

JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY

JIST

ISSN: 1906-9553 (Print)

ISSN: 2651-1053 (Online)

Volume 14. No.2

July - December 2024

Research Papers

Thai Language Sentiment Analysis with a Hybrid Method on WangchanBERTa-CNN-BiLSTM	1
Kasidhit Suraratchai and Suronapee Phoomvuthisarn	
Virtual Reality Design Guidelines to Enhance Movement in Elderly.....	12
Angkana Suwanjatuporn and Pakapan Limtrairut	
A Comparative Study of 3D Navigation Techniques Using Trackpads in Desktop VR.....	28
Banyapon Poolsawas	
An Application of Machine Learning Techniques for Loan Default Payment Prediction.....	36
Wilawan Inchamnam, Jesada Kajornrit and Waraporn Jirapanthong	
An intelligent watering system for sweet corn cultivation with LoRa technology.....	43
Ponglert Sangkaphet, Nawara Chansiri and Buppawan Chaleamwong	
Standing Posture Monitoring System for the Elderly.....	54
Patcharaporn Saenkaew, Chatchadaporn Pumthurean, Jiraporn Boonsob, Nanmanat Varisthanist, Thanapat Tardtong and Krittakom Srijiranon	
Agriculture Virtual Banking Platform.....	62
Nanta Janpitak, Adisak Supeesun and Natthapon Pannurat	
Development of a Web Application for Student Navigation and Home Visits.....	74
Thanapat Tardtong and Krittakom Srijiranon	



JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY (JIST)

ISSN 2651-1053 (Online), ISSN 1906-9553 (Print)

The Journal of Information Science and Technology (JIST) is an academic journal established by the collaboration of 22 faculties that conduct courses related to Information Technology, namely, Bangkok University, Dhurakij Pundit University, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Mae Fah Luang University, Mahanakorn University of Technology, Mahasarakham University, Mahidol University, Nakhon Phanom University, Panyapiwat Institute of Management, Prince of Songkla University, Rangsit University, Siam University, Silpakorn University, Sripatum University, Thai-Nichi Institute of Technology, Walailak University, Burapha University, Phayao University, Ubon Ratchathani Rajabhat University and Khon Kaen University. According to the agreement of deans of all faculties (Council of IT Deans of Thailand (CITT)).

The journal was established in 2010 and plans to publish 2 issues per year (JAN – JUNE and JULY – DECEMBER per year). The journal was established first print journal publication in 2010 (Vol 1. No.1) with ISSN 1906-9553 (Print) and plans to publish 2 issues per year on during January - June and July - December. Also the journal was established first online journal publication in 2010 (Vol 1. No.1) with ISSN 2651-1053 (Online) and plans to publish 2 issues per year on during January - June and July - December.

ADVISORY BOARD

Adisak Suasaming
Thai-Nichi Institute of Technology,
Thailand

Aziz Nanthaamornbong
Prince Of Songkla University, Thailand

Chaiyaporn Khemapatapan
Dhurakij Pundit University,
Thailand

Chetneti Srisaan
Rangsit University, Thailand

Dechanuchit Katanyutaveetip
Siam University, Thailand

Jantima Polpinij
Mahasarakham University, Thailand

Khajit Na Kalasindhu
Nakhon Phanom University, Thailand

Krisana Chinnasarn
Burapha University,
Thailand

Narongrit Waraporn
King Mongkut's University of
Technology Thonburi, Thailand

Nathaporn Karnjnapoomi
Silpakorn University, Thailand Nipon
Charoenkitkarn

Nipon Charoenkitkarn
King Mongkut's University of Technology
Thonburi, Thailand

Panavy Pookaiyaudom
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Paralee Maneerat
Sripatum University, Thailand

Pattanasak Mongkolwat
Mahidol University, Thailand

Phattanapon Rhienmora
Bangkok University, Thailand

Pisit Charnkeitkong
Panyapiwat Institute of Management,
Thailand

Poonpong Boonbrahm
Walailak University,
Thailand

Pornthep Rojanavas
University of Phayao, Thailand

Sirapat Chiewchanwattan
Khon Kaen University, Thailand

Siridech Boonsang
King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang, Thailand

Sunantha Sodsee
King Mongkut's University of
Technology North Bangkok,
Thailand

Supawee Makdee
Ubon Ratchathani Rajabhat University,
Thailand

Teeravisit Laohapensaeng
Mae Fah Luang University, Thailand

Werasak Kurutach
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY (JIST)

ISSN 2651-1053 (Online), ISSN 1906-9553 (Print)

EDITOR IN CHIEF

Chetneti Srisaan Rangsit University, Thailand
Datchakorn Tancharoen, Panyapiwat Institute of Management, Thailand

ASSOCIATE EDITOR

Kaboon Thongtha
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Pakapan Limtrairut
Bangkok University, Thailand

Sakorn Mekruksavanich
University of Phayao, Thailand

Waraporn Jirapanthong
Dhurakij Pundit University,
Thailand

Warodom Werapun
Prince of Songkla University,
Thailand

Worasak Rueangsirarak
Mae Fah Luang University,
Thailand

EDITORIAL BOARD

Annop Monsakul
Panyapiwat Institute of
Management, Thailand

Anon Sukstrienwong
Bangkok University, Thailand

Aziz Nanthaamornbong
Prince of Songkla University,
Thailand

Krisana Chinnasarn
Burapha University,
Thailand

Nutchanat Buasri
Mahasarakham University,
Thailand

Mudarmeen Munlin
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Pattanapon Rhienmora
Bangkok University, Thailand

Pramuk Boonsieng
Thai-Nichi Institute of Technology,
Thailand

Rattana Wetprasit
Prince Of Songkla University,
Thailand

Sakchai Tangwannawit
King Mongkut's University of
Technology North Bangkok,
Thailand

Songsri Tangsripairoj
Mahidol University, Thailand

Suppat Rungraungsilp
Walailak University, Thailand

CONTACT ADDRESS

Council of IT Deans of Thailand (CITT),
Mahanakorn University of Technology
140 Moo 1, Cheum-Sampan Road, Nongchok,
Bangkok, Thailand 10530

CALL FOR PAPER

Journal of Information Science and Technology (JIST)

<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST>

Editor in Chief

Chetneti Srisaon (RSU)
Datchakorn Tancharoen (PIM)

Associate Editor

Kaboon Thongtha (MUT)
Pakapan Limtrairut (BU)
Sakorn Mekruksavanich (UP)
Waraporn Jirapanthong (DPU)
Warodom Werapun (PSU)
Worarak Rueangsirarak (MFU)

Editorial Board

Annop Monsakul (PIM)
Anon Sukstrienwong (BU)
Aziz Nanthaaomornbong (PSU)
Krisana Chinasarn (BUU)
Nuchanat Buasri (MSU)
Mudameen Munlin (MUT)
Pattapon Rhienmora (BU)
Pramuk Boonsieng (TNI)
Rattana Wetprasit (PSU)
Sakchai Tangwannawit (KMUTNB)
Songsri Tangsripairoj (MU)
Suppat Rungraungsilp (WU)

Advisory Board

Adisak Suasaming (TNI)
Aziz Nanthaaomornbong (PSU)
Chaiyaporn Khemapatapan (DPU)
Chetneti Srisaon (RSU)
Dechanuchit Katanyutaveetip (SU)
Jantima Polpinij (MSU)
Khajit Na Kalasindhu (NPU)
Krisana Chinasarn (BUU)
Narongrit Waraporn (KMUTT)
Nathaporn Karnjapoomi (SU)
Nipon Charoenkitkarn (KMUTT)
Panavy Pookaiyaudom (MUT)
Paralee Maneerat (SPU)
Pattanasak Mongkolwat (MU)
Phattanapon Rhienmora (BU)
Pisit Charnkeitkong (PIM)
Poonpong Boonbrahm (WU)
Pornthep Rojanavasut (UP)
Sirapat Chiewchanwattan (KKU)
Siridech Boonsang (KMUTL)
Sunantha Sodsee (KMUTNB)
Supawee Makdee (UBRU)
Teeravisit Laohapensaeng (MFU)
Werasak Kurutach (MUT)

Submissions

Online Journal Submission
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/>

Publication Periodicity

Published 2 times a year in June and December.

(JAN – JUN and JULY – DEC).

(Indexed by TCI tier 2)

JIST Office Address

Council of IT Deans of Thailand (CITT), Mahanakorn University of Technology 140 Moo 1, Cheum-Sampan Rd., Nongchok, Bangkok, Thailand 10530

Peer Review Process

All submitted manuscripts must be reviewed by at least three expert reviewers via the double-blinded review system.

Manuscript Preparation Guide (Publication Charge: Free)

The template for writing the journal is available for downloading (jist_template_eng-2020.doc or jist_template_thai-2020.doc). Minimum length of the paper should be in between 6-16 pages of A4 size. Text should be typewritten or printed with double-spaced in 11-point of A4 white paper with margins of 1.5" for top, 1.25" for left, and 1" for bottom and right sides. All pages must be numbered sequentially. Here are some guidelines.

- Abstract with length 100-200 words in length.
- Introduction which discusses existing problem and related research
- Materials and methods used for experimentation, Results of the experiment, Discussion and conclusion, References Style is IEEE.

The **Journal of Information Science and Technology (JIST)** aims to be the forum through which researchers, faculties, and experts of the computer and information technology and others technological related fields share and discuss their high quality research work as well as innovation. Original research articles, practical applications and innovations in the broad area of computer and information technology are suitable for publication in JIST.

• **Soft Computing:**

Artificial Intelligence, Fuzzy and Neural Computing, Genetic Algorithms, Intelligent Agents, Neural Networks, Natural Language Processing, Robotics and Automation, Image Processing

• **Human-Computer Interaction:**

Graphical User Interfaces, Multimedia, Interactive Systems, Computer-Supported Cooperative Work, Human Cognitive Skills, Visualization, and Computer Simulation

• **Information Assurance and Security:**

Cryptography, Forensics and Incident Response, Biometrics, Security Policies and Procedures

• **Information Systems:**

Databases, Information Retrieval, Transaction Processing, Distributed and Object Databases, Data Warehousing, Knowledge Management, Expert Systems, Multimedia Information Systems, Digital Libraries, Geographical Information Systems

• **Networking:**

Advanced Computer Networks, Internet Technology and Applications, Distributed Systems, Wireless and Mobile Computing, Data Compression, Network Security, Enterprise Networking, Digital Communications

• **Programming:**

Object-Oriented Programming, Event-Driven Programming, Functional Programming, Logic Programming, XML and other Extensible Languages, Parallel Programming

• **Platform Technologies:**

Advanced Computer Architecture, Parallel Architectures, Cluster / Grid Computing, RFID, Embedded Systems

• **System Integration and Architecture:**

Software Acquisition and Implementation, System Needs Assessment, Software Economics, Enterprise Systems, Computing Economics

• **Social and Professional Issues:**

Professional Practice, Social Context of Computing, Computers Ethics, IT Law, Intellectual Property, Privacy and Civil Rights

• **Web Systems and Technologies:**

Programming for the WWW, E-commerce, E-Learning, Content Management Systems, E-Government and E-Service

• **Multidisciplinary:**

Bioinformatics, Biomedical Information Systems, Nano Technology

• **e-Business and m-Business:**

e-Business Process Aspects, Intelligent e-Business System, m-Business, e-Supply Chain Management & e-Logistics, e-Customer Relationship Management, e-Negotiation, e-Payment, e-Business Design and Developments

• **Business and Information System:**

Information management for business applications, Enterprise systems and architecture, Business systems infrastructure design for information integration, Service-oriented architecture, Service-component architecture

• **Social and Business Aspects of Convergence IT and Ubiquitous Computing:**

Economics of emerging technologies, Home and community computing, Economic and social complexities in CIT and UC, New forms of media and communications

• **Internet of Things (IoT):**

IoT system architecture, IoT enabling technologies, IoT communication and networking protocols such as network coding, and IoT services and applications and technology development in different standard development organizations (SDO).

• **Cloud Computing:**

Auditing, monitoring, scheduling, resource registration/discovery, Automatic reconfiguration, self healing/monitoring, Service level agreements, integration, management.

• **Fintech and blockchain:**

Development of Blockchain Security Enhancement Technologies, Platform Technology that Supports Safe Transactions, Financial and Economic Structures, Blockchain's Impacts on Workstyles, Fast Fintech for Smartphone Application Service Platform.

Thai Language Sentiment Analysis with a Hybrid Method on WangchanBERTa-CNN-BiLSTM

Kasidhit Suraratchai and Suronapee Phoomvuthisarn*

College of Digital Innovation Technology, Rangsit University

Received: April 30, 2024; Revised: November 5, 2024; Accepted: December 11, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – Understanding emotions conveyed in text, especially in non-global languages such as Thai, sentiment analysis is particularly important in Thailand. However, this endeavor faces challenges due to variations in text length, which significantly impact sentiment analysis outcomes. Previous research has employed neural network and machine learning models in the process, yet each model specializes in different aspects, making comprehensive sentiment analysis coverage unattainable. Recent research has delved into hybrid models like CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN. Although they demonstrate efficacy, their performance still varies across different datasets. For instance, CNN-BiLSTM excels with short sentences by considering surrounding word context, while BiLSTM-CNN is more effective with long sentences due to its bidirectional learning capability. While showing promise, these models perform effectively, but varied text lengths in datasets often lead to sentiment misinterpretation. To address these challenges, inspired by recent advances, we propose an innovative solution: the Parallel Hybrid model. This approach integrates WangchanBERTa into both CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN architectures, harnessing ensemble techniques to improve overall performance and adaptability. Our experiments, conducted on datasets like Wisesight, a highly imbalanced dataset with mostly longer texts, and Thai Children's Tales, a less imbalanced dataset with mostly shorter texts, confirm the effectiveness of the Parallel Hybrid model, which outperforms other model configurations with Macro F1 scores of 0.6270 and 0.7859, respectively. This research marks a significant advancement in sentiment analysis for the Thai language.

KEYWORDS: Sentiment Classification, Deep Learning, Natural Language Processing, Convolutional Neural Network, Bi-LSTM, Thai Language

1. Introduction

Sentiment analysis, a crucial component of Natural Language Processing (NLP), deciphers user sentiments in both text and speech, focusing on discerning positive or negative emotions conveyed. It evaluates sentiment polarity (positive, negative, or neutral), offering businesses valuable insights into customer perceptions. Diverse methodologies, Zhang et al. (2018) (1) leveraged multiple dictionaries for sentiment analysis on Chinese microblog messages, highlighting the importance of diverse linguistic resources. Zhang et al.'s (2020) (2) research on the Bidirectional Long Short Term Memory Network (BiLSTM), Cahyanti et al. (2020) (3) employing the Support Vector Machine (SVM) and Mishra et al.'s (2023) (4) exploration of the Long Short Term Memory Network (LSTM) and Convolutional

Neural Network (CNN), signify ongoing progress in sentiment analysis methodologies. These diverse approaches lay a foundation for exploring sentiment analysis in Thai, considering its unique linguistic traits.

However, according to research [10], sentiment analysis poses challenges due to its uniqueness, such as the text length of each dataset. This necessitates adapting each model to the relevant dataset. Despite these obstacles, advances in NLP can be tailored to different types of data. However, ongoing efforts are underway to enhance the effectiveness of sentiment analysis in Thailand. By integrating a neural network architecture customized for the Thai language, coupled with insights from the broader NLP literature, there is potential for significant improvement in accuracy in Thai text processing.

*Corresponding Author: kasidhitdan@gmail.com

Pasupa et al. (2022) [10] explored a hybrid CNN and BiLSTM approach for sentiment analysis on Thai language datasets. Their study systematically compared model architectures and feature extraction techniques, showcasing the effectiveness of this hybrid model. However, they utilized Thai2fit (ULMFiT) for word embedding, lacking the bidirectional understanding of BERT. Recognizing BERT's limitations in Thai due to its English-centric pre-training, this spurred the development of WangchanBERTa, a specialized BERT model tailored for Thai.

Inspired by Na Chen et al. (2023) [12] research on a parallel neural network model that combines BERT, CNN, and BiLSTM to perform sentiment analysis, new ideas are generated in integrating WangchanBERTa. Here, CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN are mixed in parallel. The goal is to leverage the strengths of CNN-BiLSTM, which can analyze well in short sentences, with BiLSTM-CNN, which can analyze well in long sentences.

In this research, we aim to integrate WangchanBERTa, a specialized transformer model for Thai. This methodology seeks to enhance sentiment analysis accuracy and effectiveness in Thai by integrating with the CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN models. We conduct experiments on two datasets: the Wisersight dataset, comprising diverse Thai language social media texts, and the 40 Thai Children's Tales Dataset, offering a unique linguistic perspective. By leveraging state-of-the-art NLP models and diverse datasets, this research aims to develop advanced sentiment analysis techniques tailored specifically for the Thai language context. Using the macro F1 score as the measuring method, preliminary experimental results indicate that employing WangchanBERTa improves sentiment analysis outcomes. Moreover, the integration of a parallel hybrid approach, combining CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN, further enhances sentiment analysis results.

2. Literatures Review

The literature review explores various hybrid approaches for sentiment analysis, highlighting their effectiveness in enhancing model performance across diverse domains. Amrani et al. (2018) (5) proposed a hybrid framework combining Random Forest and Support Vector Machine techniques to classify Amazon product reviews. Despite achieving high accuracy and showcasing the synergistic benefits of both algorithms, the study highlighted computational costs and limitations in retaining comprehensive sentence contexts crucial for accurate sentiment analysis.

Similarly, Erşahin et al. (2019) (6) introduced a pioneering hybrid methodology for Turkish sentiment analysis, combining lexicon-based and machine learning strategies. Their approach, integrating a sentiment dictionary with supervised classifiers like naive Bayes and support vector machines, outperformed standalone

methods. Notably, the hybrid model achieved impressive accuracy across datasets from movies, hotels, and Twitter, surpassing both lexicon-based and machine learning-based approaches. However, the study highlighted challenges in hybrid models, particularly in effectively handling cross-domain data and capturing nuanced sentence contexts crucial for sentiment analysis.

Naseem et al. (2019) (7) introduced a groundbreaking hybrid approach, merging word representations with Bi-directional Long Short Term Memory (BiLSTM), outperforming traditional methods in accuracy. By integrating diverse word embeddings like Character, Context (Elmo), Glove, Lexicon, and Part of Speech embeddings with BiLSTM, the study achieved impressive accuracies across various datasets, including those from US airlines. Despite its success, the study underscored the evolving landscape of language modeling, notably with the rise of BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), renowned for its bidirectional nature and robust contextual understanding.

Cai et al. (2020) (8) introduced a hybrid strategy combining BERT and BiLSTM, aiming to leverage BERT's proficiency in adjacent word statistics and BiLSTM contextual learning capabilities. This fusion resulted in notable improvements in accuracy and recall rates, surpassing the individual performance of BERT and BiLSTM. However, the study emphasized the limitations of standalone models, particularly in capturing local patterns within input data, highlighting the importance of complementary approaches like CNN.

Pasupa et al. (2022) (9) employed a hybrid architecture integrating CNN and BiLSTM for sentiment analysis on Thai datasets, highlighting the advantage of synergistically combining multiple models for enhanced performance. Their study evaluated various feature extraction techniques before entering the deep learning model, showcasing the superiority of the amalgamated CNN-BiLSTM model over individual counterparts. However, the study recognized the limitations of existing word embedding techniques, particularly in effectively representing Thai language data, which necessitated the development of specialized models such as WangchanBERTa.

Gupta et al. (2022) (10) proposed a hybrid approach that integrates BERT, BiLSTM-BiGRU, and a 1-D CNN model for binary sentiment classification analysis of movie reviews, achieving an accuracy of 93.89%. Additionally, Na Chen et al. (2023) (11) introduced a parallel hybrid neural network model combining BERT, CNN, and BiLSTM for analyzing hotel review datasets (ChnSentiCorp) in the context of Chinese text sentiment analysis. This hybrid model demonstrated an accuracy of 92.35%.

In Chen et al.'s (2023) (11) study, they utilize parallel hybrid models, building upon Pasupa et al.'s (2022) (9) research. BiLSTM-CNN is employed for longer documents and translations, while CNN-BiLSTM

is used for shorter ones, resulting in a parallel hybrid model. This configuration, acting as a set of models, increases overall performance and generality. Ensembling proves advantageous as different architectures may capture varying aspects of the data, ensuring robustness by providing alternative perspectives when one network fits a specific model.

3. Method

In this research, we introduce a novel hybrid model aimed at enhancing sentiment analysis performance. The proposed model, termed the Parallel Hybrid method, integrates WangchanBERTa with both CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN architectures. WangchanBERTa is a Transformer Model that converts text data into vectors based on the context of words. CNN-BiLSTM is good at capturing the context surrounding words rather than the sentence as a whole, and BiLSTM-CNN is good at capturing the context of words as a whole rather than surrounding words by doing Parallel. The Hybrid Model combines the advantages of each model to improve sentiment analysis results. To conduct the experiment, two datasets were utilized: the Wisesight dataset and the 40 Thai Children's Tales dataset, both containing pre-labeled sentiments in Thai text. The model will be compared with two other models: WangchanBERTa with CNN-BiLSTM and WangchanBERTa with BiLSTM-CNN, as depicted in Figure 1.

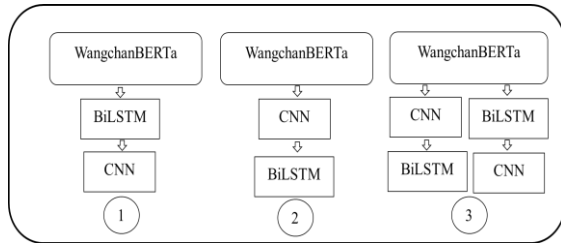


Figure 1. Architecture

The selection of the Wisesight Dataset and the 40 Thai Children's Tales Dataset addresses the scarcity of labeled Thai language datasets for sentiment analysis, a significant challenge. These datasets minimize errors from manual labeling or unlabeled data and offer diverse social media texts and children's stories, providing unique linguistic perspectives. By leveraging these datasets, comparisons with past research on Thai sentiment analysis can be made, contributing to advancements in the field and facilitating a comprehensive assessment of model performance, enriching Thai sentiment analysis research. There are also differences between the two datasets in overall message length that can be compared across models.

3.1 Data Exploration

The Wisesight dataset was collected from public pages on Facebook, Twitter, YouTube, Pantip.com, and other web forums between 2016 and early 2019. The dataset from PyThaiNLP comprises 26,737 sentences categorized into four classes as follows: 6,823 negative sentences, 4,778 positive sentences, 14,561 neutral sentences, and 575 questions. It is notable that the distribution among these four classes is imbalanced

(PyThaiNLP, 2019). The Wisesight Sentiment Dataset is available at: <https://github.com/PyThaiNLP/wisesight-sentiment>.

The following table (Table 1) presents a comprehensive statistical analysis of textual characteristics, including average number of characters, average number of words, maximum and minimum word lengths, maximum and minimum character lengths, and quartile 99 values for both word and character lengths, offering valuable insights into the composition of the Wisesight dataset.

Table 1 Key statistics about the Wisesight Dataset, after pre-processing

Average number of characters	85
Longest characters	2111
shortest characters	1
Number of characters, quantile 0.99	689
Average number of words	25
Longest words	587
shortest words	1
Number of words, quantile 0.99	190

The 40 Thai Children's Tales dataset includes 1,115 sentences from 40 Thai tales, which were classified by three expert annotators into positive, neutral, or negative sentiment categories. The annotators reached consensus on all 1,115 sentences, resulting in 309 sentences expressing positive sentiment, 508 exhibiting neutral sentiment, and 298 conveying negative sentiment. It is notable that the distribution among these three classes is imbalanced. The dataset is available for download at: <https://github.com/dsmlr/40-Thai-Children-Stories>.

The following table (Table 2) presents a comprehensive statistical analysis of textual characteristics, including average number of characters, average number of words, maximum and minimum word lengths, maximum and minimum character lengths, and quartile 99 values for both word and character lengths, offering valuable insights into the composition of the 40 Thai Children's Tales dataset.

Table 2 Key statistics about the 40 Thai Children's Tales, after pre-processing

Average number of characters	69
Longest characters	347
shortest characters	10
Number of characters, quantile 0.99	194
Average number of words	18
Longest words	73
shortest words	1
Number of words, quantile 0.99	48

3.2 Data preprocess

Data preprocessing involved removing punctuation, URLs, HTML tags, tabs, whitespace, numerical characters, hashtags, user mentions, and special characters such as "#" and "@", as well as converting emojis to their corresponding text representations. Duplicate rows and empty entries were also eliminated.

Following preprocessing, the Wiselight Dataset comprises 26,676 labeled messages, with imbalanced class distributions: 6,811 negative, 14,513 neutral, 4,777 positive, and 575 questions.

Similarly, the 40 Thai Children's Tales Dataset includes 1,115 labeled messages with imbalanced class distributions: 309 expressing positive sentiment, 508 exhibiting neutral sentiment, and 298 conveying negative sentiment.

For the purpose of creating robust sentiment analysis models, the datasets were meticulously partitioned into distinct subsets. The Wiselight dataset, comprising 26,676 messages, was split into three subsets using the train_test_split method: 60% designated for training, 20% for validation, and another 20% for testing, resulting in 16,005, 5,336, and 5,335 messages, respectively. Similarly, the 40 Thai Children's Tales Dataset contains 1,115 messages, with 669, 223, and 223 messages allocated to the training, validation, and testing sets, respectively.

The train_test_split method was chosen because it is simple and efficient, making it ideal for research projects with time and resource constraints. Unlike cross-validation, which involves multiple splits and repeated training cycles, train_test_split partitions the data in a single step, significantly reducing computation time. This efficiency is particularly beneficial when working with complex models that require extensive training, as it minimizes resource usage while ensuring the datasets are effectively partitioned.

3.3 Model Creation

BiLSTM-CNN Model

The model depicted in Figure 2 undergoes WangchanBERTa encoding upon receiving a sentence input. It then passes through a BiLSTM layer to capture sequential information bidirectionally. The output from BiLSTM, incorporating long-range dependencies, is fed into a CNN to extract local text features.

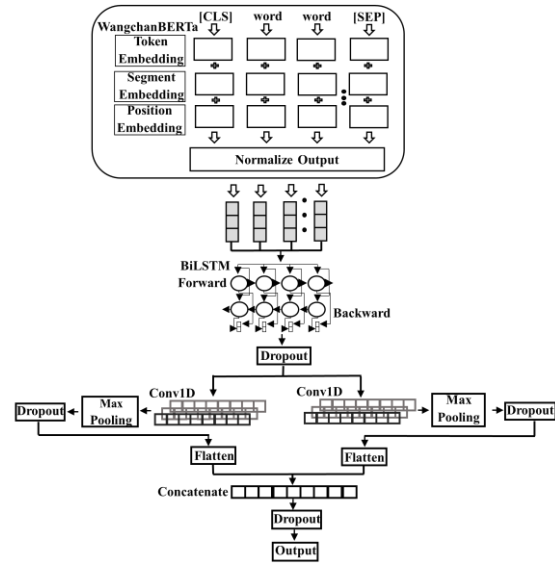


Figure 2. BiLSTM-CNN Model

CNN-BiLSTM

The model depicted in Figure 3 starts with WangchanBERTa encoding for a sentence input. It then proceeds to a CNN to extract local text features. Subsequently, the output from the CNN is passed to a BiLSTM layer to capture sequential information bidirectionally.

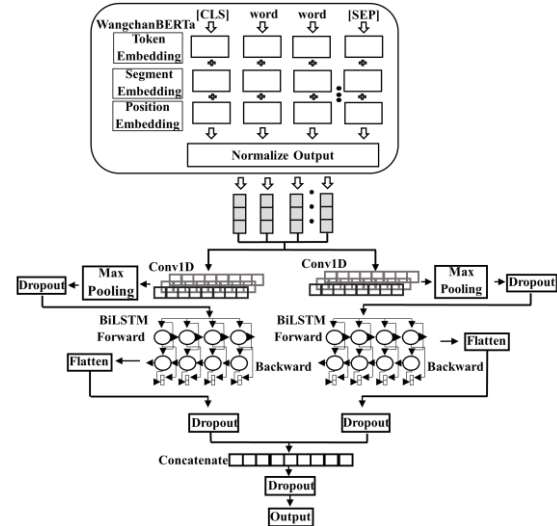


Figure 3. CNN-BiLSTM model

Parallel Hybrid Model

The model in Figure 4 begins with WangchanBERTa encoding for sentences. These encoded sentences are then passed to either BiLSTM-CNN and CNN-BiLSTM architectures, leveraging the strengths of both models to improve prediction outcomes.

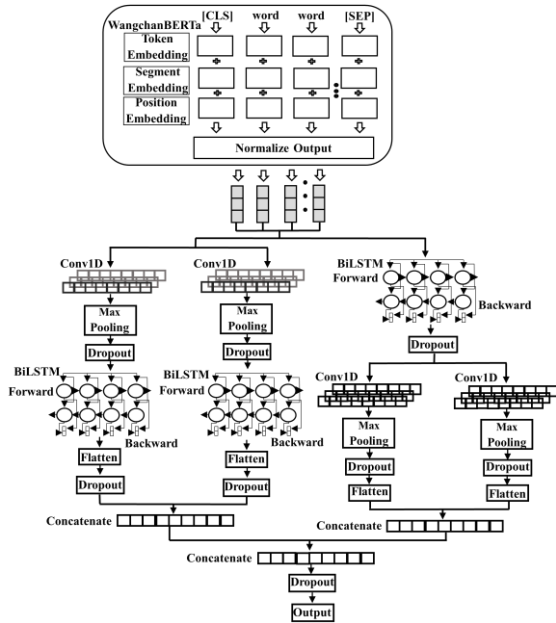


Figure 4. Parallel Hybrid Model

All three models consist of the following parts:

- Word Embedding Layer: Utilizes pre-trained WangchanBERTa to transform tokenized text into embeddings, comprising Token, Segment, and Position Embeddings for context-aware representations.
- Feature Extraction Layer: Utilizes CNN for local semantic features and BiLSTM for global contextual feature extraction, constructing both CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN architectures.
- Max Pooling Layer: Reduces spatial dimensions of convolutional layer outputs while preserving important information.
- Dropout Layer: Prevents overfitting by randomly dropping units during training to improve generalization.
- Concatenate Layers: Combines outputs from CNN-BiLSTM or BiLSTM-CNN for further processing.
- Output Layer: Fuses feature vectors, applies dropout regularization, and classifies output using sigmoid activation function with a fully connected neural network.

BiLSTM × CNN (Pasupa Model)

The BLSTM×CNN model is an ensemble approach that combines the predictions from both the Bidirectional Long Short-Term Memory (BLSTM) and Convolutional Neural Network (CNN) models using a soft voting scheme. In this configuration, the sentiment probabilities generated by each model are averaged to arrive at a final prediction. This method harnesses the strengths of both architectures, allowing for improved accuracy in sentiment classification. By blending the outputs, the model can effectively capture diverse

features from the data, making it more robust against misclassifications.

BiLSTM + CNN (Pasupa Model)

The BLSTM+CNN model simultaneously processes input sequences through both the BLSTM and CNN layers to leverage their complementary strengths. In this structure, input sentences are first transformed into feature vectors and then passed through both layers concurrently. The BLSTM layer captures long-range dependencies in the text, while the CNN layer extracts local features. The outputs from these layers are concatenated, creating a rich feature set that embodies both contextual information and local patterns. This combined representation is then subjected to a dropout layer before reaching the output layer, enhancing the model's capability to classify sentiment accurately.

3.4 Parameter Setting

The parameters for the models BiLSTM-CNN, CNN-BiLSTM, and Parallel Hybrid, as determined by research utilizing the Wisights dataset, are as follows.

Table 3 BiLSTM-CNN, CNN-BiLSTM, AND Parallel Hybrid Wisights Dataset Parameter setting.

BiLSTM-CNN, CNN-BiLSTM, and Parallel Hybrid Wisights dataset	
Number of hidden units in Bidirectional LSTM layer	128
Bidirectional LSTM layer activation function	ReLU
Number hidden units in Convolution kernels	32
Convolution layer kernel size	2,3
Convolution layer activation function	ReLU
MaxPooling1D size	2
Dropout	0.5
Loss	categorical_crossentropy
Optimizer	Adam
Learning rate	0.001
Epoch	30

The hyperparameters for the models BiLSTM-CNN, CNN-BiLSTM, and Parallel Hybrid, as determined by research utilizing the 40 Thai Children's Tales Dataset, are as follows.

Table 4 BiLSTM-CNN the 40 Thai Children's Tales Dataset Parameter setting.

BiLSTM-CNN 40 Thai Children's Tales Dataset	
Number of hidden units in Bidirectional LSTM layer	128
Bidirectional LSTM layer activation function	ReLU
Number hidden units in Convolution kernels	128
Convolution layer kernel size	3,5
Convolution layer activation function	ReLU
MaxPooling1D size	2
Dropout	0.6
Loss	categorical_crossentropy
Optimizer	Adam
Learning rate	0.00001
Epoch	100

Table 5 CNN-BiLSTM, AND Parallel Hybrid the 40 Thai Children's Tales Dataset Parameter setting.

CNN-BiLSTM, and Parallel Hybrid 40 Thai Children's Tales Dataset	
Number of hidden units in Bidirectional LSTM layer	64
Bidirectional LSTM layer activation function	ReLU
Number hidden units in Convolution kernels	128
Convolution layer kernel size	3,5
Convolution layer activation function	ReLU
MaxPooling1D size	2
Dropout	0.6
Loss	categorical_crossentropy
Optimizer	Adam
Learning rate	0.00001
Epoch	100

3.5 Model Evaluation

Evaluating the models with test data and labels allows for the assessment of their performance using the F1-Score metric. The comparison includes Pasupa et al.'s study (2022) [14], which encompasses BLSTM, CNN, BLSTM-CNN, CNN-BLSTM, BLSTM+CNN, and BLSTM×CNN models. Each model undergoes feature extraction before entering the deep learning model, incorporating word embedding, POS tag, sentic, word embedding + POS tag, word embedding + sentic, POS tag + sentic, and word embedding + POS tag + sentic. Subsequently, the F1 scores of the models WangchanBERTa-BiLSTM-CNN, WangchanBERTa-CNN-BiLSTM, and the Parallel Hybrid model are

compared. The evaluation process is repeated with 10 different random splits in each model, and the F1 macro averages are compared collectively.

4. Experimental Results

4.1 Model Performance

Wisesight Dataset BiLSTM-CNN model

Table 6. Wisesight Dataset BiLSTM-CNN Model Performance

	precision	recall	f1-score	support
neg	0.7452	0.7681	0.7565	13630
neu	0.7548	0.8008	0.7771	29030
pos	0.6084	0.4850	0.5398	9550
q	0.4723	0.3704	0.4152	1150
accuracy			0.7266	53360
macro avg	0.6452	0.6061	0.6221	53360
weighted avg	0.7201	0.7266	0.7216	53360

Table 6 presents the evaluation results for both overall sentiment analysis and sentiment analysis for each class on the test dataset. The results indicate a precision of 0.7201, recall of 0.7402, F1-score of 0.7216, macro precision of 0.6452, macro recall of 0.6061, and macro F1-score of 0.6221.

Table 7. Wisesight Dataset BiLSTM-CNN Model Confusion Matrix

		Confusion Matrix				
Actual Values		Neg	Neu	Pos	Q	Recall
	Neg	10469 19.62 %	2721 5.10 %	381 0.71 %	59 0.11 %	76.81 %
	Neu	2817 5.28 %	23247 43.57 %	2587 4.85 %	379 0.71 %	80.08 %
	Pos	677 1.27 %	4203 7.88 %	4632 8.68 %	38 0.07 %	48.50 %
	Q	85 0.16 %	626 1.17 %	13 0.02 %	426 0.80 %	37.04 %
	Precision	74.52 %	75.48 %	60.84 %	47.23 %	Acc. : 72.66 %
		Predicted Values				

As shown in Table 7, the BiLSTM-CNN model on the Wisesight Dataset predominantly misclassified samples as neutral. It accurately identified 48.50% of positive samples but misclassified 44.01% as neutral. For question samples, the model achieved an accuracy of 37.04%, misclassifying 54.43% as neutral. The model performed better with negative samples, correctly classifying 76.81% while misclassifying 19.96% as neutral. Additionally, it accurately classified 80.08% of neutral samples, but misclassified 9.70% as negative.

Wiselight Dataset CNN-BiLSTM model

Table 8. Wiselight Dataset CNN-BiLSTM Model Performance

	precision	recall	f1-score	support
neg	0.7674	0.7621	0.7648	13630
neu	0.7435	0.8366	0.7873	29030
pos	0.6501	0.4373	0.5228	9550
q	0.5007	0.3191	0.3898	1150
accuracy			0.7350	53360
macro avg	0.6654	0.5888	0.6162	53360
weighted avg	0.7276	0.7350	0.7257	53360

Table 8 presents the evaluation results for both overall sentiment analysis and sentiment analysis for each class on the test dataset. The results indicate a precision of 0.7276, recall of 0.7350, and F1-score of 0.7257. The macro precision, recall, and F1-score are 0.6654, 0.5888, and 0.6162, respectively.

Table 9. Wiselight Dataset CNN-BiLSTM Model Confusion Matrix

Confusion Matrix					
	Neg	Neu	Pos	Q	Recall
Neg	10388 19.47 %	2930 5.49 %	261 0.50%	45 0.08 %	76.21 %
Neu	2484 4.66%	24287 45.52 %	1974 3.70%	285 0.53 %	83.66 %
Pos	591 1.11%	4747 8.90 %	4176 8.68 %	36 0.07 %	43.73 %
Q	74 0.14%	702 1.32 %	7 0.01 %	367 0.69 %	31.91 %
Precision	76.74%	74.35 %	65.01 %	50.07%	Acc. : 73.50 %
Predicted Values					

As shown in Table 9, the CNN-BiLSTM model on the Wiselight Dataset primarily misclassified samples as neutral. It accurately identified 43.73% of positive samples but misclassified 49.71% as neutral. For question samples, the model achieved an accuracy of 31.91%, misclassifying 61.04% as neutral. It correctly classified 76.21% of negative samples, but misclassified 21.50% as neutral. The model also performed well with neutral samples, accurately classifying 83.66% while misclassifying 10.09% as negative.

Wiseight Dataset Parallel Hybrid model

Table 10. Wiselight Dataset Parallel Hybrid Model Performance

	precision	recall	f1-score	support
Neg	0.7662	0.7685	0.7674	13630
Neu	0.7453	0.8349	0.7876	29030
Pos	0.6553	0.4356	0.5233	9550
Q	0.5146	0.3687	0.4296	1150
accuracy			0.7364	53360
macro avg	0.6704	0.6019	0.6270	53360
weighted avg	0.7296	0.7364	0.7274	53360

Table 10 presents the evaluation results for both overall sentiment analysis and sentiment analysis for each class on the test dataset. The results indicate a precision of 0.7296, recall of 0.7364, and F1-score of 0.7274. The macro precision, recall, and F1-score are 0.6704, 0.6019, and 0.6270, respectively.

Table 11. Wiselight Dataset Parallel Hybrid Model Confusion Matrix

Confusion Matrix					
	Neg	Neu	Pos	Q	Recall
Neg	10475 19.63 %	2881 5.40 %	236 0.44%	38 0.07 %	76.85 %
Neu	2512 4.71%	24236 45.42 %	1949 3.65%	333 0.62 %	83.49 %
Pos	615 1.15%	4746 8.89 %	4160 7.80 %	29 0.05 %	43.56 %
Q	69 0.13%	654 1.23 %	3 0.01 %	424 0.79 %	36.87 %
Precision	76.62%	74.53 %	65.53 %	51.46%	Acc. : 73.64 %
Predicted Values					

As shown in Table 11, the Parallel Hybrid model on the Wiselight Dataset primarily misclassified samples as neutral. It accurately classified 43.56% of positive samples but misclassified 49.70% as neutral. For question samples, the model achieved an accuracy of 36.87%, misclassifying 56.87% as neutral. It correctly classified 76.85% of negative samples but misclassified 18.43% as neutral. The model also performed well with neutral samples, accurately classifying 83.48% while misclassifying 8.65% as negative.

The 40 Thai Children's Tales Dataset BiLSTM-CNN model

Table 12. the 40 Thai Children's Tales Dataset BiLSTM-CNN Model Performance

	precision	recall	f1-score	support
neg	0.7123	0.6992	0.7057	595
neu	0.7832	0.8079	0.7953	1015
pos	0.7195	0.6952	0.7071	620
accuracy			0.7475	2230
macro avg	0.7384	0.7341	0.7361	2230
weighted avg	0.7466	0.7475	0.7469	2230

Table 12 presents the evaluation results for both overall sentiment analysis and sentiment analysis for each class on the test dataset. The results indicate a precision of 0.7466, recall of 0.7475, and F1-score of 0.7469. The macro precision, recall, and F1-score are 0.7384, 0.7341, and 0.7361, respectively.

Table 13. the 40 Thai Children's Tales Dataset BiLSTM-CNN Model Confusion Matrix

		Confusion Matrix			
Actual Values		Neg	Neu	Pos	Recall
	Neg	416 18.65 %	99 4.44 %	80 3.59%	69.92 %
	Neu	107 4.80%	820 36.77 %	88 3.95%	80.79 %
	Pos	61 2.74%	128 5.74 %	431 19.33 %	69.52 %
	Precision	71.23%	78.32 %	71.95 %	Acc. : 74.75 %
		Predicted Values			

As shown in Table 13, the BiLSTM-CNN model on the 40 Thai Children's Tales Dataset primarily misclassified samples as neutral. It accurately classified 69.92% of positive samples but misclassified 20.65% as neutral. For negative samples, the model achieved an accuracy of 69.52%, misclassifying 16.64% as neutral. Regarding neutral samples, it performed well with an accuracy of 80.79% while misclassifying 10.54% as negative.

The 40 Thai Children's Tales Dataset CNN-BiLSTM model

Table 14. the 40 Thai Children's Tales Dataset CNN-BiLSTM Model Performance

	precision	recall	f1-score	support
neg	0.7581	0.7479	0.7530	595
neu	0.7965	0.8522	0.8234	1015
pos	0.7702	0.6919	0.7290	620
accuracy			0.7798	2230
macro avg	0.7749	0.7640	0.7685	2230
weighted avg	0.7789	0.7798	0.7784	2230

Table 14 presents the evaluation results for both overall sentiment analysis and sentiment analysis for each class on the test dataset. The results indicate a precision of 0.7789, recall of 0.7798, and F1-score of 0.7467. The macro precision, recall, and F1-score are 0.7749, 0.7640, and 0.7685, respectively.

Table 15. the 40 Thai Children's Tales Dataset CNN-BiLSTM Confusion Matrix

		Confusion Matrix			
Actual Values		Neg	Neu	Pos	Recall
	Neg	445 19.96 %	95 4.26 %	55 2.47%	74.79 %
	Neu	77 3.45%	865 38.79 %	73 3.27%	85.22 %
	Pos	65 2.91%	126 5.65 %	429 19.24 %	69.19 %
	Precision	75.81%	79.65 %	77.02 %	Acc. : 77.98 %
		Predicted Values			

As shown in Table 15, the CNN-BiLSTM model on the 40 Thai Children's Tales Dataset primarily misclassified samples as neutral. It accurately classified 69.19% of positive samples but misclassified 20.32% as neutral. For negative samples, the model achieved an accuracy of 74.79%, misclassifying 15.97% as neutral. Regarding neutral samples, it performed well with an accuracy of 85.22% while misclassifying 7.59% as negative.

The 40 Thai Children's Tales Dataset Parallel Hybrid model

Table 16. the 40 Thai Children's Tales Dataset Parallel Hybrid Model Performance

	precision	recall	f1-score	support
neg	0.7965	0.7563	0.7759	595
neu	0.8065	0.8502	0.8278	1015
pos	0.7697	0.7387	0.7539	620
accuracy			0.7942	2230
macro avg	0.7909	0.7818	0.7859	2230
weighted avg	0.7936	0.7942	0.7934	2230

Table 16 presents the evaluation results for both overall sentiment analysis and sentiment analysis for each class on the test dataset. The results indicate a precision of 0.7936, recall of 0.7942, and F1-score of 0.7934. The macro precision, recall, and F1-score are 0.7909, 0.7818, and 0.7859, respectively.

Table 17. the 40 Thai Children's Tales Dataset Parallel Hybrid Model Confusion Matrix

Confusion Matrix					
	Neg	Neu	Pos	Recall	
Actual Values	Neg	450 20.18 %	92 4.13 %	53 2.38%	75.63 %
	Neu	68 3.05%	863 38.70 %	84 3.77%	85.02 %
	Pos	47 2.11%	115 5.16 %	458 20.54 %	73.87 %
	Precision	79.65%	80.65 %	76.97 %	Acc. : 79.42 %
Predicted Values					

As shown in Table 17, the Parallel Hybrid model on the 40 Thai Children's Tales Dataset primarily misclassified samples as neutral. It accurately classified 73.87% of positive samples but misclassified 18.55% as neutral. For negative samples, the model achieved an accuracy of 75.63%, misclassifying 15.46% as neutral. Regarding neutral samples, it performed well with an accuracy of 85.02% while misclassifying 8.28% as positive.

4.2 Comparing Models

The performance of the neural network models is presented in Table 18, with performance metrics measured as the macro F1-score on the test dataset. Evaluation was conducted by averaging the macro F1-score across ten random splits.

Table 18. Model Performance

Dataset	Model	Feature	Macro F1-score
Wisesight	BiLSTM	FW + FS	0.5483
	CNN	FW + FP + FS	0.5074
	BiLSTM-CNN	FW + FP + FS	0.5521
	CNN-BiLSTM	FW + FP	0.5609
	BiLSTM+C NN	FW + FP	0.5517
	BiLSTM×C NN	FW	0.5461
	BiLSTM-CNN	Wangcha nBERTa	0.6221
	CNN-BiLSTM	Wangcha nBERTa	0.6162
	Parallel Hybrid	Wangcha nBERTa	0.6270
The 40 Thai Children's Tales	BiLSTM	FW + FP + FS	0.6980
	CNN	FW + FS	0.7393
	BiLSTM-CNN	FW + FP + FS	0.7436
	CNN-BiLSTM	FW + FP + FS	0.6768
	BiLSTM+C NN	FW + FP + FS	0.7124
	BiLSTM×C NN	FW + FP + FS	0.7357
	BiLSTM-CNN	Wangcha nBERTa	0.7361
	CNN-BiLSTM	Wangcha nBERTa	0.7685
	Parallel Hybrid	Wangcha nBERTa	0.7859

Pasupa et al.'s study (2022) [9] groundbreaking study not only advances sentiment analysis with their innovative exploration of BLSTM, CNN, and their hybrids but also enriches the field by meticulously integrating various features such as word embedding, POS tags, and sentic features, offering invaluable insights into the nuances of deep learning architectures for natural language processing.

Result from [9], which encompasses BLSTM, CNN, BLSTM-CNN, CNN-BLSTM, BLSTM+CNN, and BLSTM×CNN models. Each model undergoes feature extraction before entering the deep learning model, incorporating word embedding (FW), POS tag (FP), sentic (FS), word embedding + POS tag, word embedding + sentic, POS tag + sentic, and word embedding + POS tag + sentic.

From Table 18, the standout model in the Wisesight dataset is the Parallel Hybrid model, boasting a commendable macro F1-score of 0.6270, surpassing both the CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN models in

scores 0.6162 and 0.6221 each, respectively. Additionally, the Parallel Hybrid model outperformed Pasupa et al.'s (2022) leading model, the CNN-BiLSTM with word embedding + POS tags, which achieved a macro F1-score of 0.5609.

In Table 6, the best performing model on the 40 Thai Children's Tales dataset is again the Parallel Hybrid model, achieving an impressive macro F1 score of 0.7859, surpassing both the CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN models in scores. 0.7685 and 0.7361 each, respectively. Furthermore, it surpassed Pasupa et al.'s (2022) leading model, the CNN-BiLSTM with word embedding + POS + Sentic tags, which achieved a macro F1-score of 0.7436.

4.3 Example Sentence

The performance of the parallel hybrid model facilitates superior sentiment analysis compared to other models. For instance:

"เคยใช้หมด ไปปักหลายขวดคือกัน สรุปแพ้ เลขมาชี้ กานี้ใช่ ☹️"
The BiLSTM-CNN model interprets feelings of guilt erroneously by shifting from negative to positive sentiment, in contrast, neither the CNN-BiLSTM model nor the Parallel model did not encounter this problem.

"หมาป่าหันกลับไปมองดูเขาอีกครั้ง ป่าเป็นที่ที่ไม่น่าอยู่จริงๆ มันกล่าวแต่ที่นั่นไม่มีโซ่ตรวน ไม่มีปลอกคอ ไม่มีใครห้ามให้เดินเล่นฟันฟัน" The CNN-BiLSTM model interprets feelings of guilt erroneously by shifting from neutral to negative sentiment. However, both the BiLSTM-CNN and Parallel models did not encounter this issue.

From the given example sentence, it becomes apparent that the BiLSTM-CNN model considers the overall context, such as the phrase "เคยใช้หมด ไปปักหลายขวดคือกัน", but lacks attention to the surrounding context in the "สรุปแพ้" part, leading to erroneous analysis. Conversely, the CNN-BiLSTM model focuses on the surrounding context, like the segment "ป่าเป็นที่ที่ไม่น่าอยู่", but overlooks the broader context. This results in inaccurate analysis. The Parallel hybrid model could be developed to mitigate errors in this aspect.

5. Discussion and Conclusion

This study emphasizes the necessity of utilizing a Parallel Hybrid model, which integrates the strengths of the CNN-BiLSTM and BiLSTM-CNN architectures to enhance sentiment analysis performance. The BiLSTM-CNN architecture effectively captures sentence context, making it suitable for longer texts found in the Wisersight dataset. In contrast, the CNN-BiLSTM architecture excels at identifying local word features, which benefits shorter texts like those in the 40 Thai Children's Tales dataset. By combining these two architectures, the Parallel Hybrid model aims to provide a comprehensive understanding of sentiment by effectively leveraging both word and sentence contexts.

The comparative performance metrics of the models evaluated on both datasets are presented in Table 19

Table 19. Comparative Macro F1 Scores of Sentiment Analysis Models

Model	Wisersight Dataset Macro F1 Score	40 Thai Children's Tales Dataset Macro F1 Score
BiLSTM-CNN	0.6221	0.7361
CNN-BiLSTM	0.6162	0.7685
Parallel Hybrid	0.6270	0.7859
Pasupa et al. (2022)	0.5609	0.7436

The results indicate that the Parallel Hybrid model consistently outperforms the individual models across both datasets, achieving Macro F1 scores of 0.6270 for the Wisersight dataset and 0.7859 for the 40 Thai Children's Tales dataset. This performance underscores the effectiveness and generalizability of the Parallel Hybrid model in addressing the complexities of Thai sentiment analysis. By integrating parallel hybrid techniques, it captures nuanced sentiment patterns more effectively, contributing to its superior performance.

Additionally, the choice of word embedding techniques is crucial for the models' effectiveness. WangchanBERTa embeddings, specifically designed to address the intricacies of the Thai language, significantly enhance sentiment analysis capabilities compared to alternatives such as Thai2Fit. The strategic combination of BiLSTM-CNN and CNN-BiLSTM architectures in the Parallel Hybrid model ensures robust performance across diverse datasets, indicating that while individual architectures may excel in specific contexts, the hybrid approach effectively maximizes their strengths.

In conclusion, the experimental findings highlight the versatility and effectiveness of the Parallel Hybrid model in Thai sentiment analysis. With higher Macro F1 scores and a proficient approach to Thai-specific challenges, this model opens promising avenues for future sentiment analysis research and significantly advances natural language processing methodologies tailored to the complexities of the Thai language domain.

References

- [1] S. Zhang, Z. Wei, Y. Wang, and T. Liao, "Sentiment analysis of Chinese micro-blog text based on extended sentiment dictionary," *Future Generation Computer Systems*, vol. 81, pp. 395-403, 2018/04/01/ 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.048>.
- [2] Y. Zhang and Z. Rao, "n-BiLSTM: BiLSTM with n-gram Features for Text Classification," in *2020 IEEE 5th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)*, 12-14 June 2020

- 2020, pp. 1056-1059, doi: 10.1109/ITOECA49072.2020.9141692. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stampPDF/getPDF.jsp?tp=&arnumber=9141692&ref=>
- [3] F. E. Cahyanti, Adiwijaya, and S. A. Faraby, "On The Feature Extraction For Sentiment Analysis of Movie Reviews Based on SVM," in 2020 8th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 24-26 June 2020 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICoICT49345.2020.9166397. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stampPDF/getPDF.jsp?tp=&arnumber=9166397&ref=>
- [4] M. Mishra and A. Patil, "Sentiment Prediction of IMDb Movie Reviews Using CNN-LSTM Approach," in 2023 International Conference on Control, Communication and Computing (ICCC), 19-21 May 2023 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICCC57789.2023.10165155. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/stampPDF/getPDF.jsp?tp=&arnumber=10165155&ref=>
- [5] Y. Al Amrani, M. Lazaar, and K. E. El Kadiri, "Random Forest and Support Vector Machine based Hybrid Approach to Sentiment Analysis," *Procedia Computer Science*, vol. 127, pp. 511-520, 2018/01/01/ 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.01.150>.
- [6] B. ErŞAhİN, Ö. Aktaş, D. Kiliç, and M. ErŞAhİN, "A hybrid sentiment analysis method for Turkish," *TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES*, vol. 27, pp. 1780-1793, 05/15 2019, doi: 10.3906/elk-1808-189.
- [7] U. Naseem, S. K. Khan, I. Razzak, and I. A. Hameed, "Hybrid Words Representation for Airlines Sentiment Analysis," in *AI 2019: Advances in Artificial Intelligence*, Cham, J. Liu and J. Bailey, Eds., 2019// 2019: Springer International Publishing, pp. 381-392.
- [8] R. Cai et al., "Sentiment Analysis About Investors and Consumers in Energy Market Based on BERT-BiLSTM," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 171408-171415, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3024750.
- [9] K. Pasupa and T. Seneewong Na Ayutthaya, "Hybrid Deep Learning Models for Thai Sentiment Analysis," *Cognitive Computation*, vol. 14, no. 1, pp. 167-193, 2022/01/01 2022, doi: 10.1007/s12559-020-09770-0.
- [10] B. Gupta, P. Prakasam, and T. Velmurugan, "Integrated BERT embeddings, BiLSTM-BiGRU and 1-D CNN model for binary sentiment classification analysis of movie reviews," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 81, no. 23, pp. 33067-33086, 2022/09/01 2022, doi: 10.1007/s11042-022-13155-w.
- [11] N. Chen, Y. Sun, and Y. Yan, "Sentiment analysis and research based on two-channel parallel hybrid neural network model with attention mechanism," *IET Control Theory & Applications*, vol. 17, no. 17, pp. 2259-2267, 2023/11/01 2023, doi: <https://doi.org/10.1049/cth2.12463>

แนวทางการออกแบบความเป็นจริงเสมือนเพื่อกระตุ้นการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ

Virtual Reality Design Guidelines to Enhance Movement in Elderly

อังคณา สุวรรณจตุพร และ ผกาพรรณ ลิ้มปรีไรรัตน์

Angkana Suwanjaturorn and Pakapan Limtrairut*

ภาควิชาเกมและสื่อเชิงโต้ตอบ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

Games and Interactive Media Department, School of Information Technology and Innovation,

Bangkok University

Received: October 30, 2024; Revised: December 19, 2024; Accepted: December 20, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – The objectives of this research are 1) to study the behavior of receiving media from Thailand's news agencies on Facebook medium to be able to use in the news agency's public relations planning. 2) To study a relationship between preferences for political parties and news agencies on Facebook. The results showed that most of the respondents were female, aged between 26-43 years old, educated at a bachelor's degree. Have a career in government service/state enterprise and average monthly income between 15,001 - 30,000 baht, having a single status and having 3-4 family members. The news and the main occupation had a statistically significant relationship. In the aspect of the hypothesis, the relationship between news agencies on Facebook. With political party preference was found to have a statistically significant relationship.

KEYWORDS: Elderly, Virtual Reality, Movement Stimulation, User Experience, User Interface

บทคัดย่อ -- บทความนี้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบความเป็นจริงเสมือนเพื่อกระตุ้นการเคลื่อนไหวสำหรับผู้สูงอายุซึ่งวิเคราะห์มาจากผลการศึกษาวรรณกรรมและทฤษฎีเกี่ยวกับประสบการณ์ผู้ใช้ประกอบกัน แนวทางดังกล่าวคำนึงถึงปัจจัย 5 ด้าน 1) ลดอาการเมื่อยในขณะใช้ระบบความเป็นจริงเสมือน 2) การวางตำแหน่งของส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อให้อ่านและใช้งานได้ง่าย 3) การสร้างประสบการณ์ที่มีส่วนร่วมและสมจริงในโลกเสมือน 4) การใช้เสียงเพื่อเพิ่มความมีส่วนร่วมของผู้ใช้ให้มากที่สุด และ 5) การใช้รูปแบบและความเร็วในการเปลี่ยนฉากเพื่อสร้างความมีส่วนร่วมและรู้สึกปลอดภัยต่อการใช้งาน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแนวทางที่นำเสนอ ผู้พัฒนานำไปใช้ในการออกแบบเกมเสมือนจริงและทดสอบกับผู้สูงอายุจำนวน 13 คน ผลของการทดสอบแสดงให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมที่ออกแบบอย่างเหมาะสม การวางตำแหน่งของส่วนติดต่อผู้ใช้ และรูปแบบภาพในเกมที่ชัดเจนสามารถลดอาการเมื่อยในกลุ่มผู้สูงอายุได้ถึง 100% ปัจจัยประกอบอื่น ๆ ได้แก่ การใช้เสียงมีส่วนช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมในระดับปานกลาง รูปแบบและความเร็วในการเปลี่ยนฉากทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกผ่อนคลายและสบายใจ โดยมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบสภาพแวดล้อมในระบบเสมือนจริงตามแนวทางที่นำเสนอสามารถช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหวทางกายภาพและเพิ่มประสบการณ์ที่ดีต่อการเล่นเกมสำหรับผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ, ความเป็นจริงเสมือน, การกระตุ้นการเคลื่อนไหว, ประสบการณ์ผู้ใช้, ส่วนติดต่อผู้ใช้

*Corresponding Author: angkana.s@bu.ac.th.

1. บทนำ

สังคมไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุซึ่งจะทำให้ปริมาณผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มขึ้นในขณะที่จำนวนการเกิดมีจำนวนน้อยลง ส่งผลให้การวางแผนการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุต้องดำเนินการอย่างมีระบบเพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถดำเนินชีวิตในสังคมได้อย่างราบรื่นและมีความสุข สำหรับข้อมูลผู้สูงอายุของประเทศไทยจากข้อมูลสถิติประชากรแยกราชอายุ ข้อมูลปี 2565 [1] พบว่า ผู้สูงอายุ มีจำนวนทั้งสิ้น 1,834,592 คน คิดเป็นร้อยละ 19.21 จากจำนวนประชากรทั้งหมด 66,090,475 คน โดยผู้สูงอายุตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุปี พ.ศ. 2546 มีนิยามไว้ว่าคือ บุคคลที่อายุเกินหกสิบปีบริบูรณ์ขึ้นไปและมีสัญชาติไทย [2] นั่นคือ บุคคลต่างชาติที่ไม่ได้ถือสัญชาติไทยที่มีอายุเกินกว่าหกสิบปีขึ้นไปแม้ว่าจะเสียภาษีให้แก่ประเทศไทยจากการทำงานหรือประกอบอาชีพอยู่ในประเทศไทยจะไม่ถือว่าเป็นผู้สูงอายุตามพระราชบัญญัติผู้สูงอายุซึ่งจะไม่ได้ได้รับสิทธิประโยชน์ตามที่พระราชบัญญัติประกาศไว้ ทั้งนี้ในราชบัณฑิตสถาน พ.ศ.2554 ได้กล่าวถึงความหมายของคำว่า สูงอายุ คือ มีอายุมาก [3] นั่นหมายถึง ผู้สูงอายุจึงแปลความหมายได้ว่าเป็นผู้มีอายุมาก แต่ไม่เฉพาะเจาะจงลงไปว่ามีอายุเท่าใด

เมื่อเข้าสู่ภาวะผู้สูงอายุจะมีการเปลี่ยนแปลงของระบบต่างๆ ทั้งทางร่างกายและจิตใจซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล โดยได้มีผู้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามวัยของผู้สูงอายุส่งผลถึง 9 ระบบ ซึ่งมี 2 ระบบที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวร่างกาย คือ ระบบประสาทสัมผัส และระบบกล้ามเนื้อและกระดูก [4] ใน [5] พบว่า วัยชรานั้นผู้คนจะสูญเสียความสามารถด้านร่างกายและจิตใจ ความสามารถทางกายภาพที่ลดลงตามอายุโดยมากจะเกิดขึ้นกับการมองเห็น การได้ยิน การควบคุมการเคลื่อนไหวและความคล่องแคล่วในการเคลื่อนไหวของร่างกาย นอกจากนี้ ได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงในผู้สูงอายุในด้านต่างๆ ต่อการใช้ชีวิตประจำวัน คือ การติดต่อสื่อสารบกพร่อง การทำกิจกรรมจำกัด การปรับตัวต่อภาวะเครียดลดลง การเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ ช้า และมีแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุได้ง่าย [6]

ในขณะที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและถูกนำมาใช้ประกอบการดำเนินชีวิตมากขึ้น ทำให้มีการศึกษาเกี่ยวกับการยอมรับเทคโนโลยีตามรูปแบบการศึกษาต่างๆ โดยการใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) ซึ่งแบบจำลองถูกกล่าวถึงครั้งแรกในปี ค.ศ. 1986 จากการปรับเปลี่ยนทฤษฎีของการกระทำที่สมเหตุสมผล (Theory of Reasonable Action) โดยพบว่าปัจจัยการสร้างแรงจูงใจในการใช้เทคโนโลยีขึ้นอยู่กับความรู้ประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) และทัศนคติการใช้เทคโนโลยี (Attitude toward Using) [7] และได้มีการปรับปรุงแบบจำลองเพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อันจะนำไปสู่การอธิบายพฤติกรรมของผู้ใช้งานผ่าน 2 ปัจจัยเท่านั้น คือ การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน [8] (TAM1) ในปี ค.ศ. 1996 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีรุ่นสุดท้ายถูกนำเสนอ (TAM1: Final) การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน มีผลกระทบโดยตรงต่อความตั้งใจในเชิงพฤติกรรมหรือการใช้งานเทคโนโลยี ดังนั้นการสร้างทัศนคติจึงไม่จำเป็นต่อการยอมรับเทคโนโลยี [9] ปี ค.ศ. 2000 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีรูปแบบที่ 2 (TAM2) ถูกนำเสนอทฤษฎีการประเมินด้านจิตใจของผู้ใช้จากความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมายสำคัญของการทำงานและผลที่ตามมาต่อหน้าที่การทำงานเมื่อใช้ระบบนี้เป็นพื้นฐานในการสร้างการรับรู้ประโยชน์ของระบบ ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีรูปแบบที่ 2 ทำงานได้ดีทั้งกรณีที่ยากและไม่ยากสภาพแวดล้อม [10] ในปี ค.ศ. 2008แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีแบบที่ 3 (TAM3) ซึ่งพัฒนาจากแบบจำลองแบบที่ 2 โดยใช้ความแตกต่างระหว่างบุคคล คุณลักษณะของระบบ อิทธิพลทางสังคม และการอำนวยความสะดวก ซึ่งถูกนำไปพิจารณาการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งาน [11] นอกจากนี้มีการศึกษาแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีทฤษฎีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยีของ

แต่ละบุคคล (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology: UTAUT) โดยประกอบด้วย 4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี คือ ความคาดหวังด้านประสิทธิภาพ ความคาดหวังด้านความพยายาม อิทธิพลทางสังคม และสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งพบว่าอิทธิพลทางสังคมไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความสมัครใจในการใช้เทคโนโลยี [12] ต่อมาในปี ค.ศ. 2012 ได้มีการศึกษาแบบจำลอง UTAUT เพิ่มเติมโดยเพิ่มปัจจัยอีก 3 ปัจจัย คือ แรงบันดาลใจ ความคุ้มค่าด้านราคา และความเคยชิน และถูกเรียกว่าแบบจำลอง UTAUT2 มีอิทธิพลต่อความตั้งใจทางพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยี นอกจากนี้ยังพบว่า อายุ เพศ และประสบการณ์มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมในการใช้เทคโนโลยีในระดับปานกลาง [13] ในปี ค.ศ. 2014 ได้ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้สูงอายุของชาวจีนฮ่องกง พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการทำนายพฤติกรรมการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับผู้สูงอายุ คือ คุณลักษณะส่วนบุคคล (อายุ เพศ และการศึกษา) ความสามารถและความวิตกกังวลในการใช้เทคโนโลยี [14] และในปี ค.ศ. 2021 ได้ทำการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยีด้านการดูแลสุขภาพ (H-TAM) ของผู้สูงอายุ โดยมุ่งเน้นที่ผู้สูงอายุที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงในการเริ่มใช้เทคโนโลยีการดูแลสุขภาพ พบว่า มี 4 ปัจจัยที่สอดคล้องกันในรูปแบบการยอมรับเทคโนโลยี คือ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน การรับรู้ประโยชน์ เงื่อนไขความสะดวกในการใช้งาน และอิทธิพลทางสังคม [15]

การนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับผู้สูงอายุมีการศึกษาจาก [16] พบว่าสำหรับผู้สูงอายุที่มีความคุ้นเคยน้อยต่อเทคโนโลยีสารสนเทศ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ คือ ความสามารถในการใช้งานจริงได้ด้วยตนเอง วิธีการเข้าถึงเทคโนโลยีและความเข้าใจเกี่ยวกับความปลอดภัยทางอินเทอร์เน็ต ใน [17] ได้ศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในบริบทของการใช้งานที่บ้าน ที่ทำงาน และศูนย์บริการสุขภาพ พบว่า ผู้สูงอายุมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้เทคโนโลยี มักเกี่ยวข้องกับวิธีที่เทคโนโลยีสนับสนุนกิจกรรม เพิ่มความสะดวกสบาย และมีลักษณะที่เป็น

ประโยชน์ ต่อมา [18] ได้ใช้แบบจำลอง TAM2 ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจด้านด้านสุนทรียศาสตร์ บุคลิกภาพของผู้ใช้ และการใช้งานนวัตกรรมไอซีที พบว่าความสวยงามอาจมีบทบาทสำคัญมากกว่าการรับรู้ถึงง่ายในการใช้งานซึ่งส่งผลถึงความตั้งใจที่จะใช้เทคโนโลยี ใน [19] ได้ศึกษาจำนวนผู้สูงอายุในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ใช้เทคโนโลยีในรูปแบบต่างๆ พบว่า การยอมรับเทคโนโลยีในผู้สูงอายุขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ปัจจัย คือ อายุ ความร่ำรวย และการศึกษา ในปีเดียวกัน [20] ได้ศึกษาการทำความเข้าใจและอุปสรรคในการใช้เทคโนโลยีใหม่ผ่านแท็บเล็ตของผู้สูงอายุ โดยทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ 2 กลุ่มคือ กลุ่มมีประสบการณ์การใช้และไม่เคยใช้คอมพิวเตอร์มาก่อน ผลการศึกษาพบว่า อุปสรรคของผู้สูงอายุต่อการใช้แท็บเล็ต คือ ความไม่รู้คุณสมบัติของเทคโนโลยีหรือกล่าวได้ว่ามีความกังวลหรือความไม่ชัดเจนของคำแนะนำในการใช้เทคโนโลยีใหม่ แต่ใน [21, 22] กลับพบว่าอุปสรรคของการไม่ยอมรับเทคโนโลยี คือ ข้อกังวลด้านความเป็นส่วนตัว และผู้วิจัยในปี ค.ศ. 2022 [23] ศึกษาสัดส่วนการใช้งานเทคโนโลยีของผู้สูงอายุในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่า แอปพลิเคชันยูทูปและเว็บไซต์โซเชียลมีเดียมีแนวโน้มที่ผู้สูงอายุใช้เพิ่มขึ้นร้อยละ 11 และ 4 เท่าเมื่อเทียบกับปี 2010

เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) ใน [24, 25] ได้อธิบายว่าเป็นเทคโนโลยีที่จำลองภาพเสมือน ทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นได้ 360 องศา และรู้สึกเหมือนกับว่าอยู่ในเหตุการณ์หรือสถานการณ์นั้นจริง ขณะที่ใน [26] ให้คำจำกัดความของความจริงเสมือนว่าประกอบด้วย 5 องค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ผู้ใช้ ผู้พัฒนา โลกเสมือน ความรู้สึกร่วม และการปฏิสัมพันธ์

ประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience หรือ UX) ตามมาตรฐาน ISO 9421-210 ได้ให้นิยาม ประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience – UX) คือ การรับรู้ และการตอบสนองของบุคคลที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน และ/หรือความคาดหวังจากการใช้งานผลิตภัณฑ์ ระบบ หรือบริการ [27] นอกเหนือจากนี้

หมายรวมถึง ความรู้สึก ความคิด การสัมผัสได้ และการแสดงออกว่าจดจำต่อการทำกิจกรรมซึ่งแตกต่างกันตามกิจกรรมที่ผู้ใช้ [28, 29] ซึ่งใน [30] ได้เสนอความคิดการออกแบบประสบการณ์ที่ได้นอกจากมุมมองการออกแบบที่มีความสวยงามและใช้งานง่ายแล้ว มีอีก 3 ปัจจัย ได้แก่ การตีความปัญหาถูกจุด ออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาที่ใช่ และการแก้ปัญหาได้จริง

การนำประสบการณ์ผู้ใช้มาออกแบบความเป็นจริงเสมือนหรือระบบเสมือนจริง การศึกษาการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้เกิดประสบการณ์ที่ดีใน [31] พบว่ามี 7 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้งานระบบเสมือนจริงประกอบด้วย ลักษณะการสวมแว่น VR ที่เหมาะสม การสร้างความรู้สึกปลอดภัย การสร้างบรรยากาศให้มีส่วนร่วม ระยะในส่วนติดต่อผู้ใช้และขนาดของตัวอักษร ความสะดวกในการเข้าถึงเป้าหมาย การให้คำแนะนำสำหรับผู้เริ่มใช้งาน และ ความสะดวกสบายขององค์ประกอบในการโต้ตอบ ใน [32, 33] สนับสนุนงานวิจัยที่ผ่านมาโดยพบว่า การออกแบบควรมีขนาดและการเว้นระยะห่างอย่างเหมาะสม การสร้างอวตารที่มีความเคลื่อนไหวสอดคล้องกับผู้ใช้ การใช้เสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อเข้าถึงอย่างที่สุด และความสว่างของฉากส่งผลต่อความสบายตา ซึ่งใน [34] ได้สนับสนุนงานวิจัยก่อนหน้านี้ด้วยการศึกษาและพบว่า การให้คำแนะนำสำหรับผู้เริ่มใช้งานทำให้ผู้ใช้รู้สึกปลอดภัย การสร้างความรู้สึกมีส่วนร่วมทำได้จากการสร้างมุมมองภาพให้มีมิติและการใช้เสียง ระยะส่วนติดต่อผู้ใช้ที่เหมาะสมช่วยให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกไม่ปวดตา ซึ่งใน [35] ได้ศึกษาและพบว่าการลดความพรั่มัวของดวงตาจากการมองฉากที่มีระยะของส่วนติดต่อผู้ใช้เป็นปัจจัยหลัก และใน [36] พบว่า ลักษณะการสวมแว่น VR ควรอยู่ในระดับเดิมตลอดการเคลื่อนที่เพื่อไม่ให้เกิดการคลื่นไส้ รวมถึงการเคลื่อนไหวของภาพที่อยู่ฉากด้วยเช่นกัน ในส่วนของส่วนติดต่อผู้ใช้ภาพควรมีมุมมองที่มีมิติและทำให้รู้สึกมีส่วนร่วมผ่านระยะห่างและตำแหน่งการวางองค์ประกอบภาพ

บทความนี้นำเสนองานวิจัยเพื่อศึกษากรอบแนวทางการออกแบบความเป็นจริงเสมือนเพื่อกระตุ้นการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ผ่านการเล่นเกมเสมือนจริง 3 ด้านซึ่งถูกพัฒนาขึ้นจากแนวทางการศึกษา 5 แนวทางประกอบกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะบ่งชี้ถึงความเหมาะสมของการนำกรอบแนวทางที่เสนอนี้ไปใช้สำหรับผู้สูงอายุเพื่อช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหว

2. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาในหัวข้อนี้ถูกแบ่งการอธิบายเป็น 5 หัวข้อประกอบด้วย 1) ภาพรวมวิธีดำเนินการวิจัย จะได้กล่าวถึงภาพรวมตั้งแต่เริ่มต้นจะสิ้นสุดกระบวนการศึกษาของงานวิจัยฉบับนี้ 2) ความสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยระบบเสมือนจริงสำหรับผู้สูงอายุ หัวข้อนี้เป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดรวมถึงปัจจัยในการศึกษาของงานวิจัยฉบับนี้ 3) แนวทางการออกแบบระบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับผู้สูงอายุ ได้อธิบายแนวทางที่ใช้ในออกแบบระบบความเป็นจริงเสมือนเพื่อนำไปพัฒนาเกมในการศึกษาผลลัพธ์ที่ต้องการในแต่ละเรื่อง 4) การออกแบบระบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับผู้สูงอายุ คือ การนำแนวทางและผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษามาสร้างอยู่ในรูปแบบของเกมบนระบบเป็นจริงเสมือน และ 5) วิธีการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้ คือ การสุ่มผู้สูงอายุมาทดสอบเกมบนระบบความเป็นจริงเสมือน และประเมินจากผู้สูงอายุที่ทดสอบจริง ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดแต่ละหัวข้อต่อไป

2.1 ภาพรวมวิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยแนวทางการออกแบบ (Design Guideline) ความเป็นจริงเสมือน (VR) สำหรับผู้สูงอายุ แบ่งได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษานิยามและข้อจำกัดทางร่างกายและจิตใจของผู้สูงอายุ (Elderly) ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้องกับการออกแบบและการสร้างประสบการณ์
ผู้ใช้ (User Experience) และเทคโนโลยีเกี่ยวกับ
การพัฒนาความเป็นจริงเสมือน (Virtual
Reality)

ขั้นตอนที่ 2 สร้างแนวทางการออกแบบระบบความเป็นจริง
เสมือนสำหรับผู้สูงอายุ และผลลัพธ์ที่ต้องการ
ศึกษา

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบระบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับ
ผู้สูงอายุตามแนวทางในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 นำระบบความเป็นจริงเสมือนทดสอบกับผู้สูงอายุ
ตามแนวทางการออกแบบและผลลัพธ์ที่ต้องการ
ศึกษา

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินผลการใช้งานของต้นแบบระบบความเป็น
จริงเสมือนกับผู้สูงอายุ โดยเน้นทั้งความพึงพอใจ
และประสบการณ์การใช้งาน

2.2 ความสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัย ระบบเสมือนจริงสำหรับผู้สูงอายุ

จากภาพรวมของวิธีดำเนินการวิจัยภายหลังการศึกษา
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองการยอมรับ
เทคโนโลยีที่ผ่านตามาตามขั้นตอนที่ 1 ในหัวข้อ 2.1 ทางผู้วิจัยได้
นำแนวทางการศึกษาดังกล่าวประกอบกับงานวิจัยที่เน้นศึกษา
พฤติกรรมของผู้สูงอายุมาใช้ในงานวิจัยนี้ ดังรูปที่ 1 โดยเน้น
ศึกษาใน 5 เรื่อง คือ

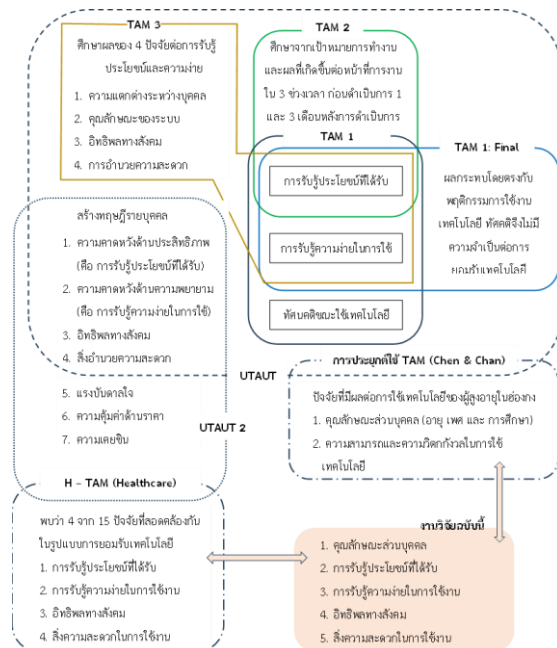
1) คุณลักษณะส่วนบุคคล โดยเก็บข้อมูลของแต่ละ
บุคคลแยกตามหัวข้อต่อไปนี้ เพศ อายุ อาชีพ ระดับการศึกษา
การใช้สื่อออนไลน์ ความถี่ในการใช้สื่อออนไลน์ ประสบการณ์
การใช้งานระบบเสมือนจริง เพื่อนำไปประเมินผลกระทบที่
เกิดขึ้นขณะใช้งานร่วมกับการประเมินในส่วนอื่นๆ

2) การรับรู้ประโยชน์ที่ได้รับ ประกอบด้วยคำถาม
เกี่ยวกับ การมีความสุขหรือคลายเครียด การกระตุ้นการ
เคลื่อนไหว และการออกกำลังกายหรือพัฒนาทักษะใหม่
เนื่องจากการใช้งาน VR

3) การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน ประกอบด้วยคำถาม
เกี่ยวกับ ความซับซ้อน ความยากในการเรียนรู้ของการใช้ VR
และ ข้อเสนอเพื่อให้ VR เหมาะสมกับผู้สูงอายุมากขึ้น

4) อิทธิพลทางสังคม ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับ
มุมมองของเพื่อน บทบาทของครอบครัวและเพื่อนและความ
เหมาะสมและประโยชน์สำหรับผู้สูงอายุต่อการใช้งาน VR

5) สิ่งความสะดวกในการใช้งาน ประกอบด้วยคำถาม
เกี่ยวกับ การมีอุปกรณ์ VR การให้ข้อมูล การฝึกอบรม และการ
สนับสนุนด้านเทคนิคเพื่อการใช้งาน VR



รูปที่ 1. แสดงความสัมพันธ์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

และงานวิจัยความเป็นจริงเสมือน

ซึ่งปัจจัยที่ศึกษาทั้ง 5 เรื่องนี้จะถูกนำไปประกอบกับ
งานวิจัยและการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการออกแบบระบบ
สำหรับผู้สูงอายุ ประสบการณ์ของผู้ใช้ รวมถึงคุณลักษณะของ

ผู้สูงอายุเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับผู้สูงอายุต่อไป

2.3 แนวทางการออกแบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับผู้สูงอายุ

ขั้นตอนนี้นำปัจจัยที่ต้องการศึกษาจากขั้นตอนที่ 2 มาสร้างเป็นแนวทางการออกแบบเกมในระบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับผู้สูงอายุ และผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษาในงานวิจัยฉบับนี้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงแนวทางการศึกษาและผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษา

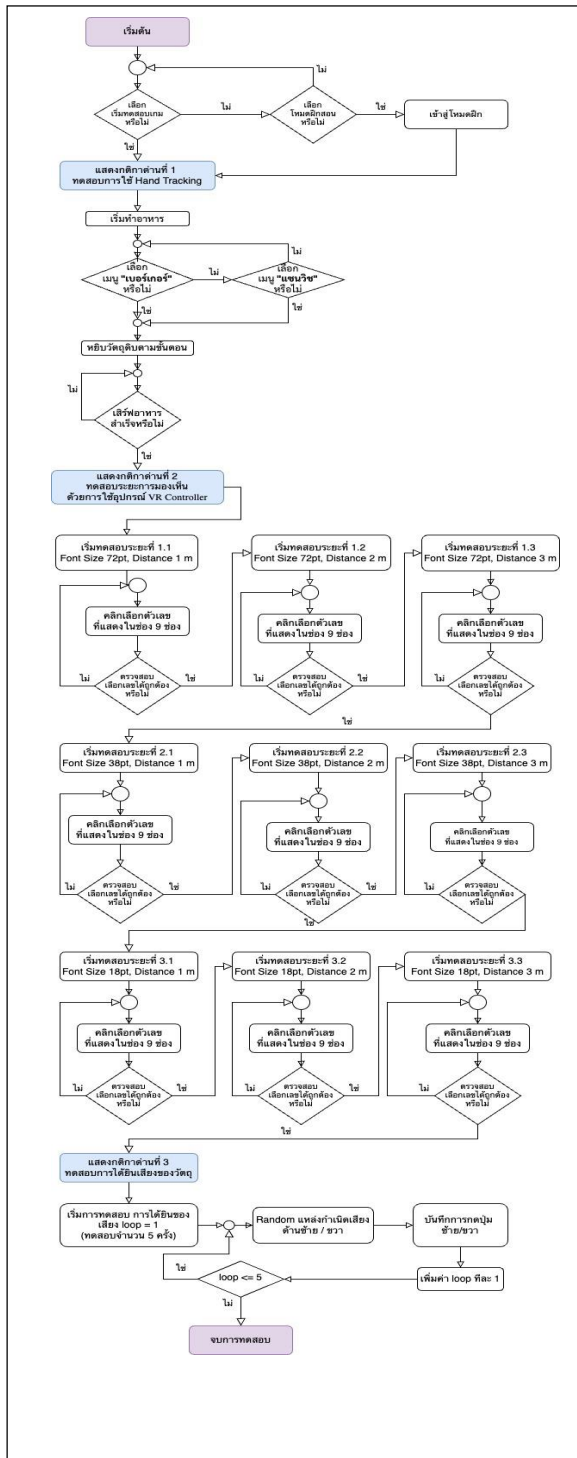
แนวทางการศึกษา	ผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษา
การจำลองเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดอาการมึนงง	การเกิดอาการมึนงงระหว่างการใช้งานระบบความเป็นจริงเสมือนทั้งกรณีมีและไม่มี การเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน
การวางตำแหน่งของส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) เพื่อให้อ่านและใช้งานได้ง่าย	ระยะและขนาดของตัวอักษรที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสับสนในการมองตัวอักษรในระบบความเป็นจริงเสมือน
การสร้างประสบการณ์ที่มีส่วนร่วมในโลกเสมือนจริง	ความรู้สึกลอยตัวเข้าสู่ระบบเป็นจริงเสมือนอีกครั้ง เนื่องจากการออกแบบภาพที่พัฒนาขึ้นในระบบความเป็นจริงเสมือน
การใช้เสียงเพื่อเพิ่มความมีส่วนร่วมของผู้ใช้ให้มากที่สุด	ความรู้สึกลอยตัวถึงบรรยากาศเนื่องจากเสียงที่ใช้ในระบบความเป็นจริงเสมือน การแยกแหล่งที่มาของเสียง และความ

แนวทางการศึกษา	ผลลัพธ์ที่ต้องการศึกษา
	พึงพอใจต่อระดับความดังของเสียง
การใช้รูปแบบและความเร็วในการเปลี่ยนฉากเพื่อสร้างความมีส่วนร่วมและรู้สึกปลอดภัยต่อการใช้งาน	ความรู้สึกลอยตัว ความรู้สึกปลอดภัย และความพึงพอใจต่อรูปแบบและแสงขณะมีการเปลี่ยนฉาก

แนวทางการออกแบบที่ผู้วิจัยให้ความสนใจศึกษาผลลัพธ์ที่ได้จากผู้สูงอายุเมื่อใช้ระบบเสมือนจริงประกอบด้วย 5 แนวทาง ซึ่งมีการวัดผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้สูงอายุทั้งแบบการประเมินจากประสบการณ์ใช้งานและความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบเสมือนจริง

2.4 การออกแบบเกมบนระบบความเป็นจริงเสมือนสำหรับผู้สูงอายุ

จากแผนผังเกมบนระบบความเป็นจริงเสมือน ก่อนเข้าสู่เกมเสมือนจริงจำเป็นต้องมีการปรับตั้งเครื่องมือ นั่นคือ แว่น VR ให้เหมาะสมกับผู้ทดสอบแต่ละคน กล่าวคือ การปรับตั้งสายรัดรอบศีรษะให้พอดี และปรับโฟกัสของเลนส์สายตาเพื่อให้ผู้ทดสอบสามารถมองภาพที่เกิดขึ้นภายในแว่น VR ได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2. แสดงผังงานระบบความเป็นจริงเสมือน

เมื่อเข้าสู่เกมบนระบบเสมือนจริงสำหรับผู้สูงอายุ จะปรากฏเมนูให้ผู้เล่นเลือกกระหว่างการเลือกโหมดฝึกสอนเพื่อฝึกวิธีการเล่นและใช้เครื่องมือในเกมก่อนการเล่นจริง และการ

เริ่มต้นเล่นเกม (เริ่มทดสอบเกม) หลังจากการเลือกเริ่มทดสอบเกม จะปรากฏฉากที่แสดงกติกาการเล่นในด้านที่ 1 ซึ่งด้านนี้จะใช้วิธีการการตรวจจับอาการของมือ (Hand Tracking) ในการเล่นเกม จากนั้นจะเข้าสู่ด้านที่ 1 โดยเริ่มต้นที่การเลือกเมนูในการทำอาหารเพียง 1 เมนูจาก 2 เมนู คือ เบอร์เกอร์ หรือ แซนวิช จากนั้นทำอาหารตามลำดับขั้นตอนที่แสดงในเกมจนครบทุกขั้นตอน และนำไปเสิร์ฟในตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ในเกม เมื่อเสิร์ฟอาหารในด้านที่ 1 สำเร็จแล้วจะเข้าสู่ด้านที่ 2 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. แสดงภาพเกมด้านที่ 1

โดยก่อนเล่นเกมในด้านที่ 2 จะมีฉากแสดงกติกาการเล่นในด้านที่ 2 ซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์ VR Controller ในการทดสอบระยะการมองเห็นผ่านด้านย่อยทั้งหมด 3 ด้านย่อย ในแต่ละด้านย่อยจะเริ่มต้นด้วยการสุ่มตัวเลขให้ผู้เล่นค้นหาจากช่องแสดงตัวเลข 9 ช่อง ซึ่งตำแหน่งของตัวเลขที่แสดงให้เลือกมีการเปลี่ยนตำแหน่งทุกครั้งโดยเกิดขึ้นจากการสุ่มเช่นกัน ในแต่ละด้านย่อยทั้ง 3 ด้านนั้นมีความแตกต่างกันที่ขนาดของตัวอักษรที่แสดง โดยด้านย่อยที่ 1, 2 และ 3 ใช้ขนาดตัวอักษร 72, 38 และ 18 pt ตามลำดับ ในแต่ละด้านย่อย (แต่ละขนาดของตัวอักษร) จะมีการปรับระยะการมองเห็นโดยมีระยะในการมองเห็น 3 ระยะ คือ 1, 2 และ 3 เมตร ดังนั้นในด้านนี้จะสามารถวัดได้ทั้งขนาดและระยะที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุในระหว่างการใช้ระบบเป็นจริงเสมือนได้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. แสดงภาพเกมด่านที่ 2

ก่อนเข้าสู่ด่านที่ 3 มีฉากเพื่อแสดงกติกาเช่นเดียวกับด่านที่ผ่านมาซึ่งเป็นการทดสอบการได้ยินเสียงที่เกิดขึ้น ในด่านนี้ใช้ Hand Tracking ในการเล่นเกมเช่นเดียวกับด่านที่ 1 แต่เป็นเพียงการใช้มือในการเลือกตำแหน่งแหล่งที่มาของเสียงที่เกิดขึ้นจากการสุมภายในเกม โดยมีเสียงเกิดขึ้นในด่านนี้ทั้งหมด 5 ครั้ง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. แสดงภาพเกมด่านที่ 3

ระบบเป็นจริงเสมือนที่พัฒนาขึ้นจากขั้นตอนการออกแบบข้างต้นถูกนำไปทดลองใช้ผ่านกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สูงอายุ โดยมีการสร้างบุคลิกลักษณะของกลุ่มเป้าหมาย (persona) ดังรูปที่ 6

นางณี แซ่เตียว
คำขวัญ ใส่อายุ 76

- มีปัญหาด้านสายตา มีอาการต้อกระจก (ได้รับการรักษา และอยู่ในความดูแลของแพทย์)
- ไม่ถนัดการเดินด้วย
- ไม่ถนัดการอ่านด้วย
- ชอบดูทีวี
- ชอบเทคโนโลยี ใช้ "สมาร์ตโฟน" ในการสื่อสาร (Tiktok, FB เป็นต้น) เล่นเกม และถ่ายรูป
- ชอบเทคโนโลยี และไม่ค่อยได้ใช้ VR มาก่อน
- "เปิดรับเทคโนโลยี" ที่ฝึกคุ้นเคยได้กับชีวิต เพื่อไม่เป็นการด้อยค่าลูกหลาน

Goals

- ชอบออกใจเพื่อน ๆ
- สนใจเทคโนโลยีที่ทันสมัย หรือมีส่วนร่วมทำกิจกรรม และสุขภาพชีวิตดีขึ้น
- ไม่อยากเป็นภาระลูกหลาน

Pain Points

- ความวิตกกังวล ต่อเทคโนโลยีใหม่
- การเคลื่อนไหว หรือการตอบสนองช้าลง
- เนื้อหาเกมที่ใช้จากการรับจาก Social Media ไร้ค่า
- เนื้อหาเกมไร้ค่า เปรียบกับความเครียดได้ยาก

รูปที่ 6. แสดงบุคลิกลักษณะของกลุ่มเป้าหมาย

2.5 วิธีการประเมินประสบการณ์ผู้ใช้

การประเมินประสบการณ์ผู้ใช้แบ่งออกเป็น 2 วิธีหลัก คือ การประเมินจากแบบสอบถามจากประสบการณ์ผู้ใช้งานและการประเมินระหว่างการใช้งานระบบความเป็นจริงเสมือน ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละส่วนต่อไป

2.5.1 การประเมินด้วยแบบสอบถาม

การประเมินครั้งนี้ คือการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ของผู้เข้าร่วมทดสอบผ่านแบบสอบถามที่ได้ออกแบบไว้และการแปลความหมายผลที่ได้จากแบบสอบถาม โดยแบบสอบถามประกอบด้วยข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวมแบ่งเป็น 3 หมวดดังนี้

- ข้อมูลทั่วไป เช่น เพศ อายุ อาชีพ การศึกษา สื่อออนไลน์ที่ใช้ ความถี่ที่ใช้ในสื่อออนไลน์ และความคุ้นเคยจากประสบการณ์ในการใช้งานระบบเสมือนจริง (Virtual Reality)
- แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบการใช้งาน (Usability Test) ผ่านเกมบนระบบเสมือนจริง
- การเก็บข้อมูลจากคำถามปลายเปิด

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบการใช้งานผ่านเกมด้วยระบบเสมือนจริง ประกอบด้วยการประเมิน 3 ส่วนคือ การประเมินความพร้อมของผู้ใช้ก่อนการใช้งานระบบเสมือนจริง การประเมินการทดสอบการใช้งานระบบเสมือนจริง และการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบเสมือนจริง ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อประเมินด้วยคำถามดังนี้

- 1) การประเมินความพร้อมของผู้ใช้ก่อนการใช้งานระบบเสมือนจริง
 - ความพร้อมของการสวมใส่แว่น
 - การมองเห็น
 - การเคลื่อนไหว
- 2) การประเมินการทดสอบการใช้งานระบบเสมือนจริง มีระดับการประเมิน 2 ระดับคือ ใช่ และ ไม่ใช่

- ท่านรู้สึกเวียนหัวระหว่างทำเบอร์เกอร์หรือไม่
 - ท่านรู้สึกเวียนหัวขณะนำเบอร์เกอร์ไปวางที่ช่องส่งหรือไม่
 - ท่านรู้สึกปวดตาหรือไม่สบายตาขณะเล่นเกมหรือไม่
 - ท่านรู้สึกอยากทำเมนูอื่นในเกมหรือไม่
 - ท่านรู้สึกอยากเล่นเกมค้นหาตัวเลขให้นานกว่านี้หรือไม่
 - ท่านรู้สึกอยากค้นหาแหล่งกำเนิดเสียงอื่นในเกมหรือไม่
 - ท่านรู้สึกเป็นตัวของตัวเองในระหว่างเล่นเกมหรือไม่
 - การเปลี่ยนฉากจากเกมทำเบอร์เกอร์ไปยังเกมหาตัวเลขทำให้เกิดความ “ไม่สบายตา” หรือ “เวียนหัว” หรือไม่
 - การเปลี่ยนฉากจากเกมหาตัวเลขไปยังเกมค้นหาเสียงทำให้เกิดความ “ไม่สบายตา” หรือ “เวียนหัว” หรือไม่
- 3) การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบเสมือนจริง มีระดับการประเมิน 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด
- การเปลี่ยนขนาดตัวอักษรส่งผลต่อการมองเห็นระดับใด
 - การเปลี่ยนระยะการอ่านตัวอักษรส่งผลต่อการมองเห็นระดับใด
 - ท่านพึงพอใจต่อฉากเกมการทำเบอร์เกอร์ในระดับใด
 - ท่านพึงพอใจต่อฉากเกมการหาตัวเลขในระดับใด
 - ท่านพึงพอใจต่อฉากเกมการหาแหล่งกำเนิดเสียงระดับใด
 - เสียงที่ท่านได้ยินระหว่างเล่นเกมทำให้ท่านมีความรู้สึกรวมในเกมในระดับใด
 - ความพึงพอใจต่อความดังเสียงที่ท่านได้ยินในเกมอยู่ในระดับใด
 - ภาพรวมของเกมทำให้ท่านรู้สึกอยากเล่นเกมต่อในระดับใด

- เกมนี้ทำให้ท่านอยากเล่นเกมอื่นในรูปแบบ VR ในระดับใด
- ระดับความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนไหว

การเก็บข้อมูลจากคำถามปลายเปิด ประกอบด้วย 4 หัวข้อหลัก ซึ่งในแต่ละหัวข้อประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อดังต่อไปนี้

- 1) การรับรู้ถึงควมมีประโยชน์ (Perceived Usefulness)
 - หลังจากใช้งานเกม VR ท่านคิดว่าการใช้งาน VR ช่วยให้คุณมีความสุขหรือคลายเครียดได้หรือไม่
 - หลังจากใช้งานเกม VR แล้วท่านรู้สึกว่าเกมสามารถกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายได้หรือไม่อย่างไร
 - ท่านคิดว่าการใช้เกม VR สามารถช่วยให้คุณออกกำลังกายหรือพัฒนาทักษะใหม่ๆ ได้หรือไม่
- 2) การรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้ (Perceived Ease of Use)
 - ท่านรู้สึกว่าการเล่นเกม VR มีความซับซ้อนหรือไม่
 - ท่านพบว่ามีความยากลำบากในการเรียนรู้การใช้งานเกม VR หรือไม่
 - ท่านคิดว่าต้องมีการปรับเปลี่ยนอะไรบ้างในเกม VR ให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุมากขึ้น
- 3) สภาพแวดล้อมที่ช่วยสนับสนุน (Facilitating Conditions)
 - ท่านมีอุปกรณ์ในการใช้งานเกม VR ที่บ้านหรือไม่
 - ท่านรู้สึกว่ามีการสนับสนุนทางเทคนิคเพียงพอที่จะให้ท่านใช้งาน VR ได้สะดวกหรือไม่
 - ท่านคิดว่ามีข้อมูลและการฝึกอบรมที่เพียงพอสำหรับการใช้งาน VR สำหรับผู้สูงอายุหรือไม่
- 4) อิทธิพลทางสังคม (Social Influences)
 - คิดว่าเพื่อนของท่านมีมุมมองการใช้ VR อย่างไร

- ครอบครัวหรือเพื่อนฝูงมีบทบาทอย่างไรในการสนับสนุนท่านในการใช้งาน VR
- ท่านคิดว่าการใช้งาน VR ถูกมองว่าเป็นสิ่งที่เหมาะสมและมีประโยชน์สำหรับผู้สูงอายุในสังคมของท่านหรือไม่

2.5.2 การประเมินระหว่างการใช้งานระบบความเป็นจริงเสมือน

การประเมินนี้มีการวัด 3 หัวข้อ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้เล่นทั้งหมดในระหว่างอยู่ในระบบเป็นจริงเสมือนประกอบด้วย

- การวัดระยะเวลาในการเล่นเกมนับตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการเล่นเกม
- ความถูกต้องในการเลือกคำตอบที่เป็นตัวเลขตามคำสั่งในเกม (ด่านที่ 2)
- ความถูกต้องในการหาแหล่งที่มาของเสียงโดยการฟังทิศทางของเสียงภายในเกม (ด่านที่ 3)

2.5.3 การแปลความหมายของแบบสอบถาม

สำหรับการแปลความหมายของแบบสอบถามความพึงพอใจ ใช้ค่าเฉลี่ยของระดับคะแนนความพึงพอใจตามเกณฑ์ค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, 2535) ตามตารางที่ 2 ดังนี้ [37]

ตารางที่ 2. แสดงเกณฑ์ค่าเฉลี่ยในการประเมินความพึงพอใจ

ช่วงคะแนน	ระดับความพึงพอใจ
4.50 – 5.00	ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด
3.50 – 4.49	ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก
2.50 – 3.49	ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปานกลาง
1.50 – 2.49	ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ พอใช้
0.00 – 1.49	ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับ ปรับปรุง

โดยเกณฑ์การตัดสินผลการประเมินค่าความพึงพอใจของการใช้ระบบความเป็นจริงเสมือนในงานวิจัยนี้ใช้เกณฑ์

- ไม่มีความพึงพอใจต่อการใช้ระบบเป็นจริงเสมือน เมื่อ ค่าคะแนนความพึงพอใจที่ระดับ 0.00 – 2.50
- มีความพึงพอใจต่อการใช้ระบบเป็นจริงเสมือน เมื่อ ค่าคะแนนความพึงพอใจที่ระดับ 2.51 – 5.00

3. ผลการศึกษา

การศึกษาดำเนินการผ่านการ การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เน้นกลุ่มผู้สูงอายุที่มีลักษณะคล้ายกับ Persona และวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยได้มีเกณฑ์การคัดเลือกดังนี้ 1) ผู้สูงอายุที่มีอายุระหว่าง 60 – 80 ปี 2) ไม่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพ เช่น อาการเวียนศีรษะเรื้อรัง หรือปัญหาด้านการมองเห็นและการเคลื่อนไหว และ 3) มีความสนใจหรือยินดีเข้าร่วมการทดลองใช้เทคโนโลยี VR การศึกษานี้มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 13 คน

3.1 ผลการประเมินด้วยแบบสอบถาม

3.1.1 ข้อมูลทั่วไป

จากการสำรวจ พบว่า ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยเพศชายและหญิงจำนวน 6 และ 7 คน ตามลำดับ มีระดับการศึกษาแบ่งออกเป็นวุฒิมัธยมศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี 9 คน และปริญญาตรี 4 คน ซึ่งทุกคนใช้สื่อออนไลน์ทุกวันผ่านไลน์ เฟสบุ๊ก หรือ ดิกต็อก (TikTok) และพบว่า 1 ใน 13 คนเคยใช้อุปกรณ์ VR มาก่อน โดยผู้เข้าทดสอบมีอายุระหว่าง 60 – 65 ปี จำนวน 9 คน 66 – 70 ปี จำนวน 1 คน และมากกว่า 70 ปี จำนวน 3 คน

3.1.2 ผลจากแบบบันทึกข้อมูลการทดสอบการใช้งานผ่านเกมด้วยระบบเสมือนจริง

ข้อมูลจากแบบบันทึกข้อมูลการทดสอบการใช้ผ่านเกมด้วยระบบเสมือนจริง แบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามแบบสอบถาม โดยในส่วนที่ 1 ผู้ใช้ทุกคน (100%) มี “ความพร้อมของการส่วนใต้แว่น” อยู่ในเกณฑ์ “พร้อม” ในส่วนของ “การมองเห็น” และ “การเคลื่อนไหว” อยู่ในเกณฑ์ “ดี” เนื่องจากก่อนการเล่นเกมผู้เข้าทดสอบทุกคนต้องเตรียมความพร้อมก่อนการใช้งานระบบเสมือนจริงด้วยการสวมใส่แว่น VR ให้กระชับและถนัดเมื่อต้องเคลื่อนที่

สำหรับในส่วนที่ 2 คือ ผลการประเมินการทดสอบการใช้งานระบบเสมือนจริง แสดงดังตารางที่ 3 จากผลการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 12 คน พบว่า ร้อยละ 100 ของผู้เข้าทดสอบระบบเสมือนจริง ไม่เกิดอาการเวียนหัวและปวดตาหรือไม่สบายระหว่างการเล่นทดสอบระบบ นั้นหมายถึง การออกแบบ การแสดงมุมมองภาพ และการเคลื่อนที่ภายในระบบเสมือนจริงที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับการใช้งานระบบเสมือนจริงของผู้สูงอายุ

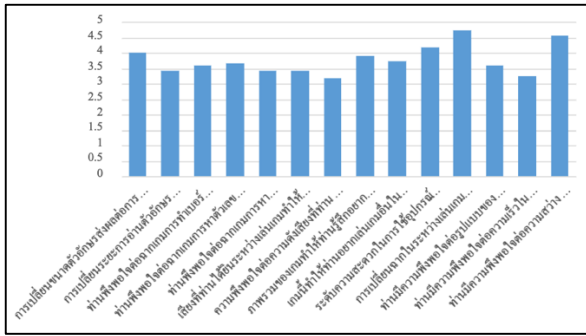
ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินการทดสอบการใช้งานระบบเสมือนจริง (ไม่ได้ทำแบบสอบถาม 1 คน)

ข้อคำถาม	ใช่	ไม่ใช่
ท่านรู้สึกเวียนหัวระหว่างทำเบอร์กอร์หรือไม่	0	12
ท่านรู้สึกเวียนหัวขณะนำเบอร์กอร์ไปวางที่ช่องส่งหรือไม่	0	12
ท่านรู้สึกปวดตาหรือไม่สบายตาขณะเล่นเกมหรือไม่	0	12
ท่านรู้สึกอยากทำเมนูอื่นในเกมหรือไม่	7	5
ท่านรู้สึกอยากเล่นเกมค้นหาตัวเลขใหนานกว่านี้หรือไม่	10	2

ท่านรู้สึกอยากค้นหาแหล่งกำเนิดเสียงอื่นในเกมหรือไม่	9	3
ท่านรู้สึกเป็นตัวของตัวเองในระหว่างเล่นเกมหรือไม่	9	3
การเปลี่ยนจากจากเกมทำเบอร์กอร์ไปยังเกมหาตัวเลขทำให้เกิดความ “ไม่สบายตา” หรือ “เวียนหัว” หรือไม่	0	12
การเปลี่ยนจากจากเกมหาตัวเลขไปยังเกมค้นหาเสียงทำให้เกิดความ “ไม่สบายตา” หรือ “เวียนหัว” หรือไม่	0	12

นอกเหนือจากการประเมินผลด้านความต้องการหรือความอยากเล่นเกมในระบบเสมือนจริงต่อ พบว่า ร้อยละ 72.22 ของผู้เข้าร่วมทดสอบระบบฯ มีความอยากเล่นเกมในระบบเสมือนจริงที่พัฒนาขึ้นต่อ (เพิ่มเวลาเล่นขึ้น) และผู้ทำการทดสอบบางรายได้เสนอแนะให้เพิ่มเมนูอาหารไทยเพื่อให้ผู้สูงอายุคุ้นเคยและเกิดความมั่นใจในการทำอาหารมากขึ้น สุดท้ายแล้วผู้เข้าร่วมการทดสอบร้อยละ 75 รู้สึกมีส่วนร่วมเสมือนตนเองอยู่ในสถานการณ์ต่าง ๆ ภายในระบบเสมือนจริง ซึ่งผู้ทดสอบในส่วนร้อยละ 15 ที่เหลือนั้น ไม่สามารถตอบได้ว่าขณะเล่นเกมรู้สึกเป็นตัวของตัวเองหรือไม่และมีความเครียดเกิดขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเข้าสู่ระบบเสมือนจริง เนื่องจากเกิดความกังวลเกี่ยวกับการใช้มือ (Hand Tracking) ในเกมให้ถูกต้อง

สำหรับในส่วนที่ 3 คือ ผลการประเมินค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบเสมือนจริง แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. ผลการประเมินค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบเสมือนจริง (ไม่ได้ทำแบบสอบถาม 1 คน)

ค่าเฉลี่ยรวมของแบบประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบเสมือนจริงอยู่ในระดับ “มาก” ที่ร้อยละ 3.76 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจต่อการใช้ระบบเสมือนจริง โดยร้อยละเฉลี่ยของแต่ละคำถามในการประเมินความพึงพอใจอยู่ระหว่าง 3.17 – 4.17 ซึ่งความพึงพอใจต่อความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนไหวมีระดับร้อยละเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.17 ในขณะที่ความพึงพอใจต่อความดังเสียงที่ได้ยินในเกมมีระดับร้อยละเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 3.17 จากการสอบถามในรายละเอียดพบว่า ผู้เข้าทดสอบพึงพอใจต่ออุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนไหว (VR Controller) มากกว่าการใช้มือของตนเอง โดยเฉพาะในด้านที่ต้องเลือกคำตอบ เนื่องจากขณะเลือกหรือสัมผัสสิ่งของในเกมผู้เล่นยังไม่คุ้นชินกับการจับสิ่งว่างเปล่านี้สำหรับความพึงพอใจต่อความดังของเสียงที่ได้ยินในเกม ผู้เข้าทดสอบส่วนมากตั้งใจในการดำเนินการในกระบวนการต่าง ๆ มากจนอาจทำให้ไม่ได้สังเกตเรื่องการฟังเสียงประกอบในเกม (ยกเว้นด้านสุดท้ายที่เป็นด้านหาแหล่งกำเนิดของเสียง) หรืออาจกล่าวได้ว่า เสียงที่สร้างขึ้นในระหว่างการเล่นเกมนั้นสามารถสร้างบรรยากาศให้แก่ผู้เล่นได้อย่างราบรื่นไม่สร้างความแตกต่างหรือขัดจังหวะในการเล่น

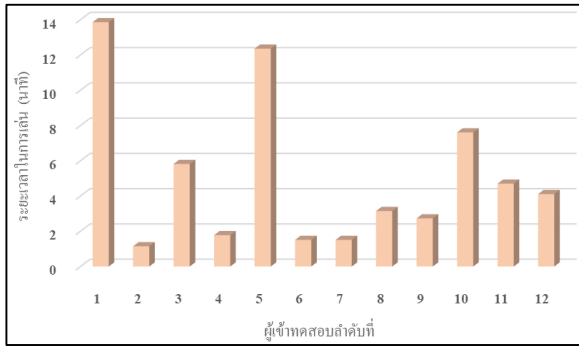
3.1.3 ผลจากการเก็บข้อมูลจากคำถามปลายเปิด

ผลที่เกิดจากการวิเคราะห์และสรุปจากคำตอบของคำถามปลายเปิด โดยมีผลสรุป 4 ข้อตามหัวข้อหลักของคำถาม ดังนี้

- 1) ผู้เข้าทดสอบส่วนมากรับรู้ได้ถึงประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีจากการใช้งานระบบเสมือนจริง มีเพียง 1 จาก 12 ความคิดเห็นที่เกิดความกังวลเล็กน้อยขณะใช้งาน VR และไม่ได้รู้สึกว่าการกระตุ้นให้เกิดความเคลื่อนไหวหรือช่วยให้ออกกำลังกาย
- 2) ผู้เข้าทดสอบส่วนมากรับรู้ได้ถึงความสะดวกในการใช้งานเทคโนโลยีใหม่จากระบบเสมือนจริง พร้อมข้อเสนอแนะสิ่งที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ เช่น ควรมีการแจ้งเตือนเมื่อทำผิดขั้นตอน และการผลิตเกมสำหรับผู้สูงอายุให้เพิ่มขึ้นเพื่อสร้างความเคยชินแก่ผู้สูงอายุ เป็นต้น ทั้งนี้มีเพียง 1 จาก 12 ความคิดเห็นที่รู้สึกว่าการใช้ VR มีความซับซ้อนและมีความยากลำบากต่อการเรียนรู้
- 3) สภาพแวดล้อมที่ช่วยสนับสนุนให้ผู้เข้าทดสอบสามารถใช้งานและยอมรับเทคโนโลยีในระบบเสมือนจริงที่มีผลต่อผู้เข้าทดสอบอยู่ในลักษณะของการให้ข้อมูลแนวทาง และการอบรมก่อนการใช้งานมากกว่าการมีอุปกรณ์เป็นของตนเอง
- 4) อิทธิพลทางสังคมมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีเพื่อใช้งานระบบเสมือนจริงผ่านแว่น VR ในระดับปานกลาง โดย 7 จาก 12 ผู้แสดงความคิดเห็น พบว่าครอบครัวหรือเพื่อนฝูงมีบทบาทต่อการสนับสนุนให้ใช้งาน VR ซึ่งผู้เข้าทดสอบทุกท่านมองว่าการใช้งาน VR เป็นสิ่งที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อผู้สูงอายุในสังคม

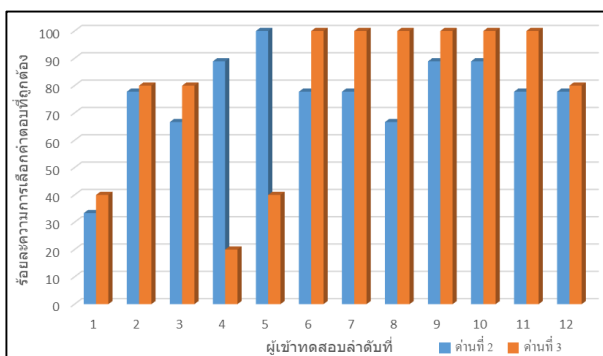
3.2 การประเมินระหว่างการใช้งานระบบความเป็นจริงเสมือน

การประเมินผู้เข้าทดสอบระหว่างการเล่นผ่านระบบเสมือนจริง ประเมินใน 3 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ระยะเวลาในการเล่นเพื่อศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีและความรู้สึกมีส่วนร่วมและสนุกไปพร้อมกับการเล่นเกม ส่วนที่ 2 และ 3 คือการวัดความถูกต้องในการเลือกคำตอบในด้านเลือกตัวเลขตามความค่าสั่งในเกม (ด้านที่ 2) และด้านหาแหล่งที่มาของเสียง (ด้านที่ 3) ตามลำดับ



รูปที่ 8. ระยะเวลาในการเล่น

จากผู้เข้าทดสอบ 12 คน พบว่า เวลาเฉลี่ยในการเล่น เกมของผู้เข้าทดสอบทั้งหมดเท่ากับ 5.02 นาที โดยมีส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 4.26 ทั้งนี้เพศชายใช้เวลาเฉลี่ยน้อยกว่า เพศหญิง 0.17 นาที และในช่วงอายุ 66 – 70 ปีมีเวลาเฉลี่ยใน การเล่นต่ำที่สุด เมื่อนำระดับการศึกษามาประกอบพิจารณา พบว่า ระยะเวลาในการเล่นของผู้ที่เข้าทดสอบที่มีระดับ การศึกษาค่ำกว่าปริญญาตรีใช้เวลาเฉลี่ยในการเล่นมากกว่าผู้มี ระดับการศึกษาตั้งแต่ปริญญาตรีขึ้นไป (ผู้ทดสอบลำดับที่ 7 - 10) อยู่ 4.20 นาที แต่ด้วยจำนวนผู้ทดสอบที่มีระดับการศึกษาค่ำ กว่าปริญญาตรีมีจำนวนเยอะกว่า ถ้าพิจารณาเฉพาะจำนวนคน ที่เท่ากันและเลือกเฉพาะคนที่ใช้เวลาในการเล่นเกมน้อยที่สุด 4 คนแรกมาเปรียบเทียบกับผู้เข้าทดสอบที่มีระดับการศึกษาตั้งแต่ ปริญญาตรีขึ้นไปยังคงพบคำตอบเดิมที่ว่า ผู้เข้าทดสอบที่มี ระดับการศึกษาตั้งแต่ปริญญาตรีขึ้นไปใช้เวลาน้อยกว่าผู้มีระดับ การศึกษาค่ำกว่าปริญญาตรี 0.71 นาทีหรือประมาณ 42.6 วินาที



รูปที่ 9. ร้อยละความถูกต้องในการเลือกคำตอบด้านตัวเลขและ การหาแหล่งที่มาของเสียง

สำหรับความถูกต้องในการเลือกคำตอบตัวเลข (ด่านที่ 2) ได้มีการปรับขนาดและระยะของตัวเลขที่ให้ผู้ทดสอบค้นหา ตัวเลขตามคำสั่งจำนวน 9 ครั้งนั้น พบว่า ผู้เข้าทดสอบ 11 คน จาก 12 คนสามารถค้นหาตัวเลขได้เกินร้อยละ 60 (6 ครั้ง) ยกเว้นผู้เข้าทดสอบคนแรกเท่านั้น ซึ่งค่าเฉลี่ยของการเลือก คำตอบที่ถูกต้องทั้ง 12 คนอยู่ที่ร้อยละ 76.9 โดยเพศชายมี ค่าเฉลี่ยในการเลือกคำตอบได้ถูกต้องมากกว่าเพศหญิงร้อยละ 5.5 และสุดท้ายข้อมูลความถูกต้องในการหาแหล่งที่มาของ เสียง (ด่านที่ 3) พบว่า ร้อยละ 50 ของผู้เข้าทดสอบสามารถหา ทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงได้ถูกต้องร้อยละ 100 ของจำนวน แหล่งกำเนิดเสียงจำลองในการทดสอบ (5 ครั้ง) ซึ่งค่าเฉลี่ยของ ความถูกต้องในการหาแหล่งที่มาของเสียงของผู้เข้าทดสอบ ทั้งหมดอยู่ที่ร้อยละ 11.7 โดยเพศชายเลือกแหล่งที่มาของเสียง ได้ถูกต้องมากกว่าเพศหญิงเฉลี่ยร้อยละ 3.3 นอกจากนี้ยังพบว่า ช่วงอายุ 60 – 65 ปีทั้งด่านที่ 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ยของร้อยละการ เลือกคำตอบที่ถูกต้องต่ำที่สุด

จากการผลการศึกษาที่ผ่านมาข้างต้นจะพบว่า ผู้เข้า ทดสอบทั้งสิ้นมี 13 คนดังที่ได้กล่าวไปแล้ว แต่จำนวนผู้เล่นเกม และทำแบบทดสอบมีเพียง 12 คน เนื่องจากมีผู้ทดสอบ จำนวน 1 ท่าน เพศชาย อายุ 66 – 70 ปี ระหว่างการเริ่มต้นทดสอบ หลังจากที่ถูกทดสอบได้สวมแว่น VR และเข้าสู่ขั้นตอนการปรับ โฟกัสของเลนส์เพื่อให้เหมาะสมกับสายตาและความสะดวก ของผู้ทดสอบ ในช่วงระหว่างนั้นผู้ทดสอบ ได้เกิดอาการมีน รู้สึกเวียน และเกิดการทรงตัวไม่ได้ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจาก ความไม่สอดคล้องกันระหว่างการมองเห็นผ่านเลนส์ VR และ การรับรู้ตำแหน่งของร่างกายของผู้ทดสอบ อาการดังกล่าว ส่งผลให้การทดสอบไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ทันที ดังนั้น ผู้วิจัยจึงตัดสินใจยุติการทดสอบของผู้ทดสอบรายนี้ เพื่อ ป้องกันอาการที่อาจรุนแรงขึ้นในภายหลัง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการ บันทึกไว้เป็นกรณีศึกษาเพิ่มเติม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการ วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทดสอบต่อไป

4. บทสรุปและการอภิปราย

การออกแบบระบบเสมือนจริงถูกพัฒนาจากทฤษฎีและหลักการการยอมรับเทคโนโลยีเพื่อกระตุ้นการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ ซึ่งระบบเสมือนจริงถูกออกแบบให้มี 3 ด้านต่อการเล่นหนึ่งครั้ง ในด้านแรก คือ ด้านการทำอาหารอย่างง่าย โดยเป็นการประกอบอาหารที่มีส่วนประกอบ 5 ส่วนประกอบ และถูกบังคับให้เกิดการเคลื่อนไหวร่างกายโดยการเดินไปหยิบเครื่องปรุงและเสิร์ฟอาหาร สำหรับด้านที่ 2 คือ ด้านค้นหาตัวเลขที่ถูกต้อง ด้านนี้ผู้เล่นจะต้องค้นหาตัวเลขตามที่เกมต้องการจำนวน 9 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งมีการเปลี่ยนขนาด ระยะการมองเห็น และตำแหน่งการแสดงตัวเลข ซึ่งด้านที่ 2 เป็นเพียงด้านเดียวที่ใช้ Hand Controller ในการเล่นเกม และด้านสุดท้ายคือ ด้านค้นหาแหล่งกำเนิดเสียง ด้านนี้ผู้เล่นต้องฟังเสียงที่เกิดขึ้นจากการสุ่มระดับเสียงและตำแหน่งเสียง (ซ้าย-ขวา) จากเกมแล้วเลือกกดปุ่มด้วยมือของผู้เล่น ในด้านที่ตรงกับแหล่งกำเนิดเสียงที่ได้ยิน

ผลการศึกษาจากผู้สูงอายุที่เข้าทดสอบเล่นเกมในระบบเสมือนจริงผ่านแว่น VR จำนวน 13 คน พบว่า ผู้ทดสอบจำนวน 12 คนสามารถสวมแว่น VR และดำเนินการเล่นเกมได้ มีเพียง 1 คนเท่านั้นที่ไม่สามารถเล่นเกมต่อได้ภายหลังสวมแว่น VR เนื่องจากความไม่สอดคล้องกันระหว่างการมองเห็นผ่านเลนส์ VR และการรับรู้ตำแหน่งของร่างกายของผู้ทดสอบ โดยผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการตอบรับต่อการรับรู้ได้ถึงประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีและความง่ายในการใช้งานเทคโนโลยีใหม่จากการใช้งานระบบเสมือนจริง ในส่วนของสภาวะที่ช่วยสนับสนุนการใช้งานเทคโนโลยี พบว่า การให้ข้อมูลและการสนับสนุนทางเทคนิคที่เพียงพอช่วยให้ผู้สูงอายุยอมรับการใช้งานเทคโนโลยีใหม่มากกว่าการมีอุปกรณ์เป็นของตนเอง สุดท้ายอิทธิพลทางสังคมส่งผลกระทบระดับปานกลางต่อการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ในลักษณะระบบเสมือนจริงผ่านการเล่นเกมของผู้สูงอายุ

สำหรับสรุปผลการศึกษาที่ถูกเก็บผลจากผู้สูงอายุจำนวน 12 คน ตามแนวทางการออกแบบ 5 เรื่อง คือ (1) การสร้างสภาพแวดล้อมให้ดีที่สุดช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถเล่นเกมในระบบเสมือนจริงด้วยแว่น VR โดยไม่ทำให้เกิดอาการเมื่อย มีลักษณะอาการที่เกิดจากการไม่สอดคล้องกันระหว่างภาพที่เห็นและการเคลื่อนไหว (Motion Sickness) ทั้งกรณีที่ใช้มือและเครื่องควบคุมด้วยมือ (2) การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (UI) ของเกมช่วยพบว่า ผู้สูงอายุไม่เกิดความปวดตาหรือไม่สบายตาระหว่างเล่นเกม ขนาดตัวอักษรที่ผู้สูงอายุสามารถอ่านและเข้าใจได้ง่ายควรมีขนาดตั้งแต่ 38 pt ขึ้นไปที่ระยะไม่เกิน 3 เมตร และจากการสัมภาษณ์พบข้อสรุปเพิ่มเติมว่าที่ระยะ 2 เมตรเป็นระยะที่ผู้สูงอายุรู้สึกสบายตาที่สุด สำหรับ 3 เรื่องสุดท้ายถูกออกแบบภายใต้การสร้างประสบการณ์เสมือนจริงที่ผู้เล่นรู้สึกเหมือนอยู่ในโลกเสมือนจริงอย่างสมบูรณ์ (3) การสร้างรูปแบบภาพในเกมทำให้ผู้สูงอายุมีความพอใจต่อภาพในเกมในระดับมากและมากกว่าร้อยละ 73 มีความอยากเล่นเกมในรูปแบบเกม VR ต่อ (4) การใช้เสียงในเกมทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกมีส่วนร่วมในระหว่างเล่นเกมถูกแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 มุมมอง โดยในมุมมองแรกผู้สูงอายุรู้สึกว่าเสียงในระหว่างการเล่นเกมไม่ได้ขัดจังหวะต่อการเล่นเกมซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลางเนื่องจากผู้เล่นสนใจต่อการผ่านด่านในการเล่น เกมจนบางคนไม่ได้ฟังเสียงเพลงที่อยู่ในเกม สำหรับมุมมองที่สองผู้สูงอายุร้อยละ 75 สามารถแยกแหล่งที่มาของเสียงได้อย่างถูกต้องในทุกระดับเสียง เรื่องสุดท้ายของแนวทางการออกแบบ (5) การเปลี่ยนฉากระหว่างด่านในเกมทำให้ผู้สูงอายุเกิดความรู้สึกกลัวหรือตกใจในระดับต่ำ และไม่ทำให้เกิดปัญหาใดๆ เช่น ปัญหาเรื่องของการมองไม่ชัด ตาลาย ปวดหัว และทรงตัวไม่ได้ เป็นต้น นอกจากนี้ผู้สูงอายุมีความพอใจในระดับมากต่อรูปแบบ ความเร็วและแสงของการเปลี่ยนฉากในเกม

เอกสารอ้างอิง

- [1] ส่วนบริหารและพัฒนาเทคโนโลยีการทะเบียน, สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. ระบบสถิติทางการ

- ทะเบียน . สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2566,
<https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMenu/newStat/home.php>
- [2] กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ ปี พ.ศ. 2546. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2566 ,
https://www.dla.go.th/upload/regulation/type1/2554/2/488_1.pdf
- [3] ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2566 ,
<http://dictionary.orst.go.th>
- [4] วิไลวรรณ ทองเจริญ, “การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ในวัยสูงอายุ,” บทความทางวิชาการ, คณะพยาบาลศาสตร์ , มหาวิทยาลัยมหิดล, 2556. สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2566 ,https://ns.mahidol.ac.th/english/th/departments/FN/COE_gerontological/article.html
- [5] D. E. Papalia and R. D. Feldman, *Desenvolvimento Humano*, 12th ed. Porto Alegre: ArtMed, ISBN: 9788580552171, 2013.
- [6] กิรติญา ไทยอยู่, "ความเครียดและการเผชิญความเครียด ของผู้ดูแลผู้สูงอายุโรคจิตเวช," ชำนาญการพิเศษ, กรุงเทพฯ: สถาบันป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง, 83 หน้า, 2558.
- [7] F. D. Davis, A, “Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems”: Theory and Results, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA, 1986.
- [8] F. D. Davis, R. P. Bagozzi, and P. R. Warshaw, “User Acceptance Of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models,” *Management Science*, 35: 982-1003, 1989.
- [9] V. Venkatesh and F. D. Davis, “A Model of The Antecedents of Perceived Ease of Use: Development and Test,” *Decision Sciences*, 27(3): 451-481, 1996.
- [10] V. Venkatesh and F. D. Davis, “A Theoretical Extension of The Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies,” *Management Science*, 46(2):186-204, 2000.
- [11] V. Venkatesh and H. Bala, “Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions,” *Decision Science*, 39 (2): 273-312, 2008.
- [12] V. Venkatesh, M. G. Morris, F. D. Davis, and G. B. Davis, “User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View,” *MIS Quarterly*, 27:425-478, 2003.
- [13] V. Venkatesh, J. Y. Thong, and X. Xu, *Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*, pp. 157-178, 2012.
- [14] K. Chen and A. H. S. Chan, “Gerontechnology Acceptance by Elderly Hong Kong Chinese: A Senior Technology Acceptance Model (STAM),” *Ergonomics*, 57:635–652, 2014.
- [15] M. T. Harris and W. A. Rogers, “Developing a Healthcare Technology Acceptance Model (H-TAM) for Older Adults with Hypertension,” *Ageing Society*, pp. 1–21, 2021.
- [16] C. W. Phang, J. Sutanto, A. Kankanhali, L. Yan, B. C. Y. Tan, and H. H. Teo, “Senior Citizens' Acceptance of Information Systems: A Study in the Context of E-Government Services”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 53(4), 2006.
- [17] T. L. Mitzner, J. B. Boron, C. B. Fausset, A. E. Adams, N. Charness, S. J. Czaja, et al., “Older Adults Talk Technology: Technology Usage and Attitudes,” *Computers in Human Behavior*, 26:1710–1721, 2010.
- [18] F. Parra, B. Abdelfattah, and K. Bagchi, “Aesthetics in the Adoption of Information and Communication Technology,” *AMCIS 2012 Proceedings*, no. 25, 2012.
- [19] M. Anderson and A. Perrin, "Tech adoption climbs among older adults," *Pew Research Center*, 2017.
- [20] E. Vaportzis, M. Giatsi Clausen, and A. J. Gow, “Older Adults Perceptions of Technology and Barriers to Interacting with Tablet Computers: A Focus Group Study,” 8:1687, 2017.

- [21] M. Anderson and A. Perrin, "Technology Use Among Seniors," Washington, DC: Pew Research Center for Internet & Technology, 2017.
- [22] G. Fox and R. Connolly, "Mobile Health Technology Adoption Across Generations: Narrowing the Digital Divide," *Information Systems Journal*, 28: 995–1019, 2018.
- [23] M. Faverio, "Share of Those 65 and Older Who Are Tech Users Has Grown in the Past Decade," *Pew Research Center*, 13(7), 2022.
- [24] J. Numpradit and S. Chaichomchuen, "องค์ประกอบและขั้นตอนการพัฒนาระบบความเสมือนจริงทางด้านการศึกษา," *Journal of Education Khon Kaen University*, 42(2): 1-18, 2019.
- [25] W. R. Sherman and A. B. Craig, *Understanding Virtual Reality*, San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2003.
- [26] J. Jerald, Ph.D. "The Vr Book: Human-Centered Design for Virtual Reality" *ACM Books USA*, 2016
- [27] ISO, *International Standard: ISO 9241-210 (Human-Centred Design for Interactive Systems)*, 2019. Accessed Nov 10, 2023, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en>
- [28] D. Benyon, *Designing User Experience*, Pearson, UK, 2019.
- [29] A. Marcus, S. Abromowitz, and M. F. Abulkhair, *Design, User Experience, and Usability*, Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 2013.
- [30] H. M. Hassan and G. H. Galal-Edeen, "From Usability to User Experience", *International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)*, pp. 216-222, 2017.
- [31] "Explorations in VR Design," *Leap Motion Blog*. Accessed: Jan 5, 2024, <https://blog.leapmotion.com/explorations-vr-design/>
- [32] L. Kelly, "Your Brain on VR: The Psychology of Virtual Reality," *Form for Thought*, 2017, Accessed: Jan 5, 2024, <http://formforthought.com/psychology-of-virtual-reality-vr-design/>.
- [33] P. Shanmugam, "UX & Virtual Reality — Designing for Interfaces without Screens," *Uxness.in*, 2015. [Online]. Accessed: Jan 5, 2024, <http://www.uxness.in/2015/08/ux-virtual-reality.html>
- [34] D. Allen, "The Fundamentals of User Experience in Virtual Reality," *Block Interval*, 2015. Accessed: Jan 5, 2024, Available: <http://www.blockinterval.com/project-updates/2015/10/15/user-experience-in-virtual-reality>
- [35] M. Mon-Williams and J. R. Tresilian, "Ordinal Depth Information from Accommodation," *Ergonomics*, vol. 43(3):391–404, 2000.
- [36] Developer Center — Documentation and SDKs | Oculus, *Developer3.oculus.com*, Accessed: Jan 5, 2024, https://developer3.oculus.com/documentation/intro-vr/latest/concepts/bp_intro
- [37] บุญชม ศรีสะอาด, *การวิจัยเบื้องต้น*, กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2535.

A Comparative Study of 3D Navigation Techniques Using Trackpads in Desktop VR

Banyapon Poolsawas*

College of Creative Design and Entertainment Technology, Dhurakij Pundit University

Received: April 4, 2024; Revised: December 4, 2024; Accepted: December 24, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – The limited input capabilities of trackpads compared to traditional mice hinder smooth 3D navigation, impacting productivity and user experience in design and gaming software. This research investigates the effectiveness of current trackpad-based 3D navigation methods. By comparing task performance user feedback, and identifying the strengths and weaknesses of various techniques, the study aims to guide the development of more intuitive trackpad navigation solutions.

KEYWORDS: Trackpad, 3d Navigation, Interactive, User experience, System usability scale

1. Introduction

Trackpads are ubiquitous input devices on laptops, but their limited control variety hinders their usability compared to mice for general tasks. Mice are indirect, relative input devices with two degrees of freedom (DoF) and three states: constant or isometric weight, which corresponds to mouse movement on the x and y axes, and three states: hovering, tracking, and dragging. In contrast, trackpads are direct, absolute, isometric input devices with two DoF and two states. [1]. Fitts' law, which predicts the time it takes for a user to reach a target area, has been extensively studied in comparing mice and trackpads. It relates the time it takes to click on a target object to the distance from the object and the size of the target object. It has been continuously used in UI design for various elements on websites and applications [2][3][4]. The restricted control capabilities of trackpads often lead to unintuitive interactions with 3D content, resulting in challenges for performance and user experience. These limitations are particularly evident in specialized applications like design software or gaming. This study explores the effectiveness of interaction techniques and 3D content rendering on trackpads, focusing on primary tasks performed on laptops running Windows and Linux operating systems. This is primarily due to these devices' lower cost than OSX laptops, which are relatively expensive. The research compares the work results regarding performance and effectiveness in navigating 3D environments. Developers used three game engines to develop applications in similar environments with different navigation methods: mouse and keyboard control, WASD keyboard control [5][6], trackpad and keyboard control, and touchpad control

only. Usability data was collected using the System Usability Scale (SUS) [7][8] and satisfaction scores from a sample of 90 participants. The study's results will show each control method's advantages and disadvantages, providing guidelines for developing more intuitive and easy-to-use trackpad navigation systems. This research will guide intuitive trackpad-based navigation systems in 3D action-adventure games. The applications focus on in-world exploration and interaction, where players use the trackpad for camera control and movement, like using a mouse in traditional PC games. While users navigate primarily with the trackpad, they will still use the keyboard to jump, attack, and interact with objects. By analyzing the effectiveness of different trackpad navigation methods, this research aims to inform the design of future games that prioritize trackpad-based input.:

RQ1: Can 3D navigation using a trackpad alone be as effective as using a mouse and keyboard and a trackpad with a keyboard?

RQ2: Can the evaluation of trackpad usability be used as a guideline for navigation system design?

2. Related Work

This research develops a program to record user log files through the Unity game engine.

2.1 Game Engine

The game engine is a primary tool for creating interactive game media. Users can start developing games or interactive media quickly, saving time and allowing for

*Corresponding Author: Banyapon.poo@dpu.ac.th

rapid game content and systems development without writing all the code from scratch [9]. This rapid development is possible because the engine includes many components that work together, which users do not need to set up initially. These include physics, graphics processing, and memory management systems, allowing game developers to focus on game design and content without worrying about technical details. Currently, game engines support multiple platforms. This research uses the Unity game engine as the primary game engine for development with the C# programming language. It collects navigation and control data through log files recorded at 30 frames per second (FPS) for analysis of usability evaluation of 3D navigation.

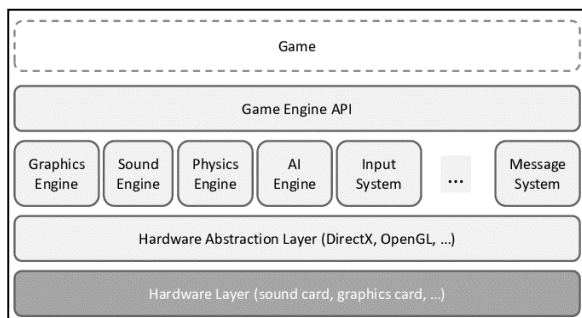


Figure 1. The architecture of Game Engine [10].

2.2 System Usability Scale (SUS)

The primary data analysis in this research utilized a usability evaluation of the 3D navigation system. Usability is defined in the ISO 9241 standard as the effectiveness, efficiency, and satisfaction of targeted users in achieving specified tasks in a particular environment. Quesenbery (2004) [11] further defines usability through the 5Es principles:

Effective: The system must enable users to complete tasks accurately and successfully.

Efficient: The system must allow users to complete tasks quickly and with minimal effort.

Engaging: The system must be enjoyable and motivating to use.

Error tolerance: The system must be forgiving of user errors and provide clear feedback.

Easy to learn: The system must be easy to understand and use, even for first-time users.

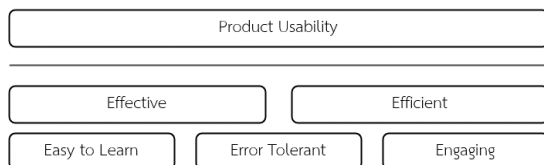


Figure 2. 5Es usability model.

2.3 Usability Evaluation of 3D Navigation Systems

Usability evaluation is a systematic method for determining whether a product or service aligns with its target users' usability needs and expectations. Within 3D navigation, these evaluations often emphasize technical components, such as data visualization quality (Bleisch, 2012). Various research efforts have explored the usability of navigation systems to enhance their effectiveness. For instance, Delikostidis et al. (2013) [13] highlighted that the presence and visibility of landmarks significantly improve navigation usability.

Similarly, Liao et al. (2017) [14] conducted a comparative study between 2D and 3D maps, analyzing their effectiveness for navigation tasks. Furthermore, Aditya (2010) proposed a comprehensive five-factor model, known as the 5Es, which serves as a framework for assessing the usability of map interfaces [15]. To further develop the findings of these foundational studies, the current research adopts a similar evaluation framework to understand better user preferences and requirements for 3D map-based navigation systems.

2.4 Characteristics, Advantages, and Limitations of Input Devices in 3D Navigation

Input devices such as trackpads, mice, and keyboards are critical in user interaction within 3D environments. Each device offers unique characteristics that influence usability, performance, and user experience, particularly in tasks involving navigation and interaction in virtual spaces.

The trackpad, widely recognized for its compact design and integration into laptops, is a direct, absolute input device with two degrees of freedom (DoF). Its portability and convenience are prioritized by users who value mobility. Trackpads eliminate the need for external accessories, making them ideal for mobile setups. However, accuracy is generally reduced compared to a mouse, and reaction times are slower, leading to decreased movement efficiency. These limitations can increase cognitive load, particularly during complex tasks that demand precision or rapid input.

In contrast, the mouse is an indirect, relative input device that provides precise control with two DoFs, making it a preferred choice for tasks requiring detailed navigation or fine control. Typically used alongside a keyboard, the mouse offers faster reaction times and greater accuracy than a trackpad, enhancing its usability in 2D and 3D environments. Nevertheless, the mouse's reliance on a flat surface and its role as an external accessory limit its portability, which can be inconvenient for some users.

On the other hand, the keyboard serves primarily as a tool for inputting commands or controlling navigation through predefined key mappings. It does not offer direct control over orientation but is reliable for executing discrete commands. Layouts like WASD are commonly used for movement in gaming and virtual spaces, providing a standardized approach for directional inputs. However, the keyboard's inability to handle rotational or orientation control necessitates using complementary devices such as a mouse or trackpad to enable complete navigation functionality.

The usability and efficiency of input devices in 3D navigation depend on their ability to balance movement and orientation control. While the mouse offers superior precision, the trackpad's convenience and integration make it a viable alternative in scenarios where portability is prioritized. While robust for movement input, keyboards require complementary devices for effective orientation control.

Previous studies have explored the usability of various input devices, highlighting their respective strengths and limitations in different contexts. For instance, Watral et al. (2023) compared the performance of mice and trackpads in a web-based application for assessing visuomotor adaptation. While motor learning outcomes were similar for both devices, reaction times were significantly faster for mouse users, emphasizing the trackpad's relatively higher cognitive demands and reduced movement efficiency. These results underline the importance of considering cognitive load and precision when evaluating input devices for 3D navigation tasks [16].

Similarly, Kar et al. (2015) conducted a comparative analysis of input devices, including mice and trackpads, focusing on their impact on posture, performance, and user comfort. The study found that mice consistently outperformed trackpads in precision-based tasks, which aligns with the findings of Watral et al. However, trackpads demonstrated ergonomic advantages in certain scenarios, suggesting that their usability may depend on the specific context and user requirements. Together, these studies provide a foundation for understanding how input device characteristics influence user performance and inform the selection of appropriate tools for 3D navigation. The research by Watral et al. (2023) aligns with the provided summary. It focuses on comparing mouse and trackpad performance in an online application designed to assess visuomotor adaptation. The study concluded that while both devices resulted in similar motor learning outcomes, mouse users demonstrated faster reaction times than trackpad users. The findings suggest that operating a trackpad may impose greater cognitive demands and result in less efficient movement control.

3. Methodology

3.1 Current navigation techniques

Researchers broadly classify navigation techniques in 3D environments into Discrete and Continuous navigation. [17]

Discrete navigation explicitly defines the user's orientation or position without any intermediate transition. In a 3D environment, a predefined "area" in the form of cells or a "grid" restricts the user. The user can move from one point to another by instantly changing position from one cell to another.

Continuous navigation, on the other hand, rotates and moves the user gradually over time. Users can move freely in the virtual world without being restricted by cells or grids. Users can move through simulated walking, running, jumping, or flying to any point in the 3D environment at any time during the game.

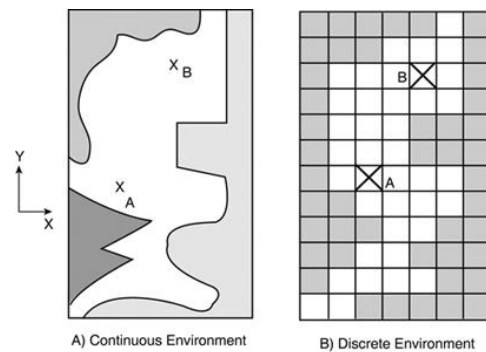


Figure 3. Discrete and Continuous navigation techniques.

Navigation can be divided into two components: Travel and Orientation. Travel allows users to explore their surroundings, while Orientation allows them to change their viewpoint within the environment. Each navigation technique is typically tied to a specific input method. Combined with task design for users, data on time and usage can be collected and analyzed to assess the efficiency, effectiveness, and usability of navigation techniques through statistical analysis of data collected from user groups or experimental samples. [18]

3.2 Interface Navigation

The three navigation interfaces presented in this study were limited to using only three input devices: a trackpad, a mouse, and a keyboard. The first method paired mouse control with the keyboard through the keyboard. The second method paired trackpad control with the keyboard. Both methods used the WASD keyboard layout for travel input and the mouse for orientation input in the first method and the trackpad in the second method.

The third method used the trackpad as the primary input device but changed the orientation input method to

tapping and holding the trackpad with one finger and used the travel input method by tapping the trackpad with two fingers and moving in the Y-axis on the trackpad by moving from the bottom to the top for forward movement and from the top to the bottom for backward movement.

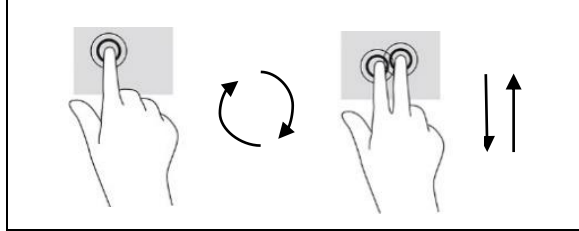


Figure 4. The third method is used via trackpad.

User Interface 1: Mouse and Keyboard

This navigation system employs a traditional setup using a mouse and keyboard. The user controls movement with the keyboard's WASD keys—W for forward, S for backward, and A/D for sidestepping left and right. The mouse controls orientation, allowing users to adjust their view by moving the mouse to rotate in the desired direction.

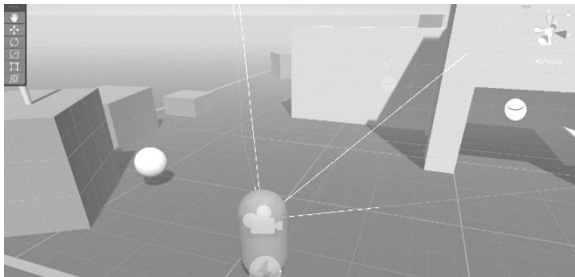


Figure 5. Design a consistent user interface in Unity where elements can be controlled through different movement mechanisms.

User Interface 2: Trackpad and Keyboard

This navigation system combines a keyboard and trackpad for user input. The keyboard's WASD keys are utilized for movement in the virtual environment, while the trackpad facilitates directional adjustments. Users can swipe or tap the trackpad with a single finger along the x-axis (left and right) to simulate rotation towards a desired direction, providing an intuitive way to control navigation.

User Interface 3: Control using Trackpad

In this interface, the trackpad is the sole input device for navigation. Directional control differs from the second interface, requiring two fingers instead of one to input travel commands. Users can simultaneously tap and move their fingers on the trackpad to adjust direction and simulate movement, offering a more dynamic and tactile navigation experience.

3.3 Designing an environment and tasks

In this study, we designed a 3D environment using the Unity 3D game engine. The environment consisted of a rectangular room with a clearly defined path for the user to follow around the map. The user's task was to navigate to four Points of Interest (POIs) located in each corner of the scene within a specified time limit.

3.4 Experiment Participants and Conditions

This experiment involved 90 participants, consisting of students and members of the public. The participants were divided into three subgroups of 90 people each, according to the following conditions:

Group α : Used interface 1 Mouse and Keyboard

Group β : Used interface 2 Trackpad and Keyboard

Group γ : Used interface 3 Control using Trackpad

3.5 Operation and Procedure

For each group of participants (α , β , γ), an instructor will guide them through completing the assigned tasks in each trial. The tasks require participants to navigate the 3D environment and visit all designated Points of Interest (POIs). Each participant will receive a one-minute introduction to the system before the experiment.

This introduction will cover the controls for navigation and the locations of the POIs, which will be displayed on a map along with the corresponding navigation routes. Following the instructor's demonstration, participants will proceed to begin their trials.

Suppose a participant fails to complete the task within the allotted time of one minute. In that case, the researchers will mark the trial as unsuccessful and allow the participant to repeat the task.

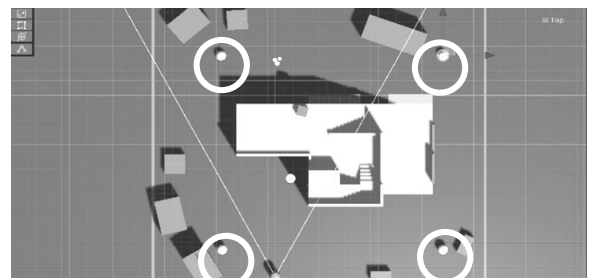


Figure 6. Top view of a simulated environment designed in Unity, including the positions of four POIs. The user's task is to travel to all four locations that appear on the square area of the scene.

After the repeated trials, researchers will interview to collect information on the factors contributing to the task failure. This information will support the research topic. After the users or the sample group have completed the experiment, there will be a usability evaluation form for the developed program, the System Usability Scale

(SUS), to collect data on whether the overall score is more than 68 points.

3.6 Data Definition

This research primarily collects time-based data in seconds to evaluate the effectiveness of navigation techniques. However, the program also collects other control input data that affect user actions, such as decision-making, accuracy, and task correctness. Researchers analyze the collected data together with time. The definitions of each measurement data are as follows:

Total Time: The experiment's timer starts when the user presses any button to begin the task and stops when the user visits all POIs in the program. Visiting all POIs and stopping the timer signifies task completion for the user or the sample group.

Navigation Time: This navigation tool records the time spent exploring a simulated environment. It captures data every time a navigation-related key is pressed, including WASD keyboard movement and camera rotation. The recorded time data and user location data at POIs are used to verify whether users or participants are completing the target or task correctly.

Camera Translation: In a 3D environment, a character created in a first-person view has a camera that serves as the user's viewpoint, like their regular sight. In navigation that specifies the movement of this camera, data on the time spent exploring the simulated environment is recorded. This happens every time a button related to movement is pressed in all three groups: α , β , and γ , and there is a change in the movement position values in the program on the x and z axes.

Camera Rotation: This data records the time spent rotating the camera view in horizontal and vertical axes. For groups β and γ , the system records the time of a single finger tap on the device. For group α , the system records the time of a mouse button press. Like camera translation, the corresponding button/mouse press increases the time value.

Camera Total Time: This metric measures the total duration of camera movements initiated by the user, such as panning and rotating, within a first-person perspective (FPP) environment [19]. It refines previously established metrics, focusing specifically on camera interactions.

Idle Time: Idle Time represents the duration a user is not actively interacting with the navigation system. Researchers determine Idle Time by subtracting the total camera usage time from the overall navigation time. This metric quantifies the pauses or inactive periods users take while navigating the environment.

$$Idle_{Time} = Navigation_{Time} - CameraTotal_{Time}$$

4. Result

The results of the study are presented in the appropriate sections for each of the measurements defined above. We elaborate more on these results in the discussion section.

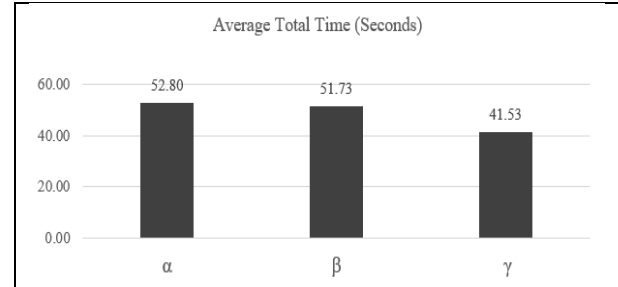


Figure 7. Average total time of task.

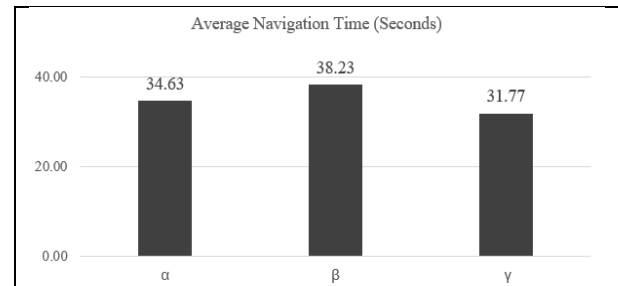


Figure 9. Average navigation time of task.

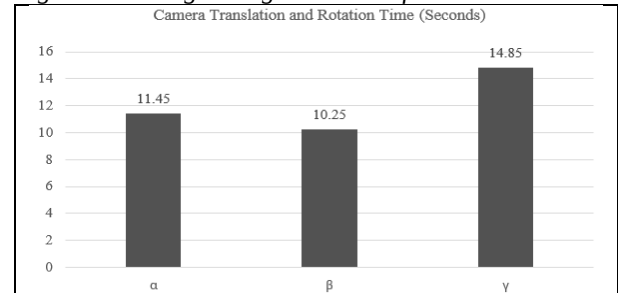


Figure 10. Average Camera translation time of task

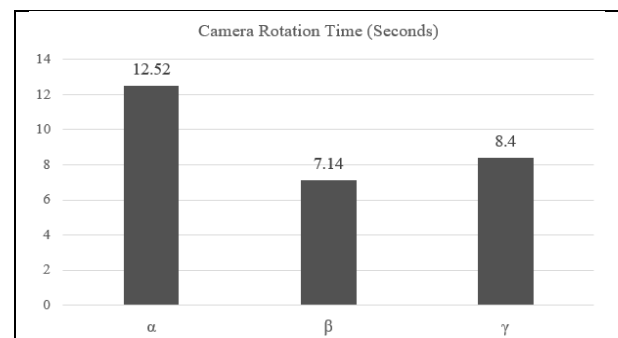


Figure 11. Average Camera rotation time of task

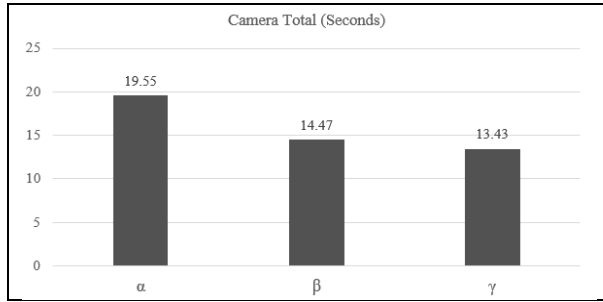


Figure 12. Average Camera Total time of task.

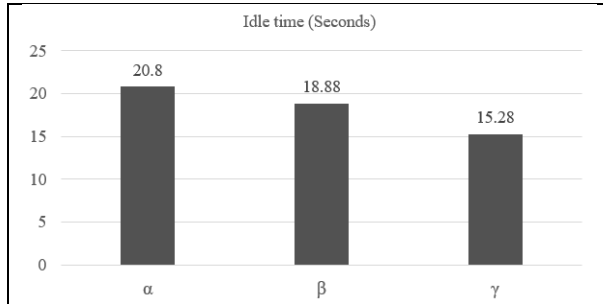


Figure 13. Average idle time of task.

The interface γ exhibited the shortest average total time (41.53s, SD = 1.431s), followed by interface β (51.73s, SD = 1.981s) and interface α (52.80s, SD = 1.689s) (see Figure 7). A one-way ANOVA revealed a significant difference in mean total game times across at least one group ($F(2, 87) = 4.52, p < 0.01$). Interface γ demonstrated significantly shorter game times compared to interface α (WASD and mouse controls), while interface β (WASD and trackpad) showed no significant difference compared to either. This lack of a significant difference between interface β (WASD and trackpad) and interface γ (trackpad only) indicates that trackpad-only navigation could be as efficient as a combined WASD and trackpad approach.

About average camera translation Interface α average total time was 11.45s (SD 1.185s), interface β average total time was 10.25s (SD 1.083s), and interface γ was 14.85s (SD 2.065s). An ANOVA revealed significant differences in camera translation and rotation (see Figures 10 and 11). The average time for camera translation for γ was significantly different with $F(2, 87) = 4.76, p < 0.0114$. The average time spent rotating the camera for Interface α was 12.52s (SD 2.255s), interface β was 7.14s (SD 2.025s), and Interface γ was 8.4s (SD 2.061s), which was also significantly different from $F(2, 87) = 4.12, p = 0.02$. Camera rotation times differed significantly between control methods. Interface α (WASD and mouse) was significantly faster than interface γ (trackpad-only). Interface β (WASD and trackpad) did not significantly differ in rotation speed from the other interfaces. This analysis revealed a significant main effect of the control method on the average camera total time: $F(2, 87) = 11.23, p = 0.00003$.

Post-hoc comparisons utilizing Tukey's HSD test [20] demonstrated that interface α exhibited significantly longer durations for camera tasks compared to both trackpad-based control methods ($\beta, p = 0.001$) and Trackpad only ($\gamma, p = 0.005$). However, the two trackpad-based methods did not significantly differ ($p = 0.999$).

The ANOVA results are significant, revealing a substantial main effect of the control method on navigation times. The findings, with a significant main effect of the control method on navigation times, $F(2, 87) = 10.23, p < 0.0001$, are crucial for our understanding. Post-hoc comparisons test further revealed that the interface β took the longest time to navigate, while the interface γ took the shortest time.

The interface α had an average navigation time. The results showed a significant main effect of the control method on idle times, $F(2, 87) = 10.34, p = 0.0002$. Researchers observed that interface γ had the lowest average idle time, and interface α had the highest idle time. This indicates that the control method significantly influences idle times, with interface γ being the most efficient and interface α being the least efficient.

Assessing whether this aspect constitutes a disadvantage necessitates considering additional metrics such as task completion time and accuracy. The System Usability Scale (SUS) [21] scores obtained for the three interfaces indicate minor differences in perceived usability. Interface α (WASD and mouse) recorded the highest average SUS score of 70.15, followed by interface γ (trackpad only) at 69.66 and interface β (WASD and trackpad) at 68.94. These findings have practical implications for the design and implementation of control methods in 3D navigation systems.

Although the differences in scores are relatively small, they imply a slight preference for the traditional WASD and mouse setup regarding overall usability in the context of 3D navigation. Importantly, the usability scores for all interfaces fall within the acceptable range, providing reassurance that users did not perceive any interfaces as unusable.

5. Conclusion and Future Work

The findings of this research demonstrate that interface γ , which relies solely on trackpad controls, exceeded expectations (RQ1). Although the traditional combination of WASD keys and a mouse (interface α) showed a slight advantage in overall navigation time, the trackpad-only interface proved to be a surprisingly strong contender. It stood out regarding navigation performance and minimizing idle time, showcasing an efficient and well-structured control approach. While interface γ required slightly more time for camera translation, its performance in other areas reinforces the trackpad's potential as a capable and user-friendly tool. These

results suggest that trackpad-based controls can challenge traditional human-computer interaction (HCI) and virtual reality (VR) standards.

Moreover, the System Usability Scale (SUS) scores revealed minimal differences in perceived usability across the interfaces (RQ2). Interface α achieved the highest average score of 70.15, but all interfaces (α , β : 68.94, and γ : 69.66) remained within the acceptable range for usability. This indicates that all control schemes can provide a user-friendly experience for 3D navigation and instill confidence in users regarding their choices. This study introduces alternative control methods for navigating 3D virtual environments, with the trackpad-only approach demonstrating competitive performance against traditional methods. Despite a slight increase in camera translation time, the trackpad-only interface excelled in navigation efficiency. It reduced idle time, confirming its potential as a practical and effective choice for virtual space navigation.

Beyond exploring 3D navigation, this research allows further improvements in trackpad usability across various contexts. The results highlight the strengths and limitations of trackpad navigation, particularly in terms of accuracy, comfort, and cognitive load. These insights can inform the development of interfaces that cater to a broader range of users.

Finally, this study provides valuable guidance for game designers and software developers seeking to create products that maximize the functionality of trackpads. The findings offer practical insights into designing navigation systems that balance usability and responsiveness to real-world user needs. This research encourages the development of accessible and practical products that enhance navigation and interaction in virtual environments while delivering more user-friendly solutions.

References

- [1] Faizan, M. S., Mian, T., & Muzammil, M., “A Comparative Analysis of a Mouse and Touchpad Based on Throughput and Locations for a Laptop Computer. In *Ergonomics for Improved Productivity: Proceedings of HWWE 2017*”, pp. 219-225, Springer Singapore, 2021.
- [2] Kar, G., Vu, A., Juliá Nehme, B., & Hedge, A., “Effects of mouse, trackpad and 3D motion and gesture control on performance, posture, and comfort. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*”, 59(1): 327-331, Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2015.
- [3] General, A., Da Silva, B., Esteves, D., Halleran, M., & Liut, M., “A comparative analysis between the mouse, trackpad and the leap motion”, In *CHI Conference*, 2016.
- [4] Watral, A. T., Morley, A., Pastel, R., & Trewartha, K. M., “Comparing mouse versus trackpad input in a web-based app for assessing motor learning”, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 67(1): 2113-2119, Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2023.
- [5] Gkikas, K., Nathanael, D., & Marmaras, N., “The evolution of FPS games controllers: how use progressively shaped their present design”, In *Panhellenic Conference on Informatics (PCI)*, pp. 37-46, 2007.
- [6] Pittarello, F., Dumitriu, A., & Piazza, E., “3D interaction with mouse-keyboard, gamepad and leap motion: A comparative study. In *Smart Objects and Technologies for Social Good*”, Third International Conference, GOODTECHS 2017, Pisa, Italy, November 29-30, 2017, Proceedings 3, pp. 122-131, Springer International Publishing, 2018.
- [7] Lewis, J. R., & Sauro, J., “The factor structure of the system usability scale. In *Human Centered Design*”, First International Conference, HCD 2009, Held as Part of HCI International 2009, San Diego, CA, USA, July 19-24, 2009 Proceedings 1, pp. 94-103, Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [8] Vlachogianni, P., & Tselios, N., “Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review”, *Journal of Research on Technology in Education*, 54(3): 392-409, 2022.
- [9] Nilson, B., & Söderberg, M. *Game Engine Architecture*. Mälardalen University, 2007.
- [10] Fischer, T., Daum, M., Irmert, F., Neumann, C., & Lenz, R., “Exploitation of event-semantics for distributed publish/subscribe systems in massively multiuser virtual environments”, In *Proceedings of the Fourteenth International Database Engineering & Applications Symposium*, pp. 90-97, 2010.
- [11] Quesenbery, W., “Balancing the 5Es of usability”, *Cutter IT Journal*, 17(2): 4-11, 2004.
- [12] Quesenbery, W., “The five dimensions of usability. In *Content and complexity*, pp. 93-114, Routledge, 2014.
- [13] Delikostidis, I., Engel, J., Retsios, B., Van Elzakker, C. P., Kraak, M. J., & Döllner, J., “Increasing the usability of pedestrian navigation interfaces by means of landmark visibility analysis”, *The Journal of Navigation*, 66(4): 523-537, 2013.
- [14] Liao, H., Dong, W., Peng, C., & Liu, H., “Exploring differences of visual attention in pedestrian navigation when using 2D maps and 3D geo-browsers”, *Cartography and Geographic Information Science*, 44(6), 474-490, 2017.
- [15] Aditya, T., “Usability issues in applying participatory mapping for neighborhood infrastructure planning”, *Transactions in GIS*, 14, 119-147, 2010.

- [16] Watral, A. T., Morley, A., Pastel, R., & Trewartha, K. M., “Comparing mouse versus trackpad input in a web-based app for assessing motor learning”, In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* ,67(1): 2113-2119, Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications, 2023.
- [17] Tan, D. S., Robertson, G. G., & Czerwinski, M., “Exploring 3D navigation: combining speed-coupled flying with orbiting”, In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* , pp. 418-425, 2001.
- [18] Amaro, G., Mendes, D., & Rodrigues, R. “Design and evaluation of travel and orientation techniques for desk”, vr. In *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 222-231, IEEE, 2022.
- [19] Rapp, A., & Gena, C., “Immersion and involvement in a 3D training environment: Experimenting different points of view”, In *2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)* pp. 18-23, IEEE, 2014.
- [20] Abdi, H., & Williams, L. J., “Tukey’s honestly significant difference (HSD) test” *Encyclopedia of research design*, 3(1): 1-5, 2010.
- [21] Sauro, J., “SUSstified? Little-known System Usability Scale facts. User Experience: The Magazine of the User Experience Professionals Association”, 10(3), 2011.

An Application of Machine Learning Techniques for Loan Default Payment Prediction

*Wilawan Inchamnam, Jesada Kajornrit and Waraporn Jirapanthong**

Collage of Creative Design and Entertainment Technology Dhurakij Pundit University

Received: June 26, 2024; Revised: December 20, 2024; Accepted: December 24, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – In the banking business, predicting customer default payments has become a crucial operation to prevent and mitigate risks caused by non-performing loans. Presently, machine learning techniques are used alongside traditional methods for this task. This paper explores several ways to apply machine learning techniques in predicting default payments. The prediction development framework includes data encoding, data sampling, and model development. At each step, various techniques are tested and compared to find optimal solutions for business requirements. Our findings conclude that ensemble models are a good choice over a single model to increase the precision of the default payment class. The Over-sampling method is a suitable choice to increase recall of the default payment class, whereas the Under-sampling method is not recommended. Furthermore, if the size of the input vector is a concern, the Weight of Evidence encoding method can be used instead of One-hot encoding without a loss in performance.

KEY WORDS -- Loan Default Payment, One-Hot Encoding, Weight of Evidence Encoding, Over-Sampling Technique, Under- Sampling Technique, Decision Trees Classifier, Ensemble Methods

1. Introduction

In the banking business, assessing customer loans is a crucial procedure to minimize the impact of default payments and maintain risks at an acceptable level. Currently, the loan evaluation process relies not only on human expertise but also incorporates modern analytics like machine learning. The prediction model for loan default payments utilizes both current and historical customer information to assess their ability to repay on time [1]. An accurate prediction model improves the decision-making of human experts, instilling greater confidence. Consequently, the development of a precise loan default payments prediction system stands as a vital task for ensuring the profitability and sustainability of the bank.

In the current landscape, machine learning methodologies have become pervasive across diverse industries, and the banking sector is no exception. The utilization of machine learning prediction models enables banks to anticipate the likelihood of loan default payments in advance, thereby facilitating proactive risk mitigation strategies. It is undeniable that the efficacy of machine learning models depends upon the quality of the training data. Unfortunately,

data related to loan default payments commonly exhibits imbalance [2], with the number of default payments smaller in comparison to non-default payments. Additionally, information about new customers, particularly those entering the workforce for the first time, is often deficient. Consequently, generating accurate predictions based on such limited information is rather challenging. This paper seeks to address these challenges.

The paper is structured as follows: Section 2 introduces relevant literatures. Section 3 presents the statistics of the loan default payments dataset. Section 4 proposes the methodology and related techniques. Section 5 presents the experimental results followed by discussions. Finally, section 6 is our conclusion.

2. Related Works

Several studies on predicting loan default payments favor the use of interpretable machine learning models such as Decision Trees and their ensemble techniques. These models offer favorable prediction results, relatively quick training times, require minimal data preprocessing, and provide a prediction

*Corresponding Author: waraporn.jir@dpu.ac.th

mechanism that is easily understandable to humans. The following literature reviews some of these studies.

Soni and Shankar [3] employed Random Forest classification to forecast bank loan defaults. They asserted that the ensemble technique surpasses single models like logistic regression, k-nearest neighbors, support vector machine, and decision tree classification. In a similar vein, Shaheen and ElFakharany [4] demonstrated that Random Forest and Gradient Boosting Tree outperform individual techniques in prediction accuracy when applied to predict loan default datasets.

Fan [5] conducted a comparison between LightGBM and Random Forest algorithms for predicting personal loan defaults. He asserted that LightGBM demonstrated superior predictive performance. Similarly, Lai [6] affirmed the effectiveness of AdaBoost, highlighting its superior performance compared to XGBoost, Random Forest, K- Nearest Neighbors, and Neural Network in predicting loan defaults using real-world datasets from a prestigious international bank. In another study, Barua et al. [7] investigated the use of the CatBoost algorithm for loan default prediction. CatBoost, known for its fast learning and ability to handle categorical data, was compared to Random Forest and Gradient Boosting Tree. The authors claimed that CatBoost achieved the highest accuracy among all other algorithms.

Al-qerem et al. [8] introduced various classification methods, such as Naïve Bayes, Decision Tree, and Random Forest, for predicting loan defaults. Additionally, they applied a range of preprocessing techniques to the dataset and utilized three different feature extraction algorithms to improve accuracy and performance. In a related study, Patel et al. [9] employed Logistic Regression, Gradient Boosting, CatBoost Classifier, and Random Forest for forecasting loan defaults. They contended that Gradient Boosting and CatBoost Classifier offer comparable accuracy, slightly surpassing Random Forest. However, Logistic Regression yielded unsatisfactory results.

Up to this point, one can see that the accuracy of predictions depends on the dataset's characteristics, especially its features and the information within those features. Handling this challenge becomes more complex when the dataset is imbalanced, leading classifiers to potentially misclassify rare samples from the minority class. It is not universally true that one machine learning algorithm outperforms others in all scenarios. Additionally, resolving this issue doesn't solely rely on machine learning algorithms; some additional techniques may provide

assistance. Consequently, conducting a study is imperative to identify appropriate solutions for this task.

3. Loan Default Payments Dataset

The dataset in this paper is the loan default payments of individual customers. As the source of the data is confidential, the dataset is anonymized. The prediction features of the dataset are demographic information about the customers. The original data consists of sixteen features, as shown in Table 1. However, some redundant or impractical features, such as CUSTOMER_DOB, LOAN_DATE, or ZIP are not selected. The records containing missing values are also removed.

The dataset contains 51,018 records of customer information, which are labeled as default payments (class = 1) and non-default payments (class = 0). The dataset is divided into cross-validation data and final-validation data, with the number of cross-validation records being 38,263 and the number of final-validation records being 12,755. The imbalance ratio of cross-validation and final-validation data is 1:4.28 and 1:4.15, respectively. Table 2 presents some statistics of numeric features, and Table 3 displays some statistics of categorical features.

Table 1. Shows Loan Default Payments Dataset

No	Features	Type	Use	Value Range
1	AGE	Integer	Y	[18, 71]
2	COMPANY_TYPE	Category	Y	5 Unique Values
3	CUSTID	Identifier	Y	-
4	CUSTOMER_DOB	Category	N	-
5	EDUCATION	Category	Y	4 Unique Values
6	LOAN_AMOUNT	Integer	Y	[19415, 100513]
7	LOAN_DATE	Date	N	-
8	MARITAL_STATUS	Category	Y	4 Unique Values
9	NO_OF_DEPENDENT	Integer	Y	[0, 44]
10	SEX	Category	Y	2 Unique Values
11	STATE_NAME	Category	Y	21 Unique Values
12	TOTAL_MONTHLY_INCOME	Integer	Y	[0, 1500000]
13	YEARS_OF_EXPERIENCE	Integer	Y	[0, 70]
14	YRS_IN_PRESENT_JOB	Integer	Y	[0, 60]
15	ZIP	Category	N	-
16	LABEL	Category	Y	2 Unique Values

Table 2. The dataset statistics of numeric features

Statistics	Age	Loan Amount	Number of Dependent	Total Monthly Income	Year of Experience	Year in Present Job
mean	32.84	50895.28	0.95	16235.59	6.47	6.22
std	9.61	6474.09	1.28	11708.12	6.65	6.19
min	18.00	22830.00	0.00	0.00	0.00	0.00
max	71.00	96747.00	34.00	750000.00	70.00	60.00
skewness	0.75	-0.14	1.71	13.94	2.18	2.10
kurtosis	-0.24	0.78	12.65	511.93	6.03	4.88

Table 3. The dataset statistic of category features

Features	Category Code	Counts
COMPANY_TYPE	(0) Government, (1) Individual, (2) Private limited company, (3) Public limited company, (4) Others	(0) 8323, (1) 8467, (2) 22521, (3) 2360, (4) 9347
EDUCATION	(0) High school, (1) Graduate, (2) Postgraduate, (3) Others	(0) 18704, (1) 22286, (2) 1149 (3) 8879
MARITAL_STATUS	(0) Married, (1) Single, (2), Widowed, (3) Divorced	(0) 37346, (1) 13534, (2) 98, (3) 40
SEX	(0) Male, (1) Female	(1) 46040, (2) 4978
STATE	(0) 5701, (1) 5158, (2) 4972, (3) 4580, (4) 4543, (5) 3775, (6) 3323, (7) 3295, (8) 2831, (9) 2599, (10) 1904, (11) 1827, (12) 1810, (13) 1457, (14) 842, (15) 659, (16) 592, (17) 523, (18) 451, (19) 103, (20) 73	

Principal component analysis (PCA) is employed for the analysis of the dataset. Scatter plots between the first and second principal components are depicted in Figure 1. Observably, there is a mixing of minor class datapoints (light + sign) into major class datapoints (strong + sign), potentially introducing challenges in prediction. This pattern is typically observed in new customers for whom the bank has limited information.

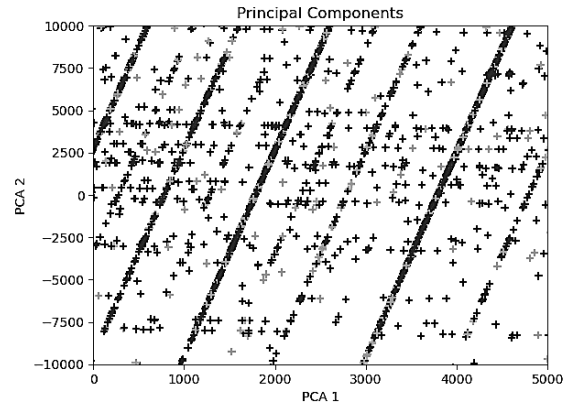


Figure 1 illustrates scatter plot between PCA1 and PCA2 of the dataset.

4. Prediction Methodology

The complete prediction methodology is illustrated in Figure 2. The left segment of the figure represents the operational part, while the right side represents the modeling part. In the operational part, new vector inputs undergo preprocessing to encode category features into numeric features. Next, they are input into the prediction module to determine the class output. The input vector, comprising customer information, is utilized to predict whether the customer belongs to the default or non-default payment class.

In the modeling part, the training data are fed into the encoding process to convert category features into numeric features. Next, the encoded training data are sampled to train a machine learning model. It's important to note that the sampling process is optional, and the entirety of the training data may be utilized instead. The parameters obtained from the encoding process are employed in the preprocessing module, while the trained model is applied in the predicting module.

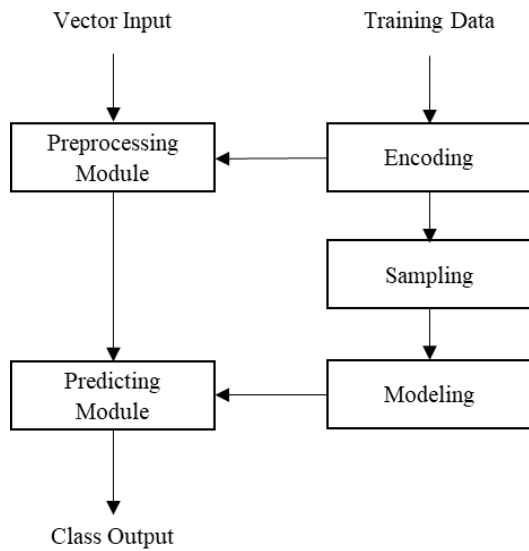


Figure 2 illustrates overall prediction methodology

In practical applications, numerous machine learning libraries tend to favor numeric features over categorical ones. Consequently, it becomes necessary to encode categorical features before training a model. In the Category Encoder website [10], Various category encoding methods have been proposed. This paper opts for two widely recognized encoding methods: namely, One-hot encoding and Weight of Evidence (WoE) encoding methods.

One-hot encoding provides a straightforward method to convert categorical data into numeric form using binary encoding. This process entails establishing binary columns for each category and designating the presence of a category with a "1" in the respective column. However, the number of binary features can expand significantly based on the cardinality of the original features. Consequently, this expansion may lead to an increase in the size of the input vector.

WoE is calculated based on the relationship between the categories of a categorical variable and the likelihood of the target event. The formula for calculating the WoE for a particular category is as follows:

$$WoE = \ln \left(\frac{\text{Distribution of Good Events}}{\text{Distribution of Bad Events}} \right)$$

In cases where the target variable is true (representing non-default payment), it is considered a good event, and vice versa is the bad event. WoE is an encoding method that does not augment the size of the input vector. However, when employed in a non-parametric model for interpretable reasons, it may pose challenges for human analysts in comprehending the insights.

To address the imbalanced class proportions often observed in datasets, a sampling process may be employed. Imbalance is a common occurrence in datasets related to default payment problems. This paper explores two imbalance sampling methods—Over-sampling and Under-sampling—from the Imbalanced-Learn community (<https://imbalanced-learn.org/stable/#>).

Several ensemble techniques involving decision trees have gained popularity for addressing classification problems in the banking domain. This study evaluates various techniques, including Random Forests, Bagging, AdaBoost, and XGBoost, all built upon the Decision Trees classifier. The hyperparameters for all models are chosen through K-fold cross-validation, with k set to 5, to determine the most optimized configurations.

Table 4 provides a summary of the combinations of techniques. Given that the prediction objective centers on the default payment class, this paper will predominantly focus on the outcomes associated with that class.

Table 4. Combinations of techniques in the experiments

Experiment	Sampling	Encoding
A	No	One-hot
B	No	WoE
C	Over-sampling	One-hot
D	Over-sampling	WoE
E	Under-sampling	One-hot
F	Under-sampling	WoE

5. Experimental Results

Table 5 presents the results of Experiment A. In general, the ensemble techniques exhibit higher accuracy compared to the single model. Regarding Class 0, the precision of all models is relatively equal, but the recall is higher in the ensemble techniques. Conversely, for Class 1, the precision of ensemble techniques significantly improves compared to the single model, while the recall decreases notably.

Table 6 displays the results of Experiment B. The average accuracy slightly decreases from Experiment A. The average precision for Class 0 and Class 1 does not differ. The average recall for Class 0 decreases slightly, and vice versa for Class 1. Interestingly, the WoE method does not have a significant impact on the recall of prediction models. However, the Bagging technique benefits considerably from this encoding method, resulting in a 3% increase in the recall of Class 1. Similarly, Random Forests also derive advantages from this

method, with a 5% increase in the precision of Class 1.

Table 7 and Table 8 display the results of Experiments C and D, respectively. In these two experiments, the over-sampling method is applied. Overall, the accuracy of the models slightly decreases. Regardless of the encoding method used, the over-sampling method tends to decrease the recall of Class 0 and precision of Class 1, while increasing the recall of Class 1. In the case of One-hot encoding, AdaBoost seems to be significantly affected. Recall from Class 0 decreases by 9%, precision of Class 1 decreases by 7%, while the recall of Class 1 improves by 9%. With WoE encoding, XGBoost and Bagging exhibit a substantial effect. Recall of Class 0 decreases by 5%, precision of Class 1 decreases by about 9%, but the recall of Class 1 increases by about 8%.

Table 9 and Table 10 present the results of Experiments E and F, respectively, where the under-sampling method is applied. Under-sampling yields outcomes in the same direction as the over-sampling method, albeit with a larger magnitude. In One-hot encoding, the average recall of Class 0 decreases by 32%, the average precision of Class 1 decreases by about 16%, and the average recall of Class 1 increases by about 30%. In WoE encoding, the average recall of Class 0 decreases by more than 37%, the average precision of Class 1 decreases by about 21%, and the average recall of Class 1 increases by about 37%. It appears that under-sampling has a more pronounced effect on WoE compared to One-hot encoding schemes.

Table 5. Results of experiment A

Model	Accuracy	Class 0			Class 1		
		precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
Decision Tree	0.743	0.845	0.834	0.840	0.347	0.366	0.356
Random Forests	0.813	0.838	0.953	0.891	0.541	0.233	0.326
AdaBoost	0.777	0.844	0.887	0.865	0.404	0.317	0.355
XGBoost	0.812	0.841	0.946	0.890	0.534	0.256	0.346
Bagging	0.808	0.835	0.949	0.888	0.510	0.219	0.306
Average	0.791	0.841	0.914	0.875	0.467	0.278	0.338

Table 6. Results of experiment B

Model	Accuracy	Class 0			Class 1		
		precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
Decision Tree	0.743	0.843	0.837	0.840	0.341	0.350	0.345
Random Forests	0.820	0.839	0.962	0.896	0.593	0.230	0.332
AdaBoost	0.743	0.851	0.826	0.838	0.355	0.398	0.375
XGBoost	0.812	0.841	0.946	0.890	0.532	0.255	0.345
Bagging	0.808	0.839	0.943	0.888	0.513	0.247	0.333
Average	0.785	0.842	0.903	0.871	0.467	0.296	0.346

Table 7. Results of experiment C

Model	Accuracy	Class 0			Class 1		
		precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
Decision Tree	0.737	0.848	0.822	0.835	0.343	0.388	0.364
Random Forests	0.801	0.843	0.925	0.882	0.477	0.285	0.357
AdaBoost	0.724	0.850	0.800	0.824	0.331	0.412	0.367
XGBoost	0.789	0.846	0.902	0.873	0.439	0.320	0.370
Bagging	0.799	0.844	0.920	0.881	0.472	0.295	0.363
Average	0.770	0.846	0.874	0.859	0.413	0.340	0.364

Table 8. Result of experiment D

Model	Accuracy	Class 0			Class 1		
		precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
Decision Tree	0.745	0.848	0.833	0.840	0.353	0.377	0.365
Random Forests	0.801	0.843	0.924	0.882	0.477	0.287	0.358
AdaBoost	0.752	0.849	0.843	0.846	0.364	0.375	0.369
XGBoost	0.786	0.846	0.898	0.871	0.431	0.322	0.368
Bagging	0.788	0.845	0.902	0.872	0.434	0.313	0.364
Average	0.774	0.846	0.880	0.862	0.412	0.335	0.365

Table 9. Result of experiment E

Model	Accuracy	Class 0			Class 1		
		precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
Decision Tree	0.555	0.855	0.539	0.661	0.245	0.620	0.351
Random Forests	0.598	0.870	0.589	0.703	0.271	0.634	0.379
AdaBoost	0.561	0.854	0.550	0.669	0.245	0.609	0.350
XGBoost	0.571	0.872	0.549	0.674	0.262	0.665	0.376
Bagging	0.578	0.873	0.558	0.681	0.265	0.662	0.378
Average	0.573	0.865	0.557	0.677	0.258	0.638	0.367

Table 10. Result of experiment F

Model	Accuracy	Class 0			Class 1		
		precision	recall	f1-score	precision	recall	f1-score
Decision Tree	0.564	0.858	0.550	0.671	0.250	0.623	0.357
Random Forests	0.575	0.874	0.553	0.677	0.264	0.668	0.379
AdaBoost	0.565	0.868	0.544	0.668	0.257	0.656	0.369
XGBoost	0.567	0.868	0.546	0.670	0.258	0.654	0.370
Bagging	0.567	0.866	0.548	0.671	0.256	0.647	0.367
Average	0.568	0.867	0.548	0.671	0.257	0.650	0.368

The experimental results yield the following recommendations for achieving default payment (class 1) prediction:

- Using One-hot encoding, a single decision tree model is a good choice for the use case when a higher recall measure is more important. In contrast, an ensemble method would be a suitable solution if precision measure is crucial. Random Forests and XGBoost methods are recommended for the latter scenario. It's worth noting that One-hot encoding with high cardinality category features can result in a large input vector. Model interpretability may become

challenging when extracting knowledge from decision trees in such cases.

- Using WoE encoding, prediction performance does not differ significantly from one-hot encoding, but the input vector to the model is smaller, thereby reducing some computational cost. Random Forest gains benefits from this encoding method with higher precision, and the Bagging technique also gains some benefit with higher recall. In practical terms, if the size of the input vector is a concern, the combination of WoE encoding with Random Forests or the Bagging technique is our suggestion.
- The over-sampling method outstandingly boosts the recall measures of all models, regardless of the encoding method used. However, a decrease in precision measure is a cost to pay. If the recall measure is the primary objective of modeling work, the over-sampling method is recommended. In the case of One-hot encoding, the Bagging method is a good solution. For WoE encoding, the Adaboost method may be our choice.
- Using the under-sampling method is not a good consideration for this problem. Even though the method outstandingly increases the recall measure of class 1, it also decreases the recall of class 0 and the precision of class 1 drastically. This condition occurs in both encoding methods, especially in the WoE method. If the recall measure is the primary concern, we recommend using the over-sampling method instead.
- In practice, data scientists do not limit themselves to using only one model to predict default payment; they may use a group of models working together to pursue better predictions. For example, employing two models simultaneously, where one excels in precision measure and another in recall measure. Furthermore, if more customer financial information is available, this information can be used to develop another prediction model in a modular manner. For instance, considering customers who are not new to credit or those whose transaction behavior is available via digital payments.
- In some cases, default payment prediction has been performed using a traditional rule-based method (traditional expert systems). This condition could lead to the problem of how to extract decision rules from trained machine learning. It may be trivial if a single decision tree model is used, but the prediction performance may be limited to the decision trees. Thus, extracting decision rules from ensemble methods is our future work.

6. Conclusion

The prediction of customer loan default payment holds significance within the banking sector for risk mitigation. The difficulty of this predictive task is particularly pronounced where customer information is constrained, especially among new entrants to the banking institution. This study introduces a utilization of machine learning techniques to forecast customer loan default events. The machine learning techniques encompasses Decision Trees, Random Forest, Bagging, AdaBoost, and XGBoost methods. These methods are employed in conjunction with two encoding methodologies, specifically One-hot encoding and Weight of Evidence encoding. Additionally, both Over-sampling and Under-sampling techniques are applied. Several combinations of these methodologies are evaluated to find out optimal solutions matching to modeling requirements. We found that, in general, all ensemble techniques demonstrate an enhancement in precision measures compared to individual models. Notably, One-hot encoding and Weight of Evidence encoding exhibit no difference in prediction performance but diverge in input vector size. The Over-sampling technique is observed to elevate recall measures but concurrently diminish certain precision measures. Finally, the deployment of machine learning techniques proposed herein is served as a pragmatic guideline for data scientists to design their methodologies with business requirement.

References

- [1] A. K. I. Hassan and a. Abraham, "Modeling Consumer Loan Default Prediction Using Ensemble Neural Networks", International Conference on Computing, Electrical and Electronic Engineering (ICCEEE), Khartoum, Sudan, pp. 719-724, 2013.
- [2] T. Alam, K. Shaukat, I. A. Hameed, S. Luo, M. U. Sarwar, S. Shabbir, J. Li, and M. Khushi, "An Investigation of Credit Card Default Prediction in the Imbalanced Datasets", IEEE Access, 8: 201173-201198, 2020.
- [3] A. Soni and K. C. P. Shankar, "Bank Loan Default Prediction Using Ensemble Machine Learning Algorithm", 2nd International Conference on Interdisciplinary Cyber Physical Systems (ICPS), Chennai, India, pp. 170-175, 2022.
- [4] S. K. Shaheen and E. ElFakharany, "Predictive analytics for loan default in banking sector using machine learning techniques", 28th International Conference on Computer Theory and Applications (ICCTA), Alexandria, Egypt, pp. 66-71, 2018.
- [5] S. Fan, "Design and implementation of a personal loan default prediction platform based on

- LightGBM model”, 3rd International Conference on Power, Electronics and Computer Applications, Shenyang (ICPECA), China, pp. 1232-1236, 2023.
- [6] L. Lai, “Loan Default Prediction with Machine Learning Techniques”, International Conference on Computer Communication and Network Security (CCNS), Xi'an, China, pp. 5-9, 2020.
- [7] S. Barua, D. Gavandi, P. Sangle, L. Shinde, and J. Ramteke, “Swindle: Predicting the Probability of Loan Defaults using CatBoost Algorithm”, 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), Erode, India, pp. 1710-1715, 2021.
- [8] A. Al-qerem, G. Al-Naymat, and M. Alhasan, “Loan Default Prediction Model Improvement through Comprehensive Preprocessing and Features Selection”, Arab Conference on Information Technology (ACIT), Al Ain, United Arab Emirates, pp. 235-240, 2019.
- [9] B. Patel, H. Patil, J. Hembram, and S. Jaswal, “Loan Default Forecasting using Data Mining”, International Conference for Emerging Technology (INCET), Belgaum, India, pp. 1-4, 2020.
- [10] Category Encoders, available at “https://contrib.scikit-learn/category_encoders/”

ระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา An intelligent watering system for sweet corn cultivation with LoRa technology

พงศ์เลิศ สังกะเพศ*, ณวรา จันทร์ศิริ และ บุปผาพรรณ เกลิมวงศ์

Ponglert Sangkaphet*, Nawara Chansiri and Buppawan Chaleamwong

สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Department of Software Engineering, Faculty of Computer Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University

Received: September 28, 2024; Revised: December 20, 2024; Accepted: December 24, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – The cultivation of sweet corn is a field that utilizes a vast area, thereby the care and watering of sweet corn plants are inconvenient and time-consuming. Currently, Internet of Things technology plays a significant role in sending and receiving data, contributing to the development of a smart farm system. However, the Internet of Things still has a limitation on the distance over which data cannot be transmitted. Therefore, this research aims to develop a prototype smart watering system for cultivating sweet corn using LoRa technology, which relies on both receiving and sending data from water valve nodes and sensor nodes. These components communicate data in a peer-to-peer format. The results of system development and testing lead to the conclusion that the system can effectively operate the water valves in both on/off modes and successfully transmit values from remote sensors. The research sample consisted of 5 program development experts and 15 general users. The tools utilized in the research included a system performance evaluation form, and the statistics employed for data analysis were the mean and standard deviation. The results of the overall efficiency evaluation were at a high level, with a mean score of 4.43.

KEYWORDS: Smart Watering System, Internet of Things, Smart Farm, LoRa

บทคัดย่อ -- การเพาะปลูกข้าวโพดหวานเป็นการทำไร่ที่ใช้พื้นที่กว้างมากทำให้การดูแลและการให้น้ำกับต้นข้าวโพดหวานนั้นไม่สะดวกใช้เวลานาน ปัจจุบันมีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งเข้ามามีบทบาทและทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในการทำระบบ smart farm อย่างไรก็ดีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งยังมีข้อจำกัดด้านระยะทางที่ไม่สามารถส่งข้อมูลกันได้ไกล ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์การพัฒนาต้นแบบระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา โดยอาศัยการรับส่งข้อมูลของโหนดวาล์วน้ำและเซ็นเซอร์ที่ทำการส่งข้อมูลกันแบบ Peer to Peer ผลการพัฒนาและทดสอบระบบสรุปได้ว่า ระบบสามารถใช้งานได้จริงทั้งในการเปิด/ปิด ของวาล์วน้ำและการรับส่งค่าเซ็นเซอร์ระยะไกล สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโปรแกรม จำนวน 5 คน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวนอีก 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43

คำสำคัญ: ระบบรดน้ำอัจฉริยะ, อินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง, เกษตรอัจฉริยะ, ลอรา

*Corresponding Author: ponglert.s@ubru.ac.th

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพอากาศในประเทศไทยค่อนข้างมีความแปรปรวนอย่างมากและขาดต่อการควบคุม สภาพอากาศที่ไม่คงที่นี้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งต่าง ๆ ทั้งคน สัตว์ สิ่งแวดล้อม และพืชพันธุ์ต่าง ๆ โดยเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเกี่ยวกับการเพาะปลูกพืช ไม่ว่าจะเป็นพืชไร่หรือพืชสวนก็ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่นิยมปลูกและนำมาใช้ในการรับประทานอย่างกว้างขวางในประเทศไทย ซึ่งการปลูกข้าวโพดหวานเป็นการทำไร่ที่ใช้พื้นที่กว้างมาก ทำให้การดูแลและการให้น้ำกับต้นข้าวโพดหวานนั้นไม่สะดวก ใช้เวลานาน และที่สำคัญข้าวโพดหวานต้องการน้ำที่มีปริมาณมากพอสมควรในการเพาะปลูก [1-2] ปัจจุบันมีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งที่เข้ามามีบทบาทและทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในการทำงานด้านสมาร์ทฟาร์ม ทำให้สะดวกต่อควบคุมและติดตามข้อมูล อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งที่ยังมีข้อจำกัดด้านระยะทางที่ไม่สามารถส่งข้อมูลกันได้ไกล ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่งในรูปแบบการสื่อสารที่สามารถรับส่งข้อมูลได้ในระยะทางที่ไกล นั่นคือ LoRa ซึ่งเป็นเทคโนโลยีรับส่งข้อมูลระยะไกล ใช้พลังงานต่ำและราคาต้นทุนที่ต่ำ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญในการปลูกข้าวโพดหวานให้มีคุณภาพ และมีแนวคิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง มาเพื่อจัดการข้อมูลทางการเกษตร เนื่องจากมีวัตถุประสงค์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกข้าวโพดหวาน ลดต้นทุนในการบริหารจัดการและช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ระบบรดน้ำอัจฉริยะที่ใช้เทคโนโลยีลอราทำการรับส่งข้อมูลกันแบบ Peer to Peer สามารถวัดค่าความชื้นในดิน และควบคุมการรดน้ำอัตโนมัติได้ ทำให้ช่วยประหยัดน้ำรวมถึงการรดน้ำโดยเปล่าประโยชน์ ผู้ใช้สามารถควบคุมระบบนี้ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งยังสามารถตรวจสอบสถานะและข้อมูลของเซนเซอร์ผ่านอินเทอร์เน็ต งานวิจัยนี้มีประโยชน์อย่างหลากหลาย ไม่เพียงแต่ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับพืชที่กำลังปลูกอยู่ แต่ยังส่งเสริมให้การผลิตเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้มีผลทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน การใช้เทคโนโลยีที่มีความแม่นยำสูงในการจัดการระบบเกษตรเป็นทางเลือกที่ดีในการพัฒนาเกษตรกรรมในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 วิเคราะห์และออกแบบระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา

2.2 เพื่อสร้างต้นแบบระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอราให้สามารถใช้งานได้จริง

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ลอรา (LoRa) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในการสื่อสารระยะไกลในงานด้านอินเทอร์เน็ตสรรพสิ่ง (IoT) โดยลอรามีความเด่นด้วยการใช้เทคนิค Proprietary Spread Spectrum technology ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Semtech Corporation ที่ช่วยลดการใช้พลังงานและเพิ่มระยะทางในการสื่อสาร ซึ่งลอราสามารถปรับค่าอัตราบิต (bit rate) ที่ใช้ในการส่งข้อมูล โดยการปรับค่าขึ้นอยู่กับ Spreading Factor (SF) ซึ่งสามารถกำหนดในช่วงระดับ 7 ถึง 12 โดยค่า SF ที่สูงจะทำให้การส่งข้อมูลได้ระยะทางไกล แต่อัตราการส่งข้อมูลจะลดลง [3]

RSSI (Received Signal Strength Indicator) คือ ค่าที่มีความสำคัญในการประเมินคุณภาพของสัญญาณไร้สาย ซึ่งใช้ในการวัดระดับความดังหรือความแรงของสัญญาณที่ถูกส่งมายังอุปกรณ์รับ (Receiver) โดยมักแสดงผลในหน่วย dBm ยิ่งมีค่า RSSI สูงก็ยิ่งแสดงถึงการได้รับสัญญาณที่แข็งแกร่งมากขึ้น แต่ RSSI อย่างเดียวไม่สามารถให้ข้อมูลเพียงพอในการประเมินคุณภาพสัญญาณไร้สาย เนื่องจากสัญญาณรบกวน (Noise) อาจจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของสัญญาณได้ ดังนั้นจึงมักมีการใช้ SNR (Signal-to-Noise Ratio) ร่วมกับ RSSI ซึ่ง SNR คือค่าที่บ่งบอกความต่างระหว่างความแรงของสัญญาณ (RSSI) และระดับของสัญญาณรบกวน (Noise) ซึ่งมักแสดงผลเป็น dB ค่า SNR ที่สูงแสดงถึงคุณภาพของสัญญาณที่ดีกว่าเนื่องจากมีระดับสัญญาณรบกวนน้อย [4]

บอร์ด ESP32 LoRa เป็นชุดพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่ออกแบบมาเพื่อรองรับการพัฒนาให้เป็น Node Station ในระบบเครือข่ายไร้สาย รองรับการทำงานต่อเครือข่ายผ่านสัญญาณความถี่ Wi-Fi 2.4GHz/Bluetooth และสัญญาณเครือข่ายที่ใช้เทคโนโลยีการเข้ารหัสสัญญาณแบบ LoRa

สามารถใช้งานในประเทศไทยที่ย่านความถี่ 923 MHz (AS923-TH) และมีจอแสดงผลแบบ OLED ขนาด 0.96 นิ้ว สีน้ำเงิน ใช้ไฟเลี้ยง 3.3-7V รองรับแบตเตอรี่แบบ Li-ion มีวงจรชาร์จแบตเตอรี่ Li-ion ในตัว สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้ ESP32 LoRa เบอร์ SX1276 ซึ่งทำหน้าที่เป็นโมดูลรับและส่งข้อมูลระยะทางไกลแบบไร้สาย LoRa ที่ย่านความถี่ใช้งาน 920 - 925 MHz [5]

รีเลย์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ใช้ในการเปิด และปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้อ่านาแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้วงจรไฟฟ้าทำงาน รีเลย์มีส่วนประกอบสำคัญคือ ขดลวด และส่วนของหน้าสัมผัสทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ คือเมื่อรีเลย์ได้รับการจ่ายไฟแล้วจะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิด ถ้าไม่จ่ายไฟหน้าสัมผัสจะแยกออกจากกันกลายเป็นวงจรเปิดรีเลย์ถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และเครื่องจักรต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของกระแสไฟฟ้า [6]

บอลลวาล์วไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ เปิด-ปิดน้ำ โดยใช้มอเตอร์เกียร์เป็นตัวไปหมุนบอลลวาล์วซึ่งเหมาะสมมาก สำหรับในระบบน้ำหยดที่ใช้หลักการปล่อยน้ำจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำซึ่งจะทำให้ไม่สูญเสียแรงดันน้ำ มอเตอร์เกียร์ที่นำมาใช้สามารถรับกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 6 ถึง 24 โวลต์ สามารถใช้กับไฟโซล่าเซลล์และไฟฟ้าแบตเตอรี่ได้ใช้งานง่ายปลอดภัย [7]

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor ใช้วัดความชื้นในดิน หรือใช้เป็นเซนเซอร์น้ำ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้แอนาล็อกอินพุตอ่านค่าความชื้นหรือเลือกใช้สัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot [8]

เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ DHT11 เป็นโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นราคาถูก ใช้งานง่าย มีไลบรารีพร้อมใช้ เหมาะสำหรับการใช้งานวัดอุณหภูมิและความชื้นทั่วไป สามารถใช้ไฟได้ 3-5V อ่านค่าอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 50°C และความชื้น 20% ถึง 90% [9]

ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ แผงโซล่าเซลล์ คือ การนำเอาโซล่าเซลล์จำนวนหลาย ๆ เซลล์มาต่อวงจรรวมกัน อยู่ในแผงเดียวกัน เพื่อที่จะทำให้สามารถผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยไฟฟ้าที่ได้้นั้นเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) การใช้แผงโซล่าเซลล์จำเป็นต้องใช้โซล่าชาร์จเจอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติคอยควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ลงสู่แบตเตอรี่ หลักการทำงานก็จะง่าย

กระแสไฟเมื่อแรงดันแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำตามที่ตั้งและทำการตัดการจ่ายกระแสไฟเพื่อไปประจุแบตเตอรี่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่สูงตามที่กำหนดเพื่อป้องกันการ Over Charge

3.1.2ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

Arduino IDE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการใช้งานลักษณะ Open source ซึ่ง Arduino IDE จะทำหน้าที่ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นระบบ Windows Mac OS X หรือ Linux กับ บอร์ด Arduino ซึ่งโปรแกรมนี้ออกแบบมาให้ง่ายต่อการเขียนโค้ดและอัปโหลดกับโปรแกรมที่เขียนเข้าสู่อุปกรณ์ Arduino [10]

Blynk เป็นแพลตฟอร์มที่ช่วยควบคุมอุปกรณ์เชิงอิเล็กทรอนิกส์เช่น Arduino และ Raspberry Pi ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ด้วยความสามารถในการสร้างแอปพลิเคชันที่ควบคุมอุปกรณ์ดิจิทัลผ่านส่วนต่อประสานกราฟิก (widgets) ที่มีให้เลือกมากมาย การตั้งค่าและใช้งาน Blynk เป็นเรื่องง่าย และสามารถเริ่มต้นใช้งานได้ง่าย [11]

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุรัช แซ่จ้าว, (2561) และระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติควบคุมด้วยแอปพลิเคชันนั้นได้จัดทำโดยโปรแกรม Arduino ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีไว้สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อป้อนข้อมูลลงแผงวงจร อีกทั้งมีการนำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิมาวัดอุณหภูมิ เพื่อรดน้ำเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดไว้ การควบคุมเรื่องค่าความเข้มของแสงได้ ซึ่งสร้างเป็น ระบบน้ำวน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ส่งข้อมูลผ่านคลาวด์ และแสดงข้อมูลบนสมาร์ตโฟนได้ผ่านอินเทอร์เน็ต มาช่วยในการควบคุมให้สามารถรับรู้ค่าอุณหภูมิและความชื้นของ สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในระบบควบคุมโรงเรือน เพาะปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นโดยที่ค่าของอุณหภูมิ และความชื้น ภายในระบบควบคุมโรงเรือนเพาะปลูกจะอยู่ ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้การดูแลระบบสมาร์ตฟาร์ม จำลองเป็นไปอย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพระบบ กรองน้ำเพื่อนำน้ำที่ใช้แล้ว กลับมาใช้ใหม่ได้อีกและเพื่อให้ ประหยัดน้ำในการหมุนเวียนน้ำเก่ามาใช้ใหม่ได้อีกขึ้น [12]

นัทกมล ผินนอก, (2563) การนำเทคโนโลยีระบบเซนเซอร์เข้ามาช่วยในการตรวจวัดความชื้นของดินแบบเรียลไทม์ เพื่อติดตามปัญหาการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณผลผลิตของพืช สัตว์ เนื่องจากระบบเซนเซอร์สามารถแจ้งเตือนผลการตรวจวัด

ค่าต่าง ๆ ของดินที่ใช้ในการเพาะปลูกได้ ออกมาในรูปแบบของการประมาณค่าด้วย ระยะทางกลับโดยน้ำหนัก (IDW) ซึ่งจะสามารถประเมินได้ว่าบริเวณพื้นที่แปลงปลูกพืชเหมาะสมหรือสามารถติดตามปัญหาและเพิ่มปริมาณผลผลิตกับพืชได้หรือไม่ จะส่งผลให้เกษตรกรสามารถนำไปจัดการกับพืชทางการเกษตร เพื่อวางแผนล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตได้ [13]

กาญจนาพร เดียวเจริญกิจ (2563) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบควบคุม เกษตรอัจฉริยะ โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว โดยวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะ โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมเกษตร อัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์ แบบฝังตัว 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรในการใช้งานระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้ คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมต่อระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น อยู่ในเกณฑ์ประสิทธิภาพความเหมาะสมที่อยู่ในระดับมากโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ความ พึงพอใจของเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่มีต่อระบบ ควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว [14]

จริญ คนแรง (2565) นำเสนอระบบการส่งข้อมูลสถานะของเซ็นเซอร์ตรวจจับความร้อนจากการเกิดไฟฟ้าผ่านโครงข่ายการศึกษาเบื้องต้นสำหรับการใช้งานเครือข่ายแบบเมชที่ใช้ LoRa โดยไม่ต้องพึ่งพาการเชื่อมต่อ LoRaWAN ในการที่ทำการส่งข้อมูลการติดต่อสื่อสารกันแบบ Star-to-Star โดยอาศัยการส่งข้อมูลของโหนดเซ็นเซอร์ที่ทำการส่งข้อมูลกันแบบ Peer to Peer โดยไม่อาศัยเกตเวย์เหมือนกับ LoRaWAN และในกรณีที่ต้องการเพิ่มระยะทางให้ไกลขึ้นระบบจะทำการเชื่อมต่อกันแบบ Multi-Hop โดยเป็นการนำเสนอต้นแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์โดยใช้อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่ำใน โดยจะทำการทดสอบแบบ Point to Point และทำการวัดค่าของสัญญาณที่รับได้ด้วยเครื่องมือวัดและทำการเทียบกับโมเดลตามหลักทฤษฎี จากนั้นก็จะทำการทดลองหาค่าระยะทางสูงสุดและค่าระยะเวลาในการส่งข้อมูลระหว่างการส่งแบบ Single-Hop และแบบ Two-hop ซึ่งผลจากการวิจัยโดยใช้เทคนิคนี้สามารถนำไปใช้งานด้านการส่งข้อมูลในระยะทางไกลโดยใช้กำลังงานที่ต่ำได้ในภาคอุตสาหกรรมหรือด้านอื่นๆ ได้ในอนาคต [15]

วิทวัส สิทธิกุล (2565) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ลอราแวน (LoRaWan) กับฟาร์มอัจฉริยะ โดยตั้งเสา

สัญญาณเกตเวย์ลอราแวน (LoRaWAN Gateway) จำนวน 3 เสา ทำหน้าที่เป็นตัวกลางสื่อสารข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น กำลังไฟฟ้า และการใช้ภาพจากกล้อง เพื่อวัดน้ำหนักของผลผลิตจากกล้องและความผิดปกติ และติดตามพฤติกรรมของผลผลิตจนสภาพแวดล้อมและระบบไฟฟ้า โดยใช้วิธีการศึกษาคือ ติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวในฟาร์มหุอาสาสมัครและทำการเก็บผลข้อมูล ซึ่งต้องคำนึงถึงข้อมูลในการรับส่งให้มีปริมาณน้อยที่สุด เนื่องจากเครือข่ายสามารถรองรับค่าอัตราส่งข้อมูลสูงสุดได้เพียง 50 กิโลบิตต่อวินาที และข้อมูลดังกล่าวจะถูกแสดงบนหน้าเว็บไซต์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความชื้น และกำลังไฟฟ้า แสดงได้อย่างถูกต้องบนหน้าเว็บไซต์ และภาพผลผลิตจากกล้องในมุมมองด้านบนและด้านข้าง สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำหนักหุอาได้โดยมีความแม่นยำที่ประมาณ ± 1.86 กิโลกรัม จากน้ำหนักหุอาโดยเฉลี่ย 105 กิโลกรัม [16]

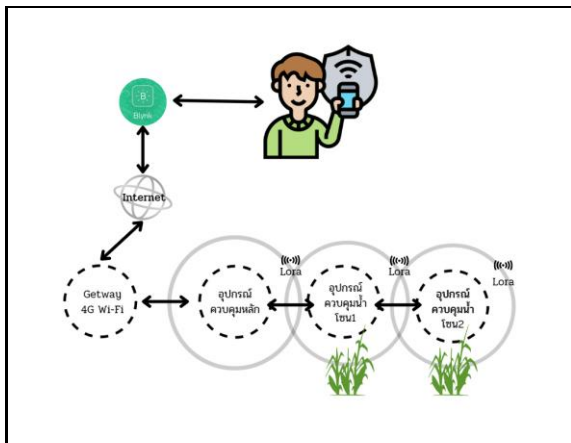
สิทธิโชค พรศรีพิทักษ์ (2564) ได้นำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนรับค่า (2) ส่วนควบคุมและสั่งการ และ (3) ส่วนอุปกรณ์ ที่แสดงผลการทำงานของระบบผ่านระบบเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่ามีการแสดงผลได้ดังนี้ (1) ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สามารถวัดได้ตั้งแต่ 0 – 100 (°C) ค่าความเหมาะสมกับอ้อยคั้นน้ำจะอยู่ช่วงระหว่าง 30–35 (°C) และ (2) ค่าความชื้นในดิน สามารถวัดได้ตั้งแต่ 25%RH – 95%RH และค่าความเหมาะสมกับอ้อยคั้นน้ำจะอยู่ในช่วง 40%RH และ $\geq 65\%RH$ (3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก และผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด [17]

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำแนวคิดประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ การนำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเนตสรรพสิ่ง ใช้ในระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติควบคุมด้วยแอปพลิเคชันนั้นได้จัดทำโดยโปรแกรม Arduino ซึ่งมีการใช้เซ็นเซอร์วัดค่า

อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศและความชื้นของดิน ซึ่งจะรับรู้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในระบบควบคุมได้ นอกจากนั้นยังประยุกต์ใช้ระบบการส่งข้อมูลระยะด้วย LoRa ที่ใช้การส่งข้อมูลกันแบบ Peer to Peer ทำให้เพิ่มระยะทางพื้นที่การควบคุมได้ไกลยิ่งขึ้น

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบแผนภาพระบบที่ใช้ในการพัฒนา การทำงานของระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีคลาวด์



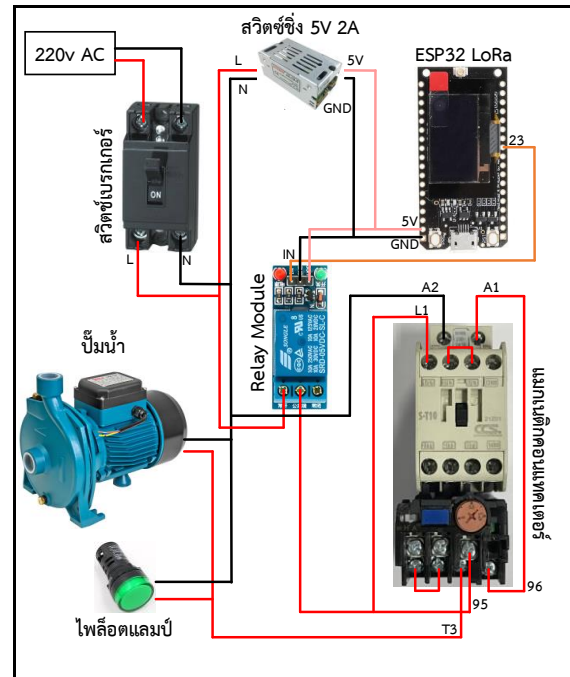
รูปที่ 1. แผนภาพระบบในการพัฒนา

จากรูปที่ 1 แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ อุปกรณ์ควบคุมหลัก จะเชื่อมกับอินเตอร์เน็ตและจะทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมน้ำของแต่ละโซนผ่านสัญญาณลอร์้า ส่วนอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำ จะใช้สัญญาณ ลอร์้า ในการส่งข้อมูลสื่อสารกัน โดยจะเชื่อมต่อกันแบบ Peer to Peer ผู้ใช้งานสามารถดูสถานะการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk บนสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต

4.1 การออกแบบวงจรการทำงานของระบบ

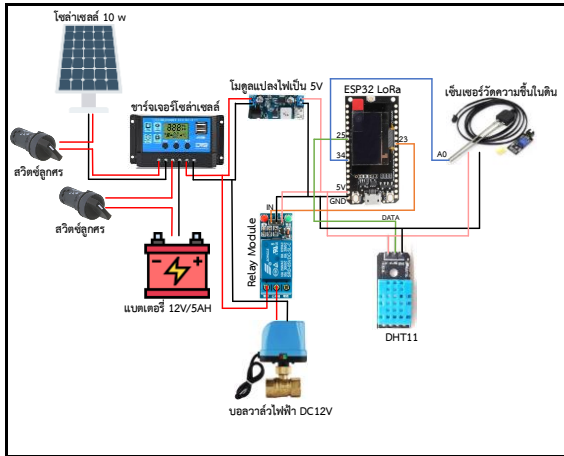
การออกแบบวงจรการทำงานของระบบ แบ่งได้เป็น 2 วงจร ดังนี้ 1) วงจรอุปกรณ์ตัวควบคุมหลักดังรูปที่ 2 ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบหลัก ลักษณะการทำงานเมื่อยกเซอร์กิตเบรกเกอร์ขึ้นเพื่อให้ไฟเข้าสู่แมกเนติก เพื่อเปิดการทำงานของรีเลย์ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ switching power supply และปั้มน้ำ เมื่อสั่ง เปิด วาล์วน้ำของแต่ละโซนผ่านแอป

พลิเคชัน Blynk รีเลย์ของตัวควบคุมจะสั่งปั้มน้ำให้ทำงานหลังจากที่บอวลว้ไฟฟ้าในโซนนั้นเปิด



รูปที่ 2. วงจรอุปกรณ์ตัวควบคุมหลัก

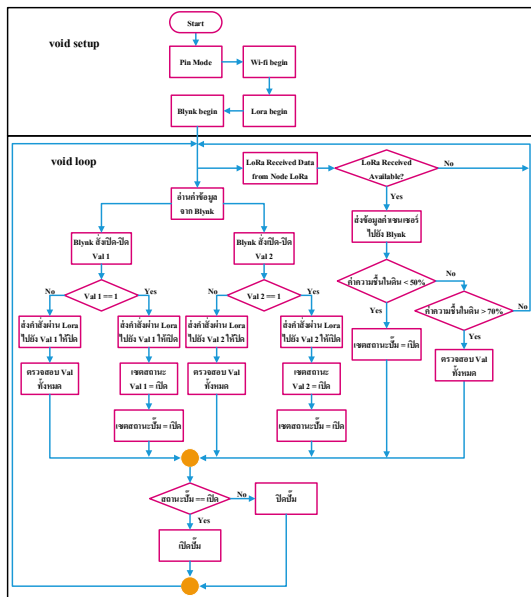
2) วงจรอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำในรูปที่ 3 ใช้ในการควบคุมการทำงานของโซนน้ำ ในการทำงานโดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 LoRa เซนเซอร์ DHT11 เพื่อทำการวัดค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นในอากาศ เซนเซอร์วัดความชื้นในดินจะวัดค่าความชื้นของดิน รีเลย์ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน เปิด/ปิด ของวาล์วน้ำ บอวลว้ไฟฟ้าตัวควบคุมการทำงาน เปิด/ปิด ทางเข้า-ออกของน้ำ แผงโซล่าเซลล์จะเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ แบตเตอรี่มีหน้าที่เก็บไฟฟ้า โซล่าชาร์จเจอร์แบบ PWM 12V ขนาด 10A ทำหน้าที่ควบคุมการชาร์จไฟฟ้าที่ได้รับจากแผงโซล่าเซลล์ ขนาด 10 w จำนวน 1 แผง มาเก็บในแบตเตอรี่แบบแห้งขนาด 12V/5AH และทำหน้าที่ในการจ่ายไฟฟ้าโมดูลแปลงไฟให้แรงดันไฟเป็น 5V เพื่อจ่ายไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 LoRa เมื่อระบบทำตามเงื่อนไขแล้วระบบจะส่งข้อมูลการทำงานผ่านลอร์้าไปยังระบบควบคุมเพื่อส่งไปยังแอปพลิเคชัน Blynk ต่อไป



รูปที่ 3. วงจรอุปกรณ์ตัวควบคุมโซนนํ้า

4.2 การออกแบบผังการทำงานของโปรแกรม

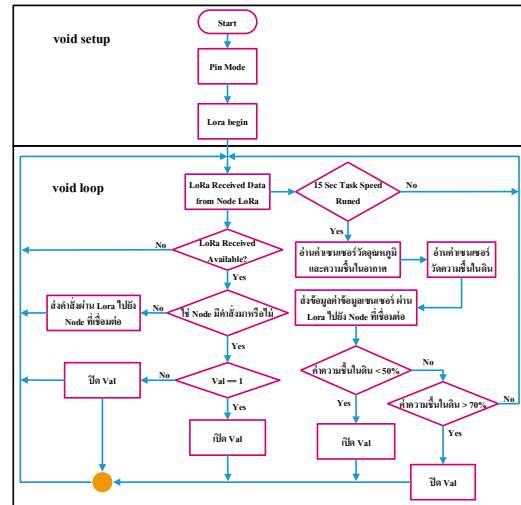
การออกแบบผังการทำงานของโปรแกรมระบบรดน้ำ
อัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีรีโมท



รูปที่ 4. การออกแบบผังการทำงาน การเปิด-ปิด
ของตู้ควบคุมหลัก

จากรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของตู้ควบคุมหลัก โดยจะรับคำสั่งเปิด/ปิด จากแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อทำการสั่งเปิดวาล์วของโซนน้ำแบ่งออกเป็น 2 โซน โดยการ เปิด/ปิด ของปั๊มจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อทำการเลือกการเปิด/ปิด ของวาล์วน้ำ และจะส่งสถานะการทำงานของระบบไปยังแอปพลิเคชัน Blynk นอกจากนั้นตู้ควบคุมหลักจะรับข้อมูลค่าเซนเซอร์จาก

ผู้ควบคุมโซนน้ำแต่ละโซนเพื่อทำการส่งข้อมูลไปอัพเดทยังแอปพลิเคชัน Blynk และถ้าหากค่าความชื้นในดิน $< 50\%$ จะทำการเปิดปั๊มอัตโนมัติ



รูปที่ 5. การออกแบบผังการทำงาน การเปิด-ปิดตู้ควบคุมโซลาร์

สำหรับรูปที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของการทำงานของส่งคำสั่ง เปิด-ปิด ของตู้ควบคุมโซนน้ำเพื่อตรวจสอบว่าเป็นข้อมูล Node ที่ต้องการหรือไม่ ถ้าใช่ให้เปิดวาล์ว ถ้าไม่ใช่จะต้องส่งข้อมูล คำสั่งผ่าน Lora ไปยัง Node ที่เชื่อมต่อที่ใกล้เคียง นอกจากนั้น ตู้ควบคุมโซนน้ำจะทำการอ่านข้อมูลเซนเซอร์ทุก 15 วินาที จากนั้นส่งข้อมูลผ่าน Lora ไปยัง Node ที่เชื่อมต่อและถ้าหากค่า ความชื้นในดิน $< 50\%$ จะทำการเปิดวาล์วและถ้าหากค่า ความชื้นในดิน $> 70\%$ จะทำการปิดวาล์วซึ่งการทำงานแบบ อัตโนมติ

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบรรณาน้ำ
อัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีคลาวด์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และ
ผู้ใช้งานทั่วไปจำนวนอีก 15 คน รวมเป็นจำนวน 20 คน
วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือการหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating
Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ท (Likert) (ชานินทร์, 2560) [18]
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

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

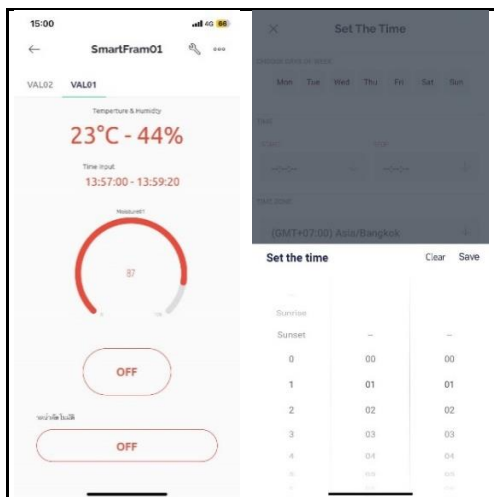
5.1 ผลการพัฒนาระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา

ต้นแบบของระบบแสดงดังรูปที่ 6 เป็นภาพของระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา ซึ่งเป็นต้นแบบมีตู้ควบคุมหลัก 1 ตู้ และมีอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำ 2 โหนด ซึ่งจะใช้โซลาร์เซลล์ขนาด 10 w จำนวน 1 แผง ถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานให้วงจรและชาร์จให้แบตเตอรี่แห้งขนาด 12V/5AH ไปพร้อมกัน



รูปที่ 6. แสดงต้นแบบและการเชื่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของตู้ควบคุม

หน้าจอควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk แสดงดังรูปที่ 7 โดยมีฟังก์ชันการตั้งเวลา การ เปิด/ปิด ของปั้มน้ำ ฟังก์ชันการ เปิด/ปิด วาล์วแบ่งเป็นโซน และมีเกจวัดค่าพร้อมแสดงสถานะของแถบปั้ม เปิด/ปิด และแสดงค่าของอุณหภูมิ ค่าความชื้นในอากาศ และค่าความชื้นของดิน



รูปที่ 7. แสดงหน้าควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk

5.2 ผลทดสอบการทำงานของระบบรดน้ำอัจฉริยะ

สำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา

จากผลทดสอบการทำงานของต้นแบบระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา ออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

การทดสอบการทำงานของระบบรดน้ำ การทดสอบการตั้งเวลาเปิด/ปิด ของวาล์วน้ำ โดยมีเงื่อนไขในการทำงานของโปรแกรมคือ เมื่อถึงเวลาที่กำหนดให้ตรวจสอบเวลาเปิด/ปิด ของวาล์วน้ำให้มีการ เปิด/ปิด วาล์วน้ำเมื่อถึงเวลา การทดสอบการทำงานของระบบปั้มกด ทำการทดสอบระบบปั้มกดของการเปิด/ปิดของวาล์วน้ำ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ทดสอบการทำงานของการทำงานการเปิด/ปิดของวาล์วน้ำอัตโนมัติด้วยความชื้นในดิน เมื่อสภาพความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน เมื่อทำการนำเซนเซอร์ปักลงในดิน จะทำการอ่านค่าและนำผลไปตัดสินใจในการการเปิด/ปิดของวาล์วน้ำอัตโนมัติ

ตารางที่ 1. แสดงผลการทดสอบระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา

Case name: ตั้งเวลา เปิด-ปิด วาล์ว				
Case	Description	Expected result	Actual result	Result
เปิด วาล์ว 1	ตั้งเวลา 09:00 - 09:15	เปิดวาล์ว	เปิดวาล์ว	ผ่าน
ปิด วาล์ว 1	ตั้งเวลา 10:00 - 10:15	ปิดวาล์ว	ปิดวาล์ว	ผ่าน
เปิด วาล์ว 2	ตั้งเวลา 09:00 - 09:15	เปิดวาล์ว	เปิดวาล์ว	ผ่าน
ปิด วาล์ว 2	ตั้งเวลา 10:00 - 10:15	ปิดวาล์ว	ปิดวาล์ว	ผ่าน
Case name: การเปิด/ปิดของวาล์วน้ำผ่าน Blynk				
Case	Description	Expected result	Actual result	Result
เปิด วาล์ว 1	กดปุ่มเปิดวาล์ว 1 บน Blynk	วาล์ว 1 เปิด	วาล์ว 1 เปิด	ผ่าน
ปิด วาล์ว 1	กดปุ่มปิดวาล์ว 1 บน Blynk	วาล์ว 1 ปิด	วาล์ว 1 ปิด	ผ่าน

เปิด วาล์ว 2	กดปุ่มเปิดวาล์ว 2 บน Blynk	วาล์ว 2 เปิด	วาล์ว 2 เปิด	ผ่าน
ปิด วาล์ว 2	กดปุ่มปิดวาล์ว 2 บน Blynk	วาล์ว 2 ปิด	วาล์ว 2 ปิด	ผ่าน
Case name: การเปิด/ปิดของวาล์วน้ำอัตโนมัติด้วยความชื้นในดิน (Soil Moisture)				
Case	Description	Expected result	Actual result	Result
เปิด วาล์ว 1	ความชื้นในดิน วาล์ว 1 < 50% ให้เปิดวาล์ว 1	Soil = 32% เปิด วาล์ว 1	Soil = 32% เปิด วาล์ว 1	ผ่าน
ปิด วาล์ว 1	ความชื้นในดิน วาล์ว 1 > 70% ให้เปิดวาล์ว 1	Soil = 81% ปิด วาล์ว 1	Soil = 81% ปิด วาล์ว 1	ผ่าน
เปิด วาล์ว 2	ความชื้นในดิน วาล์ว 1 < 50% ให้เปิดวาล์ว 2	Soil = 24% เปิด วาล์ว 2	Soil = 24% เปิด วาล์ว 2	ผ่าน
ปิด วาล์ว 2	ความชื้นในดิน วาล์ว 1 > 70% ให้เปิดวาล์ว 2	Soil = 76% ปิด วาล์ว 2	Soil = 76% ปิด วาล์ว 2	ผ่าน

ตารางที่ 1 แสดงผลทดสอบการทำงานของระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา ผู้วิจัยได้ออกแบบพบว่า ระบบสามารถได้ตามหน้าที่หลักได้ทุกกรณี

5.3 ผลทดสอบการควบคุมประสิทธิภาพการสื่อสารระยะไกล ของระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา

การทดสอบจะมีการติดตั้งวางตัวอุปกรณ์ให้ห่างไกลกัน เพื่อทดสอบการควบคุมประสิทธิภาพการสื่อสารระยะไกล อุปกรณ์ตัวควบคุมหลัก (Main node) จะทำหน้าที่เป็นตัวรับสัญญาณสำหรับอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำที่ 1 (Zone node 1) และอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำที่ 2 (Zone node 2) จะทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณ ซึ่งระยะห่างอุปกรณ์ตัวควบคุมหลักห่างจากอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำที่ 1 ระยะทาง 383 เมตร และห่างจากอุปกรณ์ควบคุมโซนน้ำที่ 2 ระยะทาง 688 เมตร แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8. แสดงตำแหน่งพิกัดของอุปกรณ์ส่งรับข้อมูลด้วยระยะทางสัมพันธ์

ตารางที่ 2 แสดงพารามิเตอร์ในการส่งของโมดูล LoRa

Parameters	Value
Transmitted power (dBm)	15.5
Spreading factor	10
Bandwidth (kHz)	125
Antennas gain (dBi)	3
Frequency (MHz)	923

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นถึงการกำหนดพารามิเตอร์ทั่วไปในการส่งของโมดูล LoRa ที่สามารถสื่อสารกันได้ระหว่าง Point to Point และย่านความถี่ที่เลือกใช้ในการทดลองในการส่งข้อมูล

ตารางที่ 3. แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสัญญาณส่งข้อมูล

Node Position	Zone node 1	Zone node 2
Distance (m)	383	688
Signal to Noise Ratio (SNR) (dB)	23	2
Received Signal Strength Indicator (RSSI) (dB)	-94	-115

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็น การวัดค่าของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (SNR) ได้ค่าบวก ทั้งระยะของ Zone node 1 และ Zone node 2 ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถในการรับสัญญาณในระบบ LoRa โดยเฉพาะหากระดับกำลังสัญญาณสูงกว่าระดับสัญญาณรบกวน (The Receiver Noise Floor) แสดงว่าการรับสัญญาณไม่ถูกรบกวน สำหรับค่า RSSI มีความสัมพันธ์กับ

ระยะทาง เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น RSSI จะลดลง อย่างไรก็ตามค่า RSSI อยู่ในระดับที่มากกว่าตามข้อกำหนดของโมดูล SX1276 ทำให้ข้อมูลที่ส่งจาก Zone node 1 และ Zone node 2 ไปยัง Main node ยังมีความถูกต้องทุกแพ็คเกจ

5.4.ผลการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบรดน้ำ

อัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวนอีก 15 คน เพื่อให้มั่นใจว่าตัวระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามขอบเขตระบบงานที่กำหนดขึ้น พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานระบบรดน้ำอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีลอราในภาพรวมอยู่ที่ระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.55)

ตารางที่ 4. ตารางการประเมินด้านประสิทธิภาพ

ตารางการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. การติดตั้งระบบและแอปพลิเคชัน	4.40	0.57	มาก
2. การออกแบบหน้าตาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ดูและเข้าใจง่าย	4.57	0.55	มากที่สุด
3. การกำหนดรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าระบบ	4.47	0.55	มาก
4. ความเร็วในการประมวลผลและการสั่งการ	4.43	0.63	มาก
5. ความแม่นยำในการสั่งการ	4.44	0.50	มาก

6. ความสะดวกสบายในการใช้งานระบบ	4.30	0.56	มาก
7. ความมีเสถียรภาพการทำงานรวมของระบบ	4.36	0.51	มาก
8. ความสามารถการทำงานระบบโดยภาพรวม	4.50	0.56	มากที่สุด
รวม	4.43	0.55	มาก

ผลวัดประสิทธิภาพโดยของระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา ผู้วิจัยได้ออกแบบพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่าประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.55) โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย 3 ลำดับแรกคือ การออกแบบหน้าตาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ดูและเข้าใจง่าย ($\bar{X} = 4.57$, S.D. = 0.55) ความสามารถการทำงานระบบโดยภาพรวม ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.56) และการกำหนดรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าระบบ ($\bar{X} = 4.57$, S.D. = 0.55) สอดคล้องกับสิทธิโชค พรค์พิทักษ์ [18] การทดสอบการทำงานของระบบมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากที่สุด

6. สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา ซึ่งมีส่วนประกอบคือบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 LORA DHT11 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รีเลย์ บอลวาล์วไฟฟ้า โซลาร์ชาร์จเจอร์ แผงโซลาร์เซลล์ แบตเตอรี่ ปั้มน้ำ เพื่อระบบช่วยอำนวยความสะดวกในการรดน้ำและควบคุมความชื้นของแปลงข้าวโพด นอกจากนั้นยังสามารถควบคุมการ เปิด-ปิด การตั้งเวลาของปั้มน้ำ การแสดงค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นในอากาศผ่านแอปพลิเคชัน Blynk การ เปิด-ปิด การรดน้ำอัตโนมัติด้วยความชื้นในดิน เมื่อสภาพความชื้นในดินเปลี่ยนแปลง จากผลการทดลองพบว่า ระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยีลอรา สามารถทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ระบบการทดสอบการตั้งเวลา เปิด/ปิด ของวาล์วน้ำ ระบบการทำงานของ

ปุ่มกดและระบบการเปิด/ปิดของวาล์วน้ำอัตโนมัติด้วยความชื้นในดิน เมื่อการทดสอบของระบบทั้งหมดจะถูกส่งสถานะการทำงานไปยังแอปพลิเคชัน Blynk จากการทดสอบนี้ได้ผลสรุปว่า ระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริง ผลการสื่อสารระยะไกลพบว่า ค่า RSSI อยู่ในระดับที่มากกว่าตามข้อกำหนดของโมดูล SX1276 ทำให้สามารถส่งทุกแพ็คเกจที่มีความถูกต้องสำหรับผลการประเมินประสิทธิภาพจากเครือข่ายด้านการพัฒนาโปรแกรม โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43

กิตติกรรมประกาศ

ระบบรดน้ำอัจฉริยะสำหรับการปลูกข้าวโพดหวานด้วยเทคโนโลยี IoT ครั้งนี้ได้สำเร็จลงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ในการสนับสนุนทุนการวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในคณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ในทุก ๆ ด้าน ซึ่งผู้จัดทำวิจัยได้นำวิชาความรู้ที่ได้มาประยุกต์และปรับใช้ในการจัดทำวิจัยนี้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Surinseed, “ข้าวโพดหวาน และการปลูกข้าวโพดหวาน,” กรกฎาคม, 2560. Access 25 ธันวาคม 2565, Available: <https://www.surinseed.com/article/26/>

[2] Rakbankerd, “การวางระบบน้ำแบบสปริงเกอร์ในไร่ข้าวโพด,” เมษายน, 2558. Access 25 ธันวาคม 2565, Available: <https://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=8520&s=tblplant>.

[3] Kritsada Arjchariyaphat, “LoRa, LoRaWAN คืออะไร มารู้จักกันดีกว่า,” กุมภาพันธ์, 2561. Access 26 ธันวาคม 2565, Available: <https://medium.com/deaware/lora-lorawan-คืออะไร-มารู้จักกันดีกว่า-98d2055a4ca>

[4] Ed Chuchaisri, “รู้จัก Signal Strength & SNR,” เมษายน, 2563. Access 26 ธันวาคม 2565, Available: <https://www.onehospitality.co.th/signal-strength-noisesnr/>.

[5] Allnewstep, “ESP32 IoT การใช้งาน LoRa,” เมษายน, 2561. Access 30 ธันวาคม 2565, Available: <https://www.allnewstep.com/article/136/>

[6] Sumipol, “รีเลย์ คืออะไร? ทำงานอย่างไร? มีความสำคัญอย่างไร,” เมษายน, 2566. Access 29 ธันวาคม 2565, Available: <https://www.sumipol.com/knowledge/what-is-relays/>

[7] Wenzhou newsway valve, “หลักการทำงานของบอลวาล์วไฟฟ้า,” มิถุนายน, 2564. Access 25 ธันวาคม 2565, Available: <http://th.nswvalve.com/news/the-working-principle-of-electric-ball-valve/>

[8] Cybertice, “สอนใช้งาน Arduino เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor Module,” มกราคม, 2563. Access 28 ธันวาคม 2565, Available: <https://www.cybertice.com/article/208/>

[9] Cybertice, “การใช้ Arduino วัดอุณหภูมิและความชื้นด้วย DHT11,” มีนาคม, 2562. [Online]. Available: <https://www.cybertice.com/article/111/>. [Access 2 มกราคม 2566].

[10] Cybertice, “Arduino คืออะไร,” สิงหาคม, 2558. Access 3 มกราคม 2566, Available: <https://www.cybertice.com/article/3/>. [].

[11] กฤษณะ มีสุข, “Blynk,” มกราคม, 2565. Access 12 มกราคม 2566, Available: <http://blynk.iot-cm.com/>

[12] สุรัช แซ่จ้าว และคณะ ช่างม้า, “ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ”. วิทยานิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล, 2561.

[13] นัทกมล ผินนอก, “การพัฒนาระบบเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ เพื่อประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรแม่นยำด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง”. วิทยานิพนธ์ภาควิทยาศาตร์พาณิชยกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2563.

[14] กาญจนพร เตียวเจริญกิจ และณฤมล อ่อนเมืองคง “การพัฒนาระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝัง

ตัว” วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
2563.

[15] จริญญา คนแรง, มิ่งขวัญ สมพฤษ, ไพโรจน์ ด้วนนคร, อธิคม
ศิริ และกมล บุญล้อม, “ระบบการส่งข้อมูลสถานะของเซ็นเซอร์
ตรวจจับความร้อน จากการเกิดไฟฟ้าผ่านโครงข่าย,”
วารสารวิชาการเทปสตรี I-TECH, 1(18): 29-39, 2566.

[16] วิทวัส สิทธิกุล, กฤษฎา พนมเชิง, ลัญจกร วุฒิสถิตกิจ,
วิทยากร ร้อยศรี และชัยรัตน์ พงศ์พันธุ์ภาณี “การพัฒนา
ต้นแบบฟาร์มหม้อจระเข้ด้วยลอราแวน” NBTC Journal
หน้า 215-236, 2565.

[17] สิทธิโชค พรหมพิทักษ์, กาญจนา ดงสงคราม, ศศิธร อ่อน
เหลา, กฤตภาส ขุทธอาจ และอุดมศักดิ์ พิมพ์พาสรี “การพัฒนา
ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่ม
ผลผลิต อ้อยคั้นน้ำ”, วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้
เทคโนโลยีสารสนเทศ, 2(7): 17-30, 2564.

[18] ธาณินทร์ ศิลป์จารุ, การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
ด้วย SPSS และ AMOS, กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญบิส
ซิเนสอาร์แอนด์ดี, 2560.

ระบบติดตามท่าลุกยืนสำหรับผู้สูงอายุ Standing Posture Monitoring System for the Elderly

พัชรพร แสนแก้ว, ชัชฎาพร พุ่มทุเรียน, จิราพร บุญสพ, นันทมนัส วริษฐานิชัย,
ธนภัทร ตาคทอง และ กฤตคม ศรีจิรานนท์*

*Pacharaporn Saenkaew, Chatchadaporn Pumthurean, Jiraporn Boonsob, Nanmanat Varisthanist,
Thanapat Tardtong and Krittakom Srijiranont**

หน่วยวิจัยด้านนวัตกรรมข้อมูลและปัญญาประดิษฐ์แห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาการ
คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*Thammasat University Research Unit in Data Innovation and Artificial Intelligence,
Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University*

Received: March 30, 2024; Revised: December 21, 2024; Accepted: December 24, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – The elderly population is increasing rapidly in Thailand, with the majority of seniors living alone at home. Statistics reveal that, on average, four elderly individuals die each day due to falls. This research develops a standing up notification system for the elderly using Raspberry Pi to transmit motion image when they rise from bed. The image is processed using keypoint extraction, and the extracted points are used to verify the correctness of the standing posture by calculating suitable angles from various body parts. The comparison of the detection accuracy of standing postures between two libraries, MediaPipe and OpenPose, using the Root Mean Square Error (RMSE) and Mean Absolute Error (MAE) shows that MediaPipe has lower errors at 25.19 and 20.35, respectively. The accuracy of standing posture detection is further validated by calculating angles in various degrees, revealing an overall highest average accuracy of 74.55%.

KEYWORDS: Elderly, Raspberry Pi, MediaPipe, OpenPose

บทคัดย่อ -- ผู้สูงอายุกำลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในประเทศไทย ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ต้องอยู่บ้านเพียงลำพัง จากสถิติพบว่า ผู้สูงอายุมีอัตราการเสียชีวิตจากการล้มเฉลี่ย 4 คนต่อวัน งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบแจ้งเตือนการลุกยืนสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้ Raspberry Pi ในการรับส่งข้อมูลการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุขณะลุกยืนจากเตียง ประมวลผลด้วยการใช้ไลบรารีสกัด จุดสำคัญในภาพมนุษย์และนำจุดที่ได้มาตรวจสอบการลุกยืนว่ามีท่าการลุกที่ถูกต้องจากสูตรการคำนวณหามุมที่เหมาะสมจาก ส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย ผลจากการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการตรวจจับท่าทางการลุกยืนระหว่างสองไลบรารีได้แก่ มีเดียไปป์ และโอเพ่นโพส โดยใช้ค่าอาร์เอ็มเอสอี และเอ็มเออี พบว่าไลบรารีมีเดียไปป์มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าอยู่ที่ 25.19 และ 20.35 ตามลำดับ และมีการตรวจสอบความแม่นยำของท่าทางการลุกยืน จากการใช้สูตรการคำนวณหามุมที่เหมาะสมใน องศาต่าง ๆ สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของความแม่นยำที่สูงที่สุดในการตรวจจับท่าการลุกยืนคือ 74.55%

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ, Raspberry Pi, มีเดียไปป์, โอเพ่นโพส

*Corresponding Author: non_krit@tu.ac.th

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างรวดเร็ว จากข้อมูล [1] แสดงให้เห็นว่าภายในปี 2566 จำนวนผู้สูงอายุจะเพิ่มขึ้นเป็น 12 ล้านคน และสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุในเดือนมิถุนายน 2566 เพิ่มขึ้นมากถึง 2.36% เมื่อเทียบกับสัดส่วนประชากรผู้สูงอายุในปี 2565 นอกจากนี้ยังคาดการณ์ได้ว่าในอีก 20 ปีข้างหน้า ประชากรสูงอายุจะมีถึง 20 ล้านคน หรืออาจกล่าวได้ว่า 31% ของประชากรทั้งประเทศเป็นผู้สูงอายุ

ร่างกายของผู้สูงอายุจะเสื่อมโทรมไปตามกาลเวลา โดยจะเสื่อมโทรมมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ การทำกิจกรรมต่าง ๆ จึงมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการล้มได้ ในขณะเดียวกัน การล้มจะส่งผลให้ผู้สูงอายุบาดเจ็บและใช้เวลานานในการหายเป็นปกติ หากรุนแรงอาจต้องเข้ารักษาที่โรงพยาบาล หรืออาจเสียชีวิตได้ จากสถิติพบว่าผู้สูงอายุล้มมากถึง 3 ล้านคนในแต่ละปี โดยในจำนวนนี้ต้องได้รับการรักษาในสถานพยาบาล 60,000 คนต่อปี และในขณะเดียวกันมีผู้สูงอายุเสียชีวิตจากการล้มเฉลี่ย 4 คนต่อวัน [2] ผู้สูงอายุส่วนใหญ่ต้องอยู่ตามลำพังหรือหากมีผู้ดูแลก็ไม่สามารถดูแลได้ตลอดเวลา ทำให้เมื่อเกิดเหตุผู้สูงอายุล้มขึ้นในที่พักอาศัย ผู้สูงอายุจะไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ จนกว่าจะมีคนมาพบก็ใช้เวลานาน ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยการนำกล้องวงจรปิดมาติดตั้ง ซึ่งช่วยลดสถิติการเสียชีวิตจากการล้มได้ อย่างไรก็ตาม ก็ยังไม่มีเครื่องไปยังผู้ดูแลของผู้สูงอายุหรือคนอื่น ๆ ในปีพ.ศ. 2564 บริษัทแมกเวลล์ (Maxwell) ได้พัฒนาและเปิดตัวระบบแจ้งเตือนการล้มสำหรับผู้สูงอายุที่เรียกว่าเวย์ยาร์ โฮม (Vayyar Home) โดยสามารถแจ้งเตือนผู้ดูแลผู้สูงอายุเกี่ยวกับการล้มของผู้สูงอายุได้ผ่านแอปพลิเคชัน [3] อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวสามารถแจ้งเตือนเมื่อผู้สูงอายุล้มเท่านั้น ไม่สามารถแจ้งเตือนถึงกิจกรรมที่เสี่ยงต่อการล้มได้ การลุกขึ้นจากเตียงนอนสามารถทำให้เกิดอาการหน้ามืดและล้มหมดสติได้เช่นกัน [4] ผู้สูงอายุที่อยู่คนเดียวจำเป็นต้องมีความระมัดระวังมากขึ้น หรือหากมีผู้ดูแลก็ต้องดูแลอยู่อย่างใกล้ชิดก็จะสามารถช่วยป้องกันการล้มและช่วยเหลือผู้สูงอายุหากเกิดการล้ม

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบแจ้งเตือนการลุกขึ้นสำหรับผู้สูงอายุขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ราสป์เบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างกล้องที่ใช้ตรวจจับความเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุขณะลุกขึ้นจากเตียง การประมวลผลจะนำรูปที่

ได้มาใช้ไลบรารีสก็คจุดสำคัญในภาพมนุษย์ (Human Key Point Information) จากนั้นนำจุดที่ได้มาตรวจสอบการลุกขึ้นว่ามีท่าการลุกถูกต้องและตามขั้นตอนหรือไม่โดยอ้างอิงจาก [5] หากผู้สูงอายุลุกขึ้นผิดท่าหรือลุกขึ้นเร็วเกินไปจะมีเสียงแจ้งเตือนผ่านลำโพงที่เชื่อมต่อกับราสป์เบอร์รี่พาย

2. ทบทวนวรรณกรรม

จากการค้นคว้าของทีมวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้กล้องเพื่อตรวจจับและแยกแยะท่าทางต่าง ๆ จำนวนห้างานวิจัยดังนี้

งานวิจัยแรกเสนอโดยแดนนี่ โคเวอร์โก้ และคณะ [6] งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โอเพ่นโพส (Openpose) [7] ใช้เพื่อสร้างจุดต่าง ๆ บนร่างกายมนุษย์โดยใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) โดยได้ทำการทดลองด้วยชุดข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ชุดข้อมูลภาพที่ถ่ายในสตูดิโอ และชุดข้อมูลจริงจากฟลิคอา (FlickrR) ซึ่งการทดลองด้วยชุดข้อมูลภาพที่ถ่ายในสตูดิโอมีความแม่นยำสูงกว่า 70% แต่การทดลองด้วยชุดข้อมูลจริงจากฟลิคอาจะมีความแม่นยำที่ลดลงจากการทดลองแรกเนื่องจากมีคนอยู่ในภาพจำนวนมากและเสื้อผ้าที่สวมใส่มีความหลากหลาย

งานวิจัยที่สองเสนอโดยพิทยานุส อัคร์ และคณะ [8] งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจความผิดปกติของไหล่และเข้าโดยการวัดการเอียงของไหล่และระยะห่างของเข่า เพื่อตรวจสอบโรคขาโก่งและขาโค้ง ซึ่งงานวิจัย นี้เลือกใช้เบลซโพส (BlazePose) [9] สำหรับสร้างจุดต่าง ๆ ที่กำหนดบนร่างกายมนุษย์ และใช้ค่าอาร์กแทนเจนต์สำหรับการวัดความเอียงของไหล่และการวัดระยะของเข่า โดยการวัดความเอียงของไหล่และการวัดระยะของเข่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10% แต่ระบบนี้จะสามารถวัดและให้คำตอบได้แม่นยำกับความจริงที่สุดในระยะ 2 เมตรเท่านั้น

งานวิจัยที่สามเสนอโดยซาฮิง ดง และคณะ [10] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอโครงสร้างวายเอชโพส (YH-Pose) ที่ใช้ตรวจจับท่าทางของคนงานในเหมืองถ่านหินจากคลิปวิดีโอเพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับคนงานในเหมืองถ่านหิน โดยจะรวบรวมภาพจากเฟรมข้างเคียงเพื่อนำมาประมวลผล ซึ่งโครงสร้างนี้จะแบ่งเป็นสามขั้นตอนได้แก่ การตรวจจับมนุษย์เพื่อหาตำแหน่งของมนุษย์โดยใช้โยโลวีเซเวน (YOLOv7) [11] การใช้แผนที่ความร้อนเพื่อยืนยันว่าเป็นมนุษย์จริงจากความ

รื้อน และการใช้โมดูลสเปเชียลโรด (SRM ย่อมาจาก Spatial Road Module) ในการคาดการณ์ตำแหน่งของจุดในเฟรมถัดไป จากผลการทดลองรวม 3,600 วิดีโอสรุปได้ว่าโครงสร้างนี้มีความแม่นยำอยู่ที่ 80% และ ความแม่นยำของการสร้างจุดต่าง ๆ ที่กำหนดบนร่างกายมนุษย์ 94.2%

งานวิจัยที่เสนอโดยแอนเดรีย โลโบ และคณะ [12] งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของท่าโยคะจากกล้องเว็บแคม โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกมีเดียไปป์ (MediaPipe) [13] สำหรับสร้างจุดบนร่างกายมนุษย์ และสมการเชิงเส้นในการตรวจสอบความถูกต้องของท่าโยคะในแต่ละท่า โดยการคำนวณมุมจากจุดที่อยู่บนร่างกาย และจะแสดงผลความผิดพลาดของจุด บนหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้สามารถปรับให้ถูกต้องได้

งานวิจัยที่นำเสนอโดยเม็งจิ เกา และคณะ [14] งานวิจัยนี้ได้เสนอระบบเพื่อตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุด้วยกล้องเว็บแคม ซึ่งโอเพ่นโพสถูกใช้เพื่อสร้างจุดต่าง ๆ บนร่างกายมนุษย์ เพราะสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และใช้โมบายเน็ตวีทู (MobileNetV2) เพื่อตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุ โดยทดลองการทำงานกับชุดข้อมูลเปิด 2 ชุด ซึ่งผลการทดลองระบบที่เสนอพบว่า มีความแม่นยำที่ 98.6% และ 99.75%

3. วิธีดำเนินงาน

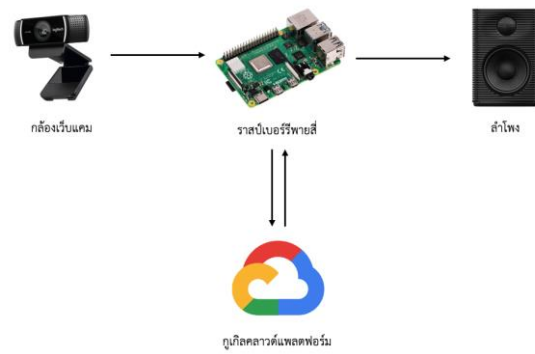
3.1 สถาปัตยกรรมระบบ

งานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์จำนวนสามรายการคือ ราสป์เบอร์รี่พายสี่โมเดลบี (Raspberry Pi4 model B) กล้องเว็บแคม (Web Cam) และลำโพง (Speaker) โดยราสป์เบอร์รี่พายสี่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อกล้องเว็บแคม ลำโพง และใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง สำหรับกล้องเว็บแคมจะใช้เพื่อบันทึกภาพผู้สูงอายุตลอดเวลาโดยมีการใช้ไลบรารีเอฟเอชเว็บแคม (Fsw webcam) สำหรับรูปแบบการติดตั้งระบบแสดงตามรูปที่ 2 โดยจะต้องวางกล้องไว้ในตำแหน่งขอบเตียงด้านใดด้านหนึ่งเพื่อให้กล้องเห็นภาพของผู้สูงอายุขณะลุกขึ้น

การทำงานของระบบมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

ราสป์เบอร์รี่พายสี่ให้กล้องเว็บแคมบันทึกภาพและส่งภาพที่บันทึกไปยังกูเกิลคลาวด์แพลตฟอร์ม (Google Cloud Platform) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1. สถาปัตยกรรมซอฟต์แวร์ของระบบ

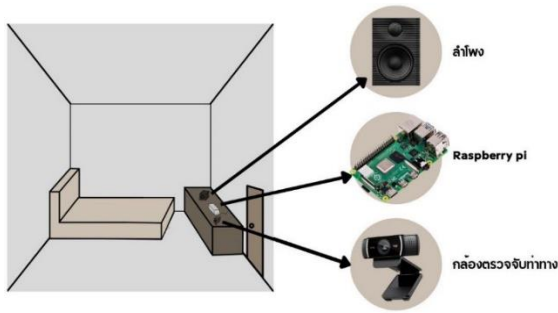
ขั้นตอนที่ 2

มีเดียไปป์ [13] ถูกใช้เพื่อหาจุดสำคัญในภาพ ซึ่งใช้เทคนิคที่เรียกว่าการประมาณท่า (Pose Estimation) เพื่อตรวจจับและสร้างโครงสร้างโครงกระดูกจากรูปภาพหรือวิดีโอ โดยมีสองขั้นตอนย่อยคือ

- การตรวจจับจุดสำคัญ (Key Point Detection) ในขั้นตอนนี้ไลบรารีตรวจจับจุดสำคัญบนร่างกาย เช่น ข้อต่อ และบริเวณอื่น ๆ ของร่างกาย อย่างไรก็ตามสำหรับผู้สูงอายุที่มีอาการหลังค่อมอาจมีความคลาดเคลื่อนในการตรวจจับจุดสำคัญ
- การสร้างโครงสร้างโครงกระดูก (Skeletonization) จากจุดสำคัญที่ตรวจจับได้ไลบรารีจะเชื่อมต่อจุดนี้เข้าด้วยกันเพื่อสร้างโครงสร้างโครงกระดูกของร่างกาย

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นข้อมูลที่แสดงตำแหน่งของจุดสำคัญบนร่างกาย ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกจุดสำคัญทั้งหมด 10 จุดตามรูปที่ 3 ดังนี้

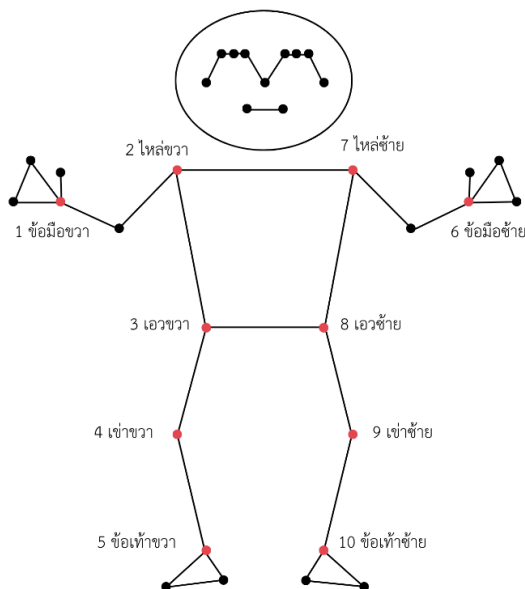
- จุดที่ 1 ข้อมือขวา
- จุดที่ 2 ไหล่ขวา
- จุดที่ 3 เอวขวา
- จุดที่ 4 เข่าขวา
- จุดที่ 5 ข้อเท้าขวา
- จุดที่ 6 ข้อมือซ้าย
- จุดที่ 7 ไหล่ซ้าย
- จุดที่ 8 เอวซ้าย
- จุดที่ 9 เข่าซ้าย
- จุดที่ 10 ข้อเท้าซ้าย



รูปที่ 2. ตัวอย่างการติดตั้งระบบ

ขั้นตอนที่ 3

จากนั้นนำข้อมูลแต่ละจุดที่ได้ซึ่งเก็บจุดในระบบพิกัด (x, y) ไปใช้ในการวิเคราะห์ท่าลุกขึ้นต่อไปว่าผู้สูงอายุกำลังลุกขึ้นด้วยท่าอะไร และเป็นตามขั้นตอนท่าที่ 1 ถึง 4 ตามลำดับหรือไม่ เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าผู้สูงอายุลุกขึ้นผิดท่าหรือลุกขึ้นเร็วเกินไป ระบบจะส่งข้อมูลกลับไปให้รหัสโปรแกรมเพื่อเปิดคำแนะนำในการยืนผ่านลำโพง



รูปที่ 3. ตำแหน่งจุดสำคัญที่เลือกพร้อมหมายเลข

3.2 ท่าลุกขึ้น

การตรวจจับการลุกขึ้นของผู้สูงอายุจะมีการตรวจสอบท่าลุกขึ้นทั้งหมด 4 ท่า สำหรับการตรวจสอบท่าการลุกขึ้นแต่ละท่าจะทำการคำนวณหามุมที่เหมาะสมจากส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย โดยอาศัยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ การทำงานเริ่มจากสร้างเวกเตอร์แรกโดยการเลือกจุดที่ต้องการสองจุดเป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด ซึ่งแต่ละจุดเก็บค่าพิกัด (x, y) ระหว่างจุดสองจุด

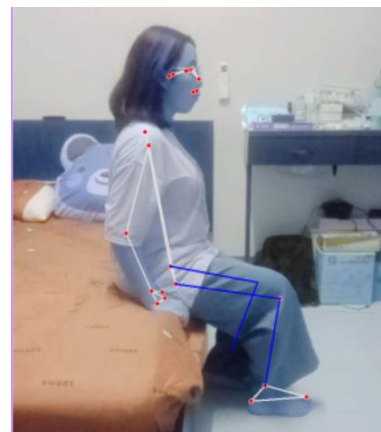
ดังกล่าว จากนั้นสร้างเวกเตอร์ที่สองในลักษณะเดียวกับเวกเตอร์ หลังจากนั้นหามุมระหว่างสองเวกเตอร์ดังกล่าวด้วยผลคูณเชิงสเกลาร์ (Dot Product) ตามสมการที่ 1 เมื่อ A คือเวกเตอร์ที่เกิดจากจุด (x_1, y_1) กับ (x_2, y_2) และ B คือเวกเตอร์ที่เกิดจากจุด (x_3, y_3) กับ (x_4, y_4) โดยสามารถแปลงให้อยู่การคำนวณได้ตามสมการที่ 2 เนื่องจากมุมที่ได้เป็นหน่วยเรเดียน (Radian) จึงต้องแปลงเป็นองศา (D) ด้วยสมการที่ 3 ซึ่งการตรวจสอบท่าการลุกขึ้นแต่ละท่าจะใช้จุดต่างกันดังนี้

$$\cos \theta = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} \quad (1)$$

$$\cos \theta = \frac{(x_2 - x_1)(x_4 - x_3) + (y_2 - y_1)(y_4 - y_3)}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \sqrt{(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2}} \quad (2)$$

$$D = \cos^{-1}(\theta) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (3)$$

ท่าที่ 1 เป็นท่านั่ง สามารถทำนี้โดยให้ระดับเข่าอยู่ในระดับเดียวกันและถอยเท้าข้างที่ถนัดไปด้านหลัง การตรวจสอบท่านี้จะใช้มุมบริเวณเข่าสองข้าง มุมบริเวณเข่าข้างซ้ายจะประกอบไปด้วยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 4 ถึงจุดที่ 3 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 4 ถึงจุดที่ 5 และมุมบริเวณเข่าข้างซ้ายจะประกอบไปด้วยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 7 ถึงจุดที่ 6 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 7 ถึงจุดที่ 8 และทำการหาระยะห่างระหว่างองศาของมุมบริเวณเข่าข้างซ้ายและข้างขวา สำหรับช่วงองศาที่ถูกต้องจะอยู่ในช่วง 12 ถึง 50 องศา ตามรูปที่ 4



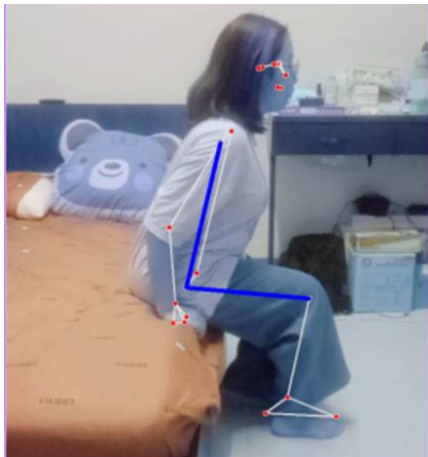
รูปที่ 4. ท่านั่ง

ท่าที่ 2 เป็นท่าโน้มลำตัวไปข้างหน้าเพื่อใช้น้ำหนักในการช่วยลุกขึ้น การตรวจสอบท่านี้จะใช้มุมระหว่างลำตัว

และคันทา ซึ่งประกอบไปด้วยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ และสามารถคำนวณได้สองรูปแบบ

- เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 2 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 4
- เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 8 ถึงจุดที่ 7 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 8 ถึงจุดที่ 9

สำหรับช่วงองศาการโน้มตัวที่ถูกต้องจะอยู่ในช่วง 45 ถึง 80 องศาตามรูปที่ 5



รูปที่ 5. ทำค้ำยัน

ท่าที่ 3 เป็นท่าค้ำยัน สามารถทำนี้โดยใช้แขนข้างที่ถนัดหรือทั้งสองข้างค้ำยันบนเตียงเพื่อช่วยพยุงตัว การตรวจสอบท่านี้จะใช้มุมระหว่างแขนและลำตัว ซึ่งประกอบไปด้วยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ และสามารถคำนวณได้สองรูปแบบ

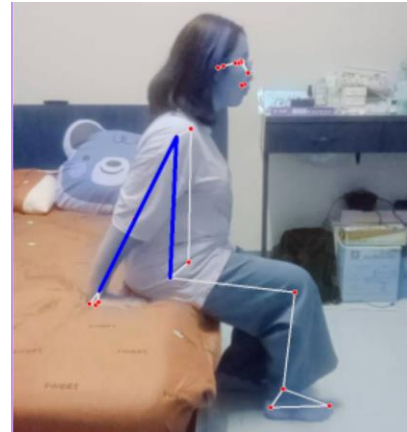
- เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 2 ถึงจุดที่ 1 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 2 ถึงจุดที่ 3
- เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 7 ถึงจุดที่ 6 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 7 ถึงจุดที่ 8

สำหรับช่วงองศาการค้ำยันเตียงที่ถูกต้องจะอยู่ในช่วง 25 ถึง 45 องศาตามรูปที่ 6

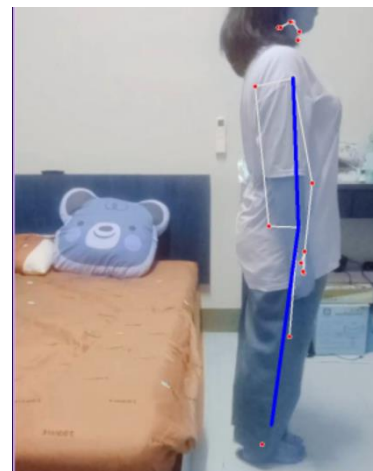
ท่าที่ 4 เป็นท่ายืนตรง การตรวจสอบท่านี้จะใช้มุมลำตัว ซึ่งประกอบไปด้วยเวกเตอร์สองเวกเตอร์ และสามารถคำนวณได้สองรูปแบบ

- เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 2 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 3 ถึงจุดที่ 5
- เวกเตอร์แรกสร้างจากจุดที่ 8 ถึงจุดที่ 7 กับเวกเตอร์ที่สองสร้างจากจุดที่ 8 ถึงจุดที่ 10

สำหรับช่วงองศาการยืนตรงที่ถูกต้องจะอยู่ในช่วง 170 ถึง 190 องศาตามรูปที่ 7



รูปที่ 6. ทำนั้งเอียงที่ถนัดหรือทั้งสองข้างค้ำยันบนเตียง



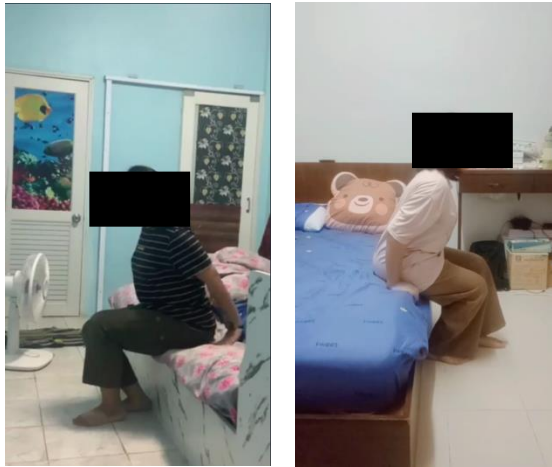
รูปที่ 7. ทำยืนตรง

4. การทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองทั้งหมด 2 การทดลองคือ การทดลองเพื่อหาไคบลาร์ที่ดีที่สุดในการสกัดจุดสำคัญในภาพมนุษย์ และ การทดลองเพื่อวัดความแม่นยำของสมการเชิงเส้นว่ามีความแม่นยำในการแยกแยะท่าต่างๆ ได้ดีเพียงใด

4.1 การเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเป็นรูปภาพขนาด 720 x 1280 พิกเซล โดยเก็บข้อมูลจาก 2 สภาพแวดล้อมดังรูปที่ 8 (ก) และ (ข) รวมทั้งหมด 312 รูป ซึ่งรูปทั้งหมดจะเป็นรูปที่ถ่ายจากมุมข้างโดยจะมีทั้งหัวเตียงและปลายเตียง และกล้องจะถูกต้องอยู่ในระดับเดียวกับเตียง



(ก)

(ข)

รูปที่ 8. ตัวอย่างข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ 1 (ก) และ
สภาพแวดล้อมที่ 2 (ข)

4.2 ไลบรารี

งานวิจัยนี้จะทำการทดลองกับไลบรารี 2 ไลบรารีได้แก่ มีเดียไปป์ และโอเพ่นโพส โดยจะนำรูปจากข้อมูลที่เตรียมมาทำการสกัดจุดสำคัญต่าง ๆ จากภาพด้วยมือดังรูปที่ 9 และนำพิกัดจากจุดต่าง ๆ มาเทียบกับพิกัดที่ไลบรารีสามารถสกัดจุดสำคัญในภาพได้ โดยใช้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หรือ อาร์เอ็มเอสอี (Root Mean Square Error : RMSE) และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย หรือ เอ็มเออี (Mean Absolute Error : MAE) เพื่อหาว่าไลบรารีไหนมีค่าทั้งสองน้อยที่สุด



รูปที่ 9. โปรแกรมบันทึกจุดสำคัญต่าง

ตารางที่ 1. ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

ไลบรารี	อาร์เอ็มเอสอี	เอ็มเออี
มีเดียไปป์	25.19	20.35
โอเพ่นโพส	109.48	61.20

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าไลบรารีมีเดียไปป์จะมีค่าอาร์เอ็มเอสอีอยู่ที่ 25.19 และเอ็มเออีอยู่ที่ 20.35 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไลบรารีโอเพ่นโพสที่มีค่าอาร์เอ็มเอสอี และเอ็มเออีที่ 109.48 และ 61.20 ตามลำดับ จึงทำให้ไลบรารีมีเดียไปป์ถูกเลือกใช้เพื่อสกัดจุดสำคัญในภาพมนุษย์ในงานวิจัยนี้

4.3 ความแม่นยำในการทำนายท่าทาง

ในการทดลองความแม่นยำโดยใช้คุณสมบัติของเวกเตอร์เพื่อตรวจสอบท่าทางการลุกขึ้นจากการใช้ไลบรารีมีเดียไปป์ โดยใช้สูตรการคำนวณหามุมที่เหมาะสมจากส่วนต่าง ๆ ในร่างกายพบว่าค่าที่เหมาะสมในท่าต่าง ๆ ได้แก่ แบบที่ 3 โดยที่ ท่าที่ 1 ที่ใช้ช่วงระยะห่างระหว่างองศาที่ถูกต้องอยู่ที่ 12 ถึง 50 องศา มีความแม่นยำ 78.51% ท่าที่ 2 ที่ใช้ช่วงขององศาที่ถูกต้องอยู่ที่ 45 ถึง 80 องศา มีความแม่นยำ 69.86% ท่าที่ 3 ที่ใช้ช่วงขององศาที่ถูกต้องอยู่ที่ 25 ถึง 45 องศา มีความแม่นยำอยู่ที่ 72.05% และท่าที่ 4 ที่ใช้ช่วงองศาที่ถูกต้องอยู่ที่ 170 ถึง 190 องศา มีความแม่นยำอยู่ที่ 77.78% สรุปได้ว่าของสมการเชิงเส้นนี้สามารถทำนายท่าทางการลุกขึ้นได้ความเฉลี่ยอยู่ที่ 74.55% รองลงคือแบบที่ 1 และ 2 ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันอยู่ที่ 73.91% แต่ในแบบที่ 1 จะมีความแม่นยำในท่าที่ 1 มากกว่า ในขณะที่แบบที่ 2 ความแม่นยำในท่าที่ 3 มากกว่า และตามด้วยแบบที่ 4 5 และ 6 มีค่าเฉลี่ยแต่ละท่าอยู่ที่ 70.76% 68.68% และ 64.89% ตามลำดับจากตารางที่ 2 ซึ่งในแต่ละแบบจะมีการปรับค่าองศาในแต่ละท่าที่ไม่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

- แบบที่ 1 ท่าที่ 1 มืองศาอยู่ในช่วง 11 – 50 องศา และท่าที่ 3 มืองศาอยู่ในช่วง 30 – 45 องศา
- แบบที่ 2 ท่าที่ 1 มืองศาอยู่ในช่วง 12 – 50 องศา และท่าที่ 3 มืองศาอยู่ในช่วง 20 – 45 องศา
- แบบที่ 3 ท่าที่ 1 มืองศาอยู่ในช่วง 12 – 50 องศา และท่าที่ 3 มืองศาอยู่ในช่วง 25 – 45 องศา
- แบบที่ 4 ท่าที่ 1 มืองศาอยู่ในช่วง 12 – 50 องศา และท่าที่

- 3 เมืองสาอยู่ในช่วง 30 – 45 องศา
- แบบที่ 5 ทำที่ 1 เมืองสาอยู่ในช่วง 17 – 50 องศา และทำที่ 3 เมืองสาอยู่ในช่วง 25 – 45 องศา
- แบบที่ 6 ทำที่ 1 เมืองสาอยู่ในช่วง 17 – 50 องศา และทำที่ 3 เมืองสาอยู่ในช่วง 30 – 45 องศา

ตารางที่ 2. ค่าความแม่นยำของสมการเชิงเส้นในการทำนายค่า

แบบ	ทำที่ 1	ทำที่ 2	ทำที่ 3	ทำที่ 4	รวม
1	89.29%	73.03%	55.56%	77.78%	73.91%
2	74.80%	63.56%	79.12%	77.78%	73.91%
3	78.51%	69.86%	72.05%	77.78%	74.55%
4	76.65%	73.03%	55.56%	77.78%	70.76%
5	53.17%	69.86%	72.05%	79.63%	68.68%
6	53.17%	73.03%	55.56%	77.78%	64.89%

5. สรุปผลการดำเนินงาน

การพัฒนาแบบจำลองการลุกขึ้นสำหรับผู้สูงอายุจากการใช้ราสปิเบอร์รี่พาย ในการรับส่งข้อมูลระหว่างกล้องที่ใช้ในการตรวจจับความเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุขณะลุกขึ้นจากเตียง และประมวลผลด้วยการใช้ไลบรารีสก็คจุดสำคัญในภาพมนุษย์ในการตรวจจับท่าทางและนำจุดที่ได้มาตรวจสอบการลุกขึ้นว่ามีการลุกขึ้นที่ถูกต้องจากสูตรการคำนวณหามุมที่เหมาะสมจากส่วนต่าง ๆ ในร่างกาย โดยมีการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของการตรวจจับท่าทางการลุกขึ้นระหว่างสองไลบรารีได้แก่มีเดียไปป์ และโอเพ่นโพส ด้วยวิธีการหาค่าอาร์เอ็มเอสอี และเอ็มเออี พบว่าไลบรารีมีเดียไปป์มีค่าของอาร์เอ็มเอสอีและเอ็มเออีอยู่ที่ 25.19 และ 20.35 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าไลบรารีโอเพ่นโพสที่มีค่าอาร์เอ็มเอสอีและเอ็มเออีอยู่ที่ 109.48 และ 61.20 ตามลำดับ นั่นหมายถึงไลบรารีมีเดียไปป์มีประสิทธิภาพมากกว่าไลบรารีโอเพ่นโพสในการตรวจจับท่าทางการลุกขึ้น จึงเลือกใช้ไลบรารีมีเดียไปป์ในการสก็คจุดสำคัญในภาพมนุษย์ และมีการตรวจสอบความแม่นยำในการตรวจสอบท่าทางการลุกขึ้นจากการใช้ไลบรารีมีเดียไปป์โดยใช้สูตรการคำนวณหามุมที่เหมาะสมในองศาต่าง ๆ สรุปได้

ว่าไลบรารีมีเดียไปป์มีค่าเฉลี่ยของความแม่นยำที่สูงที่สุดในการตรวจจับท่าทางการลุกขึ้นได้แก่แบบที่ 3 คือ 74.55%

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ การพัฒนาระบบแจ้งเตือนการลุกขึ้นสำหรับผู้สูงอายุในอนาคตจะมีการพัฒนาสามารถในการคำนวณมุมต่าง ๆ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับท่าทางเพิ่มความหลากหลายในการทดลองมากขึ้นเพื่อให้สามารถรองรับการทำงานได้ในหลายสถานการณ์ และอาจมีการนำไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มเป้าหมายอื่นที่ไม่ใช่แค่ผู้สูงอายุ เช่น ผู้มีปัญหาทางการเคลื่อนไหว หรือเด็กที่ต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิด

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมกิจการผู้สูงอายุ, “สถิติผู้สูงอายุ มิถุนายน 2566 by Looker Studio,” [ออนไลน์] 2566. สืบค้นวันที่ 18 พฤศจิกายน 2566, <https://www.dop.go.th/th/known/side/1/1/2449>
- [2] กรมควบคุมโรค, “กรมควบคุมโรค ห่วงผู้สูงอายุพลัดตกหกล้มในช่วงฤดูฝน แนะนำใส่รองเท้าที่พื้นมีดอกยาง และประเมินความเสี่ยงการหกล้มอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง ที่สถานพยาบาลใกล้บ้าน,” [ออนไลน์] 2565. สืบค้นวันที่ 18 พฤศจิกายน 2566, <https://ddc.moph.go.th/odpc7/news.php?news=26077&deptcode=odpc7>
- [3] Maxwell, Vayyar Home. ระบบตรวจจับการล้ม หดกังวลกับเหตุการณ์ผู้สูงอายุล้มแล้วไม่มีใครรู้. สืบค้นเมื่อ 18 พฤศจิกายน 2566, <https://www.maxwell.co.th/vayyar-home>
- [4] Pobpad. ลูกแล้วหน้ามีด อาการที่คุณไม่ควรเพิกเฉย. สืบค้นวันที่ 18 พฤศจิกายน 2566, <https://www.pobpad.com/ลูกแล้วหน้ามีด-อาการที่>
- [5] La-Z-boy of Thailand. การลุกขึ้นอย่างปลอดภัย...ในผู้สูงอายุ, La-Z-boy of Thailand. สืบค้นวันที่ 21 ธันวาคม 2567, <https://www.lazboythailand.com/th/inspiration/21/s-tanding-safely-...-in-the-elderly>
- [6] D. Kowerko, D. Richter, M. Heinzig, S. Kahl, S. Helmert, and G. Brunnett, “Evaluation of CNN-based algorithms

- for human pose analysis of persons in red carpet scenarios," in Gesellschaft für Informatik, Bonn, pp. 2201–2209, 2017.
- [7] Z. Cao, G. Hidalgo, T. Simon, S. -E. Wei and Y. Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields," in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 43 (1): 172-186, 2021.
- [8] F. Akhyar et al., "Shoulder and Knee Abnormality Examination Based on Artificial Landmark Estimation," in 2023 Sixth International Symposium on Computer, Consumer and Control (IS3C), Taichung, Taiwan, pp. 36-39, 2023.
- [9] V. Bazarevsky, Y. Kartynnik, K. Raveendran, M. Grundmann, and A. Vakunov, "BlazePose: On-device Real-time Body Pose tracking," arXiv:2006.10204v1 [cs.CV], Jun. 2020.
- [10] X. Dong et al., "Yh-Pose: Human pose estimation in complex coal mine scenarios," Engineering Applications of Artificial Intelligence, 127: 107338, 2024.
- [11] C. -Y. Wang, A. Bochkovskiy and H. -Y. M. Liao, "YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors," in 2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Vancouver, BC, Canada, pp. 7464-7475, 2023.
- [12] A. Lobo, J. Lobo, A. Joy and I. A. Mirza, "Yoga Correction Using Machine Learning," in 2022 2nd Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON), Ravet, India, pp. 1-6, 2022.
- [13] C. Lugaresi et al., "MediaPipe: A Framework for Building Perception Pipelines," arXiv:1906.08172 [cs.DC], Jun. 2019.
- [14] M. Gao et al., "Fall detection based on OpenPose and mobilenetv2 network," IET Image Processing, 17(3): 722–732, 2022.

แพลตฟอร์มธนาคารเสมือนจริงสำหรับการเกษตร Agriculture Virtual Banking Platform

นันทา จันทร์พิทักษ์*, อติศักดิ์ สุภิสุน และณัฐพล พันนุรัตน์

Nanta Janpitak*, Adisak Supeesun and Natthapon Pannurat

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

Received: December 16, 2024; Revised: December 16, 2024; Accepted: December 24, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – In Thailand, there has been a growing interest in agriculture among the population, both as a primary occupation and as a hobby. Many individuals engage in small-scale farming, such as growing vegetables for personal consumption or for small-scale trade. A significant obstacle they often encounter is the lack of sufficient equipment or resources. These resources are not always feasible to purchase due to infrequent use or high costs, such as tractors, grass cutters, or battery-powered sprayers. To address this issue, the researchers propose the concept of an Agriculture Virtual Banking Platform inspired by Thailand 4.0 principles. This system facilitates the exchange and lending of agricultural equipment, promoting convenience and strengthening community resilience through the shared use of resources. The Agriculture Virtual Banking Platform is designed to allow community members to exchange or rent agricultural resources. The system functions similarly to a financial bank, where members with abundant resources can establish their own banks to offer rental services. Conversely, members with fewer resources can deposit their (virtual) resources in a nearby bank and earn interest or rental fees when others rent their equipment. This system not only reduces the cost of purchasing agricultural equipment but also extends the usability and durability of these resources. For instance, tools that are rarely used by their owners can be rented out, thereby preventing rust and maximizing their utility. The Agriculture Virtual Banking Platform will promote the development of quality of life and community, fostering tangible self-reliance among farmers and community members.

KEY WORDS – Agriculture, farming, farming equipment, farming resources, virtual banking, Digital Transformation, Thailand 4.0

บทคัดย่อ – ในปัจจุบันประเทศไทยมีผู้สนใจหันมาทำเกษตรกรรมมากขึ้น ทั้งที่ทำอาชีพเกษตรกรเป็นหลัก หรือทั้งที่ทำการเกษตรเป็นงานอดิเรก เช่น ปลูกผักกินเอง หรือเพื่อค้าขายเล็ก ๆ น้อย ๆ ซึ่งในบางทีแล้ว หลายคนได้พบว่าอุปสรรคของการเกษตรอย่างหนึ่งก็คือการมีอุปกรณ์หรือทรัพยากรที่ไม่เพียงพอ แต่ไม่มีความต้องการที่จะจัดซื้อเข้ามาในครัวเรือนเนื่องจากนาน ๆ อาจใช้ครั้งหนึ่ง หรือราคาค่าอุปกรณ์อาจสูงเกินความสามารถในการจัดซื้อ เช่น รถไถ รถตัดหญ้า ถังพ่นยา แบตเตอรี่ เป็นต้น ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนหรือให้ยืมอุปกรณ์ทางการเกษตรขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกและสร้างความเข้มแข็งในชุมชนด้วยการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนแบบพึ่งพา และมุ่งตอบสนองต่อหลักแนวคิดของประเทศไทย 4.0 โดยได้ทดลองสร้างแพลตฟอร์มธนาคารเสมือนจริงสำหรับการเกษตร (Agriculture Virtual Banking Platform) ขึ้นมา ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้คนในชุมชนสามารถแลกเปลี่ยน เช่ายืม ทรัพยากรทางการเกษตรกันได้ แพลตฟอร์มนี้จะมี khả năngคล้ายคลึงกับธนาคารทางการเงิน คือ สมาชิกที่มีทรัพยากรให้เช่ายืมจำนวนมาก สามารถก่อตั้งธนาคารของตนเองขึ้นมาเพื่อให้บริการเช่ายืมในรูปแบบธนาคารได้ แต่สมาชิกบางท่าน อาจมีทรัพยากรเพียงเล็กน้อย ก็สามารถฝากทรัพยากร (แบบ virtual) กับทางธนาคารที่เปิดในพื้นที่ใกล้เคียง เพื่อรับดอกเบี้ยหรือ

*Corresponding Author: njanpitak@gmail.com

ค่าเช่า เมื่อมีคนมาเช่าอิมมอร์ทยากรนั้น ๆ จากธนาคาร ซึ่งแพลตฟอร์มนี้นอกจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ทางการเกษตรแล้ว ยังสามารถทำให้ผู้ประกอบการเกษตรต่าง ๆ สามารถใช้งานได้ทันงานและมีประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น ลดการเป็นสนิมของจอบที่เจ้าของไม่ค่อยได้ใช้งาน โดยการปล่อยให้สมาชิกมาเช่าอิมมอร์ท เป็นคัน แพลตฟอร์มธนาคารเสมือนจริงเพื่อการเกษตรนี้จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาคุณภาพชีวิตและชุมชน ทำให้เกิดความพึ่งพาตนเองของเกษตรกรและคนในชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม

คำสำคัญ—เกษตรกร, เกษตรกรรม, การเกษตรแบบพึ่งพา, ทรัพยากรทางการเกษตร, ธนาคารเสมือน, การแปลงเป็นดิจิทัล, ไทยแลนด์ 4.0

1. บทนำ

จากยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579) กำหนดอนาคตของประเทศภายใต้วิสัยทัศน์ “ประเทศมีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน เป็นประเทศ พัฒนาแล้ว ด้วยการพัฒนาตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” นำไปสู่การพัฒนาให้คนไทยมีความสุข และตอบสนองต่อการบรรลุซึ่งผลประโยชน์แห่งชาติในการที่จะพัฒนาคุณภาพชีวิต สร้างรายได้ระดับสูง และ สร้างความสุขของคนไทยสังคมมีความมั่นคงเสมอภาค และเป็นธรรม โดยประเทศสามารถแข่งขันได้ในระบบ เศรษฐกิจ ประเทศไทย 4.0 เป็นความมุ่งมั่นที่ต้องการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่ “Value-Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” ซึ่งในปัจจุบันยังติดอยู่ในโมเดลเศรษฐกิจแบบ “ทำมาก ได้น้อย” ต้องการปรับเปลี่ยนเป็น “ทำน้อย ได้มาก” การขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลง อย่างน้อยใน 3 มิติสำคัญคือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเปลี่ยนจากการเน้นภาคการผลิตสินค้าไปสู่การเน้นภาคบริการมากขึ้น [1]

ประเทศไทยได้รับการยอมรับว่าเป็นประเทศเกษตรกรรมมาช้านาน เนื่องจากมีทำเลที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่เอื้ออำนวยต่อการทำเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับภาคการเกษตร ในปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสื่อสังคมออนไลน์ ทำให้มีการเผยแพร่องค์ความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำการเกษตรผ่านออนไลน์เพิ่มขึ้น รวมทั้งมีการสร้างรายได้ผ่านการเป็นยูทูบเบอร์เพื่อแบ่งปันประสบการณ์ในการทำเกษตร และด้วยกระแสของเศรษฐกิจพอเพียง หรือแม้แต่ความนิยมที่มากขึ้นใน

การทำเกษตรวิถีใหม่ เช่น การทำโคกหนองนาโมเดล ทำให้มีคนจำนวนมากหันมาสนใจและทดลองทำอาชีพเกษตรกรรมมากขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ถึงแม้ผู้คนจะมีแหล่งความรู้ที่มากมายอยู่บนโลกออนไลน์ แต่หลายคนก็ไม่ได้ประสบความสำเร็จในการทดลองทำการเกษตร และสุดท้ายก็ค่อย ๆ ล้มเลิกไป เนื่องจากปัญหาหลาย ๆ ประการ ซึ่งหนึ่งในปัญหานั้นคือการไม่มีอุปกรณ์ หรือ ขาดทรัพยากรที่จำเป็นเพียงพอในการทำการเกษตร เมื่อขาดอุปกรณ์ เช่น ดึงพ่นยาฆ่าแมลง จอบ เสียม หรือขาดทรัพยากรที่จำเป็น เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ก็ส่งผลทำให้พืชผัก หรือ ผลผลิตที่ต้องการไม่เป็นไปอย่างที่คาดหวัง ตัวอย่างเช่น

- นายสมหมาย ทดลองปลูกมะเขือเทศอินทรีย์ในพื้นที่รอบบ้านของตนเอง โดยหาความรู้ด้วยตนเองจากยูทูบ แต่พบว่าอุปสรรคคือ การที่เขาไม่มีถังพ่นยา มีแต่เพียงกระบะบอกลีด น้ำขนาดเล็ก ซึ่งก็ใช้เวลานานพอสมควร กว่าจะพ่นยาเสร็จ และพบกว่าการใช้กระบะบอกลีดน้ำขนาดเล็กมีความไม่เหมาะสมและไม่สะดวก เพราะการใช้สารชีวภัณฑ์บางอย่าง อาจมีขนาดใหญ่เกินไปเมื่อละลายน้ำอาจเกิดการอุดตันในกระบะบอกลีด ทำให้ฉีดพ่นไม่ออก เป็นต้น การที่นายสมหมายจะตัดสินใจสั่งซื้อถังพ่นยามาใช้ ก็เป็นสิ่งที่ต้องคิดคำนึงถึงในหลาย ๆ ด้าน เช่น พื้นที่จัดเก็บหลังจากไม่ใช้งาน ราคาที่อาจมีราคาสูงเกินไป เมื่อเทียบกับความต้องการใช้ที่ไม่บ่อยนัก จึงใช้วิธีการไปหยิบยืมจากเพื่อนบ้านใกล้เคียง ซึ่งก็อาจก่อให้เกิดปัญหาการทะเลาะกันตามมาในภายหลัง เช่น นายสมหมายอาจลืม แล้วลืมคืน ทำให้เพื่อนบ้านไม่พอใจ หรือนายสมหมายอาจลืมแล้วไม่ระวังรักษาสิ่งของ ทำให้เพื่อนบ้านไม่พอใจ หรืออาจมีกรณีที่นายสมหมายเอาสิ่งของที่ยืมไปคืนแล้ว แต่เพื่อนบ้านลืม หรือไม่รู้ แล้วมาทวงถามในภายหลัง เป็นต้น

■ นางสาวหญิง ทดลองปลูกอินทผลัมรอบบ้านเพียง 3 ต้น หลังจากที่ถูกไประยะหนึ่งพบว่าต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์หลากหลายสูตรเพื่อบำรุงดินในแต่ละระยะ ซึ่งในบางทีนางสมหญิงพบว่าตนเองมีปุ๋ยอินทรีย์สูตร 16-16-16 เหลือเป็นจำนวนมาก แต่ต้องการใช้ปุ๋ยสูตร 13-21-21 เพียงเล็กน้อย นางสมหญิงก็ต้องการหาเพื่อนบ้านที่มีปุ๋ยสูตร 13-21-21 และต้องการปุ๋ยสูตร 16-16-16 เพื่อแลกเปลี่ยนกัน จะได้ไม่ต้องไปหาซื้อเพิ่มเติมเป็นจำนวนมากแต่ปริมาณการใช้ไม่มาก และทำให้มีปุ๋ยเหลือให้ต้องจัดเก็บเป็นเวลานาน

■ นายสมปอง ปลูกต้นฝรั่งไว้รอบบ้าน แต่โดนคันหญ้าปกคลุมดินจนทั่ว นายสมปองจึงอยากปรับโคนให้มีความสะอาด ไม่รก แต่นายสมปองก็รู้สึกเหนื่อย เมื่อทำไปได้แค่เพียงโคนเดียว นายสมปองจึงอยากหาคนบ้านใกล้เคียงมาช่วยงาน

ถึงแม้ว่าในปัจจุบัน อาจมีระบบการยืมกันเองภายในชุมชน แต่ก็พบว่ามีปัญหาตามมาหลากหลาย เช่น ยืมแล้วลืมคืนหรือคืนแล้วแต่เจ้าของยังตามทวง เพราะหาไม่เจอและจำไม่ได้ว่ามีการคืนไปแล้ว ในบางครั้ง การยืมก็เป็นการยืมด้วยปากเปล่า ไม่มีการบันทึกข้อมูล ทำให้เจ้าของจำไม่ได้ว่าใครยืมไปเมื่อเวลาที่จะใช้ก็หาไม่เจอ เป็นต้น หรือแม้กระทั่ง การยืมของไปใช้ ในบางครั้งอาจมีปัญหาเมื่อมีการคืนของที่มีสภาพไม่เหมือนเดิม ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการทะเลาะโต้เถียงกัน เป็นต้น

ทีมงานวิจัยเองก็พบว่าตนเองเจอปัญหาดังกล่าวเช่นเดียวกัน จึงได้วิจัยและนำเสนอแพลตฟอร์มธนาคารเสมือนจริงสำหรับการเกษตรขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาข้างต้นและปัญหาอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน

2. แนวคิด / วิธีการที่นำเสนอ

จากความต้องการและปัญหาของเกษตรกรข้างต้น ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างแพลตฟอร์มที่ชื่อว่า "Agriculture Virtual Banking Platform" ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ "Digital Transformation for Agriculture" โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้คือ

1. เพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มที่เป็นสื่อกลางในการซื้อขายแลกเปลี่ยน หรือ ให้เช่ายืมทรัพยากรทางการเกษตรภายในชุมชน ซึ่งทรัพยากรในที่นี้หมายถึงรวมถึง อุปกรณ์ เช่น รถ

1. ไถ ถังพ่นยา จอบ เสียม ,วัสดุสิ้นเปลือง เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ,และทรัพยากรบุคคล เช่น แรงงานถากหญ้า เป็นต้น
 2. เพื่อลดความขาดแคลนทรัพยากรทางการเกษตรในชุมชน โดยให้เกษตรกรมีโอกาasyืมอุปกรณ์และทรัพยากรทางการเกษตรจากผู้อื่นในชุมชนได้
 3. เพื่อส่งเสริมความเข้มแข็งในลักษณะการพึ่งพาตนเองภายในชุมชน โดยมีระบบเป็นตัวกลางในการจัดการข้อมูล
 4. เพื่อสร้างการหมุนเวียนของทรัพยากรในชุมชน ไม่ให้เกิดทรัพยากรสูญเปล่าจากการมีที่มากเกินไปแล้วไม่ได้ใช้ประโยชน์ ถือเป็นส่วนหนึ่งของการลดภาวะโลกร้อน
 5. เพื่อสร้างระบบที่มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการให้บริการที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้รับบริการที่เกี่ยวข้องทางการเกษตร โดยสร้างธุรกรรมที่มีความโปร่งใส สามารถติดตามได้ สามารถให้คะแนนสมาชิกด้วยกันเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการเช่ายืมจากระบบ เป็นต้น
 6. เพื่อสนับสนุนแนวคิดอุตสาหกรรม 4.0 ที่ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ
- ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนที่จะพัฒนาต้นแบบของแพลตฟอร์ม ดังหัวข้อถัดไป

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีระบบหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกาส่งเสริมการทำกิจกรรมทางการเกษตรหลายงานวิจัย เช่น

3.1 Agriculture marketing using web and mobile based technologies [2]

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเว็บและมือถือในการส่งเสริมการตลาดเกษตรกรรม โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดช่องว่างระหว่างเกษตรกรและผู้บริโภคผ่านการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัล งานวิจัยนี้พัฒนาระบบที่เกษตรกรสามารถประกาศขายผลิตภัณฑ์ของตนได้โดยตรง และผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลผลิตภัณฑ์ รวมถึงทำการซื้อขายออนไลน์ได้อย่างสะดวกสบาย นอกจากนี้ ระบบยังช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลการตลาด เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับความ

ต้องการของตลาดและแนวโน้มราคา ส่งผลให้เกษตรกรสามารถปรับปรุงแผนการผลิตและการตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทำงานของระบบจะทำงานดังต่อไปนี้

- รับรายละเอียดผลิตภัณฑ์จากเกษตรกร/ลูกค้า
- วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ โดยคำนึงถึงเกณฑ์การตรวจสอบต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ และด้วยความช่วยเหลือของผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรเพื่อตอบสนองความคาดหวังด้านคุณภาพของลูกค้า
- กำหนดราคาของผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบแล้วและอัปเดตในแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 1 แสดงผลความแตกต่างเมื่อซื้อสินค้าปกติกับซื้อผ่านแอปพลิเคชัน

Sr. No.	Product	Price (Using Middlemen 1 kg each)	Price (Using Application 1 kg each)
Cereals and Pulses			
a)	Barley	Rs. 57.00	Rs. 51.30
b)	Wheat	Rs. 55.00	Rs. 49.50
Seed			
a)	Basil seed	Rs. 150.00	Rs. 135.00
b)	Cumin seed	Rs. 195.00	Rs. 175.50
Spices			
a)	Chilly powder	Rs. 320.00	Rs. 288.00
b)	Black pepper	Rs. 390.00	Rs. 351.00

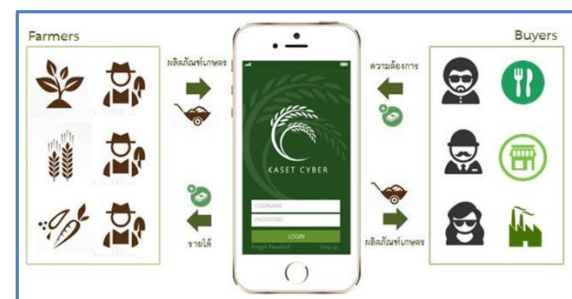
จากตารางที่ 1 ได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างจากการซื้อสินค้าที่เหมือนกันแต่วิธีการซื้อสินค้าผ่านทางพ่อค้าคนกลาง กับ ซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชัน จะเห็นได้ว่าราคาที่ซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชันมีราคาถูกกว่าราคาที่ซื้อสินค้าผ่านทางพ่อค้าคนกลาง ซึ่งเกษตรกรจะได้ราคาที่เป็นธรรมมากขึ้น

ข้อดี : เกษตรกรสามารถขายผลิตภัณฑ์ของตนได้โดยตรงให้กับผู้บริโภคหรือผู้ค้าปลีกโดยไม่ต้องผ่าน พ่อค้าคนกลาง ซึ่งจะทำให้เกษตรกรได้รับราคาที่เป็นธรรมมากขึ้น

ข้อจำกัด : รองรับแค่ผลิตภัณฑ์การเกษตร และ รองรับเฉพาะการซื้อขายเท่านั้น

3.2 ต้นแบบโมบายแอปพลิเคชันแพลตฟอร์มเพื่อการเกษตรยุคดิจิทัล [3]

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในยุคดิจิทัล แอปพลิเคชันนี้ออกแบบมาเพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงข้อมูลและทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการเกษตรได้ง่ายขึ้น รวมถึงการจัดการผลผลิต การวิเคราะห์ข้อมูลทางการเกษตร และการตลาด แอปพลิเคชันยังมีฟังก์ชันสำหรับการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ระหว่างเกษตรกร และให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกษตรกรอาจพบเจอ งานวิจัยนี้ใช้ทั้งความรู้เกี่ยวกับวงจรการพัฒนาแบบ (SDLC) ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็น โมบายแอปพลิเคชันที่ชื่อว่า KASET CYBER สามารถรองรับได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ IOS



รูปที่ 1. แผนภาพกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชัน

KASET CYBER

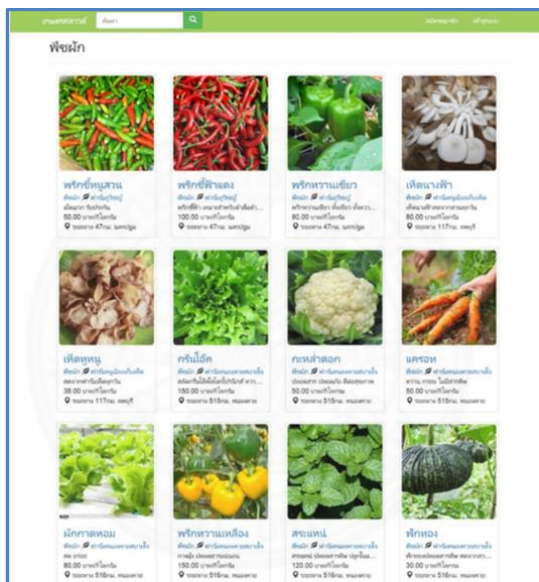
ข้อดี : เกษตรกรสามารถขายผลิตภัณฑ์ของตนได้โดยตรงให้กับผู้บริโภคหรือผู้ค้าปลีกโดยไม่ต้องผ่าน พ่อค้าคนกลาง ซึ่งจะทำให้เกษตรกรได้รับราคาที่เป็นธรรมมากขึ้น

ข้อจำกัด : รองรับแค่ผลิตภัณฑ์การเกษตร และ รองรับเฉพาะการซื้อขายเท่านั้น

3.3 Developing An Agricultural products Online Marketplace In Thailand Using Geolocation technology [4]

บทความนี้นำเสนอโครงการพัฒนาระบบซื้อขายสินค้าการเกษตรออนไลน์โดยใช้เทคโนโลยีระบุตำแหน่ง โครงการนี้เน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงกระบวนการซื้อขายสินค้าการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพและช่วยเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภคอย่างที่ดีขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีระบุตำแหน่ง

เช่น GPS และแอปพลิเคชันที่สามารถระบุตำแหน่งของผู้ใช้ และสินค้าของพวกเขา ดังรูปที่ 2 ที่ช่วยในการติดตามและส่งของอย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยลดความซับซ้อนในกระบวนการซื้อขายและการจัดส่งสินค้าการเกษตร โดยให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งและคุณภาพของสินค้า ที่ช่วยให้ผู้บริโภคทราบถึงที่มาและคุณภาพของสินค้าที่พวกเขาซื้อ โดยทำให้ระบบการเกษตรดิจิทัลเป็นอย่างสำคัญในการสนับสนุนการสร้าง confianza และสร้างความโปร่งใสให้กับภาคการเกษตร และโครงการนี้ยังนำเสนอข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพัฒนาระบบออนไลน์ที่รวมระบบการติดตามสินค้าและการระบุตำแหน่ง ที่ใช้เทคโนโลยีเพื่อทำให้การซื้อขายสินค้าการเกษตรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้สินค้ามีคุณค่ามากขึ้นต่อผู้บริโภคและผู้ผลิตในภาคการเกษตรออนไลน์



รูปที่ 2. แสดงรายการสินค้าของเว็บไซต์ KASETCLOUD

ข้อดี : ช่วยเพิ่มสะดวกในการซื้อขายผลิตภัณฑ์ให้กับสินค้าเกษตร

ข้อจำกัด : รองรับแค่ผลิตภัณฑ์การเกษตร และ รองรับเฉพาะการซื้อขายเท่านั้น

3.4 Designing and Developing an Agricultural Product Sales Application Catalog with a Hybrid Application Development Framework [5]

งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือแบบผสมผสานสำหรับการส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในอินโดนีเซีย ซึ่งเป็นแนวทางที่น่าสนใจและมีศักยภาพในการช่วยเกษตรกรเพิ่มรายได้ ลดต้นทุน และขยายตลาดการขายสินค้าทางเกษตรระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มี

วัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอนุญาตให้ผู้ซื้อที่สนใจติดต่อกับผู้ขายผ่านข้อมูลการติดต่อที่ระบบให้ไว้ระบบยังรวมถึงฟีเจอร์ต่างๆ เช่น แผนที่สำหรับระบุตำแหน่งผู้ขายและตัวกรองสำหรับจัดเรียงผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์เฉพาะ

ข้อดี : เกษตรกรสามารถขายผลิตภัณฑ์ของตนได้โดยตรงให้กับผู้บริโภคหรือผู้ค้าปลีกโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรได้รับราคาที่เป็นธรรมมากขึ้น

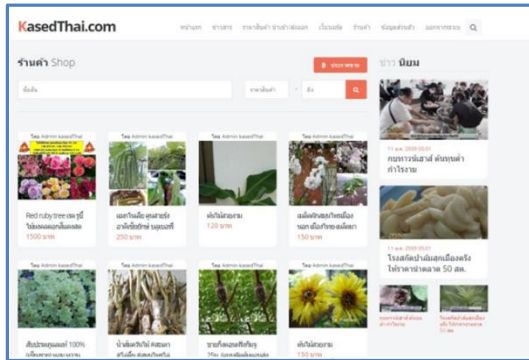
ข้อจำกัด : รองรับแค่ผลิตภัณฑ์การเกษตร และ รองรับเฉพาะการซื้อขายเท่านั้น

3.5 บริการซอฟต์แวร์คลาวด์สนับสนุนการตัดสินใจด้าน

การตลาดสำหรับเกษตรกรไทยประเภทกิจกรรม [6]

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาบริการคลาวด์เพื่อช่วยในการตัดสินใจในด้านการตลาดของเกษตรกร สามารถให้ข้อมูลข่าวสาร ราคาตลาด และราคานำเข้า-ส่งออกสินค้าทางเกษตรเนื่องจาก เกษตรกรที่เพาะปลูกเพื่อการพาณิชย์นั้นอาจประสบพบเจอการที่ถูกละเลยโดยพ่อค้าคนกลาง และยังมีบริการแลกเปลี่ยน ซื้อ-ขายเพื่อให้เกษตรกรมีโอกาสในการตัดสินใจในการแลกเปลี่ยน ซื้อ-ขายในราคาที่ตนเองพอใจ ซึ่งจากงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยีต่างๆเพื่อจัดสร้างเว็บ KasedThai ดังรูปที่ 3 โดยใช้เทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบจะมีดังนี้

- Operation System Microsoft Windows 10 (เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก)
- AppServer
- Sublime Text Version 3
- MySQL Database
- PhpMyAdmin



รูปที่ 3 หน้าแลกเปลี่ยน ชื่อ-ขายสินค้าของเว็บ KasedThai

ข้อดี : เป็นเว็บไซต์ที่มีความน่าสนใจและมีหลากหลายบริการที่ช่วยตัดสินใจในการทำตลาดของเกษตรกร

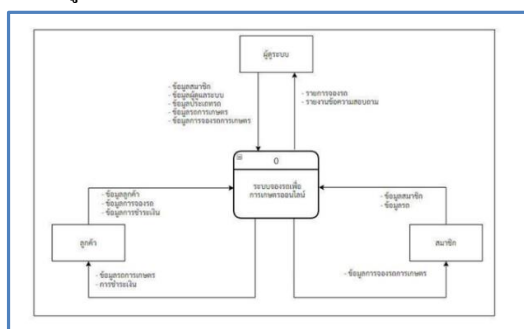
ข้อจำกัด : ระบบการแลกเปลี่ยนดูเหมือนเป็นการรับส่งสินค้ามากกว่าระบบแลกเปลี่ยนสินค้าที่แท้จริง

3.6 ระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์ [7]

งานนี้เป็นการพัฒนาระบบจองรถสำหรับการเกษตรออนไลน์ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการการเช่ารถเพื่อการเกษตรผ่านทางแพลตฟอร์มออนไลน์ ระบบนี้มุ่งเน้นการพัฒนาฟังก์ชันการใช้งานที่ช่วยให้เกษตรกรสามารถค้นหา รถที่ต้องการเช่า ดูรายละเอียดเกี่ยวกับรถและราคา รวมถึงทำการจองรถได้ง่าย ๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ ระบบยังมีฟังก์ชันการจัดการการจองรถสำหรับเจ้าของรถ และการให้บริการลูกค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ซึ่งช่วยเพิ่มความสะดวกในการเข้าถึงบริการเช่ารถและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการการให้เช่าและการจองรถเพื่อการเกษตร

ระบบแบ่งผู้ใช้งานเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 4

- ผู้ดูแลระบบ
- สมาชิกของเว็บซึ่งจะสามารถโพสต์รูปและรายละเอียดรถทางการเกษตรเพื่อให้ลูกค้าจอง
- ลูกค้าที่ต้องการใช้งานรถทางการเกษตร



รูปที่ 4 Context Diagram ระบบระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์

ข้อดี : มีความสะดวกสบายต่อการติดต่อจองรถการเกษตร

ข้อจำกัด : ขอบเขตของแอปพลิเคชันน้อยเกินไป รองรับแค่การจองรถเท่านั้น

3.7 การพัฒนาระบบตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับ

เกษตรกร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ [8]

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาและพัฒนาระบบตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรกับผู้ซื้อในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยเน้นการสร้างแพลตฟอร์มออนไลน์ที่เกษตรกรสามารถลงประกาศขายผลผลิตทางการเกษตร และผู้ซื้อต้องการหาซื้อสินค้าสามารถค้นหาและติดต่อกับเกษตรกรได้โดยตรง ระบบนี้ประกอบไปด้วยฟังก์ชันการใช้งานที่หลากหลาย เช่น การลงทะเบียนผู้ใช้, การลงประกาศสินค้าขาย, การค้นหาผลิตภัณฑ์, การติดต่อซื้อขาย, และระบบการจัดการคำสั่งซื้อและการชำระเงิน ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสทางการตลาดสำหรับเกษตรกรและสร้างช่องทางในการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่

ข้อดี : เกษตรกรสามารถขายผลผลิตของตนเองได้แบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อจำกัด : รองรับแค่ผลิตภัณฑ์การเกษตร และ รองรับเฉพาะการซื้อขายเท่านั้น

3.8 การเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming)

การเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) เป็นแนวทางที่นำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในภาคการเกษตร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุน และส่งเสริมความยั่งยืน ในประเทศไทยและต่างประเทศ ซึ่งมีตัวอย่างงานวิจัยและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Smart Farm ดังนี้

การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิดและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะโดยใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดและ IoT เพื่อช่วยเกษตรกรในการจัดการฟาร์มอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจวัดและควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์ม เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ และแสงสว่าง ซึ่งช่วยเพิ่มผลผลิตและลดการใช้ทรัพยากร [9]

การศึกษาแนวทางของเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะเพื่อรองรับการขับเคลื่อนแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมสู่ประเทศไทย 4.0: กรณีศึกษาสวนผลไม้วังสวนบ้านแก้ว การศึกษานี้สำรวจความต้องการและแนวทางในการปรับใช้เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะในสวนผลไม้ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาดิจิทัลของประเทศไทย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การนำเทคโนโลยีมาใช้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพและมาตรฐานของสินค้า และลดความเสี่ยงจากศัตรูพืชและภัยธรรมชาติ [10]

การพัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืช โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืช โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัวในการตรวจวัดและควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง เพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช [11]

นวัตกรรมด้าน Smart Farming ของสวีตเซอร์แลนด์ บริษัท CombaGroup ในสวีตเซอร์แลนด์ได้พัฒนาระบบการปลูกผักสลัดในโรงเรือน โดยใช้เทคโนโลยีการปลูกพืชในอากาศ (aeroponics) และการควบคุมสภาพอากาศ ซึ่งช่วยให้สามารถปลูกผักได้ตลอดทั้งปี ลดการใช้น้ำและพื้นที่ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [12]

การพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อช่วยในการเพาะปลูกในสวีตเซอร์แลนด์ นักวิทยาศาสตร์จากสถาบันเทคโนโลยี ETH ซูริก ได้พัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถตรวจสอบและกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งช่วยลดการใช้สารเคมีและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์ม [13]

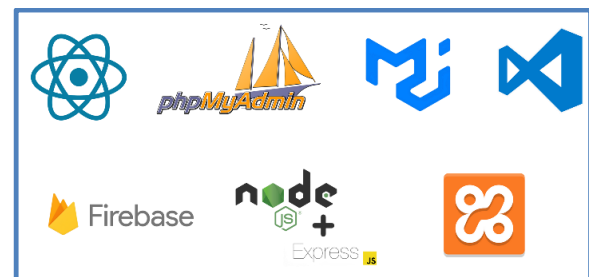
แพลตฟอร์ม Smart Farm ที่มีอยู่มากมุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการฟาร์มของเกษตรกรแต่ละราย ในขณะที่ระบบธนาคารเสมือนจริงเพื่อการเกษตรที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการแบ่งปันและใช้ทรัพยากรร่วมกันในชุมชน ซึ่งช่วยลดต้นทุนการจัดหาอุปกรณ์ ส่งเสริมความร่วมมือ และสร้างความพึ่งพาตนเองในชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม การนำระบบธนาคารเสมือนจริงเพื่อการเกษตรมาใช้ร่วมกับเทคโนโลยี Smart Farm ที่มีอยู่ สามารถสร้างความสมดุลระหว่างการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและการส่งเสริมความร่วมมือในชุมชน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาการเกษตรที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่นำเสนอการพัฒนาระบบเพื่อลดความจำเป็นในการขายสินค้าทางการเกษตรผ่านพ่อค้าคนกลาง ซึ่งเป็นขั้นตอนของการขายผลผลิต ยังไม่มีงานใดที่นำเสนอระบบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตก่อนที่จะได้ผลผลิตออกสู่ตลาด ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้จะได้นำเสนอในส่วนนี้ในหัวข้อถัดไป

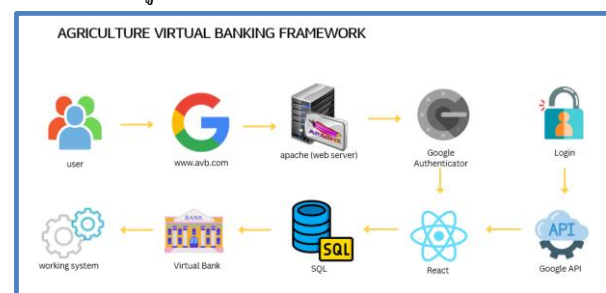
4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การออกแบบและการพัฒนา

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแพลตฟอร์มนี้แสดงดังรูปที่ 5 โดยส่วนของ Backend จะใช้ Node.js และ Frontend จะใช้ React และมีซอฟต์แวร์ช่วยพัฒนาคือ Mui และ Bootstrap โดยการส่งข้อมูลจะใช้ Fetch API หรือ Axios เพื่อร้องขอข้อมูลจาก Node.js และ Node.js จะส่งข้อมูลกลับในรูปแบบ JSON ที่ React จะได้ทำการแปลงเป็น JavaScript objects เพื่อใช้งาน



รูปที่ 5 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา



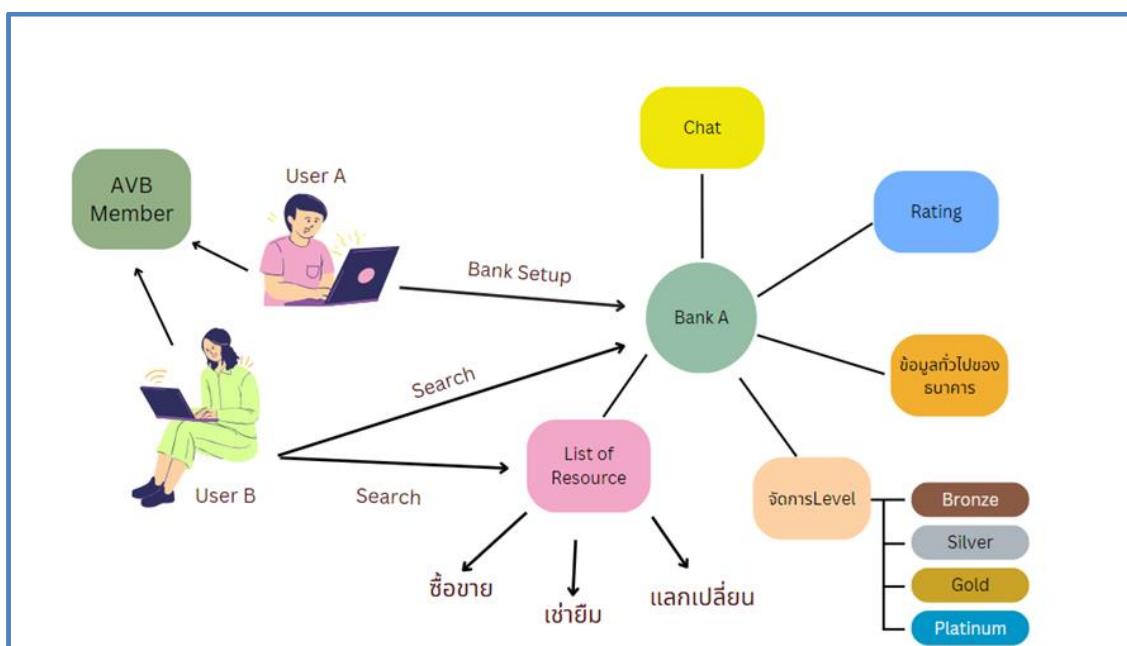
รูปที่ 6 Agriculture Virtual Banking Framework

รูปที่ 6 แสดงภาพ Framework ของแพลตฟอร์มธนาคารเสมือนจริงสำหรับการเกษตร ซึ่งผู้ใช้ที่เข้ามาใช้งานในระบบจะต้องทำการยืนยันตัวตนด้วย Google Authenticator เมื่อ Login สำเร็จหากถ้ายังไม่มีโปรไฟล์ ระบบจะให้สร้างโปรไฟล์ของผู้ใช้ก่อน ถ้าหากมีโปรไฟล์อยู่แล้ว ระบบจะนำเข้าสู่ระบบธนาคาร และเมื่อเข้าสู่หน้าหลักแล้วก็สามารถเลือกเป็นผู้ใช้งานทั่วไปหรือเลือกเปิดธนาคารของตัวเองได้ โดย

ฟังก์ชันหลัก ๆ ที่ได้เริ่มค้นพัฒนาในแพลตฟอร์มนี้มี Use Case Diagram แสดงดังภาพที่ 7 ซึ่งประกอบไปด้วย

1. ระบบสมาชิกที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับไปตามการให้คะแนนเรตติ้งของการทำธุรกรรม ทั้งนี้ระบบเรตติ้งจะมีทั้งผู้ใช้ทั่วไปและเจ้าของธนาคาร ระบบเรตติ้งพัฒนาขึ้นมาเพื่อจำกัดจำนวนการเข้ายืมของสมาชิก และจำกัดจำนวนการลิสต์รายการทรัพยากรของธนาคารให้เป็นไปตามระดับของความน่าเชื่อถือ เพื่อป้องกันและลดผู้ใช้ที่เป็นสแปมมิให้สามารถทำรายการได้จนเกิดปัญหากับระบบ ตัวอย่างระดับของผู้ใช้ เช่น เริ่มต้นด้วยระดับ Bronze จะสามารถเข้ายืมในเวลาหนึ่ง ๆ ได้ไม่เกิน 1 ชิ้น ถ้าหากทำธุรกรรมและได้คะแนนเรตติ้งจากเจ้าของธนาคารดีขึ้นเรื่อย ๆ ระดับจะได้เพิ่มขึ้นเป็น Silver ซึ่งจะสามารถเข้ายืมทรัพยากรพร้อม ๆ กันได้จำนวนชิ้นมากขึ้น เป็นต้น
2. ฟังก์ชันการเปิดธนาคารเสมือนจริงเพื่อการเกษตรสำหรับผู้ใช้ที่มีทรัพยากรที่สามารถให้ผู้อื่นซื้อขาย เช่ายืม หรือ แลกเปลี่ยน ซึ่งทรัพยากรในที่นี้หมายรวมถึง อุปกรณ์ เช่น รถไถ ถังพ่นยา จอบ เสียม , วัสดุสิ้นเปลือง เช่น ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ,และทรัพยากรบุคคล เช่น แรงงานถากหญ้า เป็นต้น ฟังก์ชันนี้ในระบบที่พัฒนาเริ่มต้น สมาชิกทุกคนสามารถ

- เปิดธนาคารได้ แต่ในการพัฒนาในอนาคต อาจมีระบบการอนุมัติจากเจ้าของแพลตฟอร์มเพิ่มขึ้นมา
3. ฟังก์ชันการลิสต์รายการทรัพยากรของธนาคาร เพื่อซื้อขาย เช่ายืม หรือ แลกเปลี่ยน
 4. ฟังก์ชันค้นหาทรัพยากรตามความต้องการของผู้ใช้ โดยผู้ใช้สามารถเลือกผลการค้นหาได้ตามความต้องการเช่น เรียงตามคะแนนของธนาคาร หรือ เรียงตามระยะทาง เป็นต้น
 5. ฟังก์ชันเช่าหรือยืมทรัพยากรทางการเกษตรตามที่ใช้งานต้องการ ทั้งนี้ข้อกำหนดเช่น ราคาเช่ายืม หรือ ระยะเวลาการเช่ายืม จะถูกกำหนดโดยธนาคารจากฟังก์ชันลิสต์ทรัพยากร
 6. ฟังก์ชันซื้อขายทรัพยากรทางการเกษตรตามที่ใช้งานต้องการ
 7. ฟังก์ชันแลกเปลี่ยนทรัพยากรทางการเกษตรตามที่ใช้งานต้องการ
 8. ฟังก์ชันการพูดคุยผ่านแชท ระหว่าง ธนาคารกับสมาชิก โดยเมื่อผู้ใช้เลือกทรัพยากรที่ต้องการได้แล้ว สามารถเข้าระบบแชทเพื่อพูดคุยกับธนาคารเจ้าของทรัพยากรได้ก่อนที่จะตัดสินใจทำธุรกรรม



รูปที่ 7 Use Case Diagram ของ Agriculture Virtual Banking Platform

4.2 ตัวอย่างหน้าจอของแพลตฟอร์ม

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างของหน้าจอของระบบที่ได้พัฒนา ซึ่งจะแสดงเฉพาะหน้าจอที่เป็นฟังก์ชันหลักตาม Use Case Diagram ดังต่อไปนี้

รูปที่ 8 หน้าการ login ด้วย Google Authenticator
ข้อความ(แสดงรายการที่อนุมัติ/ไม่อนุมัติ) และ
กิจกรรมของคุณ (ประวัติต่างๆ)

รูปที่ 10 แสดงหน้าต่างสร้างธนาคาร ซึ่งระบบจะให้
กรอกรหัสชื่อธนาคารและชื่อธนาคาร รวมถึงที่อยู่
ธนาคารและเงื่อนไขในการใช้งานธนาคารในแรงค์
ต่างๆ

รูปที่ 11 แสดงหน้าจอที่ธนาคารให้คะแนนการใช้งาน
กับลูกค้าหรือผู้ใช้ที่เข้ามามีทรัพยากร

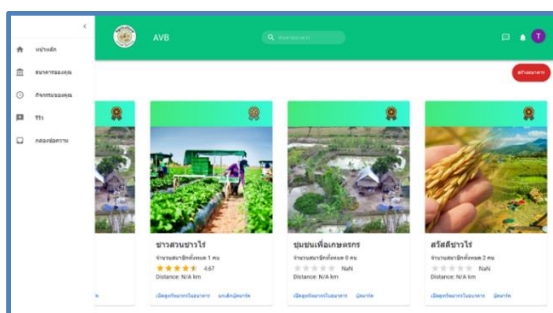
รูปที่ 12 แสดงหน้าจอการจัดการกับทรัพยากร เช่นเพิ่ม
ลด กำหนดราคาเช่า ยืม เป็นต้น

รูปที่ 13 แสดงหน้าจอการค้นหาทรัพยากร โดยผู้ใช้ หรือ
ลูกค้า

รูปที่ 14 แสดงหน้าจอสำหรับการทำรายการเช่า
ทรัพยากร

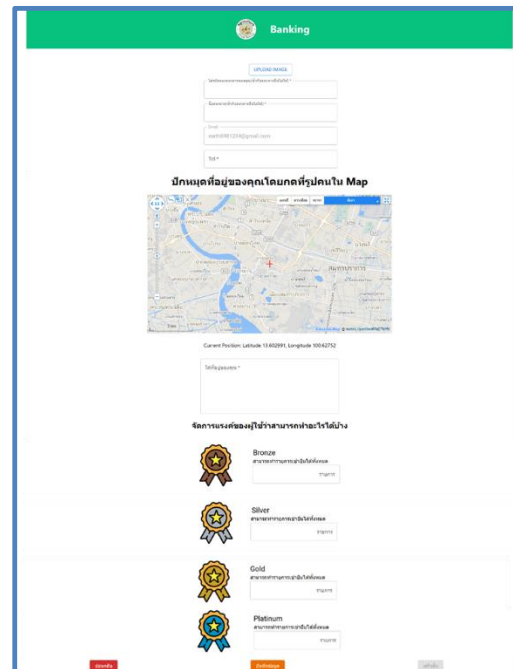


รูปที่ 8 หน้าการ login ด้วย Google Authenticator

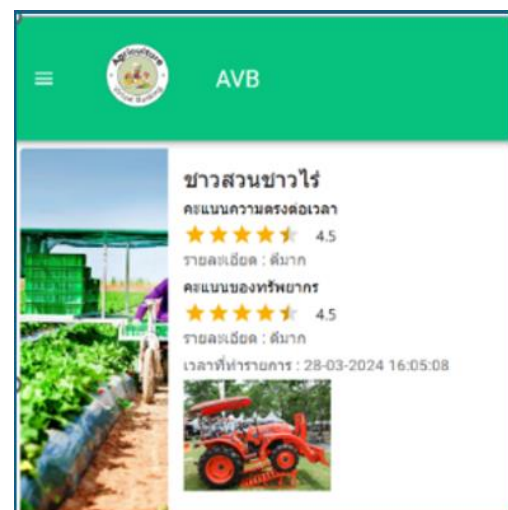


รูปที่ 9 หน้า Main page ของระบบ Agriculture Virtual
Banking

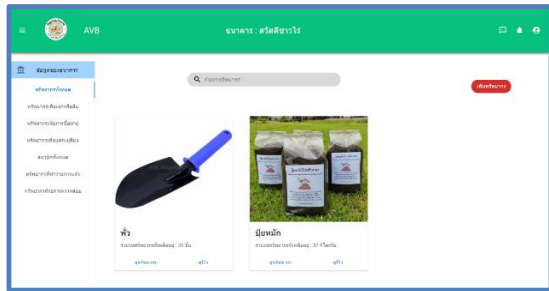
รูปที่ 9 แสดงหน้าจอหลัก Main Page ของระบบหลังจาก
ที่สมาชิก Login ผ่าน Google Authenticator สำเร็จแล้ว
ซึ่งจะแสดงรายการของทรัพยากรที่ลิสต์ให้เข้ามามีจาก
ธนาคารต่าง ๆ และในหน้าเมนูจะประกอบไปด้วย 4
ฟังก์ชัน ได้แก่ สร้างธนาคาร ธนาคารของคุณ กล้อง



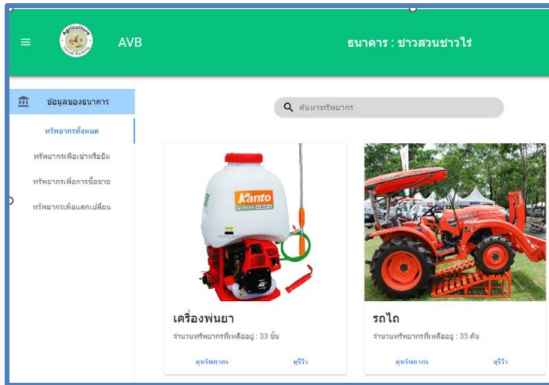
รูปที่ 10 หน้าต่างเพื่อลงทะเบียนสร้างธนาคาร



รูปที่ 11 หน้าจอการให้คะแนนลูกค้าหรือผู้ใช้โดยธนาคาร



รูปที่ 12 หน้าจอการลิสต์ทรัพยากรโดยธนาคาร



รูปที่ 13 หน้าจอการค้นหาทรัพยากรเพื่อเช่าซื้อโดยผู้ใช้

รูปที่ 14 หน้าจอการเช่าซื้อทรัพยากรจากธนาคาร

4.3 ผลการทดสอบระบบ

ทีมวิจัยได้มีการสำรวจความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบผ่านแบบสอบถาม โดยกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้ที่เคยให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความต้องการในการมีระบบดังกล่าว ซึ่งประกอบไปด้วยกลุ่มเกษตรกรที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมมาอย่างยาวนานแต่ประสบปัญหาขาดแคลนทุนทรัพย์และอุปกรณ์ทางการเกษตร รวมถึงกลุ่มผู้ที่ไม่ได้เป็น

เกษตรกรมืออาชีพ แต่เริ่มต้นทำการเกษตรในขนาดเล็ก เช่น การเพาะปลูกพืชผักในพื้นที่รอบบ้านของตนเอง เป็นต้น ซึ่งมีตัวอย่างของ Persona ของเกษตรกรผู้ใช้ เช่น

Persona 1: เกษตรกรมืออาชีพผู้ขาดแคลนทุนทรัพย์

ชื่อ: คุณสมชาย

อายุ: 52 ปี

พื้นที่ทำเกษตร: 10 ไร่ (ปลูกข้าวและพืชหมุนเวียน)

เป้าหมาย: ต้องการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนโดยไม่ต้องลงทุนในอุปกรณ์ใหม่

ความท้าทาย: ขาดแคลนทุนทรัพย์ในการซื้ออุปกรณ์การเกษตร เช่น รถไถนาและเครื่องพ่นยา

ความคาดหวังจากระบบ:

สามารถเช่าซื้ออุปกรณ์ที่จำเป็นในราคาข้อมเยา

มีระบบที่ใช้งานง่าย และการเข้าถึงข้อมูลอุปกรณ์ในชุมชนได้สะดวก

Persona 2: ผู้เริ่มต้นทำเกษตรขนาดเล็ก

ชื่อ: คุณมณี

อายุ: 35 ปี

พื้นที่ทำเกษตร: รอบบ้าน (ประมาณ 50 ตารางวา)

เป้าหมาย: ต้องการปลูกพืชผักสวนครัวเพื่อลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือนและสร้างรายได้เสริม

ความท้าทาย: ไม่มีอุปกรณ์ทางการเกษตรเป็นของตนเอง และไม่มีความรู้เพียงพอเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์

ความคาดหวังจากระบบ:

สามารถเข้าถึงข้อมูลอุปกรณ์และเช่าใช้งานได้ตามความจำเป็น

มีคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์หรือการเกษตรในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

Persona 3: ผู้ให้บริการอุปกรณ์การเกษตร (เจ้าของธนาคาร)

ชื่อ: คุณวิทยา

อายุ: 45 ปี

บทบาท: เจ้าของอุปกรณ์การเกษตร เช่น รถไถและเครื่องตัดหญ้า

เป้าหมาย: เพิ่มรายได้จากการให้เช่าอุปกรณ์ที่ไม่ค่อยได้ใช้งาน

ความท้าทาย: ต้องการระบบที่ช่วยบริหารจัดการการให้
เช่าและติดตามสถานะของอุปกรณ์

ความคาดหวังจากระบบ:

มีระบบที่ช่วยจัดการการเช่า เช่น การแจ้งเตือนการคืน
อุปกรณ์และการให้คะแนนลูกค้า

สร้างความไว้วางใจในระบบผ่านการจัดอันดับผู้เช่าและ
เจ้าของ

ผลการตอบแบบสอบถามแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้านฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในแง่ของการตอบสนองต่อความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งจะอธิบายและวิเคราะห์เพิ่มเติมในหัวข้อบทสรุปและการอภิปราย

5. บทสรุปและการอภิปราย

การศึกษาแพลตฟอร์มธนาคารเสมือนจริงสำหรับการเกษตร (Agriculture Virtual Banking Platform) พบว่าแพลตฟอร์มนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์เกษตรกรรม เช่น รถไถ รถตัดหญ้า และถังพ่นยาแบบเตอร์ โดยการให้บริการแลกเปลี่ยนและยืมทรัพยากรทางการเกษตรภายในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน สมาชิกที่มีทรัพยากรมากสามารถตั้งธนาคารของตนเองเพื่อให้บริการเช่าและยืมทรัพยากร ในขณะที่สมาชิกที่มีทรัพยากรน้อยสามารถฝากทรัพยากรในรูปแบบ virtual เพื่อรับผลตอบแทน การใช้แพลตฟอร์มนี้ยังช่วยลดการเสื่อมสภาพของอุปกรณ์เกษตรกรรมและส่งเสริมการพัฒนาคุณภาพชีวิตในชุมชน

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้านฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยเฉพาะในแง่ของการตอบสนองต่อความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

ก. ความตรงกับความต้องการพื้นฐาน

ฟังก์ชันหลักของระบบ เช่น การเช่า-ยืมอุปกรณ์การเกษตร การแลกเปลี่ยนทรัพยากร และการฝากทรัพยากรในรูปแบบเสมือน ตรงกับความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ทั้งสองกลุ่มหลัก คือ *กลุ่มเกษตรกรที่ขาดแคลนอุปกรณ์*: ฟังก์ชันการเช่า-ยืมช่วยลดการค่าใช้จ่ายและทำให้เข้าถึงอุปกรณ์ที่จำเป็นได้ง่ายขึ้น

กลุ่มผู้ให้บริการทรัพยากร: ฟังก์ชันการฝากและให้เช่าอุปกรณ์สร้างรายได้เสริมและเพิ่มการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่

ข. ประสิทธิภาพของฟังก์ชันการค้นหาและการจับคู่ทรัพยากร

การค้นหาอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งานผ่านระบบได้รับคะแนนความพึงพอใจสูง เนื่องจากระบบสามารถแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ประเภทของอุปกรณ์ ความพร้อมใช้งาน และระยะทางจากผู้ใช้งาน ซึ่งช่วยลดเวลาในการค้นหาและตัดสินใจ

ค. การใช้งานง่ายและความเป็นมิตรกับผู้ใช้ (User-Friendliness)

ผู้ใช้งานส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าระบบมีความเรียบง่ายและใช้งานสะดวก โดยเฉพาะฟังก์ชันที่ออกแบบมาให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานที่มีความรู้ด้านเทคโนโลยีในระดับพื้นฐาน เช่น การจองอุปกรณ์ผ่านระบบและการแจ้งเตือนสถานะการเช่า

ง. การตอบสนองต่อความต้องการเชิงเฉพาะเจาะจง

ผู้ใช้งานบางรายระบุว่าฟังก์ชันการให้คะแนนและแสดงความคิดเห็นระหว่างผู้ใช้งานและเจ้าของอุปกรณ์ช่วยสร้างความไว้วางใจในระบบ ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการเชิงพฤติกรรมของผู้ใช้งาน

จ. ข้อเสนอแนะและข้อควรพัฒนา

แม้ว่าผลลัพธ์จะบ่งชี้ถึงความพึงพอใจในระดับสูง แต่ผู้ใช้งานบางส่วนได้เสนอแนะให้พัฒนาฟังก์ชันเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มฟีเจอร์การเปรียบเทียบราคาและรีวิวจากผู้ใช้งานก่อนหน้า เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

เอกสารอ้างอิง

- [1] พรชัย เจดามาน และคณะ, การพัฒนาการศึกษาภายใต้กรอบประเทศไทย 4.0 ผู้ศตวรรษที่ 21, (ม.ป.ท :ม.ป.ป.), หน้า 2.
- [2] A. G. Abishek, M. Bharathwaj, and L. Bhagyalakshmi, "Agriculture marketing using web and mobile based technologies," in 2016 IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR), Chennai, India, pp. 41-44, 2016,

- [3] ฤกษ์ชัย วุฒิพันธุ์ชัย, อรพรรณ คงมัลย์, อาจารย์ที่ปรึกษา และคณะ, "ต้นแบบโมบายแอปพลิเคชันแพลตฟอร์มเพื่อการเกษตรยุคดิจิทัล," 2016.
- [4] A. Wisitchainont, "Developing An Agricultural Products Online Marketplace In Thailand Using Geolocation Technology," Journal of Information System in Business, vol. 3, pp. 30-47, 2015.
- [5] A. Wibowo, R. Delima, and A. Rachmat, "Designing and Developing an Agricultural Product Sales Application Catalog with a Hybrid Application Development Framework," IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 1077, p. 012050, Feb. 2021.
- [6] ก. เมืองฤทธิ์, "บริการซอฟต์แวร์คลาวด์สนับสนุนการตัดสินใจด้านการตลาดสำหรับเกษตรกรไทยประเภทกสิกรรม," สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 2017.
- [7] สมพร กระอ่อมแก้ว กิตติ์ดนัย สกุลวรกิจต์ และณภัชวรรณตรง, "ระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์," 2021.
- [8] ชีรภพ แสงศรี, "การพัฒนาระบบตลาดกลางอิเล็กทรอนิกส์สำหรับเกษตรกร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่," วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, เล่มที่ 8, หน้า 81-91, 2020.
- [9] การพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิดและอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT), วารสารเกษตรอินทรีย์, <https://li01.tci-thaijo.org>
- [10] การศึกษาแนวทางของเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะเพื่อรองรับการขับเคลื่อนแผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ประเทศไทย 4.0: กรณีศึกษาสวนผลไม้วังสวนบ้านแก้ว, ระบบฐานข้อมูลมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี, <https://eresearch.rbru.ac.th>
- [11] การพัฒนารูปแบบระบบควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนปลูกพืช โดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว, ฐานข้อมูลวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, <https://research.rmutsb.ac.th>
- [12] นวัตกรรมด้าน Smart Farming ของสวีตเชอร์แลนด์, สำนักข่าวกระทรวงการต่างประเทศ, <https://europetouch.mfa.go.th>
- [13] การพัฒนาหุ่นยนต์เพื่อช่วยในการเพาะปลูกในสวีตเชอร์แลนด์, GLOB Thailand, <https://globthailand.com>

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำทางและเยี่ยมบ้านนักเรียน
**Development of a Web Application for Student Navigation
and Home Visits**

ภูวดล ยুবมัตย์, คัชรินทร์ ทองฟัก และวิไลวรรณ แสนชนะ*

Phuwadon Yubonmat Kacharin Thongfak and Wiraiwan Sanchana

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

*Information Technology Program, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University
of Technology Lanna, Phitsanulok*

Received: July 8, 2024; Revised: December 24, 2024; Accepted: December 24, 2024; Published: December 28, 2024

ABSTRACT – This research presents the development of a web application for student navigation and home visits and evaluates the user satisfaction with the application. The users are divided into three groups: responsible teachers (administrators), homeroom teachers, and students. The system is developed using HTML, CSS, JavaScript, and Leaflet for displaying maps and student home coordinates. The web application manages student and homeroom teacher information, records student home coordinates, searches for routes to student homes, logs home visit information, manages scholarships, and generates home visit reports. The user satisfaction evaluation indicates a high level of satisfaction, with an average score ($\bar{x}$) of 4.48 and a standard deviation (S.D.) of 0.58.

KEYWORDS: Web Application, Student Navigation, Home Visits, Google Maps

บทคัดย่อ -- งานวิจัยนี้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเยี่ยมบ้านนักเรียน และ ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเยี่ยมบ้านนักเรียน แบ่งผู้ใช้ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ครูผู้รับผิดชอบ (ผู้ดูแลระบบ) ครูประจำชั้น และนักเรียน โดยพัฒนาระบบด้วยภาษา HTML, CSS, JavaScript และใช้ Leaflet ในการแสดงแผนที่ และพิกัดบ้านนักเรียนบนเว็บแอปพลิเคชัน โดยเว็บแอปพลิเคชันสามารถจัดการข้อมูลนักเรียน และครูประจำชั้น บันทึกพิกัดบ้านนักเรียน ค้นหาเส้นทางเพื่อนำทางไปยังบ้านนักเรียน บันทึกข้อมูลการเยี่ยมบ้าน จัดการทุนการศึกษา และแสดงเป็นรายงานการเยี่ยมบ้าน จากผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเยี่ยมบ้านนักเรียน พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.58

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน, การนำทางนักเรียน, การเยี่ยมบ้าน, ภูเกิดแมพ

*Corresponding Author: wiraiwans.rmutl.ac.th

1. บทนำ

การเยี่ยมชมบ้านนักเรียน หมายถึง วิธีการศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ผู้บริหาร ครู และบุคลากรทางการศึกษาได้ทราบชีวิตความเป็นอยู่และสภาพแวดล้อมทางบ้านของนักเรียน ผ่านการพบปะสนทนากับผู้ปกครอง ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และเจตคติซึ่งกันและกัน รวมถึงการสร้าง ความสัมพันธ์อันดีระหว่างบ้านกับนักเรียน ทำให้ครูได้ข้อมูลที่ชัดเจนเพื่อใช้ในการส่งเสริม ป้องกัน และแก้ไขปัญหของนักเรียนอย่างถูกต้อง เจตนารมณ์ของระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนคือการดำเนินงานที่มีแบบแผนและขั้นตอนชัดเจนในการส่งเสริม พัฒนา ป้องกัน และแก้ไขปัญหา โดยยึดหลักการมีส่วนร่วมจากผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงกำหนดนโยบายให้สถานศึกษาในสังกัดทุกแห่งจัดให้มีระบบการดูแลช่วยเหลือนักเรียนอย่างจริงจัง และต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความยั่งยืน โดยนักเรียนทุกคนต้องได้รับการดูแล ช่วยเหลือ พิทักษ์ ปกป้อง ค้ำครอง และพัฒนาในทุกมิติ เพื่อให้เป็นคนดี มีความสุข และปลอดภัยในสังคมปัจจุบัน [1] ทั้งนี้ การเยี่ยมชมบ้านนักเรียนในแต่ละครั้งจะมีเอกสารสำหรับบันทึกการเยี่ยมชมที่ครูผู้รับผิดชอบจะต้องกรอกข้อมูลในเอกสารซึ่งบางครั้งเอกสารอาจชำรุดเสียหายได้จากการเดินทางเช่น ฝนตก นำหกลไปได้ นอกจากนี้การเยี่ยมชมบ้านนักเรียนในแต่ละครั้งนักเรียนจำเป็นต้องวาดแผนที่บ้านเพื่อแสดงว่าบ้านของนักเรียนอยู่ตำแหน่งใด ซึ่งการวาดแผนที่อาจจะไม่ตรงตำแหน่งชัดเจน ส่งผลให้เกิดปัญหาการหลงทาง เสียเวลา และค่าใช้จ่าย [2]

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยทำให้การทำงานรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ ในระบบการจัดการขององค์กรทุกแห่งต้องใช้ข้อมูลเพื่อการดำเนินการและตัดสินใจ จึงต้องใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสารเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการดำเนินการ [3] รวมถึงเทคโนโลยีกูเกิลแมพ (Google Map) เป็นบริการแผนที่ออนไลน์และแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาโดยกูเกิล ซึ่งให้บริการข้อมูลแผนที่ และข้อมูลทางการจราจรทั้งในรูปแบบเว็บ และแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ แผนที่นี้มีความพิเศษในการแสดงข้อมูลทางการจราจรเส้นทางที่ชัดเจน และมีฟังก์ชันมากมายที่ช่วยในการนำทาง การค้นหาสถานที่ การแนะนำสถานที่ที่น่าสนใจในบริเวณโดยรอบ การแนะนำเส้นทางไปยังสถานที่อื่นที่ผู้ใช้ต้องการ และการแสดงแผนที่ของพื้นที่ต่าง ๆ รวมถึงภาพถ่าย

จากดาวเทียมและภาพถ่ายจากถนน (Street View) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพลักษณะของท้องถนนและสถานที่ต่าง ๆ ได้อย่างละเอียด [4]

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเยี่ยมชมบ้านนักเรียน โรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม เพื่ออำนวยความสะดวกต่อนักเรียน และครู โดยนักเรียนสามารถเพิ่มพิกัดบ้านของนักเรียนแทนการวาดแผนที่ไปยังบ้าน และในส่วนของครูสามารถวางแผนการเยี่ยมชมบ้านนักเรียน และเก็บข้อมูลการเยี่ยมชมบ้านของนักเรียน โดยครูสามารถจัดการกับข้อมูลของนักเรียน และดูข้อมูลพิกัดบ้านของนักเรียน เพื่อนำทางไปยังบ้านของนักเรียน และบันทึกข้อมูลการเยี่ยมชม โดยสามารถนำไปทำเป็นสรุปผลการเยี่ยมชมบ้านนักเรียนแบบรายบุคคล เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาทุนการศึกษาของนักเรียน โรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม และส่วนของรายงานสรุปผลจำนวนการเยี่ยมชมบ้านนักเรียนที่จะสามารถส่งไปยัง (สพฐ.)

2. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human-Computer Interaction: HCI)

เน้นการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับวิธีการให้ผู้ใช้และเครื่องมือคอมพิวเตอร์สื่อสารกันอย่างไรมีประสิทธิภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลของการใช้งานแอปพลิเคชันหรือระบบคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ในสิ่งที่ผู้ใช้ทำในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะการออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้ (User Interface, UI) ที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพ เช่น การจัดวางองค์ประกอบของอินเทอร์เฟซ เลือกใช้สัญลักษณ์และกราฟิก การจัดกลุ่มฟังก์ชันเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการนำทาง เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำงานหรือใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น [5] ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวคิด HCI มาใช้เพื่อออกแบบอินเทอร์เฟซผู้ใช้เพื่อให้ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้มีการประเมินในส่วนของความพึงพอใจของผู้ใช้ด้วย

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุด้วย UML (Unified Modeling Language)

การวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุด้วย UML (Unified Modeling Language) เป็นแนวคิดที่ช่วยให้การพัฒนาและออกแบบระบบซอฟต์แวร์มีโครงสร้างที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้โมเดลในการแสดงและสื่อสารแนวคิดต่าง ๆ ในระบบ เช่น แผนภาพคลาส (Class Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในระบบ แผนภาพลำดับ (Sequence Diagram) ที่แสดงลำดับการทำงานของวัตถุ และแผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) ที่แสดงกระบวนการทำงานของระบบ [6] ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้แผนภาพ Use Case Diagram, Class Diagram และ Sequence Diagram มาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ช่วยในการวางแผนและออกแบบระบบให้มีโครงสร้างที่ชัดเจน ทำให้การพัฒนาเป็นไปอย่างมีระบบและสามารถตรวจสอบและปรับปรุงได้ง่าย เช่น การใช้แผนภาพคลาสเพื่อกำหนดโครงสร้างข้อมูลของนักเรียนและเส้นทางกลับบ้าน และการใช้แผนภาพกิจกรรมเพื่อออกแบบกระบวนการทำงานของแอปพลิเคชันในการนำทางผู้ไปยังบ้านของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับกูเกิลแมพ (Google Map)

กูเกิลแมพ (Google Map) คือการให้บริการข้อมูลแผนที่ที่ละเอียดและแม่นยำ ฟังก์ชันการค้นหาสถานที่และเส้นทางที่มีประสิทธิภาพ การแสดงข้อมูลการจราจรแบบเรียลไทม์ และการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมและภาพถ่ายจากถนน (Street View) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมจริงได้ [7] การนำแนวคิดเหล่านี้มาใช้งานวิจัยการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำทางและเยี่ยมชมนักเรียน ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่มีความสามารถในการนำทางที่แม่นยำและเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน เช่น การใช้แผนที่จาก Google Map เพื่อแสดงเส้นทางไปยังบ้านนักเรียน การรวมข้อมูลการจราจรเพื่อปรับปรุงเส้นทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และการใช้ Street View เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถดูภาพถนนและบริเวณรอบ ๆ บ้านนักเรียนได้อย่างละเอียดและชัดเจน

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับ Leaflet

Leaflet API เป็นไลบรารีแผนที่โอเพนซอร์สที่นิยมใช้เนื่องจากมีขนาดเล็ก ใช้งานง่าย และรองรับทั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์พกพา โดยพัฒนาในภาษา JavaScript มีฟีเจอร์สำคัญ เช่น การแสดงแผนที่แบบไดนามิก การกำหนดจุดพิกัด การวาด

เส้นทาง และการปรับแต่งข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พร้อมปลั๊กอิน เช่น Leaflet Routing Machine สำหรับวางแผนเส้นทาง ข้อได้เปรียบสำคัญคือไม่มีค่าใช้จ่าย ต่างจาก Google Maps API ที่มีข้อจำกัดด้านต้นทุน เหมาะสำหรับโครงการที่ต้องการลดค่าใช้จ่าย [8] [9]

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรพล สืบชมภู และประมุล สุขสกาพ่อง [10] งานวิจัยนี้การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ, ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันเส้นทางศึกษาธรรมชาติ, ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อการใช้งาน, และศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของแอปพลิเคชัน โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ 6 คนและผู้ใช้ 30 คน ผลการวิจัยพบว่าแอปพลิเคชันสามารถแสดงพิกัดและข้อมูลของทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างแม่นยำ โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่มีความพึงพอใจและยอมรับเทคโนโลยีในระดับสูงสุด ทั้งในด้านเนื้อหา การใช้งาน และทัศนคติต่อแอปพลิเคชัน

อริรัตน์ ชูพันธ์ และเสาวคนธ์ ชูบัว [11] งานวิจัยนี้พัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในอำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้เครื่องมือเช่น Bootstrap, PHP, MySQLi, MariaDB และ Google Map เพื่อออกแบบระบบที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยพบว่าเส้นทางท่องเที่ยวในชุมชนแบ่งเป็น 4 เส้นทางหลัก และระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและได้รับการยอมรับในระดับสูงสุด ($\bar{X} = 4.83$) พร้อมกับความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับสูง ($\bar{X} = 4.05$) และการยอมรับเทคโนโลยีในระดับสูงสุด ($\bar{X} = 4.72$)

นิตี เอี่ยมชื่น และคณะ [12] งานวิจัยนี้พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้สถานที่ท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ตามรอยพระพุทธเจ้าหลวง (รัชกาลที่ 5) ของจังหวัดสงขลา โดยเชื่อมโยงการนำทางผ่าน Google Maps และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ในด้านเนื้อหา การออกแบบ และการนำไปใช้ประโยชน์

ณัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ และรุ่งนภา รัตนถาวร [13] งานวิจัยนี้พัฒนาเว็บไซต์การจัดการข้อมูลปฐมภูมิสำหรับการดูแลและช่วยเหลือนักเรียนแบบมีส่วนร่วม โดยใช้ SDLC, C# ASP.NET และ PostgreSQL ในการพัฒนา และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ในการใช้งานเว็บไซต์

Naitou and Yamamoto [14] งานวิจัยนี้พัฒนาระบบสนับสนุนการวางแผนการท่องเที่ยวโดยใช้ระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่ชนบทของญี่ปุ่น โดยใช้ Python และ WIKITUDE SDK ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน AR และออกแบบอัลกอริทึมสำหรับค้นหาเส้นทาง

จากงานวิจัยข้างต้น [10] – [14] ผู้วิจัยได้นำแนวคิดและเทคนิคต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำทางและเชื่อมบ้านนักเรียน โดยใช้แผนที่และการแสดงพิกัดตำแหน่งบ้านนักเรียนเพื่อให้ครูสามารถวางแผนการเชื่อมบ้านได้อย่างแม่นยำ การออกแบบระบบและอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย การใช้ Google Maps เพื่อช่วยในการนำทาง การจัดการข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบรายงาน และการวางแผนและแสดงเส้นทางเพื่อให้การเชื่อมบ้านมีประสิทธิภาพสูงสุด

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ครูโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม จำนวน 24 คน (โรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม, 2566)

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมความต้องการและข้อมูลที่เป็นต่อการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเชื่อมบ้านนักเรียน โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ ครูที่รับผิดชอบงานตรวจเชื่อมบ้านนักเรียน โรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม จำนวน 1 คน

2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเชื่อมบ้านนักเรียน โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ ครูที่รับผิดชอบงานตรวจเชื่อมบ้านนักเรียน และครูประจำชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 ของโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม จำนวน 7 คน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 จำนวน 30 คน

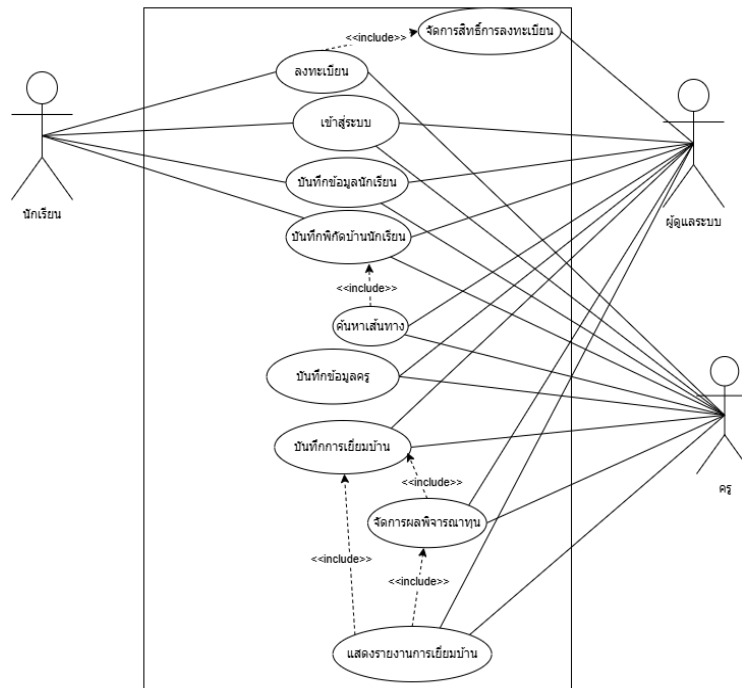
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้ Software Development Life Cycle (SDLC) คือ กระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงซอฟต์แวร์อย่างเป็นระบบ [15] [16] ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

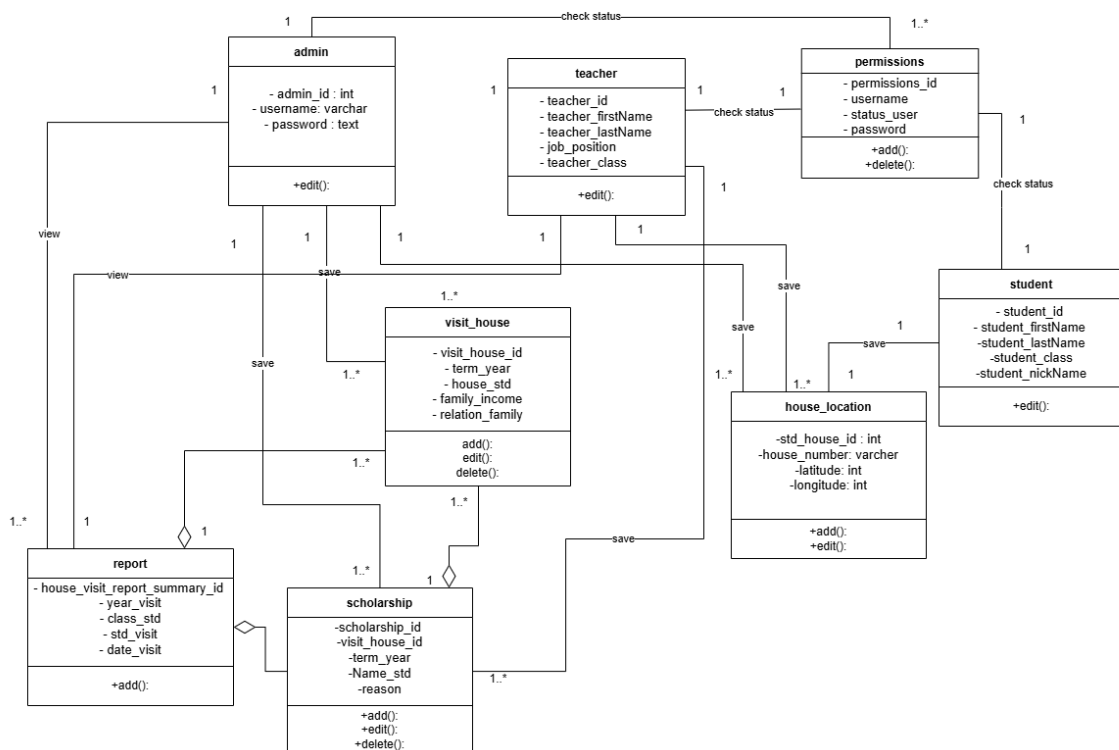
3.2.1 การวางแผนและการวิเคราะห์ความต้องการ (Planning & Requirements Analysis) ผู้วิจัยได้วางแผนการทำงานเบื้องต้น แล้วสัมภาษณ์กับครูผู้รับผิดชอบโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม [2] โดยรวบรวมข้อมูลความต้องการที่จะนำมาพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเชื่อมบ้านนักเรียน โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องและความต้องการมาวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้เพื่อให้แน่ใจว่าระบบที่พัฒนาขึ้นจะตอบสนองความต้องการเหล่านั้น

3.2.2 การออกแบบ (Design) นำข้อมูลจากขั้นตอนแรกมาออกแบบเชิงวัตถุด้วย UML (Unified Modeling Language) ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แผนภาพ Use Case Diagram, Class Diagram และ Sequence Diagram ดังนี้

รูป 1 แสดงขั้นตอนภาพรวมของเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเชื่อมบ้านนักเรียน โรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม โดยมีการทำงานดังนี้ 1) นักเรียน จะต้องลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบ โดยสามารถจัดการข้อมูลส่วนตัวของนักเรียนและบันทึกพิกัดบ้านของนักเรียนได้เท่านั้น 2) ครู จะต้องลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบ โดยสามารถเพิ่มสิทธิ์นักเรียนประจำชั้น จัดการข้อมูลของนักเรียน และพิกัดบ้านของนักเรียนในกรณีที่นักเรียนไม่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ บันทึกข้อมูลการเชื่อมบ้าน จัดการข้อมูลความยากจนของนักเรียนจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเชื่อมบ้านนักเรียน และสามารถบันทึกข้อมูลรายงานการเชื่อมบ้าน จากการลงพื้นที่เชื่อมบ้านนักเรียน และสามารถดูรายงานเพื่อแสดงข้อมูลการเชื่อมบ้านนักเรียน และ 3) ผู้ดูแลระบบ เข้าสู่ระบบได้ทันทีโดยสามารถเพิ่มสิทธิ์การลงทะเบียนครู และนักเรียนโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม สามารถจัดการข้อมูลครู นักเรียน และพิกัดบ้านของนักเรียนได้ สามารถบันทึกข้อมูลการเชื่อมบ้านของนักเรียน จัดการข้อมูลความยากจนของนักเรียนจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเชื่อมบ้านนักเรียน และสามารถบันทึกข้อมูลรายงานการเชื่อมบ้าน จากการลงพื้นที่เชื่อมบ้านนักเรียน และสามารถดูรายงานการเชื่อมบ้านนักเรียน



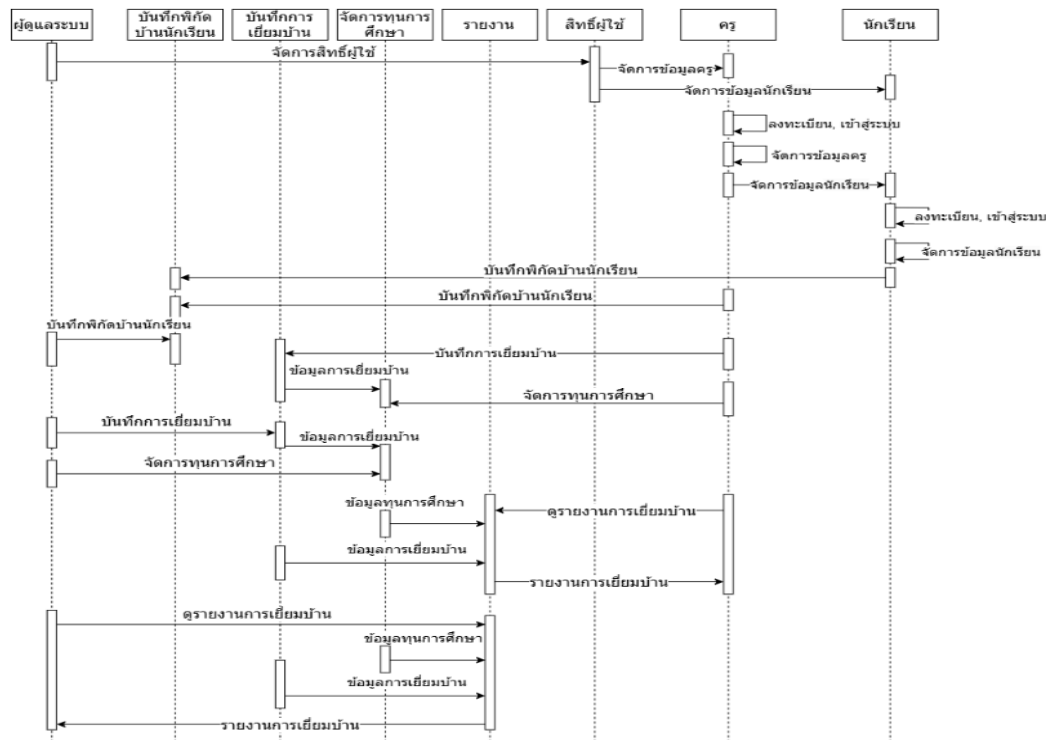
รูปที่ 1 แสดงแผนภาพ Use Case Diagram เว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำทางและเยี่ยมบ้านนักเรียน



รูปที่ 2 แสดงแผนภาพ Class Diagram เว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำทางและเยี่ยมบ้านนักเรียน

จากรูปที่ 2 แสดงการวิเคราะห์ และออกแบบ class diagram ของเว็บแอปพลิเคชันการเยี่ยมบ้าน และการนำทาง โรงเรียนบ้าน
กร่างวิทยาคม ประกอบด้วยคลาสต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ ประกอบด้วย 1) คลาสผู้ดูแลระบบ (admin) 2) คลาสครู (teacher) 3) คลาส

นักเรียน (student) 4) คลาสสิทธิ์การใช้งาน (permissions) 5) คลาสบันทึกการเยี่ยมชมบ้าน (Visit_house) 6) คลาสจัดการทุนการศึกษา (scholarship) 7) คลาสพิกัดบ้านนักเรียน (house_location) และ 8) คลาสรายงานการเยี่ยมชมบ้าน (report)



รูปที่ 3 แสดงแผนภาพ Sequence Diagram เว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำทางและเยี่ยมชมบ้านนักเรียน

3.2.3 การพัฒนา (Implementation) ขั้นตอนนี้ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Visual Studio Code ใช้ภาษา HTML, CSS, JavaScript และใช้ Leaflet ในการแสดงแผนที่และพิกัดบ้านนักเรียนบนเว็บแอปพลิเคชัน

3.2.4 การทดสอบ (Testing) นำเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นทดสอบฟังก์ชันต่าง ๆ เช่น บันทึกพิกัดบ้านนักเรียน ค้นหาเส้นทางเพื่อนำทางไปยังบ้านนักเรียน บันทึกข้อมูลการเยี่ยมชมบ้าน จัดการทุนการศึกษา และแสดงเป็นรายงานการเยี่ยมชมบ้าน เพื่อค้นหาความผิดพลาดของเว็บแอปพลิเคชัน หลังจากนั้นแก้ไขปรับปรุงให้ความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

3.2.5 การนำไปใช้ (Deployment) นำระบบไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงและติดตั้งให้กับผู้ใช้ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้ และทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

3.2.6 การบำรุงรักษา (Maintenance) ปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการนำระบบไปใช้

4. ผลการดำเนินงาน

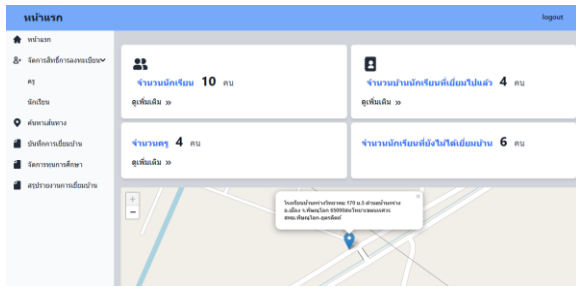
4.1 ผลการสัมภาษณ์ความต้องการ

ผู้วิจัยได้ได้สัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างกับครูผู้รับผิดชอบโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม [2] โดยรวบรวมข้อมูลความต้องการที่จะนำมาพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งมีความต้องการดังต่อไปนี้

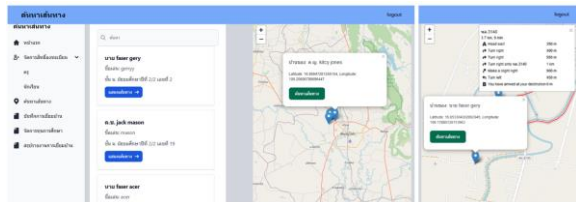
- 1) มีการบันทึกข้อมูลการเยี่ยมชมบ้าน
- 2) สามารถดูรายงานจากการบันทึกข้อมูลการเยี่ยมชมบ้าน
- 3) มีส่วนบอกพิกัดบ้านนักเรียนในการนำทาง
- 4) สามารถดูรายงานจากการจัดการทุนการศึกษา
- 5) สามารถดูรายงานการเยี่ยมชมบ้าน
- 6) สามารถดูรายงานการจัดการทุนการศึกษานักเรียน

4.2 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

จากการพัฒนาที่ได้วิเคราะห์ออกแบบไว้ ได้เว็บแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 4 ถึงรูปที่ 8 ดังนี้

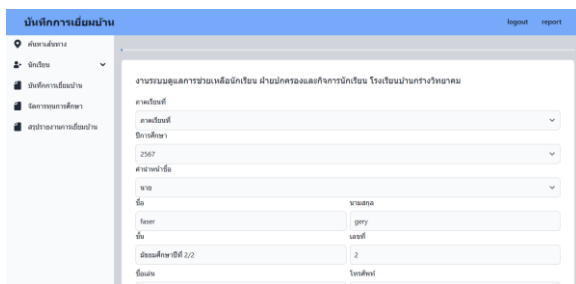


รูปที่ 4 หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแลระบบ



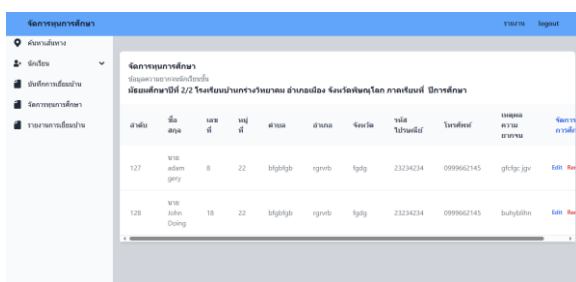
รูปที่ 5 หน้าค้นหาเส้นทาง

จากรูปที่ 5 แสดงหน้าค้นหาเส้นทางผู้ดูแลระบบ และครูสามารถเข้าถึงได้ซึ่งแสดงรายชื่อนักเรียน และแผนที่พิกัดบ้านที่นักเรียน สามารถค้นหาชื่อนักเรียน และแสดงเป็นเส้นทางได้โดยเลือกแสดงเส้นทาง และสามารถนำทางผ่าน Google Map



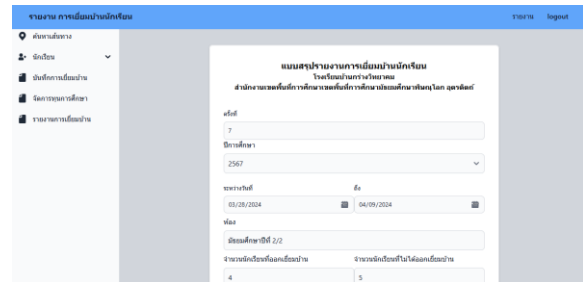
รูปที่ 6 หน้าบันทึกการเยี่ยมชม

จากรูปที่ 6 แสดงหน้าบันทึกการเยี่ยมชม ผู้ดูแลระบบและครูสามารถบันทึกข้อมูลการเยี่ยมชมได้



รูปที่ 7 หน้าจัดการทุนการศึกษา

จากรูปที่ 7 แสดงหน้าจัดการทุนการศึกษา ผู้ดูแลระบบและครูสามารถจัดการทุนการศึกษาที่ได้จากการเยี่ยมชม นำมาตรวจสอบว่านักเรียนควรรับทุนการศึกษาหรือไม่



รูปที่ 8 หน้ารายงานการเยี่ยมชม

จากรูปที่ 8 แสดงหน้ารายงานการเยี่ยมชมผู้ดูแลระบบและครูสามารถบันทึกข้อมูลรายงานการเยี่ยมชมของนักเรียนโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคมทั้งหมดได้

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเยี่ยมชมนักเรียน โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง ได้แก่ ครูที่รับผิดชอบงานตรวจสอบเยี่ยมบ้านนักเรียน และครูประจำชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 ของโรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม จำนวน 7 คน นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 - 6 โรงเรียนบ้านกว้างวิทยาคม จำนวน 30 คน ผลความพึงพอใจจึงแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันการนำทาง และการเยี่ยมชมนักเรียน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ผล
1. ด้านการใช้งาน			
1.1 ระบบใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	4.43	0.73	มาก
1.2 ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ	4.71	0.45	มากที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ผล
1.3 ระบบมีความสามารถในการเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา บันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง	4.29	0.70	มาก
1.4 การจัดการรักษาความปลอดภัย และกำหนดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งาน	4.29	0.45	มาก
รวมด้านการใช้งาน	4.43	0.58	มาก
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 จัดรูปแบบง่ายต่อการอ่านและใช้งาน	4.29	0.70	มาก
2.2 รูปแบบและขนาดของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	4.57	0.73	มากที่สุด
2.3 การใช้สีในการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.86	0.35	มากที่สุด
รวมด้านการออกแบบ	4.57	0.59	มากที่สุด
3. ด้านข้อมูล			
3.1 ความถูกต้องข้อมูลผู้ใช้	4.71	0.45	มากที่สุด
3.2 การแสดงพิกัดบ้านนักเรียนมีความถูกต้อง	4.29	0.70	มาก

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ผล
3.3 ความถูกต้องข้อมูลการเชื่อมบ้าน	4.29	0.45	มาก
3.4 ความถูกต้องข้อมูลการจัดการทุนการศึกษา	4.57	0.73	มากที่สุด
3.5 ความถูกต้องของข้อมูลรายงาน	4.29	0.45	มาก
รวมด้านข้อมูล	4.43	0.56	มาก
ความพึงพอใจรวม	4.48	0.58	มาก

จากตาราง 10 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อเว็บแอปพลิเคชันการนำทาง และการเชื่อมบ้านนักเรียน โรงเรียนบ้านกร่างวิทยาคม ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.59 ถัดมาเป็นด้านการใช้งาน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.58 และด้านข้อมูล อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.43 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.56 ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปราย

จากผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเชื่อมบ้านนักเรียน โรงเรียนบ้านกร่างวิทยาคม ผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการนำทางและการเชื่อมบ้านนักเรียน โรงเรียนบ้านกร่างวิทยาคมซึ่งมีสอดคล้องกับงานของณัฐพัชญ์ ศรีราชจันทร์ และรุ่งนภา รัตนถาวร [13] ได้มีการพัฒนาเว็บไซต์การจัดการข้อมูลปฐมนิเทศสำหรับการดูแลและช่วยเหลือนักเรียนแบบมีส่วนร่วม ที่มีการบันทึกข้อมูล

การเยี่ยมชมบ้านนักเรียน และรายงานการเยี่ยมชมบ้าน ซึ่งงานของผู้วิจัยได้เพิ่มการนำข้อมูลเยี่ยมชมบ้านนักเรียนมาใช้ในการพิจารณาทุนการศึกษาของนักเรียนที่ไม่เพียงแต่ช่วยในการจัดการและบันทึกข้อมูลการเยี่ยมชมบ้าน แต่ยังนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการพิจารณาทุนการศึกษา ซึ่งเป็นการต่อยอดและเพิ่มคุณค่าจากข้อมูลที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์ในการดูแลและสนับสนุนนักเรียนอย่างรอบด้าน และการแสดงพิกัดบ้านนักเรียน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานของธีรพล สืบชมภู และประมุล สุขสกวฬ่อง [10] ได้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันเส้นทางศึกษาธรรมชาติป่าชุมชนเฉลิมพระเกียรติป่าโคกท่าสี และป่าชุมชนบ้านหนองเม็กที่มีการแสดงพิกัดเส้นทางธรรมชาติที่ใช้ Google Map ใช้แสดงแผนที่ซึ่ง Google Map API นั้นจะต้องเสียเงินถ้ามีการใช้งานเกินขีดจำกัดการใช้งาน แต่ในงานของผู้วิจัยได้ใช้ Leaflet API มาใช้ในการแสดงแผนที่แทนการใช้ Google Map API ซึ่ง Leaflet API นั้นเป็นบริการแบบโอเพนซอร์ส แม้ว่า Leaflet API จะเหมาะสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้านแผนที่ที่ใช้งานง่ายและไม่มีค่าใช้จ่าย แต่สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ซับซ้อน หรือมีฟังก์ชันเพิ่มเติม เช่น การจัดการผู้ใช้ การประมวลผลข้อมูล หรือการสร้าง API ควรพิจารณาใช้ Node.js ช่วยด้านการประมวลผลข้อมูลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และ Next.js ช่วยในเรื่องการเรนเดอร์หน้าเว็บและเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนา นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มฟังก์ชันการแสดงเส้นทางระยะทางไปยังบ้านของนักเรียนเมื่อเลือกดูข้อมูลพิกัดที่อยู่บ้านของนักเรียนซึ่งมีความคล้ายกับงานของ Naitou and Yamamoto [14] ที่ใช้การแสดงผลพิกัดตำแหน่ง และแสดงเส้นทาง ระยะทางสำหรับการนำทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ โดยใช้ภาษา python ในการเขียนโปรแกรมสำหรับการออกแบบอัลกอริทึมของวิธีการค้นหาสำหรับเส้นทางที่เคลื่อนที่ แต่ผู้วิจัยใช้ Leaflet Routing Machine ซึ่งเป็นปลั๊กอินของ Leaflet API ที่เป็นบริการแบบโอเพนซอร์สแบบไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถใช้งานได้ง่ายโดยการติดตั้งหรือใช้ลิงก์ URL ในการนำไปใช้งาน และผู้วิจัยได้ใช้การนำทางไปยังบ้านของนักเรียนผ่านทาง Google Map โดยการ

นำค่า ละติจูด และลองจิจูด ไปในแสดงพิกัดเส้นทางเพื่อนำทางซึ่งมีความสอดคล้องกับงานของนิตี เอี่ยมชื่น และคณะ [12] ที่ใช้การแสดงผลเส้นทาง และการนำทางส่งเสริมการเรียนรู้สถานที่ท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ตามรอยพระพุทธเจ้าหลวง (รัชกาลที่ 5) ของจังหวัดสงขลา ที่ได้มีการใช้การนำทางไปยังสถานที่ท่องเที่ยวโดยใช้ Google Map ซึ่งมีการใช้เครื่องมือในการพัฒนาสอดคล้องใกล้เคียงกับงานของผู้วิจัยแต่แตกต่างที่งานของผู้วิจัยพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สามารถใช้ได้บนอุปกรณ์มือถือ และบนคอมพิวเตอร์พีซี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, “แนวทางการเยี่ยมชมบ้านนักเรียน,” สืบค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2566, Available: <https://www.kroobannok.com/90990>
- [2] อนงค์นาถ เก่งตรง, ครู คศ. 1 โรงเรียนบ้านกร่างวิทยาคม, personal interview, Dec. 12, 2023.
- [3] K. C. Laudon and J. P. Laudon, “Management Information Systems: Managing the Digital Firm”, 16th ed. Pearson, 2020.
- [4] Google, “Google Maps,” Google, Accessed: Dec. 28, 2023, <https://maps.google.com>
- [5] J. Nielsen, “Usability Engineering,” San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- [6] G. Booch, J. Rumbaugh, and I. Jacobson, “The Unified Modeling Language User Guide,” 2nd ed., Addison-Wesley, 2005.
- [7] Google, “Google Maps,” Google, Accessed: Dec. 12, 2023, <https://maps.google.com>.
- [8] Mapbox, “Leaflet: JavaScript library for interactive maps,” Accessed: Dec. 22, 2023, <https://leafletjs.com>.
- [9] M. Haklay and P. Weber, “OpenStreetMap: User-generated street maps,” IEEE Pervasive Computing, 7(4): pp. 12–18, 2008.
- [10] ธีรพล สืบชมภู และประมุล สุขสกวฬ่อง, “การพัฒนาแอปพลิเคชันเส้นทางศึกษาธรรมชาติป่าชุมชนเฉลิมพระเกียรติ

- ป่าโคกท่าสี่และป่าชุมชนบ้านหนองเม็ก,” วารสารวิชาการ
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(1): 44-55, 2565.
- [11] อารีรัตน์ ชูพันธ์ และเสาวคนธ์ ชูบัว, "การพัฒนาระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยวในชุมชน
อำเภอชนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช," วารสารวิชาการ
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(1): 19-30, 2565.
- [12] นิตติ เอี่ยมชื่น, พิชญ์ อนุชาญ, จเร สุวรรณชาติ และธิดา
ภัทรอนุชาญ, "การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการ
เรียนรู้สถานที่ท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์," วารสาร
วิทยาศาสตร์บูรพา, 26(1): 213-231, 2564.
- [13] ณัฐพัชญ์ ศรีรัตนจันทร์ และรุ่งนภา รัตนถาวร, "การพัฒนา
เว็บไซต์การจัดการข้อมูลปฐมภูมิสำหรับการดูแลและ
ช่วยเหลือนักเรียนแบบมีส่วนร่วม", วารสารวิทยสารสนเทศ
และเทคโนโลยี, 3(1): 31-43, 2565.
- [14] K. Ikizawa-Naitou and K. Yamamoto, "A support system
of sightseeing tour planning using public transportation in
Japanese rural areas," Journal of Civil Engineering and
Architecture, 14(6): 316-332, 2020.
- [15] I. Sommerville, "Software Engineering, 9th ed". Boston,
MA, USA: Addison-Wesley, 2011.
- [16] R. S. Pressman and B. R. Maxim, "Software Engineering:
A Practitioner's Approach", 8th ed. New York, NY, USA:
McGraw-Hill Education, 2014.

CONTRIBUTORS' FORM

(to be modified as applicable and one signed copy attached with the manuscript)

Manuscript Title:

Author(s):

I/we certify that I/we have participated sufficiently in the intellectual content, conception and design of this work or the analysis and interpretation of the data (when applicable), as well as the writing of the manuscript, to take public responsibility for it and have agreed to have my/our name listed as a contributor. I/we believe the manuscript represents valid work. Neither this manuscript nor one with substantially similar content under my/our authorship has been published or is being considered for publication elsewhere, except as described in the covering letter. I/we certify that all the data collected during the study is presented in this manuscript and no data from the study has been or will be published separately. I/we attest that, if requested by the editors, I/we will provide the data/information or will cooperate fully in obtaining and providing the data/information on which the manuscript is based, for examination by the editors or their assignees. Financial interests, direct or indirect, that exist or may be perceived to exist for individual contributors in connection with the content of this paper have been disclosed in the cover letter. Sources of outside support of the project are named in the cover letter.

I/We hereby transfer(s), assign(s), or otherwise convey(s) all copyright ownership, including any and all rights incidental thereto, exclusively to the Journal, in the event that such work is published by the Journal. The Journal shall own the work, including 1) copyright; 2) the right to grant permission to republish the article in whole or in part, with or without fee; 3) the right to produce preprints or reprints and translate into languages other than English for sale or free distribution; and 4) the right to republish the work in a collection of articles in any other mechanical or electronic format.

We give the rights to the corresponding author to make necessary changes as per the request of the journal, do the rest of the correspondence on our behalf and he/she will act as the guarantor for the manuscript on our behalf.

All persons who have made substantial contributions to the work reported in the manuscript, but who are not contributors, are named in the Acknowledgment and have given me/us their written permission to be named. If I/we do not include an Acknowledgment that means I/we have not received substantial contributions from non-contributors and no contributor has been omitted.

	Name	Signature	Date signed	
1	_____	_____	_____	
2	_____	_____	_____	
3	_____	_____	_____	
4	_____	_____	_____	(up to 4 contributors for case report/images/review)
5	_____	_____	_____	
6	_____	_____	_____	(up to 6 contributors for original studies)

INFORMATION FOR AUTHORS

The Journal of Information Science and Technology (JIST) aims to be the forum through which researchers, faculties, graduate students and experts of the computer and information technology and other technological related fields share and discuss their high quality research work as well as innovation. Original research articles, practical applications and innovations in the broad area of computer and information technology are suitable for publication in JIST. Periodicity (Publication) is 2 issues per year (JAN - JUN and JULY - DECEMBER).

Accepted papers will be Double-blind peer reviewed by minimum 3 reviewers with "Accept" result.

1. Soft Computing
2. Human-Computer Interaction
3. Information Assurance and Security
4. Information Systems
5. Networking
6. Programming
7. Platform Technologies
8. System Integration and Architecture
9. Social and Professional Issues
10. Web Systems and Technologies
11. Multidisciplinary
12. e-Business and m-Business
13. Business and Information System
14. Social and Business Aspects of Convergence IT and Ubiquitous Computing
15. Internet of Things (IoT)
16. Cloud Computing
17. Fintech and blockchain

Manuscript Preparation Guide

The template for writing the journal is available for downloading (<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/>). Length of the paper should be in between 8-12 pages of A4 size. Text should be typewritten or printed with double-spaced in 11-point of A4 white paper with margins of 1.5" for top, 1.25" for left, and 1" for bottom and right sides. All pages must be numbered sequentially. Here are some guidelines.

- Abstract which length 100-200 words.
- Introduction which talks about the problem and related research.
- Materials and methods use for experimentation.
- Results of the experiment.
- Discussion and Conclusion, References

Submissions (Publication Charge: Free) (Indexed by TCI tier 2)

Please submit paper in MS Word via <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/> (Online Journal Submission)

Contact Address

The Association of Council of IT Deans (CITT)
140 Moo 1, Cheumsampan Road, Nongchok
Bangkok, Thailand 10530
E-mail: jist@citt.or.th