

JOURNAL OF

INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY

JIST

ISSN: 1906-9553 (Print)

ISSN: 2651-1053 (Online)

Volume 13. No.2

July - December 2023

Research Papers

การศึกษาการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ.....	1
กัญญา ศิริภิรมย์ และ ดัชกรณัฏฐ์ ตันเจริญ	
สื่อโมเดล 3 มิติ เพื่อการสอนแบบ “สตรีม ศึกษา” เรื่องสื่อการสอนภาษาจีนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.....	13
อารยา พิจักษณาภรณ์ และ ภูมิ ญ ตะกั่วทุ่ง	
สื่ออินเตอร์แอคทีฟเพื่อส่งเสริมทักษะการรู้คิดโดยใช้เกมวิซวลโนเวล.....	22
ศศิประภา แก้วมา, สิทธิกร ดีพร้อม, กบฏ ทองทา, ปณัชดา แก้วมา และ สุรสิทธิ์ วิระใจ	
โปรแกรมการจำลองอากาศยานในเรดาร์หัตถ์ภูมิสำหรับฝึกอบรมการป้องกันทางอากาศ.....	32
พลวัฒน์ คำแล, วรวัฒน์ เขียวสวัสดิ์ และ กิ่งกาญจน์ สุขคณาภิบาล	
การจำแนกภาพโรคใบไหม้พืชด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน.....	40
นศพัชราณัน ชินปัญญธนะ	
การวิเคราะห์สถาปัตยกรรมองค์กร กรณีศึกษา กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา.....	50
พิชัย ไชยกุล, เกวรินทร์ จันทร์ดำ และ สิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล	
Design and Simulation of Chessboard Coding Wave Artifacts	62
Tanatorn Tantipiriyakul and Komsan Kanjanasit	
การติดตามการขยายเขตเมืองในจังหวัดจันทบุรี ด้วยข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลโดยภูเกิลเอร์ธเอนจิน.....	69
คัมภีร์ ธีระเวช, ชนิษฐา ยารักษ์ และ ทบทอง ชันเจริญ	
การศึกษาพฤติกรรมติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง.....	79
ณัฐพงษ์ คงเอี่ยม และ เชษฐเนติ ศรีสอ้าน	



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

Rachasak Somyanonthanakul
Rangsit University, Thailand

Sakorn Mekruksavanich
University of Phayao, Thailand

Waraporn Jirapanthong
Dhurakij Pundit 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
Maharakham University,
Thailand

Mudarmeen Munlin
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Pattapon Rhienmora
Bangkok University, Thailand

Pramuk Boonsiang
Thai-Nichi Institute of Technology,
Thailand

Pruegsa Duangphasuk
R V Connex Co., Ltd., 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

Wanvipa Wongvilaisakul
Panyapiwat Institute of Management,
Thailand

Warodom Werapun
Prince of Songkla University,
Thailand

CONTACT ADDRESS

Council of IT Deans of Thailand (CITT),
Faculty of Engineering and Technology,
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)
Rachasak Somyanonthanakul (RSU)
Sakorn Mekruksavanich (UP)
Waraporn Jirapanthong (DPU)
Worarak Rueangsirarak (MFU)

Editorial Board

Annop Monsakul (PIM)
Anon Sukstienwong (BU)
Aziz Nanthamornbong (PSU)
Krisana Chinasarn (BUU)
Nuchanat Buasri (MSU)
Mudameen Munlin (MUT)
Pattanapon Rhiemora (BU)
Pramuk Boonsiang (TNI)
Pruegsa Duangphasuk (RV Connex)
Rattana Wetprasit (PSU)
Sakchai Tangwannawit (KMUTNB)
Songsri Tangsripairoj (MU)
Suppat Rungraungsilp (WU)
Wanvipa Wongvilaisakul (PIM)
Warodom Werapun (PSU)

Advisory Board

Adisak Suasaming (TNI)
Aziz Nanthamornbong (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 Rhiemora (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), Faculty of Engineering and Technology, 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.

การศึกษาการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ
A Study of Machine Learning for Crude Palm Oil Price Prediction

กัญญา ศิริภิรมย์ และ ดัชกรณัฏ์ ตันเจริญ*

*Kanya Siripirom and Datchakorn Tancharoen**

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

Received: June 10, 2023; Revised: December 14, 2023; Accepted: December 14, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – This paper focuses on Thailand's Crude Palm Oil price prediction. By searching the best model from a comparative study between the Baseline Model, RNN-LSTM, and the Classic models. The Classic models in this paper are Exponential Smoothing, Linear Regression, Random Forest, LightGBM Model, and ARIMA. The prediction of crude palm oil prices uses time series. And for the evaluation uses the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) metric to measure the percentage deviation between the projected price and actual prices in order to provides the insights performance of the model. This research found that the Linear Regression model has the lowest MAPE of 5.71. Therefore, the Linear Regression is the best accuracy for forecasting crude palm oil prices in Thailand.

KEYWORDS: Baseline Model, LSTM, Classic Model, MAPE, Price Prediction

บทคัดย่อ -- บทความนี้มุ่งเน้นไปที่การคาดการณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยเพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุดในการทำนายราคาในการศึกษานี้เป็นการเปรียบเทียบแบบจำลอง 3 แบบ ได้แก่ โมเดลพื้นฐาน (Baseline Model) โมเดล RNN-LSTM และโมเดลคลาสสิก (Classic Model) เพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย โดยโมเดลคลาสสิก ได้แก่ Exponential Smoothing, Linear Regression, Random Forest, LightGBM Model และ ARIMA การทำนายราคาของน้ำมันปาล์มดิบใช้อนุกรมเวลาในการทดสอบ ในประเมินประสิทธิภาพนั้นจะใช้ Mean Absolute Percentage Error (MAPE) เพื่อวัดเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนระหว่างราคาที่คาดการณ์และราคาที่เป็นจริงเพื่อทราบประสิทธิภาพของแบบจำลองเชิงลึก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโมเดล Linear Regression มีค่า MAPE ต่ำที่สุดอยู่ที่ 5.71 ดังนั้นแบบจำลอง Linear Regression จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยในงานวิจัยนี้

คำสำคัญ: โมเดลพื้นฐาน, LSTM, โมเดลคลาสสิก, MAPE, การพยากรณ์ราคา

*Corresponding Author: datchakorntan@pim.ac.th

1. บทนำ

น้ำมันปาล์มดิบเป็นสินค้าสำคัญที่มีการใช้งานหลากหลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมถึงอาหาร เครื่องสำอาง และเชื้อเพลิงชีวภาพ อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มมีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย ซึ่งการผลิตและการส่งออกน้ำมันปาล์มมีส่วนสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ด้วยธรรมชาติที่ผันผวนของตลาดสินค้าโภคภัณฑ์ การคาดการณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบที่แม่นยำ จึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในการตัดสินใจในการจัดการความเสี่ยง และเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน มีงานวิจัยหลากหลายที่ทำการคาดการณ์ราคาแบบดั้งเดิม เช่น แบบจำลองอนุกรมเวลาทางสถิติ [1] จะจับลักษณะที่ซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของราคาน้ำมันปาล์มดิบ เนื่องจากมีปัจจัยที่มีอิทธิพลหลายอย่าง ส่งผลให้มีความสนใจในการใช้ประโยชน์จากเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพิ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงความแม่นยำของการคาดการณ์ราคาในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม มีงานวิจัยที่ทำการเปรียบเทียบผลการคาดการณ์ ได้แก่ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Artificial Neural Network (ANN) และ Hybrid ARIMA-ANN [2] เป็นต้น การเรียนรู้ของเครื่องนำเสนอศักยภาพในการแสดงรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูล ทำให้สามารถคาดการณ์ได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการพยากรณ์ราคา รวมไปถึงการพยากรณ์ราคาอื่น ๆ เช่น ราคาน้ำมันดิบโลก โดยใช้ Long Shot Term Memory (LSTM) การใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อกำหนดรูปแบบการคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบ แล้วแสดงผลออกมาเป็นกราฟเพื่อแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของราคาน้ำมันดิบ [3] นอกจากนี้มีการทดลองโดยเพิ่ม Layer ของ LSTM การเพิ่ม Layer ปรับเปลี่ยน Loopback และการปรับเปลี่ยนจำนวน Epoch เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำนายราคาน้ำมันดิบ [4] มีงานวิจัยอื่น ๆ ที่ใช้แบบจำลอง Deep Learning ควบคู่กับโมเดล Deep Belief Network (DBN), Long Shot Term Memory (LSTM), Random Walk (RW), Autoregressive Moving Average (ARMA) และ Hybrid Model เช่น RW-DBN, ARMA-DBN, RW-LSTM, ARMA-LSTM ด้วย [5] นอกจากนี้มีโมเดลที่ชื่อว่า VMD-RE-LSTM ที่แสดงให้เห็นว่าเป็นโมเดลที่สามารถทำนายราคาน้ำมันได้ดีกว่า LSTM [6] อย่างไรก็ตาม LSTM เป็นที่นิยมในการทำนายราคาน้ำมันดิบ

เพื่อเพิ่มความแม่นยำ และเสถียรภาพระยะยาวจึงนำ LSTM และ Facebook's Prophet มาใช้ในการประมาณข้อมูล Time Series ที่พัฒนาโดย Facebook ซึ่งมีความสามารถในการทำนายข้อมูลราคาน้ำมันเบรนท์ ซึ่งผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ามีความแม่นยำสูง [7] การคาดการณ์ราคาน้ำมันดิบมีวิธีใหม่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น Support Vector Machine (SVM) เป็นขั้นตอนการพัฒนาโมเดลเครื่องเวกเตอร์พอร์คสนับสนุนสำหรับการคาดการณ์อนุกรมเวลา เกี่ยวข้องกับการสุ่มตัวอย่างข้อมูล โดย เปรียบเทียบกับ Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) และ Back Propagation Neural Network (BPNN) ซึ่งผลการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่า SVM สามารถเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการพยากรณ์ราคาน้ำมันเมื่อแปรผันตามเวลา (Time Series) [8] นอกจากนี้มีการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มในประเทศอื่นเช่นมาเลเซีย และใช้โมเดลอื่นๆ ได้แก่ Autoregressive Distributed Lag (ARDL), Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) และ ARIMAX [9] และโมเดลอื่นโดยใช้อนุกรมเวลา เช่น Exponential Smoothing เพื่อหาค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) เปรียบเทียบกับ Regression เพื่อหาค่า Error เปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์การผลิตน้ำมันปาล์มอีกด้วย [10] ไปใช้ในการทำนายราคาและทำนายเทรนของหุ้น โดยใช้ WEKA Software และสามารถ ปรับปรุงเทคนิค Regression เพื่อปรับปรุงการทำนายราคาหุ้นให้แม่นยำขึ้นโดยใช้เพียงชุดข้อมูลต้นฉบับ [11] นอกจากนี้การพยากรณ์ราคาบ้านและนำมาเปรียบเทียบในแต่ละโมเดลหรือหลายวิธีกันนั้น โดยมีการใช้ Neural Network, Random Forests, Inverse Distance Weighting, และ Kriging โดยพบว่า Neural Network และ Random Forests สามารถทำนายราคาได้แม่นยำ [12] และมีการนำ LSTM กับ LightGBM มาผสมผสานแล้วบันทึกผลการฝึกโมเดล ราคาเปิด ราคาปิด ทั้งสูงสุดและต่ำสุด ปริมาณการซื้อขาย แล้วมาทำนายราคาผันผวนของหุ้น [12] การพยากรณ์ราคาหุ้นเป็นงานที่ทำทนาย แสดงถึงคุณสมบัติที่แบบจำลองเดียวทำไม่ได้ มีนักวิจัยหลายคนนำแบบจำลองต่าง ๆ มาผสมผสานกันระหว่างโดยนำวิธี Empirical Mode Decomposition (EMD) และวิธี Theta โดยพิจารณาเพื่อเพิ่มศักยภาพในการพยากรณ์ที่ดี [13] โดยในการทดสอบแบบจำลองเพื่อทำนายราคาที่เกี่ยวข้องกับอนุกรมเวลาสามารถใช้ฟังก์ชันของ Dart เพื่อสร้างโมเดลคลาสสิกได้อย่างหลากหลายเพื่อใช้ในการทดสอบข้อมูลอนุกรมเวลา [14] ในการ

พยากรณ์ราคาด้วยโมเดลที่หลากหลายนั้น มีนักวิจัยที่นำโมเดลที่เป็น Traditional Statistic เช่น โมเดลพื้นฐานที่มีตัวแปรเกี่ยวกับเวลา มาเปรียบเทียบกับ Machine Learning เพื่อทำนายราคาหุ้นในอนาคต โดยนำโมเดลต่าง ๆ เช่น Simple Moving Average, Weighted Moving Average, Exponential Smoothing, Naive Model และ Machine Learning เช่น Linear Regression, Lasso, Ridge, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machine, Random Forest, Single Layer Perceptron, Multi-Layer Perceptron, Long-Short Term Memory มาใช้ในการพยากรณ์ราคาและพบว่า Long-Short Term Memory ให้ผลการทำนายที่ดีที่สุด [15] อย่างไรก็ตามก็มีความรู้ที่นำมาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้ในการทำนายราคาในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ โดยนำ RNN-LSTM และ Traditional Model เช่น ARIMA มาทำการทำนายราคาของหินปูน (Limestone) ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สำคัญตัวหนึ่งที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก แล้วมาเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลอง ผลปรากฏว่าใน ARIMA ก็มีความแม่นยำที่ดีกว่า LSTM และใช้เวลาในการเทรนข้อมูลที่น้อยกว่า LSTM อีกด้วย [16] ยังมีวรรณกรรมอื่น ๆ อีกมากมายที่นำ LSTM เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ Linear Regression เช่น ในการทำนายดัชนีราคาของหุ้น ผลปรากฏว่า Linear Regression ก็ให้ค่าความแม่นยำถึง 98% เมื่อเทียบกับ LSTM ที่ให้ค่าแม่นยำเพียง 72.3% [17] เป็นที่น่าสังเกตได้ว่าในบางครั้งการใช้ Deep Learning RNN-LSTM ก็อาจจะไม่ได้ ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Traditional Model แม้ว่าจะมีเทรนข้อมูลโดยใช้เวลานานและมีจำนวน Architecture หรือโมเดลที่ซับซ้อน แต่ก็มีวรรณกรรมไม่น้อยที่ทำการทดสอบวัดความแม่นยำเทียบกับ LSTM และ LSTM ให้ผลดีกว่าแบบจำลองอื่น ดังนั้นผลการทดลองจากวรรณกรรมต่างๆ ผลลัพธ์อาจจะขึ้นอยู่กับปัจจัย ชุดของข้อมูล หรือแบบจำลองของแต่ละแบบทดสอบในวรรณกรรมนั้นๆ ได้อีกด้วย ซึ่งในบทความนี้มุ่งเน้นไปที่งานคาดการณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยโดยใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลพื้นฐาน โมเดล RNN-LSTM และโมเดลคลาสสิก 5 แบบ

ส่วนถัดไปของบทความคือ ส่วนที่ 2 แบบจำลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย ส่วนนี้อธิบายถึงการรวบรวมข้อมูล การประมวลผล และการนำโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องไปใช้ ส่วนที่ 4 แสดงผลการทดลองและการ

วิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ส่วนสุดท้ายเป็นบทสรุป การอภิปราย และทิศทางการวิจัยในอนาคต

2. แบบจำลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) คือ เทคโนโลยีที่ออกแบบให้มีระบบทำงานเหมือนกับการทำงานของสมองมนุษย์ ปัญญาประดิษฐ์ถูกพัฒนาให้ฉลาดมากขึ้น ทำงานได้หลากหลายมากขึ้น และมีความสามารถใกล้เคียงกับมนุษย์มากยิ่งขึ้น เช่น Machine Learning (ML) การป้อนข้อมูลเพื่อให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำการเรียนรู้กับชุดข้อมูลเพื่อแสดงผลตามที่ต้องการ และมีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดย Deep Learning คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งของ Machine Learning ที่เลียนแบบระบบเซลล์ประสาทในสมองของมนุษย์ (Neural Network) ชนิดของโครงข่าย Deep Learning จะมีโครงข่ายประสาทแบบป้อนไปหน้า (Feed-Forward Neural Networks) และโครงข่ายแบบวนซ้ำ Recurrent Neural Networks (RNN)

2.1 แบบจำลองพื้นฐาน

ในการทำราคานั้นการที่จะกำหนดการทำนายราคาพื้นฐานที่ใช้ในการทำราคาโดยแบบจำลองพื้นฐานเริ่มต้นที่กำหนดเป็น Baseline เมื่อเริ่มต้นงานหรือโครงการต่างๆ ก็เริ่มจากการสร้างโมเดลที่ง่ายที่สุดก่อนเพื่อแก้ปัญหานั้นๆ อาจจะกำหนดจากบรรทัดฐานหรือวิธีการปฏิบัติดั้งเดิมที่ได้อยู่แล้ว ยกตัวอย่างเช่น ตั้งต้นจากสิ่งที่ยากที่สุดที่ใช้ในการทำราคา เช่น นำราคาเดือนที่แล้วมาเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ในการทำราคาที่มีประสิทธิภาพของการทำงานด้าน Data science มากขึ้น สามารถปรับแต่งหรือเพิ่มตัวแปรอื่นๆ หรือนำโมเดลอื่นๆ ที่มีความซับซ้อนมากกว่า แล้วหลังจากนั้นจึงพิจารณาต่อว่าจะมีโมเดลอื่นๆ มาทำนายราคามีประสิทธิภาพดีกว่าหรือไม่

2.1.1 Last Month Prediction คือ โมเดลที่ง่ายที่สุดที่กำหนดเป็นโมเดลพื้นฐานในการทำราคาในเดือนถัดไปและในโมเดลถัดไปที่จะกำหนดมาเป็นโมเดลพื้นฐานอื่นๆ ก็จะมีการปรับด้วยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงราคาของเดือนก่อนหน้าหรือเพิ่มความซับซ้อนอื่นๆ เพิ่มเติมจากโมเดลพื้นฐานนี้

2.1.2 Simple Moving Average (SMA) คือ โมเดลที่ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่บนคาบเวลาที่กำหนด โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังมาคำนวณค่าเฉลี่ย โดยทุกค่าข้อมูลจะถูกให้ความน้ำหนักทุกตัวเท่ากัน เช่น

กำหนด $T=3$

โดย Raw = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]

จะได้ SMA = [NA, NA, 2, 3, 4,5,6,7,8,9]

ดังนั้น โมเดลพื้นฐานที่จะมาใช้ในการทำนายอาจจะการนำ Last month รวมกับ Simple Moving Average และมีการปรับด้วย เปอร์เซ็นการเปลี่ยนแปลงราคาของเดือนก่อนหน้าได้หรือหลาย เดือนก่อนหน้าก็ได้ หรือกับ Simple Moving Average โดย กำหนด T หรือจำนวนเดือนก่อนหน้าได้เพื่อกำหนดเป็นโมเดล พื้นฐานถัดไป

2.1.3 Exponential Moving Average คือ โมเดลการคำนวณ ค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่บนคาบเวลาที่กำหนดแต่มีการให้ค่า น้ำหนักของค่าล่าสุดมากกว่าค่าอื่นๆ

$$EMA = Price_{today} \left(\frac{2}{1+Days} \right) + EMA_{Price} \left(1 - \frac{2}{1+Days} \right)$$

(1)

โดยมี $\frac{2}{1+Days}$ เป็น Smoothing Factor จะได้ว่าจำนวนเวลาที่ ต้องการจะดูย้อนหลังไปเช่น 2 วัน

ในส่วน EMA_{Price} เป็นข้อมูลของวันก่อนหน้า

ถ้ามี Raw = [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]

เช่นต้องการดูย้อนหลังไป 3 วัน Smoothing Factor = 0.5

$EMA_1 = 1$

$EMA_2 = (2 \times 0.5) + (1 \times (1 - 0.5)) = 1.5$

$EMA_3 = (3 \times 0.5) + (1.5 \times (1 - 0.5)) = 2.25$

$EMA_4 = (4 \times 0.5) + (2.25 \times (1 - 0.5)) = 3.125$ เป็นต้น

ดังนั้น โมเดลพื้นฐานต่อมาอาจจะเป็น Exponential Moving Average ของ 3 เดือนก่อนหน้าได้

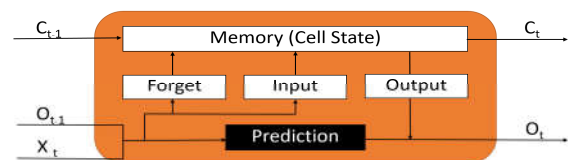
2.2 แบบจำลอง RNN-LSTM

Long Short-Term Memory (LSTM) จัดว่าเป็น โครงข่าย ประเภท Recurrent Neural Network (RNN) ซึ่งสามารถจำลอง ลำดับของข้อมูลได้ เช่น การทำนายค่าต่อไปในประโยค การ ทำนายอากาศในวันถัดไป ทำนายสต็อกไปเพื่อได้ลำดับสิ โดยใช้ ชุดข้อมูลตามอนุกรมเวลา (Time Series) เพื่อทำ Data Training และนำผลที่ได้ (Output) ของ Period นี้ไปเป็น Input ของ Period หน้า ซึ่ง RNN ไม่สามารถเรียนรู้ความสัมพันธ์ระยะยาว

ได้ เนื่องจากไม่มีการเก็บข้อมูลใน Memory ดังนั้น LSTM เปรียบเสมือนโครงข่ายประสาทเทียมแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบ มาสำหรับการประมวลผลลำดับโดยเป็นโครงข่ายประสาทที่ เกิดซ้ำและได้รับการแก้ไข ซึ่งช่วยให้จดจำข้อมูลที่ผ่านมาใน หน่วยความจำได้ง่ายขึ้น กล่าวคือ LSTM คือ RNN ที่มี หน่วยความจำเพิ่มเข้ามาและเรียกว่า Cell State เพื่อเก็บข้อมูล ทุกๆช่วงเวลา และมีกระบวนการเพิ่มการตัดสินใจว่าข้อมูล ประเภทใดที่ควรจะเป็น Output กระบวนการที่เพิ่มขึ้นมาใน LSTM ดังนี้

- 1) ฟังก์ชันที่ตัดสินใจว่าข้อมูลใดควรจะลบออกจาก หน่วยความจำ (Forgetting Gate)
- 2) ฟังก์ชันที่ตัดสินใจว่าข้อมูลใหม่ข้อมูลใดที่ควรเพิ่มใน หน่วยความจำ (Input Gate)
- 3) ฟังก์ชันที่ตัดสินใจว่าข้อมูลใดในหน่วยความจำมาส่งผล กระทบกับข้อมูลที่จะทำนาย (Output Gate)

ซึ่งกระบวนการของ LSTM ก็จะมีข้อมูลที่เป็น O_{t-1} และ X_t เป็นข้อมูล Input โดยที่ O_{t-1} เป็น Output จาก Period ที่แล้ว และ X_t คือ Input ใน Period นี้ และมี C_{t-1} เป็น Input สำหรับ หน่วยความจำ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. กระบวนการทำงานของ LSTM

จากทฤษฎีของ LSTM ได้มีการพัฒนาให้มีหน่วยความจำเพิ่ม ขึ้นมาซึ่งเป็นข้อดีและเป็นไปได้ว่าเป็นโมเดลที่มีประสิทธิภาพ ในการทำนายราคามากกว่าโมเดลอื่น ๆ

2.3 แบบจำลองคลาสสิก (Classic Model)

คือแบบจำลอง Traditional หรือแบบจำลองคลาสสิกอื่นๆที่ นำมาใช้ในงานวิจัยนี้และเป็นแบบจำลองในการทดสอบเพื่อ ศึกษาเป็นแนวทางว่าแบบจำลอง Traditional อื่นๆ อาจจะ ทำงานได้มีประสิทธิภาพทำนายราคาได้ดี เช่นเดียวกับการใช้ แบบจำลองพื้นฐานและ RNN-LSTM ก็เป็นไปได้ โดยแบบจำลอง คลาสสิกที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่

2.3.1 Exponential Smoothing เป็นวิธีที่ใช้หลักการเดียวกันกับการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก คือ ให้ความสำคัญกับข้อมูลชุดใหม่ ที่สุดมากที่สุด (ค่าถ่วงน้ำหนักสูงสุด) และค่อยๆ ลดค่า ถ่วงน้ำหนักลง วิธีเอกซ์โปเนนเชียลปรับเรียบจะทำการพยากรณ์โดยนำค่าพยากรณ์ ของช่วงเวลาที่ผ่านมามาวกเข้ากับอัตราส่วนความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่า พยากรณ์ ณ ช่วงเวลานั้นๆ ดังแสดงตามสมการที่ (2)

$$F(t+1) = \alpha * Y(t) + (1-\alpha) * F(t) \quad (2)$$

โดย $F(t+1)$ คือ การคาดการณ์สำหรับช่วงเวลาถัดไป

$Y(t)$ คือ การสังเกตจริง ณ เวลา t

$F(t)$ คือ การคาดการณ์สำหรับช่วงเวลาปัจจุบัน

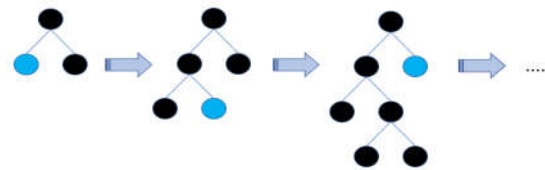
α คือ ปัจจัยการปรับให้เรียบ ซึ่งจะกำหนดน้ำหนักให้กับ การสังเกตปัจจุบันเทียบกับการคาดการณ์ก่อนหน้านี้

2.3.2 Linear Regression Linear Regression ที่ มา จาก คำว่า Linear หมายความว่าเส้น ตรง และ คำว่า Regression ที่ หมายความว่าถดถอย ซึ่งก็คือการนำเอาข้อมูลหรือตัวแปรมาหาความสัมพันธ์กัน แล้วโดยใช้ความสัมพันธ์หรือการทำนาย ข้อมูลจะออกมาใกล้เคียงกับเส้นตรง โดย Linear Regression ถือว่าเป็น Machine Learning การเรียนรู้ที่มีผู้สอนประเภท (Supervised Learning) ชนิดแบบ Statistical Regression ที่ จำเป็นต้องป้อนชุดข้อมูลเข้าไปให้เรียนรู้ก่อน หลังจากเรียนรู้ แล้วจะนำตัวแปรต้นและตัวแปรตามไปคำนวณด้วยสถิติทาง คณิตศาสตร์ แล้วจะได้ข้อมูล Output ออกมาเป็นตัวเลข เป็น การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยสามารถนำ Linear Regression มาทำการทำนายราคาสินค้าได้ โดยกำหนดชุด ข้อมูลตัวอย่างเช่นราคาเป็นข้อมูลระยะเวลาเท่าไร จากนั้นก็ทำ การเทรน โมเดลแล้วหาค่าความสัมพันธ์ของ Output ว่า แบบจำลองนั้นได้ค่าดีหรือไม่ดี

2.3.3 Random Forest เป็นกลุ่มของโมเดลที่มีหลักการในการเทรน โมเดลที่เหมือนกันหลายๆครั้งบนชุดข้อมูลเดียวกัน โดยแต่ละ ครั้งในการเทรนจะเลือกส่วนของข้อมูลที่เทรนแตกต่างกัน และตัดสินใจโดยการโหวตว่าตัวไหนถูกเลือกมากที่สุด อัลกอริทึมนี้เป็นการเรียนรู้ของเครื่องชนิดนิยมที่ใช้สำหรับทั้ง การจัดหมวดหมู่และการถดถอย เป็นวิธีการทั้งมวลที่รวมการ คาดคะเนของแผนผังการตัดสินใจหลาย ๆ แบบเพื่อให้การ คาดคะเนแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้น สร้างโมเดล จาก Decision Tree หลายๆ โมเดลย่อยๆ โดยแต่ละ โมเดลจะได้รับ Data set ไม่เหมือนกัน ซึ่งเป็น Subset ของ Data set ทั้งหมด

และทำหน้าที่ Prediction ให้แต่ละ Decision Tree ของตนเอง และคำนวณผล Prediction ด้วยการ Vote output ที่ ถูกเลือกโดย Decision Tree มากที่สุด (กรณี Classification) หรือ หาค่า Mean จาก Output ของแต่ละ Decision Tree (กรณี regression) โดย Random Forest ใช้ได้ทั้งกับปัญหา Classification และ Regression

2.3.4 โมเดล Light Gradient Boosting Machine (LGBM) เป็น การสร้างโมเดลที่มีประสิทธิภาพดีขึ้น แนวคิดหลักที่อยู่เบื้องหลังการเร่งความเร็ว คือการฝึกแต่ละ โมเดลที่ตามมาเพื่อ แก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดจากโมเดลก่อนหน้า ซึ่งจะเป็นการ ปรับปรุงความแม่นยำในการทำนายโดยรวม โมเดลทาง คณิตศาสตร์ที่มีโครงสร้างเป็นแบบต้นไม้หลาย ๆ ต้น (Trees) โดยต้นไม้เหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นจากข้อมูลที่ใส่สอนโมเดล โดย โมเดลจะใช้ข้อมูลที่ทางทีมส่งให้โมเดลเรียนรู้ในการสร้าง ต้นไม้แต่ละครั้ง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. Light Gradient Boosting Machine (LGBM)

LGBM ได้รับความนิยมเนื่องจากมีความสามารถในการจัดการ ชุดข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้การ คาดการณ์ที่แม่นยำ โดยทั่วไปจะใช้สำหรับงานต่างๆ เช่น การ ถดถอย การจำแนกประเภท และการจัดอันดับ นอกจากนี้ยัง รองรับคุณสมบัติขั้นสูงต่างๆ เช่น การหยุดก่อนเวลา การ ฝึกอบรมแบบคู่ขนาน และฟังก์ชันการสูญเสียที่กำหนดเอง ซึ่ง ทำให้เป็นเครื่องมืออเนกประสงค์และทรงพลังในด้านการ เรียนรู้ของเครื่อง

2.3.5 ARIMA Model เป็นแบบจำลองการคาดการณ์อนุกรม เวลาที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์และทำนายมูลค่าในอนาคตตาม รูปแบบในอดีตในข้อมูล รวมสามองค์ประกอบ ได้แก่ การ ถดถอยอัตโนมัติ (AR) ส่วนต่าง (I) และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (MA) โดย ARIMA ย่อมาจาก Auto Regressive Integrated Moving Average หลักการทำงานจะประกอบไปด้วยอนุกรมเวลา โดย หลักการคือแบบจำลองนี้จะทำการขจัด Noise ออกจากข้อมูล เพื่อลด Error ให้มากที่สุด เพื่อให้ข้อมูลนั้นน่าเชื่อถือส่งผลให้

การทำนายราคาในขั้นตอนต่อไปและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยอธิบายการทำงานอย่างง่ายดังนี้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบข้อมูลที่เป็น Time series ว่ามี Noise ในชุดข้อมูลมากน้อยเพียงใดและสามารถนำ Noise ออกได้ข้อมูลได้หรือไม่ ในส่วนต่อมาคือดูว่าข้อมูลเป็น Stationary และลบแนวโน้มในข้อมูล ปรับข้อมูลจนแน่ใจว่าข้อมูลไม่มี Trend หรือ Seasonal และในขั้นตอนสุดท้ายคือเริ่มใช้ค่าหรือข้อมูลตัวเองในการทำนายข้อมูลในอนาคต โดยมีพารามิเตอร์ที่เป็นจำนวนเวลา หรือว่า Lag ในอนุกรมเวลา เพื่อเป็นตัวกำหนดว่าข้อมูลในอดีตมีความสัมพันธ์กับตัวข้อมูลในอนาคต

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบเกรด A ในประเทศไทย จะใช้วิธีการทำนายราคาโดยการวัดผลจากโมเดลพื้นฐานและวัดผลโมเดลที่เป็นแบบแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ของ LSTM, Exponential Smoothing, Linear Regression, Random Forest, LightGBM Model และ ARIMA โดยใช้ชุดข้อมูลเดียวกันในการทดสอบและนำผลค่าคลาดเคลื่อนมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาโมเดลที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยในงานวิจัยนี้มีขอบเขตและข้อจำกัดในการดำเนินการวิจัยคือใช้ปัจจัยคืออนุกรมเวลาเป็นปัจจัยเดียวในการทดสอบ เนื่องจากหากนำปัจจัยอื่นมาเข้าร่วมทดสอบด้วย จะใช้ระยะเวลานานในการรวบรวมข้อมูลและพัฒนาโมเดลรวมถึงการทดสอบในแต่ละโมเดลและปัจจัยที่เพิ่มขึ้น

3.1 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

การวิจัยนี้ได้นำข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยจากเว็บไซต์กรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์ เป็นข้อมูลราคาปาล์มน้ำมันดิบเกรด A เฉลี่ยรายเดือน โดยเป็นข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2539 – เดือนเมษายน พ.ศ. 2566 มาชุดข้อมูลในการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่าง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. กราฟแสดงข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

3.2 การกำหนดแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัย

กำหนดแบบจำลองพื้นฐาน แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และ แบบจำลองคลาสสิก ในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบ ดังนี้

3.2.1 แบบจำลอง Last month คือ เรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ราคาน้ำมันปาล์มดิบ 1 เดือนก่อนหน้าเพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไป

3.2.2 แบบจำลอง Last Month and Percent Change คือ เรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนก่อนหน้าและปรับด้วยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงราคาของ 1 เดือนก่อนหน้าเพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไป

3.2.3 แบบจำลอง Last Month and 3 Months Moving Average Percent Change คือเรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ราคาน้ำมันปาล์มดิบ 1 เดือนก่อนหน้าและปรับด้วยเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาน้ำมันปาล์มดิบ 3 เดือนก่อนหน้าเพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไป

3.2.4 แบบจำลอง Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change คือเรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ราคาน้ำมันปาล์มดิบ 1 เดือนก่อนหน้าและปรับด้วยเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาน้ำมันปาล์มดิบ 5 เดือนก่อนหน้าเพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไป

3.2.5 แบบจำลอง 3 Months Moving Average คือเรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของราคาน้ำมันปาล์มดิบ 3 เดือนก่อนหน้าเพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไป

3.2.6 แบบจำลอง 3 Months Exponential Weighted Moving Average คือเรียนรู้ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักของราคาน้ำมันปาล์มดิบ 3 เดือนก่อนหน้าเพื่อทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไป

3.2.7 แบบจำลอง RNN-LSTM คือแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกโดยมีการกำหนด LSTM Architecture เริ่มต้นที่ 64, 128, 192, 256 และ 320 Nodes และมีจำนวน Layer ที่ 2 layer, 3 layer, 4 layer และ 5 Layer ตามลำดับ รวมแบบจำลองทั้ง 20 Architecture เพื่อพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบ

3.2.8 แบบจำลองคลาสสิก ได้แก่ โมเดล Exponential Smoothing, Regression Model, Random Forest, LightGBM Model และ ARIMA โดยจะใช้ฟังก์ชันของ Darts เพื่อสร้างโมเดลหลังจากนั้นจะทำการทดสอบโดย Back-Testing สรุปแบบจำลองทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบราคาน้ำมันปาล์มดิบของประเทศไทย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงโมเดลพื้นฐานและ RNN-LSTM ที่ใช้ในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ

Baseline	- Last month - Last month and % change - Last Month and 3 months Moving Average % change - Last month and 5 months Moving Average %Change 3 months Moving Average 3 months Exponential Weighted Moving Average	
Deep Learning	RNN-LSTM	จำนวน 2, 3, 4 และ 5 Layer ที่ 64 Node จำนวน 2, 3, 4 และ 5 Layer ที่ 128 Node จำนวน 2, 3, 4 และ 5 Layer ที่ 192 Node จำนวน 2, 3, 4 และ 5 Layer ที่ 256 Node จำนวน 2, 3, 4 และ 5 Layer ที่ 320 Node
Classic Model	- Exponential Smoothing - Linear Regression - Random Forest - LightGBM - ARIMA	Back-Testing และปรับพารามิเตอร์ Lag ตั้งแต่ 12-24 เช่น Lag=1 ใช้ข้อมูลย้อนหลัง 1 Time step ทำาน 10 เพื่อ 1 Time Step ในอนาคต

3.3 กำหนดเมตริกสำหรับวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง เมตริก (Metric) หรือ Loss Function มีเป้าหมายเพื่อหาค่า Loss หรือค่า Error หลังจากมีการเทรน โมเดล โดยเมตริกที่ใช้ในงานวิจัยที่วัดประสิทธิภาพของแบบจำลองมีดังต่อไปนี้ ดังสมการที่ (3) - (7)

- Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{n}\right) * \sum (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

- R squared score

$$R^2 \quad (4)$$

- Mean Squared Error (MSE)

$$MSE = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5)$$

- Mean Absolute Error (MAE)

$$MAE = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum |y_i - \hat{y}_i| \quad (6)$$

- Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) * \sum |(y_i - \hat{y}_i) / y_i| * 100 \quad (7)$$

โดยนำค่า MAPE มาเปรียบเทียบกับกันเป็นสำคัญ ซึ่งปรกติค่า RMSE, MAE, MSE จะแปรผันตามค่า MAPE และยังมีค่า R^2 ที่ช่วยในการตัดสินใจว่าโมเดลใดค่า R^2 เข้าใกล้ 1 คือโมเดลที่ดีที่สุด แต่ R^2 ก็สามารถมีค่าติดลบ ในกรณีที่การทำนายราคาได้ค่าที่แตกต่างจากข้อมูลจริงอย่างมากซึ่งหมายความว่าแบบจำลองนั้นไม่ดีเลยหรือชุดข้อมูลนั้นไม่เหมาะสมกับแบบจำลองนั้น เหตุผลในการใช้ค่า MAPE เพื่อการพิจารณาเนื่องด้วยค่าความผิดพลาดที่ได้จะเป็นเปอร์เซ็นต์ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและอธิบายได้ง่ายกว่าค่าอื่นๆ

3.4 การทำการเทรนโมเดลและการปรับแต่งโมเดล

การปรับแต่งโมเดลเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการนำข้อมูลเข้ามาเรียนรู้ โดยในการเรียนรู้ นั้น จะมีขั้นตอนโดยละเอียดมากมาย ยกตัวอย่างเช่น เพิ่มจำนวน Layer เพื่อหาจุดที่เหมาะสม หาค่า Learning ของโมเดลเพื่อให้โมเดลสามารถเรียนรู้ได้ดี การกำหนด Split Data ที่เหมาะสม เป็นต้น โดยในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบได้การแบ่งข้อมูลโดยแบ่ง Train Set และ Test Set โดยกำหนด Test Set มีขนาดเท่ากับ 12 เนื่องจากต้องการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเป็นระยะเวลา 1 ปี และเพื่อป้องกันการ Overfitting ของโมเดล Machine Learning ได้มีการทำ Cross Validation สำหรับ Train Set และ Test set โดยข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นชุดย่อยๆ ทำงานตามจำนวนรอบและสลับเปลี่ยนกันทำให้มีให้ชุดข้อมูลมีการใช้งานทุกส่วน ในการทดสอบนี้ด้วยโดยกำหนด Validation Split เท่ากับ 0.1 เมื่อปรับแต่ง

โมเดลที่เหมาะสมแล้วหลังจากนั้นก็จะเข้าขั้นตอนทดสอบการพยากรณ์ราคาและประเมินประสิทธิภาพต่อไปจากข้อมูลราคาปาล์มมีทั้งที่เป็นข้อมูลราคาผลปาล์ม น้ำมันปาล์ม ปาล์มทั้งทะลาย แต่ผู้วิจัยนำข้อมูลราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยมาเป็นชุดตัวอย่างโดย Split Data โดยแบ่ง Train Set และ Test Set โดยกำหนด Test Set มีขนาดเท่ากับ 12 เนื่องจากต้องการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเป็นระยะเวลา 1 ปี และเพื่อป้องกันการ Overfitting ของโมเดล Machine Learning ได้มีการทำ Cross Validation สำหรับ Train Set และ Test set โดยข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นชุดย่อยๆ ทำงานตามจำนวนรอบและสับเปลี่ยนกันทำให้มีชุดข้อมูลมีการใช้งานทุกส่วน ในการทดสอบนี้ด้วยโดยกำหนด Validation Split เท่ากับ 0.1 จากนั้นทำการทดสอบการพยากรณ์ราคาและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.5 ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำ ค่า Error ของ RMSE, R^2 , MSE, MAE และ MAPE มาพิจารณาค่า โดยค่า MAPE แบบจำลองใดที่มีค่า MAPE น้อยที่สุดให้ถือว่าเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุด จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งหมดในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบ

4. ผลการทดลอง

ผลการทดสอบจะได้ผลการหาค่า Error ของทุกโมเดลพื้นฐานของการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบของไทย โดยหาค่าของ RMSE, MSE, MAE, MAPE และ R^2 จากการทำนายราคาจากแบบจำลองต่างๆดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบโมเดลพื้นฐานในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

จากการทดสอบการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบที่มีแบบจำลองอยู่ 6 แบบ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพได้ค่าความคลาดเคลื่อน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงค่า Error และ R^2 ของทุกแบบจำลองพื้นฐานในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ

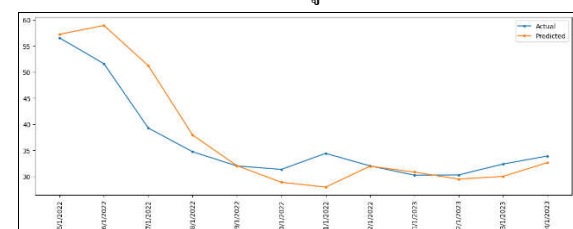
Model Description	RMSE	MSE	MAE	MAPE	R^2
Last Month	4.40	19.37	3.15	8.42	0.71
Last Month and Percent Change	3.97	15.78	3.10	8.46	0.77
Last Month and 3 Months Moving Average Percent Change	4.79	22.91	3.55	9.52	0.66
Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change	4.68	21.91	3.10	8.13	0.68
3 Month Moving Average (MA)	7.06	49.86	5.15	14.29	0.26
3 Months Exponential Weighted Moving Average (EWM)	6.22	38.74	4.66	13.00	0.43

ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองพื้นฐานของการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย ได้ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบค่า MAPE ของโมเดลพื้นฐานทั้ง 6 แบบ โมเดลที่ให้ค่า MAPE ที่ดีที่สุดคือ โมเดล Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change โดยมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 8.13 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. เปรียบเทียบค่า MAPE ของทุกแบบจำลองพื้นฐานในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ

Model Description	MAPE
Last month	8.42
Last Month and Percent Change	8.46
Last Month and 3 Months Moving Average Percent Change	9.52
Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change	8.13
3 Months Moving Average	14.29
3 Months Exponential Weighted Moving Average	13.00

โดยแบบจำลอง Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change ที่มีค่า Error น้อยที่สุด แสดงการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบในเดือนถัดไป ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. กราฟ Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change

4.2 ผลการทดสอบโมเดล RNN-LSTM ในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

ในการทดลองการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ทำการใช้โมเดล RNN-LSTM ที่มี LSTM Architecture จำนวนเท่ากับ 2 layer, 3 layer, 4 layer และ 5 Layer โดยแต่ละ Layer มีจำนวน Node เท่ากับ 64, 128, 192, 256 และ 320 Node ตามลำดับ รวมจำนวนแบบจำลองทั้งสิ้นคือ 20 แบบ และผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบค่า Error ของ RNN-LSTM ทั้ง 20 แบบจำลอง มีค่าของ RMSE, R^2 , MSE, MAE และ MAPE จากทุก Architecture แสดงดังตารางที่ 4

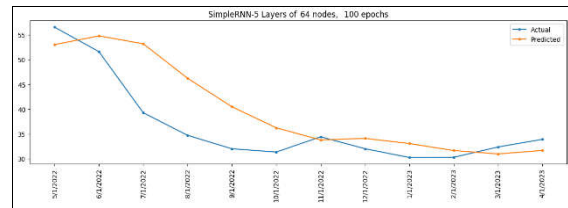
ตารางที่ 4. แสดงค่า Error ของ LSTM ในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ

No.	Model Description	RMSE	MSE	MAE	MAPE	R^2
1	RNN-LSTM 2 Layer 64 Node	11.94	142.48	11.60	33.95	-1.11
2	RNN-LSTM 2 Layer 128 Node	34.04	1158.81	33.03	89.96	-16.14
3	RNN-LSTM 2 Layer 192 Node	30.98	959.53	29.87	80.98	-13.19
4	RNN-LSTM 2 Layer 256 Node	28.51	812.91	27.30	73.67	-11.02
5	RNN-LSTM 2 Layer 320 Node	11.01	121.29	7.33	16.87	-0.79
6	RNN-LSTM 3 Layer 64 Node	18.36	337.15	16.42	42.73	-3.99
7	RNN-LSTM 3 Layer 128 Node	31.31	980.27	30.21	81.95	-13.50
8	RNN-LSTM 3 Layer 192 Node	32.72	1070.48	31.67	86.09	-14.83
9	RNN-LSTM 3 Layer 256 Node	16.55	273.88	14.36	36.88	-3.05
10	RNN-LSTM 3 Layer 320 Node	21.44	459.50	19.80	52.33	-5.79
11	RNN-LSTM 4 Layer 64 Node	29.34	861.00	28.17	76.14	-11.73
12	RNN-LSTM 4 Layer 128 Node	31.42	987.31	30.33	82.28	-13.60
13	RNN-LSTM 4 Layer 192 Node	27.60	761.85	26.35	70.96	-10.27
14	RNN-LSTM 4 Layer 256 Node	32.25	1040.01	31.18	84.71	-14.38
15	RNN-LSTM 4 Layer 320 Node	30.05	903.22	28.91	78.24	-12.36
16	RNN-LSTM 5 Layer 64 Node	10.32	106.52	6.25	13.83	-0.58
17	RNN-LSTM 5 Layer 128 Node	33.93	1151.48	32.92	89.66	-16.03
18	RNN-LSTM 5 Layer 192 Node	27.83	774.36	26.58	71.64	-10.45
19	RNN-LSTM 5 Layer 256 Node	26.32	692.78	25.00	67.14	-9.24
20	RNN-LSTM 5 Layer 320 Node	28.34	803.18	27.12	73.16	-10.88

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง Deep Learning RNN-LSTM ที่ดีที่สุดได้แก่ RNN-LSTM จำนวน 5 layer และจำนวน 64 Node ให้ค่า MAPE ที่ดีที่สุดอยู่ที่ 13.83 แต่อย่างไรแล้วจะเห็นว่าค่า R^2 มีค่าติดลบทุก Architecture ซึ่งปรกติค่า R^2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 แต่เมื่อไรก็ตามที่มีค่าติดลบนั้นหมายความว่า ค่าทำนายที่ได้จากโมเดลนั้นให้ผลลัพธ์ที่แย่กว่าการใช้ค่าเฉลี่ยหรือหมายความว่าโมเดลนั้นไม่ดี หรืออาจจะไม่เหมาะสมกับชุดข้อมูลนั้นๆ

โดยแบบจำลองนี้แสดงกราฟการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบในเดือนถัดไป RNN-LSTM ที่ดีที่สุดได้แก่ RNN-LSTM จำนวน 5

layer และ 64 Node ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. กราฟทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบเดือนถัดไปของ LSTM- 5 layer จำนวน 64 Node

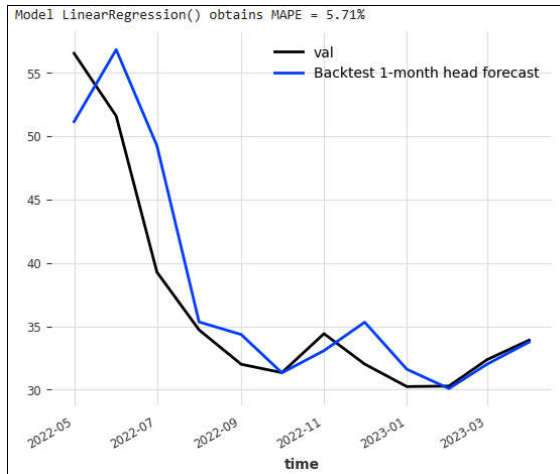
4.3 ผลการทดสอบโมเดลคลาสสิกในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

ผู้วิจัยทำการเพิ่มแบบจำลองในการทดสอบเพิ่มเติมคือแบบจำลองคลาสสิกมาเพื่อทดสอบการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบ โดยแบบจำลองคลาสสิกได้แก่ Linear Regression Model, Exponential Smoothing, Random Forest, LightGBM และ ARIMA มาเพื่อทำการทดสอบ Back-Testing และทดสอบ โมเดลคลาสสิก โดยเริ่มต้นการทดสอบโดยการปรับพารามิเตอร์คือค่า Lag โดยเริ่มจากค่าที่ 12 ไปจนถึงค่า 24 และทุกๆค่า Lag หมายถึงการนำข้อมูลย้อนหลัง ตามค่า Lag ในหน่วยเวลามาใช้เพื่อการทำนายข้อมูลในอนาคต เมื่อทำการกำหนดค่า Lag แล้วทำการป้อนข้อมูลให้กับแบบจำลอง หลังจากนั้นทำ Back-Testing กับแบบจำลองคลาสสิกและเก็บผลค่าความผิดพลาด ในทุกๆการปรับค่า Lag โดยผลลัพธ์ของการทำ Back-Testing ของ Exponential Smoothing, Linear Regression Model, Random Forest, LightGBM และ ARIMA ได้ผลลัพธ์ค่า MAPE ที่มีค่าน้อยที่สุดในแต่ละแบบจำลองและมีค่า Lag ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่า MAPE ของโมเดลคลาสสิกในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ

Model Description	Lag	MAPE
Exponential Smoothing	15	6.92
Linear Regression	16	5.71
Random Forest	16	6.96
LightGBM	13	10.34
ARIMA	12	5.97

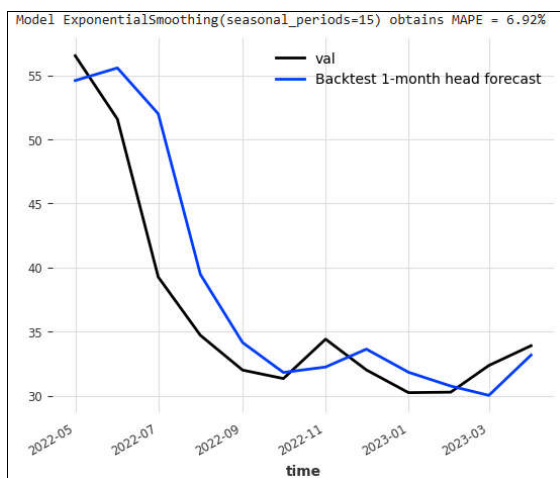
โดยผลการทำ Back-Testing ของโมเดลคลาสสิกแนวโน้มค่า Error เป็นไปในทางเดียวกัน คือเมื่อเริ่มค้นทดสอบที่กำหนดค่า Lag เท่ากับ 12 ไปค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จะเริ่มดีขึ้นเรื่อยๆ และดีที่สุดที่ Lag เท่ากับ 16 โดยค่า Loss ของแบบจำลอง Linear Regression จะดีที่สุดที่ Lag เท่ากับ 16 โดยมีค่า MAPE เท่ากับ 5.71 ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. กราฟ Back-Testing ของ Linear Regression

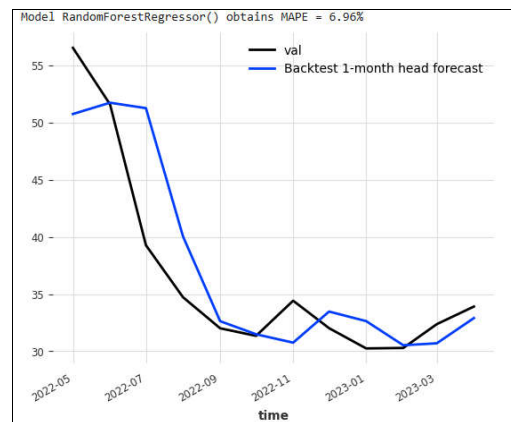
ในส่วนแบบจำลองคลาสสิกอื่นๆผลของ MAPE จะมีแนวโน้มตามค่า Lag ในทางเดียวกันแต่มีค่าไม่ดีเท่า Linear Regression โดยแต่ละแบบจำลองแสดงกราฟและข้อมูล ดังต่อไปนี้

4.3.1 ผลการทำ Back-Testing ที่ดีที่สุดของ Exponential Smoothing จะมีค่า MAPE ดีที่สุดเท่ากับ 6.92 อยู่ที่ Lag =15 ดังภาพที่ 7



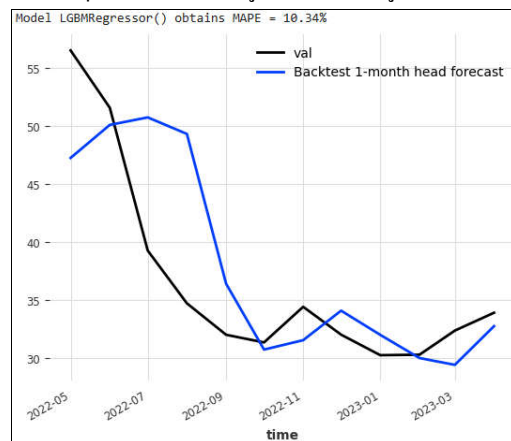
รูปที่ 7. กราฟ Back-Testing ของ Exponential Smoothing

4.3.2 ผลการทำ Back-Testing ที่ดีที่สุดของ Random Forest จะมีค่า MAPE ดีที่สุดเท่ากับ 6.96 อยู่ที่ Lag =16 ดังรูปที่ 8



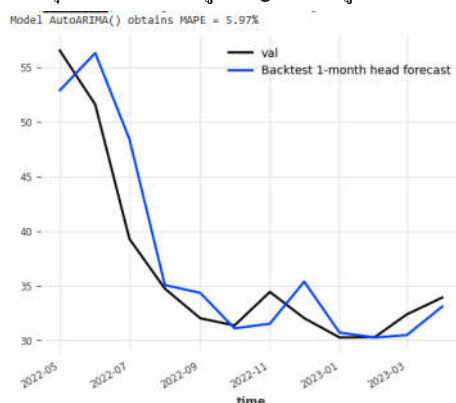
รูปที่ 8. กราฟ Back-Testing ของ Random Forest

4.3.3 ผลการทำ Back-Testing ที่ดีที่สุดของ LightGBM จะมีค่า MAPE ดีที่สุดเท่ากับ 10.34 อยู่ที่ Lag =13 ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9. กราฟ Back-Testing ของ LightGBM

4.3.4 ผลการทำ Back-Testing ที่ดีที่สุดของ ARIMA จะมีค่า MAPE ดีที่สุดเท่ากับ 5.97 อยู่ที่ Lag =12 ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10. กราฟ Back-Testing ของ ARIMA

4.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทุกแบบจำลองในการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

จากการนำค่า MAPE ของทุกโมเดลพื้นฐาน 6 โมเดล, โมเดล Deep Learning RNN-LSTM ทั้งหมด 20 โมเดล และ โมเดล คลาสสิก 5 โมเดล มาเปรียบเทียบกับกันนั้นเพื่อหาแบบจำลองที่ทำการพยากรณ์ราคาเชิงปริมาณแบบอนุกรมเวลาและตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน(ค่า Loss) เพื่อหาค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับการพยากรณ์น้ำมันปาล์มดิบในเดือนถัดไปนั้น แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของทุกแบบจำลองได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบค่า MAPE ของโมเดลแต่ละกลุ่มในการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบ

Model	MAPE
Last Month and 5 Months Moving Average Percent Change	8.13
RNN- LSTM 5-layer 64Node	13.83
Exponential Smoothing	6.92
Linear Regression	5.71
Random Forest	6.96
LightGBM	10.34
ARIMA	5.97

การเปรียบเทียบค่า MAPE ในการพยากรณ์ราคาในอนาคตของน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย ของแบบจำลองพบว่า Linear Regression มีค่า MAPE น้อยที่สุดอยู่ที่ 5.71

5. บทสรุปและการอภิปราย

บทความนี้แสดงผลการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย โดยการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองต่าง ๆ ในการพยากรณ์ราคา โดยพิจารณาจากค่า MAPE หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่มีค่าที่ดีที่สุดหรือค่าน้อย โดยจากการศึกษานี้สามารถสรุปผลการวิจัยอภิปรายและมีดังต่อไปนี้ ในการทดลองแรกของการพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย โดยแบบจำลองพื้นฐาน กำหนด Architecture ของ RNN-LSTM และนำแบบจำลองคลาสสิกมาทดสอบเพิ่มเติม ได้ผลลัพธ์ว่าแบบจำลองคลาสสิก Linear Regression สามารถพยากรณ์ราคาน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยได้มีประสิทธิภาพดีที่สุดในงานวิจัยนี้และในการทดลองนี้

ยังมีแบบจำลอง ARIMA ที่ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจแม้ว่าใช้ข้อมูลในอดีตไม่มากนักก็สามารถพยากรณ์ราคาออกมาได้ผลลัพธ์ที่ดี ซึ่งมีวรรณกรรมมากมายที่ Traditional Model อย่างเช่น Linear Regression หรือ ARIMA ให้ผลความแม่นยำในการทำนายราคาได้ดีกว่า LSTM แม้ว่าในกรณีที่ LSTM จะมีการใช้เวลาการเรียนรู้ชุดข้อมูลมากกว่าและมีแบบจำลองที่ซับซ้อนมากกว่า เช่นมีหลาย Layer แต่ ARIMA ก็ สามารถพยากรณ์ราคาได้แม่นยำกว่าและใช้เวลาในการเทรนข้อมูลน้อยกว่าอีกด้วย จึงสรุปได้ว่าโมเดลที่ซับซ้อนกว่าอาจจะไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับงานวิจัยนี้ในการทำนายราคาโดยการใช้ Machine learning ควรปรับแต่งจากโมเดลที่ไม่ซับซ้อนมาก่อน (Simple Model) ไปจนถึงโมเดลที่มีความซับซ้อนมากขึ้นตามลำดับ(Complex Model) แต่โมเดลที่มีความซับซ้อนก็ไม่ได้หมายความว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีหรือมีความแม่นยำเสมอไป และการทดลองสามารถปรับปรุงแบบจำลองให้ดีขึ้นได้โดยวิธีการปรับแต่ง(Tuning) โมเดล โดยเปลี่ยนตัวแปรด้าน เวลา การปรับระบบ โครงข่ายประสาท (Neuron Network) โดยเปลี่ยน Architecture หรือระบุจุดอ่อนในแบบจำลองโดยปรับเปลี่ยนวิธีการตามผลการทดสอบย้อนหลัง(Back-Testing) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการพยากรณ์ราคาในอนาคตและการวิจัยนี้เป็นการทดลองโดยใช้ข้อมูลราคาตามอนุกรมเวลาปัจจัยเดียว เพื่อให้งานวิจัยดีขึ้นสามารถเพิ่มปัจจัยอื่นๆอีกได้เช่น ปัจจัยที่เกี่ยวกับ อุปสงค์ อุปทาน ตลาดการเงิน GDP ราคาหุ้น โรคระบาด COVID-19 สงคราม เป็นต้น เพื่อการทำนายราคาน้ำมันปาล์มดิบในอนาคตให้ดีขึ้นกว่าเดิมได้ นอกจากนี้ยังสามารถนำแบบจำลองไปใช้ในการทำนายราคาสินค้าอื่นๆได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kanchymalay, Kasturi, et al. "Multivariate time series forecasting of crude palm oil price using machine learning techniques." IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 226. No. 1. IOP Publishing, 2017.

- [2] Rahim, Nur Fazliana, Mahmod Othman, and Rajalingam Sokkalingam. "A comparative review on various method of forecasting crude palm oil prices." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1123. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [3] Bristone, Makumbonori, Rajesh Prasad, and Adamu Ali Abubakar. "CPPCNDL: Crude oil price prediction using complex network and deep learning algorithms." *Petroleum* 6.4 (2020): 353-361.
- [4] Gupta, Varun, and Ankit Pandey. "Crude oil price prediction using LSTM networks." *International Journal of Computer and Information Engineering* 12.3 (2018): 226-230.
- [5] Zhao, Yang, Jianping Li, and Lean Yu. "A deep learning ensemble approach for crude oil price forecasting." *Energy Economics* 66 (2017): 9-16.
- [6] Li, Zhanke, et al. "Oil Price Forecasting Based on Variational Mode Decomposition, Relative Entropy and LSTM Neural Network." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 750. No. 1. IOP Publishing, 2020.
- [7] Güleriyüz, Didem, and Erdemalp Özden. "The prediction of Brent crude oil trend using LSTM and Facebook Prophet." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 20 (2020): 1-9.
- [8] Xie, Wen, et al. "A new method for crude oil price forecasting based on support vector machines." *Computational Science-ICCS 2006: 6th International Conference, Reading, UK, May 28-31, 2006, Proceedings, Part IV* 6. Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [9] Khalid, Norlin, et al. "Crude palm oil price forecasting in Malaysia: An econometric approach." *Jurnal Ekonomi Malaysia* 52.3 (2018): 263-278.
- [10] Siew, Han Lock, and Md Jan Nordin. "Regression techniques for the prediction of stock price trend." *2012 International Conference on Statistics in Science, Business and Engineering (ICSSBE)*. IEEE, 2012.
- [11] Kim, Jeonghyeon, et al. "A comparative study of machine learning and spatial interpolation methods for predicting house prices." *Sustainability* 14.15 (2022): 9056.
- [12] Guo, Yuankai, Yangyang Li, and Yuan Xu. "Study on the application of LSTM-LightGBM Model in stock rise and fall prediction." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 336. EDP Sciences, 2021.
- [13] Hossain, Mohammad Raquibul, and Mohd Tahir Ismail. "Empirical mode decomposition based on theta method for forecasting daily stock price." *Journal of Information and Communication Technology* 19. 4 (2020): 533-558.
- [14] Herzen, Julien, et al. "Darts: User-friendly modern machine learning for time series." *The Journal of Machine Learning Research* 23.1 (2022): 5442-5447.
- [15] Bhattacharjee, Indronil, and Pryonti Bhattacharja. "Stock price prediction: a comparative study between traditional statistical approach and machine learning approach." *2019 4th international conference on electrical information and communication technology (EICT)*. IEEE, 2019.
- [16] Mbah, Tawum Juvert, et al. "Using LSTM and ARIMA to simulate and predict limestone Price variations." *Mining, Metallurgy & Exploration* 38 (2021): 913-926.
- [17] Ebenesh, C., and K. Anitha. "A Novel Approach to Minimize the Mean Square Error in Predicting Stock Price Index using Linear Regression in Comparison with LSTM Model." *2022 International Conference on Sustainable Computing and Data Communication Systems (ICSCDS)*. IEEE, 2022.

สื่อโมเดล 3 มิติ เพื่อการสอนแบบ “สตริม ศึกษา” เรื่องสื่อการสอนภาษาจีนสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

**3D modeling media in STEAM education on Chinese instructional for
secondary student at 10th**

อารยา พิจักษณาภรณ์ และ ภูมิ ฒ ตะกั่วทุ่ง*

*Araya Pijaksanaporn and Phum Natakuaithung**

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Faculty of Engineering and Technology, Mahanakorn University of Technology

Received: June 11, 2023; Revised: December 3, 2023; Accepted: December 4, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – In this paper, we present the result of the development of learning technique for using 3D model with STEAM Education for learn Chinese. Learners given more on practice and develop skill that engage curiosity and self-learning. We developed a learning system that integration subsistence wish suit to the age and student development wish will fortify student thought process, questioning, searching for reasons and truly understanding answers. By a combination of digital teaching medias and 3D paper crafting for teaching “Telling Time in Modern Chinese” and “Ancient Chinese Language”. It is evaluated with 40 high school students and collect student’s attitude in Chinese language learning. The results showed that the attitude has 0.67-point increase or 4 percentages.

KEYWORDS: STEAM Learning, Chinese Language, Chinese Instructional, Digital Media with 3D Paper Folding, Enchanted Education

บทคัดย่อ -- งานวิจัยนี้นำเสนอผลลัพธ์ของการพัฒนาวิธีการเรียนรู้ผ่านสื่อโมเดล 3 มิติ เพื่อการสอนแบบ “สตริม ศึกษา” (STEAM Education) ในวิชาภาษาจีน โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และพัฒนาทักษะต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความอยากรเรียนรู้ และอยากแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ทางผู้จัดทำได้ออกแบบสื่อการสอนที่บูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต โดยสัมพันธ์กับอายุและการพัฒนาของผู้เรียน เพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะ กระบวนการคิด การตั้งคำถาม การค้นหาเหตุผล และเข้าใจซึ่งคำตอบ ใช้การผสมผสานของสื่อการสอนดิจิทัลกับการพับกระดาษ 3 มิติเข้าด้วยกันในหัวข้อ เรื่อง “การบอกเวลาในภาษาจีนสมัยใหม่ (现代汉语xiàn dài hàn yǔ) และ ภาษาจีนโบราณ (古代汉语gǔ dài hàn yǔ) เราได้นำสื่อการสอนชุดนี้ไปทดลองใช้กับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คน และได้จัดทำแบบสอบถามวัดเจตคติที่ดีต่อภาษาจีนเพิ่มขึ้นหลังการเรียนรู้อยู่ที่ 0.67 หน่วย หรือ ร้อยละ 4

คำสำคัญ: สตริมศึกษา, ภาษาจีน, สื่อการสอนภาษาจีน, สื่อการสอนดิจิทัลกับการพับกระดาษ 3 มิติ, การเพิ่มการเรียนรู้

*Corresponding Author: phum@mut.ac.th

1. บทนำ

ศตวรรษที่ 21 (STEAM Education) คือแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และพัฒนาทักษะต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความอยากรู้ และอยากแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง อีกทั้งยังบูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต การจัดการเรียนรู้นั้นเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถามและหาคำตอบ แสวงหาเหตุผลในการแก้ปัญหา และลงมือสร้างสรรค์ผลงาน หรือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ เพื่อนำมาซึ่งคำตอบหรือวิธีในการแก้ไขปัญหาที่แท้จริง โดยสัมพันธ์กับอายุและการพัฒนาของผู้เรียน ทำให้เกิดการพัฒนากล้ามเนื้อ กระบวนการคิด การตั้งคำถาม การค้นหาเหตุผล และเข้าใจซึ่งคำตอบ ผ่านกระบวนการเล่น หรือการทำกิจกรรมกับสิ่งต่างๆ รอบตัว เพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถ ทักษะ และเตรียมความพร้อมสำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและความท้าทายในอนาคตต่อไป[1]

โลกาภิวัตน์ทำให้การศึกษาภาษาที่สอง หรือมีทักษะภาษาต่างประเทศมากกว่าหนึ่งภาษาถือเป็นความได้เปรียบ ซึ่งคนไทยให้ความสำคัญและเห็นว่ามีจำเป็นในการศึกษาภาษาต่างประเทศเพิ่มเติม โดยเฉพาะภาษาจีนที่กำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น การเรียนรู้ภาษาจีนสามารถช่วยให้ได้เรียนรู้วัฒนธรรม ระบบความคิด ความเชื่อของชนชาตินั้นๆ องค์การสหประชาชาติ ได้กำหนดให้ภาษาจีนกลางเป็นหนึ่งในหกภาษาหลัก ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารขององค์การสหประชาชาติ คือ ภาษาอังกฤษ ภาษาฝรั่งเศส ภาษาสเปน ภาษารัสเซีย ภาษาจีน และภาษาอาหรับ[2]

ปัจจุบันมีหลายโรงเรียนในประเทศไทยกำลังมุ่งมั่นที่จะพัฒนาเป็นโรงเรียนสามภาษา (trilingual school) ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และ ภาษาจีน เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากการเรียนภาษาจีนสามารถให้ประโยชน์กับผู้เรียนได้มากหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มโอกาสในการทำงาน การเรียน การทำธุรกิจต่างๆ รวมถึงการเปิดมุมมองใหม่ๆ ที่จะได้จากกรณีเพื่อนชาวจีนและอีกหลายประเทศ

ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงเห็นถึงโอกาสที่จะพัฒนาสื่อการสอนภาษาจีนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้เด็กสนุกกับการเรียนภาษาจีนมากขึ้น เพราะ คนส่วนใหญ่คิดว่าภาษาจีน

ยากในการเรียนรู้ เนื่องจากอักษรจีนมีความซับซ้อน มีสำนวนและวลีต่างๆ ที่มีความหมายลึกซึ้ง ยากที่จะทำความเข้าใจ และจดจำ ทางผู้จัดทำจึงได้จัดทำโครงงาน สื่อ โมเดล 3 มิติ เพื่อการสอนแบบ “ศตวรรษที่ 21” เรื่องสื่อการสอนภาษาจีนสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนภาษาจีนต่อไป โดยทางผู้จัดทำได้ใช้เทคโนโลยีการทำ Autodesk Maya มาออกแบบสร้างสื่อการสอนภาษาจีนแบบโมเดล กระดาษ

ผลงานสื่อการสอนภาษาจีนแบบ โมเดลกระดาษ ของโครงงานนี้ ได้จัดทำเรื่อง “เวลา” เนื่องจาก เวลา มีความสำคัญ และเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของทุกคน เรื่องราวที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของทุกคนต้องใช้ “เวลา” ในการบอกเล่าเหตุการณ์ต่างๆ ว่า เหตุการณ์ใดเกิดก่อน เหตุการณ์ใดเกิดหลัง และเราทำหรือจะทำเหตุการณ์นั้นเมื่อใด

2. แนวคิด / วิธีการนำเสนอ

- 1) เพื่อจัดทำสื่อประกอบการสอนภาษาจีน
- 2) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบ “ศตวรรษที่ 21” วิชาภาษาจีน เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อภาษาจีนของนักเรียนระดับ “ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”
- 3) เพื่อเปรียบเทียบเจตคติต่อภาษาจีนของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน ด้วยการใช้ สื่อโมเดล 3 มิติ ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ “ศตวรรษที่ 21” ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2.1 การเรียนแบบ STEAM

แนวคิด ศตวรรษที่ 21 (STEAM Education) การออกแบบในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ของสื่อประกอบการสอนภาษาจีน เรื่อง “เวลา”

- 1) วิทยาศาสตร์ (Science) โครงสร้างนาฬิกา รูปทรงเรขาคณิต ประกอบด้วย สามเหลี่ยม หกเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม
- 2) เทคโนโลยี (Technology) การประกอบชิ้นงานให้เป็นรูปร่าง 3 มิติ เพื่อใช้งานประกอบการเรียนรู้เรื่อง “เวลา”
- 3) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) นำความรู้ที่เกี่ยวกับวิธีการประกอบชิ้นงาน 3 มิติ ไปสร้างสรรค์ผลงานที่เกี่ยวข้องในอนาคต
- 4) ศิลปะ (Arts) ชิ้นงานประกอบด้วยส่วนตกแต่งรอบนอก เป็นเรื่องวัฒนธรรมจีนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเวลาในสมัยจีนโบราณ เรื่องการบอกเวลาแบบจีนโบราณ “ชัวยาม” ภาษาจีนเรียกว่า “สี่เฉิน 时辰 shí chén”

5) คณิตศาสตร์ (Mathematics) ตัวเลขจีน และ รูปทรง ขนาดของเรขาคณิต

จากการศึกษาพบว่าผลจากการสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมตามแนวคิดสติศึกษาจากผู้เรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดสอนศิลปะตามแนวคิดสติศึกษาสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ผู้เรียนมีความพึงพอใจมากต่อกิจกรรมศิลปะตามแนวคิดสติศึกษา พบว่ากิจกรรมศิลปะตามแนวคิดสติศึกษาทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างสรรค์ศิลปะมากที่สุด รองลงมามีนักเรียนเกิดแรงบันดาลใจในการสร้างสรรค์ชิ้นงานมากขึ้น และนักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียนศิลปะตามแนวคิดสติ ตามลำดับ เนื่องจาก 1) หน่วยการเรียนรู้มีความสัมพันธ์กับชีวิตของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนรู้ 2) มีสื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจ ช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน 3) ผู้เรียนได้มีบทบาทในชั้นเรียนจากการแสดงความคิดเห็น การออกมาสาธิต นำเสนอ และสะท้อนความคิดเห็นในชั้นเรียน 4) ได้เรียนรู้การทำงานร่วมกันเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในกลุ่ม ช่วยกันเรียนรู้ซึ่งกันและกัน [3][4] สอดคล้องกับจิตติ เมฆศรีมิตร(2559) ที่กล่าวว่า “การให้ผู้เรียนได้เริ่มเรียนจากเนื้อหาใกล้ตัว เห็นคุณค่าในสิ่งที่เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระจนทำกิจกรรมได้สำเร็จ ให้กำลังใจ และชื่นชมผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้และทักษะของตนได้อย่างเต็มศักยภาพ”

2.2 เจตคติที่ดีส่งผลเชิงบวกต่อการเรียน

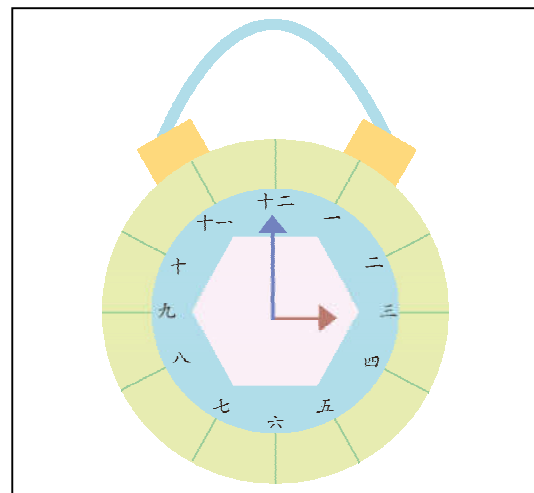
การมีแรงจูงใจ หรือเจตคติที่ดีในการเรียนภาษาที่สองหรือภาษาต่างประเทศนั้น จะก่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทางที่ดี เนื่องจากมีอิทธิพลต่อการสร้างแรงบันดาลใจ และแรงผลักดันในการเรียนรู้[1]

ภาษาจีนไม่ได้เป็นเพียงแค่ภาษาแต่เป็นแหล่งรวมวัฒนธรรมหรืออาจจะเรียกว่าพหุวัฒนธรรมเพราะฉะนั้น การที่เราท่องจำคำศัพท์ วลี รูปแบบประโยค และไวยากรณ์ได้จะสามารถช่วยในการเรียนรู้และสื่อสารภาษาจีนได้ง่ายขึ้น แต่สิ่งสำคัญอีกสิ่งหนึ่งก็คือการใช้ภาษาในการเรียนรู้และเข้าใจวัฒนธรรม ในการเริ่มต้นเรียนภาษาจีน เพียงแค่ผู้เรียนเปิดใจ และมีความสนใจใน

การเรียนรู้ภาษาจีน ก็ถือว่าประสบผลสำเร็จไปแล้วครึ่งหนึ่ง อีกครึ่งหนึ่งคือการตั้งใจฟัง พูด อ่าน เขียน และนำไปใช้สื่อสารในชีวิตประจำวัน[5]

2.3 ประโยชน์ของการพับกระดาษ

การพับกระดาษสามารถฝึกการคิดเป็นขั้นตอน บริหารสมอง และระบบความคิด เพราะหากพับไม่ถูกต้องก็ไม่สามารถออกมาเป็นรูปร่างที่ต้องการได้ และยังเป็นกระบวนการที่ฝึกให้เกิดสมาธิ เนื่องจากว่าผู้ปฏิบัติจะจดจ่ออยู่กับสิ่งที่ทำตลอดระยะเวลาการสร้างสรรคผลงาน[6] การพับกระดาษยังช่วยให้เข้าใจรูปทรงที่มีความซับซ้อน และต้องการการทดลองทำมากกว่าธรรมดา ซึ่งยังใช้ต้นทุนที่น้อยด้วย จากการศึกษาการทดลองใช้วิธีการพับกระดาษประกอบการเรียนกายวิภาคพบว่า ผู้เข้าทดลองมีความรู้สึที่ดีกับการใช้วิธีการพับกระดาษประกอบการเรียนในด้านช่วยลดความซับซ้อนของการใช้ภาพถ่ายเพียงอย่างเดียว[7][8]



รูปที่ 1. แสดงแบบร่างโครงสร้างนาฬิการูปทรงเรขาคณิต

3. วิธีการดำเนินการ

3.1 รวบรวมข้อมูลและออกแบบแผนการเรียนรู้

STEAM

ในการออกแบบสื่อการสอนในครั้งนี้ทั้งด้านเนื้อหา นั้น ได้อ้างอิงตามแบบเรียนของการวัดระดับความรู้ภาษาจีน(HSK) โดยเนื้อหาในบทเรียนนั้นจะอยู่ในบทที่ 11 ในระดับที่ 1 และมีการบูรณาการวัฒนธรรมจีนเรื่องการบอกเวลาแบบจีนโบราณ

เรื่องช่วยยามเข้าไปด้วย โดยได้ออกแบบและเรียบเรียงเนื้อหาให้แต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กันเหมาะสมกับผู้เรียนรู้

3.2 การพัฒนาเนื้อหาและโมเดลกระดาษ 3 มิติ

ชิ้นงานของเรานั้นได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ เนื้อหาแบบฝึกหัด และ โมเดลกระดาษ 3 มิติ

3.1.1 เนื้อหา มีการออกแบบให้ง่ายต่อการเข้าใจบทเรียนเห็นภาพเส้นเวลาที่ชัดเจน เรียนรู้เรื่องการบอกเวลาได้ง่ายขึ้น

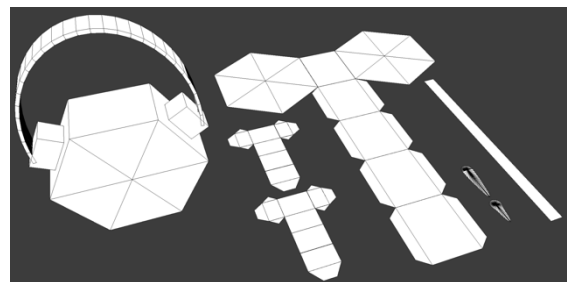
3.1.2 แบบฝึกหัด ออกแบบให้ทบทวนเนื้อหาที่เรียนมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.1.3 โมเดลกระดาษ 3 มิติ ใช้แนวคิดสตรึมศึกษา (STEAM Education) ในการจัดการเรียนรู้และออกแบบชิ้นงานที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

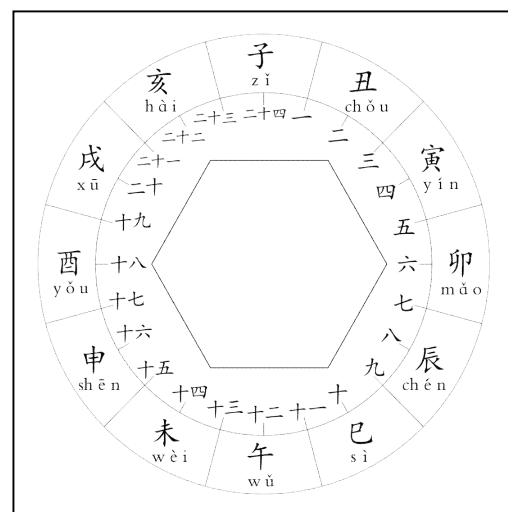
ด้านเนื้อหาในรายวิชาทางผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาในหลักสูตร HSK ในหัวข้อการบอกเวลาในภาษาจีนสมัยใหม่ (现代汉语 xiàn dài hàn yǔ) คือ ระบบเวลาแบบ 12 ชั่วโมง และ ภาษาจีนโบราณ (古代汉语 gǔ dài hàn yǔ) คือ 时辰 หรือช่วยยาม แรกเริ่มเดิมทีจีนมีระบบการนับเวลาเป็นของตัวเองมาตั้งแต่โบราณ ช่วงสมัยขุนซิว ได้มีการกล่าวถึงการแบ่งเวลาของจีนในสมัยนั้น โดยแบ่งออกเป็นทั้งหมด 12 ส่วน เรียกว่า 时辰 (shíchén) ในหนังสือที่มาจากในไทยมักจะใช้คำว่า ช่วยยาม หากเราเทียบกับเวลาปัจจุบัน 1 时辰 จะประมาณ 2 ชั่วโมง โดยการนับเวลาแบบนี้มักดูด้วยนาฬิกาแดด และนาฬิกาด้วยรูป แต่ละช่วงเวลาก็มีชื่อเรียก ในช่วงแรกๆ จะเรียกแต่ละช่วงตามเหตุการณ์ที่จะเกิด จนต่อมา ได้เปลี่ยนมาใช้ ก้านดิน มาเรียกเวลาต่างๆ แทน เพื่อให้เป็นระบบเดียวกันกับการนับปฏิทิน วัน เดือน ปี ด้วย ภายหลังในช่วงราชวงศ์ถัง มีการแก้ไขเวลาโดยเลือกถอยหลังมาหนึ่งชั่วโมง 子时 จากเป็น 00:00 – 02:00 เป็น 23:00 – 01:00 ไปเรื่อย ๆ

เมื่อสรุปเนื้อหาในการเรียนแล้วทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดมาเป็นแนวทางในการออกแบบโมเดลสื่อการเรียน โดยเริ่มจากการออกแบบก่อน วางแผนแนวความคิดก่อน และคัดเลือกเนื้อหาที่จะนำมาสอนจนได้แบบร่างที่สมบูรณ์ขึ้นมา ตัวนาฬิกาเลือกใช้รูปทรง 6 เหลี่ยมซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการพับกระดาษ มีกลิ้งด้านข้าง ซ้าย-ขวา มีหูหิ้วตรงกลาง และมีแผ่นสวมเสริมด้านข้างใช้ในการบอกคำศัพท์ภาษาจีนรูปที่ 1

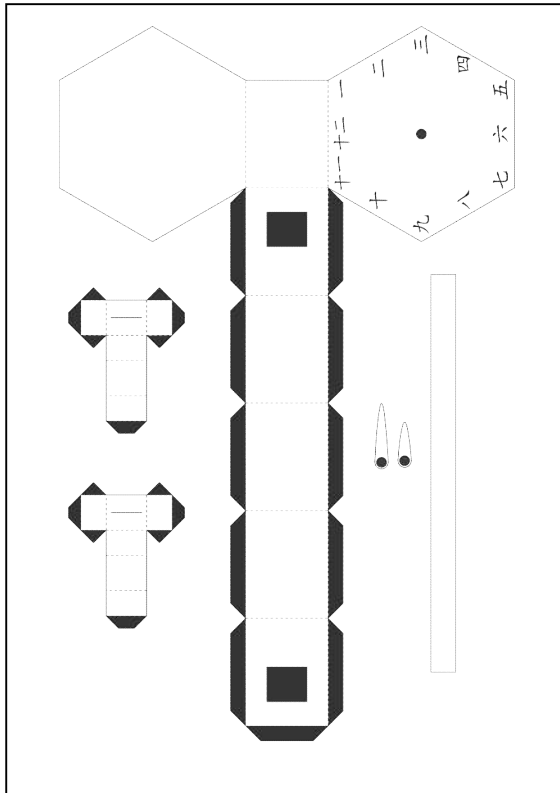
หลังจากนั้นจึงใช้โปรแกรมในการสร้างภาพคอมพิวเตอร์กราฟฟิก 3 มิติ Autodesk Maya ทำการขึ้น โมเดลตามที่ได้ออกแบบไว้ให้เป็นโมเดล 3 มิติ มีการปรับขนาดเหมาะสมมากขึ้น แล้วจึงใช้เครื่องมือสำหรับกาง UV โมเดล หรือ UV Unwrap ทำการกางโมเดล 3 มิติให้กลายเป็นภาพ 2 มิติ ทั้งตัวนาฬิกา และแผ่นคำศัพท์ตามรูปที่ 2-3 แล้วจึงจัดเรียงให้มีขนาดเท่ากับขนาดกระดาษ A4 ก็จะได้แม่แบบของโมเดลขึ้นมาตามรูปที่ 4 ส่วนแผ่นคำศัพท์ภาษาจีน รูปที่ 3 นั้นได้มีการแยกไปใช้กระดาษแผ่นที่ 2 เนื่องจากหากใช้แผ่นเดียวกันจะทำให้ตัวนาฬิกามีขนาดเล็ก สุดท้ายแล้วก็จะได้ออกสารประกอบการสอนคือ แบบพับกระดาษโมเดลนาฬิกา และ แผ่นคำศัพท์ภาษาจีนนั่นเอง ผู้วิจัยได้มีการทำแอนิเมชัน 2 มิติ ที่เป็นการเรียนการสอน ให้กับนักเรียนเพื่อเป็นส่วนเสริมให้นักเรียนสามารถนำไปเรียนรู้เองได้ ซึ่งในการทดลองนี้ก็ได้นำสื่อมาเปิดร่วมไปกับการสอนที่มีผู้สอนเพื่อให้นักเรียนมีความผ่อนคลายในการเรียน



รูปที่ 2. โมเดล 3 มิติที่แปลงเป็นรูป 2 มิติจากโปรแกรม Autodesk Maya



รูปที่ 3. แสดงแผ่นกระดาษคำศัพท์บอกเวลาเป็นภาษาจีน ประกอบโมเดล 3 มิติ



รูปที่ 4. แม่แบบ 2 มิติของ โมเดลนาฬิกาขนาดกระดาษ A4

3.3 การทดลองและเก็บข้อมูล

ใช้วิธีการเก็บข้อมูลในการวิจัยโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำแบบประเมินเปรียบเทียบเจตคติก่อนและหลังใช้สื่อการสอน โดยใช้หลักการของลิเคิร์ต (Likert Scale) โดยมีการออกแบบประเมินความพึงพอใจโดยแบ่งแบบสี่ด้านด้วยกันคือ วัตถุประสงค์ในการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสติศึกษา เนื้อหาการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสติศึกษา การวัดประเมินผลการสอนศิลปะตามแนวคิดสติศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งในการแปลผลการวิจัยใช้หลักการของลิเคิร์ตโดยกำหนดให้

ระดับมากที่สุด	ให้น้ำหนักหรือคะแนนเป็น 5
ระดับมาก	ให้น้ำหนักหรือคะแนนเป็น 4
ระดับปานกลาง	ให้น้ำหนักหรือคะแนนเป็น 3
ระดับน้อย	ให้น้ำหนักหรือคะแนนเป็น 2
ระดับน้อยที่สุด	ให้น้ำหนักหรือคะแนนเป็น 1

ในการแปลความหมายของคะแนนผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์ดังนี้

คะแนนตั้งแต่ 4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
คะแนนตั้งแต่ 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับมาก

คะแนนตั้งแต่ 2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง

คะแนนตั้งแต่ 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับน้อย

คะแนนตั้งแต่ 1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

การวัดประเมินผลการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสติศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

โดยการขั้นตอนในการเก็บรวบรวมดังนี้

1. แจกเอกสารเนื้อหาประกอบการเรียน
2. ให้นักเรียนทำแบบประเมินก่อนเรียนเพื่อวัดเจตคติ
3. จัดการเรียนรู้อาษาจีนเรื่อง “เวลา” โดยใช้สื่อการสอนที่จัดเตรียมไว้
4. ให้นักเรียนทำแบบประเมินหลังเรียนเพื่อวัดเจตคติ

ตารางที่ 1. แสดง แบบสอบถาม

1. วัดอุปสรรคในการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสติศึกษา
1.1 นักเรียนสามารถนำความรู้ทั้ง 5 ศาสตร์สร้างสรรค์ผลงานได้
1.2 นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา ผ่านการทำโมเดลกระดาษ 3 มิติ
1.3 นักเรียนสนุกกับการเรียนเนื้อหาวิชา ผ่านการทำโมเดลกระดาษ 3 มิติ
1.4 นักเรียนเข้าใจกระบวนการในการทำงานโมเดลกระดาษ 3 มิติ
1.5 นักเรียนสามารถทำงานโดยมีการศึกษา ค้นคว้า และปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอน
1.6 นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนในการทำงานโมเดลกระดาษ 3 มิติได้
2. เนื้อหาการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสติศึกษา
มีเนื้อหาสอดคล้องกับความสนใจ
มีเนื้อหาสอดคล้องกับความถนัดของผู้เรียน
มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน
มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับศิลปวัฒนธรรม

ตารางที่ 1. แสดง แบบสอบถาม (ต่อ)

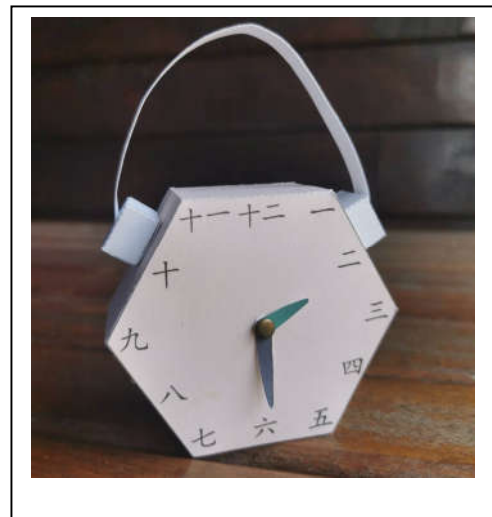
3. การวัดประเมินผลการสอนศิลปะตามแนวคิดสตรีศึกษา เพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4
นักเรียนสามารถอธิบายความรู้ที่ได้จากวิชาภาษาจีน โดยเชื่อมโยงกับผลงานโมเดลกระดาศ 3 มิติ
นักเรียนมีทักษะในการใช้วัสดุ อุปกรณ์ในการสร้างผลงานศิลปะ
นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน
นักเรียนสามารถสะท้อนกระบวนการในการทำงาน
นักเรียนสามารถสะท้อนสิ่งที่ได้จากการปฏิบัติงาน
4. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
ด้านการออกแบบ
สีสันสวยงาม เป็นระเบียบเรียบร้อย
ขนาดตัวอักษรและภาพมีความเหมาะสม
ด้านเนื้อหา
เนื้อหาเข้าใจได้ง่าย ไม่สับสน
เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียนภาษาจีน
ด้านการใช้งาน
ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้
ได้รับความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากใช้งาน
ใช้งานได้ง่าย
นำความรู้ที่ได้ไปใช้งานจริง
ได้รับความสนุกสนานและเพลิดเพลิน
ความพึงพอใจในภาพรวม

4. ผลการทดลองและคำอธิบายรายละเอียด

ผลงานที่ได้คือชุดเรียนรู้การบอกเวลาในภาษาจีนจะประกอบไปด้วย คู่มือการใช้งาน เนื้อหาบทเรียน แบบฝึกหัด กิจกรรมในห้องเรียน โมเดลกระดาศนาฬิกา 3 มิติ ส่วนเสริมสำหรับนาฬิกาในเรื่องการบอกเวลาแบบสมัยจีนโบราณ รูปที่ 5,6

4.1 ผลการพัฒนาสื่อการสอนหนังสือ และโมเดลกระดาศ 3 มิติ

ผลงานที่ได้คือชุดเรียนรู้การบอกเวลาในภาษาจีนจะประกอบไปด้วย โมเดลกระดาศนาฬิกา 3 มิติ แผ่นบอกเวลา ทั้งหมดนี้ใช้อุปกรณ์ในการประกอบ ได้แก่ กรรไกร คัตเตอร์ กาว หนวด ย้า ใช้เวลาในการประกอบ 30 นาที รูปที่ 7,8



รูปที่ 5. ภาพโมเดลกระดาศนาฬิกาประกอบการสอน



รูปที่ 6. ภาพโมเดลกระดาศนาฬิกาที่มีการสวมคำอธิบายช่วงเวลาเป็นภาษาจีน

4.2 การทดลอง และผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้มีโอกาสเข้าไปทำการทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 43 คน เป็นผู้ชายจำนวน 13 คน และผู้หญิงจำนวน 30 คน ณ โรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก แผนการเรียนศิลป์ภาษาจีนดังรูปที่ 7,8



รูปที่ 7. ภาพแสดงการประกอบ โมเดลนาฬิกา และนำไปทดลอง

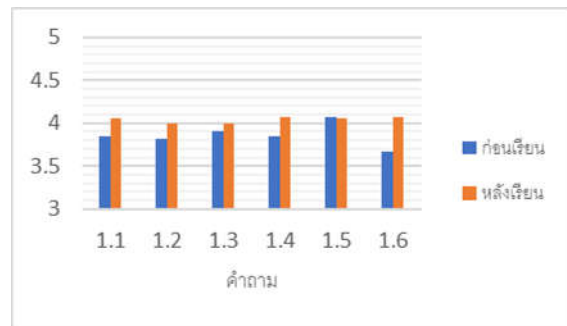


รูปที่ 8. ภาพแสดงผลงานจริงที่ประกอบเสร็จแล้ว และนำไปใช้

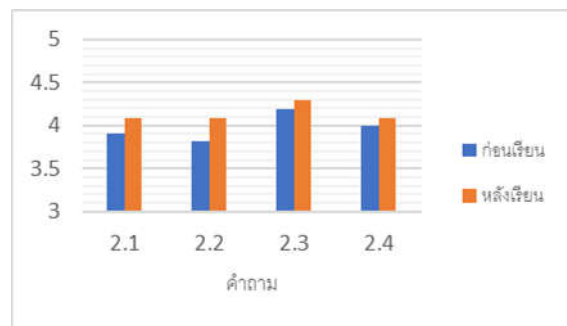
นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อภาษาจีนเพิ่มขึ้นหลังการเรียนรู้โดยใช้สื่ออยู่ที่ 0.67 หน่วย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ามีส่วนช่วยในการสอนศิลปะตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น 0.3 หน่วย รองลงมาบรรลुวัตถุประสงค์ในการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพิ่มขึ้น 0.18 หน่วย และด้านเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพิ่มขึ้น 0.16 หน่วยตามลำดับจากการที่ได้เรียนรู้ผ่านสื่อโมเดล 3 มิติ นักเรียนสามารถอธิบายความรู้ที่ได้รับจากบทเรียนโดยเชื่อมโยงกับผลงาน ประยุกต์ใช้ความสามารถทั้ง 5 ศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน สนุกกับการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ อีกทั้งเรียนรู้จากความ

ผิดพลาดในการสร้างสรรค์ พร้อมกับเรียนรู้ที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ปลุกฝังให้เกิดความภูมิใจในตนเองและยังเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกัน

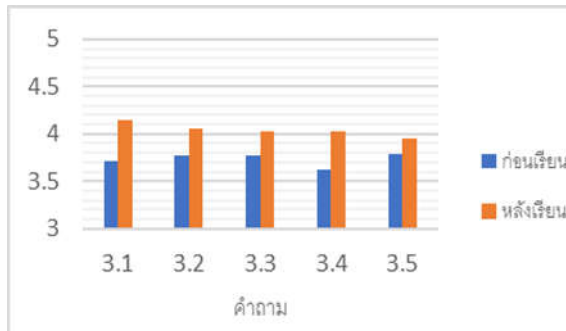
เมื่อนำข้อมูลการเรียนรู้ภาษาจีนก่อนการเรียนรู้ และหลังการเรียนรู้จากศิลปะตามแนวคิดสตรึมศึกษา ศึกษาเปรียบเทียบกันในแต่ละด้าน จากรูปที่ 9-11 จะแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประเมิน โดยแต่ละรูปจะแบ่งเป็นการวัดผลเป็นด้านหลักทั้งหมด 4 ด้าน คือ 1) ด้านวัตถุประสงค์ในการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษา 2) ด้านเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษา 3) การวัดประเมินผลการสอนศิลปะตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 4) ด้านการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานตามที่แบ่งไว้ในแบบสอบถาม แถวแนวนอนของกราฟจะเป็นส่วนของค่าถาม และแถวแนวดิ่งจะเป็นคะแนน แท่งกราฟสีฟ้าจะเป็นคะแนนก่อนเรียนด้วยสตรึมศึกษา และสีแดงเป็นคะแนนหลังเรียนด้วยสตรึมศึกษา



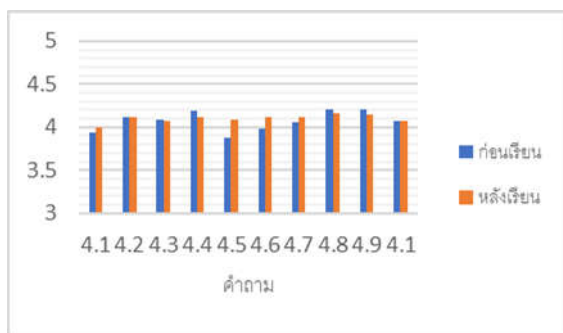
รูปที่ 9. แสดงคะแนนเปรียบเทียบก่อน และหลังด้านวัตถุประสงค์ในการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษา



รูปที่ 10. แสดงคะแนนเปรียบเทียบก่อน และหลัง ด้านเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษา

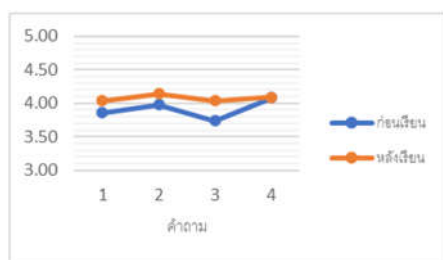


รูปที่ 11. แสดงคะแนนเปรียบเทียบก่อน และหลัง ด้านการวัด ประเมินผลการสอนศิลปะตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพื่อส่งเสริม กระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



รูปที่ 12. แสดงคะแนนเปรียบเทียบก่อน และหลัง ด้านการ ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

หากนำคะแนนในแต่ละด้านมาเฉลี่ยจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยในแต่ละด้านหากดูในรูปที่ 13 จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันค่าเฉลี่ยหลังการเรียนด้วยสตรึมศึกษามีค่าที่สูงขึ้น โดยด้านที่ 1 เพิ่มขึ้นร้อยละ 5, ด้านที่ 2 เพิ่มขึ้นร้อยละ 4, ด้านที่ 3 เพิ่มขึ้นร้อยละ 8, และ ด้านที่ 4 เพิ่มขึ้นร้อยละ 0 หากพิจารณาจากคะแนนที่ได้ ข้อที่ได้คะแนนสูงสุดคือด้านที่ 2 แต่ค่าที่มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละคือด้านที่ 3 ซึ่งเป็นด้านที่มีความเกี่ยวข้องกับด้านศิลปะ และในรูปที่ 14 จะแสดงให้เห็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเปรียบเทียบกันก่อน และหลังการเรียน



รูปที่ 13. แสดงผลรวมคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านเปรียบเทียบ ก่อน และหลัง การเรียน

	n	Pretest		Post test		Different
		M	SD	M	SD	
1	40	3.86	0.13	4.04	0.03	0.18
2	40	3.98	0.16	4.14	0.11	0.17
3	40	3.74	0.06	4.04	0.07	0.30
4	40	4.03	0.12	4.09	0.05	0.05

รูปที่ 14. แสดงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานก่อน และหลัง การเรียน

5. บทสรุปและการอภิปราย

ผลจากแบบประเมินสื่อโมเดล 3 มิติ เพื่อการสอนแบบ “สตรึมศึกษา” เรื่องสื่อการสอนภาษาจีน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า จากรูปที่ 13 นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อภาษาจีนเพิ่มขึ้นหลังการเรียนรู้อยู่ที่ 0.67 หน่วย เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อแล้วจะพบว่า มีส่วนช่วยในการสอนศิลปะตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น 0.3 หน่วยดังรูปที่ 11 รองลงมาด้านวัตถุประสงค์ในการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพิ่มขึ้น 0.18 หน่วยดังรูปที่ 9 และด้านเนื้อหาการจัดการเรียนการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพิ่มขึ้น 0.16 หน่วยดังรูปที่ 10 จากการที่ได้เรียนรู้ผ่านสื่อ โมเดล 3 มิติ นักเรียนสามารถอธิบายความรู้ที่ได้รับจากบทเรียนโดยผลลัพธ์ที่ได้ทางผู้วิจัยมองว่าอาจไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญอย่างชัดเจน แต่ได้มีการเพิ่มขึ้นด้านการวัดประเมินผลการสอนภาษาจีนตามแนวคิดสตรึมศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นแนวทางหลักของการศึกษานี้

อย่างไรก็ดีทางผู้วิจัยให้ความเห็นเพิ่มเติมว่าในการนำเทคนิคโมเดล 3 มิติไปประกอบการเรียนนั้นมีแนวโน้มที่ดีต่อทัศนคติของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เนื่องจากนักศึกษาให้ความร่วมมือที่ดี และผลตอบรับที่ดีมาก แต่ต้องใช้เวลาในการเรียนเพิ่มเติมจากการเรียนปกติ เนื่องจากเมื่อนำไปทดลองนักเรียนมีการใช้เวลาไปกับการประกอบ และตกแต่งโมเดล 3 มิติตามที่ตนชอบ จึงทำให้มีเวลาในการสอนเนื้อหาที่น้อยลงซึ่งอาจแก้ไขได้ด้วยการให้นักเรียนฝึกทำกิจกรรมประเภทงานศิลปะ หรือ การเรียนผ่านการทำงานศิลปะให้มากขึ้น จากกระบวนการนำไปทดลอง และเก็บข้อมูล การทดลองก่อนการเรียนผ่านรูปแบบสตรึมศึกษา กับหลังการเรียนผ่านรูปแบบสตรึมศึกษา มีเงื่อนไขในการทดลองเดียวกัน หนึ่งในเงื่อนไข

นั่นคือเวลาที่ใช้ในการทดลอง แต่เนื่องจากการเรียนด้วยรูปแบบสตรึมศึกษา มีการใช้ศิลปะมาช่วยสอนซึ่งต้องใช้เวลาในการทำโมเดล 3 มิติ ทำให้เวลาในการเรียนเนื้อหาคนน้อยลง ซึ่งทางผู้วิจัยคิดว่าไม่ถือว่าไม่ใช่ปัญหาเนื่องจากนักเรียนมีเจตคติดีกับการเรียนซึ่งเป็นเป้าหมายหลักของการทำวิจัยครั้งนี้ ด้านโมเดลนาฬิกาเองทางผู้วิจัยรู้สึกว่าขนาดของตัวอักษรอาจมีขนาดเล็กไป และชัดเจนเกินไป ซึ่งอาจพิจารณานำเอาไปพัฒนาต่อในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับงานที่จะพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต ด้านเนื้อหาในการเรียนอาจมีการนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหาในหัวข้ออื่นๆ ได้ ด้านวิธีการอาจมีการติดโมเดล 3 มิติที่มีความหลากหลายมากขึ้นเพื่อเพิ่มความหลากหลาย และเหมาะสมกับเนื้อหา ด้านการนำไปทดลองอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนเวลาในการทดลองใหม่โดยมีการเผื่อเวลาให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้านศิลปะ และเวลาให้นักเรียนได้เรียนเนื้อหา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านข้อมูลจากทางโรงเรียนมัธยมวัดหนองจอก และได้รับการสนับสนุนการดำเนินการจากทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุภัท โอพาพิริยกุล, “STEAM EDUCATION:นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้”,วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม),หน้า1,ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2562
- [2] วรณิษา ไวยฉายี, “การจัดการเรียนการสอนภาษาจีนในสถานการณ์ปัจจุบัน: มุมมองของผู้เรียนต่อการพัฒนาสถาบันสอนภาษา”,วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์,หน้าที่ 154,ปีที่ 16 ฉบับที่ มกราคม-เมษายน 2565,
- [3] Y. Li and A. H. Schoenfeld, “Problematizing teaching and learning mathematics as ‘given’ in STEM Education - International Journal of STEM Education,” SpringerLink, 19-Dec-2019. [Online]. Available:

<https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-019-0197-9>. [Accessed: 12-Feb-2023].

- [4] บุญยง ลิขิตอาจารย์, “การพัฒนาชุดการสอนศิลปะตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมกระบวนการสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5”,วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต, 2560
- [5] W. WU, W. Chalermvongsavej, “ Factors Affecting Students’ Motivation in Chinese Language Learning at Private Bilingual School A,” Silpakorn Educational Research Journal : Vol. 14 No. 1, 29-June-2022. [Online]. Available: <https://so05.tcithaijo.org/index.php/sueduresearchjournal/article/view/256690> [Accessed: 19-May-2023].
- [6] “พับกระดาษ ผักสมธิ สงบสติอารมณ์,” มูลนิธิหัวใจแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ https://www.thaiheartfound.org/Article/Detail/140326?fbclid=IwAR2uggeoPWS0UOxU0TX68Yr9GOHDnUrP1h3D3_yUfYHB0T9WBtjM8JP6kU [Accessed: 19-May-2023].
- [7] B. Natalija, Z. Lavicza and K. Fenyvesi, “Developing primary school students' formal geometric definitions knowledge by connecting origami and technology,” International Electronic Journal of Mathematics Education, 02-Nov-2019. [Online]. Available: <https://www.iejme.com/article/developing-primary-school-students-formal-geometric-definitions-knowledge-by-connecting-origami-and-6266>. [Accessed: 12-Feb-2023].
- [8] J. Guy, J. Muzaffar, C. Coulson, “Teaching middle ear anatomy using a novel three-dimensional papercraft model - European Archives of Oto-Rhino-Laryngology,” SpringerLink, 24-Sept-2020. [Online]. Available:
- [9] <https://link.springer.com/article/10.1007/s00405-020-06350-8> [Accessed: 19-May-2023].

สื่ออินเทอร์เน็ตเพื่อส่งเสริมทักษะการรู้คิดโดยใช้เกมวิชวลโนเวล

Interactive Media for Cognitive Skill Improvement using a Visual Novel Game

ศศิประภา แก้วมา¹, สิริทิกร ดีพร้อม¹, กบูน ทองทา^{2*}, ปณัชดา แก้วมา¹ และ สุรียลักษณ์ วีระโจง¹

Sasiprapa Kaewma¹, Sittikorn Deeprom¹, Kaboon Thongtha^{2*}, Panutchada Kaewma¹ and Sureeluk Weerajong¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

¹Digital Multimedia Arts Technology

Faculty of Engineering and Technology, Mahanakorn University of Technology

²ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

²Department of Mathematics, Faculty of Science, Mahanakorn University of Technology

Received: June 19, 2023; Revised: December 4, 2023; Accepted: December 4, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – The objective of the research is to create the "EDIHI" visual novel game in order to improve cognitive skills. In order to develop creativity and specific problem-solving skills in digital multimedia arts technology for first-year students, the 30 participants were split into two groups: the users of the electronic book medium EDIHI and the users of the game. The qualitative evaluation of visual novel games by experts is divided into five aspects, namely: 1) Game performance; 2) Game effectiveness; 3) Game flexibility; 4) Game presentation; and 5) Game content. The research found that qualitative evaluation of visual novel games by experts has a mean of 4.48 and a standard deviation of 0.51, quality is highest level. According to research studies, users of the visual novel game EDIHI reported higher perceived levels of developing creativity and problem-solving abilities on the fly than users of the electronic book media titled EDIHI at the statistical significance level of 0.05 in all aspects.

KEYWORDS: Cognitive Skills, Problem-Solving Skills, Electronic Book, Virtual Novel Game, Qualitative Evaluation

บทคัดย่อ -- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกมวิชวลโนเวล เรื่อง “เอ็ดดี้” เพื่อนำไปใช้ในการส่งเสริมทักษะการรู้คิด เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่าง 30 คน แบ่งเป็น 2 ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้สื่อนิยายอิเล็กทรอนิกส์ชื่อเรื่อง “เอ็ดดี้” และผู้ใช้สื่อเกมวิชวลโนเวล ชื่อเรื่อง “เอ็ดดี้” การประเมินประสิทธิภาพของเกมวิชวลโนเวล ผลการประเมินเชิงคุณภาพของเกมวิชวลโนเวลโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแบ่งการประเมินเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของเกม 2) ประสิทธิภาพของเนื้อเรื่อง 3) ด้านความยืดหยุ่นของเกม 4) การนำเสนอของเกม และ 5) เนื้อหาของเกม ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของเกมวิชวลโนเวล ผลการประเมินเชิงคุณภาพของเกมวิชวลโนเวลโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.48 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.51 อยู่ในระดับมากที่สุด จากการศึกษาวิจัย โดยมี

*Corresponding Author: kaboon@mut.ac.th

กลุ่มผู้ใช้งานคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมีเดียอาร์ต จากการศึกษาวิจัยพบว่า การประเมินคุณภาพของ เกมวีชวลโนเวล และผลการเปรียบเทียบการประเมินของระดับการรับรู้ ความคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะ หน้า จากผู้ใช้เกมวีชวลโนเวล เรื่อง “เอดี้” สูงกว่าผู้ใช้สื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ชื่อเรื่อง “เอดี้” อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกด้าน

คำสำคัญ: ทักษะการรู้คิด, ทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะ, หนังสืออิเล็กทรอนิกส์, เกมวีชวลโนเวล, การประเมินเชิงคุณภาพ

1. บทนำ

ปัจจุบันการเล่าเรื่องต่าง ๆ ให้น่าสนใจเป็นเรื่องยากที่จะทำให้ คนอยู่ดูตั้งแต่ต้นจนจบ เนื่องจากคนในยุคปัจจุบันมักรู้สึกเบื่อ หน่ายอะไรง่าย ดังนั้น Storytelling จึงมีบทบาทสำคัญโดยถูก นำเข้ามาประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์การสร้างคอน เทนต์การเล่าเรื่องบนโลกออนไลน์ยุคดิจิทัล เพื่อเอื้อให้คนทำ คอนเทนต์มีพื้นที่ในการเล่าเรื่องมากกว่าเดิม โดยมีการนำเรื่อง เล่า มาเรียบเรียงลำดับเหตุการณ์ และผสมผสานกับการใช้สื่อ ต่าง ๆ ที่อยู่ในโลกออนไลน์ จากการใช้ภาพ เสียง หรือดนตรี เพื่อเพิ่มให้เรื่องเล่ามีมิติและสีสันแก่ตัวละคร หรือสถานการณ์ ต่าง ๆ [1] เช่น การเขียนบทความ การทำวิดีโอคอนเทนต์ หรือ พอดแคสต์ ฯลฯ และด้วยเหตุนี้ เพื่อการสื่อสารกับกลุ่มเป้าหมาย ในยุคปัจจุบันได้มากขึ้น การเล่าเรื่องจึงมีความจำเป็นมากบน โลกออนไลน์ที่สิ่งต่าง ๆ สามารถสื่อสารถึงผู้รับข้อมูลได้อย่าง รวดเร็ว ไม่ว่าจะผ่านทางสื่อโซเชียล หรือการทำการตลาดแบบ ออนไลน์ โดยต้องอาศัยความสามารถในการเล่าเรื่องเพื่อ ถ่ายทอดออกไป

การศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ได้นำเสนอโมเดลตัวละครที่แปลก ใหม่ สำหรับการเล่าเรื่องแบบโต้ตอบในเกม ซึ่งรวมการ วางแผนแบบหลายหน้าที่เข้ากับกลยุทธ์การจัดการตัวละคร ตาม กฎการผลิตเพื่อเป็นแนวทางในกระบวนการสร้างเรื่องเล่า วิธีการที่นำเสนอแนะสามารถสร้างและควบคุมการบังคับใช้เรื่อง เล่าตามตัวละครในโลกของเกมที่มีการโต้ตอบสูง [2]

ในขณะที่เดียวกันก็มีแนวคิดการเล่นเกมแบบเกมจะจบลงหาก เป็นไปตามเงื่อนไขการสิ้นสุดข้อใดข้อหนึ่ง เนื่องจากข้อเท็จจริง ของความต่อเนื่องของเนื้อเรื่อง [3] ทั้งนี้ยังมีการศึกษาวิจัย สำหรับเรื่องของการใช้วิดีโอเกมแบบโต้ตอบดิจิทัลเป็น เครื่องมือในการเรียนรู้สำหรับนักการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้

ที่สอนเกี่ยวกับนวนิยายที่เน้นประวัติศาสตร์ในการเตรียม แผนการสอนสำหรับชั้นเรียน ไม่เพียงแต่เพื่อให้ได้ผลการเรียนรู้ เท่านั้น แต่ยังต้องผลิตสื่อเทคโนโลยีระดับสูง เช่น วิดีโอเกมด้วย จากสถานการณ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดประสิทธิภาพ ของวิดีโอเกมที่พัฒนา [4]

นอกจากนี้ยังมีเกมได้ถูกนำมาใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในด้าน การศึกษา ในการพัฒนาสื่อเพื่อการศึกษา จำเป็นต้องจับคู่เนื้อหา และส่วนต่อประสานกับผู้ใช้เป้าหมายและจับคู่เนื้อหา กับ เป้าหมายของสื่อเพื่อการศึกษา กระบวนการพัฒนาจะมี ประสิทธิภาพมากขึ้นและมีโอกาสประสบความสำเร็จมากขึ้น หากได้รับการทดสอบโดยเร็วที่สุด การทดสอบในขั้นตอนการ ออกแบบนี้ใช้ต้นแบบกระดาษเพื่อรับความคิดเห็นของผู้ใช้ เกี่ยวกับเนื้อหาและอินเทอร์เฟซผู้ใช้ ในบทความนี้ เราจะ แบ่งปันประสบการณ์การใช้ต้นแบบกระดาษเพื่อทดสอบความ เหมาะสมของเนื้อหาและ UI ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนของการสร้าง เกมนิยายภาพ เราระบุปัญหาที่พบเมื่อใช้วิธีนี้กับผู้ใช้ วิเคราะห์ ผลลัพธ์ และอธิบายว่าปัญหานี้แก้ไขได้อย่างไร [5]

การศึกษาการออกแบบเกมจริงจาง VR มีแอปพลิเคชันมากมาย สามารถทำได้โดยใช้เกม ทำให้ผู้เล่นรู้สึกเหมือนจริงซึ่งจะมี ประสิทธิภาพมากขึ้นในแอปพลิเคชันประเภทนี้ งานนี้จำลอง ผลกระทบ องค์ประกอบในการเล่น เกมนี้เน้นที่ข้อควรระวัง และปฏิบัติการช่วยเหลือที่เกิดขึ้นก่อนและหลังเกิดภัยพิบัติเป็น หลัก หลังจากเล่นหรือดูเกมนี้แล้ว ผู้ไม่มีการศึกษายังสามารถ เข้าใจขั้นตอนที่ต้องทำในกรณีภัยพิบัติกำลังเกิดขึ้น[6]

การเล่นเกมนกลายเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิตของ คนยุคใหม่ การเล่นเกมนทำให้ผู้เล่นเกิดความเพลิดเพลิน สนุก และใช้อารมณ์ร่วมไปกับเรื่องราวของเกมได้เป็นอย่างดี ซึ่งจาก ข้อสังเกตจึงเป็นที่มาใช้ในการออกแบบสื่อที่ส่งเสริมความ เข้าใจ เสริมสื่อเกม จากเดิมสื่อยุคปัจจุบันคือหนังสือ

อิเล็กทรอนิกส์, สื่อวิดีโอการใช้สื่อชนิดหนึ่งอาจทำให้ ผู้ใช้รับสารบางอย่างไม่ครอบคลุม ดังนั้นสมมติฐานถ้าเราออกแบบสื่อเกมเสริมเรื่องราวจากสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ จะสามารถทำให้ การนำเสนอและการรับรู้เรื่องราว เป็นสื่อนิยายภาพอินเตอร์แอคทีฟ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการรับรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น กระบวนการวิธีที่นำเทคโนโลยีเกมวิชวลโนเวล มาใช้ในการออกแบบ โดยมีการนำเอาหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ สื่อนิทานที่มีเรื่องราว มาออกแบบให้รูปแบบการเรียนรู้ในยุคใหม่ที่ใช้ประเภทเกมวิชวลโนเวล ใช้สื่อสังคมออนไลน์ซึ่งเป็นสื่อที่ได้รับความนิยมและความสนใจในปัจจุบัน

อุตสาหกรรมสื่อสิ่งพิมพ์และหนังสือต่าง ๆ ได้เล็งเห็นโอกาสในการเติบโตผ่านการให้บริการหนังสือออนไลน์ เพื่อให้สอดคล้องกับความนิยมของกลุ่มผู้ใช้วัยรุ่นที่ชื่นชอบการอ่านหนังสือนิยายและหนังสือการ์ตูนผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทว่ายังมีอีกหนึ่งอุตสาหกรรมที่มีผู้สังเกตถึงโอกาสในการตลาดกลุ่มผู้อ่านเช่นเดียวกัน นั่นคือ อุตสาหกรรมเกม โดยเฉพาะกลุ่มผู้พัฒนาและสร้างสรรค์ผลงานจำพวกนิยายอินเตอร์แอคทีฟ หรือที่รู้จักกันว่า วิชวลโนเวล (VISUAL NOVEL) ซึ่งได้รับความนิยมมากในกลุ่มคนที่ชอบเสพเรื่องราวหรือนิยายต่าง ๆ ในบทความนี้จะแนะนำผู้อ่านให้ได้รู้จักกับวิชวลโนเวลและต้นกำเนิดของเกมประเภทดังกล่าว รวมถึงแนะนำเกมที่น่าสนใจ [12]

วิชวลโนเวล (Visual Novel) เป็นวิดีโอเกมที่เป็นหมวดหมู่ย่อยของเกมประเภทเกมผจญภัย (ADVENTURE GAME) โดยคำว่า “VISUAL NOVEL” นั้นไม่มีคำนิยามที่ตายตัว แต่เกมประเภทดังกล่าวจะมีจุดเด่นที่การใช้ตัวอักษรบรรยายเนื้อเรื่องที่มีความคล้ายคลึงกับงานเขียนประเภตนิยาย และเน้นการแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการของตัวละครต่าง ๆ (CHARACTER DEVELOPMENT) โดยเนื้อเรื่องอาจมีจุดจบเดียวหรือมีจุดจบที่หลากหลายก็ได้ วิชวลโนเวลนั้นมีการใช้สื่อต่าง ๆ เข้ามาประกอบในการเล่าเนื้อเรื่อง ตัวอย่างเช่น รูปภาพตัวละครต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นถึงอารมณ์ของตัวละครนั้น ๆ รูปภาพฉากพื้นหลังประกอบเนื้อเรื่องเสียงเอฟเฟกต์ และเสียงประกอบฉากให้อินไปกับตัวเกม เอฟเฟกต์แสดงผลต่าง ๆ ที่สามารถสร้างอารมณ์ร่วมและเพิ่มอิมแพ็คของเรื่องราวในนิยาย ให้กับผู้อ่านได้ รวมถึงการใช้เพลงและดนตรีประกอบขณะการอ่านที่สามารถกำหนดอารมณ์

ของผู้อ่านและเพิ่มความลึกซึ้งให้กับเนื้อเรื่องได้ อีกทั้งหากเป็นเกมวิชวลโนเวลที่รับการพัฒนาโดยทีมผู้พัฒนาขนาดใหญ่อาจมีการใช้คำขึ้นแอนิเมชัน เสียงพากย์ หรือการซ่อนข้อความลับต่าง ๆ ทั้งนอกและในตัวเกม เพื่อประกอบเนื้อเรื่องของวิชวลโนเวล นั้น ๆ [12]

แรงจูงใจ การทำวิจัยเรื่องนี้เนื่องจากความเป็นนิทานเมื่อเราอ่านจากหนังสือเราจะเข้าใจในเนื้อเรื่องมีการใช้จินตนาการตามไปกับตัวหนังสือที่ผู้แต่ง แต่เมื่อเทียบกับนำเนื้อเรื่องจากนิทานมาสร้างเป็นวิชวลโนเวล (Visual Novel) เกม ผู้ใช้จะสามารถเข้าถึงเนื้อเรื่องได้มากกว่าโดยสวมบทบาทเป็นตัวละครและมีส่วนร่วมในการตัดสินใจใช้ประสบการณ์ไปตามเนื้อหาของเกม ทำให้มีความเข้าใจปัญหา อุปสรรคในเนื้อเรื่องได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนา Visual Novel Game “EDIHI” ส่งเสริมให้ผู้เล่นเกิดการสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ Visual Novel Game “EDIHI” ส่งเสริมให้ผู้เล่นเกิดการสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่มีต่อ Visual Novel Game “EDIHI”

2.4 เพื่อศึกษาระดับการรับรู้ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่มีต่อ Visual Novel Game “EDIHI” และ หนังสือ E-book “EDIHI”

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยนั้นได้ศึกษาแนวคิดการใช้สื่อประเภทเกมเพื่อทดสอบกระบวนการทักษะการรู้คิดของกลุ่มผู้เสพสื่อ สื่อประเภทเกมสามารถถ่ายทอดเรื่องราวและทำให้ผู้เสพสื่อ เสพสื่อไปจนจบเนื้อหาได้มากขึ้นเพียงใดเมื่อเทียบกับสื่อเก่าประเภทหนังสือโดยมีกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาปีที่ 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จำนวน 30 เพื่อทดสอบการเสพสื่อทั้ง 2 ชนิด ที่มีเนื้อหา

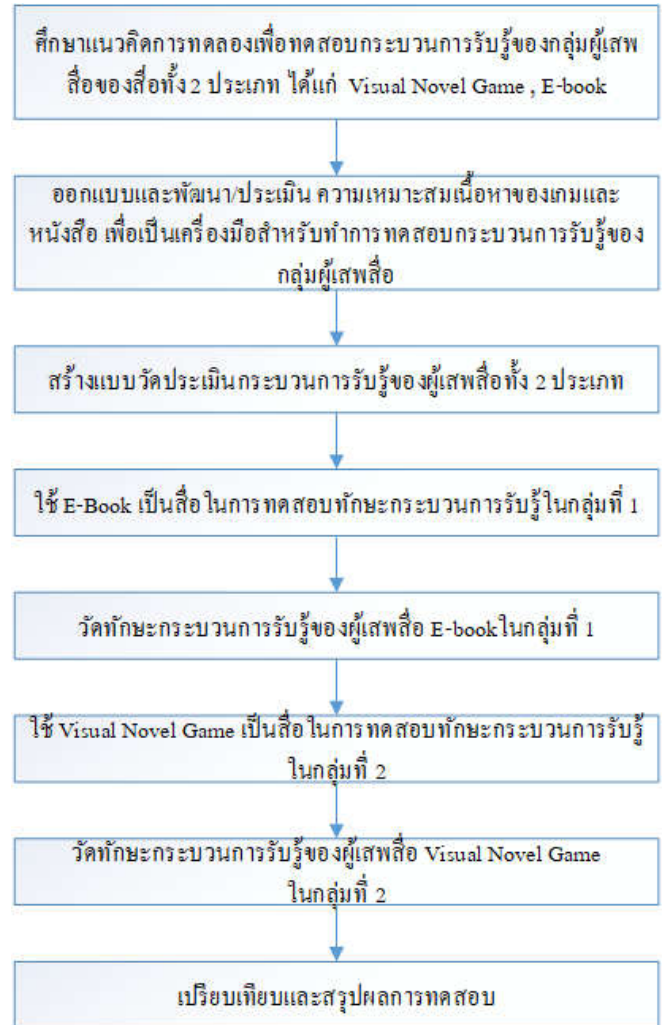
เดียวกัน เพื่อทดสอบกระบวนการรับรู้ของกลุ่มผู้เสฟสื่อ โดยมีสื่อ 2 ชนิด ได้แก่

- 1) Visual Novel Game “EDIHI”
- 2) หนังสือ E-book “EDIHI”

โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ที่ผู้ทำวิจัยได้พัฒนาและออกแบบ ดังรูปที่ 1 และขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในการประเมินประสิทธิภาพของ Visual Novel Game “EDIHI” และหนังสือ E-book “EDIHI” ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 กระบวนการทำการศึกษาวิจัย

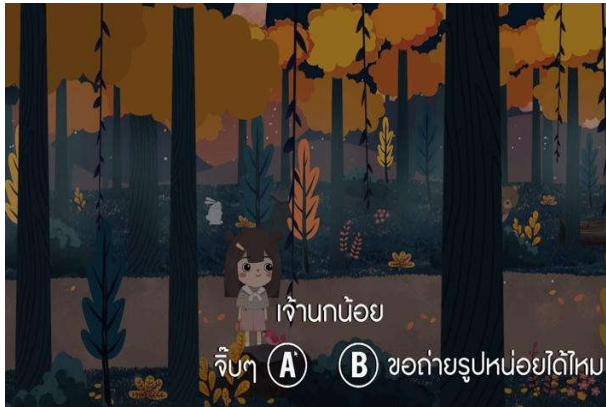


รูปที่ 2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

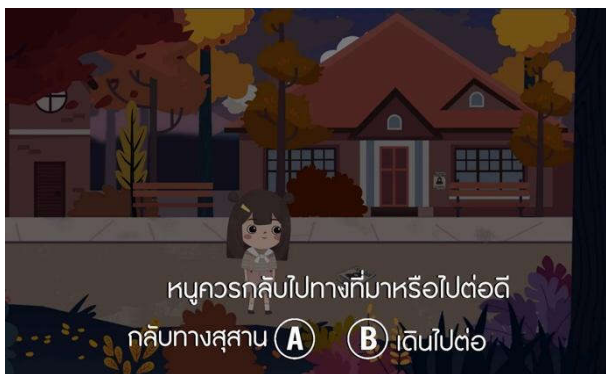
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” 2) นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI”

- 1) Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” ดังรูปที่ 3 และ 4



รูปที่ 3. ตัวอย่างภาพหน้าจอเกม EDIHI จากในป่า



รูปที่ 4. ตัวอย่างภาพหน้าจอเกม EDIHI จากในเมือง

Visual Novel Game ที่พัฒนาขึ้นได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเกมคอมพิวเตอร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านปฏิสัมพันธ์ของระบบ และผู้เชี่ยวชาญด้านการเล่าเรื่องในรูปแบบนวนิยาย [7]

2) นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. หนังสือ E-Book EDIHI

ภายในหนังสือจะเป็นการบอกเล่าเรื่องราวของตัวละคร “เอดี้” เช่นเดียวกับในเกม แต่จะเปลี่ยนเป็นการเล่าเรื่องในรูปแบบของหนังสือ โดยผู้อ่านไม่สามารถตอบโต้กับตัวหนังสือได้เพื่อใช้มาเป็นตัวเปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพทักษะในการแสวงหาเรื่องราวระหว่างสื่อประเภทหนังสือ กับ สื่อประเภท Game

3.2 การประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินคุณภาพของ Visual Novel Game โดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งแบ่งการประเมินเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของเกม (Efficiency) ด้านประสิทธิผลของเกม (Effectiveness) ด้านความยืดหยุ่นของเกม (Flexibility) ด้านการนำเสนอของเกม (Presentation) และด้านเนื้อหาของเกม (Content)

ทำการวิเคราะห์ความคิดเห็นโดยใช้ค่าสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และสถิติค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าเพื่อกำหนดระดับของทักษะการรับรู้ โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า เพื่อกำหนดระดับความพึงพอใจ มีช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-5 [8] และใช้การแปลผลระดับความพึงพอใจโดยคำนวณความกว้างของอันตรภาคชั้น [9] ซึ่งเกณฑ์การแปลผลระดับความพึงพอใจ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. เกณฑ์ในการแปลความหมายระดับของทักษะการรับรู้

ระดับความพึงพอใจ	ค่าเฉลี่ย	แปลผล
5	4.21–5.00	มากที่สุด
4	3.41–4.20	มาก
3	2.61–3.40	ปานกลาง
2	1.81–2.60	น้อย
1	1.00–1.80	น้อยที่สุด

ภายในเกม ผู้เล่นจะสวมบทเป็นตัวละคร “เอดี้” สาวน้อยน่ารัก อ่อนต่อโลกคนหนึ่ง ที่ต้องพบเจอเหตุการณ์ฆาตกรรมต่อหน้า ต่อตา ที่ข้างบ้านของตน จึงต้องทำการหลบหนีจากเงื้อมมือของ ฆาตกรที่เหมือนจะเห็นหน้าตาของเอดี้เข้า และเอดี้ได้เดินทาง ผจญภัยไปตามสถานที่ต่าง ๆ ได้พบเจอเหตุการณ์ต่าง ๆ มากมาย ที่เป็นสิ่งบอกใบ้ของเรื่องราวการฆาตกรรมในครั้งนี้ เด็กสาว จะต้องเอาชีวิตรอด และใช้ไหวพริบในการแก้ไขปัญหา ใช้สติปัญญา การคิด วิเคราะห์ เพื่อแก้ไขเงื่อนงำ และเบื้องหลังการ ฆาตกรรมครั้งนี้ให้กระจ่างขึ้นเพื่อเปิดเผยความจริงของเรื่องราว ทั้งหมด ว่าฆาตกรเป็นใครกันแน่ และสาเหตุของการฆาตกรรม ครั้งนี้คืออะไร

3.3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้น เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก แบบทดสอบวัดทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าจากผู้ใช้สื่อนิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้สื่อ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” โดยกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชา เทคโนโลยีดิจิทัลมีเดียเอดิอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหา นคร จำนวน 30 คนโดยใช้การสุ่มตัวอย่างตามความสะดวก และ เลือกกลุ่มตัวอย่างตามตารางสำเร็จรูปของเครจซ์ และมอร์แกน [14] แบ่งเป็นกลุ่มผู้ใช้สื่อนิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง และกลุ่ม ผู้ใช้สื่อ Visual Novel Game กลุ่มละ 30 คน และใช้ค่าทดสอบที (T-test) [15] ทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่ไม่ เป็นอิสระจากกัน เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของทักษะ แบบทดสอบวัดทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ของผู้ใช้สื่อนิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้สื่อ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” เพื่อการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ผลการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนา Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”

4.1.1 การออกแบบตัวละคร



รูปที่ 6. ภาพตัวละคร เอดี้



รูปที่ 7. ภาพตัวละคร เมดี้ตุ๊กตา แมวอ้วน



รูปที่ 8. ภาพตัวละคร พู



รูปที่ 9. ภาพตัวละคร ฆาตกร

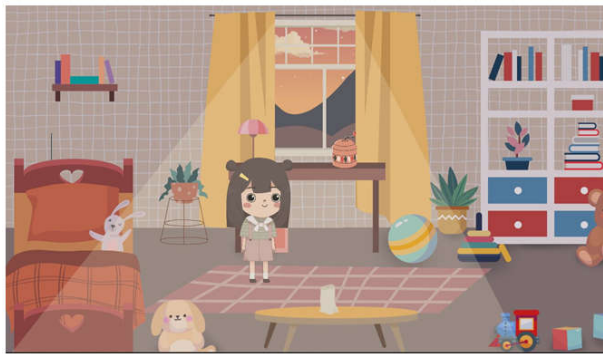


รูปที่ 10. ภาพตัวละคร กลุ่มเด็ก

4.1.2 องค์ประกอบภายในเกม (Environment Design)



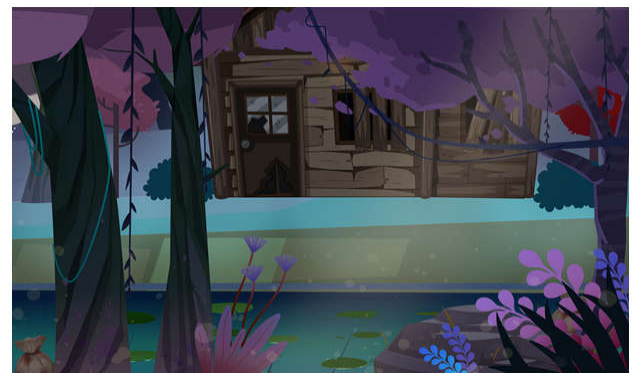
รูปที่ 11. เมนูหลัก (Main menu)



รูปที่ 12. หน้าการเล่นเกม (Gameplay)



รูปที่ 14. หน้าการ Pop-up Puzzle Jigsaw



รูปที่ 15. ภาพ บ้านชาตกร



รูปที่ 13. ภาพหน้าบ้านเอดี้



รูปที่ 16. ภาพ สนามเด็กเล่น

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

ผลการประเมินประสิทธิภาพของ Visual Novel Game ผู้วิจัยได้ทำการประเมินเชิงคุณภาพ และประเมินระดับของทักษะการรู้คิดของผู้ใช้ Visual Novel Game และ สื่อนิยายภาพอินเตอร์แอคทีฟ ชื่อเรื่อง “EDIHI” ที่ใช้เลือกกลุ่มตัวอย่างซึ่งผู้วิจัยได้เลือกผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีดิจิทัล จำนวน 5 คน ด้วยแบบประเมินเชิงคุณภาพ และนักศึกษาปี 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 30 คน ด้วยแบบประเมินระดับของการรับรู้ของผู้ใช้ ทำการวิเคราะห์ความคิดเห็นโดยใช้ค่าสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และสถิติค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการประเมินคุณภาพของ Visual Novel Game โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีดิจิทัล จำนวน 5 คน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการประเมินคุณภาพของ Visual Novel Game โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	$\bar{x}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านประสิทธิภาพของเกม	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ด้านประสิทธิผลของเกม	4.00	0.55	มาก
3. ด้านความยืดหยุ่นของเกม	5.00	0.00	มากที่สุด
4. ด้านการนำเสนอของเกม	4.40	0.55	มากที่สุด
5. ด้านเนื้อหาของเกม	4.20	0.84	มาก
โดยรวม	4.48	0.51	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.48$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดมีจำนวน 3 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพของเกม ด้านความยืดหยุ่นของเกม และด้านการนำเสนอของเกม โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านประสิทธิผลของเกม และด้านเนื้อหาของเกม อยู่ในระดับมาก

จากการประเมินเกมเพื่อการเรียนรู้แต่ละด้านพบว่า ผลการประเมินเกมด้านประสิทธิภาพของเกมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.80, S.D. = 0.45$) ผลการประเมินเกมด้านประสิทธิผลของเกมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.00, S.D. = 0.55$) ผลการประเมินเกมด้านความยืดหยุ่นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 5.00, S.D. = 0.00$) ด้านการนำเสนอของเกมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.40, S.D. = 0.55$) และผลการ

ประเมินเกมด้านเนื้อหา อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.20, S.D. = 0.84$)

5. ผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า จากผู้ใช้สื่อนิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้สื่อนิยายสั้น Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” ผลการเปรียบเทียบทักษะการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า จากผู้ใช้สื่อนิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้สื่อนิยายสั้น Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” ด้วยแบบประเมินระดับของการรับรู้ของผู้ใช้ มีผลการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ผลการเปรียบเทียบการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าของกลุ่มตัวอย่าง

ความเข้าใจในตัวละคร (ลักษณะเฉพาะของตัวละคร นิสัย, อารมณ์, บุคลิก)	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{D}$	t
E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.00	0.64	0.43	3.50
Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.43	0.57		
ความเข้าใจสถานการณ์ของเรื่อง	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{D}$	t
E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI”	3.73	0.69	0.37	4.10
Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.10	0.66		
สามารถวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาบนเนื้อเรื่องได้	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{D}$	t
E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI”	3.93	0.58	0.2	2.69
Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.13	0.51		
การมีส่วนร่วมกับสื่อตลอดเนื้อหา	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{D}$	t
E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.07	0.64	0.13	2.11
Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.20	0.55		

ความพอใจในประสบการณ์ที่ได้รับจากเนื้อเรื่อง	$\bar{x}$	$S.D.$	$\bar{D}$	t
E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI”	3.70	0.65	0.33	3.01
Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”	4.03	0.89		

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า จากผู้ใช้นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” ด้านความเข้าใจในตัวละคร (ลักษณะเฉพาะของตัวละคร นิสัย, อารมณ์, บุคลิก) สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้นิยายสั้น E-Book เท่ากับ $\bar{x} = 4.43, S.D. = 0.57$ ซึ่งผู้ใช้นิยายสั้น E-Book มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x} = 4.00, S.D. = 0.64$ ความเข้าใจสถานการณ์ของเรื่อง มีค่าเฉลี่ยของผู้ใช้ Visual Novel Game เท่ากับ $\bar{x} = 4.10, S.D. = 0.66$ ซึ่งผู้ใช้นิยายสั้น E-Book มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x} = 3.73, S.D. = 0.69$ ด้านสามารถวิเคราะห์การแก้ปัญหาปมเนื้อเรื่องได้ มีค่าเฉลี่ยของผู้ใช้ Visual Novel Game เท่ากับ $\bar{x} = 4.13, S.D. = 0.51$ ซึ่งผู้ใช้นิยายสั้น E-Book มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x} = 3.93, S.D. = 0.58$ ด้านการมีส่วนร่วมกับสื่อตลอดเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยของผู้ใช้ Visual Novel Game เท่ากับ $\bar{x} = 4.20, S.D. = 0.55$ ซึ่งผู้ใช้นิยายสั้น E-Book มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x} = 4.07, S.D. = 0.64$ ด้านความพอใจในประสบการณ์ที่ได้รับจากเนื้อเรื่อง มีค่าเฉลี่ยของผู้ใช้ Visual Novel Game เท่ากับ $\bar{x} = 4.03, S.D. = 0.89$ ซึ่งผู้ใช้นิยายสั้น E-Book มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $\bar{x} = 3.70, S.D. = 0.65$ โดยมีผู้ตอบแบบประเมินจำนวน 30 คน

ผลการเปรียบเทียบการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า จากผู้ใช้นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” ทำให้ทราบว่า กลุ่มผู้ใช้ Visual Novel Game มีการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ของผู้ใช้ Visual Novel Game สูงกว่ากลุ่มผู้ใช้นิยายสั้น E-Book และเมื่อเปรียบเทียบการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การ

สร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ทั้ง 5 ด้านพบว่า กลุ่มผู้ใช้ Visual Novel Game มีระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า สูงกว่ากลุ่มผู้ใช้นิยายสั้น E-Book โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกด้าน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” เกมแนว Visual Novel หรือเกมแนวเนื้อเรื่องที่มีความคล้ายคลึงกับนิยาย โดยการมีส่วนร่วมกับเกมของผู้เล่นจะเป็นการอ่านเนื้อหาพร้อมคำตอบคำถามต่าง ๆ เพื่อดำเนินเรื่อง ซึ่งเกมแนว Visual Novel จะให้ความสนุกสนานและเพลิดเพลินผ่านภาพ เสียงและบทบรรยาย เกมยังแฝงไปด้วยข้อคิดและเรื่องราวดี ๆ มากมาย อีกทั้งความท้าทายยังอยู่ที่การตอบคำถามเพื่อไปสู่จุดจบในแบบที่แตกต่างกัน เพื่อการเรียนรู้มีส่วนในการส่งเสริมให้ผู้ใช้พัฒนาระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ไปในทิศทางที่ดีขึ้น

6. สรุปผลและการอภิปราย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเกมวิชวลโนเวล ชื่อเรื่อง “EDIHI” ให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงเนื้อเรื่องได้โดยสวมบทบาทเป็นตัวละคร และมีส่วนร่วมในการตัดสินใจใช้ประสบการณ์ไปตามเนื้อหาของเกม ทำให้มีความเข้าใจปัญหา อุปสรรคในเนื้อเรื่องได้ นำเกมวิชวลโนเวล เพื่อการเรียนรู้ไปใช้เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ของนักศึกษาปี 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มัลติมีเดียอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร โดยใช้จากผู้ใช้นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” กลุ่มละ 30 คน และทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ค่าทดสอบที (T-test) เพื่อเปรียบเทียบการประเมินของระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า จากผู้ใช้นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI”

ผลการประเมินที่ได้จากทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระจากกัน ระหว่างผู้ใช้นิยายสั้น E-Book ชื่อเรื่อง “EDIHI” และผู้ใช้ Visual Novel Game ชื่อเรื่อง “EDIHI” พบว่า ผู้ใช้ Visual Novel Game มีทักษะระดับทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า สูงกว่ากลุ่มผู้ใช้นิยายสั้น E-Book จากผลการวิจัย

ทำให้ทราบว่าการใช้เกมวิชวลโนเวล เพื่อการเรียนรู้มีทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าของของนักศึกษาปี 1 สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลมัลติมีเดียอาร์ต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้ เนื่องจากการใช้เกมวิชวลโนเวล ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงเนื้อเรื่องดี และมีส่วนร่วมในการตัดสินใจใช้ประสบการณ์ไปตามเนื้อหาของเกม ทำให้มีความเข้าใจปัญหา อุปสรรคในเนื้อเรื่องได้ดี นำเกมวิชวลโนเวล เพื่อการเรียนรู้ไปใช้เพื่อส่งเสริมทักษะการรู้คิด การสร้างไหวพริบและทักษะการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า

เอกสารอ้างอิง

- [1] H. K. H. A. El-Sattar, "A Novel Interactive Computer-Based Game Framework: From Design to Implementation," 2008 International Conference Visualisation, London, UK, pp. 123-128, doi: 10.1109/VIS.2008.29, 2008.
- [2] E. S. de Lima, B. Feijó and A. L. Furtado, "A Character-based Model for Interactive Storytelling in Games," 2022 21st Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames), Natal, Brazil, pp. 1-6, 2022.
doi: 10.1109/SBGAMES56371.2022.9961071.
- [3] S. -F. Siao, H. -W. Hsu and W. -K. Tai, "A Novel Fractal Board Game," 2009 Fifth International Conference on Image and Graphics, Xi'an, China, pp. 830-835, 2009.
doi: 10.1109/ICIG.2009.156.
- [4] N. A. M. J. Sales, N. Villanueva, M. R. Evangelista, J. L. E. Cestina and J. Camba, "The Development of a Visual Novel Role-Playing Game [VN RPG] as an Open Educational Resource [OER] for Philippine Literature Educators Administering the "Noli Me Tangere" Module," 2021 IEEE 13th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), Manila, Philippines, pp. 1-5, 2021.
doi: 10.1109/HNICEM54116.2021.9731836.
- [5] Musfiqon, H. Rante and A. Basuki, "The Role of Paper Prototyping in Designing Visual Novel Game as Learning Media for Children," 2019 5th International Conference on Education and Technology (ICET), Malang, Indonesia, pp. 24-28, 2019.
doi: 10.1109/ICET48172.2019.8987208.
- [6] Musfiqon, H. Rante and A. Basuki, "The Role of Paper Prototyping in Designing Visual Novel Game as Learning Media for Children," 2019 5th International Conference on Education and Technology (ICET), Malang, Indonesia, pp. 24-28, 2019.
doi: 10.1109/ICET48172.2019.8987208.
- [7] International Standard Organization. ISO/IEC 9126: Information Technology –Software Product Evaluation - Quality Characteristics and Guidelines for Their Use. Geneva: International Organization for Standardization; 1991.
- [8] Likert R. A., "Technique for the Measurement of Attitudes. Archives of Psychology", 140:1-55, 1932.

โปรแกรมการจำลองอากาศยานในเรดาร์ทุติยภูมิสำหรับฝึกองบรม

การป้องกันทางอากาศ

Flight Simulator Program in Secondary Surveillance for Air Defense Training

พลวัฒน์ คำแล^{1,2} วรวัฒน์ เชิญสวัสดิ์^{2*} และ กิ่งกาญจน์ สุขคณาภิบาล²

Ponlawat Khamlae^{1,2} Worawat Choensawat^{2*} and Kingkarn Sookhanaphibarn²

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาการข้อมูล

¹School of Information Technology and Innovation Department of Information Technology and Data Science

²ศูนย์นวัตกรรมพิเศษเฉพาะทาง มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ถนนพหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง ปทุมธานี

²Center of Specialty Innovation (CoSI), Bangkok University

Phaholyothin Road, Klong Nueng Subdistrict, Klong Luang District, Pathum Thani

Received: May 31, 2023; Revised: December 15, 2023; Accepted: December 20, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – This article presents a program for simulating aircraft in radar airspace for air defense training. The program is specifically designed for close-range and medium-range radar systems, which are crucial in training personnel to detect radar signals without the need for actual aircraft flights. The simulation program can replicate various scenarios, including training exercises with multiple radar systems and realistic situations with a dense number of aircraft. The article introduces an innovation that utilizes the simulation program, generating synthetic radar data from real data collected by FlightRadar24. The program features include: 1) simulating real data collected from FlightRadar24, 2) simulating data with noise synthesis techniques applied to actual data, and 3) generating diverse data using individual flight synthesis and air traffic density synthesis techniques. Experimental results demonstrate that the simulation program can be effectively utilized in real air defense systems.

KEYWORDS: ATC Simulation Software, ATC Training, Flight Safety, Flight Simulation, Radar System, Air Traffic Control Training

บทคัดย่อ -- บทความนี้นำเสนอโปรแกรมการจำลองอากาศยานในเรดาร์ทุติยภูมิสำหรับฝึกองบรมการป้องกันทางอากาศ โปรแกรมนี้ใช้กับระบบเรดาร์พิสัยใกล้และพิสัยกลางเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถฝึกฝนทักษะการตรวจจับเรดาร์ได้โดยไม่ต้องนำเครื่องบินขึ้นบินจริงเพื่อฝึกซ้อม โดยโปรแกรมจำลองนี้สามารถจำลองสถานการณ์ต่างๆ ได้ เช่น การฝึกซ้อมด้วยเรดาร์หลายตัวและในสถานการณ์จริงที่มีจำนวนอากาศยานที่หนาแน่นได้ บทความนี้แนะนำนวัตกรรมใหม่ที่ใช้โปรแกรมจำลองอากาศยานในเรดาร์ที่สังเคราะห์จากข้อมูลจริงที่เก็บรวบรวมจาก FlightRadar24 โดยตัวโปรแกรมมีคุณสมบัติดังนี้ 1) จำลองข้อมูลที่เก็บรวบรวมจาก FlightRadar24 2) จำลองข้อมูลจากเทคนิคการสังเคราะห์สัญญาณรบกวน (noise

*Corresponding Author: worawat.c@bu.ac.th

synthesis) 3) จำลองข้อมูลที่หลากหลายโดยใช้เทคนิคแบบสังเคราะห์เดี่ยว และสังเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าระบบสามารถนำโปรแกรมจำลองนี้ไปใช้จริงกับระบบป้องกันภัยทางอากาศได้

คำสำคัญ: ซอฟต์แวร์จำลอง ATC, การฝึกอบรม ATC, ความปลอดภัยการบิน, การจำลองการบิน, ระบบเรดาร์, การฝึกอบรมผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ

1. บทนำ

ระบบป้องกันภัยทางอากาศใช้ระบบเรดาร์และเซ็นเซอร์อื่นๆ ในการตรวจจับและติดตามเครื่องบินที่เข้ามา ประสิทธิภาพของระบบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับการฝึกอบรมอย่างเชี่ยวชาญเพื่อใช้งาน ระบบเครื่องช่วยฝึกป้องกันภัยทางอากาศใช้สำหรับฝึกเจ้าหน้าที่ให้วางแผนต่อรูปแบบการบินที่เรดาร์ตรวจจับได้และตอบสนองต่อภัยคุกคามทางอากาศ

โปรแกรมจำลองอากาศยานในระบบเรดาร์ทฤษฎี (ระบบเรดาร์พัลส์ไกลและพัลส์กลาง) เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องช่วยฝึกที่ทำหน้าที่สำคัญในบริบทนี้ ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถฝึกฝนทักษะการตรวจจับเรดาร์ได้โดยไม่ต้องนำเครื่องบินขึ้นบินจริงเพื่อฝึกซ้อม โปรแกรมสามารถจำลองสถานการณ์ต่างๆ เช่น การฝึกซ้อมด้วยเรดาร์ตรวจจับพัลส์ไกลและพัลส์กลางหลายตัวและในสถานการณ์จริงที่มีจำนวนอากาศยานที่หนาแน่นได้

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาโปรแกรมจำลองเรดาร์ทฤษฎีที่ได้รับข้อมูลการบินจริงจาก FlightRadar24 ภายในขอบเขตที่กำหนด และสร้างข้อมูลเรดาร์ (หมายถึงอากาศยานที่จำลองขึ้นมา) สำหรับระบบป้องกันภัยทางอากาศ โปรแกรมจำลองมีคุณสมบัติดังนี้

- 1) จำลองข้อมูลที่เก็บรวบรวมจาก FlightRadar24
- 2) จำลองข้อมูลจากเทคนิคการสังเคราะห์สัญญาณรบกวน (noise synthesis) บนข้อมูลจริง
- 3) จำลองข้อมูลที่หลากหลายโดยใช้เทคนิคแบบสังเคราะห์เดี่ยว (Individual flight synthesis) และจำลองการหนาแน่นของการจราจรทางอากาศ

คุณสมบัติของโปรแกรมจำลองเรดาร์การบินนี้ช่วยให้สามารถสร้างรูปแบบสถานการณ์ต่างๆ ในพื้นที่ที่กำหนดได้ โปรแกรมจำลองเรดาร์ทฤษฎีเป็นเครื่องมือสำหรับการฝึกป้องกันภัยทางอากาศ

2. ทบทวนวรรณกรรม

2.1 การจำลองเรดาร์ในการฝึกป้องกันภัยทางอากาศ

การจำลองอากาศยานในเรดาร์ทฤษฎีเป็นองค์ประกอบสำคัญในการฝึกการป้องกันทางอากาศ เนื่องจากช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดหาเป้าหมายจำลองเพื่อวัตถุประสงค์ในการฝึกระบบป้องกันภัยทางอากาศ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการฝึกต่อสู้ป้องกันภัยทางอากาศมีดังนี้

การออกแบบเป้าหมายโดยใช้การจำลองเป้าหมายที่ซับซ้อนเสนอโดย [1] และ [2] ซึ่งนำเสนอข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โครงสร้างโมเดลแบบโมดูลาร์และแบบคอมโพเนนต์สำหรับการพัฒนารอบและดำเนินการวิเคราะห์รายละเอียดของแบบจำลองเป้าหมายทางอากาศ (Computer Generated Forces: CGF) แบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพในการจำลองเรดาร์เพื่อฝึกต่อสู้สำหรับหน่วยบินเพื่อป้องกันภัยทางอากาศ

กระบวนการลำดับชั้นการวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการรบของเรดาร์ป้องกันภัยทางอากาศสำหรับหน่วยภาคพื้นดิน อ้างอิงใน [3] และแบบจำลองการเผชิญหน้าระหว่างลำแสงเรดาร์ค้นหาเป้าหมายได้นำเสนอใน [4] โดยคำนึงถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานของเรดาร์ค้นหา ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณระยะเวลาการเผชิญหน้าระหว่างลำแสงเรดาร์ค้นหาเป้าหมาย

กล่าวโดยสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องเป็นเรื่องการจำลองสถานการณ์ที่ไม่ได้ใช้ข้อมูลจริงของการบิน และในบทความนี้แนะนำให้เสนอการใช้ข้อมูลการบินเป็นพื้นฐานในการจำลองข้อมูลเรดาร์ในฝึกอบรมเรื่องการป้องกันทางอากาศ

2.2 การแลกเปลี่ยนข้อมูลเรดาร์ทฤษฎีด้วยโปรโตคอล ASTERIX

ระบบเรดาร์พิสัยใกล้และพิสัยกลางในปัจจุบันได้ใช้รูปแบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านโปรโตคอล ASTERIX สำหรับการตรวจสอบการควบคุมการบิน ซึ่ง ASTERIX เป็นโปรโตคอลมาตรฐานสำหรับการส่งและแปลงข้อมูลการตรวจสอบอากาศยาน โดยโปรโตคอลนี้ถูกพัฒนาโดย EUROCONTROL ซึ่งเป็นการร่วมมือระหว่าง 41 ประเทศในยุโรปที่มีเป้าหมายในการรักษาการเฝ้าระวังทางอากาศให้มีความปลอดภัยและประสิทธิภาพ โปรโตคอลนี้ออกแบบมาสำหรับระบบที่มีแบนด์วิดท์จำกัด ซึ่งหมายความว่าข้อมูลถูกเก็บรักษาด้วยจำนวนบิตที่น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งทำให้สามารถส่งข้อมูลปริมาณมากได้ [5]

มาตรฐาน ASTERIX โดยใช้ Category 34 (CAT034) และ Category 48 (CAT048) ใช้ในการส่งข้อมูลจำลองของเรดาร์ โดยที่ Cat048 ระบุถึงข้อมูลของอากาศยาน หรือเรียกว่า target report มีและ Category 034 ระบุโครงสร้างของข้อความ North Marker service message (ข้อมูลของเรดาร์) [6]

"Target report" เป็นข้อความที่มีจำนวน Data Items คงที่ แต่ละ Data Item เป็นการรวมของไบต์หนึ่งตัวหรือมากกว่า โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงใน "target report" ข้อมูลใน Data Items จะถูกแปลงออกเป็นตัวเลขทศนิยม เช่น มุมอาซิมุท (Azimuth) ระยะทางจากเรดาร์ หรืออาจเป็นบิตที่มีข้อมูลเฉพาะเจาะจง เช่น 1 = เครื่องบินพลเรือน และ 0 = เครื่องบินทหาร Data Items จะถูกเรียงลำดับตามหมายเลขอ้างอิงเสมอ

โปรโตคอลมีคำอธิบายสำหรับแต่ละหมายเลขอ้างอิง ที่อธิบายข้อมูลใน Data Item แต่ละอัน [7] ASTERIX ประกอบด้วยหมวดหมู่ต่าง ๆ ที่ระบุไว้ในต้นของ "target report" ซึ่งระบุโครงสร้างของ "target report" และวิธีการตีความ

ตัวอย่างเช่น เลขฐาน 16 ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างข้อมูลอากาศยานใน CAT048 (การแปลงความข้อมูลโดยละเอียดสามารถดูเพิ่มเติมที่ [7])

HEX:300021F9990900852027FC00410016E351950000977885311387FFFFFB370A65578

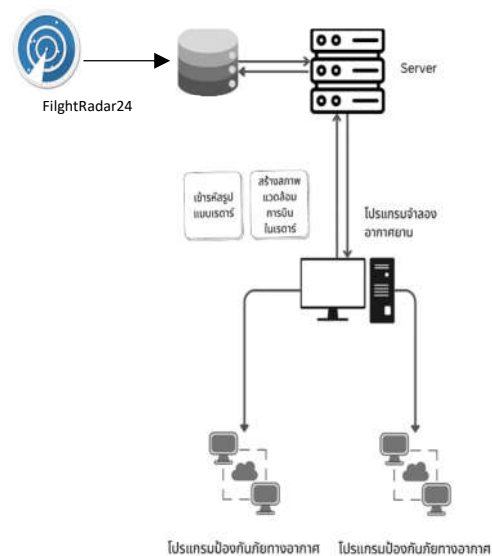
จากข้อมูลด้านบนสามารถแปลความหมายได้ดังนี้:

- Time of Day, [s]: 20472
- ตำแหน่งอากาศยานวัดจากเรดาร์ในพิกัดเชิงขั้ว
 - RHO, [NM]: 22.88671875
 - THETA, [°]: 114.71923828125

- Mode-3/A Code 04567
- Aircraft Address: 8934161
- Aircraft Identification: THD024
- Track Number: 903
- ตำแหน่งอากาศยานวัดจากเรดาร์ในพิกัดคาร์ทีเซียน
 - X: -9.5703125 NM
 - Y: 20.7890625 NM
- ความสูง: 35000 ft

3.วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษานี้เริ่มด้วยการการเก็บรวบรวมข้อมูลการบิน บันทึกหลักฐานข้อมูล กำหนดจำนวนและรัศมีการตรวจจับของเรดาร์แต่ละตัว เช่น เรดาร์ DR172-ADV [8] และเรดาร์ TRML3D [9] มีรัศมีการตรวจเป็น 140 กม. และ 200 กม. ตามลำดับ จากนั้นทำการจำลองข้อมูลการบินซึ่งรวมถึงข้อมูลต่างๆ เช่น ทิศทาง ความเร็ว ความสูง ฝ้าย (unknown, friendly, hostile และอื่นๆ) และเวลาตอบสนอง เป็นต้น และส่งข้อมูลที่ได้อ้างอิงไปยังระบบป้องกันภัยทางอากาศผ่านโปรโตคอล ASTERIX ดังที่แสดงในรูปที่ 1.



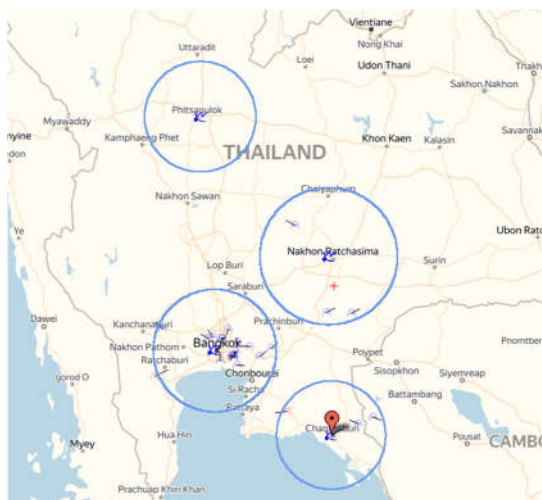
รูปที่ 1. แผนภาพการทำงานของระบบ

3.1 สร้างสภาพแวดล้อมการฝึกอบรมสำหรับเจ้าหน้าที่ป้องกันภัยทางอากาศ

3.1.1 การจำลองเรดาร์พิสัยใกล้และพิสัยกลางหลายตัว การจำลองสามารถจำลองระบบเรดาร์ต่างๆ โดยแต่ละระบบมี

ลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน สิ่งเหล่านี้สามารถใช้แยกกันหรือใช้ร่วมกัน โดยเลียนแบบสภาพแวดล้อมเรดาร์หลายตัวที่พบในสถานการณ์การป้องกันทางอากาศในโลกความเป็นจริง ดังรูปที่

2.



รูปที่ 2. ภาพหน้าจอ โปรแกรมจำลองอากาศยานในเรดาร์ทุติยภูมิ

3.1.2 การจำลองสามารถจำลองเครื่องบินประเภทต่างๆ ได้ ตั้งแต่เครื่องบินส่วนตัวขนาดเล็กไปจนถึงเครื่องบินพาณิชย์ขนาดใหญ่ เครื่องบินไอพ่นทหาร และเฮลิคอปเตอร์ เครื่องบินแต่ละประเภทมีลายเซ็นเรดาร์และลักษณะการบินที่แตกต่างกัน ซึ่งจำลองได้อย่างแม่นยำ

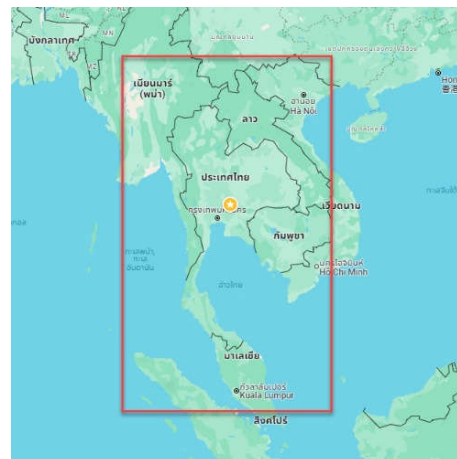
3.1.3 ความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศที่แตกต่างกัน โปรแกรมจำลองสามารถสร้างสถานการณ์ที่มีระดับความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ต่ำไปจนถึงสูง คุณสมบัตินี้ช่วยให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถฝึกฝนในสถานการณ์ต่างๆ ตั้งแต่การตรวจสอบน่านฟ้าเป็นประจำไปจนถึงการจัดการสถานการณ์ที่ซับซ้อนกับเครื่องบินจำนวนมากในน่านฟ้าที่จำกัด

3.2 วิธีการรับข้อมูลเที่ยวบินจริงจาก Flight Radar24 และสร้างข้อมูลเรดาร์

การพัฒนาโปรแกรมจำลองเรดาร์การบินเริ่มต้นด้วยการนำเข้าข้อมูลจาก FlightRadar24 API เพื่อบันทึกลงในฐานข้อมูล (MySQL) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) ขอ API Key จาก FlightRadar24 เพื่อใช้ในการเรียกข้อมูลผ่าน API ของ FlightRadar24

2) สร้างคำขอ (request) ไปยัง FlightRadar24 API เพื่อรับข้อมูลเกี่ยวกับอากาศยานที่อยู่ภายในพื้นที่ที่ระบุ ผ่านเมทอดหรือการร้องขอ HTTP (GET request) โดยเรียกใช้ API endpoint ของ FlightRadar24 และระบุพารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการเข้าถึงข้อมูล (latitude 1°39'00.0"N - 23°24'00.0"N และ longitude 94°18'00.0"E - 107°24'00.0"E) รูปที่ 3. แสดงอาณาเขตที่ใช้ในงานนี้



รูปที่ 3. อาณาเขตการรับข้อมูลจาก FlightRadar24 ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย (1°39'00.0"N - 23°24'00.0"N และ 94°18'00.0"E - 107°24'00.0"E)

3) รับข้อมูลที่ได้จาก API และแปลงเป็นรูปแบบที่เหมาะสมและเกี่ยวข้องเช่น รหัสอากาศยาน (flight code), พิกัดทางภูมิศาสตร์ (latitude, longitude), ข้อมูลการบิน เป็นต้นสำหรับบันทึกลงในฐานข้อมูล รูปที่ 4. แสดงข้อมูลบางส่วนที่บันทึกในฐานข้อมูล

เมื่อได้รับข้อมูลนี้ โปรแกรมจำลองจะประมวลผลและสร้างข้อมูลเรดาร์ให้สอดคล้องกับเรดาร์ทุติยภูมิที่ใช้สำหรับการจำลองส่งข้อมูลอากาศยานสำหรับเรดาร์ DR172-ADV จะอัปเดตข้อมูลทุกๆ 4 วินาที (1 รอบการหมุนของจานสายอากาศ) ในขณะที่ข้อมูลที่ได้จาก FlightRadar24 นั้นไม่แน่นอน เช่น ทุก 30 วินาที - 1 นาที

จึงต้องมีการการแปลงข้อมูลที่ได้มาเป็นสัญญาณที่จำลองจากระบบเรดาร์ สามารถคำนวณตำแหน่งของอากาศยานโดยใช้ linear interpolation ระหว่างจุดข้อมูลที่อยู่ โดยสมการของตำแหน่งอากาศยานเป็นดังนี้:

$$P(t) = P_1 + (t - t_1) \left(\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \right)$$

โดยที่:

- $P(t)$ คือตำแหน่งของอากาศยานในเวลา t ที่ต้องการคำนวณ
- P_1 และ P_2 คือตำแหน่งของอากาศยานในเวลา t_1 และ t_2 ตามลำดับ
- เวลา t_1 และ t_2 คือช่วงเวลาที่ที่มีข้อมูลอยู่
- t คือเวลาที่ที่ต้องการคำนวณตำแหน่ง

hex	address	lat	lon	heading	altitude	Speed	aircraftType	destination	departed	flightNumber	date-time	Δ
3002d64c	88809A	10.86	106.76	248	2025	226	A321	DAD	SGN	HVN145	2023-04-23 23:59:58	
3002d8c5	750474	6.98	103.56	206	36025	443	A320	PNH	KUL	AXM535	2023-04-23 23:59:58	
3002dea6	71C002	20.61	103.09	68	39000	512	A333	CNX	ICN	KAL668	2023-04-23 23:59:58	
3002e1ec	3C4B21	3.06	101.21	290	28000	526	B748	SIN	FRA	DLH779	2023-04-23 23:59:58	
3002e588	885103	14.96	104.26	70	39000	496	A359	BKK	ICN	THA658	2023-04-23 23:59:58	
3002e60c	76CD76	2.56	102.73	301	23400	474	A388	SIN	LHR	SIA322	2023-04-23 23:59:58	
3002e838	76B863	2.01	102.52	126	32975	446	A21N	PEN	SIN	TGW423	2023-04-23 23:59:58	
3002ecb1	750422	5.81	103.24	17	37000	477	B38M	KUL	NRT	MXD872	2023-04-23 23:59:58	
3002eefe	86D646	13.85	101.42	68	21950	418	B788	BKK	NRT	TZP52	2023-04-23 23:59:58	
3002f130	8881AE	18.77	106.97	157	34575	456	A21N	HAN	SGN	VJC163	2023-04-23 23:59:58	
30020d4c	896582	4.63	99.36	128	39050	440	A21N	SHJ	KUL	ABY802	2023-04-23 23:59:59	
30022242	71C088	13.84	100.8	198	3000	206	B738	ICN	BKK	JJA2203	2023-04-23 23:59:59	
300257fe	899134	3.41	104.88	220	34000	478	B77L	TPE	SIN	EVA6085	2023-04-23 23:59:59	
30026785	801506	1.76	102.52	102	27825	448	A20N	TRZ	SIN	IGO1007	2023-04-23 23:59:59	
3002690d	7503BF	2.5	101.93	236	5050	280	A320	HKG	KUL	AXM131	2023-04-23 23:59:59	
30027b9c	75857E	3.19	103.79	260	34000	466	A321	MNL	KUL	CEB501	2023-04-23 23:59:59	
3002834b	75833C	13.51	102.03	255	30475	462	A333	MNL	BKK	PAL740	2023-04-23 23:59:59	
30029071	8880E1	16.1	97.8	308	34000	501	B789	SGN	FRA	HVN31	2023-04-23 23:59:59	
30029f86	758532	10.9	106.95	276	5275	218	A321	MNL	SGN	CEB751	2023-04-23 23:59:59	
3002b5f0	888156	10.82	106.66	249	100	149	A321	HPH	SGN	VJC283	2023-04-23 23:59:59	

รูปที่ 4. ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จาก FlightRadar24

การใช้สมการ linear interpolation นี้จะช่วยในการประมาณค่าตำแหน่งของอากาศยานในเวลาที่ไม่มีการข้อมูลอยู่ โดยคำนึงถึงค่าตำแหน่งของอากาศยานในขณะที่มีข้อมูลอยู่ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่สุ่มในการประมาณค่าตำแหน่งของอากาศยานในช่วงเวลาที่ไม่มีการข้อมูล

4. เทคนิคจำลองการบินและผลทดสอบ

4.1 การสังเคราะห์เส้นทางเฉพาะเครื่องบินหนึ่งลำ

การสังเคราะห์เส้นทางเฉพาะเครื่องบินหนึ่งลำ (Individual flight synthesis) โดยเส้นทางการบินเดิมแสดงด้วยพิกัด ซึ่งแสดงเป็น l และ g แต่ละลำดับประกอบด้วย n จุดข้อมูลซึ่งสอดคล้องกับพิกัดละติจูดและลองจิจูดของเส้นทางการบินตามลำดับ

สำหรับ Gaussian noise จุดข้อมูลแต่ละจุดในลำดับใหม่จะคำนวณโดยการเพิ่มจำนวนสุ่มที่ดึงมาจากการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระบุ σ ไป

ยังแต่ละพิกัดละติจูดและลองจิจูด สิ่งนี้แสดงทางคณิตศาสตร์เป็น

$$l'i = li + Noise(k, \sigma^2) \text{ สำหรับละติจูด}$$

$$g'i = gi + Noise(k, \sigma^2) \text{ สำหรับลองจิจูด}$$

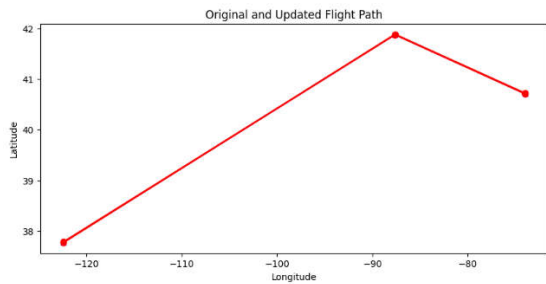
ข้อผิดพลาดของตำแหน่งสำหรับแต่ละจุดข้อมูลจะถูกคำนวณเป็นระยะทางระหว่างพิกัดดั้งเดิมและพิกัดที่เพิ่มสัญญาณรบกวน ระยะทางในปริภูมิ 2 มิติ เช่น พิกัดละติจูดและลองจิจูด คือระยะทางเส้นตรงระหว่างจุดสองจุด ในทางคณิตศาสตร์สำหรับแต่ละจุดข้อมูลของตำแหน่งผิดพลาด

$$E_i = \sqrt{(l'i - li)^2 + (g'i - gi)^2}$$

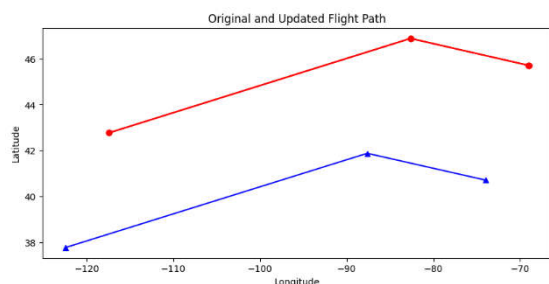
สูตรนี้จะคำนวณรากที่สองของผลรวมของกำลังสองของผลต่างระหว่างพิกัดละติจูดและลองจิจูดดั้งเดิมและพิกัดละติจูดและลองจิจูดที่เพิ่มสัญญาณรบกวน โดยให้ระยะทางเป็นเส้นตรงหรือข้อผิดพลาดระหว่างตำแหน่งดั้งเดิมและตำแหน่งที่เพิ่มสัญญาณรบกวน

ผลของการสร้างเส้นทาง

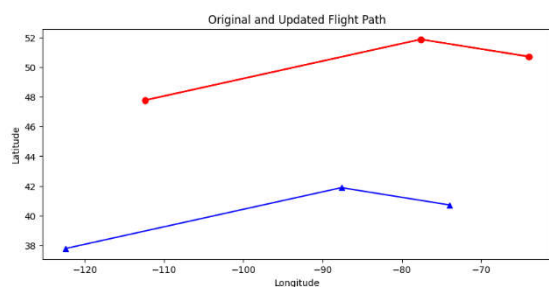
จากการคำนวณของเส้นทางเครื่องบินโดยมีค่ารอบวงเส้นทางจะได้จุดพิกัดที่มีตำแหน่งต่างไปจากจุดพิกัดดั้งเดิม โดยหากกำหนดค่า k เป็น 0 จะได้ค่าความต่างของพิกัดตำแหน่งไม่เปลี่ยนไปจากเดิมดูได้จากรูปที่ 5.



รูปที่ 4 difference positions with $k = 0$



รูปที่ 5. difference positions with $k = 5$



รูปที่ 6. difference positions with $k = 10$

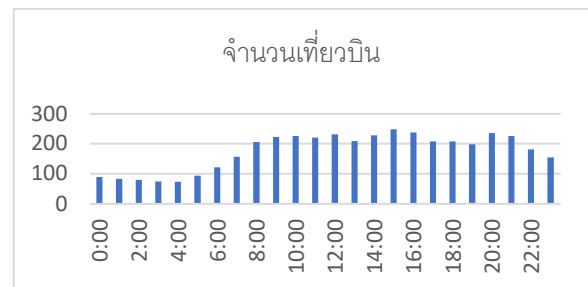
โดยหาก กำหนดค่า K มากกว่า 0 จะได้ค่าความต่างของพิกัดตำแหน่งเปลี่ยนไปจากเดิม จากรูปที่ 5 และ 6

4.2 การจำลองความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศ

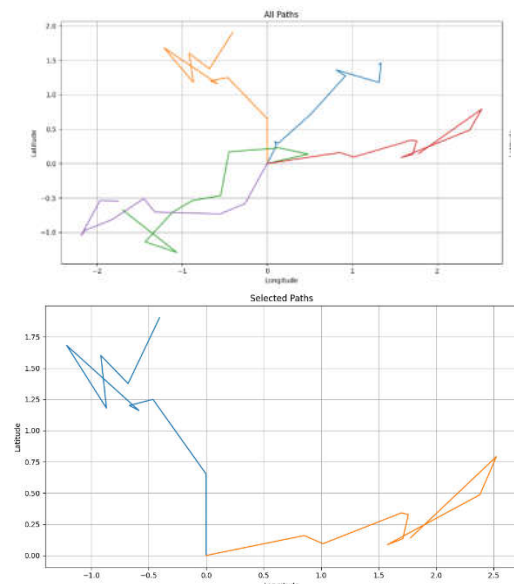
ในการทดลองนี้ได้นำเข้าข้อมูลการบินเป็นเวลา 24 ชั่วโมงสำหรับ

พื้นที่ที่กำหนดตามที่แสดงในรูปที่ 2. ประมาณข้อมูลที่นำเข้า 241,240 ระเบียนข้อมูล จากเที่ยวบินทั้งสิ้นจำนวน 5,137 เที่ยวบิน และเมื่อพิจารณาจำนวนเที่ยวบิน (ความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศ) ณ เวลาใดเวลาหนึ่งพบว่า ในพื้นที่ที่กำหนดมีความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศมากที่สุดคือ 248 เที่ยวบินดังที่แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงจำนวนเที่ยวบินในหนึ่งวัน ในงานนี้จึงกำหนดอัตราความหนาแน่นเป็น 1 ที่จำนวนอากาศยาน 248 ลำต่ออาณาเขตที่กำหนด

ตัวอย่างการสังเคราะห์ความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศแสดงในรูปที่ 8. เช่นเลือกเส้นทางจากอัตราที่ต้องการอัตราความหนาแน่นที่ 0.4 จึงได้ที่อากาศยานที่แสดงจำนวน 2 ลำ จาก 5 ลำ และสังเคราะห์เส้นทาง 2 เส้นทางที่ต่างจากเส้นทางเดิมโดยใช้การสังเคราะห์ในหัวข้อ 4.1



รูปที่ 7. จำนวนเที่ยวบินตามช่วงเวลาต่าง ๆ ในหนึ่งวัน

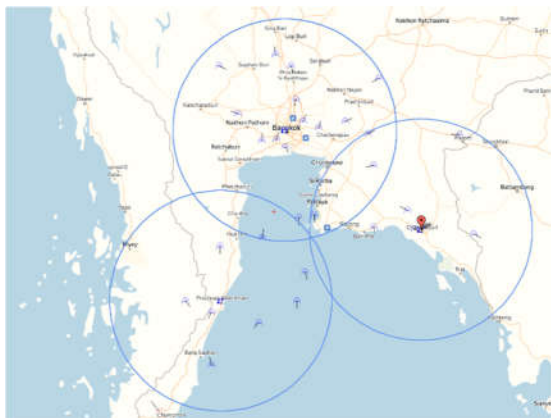


รูปที่ 8. เส้นทางบินทั้งหมดและเส้นทางที่สังเคราะห์

4.3 ผลของโปรแกรมจำลองอากาศยาน

ขั้นตอนวิธีการสังเคราะห์เส้นทางเฉพาะเครื่องบินหนึ่งลำและการสังเคราะห์ชุดข้อมูลการบินในสถานการณ์จำลองสามารถนำมาใช้กับระบบป้องกันทางอากาศโดยมีตัวอย่างสถานการณ์แสดงในรูปที่ 9 ดังนี้

- 1) เรดาร์ทุติยภูมิจำนวน 3 ตัว ซึ่งมีพิสัยการค้นหาวงกลมตามวงทั้งสาม
- 2) ใช้โปรแกรมจำลองอากาศยานโดยตั้ง 3 ตำแหน่งเรดาร์ทุติยภูมิ 3 ตัวตามตำแหน่งดังรูป โดยกำหนดค่าความหนาแน่นของการจำลองเท่ากับ 0.6



รูปที่ 9. สถานการณ์จำลองของข้อมูลเรดาร์ทุติยภูมิจากโปรแกรมจำลองที่นำเสนอ

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการจำลองอากาศยานในเรดาร์ทุติยภูมิสำหรับการฝึกป้องกันภัยทางอากาศ โดยใช้ข้อมูลเที่ยวบินจริงจาก FlightRadar24 โปรแกรมจำลองนี้จึงเป็นทางเลือกที่คุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสำหรับ ช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถฝึกฝนทักษะการตรวจจับด้วยเรดาร์ในสภาพแวดล้อมที่สมจริง

ประโยชน์ที่สำคัญอย่างหนึ่งของโปรแกรมจำลองคือความสามารถในการสร้างสถานการณ์การฝึกอบรมที่หลากหลาย สิ่งนี้ทำได้โดยการจำลองเรดาร์พิสัยใกล้และพิสัยกลางหลายตัว เครื่องบินประเภทต่างๆ และความหนาแน่นของการจราจรทางอากาศที่แตกต่างกัน สถานการณ์การฝึกที่หลากหลายดังกล่าวช่วยให้เจ้าหน้าที่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างเครื่องบินที่เป็นมิตรและข้าศึกได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานการณ์

การจราจรทางอากาศที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งเป็นความท้าทายที่ผู้ปฏิบัติงานเหล่านี้มักเผชิญอยู่บ่อยครั้ง

การวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบและการคำนวณอย่างละเอียดเพื่อให้มั่นใจถึงความแม่นยำและการทำงานของโปรแกรมจำลอง ด้วยเหตุนี้ เส้นทางของเครื่องบินและสภาพแวดล้อมการบินจึงถูกสร้างขึ้นอย่างละเอียดเพื่อจำลองสถานการณ์ที่สมจริง ผลลัพธ์ซึ่งถึงศักยภาพของโปรแกรมจำลองในการเพิ่มความพร้อมและประสิทธิภาพของเจ้าหน้าที่ป้องกันทางอากาศ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Hao, J., Wang, X., Yang, S., Gao, H., Yu, C., & Xing, W. (2022). Intelligent Target Design Based on Complex Target Simulation. *Applied Sciences*, 12(16), 8010.
- [2] Wang, S., & Liu, Y. (2020). Modeling and simulation of CGF aerial targets for simulation training. In *Proc. Int. Conf. Comput. Intell. Syst. Netw. Remote Control* (pp. 1-14).
- [3] Yang, P. E. N. G. (2022, April). A study on development of intelligent ground-based air defense radar under the background of modern war. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2252, No. 1, p. 012068). IOP Publishing.
- [4] Jung, Y. H., & Hong, S. M. (2003). Modeling and parameter optimization of agile beam radar tracking. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 39(1), 13-33.
- [5] Behm, A., Borkar, V. R., Carey, M. J., Grover, R., Li, C., Onose, N., ... & Tsotras, V. J. (2011). Asterix: towards a scalable, semistructured data platform for evolving-world models. *Distributed and Parallel Databases*, 29, 185-216.
- [6] EUROCONTROL: All-purpose structured EUROCONTROL surveillance information exchange (ASTERIX). <https://www.eurocontrol.int/asterix> (Accessed 11 June 2023)
- [7] Eurocontrol, CAT048 - EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX Part 4 Category 48 <https://www.eurocontrol.int/publication/cat048-eurocontrol-specification-surveillance-data-exchange-asterix-part4> (Accessed 11 June 2023)

- [8] Khamsalee, P., Mesawad, P., & Wongsan, R. (2020). Hybrid metamaterial for the secondary radar antenna system. *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, 20(3), 221-233.
- [9] Mumford, R. (2005). EADS supplies radar and weapon coordination systems to the Netherlands. *Microwave Journal*, 48(5), 147-148

การจำแนกภาพโรคใบมะเขือเทศด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน Image Classification of Tomato Leaf Diseases using Convolutional Neural Network

นัศพัชฌัน ชินปัญชรณะ

Nutchanun Chinpanthana

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

110/1-4 ถ.ประชาชื่น เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University, 110/1-4 Prachachuen rd

Laksi, Bangkok, 10210.

Received: June 24, 2023; Revised: December 12, 2023; Accepted: December 20, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – Tomato is one of the most important cultivated vegetable plants in the world. The continuous expanded production and consumption of tomato has grown quickly. It is considered a mainstay of many economic country. Tomato crops can be damage due to various kinds of diseases that are recently discovery of diagnosis errors or not prevented and controlled timely. The problems faced by farmers are typically unnoticed and lack knowledge in crop production. For developing an early treatment process, the identify infections of plant diseases in a rapid can help to reduce huge economical suffering. In agricultural practices is detect of disease manually on crops which is very complex, time-consuming and more tedious tasks. This paper discussing the technique base on digital image processing, which employs the convolutional neural network deep learning model to classify tomato leaf diseases. The dataset is classified into 10 classes: bacterial leaf spot, early blight, late blight, leaf mold, septoria leaf spot, two-spotted spider mite, target spot, cucumber mosaic virus, yellow leaf curl virus and fresh leaf. The approach is composed of four main phases: (1) data preprocessing, (2) generated model convolutional neural network, and (3) model evaluation and (4) deployment. The experimental results indicated that deep learning with convolutional neural network technique has the highest effectiveness in recognizing tomato leaf diseases with the total average accuracy at 87.96% at learning rate 0.001 for 100 epochs.

KEYWORDS: Image Classification, Tomato Leaf Diseases, Deep Learning, Convolutional Neural Networks, Image Processing

บทคัดย่อ -- มะเขือเทศเป็นพืชที่ทั่วโลกนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทำให้กลายเป็นพืชทางเศรษฐกิจที่สำคัญในหลายประเทศ และเมื่อมีการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้นทำให้มะเขือเทศเกิดเป็นโรคต่างๆเพิ่มขึ้นและบางโรคก็เพิ่งถูกค้นพบ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นคือเกษตรกรขาดความรู้ ความเชี่ยวชาญในกลุ่มโรคทำให้มีการวินิจฉัยผิดพลาดรวมทั้งไม่ได้มีการป้องกันและควบคุมโรคอย่างทันทั่วทั้งที่ทำให้เกิดปัญหาตามมา ถ้าเกษตรกรสามารถระบุการติดเชื้อโรคได้รวดเร็ว ก็จะสามารถช่วยลดปัญหาของการเกิดโรคได้ ดังนั้นจึงควรพัฒนากระบวนการดูแลพืชในระยะเริ่มต้น การระบุการติดเชื้อของโรคพืชอย่างรวดเร็วสามารถช่วยแก้ไขปัญหาก็ได้ การตรวจหาโรคในมะเขือเทศด้วยตนเองเป็นงานที่ซับซ้อนยากลำบากและใช้เวลา ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยการเรียนรู้เชิงลึกผ่านโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เพื่อทำการจำแนกโรคใบมะเขือเทศแบ่งออกเป็น 10 กลุ่ม โรคใบจุดแบคทีเรีย โรคใบจุดดวง โรคใบไหม้ โรครากมะเขือ โรคใบจุดวงกลม โรคใบสองจุด โรคใบจุดเป่ากระสุน โรคใบด่างลิบ โรคใบหงิก

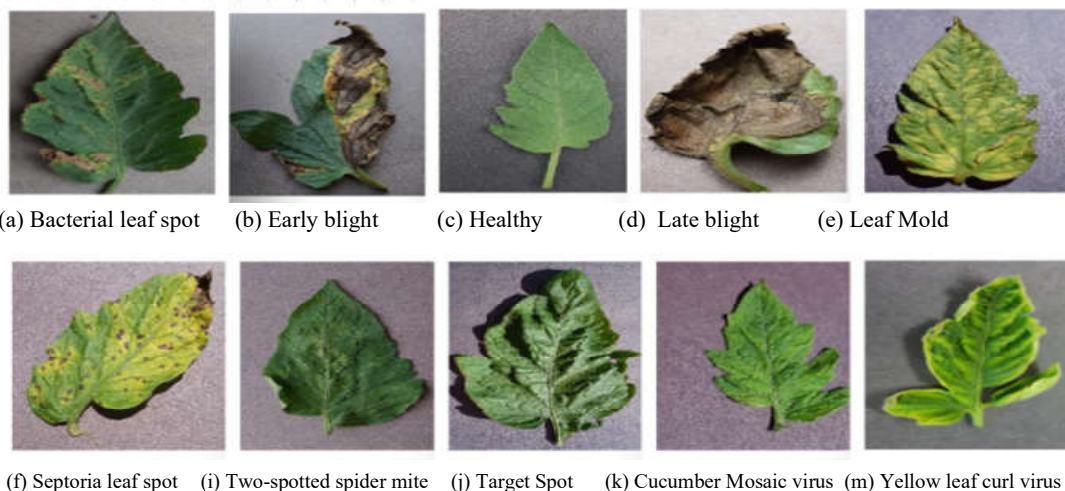
เหลือง และ ใบมะเขือเทศปกติ ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานดังนี้ (1) ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (2) การสร้างโมเดล CNN (3) การประเมินผลโมเดล และ (4) การนำโมเดลไปใช้งาน การเรียนรู้เชิงลึก ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยคุณลักษณะข้อมูลผ่านกระบวนการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ได้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถจำแนกโรคใบมะเขือเทศได้ด้วยค่าความเฉลี่ยความถูกต้องรวมอยู่ที่ 87.96% ด้วยอัตราการเรียนรู้ 0.001 ที่จำนวน 100 รอบสำหรับชุดทวนทดสอบ

คำสำคัญ: การจำแนกข้อมูลภาพ, โรคใบมะเขือเทศ, การเรียนรู้เชิงลึก, โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน, ประมวลผลภาพ

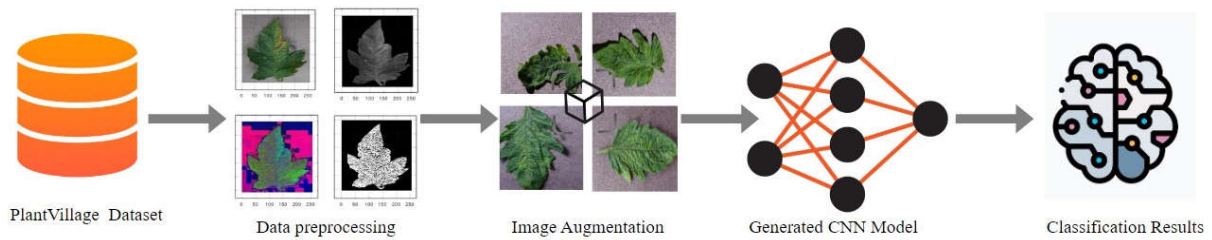
1. บทนำ

มะเขือเทศเป็นพืชที่ได้รับความนิยมในการปลูก เพราะเป็นพืชเศรษฐกิจระดับต้นๆของประเทศ การปลูกมะเขือเทศจะต้องมีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสม โดยเฉพาะภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งปลูกมะเขือเทศสำคัญ ปัจจุบันการปลูกมะเขือเทศยังต้องขยายพื้นที่ปลูก และกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศการแปรเปลี่ยนของสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกที่เพิ่มขึ้น ทำให้ส่งผลกระทบต่อสรีระวิทยาและทางกายภาพของต้นพืช ไม่ว่าจะเป็นการสังเคราะห์แสง การแบ่งเซลล์ การลำเลียงน้ำ อาหาร รวมไปถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นนี้อาจทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง พืชอ่อนแอต่อการเกิดโรคด้วยเช่นกันดังนั้นสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจะเป็นสาเหตุของการเกิดโรคได้ ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกมะเขือเทศประสบปัญหาจากโรคเหี่ยวเหี่ยวเหี่ยวเหลือง และโรคใบจุดมะเขือเทศมีสาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มชานโทโมนาสหลายชนิด (Genus *Xanthomonas*) โรคนี้พบได้ในแหล่งปลูกมะเขือเทศและพริกทั่วโลก [1] โดยเฉพาะในเขตสภาพอากาศร้อนชื้น เชื้อทำให้เกิดอาการแผลจุดขนาดเล็กสีน้ำตาลที่ใบ ลำต้นและจุดแผลมีสีเหลือง

ล้อมรอบเป็นจุดแผลตายขนาดเล็กเชื่อมต่อกันลักษณะใบไหม้และใบร่วงก่อนกำหนดได้ทำให้เกิดความเสียหายอย่างมาก เกษตรกรส่วนใหญ่ควบคุมโรคเหี่ยวเหี่ยวและเหี่ยวเหลืองมะเขือเทศได้ด้วยสารเคมีถ้าระบาดในแปลงปลูก พ่นด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืช เช่น ไดเทนเอ็ม-45 แคปแทน แมนโคเซบ หรือ คูราวิท ไธแรมซี เน็บ มาเน็บ หรือใช้สารชีวภัณฑ์ เช่น เชื้อราไตรโคเดอร์มา เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส คอลกเมสติดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่สามารถกำจัดเชื้อสาเหตุที่ติดมากับ เมล็ดพันธุ์ได้ เช่น แมนโคเซบ ไอโพรไดโอน การปลูกมะเขือเทศผสมผสานระหว่างสารเคมีและสารอินทรีย์ อีกทั้งการปลูกมะเขือเทศโดยชีววิธีด้วยแบคทีเรียปฏิภัย จะทำให้เกษตรกรมีผลผลิตมะเขือเทศและรายได้เพิ่มขึ้น [2] แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียปฏิภัยสามารถป้องกันและควบคุมการระบาดของโรคเหี่ยวเหี่ยวและโรคเหี่ยวเหลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเชื่อมั่นว่าแบคทีเรียปฏิภัยสามารถใช้ในการควบคุมโรคใบมะเขือเทศได้จริง การป้องกันกำจัดศัตรูพืชด้วยการใช้สารเคมีทางการเกษตรในการควบคุมจะเกิดประสิทธิภาพถึง 80% อย่างไรก็ตามสารฆ่าแมลงเป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสารพิษที่ตกค้างในอาหาร รวมทั้งยังทำลาย



รูปที่ 1. ภาพตัวอย่างกลุ่มการจำแนกโรคใบมะเขือเทศ



รูปที่ 2. ขั้นตอนการจำแนกโรคใบมะเขือเทศ

สภาพแวดล้อมแหล่งศัตรูธรรมชาติและแมลงที่เป็นประโยชน์ในระบบนิเวศ ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางลดการใช้สารเคมีและความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาสิ่งทดแทนการใช้สารเคมี นักวิจัยบางกลุ่มได้มีการนำเกษตรอินทรีย์เข้ามาใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชแบบผสมผสาน[3] เช่น ไคโตซาน (Chitosan) เป็นสารจากธรรมชาติที่ได้จากเปลือกกุ้งหรือปู เข้ามาใช้ควบคุมศัตรูพืช และสารสกัดจากพืชเป็นหลัก เช่น สารสะเดา สารสกัดหางไหลแดง สารสกัดว่านหางจระเข้ น้ำส้มควันไม้ เป็นต้น พบว่า การฉีดพ่นแบบถูกตัวศัตรูพืช ทำให้ตายภายในเวลา 48 ชั่วโมง และสารสกัดว่านหางจระเข้ สารสกัดหางไหลแดง และน้ำส้มควันไม้สามารถยับยั้ง ชะลอการระบาดของศัตรูพืชได้ไม่แตกต่างกับการใช้สารเคมี

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาประเภทของโรคใบมะเขือเทศประกอบกับการใช้ ทฤษฎีการประมวลผลภาพร่วมกับการประยุกต์ใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกโรคใบมะเขือเทศ

2.1 โรคใบมะเขือเทศ

มะเขือเทศ เป็นพืชที่มีความสำคัญและในช่วงฤดูมะเขือเทศจะเจริญเติบโตช้าและยังมีแมลงมารบกวน จึงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดโรคทางใบระบาดรุนแรง สามารถจำแนกโรคใบมะเขือเทศ [4] ไว้ดังนี้(1) โรคใบจุดแบคทีเรีย (bacterial leaf spot) (2) โรคใบจุดวง (Early blight) (3) โรคใบไหม้ (Late blight) (4) โรคคราก่ามะหยี่ (Leaf mold) (5) โรคใบจุดวงกลม (Septoria leaf spot) (6) โรคไรสองจุด (Two-spotted spider mite) (7)โรคใบจุดเป้ากระสุน (Target spot) (8) โรคใบค่างสีบ (Cucumber mosaic virus) (9) โรคใบหงิกเหลือง (Yellow leaf curl virus) (10) ภาพใบมะเขือปกติ (Fresh leaf) [4] ดังแสดงตัวอย่างภาพในรูปที่ 1

2.2 การประมวลผลภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้ข้อมูลนำเข้าเป็นภาพดิจิทัลของใบมะเขือเทศที่อยู่ในรูปแบบ 2 มิติโดยแต่ละพิกเซลถูกเก็บเป็นค่าความเข้มแสง (intensity) ดังนั้นจึงได้นำทฤษฎีการประมวลผลภาพมาใช้จำแนกประเภทข้อมูลภาพ (image classification) ด้วยการตรวจสอบความผิดปกติของใบจากคุณลักษณะพื้นฐานของภาพที่ถูกสกัดคุณลักษณะด้วยอัลกอริทึมต่างๆ ตัวอย่างเช่น สี (color) พื้นผิว (texture) รูปทรง (shape) เป็นต้น และนำคุณลักษณะเหล่านี้มาผสมผสานเพื่อให้เกิดการจำแนกขั้นสูงต่อไป

2.3 การเรียนรู้ของเครื่อง

ปัจจุบันการเรียนรู้ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อตอบรับกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้งานวิจัยได้มีการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์เข้ากับการจำแนกข้อมูลภาพให้ตรงตามความหมายของภาพที่ต้องการของผู้ใช้มากที่สุด ดังนั้นจึงได้นำการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เข้ามาใช้งานและการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้เพื่อทำให้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้น ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) และโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) [5][6] ผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะมีค่าความถูกต้องที่เพิ่มขึ้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีงานวิจัยศึกษาการจำแนกโรคพืชด้วยคุณลักษณะทางพฤกษศาสตร์ และการจำแนกเชื้อด้วยคุณสมบัติด้านพันธุศาสตร์โมเลกุล [7] แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีนักวิจัยพยายามจำแนกโรคมะเขือเทศจากลักษณะใบด้วยข้อมูลภาพดิจิทัลเป็นการใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพ เพื่อตรวจสอบลักษณะโรคบนใบมะเขือเทศจากคุณลักษณะพื้นฐานของภาพที่ถูกสกัดคุณลักษณะจากอัลกอริทึมต่างๆ ซึ่งเป็น

การใช้ความรู้ด้านพฤกษศาสตร์ของคุณลักษณะโรคในมะเขือเทศ เพื่อพิจารณาว่ามีรูปแบบอย่างไร ดังนั้นการใช้วิธีการประมวลผลภาพร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของการเรียนรู้คุณลักษณะที่เกิดขึ้นบนใบมะเขือเทศทำให้สามารถจำแนกประเภทของโรคได้อย่างชัดเจนและมีความถูกต้องที่มากที่สุด

การพัฒนาวิธีการเพื่อให้สามารถวิเคราะห์โรคพืชแบบอัตโนมัติเป็นความต้องการของเกษตรกร ทำให้นักวิจัยได้พยายามใช้คุณลักษณะข้อมูลภาพใบมาวิเคราะห์โรคมีหลายวิธีการ เช่น Principal component analysis (PCA), Gamma correction, Noise injection, ข้อมูลสี (color enhancement), การหมุนข้อมูล (rotation) หรือการทำสเกลลิง (scaling) [8] ข้อมูลได้ถูกสกัดเพื่อนำมาเรียนรู้และวิเคราะห์โรคบนใบมะเขือเทศ และในปัจจุบันได้มีการนำโครงข่ายประสาทเทียม เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ รวมทั้งการใช้โมเดล CNN เข้ามาใช้งานด้วยพารามิเตอร์จำนวนมากนักวิจัย Mohanty et al. [8] ได้ใช้ GoogleNet และ AlexNet เพื่อจำแนกโรคทางใบจากฐานข้อมูลภาพใบพืช PlantVillage [9] เมื่อสรุปแล้วค่าเฉลี่ยโดยรวมของการจำแนกโรคพืชด้วย GoogleNet จะได้ค่าความถูกต้องสูงกว่า AlexNet ที่มีการใช้เรียนรู้เชิงลึกด้วยเทคนิค Convolutional Neural Network Model และกลุ่มนักวิจัย Amara et al. [10] ได้จำแนกโรคบนใบกล้วยด้วย LeNet จากคุณลักษณะของสี มีกลุ่มนักวิจัยได้ทำการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเพื่อจำแนกโรค Black rot ที่เกิดจากเชื้อรา Botryosphaeria obtuse ของใบแอปเปิ้ล จากฐานข้อมูล PlantVillage [9] และได้มีการใช้โมเดลการเรียนรู้เข้ามาวิเคราะห์โรคบนใบมะเขือเทศเพิ่มมากขึ้นผลสรุปที่ได้มีค่าความถูกต้องสูงถึง 94-95% มีกลุ่มนักวิจัยใช้โมเดล AlexNet และ VGG 19 [11][12] เข้ามาวิเคราะห์โรคมะเขือเทศสามารถวัดค่าความถูกต้องได้ถึง 97.49% เช่นเดียวกันบางกลุ่มใช้โมเดล AlexNet ในการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อตรวจหาโรคในมะเขือเทศได้ค่าความถูกต้อง 95.75% และ Resnet-50 ได้ถูกออกแบบเพื่อตรวจหาโรคในใบมะเขือเทศถึง 1,000 โรคจากฐานข้อมูลภาพทั้งหมด 3,000 ภาพ ไม่ว่าจะเป็นโรค Lesion blight, โรคใบไหม้ (Late blight) หรือ โรคใบหงิกเหี่ยว (Yellow leaf curl virus) เมื่อมีการเปรียบเทียบและแก้ไขวิธีการ Leaky-ReLU ที่เคอเนลขนาด 11x11 ในคอนโวลูชันแรกแล้ว โมเดลสามารถทำนายโรคได้ด้วยค่าความถูกต้องถึง 98.30% แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถจำแนกโรคบนใบมะเขือเทศได้ครบ ดังนั้นในงานวิจัยนี้นำเสนอการจำแนกโรคมะเขือเทศด้วยการสกัดข้อมูลและทำการเรียนรู้เชิงลึก

ด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) ด้วยการเพิ่มฟังก์ชันสำหรับลดความผิดพลาดของการทำงานใน CNN ด้วยวิธี Rectified Linear Unit ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการจำแนกโรคใบมะเขือเทศ ประกอบด้วย การนำไปใช้งาน การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) การสร้างโมเดล CNN (Generated Model CNN) การประเมินผลโมเดล (Model Evaluation) และการนำโมเดลไปใช้งาน (Deployment) คือการจำแนกประเภทใบมะเขือเทศที่เป็นโรคดังแสดงในรูปที่ 2 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนแรกของการดำเนินงานเป็นการเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) เป็นการเตรียมข้อมูลภาพก่อนการประมวลผล โดยส่วนใหญ่แล้วการนำภาพเข้ามาในระบบควรเป็นภาพใบมะเขือเทศที่ชัดเจนและเต็มใบ คุณลักษณะสีภาพชัดเจนรวมทั้งไม่ควรมีสิ่งรบกวนที่ทำให้ปิดบังรูปแบบของโรค หรือการทำให้สีของรอยโรคเปลี่ยนไป สิ่งเหล่านี้อาจทำให้ยากต่อการแบ่งส่วนของรอยโรคและให้ข้อมูลที่ผิดพลาดเกี่ยวกับรูปแบบของโรคได้ เพื่อทำให้การนำภาพเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้และสร้างเป็นโมเดลที่ดีได้ในขั้นตอนต่อไป ในงานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลมาตรฐาน PlantVillage [9] ที่มีภาพของใบพืชชนิดต่างๆ ตัวอย่างเช่น ใบมันฝรั่ง ฝรั่ง แอปเปิ้ล สดอเบอร์รี่ ข้าวโพดและใบมะเขือเทศ เป็นต้นทั้งหมดรวม 50,000 ภาพ และได้คัดเลือกเฉพาะข้อมูลภาพใบมะเขือเทศที่มีบริเวณใบเด่นชัด ทั้งสี และความสว่างของภาพ รวมทั้งขนาดภาพใบที่เหมาะสมเพื่อเข้าสู่ระบบต่อไป

3.2 การประมวลผลภาพ

การกรองข้อมูลภาพด้วยค่ามัธยฐาน (Median filtering) เป็นการลดสัญญาณรบกวนในรูปภาพได้ดีกว่าตัวกรองอื่น ด้วยการหาค่ากลางของค่าความเข้มสีของบริเวณโดยรอบจุดพิจารณาที่มีขนาดตัวกรองเป็น 5x5 พิกเซลและจะช่วยการปรับรายละเอียดของรูปภาพ การใช้หลายค่าแบ่ง (Multi threshold) เพื่อแบ่งส่วนภาพ (Segmentation) เป็นหลายส่วนย่อยตามระยะนาบสี RGB (Red-Green-Blue) โดยการกำหนดค่าแบ่งตามสัดส่วนที่ถูกกำหนดสามารถเขียนสมการในการกำหนดค่าแบ่งได้ดังนี้

$$(x, y) = \begin{cases} 0, f(x, y) < T_1 \\ 1, T_1 \leq f(x, y) \leq T_2 \\ 0, f(x, y) > T_2 \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อกำหนดให้ $f(x, y)$ แทนข้อมูลภาพนำเข้าและแทนภาพสีที่มี T_1 แทนเกณฑ์ค่าแบ่งส่วนแรก และ T_2 แทนเกณฑ์ค่าแบ่งส่วนที่สอง และทำการแปลงค่าของ RGB จากค่าแบ่งโดยที่ $red(x, y)$ แทนค่าพิกเซลสีแดง $green(x, y)$ แทนค่าพิกเซลสีเขียว และ $blue(x, y)$ แทนค่าพิกเซลสีน้ำเงิน ผลที่ได้เป็นค่าแบ่งตามความสัมพันธ์ของการแปลงค่ากลุ่มสี RGB ดังแสดงในรูปที่ 2

4. การเรียนรู้เชิงลึกด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เป็นวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติที่จำลองมาจากโครงข่ายประสาทของมนุษย์ที่ประกอบด้วยโหนดมาเรียงซ้อนกัน หลายชั้น เพื่อทำการเรียนรู้ข้อมูลที่รับเข้ามาและถูกสร้างเป็นรูปแบบกลายเป็น โมเดลเพื่อนำมาใช้ในการประมวลผลและตัดสินใจ ดังแสดงในรูปที่ 3

4.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) [13] เป็นเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-layer Perceptron) มีโครงสร้างแบบลำดับชั้น (Hierarchical Architectures) ประกอบด้วย ชั้นนำเข้า (Input layer) ชั้นซ่อน (Hidden layer) และชั้นแสดงผลลัพธ์ (Output layer) ถูกออกแบบมาสำหรับการเรียนรู้ข้อมูลแบบก้าวหน้าในรอยระดับสูงเพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูลให้ได้ผลลัพธ์ในขั้นสุดท้าย สามารถเขียนการดำเนินงานเป็นลำดับชั้นพื้นฐานของ CNN ดังนี้ Convolution Layer ลำดับชั้นคอนโวลูชันจะทำการกรองข้อมูลแบบ 2 มิติ ระหว่าง ข้อมูลภาพ I , และสร้างตัวกรอง (filter) W เพื่อแยกคุณลักษณะที่สำคัญองค์ประกอบต่างของภาพ เช่น สี ลวดลาย รูปทรง และ h เป็นข้อมูลภาพอีกชั้นที่ถูกสร้างขึ้น ให้ CT แทนความสัมพันธ์ของข้อมูลเข้าและออก เมื่อตัวกรองตอบสนองจากข้อมูลเข้าที่เชื่อมต่อกับข้อมูลออกตัวเดียวกันจะถูกเชื่อมต่อกัน สามารถเขียนเป็นสมการ

$$h_j = \sum_{i,k \in CT_{i,k,j}} (I_i * W_k) \quad (2)$$

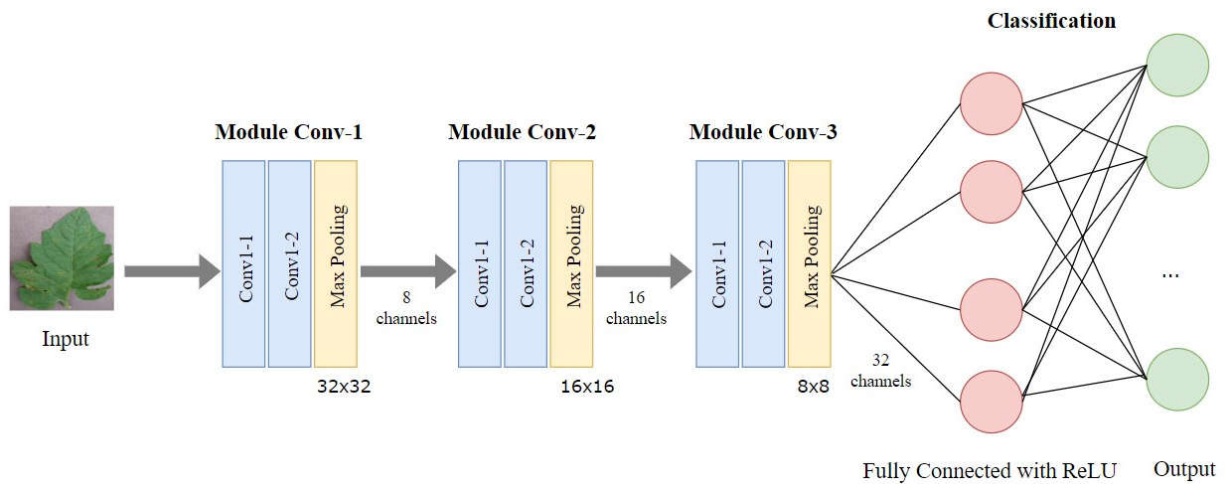
1. Sub-sampling Layer เป็นลำดับชั้นที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อกำหนดการ “Max-Pooling” เป็นการลดมิติของคุณลักษณะข้อมูลทั้งหมดเพื่อให้มีขนาดเล็กลงแต่ยังคงมีรายละเอียดที่สำคัญของข้อมูลไว้ เพื่อทำให้มีการคำนวณที่รวดเร็วขึ้นและแก้ไขปัญหา Overfitting

2. Fully-connected Layer เป็นลำดับชั้นที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อรวมข้อมูลจากลำดับชั้นของ Convolution และ Pooling แล้วนำข้อมูลมาสร้างเป็นโครงข่ายประสาทเพื่อทำการเรียนรู้
3. Output Layer เป็นลำดับชั้นข้อมูลออกที่ถูกจำแนกตามกลุ่มข้อมูลที่กำหนดไว้จากลำดับชั้น Fully-connected Layer

โดยปกติทั่วไปขั้นตอนการเรียนรู้ของ CNN จะใช้วิธีการ Rectified Linear Unit (ReLU) เป็นฟังก์ชันกระตุ้น (Activate function) ที่ทำการแปลงเมทริกซ์ให้อยู่ในรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) และทำการแก้ไขปัญหาคือ Gradient vanishing ด้วยการแทนค่าพิกเซลที่เป็นลบด้วยค่า 0 และปรับช่วงข้อมูลด้วยลำดับ Normalization layer (norm) เพื่อลดความผิดพลาดของทุกลำดับชั้นใน CNN ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สำหรับบางงานวิจัยใช้ขั้นตอน Back-propagation สำหรับการเรียนรู้ด้วย Max-Pooling CNN และใช้ค่าความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (Sum of the Squared Error) เพื่อลดความผิดพลาด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากค่าของข้อมูลโดยทั่วไปเป็นแบบไม่เป็นเชิงเส้นนั้นจะมีความผิดพลาดมากวิธีการ Stochastic Gradient Descent จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้สำหรับการทดลองเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดการติดขัดเมื่ออยู่ในจุดที่มีค่าต่ำสุด

3.3 การเพิ่มจำนวนภาพ

การสร้างโมเดลเรียนรู้จำเป็นต้องประกอบด้วย ข้อมูลฝึกสอน (Training data) ที่มีจำนวนมากพอเพื่อสร้างเป็น โมเดลที่มีประสิทธิภาพ จากจำนวนข้อมูลภาพในฐานข้อมูลนั้นมีปริมาณภาพไม่มากนัก ทำให้ต้องมีการจำลองเพื่อเพิ่มปริมาณข้อมูลภาพสำหรับการเรียนรู้ วิธีการที่ช่วยแก้ปัญหาคือการเพิ่มจำนวนภาพที่เรียกว่า Data Augmentation [14][15] เป็นการเพิ่มจำนวนข้อมูลภาพด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การบิดภาพ (Shear) การขยายภาพ (Zoom) การหมุนภาพ (Rotate) การเลื่อนภาพซ้ายขวา (Width Shift) การเลื่อนภาพขึ้นลง (Height Shift) 10% การกลับภาพแนวนอน (Horizontal Flip) การกลับภาพแนวตั้ง (Vertical Flip) การตัดภาพบางส่วน การปรับเปลี่ยนความสว่างภาพ รวมทั้งการลดความชัดเจนของภาพ ทำให้ภาพเพี้ยนไปจากความเป็นจริง จำนวนข้อมูลภาพที่เพิ่มขึ้นแสดงในตารางที่ 1 แสดงเป็นร้อยละของจำนวนภาพทั้งหมด 176,961 ภาพ ประกอบด้วยจำนวนภาพจริง 18,160 ภาพและภาพที่ถูก Augmentation 158,810 ภาพ โดยแสดงตัวอย่างภาพที่ถูก Augmentation ในรูปที่ 4



รูปที่ 3. ขั้นตอนโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ



รูปที่ 4. ภาพตัวอย่างใบมะเขือเทศที่ถูก Augmentation

ตารางที่ 1. จำนวนข้อมูลภาพตามประเภทโรคใบมะเขือเทศ

ชื่อโรค	จำนวนภาพ (%)	ภาพ Augmentation (%)
Bacterial_spot	1.2	6.49
Early_blight	0.6	9.49
Late_blight	1.1	6.17
Leaf_Mold	0.5	10.54
Septoria_leaf_spot	1.0	6.70
Spider_mites Two-spotted_spider_mite	0.9	8.24
Target_Spot	0.8	12.57
Tomato_Yellow_Leaf_Curl_Virus	0.2	8.27
Tomato_mosaic_virus	3.0	6.41
Fresh leaf	0.9	14.85

5. การวัดประสิทธิภาพและการประเมินผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการวัดและประเมินผลการทำงาน (Measurement and Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายเพื่อตรวจสอบวิธีการที่ทำการทดลองมาข้างต้นว่ามีประสิทธิภาพมากหรือน้อยเพียงใดเมื่อนำมาใช้งานจริง สำหรับข้อมูลภาพใบมะเขือเทศที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด ได้นำมาจากรฐานข้อมูลมาตรฐาน PlantVillage[9] ที่มีการเก็บข้อมูลภาพใบมะเขือเทศทั้งหมด 18,160 ภาพขนาด

256 x 256 พิกเซล เป็นชุดข้อมูลภาพใบมะเขือเทศที่ถูกคัดเลือกตามสภาพแวดล้อมรวมทั้งมีขนาดภาพใบเหมาะสม สามารถนำข้อมูลภาพมาใช้ทดลองได้ ฐานข้อมูลภาพประกอบด้วย 10 กลุ่มโรคสำคัญได้แก่ (1) โรคใบจุดแบคทีเรีย (bacterial leaf spot) (2) โรคใบจุดวง (Early blight) (3) โรคใบไหม้ (Late blight) (4) โรคราดำ (Leaf mold) (5) โรคใบจุดวงกลม (Septoria leaf spot) (6) โรคไรสองจุด (Two-spotted spider mite) (7) โรคใบจุดเปื้อนกระสุน (Target spot) (8) โรคใบด่างลิบ (Cucumber mosaic virus) (9) โรค

ใบหึงเหลือง (Yellow leaf curl virus) มาทำการทดลอง และ (10) ภาพใบมะเขือเทศปกติ (Fresh leaf tomato) ดังแสดงตัวอย่างภาพในรูปที่ 1 ข้อมูลภาพได้ถูกทำการจำลองเพื่อเพิ่มปริมาณข้อมูลภาพสำหรับการเรียนรู้ด้วยการทำ Data augmentation ประกอบด้วย การหมุน การตัดบางส่วน การปรับเปลี่ยนความสว่าง เพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลในการทดลอง รวมทั้งหมด 158,801 ภาพ ดังแสดงรายละเอียดการเพิ่มจำนวนภาพตามกลุ่มข้อมูลโรคในตารางที่ 1 การทดลองใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อสร้างโมเดลที่สามารถจำแนกข้อมูลได้เองโดย มีการระบุความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูล ปรับแต่งพารามิเตอร์เพื่อประเมินผลในแต่ละครั้งและสามารถปรับปรุงโมเดลเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเรื่อยๆ

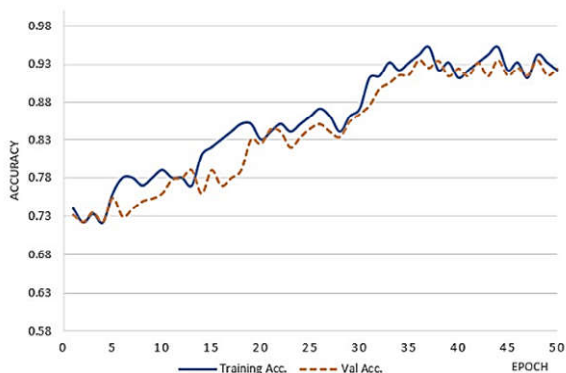
ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Tensorflow เป็น โปรแกรมแพลตฟอร์มที่บริษัท Google พัฒนาด้วยภาษาไพทอน (Python) เพื่อใช้งานสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก และใช้งานร่วมกับไลบรารี Keras ทั้งการเพิ่มจำนวนภาพด้วยการบิดเบือนรูปและการเรียนรู้โดยกำหนดให้จำนวนพารามิเตอร์ของการประเมินผลโมเดล CNN แสดงรายละเอียดพารามิเตอร์ในตารางที่ 2 ข้อมูลภาพที่ถูกนำมาใช้ทดลองจะถูกเลือกแบบสุ่มแบบ 70% 15% และ 15% สำหรับ 3 ชุดข้อมูล ประกอบด้วย ชุดข้อมูลฝึกสอน (Training set) ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing set) และ ชุดข้อมูลทวนทดสอบ (Validation set) ตามลำดับโดยไม่มีข้อมูลทับซ้อนกันในแต่ละหมวด ทำการทดลองโดยสุ่มภาพ 10 กลุ่ม ประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความถูกต้อง ประกอบด้วย ค่า

ความแม่นยำ (False positive rate / Precision: Pre.) เป็นอัตราส่วนของการตรวจพบโรคที่ถูกต้องจากจำนวนกลุ่มทั้งหมด, ค่าความระลึก (True positive rate / Recall) เป็นอัตราส่วนของการตรวจพบโรคที่ถูกต้องจากจำนวนข้อมูลที่ถูกต้องทั้งหมด

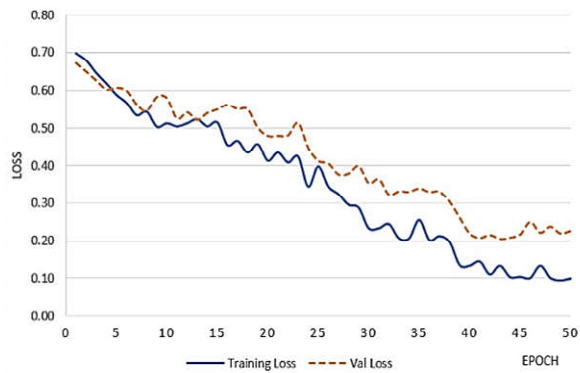
งานวิจัยนี้ได้ทดลองการจำแนกโรคในใบมะเขือเทศแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ด้วยอัตราการเรียนรู้ (Learning rate) 0.0001 และ 0.001 แต่ละชุดจะมีจำนวนรอบ (Epoch) ที่ 50 รอบและ 100 รอบ ดังแสดงผลการทดลองในกราฟรูปที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลทวนทดสอบที่อัตราการเรียนรู้ 0.0001 จำนวน 50 รอบ ชุดข้อมูลฝึกสอนมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยรวมสูงกว่าชุดข้อมูลทวนทดสอบ 85.70% , 84.14%

ตารางที่ 2. กำหนดพารามิเตอร์บนโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

พารามิเตอร์	ค่าอธิบาย
จำนวนคอนโวลูชัน	3
จำนวนชั้น Pooling	3
Drop out rate	1
Network weight Initialization	Uniform
Activation layer	ReLU
Learning rate	0.0001, 0.001
Epoch	50, 100
Batch size	36, 64

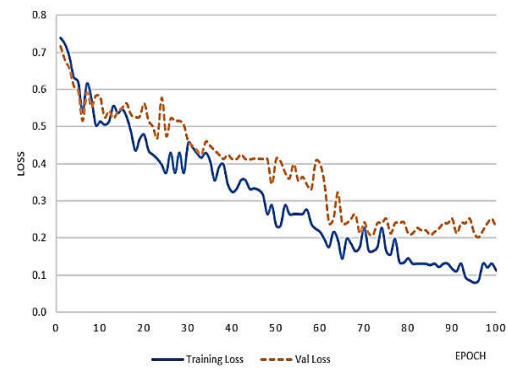
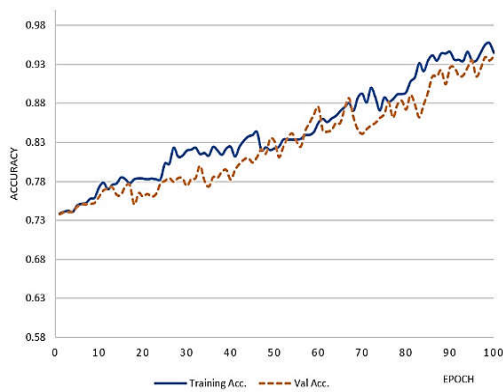


ก. กราฟแสดงค่าความถูกต้องของการเรียนรู้



ข. กราฟแสดงอัตราการเรียนรู้

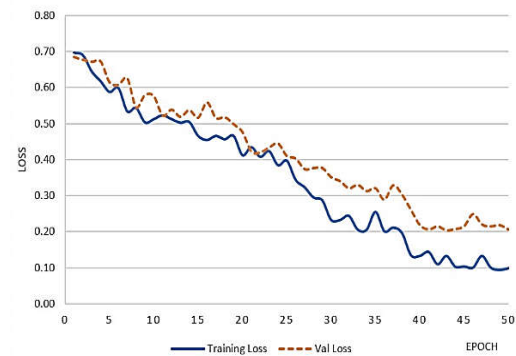
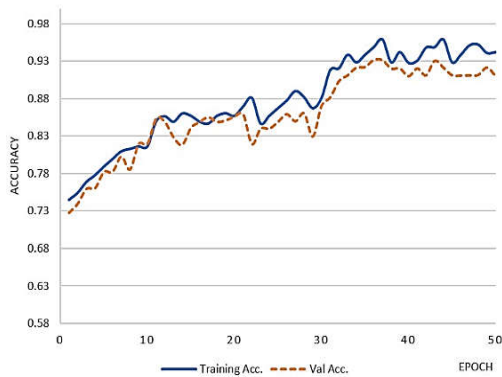
รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการจำแนกโรคใบมะเขือเทศด้วย CNN , อัตราการเรียนรู้ 0.0001 ที่จำนวน 50 รอบ



ก. กราฟแสดงค่าความถูกต้องของการเรียนรู้

ข. กราฟแสดงอัตราการสูญเสียของการเรียนรู้

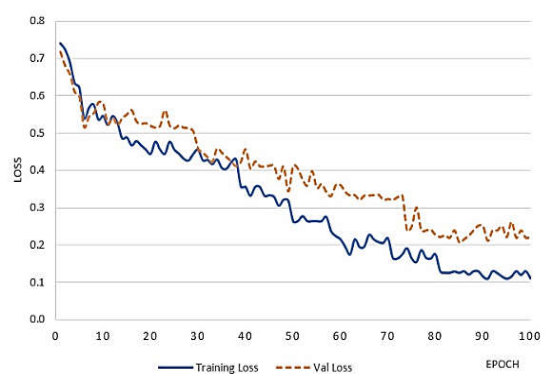
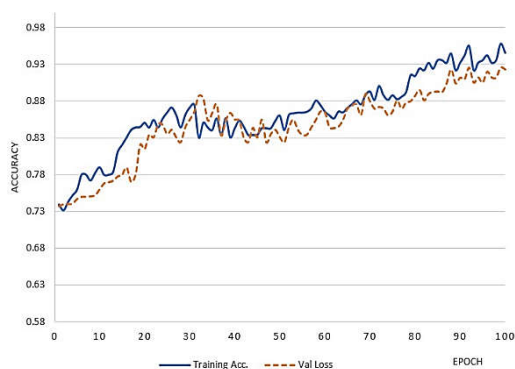
รูปที่ 6 ประสิทธิภาพการจำแนกโรคใบมะเขือเทศด้วย CNN , อัตราการเรียนรู้ 0.0001 ที่จำนวน 100 รอบ



ก. กราฟแสดงค่าความถูกต้องของการเรียนรู้

ข. กราฟแสดงอัตราการสูญเสียของการเรียนรู้

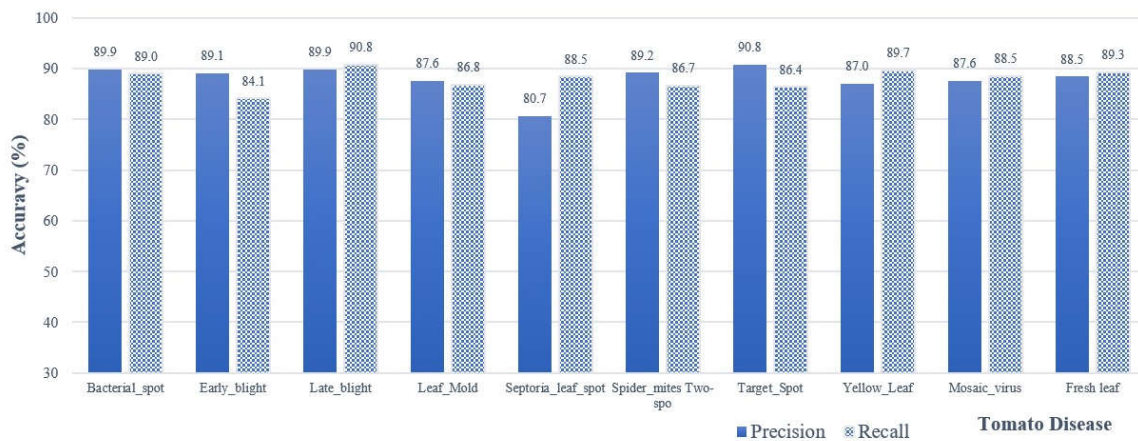
รูปที่ 7 ประสิทธิภาพการจำแนกโรคใบมะเขือเทศด้วย CNN , อัตราการเรียนรู้ 0.001 ที่จำนวน 50 รอบ



ก. กราฟค่าความถูกต้องของการเรียนรู้

ข. กราฟอัตราการสูญเสียของการเรียนรู้

รูปที่ 8 ประสิทธิภาพการจำแนกโรคใบมะเขือเทศด้วย CNN , อัตราการเรียนรู้ 0.001 ที่จำนวน 100 รอบ



รูปที่ 9 ประสิทธิภาพการจำแนกโรคใบมะเขือเทศด้วยชุดข้อมูลทวนทดสอบ อัตราการเรียนรู้ 0.001 ที่จำนวน 100 รอบ

และในทางกลับกันอัตราของการสูญเสียของชุดข้อมูลฝึกสอนจะมีค่าต่ำกว่าชุดข้อมูลทวนทดสอบ 0.35, 0.42 ตามลำดับดังแสดงรายละเอียด และในรูปที่ 5 แสดงกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่อัตราการเรียนรู้ 0.0001 จำนวน 100 รอบ ค่าความถูกต้องในชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลทวนทดสอบจะมีความถูกต้องเฉลี่ยรวม 89.41% ในขณะที่ค่าอัตราเฉลี่ยรวมของความสูญเสียลดลงอยู่ที่ 0.29 ดังแสดงในรูปที่ 6 รายละเอียดสรุปผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3 จากรูปที่ 7 แสดงกราฟการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วยชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลทวนทดสอบที่อัตราการเรียนรู้ 0.001 จำนวน 50 รอบ จากกราฟแสดงให้เห็นว่าชุดข้อมูลฝึกสอนมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยรวมสูงกว่าชุดข้อมูลทวนทดสอบ 87.84%, 86.03% ตามลำดับ และในทางกลับกันอัตราของการสูญเสียของชุดข้อมูลฝึกสอนจะมีค่าต่ำกว่าชุดข้อมูลทวนทดสอบ 0.35, 0.41 ตามลำดับ แต่เมื่อมีการเปรียบด้วยจำนวนรอบ 50 และ 100 รอบ สำหรับชุดข้อมูลทวนทดสอบจะเห็นว่าอัตราเฉลี่ยรวมของค่าความถูกต้องเพิ่มขึ้นถึง 1.93% และอัตราสูญเสียลดลงถึง 0.12 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3 และในรูปที่ 8

ตารางที่ 3. ผลการจำแนกโรคใบมะเขือเทศด้วย CNN

Learning rate	Epoch	Training Data		Validation Data	
		Average Accuracy (%)	Average Loss	Average Accuracy (%)	Average Loss
0.0001	50	85.70	0.35	84.14	0.42
	100	89.41	0.17	87.73	0.26
0.001	50	87.84	0.35	86.03	0.41
	100	89.98	0.18	87.96	0.29

จากผลการทดลองจำแนกโรคใบมะเขือเทศตามกลุ่มด้วยชุดข้อมูลทวนทดสอบ โดยกำหนดให้อัตราการเรียนรู้ 0.001 ที่จำนวน 100 รอบจากรูปที่ 9 จะเห็นว่าค่าความแม่นยำของกลุ่มโรค Target_Spot Bacterial_spot และ Late_blight สูงถึง 90.8% 89.9% และ 89.9% ในขณะที่ค่าความแม่นยำของ Fresh leaf อยู่ที่ 88.5% แสดงรายละเอียดในรูป แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองโดยรวมจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวมสำหรับการจำแนกข้อมูลโรคใบมะเขือเทศในชุดทวนทดสอบจะอยู่ที่ 87.96% ด้วยอัตราการเรียนรู้ 0.001 ที่จำนวน 100 รอบ ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดลองในงานวิจัยก่อนหน้านี้และสามารถนำโมเดลการเรียนรู้นี้มาประยุกต์ใช้งานสำหรับการจำแนกข้อมูลต่อไป

6. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ นำเสนอการจำแนกภาพโรคใบมะเขือเทศด้วยการเรียนรู้เชิงลึกโดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ด้วยฟังก์ชันกระตุ้น ReLU และปรับช่วงข้อมูลด้วยลำดับ Normalization layer เพื่อลดความผิดพลาดของทุกลำดับชั้นใน CNN ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จากผลการทดลองด้วยข้อมูลภาพใบมะเขือเทศที่ถูกคัดเลือกจากฐานข้อมูลภาพมาตรฐานเพื่อจำแนก 10 กลุ่มได้แก่ โรคใบจุดแบคทีเรีย, โรคใบจุดวง, โรคใบไหม้, โรครากไหม้, โรคใบจุดวงกลม, โรคไรสองจุด, โรคใบจุดเป่ากระสุน, โรคใบด่างลิบ, โรคใบหงิกเหือง และเปรียบเทียบกับภาพใบมะเขือเทศปกติ

ผลการทดลองจะเห็นว่า มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการจำแนกโรคใบมะเขือเทศสูงถึง 87.96% สำหรับการทดลองในชุดข้อมูลทวน

ทดสอบที่อัตราการเรียนรู้ 0.001 จำนวน 100 รอบ และมีอัตราการเรียนรู้ 0.29 แต่อย่างไรก็ตามการทดลองนั้นยังมีข้อจำกัดของใบมะเขือเทศที่จำกัดมาก เนื่องจากข้อมูลภาพนำเข้าต้องมีความสมบูรณ์ของภาพพอสมควรจึงสามารถจำแนกได้ดี ดังนั้นยังคงเป็นสิ่งที่ต้องแก้ไขและปรับปรุงวิธีการเพื่อให้ตอบรับกับข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้นสำหรับการทดลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Grieneisen, M.L., Aegerter, B.J., Scott Stoddard, C., Zhang, M., “Yield and fruit quality of grafted tomatoes, and their potential for soil fumigant use reduction,” A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 38, no. 29, 2018.
- [2] Hasan, R.I., Yusuf, S.M., Alzubaidi, L., “Review of the state of the art of deep learning for plant diseases: A broad analysis and discussion,” *Plants*, vol. 9, no. 10, pp. 1–25, 2020.
- [3] Thummabenjapone, P. & Phola, S., “A highly potential fungicide to control *Stemphylium* sp., a causal agent of gray spot of tomato,” In *Proceeding The 8th National Plant Protection Conference*. pp. 383-391, 2007.
- [4] Dookie, M., Ali, O., Ramsubhag, A., and Jayaraman, J., “Flowering gene regulation in tomato plants treated with brown seaweed extracts,” *Scientia Horticulturae*. vol. 276, 2021.
- [5] Durmus, H., Gunes, E. O., and Kirci, M., “Disease detection on the leaves of the tomato plants by using deep learning”, 2017 6th international conference on agro-geoinformatics. *Agro-Geoinformatics*, pp. 1–5, 2017.
- [6] Mortazi, A.; Bagci, U., “Automatically designing CNN architectures for medical image segmentation,” In *Proceedings of the International Workshop on Machine Learning in Medical Imaging*, Granada, Spain, pp. 98–106, 2018.
- [7] Prabira Kumar Sethya, Nalini Kanta Barpandaa, Amiya Kumar Rathb, Santi Kumari Beherab, “Image Processing Techniques for Diagnosing Rice Plant Disease: A Survey,” *Procedia Computer Science*, 167, pp. 516–530, 2020.
- [8] Mohanty SP, Hughes DP, Salath M., “Using deep learning for image-based plant disease detection,” *Front Plant Sci*, vol. 7. no. 1419. 2016.
- [9] The Plant Village dataset: <https://www.kaggle.com/emmarex/plantdisease>
- [10] Amara J, Bouaziz B, Algergawy A., “A deep learning based approach for banana leaf diseases classification,” *International Journal of Creative Research Thoughts*, vol 6. Issue 2, pp. 79-88. 2017.
- [11] Rangarajan, A.K.; Purushothaman, R.; Ramesh, A. Tomato crop disease classification using pre-trained deep learning algorithm. *Procedia Comput. Sci.* 2018, 133, 1040–1047.
- [12] Sangeetha, R.; Rani, M., “Tomato Leaf Disease Prediction Using Transfer Learning,” In *Proceedings of the International Advanced Computing Conference 2020*, Panaji, India, 2020.
- [11] Too, E.C.; Yujian, L.; Njuki, S.; Yingchun, L., “A comparative study of fine-tuning deep learning models for plant disease identification,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 161, pp. 272–279, 2019.
- [13] Agarwal, M.; Gupta, S.K.; Biswas, K.K., “Development of Efficient CNN model for Tomato crop disease identification. Sustain,” *Comput. Inform. Syst.* vol. 28, pp. 100407–100421, 2020.
- [14] M. A. Tanner, and W. H. Wong, “The Calculation of Posterior Distributions By Data Augmentation,” *Journal Of The American Statistical Association*, vol. 82 no. 398, pp.528–540, 1987.
- [15] M. D. Bloice, C. Stocker, and A. Holzinger, “Augmentor: An Image Augmentation Library for Machine Learning,” *The Journal of Open Source Software*, vol.2. pp. 1-5, 2017.

การวิเคราะห์สถาปัตยกรรมองค์กร กรณีศึกษา กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา
**The Enterprise Architecture Analysis: A Case Study of The Division of Finance,
University of Phayao**

พิชัย ไชยกุล^{1*}, เกวรินทร์ จันทร์คำ² และสิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล³
Pichai Chaikul¹, Kaewarin Jandum² and Sitthidet Vachirasricirikul³

¹ งานธุรการและพัฒนาระบบ กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา

¹ *Administration and System Development, Division of Finance, University of Phayao*

² สาขาวิชาธุรกิจดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา

² *Department of Digital Business, School of Information and Communication Technology, University of Phayao*

³ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

³ *Department of Electrical Engineering, School of Engineering, University of Phayao*

Received: November 14, 2023; Revised: December 15, 2023; Accepted: December 20, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – Division of finance, University of Phayao is an agency that provides the financial and fiscal supports by establishing the financial and accounting policies, as well as, preparing a database and the financial reports of the university so that the management is efficient and also it responds to the change in the future. The purpose of this research is to analyze and determine the planning and operation frameworks according to the organizational architecture framework of the division of finance, University of Phayao. By using the TOGAF architecture framework, it can divide the analysis into 4 parts and also it can design an enterprise blueprint in order to see the overall picture of the organization and also it can manage systematically. In addition, it can be used in the supporting and decision-making of executives and also it can be utilized for assessing the satisfaction of the division of finance, University of Phayao. Here, the studied target groups consisted of the accounting finance and supplies network groups in University of Phayao, are 41 people. In satisfaction assessment, for the statistic used in the analysis, it is the mean and the standard deviation. For the evaluation results, it is found that the overall satisfaction is in a high level that the mean value is 4.22 and the standard deviation value is 0.77.

KEYWORDS: Enterprise Architecture, Enterprise Blueprint, Organization

*Corresponding Author: pichai.cha@up.ac.th

บทคัดย่อ -- กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยาเป็นหน่วยงานที่ให้การสนับสนุนด้านการเงินและการคลัง โดยกำหนดนโยบายการเงินการบัญชี รวมถึงจัดทำฐานข้อมูลและรายงานด้านการเงินของมหาวิทยาลัย เพื่อให้การบริหารจัดการนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต วิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และกำหนดกรอบการวางแผนและการดำเนินงานตามกรอบสถาปัตยกรรมองค์กรของกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา โดยใช้ TOGAF Architecture Framework แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ด้านและทำการออกแบบพิมพ์เขียวองค์กร (Enterprise Blueprint) เพื่อให้เห็นภาพรวมขององค์กรและสามารถบริหารจัดการอย่างเป็นระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำมาใช้ในสนับสนุนและการตัดสินใจของผู้บริหารและทำการประเมินความพึงพอใจของการให้บริการของกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา โดยกลุ่มเป้าหมายที่กำหนดประกอบด้วยกลุ่มเครือข่ายการเงินบัญชีและกลุ่มเครือข่ายพัสดุในมหาวิทยาลัยพะเยา จำนวน 41 คน ในการประเมินความพึงพอใจ สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการประเมินพบว่า ความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.22 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77

คำสำคัญ: สถาปัตยกรรมองค์กร, พิมพ์เขียวองค์กรรวม, องค์กร

1. บทนำ

กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา ได้มีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนากองคลังประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 – 2570 [1] ระยะเวลา 5 ปี เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวทางการขับเคลื่อนการปฏิบัติงานทางด้านการคลังอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับปรัชญาวิสัยทัศน์ พันธกิจ กับแผนยุทธศาสตร์การพัฒนากองคลังมหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อให้การบริหารจัดการนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต จึงได้ดำเนินการศึกษาจัดทำแนวทางการพัฒนาสถาปัตยกรรมองค์กร (Enterprise Architecture) [2] เพื่อยกระดับการดำเนินการภายในให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น และก่อให้เกิดการบูรณาการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศกระบวนการดำเนินงาน และการวางแผนการปฏิบัติงาน สร้างความเชื่อมโยงกระบวนการปฏิบัติงาน ลดความซ้ำซ้อนด้านข้อมูลสารสนเทศกับระบบโปรแกรมประยุกต์และสนับสนุนการดำเนินงานต่างๆภายในองค์กร รวมทั้งการนำข้อมูลสารสนเทศเหล่านั้นมาวิเคราะห์ให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว ทันสมัย ทันเวลา รองรับการให้บริการแก่ส่วนงานหรือหน่วยงานภายนอก และนำมาใช้ในการตัดสินใจของผู้บริหารต่อไป การวิจัยและเผยแพร่ผลงานวิจัยได้รับการอนุญาตจากกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยาเรียบร้อยแล้ว

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินการวิจัยนี้ได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

(Enterprise Architecture : EA)

EA มีต้นกำเนิดมาจากแนวคิดทางสถาปัตยกรรมที่นำมาใช้กับงานสถาปัตยกรรมในสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มาตรฐาน IEEE 1471 (ISO/IEC 42010:2007) ให้นิยามคำว่าสถาปัตยกรรมว่าเป็น องค์การพื้นฐานของระบบที่ประกอบอยู่ในส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่างกัน และสิ่งแวดล้อม และหลักการ ที่ชี้นำการออกแบบและการพัฒนา [3]

EA คือการแสดงองค์รวมขององค์กรในแง่ของกลยุทธ์หลัก ซึ่งกลยุทธ์หลักเหล่านี้มักจะพัฒนามาจากโดเมนต่างๆ ของสถาปัตยกรรมธุรกิจ สถาปัตยกรรมข้อมูล และสถาปัตยกรรมเทคโนโลยี สถาปัตยกรรมธุรกิจจะกล่าวถึงกลยุทธ์ทางธุรกิจ กระบวนการ บริการ โครงสร้าง นโยบาย และการกำกับดูแล ส่วนสถาปัตยกรรมเทคโนโลยีจะกล่าวถึงในเรื่องโครงสร้างพื้นฐานความปลอดภัย แอปพลิเคชัน ข้อมูลหลัก ข้อมูลธุรกรรม และรูปแบบอื่นๆ ของข้อมูลและสินทรัพย์สารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับองค์กร [4]

3.วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิเคราะห์ห้องกรด้วย TOGAF Architecture Framework [5] โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน

3.1.1 สถาปัตยกรรมด้านธุรกิจ โดยการวิเคราะห์ศักยภาพของสถานะปัจจุบันของสถาปัตยกรรมองค์กรตามหลักการ TOWS Matrix [6]

3.1.2 สถาปัตยกรรมด้านข้อมูลสารสนเทศ รวบรวมข้อมูลสารสนเทศในองค์กรเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ข้อมูล

3.1.3 สถาปัตยกรรมด้านแอปพลิเคชัน รวบรวมระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นเองหรือซอฟต์แวร์สำเร็จรูปเพื่อใช้ภายในส่วนงาน

3.1.4 สถาปัตยกรรมด้านโครงสร้าง เทคโนโลยีที่ใช้ในการสนับสนุนการทำงานขององค์กรรวมถึงกลุ่มอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ระบบเครือข่ายและระบบสื่อสาร โทรคมนาคม ตลอดจนระบบ System Software กระบวนการ (Process) และมาตรฐาน (Standard)

จากนั้นวิเคราะห์หากรอบแนวทางและขั้นตอนวิธีที่ใช้เพื่อออกแบบพิมพ์เขียวองค์กร (Enterprise Blueprint)

3.2. ประเมินความพึงพอใจการให้บริการ

การประเมินความพึงพอใจใช้สถิติที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ดังสมการที่ 1

โดย $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย (1)

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมด

n คือ จำนวนประชากร

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังสมการที่ 2

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad (2)$$

โดย S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมด

n คือ จำนวนประชากร

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลวิเคราะห์ห้องกรด้วย TOGAF Architecture Framework

4.1.1 สถาปัตยกรรมด้านธุรกิจ (Business Architecture)

การวิเคราะห์กลยุทธ์ของสถานะปัจจุบันของสถาปัตยกรรมองค์กรตามหลักการ TOWS MATRIX โดยเป็นการรวมโอกาสและภัยคุกคามจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้ากับจุดแข็งและจุดอ่อนจากภายในองค์กรสรุปกลยุทธ์และแนวทางปฏิบัติที่จำเป็นเพื่อให้บริการภารกิจ [7] แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงการวิเคราะห์องค์กร มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย TOWS Matrix

ปัจจัยภายใน (Internal factors)	จุดแข็ง (Strength)	จุดอ่อน (Weakness)
	S1. มีระบบสารสนเทศและทรัพยากรด้านสารสนเทศที่ทันสมัย รองรับในการสนับสนุนการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ S2. บุคลากรมีประสบการณ์และความเชี่ยวชาญในงานที่ปฏิบัติคำปรึกษาและคำแนะนำแก่ผู้ใช้บริการ S3. ผู้บริหารตามลำดับชั้นที่ชัดเจน รับฟัง แก้ไขปัญหา และให้ข้อคิดเห็นต่อผู้ได้บังคับบัญชาเพื่อนำไปสู่การพัฒนาองค์กรให้ดีขึ้น	W1.บุคลากรการเงินของส่วนงานขาดความเข้าใจในการเชื่อมโยงกับกระบวนการปฏิบัติงาน W2.บุคลากรการเงินของส่วนงานยังขาดความรู้ความเข้าใจในการเบิกจ่ายให้ถูกต้องตามระเบียบ ประกาศ W3.บุคลากรยังขาดความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีที่จะช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการงาน W4.ระบบสารสนเทศที่ใช้ในการปฏิบัติงานไม่เชื่อมโยงกัน ทำให้มีการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อน
ปัจจัยภายนอก (External factors) $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$		

ตารางที่ 1. แสดงการวิเคราะห์กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา ด้วย TOWS Matrix (ต่อ)

โอกาส (Opportunity)	กลยุทธ์เชิงรุก (SO Strategy)	กลยุทธ์เชิงแก้ไข (WO Strategy)
O1. สถาบันการเงินเปิดการเชื่อมต่อให้สามารถใช้ข้อมูลของธนาคารเพื่อนำไปพัฒนาระบบบริการทางการเงิน O2. เทคโนโลยีสมัยใหม่รองรับการทำงานด้านออนไลน์มากขึ้น O3. ทุกส่วนงานมีเจ้าหน้าที่การเงินที่รองรับการบริหารจัดการด้านการเงินภายใน O4. ผู้บริหารให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานด้านการเงินการคลัง	SO1.สามารถพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เชื่อมต่อกับสถาบันการเงินเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานด้านการเงินการคลัง (S2,O1,O2,O4) SO2.สร้างและพัฒนาเครือข่ายผู้ปฏิบัติงานด้านการเงินการคลังภายในมหาวิทยาลัยให้มีแนวปฏิบัติการเบิกจ่ายเป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (S1,S3,O3,O4)	WO1.การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศที่เชื่อมต่อกับสถาบันการเงินเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานด้านการเงินการคลังนั้นต้องใช้เวลาที่เชี่ยวชาญ (W1,W4,O1,O2,O4) WO2. ส่งเสริมให้มีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลการเงินของส่วนงานต่างๆ เพื่อนำมาใช้งานและทำการลงรายการบัญชีที่เดียว (W4,O2) WO3.อบรมเครือข่ายผู้ปฏิบัติงานด้านการเงินการคลังให้มีความรู้ความเข้าใจด้านกระบวนการการเบิกจ่ายเงินตามระเบียบและประกาศของมหาวิทยาลัยพะเยา (W1,W2,W3,W4,O3)
อุปสรรค (Threat)	กลยุทธ์เชิงป้องกัน (ST Strategy)	กลยุทธ์เชิงรับ (WT Strategy)
T1. การปรับเปลี่ยน กฎหมาย ระเบียบและแนวปฏิบัติ ส่งผลกระทบต่อการปฏิบัติงานในปัจจุบัน T2. นโยบายส่งเสริมของรัฐ กระทบต่อการปฏิบัติงาน T3. การปรับเปลี่ยนการใช้เครื่องมือในการทำงานไม่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน T4. ส่วนงานพัฒนาระบบเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานของตนเองโดยไม่มีจุดเชื่อมโยงกับระบบส่วนกลาง	ST1. ติดตาม ศึกษา อบรม กฎหมาย ระเบียบและแนวปฏิบัติ ให้เข้าใจ ก่อนนำไปใช้ในการปฏิบัติจริง และส่งผ่านกระบวนการให้กับส่วนงานผ่าน KM ประจำปี (S1,S3,T1) ST2. ติดตามแถลงการณ์การออกแนวปฏิบัติการเบิกจ่ายโครงการของรัฐ และส่งผ่านข่าวสารให้กับกลุ่มเครือข่ายการเงิน (S1,S3,T2) ST3. จัดหาอุปกรณ์เครื่องมือเสริมการทำงานให้เหมาะสมตามสภาพแวดล้อมการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน (S2,T3) ST4. กำหนดนโยบายนักพัฒนาระบบให้มีการบูรณาการข้อมูลร่วมกันอย่างเป็นระบบ (S2,T4)	WT1. พัฒนาความรู้และทักษะกระบวนการด้านการเงินและเครื่องมือการใช้งานให้ทันสมัย ติดตาม ศึกษา ระเบียบ นโยบายต่างๆ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง (W1,W2,W3,T1,T2) WT2. ความรู้เทคนิคการใช้เครื่องมือการทำงาน (W3,T3) WT3. มีแผนบูรณาการฐานข้อมูลเฉพาะให้มีจุดศูนย์กลางดำเนินงานเดียวกัน (W4,T4)

4.1.2 สถาปัตยกรรมด้านข้อมูล (Data Architecture)

โดยการศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการหลัก พร้อมกับการเก็บรวบรวมข้อมูลและสารสนเทศจากการปฏิบัติงานระบบสารสนเทศภายในองค์กร มีการกำหนดแผนพัฒนายุทธศาสตร์ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการด้านการเงินและคลังข้อมูลทางการเงิน ที่มีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการวางแผนและตัดสินใจ โดยการพัฒนาระบบให้สามารถรองรับความต้องการการใช้ข้อมูลของผู้บริหารได้และลดขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนั้น องค์ประกอบของสถาปัตยกรรมด้านข้อมูล (Data Architecture) ถูกกำหนดเพื่อเชื่อมโยงกลุ่มข้อมูลที่แยกตามระบบสารสนเทศที่ใช้สนับสนุนการดำเนินงานและเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล ERP ที่มีอยู่ ประกอบด้วยข้อมูลและสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการด้านการเงินและบัญชี เช่น กระบวนการจัดทำงบประมาณ การเงินรับ กระบวนการจัดซื้อและจัดจ้าง

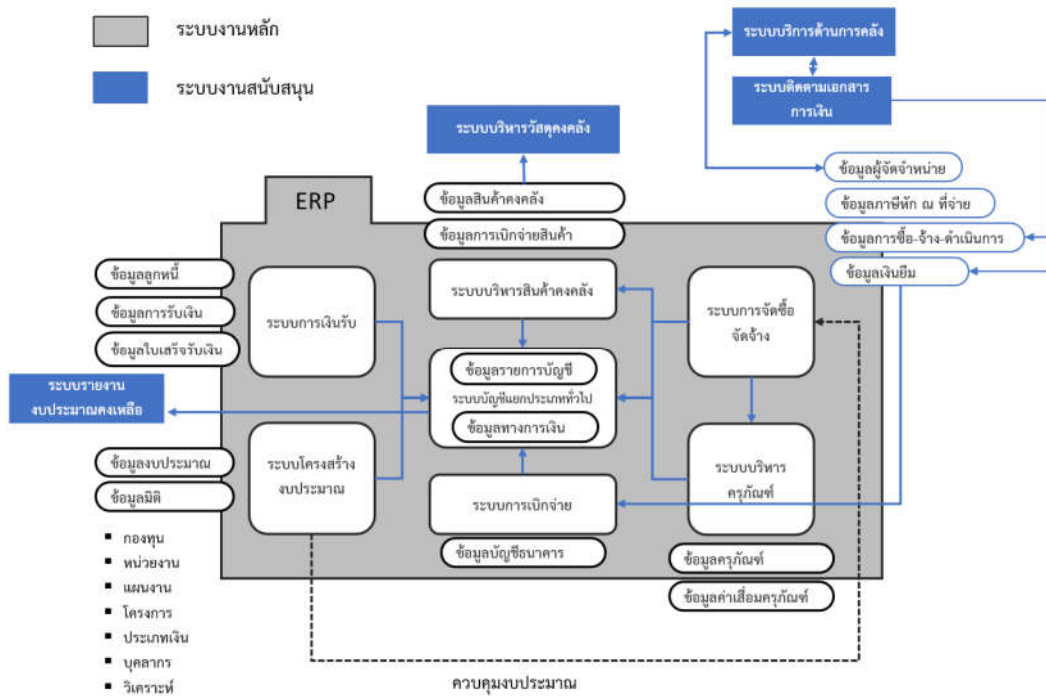
การบริหารจัดการสินค้าคงคลังและครุภัณฑ์ และการบัญชีโดยมีองค์ประกอบข้อมูลและสารสนเทศ ดังรูป 1

4.1.3 สถาปัตยกรรมด้านแอปพลิเคชัน (Application Architecture)

ปัจจุบัน กองคลังมีการพัฒนาระบบงาน (Application) [8] เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติงานก่อนข้างหลากหลาย โดยมีระบบงานหลักซึ่งเป็นระบบที่ใช้สำหรับการกิจหลักขององค์กรโดยตรงคือ ระบบ ERP [9] ที่มีการใช้งานครอบคลุมหน่วยปฏิบัติการหลายหน่วยงาน และมีการเชื่อมโยงบูรณาการข้อมูลเรียบร้อยแล้วระบบงานสนับสนุนอื่นๆโดยส่วนใหญ่มีลักษณะการใช้งานข้อมูลผ่าน Linked Server Database เพื่ออ่านเขียนข้อมูลจากฐานข้อมูล ERP มีการพัฒนาระบบขึ้นมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มเติม จากประเด็นข้อพิจารณาดังกล่าว สถาปัตยกรรมด้านระบบงาน (Application Architecture) จึงถูกจัดกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ระบบงานหลัก ระบบงานสนับสนุน ดังรูป 2

รายการข้อมูล	กระบวนการ					
	งบประมาณ	การเงินรับ	การเบิกจ่าย	จัดซื้อจัดจ้าง-ดำเนินการ	สินค้าและครุภัณฑ์	บัญชี
ข้อมูลบัญชีธนาคาร			●			●
ข้อมูลภาษี			●	●		●
ข้อมูลการซื้อ-จ้าง-ดำเนินการ	●			●	●	●
ข้อมูลเงินเยิม	●		●	●		●
ข้อมูลผู้จัดจำหน่าย			●	●		●
ข้อมูลใบเสร็จรับเงิน		●				●
ข้อมูลการรับเงิน		●				●
ข้อมูลลูกค้า		●				●
ข้อมูลธุรกรรมทางการเงิน				●		●
ข้อมูลลงรายการบัญชี	●	●	●	●	●	●
ข้อมูลงบประมาณ	●		●	●		●
ข้อมูลนิติ	●	●	●	●	●	●
ข้อมูลค่าเสื่อมครุภัณฑ์					●	●
ข้อมูลการเบิกจ่ายสินค้า					●	●
ข้อมูลครุภัณฑ์					●	●
ข้อมูลสินค้าคงคลัง					●	●

รูปที่ 1.แสดงข้อมูลในระบบ ERP

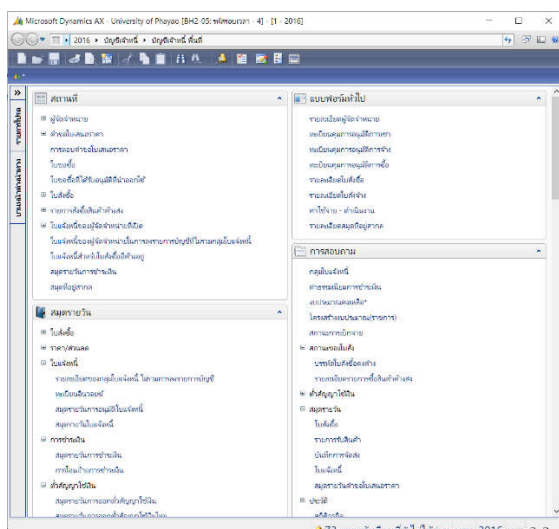


รูปที่ 2. แสดงแผนภาพการเชื่อมโยงระบบงานหลักและระบบงานสนับสนุน

1) ระบบงานหลัก ประกอบด้วยระบบงานดังต่อไปนี้

1.1) ระบบวางแผนทรัพยากรองค์กร (ERP)

กองคลัง นำมาใช้ในการดำเนินงานตามพันธกิจ ประกอบด้วยระบบด้านบัญชี การเงินและพัสดุ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการปิดบัญชีของมหาวิทยาลัยพะเยา ให้เสร็จตามกำหนดเวลาโดยมีตัวอย่างหน้าจอของระบบฯ ดังรูปที่ 3

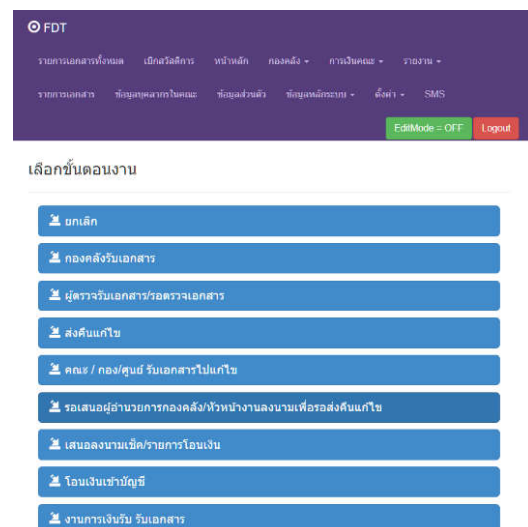


รูปที่ 3. แสดงหน้าจอโปรแกรม Microsoft Dynamic AX 2009 ระบบ ERP

2) ระบบงานสนับสนุน ประกอบด้วยระบบงานดังต่อไปนี้

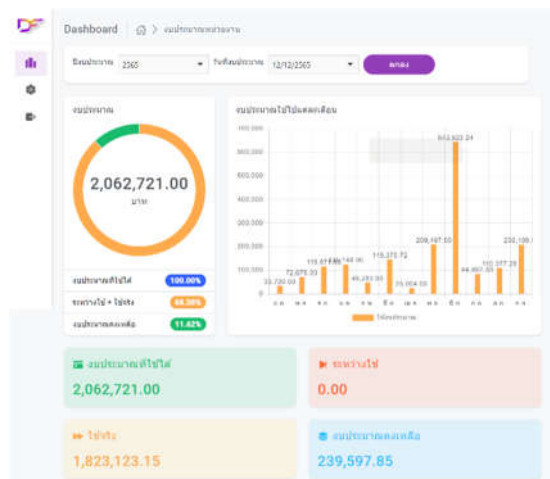
2.1) ระบบติดตามเอกสารการเงิน (Financial Document Tracking)

เป็นระบบสนับสนุนเพื่อใช้ในการดำเนินงานควบคู่ไปกับระบบ ERP โดยใช้เครื่องอ่านรหัสบาร์โค้ดอ่านเก็บสถานะต่างๆของเอกสารเพื่อให้ทราบถึงการดำเนินการของเอกสารการเงิน โดยสามารถส่งข้อความและอีเมลแจ้งเตือนผู้ที่ทำรายการ ดังแสดงในรูปที่ 4



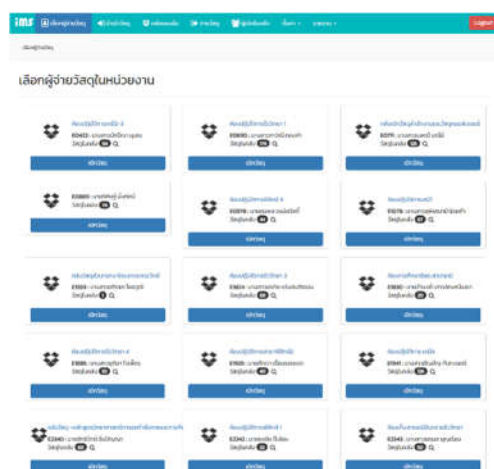
รูปที่ 4. ระบบติดตามเอกสารการเงิน

2.2) ระบบรายงานงบประมาณคงเหลือ เป็นการนำข้อมูลทางการเงินของแต่ละส่วนงานในมหาวิทยาลัยพะเยาจากฐานข้อมูลระบบ ERP นำมาจัดทำข้อมูลสรุปยอดเงิน งบประมาณตั้งต้น ปรับปรุง โอนย้าย ใช้ไป ระหว่างใช้ คงเหลือ ในรูปแบบของ Dashboard เพื่อให้สามารถเห็นจำนวนเงินงบประมาณคงเหลือที่แท้จริงได้อย่างรวดเร็ว โดยเจ้าหน้าที่การเงินของส่วนงานสามารถเข้าไปตรวจสอบงบประมาณได้ด้วยตนเอง ดังแสดงในรูปที่ 5



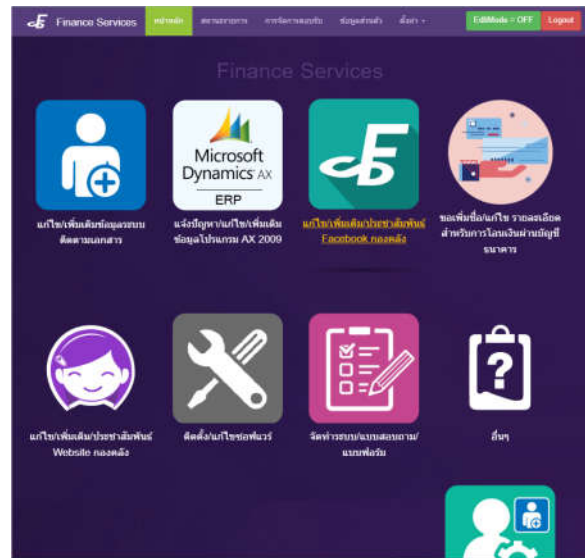
รูปที่ 5. หน้าจอระบบรายงานงบประมาณคงเหลือ

2.3) ระบบบริหารวัสดุคงคลัง (IMS) เป็นระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการวัสดุของหน่วยงานให้สามารถใช้ในการเบิกจ่ายวัสดุคงคลังโดยการนำเอาข้อมูลการเบิกจ่ายของสินค้าคงคลังของระบบ ERP มาพัฒนาระบบต่อเนื่องให้สามารถใช้ในระดับคลังย่อย โดยผู้ขอเบิกจ่ายวัสดุสามารถทำการเบิกจ่ายวัสดุในระบบด้วยตนเอง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6. หน้าจอระบบบริหารวัสดุคงคลัง

2.4) ระบบบริการด้านการคลัง (Finance Service) เป็นระบบการจับเก็บบันทึกการขอใช้บริการต่างๆของกองคลัง โดยจะมีบริการต่างๆ เช่น การแก้ไข เพิ่มเติมข้อมูลในระบบต่างๆของกองคลัง เพิ่มข่าวประชาสัมพันธ์หน้าเว็บไซต์ และ Facebook ขอเพิ่มชื่อหรือแก้ไขบัญชีธนาคารในระบบ ERP โดยผู้ที่ขอทำการจะขอเพิ่มได้จากแอปพลิเคชันนี้ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7. หน้าจอระบบบริการด้านการคลัง

4.1.4 สถาปัตยกรรมด้านโครงสร้าง (Infrastructure Architecture) ถูกนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานในด้านต่างๆ ทั้งด้าน ธุรกิจ แอปพลิเคชัน ข้อมูล และความมั่นคงปลอดภัย โครงสร้างพื้นฐานถูกแบ่งออกเป็นหมวดหมู่แสดงภาพรวมและรายการโครงสร้างพื้นฐานของกองคลังมหาวิทยาลัยพะเยา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงภาพรวมและรายการ โครงสร้างพื้นฐาน

ประเภท	รายการ	รายละเอียด
Operation System	Windows	- ระบบปฏิบัติการของบริษัท Microsoft ซึ่งมีใช้ในสำนักงานเพื่อติดตั้งบน Desktop Computer และ Laptop สำหรับงานทั่วไปในหน่วยงาน - ติดตั้งบน Server สำหรับให้บริการเว็บไซต์และระบบต่างๆ
Hardware (client)	Desktop Computer	คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ มีลักษณะการใช้งานในสำนักงานทั่วไป เช่น งานเอกสาร พัฒนาระบบ ออกแบบประชาสัมพันธ์
	Laptop	- เครื่องแล็ปท็อป เริ่มถูกใช้งานแทนที่คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ - สามารถขนย้ายได้สะดวก มีความคล่องตัวและมีประสิทธิภาพสูง
	Tablet	แท็บเล็ต (Tablet) เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก พกพาง่าย สะดวก เป็นอุปกรณ์สนับสนุนการทำงานระดับผู้บริหาร
	LCD Monitor	จอภาพ เป็นอุปกรณ์ที่รับสัญญาณจากการ์ดแสดงผล มาแสดงเป็นภาพบน จอภาพ โดยมีการใช้งานในส่วนห้องประชุม ใช้สนับสนุนการดำเนินงาน
	IP Phone	โทรศัพท์ภายในสำนักงานที่ให้บริการผู้บริหาร โดยใช้เทคโนโลยี VoIP สามารถใช้งานผ่าน Network โดยไม่ต้องเดินสายโทรศัพท์ และเลขหมายประจำตัวของผู้ใช้งานของเจ้าหน้าที่แต่ละท่านสามารถใช้งานระบบโทรศัพท์ได้จากทุกแห่งที่มีการติดตั้งเครื่อง IP Phone
	CCTV	CCTV กล้องวงจรปิด เป็นการส่งสัญญาณภาพ ที่ได้ติดตั้งตามที่ต่างๆ มายังส่วนรับภาพ/ดูภาพ โดยปัจจุบันมีการติดตั้งกล้องวงจรปิดครอบคลุม บริเวณพื้นที่ 16 ตัว
Hardware (Server)	Database Server	Database กองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ โดยใช้ Microsoft SQL Server
	E-mail Server	เครื่องบริการรับ-ส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถรองรับการรับ-ส่งจดหมายทั้งแบบที่เป็นข้อความและรูปภาพ และมีที่เก็บข้อมูลผู้ติดต่อผู้ใช้งานที่เรียกว่า Address book โดยสามารถใช้งานผ่าน Web browser และ Mail client
	AD Server	Active Directory เป็นเครื่องมือที่มีพร้อมทั้ง Windows Server Operating System โดยทำหน้าที่ช่วยจัดการทรัพยากรในระบบจากจุดศูนย์กลางโดยเครื่องมือของ Server Domain Controller โดย Active Directory มาใช้งานในการควบคุมการเข้าถึงเครื่องใช้งานพนักงานของมหาวิทยาลัยพะเยา และการเข้าใช้งาน VPN
	Web Server	ศูนย์บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ให้บริการ Server และดูแลระบบการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งถูกใช้ในการจัดเก็บข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายหรือเครื่องให้บริการภายในมหาวิทยาลัยพะเยา มีกระบวนการทำสำเนาข้อมูลและจัดเก็บไว้ในสถานที่แยกเพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายเนื่องจากความล้มเหลวของฮาร์ดแวร์ ภัยธรรมชาติ หรือการสูญหายของข้อมูลประเภทอื่นๆ จะทำการสำรองข้อมูลทุกวัน และทำให้สามารถกู้คืนระบบได้ทันทีในกรณีที่เกิดปัญหากับเซิร์ฟเวอร์หลัก
	Backup and Replicate Server Storage Log Server	- ให้บริการเว็บไซต์ และระบบต่างๆของกองคลังโดยผ่านโปรโตคอล HTTPS ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ - งานจัดเก็บฐานข้อมูล Database - ข้อมูลเสมือน Virtualization / Cloud - Log ภายใน
	LAN	การเชื่อมต่อแบบมีสาย ในการเชื่อมโยงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ถึงกันภายในมีความเร็ว 1 Gbps
Network	WIFI	การเชื่อมต่อแบบไร้สาย โดยมี AP จะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ Wireless ชนิดต่างๆ เข้ากับระบบเน็ตเวิร์ก โดยครอบคลุมการให้บริการพื้นที่ภายในกองคลัง มีจำนวน 4 จุด ความเร็ว 400 Mbps
	SSLVPN	- ประเภทของเครือข่ายส่วนตัวเสมือน (VPN) ที่ใช้ Secure Sockets Layer (SSL) เพื่อสร้างการเชื่อมต่อที่ปลอดภัยและเข้ารหัสระหว่างอุปกรณ์ไคลเอนท์และ Server VPN - SSLVPN ใช้เพื่อเข้าถึงทรัพยากรจากระยะไกล และเป็นวิธีที่ปลอดภัยและสะดวกสำหรับเจ้าหน้าที่ ในการเข้าถึงทรัพยากรและข้อมูลที่สำคัญในขณะที่ทำงานนอก

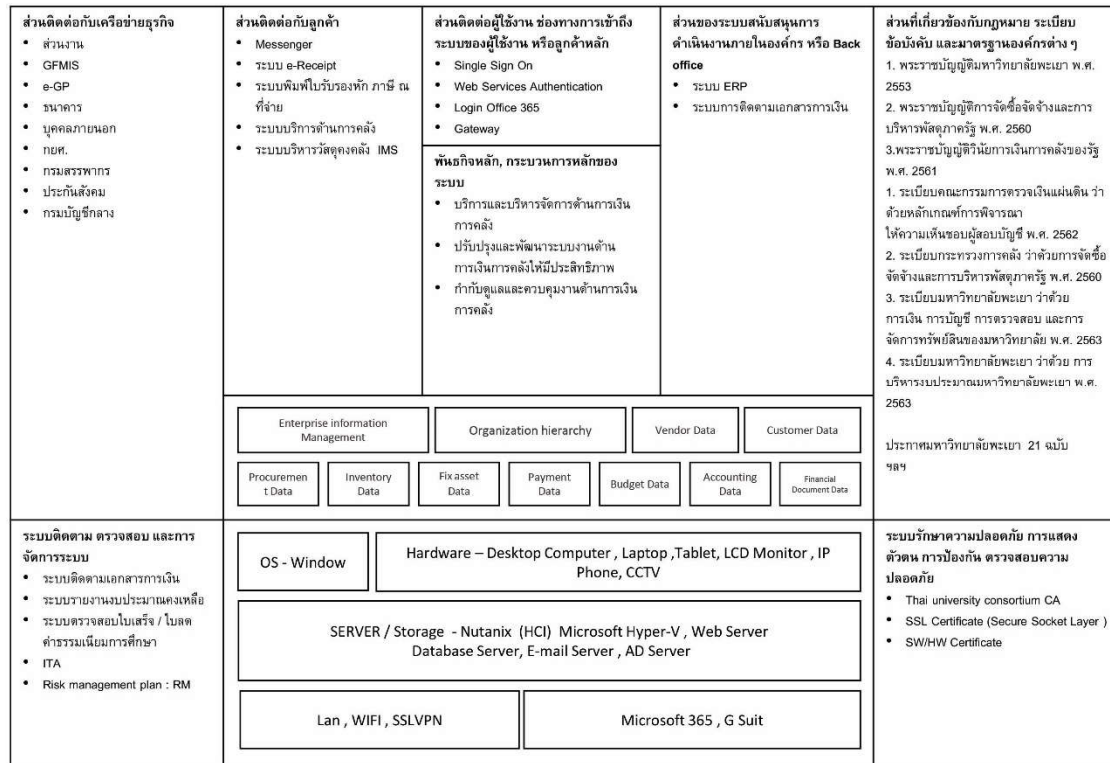
ความมั่นคงปลอดภัย (Security) และระบบติดตาม ตรวจสอบ การจัดการระบบ เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับด้านอื่นๆ ของสถาปัตยกรรมองค์กร ทั้งด้านธุรกิจ แอปพลิเคชัน ข้อมูล และโครงสร้างพื้นฐาน โดยที่ความมั่นคงปลอดภัย ซึ่งเน้นในเรื่องธรรมาภิบาล (Governance) การบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management) และ ความสอดคล้องกับกฎระเบียบ (Compliance) แต่ละส่วนถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

1.กฎหมาย (Law) 2.ข้อบังคับและระเบียบ(Regulation) 3. มาตรฐาน (Standard) และระบบติดตาม ตรวจสอบ การจัดการระบบ โดยมีการติดตามการดำเนินงานของโครงการให้เข้ากับแผนบริหารจัดการความเสี่ยงและควบคุมภายใน (RM-Plan) การประเมินคุณธรรมและความโปร่งใสในการดำเนินงานของหน่วยงานมหาวิทยาลัยพะเยา (UP-ITA) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. รายการมาตรการควบคุมความมั่นคงปลอดภัย และระบบติดตาม ตรวจสอบ การจัดการระบบ

มาตรการควบคุม	ขอบเขตการบังคับใช้	แหล่งที่มา
กฎหมาย		
พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2553	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	ราชกิจจานุเบกษา
พระราชบัญญัติการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	ราชกิจจานุเบกษา
พระราชบัญญัติวินัยการเงินการคลังของรัฐ พ.ศ. 2561	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	ราชกิจจานุเบกษา
ข้อบังคับและระเบียบ		
ระเบียบคณะกรรมการตรวจเงินแผ่นดิน ว่าด้วยหลักเกณฑ์การพิจารณาให้ความเห็นชอบผู้สอบบัญชี พ.ศ. 2562	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	ราชกิจจานุเบกษา
ระเบียบกระทรวงการคลัง ว่าด้วยการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ พ.ศ. 2560	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	ราชกิจจานุเบกษา
ระเบียบมหาวิทยาลัยพะเยา ว่าด้วย การเงิน การบัญชี การตรวจสอบ และการจัดการทรัพย์สินของมหาวิทยาลัย พ.ศ. 2563	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	มหาวิทยาลัยพะเยา
ระเบียบมหาวิทยาลัยพะเยา ว่าด้วย การบริหารงบประมาณมหาวิทยาลัยพะเยา พ.ศ. 2563	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	มหาวิทยาลัยพะเยา
ระเบียบมหาวิทยาลัยพะเยา ว่าด้วย การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล พ.ศ. 2566	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา
ประกาศมหาวิทยาลัยจำนวน 21 ฉบับ		
มาตรฐาน		
Thai University Consortium certificate ลายมือชื่อดิจิทัลซึ่งใช้รับรองที่ออกโดย Thai University CA ในการลงลายมือชื่อ	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	
ระบบติดตาม ตรวจสอบ และการจัดการระบบ		
RM-Plan แผนบริหารจัดการความเสี่ยงและควบคุมภายใน	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	มหาวิทยาลัยพะเยา
UP-ITA การประเมินคุณธรรมและความโปร่งใสในการดำเนินงานของหน่วยงานมหาวิทยาลัยพะเยา	ทั้งมหาวิทยาลัยพะเยา	มหาวิทยาลัยพะเยา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากสถาปัตยกรรมทั้ง 4 ด้านนั้นทำให้สามารถออกแบบทำการออกแบบพิมพ์เขียวองค์กร (Enterprise Blueprint) ของกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9. การออกแบบพิมพ์เขียวองค์กร (Enterprise Blueprint) ของกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจในการให้บริการของกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยา

ข้อคำถามของแบบประเมินความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.
1. การใช้งานโปรแกรม Microsoft Dynamic AX2009 (ระบบ ERP) มีความสะดวก รวดเร็ว	4.37	0.77
2. การใช้งานระบบติดตามเอกสารการเงิน (Financial Document Tracking) มีความสะดวก รวดเร็ว	4.61	0.59
3. การใช้งานระบบวัสดุคงคลัง (IMS) มีความสะดวก รวดเร็ว	4.54	0.55
4. การใช้งานระบบบริการด้านงานคลัง (Finance Service) มีความสะดวก รวดเร็ว	4.24	0.83
5. ขั้นตอนการให้บริการด้านเบิกจ่ายเงินมี ความรวดเร็วและถูกต้อง	4.00	0.97
6. ขั้นตอนการให้บริการเป็นระบบ ชัดเจน ไม่ซับซ้อน	3.98	0.88
7. ขั้นตอนการให้บริการด้านรับ-ส่ง เอกสารมี ความรวดเร็วและถูกต้อง	4.20	0.78
8. ขั้นตอนการให้บริการ ประชาสัมพันธ์ ที่รวดเร็ว ทันเหตุการณ์ และถูกต้อง	3.98	0.91
9. มีระบบสารสนเทศเพื่ออำนวยความสะดวกในการให้บริการ	4.37	0.73
10. มีความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของสถานที่	4.37	0.70
ค่าเฉลี่ย	4.26	0.77

5. สรุป

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และกำหนดกรอบทางในการวางแผนและการดำเนินงาน ตามกรอบสถาปัตยกรรมองค์กรด้วย TOGAF enterprise architecture model โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) สถาปัตยกรรมด้านธุรกิจ 2) สถาปัตยกรรมด้านข้อมูลสารสนเทศ 3) สถาปัตยกรรมด้านแอปพลิเคชัน 4) สถาปัตยกรรมด้านโครงสร้าง

จากแนวคิดด้านสถาปัตยกรรมข้างต้นสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้เช่นเดียวกับนายอรรณพ ตาคะนันท์ [10] ได้ออกแบบสถาปัตยกรรมองค์กรโดยใช้ TOGAF มาช่วยในการจัดการปัญหาความซ้ำซ้อนภายในมหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย ทำการออกแบบสถาปัตยกรรมทางธุรกิจสารสนเทศและเทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาการจัดเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อนกัน โดยใช้ระบบฐานข้อมูลแบบรวมศูนย์ และได้กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงาน ให้มีความสอดคล้องกับนโยบายข้อกำหนด ของหน่วยงานภาครัฐ และคณะสงฆ์ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของหน่วยงานภาครัฐด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทางการศึกษา ให้การยอมรับและพึงพอใจว่ามีความเหมาะสมกับสภาพการณ์ ช่วยลดความซ้ำซ้อนของงาน มีภาพที่ชัดเจนภายในมหาวิทยาลัย ปัจจุบันเห็นด้วยกับสถาปัตยกรรมองค์กรนี้ให้นำไปประยุกต์ใช้จริง

เสาวณี จันทร์รอด [11] ศึกษาและสร้างแผนภาพแสดงความซับซ้อนของระบบบริการออกใบอนุญาตประกอบกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยใช้ TOGAF เป็นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมทางธุรกิจและสารสนเทศนำเสนอต้นแบบพิมพ์เขียวของระบบในการให้บริการออกใบอนุญาตกิจการน้ำมันเชื้อเพลิง มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการออกใบอนุญาต เพื่อแก้ปัญหาจากความซับซ้อน ลดต้นทุนในการพัฒนาและบำรุงรักษาระบบสารสนเทศขององค์กร เพิ่มประสิทธิภาพงานโดยลดเวลาปฏิบัติงานได้จากการทดสอบด้วยสถานการณ์จำลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพ

สามารถสรุปได้ว่า สถาปัตยกรรมองค์กรเป็นแนวคิดที่ใช้เพื่อตอบสนองวิสัยทัศน์ พันธกิจ และยุทธศาสตร์ โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นองค์ประกอบหรือเป็นเครื่องมือในการผลักดันกระบวนการทางธุรกิจขององค์กร อย่างเป็นระบบ มีมาตรฐาน เป็นกระบวนการที่จะปรับปรุงธุรกิจตามแนวทางกลยุทธ์ขององค์กร โดยมีการศึกษา วิเคราะห์ และอ้างอิงถึงสิ่งที่

องค์กรเป็นอยู่ในปัจจุบัน สถาปัตยกรรมองค์กรไม่เพียงแต่พิมพ์เขียว (Enterprise Blueprint) หรือเอกสารที่ระบุรายละเอียดต่าง ๆ เท่านั้น แต่เพื่อให้องค์กรสามารถมองเห็นและขับเคลื่อนธุรกิจโดยสามารถบริหารจัดการองค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพสอดคล้องตามแผนยุทธศาสตร์ และนโยบายขององค์กรนั้นๆ เพื่อให้เห็นภาพรวมขององค์กรและสามารถบริหารจัดการอย่างเป็นระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำมาใช้ในสนับสนุนและการตัดสินใจของผู้บริหาร

เมื่อได้ทราบถึงภาพรวมองค์กรด้วยสถาปัตยกรรมองค์กรแล้ว เพื่อให้ทราบถึงความพึงพอใจที่มีต่อกองคลัง มหาวิทยาลัยพะเยาต่อผู้ปฏิบัติงานคือกลุ่มเครือข่ายการเงินและบัญชีและกลุ่มเครือข่ายงานพัสดุ จึงใช้แบบประเมินความพึงพอใจการให้บริการ จำนวน 41 คน พบว่าผู้ที่มีความพึงพอใจในการให้บริการอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.26 ผลการประเมินความพึงพอใจในการให้บริการของกองคลัง พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.26$, $SD = 0.77$) โดยในแต่ละด้านพบว่า 1) การใช้งานโปรแกรม Microsoft Dynamic AX 2009 (ระบบ ERP) มีความสะดวก รวดเร็ว อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.77$) 2) การใช้งานระบบติดตามเอกสารการเงิน (Financial Document Tracking) มีความสะดวก รวดเร็ว อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$, $SD = 0.59$) 3) การใช้งานระบบบัญชีคลัง (IMS) มีความสะดวก รวดเร็วอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.54$, $SD = 0.55$) 4) การใช้งานระบบบริการด้านงานคลัง (Finance Service) มีความสะดวก รวดเร็วอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.24$, $SD = 0.83$) 5) ขั้นตอนการให้บริการด้านเบิกจ่ายเงินมีความรวดเร็วและถูกต้องอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.00$, $SD = 0.97$) 6) ขั้นตอนการให้บริการเป็นระบบ ชัดเจน ไม่ซับซ้อน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.98$, $SD = 0.88$) 7) ขั้นตอนการให้บริการด้านรับ-ส่งเอกสารมีความรวดเร็วและถูกต้องอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.20$, $SD = 0.78$) 8) ขั้นตอนการให้บริการประชาสัมพันธ์ที่รวดเร็ว ทันเหตุการณ์ และถูกต้อง อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.98$, $SD = 0.91$) 9) มีระบบสารสนเทศเพื่ออำนวยความสะดวกในการให้บริการ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.73$) 10) มีความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของสถานที่ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.70$) ตามลำดับ

โดยสามารถวิเคราะห์แนวทางออกมาได้ว่าควรทำการปรับปรุงขั้นตอนการให้บริการในการเบิกจ่ายนั้นให้มีความชัดเจน ไม่ซับซ้อน ด้วยการทบทวนการปรับแก้ ประกาศมหาวิทยาลัยในเรื่องของการเบิกจ่ายให้เหมาะสม ทันสมัย และแสดงขั้นตอนการเขียนผังการปฏิบัติงานรวมถึงการประชาสัมพันธ์ข่าวสาร ข้อบังคับ ประกาศ แนวปฏิบัตินั้นให้รวดเร็ว ทันต่อเหตุการณ์ ให้กับเครือข่ายการเงินทุนที่มีมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแก้ไข และจัดโครงการการจัดการความรู้ (Knowledge Management: KM) ให้กับบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย อีกทั้งอบรมพูดคุยกันระหว่างภายในเครือข่ายการเงิน ให้มีความรู้ ความเข้าใจ ในระบบงานด้านการเงินการคลัง ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและเป็นไปตามระเบียบประกาศของมหาวิทยาลัยให้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น เพื่อให้การบริหารจัดการบริการด้านเบิกจ่ายเงินนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- [1] Division of Finance, University of Phayao, “Development Strategic Plan of Division of Finance Fiscal Year 2566 – 2570,” <https://finance.up.ac.th>, 2022. [Online]. Available: <https://finance.up.ac.th/V2/F/Strategic2566-2570.pdf>. [Accessed Feb. 5, 2023].
- [2] A. Goel, H. Schmidt, and D. Gilbert, “Towards formalizing virtual enterprise architecture,” in *2009 13th Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops*, Auckland, New Zealand, 2009: IEEE, pp. 238-242.
- [3] ISO/IEC/(IEEE), “ISO/IEC 42010 (IEEE Std) 1471-2000 : Systems and Software engineering - Recommended practice for architectural description of software-intensive systems,” p. 23, 07 2007.
- [4] D. Draheim and G. Weber, *Trends in Enterprise Application Architecture*: 2nd International Conference, TEAA 2006, Berlin, Germany, November 29-December 1, 2006, Revised Selected Papers. Springer, 2007.
- [5] The Open Group. Core Concept of TOGAF, 2022. [Online]. <https://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/> [Accessed Feb. 5, 2023].
- [6] H. Weihrich, “The TOWS matrix-A tool for situational analysis,” *Long Range Planning*, vol. 15, no. 2. Elsevier BV, pp. 54–66, Apr. 1982.
- [7] D. Dewanto, “TOWS matrix as business strategy of BP. Tapera,” *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147- 4478), vol. 11, no. 7, pp. 62–77, Nov. 2022
- [8] “e-Services in Division of Finance, University of Phayao,” <https://finance.up.ac.th>, 2023. [Online]. Available: <https://finance.up.ac.th/V2/#eservices>. [Accessed Feb. 5, 2023].
- [9] E. E. Watson and H. Schneider, “Using ERP Systems in Education,” *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 1, 1999
- [10] T. Unnop. and N. Smitti. “A Novel Design Buddhist Education Enterprise Architecture” *Saeng Isan*, Vol.16, (2), pp. 203-222, 2019.
- [11] C. Saowanee. and T. Sotarat. “The design and evaluation of business and information architectureblueprintfor the oil and gas businesslicensing.” *Science and Technology* , Vol.4, (3), pp. 138-156, May -June, 2017.

Design and Simulation of Chessboard Coding Wave Artifacts

*Tanatorn Tantipiriyakul and Komsan Kanjanasit**

College of Computing, Prince of Songkla University, Phuket Campus, 83120, Thailand

Received: November 2, 2023; Revised: December 18, 2023; Accepted: December 20, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – This paper presents a numerical simulation of a binary chessboard-coding artifact in the designs of wave objects for upcoming smart communication in a centimeter-wave range. The binary-coding artificial structures can be composed of a mixture of two types of unit cells with the digital states of “0” and “1” elements in a two-dimensional (2D) structure. The binary characters are essential to a unity magnitude of a reflection type with the dependence of an opposite phase response at 0° and 180° . The proposed binary coding configuration relies on utilizing an artificial magnetic conductor (AMC) which is formed by a patch-based array over a perfect ground surface with a dielectric slab. The scattering characteristic is illustrated at the operating frequency of 10 GHz. The antenna device as a wave object is designed using the binary chessboard-coding artifact with a function of wave radiation. With a simulation technique, numerical analysis provides an understanding of the electromagnetic (EM) effect of binary-coding unit cells and antenna designs. The results of a computational process can identify the potential properties of the chessboard-coding artifact.

KEYWORDS: Chessboard Coding Artifact, Coding Metamaterial, Chessboard Metamaterial, Wave Object

1. Introduction

A new class of artificial structures has been proposed in the name of digital and coding metamaterials [1][2]. The coding metamaterial is fundamentally related to information metamaterial [3] and software-defined metamaterial [4]. The design concept can be connected between the digital signal domain and electromagnetic field (EMF) wave. These advanced metamaterials are highlighted by interfacing with a digital binary sequence for programmability and reconfigurability. The structural artifacts have been formed by applying non-uniform unit cells in a difference of phase and amplitude in a periodic platform. The discrete configurations are realized on the combination of two-type unit cells with an opposite reflection phase. The concept of information entropy can be used to explain the metamaterial mechanism [5]. The principle of generalized Snell's law describes the effect on the scattering angles of wave incidence by creating a mixture of discrete unit cells in phase-varied patterns [6]. The essence of metamaterial is also detailed to illustrate anomalous wave phenomena [7]. Modern methodology of machine learning techniques is applied to design physically unusual patterns to generate coding

sequences on metamaterials [8]. The coding metamaterial comes with a phase and amplitude discontinuity to manipulate unusual wavefronts in radiation and serve as intelligent metasurfaces [9].

The designs of the reduction of radar cross-section (RCS) have been subjected to research works based on employing chessboard-coding metamaterials which have the potential to improve the scattering effect [10][11][12]. The metasurface is designed with a discontinuity of properties of periodic surfaces that is proposed to enhance antenna performance [13]. In addition, antenna objects can cooperate with chessboard periodic surfaces that have been introduced to enhance radiation characteristics [14]. The radiation mechanism relied on Fabry-Perot antennas in designing a superstrate, however, the configuration came up with a volumetric structure [15][16]. The chessboard supercell structures are complicated in terms of physical design. In this work, we emphasize the design of a planar chessboard-coding artificial structure. The antenna object is proposed as a wave artifact in the use of compact chessboard-coding patterns. The characterization of binary coding artificial structures is performed using a numerical simulation. The

*Corresponding Author: komsan.k@psu.ac.th

performance analysis and investigation are reflected to understand the EM effect of the scattering properties. As applied for a wave object, the antenna configuration is synthesized for a new-type planar artificial structure. The platform of a binary coding artifact and 2D synthesized antenna structure are demonstrated in Section 2. The numerical results and discussion of unit-cell and antenna objects are described in Section 3. The conclusion is detailed in Section 4.

2. Proposed Configurations

This section describes the configurations of the binary coding artifacts and the planar antennas in terms of design methodology and modeling.

2.1 The Chessboard-Coding Wave Object

The EM foundation of perfect electric and magnetic conductors is the essence of the duality of electromagnetism with distinct reflection-type phases. The concept behind chessboard-coding object design involves combining two reflective surfaces, comprising perfect electric conductor (PEC) and artificial magnetic conductor (AMC) structures. The PEC surfaces naturally exhibit a reflective phase of 180° due to their inherent conductivity. While the perfect magnetic conductor (PMC) material is unavailable in nature, AMC structures can be engineered using periodic resonators, offering a reflective phase of 0° in a particular frequency. These PEC and AMC structures exhibit electric and magnetic responses, symbolized as binary states to “1” and “0” elements. In this context, the chessboard coding wave artifact is created by the mixture of PEC and AMC units for wave manipulation with an internal field excitation in the planar structure as shown in Figure 1.

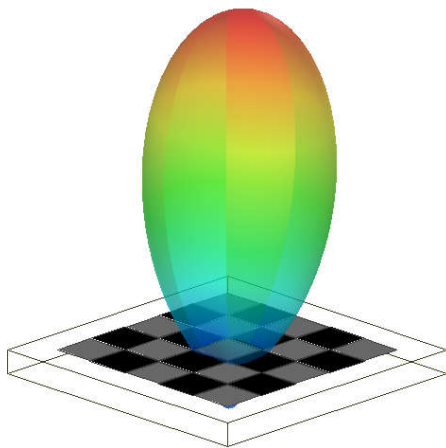


Figure 1. 3D view of the two-state chessboard-coding wave artificial object with a radiation pattern.

2.2 The Binary Coding Artifact Structure

Figure 2 shows the evolution of the binary-coding patterns of a supercell (a group of unit cells) to build an

artificial structure using two types of basic capacitive unit cells. The fully and partially square metallic patches act as “1” (PEC) elements and “0” (AMC) elements to shape a double-side configuration. These configurations are used for designing a binary coding artifact. The periodic array of 2×2 cells of the binary patches is positioned on the top surface, whereas the blank metal is placed on the bottom surface of a dielectric slab. In this study, the dielectric property is a constant of 4.4 with zero loss tangent. These structural configurations are referred to as high-impedance surfaces. The AMC-based structure can be theoretically represented by a thin cavity with a phase-difference analysis [17]. The EM properties of a reflection and transmission-type phase are a fundamental element in investigating these binary coding supercells. The evolution of the supercells is created in different four patterns starting with the fully “0” uniform elements (Figure 2(a)), the vertical stripe (Figure 2(b)), the horizontal stripe (Figure 2(c)), and the chessboard (Figure 2(d)). It is illustrated that the chessboard can correspond to the bitwise operator utilizing the logic operator with an exclusive OR/NOR function between the vertical stripe and horizontal stripe.

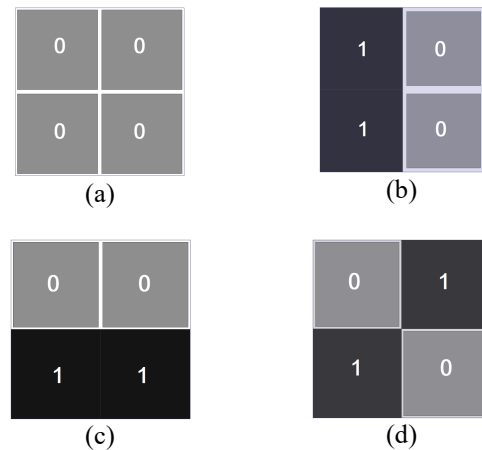


Figure 2. Schematic patterns of the evolution of the binary supercells from (a) toward (d) consisting of “0” and “1” elements in patterns of a) fully “0” uniform elements (uniform version), b) the vertical stripe, c) the horizontal stripe, and d) the chessboard patterns.

2.3 The Supercell Modeling

To analyze wave properties, the 2D periodic structure model is established based on an EM boundary condition. It enables the characterization of the field response of the designed unit cells. Figure 3 provides a depiction of the 3D structure, which is a supercell composed of the chessboard scheme. The analysis process can be applied using two structural models of the supercells. First, a pack of four binary-coding patch

elements with a ground surface is modeled referring to a high-impedance surface as shown in Figure 3(a). Second, a resonant cavity model is applied for the identical two-layer structure of four binary-coding patch elements as shown in Figure 3(b). Both models are performed in an environmental box with an infinity array equivalence. The boundary condition is based on Floquet's theory [18] to assign the setup of the PEC and PMC properties at a couple of the side faces of the modeled box. Therefore, the structural modeling of a binary coding artifact is created under an infinitive boundary condition. The two faces on the top and bottom are assigned by a wave-port function to excite EM energy. For a high-impedance surface in Figure 3(a), only one PORT is defined to obtain a reflection-type phase. In that, a unit reflection is achieved due to a metal-backed surface at the existing interface (no transmission). For a resonant cavity model in Figure 3(b), the field excitation is from PORT1 to PORT2 in obtaining a transmission response.

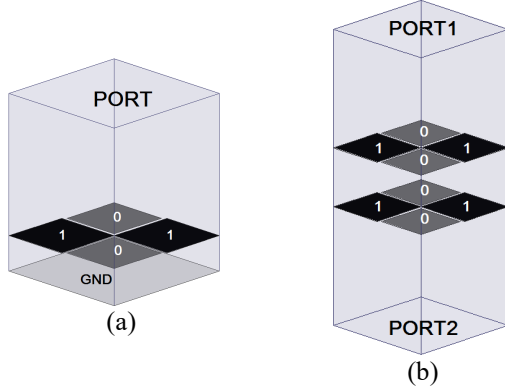


Figure 3. Unit-cell modeling of the binary coding artifact consists of a) the high-impedance surface, and b) the resonant cavity model.

2.4 The Antenna Object Configuration

To build a wave object, the two types of antenna design using a chessboard supercell are packed as a planar structure. Figure 4 shows the top-view layout of the interfacial surface patterned by periodic chessboard-coding cells. It consists of the Type-1 and Type-2 pattern designs which are inverted by cell elements for each other. In this study, the symmetric periodic array is also considered to form an antenna aperture with a 5×5 array dimension. The total 2D periodic cells are 25 elements. It is seen that the Type-1 and Type-2 designs consist of fully and partially metallic patches (PEC “1” / AMC “0”) of 13/12 and 12/13 elements, respectively. The specific feature of the two designs is to highlight the impact of the center tile in the array surface that becomes the “0” and “1” elements.

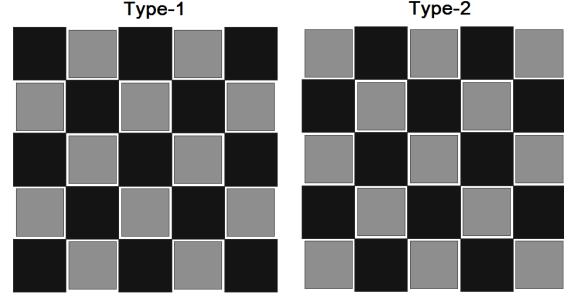


Figure 4. Periodic patterns of the 5×5 binary cells consisting of the Type-1 and the Type-2 (inverted Type-1) patterns.

Table 1. Physical dimensions in Figure 5 of a narrow aperture, CPW feeder, and patch array, in millimeters (mm).

Ls	Ws	Wf	G	P	L	H
14	0.5	20	0.1	3.9	3.7	2.0

The all-designed parameters of the antenna object are optimized and listed in Table 1. Figure 5 shows the schematic layout of the planar antenna object. Figure 5(a) shows the geometry in a top view of the primary field feeder on the bottom surface. The ground surface of the chessboard structure is mechanically slotted to include a driven field feeder and the wave signal port. Based on [19], the driven feeder is a narrow aperture element with the designed parameters of the length (L_s) = 14 mm and the width (W_s) = 0.5 mm. The L_s parameter is theoretically calculated using one wavelength at 10 GHz, whereas the width W_s is estimated at one-tenth dimension in the first design steps. In [20], the primary design of the parameters of the short-end CPW feeder based on $50\text{-}\Omega$ characteristic impedance has the feedline width (W_f) = 20 mm and gap (G) = 0.1 mm, leading a wave signal to the narrow aperture. Figure 5(b) exhibits the schematic layout in a cross-section view of the periodic array surface on the top surface. The planar structure of the dielectric slab (dielectric constant = 4.4 and loss tangent = 0.025) is sandwiched by a primary feeder and the 5×5 chessboard-patterned surface. The design parameters of the square patch-based chessboard pattern are linked to the analysis of the supercell configuration in the previous section. In [21], the array period (P) = 3.9 mm and the patch length (L) = 3.7 mm are associated with a patch antenna theory and frequency selective surface. In that, the two types of unit cells are considered as a binary “0” element (partial patch is $L = 3.7$ mm and $P = 3.9$ mm) and as a binary “1” element (full patch is $L = P = 3.9$ mm). The total planar structure is $25 \times 25 \text{ mm}^2$ ($\sim 0.5\lambda \times \sim 0.5\lambda$).

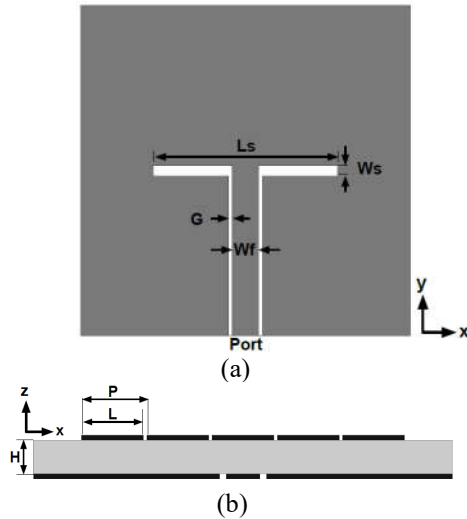


Figure 5. Antenna geometry: a) the bottom view of the feeder configuration using a narrow aperture with a CPW feeder as a magnetic dipole, and b) the side view of a double-side structure consisting of the feeder (bottom) and patch array surface (top).

3. Results and Discussion

This section reports the EM characterization of the binary coding artifacts and the planar antennas carried out using a numerical analysis. The full-wave simulation is performed to illustrate the potential properties of the resonance effect and RF characteristics.

3.1 The Supercell Characteristics

Based on a unit-cell simulation, the supercell can be characterized between the frequency range of 6 GHz and 14 GHz using a finite element method (FEM). The resonance effect comes with the EM interference of the periodic surface structure. To evaluate the stripe patterns, the resonance effect is around 10 GHz with the phase characteristic of reflection depicting a resonance condition by pole and zero. The peak and dip scheme of transmission represents the resonance characteristic. Figure 6 shows the line plots of reflection-phase responses for four study cases of the supercells. The distinct responses relate to a material characterization that comes with the electric and magnetic properties in two types of PEC and AMC elements, respectively. The full “0” supercell (four elements of a uniform patch-based AMC structure) as a baseline exhibits the resonance condition (reflection phase = 0°) at 6.9 GHz. Two versions of the stripe arrangement are investigated in vertical and horizontal patterns. The mixture of four elements of the fully and partially metallic patches illustrates a different resonance condition. For the vertical stripe pattern, the AMC resonance occurs at 10.4 GHz shifting by 3.5 GHz from a baseline response. In the case of the horizontal stripe pattern, the pole and zero phase responses are shown at 9.7 GHz and 10.3

GHz, respectively. In that, the AMC resonance conditions are close frequencies between two versions of stripe patterns. The supercell with the mixture of a chessboard pattern is unique by generating two resonant frequencies at 9.2 GHz and 13.4 GHz. It can be considered as a combination of the two effects of the strip patterns with shifting frequencies.

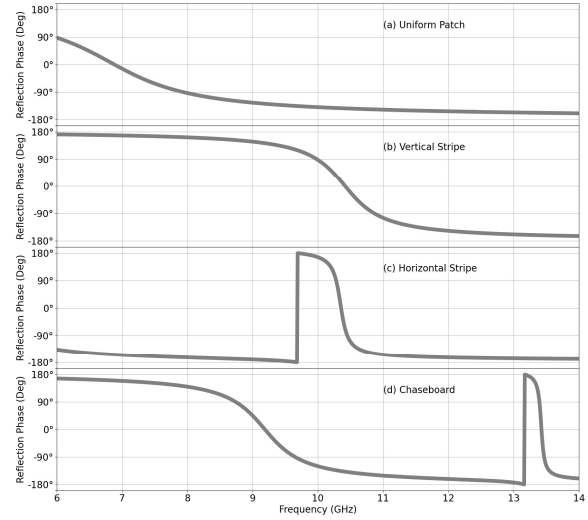


Figure 6. Response of reflection phases of the high-impedance surface model depicting a supercell evolution in Figure 2 from (a) to (d).

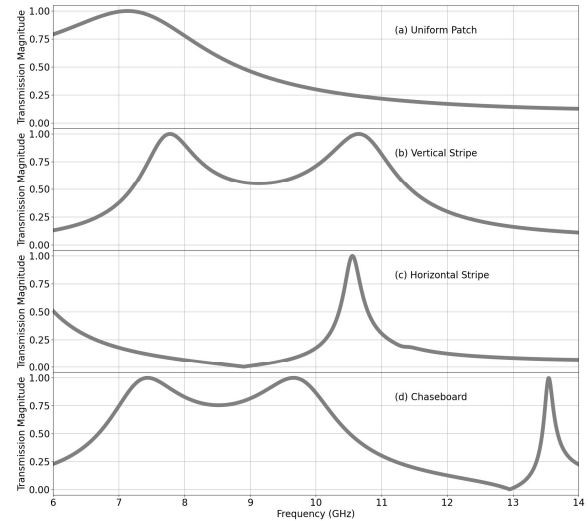


Figure 7. Response of transmission magnitude of the resonant cavity model depicting a supercell evolution in Figure 2 from (a) to (d).

With the resonant cavity model, the transmission properties are characterized to reveal the resonance effect in the chessboard-coding metamaterial. Figure 7 shows the line plots of the transmission responses for four study cases of the supercells. With responses to reflection phases, the transmission peaks arise to provide a resonant cavity with electric and magnetic

properties at the same frequencies. To understand the transmission response (peak and dip), only uniform-patch supercell provides a single resonance, whereas other binary-cell mixture cases give multiple resonances with different types. The baseline of the case of the full “0” four-element supercell presents the single peak. The vertical stripe pattern depicts an asymmetric profile of dip and peak according to pole and zero phases. The horizontal stripe pattern exhibits double transmission peaks with respect to the electric and magnetic resonance (referring to a 180° and 0° reflection phase response), respectively. In particular, the chessboard pattern reveals the collection of two attributes of double-peak and asymmetric-profile resonances with frequency shifting.

3.2 The Antenna Characteristics

The synthesized planar antenna is characterized to depict EM properties. The 3D configuration of the planar antenna structure using the chessboard-coding artifact is practically simulated in a radiation box as an environment setup. The impedance and reflection are investigated to obtain the high-performance attributes of impedance and radiation. Two numerical approaches are performed to analyze performance characteristics using a finite element method (FEM) and finite-difference time-domain (FDTD) approach. Figure 8 shows the impedance characteristic in real and imaginary components of the two design cases using chessboard alignment with a frequency range between 8.0 GHz and 12.00 GHz. The key responses are at the same operating frequency at 9.5 GHz. It illustrates that Type-1 provides a double-tune matching to obtain a bit wider operating band and to match to the 50-ohm source impedance.

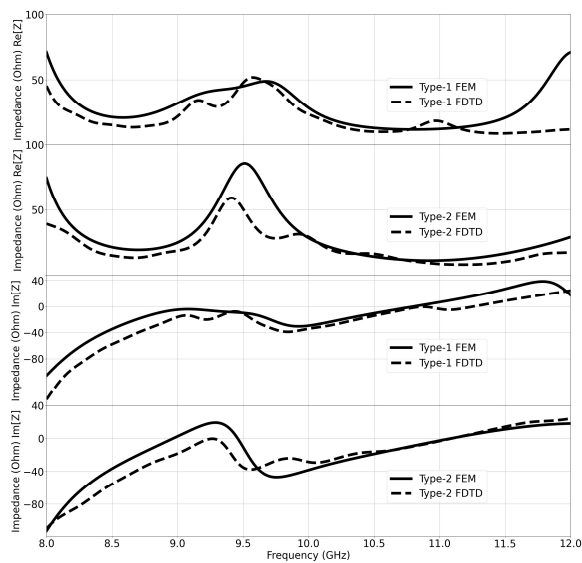


Figure 8. Response of input impedance consisting of real and imaginary components of the chessboard-coding planar antenna comparison between the FEM and FDTD approaches.

Figure 9 shows the reflection characteristic of the two design cases of chessboard alignment. The target responses coincide with an impedance response. In that, the frequency bandwidth occupies 8.9–9.8 GHz and 9–9.5 GHz with regard to the design antennas of the Type-1 and Type-2, respectively. The reflection dip level depends on impedance matching. These results are connected to the responses of the input impedance characteristic.

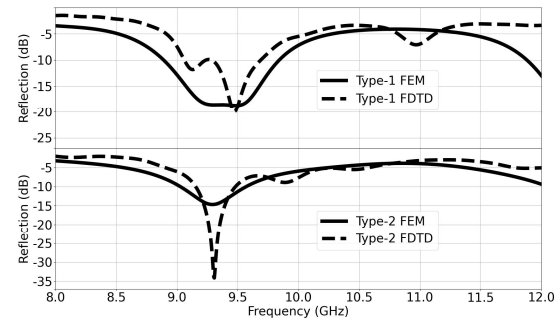


Figure 9. Response of reflection coefficient (S_{11}) of the chessboard-coding planar antenna comparison between the FEM and FDTD approaches.

Figure 10 and 11 show the radiation pattern of two chessboard-coding patterns of the Type-1 and Type-2 designs in an E-plane (x - z) and H-plane (y - z), respectively. Both design cases are depicted to the directional patterns. It is observed that a good main lobe beam belonging to the Type-2 design is better. The null response in the radiation pattern at $\pm 90^\circ$ theta angle is obtained and the gain at the boresight direction (0°) is enhanced. The resultant peak of the Type-1 design is 3.7 dBi, whereas the Type-2 design is 5.0 dBi. The improvement of radiation can be obviously evident by the reduction of the field scattering at the side radiation. Therefore, the scattering radiation is manipulated by a specific pattern employing the chessboard-coding surface in the Type-2 design.

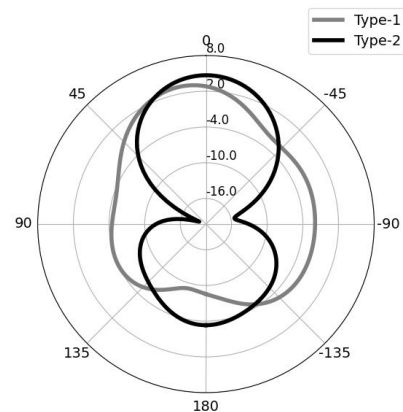


Figure 10. Response of E-plane radiation pattern of the chessboard-coding planar antenna.

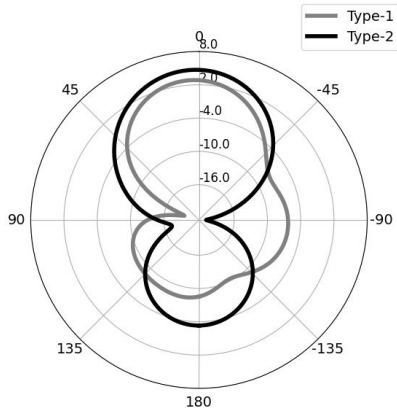


Figure 11. Response of H-plane radiation pattern of the chessboard-coding planar antenna.

3.3 The EM Field Distribution

The EM distribution is simulated using a finite element method (FEM) to understand a field configuration of the chessboard-coding artificial structures and planar antenna objects at 9.5 GHz. Firstly, the two models of the chessboard supercell are selected to observe the field profile. Secondly, the two designed types of planar antenna objects are also simulated to investigate the field patterns.

A. Supercell

Figure 12 and 13 show the graphic plot of the electric and magnetic field of the high-impedance surface and resonant cavity model. It is seen that the strong EM field effect occurs on the top layer, in that the reflection and transmission properties interact with the ground-backed and two-identical-layer structures, respectively. The strong electric field acts on the “0” elements (partially metallic patch) due to the oscillation depending on the operating wavelength. The magnetic field appears at the center of the supercell which is a joined contact in the alignment of the chessboard pattern. It reveals that the EM interaction between the four elements is coupling in terms of chessboard-coding cooperation. Hence, the numerical analysis of both models corresponds to providing an EM field configuration. With the unit-cell simulation, the excited field is a plane-wave characteristic, and these simulated models are realized as an infinitive supercell.

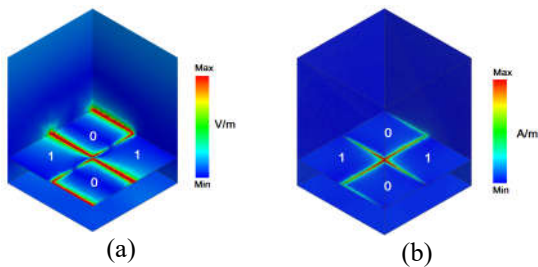


Figure 12. Profile of a) electric (E) and b) magnetic (H) field distribution of supercell using the high-impedance surface model.

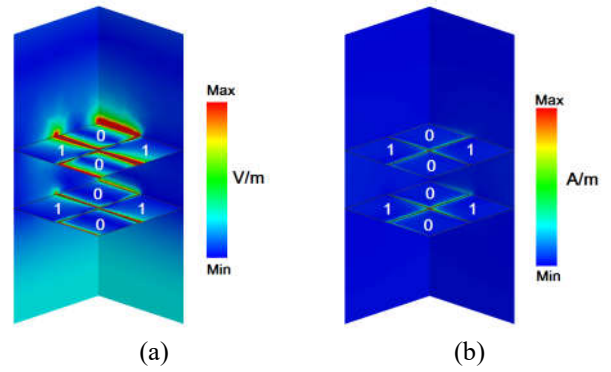


Figure 13. Profile of a) electric (E) and b) magnetic (H) field distribution of the supercell using the resonant cavity model.

B. 5×5 Chessboard surface

Figure 14 shows the graphic plot of the electric field of both the proposed Type-1 and Type-2 planar antenna objects. Based on a setup environment of simulation, the excited field is from the narrow aperture element positioned close to the chessboard-coding surface by 2.0 mm. The field interaction is based on a near-field region and the parabolic wavefront is also taken into account. It results in the profile of the electric field effect that occurs on the chessboard surface symmetric along the electric-field excitation. (y-axis) With the good radiation pattern on the Type-2 designed pattern, the strong coupling effect occurs on the “1” elements. The concern in this EM activity is emphasized on a non-uniform wavefront fed by a close location of the narrow aperture.

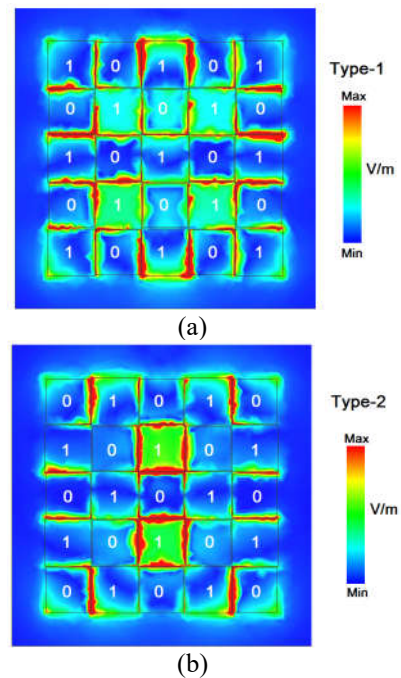


Figure 14. Profile of electric (E) field distribution of the chessboard-coding planar antenna: a) the Type-1 and b) the Type-2 design.

4. Conclusion

The characterization of the binary coding artifacts and the chessboard surface-based planar antenna objects have been demonstrated utilizing a numerical simulation based on a finite element method (FEM) and a finite-difference time-domain (FDTD) approach. The 2D chessboard-coding artificial structure is studied to illustrate the potential resonance effect of characteristics of reflection and transmission around the targeted frequency of 10 GHz. The binary-phase coding artifacts are formed by applying two kinds of phase-opposite unit cells consisting of the reflection phases of 0° and 180° as represented as the binary “0” and “1” elements. It can be built by using PEC and AMC structures which are based on a double-side dielectric slab configuration. It is shown that the designed supercell structures are studied in terms of the pattern evolution in order to understand the EM capability. The synthesis of the antenna objects is obtained to enhance the reduction of the scattering effect. This work contributes to the digital-based artifact formation using a 1-bit coding sequence leading to the development of complex coding patterns for intelligent wave objects in a next-generation wireless system.

References

- [1] C. Della Giovampaola, N. Engheta, “Digital metamaterials”, *Nature Mater*, vol. 13, pp. 1115–1121, 2014.
- [2] T.J. Cui, M. Q. Qi, X. Wan, J. Zhao and Q. Cheng, “Coding metamaterials digital metamaterials and programmable metamaterials”, *Light Sci. Appl.*, vol. 3, no. 10, pp. e218, October 2014.
- [3] T. J. Cui et al., “Information metamaterial systems”, *iScience*, vol. 23, no. 8, pp. 101403, 2020.
- [4] S. Abadal, T.J. Cui, T. Low and J. Georgiou, “Programmable metamaterials for software-defined electromagnetic control: Circuits, systems, and architectures,” *IEEE J. Emerg. Sel.*, vol. 10, no. 1, pp. 6-19, March 2020.
- [5] T. J. Cui, S. Liu, L.L. Li, “Information entropy of coding metasurface,” *Light Sci Appl*, vol. 5, pp.e16172, 2016.
- [6] N. Yu, P. Genevet, M. A. Kats, F. Aieta, J.-P. Tetienne, F. Capasso, et al., “Light propagation with phase discontinuities: Generalized laws of reflection and refraction”, *Science*, vol. 334, no. 6054, pp. 333-337, October 2011.
- [7] X. Luo, “Principles of electromagnetic waves in metasurfaces” *Sci. China: Phys. Mech. Astron.*, vol. 58, pp. 594201, 2015.
- [8] Q. Zhang, C. Liu, X. Wan, L. Zhang, S. Liu, Y. Yang, T.J. Cui, “Machine-learning designs of anisotropic digital coding metasurfaces,” *Adv. Theory Simul.* vol. 2, pp.1800132, 2019.
- [9] L. Li, H. Zhao, C. Liu, et al. “Intelligent metasurfaces: control, communication and computing,” *eLight*, vol. 2, no.7, 2022.
- [10] M. Paquay, J. -C. Iriarte, I. Ederra, R. Gonzalo and P. de Maagt, “Thin AMC Structure for Radar Cross-Section Reduction *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 55, no. 12, pp. 3630-3638, Dec. 2007.
- [11] J. C. Iriarte Galarregui, A. Tellechea Pereda, J. L. M. de Falcón, I. Ederra, R. Gonzalo and P. de Maagt, “Broadband radar cross-section reduction using AMC technology,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no. 12, pp. 6136-6143, Dec. 2013.
- [12] J. Xue, W. Jiang and S. Gong, “Chessboard AMC surface based on quasi-fractal structure for wideband RCS reduction,” *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 17, no. 2, pp. 201-204, Feb. 2018.
- [13] H.P. Li, G.M. Wang, T. Cai, J. G. Liang and X.J. Gao, “Phase- and amplitude-control metasurfaces for antenna main-lobe and sidelobe Manipulations,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 66, no. 10, pp. 5121-5129, October 2018.
- [14] Y. Zheng, J. Gao, X. Cao, Z. Yuan and H. Yang, “Wideband RCS reduction of a microstrip antenna using artificial magnetic conductor structures,” *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 14, pp. 1582-1585, 2015.
- [15] L. Zhang et al., “Realization of low scattering for a high-gain Fabry–Perot antenna using coding metasurface”, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 65, no. 7, pp. 3374-3383, July 2017.
- [16] Y. Zheng et al., “Wideband gain enhancement and RCS reduction of Fabry–Perot resonator antenna with chessboard arranged metamaterial superstrate”, *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 66, no. 2, pp. 590-599, February 2018.
- [17] A. P. Feresidis, G. Goussetis, Shenhong Wang and J. C. Vardaxoglou, “Artificial magnetic conductor surfaces and their application to low-profile high-gain planar antennas,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 53, no. 1, pp. 209-215, Jan. 2005.
- [18] D. Breda, D. Liessi, “Floquet theory and stability of periodic solutions of renewal equations,” *J Dyn Diff Equat.*, 33, pp. 677–714, 2021.
- [19] C. A. Balanis, *Babinet’s Principle in Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed., Hoboken, New York, USA, John Wiley & Sons, Inc., pp. 616–620, 2005.
- [20] R. N. Simons, *Coplanar Waveguide Short Circuit, in Coplanar Waveguide Circuits, Components and Systems*, 1st ed., New York, USA, Wiley-Interscience, pp. 241–243, 2001.
- [21] B. A. Munk, *Element Types: A Comparison, in Frequency Selective Surfaces: Theory and Design*, 1st ed., New York, USA: Wiley-Interscience Publication, pp. 26–62, 2000.

การติดตามการขยายเขตเมืองในจังหวัดจันทบุรี
ด้วยข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลโดยกูเกิลเอิร์ธเอนจิน
**Urban Growth Monitoring in Chanthaburi
Using Remote Sensing Data on Google Earth Engine**

กัมภีร์ ธีระเวช^{1*}, ขนิษฐา ยารักษ์² และ ทบทอง ชันเจริญ¹

Kumpee Teeravech¹, Kanitta Yarak² and Topthong Chancharoen¹

¹ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

Geoinformatics Program, Faculty of Computer Science and Information Technology,

Rambhai Barni Rajabhat University

² บริษัท พีแซท อินฟอร์เมชั่น เทคโนโลยี (เอเชีย) จำกัด

PIESAT Information Technology (Asia) Co., Ltd.

Received: December 8, 2023; Revised: December 19, 2023; Accepted: December 20, 2023; Published: December 29, 2023

ABSTRACT – Google Earth Engine remote sensing data, consisting of 102 images acquired by LANDSAT-5 TM and LANDSAT-8 OLI satellites, were utilized to classify six land use categories using the Random Forest algorithm. The primary objective was to analyze land use patterns spanning a temporal span of three decades. To achieve this, we deployed machine learning techniques, specifically the Random Forest algorithm, with the aim of examining temporal changes and identifying patterns related to urban expansion. Our analysis revealed that between 1992 and 2012, herbaceous and field crops were the predominant land use categories, with areas of 3,404.96 sq.km., 2,596.02 sq.km., 2,404.79 sq.km., 2,604.32 sq.km., and 2,623.44 sq.km. at five-year intervals. However, a significant shift occurred in 2017 and 2022 when land use transitioned toward perennial fruit and woody crops, becoming the top-ranking land use category with areas of 2,695.83 sq.km. and 2,516.83 sq.km. This transformation was accompanied by a simultaneous increase in urban expansion, indicating a noticeable departure from the cultivation of herbaceous and field crops. Moreover, there was a noticeable decline in the extent of land allocated to perennial fruit crops. Projections based on the CA-Markov model predict a sustained trend of urban expansion, with the urban area and infrastructure expected to reach 115.15 sq.km. and 126.02 sq.km. by 2027 and 2032, respectively.

KEYWORDS: Google Earth Engine, Machine Learning, Urban Growth, Random Forest, CA-Markov Urban Growth Model

*Corresponding Author: kumpee.t@rbru.ac.th

บทคัดย่อ -- ข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลโดยภูเกิลเอร์ธเอนจินจำนวน 102 ภาพ จากดาวเทียม LANDSAT-5 TM และ LANDSAT-8 OLI ถูกใช้สำหรับจำแนกการใช้ที่ดิน 6 ประเภทย้อนหลัง 30 ปี ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง โดยอาศัย อัลกอริทึมป่าสุ่ม เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและศึกษารูปแบบการขยายเขตเมืองของพื้นที่ พบว่า พ.ศ. 2535 ถึงปี พ.ศ. 2555 มีการใช้ที่ดินสำหรับพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่มากเป็นอันดับที่ 1 โดยมีพื้นที่ 3,404.96 ตร.กม. 2,596.02 ตร.กม. 2,404.79 ตร.กม. 2,604.32 ตร.กม. และ 2,623.44 ตร.กม. ในทุก ๆ ปีตามลำดับ ในขณะที่ พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2565 มีการใช้ที่ดินสำหรับพืชผลไม้ยืนต้นเป็นอันดับที่ 1 โดยมีพื้นที่ 2,695.83 ตร.กม. และ 2,516.83 ตร.กม. การขยายเขตของเมืองเพิ่มมากขึ้นสวนทางกับพื้นที่พืชผลไม้ล้มลุก พืชไร่ และพืชผลไม้ยืนต้นที่ลดลง การคาดการณ์ด้วยแบบจำลองซีเอ-มาร์คอฟ ชี้ให้เห็นแนวโน้มว่าใน พ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575 จะมีการขยายตัวของพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็น 115.15 ตร.กม. และ 126.02 ตร.กม.

คำสำคัญ: ภูเกิลเอร์ธเอนจิน, การเรียนรู้ของเครื่อง, การขยายเขตเมือง, อัลกอริทึมป่าสุ่ม, แบบจำลองการขยายตัวของเมือง ซีเอ-มาร์คอฟ

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งกลุ่มดินของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การพัฒนาอุตสาหกรรมได้ขยายไปสู่พื้นที่เกษตรกรรมบริเวณรอบชานเมือง การใช้ที่ดินในรูปแบบของพื้นที่เกษตรกรรมมีปริมาณลดลงจนกระทั่งอาณาเขตของเมืองและชนบทเชื่อมต่อกันจนกลายเป็นพื้นที่เมืองไปในที่สุด [1] องค์การสหประชาชาติคาดการณ์ว่าใน พ.ศ. 2593 จะมีจำนวนประชากรโลกสูงถึง 9.8 พันล้านคน และเพิ่มขึ้นเป็น 11.2 พันล้านคนใน พ.ศ. 2643 [2] สำหรับประเทศไทยคาดว่าใน พ.ศ. 2593 ประเทศไทยจะมีสัดส่วนประชากรเมืองถึงร้อยละ 73 โดยแนวโน้มของลักษณะการกลายเป็นเมืองที่สำคัญในอนาคตจะเป็นการเติบโตของเมืองขนาดกลางและขนาดเล็ก เมืองศูนย์กลางในระดับภูมิภาคมากกว่าการเติบโตของเมืองขนาดใหญ่ที่มีการขยายตัวที่เกินขีดความสามารถในการรองรับ

จันทบุรี เป็นหนึ่งในจังหวัดที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศไทย ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการจัดตั้งโครงการพัฒนาเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor : EEC) ในบริเวณจังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง และจังหวัดฉะเชิงเทรา [3] สำหรับจังหวัดจันทบุรี เป็นจังหวัดที่ยังคงมีความสามารถในการรองรับการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของความเป็นเมือง ดังนั้นการกลายเป็นเมืองของจังหวัดจันทบุรีมีความเป็นไปได้ทั้งโอกาสและความท้าทาย เนื่องจากการขยายตัวของเมืองอย่างไร้ทิศทาง เช่น กรุงเทพมหานคร ส่งผลให้เกิดความเสื่อม

โทรมของสภาพแวดล้อม ความเหลื่อมล้ำทางสังคม การขาดแคลนที่อยู่อาศัยจากการย้ายถิ่นฐานตามแหล่งรายได้ และขาดโครงสร้างพื้นฐานและการบริการอย่างทั่วถึง อีกทั้งการขยายตัวของเมืองโดยขาดการวางแผนจัดการเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น ก่อให้เกิดปัญหาด้านการจราจร เสี่ยงรบกวนทัศนียภาพ และการกระทำผิดกฎหมาย [4] นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกษตรกรสูญเสียพื้นที่ทำการเกษตร และไม่มีที่ดินทำกินเป็นของตนเองอีกด้วย [5]

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM และ LANDSAT-8 OLI ครอบคลุมระยะเวลาทั้งสิ้น 30 ปี มาทำการจัดข้อมูลและวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series) ร่วมกับข้อมูลสต็อกขอบเขตด้วยวิธีการแบ่งส่วนภาพเชิงวัตถุ (object based segmentation) และการสกัดข้อมูลค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นด้วยดัชนีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อจำแนกสิ่งกลุ่มดิน โดยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงจุดภาพ (pixel-based classification) ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) [6] โดยอาศัยอัลกอริทึมที่เรียกว่า ป่าสุ่มหรือแรนดอมฟอเรสต์ (random forest) [7][8] และทำการคาดการณ์การขยายเขตเมืองใน พ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575 ด้วยแบบจำลองการขยายตัวของเมืองซีเอ-มาร์คอฟ (CA-Markov urban growth model) เป็นการผสมผสานแนวคิดแบบจำลองเซลล์ลูลาร์ ออโตมาตา (cellular automata) ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่มีความเป็นพลวัตและมีความชัดเจนในเรื่องของเวลา และแนวคิดแบบจำลองมาร์คอฟ (markov chain) ที่มีความสามารถในการศึกษาความเป็นไปได้ของสถานการณ์จากช่วงเวลาหนึ่งไปยังช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้น

ชีเอ-มาร์คอฟ เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น สำหรับวิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปรที่สนใจในปัจจุบัน เพื่อคาดการณ์ความเป็นไปของสถานการณ์ที่สนใจดังกล่าวในอนาคต [9] นิยมใช้สำหรับการศึกษาการขยายตัวของเมือง [10][11] เนื่องจากไม่ซับซ้อนและมีความแม่นยำสูง นอกจากนี้ ถูกนำไปประยุกต์อย่างแพร่หลายร่วมกับเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศสำหรับการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินและคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในอนาคต เช่น การศึกษาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี เพื่อวางแผนจัดการและแก้ไขปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ [12] และการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี [13]

ทั้งนี้ผลการวิจัยจะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้ทราบกระบวนการจัดการการใช้ที่ดินให้สมดุลระหว่างการพัฒนาทางเศรษฐกิจ การตั้งถิ่นฐานของชุมชนและ การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อันนำไปสู่การพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ในระยะยาวตามแนวนโยบายของรัฐบาลทั้งยุทธศาสตร์ชาติ แผนแม่บทภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติประเด็นพื้นที่และเมืองนำอยู่อย่างจริยะ และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 [14]

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยข้อมูลการสำรวจจากระยะไกล ในช่วง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565
- 2) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและศึกษารูปแบบการขยายเขตเมือง
- 3) เพื่อคาดการณ์การขยายเขตเมือง พ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การติดตามการขยายเขตเมือง ในช่วง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและศึกษารูปแบบการขยายเขตเมือง ตลอดจนคาดการณ์การขยายเขตเมืองในจังหวัดจันทบุรี มีขั้นตอนการดำเนินงานหลัก 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การติดตามการขยายเขตเมืองในจังหวัดจันทบุรีอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ประเภทหลัก ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 การรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM และ LANDSAT-8 OLI ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี (Path ที่ 128 และ Row ที่ 51) บนกูเกิลเอิร์ธเอนจิน [15][16] ระหว่างพ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565 โดยเลือกภาพทุกภาพตลอดปีจำนวน 102 ภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผลิตภัณฑ์ของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่นำมาใช้คือ ระดับที่ 2 ซึ่งเป็นระดับที่มีการปรับแก้เชิงรังสีและลดความผิดพลาดของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ เช่น ก๊าซ ละอองลอย ไอน้ำ แสดงผลจุดภาพในรูปแบบค่าการสะท้อนเชิงสเปกตรัมของพื้นผิวโลกที่ได้มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตและเชิงตำแหน่งให้มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ถูกต้องเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 1. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในงานวิจัย

ปี	ประเภทดาวเทียม	จำนวนภาพถ่ายจากดาวเทียม
2535	LANDSAT-5 TM	6
2540	LANDSAT-5 TM	17
2545	LANDSAT-5 TM	13
2550	LANDSAT-5 TM	12
2555	LANDSAT-5 TM	12
2560	LANDSAT-8 OLI	22
2565	LANDSAT-8 OLI	20

3.1.2 การรวบรวมข้อมูลการใช้ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ที่ดินถูกรวบรวมจากเว็บไซต์ดินออนไลน์ (<https://dinonline.idd.go.th/>) ซึ่งให้บริการข้อมูลดินและการใช้ที่ดิน โดยกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ข้อมูลการใช้ที่ดินจะถูกนำไปใช้เป็นตัวแทนในการสกัดข้อมูลฝึกฝนสำหรับจำแนกข้อมูลสิ่งปกคลุมดินบนภาพถ่ายจากดาวเทียม วิจัยนี้ทำการจัดกลุ่มการใช้ที่ดิน 6 ประเภท โดยประยุกต์จากประเภทการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. การจัดกลุ่มการใช้ที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง

ลำดับ	ประเภทการใช้ที่ดิน	ประเภทการใช้ที่ดินโดยกรมพัฒนาที่ดิน
1	สิ่งปลูกสร้างและพื้นที่ผิวประติรูป	ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน
2	พืชล้มลุก และพืชไร่	นาข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด
3	ไม้ยืนต้น	ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ยูคาลิปตัส สัก ทุเรียน เงาะ มะพร้าว ลิ้นจี่ มะม่วง มะม่วงหิมพานต์ ลำไย
4	ต้นไม้ปกคลุม	ป่าไม้ผลัดใบสมบูรณ์ ป่าผลัดใบสมบูรณ์
5	ป่าชายเลน	ป่าชายเลนสมบูรณ์
6	แหล่งน้ำ	แม่น้ำ ลำคลอง ทะเล ทะเลสาบ บึง อ่างเก็บน้ำ บ่อน้ำในไร่นา

3.2 การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียม

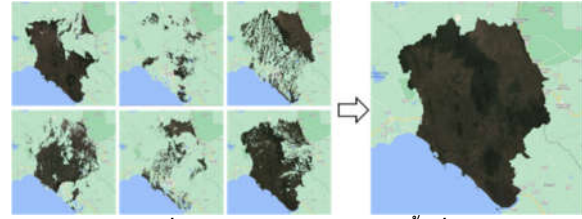
การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำหรับการจำแนกสิ่งปลูกสร้างดินด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง โดยอาศัยอัลกอริทึมป่าสุ่มมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล การจำแนกสิ่งปลูกสร้างดิน เพื่อให้ได้มาซึ่งแผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปลูกสร้างดิน และการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล

ก) การขจัดเมฆออกจากภาพถ่าย (cloud removing)

เนื่องด้วยสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปจังหวัดจันทบุรีตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น โดยได้รับฝนจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีฝนตกชุกติดต่อกันประมาณ 6 เดือนต่อปี จึงส่งผลให้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมบริเวณดังกล่าวมีเมฆปกคลุมในพื้นที่อยู่มาก ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการขจัดเมฆและเงาของเมฆออก โดยผลิตภัณฑ์ระดับที่ 2 มีการประมวลผลพื้นที่เมฆและเงาเมฆปกคลุมไว้แล้วจึงสามารถนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาใช้สำหรับการขจัดเมฆได้

จากนั้นรวมภาพด้วยวิธีการ image composite โดยใช้ค่ามัธยฐาน (median) ดังตัวอย่างซึ่งแสดงไว้ใน ดังรูปที่ 1 เพื่อเติมข้อมูลบางส่วนของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ขาดหายไปเนื่องจากการขจัดเมฆ จากนั้นจัดข้อมูลเป็นช่วงอนุกรมเวลา (time series) โดยการวิจัยนี้จะทำการเตรียมภาพถ่ายทุก ๆ 5 ปี คือ พ.ศ. 2535 พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2555 พ.ศ. 2560 และพ.ศ. 2565



รูปที่ 1. ข้อมูลภาพถ่ายบริเวณพื้นที่ศึกษา
หลังผ่านการรวมภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน

ข) การจัดทำข้อมูลฝึกฝน (training data)

การจัดทำข้อมูลฝึกฝน ใช้การอ้างอิงชุดข้อมูลการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ดังรูป 2 (ก)



ก. การใช้ที่ดิน

ข. ข้อมูลหลังการแบ่งส่วนภาพ



ค. ข้อมูลหลังการซ้อนทับ

ง. ข้อมูลจุดกึ่งกลาง

รูปที่ 2. การจัดทำชุดข้อมูลฝึกฝน

โดยข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2550 จะถูกนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนในการสกัดข้อมูลฝึกฝนบนภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 และข้อมูลการฝึกฝนดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้สำหรับการจำแนกการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 พ.ศ. 2535 พ.ศ. 2540 พ.ศ. 2545 พ.ศ. 2550 และพ.ศ. 2555 ในขณะที่ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2560 จะถูกนำไปใช้เพื่อเป็นตัวแทนในการสกัดข้อมูลฝึกฝนบนภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 และข้อมูลการฝึกฝนดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้สำหรับการจำแนกการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 พ.ศ. 2560 และพ.ศ. 2565 ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 พ.ศ. 2550 และ LANDSAT-8 พ.ศ. 2560 ถูกนำไปใช้ร่วมกับข้อมูลสกัดขอบเขตด้วยวิธีการแบ่งส่วนภาพเชิงวัตถุ (object based segmentation) ดัง

รูป 2 (ข) เพื่อให้ได้ขอบเขตของวัตถุบนพื้นผิวโลกชัดเจน และสามารถนำไปทำข้อมูลฝึกฝนที่เป็นตัวแทนของข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินได้ ชุดข้อมูลข้างต้นถูกนำไปวิเคราะห์การซ้อนทับกัน (overlay) ด้วยวิธีอินเตอร์เซก (intersect) ดังรูป 2 (ค) จากนั้นคัดกรองข้อมูลขนาดเล็กออก เพื่อลดความผิดพลาดของข้อมูล และทำการแปลงข้อมูลจากพื้นที่รูปปิด (polygon) เป็นข้อมูลจุด (point) โดยกำหนดให้อยู่กึ่งกลางของข้อมูลเพื่อนำไปใช้สำหรับการสกัดค่าการสะท้อนและดัชนีต่าง ๆ ดังรูป 2 (ง)

จากนั้นทำการสกัดข้อมูลค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (blue) ช่วงคลื่นสีเขียว (green) ช่วงคลื่นสีแดง (red) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (SWIR) และดัชนีต่าง ๆ ได้แก่ ดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) และ ดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้าง (NDBI) จากการคำนวณด้วยช่วงคลื่นต่าง ๆ เพื่อแสดงค่าบ่งชี้ของลักษณะทางกายภาพของพื้นผิวโลก รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ดัชนีสำหรับการจำแนกข้อมูล

ดัชนี	สมการคำนวณ	อ้างอิง
ดัชนีความต่างพืชพรรณ	$(NIR-RED) / (NIR+RED)$	(Rouse et al., 1974) [17]
ดัชนีผลต่างสิ่งปลูกสร้าง	$(SWIR-NIR) / (SWIR+NIR)$	(Zha et al., 2003) [18]

ตารางที่ 4. รายละเอียดการคัดกรองข้อมูล

ประเภท	รายละเอียดการคัดกรองออก
สิ่งปลูกสร้าง	$NDBI < 0.0$
ไม้ล้มลุกและพืชไร่	$NDVI < 0.0$
ไม้ยืนต้น	$NDVI < 0.0$
ต้นไม้ปกคลุม	$NDVI < 0.0$
ป่าชายเลน	$NDVI < 0.0$
แหล่งน้ำ	$NDVI > 0.0$

การสกัดค่าการสะท้อนเชิงสเปกตรัมและค่าดัชนีเชิงสเปกตรัมต่างๆ เพื่อจัดทำเป็นข้อมูลฝึกฝนดังกล่าว ได้ทำการประมวลผลบนกูเกิลเอิร์ธเอนจิน โดยสกัดค่าต่าง ๆ ณ ตำแหน่งจุดภาพที่ตรงตามข้อมูลที่ได้จัดทำในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ตามประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดิน 6 กลุ่ม โดยหลังจากประมวลผลเสร็จสิ้นจะได้ข้อมูลเป็นไฟล์ CSV จากนั้นทำการการ

คัดกรองข้อมูลเบื้องต้นที่ผิดเพี้ยนออกไป เพื่อให้ได้ข้อมูลฝึกฝนที่ถูกต้อง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4

3.2.2 การจำแนกสิ่งคลุมดินและการใช้ที่ดิน

การจำแนกสิ่งคลุมดินด้วยการประมวลผลบนกูเกิลเอิร์ธเอนจิน เพื่อนำมาจุดภาพของภาพถ่ายจากดาวเทียมให้เป็นประเภทการใช้ที่ดิน และ สิ่งคลุมดิน โดยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงจุดภาพ (pixel-based classification) ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องกับชุดข้อมูลฝึกฝนที่ได้เตรียมไว้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ดังนั้นเมื่อได้ข้อมูลฝึกฝนที่ผ่านกระบวนการต่างๆ เรียบร้อยแล้ว ทำการนำเข้าข้อมูลฝึกฝน (training data) ไปยังกูเกิลเอิร์ธเอนจิน เพื่อใช้ในการจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินของจังหวัดจันทบุรีทุก ๆ 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565

3.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก

การสำรวจข้อมูลภาคสนามถูกทำเพื่อตรวจสอบผลการจำแนกและตรวจสอบผลการวิเคราะห์ โดยการสำรวจจะกำหนดขอบเขตการสำรวจให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่จังหวัดจันทบุรีและบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น ตำแหน่งที่สำรวจ ประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดิน ประเภทสิ่งปลูกสร้าง รูปภาพ เป็นต้น เพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกและตรวจสอบการวิเคราะห์ผลอื่น ๆ

3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของเมือง

ผลการจำแนกข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินของจังหวัด ในช่วงเวลาต่าง ๆ ถูกนำมาวิเคราะห์ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เมืองด้วยวิธีการตรวจหาการเปลี่ยนแปลง (change detection) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของเมืองกับการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินประเภทอื่น โดยจัดทำเป็นช่วงระยะเวลาทุก ๆ 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565

3.4 การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง

ผลการวิเคราะห์ถูกนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการขยายตัวของเมืองในอนาคต โดยมีการคำนวณค่าสถิติความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงและค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง โดยใช้แบบจำลองซีเอ-มาร์คอฟ ประมวลผลร่วมกับข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดิน พ.ศ. 2535 และ พ.ศ. 2540 เพื่อคาดการณ์ข้อมูลการขยายตัวของเมืองใน พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2550 สำหรับคาดการณ์ข้อมูลการขยายตัวของเมือง

ในพ.ศ. 2555 ผลที่ได้จากการคาดการณ์จะถูกนำมาเปรียบเทียบหาความถูกต้องและนำไปใช้คาดการณ์ใน พ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575

4. ผลการวิจัย

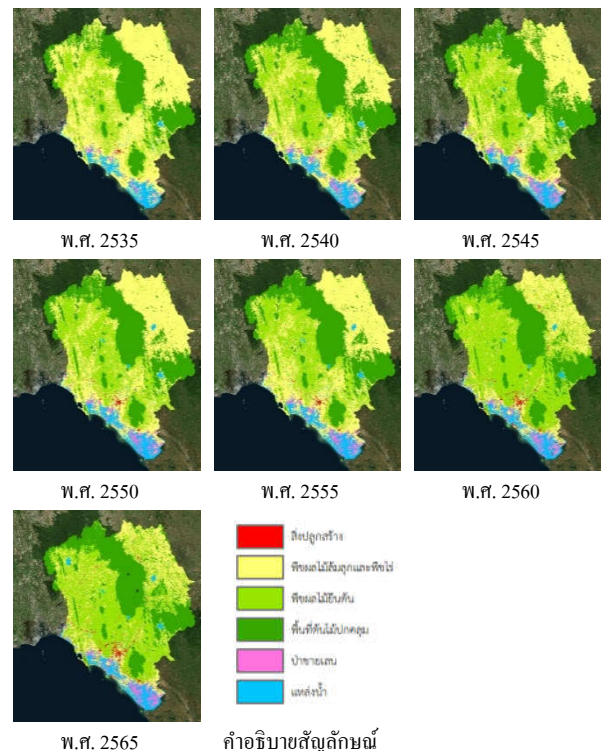
การติดตามการขยายตัวของเมืองด้วยข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลโดยดาวเทียมเรดาร์และแบบจำลองชีเอ-มาร์คอฟ เพื่อจำแนกการใช้ที่ดิน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและศึกษารูปแบบการขยายตัวของเมือง พร้อมทั้งคาดการณ์การขยายตัวของเมือง มีผลการศึกษาวิจัยสรุปได้ดังนี้

4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดจันทบุรี พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565

ผลจากการจำแนกด้วยการประมวลผลเพื่อจำแนกคุณภาพของภาพถ่ายจากดาวเทียมให้เป็นประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดิน ดังรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดจันทบุรี มีการใช้ที่ดินของพื้นที่ส่วนใหญ่เพื่อเป็นพื้นที่สำหรับพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่ และพืชผลไม้ยืนต้น จากการศึกษาพบว่า ตั้งแต่ พ.ศ. 2535 ถึงปี พ.ศ. 2555 มีการใช้ที่ดินสำหรับพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่มากเป็นอันดับที่ 1 ของจังหวัด มีพื้นที่ 3,404.96 ตร.กม. 2,596.02 ตร.กม. 2,404.79 ตร.กม. 2,604.32 ตร.กม. และ 2,623.44 ตร.กม. ในทุก ๆ 5 ปี ตามลำดับ

พ.ศ. 2535 มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ดินไม้ปกคลุมและพืชผลไม้ยืนต้นเป็นอันดับ 2 และ 3 โดยมีพื้นที่ 1,534.41 และ 1,083.25 ตร.กม. มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ 311.68 ตร.กม. ป่าชายเลน 74.04 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 12.99 ตร.กม. พ.ศ. 2540 มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ดินไม้ปกคลุม และพืชผลไม้ยืนต้นเป็นอันดับ 2 และ 3 โดยมีพื้นที่ 1,912.32 และ 1,461.66 ตร.กม. มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ 300.33 ตร.กม. ป่าชายเลน 134.34 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 16.66 ตร.กม.

พ.ศ. 2545 มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ดินไม้ปกคลุม และพืชผลไม้ยืนต้นเป็นอันดับ 2 และ 3 โดยมีพื้นที่ 2,021.74 และ 1,489.59 ตร.กม. มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำอยู่ที่ 319.88 ตร.กม. ป่าชายเลน 174.23 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 11.09 ตร.กม. พ.ศ. 2550 มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ดินไม้ปกคลุม และ



พ.ศ. 2565 คำอธิบายสัญลักษณ์

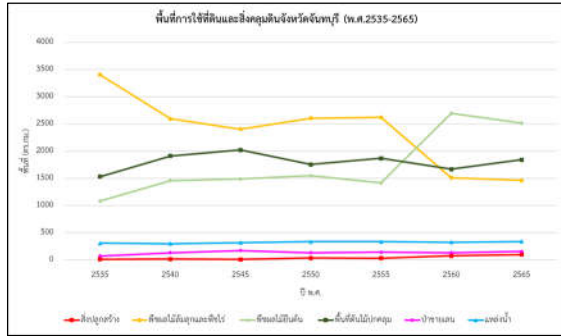
รูปที่ 3. การใช้ที่ดินของจังหวัดจันทบุรี ทุก ๆ 5 ปี
ระหว่างปี พ.ศ. 2535 ถึงปี พ.ศ. 2565

พืชผลไม้ยืนต้นเป็นอันดับ 2 และ 3 โดยมีพื้นที่ 1,756.47 และ 1,549.70 ตร.กม. มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ 339.06 ตร.กม. ป่าชายเลน 135.54 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 36.25 ตร.กม.

พ.ศ. 2555 มีการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ดินไม้ปกคลุม และพืชผลไม้ยืนต้นเป็นอันดับ 2 และ 3 โดยมีพื้นที่ 1,868.22 และ 1,416.75 ตร.กม. มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ 336.01 ตร.กม. ป่าชายเลน 143.57 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 33.34 ตร.กม.

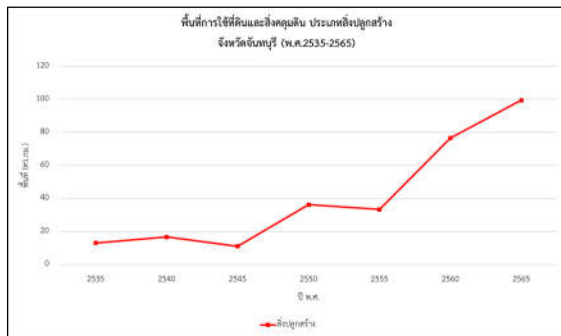
สำหรับปี พ.ศ. 2560 การใช้ที่ดินสำหรับพืชผลไม้ยืนต้นมีมากเป็นอันดับ 1 โดยมีพื้นที่ 2,695.83 ตร.กม. รองลงมาคือพื้นที่ดินไม้ปกคลุม และพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่ มีพื้นที่ 1,669.95 และ 1,513.96 ตร.กม. มีการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำอยู่ที่ 326.95 ตร.กม. ป่าชายเลน 132.98 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 76.63 ตร.กม. ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงในหลายปีที่ผ่านมา สำหรับ พ.ศ. 2565 การใช้ที่ดินสำหรับพืชผลไม้ยืนต้นยังคงมีมากเป็นอันดับที่ 1 โดยมีพื้นที่ 2,516.83 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ดินไม้ปกคลุม และพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่ มีพื้นที่

1,841.93 และ 1,462.47 ตร.กม. การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ 341.20 ตร.กม. ป่าชายเลน 156.54 ตร.กม. และสิ่งปลูกสร้าง 99.50 ตร.กม. เมื่อนำข้อมูลไปแสดงให้อยู่ในรูปแบบของกราฟเส้น ดังรูปที่ 4 สามารถเห็นข้อมูลภาพรวมได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบในแต่ละปี



รูปที่ 4. กราฟเส้นแสดงพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดิน ของ จังหวัดจันทบุรี ระหว่าง พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2565

สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดินประเภท สิ่งปลูกสร้างเป็นการใช้ที่ดินประเภทที่สามารถอ้างถึงความเป็น เมืองของพื้นที่ได้ผลการศึกษาทำให้ทราบว่า ตลอดระยะเวลา 30 ปี ที่ผ่านมา จังหวัดจันทบุรี มีการขยายตัวของสิ่งปลูกสร้างอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 5 เพื่อรองรับการอยู่อาศัยและการเติบโตทาง เศรษฐกิจของจังหวัดจันทบุรี



รูปที่ 5. กราฟเส้นแสดงพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดิน ประเภทสิ่งปลูกสร้าง ระหว่าง พ.ศ. 2535 - พ.ศ. 2565

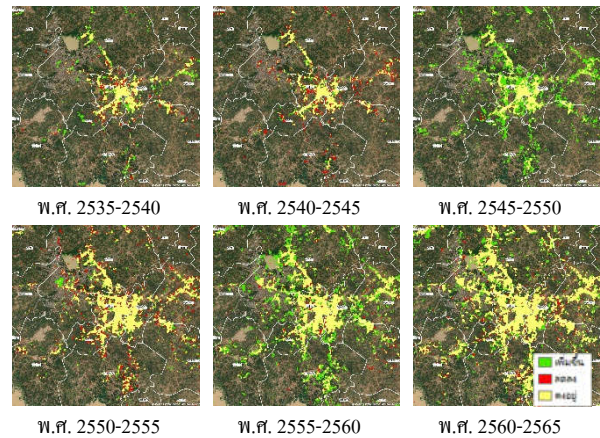
4.2 การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เมืองในจังหวัดจันทบุรี

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างของจันทบุรี ตั้งแต่ พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565 พบว่า มีการเพิ่มขึ้นและลดลงตาม ช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งในช่วง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2545 มีการ

เปลี่ยนแปลงของพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างเพียงเล็กน้อย พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2550 มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ถึง 25.16 ตร.กม. พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2560 มีการเพิ่มขึ้นถึง 47.5 ตร.กม. และ พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2565 มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่จำนวน 22.78 ตร.กม. โดยส่วนใหญ่พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างพัฒนาเปลี่ยนแปลง มาจากพื้นที่พืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่ รองลงมาคือ พื้นที่พืชผลไม้ยืนต้น โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.

ตารางที่ 5. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่เมืองและ สิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565

ประเภท การใช้ ที่ดินเดิม	พื้นที่ (ตร.กม.)					
	2535- 2540	2540- 2545	2545- 2550	2550- 2555	2555- 2560	2560- 2565
ไม้ล้มลุก, พืชไร่	3.45	-5.19	23.04	-3.34	44.11	7.19
ไม้ยืนต้น	-0.03	-0.16	1.42	0.38	2.09	16.08
ต้นไม้ ปกคลุม	0.00	0.01	0.02	0.00	0.06	0.03
ป่า ชายเลน	0.05	0.01	0.41	0.09	0.41	-0.13
แหล่งน้ำ	0.21	-0.24	0.27	-0.03	0.83	-0.39
รวม	+3.68	-5.57	+25.16	-2.9	+47.5	+22.78



รูปที่ 6. รูปแบบการขยายตัวของเมืองในช่วง พ.ศ. 2535-2565 บริเวณพื้นที่อำเภอเมืองจันทบุรี

เมื่อวิเคราะห์และศึกษารูปแบบการขยายตัวของเขตเมือง ดัง รูปที่ 6 พบว่า ในช่วง พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2545 พื้นที่เมือง ยังไม่มีการขยายตัวอย่างชัดเจน และกระจุกตัวบริเวณใจกลางเมือง เท่านั้น แต่ภายหลัง พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา พื้นที่เมืองได้ขยายตัวขึ้น

อย่างชัดเจน และมีการกระจายตัวไปหลายทิศทางตามแนวเส้นทางคมนาคม และภายหลัง พ.ศ. 2555 พื้นที่เมืองได้เจริญเติบโตและขยายตัวจากเดิมมากขึ้น โดยการขยายตัวเริ่มไม่มีทิศทางที่แน่นอน ซึ่งส่วนใหญ่จะขยายตัวไปทางทิศตะวันตก เนื่องด้วยทางทิศตะวันออกมีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขา

4.3 การคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินพ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575

การศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีการใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดิน พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565 สำหรับคาดการณ์สถานการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินในอนาคตด้วยแบบจำลองซีเอ-มาร์คอฟ ตามแนวทางของ [19] ซึ่งมีสมการเป็น

$$V_{(j+1)} = V_{(j)} \times P_{jk} \quad (1)$$

เมื่อ V_j และ V_{j+1} คือสัดส่วนการใช้ที่ดินในระยะที่ j และระยะที่ $j+1$ ตามลำดับ โดยที่ $V = [V_1, V_2, V_3, \dots, V_m]$,

m คือจำนวนประเภทของการใช้ที่ดิน,

P_{jk} คือ เมทริกซ์การแปลงสถานะ (state transition matrix) ซึ่งเป็นความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภทจากระยะที่ j ไปสู่ระยะที่ $j+1$ โดยที่ $j = 1, 2, 3, \dots, m$ และ $k = 1, 2, 3, \dots, m$ โดยที่ P มีรูปแบบเป็น

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & P_{2m} \\ P_{m1} & P_{m2} & P_{mm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

โดยงานวิจัยนี้กำหนดค่า $m=6$ และผลการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองใน พ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575 ถูกจัดจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรกคือพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างและประเภทที่สองคือพื้นที่ไม่ใช้เมืองและสิ่งปลูกสร้าง ดังรายละเอียดในตารางที่ 6.

ตารางที่ 6. การใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินพ.ศ. 2570 และพ.ศ. 2575

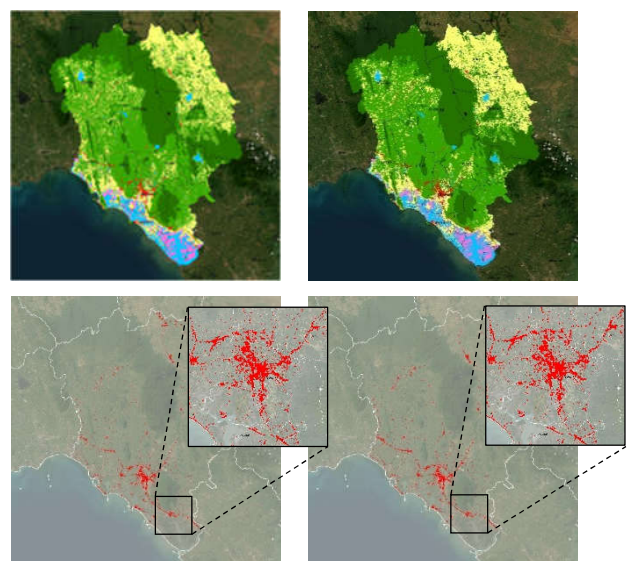
การใช้ที่ดินและ สิ่งคลุมดิน	ขนาดพื้นที่			
	พ.ศ. 2570		พ.ศ. 2575	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	115.15	1.80	126.02	1.96
อื่น ๆ	6,298.28	98.20	6,287.41	98.04

การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองพ.ศ. 2570 อาศัยข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินของ พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2565 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ พบว่าพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่จำนวน 115.15 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.80 และพื้นที่ไม่ใช้เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่จำนวน 6,298.28 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 98.20 ของพื้นที่ทั้งหมด

การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2575 อาศัยข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินของ พ.ศ. 2560 และพ.ศ. 2565 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง พบว่าพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่จำนวน 126.02 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.96 และพื้นที่ไม่ใช้เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่จำนวน 6,287.41 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 98.04 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังรูปที่ 7

5. สรุปและอภิปรายผล

การติดตามการขยายเขตเมืองในจังหวัดจันทบุรีด้วยข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลโดยกูเกิลเอิร์ธเอนจิน เพื่อจำแนกการใช้ที่ดินด้วยข้อมูลการสำรวจจากระยะไกล พ.ศ. 2535 ถึง พ.ศ. 2565 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดมีการใช้ที่ดินประเภทพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่ และพืชผลไม้ยืนต้น ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างพื้นฐานของจังหวัดที่มีเกษตรกรรมเป็นพื้นฐานของเศรษฐกิจ โดยผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในจังหวัดเกินครึ่งหนึ่งมาจากภาคเกษตรกรรม



รูปที่ 7. การคาดการณ์การขยายตัวของเขตเมือง จ.จันทบุรี

พ.ศ. 2570 (ซ้าย) และพ.ศ. 2575 (ขวา)

โดยพืชที่นิยมปลูกมากในจังหวัดคือพืชไม้ผล พริกไทย และยางพารา และเมื่อศึกษาการขยายเขตของเมืองย้อนหลัง 30 ปี พบว่า เมืองมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การใช้ที่ดินสำหรับพืชผลไม้ล้มลุกและพืชไร่ รวมทั้งพื้นที่พืชผลไม้ยืนต้นลดลง ทั้งนี้เพื่อรองรับการอยู่อาศัยและการเติบโตทางเศรษฐกิจของจังหวัด โดยรูปแบบการขยายตัวของเขตเมืองมักกระจุกอยู่บริเวณแนวเส้นทางคมนาคม และขยายตัวต่อเนื่องแบบไร้ทิศทางในปัจจุบัน โดยมีแนวโน้มว่าใน พ.ศ. 2570 และ พ.ศ. 2575 จะมีการขยายตัวของพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นเป็น 115.15 ตร.กม. และ 126.02 ตร.กม. ตามลำดับ ซึ่งการศึกษานี้ได้มีการตรวจสอบค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ของการจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดิน โดยใช้จุดตรวจสอบจำนวนทั้งสิ้น 130 จุด ซึ่งผลการตรวจสอบมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 82.31

6. ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีการจำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งคลุมดินด้วยวิธีการจำแนกแบบอื่น ๆ นอกเหนือจากการจำแนกเชิงจุดภาพ เช่น การจำแนกเชิงวัตถุ รวมถึงจัดทำข้อมูลฝึกฝนเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้การจำแนกสามารถแยกวัตถุบนพื้นผิวโลกได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
- 2) ควรเพิ่มการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองอื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง และเลือกแบบจำลองที่มีการพิจารณาปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการขยายตัวของเมือง เช่น รูปแบบผังเมือง มูลค่าที่ดิน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรโณบล ควรรอาจ และ ผกามาศ ถิ่นพังงา, “กระบวนการกลายเป็นเมืองในประเทศไทย,” [ออนไลน์], 2556, เข้าถึงได้: <https://www.tei.or.th/thaicityclimate/public/research-46.pdf>. [เข้าถึงเมื่อ: 10 มกราคม 2566].
- [2] UN, “World Population Prospects 2019: Data booklet”, [Online], pp. 2-4, 2019, Available: <https://www.un.org>.

development.desa.pd/files/files/documents/2020/Jan/un_2017_world_population_prospects-2017_revision_databooklet.pdf. [Accessed on: Feb. 7, 2023].

- [3] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (สกพอ.), “ความเป็นมาของ อีอีซี,” [ออนไลน์], 2566, เข้าถึงได้: <https://www.eeco.or.th/th/government-initiative>. [เข้าถึงเมื่อ: 15 มกราคม 2566].
- [4] ปวีณา เปรมเจริญ, “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการใช้ที่ดินในเขตเทศบาลเมืองแสนสุข จังหวัดชลบุรี,” วิทยานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการ), บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, กรุงเทพฯ, 2555.
- [5] กริณี สงเอียด, “ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเขตชายเมือง: กรณีศึกษาเขตคลังสินค้า กรุงเทพมหานคร,” วิทยานิพนธ์ ผ.ม. (สาขาการวางผังเมืองและสภาพแวดล้อม), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2555.
- [6] S. Sah, “Machine Learning: A Review of Learning Types,” *ResearchGate*, no. July, 2020, doi: 10.20944/preprints202007.0230.v1.
- [7] A. D. Kulkarni and B. Lowe, “Random Forest Algorithm for Land Cover Classification,” *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, vol. 4, no. 3, pp. 58–63, 2016.
- [8] H. Guan, J. Yu, J. Li, and L. Luo, “Random Forests-Based Feature Selection for Land-Use Classification Using Lidar Data and Ortho-imagery,” *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XXXIX-B7, no. September, pp. 203–208, 2012, doi: 10.5194/isprsarchives-xxxix-b7-203-2012.
- [9] Z. Zhang, G. Hörmann, J. Huang, and N. Fohrer, “A Random Forest-Based CA-Markov Model to Examine the Dynamics of Land Use/Cover Change Aided with Remote Sensing and GIS,” *Remote Sens.*, vol. 15, no. 8, 2023, doi: 10.3390/rs15082128.
- [10] P. Chotchaiwong and S. Wijitkosum, “Predicting urban expansion and urban land use changes in Nakhon Ratchasima city using a CA-Markov model under two different scenarios,” *Land*, vol. 8, no. 9, 2019, doi: 10.3390/land8090140.

- [11] K. Kityuttachai, N. K. Tripathi, T. Tipdecho, and R. Shrestha, "CA-Markov analysis of constrained coastal urban growth modeling: Hua hin Seaside City, Thailand," *Sustain.*, vol. 5, no. 4, pp. 1480–1500, 2013, doi: 10.3390/su5041480.
- [12] S. Tonsiri, W. Arunpraparut, and W. Khunrattanasiri, "การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี," vol. 37, no. 2, pp. 138–150, 2023.
- [13] C. Chompuchan and W. Taesombat, "การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในกลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี ด้วยแบบจำลอง CA-Markov Land use forecasting in Huai Phak subbasin, Phetchaburi province using CA-Markov model," no. July, 2020.
- [14] สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, "แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564," [ออนไลน์], 2566, เข้าถึงได้: https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=6422, [เข้าถึงเมื่อ: 18 มกราคม 2566].
- [15] N. Gorelick, M. Hancher, M. Dixon, S. Ilyushchenko, D. Thau, and R. Moore, "Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone," *Remote Sens. Environ.*, vol. 202, pp. 18–27, 2017, doi: 10.1016/j.rse.2017.06.031.
- [16] M. Amani et al., "Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review," *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 13, no. September, pp. 5326–5350, 2020, doi: 10.1109/JSTARS.2020.3021052.
- [17] J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, "Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS", In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317, 1974.
- [18] Z. Yong, G. Jingqing, and S. Ni., "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery," *International Journal of Remote Sensing - INT J REMOTE SENS*, 24, pp. 583-594, 2003, doi:10.1080/01431160304987.
- [19] M. S. Mondal, N. Sharma, P. K. Garg, and M. Kappas, "Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results," *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, vol. 19, no. 2, pp. 259–272, 2016, doi: 10.1016/j.ejrs.2016.08.001.

การศึกษาพฤติกรรมการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก

กับความชอบพรรคการเมือง

A Study of Following News from News Agencies on Facebook and Political Preferences

ณัฐพงษ์ คงเอี่ยม* และ เชตเน็ต ศรีสอาน

Nattapong Kongaium and Chetneti Srisa-An*

วิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยรังสิต

College of Digital Innovation Technology, Rangsit University

Received: December 8, 2023; Revised: December 22, 2023; Accepted: December 21, 2023; Published: December 29, 2023

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: News Agency on Facebook, Political Party, Statistical Significance

บทคัดย่อ -- การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาพฤติกรรมการรับสื่อจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก เพื่อสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการประชาสัมพันธ์ของสำนักข่าวได้ 2) ศึกษาว่าการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ประชาชนทั่วไปที่ใช้เฟซบุ๊ก อายุตั้งแต่ 18 ขึ้นไป จำนวน 400 คน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 26-43 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี มีอาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระหว่าง 15,001 - 30,000 บาท มีสถานะโสด โดยมีสมาชิกในครอบครัว 3 – 4 คน เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ โดยใช้ สถิติไคสแควร์ พบว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสาร กับ วุฒิการศึกษา และ ช่วงเวลาการติดตามข่าวสาร กับ อาชีพหลัก มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้าน สมมติฐาน ความสัมพันธ์ระหว่างสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง ก็พบว่า มีความสัมพันธ์แบบมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: สำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก, พรรคการเมือง, นัยสำคัญทางสถิติ

*Corresponding Author: gnopattan001@gmail.com

1. บทนำ

จากการสำรวจของ We Are Social [1] คนไทยที่เข้าถึงอินเทอร์เน็ตคือ 69.5% และค่าเฉลี่ยการใช้งานอินเทอร์เน็ตของคนไทยอยู่ที่ 8 ชั่วโมง 44 นาที และจากสถิติเว็บไซต์ที่มีคนไทยเข้ามามากที่สุดใน 3 อันดับแรกคือ กูเกิล(Google), ยูทูบ(Youtube) และ เฟซบุ๊ก(Facebook) ตามลำดับ จากงานวิจัยการใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรีสงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม [2] พบว่ามีการใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อการเรียนรู้บนเฟซบุ๊กมากที่สุด รองลงมาคือ ยูทูบ และกูเกิล สะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างจากงานวิจัยส่วนใหญ่ เลือกที่จะใช้สื่อสังคมออนไลน์บนเฟซบุ๊ก เพื่อสร้างการเรียนรู้และรับข้อมูลข่าวสารมากที่สุด จากงานวิจัยประสิทธิผลของการจัดการสื่อหนังสือพิมพ์ในยุคการแข่งขันกับสื่ออินเทอร์เน็ตในประเทศไทย [3] ก็พบว่าสื่อหลายสำนักที่แสดงจุดยืนทางการเมืองก็เลือกที่จะนำเสนอข่าวแค่บางมุมที่เป็นประโยชน์แก่จุดยืนทางการเมืองตนเอง แต่ไม่แสดงข้อเท็จจริงทั้งหมด ปัจจุบันเมื่อเข้าไปติดตามอ่านข่าวตามสำนักข่าวเฟซบุ๊กหลาย ๆ แห่ง พบว่าเมื่อเจอข่าวการเมือง ความคิดเห็นจากผู้คนที่ติดตามข่าว มักเป็นไปในทางเดียวกัน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาพฤติกรรมการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก และศึกษาความชอบพรรคการเมือง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันหรือไม่

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการรับสื่อจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก ในกลุ่มบุคคลเงินเนอเรนซ์ต่าง ๆ ในด้านของเวลา เนื้อหา และความไว้วางใจต่อสื่อ เพื่อสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการประชาสัมพันธ์ของสำนักข่าวได้

2.2 เพื่อศึกษาว่าการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊กกับความชอบพรรคการเมืองมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษากฎการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊กกับความชอบพรรคการเมือง ครั้งนี้เป็นงานวิจัยสำรวจ (Survey Research) ดำเนินการตามกระบวนการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีวิธีเก็บข้อมูลด้วยการใช้

แบบสอบถาม (Questionnaires)

3.1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง ประชาชนผู้ใช้งานแอปพลิเคชันเฟซบุ๊กในประเทศไทย จำนวน 51 ล้านบัญชี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ตัวแทนประชาชนผู้ใช้งานแอปพลิเคชันเฟซบุ๊กในประเทศไทย เนื่องจากทราบจำนวนประชากร จึงทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ซึ่งจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม ด้วยวิธีการของ ทาโรยามาเน โดยให้ออกาสหน่วยตัวอย่างได้ถูกเลือกเท่า ๆ กัน โดยกำหนดความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 0.05 หมายความว่า ในการสุ่มตัวอย่าง 100 ครั้ง มีโอกาสผิดพลาด 5 ครั้ง ถูกต้อง 95 ครั้ง ดังนั้นจะได้กลุ่มตัวอย่างที่ต้องการใช้สำหรับการวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 400 ตัวอย่าง

- ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างตามโดยไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non Probability Sampling) และใช้วิธีการสุ่ม ตัวอย่างแบบสะดวก (Convenience Sampling) คือ ทำการแจกแบบสอบถามด้วย google form บนแอปพลิเคชันเฟซบุ๊ก

3.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative Research) เพื่อการศึกษากฎการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) ที่สร้างขึ้นจากกรอบแนวคิดเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย โดยแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีพฤติกรรมติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก ส่วนที่ 3 แบบสอบถามความชอบพรรคการเมือง

- คุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยนำแบบสอบถามให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหาของงานวิจัย คุณภาพของเครื่องมือ ความถูกต้องตรงตามเนื้อหาที่ต้องการ ความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์การวิจัย และการใช้เครื่องมือวิจัยสามารถวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด จากนั้นนำแบบสอบถามให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง ความครอบคลุมของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย คำนึงถึงศัพท์ ความเหมาะสมทางด้านภาษาของข้อ

คำถาม แล้วนำมาหาค่าโดยใช้เทคนิค IOC (Index of Item – Objective Congruence)

- วิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีการทดสอบความเชื่อมั่น โดยนำแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแก้ไขไปทดสอบความเชื่อมั่น (Pre-Test) กับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจริง จำนวน 30 ชุด แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

3.3. การรวบรวมข้อมูล

- เก็บรวบรวมข้อมูลแบบปฐมภูมิ ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี นิยามศัพท์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนพิจารณาแบบสอบถามของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาสร้างแบบสอบถาม ให้สอดคล้องและครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยเก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 ชุด
- ปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบอีกครั้ง เพื่อปรับปรุงแก้ไขครั้งสุดท้ายก่อนนำไปทดลองใช้ (Try Out) โดยการนำแบบสอบถามฉบับสมบูรณ์นั้นไปทดลองใช้กับประชากรที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน
- ทำแบบสอบถาม (Questionnaire) ผ่าน google form
- ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่าง
- ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแบบสอบถามที่ได้รับ
- นำข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.4. การวิเคราะห์ข้อมูล

- สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) [7] คือ การนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาบรรยายถึงลักษณะของข้อมูลที่เก็บมาได้ เก็บข้อมูลชนิดใดมาได้ก็จะอธิบายได้เฉพาะข้อมูลชนิดนั้น ๆ ไม่สามารถนำไปใช้อ้างอิงถึงข้อมูลในส่วนอื่น ๆ ได้ สถิติเชิงพรรณนาถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาพฤติกรรม การติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (Frequency) ด้วยค่าร้อยละ (Percentage), การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Tendency) ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ย (Mean) และการวัดการกระจาย (Measure of

Variation) ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.)

- ลักษณะคำตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนมากที่สุด 5 คะแนน น้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำไปแปลงผล 5 ระดับ [6] ดังนี้

1.00 – 1.79 พึงพอใจน้อยที่สุด

1.80 – 2.59 พึงพอใจน้อย

2.60 – 3.39 พึงพอใจปานกลาง

3.40 – 4.19 พึงพอใจมาก

4.20 – 5.00 พึงพอใจมากที่สุด

- สถิติอ้างอิง (Inference Statistics) คือ การนำข้อมูลที่เก็บมาได้จากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ไปใช้อ้างอิงและอธิบายถึงกลุ่มประชากร (Population) ทั้งหมดผ่านการบรรยายหรือสรุปผลจะใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability) มาทดสอบสมมติฐาน ว่าพฤติกรรมที่ติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้วิธีการ ไคสแควร์ Chi-Square Test [8]

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การศึกษาพฤติกรรมความชอบพรรคการเมืองส่งอิทธิพลต่อการติดตามข่าวสารจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก” มีผลการวิจัยแบ่งเป็น 5 ส่วน

4.1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 235 คน คิดเป็นร้อยละ 59.00 รองลงมาคือ เพศชาย จำนวน 153 คน คิดเป็นร้อยละ 38.25 และสุดท้ายเพศทางเลือก จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 2.75
- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นกลุ่มอายุ 26 - 43 ปี จำนวน 289 คน คิดเป็นร้อยละ 72.25 รองลงมาคือ อายุ 44 - 58 ปี จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 12.75 ต่อมา อายุ 59 ปีขึ้นไป จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 7.75 สุดท้าย อายุ 18 - 25 ปี จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 7.25
- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 250 คน คิดเป็นร้อยละ 62.50 รองลงมาคือจบการศึกษาปริญญาโทขึ้นไป จำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 22.75 ต่อมาจบการศึกษา ปวช. / ปวส. จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 8.75

จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย 16 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00
จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ
1.75 สุดท้าย จบการศึกษาดำรงมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 1
คน คิดเป็นร้อยละ 0.25

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทำอาชีพรับราชการ/
รัฐวิสาหกิจ จำนวน 214 คน คิดเป็นร้อยละ 53.50 รองลงมาคือ
อาชีพพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 105 คน คิดเป็นร้อยละ
26.25 ต่อมา อาชีพ ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย จำนวน 39 คน คิดเป็น
ร้อยละ 9.75 อาชีพนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อย
ละ 6.25 อาชีพรับจ้างทั่วไป จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 2.00
อาชีพแม่บ้าน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 1.75 สุดท้าย ว่างาน จำนวน
2 คน คิดเป็นร้อยละ 0.50

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือนอยู่ที่ 15,001
– 30,000 บาท จำนวน 200 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมา
คือมีรายได้ 30,001 – 45,000 บาท จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ
21.25 ต่อมา มีรายได้ น้อยกว่า 15,000 บาท จำนวน 60 คน คิด
เป็นร้อยละ 15.00 รายได้ 45,001 – 60,000 บาท จำนวน 36 คน
คิดเป็นร้อยละ 9.00 มากกว่า 75,001 บาท จำนวน 13 คน คิดเป็น
ร้อยละ 3.25 สุดท้าย 60,001 – 75,000 บาท จำนวน 6 คน คิดเป็น
ร้อยละ 1.50

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีสถานภาพครอบครัวโสด
จำนวน 241 คน คิดเป็นร้อยละ 60.25 รองลงมาคือสมรส
จำนวน 143 คน คิดเป็นร้อยละ 35.75 สุดท้าย หย่าร้าง/หม้าย
จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในครอบครัว
3 - 4 คน จำนวน 212 คน คิดเป็นร้อยละ 53.00 รองลงมาคือมี
สมาชิกในครอบครัว 5 - 6 คน จำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ
20.25 สมาชิกในครอบครัว 2 คน จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ
16.25 สมาชิกในครอบครัว 1 คน จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ
5.75 สมาชิกในครอบครัว 7 – 8 คน จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อย
ละ 4.00 สุดท้าย สมาชิกในครอบครัว 9 คนขึ้นไป จำนวน 3 คน
คิดเป็นร้อยละ 0.75

- กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีงานอดิเรกออกกำลังกาย
จำนวน 169 คน คิดเป็นร้อยละ 17.44 รองลงมาคือเล่นเกม
จำนวน 139 คน คิดเป็นร้อยละ 14.34 ทำอาหาร จำนวน 100 คน
คิดเป็นร้อยละ 10.32 เล่นกีฬา จำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ
6.50 อ่านหนังสือ จำนวน 113 คน คิดเป็นร้อยละ 11.66 ดู
โทรทัศน์/ฟังวิทยุ จำนวน 263 คน คิดเป็นร้อยละ 27.14 เล่น

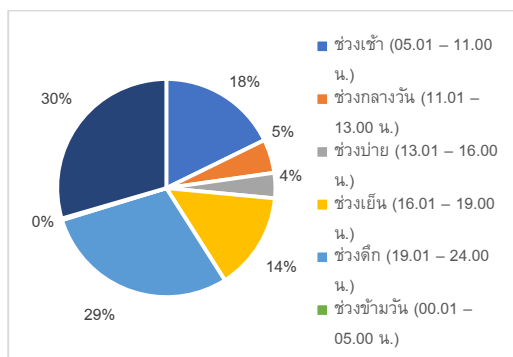
สัตว์ จำนวน 93 คน คิดเป็นร้อยละ 9.60 สุดท้าย อื่น ๆ จำนวน
29 คน คิดเป็นร้อยละ 2.99

4.2. พฤติกรรมการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟสบุ๊ก

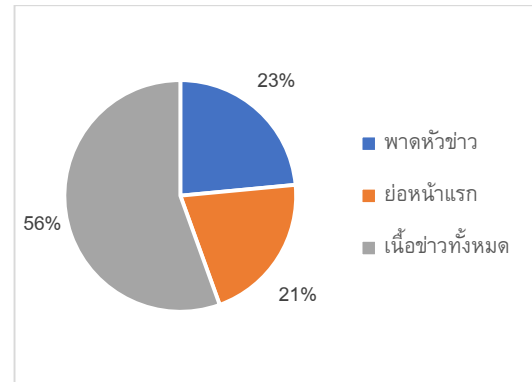
ตารางที่ 1 แสดงจำนวน และร้อยละจำนวนการติดตามข่าวสาร
จากสำนักข่าวบนเฟสบุ๊ก ที่ชอบมากที่สุด

สำนักข่าวบนเฟสบุ๊ก	จำนวน	ร้อยละ
Thairath - ไทยรัฐออนไลน์	156	39
THE STANDARD	82	20.5
Thai PBS	32	8
คมชัดลึก	17	4.25
ไทยโพสต์	12	3
Nation Online	11	2.75
MGROnline Live	10	2.5
Daliynews - เดลินิวส์ออนไลน์	9	2.25
Bangkok Post	8	2
กรุงเทพธุรกิจ	8	2
เรื่องเล่าเช้านี้	7	1.75
เชียงใหม่นิวส์ Chiang Mai News	5	1.25
Live NBT2HD	4	1
PostToday	4	1
สยามรัฐ	4	1
3PlusNews	3	0.75
SiamSport	3	0.75
สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์	3	0.75
daradaily.com	2	0.5
LINE TODAY Thailand	2	0.5

สำนักข่าวบนเฟสบุ๊ก	จำนวน	ร้อยละ
SpringNews	2	0.5
TOP News	2	0.5
ฐานเศรษฐกิจ	2	0.5
บีบีซีไทย - BBC Thai	2	0.5
สรยุทธ สุทัศนะจินดา กรรมกรข่าว	2	0.5
Khaosod - ข่าวสด	1	0.25
Matichon Online - มติชนออนไลน์	1	0.25
The MATTER	1	0.25
The Reporters	1	0.25
เจาะลึกทั่วไทย Inside Thailand	1	0.25
ประชาไท Prachatai.com	1	0.25
โลกวันนี้	1	0.25
หมากแข้ง	1	0.25
รวม	400	100.00



แผนภูมิที่ 1. แสดงร้อยละตามช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด



แผนภูมิที่ 2. แสดงร้อยละจำแนกตามเนื้อหาข่าวที่อ่าน

ตารางที่ 2 แสดงความพึงพอใจการติดตามข่าวจากสำนักข่าวเฟสบุ๊ก

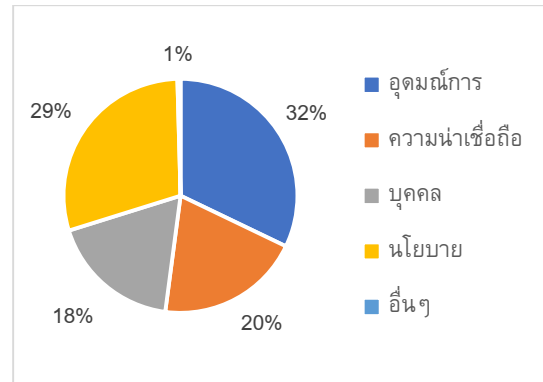
ความพึงพอใจการติดตามข่าวจากสำนักข่าวเฟสบุ๊ก	$\bar{X}$	SD	แปลผล
ความพึงพอใจต่อสำนักข่าวที่ติดตามบนเฟสบุ๊ก	3.49	0.95	พึงพอใจมาก
สำนักข่าวที่ติดตามมีการนำเสนอข่าวทางบวกกับพรรคการเมืองที่ชอบ	3.32	0.96	พึงพอใจปานกลาง
สำนักข่าวที่ติดตามมีการนำเสนอข่าวทางลบกับพรรคการเมืองที่ไม่ชอบ	2.99	1.00	พึงพอใจปานกลาง
รวม	3.27	0.99	พึงพอใจปานกลาง

4.3 ความชอบพรรคการเมือง

ตารางที่ 3 แสดงจำนวน และร้อยละจำแนกพรรคการเมืองที่ชอบ

พรรคการเมือง	จำนวน	ร้อยละ
พรรคก้าวไกล	265	66.25
พรรคเพื่อไทย	41	10.25
พรรครวมไทยสร้างชาติ	31	7.75

พรรคการเมือง	จำนวน	ร้อยละ
พรรคประชาธิปัตย์	17	4.25
พรรคเสรีรวมไทย	15	3.75
พรรคชาติพัฒนา	6	1.5
พรรคพลังประชารัฐ	6	1.5
พรรคชาติไทยพัฒนา	3	0.75
พรรคกล้า	2	0.5
พรรคไทยภักดี	2	0.5
พรรคเป็นธรรม	2	0.5
พรรคความหวังใหม่	1	0.25
พรรคไทยรวมไทย	1	0.25
พรรคไทยสร้างไทย	1	0.25
พรรคพลังเพื่อไทย	1	0.25
พรรคเพื่อชาติไทย	1	0.25
พรรคภูมิใจไทย	1	0.25
พรรครวมไทยรักชาติ	1	0.25
พรรคสามัญชน	1	0.25
พรรคเสมอภาค	1	0.25
พรรคอนาคตไทย	1	0.25
รวม	400	100.00



แผนภูมิที่ 3. แสดงร้อยละจำแนกเหตุผลความชอบต่อพรรคการเมือง(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ตารางที่ 4 แสดงความพึงพอใจการติดตามข่าวจากสำนักข่าวเฟสบุ๊ก

ความพึงพอใจด้านการเมือง	$\bar{X}$	SD	แปลผล
การเมืองของประเทศ	3.50	1.07	พึงพอใจมาก
พรรคการเมืองที่ชอบ	3.63	0.98	พึงพอใจมาก
ผลกระทบบจากการเมืองต่อชีวิต	3.75	1.06	พึงพอใจมาก
รวม	3.63	1.04	พึงพอใจมาก

4.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั่วไปกับ

ช่วงเวลาในการติดตามข่าวสาร

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ เพศ โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($X^2 = 18.26$) ค่า $p - value = 0.11$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กไม่มีความสัมพันธ์กับเพศของกลุ่มตัวอย่าง

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ อายุ โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 19.97$) ค่า $p\text{-value} = 0.33$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กไม่มีความสัมพันธ์กับอายุของกลุ่มตัวอย่าง

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ วุฒิการศึกษา โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 61.17$) ค่า $p\text{-value} = 0.00$ ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กมีความสัมพันธ์กับวุฒิการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้มีการทดสอบความเป็นอิสระต่อกัน (Test of independence) [5] ของตัวแปร พบว่าตัวแปรทั้งสองความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- โดยผู้ที่มีการศึกษาดำรงมัธยมศึกษาตอนต้น จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ในเวลาช่วงบ่าย(13.01-16.00 น.) ร้อยละ 100.00 วุฒิการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ไม่แน่นอน ร้อยละ 42.86 วุฒิการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ช่วงเย็น (16.01-19.00 น.) ร้อยละ 31.25 วุฒิการศึกษา ปวช./ปวส. จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ไม่แน่นอน ร้อยละ 34.29 วุฒิการศึกษาปริญญาตรี จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ช่วงดึก(19.01-24.00 น.) ร้อยละ 30.80 สุดท้าย ปริญญาโทขึ้นไป จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ช่วงดึก(19.01-24.00 น.) ร้อยละ 34.07

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ อาชีพหลัก โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 59.98$) ค่า $p\text{-value} = 0.01$ ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กมีความสัมพันธ์กับอาชีพหลักของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้มีการทดสอบความเป็นอิสระต่อกัน (Test of independence) [5] ของตัวแปร พบว่าตัวแปรทั้งสองความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

- โดยนักเรียน/นักศึกษาจะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ในเวลาช่วงเย็น(16.01-19.00 น.) ร้อยละ 32.00 อาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ จะมีช่วงเวลาการ

ติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ในเวลาช่วงดึก(19.01-24.00 น.) ร้อยละ 32.71 ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ไม่แน่นอน ร้อยละ 35.90 พนักงานบริษัทเอกชน จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ไม่แน่นอน ร้อยละ 32.38 แม่บ้าน จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ไม่แน่นอน ร้อยละ 42.86 รับจ้างทั่วไป จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ ช่วงบ่าย(13.01-16.00 น.) และ ไม่แน่นอน ร้อยละ 37.50 อื่น ๆ จะมีช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ไม่แน่นอน ร้อยละ 100.00

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ รายได้ โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 21.75$) ค่า $p\text{-value} = 0.86$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กไม่มีความสัมพันธ์กับรายได้ต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่าง

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ สถานภาพครอบครัว โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 9.92$) ค่า $p\text{-value} = 0.62$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กไม่มีความสัมพันธ์กับสถานภาพครอบครัวของกลุ่มตัวอย่าง

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารมากที่สุด กับ จำนวนสมาชิกในครอบครัว โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 15.12$) ค่า $p\text{-value} = 0.99$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊กไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนสมาชิกในครอบครัวของกลุ่มตัวอย่าง

4.5. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการติดตามสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กและพรรคการเมืองที่ชอบ

- เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง สำนักข่าวบนเฟสบุ๊กที่ชอบติดตามกับความชอบพรรคการเมืองของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ สถิติไคสแควร์ (Chi-square Test) พบว่า ($\chi^2 = 776.28$) ค่า $p\text{-value} = 0.00$ ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงว่า สำนักข่าวบนเฟสบุ๊กที่ชอบติดตามมีความสัมพันธ์กับความชอบพรรคการเมืองของกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้ที่ติดตาม 3PlusNews ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อย

ละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม Bangkok Post ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 87.50 ผู้ที่ติดตาม Daliynews – เติลนิวส์ออนไลน์ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม daradaily.com ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล และพรรคประชาธิปัตย์ ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม Khaosod – ข่าวสด ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม LINE TODAY Thailand ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล และพรรคพลังประชารัฐ ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม Live NBT2HD ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม Matichon Online – มติชนออนไลน์ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคเพื่อไทย ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม MGROnline Live ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล, พรรคประชาธิปัตย์ และ พรรคเพื่อไทย ร้อยละ 20.00 ผู้ที่ติดตาม Nation Online ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 36.36 ผู้ที่ติดตาม PostToday ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม SiamSport ส่วนใหญ่ชอบ พรรคเพื่อไทย ร้อยละ 66.67 ผู้ที่ติดตาม Thai PBS ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 53.13 ผู้ที่ติดตาม ไทยรัฐออนไลน์ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 71.15 ผู้ที่ติดตาม The MATTER ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม The Reporters ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม The Standard ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 78.05 ผู้ที่ติดตาม Top News ส่วนใหญ่ชอบ พรรคกล้า และ พรรคเพื่อไทย ร้อยละ 50.00 ผู้ติดตาม กรุงเทพธุรกิจ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 65.50 ผู้ที่ติดตาม คมชัดลึก ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 58.82 ผู้ที่ติดตาม คมชัดลึก ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 58.82 ผู้ที่ติดตาม เจาะลึกทั่วไทย Inside Thailand ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม เชียงใหม่นิวส์ Chiang Mai News ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 80.00 ผู้ที่ติดตาม ฐานเศรษฐกิจ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคชาติพัฒนา ก้าว และ พรรครวมไทยสร้างชาติ ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม ไทยโพสต์ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม บีบีซีไทย - BBC Thai ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม ประชาไท Prachatai.com ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม เรื่องเล่าเช้านี้ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล และพรรคเพื่อไทย ร้อยละ 42.86 ผู้ที่ติดตาม โลกวันนี้ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคประชาธิปัตย์ ร้อยละ 100.00 ผู้ที่ติดตาม สยามรัฐ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล, พรรคพลังประชารัฐ, พรรครวมไทย

สร้างชาติ และพรรคเสรีรวมไทย ร้อยละ 25.00 ผู้ที่ติดตาม เศรษฐ สุทัศน์ะจินดา กรรมกรข่าว ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล และพรรคเพื่อไทย ร้อยละ 50.00 ผู้ที่ติดตาม สำนักข่าว กรมประชาสัมพันธ์ ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล, พรรคประชาธิปัตย์ และพรรคสามัญชน ร้อยละ 33.33 สุดท้าย ผู้ที่ติดตาม หมากแข้ง ส่วนใหญ่ชอบ พรรคก้าวไกล ร้อยละ 100.00

5. สรุปและอภิปรายผล

5.1. อภิปรายผลการวิจัย

- ผลการวิจัยเรื่อง “การศึกษาพฤติกรรมการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟสบุ๊ก กับความชอบพรรคการเมือง” พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง โดยส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 26-43 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี มีอาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ และรายได้เฉลี่ยต่อเดือนระหว่าง 15001 - 30000 บาท มีสถานะโสด โดยมีสมาชิกในครอบครัว 3 – 4 คน งานอดิเรกส่วนใหญ่ดูโทรทัศน์/ฟังวิทยุ มีสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กที่ชอบติดตามมากที่สุดคือ ไทยรัฐออนไลน์ ช่วงเวลาที่ติดตามข่าวสารมากที่สุดคือ ไม่นานก่อนความยาวของเนื้อหาข่าวที่อ่าน คือ เนื้อข่าวทั้งหมด โดยมีความพึงพอใจในการติดตามข่าวจากสำนักข่าวเฟสบุ๊กอยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง พรรคการเมืองที่ชอบมากที่สุดคือ พรรคก้าวไกล โดยเหตุผลความชอบต่อพรรคการเมืองมากที่สุด คือ อุดมการณ์ของพรรค ด้านความพึงพอใจด้านการเมืองอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

- ปัจจัยข้อมูลทั่วไปด้านประชากรมีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาในการติดตามข่าวบนเฟสบุ๊ก พบว่า ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามที่แตกต่างกัน ตัวแปร วุฒิการศึกษา อาชีพหลัก มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาในการติดตามข่าวบนเฟสบุ๊ก

ตารางที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ตัวแปร วุฒิการศึกษา และช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊ก ส่วนใหญ่

วุฒิการศึกษา	ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊ก
ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น (100.00%)	ช่วงบ่าย (13.01 – 16.00 น.)
มัธยมศึกษาตอนต้น (42.86%)	ไม่แน่นอน
มัธยมศึกษาตอนปลาย (31.25%)	ช่วงเย็น (16.01 – 19.00 น.)

ปวช./ปวส. (34.29%)	ไม่แน่นอน
ปริญญาตรี (30.80%)	ช่วงดึก (19.01 – 24.00 น.)
ปริญญาโทขึ้นไป (34.07%)	ช่วงดึก (19.01 – 24.00 น.)

ตารางที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ตัวแปร อาชีพหลัก และช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊ก ส่วนใหญ่

วุฒิการศึกษา	ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊ก
นักเรียน/นักศึกษา (32.00%)	ช่วงเย็น (16.01 – 19.00 น.)
วุฒิการศึกษา	ช่วงเวลาการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊ก
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ (32.71%)	ช่วงดึก (19.01 – 24.00 น.)
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย (35.90%)	ไม่แน่นอน
พนักงานบริษัทเอกชน (32.38%)	ไม่แน่นอน
แม่บ้าน (42.86%)	ไม่แน่นอน
รับจ้างทั่วไป (37.50%)	ช่วงบ่าย (13.01 – 16.00 น.)
อื่น ๆ (100.00%)	ไม่แน่นอน

ซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าว ไปใช้ในการวางแผนประชาสัมพันธ์ ข่าวสารต่าง ๆ ในการเลือกช่วงเวลาของการปล่อยข่าวสารบนเฟสบุ๊กตามช่วงเวลาส่วนใหญ่ ที่กลุ่มเป้าหมายวุฒิการศึกษาต่าง ๆ ใช้เวลาในการติดตามข่าวสาร ซึ่งจะส่งผลให้การประชาสัมพันธ์ข่าวสารที่ต้องการตรงกลุ่มเป้าหมายมากขึ้น

- ในขณะที่ตัวแปรด้านเพศ อายุ รายได้ต่อเดือน สถานภาพครอบครัว จำนวนสมาชิกในครอบครัว กับช่วงเวลาในการติดตามข่าวบนเฟสบุ๊กนั้นพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ผลการทดสอบสมมติฐานการวิจัยความชอบพรรคการเมืองกับการติดตามข่าวสารจากสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กนั้นพบว่า ตัวแปรการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กที่ชอบ กับความชอบพรรคการเมืองนั้น มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยพบว่าความชอบพรรคการเมือง กับสำนักข่าวนั้น

ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ตัวแปร ความชอบพรรคการเมือง และการติดตามข่าวจากสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กที่ชอบ ส่วนใหญ่

พรรคการเมืองที่ผู้ติดตามสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ชอบ	จำนวนสำนักข่าว
พรรคก้าวไกล	21 สำนักข่าว
พรรคการเมืองที่ผู้ติดตามสำนักข่าวบนเฟสบุ๊กส่วนใหญ่ชอบ	จำนวนสำนักข่าว
พรรคเพื่อไทย	2 สำนักข่าว
พรรคประชาธิปัตย์	1 สำนักข่าว
ชอบพรรคการเมืองแบบผสม	9 สำนักข่าว

ซึ่งทำให้เห็นว่าการติดตามข่าวจากสำนักข่าว กับความชอบพรรคการเมือง มีความสอดคล้องกัน จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า มีสำนักข่าวถึง 24 สำนักข่าว จาก 33 สำนักข่าว ที่ผู้ติดตาม มีความชอบทางพรรคการเมือง เอนเอียงไปในทิศทางเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อควรระวังในการประชาสัมพันธ์ข่าวสารบนเฟสบุ๊กได้ ว่าหากนำเสนอข่าวในด้านของการเมือง อาจจะส่งผลต่อการเลือกติดตามข่าวสารทางเฟสบุ๊กของสื่ออื่นได้ ตรงกับงานวิจัยการใช้เฟสบุ๊กเพื่อการรับข่าวสารที่มีอิทธิพลต่อความสนใจทางการเมืองและการเข้าร่วมทางการเมือง [4] ที่พบว่าการใช้ Facebook ที่มีต่อการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร ทางการเมืองเป็นเรื่องสำคัญ ที่ช่วยมุ่งต่อการกระตุ้นความสนใจทางการเมือง การสร้างองค์ความรู้ทางการเมืองได้อย่างเป็นอิสระ ตามความเห็นของประชาชนแต่ละคน

5.2. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

- จากการวิจัยจะเห็นได้ว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุอยู่ในช่วง 26-43 มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี และมีอาชีพรับราชการ/รัฐวิสาหกิจ รายได้ต่อเดือน 15,001 – 30,000 บาท มีสถานภาพครอบครัว โสด โดยมีช่วงเวลาในการติดตามข่าวสารบนเฟสบุ๊ก มากที่สุด ในช่วงเวลาไม่แน่นอน ซึ่งสะท้อนความเป็นวัยทำงานที่ต้องการการรับรู้ข่าวสารที่รวดเร็วกระชับ ฉับไว และมีวิจารณญาณในการรับรู้ข่าวสารของตัวเอง มีการติดตามสำนักข่าวบนเฟสบุ๊ก เพื่อใช้ในการ

ตัดสินใจในเรื่องชีวิตประจำวันมากขึ้น ซึ่งผลวิจัยยังพบว่า ตัวแปรด้านวุฒิการศึกษา และอาชีพหลัก มีนัยสำคัญทางสถิติ กับตัวแปรช่วงเวลาในการติดตามข่าวสารบนเฟซบุ๊ก ซึ่งสามารถนำผลวิจัยนี้ไปกำหนดช่วงเวลาในการประชาสัมพันธ์ข่าวสารที่ต้องการบนสื่อเฟซบุ๊ก ซึ่งจะช่วยให้ตรงกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการมากขึ้น

- ในด้านความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความชอบพรรคการเมือง กับสำนักข่าวบนเฟซบุ๊กที่ชอบติดตามมากที่สุด พบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับนัยสำคัญทางสถิติ เพราะฉะนั้น หากต้องการทำสื่อข่าวสาร หรือสื่อประชาสัมพันธ์บนเฟซบุ๊ก ควรระมัดระวังในเรื่องของการเกี่ยวข้องกับการเมือง เพราะอาจส่งผลกับการเลือกติดตามข่าวสารบนเฟซบุ๊กของสื่อสำนักข่าวนั้นได้

5.3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ มีขึ้นเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัย ความชอบพรรคการเมืองกับการติดตามข่าวสารจากสำนักข่าวบนเฟซบุ๊ก ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามสมมติฐาน และหากต้องได้ผลการวิจัยที่ชัดเจนขึ้น ควรทำการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปเพิ่มเติม

- ทำการวิจัยเชิงปริมาณโดยเฉพาะเจาะจงไปที่สำนักข่าว 1 สำนักโดยตรง และอาจเปลี่ยนวิธีการกำหนดหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม จากวิธีการของทาร์ยามานเน เป็นรูปแบบอื่น
- ทำการวิจัยเชิงคุณภาพกับกลุ่มผู้ชมรายการ นักข่าว ผู้ผลิตรายการข่าว และผู้บริหารสื่อ เพื่อให้ทราบถึงความต้องการ หลักการในการนำเสนอข่าว เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกของสำนักข่าวมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐพล ม่วงท่า. (2564). สรุป 52 Insight สำคัญจาก Thailand Digital Stat 2022 ของ We Are Social. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2566, <https://www.everydaymarketing.co/trend-insight/insight-thailand-digital-stat-2022-we-are-social/>
- [2] อรรถพล ทองวิทยาพรหม, จันทน์ วงษ์ชาชม และ สุทธิศา ของเหล็กนอก, “การใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมศรี

- สงคราม มหาวิทยาลัยนครพนม”. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม, 8(3), 81-89, 2561
- [3] วิษรพงษ์ จิตรงามปลั่ง, และ พันเอก บุญเอื้อ บุญฤทธิ์, “ประสิทธิผลของการจัดการสื่อหนังสือพิมพ์ในยุคการแข่งขันกับสื่ออินเทอร์เน็ตในประเทศไทย”, วารสารเกษมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, 20(10), 26-42, 2562.
 - [4] วีระศักดิ์ จินารัตน์, “การใช้เฟซบุ๊กเพื่อการรับข่าวสารที่มีอิทธิพลต่อความสนใจทางการเมืองและการเข้าร่วมทางการเมือง”, วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ มหาวิทยาลัยการจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น, 6(12), 412-423, 2564
 - [5] สุชาดา บวรกิตติวงศ์ และ ดิวิยะ โชติ ศรีสุทธียากร, “ความแกร่งของสถิติทดสอบไคสแควร์”, วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 44(3), 212-220, 2559
 - [6] ทรงฤทธิ์ ทองมีขวัญ, สุกุลดา แซ่เตียว, วรินทร์ดา จันทวีเมือง, ทิพย์สุคนธ์ กิจรุ่งโรจน์ และ จินตวิทย์พร เป็นแก้ว, “พฤติกรรมการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักศึกษาศาสนาวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สงขลา”, วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม, 21(4), 67-77, 2563
 - [7] Perez-Vicente S, Exposito Ruitz M., “Descriptive Statistics”, Allergol Immunopathol (Madr), 37(6): 314-320, 2009
 - [8] Verma, J. P., “Chi-square test and its application”, In J. P. Verma (Eds.), Data Analysis in Management with SPSS Software, pp. 69-101, Delhi, New Delhi: Springer, 2009

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
Tel: 02-988-3655 ext 4115 Fax: 02-988-4027
E-mail: jist@citt.or.th