัวผู้ปฏิบัติเอง ซึ่งจะทำให้ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการหาจุดเกิดเหตุที่แน่นอนและรวดเร็วที่สุด เพื่อทำการช่วยเหลือผู้ประสบภัยและหาวิธีในการแก้ไข รวมไปถึงการขนย้ายผู้ประสบภัยออกจากพื้นที่ [2] เพื่อลดผลกระทบอย่างร้ายแรงทั้งด้านชีวิตของผู้ประสบภัยและในด้านของงบประมาณในการซ่อมแซมอากาศยาน [3]

จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาวิธีการวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้ภาพแผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยการนำข้อมูลที่ได้จากภาพแผนที่ 3 มิติ มาทำการวิเคราะห์หาข้อจำกัด (Constraints) ในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ และนำข้อจำกัดต่าง ๆ นั้น มาประมวลผลแสดงถึงผลดีและผลเสียของแต่ละเส้นทาง เพื่อคำนวณหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดและเร็วที่สุด ให้กับกรมปฏิบัติการพิเศษ กองทัพอากาศ ในการปฏิบัติการกู้คืนหาและช่วยเหลือชีวิตผู้ประสบเหตุทางอากาศยานของกองทัพอากาศต่อไป

2. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา วิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติ เพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ขนาด 3.6 ตารางกิโลเมตร เฉพาะกรณีทราบตำแหน่งที่แน่นอนของอากาศยานที่เกิดอุบัติเหตุ

3. การทบทวนวรรณกรรม

3.1 ทฤษฎีการเลือกแบบละโมภ (Greedy Algorithm)

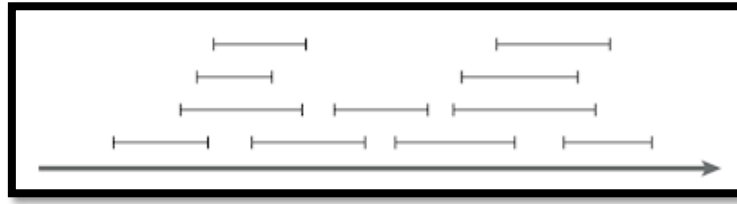
3.1.1 ความหมายของวิธีการเลือกแบบละโมภ (Greedy Algorithm)

วิธีการเลือกแบบละโมภ เป็นขั้นตอนวิธีการแก้ปัญหาเคสละโมภที่มีหลักการ โดยพิจารณาว่าข้อมูลที่มีอยู่ในขณะนั้นมีทางเลือกใดที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่สุด ขั้นตอนวิธีประเภทละโมภจะหาทางเลือกที่ดีที่สุดในขณะนั้น ซึ่งถ้าข้อมูลขณะนั้นเพียงพอที่จะทำให้สรุปคำตอบที่ดีที่สุด จะได้ขั้นตอนวิธีที่มีประสิทธิภาพ โดยยึดเงื่อนไข (แบบคาดเดา) และทำซ้ำไปสู่เป้าหมายในที่สุด หรือจะเรียกได้ว่าเคสอย่างมีหลักการ เพื่อจะหาคำตอบได้ โดยไม่ได้สนใจข้อมูลหรือความเร็วในการประมวลผลแต่อย่างใด เป็นแค่ขั้นตอนวิธีเพื่อหาเป้าหมายหรือผลลัพธ์รูปแบบหนึ่ง โดยกระบวนการ คือ การสร้างเงื่อนไขที่ดีที่สุดเพื่อไปสู่เป้าหมายได้ โดยทั่วไปจะใช้ขั้นตอนวิธีประเภทละโมภกับปัญหาเหมาะสมที่สุด Optimization Problem เพราะว่าการตัดสินใจว่าทางเลือกในปัจจุบันมีค่าตอบแทนมากที่สุดหรือน้อยที่สุดหรือไม่ [4]

3.1.3 การออกแบบขั้นตอนวิธีการเลือกแบบละโมภ

ตัวอย่างปัญหาที่จะใช้ออกแบบปัญหา Interval Scheduling สมมติให้มีทรัพยากรอย่างหนึ่ง ซึ่งมีคนต้องการที่จะขอใช้ทรัพยากรดังกล่าวในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยแต่ละคนจะมีการร้องขอใช้ทรัพยากรตั้งแต่เวลา s จนถึงเวลา f เนื่องจากทรัพยากรที่มีนั้น สามารถรองรับการใช้งานให้คนเดียวเท่านั้นในช่วงเวลาต่าง ๆ จึงจำเป็นจะต้องรับข้อเรียกร้องในการใช้ทรัพยากรนี้สำหรับบางคน และปฏิเสธข้อเรียกร้องของคนอื่น เพื่อให้คนที่อนุญาตสามารถเข้ามาใช้ทรัพยากรโดยไม่มีช่วงเวลารบกวนกัน เป้าหมายของปัญหานี้คือ ต้องเลือกตอบรับข้อเรียกร้องใดบ้างจึงจะสามารถตอบรับข้อเรียกร้องได้เป็นจำนวนมากที่สุด [5]

ทั้งนี้แทนคำเรียกร้องเป็นจำนวนเท่ากับ n ได้แก่ คำเรียกร้องที่ $1, 2, \dots, n$ ซึ่งสำหรับคำเรียกร้องที่ i ต้องการใช้ทรัพยากรตั้งแต่เวลา s_i จนถึง f_i โดย $s_i < f_i$ สำหรับทุก ๆ คำ i กล่าวได้ว่าข้อเรียกร้อง i กับ j สอดคล้องกัน ถ้าเวลาที่ต้องการใช้ไม่ซ้อนทับกัน นั่นคือ i กับ j จะสอดคล้องกัน เมื่อ $f_i \leq s_j$ หรือ $f_j \leq s_i$ ซึ่งจะเรียกสับเซต A ของข้อเรียกร้องทั้งหมดว่าเป็นสับเซตที่สอดคล้องถ้าทุก ๆ คู่ i, j ใน A นั้นสอดคล้องกันทั้งหมด สิ่งที่ต้องการคือสับเซตของข้อเรียกร้องที่สอดคล้องกันที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ดังแสดงให้เห็นตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างปัญหา Interval Scheduling (Kleinberg and Tardos, 2014) [5]

ขั้นตอนแรก คือ การเลือกรับข้อเรียกร้องที่เริ่มต้นเร็วที่สุดนั่นคือเลือกคำเรียกร้องที่มีค่า s_i น้อยที่สุด ซึ่งจะ ทำให้ทรัพยากรเริ่มการใช้งานเร็วที่สุด หากลองสังเกตแนวคิดนี้ จะเห็นว่าวิธีการนี้ไม่ได้รับประกันว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอ ถ้าคำร้องขอที่เริ่มต้นก่อนเป็นคำร้องขอที่ใช้เวลานานมาก ๆ อาจจะทำให้เสียคำร้องขอสั้น ๆ จำนวนมากที่ใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องขอแรกไปได้

จากการวิเคราะห์ดังกล่าว ทำให้ได้แนวคิดใหม่ว่าจะเลือกรับคำร้องขอที่ใช้ช่วงเวลาน้อยที่สุดก่อน นั่นคือ เลือกคำร้องขอที่มีค่า $t_i - s_i$ น้อยที่สุดก่อน แนวคิดนี้จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแนวคิดแรก แต่ก็ยังไม่รับประกันว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมออยู่ดี ตัวอย่างเช่น ถ้ามีคำร้องขอสามรายการ โดย $(s_1, t_1) = (1, 5)$, $(s_2, t_2) = (6, 10)$, และ $(s_3, t_3) = (4, 7)$ จะเห็นว่า เมื่อรับคำร้องขอที่สามที่ใช้เวลาน้อยที่สุดจะทำให้ไม่สามารถรับคำร้องขออื่น ได้เลย เนื่องจากใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องขอที่สามทั้งนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงรับได้เพียงคำร้องขอเดียว ในขณะที่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด คือ การรับคำร้องขอที่ 1 และ 2 ได้เป็นจำนวนเท่ากับ 2 หากเลือกรับคำร้องขอที่ใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องอื่นเป็นจำนวนน้อยที่สุดก่อน อาจได้ผลลัพธ์ที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด

สำหรับปัญหา Interval Scheduling นี้ แนวคิดเชิงขั้นตอนวิธีประเภทละโมภที่ให้ผลลัพธ์เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเสมอ คือ การเลือกรับคำร้องขอที่มีเวลาสิ้นสุด t_i น้อยที่สุดก่อน หลังจากนั้นให้ตัดคำร้องขอที่ใช้เวลาซ้อนทับกับคำร้องขอที่ตอบรับแล้วทิ้งไป เนื่องจากไม่สามารถตอบรับได้ จากนั้นเลือกรับคำร้องขอที่มีเวลาสิ้นสุดน้อยที่สุด แนวคิดนี้ค่อนข้างเป็นธรรมชาติ เนื่องจากหากเลือกรับคำร้องขอที่สิ้นสุดเร็วก็จะมีเวลาสำหรับรับคำร้องขออื่น ๆ ได้มากขึ้น [5] อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ให้เห็นแนวคิดนี้ให้คำตอบที่ดีที่สุดเสมอ นั้น อาจยังไม่ชัดเจน และเพื่อรับประกันคำตอบที่ได้ จึงจำเป็นต้องพิสูจน์ให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นดีที่สุดเสมอ

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธีการเลือกแบบละโมภในการเขียนชุดคำสั่ง เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และสามารถคำนวณผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยทำให้ได้ข้อมูลในการพิจารณาตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่นั้น กล่าวคือ เส้นทางที่ใกล้ที่สุดในการเดินทางเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทางอากาศยาน และเป็นเส้นทางที่ปลอดภัย โดยมีความชันที่น้อยกว่า 60 องศา ตามข้อจำกัดของหน่วยค้นหาและช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน [5]

3.2 ระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Systems)

3.2.1 ความหมายของระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information Systems: GIS) มาก

ระบบภูมิสารสนเทศ หรือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ [6] ซึ่งระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) ได้มีผู้ให้ความหมายไว้หลายความหมาย ซึ่งจะนำมาแสดงไว้ได้ดังนี้

Federal Interagency Coordinating Committee (1990) [7] ให้คำจำกัดความระบบภูมิสารสนเทศว่า “ระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ การจัดการ

การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ขึ้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อน และปัญหาในการจัดการ”

Wisconsin State Cartographer's Office (2002) [8] ได้ให้ความหมายของระบบภูมิสารสนเทศ โดยอ้างอิงจากองค์ประกอบของระบบฯ ไว้โดยสรุปว่า “ระบบภูมิสารสนเทศ ประกอบไปด้วย ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูล (Data) หน่วยงานหรือองค์กร (Organizations) และผู้เชี่ยวชาญ (Professionals) ทำงานร่วมกันในการวิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์

“ระบบภูมิสารสนเทศเป็นระบบโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงพื้นฐานของวัตถุทุกอย่างบนพื้นผิวโลก (Spatial) เกี่ยวกับระบบ แผนที่ รูปถ่ายทางอากาศ และแผนผังต่าง ๆ ของลักษณะภูมิประเทศ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น สิ่งเหล่านี้สามารถแปลความออกมาเป็นรหัสอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเรียกออกมาใช้งาน แก้ไข และวิเคราะห์ข้อมูลได้” แต่จากการสำรวจอัตราส่วนในการนำไปใช้ประโยชน์ถือว่าประสบความสำเร็จน้อยมาก ทั้งนี้ เนื่องจากมีปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ และการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องเพราะข้อมูลที่บันทึกไว้อาจผิดพลาดได้ ซึ่งเป็นเรื่องของคณิตศาสตร์และซอฟต์แวร์ (ครรชิต มาลัยวงศ์, 2529) [9]

โดยสรุปกล่าวได้ว่า ระบบภูมิสารสนเทศ หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการรวบรวม การจัดเก็บบันทึก การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงผลข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ หรือเชิงพื้นที่ซึ่งมีตำแหน่งอ้างอิง

3.2.2 องค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศ

องค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศ โดยหลักการแล้วจะประกอบด้วย 5 ส่วน คือ องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ หน่วยงานหรือตัวบุคคล วิธีการปฏิบัติงาน และข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้ [10]

3.2.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ ได้แก่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ จอภาพ สายไฟ เป็นต้น

3.2.2.2 ซอฟต์แวร์ (Software) คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่ง ที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ตามที่ต้องการ เช่น MS-DOS, MS-WINDOWS, Word และ โปรแกรมเฉพาะทางด้านระบบภูมิสารสนเทศ เช่น ArcView, MapInfo เป็นต้น

3.2.2.3 บุคลากร (People) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ วิธีการปฏิบัติงาน และข้อมูล สามารถทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ออกมา

3.2.2.4 วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure) คือ ขั้นตอนการทำงาน หรือ วิธีการในการนำเข้าการจัดเก็บ และการวิเคราะห์ของแต่ละหน่วยงานในการปฏิบัติการของระบบภูมิสารสนเทศ ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล เพื่อให้ตอบสนองวัตถุประสงค์ของการทำงานในหน่วยงานนั้น

3.2.2.5 ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นที่ได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ หรือ ทุติยภูมิ แล้วนำมาจัดเป็นระบบเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ให้ทำการประมวลผลเป็นผลลัพธ์ออกมา เช่น ชื่อ-สกุล ผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทางเศรษฐกิจ สังคม วิถีชีวิตความเป็นอยู่ หรือเทคโนโลยีชาวบ้าน ภูมิปัญญาชาวบ้าน เป็นต้น

ทั้งนี้ องค์ประกอบทั้งหมดจะต้องอาศัยระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยงานในการจัดการระบบภูมิสารสนเทศ กล่าวคือ ระบบคอมพิวเตอร์ หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้งาน โดยมีองค์ประกอบหลายประการทำงานประสานกัน เพื่อจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ให้ได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบที่ต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้มานี้เราเรียกว่า “สารสนเทศ” หรือ “Information” เพราะการที่จะนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาประมวลผลข้อมูลให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการนั้น จำเป็นต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ มาทำงานร่วมกัน

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการวิเคราะห์หาเส้นทางภาคพื้นที่เหมาะสมมากที่สุดสำหรับภารกิจเดินเท้า เพื่อเข้าค้นหาและช่วยชีวิตจากอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยใช้แผนที่ 3 มิติ ดังนี้

เพชรญา สุวรรณโชติ และ นาถนเรศ อากาศสุวรรณ (2561) [11] ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการแสดงแผนที่เส้นทางที่เหมาะสม เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ ในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต: กรณีศึกษาเขตพื้นที่เทศบาลนครสงขลา และเทศบาลเมืองเขารูปช้าง จังหวัดสงขลา ซึ่งได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่เส้นทางที่เหมาะสมในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ และเพื่อออกแบบหน้าเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม ในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ อีกทั้งสามารถแสดงเส้นทางเพื่อไปรับผู้ป่วยยังจุดเกิดเหตุ และนำผู้ป่วยไปส่งโรงพยาบาล โดยการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางนี้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างถนน และแสดงเส้นทางที่ดีที่สุดจากการวิเคราะห์บนเว็บเบราว์เซอร์ และสามารถใช้งานร่วมกับ ArcGIS Online ได้อย่างลงตัว ผลจากการวิจัย พบว่า เมื่อผู้ใช้บริการเริ่มค้นหาตำแหน่งของผู้ป่วยฉุกเฉินบนเว็บไซต์ ระบบจะทำการเชื่อมต่อกับ Google Maps API เพื่อแสดงแผนที่และข้อมูลต่าง ๆ ประกอบแผนที่ พร้อมทั้งให้ข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่น การค้นหาตำแหน่งที่เหมาะสม เส้นทางการเดินทางจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งทำให้สามารถค้นหาตำแหน่งผู้ป่วยฉุกเฉินได้รวดเร็วกว่าเดิม

กันยัณณิศา ตาปะบุตร และคณะ (2561) [12] ได้ศึกษาวิจัยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแบบจำลอง เพื่อจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินสำหรับบริการผู้สูงอายุ อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามด้านสุขภาพ กับการใช้บริการรถฉุกเฉิน ใช้สถิติร้อยละ วิธีการวิเคราะห์ขอบเขตการให้บริการรถฉุกเฉินแบบ Service Area โดยใช้ปัจจัยในด้านระยะทางและระยะเวลาในการให้บริการตามดัชนีสมรรถนะ (Key Performance Index, KPI) และแบบจำลองที่ตั้งใหม่ของจุดจอดรถฉุกเฉินแบบ Location-Allocation พบว่า ความหนาแน่นของกลุ่มผู้สูงอายุเสี่ยง ต่อการให้บริการรถฉุกเฉิน 157 จุดต่อขนาดพื้นที่ 400 ตารางเมตร ส่วนใหญ่อยู่บริเวณตำบลปลาตูก ตำบลชื่นชม ตำบลเหล่าดอกไม้ และตำบลหนองกง คิดเป็นร้อยละ 28.6, 27.4, 23.6 และ 20.4 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ขอบเขตการให้บริการของรถฉุกเฉิน พบว่า การให้บริการภายในเวลา 8 นาที สามารถให้บริการผู้สูงอายุได้ จำนวน 2,453 คน ภายในเวลา 10 นาที สามารถให้บริการผู้สูงอายุได้ จำนวน 2,501 คน และภายในเวลา 12 นาที สามารถให้บริการผู้สูงอายุได้ จำนวน 2,511 คน แต่กลับพบว่าปัจจุบันการให้บริการจุดจอดรถบริการรองรับได้ 3,241 คน ซึ่งไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ จึงสร้างแบบจำลองเพื่อจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินที่เหมาะสมและครอบคลุมพื้นที่ พบว่า ต้องเพิ่มจุดจอด 3 จุด คือ บริเวณตำบลชื่นชม 2 จุด และตำบลปลาตูก 1 จุด ทำให้สามารถรองรับประชากรที่กำลังเข้าสู่วัยผู้สูงอายุและอาจเป็นกลุ่มที่มีสถานะเสี่ยงต่อการใช้รถฉุกเฉินในอนาคตที่เพิ่มขึ้นได้

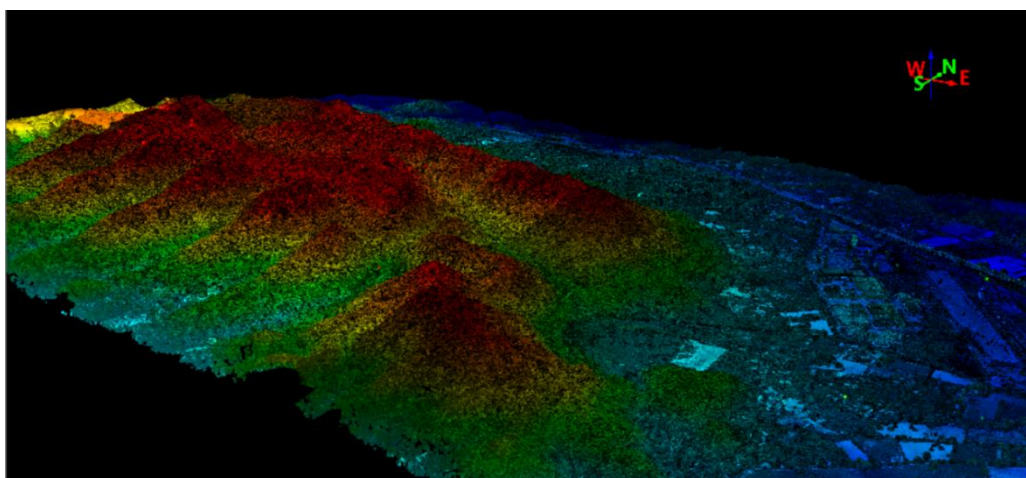
พัชรา รักษาอม (2559) [13] ได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก โดยได้พัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ขึ้น ซึ่งสามารถค้นหาตำแหน่งบ้านผู้ป่วยฉุกเฉินที่ลงทะเบียนไว้กับโรงพยาบาลพุทธชินราชพิษณุโลก ค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในการนำรถฉุกเฉินที่เหมาะสมกับอาการของผู้ป่วยไปรับผู้ป่วยยังจุดเกิดเหตุและนำผู้ป่วยส่งยังโรงพยาบาลที่เหมาะสมกับกลุ่มอาการของผู้ป่วยได้ ซึ่งการพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางนี้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Free and Open Source Software for Geospatial: FOSS4G) ในการพัฒนาระบบ ใช้เครื่องมือ pgRouting algorithm ในการทำงานร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล PostgreSQL/PostGIS เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ระบบโครงข่ายถนน ผลการศึกษาพบว่า ระบบค้นหาเส้นทางที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ในการค้นหา ตำแหน่งบ้านผู้ป่วยฉุกเฉิน จุดให้บริการรถฉุกเฉิน โรงพยาบาลต่าง ๆ ได้ เมื่อผู้ป่วยเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน ระบบค้นหาเส้นทางสามารถค้นหาตำแหน่งเกิดเหตุและเส้นทางในการเดินทางไปยังตำแหน่งดังกล่าวและนำผู้ป่วยส่งยังโรงพยาบาลได้ทันเวลาที่ ซึ่งได้นำข้อมูลตำแหน่งบ้านผู้ป่วยมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่ จากนั้นนำมาแสดงในรูปแบบของ OGC Web Service (OWS) ตามมาตรฐานของ Open Geospatial Consortium (OGC) เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

4. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติเพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยานนั้น ทำการศึกษาในบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ขนาด 3.6 ตารางกิโลเมตร โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

4.1 เก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ติดอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและแสงในการวัดความสูงระหว่างอากาศยานไร้คนขับและภูมิประเทศ (LIDAR)

ขั้นตอนแรกของงานวิจัยนี้ คือ การเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยเป็นการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจุดบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ซึ่งอ้างอิงจากกรมป่าไม้ มีพื้นที่ประมาณ 5,000 ไร่ โดยในการเก็บข้อมูลพื้นที่ที่จะนำมาทำเป็นแผนที่ 3 มิติจำเป็นต้องเก็บข้อมูลแบบจุดเสียก่อน เมื่อทำการเก็บข้อมูลแบบจุดแต่ละจุด ๆ จนครอบคลุมพื้นที่เขามะกอกแล้ว ก็จะนำข้อมูลแบบจุดทั้งหมดที่เก็บมานำมารวมกันจนกลายเป็นแผนที่ 3 มิติ ซึ่งวิธีการในการเก็บข้อมูลพื้นที่แบบจุดแต่ละจุด ๆ ทำโดยใช้อากาศยานไร้คนขับหรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า UAV (unmanned Aerial Vehicle) ทำการติดอุปกรณ์ LIDAR (Light Detection and Ranging) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยกล้องถ่ายภาพเพื่อเก็บภาพลักษณะภูมิประเทศและสามารถวัดความสูงระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับภูมิประเทศได้ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า LIDAR โดยหลักการทำงานของอุปกรณ์ตัวนี้ คือ การปล่อยลำแสงออกจากอุปกรณ์ LIDAR ให้ลำแสงเดินทางไปตกกระทบกับลักษณะภูมิประเทศ เมื่อลำแสงกระทบกับภูมิประเทศแล้วจะสะท้อนกลับและเดินทางกลับมายังอุปกรณ์ LIDAR ซึ่งจะได้ออกมาเป็นเวลาในการเคลื่อนที่ของลำแสงออกจาก LIDAR และเดินทางกลับมายัง LIDAR อีกหนึ่งครั้ง ทั้งนี้ สามารถนำเวลาที่ได้ไปคำนวณให้กลายเป็นความสูงต่ำของภูมิประเทศได้นั่นเอง โดยผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบจุดบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก และได้รวมข้อมูลแต่ละจุดในพื้นที่จนได้แผนที่ 3 มิติ ซึ่งจะสามารถทราบถึงความสูงต่ำของแต่ละพื้นที่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก

4.2 การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต

ผลการดำเนินการวิจัยในขั้นตอนแรก ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก แต่ข้อมูลนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เนื่องจากทราบข้อมูลแค่เพียงความสูงต่ำบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก แต่ไม่สามารถทราบได้ว่า พื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแบบใด ซึ่งในการวิเคราะห์หาเส้นทาง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบอย่างละเอียดว่าจุดแต่ละจุดในบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ตั้งอยู่บนละติจูดที่เท่าไร ลองจิจูดที่เท่าไร และมีความสูงที่เท่าไร จึงต้องทำการสร้างชุดคำสั่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต โดยมีขั้นตอนย่อย ดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติให้กลายเป็นข้อมูลละติจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล (แกน X) ข้อมูลลองจิจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล (แกน Y) และข้อมูลความสูงของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล (แกน Z) ซึ่งวิธีการในการจะเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นพิกัดนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยในการเปลี่ยน โดยงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม Global Mapper เป็นเครื่องมือในการช่วยเปลี่ยนจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นพิกัด โดยวิธีในการเปลี่ยนคือ ทำการบันทึกไฟล์ โดยการใช้คำสั่ง file>export>export elevation grid format และให้เลือกข้อมูลที่ต้องการจะบันทึกออกมาให้เป็น XYZ Grid ซึ่งข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นข้อมูลพิกัด

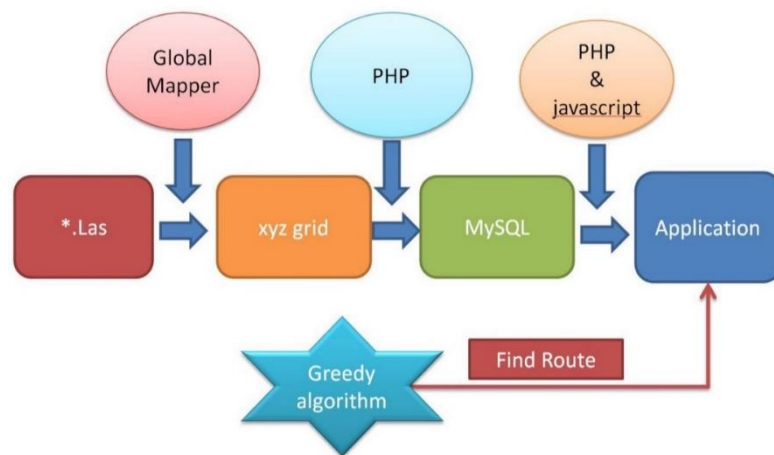
4.2.2 การสร้างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) โดยการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ PHP ในการเชื่อมข้อมูลพิกัดลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขั้นตอนนี้เป็นการนำชุดตัวเลขที่ได้ในขั้นตอน 2.1 มาจัดเก็บลงในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยในการจัดทำฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขึ้นมานั้น ผู้วิจัยจะใช้เครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ซึ่งก็คือระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า โปรแกรม MySQL ระบบนี้จะนำข้อมูลชุดตัวเลขที่ได้มาเข้าไปจัดเก็บไว้เพื่อนำมาใช้ในการเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง แต่ในการนำข้อมูลชุดตัวเลขเข้าไปจัดเก็บในระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ต้องใช้เครื่องมือช่วยในการเชื่อมต่อระหว่างชุดตัวเลขกับฐานข้อมูล ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ PHP ในการที่จะเชื่อมต่อข้อมูลชุดตัวเลขลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้

4.2.3 การเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยใช้วิธีแบบละโมบ เป็นวิธีอ้างอิงในการหาเส้นทางเมื่อมีระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ที่สามารถทราบถึงพิกัดละติจูด ลองจิจูด และความสูงของจุด ๆ หนึ่ง แต่ยังขาดวิธีการที่จะค้นหาเส้นทางที่จะเข้าไปช่วยชีวิต จึงเป็นที่มาของขั้นตอนที่สี่ คือการเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยในการเขียนชุดคำสั่งของงานวิจัยขึ้นนี้จะอ้างอิงวิธีแบบละโมบ ซึ่งให้พิจารณาว่าในขณะนั้นเส้นทางรอบตัวเส้นทางใดเป็นเส้นทางที่เลือกเดินไปแล้วจะมีความชันน้อยที่สุดก็ให้เลือกเดินเส้นทางดังกล่าวและเมื่อเดินไปอีก 22.2 เมตรให้ใช้วิธีการละโมบอีก เพื่อพิจารณาว่าในขณะนั้นมีเส้นทางรอบตัวเส้นทางใดที่เมื่อเลือกเดินแล้วมีความชันน้อยที่สุดอีก ก็จะเลือกเดินเส้นทางนั้น โดยพิจารณาเลือกเดินแบบนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดเกิดอุบัติเหตุ ซึ่งจะมีผลลัพธ์ออกมาเป็นชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางนั่นเอง

4.2.4 การนำชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางไปใช้กับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเชื่อมโยงของทั้งชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางกับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) โดยการทำงานนี้จำเป็นต้องใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ออกมาใช้ได้ ซึ่งภาษาชนิดนั้นก็คือภาษา PHP แต่ภาษาชนิดนี้จะไม่สามารถแสดงผลออกมาให้เห็นเป็นเส้นทางได้ จึงจำเป็นต้องใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์อีกภาษาหนึ่ง เพื่อช่วยในการแสดงผลออกมา

ให้เห็นเป็นเส้นทาง ซึ่งก็คือ ภาษา JavaScript โดยหลักการทำงานของทั้งสองภาษา ก็คือ ภาษา PHP จะทำการดึงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ออกมา ซึ่งจะสามารถระบุได้ว่าตำแหน่งที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้นและจุดเกิดอุบัติเหตุ มีค่าละติจูด ลองจิจูด และความสูงที่เท่าไร โดยเมื่อระบุจุดเริ่มต้นและจุดเกิดอุบัติเหตุเข้าไปแล้ว ภาษา PHP ก็จะไปทำการดึงชุดข้อมูลตัวเลขที่ถูกจัดเก็บอยู่ในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทาง และต่อมาเป็นหน้าที่ของภาษา JavaScript ในการประมวลผลในการวิเคราะห์หาเส้นทาง โดยใช้ชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดที่ได้เขียนขึ้นในขั้นตอน 2.4 เพื่อวิเคราะห์และแสดงผลออกมาซึ่งเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดในการเข้าไปช่วยเหลือ

โดยวิธีดำเนินการวิจัยดังกล่าวมา แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

5. ผลการวิจัย

จากการที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดคำสั่งที่สามารถวิเคราะห์หาเส้นทางภาคพื้นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับภารกิจเดินเท้าเพื่อเข้าค้นหาและช่วยชีวิตจากอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยใช้แผนที่ 3 มิติ ผลการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูงระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับภูมิประเทศได้ (LIDAR) 2) การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต และ 3) วิธีการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ (LIDAR)

ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดิจิตอลอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ (LIDAR) จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอวังเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนที่ของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
อำเภอแมกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก

จากรูปที่ 4 จะทราบข้อมูลเพียงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศเท่านั้น ซึ่งการคำนวณเส้นทางจำเป็นที่จะต้องทราบถึงตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด และความสูง ของทุกจุดบนพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอแมกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลที่ได้จากแผนที่ 3 มิติ เปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงพิกัด เพื่อที่จะสามารถสร้างชุดคำสั่งได้ในลำดับต่อไป

5.2 การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต

5.2.1 เปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y) และ ความสูง (แกน Z)

การวิจัยในขั้นตอนนี้ คือ การเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติที่ได้มา ให้กลายเป็นข้อมูลเชิงพิกัด ซึ่งพิกัดที่จะใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วย 1) ข้อมูลละติจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล แทนด้วย แกน X 2) ข้อมูลลองจิจูดของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล แทนด้วย แกน Y และ 3) ข้อมูลความสูงของจุดที่ทำการเก็บข้อมูล แทนด้วยแกน Z โดยแสดงดังรูปที่ 5

```

480150,1759850,471
480150,1759550,460
480150,1759250,516
480150,1758950,477
480150,1758650,465
480150,1758350,461
480150,1758050,454
480150,1757750,443
480150,1757450,450
480150,1757150,505
480150,1756850,520
480150,1756550,518
480150,1756250,532
480150,1755950,569
480150,1755650,638
480150,1755350,709
480150,1755050,749
480150,1754750,712
480150,1754450,760
480150,1754150,733
480150,1753850,788
480150,1753550,777
480150,1753250,749
480150,1752950,708
480150,1752650,652
480150,1752350,621
480150,1752050,580
480150,1751750,521

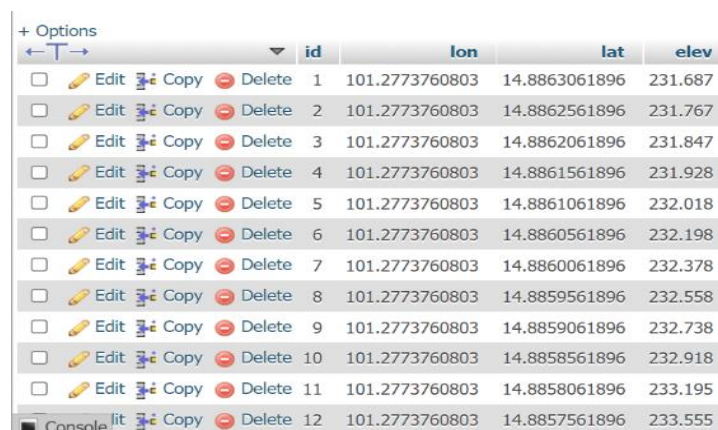
```

รูปที่ 5 การแสดงค่าของ ละติจูด, ลองจิจูด, ความสูง

เมื่อได้ข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y) และ ความสูง (แกน Z) แต่ยังไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้เพื่อคำนวณเส้นทางได้ ซึ่งจะต้องทำการจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้ในฐานข้อมูลก่อน ดังนั้นการที่จะทำให้ชุดตัวเลขนั้นสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางได้นั้น จำเป็นจะต้องทำการสร้างฐานข้อมูลที่จัดเก็บชุดข้อมูลเหล่านี้ลงไปได้เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางต่อไป

5.2.2 การสร้างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) โดยการใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมข้อมูลพิกัดลงในระบบฐานข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นการนำชุดตัวเลขที่ได้ในขั้นตอนที่สองมาจัดเก็บลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ โดยการจัดทำฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ขึ้นมา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมา คือ ระบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีข้อมูลเชิงพิกัดของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอแม่เหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจะเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่จะนำไปคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมได้ต่อไป



	id	lon	lat	elev
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	1	101.2773760803	14.8863061896	231.687
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	2	101.2773760803	14.8862561896	231.767
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	3	101.2773760803	14.8862061896	231.847
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	4	101.2773760803	14.8861561896	231.928
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	5	101.2773760803	14.8861061896	232.018
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	6	101.2773760803	14.8860561896	232.198
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	7	101.2773760803	14.8860061896	232.378
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	8	101.2773760803	14.8859561896	232.558
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	9	101.2773760803	14.8859061896	232.738
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	10	101.2773760803	14.8858561896	232.918
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	11	101.2773760803	14.8858061896	233.195
☐ Edit ☐ Copy ☐ Delete	12	101.2773760803	14.8857561896	233.555

รูปที่ 6 การจัดเก็บข้อมูลชุดตัวเลขลงในระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL)

5.2.3 การเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยใช้วิธีแบบละโมบ เป็นวิธีอ้างอิงในการหาเส้นทาง

ขั้นตอนนี้ คือ การนำทฤษฎีแบบละโมบไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัย ซึ่งจำเป็นที่จะต้องเขียนชุดคำสั่งขึ้นมาเพื่อให้ชุดคำสั่งวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

5.2.3.1 การกำหนดจุดเริ่มต้นของการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะทำการเก็บข้อมูลพิกัดละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y), ความสูง (แกน Z) ของจุดเริ่มต้นในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ

5.2.3.2 การกำหนดเป้าหมายในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะทำการเก็บข้อมูลพิกัดละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y), ความสูง (แกน Z) ของเป้าหมายในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ

5.2.3.3 การกำหนดทิศทางในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุด ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะทำการกำหนดทิศทางในการเข้าไปค้นหาและช่วยเหลือ และเป็นการพิจารณาเส้นทางที่จะเลือกเดิน ให้เป็นเส้นทางที่มีความสั้นน้อยกว่า 60 องศา

5.2.3.4 การวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุด ในขั้นตอนนี้ชุดคำสั่งจะแสดงออกมาเป็นเส้นทางที่จะนำไปใช้ในการค้นหาและช่วยเหลือต่อไป

5.3 วิธีการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต

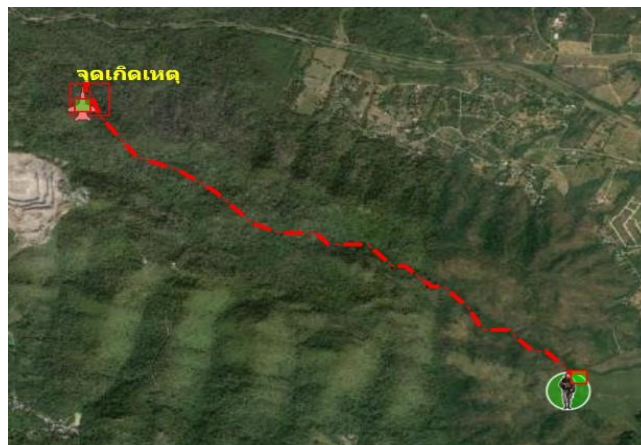
เมื่อทำการรวมข้อมูลชุดคำสั่งในการกำหนด และคำนวณหาเส้นทางร่วมกับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) ผลลัพธ์ที่ได้คือ เครื่องมือที่ใช้ช่วยค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมในการกิจเดินเท้าเพื่อเข้าไปช่วยเหลือ ซึ่งมีวิธีในการใช้งานดังต่อไปนี้

5.3.1 ในการจะเข้าไปใช้เครื่องมือในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม สามารถทำได้โดยเข้าไปที่ URL localhost/findRoute/web/Gis.php ซึ่งเมื่อทำการเข้าไปแล้วจะแสดงหน้าจอเครื่องมือที่สามารถใช้ในการค้นหาเส้นทางที่เหมาะสม

5.3.2 ทำการเลือกจุดเริ่มต้นของการเข้าไปค้นหาและช่วยชีวิต โดยการคลิกขวาและเลือกไปที่เมนู Start Point หลังจากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลจุดเริ่มต้นในฐานข้อมูลมาโดยอัตโนมัติ

5.3.3 ทำการเลือกจุดเกิดอุบัติเหตุในการเข้าไปค้นหาและช่วยชีวิต โดยการคลิกขวาและเลือกไปที่เมนู Target Point หลังจากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลจุดเกิดอุบัติเหตุในฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ

เมื่อระบบทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลของจุดเริ่มต้นและจุดเกิดอุบัติเหตุแล้วขั้นตอนต่อไป คือ การวิเคราะห์หาเส้นทาง โดยการเลือกคำสั่งชื่อ Calculate Route เพื่อให้ระบบคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดออกมา แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 การแสดงเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุด

เมื่อได้เส้นทางที่ปรากฏในรูปที่ 7 แล้ว ก็สามารถนำเส้นทางที่ได้ไปใช้ในการวางแผนและปฏิบัติการกิจเข้าช่วยชีวิตได้ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้งานหรือผู้วางแผนในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการกิจสามารถมองเห็นภาพรวมของเส้นทาง และมีทางเลือกวิธีในการปฏิบัติการกิจเพิ่มขึ้น

6. สรุป

งานวิจัยเรื่องการวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้แผนที่ 3 มิติเพื่อเข้าช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างออกแบบโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางจากแผนที่ 3 มิติ ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ และ 2) เพื่อสนับสนุน โปรแกรมให้กรมปฏิบัติการพิเศษนำไปใช้วิเคราะห์หาเส้นทางที่ปลอดภัย และใกล้ที่สุดในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบเหตุทางอากาศยาน ซึ่งผู้วิจัยทำการศึกษาในพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชดิราช บรีเวณเนินเขามะกอก อำเภอวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี โดยมีขั้นตอนหลักในการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 1) การเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ดัด LIDAR และ 2) การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

6.1 ผลการเก็บข้อมูลแผนที่ 3 มิติ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) ติดอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและสามารถวัดความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ (LIDAR) จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่ 3 มิติของบริเวณพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก อย่างไรก็ตามผลการเก็บข้อมูลดังกล่าวจะทำให้ทราบเพียงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศเท่านั้น แต่ไม่สามารถทราบถึงตำแหน่ง ละติจูด ลองจิจูด และความสูงของทุกจุดบนพื้นที่ได้ ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลที่ได้จากแผนที่ 3 มิติ เปลี่ยนเป็นข้อมูลเชิงพิกัด เพื่อที่จะสามารถสร้างชุดคำสั่งวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมในการเข้าไปช่วยชีวิตผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

6.2 การสร้างชุดคำสั่งเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อการเข้าไปช่วยชีวิต ประกอบด้วย

6.2.1 การเปลี่ยนข้อมูลจากแผนที่ 3 มิติ ให้กลายเป็นข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y), ความสูง (แกน Z) พบว่า เมื่อได้ข้อมูลพิกัด ละติจูด (แกน X), ลองจิจูด (แกน Y) และ ความสูง (แกน Z) แล้ว แต่ยังไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปใช้เพื่อคำนวณเส้นทางได้ ซึ่งจะต้องทำการจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้ในฐานข้อมูลก่อน ดังนั้นการที่จะทำให้ชุดตัวเลขนี้นสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาเส้นทางได้นั้น จำเป็นจะต้องทำการสร้างฐานข้อมูลที่จัดเก็บชุดข้อมูลเหล่านี้ลงไปได้เพื่อใช้ในการคำนวณเส้นทางต่อไป

6.2.2 การสร้างระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (MySQL) พบว่า ทำให้ได้โปรแกรมระบบข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่มีข้อมูลเชิงพิกัดของพื้นที่โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช อำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี บริเวณเนินเขามะกอก ซึ่งจะเป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่จะนำไปคำนวณเส้นทางที่เหมาะสมได้ต่อไป

6.2.3 การเขียนชุดคำสั่งในการกำหนดและคำนวณหาเส้นทาง โดยใช้วิธีแบบละโมบ เป็นวิธีอ้างอิงในการหาเส้นทาง พบว่า ทำให้ได้โปรแกรมที่สามารถวิเคราะห์หาเส้นทางที่ระยะเดินทางน้อยที่สุด และมีความชันน้อยกว่า 60 องศา ซึ่งเป็นการแก้ไขข้อจำกัดของหน่วยค้นหาและช่วยชีวิตในการปฏิบัติการอีกทั้งช่วยลดเวลาในการวางแผนของทีม เพื่อลดความล่าช้าในการเข้าช่วยชีวิต ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสูญเสีย จึงเป็นโปรแกรมวิเคราะห์หาเส้นทางที่ในการนำไปใช้ค้นหาและช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุทางอากาศยาน

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการตรวจสอบความถูกต้องผู้ใช้โปรแกรมควรที่จะลงไปสำรวจในพื้นที่จริง และใช้เครื่องมืออื่น ๆ เข้ามาช่วยในการตรวจสอบ เช่น GPS ภาพถ่ายทางอากาศ หรือปรึกษาผู้ชำนาญเส้นทาง เพื่อที่จะได้ทราบความคลาดเคลื่อนของเส้นทางที่โปรแกรมวิเคราะห์ออกมา

7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มความละเอียดของข้อจำกัดในภูมิประเทศมาใช้ในการวิจัย เช่น แม่น้ำ ลำธาร ต้นไม้ใหญ่ หรือสิ่งกีดขวางเส้นทางอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเส้นทางที่มีความละเอียด ชัดเจนและเห็นภาพรวมของเส้นทางมากขึ้น จะช่วยให้การวางแผนและการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติการทำได้อย่างครอบคลุมในทุกเรื่อง ตลอดจนงานวิจัยในอนาคตควรมีการประยุกต์ใช้กับการกิจอื่น ๆ ของกองทัพอากาศได้ เช่น การกึ่งการสำรวจพื้นที่ การกึ่งการรบ เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบคุณกองทัพอากาศและโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินท-กษัตริย์ราชที่มอบโอกาสและทุนวิจัย และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่พิจารณาและกลั่นกรองโครงการทุกท่านที่ได้กรุณาเสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข และติดตามความคืบหน้า จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วง นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการการบินที่กรุณาให้ความรู้ และให้คำปรึกษาในเรื่องขั้นตอนการดำเนินการวิจัย รวมถึงการสนับสนุนด้านต่าง ๆ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กองทัพอากาศ. (2561.) ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ.2561 - 2580). กองทัพอากาศ.
- [2] ประเสริฐ ทองเจริญ. (2557). การขนย้ายผู้ประสบภัย. สืบค้น 20 เมษายน 2564, จาก https://www.oap.go.th/images/documents/offices/baea/proap/training/Move_andLift.pdf
- [3] ชีรพันธ์ แก้วดอก. (2561). การช่วยเหลือและค้นหาผู้ประสบภัยให้เร็วที่สุดรวมไปถึงการขนย้ายอุปกรณ์ช่วยเหลือต่าง ๆ. สืบค้น 26 เมษายน 2564, จาก <http://park.dnp.go.th>
- [4] ปิยรัตน์ งามสนิท และ ธรา อังสกุล. (2564). ขั้นตอนวิธีประเภทละโมบ (Greedy algorithm). สืบค้น 4 พฤษภาคม 2564, จาก [http://207545-Other-879540-3-10-20210621%20\(1\).pdf](http://207545-Other-879540-3-10-20210621%20(1).pdf)
- [5] Kleinberg, Jon and Tardos, Éva. (2014). **Algorithm design**. Harlow : Pearson new international ed.
- [6] สุพรรณิกา โกยสิน. (2559). ภูมิศาสตร์เทคนิคบทที่ 4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จำกัด.
- [7] Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography. (1990). Reports Working Group. A Summary of GIS Use in the Federal Government, U.S. Federal Government.
- [8] Wisconsin State Cartographer's Office. (2002). GIS basics. Retrieved on May 16, 2021, from <http://www.geography.wisc.edu/sco/gis/basics.htm#definition>
- [9] ครรชิต มัลลียงศ์. (2529). ระบบข้อมูลภูมิศาสตร์. ไมโครคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: 24, 60-64.
- [10] อุเทน ทองทิพย์. (2555). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการศึกษาท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- [11] เพชรชญา สุวรรณโชติ และ นาถนเรศ อาภาสุวรรณ. (2561). การแสดงแผนที่เส้นทางที่เหมาะสมเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่ ในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต : กรณีศึกษาเขตพื้นที่ เทศบาลนครสงขลา และเทศบาลเมืองเขารูปช้าง จังหวัดสงขลา. ในการประชุมวิชาการด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ระดับชาติ ครั้งที่ 1, ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 20 - 21 สิงหาคม 2561. สงขลา.
- [12] กันยักติมา ดาปะบุตร และ คณะ. (2561). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแบบจำลอง เพื่อจัดสรรจุดจอดรถฉุกเฉินสำหรับบริการผู้สูงอายุ อำเภอชื่นชม จังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27(3), 381-394.
- [13] พัชรารักษ์าคม. (2559). การพัฒนาระบบค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดในการเข้าถึงผู้ป่วยฉุกเฉินบนระบบออนไลน์ ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก).

การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่จากกระบวนการชำแหละไก่

The feasibility study of value-added a chicken fat layer from the chicken evisceration process

^{1#}ยศพล พงษ์แก้ว, ^{2*}จิตรพล แสงศิริ, ^{3#}ธนธร ชื่นยินดี และ ^{4#}พุฒิพงษ์ ธนวีระกุล

^{1,2,3}ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการการบิน โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

⁴คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

^{1#}Yossapol Pongkaew, ^{2*}Jittraphon Sangsiri, ^{3#}Thanatorn Chuenyindee and ^{4#}Puthipong Tanaveerakul

^{1,2,3} Industrial Engineering and Aviation Management Department, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

⁴ Faculty of Business Administration, University of the Thai Chamber of Commerce

jitrathon@rtaf.mi.th, #yossapol_pong@rtaf.mi.th, #thanatorn_chu@rtaf.mi.th, #pausetatar@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่จากกระบวนการชำแหละไก่ และแปรรูปเนื้อไก่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาแนวทางและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ แล้วนำทางเลือกที่ได้มาทดลองและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ โดยวิเคราะห์กระบวนการชำแหละเนื้อไก่ และไขมันไก่ จัดทำแผนภาพการไหล วิเคราะห์และเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ โดยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) เปรียบเทียบความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่ได้มาซึ่งไขมันอยู่ในไลน์การผลิต C และไลน์การผลิต LDE ไขมันที่ใช้ได้เป็นไขมันในส่วนของไขมันช่องท้อง ไขมันเครื่องใน และไขมันในเครื่อง Chiller โดยทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ ได้แก่ น้ำมันเจียวสำหรับบริโภค น้ำมันเจียวสำหรับนำไปผสมอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และผลิตภัณฑ์ โดยนำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์หาปัจจัยการตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ พบว่าทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ที่เหมาะสมที่สุด คือ น้ำมันเจียวสำหรับบริโภค และใช้การทดลอง 2^k แฟกทอเรียล (The 2^k Factorial Design) พบว่าตัวแบบทดลองมีความถูกต้องและได้สมการที่เหมาะสมนำไปพยากรณ์ค่า Polar ของน้ำมันไก่ โดยดำเนินการเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการเพิ่มมูลค่าในการนำแนวทางทางเลือกมาใช้ สามารถทำให้บริษัทมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 563,087.80 บาท

คำสำคัญ: การศึกษาความเป็นไปได้, การเพิ่มมูลค่า, กระบวนการชำแหละไก่

Received : November 5, 2023

Revised : November 19, 2023

Accepted : November 21, 2023

Abstract

This research study investigates and analyzes the potential for value-added to chicken fat through the chicken evisceration and chicken meat processing processes. The objective is to explore and compare methods for enhancing the value of chicken fat and guide the selection of approaches for experimentation. The study involves analyzing the chicken evisceration and chicken fat rendering processes, creating process flow diagrams, and employing the Analytic Hierarchy Process (AHP) to compare the possibilities in terms of market feasibility, technical aspects, and economic considerations for value-added to chicken fat. The study highlights the potential applications of fat obtained from the C and LDE production lines, showcasing its suitability for abdominal fat,

entrails fat, and Chiller fat. Various avenues for enhancing the value of chicken fat were explored, including the use of fried oil for consumption, fried oil for animal feed mixing, biodiesel, and soap crafting. Through a meticulous analysis of the data using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to discern decision factors, the study identified fried oil for consumption as the most fitting option for elevating the value of chicken fat. Employing a 2^k Factorial Design experiment, the study validated the accuracy of the experimental model and derived appropriate equations for predicting the Polar value of chicken fat. In conclusion, the study meticulously comparison costs before and after implementing the selected value-added strategy, it was found that the company could increase its income by 563,087.80 Baht.

Keywords: Feasibility Study, Value-Added, Chicken Evisceration Process

1. บทนำ

การผลิตในส่วนของภาคอุตสาหกรรมอาหารในปัจจุบันได้มีการเติบโตอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการทางด้านการอุปโภคและบริโภคที่เพิ่มมากขึ้น ถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการแข่งขันสูงมาก ซึ่งมีทั้งการผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศและส่งออกต่างประเทศ [1] ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดความพึงพอใจของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารครบวงจรขนาดใหญ่ผลิตและจัดจำหน่ายอาหารสัตว์เพื่อส่งออกภายในประเทศ มีพื้นที่ใช้งาน 4,995 ตารางเมตร กำลังการผลิต 150,000 ตัวต่อวัน พนักงาน 2,783 คน จากการศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตเนื้อไก่ของบริษัทกรณีศึกษา พบว่า กระบวนการในการชำแหละไก่สำรวจพบมีไขมันไก่ที่เกิดขึ้นในส่วน of กระบวนการ Chilling ไก่และไขมันไก่ในจุดนี้ไม่ได้นำไปใช้ผลิตหรือขาย ปลอยทิ้งสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย ทำให้เกิดเป็น sludge มากจนหนาปกคลุมหน้าพื้นบ่อบำบัด ทำให้กระบวนการการทำงานของบ่อบำบัดมีประสิทธิภาพลดลง และทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ จากปัญหานี้จึงได้ทำการหาแนวทางในการกำจัดไขมันไก่เหล่านี้ รวมถึงไขมันไก่ส่วนต่าง ๆ เช่น ไขมันก้นของไก่ ไขมันช่องท้องของไก่ ไขมันเครื่องใน ไขมันขี้ก้น เศษไขมันบริเวณเครื่องลอกหนัง โดยการหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ให้มีมูลค่ามากขึ้น [2] มีราคาขายมากขึ้น เพื่อลดปัญหาไขมันไก่บางส่วนที่ถูกปลอยทิ้งและเพิ่มมูลค่าผลกำไรให้กับโรงงานจากการเดินสายการผลิตการชำแหละเนื้อไก่ โดยใช้การวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP) [3] และนำไปวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านเศรษฐศาสตร์

จากแนวคิดการเพิ่มมูลค่า (Value-added) เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับกระบวนการการผลิตรวมถึงตัวผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการผลิต พัฒนาผลผลิตหรือผลงานให้มีคุณค่าเพิ่มมากขึ้น โดยมีการนำนวัตกรรมใหม่ๆ มาใช้ เพื่อให้ได้ผลผลิตหรือผลงานที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ และประสิทธิผล จึงเป็นที่มาของการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ที่มีอยู่ในกระบวนการชำแหละเนื้อไก่ ทำให้ไขมันไก่ส่วนที่ไม่มีคุณค่าและไม่มีมูลค่า หรือมีมูลค่าน้อย เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับองค์กรต่อไป

2. ขอบเขตงานวิจัย

2.1 กำหนดพื้นที่ทำการศึกษาการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ จะพิจารณาไขมันไก่ที่อยู่ภายในโรงชำแหละไก่ ซึ่งไขมันไก่ที่นำมาเพิ่มมูลค่าได้มาจาก Chiller สายการผลิต Cut up และสายการผลิต LDE

2.2 วิธีการเพิ่มมูลค่าที่จะพิจารณาความเป็นไปได้มี 4 ทางเลือก คือ การนำไขมันมาให้ความร้อนเป็นน้ำมันไก่ ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารสัตว์ การผลิตไบโอดีเซล และผลิตสบู่

2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าจะศึกษาความเป็นได้ 3 ด้าน คือ ความเป็นไปได้ทางการตลาด ความเป็นไปได้ทางเทคนิค และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

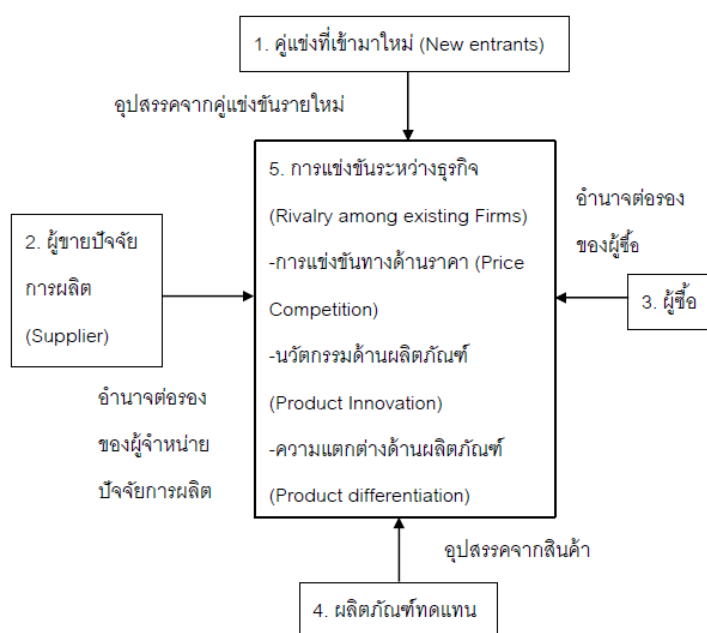
จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ที่อยู่ในกระบวนการชำแหละเนื้อไก่ สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study)

การศึกษความเป็นไปได้ของโครงการในภาพรวมทั้งหมด ซึ่งการจัดทำโครงการเพื่อให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่วางไว้ จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านการเงิน [4] วิธีการศึกษาความเป็นไปได้ในโครงการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ที่อยู่ในกระบวนการชำแหละเนื้อไก่ ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการตลาด ด้านเทคนิค และด้านการเงิน ซึ่งทฤษฎีที่จะใช้ในการวิเคราะห์ มีดังนี้

3.1.1 ด้านการตลาด

การวิเคราะห์การแข่งขันของธุรกิจ โดยใช้เครื่องมือปัจจัย 5 ประการ (The five force model of competition) ดังแสดง ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปัจจัย 5 ประการ (The five force model of competition) ของ Michael E.Potter [5]

3.1.2 การศึกษาด้านเทคนิค

การวิเคราะห์ด้านเทคนิคจะบ่งบอกความเป็นไปได้ทางด้านผลิตและเป็นพื้นฐานในการคาดคะเนต้นทุนของโครงการ นอกจากนี้ยังช่วยในการพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากทางเลือกทางด้านเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งจะพิจารณาจากปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้แก่ (1) ด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (2) กระบวนการผลิต (3) การกำหนดขนาดโรงงานและตารางการผลิต (4) การเลือกเครื่องจักรอุปกรณ์ (5) การออกแบบผังโรงงาน (6) การศึกษาความสามารถในการจัดหาวัตถุดิบและสิ่งอำนวยความสะดวก (7) การคาดคะเนความต้องการแรงงาน และ (8) การกำหนดปริมาณและต้นทุนของส่วนสูญเสีย [6]

3.1.3 การศึกษาด้านการเงิน

การนำข้อมูลทางการเงินมาวิเคราะห์ประเมินโครงการ เพื่อใช้ในการตัดสินใจ การประเมินรายได้และค่าใช้จ่ายของโครงการ ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) และการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break-Even Analysis)

3.2 วิธีการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่

3.2.1 สกัดน้ำมันไก่โดยการเจียวไขมันไก่ โดยให้ความร้อนจนน้ำมันแตกออกจากเซลล์ การสกัดน้ำมันออกจากสัตว์ส่วนใหญ่ใช้วิธีนี้ การผลิตน้ำมันและไขมันบริโภคกระทรวงอุตสาหกรรมมีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตและเพื่อประโยชน์ของผู้บริโภคแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ น้ำมันและไขมันบริโภคธรรมดา และน้ำมันและไขมันบริโภคไร้ฟอสฟอรัส ซึ่งมีคุณลักษณะที่ต้องการ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานของน้ำมันและไขมันบริโภค (มอก. 47-2516) [7]

คุณลักษณะ	คุณลักษณะ
สี	เป็นไปตามลักษณะเฉพาะของชนิดน้ำมันหรือไขมัน
กลิ่นและรส	มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันและไขมันชนิดนั้น ๆ และต้องไม่มีกลิ่นหืน
ค่าของกรด (มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ 1 กรัมของน้ำมันหรือไขมัน)	1. น้ำมันและไขมันบริโภคธรรมดา ต้องไม่เกิน 4.0 2. น้ำมันและไขมันบริโภคชนิดไร้ฟอสฟอรัส ต้องไม่เกิน 0.6
ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลต่อ 1 กิโลกรัมของน้ำมันหรือไขมัน)	ไม่เกิน 10

3.2.2 ผลิตภัณฑ์สัตว์ ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารสัตว์ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ น้ำคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุ

3.2.3 ผลิตไบโอดีเซล เป็นพลังงานทดแทนจากน้ำมันพืชหรือน้ำมันจากสัตว์ ที่ผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า กระบวนการทรานเอสเทอริฟิเคชัน (Trans Esterification Process) โดยนำน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์มาทำปฏิกิริยากับ แอลกอฮอล์ เช่น เมทานอล หรือ เอทานอล โดยมีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นอัลคิลเอสเทอร์ และกลีเซอรอล ซึ่งมีต้นทุนต่ำ มีคุณภาพตามมาตรฐานสากล และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3.3 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process: AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เป็นการคำนวณหาค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์นำมาใช้ในการพิจารณานั้น จะใช้การเปรียบเทียบความสำคัญกันระหว่างหลักเกณฑ์ที่ละคู่ (Pair wise Comparison) ซึ่งในการประเมินคะแนนให้กับหลักเกณฑ์นั้น จะใช้มาตราส่วน 1 - 9 ของ Saaty ดังแสดงในตารางที่ 2 [3]

ตารางที่ 2 มาตราส่วนในการวินิจฉัยและเปรียบเทียบเชิงคู่ [8]

ค่าระดับ	ความหมายของระดับความสำคัญ	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน (Equality important)	2 ปัจจัยมีความสำคัญต่อวัตถุประสงค์เท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง (Moderate more important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก (Strongly more important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญกว่าอีกปัจจัยอย่างมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด (Very strongly more important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญกว่าอีกปัจจัยอย่างมากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด (Extremely more important)	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญสูงสุดที่จะเป็นไปได้ในการพิจารณาเปรียบเทียบ
2,4,6,8	ความสำคัญที่อยู่ระหว่างแต่ละระดับ	ความสำคัญที่อยู่ระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตามลำดับตัวเลข

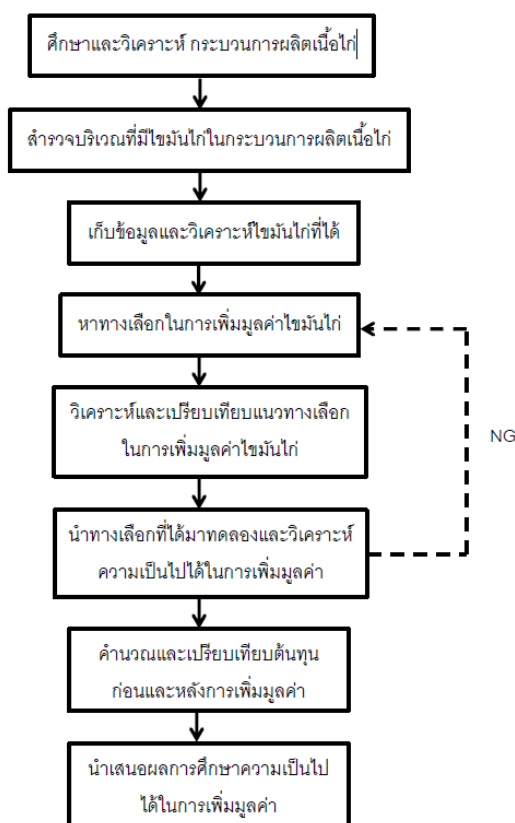
4. การดำเนินการวิจัย

4.1 วิธีการศึกษาที่นำมาใช้

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่ โดยศึกษาทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่ โดยศึกษาตั้งแต่กระบวนการรับไก่ชำแหละไก่ จนได้ผลิตภัณฑ์เป็นชิ้นส่วนของไก่ออกมาและสำรวจบริเวณที่พบไข่ม้วนไก่ในแต่ละกระบวนการ นำแนวคิดการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ซึ่งได้นำแนวคิดการวิเคราะห์ทางการตลาด การวิเคราะห์ทางเทคนิค การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์มาใช้ในการดำเนินงาน ในลำดับถัดไปจะกล่าวถึงขั้นตอนการศึกษา

4.2 ขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งทำการศึกษากระบวนการการทำงานและเสนอแนวทางในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่ในกระบวนการขั้นตอนการชำแหละไก่ในอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังกระบวนการดำเนินงาน

4.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์สำรวจกระบวนการผลิตเนื้อไก่

4.2.1.1 สภาพทั่วไป

ทำการศึกษาสภาพทั่วไปในกระบวนการทำงานในการผลิตเนื้อไก่และกำลังการผลิต

4.2.1.2 กระบวนการผลิตและวิธีการทำงานของพนักงานในกระบวนการชำแหละไก่

สรุปเป็นแผนภูมิการไหล (Flow Process Chart) โดยรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายเอกสาร และแผนกการผลิตและลงศึกษากระบวนการจริง

4.2.2 สำรวจบริเวณที่มีไข่ม้วนไก่ในกระบวนการผลิตเนื้อไก่ จากการชำแหละไก่ทุกกระบวนการ จุดใดบ้างที่พบไข่ม้วนไก่ในกระบวนการนั้น ๆ ไข่ม้วนนั้นมาจากส่วนไหนของไก่ พร้อมทั้งจดบันทึกข้อมูลจริงแต่ละสายการผลิต

4.2.3 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ไขมันไก่ที่ได้ทำการเก็บข้อมูลของไขมันไก่ทั้งหมด ที่ได้จากกระบวนการผลิต เนื้อไก่จากการชำแหละไก่ ปริมาณไขมันไก่ที่ได้ต่อวันในแต่ละจุด วิเคราะห์ไขมันไก่ที่ได้จากกระบวนการผลิต ลักษณะภายนอกของไขมันไก่

4.2.4 หาทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ ศึกษาการเพิ่มมูลค่าในแต่ละแบบ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับไขมันไก่ในกระบวนการชำแหละไก่

4.2.5 วิเคราะห์และเปรียบเทียบแนวทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่

ขั้นตอนนี้จะทำการเปรียบเทียบทางเลือกในแต่ละทางเลือกที่ได้ทำการวิเคราะห์มา โดยพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ พร้อมทั้งเลือกวิธีการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ที่ดีที่สุด คุ้มค่าในการเพิ่มมูลค่ามากที่สุด โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) เป็นวิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi – Criteria Decision Making Method) ช่วยให้การตัดสินใจโดยการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด [3]

4.2.6 ออกแบบการทดลองเพื่อเพิ่มมูลค่าไขมันไก่

4.2.6.1 โดยออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียล (The 2^k Factorial Design) เพื่อให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถทำได้ โดยได้ปัจจัย 5 ตัวแปร ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะทำการทดลองเป็น 2 ระดับ คือ ค่าต่ำสุด (-1) เท่ากับไขมัน 50 กรัม กับค่าสูงสุด (+1) เท่ากับไขมัน 70 กรัม และทำการทดลองซ้ำกัน 3 ครั้ง ดังนั้นจะมีการทดลองเชิงไขมันทั้งหมดอยู่ 96 ครั้ง

4.2.6.2 ทำการทดลองโดยการเจียวไขมันไก่เพื่อให้ได้มาซึ่งน้ำมันไก่ โดยใช้อุณหภูมิที่ 70 – 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งวัดค่า AV และค่าโพลาไรที่ได้จากการทดลอง โดยใช้เครื่องวัดค่าโพลาไรและแผ่นทดสอบค่า AV พร้อมทั้งบันทึกลงในตารางการทดลองเจียวไขมันไก่

4.2.6.3 นำค่าการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ปัจจัยป้อนเข้าแต่ละตัวที่มีผลต่อกระบวนการเจียวไขมันไก่ เพื่อให้ได้น้ำมันไก่ โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของการทดลอง คือ วิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบเพื่อนำไปวิเคราะห์ ANOVA และวิเคราะห์หาสมการ Regression ที่เหมาะสมกับการทดลอง

4.2.6.4 คำนวณมูลค่าการลงทุน ผลตอบแทนที่ได้รับจากการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ เพื่อดูความคุ้มค่าในการลงทุน

4.2.7 คำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการเพิ่มมูลค่า โดยสรุปแนวทางการดำเนินงานในการตัดสินใจสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับไขมันไก่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้จริง

4.2.8 กระบวนการประเมินทางเลือกในการเพิ่มมูลค่า

4.2.8.1 ประเมินทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าใช้การศึกษาคำเป็นไปได้ของโครงการ โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) โดยพิจารณาความคุ้มค่าที่จะลงทุนที่สุดจากทางเลือกที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด

4.2.8.2 การนำข้อมูลการวิเคราะห์จุดแข็งจุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคมาสร้างแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ โดยมุ่งเน้นภาคเอกชนประกอบด้วยบริษัททั้งหมด 9 บริษัท เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละประเด็นตามกระบวนการตามลำดับชั้น (AHP)

4.2.8.3 ประชากรในงานวิจัยนี้ใช้ไขมันไก่ที่เกิดจากกระบวนการชำแหละไก่ภายในบริษัทกรมศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษา คือ ไขมันใต้เครื่องแหวกตุ๋นไก่ ไขมันใต้เครื่องทะเลงตุ๋นถึงหัว ไขมันเครื่องใน ไขมันจากขั้วก้น ไขมันจากก้น ไขมันภายใน Chiller ไขมันช่องท้อง และไขมันบริเวณเครื่องลอกหนัง

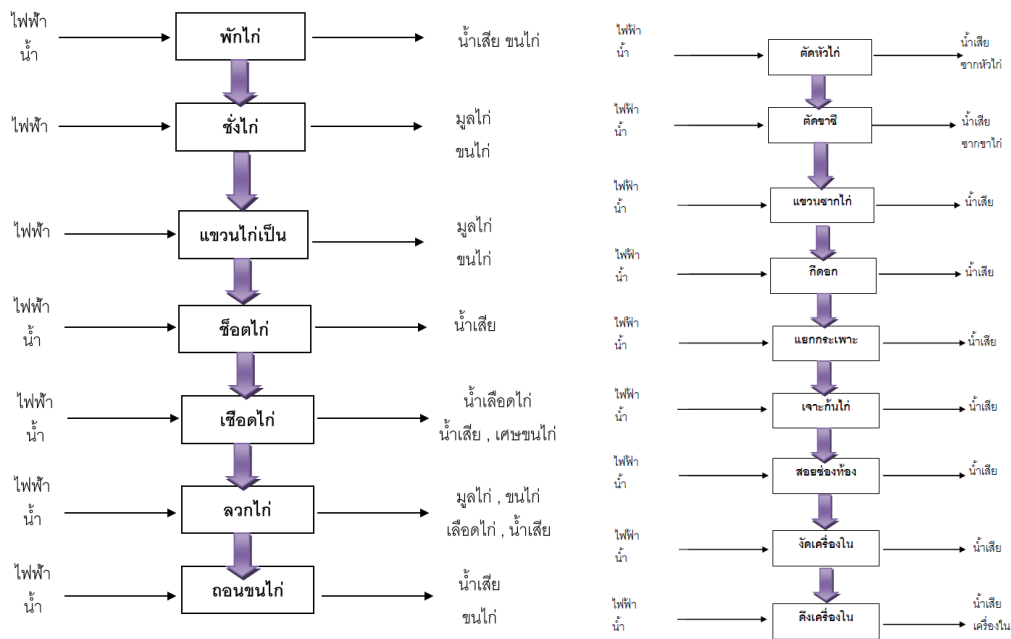
5. ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าไขมันไก่สามารถนำมาเพิ่มมูลค่าได้หลากหลายทางเลือก เมื่อนำมาผ่านความร้อนให้กลายเป็นน้ำมันไก่เจียว สามารถใช้แทนน้ำมันในหลายอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ จากข้อมูลที่ได้ศึกษาดังกล่าวจึงนำทางเลือกต่าง ๆ เหล่านี้มาวิเคราะห์ปัจจัยการตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) เพื่อใช้ประกอบการการตัดสินใจ โดยสรุปได้ดังนี้

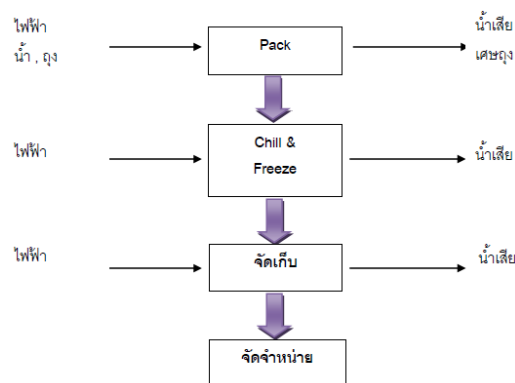
5.1 ผลการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตเนื้อไก่

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตเนื้อไก่ในแต่ละกระบวนการ สามารถแสดงแผนผังกระบวนการชำแหละไก่ ประกอบไปด้วย Input Process และ Output ที่ได้ในแต่ละกระบวนการ รวมถึงของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตจากการชำแหละไก่สด ดังแสดงในรูปที่ 3-1 และ รูปที่ 3-2 ซึ่งแสดงกระบวนการชำแหละไก่ ที่ทางคณะผู้วิจัยได้เข้าไปทำการเก็บข้อมูลจริงในแต่ละสายการผลิต เพื่อสำรวจข้อมูลและหาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์

รูปที่ 3-1 แผนผังแสดงกระบวนการชำแหละไก่



รูปที่ 3-2 แผนผังแสดงกระบวนการชำแหละไก่ (ต่อ)



5.2 ผลการสำรวจบริเวณที่มีไขมันไก่ในกระบวนการผลิตเนื้อไก่

ผลการสำรวจบริเวณกระบวนการผลิตเนื้อไก่จากการชำแหละไก่ทุกกระบวนการ โดยเดินสำรวจหน้างานจริงในแต่ละสายการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงไลน์การผลิตแต่ละไลน์ที่พบไขมัน

ไลน์การผลิต	สถานที่
LDE	ไขมันใต้เครื่อง Auto Evisceration
	ไขมันเครื่องใน
	ไขมันจากขั้วก้น
	ไขมันจากก้น(จากก้น 2 กิโลกรัม)
C	ไขมันจาก Chiller
	ไขมันช่องท้อง
	ไขมันบริเวณเครื่องลอกหนัง
นอกไลน์การผลิต	ฟ้อบ้านดัก
	บ่อ Fat trap

จากตารางที่ 3 ไลน์การผลิต LDE พบไขมัน 4 ส่วน คือ ไขมันใต้เครื่อง Evisceration ไขมันเครื่องใน ไขมันจากขั้วก้น และไขมันจากก้น ไลน์การผลิต C พบไขมัน 2 ส่วน คือ Chiller ไขมันช่องท้อง และไขมันบริเวณเครื่องลอกหนัง และนอกไลน์การผลิตพบไขมันที่เกิดจากพนักงานดักจากท่อทิ้งน้ำเสีย และบ่อ Fat trap ซึ่งจะนำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

5.3 ผลการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ไขมันไก่ที่ได้

ผลการเก็บข้อมูลไขมันไก่ที่ได้จากกระบวนการผลิต ลักษณะภายนอกของไขมันไก่ในแต่ละบริเวณภายในโรงงาน และกระบวนการปัจจุบันในการดำเนินการกับไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณไขมันในแต่ละบริเวณภายในโรงงาน

ไลน์การผลิต	ประเภทของไขมัน	ปริมาณไขมันเฉลี่ย (กิโลกรัม/เดือน)
LED	ไขมันใต้เครื่องแหวกตัดไก่	2,618
	ไขมันเครื่องใน	61,708.5
	ไขมันจากขั้วก้น	2,330
	ไขมันจากก้น(จากก้น 2 กิโลกรัม)	7,919.5
C	Chiller	3,016
	ไขมันช่องท้อง	31,703.5
	ไขมันบริเวณเครื่องลอกหนัง	1,425
นอกไลน์การผลิต	ฟ้อบ้านดัก	-
	บ่อ Fat trap	-

จากตารางที่ 4 แสดงปริมาณไขมันในแต่ละบริเวณภายในโรงงาน จะนำไขมันที่ได้ในไลน์การผลิตไปทำการวิเคราะห์หาทางเลือกที่เหมาะสมในการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ด้วยกระบวนการ AHP ในลำดับถัดไป

5.4 ผลการหาทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่

5.4.1 ปัจจัยที่นำมาเป็นเกณฑ์การตัดสินใจ

5.4.1.1 ความเป็นไปได้ทางการตลาด ในการศึกษาด้านนี้จะศึกษาถึงลักษณะของสินค้า ลักษณะของตลาด ปริมาณความต้องการในทางเลือกต่าง ๆ การจัดจำหน่าย ราคาจำหน่าย แหล่งวัตถุดิบ

5.4.1.2 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ในการศึกษาด้านนี้จะเป็นการศึกษาถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุนหรือเงินลงทุนของทางเลือกแต่ละทางเลือก อุปกรณ์ เครื่องจักรที่ใช้ ค่าใช้จ่ายในการผลิต ผลตอบแทนคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่

5.4.1.3 ความเป็นไปได้ทางเทคนิค ในการศึกษาด้านนี้จะเป็นการศึกษาถึงขั้นตอนการผลิต ความเป็นไปได้ในการทำให้ทางเลือกนั้น ๆ เกิดขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศทั้งหมด 9 ท่าน ซึ่งได้ตอบแบบสอบถามกลับมาเพียง 7 ท่าน ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ความน่าเชื่อถือเนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้นจะพิจารณาเฉพาะกลุ่มย่อยไม่เกิน 10 คน เนื่องจากการเปรียบเทียบข้อคำถามแต่ละประเด็นโดยจะมีเครื่องมือที่ใช้วัดความสอดคล้อง (Consistency Ratio: CR) ของแบบสอบถามเพื่อยืนยันความสมเหตุสมผลของการตอบคำถามจากผู้เชี่ยวชาญ โดยลำดับถัดไปจะแสดงผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแนวทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่

5.4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแนวทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่

ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบแนวทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่ แสดงคะแนนของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงระดับคะแนนของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่

ปัจจัย	AHP score	ลำดับความสำคัญ	คะแนน
ความเป็นไปได้ทางเทคนิค	0.63	1	×3
ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์	0.23	2	×2
ความเป็นไปได้ทางการตลาด	0.14	3	×1

จากตารางที่ 5 ระดับคะแนนของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไข่ม้วนไก่ สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มี AHP score สูงที่สุด คือ ปัจจัยทางด้านความเป็นไปได้ทางเทคนิค มีคะแนน 0.63 จึงให้คะแนนความสำคัญเท่ากับ x3 ลำดับถัดมาเป็นปัจจัยทางด้านความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ มีคะแนน 0.23 ให้คะแนนความสำคัญเท่ากับ x2 และลำดับสุดท้ายคือ ปัจจัยทางด้านความเป็นไปได้ทางการตลาด มีคะแนนเท่ากับ 0.14 ให้คะแนนความสำคัญเท่ากับ x1 ตามลำดับ ในขั้นตอนต่อไปจะนำคะแนนเฉลี่ยจากกระบวนการ AHP จำแนกตามทางเลือกเทียบกับปัจจัย ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงคะแนนเฉลี่ยจากกระบวนการ AHP จำแนกตามทางเลือกเทียบกับปัจจัย

ทางเลือก	AHP score			รวมคะแนน	ลำดับ
	ความเป็นไปได้ทางเทคนิค (A)	ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ (B)	ความเป็นไปได้ทางการตลาด (C)	$(A*3) + (B*2) + (C*1)$	
น้ำมันเจียวสำหรับบริโภค	0.395	0.39	0.435	2.4	1
น้ำมันเจียวสำหรับผสมในอาหารสัตว์	0.395	0.39	0.38	2.35	2
ไบโอดีเซล	0.075	0.07	0.105	0.47	4
สบู่	0.14	0.15	0.08	0.8	3

จากตารางที่ 6 คะแนนเฉลี่ยจากกระบวนการ AHP จำแนกตามทางเลือกเทียบกับปัจจัยทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความเป็นไปได้ทางเทคนิค ด้านความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ความเป็นไปได้ทางการตลาด พบว่าน้ำมันเจียวสำหรับบริโภค มีคะแนนเท่ากับ 2.40 น้ำมันเจียวสำหรับผสมในอาหารสัตว์เปรียบเทียบ มีคะแนนเท่ากับ 2.35 ไบโอดีเซล มีคะแนนเท่ากับ 0.47 และสบู่ มีคะแนนเท่ากับ 0.80 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ คือ อันดับ 1 คือน้ำมันเจียวสำหรับบริโภค หลังจากนั้นผู้วิจัยจะทำการออกแบบการทดลองเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่โดยการวิธีการเจียวให้เป็นน้ำมันเพื่อการบริโภค และใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของการทดลอง

5.4.3 ผลการออกแบบการทดลองอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการเจียวไขมันไก่

ใช้การทดสอบแบบ 2^k แฟกทอเรียล เนื่องจากมีประโยชน์อย่างมากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรก ซึ่งทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถทำได้ เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลทั้ง 5 ปัจจัย โดยผลการทดลองเจียวไขมันไก่มีปัจจัยที่ต้องการศึกษาอยู่ 5 ปัจจัย ได้แก่ ไขมันช่องท้อง ไขมันเครื่องใน ไขมันใต้เครื่องทะเลงตุ๋นถึงหัว ไขมันใน chiller และ ไขมันก้น แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวแปรแทนปัจจัยไขมันในแต่ละตัว

ตัวแปร	ปัจจัย
x_1	ไขมันช่องท้อง
x_2	ไขมันเครื่องใน
x_3	ไขมันก้น
x_4	ไขมัน chiller
x_5	ไขมันใต้เครื่อง auto evisceration

จากตารางที่ 7 ปัจจัยที่ต้องการศึกษามีอยู่ 5 ปัจจัย คือ ไขมันช่องท้อง ไขมันเครื่องใน ไขมันใต้เครื่องทะเลงตุ๋นถึงหัว (auto evisceration) ไขมันใน chiller และไขมันก้น ซึ่งเป็นตัวแปรต้น และตัวแปรตามจากการทดลอง ได้แก่ ค่า AV และค่า Polar เป็นค่าที่ได้จากผลการทดลอง ซึ่งในแต่ละปัจจัยจะทำการทดลองเป็น 2 ระดับ คือ ค่าต่ำสุด (-1) กับค่าสูงสุด (+1) ดังนั้นจะมีการทดลองการเจียวไขมันทั้งหมดอยู่ 32 จุด ซึ่งในการทดลองจะมีการทดลองซ้ำรวมเป็น 3 ครั้ง รวมการทดลองทั้งหมด 96 ครั้ง ซึ่งสามารถยกตัวอย่างผลการทดลอง 5 ครั้งแรก ดังแสดงในตารางที่ 8

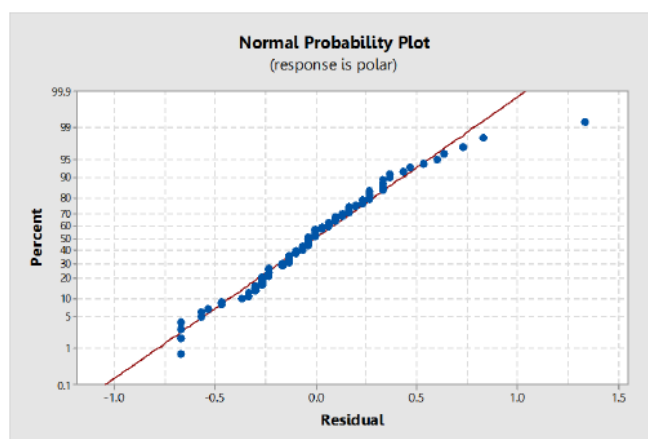
ตารางที่ 8 ผลการทดลองให้ความร้อนไขมัน

	ปัจจัย					ผลการทดลอง	
	food grade		feed grade				
การทดลอง	x1	x2	x3	x4	x5	AV	Polar
1	50	50	50	50	50	0.5	3.5
	50	50	50	50	50	0.5	3.6
	50	50	50	50	50	0.5	3.1
2	70	50	50	50	50	0.5	1.2
	70	50	50	50	50	0.5	1.1
	70	50	50	50	50	0.5	1.4
3	50	70	50	50	50	0.5	1.2
	50	70	50	50	50	0.5	1.4
	50	70	50	50	50	0.5	1.7
4	50	50	70	50	50	0.5	4.5
	50	50	70	50	50	0.5	4.1
	50	50	70	50	50	0.5	4.7
5	50	50	50	70	50	1	4.3
	50	50	50	70	50	1	4.9
	50	50	50	70	50	1	4.5

จากตารางที่ 8 แสดงผลการทดลองให้ความร้อนไขมัน พบว่า ค่า AV ที่ได้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม คือ มีค่าไม่เกิน 2 ตามที่จัดในระดับ Food Grade ที่ค่า AV ไม่เกิน 2 แต่ค่า Polar บางตัวที่ได้จากการทดลองมีค่าเกิน 20 จากระดับ Food Grade ที่ค่า Polar ไม่เกิน 20 ดังนั้น จึงเลือกค่า Polar นำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป ดังนี้

5.4.3.1 ผลการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบของการทดลองการเจียวไขมันไก่

เมื่อได้ผลการทดลองการเจียวไขมันไก่แล้ว จึงต้องมีการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบ โดยการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูล ได้ผลการทดสอบดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลผลการทดลอง

จากรูปที่ 4 ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลผลการทดลอง พบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวใกล้เคียงเส้นตรง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์มีการแจกแจงแบบปกติ

5.4.3.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลจากการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียล Factorial Fit: polar versus x1, x2, x3, x4, x5 ดังแสดงในรูปที่ 5

Estimated Effects and Coefficients for polar (coded units)						Analysis of Variance for polar (coded units)						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P	Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Constant		9.172	0.04187	219.03	0.000	Main Effects	5	4917.39	4917.39	983.477	5842.44	0.000
x1	-5.727	-2.864	0.04187	-68.38	0.000	2-Way Interactions	10	978.74	978.74	97.874	581.43	0.000
x2	-4.840	-2.420	0.04187	-57.79	0.000	3-Way Interactions	10	322.68	322.68	32.268	191.69	0.000
x3	7.606	3.803	0.04187	90.82	0.000	4-Way Interactions	5	318.78	318.78	63.755	378.74	0.000
x4	6.940	3.470	0.04187	82.86	0.000	5-Way Interactions	1	15.60	15.60	15.601	92.68	0.000
x5	6.531	3.266	0.04187	77.99	0.000	Residual Error	64	10.77	10.77	0.168		
x1*x2	-0.044	-0.022	0.04187	-0.52	0.603	Pure Error	64	10.77	10.77	0.168		
x1*x3	-2.490	-1.245	0.04187	-29.73	0.000	Total	95	6563.95				
x1*x4	-2.440	-1.220	0.04187	-29.13	0.000							
x1*x5	-2.298	-1.149	0.04187	-27.44	0.000							
x2*x3	-2.710	-1.355	0.04187	-32.36	0.000							
x2*x4	-2.444	-1.222	0.04187	-29.18	0.000							
x2*x5	-2.569	-1.284	0.04187	-30.67	0.000							
x3*x4	1.277	0.639	0.04187	15.25	0.000							
x3*x5	1.144	0.572	0.04187	13.66	0.000							
x4*x5	0.702	0.351	0.04187	8.38	0.000							
x1*x2*x3	-1.156	-0.578	0.04187	-13.81	0.000							
x1*x2*x4	-0.923	-0.461	0.04187	-11.02	0.000							
x1*x3*x4	-0.460	-0.230	0.04187	-5.50	0.000							
x1*x2*x5	-0.881	-0.441	0.04187	-10.52	0.000							
x1*x3*x5	-0.427	-0.214	0.04187	-5.10	0.000							
x1*x4*x5	-0.185	-0.093	0.04187	-2.21	0.030							
x2*x3*x4	-0.473	-0.236	0.04187	-5.65	0.000							
x2*x3*x5	-0.573	-0.286	0.04187	-6.84	0.000							
x2*x4*x5	-0.365	-0.182	0.04187	-4.35	0.000							
x3*x4*x5	-3.060	-1.530	0.04187	-36.54	0.000							
x1*x2*x3*x4	-1.194	-0.597	0.04187	-14.25	0.000							
x1*x2*x3*x5	-0.877	-0.439	0.04187	-10.47	0.000							
x1*x2*x4*x5	-0.869	-0.434	0.04187	-10.37	0.000							
x1*x3*x4*x5	1.810	0.905	0.04187	21.62	0.000							
x2*x3*x4*x5	2.656	1.328	0.04187	31.72	0.000							
x1*x2*x3*x4*x5	-0.806	-0.403	0.04187	-9.63	0.000							

S = 0.410284 PRESS = 14.24
R-Sq = 99.84% R-Sq(pred) = 99.63% R-Sq(adj) = 99.76%

รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลอง 2^k แฟกทอเรียล

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ P-Value ของอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย 3 ปัจจัย 4 ปัจจัย และ 5 ปัจจัย มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่า รูปแบบสมการที่ได้จากการวิเคราะห์มีความเหมาะสมดี

5.4.3.3 ผลของการทดลองเพื่อหาสมการที่เหมาะสมต่อกระบวนการเจียวไขมันไก่

Regression Analysis: polar versus x1, x2, x3, x4, x5					
Stepwise Selection of Terms					
The regression equation is					
polar = -22.36 - 0.2864 x1 - 0.2420 x2 + 0.3803 x3 + 0.3470 x4 + 0.3266 x5					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	-22.359	5.873	-3.81	0.000	
x1	-0.28635	0.04365	-6.56	0.000	
x2	-0.24198	0.04365	-5.54	0.000	
x3	0.38031	0.04365	8.71	0.000	
x4	0.34698	0.04365	7.95	0.000	
x5	0.32656	0.04365	7.48	0.000	

S = 4.27729 R-Sq = 74.9% R-Sq(adj) = 73.5%

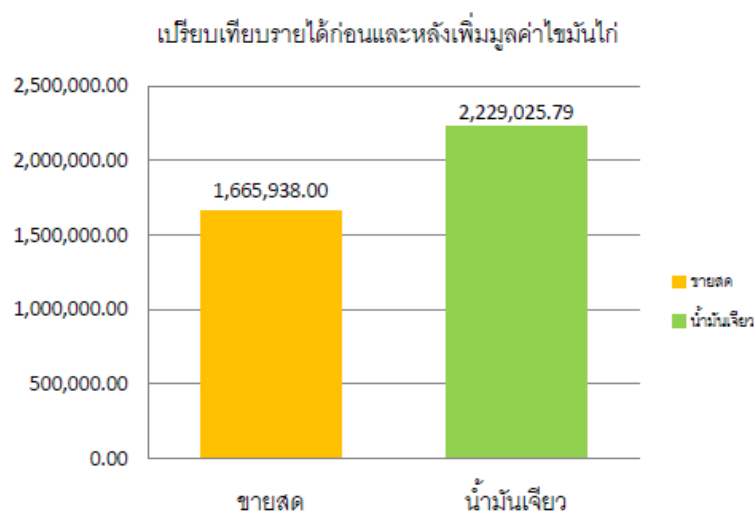
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	4917.39	983.48	53.76	0.000
Residual Error	90	1646.57	18.30		
Total	95	6563.95			

รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

จากรูปที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยของข้อมูล พบว่าปัจจัยไขมันไขมันช่องท้อง (x_1), ไขมันเครื่องใน (x_2) ไขมันก้น (x_3) ไขมันchiller(x_4) ไขมันใต้เครื่อง auto evisceration (x_5) สามารถใช้ในการพยากรณ์ค่าโพลาไร (Y) ได้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 เนื่องจากค่า p-value ของตัวแปร x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 มีค่าน้อยกว่า 0.05 ดังนั้นสมการที่นำไปใช้การพยากรณ์จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยคือ $\text{polar}(Y) = -22.36 - 0.2864x_1 - 0.2420x_2 + 0.3803x_3 + 0.3470x_4 + 0.3266x_5$ โดยสมการนี้สามารถอธิบายค่าโพลาไรได้ 73.5 เปอร์เซ็นต์ โดยในลำดับถัดไปจะนำข้อมูลที่ได้นี้ไปคำนวณเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ เพื่อหาข้อสรุปวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ต่อไป

5.5 ผลการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการเพิ่มมูลค่า

ผลการเปรียบเทียบรายได้อีกก่อนและหลังเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ สามารถแสดงดังรูปที่ 7 ดังนี้

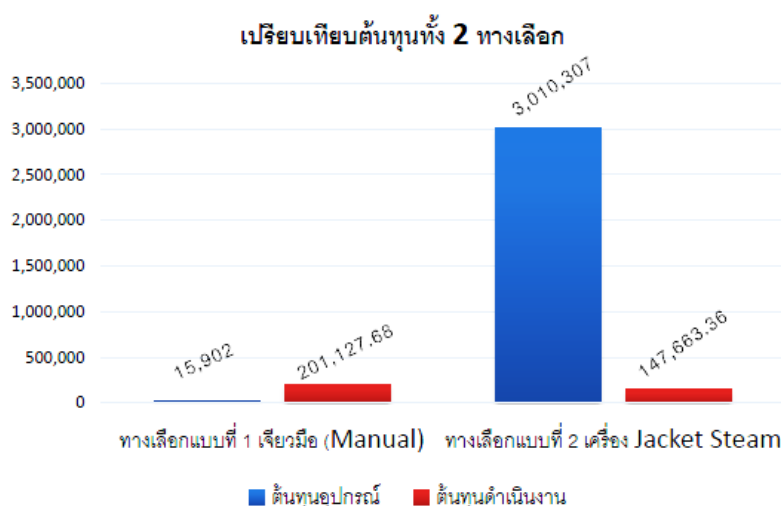


รูปที่ 7 การเปรียบเทียบรายได้อีกก่อนและหลังเพิ่มมูลค่าไขมันไก่

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่ารายได้อีกก่อนการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ด้วยวิธีการขายสดเท่ากับ 1,665,938.00 บาทต่อเดือน ในทางตรงกันข้ามรายได้อีกหลังการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ด้วยวิธีการเจียว คือ 2,229,025.79 บาทต่อเดือน เมื่อเปรียบเทียบรายได้อีกก่อนและหลังการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ พบว่า บริษัทจะมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 563,087.80 บาท ในลำดับถัดไปจะทำการคำนวณระยะเวลาคืนทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำมันเจียว โดยการคำนวณระยะเวลาคืนทุนจะพิจารณา 2 ทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ คือ ทางเลือกแบบที่ 1 เจียวมือ (Manual) และทางเลือกแบบที่ 2 เครื่อง Jacket Steam โดยพิจารณาจากสูตรตามสมการที่ (1)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ต้นทุนรวมทั้งหมด} / \text{รายได้ทั้งหมด} \quad (1)$$

จากการคำนวณระยะเวลาคืนทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำมันเจียวในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ สามารถสรุปได้ 2 ทางเลือกดังนี้ ทางเลือกแบบที่ 1 เจียวมือ (Manual) จะมีต้นทุนค่าอุปกรณ์ที่ต่ำกว่าเนื่องจากใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วภายในบริษัท ได้แก่ กระทะ ฐานกระทะ หัวเตาแก๊ส ตะแกรงกรอง หม้อเสตนเลส ซึ่งมีต้นทุนรวมค่าอุปกรณ์เท่ากับ 15,902 บาท และต้นทุนดำเนินงานต่อปี ได้แก่ ค่าแรงคนงาน ค่าแก๊สหุงต้ม เท่ากับ 201,127.68 บาท ในทางตรงกันข้ามทางเลือกที่ 2 เครื่อง Jacket Steam นั้น จะมีต้นทุนค่าอุปกรณ์ที่สูงกว่ามาก เนื่องจากจะต้องดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์ใหม่ ซึ่งมีต้นทุนรวมค่าอุปกรณ์เท่ากับ 3,010,307 บาท และต้นทุนดำเนินงานต่อปี ได้แก่ ค่าแรงคนงาน ค่าไฟฟ้าเท่ากับ 147,663.36 บาท โดยแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่าง 2 ทางเลือก ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่าง 2 ทางเลือก

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่าง 2 ทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมัน ได้แก่ ทางเลือกแบบที่ 1 เจียวมือ (Manual) และทางเลือกแบบที่ 2 เครื่อง Jacket Steam จะเห็นได้ว่าทางเลือกแบบที่ 1 นั้น มีต้นทุนค่าอุปกรณ์ที่ต่ำกว่าทางเลือกแบบที่ 2 เท่ากับ 15,902 บาท แต่มีต้นทุนดำเนินงานที่สูงกว่าเท่ากับ 201,127.68 บาทต่อปี เนื่องจากมีต้นทุนค่าแรงพนักงานในการเจียวไขมันไก่ที่มากกว่า ในขณะที่ทางเลือกแบบที่ 2 นั้นมีต้นทุนค่าอุปกรณ์ที่สูงกว่าแบบที่ 1 เท่ากับ 3,010,307 บาท แต่ในทางตรงกันข้าม ทางเลือกแบบที่ 2 จะมีต้นทุนการดำเนินงานที่ต่ำกว่าเท่ากับ 147,663.36 บาทต่อปี เนื่องจากมีต้นทุนค่าแรงพนักงานในการควบคุมการทำงานที่ต่ำกว่าใช้พนักงานน้อยกว่า โดยสามารถสรุประยะเวลาคืนทุน ได้ดังนี้

1) ทางเลือกแบบที่ 1 เจียวมือ (Manual) สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มไขมันไก่เป็นน้ำมันเจียว รวมเป็นเงิน $26,748,309.48 - 20,192,383.68 = 6,555,925.80$ บาทต่อปี โดยมีต้นทุนค่าอุปกรณ์ 15,902 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.00243 ปี หรือประมาณ 0.885 วัน หรือ 21.248 ชั่วโมง

2) ทางเลือกแบบที่ 2 เครื่อง Jacket Steam สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มไขมันไก่เป็นน้ำมันเจียว รวมเป็นเงิน $26,748,309.48 - 20,138,919.36 = 6,609,390.12$ บาทต่อปี โดยมีต้นทุนค่าอุปกรณ์ 3,010,307 บาท และระยะเวลาคืนทุน 0.455 ปี หรือคิดเป็น 166.243 วัน หรือ 5.541 เดือน

6. สรุป

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่จากกระบวนการชำแหละไก่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการชำแหละและแปรรูปเนื้อไก่ และกระบวนการที่ได้มาซึ่งไขมันไก่ ตลอดจนศึกษาหาแนวทางและเปรียบเทียบวิธีการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันไก่ เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

ผลการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการชำแหละและแปรรูปเนื้อไก่ และกระบวนการที่ได้มาซึ่งไขมันไก่และปริมาณของไขมันพบว่า ไขมันที่ใช้ได้อยู่ในไลน์การผลิต C และไลน์การผลิต LDE ในส่วนของ ไขมันช่องท้อง ไขมันเครื่องใน ไขมันในเครื่อง Chiller โดยแบ่ง grade จากค่า AV และ ค่า Polar ซึ่งทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ ได้แก่ น้ำมันไก่เจียวสำหรับบริโภค น้ำมันไก่เจียวสำหรับนำไปผสมอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์โอดีเซล และผลิตภัณฑ์

จากนั้นจะนำทางเลือกในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ทั้ง 4 ทางเลือกมาทำการวิเคราะห์ปัจจัยการตัดสินใจด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) พบว่า ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ คือ น้ำมันเจียวสำหรับบริโภค จากการทดลองโดยใช้ 2^k แฟกทอเรียล (The 2^k Factorial Design) พบว่า ค่าที่ได้จากการทดสอบมีการแจกแจงแบบปกติ ตัวแบบมีความถูกต้อง

และได้สมการที่เหมาะสมนำไปพยากรณ์ค่า Polar ของน้ำมันไก่ที่ได้นี้คือ $\text{polar}(Y) = -22.36 - 0.2864 x_1 - 0.2420 x_2 + 0.3803 x_3 + 0.3470 x_4 + 0.3266 x_5$ ซึ่งจะนำไปทำการคำนวณและเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังการเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ โดยพบว่า หลังจากเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ด้วยวิธีทางเลือกดังกล่าว สามารถทำให้บริษัทมีรายได้เพิ่มขึ้นจากเดิม 563,087.80 บาท

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การทดลองเพิ่มมูลค่าไขมันไก่ด้วยการเจียวนี้ ผู้ทดลองได้ทำการทดลองแบบใช้คนเจียวเอง หากบริษัทมีแผนการนำไปใช้เสนอให้มีการจัดซื้อเครื่อง Steam jacket ในการเจียวไขมัน ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้มากกว่าการเจียวกับกระทะ หรือหม้อต้มธรรมดา จะสามารถลดเวลาในการทำงานของพนักงานได้

7.2 เนื่องจากไขมันที่นำมาเจียวนั้นมีปริมาณของน้ำปะปนอยู่ด้วยมาก หลังการเจียวจนออกมาเป็นน้ำมันควรทิ้งไว้ให้เย็น ให้น้ำมันแยกชั้น และลอยขึ้นด้านบนแล้วตักผิวที่เป็นน้ำมันข้างบนออก ซึ่งน้ำมันที่ได้สามารถนำไปขายเป็นน้ำมันเพื่อการบริโภค จึงควรคำนึงถึงความสะดวกในกระบวนการผลิตทุกขั้นตอน

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้จากบริษัทการศึกษาและพนักงานทุกท่านในการสนับสนุนข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ และขอขอบคุณนายเรืออากาศโท รองศาสตราจารย์ ฐานันท์ บัวภิบาล อาจารย์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศ นวมินทราชริษราช ที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำในด้านต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] Floros, J. D., Newsome, R., Fisher, W., Barbosa-Cánovas, G. V., Chen, H., Dunne, C. P., ... & Ziegler, G. R. (2010). Feeding the world today and tomorrow: the importance of food science and technology: an IFT scientific review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 572-599.
- [2] Alptekin, E., & Canakci, M. (2010). Optimization of pretreatment reaction for methyl ester production from chicken fat. *Fuel*, 89(12), 4035-4039.
- [3] ธนินทร์รัฐ สิทธิเวชธนาศิริ ละอองดาว วรรณฤทธิ์ และ ชศพล พงษ์แก้ว. (2564). การศึกษาการเพิ่มขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนายเรืออากาศ*, 17(2): 54-68.
- [4] ฐานันท์ บัวภิบาล และ อัจฉรา ชีวะตระกูล. (2540). การบริหารโครงการและการศึกษาความเป็นไปได้. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [5] ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2541). การบริหารการตลาดยุคใหม่. กรุงเทพฯ: ชีระฟิล์มและไซเท็กซ์.
- [6] ชัยยศ สันติวงษ์. (2536). การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. พิมพ์ครั้งที่2.
- [7] กระทรวงอุตสาหกรรม. (2528). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันและไขมันบริโภค (มอก. 47-2516).
- [8] Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.

การเปรียบเทียบผลการศึกษาทางการเรียนวิชาสถิติโดยใช้การใช้แอปพลิเคชัน

Comparisons of Achievement of Statistics using Applications

^{1*}สุภาวดี ลีลายุทธ และ ^{2#}ธนเทพ ลิ้มสุวรรณโรจน์
^{1,2}กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
^{1*} Supavadee Leelayut and ^{2#} Tananop Limsuwanroj

^{1,2} Faculty of Academic Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy

*pimm.supavadee@gmail.com, #Tananop.lims@gmail.com

Received : September 8, 2023

Revised : November 9, 2023

Accepted : November 11, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศจากการสอนโดยวิธีการบรรยายแบบเดิมในปีการศึกษา 2563/2564 กับการนำแอปพลิเคชันมาประกอบการเรียนการสอนในปีการศึกษา 2564/2565 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 18 คน เป็นนักเรียนนายเรืออากาศ ที่เรียนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในปีการศึกษา 2564/2565 สถิติเชิงพรรณนาที่นำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Independent t-test ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนนายเรืออากาศที่ได้ใช้แอปพลิเคชันประกอบการเรียนการสอนในเรื่องความน่าจะเป็น และตัวแปรสุ่มได้คะแนนสอบมากกว่านักเรียนนายเรืออากาศที่ได้รับการเรียนการสอนโดยวิธีการบรรยายแบบเดิม ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: แอปพลิเคชัน, แบบฝึกทักษะออนไลน์, วิชาสถิติ

Abstract

The purpose of this research is to compare the study Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy students from teaching by the traditional lecture method in the academic year 2020/2021 with the application of an application for learning in the academic year 2021/2022. The samples used in this research were 18 air cadets studying engineering statistics, academic year 2021/2022. Statistical analysis was done in terms of mean, standard deviation, and t-test. The results showed that air cadets who used the application to study received higher test scores than air cadets who received the traditional lecture method. at a statistically significant level.

Keywords: application, online skills practice, statistics

1. บทนำ

วิชาสถิติศาสตร์มีบทบาทต่อการศึกษารหัสหน่วยงานในทุก ๆ แขนง โดยวิชาสถิติเป็นการศึกษาข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจ หรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) โดยโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราชได้มีการทำการเรียนการสอนในวิชาสถิติในทุก ๆ ปี แต่ 2 - 3 ปีให้หลัง มีสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19) จึงทำให้การเรียนการสอนปรับมาเป็นการสอนแบบออนไลน์ ซึ่งทำให้ผลการเรียนของนักเรียนนายเรืออากาศมีผลการเรียนที่ตกลง โดยสามารถแสดงผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศ จำแนกตามกลุ่มคะแนน ในปีการศึกษา 2560/2561 - 2563/2564 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศ จำแนกตามกลุ่มคะแนนในปีการศึกษา 2560/2561 - 2563/2564

ปีการศึกษา	2560/2561		2561/2562		2562/2563		2563/2564	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
A	3	7.50	10	27.78	2	5.56	10	20.00
B+	7	17.50	4	11.11	1	2.78	11	22.00
B	11	27.50	9	25.00	2	5.56	2	4.00
C+	9	22.50	6	16.67	17	47.22	8	16.00
C	6	15.00	4	11.11	7	19.44	11	22.00
D+	2	5.00	3	8.33	3	8.33	2	4.00
D	2	5.00	-	-	2	5.56	2	4.00
F	-	-	-	-	2	5.56	4	8.00

จากตารางพบว่า ผลการศึกษาในวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ของนักเรียนนายเรืออากาศ ในปี 2562/2563 และ 2563/2564 มีผลการศึกษาในกลุ่มคะแนนต่ำ (เกรด D+ ลงมา) คิดเป็นร้อยละ 19.44 และ 16.00 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาในกลุ่มคะแนนต่ำ มากกว่าในปี 2560/2561 และ 2561/2562

ผู้วิจัยจึงต้องการหาแนวทางการสอนในรูปแบบที่ต่างออกไปจากเดิม โดยเฉพาะการสอนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนายเรืออากาศ เกิดความสนใจ และ สร้างบรรยากาศการแข่งขันในการเรียน โดย อลิสา สุขแก้ว (2561) และ ดวงพร ชัยแก้ว (2560) กล่าวว่า แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือหรือโมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application) ประกอบขึ้นด้วยคำสองคำ คือ Mobile กับ Application มีความหมายดังนี้ Mobile คือ อุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในการพกพา ซึ่งนอกจากจะใช้งานได้ตามพื้นฐานของโทรศัพท์แล้วยังทำงานได้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่พกพาได้จึงมีคุณสมบัติเด่น คือ ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ใช้พลังงานค่อนข้างน้อย ปัจจุบันใช้ทำหน้าที่ได้หลายประการในการติดต่อแลกเปลี่ยนข่าวสารกับคอมพิวเตอร์ สำหรับ Application หมายถึง ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อช่วยการทำงานของผู้ใช้ (User) โดยแอปพลิเคชันจะต้องมีสิ่งที่เรียกว่าส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface หรือ UI) เพื่อเป็นตัวกลางการใช้งานต่าง ๆ โดยสรุปแล้ว Mobile Application หมายถึง เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือ และแท็บเล็ต โดยโปรแกรมจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยัง สนับสนุนให้ผู้ใช้โทรศัพท์ได้ใช้งานยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ศิริบุญญา หล้าเต็น (2560) กล่าวว่า ปัจจุบันโทรศัพท์มือถือได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน เสมือนเป็นปัจจัยที่ห้าที่มีความสำคัญและไม่สามารถละทิ้งได้ โทรศัพท์มือถือหลายล้านเครื่องบนโลกนี้ ได้พัฒนาขึ้นเพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย และมีจุดประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน ซึ่งนับตั้งแต่เปิดตัวโทรศัพท์มือถือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์อย่างเป็นทางการในปี พ.ศ. 2551 ปรากฏว่าได้รับการยอมรับในการใช้งานอย่างต่อเนื่อง กระทั่งปี ค.ศ. 2015 มีผู้ใช้โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มากกว่าหนึ่งพันล้านราย และมีการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือมากกว่า 1.5 ล้านแอป จะเห็นได้ว่าโลกของแอปพลิเคชันบนมือถือได้พัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะทางด้านการศึกษาก็ได้นำแอปพลิเคชันบนมือถือมาพัฒนาเพื่อ ส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดย Hwang & Wu (2557) ได้รวบรวมข้อมูล การศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้โดยใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในช่วงปี พ.ศ. 2551 - 2555 จากงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งให้เห็นว่า 80% ของรายงานการศึกษา ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นและ Zydney & Warner (2559) ได้รวบรวมข้อมูลการศึกษาเกี่ยวกับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการ เรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในช่วงปี ค.ศ. 2007 - 2014 ปรากฏว่า มีการออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อพัฒนากระบวนการทางปัญญาขั้นสูงของผู้เรียนจำนวนมาก นับได้ว่าเป็นความก้าวหน้าทาง การศึกษาอีกระดับหนึ่ง

ความก้าวหน้าทางการศึกษาที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนที่มีการนำแนวคิดของบลูมมาเป็นกรอบ ในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้สามารถวัด และประเมินผลพฤติกรรมที่แสดงออกมาได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง โดยแนวคิดของบลูมดั้งเดิม (Bloom's taxonomy) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ออกเป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) 2) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) และ 3) ด้านจิตพิสัย (Affective domain) Bloom, Engelhart, Furst, Hill, & Krathwohl (2499) ต่อมา Anderson et al. (2001) ได้ปรับเปลี่ยนโครงสร้างและคำศัพท์ที่ใช้ในพฤติกรรม การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย โดยการเปลี่ยนคำศัพท์จากเดิมเป็นคำนามให้เป็นคำกริยาที่มุ่งสะท้อนถึงการ คิด ซึ่งเป็นกระบวนการ ของการกระทำให้เห็นการแสดงผลของพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ชัดเจนมากกว่าเดิม รวมถึงมีการปรับคำอธิบาย และคำนิยาม ในบางลำดับขั้นทางปัญญาตามคำศัพท์ที่มีการเปลี่ยนแปลง และในส่วนของปรับเปลี่ยนโครงสร้างจากเดิมที่มีเพียงมิติเดียว คือ มิติด้านกระบวนการทางปัญญา (Cognitive process) ก็ได้เพิ่มมิติด้านความรู้ (Knowledge dimension) อีก 1 มิติ รวมเป็น 2 มิติ เมื่อพิจารณาร่วมกันทั้ง 2 มิติ ที่ประสานร่วมกันระหว่างมิติของความรู้กับมิติของการ ใช้สมองเพื่อการเรียนรู้ ทำให้ สามารถกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจนมากขึ้นกว่าเดิมว่า ผู้สอนมุ่งจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แบบใด พิจารณาได้จากมิติด้านความรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนคือขั้นใด พิจารณาได้จากมิติด้าน กระบวนการทางปัญญา ทำให้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการจัดการเป็นระบบมากยิ่งขึ้น รวมถึง กำหนดการวัดและประเมินผลได้ตรงตามจุดประสงค์ การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการบูรณาการแนวคิดของบลูมปรับใหม่ (Bloom's revised taxonomy) มาเป็นกรอบในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ และ เริ่มมี การพัฒนากันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการตอบ โจทย์การศึกษาในโลกปัจจุบันที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตัวเองได้ทุกที่ ทุกเวลา และเต็มตามศักยภาพของตน

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการเรียนการสอนผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือจากที่เกี่ยวกับคณิตศาสตร์ สถิติศาสตร์ พบว่า ภาณุวัฒน์ วรพิทยเบญจา และคณะ (2558) พัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริง บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของระบบบริหารจัดการ การเรียนการสอนของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน พรชัย มูลแก้ว (2559) พัฒนาสื่อแอปพลิเคชัน โทรศัพท์มือถือ Android ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุด้วยเทคโนโลยี จาวาสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัย เทคโนโลยีพาณิชยและบริหารธุรกิจ โดย ชินวัจน์ นามวรรณกร (2559) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้บนอุปกรณ์ เคลื่อนที่เรื่องภาษาอังกฤษสำหรับนักสารสนเทศ และ อุบลรัตน์ ศิริสุขโกภา (2562) พัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อเสริม

ทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน โดยจากการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนผ่านแอปพลิเคชัน สามารถเข้าใจ จดจำเนื้อหา มีทักษะ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น

ดังนั้นจากปัญหา และ แนวคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศ มีผลการเรียนตกลง อันเนื่องมาจากสถานการณ์ที่ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนตามปกติได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของ นักเรียนนายเรืออากาศ จากการสอน โดยวิธีการบรรยายแบบเดิม ในปีการศึกษา 2563/2564 กับการนำแอปพลิเคชันมาประกอบการเรียนการสอนในปีการศึกษา 2564/2565

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ประชากร คือ นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมไฟฟ้า และ วิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชา วิศวกรรมอากาศยาน วิศวกรรมไฟฟ้า และ วิศวกรรมอุตสาหการ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2558)

3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมไฟฟ้า และ วิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2563/2564 และ นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา วิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในปีการศึกษา 2564/2565

3.3 เนื้อหาวิชา คือ เนื้อหาวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชา วิศวกรรมอากาศยาน วิศวกรรมไฟฟ้า และ วิศวกรรมอุตสาหการ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2558)

3.4 เครื่องมือ คือ แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการสอนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอากาศยาน วิศวกรรมไฟฟ้า และ วิศวกรรมอุตสาหการ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2558)

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

4.1 พัฒนาคุณภาพนักเรียนนายเรืออากาศ โดยการปรับปรุงแบบและวิธีการเรียนการสอนเพื่อให้ นักเรียนนายเรืออากาศ มีผลการศึกษาที่ดีขึ้น

4.2 เป็นแนวทางสำหรับการนำแอปพลิเคชันบนมือถือมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการการบิน พ.ศ. 2563 ต่อไป

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

แอปพลิเคชัน หมายถึง โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้งานบนมือถือ

วิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยการนำทฤษฎีทางสถิติมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้าน วิศวกรรมศาสตร์

6. การดำเนินการวิจัย

การนำแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการสอนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอน และช่วยในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ของนักเรียนนายเรืออากาศ อีกทั้งเป็นการแก้ปัญหากรณีเกิดสถานการณ์ที่ไม่สามารถ จัดการเรียนการสอนในห้องเรียนตามปกติได้มีขั้นตอนดำเนินการวิจัย ดังนี้

6.1 กำหนดปัญหา

จากผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศในวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในปีการศึกษา 2560/2561 ถึง 2563/2564 พบว่า มี นักเรียนนายเรืออากาศที่มีผลการศึกษาอยู่ในกลุ่มคะแนนต่ำ (เกรด D+ ลงมา) คิดเป็นร้อยละ 10.00, 8.33, 19.44 และ 16.0 ตามลำดับ โดยปีการศึกษา 2562 และ 2563 มีนักเรียนนายเรืออากาศที่ได้เกรด F จำนวน 2 คน และ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 5.56 และ 8.0 ตามลำดับ ผู้สอนจึงต้องการหาแนวทางการสอนในรูปแบบที่แตกต่างออกไปจากแบบเดิม เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนายเรืออากาศเกิดความสนใจ และสร้างบรรยากาศการแข่งขันในการเรียน แก้ปัญหากรณีนักเรียนสอบได้คะแนนต่ำหรือสอบตก อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาคุณภาพนักเรียน โดยการปรับรูปแบบและพฤติกรรม การเรียนการสอน เพื่อให้ นักเรียนนายเรืออากาศมีผลการศึกษาที่ดีขึ้น

6.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

6.2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า และสาขาวิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์

6.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนนายเรืออากาศชั้นปีที่ 3 สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า และ สาขาวิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในปีการศึกษา 2563/2564 จำนวน 50 คน และ นักเรียนนายเรืออากาศ ชั้นปีที่ 2 สาขา วิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับ วิศวกรรมศาสตร์ในปีการศึกษา 2564/2565 จำนวน 18 คน

6.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ในบทที่ 1 เรื่องความน่าจะเป็น และบทที่ 2 เรื่องตัวแปรสุ่มของนักเรียนนายเรืออากาศชั้นชั้นปีที่ 3 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า และสาขาวิศวกรรมอากาศยาน ที่เรียนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2563/2564 จำนวน 50 คน โดยการสอบ ครั้งที่ 1 นักเรียนนายเรืออากาศ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 11.84 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน และครั้งที่ 2 นักเรียนนายเรืออากาศ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 7.70 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน

6.4 แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการสอนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์

ผู้วิจัยได้ทำการเขียนแอปพลิเคชันโดยใช้ Flutter ซึ่งใช้ภาษา Dart ในการเขียนแอปพลิเคชันเพื่อสร้าง Object และเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูล โดยในแอปพลิเคชันจะประกอบด้วย 5 ฟังก์ชัน (ดังรูปที่ 1) ได้แก่

1. เมนู Document คือ ส่วนของการดาวน์โหลดเอกสารประกอบการเรียน (หมายเลข 1)
2. เมนู Quiz คือ ส่วนของการดาวน์โหลดแบบฝึกหัดและแบบทดสอบที่ใช้ในการเรียน (หมายเลข 2)
3. เมนู Calculate คือ ส่วนของการคำนวณ (หมายเลข 3)
4. เมนู Score คือ ส่วนของการแสดงคะแนนสอบในแต่ละครั้งที่ทำการทดสอบ (หมายเลข 4)
5. เมนู Send คือ ส่วนของการ Upload ส่งการบ้านที่ได้รับมอบหมาย (หมายเลข 5)



รูปที่ 1 แอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการสอนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนการสอน

6.5 นำแอปพลิเคชันไปใช้ในการเรียนการสอน

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบและตรวจสอบการทำงานของแอปพลิเคชันแล้ว จึงนำแอปพลิเคชันไปใช้ในการเรียนการสอนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ให้แก่ นักเรียนนายเรืออากาศ ชั้นปี ที่ 2 สาขาวิศวกรรมอากาศยาน ในปีการศึกษา 2564/2565 จำนวน 18 คน พบว่า ผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศ ในรายวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในบทที่ 1 เรื่องความน่าจะเป็น และบทที่ 2 เรื่องตัวแปรสุ่ม โดยการสอบ ครั้งที่ 1 นักเรียนนายเรืออากาศมีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 21.22 คะแนน จากคะแนนเต็ม 25 คะแนน และครั้งที่ 2 นักเรียนนายเรืออากาศมีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 13.33 คะแนน จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน

7. ผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนสอบนักเรียนนายเรืออากาศ จากการสอนในวิธีการบรรยายแบบเดิมกับการนำแอปพลิเคชันมาช่วยในการเรียนการสอน โดยใช้สถิติ t เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในบทที่ 1 และ บทที่ 2 ของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2563/2564 และ 2564/2565 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในบทที่ 1 เรื่องความน่าจะเป็น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ผลการทดสอบสรุปว่า คะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2564/2565 มากกว่าคะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2563/2564 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ในบทที่ 2 เรื่องตัวแปรสุ่ม มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ผลการทดสอบสรุปว่า คะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2564/2565 มากกว่าคะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2563/2564 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศ จำแนกตามกลุ่มคะแนนในปีการศึกษา 2560/2561 - 2563/2564 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาของนักเรียนนายเรืออากาศ จำแนกตามกลุ่มคะแนนในปีการศึกษา 2560/2561 - 2563/2564

การทดสอบความแตกต่างของคะแนนสอบ	P – Value	ผลการทดสอบ
บทที่ 1 เรื่องความน่าจะเป็น	0.00	$\mu_{2563/2564} < \mu_{2564/2565}$
บทที่ 2 เรื่องตัวแปรสุ่ม	0.00	$\mu_{2563/2564} < \mu_{2564/2565}$

8. สรุป

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการนำแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการสอนวิชาสถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการเรียนการสอนวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ ของนักเรียนนายเรืออากาศ ชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมอากาศยาน ในปีการศึกษา 2564/2565 ทำให้นักเรียนนายเรืออากาศ มีคะแนนเฉลี่ยในบทที่ 1 เรื่อง ความน่าจะเป็น เท่ากับ 21.22 คะแนน ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.44 คะแนน มากกว่าการสอนแบบบรรยายโดยวิธีการเดิมในปีการศึกษา 2563/2564 ซึ่งนักเรียนนายเรืออากาศมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.84 คะแนน ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.35 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.16 และทำให้นักเรียนนายเรืออากาศ มีคะแนนเฉลี่ยในบทที่ 2 เรื่องตัวแปรสุ่ม เท่ากับ 13.33 คะแนน ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.65 คะแนน มากกว่าการสอนแบบบรรยายโดยวิธีการเดิมในปีการศึกษา 2563/2564 ซึ่งนักเรียนนายเรืออากาศ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.70 คะแนน ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.57 คะแนน และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนสอบ นักเรียนนายเรืออากาศจากการสอนในวิธีการบรรยายแบบเดิมกับการนำแอปพลิเคชันมาช่วยในการเรียนการสอน โดยใช้สถิติ t เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในบทที่ 1 และบทที่ 2 ของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2563/2564 และ 2564/2565 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า การทดสอบความแตกต่างของคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในบทที่ 1 เรื่องความน่าจะเป็น มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ผลการทดสอบสรุปว่า คะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศ ในปีการศึกษา 2564/2565 มากกว่า คะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศ ในปีการศึกษา 2563/2564 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนสอบวิชา คณ 234 สถิติสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ในบทที่ 2 เรื่องตัวแปรสุ่ม มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ผลการทดสอบสรุปว่า คะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2564/2565 มากกว่าคะแนนสอบของนักเรียนนายเรืออากาศในปีการศึกษา 2563/2564 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

ผู้วิจัยพบว่า การนำแอปพลิเคชันมาประกอบการเรียนการสอนจะมีข้อพึงระวัง ได้แก่ อาจารย์ต้องกำชับนักเรียนให้มีความรับผิดชอบในการทำแบบทดสอบตลอดเวลา นอกจากนี้ยังมีปัญหาในด้านอุปกรณ์ของนักเรียนที่จำเป็นต้องใช้ในระบบปฏิบัติการ Android เท่านั้น

9.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

9.2.1 ควรจะมีการพัฒนาให้สามารถใช้แอปพลิเคชันได้ทั้งในระบบ iOS และ ระบบอื่นๆ

9.2.2 ควรนำแอปพลิเคชันบนมือถือมาเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนในวิชาอื่นต่อไป

10. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชินวัจน์ งามวรรณกร. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อการเรียนรู้บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เรื่อง ภาษาอังกฤษสำหรับนักสารสนเทศ. (รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา).
- [2] ดวงพร ชัยแก้ว. (2560). ปัจจัยที่มีผลต่อผู้ใช้สมาร์ตโฟนในกรุงเทพมหานครในการเลือกโปรแกรมประยุกต์สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
- [3] พรชัย มูลแก้ว. (2559). การพัฒนาสื่อแอปพลิเคชันโทรศัพท์มือถือ Android ในรายวิชาการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุด้วยเทคโนโลยีจาวา. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] ภาณุวัฒน์ วรพิทยเบญจา และคณะ. (2558). การพัฒนาแอปพลิเคชันการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงบนอุปกรณ์เคลื่อนที่. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*. 8(2): 58-67.
- [5] ศิริญา หล้าเต็น. (2560). การออกแบบแอปพลิเคชันบนมือถือตามแนวคิดของบลูมปรับใหม่. *วารสารวิชาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*. 15(2): 1-11.
- [6] อุบลรัตน์ ศิริสุขโกศา. (2562). การพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันเพื่อเสริมทักษะการอ่านออกเสียงภาษาอังกฤษสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน. *วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม*. 10(2): 227-236.
- [7] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). ประโยชน์ของข้อมูลสถิติ. สืบค้น 2 มกราคม 2566, จาก http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/known/estat2_2.html
- [8] อลิสา สุขแก้ว. (2561). Mobile Application คืออะไร และมีประโยชน์อย่างไร. สืบค้น 2 มกราคม 2566, จาก <https://www.mindphp.com/forums/viewtopic.php?f=198&t=45583>
- [9] Benjamin S. Bloom, Max D. Engelhart, Edward J. Furst, Walker H. Hill, และ David R. Krathwohl. (2499). **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook 1**. New York: David McKay.
- [10] Gwo-Jen Hwang, & Po-Han Wu. (2557). Applications, impacts and trends of mobile technology-enhanced learning: a review of 2008–2012 publications in selected SSCI journals. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 8(2):83 - 95
- [11] Janet Mannheimer Zydney, & Zachary Warner. (2559). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, 1-17.
- [12] Lorin W. Anderson, & David R. Krathwohl. (2554). **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. New York: Longman.