



# PROCEEDINGS



## The 17<sup>th</sup> National Conference on Information Technology

**November 12-14, 2025**

**Phuket, Thailand and Online (Hybrid format)**



Hosted by College of Computing, Prince of Songkla University, Phuket Campus  
Contact us: [ncit2025@phuket.psu.ac.th](mailto:ncit2025@phuket.psu.ac.th)  
Website: [ncit2025.computing.psu.ac.th](http://ncit2025.computing.psu.ac.th)

## Table of Content

|                                                                                                                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| เกี่ยวกับ NCIT 2025                                                                                                                                                        | I    |
| สารจากประธานจัดงาน                                                                                                                                                         | II   |
| องค์ปาฐก                                                                                                                                                                   | IV   |
| คณะกรรมการจัดงาน                                                                                                                                                           | VI   |
| รายชื่อกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ                                                                                                                                   | VII  |
| กำหนดการ                                                                                                                                                                   | VIII |
| ตลาดซื้อขายบัญชีเกมบนบล็อksen                                                                                                                                              | 1    |
| กลยุทธ์การลงทุนหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมด้วยแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสมแบบเกาส์หลายตัวแปร                                                                                         | 8    |
| การพัฒนาระบบคำค้นด้วยภาษาธรรมชาติและเครื่องแปลภาษา                                                                                                                         | 14   |
| เว็บแอปพลิเคชันการยื่นคำร้องขอย้าย กรณีศึกษา สำนักงานศาลปกครอง                                                                                                             | 20   |
| มาตรการเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ สำหรับระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็ก                                                                                         | 27   |
| กรอบแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันบำบัดความเครียดโดยการผสมผสานหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และจิตวิทยา                                                                         | 33   |
| การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษหมวดชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยใช้การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้แบบเท่าเทียม ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้ | 39   |
| การพัฒนาระบบจัดอันดับซัพพลายเออร์กู้ด้วยอัลกอริทึม Label Propagation และคะแนนเชิงประกอบแบบถ่วงน้ำหนัก                                                                      | 44   |
| เว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกรูปภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน                                                                                                          | 48   |
| การเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ในสตรีมสดประเภท VTuber สำหรับคนรุ่น Gen Z: กรอบการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง                                                           | 54   |
| ระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลบนพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์สำหรับผู้ที่กำลังกายเป็นประจำ                                                                                         | 60   |
| การพัฒนาการรณรงค์น้ำพิชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง                                                                                                   | 66   |
| การวิเคราะห์เส้นทางการเดินและข้อมูลลูกค้าในร้านค้าปลีกจากวิดีโอกล้องวงจรปิดด้วยปัญญาประดิษฐ์                                                                               | 74   |

## เกี่ยวกับ NCIT 2025

การประชุมวิชาการระดับชาติทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 17 (The 17th National Conference on Information Technology: NCIT 2025) เป็นเวทีสำคัญที่รวบรวมนักวิจัย นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจากทั่วประเทศ เพื่อแบ่งปันผลงานวิจัยล่าสุด แลกเปลี่ยนความรู้ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ

การประชุม NCIT 2025 มุ่งเน้นการส่งเสริมและกระตุ้นการวิจัยที่ครอบคลุมด้านเทคโนโลยีอัจฉริยะและนวัตกรรมเพื่ออนาคตที่ยั่งยืนซึ่งเป็นประเด็นที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจในยุคดิจิทัล บทความที่น่าสนใจในงานครอบคลุมหลากหลายสาขา ตั้งแต่ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ไปจนถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในภาคส่วนต่างๆ

บทความทั้งหมดที่น่าสนใจในงาน NCIT 2025 ได้ผ่านกระบวนการพิจารณาล้นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิอย่างเข้มงวด เพื่อให้มั่นใจในคุณภาพทางวิชาการ บทความคัดสรรจะได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่ได้รับการยอมรับในระดับชาติ นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมงานยังได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็น อภิปรายกับผู้เชี่ยวชาญ และติดตามแนวโน้มการวิจัยที่ทันสมัย

การประชุม NCIT 2025 จัดขึ้นในรูปแบบแบบ on-site ณ จังหวัดภูเก็ต และแบบออนไลน์ เพื่อรองรับผู้เข้าร่วมจากทั่วประเทศและต่างประเทศ โดยมีกำหนดการจัดงานระหว่างวันที่ 12-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568

คณะกรรมการจัดงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุมครั้งนี้จะเป็นเวทีที่เปิดโอกาสให้นักวิจัยได้แบ่งปันองค์ความรู้ สร้างแรงบันดาลใจ และผลักดันความก้าวหน้าทางวิชาการในสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทยต่อไป

## สารจากประธานจัดงาน



เรียน ท่านผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน

ผมมีความยินดีและเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้ต้อนรับท่านทุกคนสู่การประชุมวิชาการระดับชาติทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 17 (NCIT 2025) ซึ่งจัดขึ้นระหว่างวันที่ 12-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568 ณ จังหวัดภูเก็ต และในรูปแบบออนไลน์ การประชุม NCIT 2025 สืบสานความภาคภูมิใจในฐานะหนึ่งในการประชุมวิชาการระดับชาติที่สำคัญที่สุดด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของประเทศไทย โดยเป็นเวทีที่รวบรวมนักวิจัย นักวิชาการ และผู้ปฏิบัติงานจากทั่วประเทศ

เพื่อแบ่งปันงานวิจัยที่ทันสมัย แลกเปลี่ยนความรู้ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือ

ในปีนี้ เราได้รับบทความส่งเข้ามาพิจารณาทั้งหมด 30 บทความจากนักวิจัยทั่วประเทศ หลังจากกระบวนการพิจารณาถ้อยแถลงโดยผู้ทรงคุณวุฒิอย่างเข้มงวด ผมภูมิใจที่จะนำเสนอบทความคุณภาพสูงทั้งหมด 13 บทความในเอกสารประกอบการประชุมฉบับนี้ แต่ละบทความได้รับการประเมินอย่างพิถีพิถันเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามมาตรฐานทางวิชาการระดับสูงสุด และมีส่วนสนับสนุนอย่างมีความหมายต่อความก้าวหน้าในสาขาของเรา

งานวิจัยที่นำเสนอในการประชุมครั้งนี้ครอบคลุมหัวข้อที่หลากหลาย ได้แก่ ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง วิทยาการข้อมูล และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในภาคส่วนต่างๆ อย่างสร้างสรรค์ ความหลากหลายนี้สะท้อนถึงลักษณะที่มีพลวัตและพัฒนาอย่างต่อเนื่องของเทคโนโลยีสารสนเทศและผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงสังคม

การประชุม NCIT 2025 สามารถจัดขึ้นได้ด้วยการสนับสนุนอย่างเอื้ออาทรจากผู้สนับสนุนของเรา ผมขอขอบคุณอย่างจริงใจต่อ:

- ITOCHU Techno-Solutions Corporation
- Techno Brave Co., Ltd.
- GAKKEN HOLDINGS Co., Ltd.
- Navicat

ขอขอบคุณเป็นพิเศษต่อ Techno Brave Asia Ltd. ซึ่งความทุ่มเทและการสนับสนุนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในความสำเร็จของการประชุมครั้งนี้



ผมขอแสดงความขอบคุณอย่างจริงใจต่อทุกท่านที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จของ NCIT 2025 ขอขอบคุณเป็นพิเศษต่อคณะกรรมการกลั่นกรองบทความและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ทุ่มเทแรงกายแรงใจในการรักษาคุณภาพและความเที่ยงธรรมของเอกสารประกอบการประชุม ผมขอขอบคุณอย่างสุดซึ้งต่อคณะกรรมการจัดงาน ประชานในแต่ละช่วง และอาสาสมัครทุกท่านที่ความทุ่มเทและการทำงานหนักเป็นส่วนสำคัญในการทำให้การประชุมครั้งนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งผลงานเข้ามา เพื่อแบ่งปันงานวิจัยและมีส่วนร่วมในการพัฒนาองค์ความรู้ในสาขาของเรา และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมประชุมทุกท่าน ไม่ว่าจะเข้าร่วมด้วยตนเองที่ภูเก็ตหรือผ่านระบบออนไลน์ ที่มีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นและทำให้การประชุมนี้เป็นเวทีที่มีชีวิตชีวาสำหรับการแลกเปลี่ยนทางปัญญาและความร่วมมือ

ในขณะที่เราเดินหน้าท่ามกลางภูมิทัศน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผมมั่นใจว่างานวิจัยและการนำเสนอในงาน NCIT 2025 จะเป็นแรงบันดาลใจสำหรับแนวคิดใหม่ๆ สร้างความร่วมมือที่มีคุณค่า และมีส่วนสนับสนุนอย่างมีนัยสำคัญในการกำหนดอนาคตของเทคโนโลยีอัจฉริยะและนวัตกรรมในประเทศไทยและในระดับสากล

ผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านจะได้รับทั้งความรู้ทางวิชาการและประสบการณ์ที่มีคุณค่าจากการประชุมครั้งนี้

ขอขอบคุณสำหรับการเข้าร่วมงาน NCIT 2025

ขอแสดงความนับถือ

รองศาสตราจารย์ ดร.อชีส นันทอมรพงศ์

ประธานจัดงานประชุมวิชาการระดับชาติทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 17 (NCIT 2025)

นายกสมาคมสภาคณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งประเทศไทย



**Professor Dr. Tetsuya Kawanishi**  
**Waseda University, Japan**

Tetsuya Kawanishi received the B.E., M.E., and Ph.D. degrees in electronics from Kyoto University, Kyoto, Japan, in 1992, 1994, and 1997, respectively. From 1994 to 1995, he was with the Production Engineering Laboratory of Panasonic. During 1997, he was with the Venture Business Laboratory, Kyoto University, where he was engaged in research on electromagnetic scattering and near-field optics. In 1998, he joined the Communications Research Laboratory, Ministry of Posts and Telecommunications (now the National Institute of Information and Communications Technology, NICT), Tokyo, Japan, where he became the Director of the Lightwave Devices Laboratory. During 2004, he was a Visiting Scholar in the Department of Electrical and Computer Engineering, University of California at San Diego. Since 2015, he has been a professor in the Faculty of Science and Technology, Waseda University, Tokyo, Japan. His current research interests include high-speed optical modulators and RF photonics. He served as an associate editor of Photonics Technology Letters from 2008 to 2011 and was a committee member of the Microwave Photonics sub-committee of the IEEE Photonics Society. He has also served as a member or chair of committees for major conferences, including the Optical Fiber Communication Conference (OFC), the Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO), the Opto Electronics Communications Conference (OECC), the IEEE International Symposium on Microwave Photonics (MWP), the Asia-Pacific Microwave Photonics Conference (APMP), and the Asia Communications and Photonics Conference (ACP). He was the general chair of MWP/APMP 2014 in Sapporo, Japan, and a TPC co-chair of ACP 2014. Additionally, he has contributed to international standardization efforts, including IEEE 802 and other organizations such as the International Telecommunication Union (ITU), the International Electrotechnical Commission (IEC), and the Asia-Pacific Telecommunity (APT). Currently, he serves as the chair of the Task Group on Fixed Wireless and Ground-Based Radar Systems (TG-FWS/GBRS) in the APT Wireless Group (AWG). From 2017 to 2019, he was a member of the Board of Governors of the IEEE Photonics Society. He is an IEEE Fellow.

**Title:** Seamless Integration of Wired and Wireless Networks: Innovations for Public Infrastructure

**Abstract**

The seamless integration of wired and wireless networks, including optical fiber communication, terahertz wireless systems, and radio-over-fiber technologies, is revolutionizing public infrastructure. These advanced systems enable high-speed, reliable, and scalable connectivity essential for diverse applications such as cutting-edge scientific research, high-speed rail networks, and airport infrastructure. This keynote will delve into the latest advancements in photonic and radio technologies, addressing challenges like interoperability, propagation loss, and cost-efficiency. By showcasing real-world applications and innovative solutions, the presentation will highlight how integrated networks are transforming public services and supporting sustainable, connected communities.



**Professor Dr. Pau-Choo (Julia) Chung**  
**National Cheng Kung University (NCKU), Taiwan**  
**(R.O.C)**

Pau-Choo (Julia) Chung joined the Department of Electrical Engineering, National Cheng Kung University (NCKU), Taiwan, in 1991 and has become a full professor in 1996. She served as the Head of Department of Electrical Engineering (2011-2014), the Director of Institute of Computer and Communication Engineering (2008-2011), NCKU. She was elected Distinguished Professor of NCKU in 2005 and received the Distinguished Professor Award of Chinese Institute of Electrical Engineering in 2012. She also served as Program Director of Intelligent Computing Division, Ministry of Science and Technology (2012-2014), Dean of Miin Wu School of Computing at NCKU, and Dean of College of Electrical Engineering and Computer Science at NCKU, Taiwan. Dr. Chung's research interests include computational intelligence, machine learning, computational pathology, medical image analysis, and pattern recognition. She currently is focusing on Whole Slide Image (WSI) pathology image analysis and has built ALOVAS platform for the analysis of liver and breast pathology images. She served as an Associate Editor of IEEE Transactions on Neural Network and Learning Systems, IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, and IEEE Transactions on Artificial Intelligence. Dr. Chung served on two terms of ADCOM member (2009-2011, 2012-2014) of IEEE CIS, the Chair of CIS Distinguished Lecturer Program (2012-2013), the Chair of Women in Computational Intelligence (2014), and the Vice President for Members Activities of IEEE CIS Society. She also served on two terms of BoG member in IEEE Circuit and Systems Society. She is a Member of Phi Tau Phi honor society and is an IEEE Fellow since 2008. She also served as the Vice President for Education of IEEE CIS. Currently, she is the Chair of Strategy Planning Education Committee of IEEE CIS.

**Title:** AI-Driven Pathology Image Analysis with Semi-supervised Learning

**Abstract**

Pathology image analysis is computationally intensive due to the large size and complexity of whole-slide images. With recent advances in AI-powered image analysis, digital pathology is increasingly integrating AI as an assistant in interpreting pathology images. ALOVAS offers a unique solution for analyzing whole-slide pathology images. It employs deep learning models combined with advanced image analysis techniques to support tasks such as Ki-67 quantification, Her2 grading, liver tumor detection, nuclear quantitative measurements, lymphocyte detection and aggregation analysis, fibrosis dispersion analysis, hepatitis characterization, and more. Due to their extremely large size, labeling pathology images is highly time-consuming. As a result, labeled pathology datasets are scarce and difficult to obtain. Semi-supervised learning (SSL) offers a promising solution by leveraging unlabeled data during training. However, many existing SSL models are limited by weak pseudo-label selection strategies and suboptimal data augmentation policies, which often lead to poor-quality pseudo-labels. In this talk, we will not only present the ALOVAS platform but also introduce the fundamentals of semi-supervised learning and present a confidence-aware algorithm designed to enhance pseudo-label accuracy and robustness. This algorithm incorporates three key modules, which collaboratively improve the semi-supervised learning. (a) Persistent confidence evaluation – identifies high-quality pseudo-labels using a confidence-based selection mechanism. (b) Inference-evolution-based consistency – filters out temporally inconsistent pseudo-labels to improve training stability and performance. (c) Adaptive augmentation – dynamically selects the most suitable augmentation strategies for each training iteration.

## คณะกรรมการจัดงาน

### Honorary Committee

ศาสตราจารย์ ดร.โกสินทร์ จ่านงไทย  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.รัตติกกร วรากุลศิริพันธุ์  
Planet Communications Asia Public Company Limited

### General Chair

รองศาสตราจารย์ ดร.อชีส นันทอมรพงศ์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### Technical Program Chairs

รองศาสตราจารย์ ดร.อชีส นันทอมรพงศ์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รศ.ดร.กฤษณะ ชินสาร  
มหาวิทยาลัยบูรพา

### Publication Chairs

รองศาสตราจารย์ ดร.วโรดม วีระพันธ์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

### Local Arrangement Chair

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ ทองเทพ  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

## รายชื่อกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

กฤตศิลป์ ศิลานนท์  
กาญจนา เหล่าเส้น  
กามาล บาฮะ  
กุลวรรธน์ เขาวนาที  
คมสันต์ กาญจนสิทธิ์  
จักรพันธ์ เชาว์ปรีชา  
จักรพันธ์ สำนูตร  
จามิกร หิรัญรัตน์  
จิรวัดน์ แท่นทอง  
ฉกาจกิจ แท่นชัยกุล  
ชัยยงค์ รักจิตเวชสกุล  
ณัฐพงศ์ ทองเทพ  
นวนล ชีระอัมพรพันธุ์  
ปาณิสดา ศรีพงศ์  
มณีเนตร พวงมณี  
วรวิภา วัฒนสุนทร  
วโรดม วีระพันธ์  
วีราภรณ์ ชิดดู  
อดิศักดิ์ อินทนา  
อภิชาติ วสุธาพิทักษ์  
อภิชาติ หิदनาราม  
อมรรัตน์ ประสิทธิ์สุกโรจน์





## WEDNESDAY 12 NOVEMBER 2025

|               | ROOM 1 - 6203                                                                                                                                           | ROOM 2 - 6204                                                                                                                                                                             | ROOM 3 - 6205                                                                                                                |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.00 - 9.00   | REGISTRATION                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |
| 9.00 - 10.20  | NCIT(IOT) & INCIT (HEALTH BIO)                                                                                                                          | DATA SCIENCE 1                                                                                                                                                                            | IMAGE PROCESSING 1                                                                                                           |
|               | 26 (NCIT) การจัดการระบบสารสนเทศบนแพลตฟอร์มเทคโนโลยีคลาวด์                                                                                               | 1571195369 Ecovoyager: An AI-Based System for Personalized and Sustainable Travel Planning                                                                                                | 1571191692 DWT-Based Image Steganography Using CNN-Generated Heatmaps                                                        |
|               | 1571196145 Machine Learning-Based Screening for the Therapeutic Potential of Thai                                                                       | 1571192390 Segmentation of Thai Provinces Using Fire Incident Time Series Data                                                                                                            | 1571194942 Water Quality Level Classification from BUJ Test-Kit Image Using Pre-Calibrated and Intensely Learned Model       |
|               | 1571200411 Herbs in Dementia Treatment Towards Safer E-Healthcare: BWM-Based Cybersecurity Risk Prioritization                                          |                                                                                                                                                                                           | 1571197269 Real-Time Nuclei Classification and Allied Scoring in PR-IHC Stained Breast Cancer Histopathology Images          |
|               | 1571198312 Deep Learning Classification of Knee Osteoarthritis Severity from EMG Signals Using LSTM Model                                               |                                                                                                                                                                                           | 1571194365 Hybrid Deep Learning Framework for Multi-Class Breast Cancer Scoring Using Grad-CAM++                             |
| 10.20 - 10.35 | COFFEE BREAK                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |
| 10.35 - 11.55 | CLOUD AND NETWORK                                                                                                                                       | DATA SCIENCE 2                                                                                                                                                                            | IMAGE PROCESSING 2                                                                                                           |
|               | 1571196736 Privacy-Preserving Academic Transcript Verification Using Zero-Knowledge Proofs                                                              | 1571197172 AI-Based Feature Importance Analysis of Factors Affecting Thailand's Gold Price Across COVID-19 Phases and One-Year-Ahead Price Estimation                                     | 1571132923 Speech Signal Analysis for Diagnosis of Parkinson's Disease Using Mel Spectrograms and Hybrid Deep Learning Model |
|               | 1571132816 Practical Aspects of Edge-Cloud Platform for Health and Wellbeing                                                                            | 1571175500 Predictive Maintenance for Motor-Operated Valves: A Machine Learning Approach to Torque-Based Fault Detection                                                                  | 1571197292 KANU-Net (RBF): Improving Colorectal Polyp Segmentation via Functional Lifting and Residual Stabilization         |
|               | 1571198600 Spatially-Optimized Split Bandwidth Assignment for ICI Mitigation in Dense 5G NR Network Using the Modified Kernighan-Lin Algorithm          | 1571193634 DyMF-E: Encoder-Only Dynamic Graph Fusion for Win-Probability Estimation in Badminton Rallies                                                                                  | 1571189628 A Comparative Study of Deep Learning Architectures for Cervical Cell Segmentation in Pap Smear Images             |
|               | 1571200437 Prioritizing Key Factors for Climate-Responsive Supply Network Design                                                                        | 1571195208 Spiral Curriculum Optimization (SCO): Spiral Curriculum-Inspired Search Unifying Multi-Scale Oscillatory Micro-Cycles and Long Jumps for Robust Constrained Engineering Design | 1571197062 Multi-Branch Vision Transformer for Early Skin Cancer Detection                                                   |
| 12.00 - 13.00 | LUNCH                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |
| 13.30 - 16.25 | OPENING CEREMONY                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |
|               | KEYNOTE SPEAKER #1: PROF. TETSUYA KAWANISHI, PH.D.<br>TITLE: SEAMLESS INTEGRATION OF WIRED AND WIRELESS NETWORKS: INNOVATIONS FOR PUBLIC INFRASTRUCTURE |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |
|               | KEYNOTE SPEAKER #2: PROF. PAU-CHOO (JULIA) CHUNG, PH.D.<br>TITLE: AI-DRIVEN PATHOLOGY IMAGE ANALYSIS WITH SEMI-SUPERVISED LEARNING                      |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |
|               | SESSION CHAIR: ASST PROF. DR.NATTAPONG TONGTEP                                                                                                          |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                              |





## THURSDAY 13 NOVEMBER 2025

| ROOM 1 - 6203 |                                                                                                                                                      | ROOM 2 - 6204                                                                                                                        |                                                                                                                                                                              | ROOM 3 - 6205 |  | ROOM COC-102 |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|--------------|
| 9.00 - 10.20  | CYBER SECURITY                                                                                                                                       | DATA SCIENCE 3                                                                                                                       | IMAGE AND DATA SCIENCE                                                                                                                                                       |               |  |              |
|               | 1571197170<br>LiteXGNN: A Lightweight Explainable Graph Neural Network for Malware Detection with Control Flow Graph Explainability                  | 1571197024<br>Stabilizing Brain Emotional Learning with Adam-Based Optimization                                                      | 1571127059<br>AI-Driven Web Application for Real-Time Exercise Posture Correction                                                                                            |               |  |              |
|               | 1571197272<br>From Detection to Evidence: A Unified System for Automated Email Phishing Analysis and Forensic Logging                                | 1571197105<br>Comparative Study of Hedonic Motivation, Shopping Lifestyle, and Trust on Impulse Buying in Social Commerce Platforms  | 1571133314<br>Self-Supervised Learning for Hyperspectral Image Classification: an Overview                                                                                   |               |  |              |
|               | 1571203112<br>The Academic Community's Influence on Global Cybersecurity                                                                             | 1571197218<br>Bridging the Performance-Explainability Gap: A Case Study of WangchanBERTa and Thai LLMs in Thai Hate Speech Detection | 1571195840<br>Max-Cut-Guided DPP Re-Ranking for Segment-Aware and Diverse Tour Recommendation                                                                                |               |  |              |
|               | 1571196893<br>Good Practices in Information Technology Auditing                                                                                      | 1571198334<br>The Prediction of Stroke Using Data Mining Techniques                                                                  | 1571197280<br>Semantic-Structure Based Graph Attention Networks for Dialogue Intention Classification in Fraud Detection                                                     |               |  |              |
| 10.20 - 10.35 | COFFEE BREAK                                                                                                                                         |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                              |               |  |              |
| 10.35 - 11.55 | MACHINE LEARNING                                                                                                                                     | DATA SCIENCE 4                                                                                                                       | IMAGE & PROJECT MANAGEMENT                                                                                                                                                   |               |  |              |
|               | 1571195689<br>Classification and Identification of Potato Leaf Disease Using Ensemble of Attention-Aided Deep Neural Networks Through Feature Fusion | 1571195134<br>What Did the Tourists Said About Pattani: Exploration Through Machine Learning                                         | 1571195136<br>Optimized Multi-Stage Video Denoising with Pyramid Deformable Alignment                                                                                        |               |  |              |
|               | 1571195708<br>A Comparative Study of Machine Learning Models for Forecasting the Stock Exchange of Thailand (SET) Index Based on Technical Analysis  | 1571196829<br>Implicit Sentiment Classification in Hotel Reviews: A Comparative Analysis of Embedding Representations                | 1571197072<br>An Explainable Vision Transformer-Based Ensemble Framework for Automated Tire Wear Assessment                                                                  |               |  |              |
|               | 1571194066<br>Development and Performance Evaluation of a Pronunciation Judgment System for Foreign Language Learning Using Machine Learning         | 1571197264<br>Fine-Tuning Thai Language Model for Sentiment Analysis of Restaurant Reviews Using WangchanBERTa                       | 1571198363<br>Digital Supplier Quality Chargeback System for Automotive Supply Chain Process Automation                                                                      |               |  |              |
|               |                                                                                                                                                      | 1571195163<br>Enhancing Multilingual Procurement Matching Through Character-Level Pattern Abstraction and Entity-Based Augmentation  | 1571198071<br>Comparative Study of Machine Learning and Deep Learning Algorithms for Customer Support Ticket Classification: Evidence from Public and Enterprise Datasets    |               |  |              |
| 12.00 -13.00  | LUNCH                                                                                                                                                |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                              |               |  |              |
| 13.30 - 14.50 | HUMAN COMPUTER INTERACTION 1                                                                                                                         | SOFTWARE ENGINEERING 1                                                                                                               | EDUCATIONAL TECHNOLOGY                                                                                                                                                       |               |  |              |
|               | 1571193971<br>Travelling Salesman Problem in the Classical to Quantum Era: A Comparative Review of Algorithms and Computational Complexity           | 1571194517<br>The Impact of COVID-19 and Remote Work on Software Development in Thailand                                             | 1571194867<br>Exploring a Hybrid Feedback Model: The Impact of Teacher and AI Feedback on Sixth-Grade Students' Reflective Writing in Mathematics                            |               |  |              |
|               | 1571133195<br>Balancing Learning Efficiency and Production Cost: a Comparative Study of 3D Visual Styles in Educational Games for Children           | 1571195055<br>TraceCraft: A Tool for ISO/IEC 29110 Traceability Management                                                           | 1571195515<br>Prototype and Evaluation of a Real-Time Support System for Understanding Opinions Using Generative AI for Large Group Classes                                  |               |  |              |
|               | 1571133171<br>Exploring User Sentiments on Artificial Intelligence for Education: a Topic Modeling Analysis of Google Play Reviews                   | 1571194692<br>Mobile Application for Screening and Decision Support in Contraceptive Method Selection                                | 1571196638<br>Design and Development of a Review-Target Knowledge Map Application for Mathematics Learning: Visualization Using Subjective Comprehension and Answer Accuracy |               |  |              |
|               | 1571132828<br>A Comprehensive Analysis of Sound Design in Modern Video Games                                                                         | 1571197295<br>Time-Based Observation System for Real-Time Learning Analytics During Lessons Using Time-Series Cross-Sections         | 1571196886<br>Development and Evaluation of Reflection Promoting System Using Knowledge Maps                                                                                 |               |  |              |
| 14.50 - 15.05 | COFFEE BREAK                                                                                                                                         |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                              |               |  |              |
| 15.05 - 16.45 | HCI & SPECIAL SESSION                                                                                                                                | SOFTWARE ENGINEERING 2                                                                                                               | EDUCATIONAL & IOT                                                                                                                                                            |               |  |              |
|               | 1571168494<br>Agentic AI for Mission Adaptation: A Distributed Cognition Framework for Air Force Operations                                          | 1571197296<br>A Repository-First Framework for Democratizing Chatbot Development                                                     | 1571198453<br>A Systematic Review of Digital Literacy Skills for Personnel in the Royal Thai Armed Forces Headquarters                                                       |               |  |              |
|               | 1571185826<br>A Combat Scenario-Based Model for Quantifying Ethical Decision-Making in Military AI                                                   | 1571132962<br>Enhancing Solar Panel Reliability: Cascade Mask R-CNN Defect Detection in Drone Thermal Images                         | 1571195581<br>RAG Technology to Develop and Evaluate an Automatic Generation System for Similar Issue Difficulty                                                             |               |  |              |
|               | 1571196729<br>An Attentive Accurate Sketch-Tellme                                                                                                    |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                              |               |  |              |
|               | 1571198482<br>An End Ear Tag: a Hybrid Communication Framework                                                                                       |                                                                                                                                      | 1571200802<br>Artificial Intelligence in Higher Education: Opportunities, Challenges, and Ethical Considerations                                                             |               |  |              |
| 18.00 - 21.00 | BANQUET AT RAMANDA PLAZA BY WYNDHAM CHAO FAH HOTEL<br>(AWARDS AND DINNER)                                                                            |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                              |               |  |              |

## FRIDAY 14 NOVEMBER 2025

9.00 - 16.30

### CULTURAL VISIT WITH LOCAL TOURS (OPTIONAL)

THE PACKAGE TOUR IS NOT INCLUDED IN THE REGISTRATION FEE.  
 MORE INFORMATION, PLEASE VISIT: CULTURAL VISIT PROGRAM





### WEDNESDAY 12 NOV 2025

|               | ROOM 1                                                                                                                                                  | ROOM 2                                                                                                                                    | ROOM 3                                                                                                                                                                          |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.00 - 9.00   | REGISTRATION                                                                                                                                            |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
| 9.00 - 10.20  | IMAGE PROCESSING                                                                                                                                        | CYBER SECURITY                                                                                                                            | SOFTWARE ENGINEERING                                                                                                                                                            |
|               | 1571197283 YOLOv8-Based Grape Leaf Disease Classification with Feature Enhancement                                                                      | 1571193633 Guidelines for Organizations on Protecting Against Cyber Threats Through the Use of Virtual Private Networks (VPN)             | 1571197294 Interpretable Multi-Class Classification for Client Potential Prediction in B2B IT Sales                                                                             |
|               | 1571198404 THFGANs: Thai Facial Image Synthesis Using Generative Adversarial Networks                                                                   | 1571197176 A Context-Specific Risk Management Model for Data Centers Based on ISO/IEC 27001:2022: A Case Study of a Government University | 1571185219 Developing a Sentiment Classification Model for Thai Political Tweets                                                                                                |
|               | 1571195243 Deep Learning-Based Ripeness Classification of Mangosteen Under Natural Imaging Conditions                                                   | 1571197293 Analyzing Advanced Persistent Threat (APT) Cyber Attacks on Thai Government                                                    | 1571194540 Key Factors and Evaluation Approaches in Assessing the Effectiveness of Digital Game-Based Learning (DGBL) in Education: A Systematic Literature Review in 2019-2024 |
|               | 1571197061 Performance Evaluation of YOLO-Based Models for Coral Species Detection                                                                      | 1571194855 Using a Gamification for Creating a Cyber Scam Awareness                                                                       | 1571195449 Generative AI in UX Education: Assessing Critical Thinking, Problem Solving, and Design Iteration Speed                                                              |
| 10.20 - 10.35 | BREAK                                                                                                                                                   |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
| 10.35 - 11.55 | IMAGE - CRYPTO - VR                                                                                                                                     | CYBER SECURITY AND CLOUD                                                                                                                  | SOFTWARE - NETWORK - DATABASE                                                                                                                                                   |
|               | 1571197064 Enhanced ResNet-50 for Concrete Damage Classification in Structural Health Monitoring                                                        | 1571195454 Using LLMs for Cyber Threat News Prioritization                                                                                | 1571195009 A Study on the Effectiveness of a Forklift Driving Simulation: A Comparison Between Virtual Reality Controllers and Mobile-Based Controllers                         |
|               | 1571192327 Better Learning to Drive Autonomously with Proximal-Policy Reinforcement Learning and Visual Perception Representations                      | 1571134413 A Framework for Decentralized Will Execution Using Smart Contracts and Secret Sharing                                          | 1571188753 A Performance Evaluation of Two-Factor Authentication Plugins in WordPress for Resource Constrained Environments                                                     |
|               | 1571188840 Investigating the Influence of Twitter Economic Uncertainty and Geopolitical Risk on Clean Cryptocurrency Returns                            | 1571197309 Resilient Digital Finance Through Hybrid Cloud-Fog Architectures Integrating Fraud Detection and Governance                    | 1571195086 Coalitional Game Theory and Bankruptcy Game Integrated Resource Allocation for Tier-2 6G- HetNets: A Hybridization Approach                                          |
|               | 1571194745 Virtual Reality-Based Simulation for Earthquake Survival Training in Buildings                                                               | 1571194985 Federated Learning in Edge-Cloud Continuum for Unsupervised Credit Card Fraud Detection                                        | 1571195391 Development and Evaluation of an AI-Based Urban Information Delivery Application "The AI Concierge"                                                                  |
| 12.00 - 13.00 | LUNCH                                                                                                                                                   |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
| 13.30 - 16.25 | OPENING CEREMONY                                                                                                                                        |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
|               | KEYNOTE SPEAKER #1: PROF. TETSUYA KAWANISHI, PH.D.<br>TITLE: SEAMLESS INTEGRATION OF WIRED AND WIRELESS NETWORKS: INNOVATIONS FOR PUBLIC INFRASTRUCTURE |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
|               | KEYNOTE SPEAKER #2: PROF. PAU-CHOO (JULIA) CHUNG, PH.D.<br>TITLE: AI-DRIVEN PATHOLOGY IMAGE ANALYSIS WITH SEMI-SUPERVISED LEARNING                      |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |
|               | SESSION CHAIR: ASST.PROF. DR.NATTAPONG TONGTEP                                                                                                          |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                 |





## THURSDAY 13 NOV 2025

|               | ROOM 1                                                                                                                         | ROOM 2                                                                                                                                                                                 | ROOM 3                                                                                                                                                                   | ROOM 4                                                                                                                                         |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | <b>DATA SCIENCE 1</b>                                                                                                          | <b>MACHINE LEARNING 1</b>                                                                                                                                                              | <b>PROJECT &amp; DATA MANAGEMENT</b>                                                                                                                                     | <b>NCIT #1</b>                                                                                                                                 |
| 9.00 - 10.20  | 1571197265<br>Fusion of Global and Local Outlier Detection Methods Toward Comprehensive Anomaly Analysis                       | 1571132242<br>Attention-Driven Feature and Sequence Learning for Cryptocurrency Trading Decisions                                                                                      | 1571196882<br>Evaluating Online Content Accessibility Using WCAG 2.1: A Case Study of University Platforms and an e-Learning System for Students with Visual Impairments | 3<br>Blockchain-based Game Credential Marketplace                                                                                              |
|               | 1571173990<br>Design and Deployment of a Sensor Box for Altitude-Based Air Quality Monitoring                                  | 1571132312<br>Enhancing Thai Text Clustering for Performing Arts Through Domain-Specific NLP and Clustering Algorithms                                                                 | 1571176944<br>Generative AI as a Tool for Thai Startups: a Conceptual Framework Through Qualitative Study                                                                | 11<br>Keyword translation with Natural Language Processing and Neural Machine Translation                                                      |
|               | 1571170851<br>Toward a Conceptual Framework for Data-Driven Organizations: Insights from a Mixed-Methods Study in Thailand     | 1571133168<br>Comparing the Performance of Large Language Models and Machine Translation Systems in Thai-English Translation of Offline Data                                           | 1571195207<br>Factors Influencing Consumer Purchase Intention for Thai Beauty Product Brands in E-Commerce Live Streaming: A 7Ps Marketing Perspective                   | 14<br>เว็บไซต์เพื่อสังคมที่นำร่องอาชีพการฝึกอาชีพ สำหรับคนพิการ                                                                                |
|               | 1571187200<br>Social Media Post Categorization and Engagement: Insights from a Japanese Car Brand on Twitter                   | 1571195072<br>A Hybrid Approach to Classification Using K-NN and MLP Probability Aggregation                                                                                           | 1571197157<br>Actionable Artificial Intelligence Knowledge Design for Entrepreneurial Community Based on a Design Thinking Process                                       |                                                                                                                                                |
| 10.20 - 10.35 | BREAK                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
|               | <b>DATA SCIENCE 2</b>                                                                                                          | <b>MACHINE LEARNING 2</b>                                                                                                                                                              | <b>HEALTH INFORMATICS AND BIO</b>                                                                                                                                        | <b>NCIT #2</b>                                                                                                                                 |
| 10.35 - 11.55 | 1571133819<br>Phishing Email Classification Using Few-Shot Learning with a Lightweight LLM (Llama 3.2)                         | 1571195098<br>Enhancing the Performance of Hybrid Active Noise Control Systems Using a Variable Step-Size Mechanism                                                                    | 1571197240<br>Balancing Relaxation and Focus: Emotionally Adaptive Biofeedback Framework for AI-Generated Kawaii Images                                                  | 15<br>การพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าแบบไฮบริดที่ใช้ทั้งการรู้จำใบหน้าและการรู้จำท่าทาง                                                                |
|               | 1571194639<br>Hybrid Adam-SGD Optimization for Enhanced Solar Irradiance Forecasting Using Recurrent Neural Networks           | 1571195531<br>GitCoFL: Design and Implementation of a Git-Based Federated Learning Framework Utilizing Container-Based Technology                                                      | 1571197288<br>IoT-Driven Diabetes Diagnosis: Fast and Reliable Insights Using Machine Learning                                                                           | 16<br>การพัฒนาระบบการตรวจจับและแจ้งเตือนภัยคุกคามทางไซเบอร์แบบเรียลไทม์                                                                        |
|               | 1571195712<br>Mining Student Behaviour Patterns for Mental Health Insights Using Association Rule Learning                     | 1571196730<br>GuideML: An Advanced Machine Learning Approach for Ensuring Nuclear Safety Management                                                                                    | 1571199312<br>Pneumonia Detection Using a Fuzzy Logic-Based Expert System for Children and Adults: A Study from the Bangladesh Perspective                               | 17<br>การพัฒนาระบบการตรวจจับและแจ้งเตือนภัยคุกคามทางไซเบอร์แบบเรียลไทม์                                                                        |
|               | 1571195559<br>Generative AI Assisting Agent for Enhancing Science Lab Learning in a Virtual Reality Educational Game           | 1571195278<br>Deep Neural Networks for Comprehensive Teaching Effectiveness Evaluation Systems Using Advanced Data-Driven Approaches for Multi-Faceted Assessment                      | 1571199495<br>AI-Enabled Health Recommendation Web Application for Tongue Image Diagnosis Based on Traditional Thai Medicine                                             | 20<br>การพัฒนาระบบการตรวจจับและแจ้งเตือนภัยคุกคามทางไซเบอร์แบบเรียลไทม์                                                                        |
| 12.00 - 13.00 | LUNCH                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
|               | <b>DATA SCIENCE 3</b>                                                                                                          | <b>INTERNET OF THINGS</b>                                                                                                                                                              | <b>HUMAN COMPUTER INTERACTION</b>                                                                                                                                        | <b>NCIT #3</b>                                                                                                                                 |
| 13.30 - 14.50 | 1571197345<br>Quantum-Classical Hybrid LSTM Model for PM2.5 Forecasting in Bangkok                                             | 157115892<br>Smart Waste Management System in Cities Using LoRa Technology                                                                                                             | 1571194732<br>The Effect of Merchant Discount Rate and Settlement Fee on the Adoption of QRIS Among Potential Users as a Payment Option                                  | 21<br>Web Application for Snake Image Classification Using Convolutional Neural Networks                                                       |
|               | 1571133840<br>Improving E-Commerce Product Classification via Few-Shot Learning of Gemma2.2B                                   | 1571195550<br>Indoor Environment Prediction with Multiple Sensors and Generative AI via MCP Integration                                                                                | 1571192378<br>Design and Assessment of a Kanban Learning Board for Enhancing Self-Regulated Learning and Student Motivation                                              | 23<br>การพัฒนาระบบการตรวจจับและแจ้งเตือนภัยคุกคามทางไซเบอร์แบบเรียลไทม์                                                                        |
|               | 1571196621<br>Development of Stacking Ensemble Machine Learning Algorithm for Fish Species Classification                      | 1571195633<br>Field-Deployable IoT Solution for Agricultural Anomalous Monitoring: ESP32-Based Sensor Network Featuring Real-Time Data Processing and Environmental Correction Factors | 1571197084<br>Prototyping a Traceability System for Coffee Value Chain: A Case Study of Local Farmers in Pangkhon, Chiang Rai                                            | 25<br>An AI-Based Personalized Meal Planning System for Regular Exercisers                                                                     |
|               | 1571193703<br>zkConsensus: A Zero Knowledge Proof Implementation for Consensus Sequence Generation                             | 1571197284<br>Optimization of Security in IoT with Stacked Ensembles for High-Precision Predictions                                                                                    | 1571198626<br>Fairness-Driven Growth Algorithms for Multi-Sided Digital Platforms                                                                                        | 28<br>Analyzing Customer Trajectories and Demographic Characteristics in Offline Retail Stores Using CCTV Footage with Artificial Intelligence |
| 14.50 - 15.05 | BREAK                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
|               | <b>DATA SCIENCE AND IMAGE PROCESSING</b>                                                                                       | <b>SPECIAL SESSION</b>                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
| 15.05 - 16.05 | 1571188230<br>Optimum Portfolio Weights and Hedge Ratios Between Conventional and Non Conventional Assets                      | 1571198392<br>Deep Sequential Gait Feature Learning for Long-Term Person Re-Identification in Real-World Environments                                                                  |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
|               | 1571197321<br>User-Centric Video Privacy Preservation: Automated Face Detection, Recognition, and Blurring for PDPA and Beyond | 1571197087<br>Conjugate Gradient Based Multiplicative Update Rules for Nonnegative Matrix Factorization                                                                                |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |
|               | 1571197316<br>Practical Open-Set Face Recognition: Operator-Centric Design with KD-Tree Search                                 |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                |



# ตลาดซื้อขายบัญชีเกมบนบล็อกเชน

## Blockchain-based Game Credential Marketplace

อภิษฐา แห่งวงศ์งาม  
Apidtha Hangwongngam  
คณะสถิติประยุกต์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
GRADUATE SCHOOL OF APPLIED STATISTICS  
National Institute of Development Administration (NIDA)  
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย  
Bangkok / Thailand  
6510421009@stu.nida.ac.th

ปราโมทย์ กัวเจริญ  
Pramote Kuacharoen  
คณะสถิติประยุกต์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
GRADUATE SCHOOL OF APPLIED STATISTICS  
National Institute of Development Administration (NIDA)  
กรุงเทพมหานคร / ประเทศไทย  
Bangkok / Thailand  
pramote@as.nida.ac.th

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาตลาดซื้อขายบัญชีเกมบนบล็อกเชน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บและส่งข้อมูล ป้องกันการโกงระหว่างการแลกเปลี่ยน และลดค่าธรรมเนียมการตรวจสอบ ระบบใช้มาตรฐาน **Non-Fungible Token (NFT) ERC-721** ในการเก็บข้อมูลบัญชีเกม มีการเข้ารหัสข้อมูลด้วย **Symmetric** และ **Asymmetric key** รวมถึงใช้ **Digital Signature** เพื่อยืนยันความถูกต้อง ระบบพัฒนาบนเครือข่าย **Bitkub chain** โดยใช้สกุลเงินดิจิทัล **KUB** ในการทำธุรกรรม มีค่าธรรมเนียมระบบ 5% จากราคาขาย ผลการพัฒนายืนยันว่า ระบบสามารถลดปัญหาการโกงจากผู้ขาย เพิ่มความสะดวกในการแลกเปลี่ยน และมีค่าธรรมเนียมที่ต่ำกว่าสำหรับบัญชีมูลค่าน้อย แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการเปลี่ยนรหัสผ่านที่ต้องพึ่งพาผู้ดูแลระบบดำเนินการ ซึ่งสามารถพัฒนาให้เป็นระบบอัตโนมัติในอนาคตได้

**คำสำคัญ** — บล็อกเชน, บัญชีเกม, **NFT**, การเข้ารหัสแบบสมมาตร, การเข้ารหัสแบบอสมมาตร

**ABSTRACT** — This research introduces a blockchain-based game account marketplace designed to enhance security in data storage and transmission, prevent fraud in exchanges, and reduce verification fees. The system leverages the **ERC-721 Non-Fungible Token (NFT)** standard to store game account data, integrates **Symmetric** and **Asymmetric key encryption** for data security, and employs **Digital Signatures** for verification. Built on the **Bitkub Chain** network, it facilitates transactions using **KUB** digital currency, applying a 5% system fee based on the selling price. The results demonstrate that the system effectively reduces seller fraud, enhances exchange convenience, and lowers fees for low-value accounts. However, it still requires administrator intervention for password changes, which could be automated in future iterations.

**Keywords** — Blockchain, Game Account, **NFT**, Symmetric Encryption, Asymmetric Encryption

### 1. บทนำ

บัญชีเกมมีความแตกต่างกันตามไอเท็มที่ครอบครอง ซึ่งอาจส่งผลต่อประสบการณ์การเล่นและมูลค่าของบัญชี โดยสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่

1. ไอเท็มที่ส่งผลต่อการเล่นเกม – เช่น อาวุธระดับสูง, ตัวละครหายาก, หรือไอเท็มพิเศษที่เพิ่มความสามารถของผู้เล่น ซึ่งช่วยให้มีความได้เปรียบในการแข่งขัน
2. ไอเท็มที่ไม่ส่งผลต่อการเล่น แต่เพิ่มความสวยงาม – เช่น สกินตัวละคร, ชุดแต่งกายพิเศษ, หรือเครื่องประดับที่มีไว้เพื่อความสวยงามเท่านั้น

นอกจากนี้ บัญชีเกมยังมีตัวชี้วัด เช่น ระดับคะแนน สถิติการแข่งขัน หรืออันดับในเกม ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้บัญชีมีมูลค่าเพิ่มขึ้น การแลกเปลี่ยนไอเท็มและบัญชีเกมอาจถูกจำกัดโดยผู้ให้บริการ ทำให้เกิดตลาดซื้อขายบัญชีเกมในชุมชนออนไลน์และแพลตฟอร์มเฉพาะทาง

แพลตฟอร์มที่นิยมใช้ในการซื้อขายบัญชีเกม ได้แก่ ชุมชนบนโซเชียลมีเดียและเว็บไซต์ ซึ่งมักใช้ผู้ดูแลหรือระบบเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยน โดยมีค่าบริการในการตรวจสอบ ทั้งยังต้องรอให้ผู้ซื้อ ผู้ขาย และผู้ตรวจสอบพร้อมกัน ทำให้เกิดความล่าช้า นอกจากนี้ ยังมีความเสี่ยงจากการโกงทั้งจากผู้ขายและแม้แต่ผู้ตรวจสอบเอง

เพื่อลดปัญหานี้ ระบบตลาดซื้อขายบบล็อกเชนจึงถูกนำเสนอ โดยใช้มาตรฐาน **Non-Fungible Token (ERC-721)** สำหรับจัดเก็บข้อมูลบัญชีเกม พร้อมเข้ารหัสผ่านด้วย **Symmetric** และ **Asymmetric keys** และยืนยันความถูกต้องด้วย **Digital Signatures** เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการจัดเก็บและส่งข้อมูล นอกจากนี้ ระบบยังรองรับการทำธุรกรรมด้วยสกุลเงินดิจิทัล โดยเมื่อการซื้อขายเสร็จสิ้น ผู้ซื้อจะได้รับข้อมูลรหัสผ่านของบัญชีเกมทันที

### 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การจัดการความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคล

จากงานวิจัยของ [1] มีการจัดการความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคลทางการแพทย์โดยการเข้ารหัสข้อมูลด้วย **Symmetric key** ก่อน จากนั้นเข้ารหัส **Symmetric key** ด้วยระบบ **Asymmetric key** และใช้เทคนิค **Proxy Re-Encryption** [2], [3] โดยเจ้าของข้อมูลสร้าง **Proxy Re-Encryption** จาก **Private key** ของผู้ส่งกับ **Public key** ของผู้รับตามอัลกอริทึม **Ateniese-Fu-Green-Hohenberger (AFGH)** [2] ซึ่งใช้กุญแจที่ได้จากการเชื่อมต่อกับกระเป๋าเงินดิจิทัล **MetaMask** เทคนิคนี้มีความปลอดภัยสูง แต่ด้วยความซับซ้อน และพึ่งพา **Proxy Server** งานวิจัยนี้จึงนำแนวคิดข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการเข้ารหัสข้อมูลบัญชีเกมด้วย **Symmetric key** ก่อน และใช้ **Asymmetric key** เข้ารหัส **Symmetric key** กับข้อมูลที่เข้ารหัสแล้ว

โดยตรงด้วย Public key ของผู้รับ โดยไม่ผ่าน Proxy Server ร่วมกับการใช้ Digital Signature เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลและป้องกันการเปลี่ยนแปลงระหว่างการส่ง

## 2.2 ตลาดซื้อขายแลกเปลี่ยน NFT บนบล็อกเชน

จากงานวิจัย [4], [5] และผู้ให้บริการเกม Axie Infinity [6] ได้มีการพัฒนาเกมบน Web3 ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนไอเท็มระหว่างผู้เล่นได้อย่างง่ายดายและสะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัย [7] ได้นำเสนอแนวคิดการใช้ บล็อกเชน ในการซื้อขายไอเท็มภายในเกม โดยอาศัยการนำเข้าข้อมูลจากผู้ให้บริการเกมผ่าน API ซึ่งปัจจุบันมีผู้ให้บริการ DMarket [8] นำเข้าข้อมูลทรัพย์สินภายในเกมและแลกเปลี่ยนผ่าน API จากผู้ให้บริการ Steam แต่ยังไม่ได้ซื้อขายบนบล็อกเชน เพียงแค่ใช้เก็บข้อมูลธุรกรรมเท่านั้น

งานวิจัย [5], [9] ได้นำมาตรฐาน ERC-1155 มาใช้แทนไอเท็มภายในเกม เนื่องจากไอเท็มที่ถูกสร้างขึ้นในระบบช่วงแรกไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อถูกใช้งานโดยผู้เล่นแล้ว ไอเท็มจะมีความแตกต่างกันตามค่าประสบการณ์หรือการอัปเกรด

นอกจากนี้ ยังมีผู้ให้บริการตลาดซื้อขายบนบล็อกเชน Axie Infinity, AtomicHub [10], Mythical Marketplace [11] [12] ที่ใช้แนวคิด NFT แทนทรัพย์สินภายในเกมตามมาตรฐานแตกต่างกันตามบล็อกเชนที่เปิดให้บริการ ตามการเปรียบเทียบในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของตลาดซื้อขายทรัพย์สินในเกม

| ชื่อ                                    | AtomicHub                                                                                                          | Axie Infinity                                                                                       | DMarket                                                                                                                       | Mythical Marketplace                                                  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Blockchain</b>                       | WAX, EOS, Immutable X, Polygon [13][14][15]                                                                        | Ronin                                                                                               | Mythos                                                                                                                        | Mythos                                                                |
| <b>NFT Standard</b>                     | AtomicAssets                                                                                                       | ERC721, ERC1155                                                                                     | -                                                                                                                             | NFT Pallet                                                            |
| <b>Cryptocurrency ที่รองรับ</b>         | WAX, ETH, IMX, USDC, EOS                                                                                           | ETH, AXS                                                                                            | BTC, ETH, LTC                                                                                                                 | MYTH                                                                  |
| <b>ค่าธรรมเนียมระบบ (ไม่รวมค่าแก๊ส)</b> | 1-2% [10][16]                                                                                                      | 4.25% [6]                                                                                           | 2-5%, 10% หากราคาหรือสภาพคล่องต่ำ [17]                                                                                        | 14% (ขั้นต่ำ 2 MYTH) [18]                                             |
| <b>กลไกการซื้อขาย</b>                   | ซื้อทันที, ประมูล                                                                                                  | ซื้อทันที, เสนอราคา                                                                                 | ซื้อทันที, ประมูล                                                                                                             | ซื้อทันที, เสนอราคา                                                   |
| <b>ระดับความกระจายศูนย์</b>             | สูง                                                                                                                | สูง                                                                                                 | ต่ำ                                                                                                                           | สูง                                                                   |
| <b>Digital wallet ที่รองรับ</b>         | Wombat, Cloud wallet, Anchor wallet, Metamask, Immutable Passport, Magic link, Coinbase                            | Ronin                                                                                               | -                                                                                                                             | Uphold, Talisman, SubWallet                                           |
| <b>จุดเด่น</b>                          | ระบบสามารถสร้างและวางขาย NFT สำหรับสะสมได้ รองรับ multi-chain รวมถึงไม่มีค่าแก๊สเมื่อการใช้งาน WAX และ Immutable X | มี token ภายในระบบสำหรับสิทธิในการโหวตเพื่อพัฒนาระบบตามระดับ AXS token และคะแนน                     | ระบบเชื่อมต่อกับผู้ให้บริการ Steam ทำให้สะดวกในการแลกเปลี่ยนและวางขายทรัพย์สินภายในเกม                                        | ระบบรองรับการจ่ายทั้งบัตรเครดิตและ Cryptocurrency                     |
| <b>ข้อแตกต่างจากงานวิจัย</b>            | ระบบซื้อขายทรัพย์สินภายในเกม web3 ที่เข้าร่วมเป็น partner และ NFT สำหรับสะสม                                       | ระบบเป็นการซื้อขายทรัพย์สินภายในเกม Axie Infinity เท่านั้น บัญชีเกมจะถูกเชื่อมต่อกับ digital wallet | ระบบไม่ได้ใช้ NFT แต่มีทางเลือกให้ใช้ cryptocurrency สำหรับซื้อขายได้ และใช้ blockchain เพื่อบันทึกข้อมูลการแลกเปลี่ยนธุรกรรม | ระบบเป็นการซื้อขายทรัพย์สินภายในเกมที่ดูแลโดย Mythical Games เท่านั้น |

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิดการใช้ NFT มาประยุกต์ใช้กับบัญชีเกม แต่เลือกใช้ มาตรฐาน ERC-721 เนื่องจากบัญชีเกมมีความแตกต่าง

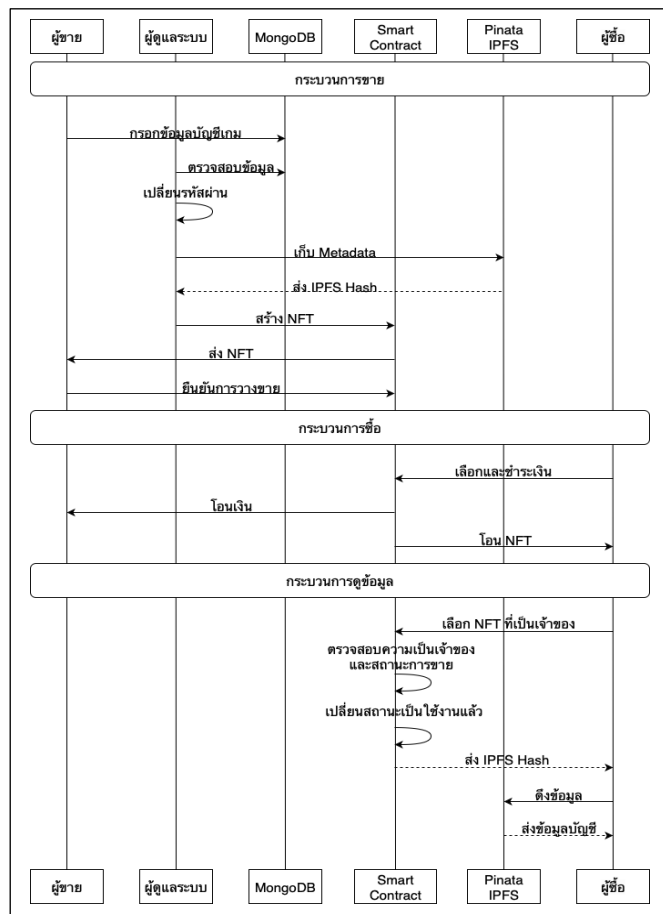
กันตั้งแต่เริ่มต้น เช่น ระดับผู้เล่น สถิติการแข่งขัน และไอเท็มที่บัญชีครอบครอง

## 2.3 WEB 3.0 และเทคโนโลยีบล็อกเชน

งานของ [19] กล่าวถึง Web 3.0 ว่าเป็นมีความเป็นส่วนตัวและปลอดภัยมากขึ้นด้วยคุณสมบัติการกระจายศูนย์ผ่านเทคโนโลยีบล็อกเชน อีกทั้งยังรองรับการทำธุรกรรมแบบ Peer to Peer ส่วนเทคโนโลยีบล็อกเชนรองรับ Decentralized Application (dApps) สร้างความโปร่งใส และตรวจสอบได้ รวมถึงช่วยในการยืนยันตัวตนในการทำธุรกรรม ทำให้เหมาะสมกับงานวิจัยชิ้นนี้ ที่ต้องการความปลอดภัย โปร่งใส และสามารถทำธุรกรรมระหว่างผู้เล่นกับผู้เล่นได้

## 3. ขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1. ภาพรวมของระบบ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนมาช่วยแก้ปัญหาในการเก็บและส่งข้อมูลบัญชีเกมอย่างปลอดภัย และลดค่าธรรมเนียมด้วยการใช้สกุลเงินดิจิทัล มีการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อให้ผู้ใช้ทำการซื้อขายแลกเปลี่ยนได้ทันทีเพื่อแก้ปัญหาวេลเวลาการแลกเปลี่ยน และลดการโกงขณะแลกเปลี่ยน

ขอบเขตของงานวิจัยนี้ จะพัฒนา Smart Contract บนเครือข่ายบล็อกเชน Bitkub chain ใช้สกุลเงินดิจิทัล KUB ในการทำธุรกรรม โดยบัญชีเกมที่วางขายจะเป็นการส่งมอบทั้งอีเมลล์และบัญชีเกมเท่านั้น ส่วนกระบวนการเปลี่ยนรหัสผ่านก่อนนำวางขายบนระบบ ยังเป็นผู้ใช้และระบบตรวจสอบ และดำเนินการเปลี่ยนรหัสผ่านแบบไม่อัตโนมัติ ข้อมูลถูกป้องกันด้วยการเข้ารหัส และยืนยันความถูกต้อง รายละเอียดข้อมูลบัญชีเกมถูกเก็บในรูปแบบ NFT มาตรฐาน ERC-721 รวมถึงมีการพัฒนา



เว็บไซต์สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้สำหรับซื้อและขายบัญชี สามารถแบ่งกระบวนการทำงาน ดังนี้

### 3.1.1 กระบวนการขาย

- 1) ผู้ขายกรอกข้อมูลรายละเอียดบัญชีเกม ข้อมูลจะถูกส่งไปยังฐานข้อมูลเพื่อให้ผู้ดูแลระบบตรวจสอบก่อนวางขายในระบบในรูปแบบ NFT
- 2) ผู้ดูแลระบบตรวจสอบข้อมูล และเปลี่ยนรหัสผ่าน จากนั้น สร้าง NFT ส่งให้ผู้ขาย
- 3) ผู้ขายได้รับ NFT ของบัญชีเกมและทำการยืนยันการวางขายในระบบ

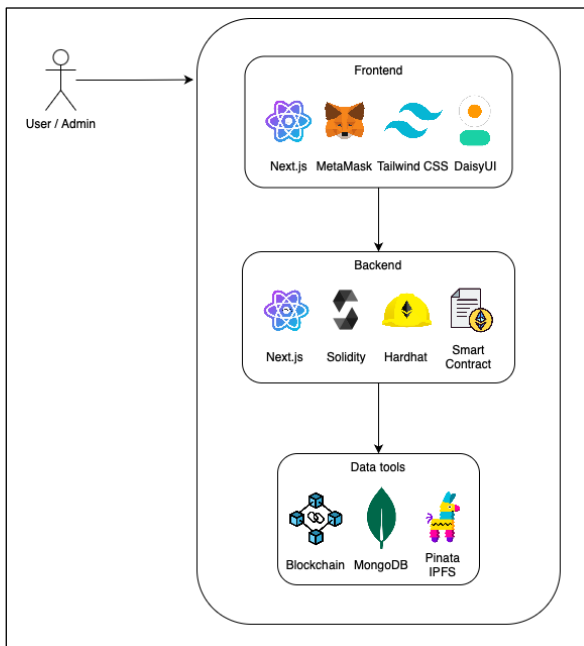
### 3.1.2 กระบวนการซื้อ

- 1) ผู้ซื้อเลือก NFT ของบัญชีเกมที่ต้องการ และดำเนินการธุรกรรมสำเร็จ
- 2) ผู้ซื้อได้รับ NFT ของบัญชีเกม และสามารถทำการดูข้อมูลรหัสผ่านได้

### 3.1.3 กระบวนการดูข้อมูล

- 1) ผู้ใช้เลือก NFT ของบัญชีเกมที่เป็นเจ้าของ ซึ่งยังไม่ถูกวางขาย
- 2) เลือกดูข้อมูล โดยเมื่อดูข้อมูลแล้ว จะไม่สามารถนำ NFT ของบัญชีเกมไปขายได้อีก

## 3.2 สถาปัตยกรรมของระบบ



รูปที่ 2. สถาปัตยกรรมของระบบ

แบ่งออกเป็น 3 ระดับ

### 3.2.1 Frontend Layer

ระบบมีการพัฒนาเว็บไซต์ด้วย Next.js เป็นเฟรมเวิร์คหลักเพื่อแสดงหน้าเว็บต่างๆ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง และมี Library มากมายสำหรับเชื่อมต่อและรองรับการทำงานร่วมกับ Ethereum และระบบกระเป๋าเงินดิจิทัล MetaMask ได้ดี ในส่วนการตกแต่ง User Interface มีการใช้ Tailwind CSS และ DaisyUI ร่วมกัน ซึ่งเว็บไซต์ถูกออกแบบให้ผู้ใช้ทำธุรกรรมขาย, ซื้อ และแสดงข้อมูลบัญชีเกม ได้อย่างราบรื่น

### 3.2.2 Backend Layer

ส่วน Backend ของระบบ ยังใช้ Next.js เพื่อจัดการตรรกะต่างๆ และ API เชื่อมต่อกับส่วน Data Layer ในส่วนการทำงานบนบล็อกเชน มีการใช้ Hardhat ซึ่งเป็น Development Environment ที่ใช้งานง่ายสำหรับ

การตรวจสอบและทดสอบความถูกต้อง ทำงานร่วมกับ Solidity เพื่อการพัฒนา Smart Contract สำหรับตรรกะการทำธุรกรรมต่างๆ เชื่อมต่อกับกระเป๋าเงินดิจิทัล MetaMask

### 3.2.3 Data Layer

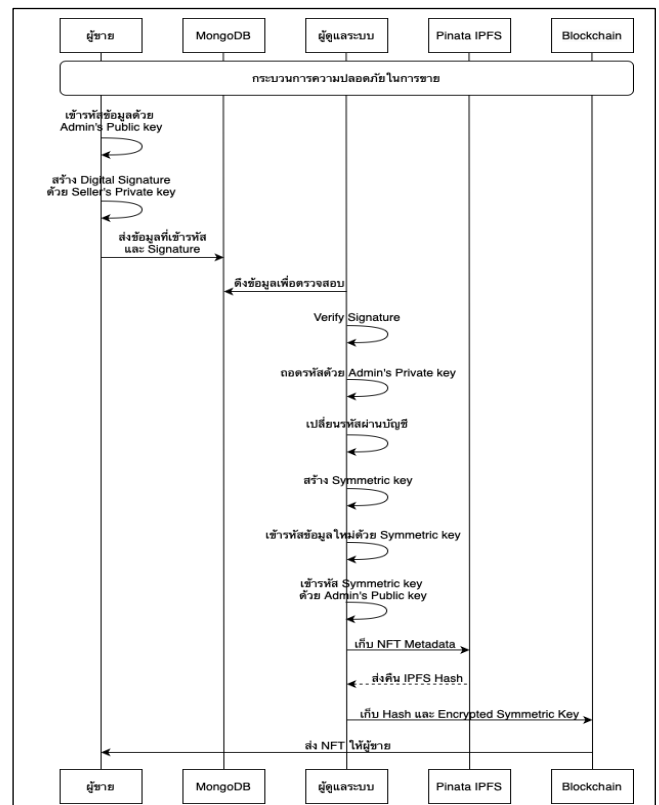
ส่วนบล็อกเชนสร้างขึ้นบน Bitkub chain และใช้สกุลเงินดิจิทัลคือ KUB สำหรับการทำธุรกรรม มีระบบฉันทามติแบบ Proof-of-Stake (PoS) ซึ่งเครือข่ายนี้พัฒนาโดยคนไทย ทำให้ค่าธรรมเนียมในการทำธุรกรรมบนบล็อกเชนต่ำกว่า Ethereum chain แต่ยังคงความเร็วในการทำธุรกรรม และมีการรองรับ Ethereum-based Smart Contracts, JavaScript Libraries และ MetaMask เป็นมาตรฐานเดียวกัน ในการเก็บข้อมูลก่อนส่งเข้าสู่ระบบบนบล็อกเชน เป็นแบบ JSON มีการใช้ MongoDB ซึ่งเหมาะสมกับข้อมูล และประสิทธิภาพในการ Query ได้เร็ว เมื่อทำการสร้าง NFT ใช้ Pinata IPFS สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ของ NFT ซึ่งเป็นระบบการเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ มีความปลอดภัย และมั่นใจได้ว่าข้อมูลไม่สูญหายหรือมีการเปลี่ยนแปลง

### 3.3 กระบวนการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล

ใช้การเข้ารหัสแบบ Symmetric โดยการสุ่มรหัสขนาด 32 bytes เป็นเลข Hexadecimal 64 ตัว ด้วยคำสั่ง

`CryptoJS.lib.WordArray.random(32).toString();` และ Asymmetric Key ซึ่งสามารถใช้ Public และ Private key รวมถึงคำสั่งจาก MetaMask ด้วย `eth-sig-util` function package

### 3.3.1 ความปลอดภัยในกระบวนการขาย



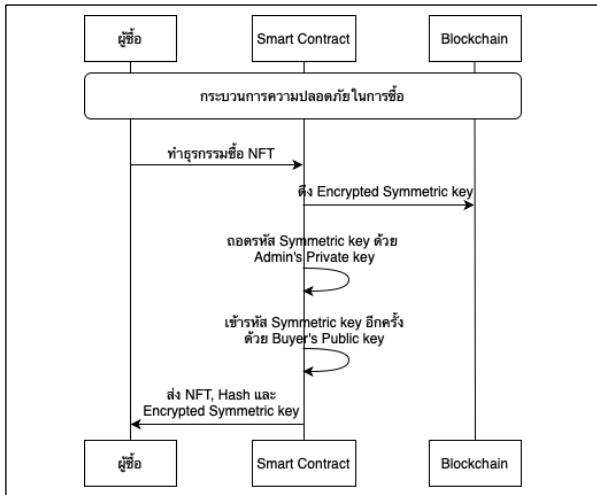
รูปที่ 3. ความปลอดภัยในกระบวนการขาย

จากรูปที่ 3 เมื่อผู้ขายทำการกรอกข้อมูลบัญชีเกม ข้อมูลรหัสผ่านของบัญชีเกมถูกเข้ารหัสด้วย Public key ของผู้ดูแลระบบ และทำ Digital Signature ด้วย Private key ของผู้ขาย จากนั้นข้อมูลถูกส่งเข้าไปเก็บชั่วคราวที่ฐานข้อมูล MongoDB เพื่อให้ผู้ดูแลระบบเข้าไปตรวจสอบด้วย



การ Verify signature หากข้อมูลไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างทาง ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าถึง และถอดรหัสด้วย Private key ของผู้ดูแลระบบ เพื่อเปลี่ยนรหัสผ่านของอีเมลล์ และบัญชีเกม รหัสผ่านใหม่จะถูกเข้ารหัสด้วย Symmetric key ก่อนสร้าง NFT ส่วน Symmetric key ถูกเข้ารหัสด้วย Public key ของผู้ดูแลระบบ สุดท้ายข้อมูล Hash NFT, Encrypted Symmetric key จะถูกเก็บในบล็อกเชน ส่วนข้อมูล Metadata ของ NFT ถูกเก็บใน Pinata IPFS

### 3.3.2 ความปลอดภัยในกระบวนการซื้อ



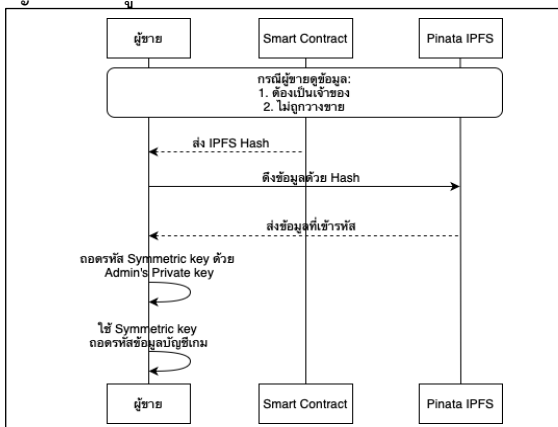
รูปที่ 4. ความปลอดภัยกระบวนการซื้อ

เมื่อผู้ซื้อทำธุรกรรมสำเร็จ Symmetric key ที่ถูกเข้ารหัสไว้และเก็บบนบล็อกเชน จะถูกถอดรหัสด้วย Public key ของผู้ดูแลระบบก่อนจะเข้ารหัสอีกครั้งด้วย Public key ของผู้ซื้อ จากนั้นข้อมูล Hash NFT, Encrypted Symmetric key จะถูกส่งไปยังผู้ซื้อ

### 3.3.3 ความปลอดภัยในกระบวนการดูข้อมูล

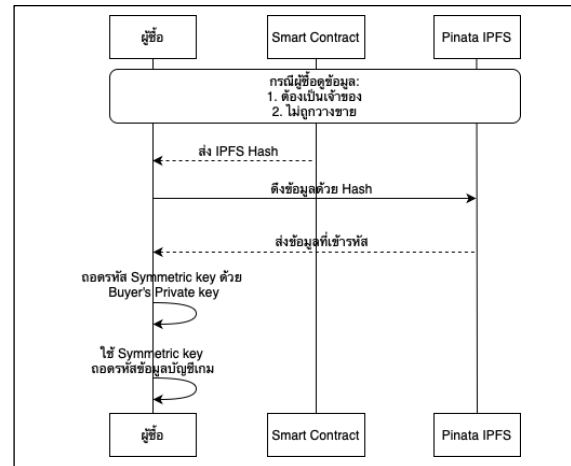
เมื่อผู้ใช้ต้องการดูข้อมูล จะต้องมีเงื่อนไขคือ ผู้ใช้ต้องเป็นเจ้าของและไม่ถูกวางขาย โดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

- ผู้ขายต้องการดูข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสไว้โดยผู้ดูแลระบบ อันดับแรก Symmetric key จะถูกถอดรหัสด้วย Private key ของผู้ดูแลระบบก่อน แล้วค่อยนำ Symmetric key ไปถอดรหัสข้อมูลรหัสผ่านของบัญชีเกม ตามรูปที่ 5



รูปที่ 5. ความปลอดภัยในกระบวนการดูข้อมูลโดยผู้ขาย

- ผู้ซื้อต้องการดูข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสไว้ อันดับแรก Symmetric key จะถูกถอดรหัสด้วย Private key ของผู้ซื้อก่อน แล้วค่อยนำ Symmetric key ไปถอดรหัสข้อมูลรหัสผ่านของบัญชีเกม ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6. ความปลอดภัยในกระบวนการดูข้อมูลโดยผู้ซื้อ

## 4. ผลการดำเนินการ

### 4.1 ภาพรวมของเว็บไซต์

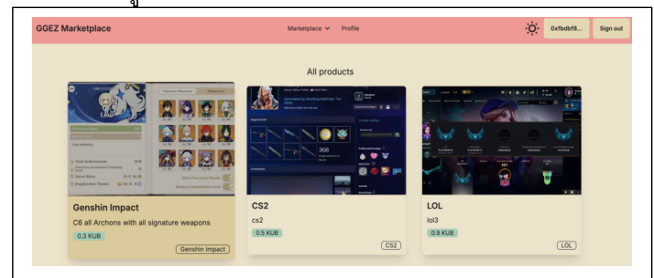
ประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ ดังนี้

#### 4.1.1 ตลาด (Marketplace)

มีการแบ่งตามการทำรายการ

##### 4.1.1.1 การซื้อ (Buy)

ผู้ซื้อสามารถเลือกดูรายการ NFT ของบัญชีเกมที่วางขายอยู่ โดยสามารถเลือกดูตามเกมที่ต้องการ หรือรายการทั้งหมดได้



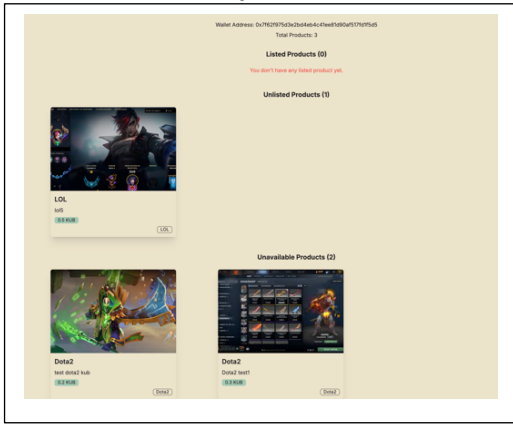
รูปที่ 7. หน้าเว็บตลาดสำหรับการซื้อ

##### 4.1.1.2 การขาย (Sell)

ผู้ขายกรอกรายละเอียดข้อมูลตามแบบฟอร์มที่แสดงในรูปที่ 8 เพื่อส่งข้อมูลให้ผู้ดูแลระบบในการสร้าง NFT เพื่อวางขายต่อไป

รูปที่ 8. หน้าเว็บสำหรับการขาย

#### 4.1.2 รายการเจ้าของ NFT ของบัญชีเกม (Profile)



รูปที่ 9. หน้าเว็บแสดงรายการ NFT ของบัญชีเกมที่ใช้เป็นเจ้าของ

จากรูปที่ 9 ส่วนนี้มีการแบ่งเป็น 3 สถานะ คือ

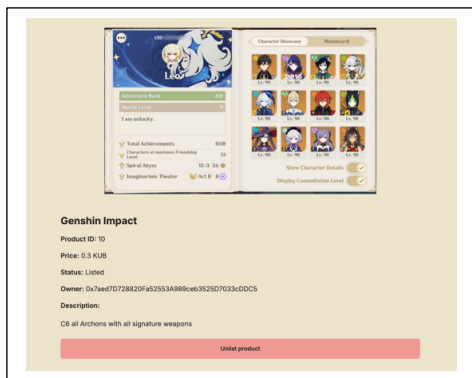
- วางขาย (List) คือสถานะที่จะถูกแสดงบนหน้าตลาด
- ไม่ถูกวางขาย (Unlist) คือสถานะที่ยังไม่ถูกวางขาย และยังไม่ถูกดูรหัสผ่าน
- ไม่สามารถใช้งานได้ (Unavailable) คือสถานะที่ถูกดูรหัสแล้ว จะไม่สามารถนำกลับไปวางขายได้อีก

#### 4.1.3 ข้อมูลรายละเอียด NFT ของบัญชีเกม

แบ่งออกเป็นการแสดงผล และการทำการรายการแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเป็นเจ้าของและสถานะ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ตารางแสดงการทำการรายการของ NFT ขึ้นอยู่กับความเป็นเจ้าของ และสถานะ

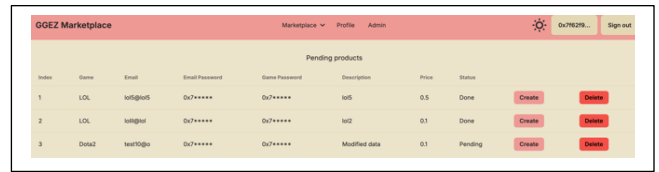
| สถานะ              | เป็นเจ้าของ         | ไม่เป็นเจ้าของ          |
|--------------------|---------------------|-------------------------|
| วางขาย             | ยกเลิกวางขาย        | ซื้อ                    |
| ไม่วางขาย          | วางขาย และ ดูข้อมูล | ไม่สามารถทำการรายการได้ |
| ไม่สามารถใช้งานได้ | ดูข้อมูลซ้ำ         | ไม่สามารถทำการรายการได้ |



รูปที่ 10. หน้าเว็บแสดงข้อมูลรายละเอียด NFT ของบัญชีเกมที่ใช้เป็นเจ้าของ และมีสถานะวางขาย

#### 4.1.4 ผู้ดูแลระบบ (Admin)

ส่วนนี้จะแสดงเมื่อที่อยู่กระเป๋าเงินเป็นของผู้ดูแลระบบเท่านั้น แสดงข้อมูลจากฐานข้อมูล MongoDB ใช้ตรวจสอบข้อมูล เพื่อเปลี่ยนรหัสผ่าน รวมถึงสร้าง NFT และส่งข้อมูลเก็บบนบล็อกเชน โดยแบ่งออกเป็นรายการที่มีสถานะสำเร็จ (Done) และรอดำเนินการ (Pending) ดังรูปที่ 11



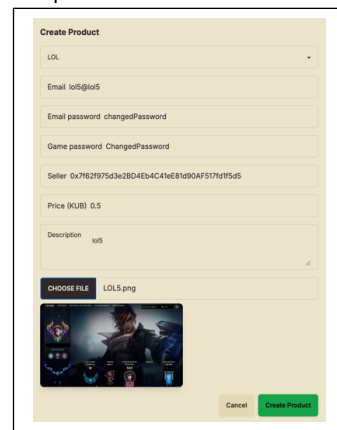
รูปที่ 11. หน้าเว็บแสดงข้อมูลรายละเอียด

#### 4.1.5 ส่วนเชื่อมต่อกับกระเป๋าเงินดิจิทัล MetaMask

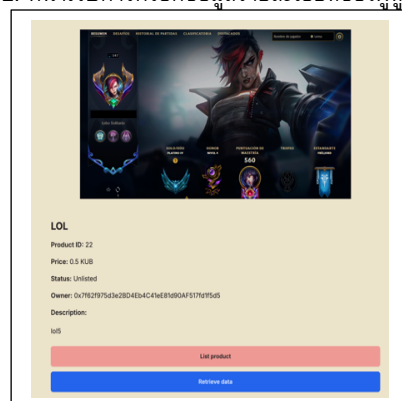
แสดงปุ่มกดให้เชื่อมต่อกับกระเป๋าเงินดิจิทัล MetaMask ก่อนการทำการธุรกรรมต่างๆในระบบ

#### 4.2 กระบวนการขาย

เมื่อผู้ขายกรอกข้อมูลจากรูปที่ 8 ข้อมูลถูกเข้ารหัส พร้อมทำ Digital Signature และเก็บใน MongoDB จากนั้นผู้ดูแลระบบเข้าไปตรวจสอบข้อมูลตามรูปที่ 11 ทำการเปลี่ยนข้อมูลรหัสผ่าน ด้วยการกรอกข้อมูลตามรูปที่ 12 และสร้าง NFT ส่งให้กับผู้ขาย โดยผู้ขายสามารถตรวจสอบในหน้าเว็บรายการเจ้าของ เพื่อวางขายในหน้ารายละเอียด ตามรูปที่ 13 โดยผู้ขายต้องยืนยันราคาขาย และ Approve การทำการรายการบน MetaMask รวมถึงยืนยันค่าธรรมเนียมระบบในการวางขาย และค่าธรรมเนียมธุรกรรมบนบล็อกเชน เมื่อวางขายสำเร็จ NFT จะแสดงบนหน้าตลาด หากผู้ขายยกเลิกการขาย จะมีค่าธรรมเนียมธุรกรรมบนบล็อกเชน เพื่อป้องกันการ Spam การขายเกิดขึ้น



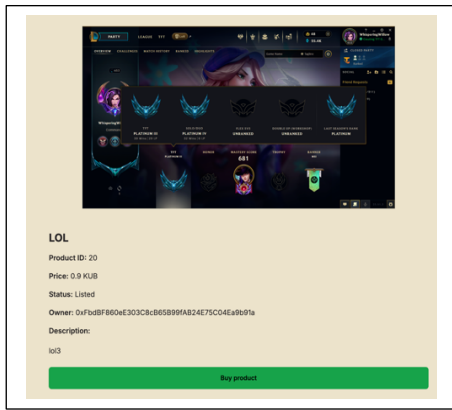
รูปที่ 12. หน้าเว็บการกรอกข้อมูลรายละเอียดของผู้ดูแลระบบ



รูปที่ 13. หน้าเว็บเพื่อวางขาย

#### 4.3 กระบวนการซื้อ

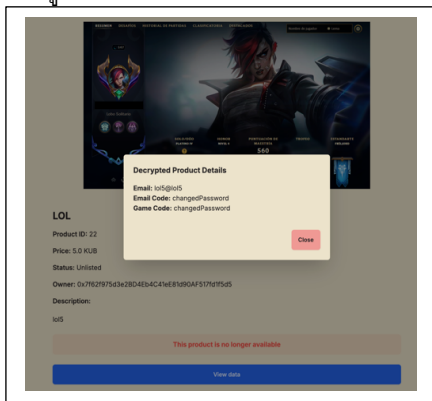
ผู้ซื้อเลือกซื้อ NFT ที่ต้องการ โดยเข้าหน้าเว็บรายละเอียด ดังรูปที่ 13 เมื่อกดปุ่มซื้อ ผู้ซื้อต้องยืนยันให้ข้อมูล Public key เพื่อเข้ารหัสข้อมูลรหัสผ่าน และยืนยันค่าธรรมเนียมธุรกรรมของบล็อกเชน จากนั้น NFT จะถูกส่งมายังผู้ซื้อ หากผู้ซื้อยังไม่ต้องการเปิดดูข้อมูล NFT นี้ยังสามารถวางขายต่อได้



รูปที่ 14. หน้าเว็บเพื่อการซื้อ

#### 4.4 กระบวนการดูข้อมูล

เมื่อผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลรหัสผ่าน ต้องเข้าหน้าเว็บรายละเอียด NFT และกดปุ่ม Retrieve Data จากรูปที่ 13 ซึ่งระบบจะมีการเตือนว่า NFT จะไม่สามารถถูกวางขายได้อีกหากดูข้อมูลแล้ว เมื่อยืนยันค่าธรรมเนียมธุรกรรมบนบล็อกเชนแล้ว โดยหากผู้ใช้เป็นผู้ซื้อ ระบบจะให้อินยืนยันการถอดรหัสด้วย Private key แล้วจะแสดงรหัสผ่านให้ แต่หากผู้ใช้เป็นผู้ขาย ระบบจะแสดงข้อมูลหลังการยืนยันค่าธรรมเนียมสำเร็จ จากนั้น NFT นี้จะเปลี่ยนสถานะเป็นไม่สามารถใช้งานได้ และจะดูข้อมูลได้อย่างเดียวเท่านั้น ตามรูปที่ 15



รูปที่ 15. หน้าเว็บการดูข้อมูล

#### 5. สรุป

การซื้อขายแลกเปลี่ยนบัญชีเกมซึ่งมีมูลค่าแตกต่างกัน ในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในด้านความปลอดภัย จากการเก็บหรือส่งข้อมูล และการโกงของผู้ขาย หรือผู้ดูแลระบบที่เป็นคนกลาง, ความสะดวกในการแลกเปลี่ยน และค่าธรรมเนียมการตรวจสอบ งานวิจัยนี้ จึงนำเสนอการพัฒนาตลาดซื้อขายบัญชีเกมบนบล็อกเชน ด้วยการใช้ NFT เก็บข้อมูลบัญชีเกม เพื่อแก้ไข หรือลดข้อจำกัดเหล่านี้ ในด้านความปลอดภัยขณะเก็บและส่งข้อมูล มีใช้การเข้าและถอดรหัสด้วย Symmetric และ Asymmetric Key รวมถึงทำ Digital Signature ทำให้มีความปลอดภัยมากขึ้น ด้านการโกงของผู้ขายและผู้ดูแลระบบ อย่างไรก็ตาม ระบบยังคงต้องรอผู้ดูแลระบบตรวจสอบก่อนเปลี่ยนรหัสผ่านหลังจากผู้ขายส่งข้อมูลเข้ามา แต่หากเปลี่ยนรหัสผ่านและวางขายบนเว็บไซต์แล้ว ผู้ขายจะไม่สามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือกู้คืนรหัสผ่านได้อีก ทำให้ลดการโกงจากผู้ขายลงได้ แต่ยังคงสามารถเกิดจากผู้ดูแลระบบได้อยู่ ซึ่งในอนาคตสามารถเพิ่มระบบการเปลี่ยนรหัสผ่านแบบอัตโนมัติได้ ระบบสามารถแก้ปัญหาด้านความสะดวกในการแลกเปลี่ยนโดยไม่ต้องรอให้ผู้ขาย, ผู้ดูแลระบบ และผู้ซื้อสะดวกพร้อมกันในส่วนค่าธรรมเนียม ขึ้นอยู่กับมูลค่าของบัญชี เนื่องจากระบบมีการตั้ง

ค่าธรรมเนียมระบบอยู่ที่ 5% ดังนั้น หากเป็นบัญชีมูลค่าต่ำจะมีค่าธรรมเนียมโดยรวมประมาณ 100 บาท ซึ่งต่ำกว่าราคาในตลาด หากบัญชีมีมูลค่าสูง จะมีค่าธรรมเนียมโดยรวมใกล้เคียงกัน

แนวทางการพัฒนาต่อสำหรับงานวิจัยนี้ ตามที่กล่าวข้างต้นคือ พัฒนาระบบขั้นตอนการเปลี่ยนรหัสผ่านให้เป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อลดระยะเวลาที่ผู้ขายกู้คืนรหัสผ่าน ทำให้เกิดการโกงได้ นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มระบบอื่นๆให้สะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เช่น การซื้อหลายรายการ, เพิ่มการซื้อขายไอเท็มในเกม, นำเข้าข้อมูลจากผู้ให้บริการเกมผ่าน API และเพิ่มความปลอดภัยทั้งส่วน Frontend หรือ Network ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] Tith D, Lee JS, Suzuki H, Wijesundara WM, Taira N, Obi T, Ohshima N. Application of blockchain to maintaining patient records in electronic health record for enhanced privacy, scalability, and availability. *Healthcare informatics research*. 2020 Jan 31;26(1):3-12.
- [2] Chow SS, Weng J, Yang Y, Deng RH. Efficient unidirectional proxy re-encryption. In: Bernstein DJ, Lange T, editors. *Progress in cryptology – AFRICACRYPT 2010*. Heidelberg, Germany: Springer; 2010. p. 316-32.
- [3] Ateniese G, Fu K, Green M, Hohenberger S. Improved proxy re-encryption schemes with applications to secure distributed storage. *ACM Transactions on Information and System Security (TISSEC)*. 2006 Feb 1;9(1):1-30.
- [4] Chow SS, Weng J, Yang Y, Deng RH. Efficient unidirectional proxy re-encryption. In: *International Conference on Cryptology in Africa*. 2010 May 3 (pp. 316-332). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg
- [5] Stamatakis D, Kogias DG, Papadopoulos P, Karkazis PA, Leligou HC. Blockchain-Powered Gaming: Bridging Entertainment with Serious Game Objectives. *Computers*. 2024 Jan 3;13(1):14.
- [6] Pradana RP, Hariadi M, Rachmadi RF, Arif YM. A multi-criteria recommender system for NFT based IAP in RPG game. In: *2022 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*. 2022 Jul 20 (pp. 214-219). IEEE.
- [7] S. Mavis, "Axie Infinity | Axie Infinity," Axie Infinity, 2021. <https://whitepaper.axieinfinity.com/> (accessed Sep. 28, 2025).
- [8] Rashid MZ, Javaid N. Integrating Multiplayer Games with Blockchain: Securing Player Transactions in the Multiplayer Environment.
- [9] M. Salem, "Blankos Block Party Dev, Mythical Games, acquires DMarket," *GAM3S.GG*, Sep. 21, 2023. [Online]. Available:

- <https://gam3s.gg/news/mythical-games-acquires-dmarket/> (accessed Sep. 28, 2025).
- [9] Muthe KB, Sharma K, Sri KE. A blockchain based decentralized computing and NFT infrastructure for game networks. In 2020 second international conference on blockchain computing and applications (BCCA) 2020 Nov 2 (pp. 73-77). IEEE.
- [10] U. Emmanuel, "Atomic Hub: A decentralized NFT marketplace built on the WAX blockchain," Medium, Aug. 08, 2023. <https://medium.com/@usoroemmanuelabasi/atomic-hub-a-decentralized-nft-marketplace-built-on-the-wax-blockchain-54587947bb48> (accessed Sep. 28, 2025).
- [11] Mythical Games, "Mythical Games - Mythical Marketplace Introduction," Mythical Games, May 25, 2021. [Online]. Available: <https://mythicalgames.com/news/mythical-marketplace-introduction> (accessed Sep. 28, 2025).
- [12] Polkadot, "Mythical Games revolutionizes gaming and digital asset ownership," Jan. 07, 2025. <https://polkadot.com/case-studies/mythical-games-digital-ownership/> (accessed Sep. 28, 2025).
- [13] Pink.Gg, "AtomicHub launches on EOS," Medium, Oct. 02, 2020. <https://pinkgg.medium.com/atomichub-launches-on-eos-ed49a275fe53> (accessed Sep. 28, 2025).
- [14] AtomicHub, "Four chains – one marketplace. Polygon is live! - AtomicHub," Apr. 10, 2024. <https://wax.atomichub.io/blog/why-we-integrated-polygon> (accessed Sep. 28, 2025).
- [15] AtomicHub, "Spielworks and immutable Sign Landmark strategic Partnership - AtomicHub," May 21, 2024. <https://wax.atomichub.io/blog/spielworks-immutable-strategic-partnership> (accessed Sep. 28, 2025).
- [16] AtomicHub, "AtomicHub installs a new ecosystem fee to support builders on WAX - AtomicHub," Dec. 19, 2023. <https://wax.atomichub.io/blog/atomichub-installs-a-new-ecosystem-fee-to-support-builders-on-wax> (accessed Sep. 28, 2025).
- [17] DMarket Help Center, "DMarket Fees," May 17, 2024. <https://support.dmarket.com/hc/en-us/articles/25141430592401-DMarket-Fees> (accessed Sep. 28, 2025).
- [18] Mythical Games, "Mythical Games - Mythical Marketplace listing and fee updates," Mythical Games, Sep. 25, 2024. [Online]. Available: <https://mythicalgames.com/news/mythical-marketplace-terms-update-sept-2024> (accessed Sep. 28, 2025).
- [19] Srupsrisopa J. Blockchain Technology: The Bridge to Web 3.0. Journal of Business, Innovation and Sustainability (JBIS). 2022 Mar 31;17(1).

# กลยุทธ์การลงทุนหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมด้วยแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสม แบบเกาส์หลายตัวแปร

## Industrial Stock Investment Strategies Using a Multivariate Gaussian Mixture Hidden Markov Model

อัครา กิจการเจริญสิน

(Akara Kijkarncharoensin)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

(School of Information Technology, Sripatum University)

กรุงเทพฯ 10900 ประเทศไทย

(Bangkok 10900, Thailand)

อีเมล 6750193.st@spu.ac.th

(email 6750193.st@spu.ac.th)

ปราณี มณีรัตน์

(Paralee Maneerat)

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

(School of Information Technology, Sripatum University)

กรุงเทพฯ 10900 ประเทศไทย

(Bangkok 10900, Thailand)

อีเมล paralee.ma@spu.ac.th

(email paralee.ma@spu.ac.th)

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสมแบบเกาส์หลายตัวแปร (gmHMM) ในการจำแนกวัฏจักรซ่อนเร้นและสร้างกลยุทธ์การลงทุนในดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรม โดยใช้ข้อมูลดัชนีหุ้นกลุ่มโลจิสติกส์ของตลาดหุ้นไทยในช่วงปี 2555–2568 แบบจำลองถูกตั้งค่าด้วยจำนวนสถานะซ่อนเร้น 3 สถานะและส่วนผสมเกาส์เขียน 3 ส่วนผสม พร้อมการใช้หน้าต่างข้อมูลแบบเลื่อนผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากลยุทธ์ Long & Short ที่อ้างอิงสัญญาณจาก gmHMM สามารถสร้างผลตอบแทนเหนือกว่ากลยุทธ์ซื้อแล้วถือและควบคุมความเสี่ยงของได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่กลยุทธ์ Long Only มีผลในการลดความเสี่ยงแต่ให้ผลตอบแทนต่ำกว่า การวัดผลด้วย Sharpe ratio, ความผันผวน, Maximum Drawdown และผลตอบแทนรวมยืนยันว่า gmHMM เป็นกรอบวิธีที่มีศักยภาพในการวิเคราะห์วัฏจักรตลาดและสนับสนุนการพัฒนาการลงทุนเชิงปฏิบัติในตลาดหุ้นที่มีความผันผวนสูง

**คำสำคัญ** — แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น, ส่วนผสมเกาส์หลายตัวแปร, กลยุทธ์การลงทุนหุ้น, วัฏจักรตลาด, การจัดการความเสี่ยง

**ABSTRACT** — This study aims to examine the effectiveness of the Multivariate Gaussian Mixture Hidden Markov Model (gmHMM) in identifying latent market regimes and developing investment strategies for industrial stock indices. Using the logistics sector index from the Thai capital market over the period 2012–2025, the gmHMM was configured with three hidden states and three Gaussian mixture components within a rolling-window framework. The empirical results demonstrate that the Long & Short strategy derived from gmHMM signals outperforms the buy-and-hold benchmark and significantly mitigates downside risk, while the Long Only strategy reduces risk exposure but yields lower returns. Performance evaluation based on the Sharpe ratio, volatility, maximum drawdown, and cumulative

returns confirms that the gmHMM offers a robust framework for market cycle analysis and provides practical support for developing investment strategies in highly volatile markets.

**Keywords** — Hidden Markov Model, Gaussian Mixture Model, Stock Investment Strategy, Market Cycle, Risk Management

### 1. บทนำ

ดัชนีหุ้นรายกลุ่มอุตสาหกรรม (Sectoral Stock Index) เป็นตัวแทนของการเคลื่อนไหวของหุ้นที่อยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกัน ซึ่งสะท้อนถึงสภาพการแข่งขันภายในกลุ่มและแรงกดดันจากปัจจัยเศรษฐกิจเฉพาะด้านการลงทุนในระดับดัชนีรายกลุ่มนี้มีลักษณะของการกระจายความเสี่ยง (diversification) คล้ายกับดัชนีตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (SET Index) แต่มีข้อได้เปรียบคือสามารถมุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงลึกเฉพาะอุตสาหกรรมได้โดยตรง ทำให้ผู้ลงทุนสามารถโฟกัสไปยังปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกลุ่มนั้น ๆ โดยตรง ซึ่งเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงกลยุทธ์และการจัดพอร์ตการลงทุนที่ตอบสนองต่อแนวโน้มเฉพาะกลุ่ม

อย่างไรก็ตาม แม้การวิเคราะห์ในระดับกลุ่มอุตสาหกรรมจะให้ข้อมูลที่ละเอียดขึ้น แต่การทำนายแนวโน้มราคาของดัชนีหุ้นรายกลุ่มกลับมีความซับซ้อนมากกว่าการทำนายดัชนีตลาดรวม ปัจจัยหนึ่งมาจากความแตกต่างในปัจจัยพื้นฐานของแต่ละอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น กลุ่มพลังงานมีความอ่อนไหวต่อราคาน้ำมันและอัตราแลกเปลี่ยน ในขณะที่กลุ่มเทคโนโลยีได้รับอิทธิพลจากนวัตกรรมและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภค ดังนั้น ดัชนีรายกลุ่มเหล่านี้จึงไม่เคลื่อนไหวสอดคล้องกับดัชนีเศรษฐกิจมหภาคเพียงอย่างเดียว แต่ยังตอบสนองต่อปัจจัยเฉพาะที่มีพลวัตของตัวเอง การพึ่งพาตัวชี้วัดมหภาคอย่างดัชนี GDP, อัตราดอกเบี้ย หรืออัตราเงินเฟ้อเพียงอย่างเดียวในการทำนาย จึงไม่เพียงพอต่อการอธิบายการเปลี่ยนแปลงราคาในระดับกลุ่มอุตสาหกรรม



ปัญหานี้ยังสะท้อนชัดในตลาดสัญญาซื้อขายล่วงหน้าแห่งประเทศไทย (TFEX) ที่มีการเปิดตัวสัญญาล่วงหน้าดัชนีรายกลุ่มอุตสาหกรรม (Sectoral Stock Futures) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเก็งกำไรและบริหารความเสี่ยง โดยเฉพาะ แต่กลับพบว่าสัญญาเหล่านี้มีสภาพคล่องต่ำและมีปริมาณการซื้อขาย (trading volume) ที่จำกัด สภาพคล่องที่ต่ำไม่เพียงแต่ทำให้สัญญาไม่สามารถใช้เพื่อป้องกันความเสี่ยงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ แต่ยังทำให้ขาดแรงจูงใจสำหรับนักลงทุนที่จะเข้ามาใช้ผลิตภัณฑ์นี้เพื่อเก็งกำไร ข้อจำกัดนี้สัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความยากในการประเมินแนวโน้มราคาของดัชนีรายกลุ่ม ซึ่งทำให้นักลงทุนจำนวนมากเลือกที่จะลงทุนผ่านดัชนีตลาดรวมที่คาดการณ์ได้ง่ายกว่า

สาเหตุสำคัญที่ทำให้การกำหนดราคาของดัชนีหุ้นรายกลุ่มยากคือ การดำรงอยู่ของ วัฏจักรซ่อนเร้น (hidden regimes) ซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงจากข้อมูลราคาในอดีต วัฏจักรเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างตลาดที่ไม่ต่อเนื่อง (non-linear market shifts) เช่น การเปลี่ยนทิศทางของนโยบายการเงิน ภาวะเศรษฐกิจเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรม หรือแรงกดดันจากปัจจัยภายนอกอย่างวิกฤติภูมิรัฐศาสตร์ การเปลี่ยนสถานะเหล่านี้มักเกิดขึ้นอย่างฉับพลันและไม่สามารถคาดการณ์ได้จากข้อมูลราคาเพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้วิธีการทำนายแบบดั้งเดิม เช่น แบบจำลอง ARIMA หรือ GARCH ที่ตั้งอยู่บนสมมติฐานของการเคลื่อนไหวต่อเนื่องและการกระจายตัวแบบปกติ มีข้อจำกัดในการระบุสถานะตลาดที่แท้จริง

ดังนั้น การระบุ hidden regimes เหล่านี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ตลาดในระดับกลุ่มอุตสาหกรรม การตรวจสอบโครงสร้างวัฏจักรที่ซ่อนอยู่ช่วยให้สามารถทำความเข้าใจได้ว่า ตลาดอยู่ในภาวะขาขึ้น (bull regime), ขาลง (bear regime) หรืออยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่าน (transitional regime) ซึ่งมีนัยสำคัญต่อการจัดสรรสินทรัพย์และการใช้เครื่องมือป้องกันความเสี่ยงใน TFEX ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น (Hidden Markov Model: HMM) จึงเป็นวิธีการที่ตอบโจทย์การวิเคราะห์ตลาดที่มี hidden regimes ได้อย่างดี HMM สามารถระบุสถานะที่ไม่สามารถสังเกตได้จากข้อมูลโดยตรง ผ่านการใช้ความน่าจะเป็นเชิงเงื่อนไข (conditional probability) และโครงสร้างการเปลี่ยนสถานะ (state transition) ซึ่งสะท้อนธรรมชาติของตลาดการเงินที่มีการเปลี่ยนสถานะอย่างไม่ต่อเนื่องและคาดเดายาก

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ HMM แบบดั้งเดิมมักตั้งอยู่บนสมมติฐานว่าผลตอบแทนในแต่ละสถานะมีการกระจายตัวแบบปกติ (Gaussian distribution) ซึ่งไม่สอดคล้องกับข้อมูลราคาของดัชนีหุ้นรายกลุ่มที่มักแสดงลักษณะของการกระจายตัวที่เบ้ (skewness) หรือมีหางหนา (fat tails) เพื่อแก้ไขข้อจำกัดนี้ งานวิจัยจำนวนมากจึงเสนอให้ใช้ Gaussian Mixture Hidden Markov Model (gmHMM) ซึ่งขยายความสามารถของ HMM โดยการแทนที่การแจกแจงแบบปกติด้วยการแจกแจงแบบผสม (Gaussian mixture components) ภายในแต่ละสถานะ วิธีนี้ช่วยให้สามารถจำลองการกระจายตัวของผลตอบแทนที่ซับซ้อนและมีหลายโครงสร้างย่อย (sub-regimes) ได้ดียิ่งขึ้น ทำให้การจำแนก hidden regimes มีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถสะท้อนความเป็นจริงของตลาดได้ดีกว่า HMM ปกติ

การนำ gmHMM มาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ดัชนีหุ้นรายกลุ่มอุตสาหกรรมในบริบทตลาดหุ้นไทยจึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูง ทั้งในแง่การเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ การสนับสนุนการจัดการพอร์ต

ลงทุน และการสร้างสภาพคล่องให้กับตลาด TFEX ผ่านการเพิ่มความมั่นใจของนักลงทุนในการใช้สัญญาล่วงหน้าเพื่อทั้งการเก็งกำไรและการป้องกันความเสี่ยงอย่างมีประสิทธิภาพ

แม้งานวิจัยก่อนหน้าได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น (HMM) ในการระบุ hidden regimes ของตลาดการเงิน แต่ส่วนใหญ่ยังคงอิงกับ HMM แบบ univariate หรือสมมติการกระจายตัวแบบ Gaussian เดียว ซึ่งไม่สามารถสะท้อนความซับซ้อนของดัชนีหุ้นรายกลุ่มที่มีการกระจายตัวเบ้และหางหนาได้อย่างเพียงพอ การพัฒนา Multivariate Gaussian Mixture HMM (gmHMM) จึงตอบโจทย์ข้อจำกัดนี้โดยเพิ่มความสามารถในการจำลองข้อมูลที่มีหลายโหมดและหลายปัจจัยร่วมกัน ทำให้สามารถระบุ hidden regimes ได้แม่นยำและใกล้เคียงกับสภาพความจริงของตลาดมากกว่า

ในบริบทของประเทศไทย ปัญหาสำคัญอีกประการคือ สัญญาซื้อขายล่วงหน้าของดัชนีรายกลุ่ม (sectoral futures) บน TFEX มีสภาพคล่องต่ำ ส่งผลให้นักลงทุนไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มศักยภาพทั้งในการเก็งกำไรและการป้องกันความเสี่ยง จึงเกิดความจำเป็นที่จะต้องพัฒนารอบการวิเคราะห์ที่สามารถใช้กับ sectoral indices โดยตรง เพื่อสร้างสัญญาณการลงทุนที่ใช้งานได้จริง

งานวิจัยนี้จึงเป็นการต่อยอดโดยตรงจาก Kijkancharoensin [1] ที่ได้เสนอกรอบแนวคิดของ gmHMM สำหรับระบุ hidden regimes และแนะนำกลยุทธ์การลงทุนเชิงทฤษฎีแต่ยังขาดการทดสอบเชิงปฏิบัติ งานวิจัยฉบับนี้เติมเต็มช่องว่างดังกล่าวด้วยการนำกรอบ gmHMM มาประยุกต์กับดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมและทดสอบผลการซื้อขายจริงเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของโมเดลในบริบทตลาดหุ้นไทย

งานวิจัยที่ผ่านมาได้พัฒนาหลากหลายกรอบวิธีเพื่อทำนายพฤติกรรมของตลาดการเงิน ไม่ว่าจะเป็น Hidden Markov Model (Hamilton [2]; Hassan และ Nath [3]; Nguyen [4, 5]) ซึ่งเน้นการจำแนกระบบตลาดผ่านการสังเกตตัวแปรเพียงหนึ่งมิติ แบบจำลองเชิงเศรษฐมิติที่ซับซ้อนขึ้น เช่น Markov-switching GARCH และ Bayesian approaches (Ang and Timmermann [6]) ตลอดจนการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก เช่น LSTM อย่างไรก็ตาม เหล่านี้ส่วนใหญ่ยังคงมุ่งไปที่ดัชนีตลาดหลักหรือสินทรัพย์เดี่ยว และยังไม่พบการประยุกต์ใช้เชิงลึกกับดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมในประเทศไทยโดยตรง

ผลงานของผู้วิจัยเองในช่วงก่อนหน้า (Kijkancharoensin and Maneerat [7]) ได้เสนอกรอบแนวคิดของ Gaussian Mixture Hidden Markov Model (gmHMM) เพื่อระบุ hidden regimes และชี้ว่ากรอบนี้มีศักยภาพสูงในการรองรับข้อมูลที่มีลักษณะ multimodality และ fat tails อย่างไรก็ดี งานดังกล่าวยังอยู่ในลักษณะการจำลองและเชิงทฤษฎี จึงขาดหลักฐานเชิงประจักษ์จากการทดสอบด้วยการซื้อขายจริง

งานวิจัยฉบับนี้จึงขยายผลโดยตรงจากกรอบเดิมด้วยการใช้ gmHMM แบบหลายตัวแปร (multivariate) เพื่อสะท้อนพลวัตของราคาดัชนีที่ซับซ้อนกว่า HMM ทั่วไป และสร้างหลักฐานเชิงประจักษ์จากการซื้อขายในตลาดจริง ทั้งนี้ gmHMM มีความโดดเด่นเหนือกว่า HMM แบบ Gaussian เดียว เนื่องจากสามารถจำลองความไม่ปกติของการกระจายผลตอบแทนได้อย่างยืดหยุ่น และให้การจำแนก hidden regimes ที่ชัดเจนกว่า

งานวิจัยด้านการวิเคราะห์วัฏจักรตลาดการเงินมีรากฐานจากแนวคิดเรื่องการเปลี่ยนสถานะตลาด (regime switching) ซึ่งได้รับการบุกเบิกโดย Hamilton [2] และต่อมาถูกพัฒนาต่อยอดในบริบทการเงินโดย Ang และ Timmermann [6] ที่อธิบายว่า ตลาดการเงินมีลักษณะของการสลับสถานะระหว่างภาวะเสี่ยงต่ำและเสี่ยงสูงอย่างไม่ต่อเนื่อง ทำให้วิธีการเชิงเส้นทั่วไปไม่สามารถจับการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างเหล่านี้ได้อย่างแม่นยำ แนวคิดนี้ได้ปูทางให้กับการใช้ Hidden Markov Model (HMM) ในการระบุสถานะตลาดที่ซ่อนเร้นซึ่งไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่สะท้อนอยู่ในข้อมูลราคาทางการเงิน ผลงานของ Kijarncharoensin และ Innet [8] ได้นำหลักการนี้มาทดลองใช้ในบริบทการจำแนกข้อมูลเชิงเวลาในงานพลังงานชีวมวลเพื่อทดสอบความเสถียรของวิธี HMM ในปัญหาที่มีความไม่แน่นอนสูง ก่อนที่จะนำแนวทางเดียวกันนี้มาประยุกต์ในตลาดทุนอย่างเต็มรูปแบบ

ขณะเดียวกัน วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของ HMM ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่งานของ Baum และ Eagon [9] ซึ่งวางรากฐานของอัลกอริทึม Expectation-Maximization (EM) และถูกต่อยอดโดย Rabiner [10] ในเชิงประยุกต์ จนถึงงานของ Juang [11, 12] และ Gauvain และ Lee [13] ที่เสนอการใช้ Gaussian Mixture Observations เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับ HMM ในการจำลองข้อมูลที่มีการกระจายตัวซับซ้อน ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่พบได้ทั่วไปในข้อมูลทางการเงิน งานของ Kijarncharoensin และ Maneerat [7] ได้ทดสอบ Gaussian Mixture HMM (gmHMM) ในการจำลองสัญญาณราคาหุ้นจากตลาดไทย โดยแสดงให้เห็นว่า gmHMM สามารถจับลักษณะการกระจายที่เบ้และหางหนาได้ดีกว่า HMM แบบปกติ ซึ่งเป็นการปูพื้นฐานสำหรับการใช้ gmHMM ในการวิเคราะห์ hidden regimes ของดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรม

ในด้านการประยุกต์ใช้ HMM กับตลาดหุ้น งานของ Hassan และ Nath [3], Gupta และ Dhingra [14] และ Catello et al. [15] แสดงให้เห็นว่า HMM สามารถใช้เพื่อจำแนกสถานะตลาดและสนับสนุนการตัดสินใจซื้อขายได้จริง อย่างไรก็ตาม งานเหล่านี้มักใช้ข้อมูลราคาของตลาดรวมและไม่พิจารณาความแตกต่างเชิงอุตสาหกรรม ขณะที่ Nguyen [4, 5] และ Nguyen, N & Nguyen, D [16] ได้ขยายการใช้ HMM ไปสู่การคัดเลือกหุ้นรายตัวและพัฒนากลยุทธ์การลงทุนในระดับสากล แต่ยังคงอยู่ในกรอบของ HMM แบบเดียวที่ไม่ได้รองรับโครงสร้างข้อมูลหลายตัวแปร ในประเด็นนี้ Kijarncharoensin [1, 7] ได้นำเสนอการจำลองดัชนี SET50 โดยใช้ Multivariate gmHMM เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยตลาดหลายมิติ และแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองแบบหลายตัวแปรสามารถเพิ่มความแม่นยำในการระบุสถานะตลาดได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ งานล่าสุดในสาย Bayesian เช่น Lenart et al. [17] และ Jahan-Parvar et al. [18] ได้เสนอการใช้แบบจำลอง Bayesian Nonlinear และ Multivariate Unobserved Components สำหรับการแยกวัฏจักรเศรษฐกิจและการพยากรณ์ตลาด แต่ยังคงเน้นที่ระดับเศรษฐกิจมหภาคมากกว่าการประยุกต์กับตลาดทุนโดยตรง ตรงกันข้าม Kijarncharoensin [1] ได้เสนอกรอบการใช้ Multivariate gmHMM เพื่อระบุ hidden regimes ในดัชนีหุ้นรายกลุ่ม โดยเชื่อมโยงแต่ละ regime เข้ากับมาตรการความเสี่ยงเชิงลึก เช่น Expected Shortfall และ Maximum Drawdown พร้อมทั้งแนะนำกลยุทธ์การลงทุนที่เหมาะสมกับแต่ละ regime ซึ่งถือเป็นการ

ขยายผลของแนวคิด regime switching จากเชิงทฤษฎีไปสู่การประยุกต์ใช้ในตลาดทุนจริง

อย่างไรก็ดี แม้กรอบวิธีการใน Kijarncharoensin [1] จะสามารถจำแนก hidden regimes และเสนอแนวทางเชิงกลยุทธ์ที่สอดคล้องกับโครงสร้างความเสี่ยงของตลาดได้อย่างมีระบบ แต่ยังขาดหลักฐานเชิงปฏิบัติที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของกลยุทธ์เหล่านี้ในการซื้อขายจริง การศึกษานี้จึงมีเป้าหมายที่จะต่อยอดจากงานดังกล่าวโดยทดสอบกรอบ gmHMM กับข้อมูลการซื้อขายของดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมในตลาดไทย พร้อมทั้งประเมินผลการเทรดเชิงกลยุทธ์ในแต่ละ regime เพื่อเติมเต็มช่องว่างระหว่างกรอบเชิงวิธีการกับผลลัพธ์เชิงปฏิบัติในบริบทของการลงทุนและบริหารความเสี่ยงในตลาด TFEX

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการซื้อขาย (trade) ของดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรม โดยใช้แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสมแบบเกาส์ (Gaussian Mixture Hidden Markov Model: gmHMM) ตามกรอบแนวคิดใน [1] ได้เสนอวิธีการระบุ hidden regimes และกลยุทธ์การลงทุนที่เหมาะสมกับแต่ละ regime บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ความเสี่ยงเชิงลึก งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะต่อยอดแนวคิดดังกล่าวด้วยการทดสอบเชิงปฏิบัติจริงโดยนำแบบจำลอง gmHMM มาประยุกต์กับดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมของตลาดทุนไทย และประเมินผลลัพธ์ของกลยุทธ์การซื้อขายเพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับประสิทธิภาพของกรอบวิธีการนี้ในสภาวะตลาดจริง ทั้งในมิติของการสร้างผลตอบแทนและการบริหารความเสี่ยง

เนื้อหาของบทความประกอบด้วยสี่ส่วนหลัก ได้แก่ (1) บทนำ ซึ่งอธิบายความสำคัญของการทำนายแนวโน้มของดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมและแนวคิดของ hidden regimes, นำเสนอการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (2) ทฤษฎี ซึ่งแสดงรายละเอียดของแบบจำลอง gmHMM รวมถึงการคำนวณค่าคาดหวังเพื่อใช้ทำนายผลตอบแทน (3) วิธีการทดลอง แสดงรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย โดยเฉพาะการใช้ gmHMM เพื่อระบุสถานะตลาดและพัฒนาเกณฑ์กลยุทธ์การซื้อขาย, (4) ผลลัพธ์และอภิปราย ซึ่งรายงานผลการทดสอบการซื้อขายและวิเคราะห์ความเหมาะสมของกลยุทธ์ภายใต้บริบทของตลาดไทย, และ (5) สรุปผล

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสมแบบเกาส์หลายตัวแปร (Multivariate Gaussian Mixture Hidden Markov Model: gmHMM) เป็นการขยายกรอบของ Hidden Markov Model (HMM) เพื่อให้สามารถรองรับข้อมูลที่มีหลายมิติและมีการกระจายตัวที่ซับซ้อนมากกว่าการแจกแจงปกติเดี่ยว โดย gmHMM ผสมผสานความสามารถของ HMM ในการจำแนกสถานะที่ซ่อนเร้น (hidden regimes) เข้ากับความยืดหยุ่นของ Gaussian Mixture Model (GMM) ในการประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นของข้อมูลที่มีโครงสร้างหลายกลุ่มย่อยภายในแต่ละสถานะ

พื้นฐานของ HMM เริ่มจากการกำหนดชุดของสถานะซ่อนเร้น  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$  ที่วิวัฒนาการตามกระบวนการมาร์คอฟลำดับที่หนึ่ง โดยมีเมทริกซ์การเปลี่ยนสถานะ  $A = [a_{ij}]$  ซึ่ง  $a_{ij} = P(s_{t+1}=j | s_t=i)$  แสดงถึงความน่าจะเป็นที่สถานะจะเปลี่ยนจาก  $i$  ไปยัง  $j$  ในขณะเวลา  $t$  สำหรับข้อมูลที่สังเกตได้ (observations) แต่ละค่าจะถูกสร้างขึ้นตามการแจกแจงของสถานะซ่อนเร้นที่เกี่ยวข้อง

ในกรณีของ gmHMM การแจกแจงของข้อมูลสังเกตภายในแต่ละสถานะไม่ได้จำกัดอยู่ที่ Gaussian เดียว แต่แทนที่ด้วย การผสมเชิงเส้นของ Gaussian หลายตัว โดยฟังก์ชันความหนาแน่นเชิงเงื่อนไขของการสังเกต  $x_t \in R^d$  ในสถานะ  $s_j$  สามารถเขียนได้เป็น:

$$p(x_t|s_j) = \sum_{m=1}^M c_{jm} N(x_t | \mu_{jm}, \Sigma_{jm})$$

โดยที่  $c_{jm}$  คือค่าน้ำหนัก (mixture coefficient) ของ Gaussian ตัวที่  $m$  ในสถานะ  $j$  ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไข  $\sum_{m=1}^M c_{jm} = 1$ , ส่วน  $N(x|\mu, \Sigma)$  คือฟังก์ชันความหนาแน่นของการแจกแจงปกติแบบหลายตัวแปร (multivariate Gaussian) ที่มีค่าเฉลี่ย  $\mu$  และเมทริกซ์โคเวเรียนซ์  $\Sigma$ .

ดังนั้น gmHMM สามารถจับลักษณะการกระจายของข้อมูลที่มีหลาย mode และมีการเบ้ (skewness) หรือหางหนา (fat tails) ซึ่งมักพบในข้อมูลทางการเงินที่มีความผันผวนสูงและโครงสร้างที่ไม่เป็นเชิงเส้น

แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้น (HMM) แบบดั้งเดิมใช้การแจกแจงแบบ Gaussian เดียวสำหรับอธิบายตัวแปรสังเกตในแต่ละสถานะ ซึ่งมีข้อจำกัดในการรองรับการกระจายที่มีหลายโหมดหรือหางหนา ในทางกลับกันแบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสมแบบเกาส์ (gmHMM) ได้ขยายกรอบดังกล่าวด้วยการแทนที่ Gaussian เดียวด้วยการผสมเชิงเส้นของ Gaussian หลายตัว ทำให้สามารถสะท้อนลักษณะการกระจายผลตอบแทนที่มีความซับซ้อนและไม่ปกติได้ดียิ่งขึ้น แม้ว่าจะต้องแลกกับจำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณมากขึ้นและความซับซ้อนเชิงการคำนวณที่สูงกว่า แต่ gmHMM มีความยืดหยุ่นสูงกว่าและสามารถจับ hidden regimes ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า HMM แบบดั้งเดิม ซึ่งสอดคล้องกับกรอบการวิจัยก่อนหน้าของ Kijkancharoensin [1] ที่สะท้อนพลวัตของดัชนีที่ซับซ้อนทั้งด้านทิศทาง ผลตอบแทนขาขึ้น และผลตอบแทนขาลง นอกจากนี้ยังใช้กรอบการทดสอบแบบ rolling window เพื่อประเมินความคงเส้นคงวาของแบบจำลองเมื่อเวลาผ่านไป ถือเป็นการทำงาน robustness check ในเชิงประจักษ์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่ได้รับการวิเคราะห์ transaction cost การทดสอบแบบ sensitivity analysis หรือ cross-validation ซึ่งถูกระบุเป็นข้อจำกัดและทิศทางการวิจัยต่อไป

การประมาณค่าพารามิเตอร์ของ gmHMM ทำโดยใช้อัลกอริทึม Expectation-Maximization (EM) รวมถึงการใช้ Forward-Backward Algorithm สำหรับการคำนวณความน่าจะเป็นร่วมของสถานะ และ Maximum Likelihood Estimation (MLE) สำหรับอัปเดตพารามิเตอร์ของ Gaussian [1] ผลลัพธ์คือชุดของพารามิเตอร์  $\lambda = \{A, \pi, c_{jm}, \mu_{jm}, \Sigma_{jm}\}$  ที่สามารถใช้ทั้งสำหรับการจำแนกสถานะซ่อนเร้น (decoding) ด้วย Viterbi Algorithm และการทำนายลำดับสถานะในอนาคต

ในการประยุกต์ใช้ gmHMM เพื่อทำนายผลตอบแทนในช่วงเวลาถัดไป ( $t+1$ ) เราสามารถใช้กรอบความน่าจะเป็นตามลำดับสถานะมาร์คอฟและโครงสร้างการแจกแจงแบบ Gaussian Mixture โดยค่าคาดหวังของผลตอบแทนในช่วงเวลาถัดไป ภายใต้ข้อมูลที่สังเกตได้ถึงเวลา  $t$  และสถานะปัจจุบัน  $S_t$  นิยามได้ดังนี้:

$$E[x_{t+1}|x_t, S_t=i] = \sum_{j=1}^N a_{ij} \sum_{m=1}^M c_{jm} \mu_{jm} \quad (1)$$

สมการนี้สะท้อนแนวคิดสำคัญว่า การทำนายผลตอบแทนในช่วงเวลาถัดไปไม่เพียงพิจารณาเฉพาะการแจกแจงของสถานะปัจจุบันเท่านั้น แต่ยังรวมถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะไปยังสถานะถัดไป ( $a_{ij}$ ) และโครงสร้างภายในสถานะนั้นผ่านส่วนผสมของ Gaussian หลายตัว ( $c_{jm}$ )

วิธีนี้ทำให้แบบจำลองสามารถจับพฤติกรรมของผลตอบแทนที่มีหลายโหมดและสะท้อนความซับซ้อนของการเคลื่อนไหวในตลาดการเงินได้อย่างแม่นยำ

เชิงเศรษฐศาสตร์การเงิน สมการ (1) ถือความได้ว่าเป็น ค่าคาดหวังแบบมีเงื่อนไข (conditional expectation) ของผลตอบแทนล่วงหน้า โดยถ่วงน้ำหนักด้วย 1.) โครงสร้างการเปลี่ยนสถานะของตลาด และ 2.) การกระจายผลตอบแทนภายในแต่ละสถานะย่อย ซึ่งช่วยให้การทำนายสะท้อนทั้งมิติของ hidden regimes และความไม่เป็นเชิงเส้นของข้อมูลทางการเงินจริง

ในการนำไปใช้เชิงปฏิบัติ ค่านี้สามารถใช้เป็นสัญญาณในการกำหนดทิศทางการซื้อขาย (trading signal) โดยหากค่าคาดหวังเป็นบวกที่มีนัยสำคัญ ก็สามารถตีความเป็นสัญญาณเข้าสถานะ Long ขณะที่ค่าคาดหวังเป็นลบสะท้อนโอกาสในการป้องกันความเสี่ยงหรือเข้าสู่สถานะ Short ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงผลการวิเคราะห์จาก gmHMM สู่การตัดสินใจในระดับกลยุทธ์การลงทุนจริงตามกรอบของ Kijkancharoensin [1]

### 3. วิธีการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากโปรแกรม Aspen for Desktop ครอบคลุมดัชนีหุ้นกลุ่มโลจิสติกส์ (SETTRANS Index) ในช่วงวันที่ 2 กรกฎาคม 2555 ถึง 30 มิถุนายน 2568 รวมกว่า 13 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ยังพอสำหรับการตรวจสอบ hidden regimes และความคงเส้นคงวาของแบบจำลอง เหตุผลที่เลือกใช้ดัชนีภาคโลจิสติกส์ เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่มีความสำคัญเชิงเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งในฐานะโครงสร้างพื้นฐานรองรับการค้าและการลงทุน อีกทั้งสัญญาณซื้อขายล่วงหน้าของดัชนีรายกลุ่มใน TFEX มีสภาพคล่องต่ำ ทำให้นักลงทุนไม่สามารถใช้ประโยชน์ในเชิงการป้องกันความเสี่ยงได้อย่างเต็มที่ การวิเคราะห์ sectoral indices โดยตรงจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและมีคุณค่าทางปฏิบัติ

การศึกษานี้ใช้แบบจำลอง gmHMM โดยจำนวนสถานะซ่อนเร้น  $N=3$  และจำนวนส่วนผสมเกาส์เขียนภายในแต่ละสถานะ  $M=3$  ตัวแปรสัญญาณสังเกตได้ ( $x_t$ ) ประกอบด้วยผลตอบแทนจากราคาเปิด-ปิด ( $r_{OC}$ ), ผลตอบแทนจากราคาเปิดถึงราคาสูงสุด ( $r_{OH}$ ), และ ผลตอบแทนจากราคาเปิดถึงราคาต่ำสุด ( $r_{OL}$ ) การเลือกทั้งสามตัวแปรนี้มีจุดประสงค์เพื่อสะท้อนความผันผวนและทิศทางของตลาดในแต่ละวันได้ครบถ้วนกว่าการใช้เพียงราคาปิด

การตั้งค่าใช้ความยาวหน้าต่าง (window length) เท่ากับ 750 แถวข้อมูล ซึ่งเพียงพอต่อการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองที่มีความซับซ้อนระดับ 3 สถานะ, 3 ส่วนผสม, และ 3 ตัวแปรสังเกต การทดลองใช้ rolling window ที่ปรับปรุงพารามิเตอร์อย่างต่อเนื่องเมื่อเลื่อนหน้าต่างข้อมูลไปข้างหน้า เพื่อสะท้อนการปรับตัวตามสภาวะตลาดที่เปลี่ยนแปลงในเชิงเวลา

ผลลัพธ์ของการจำแนก hidden regimes ถูกนำมาใช้สร้างสัญญาณคาดการณ์ผลตอบแทนล่วงหน้าเป็นเวลา  $t+1$  ตามสมการค่าคาดหวังของ gmHMM และใช้เป็นเกณฑ์ในการสร้างกลยุทธ์การซื้อขาย โดยกลยุทธ์ที่ทดสอบประกอบด้วย 1.) กลยุทธ์ long-only ซึ่งเปิดสถานะซื้อใน regime ที่คาดว่าจะเป็ภาวะบวก 2.) กลยุทธ์ long-short ซึ่งเปิดสถานะซื้อใน regime บวกและขายชอร์ตใน regime ลบ 3.) กลยุทธ์แบบ random trade ซึ่งสุ่มตำแหน่งการลงทุนเพื่อใช้เป็น baseline ยืนยันถึงผลลัพธ์ที่ดีขึ้นจาก

การลงทุนด้วยแบบจำลอง gmHMM นอกจากนี่ยังใช้ 4.) กลยุทธ์ Buy & Hold ซึ่งลงทุนคงที่ตลอดเวลาเป็น benchmark เพื่อวัดประสิทธิภาพเชิงสัมพัทธ์ของกลยุทธ์แบบใช้ gmHMM.

การประเมินผลลัพธ์ใช้ชุดข้อมูลผลตอบแทนที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งคำนวณจากราคาเปิดปิดของแต่ละวัน ( $r_{OC}$ ) โดยสะท้อนผลตอบแทนจากการซื้อขายในวันเดียวกัน (intraday trading) โดยไม่มีการถือครองสถานะข้ามวัน (no overnight position) เพื่อให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับสมมติฐานของกลยุทธ์ที่ปรับพอร์ตการลงทุนแบบรายวันและสะท้อนผลตอบแทนที่นักลงทุนสามารถเข้าถึงได้จริงในลักษณะของการปิดสถานะภายในวันเดียว ผลลัพธ์ถูกวัดด้วยตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ accuracy ของการจำแนก hidden regimes ที่สัมพันธ์กับทิศทางราคา, volatility ของผลตอบแทนเพื่อประเมินระดับความเสี่ยง, maximum drawdown (MDD) เพื่อวัดความเสียหายสูงสุดจากจุดพีคถึงจุดต่ำสุด, ผลตอบแทนเฉลี่ย (return) ของกลยุทธ์ และ Sharpe ratio เพื่อประเมินผลตอบแทนปรับด้วยความเสี่ยง การใช้ชุดตัวชี้วัดเหล่านี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะของกลยุทธ์ที่ขับเคลื่อนด้วย gmHMM กับทั้งกลยุทธ์มาตรฐานและกลยุทธ์แบบสุ่มได้อย่างรอบด้าน

ผลการทดลองที่ได้เป็นผลการซื้อขายบนชุดข้อมูล out-of-sample ซึ่งสะท้อนผลลัพธ์ที่นักลงทุนสามารถนำไปใช้ได้จริงในสภาวะตลาด โดยแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง gmHMM สามารถจำแนก hidden regimes ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างผลตอบแทนที่เหนือกว่ากลยุทธ์แบบ Buy & Hold ภายใต้ระดับความเสี่ยงที่ควบคุมได้ดีกว่า ทั้งนี้การประเมินผลแบบ rolling window ยังให้ภาพของการปรับตัวของแบบจำลองต่อพลวัตตลาดและยืนยันศักยภาพของกรอบ gmHMM ในการสนับสนุนกลยุทธ์การลงทุนในดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมได้อย่างเป็นระบบและมีหลักฐานเชิงประจักษ์รองรับ

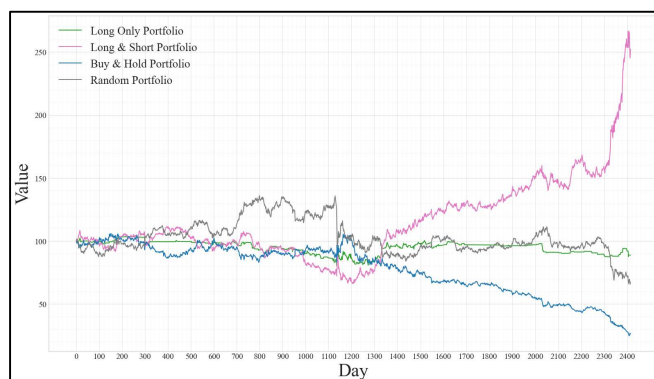
#### 4. ผลลัพธ์และอภิปราย

ผลการทดลองตามรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้แบบจำลองมาร์คอฟซ่อนเร้นผสมแบบเกาส์หลายตัวแปร (gmHMM) ในการสร้างกลยุทธ์การลงทุนที่มีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับกลยุทธ์มาตรฐาน Buy & Hold โดยพอร์ตการลงทุนตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 แสดงว่ากลยุทธ์ Long & Short ให้ผลตอบแทนรวม (return) สูงสุดที่ 11.06% ภายในช่วงเวลาทดสอบ และมีค่า Sharpe Ratio เท่ากับ 0.5077 ซึ่งสูงกว่ากลยุทธ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนถึงการสร้างผลตอบแทนต่อหน่วยความเสี่ยงที่ดีกว่า ขณะที่กลยุทธ์ Long Only มีผลตอบแทนใกล้เคียงศูนย์ที่ -0.78% และ Sharpe Ratio ที่ติดลบเล็กน้อย (-0.3359) ส่วนกลยุทธ์ Buy & Hold มีผลตอบแทนรวมต่ำที่สุดที่ -12.61% และ Sharpe Ratio ที่ติดลบสูง (-0.8964) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความเสี่ยงของการถือครองระยะยาวในตลาดที่มีวัฏจักรและการผันผวนที่เด่นชัด

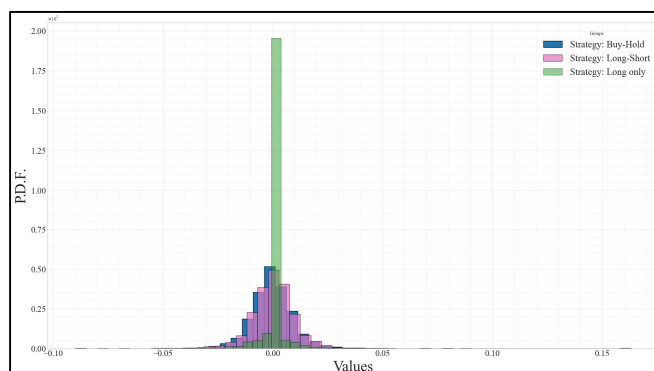
ในด้านความเสี่ยง กลยุทธ์ Long & Short สามารถลดความเสียหายสูงสุด (Maximum Drawdown) เหลือ -40.63% ซึ่งต่ำกว่าการขาดทุนของ Buy & Hold ที่มีค่า MaxDD สูงถึง -76.61% และดีกว่ากลยุทธ์ Long Only ที่ให้ผลตอบแทนรวมติดลบ ข้อมูลนี้ชี้ว่าแม้กลยุทธ์ Long & Short จะมีระดับความผันผวนต่อปีเท่ากับ Buy & Hold (16.86%) แต่สามารถควบคุมความเสี่ยงขาดได้ดียิ่งกว่าอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ค่าความแม่นยำ (accuracy) ของแบบจำลองในการจำแนก hidden regimes อยู่ที่ 52.88% ซึ่งสูงกว่าระดับการทำนายแบบสุ่มและเพียงพอต่อการสร้างผลกำไรจาก

#### การเทรดเชิงระบบ

การกระจายผลตอบแทนที่แสดงในฮิสโตแกรมตามรูปที่ 2 พบว่ากลยุทธ์ Long & Short มีการกระจายที่กว้างกว่าและมีการเบ้บวก (right skew) ซึ่งแสดงถึงโอกาสทำกำไรในช่วงที่โมเดลจำแนก hidden regime ได้ถูกต้อง ขณะที่กลยุทธ์ Long Only มีผลตอบแทนกระจุกตัวใกล้ศูนย์สะท้อนถึงลักษณะของกลยุทธ์ที่เน้นลดความเสี่ยงมากกว่าการสร้างผลกำไรสูงสุด ส่วน Buy & Hold มีการกระจายผลตอบแทนไปทางลบอย่างชัดเจนและมีหางหนา (fat tails) ซึ่งสะท้อนความเสี่ยงเชิงโครงสร้างของการไม่ปรับพอร์ตตามภาวะตลาด



รูปที่ 1 ผลการเปรียบเทียบมูลค่าพอร์ตของกลยุทธ์ Long Only, Long & Short และ Random กับกลยุทธ์ Buy & Hold



รูปที่ 2 การแจกแจงของอัตราผลตอบแทนของกลยุทธ์ Long Only, Long & Short และกลยุทธ์ Buy & Hold

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบตัวชี้วัดด้านผลตอบแทนและความเสี่ยงของกลยุทธ์การลงทุนระหว่างกลยุทธ์ Buy & Hold, Long Only และ Long & Short

|              | Buy & Hold | Long Only | Long & Short |
|--------------|------------|-----------|--------------|
| Return       | -0.1261    | -0.0078   | 0.1106       |
| Volatility   | 0.1686     | 0.0975    | 0.1686       |
| Sharpe Ratio | -0.8964    | -0.3359   | 0.5077       |
| ES           | -0.0233    | -0.0141   | -0.0230      |
| MaxDD        | -0.7661    | -0.2284   | -0.4063      |
| Accuracy     | -          | 0.5288    |              |

โดยสรุป ผลการทดลองยืนยันว่า gmHMM สามารถระบุ hidden regimes ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสัญญาณการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนเหนือกว่ากลยุทธ์มาตรฐาน พร้อมช่วยลดความเสี่ยงขาดและเพิ่มเสถียรภาพของพอร์ต โดยเฉพาะกลยุทธ์ Long & Short ที่ใช้สัญญาณ

จาก gmHMM แสดงศักยภาพสูงสุดในเชิงปฏิบัติ แม้ความแม่นยำของการจำแนกสถานะยังมีพื้นที่ให้พัฒนาเพื่อเพิ่มการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงและลดการพลาดสัญญาณ แต่หากปรับปรุงได้จะยิ่งเพิ่มศักยภาพการใช้งานจริง

การตีความเชิงเศรษฐศาสตร์ของ hidden regimes ที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าสามารถแบ่งลักษณะออกได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ภาวะขาขึ้น (bull regime) ที่มีผลตอบแทนเฉลี่ยบวกและความผันผวนต่ำ, ภาวะขาลง (bear regime) ที่มีผลตอบแทนเฉลี่ยติดลบและความผันผวนสูง และ ภาวะเปลี่ยนผ่าน (transitional regime) ที่มีการสลับทิศทางและค่าความผันผวนอยู่ในระดับปานกลาง ลักษณะเหล่านี้ช่วยให้นักลงทุนสามารถทำความเข้าใจวัฏจักรตลาดของหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมและนำไปสู่การตัดสินใจจัดพอร์ตการลงทุนที่เหมาะสมกับสถานการณ์

อย่างไรก็ดี งานวิจัยยังมีข้อจำกัด ได้แก่ การวิเคราะห์ที่จำกัดเฉพาะภาคโลจิสติกส์ การไม่รวม transaction costs และการยังไม่เปรียบเทียบกับโมเดลซับซ้อนกว่า เช่น Markov-switching GARCH หรือ deep learning ข้อจำกัดเหล่านี้เปิดโอกาสให้การวิจัยในอนาคตสามารถขยายผลและตรวจสอบความทนทานของโมเดลได้มากขึ้น

ผลลัพธ์ของการศึกษายังมีนัยเชิงนโยบาย เนื่องจากกระบวนการ hidden regimes สามารถใช้เป็นสัญญาณเตือนล่วงหน้าสำหรับผู้กำหนดนโยบายในการกำกับดูแลตลาด และช่วยให้ให้นักลงทุนสามารถปรับโครงสร้างพอร์ตให้สอดคล้องกับสภาวะตลาดที่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น ในช่วงที่เข้าสู่ bear regime อาจต้องเน้นการป้องกันความเสี่ยง ขณะที่ bull regime เปิดโอกาสให้ใช้กลยุทธ์เชิงรุกเพื่อสร้างผลตอบแทนที่สูงขึ้น

## 5. สรุปผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง Multivariate Gaussian Mixture Hidden Markov Model (gmHMM) สามารถจำแนก hidden regimes ของดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมได้อย่างแม่นยำ และสนับสนุนการสร้างกลยุทธ์การลงทุนที่ให้ผลตอบแทนเหนือกว่ากลยุทธ์มาตรฐาน พร้อมทั้งควบคุมความเสี่ยงได้ดีกว่าเดิม จุดเด่นสำคัญของงานวิจัยนี้ คือการยืนยันเชิงประจักษ์ว่ากรอบแนวคิด gmHMM ที่ได้เคยถูกเสนอไว้ก่อนหน้านี้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้จริงกับดัชนีหุ้นกลุ่มอุตสาหกรรมของไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งนับเป็น empirical validation ของ framework เดิม และเป็นการเติมเต็มช่องว่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่มีลักษณะเชิงทฤษฎีแต่ยังไม่ผ่านการทดสอบเชิงปฏิบัติ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ เช่น การยังไม่ได้รวมต้นทุนธุรกรรม (transaction cost) ในการประเมินผลลัพธ์ การวิเคราะห์ที่ยังจำกัดเฉพาะกลุ่มโลจิสติกส์เพียงกลุ่มเดียว และการยังไม่ได้เปรียบเทียบกับแบบจำลองที่มีความซับซ้อนสูงกว่า เช่น Markov-switching GARCH, แบบจำลองเชิงลึก ข้อจำกัดเหล่านี้จึงเปิดโอกาสให้กับ งานวิจัยในอนาคตที่จะมุ่งไปสู่การขยายผลในหลายอุตสาหกรรม เพิ่มความสมจริงด้วยการคำนึงถึงต้นทุนธุรกรรม และทดสอบเทียบกับโมเดลขั้นสูง เพื่อเสริมสร้างความแข็งแกร่งและความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา

## เอกสารอ้างอิง

[1] A. Kijamcharoensin, "Identifying Risk Regimes in a Sectoral Stock Index Through a Multivariate Hidden Markov Framework," *Risks*, vol. 13, no. 7, 2025, doi: 10.3390/risks13070135.

[2] J. D. Hamilton, "A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle," *Econometrica*, vol. 57, no. 2, pp. 357–384, 1989, doi: 10.2307/1912559.

[3] M. R. Hassan and B. Nath, "Stock market forecasting using Hidden Markov Model: A new approach," *Proc. - 5th Int. Conf. Intell. Syst. Des. Appl.* 2005, ISDA '05, vol. 2005, pp. 192–196, 2005, doi: 10.1109/ISDA.2005.85.

[4] N. Nguyen, "An analysis and implementation of the hidden markov model to technology stock prediction," *Risks*, vol. 5, no. 4, 2017, doi: 10.3390/risks5040062.

[5] N. Nguyen, "Hidden markov model for stock trading," *Int. J. Financ. Stud.*, vol. 6, no. 2, 2018, doi: 10.3390/ijfs6020036.

[6] A. Ang and A. Timmermann, "Regime changes in the financial market," *Annu. Rev. Financ. Econ.*, vol. 4, no. 1, pp. 313–337, 2012.

[7] A. Kijamcharoensin and P. P. Maneerat, "Simulate the Signal of Stock Price by the Gaussian Mixture Hidden Markov Model," *16th Conf. Electr. Eng. Netw.* 2024, vol. 2024, no. 2024, p. 2, 2024.

[8] A. Kijamcharoensin and S. Innet, "Consistent Regime-Switching Lasso Model of the Biomass Proximate Analysis Higher Heating Value," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 12, no. 1, pp. 87–98, Jan. 2023, doi: 10.14710/ijred.2023.47831.

[9] L. B. Baum and J. A. Eagon, "An inequality with applications to statistical estimation for probabilistic functions of markov processes and to a model for ecology," *Bull. Am. Math. Soc.*, vol. 73, no. 3, pp. 360–363, 1967, doi: 10.1090/S0002-9904-1967-11751-8.

[10] L. R. Rabiner, "A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition," *Proc. IEEE*, vol. 77, no. 2, pp. 257–286, 1989, doi: 10.1109/5.18626.

[11] B. H. Juang, "Maximum-Likelihood Estimation for Mixture Multivariate Stochastic Observations of Markov Chains," *AT&T Tech. J.*, vol. 64, no. 6, pp. 1235–1249, 1985, doi: 10.1002/j.1538-7305.1985.tb00273.x.

[12] B. H. Juang, S. E. Levinson, and M. M. Sondhi, "Maximum Likelihood Estimation for Multivariate Mixture Observations of Markov Chains," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. IT-32, no. 2, pp. 307–309, 1986.

[13] J.-L. Gauvain and C. H. Lee, "Maximum a Posteriori Estimation for Multivariate Gaussian Mixture Observations of Markov Chains," *IEEE Trans. Speech Audio Process.*, vol. 2, no. 2, pp. 291–298, 1994, doi: 10.1109/89.279278.

[14] A. Gupta and B. Dhingra, "Stock market prediction using Hidden Markov Models," *2012 Students Conf. Eng. Syst. SCES 2012*, pp. 1–4, 2012, doi: 10.1109/SCES.2012.6199099.

[15] L. Catello, L. Ruggiero, L. Schiavone, and M. Valentino, "Hidden Markov Models for Stock Market Prediction," pp. 1–7.

[16] N. Nguyen and D. Nguyen, "Global stock selection with hidden markov model," *Risks*, vol. 9, no. 1, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3390/risks9010009.

[17] L. Lenart, "A Bayesian nonlinear stationary model with multiple frequencies for business cycle analysis," pp. 1–40, 2024.

[18] M. R. Jahan-Parvar, C. Knipp, and P. J. Szerszen, "Trend-Cycle Decomposition and Forecasting Using Bayesian Multivariate Unobserved Components," *Finance and Economics Discussion Series 2024-100*, Board of Governors of the Federal Reserve System, 2024.



# การพัฒนาระบบคำค้นด้วยภาษาธรรมชาติและเครื่องแปลภาษา

## Keyword translation with Natural Language Processing and Neural Machine Translation

ภาณุวัฒน์ รุ้ยยิ่ง

Panuwat Ruying

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ College of Innovative Technology and

Engineering, Dhurakij Pundit University

Bangkok Thailand

645162020011@dpu.ac.th

ดวงใจ จิตคงชื่น

Duangjai Jitkongchuen

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ College of Innovative Technology and

Engineering, Dhurakij Pundit University

Bangkok Thailand

duangjai.jit@dpu.ac.th

**บทคัดย่อ** — ในปัจจุบันเว็บไซต์การค้าอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยมีข้อมูลในฐานข้อมูลจำนวนมากและจำเป็นต้องมีเทคนิควิธีการต่าง ๆ ในการเข้าถึงข้อมูล การใช้คำค้นเป็นวิธีการหลักเพื่อเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานต้องการ การค้นหาสินค้าจำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลคำค้น และใช้คำค้นที่ตรงกันทั้งอักษรและภาษา ต้องบันทึกคำค้นหาให้ครบถ้วน ครอบคลุม หากบันทึกคำค้นหาเฉพาะภาษาอังกฤษ ระบบจะไม่สามารถค้นหาด้วยภาษาไทยได้ ดังนั้นการที่ระบบสามารถแก้ปัญหาคำค้นภาษาไทย ในลักษณะคำเฉพาะเจาะจงจะช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ตรงความต้องการ งานวิจัยนี้จัดทำเพื่อเสนอวิธีแก้ปัญหาคำค้นภาษาไทยโดยใช้ Machine Translation ด้วย Attention Network เพื่อแปลคำค้นภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ ผลการศึกษาพบว่าสามารถแปลคำค้นภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษและสามารถปรับแต่งคำค้นเฉพาะที่เจาะจงสำหรับธุรกิจในแต่ละอุตสาหกรรมได้ ทำงานร่วมกับ Embedded vector ค้นคำที่ความหมายใกล้เคียงกันข้ามภาษา มี Dashboard Real-time ช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลและความต้องการของผู้ใช้งานได้ทันที สามารถนำไปปรับใช้กับองค์กรที่สนใจได้

**คำสำคัญ** — ภาษาธรรมชาติ, เครื่องแปลภาษา, เวกเตอร์ฝังตัว, การค้นหาเชิงความหมาย

**ABSTRACT** — E-commerce industries in Thailand has challenge to store vast amounts of data in databases with diverse data access methods. Search queries serve as the primary means for users to access desired information. Effective searching requires proper match of search terms and exact language matching to achieve accurate results. Search terms must be recorded comprehensively and correctly. If only English terms are stored, users cannot search using Thai words. Therefore, systems capable of specifically addressing Thai keyword search queries would significantly improve user data accessibility. This research proposes a solution for Thai keyword search queries using Machine Translation with Attention Networks. The study demonstrates the successful translation of Thai keyword terms into English and enables customization of specific search terms tailored to individual industry businesses. The system applies embedded vector searching to find semantically similar terms across languages and implements a real-time streaming dashboard. It is particularly suitable for organizations seeking to improve search efficiency improve gap in information retrieval systems across multilingual databases.

**Keywords** — Natural Language processing, Machine Translation, Word Embedded, Semantic Search

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบเว็บไซต์ และระบบ E-commerce มีส่วนสำคัญอย่างมากในชีวิตประจำวัน สินค้าจำนวนมากถูกขายผ่านเว็บไซต์ ให้ผู้ใช้งานเลือกซื้อตามความต้องการ สินค้าถูกนำเสนอผ่านระบบ Feeding หรือ Promotion และมีระบบค้นหาเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงสินค้าตามความต้องการให้ได้มากที่สุด การค้นหาสินค้า ต้องมีกระบวนการกรอกและบันทึกข้อมูลโดยคำค้นหา อาจเป็นชื่อสินค้า หมวดหมู่สินค้า หรือ รายละเอียดสินค้า การบันทึกคำค้น หากบันทึกไม่ครบถ้วน หรือไม่ตรงกับคำค้นที่ลูกค้ารู้จักก็อาจไม่สามารถเข้าถึงสินค้าที่ลูกค้าต้องการได้ โดยเฉพาะสินค้าที่มักถูกเรียกโดยคำทับศัพท์ หรือ คำเฉพาะในแต่ละประเภท เช่น สินค้าไอที หรือ คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เฉพาะต่าง ๆ คำเรียกอาจมาจากคำที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน อาจไม่สื่อถึงชื่อ หรือ หมวดหมู่สินค้าใดๆเลย ยกตัวอย่างเช่น “Charger” ถูกเรียกว่า “สายชาร์จ”, “Ethernet” ถูกเรียกว่า “สายแลน”, หรือ คำทับศัพท์ “แทงค์” สื่อความหมายถึง “Ink tank” เป็นต้น ผู้ดูแลเว็บไซต์จึงพบกับความท้าทายในการบริหารจัดการคำค้น นอกจากจะต้องบันทึกเป็นภาษาอังกฤษแล้วยังต้องบันทึกด้วยภาษาไทยเพื่อประสิทธิภาพในการค้นหา การมีระบบที่เป็นอิสระจากภาษาจะช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลและสินค้าได้ตรงมากขึ้น เพิ่มทั้งยอดขายและลดเวลาในการทำงานได้เป็นอย่างมาก การเรียนรู้ภาษาธรรมชาติ Natural Language Processing เป็นเทคนิคการให้คอมพิวเตอร์เข้าใจเชิงความหมายของภาษา มีเทคนิคที่หลากหลาย และมีความเฉพาะเจาะจง มีความท้าทายในเชิงความยากง่ายของโครงสร้างภาษา โดยเฉพาะในงานด้านการแปลข้ามภาษาลักษณะคู่ภาษาที่อาจไม่เป็นคู่กันอย่างธรรมชาติ การนำเทคนิคด้าน Deep Learning อันมาช่วยจะช่วยให้แก้ปัญหาเฉพาะด้าน เช่น Attention Network จะช่วยให้สามารถได้ Output ที่ดีเพียงพอต่อการทำนายคำค้น ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นสร้างแบบจำลองที่สามารถแปลคำค้นจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ โดยนำข้อมูล Public Data ที่เป็นคู่ประโยคคำแปล ไทย - อังกฤษ และสร้างแบบจำลองโดยเป็น Model Bahdanau Attention ในลักษณะประโยค Sequence to Sequence ซึ่งทำให้บริบทประโยค Input และ output มีความแม่นยำ นำผลลัพธ์ไปใช้เป็นการค้นหาคำค้นภาษาไทยได้โดยไม่ต้องมีการเพิ่มคำค้นหาใหม่ไว้ในฐานข้อมูล และนำเสนอแนว

ทางการนำเทคนิค Realtime Data Streaming เพื่อประโยชน์ในตำนานงาน Analytic ด้วย

## 2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำ Machine Translation [1] มาใช้ในการสร้างแปลคำค้นของระบบเว็บไซต์และสร้าง Dashboard โดยใช้ Bahdanau Attention Mechanism มาสร้างเครื่องแปลภาษาจำเป็นต้องศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

### 2.1. Natural Language Processing (NLP)

คือการประมวลผลภาษารธรรมชาติโดยการนำเอาข้อมูลนำเข้าที่เกี่ยวข้องกับภาษาโดยมากจะถูกเตรียมข้อมูลและปรับแต่งให้อยู่ในรูปแบบ text และนำมาประมวลผลด้วยหลักการที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและนำผลลัพธ์ไปใช้ในเชิงทำนายหรือเชิงวิเคราะห์หรือได้ผลการประมวลผลเฉพาะอย่างอาจจำแนกออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ Rule Base NLP , Statical NLP , และ Machine Learning NLP. ในการประมวลผล NLP จะต้องนำข้อมูลมาเตรียมก่อนการประมวลผลซึ่งผ่านการ รวบรวม (Data Collection) เช่นการจัดเก็บโดยแยกกลุ่มเนื้อหาที่มี category บ่งบอกลักษณะของหัวข้อ การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing) เช่น การลบอักขระพิเศษ หรือ emoji ทิ้งไป จัดการคำย่อต่างๆ เป็นต้น , การจัดการให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน (Data Normalization) เช่น ทำให้เป็นตัวอักษรเล็ก หรือใหญ่ทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ซึ่ง สำหรับ งานภาษาไทยกับ NLP นั้นมีความท้าทายกว่าภาษาอื่น เนื่องจากเครื่องมือโดยมากเริ่มจากการประมวลผลภาษาอังกฤษ ซึ่งภาษาอังกฤษจะมีช่องว่างระหว่างคำ (Explicit Word Boundaries) ต่างจากคำไทย และนอกจากนี้ยังมีปัญหาด้านภาษาศาสตร์ซ่อนอยู่เช่น คำพ้องรูป พ้องเสียง คำบอกจำนวน คำบอกลักษณะนาม คำบอกลักษณะประธาน การไม่มีระบบ Article การไม่ใช้ Apostrophe รวมถึงลักษณะรูปประโยคแบบไม่มี tense ซึ่งทำให้การศึกษา NLP ภาษาไทยมีความน่าสนใจ นอกจากนี้ จำเป็นจะต้องมีการทำ Data Engineering รูปแบบ Text processing ในลักษณะของ Tokenization หรือ การตัดคำ ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 3. แสดงตัวอย่าง Tokenize

| ประโยค              | Tokenize                       |
|---------------------|--------------------------------|
| "The cat eat mouse" | ["The", "cat", "eat", "mouse"] |
| "แมวกินหนู"         | ["แมว", "กิน", "หนู"]          |

นอกจากนี้ยังมีลักษณะการประมวลผลคำอื่นๆเช่น การลดรูปสู่คำหลัก (Lemmatization) เช่น running, ran, run > lemmatization > run เป็นต้น

### 2.2. การแปลภาษาด้วยเครื่อง (Machine Translation)

คือการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลให้ข้อความนำเข้าภาษาหนึ่งได้ผลเป็นผลลัพธ์ในอีกภาษาหนึ่ง ซึ่งในแต่ละชนิดของเครื่องแปลก็ต่างมีวิธีการที่ต่างกันออกไป โดยอาจแบ่งได้เป็น 3 ชนิดหลักดังนี้

2.2.1. Rule-based Machine Translation (RBMT) เป็นเทคนิควิธีการที่ใช้การตั้งกฎการแปลภาษา เป็นการสร้าง Dictionary เพื่อแปลภาษาในแต่ละคู่คำ และวิเคราะห์ประโยคจากหลักภาษาและสร้างผลการแปล

2.2.2. Statistical Machine Translation (SMT) เป็นเทคนิควิธีการที่เรียนรู้จากข้อมูลการแปลขนาดใหญ่ อ้างอิงสถิติ รูปแบบ และรูปประโยคการแปล เพื่อทำนายประโยคที่เข้าคู่กันมากที่สุด

2.2.3. Neural Machine Translation (NMT) เป็นเทคนิควิธีการขั้นสูง NMT ใช้ Neural network เพื่อเรียนรู้รูปแบบภาษา และ ความสัมพันธ์จากข้อมูล มีความสามารถในการจับความหมายที่มีความละเอียดอ่อน และแปลได้เป็นธรรมชาติ

### 2.3. Neural Network สำหรับเครื่องแปลภาษา

Neural Machine Translation (NMT) นั้น ใช้ Artificial Neural Network (ANN) หรือโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งเลียนแบบกระบวนการแปลภาษาของมนุษย์ และมีผลลัพธ์การแปลที่โดดเด่น ระบบของ NMT เรียนรู้ข้อมูลจาก Text data จำนวนมาก ยกตัวอย่างเช่น sequence to sequence Attention mechanism, Neural Machine Translation ใน Google translate

2.3.1. การทำงานของ Neural Machine Translation ประกอบไปด้วยกระบวนการดังนี้

(1.) Encoder กระบวนการเข้ารหัส ทำการเข้ารหัสประโยคและรูปประโยคและบีบอัดในรูปแบบ vector เพื่อจับความหมายของรูปประโยคของภาษานำเข้า

(2.) Decoder กระบวนการถอดรหัส โดยนำ Vector ผ่านกระบวนการ generate ผลทำนายให้เป็นภาษาที่ต้องการแปล

(3.) Attention mechanism เป็นกระบวนการที่ช่วยให้การถอดรหัสผลลัพธ์มีความแม่นยำ สัมพันธ์กับรูปประโยคต้นทางเมื่อทำนายคำตอบในแต่ละคำ

2.3.2. N-gram คือลำดับต่อเนื่องของคำในประโยคหรือลำดับ sequence ของคำ หรือเรียกได้ว่าเป็นการจัดกลุ่มของคำโดยให้คำ N แทนด้วยตัวเลขซึ่งการจัดรูปแบบนี้ช่วยให้เราสร้างความสัมพันธ์ระหว่างคำในประโยคได้

ตารางที่ 1. แสดงลักษณะ N-gram และตัวอย่างการจัดกลุ่มคำ

| N-gram           | ตัวอย่างการจัดกลุ่มคำ                                                 |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Unigram (1 gram) | "the", "quick", "brown", "fox", "jumps", "over", "the", "lazy", "fox" |
| Bigrams (2 gram) | "the quick", "quick brown", "brown fox", "fox jumps", "jumps over"    |
| Trigram (3 gram) | "the quick brown", "quick brown fox", "brown fox jumps"               |

จากตารางตัวอย่างจะสังเกตได้ว่า มีการक्रमกันมากขึ้นของคำเมื่อจำนวน N มากขึ้น หลักการนี้จะถูกนำไปใช้ในการทำนายหาความน่าจะเป็นของคำที่ปรากฏพร้อมกันในงาน machine translation ,Text analysis, Text Classification

2.3.3. วิธีวัดผลเครื่องแปลภาษาด้วย BLEU score (Bilingual Evaluation Understudy) การวัดคุณภาพของเครื่องประมวลผลภาษาใช้วิธีการโดยวัดจากข้อความจากเครื่องว่ามีผลคล้ายกับข้อความอ้างอิงที่มนุษย์สร้างขึ้นหรือไม่ ซึ่งนำเสนอวิธีการนี้โดย K. Papineni [2] เพื่อทดแทนการแปลผลด้วยมนุษย์ซึ่งหลักการนี้ใช้การเทียบ N-gram ระหว่างข้อความที่ทำนายกับข้อความอ้างอิง ซึ่งจะมีการคำนวณค่าชดเชยการสั้นยาวของประโยคเพื่อให้สอดคล้องกับความยาวของประโยค สมการในการคำนวณคะแนน BLEU เป็นดังนี้

$$BLEU = BP \times \exp \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log P_i \right) \quad (1)$$

$P_i$  คือค่า precision ของ N-gram

BP คือค่า Brevity Penalty ในสมการ (1) หรือค่าชดเชยการปรับความสั้นเพื่อชดเชยการคำนวณของการใช้ N-gram ซึ่งชดเชยกรณีเมื่อ N ต่ำอาจทำให้การคำนวณได้คะแนนที่สูงค่า BP มีสมการดังนี้ (2)

$$Brevity Penalty = \begin{cases} 1, & \text{if } c > r \\ e^{(1-\frac{c}{r})}, & \text{if } c \leq r \end{cases} \quad (2)$$

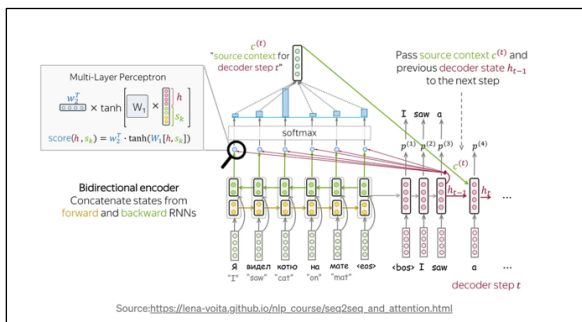
การคำนวณผลการพิจารณาค่า BLEU Score ที่คำนวณจากสมการ (1) มักพิจารณาจากค่าคะแนนที่สูงโดยพิจารณาว่าหากได้ค่า score อยู่ในช่วง 0.3 ขึ้นไปถือว่ามีการแปลที่ดีซึ่งอ้างอิงได้จากตารางดังนี้

ตารางที่ 2. แสดงค่าอ้างอิงการวัดผล BLEU Score

| BLEU Scorer | Interpretation                |
|-------------|-------------------------------|
| 0.0 - 0.1   | Very poor translation         |
| 0.1 - 0.3   | Poor translation              |
| 0.3 - 0.5   | Fair                          |
| 0.5 - 1.0   | Good to excellent translation |

#### 2.4. Bahdanau Attention (Additive Attention)

ในการพัฒนาระบบแปลภาษาด้วย Artificial Neural Network นั้นเมื่อใช้ RNNs Network พบว่ามีปัญหาความยาวของประโยค ซึ่งต่อมา D. Bahdanau [3] ได้มีการนำเสนอหลักการ Attention Mechanism เข้ามาแก้ปัญหา โดยคำนวณ Weight Sum ของ Encoder ให้แต่ละค่านำหนักบ่งบอกถึงความเกี่ยวข้องกันของ Input Token ไปยัง Output Token ที่กำลังจะถูกทำนาย การถ่วงน้ำหนักนี้ ทำให้มันแน่ใจจะเกิดการทำนายที่แม่นยำในทุก step input sequence ซึ่งข้อมูลจำเป็นที่นำเข้ามาฝึกสอนจำเป็นต้องมีลักษณะเป็นคู่ประโยคจัดเรียงในรูปแบบ Tokenize ประโยค Input จะถูกนำเข้าสู่ Feed Forward Neural Network และคำนวณคะแนนการเรียงตัว ซึ่งเป็นการคำนวณความเกี่ยวข้องกันระหว่าง hidden state ของ Decoder และ hidden state Encoder ที่ใช้ในปัจจุบันการเรียนรู้



รูปที่ 1. แสดงผังการทำงานของ Bahdanau Attention

#### 2.5. Word Embedded การฝังคำ

คือการนำ text มาแปลงเป็นตัวเลขหรือรูปแบบที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ เช่น matrix, vector ซึ่งทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมหรือวิธีการประมวลผลของโมเดลนั้นๆ ซึ่งการทำ word embedded นี้ช่วยให้คอมพิวเตอร์เข้าใจความสัมพันธ์ของคำหรือภาษามนุษย์ได้ โดยทั่วไปผลจากการทำ word embedded จะอยู่ในรูปแบบ vector ซึ่งเปรียบเทียบตัวแทนเชิงความหมายของคำหรือข้อความต่างๆ ที่นำมาเปรียบเทียบกับได้ว่ามีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร word embedded ที่น่าสนใจ ได้แก่

2.5.1. Word2vec เป็นเทคนิคที่นำเสนอโดย T. Mikolov [4] และ Google ในปี 2013 ซึ่งทำให้สามารถจับความหมายของคำที่ใกล้เคียงกันโดยการนำคำไปสร้างเป็น vector และนำมาใช้ในการเปรียบเทียบหาความห่างระหว่าง vector และรู้ว่ามีคำมีความหมายใกล้เคียงกัน เช่น คำว่า Man – คล้ายกับคำว่า King, คำว่า Queen – คล้ายกับคำว่า Women

2.5.2. BERT (Bidirectional Encoder Representation from Transformers) [5] เป็น Model ที่พัฒนาโดย google โดยเสนอแนวคิด Attention is all you need ซึ่งโมเดลทำให้เข้าใจภาษาของมนุษย์ได้ลึกยิ่งขึ้น สามารถทำงานได้หลากหลาย ทั้งด้านการแปล, text classification,

sentiment analysis, text summarize และสามารถใช้เป็น word embedded ได้ด้วย

2.5.3. BGE-M3 Embedding [6] คือ Model word embedding ที่มีความสามารถทำ multi linguallity embedded ได้พัฒนาต่อยอดจาก BERT Model โดยกลุ่มนักวิจัยจาก University of Science and Technology of China ซึ่งสามารถรองรับภาษาต่างๆได้ 100 ภาษาและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางและทำงานได้ดีกับกลุ่มภาษาในแถบเอเชียและทำงานได้ดีกับภาษาไทยซึ่งมีผลทดสอบโดยชุมชนผู้ใช้งานและนักวิจัย [7]

#### 2.6. Real-time Data Streaming

คือกระแสข้อมูลที่ส่งอย่างต่อเนื่องจากหลายข้อมูลไปยังแหล่งประมวลผลข้อมูลในทันทีเพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์และตัดสินใจได้ในทันที ปัจจุบันมีบริการ Realtime Data Stream ที่ได้รับความนิยมได้แก่ Apache Kafka, Rabbit MQ, Google PUB/SUB ซึ่งบริการประกอบด้วย Data Ingestion (ข้อมูลนำเข้า), Stream processing (ระบบประมวลผลหรือ transform ข้อมูล), Data Storage (จัดเก็บข้อมูล บนฐานข้อมูล หรือ storage) , Data analysis and Visualization (นำข้อมูลนำเสนอเชิงภาพหรือแผนภูมิ) ยกตัวอย่างเช่น ใน MS Power BI, Kibana, Qlik เป็นต้น

#### 2.7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา แสงทองพัฒนาและทีม ได้นำเสนอการเปรียบเทียบผลการแปลภาษาโดยเครื่อง ประกอบด้วยการแปลด้วยเครื่อง [8] โดยเปรียบเทียบ STM (Statistic Machine Translation) และ RNN (Recurrent Neural Network) และ transformer network ผลแสดงให้เห็นว่าการใช้ network ที่มีความซับซ้อนสูงและจัดการบริบทได้ดีจะได้อัตราความแม่นยำที่สูงตามไปด้วย แต่ทั้งนี้เครื่องแปลภาษาเป็นการแปลเพื่อให้เข้าใจการสื่อสารด้านภาษา

Pitchakorn Akewaranukulsiri [9] ได้นำเสนอการวิจัยที่มีหัวขื่อนำสนใจเกี่ยวกับการจัดกลุ่มความรู้ด้านการแพทย์สมุนไพรและแพทย์แผนปัจจุบัน ที่มีข้อจำกัดในฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องกันแต่ต่างภาษากัน ซึ่งได้นำเสนอวิธีแก้ปัญหาโดยใช้ semantic cross language search เข้ามาแก้ปัญหาซึ่งความท้าทายของงานวิจัยเป็นการสร้าง vector และนำเทคนิค cosine similarity มาใช้

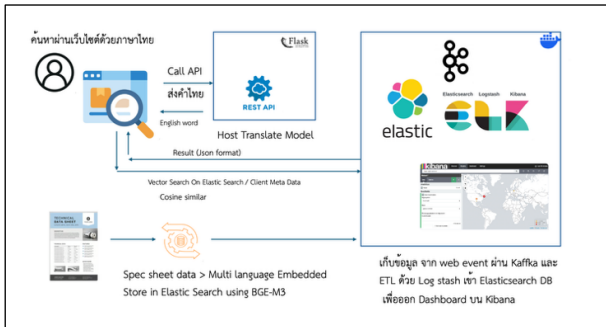
### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนการสร้างแบบจำลองประมวลผลภาษาเพื่อแปลคำค้นและระบบค้นหาผ่านความหมายของคำให้ได้ตามวัตถุประสงค์ของงานจำได้กำหนดกระบวนการดำเนินการเพื่อศึกษาข้อมูลมีขั้นตอนดังนี้

#### 3.1. แนวคิดของระบบ (System Flow)

ในการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบแปลคำค้นด้วยภาษาธรรมชาติและเครื่องแปลภาษาทำขึ้นโดยคัดเลือก Model ที่จะนำมาแปลผลทำนายคำค้นโดยได้พิจารณาจากลักษณะการทำงานที่จะต้องสามารถให้คำความหมายจากการรับคำด้วยภาษาอังกฤษและแปลออกมาเป็นภาษาไทยได้จึงได้เลือกโมเดล Bahdanau Attention หรือ Additive Attention โดยเตรียมข้อมูลและฝึกฝนโมเดลผ่าน Google Colab Pro Plus เพื่อใช้งาน GPU เพื่อการประมวลผลที่รวดเร็ว เมื่อได้ Model แล้วนำมาสร้างระบบแปลคำค้นผ่าน API ด้วย Flask server และสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้และเรียก API ด้วย Next.js ในส่วนที่เป็นการเก็บข้อมูลใช้ ELK stack ซึ่งประกอบด้วย Elasticsearch ทำหน้าที่เก็บข้อมูล, Logstash ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ส่งผ่านระบบ Data Streaming และ Kibana ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสำหรับสร้าง Dashboard และรายงาน ระบบทำงานเมื่อผู้ใช้งานค้นหาข้อมูลด้วยคำค้นและส่งคำค้นที่เป็นภาษาไทยไปแปลด้วย Model และส่งคำกลับเป็น embedded vector ของ BGE-M3 embedded และ คำแปล และนำไปค้น

บน Elasticsearch ซึ่งข้อมูลเป็นข้อมูลสินค้าที่มีทั้งรูปแบบ Text และ vector embedding เมื่อระบบทำงานจะเกิด Realtime data streaming ส่งข้อมูลผ่าน Apache Kafka และ Data transform ด้วย Logstash และนำข้อมูลที่ transform ไปเก็บไว้เพื่อสร้าง Dashboard ตามลำดับ



รูปที่ 2. แสดงแผนผังการทำงานของระบบ

### 3.2. การสร้าง Model แปลภาษา

ในการสร้าง model เพื่อแปลคำค้นมีหลักการเพื่อจะได้ model ที่สามารถให้ความหมายที่ตรงกับคำค้นหาซึ่งได้นำ Model ที่เกี่ยวกับงาน NLP มาใช้กับข้อมูลเริ่มจาก word2vec ซึ่งเนื่องจาก Model ให้ output ในลักษณะของคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันเหมาะกับการจัดกลุ่มคำผู้วิจัยจึงได้คัดเลือก Model อื่นที่ทำงานในลักษณะแปลภาษาโดยตรงโดยได้นำ Bahdahnau Attention มาทดลองกับ English-Thai Datasets [10] จากสถาบัน VISTEC ซึ่งมีลักษณะข้อมูลเป็นข้อมูลคู่ประโยคภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยในเนื้อหาเป็นคู่ประโยคที่มาจาก Product Review ที่มาจากเว็บไซต์ขายสินค้าผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งเหมาะกับการนำมาสร้างระบบแปลคำค้น ซึ่งในการเตรียมข้อมูลพบว่าจำเป็นต้องจัดการข้อมูลให้มีความเหมาะสม เช่น จัดการปัญหา Tokenize ของภาษาไทย จัดการเรื่อง normalization ภาษาอังกฤษ, cleansing ข้อมูล และพบว่าจะต้องทำการจัดการรูปแบบการตัดคำหรือ custom tokenize เพื่อให้ได้ output ของลักษณะคำค้นที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของงานนั้นคือต้องแปลคำค้น นอกจากนี้ได้เพิ่ม Custom Datasets ของคู่ประโยคบางคำเพื่อให้มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้นเช่น เพิ่มคู่ประโยคคำแปลที่ระบุคำว่า สายแลน แปลเป็น ethernet และมีรูปประโยคที่ต่างกัน 20 คู่ประโยค จากนั้นได้นำข้อมูลเข้าฝึกฝนโมเดล Bahdahnau Attention และบันทึกโมเดลที่ฝึกฝนสำเร็จไว้ใช้สร้าง API ซึ่งโมเดลมีพารามิเตอร์ดังนี้

```
[33] 1 print(decoder)
AttnDecoderRNN(
  (embedding): Embedding(7775, 128)
  (attention): BahdahnauAttention(
    (Wu): Linear(in_features=128, out_features=128, bias=True)
    (Uu): Linear(in_features=128, out_features=128, bias=True)
    (Vu): Linear(in_features=128, out_features=1, bias=True)
  )
  (gru): GRU(256, 128, batch_first=True)
  (out): Linear(in_features=128, out_features=7775, bias=True)
  (dropout): Dropout(p=0.1, inplace=False)
)

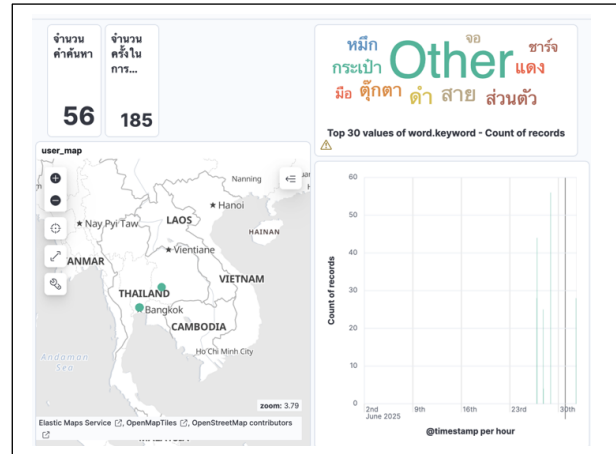
[32] 1 print(encoder)
EncoderRNN(
  (embedding): Embedding(8073, 128)
  (gru): GRU(128, 128, batch_first=True)
  (dropout): Dropout(p=0.1, inplace=False)
)
```

รูปที่ 3. แสดง parameter ของ Bahdahnau Attention

### 3.3. การสร้างระบบ API, website และ Dashboard

เมื่อฝึกฝนโมเดลและได้โมเดลที่จะนำไปใช้กับระบบแปลคำค้นได้นำโมเดลที่ได้พร้อมกัน component คู่อุปกรณ์, encoder model, decoder model แล้วนำมาสร้าง API ด้วย Flask Server และได้สร้างระบบเว็บไซต์

เพื่อเรียกใช้งาน API โดยในส่วนนี้จะต้องทำงานโดยการส่งข้อมูลไปค้นใน Database Elasticsearch ซึ่งทำการเก็บข้อมูลสินค้าที่เราจะแสดงผลให้แก่ผู้ใช้งานผ่านการค้นหา โดยจัดเก็บข้อมูลเป็นสองรูปแบบคือ Text และเป็น Embedding vector ของ BGE-M3 โดยตั้งค่าให้น้ำหนักการค้นหาแบ่งเป็นการใช้ text search 70% และ Vector search 30% เพื่อให้ได้ผลการค้นหาที่ตรงกับคำค้นและให้ค่าจาก similarity ของ vector ได้พร้อมกัน ในกระบวนการทำงานจะมีการทำ Real-time Data Streaming และนำมาสร้าง Dashboard โดยเว็บไซต์แสดง location ของผู้ใช้งานที่ส่งแนบมากับ API

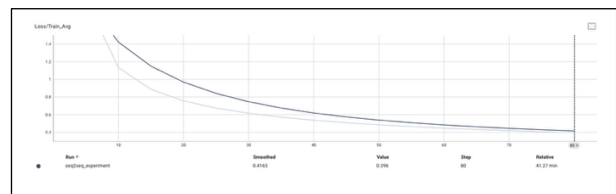


รูปที่ 4. แสดงผลลัพธ์จาก Kibana Dashboard

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1. ผลการฝึกสอนโมเดลแปลภาษา Bahdahnau Attention

การฝึกสอนโมเดลพบว่าค่า Loss มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำนายผลได้แม่นยำมากขึ้นในรอบการฝึกสอน โดยค่า Loss เริ่มลดระดับลงเริ่มจาก 1.5 เป็นต้นไปและตกที่ 0.39 แสดงให้เห็นว่ากลไกช่วยให้โมเดลเรียนรู้ได้แม่นยำ



รูปที่ 5. แสดงกราฟค่า Loss ของ Bahdanau Attention

### 4.2. การนำผลไปใช้

การทำนายผลขั้นต้นหลังการฝึกโดยได้สุ่มประโยคเพื่อนำไปทำนายผลทดสอบและคำนวณประสิทธิภาพการทำนายด้วย BLEU Score โดยทำการวนรอบ 100 รอบในการทำนายผลแล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ได้ผลทำนายและมีคะแนนดังนี้

```
[ ] 1 test_translate("ผมจะไปไหน เพราะ ราคา", [{"however should have returned it because of price"}])
BLEU SCORE : 0.43448597997426985

[ ] 1 test_translate("ผม รอ ไม่ ไหว ถึงจะ ขึ้นรถ บน ถนน", [{"I can't wait to take car on road"}])
BLEU SCORE : 0.66882483835326

[ ] 1 test_translate("ฉัน ดีใจมาก ที่ได้ พบหนังสือ เล่ม นี้", [{"I was happy to find this book"}])
BLEU SCORE : 0.575755288523179

[ ] 1 test_translate("ฉัน ต้องการ คอมพิวเตอร์ และ เครื่องพิมพ์", [{"I want computer and printer"}])
BLEU SCORE : 0.6589236523589825
```

รูปที่ 6. แสดงการแปลประโยคและคำนวณ BLEU Score

จากรูปที่ 6. แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถทำนายผลในรูปแบบการแปลประโยคได้ มีผล BLEU score มากกว่า 0.4 ถึง 0.6 แสดงว่าให้ประสิทธิภาพการแปลเทียบกับประโยคเป้าหมายได้ในระดับดี ซึ่งเมื่อนำไปสร้างฟังก์ชันการแปลคำค้นหาก็ได้เป็นดังตัวอย่าง รวมถึงการผลจาก custom datasets ที่เพิ่มลงใน public datasets ซึ่งเพียงพอที่จะนำไปใช้ในระบบแปลคำค้นหาของเว็บไซต์ได้ดังตัวอย่างดังภาพ

```
[74] 1 translate_one('ฉัน อยากได้ หมึก')
['i', 'wanted', 'ink', 'ink', 'ink', '<EOS>']

[75] 1 translate_one('คอมพิวเตอร์')
['computer', 'computers', 'my', 'computer', '<EOS>']

[77] 1 translate_one('เครื่องพิมพ์')
['printer', 'printer', '<EOS>']

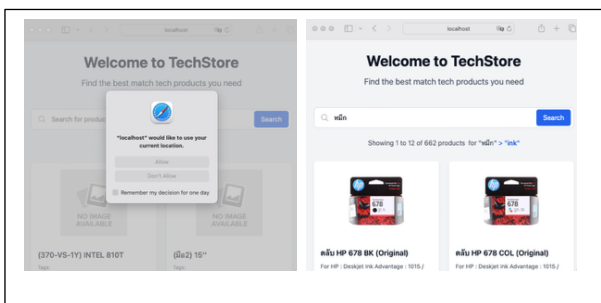
[95] 1 translate_one('สายแลน')
['ethernet', 'cables', 'cord', 'is', '<EOS>']

[97] 1 translate_one('ชาร์จ')
['charges', 'charge', 'well', 'charge', '<EOS>']
```

รูปที่ 7. แสดงการแปลประโยคและคำเดี่ยว

#### 4.3. การวิเคราะห์ผล

จากผลการแปลจะเห็นได้ว่าโมเดลสามารถแปลคำที่เป็น input จากภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทยได้ในระดับที่แม่นยำ แต่ยังมีข้อจำกัดในส่วนของคำที่อยู่นอกเหนือจาก Corpus หรือ word list ซึ่งจุดนี้เองสามารถปรับปรุงโดยการเพิ่ม คู่ประโยคคำแปลอย่างน้อย 20 คู่ประโยคโดยเน้นที่คำหลักที่พบว่าแก้ปัญหาในจุดนี้ได้ และยังพบว่าคำที่ไม่เป็นลักษณะของคำนาม ทำให้ผลการแปลไม่แม่นยำ และพบว่า ไม่รองรับคำที่เกิดจากการพิมพ์ผิด ซึ่งจำเป็นต้องทำการ corrective คำผ่าน Library PythaiNLP [11] ก่อนที่จะนำข้อมูลเข้าฝึกฝนเพื่อช่วยลดความผิดพลาดในการทำนายผลจาก Model ได้



รูปที่ 8. แสดงการทำงานของเว็บไซต์ ผลการแปล และผลการค้นหา

#### 5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบแปลคำค้นภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษโดยใช้ Bahdanau Attention โดยผลที่ได้สามารถนำมาสรุปผลได้ดังนี้

##### 5.1. ความแม่นยำ ประสิทธิภาพการทำนาย

ความแม่นยำของการทำนาย โมเดลมีการทำนายได้แม่นยำในระดับดีและยอมรับได้โดยพิจารณาจาก BLEU Score แต่ยังมีบางกรณีที่ทำนายผลได้คำที่ไม่ตรงกับคำที่คาดหวัง ซึ่งจำเป็นต้องมีการเพิ่มกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้แก่การทำ voting ใน application เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการแปล นอกจากนี้ในส่วนที่ทำงานร่วมกันกับ Embedding Model เป็นขั้นตอนที่จำเป็นต้องใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนานทำให้บางจังหวะในการแปลงผลมีการสะดุดหากนำไปใช้จริงอาจต้องพิจารณาระบบ

เครื่องแม่ข่ายที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลสูง ในแง่ของประสิทธิภาพของระบบ การเลือกใช้โมเดลอื่น ๆ ก็เป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งซึ่งผู้วิจัยได้นำ Datasets ไปฝึกฝนเพิ่มเติมกับ word2vec ซึ่งสามารถให้ผลในเชิงความใกล้เคียงของคำได้อีกทางหนึ่งซึ่ง เป็นทางเลือกในการนำผลลัพธ์ไปค้นหาคำที่ใกล้เคียงได้นอกเหนือจากการใช้ pretrain BGE-M3 ดังนั้นถึงผลการศึกษาจะสามารถสร้างระบบแปลคำค้นภาษาไทยได้และสามารถทำงานได้ดี แต่จำเป็นต้องเสริมประสิทธิภาพด้านการป้องกันการผิดพลาดของ input และ output เพื่อเสริมความแม่นยำในการใช้งานจริง

##### 5.2. อภิปรายผล

5.2.1. การเตรียมข้อมูล ข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลที่มีคุณภาพสูง มีลักษณะเป็นคู่คำแปล มีการทำความสะอาดไม่มากนัก สามารถนำมาใช้ในงานได้ทันที แต่เนื่องจากตัวงาน เป็นลักษณะการแปล และมีความท้าทายจากการแปลข้ามภาษา จึงจำเป็นต้องมีการจัดการคำต่างๆ เช่น A, And, The หรือ การตัดคำที่จำเป็นต้องให้เข้ากันกับตัวงานซึ่งเป็นงานที่มีความละเอียดมาก และต้องมีความเข้าใจในตัวภาษาไทย และต้องสังเกตผลลัพธ์ว่าสืบเนื่องมาจากตัวข้อมูลหรือไม่ ดังที่สังเกตเห็นว่า การตัดคำมีผลกับคำที่เป็นคำค้น เช่น คำว่า “สายชาร์จ” ถูกแยกออกเป็น “สาย” และ “ชาร์จ” เป็นต้น ซึ่งจุดนี้หากจะแก้ไขต้องจัดการระบบตัดคำอย่างละเอียดอ่อน ซึ่งถือว่าเป็นข้อผิดพลาดของผู้วิจัยที่ใช้เวลานานในการแก้ไขและใช้เวลานานขั้นตอนนี้เป็นอย่างมาก

5.2.2. การฝึกสอนโมเดล ในส่วนนี้เลือกใช้โมเดลที่มีความสามารถสูงระดับที่สามารถฝึกฝนได้โดยใช้ทรัพยากรไม่สูงเกินไป และใช้เวลาฝึกฝนไม่นานมากนัก ต่อบรอบการฝึก ไม่เกิน 1 ชั่วโมงและมีผลที่สังเกตได้จาก ค่า Loss ที่ดีในระดับพอใจ ซึ่งทำให้เข้าใจกลไก Attention ที่เป็นพื้นฐานของ Transformers Model ซึ่งเป็นโมเดลภาษาที่สำคัญ โมเดลที่ได้ถึงแม้จะทำงานได้ดีแต่เมื่อพบกับคำค้นบางคำที่มีความถี่น้อยจะทำให้การแปลมีการเปลี่ยนไปมาได้

5.2.3. ข้อจำกัดของ Dataset ในงานด้าน Natural Language Processing นั้นข้อมูลจำเพาะที่เกี่ยวข้องกับศัพท์เฉพาะทางนั้นหาได้ยาก จึงจำเป็นต้องสร้างข้อมูลสังเคราะห์หรือ custom dataset ขึ้นซึ่งถึงแม้จะเป็นการแก้ปัญหาได้ตรงจุดแต่ในเชิงการใช้งานจริงก็อาจจะเป็นการเพิ่มภาระให้กับผู้ใช้งานได้องค์กรอาจพิจารณาสร้าง custom dataset เฉพาะของตนโดยอาจเริ่มจากการจัดเก็บข้อมูลประวัติการค้นหาและประวัติการสนทนาจาก social platform ต่างๆ เป็นต้น

##### 5.3. ข้อเสนอแนะ

5.3.1. การปรับปรุงข้อมูล การเลือกข้อมูล และ Datasets เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบอาจให้รายละเอียดในการทำ Tokenizer และการตัดคำภาษาไทยให้มีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งอาจต้องสร้างฐานข้อมูลคำจากประวัติคำค้นของแต่ละอุตสาหกรรม เพื่อให้คุณภาพในการฝึกฝนโมเดลมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในส่วนที่เป็นภาษาอังกฤษ อาจต้องทำ Lemmatization ระดับสูงคือ ทุก ประโยคอาจต้องย้อนสู่ ประเภท Simple Tense ได้แก่ Present Simple Tense หรือ Past Simple Tense เนื่องจากลักษณะคู่คำแปลภาษาไทยเรามักเป็นปัจจุบันเสมอ หรือมีคำบอกเวลา เช่น เมื่อวานวันนี้ ซึ่งมีผลกับการแปลความหมายโดยตรง

5.3.2. การปรับปรุงโมเดล ในการวิจัยเลือกใช้ Bahdanau Attention ซึ่งสามารถทำการฝึกฝนได้ง่ายและเข้ากันได้ดีกับชุดข้อมูล โดยผู้วิจัยได้ทดลองฝึกฝนข้อมูลชุดเดียวกันด้วย LSTM พบว่าการแปลผลด้วย Bahdanau Attention ทำได้ดีกว่ามาก ซึ่งในส่วนการปรับปรุงผลในอนาคตอาจเลือกโมเดลที่สามารถทำงานด้านการแปลอื่นๆ รวมทั้งการ Finetune Pretrain Model ด้วย Custom Dataset ที่มี Keyword เข้ากันกับอุตสาหกรรมของเว็บไซต์นั้นๆ



การพัฒนาแบบแปลคำค้นด้วยภาษาธรรมชาติและเครื่องแปลภาษาเป็นงานวิจัยที่ช่วยแก้ปัญหาการไม่มีคำค้นภาษาไทยในระบบฐานข้อมูลได้ ข้อเสนอเหล่านี้เป็นแนวทางที่จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบให้สามารถนำไปใช้จริงได้ในอนาคต

#### กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี จากความกรุณาของอาจารย์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดวงใจ จิตคงชื่น ที่ได้สนับสนุนให้คำแนะนำต่าง ๆ ขอบพระคุณคณาจารย์จากวิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ด้านอันทรงคุณค่าต่าง ๆ ตั้งแต่พื้นฐานจนถึงการลงมือทำจริง ตลอดจนช่วยเหลือให้สารนิพนธ์นี้จัดทำสำเร็จลุล่วง ขอบคุณครอบครัวและมิตรสหายที่สนับสนุนและให้กำลังใจ ผู้วิจัยหวังว่าสารนิพนธ์นี้เป็นประโยชน์เพื่อการต่อยอดของผู้สนใจงานด้านการประมวลผลภาษาธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับภาษาไทยและงานด้านการแปลด้วยเครื่อง ตลอดจนงานด้านวิศวกรรมข้อมูลในอนาคตต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Arnold, L. Balkan, R. Lee Humphreys, S. Meijer, and L. Sadler, *Machine Translation: An Introductory Guide*. Oxford, UK: NCC Blackwell, 1994.
- [2] K. Papineni, S. Roukos, T. Ward, and W. Zhu, "Bleu: a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation," *Proc. 40th Annu. Meeting Assoc. Comput. Linguistics*, Philadelphia, PA, USA, 2002, pp. 311-318.
- [3] D. Bahdanau, K. Cho, and Y. Bengio, "Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate," in *Proc. 3rd Int. Conf. Learning Representations (ICLR)*, San Diego, CA, USA, May 2015.
- [4] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, and J. Dean, "Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space," *arXiv preprint arXiv:1301.3781*, 2013.
- [5] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," *arXiv preprint arXiv:1810.04805*, 2018.
- [6] J. Chen, S. Xiao, P. Zhang, K. Luo, D. Lian, and Z. Liu, "BGE M3-Embedding: Multi-Lingual, Multi-Functionality, Multi-Granularity Text Embeddings Through Self-Knowledge Distillation," *arXiv preprint arXiv:2402.03216*, 2024.
- [7] P. Limkonchotiawat, "Thai-Sentence-Vector-Benchmark: Benchmark for Thai sentence representation," GitHub, 2024. [Online]. Available: <https://github.com/mrpeerat/Thai-Sentence-Vector-Benchmark>. Accessed: Jul. 6, 2024.
- [8] K. Saengthongpattana, K. Kriengkiet, P. Porkaew and T. Supnithi, "Thai-English and English-Thai Translation Performance of Transformer Machine Translation," 2019 14th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (ISAI-NLP), Chiang Mai, Thailand, 2019, pp. 1-5.
- [9] P. Akewaranukulsiri and N. Prompoon, "Semantic and Cross-Language Information Retrieval for Thai Herbs and Modern Medicine," 2013 International Conference on Information Science and Applications (ICISA), Pattaya, Thailand, 2013, pp. 1-5.
- [10] สถาบันวิจัยปัญญาประดิษฐ์ประเทศไทย (AIRESEARCH), "English-Thai Machine Translation Dataset (scb-mt-en-th-2020)," AI Research Institute of Thailand, Jun. 2020. [Online]. Available: <https://airesearch.in.th/releases/machine-translation-datasets/>
- [11] A. Suriyawongkul et al., "PyThaiNLP: Thai Natural Language Processing in Python," *arXiv preprint arXiv:2312.04649*, 2023.

# เว็บแอปพลิเคชันการยื่นคำร้องขอย้าย กรณีศึกษา สำนักงานศาลปกครอง

## Web application for transfer request filing:

### A case study of the office of The Administrative Court

1<sup>st</sup> ภัทรพงษ์ มีนุชนาก

Pattarapong Meenutchanat

วิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์ แอนด์ เอ็นเตอร์เทนเมนต์เทคโนโลยี

College of Creative Design and Entertainment Technology

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

Dhurakij Pundit University, Bangkok Thailand

กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

65130093@dpu.ac.th

2<sup>nd</sup> รศ.ดร. วราพร จิระพันธุ์ทอง

Associate Professor Waraporn Jirapanthong, Ph.D.

วิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์ แอนด์ เอ็นเตอร์เทนเมนต์เทคโนโลยี

College of Creative Design and Entertainment Technology

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

Dhurakij Pundit University, Bangkok Thailand

กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

waraporn.jir@dpu.ac.th

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบการยื่นคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง และ 2) เพื่อพัฒนาระบบการยื่นคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบประกอบด้วย โปรแกรม Visual Studio Code สำหรับเขียนชุดคำสั่ง พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันในภาษา PHP ใช้ฐานข้อมูล MySQL โปรแกรมจำลองแม่ข่าย WampServer ระบบที่พัฒนาขึ้นมีกลุ่มผู้ใช้ 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) บุคลากรทั่วไป 2) ผู้บังคับบัญชา 3) อธิการบดี และ 4) ฝ่ายบุคคล ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 9 ท่าน พบว่าผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ( $\bar{X}=4.67$ , S.D.=0.47)

**คำสำคัญ** — คำร้องขอย้าย, เว็บแอปพลิเคชัน, บริหารงานบุคคล

**ABSTRACT** — This research aims to 1) analyze and design a web application for transfer request filing for the office of The Administrative Court and 2) develop a web application for transfer request filing for the office of The Administrative Court. The system was developed using Visual Studio Code and implemented as a PHP-based web application with a MySQL database running on WampServer. It consists of four user roles: General Officer, Supervisor, General Administration Officer, and Human Resources Officer. A usability evaluation of the system was conducted with nine purposively selected participants, and the results indicated a very high level of satisfaction ( $\bar{X}=4.67$ , S.D. = 0.47).

**Keywords** — Transfer Request Filing, Web Application, Human Resource Management

#### 1. บทนำ

การบริหารงานบุคคลของสำนักงานศาลปกครองครอบคลุมมิติ การดำเนินงานทั้งการจัดโครงสร้างและการบริหารอัตรากำลัง การสรรหา และบรรจุแต่งตั้ง การประเมินเพื่อเลื่อนระดับ และการดูแล ด้านสิทธิประโยชน์ของบุคลากร ซึ่งการดำเนินงานดังกล่าวต้องเป็นไป อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการของสำนักงาน

ศาลปกครอง พ.ศ. 2566 -2570 ด้านที่ 4 การบริหารจัดการองค์กร ความเป็นเลิศ ในการนำระบบอิเล็กทรอนิกส์มาปรับใช้ในกระบวนการ บริหารงานบุคคล เพื่อให้สำนักงานศาลปกครองมีระบบบริหารงานบุคคล และระบบบริหารจัดการด้านกำลังคนที่เหมาะสม ทันสมัย มีประสิทธิภาพ โปร่งใสและสร้างแรงจูงใจให้บุคลากรทุ่มเทการปฏิบัติงานเพื่อองค์กร อย่างเต็มที่

สำหรับการยื่นคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครองเป็นอีกหนึ่ง การจัดการบริหารงานบุคคล การย้ายด้วยเหตุผลความจำเป็นของบุคลากร กำหนดบุคลากรใช้สิทธิยื่นคำร้องขอย้ายได้ด้วยตนเองในช่วงเดือน พฤษภาคมของแต่ละปี ทั้งนี้จากสถิติระหว่างปี 2563-2567 พบว่ามีจำนวน คำร้องเฉลี่ย 264 คำร้องต่อปี ขั้นตอนเริ่มต้นจากบุคลากรกรอกข้อมูล แบบฟอร์มกระดาษพร้อมเอกสารหลักฐานส่งให้ธุรการประจำสำนัก เพื่อรวบรวมนำเสนอผู้บังคับบัญชาตามลำดับขั้นเพื่อขอรับความเห็น และ เสนอผู้บริหารที่กำกับราชการหน่วยงานนั้น ๆ ก่อนจะส่งถึงฝ่ายบุคคล ในขั้นตอนสุดท้าย ฝ่ายบุคคลรับแบบฟอร์มและระดมกำลังคนเพื่อกรอกข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ให้แล้วเสร็จในช่วงเดือนสิงหาคม และจัดทำ รูปแบบนำเสนอเชิงสถิติและการตัดสินใจเสนอกรรมการพิจารณาการย้าย โดย ปัญหาของการใช้แบบฟอร์มกระดาษเริ่มตั้งแต่บุคลากรที่ต้องกรอกข้อมูล จำนวนมาก การจัดส่งเอกสารที่ไม่ทราบว่าจะถึงขั้นตอนใด การใช้ประโยชน์ จากข้อมูลทำได้ยากจึงต้องใช้กำลังคนและใช้เวลาเพื่อกรอกข้อมูลในรูปแบบ อิเล็กทรอนิกส์ ความเสี่ยงในการเกิดข้อผิดพลาดในการกรอกข้อมูล ผู้วิจัย จึงขอเสนอเว็บแอปพลิเคชันระบบการยื่นคำร้องขอย้ายของสำนักงาน ศาลปกครอง เพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่บุคลากร ในการยื่นคำร้องผ่านระบบออนไลน์ ลดขั้นตอนและความซับซ้อนจากการ ดำเนินงานในรูปแบบเอกสาร อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหาร จัดการข้อมูลคำร้อง การติดตามสถานะ การให้ความเห็นจากผู้บังคับบัญชา และการจัดเก็บข้อมูลเชิงสถิติที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ วางแผน และ รายงานได้อย่างเป็นระบบและทันสมัย อันจะนำไปสู่การพัฒนา ระบบ บริหารงานบุคคลขององค์กรให้มีความรวดเร็ว โปร่งใส และสอดคล้องกับการ ทำงานในยุคดิจิทัล

### 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง
- เพื่อพัฒนาระบบคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง

### 3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภูวนัย แสงพล (2566) [1] ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสนับสนุนการสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ ซึ่งเป็นระบบสารสนเทศที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับประชาชนในการให้บริการของกรมสอบสวนคดีพิเศษ พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP MySQL โดยมี Laravel เป็น PHP Framework มีกลุ่มผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม คือ พนักงานสอบสวนคดีพิเศษ ผู้บริหาร และประชาชน ผลการวิจัยพบว่าพนักงานสอบสวนสามารถบริหารจัดการข้อมูลได้ง่ายขึ้น มีข้อมูลทางสถิติให้กับผู้บริหาร และประชาชนสามารถรับบริการผ่านรูปแบบออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว

รัตยากร ไทยพันธ์ และคณะ (2567) [2] ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการจัดการหลักสูตร กรณีศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า เว็บแอปพลิเคชันจัดเก็บข้อมูลหลักสูตรให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เป็นปัจจุบัน สืบค้นข้อมูลได้สะดวกรวดเร็ว ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา ลดปัญหาข้อมูลสูญหาย และช่วยให้งานการพัฒนาหลักสูตรมีความคล่องตัว

สุมิตตา จันทรขำ และคณะ (2567) [3] พัฒนาระบบยื่นคำร้องออนไลน์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แก้ปัญหาการกรอกข้อมูลคำร้องด้วยลายมือที่ไม่ชัดเจน ไม่ครบถ้วน ทำให้เจ้าหน้าที่เสียเวลาตรวจสอบและค้นหาเอกสาร ระบบใหม่ช่วยให้นักศึกษาได้รับความสะดวก ประหยัดเวลา ลดความแออัดตามมาตรการ Social Distancing ลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ ลดการใช้กระดาษ และทำให้การจัดการข้อมูลเป็นระบบมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสำนักมาตรฐานวิชาการและทะเบียน

ภาณุชญา มณีวรรณ (2567) [4] ได้พัฒนาระบบขออนุมัติเดินทางไปปฏิบัติงานโดยไม่ถือเป็นวันลา เวอร์ชัน 3 สำหรับคณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์โดยออกแบบเว็บแอปพลิเคชันแบบ Responsive web design ด้วย Bootstrap ซึ่งมีการรวมภาษา HTML ภาษา JavaScript และ CSS พัฒนาระบบโดยใช้ภาษา PHP และใช้ฐานข้อมูล MySQL เนื่องจากการขออนุมัติเดินทางไปราชการต้องใช้เอกสารจัดทำบันทึก และส่งต่อเอกสารเพื่อขออนุมัติระหว่างหน่วยงาน โดยระบบใหม่ที่พัฒนาขึ้นช่วยลดแบบฟอร์มกระดาษ ลดขั้นตอนการอนุมัติ และรองรับโครงสร้างการบริหารงานที่อาจปรับเปลี่ยนได้ในอนาคต

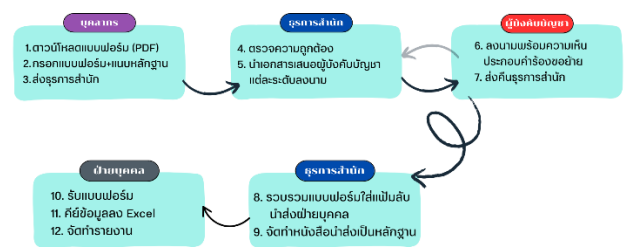
### 4. ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษากระบวนการทำงานเดิม รวบรวมข้อมูลจากประกาศและหลักเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการทำงานใหม่ และดำเนินการพัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ดังนี้

#### 4.1 การศึกษาปัญหา

การดำเนินการกระบวนการยื่นคำร้องขอย้ายเดิม บุคลากรที่มีความประสงค์จะขอย้ายจะดาวน์โหลดแบบฟอร์ม PDF และกรอกข้อมูลให้

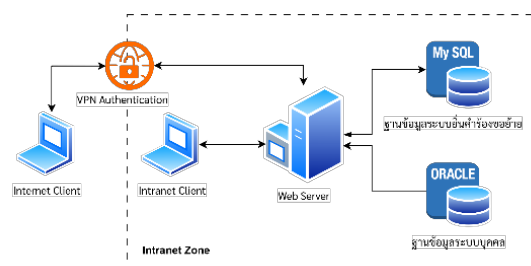
ครบถ้วนพร้อมแนบเอกสารหลักฐาน รุการสำนักจะรวบรวมเอกสารและดำเนินการขอความเห็นจากผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นด้วยวิธีการทางสารบรรณ เมื่อผู้บังคับบัญชาทุกระดับลงนามครบถ้วนแล้วจึงดำเนินการส่งให้ฝ่ายบุคคล ฝ่ายบุคคลก็จะตรวจสอบความถูกต้องทั้งแบบฟอร์มตั้งแต่ข้อมูลบุคคล ข้อมูลการปฏิบัติงาน การลงนามครบตามโครงสร้างบังคับบัญชา และอยู่ในหลักเกณฑ์ที่จะขอย้ายได้ จากนั้นจึงกรอกข้อมูลลงในตาราง Excel เพื่อที่จะสามารถจัดกลุ่มข้อมูล และจะได้นำเสนอผู้บริหารที่มีอำนาจอนุมัติการย้ายได้ โดยกระบวนการที่จะใช้เวลายาวนานมากคือการตรวจสอบข้อมูลและการกรอกข้อมูลให้เป็นรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 1 กระบวนการทำงานระบบงานเดิม

#### 4.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบใหม่

จากการศึกษาปัญหาพบว่า การกรอกข้อมูลในแบบฟอร์มกระดาษ นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองกระดาษแล้ว ยังพบว่า ข้อมูลในแบบฟอร์มต้องอาศัยเจ้าหน้าที่มาตรวจสอบความถูกต้อง อีกทั้งต้องแปลงให้อยู่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้สามารถประมวลผลรายงานต่าง ๆ ได้ ผู้วิจัยจึงหาแหล่งเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบงานอื่น ๆ ภายในสำนักงานศาลปกครอง เช่น ข้อมูลบุคคลจากฐานข้อมูลงานบุคคล ข้อมูลโครงสร้างบังคับบัญชา และลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์จากระบบการลายมืออิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลการติดต่อจากระบบสมุดโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ มาเป็นค่าตั้งต้นในการกรอกแบบฟอร์ม ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประสงค์ขอยื่นคำร้องกรอกข้อมูลเพียงความประสงค์ขอย้ายเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ระบบสามารถเชื่อมโยงกับระบบงานต่าง ๆ ที่กล่าวได้จึงต้องติดตั้งอยู่บนสถาปัตยกรรมระบบภายใน (Intranet) ของสำนักงานศาลปกครอง โดยสรุปสถาปัตยกรรมของระบบได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบ (System Architecture)

#### 4.3 ขอบเขตของระบบงาน

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการยื่นคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง จะมีกลุ่มผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ได้แก่ บุคลากร ผู้บังคับบัญชา รุการสำนัก และฝ่ายบุคคล โดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 4.3.1 บุคลากร

- สามารถดูข่าวประชาสัมพันธ์ได้
- สามารถยื่นคำร้องขอย้ายได้

#### 4.3.2 ผู้บังคับบัญชา

- ดูภาพรวมการยื่นคำร้องของบุคลากรในบังคับบัญชาได้
- ให้ความเห็นประกอบคำร้องขอย้ายได้

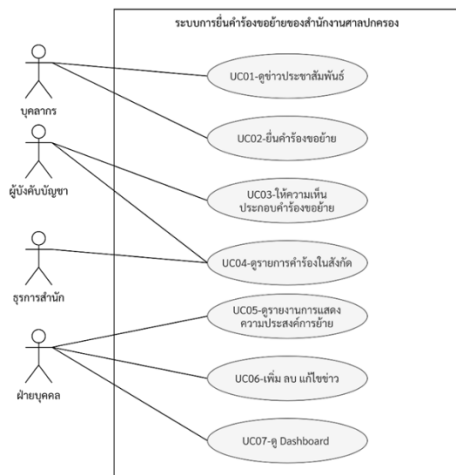
#### 4.3.3 ชุมการสำนัก

- ติดตามการยื่นคำร้องของบุคลากรในสำนักตนเองได้

#### 4.3.4 ฝ่ายบุคคล

- ดูคำร้องขอย้ายในภาพรวมได้
- ดูสรุปผลการยื่นคำร้องขอย้ายในมิติต่าง ๆ (Dashboard)

เมื่อสรุปรูปแบบการทำงาน และวิเคราะห์ความต้องการของระบบ สามารถนำมาเขียนในรูปแบบ Use Case Diagram ระบบยื่นคำร้องขอย้าย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Use Case Diagram ระบบยื่นคำร้องขอย้าย

#### 4.4 เครื่องมือในการพัฒนาระบบ

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการยื่นคำร้องขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง มีเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้พัฒนาดังนี้

เครื่องมือพัฒนาในส่วนติดต่อผู้ใช้ (Front-end Development Tools) ประกอบด้วย HTML, CSS และ JavaScript สำหรับการออกแบบและแสดงผลส่วนติดต่อผู้ใช้ โดยมี Bootstrap เป็น Framework ช่วยให้การออกแบบมีความสวยงามเป็นมาตรฐานและรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่หลากหลาย (Responsive) อีกทั้งยังใช้ jQuery เพื่อช่วยจัดการเหตุการณ์ (Event) และการทำงานแบบโต้ตอบ (Interactive) ให้กับระบบ

เครื่องมือพัฒนาในส่วนประมวลผล (Back-end Development Tools) ใช้ภาษา PHP ทำงานร่วมกับฐานข้อมูล MySQL เพื่อประมวลผลข้อมูลที่ได้รับจากผู้ใช้งาน จัดการและบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล รวมถึงเรียกใช้ข้อมูลเพื่อนำไปแสดงผลให้กับผู้ใช้

เครื่องมือสนับสนุนการพัฒนาระบบ (Supporting Tools) ได้แก่ โปรแกรม Visual Studio Code สำหรับเขียน แก้ไข และทดสอบชุดคำสั่งของระบบ โดยมีคุณสมบัติช่วยตรวจสอบไวยากรณ์และจัดรูปแบบโค้ดเพื่อความสะดวกในการพัฒนา นอกจากนี้ได้ใช้เครื่องมือสำหรับนักพัฒนา (Developer Tools) ภายในเว็บเบราว์เซอร์เพื่อใช้ตรวจสอบการการรับส่งข้อมูลระหว่างฝั่งผู้ใช้งานกับเซิร์ฟเวอร์ รวมถึงใช้โปรแกรม Navicat สำหรับการออกแบบและจัดการฐานข้อมูล

#### 5. ผลการพัฒนาระบบ

เว็บแอปพลิเคชันการยื่นคำร้องขอย้าย เป็นระบบงานภายในของสำนักงานศาลปกครองที่ต้องมีการใช้ประโยชน์จากการเชื่อมโยงข้อมูลมาจากระบบงานภายในอื่น ๆ โดยมีหน้าจอต่าง ๆ ดังนี้

##### 5.1 การเข้าสู่ระบบ

ผู้ใช้งานที่ต้องการยื่นคำร้องขอย้ายจะต้องเข้าสู่ระบบบนเว็บไซต์ อินทราเน็ตของหน่วยงานด้วย username และ password จากนั้นจะพบแบนเนอร์ระบบงานต่าง ๆ ผู้ใช้งานสามารถคลิกที่แบนเนอร์ คำร้องขอย้ายสำนักงานศาลปกครอง ดังรูปที่ 4 และจะเข้าสู่หน้าจอหลักระบบการยื่นคำร้องขอย้าย ดังรูปที่ 5



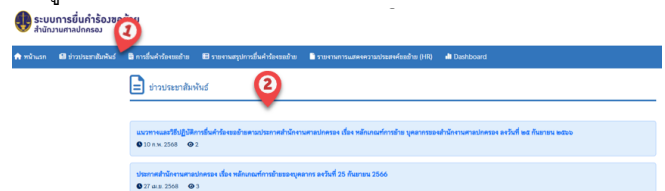
รูปที่ 4 แบนเนอร์ในระบบอินทราเน็ตสำนักงานศาลปกครอง



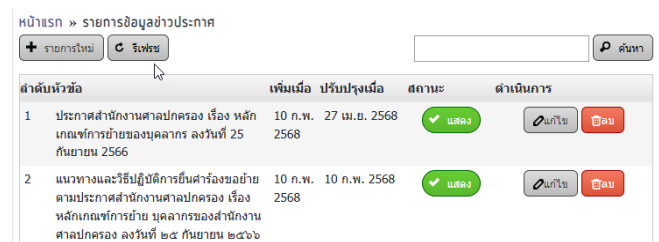
รูปที่ 5 หน้าจอแรกของระบบการยื่นคำร้องขอย้าย

##### 5.2 ระบบข่าวประชาสัมพันธ์

ระบบข่าวประชาสัมพันธ์จะเป็นช่องทางสื่อสารระหว่างฝ่ายบุคคลกับผู้ใช้ สำหรับแจ้งข่าวสารหรือกำหนดการต่าง ๆ โดยฝั่งผู้ใช้งานมีหน้าสำหรับดูข่าวสารตามรูปที่ 6 และฝ่ายบุคคลจะมีหน้าจอสำหรับเพิ่มข่าวสารตามรูปที่ 7



รูปที่ 6 ระบบข่าวประชาสัมพันธ์ฝั่งผู้ใช้งาน



รูปที่ 7 ระบบข่าวประชาสัมพันธ์ฝั่งฝ่ายบุคคลผู้เผยแพร่

##### 5.3 ระบบการยื่นคำร้องขอย้าย

###### 5.3.1 เริ่มต้นใช้งาน

ผู้ใช้งานคลิกที่เมนู ยื่นคำร้องขอย้ายจากแถบเมนู จะปรากฏหน้าจอ ดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นหน้ารายการ ข้อมูลคำร้องขอย้ายกรณีที่เคยยื่นไปก่อนหน้า จะปรากฏในหน้านี้ กรณีผู้ใช้งานไม่เคยยื่นจะแสดง ไม่มีข้อมูล เมื่อต้องการ

## สร้างคำร้องใหม่ ให้คลิกที่ เพิ่มคำร้องขอย้าย

ยื่นคำร้องขอย้ายประจำปี

| ลำดับ | ข้อมูลยื่นคำร้องขอย้าย                                                                                 | วันที่ส่ง    | ดำเนินการ    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|
| 1.    | แบบคำร้องขอย้าย ลำดับที่ 18 ณ.ม. 2568<br>ส่งให้ฝ่ายบริหารงานบุคคลสำนักงานเขตหนองจอกวันที่ 21 ณ.ม. 2568 | 18 ณ.ม. 2568 | ดูเอกสาร PDF |
| 2.    | [แจ้ง]แบบคำร้องขอย้าย ลำดับที่ 19 ณ.ม. 2568                                                            | 19 ณ.ม. 2568 | แก้ไข ยก     |

รูปที่ 8 หน้ารายการของการยื่นคำร้องขอย้าย

### 5.2.2 ยอมรับคำแนะนำ

เมื่อกดสร้างคำร้องใหม่ จะปรากฏหน้าจอคำแนะนำ โดยผู้ใช้งานต้องยอมรับคำแนะนำเพื่อเป็นการยืนยันว่าได้รับทราบข้อมูลแล้ว และหากประสงค์ให้ระบบเชื่อมโยงภาพประจำตัวจากระบบ สมุดโทรศัพท์อิเล็กทรอนิกส์ สามารถทำเครื่องหมายในช่องสุดท้าย ในรูปที่ 9 จากนั้นให้คลิกสร้างคำร้องขอย้าย

#### โปรดอ่านคำแนะนำในการยื่นคำร้องขอย้าย

1. ผู้ที่มีความประสงค์ขอย้าย ให้เขียนรายละเอียดในคำร้องขอย้ายโดยกรอกข้อมูลให้ชัดเจน และครบถ้วนตามความเป็นจริง โดยยื่นคำร้องขอย้ายผ่านผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้น
2. ผู้ยื่นคำร้องขอย้าย ที่ปัจจุบันสำนักงานมีคำสั่งให้ปฏิบัติหน้าที่ ให้ยื่นคำร้องขอย้ายต่อผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นในหน่วยงานที่ปฏิบัติหน้าที่นั้น
3. กรณีผู้ยื่นคำร้องขอย้ายมีความประสงค์ยกเลิกคำร้องขอย้าย ให้ยกเลิกคำร้องขอย้ายโดยเสนอผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นและสำนักงานบริหารงานบุคคลสำนักงานศาลปกครองก่อนการพิจารณาคำร้องขอย้ายจะเสร็จสิ้น

- ☐ ข้าพเจ้าขอรับรองว่าจะปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ที่สำนักงานศาลปกครองกำหนด และรับทราบคำแนะนำข้างต้นแล้ว
- ☐ ข้าพเจ้าทราบดีว่าหากได้รับการพิจารณาให้ย้ายตามคำร้องขอแล้ว ข้าพเจ้าไม่มีสิทธิเพิกถอนคำขอย้ายตามระเบียบคณะกรรมการข้าราชการฝ่ายศาลปกครอง ว่าด้วยค่าเข้าบ้านข้าราชการฝ่ายศาลปกครอง พ.ศ. 2545 และที่แก้ไขเพิ่มเติมหรือที่กำหนดไว้แล้วหรือจะได้อำนาจต่อไป
- ☐ ข้าพเจ้ายินดีให้เชื่อมโยงข้อมูลรูปภาพประจำตัวจากระบบ e-Phonebook (ถ้ามี) เพื่อความสะดวกในการกรอกข้อมูลในแบบฟอร์มคำร้องขอย้าย

สร้างคำร้องขอย้าย

รูปที่ 9 หน้าจอให้ผู้ผู้ใช้งานยอมรับคำแนะนำ

### 5.2.3 ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

หลังจากผู้ใช้งานยอมรับคำแนะนำแล้วจะมายังหน้ากรอกคำร้องขอย้าย ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว ขั้นตอนที่ 2 ข้อมูลการปฏิบัติราชการ ขั้นตอนที่ 3 ความประสงค์ขอย้าย และขั้นตอนที่ 4 ข้อมูลสรุป โดยในแต่ละขั้นตอนจะแบ่งหน้าจอเป็น 2 คอลัมน์ โดยคอลัมน์ซ้ายแสดงข้อมูลที่ดึงมาจากฐานข้อมูลงานบุคคลที่อยู่ในหมวดของข้อมูลส่วนตัว ส่วนคอลัมน์ด้านขวาคือข้อมูลที่ผู้ใช้งานกรอกเพิ่ม ได้แก่ ภาพประจำตัว ภูมิลำเนา หมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ปัจจุบัน สถานภาพการสมรส ข้อมูลคู่สมรส(กรณีสมรส) และข้อมูลบุตร โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูลให้ครบทุกช่อง เมื่อกรอกครบแล้วสามารถไปยังขั้นตอนถัดไปได้ หรือหากยังไม่ต้องการไปหน้าถัดไป สามารถบันทึกไว้เป็นฉบับร่างได้ ดังรูปที่ 10

รูปที่ 10 หน้าจอขั้นตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

### 5.2.4 ขั้นตอนที่ 2 ข้อมูลการปฏิบัติราชการ

ในขั้นตอนนี้ระบบก็จะแสดง 2 คอลัมน์เช่นเดียวกับข้อ 5.2.3 โดยข้อมูลที่ผู้ใช้งานกรอกได้แก่ ข้อมูลการปฏิบัติหน้าที่ ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์การย้ายที่ระบุว่า กรณีผู้ยื่นคำร้องขอย้ายที่ปัจจุบันสำนักงานมีคำสั่งให้ปฏิบัติหน้าที่ให้ยื่นคำร้องขอย้ายต่อผู้บังคับบัญชาตามลำดับชั้นในหน่วยงานที่ปฏิบัติหน้าที่นั้น ซึ่งระบบจะต้องเก็บข้อมูลเพื่อดีงโครงสร้างผู้บังคับบัญชาที่ถูกต้องในขั้นตอนที่ 3 ได้ จากนั้นให้กรอกลักษณะการปฏิบัติงาน และความถนัดในงาน ดังรูปที่ 11

ยื่นคำร้องขอย้ายประจำปี

รูปที่ 11 หน้าจอขั้นตอนที่ 2 ข้อมูลการปฏิบัติราชการ

### 5.2.5 ขั้นตอนที่ 3 ความประสงค์ขอย้าย

สำหรับขั้นตอนที่ 3 จะขออธิบายเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 คือข้อมูลความประสงค์ขอย้าย ประกอบด้วย หน่วยงานที่ต้องการย้าย เหตุผลที่ย้าย เอกสารประกอบ ประวัติการขอย้าย ตัวเลือกกรณีไม่ได้รับการย้าย และประโยชน์ที่หน่วยงานจะได้รับ ดังรูปที่ 12 และส่วนที่ 2 คือข้อมูลผู้บังคับบัญชา ให้ผู้ใช้งานผู้บังคับบัญชาที่จะเป็นผู้ให้ความเห็นประกอบคำร้องขอย้าย โดย ระบบจะแสดงอัตโนมัติตามโครงสร้างให้ แต่อาจมีผู้บังคับบัญชาบางท่านที่สังกัดไม่ตรงตามโครงสร้าง ให้ผู้ใช้เลือกตัวเลือกเปิดตัวเลือกกรณีระบบแสดงชื่อไม่ตรง ระบบจะเปิด dropdown ให้ผู้ใช้ระบุบุคคลที่ทำหน้าที่เป็นผู้บังคับบัญชา ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 ขั้นตอนที่ 3 ในส่วนความประสงค์ขอย้าย



รูปที่ 13 ขั้นตอนที่ 3 ในส่วนเลือกผู้บังคับบัญชา

#### 5.2.6 ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบข้อมูลและเสนอแบบฟอร์ม

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะสรุปข้อมูลทั้งหมดของผู้ใช้ได้ กรอกมาทั้ง 3 ขั้นตอน ให้ผู้ใช้ตรวจทานข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอ และหากถูกต้องให้กดเสนอแบบฟอร์ม และหากไม่ถูกต้องสามารถคลิกที่หมายเลขขั้นตอนเพื่อกลับไปแก้ไขได้ ดังรูปที่ 14

รูปที่ 14 ขั้นตอนที่ 4 ข้อมูลสรุปและการเสนอแบบฟอร์ม

#### 5.4 ระบบการให้ความเห็นของผู้บังคับบัญชา

ผู้บังคับบัญชาเข้าสู่ระบบและที่แถบเมนูจะปรากฏเมนู ให้ความเห็นประกอบคำร้องขอย้าย และบอลลูนแจ้งเตือนจำนวนแบบฟอร์มที่รอให้ความเห็น ดังรูปที่ 15 และเมื่อคลิกที่ปุ่ม ให้ความเห็นจะแสดงกล่องบันทึกความเห็นดังรูปที่ 16



รูปที่ 15 แถบเมนูภายใต้สิทธิ์ผู้บังคับบัญชา

รูปที่ 16 กล่องข้อความบันทึกความเห็นประกอบคำร้องขอย้าย

ผู้บังคับบัญชาจะให้ความเห็นตามลำดับชั้น เมื่อผู้บังคับบัญชานบันทึกความเห็นเรียบร้อยแล้ว ระบบก็จะส่งต่อไปยังผู้บังคับบัญชาลำดับถัดไป เพื่อให้ความเห็นจนครบ และเมื่อผู้บังคับบัญชานสุดท้ายให้ความเห็นเรียบร้อยแล้ว หลังจากบันทึกระบบจะส่งให้ฝ่ายบุคคลทันที

#### 5.5 ระบบรายงานคำร้องในสังกัด

ระบบนี้จะเป็นสิทธิ์การใช้งานของธุรการสำนัก และผู้บังคับบัญชา โดยระบบจะแสดงข้อมูลรายการการยื่นคำร้องของบุคลากรในสังกัด โดยแสดงให้ทราบว่ามีใครยื่นคำร้องมาบ้าง และมีความก้าวหน้าอยู่ในขั้นตอนใด ดังรูปที่ 17

| ลำดับ | ข้อมูลการยื่นคำร้องขอย้าย         | วันที่ส่งแบบ  | ดำเนินการ  |
|-------|-----------------------------------|---------------|------------|
| 1.    | นาย ส่งให้สำนักบริหารงานบุคคลแล้ว | 21 เม.ย. 2568 | ดูแบบฟอร์ม |
| 2.    | นาย ส่งให้สำนักบริหารงานบุคคลแล้ว | 27 เม.ย. 2568 | ดูแบบฟอร์ม |
| 3.    | นาย ส่งให้สำนักบริหารงานบุคคลแล้ว | 9 พ.ค. 2568   | ดูแบบฟอร์ม |
| 4.    | นาย                               | -             | ดูแบบฟอร์ม |
| 5.    | นายสาว                            | -             | ดูแบบฟอร์ม |

รูปที่ 17 รายงานการยื่นคำร้องของบุคลากรในสังกัด

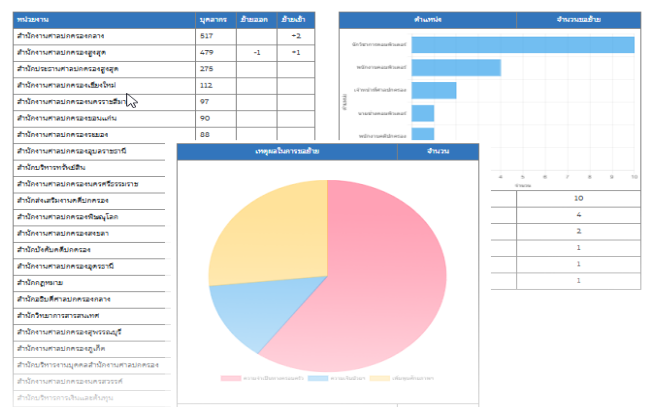
#### 5.6 ระบบรายงานความประสงค์ขอย้าย

รายงานความประสงค์ขอย้ายนี้จะเป็นสิทธิ์การใช้งานของฝ่ายบุคคล เพื่อที่จะประมวลผลภาพรวมแบบคำร้องทั้งหมด และมีเครื่องมือในการกรองการแสดงผล เช่น กรองตามหน่วยงาน หรือกรองตามตำแหน่ง และมีการส่งออกในรูปแบบ excel ดังรูปที่ 18

รูปที่ 18 รายงานการแสดงความประสงค์ขอย้าย

#### 5.7 ระบบ Dashboard

ระบบนี้จะเป็นหน้าสรุปรายงานเชิงสถิติสำหรับฝ่ายบุคคล เพื่อใช้ในการประเมินในมิติต่าง ๆ โดยมีการแสดงในรูปแบบตารางสรุปการย้ายเข้า-ออก กราฟสรุปปริมาณบุคคลที่ยื่นคำร้องรายตำแหน่ง และอื่น ๆ ดังภาพที่ 19



รูปที่ 19 ระบบ Dashboard

#### 6. ผลการวิจัย

การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจงจำนวน 9 คน โดยแบ่งเป็นบุคลากรทั่วไป 3 คน ผู้บังคับบัญชา 2 คน ธุรการสำนัก 2 คน และฝ่ายบุคคล 2 คน

วัดระดับการทดสอบประเมินแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลผลดังนี้

ตารางที่ 1. เกณฑ์การแปลผลคะแนน

| เชิงคุณภาพ | เชิงปริมาณ  | ความหมาย               |
|------------|-------------|------------------------|
| มากที่สุด  | 4.51 – 5.00 | พึงพอใจระดับมากที่สุด  |
| มาก        | 3.51 – 4.50 | พึงพอใจระดับมาก        |
| ปานกลาง    | 2.51 – 3.50 | พึงพอใจระดับปานกลาง    |
| น้อย       | 1.51 – 2.50 | พึงพอใจระดับน้อย       |
| น้อยที่สุด | 1.00 – 1.50 | พึงพอใจระดับน้อยที่สุด |

ข้อคำถามในการประเมินความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 8 ข้อ ดังนี้

- ความสะดวกในการเข้าสู่ระบบด้วยแบนเนอร์ในอินเทอร์เน็ต และเข้าถึงหน้าจอต่าง ๆ ผ่านเมนูหลัก
- ความถูกต้องและความเหมาะสมของการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบอื่น ๆ เพื่อลดขั้นตอนการกรอก
- ความครบถ้วนและความชัดเจนของข้อมูลในแบบฟอร์มคำร้อง แบบฟอร์มให้ความเห็น และแบบฟอร์มกรอกข้อมูลรายงาน ระบบ Dashboard รวมถึงคำอธิบายและข้อความแจ้งเตือน
- กระบวนการปริ๊นข้อมูลแบบฟอร์มคำร้อง ข้อมูลรายงาน แสดงผลได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน
- ระบบมีความเข้าใจง่าย สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องอาศัยการเรียนรู้หรือศึกษาเป็นการเฉพาะ
- ระบบมีความปลอดภัยเนื่องจากทำงานบนเครือข่ายภายในของหน่วยงาน
- ความเหมาะสมของการออกแบบระบบ (โครงสร้างหน้าจอ องค์ประกอบ สี และรูปแบบข้อความ)
- ความพึงพอใจโดยรวมในการใช้งานระบบ

จากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบการยื่นคำร้อง ขอย้ายของสำนักงานศาลปกครองแล้วได้ผลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 ผลการประเมินการใช้งานโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ พึงพอใจในระดับมากที่สุด รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบการยื่นคำร้องขอย้าย

| รายการประเมิน                                                                                                                                         | $\bar{x}$ | S.D. | การแปลผล  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------|
| 1) ความสะดวกในการเข้าสู่ระบบด้วยแบนเนอร์ในอินเทอร์เน็ต และเข้าถึงหน้าจอต่าง ๆ ผ่านเมนูหลัก                                                            | 4.89      | 0.33 | มากที่สุด |
| 2) ความถูกต้องและความเหมาะสมของการเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบอื่น ๆ เพื่อลดขั้นตอนการกรอก                                                                  | 4.89      | 0.34 | มากที่สุด |
| 3) ความครบถ้วนและความชัดเจนของข้อมูลในแบบฟอร์มคำร้อง แบบฟอร์มให้ความเห็น แบบฟอร์มกรอกข้อมูลรายงาน และระบบ Dashboard รวมถึงคำอธิบายและข้อความแจ้งเตือน | 4.56      | 0.53 | มากที่สุด |
| 4) กระบวนการปริ๊นข้อมูลแบบฟอร์มคำร้อง ข้อมูลรายงาน แสดงผลได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน                                                                      | 4.67      | 0.50 | มากที่สุด |

| รายการประเมิน                                                                          | $\bar{x}$ | S.D. | การแปลผล  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------|
| 5) ระบบมีความเข้าใจง่าย สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องอาศัยการเรียนรู้หรือศึกษาเป็นการเฉพาะ | 4.44      | 0.53 | มากที่สุด |
| 6) ระบบมีความปลอดภัยเนื่องจากทำงานบนเครือข่ายภายในของหน่วยงาน                          | 4.56      | 0.53 | มากที่สุด |
| 7) ความเหมาะสมของการออกแบบระบบ (โครงสร้างหน้าจอ องค์ประกอบ สี และรูปแบบข้อความ)        | 4.44      | 0.53 | มากที่สุด |
| 8) ความพึงพอใจโดยรวมในการใช้งานระบบ                                                    | 4.67      | 0.50 | มากที่สุด |
| สรุปผลการประเมินความพึงพอใจ                                                            | 4.64      | 0.47 | มากที่สุด |

## 7. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

### 7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และออกแบบระบบการยื่นคำร้อง ขอย้ายของสำนักงานศาลปกครอง และพัฒนาระบบในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์แทนการใช้แบบฟอร์มกระดาษ เพื่อช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงาน ประหยัดเวลา และเพิ่มความสะดวกในการจัดเก็บและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานจากกลุ่มตัวอย่างที่มีการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ( $\bar{X}=4.67$ , S.D.=0.47) แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและช่วยลดภาระงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามยังพบข้อจำกัดบางประการ เช่น ผู้ใช้บางส่วนยังยึดติดกับรูปแบบการทำงานแบบเดิมที่ต้องมีแบบฟอร์มในลักษณะเอกสารกระดาษ แม้จะอยู่ในรูปแบบ PDF ออนไลน์แล้วก็ตาม รวมถึงความต้องการการลงลายมือชื่อบนเอกสารดิจิทัล ทั้งนี้ ผู้วิจัยเชื่อว่าหากมีการนำระบบไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง บุคลากรจะสามารถปรับตัวและลดการพึ่งพากระบวนการทำงานแบบเดิมลงได้ ส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในอนาคต

### 7.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบที่เฉพาะเจาะจง คือกระบวนการขอย้าย หากมีการต่อยอดการวิจัยในอนาคตไปยังมิติอื่น เช่น ระบบจัดส่งเอกสาร อิเล็กทรอนิกส์ ระบบขอข้อมูลข่าวสารของราชการ หรือด้านอื่น ๆ ย่อมทำให้ได้ผลลัพธ์ที่หลากหลายและสนับสนุนการเปลี่ยนผ่านสู่การเป็นองค์กรดิจิทัลได้อย่างยั่งยืน

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีโดยได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วราพร จิระพันธุ์ทอง ที่ได้สละเวลาคอยให้คำปรึกษาแนะนำ ตรวจทาน และสนับสนุนตลอดการศึกษา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณแหล่งข้อมูลและเอกสารอ้างอิงตามที่กล่าวไว้ในบรรณานุกรม ที่ช่วยให้งานวิจัยประสบความสำเร็จประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบให้ทุกท่านที่มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ภูวนัย แสงพล, "การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อการสนับสนุนการสืบสวนสอบสวนคดีพิเศษ" สารนิพนธ์ วท.บ. (วิศวกรรมเว็บและการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์พกพา), มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ, 2566.
- [2] รติยากร ไทยพันธ์ และคณะ, "เว็บแอปพลิเคชันการจัดการหลักสูตร: กรณีศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช" วารสารวิชาการนวัตกรรมเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 2, ฉบับที่ 1, น. 1-11, มกราคม - เมษายน 2567.
- [3] สมิตดา จันทร์ข้า และคณะ, "การพัฒนาระบบยื่นคำร้องออนไลน์ สำนักมาตรฐานวิชาการและทะเบียน มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ" Journal of Modern Learning Development, ปีที่ 9, ฉบับที่ 5, น. 63-75, พฤษภาคม 2567.
- [4] ภาณุชญา มณีวรรณ, "การพัฒนาระบบขออนุมัติเดินทางไปปฏิบัติงานโดยไม่ถือเป็นวันลา เวอร์ชัน 3 กรณีศึกษา คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์" วารสารวิทยาศาสตร์ มข, ปีที่ 52, ฉบับที่ 3, น. 272-288, กันยายน - ธันวาคม 2567.
- [5] จามร รักประเสริฐสุข และคณะ, "ความแตกต่างระหว่างลายมือชื่ออิเล็กทรอนิกส์และลายมือชื่อดิจิทัล" วารสารกฎหมายและสังคมรังสิต, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, น. 15-30, มกราคม - เมษายน 2566.
- [6] ณัฐริการ์ รุกิจเจริญ, "การออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศของบุคลากร" วารสารวิทยาการจัดการปริทัศน์, ปีที่ 27, ฉบับที่ 2, น. 25-40, พฤษภาคม - สิงหาคม 2568.
- [7] วีรวัฒน์ เสนะโท, "การพัฒนาระบบกระแสนดิจิทัลเพื่อติดตามความก้าวหน้าการขออนุมัติโครงการตามแผนปฏิบัติราชการ กรณีศึกษา: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี" PRBU Science Journal, ปีที่ 18, ฉบับที่ 2, น. 44-61, กรกฎาคม - ธันวาคม 2564.
- [8] W. Jirapanthong, "Toward traceability model between ISO/IEC 29110 artefacts and agile process", SEHS, vol. 17, p. 23040006, Dec. 2023.

# มาตรการเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ สำหรับระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็ก

## Cybersecurity Enhancement Measures for Website Systems of Small Organizations

ศุภฤกษ์ ภัทรรัชต์ภาคย์  
Supparerk Phudtararutchapark  
คณะสถิติประยุกต์ (GSAS)  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
Graduate School of Applied Statistics  
National Institute of Development Administration  
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย  
Bangkok Thailand  
supparerkph@gmail.com

ปราโมทย์ กัวเจริญ  
Pramote Kuacharoen  
คณะสถิติประยุกต์ (GSAS)  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
Graduate School of Applied Statistics  
National Institute of Development Administration  
กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย  
Bangkok Thailand  
pramote@as.nida.ac.th

**บทคัดย่อ** — เว็บไซต์เป็นเครื่องมือสำคัญในการเผยแพร่ข้อมูลสาธารณะ โดยเฉพาะหน่วยงานภาครัฐที่ต้องจัดทำเว็บไซต์ตามข้อกำหนดการตรวจประเมินความโปร่งใส ITA อย่างไรก็ตาม หลายหน่วยงานขาดความพร้อมด้านเทคโนโลยี ความมั่นคงปลอดภัย และงบประมาณ ทำให้ตกเป็นเป้าหมายของการโจมตีและยึดครองเว็บไซต์เพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมที่ผิดกฎหมาย

งานวิจัยนี้นำเสนอมาตรการเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์สำหรับเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็ก ใช้การวิจัยเชิงคุณภาพโดยการศึกษาเอกสาร (Documentary Research) และคัดเลือกแนวปฏิบัติที่ดีจากมาตรฐานสากล เช่น มาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐ, NIST Cybersecurity Framework และ ISO/IEC 27001 ใช้การออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ Single-node Multi-layer Defense ติดตั้ง Security Patch Update, ทำ Configuration Hardening, คัดเลือกซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์สที่จำเป็นสำหรับควบคุม ตรวจสอบ และป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์ เพิ่มระบบป้องกันการโจมตีเว็บไซต์ Web Application Firewall (WAF) และใช้ Automation ผ่าน Ansible ในการทำ Centralized Management ทำให้สามารถดำเนินการบนงบประมาณจำกัด แต่มีประสิทธิภาพสูง ต่อยอดการบริหารจัดการแบบรวมศูนย์ ลดความเสี่ยง ยกระดับความมั่นคงปลอดภัย และเสริมสร้างความน่าเชื่อถือของหน่วยงานภาครัฐ

**คำสำคัญ** — ความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์, เว็บไซต์แอปพลิเคชันไฟร์วอลล์, ระบบอัตโนมัติ, หน่วยงานภาครัฐ, การโจมตีเว็บไซต์

**ABSTRACT** — Websites are essential tools for disseminating public information, especially for government agencies that are required to maintain official websites under the Integrity and Transparency Assessment (ITA) regulations. However, many agencies lack sufficient technological readiness, cybersecurity measures, and budgetary resources, making them vulnerable to cyberattacks and website takeovers for illicit purposes.

*This research proposes cybersecurity enhancement measures for websites of small-scale public sector organizations. A qualitative research methodology was adopted, using documentary research to identify best practices from international standards such as the Government Website Standard, the NIST Cybersecurity Framework, and ISO/IEC 27001. The proposed solution features Single-node Multi-layer Defense architecture, incorporating security patch updates, configuration hardening, and the selection of essential open-source software for monitoring, detection, and prevention of cyber threats. The system includes a Web Application Firewall (WAF) and centralized management through automation using Ansible.*

*The approach is designed to be cost-effective while delivering high security performance. It helps reduce cyber risks, enhances website security posture, and increases the credibility of public sector organizations.*

**Keywords** — Cybersecurity, Web Application Firewall (WAF), Automation System, Government Agencies, Website Attacks

### 1. บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนบริการสาธารณะและการบริหารจัดการภาครัฐ เว็บไซต์เป็นหนึ่งในช่องทางหลักสำหรับเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและให้บริการออนไลน์แก่ประชาชน ข้อมูลอ้างอิงจากรายงานของสำนักงานสถิติแห่งชาติ เรื่อง การสำรวจการมี การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2567 (ไตรมาส 3) ระบุว่า ผลสำรวจประชาชนอายุ 6 ปี ขึ้นไป ประมาณ 66 ล้านคน มีผู้ใช้ อินเทอร์เน็ตมากถึงร้อยละ 89.7 [1] และสำนักงานคณะกรรมการป้องกัน และปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ (ปปช.) ซึ่งมีอำนาจหน้าที่เสริมสร้างความโปร่งใสในการปฏิบัติราชการ ได้กำหนดให้หน่วยงานภาครัฐต้อง

จัดทำเว็บไซต์เพื่อการเปิดเผยข้อมูลการปฏิบัติงานต่อสาธารณะ [2] ส่งผลให้หน่วยงานขนาดเล็กที่มีอัตราค่าจ้างบุคลากร กระบวนการควบคุม การตรวจสอบ และงบประมาณจำกัด เช่น สถานีตำรวจ และองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) จำเป็นต้องจัดทำเว็บไซต์ตามข้อกำหนด ทำให้ขาดอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น Network Firewall [3], Web Application Firewall (WAF), Vulnerability Scanner and Penetration Testing Tools เนื่องจากที่มีราคาสูง และขาดกระบวนการด้านความปลอดภัยและการเฝ้าระวังภัยทางไซเบอร์ ขาดการบริหารจัดการแบบรวมศูนย์ ส่งผลให้ระบบเว็บไซต์ตกเป็นเป้าหมายการโจมตีทางไซเบอร์ ถูกยึดครองเว็บไซต์เพื่อฝังลิงก์เปลี่ยนเส้นทาง การเปลี่ยนแปลงหน้าเว็บไซต์ เว็บไซต์พ่นออนไลน์โซเชียลมีเดีย ภาครัฐในการทำ Search Engine Optimization หรือแอปใช้ทรัพยากรทำเหมือง Cryptocurrency

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเพื่อคัดเลือกมาตรการยกระดับความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ที่เหมาะสมสำหรับระบบเว็บไซต์ไม่ให้ถูกโจมตีและยึดครองจากผู้ไม่ประสงค์ดี รวมถึงศึกษาหาแนวทางการพัฒนาต่อยอดเพื่อสนับสนุนให้การบริหารจัดการระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็กแบบรวมศูนย์สามารถกระทำได้อย่างง่าย ลดภาระของเจ้าหน้าที่ทั้งส่วนกลางและส่วนท้องถิ่น เพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลระบบรักษาความมั่นคงปลอดภัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงกับระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็กในประเทศไทย

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) เพื่อพัฒนามาตรการเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็กในประเทศไทย เน้นการแก้ปัญหาจากข้อจำกัดของหน่วยงาน ความเชี่ยวชาญของบุคลากร และงบประมาณของหน่วยงานขนาดเล็กระดับท้องถิ่น (2) เพื่อออกแบบสถาปัตยกรรมและระบบรักษาความมั่นคงปลอดภัยเว็บไซต์บนเครื่องแม่ข่ายเดี่ยว (Single-node) เพื่อให้หน่วยงานขนาดเล็กดำเนินการได้เอง (3) เพื่อคัดเลือกมาตรการและมาตรฐานทางเทคนิคขั้นต่ำ เช่น มาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐ เวอร์ชัน 3 ของสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล [4], NIST Cybersecurity Framework [5], ISO/IEC 27001: 2022 [6], OWASP Top Ten [7] มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของหน่วยงานภาครัฐขนาดเล็กของประเทศไทย (4) เพื่อคัดเลือกซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สของระบบเว็บไซต์และระบบรักษาความมั่นคงปลอดภัยสำหรับเว็บไซต์ ให้ติดตั้งและทำงานร่วมกันอยู่บนเครื่องแม่ข่ายเดี่ยว ทำงานเป็นระบบป้องกันภัยคุกคามหลายชั้น (Layer of Defense) รวมถึงมาตรการที่จำเป็นอื่น เช่น Network Firewall, Brute force protection, Web Application Firewall (WAF) และ Log rotate เป็นต้น โดยให้ครอบคลุมทั้งด้านการป้องกัน ตรวจสอบ และตอบสนองต่อการโจมตี (5) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์แบบ Unit test โดยใช้เครื่องมือ Tenable Nessus Vulnerability Scanner [8] ในการตรวจสอบช่องโหว่ในระบบ พร้อมทำ WAF Integration test บนสภาพแวดล้อมจริงเป็นเวลา 30 วันเพื่อวิเคราะห์การโจมตีที่ WAF ตรวจพบและป้องกันได้ (6) เพื่อศึกษาและนำระบบ Automation มาบริหารจัดการแบบอัตโนมัติและรวมศูนย์ ทำให้เจ้าหน้าที่ส่วนกลางสามารถติดตั้งระบบเว็บไซต์และปรับตั้งค่าให้ทำงานอย่างถูกต้องและมั่นคงปลอดภัย เป็น

แนวทางสนับสนุนเพื่อให้เกิดการบริหารจัดการระบบเว็บไซต์จากส่วนกลาง เป็นการลดภาระของบุคลากรในพื้นที่ และเพิ่มความรวดเร็วในการทำงานในภาพรวม

งานวิจัยนี้มีการทบทวนวรรณกรรมและกรอบมาตรฐานด้านความมั่นคงปลอดภัย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบมาตรการที่จำเป็นดังนี้ (1) NIST Cybersecurity Framework (NIST CSF) มีการกำหนดการจัดการความมั่นคงปลอดภัย 6 ส่วน คือ Govern, Identify, Protect, Detect, Respond และ Recover โดยงานวิจัยนี้ใช้แนวคิดในเชิงโครงสร้างเพื่อจัดหมวดหมู่ของมาตรการ เช่น การศึกษาองค์ประกอบของระบบเว็บไซต์และการโจมตีที่อาจเกิดขึ้น (Identify) การใช้ WAF (Detect + Respond) (2) OWASP Top Ten เป็นการจับกลุ่มช่องโหว่ด้านความปลอดภัยเว็บไซต์ที่พบบ่อย ใช้เป็นแนวทางการออกแบบเพื่อป้องกันการโจมตี และเป็นหัวข้อการทดสอบ WAF เช่น Injection, Broken Authentication, Security Misconfiguration และ Cross-site Scripting (XSS) (3) มาตรฐาน ISO/IEC 27001 เป็นกรอบแนวทางพัฒนาระบบบริหารจัดการความมั่นคงปลอดภัยของข้อมูล (ISMS) โดยเลือกใช้เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมทางเทคนิค เช่น การควบคุมการเข้าถึง (Access Control) และการจัดการช่องโหว่ (Vulnerability Management) เพื่อป้องกันการโจมตี เช่น Fail2ban, การไม่ให้ root login โดยตรง, และกำหนดนโยบายรหัสผ่าน (4) มาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐของสำนักงาน DGA เป็นมาตรฐานที่หน่วยงานรัฐใช้เป็นแนวทางในการจัดทำเว็บไซต์ เช่น การจัดหมวดหมู่เนื้อหา การป้องกันการบุกรุก และการแจ้งเตือนความผิดปกติ งานวิจัยจึงนำแนวทางเหล่านี้มาบูรณาการผ่านเครื่องมือโอเพนซอร์สที่ติดตั้งบนเครื่องแม่ข่ายเครื่องเดียว และควบคุมจากศูนย์กลางโดยไม่ต้องพึ่งระบบเซิร์ฟเวอร์ ทำให้ระบบต้นแบบนี้มีความมั่นคงปลอดภัยและสนับสนุนการบริหารจัดการแบบรวมศูนย์ ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณ

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ใช้วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพโดยศึกษาเอกสาร (Documentary Research) จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อรวบรวมแนวปฏิบัติที่ดีจากกรอบการทำงานและมาตรฐานด้านความมั่นคงปลอดภัยทั้งของประเทศไทย และในระดับสากล ได้แก่ มาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐ เวอร์ชัน 3 ของสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล, NIST Cybersecurity Framework และ ISO/IEC 27001: 2022, และ OWASP Top Ten นำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบต้นแบบที่เหมาะสมกับบริบทของหน่วยงานขนาดเล็กในประเทศไทย เน้นการบริหารความเสี่ยง การติดตามและแก้ไขช่องโหว่ในระบบเว็บไซต์ การจำแนกประเภทของภัยคุกคาม และการวางแผนงานในการตรวจจับ ตอบสนอง และฟื้นฟูระบบภายใต้ข้อจำกัดของหน่วยงานภาครัฐระดับท้องถิ่น

กระบวนการออกแบบระบบเริ่มจากการศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นในระบบเว็บไซต์ (Identify) การคัดเลือกซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สสำหรับการทำหน้าที่ในแต่ละองค์ประกอบ ศึกษาการโจมตีที่อาจเกิดขึ้นพร้อมหาแนวทางการตรวจจับ (Protect) ป้องกัน (Detect) และตอบสนอง (Response) เพื่อรับมือการโจมตีเหล่านั้น และเพื่อให้สอดคล้องกับงบประมาณที่จำกัด จึงกำหนดให้ส่วนประกอบทั้งหมดทำงานด้วยซอฟต์แวร์แบบโอเพนซอร์ส



ที่มีประสิทธิภาพสูง และมีเสถียรภาพในการทำงาน ได้รับการยอมรับโดยชุมชนผู้ใช้โอเพนซอร์ส (Opensource Software Community) และเป็นที่ยอมรับจากชุมชนด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ (Cybersecurity Community)

เพื่อให้นำไปปฏิบัติได้จริง ผู้วิจัยคัดเลือกหัวข้อการกำหนดค่า Security Configuration Guideline เท่าที่จำเป็นโดยอ้างอิงจาก CIS Benchmark [9] และ OWASP Secure Configuration ใช้กำหนดการตั้งค่าระบบเว็บไซต์เพื่อเสริมสร้างความปลอดภัย เช่น การปิดช่องโหว่ในระบบ ปิดบริการและพอร์ตบนเครือข่ายที่ไม่จำเป็น การลด Attack Surface [10] การจำกัดสิทธิ์การเข้าถึง การตั้งค่านโยบายรหัสผ่านและการเข้าถึงทางไกล การตั้งค่า HTTP Security Headers และออกแบบแนวทางการบริหารจัดการต่าง ๆ แบบรวมศูนย์และทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation) โดยใช้เทคนิคการจัดการแบบ Idempotent [11] ที่สามารถเรียกใช้ซ้ำได้โดยไม่ทำให้ระบบเกิดความผิดพลาด เหมาะสมกับบริบทการดูแลระบบจำนวนมากจากหน่วยงานส่วนกลาง และสุดท้ายเป็นการประเมินประสิทธิภาพระบบต้นแบบ 2 ด้าน คือ (1) การตรวจสอบช่องโหว่โดยใช้เครื่องมือ Tenable Nessus Vulnerability Scanner ทำการตรวจสอบก่อนและหลังการดำเนินการที่กำหนดเพื่อเปรียบเทียบจำนวนช่องโหว่ (Vulnerability) และความรุนแรง (Severity) ที่เปลี่ยนแปลงไป (2) วิเคราะห์ความสามารถตรวจจับและป้องกันช่องโหว่ผ่านการโจมตีผ่านอินเทอร์เน็ตผ่าน HTTP protocol จาก logs ของ WAF บนเว็บไซต์ที่ใช้งานจริงในระยะเวลา 30 วัน

#### 4. ผลการวิจัย

องค์ประกอบของระบบเว็บไซต์ที่ใช้ในหน่วยงานขนาดเล็ก มีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 4 ส่วน คือ (1) ระบบปฏิบัติการของเครื่องแม่ข่าย เช่น Linux OS (2) Web Server เช่น Apache HTTP (3) ระบบ Content Management System (CMS) เช่น WordPress และ (4) ระบบฐานข้อมูล เช่น MySQL โดยองค์ประกอบทั้งหมดนี้ถูกติดตั้งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเสมือน (Virtual Machine) เพียงเครื่องเดียว มีการโจมตีที่อาจเกิดขึ้นกับระบบดังนี้ (1) การโจมตีระบบปฏิบัติการ (OS Attack) เช่น การโจมตี Brute Force Password Attack เพื่อทำ Remote Access logon ผ่านบริการ Telnet หรือ SSH, การโจมตีผ่านบริการที่เข้าถึงได้บนเครือข่าย เช่น Bind DNS (2) การโจมตีผ่าน Web Server ที่ Misconfiguration ทำให้เรียกใช้งาน Directory listing เพื่อทำ Path Traversal เข้าถึงไฟล์สำคัญของระบบ เช่น /etc/passwd หรือไฟล์ที่ไม่ควรเข้าถึง เช่น phpinfo.php, และ Buffer Overflow ที่สามารถโจมตี Module ของ Apache ที่มีช่องโหว่ (3) การโจมตี Web Application (CMS + PHP) เช่น Code Injection โดยการส่งคำสั่งผ่าน HTTP Header หรือ Payload และการทำ Remote Code Execution (RCE) โดยใช้ช่องโหว่ของ CMS หรือ Plugin เพื่อรันคำสั่งบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย, Cross-Site Scripting (XSS) เพื่อหลอกผู้ใช้หรือลักข้อมูล session, File Upload Vulnerability อัปโหลด Script เพื่อควบคุมระบบ, ใช้ช่องโหว่ของ CMS หรือ Plugin ที่มีช่องโหว่ (4) การโจมตีฐานข้อมูล MySQL เช่น SQL Injection ส่งคำสั่ง SQL ผ่าน Web Application ที่เชื่อมโยงกันเพื่อดึงข้อมูลหรือควบคุมฐานข้อมูล, Default Configuration Attack ใช้รหัสผ่านเริ่มต้นหรือ user ที่ไม่ได้จำกัดสิทธิ์, Remote MySQL Access โดยการโจมตีแบบ Brute Force, Password Spray หรือ Exploitation จาก Public IP โดยตรง ผลการ

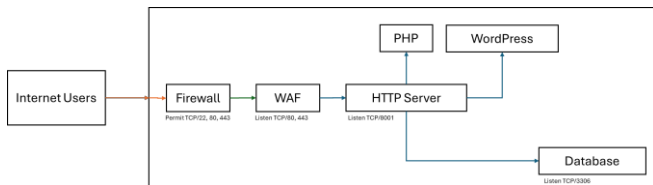
วิเคราะห์รูปแบบการโจมตีระบบเว็บไซต์ข้างต้น สามารถกำหนดแนวทางป้องกันได้ดังนี้ (1) ใช้ Network Firewall เพื่อลด Attack Surface ของระบบ ป้องกันบริการที่เปิดไว้บนเครือข่ายโดยปริยายจากการสแกนและโจมตี โดยจำกัดให้เรียกใช้เฉพาะบริการที่ตั้งใจเปิดให้เข้าถึง คือ SSH, HTTP, และ HTTPS ดังแสดงในตารางที่ 1 (2) ใช้ WAF ป้องกันการโจมตี Web Server เช่น Code / SQL Injection, XSS, การโจมตีผ่านช่องโหว่ของ CMS หรือ Plugin และป้องกันการโจมตีระบบฐานข้อมูล (3) การใช้ Fail2Ban [12] เพื่อป้องกันการโจมตีแบบ Brute Force ผ่านบริการ SSH โดย Source IP Address ที่ logon ไม่สำเร็จต่อเนื่องกัน 5 ครั้งภายในระยะเวลา 10 นาทีจะถูกแบนเป็นเวลา 10 นาที ซึ่งจะเปิดให้ login ได้อีกครั้ง (4) การตั้งค่า SSH ไม่ให้ login ด้วย root ป้องกันการ Brute Force root Password ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (5) การทำ Configuration Hardening เพื่อกำหนดนโยบายรหัสผ่านให้ซับซ้อนคาดเดาได้ยาก และทำงานควบคู่ไปกับ Fail2Ban จะทำให้การสุมทลของรหัสผ่านแทบจะเป็นไปไม่ได้เลย, Log Rotate จะดำเนินการให้ System log ถูกจัดเก็บครบถ้วนตามระยะเวลาที่กำหนด เช่น 13 สัปดาห์หรือ 91 วัน และไม่ให้ log มีขนาดใหญ่เกินกำหนด (6) การ Update Security Patch จะปิดช่องโหว่ของระบบปฏิบัติการและองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบเว็บไซต์ การดำเนินการทั้ง 6 ข้อนี้เป็นเพียงมาตรการขั้นต่ำที่จำเป็นเพื่อลดความเสี่ยงในการถูกโจมตี แต่ยังไม่ได้ปิดช่องโหว่ทั้งหมดอย่างสมบูรณ์ เช่น ระบบฐานข้อมูลยังคงมีช่องโหว่แต่ไม่สามารถโจมตีได้โดยตรง เนื่องจากการเข้าถึงบริการฐานข้อมูลจากภายนอกได้รับการป้องกันจาก Firewall แล้ว

ตารางที่ 1. IP traffic ที่ถูกควบคุมด้วย ufw / iptables Firewall

| Source | Destination | Port    | Firewall Action            |
|--------|-------------|---------|----------------------------|
| Any IP | Web IP      | TCP/22  | Permit Internet to web     |
| Any IP | Web IP      | TCP/80  | Permit Internet to web     |
| Any IP | Web IP      | TCP/443 | Permit Internet to web     |
| Any IP | Web IP      | ANY     | Implicit Deny (by default) |

การคัดเลือกซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สตามหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบจากความนิยมในการใช้งานเนื่องจากซอฟต์แวร์ที่มีจำนวนผู้ใช้งานจำนวนมากจะมีข้อมูลสนับสนุน มีการแก้ไขปัญหา และถูกตรวจพบช่องโหว่ได้มากกว่า ดังนี้ (1) Operating System เลือกใช้ Linux Ubuntu 24.04 LTS ซึ่งเป็นรุ่นล่าสุด (2) Network Firewall เลือกใช้ ufw หรือ iptables ที่มาพร้อมระบบปฏิบัติการ (3) WAF เลือกใช้ ModSecurity v3 ทำงานร่วมกับ Nginx (4) HTTP Server เลือกใช้ Nginx ซึ่งทำงานร่วมกับ ModSecurity V3 (5) ระบบ CMS เลือกใช้ WordPress ซึ่งมีผู้ใช้งานมากที่สุด (6) ระบบฐานข้อมูลใช้ MySQL ซึ่งมีสัดส่วนผู้ใช้งานมากและรองรับการทำงานร่วมกับ WordPress (7) ระบบป้องกันการโจมตีแบบ brute-force attack เลือกใช้ Fail2Ban และ (8) ระบบ Log rotate สำหรับบริหารจัดการบันทึกของระบบ (Log files) ให้หมุนเวียนอยู่ในขนาดและระยะเวลาที่เหมาะสมทั้งหมดนี้ถูกติดตั้งบนระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่งมีประสิทธิภาพสูง มีเสถียรภาพในการทำงาน และได้รับการสนับสนุนจากชุมชนผู้ใช้โอเพนซอร์สในวงกว้าง และกำหนดแนวความคิดการออกแบบสถาปัตยกรรมแบบ Single-node Multi-layer Defense ตามที่แสดงในภาพที่ 1 โดยใช้เครื่องแม่ข่ายเพียงเครื่องเดียว และรองรับการป้องกันหลายชั้น (defense in depth)

ภาพที่ 1. สถาปัตยกรรม Single-node Multi-layer Defense



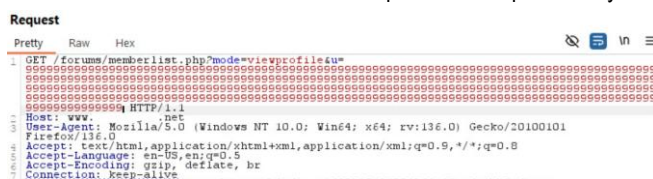
การทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของมาตรการใช้การทดสอบแบบ Unit test แยกเป็นส่วน และทดสอบการทำงานจริงในภาพรวม แบบ Integration test โดยดำเนินการ Unit test ดังนี้ (1) ตรวจสอบช่องโหว่ด้วยเครื่องมือ Nessus บนระบบที่ไม่ได้ติดตั้ง Security Patch Update พบช่องโหว่ระดับ Critical 2 รายการ High 5 รายการ Medium 12 รายการ และ Low 2 รายการ เปรียบเทียบผลหลังติดตั้ง Security Patch Update พบว่าช่องโหว่ระดับ Critical, High และ Medium ถูกปิดครบถ้วน คงเหลือเพียงช่องโหว่ระดับ Low จำนวน 1 รายการ โดยการ Patch ทำให้องค์ประกอบปรับเป็นเวอร์ชันใหม่ขึ้น และ Nessus มี Visibility ในการตรวจสอบ Information ได้มากขึ้น แต่ไม่ใช้ช่องโหว่ของระบบ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการตรวจสอบช่องโหว่หลังทำ Security Patch Update

| Vulnerability         | Before Patch | After Patch |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Severity: Critical    | 2            | 0           |
| Severity: High        | 5            | 0           |
| Severity: Medium      | 12           | 0           |
| Severity: Low         | 2            | 1           |
| Severity: Information | 50           | 51          |

(2) การทดสอบ WAF ป้องกันการโจมตีทางเว็บ ใช้เครื่องมือทดสอบ Burp Suite [13] เป็น Interception Proxy เพื่อกำหนดค่า HTTP request จำลองการโจมตี และตรวจสอบ HTTP response จากเว็บไซต์ พบว่าสามารถป้องกันการโจมตีพื้นฐาน เช่น Code injection, SQL injection, Cross-site Scripting (XSS), Path Traversal ได้ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3. การจำลองโจมตีเว็บไซต์ด้วย Burp Suit Interception Proxy



(3) ทำ Integration test กับเว็บไซต์ที่ให้บริการจริง โดยติดตั้งระบบ WAF ที่หน้า Web Server เป็นเวลา 30 วัน และนำ log ของ WAF ไปวิเคราะห์ผลการทำงาน พบว่า WAF ตรวจจับและป้องกันการโจมตีได้ 103,384 เหตุการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยจำแนกเป็น DoS via PCRE (ReDoS) 64%, Path Traversal 25%, SQL Injection 7% และ Cross-site Scripting (XSS) 4% โดยประมาณ และยังตรวจพบการสแกนระบบ เช่น SQLmap, curl และ bot อีกด้วย

เพื่อให้ระบบที่ออกแบบได้รับการบำรุงรักษาและมีความมั่นคง

ปลอดภัยอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดในการดูแลระบบของเจ้าหน้าที่ จึงนำเสนอแนวทางการบริหารจัดการแบบรวมศูนย์ โดยให้หน่วยงานส่วนกลางที่มีความพร้อมด้านทรัพยากรบุคคลและความเชี่ยวชาญ เป็นผู้สนับสนุนและบริหารจัดการระบบจากส่วนกลางผ่านอินเทอร์เน็ต

ตารางที่ 3. ผลวิเคราะห์ log จากการทดสอบกับเว็บไซต์จริง 30 วัน

| รูปแบบการโจมตี              | ลักษณะในเชิงเทคนิค                                                                                                            | ร้อยละ |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| DoS / PCRE Limits           | พบข้อความ TX:MSC_PCRE_LIMITS_EXCEED แสดงว่า regex rule ถูกออกแบบให้ตรวจสอบลึกเกินไป จนเกิดภาวะต่อระบบ อาจสะท้อนพฤติกรรม ReDoS | 64.07  |
| Path Traversal              | พบรูปแบบ ../, etc/passwd จาก URI พยายามเข้าถึงไฟล์บนระบบปฏิบัติการ                                                            | 24.51  |
| SQL Injection               | พบ payload ที่มีคำสั่ง SQL statement เช่น SELECT, UNION, SLEEP()                                                              | 7.03   |
| Cross-Site Scripting (XSS)  | พบค่าที่มีปรากฏใน XSS attack เช่น <script>, onerror=                                                                          | 4.24   |
| Suspicious User-Agent / Bot | พบ HTTP request ที่มาจาก curl, SQLmap, python scripts                                                                         | 0.15   |

ดังแสดงในภาพที่ 4 ใช้ระบบ Ansible สั่งการติดตั้ง ปรับแต่ง และบำรุงรักษาระบบเว็บไซต์ เนื่องจากเป็นที่ใช้งานแพร่หลาย ไม่ต้องติดตั้ง agent ในเครื่องเป้าหมาย และเขียน Playbook script ได้ง่าย มีแนวทางการใช้ Ansible เพื่อบริหารจัดการแบบรวมศูนย์ ดังนี้ (1) ทำงานผ่าน SSH Key-based authentication ลดความเสี่ยงจากการใช้รหัสผ่านและการโจมตี Brute Force (2) มี Playbook สำหรับติดตั้งระบบเว็บไซต์อัตโนมัติ (HTTP Server, CMS, Database) (3) มี Playbook ตรวจสอบสถานะ และ Restart service ที่สำคัญของระบบเว็บไซต์ เช่น WAF, HTTP Server, MySQL (4) มี Playbook สำหรับ Security Patch Management และอัปเดตระบบปฏิบัติการให้เป็นปัจจุบัน (5) มี Playbook สำหรับ Configuration Hardening ตามแนวทาง CIS Benchmark และ (6) มี Playbook สำหรับเรียกดูและวิเคราะห์ไฟล์ log

ภาพที่ 4. แผนภาพการออกแบบระบบ Ansible Automation



การใช้ระบบ Automation จะเปลี่ยนการติดตั้งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ละส่วนแบบ manual ให้เป็นการส่งเครื่องเป้าหมายเป็นกลุ่มใหญ่แบบรวมศูนย์ได้พร้อม ๆ กันด้วยคำสั่งเพียงบรรทัดเดียว เช่นการทำ Security Patch Update การติดตั้งระบบเว็บไซต์ ดังแสดงในภาพที่ 5 และยังประหยัดทรัพยากรได้โดยใช้ WAF ขนาดใหญ่เพียงชุดเดียว หรือออกแบบให้มี Redundancy ทำหน้าที่เป็น Reverse Proxy ให้ทุกเว็บไซต์แบบรวมศูนย์ และทำการบริหารจัดการจากศูนย์กลางดังภาพที่ 6

ภาพที่ 5 ตัวอย่างหน้าจอ Ansible Playbook บน Control Node ขณะติดตั้ง Security Patch Update พร้อมติดตั้งองค์ประกอบของระบบเว็บไซต์

```

vboxuser@2404-sv:~$ ansible-playbook --ask-become-pass install_webosystem.yml
BECOME password:

PLAY [Install Apache2, PHP, and MySQL on Ubuntu Linux] *****

TASK [Gathering Facts] *****
ok: [192.168.1.54]

TASK [Update apt cache] *****
changed: [192.168.1.54]

TASK [Install Apache2] *****
changed: [192.168.1.54]

TASK [Install PHP and extensions] *****
changed: [192.168.1.54]

TASK [Install MySQL server] *****
changed: [192.168.1.54]

TASK [Ensure Apache is started and enabled] *****
ok: [192.168.1.54]

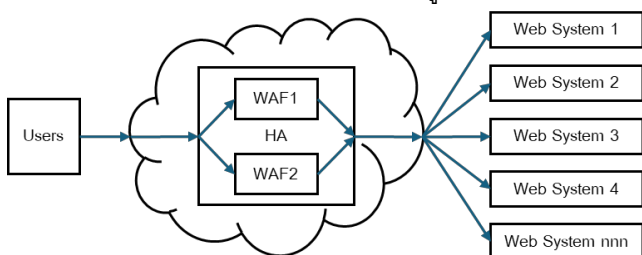
TASK [Ensure MySQL is started and enabled] *****
ok: [192.168.1.54]

PLAY RECAP *****
192.168.1.54 : ok=7 changed=4 unreachable=0 failed=0 skipped=0 rescued=0 ignored=0

vboxuser@2404-sv:~$

```

ภาพที่ 6 แผนภาพการออกแบบ WAF แบบรวมศูนย์และ Redundancy



## 5. สรุป

การศึกษาค้นคว้าได้พัฒนาการเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์สำหรับเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็ก โดยเน้นการออกแบบระบบที่สามารถติดตั้งใช้งานได้จริงภายใต้ข้อจำกัดด้านบุคลากรและงบประมาณ โดยสรุปผลการศึกษาเป็นประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้ (1) สามารถออกแบบสถาปัตยกรรมระบบแบบ Single-node Multi-layer Defense ที่ใช้เทคโนโลยี Open Source ทั้งระบบจาก Linux, Nginx, WordPress, MySQL, ModSecurity และ Fail2ban โดยไม่จำเป็นต้องมีเครื่องแม่ข่ายหลายเครื่อง ลดต้นทุนและความซับซ้อนในการดูแลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ (2) สามารถปิดช่องโหว่ในระบบด้วยการติดตั้ง Security Patch Update โดยผลทดสอบจากเครื่องมือ Nessus พบช่องโหว่ระดับ Critical, High และ Medium ได้ถูกปิดทั้งหมด (3) สามารถตรวจจับป้องกันช่องโหว่และการโจมตีผ่านอินเทอร์เน็ตได้มากกว่า 100,000 ครั้งด้วย Firewall และ WAF (ModSecurity v3 + OWASP CRS) โดยพบรูปแบบการโจมตีที่สำคัญใน OWASP Top Ten เช่น SQL Injection, Path Traversal, และ Cross-site Scripting ได้มากกว่า 2,600 ครั้งในช่วงเวลา 30 วัน (4) สามารถรวบรวม log และตรวจสอบพฤติกรรมโจมตีเชิงลึกได้ โดยจัดกลุ่มตามลักษณะเชิงพฤติกรรม เช่น ReDoS, SQLi, XSS และ Path Traversal ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับปรุงนโยบายการรักษาความมั่นคงปลอดภัย และออกแบบ Use case สำหรับระบบ Security Information and Event Management (SIEM) ได้ในอนาคต

ผลการวิจัยทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าแนวทางที่นำเสนอสามารถเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยให้กับระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการลดช่องโหว่ การตรวจจับภัยคุกคาม และความสามารถในการบริหารจัดการจากศูนย์กลาง ซึ่งเป็น

ประเด็นสำคัญในการแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างของหน่วยงานภาครัฐในระดับพื้นที่ ลดความเสี่ยงจากช่องโหว่ด้านความมั่นคงปลอดภัยที่ตรวจพบได้ทั้งหมดในระดับ Critical, High และ Medium ข้อมูลจาก log ของระบบ WAF ยังแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของภัยคุกคามที่หน่วยงานระดับท้องถิ่นต้องเผชิญ โดยมีการโจมตีจำนวนมากที่มุ่งเน้นไปที่ช่องโหว่ที่มักเกิดขึ้นในระบบ CMS ที่ได้รับความนิยม เช่น WordPress ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามาตรการที่ออกแบบตามแนวทาง NIST Cybersecurity Framework และ OWASP Top Ten มีความครอบคลุมและมีประสิทธิภาพ การเลือกใช้ซอฟต์แวร์โอเพนซอร์ส เช่น ModSecurity, Fail2ban และ iptables ร่วมกับแนวทางการกำหนดค่าอย่างเป็นระบบ ทำให้ระบบสามารถตอบสนองต่อการโจมตีรูปแบบต่าง ๆ ได้โดยอัตโนมัติ

การใช้ Ansible เพื่อการบริหารจัดการแบบรวมศูนย์ มีประสิทธิภาพในการลดเวลาและความซับซ้อนในการดำเนินงาน และสามารถดำเนินการต่าง ๆ ไปยังเครื่องแม่ข่ายพร้อม ๆ กันอย่างรวดเร็วและไม่เกิดข้อผิดพลาด สนับสนุนแนวทางการบริหารจัดการจากศูนย์กลาง (Centralized Management) ที่เหมาะสมกับโครงสร้างการกำกับดูแลของหน่วยงานรัฐในประเทศไทย สามารถกระจายการติดตั้งระบบไปยังหน่วยงานในพื้นที่ห่างไกลได้โดยใช้ทรัพยากรบุคลากรจากส่วนกลางเพียงจำนวนน้อย

จากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้ง พบว่าระบบสามารถเพิ่มระดับความมั่นคงปลอดภัยของเว็บไซต์ในเชิงเทคนิคและสนับสนุนการบริหารจัดการได้ดี ดังแสดงในตารางที่ 4 สะท้อนให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการขยายผลระบบต้นแบบนี้ไปสู่หน่วยงานขนาดเล็กประเภทอื่น ๆ สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางเพื่อประยุกต์ใช้ในหน่วยงานขนาดเล็ก เช่น อบต. หรือสถานีตำรวจ เป็นต้น รวมถึงการสนับสนุนเชิงนโยบายให้มีการผลักดันการนำแนวทางนี้ไปใช้ในระดับกรมหรือกระทรวง โดยเฉพาะหน่วยงานกลางที่มีหน้าที่กำกับดูแลการปฏิบัติด้านเทคโนโลยีดิจิทัลของภาครัฐ

ตารางที่ 4. ผลเปรียบเทียบมาตรการรักษาความมั่นคงปลอดภัย

| มาตรการควบคุม                       | ก่อนปรับปรุง                    | หลังปรับปรุง                                |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|
| ระบบ WAF                            | ไม่มีระบบ WAF                   | ModSecurity บน Nginx                        |
| ระบบ Network Firewall               | ไม่มี Firewall                  | iptables/ufw filter traffic TCP 22, 80, 443 |
| การทำ Security Patch Update ให้ระบบ | ทำแบบ Manual                    | ทำได้สะดวกโดยใช้ Ansible automation         |
| การป้องกัน Brute force              | ไม่มีการป้องกัน                 | ใช้ Fail2ban                                |
| การควบคุม root SSH                  | ไม่มีการป้องกัน                 | ไม่ให้ root login SSH                       |
| การเก็บบันทึกของระบบ (System Log)   | ไม่มีการจัดการ / ตาม OS default | Log Rotation 90 วัน ตามกฎหมาย               |

อย่างไรก็ตาม มีข้อจำกัดของการวิจัยนี้จากการทดสอบบางส่วนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมจำลองและมีการควบคุมในระดับหนึ่ง และยังไม่ได้ครอบคลุมกรณีที่ซับซ้อน เช่น การโจมตีจากภัยคุกคามขั้นสูง (Advanced Persistent Threat: APT) หรือการโจมตีที่มุ่งเป้าด้วย social engineering จึงควรมีการต่อยอดการศึกษาในอนาคตที่เน้นการประเมินความยืดหยุ่น

ของระบบในการเผชิญกับภัยคุกคามที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และศึกษาแนวทางการบูรณาการระบบความมั่นคงปลอดภัยเข้ากับนโยบายภาครัฐอย่างเป็นระบบ

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่องมาตรการเสริมสร้างความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์สำหรับระบบเว็บไซต์ของหน่วยงานขนาดเล็กนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ขอขอบคุณนักวิชาการ คณาจารย์ และผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้เผยแพร่ความรู้และแนวปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสาธารณะ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาจะถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความมั่นคงปลอดภัยและลดความเสี่ยงในการถูกโจมตีจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, “การสำรวจการมี การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2567 (ไตรมาส 3),” กองสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร, 2024.
- [2] สำนักประเมินคุณธรรมและความโปร่งใส, “คู่มือการประเมินคุณธรรมและความโปร่งใสในการดำเนินงานของหน่วยงานภาครัฐ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567,” สำนักประเมินคุณธรรมและความโปร่งใส สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติ, นนทบุรี, 2024.
- [3] UBUNTU Linux Documentation, “Ubuntu documentation,” [ออนไลน์]. Available: <https://help.ubuntu.com/community/UFW>.
- [4] สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน), “มาตรฐานสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) ว่าด้วยมาตรฐานเว็บไซต์ภาครัฐ เวอร์ชัน 3.0,” 29 September 2023. [ออนไลน์]. Available: <https://standard.dga.or.th/standard/dga-std/8091/>.
- [5] National Institute of Standards and Technology, “The NIST Cybersecurity Framework (CSF) 2.0,” 26 February 2024. [ออนไลน์]. Available: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.29.pdf>.
- [6] International Organization for Standardization (ISO) and International Electrotechnical Commission (IEC), “Information security, cybersecurity and privacy protection — Information security management systems — Requirements,” ISO, Geneva, 2022.
- [7] OWASP, “OWASP Top Ten,” September 2024. [ออนไลน์]. Available: <https://owasp.org/www-project-top-ten/>.
- [8]NESSUS, “NESSUS 10.9 User Manual,” Tenable, 5 August 2025. [ออนไลน์]. Available: <https://docs.tenable.com/nessus/Content/GettingStarted.htm>.
- [9] Center for Internet Security, “CIS Benchmark List,” [ออนไลน์]. Available: <https://www.cisecurity.org/cis-benchmarks>.
- [10] A. H. P. และ D. G., “System Hardening using CIS Benchmarks,” ใน *International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied Informatics (ACCAI)*, Chennai, India, 2024.
- [11] Ansible project contributors, “Using Ansible Playbook,” [ออนไลน์]. Available: [https://docs.ansible.com/ansible/latest/playbook\\_guide/](https://docs.ansible.com/ansible/latest/playbook_guide/).
- [12] S. G. Brester, “Github,” [ออนไลน์]. Available: <https://github.com/fail2ban/fail2ban>.
- [13] “Burp Suite Application Security,” [ออนไลน์]. Available: <https://portswigger.net/burp>.

# กรอบแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันบำบัดความเครียดโดยการผสมผสาน หลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้และจิตวิทยา

## A Framework for Designing Stress Relief Applications by Integrating User Experience and Psychological Principles

1<sup>st</sup> ภาณุพงศ์ ลำเจียก

Panupong lumjeak

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Information Technology Faculty

Thai-Nichi Institute of Technology

Bangkok / Thailand

[lu.panupong\\_st@tni.ac.th](mailto:lu.panupong_st@tni.ac.th)

2<sup>nd</sup> อภิษฎา นิมคุ้มภัย

Apichaya Nimkoompai

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Information Technology Faculty

Thai-Nichi Institute of Technology

Bangkok / Thailand

[apichaya@tni.ac.th](mailto:apichaya@tni.ac.th)

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากลอบแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับบำบัดความเครียด โดยการผสมผสานหลักการด้านประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience) และจิตวิทยา เนื่องจากสภาวะสังคมในปัจจุบันส่งผลให้เกิดความเครียดได้ง่ายจากปัจจัยต่าง ๆ การวิจัยดำเนินการโดยการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเครียด ประสบการณ์ผู้ใช้ และส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ จากนั้นได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายผ่านแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแอปพลิเคชันต้นแบบ (Prototype) ที่เหมาะสมกับการบำบัดความเครียด ผลการประเมินผ่านแบบสอบถามออนไลน์และทดลองใช้ Prototype พบว่าสามารถบำบัดความเครียดได้จริงโดยได้ค่า ความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ที่ 84.6 % สะท้อนว่าสื่อมีการใช้สีและกราฟิกที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลายและสบายตา ใช้งานได้ง่าย และได้ค่าภาระงาน (Workload) เฉลี่ยอยู่ที่ 61.4 % ซึ่งอยู่ในระดับกลางซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่สร้างภาระให้แก่ผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสนอแนะให้ขยายตัวอักษรให้ใหญ่ขึ้น สามารถบันทึกเสียงที่ชอบ และพัฒนาให้มีความน่าสนใจมากขึ้น

**คำสำคัญ** — การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ , ความเครียด , แอปพลิเคชันบำบัดความเครียด

**ABSTRACT** — This research aims to develop a design framework for a stress relief application by integrating User Experience (UX) and psychological principles. The methodology involved a literature review on stress, UX, and UI, followed by data collection from a target audience via questionnaires to inform the design of a suitable prototype for stress therapy. Evaluation through online surveys and prototype testing confirmed the app's effectiveness, achieving an average satisfaction score of 84.6%. This reflects positive feedback on its relaxing colors, calming graphics, and ease of use. The average

workload score was 61.4%, a moderate level indicating that the application does not impose a significant burden on users. However, suggestions for improvement include increasing the font size, adding a feature to save favorite sounds, and enhancing user engagement.

**Keywords** — User Experience Design , Stress , Stress Relief Application

### 1. บทนำ

ในปัจจุบัน สภาวะแวดล้อมและเหตุการณ์ต่างๆ ในประเทศไทย ทั้งปัญหาที่พบเจอในชีวิตประจำวัน เช่น การจราจรที่ติดขัดและปัญหาจากที่ทำงาน ไปจนถึงวิกฤตการณ์อย่างการระบาดของเชื้อไวรัส COVID-19 ได้ส่งผลให้ประชาชนเกิดความเครียดและความวิตกกังวลอย่างกว้างขวาง ความเครียดดังกล่าวไม่เพียงส่งผลกระทบต่อการเงิน ความสัมพันธ์ และสภาพจิตใจ แต่ยังเป็นภัยต่อร่างกาย โดยเมื่อเกิดความเครียดร่างกายจะหลั่งสารคอร์ติซอล (Cortisol) ซึ่งหากสะสมเป็นเวลานานอาจนำไปสู่โรคเรื้อรังและโรคซึมเศร้าได้ [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาความเครียดจากที่ทำงานซึ่งทำให้เกิดอารมณ์หงุดหงิดและส่งผลเสียต่อการตัดสินใจ

เพื่อบรรเทาความไม่สบายใจดังกล่าว ผู้คนในปัจจุบันมักหันมาใช้โทรศัพท์มือถือและแอปพลิเคชันเป็นเครื่องมือในการผ่อนคลาย จากแนวโน้มดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาประสบการณ์ของผู้ใช้งานจริง (User Experience) เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือที่สามารถช่วยบรรเทาความเครียดและความวิตกกังวลได้อย่างมีประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย

## 2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่างๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนากรอบแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันบำบัดความเครียด โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 2.1. ความเครียด (Stress)

ความเครียดเป็นสภาวะทางอารมณ์ที่เกิดจากแรงกดดัน ซึ่งส่งผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจ Park (2020) ระบุว่าความเครียดเป็นเรื่องที่ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล ทำให้ยากต่อการระบุสาเหตุที่ชัดเจน [2] ขณะที่ Michael (2019) ซึ่งว่าสถานการณ์เรื้อรังในชีวิตประจำวันสมัยใหม่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดความไม่สบายทั้งทางกายและใจ ซึ่งเมื่อสะสมจะกลายเป็นความเครียดที่ส่งผลต่อสุขภาพ [3] สอดคล้องกับ Georgios (2024) ที่กล่าวว่าความเครียดเป็นปัจจัยสำคัญที่กระทบต่อความเป็นอยู่และสุขภาพโดยรวม ทั้งจากการทำงาน ความสัมพันธ์ทางสังคม และปัจจัยแวดล้อม [4]

#### 2.1.1. สาเหตุของความเครียด

ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดสามารถอธิบายผ่านตัวแบบทางชีวจิตสังคม (Biopsychosocial model) ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ [5]

- ปัจจัยทางชีวภาพ (Biological Factor): เช่น เพศ พันธุกรรม และภาวะทางโภชนาการ
- ปัจจัยทางจิตใจ (Psychological Factor): เช่น ทักษะการสื่อสาร และประสบการณ์ในอดีต
- ปัจจัยด้านสังคม (Sociocultural Factor): เช่น การศึกษา อาชีพ และการเปลี่ยนแปลงทางสังคม

#### 2.1.2. ประเภทและระดับความเครียด

กรมสุขภาพจิตได้แบ่งประเภทของความเครียดออกเป็น 2 ประเภท และ 4 ระดับ เพื่อช่วยให้บุคคลสามารถปรับตัวและรับมือได้อย่างเหมาะสม [6] ความเครียดสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลักตามระยะเวลาและลักษณะของปัจจัยที่กระตุ้น และแบ่งได้ 4 ระดับตามความรุนแรงของผลกระทบ เพื่อช่วยให้สามารถประเมินและจัดการสภาวะที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ประเภทของความเครียด แบ่งได้ดังนี้

- ความเครียดเฉียบพลัน (Acute Stress) เป็นความเครียดที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์กดดันที่เกิดขึ้นทันทีทันใด ซึ่งเป็นปฏิกิริยาตอบสนองของร่างกายตามธรรมชาติ และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อสถานการณ์นั้นผ่านพ้นไป
  - ความเครียดเรื้อรัง (Chronic Stress) เป็นความเครียดที่เกิดจากการเผชิญหน้ากับสถานการณ์ที่ตึงเครียดอย่างต่อเนื่องหรือซ้ำๆ เช่น ปัญหาสุขภาพเรื้อรัง หรือปัญหาความขัดแย้งในที่ทำงาน ซึ่งความเครียดประเภทนี้สามารถสะสมและส่งผลกระทบในระยะยาวได้
- ระดับความรุนแรงของความเครียด สามารถแบ่งได้ 4 ระดับ คือ

- ระดับที่ 1 ความเครียดระดับต่ำ (Mild Stress) เป็นระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันมากนัก แต่อาจทำให้เกิดอาการเบื่อหน่ายหรือขาดแรงจูงใจได้
- ระดับที่ 2 ความเครียดระดับปานกลาง (Moderate Stress) ถือเป็นระดับปกติที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวันและไม่เป็นอันตราย โดยร่างกายและจิตใจสามารถกลับสู่สภาวะปกติได้เมื่อได้ทำกิจกรรมที่ผ่อนคลายหรือพักผ่อน
- ระดับที่ 3 ความเครียดระดับสูง (High Stress) เกิดจากเหตุการณ์ที่รุนแรงและส่งผลกระทบต่อสุขภาพกายและอารมณ์อย่างชัดเจน เช่น

อาการปวดหัว นอนไม่หลับ หรือหงุดหงิดง่าย ในระดับนี้บุคคลควรได้รับการดูแลและรับฟังปัญหาจากคนรอบข้าง

- ระดับที่ 4 ความเครียดระดับรุนแรง (Severe Stress) เป็นระดับที่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติทางอารมณ์อย่างเรื้อรัง จนไม่สามารถปรับตัวให้กลับสู่สภาวะปกติได้ และส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างรุนแรง ซึ่งควรได้รับการประเมินและรักษาจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

### 2.2. ประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience - UX)

UX คือประสบการณ์ทั้งหมดของผู้ใช้งานที่มีต่อผลิตภัณฑ์หรือบริการ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ก่อนใช้งาน (ความคาดหวัง) ขณะใช้งาน (Usability) และหลังใช้งาน (การไตร่ตรอง) โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อ UX ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ **สิ่งแวดล้อม (Context)** ที่ผู้ใช้พบเจอ, **ตัวผู้ใช้งาน (User)** ซึ่งรวมถึงอารมณ์และแรงจูงใจ, และ **ระบบ (System)** เช่น รูปแบบการใช้งานและความสวยงาม การออกแบบ UX ที่ดี (UXD) จะมุ่งเน้นที่การสร้างคามพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้ โดยมีหลักการสำคัญคือ การมุ่งเน้นที่ผู้ใช้งาน (User-focused), ความเรียบง่าย (Simplicity), และการจัดลำดับชั้นของภาพ (Visual Hierarchy)

### 2.3. ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface - UI)

UI คือสื่อกลางที่ผู้ใช้ติดต่อและโต้ตอบกับระบบคอมพิวเตอร์ ทั้งในรูปแบบของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การออกแบบ UI ที่มีประสิทธิภาพควรพัฒนาตามมาตรฐานและกลุ่มผู้ใช้ เพื่อสร้างประสบการณ์ที่ดี โดยมีแนวทางการออกแบบพื้นฐานที่สำคัญคือ การเข้าใจเป้าหมายของผู้ใช้งาน ซึ่ง Jakob Nielsen ได้สรุปหลักการ 10 ประการเพื่อช่วยในการออกแบบ UI ที่ดี (10 Usability Heuristics)

Jakob Nielsen [7] ได้สรุปหลักการพื้นฐาน 10 ประการเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ที่ดีและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นหลักการที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง มีรายละเอียดดังนี้:

- ความชัดเจนของสถานะ (Visibility of system status): ระบบต้องตอบสนองและแจ้งสถานะการทำงานให้ผู้ใช้ทราบอยู่เสมอ เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจว่ากำลังเกิดอะไรขึ้นและสร้างความเชื่อมั่นในการใช้งาน
- การเชื่อมโยงระบบกับโลกจริง (Match between system and the real world): การออกแบบควรใช้ภาษาและสัญลักษณ์ที่ผู้ใช้คุ้นเคยและเข้าใจง่าย ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องเรียนรู้ความหมายใหม่
- การควบคุมและอิสระของผู้ใช้ (User control and freedom): ผู้ใช้ควรสามารถย้อนกลับหรือยกเลิกการกระทำที่ผิดพลาดได้โดยง่าย เพื่อให้รู้สึกว่ามันสามารถควบคุมระบบได้อย่างเต็มที่
- ความสอดคล้องและมาตรฐาน (Consistency and standards): การออกแบบควรมีรูปแบบและทิศทางเดียวกันทั้งหมด ทั้งในด้านคำศัพท์ ไอคอน และการกระทำ เพื่อไม่ให้ผู้ใช้เกิดความสับสน
- การป้องกันความผิดพลาด (Error prevention): ควรออกแบบระบบเพื่อลดโอกาสที่ผู้ใช้จะทำผิดพลาดตั้งแต่แรก ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าการมีข้อความแจ้งเตือนข้อผิดพลาดที่ดีในภายหลัง
- การระบุแทนการจดจำ (Recognition rather than recall): ควรออกแบบให้ผู้ใช้จดจำข้อมูลน้อยที่สุด โดยแสดงตัวเลือกหรือข้อมูลที่จำเป็นให้เห็น เพื่อลดภาระทางความคิดของผู้ใช้
- ความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพ (Flexibility and efficiency of use): ระบบควรรองรับการใช้งานของผู้ใช้ทุกระดับ ตั้งแต่ผู้ใช้เริ่มต้นจนถึง



ผู้ชำนาญ โดยอาจมีทางลัด (Shortcuts) สำหรับผู้ใช้ที่ต้องการความรวดเร็ว

- ความเรียบง่ายและสวยงาม (Aesthetic and minimalist design): ควรหลีกเลี่ยงการแสดงองค์ประกอบหรือข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการใช้งาน เพื่อเน้นความชัดเจนและทำให้ผู้ใช้จดจ่อกับสิ่งที่สำคัญได้
- การช่วยผู้ใช้จัดการปัญหา (Help users recognize, diagnose, and recover from errors): ข้อความแจ้งเตือนข้อผิดพลาดควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ระบบปัญหาได้ตรงจุด และแนะนำแนวทางการแก้ไขที่ชัดเจน
- ความช่วยเหลือและเอกสาร (Help and documentation): แม้ว่าระบบที่ดีใช้งานได้โดยไม่ต้องพึ่งพาเอกสาร แต่ก็ควรมีส่วนช่วยเหลือที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ง่ายเมื่อต้องการคำแนะนำเพิ่มเติม

#### 2.4. โมบายแอปพลิเคชันและแอปพลิเคชันลดความเครียด

โทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ตโฟน กลายเป็นส่วนสำคัญในชีวิตประจำวัน โดยข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติในปี 2566 พบว่าประชากรอายุ 6 ปีขึ้นไป มีผู้ใช้โทรศัพท์มือถือถึง 95.5% และมีผู้ใช้อินเทอร์เน็ต 89.5% ส่งผลให้ Mobile Application ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ได้รับความนิยมอย่างสูง โดยแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ Native Application, Hybrid Application และ Web Application

เทคโนโลยีเหล่านี้ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านสุขภาพ หรือ mHealth (Mobile Health)[8] ซึ่งกลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการดูแลสุขภาพด้วยตนเอง งานวิจัยของ El Madani Hakima และคณะ ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน "Stress-free" [9] เพื่อช่วยนักศึกษาจัดการความเครียดโดยใช้โปรแกรมการผ่อนคลายต่างๆ ผลการทดลองพบว่าหลังจากใช้งานแอปพลิเคชันระดับความเครียดของกลุ่มตัวอย่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการช่วยบรรเทาความเครียดได้ โดยความแตกต่างระหว่าง แอปพลิเคชันบำบัดความเครียด และ แอปพลิเคชันทั่วไป จะแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1. ตารางเปรียบเทียบแอปพลิเคชัน

| หลักการ (Principle/Aspect)           | แอปพลิเคชันบำบัดความเครียด                                                                           | แอปพลิเคชันทั่วไป                                                                                               |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| เป้าหมายหลัก (Primary Goal)          | เพื่อบำบัดและลดสภาวะทางอารมณ์ (ความเครียด) Outcome คือการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจของผู้ใช้                | เพื่อให้ผู้ใช้บรรลุเป้าหมายบางอย่าง (เช่น จดตัว, สั่งอาหาร, สื่อสาร, เล่นเกม) Outcome คือการทำงาน (Task) สำเร็จ |
| สภาวะตั้งต้นของผู้ใช้ (User's State) | อยู่ในสภาวะที่อ่อนไหว, มีความเครียด, วิตกกังวล, หรือมีสมาธิต่ำ                                       | ส่วนใหญ่อยู่ในสภาวะปกติ มีเป้าหมายที่ชัดเจนในการทำงานให้สำเร็จ                                                  |
| การตีความ "ความพึงพอใจ"              | "ความรู้สึกผ่อนคลาย", "ความสบายใจ", และ "ความสบายตา" การออกแบบที่ดีต้องสร้างสภาวะทางอารมณ์เชิงบวก    | ความพึงพอใจวัดจาก "ความสำเร็จในการทำงาน", "ความรวดเร็ว", "ความสะดวกสบาย" หรือ "ความสนุกสนาน"                    |
| "ภาระงาน (NASA-TLX)"                 | "ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้" เพราะภาระงานที่สูงเกินไปคือตัวกระตุ้นความเครียด ซึ่งขัดแย้งกับเป้าหมายหลัก | "เพิ่มประสิทธิภาพ (Efficiency)" ในการทำงานให้สำเร็จ                                                             |
| หลักการออกแบบ                        | "ความเรียบง่ายและสวยงาม (Aesthetic and Minimalist                                                    | "ความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพ (Flexibility                                                                        |

|  |                                                                                                   |                                                                      |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|  | Design)" และ สร้างสภาพแวดล้อมที่ไม่ก่อให้เกิดความเครียด (Non-stimulating) และปลอดภัยทางความรู้สึก | and Efficiency)" เพื่อรองรับผู้ใช้ทุกระดับและช่วยให้ทำงานได้เร็วขึ้น |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

#### 2.5. เครื่องมือที่ใช้ประเมิน User Exp (cognitive mental workload)

##### 2.5.1. ภาระทางการรับรู้ (Cognitive Load) และความสำคัญต่อการออกแบบ UI

ภาระทางการรับรู้ หมายถึง ปริมาณความพยายามทางความคิดทั้งหมดที่ผู้ใช้ต้องใช้ในหน่วยความจำขณะทำงาน (Working Memory) เพื่อประมวลผลข้อมูลและทำงานให้สำเร็จลุล่วง การออกแบบ UI ที่มีภาระทางการรับรู้สูงเกินไปจะทำให้ผู้ใช้รู้สึกสับสน เหนื่อยล้า และอาจตัดสินใจผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นเป้าหมายสำคัญของการออกแบบคือการลดภาระที่ไม่จำเป็นลงให้มากที่สุด โดยทั่วไป Cognitive Load แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- Intrinsic Cognitive Load (ภาระเนื้อหา): คือความซับซ้อนโดยธรรมชาติของตัวข้อมูลหรืองานนั้นๆ ซึ่งไม่สามารถลดได้โดยตรงจากการออกแบบ
  - Extraneous Cognitive Load (ภาระภายนอก): คือภาระที่เกิดจากวิธีการนำเสนอข้อมูลที่ไม่ดี เช่น การจัดวาง UI ที่ซับซ้อน หรือการมีองค์ประกอบที่ไม่จำเป็นรบกวนสายตา ภาระส่วนนี้คือสิ่งที่นักออกแบบต้องมุ่งเน้นที่จะลดให้น้อยที่สุด
  - Germane Cognitive Load (ภาระส่งเสริมการเรียนรู้): คือภาระที่เกิดจากกระบวนการสร้างความเข้าใจและจัดจำโครงสร้างของข้อมูล ซึ่งเป็นภาระที่ดีที่ช่วยให้ผู้ใช้เรียนรู้การใช้งานระบบได้
- หลักการออกแบบ UI ที่ดีจึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการภาระทางการรับรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลด Extraneous Cognitive Load เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้ทรัพยากรทางสมองไปกับเนื้อหาที่สำคัญ (Intrinsic) และการเรียนรู้ระบบ (Germane) ได้อย่างเต็มที่

##### 2.5.2. Mental Models (แบบจำลองความคิด) ในการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้

Mental Models [10] หรือ แบบจำลองความคิด ในบริบทของการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) หมายถึง ความเข้าใจหรือความเชื่อที่ผู้ใช้มีต่อวิธีการทำงานของระบบหรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นทฤษฎีส่วนตัวที่ผู้ใช้สร้างขึ้นในใจเพื่อทำความเข้าใจและคาดการณ์ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นจากการกระทำต่างๆ แบบจำลองนี้ไม่ได้เกิดขึ้นจากความว่างเปล่า แต่ก่อตัวขึ้นจากประสบการณ์ในอดีต, การใช้งานระบบอื่นที่คล้ายคลึงกัน, และสมมติฐานส่วนตัวของผู้ใช้เอง

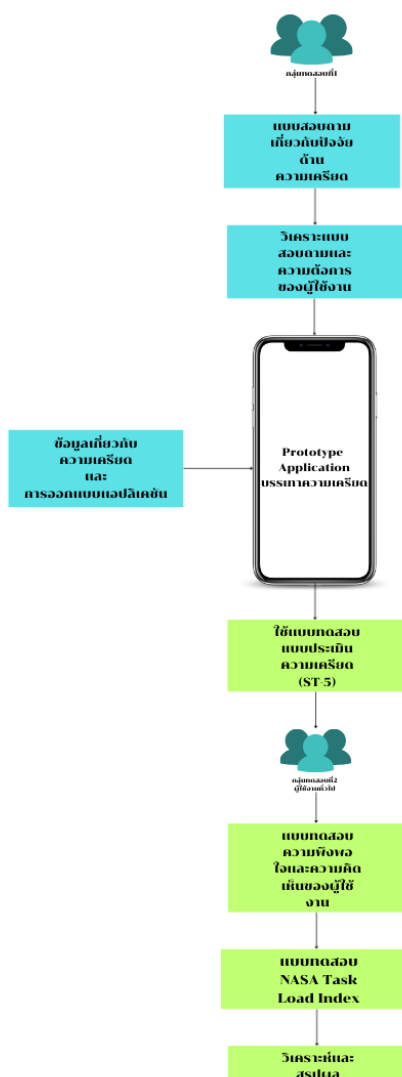
ดังนั้น บทบาทของนักออกแบบจึงไม่ใช่แค่การสร้างสรรค์สิ่งที่สวยงาม แต่ต้องเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจ Mental Model ของผู้ใช้เป้าหมายผ่านการวิจัย (User Research) และนำความเข้าใจนั้นมาออกแบบระบบที่ยึดตามแบบแผน (Convention) ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานง่าย ลดความซับซ้อน และมอบประสบการณ์ที่ดีที่สุดแก่ผู้ใช้

#### 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การพัฒนากรอบแนวทางการออกแบบแอปพลิเคชันบำบัด

ความเครียดเป็นไปอย่างมีหลักการและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานวิจัยนี้จึงได้บูรณาการหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience - UX) เข้ากับหลักการทางจิตวิทยา โดยใช้แบบประเมิน NASA Task Load Index เป็นเครื่องมือสำคัญในการวัดผลการะงานของผู้ใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบแอปพลิเคชันให้มีประสิทธิภาพ การทดสอบใช้ แบบประเมิน ST-5 ในการวัดค่าครั้งเดียวเนื่องจากนำมาใช้เป็นเครื่องมือคัดกรอง (Screening Tool) เพื่อให้แน่ใจว่ากลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดสอบเป็นผู้ที่มีภาวะความเครียดจริง ซึ่งตรงตามกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย

สำหรับกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือบุคคลทั่วไป ซึ่งผ่านการคัดกรองด้วยแบบประเมินความเครียด (ST-5) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยโดยละเอียดดังแสดงในภาพที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย แอปพลิเคชันบำบัดความเครียด จากภาพที่ 3.1 ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัย ได้แก่

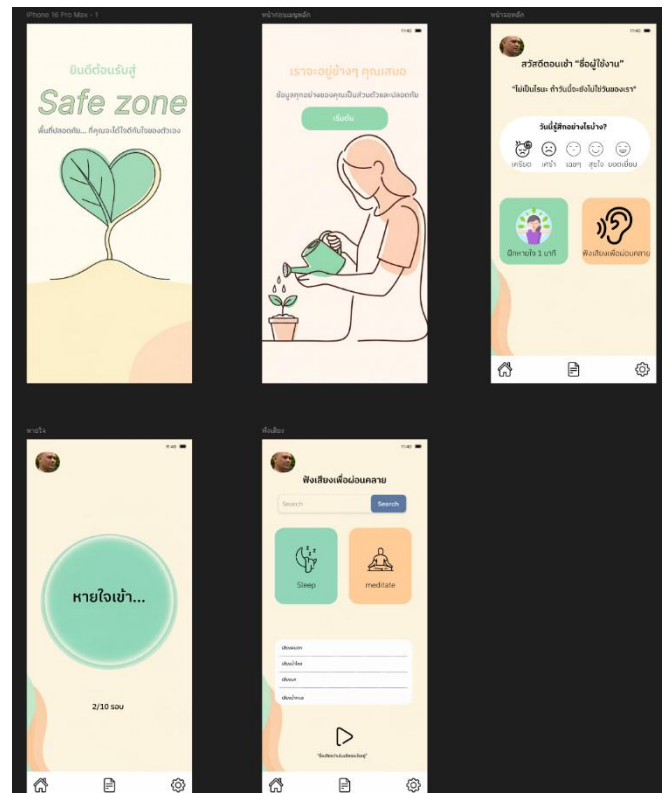
1. การเก็บข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความเครียด คัดกรองกลุ่มเป้าหมายเบื้องต้นโดยใช้เครื่องมือประเมินความเครียด เช่น ST-5

เพื่อให้ได้กลุ่มผู้ใช้ที่ตรงกับวัตถุประสงค์ และ ความต้องการของผู้ใช้งานผ่านแบบสอบถาม

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการออกแบบ Prototype โดยพัฒนาเพื่อใช้ใน platform สมาร์ทโฟน
3. ศึกษาวรรณกรรมเกี่ยวกับความเครียด: ทำความเข้าใจประเภทและระดับของความเครียดเพื่อระบุกลุ่มเป้าหมายและฟังก์ชันที่จำเป็น และยึดหลักการออกแบบ โดยมุ่งเน้น ที่การลด ภาระทางการรับรู้ (Cognitive Load) ที่ไม่จำเป็นโดยเฉพาะภาระภายนอก (Extraneous Cognitive Load) ที่เกิดจากการนำเสนอข้อมูลที่ซับซ้อน
4. การทดสอบ Prototype โดยให้กลุ่มผู้ทดสอบโดยใช้ แบบประเมินความเครียด (ST-5) ในการวัดค่าความเครียด
5. ให้กลุ่มผู้ทดสอบได้ลองใช้ Prototype เพื่อเก็บข้อมูลของการใช้งานหลังจากนั้นให้ผู้ทดสอบทำ NASA Task Load Index เพื่อวัด ภาระงาน (Workload) ที่มี
6. เก็บข้อมูลความพึงพอใจและประสบการณ์ผู้ใช้งาน เพื่อหาข้อสรุปแนวทางในการออกแบบที่เหมาะสมต่อไป

### 3.1. การพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันบำบัดความเครียด

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันต้นแบบ ผู้วิจัยได้วางแผนการออกแบบโดยเน้นการใช้สื่อภาพและสัญลักษณ์ที่ให้ความรู้สึกผ่อนคลาย ประกอบกับกิจกรรมบำบัดความเครียด เช่น การฝึกหายใจและการฟังเสียงเพื่อการผ่อนคลาย ผ่านส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface: UI) ที่ไม่ซับซ้อนและใช้งานง่าย เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 3.2



รูปที่ 3.2. ตัวอย่างหน้าจอ Prototype แอปพลิเคชันบำบัดความเครียด

#### 4. ผลการวิจัย

การประเมินต้นแบบแอปพลิเคชันบำบัดความเครียดได้ดำเนินการผ่านการใช้แบบสอบถามและทดสอบผ่านการออนไลน์โดยเก็บรวบรวมข้อมูลด้านความต้องการของผู้ใช้งานความพึงพอใจและผลการทดลองใช้ตัว Prototype

ตารางที่ 4.1. ผลการทดสอบการใช้งาน

| ผู้ใช้ | คะแนนที่ได้จากการทดสอบ |               |                      |
|--------|------------------------|---------------|----------------------|
|        | แบบทดสอบ (ST-5)        | ความพึงพอใจ   | NASA Task Load Index |
| 1      | 9                      | ผ่อนคลาย      | 69.33                |
| 2      | 5                      | ผ่อนคลาย      | 65.6                 |
| 3      | 2                      | ปกติ          | 48                   |
| 4      | 4                      | ผ่อนคลาย      | 48                   |
| 5      | 9                      | ผ่อนคลาย      | 47.67                |
| 6      | 15                     | ปกติ          | 88.33                |
| 7      | 7                      | ผ่อนคลาย      | 74                   |
| 8      | 7                      | ผ่อนคลาย      | 74.67                |
| 9      | 5                      | ผ่อนคลาย      | 60.33                |
| 10     | 13                     | ผ่อนคลาย      | 84.67                |
| 11     | 6                      | ผ่อนคลาย      | 48                   |
| 12     | 7                      | ปกติ          | 60.67                |
| 13     | 7                      | ผ่อนคลาย      | 29                   |
| เฉลี่ย | 7.38                   | 84.6%ผ่อนคลาย | 61.40                |

โดยในตารางจะแสดงให้เห็นว่าผู้เข้าทดสอบมีความเครียดเฉลี่ยคะแนน 7.38 ผลการประเมินพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจอยู่ที่ 84.6% และมีค่า ภาระงาน (Workload) โดยใช้ NASA Task Load Index อยู่ที่เฉลี่ย 61.4 % จากผลการทดสอบจะมีผู้ใช้งานคนที่ 6 เริ่มต้นการทดสอบด้วยระดับความเครียดที่สูงที่สุด (15 คะแนน) งานวิจัยระบุว่าความเครียดส่งผลกระทบต่อทั้งร่างกายและจิตใจซึ่งในการทดสอบ ผู้ทดสอบมีความพยายามใช้ความพยายามทางความคิด (Cognitive Load) มากกว่าคนปกติในการทำสมาธิและโต้ตอบกับระบบใหม่ ๆ ดังนั้น ค่า NASA-TLX ที่สูงถึง 88.33 ผลลัพธ์ที่ได้คือ ปกติ แสดงให้เห็นว่า สำหรับผู้ใช้ที่เริ่มต้นด้วยความเครียดระดับสูงสุด การที่แอปพลิเคชัน ไม่สร้างความเครียดเพิ่ม หรือไม่ทำให้รู้สึกแย่ลงและ แอปพลิเคชันสามารถมอบประสบการณ์ที่เป็นกลางและไม่สร้างภาระเพิ่มเติม จากผลการทดสอบได้ข้อเสนอแนะว่าตัวอักษรบางหน้ามีขนาดเล็กเกินไป เป็นไปได้ว่าผู้ใช้คนที่ 6 อาจได้รับผลกระทบจากปัญหานี้มากกว่าผู้ใช้คนอื่น ทำให้ต้องใช้ความพยายามในการอ่านและใช้งานสูง (ส่งผลให้ค่า NASA-TLX สูง) แต่ถึงแม้จะใช้งานยาก ผู้ใช้อาจยังคงให้คะแนนความพึงพอใจที่ "ปกติ" เพราะเข้าใจในเจตนาที่ดีของแอปฯ และไม่ได้อมองว่าเป็นประสบการณ์ที่เลวร้ายแสดงให้เห็นว่าต้นแบบแอปพลิเคชันบำบัดความเครียดตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งานและสามารถมีส่วนช่วยในการบำบัดความเครียด สำหรับข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผู้ตอบแบบสอบถามให้ความเห็นว่า ตัวอักษรบางหน้ามีขนาดเล็กเกินไป เช่น "เสียงฝนตก เสียงน้ำไหล" หากมีภาพประกอบเล็กๆน่าจะช่วยให้มองเห็นง่ายขึ้น และควรมีหน้าแสดง report เพื่อเช็ค

แนวโน้มของอารมณ์แบบระยะยาว หรือ เพิ่มฟังก์ชันในการเก็บรายการโปรด หากเจอเสียงที่รู้สึกผ่อนคลายอาจจะเพิ่มเข้ามาไว้ฟังเสียงนั้นบ่อยๆ

#### 5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันสำหรับบำบัดความเครียด โดยบูรณาการหลักการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) และจิตวิทยา เพื่อสร้างแนวทางในการออกแบบที่ตอบสนองต่อผู้ใช้งานที่เผชิญกับความเครียดในชีวิตประจำวันผลการประเมินความพึงพอใจผ่านแบบสอบถามออนไลน์ชี้ให้เห็นผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจอยู่ที่ 84.6% และมีค่า ภาระงาน (Workload) โดยใช้ NASA Task Load Index อยู่ที่ 61.4 % ซึ่งค่าที่วัดได้ออยู่ในระดับกลางแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันสามารถลดความเครียดได้จริง และไม่เป็นการสร้างภาระขณะใช้งาน ผู้ใช้ส่วนใหญ่พึงพอใจในการออกแบบด้านภาพลักษณ์ โดยเฉพาะการใช้สีและกราฟิกที่ให้ความรู้สึกละลายและสบายตา อย่างไรก็ตาม พบข้อเสนอแนะที่ควรปรับปรุงในด้านการใช้งาน ได้แก่ ขนาดตัวอักษรที่เล็กเกินไป และความต้องการเพิ่มฟังก์ชันสำหรับบันทึกรายการโปรด (Favorites)เมื่อเจอเสียงที่ผู้ใช้งานชื่นชอบ

แนวทางการพัฒนาแอปพลิเคชันบำบัดความเครียดจากงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วย การเพิ่มภาพและขยายขนาดของตัวอักษรให้มีขนาดใหญ่ขึ้น การออกแบบหน้าจอที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน และการเพิ่มฟังก์ชันเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมและความน่าดึงดูดในการใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนางานวิจัยต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] "คุณกำลังเสพติดความเครียดหรือไม่," bangkokhospital.com. [Online] Available: <https://www.bangkokhospital.com/content/adrenal-addict-vs-adrenal-fatigue>. [Accessed: 2024]
- [2] K. Park, M. J. Kim, J. Kim, O. C. Kwon, D. Yoon, and H. Kim, "Requirements and design of mental health system for stress management of knowledge workers," in *2020 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 2020.
- [3] M. Fellmann, F. Lambusch, and L. Pieper, "Towards combining automatic measurements with self-assessments for personal stress management," in *2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI)*, 2019, pp. 604–611.
- [4] G. Taskasaplidis, D. A. Fotiadis, and P. D. Bamidis, "Review of stress detection methods using wearable sensors," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 38219–38246, 2024, doi: 10.1109/access.2024.3373010.
- [5] พ. ศรีโสภณ และ ธ. อาษาธิรัฐ, "บทบาทพยาบาลในการป้องกันและจัดการความเครียด," *บูรพาเวชสาร*, vol. 4, no. 2, pp. 79-92, 2017.
- [6] กรมสุขภาพจิต, "กรมสุขภาพจิตแนะ 4 ระดับความเครียด สัญญาณเตือนที่ต้องรับมือ," กรมสุขภาพจิต. [Online]. Available: <https://dmh.go.th/news/view.asp?id=2469>.
- [7] BetterUXUI, "หลักการออกแบบ user interface (UI) ให้มี Usability ที่ดีโดย Jakob Nielsen - กูรูด้าน Usability," *BetterUXUI*, Mar. 24, 2020. [Online]. Available: <https://betteruxui.com/10-usability-heuristic-by-jakob-nielsen/>.

- [8] กองบริหารงานทั่วไป, "ม.มหิดล ส่งเสริม mHealth เรียนรู้เพื่อดูแลสุขภาพด้วยตนเองอย่างยั่งยืน," Mahidol University, May 18, 2022. [Online]. Available: <https://op.mahidol.ac.th/ga/author16/>.
- [9] E. M. Hakima, B. Maryem, Y. Ikrame, T. Imane, A. Chadya, and B. Mohamed, "'Stress-free' mobile app for Moroccan university students: 'relaxation program' validation," in *2020 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV)*, 2020, vol. 2, pp. 1–5.
- [10] A. Fawwaz *et al.*, "Measurement of mental workload using heart rate variability and electrodermal activity," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 197589–197601, 2024, doi: 10.1109/access.2024.3521649.

# การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษหมวดชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยใช้การออกแบบประสบการณ์ ผู้ใช้แบบเท่าเทียม ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้

## Enhancing Enhancing Daily English Vocabulary Learning for Deaf Students Using Inclusive UX Design and Learning Styles

1<sup>st</sup> จันทนา สกุตรกรอุณทัย  
Jantana Sakulrakarunothai  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น  
Information Technology Faculty  
Thai-Nichi Institute of Technology  
Bangkok / Thailand  
sa.jantana\_st@tni.ac.th

2<sup>nd</sup> อภิษฎา นิมคุ้มภัย  
Apichaya Nimkoompai  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น  
Information Technology Faculty  
Thai-Nichi Institute of Technology  
Bangkok / Thailand  
apichaya@tni.ac.th

**บทคัดย่อ** — ภาษาอังกฤษเป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญในปัจจุบัน แต่สำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน มักเผชิญข้อจำกัดจากสื่อการเรียนรู้ที่ไม่ตอบสนองต่อความต้องการอย่างแท้จริง งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาสื่อการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษหมวดชีวิตประจำวัน โดยประยุกต์แนวทางการออกแบบเพื่อความเท่าเทียม (Inclusive Design) ร่วมกับแนวคิรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) ในการออกแบบและพัฒนา ผลการประเมินผ่านแบบสอบถามออนไลน์พบว่าผู้ตอบส่วนใหญ่ให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ 4-5 สะท้อนว่าสื่อมีความง่ายต่อการใช้งาน เหมาะสมกับผู้เรียน และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ขณะเดียวกัน การทดสอบการใช้งานยังแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบสามารถทำการกิจได้อย่างรวดเร็ว บ่งชี้ว่าต้นแบบมีโครงสร้างการใช้งานที่เข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสนอแนะให้เพิ่มจำนวนคำศัพท์ ปรับความยาวบทเรียน และพัฒนาเนื้อหาให้มีความน่าสนใจยิ่งขึ้น ทั้งนี้ งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาขั้นต้นที่มุ่งสะท้อนแนวโน้มของการพัฒนาด้านต้นแบบ เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มเปราะบางและเข้าถึงได้ยาก จึงไม่สามารถขยายขอบเขตการเก็บข้อมูลให้กว้างขึ้นได้มากนัก

**คำสำคัญ** — การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้, การออกแบบเพื่อความเท่าเทียม, การเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษ, ผู้บกพร่องทางการได้ยิน, รูปแบบการเรียนรู้

**ABSTRACT** — English has become one of the essential skills in today's world, yet learners with hearing impairments often face limitations due to the lack of suitable learning materials. This study aims to develop English vocabulary learning materials in the category of daily life, applying the concepts of Inclusive Design and Learning Styles. The evaluation results from an online questionnaire showed that most participants rated the prototype with an average score of 4-5, indicating that it is easy to use and supports self-directed learning. In addition, usability testing revealed that participants were able to complete tasks

quickly, reflecting a clear and straightforward structure. However, further improvements are suggested, including expanding the vocabulary content, adjusting lesson length, and enhancing engagement through more interesting materials. It should also be noted that this research is only a preliminary exploration intended to reflect the potential trend of prototype development, since the target group is considered vulnerable and difficult to access, making it challenging to collect a larger sample size.

**Keywords** — User Experience Design, Inclusive Design, English Vocabulary Learning, Deaf Learners, Learning Styles

### 1. บทนำ

หลังยุคโควิด-19 สังคมไทยได้ปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากการปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้าไปสู่โลกออนไลน์มากขึ้น เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามามีบทบาทสำคัญในทุกมิติของชีวิต โดยเฉพาะด้านการศึกษา ที่กลายเป็นเครื่องมือหลักในการพัฒนาทักษะของแต่ละบุคคลให้พร้อมต่อการใช้ชีวิตและทำงานในโลกดิจิทัล

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาและใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีกลับไม่เป็นไปอย่างเท่าเทียมกันในทุกกลุ่มประชากร เพราะยังคงมีนักเรียนบางกลุ่มที่เผชิญกับอุปสรรคในการเข้าถึงการศึกษาที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการเฉพาะของตนเอง ซึ่งคือ นักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ข้อมูลจากกรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการระบุว่า ผู้พิการทางการได้ยินเป็นกลุ่มใหญ่ลำดับสองของประเทศ แต่มีอัตราการศึกษาระดับประถมศึกษาเท่านั้น และมีเพียงส่วนน้อยที่สามารถศึกษาต่อจนถึงระดับอุดมศึกษา [1] ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสทางการศึกษาและข้อจำกัดเชิงระบบในการสนับสนุนผู้เรียนกลุ่มนี้

ข้อจำกัดดังกล่าว สามารถเห็นได้ชัดในบริบทของการเรียนการสอน ภาษาอังกฤษ ซึ่งเป็นวิชาที่สำคัญในการส่งเสริมทักษะสำหรับโลกยุคใหม่ ปัจจุบันวิธีการสอนภาษาอังกฤษสำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยินในประเทศไทย ยังคงใช้รูปแบบบรรยายโดยมีล่ามภาษามือคอยแปล แม้ว่าวิธีการนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถติดตามและทำความเข้าใจกับบทเรียนได้ แต่ในทางปฏิบัติกลับสร้างภาระในการแปลความหมายหลายชั้นระหว่าง ภาษาไทย ภาษามือ และภาษาอังกฤษ ทำให้กระบวนการเรียนรู้นั้นมีความซับซ้อนและไม่ราบรื่น ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความลำบากในการติดตามเนื้อหา และการทบทวนบทเรียนภายหลัง นอกจากนี้ สื่ออิเล็กทรอนิกส์หรือสื่อออนไลน์ในปัจจุบันถูกออกแบบมาเพื่อผู้เรียนทั่วไป ซึ่งไม่สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) ของผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน [2] ส่งผลให้พวกเขาไม่สามารถใช้สื่อเหล่านั้นได้อย่างเต็มที่

เพื่อบรรเทาข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนานับแบบสื่อการเรียน ภาษาอังกฤษบนอุปกรณ์พกพา สำหรับนักเรียนและนักศึกษาที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยออกแบบภายใต้แนวคิดการออกแบบเพื่อความเท่าเทียม (Inclusive Design) เพื่อรองรับความต้องการเฉพาะของผู้เรียนกลุ่มนี้ ต้นแบบสื่อได้ผสมผสานแนวคิดด้านรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งได้แก่ การเรียนรู้ด้วยภาพ (Visual Learning) ซึ่งช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้อย่างรวดเร็วและชัดเจน ร่วมกับการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Kinesthetic Learning) ที่เน้นการลงมือทำและการมีส่วนร่วมในการเรียน เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายและต่อเนื่อง

เนื้อหาภายในสื่อจะมุ่งเน้นไปที่หมวดคำศัพท์ภาษาอังกฤษในชีวิตประจำวัน (Daily Routine) เนื่องจากเป็นคำศัพท์ที่พบได้บ่อย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในสถานการณ์ต่าง ๆ ของชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจและมีแรงจูงใจในการเรียนและฝึกฝน คำศัพท์ภาษาอังกฤษ นอกจากนี้การฝึกคำศัพท์ภาษาอังกฤษยังสอดคล้องกับแนวคิดของยูเนสโกที่ว่า การเรียนรู้ภาษาหลากหลายเป็นกุญแจสำคัญของการศึกษาที่มีคุณภาพและครอบคลุม [3] เนื่องจากภาษาไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือในการสื่อสาร แต่ยังเป็นประตูสู่การเข้าถึงความรู้ และการเชื่อมโยงกับสังคมและวัฒนธรรมที่หลากหลายด้วย

ดังนั้นการพัฒนาสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่ออกแบบอย่างเหมาะสมสำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน จึงไม่เพียงช่วยลดอุปสรรคทางการศึกษา แต่ยังเป็นการส่งเสริมความเสมอภาค และสนับสนุนให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตและการทำงานในโลกยุคปัจจุบันได้อย่างมีคุณภาพ

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การออกแบบเพื่อความเท่าเทียม (Inclusive Design)

เป็นแนวคิดที่มุ่งสร้างผลิตภัณฑ์ หรือบริการให้สามารถเข้าถึงและใช้งานได้โดยคนทุกกลุ่ม โดยคำนึงถึงความแตกต่างด้านความสามารถ ความต้องการ และข้อจำกัดของแต่ละบุคคล เพื่อให้ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมในสังคมดิจิทัลได้อย่างเท่าเทียม [4] แนวคิดนี้เน้นให้ผู้ออกแบบตระหนักถึงปัญหาการกีดกันที่ผู้ใช้บางกลุ่มต้องเผชิญ โดยเรียนรู้จากความหลากหลายของผู้ใช้และพัฒนาวิธีแก้ไขที่ตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของกลุ่มผู้ใช้เหล่านั้น ซึ่งสามารถขยายผลประโยชน์ไปยังผู้ใช้กลุ่มอื่นได้อีกด้วย

งานวิจัยหลายชิ้นได้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของแนวคิดการออกแบบเพื่อความเท่าเทียม เช่น Yeratziotis และคณะ [5] ที่พัฒนาแอปพลิเคชัน *Connect Deaf* เพื่อสนับสนุนการสื่อสารด้วยภาษามือบนแพลตฟอร์มออนไลน์ ช่วยให้ผู้ใช้บกพร่องทางการได้ยินสามารถสื่อสารและมีส่วนร่วมในสังคมดิจิทัลได้อย่างราบรื่นมากขึ้น อีกทั้ง Cezarotto และ Armstrong [6] ได้นำหลักการ POUR (Perceivable: ผู้ใช้รับรู้ข้อมูลได้, Operable: ผู้ใช้ควบคุมการทำงานได้, Understandable: ผู้ใช้เข้าใจข้อมูล

ได้, Robust: ระบบรองรับเทคโนโลยีช่วยเหลือได้) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเกมเพื่อการศึกษา เพื่อให้ผู้ที่มีข้อจำกัดทางร่างกายสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากเกมในลักษณะเดียวกับผู้ทั่วไป นอกจากนี้ Szilavi และ Guedes [7] ยังได้ศึกษาการออกแบบเทคโนโลยีที่รองรับความหลากหลายทางเพศในบริษัทเทคโนโลยีชั้นนำ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการออกแบบเพื่อความเท่าเทียมไม่เพียงช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงได้ในเชิงกายภาพ แต่ยังมีความสำคัญในการสร้างสังคมที่ยอมรับและเคารพความแตกต่างของผู้ใช้ในทุกมิติ

### 2.2 รูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles)

แนวคิดเรื่องรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) อธิบายถึงความแตกต่างของผู้เรียนในการรับรู้และประมวลผลข้อมูล ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของแต่ละคน โดยอ้างอิงจากโมเดล VARK รูปแบบการเรียนรู้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่ การเรียนรู้ผ่านการมองเห็น (Visual) การเรียนรู้ผ่านการฟัง (Auditory) การเรียนรู้ผ่านการอ่านและการเขียน (Reading/Writing) และการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ (Kinesthetic) [7]

สำหรับผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน รูปแบบการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการฟัง เช่น การมองเห็นและการลงมือทำ จึงมีความเหมาะสมมากกว่า การใช้สื่อภาพ แผนภูมิ อินโฟกราฟิก วิดีโอ หรือการนำเสนอร่วมกับภาษามือจะช่วยให้เข้าใจเนื้อหาซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ขณะที่การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เช่น การทดลอง การจำลองสถานการณ์ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ช่วยเสริมประสบการณ์ตรงและเพิ่มการจดจำได้ดียิ่งขึ้น งานวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนแนวคิดนี้ เช่น การศึกษาของ Luangrungruang และ Kokaew [8] ที่พัฒนาระบบ E-learning โดยผสมผสานการเรียนรู้ในรูปแบบ Visual, Reading/Writing, Kinesthetic และภาษามือไทย (TSL) พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านความรู้และความเข้าใจเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อใช้ TSL ร่วมกับกิจกรรมลงมือทำในห้องเรียน นอกจากนี้ Hiranrat และคณะ [9] ได้พัฒนา E-learning ที่ออกแบบสื่อให้มีลักษณะน่ารักและสอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน พบว่าสามารถกระตุ้นแรงจูงใจและช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

### 2.3 ผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน

หมายถึง บุคคลที่สูญเสียการได้ยินในระดับต่างๆ ตั้งแต่เล็กน้อย ปานกลาง รุนแรง ไปจนถึงหูหนวก ซึ่งส่งผลต่อการสื่อสารและการมีส่วนร่วมในชีวิตประจำวัน โดยองค์การอนามัยโลก (WHO) จัดระดับความบกพร่องออกเป็น 4 ระดับหลัก คือ เล็กน้อย (ยังได้ยินเสียงส่วนใหญ่แต่มีปัญหาในที่ที่มีเสียงรบกวน) ปานกลาง (ฟังเสียงสนทนาธรรมดายากขึ้น ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยฟัง) รุนแรง (ได้ยินเสียงดังเท่านั้นและต้องพึ่งพาวิธีสื่อสารทางเลือก) และหูหนวก (ไม่ได้ยินแม้เสียงดัง ต้องใช้ภาษามือหรือวิธีอื่นแทนเสียงพูด) ผู้เรียนกลุ่มนี้มักมีลักษณะเฉพาะ เช่น ปัญหาด้านการพูด รวมถึงปัญหาด้านภาษา เช่น คำศัพท์น้อยหรือใช้ไวยากรณ์ไม่ถูกต้อง แม้สติปัญญาโดยรวมใกล้เคียงกับผู้เรียนทั่วไป แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมักต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะการสอนและสื่อการเรียนส่วนใหญ่ไม่สอดคล้องกับข้อจำกัดด้านการสื่อสาร [10]

### 2.4 สื่อการเรียนรู้ (Instructional Materials)

หมายถึง ทรัพยากรหรืออุปกรณ์ที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มความเข้าใจของผู้เรียน ซึ่งครอบคลุมทั้งบุคคล เช่น ครูหรือผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งสิ่งไม่มีชีวิต เช่น หนังสือ เอกสาร สื่อดิจิทัล หรือสื่อผสมในรูปแบบต่าง ๆ [11]

โดยปกติแล้ว สื่อการเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษมักถูกออกแบบมาเพื่อพัฒนาทักษะการฟัง พูด อ่าน และเขียนอย่างครบถ้วน แต่ในกรณีของผู้เรียนที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน อาจจำเป็นต้องปรับรูปแบบสื่อให้สอดคล้องกับข้อจำกัดด้านการฟัง โดยเน้นการใช้สื่อภาพ ข้อความ และภาษามือเป็น



หลัก ในงานวิจัยของ Yasin และ Mohamad [12] พบว่าการใช้สื่อภาพร่วมกับภาษามือและการสะกดนิ้วมือช่วยเสริมความเข้าใจและการจดจำคำศัพท์ภาษาอังกฤษของผู้เรียนกลุ่มนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความสนใจและการมีส่วนร่วมในการเรียน ขณะเดียวกัน Yuniarti และคณะ [13] ได้พัฒนาแอปพลิเคชัน PODclusive ซึ่งเป็นสื่อพอดแคสต์ที่ผสมระหว่างภาษามือกับคำบรรยายภาษาอังกฤษและภาษาอินโดนีเซีย ผลการวิจัยพบว่าสื่อดังกล่าวช่วยเพิ่มความเข้าใจและทักษะทางภาษาได้อย่างมีนัยสำคัญ สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบสื่อการเรียนรูที่ตอบสนองต่อข้อจำกัดและความต้องการเฉพาะของผู้เรียน

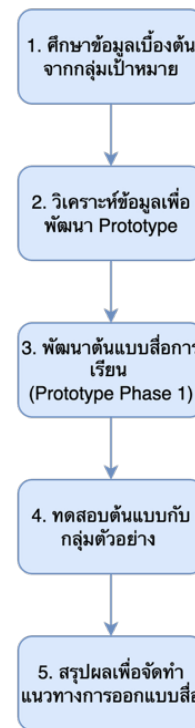
### 2.5 การเรียนรู้ผ่านอุปกรณ์พกพา (Mobile Learning: M-Learning)

หมายถึง รูปแบบการเรียนรู้ที่ใช้สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรืออุปกรณ์เคลื่อนที่อื่น ๆ เป็นเครื่องมือหลักในการเข้าถึงเนื้อหาทางการศึกษา เช่น วิดีโอ บทเรียนออนไลน์ แบบทดสอบ และสื่อดิจิทัลในรูปแบบต่าง ๆ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ซึ่งสอดคล้องกับวิถีชีวิตในยุคปัจจุบันที่เน้นความสะดวกและคล่องตัว ทั้งนี้ M-Learning เป็นส่วนหนึ่งของ E-Learning แต่แตกต่างกันตรงที่เน้นการใช้ประโยชน์ของอุปกรณ์พกพาเพื่อเชื่อมต่อข้อมูลสื่อสาร และสนับสนุนให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้อย่างอิสระและยืดหยุ่นมากขึ้น [14]

### 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยผสมวิธีวิจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เพื่อศึกษาความต้องการของผู้เรียน และประเมินประสิทธิภาพการใช้งานสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยอ้างอิงแนวคิดการออกแบบเพื่อความเท่าเทียม (Inclusive Design) และรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) เป็นกรอบในการพัฒนาและออกแบบต้นแบบสื่อ (Prototype) ทั้งนี้ การพัฒนาต้นแบบได้ประยุกต์ใช้กระบวนการคิด Double Diamond [15] มาปรับใช้ในขั้นตอนการออกแบบหน้าจอ โดยในส่วนของการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ Figma สำหรับการสร้าง Interactive Prototype และใช้โปรแกรม Maze เพื่อทดสอบการใช้งาน (Usability Test) โดยมีกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยคือ กลุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือนักศึกษาระดับอุดมศึกษาที่บกพร่องทางการได้ยิน รวมถึงเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลโครงการ DeafSync ซึ่งเป็นกลุ่มที่จัดกิจกรรมเพื่อสร้างโอกาสทางการเรียนรู้และความเท่าเทียมให้กับเยาวชนผู้บกพร่องทางการได้ยิน

ทั้งนี้การเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการทดสอบต้นแบบ ใช้วิธีการแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกจากผู้ที่มีลักษณะตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังรูปที่ 3.1



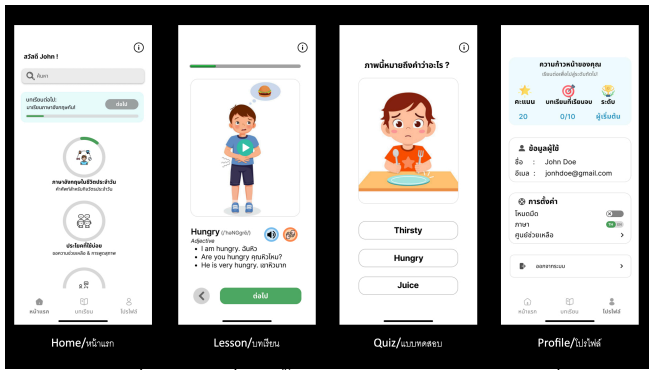
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษหมวดชีวิตประจำวัน สำหรับนักเรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยใช้การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้แบบเท่าเทียม ร่วมกับรูปแบบการเรียนรู้

จากรูปที่ 3.1 ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

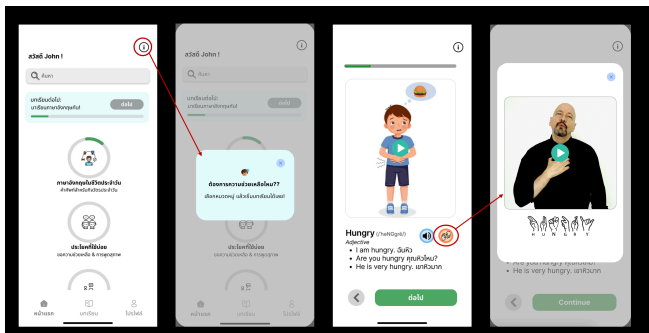
1. ศึกษาความต้องการของผู้เรียน รวมทั้งลักษณะเฉพาะของกลุ่มเป้าหมาย ผ่านแบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ผู้ดูแลโครงการเยาวชนที่บกพร่องทางการได้ยิน
2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ เพื่อนำไปออกแบบต้นแบบสื่อ
3. พัฒนาด้านแบบสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ (Prototype Phase 1)
4. ทดสอบต้นแบบกับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แบบสอบถามซึ่งดัดแปลงจากแนวทาง SUS (System Usability Scale) ร่วมกับการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น (Usability Test)
5. สรุปผลวิจัย เพื่อสรุปแนวทางการออกแบบสื่อการเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน

#### 3.1 การพัฒนาต้นแบบสื่อการเรียนสำหรับผู้เรียนบกพร่องทางการได้ยิน

ผู้วิจัยได้วางแผนการพัฒนาสื่อการเรียนโดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านการได้ยินของกลุ่มตัวอย่างเป็นสำคัญ โดยเน้นการใช้ภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว ประกอบกับข้อความ การใช้ไอคอนในปริมาณน้อยแต่มีขนาดใหญ่ เพื่อความชัดเจนและมองเห็นได้ง่าย นอกจากนี้มีปุ่มคำแนะนำหรือปุ่มช่วยเหลือ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน โดยการออกแบบดังกล่าวมีความสอดคล้องกับรูปแบบการเรียนรู้แบบมองเห็น (Visual Learning) และแบบลงมือปฏิบัติ (Kinesthetic Learning) โดยตัวต้นแบบถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย มีส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) ที่เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย รวมทั้งบุคคลทั่วไปได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างหน้าจอ Prototype Phase 1 ของสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างหน้าจอ Prototype Phase 1 ของสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ

จากรูปที่ 3.2 และ 3.3 สามารถเห็นได้ว่าต้นแบบสื่อการเรียนมีโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1. หน้าหลัก (Home) สำหรับแสดงรายการบทเรียนหรือหมวดคำศัพท์ 2. หน้าบทเรียน (Lesson) ซึ่งนำเสนอคำศัพท์พร้อมภาพหรือวิดีโอประกอบ คำอ่าน และปุ่มสำหรับดูสัญลักษณ์ภาษามือ 3. หน้าแบบทดสอบ (Quiz) สำหรับประเมินความเข้าใจหลังเรียนจบแต่ละบท และ 4. หน้าโปรไฟล์ (Profile) ซึ่งแสดงข้อมูลผู้ใช้และข้อมูลความก้าวหน้าในการเรียน

#### 4. ผลการวิจัย

การประเมินต้นแบบสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน ดำเนินการผ่านแบบสอบถามออนไลน์กับกลุ่มผู้ติดตามเพจ DeafSync ซึ่งเป็นนักเรียน/นักศึกษากลุ่มเป้าหมาย รวมถึงการเก็บความคิดเห็นจากเจ้าหน้าที่ผู้ดูแลโครงการ DeafSync โดยแบบสอบถามนี้อ้างอิงจากแนวทาง System Usability Scale (SUS) [16] และปรับให้สอดคล้องกับบริบทของการวิจัย ผลการประเมินพบว่าผู้ตอบส่วนใหญ่ให้คะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4–5 บนมาตราส่วน Likert 5 ระดับ ซึ่งสะท้อนว่าต้นแบบมีความง่ายต่อการใช้งาน เหมาะกับผู้ที่บกพร่องทางการได้ยิน และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

นอกจากแบบสอบถามแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการใช้งาน (Usability Test) ผ่านเครื่องมือ Maze โดยมอบหมายภารกิจพื้นฐานให้ผู้ทดสอบ เช่น การตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้ และการกดปุ่มเพื่อดูวิดีโอภาษามือ โดยผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าผู้ทดสอบสามารถทำภารกิจได้สำเร็จภายในเวลาสั้น ๆ โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.04–0.07 นาทีในการตรวจสอบข้อมูลส่วนตัว และ 0.29–0.34 นาทีในการเข้าสู่บทเรียนเพื่อดูวิดีโอภาษามือ (ดังตารางที่ 4.1) ซึ่งสะท้อนว่าต้นแบบมีโครงสร้างที่เข้าใจง่าย และไม่ซับซ้อน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

| ผู้ใช้ | เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการทำภารกิจ (นาที) |                       | ผลการทำภารกิจ |
|--------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|
|        | ภารกิจตรวจสอบข้อมูลส่วนตัว           | ภารกิจดูวิดีโอภาษามือ |               |
| A      | 0.07                                 | 0.34                  | สำเร็จ        |
| B      | 0.04                                 | 0.29                  | สำเร็จ        |
| C      | 0.05                                 | 0.32                  | สำเร็จ        |

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้ทุกคนสามารถทำภารกิจที่กำหนดได้สำเร็จ โดยใช้เวลาเฉลี่ยในการตรวจสอบข้อมูลส่วนตัวเพียง 0.04–0.07 นาที และใช้เวลาในการดูวิดีโอภาษามือเฉลี่ย 0.29–0.34 นาที ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมและไม่ซับซ้อน สะท้อนว่าต้นแบบสื่อมีโครงสร้างการใช้งานที่เข้าใจง่าย ผู้ใช้สามารถเรียนรู้และทำภารกิจได้ด้วยตนเองอย่างรวดเร็ว

สำหรับข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ผู้ตอบแบบสอบถามมีความเห็นว่ามีปริมาณคำศัพท์และเนื้อหาในต้นแบบยังไม่เพียงพอ ทำให้การประเมินผลการเรียนรู้ยังไม่ชัดเจน อีกทั้งควรปรับระยะเวลาและความยาวของบทเรียนให้เหมาะสมเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถจดจำกับเนื้อหาได้ต่อเนื่อง ในขณะเดียวกัน ความคิดเห็นจากเจ้าหน้าที่โครงการ DeafSync ระบุว่าการออกแบบหน้าจอและองค์ประกอบต่าง ๆ มีความเหมาะสมกับผู้เรียนแล้ว เนื่องจากผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยินสามารถใช้งานสื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้ใกล้เคียงกับบุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเมื่อใช้ภาพและข้อความประกอบองค์ประกอบหลัก อย่างไรก็ตาม ทางผู้ดูแลแนะนำให้ทางผู้วิจัยเน้นการคัดเลือกคำศัพท์และพัฒนาเนื้อหา (Content) ให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียนมากขึ้น เพื่อสร้างแรงจูงใจและส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้งานสื่อได้อย่างต่อเนื่อง

#### 5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษหมวดชีวิตประจำวันสำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยิน โดยอ้างอิงแนวคิดการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้แบบเท่าเทียม (Inclusive UX Design) ร่วมกับแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้ (Learning Styles) เพื่อนำมาสร้างแนวทางการออกแบบสื่อการเรียนบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะของผู้เรียน ผลการประเมินผ่านแบบสอบถามออนไลน์ พบว่าผู้ตอบส่วนใหญ่ให้คะแนนเฉลี่ยในระดับ 4–5 สะท้อนว่าต้นแบบมีความง่ายต่อการใช้งาน เหมาะกับกลุ่มเป้าหมาย และสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ อีกทั้งการทดสอบการใช้งาน (Usability Test) ยังชี้ให้เห็นว่าผู้ทดสอบสามารถทำภารกิจพื้นฐาน เช่น การเข้าหน้าบทเรียนและกดดูวิดีโอภาษามือได้สำเร็จภายในเวลาสั้น ๆ ซึ่งแสดงถึงโครงสร้างต้นแบบที่ชัดเจนและไม่ซับซ้อน

แนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนจากงานวิจัยนี้จึงประกอบด้วย การเน้นภาพ ภาพเคลื่อนไหว และข้อความประกอบองค์ประกอบหลักเพื่อช่วยการรับรู้ของผู้เรียน การออกแบบหน้าจอที่เรียบง่ายไม่ซับซ้อน และการเชื่อมโยงกับรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม เช่น การเรียนรู้ด้วยภาพ (Visual Learning) และการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Kinesthetic Learning) เพื่อสร้างการมีส่วนร่วมและความเข้าใจที่ลึกซึ้งขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสนอแนะให้เพิ่มจำนวนคำศัพท์ ปรับความยาวบทเรียนให้เหมาะสม และพัฒนาเนื้อหาให้ดึงดูดมากขึ้น

ทั้งนี้ งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นที่สะท้อนถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาสื่อการเรียนคำศัพท์ภาษาอังกฤษสำหรับผู้เรียนที่บกพร่องทางการได้ยินในอนาคต อย่างไรก็ตาม เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มเปราะบางและเข้าถึงได้ยาก จึงไม่สามารถขยายขอบเขตการเก็บข้อมูลได้มากนัก การพัฒนาต้นแบบและการทดสอบที่นำเสนอจึงมุ่งชี้ให้เห็นถึง

ศักยภาพและแนวทางในการนำไปต่อยอด แม้ว่างานวิจัยนี้จะมีข้อจำกัดในด้านจำนวนกลุ่มตัวอย่างและความครอบคลุมของเนื้อหา แต่ผลลัพธ์ก็แสดงให้เห็นถึงแนวทางที่สามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนกลุ่มนี้ได้ดียิ่งขึ้นในอนาคต

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] "สถานการณ์ด้านคนพิการ - กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ," dep.go.th. <https://dep.go.th/th/law-academic/knowledge-base/disabled-person-situation>
- [2] ศศิวิมล คงสุวรรณ และ เบญจมาภรณ์ ฤาไชย, "การเรียนรู้การสอนสำหรับคนหูหนวกในประเทศไทย : สภาพปัญหา รูปแบบ และ กระบวนการสอนแบบสองภาษา," มังรายสาร วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, vol. 8, no. 1, pp. 1–14, 2020, Accessed: Aug. 20, 2025. [Online]. Available: <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/mrsj/article/view/240858>
- [3] "'Languages are not just words—they're worlds': UNESCO Bangkok celebrates 25 years of International Mother Language Day," Unesco.org, Mar. 02, 2020. <https://www.unesco.org/en/articles/languages-are-not-just-words-theyre-worlds-unesco-bangkok-celebrates-25-years-international-mother>
- [4] Microsoft, "Microsoft Inclusive Design," inclusive.microsoft.design, 2024. <https://inclusive.microsoft.design/>
- [5] Alexandros Yeratziotis et al., "Making social media applications inclusive for deaf end-users with access to sign language," Multimedia Tools and Applications, vol. 82, no. 29, pp. 46185–46215, Nov. 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17196-7>.
- [6] Matheus Araujo Cezarotto and A. L. Armstrong, "Designing inclusive educational games: accessibility rubric," InfoDesign - Revista Brasileira de Design da Informação, vol. 20, no. 3, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.51358/id.v20i3.1064>.
- [7] K. Broadbent, "4 Different Learning Styles: The VARK Theory," Melioeducation.com, Apr. 07, 2021. <https://www.melioeducation.com/blog/vark-different-learning-styles/>
- [8] T. Luangrungruang and U. Kokaew, "E-Learning Model to Identify the Learning Styles of Hearing-Impaired Students," Sustainability, vol. 14, no. 20, p. 13280, Oct. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/su142013280>.
- [9] W. Hiranrat, N. Pimboatham, and J. Tasuntia, "Learning Outcome of e-Learning with Cuteness in Science Teaching about Plants and Animals for Grade 4 Hearing Impaired Students with Different Learning Style," Information Technology Journal, vol. 19, no. 2, pp. 1–14, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.14416/j.it.2023.v2.001>.
- [10] World Health Organization, "Deafness and hearing loss," World health organization, Feb. 26, 2025. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- [11] S. Hanson, "Power of Instructional Materials for Successful Lesson Planning," Kitaboo, Feb. 29, 2024. <https://kitaboo.com/instructional-materials/>
- [12] Maisarah Mat Yasin and M. Mohamad, "The Use of Visual Aids to Improve Deaf Students' English Vocabulary: A Literature Review," SHS web of conferences, vol. 182, pp. 02001–02001, Jan. 2024, doi: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202418202001>.
- [13] F. Yuniarti, D. Pratiwi, and R. Novianto, "Developing Podcast-Based Learning Media for English Education Among Deaf Students," Voices of English Language Education Society, vol. 8, no. 1, pp. 293–302, May 2024, doi: <https://doi.org/10.29408/veles.v8i1.24854>.
- [14] F. Kh. Rasulova, "Use of Mobile Technologies Development of New Methods of Education and Learning," Fars Publishers, vol. 12, no. 4, Apr. 2024, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11090104>.
- [15] S. Phillora, "Double Diamond design process: Simplified design, amplified impact," Maze, Nov. 11, 2024. <https://maze.co/blog/double-diamond-design-process/>
- [16] P. Laubheimer, "Beyond the NPS: Measuring Perceived Usability with the SUS, NASA-TLX, and the Single Ease Question After Tasks and Usability Tests," Nielsen Norman Group, Feb. 11, 2018. <https://www.nngroup.com/articles/measuring-perceived-usability/>

# การพัฒนาระบบจัดอันดับซัพพลายเออร์กุ้งด้วยอัลกอริทึม Label Propagation และคะแนนเชิงประกอบแบบถ่วงน้ำหนัก

## Developing a Shrimp Supplier Ranking System using Label Propagation Algorithm and Weighted Composite Scores

1<sup>st</sup> เจริญขวัญ เผือกรักษ์  
Charoenkwan Phueakrak  
คณะสถิติประยุกต์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
Graduate School of Applied Statistics  
National Institute of Development Administration  
Bangkok, Thailand  
Charoenkwan.phu@gmail.com

2<sup>nd</sup> สุรพงศ์ เอื้อวัฒนมงคล  
Surapong Auwatanamongkol  
คณะสถิติประยุกต์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
Graduate School of Applied Statistics  
National Institute of Development Administration  
Bangkok, Thailand  
Surapong@nida.ac.th

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบการจัดอันดับซัพพลายเออร์กุ้งในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง โดยพิจารณาคุณภาพและปริมาณการส่งมอบ เนื่องจากการประเมินแบบเดิมเห็นเพียงด้านใดด้านหนึ่ง ไม่สามารถสะท้อนศักยภาพซัพพลายเออร์ได้อย่างครบถ้วน งานวิจัยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบกึ่งมีผู้สอน โดยประยุกต์ Label Propagation Algorithm (LPA) เพื่อจำแนกคุณภาพกุ้งที่ไม่มีป้ายกำกับ ร่วมกับการคำนวณคะแนนเชิงประกอบแบบถ่วงน้ำหนัก (Composite Weighted Scoring) ที่รวมคะแนนคุณภาพและปริมาณการส่งมอบเข้าด้วยกัน ข้อมูลที่ใช้มาจากฝ่ายตรวจสอบคุณภาพของโรงงานระหว่างเดือนเมษายน 2023 ถึงพฤษภาคม 2025 รวมกว่า 15,292 ล็อตกุ้ง โดยมีการทำ Label จริงบางส่วนเพื่อใช้เป็นตัวตั้งต้น จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณหาสัดส่วนความสำคัญระหว่างคุณภาพและปริมาณ ผลการทดลองพบว่า สัดส่วน 50:50 เป็นค่าที่สอดคล้องกับการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและสามารถสะท้อนศักยภาพซัพพลายเออร์ได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ LPA ร่วมกับการถ่วงน้ำหนักคะแนนเชิงประกอบช่วยให้การจัดอันดับซัพพลายเออร์มีความแม่นยำ ยืดหยุ่น และสนับสนุนการตัดสินใจในกระบวนการจัดซื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ** — *Label Propagation Algorithm, Weighted Composite Score, Ranking Supplier, Semi-Supervised*

**ABSTRACT** — This research aims to develop a ranking system for shrimp suppliers in the frozen seafood industry by considering both product quality and delivery quantity. Traditional evaluation methods tend to focus on only one aspect, which does not fully reflect the supplier's potential. This study applies a semi-supervised learning approach using the Label Propagation Algorithm (LPA) to classify the quality of unlabeled shrimp lots, combined with Composite Weighted Scoring that integrates quality scores and quantity scores. The dataset was obtained from the factory's Quality Control department between

April 2023 and May 2025, totaling 15,292 shrimp lots. A subset of the data was manually labeled by experts as the initial training set. The results were then used to calculate the appropriate weighting between quality and quantity. Experimental results show that a 50:50 ratio aligns with expert evaluations and appropriately reflects supplier capability. The findings indicate that combining LPA with weighted composite scoring provides a more accurate and flexible method for supplier ranking, supporting effective decision-making in purchasing and supply chain management.

**Keywords** — *Label Propagation Algorithm, Weighted Composite Score, Ranking Supplier, Semi-Supervised*

### 1. บทนำ

ในอุตสาหกรรมประเภทยาเข้า ผลผลิต ส่งออกและจำหน่ายอาหารทะเลแช่แข็ง การคัดเลือกซัพพลายเออร์มีความสามารถส่งมอบวัตถุดิบที่มีคุณภาพและสามารถจัดหาได้ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการ ถือเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญต่อความสำเร็จในธุรกิจ แต่ในทางปฏิบัติกลับพบว่าซัพพลายเออร์แต่ละรายมีความแตกต่างกันทั้งด้านคุณภาพและปริมาณของวัตถุดิบที่ส่งเข้ามาในโรงงาน และในฝั่งโรงงานเอง วิธีการดั้งเดิมที่ใช้ประเมินซัพพลายเออร์จะเน้นไปที่ด้านใดด้านหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ฝ่ายจัดซื้อจะพิจารณาที่ปริมาณของวัตถุดิบที่ซัพพลายเออร์นำเข้ามาว่าเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ แต่ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะให้ความสำคัญกับคุณภาพของกุ้งเป็นหลัก ซึ่งวิธีการทั้งสองแบบไม่สามารถสะท้อนศักยภาพที่แท้จริงของซัพพลายเออร์แต่ละรายได้

ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการพัฒนาระบบที่สามารถประเมินซัพพลายเออร์จากข้อมูลหลายมิติอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทที่มีข้อมูลการตรวจสอบคุณภาพ (QC) ที่มี label จริงเพียงบางส่วน ซึ่งเทคนิคการเรียนรู้แบบกึ่งมีผู้สอน (Semi-Supervised Learning) เช่น Label Propagation Algorithm (LPA) สามารถนำมาใช้เพื่อเติมข้อมูลที่ขาด

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ร่วมกับการใช้คะแนนเชิงประกอบแบบถ่วงน้ำหนัก เพื่อจัดอันดับซัพพลายเออร์ได้อย่างแม่นยำและเหมาะสมกับการใช้งานจริง ในทางธุรกิจ

ในงานวิจัยด้านการเรียนรู้แบบกึ่งมีผู้สอน (Semi-Supervised Learning) เทคนิค Label Propagation Algorithm (LPA) ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการขยายฉลากข้อมูลที่มีจำกัด โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงโครงข่ายหรือกราฟระหว่างข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการจำแนกและจัดกลุ่มข้อมูลได้อย่างแม่นยำ [1] ซึ่งกระบวนการนี้ใช้หลักการกระจายฉลาก (Label) จากข้อมูลที่มีป้ายกำกับไปยังข้อมูลเพื่อนบ้าน  $k$  ตัวที่ใกล้เคียงที่สุดที่ไม่มีป้ายกำกับโดยพิจารณาความใกล้เคียงตามความเหมือนของข้อมูลหรือน้ำหนักความสัมพันธ์เชิงโครงข่าย เทคนิคนี้จึงเหมาะสำหรับการเติมเต็มข้อมูลคุณภาพของวัตถุดิบที่มีข้อมูลจำกัดในบริบทของอุตสาหกรรมอาหารทะเลและซัพพลายเชน [2]

การจัดอันดับซัพพลายเออร์โดยใช้ Composite Weighted Scoring เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างสูง เนื่องจากสามารถรวมผลการประเมินหลายปัจจัย เช่น คุณภาพและปริมาณเข้าด้วยกันอย่างยืดหยุ่น โดยผู้ใช้สามารถกำหนดน้ำหนักให้แต่ละปัจจัยสอดคล้องกับกลยุทธ์และความสำคัญเชิงธุรกิจได้ เทคนิคนี้ช่วยให้การประเมินซัพพลายเออร์สามารถสะท้อนศักยภาพและความเหมาะสมได้อย่างครบถ้วนและตรงกับเป้าหมายเชิงธุรกิจมากขึ้น งานวิจัยในอุตสาหกรรมอาหารทะเลและอุตสาหกรรมการผลิตหลายแห่งได้นำแนวทางนี้ไปประยุกต์ใช้และพบว่าการใช้ Composite Weighted Scoring ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการเลือกซัพพลายเออร์ และลดความเสี่ยงจากปัจจัยด้านคุณภาพและปริมาณที่เปลี่ยนแปลงได้ [3], [4]

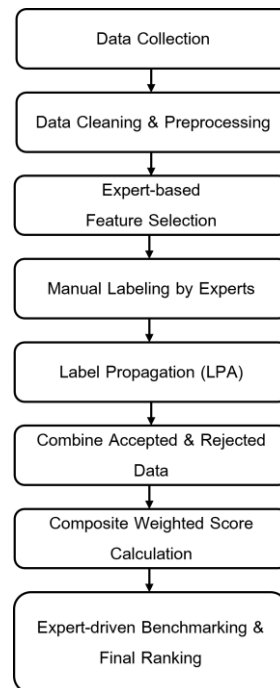
งานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการจัดอันดับซัพพลายเออร์มักมุ่งเน้นการใช้วิธี Multi-Criteria Decision Making (MCDM) เช่น AHP, TOPSIS หรือ Composite Scoring โดยอาศัยข้อมูลที่มีป้ายกำกับครบถ้วน อย่างไรก็ตาม ในบริบทของข้อมูลจริงในอุตสาหกรรมอาหารทะเล ข้อมูลคุณภาพมักจะไม่ได้มีฉลากครบทุกตัวอย่าง งานวิจัยนี้จึงมีความแตกต่างโดยใช้เทคนิค Label Propagation Algorithm (LPA) เพื่อขยายฉลากจากข้อมูลที่มีอยู่เพียงบางส่วน และใช้แนวทาง Expert-driven Benchmarking เพื่อกำหนดน้ำหนักเชิงประจักษ์ ซึ่งยังไม่ปรากฏในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรงในอุตสาหกรรมนี้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อพัฒนาการจัดอันดับซัพพลายเออร์ของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง โดยมุ่งเน้นเป้าหมายที่วัตถุดิบหลักของโรงงานก็คือกุ้ง โดยในการวิจัยจะใช้ Label Propagation Algorithm (LPA) และการให้คะแนนเชิงประกอบแบบถ่วงน้ำหนัก โดยการจัดอันดับจะพิจารณาในด้านคุณภาพของกุ้ง และปริมาณของกุ้งที่ซัพพลายเออร์ส่งมอบ เพื่อให้ได้การจัดอันดับของซัพพลายเออร์ที่สามารถตอบโจทย์ธุรกิจได้อย่างแท้จริง

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบการจัดอันดับซัพพลายเออร์กุ้งโดยใช้ข้อมูลทั้งด้านคุณภาพวัตถุดิบและปริมาณการส่งมอบร่วมกัน และเพื่อหาสัดส่วนของคะแนนเชิงประกอบแบบถ่วงน้ำหนักในการประเมินศักยภาพของซัพพลายเออร์ที่เหมาะสมกับการดำเนินธุรกิจ

## 3. วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 1. ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ให้วิเคราะห์เป็นข้อมูลจริงจากฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ (QC) ของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งที่มีกุ้งเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งรวบรวมในช่วงเดือนเมษายน ค.ศ. 2023 ถึงเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2025 จากซัพพลายเออร์ทั้งหมด 7 เจ้า โดยมีทั้งหมด 15,292 แถว 173 คอลัมน์ โดยแต่ละแถวแทนกุ้งแต่ละล็อตที่ซัพพลายเออร์ส่งมอบให้โรงงาน และแต่ละคอลัมน์เป็นข้อมูลรายละเอียดของกุ้ง เช่น ผลการตรวจเชื้อ สี กลิ่น ขอบกพร่องประเภทต่างๆ และปริมาณการรับเข้า เป็นต้น

### 3.2 การเตรียมข้อมูลและการเลือก Feature

จากข้อมูลทั้งหมด 173 คอลัมน์ ได้ดำเนินการคัดเลือกคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพและปริมาณของกุ้งโดยอาศัยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ (QC) และฝ่ายจัดซื้อของโรงงาน ผู้เชี่ยวชาญได้ทำการพิจารณาความสำคัญของแต่ละตัวแปรตามประสบการณ์และผลกระทบต่อการประเมินคุณภาพกุ้ง จากนั้นจึงคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่เห็นว่ามีความสำคัญต่อการจำแนกคุณภาพและการจัดอันดับซัพพลายเออร์จริงทั้งหมด เหลือ 16 พียอร์ที่สำคัญเช่น จำนวนขอบกพร่องระดับร้ายแรงและเล็กน้อย ความสด กลิ่น น้ำหนักในแต่ละล็อตและอื่นๆที่เกี่ยวข้อง จากนั้นหาความสะอาดข้อมูลเพื่อให้พร้อมใช้งานและแบ่งข้อมูลเป็นสองชุดได้แก่ข้อมูลส่วนของกุ้งที่รับเข้า (Accepted) และข้อมูลส่วนของกุ้งที่คุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์แล้วถูกส่งคืน (Rejected)

### 3.3 การจัดการกับ Label และแบ่งชุดข้อมูล

เนื่องจากข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่ไม่ใช่ Label จึงใช้วิธีการ Manual Labeling ด้วยผู้เชี่ยวชาญจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการ Label ข้อมูลล็อตกุ้งที่รับเข้า (Accepted) ส่วนหนึ่ง โดยแบ่งออกเป็น 3 class ได้แก่ Low Quality, Medium Quality และ High Quality

### 3.4 การคำนวณคะแนนเชิงประกอบ (Composite Scoring)

นำข้อมูลส่วน Accepted ที่ผ่านกระบวนการทำ Label Propagation Algorithm (LPA) และข้อมูลส่วน Rejected มารวมกันเพื่อนำมาคำนวณคะแนนด้านคุณภาพและปริมาณการจัดส่งกึ่ง โดยอันดับแรกจะทำการแปลงคลาสของกึ่งเป็นคะแนนดิบ (Raw Score) และปรับมาตรฐานโดยการทำ normalization ให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เพื่อให้คะแนนมีสเกลเดียวกันและสามารถเปรียบเทียบได้ จากนั้นคำนวณคะแนนคุณภาพ (Quality Score) ต่อซัพพลายเออร์โดยหาค่าเฉลี่ยของคะแนนคุณภาพที่ normalized แล้วของทุกล็อตกึ่งที่ซัพพลายเออร์นั้นส่งเข้ามา ขณะเดียวกันก็หาสัดส่วนของน้ำหนักกึ่งที่ซัพพลายเออร์ส่งมาเปรียบเทียบกับน้ำหนักรวมทั้งหมดเพื่อคำนวณคะแนนน้ำหนักการส่งมอบ (Weight Score) ต่อซัพพลายเออร์สุดท้ายจะนำคะแนนคุณภาพและคะแนนน้ำหนักการส่งมอบนี้มาคำนวณคะแนนรวม (Composite Score) โดยนำคะแนนคุณภาพมาคูณกับน้ำหนัก  $W$  ที่กำหนดและคะแนนน้ำหนักการส่งมอบคูณด้วยน้ำหนักส่วนที่เหลือ  $1-W$  ตามสมการ (1)

$$Score = (Quality\ Score \times W) + (Weight\ Score \times (1-W)) \quad (1)$$

โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก  $W$  ที่แตกต่างกัน มาคำนวณหาผลลัพธ์ของแต่ละค่า

### 3.5 Expert-driven Benchmarking

นำผลลัพธ์ซึ่งอยู่ในลักษณะของรายการซัพพลายเออร์ที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการเลือกรายการที่มีอันดับเรียงกันอย่างเหมาะสมที่สุด ซึ่งรายการนั้นจะสอดคล้องกับน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุด น้ำหนักที่ผู้เชี่ยวชาญเลือกนี้จึงถือเป็นน้ำหนักต้นแบบ (Baseline Weight) สำหรับใช้ในกระบวนการตัดสินใจและการประเมินซัพพลายเออร์ต่อไป

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลจากการเตรียมข้อมูล

ข้อมูลจาก 15,292 แถว เหลือ 12,527 แถว หลังจากลบ missing value และ outlier จากนั้นถูกแยกเป็นข้อมูลส่วนของกึ่งที่รับเข้า (Accepted) 9,621 แถวและข้อมูลส่วนของกึ่งที่คุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์แล้วถูกส่งคืน (Rejected) 2,906 แถว

### 4.2 ผลจากการทำ Label (Manual Labeling & Semi-supervised Learning)

ผู้เชี่ยวชาญทำการ Label ข้อมูลล็อตกึ่งที่รับเข้า (Accepted) ทั้งหมด 244 แถว แบ่งออกเป็น 3 class ได้แก่ Low Quality 76 แถว, Medium Quality 78 แถวและ High Quality 90 แถว

ตารางที่ 1 .ผลการใช้ LPA เมื่อปรับจำนวน  $n\_neighbors$  ต่างกัน

| $n\_neighbors$ | Accuracy | Precision | Recall | F1-score |
|----------------|----------|-----------|--------|----------|
| 2              | 0.5306   | 0.4882    | 0.5306 | 0.4520   |
| 3              | 0.6122   | 0.8289    | 0.6122 | 0.5473   |
| 4              | 0.7959   | 0.8526    | 0.7959 | 0.7955   |
| 5              | 0.8980   | 0.9104    | 0.8980 | 0.8972   |
| 6              | 0.9796   | 0.9808    | 0.9796 | 0.9796   |
| 7              | 0.9796   | 0.9808    | 0.9796 | 0.9796   |
| 8              | 0.9796   | 0.9808    | 0.9796 | 0.9796   |
| 9              | 0.9388   | 0.9484    | 0.9388 | 0.9397   |

การทดลองประสิทธิภาพของ Label Propagation Algorithm (LPA) โดยปรับค่า  $n\_neighbors$  ระหว่าง 2 ถึง 9 พบว่า ประสิทธิภาพในการทำนายคุณภาพกึ่งมีแนวโน้มดีขึ้นตามจำนวนเพื่อนบ้านที่ใช้ในกระบวนการแพร่กระจายฉลาก (label propagation)

เมื่อ  $n\_neighbors$  มีค่าต่ำ (เช่น 2-3) ค่า Accuracy อยู่เพียง 0.53-0.61 แสดงให้เห็นว่าระบบยังไม่สามารถจำแนกคุณภาพได้ดีพอ และมีค่า F1-score ต่ำกว่า 0.60 อันสะท้อนถึงความไม่สมดุลระหว่าง Precision และ Recall แต่เมื่อเพิ่มค่า  $n\_neighbors$  เป็น 4-5 ประสิทธิภาพโมเดลดีขึ้นชัดเจน โดยที่ค่า Accuracy ขยับจาก 0.79 เป็น 0.89 และมี F1-score ประมาณ 0.90

ผลที่โดดเด่นที่สุดพบที่  $n\_neighbors = 6-8$  ซึ่งให้ Accuracy เกือบ 0.98 และ F1-score 0.9796 แสดงว่าการแพร่กระจายฉลากทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงนี้ ขณะที่หากเพิ่มเป็น 9 ค่า Accuracy ลดลงเป็น 0.94 บ่งชี้ว่าการเลือกค่า  $n\_neighbors$  ที่มากเกินไปอาจทำให้ความแม่นยำถดถอยเล็กน้อย

สรุปได้ว่า LPA สามารถสร้างฉลากที่มีความถูกต้องสูง (~98%) เมื่อเลือกจำนวนเพื่อนบ้านอย่างเหมาะสม โดย  $n\_neighbors = 6$  หรือ 7 เป็นค่าที่ให้ความแม่นยำและสมดุลของโมเดลดีที่สุด ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้  $n\_neighbors = 6$  ในการทำ LPA ซึ่งให้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2.

ตารางที่ 2 .ผลการใช้ LPA เมื่อ  $n\_neighbors = 6$

| Class              | Count |
|--------------------|-------|
| 0 (Low Quality)    | 1203  |
| 1 (Medium Quality) | 7858  |
| 2 (High Quality)   | 560   |

ผลการจำแนกตามโมเดล LPA แสดงให้เห็นว่าล็อตกึ่งส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม Medium Quality (Class 1) จำนวน 7,858 ล็อต หรือคิดเป็นเกือบ 82% ของข้อมูลทั้งหมด ขณะที่กลุ่ม Low Quality (Class 0) มี 1,203 ล็อต และ High Quality (Class 2) มี 560 ล็อต

### 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลคะแนนคุณภาพ (Quality Score) คะแนนน้ำหนักการส่งมอบของซัพพลายเออร์ (Weight Score)



รูปที่ 2. Scatter Plot of Supplier Quality Score vs Weight Score

จาก รูปที่ 2. จะเห็นว่าซัพพลายเออร์แต่ละรายมีจุดเด่นแตกต่างกัน



กลุ่มที่อยู่ด้านขวา เช่น SP1, SP2 มีคุณภาพสูงแต่ปริมาณน้อย ในขณะที่กลุ่มซ้ายบน เช่น SP5, SP6 มีปริมาณสูงแต่คุณภาพต่ำกว่า ส่วน SP4 อยู่ในตำแหน่งตรงกลางที่มีคุณภาพและปริมาณค่อนข้างสมดุล

#### 4.4 ผลการคำนวณคะแนนเชิงประกอบ (Composite Scoring)

เมื่อเปลี่ยนน้ำหนักถ่วง (W:1-W) ระหว่างคุณภาพและปริมาณการส่งมอบของซัพพลายเออร์ ตามตารางที่ 3 พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่า หากเน้นคุณภาพสูง เช่น ค่าน้ำหนัก 80:20 หรือ 70:30 ซัพพลายเออร์ SP1 จะได้อันดับสูงสุดเสมอ เมื่อค่าน้ำหนักปรับไปตรงกลางที่ 60:40 ซัพพลายเออร์ SP5 และ SP6 จะขึ้นนำตำแหน่งหน้า SP1 ที่อันดับลดลงเล็กน้อย และเมื่อเน้นปริมาณมากขึ้น เช่น 40:60 หรือ 30:70 ซัพพลายเออร์ SP5 ครองอันดับหนึ่งอย่างชัดเจน ส่วน SP1 ตกลงไปอยู่ในอันดับสี่ กลุ่มซัพพลายเออร์ที่อันดับไม่เปลี่ยนแปลงเลยคือ SP7 ซึ่งมีคะแนนรวมต่ำสุดอยู่ในตำแหน่งท้ายตลอด โดยสรุปการปรับค่าน้ำหนักถ่วงคุณภาพกึ่งและปริมาณการส่งมอบ ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อลำดับอันดับซัพพลายเออร์ โดยซัพพลายเออร์ SP1 จะได้เปรียบเมื่อเน้นคุณภาพ ส่วน SP5 และ SP6 จะได้เปรียบเมื่อให้ความสำคัญกับปริมาณการส่งมอบมากขึ้น

ตารางที่ 3. ผลการจัดอันดับของซัพพลายเออร์ เมื่อปรับน้ำหนักถ่วง

| Supplier | 80:20 | 70:30 | 60:40 | 50:50 | 40:60 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SP1      | 1     | 1     | 3     | 4     | 4     |
| SP2      | 2     | 4     | 5     | 5     | 5     |
| SP3      | 5     | 6     | 6     | 6     | 6     |
| SP4      | 4     | 3     | 4     | 3     | 3     |
| SP5      | 3     | 2     | 1     | 1     | 1     |
| SP6      | 6     | 5     | 2     | 2     | 2     |
| SP7      | 7     | 7     | 7     | 7     | 7     |

#### 4.5 ผลจากกระบวนการ Expert-driven Benchmarking

ผลที่ได้พบว่าการทดลองใช้น้ำหนักความสำคัญระหว่างปัจจัยคุณภาพกึ่งและปริมาณของกึ่งที่ถูกส่งมอบเมื่อให้ผู้เชี่ยวชาญในโรงงานประเมินและพิจารณา พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมและได้รับการเลือกเป็นต้นแบบคือ 50:50 แสดงให้เห็นว่าโรงงานให้ความสำคัญกับทั้งคุณภาพและปริมาณอย่างเท่าเทียมกัน

### 5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบการจัดอันดับซัพพลายเออร์กึ่งโดยผสมผสานข้อมูลด้านคุณภาพและปริมาณเข้าด้วยกัน โดยใช้เทคนิค Label Propagation Algorithm ในการแบ่งกลุ่มคุณภาพกึ่ง และ Composite Scoring ในการคำนวณคะแนนเชิงประกอบถ่วงน้ำหนัก ระหว่างคุณภาพและสัดส่วนน้ำหนักที่ส่งมอบ

ผลการทดลองกับชุดข้อมูลจริงจากฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ (QC) จำนวนกว่า 15,000 ล็อต พบว่าเทคนิคนี้สามารถแบ่งกลุ่มคุณภาพและจัดอันดับได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกับการประเมินจริงของผู้เชี่ยวชาญ โดยน้ำหนักความสำคัญระหว่างคุณภาพและปริมาณที่เหมาะสมซึ่งเป็นผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ คือ 50:50 ซึ่งสะท้อนการให้ความสำคัญทั้งสองปัจจัยอย่างเท่าเทียมกัน

การศึกษาพบว่าการใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักคะแนนเชิงประกอบ ทำให้การประเมินซัพพลายเออร์มีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามกล

ยุทธ์ขององค์กร และแสดงให้เห็นถึงภาพรวมศักยภาพซัพพลายเออร์ได้ดีกว่าการประเมินด้วยปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงอย่างเดียว

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลและคุณภาพของ feature ที่ใช้ในการวิเคราะห์ รวมถึงสมมติฐานการถ่วงน้ำหนักที่ได้นั้น อาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์และความต้องการเชิงธุรกิจใหม่ๆ

โดยสรุป งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางการประเมินซัพพลายเออร์ที่ครอบคลุมและโปร่งใส ช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจเลือกซัพพลายเออร์ได้อย่างมีข้อมูลอ้างอิงและสนับสนุนการบริหารห่วงโซ่อุปทานอย่างมีประสิทธิภาพ

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดี ก่อนอื่นผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.สุรพงศ์ เอื้อพัฒนามงคล ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ และความรู้ที่มีประโยชน์ตลอดงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ ขอขอบคุณโรงงานที่ให้การสนับสนุนทางด้านข้อมูล รวมถึงผู้เชี่ยวชาญและเพื่อนร่วมงานที่ช่วยแนะนำและช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูล สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา ครอบครัว และเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนจนงานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] X. Zhu, Z. Ghahramani และ J. Lafferty, "Learning from labeled and unlabeled data with label propagation" Technical Report, CMU-CALD-02-107, Carnegie Mellon University, 2002
- [2] U. N. Raghavan, R. Albert และ S. Kumara, "Near linear time algorithm to detect community structures in large-scale networks," Physical Review E, vol. 76, no. 3, p. 036106, 2007.
- [3] J. Wang และ H. Yan, "Supplier ranking by minimizing cost and quality risk: a multi-criteria decision-making approach," Computers & Industrial Engineering, vol. 137, p. 106036, 2019.
- [4] S. K. Sahu, A. Behera, และ S. K. Satapathy, "Supplier selection through composite weighted scoring technique for manufacturing industries," Materials Today: Proceedings, vol. 37, pp. 832–838, 2021.

# เว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกรูปภาพงูด้วย โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน

## Web Application for Snake Image Classification Using Convolutional Neural Networks

|                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| นาง ประพัตรรงค์<br>(Naj Praphatsarang)<br>ภาควิชาวิทยาการ<br>คอมพิวเตอร์<br>คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยรามคำแหง<br>(Dept. of Computer Science<br>Faculty of Science<br>RamKhamhaeng University)<br>กรุงเทพฯ ประเทศไทย<br>(Bangkok Thailand)<br>najpotter@hotmail.com | สาริษฐ์ นากกระแสน์<br>(Sathit Nakkrasae)<br>ภาควิชาวิทยาการ<br>คอมพิวเตอร์<br>คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยรามคำแหง<br>(Dept. of Computer Science<br>Faculty of Science<br>RamKhamhaeng University)<br>กรุงเทพฯ ประเทศไทย<br>(Bangkok Thailand)<br>nak_sathit@rumail.ru.ac.th | สรารุท มีศรี<br>(Sarawut Meesri)<br>ภาควิชาวิทยาการ<br>คอมพิวเตอร์<br>คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยรามคำแหง<br>(Dept. of Computer Science<br>Faculty of Science<br>RamKhamhaeng University)<br>กรุงเทพฯ ประเทศไทย<br>(Bangkok Thailand)<br>sarawut.meesri@rumail.ru.ac.th | อัฉรา มหาวีร์วัฒน์<br>(Atchara Mahaweerawat)<br>ภาควิชาวิทยาการ<br>คอมพิวเตอร์<br>คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยรามคำแหง<br>(Dept. of Computer Science<br>Faculty of Science<br>Ramkhamhaeng University)<br>กรุงเทพฯ ประเทศไทย<br>(Bangkok Thailand)<br>matchara@rumail.ru.ac.th |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**บทคัดย่อ** — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) สำหรับจำแนกรูปภาพของงู โดยอาศัยการประมวลผลภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) โดยเน้นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดล ResNet-18 ที่ผ่านการฝึกแบบปกติ และโมเดลที่ผ่านกระบวนการ K-Fold Cross-Validation ซึ่งเป็นเทคนิคในการแบ่งข้อมูลฝึกสอนเพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดการลำเอียงของโมเดล จากนั้นนำโมเดลที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาประยุกต์ใช้ในเว็บ แอปพลิเคชัน (Web Application) ที่สามารถให้ผู้ใช้ทำการอัปโหลดหรือถ่าย รูปภาพงู และแสดงผลผลการจำแนกชนิดของงูอย่างอัตโนมัติ

โดยเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) นี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการศึกษากการให้ข้อมูลด้านความปลอดภัยจากงูมีพิษและการส่งเสริมความรู้ด้านสัตววิทยาในกลุ่มประชาชนทั่วไป

**คำสำคัญ** — โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน, การเรียนรู้การถ่ายโอน, การตรวจสอบแบบไขว้, การจำแนกประเภท, แอปพลิเคชันเว็บ

**ABSTRACT** — This research endeavor sought to engineer a web-based application designed for the classification of serpentine images, employing image processing techniques utilizing Convolutional Neural Networks (CNNs). The primary focus of this study was to evaluate the comparative efficacy between the traditionally trained ResNet-18 architecture and the variant optimized through the K-Fold Cross-Validation methodology, a systematic approach for partitioning the training dataset to enhance accuracy and mitigate model bias. Subsequently, the model exhibiting superior performance was

integrated into a web application that facilitates user interaction by allowing individuals to upload or capture images of snakes, thereby automatically presenting the classification outcomes pertaining to the respective snake species.

This web application serves as a valuable educational resource, disseminating information regarding the safety protocols associated with venomous snakes while simultaneously fostering zoological awareness among the broader populace.

**Keywords** — Convolutional Neural Networks, Transfer Learning, Cross Validation, Snake Classification, Web application

### 1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะกลุ่มของสัตว์เลื้อยคลานเช่น งู ซึ่งสามารถพบได้ทุกภูมิภาคทั่วประเทศ ในประเทศไทยมีทั้งชนิดที่มีพิษและไม่มีพิษ โดยบางชนิดมีพิษรุนแรงถึงชีวิต [15] อย่างไรก็ตามคนทั่วไปมักขาดความรู้และความเข้าใจในการแยกแยะลักษณะของงูแต่ละสายพันธุ์อย่างถูกต้อง มักเกิดความหวาดกลัวและเลือกที่จะทำร้ายหรือฆ่างูทันทีแม้กระทั่งในกรณีที่ไม่เป็นอันตราย สถานการณ์นี้ไม่เพียงส่งผลเสียต่อระบบนิเวศแต่ยังเสี่ยงการได้รับอันตรายจากงูพิษหากไม่สามารถแยกแยะได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ในกรณีที่ถูกกัดก็ยังพบว่าจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถระบุชนิดของงูที่กัดได้ทำให้การให้การรักษาทงการแพทย์เกิดความล่าช้าและเสี่ยงต่อชีวิต

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) เพื่อช่วยในการจำแนกชนิดของงูจากภาพถ่ายโดยอาศัยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ผ่านโครงข่ายประสาทเทียม

แบบคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network: CNN) [1] ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบถ่ายโอน (Transfer Learning) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ภาพและจำแนกชนิดงูได้อย่างถูกต้องแม่นยำนอกจากรื่องานวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน เช่น สี, ลวดลาย, ผลกระทบของพิษ, วิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้น โดยมีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจและการอยู่ร่วมกันอย่างปลอดภัยระหว่างคนและงูอันจะนำไปสู่การลดจำนวนการทำร้ายงูโดยไม่จำเป็นรวมทั้งช่วยในการอนุรักษ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสมคูลธรรมชาติ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถจำแนกชนิดงูโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN)
2. เพื่อให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับงูแต่ละชนิด เช่น ชื่อวิทยาศาสตร์, ลักษณะภายนอก, ลวดลาย, ขนาด, สี, ถิ่นอาศัยและอาหาร
3. เพื่อให้ข้อมูลด้านความปลอดภัย เช่น อันตรายของงูว่าชนิดนั้นมีพิษหรือไม่ รวมถึงผลกระทบจากพิษ และวิธีการปฐมพยาบาลเบื้องต้นในกรณีถูกงูกัด
4. เพื่อจัดแสดงข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายพร้อมภาพประกอบเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และรับมือกับสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องและทันทั่วทั้งที่

## 2. Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network เป็นสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับงานวิเคราะห์ภาพและการจดจำลวดลาย [1] โดย CNN ประกอบด้วยชั้นหลัก 3 ประเภท ได้แก่

- 2.1. ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) ซึ่งทำหน้าที่ดึงคุณลักษณะ (features) จากภาพด้วย Kernel ที่เรียนรู้ได้จากข้อมูล [2] ซึ่งสามารถสร้างลำดับของคุณลักษณะตั้งแต่ low-level features เช่นขอบหรือจุดมืด ข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้ในการสร้าง mid-level features เช่น ตา หู จมูก และต่อ ยอดไปเป็น high-level features เช่น โครงสร้างใบหน้าหรือวัตถุในภาพ ซึ่งแนวคิดนี้ช่วยให้โมเดลสามารถจัดการกับความแตกต่างของวัตถุในภาพได้
- 2.2. ชั้นพูลลิ่ง (Pooling Layer) ใช้สำหรับลดขนาดของข้อมูลเพื่อลดความซับซ้อนของโมเดล ลดจำนวนพารามิเตอร์และช่วยป้องกันการเกิด overfitting [3]

- 2.3. ชั้นฟูลลิคัลกอนเน็คเทด (Fully-connected Layer) ทำหน้าที่ประมวลผลคุณลักษณะที่ได้เพื่อทำการจำแนก (classification)

CNN สามารถลดจำนวนพารามิเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยแนวคิด parameter sharing และ local connectivity ซึ่งช่วยให้โครงข่ายสามารถประมวลผลภาพขนาดใหญ่ได้โดยไม่ต้องใช้ทรัพยากรมากเท่ากับโครงข่ายประสาททั่วไป [4] นอกจากนี้การใช้ฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) แบบไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear activation function) เช่น ReLU ช่วยให้โครงข่ายสามารถเรียนรู้ลักษณะซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ CNN จึงได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการประยุกต์ใช้งานด้านการจดจำรูปภาพ เช่น การจำแนกวัตถุ (object classification) การจดจำใบหน้า (face recognition) และการตรวจจับวัตถุในภาพ (object detection) [6] เป็นต้น

## 3. วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย

### 3.1 ส่วนการพัฒนาโมเดล

#### 1. การรวบรวมข้อมูล (Collection Data)

ในขั้นตอนแรกของการดำเนินงานเป็นการรวบรวมข้อมูลรูปภาพจากหลายแห่งทั้งจากกลุ่ม Facebook (งูไทย...อะไรก็ได้ all about Thailand snakes) และจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ (Snake Classification F1 Score 74.4 %)[16] ซึ่งใช้ภาพงูมาทำการฝึกสอนโมเดล nvidia\_efficientnet\_wideseg\_b4 โดยข้อมูลภาพเหล่านี้ถูกจัดเก็บพร้อมกับชื่อสายพันธุ์ของงูแต่ละตัว เพื่อใช้เป็นสัญลักษณ์ (Label) สำหรับการจำแนกภาพ

#### 2. การเตรียมข้อมูล (Preprocessing)

หลังจากได้ชุดข้อมูลภาพแล้วขั้นตอนต่อมาคือการเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำเข้าสู่โมเดลโดยมีรายละเอียดดังนี้

- การจัดเตรียมข้อมูลจากไฟล์ CSV  
ข้อมูลในชุดภาพจะถูกจัดเก็บร่วมกับไฟล์ .csv ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละภาพ เช่น  
UUID: รหัสเฉพาะของรูปภาพ  
Class\_id: หมายเลขสายพันธุ์  
ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นแนวทางในการโหลดภาพจากโฟลเดอร์ให้ตรงกับชนิดของงูโดยที่ข้อมูลของงูประกอบด้วย 7 คลาสดังนี้
  1. งูเขียวจากหมาก (Gonyosoma oxycephalum) จำนวน 181 รูป
  2. งูจงอาง (Ophiophagus Hannah) จำนวน 179 รูป
  3. งูหมอก (Psammodynastes pulverulentus) จำนวน 188 รูป
  4. งูเขียวตุ๊กแก (Tropidolaemus wagleri) จำนวน 191 รูป
  5. งูลายสอใหญ่ (Xenochrophis piscator) จำนวน 165 รูป
  6. งูเห่า (Naja naja) จำนวน 152 รูป
  7. งูหลาม (Python molurus) จำนวน 168 รูป
- การแปลงภาพ (Image Transformation)  
เพื่อให้ข้อมูลภาพสามารถนำเข้าสู่โมเดล CNN ได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงจะต้องมีการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคต่างๆ ดังนี้
  1. Resizing: ปรับขนาดของภาพให้เท่ากันทุกภาพ (ซึ่งในที่นี้คือ 418 x 418) เพื่อให้โมเดลสามารถรับข้อมูลในขนาดที่คงที่ [1]
  2. Normalization: ปรับค่าพิกเซลให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมโดยใช้ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อให้โมเดลเรียนรู้ได้ง่ายขึ้น [2]
  3. Data Augmentation: เพิ่มความหลากหลายให้กับชุดข้อมูลผ่านการหมุนภาพ (Rotation), การพลิกภาพ (Flipping) และการปรับความสว่างของภาพ (Brightness Adjustment) ซึ่งช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้จากหลายมุมมองของภาพงู [6]
- การจัดเตรียมข้อมูลสำหรับ Pytorch  
สร้างคลาส Dataset\_receiver เพื่อจัดการกับชุดข้อมูลภาพ โดยมีหน้าที่หลักดังนี้
  1. โหลดภาพจากโฟลเดอร์ย่อยที่ระบุ class\_id

2. แปลงภาพตามขั้นตอน Image Transformation
3. คีนค่าภาพและสัญลักษณ์ (label) ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานกับ Pytorch ได้ [7]

### 3.2 การสร้างโมเดล

ในการสร้างโมเดลจำแนกชนิดงูจากรูปภาพในครั้งนี้ได้เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ResNet-18 ซึ่งเป็นโมเดล Convolutional Neural Network (CNN) ที่มีโครงสร้างแบบ Residual Learning ช่วยให้การฝึกเครือข่ายที่ลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหา Gradient Vanishing และช่วยให้การเรียนรู้มีความเสถียรมากขึ้น [3] และได้มีการใช้โมเดล ResNet-18 กับเทคนิค K-Fold Cross Validation เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล โดยทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วนและวนฝึกโมเดลทั้งหมด 5 รอบในแต่ละรอบจะสลับกันใช้ชุดข้อมูลชุดหนึ่งเป็น Validation และที่เหลือเป็น Training [9]

### 3.3 การฝึกโมเดล

ในการฝึกโมเดลนั้นได้มีการดำเนินการฝึกโมเดลสองรูปแบบ ได้แก่ การใช้ K-Fold Cross Validation (k=5) และการใช้ Train/Test /Validation แบ่งชุดข้อมูลเพียงครั้งเดียวซึ่งทั้งสองวิธีมีขั้นตอนการฝึกโมเดลที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างกันในการแบ่งข้อมูลและวิธีการประเมินผลลัพธ์ ในด้านการฝึกโมเดลทั้งสองวิธีใช้กระบวนการเหมือนกันทุกประการกล่าวคือ ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ResNet-18 ที่ผ่านการฝึกมาก่อน (Pretrained Model) โดยทำการปรับเปลี่ยน Fully Connected Layer ให้ตรงกับจำนวนประเภทของข้อมูลที่ต้องการจำแนก นอกจากนี้ยังเลือกใช้ CrossEntropyLoss เป็นฟังก์ชันการคำนวณค่าความสูญเสีย (Loss Function) ซึ่งเหมาะสำหรับปัญหาการจำแนกหลายประเภท (Multiclass Classification) และเลือกใช้ Optimizer แบบ Adam พร้อมกับกำหนด Learning Rate เท่ากับ 0.01 สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ของโมเดลในแต่ละรอบการฝึก พร้อมทั้งใช้ Scheduler แบบ StepLR เพื่อลดค่า Learning Rate ลงเมื่อครบจำนวน epoch ที่กำหนด [3], [10], [11]

สำหรับกระบวนการฝึกในแต่ละ epoch จะประกอบด้วยการทำ forward pass เพื่อคำนวณค่า output จากโมเดล, การคำนวณค่า loss, การทำ backward pass เพื่อคำนวณ gradient, และการอัปเดตพารามิเตอร์ของโมเดลด้วย optimizer ขั้นตอนเหล่านี้ทำซ้ำไปเรื่อยๆ ตามจำนวน epoch ที่กำหนดไว้ กระบวนการนี้เหมือนทั้งในวิธี K-Fold Cross Validation และ Train/Test/Validation ปกติ อย่างไรก็ตามความแตกต่างหลักระหว่างสองวิธีอยู่ที่การแบ่งข้อมูลและการประเมินผล

ในกรณีของ K-Fold Cross Validation จะมีการแบ่งข้อมูลชุดฝึก (Training Data) ออกเป็น k ส่วนเท่าๆกัน (เช่น 5 ส่วน) แล้วสลับใช้ข้อมูลในแต่ละส่วนเป็นชุด validation และชุดที่เหลือเป็นชุด training ทำซ้ำทั้งหมด k ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะทำการฝึกโมเดลใหม่ตั้งแต่เริ่มต้น หลังจากนั้นจะนำผลลัพธ์ความแม่นยำ (Accuracy) ของแต่ละรอบมาคำนวณค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่าประสิทธิภาพของโมเดลที่เสถียรและลดความลำเอียง (bias) จากข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง [9], [12], [13]

สำหรับการทดลองครั้งนี้ ข้อมูลทั้งหมดมีจำนวน 2,448 ตัวอย่าง โดยถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ชุดฝึก (Train Set) จำนวน 1,958 ตัวอย่าง (79.98%) และชุดทดสอบ (Test Set) จำนวน 490 ตัวอย่าง (20.02%) โดยเทคนิค K-Fold Cross Validation (k=5) ถูกนำมาใช้กับ Train Set เพื่อประเมินความสามารถของโมเดลให้มีความเสถียรและลดความเอนเอียง

(Bias) ของข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง ในแต่ละรอบของ K-Fold Cross Validation ข้อมูล Train Set จะถูกแบ่งออกเป็น Training Subset และ Validation Subset ตามสัดส่วนดังตารางที่ 1 โดยที่ Test Set จะถูกตรึงไว้คงที่ตลอดทุก fold และไมถูกนำมาใช้ในการฝึกหรือปรับค่าโมเดล แต่จะใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพขั้นสุดท้ายของโมเดลหลังจากการฝึกเสร็จสิ้น

ในทางตรงกันข้าม สำหรับการแบ่งข้อมูลแบบ Train/Test/Validation ปกติจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึก (Training Data) และ ชุดทดสอบ (Testing Data) เพียงครั้งเดียว เช่น 80:20 หรือ 70:30 โดยแยกเป็น Train, Validation และ Test Set โดยข้อมูลทั้งหมดมีจำนวน 2,448 ตัวอย่าง โดยถูกแบ่งออกเป็นสามส่วน ได้แก่ ชุดฝึก (Train Set) จำนวน 1,762 ตัวอย่าง (71.98%), ชุดตรวจสอบ (Validation Set) จำนวน 196 (8.01%) และชุดทดสอบ (Test Set) จำนวน 490 จากนั้นทำการฝึกโมเดลกับชุดข้อมูลฝึก (Training Data) และตรวจสอบประสิทธิภาพกับชุดตรวจสอบ (Validation set) เพื่อเลือกโมเดลที่ดีที่สุดก่อนนำไปประเมินกับชุดทดสอบ (Test Set) ทำให้ได้ค่าความแม่นยำที่ดีที่สุด

ตารางที่ 1. ตารางแสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการฝึกโมเดล ResNet-18 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation ในแต่ละ fold

|       | Train         | Validation  | Test        |
|-------|---------------|-------------|-------------|
| Fold1 | 1,566(63.97%) | 392(16.01%) | 490(20.02%) |
| Fold2 | 1,566(63.97%) | 392(16.01%) | 490(20.02%) |
| Fold3 | 1,566(63.97%) | 392(16.01%) | 490(20.02%) |
| Fold4 | 1,567(64.01%) | 392(15.97%) | 490(20.02%) |
| Fold5 | 1,567(64.01%) | 392(15.97%) | 490(20.02%) |

## 4. ผลการวิจัย

จากการทดลองเปรียบเทียบการฝึกโมเดลจำแนกสายพันธุ์งูจากรูปภาพโดยใช้สถาปัตยกรรม ResNet-18 ทั้งในกรณีที่ใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation และไม่ใช่ พบว่าเทคนิค K-Fold Cross Validation ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าในทุกตัวชี้วัดดังตารางที่ 2 โดยมีค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (Accuracy) เพิ่มขึ้นจาก 75.00% เป็น 83.25% ค่า Macro Precision เพิ่มขึ้นจาก 76.00% เป็น 83.08% ค่า Macro Recall เพิ่มขึ้นจาก 75.00% เป็น 82.88% และค่า Macro F1-score เพิ่มขึ้นจาก 74.00% เป็น 82.92%

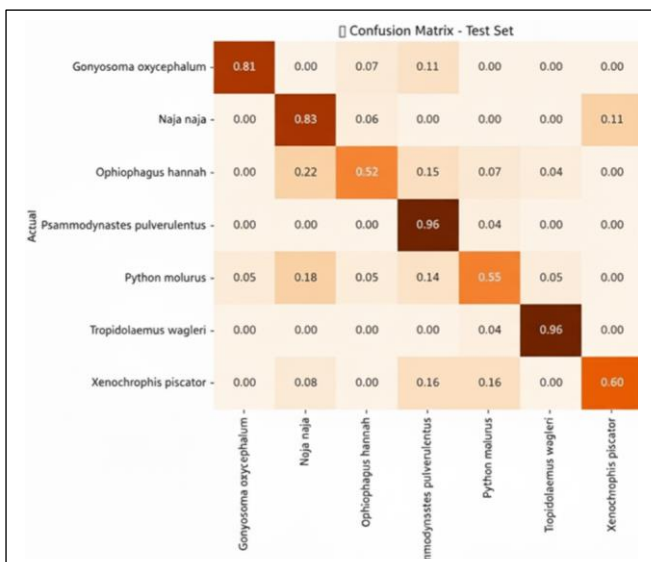
โดยเทคนิค K-Fold Cross Validation ช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้ข้อมูลได้หลากหลายมากยิ่งขึ้นลดปัญหาการแบ่งข้อมูลที่ไม่ครอบคลุมและส่งผลให้โมเดลสามารถจำแนกภาพงูในกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ อย่างแม่นยำยิ่งขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลลัพธ์ใน Confusion Matrix ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าโมเดลสามารถจำแนกสายพันธุ์งูที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ดีขึ้นเมื่อผ่านการฝึกด้วยเทคนิค K-Fold Cross Validation ส่งผลให้ความผิดพลาดในการจำแนกประเภท (Misclassification) ลดลง โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีความซับซ้อน เช่น งูจงอาง (Ophiophagus hannah) และ งูหลาม (Python molurus) ที่มีการทำนายคลาดเคลื่อนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า เทคนิค K-Fold Cross Validation มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาโมเดลที่สามารถจำแนกภาพงูได้อย่างแม่นยำ เติบโต และครอบคลุมทุกคลาสมากยิ่งขึ้น ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

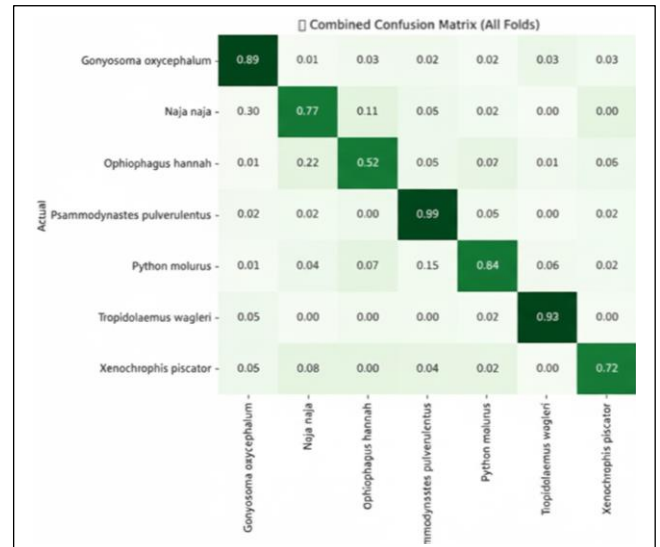
5. การใช้งานระบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกสายพันธุ์งูจากภาพถ่าย ระบบนี้พัฒนาขึ้นเป็นเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกสายพันธุ์งูจากภาพถ่าย โดยผู้ใช้งานสามารถอัปโหลดภาพงูผ่านทางเว็บแอปพลิเคชัน จากนั้นภาพจะถูกส่งเข้าสู่โมเดลปัญญาประดิษฐ์ซึ่งผ่านการฝึกมาแล้ว เพื่อทำนายสายพันธุ์ของงูที่ปรากฏในภาพ ระบบจะแสดงผลการจำแนกพร้อมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ชื่อ, ชื่อทางวิทยาศาสตร์, มีพิษหรือไม่มีพิษ, ลักษณะเด่น, คำแนะนำในการปฐมพยาบาล เป็นต้น โดยเว็บแอปพลิเคชันถูกออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย และสามารถใช้งานได้ผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลาย ทั้งคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ

ตารางที่ 2. ตารางเปรียบเทียบตัวชี้วัดที่ได้จากการเทรนโมเดล ResNet-18 ที่ใช้ K-Fold Cross Validation และไม่ใช่

|                 | ResNet-18<br>(ไม่มีK-Fold) | ResNet-18 +<br>K-Fold |
|-----------------|----------------------------|-----------------------|
| accuracy        | 75.00%                     | 83.25%                |
| Macro Precision | 76.00%                     | 83.08%                |
| Macro Recall    | 75.00%                     | 82.88%                |
| Macro F1-score  | 74.00%                     | 82.92%                |

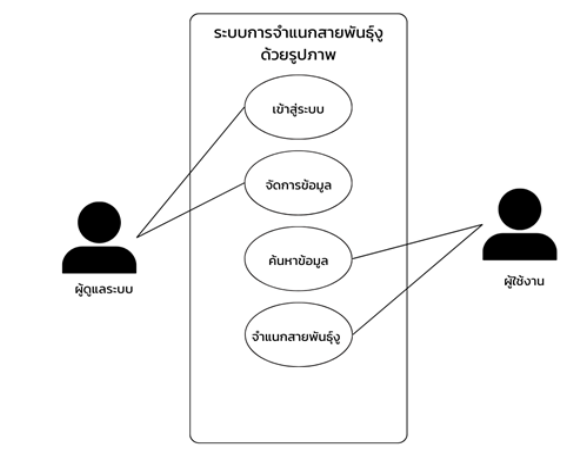


รูปที่ 1. ค่า Confusion Matrix ของการเทรนโมเดลโดยใช้ ResNet-18 เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2. ค่า Confusion Matrix ของการเทรนโมเดลโดยใช้ ResNet-18 ที่ผ่านกระบวนการ K-Fold Cross Validation จำนวน 5 folds

## 6. การออกแบบรูปแบบการใช้งานระบบ



รูปที่ 3. แผนภาพยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram) ของระบบจำแนกสายพันธุ์งูจากรูปภาพ

เพื่ออธิบายภาพรวมของโครงสร้างการทำงานและขอบเขตของระบบจึงมีการออกแบบแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ดังรูปที่ 3 เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับฟังก์ชันหลักในระบบโดยจำแนกผู้ใช้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ผู้ใช้ทั่วไป (User): สามารถใช้งานระบบโดยการอัปโหลดหรือถ่ายภาพงูเข้าสู่ระบบเพื่อให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์ทำการจำแนกสายพันธุ์จากนั้นระบบจะแสดงผลการวิเคราะห์พร้อมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ชื่อ, ลักษณะเด่น, และคำแนะนำในการปฐมพยาบาล เป็นต้น นอกจากนี้ผู้ใช้งานยังสามารถค้นหาข้อมูลสายพันธุ์จากฐานข้อมูลของระบบได้โดยตรง

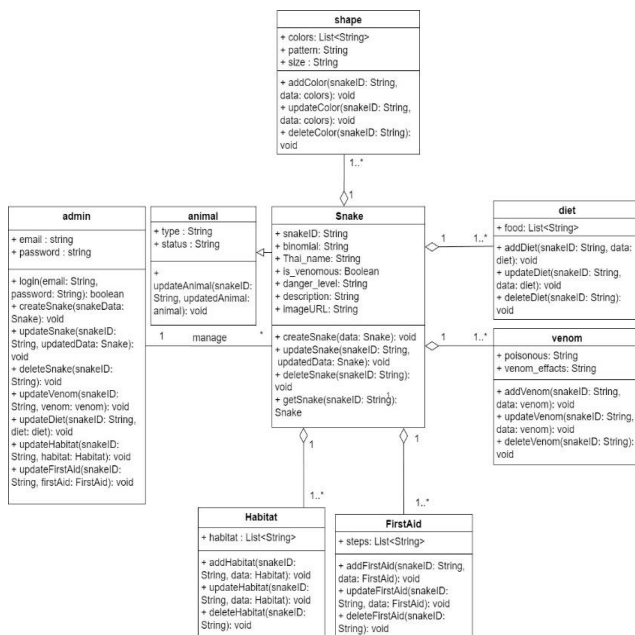
- ผู้ดูแลระบบ (Admin): มีสิทธิ์ในการเข้าสู่ระบบเพื่อจัดการข้อมูลภายในระบบ เช่น การเพิ่ม, ลบ, หรือแก้ไขข้อมูลของสายพันธุ์ รวมถึงการดูแลความถูกต้องของข้อมูล

## 7. การออกแบบโครงสร้างข้อมูลของระบบ

ในการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกสายพันธุ์จากภาพถ่ายได้มีการออกแบบโครงสร้างข้อมูลของระบบในลักษณะเชิงวัตถุ โดยใช้แผนภาพคลาสไดอะแกรม (Class Diagram) ดังรูปที่ 4 เพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลหลักของระบบ

จากแผนภาพคลาสไดอะแกรม คลาสหลักของระบบคือ Snake ซึ่งทำหน้าที่เป็นโหนดหลักในการจัดเก็บข้อมูลสายพันธุ์แต่ละชนิด โดยมีแอตทริบิวต์สำคัญ ได้แก่ รหัสสายพันธุ์ (snakeID), ชื่อวิทยาศาสตร์ (binomial), ชื่อภาษาไทย (Thai\_name), พิษ (is\_venomous), ระดับความอันตราย (danger\_level), คำอธิบาย (description), และที่อยู่ของภาพ (imageURL) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการแสดงผลให้แก่ผู้ใช้งาน

คลาส Snake เชื่อมโยงกับคลาสอื่นๆ เพื่อจัดเก็บข้อมูลที่มีความเฉพาะ ได้แก่ shape ซึ่งจัดเก็บลักษณะภายนอกของงู เช่น สี ลวดลาย และขนาด Diet จัดเก็บชนิดอาหารที่งูกินได้ในลักษณะรายการ (List<String>) Venom จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพิษ เช่น มีพิษหรือไม่มีพิษ (poisonous) และผลกระทบของพิษ (venom\_effects) Habitat แหล่งที่อยู่อาศัย และ FirstAid ขั้นตอนการปฐมพยาบาลเบื้องต้น



รูปที่ 4. แผนภาพคลาสไดอะแกรม (Class Diagram) ของระบบจำแนกสายพันธุ์จากภาพถ่าย

ความสัมพันธ์ระหว่าง Snake กับคลาสอื่น ๆ ทั้งหมดถูกกำหนดในรูป “หนึ่งต่อกลุ่ม” (1:N) ซึ่งสะท้อนความยืดหยุ่นของข้อมูล เช่น งูหนึ่งสายพันธุ์อาจมีหลายสี หลายรูปแบบของพิษ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและถูกต้องตามลักษณะทางชีววิทยาจริง

นอกจากนี้ยังมีการกำหนดคลาสสำหรับผู้ใช้งานระบบ ได้แก่ Admin

สำหรับผู้ดูแลระบบโดยมีความสามารถในการจัดการข้อมูลทั้งในเชิงการเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูล และ Animal แสดงถึงประเภทสัตว์และสถานะการแสดงผลข้อมูลโดยสามารถควบคุมการเผยแพร่หรือการใช้งานผ่านเมธอด updateAnimal()

การออกแบบโครงสร้างข้อมูลในลักษณะนี้ไม่เพียงแต่ช่วยให้การจัดการข้อมูลในระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังรองรับการขยายในอนาคต เช่น การเพิ่มข้อมูลเชิงลึกอื่นๆ เกี่ยวกับงูหรือการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลภายนอกเพื่อรองรับการประยุกต์ใช้งานทั้งภาคประชาชนและภาควิชาการ

## 8. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้นำเสนอเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกรูปภาพงูโดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) โดยเปรียบเทียบโมเดล ResNet-18 กับ ResNet-18 ที่ประยุกต์ใช้เทคนิค K-Fold Cross Validation เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจำแนกสายพันธุ์ โดยพบว่าการใช้ K-Fold Cross Validation ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกรูปภาพงูได้อย่างมีนัยสำคัญ จึงถูกประยุกต์ใช้บนเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยจากงูพิษ และส่งเสริมความรู้ด้านสัตววิทยาในกลุ่มประชาชนทั่วไป ทั้งนี้อาจปรับปรุงระบบโดยเพิ่มข้อมูลสายพันธุ์ให้ครอบคลุมตามที่พบในสภาพแวดล้อมจริง

## เอกสารอ้างอิง

- [1] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436-444.
- [2] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with deep convolutional neural networks. NIPS.
- [3] 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 (pp. 770-778).
- [4] Refaeilzadeh, P., Tang, L., & Liu, H. (2009). Cross-validation. In Encyclopedia of database systems (pp. 532-538). Springer.
- [5] Scherer, D., Muller, A., & Behnke, S. (2010). Evaluation of pooling operations in convolutional architectures for object recognition. ICANN.
- [6] Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A survey on image data augmentation for deep learning. Journal of Big Data, 6(1), 60.
- [7] Paszke, A., et al. (2019). PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. Advances in Neural Information Processing Systems 32.
- [8] Deng, J., et al. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 248-255.
- [9] Kohavi, R. (1995). A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 14(2), 1137-1145.
- [10] Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). Adam: A Method for Stochastic Optimization. International Conference on Learning Representations (ICLR).



- [11] Paszke, A., et al. (2019). PyTorch: An Imperative Style, High-Performance Deep Learning Library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32.
- [12] James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning*. Springer.
- [13] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- [14] R. Kohavi, "A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection," in *Proceedings of the 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence - Volume 2*, 1995, pp. 1137–1143.
- [15] <https://www.thainationalparks.com/>
- [16] <https://www.kaggle.com/code/goelyash/snake-classification-f1-score-74-4>

# การเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ในสตรีมสดประเภท VTuber สำหรับคนรุ่น Gen Z: กรอบการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง Engagement in VTuber Live Streams for Generation Z: A User-Centered Design Framework

ศดา ลิขิตอิทธิรักษ์

Sta Likit-ittiruks

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Thai-Nichi Institute of Technology

Bangkok, Thailand

s.likit-ittiruks@gmail.com

อภิษฐา นิมคุ้มภัย

Apichaya Nimkoompai

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

Thai-Nichi Institute of Technology

Bangkok, Thailand

apichaya@tni.ac.th

**บทคัดย่อ** — การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารอบแนวคิดการออกแบบ UX/UI สำหรับแพลตฟอร์มสตรีมสดประเภท VTuber โดยมุ่งเน้นกลุ่มผู้ชม Generation Z ซึ่งให้ความสำคัญกับความยืดหยุ่น ความเป็นปัจเจก และการมีส่วนร่วมในสื่อดิจิทัล โดยใช้วิธีแบบผสมผสาน ประกอบด้วย การใช้แบบสอบถามสำรวจผู้ชม 46 คน และการสัมภาษณ์ร่วมกับการทดสอบต้นแบบกับ VTuber และผู้ชมรวม 12 คน ผลการวิจัยพบว่าผู้ชมชื่นชอบฟีเจอร์ที่ปรับแต่งได้และการมีส่วนร่วม ขณะที่ VTuber ผู้สร้างเนื้อหาให้ความสำคัญกับการใช้งานง่ายและการเชื่อมต่อกับผู้ชม อีกทั้งยังพบว่า ฟีเจอร์เชิงแข่งขัน เช่น การจัดอันดับ ได้รับความนิยมน้อย โดยกรอบแนวคิดการออกแบบได้แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ความยืดหยุ่น การมีส่วนร่วม ความเรียบง่าย และการลดการแข่งขัน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแพลตฟอร์มสตรีมสดสำหรับผู้ชม VTuber ให้ตอบเจตจำนงมากยิ่งขึ้น

**คำสำคัญ** — การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้, แพลตฟอร์มสตรีมสด, วิทูปเบอร์, เจเนอเรชัน ซี, การสื่อสารแบบโต้ตอบ

**ABSTRACT** — This study aims to develop a UX/UI design framework for VTuber live streaming platforms targeting Generation Z viewers who value flexibility, individuality, and interactive engagement. A mixed-methods approach was employed: a quantitative survey of 46 viewers and qualitative interviews with 6 VTuber/management and 6 audience members. Findings indicate that viewers prefer customizable, interactive features, while VTubers prioritize ease of use and building audience connection. The resulting design framework consists of four key categories: Flexibility, Engagement & Community, Simplicity, and De-emphasized Gamification. These insights can guide future platform design to better match user expectations.

**Keywords** — User Experience, Live Streaming Platform, VTuber, Generation Z, Interactive Communication

## 1. บทนำ

ณ ปัจจุบัน ในยุคสมัยที่อินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวันของผู้คน วัฒนธรรมของการเชื่อมต่อและการสร้างสรรค์ได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของสังคมออนไลน์ นับจากการส่งสื่อประเภทข้อความ ขยายไปสู่การส่งภาพและเสียง จนกระทั่งในช่วงกลางทศวรรษที่ 2000 ก็ได้มีแพลตฟอร์มสำหรับสื่อประเภทวิดีโอเกิดขึ้นมากมาย

หนึ่งในแพลตฟอร์มวิดีโอที่ได้รับความนิยมก็คือ YouTube ที่ได้เปิดตัวขึ้นในปี ค.ศ.2005 ซึ่งเป็นสื่อสำคัญสำหรับอินฟลูเอนเซอร์บนโซเชียลมีเดีย [1] โดยมีการตั้งคำนิยาม “ยูทูปเบอร์ (YouTuber)” ซึ่งหมายถึงผู้สร้างคอนเทนต์บน YouTube

นับตั้งแต่ช่วงปีค.ศ. 2010 เป็นต้นมา YouTube เริ่มกลายเป็นหนึ่งในสื่อกระแสหลัก YouTube ส่วนหนึ่งได้เข้าสู่การเป็นนักสร้างคอนเทนต์อาชีพและได้รับรายได้จากการเป็น Partner กับ YouTube หรือจากสปอนเซอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจุดแข็งของการสร้างแบรนด์และตัวตนเพื่อสื่อสารกับผู้ชมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านทางแพลตฟอร์มรูปแบบวิดีโอ

เมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ด้านวิดีโอ และอินเทอร์เน็ตได้พัฒนาจนมีความไวที่สามารถรองรับการถ่ายทอดวิดีโอแบบสด หรือที่เรียกกันว่า “การสตรีมสด” หรือ “Live Stream” ได้ ทำให้เกิดกลุ่มผู้สตรีมหรือสตรีมเมอร์ (Streamer) บนแพลตฟอร์มต่าง ๆ เช่น YouTube และ Twitch ซึ่งมีการทำคอนเทนต์หลากหลายตั้งแต่ การเล่นเกม พูดคุยทั่วไป นักดนตรี จนไปถึง Streamer ที่ถ่ายทอดชีวิตจริง (IRL) การสตรีมสด (Live Stream) จึงได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในวัฒนธรรมดิจิทัล โดยเฉพาะในกลุ่มคนรุ่นใหม่อย่าง Generation Z

การสตรีมสดนั้นเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจผู้ชม Generation Z อย่างมากเนื่องจากความสามารถที่จะปฏิสัมพันธ์กับผู้สตรีมได้ในทันที และมีจุดเด่นในการมอบประสบการณ์ที่ดูจริงใจและสดกว่าให้กับผู้ชม [2] โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสามารถ Chat ผ่านทางข้อความระหว่างการสตรีม [3] การสนับสนุนอย่างการ Donate หรือเป็นสมาชิก (Membership) ซึ่งส่งผลต่อ “ประสบการณ์ของผู้ใช้” (User Experience – UX) อย่างมีนัยสำคัญ

YouTuber และ Streamer ส่วนมากจะใช้กล้องวิดีโอในการถ่ายทำคอนเทนต์โดยเผยใบหน้าของตนเองเป็นส่วนหนึ่งของการสตรีม และมีส่วนหนึ่งเลือกที่จะไม่เผยใบหน้า แสดงเพียงมือและสิ่งแวดลอมรอบตัว หรือใช้ภาพวาด เป็น Avatar แทนตัว และเมื่อเทคโนโลยีการจับการเคลื่อนไหวใบหน้า (face capture) และร่างกาย (motion capture) ได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น จึงเกิดแนวทางการทำคอนเทนต์รูปแบบใหม่ โดยใช้ Avatar เสมือนจริง จากโมเดล 2 มิติหรือ 3 มิติ ซึ่งสามารถขยับเคลื่อนไหวตามการจับใบหน้าหรือท่าทางของผู้สตรีมได้

นับตั้งแต่ปี 2016 คิซุเนะ ไอ (Kizuna Ai) หนึ่งใน VTuber ที่เป็นที่เป็นที่เป็นที่ที่มีชื่อเสียงที่สุดคนแรก ๆ ของญี่ปุ่น ได้ปรากฏตัวในรูปแบบของตัวละคร

อนิเมะ 3D [4] และได้มีการสร้างคำนิยามเรียกตนเองว่า “Virtual YouTuber” หรือ VTuber ซึ่งถือเป็นจุดกำเนิดของชื่อเรียกผู้ที่ออกคอนเทนต์ด้วยโมเดลเสมือน

ชุมชนของผู้ติดตาม VTuber เริ่มเติบโตและขยายไปในหลากหลายประเทศมากขึ้นนับตั้งแต่ช่วงปี 2020 เป็นต้นมา โดย Hololive หนึ่งในค่าย VTuber ค่ายใหญ่ได้เปิดตัว Hololive English และ Hololive Indonesia ด้วยเหตุนี้จำนวน VTuber จึงได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากหลัก 20-100 คน ในปี 2016 เป็น 10,000-16,000 ในปี 2020 และคาดการณ์ว่าอยู่ที่ 80,000 คนในปี 2024

ในขณะเดียวกันจำนวนผู้ชมก็ได้เพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล ในปี 2016 VTuber ที่มีจำนวนผู้ติดตามมากที่สุดอยู่ที่ 200,000 คน แต่ในปี 2024 ได้เพิ่มขึ้นเป็น 4 ล้านคน โดยมีการคาดการณ์รายได้ต่อปีของวงการ VTuber นั้นมีสูงกว่า 500 ล้านดอลลาร์สหรัฐ แสดงให้เห็นถึงยอดจำนวนผู้ชมและยอดบริจาคที่เพิ่มขึ้นอย่างก้าวกระโดด

นอกเหนือจากนั้น ผู้ชม Generation Z ยังถือเป็นกลุ่มผู้ใช้หลักของแพลตฟอร์ม VTuber ซึ่งมีพฤติกรรมที่คาดหวังความยืดหยุ่น ความเป็นส่วนตัว และการมีส่วนร่วมในคอนเทนต์ที่รับชม งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาและออกแบบ กรอบแนวคิดด้าน UX/UI ที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ชมกลุ่มนี้ เพื่อเพิ่มระดับการมีส่วนร่วม (Engagement) ในการรับชมสตรีมสด

#### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้ชม Generation Z ที่รับชม VTuber Live Stream
2. เพื่อศึกษามุมมองของผู้ผลิตคอนเทนต์ VTuber ต่อการออกแบบ UX/UI
3. เพื่อพัฒนารอบการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง เพื่อเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้ชมบนการสตรีมสดของ VTuber

## 2. ข้อมูลเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

องค์ประกอบที่ส่งผลต่อประสบการณ์ของผู้ชม User-Experience (UX) หมายถึง ประสบการณ์ของผู้ใช้เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์หรือระบบหนึ่ง ๆ ในบริบทของ VTuber นั้น ประสบการณ์ของผู้ใช้ครอบคลุมถึงความรู้สึกของงานออกแบบกราฟิก คุณภาพของเนื้อหา และความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน ซึ่งองค์ประกอบทั้งหมดนี้มีบทบาทสำคัญในการสร้างการมีส่วนร่วมและความพึงพอใจของผู้ชม

#### 2.1.1. ความสวยงามของกราฟิกและโมเดล

รูปลักษณ์ของโมเดลของ VTuber มีผลอย่างมากต่อความประทับใจแรกของผู้ชม โดยเฉพาะในกลุ่ม Generation Z ที่ให้ความสำคัญกับความเป็นเอกลักษณ์และสไตล์ส่วนตัว การออกแบบโมเดลที่สามารถถ่ายทอดอัตลักษณ์ผ่านรูปร่าง สี การเคลื่อนไหว และอารมณ์ จึงมีบทบาทในการสร้างการจดจำ และต่อการรับรู้ในด้านบุคลิกภาพและแบรนด์ของ VTuber ได้อย่างมาก[5] นอกเหนือจากนั้น ความสวยงามของกราฟิก เช่น ฉากหลัง ฉากโฮโลดัด โอเวอร์เลย์สตรีม ยังบ่งบอกถึงความตั้งใจของ VTuber ทำให้ผู้ชมสามารถคาดหวังกับคุณภาพของผลงานที่ VTuber จะสร้างสรรค์ได้อีกด้วย

#### 2.1.2. เนื้อหาและสไตล์การนำเสนอ

VTuber มีความแตกต่างจาก Streamer ทั่วไป เนื่องจากมีการใส่เรื่องราว (Storytelling) และบทบาทสมมุติ (Role-playing) เข้าไปในคอนเทนต์ ซึ่งช่วยเพิ่มความน่าสนใจและมอบประสบการณ์แบบ Immersive ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น [6] โดยเฉพาะในกลุ่มวัฒนธรรมย่อย เช่น Otaku ซึ่งชื่นชอบความแฟนตาซีและคาแรคเตอร์ที่มีมิติ[7]

### 2.1.3 ความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน

การสร้างความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนถือเป็นกลยุทธ์สำคัญในการรักษาผู้ชมในระยะยาว โดยกลุ่มผู้ชมของ VTuber มักให้ความรู้สึกว่าเป็นสมาชิกของชุมชนเดียวกันและมีการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องผ่านแชท ไลฟ์สด และโซเชียลมีเดีย

จากงานวิจัย [6] พบว่าความผูกพันทางสังคมในชุมชนและความสัมพันธ์เชิงเสมือน (Parasocial Relationship) เป็นปัจจัยสำคัญที่จูงใจผู้ชม โดยเฉพาะกลุ่ม Generation Z ที่ให้ความสำคัญกับการเชื่อมต่อทางอารมณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang ที่ระบุว่า การสื่อสารทางสังคม (Social Communication) และความวิตกกังวลทางสังคม (Social Anxiety) เป็นแรงจูงใจทางสังคมหลักที่กระตุ้นให้ผู้ชมมีส่วนร่วม[8] นอกจากนี้ชุมชนแฟนคลับมีบทบาทสำคัญในการเข้าร่วมกิจกรรมเสมือน เช่น คอนเสิร์ตและอีเวนต์ ทำให้เกิดสายสัมพันธ์เชิงอารมณ์ที่ลึกซึ้ง ซึ่งก้าวข้ามขอบเขตของการเป็นเพียงผู้ชมและผู้ผลิต[9]

### 2.1.4 การออกแบบแพลตฟอร์มและปฏิสัมพันธ์ (Platform UX/UI & Interaction Design)

ในงานของ Wang & Li ระบุว่า UI ที่ผู้ใช้สามารถปรับแต่งตำแหน่งเปิด-ปิด หรือซ่อนฟีเจอร์ได้ เช่น ระบบแจ้งเตือน แชท ไลฟ์ และ Donation Bar ช่วยเพิ่ม “ความรู้สึกควบคุม” [3] ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะผู้ชม Generation Z ที่ต้องการประสบการณ์แบบ Personalized และไม่ชอบถูกรบกวนด้วยข้อมูลมากเกินไป

นอกจากนี้ การออกแบบแพลตฟอร์มยังควรคำนึงถึงภาระด้านการรับรู้ของผู้สร้างเนื้อหา โดย Kim et al. [10] ชี้ให้เห็นว่า VTuber ต้องเผชิญกับภาระด้านการรับรู้ที่สูง (high cognitive load) เนื่องจากต้องรับมือกับหลายสิ่งที่ต้องทำในเวลาเดียวกัน เช่น การควบคุมโมเดล การจัดการอุปกรณ์ที่ซับซ้อน และการโต้ตอบกับผู้ชมแบบเรียลไทม์ การพัฒนาระบบที่สามารถผสมผสานการทำงานของเครื่องมือต่าง ๆ ได้อย่างราบรื่นและลดความซับซ้อน จะช่วยให้ VTuber สามารถมุ่งเน้นไปที่การสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมได้อย่างเต็มที่



รูปที่ 1: ตัวอย่างการจัดวาง Live Stream แนวตั้งและแนวนอน  
แหล่งที่มา: ตัวอย่างโมเดล VTuber จาก YouTube Channel: Amon80

## 3. ระเบียบวิธีวิจัย

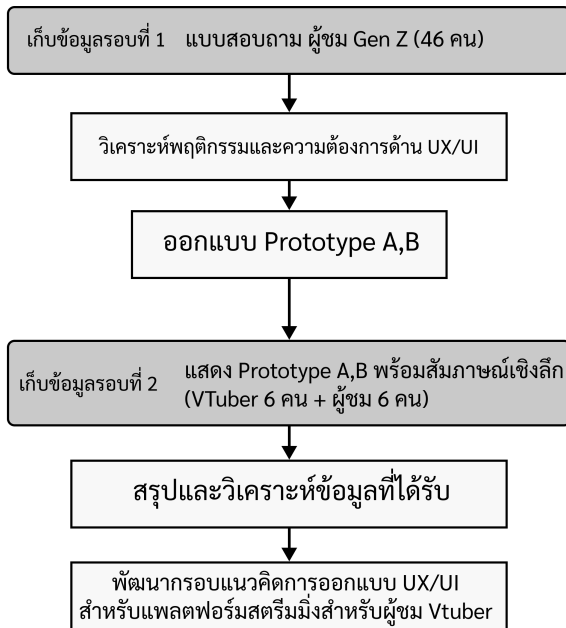
### 3.1. รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed-Methods) โดยมีการแบ่งเก็บข้อมูลออกเป็นสองรอบหลัก ได้แก่

3.1.1 การเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ: ผ่านแบบสอบถามกลุ่มผู้ชมกลุ่ม Generation Z ที่รับชม VTuber อย่างสม่ำเสมอ

3.1.2 การเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ: สัมภาษณ์ร่วมกับการทดสอบต้นแบบ (Prototype) กับกลุ่ม VTuber และผู้ชม Generation Z

### 3.2. ขั้นตอนการวิจัย



รูปที่ 2: Workflow งานวิจัยการออกแบบ UX/UI แพลตฟอร์ม สตรีมมิ่งสำหรับผู้ชม VTuber

### 3.3. กลุ่มตัวอย่าง

#### รอบที่ 1: แบบสอบถาม

กลุ่มเป้าหมาย: กลุ่มผู้ชม Generation Z ที่รับชม VTuber

จำนวนกลุ่มตัวอย่าง: 46 คน

วิธีการคัดเลือก: การกระจายแบบสอบถามผ่านทางโซเชียลมีเดียและการตอบแบบสอบถามโดยสมัครใจผ่าน Google Form

โดยจำนวนกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางการทดสอบเชิงปริมาณที่แนะนำให้ผู้ใช้เข้าร่วมจำนวน 30-50 คน เพื่อให้การประเมินผลมีความน่าเชื่อถือ [11] ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างในรอบที่ 1 นี้เป็นเพียงการเก็บข้อมูลแบบ Pilot Study เพื่อศึกษาแนวโน้มเบื้องต้น และใช้หาแนวทางในการออกแบบต้นแบบ (Prototype) ในขั้นตอนถัดไปของการวิจัย

#### รอบที่ 2: การทดสอบต้นแบบและสัมภาษณ์ทางออนไลน์

กลุ่มเป้าหมายแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการคัดเลือกแบบเจาะจงตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยมีการบันทึกเสียง ถอดความ และวิเคราะห์เนื้อหา

##### 1. VTuber 6 คน สัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว (One-on-One)

- มีประสบการณ์ Live Stream มาแล้ว อย่างน้อย 1 ปี
- มีการ Live Stream อย่างสม่ำเสมอในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา

##### 2. ผู้ชม 6 คน สัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว (One-on-One) และแบบกลุ่ม (Focus Group)

- รับชม VTuber อย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลา อย่างน้อย 2 ปี
- มีการปฏิสัมพันธ์ในสตรีม VTuber ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา เช่น การพูดคุยผ่านข้อความ (Chat), การโดนเท (Donate)

สำหรับจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบต้นแบบและการสัมภาษณ์นี้ ได้มีการอ้างอิงแนวทางการทดสอบการใช้งาน Usability Testing ซึ่งระบุว่าการทดสอบกับผู้ใช้เพียง 5 คนสามารถทำให้ทราบแนวโน้มของปัญหาและผลลัพธ์ทั้งหมดที่มีโอกาสจะเกิดขึ้น และให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบที่มากกว่า [12]

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้มีการมุ่งเน้นที่การพัฒนา กรอบการออกแบบ แพลตฟอร์มสำหรับผู้ชม VTuber Generation Z โดยตรง โดยมีเป้าหมายในการทำความเข้าใจความต้องการของผู้ชม VTuber และผู้สร้างคอนเทนต์ประเภท VTuber โดยไม่ครอบคลุมการเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสตรีมเมอร์ที่ตัวตนจริง

ตารางที่ 1. ผู้ให้สัมภาษณ์ฝั่ง VTuber

| ID | Gender | EXP (Y) | Subs Number | Platform       | Agency |
|----|--------|---------|-------------|----------------|--------|
| V1 | F      | 5Y      | 100-500     | YouTube/Twitch | N      |
| V2 | F      | 2Y      | 10000-15000 | YouTube        | Y      |
| V3 | M      | 1Y      | 100-500     | YouTube        | N      |
| V4 | M      | 1Y      | 100-500     | YouTube/Twitch | N      |
| V5 | M      | 1Y      | 3000-5000   | Twitch/YouTube | Y      |
| V6 | F      | 4Y      | 3000-5000   | Twitch/YouTube | N      |

ตารางที่ 2. ผู้ให้สัมภาษณ์ฝั่งผู้ชม

| ID | Watch (Y) | Interaction                      | Platform       |
|----|-----------|----------------------------------|----------------|
| V1 | 6Y        | Comment, Reaction, Emoji, Member | Twitch/YouTube |
| V2 | 4Y        | Comment, Reaction, Emoji, Donate | YouTube        |
| V3 | 3Y        | Reaction, Comment                | YouTube        |
| V4 | 4Y        | Lurking                          | YouTube        |
| V5 | 5Y        | Comment, Reaction, Emoji         | YouTube        |
| V6 | 2Y        | Comment, Emoji, Reaction         | YouTube        |

### 3.4. วิธีการเก็บข้อมูล

รอบที่ 1 การเก็บแบบสอบถาม: แบบสอบถามเกี่ยวกับการดู VTuber 10 คำถาม ซึ่งรวมถึง แพลตฟอร์มที่ใช้ ความถี่ในการดู รูปแบบของตาราง Live Stream ที่สนใจ ลักษณะของคอนเทนต์ที่สนใจ

รอบที่ 2 การสัมภาษณ์: การสัมภาษณ์ผ่านทางออนไลน์ โดยแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที โดยมีการสอบถามคำถามเบื้องต้น และเปิดตัวอย่างโปรโตไทป์ให้ผู้เข้าร่วมเลือกดีไซน์ที่ชอบ และให้แสดงความเห็นต่อรูปแบบของ UX/UI และฟังก์ชันต่าง ๆ

### 3.5. เครื่องมือวิจัย

- แบบสอบถาม Google Form
- Prototype A, B
- คำถามสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

- แบบสอบถาม: สถิติเชิงพรรณนา (เฉลี่ยร้อยละ)
- สัมภาษณ์: วิเคราะห์เนื้อหา และสังเคราะห์ธีมหลัก

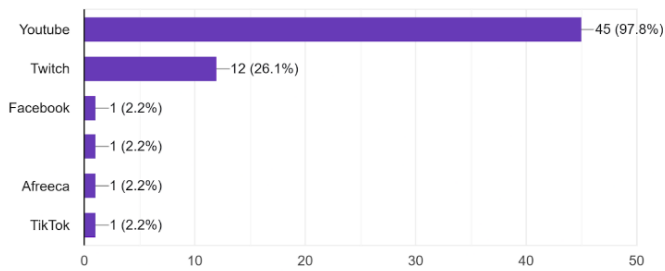
## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการเก็บข้อมูลรอบที่ 1 : แบบสอบถาม (N = 46)

ข้อมูลจากการเก็บแบบสอบถามในรอบแรก พบสาระสำคัญที่สะท้อนพฤติกรรมและความต้องการของกลุ่มผู้ชม VTuber Generation Z ได้อย่างชัดเจน ดังนี้

ตารางที่ 3. ผลแสดงพฤติกรรมและความต้องการของผู้ชม

| ประเด็น                                       | จำนวนคน (%) |
|-----------------------------------------------|-------------|
| ใช้ YouTube เป็นหลัก                          | 97.80%      |
| สนใจเนื้อหาประเภทพูดคุย                       | 78.30%      |
| เช็คตารางจาก Twitter/X                        | 84.80%      |
| ทราบกำหนดการไลฟ์จากตารางไลฟ์เป็นหลัก          | 56.50%      |
| มีความสนใจระบบแจ้งเตือนและตารางไลฟ์แบบคลิกได้ | 43.50%      |
| ปัญหาที่เกิด ทราบว่ามีไลฟ์หลังจากไลฟ์จบแล้ว   | 44.20%      |



รูปที่ 3: กราฟแสดงจำนวนผู้ชมที่ดูสตรีมแต่ละแพลตฟอร์ม

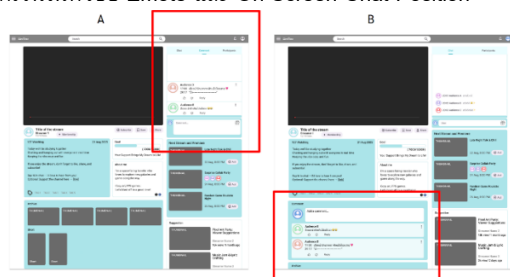
#### 4.2 ผลการเก็บข้อมูลรอบที่ 2 : ผลจากการสัมภาษณ์ (N = 12)

จากข้อมูลที่ได้อาจรอบที่ 1 ผู้วิจัยได้ออกแบบ Prototype A และ B และคำถามสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลรอบที่ 2 โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากข้อมูลแบบสอบถามก่อนหน้า และได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4. ผลแสดงลักษณะ UX ที่ผู้ใช้ชอบ (%)

|                                     | A    | B    | ทั้งคู่ | ลักษณะ UX ที่ผู้ใช้ชอบ     |
|-------------------------------------|------|------|---------|----------------------------|
| 1 Overall                           | 8.3  | 83.3 | 8.3     | มีการเว้นขอบ               |
| 2 Title Position                    | 25.0 | 75.0 | 0.0     | Metadata อยู่ใต้คลิป       |
| 3 Chat Direction                    | 8.3  | 83.3 | 8.3     | เลื่อนขึ้น                 |
| 4 Comment Position                  | 25.0 | 75.0 | 0.0     | ด้านล่างสุด                |
| 5 Comment Direction                 | 16.7 | 75.0 | 8.3     | เลื่อนลง                   |
| 6 Emote                             | 83.3 | 8.3  | 8.3     | เมนูพลิกขึ้น ภาพเคลื่อนไหว |
| 7 Donation Currency                 | 16.7 | 58.3 | 25.0    | ใช้ค่าเงินจริง             |
| 8 Orientation                       | 8.3  | 91.7 | 0.0     | Live Stream แนวนอน         |
| 9 On-screen Chat and Model Position | 16.7 | 41.7 | 41.7    | โมเดลอยู่ขวา แชทอยู่ซ้าย   |

จากตาราง แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้มีแนวโน้มจะเลือก Prototype B เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นในหัวข้อ Emote และ On-Screen Chat Position

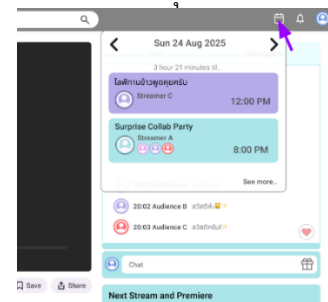


รูปที่ 4: Prototype ตำแหน่งกล่อง Comment

ตารางที่ 5. ผลแสดงความรู้สึกของผู้ใช้ต่อฟีเจอร์ (%)

|                                            | ชอบ   | ไม่ชอบ | เฉย ๆ |
|--------------------------------------------|-------|--------|-------|
| 10 Reaction Button ปุ่มแสดงปฏิกิริยา       | 41.7  | 16.7   | 41.7  |
| 11 Membership การสมัครสมาชิก               | 91.7  | 0.0    | 8.3   |
| 12 Redeem การใช้แต้มเวลาแลกรางวัล          | 100.0 | 0.0    | 0.0   |
| 13 Rank ระบบจัดอันดับผู้ชม                 | 8.3   | 33.3   | 58.3  |
| 14 Color Identity การตั้งสีประจำตัว VTuber | 100.0 | 0.0    | 0.0   |
| 15 Chat Mix การรวมแชท                      | 50.0  | 8.3    | 41.7  |
| 16 Challenge การแข่งสักระหว่างคนดู         | 33.3  | 41.7   | 25.0  |
| 17 Danmaku แชทวิ่ง                         | 50.0  | 0.0    | 50.0  |
| 18 Concert Style แชทสไตล์คอนเสิร์ต         | 50.0  | 16.7   | 33.3  |
| 19 Schedule ตารางเวลา                      | 75.0  | 0.0    | 25.0  |
| 20 Request to Speak การขอพูดในสตรีม        | 66.7  | 8.3    | 25.0  |
| 21 Donation Bar แถบแสดงยอดโดเนท            | 66.7  | 0.0    | 33.3  |
| 22 Donation Jar โหลโดเนท                   | 25.0  | 0.0    | 75.0  |
| 23 Donation Alert แจ้งเตือนโดเนท           | 100.0 | 0.0    | 0.0   |

จากตารางสรุปผลการสัมภาษณ์พบว่า กลุ่มผู้ให้ข้อมูลทั้งฝั่งผู้ชมและฝั่งVTuber แสดงความสนใจอย่างชัดเจนต่อฟีเจอร์หลักที่ช่วยเสริมประสบการณ์การใช้งานและความมีส่วนร่วม ได้แก่ ระบบสมาชิก (Membership), ระบบแลกแต้มสะสม (Redeem), การตั้งค่าสีประจำตัว VTuber (Color Identity), ตารางเวลา (Schedule), ระบบแจ้งเตือนการโดเนท (Donation Alert) ฟีเจอร์เหล่านี้ได้รับการตอบรับในระดับสูงที่สุดสะท้อนถึงความคาดหวังของผู้ใช้งานต่อการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องและการแสดงอัตลักษณ์เฉพาะตัวภายในชุมชน



รูปที่ 5: Prototype Live Stream Schedule System

ระหว่างการสัมภาษณ์ผู้สัมภาษณ์หลายคนได้แสดงความคิดเห็นถึงความสนใจในระบบของการตั้งค่าสีประจำตัว VTuber เพื่อแสดงบนหน้าจอโปรไฟล์และสตรีมมากเป็นพิเศษ อันได้แก่ความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์ V2 ที่เห็นด้วยว่า “VTuber แต่ละคนมีสีประจำตัวของตัวเอง” และ ผู้ให้สัมภาษณ์ V6 “ดูน่ารัก” ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ฟีเจอร์ตั้งค่าสีบนแพลตฟอร์มจะช่วยเสริมอัตลักษณ์อันชัดเจนของ VTuber ให้เด่นชัดยิ่งขึ้นและยังช่วยเพิ่มสุนทรีย์ให้กับแพลตฟอร์มอีกด้วย

ในขณะเดียวกัน กลุ่มฟีเจอร์รองลงมา ที่ได้รับความสนใจในระดับปานกลาง ได้แก่ ฟีเจอร์ขอพูดในสตรีม (Request to Speak), แถบแสดงยอดโดเนท

(Donation Bar), ระบบรวมแชทจากหลายช่อง (Chat Mix), แชทแบบวง (Danmaku), แชทสไตล์คอนเสิร์ต (Concert Style Chat), ปุ่มแสดงปฏิกิริยา (Reaction Button), โหลโดเนท (Donation Jar)

สำหรับพีเออร์ขอพูดในสตรีม(Request to Speak) หลายคนได้มีการแสดงความกังวล เช่น A1 "การดึงคนแปลกหน้าขึ้นมาคุย ไม่ค่อยปลอดภัยเท่าไร" A4 "ควรจะ มี Moderator เป็นคนกลาง เพื่อมีปัญหา"

V6 "ส่วนตัวรู้สึกว่าการขอระบบนี้ แก่แล้วเรื่องเสียง"

เนื่องจาก VTuber ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับคุณภาพของเสียงในสตรีม เช่นเดียวกับคุณภาพของภาพ รวมไปถึงคอนเทนต์ การคัดกรองคนเข้ามาอยู่ในสตรีมสด จึงเป็นรายละเอียดที่ผู้ชมและคนในวงการให้ความสำคัญมากไม่แพ้ปัจจัยอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม แม้พีเออร์เหล่านี้จะไม่อยู่ในกลุ่มที่มีความนิยมสูงสุด แต่ก็แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการสร้างการมีส่วนร่วมที่ดีหากมีการปรับใช้อย่างเหมาะสม

ส่วนพีเออร์ที่ได้รับการตอบรับน้อยที่สุด ได้แก่ ระบบจัดอันดับผู้ชม (Viewer Rank) กิจกรรมการแข่งขันระหว่างคนดู(Challenge) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผู้ใช้บางกลุ่มไม่ได้ชื่นชอบการแข่งขัน หรือระบบการจัดอันดับซึ่งอาจจะนำไปสู่บรรยากาศของความขัดแย้งมากเกิน โดยเฉพาะในวงการ VTuber ที่ผู้ชมต้องการผ่อนคลาย และรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนมากกว่าการแข่งขัน

## 5. สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้ชม Generation Z ที่รับชม VTuber Live Stream รวมถึงศึกษามุมมองของผู้ผลิตคอนเทนต์ VTuber ต่อการออกแบบ UX/UI และเพื่อพัฒนากรอบการออกแบบที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลางในการเพิ่มการมีส่วนร่วมในแพลตฟอร์ม Live Stream

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ จากการสัมภาษณ์ ทั้งฝั่งผู้ชมและ VTuber ต่างให้ความสำคัญกับพีเออร์ที่เสริมประสบการณ์การใช้งาน ได้แก่ ระบบสมาชิก (Membership), การแลกแต้ม (Redeem), การตั้งค่าสีประจำตัว (Color Identity), ระบบแจ้งเตือนโดเนท (Donation Alert) และตารางไลฟ์ (Schedule)

พีเออร์ที่ได้รับความสนใจระดับปานกลาง ได้แก่ การขอพูดในสตรีม, การแสดงแชทแบบวง, รวมแชทหลายช่อง, แชทสไตล์คอนเสิร์ต, Donation Bar, Reaction Button และ Donation Jar

พีเออร์ที่ไม่ค่อยได้รับความนิยม ได้แก่ ระบบจัดอันดับผู้ชม และการแข่งขันระหว่างคนดู ซึ่งอาจลดทอนความรู้สึกปลอดภัยและผ่อนคลายของผู้ชมบางกลุ่ม

แบบ UX/UI ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด คือ Prototype B ซึ่งมีการจัดวางองค์ประกอบที่เว้นขอบ, Metadata อยู่ใต้คลิป, แชทแบบเลื่อนขึ้น, และใช้แนวนอน (Horizontal Orientation) ซึ่งสอดคล้องกับการใช้งานจริง

### 5.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มความต้องการของผู้ชม Generation Z ที่มีต่อการออกแบบ UX/UI สำหรับแพลตฟอร์ม VTuber โดยเน้น ความยืดหยุ่นในการใช้งาน (Flexibility & Customizability), ความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน (Engagement & Connection) และความชัดเจนไม่รบกวนสายตา (Simplicity & Non-Intrusiveness) ดังนี้:

ตารางที่ 6. กรอบการออกแบบ UX/UI สำหรับ VTuber

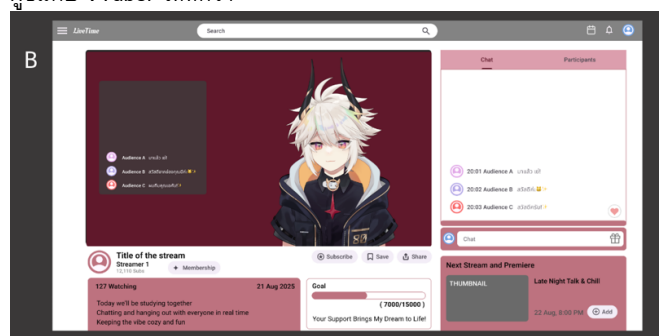
| กรอบการออกแบบ UX/UI สำหรับ VTuber                            |                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flexibility & Customization<br>ความยืดหยุ่นและการปรับแต่ง    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● การเปิด/ปิดแชทและปุ่มฟังก์ชันต่างๆ</li> <li>● ธีม Dark / Light</li> <li>● ระบบแจ้งเตือนที่เลือกได้</li> <li>● การตั้งค่าสีประจำตัว VTuber</li> </ul>                         |
| Engagement & Community<br>การมีส่วนร่วมและความเป็นชุมชน      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบบสมาชิก (Membership)</li> <li>● การแลกแต้ม (Redeem)</li> <li>● ระบบแจ้งเตือนโดเนท (Donation Alert)</li> <li>● ตารางเวลา (Schedule)</li> <li>● ช่องสนทนา (Chat)</li> </ul> |
| Simplicity & Visual Balance<br>ความเรียบง่ายและไม่รบกวนสายตา | <ul style="list-style-type: none"> <li>● แชทเลื่อนลงแทนเลื่อนขึ้น</li> <li>● UI ที่ดูง่ายสบายตา</li> </ul>                                                                                                            |
| Gamification Balance                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● แถบแสดงยอดบริจาคช่วยกระตุ้นกันมีส่วนร่วมใน Live Stream</li> <li>● ลดการแข่งขันและความขัดแย้งระหว่างผู้ชม เช่น Ranking, Color Challenge</li> </ul>                            |

#### 5.2.1 ความยืดหยุ่นและการควบคุม (Flexibility & Customization)

ผู้ชม Generation Z มีความต้องการสูงในการปรับแต่งอินเตอร์เฟซให้สอดคล้องกับความถนัดของตน เช่น การเลือกเปิดปิดแชทและพีเออร์ต่างๆ สีประจำตัว VTuber การตั้งค่าการแจ้งเตือน พีเออร์ที่สามารถปรับแต่งได้จึงช่วยเสริมความรู้สึก "autonomy" หรือความเป็นเจ้าของในการใช้งานของผู้ใช้ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของกลุ่มผู้ชมในยุคปัจจุบัน

#### 5.2.2 การมีส่วนร่วมและความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน (Engagement & Community)

พีเออร์ที่ได้รับความนิยมสูง เช่น ระบบ Membership, การสะสมแต้มเพื่อแลกรางวัล (Redeem), การแจ้งเตือนโดเนท (Donation Alert) เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้ชมรู้สึกว่าตนเองมีบทบาท ในสังคมของ VTuber มากกว่าการเป็นเพียงผู้รับชม โดยเฉพาะระบบ Membership ซึ่งมีการจัดทำไอโมจิพิเศษและโพสต์เฉพาะสมาชิก ทำให้ผู้ชมรู้สึกผูกพันและเป็นส่วนหนึ่งของชุมชนนั้น ๆ อย่างแท้จริง นอกจากนี้ ผู้ชมส่วนหนึ่งยังได้แสดงความเห็นเกี่ยวกับตำแหน่งการจัดวางกล่องข้อความแชทและโมเดล (On-screen Chat and Model Position) บนหน้าจอสตรีม โดยมีแนวโน้มที่ต้องการให้โมเดลอยู่ทางขวาของวิดีโอ และให้กล่องแชทในวิดีโอปรากฏทางด้านซ้าย เหตุผลที่ผู้ชมให้คือ พวกเขาอยากจะแทนตัวเองผ่านข้อความแชทของแพลตฟอร์ม ดังนั้น การที่โมเดลของ VTuber อยู่ใกล้กับช่องแชทมากขึ้นจึงช่วยสร้างความรู้สึกใกล้ชิดและการมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงระหว่างผู้ชมกับ VTuber ได้ดีกว่า



รูปที่ 6: ตำแหน่งการจัดวางกล่องข้อความแชทและโมเดล (On-screen Chat and Model Position) บนหน้าจอสตรีม

แหล่งที่มา: ตัวอย่างโมเดล VTuber จาก YouTube Channel: Amon80



### 5.2.3 ความเรียบง่ายและไม่รบกวนสายตา (Simplicity & Visual Balance)

ทั้งกลุ่ม VTuber และผู้ชมต่างให้ความสำคัญกับอินเทอร์เฟซที่ “สะอาด” และ “ไม่รกสายตา” โดยเฉพาะในช่วงการสตรีมที่มีองค์ประกอบหลากหลายบนหน้าจอ เช่น แชทสด วิดีโอ และกล่องโต้ตอบที่เเจอร์ที่ไม่รบกวนการดู เช่น การเลื่อนแชทลง (แทนที่จะเลื่อนขึ้น), การจัดวาง Comment ได้ metadata และการควบคุมทิศทางของอิมจี ล้วนเป็นสิ่งที่ได้รับการตอบรับในเชิงบวก

5.2.4. การปรับสมดุลฟีเจอร์เชิงแข่งขัน (Gamified Features Balance) แม้แพลตฟอร์ม Live Stream ทั่วไปมักใช้กลไกแบบเกม (Gamification) เช่น ระบบจัดอันดับ (Rank) หรือการแข่งขันระหว่างกลุ่มผู้ชม (Team Color Challenge) เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วม แต่ผลจากการสัมภาษณ์พบว่าผู้ชม VTuber กลับไม่ได้ให้ความสำคัญกับฟีเจอร์ลักษณะนี้มากนัก อีกทั้งยังแสดงให้เห็นว่าระบบดังกล่าวอาจสร้างแรงกดดันหรือความรู้สึกเชิงเปรียบเทียบระหว่างผู้ชม ซึ่งไม่สอดคล้องกับบรรยากาศของชุมชน คนดู VTuber ที่ให้ความสำคัญกับความอบอุ่นและการมีส่วนร่วมเชิงบวก ดังนั้นการออกแบบแพลตฟอร์มจึงควรลดทอนฟีเจอร์การแข่งขันที่ไม่จำเป็น และคงไว้เฉพาะองค์ประกอบที่ช่วยสร้างบรรยากาศสนุกสนานเป็นกันเองภายใน Live Stream

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบแพลตฟอร์มสำหรับผู้ชม VTuber ควรคำนึงถึงฟีเจอร์ที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเปิด/ปิด หรือปรับเปลี่ยนการแสดงผลได้ตามความถนัด เช่น การตั้งค่าธีมทั้งแบบ Dark และ Light, การจัดวางแชท หรือการแสดงผลของฟีเจอร์เสริมต่าง ๆ เพื่อเสริมความรู้สึกควบคุม (autonomy) ในการใช้งาน

นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาความแตกต่างระหว่าง VTuber อิสระ และ VTuber ในสังกัดบริษัท โดยเฉพาะในแง่มุมมองของความคาดหวังจากผู้ชม ซึ่งอาจมีผลต่อรูปแบบการโต้ตอบและฟีเจอร์ที่เหมาะสม อีกหนึ่งประเด็นที่ควรได้รับความสนใจคือ กลุ่ม “ผู้ชมเงียบ” (Lurkers) ซึ่งแม้จะไม่ได้แสดงออกอย่างเปิดเผย แต่ถือเป็นสัดส่วนใหญ่ของผู้ชม การทำความเข้าใจพฤติกรรมและความต้องการของกลุ่มนี้อย่างลึกซึ้ง จะช่วยออกแบบ UX/UI ที่รองรับความหลากหลายของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Schwemmer and S. Ziewiecki, “Social Media Sellout: The Increasing Role of Product Promotion on YouTube,” *Social Media + Society*, vol. 4, no. 3, 2018, doi: 10.1177/2056305118786720.
- [2] F. El Afi and S. Ouidad, “The rise of video-game live streaming: Motivations and forms of viewer engagement,” in *HCI International 2021 - Posters*, C. Stephanidis, M. Antona, and S. Ntoa, Eds., 2021, pp. 156–163.
- [3] M. Wang and D. Li, “What motivates audience comments on live streaming platforms?,” *PLOS ONE*, vol. 15, no. 4, p. e0231255, Apr. 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0231255.
- [4] Purplebubblestudio, “Kizuna AI: The VTuber Icon’s Impact,” Medium, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/@purplebubblestudio/kizunaai-thevtuber-icons-impact-0eea2d46621b>. [Accessed: Aug. 24, 2025].
- [5] D.-Y. Kim and H.-S. Yoo, “A Comparative Study of User Experience

According to One-person Media Virtual YouTuber (VTuber) and General YouTuber,” *Asia-Pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 7, pp. 1–10, 2021, doi: 10.47116/apjcri.2021.05.01.

- [6] Y. Li, “Why does Gen Z watch virtual streaming VTuber anime videos with avatars on Twitch?,” *Online Media and Global Communication*, vol. 2, 2023, doi: 10.1515/omgc-2023-0030.
- [7] Z. Lu, C. Shen, J. Li, H. Shen, and D. Wigdor, “More Kawaii than a Real-Person Live Streamer: Understanding How the Otaku Community Engages with and Perceives Virtual YouTubers,” in *Proc. ACM CHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI '21)*, New York, NY, USA: ACM, 2021, Art. no. 137, pp. 1–14, doi: 10.1145/3411764.3445660.
- [8] Z. Wang, “Motivations of Live-streaming Oriented Vtubers’ Viewer Engagement on YouTube,” *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media*, vol. 3, no. 1, pp. 1113–1121, 2023, doi: 10.54254/2753-7048/3/2022638.
- [9] S. Lee and J. Lee, “‘Ju. T’aime’ My Idol, My Streamer: A Case Study on Fandom Experience as Audiences and Creators of VTuber Concert,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 31125–31142, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3252563.
- [10] D. Kim, S. Lee, Y. Jun, Y. Shin, and J. Lee, “VTuber’s Atelier: The Design Space, Challenges, and Opportunities for VTubing,” in *Proc. ACM CHI Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI '25)*, 2025, pp. 1–23, doi: 10.1145/3706598.3714107.
- [11] Lewis, James & Sauro, Jeff. (2016). *Quantifying the User Experience* (2nd ed.).
- [12] J. Nielsen, “How Many Test Users in a Usability Study?,” Nielsen Norman Group, [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/>. [Accessed: Sep. 30, 2025].

# ระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลบนพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ สำหรับผู้ออกกำลังกายเป็นประจำ

## An AI-Based Personalized Meal Planning System for Regular Exercisers

พิเชษฐพงศ์ แคลสันเทียะ

Pichetphong Kaesanthiah

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ

2110511101002@live4.utcc.ac.th

วัศวี แสนศรีมหาชัย

Watsawee Sansrimahachai

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ

watsawee\_san@utcc.ac.th

ลักขณา คิด้บรรจง

Lakkana Kidbunjong

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพฯ

lakkana\_kid@utcc.ac.th

**บทคัดย่อ** — ในยุคปัจจุบัน แนวคิดการดูแลสุขภาพทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากหลักฐานทางวิชาการสนับสนุนว่า การควบคุมปัจจัยสำคัญ 2 ด้าน ได้แก่ การออกกำลังกาย และการควบคุมอาหารตามหลักโภชนาการ สามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) อาทิเช่น โรคเบาหวาน และความดันโลหิตสูง ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้หลายคนจะสามารถจัดสรรเวลาการออกกำลังกายได้เป็นอย่างดี แต่กลับพบว่าการควบคุมโภชนาการในชีวิตประจำวันยังเป็นเรื่องที่ทำหายอย่างยิ่ง ด้วยประเด็นปัญหาข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่เป็นเครื่องมือในการวางแผนมื้ออาหารรายวันเฉพาะบุคคล สำหรับผู้ที่ออกกำลังกายเป็นประจำหรือมีเป้าหมายด้านการออกกำลังกาย ต้นแบบของระบบที่พัฒนาขึ้นประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) บนพื้นฐานของโมเดลภาษา (LLMs) ในการวางแผนมื้ออาหาร ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพพร้อมลดภาระของผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการ ระบบได้จัดเตรียมฟังก์ชันที่หลากหลายในการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลสุขภาพและกำหนดเป้าหมายการออกกำลังกาย สามารถเลือกวัตถุดิบในการสร้างมื้ออาหาร แสดงรายละเอียดคุณค่าทางโภชนาการ รวมทั้งแสดงข้อมูลทางสถิติเพื่อติดตามความก้าวหน้า ในการควบคุมโภชนาการเพื่อการออกกำลังกาย

**คำสำคัญ** — ระบบวางแผนมื้ออาหาร, ปัญญาประดิษฐ์, โมเดลภาษา, การออกกำลังกาย, โภชนาการส่วนบุคคล

**ABSTRACT** — Over the past few years, the concept of maintaining both physical and mental health has been increasingly emphasized. This concept has been supported by research evidence demonstrating that controlling two key factors - regular exercise and proper nutrition - can significantly reduce the risk of non-communicable diseases (NCDs) which remain major public health concerns nationwide. However, while many individuals are able to allocate time for exercise regularly, planning and managing daily nutrition continues to pose a substantial challenge. To address this issue, this study proposes an innovative software system that serves as a personalized daily meal planning tool for individuals who exercise regularly. The prototype system leverages artificial intelligence (AI) technology based on large language models (LLMs) to generate meal plans, reducing the workload of nutrition experts. The system provides a variety of functions designed to support users, including a feature to set exercise goals, select food ingredients, display detailed nutritional values, and generate statistical reports to track progress in nutrition management for exercise.

**Keywords** — Meal Planning System, Artificial Intelligence, Large Language Models, Exercise, Personalized Nutrition

### 1. บทนำ

ในปัจจุบันแนวคิดการออกกำลังกายเพื่อดูแลสุขภาพทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ อันจะส่งผลให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นในระยะยาว ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างแพร่หลาย ทั้งในกลุ่มคนวัยทำงาน นักเรียน นักศึกษา หรือแม้กระทั่งกลุ่มผู้สูงอายุ เนื่องจากมีหลักฐานอย่างชัดเจนว่าการออกกำลังกายอย่างเหมาะสมประกอบกับการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ ตามหลักโภชนาการ สามารถช่วยลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) อาทิเช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคอ้วน ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญในปัจจุบัน ในประเทศไทย ปัญหาด้านโภชนาการในประชากรกลุ่มวัยทำงาน (อายุ 18 - 59 ปี) ยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญ ข้อมูลจากกรมอนามัยพบว่า ร้อยละของประชากรวัยทำงานที่มีค่าดัชนีมวลกายมากเกินเกณฑ์ปกติ (ค่า BMI มากกว่า 25) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากร้อยละ 34.7 ในปี พ.ศ. 2551 เป็นร้อยละ 53.2 ในปี พ.ศ. 2567 [1] ส่วนการอุบัติของโรคเบาหวานก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6.9 เป็นร้อยละ 9.5 เช่นเดียวกับแนวโน้มการอุบัติของโรคความดันโลหิตสูงในประชากรวัยทำงาน ก็เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 21.4 เป็นร้อยละ 25.4 ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2563 [2] ทั้งนี้ภาวะโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เหล่านี้ มักมีสาเหตุร่วมจากพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารที่ไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การรับประทานอาหารที่มีน้ำตาล ไขมัน และเกลือสูง ร่วมกับรูปแบบการใช้ชีวิตอย่างรีบเร่งซึ่งขาดการออกกำลังกายอย่างเพียงพอ

นอกจากประโยชน์ในการป้องกันภาวะโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) กลุ่มคนวัยทำงานที่ต้องการเสริมสร้างสุขภาพด้วยการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ (Regular exercisers) มักตั้งเป้าหมายก่อนออกกำลังกายอย่างเป็นรูปธรรม อาทิเช่น การควบคุมน้ำหนัก การเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ หรือการลดไขมันส่วนเกินของร่างกาย ซึ่งเป้าหมายดังกล่าวล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยการควบคุมปัจจัยหลัก 2 ด้านเช่นเดียวกัน ได้แก่ “การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ” และ “การรับประทานอาหารที่เหมาะสมตามหลักโภชนาการ” แต่อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะสามารถจัดสรรเวลาในการออกกำลังกายได้เป็นอย่างดี กระนั้นคนส่วนใหญ่กลับพบว่า การควบคุมและวางแผนโภชนาการในชีวิตประจำวันเพื่อความสอดคล้องกับเป้าหมายการออกกำลังกายนั้นยังเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและทำหายเป็นอย่างยิ่ง

โภชนาการมีบทบาทสำคัญโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการออกกำลังกายและผลลัพธ์ของสุขภาพในระยะยาว การรับประทานอาหารให้ตรงตามปริมาณพลังงานที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน รวมถึงการได้รับสัดส่วนของสารอาหารหลักอย่าง โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต อย่างเหมาะสม จะช่วยส่งเสริมให้การออกกำลังกายได้ผลดียิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในด้านการฟื้นฟู

ตัวของกล้ามเนื้อ การเผาผลาญไขมัน หรือการเพิ่มสมรรถภาพของร่างกาย อย่างไรก็ตาม การวางแผนมื้ออาหารที่หลากหลายและถูกต้องตามหลักโภชนาการนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย โดยเฉพาะสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านโภชนาการหรือไม่มีเวลาศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด นอกจากนี้ ผู้ที่ต้องรับประทานอาหารเพื่อเป้าหมายเฉพาะด้าน เช่น การเพิ่มกล้ามเนื้อ มักเผชิญกับปัญหา “เมนูอาหารซ้ำซาก” ซึ่งส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่ายและขาดแรงจูงใจในการรักษาวินัยในการรับประทานอาหารในระยะยาว อีกทั้งการเลือกเมนูที่เหมาะสมกับค่าใช้จ่าย เวลาในการเตรียมอาหาร และความสะดวกในการหาวัตถุดิบก็เป็นข้อจำกัดสำคัญที่ทำให้หลายคนไม่สามารถปฏิบัติตามแผนโภชนาการได้อย่างต่อเนื่อง [3]

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence - AI) ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในด้านสุขภาพและโภชนาการ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพ การแนะนำแผนออกกำลังกาย หรือแม้กระทั่งการช่วยคิดเมนูอาหารจากเงื่อนไขที่กำหนด AI สามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้ในการวางแผนอาหารเฉพาะบุคคล (Personalized Nutrition) ด้วยเหตุนี้ ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ซึ่งประยุกต์ใช้ AI ในการช่วยวางแผนมื้ออาหารรายวันสำหรับผู้ออกกำลังกายเป็นประจำหรือมีเป้าหมายด้านการออกกำลังกาย โดยในการทำงานของระบบ ผู้ใช้จำเป็นต้องกรอกข้อมูลส่วนตัว อาทิเช่น อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เพศ ระดับกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เป้าหมายด้านสุขภาพ (เช่น ลดน้ำหนัก เพิ่มกล้ามเนื้อ หรือ ลดไขมัน) และข้อมูลอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณค่าความต้องการพลังงานและสารอาหารในแต่ละวัน (เช่น BMR, TDEE, และสัดส่วนของ Macronutrients) จากข้อมูลเหล่านี้ ระบบจะคำนวณความต้องการพลังงานรวมต่อวัน และแจกแจงออกเป็นสัดส่วนของสารอาหารหลัก ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต จากนั้นนำค่าที่ได้ไปใช้ในการสร้าง “เมนูอาหาร 3 มื้อต่อวัน” สำหรับระยะหนึ่งสัปดาห์ โดยระบบจะพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ เช่น ความหลากหลายของเมนู ความสมดุลของสารอาหารในแต่ละมื้อ และความสามารถในการปรับเปลี่ยนส่วนผสมตามความต้องการของผู้ใช้ ระบบที่พัฒนาขึ้นถือเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี AI เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตในมิติของ “โภชนาการส่วนบุคคล” และตอบโจทย์ความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานที่มีเป้าหมายชัดเจนด้านสุขภาพ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการศึกษาและวางแผนด้วยตนเอง ซึ่งอาจนำไปสู่ความไม่ต่อเนื่องในระยะยาว

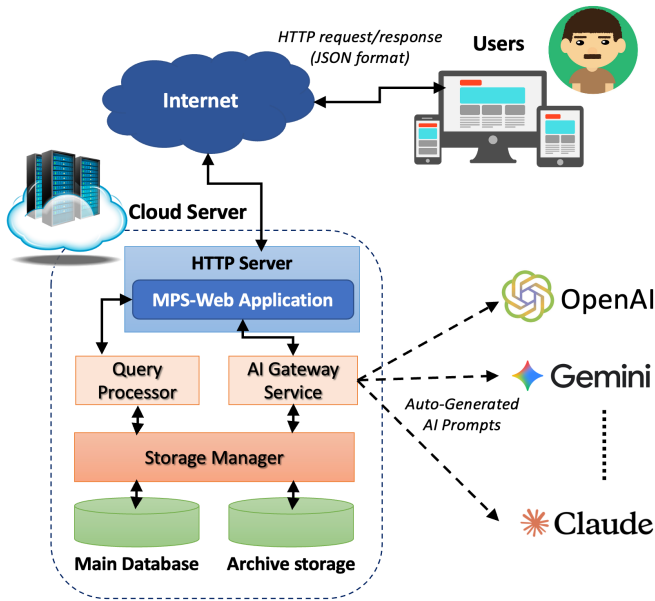
## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence - AI) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาของโมเดลภาษา (Large Language Models - LLMs) ซึ่งเป็นแบบจำลองภาษาธรรมชาติขนาดใหญ่ที่สามารถเข้าใจ สร้าง และประมวลผลภาษาร่วมกับเทคนิคการประมวลผลข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างซับซ้อน ส่งผลให้มีหลายโครงการวิจัยได้พัฒนาระบบซอฟต์แวร์โดยประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาและทำให้การวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลมีประสิทธิภาพมากขึ้น [4] งานวิจัยนำเสนอโดยอมิริและคณะ [5] พัฒนาระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลเพื่อช่วยผู้ที่มีปัญหาสุขภาพเกี่ยวข้องกับโรคติดต่อไม่เรื้อรัง (NCDs) อาทิเช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ หรือความดันโลหิตสูง ให้สามารถสร้างแผนมื้ออาหารที่เหมาะสมกับสุขภาพและความชอบส่วนบุคคล ในงานวิจัยนี้ เทคนิคปัญญาประดิษฐ์หลากหลายรูปแบบถูกนำมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ Semantic Reasoning ใช้ในการสรุปข้อมูลความรู้ด้านโภชนาการและสุขภาพ Fuzzy Logic ใช้สำหรับจัดการข้อมูลโภชนาการที่ไม่แน่นอน และ Heuristic Search ใช้สำหรับคัดเลือกมื้ออาหารที่เหมาะสมจากหลายตัวเลือก นอกจากนี้ ฐานความรู้

แบบออนโทโลยี (Ontology-based Knowledge Base) ก็ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจัดการข้อมูลอาหารและโภชนาการอย่างมีระบบ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่สำคัญของระบบนี้ คือระบบยังไม่สามารถปรับแผนมื้ออาหารตามการเปลี่ยนแปลงของผู้ใช้ อาทิเช่น ระดับและเป้าหมายของการออกกำลังกาย ปาสาตราติสและคณะ [6] พัฒนาระบบแนะนำโภชนาการรายบุคคล (Personalized nutrition recommendation) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของคำแนะนำด้านโภชนาการที่เป็นผลลัพธ์จากการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ให้ดียิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้สถาปัตยกรรมโครงข่ายการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning architecture) แบบใหม่ได้ถูกนำเสนอ เพื่อสร้างแผนมื้ออาหารรายสัปดาห์พร้อมด้วยการประยุกต์ใช้ Loss functions ที่ซับซ้อน เพื่อให้ผลลัพธ์สอดคล้องกับแนวทางโภชนาการที่สมเหตุสมผล นอกจากนี้ระบบที่นำเสนอ ยังประยุกต์ใช้โมเดลภาษา (LLMs) ได้แก่ ChatGPT เพื่อขยายฐานข้อมูลมื้ออาหารให้ครอบคลุมและหลากหลายยิ่งขึ้น ทั้งระบบได้ทำการประเมินความถูกต้องของคำแนะนำโภชนาการจากโปรไฟล์ผู้ใช้จริงขนาดใหญ่ 1,000 ราย ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงคำแนะนำที่แม่นยำ ด้วยความถูกต้องเฉลี่ยระดับร้อยละ 84.19 หยางและคณะ [7] นำเสนอแนวคิดที่แตกต่างออกไป ในงานวิจัยนี้ ระบบแนะนำอาหารที่เน้นความเหมาะสมและโภชนาการเฉพาะบุคคล ชื่อ ChatDiet ได้ถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบของโปรแกรม Chat Bot ระบบผสมผสานการประยุกต์ใช้แบบจำลองอาหารส่วนบุคคล (Biological Personal Food Model – BPF) ที่ออกแบบอาหารและโภชนาการโดยใช้ข้อมูลทางชีววิทยาสวนบุคคล อาทิ ค่าความดัน ค่าน้ำตาล และค่าไขมันในเลือด ร่วมกับแบบจำลองโภชนาการในภาพรวม (Population model) ที่แนะนำอาหารจากองค์ความรู้ทางโภชนาการทั่วไป อาทิ มาตรฐานโภชนาการ และแนวทางโภชนาการสาธารณะ โดยผลลัพธ์จากแบบจำลองทั้งสองจะถูกนำมารวมกันและส่งต่อไปยังโมเดลภาษา (LLMs) เพื่อสร้างคำแนะนำด้านอาหารและโภชนาการที่ปรับแต่งให้เหมาะกับแต่ละบุคคลและสนับสนุนผลลัพธ์ด้านสุขภาพที่ตรงเป้าหมาย ทั้งนี้จากการทดสอบด้านการสร้างคำแนะนำอาหารและโภชนาการผ่านบทสนทนาพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมีอัตราประสิทธิภาพในระดับร้อยละ 92 ทั้งยังสามารถตอบโต้และให้คำอธิบายรายบุคคลได้เป็นอย่างดี

โดยสรุป ระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบที่มีอยู่ในหลายมิติ ระบบประยุกต์ใช้โมเดลภาษา (Large Language Models - LLMs) ผ่านการเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม LLM (LLM AI platform) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์นั่นคือ แผนมื้ออาหารส่วนบุคคลที่มีคุณภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้มากที่สุด เช่นเดียวกับระบบที่พัฒนาโดยงานวิจัยของปาสาตราติสและคณะ [6] และหยางและคณะ [7] อีกทั้งเนื่องด้วยตัวระบบ มีการเรียกใช้ LLM APIs หลากหลายตัว เพื่อสร้างเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้แต่ละบุคคลมากที่สุด ในการนี้ส่วนย่อยของซอฟต์แวร์ เอไอเกตเวย์ (AI Gateway Service) ได้ถูกนำเสนอเพื่อเป็นตัวกลางในการส่งคำร้องขอและรวบรวมผลลัพธ์ที่ตอบกลับจาก LLM APIs ซึ่งรูปแบบการทำงานลักษณะนี้สอดคล้องกับระบบที่นำเสนอโดย หยางและคณะ [7] ซึ่งมีส่วนย่อยของซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ประสานงานเพื่อรับส่งข้อมูลเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตาม ส่วนที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่นอย่างชัดเจนคือ การที่ระบบนำเสนอการใช้เอไอเกตเวย์ เพื่อประสานงานระหว่าง LLM APIs หรือ LLM AI Platforms หลากหลายตัว แทนที่จะใช้เฉพาะกับแค่ LLM AI Platform เดียว อีกทั้งระบบที่พัฒนาขึ้นยังได้มีการออกแบบและปรับแต่งข้อความสั่งงาน (Prompt) ที่ส่งไปยัง LLM AI Platforms เฉพาะเจาะจงกับการใช้งานเพื่อการวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล (Prompt Engineering) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพและตรงตามวัตถุประสงค์เฉพาะบุคคลของผู้ใช้มากที่สุด

### 3. การออกแบบและพัฒนาระบบ



รูปที่ 1. สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล

#### 3.1. การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล

ภาพรวมโครงสร้างสถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบแสดงดังรูปที่ 1 จากรูปซอฟต์แวร์เครื่องบริการเว็บ (HTTP Server) ทำงานในลักษณะเป็นศูนย์กลางของระบบ โดยทำหน้าที่จัดการการคำร้องขอ (Requests) ตอบสนองต่อการสืบค้นข้อมูล รวมทั้งการส่งคำตอบกลับ (Responses) จากระบบเพื่อนำข้อมูลไปแสดงผลยังส่วนติดต่อกับผู้ใช้บนเว็บเบราว์เซอร์

ในการทำงานของระบบ เมื่อผู้ใช้ส่งคำร้องขอเพื่อสร้างมื้ออาหารรายวันสำหรับระยะหนึ่งสัปดาห์ ผู้ใช้ต้องระบุข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย อายุ น้ำหนัก/ส่วนสูง เป้าหมายในการออกกำลังกาย และวัตถุดิบที่ต้องการใช้ปรุงอาหาร เป็นต้น คำร้องขอดังกล่าวจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบของเจสัน (JSON format) ก่อนจะถูกส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมายังเครื่องบริการเว็บ (HTTP Server) ซึ่งทำงานอยู่บนเครื่องแม่ข่ายบนคลาวด์ (Cloud Server) เครื่องบริการเว็บจะทำหน้าที่คัดกรองคำร้องขอในเบื้องต้น จากนั้นจะส่งต่อคำร้องขอไปยังเอไอเกตเวย์ (AI Gateway Service) ซึ่งเป็นส่วนย่อยของซอฟต์แวร์ (Software component) ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสร้างคำร้องขอในรูปแบบเฉพาะ และรวบรวมผลลัพธ์จากโมเดลภาษา หรือ Large Language Models APIs (LLM APIs) หลากหลายตัว อาทิเช่น OpenAI (ChatGPT) Gemini หรือ Claude จากนั้นในท้ายที่สุดเอไอเกตเวย์จะสร้างคำตอบกลับ (Response) อ้างอิงกับเงื่อนไขจากคำร้องขอของผู้ใช้ โดยเรียกดึงข้อมูลเพิ่มเติมบางส่วนจากฐานข้อมูลหลักของระบบ (Main Database) และส่งคำตอบกลับดังกล่าว ซึ่งคือแผนมื้ออาหารรายวัน (รายละเอียดอาหาร 3 มื้อในแต่ละวัน รวม 1 สัปดาห์) กลับไปแสดงผลยังส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Web Interface) ในรูปแบบของเจสัน (JSON format) เช่นเดิม ทั้งนี้ในกระบวนการสร้างคำตอบกลับ จะมีการจัดเก็บข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียกใช้ LLM APIs ลงในส่วนจัดเก็บข้อมูล (Archive Storage) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการรวบรวมผลลัพธ์ และอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลมื้ออาหารย้อนหลังอีกด้วย

ในกรณีที่ผู้ใช้สร้างคำร้องขอเพื่อสืบค้นข้อมูลจากระบบ อาทิเช่น เรียกดูมื้ออาหารย้อนหลัง แสดงข้อมูลวัตถุดิบ หรือเรียกดูข้อมูลสถิติเพื่อประเมินประสิทธิภาพการออกกำลังกาย เครื่องบริการเว็บจะส่งคำร้องขอไปยังส่วนย่อยของซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลการสืบค้นข้อมูล

#### Role Definition

You are a professional nutritionist and meal plan generator AI. You specialize in creating personalized daily meal plans based on user health data, dietary goals, eating style, activity level, and available ingredients.

#### Goal & Scope

Your goal is to generate a structured daily meal plan (3-5 meals) that matches the user's:

- Age, Weight, Height, Gender
- Goal (lose weight, maintain weight, gain weight)
- Diet Type (low-carb, balanced, high-protein)
- Activity Level (number of workout days per week)
- Ingredients (the only ingredients allowed in meals)

Each meal must include:

- Meal name
- Ingredients list with calories, protein, carbs, and fat values per ingredient
- Total meal nutrition (sum of calories, protein, carbs, fat)
- Step-by-step cooking instructions

#### Strict Rules & Constraints

1. Calculate approximate daily calorie requirements using the TDEE formula and adjust based on the user's goal.
2. Respect the chosen diet type's macronutrient ratio.
3. Only use ingredients listed by the user. Do not include unavailable foods.
4. Keep meals realistic, practical, and easy to prepare.
5. Provide 3-5 meals per day (breakfast, lunch, dinner, optional snacks).
6. Always output results in valid JSON format.

รูปที่ 2. ตัวอย่าง Prompt สำหรับสร้างมื้ออาหารส่วนบุคคลของระบบ

```
{
  "dailyCalories": number,
  "macros": {
    "protein": "percentage",
    "fat": "percentage",
    "carbs": "percentage"
  },
  "meals": [
    {
      "name": "string",
      "ingredients": [
        {
          "item": "string",
          "calories": number,
          "protein": number,
          "carbs": number,
          "fat": number
        }
      ],
      "totalNutrition": {
        "calories": number,
        "protein": number,
        "carbs": number,
        "fat": number
      },
      "instructions": ["step 1", "step 2", "..."]
    }
  ]
}
```

รูปที่ 3. โครงสร้างคำตอบกลับจากระบบ ในรูปแบบของ JSON Schema

(Query Processor) ซึ่ง Query Processor จะทำการติดต่อกับฐานข้อมูลผ่านส่วนย่อยของซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่จัดการกับส่วนจัดเก็บข้อมูล (Storage Manager) โดยคำตอบกลับจะถูกสร้างขึ้นอย่างเพื่อตอบสนองต่อคำร้องขอ และจะถูกส่งกลับไปแสดงผลยังส่วนติดต่อกับผู้ใช้อย่างทันท่วงที

#### 3.2. วิศวกรรมพรอมต์เพื่อสร้างมื้ออาหารส่วนบุคคล

วิศวกรรมพรอมต์ หรือ Prompt engineering คือกระบวนการออกแบบและปรับแต่งข้อความสั่งงาน (Prompt) ที่ส่งไปยังโมเดลภาษา (Large Language Models - LLMs) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้มากที่สุด โดยมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการประยุกต์ใช้งานกับ LLMs เนื่องจาก LLMs เป็นโมเดลที่มีความสามารถสูง

ในการสร้างข้อความ วิเคราะห์ข้อมูล และตอบสนองตามโจทย์ที่ซับซ้อน แต่คุณภาพของคำตอบขึ้นอยู่กับความชัดเจนและโครงสร้างของ Prompt ที่ใช้ กล่าวโดยสรุปคือ Prompt ที่ถูกออกแบบอย่างมีระบบ จะช่วยลดความคลุมเครือ เพิ่มความถูกต้อง และความถูกต้องทางของผลลัพธ์ได้ดียิ่งขึ้น

ในการทำงานของระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล แนวทางการเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์ม LLM (LLM AI platform) นั้น เอไอเกตเวย์ (AI Gateway Service) ซึ่งเป็นส่วนประกอบซอฟต์แวร์ของระบบ จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่ง Prompt ไปยังปลายทางสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูล (Endpoint) ของ LLM API ในรูปแบบข้อความ โดย Prompt ที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ได้แก่ ส่วนกำหนดบทบาท (Role Definition) วัตถุประสงค์และขอบเขต (Goal & Scope) รวมถึงข้อกำหนดหรือข้อจำกัดที่ชัดเจน (Rules & Constraints) เพื่อให้โมเดลตีความได้ตรงตามความต้องการ ผลลัพธ์ที่ได้รับจะถูกส่งกลับมาในรูปแบบข้อความเช่นเดียวกัน ซึ่งท้ายที่สุดระบบจะรวบรวม ผลลัพธ์จาก LLM APIs หลากหลายตัว สร้างเป็นคำตอบกลับที่เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด ซึ่งในบริบทนี้คือแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลนั่นเอง ตัวอย่าง Prompt เพื่อสร้างมื้ออาหารส่วนบุคคลแสดงดังรูปที่ 2

สำหรับคำตอบกลับ (Response) ของระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล จะถูกกำหนดให้อยู่ในรูปแบบของเจสัน (JSON) ซึ่งเป็นการรวบรวมผลลัพธ์จาก LLM APIs หลากหลายตัว เพื่อสร้างคำตอบกลับที่เหมาะสมกับเงื่อนไขของผู้ใช้มากที่สุด ทั้งนี้รูปแบบคำตอบกลับของระบบสามารถอธิบายในลักษณะของโครงสร้าง JSON schema (แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3) ได้ดังต่อไปนี้ โครงสร้างในระดับบนสุดจะมีฟิลด์ dailyCalories ซึ่งแสดงพลังงานรวมที่ควรได้รับต่อวัน และฟิลด์ macros ที่กำหนดสัดส่วนสารอาหารหลักเป็นสัดส่วนร้อยละของอาหารแต่ละมื้อ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ในส่วนของฟิลด์ meals จะเป็นชุดข้อมูล (Array) ที่เก็บข้อมูลของแต่ละมื้ออาหาร เช่น มื้อเช้า กลางวัน หรือเย็น ภายในแต่ละมื้อจะมีกำหนดฟิลด์ ingredients ซึ่งระบุรายการวัตถุดิบพร้อมค่าทางโภชนาการรายตัว ได้แก่ แคลอรี โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน และมีฟิลด์ totalNutrition สำหรับสรุปรวมค่าทางโภชนาการของมื้อนั้นทั้งหมด ท้ายที่สุดของโครงสร้างจะประกอบด้วยฟิลด์ instructions ซึ่งเป็นชุดข้อมูลที่อธิบายขั้นตอนการปรุงอาหารอย่างละเอียด เพื่อให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในด้านโภชนาการและการปรุงจริงในชีวิตประจำวัน

### 3.3. การพัฒนาระบบและเทคโนโลยีที่ใช้

ระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของสถาปัตยกรรมแบบ N-Tier Web Application Architecture โดยมีการแบ่งหน้าที่การทำงานอย่างชัดเจนระหว่างส่วนการติดต่อผู้ใช้ (Frontend) ส่วนประมวลผลหลัก (Backend) ระบบฐานข้อมูล (Database) และบริการปัญญาประดิษฐ์ (AI-Based Service) ซึ่งทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

**Frontend:** ส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบพัฒนาด้วย Next.js ซึ่งเป็น Framework ที่ต่อยอดจาก React โดยรองรับการทำงานแบบ Hybrid Rendering ทั้งในรูปแบบของ Server-side Rendering (SSR) และ Client-side Rendering (CSR) ซึ่งช่วยให้โปรแกรมประยุกต์บนเว็บสามารถโหลดข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้สามารถเข้าถึงฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น การลงทะเบียนและเข้าสู่ระบบ การกรอกข้อมูลส่วนตัว การเลือกวัตถุดิบที่ต้องการ และการดูเมนูอาหารที่ AI-Based Service สร้างให้แบบรายวันหรือรายสัปดาห์ ผ่านหน้าจอที่ใช้งานได้ง่าย

**Backend:** ผังของส่วนการประมวลผลหลัก จะจัดการโดยใช้ Next.js API Routes ซึ่งทำหน้าที่เป็นจุดเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล รวมถึงการประมวลผลคำร้องขอ (Request) ของผู้ใช้งานส่งต่อไปยัง AI-Based

Service และการจัดการระบบ Authentication โดยใช้ NextAuth.js ซึ่งรองรับการเข้าสู่ระบบด้วย Email และ Password ความปลอดภัยของข้อมูลผู้ใช้มีการพิจารณาผ่านการจัดการ Token การเข้ารหัสข้อมูลสำคัญ และการใช้ Session Management ตามแนวทางที่เป็นมาตรฐานสากล

**Database:** PostgreSQL ถูกนำมาใช้เป็นฐานข้อมูลหลักของระบบ PostgreSQL เป็นระบบฐานข้อมูลแบบ RDBMS ที่มีความเสถียรและเหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำในการจัดการข้อมูล โดยเฉพาะในแง่ของข้อมูลโภชนาการที่ต้องอ้างอิงค่าทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ในการเชื่อมต่อนฐานข้อมูล Prisma ORM ถูกเลือกมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยให้การเขียนคำสั่งจัดการข้อมูลมีความสะดวก ปลอดภัย และลดความผิดพลาดจากคำสั่ง SQL โดยตรง นอกจากนี้ยังมีการใช้ Docker สำหรับจำลองระบบฐานข้อมูลในสภาพแวดล้อมการพัฒนา โดยรัน Image ของ PostgreSQL ควบคู่กับ pgAdmin4 ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการจัดการฐานข้อมูลผ่าน Web Interface ที่ใช้งานได้สะดวกและเหมาะสำหรับการตรวจสอบโครงสร้างตารางและข้อมูลจริงระหว่างการพัฒนา

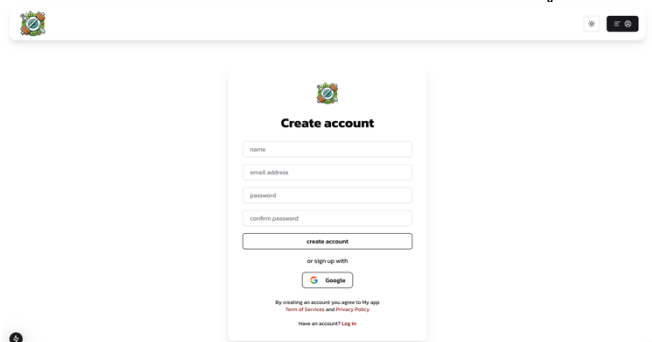
**AI-Based Service:** ระบบประยุกต์ใช้ LLM AI Service ของ OpenAI รุ่น GPT-4o ซึ่งเป็นโมเดลภาษาที่มีความสามารถในการเข้าใจและประมวลผลคำสั่งซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ ระบบจะทำการประมวลผลข้อมูลของผู้ใช้ เช่น น้ำหนัก ส่วนสูง อายุ กิจกรรมประจำวัน และวัตถุดิบที่เลือก จากนั้นจะสร้าง Prompt ที่เหมาะสมส่งไปยัง AI Service ผ่าน REST API และนำผลลัพธ์ที่ได้รับ (เมนูอาหาร 3 มื้อต่อวัน) มาแสดงบนหน้าเว็บส่วนตัวต่อผู้ใช้ การทำงานในส่วนนี้จะกระทำอย่างอัตโนมัติ โดยระบบจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับ AI Service

### 4. ต้นแบบของระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล

ต้นแบบของระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลบนพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ สามารถอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบได้ดังต่อไปนี้

#### ขั้นตอนที่ 1: การสมัครสมาชิกและเข้าสู่ระบบ

ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนด้วยอีเมลและรหัสผ่าน ระบบใช้ NextAuth.js ในการยืนยันตัวตนอย่างปลอดภัย หลังจากลงทะเบียนแล้ว สามารถเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งานฟังก์ชันอื่นๆ ได้ทันที แสดงตัวอย่างหน้าจอดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. ฟังก์ชันการเข้าสู่ระบบ

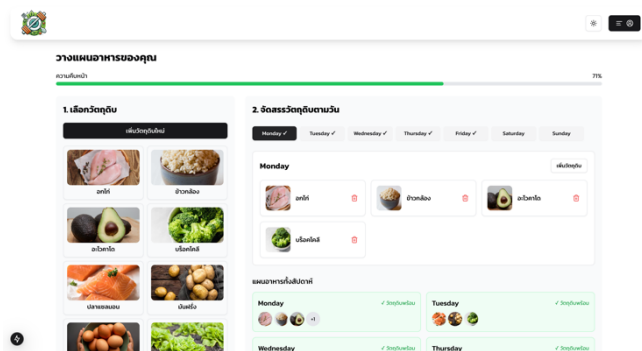
#### ขั้นตอนที่ 2: กรอกข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลสุขภาพ

เมื่อเข้าสู่ระบบครั้งแรก ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลสุขภาพ ได้แก่ อายุ น้ำหนัก/ส่วนสูง เป้าหมายการออกกำลังกาย (เช่น ลดน้ำหนัก เพิ่มกล้ามเนื้อ หรือลดไขมัน) ประเภทอาหารที่ต้องการ (เช่น Low Carb, High Protein) และระดับกิจกรรมประจำวัน ระบบจะใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการคำนวณค่า BMI (Body Mass Index) BMR (Basal Metabolic Rate) TDEE (Total Daily Energy Expenditure) และเป้าหมายสารอาหารที่เหมาะสมในแต่ละวัน แสดงตัวอย่างหน้าจอดังรูปที่ 5

รูปที่ 5. ฟังก์ชันการกรอกข้อมูลส่วนตัวและข้อมูลสุขภาพ

### ขั้นตอนที่ 3: การเลือกวัตถุดิบที่ต้องการสำหรับวางแผนมื้ออาหาร

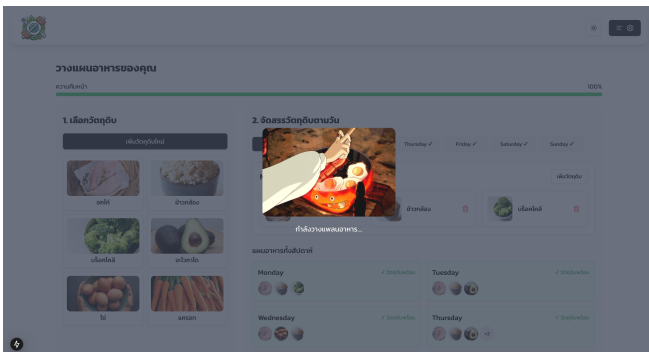
ผู้ใช้สามารถเลือกวัตถุดิบจากฐานข้อมูลหลัก (Main Database) ที่ระบบจัดเตรียมไว้ โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดจะแสดงข้อมูลโภชนาการ เช่น แคลอรี โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต เพื่อให้ผู้ใช้สามารถระบุความต้องการหรือข้อจำกัดในการบริโภคอาหาร เช่น ไม่รับประทานเนื้อวัว หรืออาหารประเภทแป้ง แสดงตัวอย่างหน้าจอจดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. ฟังก์ชันการเลือกวัตถุดิบสำหรับวางแผนมื้ออาหาร

### ขั้นตอนที่ 4: การสร้างมื้ออาหารด้วยปัญญาประดิษฐ์

เมื่อผู้ใช้นำข้อมูล ระบบจะประมวลผลโดยส่ง Prompt อย่างอัตโนมัติและส่งข้อมูลคำร้องขอไปยัง LLM Platforms ผ่าน REST API เพื่อให้ LLM Platforms ทำการวิเคราะห์และสร้างมื้ออาหารแบบเฉพาะบุคคล โดยระบบจะสร้างเมนูอาหาร 3 มื้อต่อวัน ได้แก่ มื้อเช้า กลางวัน และเย็น เป็นระยะเวลา 7 วัน แสดงตัวอย่างหน้าจอจดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. ฟังก์ชันการสร้างมื้ออาหารด้วยปัญญาประดิษฐ์

### ขั้นตอนที่ 5: การเรียกดูรายละเอียดข้อมูลโภชนาการ

ผู้ใช้สามารถเรียกดูรายละเอียดข้อมูลโภชนาการของแต่ละมื้ออาหาร อาทิ วิธีการปรุง ปริมาณพลังงาน และสารอาหารของแต่ละมื้อ เพื่อประกอบการวางแผนในการเตรียมอาหาร แสดงตัวอย่างหน้าจอจดังรูปที่ 8

| Monday                                                                                                                                           | Tuesday                                                                                                                                                                | Wednesday                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Breakfast</b><br>สลัดอกไก่กับข้าวกล้อง<br>Ingredients: อกไก่ - 200g, ข้าวกล้อง - 100g<br>Calories: 664, Protein: 69.2g, Fat: 8.4g, Carbs: 23g | <b>Dinner</b><br>ซุปปลาและบรอกโคลีนึ่ง<br>Ingredients: ปลาแซลมอน - 150g, ข้าวกล้อง - 150g, บรอกโคลี - 100g<br>Calories: 1023, Protein: 84.5g, Fat: 21.5g, Carbs: 51.5g | <b>Lunch</b><br>ข้าวกล้องอกไก่ย่างบรอกโคลี<br>Ingredients: อกไก่ - 200g, ข้าวกล้อง - 200g, บรอกโคลี - 150g<br>Calories: 1092, Protein: 98.7g, Fat: 17.4g, Carbs: 64.2g |
| Thursday                                                                                                                                         | Friday                                                                                                                                                                 | Saturday                                                                                                                                                               |
| <b>Lunch</b><br>อกไก่ย่างกับข้าวกล้องและบรอกโคลี                                                                                                 | <b>Lunch</b><br>สลัดอกไก่กับบรอกโคลีและบรอกโคลี                                                                                                                        | <b>Breakfast</b><br>ข้าวกล้องอกไก่ย่างบรอกโคลี                                                                                                                         |

รูปที่ 8. ฟังก์ชันการเรียกดูรายละเอียดข้อมูลโภชนาการ

### 5. การทดสอบและประเมินระบบ

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลบนพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์ ผู้จัดทำได้ติดตั้งระบบลงบนเครื่องแม่ข่ายบนคลาวด์ จากนั้นได้กำหนดแผนการทดสอบระบบ โดยกลุ่มผู้ใช้เป้าหมายที่ถูกคัดเลือกเข้าทดสอบใช้งานระบบจริง ประกอบด้วย ผู้ใช้จำนวน 7 คน แบ่งเป็นชาย 5 คน และหญิง 2 คน ช่วงอายุระหว่าง 22 – 48 ปี ลักษณะร่วมของทุกคน คือ เป็นผู้ที่ไม่มีเป้าหมายในการออกกำลังกายอย่างชัดเจน มีการดูแลสุขภาพและออกกำลังกายเป็นประจำ และมีการควบคุมอาหารและโภชนาการอย่างต่อเนื่อง โดยผู้ใช้เป้าหมายทั้งหมดมีตารางการออกกำลังกายเป็นประจำอย่างน้อย 3 วันต่อสัปดาห์ ทั้งนี้การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง (กลุ่มผู้ใช้เป้าหมายที่เข้าทำการทดสอบระบบ) จะใช้วิธีการแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของระบบ ซึ่งมุ่งเน้นการให้คำแนะนำด้านโภชนาการแก่ผู้ที่ต้องการวางแผนมื้ออาหารอย่างมีเป้าหมาย ทั้งนี้ในการทดสอบระบบ ผู้จัดทำได้มีการแนะนำฟังก์ชันการทำงานและสาธิตวิธีการใช้งานระบบให้กับผู้ใช้ในเมืองต้น จากนั้นจึงได้ร่วมทำการทดสอบระบบ ตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของระบบ (แผนมื้ออาหารรายวันส่วนบุคคล) และประเมินผลความพึงพอใจในการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ของระบบ

ในส่วนของเนื้อหาของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม (ผู้ใช้ระบบ) ส่วนที่ 2 การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ โดยในส่วนนี้ ใช้การประเมินอ้างอิงตาม Likerts Scales ซึ่งแบ่งความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 5 = มากที่สุดหรือดีมากที่สุด 4 = มากหรือดี 3 = ปานกลางหรือพอใช้ 2 = น้อยหรือต่ำกว่ามาตรฐาน 1 = น้อยที่สุดหรือต้องปรับปรุงแก้ไข และส่วนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ทั้งนี้ สำหรับเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจและแปลผลข้อมูล สามารถอธิบายได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 4.50 ขึ้นไป หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด  
 ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับมาก  
 ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง  
 ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อย  
 ค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด



ผลประโยชน์ความพึงพอใจของผู้ใช้ต่อระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคล แสดงโดยสรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลประเมินความพึงพอใจต่อระบบวางแผนมื้ออาหาร

| เกณฑ์/หัวข้อในการประเมิน                                                          | คะแนนเฉลี่ย | ระดับความพึงพอใจ |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|
| 1. ความพึงพอใจต่อส่วนติดต่อผู้ใช้                                                 | 3.79        | มาก              |
| 2. ความพึงพอใจต่อฟังก์ชันการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้                                   | 3.43        | ปานกลาง          |
| 3. ความพึงพอใจต่อฟังก์ชันการเลือกวัตถุดิบสำหรับวางแผนมื้ออาหาร                    | 4.00        | มาก              |
| 4. ความพึงพอใจต่อฟังก์ชันการสร้างมื้ออาหารด้วยปัญญาประดิษฐ์                       | 4.07        | มาก              |
| 5. ความพึงพอใจต่อฟังก์ชันติดตามความก้าวหน้าในการควบคุมโภชนาการเพื่อการออกกำลังกาย | 3.93        | มาก              |
| 6. ความพึงพอใจรวมต่อระบบ                                                          | 3.84        | มาก              |

ทั้งนี้จากผลการประเมินระดับความพึงพอใจและผลการใช้งานจากผู้ใช้งานจริงของระบบ ผู้ใช้มีความพึงพอใจรวมต่อระบบในระดับมาก โดยคะแนนเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.84 คะแนน และเมื่อจำแนกตามหัวข้อสำคัญในการประเมิน คะแนนแต่ละหัวข้อมีดังนี้ ส่วนติดต่อผู้ใช้ 3.79 คะแนน ฟังก์ชันการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ 3.43 คะแนน ฟังก์ชันการเลือกวัตถุดิบ 4.00 คะแนน ฟังก์ชันการสร้างมื้ออาหารด้วยปัญญาประดิษฐ์ 4.07 คะแนน และฟังก์ชันติดตามความก้าวหน้าในการควบคุมโภชนาการเพื่อการออกกำลังกาย 3.94 คะแนน ทั้งนี้ผู้ใช้ทั้งหมดมีความคิดเห็นว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลได้จริง และยังเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมอาหารและโภชนาการเพื่อบรรลุเป้าหมายการออกกำลังกายอย่างมีประสิทธิภาพ

6. สรุป

ระบบวางแผนมื้ออาหารส่วนบุคคลที่พัฒนาขึ้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนมื้ออาหารสำหรับผู้ออกกำลังกายเป็นประจำ โดยมื้ออาหารจะถูกสร้างขึ้นเฉพาะบุคคลอ้างอิงกับข้อมูลสุขภาพและเป้าหมายการออกกำลังกาย ระบบประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) บนพื้นฐานของโมเดลภาษา (Large Language Models - LLMs) ในการวางแผนมื้ออาหาร เพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการประมวลผล โดยลดภาระของผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการ อีกทั้งระบบได้จัดเตรียมฟังก์ชันในการอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ที่หลากหลาย โดยผู้ใช้สามารถระบุข้อมูลสุขภาพและกำหนดเป้าหมายการออกกำลังกายล่วงหน้า จากนั้นสามารถเลือกวัตถุดิบในการสร้างมื้ออาหาร เพื่อให้ระบบสร้างมื้ออาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ตรงต่อความต้องการและสอดคล้องกับเป้าหมายการออกกำลังกายที่ตั้งไว้ ผลจากการทดสอบสะท้อนถึงประโยชน์และผลกระทบที่มีต่อผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายอย่างชัดเจน โดยสรุปผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายที่ทำการทดสอบเห็นพ้องว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลดภาระในการวางแผนมื้ออาหารของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งเสริมให้ผู้ใช้งานสามารถบริโภคอาหารได้สอดคล้องกับเป้าหมายการออกกำลังกายและการดูแลสุขภาพของตนเอง นอกจากนี้ ระบบยังช่วยเพิ่มความหลากหลายในการบริโภคลดปัญหาความเบื่อหน่ายจากการรับประทานอาหารซ้ำๆ โดยผู้ใช้มีความพึงพอใจรวมต่อระบบในระดับมาก ที่คะแนนเฉลี่ยรวม 3.84 คะแนน ทั้งนี้แนวทางการพัฒนาระบบในอนาคต ผู้จัดทำวางแผนจะเพิ่มฟังก์ชันการแนะนำอาหารเฉพาะบุคคลตามโรคประจำตัวหรือภาวะแพ้อาหาร ปรับปรุง

ความแม่นยำในภาพรวมของปัญญาประดิษฐ์ ในการสร้างเมนู/มื้ออาหาร รวมถึงเพิ่มเติมระบบติดตามแนวโน้มทางสุขภาพของผู้ใช้ และการขยายฐานข้อมูลวัตถุดิบอาหารให้มีความหลากหลายและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักโภชนาการ, รายงานประจำปี สำนักโภชนาการ 2567, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, [https://nutrition2.anamai.moph.go.th/web-upload/6x22caac0452648c8dd1f534819ba2f16c/202501/m\\_magazine/33500/5177/file\\_download/2d6fa0f8c800415aeac8d0169909048e.pdf](https://nutrition2.anamai.moph.go.th/web-upload/6x22caac0452648c8dd1f534819ba2f16c/202501/m_magazine/33500/5177/file_download/2d6fa0f8c800415aeac8d0169909048e.pdf) (เข้าถึงล่าสุด 15 สิงหาคม 2568)

[2] Department of Health, Health statistics for Thai working-age population 2019–2020. Ministry of Public Health, Thailand, [https://www.who.int/thailand/news/feature-stories/detail/healthy-canteen-smart-eating-thailand-s-road-to-healthy-lives?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.who.int/thailand/news/feature-stories/detail/healthy-canteen-smart-eating-thailand-s-road-to-healthy-lives?utm_source=chatgpt.com) (Last accessed 15 August 2025)

[3] A. Amawi, W. AlKasasbeh, M. Jaradat, A. Almasri, S. Alobaidi, A. Hammad, T. Bishtawi, B. Fataftah, N. Turk, H. Saoud, A. Jarrar and H. Ghazzawi, "Athletes' nutritional demands: A narrative review of nutritional requirements," Frontiers in Nutrition, vol. 10, Article 1331854.

[4] H. Kaya Kaçar, O. Furkan Kaçar and A. Avery, "Diet Quality and Caloric Accuracy in AI-Generated Diet Plans: A Comparative Study Across Chatbots," Nutrients, vol.17, no.2, pp. 206, 2025.

[5] M. Amiri, J. Li and W. Hasan, "Personalized Flexible Meal Planning for Individuals With Diet-Related Health Concerns: System Design and Feasibility Validation Study," JMIR Form Res, vol. 7, e46434, 2023.

[6] I. Papastratis, D. Konstantinidis, P. Daras and K. Dimitropoulos, "AI nutrition recommendation using a deep generative model and ChatGPT," Scientific Reports, vol. 14, Article number: 14620, 2024.

[7] Z. Yang, E. Khatibi, N. Nagesh, M. Abbasian, I. Azimi, R. Jain and A. M. Rahmani, "ChatDiet: Empowering personalized nutrition-oriented food recommender chatbots through an LLM-augmented framework," Smart Health, vol. 32, pp.100465, 2024.

# การพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

## Development of drip irrigation systems for plants with Internet of Things technology.

1<sup>st</sup> บุปผาวรรณ เฉลิมวงศ์<sup>1</sup>, 2<sup>nd</sup> พงศ์เลิศ สังกะเพศ<sup>1</sup>, 3<sup>rd</sup> ณวรา จันทร์ศิริ<sup>1</sup> และ 4<sup>th</sup> ชณิดาภา บุญประสม<sup>1</sup>

Bupphawan Chaleamwong, Ponglert Sangkaphet, Nawara Chansiri and Chanidapa Boonprasom

<sup>1</sup>สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

<sup>1</sup>Department of Software Engineering, Faculty of Computer Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Email: bupphawan.c@ubru.ac.th, ponglert.s@ubru.ac.th, nawara.c@ubru.ac.th, chanidapa.b@ubru.ac.th

**บทคัดย่อ** — ในศตวรรษที่ 21 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการเกษตรเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำและยกระดับประสิทธิภาพการเพาะปลูก โครงการพัฒนาระบบรดน้ำแบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ภายใต้โครงการชุมชนดิจิทัล จึงถูกพัฒนาขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ควบคุมและติดตามการให้น้ำแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชัน 2) ลดการใช้น้ำส่วนเกิน 3) เสริมสร้างสมรรถนะด้านเทคโนโลยี IoT ให้แก่เกษตรกร โครงการมุ่งเน้นกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักและไม้ผลในอำเภอบึงสามพัน จังหวัดอุบลราชธานี ผลการดำเนินงานชี้ให้เห็นว่า เกษตรกรสามารถใช้ระบบน้ำหยดที่ขับเคลื่อนด้วย IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การใช้น้ำลดลง การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโปรแกรม 5 คน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.40 ขณะที่การประเมินความพึงพอใจจากเกษตรกร 33 คน อยู่ในระดับมากเช่นกัน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.41

**คำสำคัญ** — อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง, เกษตรอัจฉริยะ, ระบบน้ำหยด, ชุมชนดิจิทัล

**ABSTRACT** — In the 21st century, the application of digital technology in agriculture has become a key approach to solving water scarcity and enhancing planting efficiency. The project to develop a drip irrigation system using Internet of Things (IoT) technology under the digital community project was therefore created with the objectives to 1) control and monitor real-time irrigation through an application, 2) reduce excess water usage, and 3) strengthen IoT technology capabilities among farmers. The project targets groups of vegetable and fruit growers in Phibun Mangsahan district, Ubon Ratchathani province. Results show that farmers can efficiently use the IoT-driven drip irrigation system, leading to reduced water usage. An evaluation by 5 program development experts found that the system had high performance, with an average score of 4.40, while a satisfaction survey of 33 farmers was also at a high level, with an average score of 4.41.

**Keywords** — internet of thing, smart farming, drip irrigation system, digital community

### 1. บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อทุกภาคส่วนของสังคม ไม่ใช่เพียงสภาวการณ์ทางสังคม วัฒนธรรม หรือการเมือง การจัดการศึกษา แต่ยังมีความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่มีอิทธิพลสำคัญต่อการเรียนรู้ การกระตุ้นให้ประชาชนทั่วไปสามารถร่วมกันถ่ายทอดความรู้ สามารถปฏิบัติ เพิ่มพูนความรู้และทักษะที่จำเป็นในการแข่งขันกับผู้อื่น โดยมีเทคโนโลยีเป็นตัวเร่งสำคัญที่จะทำให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ [1] รวมถึงภาคการเกษตรที่ต้องเผชิญกับความท้าทายหลายด้าน เช่น ปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเพาะปลูก การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้น การพัฒนาระบบชลประทานที่สามารถบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน และส่งเสริมการทำเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน ระบบน้ำหยด (Drip Irrigation System) [2] คือ ระบบการให้น้ำที่ออกแบบมาเพื่อส่งน้ำโดยตรงไปยังโคนต้นพืชในปริมาณน้อย แต่ต่อเนื่อง โดยส่งผ่านท่อพลาสติกและหัวน้ำหยดเล็กๆ ไปยังบริเวณรากพืชโดยตรง ต่างจากระบบรดน้ำทั่วไปที่มีมีการสูญเสียจากการระเหยหรือไหลบ่าบนผิวดิน

โครงการพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT) จึงถูกจัดทำขึ้นภายใต้กรอบโครงการชุมชนดิจิทัล (Digital Community) เพื่อเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาปรับใช้กับภาคการเกษตร โดยเทคโนโลยี IoT จะถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมและติดตามระบบน้ำหยดแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์ ซึ่งช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมการให้น้ำได้อย่างแม่นยำตามความต้องการของพืช ลดการใช้น้ำเกินความจำเป็น และเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก

นอกจากนี้ โครงการยังมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรให้สามารถใช้เทคโนโลยีดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผ่านการให้ความรู้และฝึกอบรมเกี่ยวกับเทคโนโลยี IoT เพื่อให้เกษตรกรสามารถติดตั้ง ใช้งาน และบำรุงรักษาระบบน้ำหยดได้ด้วยตนเอง อันจะนำไปสู่การพัฒนา

เกษตรกรรมอัจฉริยะ (Smart Farming) [3] และการยกระดับภาคการเกษตรของชุมชนให้เข้าสู่ยุคดิจิทัลอย่างยั่งยืน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนา ทดสอบ และยืนยันสมรรถนะของระบบดังกล่าว โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้:

- 1) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) สำหรับควบคุมและติดตามระบบน้ำหยดแบบเรียลไทม์ผ่านแอปพลิเคชันหรือแพลตฟอร์มออนไลน์
- 2) เพื่อพัฒนาระบบน้ำหยดที่ควบคุมปริมาณน้ำได้อย่างแม่นยำ เพื่อลดการใช้น้ำส่วนเกินและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำให้สอดคล้องกับความต้องการของพืช
- 3) เพื่อเสริมสร้างศักยภาพเกษตรกรด้วยองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีดิจิทัลและการใช้เทคโนโลยี IoT เพื่อให้สามารถปรับใช้และดูแลระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนกระบวนการพัฒนาระบบ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

### 2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) คือการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ผ่านอินเทอร์เน็ตให้สื่อสารและส่งข้อมูลถึงกันได้เอง โดยผู้ใช้สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านเครือข่ายได้สะดวก ซึ่งการเชื่อมโยงนี้ก่อให้เกิดระบบ/อุปกรณ์อัจฉริยะ เช่น Smart Device, Smart Home, Smart Grid, Smart Network, Smart Transportation แตกต่างจากอดีตที่อุปกรณ์เป็นเพียงตัวรับ-แสดงข้อมูล นอกจากนั้น Cloud Storage เป็นหนึ่งในรูปแบบการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับ IoT ช่วยเก็บประมวลผลข้อมูลออนไลน์ เข้าถึงได้ทันทีที่ทุกเวลา ผ่านอุปกรณ์ใดก็ได้ที่ต่ออินเทอร์เน็ต [4]

- Sonoff คืออุปกรณ์สวิตช์ควบคุมไร้สายสำหรับงาน IoT ที่สั่งงานผ่าน Wi-Fi อินเทอร์เน็ตด้วยแอป eWeLink ใช้เปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ตั้งเวลา และควบคุมได้จากทุกที่เมื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยทำงานผ่านคลาวด์ Amazon AWS ซึ่ง Sonoff แบ่งออกเป็น 2 รุ่น: Sonoff Basic เป็นรุ่นประหยัดสำหรับควบคุมอุปกรณ์ทั่วไป เช่น บั๊มน้ำ หลอดไฟ พัดลมเชื่อมต่อ Wi-Fi ผ่านเราเตอร์ ควบคุมได้หลายอุปกรณ์ในแอปเดียว และ Sonoff TH10/16 เป็นรุ่นเพิ่มเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น และสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เหมาะกับงานอัตโนมัติ เช่น โรงเรือนควบคุมความชื้น [5]

- eWeLink เป็นโปรแกรมเปิดปิดไฟด้วยมือถือที่ใช้งานง่าย ออกแบบมาให้ใช้สำหรับอุปกรณ์เปิดปิดไฟด้วยมือถือ Sonoff โดยเฉพาะ มีสีสรรที่สวยงาม เหมาะสำหรับการติดตั้งด้วยตัวเอง ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าสมารถโหมจำนวนไม่มาก และการควบคุมสมารถโหมที่ไม่ซับซ้อน โดยสามารถใช้งานได้กับอุปกรณ์เปิดปิดไฟด้วยมือถือรุ่น Sonoff Basic และ Sonoff TH10/16 ที่เป็นสวิตช์สมารถโหมแบบสัมผัส และยังรองรับรุ่นที่เป็นสมารถปลั๊กของ Sonoff เองอีกด้วย [6]

- เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ใช้วัดความชื้นในดินหรือใช้เป็นเซนเซอร์น้ำ สำหรับ SONOFF MS01 เป็นเซนเซอร์วัดความชื้นในดินแบบอัจฉริยะที่ร่วมกับ สวิตช์ Sonoff TH10/16 เพื่อวัดระดับความชื้นในดิน

แบบเรียลไทม์ ส่งข้อมูลไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านแอปพลิเคชัน และสามารถตั้งค่าให้ควบคุมระบบรดน้ำอัตโนมัติได้ [7]

- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ SONOFF THS01 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะของ Sonoff เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในสภาพแวดล้อมต่างๆ ซึ่งสามารถเชื่อมต่อและควบคุมผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ eWeLink เพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบค่าได้แบบเรียลไทม์ และตั้งค่าให้ ระบบอัตโนมัติทำงานตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ เช่น การเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เชื่อมต่อโดยอัตโนมัติตามระดับอุณหภูมิหรือความชื้นที่กำหนดได้ [8]

### 2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุชาติ ดุมนิล [9] วิจัยและพัฒนาระบบรดน้ำเกษตรอัจฉริยะด้วย Internet of Things โดยผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ผลิตรบบที่สั่งการรดน้ำได้สะดวกและรวดเร็ว ควบคุมความชื้นดินให้เหมาะต่อการเจริญเติบโต ตั้งเวลาให้น้ำได้ตรงตามต้องการ และสั่งงานเปิด-ปิดผ่านสมารถโฟนได้ทุกที่ทุกเวลา ผลการทดสอบชี้ว่าระบบมีประสิทธิภาพระดับร้อยละ 100 สูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้ สรุปว่าระบบช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน เพิ่มความสะดวก ลดภาระเกษตรกร ควบคุมความชื้นได้แม่นยำ และเอื้อต่อการเพิ่มผลผลิตอย่างมีคุณภาพ

นพพล เหลืองทองวัฒนา และคณะ [10] พัฒนาระบบรดน้ำอัตโนมัติบนแนวคิด IoT เพื่อช่วยดูแลต้นไม้สำหรับผู้มีเวลาน้อยและพื้นที่จำกัด พร้อมประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ โดยทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง 5 รายในเขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร ใช้แบบสอบถามปลายเปิด-ปิดและวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลลัพธ์ชี้ว่าระบบรองรับการควบคุมระยะไกลเปิด-ปิดอุปกรณ์และการทำงานอัตโนมัติภายในบ้านหรืออาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการประเมินด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.27$ ,  $SD = 0.56$ ) และด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.10$ ,  $SD = 0.69$ )

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) โดย ชนกพร คำพระ [11] นำเสนอโครงการ Farm Connect ระบบบริหารจัดการน้ำและปุ๋ยแบบเกษตรแม่นยำด้วย Smart Controller ในพื้นที่ตัวอย่าง 2 จุดที่จังหวัดร้อยเอ็ด ได้แก่ วิทยาลัยชุมชนปลูกผักอินทรีย์บ้านโพธิ์ อ.เกษตรวิสัย และวิทยาลัยชุมชนเลี้ยงโคบ้านสวนปอ อ.ปทุมรัตต์ โดยใช้ปมให้ปุ๋ยเชื่อมศูนย์ควบคุมกลางขอบบ่อ ร่วมกับข้อมูลเซนเซอร์ความชื้นดินและสภาพอากาศ เพื่อปรับแผนการให้น้ำได้อย่างแม่นยำ ทนต่อความแปรปรวนของอากาศ ช่วยยกระดับประสิทธิภาพงาน เพิ่มผลผลิต และลดเวลาในการดำเนินการ ตอบโจทย์การขาดระบบจัดการแบบองค์รวมของแปลงผสมผสาน (เช่น มะเขือเทศ สลัด ฝั มะม่วงเบา และข้าวโพด) ทำให้เกษตรกรใช้ทรัพยากรคุ้มค่าและพร้อมรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ.

Shobana และคณะ [12] ได้นำเสนอระบบน้ำอัจฉริยะที่ใช้เซ็นเซอร์ความชื้นในดินร่วมกับเครือข่ายไร้สายและไม่โครคอนโทรลเลอร์ เพื่อตรวจวัดและควบคุมการให้น้ำพืชโดยอัตโนมัติ ลดการใช้แรงงานดูแลและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในภาวะขาดแคลนน้ำ ระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์ความชื้นและอุณหภูมิที่ติดตั้งบริเวณเขตรากพืช เกตเวย์สำหรับรวบรวมข้อมูล และส่งต่อข้อมูลไปยังแอปเว็บและโทรศัพท์มือถือผ่านเครือข่ายเซลลูลาร์แบบสื่อสารสองทิศทาง ระบบใช้พลังงานแสงอาทิตย์ อัลกอริทึมควบคุมถูกกำหนดด้วยค่าเกณฑ์ของอุณหภูมิและความชื้นในดิน

เพื่อสั่งการเปิด-ปิดน้ำ และบริหารคุณภาพน้ำตามความต้องการจริงของพืช ช่วยประหยัดเวลา ลดการเผ่าระวังอย่างต่อเนื่อง และเหมาะต่อการประยุกต์ใช้ในพืชไร่ สวนสาธารณะ และสนามหญ้า โดยอาศัยเทคโนโลยี IoT Arduino และ Android และไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแกนหลักของการทำงานอัตโนมัติและการติดตามผลแบบเรียลไทม์

Harun และคณะ [13] นำเสนอการประยุกต์ใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (WSN) เป็นส่วนหลักของระบบช่วยตัดสินใจ (DSS) สำหรับเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) โดยเฉพาะการรดน้ำอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ซึ่งอธิบายรายละเอียดทั้งสถาปัตยกรรม ฮาร์ดแวร์ เครือข่ายสื่อสาร และกระบวนการควบคุมเชิงซอฟต์แวร์ของระบบรดน้ำแบบแม่นยำ ซึ่งทำงานแบบวงจรป้อนกลับ โดยรวบรวม วิเคราะห์ และเฝ้าติดตามข้อมูลจากเซ็นเซอร์เพื่อสั่งการอุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติตามค่าเกณฑ์ที่กำหนดล่วงหน้า แนวทางดังกล่าวถูกเสนอเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มประสิทธิผลการใช้ทรัพยากรในการเกษตรและสนับสนุนการตัดสินใจเชิงข้อมูลในสถานการณ์จริง

Barman และ คณะ [14] นำเสนอแนวทางระบบรดน้ำอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและคุ้มค่า ลดค่าเดินระบบและบำรุงรักษา เมื่อเทียบกับปั๊มโซลาร์โฟโตโวลตาอิกทั่วไป พร้อมผสมผสานเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อตรวจวัดความชื้นดินแบบต่อเนื่องและควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติสำหรับวิธีรดน้ำทุกรูปแบบ (หยด สปริงเกอร์ หรือฝูติน) โดยใช้ตัวตั้งเวลา เซ็นเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ และฐานข้อมูลค่าอ้างอิงรายพืช ทำงานเป็นวงจรป้อนกลับ เซ็นเซอร์ส่งข้อมูลตามช่วงเวลาไปยังเซิร์ฟเวอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งเปิดปั๊มเมื่อค่าความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ และหยุดเมื่อถึงค่าที่กำหนด ช่วยแก้ปัญหาการพังพาน้ำฝนและการขาดแคลนน้ำในบางพื้นที่ ลดการสิ้นเปลืองน้ำ และเพิ่มความยืดหยุ่นด้วยเทคโนโลยีการรับรู้และการสื่อสารสมัยใหม่ โดยรวมระบบดังกล่าวมุ่งเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ลดต้นทุน และยกระดับความยั่งยืนของการผลิตพืชผลในประเทศกำลังพัฒนา

Pernapati [15] ได้เสนอระบบรดน้ำอัจฉริยะเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำจากการใช้น้ำสิ้นเปลืองในระบบรดน้ำแบบเดิม โดยผสมผสานเทคโนโลยี IoT กับเซ็นเซอร์ไร้สายอัจฉริยะเพื่อเฝ้าติดตามและควบคุมการให้น้ำอย่างแม่นยำ ระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นอากาศสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมรอบพืช เซ็นเซอร์ความชื้นดินสำหรับวัดปริมาณน้ำในดิน และเซ็นเซอร์อัลตราโซนิกสำหรับวัดระดับน้ำในถังสำรอง เมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่าเกณฑ์ ระบบจะส่งจ่ายน้ำผ่านรีเลย์โดยอัตโนมัติ ข้อมูลทั้งหมดถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 NodeMCU เพื่อประมวลผลและสื่อสารต่อผ่านโปรโตคอล MQTT ไปยังปลายทาง ผลลัพธ์คาดว่าจะช่วยลดการสูญเสีย น้ำ ยกระดับการจัดการน้ำเชิงข้อมูล และเพิ่มประสิทธิภาพการให้น้ำในภาคการเกษตรภายใต้ข้อจำกัดทรัพยากรน้ำที่ทวีความรุนแรงขึ้น

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าแม้จะมีการประยุกต์ใช้ระบบ IoT เพื่อการรดน้ำและควบคุมความชื้นในพืชอย่างแพร่หลาย แต่ส่วนใหญ่มักยังจำกัดอยู่ในระดับต้นแบบหรือสภาพแวดล้อมการทดสอบ ขาดรายละเอียดเชิงสถาปัตยกรรมฮาร์ดแวร์-ซอฟต์แวร์ในระดับอุปกรณ์ที่เกษตรกรสามารถติดตั้งและดูแลรักษาเองได้ จึงมีความจำเป็นต้องบูรณาการ ระบบแบบครบวงจรที่พร้อมใช้งานจริง ในบริบทชุมชนชนบท ครอบคลุมตั้งแต่การวางแผน การส่งน้ำปั๊ม/โซลินอยด์แบบหลายโซน การเชื่อมต่อ

4G/Wi-Fi และแอปสำหรับการตั้งเวลาและควบคุม รวมถึงโหมดกึ่งอัตโนมัติบนเกณฑ์ความชื้นดิน ตลอดจนการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ และผู้ใช้งานจริง

### 3. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนกระบวนการพัฒนาระบบ ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

#### 3.1. การกำหนดปัญหาหรือความต้องการ

ผู้วิจัยได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) กับงานด้านการเกษตร การแก้ปัญหาการใช้น้ำ ศึกษาปัญหาและความเป็นไปได้ในพื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร ประกอบด้วย 1) ลงพื้นที่ศึกษาบริบทและความต้องการของเกษตรกร 2) ประชุมกลุ่มเพื่อวิเคราะห์แนวทางการพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

#### 3.2. การรวบรวมข้อมูล กำหนดปัญหา และกำหนดพื้นที่วิจัย

ในการรวบรวมข้อมูล และการกำหนดปัญหาในงานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่เกษตรของเกษตรกรที่มีการทำการเกษตรเชิงท่องเที่ยว และมีการปลูกพืชหลากหลายชนิด ณ ตำบลระเว อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ถึงปัญหาแล้วพบว่า เกษตรกรมีกิจกรรมต้องทำหลายอย่างในเวลาเดียวกัน จำนวนแรงงานคนน้อย ทำให้การรดน้ำพืชผักไม่ทั่วถึง ซึ่งเดิมใช้ระบบการเปิดน้ำด้วยสปริงเกอร์ ด้วยตนเองใช้รดทั่วทั้งแปลง ทำให้บางครั้งน้ำมากเกินไป บางครั้งล้นรดน้ำ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้เห็นความสำคัญของปัญหา และนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยปัญหาคือการบริหารเวลาของเกษตรกรเพื่อการทำกิจกรรมอื่น ปัญหาการขาดแคลนน้ำสำหรับการเพาะปลูก การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อผลผลิตทางการเกษตร ผู้วิจัยจึงนำการพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้เพื่อแก้ปัญหาของเกษตรกร



รูปที่ 1. การวิเคราะห์พื้นที่การเพาะปลูกของระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

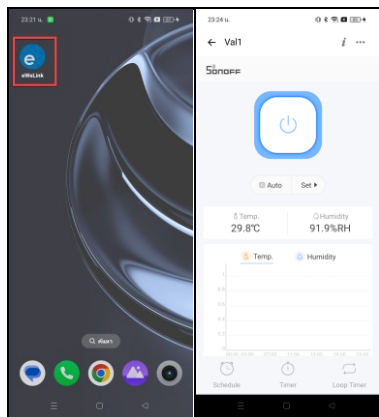
#### 3.3. การออกแบบและพัฒนาระบบ

การออกแบบระบบที่ใช้ในการพัฒนา การทำงานของระบบการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)





ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อให้สอดคล้องกับตารางการให้น้ำที่วางแผนไว้ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้นอากาศ และความชื้นดินภายในแปลงปลูก โดยข้อมูลที่ได้อาจถูกส่งเข้าสู่แอปพลิเคชัน eWeLink สำหรับการติดตามสถานะแบบเรียลไทม์และการตั้งค่าเกณฑ์แจ้งเตือน เมื่อค่าความชื้นดินเบี่ยงเบนจากช่วงเกณฑ์ที่กำหนด ระบบสามารถแจ้งเตือนเกษตรกรและสั่งการรดน้ำอัตโนมัติได้ทันที ช่วยลดความแปรปรวนของความชื้นในดินและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการน้ำในแปลงปลูกอย่างเป็นระบบ



รูปที่ 4. แอปพลิเคชัน eWeLink สำหรับการสั่งการเปิด-ปิด และติดตามอุณหภูมิ ความชื้นอากาศภายในแปลงปลูก

### 3.4. การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโปรแกรม ที่มีประสบการณ์ในด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 5 คน เพื่อประเมินหาความเหมาะสมและคุณภาพของระบบ และเกษตรกรจำนวน 33 คนสำหรับความพึงพอใจของการพัฒนาระบบ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือการหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert) [16] โดยแปลผลค่าเฉลี่ยได้ดังนี้ 4.50 - 5.00 = มากที่สุด, 3.50 - 4.49 = มาก, 2.50 - 3.49 = ปานกลาง, 1.50 - 2.49 = น้อย, 1.00 - 1.49 = น้อยที่สุด

### 3.5. การวิเคราะห์การใช้ระบบรดน้ำ

ออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบน้ำหยดกับมินิสปริงเกอร์ โดยควบคุมตัวแปรความชื้นในดิน ติดตั้งมิเตอร์น้ำแยกแต่ละระบบเพื่อวัดปริมาณน้ำจริง และใช้เซนเซอร์ความชื้นดิน โดยกำหนดเกณฑ์ความชื้นเป้าหมายเดียวกัน ที่ช่วงความชื้น 60-70% ให้ทั้งสองระบบเปิดการรดน้ำ เมื่อค่าความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ล่างที่ 60% และหยุดรดน้ำเมื่อถึงเกณฑ์บนที่ 70% เก็บข้อมูลเปรียบเทียบภายใน 12 ชั่วโมง ได้แก่ ปริมาณน้ำ จำนวนครั้งรดน้ำ เวลาเปิดรดน้ำ สำหรับการออกแบบแปลงระบบหยดน้ำและระบบน้ำมินิสปริงเกอร์แสดงรายละเอียดในตาราง 1

ตารางที่ 1. การออกแบบแปลงปลูกระบบรดน้ำ

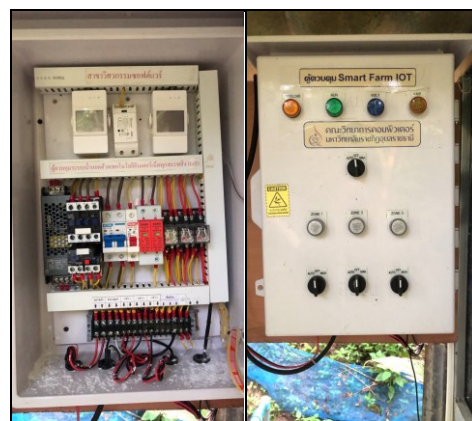
| รายการ                  | เทปน้ำหยด | มินิสปริงเกอร์ |
|-------------------------|-----------|----------------|
| ความยาวแปลงต่อแปลง      | 15 เมตร   | 15 เมตร        |
| ระยะห่างระหว่างหัวรดน้ำ | 20 ซม.    | 100 ซม.        |

| รายการ                 | เทปน้ำหยด          | มินิสปริงเกอร์      |
|------------------------|--------------------|---------------------|
| จำนวนหัวรดน้ำต่อแปลง   | 75 หัว             | 15 ตัว              |
| ระยะหัวรดน้ำสูงจากพื้น | วางระดับพื้น       | 15 ซม.              |
| อัตราการไหลต่อจุด      | 3 ลิตร/ชั่วโมง/หัว | 60 ลิตร/ชั่วโมง/ตัว |
| อัตราการไหลรวมต่อแปลง  | 225 ลิตร/ชั่วโมง   | 900 ลิตร/ชั่วโมง    |
| สภาพดินที่รดน้ำ        | ดินร่วน            | ดินร่วน             |

## 4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 4.1. ผลการพัฒนาระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ต้นแบบของระบบแสดงในรูปที่ 5 เป็นตู้ควบคุมหลักที่ติดตั้งอุปกรณ์และจุดต่อใช้งานครบถ้วน ภายในตู้มีเทอร์มินัลบล็อกสำหรับต่อสายไฟไปยังมอเตอร์ปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว พร้อมทั้งมีจุดต่อสายดินเพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการบำรุงรักษา สำหรับการเชื่อมต่อเซนเซอร์ระบบมาพร้อมสาย RJ11 ความยาว 5 เมตร สำหรับต่อเข้ากับเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ทั้งระบบออกแบบให้ใช้งานกับกระแสไฟฟ้าบ้าน AC 220V โดยมีการกำหนดตำแหน่งและป้ายกำกับของเทอร์มินัลบล็อกภายในตู้ควบคุมอย่างชัดเจน เพื่อให้ติดตั้งและใช้งานได้สะดวกและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 5. แสดงต้นแบบและการเชื่อมต่อวงจรของตู้ควบคุม



รูปที่ 6. การติดตั้งระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

รูปที่ 6 แสดงระบบน้ำหยดที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ซึ่งได้ติดตั้งในแปลงสาธิตของกลุ่มเกษตรกรบ้านสวนตาบัว ตำบลละเว อำเภอบึงสามพัน จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีองค์ประกอบและขั้นตอนติดตั้งดังนี้ ติดตั้งตู้ควบคุมบนโครงเหล็กเพื่อความแข็งแรงและ



การบำรุงรักษาที่สะดวก จากนั้นเดินท่อน้ำเข้าหาโซลินอยด์วาล์วตามผังระบบ วางสายน้ำหยดด้วยเทปน้ำหยดลงในแต่ละแปลงตามแบบที่กำหนด เพื่อกระจายน้ำอย่างสม่ำเสมอ เชื่อมต่อกระแสไฟฟ้าเข้าตู้ควบคุม จากนั้นเชื่อมต่อปั้มน้ำ โซลินอยด์วาล์ว และเซนเซอร์ต่างๆ เข้ากับตู้ตามลำดับ ต่อสายทุกจุดเข้ากับเทอร์มินัลบล็อกภายในตู้ตามป้ายกำกับที่กำหนดอย่างเคร่งครัด เพื่อความถูกต้องและปลอดภัย

#### 4.2. ผลการประเมินการใช้น้ำของระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้น้ำ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบน้ำหยดกับมินิสปริงเกอร์ จากการทดลองรดน้ำต่อเนื่องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06:00-18:00 น. ในวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2568 ณ กลุ่มเกษตรกรบ้านสวนตาบัว ตำบลละเว อำเภอบึงมะลิ จังหวัดอุบลราชธานี โดยสรุปผลแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบน้ำหยดและมินิสปริงเกอร์

| รายการ                     | เทปน้ำหยด | มินิสปริงเกอร์ |
|----------------------------|-----------|----------------|
| จำนวนครั้งที่รดน้ำ (ครั้ง) | 4         | 3              |
| เวลารดน้ำรวม (นาท)         | 48        | 18             |
| ปริมาณน้ำรวม (ลิตร)        | 180       | 270            |

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบระบบน้ำหยดกับมินิสปริงเกอร์ภายใต้เกณฑ์ควบคุมความชื้นดินเดียวกันในช่วง 60-70% ตลอด 12 ชั่วโมง พบว่ามินิสปริงเกอร์จะเปิดรดน้ำบ่อยครั้งกว่า (3 ครั้ง) และใช้เวลาเพียง 18 นาที แต่กลับใช้น้ำรวมมากกว่า (270 ลิตร) เมื่อเทียบกับระบบน้ำหยดที่เปิด-ปิดบ่อยกว่า (4 ครั้ง) ใช้เวลารวมมากกว่า (48 นาที) แต่ใช้น้ำน้อยกว่าชัดเจน (180 ลิตร) สะท้อนหลักการว่าการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติที่ลดค่าต่อจุดและตรงโคนรากของระบบน้ำหยดช่วยลดการสูญเสียจากการระเหยและการไหลบ่าบนผิวดินได้ดีกว่า ขณะที่มินิสปริงเกอร์มีอัตราการไหลรวมต่อแปลงสูง จึงจ่ายน้ำเกินความต้องการแม้เปิดไม่นาน โดยรวม ระบบน้ำหยดให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำเหนือกว่าในการรักษาความชื้นเป้าหมาย ด้วยปริมาณน้ำรวมลดลงราว 33% เมื่อเทียบกับมินิสปริงเกอร์ ผลการทดลองนี้สนับสนุนด้านความแม่นยำและความคุ้มค่าของการพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้ภายใต้บริบทการใช้งานจริง

#### 4.3. ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบการพัฒนาของระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยเรื่องการพัฒนาของระบบพัฒนาการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประเมินหาความเหมาะสมและคุณภาพของระบบ และนำไปให้เกษตรกรและผู้ใช้ที่สนใจทั่วไปจำนวน 33 คน ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้ระบบผ่านกระบวนการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ

ตารางที่ 3 การประเมินหาความเหมาะสมและคุณภาพของระบบ

| องค์ประกอบของรูปแบบ                                                                             | ระดับความเหมาะสม |      |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|-----------|
|                                                                                                 | $\bar{X}$        | S.D. | การแปลผล  |
| 1. แนวคิดและหลักการมีความสอดคล้องสัมพันธ์กันกับวัตถุประสงค์                                     | 4.60             | 0.49 | มากที่สุด |
| 2. ความเหมาะสมกับการพัฒนาระบบการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT) | 4.60             | 0.49 | มากที่สุด |
| 3. องค์ประกอบของรูปแบบการพัฒนาของระบบ                                                           |                  |      |           |
| 3.1 ด้านโครงสร้างพื้นฐาน                                                                        | 4.40             | 0.49 | มาก       |
| 3.2 ด้านเทคโนโลยี                                                                               | 4.40             | 0.49 | มาก       |
| 3.3 ด้านการใช้งานระบบ                                                                           |                  |      |           |
| 3.3.1 การใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ                                                            | 4.40             | 0.49 | มาก       |
| 3.3.2 การแสดงค่าการวัดอุณหภูมิ                                                                  | 4.20             | 0.40 | มาก       |
| 3.3.3 การแสดงค่าความชื้นในอากาศ                                                                 | 4.20             | 0.40 | มาก       |
| 3.3.4 การแสดงค่าวัดความชื้นในดิน                                                                | 4.40             | 0.49 | มาก       |
| รวม                                                                                             | 4.40             | 0.47 | มาก       |

จากตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คนสะท้อนว่าระบบรดน้ำหยดด้วยเทคโนโลยี IoT มีความเหมาะสมและคุณภาพในระดับมากถึงมากที่สุด โดยภาพรวมได้  $\bar{X} = 4.40$  (S.D. = 0.47) แสดงถึงความเชื่อมั่นที่สม่ำเสมอในองค์ประกอบของระบบ รายการที่โดดเด่นคือ “แนวคิดและหลักการสอดคล้องกับวัตถุประสงค์” และ “ความเหมาะสมกับการพัฒนาระบบรดน้ำหยดด้วย IoT” ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยสูงถึง 4.60 (S.D. = 0.49) บ่งชี้ว่ากรอบแนวคิดเชิงระบบเชื่อมโยงวัตถุประสงค์ด้านการควบคุม-ติดตามแบบเรียลไทม์ การลดการใช้น้ำ และการเสริมสมรรถนะเกษตรกรได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล ทั้งด้านโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 4.40$ ) สอดรับกับสถาปัตยกรรมที่บูรณาการตู้ควบคุม โซลินอยด์วาล์วหลายโซน เซนเซอร์อุณหภูมิ ความชื้นอากาศและดิน ตลอดจนการสื่อสารผ่าน 4G/Wi-Fi และแอป eWeLink สำหรับโหมดตั้งเวลาและกึ่งอัตโนมัติ ขณะที่ด้านการใช้งานย่อย เช่น การควบคุมเปิด-ปิดน้ำ และการแสดงผลค่าความชื้นดินได้คะแนนสูง ( $\bar{X} = 4.40$ ) ส่วนการแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นอากาศได้ระดับมาก ( $\bar{X} = 4.20$ ) สะท้อนฟังก์ชันสนับสนุนการตัดสินใจที่ครบถ้วนเพียงพอต่อการใช้งานจริง

#### 4.4. ผลการประเมินความพึงพอใจของการพัฒนาระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความพึงพอใจของการพัฒนาระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง จากการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ การอบรมการใช้ระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สำหรับเกษตรกรจำนวน 33 คน

ตารางที่ 4 การประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อการใช้งานระบบ

| คำถาม                                                                                                                                           | ระดับความเหมาะสม |      |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------|-----------|
|                                                                                                                                                 | $\bar{X}$        | S.D. | การแปลผล  |
| 1. ด้านความสำคัญของเทคโนโลยี IoT                                                                                                                |                  |      |           |
| 1.1 เทคโนโลยี IoT มีความจำเป็นและสำคัญในยุคปัจจุบันทำให้การใช้ชีวิตของผู้คนง่ายตายและสะดวกสบายยิ่งขึ้น                                          | 4.45             | 0.63 | มาก       |
| 1.2 การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมดูแลสั่งการ การทำงานของระบบงานต่างๆได้ จากทุกที่ทุกเวลา ทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น        | 4.48             | 0.62 | มาก       |
| 1.3 Internet of Things มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของคนในยุคปัจจุบัน                                                              | 4.40             | 0.66 | มาก       |
| ค่าเฉลี่ย                                                                                                                                       | 4.44             | 0.64 | มาก       |
| 2. ด้านความสามารถของระบบระบบการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT)                                                  |                  |      |           |
| 2.1 สามารถใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ                                                                                                           | 4.45             | 0.61 | มาก       |
| 2.2 สามารถวัดอุณหภูมิในอากาศและแสดงค่าการวัดอุณหภูมิในอากาศ                                                                                     | 4.22             | 0.70 | มาก       |
| 2.3 สามารถวัดค่าความชื้นในอากาศและแสดงค่าความชื้นในอากาศ                                                                                        | 4.20             | 0.71 | มาก       |
| 2.4 สามารถวัดค่าความชื้นในดินและแสดงค่าวัดความชื้นในดิน                                                                                         | 4.42             | 0.63 | มาก       |
| 2.5 สามารถใช้งานระบบหรือสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ ทุกเวลาที่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต                                                   | 4.46             | 0.60 | มาก       |
| 2.6 สามารถใช้งานระบบหรือสั่งการแบบ off-line ที่ไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต                                                                    | 4.10             | 0.75 | มาก       |
| ค่าเฉลี่ย                                                                                                                                       | 4.31             | 0.67 | มาก       |
| 3. ด้านประโยชน์และการใช้งาน                                                                                                                     |                  |      |           |
| 3.1 เป็นการนำเทคโนโลยี IoT ใช้สั่งการควบคุมการเปิด-ปิดน้ำ ทำให้ผู้ใช้งานง่ายและสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น                                             | 4.49             | 0.59 | มาก       |
| 3.2 ช่วยให้เกษตรกรมีการจัดการที่ดีขึ้น ประหยัดเวลา และแรงงานในการดูแลกิจการผ่านสมาร์ทโฟนได้                                                     | 4.52             | 0.57 | มากที่สุด |
| 3.3 ระบบช่วยควบคุมปริมาณการใช้น้ำได้อย่างมีคุณภาพมากขึ้นหรือการเพิ่มคุณภาพของปัจจัยการผลิตและการดูแลรักษาผลผลิต                                 | 4.40             | 0.62 | มาก       |
| 3.4 ระบบการรดน้ำพืชแบบระบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (IoT) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ในพื้นที่เกษตรกรของตนเองได้อย่างยั่งยืน | 4.47             | 0.60 | มาก       |
| ค่าเฉลี่ย                                                                                                                                       | 4.47             | 0.60 | มาก       |
| ค่าเฉลี่ยรวม                                                                                                                                    | 4.41             | 0.64 | มาก       |

จากตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกร 33 คนต่อระบบรดน้ำหยดด้วยเทคโนโลยี IoT อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย

รวม  $\bar{X} = 4.41$  และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. = 0.64 สะท้อนการยอมรับเชิงปฏิบัติการที่ดีในบริบทการใช้งานจริง ประเด็นที่โดดเด่นมากที่สุดคือด้านประโยชน์และการใช้งาน โดยเฉพาะรายการ “ช่วยให้เกษตรกรจัดการได้ดีขึ้น ประหยัดเวลาและแรงงานผ่านสมาร์ทโฟน” ซึ่งได้ระดับมากที่สุด  $\bar{X} = 4.52$ , S.D. = 0.57 และ “สามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงได้อย่างยั่งยืน”  $\bar{X} = 4.47$ , S.D. = 0.60 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการที่มุ่งลดภาระงานและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ขณะเดียวกัน ด้านความเข้าใจภาพรวมของ IoT ก็ได้คะแนนสูงต่อเนื่อง  $\bar{X} \approx 4.44$  ซึ่งให้เห็นว่ากระบวนการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยีช่วยยกระดับทัศนคติและความพร้อมของผู้ใช้ ส่วนด้านสมรรถนะเชิงฟังก์ชันของระบบอยู่ในระดับมาก  $\bar{X} = 4.31$  โดยการควบคุมเปิด-ปิดและการอ่านค่าความชื้นดินทำได้เป็นอย่างดี ( $\geq 4.40$ ) ส่วนฟังก์ชันวัด/แสดงอุณหภูมิและความชื้นอากาศอยู่ที่ระดับมากเช่นกันแต่ต่ำกว่าฟังก์ชันหลักเล็กน้อย ( $\approx 4.20$ ) สืบเนื่องการรับรู้ลำดับความสำคัญที่เน้นตัวชี้วัดซึ่งมีผลโดยตรงต่อการให้น้ำ ทั้งนี้ ความแปรปรวนระดับปานกลางของ S.D. บางรายการบ่งชี้ความแตกต่างด้านบริบทแปลงและทักษะดิจิทัลของผู้ใช้ ซึ่งชี้แนะแนวทางพัฒนาต่อไป ได้แก่ การเสริมคู่มือใช้งานเชิงสถานการณ์ การปรับแต่งค่าตั้งต้นตามชนิดพืช/สภาพดิน และการอบรมเชิงลึกการใช้โหมดอัตโนมัติ เพื่อยกระดับประสบการณ์และความสม่ำเสมอของความพึงพอใจในระยะยาว โดยรวมผลลัพธ์ยืนยันศักยภาพของระบบในการลดภาระงาน ยกระดับประสิทธิภาพการจัดการน้ำ และความพร้อมต่อการขยายใช้ในชุมชนเกษตรกรมอญจริยะ.

## 5. สรุป

โครงการพัฒนาระบบรดน้ำพืชแบบน้ำหยดด้วยเทคโนโลยี IoT สามารถควบคุม-ติดตามการให้น้ำแบบเรียลไทม์ผ่านสมาร์ทโฟน ตั้งเวลาและทำงานกึ่งอัตโนมัติจากค่าความชื้นดินได้ ช่วยลดการใช้น้ำเกินจำเป็นและเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูก ระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ทำงานครบวงจร ควบคุม บิมน้ำ โซลินอยด์วาล์ว เทปน้ำหยด เซนเซอร์อุณหภูมิ-ความชื้นอากาศ ความชื้นดิน และการเชื่อมต่อ 4G/Wi-Fi ผ่านแอป eWeLink ใช้งานได้จริงในพื้นที่สาธิตที่ อ.พิบูลมังสาหาร จ.อุบลราชธานี ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโปรแกรม 5 คน พบว่าระบบมีประสิทธิภาพระดับ “มาก” ค่าเฉลี่ย 4.40 โดยเด่นด้านความสอดคล้องของแนวคิดวัตถุประสงค์ โครงสร้างพื้นฐาน และฟังก์ชันควบคุมน้ำ ความพึงพอใจเกษตรกร 33 คน อยู่ระดับ “มาก” ค่าเฉลี่ย 4.41 โดยรับรู้ประโยชน์ชัดเจนเรื่องความสะดวก ประหยัดเวลา-แรงงาน ควบคุมน้ำได้แม่นยำ และประยุกต์ใช้ได้จริงในแปลงของตน ซึ่งระบบน้ำหยดที่ขับเคลื่อนด้วย IoT ช่วยยกระดับสู่เกษตรกรอัจฉริยะ ลดการใช้น้ำ และเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืน พร้อมเสริมทักษะดิจิทัลให้เกษตรกรในชุมชนดิจิทัล

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากโครงการชุมชนดิจิทัล (Digital Community) เพื่อรองรับสังคมศตวรรษที่ 21 งบประมาณรายได้ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีระบบการดำเนินงานพัฒนาชุมชนท้องถิ่นเพื่อสนับสนุนส่งเสริมให้คณาจารย์และนักศึกษาได้ดำเนินการบูรณาการเรียนรู้อัจฉริยะ และบริการวิชาการสู่การพัฒนาชุมชนท้องถิ่น และขอขอบคุณคณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่สนับสนุน

- [1] วิวัฒน์ มีสุวรรณ, "อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things) กับ การศึกษา," วารสารวิชาการนวัตกรรมสื่อสารสังคม, ปีที่ 4, ฉบับที่ 2 (8), ก.ค. - ธ.ค. 2559.
- [2] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน), "การวิจัยเชิง ปฏิบัติการชลประทานน้ำหยดแบบมีส่วนร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ: กรณีศึกษาพื้นที่ภัยแล้ง เทศบาลตำบลออนใต้ จังหวัดเชียงใหม่," มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และมหาวิทยาลัยแม่โจ้, 2560.
- [3] สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) – สวก., "เกษตร อัจฉริยะ (Smart Agriculture) พลิกโฉมการทำเกษตรด้วยเทคโนโลยีและ นวัตกรรม," กรุงเทพฯ, 2568.
- [4] Aware, "ทำความรู้จักกับ Internet of Things," [ออนไลน์]. <https://www.aware.co.th/iot-คืออะไร>. (เข้าถึงเมื่อ: 15 สิงหาคม 2568).
- [5] Niran Kasri, "Sonoff คืออะไร Sonoff อุปกรณ์สวิตช์ควบคุมไร้สายสั่งงาน ผ่าน อินเทอร์เน็ต," [ออนไลน์]. <https://www.blogsdit.com/2019/06/sonoff.html>. (เข้าถึงเมื่อ: 20 สิงหาคม 2568).
- [6] Sbayit, "เปิดปิดไฟด้วยมือถือ," [ออนไลน์]. [https://www.sbayit.com/?page\\_id=774](https://www.sbayit.com/?page_id=774). (เข้าถึงเมื่อ: 9 สิงหาคม 2568).
- [7] Sonoff, "คู่มือผู้ใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน SONOFF MS01," [ออนไลน์]. <https://manuals.plus/th/sonoff/ms01-soil-moisture-sensor-manual#instruction>. (เข้าถึงเมื่อ: 24 สิงหาคม 2568).
- [8] Gravitechthai, "Sonoff THS01 Temperature and Humidity Sensor with RJ11," [ออนไลน์]. <https://www.gravitechthai.com/product/sonoff-ths01-temperature-and-humidity-sensor-with-rj11/11001005073001221>. (เข้าถึงเมื่อ: 24 สิงหาคม 2568).
- [9] สุชาติ ดุมนิล, "Development of smart agricultural watering system using the Internet of Things," Agriculture and Technology Journal, vol. 4, no. 1, pp. 112–126, Jan.–Apr. 2023.
- [10] นวพล เหลืองทองวัฒนา et al., "การศึกษาการออกแบบระบบ IOT (Internet of Things Concept) ในการปลูกต้นไม้," รายงานสืบเนื่องจากการประชุม วิชาการระดับชาติ ราชพฤกษ์วิชาการ ครั้งที่ 2, พฤศจิกายน 2566.
- [11] สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน), "นวัตกรรมการบริหาร จัดการน้ำเพื่อการเกษตร สำหรับเกษตรกรยุคใหม่: ระบบบริหารจัดการน้ำ แบบเกษตรแม่นยำสำหรับผักเศรษฐกิจ," [ออนไลน์]. <https://nia.or.th/Water-Management-Innovation-for-agriculture>. (เข้าถึงเมื่อ: 24 สิงหาคม 2568).
- [12] S. Shobana, B. Pandey, and U. Triveni, "IOT BASED SMART IRRIGATION SYSTEM USING SOIL MOISTURE SENSOR AND ESP8266NODEMCU," International Journal of Computer Science and Information Technology, vol. 9, pp. 52–58, 2021.
- [13] I. N. Harun, M. Kassim, I. Mat, and S. S. Ramli, "Precision irrigation using Wireless Sensor Network," in Proc. 2015 Int. Conf. on Systems, Signals and Image Processing (ICSSA), pp. 71–75, 2015, doi: 10.1109/ICSSA.2015.7322513.
- [14] A. Barman, B. Neogi, and S. Pal, "Solar-Powered Automated IoT-Based Drip Irrigation System," in Lecture Notes / Conference Chapter, 2020, doi: 10.1007/978-981-13-9177-4\_2.
- [15] K. Pernapati, "IoT Based Low Cost Smart Irrigation System," 2018 Second Int. Conf. on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), Coimbatore, India, pp. 1312–1315, 2018, doi: 10.1109/ICICCT.2018.8473292.
- [16] ธาณินทร์ ศิลป์จารุ, การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS, กรุงเทพฯ: บิสนิเนสอาร์แอนด์ดี (หจก.), 2560.

# การวิเคราะห์เส้นทางการเดินและข้อมูลลูกค้าในร้านค้าปลีก จากวิดีโอกล้องวงจรปิดด้วยปัญญาประดิษฐ์

## Analyzing Customer Trajectories and Demographic Characteristics in Offline Retail Stores Using CCTV Footage with Artificial Intelligence

สรลธร ศรีเมือง

Saranthorn Srimuang

มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยุบัณฑิตย

Dhurakij Pundit University

กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

Bangkok, Thailand

645162020038@dpu.ac.th

ธนภัทร มังคะจิตร์

Thanapat Kangkachit

มหาวิทยาลัยบูรพาวิทยุบัณฑิตย

Dhurakij Pundit University

กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

Bangkok, Thailand

thanapat.kan@dpu.ac.th

**บทคัดย่อ** — ร้านค้าปลีกในปัจจุบันยังขาดระบบวิเคราะห์ข้อมูล การเคลื่อนไหวและพฤติกรรมของลูกค้าอย่างครบถ้วน ทำให้การจัดวาง สินค้าและกลยุทธ์การตลาดไม่สามารถตอบสนองความต้องการของ ลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ปัญญาประดิษฐ์และคอมพิวเตอร์วิทัศน์ได้เปิดโอกาสใหม่ในการวิเคราะห์ วิดีโอเชิงพาณิชย์ งานวิจัยนี้นำเสนอระบบวิเคราะห์เส้นทางการเดินและ ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ลูกค้าจากภาพกล้องวงจรปิดโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (DCNN) ระบบติดตามเส้นทางการ เดิน ประเมินอายุและเพศ และนับจำนวนลูกค้าภายในร้าน ซึ่งทำให้ เข้าใจพฤติกรรมและการซื้อของลูกค้า งานวิจัยนี้ทำการศึกษาร่วมกันประสิทธิภาพโมเดล YOLOv8, YOLOv9 และ YOLOv10 ร่วมกับโมเดล FaceNet สำหรับการจดจำใบหน้า รวมถึงโมเดล AgeNet สำหรับการ ประเมินอายุ และโมเดล GenderNet สำหรับการจำแนกเพศ ผลการ ทดลองแสดงให้เห็นว่า YOLOv10 มีประสิทธิภาพสูงสุดด้วยความแม่นยำ 91.7% ในการนับลูกค้า 83.3% ในการประเมินอายุ และ 66.7% ในการ จำแนกเพศ ซึ่งชี้ให้เห็นศักยภาพสูงในการวิเคราะห์เส้นทางลูกค้าและ การเข้าใจความต้องการ อย่างไรก็ตามยังต้องปรับปรุงความแม่นยำในการ ประเมินอายุและเพศเนื่องจากข้อจำกัดของมุมกล้องและคุณภาพภาพที่ไม่เพียงพอ

**คำสำคัญ** — การวิเคราะห์เส้นทางการเดินของลูกค้า, ข้อมูลทาง ประชากรศาสตร์ลูกค้า, ปัญญาประดิษฐ์, ภาพวงจรปิด, โครงข่าย ประสาทเทียมเชิงลึก, YOLO

**ABSTRACT** — Contemporary retail environments lack comprehensive analytical systems for tracking customer movement patterns and behavioral insights. This deficiency leads to ineffective product placement strategies and suboptimal marketing approaches that fail to capture customer preferences. Recent breakthroughs in artificial intelligence and computer vision technologies have

revolutionized commercial video analytics capabilities. This study presents an advanced system for analyzing customer trajectories and demographic characteristics from CCTV surveillance footage. The proposed framework employs Deep Convolutional Neural Networks (DCNN) to simultaneously track customer pathways, estimate demographic attributes, and perform real-time visitor counting. This integrated approach provides valuable insights into customer preferences and purchasing behaviors. The research conducts comprehensive performance evaluations comparing YOLOv8, YOLOv9, and YOLOv10 architectures integrated with specialized networks. FaceNet facilitates facial detection and recognition processes. AgeNet and GenderNet handle demographic classification tasks respectively. Experimental validation demonstrates YOLOv10's superior performance across all metrics. The optimized model achieves 91.7% accuracy in customer counting, 83.3% in age estimation, and 66.7% in gender classification. These results indicate significant potential for retail analytics and customer preference analysis. The system successfully transforms surveillance data into actionable business intelligence. Future improvements should address demographic prediction limitations caused by suboptimal camera angles and low-resolution imaging constraints.

**Keywords** — Customer trajectory analysis, Customer demographic Characteristics, Artificial intelligence, CCTV surveillance, Deep convolutional neural networks, YOLO architecture

### 1. บทนำ

ผู้ค้าปลีกในยุคปัจจุบันต้องเผชิญกับการแข่งขันที่รุนแรงและแนวโน้ม พฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง การเก็บข้อมูลลูกค้าแบบ ดั้งเดิมผ่านระบบเครื่องคิดเงิน (POS) และบัตรเครดิตไม่สามารถสะท้อน

พฤติกรรมเคลื่อนไหวและความต้องการที่แท้จริงของลูกค้าภายในร้านได้ [1,2] ข้อมูลเส้นทางการเดิน จำนวนลูกค้า และลักษณะทางประชากรศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนากลยุทธ์การตลาดและการจัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพ

ความก้าวหน้าของปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์ในช่วงที่ผ่านมาได้ปฏิวัติการวิเคราะห์ภาพและวิดีโออย่างมีนัยสำคัญ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเชิงลึก (Deep Convolutional Neural Networks) ได้แสดงประสิทธิภาพที่โดดเด่นในการตรวจจับและจำแนกวัตถุในภาพ โดยเฉพาะอัลกอริทึม YOLO (You Only Look Once) [3] ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับวัตถุหลายแบบเรียลไทม์ด้วยความแม่นยำและความเร็วสูง นอกจากนี้ โมเดลเฉพาะทางต่างๆ ได้รับการพัฒนาเพื่อจัดการกับงานเฉพาะด้าน เช่น โมเดล FaceNet [4] ที่ใช้เทคนิค Triplet loss เพื่อการจดจำใบหน้าด้วยความแม่นยำสูง, โมเดล AgeNet [5] ที่ประยุกต์ใช้สถาปัตยกรรม ResNet [6] สำหรับการประมาณอายุจากลักษณะใบหน้า และ โมเดล GenderNet [7, 8] ที่ออกแบบมาเพื่อจำแนกเพศด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกขั้นสูง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ร่วมกับเทคนิคการติดตามวัตถุ [9,10] ในสภาพแวดล้อมการค้าปลีกได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญ ได้แก่ การขาดระบบที่สามารถบูรณาการการวิเคราะห์เส้นทางการเดินร่วมกับข้อมูลทางประชากรศาสตร์ และปัญหาการทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดด้านคุณภาพภาพและการส่องสว่าง

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบการวิเคราะห์เส้นทางการเดินและข้อมูลลูกค้าแบบบูรณาการจากภาพกล้องวงจรปิดด้วยปัญญาประดิษฐ์ โดยการพัฒนากรอบงานที่รวมโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกหลายแบบจำลองเข้าด้วยกัน งานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล YOLOv8, YOLOv9 และ YOLOv10 สำหรับการตรวจจับและติดตามลูกค้า ร่วมกับการบูรณาการโมเดล FaceNet สำหรับการจดจำใบหน้า, โมเดล AgeNet สำหรับการประมาณอายุ และโมเดล GenderNet สำหรับการจำแนกเพศ การผสานโมเดล DNN เหล่านี้ทำให้ระบบสามารถดำเนินการวิเคราะห์แบบหลายมิติได้พร้อมกัน ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนข้อมูลเชิงลึกในอุตสาหกรรมค้าปลีก และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ที่อิงฐานข้อมูลเชิงประจักษ์

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

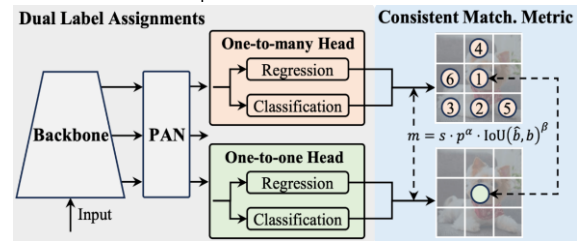
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล YOLOv8, YOLOv9 และ YOLOv10 ร่วมกับโมเดล FaceNet, AgeNet และ GenderNet ในการวิเคราะห์เส้นทางการเดิน ประมาณอายุ และเพศ และนับจำนวนลูกค้าจากภาพกล้องวงจรปิดในร้านค้าปลีก เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการวิเคราะห์พฤติกรรมและข้อมูลลูกค้าแบบเรียลไทม์

## 3. ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

### 3.1 YOLO (You Only Look Once)

YOLO [3] เป็นอัลกอริทึมการตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ซึ่งแปลงปัญหาการตรวจจับวัตถุให้เป็นปัญหาการถดถอย (Regression) แทนการ

จำแนกประเภทแบบดั้งเดิม YOLO สามารถทำนายตำแหน่ง Bounding Box และประเภทของวัตถุในขั้นตอนเดียว (Single-Stage Detection)



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมโมเดล YOLOv10



รูปที่ 2 สถาปัตยกรรมโมเดล FaceNet

โดยแบ่งภาพเป็นกริดและทำนายวัตถุในแต่ละเซลล์พร้อมกัน ทำให้มีความเร็วสูงกว่าวิธีการแบบ Two-stage Detection แบบดั้งเดิมเช่น R-CNN ที่ต้องสร้าง Region Proposals ก่อนจำแนกประเภท

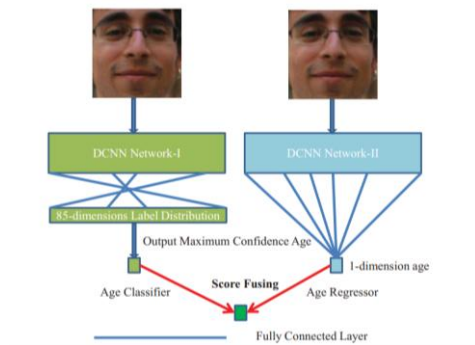
จากรูปที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสถาปัตยกรรมของ YOLOv10 ซึ่งนำเสนอ Dual Label Assignments และ Consistent Match Metric เพื่อแก้ปัญหาการจับคู่ที่ไม่สอดคล้องกัน ประกอบด้วย Backbone สำหรับสกัดคุณลักษณะ, PAN (Path Aggregation Network) สำหรับรวมข้อมูลหลายระดับ และ Head แบบ One-to-many สำหรับฝึกสอนและ One-to-one สำหรับการคำนวณแทนที่การใช้ NMS (Non-Max Suppression) ซึ่งมีความซับซ้อนในการคำนวณ ในส่วนของ Consistent Match Metric ทำการปรับปรุงสูตรจับคู่ระหว่าง Ground Truth และ Predictions โดยคำนึงถึง Classification Score, Predicted Probability และ IoU ของ Bounding Box

YOLOv10 [3] มีประสิทธิภาพดีกว่าเวอร์ชันก่อนหน้าทั้งในด้าน mAP และ FPS โดย Dual Head Design ลดปัญหา Redundant Predictions และเพิ่มความเร็วในการฝึกสอน Consistent Match Metric ลดปัญหา Label Assignment Ambiguity ที่พบใน YOLOv8-v9 และ NMS-free Architecture ลดเวลา post-processing อย่างมาก ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า YOLOv10 มี mAP ดีกว่า YOLOv9 ถึง 2% ถึง 5% และเร็วกว่า 1.5 ถึง 2 เท่า ทำให้เหมาะสำหรับงานเรียลไทม์ เช่น ระบบขับรถอัตโนมัติ และระบบเฝ้าระวัง

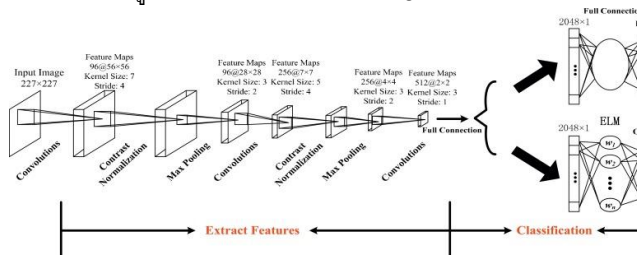
### 3.2 โมเดล FaceNet สำหรับจำแนกภาพใบหน้า

สถาปัตยกรรมของ FaceNet [4] ทำงานเป็นขั้นตอนตามลำดับดังในรูปที่ 2 เริ่มจากการรับภาพใบหน้าแบบกลุ่ม (Batch) เข้าสู่ Deep Architecture ซึ่งเป็นเครือข่ายประสาทเทียมลึกที่ทำหน้าที่สกัดคุณลักษณะสำคัญจากภาพใบหน้าแล้วแปลงให้เป็น Feature vector จากนั้นผลลัพธ์จะผ่านชั้น L2 Normalization เพื่อปรับขนาดของ Feature Vector ให้เป็นมาตรฐานเพื่อการเปรียบเทียบระหว่างใบหน้าต่างๆ ความเป็นธรรมและแม่นยำมากขึ้น ส่วนสุดท้ายคือ Triplet Loss ที่ใช้สำหรับการฝึกสอนเครือข่าย โดยจะเปรียบเทียบภาพใบหน้า 3 รูป คือ

Anchor (ภาพอ้างอิง), Positive (ภาพเดียวกันกับ Anchor) และ Negative (ภาพของบุคคลอื่น) เพื่อให้เครือข่ายเรียนรู้ว่าใบหน้าของคนที่เหมือนกันควรมีคุณลักษณะใกล้เคียงกัน ในขณะที่คนต่างคนควรมีคุณลักษณะแตกต่างกันอย่างชัดเจน



รูปที่ 3 สถาปัตยกรรมโมเดล Age-Net



รูปที่ 4 สถาปัตยกรรมโมเดลจำแนกเพศ Hybrid CNN-ELM

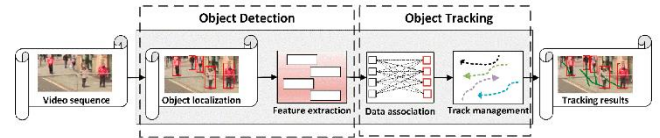
### 3.3 โมเดล Age-Net สำหรับจำแนกกลุ่มอายุ

สถาปัตยกรรมของ Age-Net [5] แสดงในรูปที่ 3 ประกอบด้วยสองเครือข่าย DCNN ที่ทำงานแบบขนาน โดย DCNN Network-I ใช้สำหรับการจำแนกกลุ่มอายุ (Age Classification) ซึ่งจะสร้าง 68-dimensional Label Distribution และผ่าน Output Maximum Confidence Age เพื่อหาค่าอายุที่มีความเชื่อมั่นสูงสุด ในขณะที่ DCNN Network-II ใช้สำหรับการถดถอยอายุ (Age Regression) โดยสร้าง 1-dimensional age output โดยตรง ผลลัพธ์จากทั้งสองเครือข่ายจะถูกรวมกันผ่าน Score Fusion ใน Fully Connected Layer เพื่อให้ได้การทำนายอายุที่แม่นยำขึ้น การออกแบบแบบ Dual Network นี้ช่วยให้ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากทั้งข้อมูลการจำแนกประเภทและการถดถอยพร้อมกัน ทำให้ได้ผลลัพธ์การทำนายอายุที่มีความแม่นยำและเสถียรภาพสูงกว่าการใช้เครือข่ายเดียว

### 3.4 โมเดลจำแนกเพศ (Hybrid CNN-ELM)

การทำงานของโมเดลทำนายเพศในงานวิจัย ใช้สถาปัตยกรรมแบบ Hybrid CNN-ELM [7] ดังแสดงในรูปที่ 4 แบ่งเป็นสองส่วนหลัก ส่วนแรกเป็น CNN ที่ประกอบด้วย Convolutional Layers หลายชั้นสำหรับสกัดคุณลักษณะจากภาพใบหน้า โดยเริ่มจาก Input Image ขนาด  $227 \times 227 \times 3$  ผ่าน Feature Maps ที่มีขนาดลดลงตามลำดับ พร้อมกับการเพิ่มจำนวน Feature Maps ในแต่ละชั้น เพื่อให้ได้ข้อมูลคุณลักษณะที่ซับซ้อนและมีรายละเอียดมากขึ้น ส่วนที่สองเป็น Extreme Learning Machine (ELM) ที่ทำหน้าที่เป็น Classifier รับ Feature Vector ที่สกัดได้จาก CNN มาจำแนกประเภทเพศ โดย ELM มีข้อดีคือสามารถเรียนรู้

ได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากไม่ต้องปรับ Weight ของ Hidden Layer แบบ Iterative เหมือนเครือข่ายประสาทเทียมทั่วไป การรวมกันของ CNN และ ELM นี้ช่วยให้โมเดลสามารถสกัดคุณลักษณะได้ดีจาก CNN และจำแนกประเภทได้แม่นยำจาก ELM ทำให้ได้ผลลัพธ์การทำนายเพศที่มีประสิทธิภาพสูงทั้งในด้านความแม่นยำและความเร็วในการประมวลผล



รูปที่ 5 การติดตามวัตถุด้วยสถาปัตยกรรม Tracking by Detection

### 3.7 การติดตามวัตถุ (Object Tracking)

รูปที่ 5 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ Tracking-by-Detection ซึ่งกล่าวไว้ในงานวิจัย [10] ประกอบด้วยสองส่วนหลัก คือ Object Detection และ Object Tracking ในส่วน Object Detection เริ่มต้นจาก Video Sequence ที่ผ่านเข้าสู่ Object Localization เพื่อระบุตำแหน่งของวัตถุในแต่ละเฟรม จากนั้นจึงทำการ Feature Extraction เพื่อสกัดคุณลักษณะของวัตถุที่ตรวจจับได้ในส่วน Object Tracking ข้อมูลจะผ่านเข้าสู่ขั้นตอน Data Association ซึ่งทำหน้าที่จับคู่วัตถุในเฟรมปัจจุบันกับวัตถุที่ติดตามอยู่ในเฟรมก่อนหน้า และ Track Management สำหรับการจัดการเส้นทางการติดตาม รวมถึงการสร้างและลบ Track ID ตามความเหมาะสม กระบวนการนี้จะส่งผลให้ได้ Tracking Results ที่แสดงวัตถุพร้อมกับ ID เฉพาะในแต่ละเฟรม สถาปัตยกรรมนี้เป็นแนวทางมาตรฐานสำหรับระบบติดตามวัตถุหลายรายการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัย Computer Vision และการประยุกต์ใช้จริง

## 4.ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้กรอบงานการติดตามวัตถุจากข้อมูลวิดีโอ (Object Tracking Framework) เป็นแกนหลัก โดยทำการปรับปรุงอัลกอริทึมให้สามารถติดตามเส้นทางการเคลื่อนไหวของบุคคลและดำเนินการนับจำนวนบุคคลเข้าออกจากพื้นที่การค้าได้อย่างแม่นยำ เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือบุคคล จึงประยุกต์ใช้โมเดล YOLO ในการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ในแต่ละเฟรมภาพของวิดีโอ จากนั้นจึงดำเนินการสกัดคุณลักษณะทางประชากรศาสตร์ผ่านการประมวลผลภาพใบหน้า ประกอบด้วย การจำแนกเพศและการประมาณอายุ ผลลัพธ์การวิเคราะห์จะนำเสนอผ่านกรอบล้อมรอบ (Bounding Box) และการติดป้ายกำกับข้อมูล (Annotation) พร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลทั้งหมดในรูปแบบโครงสร้างข้อมูล JSON เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์เชิงสถิติและการประเมินประสิทธิภาพของระบบในขั้นตอนต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 6

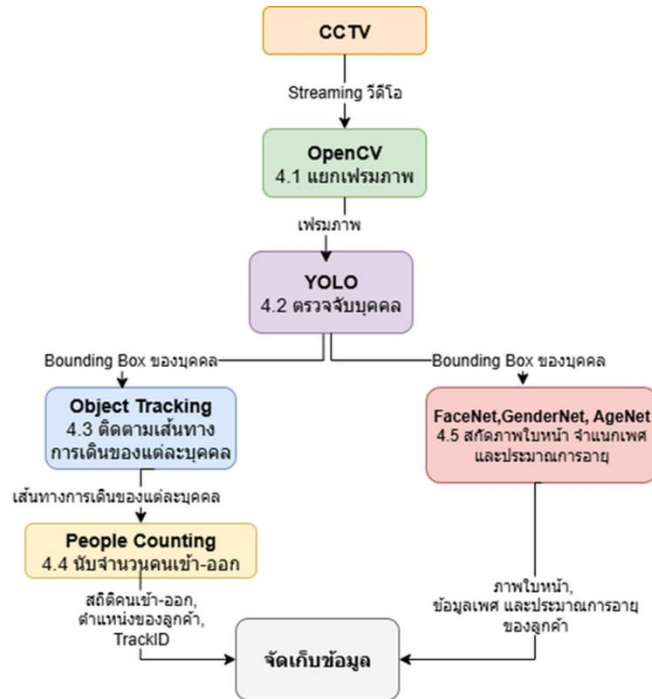
### 4.1 การแยกข้อมูลเฟรมภาพจากวิดีโอ

ข้อมูลวิดีโอจะถูกแยกออกมาเป็นเฟรมภาพโดยไลบรารีใช้ OpenCV ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับประมวลผลภาพและวิดีโอแบบโอเพนซอร์ส โดยข้อมูลวิดีโอ 1 วินาที โดยทั่วไปจะสามารถแยกได้ 30 ภาพ



#### 4.2 การตรวจจับบุคคล (Human Detection)

ในแต่ละเฟรมภาพที่ถูกแยกออกมาจากวิดีโอ จะถูกนำมาตรวจจับบุคคลโดยใช้โมเดล YOLO ซึ่งได้รับการฝึกสอนมาก่อนบนชุดข้อมูลขนาดใหญ่อย่าง COCO dataset ผลลัพธ์ที่ได้คือ Bounding box ล้อมรอบแต่ละบุคคลที่ตรวจจับได้ (ตัวอย่างในรูปที่ 8) และจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการติดตามบุคคล



รูปที่ 6 ภาพรวมการทำงานของระบบวิเคราะห์เส้นทางการเดินและข้อมูลลูกค้า

#### 4.3 การติดตามเส้นทางการเดินของแต่ละบุคคล (Object Tracking)

ใช้ Bounding box ของแต่ละบุคคลจาก YOLO ในขั้นตอน 4.2 มาทำการ mapping เข้ากับเส้นทาง ID ของการติดตามบุคคลเดิม เพื่อทำการรักษาความต่อเนื่องในการติดตามการเคลื่อนที่ของบุคคล หรือทำการสร้างเส้นทาง ID ใหม่สำหรับบุคคลที่ไม่เคยถูกติดตามมาก่อน

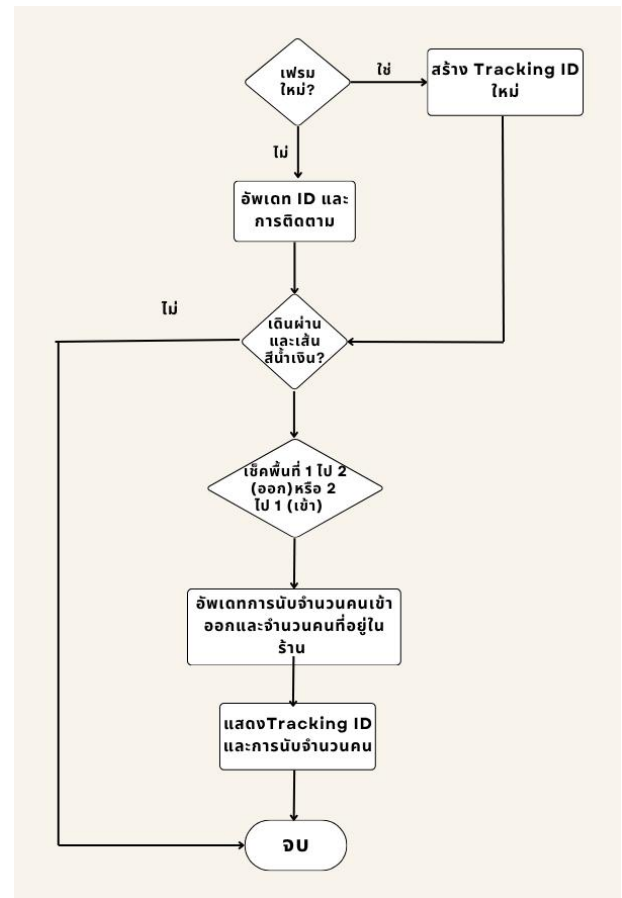
#### 4.4 การนับจำนวนคนเข้า-ออก (People Counting)

ขั้นตอนในการนับจำนวนคนเข้าออกแสดงในรูปที่ 7 โดยเริ่มจากการขีดเส้นสีน้ำเงินเพื่อกำหนดจุดเข้า-ออกของร้านค้า (ดังในรูปที่ 8) หลังจากนั้นทำการตรวจสอบว่าบุคคลมีการเคลื่อนที่ข้ามระหว่างเส้นกำหนดจุดเข้าออกหรือไม่ โดยบุคคลที่เข้าร้านค้าจะมีการเคลื่อนที่จากพื้นที่ด้านขวาไปยังพื้นที่ด้านซ้ายของเส้นเข้าออก ในขณะที่บุคคลออกจากร้านค้าจะเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้ามกันคือเคลื่อนที่จากพื้นที่ด้านซ้ายไปยังพื้นที่ด้านขวาของเส้นเข้าออก อย่างไรก็ตามเนื่องจากการตรวจจับบุคคลอยู่ในลักษณะ Bounding box จึงให้จุดศูนย์กลางของกล่องแทนตัวบุคคลเพื่อให้ง่ายต่อการทำงาน

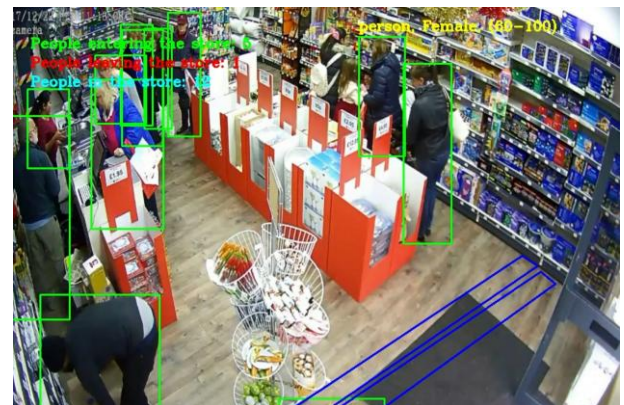
#### 4.5 การสกัดใบหน้า จำแนกเพศ และประมาณการอายุ

ภายหลังจากทำการตรวจจับบุคคลในเฟรมภาพดังขั้นตอนที่ 4.2 ระบบจะนำ Bounding Box ของแต่ละบุคคลมาทำการสกัดเฉพาะภาพส่วนที่เป็นใบหน้าโดยใช้โมเดล FaceNet หลังจากนั้นนำเฉพาะภาพใบหน้ามาทำการ

จำแนกเพศโดยใช้โมเดล GenderNet ซึ่งเป็นโมเดลที่ผ่านการฝึกสอนมาแล้ว นอกจากนี้ ระบบยังทำการประมาณการอายุของบุคคลจากภาพใบหน้าจากโมเดล AgeNet โดยทำการแยกเป็น 4 กลุ่มช่วงอายุ ได้แก่ 1) ทารก (0-2 ปี) 2) เด็ก (3-15 ปี) 3) ผู้ใหญ่ (16-60 ปี) และ 4) ผู้สูงอายุ (60 ปีขึ้นไป)



รูปที่ 7 แนวทางในการนับจำนวนคนเข้า-ออก (People Counting)



รูปที่ 8 ตัวอย่างการนับจำนวนคนเข้า-ออกร้านค้า ข้อมูลเพศและอายุของลูกค้า

#### 4.6 การจัดเก็บข้อมูล

ภายหลังจากผ่านขั้นตอนทำการนับจำนวนคนเข้า-ออก รวมถึงสกัดข้อมูลทางด้านประชากรศาสตร์เกี่ยวกับลูกค้าได้แก่ ประมาณการอายุและเพศ ระบบจะทำการเก็บข้อมูลทั้งหมดในลักษณะของ JSON ดังแสดงในรูปที่ 9

```
{
  "id": 1,
  "gender": "Male",
  "age": "(60-100)",
  "position": {
    "x1": 725,
    "y1": 314,
    "x2": 780,
    "y2": 382
  }
}
```

รูปที่ 9 การจัดเก็บข้อมูลรูปแบบ JSON (JavaScript Object Notation)

## 5. ผลการศึกษา

### 5.1 ชุดข้อมูลทดสอบ

งานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูล(Datasets) เป็นคลิปวิดีโอจากกล้องวงจรปิดภายในร้านค้าปลีกที่บันทึกกิจกรรมของลูกค้าภายในร้านในการประมวลผลจากเว็บไซต์ [hdccvcameras.net](http://hdccvcameras.net) [11] โดยวิดีโอที่ใช้มีความละเอียด 1920×1080 พิกเซล ความยาว 2.57 นาที

### 5.2 การตั้งค่าการทดลอง (Experimental Setup)

ทำการทดลองโดยใช้โมเดล YOLOv8s, YOLOv9s, YOLOv10s บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีสเปก CPU Intel Core i7, ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows 11 พร้อมติดตั้งไลบรารี Python 3.10, tracker, ultralytic tkinter, argarse และ OpenCV วิดีโอจากเฟรมภาพในวินาทีที่ 1 แยกได้ 30 ภาพ โดยมี Confident threshold มากกว่า 0.5 ตรวจจับวัตถุประเภทบุคคล และผลเฉลี่ยของช่วงอายุและเพศของบุคคลในชุดทดสอบเกิดจากคาคะเนของผู้จัดทำ

### 5.3 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล YOLO

ทำการทดสอบความแม่นยำ 3 ด้านได้แก่ 1) การนับจำนวนคนเข้า-ออกร้านค้า 2) การจำแนกเพศลูกค้า และ 3) การจำแนกช่วงอายุของลูกค้า ดังแสดงในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3 ตามลำดับ

#### 5.3.1 การวัดความแม่นยำในการนับคนเข้าออก

จากตารางที่ 1 พบว่า YOLOv10s ให้ความแม่นยำมากที่สุดในภาพรวม โดยเฉพาะตรวจจับคนเข้าซึ่งความแม่นยำถึง 100% ในขณะที่การตรวจจับข้อมูลคนออกจากร้าน ทั้ง 3 เวอร์ชันของ YOLO ให้ผลความแม่นยำเท่ากัน

#### 5.3.2 การวัดความแม่นยำในการจำแนกเพศ

จากตารางที่ 2 พบว่า YOLOv10s ให้ความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลทั้งเพศชายและหญิงมากกว่าโมเดลอื่น อย่างไรก็ตามความแม่นยำเฉลี่ยคิดเป็น 66.70% ผลลัพธ์นี้สะท้อนให้เห็นว่ายังมีข้อจำกัดซึ่งอาจเกิดจากคุณภาพของวิดีโอที่ค่อนข้างต่ำจากกล้องวงจรปิดในร้านค้าปลีก มุมกล้องที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการตรวจจับหน้า รวมถึงระยะห่างของกล้องจากบุคคลเป้าหมาย เป็นต้น

#### 5.3.3 การวัดความแม่นยำในการจำแนกกลุ่มอายุ

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า YOLOv10S ให้ความแม่นยำมากที่สุดในการจำแนกกลุ่มอายุลูกค้าทั้ง 4 ประเภท อีกทั้งให้ความแม่นยำรวมที่น่าพอใจอยู่ที่ 83.33% ซึ่งมากกว่าโมเดล YOLO เวอร์ชันอื่น

ตารางที่ 1. ความแม่นยำในการนับจำนวนคนเข้าออก

| รายการข้อมูล                               | การนับคน | เวอร์ชันของ YOLO |        |        |
|--------------------------------------------|----------|------------------|--------|--------|
|                                            |          | 8s               | 9s     | 10s    |
| ข้อมูลจริง<br>(Actual Data)                | เข้า     | 7                |        |        |
|                                            | ออก      | 5                |        |        |
|                                            | รวม      | 12               |        |        |
| ข้อมูลที่ระบบตรวจจับได้<br>(Detected Data) | เข้า     | 5                | 6      | 6      |
|                                            | ออก      | 3                | 2      | 3      |
|                                            | รวม      | 8                | 8      | 9      |
| ความแม่นยำ<br>(Accuracy)                   | เข้า     | 71.40%           | 85.70% | 85.70% |
|                                            | ออก      | 60.00%           | 40.00% | 60.00% |
|                                            | รวม      | 66.70%           | 66.70% | 75.00% |

ตารางที่ 2. ความแม่นยำในการจำแนกเพศลูกค้า

| รายการข้อมูล                               | เพศ  | เวอร์ชันของ YOLO |        |        |
|--------------------------------------------|------|------------------|--------|--------|
|                                            |      | 8s               | 9s     | 10s    |
| ข้อมูลจริง<br>(Actual Data)                | หญิง | 12               |        |        |
|                                            | ชาย  | 6                |        |        |
|                                            | รวม  | 18               |        |        |
| ข้อมูลที่ระบบตรวจจับได้<br>(Detected Data) | หญิง | 8                | 8      | 9      |
|                                            | ชาย  | 2                | 2      | 3      |
|                                            | รวม  | 10               | 10     | 12     |
| ความแม่นยำ<br>(Accuracy)                   | หญิง | 66.70%           | 66.70% | 75.00% |
|                                            | ชาย  | 33.30%           | 33.30% | 50.00% |
|                                            | รวม  | 55.60%           | 55.60% | 66.70% |

ตารางที่ 3. ความแม่นยำในการจำแนกกลุ่มอายุลูกค้า

| รายการข้อมูล                               | กลุ่มอายุ  | เวอร์ชันของ YOLO |        |        |
|--------------------------------------------|------------|------------------|--------|--------|
|                                            |            | 8s               | 9s     | 10s    |
| ข้อมูลจริง<br>(Actual Data)                | ทารก       | 12               |        |        |
|                                            | เด็ก       | 6                |        |        |
|                                            | ผู้ใหญ่    | 0                |        |        |
| ข้อมูลที่ระบบตรวจจับได้<br>(Detected Data) | ทารก       | 8                | 8      | 9      |
|                                            | เด็ก       | 2                | 2      | 3      |
|                                            | ผู้ใหญ่    | 0                | 0      | 0      |
| ความแม่นยำ<br>(Accuracy)                   | รวม        | 10               | 10     | 12     |
|                                            | ทารก       | 66.70%           | 66.70% | 75.00% |
|                                            | เด็ก       | 33.30%           | 33.30% | 50.00% |
| ความแม่นยำ<br>(Accuracy)                   | ผู้ใหญ่    | 0.00%            | 0.00%  | 0.00%  |
|                                            | ผู้สูงอายุ | 0.00%            | 0.00%  | 0.00%  |
|                                            | รวม        | 55.60%           | 55.60% | 66.70% |

### 5.3.4 เปรียบเทียบความแม่นยำในการจำแนกเพศ

ความแม่นยำในการจำแนกเพศจากชุดข้อมูลในงานวิจัยนี้อยู่ที่ 66.7% (YOLOv10s) ซึ่งต่ำกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้ Adience dataset เดียวกัน เช่น งานของ Dual et al. [7] ที่มีความแม่นยำ 88.2% และงานวิจัย [12] ที่มีความแม่นยำ 89.7% ความแม่นยำที่ต่ำน่าจะเป็นผลจากข้อจำกัดของวิดีโอจากกล้องวงจรปิดในร้านค้าปลีก ได้แก่ คุณภาพภาพต่ำ แสงไม่เหมาะสม มุมกล้องไม่เอื้อต่อการตรวจจับใบหน้า และระยะห่างระหว่างกล้องกับบุคคล บังคับให้ส่งผลให้การตรวจจับและจำแนกบุคคลทำได้ยากและมีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานจริง ควรปรับปรุงคุณภาพแหล่งข้อมูล เช่น จัดระบบแสงที่เหมาะสม หรือติดตั้งกล้องในมุมที่สามารถจับภาพใบหน้าได้ชัดเจน

### 6.สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบติดตามและนับจำนวนลูกค้า (Object Tracking and People Counting) ในร้านค้าปลีกโดยใช้กล้องวงจรปิด พร้อมเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ YOLOv8, YOLOv9 และ YOLOv10 ที่บูรณาการร่วมกับ FaceNet, AgeNet และ GenderNet สำหรับการสกัดคุณลักษณะใบหน้า (Face Embedding) การจำแนกอายุและเพศ ผลการทดลองพบว่า YOLOv10 ให้ประสิทธิภาพสูงสุดด้วยความแม่นยำ 91.7%, 83.3% และ 66.7% สำหรับการนับบุคคล ประเมินอายุ และจำแนกเพศตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำในการจำแนกเพศยังมีข้อจำกัดเนื่องจากคุณภาพภาพต่ำ มุมกล้องไม่เหมาะสม และการบดบัง (Occlusion) ในช่วงความหนาแน่นสูง ส่งผลให้ bounding box คลาดเคลื่อนและ face embedding มีคุณภาพไม่เพียงพอ แนวทางปรับปรุงประกอบด้วย การประมวลผลภาพล่วงหน้า (Preprocessing) และการแก้ไขปัญหาลำเอียง (Bias) ด้วยเทคนิค re-sampling หรือ fairness loss function งานวิจัยต่อเนื่องควรพัฒนาสถาปัตยกรรมโมเดลที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สร้าง dashboard สำหรับการแสดงผลข้อมูล วิเคราะห์ระยะเวลาพำนัก (Dwell Time) และทิศทางการสายตา (Gaze Detection) เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค รวมถึงขยายการทดลองในสถานที่และสภาพแวดล้อมที่หลากหลายเพื่อประเมินความแข็งแกร่ง (Robustness) ของโมเดล ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงจริยธรรมและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Yilin Song et al., (2017). "Online Cost-Efficient Customer Recognition System for Retail Analytics." Winter Application of Computer Vision Workshops, IEEE.
- [2] Jingwen Liu et al., (2015). "Customer Behavior in Retail Store from Surveillance Camera." IEEE International Symposium on Multimedia, IEEE.
- [3] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You only look once: Unified, real-time object detection," in Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 779-788
- [4] F. Schroff, D. Kalenichenko, and J. Philbin, "FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering," in Proc. IEEE

Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Boston, MA, USA, 2015, pp. 815-823.

- [5] Merve Parlak Baydogan et al., (2023). "Age-Net: An Advanced Hybrid Deep Learning Model for Age Estimation Using Orthopantomographic Images", Vol. 40, No. 4, August 2023, pp. 1553-1563. <https://doi.org/10.18280/ts.400423>
- [6] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition," in Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, Jun. 2016, pp. 770-778.
- [7] M Duan et al., (2018). "A hybrid deep learning CNN-ELM for age and gender classification." Neurocomputing, vol.275, pp.448-461 <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.08.062>
- [8] Levi, G., & Hassner, T. (2015). "Age and gender classification using convolutional neural networks". In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops (pp. 34-42). Boston: IEEE
- [9] N. Wojke, A. Bewley, and D. Paulus, "Simple online and realtime tracking with a deep association metric," in Proc. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Beijing, China, 2017, pp. 3645-3649.
- [10] S. Guo, S. Wang, Z. Yang, L. Wang, H. Zhang, P. Guo, Y. Gao, and J. Guo, "A review of deep learning-based visual multi-object tracking algorithms for autonomous driving," *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 21, art. 10741, Nov. 2022, doi: 10.3390/app122110741.
- [11] Ziad\_Harron. (2023). CCTV footage. Retrieved Mar 13, 2025, from <https://www.kaggle.com/datasets/ziadharoon11/cctvfootage?select=F00TAGE+2.mp4>
- [12] R. Karthick, "Deep learning for age group classification system," *Int. J. Advances in Signal and Image Science*, vol. 4, no. 2, pp. 16-22, 2018, doi: 10.29284/ijasis.4.2.2018.16-22.



# The 17<sup>th</sup> National Conference on Information Technology

