

JOURNAL OF

INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY

JIST

ISSN: 1906-9553 (Print)

ISSN: 2651-1053 (Online)

Volume 10. No.2

July - December 2020

Research Papers

การพยากรณ์โรคระบาดเริ่มต้นด้วยอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง.....1
 อาริกา ธรรมโน, มุทิตา หวังคิด และ อาริต ธรรมโน

Mobile Payment: A Review.....10
 Surakarn Duangphasuk, Chalee Thammarat and Supakorn Kungpisdan

การประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกรูปภาพพื้นดัสโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก.....19
 ทรงกรด พิมพิศาล และ ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์

ระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาอุโมงค์มรดกยนต์.....26
 ชาญชัย ศุภอรรถกร และ ภัทรภูมิ อ่อนจ้อย

ความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ.....34
 อรรวรรณ แซ่อึ้ง

การเพิ่มอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายไหลต่ออย่างประหยัดด้วยการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่
 ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว.....41
 ศุภกานต์ จันทร์เสรีวิทยา

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำของตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในกรุงเทพและปริมณฑล.....49
 กิตติพัฒน์ พันเรือง และ ดัชกรณ์ ดันเจริญ

ระบบตอบกลับและแจ้งข้อมูลทางการศึกษาผ่านไลน์บอท.....59
 ณภัทร ไชยพราหมณ์, ณัฐวุฒิ ทุมรัตน์ และ ชูพันธุ์ รัตนโกคา

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม.....71
 สมเกียรติ น่วมนา, คงทัต ทองพูน และ ปิติพงษ์ ยอดมงคล

การพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ.....77
 ฎภา คำตะพล

ระบบวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายผ่านสมาร์โฟนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก.....90
 ณัฐวดี หงส์บุญมี และ คณิน ประทุมทอง

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกโดยใช้การประมวลผลภาพ.....101
 สราวุฒิ บุญเกิดรัมย์ และ ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์



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 21 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, Maharakham 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 and Ubon Ratchathani Rajabhat University. According to the agreement of deans of all faculties (Council of IT Deans of Thailand (CITT)), Mahanakorn University of Technology was appointed as a coordinator of the journal.

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.

EDITOR IN CHIEF

Werasak Kurutach, Mahanakorn University of Technology, Thailand

ADVISORY BOARD

Ruttikorn Varakulsiripunth Thai-Nichi Institute of Technology, Thailand	Krisana Chinnasarn Burapha University, Thailand	Sunantha Sodsee King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Thailand
Pisit Charnekitkong Panyapiwat Institute of Management, Thailand	Panavy Pookaiyudom Mahanakorn University of Technology, Thailand	Poonpong Boonbrahm Walailak University, Thailand
Pattanasak Mongkolwat Mahidol University, Thailand	Sasitorn Kaewman Maharakham University, Thailand	Chetneti Srisaan Rangsit University, Thailand
Siridech Boonsang King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand	Thirapon Wongsardsakul Bangkok University, Thailand	Teeravisit Laohapensaeng Mae Fah Luang University, Thailand
Thana Sukvaree Sripatum University, Thailand	Dechanuchit Katanyutaveetip Siam University, Thailand	Chaiyaporn Khemapatapan Dhurakij Pundit University, Thailand
Nathaporn Karnjapoomi Silpakorn University, Thailand	Sinchai Kamolphiwong Prince Of Songkla University, Thailand	Anong Rungsuk Nakhon Phanom University, Thailand
Pornthep Rojanavas University of Phayao, Thailand	Kriengkrai Porkaew King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand	Supawee Makdee Ubon Ratchathani Rajabhat University, Thailand

EDITORIAL BOARD

Werasak Kurutach
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Woraphon Lilakiatsakun
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Surakarn Duangphasuk
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Rattana Wetprasit
Prince Of Songkla University,
Thailand

Datchakorn Tancharoen
Panyapiwat Institute of Management,
Thailand

Wanvipa Wongvilaisakul
Panyapiwat Institute of
Management, Thailand

Pawitra Chiravirakul
Mahidol University, Thailand

Songsri Tangsripairoj
Mahidol University, Thailand

Suppat Rungraungsilp
Walailak University,
Thailand

Sarayut Nonsiri
Thai-Nichi Institute of
Technology, Thailand

Annop Monsakul
Thai-Nichi Institute of
Technology, Thailand

Sasitorn Kaewman
Mahasarakham University,
Thailand

Nutchanat Buasri
Mahasarakham University,
Thailand

Sayan Riwtong
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Kaboon Thongtha
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Mudarmeen Munlin
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Sureeluk Weerajong
Mahanakorn University of Technology,
Thailand

Benjamas Meansamut
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

Chatchai Tubgri
Mahanakorn University of
Technology, Thailand

MANAGER

Kaboon Thongtha, Mahanakorn University of Technology, 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
Tel: +(662) 988-3655 ext 4115

CALL FOR PAPER

Journal of Information Science and Technology (JIST)

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

Editor in Chief

Werasak Kurutach (MUT)

Advisory Board

Panavy Pookaiyaudom(MUT)

Kriengkrai Porkaew (KMUTT)

Sasitorn Kaewman (MSU)

Pattanasak Mongkolwat (MU)

Poonpong Boonbrahm (WU)

Ruttikom Varakulsiripunth (TNI)

Pisit Charnkeitkong (PIM)

Chetneti Srisaoan (RSU)

Siridech Boonsang (KMITL)

Thirapon wongsaardsakul (BU)

Sunantha Sodsee (KMUTNB)

Teeravisit Laohapensaeng (MFU)

Thana Sukvaree (SPU)

Dechanuchit Katanyutaveetip (SU)

Chaiyaporn Khemapatapan (DPU)

Nathaporn Karnjapoomi (SU)

Sinchai Kamolphiwong (PSU)

Anong Rungsuk (NPU)

Krisana Chinasarn (BUU)

Pornthep Rojanavasu (UP)

Supawee Makdee (UBRU)

Editorial Board

Mudarmeen Munlin (MUT)

Sureeluk Weerajong (MUT)

Surakarn Duangphasuk (MUT)

Rattana Wetprasit (PSU)

Datchakorn Tancharoen (PIM)

Wanvipa Wongvilaisakul (PIM)

Pawitra Chiravirakul (MU)

Songsri Tangsripairoj (MU)

Suppat Rungraungsilp (WU)

Sarayut Nonsiri (TNI)

Annop Monsakul (TNI)

Sasitorn Kaewman (MSU)

Nutchanat Buasri (MSU)

Sayan Riwtong (MUT)

Benjamas Meansamut (MUT)

Chatchai Tubgri (MUT)

Manager

Kaboon Thongtha (MUT)

Submissions

Online Journal Submission

[https://ph02.tci-](https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/)

[thaijo.org/index.php/JIST/](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

Tel: +(662)988-3655 ext 4115,

Fax: +(662)988-4027

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-2018.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.

การพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมด้วยอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน

ร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง

Breast Cancer Prediction Using K-mean Classification Algorithm with Self-adaptive Weight

อาริกา ธรรมโน^{1*}, มุทิตา หวังคิด¹ และ อาริต ธรรมโน²

Arika Thammano^{1}, Muthita Wangkid¹ and Arit Thammano²*

¹โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²ห้องปฏิบัติการวิจัยปัญญาเชิงคำนวณ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹*Kasetsart University Laboratory School, Center for Educational Research and Development,*

Kasetsart University, Bangkok 10900

²*Computational Intelligence Laboratory, Faculty of Information Technology,*

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

Received: July 02, 2020; Revised: August 05, 2020; Accepted: August 11, 2020; Published: August 26, 2020

ABSTRACT – “Breast cancer” is the first-rank non-communicable disease found in women both in Thailand and the world at large. The statistic of the National Cancer Institute reveals that the number of Thai women suffering from breast cancer is likely to increase every year. If breast cancer can be found at its early stage and cured properly, the risk of mortality can be considerably reduced. This research presents K-mean classification algorithm with self-adaptive weight and the program for breast cancer prediction using Python programming language with an aim to help identify and cure the early-stage breast cancer patients in a timely manner. The algorithm presented in this research has been modified from K-mean clustering algorithm to be able to perform the classification task and to have the ability to self-adapt the weights of the features in the Euclidean distance equation. The efficiency of algorithm and breast cancer prediction program was tested using Breast Cancer Coimbra data set. The result shows that the breast cancer prediction using the proposed algorithm is more accurate than other artificial intelligence algorithms.

KEYWORDS: Breast cancer, Prediction, Artificial intelligence, Data science, Classification, K-mean algorithm

*Corresponding Author: arikatham@gmail.com

บทคัดย่อ - “มะเร็งเต้านม” เป็นโรคนอกกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่พบมากเป็นอันดับหนึ่งในผู้หญิงทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ สถิติของสถาบันมะเร็งแห่งชาติระบุว่า ผู้หญิงไทยที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านมมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งถ้าหากตรวจพบเร็วและสามารถรักษาได้ถูกวิธี ก็จะสามารถลดอัตราการเสียชีวิตได้อย่างมาก งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนออัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง รวมทั้งทำการพัฒนาโปรแกรมพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมด้วยภาษาไพทอน โดยมีจุดประสงค์เพื่อช่วยในการคัดกรองผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมในเบื้องต้น เพื่อให้กระบวนการการวินิจฉัยเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและสามารถรักษาได้อย่างทันเวลา โดยอัลกอริทึมที่นำเสนอเป็นอัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาต่อยอดมาจากอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนให้มีความสามารถในการจำแนกประเภท และปรับเปลี่ยนค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะเด่นในสมการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของประเภทแต่ละประเภทให้เหมาะสมได้ด้วยตัวเองในระหว่างการเรียนรู้ข้อมูล งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมและโปรแกรมการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมที่นำเสนอโดยใช้ชุดข้อมูล Breast Cancer Coimbra ผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมของอัลกอริทึมที่นำเสนอที่สูงกว่าอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์อื่น ๆ

คำสำคัญ: โรคมะเร็งเต้านม, การพยากรณ์, ปัญญาประดิษฐ์, วิทยาการข้อมูล, การจำแนกประเภท, อัลกอริทึมเคมีน

1. บทนำ

มะเร็งเต้านมเป็นโรคนอกกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่พบมากเป็นอันดับหนึ่งในผู้หญิงทั่วโลก โดยสถิติของสถาบันมะเร็งแห่งชาติได้แสดงให้เห็นว่า ผู้หญิงไทยป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านม 13,000 คนต่อปี หรือ 35 คนต่อวัน และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากขึ้นทุกปี [1] อีกทั้งองค์การอนามัยโลกได้เปิดเผยว่า มีผู้หญิงจากทั่วโลกป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านมเพิ่มขึ้น 2.1 ล้านคนต่อปี และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในปีต่อๆ ไป นอกจากนี้โรคมะเร็งเต้านมยังเป็นสาเหตุการตายของผู้ป่วยมากกว่า 627,000 คนในปี พุทธศักราช 2561 [2] ซึ่งนับเป็นร้อยละ 15 ของผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมทั้งหมด โดยหากโรคมะเร็งเต้านมถูกตรวจพบได้ในระยะเริ่มแรกและได้รับการรักษาอย่างทันเวลา ก็จะสามารถลดอัตราการตายดังกล่าวได้อย่างมาก

ในปัจจุบัน วิธีการวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมที่ถูกใช้มากที่สุด คือการแมมโมแกรมซึ่งมีข้อจำกัด คือ สามารถแปลผลได้ยาก และในกรณีที่พบก้อน ก็อาจจะแยกได้ยากว่าก้อนนั้นเป็นก้อนน้ำหรือก้อนเนื้อ [3] หรือในบางรายที่มีความหนาแน่นของเนื้อเต้านมมาก เนื้อเต้านมก็มีโอกาสที่จะบังสิ่งผิดปกติทำให้ตรวจไม่พบ [4] วิธีการตรวจหาโรคมะเร็งเต้านมที่ดีอีกวิธีหนึ่งคือการตรวจเลือดเพื่อหาสารบ่งชี้มะเร็ง ซึ่งเมื่อใช้ร่วมกับการซักประวัติ การตรวจร่างกายและการตรวจทางกายภาพอื่นๆ เช่น การเอกซเรย์ หรือการอัลตราซาวด์ จะสามารถใช้ในการวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมได้ แต่เนื่องจากโรคมะเร็งเต้านมใน

ระยะแรก ผู้ป่วยจะไม่มีอาการใดๆ ถ้าผู้ป่วยไม่ได้ตรวจเต้านมด้วยตัวเองเป็นประจำ หรือ ไม่ได้ไปตรวจคัดกรองที่สถานพยาบาล เซลล์มะเร็งอาจจะลุกลามไปยังอวัยวะข้างเคียง ทำให้การรักษาให้หายขาดเป็นไปได้ยากลำบากมากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาเป็นตัวช่วยในการคัดกรองโรคมะเร็งเต้านมในเบื้องต้นให้กับประชาชนทั่วไป โดยในบทความนี้ผู้วิจัยได้นำเสนออัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ 2 อัลกอริทึม พร้อมทั้งได้ทำการพัฒนาโปรแกรมพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมด้วยอัลกอริทึมที่นำเสนอ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้อาศัยผลตรวจเลือดจากการตรวจสุขภาพประจำปีเพื่อเป็นข้อมูลในการพยากรณ์และจำแนกบุคคลทั่วไปที่ไม่ได้ป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านม และผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมออกจากกัน ผลลัพธ์ของการพยากรณ์ที่ได้จากอัลกอริทึมที่นำเสนอทั้ง 2 อัลกอริทึมจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของการพยากรณ์ที่ได้จากอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์อื่นที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง 5 อัลกอริทึม เพื่อให้มั่นใจถึงประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่นำเสนอ ผู้วิจัยคาดหวังว่าเมื่อผู้ป่วยได้รับทราบผลจากการพยากรณ์ของโปรแกรมจะไปพบแพทย์ เพื่อรับการตรวจคัดกรองและได้รับการรักษาอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการได้อย่างทันท่วงทีตั้งแต่ในระยะเริ่มต้น ซึ่งจะนำไปสู่การลดลงของอัตราการตายในผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมได้

เนื้อหาของบทความนี้ถูกแบ่งเป็น 5 หัวข้อดังนี้ หัวข้อที่ 1 บทนำ หัวข้อที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3

อัลกอริทึมในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมที่นำเสนอ หัวข้อที่ 4 ผลการทดลอง และหัวข้อที่ 5 จะเป็นบทสรุป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคมะเร็งเต้านม (Breast Cancer)

โรคมะเร็งเต้านม เกิดจากการที่เซลล์ในเต้านมมีความผิดปกติ เกิดการเจริญเติบโตและแบ่งเซลล์ได้รวดเร็วกว่าเซลล์ปกติโดยที่ร่างกายไม่สามารถควบคุมได้ จนเกิดเป็นก้อนเนื้อหรือตุ่มที่โตขึ้นอย่างผิดปกติ โดยที่เซลล์เหล่านี้สามารถเจริญลุกลามและแพร่ไปยังส่วนอื่นๆ ของร่างกายได้ เช่น แพร่เข้าต่อมน้ำเหลืองหรือแพร่กระจายเข้าหลอดเลือด กระแสเลือด ส่งผลให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อนั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างปกติ และเป็นสาเหตุแห่งการเสียชีวิตได้ในที่สุด

โรคมะเร็งเต้านม เป็นโรคมะเร็งอันดับ 1 ที่พบในผู้หญิงทั้งในไทยและทั่วโลก และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2557 ข้อมูลทางระบาดวิทยาในสหรัฐอเมริกาได้ระบุว่า มีผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมรายใหม่กว่า 232,670 ราย [5] ในส่วนของประเทศไทยนั้น โรคมะเร็งเต้านมเป็นโรคมะเร็งที่เกิดมากที่สุดของผู้หญิง จากรายงานทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาลของสถาบันมะเร็งแห่งชาติในปี พ.ศ. 2557 ได้ระบุว่า ผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมเพศหญิงถือเป็นร้อยละ 31.4 ของผู้ป่วยโรคมะเร็งเพศหญิงทั้งหมด

โรคมะเร็งเต้านมสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ [6] คือ ระยะที่ 1 ก้อนมะเร็งมีขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร และยังไม่มีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ ระยะที่ 2 ก้อนมะเร็งมีขนาดระหว่าง 2 – 5 เซนติเมตร อาจจะมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ข้างเดียวกันหรือไม่ก็ได้ ระยะที่ 3 ก้อนมะเร็งมีขนาดใหญ่กว่า 5 เซนติเมตร และมีการแพร่กระจายไปยังต่อมน้ำเหลืองที่รักแร้ข้างเดียวกันอย่างมาก และระยะที่ 4 ก้อนมะเร็งมีขนาดเท่าไรก็ได้ แต่มีการแพร่กระจายไปยังส่วนอื่นของร่างกายที่อยู่ห่างออกไป โรคมะเร็งเต้านมสามารถพบได้ทั้งในเพศหญิงและเพศชาย แต่จากสถิติพบว่าเพศหญิงมีความเสี่ยงที่จะเป็นโรคมะเร็งเต้านมมากกว่าเพศชาย ในปี พ.ศ. 2552 มีผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมเพศหญิงจำนวน 765 ราย แบ่งออกเป็นผู้ป่วยในระยะที่ 1 ร้อยละ 20 ระยะที่ 2 ร้อยละ 35 ระยะที่ 3 ร้อยละ 20 และระยะที่ 4 หรือระยะกระจายร้อยละ 7 ส่วนผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านมเพศชายในปี

เดียวกันมีเพียง 3 รายเท่านั้น เป็นผู้ป่วยในระยะที่ 1 ร้อยละ 33.33 และเป็นผู้ป่วยในระยะที่ 2 ร้อยละ 33.33 [7]

ในปัจจุบันวิธีในการตรวจหาโรคมะเร็งเต้านมนั้นจะทำโดยวิธีการถ่ายภาพรังสีเต้านม (mammogram) แต่ก็ยังมีอีกวิธีในการตรวจหาหะเร็ง ได้แก่ การตรวจเลือดเพื่อหาสารบ่งชี้มะเร็ง (tumor marker) สารบ่งชี้มะเร็งอาจจะเป็นแอนติเจน สาร โปรตีน ฮอร์โมน หรือเอนไซม์ ที่จะตรวจพบได้ในปริมาณที่สูงในกรณีของผู้ป่วยเป็นมะเร็งเต้านม เช่น Carcinoembryonic antigen (CEA), CA 19-9 และ CA 15-3 เป็นต้น [8] โดยที่ปริมาณสารบ่งชี้มะเร็งจะแปรผันตรงกับระยะของโรคมะเร็ง [9] ถ้าหากพบปริมาณสารบ่งชี้มะเร็งมาก ก็จะคาดการณ์ได้ว่ามะเร็งได้มีขนาดใหญ่และลุกลามไปยังส่วนอื่นๆ ของร่างกายแล้ว ดังนั้นการตรวจเลือดเพื่อหาสารบ่งชี้มะเร็ง ร่วมกับการตรวจร่างกาย การซักประวัติ และการตรวจทางการแพทย์อื่นๆ เช่น การถ่ายภาพรังสีเต้านม การเอกซเรย์ หรือการอัลตราซาวด์ ก็จะสามารถช่วยในการวินิจฉัยและพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมได้เป็นอย่างดี ซึ่งถ้าหากโรคมะเร็งได้รับการวินิจฉัยอย่างถูกต้องและรวดเร็ว ก็จะทำให้โอกาสในการลุกลามของมะเร็งและการเสียชีวิตของผู้ป่วยลดลงไปด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากความจำเป็นที่ผู้ป่วยควรจะได้รับการวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมอย่างถูกต้องและรวดเร็ว จึงได้มีนักวิจัยนำเอาอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ต่างๆ มาทำการทดสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม

Sardouk, Duru และ Bayat [10] ได้ใช้โปรแกรม WEKA และ MATLAB ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมของอัลกอริทึม 6 อัลกอริทึม ได้แก่ AdaBoost, Classification Via Regression, Random Forest, Jrip, Radial Basis Function Neural Network (RBFNN) และ J48 จากผลการทดลองพบว่า Classification Via Regression มีค่าความแม่นยำสูงที่สุดในกลุ่ม ตามมาด้วย AdaBoost, Random Forest, RBFNN, Jrip และ J48 ตามลำดับ

Ray และคณะ [11] ทำการทดลองโดยใช้ Decision Tree, k-nearest neighbors (k-NN), Random Forest และ Gaussian Naïve Bayes ในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม จากผลการทดลองพบว่า Decision Tree และ Random Forest มีความสามารถในการพยากรณ์สูงกว่าอีก 2 อัลกอริทึมที่เหลือ

Austria และคณะ [12] ได้นำเอาอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ 10 อัลกอริทึมมาพัฒนาโปรแกรมเพื่อพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม ผลการทดลองสรุปได้ว่าอัลกอริทึม Gradient Boosting สามารถพยากรณ์ได้ค่าความถูกต้องสูงสุด ส่วนอัลกอริทึม k-NN เป็นอัลกอริทึมที่มีความสามารถในการเรียนรู้ได้เร็วที่สุด และอัลกอริทึม Nonlinear Support Vector Machine ใช้เวลาในการทดสอบเร็วที่สุด

2.3 การแบ่งกลุ่ม (Clustering)

การแบ่งกลุ่มเป็นเทคนิคในการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised learning) ข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกข้อมูลเข้ากลุ่ม และไม่มีข้อกำหนดเป้าหมายว่าข้อมูลควรจะอยู่ในกลุ่มใด แต่จะใช้เพียงคุณลักษณะของข้อมูลเป็นแนวทางในการแบ่งกลุ่ม โดยข้อมูลที่มีคุณลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2.4 การจำแนกประเภท (Classification)

การจำแนกประเภทเป็นเทคนิคในการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning) การจำแนกประเภทจะทำการสร้างเกณฑ์เพื่อใช้ในการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ โดยมีเอาทริบิวต์เป้าหมายเป็นตัวกำหนดให้ว่าข้อมูลไหนควรจะอยู่ในกลุ่มใด ดังนั้นการจำแนกประเภทจึงจำเป็นที่จะต้องมียุทธศาสตร์ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้จะถูกใช้ในการสร้างเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ส่วนกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบจะถูกใช้ในการตรวจสอบว่าเกณฑ์ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยดูจากตัววัดประสิทธิภาพต่างๆ ได้แก่ ความถูกต้อง (Accuracy) ความแม่นยำ (Precision) ความครบถ้วน (Recall) และ F1 Score

2.5 อัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (K-mean clustering algorithm)

เคมีนเป็นอัลกอริทึมในการแบ่งกลุ่มที่ได้รับความนิยมสูงสุดเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและมีวิธีการดำเนินงานที่ง่าย โดยเคมีนจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น K กลุ่ม ข้อมูลที่มีคุณลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดเอาไว้ในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นจะทำการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในกลุ่มเพื่อกำหนดเป็นตัวแทนของกลุ่ม เป้าหมายสูงสุดของเคมีนคือต้องการให้ข้อมูลที่อยู่ในกลุ่ม

เดียวกันมีระยะห่างระหว่างกันน้อยที่สุด ส่วนข้อมูลที่อยู่ต่างกลุ่มกันให้มีระยะห่างระหว่างกันมากที่สุด ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีนเป็นดังนี้

- ก) ในขั้นตอนเริ่มต้นให้ทำการสุ่มข้อมูลขึ้นมา K ข้อมูลจากข้อมูลที่จะใช้ในการแบ่งกลุ่มทั้งหมด เพื่อนำมาใช้เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มแต่ละกลุ่ม โดยค่า K จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานที่ต้องการจะแบ่งข้อมูลออกเป็นกี่กลุ่ม
- ข) จัดข้อมูลทั้งหมดเข้าในกลุ่ม โดยหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่ม ถ้าข้อมูลนั้นมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางกลุ่มใดน้อยที่สุด ก็จะได้ว่าข้อมูลดังกล่าวอยู่ในกลุ่มนั้น
- ค) หาค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลภายในแต่ละกลุ่มเพื่อนำมาเป็นจุดศูนย์กลางใหม่ของกลุ่ม
- ง) ทำซ้ำในข้อ ข) และ ค) จนกระทั่งตำแหน่งของจุดศูนย์กลางกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3. อัลกอริทึมในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้นำเสนออัลกอริทึมที่จะใช้ในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม 2 อัลกอริทึม ดังที่จะได้อธิบายในรายละเอียดต่อไป

3.1 อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน (K-mean classification algorithm)

อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนนี้เกิดจากการที่ผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน (หัวข้อ 2.4) เล็กน้อยในส่วนของการสุ่มจุดศูนย์กลางเริ่มต้นให้กับแต่ละกลุ่มข้อมูลเพื่อให้อัลกอริทึมรับรู้ถึงประเภทของข้อมูลที่จะต้องทำการจำแนก โดยขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนเป็นดังนี้

- ก) สุ่มข้อมูลขึ้นมา K ข้อมูลจากส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มแต่ละกลุ่ม ในกรณีของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนนี้ ค่า K จะไม่ได้ถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานเหมือนกับกรณีของอัลกอริทึมการแบ่งกลุ่มแบบเคมีน แต่จะมีค่าเท่ากับจำนวนประเภทของข้อมูลที่จะต้องทำการจำแนก นอกจากนี้แล้ววิธีการในการสุ่มเลือกก็แตกต่างกันด้วย นั่นคือการสุ่มจุดศูนย์กลางเริ่มต้นให้กับกลุ่มแต่ละกลุ่มในอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนนั้น จะสุ่มจากเฉพาะข้อมูลที่อยู่ในประเภทเดียวกับกลุ่มนั้นเท่านั้น ตัวอย่างเช่น จุดศูนย์กลาง

เริ่มต้นของกลุ่มที่ 1 ก็จะสุ่มมาจากข้อมูลที่อยู่ในประเภท 1 จุดศูนย์กลางเริ่มต้นของกลุ่มที่ 2 ก็จะสุ่มมาจากข้อมูลที่อยู่ในประเภท 2 เป็นต้น

- ข) จัดข้อมูลทั้งหมดเข้าในกลุ่ม โดยหาค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลและจุดศูนย์กลางของกลุ่มตามสมการที่ (1) ถ้าค่าระยะห่างระหว่างข้อมูลและจุดศูนย์กลางกลุ่มใดน้อยที่สุดให้จัดข้อมูลใส่ในกลุ่มนั้น

$$d_{ij} = \|X_i - C_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^N a_{jk} (x_{ik} - c_{jk})^2} \quad (1)$$

เมื่อ d_{ij} คือระยะห่างระหว่างข้อมูลตัวที่ i (X_i) กับจุดศูนย์กลางกลุ่ม j (C_j)

x_{ik} และ c_{jk} คือค่าคุณลักษณะที่ k ของข้อมูลตัวที่ i และค่าคุณลักษณะที่ k ของจุดศูนย์กลางกลุ่ม j ตามลำดับ

a_{jk} คือค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะที่ k ของจุดศูนย์กลางกลุ่ม j โดยอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนจะกำหนดให้ $a_{jk} = 1$

- ค) หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในแต่ละกลุ่ม เพื่อนำมาเป็นจุดศูนย์กลางใหม่ของกลุ่ม
ง) ทำวิธีการในข้อ ข) และ ค) ซ้ำ จนกระทั่งค่าของจุดศูนย์กลางกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.2 อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง (K-mean classification algorithm with self-adaptive weight)

อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเองเป็นอัลกอริทึมที่ถูกพัฒนาต่อออกมาจากอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนที่ผู้วิจัยได้นำเสนอไว้ในหัวข้อ 3.1 โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผลการพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ในการพัฒนาอัลกอริทึมใหม่นี้อาศัยแนวคิดที่ว่าประเภทแต่ละประเภทจะมีคุณลักษณะเด่นที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมการในการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของประเภทแต่ละประเภทก็ควรจะให้ความสำคัญกับคุณลักษณะเด่นของประเภทตัวเองเป็นพิเศษ โดยการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักให้กับคุณลักษณะเด็มนั้นให้มากกว่าค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะอื่น ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการจำแนกโรค 2 ประเภท โรคประเภทที่ 1 มีจุดเด่นที่คุณลักษณะที่ 4, 6 และ 8

โรคประเภทที่ 2 มีจุดเด่นที่คุณลักษณะที่ 1, 3 และ 5 สมการที่ใช้หาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของโรคประเภท 1 ก็ จะทำการเพิ่มให้ค่าถ่วงน้ำหนักให้กับคุณลักษณะเด่นที่ 4, 6 และ 8 มากกว่าค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะอื่น ส่วนสมการที่ใช้หาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของโรคประเภท 2 ก็จะทำการเพิ่มให้ค่าถ่วงน้ำหนักให้กับคุณลักษณะเด่นที่ 1, 3 และ 5 มากกว่าค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะอื่น ขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเองเป็นดังนี้

- ก) ทำการหาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางกลุ่มแต่ละกลุ่มด้วยขั้นตอนของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนตามที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1

- ข) ทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะ (a_{jk}) ในสมการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของแต่ละประเภท โดยวิธีการจะเริ่มต้นจากการนำข้อมูลจากส่วนของข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ที่ละข้อมูลมาทำการจำแนกประเภทจนครบทุกข้อมูล ซึ่งผลการจำแนกจะมีได้ 2 กรณีคือ

กรณี 1 ข้อมูลที่ได้ผลของการจำแนกประเภทถูกต้อง แสดงว่าสมการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของประเภทของข้อมูลนั้นมีความเหมาะสมแล้ว จึงไม่ต้องทำการปรับเปลี่ยนใดๆ

กรณี 2 ข้อมูลที่ได้ผลของการจำแนกประเภทไม่ถูกต้อง เรา จะทำการปรับค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะในสมการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของประเภทที่ถูกต้องของข้อมูลนั้น ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักเราจะพิจารณาไปที่ละคุณลักษณะ โดยพิจารณาส่วนต่างที่คุณลักษณะนั้นของข้อมูลกับกลุ่มที่ไม่ถูกต้อง เทียบกับส่วนต่างที่คุณลักษณะนั้นของข้อมูลกับกลุ่มที่ถูกต้อง ถ้าคุณลักษณะใดที่มีส่วนต่างที่คุณลักษณะนั้นของข้อมูลกับกลุ่มที่ไม่ถูกต้องน้อยกว่าส่วนต่างที่คุณลักษณะนั้นของข้อมูลกับกลุ่มที่ถูกต้อง ให้ทำการลดค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะนั้นตามสมการที่ (2) และคุณลักษณะใดที่มีส่วนต่างที่คุณลักษณะนั้นของข้อมูลกับกลุ่มที่ไม่ถูกต้องมากกว่าส่วนต่างที่คุณลักษณะนั้นของข้อมูลกับกลุ่มที่ถูกต้อง ให้ทำการเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะนั้นตามสมการที่ (3)

$$a_{jk} = a_{jk} - \varepsilon \quad (2)$$

$$a_{jk} = a_{jk} + \varepsilon \quad (3)$$

เมื่อ ε เป็นจำนวนจริงที่มีค่าน้อยๆ ที่ใช้เป็นสตีปในการลดหรือเพิ่มค่าถ่วงน้ำหนัก

ก) ทำซ้ำในขั้นตอน ข) จนครบตามจำนวนรอบที่ผู้ใช้กำหนด

4. ผลการทดลองและการอภิปราย

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมและโปรแกรมการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมที่นำเสนอ โดยใช้ชุดข้อมูล Breast Cancer Coimbra [13] ซึ่งเป็นชุดข้อมูลมาตรฐานที่เปิดเป็นสาธารณะในปี ค.ศ. 2018 เพื่อให้ใช้ในการทำวิจัยตัวอย่างของชุดข้อมูลได้ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1 ชุดข้อมูลนี้บุคลากรของคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย Coimbra และ University Hospital Centre of Coimbra ได้รวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 116 ราย แบ่งเป็นบุคคลทั่วไปที่ไม่ได้ป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านม 52 ราย และผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม 64 ราย

โดยได้ทำการเก็บไว้ใน UCI Machine Learning Repository [14] ชุดข้อมูลนี้มี 10 แอททริบิวต์ โดย 9 แอททริบิวต์แรกเป็นคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการสอบถามและตรวจวิเคราะห์เลือด โดยมีรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 ส่วนแอททริบิวต์สุดท้ายจะบอกถึงประเภทของกลุ่มตัวอย่าง (1: บุคคลทั่วไปที่ไม่ได้ป่วยเป็นโรคมะเร็งเต้านม และ 2: ผู้ป่วยโรคมะเร็งเต้านม)

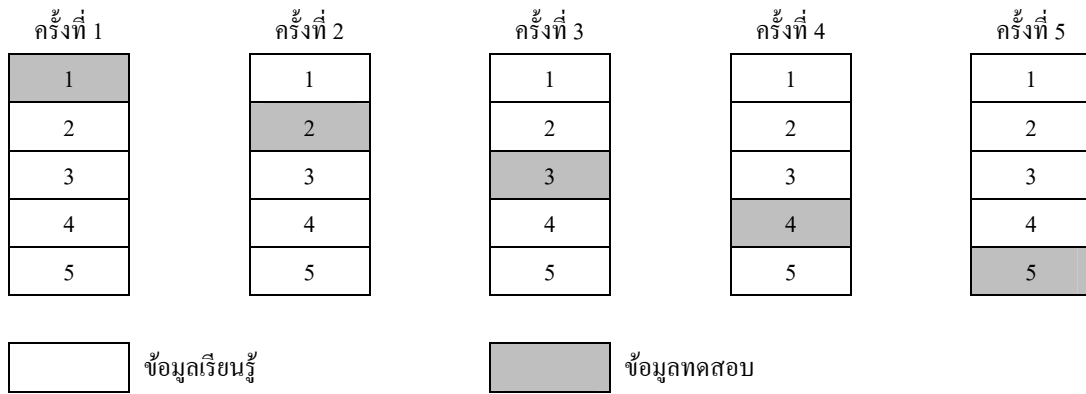
การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการจำแนกประเภทนั้นจำเป็นที่จะต้องแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อให้การทดสอบมีความน่าเชื่อถือผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธี 5-fold Cross Validation ในการแบ่งชุดข้อมูล ซึ่งวิธีการของ 5-fold Cross Validation นั้นจะเริ่มจากการแบ่งข้อมูลทั้งหมดในชุดข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน ข้อมูลในแต่ละส่วนจะผลัดกันไปเป็นข้อมูลทดสอบ ในขณะที่อีก 4 ส่วนที่เหลือถูกใช้เป็นการเรียนรู้ ดังนั้นการทดสอบจะต้องทำทั้งหมด 5 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะมีข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1. ตารางแสดงตัวอย่างของชุดข้อมูล Breast Cancer Coimbra

Age	BMI	Glucose	Insulin	HOMA	Leptin	Adiponectin	Resistin	MCP-1	Class
48	23.5	70	2.707	0.467408667	8.8071	9.7024	7.99585	417.114	1
83	20.69049454	92	3.115	0.706897333	8.8438	5.429285	4.06405	468.786	1
82	23.12467037	91	4.498	1.009651067	17.9393	22.43204	9.27715	554.697	1
...
45	21.30394858	102	13.852	3.4851632	7.6476	21.056625	23.03408	552.444	2
45	20.82999519	74	4.56	0.832352	7.7529	8.237405	28.0323	382.955	2
49	20.9566075	94	12.305	2.853119333	11.2406	8.412175	23.1177	573.63	2
...

ตารางที่ 2. ตารางแสดงแอททริบิวต์ที่เป็นคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่างในชุดข้อมูล Breast Cancer Coimbra

คุณลักษณะ	คำอธิบาย
Age (years)	อายุ
BMI (kg/m ²)	ค่าดัชนีมวลกาย หาได้จากน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม หารด้วยส่วนสูงเป็นเมตรยกกำลังสอง
Glucose (mg/dL)	ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในเลือด
Insulin (μU/mL)	ความเข้มข้นของอินซูลินในเลือด
HOMA	ความคือต่อฮอร์โมนอินซูลินของร่างกาย
Leptin (ng/mL)	ความเข้มข้นของฮอร์โมนเลปตินในเลือด
Adiponectin (μg/mL)	ความเข้มข้นของฮอร์โมนอดิโปเนคตินในเลือด
Resistin (ng/mL)	ความเข้มข้นของฮอร์โมนริซิดินในเลือด
MCP-1 (pg/dL)	ความเข้มข้นของฮีนโมโนไซต์เคมีแอคแทรกแทนทีโปรตีน-1



รูปที่ 1. วิธี 5-fold cross validation

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation Neural Network) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ที่ได้รับการยอมรับในวงกว้างว่ามีประสิทธิภาพสูง จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเราได้เพิ่มคุณสมบัติในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักด้วยตัวเองให้กับอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการพยากรณ์จะสูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการปรับค่าถ่วงน้ำหนักด้วยตัวเองในทุกๆ ครั้งของการทดสอบ เมื่อสังเกตจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้ง 5 ครั้งพบว่าค่าความถูกต้องเฉลี่ยของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนเป็น 56.37% ส่วนค่าความถูกต้องเฉลี่ยของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเองเป็น 70.00% นอกจากนี้แล้วอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง

ก็ยังมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับอยู่ถึง 7.27%

ตารางที่ 4 เป็นตารางเปรียบเทียบค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมของอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ 7 อัลกอริทึม โดยผู้วิจัยได้ทำการเขียนโปรแกรมและทำการทดลองเองสำหรับ 3 อัลกอริทึมแรก ส่วนอีก 4 อัลกอริทึมที่เหลือ ได้แก่ k-nearest neighbors (k-NN), Nonlinear support vector machine (Nonlinear SVM), Decision tree และ Naïve Bayes ผู้วิจัยได้นำค่าความถูกต้องเฉลี่ยมาจกบทความ [12] จากค่าความถูกต้องเฉลี่ยในตารางที่ 4 จะเห็นว่าอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเองได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงสุด ตามมาด้วย Decision tree ที่ได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยน้อยกว่าเล็กน้อย อันดับ 3, 4, 5, 6 และ 7 จะเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ, Naive Bayes, Nonlinear SVM, k-NN และอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน ตามลำดับ

ตารางที่ 3. ความถูกต้องในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมของอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเองเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน และ โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ

	ความถูกต้อง (%)		
	อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง	อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน	โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ
ครั้งที่ 1	77.27	54.55	68.18
ครั้งที่ 2	63.64	59.09	50.00
ครั้งที่ 3	68.18	50.00	59.09
ครั้งที่ 4	72.73	54.55	77.27
ครั้งที่ 5	68.18	63.64	59.09
Mean	70.00	56.37	62.73
S.D.	5.18	5.18	10.36

ตารางที่ 4. ค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมของอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ 7 อัลกอริทึม

อัลกอริทึม	ความถูกต้องเฉลี่ย (%)
อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง	70.00
อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน	56.37
โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ	62.73
k-NN	58.14
Nonlinear SVM	60.38
Decision tree	69.28
Naive Bayes	62.38

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้ผู้วิจัยได้นำเสนออัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์ 2 อัลกอริทึมเพื่อใช้ในการพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านม ได้แก่ อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีน และอัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเอง ในการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมทั้งสองผู้วิจัยได้ใช้ชุดข้อมูล Breast Cancer Coimbra ซึ่งดาวน์โหลดมาจาก UCI Machine Learning Repository ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมทางปัญญาประดิษฐ์อื่น 5 อัลกอริทึมแสดงให้เห็นว่าการที่อัลกอริทึมการจำแนกประเภทแบบเคมีนร่วมกับค่าถ่วงน้ำหนักแบบปรับตัวเองมีความสามารถปรับเพิ่มหรือลดค่าถ่วงน้ำหนักของคุณลักษณะเด่นในสมการหาระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดศูนย์กลางของแต่ละประเภทให้เหมาะสมได้ด้วยตัวเองในระหว่างการเรียนรู้ชุดข้อมูล ทำให้อัลกอริทึมนี้สามารถที่จะพยากรณ์โรคมะเร็งเต้านมได้ความถูกต้องสูงที่สุด ส่วนการวิจัยในอนาคตผู้วิจัยได้ตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะสามารถนำข้อมูลที่มิชขนาดใหญ่อิงจากฐานข้อมูลผู้ป่วยมะเร็งเต้านมในประเทศไทยมาใช้ในการสร้างโมเดลการพยากรณ์ และจะนำโมเดลการพยากรณ์นี้ขึ้นใช้งานผ่านเว็บไซต์เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อประชาชนไทยในวงกว้าง

เอกสารอ้างอิง

[1] National Cancer Institute, Department of Medical Services, Ministry of Public Health, Thailand, *Hospital-based cancer registry*. Bangkok: National Cancer Institute, 2013.

[2] National Cancer Institute, Department of Medical Services, Ministry of Public Health, Thailand, “*National Cancer Institute Strategic Plan, 2019 to 2022*,” Bangkok: National Cancer Institute, 2020.

[3] A. Ratanawichitrasin, “What is the difference between breast ultrasound and mammography,” *Siriraj E-public Library*, July, 2020. [Online]. Available: <https://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/epl/article/detail.asp?id=307>. [Accessed July. 10, 2020].

[4] Khonkaen Ram Hospital, “Breast cancer screening using digital mammography,” *Khonkaen Ram Hospital*, July, 2020. [Online]. Available: <http://www.khonkaenram.com/th/services/health-information/healtharticles/mammogram>. [Accessed July. 10, 2020].

[5] R. Siegel, J. Ma, Z. Zou, and A. Jemal, “Cancer statistics,” *CA Cancer J Clin*, Vol. 64, No. 1, pp. 9-29, 2014.

[6] Siriraj Piyamaharajkarun Hospital, “Breast cancer treatment,” *Siriraj Piyamaharajkarun Hospital*, July, 2020. [Online]. Available: <https://www.siphospital.com/th/news/article/share/1002/Breast-Cancer-Treatment>. [Accessed July. 10, 2020].

[7] National Cancer Institute, Department of Medical Services, Ministry of Public Health, Thailand, *Hospital-*

- based cancer registry*. Bangkok: National Cancer Institute, 2010.
- [8] S. Senawong, "Types of tumor markers," *Siriraj E-public Library*, July, 2020. [Online]. Available: <https://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/article/detail.asp?id=618>. [Accessed July. 10, 2020].
- [9] S. Senawong, "Can a blood test detect cancer?," *Siriraj E-public Library*, [Online]. Available: <https://www.si.mahidol.ac.th/sidoctor/e-pl/article/detail.asp?id=619>. [Accessed July. 10, 2020].
- [10] F. Sardouk, A. D. Duru, and O. Bayat, "Classification of breast cancer using data mining," *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, Vol. 51, No. 1, pp. 38-46, 2019.
- [11] R. Ray, A. A. Abdullah, D. K. Mallick, and S. R. Dash, "Classification of benign and malignant breast cancer using supervised machine learning algorithms based on image and numeric datasets," *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1372, 2019, 012062, DOI:10.1088/1742-6596/1372/1/012062, 2019.
- [12] Y. D. Austria, J. P. Lalata, L. B. Sta. Maria, Jr., J. E. E. Goh, M. L. I. Goh, H. N. Vicente, "Comparison of machine learning algorithms in breast cancer prediction using the coimbra dataset," *International Journal of Simulation: Systems*, DOI: 10.5013/IJSSST.a.20.S2.23, 2019.
- [13] M. Patrício, J. Pereira, J. Crisóstomo, P. Matafome, M. Gomes, R. Seïça, and F. Caramelo, "Using resistin, glucose, age and BMI to predict the presence of breast cancer," *BMC Cancer*, Vol. 18, No. 1, 2018.
- [14] D. Dua and C. Graff, *UCI Machine Learning Repository* [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2019.

Mobile Payment: A Review

Surakarn Duangphasuk¹, Chalee Thammarat^{1} and Supakorn Kungpisdan²*

¹*Faculty of Information Science and Technology, Mahanakorn University of Technology*

²*RV Connex Co.,Ltd.*

Received: June 14, 2020; Revised: September 30, 2020; Accepted: October 4, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – Currently, online business, especially e-commerce where buying and selling of goods and/or services are via the Internet, is being used widespread. It allows people to buy goods and/or services from anywhere at any time and get delivery to any location. Mobile commerce is one of the most popular types of electronic commerce. In this paper, we propose a literature review of current research results obtained by specialists and researchers area of the mobile payment.

KEYWORDS: Mobile Payment, Review, Literature Review, Mobile Payment Security

1. Introduction

During the past years, individuals can buy goods and/or services from home, at anytime from anywhere. They can operate to buy goods and/or services via wireless technologies through mobile devices. Wireless technologies and mobile device technologies raise electronic commerce (e-commerce) [1]. Presently, mobile devices have the ability and speed to support mobile applications. According to [2], mobile devices are shipped annually than personal computers (PCs). Moreover, mobile devices now can serve to pay for goods and/or services employing the transmission of information of the transaction [3]. One major factor that drives the success of mobile commerce (m-commerce) is mobile payments (m-payment). According to [4] users of m-payment will increase 448 million of the worldwide.

2. Characteristics of Mobile Payment

According to [5, 6], the conditions of the mode of payment in the electronic commerce for a mobile payment service can become acceptable following lists:

- **Simplicity and Usability:** The mobile payment applications should be a user

friendly interface. The learning curve of the mobile payment applications must be closed to zero.

- **Universality:** Mobile payment systems should support universal payment services including person-to-person (P2P), government-to-person (G2P), business-to-consumer (B2C), and business-to-business (B2B).
- **Interoperability:** Universal standards and open technologies allow one to implement a system to interact with other systems.
- **Security, Privacy and Trust:** Mobile payment applications should be resistant to attacks from hackers and terrorists.
- **Cost and Speed:** Mobile payment systems should be cost-effective and less expensive compared with existing payment mechanisms.
- **Cross-Border Payments:** Mobile payment systems should be widely acceptable and globally accessible.

3. Summary of Existing Mobile Payment Methods

The detail of these methods can be described as below:

*Corresponding Author: chalee23@gmail.com

3.1 Payment Amount

- The payment amount for goods and/or services can be classified mobile payment methods as follows [7]: Pico-payments are transactions amount, is less than US\$0.10.
- Micro-payments are transactions amounts between US\$0.11 and US\$10.
- Macro-payments are transactions amounts exceeding US\$10.

3.2 Basis of Payment

- Account-based: Customers are associated with a specific account maintained by an Internet Payment Provider (IPP). IPP helps debits and credits that are exchanged during a transaction and that are periodically billed and pays for the balance of the account to it. Genially, this account is not suitable for pico-payments and micro-payments [8, 9]. This account-based payment has been proposed protocols in [10, 11].
- Token-based: In this account, before beginning making a transaction, the customers are necessary to transform his/her actual currency from his/her account into electronic format, i.e., tokens that are usually issued by a bank. A merchant will send to his/her acquire all the tokens collected to redeem the actual currency, which will be transferred to the account of the merchant [12]. Token-based is proposed in [13, 14].

3.3 Timing of Payment

To make payment goods and/or services via mobile payment can be performed at different times.

- Real-time (cash): In this payment timing is called real-time or cash-like payment that uses an electronic currency that is exchanged during a transaction like eCash and beenz [15]. Real-time is proposed protocols in [16, 17].
- Pre-paid (debit): In this payment timing is used by mobile network operators and can only be used by consumers capable of paying abruptly. Consumers must advance before they receive the product wanted [18]. This timing is suggested in mobile payment protocols [19, 20].
- Post-paid (credit): In this payment timing, consumers will receive the goods them before paying, for example, electronic checks and credit cards. At this time, the most common payment method is used in electronic commerce transactions [21]. This

timing is recommended in mobile payment protocols [22, 23].

3.4 Location of Payment

Location for supporting payment can be categorized as following [24]:

- Remote transactions: A customer can perform transactions for paying goods independently of the users' location, such as tickets, digital cash, and peer-to-peer payments.
- Proximity/local transactions: A customer can perform transactions for paying goods with smartphone by using short-range communication messaging protocols like Bluetooth, infrared, RFID, and contactless chips.

3.5 Technologies Used for Mobile Payments

Many technologies to support mobile payment are proposed by several existing types of research that can group these technologies as described below:

- Short Message Service (SMS): It is a technology that enables the mobile device to exchange short text messages [25, 26] with other network-connected devices that is less than 160 alphanumeric characters. SMS is now available on a wide range of networks. In mobile payment, SMS can be used mobile payments, mobile banking, voting or even for sharing opinions on some activities. [25, 26] proposed security issues including eavesdropping and modifying, stealing mobile stations, spoofing, man-in-middle attack, replay attack, message disclosure, and denial of service (DoS) attacks.
- Biometric Technology: It is a technology that uses to identify, and verification people like, such as the face, finger, hand, iris, and voice recognition. Moreover, this technology uses a biometric payment system that is very safe, secure, and easy to use and the user does not even need to remember any password or secret codes [27, 28].
- 2-D Barcode Technology: It is a technology that is linear barcodes to encode numbers and letters in a sequence of varying width bars and spaces. A computer can read, retrieve, process, and validate. The advantages of barcode are fast and precise. Moreover, it enters the data without keyboard data entry [29].

- Near Field Communication (NFC): It is a wireless communications technology based on radio frequency at 13.56 MHz [30, 31]. It can transmit data within a range of 10 cm. The maximum transmission speed is 424 kbps as defined by ISO 14443. NFC devices can perform fast pairing with other devices and consume low energy. NFC is currently used for transmitting a small amount of data within a short range. There are two communication modes passive mode and active mode [32]. There are three operating modes including card emulation mode, reader/writer mode and peer-to-peer (P2P) mode [33]. Some researches discussed flaws of NFC, especially the fact that NFC was implemented by focusing mainly on the speed of communications, instead of security properties. Furthermore, NFC does not provide encryption of data transmitted at the hardware level. The results in several security threats like eavesdropping, data manipulation, relay attack, man-in-the-middle attack, and denial of service. Several techniques were proposed to provide secure mobile payments of transactions over NFC [34-36].
- Radio Frequency Identification (RFID): It is a technology that is developed during the 80's for non-contact reading. There are three components of RFID chip, including an antenna, a transceiver, and a transponder. This technology uses radio frequency (RF) signals to exchange data between a reader and an electronic tag. Some applications have been used, containing animal tracking, automatic toll collection, access control systems, mobile payment, and supply-chain management [37].
- Session Initiation Protocol (SIP): It is a technology that is application-layer control protocol. SIP can establish, modify, and terminate sessions for voice and video calls over the Internet Protocol (IP) [38]. SIP can implement and deploy to support mobile payment by the mobile phone network.

4. Mobile Payment Systems

A mobile payment system consists of engaging parties, primitive transactions, and payment transactions. The details these transactions can describe as below [39-41]:

4.1 Engaging Parties

1) Client (C): A client is a party that would like to purchase goods and/or services from the merchant.

This party uses a mobile device to purchase goods and/or services from the merchant.

2) Merchant (M): A merchant is a party that has goods and/or services to sell.

3) Acquirer (A): An acquirer is a party that has the merchant's account (the merchant's financial institution). It manages the merchant's account and affords the electronic payment instruments.

4) Issuer (I): An issuer is a party that has the client's account (the client's financial institution). It manages the client's account and affords the electronic payment instruments.

5) Payment Gateway (PG): A payment gateway is a party that provides performing payment transactions on behalf of the issuer (the client's financial institution) the acquirer (the merchant's financial institution). The payment gateway, and the issuer operates on behalf of the issuer and the acquirer on the Internet side

4.2 Primitive Transactions

- Payment-order: This is the activity between the client and the merchant, in which the client asks the merchant to purchase goods and/or services.
- Debit: This is the activity between the client and the issuer (via the payment gateway). It is made by the client to request the issuer to deduct the amount from the account of the client.
- Credit: This is the activity between the merchant and the acquirer (through the payment gateway). The merchant makes it in order to transfer the requested amount to the account of the merchant.
- Payment-clearing: This is the activity between the issuer and the acquirer in order to transfer the amount requested by the client and the merchant between their accounts (via the payment gateway).

4.3 Payment Transaction

A number of the payment protocols [39, 40] are depended on the details of payment transactions in the following step:

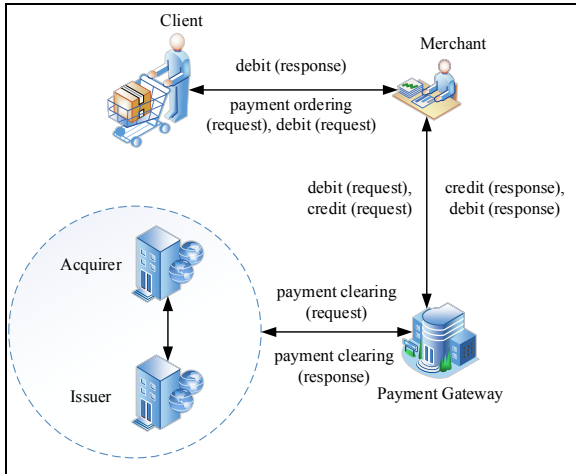


Figure 1. Mobile Payment System.

From Figure 1 shows transaction flow between parties of the mobile payment system.

C → M: *payment ordering (request), debit (request)*

M → PG: *debit (request), credit (request)*

PG ↔ I, A: *payment clearing (request), payment clearing (response)*

PG → M: *credit (response), debit (response)*

M → C: *debit (response)*

The above transaction shows the flowing of the payment transaction. Payment ordering will request from the client to the merchant together the request debit. Then, the merchant will request the payment gateway to debit and credit request. Next, the payment gateway will process from the issuer to the acquirer in payment clearing. Afterward, the payment gateway will send back credit response and debit response to the merchant, and then the merchant will forward the debit response to the client. Note that the payment gateway will act as an intermediary between the client and the merchant, and the issuer and the acquirer. So debit and credit will be performed through the payment gateway.

5. Classification of Mobile Devices

Mobile devices have potent functions. A user can use mobile devices to watching movies, listening

to music, access to the Internet, gaming, payment, and so on. We can classify mobile devices shown below [42]:

5.1 Notebooks

It is equipment that small size and a portable computer that has powerful functions both computing and storage. This device can install operating systems, whereas other devices execute more lightweight operating systems.

5.2 Tablets

It is equipment that is a tiny notebook and works as a smartphone. This device has touch screens, digital pen, or fingertip instead of a keyboard or mouse. Moreover, some models are bigger than a smartphone.

5.3 Mobile Phones

It is equipment that is capable only receive telephone calls, send and receive text messages. This device is also known as a cellular phone, cell phone, or headphone.

5.4 Smartphones

It is equipment that is a small notebook and tablet. This device can install the application by running its complete operating system that is similar to the notebook and is equipped with cameras, accelerometers, and touch screens that need to be operated with a stylus, digital pen, and so on.

6. Existing Mobile Payment Protocols

In this section, we present a literature review of mobile payment protocols. The details of mobile payment protocols can explain as below.

[16] offered a payment protocol uses purchase an electronic commodity (software or a movie) from an on-line shop with electronic cash via a computing-capable device (a PC, notebook, or smartphone, connected to the Internet). This protocol includes five sub protocols: withdrawal protocol, payment protocol, change protocol, deposit protocol, and revocation protocol. There are three parties, including customers, shops and banks. The main security properties of this protocol like customer anonymity and unforgeability.

[17] proposed a novel electronic cash protocol. It is building electronic cash data as chain of transaction (or blockchain). The proposed protocol can work without proper network infrastructure. This protocol

applies identity based signcryption to provide its security of the protocol such as against forgery and double spending. There are six sub protocols: setup protocol, extract protocol, withdraw protocol, transaction protocol, dispute protocol, and settlement protocol.

[19] presented a fairness protocol for mobile payment based on Short Message Service (SMS) infrastructure. Cryptographic algorithms are used this protocol, including symmetric key encryption, and hash function. The protocol is based on the secure session key generation technique to enhance transaction security (security properties include confidentiality, integrity, mutual authentication, and nonrepudiation) and lightweight property. The proposed protocol consists four parties: a client, a merchant, a mobile operator (or payment gateway), and a trusted third party. There are four phases: Registration Phase, Purchase Credit Request Phase, Making Payment Phase, and Dispute Resolution Phase.

[20] submitted fair exchange model and protocol for mobile payment. In this model includes a client, a merchant, an issuer, an acquirer, a payment gateway, and a trusted third party. The trusted third party keeps all transactions occurred between parties for later verification. The session key generation technique is utilized to ensure security and fairness. There two sub protocols: Purchase Credit, and Request Making Payment. The mobile payment system is composed of four engaging parties: a client, a merchant, a verifier (or the trusted third party), and a mobile operator. In the Purchase Credit, this sub protocol is activity between the client and the mobile operator to the client top-up cash card. In the Request Making Payment, this sub protocol is activity between the client, the merchant, and the mobile operator to perform payment ordering, credit, debit and payment clearing.

[22] suggested a private mobile payment protocol called New mobile payment protocol: Mobile Pay Center Protocol (MPCP). The client centric model is used for this protocol. Symmetric key encryption and hash function are used to secure transactions. The proposed protocol not only decreases the computational operations and communications between the parties, but also achieves security properties like transaction privacy for the payer, and replay attacks. There are five engaging parties, a payer, a payee, payer's mobile network operator, payee's mobile network operator. The sub protocol of this protocol consists of registration protocol and payment protocol. In the registration protocol, the objective of this protocol to share session key between the payer and payer's mobile network operator, and share session key

between the payee and payee's mobile network operator. In the payment protocol, the objective of this protocol to pay goods or service between the payer and the payee via payer's mobile network operator, and payee's mobile network operator.

[23] proffered mobile payment protocol based on symmetric key algorithm which is a lightweight mobile payment protocol. The proposed protocol ensures anonymity and unlinkability of the merchant. In this protocol, engaging parties comprise of four entities: a payer, a payee, payer's MNO, payee's MNO, and Mobile Network Operator (MNO) stands for the financial institution of the issuer and the financial institution of the acquirer. There are two sub protocols, including registration protocol and payment protocol. There are seven phases the payment protocol: Payment Initialization, Payment Subtraction Request, Payment Authorization Request, Payment Confirmation Request, Payment Confirmation Response, Payment Authorization Response, and Payment Subtraction Response or Payment Receivable Updates. This protocol ensures security properties like confidentiality, authentication, integrity, non-repudiation, anonymity, privacy and unlinkability.

[34] recommended fairness near-field communication (NFC) mobile payment protocol. The protocol uses both symmetric key encryption and asymmetric key encryption including hash function. Moreover, the proposed protocol uses offline session key generation technique to enhance the security of transactions and the lightweight property. Not only Burrows, Abadi and Needham (BAN logic) but also the Scyther tool are utilized to verify security of in this protocol. This proposed protocol is designed to resist attacks like double-spending, man-in-the-middle attacks, and replay attacks and provide security properties such as confidentiality, integrity, and authentication. In addition, the main aim of this proposed protocol is strong fairness for all parties of the transactions.

[35] introduced Near Field Communications (NFC) mobile payment protocol. The protocol satisfies not only fair exchange, but also sale transaction security. Moreover, this protocol uses offline session key generation and distribution to secure the security of sale transactions, and lightweight property. Secure security of sale transactions includes security properties like confidentiality of transactions, mutual authentication of transactions, and non-repudiation of transactions, and resistance to attack such as brute force attacks, double-spending detection, replay attack prevention, and man-in-the-middle attacks.

[36] proposed mobile payment protocol named Untraceable and Anonymous Mobile Payment Scheme Based on Near Field Communication (NFC). There are six features in the proposed protocol. Firstly, user authentication uses password-based authentication using low-entropy password. Secondly, convenience is compatible with EuroPay, MasterCard and Visa (EMV-compatible) based on NFC-enabled devices. Thirdly, efficiency of protocol does not use the public key cryptography and the private key cryptography. But the protocol applies symmetric key cryptography to provide confidentiality of transactions to reduce computational cost of protocol. Fourthly, the anonymity of protocol utilizes virtual accounts in the online shopping processes to prevent to disclose user information. Fifthly, untraceability of protocol cannot trace a transaction by using virtual accounts that are re-new each transaction. Finally, either encryption or signing of the sender can provide confidentiality and authenticity.

7. Security in Mobile Payment Systems

7.1 Authentication

This is a security property related to identification. This function applies to both entities and transactions itself. Two parties entering into a communication should identify each other. Transaction delivered over a channel should be authenticated as to origin, date of origin, data content, time sent.

7.2 Confidentiality

This is a security property used to keep the content of transaction from all but those authorized. Preserving authorized restrictions on transaction access and disclosure, including means for protecting personal privacy and proprietary transaction. A loss of confidentiality is the unauthorized disclosure of transaction.

7.3 Integrity

This is a security property which addresses the unauthorized alteration of data. To assure data integrity, one must have the ability to detect data manipulation by unauthorized parties.

7.4 Authorization

This is a security property which provides allowing access to specific services and/or resources, and

allows that the user can make the requested transactions.

7.5 Non-repudiation

This is a security property which prevents an entity from denying previous commitments or actions. The property of being genuine and being able to be verified and trusted, confidence in the validity of a transmission, a message, or message originator.

7.6 Anonymity and Unlinkability

This is hide user's real identity in the payment procedure or is unable to know their transaction records.

7.7 Privacy

This is concerned without revealing payment information and goods description like credit card numbers or bank account in the transaction.

7.8 Background Concepts in Cryptography

Cryptography is the study of mathematical techniques related to aspects of transaction security. Cryptography is an effective way of protecting sensitive transaction as it is stored on media or transmitted through network communication paths [43].

- Symmetric Cryptography: Symmetric encryption, also referred to as conventional encryption or single-key encryption. The sender and the recipient using symmetric same algorithms. The sender and the recipient use the same key for encryption and decryption functions.
- Public Key Cryptography: Public key encryption, each entity has different keys or asymmetric keys. The two different asymmetric keys are mathematically related. If a message is encrypted by one key, the other key is required to decrypt the message. The pair of keys is made up of one public key and one private key. The public key can be known to everyone, and the private key must only be known to the owner. The public and the private keys are mathematically related, but cannot be derived from each other.
- Hash Function: A hash function is a computationally efficient function mapping binary strings of arbitrary length to binary strings of some fixed length, called hash-values. One of the fundamental primitives in

modern cryptography is the cryptographic hash function, often informally called a one-way hash function. A one-way hash is a function that takes a variable-length string, a message, and compresses and transforms it into a fixed-length value referred to as a hash value. A hash value is also called a message digest.

8. Mobile Payment Comparison

In this section, we will compare mobile payments that are up to date in this research topic. The details shown as below:

Table 1. Comparison of Mobile Payment.

Protocol	Payment Type	Timing	Location
[16]	Token-based	Real-time	Remote
[17]	Token-based	Real-time	Remote
[19]	Token-based	Pre-paid	Remote
[20]	Token-based	Pre-paid	Remote
[22]	Token-based	Pre-paid/Post-paid	Remote
[23]	Token-based	Pre-paid/Post-paid	Remote
[34]	Token-based	Post-paid	Proximity/local
[35]	Token-based	Post-paid	Proximity/local
[36]	Token-based	Post-paid	Proximity/local

From table 1, it can be seen that token-based, post-paid and remote presently are used for mobile payment systems.

9. Conclusion and Discussion

In this paper, we discussed the overall of mobile payment systems including characteristics of mobile payment, summary of existing mobile payment methods, technologies used for mobile payments, mobile payment system, classification of mobile devices, and security in mobile payment systems. This paper summarizes from current research results

obtained by specialists and researchers area of the mobile payment.

References

- [1] E. W. Ngai, and A. Gunasekaran, "A review for mobile commerce research and applications," *Decision support systems*, vol. 43, no. 1, pp. 3-15, 2007.
- [2] Z. S. Chen, R. Li, X. Chen, and H. Xu, "A survey study on consumer perception of mobile-commerce applications," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 11, pp. 118-124, 2011.
- [3] F. Liébana-Cabanillas, I. Ramos de Luna, and F. Montoro-Ríos, "Intention to use new mobile payment systems: a comparative analysis of SMS and NFC payments," *Economic research-Ekonomska istraživanja*, vol. 30, no. 1, pp. 892-910, 2017.
- [4] T. Falk, W. H. Kunz, J. J. Schepers, and A. J. Mrozek, "How mobile payment influences the overall store price image," *Journal of Business Research*, vol. 69, no. 7, pp. 2417-2423, 2016.
- [5] S. Karnouskos, "Mobile payment: a journey through existing procedures and standardization initiatives," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 6, no. 4, pp. 44-66, 2004.
- [6] N. Iman, "Is mobile payment still relevant in the fintech era?," *Electronic Commerce Research and Applications*, vol. 30, pp. 72-82, 2018.
- [7] G. Me, M. A. Strangio, and A. Schuster, "Mobile local macropayments: Security and prototyping," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 94-100, 2006.
- [8] J. Gao, J. Cai, K. Patel, and S. Shim, "A wireless payment system," *The 2nd. Conf. Embedded Software and Systems*, pp. 8, 2005.
- [9] S. Nambiar, C.T. Lu, and L.R. Liang, "Analysis of payment transaction security in mobile commerce," *Proc. Information Reuse and Integration*, pp. 475-480, 2004.
- [10] I. C. Lin, and C. C. Chang, "A practical electronic payment system for message delivery service in the mobile environment," *Wireless Personal Communications*, vol. 42, no.2, pp. 247-261, 2007.

- [11] J. T. Isaac, and J. S. Camara, "An anonymous account-based mobile payment protocol for a restricted connectivity scenario," The 18th. Int. Conf. Database and Expert Systems Applications, pp. 688-692, 2007.
- [12] W. Guo, "Design of architecture for mobile payments system," Int. Conf. Control and Decision Conference, pp. 1732-1735, 2008.
- [13] N. C. Liebau, V. Darlagiannis, A. Mauthe, and R. Steinmetz, "Token-based accounting for p2p-systems," Int. Conf. Kommunikation in Verteilten Systemen, Berlin, Heidelberg, 2005.
- [14] R. Borgohain, M. T. Singh, C. Sakharwade, and S. Sanyal, "TSET: Token based secure electronic transaction," 2012.
- [15] J. T. Isaac, and Z. Sherali, "Secure mobile payment systems," IT Professional, vol. 16, no. 3, pp. 36-43, 2014.
- [16] L. Batten, and X. Yi, "Off-line digital cash schemes providing untraceability, anonymity and change," Electronic Commerce Research, pp. 1-30, 2018.
- [17] D. E. Saputra, S. Sutikno, and S. H. Supangkat, "Peer-to-peer electronic cash using identity based signcryption," International Journal on Electrical Engineering and Informatics, vol. 10, no. 2, pp. 384-394, 2018.
- [18] D. Flood, T. West, and D. Wheadon, "Trends in mobile payments in developing and advanced economies," RBA Bulletin, pp. 71-80, 2013.
- [19] C. Thammarat, and W. Kurutach, "A secure fair exchange for SMS-based mobile payment protocols based on symmetric encryption algorithms with formal verification," Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2018, pp. 1-21, 2018.
- [20] C. Thammarat, R. Chokngamwong, C. Techapanupreeda, and S. Kungpisdan, "A secure SMS mobile payment protocol ensuring fair exchange," the 29th Int. Conf. Circuit/Systems Computers and Communications, pp. 163-166, 2014.
- [21] P. Pukkasenung, and R. Chokngamwong, "Review and comparison of mobile payment protocol," Int. Conf. Advances in parallel and distributed computing and ubiquitous services, pp. 11-20, 2016.
- [22] M. V. Alizade, R. A. Moghaddam, and S. Momenebellah, "New mobile payment protocol: Mobile pay center protocol (MPCP)," The 3rd Int. Conf. Electronics Computer Technology, pp. 74-78, 2011.
- [23] F. Zamanian, H. and Mala, "A new anonymous unlinkable mobile payment protocol," Int. Conf. Computer and Knowledge Engineering, pp. 117-122, 2016.
- [24] E. Ramezani, "Mobile payment," Lecture E-Business Technologies, BCM1, 2008.
- [25] J. L. C. Lo, J. Bishop, and J. H. Eloff, "SMSec: An end-to-end protocol for secure SMS," Computers & Security, vol. 27, no. 5-6, pp. 154-167, 2008.
- [26] H. Rongyu, Z. Guolei, C. Chaowen, X. Hui, Q. Xi, and Q. Zheng, "A PK-SIM card based end-to-end security framework for SMS," Computer Standards & Interfaces, vol. 31, no. 4, pp. 629-641, 2009.
- [27] S. S. Ahamad, I. Al-Shourbaji, and S. Al-Janabi, "A secure NFC mobile payment protocol based on biometrics with formal verification," International Journal of Internet Technology and Secured Transactions, vol. 6, no. 2, pp. 103-132, 2016.
- [28] D. Pal, P. Khethavath, T. Chen, and Y. Zhang, "Mobile payments in global markets using biometrics and cloud," International Journal of Communication Systems, vol. 30, no. 14, pp. 1-10, 2017.
- [29] J. Lee, C. H. Cho, and M. S. Jun, "Secure quick response-payment (QR-pay) system using mobile device," The 13th Int. Conf. Advanced Communication Technology, pp. 1424-1427, 2011.
- [30] V. Coskun, B. Ozdenizci, and K. Ok, "The survey on near field communication," Sensors, vol. 15, no. 6, pp. 13348-13405, 2015.
- [31] K. Fan, C. Zhang, K. Yang, H. Li, and Y. Yang, "Lightweight NFC protocol for privacy protection in pobile IoT," Applied Sciences, vol. 8, no. 12, pp. 2506, 2018.
- [32] Y. H. Tung, and W. S. Juang, "Secure and efficient mutual authentication scheme for NFC mobile devices," Journal of electronic science and technology, vol. 15, no. 3, pp. 240-245, 2017.
- [33] N. E. Tabet, and M. A. Ayu, "Analysing the security of NFC based payment systems," Int.

- Conf. Informatics and Computing, pp. 169-174, 2016.
- [34] C. Thammarat, and W. Kurutach, "A lightweight and secure NFC-base mobile payment protocol ensuring fair exchange based on a hybrid encryption algorithm with formal verification," *International Journal of Communication Systems*, e3991, 2019.
- [35] C. Thammarat, W. Kurutach, and S. Phoomvuthisarn, "A secure lightweight and fair exchange protocol for NFC mobile payment based on limited-use of session keys," the 17th Int. Conf. Communications and Information Technologies, pp. 1-6, 2017.
- [36] R. Tso, "Untraceable and anonymous mobile payment scheme based on near field communication," *Symmetry*, vol. 10, no. 12, pp. 685, 2018.
- [37] E. O. Blass, A. Kurmus, R. Molva, and T. Strufe, "PSP: Private and secure payment with RFID," *Computer Communications*, vol. 36, no. 4, pp. 468-480, 2013.
- [38] A. Ruiz-Martínez, J. A. Sánchez-Laguna, and A. F. Skarmeta, "Extending SIP to support payments in a generic way," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 46, pp. 23-36, 2016.
- [39] S. Kungpisdan, "Modelling, design, and analysis of secure mobile payment systems," PhD Thesis, School of Computer Science and Software Engineering, Monash University, 2005.
- [40] R. Kailar. "Accountability in electronic commerce protocols," *IEEE Trans Software Engineering*, vol. 22, no. 5, 1996.
- [41] S. Kungpisdan, "Accountability in centralized payment environments," In *Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium on*, pp. 1022-1027, 2009.
- [42] J. Téllez, and S. Zeadally, "Mobile payment systems: secure network architectures and protocols," Springer, 2017.
- [43] W. Stallings, *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*, 7th Edition, 2017.
- [44] N. Janpitak and R. Montha, "The Blockchain-Based Cooperative Management System," *Journal of Information Science and Technology*, Vol.9, No. 2, pp. 1-12, 2019.
- [45] S. Duangphasuk and C. Thammarat, "A Secure SMS Authentication Based on Limited-Used Session Keys," *Journal of Information Science and Technology*, Vol.6, No. 2, pp. 38-47, 2016.

การประมวลผลภาพสำหรับการจำแนกรูปภาพพื้นดัดโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก
**Image Processing for Fundus Image Classification using
Deep Learning**

ทรงกรด พิมพิสาร* และ ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์

Songgrod Phimphisan and Nattavut Sriwiboon*

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Department of Informatics and Computer, Faculty of Science and Health Technology,

Kalasin University

Received: June 25, 2020; Revised: September 23, 2020; Accepted: September 23, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – This paper proposed the using a computer for classifying the diabetic retinopathy 4 diabetic severity levels: normal level, light level, medium level and severe level from the fundus image by using image processing with the deep learning. The development of the model for classification of fundus images, shown that the modeling of this paper is more accurate than previous research using machine learning. In addition, this paper uses the model developed to be a prototype. It is shown that the accuracy of the classification of the severity of the diabetic retinopathy, which can help the ophthalmologist effectively diagnose the severity of the diabetic retinopathy from the fundus image.

KEYWORDS: Diabetic retinopathy, Fundus image, Deep Learning, Model

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้เสนอการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อจำแนกระดับความรุนแรงเบาหวานเข้าจอประสาทตา 4 ระดับคือ ระดับปกติ ระดับขั้นเบา ระดับขั้นปานกลางและระดับขั้นรุนแรงจากภาพสีพื้นดัดโดยใช้การประมวลผลภาพด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) การพัฒนาแบบจำลองสำหรับจำแนกรูปภาพพื้นดัดแสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองของงานวิจัยนี้มีความแม่นยำมากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้วิธี Machine Learning นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ได้นำแบบจำลองที่ได้ไปพัฒนาเป็นระบบต้นแบบ แสดงให้เห็นว่ามีความแม่นยำในการจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาสามารถช่วยให้จักษุแพทย์วิเคราะห์ระดับความรุนแรงของเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากภาพสีพื้นดัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เบาหวานเข้าจอประสาทตา, ภาพสีพื้นดัด, การเรียนรู้เชิงลึก, แบบจำลอง

*Corresponding Author: songgrod.ksu@gmail.com

1. บทนำ

โรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มโรคไม่ติดต่อที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดและเกิดภาวะแทรกซ้อนได้ง่ายปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับการจัดการโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมากขึ้น นอกจากนี้พบว่าประมาณ 63% ของการเสียชีวิตทั้งหมดทั่วโลกมีสาเหตุจากโรคเบาหวาน สำหรับประเทศไทยปี พ.ศ. 2555 พบผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานทั้งหมด 7,749 คน หรือเฉลี่ยวันละ 22 คน คิดเป็นอัตราการเสียชีวิตด้วยโรคเบาหวาน 12.06 คนต่อประชากร 1 แสนคน ผู้ป่วยโรคเบาหวานมักพบภาวะแทรกซ้อนตามระบบและอวัยวะต่างๆ โดยเฉพาะภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญจากโรคเบาหวาน ที่ผู้ป่วยควรจะได้รับ การคัดกรอง คือโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา [1] เป็นสาเหตุของการสูญเสียการมองเห็นเป็นอันดับ 2 รองจากต้อกระจก โดยเฉลี่ยพบว่าโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 20 ของผู้ป่วยเบาหวาน โดยการวิเคราะห์และการคัดกรองผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา จะต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์จากจักษุแพทย์ชำนาญการด้วยการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากการวิเคราะห์ภาพสีพื้นดัด

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการแพทย์การรักษาพยาบาล มิงงานวิจัยก่อนหน้านี้เสนอการจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากรูปภาพพื้นดัดโดยใช้ Machine Learning [2] อย่างไรก็ตาม ผลของงานวิจัยก่อนหน้านี้มีผลการจำแนกในระดับต่ำ

ในงานวิจัยนี้จึงเสนอการจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาโดยใช้การประมวลผลภาพพื้นดัดด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [3] เพื่อช่วยให้จักษุแพทย์สามารถวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากภาพสีพื้นดัดที่ได้จากกล้องถ่ายภาพจอประสาทตา (Fundus Camera) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการคัดแยกภาพพื้นดัดเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตามีประสิทธิภาพความแม่นยำกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

เบาหวานเข้าจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy, DR) เป็นภาวะแทรกซ้อนทางตา (Ocular complication) ของ

โรคเบาหวาน พบได้มากในผู้ป่วยเบาหวานที่เป็นมานาน หรือมีการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ดี แบ่งออกเป็น

1) Non-proliferative Diabetic Retino-pathy (NPDR): เป็นเบาหวานขึ้นจอตาในระยะแรก สามารถตรวจพบความผิดปกติที่จอตาได้หนึ่งหรือหลายข้อต่อไปนี้

- เส้นเลือดโป่งพองขนาดเล็กในชั้นจอตา (Microaneurysms)

- จุดเลือดออกในชั้นจอตา (Intraretinal hemorrhages)

- ไขมันรั่วในชั้นจอตา (Hard exudates) - เส้นใยประสาทตาขาดเลือดมาเลี้ยง (Cotton-wool spots)

- เส้นเลือดผิดปกติในชั้นจอตา (Intraretinal microvascular abnormality: RMA)

2) Proliferative Diabetic Retinopathy (PDR): เป็นเบาหวานขึ้นจอตาในระยะหลัง สามารถตรวจพบความผิดปกติที่จอตาได้หนึ่งหรือหลายข้อต่อไปนี้

- เส้นเลือดงอกใหม่ที่จอตา (Neovascularization elsewhere: NVE)

- เส้นเลือดงอกใหม่ที่ขั้วประสาทตา (Neovascularization at disc: NVD)

- เลือดออกในวุ้นตา (Vitreous hemorrhage: VH)

- จอตาลอกหลุดจากผนังตาดึงรั้ง (Tractional retinal detachment: TRD)

โดยการวิเคราะห์การคัดกรองผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา จะต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์จากจักษุแพทย์ชำนาญการ ถึงสามารถวิเคราะห์หรือคัดกรองผู้ป่วยได้ ซึ่งจักษุแพทย์จะวิเคราะห์ภาพพื้นดัดที่เป็นรูปภาพสีจอประสาทตาที่ได้จากกล้องถ่ายภาพจอประสาทตา (Fundus Camera)

2.2 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) [4] ถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลายด้าน โดยเฉพาะทางการแพทย์ เพื่อวิเคราะห์การแพทย์และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ แพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญสามารถใช้ผลจากการวิเคราะห์ภาพสำหรับวิเคราะห์โรคต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพในการวินิจฉัยโรคได้ดีขึ้น เช่นบริเวณของการเกิดโรคเบาหวานเมื่อนำภาพพื้นดัดที่ผ่านการประมวลผลภาพแล้วจะเห็นจุดที่ผิดปกติชัดเจนยิ่งขึ้นส่งผลให้การตรวจวินิจฉัยโรคเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

2.3 Machine Learning

Machine learning คือการพัฒนาให้เครื่องจักรอย่างเช่นระบบคอมพิวเตอร์ให้สามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ ได้จากข้อมูลหรือตัวอย่างที่ส่งเข้าไปในระบบเพื่อทำนายหรือสร้างองค์ความรู้โดยที่ปราศจากการป้อนคำสั่งให้กับเครื่องจักรในการประมวลผลซึ่งกลไกการประมวลผลมีความเกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

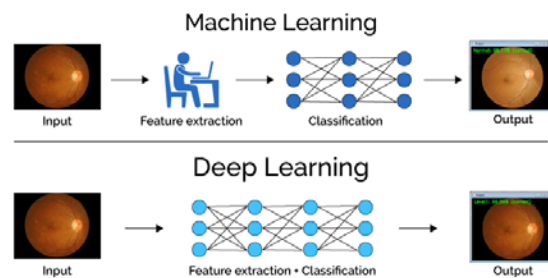
การประยุกต์ใช้ Machine learning กับการประมวลผลภาพ เพื่อคัดแยกหรือจำแนกรูปภาพ จะต้องนำภาพต้นฉบับหรือวัตถุเข้าสู่กระบวนการ Feature Extraction ซึ่งเป็นการคัดแยกคุณลักษณะเด่นออกมาจากข้อมูลต้นฉบับโดยใช้วิธีการต่างๆ เช่น RGB Color Model [5] หรือการแปลงรูปภาพต้นฉบับไปอยู่ในรูปแบบชุดของตัวเลขโดยอาศัยวิธีการต่างๆ เช่น การหาค่า Grayscale Image [6] และวิธีการหาดัชนีเฉพาะที่ได้จากการกระจายตัวของเส้นขอบ (Histograms of Oriented Gradients: HOG) [7] เป็นต้น จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานในกระบวนการ Machine Learning ได้ จึงนำข้อมูลเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลอง (Model) สำหรับใช้ในการทำนายผลลัพธ์ โดยกระบวนการสร้างแบบจำลองอาศัยวิธีการ เช่น อัลกอริทึม J48 [8] อัลกอริทึม k-Nearest Neighbor (k-NN) [9] หรือ Support Vector Machine (SVM) [10] เป็นอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับแก้ปัญหาทางด้านความรู้จำรูปแบบข้อมูล เป็นต้น

2.4 Deep Learning

Deep Learning หรือการเรียนรู้เชิงลึกเป็นการพัฒนาให้เครื่องจักรหรือคอมพิวเตอร์สามารถเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาท (Neurons) เหมือนกับสมองมนุษย์เรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NN) [11] โดย Deep Learning ถูกสร้างขึ้นจากการนำ NN หลายๆ Layer มาใช้วิเคราะห์และหาคำตอบซึ่งคำว่า Deep Learning ก็มาจากการใช้ NN มากกว่า 2 layer เพื่อให้เครื่องจักรเรียนรู้และสร้างแบบจำลองจึงเปรียบเทียบได้ว่า Layer ของ NN ถูกใช้จำนวนมากสำหรับขั้นตอนการประมวลผลทำให้มีโครงสร้างการเรียนรู้ที่ลึก (Deep) ยิ่งขึ้น โดยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบ Deep Learning ถูกเสนอหลายแบบ เช่น โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (Convolutional Neural Network: CNN) [12] เป็นต้น

2.5 ข้อแตกต่างระหว่าง Machine Learning กับ Deep Learning

กระบวนการทำงานของ Deep Learning สำหรับใช้สร้างแบบจำลองจะมีความแม่นยำ (Accuracy) [13] ที่สูงกว่า Machine Learning ในหลายๆ ปัญหา ยกตัวอย่างเช่น การตรวจจับภาพวัตถุ (Object Detection) เป็นต้น การใช้งานไม่จำเป็นต้องให้ความรู้พื้นฐานกับเครื่องจักรไว้ล่วงหน้า Deep Learning ก็สามารถสร้างแบบจำลองและหาคำตอบได้ ดังแสดงในรูปที่ 1 เปรียบเทียบการทำงานของกลไกเพื่อหาคำตอบว่า ข้อมูลตัวอย่าง (Input Data) เป็นภาพพื้นดัสที่มีความผิดปกติหรือไม่ สิ่งที่ได้เห็นได้ชัดเจนคือ กลไกในขั้นตอน Feature Extraction ที่เป็นกระบวนการประมวลผลภาพสำหรับคัดแยกคุณลักษณะเด่นออกมาจากข้อมูลต้นฉบับซึ่ง Deep Learning จะทำด้วยตนเองโดยพยายามหาจุดเด่นของภาพต้นฉบับโดยอัตโนมัติ แต่กลไกของ Machine Learning ผู้ใช้จะต้องใช้วิธีเช่น RGB Color Model หรือ HOG แล้วจึงนำรูปแบบข้อมูลที่ได้ไปใช้งานได้ ใน Machine Learning เพื่อสร้างแบบจำลองและหาคำตอบ



รูปที่ 1. Machine Learning กับ Deep Learning

2.6 โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ

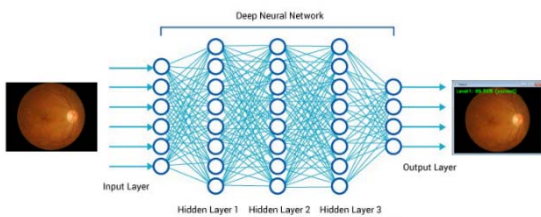
(Convolutional Neural Network: CNN)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (Convolutional Neural Network: CNN) คือหนึ่งในวิธีการเรียนรู้แบบ Deep Learning ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการของ NN หลายๆ Layer เรียกว่า Hidden Layer ดังรูปที่ 2 เพื่อค้นหาคุณลักษณะและทำซ้ำหลายๆ รอบจนกว่าจะได้รับความแม่นยำของการคัดแยกคุณลักษณะโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของคุณลักษณะกับผลลัพธ์มากที่สุด โดยกระบวนการทำงานของ CNN มี 3 ส่วน ดังนี้

1) Input: ข้อมูลหรือวัตถุที่รับเข้าเหมือนการมองเห็นของมนุษย์ ตัวอย่างเช่นรูปภาพพื้นดัส

2) Hidden Layer: ส่วนการประมวลผลเหมือนกับสมองของมนุษย์ทำหน้าที่ในการเรียนรู้ (Training) และการคัดแยกประเภทของวัตถุ

3) Output: ส่วนแสดงผลลัพธ์การคัดแยกซึ่งเป็นผลมาจากใช้ Hidden Layer จำนวนหลายชั้นวิเคราะห์จนได้คำตอบแสดง Class ของวัตถุเช่น ระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากรูปภาพพื้นดัส



รูปที่ 2. Convolutional Neural Network

ข้อดีของ CNN คือสามารถวิเคราะห์และหาคำตอบได้อย่างแม่นยำดังแสดงในงานวิจัย [14-16] ที่มีการประยุกต์ใช้ CNN กับกรจำแนกข้อมูลโดยแสดงให้เห็นว่าความสามารถของ CNN มีความแม่นยำมากถึง 90% อีกทั้งจากการศึกษาพบว่า CNN ถูกใช้ในขั้นตอน Feature Extraction จากข้อมูลประเภทที่ไม่ค่อยเป็นระเบียบหรือไม่ได้มีโครงสร้างเป็นรูปแบบเฉพาะตัว (Unstructured Data) อย่างเช่น รูปภาพ (Image) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ CNN สำหรับทดสอบและสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากรูปภาพพื้นดัส

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Jindaluang [17] ได้ศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อการเกิดภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาได้แก่ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ ผลการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ระยะเวลาที่ป่วยเป็นเบาหวาน และชนิดของการรักษาเบาหวาน ซึ่งควรศึกษาเพิ่มเติมในจำนวนผู้ป่วยมากกว่านี้ เนื่องจากมีหลายประเด็นที่ผลการศึกษาแตกต่างจากการศึกษาอื่น ได้แก่ อายุ การสูบบุหรี่ ชนิดของการรักษา และการมีโรคความดันโลหิตสูง ร่วมด้วย นอกจากนี้ควรให้บริการเชิงรุกตั้งแต่การคัดกรองผู้ที่มีอายุมากกว่า 35 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นเบาหวาน การดูแลผู้ป่วย

เบาหวานแบบองค์รวม และตรวจคัดกรองภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานอย่างสม่ำเสมอ

A. Paisal และ T. Kasetkasem [18] ได้ศึกษาการคัดแยกเมล็ดพันธุ์ป่นในถั่วเขียว โดยการวิเคราะห์ภาพถ่าย ผลการศึกษาพบว่า การคัดแยกเมล็ดพันธุ์ โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายเมล็ดจำนวน 200 เมล็ด เป็นพันธุ์ชยันต 72 และพันธุ์กำแพงแสน 2 สามารถจำแนกภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวพันธุ์ชยันต 72 และพันธุ์กำแพงแสน 2 ที่ปนกัน ได้ถูกต้องมากกว่า 90%

T. Tathawee และคณะ [19] ได้ศึกษาการระบุชนิดกล้วยไม้บนพื้นฐานของการวิเคราะห์การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ ผลวิจัยพบว่าเทคนิคการพัฒนาเทคโนโลยีการมองเห็นของคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการระบุชนิดกล้วยไม้ทั้งหมดสี่ชนิดจากสี่สกุล โดยอยู่บนพื้นฐานการเปรียบเทียบพื้นที่ Contour ของสีปรากฏบนภาพ ดอกกล้วยไม้ ในแต่ละช่วงความยาวคลื่นจากแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกัน ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น จากผลการทดลองบ่งชี้ว่าพื้นที่ Contour ที่ความยาวคลื่นแบบต่อเนื่อง ($\lambda = 400-700$ nm) มีศักยภาพต่อการระบุชนิดกล้วยไม้ทั้งสี่ชนิดได้อย่างชัดเจน แต่ช่วงความยาวคลื่นแบบไม่ต่อเนื่องที่ช่วงสีน้ำเงิน ($\lambda = 475$ nm) มีศักยภาพในการระบุกล้วยไม้ทั้งสี่ชนิดได้ดีที่สุด

Muntham และ Ingsrisawang [20] ได้เสนองานวิจัยที่ใช้อัลกอริทึม C4.5 เพื่อวินิจฉัยโรคระบบการหายใจโดยใช้ข้อมูลจากเวชระเบียนจำนวน 7,327 ราย แบ่งเป็นการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนแบบเฉียบพลันใช้ตัวแปรที่คัดเลือก 7 ตัวแปรกับชุดข้อมูลเรียนรู้ต่อชุดข้อมูลทดสอบ 70:30 ได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับ 92.32% โรคปอดอักเสบใช้ตัวแปรที่คัดเลือก 8 ตัวแปรกับชุดข้อมูลเรียนรู้ต่อชุดข้อมูลทดสอบ 70:30 ได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับ 94.70% และโรคโพรงอากาศข้างจมูกอักเสบเฉียบพลันใช้ตัวแปรที่คัดเลือก 7 ตัวแปรกับชุดข้อมูลเรียนรู้ต่อชุดข้อมูลทดสอบ 50: 50 ได้ค่าความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับ 94.69%

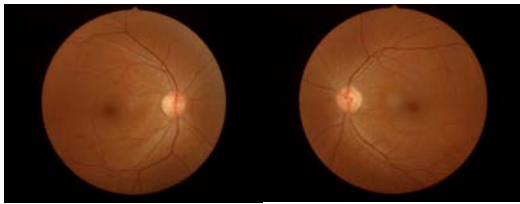
S. Phimphisana [21] ได้เสนองานวิจัยที่ประยุกต์ใช้ Machine Learning สำหรับจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากรูปภาพพื้นดัส โดยได้รวบรวมภาพพื้นดัสจอประสาทตาจากโรงพยาบาลมหาสารคาม จำนวน 60 คน จากนั้นใช้วิธี RGB Color Model เป็น Feature Extraction สำหรับคัดแยกข้อมูลรูปภาพ แล้วใช้ Machine Learning ในการสร้างแบบจำลอง ผลของงานวิจัยแสดงให้เห็น

ว่าอัลกอริทึม J48 มีความแม่นยำสูงสุดคือ 85.5% ในการจำแนก ระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากรูปภาพพื้นคัส

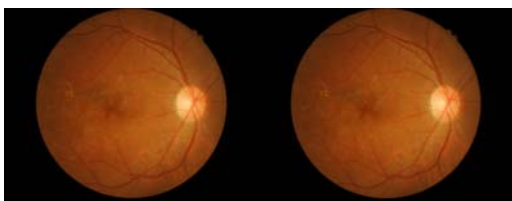
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การเตรียมข้อมูล

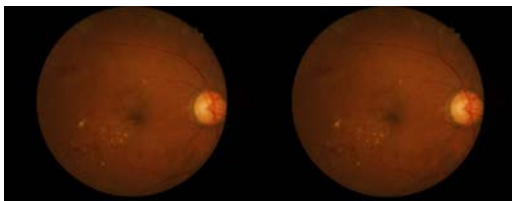
งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลรูปภาพพื้นคัสชุดเดียวกันกับงานวิจัย [21] โดยมีการรวบรวมจากโรงพยาบาลมหาสารคามจำนวน 60 คน โดยแบ่งระดับความรุนแรงของเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้ดังรูปที่ 3 คือภาพถ่ายพื้นคัสของจอประสาทตาปกติ (No Diabetic Retinopathy) รูปที่ 4 คือภาพถ่ายพื้นคัสเบาหวานขึ้นจอประสาทตาขั้นเบา (Mild Non-Proliferative Diabetic Retinopathy) รูปที่ 5 คือภาพถ่ายพื้นคัสเบาหวานขึ้นจอประสาทตาขั้นปานกลาง (Moderate Non-Proliferative Diabetic Retinopathy) และรูปที่ 6 คือภาพถ่ายพื้นคัสเบาหวานขึ้นจอประสาทตาขั้นหนัก (Severe Non-Proliferative Diabetic Retinopathy)



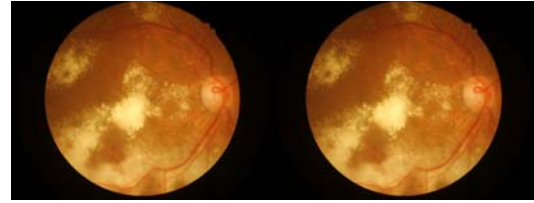
รูปที่ 3. No Diabetic Retinopathy



รูปที่ 4. Mild Non-Proliferative Diabetic Retinopathy



รูปที่ 5. Moderate Non-Proliferative Diabetic Retinopathy



รูปที่ 6. Severe Non-Proliferative Diabetic Retinopathy

3.2 การวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำเพื่อสร้างแบบจำลอง ในงานวิจัยนี้ใช้การวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) [13] เป็นค่าที่ได้จากวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าพยากรณ์ความถูกต้องของข้อมูลโดยคิดเป็นค่าร้อยละ (%) ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{Accuracy} = \left[\frac{(\text{TP} + \text{TN})}{(\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN})} \right] \times 100$$

โดย	TP	คือ ค่าที่พยากรณ์ถูกต้องเชิงบวก
	TN	คือ ค่าที่พยากรณ์ถูกต้องเชิงลบ
	FP	คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงบวก
	FN	คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงลบ

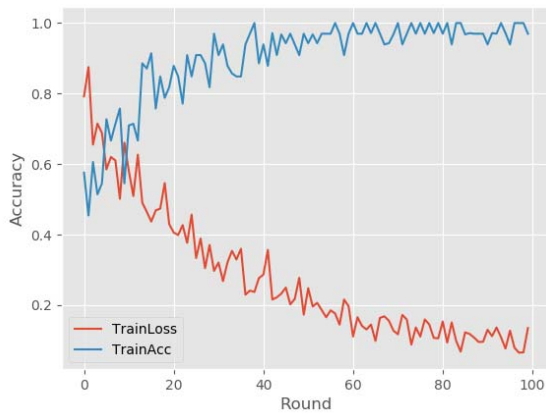
3.3 การสร้างแบบจำลอง

งานวิจัยนี้ใช้ CNN สำหรับสร้างแบบจำลอง โดยการเรียนรู้ (Training) พัฒนาด้วยเครื่องมือ Keras เวอร์ชัน 2.0.9 [22] ร่วมกับ Tensorflow เวอร์ชัน 1.14 [23] เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองตามกระบวนการ Deep Learning ด้วยภาษา Python การสร้างแบบจำลองเพื่อใช้จำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา กำหนดการทดสอบจำนวน 100 รอบ และกำหนด NN จำนวน 3 ชั้น จากนั้นวัดประสิทธิภาพค่าความแม่นยำเปรียบเทียบกับงานวิจัย [21] ที่ใช้ Machine Learning อัลกอริทึม J48 โดยในส่วนของ การสร้างแบบจำลองงานวิจัยนี้ใช้การกำหนดค่าการตรวจสอบแบบไขว้ (k-fold cross validation) [24] คือ k=5 เพื่อให้ CNN สุ่มภาพในชุดข้อมูลทั้งหมด 60 ภาพ ในการทดสอบย่อยของการสร้างการเรียนรู้ให้แบบจำลองในรอบที่ 1 จะได้จำนวน 48 รูปสำหรับใช้ในการเรียนรู้ (Training Dataset) และ 12 รูปสำหรับใช้ทดสอบ (Testing Dataset) แบบจำลอง โดยระบบจะทำงานในลักษณะ

ข้างต้นจนครบ $k=5$ ครอบคลุมความถี่ทั้ง 60 รูปที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองมีโอกาสที่จะเป็นทั้งชุดข้อมูลในการเรียนรู้ (Training Dataset) และชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (Testing Dataset)

4. ผลการวิจัย

ผลการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา จากที่งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือ Keras และ Tensorflow ที่พัฒนาด้วยภาษา Python เพื่อเรียกใช้ CNN แล้วนำรูปภาพพินคัสเข้าสู่ระบบเพื่อสร้างการเรียนรู้และทดสอบแบบจำลอง จากนั้นแสดงผลการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7. ผลการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา

จากรูปที่ 7 แสดงผลการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา โดยการทดลองแสดงค่าความแม่นยำ (TrainAcc) และค่าความผิดพลาด (TrainLoss) ในแต่ละรอบ (Round) ที่มีค่าความแม่นยำแตกต่างกัน โดยค่าความแม่นยำของการทดลองโดยเฉลี่ยทั้ง 100 รอบแสดงดังตารางที่ 1 เปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้

ตารางที่ 1. ผลการสร้างแบบจำลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้

Algorithms	Accuracy (%)
S. Phimpisan [21]	85.50
CNN	95.65

5. บทสรุปและการอภิปราย

ภาพถ่ายพินคัสขึ้นจอประสาทตาสามารถแบ่งได้ 4 ระดับคือ ระดับปกติ ระดับขึ้นเบา ระดับขึ้นปานกลางและระดับขึ้นรุนแรง โดยในงานวิจัยได้นำภาพถ่ายพินคัสประมวลผลภาพด้วยหลักการ Deep Learning หรือการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อพัฒนาแบบจำลองสำหรับจำแนกรูปภาพพินคัส แสดงให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองของงานวิจัยนี้ มีความแม่นยำมากกว่าวิธี Machine Learning ที่ใช้ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยจากตารางที่ 1 แสดงค่าความแม่นยำของแต่ละวิธี แสดงให้เห็นว่าการใช้ Deep Learning ด้วยอัลกอริทึม CNN สำหรับสร้างแบบจำลองจำแนกระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา จากรูปภาพพินคัสมีความแม่นยำถึง 95.65% ในขณะที่ความแม่นยำ Machine Learning ด้วยอัลกอริทึม J48 ที่เสนอโดย S. Phimpisan [21] มีความแม่นยำเพียง 85.50%

งานวิจัยในอนาคตจะดำเนินการเก็บรวบรวมรูปภาพพินคัสให้ได้จำนวนมากขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพความแม่นยำในการจำแนกรูปภาพด้วย CNN นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนของรูปภาพที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง และนำแบบจำลองไปใช้งานจริงในการจำแนกภาพถ่ายพินคัสเพื่อระบุระดับความรุนแรงของโรคเบาหวานเข้าจอประสาทตา

เอกสารอ้างอิง

- [1] D. Complications. (2019, Cited 1 October 2019). *Diabetic Retinopathy*. Available: <http://www.diabetes.co.uk/diabetes-complications/diabetic-retinopathy.html> [Accessed: July 20, 2020].
- [2] M. Bishop, "Pattern Recognition and Machine Learning," *Springer*, pp. 1–758, 2006.
- [3] L. Deng and D. Yu, "Deep Learning: Methods and Applications," *Foundations and Trends in Signal Processing*, pp. 1–199, 2014.
- [4] R. Keys, "Cubic convolution interpolation for digital image processing," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, pp. 1153 - 1160, 1981.
- [5] R. Hirsch, "Exploring Colour Photography: A Complete Guide," *Laurence King Publishing*, pp. 1–360, 2004.

- [6] S. Johnson, "Stephen Johnson on Digital Photography," *O'Reilly*, pp. 1–305, 2006.
- [7] N. Dalal and B. Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," *International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 886–893, 2005.
- [8] J. Quinlan, "C4.5: Programs for Machine Learning," ed: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- [9] T. Daniel, "Discovering Knowledge in Data," *A JOHN WILEY & SONS*, 2005.
- [10] K. Crammer and Y. Singer, "On the Algorithmic Implementation of Multiclass Kernel-based Vector Machines," *Journal of Machine Learning Research*, pp. 265–292, 2001.
- [11] M. Hassoun, "Fundamentals of Artificial Neural Networks (MIT Press)," *A Bradford Book*, 2003.
- [12] E. Humphrey and J. Bello, "Rethinking Automatic Chord Recognition with Convolution Neural Networks," in *Proceedings of 11th International Conference on Machine Learning and Application*, 2012.
- [13] B. Tilmann, "The Business Impact of Predictive Analytics," ed: IGI Global, pp. 118–119, ISBN 978-1-59904-252-7, 2007.
- [14] R. Mahmood and B. Ghimire, "Automatic detection and classification of Alzheimer's Disease from MRI scans using principal component analysis and artificial neural networks," in *Proceedings of the 20th International Conference on Systems Signals and Image Processing*, pp. 133-137, 2013.
- [15] S. Sarraf and G. Tofighi, "Deep learning-based pipeline to recognize Alzheimer's disease using fMRI data," in *Proceedings of Future Technologies Conference*, San Francisco, CA, USA, pp. 816-820, 2016.
- [16] Y. Han and M. Zhao, "A hybrid sequential feature selection approach for the diagnosis of Alzheimer's Disease," in *Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks*, pp. 1216-1220, 2016.
- [17] Y. Jindaluang, "Risk Factors for Diabetic Retinopathy in Diabetic Patients, Tak Municipal Area," *Buddhachinaraj Medical Journal*, pp. 53-61, 2009.
- [18] A. Paisal and T. Kasetkasem, "Separation the mingling varieties of the mungbean seeds by image processing," *Khon Kaen Agriculture Journal*, pp. 240-247, 2011.
- [19] T. Tathawee, S. Prasarnpun, S. Onbua, T. Pinthong, and A. Suwannakom, "Orchid identification based on computer vision analysis," in *Proceedings of The 6th National Science Research Conference*, Thailand, pp. 47 - 56, 2014.
- [20] D. Muntham and L. Ingsrisawang, "An Application of Decision Tree Algorithms for Diagnosis of the Respiratory System: A Case Study of Pranakorn Sri Ayudthaya Hospital," *Journal of Health Systems Research*, Vol. 4, pp. 73-81, 2010.
- [21] S. Phimpisan, "Application of Data Mining for Diabetic Retinopathy Using Decision Tree," in *Journal of Srivanalai Vijai*, 2016.
- [22] A. Nain, S. Paul, and M. Maynard-Reid. (13 May 2020). *Keras*. Available: <https://keras.io/> [Accessed: July 20, 2020].
- [23] T. Team. (13 May 2020). *TensorFlow*. Available: <https://www.tensorflow.org/> [Accessed: July 20, 2020].
- [24] R. Kohavi, "A study of crossvalidation and bootstrap for accuracy estimation and model selection," in *Proceedings of the Fourteenth International joint conference on Artificial Intelligence*, Montreal, Canada, pp. 1137-1143, 1995.

ระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาอุ้งซ่อมรถยนต์

Queuing System using CPU Scheduling: A Case Study of a Car Garage

ชาญชัย สุภอรรถกร* และ ภัทธภูมิ อ่อนจ้อย

Chanchai Supaartagorn and Phattarapoom Onjoy*

ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติและคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Department of Mathematics Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Received: August 14, 2020; Revised: October 12, 2020; Accepted: October 20, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – This paper regards a Research and Development (R&D), which involves with a web-based application. The objectives of this research are: 1) to design and develop the queuing system using CPU scheduling: A case study of a car garage; and 2) to examine the users' satisfaction with the system. The CPU scheduling assists in providing information to service providers in attempts to reduce scheduling conflicts and longer wait-times. There are four algorithms of CPU scheduling. 1) First-Come First-Served scheduling 2) Short-Job-First scheduling 3) Priority scheduling and 4) Optimum scheduling. The results indicated that the users were highly satisfied, the average was 4.46 and standard deviation was 0.64. This system can be an effective and promising alternative to the improvement of the data management system.

KEYWORDS: CPU Scheduling, First-Come First-Served Scheduling, Short-Job-First Scheduling, Priority Scheduling, Optimum Scheduling

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยและพัฒนา โดยระบบมีการทำงานในลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาอุ้งซ่อมรถยนต์ 2) เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ ผู้วิจัยได้นำหลักการจัดเวลาซีพียูมาใช้ในการพัฒนาระบบการจัดลำดับคิว เพื่อช่วยให้ข้อมูลแก่ผู้ให้บริการในการพิจารณาเลือกวิธีการจัดเวลาแก่ผู้รับบริการเพื่อลดปัญหาการรอคอยเป็นเวลานาน ระบบประกอบด้วยอัลกอริทึมของการจัดเวลาซีพียูทั้งหมด 4 อัลกอริทึม ได้แก่ 1) การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน 2) การจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน 3) การจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ และ 4) การจัดเวลาแบบที่ดีที่สุด ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 ดังนั้นระบบสามารถเป็นทางเลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ในการปรับปรุงระบบการจัดการข้อมูล

คำสำคัญ: การจัดเวลาซีพียู, การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน, การจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน, การจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ, การจัดเวลาแบบที่ดีที่สุด

*Corresponding Author: chanchai.s@ubu.ac.th

1. บทนำ

ในสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจทุกวันนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธุรกิจที่มีลักษณะของการให้บริการทั้งภาครัฐและเอกชน ได้ให้ความสำคัญกับผู้ที่มาใช้บริการกันมากขึ้น ดังนั้นการให้บริการที่สะดวก รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ผู้ให้บริการต้องนำมาพิจารณา เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันท่วงที และเป็นการสร้างความพึงพอใจแก่ลูกค้าด้วย

ระบบการจัดลำดับคิวคือการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างลูกค้าและผู้ให้บริการ ในทางปฏิบัติการตัดสินใจรอคอยรับบริการหรือออกไปหลังจากเข้าร่วมคิวโดยไม่ได้รับบริการเป็นพฤติกรรมของลูกค้าทั่วไป สิ่งสำคัญของผู้ให้บริการคือการสร้างแรงจูงใจเพื่อรักษาลูกค้าไว้ในคิวเมื่อในระบบการจัดลำดับคิวมีคิวอยู่เป็นจำนวนมาก มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้ศึกษาปัญหาของการรอคิวรับบริการ และได้ใช้แนวคิดแบบลีน (Lean Thinking) มาปรับปรุงการให้บริการ โดยแนวคิดแบบลีน เป็นแนวคิดที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อพัฒนากระบวนการต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมุ่งเน้นการขจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อให้กระบวนการมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าในแง่ของธุรกิจ เช่น พานิช เหล่าศิริรัชย์ [1] ได้แนะนำแนวคิดแบบลีน มาปรับปรุงการให้บริการของแผนกจักษุวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย ด้วยการออกแบบการไหลของหน่วยงาน การเปลี่ยนแปลงป้ายบอกจุดต่างๆ ให้มีความชัดเจน ทำให้ลดการรอคอย ลดความสับสนในการเดินทำกิจกรรมต่างๆ ของผู้ป่วย อรรถพร เกตุแคว [2] ทำการปรับปรุงการให้บริการของธนาคารกรุงเทพ สาขาสันป่าข่อย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อหาแนวทางการลดการรอคอยของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการภายในธนาคาร โดยใช้แนวคิดแบบลีนและการจำลองสถานการณ์เข้ามาเพื่อใช้ในการปรับปรุง อาทิเช่น การใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์ปัญหา การเขียนผังการไหลของระบบการทำงาน ซึ่งผลการวิจัย พบว่าสามารถลดเวลาเฉลี่ยของการรอคอยของลูกค้าลง ร้อยละ 86.84 จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้น ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นด้านการปรับปรุงกระบวนการ และการปรับลักษณะทางกายภาพของสถานที่ทำงานเพื่อลดระยะเวลาการรอคอยของผู้รับบริการ แต่หากพิจารณาในรายละเอียดแล้วการปรับปรุงกระบวนการและการปรับลักษณะทางกายภาพเพื่อลดเวลารอคอยของลูกค้า ส่วนใหญ่จะเป็นการปรับปรุงสำหรับการ

ดำเนินการของผู้มารับบริการแต่ไม่ได้เป็นการปรับปรุงสำหรับการดำเนินการของผู้ให้บริการ เช่น การเปลี่ยนแปลงป้ายบอกจุดต่างๆ ให้มีความชัดเจนสำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาล การออกแบบผังการไหลของระบบการทำงานสำหรับลูกค้าที่มาใช้บริการของธนาคาร ดังนั้น ปัญหาการรอคอยของผู้มารับบริการก็อาจจะยังคงมีอยู่เหมือนเดิมถ้าผู้มารับบริการไม่ให้ความร่วมมือหรือไม่เข้าใจในกระบวนการที่ต้องทำ

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการลดปัญหาการรอคอยในคิวของผู้รับบริการโดยใช้วิธีการจัดลำดับคิว ซึ่งผู้ให้บริการสามารถที่จะจัดกระบวนการลำดับคิวของงานของลูกค้าได้เองโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู (CPU Scheduling) โดยการจัดเวลาซีพียูเป็นหลักการดำเนินงานหนึ่งของระบบปฏิบัติการที่ทำให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการประมวลผลโปรเซส (Process) หลายๆ โปรเซสในเวลาเดียวกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ยกกรณีศึกษา การจัดลำดับคิวของอุโมงค์รถยนต์ โดยเปรียบเทียบให้ช่างที่ให้บริการซ่อมเปรียบเทียบเสมือนซีพียู และลูกค้าที่มารับบริการเปรียบเทียบเสมือนโปรเซส ระบบประกอบด้วยอัลกอริทึมของการจัดเวลาซีพียู (Scheduling Algorithms) ทั้งหมด 4 อัลกอริทึม ได้แก่ การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน (FCFS: First-Come First-Served) การจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน (SJF: Short-Job-First Scheduling) การจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ (Priority Scheduling) และการจัดเวลาแบบที่ดีที่สุด (Optimum Scheduling) นอกจากนี้ ระบบยังสามารถทำการจัดการข้อมูลรายการซ่อม จัดการข้อมูลลูกค้าที่มารับบริการ สร้างรายงานลำดับคิวการซ่อม รายงานสถิติรายการซ่อมบำรุง โดยระบบงานมีการทำงานในลักษณะของ web-based application ซึ่งพัฒนาด้วยโปรแกรมภาษา PHP ร่วมกับการใช้ Bootstrap framework ในกาออกแบบ web interface และใช้โปรแกรมฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล สำหรับหัวข้อถัดไปของบทความวิจัยนี้ได้แก่ วัตถุประสงค์ของการวิจัย การทบทวนวรรณกรรม วิธีดำเนินการวิจัย การพัฒนาและผลประเมิน อภิปรายผลการวิจัย และสรุปผล

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาอุโมงค์รถยนต์
2. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาอุโมงค์รถยนต์

3. ทบทวนวรรณกรรม

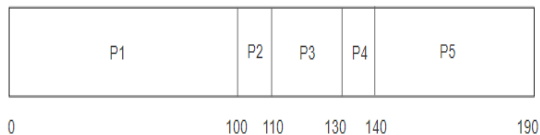
ในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมของการจัดเวลาทั้ง 4 อัลกอริทึม รวมทั้งยกตัวอย่างชุดของโปรเซสที่ใช้ในแต่ละอัลกอริทึมในการจัดเวลา ตามตารางที่ 1 และคำนวณหาค่าเฉลี่ยในการรอคอย (Average Waiting Time)

ตารางที่ 1. โปรเซส ระยะเวลาใช้ซีพียูและลำดับความสำคัญ

โปรเซส	ระยะเวลาใช้ซีพียู (นาท)	ลำดับความสำคัญ
P1	100	3
P2	10	1
P3	20	3
P4	10	4
P5	50	2

3.1 การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน

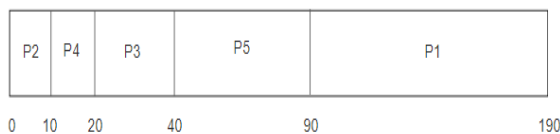
เป็นวิธีการจัดเวลาที่ง่ายที่สุด โดยมีหลักการ คือ โปรเซสใดที่ร้องขอใช้ซีพียูก่อนจะได้รับการจัดสรรให้ครอบครองเวลาซีพียูก่อน ส่วนโปรเซสที่ร้องขอใช้ซีพียูทีหลังจะทำการต่อแถวภายในคิวเพื่อรอรับบริการต่อไป [3] ลำดับของการจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน แสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. Gantt chart ของ FCFS

3.2 การจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน

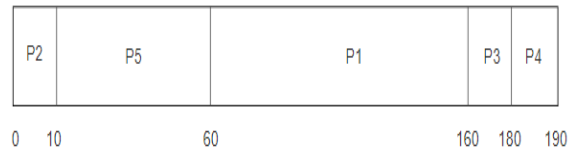
หลักการ คือ โปรเซสใดที่ต้องการเวลาในการใช้ซีพียูสั้นที่สุดจะได้รับเลือกให้เข้ามาครอบครองซีพียู และถ้ามีโปรเซสหลายตัวที่ต้องการเวลาในช่วงถัดไปเท่ากันก็จะใช้การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน [3] ลำดับของการจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน แสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. Gantt chart ของ SJF

3.3 การจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ

หลักการ คือ ลำดับในการจัดเวลาหรือเลือกโปรเซสให้แก่ซีพียูจะขึ้นอยู่กับลำดับความสำคัญของโปรเซส โดยจะกำหนดลำดับความสำคัญของโปรเซสด้วยตัวเลข โปรเซสที่มีความสำคัญมากจะกำหนดด้วยตัวเลขที่มีค่าน้อย ส่วนโปรเซสที่มีความสำคัญน้อยจะกำหนดด้วยตัวเลขที่มีค่ามาก [3] ลำดับของการจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ แสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. Gantt chart ของ Priority

3.4 การจัดเวลาแบบที่คิดที่สุด

จากอัลกอริทึมการจัดเวลาที่ผ่านมามีลักษณะการเลือกโปรเซสเข้าใช้ซีพียูทีละโปรเซสและแต่ละโปรเซสที่เข้าใช้บริการจากซีพียูจะถูกประมวลผลจนเสร็จสมบูรณ์ถึงจะออกจากซีพียูและให้โปรเซสถัดไปเข้าใช้ซีพียู แต่สำหรับโปรเซสที่สามารถให้ซีพียูประมวลผลเป็นช่วงเวลาสั้นๆและออกมาเลือกโปรเซสอื่นเข้าไปทำงานแทน จะไม่เหมาะกับอัลกอริทึมข้างต้นในงานวิจัยของ Sindhu M และคณะ [4] ได้เสนอวิธีการจัดเวลาแบบที่คิดที่สุด โดยมีขั้นตอนการจัดเวลา ดังนี้

ขั้นที่ 1: คำนวณหาค่าเวลาคิวตัน (Quantum time)

$$= \sum_{i=1}^n P_i/n$$

โดย P_i เป็นเวลาการใช้ซีพียูของโปรเซส i

M คือ จำนวนของโปรเซส

ขั้นที่ 2: กำหนดเวลาคิวตันให้แก่แต่ละโปรเซส

ขั้นที่ 3: สลับโปรเซสเข้าใช้ซีพียูโดยกำหนดลำดับคิวการเข้าใช้ซีพียูจากระยะเวลาการใช้ซีพียูของแต่ละโปรเซสตามลำดับจากน้อยไปมาก

ขั้นที่ 4: ถ้า (เวลาการใช้ซีพียู < ค่าเวลาคิวตัน) {

 จัดเวลาให้โปรเซสทำงานในซีพียู จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

}

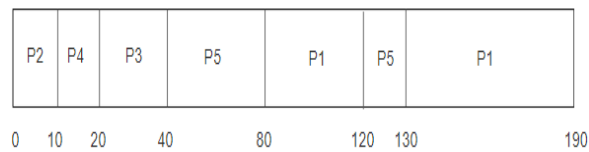
ไม่อย่างนั้น {

โปรเซสจะใช้ซีพียูจนหมดช่วงเวลากันดั้ม และออกจากซีพียูเพื่อไปต่อแถวรอรับบริการใหม่ในรอบถัดไป

}

ดังนั้นจากเวลาการใช้ซีพียูของแต่ละโปรเซส ตามตารางที่ 1 จะสามารถคำนวณหาค่าเวลากันดั้ม ได้ ดังนี้

เวลากันดั้ม = $(100+10+20+10+50)/5 = 38$ นาที ≈ 40 นาที จะได้ลำดับของการจัดเวลาแบบที่ดีที่สุด แสดงด้วยแผนภูมิแกนต์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. Gantt chart ของ Optimum

ในการพิจารณาคัดเลือกอัลกอริทึมในการจัดเวลา จะใช้ค่าเฉลี่ยในการรอคอย ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่โปรเซสต้องรอที่จะเข้าไปรับบริการจากซีพียู ยกตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยในการรอคอยของการจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน โดยพิจารณาจากแผนภูมิแกนต์ในภาพ ที่ 1 ช่วงเวลาการรอคอยของโปรเซส P1, P2, P3, P4 และ P5 มีค่าเท่ากับ 0, 100, 110, 130 และ 140 ตามลำดับ ดังนั้นค่าเฉลี่ยการรอคอยของการจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน จะมีค่าเท่ากับ $(0+100+110+130+140)/5 = 96$ นาที สรุปค่าเฉลี่ยการรอคอยของทั้ง 4 อัลกอริทึม ได้ดังตารางที่ 2

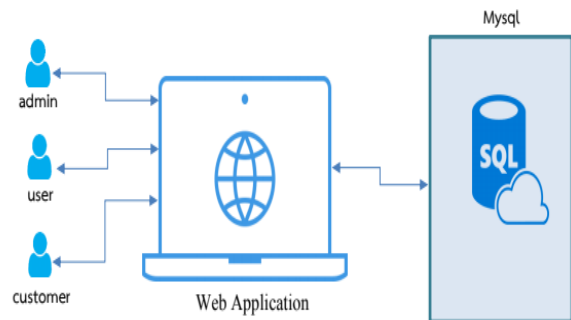
ตารางที่ 2. ค่าเฉลี่ยของการรอคอยของทั้ง 4 อัลกอริทึม

โปรเซส	เวลารอคอย (นาที)			
	FCFS	SJF	Priority	Optimum
P1	0	90	60	90
P2	100	0	0	0
P3	110	20	160	20
P4	130	10	180	10
P5	140	40	10	80
ค่าเฉลี่ยการรอคอย	96	32	82	40

4. วิธีดำเนินการวิจัย

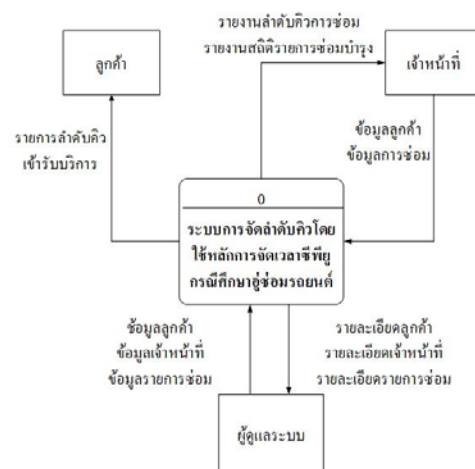
4.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบซึ่งประกอบไปด้วยผู้ใช้งาน คือ ผู้ดูแลระบบ (admin) เจ้าหน้าที่ (user) และลูกค้า (customer) โดยระบบจะทำงานในลักษณะของ web-based application ผู้ใช้งานจะสามารถใช้งานระบบได้ผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ โดยเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล MySQL สถาปัตยกรรมของระบบแสดงดังรูปที่ 5



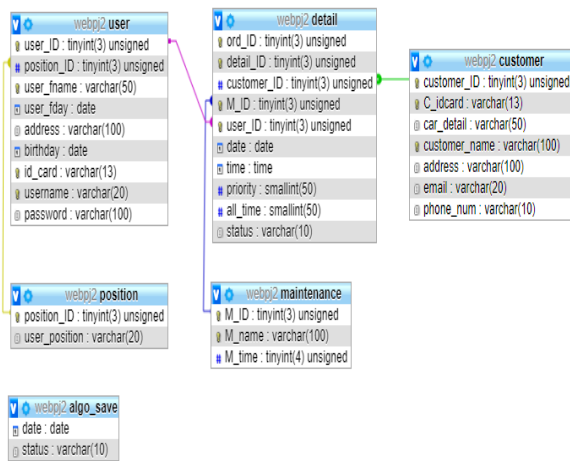
รูปที่ 5. สถาปัตยกรรมของระบบ

การแสดงผลการไหลของข้อมูลภายในระบบ ด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (DFD: Data Flow Diagram) โดยผู้ดูแลระบบจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลลูกค้า จัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ และจัดการข้อมูลรายการซ่อม เจ้าหน้าที่จะเป็นผู้ที่ทำการรับข้อมูลการซ่อมจากลูกค้าเพื่อนำมาจัดลำดับคิวในการซ่อมโดยเลือกอัลกอริทึมการจัดเวลาที่เหมาะสม และลูกค้าจะสามารถดูรายการลำดับคิวเพื่อเข้ารับบริการได้ รูปที่ 6 จะแสดง context diagram ของระบบ



รูปที่ 6. Context diagram ของระบบ

นอกจากนั้น ในการวิเคราะห์และออกแบบในส่วนของฐานข้อมูลที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 6 ตาราง ได้แก่ ตารางผู้ใช้ (user) ตารางตำแหน่งงาน (position) ตารางรายการซ่อม (detail) ตารางรายละเอียดการซ่อมบำรุง (maintenance) ตารางลูกค้า (customer) และตารางสถิติรายการซ่อมบำรุง (algo_save) รูปที่ 7 จะแสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของตารางฐานข้อมูลด้วย ER diagram



รูปที่ 7. ER diagram ของฐานข้อมูลในระบบ

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 คน และ 2) กลุ่มประชากร ซึ่งเป็นพนักงานของศูนย์จำหน่ายและซ่อมบำรุงรถในจังหวัดอุบลราชธานี ได้แก่ บริษัทโตโยต้า ดิลกซ์ จำกัด บริษัทวีอาร์ที ออโตกรุ๊ป จำกัด บริษัทฮอนด้าอุบลพันธุ์ทอง จำกัด และบริษัทอิชูซุงตั้งปักบริการ จำกัด โดยกำหนดกลุ่มประชากรที่จะทำการประเมินผลของระบบเป็นกลุ่มพนักงานในตำแหน่งฝ่ายขาย และฝ่ายบริการซึ่งมีจำนวนทั้งหมดเพียง 22 คน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับจำนวนประชากร

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาซ่อมรถยนต์ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ ในเรื่องของความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ได้ใช้ดัชนีความ

สอดคล้อง IOC (Index of Item Objective Congruence) และได้ทำการปรับแก้ไขตามคำแนะนำจนได้แบบสอบถามที่มีความตรงเชิงเนื้อหาของข้อความกับจุดประสงค์ที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกข้อ โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.89 พบว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา และในส่วน of แบบสอบถาม ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินและแปลความหมายของระดับความพึงพอใจไว้ดังนี้

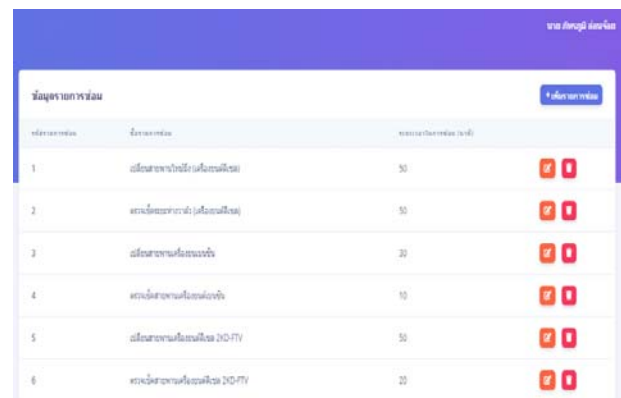
- ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 ระดับดีมาก
- ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 ระดับดี
- ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 ระดับปานกลาง
- ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 ระดับน้อย
- ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 ระดับน้อยที่สุด

5. การพัฒนาและผลประเมิน

5.1 การพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาซ่อมรถยนต์ แบ่งผู้ใช้งานในระบบเป็น 3 บทบาท คือ ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่และลูกค้า ผลการพัฒนาเป็นดังนี้

ผู้ดูแลระบบ จะสามารถจัดการข้อมูลลูกค้า ข้อมูลพนักงาน และข้อมูลรายการซ่อมได้ ตัวอย่างแสดงการจัดการข้อมูลรายการซ่อม ซึ่งประกอบไปด้วยรายการซ่อมและระยะเวลาในการซ่อมในแต่ละรายการ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8. การจัดการข้อมูลรายการซ่อม

เจ้าหน้าที่ จะสามารถจัดลำดับคิวการซ่อม โดยเลือกอัลกอริทึมที่ต้องการ และสามารถแสดงรายงานสถิติการซ่อมบำรุงได้ ตัวอย่างการแสดงผลรายการซ่อมของลูกค้าจากวันเดือนปี

ที่เลือก และสามารถทำการเลือกวิธีการจัดเวลาที่ต้องการสำหรับการจัดลำดับคิว แสดงดังรูปที่ 9

The screenshot shows a software interface for queue management. It is divided into two sections: FCFS (First-Come, First-Served) and SJF (Shortest Job First). Each section contains a table with columns for 'ลำดับ' (Order), 'คิว - ชื่อ ลูกค้า' (Queue - Customer Name), 'รายการของ (นาที)' (Job Details (minutes)), 'วันที่จอง' (Reservation Date), 'เวลาจอง' (Reservation Time), 'เวลาที่ถึง' (Arrival Time), and 'พนักงานที่ให้บริการ' (Service Staff). The FCFS section shows 5 jobs with a total wait time of 96 minutes. The SJF section shows 2 jobs with a total wait time of 32 minutes.

รูปที่ 9. การจัดลำดับคิวการซ่อม

ลูกค้า จะสามารถทำการตรวจสอบลำดับคิวการเข้ารับบริการของตนเองได้ว่าเป็นช่วงเวลาใด ตัวอย่างแสดงลำดับคิวการซ่อม โดยพนักงานเลือกการจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อนดังรูปที่ 10

The screenshot shows a software interface for queue management, specifically for the SJF (Shortest Job First) algorithm. It displays a table with columns for 'ลำดับ' (Order), 'คิว - ชื่อ ลูกค้า' (Queue - Customer Name), 'รายการของ (นาที)' (Job Details (minutes)), 'วันที่จอง' (Reservation Date), 'เวลาจอง' (Reservation Time), 'เวลาที่ถึง' (Arrival Time), and 'พนักงานที่ให้บริการ' (Service Staff). The table shows 5 jobs with a total wait time of 32 minutes.

รูปที่ 10. แสดงลำดับคิวการเข้ารับบริการของลูกค้า

5.2 ผลประเมินความพึงพอใจ

ผลการวิเคราะห์การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 22 คนที่ตอบแบบสอบถาม ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 12 คน คิดเป็นร้อยละ 54.0 ช่วงอายุ 31-40 ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 55.0 ตำแหน่งงานพนักงานฝ่ายบริการ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 58.5 พบว่าระดับความพึงพอใจโดยรวม เท่ากับ 4.46 อยู่ในระดับดี และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64 แสดงในตารางที่ 3

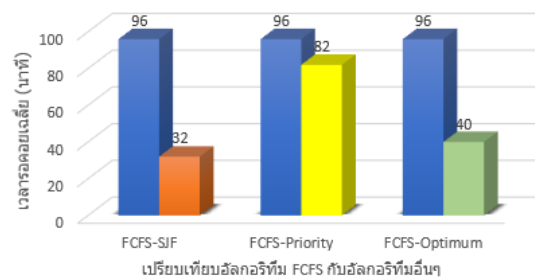
ตารางที่ 3. ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้

รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการใช้งาน	4.37	0.63	ดี
ด้านหน้าที่และความถูกต้อง	4.51	0.61	ดีมาก
ด้านฟังก์ชันการทำงาน	4.49	0.60	ดี
ด้านความปลอดภัย	4.44	0.68	ดี
ด้านสมรรถนะการทำงานของระบบ	4.52	0.68	ดีมาก
ความพึงพอใจโดยรวม	4.46	0.64	ดี

5.3 ผลการเปรียบเทียบเวลารอคอยเฉลี่ย

จากค่าเฉลี่ยเวลารอคอยของอัลกอริทึมทั้ง 4 วิธีตามตารางที่ 2 สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเวลารอคอยระหว่างวิธี FCFS กับวิธีอื่น ได้ดังรูปที่ 11

เปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยการรอคอย



รูปที่ 11. ผลการเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยการรอคอยในแต่ละวิธี

ถ้ากำหนดให้การจัดลำดับคิวของอุ้งซ่อมรถยนต์โดยทั่วไปใช้วิธีการจัดเวลาแบบ FCFS จะได้ผลการเปรียบเทียบกับการใช้วิธีการจัดเวลาในอีก 3 อัลกอริทึม คือ วิธี SJF จะได้เวลาเฉลี่ยการรอคอยที่ ลดลง 64 นาที คิดเป็น 66.67% วิธี Priority จะได้เวลาเฉลี่ยการรอคอยที่ ลดลง 64 นาที คิดเป็น 66.67% และวิธี Priority จะได้เวลาเฉลี่ยการรอคอยที่ ลดลง 56 นาที คิดเป็น 58.33%

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการออกแบบและพัฒนาระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาอุ้งซ่อมรถยนต์ ทำให้ได้

ระบบงานที่ช่วยให้ข้อมูลแก่ผู้ซ่อมรถยนต์ในการพิจารณาจัดลำดับคิวในการให้บริการแก่ลูกค้า เพื่อลดปัญหาการรอคอยในคิวของผู้รับบริการ โดยสามารถอภิปรายผลการใช้งานอัลกอริทึมในการจัดลำดับคิวได้ดังนี้

การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดและตรงไปตรงมาในการจัดลำดับคิวโดยพิจารณาจากเวลาที่เข้ารับการรับบริการว่ามาถึงก่อนหรือหลัง แต่วิธีการนี้มีข้อเสียในเรื่องระยะเวลาเฉลี่ยการรอคอยที่นานที่สุด และถ้าในกรณีที่คิวของลูกค้าใดที่มีลำดับความสำคัญมากกว่า เช่น เป็นลูกค้าวีไอพี การใช้การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อนจะไม่ใช้ตัวเลือกที่เหมาะสมในสถานการณ์นี้ [5]

การจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน จะมีความคล้ายคลึงกับการจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ ถ้าพิจารณาว่างานไหนสั้น จะถือว่ามีความสำคัญมากกว่า และข้อเสียของการจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน คือ การรอคอยไม่มีที่สิ้นสุด (Starvation) เนื่องจากลำดับคิวที่มีระยะเวลาการทำงานนานกว่าจะต้องรอลำดับคิวที่มีระยะเวลาการทำงานสั้นกว่า ทำให้ลำดับคิวนั้นอาจจะไม่มีโอกาสเข้าไปรับบริการเลยก็ได้ [5] นอกจากนี้ ในทางปฏิบัติของการจัดเวลาซีพียู การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อนและการจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อนจะเหมาะกับระบบการทำงานแบบกลุ่ม (Batch system) คือ ต้องมีการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานของแต่ละคิวงานไว้จนถึงช่วงระยะเวลาหนึ่ง ถึงจะสามารถพิจารณาลำดับคิวการเข้ารับบริการได้ [4, 6]

การจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ จะมีประโยชน์ในงานแบบเรียลไทม์ (Real time system) ซึ่งผู้มารับบริการถึงแม้จะมาในลำดับคิวทีหลัง แต่ก็สามารถเข้ารับบริการได้ทันที โดยผู้ให้บริการอาจจะกำหนดลำดับความสำคัญของลูกค้า เช่น ลูกค้าวีไอพี ลูกค้าทั่วไป เป็นต้น [5]

การจัดเวลาแบบที่ดีที่สุด เนื่องจากการจัดลำดับคิวตามวิธีการจัดเวลาที่ผ่านมาจะเป็นในลักษณะของการดำเนินการรับบริการของแต่ละคิวจนเสร็จ ลำดับคิวถัดไปถึงจะถูกส่งเข้าไปรับบริการได้ ดังนั้นการจัดเวลาแบบที่ดีที่สุดจะเหมาะกับงานที่มีลักษณะเป็นแบบระบบแบ่งเวลา (Time-sharing system) โดยผู้ให้บริการสามารถดำเนินการให้บริการคิวงานใดงานหนึ่งจนถึงช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้วหยุดการทำงาน แล้วทำการนำคิวงานอื่นเข้ามาให้บริการแทน สลับเช่นนี้จนเสร็จสิ้นคิวงานทั้งหมด [4] โดยระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้การจัดเวลาแบบที่ดีที่สุดนี้อาจจะใช้ได้ในกรณีที่รายการซ่อมบำรุงบางรายการมี

ช่วงเวลาที่ผู้ให้บริการต้องรอการดำเนินการอะไรบางอย่าง โดยขณะที่รอการดำเนินการนั้น อาจจะสลับไปทำงานในลำดับคิวอื่นก่อน เช่น การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง ซึ่งจะมีช่วงเวลาที่ต้องรอการเปลี่ยนถ่ายของน้ำมันเครื่องเก่าและน้ำมันเครื่องใหม่ ในช่วงเวลานี้ผู้ให้บริการอาจจะสลับไปทำงานของคิวงานอื่นแทนได้

7. สรุปผล

การออกแบบและพัฒนาระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาผู้ซ่อมรถยนต์ เป็นการประยุกต์อัลกอริทึมการจัดเวลาซีพียูมาใช้ในการจัดเวลาการทำงานตามสถานการณ์ที่แตกต่างกัน ผลที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

การออกแบบและพัฒนาระบบการจัดลำดับคิวโดยใช้หลักการจัดเวลาซีพียู กรณีศึกษาผู้ซ่อมรถยนต์ เป็นระบบงานที่มีการทำงานในลักษณะของ web-based application ระบบประกอบด้วยอัลกอริทึมของการจัดเวลาซีพียูทั้งหมด 4 อัลกอริทึม ได้แก่ 1) การจัดเวลาแบบมาก่อนได้ก่อน 2) การจัดเวลาแบบงานสั้นทำก่อน 3) การจัดเวลาตามลำดับความสำคัญ และ 4) การจัดเวลาแบบที่ดีที่สุด

ความพึงพอใจของผู้ใช้จำนวน 22 คน โดยภาพรวมค่าความพึงพอใจอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.64

เอกสารอ้างอิง

- [1] Phanit Laosirirat. "Excellence in service improvement with the lean concept of King Chulalongkorn Memorial Hospital," *For Quality Idol&Model*, vol. 17, no. 152, pp. 114-119, June 2020.
- [2] Attaporn Ketcare, "Bank Service Improvement Using Lean Techniques," Master of Engineering, Industrial Engineering, Chaing Mai University, 2012.
- [3] Abraham Siberchatz, Peter Baer Galvin, and Greg Gangne, *Operating System Concepts*, Ninth Edition, John Wiley and Sons, INC, pp. 266-271, 2013.
- [4] Sindhu M, Rajkamal R, and Vigneshwaran P, "An Optimum Multilevel CPU Scheduling Algorithm," in *Proceedings of the International Conference on*

Advances in Computer Engineering, Bangalore, India, 2010, pp. 90-94.

- [5] M. Gahlawat and P. Sharma, "Analysis and Performance Assessment of CPU Scheduling Algorithms in Cloud using Cloud Sim," *International Journal of Applied Information Systems*, vol. 5, no. 9, July, pp. 5-8, 2013.
- [6] Neetu Goel, "A Comparative Study of CPU Scheduling Algorithms," *International Journal of Graphics & Image Processing*, vol.2, Issue 4, November, pp. 245-251, 2012.

ความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ
Satisfaction with mandatory sign-type traffic signs animation

อรวรรณ แซ่อึ้ง

Orawan Saeung

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Computer Technology and Digital Industry Program Of

Faculty of Industrial Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

Received: August 14, 2020; Revised: October 19, 2020; Accepted: October 20, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – This research was to find satisfaction towards the traffic sign animation of the mandatory sign type. Is the development of animated media using animation production process. To educate the traffic signs, types of mandatory signs The objective of 1) to develop an animation of mandatory road signs. 2) Effect of satisfaction towards animation of mandatory road signs. The sample was a group of 30 students using motorcycles to travel to the university. Animation design and development of mandatory road signs. There are 10 traffic signs that are used on the road to reduce accidents. The length is 7 minutes and the satisfaction of the students with the animation of the forced road signs. At the highest level with a mean of 4.73 and a standard deviation of 0.83.

KEYWORDS: Study the satisfaction, Animation, Traffic sign, Road sign

บทคัดย่อ - การวิจัยครั้งนี้เป็นการหาความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ เป็นการพัฒนาสื่อเคลื่อนไหวโดยใช้กระบวนการผลิตงานแอนิเมชัน เพื่อให้ความรู้เครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ 2) ผลความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มนักศึกษาที่ใช้รถจักรยานยนต์เดินทางมามหาวิทยาลัย จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบและพัฒนาแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ เป็นเครื่องหมายจราจรที่บังคับใช้บนท้องถนน มีทั้งหมด 10 ป้ายเพื่อลดอุบัติเหตุ มีความยาว 7 นาที และผลความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ อยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย คือ 4.73 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83

คำสำคัญ: ศึกษาความพึงพอใจ, แอนิเมชัน, เครื่องหมายจราจร, ป้ายบังคับ

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีมีทั่วโลก มีการใช้รถจักรยานยนต์และรถยนต์เป็นจำนวนมาก ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาข้อมูลและปฏิบัติตามกฎจราจรและวิธีการขับขี่รถให้ปลอดภัยอย่างเคร่งครัด เพราะไม่เพียงแต่เพื่อความปลอดภัยของตนเองเท่านั้น ยังส่งผลถึงความปลอดภัยของผู้อื่นเป็นจำนวนมาก อุบัติเหตุในการขับขี่รถไม่ใช่เกิดขึ้นเพราะเหตุบังเอิญแต่เกิดขึ้นจากการเตรียมการหรือเตรียมตัวในการขับขี่ที่ไม่ดีหรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ฉะนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับการเตรียมความพร้อมของผู้ขับขี่และความพร้อมของรถที่จะขี่รวมไปถึงสภาพแวดล้อมต่าง ๆ รอบตัว ฉะนั้นจึงต้องตระหนักถึงความปลอดภัยในการใช้รถใช้ถนนมากยิ่งขึ้น การขับขี่รถให้ปลอดภัยจึงมีความสำคัญต่อมนุษย์มากขึ้น

เครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับที่มีความหมายเป็นการบังคับให้ผู้ใช้นถนนหรือทำการจราจรในพื้นที่นั้นๆ ต้องปฏิบัติตาม เครื่องหมายที่ปรากฏอยู่ในแผ่นป้ายนั้น โดยผู้ใช้ถนนต้องทำตาม งดการกระทำ รวมถึงการกระทำบางสิ่งบางอย่างตามป้ายที่ระบุไว้ มีความสำคัญในการป้องกันอุบัติเหตุ เพราะถ้าปฏิบัติตามเครื่องหมายจราจรก็จะส่วนหนึ่งในการลดอุบัติเหตุ อุบัติเหตุส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดจากการมาแล้วขับหรือการประมาทแต่เพียงเท่านั้น แต่ยังมีสาเหตุอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งคนส่วนใหญ่ไม่เห็นถึงความสำคัญของกฎหมายและเครื่องหมายจราจร การพัฒนาแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ โดยเครื่องหมายจราจรจะอยู่ทุกพื้นที่ที่ทุกท้องถนนบนโลก อย่างไรก็ตามเครื่องหมายจราจรนั้นก็ยังมีประโยชน์ สามารถช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้มากยิ่งขึ้นและไม่เพียงลดอุบัติเหตุแต่เพียงเท่านั้นแต่ยังสามารถทำให้ผู้ขับขี่รู้ได้ว่าบนท้องถนนหรือเส้นทางข้างหน้านั้นมีอะไรอยู่บนถนนบ้าง การให้ความสำคัญกับกฎหมายและเครื่องหมายจราจร เพื่อความปลอดภัยแก่ชีวิตและทรัพย์สินของผู้ขับขี่

ผู้วิจัยจึงพัฒนาแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ เพื่อให้ความรู้เรื่องเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับที่มีสีส้ม โดยมีตัวการ์ตูนเป็นสื่อในการสร้างความน่าสนใจของผู้เรียน โดยป้ายจราจรที่สร้างจะเป็นป้ายที่มีระหว่างทางการ

เดินทางไปยังสถานศึกษา เป็นสื่อและกิจกรรมเพื่อปลูกฝังจิตสำนึกและให้ความรู้แก่นักเรียนที่สนใจ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้าย
2. ผลความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ

2. แนวคิด / วิธีการที่นำเสนอ

การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดแนวคิด โดยใช้ทฤษฎี ADDIE model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis)
2. ขั้นตอนการออกแบบ (Design)
3. ขั้นตอนการพัฒนา (Development)
4. ขั้นตอนทดลองใช้ (Implementation)
5. ขั้นตอนประเมินผล (Evaluation)

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องหมายจราจร

ป้ายจราจร หรือ เครื่องหมายจราจร (Traffic Sign) หมายถึง สัญลักษณ์จราจรมีลักษณะเป็นสัญญาณแสงหรือป้ายที่มีวัตถุประสงค์เพื่อบริหารจัดการการจราจร ในพื้นที่นั้นๆ ให้มีความคล่องตัว และปลอดภัยสำหรับผู้ขับขี่รถยนต์ทุกประเภท เครื่องหมายจราจร ประเภทบังคับ 1 ป้ายบังคับ คือ ป้ายจราจรที่มีความหมายเป็นการบังคับให้ผู้ใช้นถนนหรือทำการจราจรในพื้นที่นั้นๆ ต้องปฏิบัติตาม เครื่องหมายที่ปรากฏอยู่ในแผ่นป้ายนั้น โดยผู้ใช้ถนนต้องทำตาม งดการกระทำ รวมถึงการกระทำบางสิ่งบางอย่างตามป้ายที่ระบุไว้

2.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแอนิเมชัน

แอนิเมชัน (Animation) เป็นกระบวนการที่เฟรมแต่ละเฟรมของภาพยนตร์ ถูกผลิตขึ้นต่างหากจาก กันทีละเฟรม แล้วนำมาร้อยเรียงเข้าด้วยกัน โดยการฉายต่อเนื่องกัน ไม่ว่าจะจากวิธีการ ใช้คอมพิวเตอร์กราฟิก ถ่ายภาพรูปรวาด หรือ หรือรูปถ่ายแต่ละขณะของหุ่นจำลองที่ค่อย ๆ ขยับเมื่อนำภาพดังกล่าวมาฉาย ด้วยความเร็ว ตั้งแต่ 16 เฟรมต่อวินาที ขึ้นไป เราจะเห็นเหมือนว่าภาพดังกล่าวเคลื่อนไหวได้ต่อเนื่องกัน ทั้งนี้เนื่องจากการเห็นภาพคิดตาในทาง คอมพิวเตอร์ การจัดเก็บภาพแบบอนิเมชัน

เมชันที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอินเทอร์เน็ต ได้แก่ เก็บใน
รูปแบบ GIF PNG SVG และ แฟลช

2.3 โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา

1. โปรแกรม Adobe Flash CS6
2. โปรแกรม Adobe Photoshop CS6
3. โปรแกรม Adobe Audition cs6
4. โปรแกรม Adobe Premiere pro cs6

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อมิณา ฉายสุวรรณ ชุมพล จันทร์ฉลอง (2559) เรื่องการ
พัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องพี่น้อง ออมเงิน การวิจัยครั้งนี้มี
วัตถุประสงค์เพื่อ 1. พัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องพี่น้องออมเงิน
2. หา คุณภาพของ การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องพี่น้องออมเงิน 3.
ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อ การ์ตูนแอนิเมชัน
เรื่อง พี่น้องออมเงิน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียน
ระดับประถมศึกษา ตอนปลาย โรงเรียนเจ้าฟ้าสร้าง ต.บ้านแป้ง
อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน ได้มา โดย
วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยใช้วิธีจับ สลาก เครื่องมือที่ใช้ใน
การวิจัยครั้งนี้ได้แก่ 1. การ์ตูน แอนิเมชัน เรื่องพี่น้องออมเงิน ที่
ผู้วิจัยสร้างขึ้น 2. แบบ ประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน
เรื่อง พี่น้องออมเงิน และ 3. แบบประเมินความพึงพอใจ
ของกลุ่ม ตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง พี่น้องออมเงิน
สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วน
เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่าผลการประเมิน
คุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องพี่น้องออมเงิน ที่ประเมินโดย
ผู้เชี่ยวชาญ ในด้านเนื้อหาของการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.57) ด้านภาพและ เสียง มีคุณภาพอยู่ใน
ระดับดี ($\bar{X} = 4.15$, S.D. = 0.71) และด้านเทคนิค มีคุณภาพอยู่
ในระดับดี ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.77) รวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมี
ค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.33 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.33$,
S.D. = 0.69) ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่ม
ตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องพี่น้องออมเงิน มีระดับ
ความพึง พอใจรวมทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.26$, S.D. =
0.64)รวมทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.26$, S.D. = 0.64)

นฤมล อินทิกฤษ์ และ เจนจิรา โคตรสินธุ์ (2558) เรื่อง
การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง การศึกษา

ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ
เรื่อง ลอยกระทง และ 2) เพื่อ ประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน
2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน
เครื่องมือที่ใช้ใน การศึกษา คือ การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง
ลอยกระทงและ แบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ
เรื่อง ลอยกระทง ผลการศึกษาพบว่า 1) การ์ตูน แอนิเมชัน 2
มิติ เรื่อง ลอยกระทง ที่พัฒนาได้ มีความยาวประมาณ 5-6 นาที
มีเนื้อหาเกี่ยวกับ วัฒนธรรมประเพณี โดยการสอดแทรกข้อคิด
คุณธรรมอันดี และปลูกจิตสำนึกในเรื่องของการ รักษา
สิ่งแวดล้อม 2) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง
ลอยกระทงมีคุณภาพโดยรวมอยู่ใน ระดับมาถ

2.5 ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากร/กลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า คือ นักศึกษาระดับ
ปริญญาตรี จำนวน 60 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ นักศึกษาระดับ
ปริญญาตรี จำนวน 30 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง
นักศึกษาที่ขับขีรถจักรยานยนต์เดินทางมามหาวิทยาลัยโดยผ่าน
เส้นทางที่มีป้ายบังคับจราจร

2.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือในการวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเอ
นิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจรป้ายบังคับ โดยหลักการ
ออกแบบของ ADDIE model ใช้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

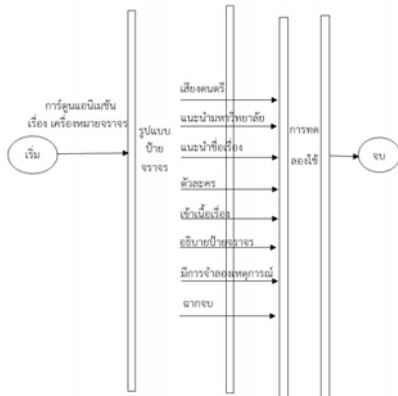
1. ขั้นตอนการวิเคราะห์

ในขั้นตอนการวิเคราะห์จะต้องกำหนดหัวข้อเรื่องและ
วัตถุประสงค์ในการสร้างชิ้นงานการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง
เครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ โดยมีวิธีดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ วิเคราะห์ถึงปัญหาหลักที่เกิดขึ้น เช่น
ปัจจุบันมีเด็กและเยาวชน ที่มองข้ามและละเลยการปฏิบัติตาม
เครื่องหมายจราจรไป และอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ อาจจะมี
การสูญเสียเกิดขึ้น

1.2 สร้างแผนภูมิหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกัน โดยการวิเคราะห์
หัวเรื่องอย่างละเอียด เพื่อคัด เพิ่มหัวเรื่องตามเหตุผล และตาม
ความเหมาะสมของการสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมาย
จราจรประเภทป้ายบังคับโดยจัดเป็นฉากที่มีความสัมพันธ์กัน

1.3 สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา โดยนำหัวเรื่องต่างๆ จากแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ มาเขียนเป็นโครงข่ายตามหลักการ เทคนิคโครงข่าย โดยคำนึงถึงลำดับการเรียงเนื้อหา ก่อน - หลัง ความต่อเนื่องของเนื้อหาหรือเนื้อหานั้นสามารถเรียงเนื้อหาเข้าด้วยกัน ได้แล้วทำการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหา โดยวิธีการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหาจนสมบูรณ์



รูปที่ 1. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหา

2. ขั้นตอนการออกแบบ

2.1 ออกแบบภาพและเขียนสตอรี่บอร์ด เป็นการกำหนด และวาดเครื่องหมายจราจร จากและเรื่องราวต่าง ๆ ทั้งหมดด้วยการเขียนสตอรี่บอร์ด ลงบนกระดาษในแต่ละฉาก ให้สอดคล้องกับโครงเรื่อง

2.2 การออกแบบโครงเรื่องสตอรี่บอร์ด การออกแบบฉาก เรื่องราว การวางรูปแบบการเคลื่อนไหวให้ออกมาเป็นแบบใด

2.3 การสร้างสื่อแอนิเมชัน โดยที่ผู้วิจัยใช้โปรแกรมพัฒนาสื่อแอนิเมชัน เรื่องเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ ซึ่งการสร้างสื่อแอนิเมชันมีลำดับขั้นตอนดังนี้

ลำดับ	ฉาก	เนื้อหา
1	 มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์	เสียง : ดนตรี แนะนำ บทวิทยุ ราชภัฏวไลยอลงกรณ์
2	 คณะเทคโนโลยีคณาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	เสียง : ดนตรี สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
3	 การดูแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง เครื่องหมายจราจร	เสียง : ดนตรี แสก : การดูแอนิเมชัน เรื่อง : เครื่องหมายจราจร
4		เสียง : รถวิ่งผ่าน เสียงดนตรี

รูปที่ 2. แสดงขั้นตอนการออกแบบ

3. ขั้นตอนการพัฒนา

ขั้นตอนการสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจร จะต้องทำตามรูปแบบสตอรี่บอร์ดที่ได้ออกแบบไว้ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

3.1 จัดเตรียมรูปแบบ หรือ ภาพนิ่ง ข้อความ เสียง ไว้เพื่อสร้างชิ้นงานและจัดทำรูปแบบเนื้อหาลงในโปรแกรมพัฒนาสื่อแอนิเมชัน

3.2 สร้างเครื่องหมายจราจรและฉากประกอบรวมทั้งการเคลื่อนไหวของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจร

ตัวละคร	ลักษณะตัวละคร
	ชื่อ จำเอย : เป็นตำรวจนิสัยดี พูดน่ารัก
	เด็กชายรามิ : เป็นเด็กที่ น่ารัก

รูปที่ 3. แสดงขั้นตอนการพัฒนา

3.3 นำชิ้นส่วนต่างๆ ที่วาดฉากแต่ละฉาก ประกอบในสตอรี่บอร์ดเดิมสี นำตัวละคร และส่วนประกอบแต่ละฉากที่เสร็จสมบูรณ์แล้วจัดเรียงบน Time Line เพื่อใส่เสียงต่างๆ ประกอบการเคลื่อนไหว



รูปที่ 4. แสดงจัดเรียงบน Time Line

4. ขั้นตอนการทดลองใช้



รูปที่ 5. แสดงขั้นตอนการทดลองใช้

5. ขั้นการประเมินผล

1. แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจราจรประเภทป้ายบังคับ โดยสอบถามด้านความพึงพอใจมีลักษณะเป็นแบบมาตราวัดแบบ Likert 5 ระดับ

3. ผลการทดลองและคำอธิบายรายละเอียด

ผลการพัฒนากำหนดแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจร ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยโปรแกรมพัฒนาสื่อแอนิเมชัน หลังจากที่ได้พัฒนางานแอนิเมชันเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยงานแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจร ประกอบด้วย ป้ายแต่ละป้าย ตัวละคร และฉากประกอบพร้อมตัวอย่างต่าง ๆ ภายในเรื่องโดยมีการลำดับเนื้อหาซึ่งเริ่มจากฉากแรก มีเกริ่นนำเนื้อเรื่อง จากนั้นก็มีการแสดงฉากประกอบต่าง ๆ โดยทุกฉากจะมีเสียงบรรยายประกอบกับภาพเคลื่อนไหวต่างๆ ดังรูปที่ 6



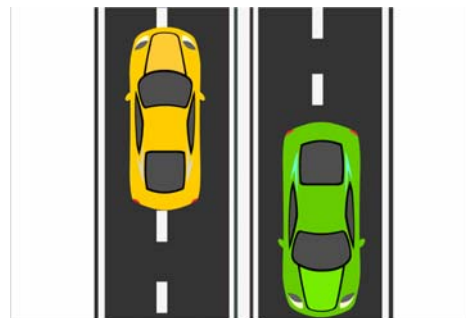
รูปที่ 6. แสดงฉากแนะนำตรา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช



รูปที่ 7. แสดงฉากแนะนำสาขาและคณะ



รูปที่ 8. แสดงฉากแนะนำความรู้เกี่ยวกับป้ายจราจรป้ายบังคับ



รูปที่ 9. แสดง ฉากเสียง รถวิ่งผ่าน เสียงแตร

หลังจากดำเนินการทดลองนำเสนอสื่อแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจราจร ที่พัฒนาขึ้นแล้ว ผู้วิจัย ได้ทำการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการประเมินดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงผลการประเมินความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ	\bar{X}	S.D.	ระดับ
1. เนื้อหามีความน่าสนใจ	4.60	0.65	มาก
2. การออกแบบฉากน่าสนใจ	4.50	0.50	มาก

ความพึงพอใจ	\bar{X}	S.D.	ระดับ
3. การออกแบบตัวละครน่าสนใจ	4.65	0.55	มาก
4. เสียงพากย์ของตัวละคร	4.75	0.62	มาก
5. เสียงดนตรีประกอบ	4.80	0.58	มาก
6. ความน่าสนใจของการ์ตูนแอนิเมชันโดยภาพรวม	4.66	0.63	มาก
โดยรวม	4.73	0.83	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจรจร อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.73$, $SD. = 0.83$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก คือ เนื้อหาที่น่าสนใจ การออกแบบจากน่าสนใจ การออกแบบตัวละครน่าสนใจ เสียงพากย์ของตัวละครเสียงดนตรี ประกอบ ความน่าสนใจของการ์ตูนแอนิเมชันโดยภาพรวม ตามลำดับ

4. บทสรุปและการอภิปราย

ความพึงพอใจที่มีต่อแอนิเมชันเครื่องหมายจรจรประเภทป้ายบังคับเป็นงานวิจัยที่สามารถนำไปประยุกต์ในการลดอุบัติเหตุตามท้องถนนกับผู้ขับขี่รถเพื่อรณรงค์ให้เห็นถึงความสำคัญในการปฏิบัติตามกฎจราจรรวมถึงส่งเสริมความรูเรื่องป้ายจราจรโดยผ่านสื่อแอนิเมชันทำให้กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เมื่อนำไปทดลองแล้วพบประเด็นที่ควรนำมาอภิปรายผล การศึกษา ดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาสื่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง เครื่องหมายจรจรประเภทป้ายบังคับ ผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎี ADDIE model ในการวิเคราะห์และออกแบบ โดยมีขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ ขั้นตอนการออกแบบ ขั้นตอนการพัฒนา ขั้นตอนการทดลองใช้ ขั้นประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ อี. ดี. โครทอน (2558) การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง

ลอยกระทง และ 2) เพื่อ ประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง และ แบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง ผลการศึกษาพบว่า 1) การ์ตูน แอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทง ที่พัฒนาได้ มีความยาวประมาณ 5-6 นาที มีเนื้อหาเกี่ยวกับ วัฒนธรรมประเพณี โดยการสอดแทรกข้อคิด คุณธรรมอันดี และปลูกจิตสำนึกในเรื่องของการ รักษา สิ่งแวดล้อม 2) ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ลอยกระทงมีคุณภาพโดยรวมอยู่ใน ระดับมาก

2. ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องเครื่องหมายจรจรประเภทป้ายบังคับ ผลการประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องเครื่องหมายจรจร มีผลการประเมินรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.73$, $SD. = 0.83$) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่ากลุ่มเป้าหมายมีความคิดเห็นอยู่ใน ระดับมาก คือ เนื้อหาที่น่าสนใจ การออกแบบจากน่าสนใจ การออกแบบตัวละครน่าสนใจ เสียงพากย์ของตัวละคร เสียงดนตรีประกอบ ความน่าสนใจของการ์ตูนแอนิเมชันโดยภาพรวม ตามลำดับ ที่ผลการศึกษาเป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ ที่พัฒนาขึ้น เนื้อเรื่องมีความน่าสนใจ เนื้อหาไม่ยืดเยื้อ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาของ อมينا ฉายสุวรรณ ชุมพล จันทร์ถอง (2559) เรื่องการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. พัฒนาการตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน 2. หา คุณภาพของ การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน 3. ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อ การ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนระดับประถมศึกษา ตอนปลาย โรงเรียนเจ้าฟ้าสร้าง ต.บ้านแปง อ.บางปะอิน จ.พระนครศรีอยุธยา จำนวน 30 คน ได้มา โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายโดยใช้วิธีจับ สลาก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1. การ์ตูน แอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 2. แบบ ประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน และ 3. แบบประเมินความความพึงพอใจของกลุ่ม ตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และค่าส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ฟีนิกซ์ ออมเงิน ที่ประเมินโดย ผู้เชี่ยวชาญ ใน

ด้านเนื้อหาของการ์ตูน มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.44$, S.D. = 0.57) ด้านภาพและเสียง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.15$, S.D. = 0.71) และด้านเทคนิค มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.40$, S.D. = 0.77) รวมคุณภาพทั้ง 3 ด้านมีค่าเฉลี่ยรวมเป็น 4.33 ซึ่งระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.33$, S.D. = 0.69) ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่องพี่น้องออมเงิน มีระดับความพึงพอใจรวมทั้ง 3 ด้านอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.26$, S.D. = 0.64)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Taweesak Kanjanasuwan, Multimedia technology, Bangkok: KTP Comp and Consult, Co., Ltd, 2009.
- [2] Narumon Intirak and Jenjira Kotsin, "The Development of 2D Cartoon Animation on Loy Krathong," Journal of Information Technology Management and Innovation, Vol. 2, Issue No. 1, January - June 2015, pp. 77-82, 2015.
- [3] Rapin Phosri, *Statistics for research*, Edition 2. Chulalongkorn University, Bangkok, 2008.
- [4] Ameena Chaisuwan Chumponchanchalong, "Animation cartoon development Sisters Saving Money," Journal of Valaya Alongkorn Research and Development under the Royal Chupatham, Vol. 11, No. 2, May - August 2016, pp. 193-203, 2016.

การเพิ่มอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัด
ด้วยการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว

Electrical Power Generating to Economic Dispatch Ratio Enhancement by using Modified PSO

ศุภกานต์ จันทร์เสรีวิทยา

Suppakarn Chansareewittaya

ศูนย์วิจัยวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสารเพื่อการพัฒนาศักยภาพ

Computer and Communication Engineering for Capacity Building Research Center

สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

School of Information Technology, Mae Fah Luang University

Received: August 14, 2020; Revised: November 24, 2020; Accepted: November 30, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – This paper presents the optimization of electrical power generating to economic dispatch ratio enhancement with optimal power flow by using modified particle swarm optimization (PSO). By making modification by adjusting the weight value to adjust the speed of particle motion. There are 2 types of used weight values which are 1. General PSO inertia weight 2. Simulated annealing inertia weight (SAIW). The used system in the test is the IEEE 30 bus. The result of the improvement shows that the PSO with SAIW provides better electrical power generating to economic dispatch ratio than the use of PSO with general weights.

KEYWORDS: Enhancement, Optimization, Power flow, Particle swarm optimization, Economic dispatch

บทคัดย่อ - บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการเพิ่มอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมด้วยการใช้การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว โดยทำการเปลี่ยนแปลงด้วยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักในการปรับความเร็วของการเคลื่อนที่ของอนุภาค ค่าน้ำหนักที่ใช้มี 2 แบบ ได้แก่ 1. น้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไปของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค 2. น้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการอบอุ่น โดยระบบที่ใช้ในการทดสอบคือ IEEE 30 บัส ผลของการเปลี่ยนแปลงพบว่าการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่ใช้น้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการอบอุ่นให้อัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดดีกว่าการใช้น้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไปของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

คำสำคัญ: การเพิ่มประสิทธิภาพ, การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด, การไหลกำลังไฟฟ้า, การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค, ค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

1. บทนำ

ณ ปัจจุบันความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นทุกปี การจัดหา กำลังไฟฟ้ามาตอบสนองความต้องการนั้นเป็นสิ่งที่ต้องคิดและวางแผน เนื่องจากการที่จะผลิตกำลังไฟฟ้านั้นจะต้องมีต้นทุน และต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งในปัจจุบัน ทรัพยากรธรรมชาติเริ่มขาดแคลน หายาก และมีราคาที่สูงขึ้น มาก เพราะฉะนั้นจึงต้องพยายามผลิตกำลังไฟฟ้าให้คุ้มค่ามากที่สุด และวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนในการผลิต กำลังไฟฟ้า ก็คือ การจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic dispatch: ED) [1] โดยปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดเป็น ปัญหาที่ต้องการหาค่าใช้จ่ายในการผลิตกำลังไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด โดยกำลังการผลิต ไฟฟ้าที่ได้ต้องเพียงพอต่อความต้องการของ ระบบ [2-4]

การแก้ไขปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดนั้นได้มีการ พัฒนาและคิดค้นวิธีการต่าง ๆ มากมาย วิธีการที่เป็นนิยมคือวิธีการศึกษาสำนึก (Heuristics method) [5] ดังเช่นใน [6] ได้พัฒนาวิธีการลูกผสมระหว่างการพัฒนาการแบบผลต่าง (Differential evolution: DE) และการค้นหาแบบตาบอด (Tabu search: TS) เพื่อ แก้ไขปัญหาแบบฟังก์ชันหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective function: MO) ซึ่งวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นมาได้ให้ค่าการจ่าย โหลดอย่างประหยัดร่วมกับค่าการปลดปล่อยมลภาวะ (Environmental dispatch) ที่ดีกว่าวิธีการดั้งเดิม และอีกวิธีการ อีกประเภทที่เป็นที่นิยมคือวิธีการแรงบันดาลใจชีวะ (Bio-inspirations methods) เช่น ใน [7] ได้พัฒนาวิธีการลูกผสม (Hybrid) ระหว่างอัลกอริทึมผึ้ง (Bee algorithm: BA) และการ ค้นหาแบบตาบอดแบบปรับค่าได้ (Adaptive tabu search: ATS) ซึ่ง ให้ค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดที่ดีขึ้นกว่าวิธีการดั้งเดิม

ใน [8] ได้ทำการปรับเปลี่ยนการโปรแกรมพัฒนาการ ร่วมกับการใช้ค่าฟังก์ชัน ไซนัสเพื่อปรับปรุงการเพิ่มประสิทธิภาพ การการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ใช้ในการค้นหาค่าตอบแบบดั้งเดิม สามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาก็ได้แต่จะเป็นการแก้ไขปัญหาก็ ได้ผลลัพธ์ในระดับขั้นต้น เมื่อมีการพัฒนาวิธีการให้ดีขึ้นและ นำไปใช้ในการแก้ไขปัญหานั้นก็จะได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นด้วย

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการจ่ายโหลดอย่างประหยัด อย่างเดียวแล้วนั้นอาจจะพบว่าค่าที่ได้นั้นยังไม่เหมาะสม เท่าที่ควร บทความวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการเพิ่มอัตราส่วนค่า กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดด้วยการ

เคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค (Particle swarm optimization: PSO) ทำการเปรียบเทียบกับหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว (Modified particle swarm optimization) ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 2 และระบบที่ใช้ในการ ทดสอบคือ IEEE 30 บัส ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้วิธีการที่ นำเสนอจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 3 และสรุปผลการทดลองได้ กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4

2. วิธีการที่นำเสนอ

2.1 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค

การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคได้ถูก นำเสนอโดย Eberhart และ Kenedy ในปีคริสต์ศักราช 1995 [9]

โดยการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่ม อนุภาคมีจุดเด่นอยู่ที่มีการลู่เข้าหาค่าตอบได้เร็วด้วยกลไกของ วิธีการเอง [10] โดยกลไกดังกล่าวจะอาศัยตำแหน่งของแต่ละ อนุภาคในกลุ่มเป็นการอ้างอิงและใช้ในการคำนวณความเร็ว ของเปลี่ยนตำแหน่ง การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคได้แสดงใน ระนาบ X-Y ดังรูปที่ 1 โดยแต่ละอนุภาคจะเคลื่อนที่ไปยัง ตำแหน่งใหม่โดยใช้ความเร็วตามประสบการณ์ของตัวเอง เรียกว่า P_{best} และตามประสบการณ์ของอนุภาคใกล้เคียงใน กลุ่มที่เรียกว่า G_{best} ซึ่งกลไกนี้เป็นการใช้ประโยชน์จาก ตำแหน่งที่ดีที่สุดที่พบโดยตัวเองและอนุภาคใกล้เคียง การ ปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$v_i^{k+1} = w_k \times v_i^k + c_1 \times rand_1 \times (p_{besti} - s_i^k) + c_2 \times rand_2 \times (g_{best} - s_i^k) \quad (1)$$

โดย

v_i^{k+1} : ความเร็วใหม่ของอนุภาค i สำหรับรอบ การคำนวณถัดไป

w_k : ค่าน้ำหนักที่รอบการคำนวณ k ,

v_i^k : ความเร็วของอนุภาค i ที่รอบการคำนวณ k ,

c_1 and c_2 : ค่าสัมประสิทธิ์น้ำหนักมีค่าเท่ากับ 2,

$rand_1$ and $rand_2$: ตัวเลขสุ่มมีค่าระหว่าง 0 และ 1,

- s_i^k : ตำแหน่งปัจจุบันของอนุภาค i ที่รอบการคำนวณ k ,
- p_{best} : ตำแหน่งที่ดีที่สุดของอนุภาค i ที่รอบการคำนวณปัจจุบัน, และ
- g_{best} : ตำแหน่งที่ดีที่สุดของกลุ่มอนุภาคที่รอบการคำนวณปัจจุบัน

ค่าน้ำหนักสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 2

$$w_k = \left(\frac{w_{\min} - w_{\max}}{iwe - 1} \right) \times (iter - 1) + w_{\max} \quad (2)$$

โดย

- w_{\max} : ค่าน้ำหนักสูง มีค่าเท่ากับ 0.9,
- w_{\min} : ค่าน้ำหนักต่ำ มีค่าเท่ากับ 0.4,
- iwe : ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 1500,
- $iter$: รอบการทำงานปัจจุบัน

ตำแหน่งใหม่ของอนุภาคสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$s_i^{k+1} = s_i^k + v_i^{k+1} \quad (3)$$

โดย

- s_i^{k+1} : ตำแหน่งใหม่ของอนุภาค i ที่รอบการคำนวณถัดไป, และ
- s_i^k : ตำแหน่งปัจจุบันของอนุภาค i ที่รอบการคำนวณ k

2.2 การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว

บทความวิจัยนี้ได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค โดยค่าน้ำหนักที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1 เป็นค่าน้ำหนักซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า “ค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไป” โดยรูปที่ 1 แสดงกราฟค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไปสำหรับ 200 รอบการคำนวณ

เมื่อใช้ค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไปนี้ในการแก้ปัญหา ก็จะได้คำตอบที่เหมาะสมออกมาแต่จะเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเฉพาะถิ่น (Optimal local answer) ยังไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมที่แบบวงกว้าง (Optimal global answer)

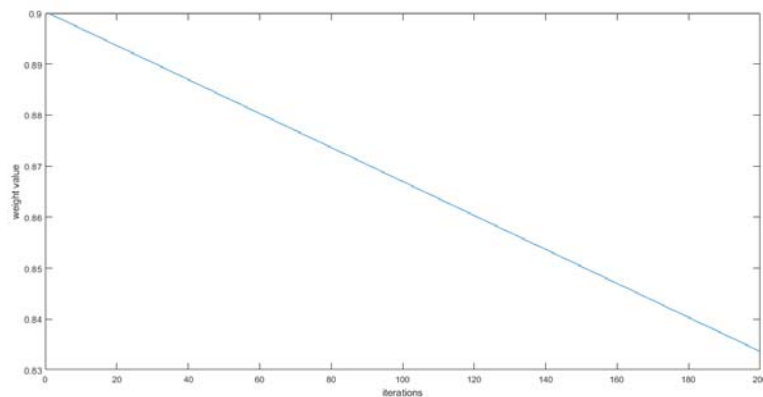
บทความนี้จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคเป็นจากค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไป เป็น “ค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการอบอ่อน” (Simulated annealing inertia weight: SAIW) [11-12] จุดประสงค์คือเพื่อต้องการค้นคำตอบแบบวงกว้าง โดยค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการอบอ่อนได้จากสมการที่ 4 [13]

$$w_k = w_{\min} + (w_{\max} - w_{\min}) \times \lambda^{iter-1} \quad (4)$$

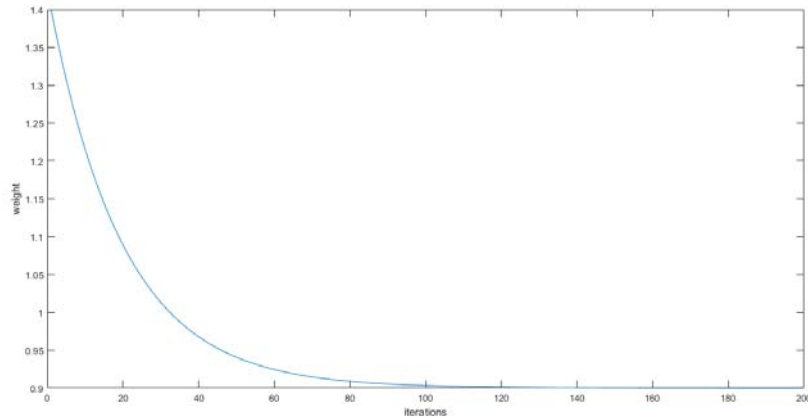
โดย

- w_{\max} : ค่าน้ำหนักสูง มีค่าเท่ากับ 0.9,
- w_{\min} : ค่าน้ำหนักต่ำ มีค่าเท่ากับ 0.4,
- λ : ค่าคงตัวแลมดามีค่าเท่ากับ 0.95, และ
- $iter$: รอบการทำงานปัจจุบัน

รูปที่ 2 แสดงกราฟค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการ



รูปที่ 1. แสดงกราฟค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไปสำหรับ 200 รอบการคำนวณ



รูปที่ 2. กราฟค่าน้ำหนักความเลื่อยแบบจำลองการรอบอ่อนสำหรับ 200 รอบการคำนวณ

3. การจ่ายโหลดอย่างประหยัด

การจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic dispatch: ED) เป็นปัญหาที่รู้จักกันดีทางด้านไฟฟ้ากำลัง โดยจะเป็นการหาค่าใช้จ่ายในการผลิตกำลังไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดภายในเงื่อนไขที่เหมาะสม เช่น ไม่ทำงานในสถานะที่เกินภาระของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องอยู่ในขอบเขตที่ระบบส่ง/จ่ายรองรับได้ ต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้พอเพียงกับความต้องการและอื่น ๆ ภายในเงื่อนไขที่กำหนดโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย

บทความนี้ได้ใช้การไหลกำลังที่เหมาะสม (Optimal power flow: OPF) เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการคำนวณ โดยปัญหาการไหลกำลังที่เหมาะสมขั้นพื้นฐานสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังสมการที่ 5

$$\min \sum_{i=1}^n F_i(P_i) \quad (5)$$

โดย

$F_i(P_i)$: ฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i , และ

P_i : กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i หน่วยคือ MW

n : จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ

ซึ่งฟังก์ชันราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคำนวณได้จากสมการที่ 6

$$F_i(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (6)$$

โดย

a_i, b_i และ c_i : สัมประสิทธิ์ราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i

ซึ่งหน่วยของสัมประสิทธิ์ a, b , และ c คือ $(\text{MW})^2 \text{ \$/h}$, MWS/h และ $\text{\$/h}$ ตามลำดับ ทำให้หน่วยของค่าที่ได้จากสมการที่ 6 มีค่าเป็น $\text{\$/h}$

และมีเงื่อนไขของกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดังนี้

$$P_i^{\min} \leq P_i \leq P_i^{\max} \quad (7)$$

กำลังไฟฟารวมที่ผลิตได้ต้องตอบสนองต่อความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าและการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในระบบส่งจ่ายได้ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 8

$$\sum_{i=1}^n P_i = D + P_l \quad (8)$$

โดย

D : ความต้องการใช้กำลังไฟฟ้า (Mwh)

P_l : กำลังไฟฟ้าสูญเสีย (Mwh)

ซึ่ง P_l คำนวณได้จากสมการที่ 9

$$P_l = \text{real} \geq \left(\sum_j^n V_i Y_{ij} * V_j \right) \quad (9)$$

โดย

V_i : แรงดันไฟฟ้าที่บัส i ,

V_j : แรงดันไฟฟ้าที่บัส j , และ

Y_{ij} : ค่าแอดมิตแดนซ์ระหว่างบัส i และ j
และ $real$ ในสมการที่ 9 หมายถึงการเลือกส่วนที่เป็นจำนวนจริงของคำตอบที่ได้จากการคำนวณไปใช้งานซึ่งหมายถึงกำลังไฟฟ้าจริง (Real power)

ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10 [14]

$$\min \sum_{i=1}^n F_i(P_i) + 1000 * abs(\sum_{i=1}^n P_i - D - P_l) \quad (10)$$

เมื่อนำสมการที่ 8 มารวด้วยสมการที่ 5 จะได้สมการหาอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดดังสมการที่ 11

$$ratio = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\min \sum_{i=1}^n F_i(P_i)} \quad (11)$$

4. ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบ IEEE 30 บัส จาก [14] เป็นระบบทดสอบ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 6 เครื่อง กำหนดค่าความต้องการพลังงานที่ 283.4 MW โดยข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงข้อมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและค่าสัมประสิทธิ์ของระบบ IEEE 30 บัส

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส	a (MW) ² S/h	b MWS/h	c S/h	ค่ากำลังไฟฟ้ายกต่ำสุดที่ผลิตได้ (MW)	ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ (MW)
1	0.00375	2.0000	0	50	200
2	0.0175	1.7500	0	20	80
5	0.0625	1.0000	0	15	50
8	0.0083	3.2500	0	10	35
11	0.0250	3.0000	0	10	30
13	0.0250	3	0	11	40

และได้กำหนดพารามิเตอร์ของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาค คือ จำนวนอนุภาคเท่ากับ 20 และรอบการคำนวณที่ 200 รอบ ซึ่งจำนวนรอบการคำนวณที่ 200 รอบนั้น ได้มาจากการทดสอบวิธีการที่นำเสนอจนได้ข้อสรุปที่แน่ชัดว่า ได้มีผู้เข้าหาคำตอบและมีการอ้อมตัวที่ประมาณ 200 รอบการคำนวณ หากกำหนดรอบการคำนวณมากกว่านี้ก็จะจะทำให้เสียเวลาในการคำนวณไปโดยไม่ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมกว่านี้

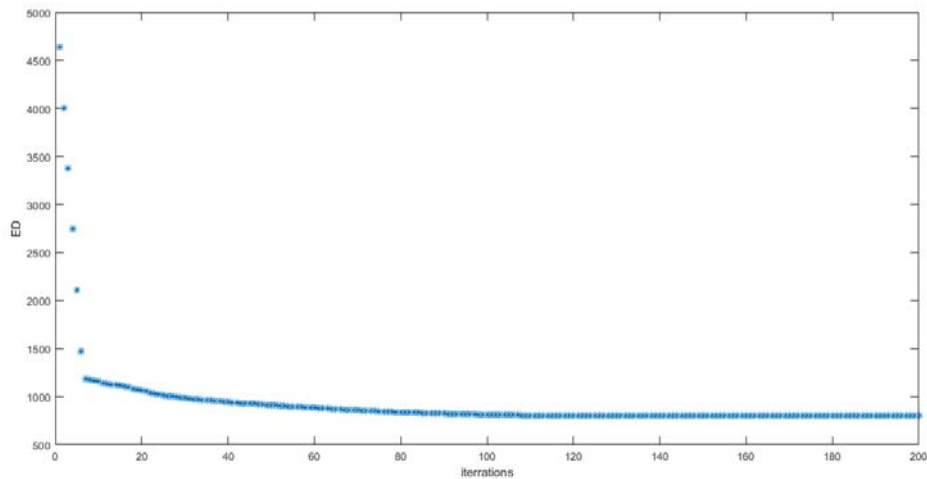
โดยทำการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งาน ค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดและอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดด้วยการใช้การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วดังที่ได้เสนอในหัวข้อที่ 2 โดยได้แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งาน ค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดและอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัด

วิธีการ	การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิม	การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว
ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MW)	292.7706	292.7999
ค่ากำลังไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งาน	9.3706	9.3999
ค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม (S/h)	801.8437	801.8513
อัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (MWh/\$)	0.36512178	0.36515476

จากตารางที่ 2 พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้โดยใช้การหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วมีค่ามากกว่าการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิมเล็กน้อยที่ 0.0293 MW คิดเป็น 0.0900% ส่งผลให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งานที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วมีค่าเท่ากับ 9.3999 MW ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิมเท่ากับ -0.0293 MW คิดเป็น 0.3126% เมื่อเปรียบเทียบค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมพบว่าค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบ

ดั้งเดิมอยู่ที่ 801.8437 \$/h จะน้อยกว่าค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วซึ่งมีค่า 801.8513 \$/h ได้ค่าความต่างอยู่ที่ 0.0076 \$/h คิดเป็น 0.0009% ซึ่งหมายความว่าในระยะ 1 ชั่วโมง ถ้าใช้ค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิมจะประหยัดกว่าค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วที่ 0.0076 \$ โดยกราฟแสดงการดูเข้าของค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. กราฟแสดงการดูเข้าของค่าการจ่าย โหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว

แต่เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อการจ่ายโหลดอย่างประหยัดแล้วพบว่าค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิม 0.00003298 MWh/\$ ซึ่งหมายความว่าถ้าใช้ค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้วใช้จำนวนเงิน 1 \$ จะผลิตกำลังไฟฟ้าได้มากกว่าการใช้ค่าที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคแบบดั้งเดิมที่ 0.00003298 MW ใน 1 ชั่วโมง

ค่าการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่

เปลี่ยนแปลงแล้วแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. ค่าการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่巴士	ค่าการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (MW)
1	176.5569
2	50.0000
5	21.46538
8	21.52291
11	12.07266
13	11.18204

ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ได้จากการหา

Conference on Business and Industrial Research (ICBIR), Bangkok, 2018, pp. 297-302.

- [3] S. Chansareewittaya, "Hybrid BA/ATS for Economic Dispatch Problem," 2018 22nd International Computer

ตารางที่ 4. ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุดและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพร้อมการไหลกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมที่ได้จากการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว

	ค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (MW)	ค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (\$/h)
ค่าสูงสุด	292.8091	801.8519
ค่าเฉลี่ย	292.7957	801.8516
ค่าต่ำสุด	292.7787	801.8513
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.0081	1.7970×10^{-04}

ค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่

5. บทสรุปและการอภิปราย

บทความนี้ได้นำเสนอการเพิ่มอัตราส่วนค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อค่าการจ่ายโหลดอย่างประหยัดด้วยการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคที่เปลี่ยนแปลงแล้ว โดยได้ทำการแทนที่ค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไปด้วยน้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการอบอุ่น ซึ่งการใช้ค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบจำลองการอบอุ่นนี้จะช่วยในการปรับเปลี่ยนความเร็วของกลุ่มอนุภาค ซึ่งส่งผลกระทบต่อให้ค่าตำแหน่งใหม่ของอนุภาคนั้นไม่ได้เปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นซึ่งส่งผลให้มีความหลากหลายของผลลัพธ์ที่ได้และได้ค่าผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้ค่าน้ำหนักความเฉื่อยแบบทั่วไป โดยการเปลี่ยนแปลงของการหาค่าที่เหมาะสมด้วยการเคลื่อนที่ของกลุ่มอนุภาคยังสามารถปรับเปลี่ยนให้มีความหลากหลายที่มากขึ้น เช่น การใช้ค่าน้ำหนักแบบอื่น ๆ หรือประยุกต์ใช้สมการการคำนวณจากวิธีการคำนวณเข้าร่วมด้วยเพื่อการค้นหาค่าตอบที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

Science and Engineering Conference (ICSEC), Chiang Mai, Thailand, pp. 1-4, 2018.

- [4] S. Chansareewittaya, "Hybrid Differential Evolutionary/Tabu Search for Economic Dispatch and Environmental Dispatch," 2018 15th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), Chiang Rai, Thailand, pp. 9-12, 2018.
- [5] Arthit Srikaew. Computational Intelligence. Suranaree University of Technology, 2558.
- [6] S. Chansareewittaya, "Hybrid MODE/TS for Environmental Dispatch and Economic Dispatch," ECTI-EEC, vol. 17, no. 1, pp. 78-86, Sep. 2019.
- [7] S. Chansareewittaya, "Economic Dispatch Using Modified Hybrid BA/ATS," ECTI-CIT, vol. 14, no. 1, pp. 30-36, Mar., 2020.
- [8] S. Chansareewittaya, "Modified EP/sin for Optimal Power Flow with Economic Dispatch," Srinakharinwirot Engineering Journal, vol. 14, issue 1, pp.56-66, 2019.
- [9] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," IEEE International Conference of Neural Networks, vol.4, pp. 1942-1948, 1995.

เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Phongkidakarn and D. Rerkpreeapong, "Economic Dispatch using Cuckoo Search Algorithm," Kasetsart Engineering Journal. 27, 90 (Oct.-Dec. 2014), pp. 57-66, 2014.
- [2] S. Chansareewittaya, K. Soponronnarit and P. Boonyanant, "Modified DE/Sin for economic dispatch and environmental dispatch," 2018 5th International

- [10] S. Chansareewittaya and P. Jirapong, "Power transfer capability enhancement with multitype FACTS controllers using particle swarm optimization," TENCON 2010 - 2010 IEEE Region 10 Conference, Fukuoka, pp. 42-47, 2010.
- [11] S. Chansareewittaya and P. Jirapong, "Total transfer capability enhancement with optimal number of UPFC using hybrid TSSA," 2012 9th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, Phetchaburi, pp. 1-4, 2012.
- [12] S. Chansareewittaya and P. Jirapong, "Total transfer capability enhancement with optimal number of FACTS controllers using hybrid TSSA," 2012 Proceedings of IEEE Southeastcon, Orlando, FL, pp. 1-7, doi: 10.1109/SECon.2012.6197079, 2012.
- [13] T. Jatturongkapolkul and B. Panomruttanarug, "Frequency domain system identification for servo system in HGA testing system using Particle Swarm Optimization," IECON 2011 - 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Melbourne, VIC, pp. 587-591, 2011.
- [14] RMS Danaraj, Optimal Power Flow by Vector PSO (<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/46002-optimal-power-flow-by-vector-pso>), MATLAB Central File Exchange. Retrieved August 5, 2020.

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำของตลาดกลาง

พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในกรุงเทพและปริมณฑล

An Analysis of Repeat Purchasing Factors for e-Marketplace in Bangkok Metropolitan Region

กิตติพัฒน์ พันเรือง และ ศัชกรณ์ ตันเจริญ*

*Kittipat Panruang and Datchakorn Tancharoen**

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

Faculty of Engineering and Technology, Panyapiwat Institute of Management

Received: August 18, 2020; Revised: October 12, 2020; Accepted: October 12, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – This paper is a study to analyze the repeat purchasing factors for e-marketplace in Bangkok Metropolitan Region. The objective of this research is to analyze the comparing factors for e-marketplace with two popular online shopping websites including Lazada and Shopee. This survey consists of 412 online questionnaires from the sample in Bangkok and Metropolitan area. The satisfaction is divided into 7 levels consisting of 8 factors including Effort Expectancy, Performance Expectancy, Self-efficacy, Trust, Price, System Quality, Product and Information Quality and Service Quality. The experiments showed that the most satisfaction is Self-efficacy about 81.67 percents, Effort Expectancy about 80.99 percents and Product and Information Quality about 80.18 percents, respectively. Moreover, the results focusing on age between 21-30 years and 31-40 years, which cover more than 70 percents of samples, provide satisfaction in the same way about Self-efficacy. Moreover, the comparison results of the factors that affect the satisfaction between Lazada and Shopee when considering the data analysis method using inferential statistics. There were 4 different factors that the statistical significance level at 0.05 level, which consists of Effort expectancy, Self-efficacy, Price and Website promotions, and System Quality.

KEYWORDS: e-Marketplace, Repeat Purchasing, Lazada, Shopee, Online Shopping

บทคัดย่อ - บทความวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อที่จะวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำของตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ในกรุงเทพและปริมณฑล วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเปรียบเทียบตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์หรือเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ที่เป็นที่นิยม 2 เว็บไซต์ คือ Lazada และ Shopee โดยผ่านการสำรวจแบบสอบถามออนไลน์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 412 ชุด แบ่งมาตรการวัดความพึงพอใจเป็น 7 ระดับ ซึ่งมีการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำทั้งหมด 8 ปัจจัย ประกอบด้วย ความคาดหวังในความพยายามใช้งานเว็บไซต์, ความคาดหวังในประสิทธิภาพเว็บไซต์, ความสามารถตนเองต่อการเข้าถึงเว็บไซต์, ความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ขายสินค้า, ราคาสินค้าและโปรโมชั่นในเว็บไซต์, คุณภาพของระบบเว็บไซต์ขายสินค้า, คุณภาพของข้อมูลสินค้าในเว็บไซต์ และคุณภาพด้านการบริการของเว็บไซต์ ซึ่งผลการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลนั้น พบว่าร้อยละโดยรวมของความพึงพอใจในระดับที่พึงพอใจถึงพึงพอใจมากที่สุดของปัจจัยในแต่ละด้านที่ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนน โดยมีความพึงพอใจที่มากที่สุดในด้าน

*Corresponding Author: datchakorntan@pim.ac.th

ความสามารถตนเองต่อการเข้าถึงเว็บไซต์อยู่ที่ร้อยละ 81.67 ตามด้วยด้านความคาดหวังในความพยายามใช้งานเว็บไซต์ที่ร้อยละ 80.99 และคุณภาพของข้อมูลสินค้าในเว็บไซต์ที่ร้อยละ 80.18 ตามลำดับ เมื่อแบ่งตามความพึงพอใจของแต่ละช่วงอายุ พบว่าในช่วงอายุ 21 ถึง 30 ปีและ 31 ถึง 40 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มากที่สุด ให้ความพึงพอใจในด้านเดียวกัน คือ ด้านความสามารถตนเองต่อการเข้าถึงและผลของการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจระหว่าง Lazada และ Shopee เมื่อพิจารณาด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 พบว่ามี 4 ปัจจัยที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ความคาดหวังในความพยายามใช้งานเว็บไซต์, ความสามารถตนเองต่อการเข้าถึงเว็บไซต์, ราคาสินค้าและโปรโมชั่นในเว็บไซต์และ คุณภาพของระบบเว็บไซต์ขายสินค้า

คำสำคัญ: ตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์, การซื้อซ้ำ, ลาซาด้า, ช้อปปี้, การซื้อขายสินค้าออนไลน์

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนทุกเพศทุกวัย โดยใช้ในการสืบค้นและส่งต่อข้อมูลต่างๆ รวมไปถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างกันทั้งในและต่างประเทศก็เป็นที่ไปได้ง่ายขึ้นทั้งผ่านทางเว็บไซต์สื่อสังคมออนไลน์ต่างๆทั้งในภาคธุรกิจการค้าซื้อขายสินค้าทั่วโลกก็ได้มีการใช้งานระบบอินเทอร์เน็ตกันอย่างกว้างขวางหรือที่เรียกอีกอย่างว่าธุรกิจ e-Commerce ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมเศรษฐกิจระดับประเทศช่วยสร้างมูลค่าการค้าขายสินค้าและบริการออนไลน์ทั่วโลกสูงขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งข้อมูลตัวเลขอัตราการเติบโตมูลค่า e-Commerce โดยเฉพาะในประเภท B2C (Business-to-Customer) ในประเทศต่างๆทั่วโลกมีอัตราการเติบโตกันอย่างมากมาย [1] ประเทศไทยนั้นเป็นอีกหนึ่งประเทศที่คนในสังคมมีการใช้งานออนไลน์กันมากและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปีธุรกิจ e-Commerce ในเมืองไทยก็มีการเติบโตขึ้นเช่นกันการซื้อสินค้าออนไลน์เป็นที่นิยมของผู้คนเป็นอย่างมากจากสถิติในปี 2561 ที่ผ่านมาประเทศไทยมีมูลค่า e-Commerce แบบ B2C กว่า 3 ล้านบาทโดยเมื่อเปรียบเทียบสถิติตั้งแต่ปี 2558 ที่ผ่านมามีประเทศไทยนั้นมีอัตราการเติบโตอย่างต่อเนื่อง [2] โดยมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นร้อยละ 14 สินค้าที่ได้รับความนิยมมีหลากหลายประเภทเช่นสินค้าเสริมความงามอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของตกแต่งบ้านและแฟชั่นเครื่องแต่งกายเป็นต้นจากแนวโน้มของมูลค่าการค้าซื้อขายสินค้าออนไลน์ที่เติบโตนี้ทำให้เห็นว่าการเติบโตของธุรกิจ e-Commerce ในช่องทางออนไลน์กันมากขึ้น การที่จะทำให้ผู้บริโภคเข้ามาเลือกซื้อสินค้านั้นจะต้องพัฒนาปรับปรุงเว็บไซต์อยู่ตลอดเวลาเพื่อรองรับกับการขยายตัวของ

ผู้บริโภคออนไลน์ในทุกด้านที่ผู้คนเลือกซื้อสินค้าผ่านระบบออนไลน์กันมากขึ้น ทำให้เกิดมีเว็บไซต์ที่เปรียบเสมือนตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Marketplace) เป็นช่องทางในการซื้อขายสินค้าออนไลน์ในเมืองไทยเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน การซื้อขายสินค้าออนไลน์ในประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีอัตราการเติบโตสูงที่สุดในโลก โดยปัจจุบันคนไทยมากกว่าร้อยละ 80 สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ [3] และจากรายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย โดยสำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (สพธอ.) คนไทยใช้งานอินเทอร์เน็ตเฉลี่ยต่อวันละมากกว่า 10 ชั่วโมง โดย 1 ใน 5 ของกิจกรรมการใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตที่มากที่สุด คือ การซื้อสินค้าและบริการ ซึ่งมีการใช้งานมากกว่าร้อยละ 50 [4] ดังนั้นการเกิดขึ้นของธุรกิจซื้อขายสินค้าออนไลน์ที่สามารถขายสินค้าให้กับคนทั้งประเทศโดยผู้ซื้อหรือรับสินค้าอยู่ที่บ้านกำลังเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคไปอย่างชัดเจน ซึ่งปัจจุบันในประเทศไทยมีเว็บไซต์ให้บริการอยู่มากมาย ทำให้เกิดการแข่งขันกันเพื่อให้ได้ลูกค้าหรือผู้ใช้งานที่มีจำนวนมากมายหลากหลายอาชีพ ทุกเพศ ทุกวัย ที่พร้อมมาเลือกซื้อสินค้ายังเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้งานที่เป็นสมาชิกหรือเคยใช้งานมาก่อน ถือได้ว่าเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก การที่จะให้บุคคลเหล่านั้นกลับมาใช้บริการซื้อสินค้าซ้ำอีกในครั้งต่อไป จึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยในปี 2562 ทางเว็บไซต์ iPrice Thailand ที่เป็นเว็บไซต์สำหรับเปรียบเทียบราคาสินค้าออนไลน์ ได้เผยแพร่ผลสำรวจจำนวนผู้ใช้งานในเว็บไซต์ที่เป็น e-Marketplace ในประเทศไทย พบว่าเว็บไซต์ที่คนไทยนิยมใช้งานมากที่สุดในปี 2562 ที่ผ่านมามี Lazada และ Shopee โดยมียอดจำนวนการเข้าใช้งานคิดเป็นกว่าร้อยละ 85 ซึ่ง

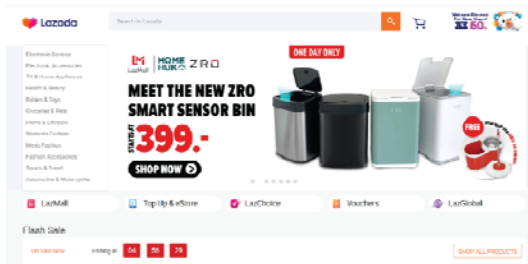
มากกว่าของเว็บไซต์ e-Marketplace อื่นๆ เป็นอย่างมาก[5] เหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกทั้ง 2 เว็บไซต์ข้างต้นนั้นมาใช้ในบทความวิจัยซึ่งบทความนี้ได้นำเสนอการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำของตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์หรือเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ในกรุงเทพและปริมณฑล เพื่อเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ จะ พัฒนา เว็บไซต์ e-Marketplace ต่อไปในอนาคต

2. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

ตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Marketplace) คือระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่สนับสนุนรูปแบบการทำธุรกรรมทางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งในรูปแบบของเว็บไซต์และแอปพลิเคชันซึ่งเป็นการดำเนินงานที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบของการทำธุรกรรมเชิงพาณิชย์การค้าขายแลกเปลี่ยนและห่วงโซ่อุปทานของตลาดรูปแบบดั้งเดิมเนื่องจากการประยุกต์ใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศของ e-Marketplace ทำให้การเข้าถึงข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการซื้อขายแลกเปลี่ยนและทำธุรกรรมได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพนอกจากนี้ e-Marketplace ยังช่วยให้ต้นทุนในการค้นหาข้อมูลต่ำลงเนื่องจากช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาข้อมูลที่เป็นลดระยะเวลาของการติดต่อซื้อขายแลกเปลี่ยนและการตัดสินใจในการทำธุรกรรมโดยทาง e-Marketplace จะมีบริการรวมถึงการจ่ายเงินซื้อขายสินค้าการจัดส่งสินค้าจากร้านค้าของผู้ขายไปยังผู้บริโภคถึงบ้านและยังมีการทำการตลาดและศูนย์ส่งเสริมธุรกิจร่วมกับผู้ขายอีกด้วย สำหรับเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ที่ใหญ่สุดในประเทศไทยในปัจจุบัน ได้แก่ Lazada และ Shopeeซึ่งจะแนะนำในหัวข้อต่อไป

Lazada



รูปที่ 1. เว็บไซต์ Lazada

Lazada ก่อตั้งในปี 2012 โดยบริษัท Rocket Internet ในสิงคโปร์ โดยมีเป้าหมายในการสร้างรูปแบบธุรกิจ Amazon.com ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อใช้ประโยชน์จากตลาดผู้บริโภคออนไลน์โดยเน้นใน 6 ประเทศหลักได้แก่ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ เวียดนาม และประเทศไทย

Shopee



รูปที่ 2. เว็บไซต์ Shopee

Shopee ก่อตั้งในปี 2015 มีสำนักงานใหญ่ที่ประเทศสิงคโปร์ ภายใต้อับริษัท Sea Group ก่อนที่จะขยายธุรกิจทั่วทั้งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยปัจจุบัน Shopee ให้บริการในประเทศสิงคโปร์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ฮ่องกง และประเทศไทย

2.2 เส้นทางทางการเดินทางของผู้บริโภค

เส้นทางทางการเดินทางของผู้บริโภค(Customer Journey)มีตั้งแต่ก่อนเข้ามาเป็นลูกค้าจนถึงจุดที่กลายเป็นลูกค้าเมื่อก่อนเรามอง Customer Journey เป็นเส้นตรงไม่ซับซ้อนเพราะช่องทางและสื่อไม่ได้มีมากเหมือนสมัยนี้ [6] โดย Customer Journey แบบทั่วไปจะเป็นแนวทางของผู้บริโภคที่ผู้ขายควรจะต้องคำนึงถึงเพราะส่วนของ Customer Journey มีผลทำให้ผู้บริโภคเกิดความจงรักภักดีต่อสินค้า และกลับมาซื้อซ้ำในครั้งต่อไปซึ่งมีอยู่ 5 แนวทางดังนี้



รูปที่ 3. Customer Journey

(1) Awareness คือการสร้างการรับรู้คือได้ว่าเป็นสิ่งแรกที่จะช่วยให้ผู้บริโภคมาสนใจรับรู้และเข้าถึงสินค้าหรือบริการต่างๆในเว็บไซต์โดยจะเกี่ยวกับส่วนของประชาสัมพันธ์สร้างความประทับใจแรกให้เกิดกับผู้บริโภคที่เข้ามาใช้งานเว็บไซต์

(2) Consideration คือส่วนของตัดสินใจซึ่งก่อนที่ผู้บริโภคจะทำการซื้อสินค้ามักจะมองหาทางเลือกหรือการเปรียบเทียบทั้งในด้านราคาหรือด้านการใช้งานจากการรีวิวของผู้ที่เคยใช้งานสินค้านั้นๆ

(3) Purchase คือขั้นตอนของการชำระเงินโดยในส่วนนี้ควรคำนึงถึงช่องทางที่ช่วยให้ผู้บริโภคชำระเงินได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

(4) Service คือการบริการหลังการขายหรือการบำรุงรักษาช่องทางที่ผู้บริโภคสามารถติดต่อผู้ขายหรือเว็บไซต์ในกรณีที่เกิดปัญหาหลังการขายไปแล้ว

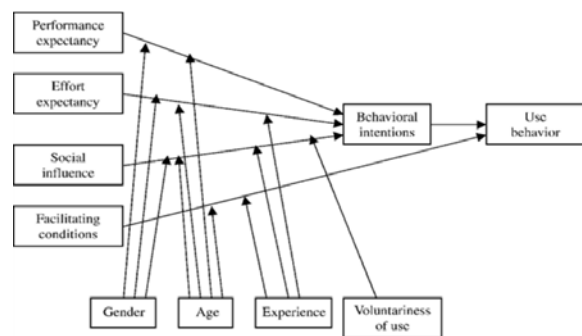
(5) Loyalty Expansion คือการทำให้ผู้บริโภคกลับมาเลือกใช้งานหรือซื้อสินค้าที่เว็บไซต์นี้อีกครั้งซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยสร้างความประทับใจจากช่องทางที่จะส่งข่าวสารและโปรโมชั่นไปยังผู้บริโภคที่ได้รับ

2.3 คุณภาพของเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

คุณภาพของเว็บไซต์เป็นแนวคิดที่สำคัญในพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Commerce) ตามการรับรู้ของลูกค้าคุณภาพของเว็บไซต์โดยตรงผลักดันความตั้งใจซื้อ การรับรู้ของลูกค้าและการสะท้อนความเป็นเลิศโดยรวมของเว็บไซต์ ความเข้าใจในแง่มุมที่ผู้ใช้เว็บไซต์พิจารณาว่าสำคัญที่สุด คือ มุมมองการตลาดการบริการเพื่อดึงดูดและรักษาลูกค้าคุณภาพของเว็บไซต์ โดยการประเมินของผู้ใช้คุณสมบัติของเว็บไซต์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ออนไลน์จำเป็นต้องมีความรู้ที่ชัดเจนเกี่ยวกับสิ่งที่ลูกค้าคาดหวังคุณภาพที่มีในเว็บไซต์คุณภาพของระบบหมายถึงรายการในประสิทธิภาพโดยรวมของระบบเว็บไซต์และสามารถวัดได้โดยการรับรู้ของลูกค้าความเป็นมิตรของผู้ใช้ในการช้อปปิ้งที่ร้านค้าปลีกออนไลน์

2.4 แนวคิดและทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT)

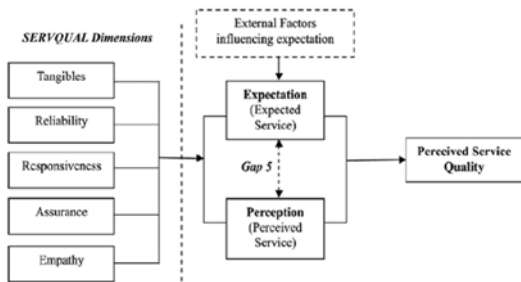
ทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT) พัฒนาขึ้นในปี 2003 โดย Viswanath Venkatesh และกลุ่มวิจัย โดยการรวบรวมทฤษฎีที่ศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์ต่างๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งบ่งชี้ว่ามนุษย์ยอมรับการใช้เทคโนโลยี (Use Behavior) มากหรือน้อยจะขึ้นกับอิทธิพลของการให้คำแนะนำการใช้เทคโนโลยีนั้น (Facilitating Condition) และอิทธิพลผ่านพฤติกรรมแสดงถึงความตั้งใจที่จะนำเทคโนโลยีไปใช้ (Behavior Intention) [7] ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1) Performance Expectancy คือ ระดับที่บุคคลมีความเชื่อว่าการใช้ระบบจะช่วยให้บรรลุผลในการปฏิบัติงาน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกรรับรู้ประโยชน์ , แรงจูงใจภายนอก, ปริมาณของงาน, ประโยชน์ที่ได้รับเชิงเปรียบเทียบและการคาดหวังผล 2) Effort Expectancy คือ ระดับของความสะดวกเกี่ยวกับการใช้งานระบบ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้ ความง่ายและความไม่ซับซ้อน Social Influence คือ ระดับที่บุคคลอื่นมีความคิดเห็นว่ามีผลสำคัญ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคล้อยตามกลุ่มอ้างอิง, บัณฑิตทางสังคมและภาพลักษณ์ 3) Facilitating Condition คือ ระดับที่บุคคลเชื่อว่าโครงสร้างองค์กรและองค์ประกอบทางเทคนิคมีเพื่อสนับสนุนการใช้งานระบบนี้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมกรควบคุมการรับรู้, การอำนวยความสะดวกและความเข้ากันได้



รูปที่ 4. ทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT)

2.5 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับคุณภาพการบริการ

การรับรู้ของลูกค้ามีผลต่อการประเมินคุณภาพบริการ โดยคุณภาพการบริการนั้นจะต้องมีการบริการที่น่าพอใจและอยู่ในระดับที่ดีต่อการรับรู้ลูกค้าคุณภาพการบริการนั้นยังมีการพิจารณาเกี่ยวกับความรู้สึกความคิดของลูกค้าที่มีต่อสินค้าหรือบริการ โดยขึ้นอยู่กับผลคุณลักษณะในการประเมินความเชื่อและทัศนคติของผู้ประเมินส่วนความหมายของการใช้บริการคือกระบวนการหรือภารกิจในการส่งมอบบริการจากผู้ให้บริการไปยังผู้รับหรือใช้บริการนั้นๆคุณภาพการบริการเป็นสิ่งที่ชี้วัดถึงระดับขั้นของการบริการที่ส่งมอบโดยผู้ให้บริการกับลูกค้าผู้รับบริการที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์กับความต้องการของตัวลูกค้ามากน้อยเพียงใด [8] โดยมีเกณฑ์อย่างกว้างทั้งหมดรวม 5 ประการดังต่อไปนี้



รูปที่ 5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับคุณภาพการบริการ

(1)ความไว้วางใจหรือความน่าเชื่อถือ (Reliability) หมายถึงความสามารถในการให้บริการอย่างถูกต้องแม่นยำการให้บริการตรงกับสัญญาที่ให้ไว้กับลูกค้าและบริการที่ให้ทุกครั้งมีความสม่ำเสมอที่ทำให้ลูกค้ารู้สึกว่่าน่าเชื่อถือในมาตรฐานการให้บริการสามารถให้ความไว้วางใจได้

(2)ความมั่นใจ (Assurance) หมายถึงผู้ให้บริการมีความรู้และทักษะที่จำเป็นในการบริการมีความสุภาพและเป็นมิตรกับลูกค้ามีความซื่อสัตย์และสามารถสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้าได้และมีความมั่นคงปลอดภัยปัจจัยนี้มีความสำคัญสำหรับการบริการที่ลูกค้ารับรู้ว่ามีความเสี่ยงสูงหรือไม่และสามารถประเมินผลของการบริการได้อย่างชัดเจนความไว้วางใจและความเชื่อมั่นนั้นจะเกิดขึ้นกับตัวบุคคลซึ่งเชื่อมโยงกับบริษัทหรือองค์กร

(3)สิ่งที่สามารถจับต้องได้ (Tangible) หมายถึงสิ่งที่นำเสนอลักษณะทางกายภาพของบริการควรมีความเป็นรูปธรรมที่สามารถจับต้องได้และมีลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏให้เห็น เช่นอุปกรณ์เครื่องมือสิ่งอำนวยความสะดวกในการสื่อสารต่างๆ

ช่วยให้ลูกค้าได้รับรู้ได้ว่าพนักงานมีความตั้งใจในการบริการสะท้อนไปถึงสิ่งที่นำเสนอทางกายภาพ เช่นบุคลิกภาพที่ปรากฏการแต่งกายการออกแบบอาคารสถานที่ เป็นต้น

(4)ความใส่ใจ (Empathy) หมายถึงการที่สามารถเข้าถึงได้โดยสะดวกและสามารถติดต่อได้ง่าย ความสามารถในการติดต่อสื่อสารให้ลูกค้าเข้าใจได้ความเห็นอกเห็นใจและเข้าใจลูกค้าโดยการนำเสนอการบริการที่เป็นส่วนตัวเฉพาะตัวบุคคลหรือตรงตามความต้องการของลูกค้าที่เฉพาะเจาะจงเพื่อแสดงให้เห็นว่าลูกค้าเป็นคนพิเศษ

(5)การสนองตอบลูกค้า (Responsiveness) หมายถึงความเต็มใจที่จะให้บริการทันทีและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีโดยปัจจัยนี้จะเน้นเรื่องความสนใจและความพร้อมในการตอบสนองความต้องการของลูกค้า รวมไปถึงความ

ยืดหยุ่นที่จะสามารถปรับเปลี่ยนเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าที่มีความแตกต่างกันได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องตามที่ลูกค้าต้องการ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Philipp Klaus ได้ศึกษาแนวคิดการบริการลูกค้าออนไลน์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดประสบการณ์การบริการลูกค้าออนไลน์ที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมกรซื้อออนไลน์โดยเก็บกระแสเก็บข้อมูล จากจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 300 คน จาก 3 ประเทศอังกฤษ อเมริกา สวีเดน ทำการวิเคราะห์ผลการวิจัย โดยการหาค่าเฉลี่ย จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งประสบการณ์การบริการลูกค้าออนไลน์นั้นจะมีองค์ประกอบหลักอยู่ 2 ด้านคือ ปัจจัยด้านจิตวิทยา, ปัจจัยด้านการใช้งานในเว็บไซต์ [9]โดยผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ พบว่าส่วนประกอบสำคัญที่มีผลช่วยกระตุ้นพฤติกรรมกรซื้อออนไลน์ คือ การสื่อสาร เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย การโต้ตอบกันระหว่างซื้อขาย ทำให้ผู้ซื้อเกิดความเชื่อใจ รวมทั้งการให้ผู้ซื้อได้รับข้อมูลหรือการรีวิวจากลูกค้ารายอื่นๆ ด้วย

กริณทวิฏ ธิงงาม ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเลือกใช้บริการ e-marketplace ของผู้บริโภคกรณีศึกษา Shopee ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยเป็นการศึกษาโดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth interview) กับผู้ที่มีประสบการณ์การใช้บริการช่องทางซื้อขาย Shopee เป็นประจำและได้สัมภาษณ์ผู้ประกอบการที่จัดจำหน่ายสินค้าบนช่องทางนี้ด้วย โดยใช้แนวทฤษฎีส่วนประสมทางการตลาดผลการศึกษาทำให้

ทราบว่า Shopee เป็นช่องทางซื้อขายสินค้ารายย่อยจำนวนมาก เสมือนตลาดนัดโดยเป็นสินค้าชิ้นเล็กราคาถูกสามารถสั่งซื้อผ่านอุปกรณ์มือถือได้สะดวกที่สุดด้วยระบบการซื้อขายนี่ไม่ยุ่งยาก [10]และมีโปรโมชั่นที่ทำให้ต้องเข้ามาตรวจสอบทุกวันถึงแม้จะไม่มีสินค้าที่อยากได้ในขณะนั้นก็ตามซึ่งผู้ซื้อมักเลือกซื้อสินค้าที่มีขนาดเล็กราคาถูกและต้องมีความคิดเห็นจากผู้ที่เคยมีประสบการณ์ซื้อสินค้าประกอบก่อนการพิจารณาซื้อสินค้าทุกครั้ง

นันทพร เขียนดวงจันทร์ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายพฤติกรรมผู้บริโภคในการซื้อสินค้าผ่านสื่อสังคมออนไลน์ของกลุ่มคนในเจนเนอเรชั่นวายโดยมีกลุ่มตัวอย่างในช่วงอายุระหว่าง 19-36 ปีที่อยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบและใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสนทนากลุ่มกับกลุ่มเป้าหมายจำนวนทั้งหมด 24 รายโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มกลุ่มละ 8 รายผลการศึกษาพบว่าสินค้าส่วนใหญ่ที่ซื้อคือสินค้าแฟชั่น(เสื้อผ้า, รองเท้า, กระเป๋า) เครื่องสำอางและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สิ่งกระตุ้นที่ทำให้เกิดแรงจูงใจในการตั้งใจซื้อสินค้าคือปัจจัยทางการตลาดปัจจัยด้านเวลาปัจจัยด้านเทคโนโลยีเป็นต้น[11] ทำให้เกิดความรู้สึกนึกคิดในความตั้งใจซื้อสินค้าและเกิดกระบวนการตัดสินใจซื้อขึ้น

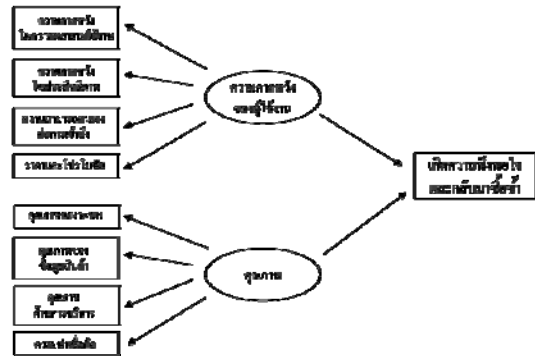
3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นศึกษาถึงความจงรักภักดีของลูกค้าและผู้ใช้งานเว็บไซต์ซื้อสินค้าออนไลน์หรือตลาดกลางพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-Marketplace) โดยผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิจัยแบบการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey) โดยอาศัยแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประกอบในการศึกษาโดยผ่านเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือแบบสอบถามและนำผลวิจัยที่ได้ไปพัฒนารูปแบบการดำเนินงานในอนาคตโดยได้ดำเนินการศึกษาตามระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

3.1 กรอบความคิดของการวิจัย

ผู้วิจัยได้เริ่มจากการศึกษาแนวคิดและทบทวนวรรณกรรมต่างๆ โดยได้นำทฤษฎีรวมการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology : UTAUT) นี้มาประยุกต์ใช้กับแนวคิดในเชิงทางการตลาดที่เป็นเส้นทางการเดินทางของผู้ (Customer Journey) ที่เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เห็น

ถึงปัจจัยและประสบการณ์ของผู้บริโภค ทั้งส่วนของราคา การบริการหลังการขายต่างๆ รวมไปถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับคุณภาพการบริการ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือสร้างเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค หรือจะเป็นส่วนที่คุณภาพในด้านต่างๆ ก็มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค โดยได้ทำการวิเคราะห์ความสอดคล้องเชิงประจักษ์มาแล้ว และได้เป็นกรอบความคิดงานวิจัยที่มีผลต่อการกลับมาซื้อซ้ำดังนี้



รูปที่ 6. กรอบความคิดงานวิจัย

ปัจจัยด้านที่เกี่ยวกับความคาดหวังของผู้ใช้งานประกอบด้วย

1. ความคาดหวังในความพยายามใช้งาน (Effort Expectancy)
2. ความคาดหวังในประสิทธิภาพ (Performance Expectancy)
3. ความสามารถตนเองต่อการเข้าถึง (Self-Efficacy)
4. ราคาและ โปรโมชั่น (Price)

ปัจจัยด้านที่เกี่ยวกับคุณภาพ ประกอบด้วย

1. คุณภาพของระบบ (System Quality)
2. คุณภาพของข้อมูลสินค้า (Product and Information Quality)
3. คุณภาพด้านการบริการ (Service Quality)
4. ความน่าเชื่อถือ (Trust)

ซึ่งในแต่ละหัวข้อนั้นมีผลต่อความพึงพอใจและประสบการณ์ที่ดีของผู้ใช้ โดยจะส่งผลให้เกิดการกลับมาซื้อซ้ำและบอกต่อได้ในอนาคต

3.2 เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

3.2.1 องค์ประกอบของข้อมูลในการสำรวจ

การวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิจัย โดยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาพัฒนาข้อคำถามของแบบสอบถามที่ตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

(1)ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม(2)ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำในเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์โดยผู้วิจัยได้เลือกเว็บไซต์Lazadaและ Shopeeเนื่องจากทั้ง 2เว็บไซต์นี้ เป็นที่นิยมมากในประเทศไทย

3.2.2 ลำดับช่วงคะแนนที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ในการวัดระดับความพึงพอใจต่อข้อความถามในแบบสอบถามออนไลน์นี้ใช้ระดับการวัดผลคะแนนความพึงพอใจ ดังนี้

ตารางที่ 1. การวัดระดับความพึงพอใจ

ค่าคะแนน	ระดับความพึงพอใจ
7	พึงพอใจมากที่สุด
6	พึงพอใจมาก
5	พึงพอใจ
4	เฉยๆ
3	ไม่พึงพอใจ
2	ไม่พึงพอใจมาก
1	ไม่พึงพอใจมากที่สุด

3.2.3 การทดสอบความถูกต้องของเนื้อหาในแบบสอบถาม

การทดสอบความถูกต้องของเนื้อหาในแบบสอบถามใช้การนำแบบสอบถามที่พัฒนาไปปรึกษากับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความถามกับคุณลักษณะตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยวัตถุประสงค์ของการวิจัย Index of Congruence หรือ IOC [12] ตามสูตรการคำนวณ

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

$\sum R$ = ผลรวมของคะแนนการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ

N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดย $0.05 \leq IOC \leq 1.00$: ข้อคำถามสามารถนำไปใช้ได้และหาก $IOC < 0.05$: ข้อคำถามไม่เหมาะสม ควรต้องปรับปรุงเมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ได้นำแบบสอบถามหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาโดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟา ซึ่งการคำนวณของครอนบาค (Cronbach)ที่

ได้จะแสดงถึงระดับความคงที่ของแบบสอบถาม จะมีค่าระหว่าง $0 \leq \alpha \leq 1$ ค่าที่ใกล้เคียงกับ 1 มาก แสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูง ซึ่งผลของการได้ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาที่จับกับเท่ากับ 0.905 สอดคล้องกับเกณฑ์คุณภาพของเครื่องมือที่ควรจะมีค่าความเชื่อมั่น 0.70 ขึ้นไปแสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามนั้นมีความน่าเชื่อถือ

3.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้ใช้งานเว็บไซต์ขายสินค้าออนไลน์ซึ่งไม่ทราบจำนวนประชากรที่แน่นอน โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 426ชุด ได้มาจากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยไม่คำนึงถึงความน่าจะเป็น (Non-Probability Sampling) ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบสะดวก โดยการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างแบบออนไลน์

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบไปด้วยการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลการวิเคราะห์ปัจจัยในแต่ละช่วงอายุให้ความพึงพอใจการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการซื้อซ้ำ โดยมีการเปรียบเทียบปัจจัยในแต่ละด้านที่มีผลต่อความพึงพอใจในการใช้งานระหว่างเว็บไซต์ Lazada และ Shopee

3.5 สรุปผลและอภิปรายผลการวิเคราะห์

เมื่อทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในการใช้งานระหว่างเว็บไซต์ Lazada และ Shopeeแล้วจึงสรุปและอภิปรายผลการวิเคราะห์ตามลำดับต่อไป

4. ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์จำนวนของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลโดยวิธีการเผยแพร่แบบสอบถามออนไลน์ (Online Questionnaires) ระยะเวลา 14 เดือนเป็นจำนวน 426 ชุด และได้ทำการคัดกรองข้อมูลที่ใช้ได้โดยวิธีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลผลสำรวจ พบว่ามีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า 0.5 ซึ่งสามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 412ชุด

ตารางที่ 2. จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประเภท	จำนวน
เพศ	
หญิง	269(65.29%)
ชาย	136(33.01%)
อื่นๆ	7(1.70%)
อายุ	
ต่ำกว่า 20 ปี	14(3.40%)
21 – 30 ปี	166(40.29%)
31 – 40 ปี	122(29.61%)
41 – 50 ปี	77(18.69%)
51 – 60 ปี	32(7.77%)
มากกว่า 60 ปีขึ้นไป	1(0.24%)
การศึกษา	
ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี	86 (20.87%)
ระดับปริญญาตรี	253(61.41%)
สูงกว่าระดับปริญญาตรี	73 (17.72%)
สถานะ	
โสด	192 (46.60%)
สมรส (มีบุตร)	124 (30.10%)
สมรส (ไม่มีบุตร)	67 (16.26%)
หย่าร้าง	29 (7.04%)
อาชีพ	
พนักงานบริษัทเอกชน (ระดับปฏิบัติการ)	147 (35.68%)
พนักงานบริษัทเอกชน (ระดับบริหาร)	56 (13.59%)
ธุรกิจส่วนตัว	48 (11.65%)
นักเรียน/นักศึกษา	41 (9.95%)
ข้าราชการ	38 (9.22%)
พนักงานรัฐวิสาหกิจ	42 (10.19%)
อาชีพอิสระ/รับจ้างทั่วไป	20 (4.85%)
พ่อบ้าน/แม่บ้าน	20 (4.85%)
รายได้ต่อเดือน	
ต่ำกว่า 15,000 บาท	70(16.99%)
15,001 – 30,000 บาท	159 (38.59%)
30,001 - 45,000 บาท	95 (23.06%)
45,001 – 60,000 บาท	30(7.28%)
60,001 – 75,000 บาท	17 (4.13%)
มากกว่า 75,000 บาท	41(9.95%)

ประเภท	จำนวน
ความถี่ในการซื้อสินค้าออนไลน์	
น้อยกว่าเดือนละครั้ง	62 (15.05%)
เดือนละครั้ง	78 (18.93%)
เดือนละ 2-3 ครั้ง	102 (24.76%)
สัปดาห์ละครั้ง	55 (13.35%)
สัปดาห์ละ 2-3ครั้ง	63 (15.29%)
ทุกวัน	52 (12.62%)

4.2 ผลการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล

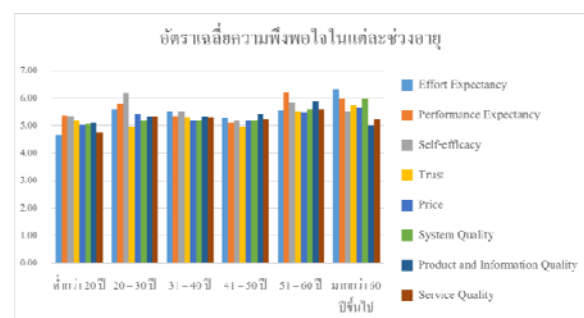
ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลมาจัดเรียงเพื่อวิเคราะห์ในแต่ละหัวข้อ เพื่อให้ทราบถึงความมีประสิทธิภาพของผู้ใช้ และเว็บไซต์ขายของออนไลน์ในประเทศไทยจากผลการวิเคราะห์ในรูปแบบที่ 7 พบว่าร้อยละของระดับความพึงพอใจตั้งแต่พึงพอใจถึงพึงพอใจมากที่สุด (5-7 คะแนน) ของปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจในแต่ละด้าน สามารถสรุปตามลำดับดังตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. ร้อยละของความระดับความพึงพอใจ

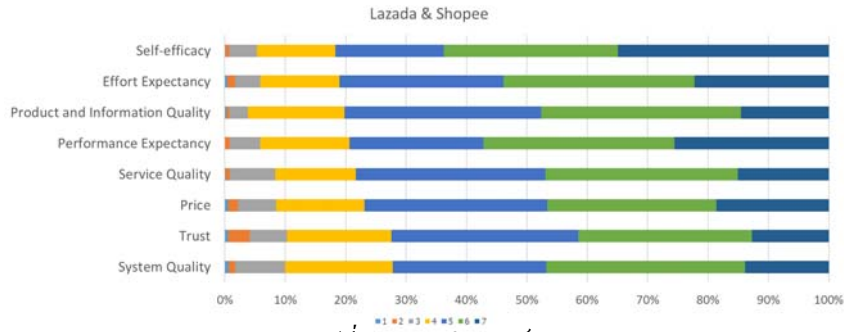
ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ	ร้อยละของความพึงพอใจ
Self-efficacy	81.67%
Effort Expectancy	80.99 %
Product and Information Quality	80.18 %
Performance Expectancy	79.37 %
Service Quality	78.28 %
Price	76.86 %
Trust	72.45 %
System Quality	72.21 %

4.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยในแต่ละช่วงอายุให้ ความพึงพอใจ

โดยผลการวิเคราะห์ปัจจัยในแต่ละช่วงอายุให้ ความพึงพอใจที่มีผลต่อการซื้อซ้ำของเว็บไซต์ ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบ



รูปที่ 8. อัตราเฉลี่ยของความพึงพอใจในแต่ละช่วงอายุ



รูปที่ 7. ผลการวิเคราะห์การกระจายของ

แบ่งเป็นตามช่วงอายุต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่าง ตามรูปที่ 8 นั้นพบว่า มี 4 ด้าน มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจสูงสุดในแต่ละช่วงอายุ คือ Performance Expectancy, Self-efficacy, Effort Expectancy และ Product and Information Quality โดยสามารถสรุปปัจจัยในแต่ละช่วงอายุที่พึงพอใจมากที่สุดได้ดังตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. ปัจจัยในแต่ละช่วงอายุให้ความพึงพอใจมากที่สุด

ช่วงอายุ	ปัจจัยที่พึงพอใจมากที่สุด
น้อยกว่า 20 ปี	Performance Expectancy
20 – 30 ปี	Self-efficacy
31 – 40 ปี	Self-efficacy
41 – 50 ปี	Performance Expectancy
51 – 60 ปี	Effort Expectancy
มากกว่า 60 ปี	Product and Information Quality

4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความพึงพอใจ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจระหว่าง Lazada และ Shopee พบว่าโดยรวมในแต่ละปัจจัยนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงอนุมาน T-Test (Independent Samples Test) ซึ่งมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5 พบว่าค่า Sig. นั้นมี 4 ปัจจัยที่มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจต่อ Lazada และ Shopee แล้ว มีความแตกต่างตามการวิเคราะห์ทางสถิตินี้ โดยปัจจัยเหล่านั้นประกอบไปด้วย Effort Expectancy, Self-efficacy, Price ทั้ง 3 ปัจจัยนี้ Shopee ได้มีผลความพึงพอใจมากกว่า Lazada อย่างมีนัยสำคัญ และ System Quality นั้น Lazada ได้มีผลความพึงพอใจมากกว่า Shopee และในอีก 4 ปัจจัยที่เหลือนั้นมีความพึงพอใจไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังตารางที่ 5.

ตารางที่ 5. เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ

ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ	Lazada		Shopee		t	Sig.
	n = 160		n = 252			
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
Effort Expectancy	5.404	0.791	5.547	0.931	-1.67	.015
Performance Expectancy	5.435	0.791	5.629	0.824	-2.35	.246
Self-efficacy	5.721	0.829	5.754	1.098	-3.37	.000
Trust	5.200	.7814	5.064	.9768	1.480	.074
Price	5.247	.7663	5.346	.9754	-1.14	.004
System Quality	5.309	.6094	5.137	.8792	2.336	.003
Product and Information Quality	5.295	.6453	5.425	.7743	-1.77	.060
Service Quality	5.378	.5987	5.265	.7311	.105	.055

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

บทความนี้แสดงถึงผลการวิเคราะห์การกระจายของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างพบว่าคะแนนความพึงพอใจในปัจจัยด้านความสามารถตนเองต่อการเข้าถึงเว็บไซต์ ปัจจัยด้านความคาดหวังในความพยายามใช้งานเว็บไซต์ และคุณภาพของข้อมูลสินค้าในเว็บไซต์มีมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งมากกว่าปัจจัยอื่น แสดงให้เห็นว่าปัจจัยดังกล่าว เป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ผู้บริโภคพึงพอใจและพิจารณาเข้ามาซื้อสินค้าและบริการนั้นๆ เมื่อแบ่งตามความพึงพอใจของแต่ละช่วงอายุ พบว่าในช่วงอายุ 21 ถึง 30 ปี และ 31 ถึง 40 ปี ซึ่งเป็นช่วงอายุที่มีจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มากที่สุด ให้ความพึงพอใจในด้านเดียวกัน คือ ด้านความสามารถตนเองต่อการเข้าถึงนอกจากนี้ในส่วนของการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเว็บไซต์ที่มีผู้ใช้เลือกใช้บริการมากที่สุดระหว่าง Shopee และ

Lazada พบว่าเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละด้านตามตารางที่ 5 โดยจำแนกตามปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจ เมื่อพิจารณาเป็นรายปัจจัย พบว่าจากทั้งหมด 8 ปัจจัยนั้น มีจำนวน 4 ปัจจัยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ (1) ความพึงพอใจด้านความคาดหวังในความพยายามใช้เว็บไซต์ (Effort Expectancy) ซึ่ง Shopee ได้มากกว่า Lazada อาจเนื่องมาจากผู้ใช้บริการรู้สึกว่าการใช้ Shopee เป็นระบบที่ไม่ซับซ้อน และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่ายกว่า, (2) ความพึงพอใจด้านความสามารถของตนเองต่อการเข้าถึงเว็บไซต์ (Self-efficacy) Shopee ได้มากกว่า Lazada อาจเนื่องมาจากผู้ใช้บริการรู้สึกว่าการใช้ Shopee สามารถค้นหาและเข้าถึงระบบซื้อขายสินค้าออนไลน์ได้ง่าย, (3) ความพึงพอใจด้านราคาสินค้าบนเว็บไซต์ (Price) ซึ่ง Shopee ได้มากกว่า Lazada อาจเนื่องมาจากการส่งเสริมการขายโปรโมชัน และการสะสมคะแนนของ Shopee มีความน่าสนใจสามารถค้นหาและเข้าถึงระบบได้ง่ายกว่า Lazada, (4) คุณภาพของระบบเว็บไซต์ (System Quality) ซึ่ง Lazada มากกว่า Shopee อาจเนื่องมาจาก Lazada มีความเสถียรรวมถึงตอบสนองต่อการสั่งงานและโหลดข้อมูลอย่างรวดเร็วมากกว่า Shopee อย่างไรก็ตาม ทั้ง 2 เว็บไซต์ล้วนมีความโดดเด่นในแต่ละด้านแตกต่างกันทำให้เห็นแนวโน้มว่าทั้ง 2 เว็บไซต์ที่นำมาศึกษานั้นต่างมีจุดเด่นที่ทำให้ผู้ใช้ใช้งานเกิดความพึงพอใจแตกต่างกัน ดังนั้น เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนาเว็บไซต์ e-Marketplace สามารถนำข้อมูลทั้ง 8 ปัจจัยนี้ รวมถึงข้อเด่นของ Shopee และ Lazada มาเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของเว็บไซต์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Somruthai Hanboonset, "Factors influencing customer loyalty toward auto parking system," College of Innovation Thammasat University, 2017.
- [2] Surangkana Wayuparb, "e-Commerce Trend 2018," Electronic Transactions Development Agency, 2018.
- [3] Electronic Transactions Development Agency, "Commercial value survey report e-Commerce in Thailand," 2017. [Online], Available: <https://www.eta.or.th/publishing-detail/value-of-e-commerce-survey-in-thailand-2018.html>. [Accessed March 20, 2020].
- [4] Electronic Transactions Development Agency, "Behavior of Internet user in Thailand," [Online], Available: <https://www.twfdigital.com/blog>. [Accessed March 20, 2020].
- [5] Iprice Insights. "The Map The Map of e-Commerce in Thailand," [Online], Available: <https://ipricethailand.com/mapofecommerce>. [Accessed March 17, 2020].
- [6] Julie Hunt, "Customer Journeys Trump the Traditional Sales Cycle," 2014 [Online], Available: <https://www.cmswire.com/cms/digital-marketing/customer-journeys-trump-the-traditiona-sales-cycle-026495.php>. [Accessed March 17, 2020].
- [7] Singha Chaveesuk and Sununthar Vongjaturapat, "Theory of acceptance and use of technology," (Doctoral dissertation). King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2012.
- [8] Chia-Lin Hsu. "The impact of website quality on customer satisfaction and purchase intention: perceived playfulness and perceived flow as mediators," Published online: 15 October 2011 Springer-Verlag, 2011.
- [9] Philipp Klaus, "The case of Amazon.com: towards a conceptual framework of online customer service experience (OCSE) using the emerging consensus technique (ECT)," Journal of Services Marketing 27/6 (2013) 443–457, 2013.
- [10] Karinwat Rakngam, "Factors affecting the selection of e-Marketplace services case study of Shopee in greater Bangkok," The degree of master of business Administration Faculty of Commerce and Accountancy Thammasat University, 2017
- [11] Nuntaporn Keandoungchun, "The Generation Y Consumer Behavior of Goods Purchasing via Social media," Veridian E-Journal, Silpakorn University, 11, 2018.
- [12] Laddawan Petchroj and Achara Chamniprasart, "Research Methodology," Bangkok : Pimdee Karnpim Co., Ltd. , 2004.

ระบบตอบกลับและแจ้งข้อมูลทางการศึกษาผ่านไลน์บอท

Educational Response and Notification System using LINE Bot

ณภัทร ไชยพราหมณ์, ณัฐวุฒิ ทุมนัด และ ชูพันธุ์รัตน์ โภคา *

*Napat Chaipram, Nuttawut Tumnut and Choonpan Rattanapoka **

วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Received: September 03, 2020; Revised: October 06, 2020; Accepted: October 07, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – Currently, the educational information of King Mongkut's University of Technology North Bangkok is scattered on various websites, causing students to have difficulty accessing necessary information. Thus, this article proposes the design and development of the educational response and notification system called NN Bot (Nice Notification Bot). It is operating on the LINE application. The NN Bot gives students convenient ways of accessing educational information. Moreover, Dialogflow, which is a natural language processing engine, has been applied in the NN Bot to better support user dialogue. The main services of NN Bot are to inquire the teacher teaching schedule, to inquire the student's class schedule, to search the location of the buildings in the university, to inquire the academic results in the current semester, and to notify the academic results to students automatically when the results are approved by the faculty. According to the NN Bot satisfaction survey, the overall result shows that the NN Bot can help students well. Students satisfy the ease of use the most. The average satisfaction overall of NN Bot is 4.39 which is at a good level.

KEYWORDS: Chatbot, LINE Application, Natural Language Processing, Academic Service

บทคัดย่อ - เนื่องจากข้อมูลทางการศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือนั้นได้กระจัดกระจายอยู่ตามเว็บไซต์ต่าง ๆ ทำให้นักศึกษาเกิดความยุ่งยากในการเข้าถึงข้อมูล ดังนั้นบทความวิจัยนี้เสนอการออกแบบและพัฒนา ระบบตอบกลับและแจ้งข้อมูลทางการศึกษาผ่านไลน์บอทโดยมีชื่อว่า NN Bot (Nice Notification Bot) ซึ่งทำงานบนแอปพลิเคชัน LINE เพื่อให้ นักศึกษามีความสะดวกสบายในการเข้าถึงข้อมูลทางการศึกษามากขึ้น อีกทั้งได้มีการใช้ Dialogflow ที่มีการประมวลผลภาษาธรรมชาติมาประยุกต์ใน NN Bot เพื่อให้รองรับบทสนทนาของผู้ใช้ได้ถูกต้องมากขึ้น บริการหลักของ NN Bot ได้แก่ การสอบถามตารางสอนของอาจารย์ การสอบถามตารางเรียนของนักศึกษา การค้นหาอาคารเรียนภายในมหาวิทยาลัย การสอบถามผลการศึกษาในภาคการศึกษาปัจจุบัน และสามารถแจ้งระดับผลการศึกษาไปให้นักศึกษาแบบอัตโนมัติเมื่อผลการศึกษาได้รับการอนุมัติจากคณะ จากการศึกษาทดสอบระบบ NN Bot ได้รับผลการประเมินในภาพรวมพบว่า NN Bot ช่วยเหลือนักศึกษาของมหาวิทยาลัยได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในด้านความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในภาพรวมเท่ากับ 4.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

คำสำคัญ: แชทบอท, แอปพลิเคชันไลน์, การประมวลผลภาษาธรรมชาติ, บริการการศึกษา

*Corresponding Author: choopanr@kmutnb.ac.th

1. บทนำ

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาของนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือในปัจจุบันนั้นได้ถูกจัดเก็บและมีช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลกระจัดกระจายอยู่ตามเว็บไซต์ต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย เช่น ข้อมูลตารางเรียนของนักศึกษา และ ตารางสอนของอาจารย์จะอยู่ในเว็บไซต์ระบบสารสนเทศเพื่อ งานทะเบียนนักศึกษา (KMUTNB Registration Information System: KRIS) ในส่วนผลการศึกษาประจำภาคการศึกษา ก่อน การประมวลผลนั้น นักศึกษาสามารถดูได้จากระบบส่งเกรดและ ประเมินการสอนออนไลน์ ในขณะที่อาคารที่ใช้ในการเรียน การสอนบางครั้งนักศึกษาไม่ทราบตำแหน่งที่ตั้งของอาคารนั้น จึง จำเป็นต้องค้นหาที่ตั้งของอาคารจากเว็บหลักของมหาวิทยาลัย

ถึงแม้เว็บไซต์ระบบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นจะมีลิงค์ เชื่อมโยงจากเว็บหลักของมหาวิทยาลัย แต่ยังคงสร้างความยุ่งยาก ในการค้นหาและเข้าถึง มากไปกว่านั้นในช่วงเวลาที่ประกาศผล การศึกษาของแต่ละภาคการศึกษา ในบางครั้งทางคณะอนุมติผล การศึกษาล่าช้ากว่าวันประกาศผลการศึกษาที่กำหนด ทำให้นักศึกษาที่ต้องการทราบผลการศึกษา เข้ามาโหลดหน้าประกาศ ผลการศึกษาช้า ๆ จนระบบไม่สามารถให้บริการได้

ในขณะที่ปัจจุบันเทคโนโลยีด้าน Chatbot กำลังได้รับความนิยม และถูกประยุกต์ใช้ในธุรกิจหลากหลายประเภท [1] เพื่อช่วยมนุษย์ในการตอบคำถามซ้ำ ๆ และสามารถช่วยเหลือ ผู้ใช้งานได้ตลอดเวลา โดย Chatbot นั้นมีการประยุกต์ไปใช้กับ งานบริการหลายประเภท เช่น ธุรกิจการประกันภัย [2] ธุรกิจ บันเทิง [3] การแพทย์ [4] การบำบัดสุขภาพจิต [5] รวมถึงใน ด้านการศึกษา

ตัวอย่างการใช้งานของ Chatbot ในด้านการศึกษา เช่น ใน [6] ได้นำเสนอ Chatbot เพื่อให้บริการงาน 3 ประเภท ได้แก่ (1) KEMTbot เป็น Chatbot ที่ทำงานบนเว็บไซต์ที่ให้บริการข้อมูล ตอบข้อมูลเกี่ยวกับภาควิชาและบุคลากรในภาควิชาในลักษณะ ของข้อความ (2) Chatbot ที่ทำงานผ่านอุปกรณ์ Alexa Skill ซึ่ง รับคำถามและตอบคำถามด้วยเสียงพูด และ (3) หลักการของ Chatbot ที่สามารถทำหน้าที่ทดแทนผู้สอนได้เพื่อให้นักศึกษามี ความสนุกกับการเรียน รวมถึงใน [7] และ [8] ได้นำเสนอการ พัฒนา Chatbot เพื่อให้นักศึกษาสามารถโต้ตอบและทำ แบบฝึกหัดได้กับ Chatbot โดย Chatbot จะเป็นผู้ให้คำตอบ และ ให้นักศึกษาเป็นผู้ให้คำตอบ ซึ่งทั้งคำถามและคำตอบอยู่ใน รูปแบบของข้อความ

จากปัญหาและเทคโนโลยีที่กล่าวข้างต้น คณะผู้วิจัยจึง เล็งเห็นว่า ข้อมูลทางการศึกษาของนักศึกษานั้นควรจะ มีแหล่ง เข้าถึงจากแหล่งเดียว เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับนักศึกษารวมถึงสามารถแจ้งผลการศึกษาให้นักศึกษาทราบได้ เมื่อมีการ อนุมัติผลการศึกษาจากคณะ โดยที่นักศึกษาไม่จำเป็นต้องเข้า มายังระบบเพื่อโหลดและดูผลจากหน้าประกาศผลการศึกษาเอง ซึ่งจาก [9] รายงานว่าประเทศไทยมีผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน LINE ถึง 44 ล้านคนจากประชากรบนอินเทอร์เน็ต 69 ล้านคน

ดังนั้นบทความวิจัยนี้จึงต้องการนำเสนอการพัฒนา Chatbot บนแอปพลิเคชัน LINE โดยมีชื่อว่า NN Bot (Nice Notification Bot) ที่เป็นช่องทางให้นักศึกษาสามารถเข้าถึง ข้อมูลทางการศึกษา ได้แก่ ตารางเรียนของนักศึกษา ตารางสอน ของอาจารย์ สถานที่ตั้งของอาคาร ผลการศึกษา รวมถึงแจ้งผล การศึกษาให้กับนักศึกษาเมื่อคณะได้อนุมัติผลการศึกษา ซึ่ง โครงสร้างภายในระบบใช้ Dialogflow ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มการ เรียนรู้ภาษาธรรมชาติ (NLP: Natural Language Processing) ในการรับคำถามของนักศึกษาในรูปแบบข้อความ และตอบกลับ ในรูปแบบที่เหมาะสม ทำงานร่วมกับ Webhook ที่พัฒนาขึ้นด้วย ภาษา Go เพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัย และ LINE Front-end Framework สำหรับเรียกใช้หน้าเว็บบนแอปพลิเคชัน LINE โดยตรงเพื่อลดการเปลี่ยนหน้าจอไปมาของผู้ใช้งาน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Dialogflow

Dialogflow [10] คือ แพลตฟอร์มสำหรับสร้างบทสนทนาของ Google ที่มีการนำเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักรด้าน ภาษาธรรมชาติมาช่วยในทำความเข้าใจถึงความต้องการ และสิ่ง ที่ต้องการสกัดออกมาจากประโยคสนทนาของผู้ใช้งาน รวมถึง การตอบคำถามตามความต้องการของผู้ใช้งาน ตามกฎหรือการ ไหลของข้อมูล (flow) เมื่อนำ Dialogflow มาใช้สร้าง Chatbot จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของประโยคที่ Chatbot รับมา โดยไม่ จำเป็นต้องเป็นประโยคที่ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดแบบสมบูรณ์ ยิ่งไปกว่านั้น Dialogflow เปิดช่องทางให้สามารถเชื่อมต่อกับ ระบบอื่น ๆ ได้หลากหลายช่องทาง เช่น Facebook Messenger, Twitter, LINE และเว็บไซต์ของตัวเอง

องค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญในการสร้างบทสนทนาบน Dialogflow ประกอบด้วย

- Intent คือ ประโยคที่คาดว่าผู้สนทนาจะส่งเข้ามา ถ้าประโยคที่ส่งเข้ามาใกล้เคียงกับประโยคที่กำหนดไว้ Dialogflow จะทำการส่ง Response ที่กำหนดไว้ใน Intent นั้นกลับไปยังผู้สนทนา

- Response คือข้อความตอบกลับของ Intent ซึ่งมีรูปแบบการตอบกลับหลากหลายรูปแบบตามช่องทางการเชื่อมต่อกับระบบอื่น ๆ ที่ได้กำหนด

- Integration คือ การเชื่อมช่องทางกับระบบอื่น ๆ เช่น Facebook Messenger, Twitter และ LINE

2.2 LINE Messaging API

LINE Messaging API คือ การบริการที่ LINE เปิดช่องทางให้ผู้ให้บริการ สามารถรับและส่งข้อมูลจากแอปพลิเคชัน LINE โดยข้อมูลที่ใช้ในการรับและส่งอยู่ในรูปแบบเอกสาร JSON ที่มีโครงสร้างเอกสารตามที่ LINE กำหนด

เมื่อผู้ให้บริการใช้ LINE Messaging API จะทำให้ผู้ให้บริการสามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลที่ส่งเข้ามาถึง LINE และนำข้อมูลนั้นไปประมวลผลต่อ จึงเหมาะกับการนำไปประยุกต์ใช้กับ Chatbot ที่สามารถรับข้อความจากผู้ใช้งานได้ทันทีที่ผู้ใช้งานส่งข้อความเข้ามา ในส่วนของข้อความตอบกลับนั้นมีหลากหลายรูปแบบ ตามเอกสาร [11]

2.3 LINE Front-end Framework

LINE Front-end Framework หรือ LIFF [12] เป็นการแสดงหน้าเว็บที่ทำงานบน LINE โดยจุดเด่นของ LIFF คือ LIFF สามารถนำข้อมูลของผู้ใช้ LINE เช่น ชื่อผู้ใช้งาน หรือ LINE ID มาใช้งานกับเว็บไซต์ได้ อย่างไรก็ตามผู้ใช้งาน LINE จะต้องอนุญาตการเข้าถึงข้อมูลก่อน ถึงจะเริ่มใช้งาน LIFF ได้

2.4 Golang และ Gin

Golang [13] หรือภาษา Go คือ ภาษาเขียนโปรแกรมที่ออกแบบโดย Google มีผู้พัฒนาคือ Robert Griesemer, Rob Pike และ Ken Thompson ซึ่ง Golang มีลักษณะของภาษาคัดลอกคิงกับภาษา C โดย Golang สามารถนำมาพัฒนา API service และ Backend ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น่าเชื่อถือ และมีความเร็วในการทำงานได้ดีกว่าภาษาในยุคใหม่อื่น ๆ

Gin [14] คือ Web Framework ที่พัฒนาด้วยภาษา Go โดยมีลักษณะเด่น ๆ ได้แก่ ความเร็วในการทำงาน การจัดการ

เกี่ยวกับการหาเส้นทางสำหรับข้อมูลที่ดี มีการตรวจจับและจัดการกับข้อผิดพลาดที่เกิดกับการใช้งานเว็บ ได้เป็นอย่างดี รองรับมิดเดิลแวร์ต่าง ๆ ได้อย่างยอดเยี่ยม และรองรับการประมวลผลเอกสารแบบ JSON เมื่อนำ Gin มาใช้งาน จะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บด้วยภาษา Go เป็นอย่างมาก

2.5 ระบบสารสนเทศเพื่องานทะเบียนนักศึกษา

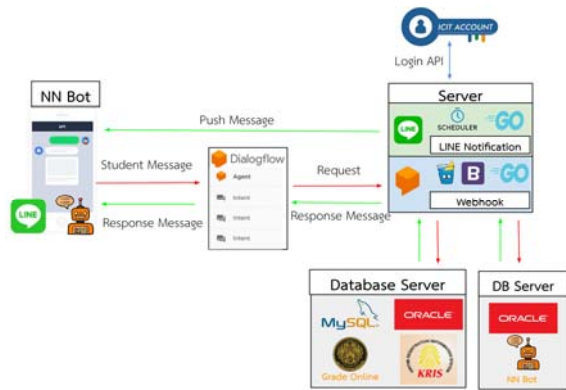
ระบบสารสนเทศเพื่องานทะเบียนนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (KRIS) จะเป็นระบบที่ทำงานบนเว็บไซต์ ที่ให้บริการด้านการลงทะเบียน หน้าหลักของระบบคือให้บริการการลงทะเบียนเรียน การเพิ่มวิชาเรียน การเปลี่ยนคอนวิชาเรียน การถอนวิชาเรียน และการลงทะเบียนเพื่อรักษาสภาพปริญญาบัตรหรือวิทยานิพนธ์

นอกจากนี้ภายในระบบ นักศึกษาสามารถดูผลการศึกษาคเกรดเฉลี่ย และสถานะของการศึกษาของนักศึกษา แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่แสดงภายในระบบนี้ จะแสดงให้เห็นให้นักศึกษาเห็นหลังจากสอบปลายภาคการศึกษาเสร็จสิ้น ประมาณ 2 เดือน เนื่องจากกองบริการการศึกษา จะต้องรอผลการศึกษาจากอาจารย์ทุกวิชา ก่อนจะนำมาประมวลผลสถานะการศึกษาของนักศึกษา เพื่อประกาศผลการศึกษา และสถานะทางการศึกษาของนักศึกษาพร้อมกัน

มากไปกว่านั้นภายในระบบนี้ นักศึกษาสามารถตรวจสอบตารางเรียนของตนเองในแต่ละภาคการศึกษา และดูตารางสอนของอาจารย์ในแต่ละภาคการศึกษาได้เช่นกัน

2.6 ระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนอาจารย์

ระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนอาจารย์เป็นระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาหลังจากระบบสารสนเทศเพื่องานทะเบียนนักศึกษา เพื่อเป็นส่วนเสริมในการทำงาน โดยระบบนี้จะทำหน้าที่หลักคือให้นักศึกษาใช้ระบบนี้สำหรับประเมินการสอนของอาจารย์ และให้อาจารย์ส่งผลการศึกษานักศึกษา เมื่ออาจารย์ส่งผลการศึกษานักศึกษาแล้ว หัวหน้าภาค และคณบดีจะอนุมัติผลการศึกษาที่อาจารย์ส่งตามลำดับ เมื่อคณบดีอนุมัติผลการศึกษาที่อาจารย์ส่งแล้ว จะส่งข้อมูลผลการศึกษานี้ไปยังระบบสารสนเทศเพื่องานทะเบียนนักศึกษาเพื่อนำไปประมวลผลต่อไป



รูปที่ 1. โครงสร้างของระบบ NN Bot

ข้อดีของระบบนี้คือทำให้การส่งผลการศึกษาของอาจารย์สะดวกขึ้น รับรองการประกันคุณภาพที่จำเป็นต้องมีการประเมินการสอนของอาจารย์ และเปิดโอกาสให้นักศึกษาทราบผลการศึกษาของตัวเองได้ทันที เมื่อคณะอนุมัติผลการศึกษา

แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ไม่ได้ถูกพัฒนาให้รองรับการเข้าใช้งานของนักศึกษาพร้อม ๆ กันเป็นจำนวนมาก เมื่อถึงวันที่กำหนดไว้ว่าเป็นวันประกาศผลการศึกษาอย่างไม่เป็นทางการในบางครั้งอาจารย์อาจจะยังไม่ส่งผลการศึกษา ทำให้นักศึกษาที่เข้ามาไม่เห็นผลการศึกษาของวิชานั้น ๆ ก็กดปุ่มรี โหลดบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยคิดว่าผลการศึกษาที่ยังไม่แสดง อาจจะแสดงขึ้นมา ทำให้เกิดการกระแทกระบบมากเกินไป จนกระทั่งระบบไม่สามารถให้บริการได้

3. ขั้นตอนการออกแบบระบบ

ภาพรวมการทำงานของระบบ NN Bot แสดงดังรูปที่ 1 โดยนักศึกษาจะใช้แอปพลิเคชัน LINE เพื่อเพิ่ม NN Bot เป็นเพื่อน จากนั้นนักศึกษาจะสามารถส่งข้อความมายัง NN Bot หรือกดปุ่มใช้งานที่ต้องการผ่านทาง LINE Rich Menu ได้ ซึ่งข้อความเหล่านั้นจะถูกส่งต่อไปยัง Dialogflow เพื่อตรวจสอบหา Intent ที่ใกล้เคียงที่สุดกับคำถามของนักศึกษา เมื่อพบ Intent ที่ใกล้เคียงกับคำถามของนักศึกษาแล้ว การทำงานในส่วนของ Response ที่ออกแบบไว้ใน Dialogflow จะแบ่งรูปแบบของการตอบ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 Dialogflow ตอบกลับไปยัง LINE ของนักศึกษาโดยตรงจากชุดคำตอบตามรูปแบบที่เตรียมไว้ และแบบที่ 2 ในกรณีที่จำเป็นต้องมีการติดต่อกับระบบฐานข้อมูลของมหาวิทยาลัย Dialogflow จะส่งคำร้องไปยัง Webhook ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา Go ผ่าน Gin เพื่อให้ Webhook นำข้อมูลใน

ฐานข้อมูลตอบกลับไปยัง Dialogflow แล้ว Dialogflow จึงตอบกลับไปยัง LINE ของนักศึกษาต่อไป

ระบบฐานข้อมูลที่ Webhook เชื่อมต่อคือระบบฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศเพื่องานทะเบียนนักศึกษา (KRIS) ทำงานบนระบบฐานข้อมูล Oracle ซึ่งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับตารางเรียนของนักศึกษา และตารางสอนของอาจารย์ และฐานข้อมูล NN Bot ที่สร้างขึ้นใหม่ซึ่งทำงานบนระบบฐานข้อมูล Oracle เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ LINE ID ของนักศึกษา และมีการนำเข้าข้อมูลผลการศึกษานักศึกษาในภาคการศึกษาปัจจุบันที่รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้วจากระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนของอาจารย์ที่เก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล MySQL มาเก็บไว้ในฐานข้อมูล NN Bot เพื่อใช้ในการแจ้งผลการศึกษาไปยังนักศึกษา

เพื่อความปลอดภัยในการเชื่อมต่อและดึงข้อมูลส่วนบุคคลของนักศึกษาจากระบบฐานข้อมูล จึงจำเป็นที่จะต้องให้นักศึกษายืนยันตัวตนการเป็นเจ้าของสิทธิ์ โดยนักศึกษาจะสามารถตรวจสอบตารางเรียน และดูผลการศึกษาในภาคการศึกษาปัจจุบันได้ ก็ต่อเมื่อนักศึกษายืนยันตัวตนด้วยบัญชีสารสนเทศ ICIT Account ที่เป็นระบบยืนยันตัวตนกลางของมหาวิทยาลัยก่อนเท่านั้น

มากไปกว่านั้นสำหรับนักศึกษายืนยันตัวตนด้วย ICIT Account แล้วทุก ๆ วันระบบจะมีการเรียกใช้แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นด้วย Task Scheduler เพื่อตรวจสอบผลการศึกษาที่คณะอนุมัติเข้ามาใหม่ แล้วส่งผลการศึกษานั้นไปยังนักศึกษาโดยอัตโนมัติ

กระบวนการที่สำคัญของ NN Bot ประกอบด้วย 7 กระบวนการดังนี้

3.1 การยืนยันตัวตนเข้าใช้ระบบ

เมื่อนักศึกษาได้เพิ่มเพื่อนกับ NN Bot เป็นครั้งแรก ทางระบบจะส่งข้อความ เพื่ออธิบายการใช้งาน NN bot และแสดงปุ่มสำหรับการยืนยันตัวตนเข้าใช้ระบบ ในกรณีที่นักศึกษายังไม่ยืนยันตัวตนเข้าใช้ระบบ นักศึกษาจะสามารถใช้งาน NN Bot ในส่วนของ การสอบถามตารางสอนอาจารย์ และสอบถามตำแหน่งอาคารเรียนได้เท่านั้น

ถ้าหากนักศึกษายืนยันตัวตนแล้ว นักศึกษาจะสามารถใช้งาน NN Bot ในส่วนของสอบถามตารางเรียน สอบถามผล

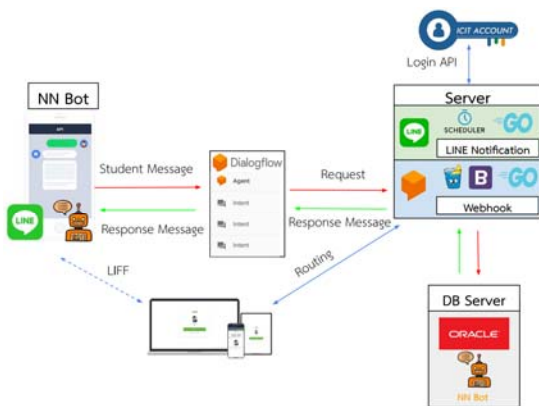
การศึกษาของภาคการศึกษาปัจจุบัน และสามารถได้รับแจ้งผลการศึกษาของภาคการศึกษาปัจจุบันเมื่อคณะอนุมัติผลการศึกษา

เมื่อนักศึกษาคอมพิวเตอร์ยื่นยันตัวตนเข้าใช้งาน ข้อความจะถูกส่งไปยัง Dialogflow เพื่อส่งต่อข้อมูลไปยัง Webhook เพื่อแสดงหน้าเว็บผ่าน LIFF บน LINE ของนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษาพิมพ์ชื่อบัญชี และรหัสผ่านของ ICIT Account และส่งข้อมูลนั้นไปตรวจสอบกับระบบยืนยันตัวตนของมหาวิทยาลัย ถ้าการยืนยันตัวตนถูกต้อง LIFF จะดึงข้อมูล LINE ID ของนักศึกษาและผูกกับนักศึกษา กับ LINE ID ของนักศึกษาเก็บลงฐานข้อมูล NN Bot ดังแสดงในรูปที่ 2

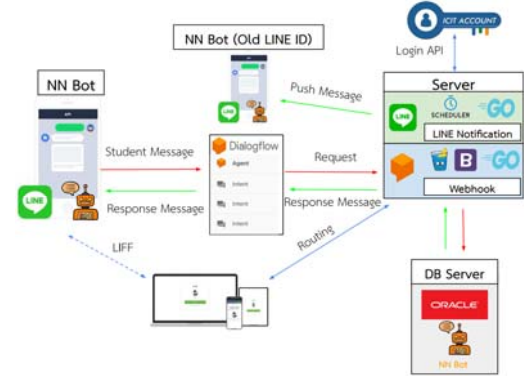
อย่างไรก็ตามการยืนยันตัวตนเข้าใช้งานระบบนั้น มีรูปแบบการทำงานแบบหนึ่ง ICIT Account ต่อหนึ่ง LINE ID ถ้านักศึกษาเคยผูกบัญชีไว้กับ LINE ID อื่นมาแล้ว และไปยืนยันตัวตนเข้าใช้งานระบบกับ LINE ID อื่นอีก ระบบจะตรวจสอบการผูกกันของบัญชีในฐานข้อมูล ถ้าพบว่าเคยมีการผูกบัญชีที่ไม่ตรงกับกรยืนยันตัวตนในครั้งนี้ ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนการเข้าใช้งานระบบซ้อนไปยัง LINE ID เก่า ก่อนนำ LINE ID ใหม่ มาผูกกับ ICIT Account แทน ดังรูปที่ 3

3.2 การออกจากระบบ

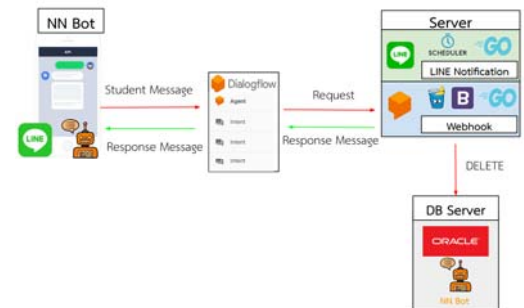
หลังจากที่นักศึกษายืนยันตัวตนเข้าใช้งานระบบแล้ว ปุ่มเข้าใช้งานระบบจะเปลี่ยนเป็น ออกจากระบบ เพื่อให้นักศึกษายกเลิกการผูกกันของ ICIT Account และ LINE ID ของตน ซึ่งการออกจากระบบ นั้นข้อความออกจากระบบจะถูกส่งไป Dialogflow และส่งต่อไปยัง Webhook เพื่อลบข้อมูลการผูกกันของบัญชีออกจากฐานข้อมูล NN Bot ดังรูปที่ 4



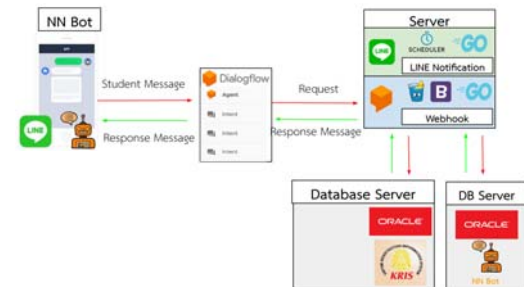
รูปที่ 2. การยืนยันตัวตนเข้าใช้งานระบบผ่าน LIFF



รูปที่ 3. การทำงานเมื่อนักศึกษาใช้บัญชี ICIT Account เดียวกัน ยืนยันตัวตนพร้อมกันหลายอุปกรณ์



รูปที่ 4. การออกจากระบบผ่าน LIFF



รูปที่ 5. การทำงานของการสอบตามตารางเรียน

3.3 การสอบตามตารางเรียน

เมื่อนักศึกษายืนยันตัวตนเข้าใช้งานระบบแล้ว จะสามารถส่งข้อความไปหา NN Bot เพื่อสอบถามตารางเรียนได้มีการทำงานดังรูปที่ 5 ซึ่งข้อความของนักศึกษาจะส่งมาที่ Dialogflow โดย Intent ที่กำหนดไว้มีด้วยกัน 3 รูปแบบ

Intent รูปแบบที่ 1 จะจัดการกับข้อความคำถามเกี่ยวกับคำว่า “ตารางเรียน” โดย Dialogflow จะตอบกลับไปยัง NN Bot เพื่อให้นักศึกษาเลือกคำว่า ต้องการดูตารางเรียนของวันนี้ หรือดูตารางเรียนของทั้งสัปดาห์

Intent รูปแบบที่ 2 จะจัดการกับข้อความคำถามเกี่ยวกับคำว่า “ตารางเรียนวันนี้” ซึ่งจะติดต่อไปยัง Webhook เพื่อดึงข้อมูลตารางเรียนของวันนี้ของนักศึกษาจากฐานข้อมูล และตอบกลับไปยัง NN Bot ของนักศึกษา

Intent รูปแบบที่ 3 จะจัดการกับข้อความคำถามเกี่ยวกับคำว่า “ตารางเรียนสัปดาห์นี้” ซึ่งจะติดต่อไปยัง Webhook เพื่อดึงข้อมูลตารางเรียนทั้งสัปดาห์ของนักศึกษาจากฐานข้อมูล และตอบกลับไปยัง NN Bot ของนักศึกษา

3.4 การสอบถามตารางสอน

เมื่อนักศึกษาส่งข้อความจาก NN Bot เพื่อสอบถามตารางสอนของอาจารย์จะมีการทำงานดังรูปที่ 6 โดย ข้อความของนักศึกษาจะถูกส่งมาที่ Dialogflow ที่กำหนดข้อความตอบกลับในรูปแบบที่เป็นปุ่มเพื่อนักศึกษาคลิกเพื่อเรียกใช้งาน LIFF ต่อไป โดย LIFF ที่พัฒนาขึ้นจะแสดงกล่องข้อความให้นักศึกษาได้พิมพ์ชื่อ หรือรหัสผู้สอนของอาจารย์ ซึ่งกล่องข้อความมีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล KRIS เพื่อดึงข้อมูลรายชื่ออาจารย์ ดังนั้นกล่องข้อความจะมีการทำงานในรูปแบบเติมเต็มชื่ออาจารย์ให้กับนักศึกษาแบบอัตโนมัติ (Autocomplete)

3.5 การสอบถามอาคารเรียน

เมื่อนักศึกษาส่งข้อความจาก NN Bot เพื่อสอบถามถึงตำแหน่งที่ตั้งของอาคารเรียน โดยข้อความของนักศึกษาจะถูกส่งมาที่ Dialogflow และ Dialogflow จะตอบกลับในรูปแบบของ Quick Reply เพื่อนักศึกษาสามารถเลือกชื่ออาคารที่ต้องการทราบตำแหน่งที่ตั้ง เมื่อนักศึกษาเลือกชื่ออาคารเรียบร้อยแล้ว Dialogflow จะส่งข้อความตอบกลับนักศึกษาในรูปแบบ Location โดยนักศึกษาสามารถกดเปิดดูแผนที่และเส้นทางการเดินทางได้ผ่านทาง Google Map

3.6 การสอบถามระดับผลการศึกษา

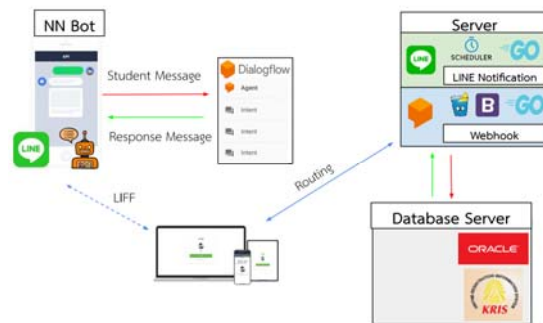
เมื่อนักศึกษาส่งข้อความจาก NN Bot เพื่อสอบถามผลการศึกษาของภาคการศึกษาปัจจุบันจะมีการทำงานดังรูปที่ 7 โดยข้อความของนักศึกษาจะถูกส่งไปยัง Dialogflow จากนั้น Dialogflow จะส่งคำร้องต่อไปยัง Webhook เพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลของ NN Bot เพื่อดึงข้อมูลผลการศึกษาของนักศึกษาและส่งกลับไปยัง LINE ของนักศึกษา

3.7 ระบบแจ้งเตือนผลการศึกษิตตามตารางเวลา

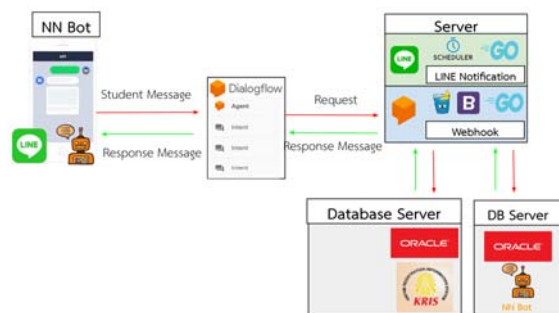
สำหรับ NN Bot นั้นนอกจากเป็น Chatbot สำหรับถาม-ตอบข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาแล้ว NN Bot ยังมีระบบแจ้งเตือนผลการศึกษาให้กับนักศึกษาที่ยืนยันตัวตนเข้าใช้งาน เพื่อเพิ่มความสะดวกให้นักศึกษาได้ทราบผลการศึกษาทางตนเองผ่านทาง LINE แบบอัตโนมัติในรูปแบบของ Push Message

3.7.1 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

สำหรับการแจ้งผลการศึกษาของนักศึกษานั้น จำเป็นต้องมีฐานข้อมูลสำหรับเก็บสถานะการแจ้งเตือนว่าได้แจ้งผลการศึกษาของวิชาไหนไปให้นักศึกษาคนไหนแล้วบ้าง เพื่อให้นักศึกษาได้รับการแจ้งผลการศึกษาของวิชาเดียวกันซ้ำซ้อนกันหลายครั้ง จึงมีการนำข้อมูลจากระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนของอาจารย์ ซึ่งเป็นข้อมูลผลการศึกษาของนักศึกษาเฉพาะผลการศึกษาที่ได้รับการอนุมัติแล้วมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล NN Bot



รูปที่ 6. การทำงานของการสอบถามตารางสอน



รูปที่ 7. การทำงานของการสอบถามผลการศึกษา

นอกจากนี้ฐานข้อมูล NN Bot ยังใช้สำหรับเก็บข้อมูลการผูกบัญชีด้วย LINE ID กับรหัสนักศึกษาที่ได้จาก ICIT Account

ของมหาวิทยาลัย ซึ่งภายในระบบฐานข้อมูล NN Bot มีการใช้ตารางในฐานข้อมูลทั้งหมด 5 ตารางดังนี้

ตาราง G_GRADE สำหรับเก็บผลการเรียนของนักศึกษาในภาคการศึกษาปัจจุบันที่คณะอนุมัติแล้วซึ่งมีการนำเข้าข้อมูลผลการเรียนจากระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนของอาจารย์

ตาราง G_LINE สำหรับเก็บข้อมูลการผูกกันระหว่างรหัสนักศึกษาของนักศึกษาและ LINE ID ของนักศึกษา

ตาราง G_SETTING สำหรับเก็บข้อมูลภาคการศึกษาและปีการศึกษาปัจจุบัน

ตาราง G_LINESUBJECT สำหรับเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงจากผลการเรียนของนักศึกษาเพื่อนำไปใช้สำหรับการแจ้งผลการเรียนแบบอัตโนมัติให้กับนักศึกษา

ตาราง G_SETTINGLINE สำหรับเก็บข้อมูลภาคการศึกษาและปีการศึกษาปัจจุบันของระบบ NN Bot เนื่องจากเมื่อมีการปรับเปลี่ยนภาคการศึกษาใหม่ในตาราง G_SETTING จะส่งผลให้ข้อมูลไม่ตรงกับข้อมูลในตารางนี้ ซึ่งจะใช้สำหรับการดึงข้อมูลในตาราง G_LINESUBJECT ต่อไป

3.7.2 การเตรียมฐานข้อมูลสำหรับแจ้งผลการเรียน

ระบบฐานข้อมูล NN Bot จะนำเข้าข้อมูลผลการเรียนของนักศึกษาที่คณะอนุมัติแล้ว จากระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนของอาจารย์ มาเก็บไว้ยังตาราง G_GRADE ผ่านสคริปต์ที่ตั้งให้ทำงานผ่าน Task Scheduler ทุก ๆ คืน ซึ่งสคริปต์นี้ผู้ดูแลระบบยังสามารถสั่งให้ทำงานได้เองตลอดเวลาอีกด้วย

เมื่อสคริปต์นำเข้าข้อมูลผลการเรียนมายังตาราง G_GRADE เรียบร้อยแล้ว สคริปต์จะมีการทำงานต่อเนื่องอีก 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจสอบข้อมูลภาคการศึกษาและเทอมการศึกษาระหว่างตาราง G_SETTING และตาราง G_LINESUBJECT ว่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าไม่เท่ากันแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงภาคการศึกษาที่ต้องการแสดงผล ดังนั้นจะลบข้อมูลในตาราง G_LINESUBJECT ออกทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 ปรับปรุงข้อมูลภาคการศึกษาและปีการศึกษาในตาราง G_LINESUBJECT ให้เท่ากับข้อมูลในตาราง G_SETTING

ขั้นตอนที่ 3 เพิ่มข้อมูลผลการเรียนของนักศึกษาที่คณะอนุมัติแล้วลงไปตาราง G_LINESUBJECT เพื่อลดภาระการ

ทำงานของระบบฐานข้อมูล จะเพิ่มเฉพาะผลการเรียนของนักศึกษาที่ยืนยันตัวตนและผูก LINE ID กับรหัสนักศึกษาผ่าน ICIT Account ที่เก็บไว้ในตาราง G_LINE แล้วเท่านั้น

ขั้นตอนที่ 4 ปรับปรุงข้อมูลผลการเรียนของนักศึกษาในส่วนของแอททริบิวต์ GRADE_NEW ของตาราง G_LINESUBJECT ให้เท่ากับผลการเรียนในตาราง G_GRADE

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบค่าของแอททริบิวต์ GRADE_NEW และ GRADE_OLD ในตาราง G_LINESUBJECT ถ้ามีค่าไม่เท่ากัน แสดงว่าผลการเรียนมีการเปลี่ยนแปลง จะเปลี่ยนค่าแอททริบิวต์ชื่อว่า TO_SEND เป็น 1 เพื่อให้แอปพลิเคชันแจ้งผลการเรียนนี้กับนักศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.7.3 การแจ้งผลการเรียน

ภายในระบบ NN Bot มีการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับใช้ในส่วนของการแจ้งผลการเรียนแยกออกมา ซึ่งแอปพลิเคชันนี้จะถูกตั้งเวลาผ่าน Task Scheduler ให้ทำงานในเวลา 03.30 น. ซึ่งเป็นเวลาหลังจากที่มีการนำข้อมูลจากระบบส่งเกรดออนไลน์และการประเมินการสอนของอาจารย์ มาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล NN Bot เรียบร้อยแล้ว

เมื่อแอปพลิเคชันนี้ถูกเรียกขึ้นมาทำงาน จะเริ่มต้นจากตรวจสอบแอททริบิวต์ที่ชื่อว่า TO_SEND ภายในตาราง G_LINESUBJECT ตามรายชื่อนักศึกษาที่มีการยืนยันตัวตนและผูกบัญชีเก็บข้อมูลไว้ในตาราง G_LINE ถ้าแอททริบิวต์ TO_SEND ที่รายวิชาไหนมีค่าเป็น 1 ก็รวบรวมเป็นกลุ่มตามรายรหัสนักศึกษา จะส่งข้อความ LINE แจ้งผลการเรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดนั้น ไปยังนักศึกษาในรูปแบบ Push Message เพียงครั้งเดียว เมื่อแจ้งผลการเรียนเรียบร้อยแล้ว จะปรับปรุงค่า TO_SEND ให้เป็น 0 และปรับปรุงข้อมูลของแอททริบิวต์ GRADE_OLD ให้เป็นค่าเหมือนกับข้อมูลในแอททริบิวต์ GRADE_NEW

4. ผลการทดลอง

เมื่อนักศึกษาได้เพิ่ม NN Bot เป็นเพื่อน ในการใช้งานครั้งแรก NN Bot จะมีข้อความทักทายเพื่อแนะนำบริการต่าง ๆ ให้กับนักศึกษา พร้อมทั้งแนะนำให้นักศึกษายืนยันตัวตนเพื่อใช้บริการเฉพาะของนักศึกษาได้ ทางด้านใต้ของ LINE ในส่วนของ NN Bot เมนู ได้ออกแบบได้ลักษณะของ LINE Rich Menu เพื่อให้

ผู้ใช้สามารถใช้บริการต่าง ๆ ของ NN Bot ได้สะดวกขึ้น ดังรูปที่ 8

4.1 การยืนยันตัวตน

การบริการของ NN Bot ตามที่ออกแบบไว้ คือ การดูแล การศึกษา การดูตารางเรียน จำเป็นจะต้องยืนยันตัวตนเพื่อผูก LINE ID กับรหัสนักศึกษาจาก ICIT Account เช่น หากนักศึกษา เรียกดูตารางเรียน โดยยังไม่ได้ยืนยันตัวตน NN Bot จะส่ง ข้อความแจ้งให้นักศึกษายืนยันตัวตนเพื่อใช้งานก่อน ดังรูปที่ 9

สำหรับการยืนยันตัวตน นักศึกษาสามารถพิมพ์คำว่า “ล็อกอิน” หรือ “ยืนยันตัวตน” หรือข้อความใกล้เคียงในช่อง สนทนาของ NN Bot หรือคูปุ่ม “ล็อกอิน & ล็อกเอาต์” ที่ จัดเตรียมไว้ให้ใน LINE Rich Menu



รูปที่ 8. LINE Rich Menu สำหรับ NN Bot



รูปที่ 9. ข้อความแจ้งให้นักศึกษายืนยันตัวตน

เมื่อนักศึกษาร้องคูปุ่ม ล็อกอิน จากข้อความตอบกลับ ของ NN Bot จะเป็นการเรียก LIFF ที่พัฒนาไว้สำหรับการยืนยัน ตัวตนขึ้นมา ให้นักศึกษากรอกข้อมูลยืนยันตัวตนด้วย ICIT Account ดังรูปที่ 10 ถ้าหากเป็นการยืนยันตัวตนครั้งแรก LIFF จะขออนุญาตการเข้าถึงข้อมูล LINE ของนักศึกษา (เพื่อดึงข้อมูล

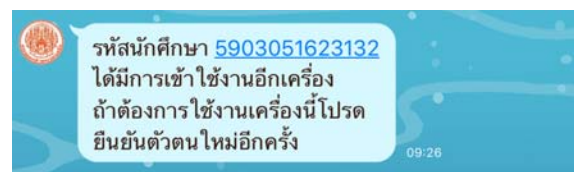
LINE ID มาผูกกับ ICIT Account) โดยนักศึกษาจะต้องยอมรับ ก่อน จึงจะยืนยันตัวตนสำเร็จ



รูปที่ 10. หน้าแสดง LIFF สำหรับยืนยันตัวตน

เมื่อนักศึกษาได้ยืนยันตัวตนเรียบร้อยแล้ว จากนั้นมีความ ต้องการที่จะยกเลิกการผูกบัญชีกับ LINE นี้ หรือต้องการผูก บัญชี LINE นี้กับรหัสนักศึกษาใหม่ นักศึกษาสามารถทำ ขั้นตอนเดียวกับการยืนยันตัวตน ซึ่ง NN Bot จะตรวจสอบเองว่า ปัจจุบันนักศึกษาได้ยืนยันตัวตนด้วยการผูก LINE ID นี้กับรหัส นักศึกษาจาก ICIT Account ไปแล้วหรือยัง ถ้านักศึกษาได้เคย ยืนยันตัวตนไปแล้ว NN Bot จะตอบกลับเป็นข้อความเพื่อใ้ นักศึกษายืนยันการออกจากระบบ โดยกระบวนการจะเสร็จ สมบูรณ์เมื่อนักศึกษาคูปุ่ม “ล็อกเอาต์” อีกครั้งหนึ่ง

จากการออกแบบที่ให้ NN Bot นั้นผูกข้อมูล LINE ID และรหัสนักศึกษาจาก ICIT Account แบบหนึ่งต่อหนึ่ง เพื่อให้ การแจ้งเตือนผลการเรียนแบบอัตโนมัติส่งผลการเรียนของ นักศึกษาไปยัง LINE ของนักศึกษาเพียง LINE ID เดียวเท่านั้น อีกทั้งยังเป็นการป้องกันเรื่องข้อมูลส่วนบุคคล เพราะนักศึกษา อาจจะทำให้เพื่อนซิมโทรศัพท์ที่ใช้ NN Bot เพื่อตรวจสอบผล การเรียนชั่วคราว แล้วลืมนอกจากระบบ



รูปที่ 11. ข้อความแจ้งให้นักศึกษาเมื่อมีการยืนยันตัวตน เข้าใช้งานระบบจาก LINE ID อื่น



รูปที่ 12. ข้อความตอบกลับเพื่อเลือกแสดงตารางเรียน



รูปที่ 13. การแสดงตารางเรียนสำหรับวันปัจจุบัน

ดังนั้นเมื่อมีการยืนยันตัวตนเพื่อใช้งาน NN Bot จะทำให้ NN Bot ตรวจสอบว่ารหัสนักศึกษาที่ต้องการใช้งาน NN Bot นั้น ได้เคยถูกผูกไว้กับ LINE ID ไหมมาก่อนหรือไม่ ถ้ารหัสนักศึกษานี้ได้เคยถูกผูกไว้กับ LINE ID แล้ว NN Bot จะแจ้งไปยัง LINE ID เก่า ว่าขณะนี้มีการนำรหัสนักศึกษาไปใช้ในการยืนยันตัวตนกับ LINE ID อื่น โดยมีข้อความแจ้งเตือนดังแสดงในรูปที่ 11

4.2 การสอบถามตารางเรียน

นักศึกษาสามารถสอบถามตารางเรียนในภาคการศึกษาปัจจุบันได้ โดยพิมพ์คำว่า “ตารางเรียน” หรือคำที่ใกล้เคียงทางช่องทางสนทนา หรือคูปุ่ม “ดูตารางเรียน” จาก LINE Rich Menu NN Bot จะตอบกลับนักศึกษาเป็นลักษณะข้อความ

ทางเลือกดังรูปที่ 12 เพื่อให้นักศึกษาเลือกว่าต้องการดูตารางเรียนของวันนี้ หรือตารางเรียนของทั้งสัปดาห์

ถ้านักศึกษาเลือกดูตารางเรียนวันนี้ หรือนักศึกษาพิมพ์ที่ช่องทางสนทนาว่า “ตารางเรียนวันนี้” หรือคำใกล้เคียง NN Bot จะตอบกลับข้อความที่แสดงเวลาเรียน รหัสผู้สอน ตอนเรียน รหัสวิชา และชื่อวิชา ดังรูปที่ 13 ถ้าหากในวันนั้นนักศึกษาไม่มีตารางเรียน NN Bot จะตอบกลับเป็นข้อความว่า “นักศึกษาไม่มีเรียนวันนี้ละ”

ถ้าหากนักศึกษาเลือกดูตารางเรียนของสัปดาห์นี้ หรือนักศึกษาพิมพ์ที่ช่องทางสนทนาว่า “ตารางเรียนสัปดาห์นี้” หรือคำใกล้เคียง NN Bot จะแสดงเวลาเรียน รหัสผู้สอน ตอนเรียน รหัสวิชา และชื่อวิชา รายวันตั้งแต่วันจันทร์ จนถึงวันอาทิตย์ โดยนักศึกษาสามารถเลื่อนดูได้ตามวันที่ต้องการ สำหรับวันที่ไม่มีเรียนจะเป็นกล่องว่าง

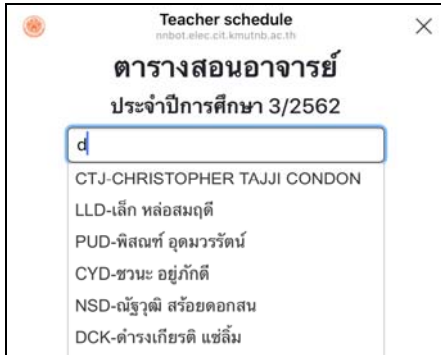
4.3 การสอบถามตารางสอนอาจารย์

นักศึกษาสามารถสอบถามตารางสอนของอาจารย์ในภาคการศึกษาปัจจุบันได้ โดยพิมพ์คำว่า “ตารางสอน” หรือคำที่ใกล้เคียงทางช่องทางสนทนา หรือคูปุ่ม “ดูตารางสอน” จาก LINE Rich Menu จากนั้น NN Bot จะตอบกลับข้อความในรูปแบบที่มีปุ่มให้นักศึกษาคดเพื่อดูตารางสอนของอาจารย์ โดยปุ่มนี้จะเป็นการเรียก LIFF สำหรับค้นหาตารางสอนของอาจารย์

เมื่อนักศึกษาคดปุ่ม “ตารางสอนของอาจารย์” จากข้อความตอบกลับ ทาง NN Bot จะเรียก LIFF ขึ้นมาทำงาน โดยภายใน LIFF มีกล่องข้อความให้นักศึกษาพิมพ์บางส่วนของชื่อหรือนามสกุล หรือรหัสอาจารย์ จากนั้นกล่องข้อความจะกรองและแสดงรายการชื่อของอาจารย์ที่ตรงกับข้อความที่นักศึกษาพิมพ์ เพื่อให้นักศึกษาเลือกอาจารย์เพื่อดูตารางสอนได้สะดวกขึ้น ดังรูปที่ 14

จากนั้นเมื่อนักศึกษาเลือกชื่ออาจารย์ที่ต้องการดูตารางสอนแล้ว LIFF จะแสดงตารางของอาจารย์ท่านนั้น โดยตารางของอาจารย์จะถูกแสดงในรูปแบบของตารางเรียงกันตั้งแต่วันจันทร์ ถึงวันอาทิตย์ ซึ่งข้อมูลของตารางสอนที่แสดง

ประกอบด้วย เวลา รหัสวิชา ตอนเรียน และห้องที่อาจารย์สอน
ดังรูปที่ 15



รูปที่ 14. หน้าเลือกชื่ออาจารย์บน LIFF



รูปที่ 15. หน้าแสดงตารางสอนของอาจารย์บน LIFF

4.4 การสอบถามที่ตั้งอาคารเรียน

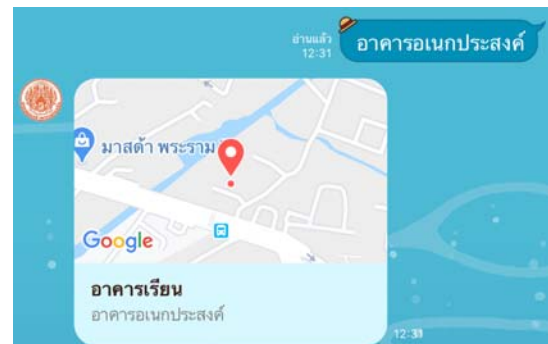
นักศึกษาสามารถสอบถามที่ตั้งอาคารเรียน โดยพิมพ์ชื่ออาคารเรียน หรือคำว่า “สอบถามอาคารเรียน” หรือคำที่ใกล้เคียงทางช่องสนทนา หรือคปุม “สอบถามอาคารเรียน” จาก LINE Rich Menu จากนั้น NN Bot จะมีการตอบกลับทั้งหมด 2 รูปแบบ

ในกรณีที่นักศึกษาพิมพ์คำว่า “สอบถามอาคารเรียน” หรือคปุม “สอบถามอาคารเรียน” จาก LINE Rich Menu การตอบของ NN Bot จะอยู่ในรูปแบบของ Quick Reply เพื่อให้นักศึกษาสามารถเลื่อนไปดูและเลือกชื่ออาคารเรียนที่ต้องการ ดังรูปที่ 16

ถ้านักศึกษาได้เลือกชื่ออาคารเรียนจาก Quick Reply หรือนักศึกษาได้พิมพ์ชื่ออาคารเรียนโดยตรงที่ช่องสนทนา NN Bot จะตอบกลับในรูปแบบของ Location ที่เป็นลิงก์ให้สามารถกดเพื่อไปเปิดตำแหน่งที่ตั้งของอาคารผ่าน Google Map ได้ ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 16. การตอบแบบ Quick Reply ให้เลือกชื่ออาคารเรียน



รูปที่ 17. ข้อความตอบกลับตำแหน่งอาคารเรียน

4.5 การสอบถามผลการศึกษา

นักศึกษาสามารถสอบถามผลการศึกษาของภาคการศึกษาล่าสุดได้ โดยพิมพ์คำว่า “ดูเกรด” หรือคำที่ใกล้เคียงทางช่องสนทนา หรือคปุม “ดูเกรด” จาก LINE Rich Menu จากนั้น NN Bot จะตอบกลับเป็นข้อความที่ประกอบด้วยชื่อวิชา และผลการศึกษาของรายวิชานั้น ถ้าผลการศึกษายังไม่ผ่านการอนุมัติ จะแสดงว่า “ไม่มีข้อมูล”

4.6 ระบบแจ้งเตือนระดับผลการศึกษ้อัตโนมัติ

ในทุก ๆ วัน เมื่อมีการปรับปรุงข้อมูลผลการศึกษาลงจากที่คณะอนุมัติ NN Bot จะส่งผลการศึกษามีการเปลี่ยนแปลง ไปยังนักศึกษาที่ยืนยันตัวตนเอาไว้ในรูปแบบของ LINE Push Message ซึ่งข้อความที่แสดงบน LINE ของนักศึกษาจะเป็นข้อความในรูปแบบเดียวกันกับที่นักศึกษาเห็นจากการสอบถามผลการศึกษา

4.7 ผลการประเมินการใช้งาน

เนื่องด้วยผู้พัฒนาได้ใช้ LINE Official Account แบบฟรี จึงมีการจำกัดจำนวนของ LINE Push Message อยู่ที่ 1,000 ข้อความต่อเดือนจึงไม่สามารถประชาสัมพันธ์ให้กับนักศึกษาทั้งหมดมหาวิทยาลัยร่วมทดสอบทั้งหมดได้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกประชาสัมพันธ์เฉพาะนักศึกษาในแขนงวิชาคอมพิวเตอร์ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งมีนักศึกษาประมาณ 200 คน เพื่อมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการใช้งาน NN Bot และได้สำรวจความพึงพอใจหลังจากการใช้งาน โดยใช้รูปแบบเกณฑ์การวัดคะแนนของ Linkert [15] โดยมีผู้ตอบแบบสำรวจทั้งหมด 110 คน ซึ่งมีผลการประเมินดังตารางที่ 1

จากผลการประเมินพบว่า คะแนนเฉลี่ยการใช้งานของ NN Bot โดยรวมอยู่ที่ 4.39 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.87 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจกับความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.61 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และมีความพึงพอใจในด้านการทำงานของ Chatbot ครอบคลุมความต้องการน้อยที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

อีกทั้งกลุ่มตัวอย่างได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในเรื่องของบริการการดูแลการศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างต้องการให้ NN Bot แสดงหน้าเว็บบทและเกรดเฉลี่ยได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้พัฒนาตามข้อเสนอแนะเรียบร้อยแล้ว สำหรับข้อเสนอแนะอื่น ๆ เช่น ต้องการให้ NN Bot แสดงผลการศึกษาระดับการศึกษาอื่น ๆ ได้ ต้องการให้มีบริการค้นหาวิชาเรียนและรหัสวิชาเรียนได้

และต้องการให้ NN Bot สามารถแจ้งข่าวสารและกำหนดการต่าง ๆ ของนักศึกษา เพื่อให้ครอบคลุมความต้องการมากขึ้น ทางคณะผู้วิจัยจะนำไปปรับปรุง และพัฒนา NN Bot ต่อไป

ตารางที่ 1. ค่าคะแนนเฉลี่ยผลการสำรวจการใช้งาน NN Bot จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 110 คน

หัวข้อประเมิน	ค่าคะแนนเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. การแสดงรูปแบบคำตอบมีความเหมาะสม	4.42	0.86
2. การทำงานของ Chatbot ครอบคลุมความต้องการ	4.12	0.78
3. ความสะดวกในการใช้งาน	4.61	0.95
4. ความพึงพอใจในภาพรวม	4.40	0.87
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.39	0.87

5. สรุปผลและการอภิปราย

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนา ระบบตอบกลับและแจ้งข้อมูลทางการศึกษาผ่านไลน์บอท ที่ชื่อว่า NN Bot โดยใช้แอปพลิเคชัน LINE เป็นส่วนติดต่อกับนักศึกษาที่เป็นผู้ใช้งาน ภายในระบบมีการใช้ LINE Messaging API เชื่อมต่อไปยัง Dialogflow ที่ทำหน้าที่ประมวลผลภาษาธรรมชาติ เพื่อให้เข้าใจถึงคำถามที่นักศึกษาถามมา และตอบข้อมูลกลับไปยังนักศึกษา ในกรณีที่คำตอบเป็นค่าที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงคำตอบนั้นจะถูกตั้งให้ Dialogflow ตอบกลับไปยัง LINE ของนักศึกษาทันที แต่หากเป็นคำตอบที่ต้องเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Dialogflow จะส่งคำร้องไปยัง Webhook ที่ให้บริการแบบ Restful API ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา Go เพื่อไปเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลและดึงคำตอบที่นักศึกษาต้องการ และส่งกลับไปยังนักศึกษาต่อไป

ชุดคำถามที่ NN Bot รองรับ ได้แก่ การสอบถามตำแหน่งที่ตั้งของอาคารเรียน การสอบถามตารางสอนของอาจารย์ ซึ่งนักศึกษาสามารถสอบถามได้ทันทีโดยไม่ต้องยืนยันตัวตนเข้าใช้งาน แต่หากนักศึกษาต้องการสอบถามตารางเรียน สอบถามผลการศึกษา และต้องการให้ NN Bot แจ้งผลการศึกษาแบบอัตโนมัติเมื่อคณะอนุมัติผลการศึกษา นักศึกษาจำเป็นต้อง

จะต้องยืนยันตัวตน เพื่อผูก LINE ID เข้ากับรหัสนักเรียนผ่าน ICIT Account ที่เป็นระบบยืนยันตัวตนของมหาวิทยาลัย

หลังจากให้อาสาสมัครที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ทดสอบการใช้งานของ NN Bot จำนวน 110 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจกับความสะดวกในการใช้งานมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.61 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และมีความพึงพอใจในด้านการทำงานของ Chatbot ครอบคลุมความต้องการน้อยที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.12 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี โดยคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจทั้งหมดของการใช้งาน NN Bot อยู่ที่ 4.39 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.87

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chatbots Will Appeal to Modern Workers. [online], Available: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/chatbots-will-appeal-to-modern-workers/>. [Accessed: 3 September 2020].
- [2] M. Nuruzzaman and O. Hussain, "IntelliBot: A Dialogue-based chatbot for the insurance industry," *Knowledge-Based Systems*, vol. 196, pp. 105810, 2020.
- [3] R. Singh, M. Paste, N. Shinde, H. Patel and N. Mishra, "Chatbot using TensorFlow for small Businesses," *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, Coimbatore, pp. 1614-1619, 2018.
- [4] R. V. Belfin, A. J. Shobana, M. Manilal, A. A. Mathew and B. Babu, "A Graph Based Chatbot for Cancer Patients," *2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS)*, Coimbatore, India, pp. 717-721, 2019.
- [5] F. Patel, R. Thakore, I. Nandwani and S. K. Bharti, "Combating Depression in Students using an Intelligent ChatBot: A Cognitive Behavioral Therapy," *2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON)*, Rajkot, India, pp. 1-4, 2019.
- [6] S. Ondáš, M. Pleva and D. Hládek, "How chatbots can be involved in the education process," *2019 17th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, Slovakia, pp. 575-580, 2019.
- [7] V. Sittakul, S. Judprasong and N. Saengmanee, "Smart Quiz System for Classroom via LINEBot," *2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C)*, Bangkok, Thailand, pp. 1-4, 2019.
- [8] A. S. Sreelakshmi, S. B. Abhinaya, A. Nair and S. Jaya Nirmala, "A Question Answering and Quiz Generation Chatbot for Education," *2019 Grace Hopper Celebration India (GHCI)*, Bangalore, India, pp. 1-6, 2019.
- [9] Infographic: LINE Thailand 2019. [online], Available: <https://www.thumbsup.in.th/line-th-stats-2019>. [Accessed: September 3, 2020].
- [10] Dialogflow Documentation. [online], Available: <https://cloud.google.com/dialogflow/docs/>. [Accessed: September 3, 2020].
- [11] Message Types | LINE Developers. [online], Available: <https://developers.line.biz/en/docs/messaging-api/message-types>. [Accessed: September 3, 2020].
- [12] LINE Front-end Framework | LINE Developers. [online], Available: <https://developers.line.biz/en/docs/liff/>. [Accessed: September 3, 2020].
- [13] The Go Programming Language. [online], Available: <https://golang.org/doc/>. [Accessed: September 3, 2020].
- [14] Gin Web Framework. [online], Available: <https://gin-gonic.com/docs/>. [Accessed: September 3, 2020].
- [15] R. Likert, "A Technique for the Measurement of Attitudes," *Archives of Psychology* 140: pp. 1-55, 1932.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม

Application Virtual World for Cultural Tourism

สมเกียรติ น่วมนา*, กงทัต ทองพูน และ ปิติพงษ์ ยอดมงคล

Somkeit Noamna, Khongthat Thongphun and Pitipong Yodmongkol*

วิทยาลัยศิลปะ สื่อ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

College of Arts, Media and Technology, Chiang Mai University

Received: September 17, 2020; Revised: October 06, 2020; Accepted: October 07, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – The purpose of the study is to invent an application that can be applied in Augmented Reality to create a virtual world for cultural Tourism. The application will be used as the guideline in the tourism promotion campaign in Chiang Mai province. It integrates virtual technology into cultural tourism. Since Chiang Mai is 700 years old and a conservation city, therefore, this study will apply the virtual technology for cultural tourism and integrates the computer graphic model to create virtual worlds for the users to perceive every aspect of the 3D model through the mobile device. The Computer graphic 3D model of JadiLaung temple in Chiang Mai province is one of the virtual worlds on the application that created by AR technology. This virtual world will display the new brand experience to tourists. The Virtual reality history system is one of the functions of the application that will give the information and the configuration about the archaeological sites that are now seen incomplete.

KEYWORDS: Virtual word, Cultural tourism, Application, Android

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง Application ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Augmented Reality มาสร้างเป็นโลกเสมือนจริงกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมสำหรับเป็นแนวทางในการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดเชียงใหม่ โดยการผสมผสานความทันสมัยในเรื่องของเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่เป็นเมืองเก่าแก่และเป็นเมืองอนุรักษ์ที่มีอายุถึง 700 ปี ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้เทคโนโลยีการสร้างโลกเสมือนจริงเข้ามาประยุกต์ใช้กับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมด้วยการผสมผสานการสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสิ่งเสมือนจริงให้กับผู้ใช้งานให้เห็นมุมมองของรูปจำลองสามมิติ ผ่านการแสดงผลบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่ทำให้เกิดโมเดลสิ่งก่อสร้างลักษณะที่เสมือนจริงด้วยการสร้างโบราณสถานแบบโมเดลสามมิติแบบดั้งเดิมของวัดเจดีย์หลวงในจังหวัดเชียงใหม่แบบโลกเสมือนจริงบนแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีเออาร์ เพื่อเป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ให้นักท่องเที่ยว โดยแอปพลิเคชันนี้ประกอบไปด้วยการสร้างโลกเสมือนจริงย้อนยุค (Virtual reality history system) จากฟังก์ชันการแสดงผลโลกเสมือนจริง ที่จะช่วยทำให้นักท่องเที่ยวได้ทราบถึงลักษณะของโบราณสถานที่พังทลาย หรือไม่สมบูรณ์ที่เห็นอยู่ในปัจจุบัน แต่สามารถที่จะเห็นได้ถึง ความสมบูรณ์ในรูปแบบดั้งเดิมผ่านระบบแอปพลิเคชันนี้

คำสำคัญ: โลกเสมือนจริง, การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม, แอปพลิเคชัน, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

*Corresponding Author: snoamna@gmail.com

1. บทนำ

ปัจจุบันการนำระบบเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงมาใช้ในการท่องเที่ยวมีความนิยมเป็นอย่างมาก [1] โดยการถ่ายทอดประสบการณ์แปลกใหม่ของโลกเสมือนจริงจะถูกนำเสนอผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือ และ แท็บเล็ต ที่ใช้งานง่ายและสะดวกในการพกพาไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ [2]

จังหวัดเชียงใหม่ถือได้ว่าเป็นเมืองเก่าแก่ที่น่าสนใจและเป็นเมืองท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวทั่วโลกชอบที่จะมาท่องเที่ยวเมื่อเดินทางมายังประเทศไทย เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ เป็นเมืองเก่าแก่ที่มีอายุถึง 700 ปี และสภาพภูมิศาสตร์มีการทับซ้อนกันระหว่างพื้นที่ของเมืองโบราณและขอบเขตของพื้นที่เมืองใหม่อยู่ด้วยกัน ซึ่งในเขตเมืองเก่าจะเต็มไปด้วยโบราณสถาน และ ปูนูนวัตถุที่สำคัญในอดีตของจังหวัดเชียงใหม่ แต่ในปัจจุบันโบราณสถานที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่บางสถานที่ได้พังทลายตามกาลเวลา และจากภัยธรรมชาติ ซึ่งในการบูรณะปฏิสังขรณ์ต้องใช้งบเป็นจำนวนที่มหาศาลสำหรับการบูรณะสถานที่ในแต่ละแห่ง และที่สำคัญในสถานที่หลายๆ แห่งก็ไม่สามารถที่จะบูรณะให้กลับมาเป็นอย่างเดิมดังเช่นในอดีตได้ ดังนั้นการจำลองโลกเสมือนจริงหรือ การใช้ระบบ AR ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน ที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานหลายแขนงไม่ว่าจะเป็นงานเพื่อการศึกษา การจัดนิทรรศการต่างๆ หรือการใช้เพื่อความบันเทิง รวมไปถึงการนำไปประยุกต์ใช้ทางด้านการสื่อสารมวลชน อาทิ เช่น การทำโฆษณา การทำหนังสือการท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ หรือแม้กระทั่งการเรียนรู้ ทักษะด้านดนตรี และที่สำคัญ ระบบ AR ยังสามารถที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นระบบที่มีการผสมผสานแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อสร้างเป็นสิ่งเสมือนจริงให้กับผู้ใช้งาน ให้สามารถที่จะเห็นมุมมองของรูปสามมิติผ่านการแสดงผลบนอุปกรณ์แบบเคลื่อนที่ ที่มีกล้องดิจิทัล เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือแท็บเล็ต ที่ทำให้เกิดการแสดงผลของโมเดลสิ่งก่อสร้างที่เสมือนจริงบนอุปกรณ์ของนักท่องเที่ยวได้ [3][4] [5] [6]

Chumjeet M. et al. [2] ได้นำความรู้เกี่ยวกับการท่องเที่ยวในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 และต้นศตวรรษที่ 20 ของกรีกด้านศิลปะและมนุษยศาสตร์ผ่านแบบจำลองแบบ 3 มิติเพื่อทำให้เกิดความน่าสนใจและดึงดูดต่อผู้ที่พบเห็นได้เป็นอย่างดี

Ramy H. et al. [7] ได้จำลองโลกเสมือนจริงในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยเพื่อสร้างบรรยากาศแบบจำลองของการเที่ยวชม

พิพิธภัณฑ์ โดยผู้ที่เข้าร่วมทดสอบต่างให้ความเห็นว่าได้รับประสบการณ์แบบใหม่ในมุมมองของโลกเสมือนจริงที่สามารถถ่ายทอดได้คล้ายกับไปเที่ยวชมพิพิธภัณฑ์จริง อีกทั้งเขายังทำการจำลองพิพิธภัณฑ์อียิปต์ด้วยวิธีแบบ Mixed Reality (MR) เพื่อทำการทดลองการสร้างโลกเสมือนจริงอีกด้วย [8]

Gert Jan H. et al. [9] ได้ทดลองเอาระบบโลกเสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีแบบ AR ไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาโบราณคดีในห้องเรียน เพื่อทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ และมีแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ โดยผลที่ได้พบว่า กลุ่มนักเรียนเกิดความสนใจและมีความตื่นตัวกับการเรียนในรูปแบบใหม่ผ่านเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงเป็นอย่างมาก

Niccolo P. Et al. [10] ได้ทำการจำลองเหตุการณ์โลกเสมือนจริงโดยจำลองเสียงของการเป่าขลุ่ยโบราณของอียิปต์ในพิพิธภัณฑ์ โดยเมื่อผู้ที่เข้าชมได้เข้าไปใกล้ภาพของขลุ่ยโบราณ ซึ่งวิธีการดังกล่าวถือเป็นการนำเสนอแบบใหม่ให้ผู้เยี่ยมชมเกิดการรับรู้และเกิดความรู้สึกที่เข้าถึงในการเยี่ยมชมประวัติศาสตร์ผ่านการจำลองโลกเสมือนจริงได้เป็นอย่างดี

แนวความคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนจริงแบบ AR จึงถือได้ว่าเป็นการสร้างประสบการณ์ที่แปลกใหม่ให้แก่นักท่องเที่ยว โดยเฉพาะการท่องเที่ยวเยี่ยมชมโบราณสถานจริงแบบย้อนยุค (Virtual reality history system) เพื่อทำให้เกิดมุมมอง และสร้างแรงดึงดูดให้กับนักท่องเที่ยว โดยเฉพาะชาวต่างชาติ ให้ได้สัมผัสและเกิดความหลงใหลในประวัติศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ได้อย่างไม่ลืมหืม

2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ทำการศึกษาในเชิงโบราณคดีและเชิงประวัติศาสตร์ในเรื่องความเป็นมาของวัดเจดีย์หลวงวรวิหาร

วัดเจดีย์หลวงวรวิหาร หรือวัดโชติการาม หรือราชกุฎ หรือกุฎาราม เป็นโบราณสถานใจกลางเมืองของจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากว่าเป็นวัดที่มีประติมากรรมเจดีย์ใหญ่ที่สุดในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งถูกสร้างขึ้นในสมัยรัชกาลพระเจ้าแสนเมืองมาโอรสของพญาเกือนา กษัตริย์องค์ที่ ๑ แห่งราชวงศ์มังราย (พ.ศ. ๑๕๑๓-๑๕๔๔) โดยต่อมาพระยาโคตรบองได้ทรงโปรดให้ช่างขยายองค์เจดีย์ให้มีความสูงและกว้างกว่าเดิม โดยได้ทรงโปรดให้สร้างเสริมส่วนสูงเพิ่มขึ้นเป็น ๘๐ เมตร และฐานสี่เหลี่ยมกว้างด้านละ ๕๖ เมตร ซึ่งปรับรูปทรงเป็นแบบโลหะปราสาท

ของลังกา และมีรูปลักษณะทรงเจดีย์เป็นแบบพุกาม อีกทั้งมีการ
ดัดแปลงซุ้มจรณะ มุขเจดีย์ด้านตะวันออกให้เป็นซุ้มและแท่นที่
ประดิษฐานพระแก้วมรกต โดยเจดีย์ดังกล่าวถูกสร้างเสร็จในปี
พ.ศ. ๒๐๒๔ หลังจากนั้นจึงได้อัญเชิญพระแก้วมรกตมา
ประดิษฐานระหว่างปี พ.ศ. ๒๐๑๑-๒๐๕๑ ซึ่งยาวนานถึง ๔๐ ปี
และในสมัยพระเมืองแก้วหรือ พญาแก้วมีการบูรณะอีกครั้งโดย
ขยายฐานใหม่ให้ใหญ่ขึ้นอีก ต่อมาในสมัยพระนางจระประกา
ได้เกิดแผ่นดินไหวเมื่อ พ.ศ. ๒๐๘๘ ทำให้ยอดเจดีย์หักโค่นลง
ทำให้ในปัจจุบัน ตัวองค์เจดีย์จึงมีความสูงคงเหลือเพียง ๔๐.๘
เมตร และฐานกว้างด้านละ ๖๐ เมตร

2.2 การสร้างโมเดลแบบจำลอง 3 มิติ

ในการศึกษาครั้งนี้ ทีมผู้วิจัยได้ศึกษารูปร่างสัญญาณจากแบบ
เจดีย์องค์สมบูรณ์ และจากแบบร่างของกรมศิลปกร รวมไปถึง
หน่วยงานที่ดูแลโบราณสถานเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการสร้าง
แบบจำลองของวัดเจดีย์หลวง

2.2.1 โปรแกรมออดเทสก์มายา (Autodesk Maya)

ใช้สำหรับขึ้นรูปแบบจำลองของวัตถุทั้งหมดในโลกเสมือนจริง
ในส่วนของเจดีย์วัดเจดีย์หลวง โดยมีขั้นตอนการสร้าง
แบบจำลองดังนี้

- ปั้นแบบจำลองด้วยรูปทรงเรขาคณิตพื้นฐาน
- ใส่ตัวควบคุมการเคลื่อนไหว
- ใส่รูปพื้นผิวหรือ Texture
- จัดแสงและเงา
- สร้างเป็นไฟล์สำหรับใช้ในโปรแกรมสร้างโลกเสมือนจริง

ซึ่งในการสร้างโมเดล 3 มิติในโปรแกรมออดเทสก์มายา
(Autodesk Maya) จะแบ่งเป็นความละเอียดของโมเดล สำหรับการ
ปั้นโมเดลของสถาปัตยกรรมหรือเจดีย์นั้น ซึ่งการขึ้นรูปด้วย
วิธีดังกล่าว สามารถที่จะแบ่งชนิดย่อยๆ ได้สองแบบคือ โมเดล
แบบความละเอียดต่ำ (Low polygon model) และโมเดลแบบ
ความละเอียดสูง (High polygon model) ดังต่อไปนี้

1) โมเดลแบบความละเอียดต่ำ

เป็นโมเดลที่ใช้จำนวนโพลีกอนที่ไม่มากนัก ข้อดีของโมเดล
แบบนี้คือ สามารถสร้างและแก้ไขรายละเอียดเพิ่มเติมได้ง่าย
และประหยัดเวลาในการประมวลผลภาพหรือเรนเดอร์ (Render)
 อีกทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์มีการทำงานที่ไม่หนักมากจึงเหมาะกับ

งานที่ต้องการความเร็วในการประมวลผลที่สูงเช่นแอป
พลิเคชันบนอุปกรณ์พกพาหรือโมเดลสำหรับเกมต่างๆ

2) โมเดลแบบความละเอียดสูง

เป็นโมเดลที่มีความละเอียดสูง ที่มีจำนวนโพลีกอนที่ใช้ในการ
ทำงานรวมทั้งขนาดไฟล์ของโมเดลมากขึ้นตามไปด้วย และ
เนื่องจากความใหญ่และมีความละเอียดทำให้โมเดลแบบนี้ต้อง
ใช้เวลาในการประมวลผลต่างๆ ก่อนข้างมากซึ่งส่วนใหญ่โมเดล
ในลักษณะแบบนี้มักจะถูกใช้ในงานประเภทที่ต้องการความ
สมจริงมากๆ เช่น งานภาพยนตร์ งานโฆษณา หรือในการเริ่ม
เรื่องหรือฉากเริ่มต้นในส่วนที่เป็นแอนิเมชันของเกมต่างๆ เป็น
ต้น หลังจากที่ได้โมเดลในการสร้างวัตถุในแอปพลิเคชันแล้วจึงนี้
ได้ใช้โปรแกรม Unity3D Engine มาทำการแสดงผลในระบบ
AR

2.2.2 โปรแกรมยูนิตี้ทรีดี (Unity3D)

เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างแอปพลิเคชันขึ้นมาโดย
ความสามารถของโปรแกรมคือ จัดการการเคลื่อนไหวของ
แบบจำลอง สร้างสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ และสร้าง
ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และที่สำคัญโปรแกรมยังสามารถทำงานและ
แสดงผลได้ทั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และบนเว็บไซต์ได้

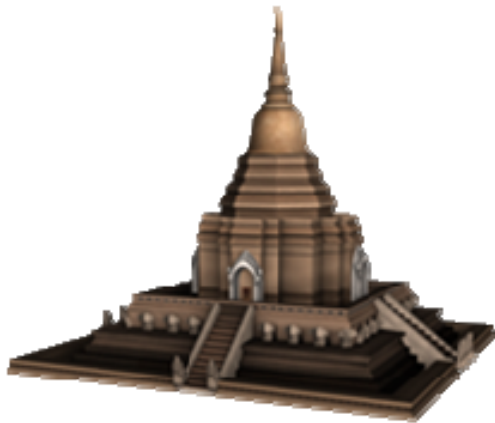
3. ผลการดำเนินงาน

3.1 การสร้างโมเดลแบบจำลอง 3 มิติ

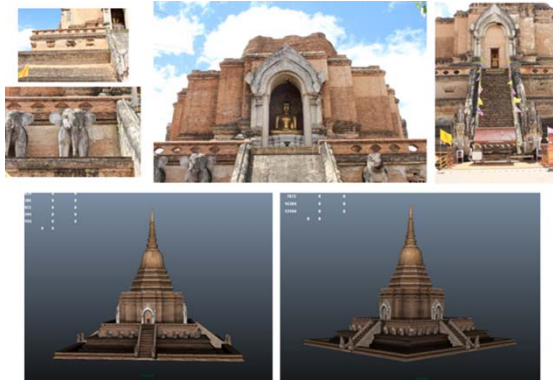
ในการสร้างโมเดล จะเริ่มจากนำเข้าโมเดลสามมิติจากโปรแกรม
Autodesk Maya เข้ามาใช้ในโปรแกรม Unity3D Engine โดย
นำเข้าไฟล์งานที่เกี่ยวข้องในการสร้างแบบจำลองจำพวก .ma,
.mb หรือ Export file .fbx เนื่องจากโดยพื้นฐานแล้ว โปรแกรม
Unity จะมีความเข้าใจและจดจำ คำพารามิเตอร์ ที่ถูกเชื่อมต่อมา
เรียบร้อยแล้วโดยไม่ต้องใส่ค่าเข้าไปใหม่ ซึ่งได้แก่

- ตำแหน่ง การหมุน ขนาด และจุดอ้างอิง ของโมเดล
- โมเดลพร้อมสีที่ใช้กับโมเดล (Mesh with vertex color) และ UV
- พื้นผิวของโมเดล (Material with texture and diffuse color)
- แอนิเมชัน (Animation with IK&FK)
- กระดูกของตัวละคร (Bone-based Animations)

แต่อย่างไรก็ตาม การนำเข้าไฟล์เหล่านี้ อาจมีข้อผิดพลาด
ในเรื่องของพื้นผิวได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวอร์ชันของโปรแกรมที่ใช้ใน
แต่ละเครื่อง ซึ่งการสร้างโมเดล 3 มิติจะแสดงได้ดังในรูปที่ 1
และ รูปที่ 2



รูปที่ 1. ภาพแสดง โมเดลเจดีย์ของวัดเจดีย์หลวงจาก โปรแกรม 3 มิติ

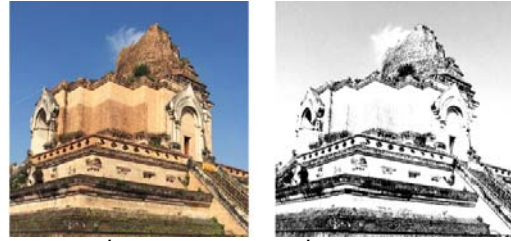


รูปที่ 2. ภาพแสดง โมเดลเจดีย์ของวัดเจดีย์หลวงจาก โปรแกรม 3 มิติ

3.2 การสร้างแอปพลิเคชัน

ในการทำแอปพลิเคชัน Augmented Reality จะต้องอาศัยสิ่งที่เรียกว่า marker เพื่อให้เป็นการมองเห็นในลักษณะ 3 มิติ เนื่องจากในกระบวนการทำ Augmented Reality จะต้องมีการกำหนดจุดคำสั่งในการกำหนดแกน หรือ ด้านของวัตถุ เพื่อการแสดงผลให้ถูกต้อง หากเป็นการสร้างแอนิเมชัน ก็จะเป็นการสั่งให้เกิดการแสดงผลแอนิเมชันขึ้น และ marker จะต้องมีค่าความแตกต่างของสี ขาว ดำ อย่างชัดเจน โดยการกำหนดจุดให้พอดีกับ marker จะใช้มุมของฐานเจดีย์วัดเจดีย์หลวงในปัจจุบันที่ไม่สมบูรณ์มาเป็น marker ดังรูปที่ 3

โดยในการใช้งานของแอปพลิเคชันจะใช้ร่วมกันกับฟังก์ชันกล้องถ่ายรูปของอุปกรณ์เคลื่อนที่ และทำการถ่ายรูปไปยังตัวขององค์เจดีย์ ดังแสดงในรูปที่ 4 รูปที่ 5 และรูปที่ 7



รูปที่ 3. ตัวอย่าง marker ที่เกิดจากภาพจริง



รูปที่ 4. ภาพแสดงหน้าจอเริ่มต้นของแอปพลิเคชัน



รูปที่ 5. ภาพแสดงหน้าจอภาพสามมิติที่ทับทับกับ โมเดลจริง

ในสร้างโมเดล 3 มิติ จะต้องทำพื้นผิวให้ใกล้เคียงกับโมเดลของเดิมที่สุด ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้โปรแกรม Photoshop ในการตกแต่งโมเดล ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6. ภาพแสดงพื้นผิวที่มีความกลมกลืนกับของจริง



รูปที่ 7. ภาพแสดงการถ่ายภาพร่วมกับ โมเดลสามมิติ

4. บทสรุปและการอภิปราย

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับช่วยส่งเสริมการท่องเที่ยวในโลกเสมือนจริง เป็นแนวทางที่จะช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถที่จะสัมผัสกับประสบการณ์ในการท่องเที่ยวแบบใหม่ ทีมผู้วิจัยได้

ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริง (Augmented Reality) เข้ามาใช้ในการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเสมือนจริงแบบย้อนยุค (Virtual reality history system) ซึ่งช่วยทำให้นักท่องเที่ยวได้ทราบถึงลักษณะของโบราณสถานที่พังทลายหรือไม่สมบูรณ์ในปัจจุบัน แต่ถูกทำให้สามารถที่จะเห็นถึงความสมบูรณ์ในแบบดั้งเดิมของโบราณสถานผ่านการใช้แอปพลิเคชันนี้ได้ อีกทั้งหน่วยงานทางการศึกษา สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาประวัติศาสตร์ โดยเฉพาะนักเรียนและนักศึกษาในพื้นที่ที่สามารถที่จะศึกษา และเรียนรู้ประวัติศาสตร์ของเมืองเชียงใหม่ได้ด้วยตนเอง ผ่านแอปพลิเคชันนี้ ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถที่จะแสดงผลได้กลมกลืนกับเจดีย์จริงในระดับดีมาก อีกทั้งยังแสดงพื้นผิวให้ใกล้เคียงกับตัวเจดีย์เดิม

ในการทดสอบการใช้งานของแอปพลิเคชัน ทีมผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่และนำเสนอให้นักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมในบริเวณวัดเจดีย์หลวง(ชาวต่างชาติ 10 คน ชาวไทย 20 คน) ได้ทดลองใช้งานแอปพลิเคชันดังกล่าวเพื่อทดสอบความพึงพอใจและเก็บข้อมูลเพื่อนำไปพัฒนาและปรับปรุงซึ่งผลจากการทดลองใช้งานพบว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจ และมีความชื่นชมถึงแนวคิดในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโลกเสมือนจริงในการสร้างความประทับใจให้กับนักท่องเที่ยวในการเชื่อมโยงอารมณ์ความรู้สึกในการเยี่ยมชมโบราณสถานระหว่างโลกปัจจุบันกับโลกในอดีตได้ แต่อย่างไรก็ตามแอปพลิเคชันดังกล่าวยังมีข้อจำกัดคือ เนื่องจากทีมผู้วิจัยได้ใช้แบบ Marker ในการวิเคราะห์ภาพโดยใช้ลักษณะต่างๆ (Natural Features) ที่อยู่ในภาพของกล้องสมาร์ทโฟนวิเคราะห์ (Marker-less based AR) ซึ่งอาจเกิดความคิดพลาดในการแสดงผลได้ หากตำแหน่งจุดยืนของผู้ใช้แอปพลิเคชันไม่ตรงตำแหน่ง หรือหากในวันนั้นแสงสว่างของท้องฟ้าไม่เพียงพอ ก็จะส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างตัวองค์เจดีย์และท้องฟ้าจะมองไม่เห็นรายละเอียดได้มากนักซึ่งในการแก้ไขสำหรับแอปพลิเคชันในเวอร์ชันใหม่ จะต้องใช้เทคนิคแบบLocation Based Tracking เข้ามาช่วยในการติดตามตามข้อมูลบอกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ตำแหน่งของอุปกรณ์ GPS (ลองจิจูด, ละติจูด, ความสูง, ตำแหน่งเข็มทิศและการอ่านมาตรความเร่ง)ซึ่งมีอยู่ในสมาร์โฟนอยู่แล้วเข้ามาช่วยให้การแสดงผลของแบบจำลองในแอปพลิเคชันมีความแม่นยำที่มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. R. Heim, *Virtual Reality Wave 3*. Elsevier Inc., 2017.
- [2] C. Mahn, “The virtual tourist gaze in Greece, 1897-1905,” *Ann. Tour. Res.*, vol. 48, pp. 193–206, 2014, doi: 10.1016/j.annals.2014.06.001.
- [3] L. Repola, N. Scotto di Carlo, D. Signoretti, and J. Leidwanger, “Virtual simulation of a late antique shipwreck at Marzamemi, Sicily: Integrated processes for 3D documentation, analysis and representation of underwater archaeological data,” *Archaeol. Prospect.*, vol. 25, no. 2, pp. 99–109, 2018, doi: 10.1002/arp.1592.
- [4] A. H. and A. L. Theodore Koterwas, Jessica Suess, Scott Billings, “Augmenting Reality in Museums with Interactive Virtual Models,” *Augment. Real. Virtual Real.*, pp. 119–132, 2018, doi: 10.1007/978-3-319-64027-3.
- [5] L. Duan, T. Guan, and Y. Luo, “Wide area registration on camera phones for mobile augmented reality applications,” *Sens. Rev.*, vol. 33, no. 3, pp. 209–219, 2013, doi: 10.1108/02602281311324663.
- [6] D. Liu, K. K. Bhagat, Y. Gao, and T. Chang, “Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education,” in *The Potentials and Trends of Virtual Reality in Education*, pp. 105–130, 2017.
- [7] R. Hammady and M. Ma, “Designing Spatial UI as a Solution of the Narrow FOV of Microsoft HoloLens: Prototype of Virtual Museum Guide,” pp. 217–231, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-06246-0_16.
- [8] R. Hammady, M. Ma, C. Strathern, and M. Mohamad, “Design and development of a spatial mixed reality touring guide to the Egyptian museum,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 79, no. 5–6, pp. 3465–3494, 2020, doi: 10.1007/s11042-019-08026-w.
- [9] G. J. Harkema and A. Rosendaal, “From cinematograph to 3D model: how can virtual reality support film education hands-on?,” *Early Pop. Vis. Cult.*, vol. 18, no. 1, pp. 70–81, 2020, doi: 10.1080/17460654.2020.1761598.
- [10] N. Pretto, E. Micheloni, S. Gasparotto, C. Fantozzi, G. De Poli, and S. Canazza, “Technology-Enhanced Interaction with Cultural Heritage: An Antique Pan Flute from Egypt,” *J. Comput. Cult. Herit.*, vol. 13, no. 2, 2020, doi: 10.1145/3355395.

การพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

The Development of Semantic Augmented Reality Media for Recommending the Mental Health Care for Elderly

ยุภา คำตะพล

Yupa Kumtapol

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Computer Science, Faculty of Science and Technology of Phetchabun Rajabhat University

Received: October 05, 2020; Revised: November 25, 2020; Accepted: November 30, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – The research aims 1) to study the pattern of semantic knowledge base for recommending the mental health care for elderly 2) to develop the semantic augmented reality media (S-AR) for recommending the mental health care for elderly and 3) to assess the performance of SARM. Gathering the knowledge from books and in depth interviewing with 30 psychiatrists who have experience in mental health care for elderly and use the questionnaire with 70 elderly for creating the S-AR in web application on web application and access the performance and user satisfaction to the S-AR. This research found that semantic knowledge base divided 3 layers for linking to 2D AR which covered contents following the happiness 5 dimensions concept. The performance of S-AR was F-measure = 88.9% and user's satisfaction to system in overview was high level ($\bar{x}=4.24$, $SD=0.599$)

KEYWORDS: Augmented Reality, Ontology, Web application, Mental Health Care for Elderly

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ 2) พัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ และ 3) ประเมินประสิทธิภาพของสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ เก็บรวบรวมองค์ความรู้จากตำรา และสัมภาษณ์เชิงลึกกับนักจิตเวช โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล พื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดพิษณุโลก ที่มีประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วยทางจิตเวชในสูงอายุ จำนวน 30 คน และใช้แบบสอบถามกับผู้สูงอายุ จำนวน 70 คน เพื่อสร้างสื่อความจริงเสริมเชิงความหมายในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน และทำการประเมินประสิทธิภาพ และความพึงพอใจต่อระบบกับนักจิตเวช และผู้สูงอายุ ผลการวิจัยพบว่า ฐานความรู้ออนโทโลยีแบ่งออกเป็น 3 ระดับชั้น เชื่อมต่อกับสื่อความจริงเสริมแบบสองมิติ ที่มีเนื้อหาครอบคลุมตามแนวคิดสุข 5 มิติ ค่าประสิทธิภาพของระบบโดยรวมเท่ากับ 88.9% และผู้ใช้พึงพอใจต่อระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}=4.24$, $SD=0.599$)

คำสำคัญ: สื่อความจริงเสริม, ออนโทโลยี, เว็บแอปพลิเคชัน, การดูแลสุขภาพจิตผู้สูงอายุ

1. บทนำ

ผู้สูงอายุเป็นวัยของการเปลี่ยนแปลงทางกายและจิตใจ มีความเสื่อมของอวัยวะต่าง ๆ เมื่ออายุมากขึ้น ผิวหน้า กล้ามเนื้อ สายตาแยลง เรื่องของจิตใจก็มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากผู้สูงอายุจะประสบกับการสูญเสียในชีวิตมาก เช่น สูญเสียคนใกล้ชิด คู่แต่งงาน หน้าที่การงาน ทำให้ผู้สูงอายุต้องปรับตัวมาก หากไม่สามารถปรับตัวได้และหากสะสมเป็นระยะเวลานานก็อาจจะพบปัญหาสุขภาพจิตของผู้สูงอายุ ซึ่งจากรายงานของฐานข้อมูลการบริการผู้ป่วยโรคซึมเศร้า ในปี 2562 พบว่า มีผู้สูงอายุป่วยโรคซึมเศร้าเข้ารับบริการถึง 75,564 คน ซึ่งมีความเสี่ยงในการฆ่าตัวตายถึงร้อยละ 1.17 ซึ่งปัญหาสุขภาพจิตของผู้สูงอายุที่พบบ่อย ได้แก่ ความวิตกกังวล ซึมเศร้า การนอนไม่หลับ ความหวาดระแวง และความจำเสื่อม [1]

ปัจจุบัน โลกได้ก้าวเข้าสู่ยุคของการใช้ความรู้จากเทคโนโลยีความรู้หรือปัญญาประดิษฐ์ มีส่วนช่วยในการส่งผ่านความรู้จากคนสู่คอมพิวเตอร์และใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการคุณภาพชีวิตของตนเอง เพื่อรวบรวมสร้างความรู้ นำเสนอ แลกเปลี่ยน และ การนำมาประยุกต์ใช้เพื่อนำไปสู่การจัดการสารสนเทศ ที่มีประสิทธิภาพ และ ออนโทโลยี (Ontology) เป็นแนวคิดที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นที่นิยมใช้และศึกษาอย่างแพร่หลาย สามารถจัดการและนำเสนอองค์ความรู้ในรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างกันที่อยู่ภายใต้ขอบเขตที่สนใจ เป็นการตีกรอบแนวคิดในการอธิบายข้อมูลในขอบเขต หรือโดเมน สำหรับแก้ปัญหาความซับซ้อนของข้อมูลให้สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกันได้ มีความสามารถในการใช้ข้อมูลร่วมกัน สามารถนำข้อมูลกลับมาใช้ใหม่ และแยกองค์ความรู้ออกจากฐานข้อมูล [2] และในส่วน ของ Augmented Reality (AR) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือน ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพกลายเป็นวัตถุ ลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง Augmented Reality แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) Location-Based ใช้งานผ่าน Smart Phone และ 2) Marker หรือ Image-Based AR ส่วนใหญ่ใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ ด้วยการเขียนโค้ดหรือสไลด์การใช้งานเพื่อให้เกิดเป็นวัตถุในรูปแบบต่าง ๆ ลักษณะของเทคโนโลยี Augmented Reality คือการพัฒนาโดยผ่าน

ซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง

หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งภาพเสมือนจริงนั้นจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์บน Projector หรือบนโทรศัพท์ อาจมีลักษณะทั้งที่เป็นภาพนิ่งสามมิติ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบ ขึ้นอยู่กับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบ [3] ซึ่งการพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมายเกิดจากการบูรณาการอนโทโลยีกับเทคโนโลยี AR ซึ่งช่วยในการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลให้ง่ายต่อการถูกดึงออกมาใช้ภายใต้ความสัมพันธ์ในเชิงความหมาย ซึ่งจะช่วยให้ได้สื่อเพื่อส่งเสริมสุขภาพจิตของผู้สูงอายุที่มีประสิทธิภาพกว่าสื่อ AR ที่มีการพัฒนาในปัจจุบัน ซึ่งพบว่า มีการนำเสนอเนื้อหาข้อมูลและวัตถุที่ให้ผลลัพธ์เฉพาะเรื่องที่ใช้ต้องการค้นหาเท่านั้น โดยไม่ได้มีการเชื่อมโยงเพื่อเรียกเนื้อหาความรู้ที่มีความเกี่ยวข้อง และอยู่ในขอบเขตที่ผู้ใช้สนใจและเป็นประโยชน์อื่นๆ ขึ้นมาแสดง อีกทั้งสื่อ AR รูปแบบเดิม จะให้เนื้อหาความรู้การดูแลสุขภาพในภาพรวมเท่านั้น ซึ่งการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสริมบนพื้นฐานของกระบวนการเชิงความหมายด้วยอนโทโลยี จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายบริบทของข้อมูลสารสนเทศที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกัน โดยอนโทโลยีจะช่วยรวมข้อมูลที่ต่างกัน ให้เกิดการเชื่อมโยงเชิงความหมายในส่วนต่างๆ ได้[4]การสร้าง AR เชิงความหมายจะช่วยแก้ปัญหาของAR ในปัจจุบัน ที่ขาดความเข้าใจเชิงความหมายเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของผู้ใช้ และบริบทระหว่างโลกทางกายภาพและโลกเสมือนจริงซึ่งจะช่วยนำเสนอข้อมูลที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาที่หลากหลายรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการแสดงผลลัพธ์ และการสร้างแผนที่ความหมายที่สอดคล้องกับโลกความเป็นจริง [5]การนำอนโทโลยีมาใช้พัฒนาแอปพลิเคชัน AR มีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอธิบายทั้งโครงสร้างและพฤติกรรมของแอปพลิเคชัน AR ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการสร้างโค้ดที่ขับเคลื่อนด้วยความหมายรวมทั้งสามารถเปิดใช้งานคำอธิบายประกอบเชิงความหมายและดึงลักษณะเฉพาะของโดเมนความรู้ต่างๆ [6] เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นคว้ารู้ที่เป็นระบบและตรงกับขอบเขตความสนใจอย่างแท้จริงจากสภาพปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ ซึ่งจะเป็นนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้สูงอายุที่จะใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

เป็นเครื่องมือในการสร้างเสริมสุขภาพจิตที่ดีด้วยตนเองจากทุกสถานที่และทุกเวลา

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ
- 2.2 เพื่อพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ
- 2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลองค์ความรู้การดูแลและส่งเสริมสุขภาพจิต จำแนกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) Explicit knowledge โดยการศึกษาค้นคว้าจากตำราเรื่องแนวทางการดูแลทางด้านสังคมจิตใจของผู้สูงอายุเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพจิต (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1) และคู่มือ“ความสุข 5 มิติสำหรับผู้สูงอายุ” (ฉบับปรับปรุง) [7] เพื่อสกัดความรู้ที่จำเป็นในการส่งเสริมสุขภาพจิตผู้สูงอายุมากำหนดโครงสร้างและเนื้อหาความรู้ของฐานความรู้เชิงความหมายตามแนวคิดสุข 5 มิติ ได้แก่ สุขสบาย สุขสนุก สุขสง่า สุขสว่าง และสุขสงบ และ 2) Tacit knowledge โดยนำหัวข้อความรู้ที่สรุปได้จากตำราให้นักจิตเวช โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล พื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดพิษณุโลก ที่มีประสบการณ์ในการดูแลผู้ป่วยทางจิตเวชในผู้สูงอายุ จำนวน 30 คน ทำการตรวจทานความรู้และให้ข้อเสนอแนะว่าเนื้อหาความรู้ที่ค้นคว้าได้ตรงเป้าหมายในการพัฒนาสื่อ S-AR หรือไม่ จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของนักจิตเวชมาสร้างประเด็นการสอบถามกับผู้สูงอายุ จำนวน 70 คน ในรูปแบบสอบถามปลายปิด ว่ารูปแบบสื่อในมิติต่างๆ จะช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขได้ในระดับใด โดยแบ่งได้ 5 ระดับ ดังนี้ ระดับ 5 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับมากที่สุด ระดับ 4

หมายถึง ช่วยคลายเครียด/

หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับน้อย และระดับ 1 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับน้อยที่สุด

นำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการแปลผลการวิจัย ดังเกณฑ์ต่อไปนี้ 4.50 - 5.00 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับมากที่สุด 3.50 - 4.49 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับมาก 2.50 - 3.49 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับปานกลาง 1.50 - 2.49 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับน้อย และ 1.00 - 1.49 หมายถึง ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับน้อยที่สุด ผู้วิจัยนำรูปแบบสื่อที่แปลผลแล้วพบว่า ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับมากที่สุด มาใช้สร้างฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยีที่ช่วยจัดระบบการนำเสนอสื่อความจริงเสริมอย่างเป็นหมวดหมู่ และสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงความหมาย

3.2 การพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

โดยการพัฒนาระบบอยู่บนพื้นฐานของสถาปัตยกรรมการประมวลผลแบบ Client/Server และใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆ ดังนี้

3.2.1 โปรแกรม Protégé ใช้สร้างฐานความรู้ออนโทโลยี โดยการระบุนคลาส/โหนดความรู้ แอตทริบิวต์ และลักษณะความสัมพันธ์ต่างๆ ตามขอบเขตความรู้การส่งเสริมสุขภาพจิตตามแนวคิดสุข 5 มิติ

3.2.2 ภาษา Sparql ใช้คิวรีฐานความรู้ออนโทโลยี เพื่อให้ได้ข้อมูลความรู้เชิงความหมายในโหนดความรู้และโครงสร้างความสัมพันธ์เพื่อนำไปประสานกับการแสดงผลในส่วนของ AR

3.2.3 ภาษา Python เวอร์ชัน 3 และไลบรารี RdfLib ใช้พัฒนา Semantic services รับ-ส่งโครงสร้างความรู้เชิงความหมายไปยัง AR โดยการแบ่งปันความรู้จะอยู่ในรูปแบบ Json

3.2.4 MySQL ใช้พัฒนาระบบจัดเก็บเนื้อองค์ความรู้ที่มีการปรับปรุงตลอดเวลา โดยการออกแบบจะพิจารณาออนโทโลยี

ส่วนของคลาส/โหนดความรู้เปลี่ยนเป็นตารางข้อมูล แอตทริบิวต์ เป็นฟิลด์ข้อมูล และสร้างความสัมพันธ์ของตารางข้อมูลตามความสัมพันธ์ของออนโทโลยี

3.2.5 เฟรมเวิร์ค AR.js Studio ร่วมกับภาษา PHP ใช้สร้างสื่อ AR ที่ทำงานแบบเว็บแอปพลิเคชัน

3.3 การประเมินประสิทธิภาพของสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

จำแนกออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.3.1 การประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงความรู้บนสื่อความเป็นจริงเสริมกับนักจิตเวช จำนวน 30 คน แล้วนำมาหาค่า Precision, Recall และ F-measure โดยขั้นตอนการประเมินจะมุ่งหาประสิทธิภาพในค่าพารามิเตอร์ 3 ค่า คือ (A) จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องตามความสนใจแต่ไม่ถูกสืบค้น (B) จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ และ (C) จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าดังสมการต่อไปนี้ [8]

$$\text{Precision} = \frac{A}{A + C} \times 100, \quad \text{Recall} = \frac{A}{A + B} \times 100$$

$$\text{F-measure} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

3.3.2 การประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อระบบ จากกลุ่มตัวอย่างนักจิตเวช จำนวน 30 คน และผู้สูงอายุ จำนวน 70 คน รวมจำนวนทั้งหมด 100 คน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิจัยที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการศึกษารูปแบบฐานความรู้เชิงความหมายเพื่อ

แนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

สรุปได้ 2 ส่วนย่อย ดังนี้

4.1.1 ผลการตรวจทานความรู้ ให้ข้อเสนอแนะ และศึกษารูปแบบสื่อ S-AR พบว่าร้อยละของนักจิตเวชทำการตรวจทานความรู้เกี่ยวกับแนวคิดความสุข 5 ประการ ที่ค้นคว้าได้จากตำรา มีความเห็นว่าเนื้อหาความรู้ในภาพรวม ไม่ตรงเป้าหมายในการนำมาใช้พัฒนาสื่อ S-AR เพื่อส่งเสริมสุขภาพจิต คิดเป็นร้อยละ 48.9 และตรงเป้าหมาย คิดเป็นร้อยละ 47.7 โดยมีมติที่ตรงตามเป้าหมาย สามารถนำมาใช้พัฒนาสื่อได้ คือ มิติสุขภาพ คิดเป็นร้อยละ 83.0 และมิติสุขภาพ คิดเป็นร้อยละ 67.1 ส่วนมิติที่ไม่ตรงตามเป้าหมาย คือ มิติสุขภาพ มิติสุขภาพ และมิติสุขภาพ และสรุปได้ว่า ผู้สูงอายุมีความคิดเห็นในภาพรวมว่าสื่อที่นำเสนอจะช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุข ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 หากพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่าสื่อที่ช่วยคลายเครียด/ส่งเสริมความสุขในระดับมากที่สุด ได้แก่ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ รูปเครื่องดนตรีไทยประกอบเสียงลายเส้นดอกไม้ และผลไม้ (เพื่อใช้วาดภาพตามแบบ) และภาพวัด โบสถ์ และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ ประกอบเพลงบรรเลงร่วมเย็น ซึ่งจะสามารถนำรูปแบบที่ได้มาใช้เป็นแนวทางสร้างสื่อ S-AR เพื่อตอบโจทย์ความต้องการของผู้สูงอายุในขั้นต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 1

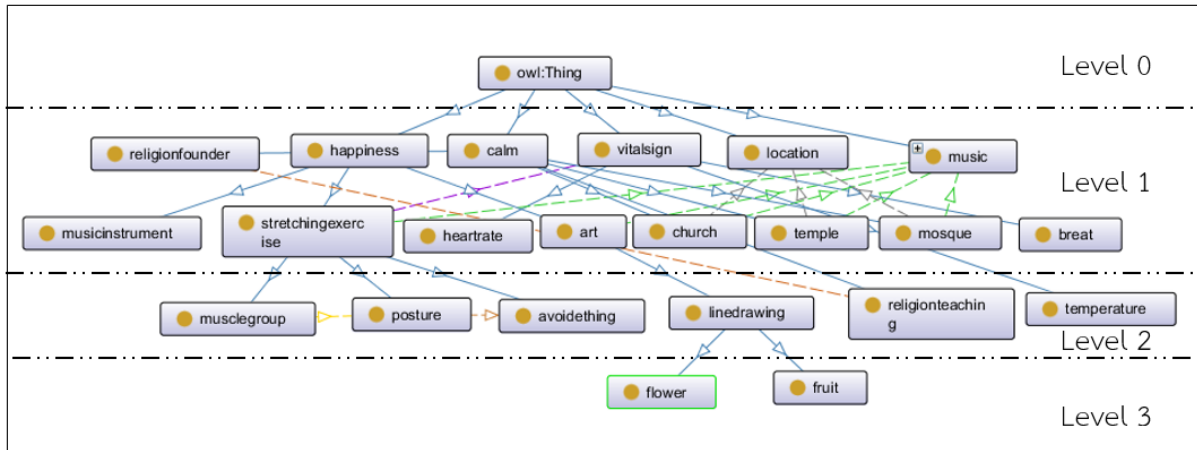
ตารางที่ 1. ผลการวิเคราะห์และคัดเลือกเนื้อหาความรู้ในการสร้างสื่อ S-AR เพื่อส่งเสริมสุขภาพจิตผู้สูงอายุ

หัวข้อความรู้	ผลการตรวจทานความรู้ จากนักจิตเวช (ร้อยละผู้ตอบ)			ข้อเสนอแนะจาก นักจิตเวช	รูปแบบสื่อ	ช่วยคลาย เครียด/ส่งเสริม ความสุขแก่ ผู้สูงอายุ $\bar{x}(SD)$
	ตรง เป้าหมาย (1)	ไม่ตรง เป้าหมาย (-1)	ไม่แน่ใจ (0)			
มิติสุขภาพ						
1. โภชนาการสำหรับ	20.0	80.0	0.0	- เกี่ยวข้องโดยอ้อม	-	-

หัวข้อความรู้	ผลการตรวจทานความรู้ จากนักจิตเวช (ร้อยละผู้ตอบ)			ข้อเสนอแนะจาก นักจิตเวช	รูปแบบสื่อ	ช่วยคลาย เครียด/ส่งเสริม ความสุขแก่ ผู้สูงอายุ $\bar{x}(SD)$
	ตรง เป้าหมาย (1)	ไม่ตรง เป้าหมาย (-1)	ไม่แน่ใจ (0)			
ผู้สูงอายุ				กับเรื่องสุขภาพจิต		
2. การป้องกันการหกล้ม	26.7	73.3	0.0	- ความรู้ไปทางการ	-	-
3. การแต่งตัว	30.0	70.0	0.0	ดูแลสุขภาพองค์รวม	-	-
รวม	25.6	74.4	0.0		-	-
มิติสุขสนุก						
4. การออกกำลังกาย/เล่นกีฬา	90.0	0.0	10.0	- ควรเน้นการนำเสนอ ท่าทางการออกกำลังกาย สำหรับ ผู้ที่มี สุขภาพดี และผู้ที่เป็ นโรคเรื้อรังที่ต้องดูแล พิเศษ	4.1 การออกกำลังกายบนตาราง 9 ช่อง	มาก 3.92 (0.672)
					4.2 การยืดเหยียด กล้ามเนื้อ	มากที่สุด* 4.56 (0.713)
5. การเล่นเกมดนตรี	72.0	25.0	3.0	- การเรียนรู้เรื่อง เครื่องดนตรีไทย ที่มี เสียงประกอบ - การนำเสนอภาพ	5.1 รูปเครื่อง ดนตรีไทย ประกอบเสียง	มากที่สุด* 4.62 (0.742)
6. การทำงานศิลปะ	87.0	0.0	13.0	ลายเส้น ให้ผู้สูงอายุ วาดตาม	6.1 ลายเส้น ดอกไม้ และ ผลไม้	มากที่สุด* 4.50 (0.581)
					6.2 ลายเส้น การ์ตูน	ปานกลาง 3.25 (0.653)
รวม	83.0*	8.3	8.7			มาก 4.17 (0.672)
มิติสุขสง่า						
7. อาชีพของเงิน	14.0	81.0	5.0	เกี่ยวข้องกับโดยอ้อมกับ เรื่องสุขภาพจิต	-	-
มิติสุขสว่าง						
8. ร่างกายของเงิน	78.2	20.0	1.8	เกี่ยวข้องกับโดยอ้อมกับ เรื่องสุขภาพจิต	8.1 นำเสนอ วิธีการสังเกต	มาก 4.42

หัวข้อความรู้	ผลการตรวจทานความรู้ จากนักจิตเวช (ร้อยละผู้ตอบ)			ข้อเสนอแนะจาก นักจิตเวช	รูปแบบสื่อ	ช่วยคลาย เครียด/ส่งเสริม ความสุขแก่ ผู้สูงอายุ $\bar{x}(SD)$
	ตรง เป้าหมาย (1)	ไม่ตรง เป้าหมาย (-1)	ไม่แน่ใจ (0)			
					ความผิดปกติของ ร่างกายต่างๆ	(0.631)
9. ครอบครัวของกัน	19.0	78.0	3.0		-	-
รวม	48.6	49.0	2.4			มาก 4.42 (0.631)
มีติสุขสงบ						
10. ศาสนา/ธรรมะ	78.2	20.0	1.8	- นำเสนอภาพสถานที่ ทางศาสนา - อาจมีเสียงสวดมนต์ ประกอบ	10.1 ภาพวัด โบสถ์ สิ่ง และ สิ่งศักดิ์สิทธิ์ ประกอบเสียง สวดมนต์	มาก 4.05 (0.774)
					10.2 ภาพวัด โบสถ์ และสิ่ง ศักดิ์สิทธิ์ ประกอบเพลง บรรเลงรุ่มเย็น	มากที่สุด* 4.52 (0.774)
11. วาระสุดท้ายของ ชีวิต และการปล่อยวาง	56.0	44.0	0.0		11.1 ภาพกาย สังขาร เพื่อการ ปล่อยวาง	ปานกลาง 3.08 (0.674)
รวม	67.1*	32.0	0.9			ปานกลาง 3.88 (0.724)
ภาพรวม	47.7	48.9	2.5			มาก 4.15 (0.676)

1.2 ผลการสร้างฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยีที่ช่วยจัดระบบการนำเสนอสื่อ AR ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยรูปแบบความรู้จากข้อ 1.1 มากำหนดขอบเขตการนำเสนอองค์ความรู้และสร้างออนโทโลยี ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยีเพื่อนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

จากรูปที่ 1 ออนโทโลยี แบ่งได้ 4 ระดับชั้น จำนวน 23 โหนดความรู้ โดยชั้นความรู้ Layer 0 คือ โหนดหลัก Layer 1 คือ โหนดความรู้เกี่ยวกับมิติสุขสนุก และมิติสุขสงบ รวมทั้ง โหนดความรู้ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ได้แก่ ศาสนาในศาสนา สัญญาชีพ ที่ตั้งสถานที่ทางศาสนาและวัฒนธรรม การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ คนตรีและเครื่องดนตรีบำบัดความเครียด และวิธีทางศิลปะบำบัดความเครียด Layer 2 คือ โหนดความรู้ที่เป็นรายละเอียดย่อยของ Layer 1 ได้แก่ จุดและท่าทางการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ข้อยกเว้นในการออกกำลังกาย คติธรรม/คำสั่งสอนทางศาสนาที่ช่วยผ่อนคลายจิตใจ และวิธีการวาดภาพลายเส้น และ Layer 3 คือ โหนดย่อยของการวาดภาพลายเส้นที่ผู้สูงอายุต้องการ คือ การวาดภาพลายเส้นดอกไม้ และผลไม้

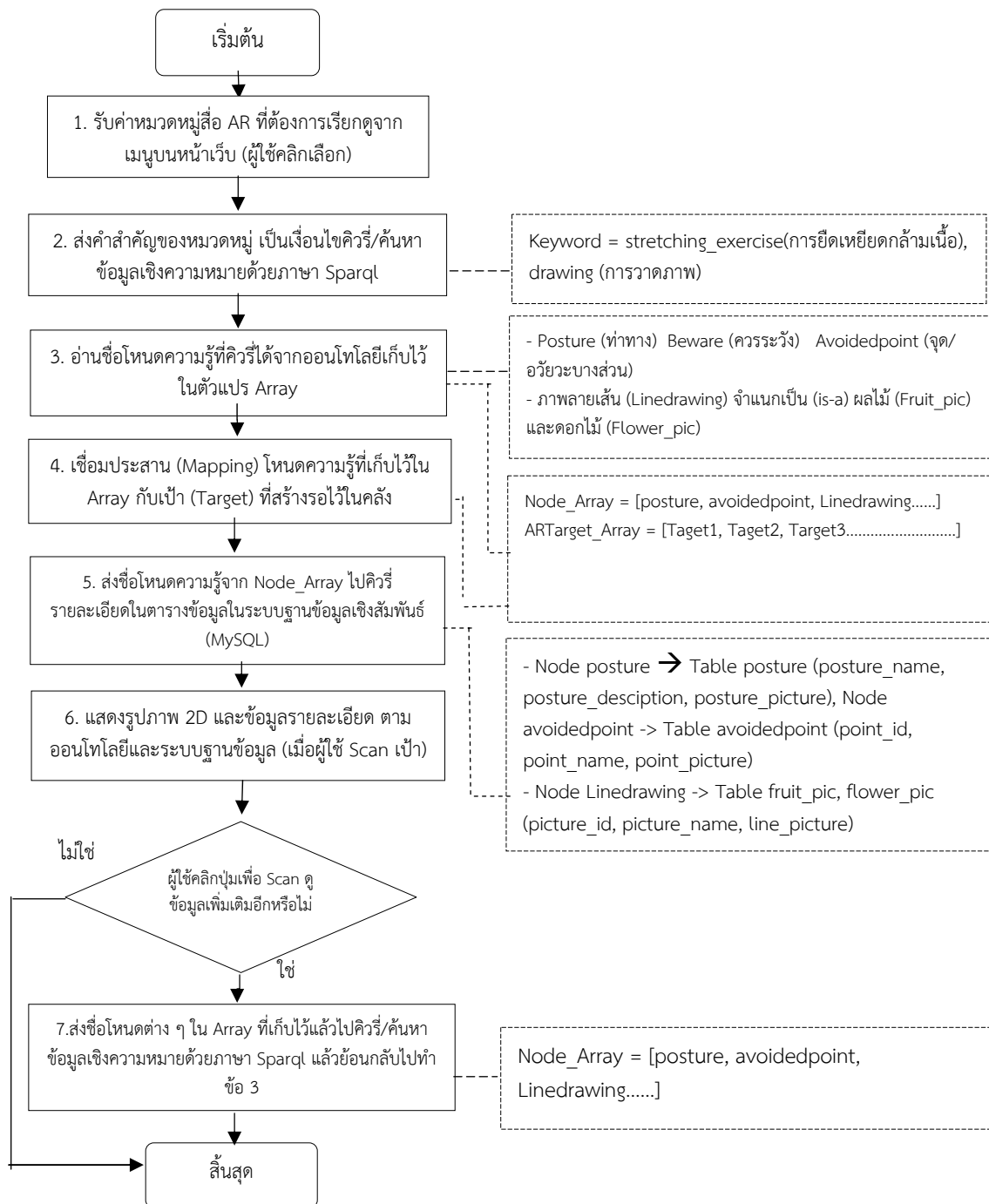
การประยุกต์ใช้ออนโทโลยีในระบบ S-AR จะช่วยทำให้การจัดหมวดหมู่สื่อเป็นระบบ มีการเชื่อมโยงโหนดความรู้ผ่านความหมายต่างๆ ที่กำหนดความสัมพันธ์ไว้ ได้แก่ 1) โหนดสถานที่ทางศาสนาและวัฒนธรรม มีความสัมพันธ์กับโหนดที่ตั้งบนแผนที่ช่วยแนะนำให้ผู้สูงอายุเดินทางไปเยี่ยมชมเพื่อผ่อนคลายความเครียด 2) โหนดการออกกำลังกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับโหนดสัญญาชีพ เช่น การเดินหัวใจ และการหายใจ เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้สูงอายุตรวจสอบสุขภาพตนเองในระหว่างการทำกิจกรรม และ 3) โหนดการวาด

ภาพลายเส้น และโหนดสถานที่ทางศาสนาและวัฒนธรรม มีความสัมพันธ์กับโหนดเสียงดนตรีคลายเครียด เพื่อให้สื่อสามารถดึงเสียงดนตรีมาประกอบการแสดงรูปภาพที่มีความเหมาะสมกับรูปภาพนั้นๆ รวมทั้งออนโทโลยีที่สร้างขึ้น จะสามารถประสาน (Mapping) กับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการปรับปรุงเพิ่มเติมได้ตลอดเวลา ได้แก่ ข้อมูลท่าทางการออกกำลังกาย/ยืดเหยียดกล้ามเนื้อ ภาพลายเส้น เสียงดนตรี และสถานที่ทางศาสนาและวัฒนธรรม และพิคัดที่ตั้ง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ดูแลระบบ หรือนักจิตเวช จะสามารถปรับปรุงข้อมูลได้ด้วยตนเอง และส่งผลให้ผู้ใช้ AR ในรูปแบบไดนามิก

4.2 ผลการพัฒนาสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ

ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ S-AR สามารถนำเสนอผลได้ 2 ส่วน ได้แก่ 1) การออกแบบขั้นตอนการประมวลผลของระบบ และการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานและส่วนติดต่อผู้ใช้งานต่างๆ ดังนี้

4.2.1 การออกแบบขั้นตอนการประมวลผลของระบบ S-AR ดังรูปที่ 2



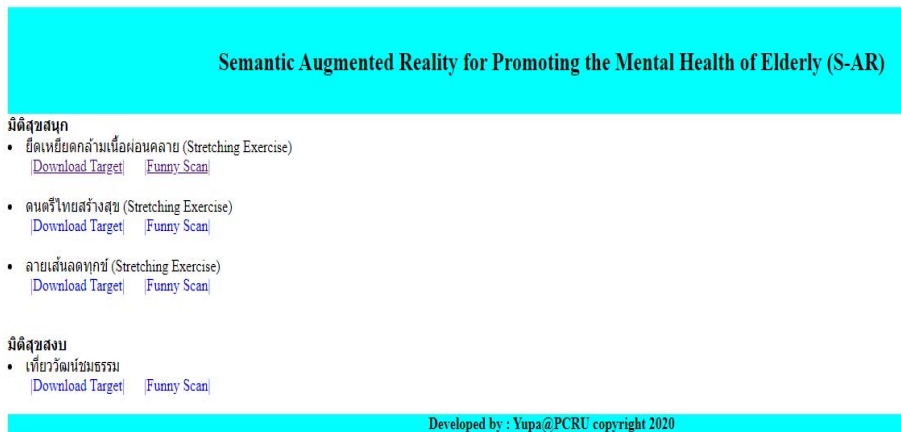
รูปที่ 2. ขั้นตอนการประมวลผลของระบบ S-AR

4.2.2 ผลการพัฒนาฟังก์ชันการทำงานและส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

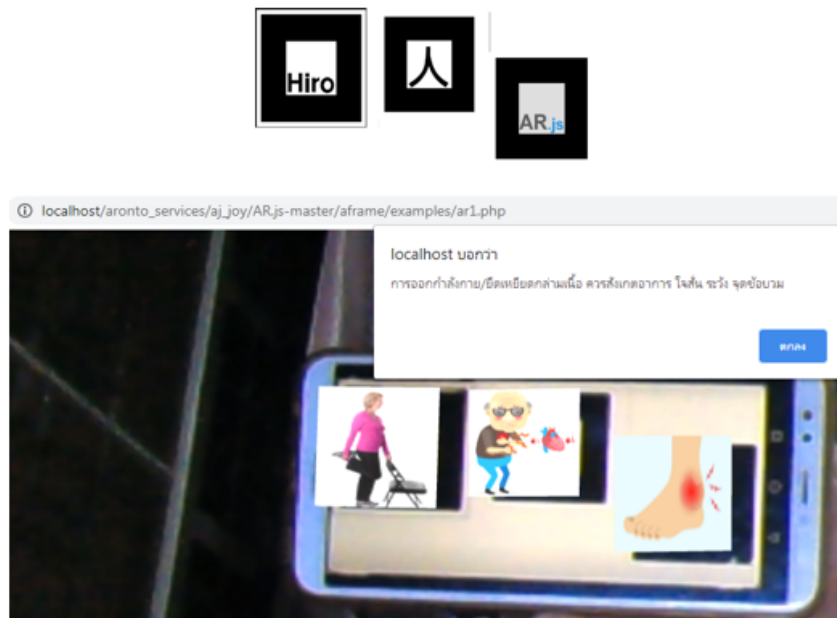
รูปที่ 3 เป็นการแสดงหน้าจอหลักนำเสนอหมวดหมู่ความรู้ในมิติสุขสนุก และมิติสุขสงบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยความต้องการสื่อของผู้สูงอายุ และแต่ละหมวดหมู่แบ่งออกเป็นเนื้อความรู้อย่างๆ ที่มีลิงค์เข้าไปดาวน์โหลดเป้า AR และลิงค์เข้าสู่ฟังก์ชัน Scan เป้า AR

รูปที่ 4 แสดงฟังก์ชัน Scan เป้า AR สามารถ Scan ได้ครั้งละ

หลายเป้าพร้อมกัน ซึ่งจำนวนเป้าจะสร้างขึ้นมาอัตโนมัติตามจำนวนโหนดความรู้ที่ค้นพบในออนโทโลยี เมื่อผู้ใช้ Scan เป้าระบบจะแสดงผลภาพ 2D ที่มีความสัมพันธ์กันในความหมาย รวมทั้งหน้าจอมีปุ่มควบคุมความรู้เพิ่มเติม เพื่อให้ผู้ใช้คลิกดูคำอธิบายความรู้ที่สอดคล้องกับภาพที่ดึงออกมาแสดงผล และการคลิกปุ่มจะเป็นการส่งโหนดความรู้ เข้าไปคิวรีความรู้ในออนโทโลยีเพิ่มเติมและเจาะลึกไปตามโครงสร้างความรู้เชิงความหมายดังที่ออกแบบไว้ อย่างมีประสิทธิภาพ

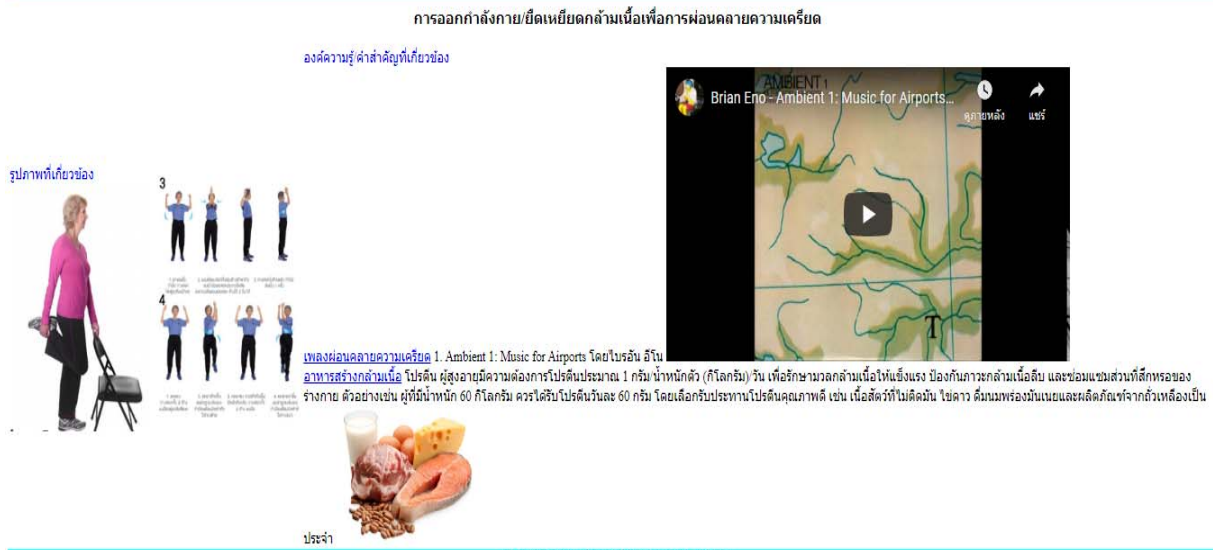


รูปที่ 3. หน้าจอหลักระบบ S-AR



รูปที่ 4. หน้าจอการ Scan เป้า และแสดงผลภาพ 2D และความรู้เชิงความหมาย

Semantic Augmented Reality for Promoting the Mental Health of Elderly (S-AR)



รูปที่ 5. หน้าจอแสดงองค์ความรู้เชิงความหมายเพื่อให้รายละเอียดเพิ่มเติมจากสื่อภาพ AR

จากรูปที่ 5 เมื่อผู้ใช้แตะทัชสกรีนตรงรูปภาพของสื่อ AR ระบบจะแสดงองค์ความรู้เชิงความหมายเพื่อให้รายละเอียดเพิ่มเติมในขอบเขตความรู้ในเรื่องนั้นๆ ทำให้ผู้ใช้ได้รับความรู้ที่ลงลึกเจาะประเด็นในเรื่องที่สนใจไปเรื่อยๆ ซึ่งจากรูปที่ 5 ได้แสดงรูปภาพและองค์ความรู้/คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกาย/ยืดเหยียดกล้ามเนื้อเพื่อการผ่อนคลายความเครียดของผู้สูงอายุ ซึ่งจะเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับเพลงบรรเลงเพื่อบำบัดความเครียด และการแนะนำการรับประทานอาหารเพื่อสร้างเสริมกล้ามเนื้อ และเมื่อผู้ใช้ต้องการแสกนคู่มือ AR ในเรื่องที่เจาะลึกไปต่อ ก็จะทำการคลิกคลิกเชื่อมไปยังเพจต่อไปที่จะเปิดให้ปรี้นเป่า AR ออกมาแสกนเพื่อดูความรู้เจาะลึกเชิงความหมายลงไปในชั้นต่างๆ เช่น สื่อภาพ 2 D และ VDO เกี่ยวกับอาหารโปรตีนเสริมสร้างกล้ามเนื้อ เป็นต้น

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย เพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ
การออกแบบการทดลองเพื่อประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดคำสำคัญผูกกับเป้า AR เพื่อรองรับการแสกนส่งคำสำคัญเข้าไปสืบค้นในระบบฐานความรู้เชิงความหมาย 5 คำสำคัญหลักๆ ที่จำเป็นต่อการส่งเสริมสุขภาพจิตในผู้สูงอายุ ได้แก่ ออกกำลังกาย วาดภาพดนตรี สถานที่ท่องเที่ยว และธรรมชาติจากนั้นทำการกำหนดผลลัพธ์เป้าหมายที่ระบบควรเชื่อมโยงความหมายและแสดงผลลัพธ์ออกมาเพื่อนำมาตรวจสอบจำนวนรายการข้อมูล/รูปภาพที่คิวรีออกมาได้ และทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพการค้นคืนความรู้ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการประเมินประสิทธิภาพการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย และการเชื่อมโยงความรู้บนสื่อความเป็นจริงเสริม

รายการทดสอบประสิทธิภาพ	ผลการค้นคืนความรู้เชิงความหมาย		
	จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้ และถูกต้องตามความสนใจ (A)	จำนวนข้อมูลที่ถูกต้องตามความสนใจแต่ไม่ถูกสืบค้น (B)	จำนวนข้อมูลที่สืบค้นได้แต่ไม่ถูกต้องตามความสนใจ (C)
1. การ Scan เป้า เพื่อเรียกดูท่าทางการออกกำลังกาย/ซิคเหยียดกล้ามเนื้อ (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ ท่าทาง, การสังเกตสัญญาณชีพ, จุด/อวัยวะที่ควรระวัง)	7 (การบริหารหน้าอก, แขน, ขา, หลัง, เอว, จุดข้ออักเสบ, ข้ออักเสบ)	2 (อัตราการหายใจ, อุณหภูมิร่างกาย)	0
2. การ Scan เป้า เพื่อฝึกวาดภาพลายเส้น (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ ภาพลายเส้นตามหมวดหมู่ผลไม้ ดอกไม้, การจัดหมวดหมู่ภาพที่มีรูปทรง/สีคล้ายกัน)	5 (มะม่วง, แก้วมังกร, แตงโม, กุหลาบ, ดาวเรือง)	0	0
3. การ Scan เป้า เพื่อเรียนรู้เรื่องเครื่องดนตรี และเสียงเครื่องดนตรี (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ การจัดหมวดหมู่เครื่องดนตรี เช่น ไทย/สากล, คีล/สี/ตี/เป่า)	6 (กีตาร์, จระเข้, กลอง, ระนาด, ขลุ่ย, แซกโซโฟน)	0	0
4. การ Scan เป้า เพื่อเยี่ยมชมสถานที่ท่องเที่ยวทางศิลปวัฒนธรรม (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ การจัดหมวดหมู่สถานที่ตามศาสนาที่นับถือ, พื้นที่ตั้ง, ลิงค์ดูเส้นทาง)	5 (วัด, พิพิธภัณฑ์, พระพุทธรูป, อนุสาวรีย์, ภัยพิบัติ, ลิงค์แผนที่เส้นทางบน google map)	3 (โบสถ์คริสต์, สุเหร่า, ศาสนาในศาสนาอื่น ๆ นอกจากพุทธศาสนา)	0
5. การ Scan เป้า มุมธรรมะผ่อนคลาย (ผลลัพธ์เป้าหมาย คือ เพลงธรรมะ, เสียงบรรยายธรรม, รูปภาพผ่อนคลายประกอบ)	5 (เพลงธรรมะ, เสียงบรรยายธรรม, ภาพน้ำตก, ภาพภูเขา, ภาพทะเล)	2 (ภาพวัด, ภาพศาสนา)	0
Mean	5.6	1.4	0
Precision	100%		
Recall	80%		
F-measure	88.9%		

จากตารางที่ 2 พบว่า การพัฒนาระบบ S-AR สามารถนำเสนอข้อมูลจากการสืบค้น และเชื่อมโยงกับสื่อความเป็นจริงเสริมเพื่อแนะนำการดูแลสุขภาพจิตแก่ผู้สูงอายุ ได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วนตามความสนใจของผู้ใช้ โดยมีค่า F-measure เท่ากับ 88.9%ผลการประเมินความพึงพอใจผู้ใช้ต่อระบบ S-AR

ในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.24$, $SD=0.599$) และสามารถเรียงด้านที่ผู้ใช้พึงพอใจสูงสุด – ต่ำสุด ได้แก่ 1) ด้านเนื้อหา ($\bar{x} = 4.12$, $SD=0.575$) 2) ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ ($\bar{x} = 4.34$, $SD=0.601$) และ 3) ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ($\bar{x} = 4.28$, $SD=0.622$)

5. บทสรุป

ระบบ S-AR หรือสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย จะช่วยเพิ่มความสามารถในการจัดหมวดหมู่ และเชื่อมโยงเรื่องราวผ่านการจัดวางสื่อที่เกี่ยวข้องกันในเชิงความหมายไว้บนพื้นที่นำเสนองานเดียวกัน รวมทั้งรองรับการ Scan เป้า ที่จะเชื่อมประสานกับสื่อ/ข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตความสนใจของผู้สูงอายุอย่างแท้จริง ซึ่งวิธีการที่คิดค้นนี้ จะช่วยทำให้ผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้สื่อได้อย่างเข้าใจ และเป็นลำดับมากยิ่งขึ้นกว่า AR แบบเดิมที่มีใช้งานจำนวนมากในปัจจุบัน

6. การอภิปราย

การออกแบบระบบฐานความรู้เชิงความหมายด้วยออนโทโลยีบนระบบ AR ที่เรียกใหม่ได้ว่าระบบ S-AR หรือสื่อความจริงเสริมเชิงความหมาย จะช่วยเพิ่มความสามารถในการจัดหมวดหมู่ และเชื่อมโยงเรื่องราวผ่านการจัดวางสื่อที่เกี่ยวข้องกันในเชิงความหมายไว้บนพื้นที่นำเสนองานเดียวกัน รวมทั้งรองรับการ Scan เป้า ที่จะเชื่อมประสานกับสื่อ/ข้อมูลที่อยู่ในขอบเขตความสนใจของผู้สูงอายุอย่างแท้จริง ซึ่งวิธีการที่คิดค้นนี้ จะช่วยทำให้ผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้สื่อได้อย่างเข้าใจ และเป็นลำดับมากยิ่งขึ้นกว่า AR แบบเดิมที่มีใช้งานจำนวนมากในปัจจุบัน ทั้งนี้การนำออนโทโลยีมาผสานรวมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จะช่วยรวมข้อมูลที่ต่างกัน ให้เกิดการเชื่อมโยงเชิงความหมายในส่วนต่างๆ ได้ [4] การใช้เว็บเชิงความหมายร่วมกับ AR จะมีความสามารถในการแยกโมเดลข้อมูล และลอจิกของแอปพลิเคชัน รวมทั้งรองรับการขยายสารสนเทศอย่างต่อเนื่องและจัดการข้อมูลที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกันได้ [9] ซึ่งการผสมผสานกันของสองเทคโนโลยีจะช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับสื่อทางสุขภาพจิตสำหรับผู้สูงอายุ และช่วยให้ผู้สูงอายุได้เข้าถึงระบบการดูแลสุขภาพจิตด้วยตนเองผ่านเทคโนโลยีที่จับต้องได้ อีกทั้งยังตอบสนองความต้องการของผู้สูงอายุที่ศึกษาภาพความจำลดลง ด้วยการนำเสนอเนื้อหาความรู้การดูแลสุขภาพผ่านสื่อมัลติมีเดียที่ง่ายต่อการจดจำ เป็นลำดับ หมวดหมู่ และให้ความรู้เชื่อมโยงครอบคลุมในขอบเขตความสนใจ การใช้เทคนิคการประสานออนโทโลยีกับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในงานวิจัยนี้ ก็เป็นเทคนิคหนึ่ง

ที่สำคัญ ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถปรับปรุงรายการข้อมูลได้ตลอดเวลา โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องรู้เกี่ยวกับโครงสร้างโหนดบนออนโทโลยี ก็สามารถปรับปรุงข้อมูลได้อย่างสะดวก เช่นเดียวกับปรามิโธ ลีทริจเจอร์ และวิโรวรรณ แสนชนะ [10] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบจัดการองค์ความรู้คนตรีพื้นบ้านมั่งคละในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง เพื่อการส่งเสริมและเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมไทย โดยใช้ออนโทโลยี ได้ใช้ออนโทโลยีร่วมกับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ในการเก็บรวบรวมและปรับปรุงข้อมูล ทั้งนี้ผู้ใช้ที่ไม่ใช่ผู้ดูแลระบบหลัก สามารถเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลที่ต่อเชื่อมกับออนโทโลยี เพื่อปรับปรุงข้อมูลผ่านหน้าจออินเทอร์เน็ตได้โดยสะดวก อีกทั้งฐานความรู้และรูปแบบสื่อที่ได้จากงานวิจัยนี้ ได้ผ่านกระบวนการวิจัยเชิงคุณภาพผสมผสานกับเชิงปริมาณ โดยให้นักจิตเวชทำการตรวจทานความสอดคล้องของเนื้อหาความรู้ และให้ผู้สูงอายุที่เป็นกลุ่มผู้ใช้งานจริง ให้ความคิดเห็นต่อรูปแบบสื่อ ก่อนนำมาพัฒนาระบบ ซึ่งช่วยทำให้ได้สื่อที่มีประสิทธิภาพที่ดี และผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อสื่อในระดับมาก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Mental Health, *Promote mental health of the elderly*, Nonthaburi: Department of Mental Health, 2019.
- [2] G. Antoniou, E. Franconi and F.V Harmelen, "Introduction to Semantic Web Ontology Languages," In Proc. Lecture Notes in Computer Science, January, pp. 1-21, 2005.
- [3] J. Pakorn, "AR (Augmented Reality) technology, the virtual world merges the real world," February, 2018. [Online], Available: <https://www.scimath.org/article-technology/item/7755-ar-augmented-reality>. [Accessed Aug. 10, 2019].
- [4] H. Kim, T. Matuszka, J. Kim1, J. Kim, W. Woo, "Ontology-based mobile augmented reality in cultural heritage sites: information modeling and user

- study,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 76, no 24, pp. 26001–26029, 2017.
- [5] J. Dehicchis, “Semantic Understanding for Augmented Reality and Its Applications,” M. S. thesis, Duke University, Durham, North Carolina, 2020.
- [6] L. Djordjevic, N. Petrovic and M. Tasic, “An Ontology-based Framework for Automated Code Generation of web AR Applications,” *Telfor Journal*, Vol. 12, no 1, pp. 67-72, 2020.
- [7] Ministry of Mental Health, Office of Mental Health and Development, *Standards for Mental Health Promotion and Prevention of Mental Health Problems for Community Hospital / Office of Mental Health Promotion and Development, Department of Mental Health, Ministry of Public Health*. Nonthaburi: Department of Mental Health, 2015.
- [8] C. D. Manning, P. Raghavan and H. Schütze, “Introduction to Information Retrieval,” Cambridge University Press, London, United Kingdom, 2009.
- [9] P. Cimiano, O. Corcho, V. Presutti, L. Hollink and S. Rudolph, “The Semantic Web: Semantics and Big Data,” In *Proc. Extended Semantic Web Conference '10*, 2013.
- [10] P. Sittichak and W. Sanchana, “Development knowledge management system for mangkla folk music in lower northern area for promote and distribute of thai culture using ontology and semantic wikipedia,” *Rajabhat Chiang Mai Research Journal*, Vol. 15, no 1, pp. 59-72, 2014.

ระบบวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคนิค
การเรียนรู้เชิงลึก

**The Analysis System of Counterfeit Banknote by Photo on
Smartphone using Deep Learning Technique**

ณัฐวดี หงส์บุญมี* และ คณิน ประทุมทอง

Nattavadee Hongboonmee and Kanin Pratoomthong*

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร

Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science,

Naresuan University

Received: October 18; Revised: November 21, 2020; Accepted: November 30, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – The aims of this research is to develop system used for classifying of counterfeit banknote using image processing with deep learning technology to help the analysis of counterfeit banknotes for use on smartphones. The operation consisted of 5 steps: 1) Collecting 10 samples of datagroup, 100 images per group, a total of 1,000 images. 2) Develop classification modeling using deep convolutional neural network technique with MobileNet algorithms through the TensorFlow library, train our model for 500 rounds. 3) Model evaluation. 4) Development of a user interface as a smartphone application. 5) System testing. The results of the experiment showed that a convolutional neural network model capable of accurately recognizing counterfeit banknotes with accuracy of 98.00%. The results of the application performance test. It was found that the application was able to analyze counterfeit banknotes using smartphone camera images and was able to recognize the images of all 10 types of banknotes with an average accuracy of 80.00%. In conclusion, this application can useful in detect of counterfeit banknotes.

KEYWORDS: Counterfeit Banknote, Image Classification, Convolutional Neural Network, Deep Learning, TensorFlow

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบธนบัตรปลอมโดยได้นำกระบวนการประมวลผลภาพร่วมกับเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์จำแนกธนบัตรปลอมสำหรับใช้งานบนสมาร์ทโฟนเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน การดำเนินงานประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) การรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 ประเภท ประเภทละ 100 ภาพรวมทั้งหมด 1,000 ภาพ 2) การสร้างโมเดลจำแนกภาพโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกคอนโวลูชันที่มีการใช้อัลกอริทึม MobileNet ผ่านไลบรารี TensorFlow ฝึกสอนโครงข่ายจำนวน 500 รอบ 3) การประเมินประสิทธิภาพโมเดล 4) การพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนและ 5) การทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน ผลการศึกษาพบว่าโมเดลจากโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกคอนโวลูชันมีประสิทธิภาพสูงสามารถจำแนกธนบัตรปลอมได้อย่างแม่นยำโดยได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องคิดเป็นความแม่นยำเฉลี่ยเท่ากับ 98.00% ส่วนผลการทดสอบ

*Corresponding Author: nattavadeeho@nu.ac.th

ประสิทธิภาพแอปพลิเคชันจากการใช้งานจริง พบว่าแอปพลิเคชันสามารถวิเคราะห์ธนบัตรด้วยการภาพถ่ายจากกล้อง
สมาร์ทโฟนและสามารถจำแนกภาพธนบัตรทั้ง 10 ประเภทได้ด้วยความถูกต้องเฉลี่ย 80.00% ซึ่งสามารถนำแอปพลิเคชันนี้
ไปใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบธนบัตรปลอมได้

คำสำคัญ: ธนบัตรปลอม, การจำแนกภาพ, โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน, การเรียนรู้เชิงลึก, เทนเซอร์โฟล

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ใช้ธนบัตรในการชำระค่าใช้จ่ายและชำระหนี้สิน ได้ถูกต้องตามกฎหมายธนบัตรในประเทศไทยมีหลายชนิด ได้แก่ ธนบัตร 1,000 บาท ธนบัตร 500 บาท ธนบัตร 100 บาท ธนบัตร 50 บาทและธนบัตร 20 บาท [1] ปัจจุบันพบการผลิตธนบัตรปลอมเพิ่มมากขึ้นและนำไปใช้ในการซื้อสิ่งของต่างๆจากร้านค้าที่ธนบัตรปลอมปะปนอยู่ในระบบเงินตรา ส่งผลให้เกิดปัญหาต่อผู้รับเงิน เพราะนอกจากจะทำให้จำนวนเงินที่ได้รับขาดจำนวนแล้วยังส่งผลให้ประชาชนเกิดความไม่ไว้วางใจต่อธนบัตรของรัฐบาลส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพทางการเงินของประเทศ ดังนั้นธนบัตรปลอมจึงถือเป็นอาชญากรรมที่ร้ายแรงหากไม่ได้รับการแก้ไขอาจกระทบถึงความเชื่อมั่นของการจับจ่ายใช้สอยและการใช้เงินของประชาชน เนื่องจากธนบัตรปลอมในปัจจุบันมีลักษณะคล้ายคลึงธนบัตรจริงเป็นอย่างมากทำให้มีความยากลำบากในการตรวจสอบและธนบัตรปลอมยังถูกนำไปใช้ต่อไป ซึ่งเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมายและสามารถถูกดำเนินคดีได้

ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ใช้ธนบัตรที่ต้องระมัดระวังและมีความละเอียดรอบคอบในการตรวจสอบธนบัตรที่รับมาจากทุกแหล่งว่าเป็นธนบัตรปลอมหรือไม่ ทว่าการตรวจสอบธนบัตรปลอมไม่ใช่เรื่องง่ายแม้ว่าจะมีข้อมูลคำแนะนำการตรวจสอบธนบัตรปลอมจากเว็บไซต์ต่างๆก็ยังคงเป็นเรื่องยากสำหรับประชาชนทั่วไปในการทำความเข้าใจ จากปัจจุบันเทคโนโลยีการประมวลผลภาพและเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเป็นเทคนิคที่กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถประมวลผลได้ด้วยความเร็วและแม่นยำประกอบกับการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

ด้วยเหตุดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงได้นำเสนอระบบวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายจากกล้องสมาร์ทโฟนโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการสร้างโมเดลจำแนกภาพธนบัตรปลอม ซึ่งการใช้แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนเป็นผู้ช่วย

ตรวจสอบธนบัตรจะช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนในการตรวจสอบธนบัตรปลอมเพียงผู้ถ่ายภาพธนบัตรจากกล้องสมาร์ทโฟนแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ทันทีทำให้สะดวกรวดเร็วและช่วยป้องกันยับยั้งธนบัตรปลอมไม่ให้แพร่กระจายนำไปใช้ต่อไปได้ ซึ่งจะทำให้ส่งผลเสียต่อระบบเศรษฐกิจและผิดกฎหมายอีกด้วย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโมเดลสำหรับจำแนกภาพธนบัตรปลอมโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบธนบัตรปลอมผ่านสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีตรวจสอบธนบัตรปลอม

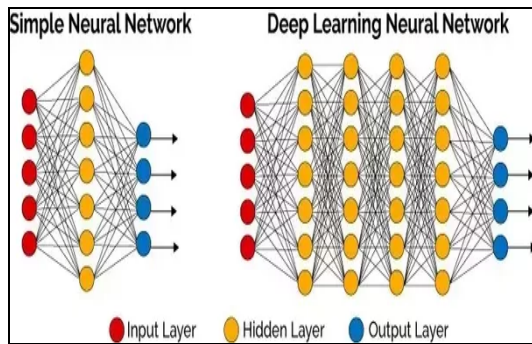
ธนบัตรเป็นสิ่งที่เป็นตัวแทนในการแลกเปลี่ยน [2] ซึ่งสามารถใช้ชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย โดยมีธนาคารแห่งประเทศไทยเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่ควบคุมดูแลการสั่งพิมพ์และนำออกใช้ธนบัตรภายในประเทศ วิธีตรวจสอบธนบัตรปลอม [3] มีดังนี้

1. ลายน้ําพระบรมสาทิสลักษณ์เมื่อยกส่องกับแสงสว่างจะมองเห็นได้ชัดเจน
2. ตัวอักษรและตัวเลขแจ้งราคาธนบัตรพิมพ์เส้นนูนเมื่อสัมผัสด้วยปลายนิ้วจะสามารถสัมผัสได้
3. ตัวเลขแฝง ซึ่งอยู่ในลายไทยมองเห็นได้เมื่อยกธนบัตรเอียงเข้าหาแสงสว่าง โดยมองจากมุมล่างซ้ายเข้าหาที่กลางธนบัตร
4. ภาพซ้อนทับพิมพ์แยกส่วนไว้บนด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อยกส่องกับแสงสว่างจะมองเห็นภาพสวยงามโดยแบ่งกัพื้นจะเป็นรูปดอกบัว แบ่งกั 500 เป็นรูปดอกพุดตาล แบ่งกั 100 เป็นตัวเลข 100 แบ่งกั 50 เป็นตัวเลข 50 แบ่งกั 20 เป็นตัวเลข 20

5. แลพบลอยด์ตีเงินมองเห็นเป็นหลายมิติและสะท้อนแสงเมื่อพลิกไปมา

2.2 เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [4] เป็นเทคนิคในกลุ่มโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) ที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ประกอบไปด้วยนิวรอนและชั้นซ่อนจำนวนมากเป็นอัลกอริทึมที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการเรียนรู้ของเครื่องจักรแต่ละระดับ Hidden Layer ของการเรียนรู้เชิงลึกมีมากกว่า ANN (รูปที่ 1) แต่ละเลเยอร์จะเปรียบเสมือนประกอบด้วยเซลล์ประสาท(Neural) จำนวนมากที่มีหน้าที่ในการประมวลผลโดยเลเยอร์แรกสุดจะทำหน้าที่ในการรับข้อมูล (Input Layer) และส่งข้อมูลที่ประมวลผลเสร็จแล้วไปยังเลเยอร์สุดท้าย(Output Layer)การส่งข้อมูลแบบนี้มีข้อดีคือแต่ละเลเยอร์อาจทำให้มีค่าถ่วงน้ำหนัก(Weight) ค่าความเอนเอียงของข้อมูล (Bias) และวิธีการประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Activation Function) เป็นอิสระต่อกันถ้าป้อนข้อมูลเข้าไปให้กับโมเดลมากเท่าไรแต่ละเลเยอร์ก็จะสามารถสกัดคุณลักษณะที่มีความซับซ้อนมากขึ้นทำให้ระบบสามารถตัดสินใจได้ใกล้เคียงกับมนุษย์มากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1. แสดงโครงสร้างของการเรียนรู้เชิงลึก

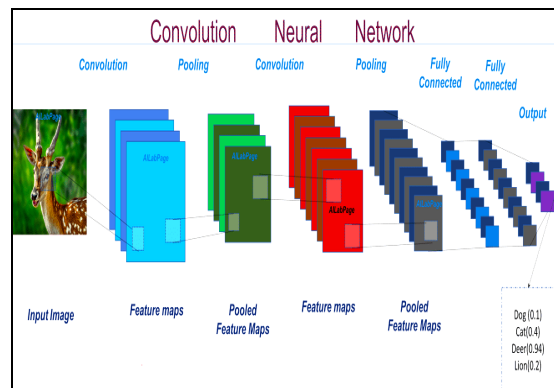
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน

โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network: CNN) [5] เป็นรูปแบบหนึ่งของการจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) ให้เป็นรูปแบบการเรียนรู้เชิงลึกที่เป็นลักษณะโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Learning Neural Network) โดยที่ CNN เป็นอัลกอริทึมที่เน้นใช้กับรูปภาพโดยจะดึงจุดเด่นของภาพนั้นๆ ออกมาส่วนการคอนโวลูชัน(Convolution)ภาพหมายถึงการมอง

ภาพเป็นเมตริกซ์ของพิกเซลเรียงต่อกันและจะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อยๆหรือนำมาจำแนก (Classification) และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อยๆมาผสานกันเพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เป็นสิ่งที่ใด

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน(รูปที่ 2)

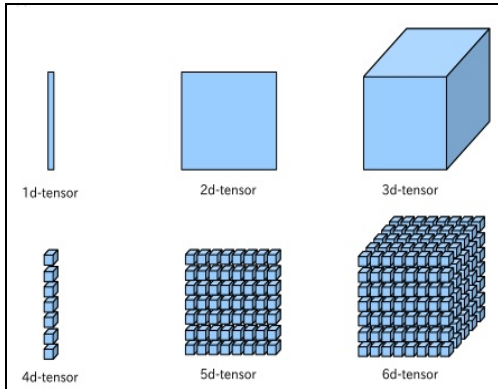
1. รับรูปภาพเป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data)
2. การสกัดคุณลักษณะเพื่อแยกองค์ประกอบของรูปภาพเช่น ขอบเส้นเพื่อให้ได้ฟังก์ชันคุณลักษณะ (Feature Maps)ในชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer)
3. ชั้น Pooling เป็นการลดขนาดข้อมูลจากฟังก์ชันคุณลักษณะที่มาจากชั้นคอนโวลูชัน
4. ชั้น Fully-Connected ให้ผลลัพธ์เป็นค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดและนำไปจำแนกประเภทของแต่ละคลาส
5. การแสดงผลลัพธ์ของการจำแนก (Output)



รูปที่ 2. โครงสร้างของConvolutional Neural Network

2.4 TensorFlow

TensorFlow [6] ไบรารีสำหรับใช้พัฒนาการเรียนรู้เชิงลึกเป็น Open Source (เขียนด้วย Python) ที่พัฒนาโดยกูเกิลTensorFlow มาจากชื่อเฟรมเวิร์กที่ถูกนำมาพัฒนาต่ออย่างTensor การคำนวณทั้งหมดจึงเกี่ยวข้องกับเวกเตอร์และเมตริกซ์หลายมิติที่มีข้อมูลอยู่หลากหลายชนิดค่าทั้งหมดในหนึ่ง Tensor จะมีขนาดของข้อมูลแตกต่างกันไปที่เรียกว่า Shape Tensor จะมาจากอะไรก็ได้ทั้งข้อมูลที่ป้อนเข้าในการคำนวณทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใน Graph เป็นโครงสร้างของตัวประมวลผลและการเชื่อมต่อกันระหว่าง Node และในแต่ละ Node ก็มี Tensor อยู่มากมายที่รอประมวลผล แสดงโครงสร้างดังรูปที่ 3

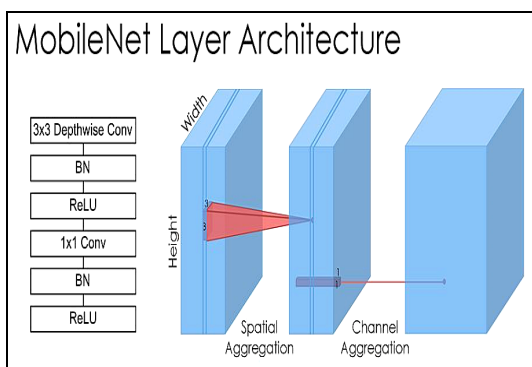


รูปที่ 3. แสดงโครงสร้างของ Tensor ใน TensorFlow

2.5 MobileNet

MobileNet [7] เป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบเชิงลึกแต่มีขนาดเล็กกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบเชิงลึกทั่วไป เพื่อให้สามารถนำโมเดลการเรียนรู้ไปใช้งานบนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก อาทิเช่น สมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ โครงข่าย MobileNet อาจจะมีความแม่นยำน้อยกว่าโมเดลเต็มรูปแบบที่เป็นที่นิยมแต่ก็มีขนาดเล็กลงมากส่งผลให้ใช้การประมวลผลน้อยลง แสดงโครงสร้างของ MobileNet ในรูปที่ 4

งานวิจัยนี้เลือกใช้โครงสร้าง MobileNet ซึ่งเป็นโมเดลแบบคอนโวลูชัน(CNN) ที่มีสถาปัตยกรรมขนาดเล็กเพื่อทำการสอนเพิ่มเติม (Fine-Tuning) สำหรับประยุกต์ใช้กับการจำแนกภาพธนบัตรปลอมจากภาพถ่ายผ่านสมาร์ทโฟน



รูปที่ 4. แสดงโครงสร้างของ MobileNet

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันเทคโนโลยีเกี่ยวกับการประมวลผลภาพและการเรียนรู้เชิงลึกมีการพัฒนาไปอย่างมากดังนั้นนักวิจัยจึงได้พยายามที่จะพัฒนาวิธีการเพื่อจะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีดังกล่าวในการ

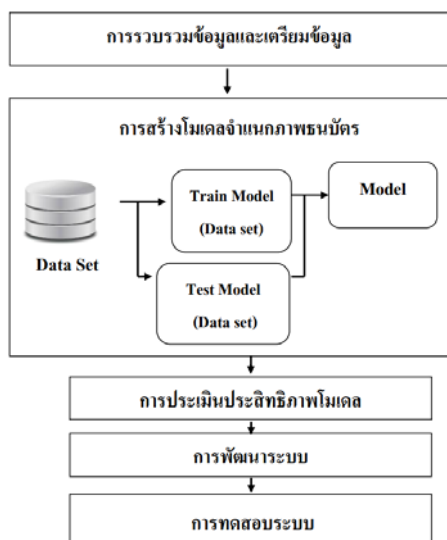
รู้จำและจำแนกภาพ โดยงานวิจัยของVermallและคณะ[8]ได้ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน(CNN)เพื่อใช้ในการจดจำอารมณ์ที่แสดงบนใบหน้างานวิจัยนี้แบ่งอารมณ์ออกเป็น 7 แบบได้แก่กลัว โกรธเบื่อบีความสุขปกติเศร้าและตกใจโดยใช้เทคนิค CNN ทำการเปรียบเทียบโครงสร้างสถาปัตยกรรม 3 แบบ ได้แก่แบบ Rectangular Architecture แบบ ModifiedTriangular Architecture และแบบVenturi Architecture โดยใช้ข้อมูลอารมณ์บนใบหน้าทั้งหมด 4,900 รูปใช้ 3,920 รูปในการเรียนรู้และ 980 รูปในการทดสอบผลการทดลองพบว่าสถาปัตยกรรม Venturi Architecture มีความแม่นยำมากที่สุดเท่ากับ 98.87%ในงานวิจัยของSoimartและคณะ [9] ได้นำเสนอการจำแนกส่วนผสมในภาพอาหารและแนะนำชื่ออาหารไทยสำหรับชาวต่างชาติที่ไม่รู้จักชื่อและส่วนผสมอาหารไทยโดยประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันมาจำแนกส่วนผสมในอาหารและชื่ออาหาร โดยใช้ข้อมูลภาพอาหาร 7 ประเภท ได้แก่ คัมข่ากุ้ง ผัดไทย ส้มตำ แกงเขียวหวาน มัสมั่น ข้าวผัดและน้ำตกหมู ใช้ข้อมูลภาพทั้งหมด 458 รูปจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผลการทดลองพบว่ามีความแม่นยำอยู่ที่74.00% จักรินทร์และคณะ [10] ศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันเพื่อใช้จำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ผลการเปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายโดยใช้โครงสร้าง GoogLeNetและ VGGNetพบว่าถ้าต้องการที่จะสร้างโมเดลเพื่อนำไปใช้ในการจำแนกพรรณไม้ที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติควรจะใช้โครงสร้างแบบ GoogLeNet ซึ่งได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 87.40%งานวิจัยของSladojevicและคณะ [11] นำโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันมาใช้เพื่อรู้จำพืชที่เป็นโรคโดยใช้ภาพใบไม้ที่เป็นโรคจำนวน 13 ประเภทรวมกับใบไม้ที่อยู่ในสภาพปกติอีก 2 ประเภท รวมเป็น 15 ประเภท จากการทดลองพบว่ามีความถูกต้องอยู่ที่96.30%งานวิจัยของ Sladojevicและคณะ [12] ศึกษาการจำแนกชนิดของนกท้องถิ่นจากข้อมูลภาพโดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกแบบ MobileNetในการสร้างโมเดลจำแนกชนิดนก แบ่งชนิดของนกเป็น 5 ประเภทใช้ข้อมูลภาพสำหรับทดลองประเภทละ 100 รูปภาพ จากการทดลองพบว่ามีความถูกต้องอยู่ที่ 100.00%งานวิจัยของ Uddimและคณะ [13] ศึกษาการตรวจสอบธนบัตรปลอมของบังกาลาเทศโดยทำการวิเคราะห์ธนบัตรปลอมจากภาพพิมพ์ลายน้ำและประยุกต์ใช้เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนหรือ SVM ในการสร้างอัลกอริทึมจำแนกภาพธนบัตรปลอม

แบ่งชนิดธนบัตรเป็น 2 ประเภทได้แก่ 500 BDT และ 1,000 BDT (สกุลเงินบังกลาเทศ)จากการทดลองพบว่ามียอดความถูกต้องอยู่ที่ 100.00%ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือเป็นการทดลองที่ยังไม่ได้นำอัลกอริทึมไปพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมาข้างต้นพบว่าเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกคอนโวลูชัน (CNN) มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาพที่มีความแม่นยำสูง ประกอบกับปัจจุบันการใช้งานสมาร์ทโฟนมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกคอนโวลูชัน (CNN) เลือกใช้โครงสร้าง MobileNet เพื่อให้ได้โมเดลการเรียนรู้ขนาดเล็กมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกภาพธนบัตรปลอมจากภาพถ่ายผ่านสมาร์ทโฟน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะนำเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจสอบและจำแนกภาพธนบัตรปลอมจากภาพถ่ายโดยทำการศึกษาเน้นไปที่ธนบัตรปลอมที่พบได้มากที่สุดได้แก่ ธนบัตรประเภท 1,000 บาท 500 บาท และ 100 บาท การศึกษานี้ศึกษาโมเดลให้จำแนกภาพธนบัตรทั้งหมด 10 ประเภทเพื่อให้สามารถจำแนกภาพได้ทั้งธนบัตรจริงและธนบัตรปลอม จึงได้ออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานไว้ดังนี้ (1) การรวบรวมข้อมูลและเตรียมข้อมูล (2) การสร้างโมเดลจำแนกภาพธนบัตร (3) การประเมินประสิทธิภาพโมเดล (4) การพัฒนาระบบและ (5) การทดสอบระบบ แสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การรวบรวมข้อมูลและเตรียมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลธนบัตรปลอมจากธนาคารพาณิชย์ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่พบธนบัตรปลอมได้มากที่สุด โดยทางธนาคารได้ให้ข้อมูลธนบัตรปลอมมาจำนวน 5 ประเภท ได้แก่ (1) ธนบัตร 1,000 บาท แบบ 15 (2) ธนบัตร 500 บาท แบบ 14 (3) ธนบัตร 500 บาท แบบ 16(4) ธนบัตร 100 บาท แบบ 14 และ (5) ธนบัตร 100 บาท แบบ 16 ข้อจำกัด คือ ธนบัตรปลอมที่ทางธนาคารให้ข้อมูลสามารถนำมาใช้ได้เฉพาะด้านหลังเนื่องจากธนบัตรปลอมด้านหน้าทางธนาคารขีดเส้นและระบุว่าเป็นธนบัตรปลอม

รูปแบบของธนบัตรปลอมจากกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่จะมีลักษณะดังนี้

1. กระดาษธนบัตร ธนบัตรจริงเมื่อจับสัมผัสจะให้ความรู้สึกแข็งแรงทนทานเพราะทำจากกระดาษที่มีใยฝ้ายเป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนกระดาษธนบัตรปลอมจะเปื่อยยุ่ยและกรอบ
2. ลายพิมพ์เส้นขนาน ธนบัตรปลอมภาพและลายเส้นจะไม่ละเอียดคมชัด เมื่อสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือจะไม่รู้สึกสะดุดตัวอักษรและตัวเลขแจ้งชนิดราคาดเคลื่อน
3. ธนบัตรปลอมจะไม่พบลายน้ำพระบรมสาทิสลักษณ์

นอกจากนี้ในงานวิจัยต้องการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลจำแนกภาพธนบัตรปลอมกับธนบัตรจริง จึงได้เก็บชุดข้อมูลภาพธนบัตรจริงเพิ่มเติมอีก 5 ประเภท ดำเนินการถ่ายรูปภาพกลุ่มตัวอย่างโดยใช้พื้นหลังเป็นกระดาษขาวและถ่ายด้วยกล้องจากโทรศัพท์ จากนั้นทำการปรับขนาดรูปภาพให้เท่ากับ 224x224 พิกเซลรูปภาพที่ถ่ายเป็นภาพธนบัตรด้านหลังธนบัตรปลอมจำนวน 5 ประเภทและธนบัตรจริงด้านหลัง 5 ประเภท โดยรวมชุดข้อมูลภาพที่ศึกษาทั้งหมด 10 ประเภท กลุ่มตัวอย่างประเภทละ 100 ภาพ รวมรูปภาพทั้งหมด 1,000 ภาพ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพที่นำมาทดลอง

คลาส	ประเภทธนบัตร	ตัวอย่างข้อมูลภาพ
1	ธนบัตรปลอม 1,000 บาท แบบที่ 15	

คลาส	ประเภท ธนบัตร	ตัวอย่างข้อมูลภาพ
2	ธนบัตรจริง 1,000 บาท แบบที่ 15	
3	ธนบัตรปลอม 500 บาท แบบที่ 14	
4	ธนบัตรจริง 500 บาท แบบที่ 14	
5	ธนบัตรปลอม 500 บาท แบบที่ 16	
6	ธนบัตรจริง 500 บาท แบบที่ 16	
7	ธนบัตรปลอม 100 บาท แบบที่ 14	
8	ธนบัตรจริง 100 บาท แบบที่ 14	
9	ธนบัตรปลอม 100 บาท แบบที่ 16	
10	ธนบัตรจริง 100 บาท แบบที่ 16	

3.2 การสร้างโมเดลจำแนกภาพธนบัตร

ขั้นตอนนี้เป็นกรนำข้อมูลที่จัดเตรียมไว้มาทำการประมวลผลเพื่อฝึกสอน (Train data) และสร้างโมเดลเพื่อรู้จำและจำแนก

ภาพธนบัตรจำนวน 10 ประเภท ประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันเลือกใช้อัลกอริทึม MobileNetเพื่อให้ได้โมเดลขนาดเล็กสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ผ่านสมาร์ตโฟนเครื่องมือสำหรับฝึกสอนและสร้าง โมเดล ได้แก่ ไบรารี TensorFlowและภาษา Python โดยทำการสุ่มแบ่งชุดข้อมูลภาพแต่ละประเภทออกเป็นข้อมูลฝึกสอน 90% และข้อมูลทดสอบ 10%

การศึกษานี้ นำเทคนิคการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมโมเดลที่สามารถปรับค่าให้เข้ากับชุดข้อมูลที่ได้เรียนรู้โดยนำมาใช้สอนให้ระบบเรียนรู้เพื่อนำมาแปลความหมายของรูปภาพจำนวนมากถ้าข้อมูลที่ป้อนระบบเรียนรู้มีจำนวนมากโมเดลก็สามารถปรับค่าให้เข้ากับชุดข้อมูลที่ได้เรียนรู้มากขึ้นยิ่งจำนวนรอบในการฝึกสอนมากจะช่วยให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ของโมเดลสูงยิ่งขึ้นดังนั้นจากการทดลองฝึกสอนโมเดลที่ 100 รอบ 300 รอบและ 500 รอบพบว่าการฝึกสอนโมเดลที่ 500 รอบ โมเดลมีค่าความถูกต้องมากที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงดำเนินการฝึกสอนโมเดลจำนวนทั้งสิ้น 500 รอบเมื่อทำการฝึกสอนโมเดลเสร็จจะได้โมเดลที่สามารถบอกผลลัพธ์ที่ต้องการออกมาได้

3.3 การประเมินประสิทธิภาพโมเดล

การประเมินประสิทธิภาพโมเดลจำแนกภาพธนบัตร โดยนำชุดข้อมูลภาพสำหรับทดสอบ (Test data)จำนวน100 ภาพ ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบ่งข้อมูลทดสอบจากภาพธนบัตรประเภทละ 10 ภาพ มาทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพการจำแนกภาพของโมเดลที่ได้ฝึกสอนไว้ โดยใช้เกณฑ์ความแม่นยำเป็นเกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความถูกต้องหรือความแม่นยำในการจำแนกประเภทภาพ และจะแสดงผลลัพธ์ที่จำแนกได้ว่าเป็นคลาสบวก (Positive Class: P) หรือคลาสลบ (Negative Class: N) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถมีได้ 4 แบบ คือ True Positive (TP) , False Positive (FP) , True Negative (TN) และ False Negative (FN) ซึ่งสามารถคำนวณค่าความถูกต้อง (Accuracy) ได้ดังสมการที่ 1 [14]

$$\text{Accuracy} = \frac{(\text{TP} + \text{TN}) \times 100}{(\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN})} \quad (1)$$

โดยที่

True Positive (TP) คือ คลาสบอกว่าจริงและทำนายว่าจริง

True Negative (TN) คือ คลาสบอกว่าไม่จริงและทำนายว่าไม่จริง

False Positive (FP) คือ คลาสบอกว่าจริงและทำนายว่าไม่จริง

False Negative (FN) คือ คลาสบอกว่าไม่จริงและทำนายว่าจริง

3.4 การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบเป็นขั้นตอนของการนำโมเดลจำแนกภาพที่ได้ไปใส่ในโมบายแอปพลิเคชัน โดยดำเนินการออกแบบระบบดังรูปที่ 6 การทำงานของระบบจะสามารถถ่ายภาพธนบัตรด้วยกล้องสมาร์ตโฟนจากนั้นทำการประมวลผลและจำแนกภาพด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อตรวจสอบว่าเป็นรูปภาพประเภทใดและทำการแสดงผลด้วยการระบุประเภทของธนบัตรที่ตรวจพบพร้อมแสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องกลับมาแสดงผลที่หน้าจอแอปพลิเคชัน



รูปที่ 6. แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

การพัฒนาระบบในรูปแบบโมบายแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งานเครื่องมือในการพัฒนาใช้โปรแกรม Android Studio และภาษา JAVA เป็นภาษาหลักในการพัฒนา โดยนำโมเดลจำแนกภาพที่ผ่านการฝึกสอนเรียบร้อยแล้วเข้าโปรแกรม Android Studio เพื่อเรียกใช้ประมวลผลในแอปพลิเคชัน

สำหรับการเรียกใช้โมเดลจำแนกภาพธนบัตรใช้ไลบรารีเทนเซอร์โฟลในการเรียกใช้งานโมเดลขั้นตอนการเรียกใช้ข้อมูลธนบัตรมาแสดงผลหลังจากการประมวลผลภาพโดยทำการรับไอดี(id)ที่ได้จากการการประมวลผลภาพที่ใช้ไลบรารีเทนเซอร์โฟลในการจำแนกภาพซึ่งในค่าไอดีที่ได้จะระบุว่าเป็นธนบัตรประเภทใดแล้วมากำหนดให้แสดงรายละเอียดข้อมูลธนบัตรตามธนบัตรชนิดนั้น ดังตัวอย่างโค้ดบางส่วน รูปที่ 7

```

77 cameraView.addCameraListener(new CameraListener() {
78     @Override
79     public void onPictureTaken(byte[] picture) {
80         BitmapFactory.Options options=new BitmapFactory.Options();
81         options.inPreferredConfig=Bitmap.Config.RGB_565;
82         Bitmap bitmap=BitmapFactory.decodeByteArray(picture,0,picture.length,options);
83         bitmap = rotateImage(bitmap, angle: 0);
84         Bitmap bitmapPass=bitmap;
85         String bitmapPath=saveToInternalStorage(bitmapPass);
86         bitmap = Bitmap.createScaledBitmap(bitmap, INPUT_SIZE, INPUT_SIZE, false);
87         //recognizeImage get data classify
88         final List<Classifier.Recognition> results = classifier.recognizeImage(bitmap);
89         Float getConfidant=results.get(0).getConfidence();
90         Float setConfidant=getConfidant*100f;
91         String confidance=String.format("%.2f%%",setConfidant);
92         String sum=confidance;
93
94         String Id=results.get(0).getId();
95         if(Id=null){
96             if(Objects.equals(Id, "0")){
97                 thainame=getString(R.string.namethai1);
98                 detail_a=getString(R.string.detail_a1);
99             }
100             else if(Objects.equals(Id, "1")){
101                 thainame=getString(R.string.namethai2);
102                 detail_a=getString(R.string.detail_a1);

```

รูปที่ 7. แสดงตัวอย่างโค้ดการดึงข้อมูลของธนบัตร

3.5 การทดสอบระบบ

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบใช้วิธีการทดสอบแบบ Black Box Testing เป็นการทดสอบฟังก์ชันการทำงานต่างๆของระบบเพื่อทดสอบความสมบูรณ์ของระบบที่พัฒนาขึ้น ผลการทดสอบระบบอธิบายรายละเอียดในส่วนของผลการดำเนินงาน

4. ผลการดำเนินงาน

จากการสร้างโมเดลจำแนกภาพธนบัตรปลอมโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกผลการดำเนินงานสามารถแบ่งออกเป็น3ส่วนดังนี้

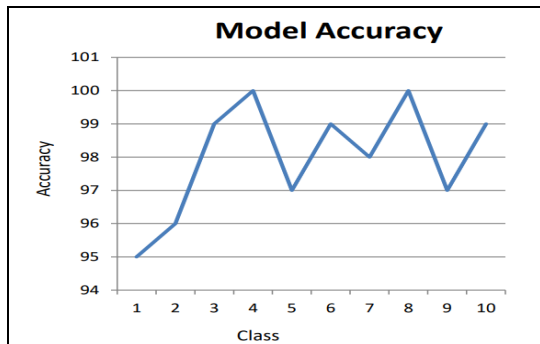
4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลในโปรแกรมภาษาไพทอนร่วมกับไลบรารีเทนเซอร์โฟล โดยทำการสุ่มแบ่งข้อมูลทดสอบแบบ 90:10 คือในแต่ละประเภทธนบัตรซึ่งมีจำนวนข้อมูล 100

ภาพ แบ่งเป็นข้อมูลฝึกสอน 90 ภาพและข้อมูลทดสอบ ประสิทธิภาพ โมเดล 10 ภาพแบ่งจำนวน90:10เท่ากันทุกประเภทชนิดบัตร ได้ผลค่าความถูกต้อง (Accuracy)แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 และรูปที่ 8

ตารางที่ 2. แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล

คลาส	ประเภทชนิดบัตร	Accuracy (%)
1	ชนิดบัตรปลอม1,000 บาทแบบ15	95.00
2	ชนิดบัตรจริง1,000 บาท แบบ15	96.00
3	ชนิดบัตรปลอม500 บาทแบบ14	99.00
4	ชนิดบัตรจริง500 บาทแบบ14	100.00
5	ชนิดบัตรปลอม500 บาทแบบ16	97.00
6	ชนิดบัตรจริง 500 บาทแบบ 16	99.00
7	ชนิดบัตรปลอม100 บาทแบบ 14	98.00
8	ชนิดบัตรจริง 100บาทแบบ 14	100.00
9	ชนิดบัตรปลอม100 บาทแบบ16	97.00
10	ชนิดบัตรจริง100 บาทแบบ 16	99.00
เฉลี่ย		98.00



รูปที่ 8. กราฟแสดงค่าความแม่นยำการจำแนกชนิดบัตรของโมเดล

ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดลในตารางที่ 2 และรูปที่ 8 พบว่าการจำแนกภาพชนิดบัตรจริง 500 บาท แบบ 14 และชนิดบัตรจริง 100 บาท แบบ 14มีค่าความถูกต้องของการจำแนกสูงกว่าคลาสอื่น คือ 100.00% ส่วนการจำแนกชนิดบัตรปลอมได้ถูกต้องมากที่สุดได้แก่ชนิดบัตรปลอม 500 บาท แบบ 14มีค่าความถูกต้อง 99.00% การจำแนกภาพชนิดบัตรปลอม 1,000 บาทแบบ 15มีความถูกต้องน้อยที่สุดคือ95.00%

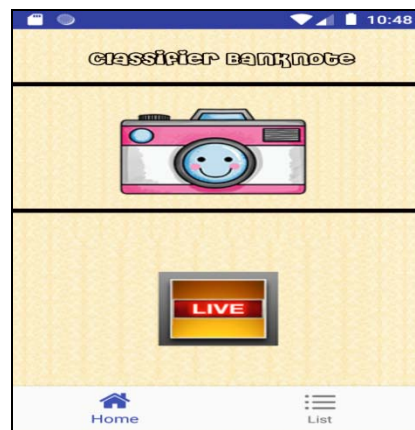
ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องเฉลี่ยของโมเดลเท่ากับ98.00% ซึ่งมีประสิทธิภาพความแม่นยำอยู่ในระดับดี ดังนั้นจึงนำโมเดลนี้ไป

ประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันวิเคราะห์ชนิดบัตรปลอมจากภาพถ่ายบนสมาร์ตโฟน

4.2 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

ผลการพัฒนาโมบายแอปพลิเคชันวิเคราะห์ชนิดบัตรปลอมจากภาพถ่ายประกอบด้วยส่วนแสดงผล 4 ส่วน ได้แก่ หน้าจอหลัก หน้าจอถ่ายภาพ หน้าจอวิเคราะห์ผลและหน้าจอข้อมูลชนิดบัตรประเภทต่างๆ แสดงรายละเอียดแอปพลิเคชัน ในรูปที่ 9-13ดังนี้

หน้าจอหลักแอปพลิเคชันแสดงดังรูปที่9เมื่อผู้ใช้งานเลือกเมนูถ่ายภาพ ผู้ใช้งานต้องใช้กล้องสมาร์ตโฟนถ่ายภาพชนิดบัตร จากนั้นแอปพลิเคชันจะเรียกใช้การประมวลผลจากโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้เทรนไว้เพื่อวิเคราะห์ภาพชนิดบัตรปลอมและแสดงผลลัพธ์หน้าจอ(รูปที่ 10-11)ถ้าเลือกที่ข้อมูลเกี่ยวกับชนิดบัตรระบบจะแสดงข้อมูลชนิดบัตรประเภทต่างๆ ดังตัวอย่างรูปที่ 12-13



รูปที่ 9. หน้าจอหลักแอปพลิเคชัน



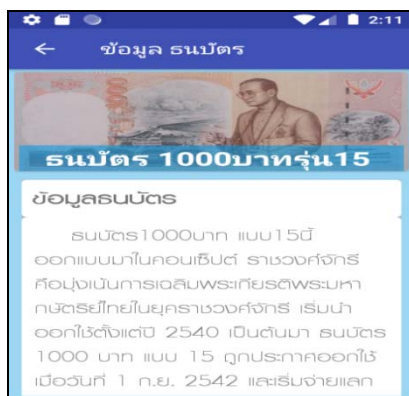
รูปที่ 10. แสดงหน้าจอการถ่ายภาพรูป



รูปที่ 11. แสดงหน้าจอผลลัพธ์



รูปที่ 12. หน้าจอข้อมูลรายการธนบัตร



รูปที่ 13. หน้าจอข้อมูลธนบัตรแต่ละประเภท

การทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันดำเนินการทดสอบถ่ายภาพธนบัตรผ่านกล้องสมาร์ทโฟนจำนวนประเภทละ 10 ครั้ง ซึ่งการทดสอบนี้เป็นธนบัตรที่ยังไม่เคยฝึกสอนมาก่อน (Unseen Data) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชันได้ผลการทดลองดังนี้ ธนบัตรปลอมที่แอปพลิเคชัน

สามารถทำนายได้ถูกต้องมากที่สุดได้แก่ ธนบัตรปลอม 500 บาท แบบ 14 ส่วนธนบัตรปลอมที่ทำนายได้ถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่ ธนบัตรปลอม 1,000 บาท แบบ 15 ซึ่งการจำแนกข้อมูลธนบัตรปลอม 1,000 บาท ที่ผิดพลาดอาจเนื่องจากสาเหตุดังนี้

1. ภาพธนบัตรปลอม 1,000 บาท มีความใกล้เคียงกับภาพธนบัตรจริง 1,000 บาท ทำให้โมเดลประมวลผลคลาดเคลื่อน
2. ภาพธนบัตรปลอม 1,000 บาท มีสีขาวใกล้เคียงกับภาพพื้นหลัง ทำให้ภาพไม่ชัดเจนอาจส่งผลให้โมเดลประมวลผลคลาดเคลื่อน

ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของแอปพลิเคชันตรวจสอบธนบัตรปลอม ปรากฏว่ามีค่าความถูกต้องเฉลี่ยเท่ากับ 80.00%รายละเอียดดังตารางที่ 3 และรูปที่ 14

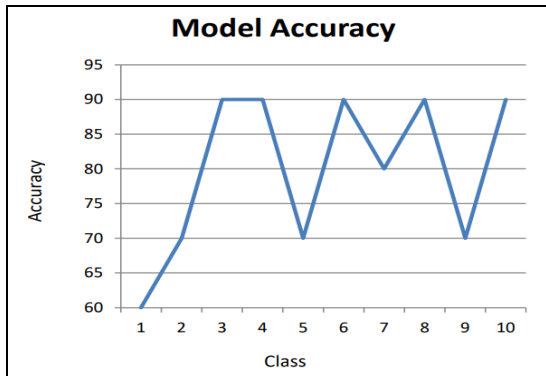
ข้อจำกัดของแอปพลิเคชัน คือ

1. กล้องสมาร์ทโฟนต้องมีความละเอียดของภาพที่สูงเพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถวิเคราะห์ภาพได้อย่างแม่นยำ
2. การถ่ายภาพจะต้องเป็นภาพด้านหลังของธนบัตร และถ่ายมุมตรงเห็นภาพธนบัตรทั้งฉบับจึงจะสามารถประมวลผลได้
3. การประมวลผลภาพควรถ่ายภาพในสถานที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ

ตารางที่ 3. แสดงผลการทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชัน

ประเภทธนบัตร	จำแนกถูกต้อง	จำแนกผิดพลาด	Accuracy (%)
ธนบัตรปลอม 1,000 บาท แบบ 15	6	4	60.00
ธนบัตรจริง 1,000 บาท แบบ 15	7	3	70.00
ธนบัตรปลอม 500 บาท แบบ 14	9	1	90.00
ธนบัตรจริง 500 บาท แบบ 14	9	1	90.00
ธนบัตรปลอม 500 บาท แบบ 16	7	3	70.00
ธนบัตรจริง 500 บาท แบบ 16	9	1	90.00
ธนบัตรปลอม 100 บาท แบบ 14	8	2	80.00
ธนบัตรจริง 100 บาท แบบ 14	9	1	90.00

ประเภทธนบัตร	จำแนกถูกต้อง	จำแนกผิดพลาด	Accuracy (%)
ธนบัตรปลอม 100 บาท แบบ 16	7	3	70.00
ธนบัตรจริง 100 บาท แบบ 16	9	1	90.00
เฉลี่ย			80.00



รูปที่ 14. กราฟค่าความแม่นยำการจำแนกของแอปพลิเคชัน

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้

การประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนทดลองใช้แอปพลิเคชันแล้วทำแบบสอบถาม โดยกำหนดระดับความพึงพอใจ [15] ของการใช้แอปพลิเคชันตรวจสอบธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายไว้ดังนี้

- 4.51 – 5.00 หมายถึงดีที่สุด
- 3.51 – 4.50 หมายถึงดี
- 2.51 – 3.50 หมายถึงปานกลาง
- 1.51 – 2.50 หมายถึงน้อย
- 1.00 – 1.50 หมายถึงน้อยที่สุด

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานของกลุ่มตัวอย่างได้ผลดังตารางที่ 4 ความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับดี (Mean = 4.28, S.D. = 0.67) โดยผลการประเมินด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของระบบมีค่ามากที่สุด (Mean = 4.43, S.D. = 0.56)

ตารางที่ 4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	Mean	S.D.	การแปลผล
1. ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้	4.13	0.76	ดี
2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงาน	4.27	0.73	ดี

รายการประเมิน	Mean	S.D.	การแปลผล
3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	4.43	0.56	ดี
4. ด้านประโยชน์ของระบบ	4.30	0.64	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.28	0.67	ดี

5. สรุปและการอภิปราย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบธนบัตรปลอมผ่านการถ่ายภาพจากกล้องสมาร์ทโฟนซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการช่วยตรวจสอบธนบัตรปลอมได้อย่างสะดวกรวดเร็วและถูกต้อง โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกแบบ CNN การดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่างภาพธนบัตร โดยแบ่งคลาสที่ต้องการจำแนกออกเป็น 10 คลาส คลาสละ 100 ภาพ จำนวนภาพทั้งหมด 1,000 ภาพ นำมาสร้างโมเดลจำแนกภาพด้วยไลบรารี Tensorflow และภาษา Python โดยทำการสุ่มแบ่งชุดข้อมูลภาพแต่ละประเภทออกเป็นข้อมูลฝึกสอน (Train Data Set) 90% และข้อมูลทดสอบ (Test Data Set) 10% รอบการเทรนจำนวน 500 รอบ ผลการสร้างโมเดลจำแนกภาพพบว่าโมเดลมีค่าความถูกต้องเฉลี่ย 98.00% ซึ่งมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีจากนั้นนำโมเดลไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้โปรแกรม Android Studio ภาษา JAVA ผลการทดสอบการใช้งานจริงของแอปพลิเคชัน พบว่าแอปพลิเคชันสามารถจำแนกและระบุธนบัตรได้ถูกต้องเฉลี่ย 80.00%

จากการทดลองพบว่าธนบัตรปลอมที่แอปพลิเคชันจำแนกได้ถูกต้องมากที่สุดได้แก่ธนบัตรปลอม 500 บาท แบบ 14 และธนบัตรปลอมที่จำแนกได้ความถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่ธนบัตร 1,000 บาทแบบ 15 เนื่องจากภาพธนบัตรจริงและธนบัตรปลอม 1,000 บาท มีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งอาจทำให้การทำนายผลมีค่าความถูกต้องน้อยกว่าคลาสอื่น

นอกจากนี้จากการทดสอบการใช้งานจริงแอปพลิเคชันยังพบข้อจำกัด คือ การตรวจสอบธนบัตรต้องเป็นภาพด้านหลังของธนบัตรเท่านั้น คุณภาพและความละเอียดของกล้องสมาร์ทโฟนมีผลต่อความแม่นยำในการทำนายและระยะห่างการถ่ายภาพรวมทั้งแสงสว่างมีผลต่อความแม่นยำของการจำแนกภาพธนบัตรเช่นกัน

แนวทางการพัฒนาในอนาคต คือ การพัฒนาในส่วนที่ยังพบข้อจำกัด ได้แก่ เพิ่มเติมในส่วนของกลุ่มตัวอย่างในการฝึกสอน เนื่องจากการศึกษานี้มีข้อจำกัดในการหาข้อมูลกลุ่มตัวอย่างภาพธนบัตรปลอม และการปรับปรุงกระบวนการเตรียมข้อมูล เพื่อให้การฝึกสอนโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bank of Thailand, "Banknote History", [Online], Available: https://www.bot.or.th/Thai/Banknotes/Banknotes/HistoryAndSeriesOfBanknotes/Pages/All_Series_of_Banknotes.aspx. [Accessed: Sep. 8, 2019]
- [2] Sangkhit Chanthanapho, "From Shellfish to Paper Money," Sparkling Diamond Publisher, Bangkok, 2016
- [3] Nubank.com, "How to Detect Counterfeit Banknotes", [Online], Available: <https://www.nubank.com/knowledge/Howtodetectcounterfeitbanknotes.html>. [Accessed: Oct. 11, 2019]
- [4] R. Ye, C. Pan, M. Chang and Q. Yu, "Intelligent Defect Classification System based on Deep Learning," *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 10, No. 3pp. 1–7, 2018.
- [5] T. Guo, J. Dong, H. Li and Y. Gao, "Simple Convolutional Neural Network on Image Classification", IEEE International Conference on Big Data Analysis, China, 2017, pp. 721-724
- [6] F. Ertam and G. Aydın, "Data Classification with Deep Learning using Tensorflow," International Conference on Computer Science and Engineering, Antalya, pp. 755-758, 2017.
- [7] D. Wu, Y. Zhang, X. Jia, L. Tian, T. Li, L. Sui, D. Xie, and Y. Shan, "A High-performance CNN Processor based on FPGA for Mobilenets," International Conference on Field Programmable Logic and Applications, pp. 136–143, 2019.
- [8] A. Verma, P. Singh and J. Alex, "Modified Convolution Neural Network Architecture Analysis for Facial Emotion Recognition," International Conference on Systems, Signals and Image Processing, Croatia, pp. 169-173, 2019.
- [9] L. Soimart and P. Mookdarsanit, "Ingredients Estimation and Recommendation of Thai-foods," *SNRU Journal of Science and Technology*, Vol.9, No.2, May-August. pp. 509-520, 2017.
- [10] J. Sanuksan and O. Surinta, "Deep Convolutional Neural Networks for Plant Recognition in the Natural Environment," *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, Vol.38, No.2pp. 113-124, 2019.
- [11] S. Sladojevic, M. Arsenovic, A. Anderla, D. Culibrk, D. Stefanovic, "Deep Neural Networks Based Recognition of Plant Diseases by Leaf Image Classification," *Computational Intelligence and Neuroscience* pp. 1–11, 2016.
- [12] M. Islam, N. Tasnim and S. Shuvo, "MobileNet Model for Classifying Local Birds of Bangladesh from Image Content using Convolutional Neural Network," International Conference on Computing, Communication and Network Technologies, India, pp.1-4, 2019.
- [13] M. Uddin, P. Das and M. Roney, "Image-based Approach for the Detection of Counterfeit Banknotes of Bangladesh," IEEE 5th International Conference Informatics Electronics and Vision, Bangladesh, pp.1067-1072, 2016.
- [14] S. Yammen, N. Pimkhamwong and C. Rityen, "Classification of White Rice Seed by Image Processing," *RMUTP Research Journal*, Vol.10, No.1pp. 1-14, 2016.
- [15] Y. Gulatee, P. Pongthano and C. Sakunrasrisuay, "Smartphone Application for Diabetes Behavior Study in Thailand," *Sripatun Review of Science and Technology*, Vol.11, January-December, pp. 7-22, 2019.

การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกโดยใช้การประมวลผลภาพ
**Physical Quality Investigation of Germinated Brown Rice by
using Image Processing**

สรารุณี บุญเกิดรัมย์^{1*} และ ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์²

Sarawoot Boonkidram^{1} and Nattavut Sriwiboon²*

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

¹*Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon Thailand*

²*Faculty of Liberal of Art and Science, Kalasin University, Kalasin Thailand*

Received: October 27; Revised: December 08, 2020; Accepted: December 08, 2020; Published: December 22, 2020

ABSTRACT – In this paper, we use the deep learning image processing technology and the CNN algorithm to investigate the quality of germinated brown rice. We compile the germinated brown rice digital images 500 samples of germinated brown rice and non-germinated brown rice, which classify by the experts and the folk philosopher. After that, we develop the program and use the images of the germinated brown rice 250 samples, and the images of non-germinated brown rice 250 samples to create a model for classifying quality the germinated brown rice. The results that are shown the use of CNN algorithms for creating a model demonstration the exceptional accuracy at 95.17%. Then, we develop the program to test the model that shown an accuracy of classifying the quality of germinated brown rice as high as 96%, including the classifying quality of non-germinated brown rice as accuracy of 84%.

KEYWORDS: Image Processing, Germinated Brown Rice, Quality of Germinated Brown Rice

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพด้วยวิธี Deep Learning และใช้อัลกอริทึม CNN เพื่อสร้างแบบจำลองในการจำแนกเมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ โดยผู้เชี่ยวชาญและปราชญ์ชาวบ้านได้เลือกข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 500 ตัวอย่าง จากนั้นจึงพัฒนาโปรแกรมและสร้างแบบจำลองโดยใช้ภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่จำนวน 250 ภาพ และภาพข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกจำนวน 250 ภาพ ผลของการสร้างแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึม CNN สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำสูงถึง 95.17 % และในกระบวนการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำในการจำแนกรูปภาพของข้าวกล้องโดยผลการทดสอบพบว่ากระบวนการวิจัยและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการจำแนกข้าวกล้องงอกได้มากถึง 96% รวมถึงการจำแนกประเภทของข้าวที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกด้วยความแม่นยำ 84%

คำสำคัญ: การประมวลผลภาพ, ข้าวกล้องงอก, คุณภาพของข้าวกล้องงอก

*Corresponding Author: sarawoot.b@snru.ac.th

1. บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักที่สำคัญซึ่งปัจจุบันคนไทยจำนวนหนึ่งที่ไม่ใส่ใจสุขภาพและเห็นคุณค่าของข้าวกล้อง ทำให้เกิดความนิยมในการบริโภคข้าวกล้องหรือผลิตภัณฑ์จากข้าวกล้องแทนข้าวขาว (ข้าวสาร) “ข้าวกล้องงอก” (Germinated Brown Rice) เป็นข้าวกล้องที่นำมาผ่านกระบวนการแช่น้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มขึ้นเมื่อน้ำแทรกเข้าไปในเมล็ดข้าว น้ำจะกระตุ้นให้เอนไซม์ภายในเมล็ดข้าวเกิดการ ทำงาน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอก (Malting) สารอาหารที่ถูกเก็บในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยสลายไปตามกระบวนการชีวเคมีจนเกิดเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลเล็ก (Oligosaccharide) และน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing Sugar) นอกจากนี้โปรตีนภายในเมล็ดข้าวจะถูกย่อยให้เกิดเป็นกรดอะมิโน (Amino Acid) และเปปไทด์ (Peptide) รวมทั้งยังพบการสะสมสารเคมีสำคัญต่างๆ เช่น แกมมาออไรซานอล (Gamma-Oryzanol) ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล ลดการตีบตันของหลอดเลือดและต้านการอักเสบ โทโคฟีรอล (Tocopherol) เป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่ร่างกายและป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารสำคัญที่ได้จากกระบวนการงอกของข้าวกล้องคือ สารกาบา (Gamma Amino Butyric Acid; GABA) ซึ่งเป็นสารอาหารที่มีบทบาทสำคัญในระบบประสาทส่วนกลาง นอกจากนี้ยังพบวิตามินบี 1 เพิ่มขึ้นจากเดิมมีผลในการป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ รักษาระดับน้ำตาลในเลือดป้องกันโรคหัวใจช่วยลดความดันโลหิต รวมทั้งป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's Disease) คือหนึ่งในกลุ่มโรคภาวะสมองเสื่อม การรับประทานข้าวกล้องงอกอย่างต่อเนื่องจะส่งผลดีต่อสมอง ป้องกันอาการปวดหัว บรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันมะเร็งในลำไส้ ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจ ลดความดันโลหิต [2] นอกจากนี้ข้าวกล้องงอกยังประกอบด้วยสาร Phytic Acid ที่ช่วยต่อต้านการเกิดอนุมูลอิสระ Inositol เร่งกระบวนการเผาผลาญไขมัน ป้องกันการเกิดภาวะหลอดเลือดหัวใจตีบตัน สารประกอบของวิตามินอี (Tocotrienols) ปกป้องผิวหนังจากรังสี UV ข้าวกล้องงอกที่มีคุณภาพที่ดีจะมีลักษณะเป็นเมล็ดข้าวที่มีจมูกข้าวอยู่เต็มเมล็ด ไม่มีรอยแห้วตรงปลายเมล็ด กรณีที่เป็นข้าวมีสีม่วงหรือข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ (Rice Berry) อาจเข้มหรืออ่อนขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ดังนั้นปัญหาทางด้านคุณภาพของข้าวกล้องงอก เช่น การปลอมปนของข้าวอื่น คุณลักษณะทางกายภาพเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการกำหนดราคาซื้อขายของข้าวกล้องงอกได้ การ

ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกโดยการประมวลผลภาพในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งเป็นข้าวสีม่วงเป็นการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลซึ่งเป็นสายพันธุ์พ่อ + ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอกจะดึงคุณลักษณะที่ดีประกอบด้วยข้าวที่มีจมูกข้าวอยู่เต็มเมล็ด ไม่มีรอยแห้วตรงปลายเมล็ด เมล็ดข้าวมีสีม่วง

งานวิจัยนี้นำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาพัฒนาระบบสำหรับการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่จากการลงพื้นที่ตำบลคือเขียว อำเภอนาโพธิ์ จังหวัดสตูลนคร เพื่อหาข้อมูลลักษณะทางกายภาพของข้าวกล้องงอกทั่วไป ข้าวกล้องงอกและข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ โดยศึกษาข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญและปราชญ์ชาวบ้านที่เลือกเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์และบอกลักษณะต่างๆ ของเมล็ดข้าวกล้องงอกเพื่อใช้ในการทดลองแล้วจึงนำไปบันทึกเป็นภาพดิจิทัล จากนั้นพัฒนาเป็นระบบเพื่อจำลองการมองเห็นของมนุษย์ในคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อสร้างแบบจำลอง (Model)

2. แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำภาพดิจิทัลมาประมวลผลผ่านกระบวนการ เช่น การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ หรือการแบ่งส่วนของวัตถุ เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณสามารถนำไปวิเคราะห์และสร้างเป็นโปรแกรม โดยการประมวลผลภาพสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบแยกประเภทไข่มุกด้วยวิธีการประมวลผลภาพ [3] และการตรวจจับและจดจำโมเดลรถยนต์ด้วยข้อมูลเชิงจุดภาพ [4] เป็นต้น

2.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

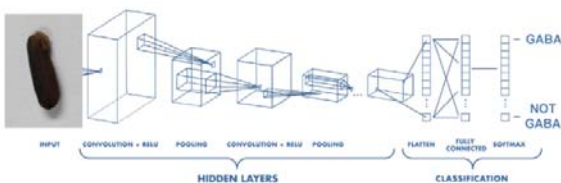
การเรียนรู้เชิงลึกคือการพัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ให้สามารถเลียนแบบการทำงานของมนุษย์ ซึ่งมีกระบวนการคิดคำนวณคล้ายกับระบบโครงข่ายประสาท (Neurons) ของสมองมนุษย์เรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NN) [5] ข้อดีของ Deep Learning คือเมื่อต้องการใช้งาน เช่น การประมวลผลภาพเพื่อคัดแยกข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ การใช้งาน

ไม่จำเป็นต้องให้ความรู้พื้นฐานกับระบบลวงหน้า Deep Learning สามารถสร้างแบบจำลองและหาคำตอบได้ ด้วยการนำ NN หลายๆ ชั้นเรียกว่า Hidden Layer มาใช้วิเคราะห์และหาคำตอบ ซึ่งคำว่า Deep Learning มาจากการใช้ NN มากกว่า 2 ชั้นเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และสร้างแบบจำลอง ดังนั้นจึงเปรียบเทียบได้ว่าแต่ละชั้นของ NN ยิ่งถูกใช้จำนวนมากในขั้นตอนการประมวลผล ยิ่งทำให้มีโครงสร้างการเรียนรู้ที่ลึกมากขึ้น

2.3 โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN)

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน [6] เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยมีคุณสมบัติที่สามารถจำลองการมองเห็นของมนุษย์และสามารถแยกคุณลักษณะ (Feature) ของภาพที่นำเข้าระบบ เช่น รูปทรง การตัดกันของสี เป็นต้น CNN มีความสามารถในการนำคุณลักษณะต่างๆ มาวิเคราะห์แล้วกำหนดคุณสมบัติของสิ่งที่มองเห็น (Input) จากนั้นจำแนกว่าสิ่งนั้นมีคุณสมบัติเป็นอะไร (Output) ซึ่ง CNN เป็นการประยุกต์ใช้ Neural Network หลายๆ ชั้นในการสกัดคุณลักษณะแล้วทำซ้ำหลายๆ รอบเพื่อให้ได้คุณลักษณะแม่นยำที่สุด โดยกลไกของ CNN แสดงดังรูปที่ 1 และมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

- 1) Input: รับเข้าข้อมูลหรือวัตถุเหมือนกับการมองเห็นของมนุษย์ เช่น ภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่
- 2) Hidden Layer: ส่วนการประมวลผลเป็นขั้นๆ ซึ่งเหมือนกับการทำงานสมองของมนุษย์ เพื่อเรียนรู้ (Training) และการคัดแยกประเภทของภาพ
- 3) Output: ส่วนแสดงผลลัพธ์การคัดแยกคุณสมบัติเป็นผลมาจากใช้ Hidden Layer จำนวนหลายชั้นมาวิเคราะห์จนได้คำตอบแสดงคุณลักษณะของแต่ละภาพที่มองเห็น เช่น ภาพข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่หรือภาพที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่



รูปที่ 1. โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

จากการศึกษางานวิจัย [7-9] มีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันกับการจำแนกข้อมูล โดยทำให้เห็นข้อดีคือสามารถวิเคราะห์และหาคำตอบได้อย่างแม่นยำ ความสามารถของ CNN มีความแม่นยำมากกว่า 90% เนื่องจากในขั้นตอน Feature extraction ที่เป็นการสกัดคุณลักษณะจากภาพ CNN มีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลประเภทที่ไม่ได้มีโครงสร้างเป็นรูปแบบเฉพาะตัว (Unstructured Data) เช่น รูปภาพ (Image) เป็นต้น ดังนั้นด้วยคุณสมบัติที่ดีของ CNN งานวิจัยนี้จึงนำมาใช้สำหรับทดสอบและสร้างแบบจำลองเพื่อการตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอก

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Yang Lu et al. [10] นำเสนอวิธีการระบุและวินิจฉัยโรคข้าวโดยอัตโนมัติแบบใหม่โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียม (CNNs) จากการใช้ชุดข้อมูลภาพธรรมชาติของใบไม้และลำต้นที่มีสุขภาพดี 500 ภาพและลำต้นที่ได้จากนาสำหรับทดลองข้าว CNNs ได้รับการฝึกอบรมเพื่อระบุโรคข้าวทั่วไป 10 ชนิดภายใต้การตรวจสอบ 10 เท่า โมเดลที่อิงกับ CNN ที่เสนอนั้นได้รับการยืนยันความแม่นยำ 95.48% และมีความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องทั่วไป ผลการจำลองเพื่อระบุโรคข้าวมีความเป็นไปได้และมีประสิทธิภาพ

Ronnel R. Atole and Daechul Park [11] ได้ศึกษาการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบลึกในการจำแนกประเภทของต้นข้าวตามลักษณะของใบไม้ โดยใช้ลักษณะ 3 ระดับนำมาใช้แทนพืชปกติ ไม่แข็งแรงและหอยทากที่มารบกวน ผ่านการเรียนรู้การถ่ายโอนจากเครือข่ายลึกของ AlexNet เครือข่ายได้รับความแม่นยำถึง 91.23% โดยการไล่ระดับสีแบบสุ่มด้วยขนาดเล็กสามสิบชุด และอัตราการเรียนรู้เริ่มต้น 0.0001 จากภาพข้าว 600 ภาพเป็นตัวแทนในการฝึกอบรมโดยเป็นข้าวจากนาที่อยู่รอบ ๆ และโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านการเกษตรตรวจสอบ

B. Lurstwut และ C. Pompanomchai [12] นำเสนอแอปพลิเคชันวินิจฉัยที่ออกแบบมาสำหรับการวิเคราะห์การงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้การประมวลผลภาพและเทคโนโลยีวีชัน เรียกว่า “การวิเคราะห์การงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว (RSGA)” โดยใช้ข้าวพันธุ์ CP111, RD41, เชียงรายพัทลุง, แสงยอดพัทลุง, พิษณุโลก 2 และชัยนาท 1 ในกรุงเทพฯ และจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ RSGA ในการทำนายการงอกของพืช อัตราความแม่นยำ 93.06 เปอร์เซ็นต์พร้อมความเร็ว 8.31 วินาทีต่อภาพ

Guzman และ Peralta [13] ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกเมล็ดฟิลิปปินส์ตามขนาดและพันธุ์ข้าว 52 ชนิดของ

กลุ่มห้ากลุ่มในฟิลิปปินส์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพระบบใช้ชุดข้อมูลสามชุดแต่ละชุดมี 110 เม็ดสำหรับแต่ละขนาดรูปร่างและความหลากหลายของเมล็ดและความแม่นยำ 98.76% สำหรับขนาดและ 96.67% สำหรับรูปร่าง อัตราความแม่นยำของข้าวแต่ละประเภทคือ 85.81, 94.58, 96.16 และ 97.39% สำหรับพื้นที่ลุ่มที่มีการชลประทานน้ำเค็มผสมและนาข้าวตามลำดับความแม่นยำโดยรวมคือ 70% สำหรับการจำแนก 50 พันธุ์

Ou Yang และคณะ [14] ได้พัฒนาระบบในการระบุพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อระบุพันธุ์ข้าว 5 ชนิดขึ้นอยู่กับสีคุณภาพและลักษณะ อัตราความแม่นยำของพันธุ์ทั้ง 5 คือ 99.99% สำหรับหมายเลข 5 "Xiannong", "Jinyougui" 99.93% สำหรับ "You166" 98.89%, หมายเลข 8 "Xiannong" 82.82% และ "กลาง 463" 86.65%

Shantaiya and Ansari [15] ใช้เครือข่ายประสาทเทียมเพื่อค้นหาข้าว 6 พันธุ์ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในภูมิภาค Chhattisgarh โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะพื้นผิว RSGA ใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายการงอกของพืช อัตราความแม่นยำร้อยละ 93.06 ด้วยความเร็ว 8.31 วินาทีต่อภาพ ในการวิเคราะห์การจำแนกประเภท ชุดข้อมูลประกอบด้วยภาพตัวอย่าง 60 ชุดสำหรับการฝึกอบรมและ 60 ภาพตัวอย่างเพื่อทดสอบชุดข้อมูล อัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นเพื่อระบุพันธุ์ข้าวขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยา การทดสอบชุดข้อมูลความถูกต้องของการจำแนกประเภท 90.00%, 88.00%, 95.00%, 82.00%, 74.00%, 80.00% ตามลำดับ

Gujjar และ Siddappa [16] ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อระบุพันธุ์ข้าวบาสมาติ basmati เมล็ดข้าวที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในประเทศอินเดีย หกสายพันธุ์นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์จำแนกโดยใช้อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการวิเคราะห์ภาพดิจิทัลบนพื้นฐานของสี ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและเนื้อ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะสี 6 สีใช้สำหรับการให้คะแนน อัตราความถูกต้องคือ 90, 88, 95, 82, 74 และ 80% สำหรับพันธุ์ข้าวบาสมาติหกชนิด

Chetana et al. [17] นำเสนอการประเมินคุณภาพและการจัดลำดับของอุตสาหกรรมข้าวโดยใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์และการประมวลผลภาพ โดยใช้ข้าว *Oryza sativa* L โดยการเปรียบเทียบระดับคุณภาพและจำนวนองศาของเมล็ดข้าว โดยการวัดแบบรวม และใช้ระบบเพื่อสร้างกฎขึ้นอยู่กับฮิสโตแกรมของพื้นที่แกนแกนทุติยภูมิและความผิดปกติของเมล็ดเพื่อแบ่งเมล็ดออกเป็นเมล็ดปกติและเมล็ดยาว วิธีการที่นำเสนอขึ้นนี้สำหรับการแก้ปัญหาของการประเมินคุณภาพผ่านสายดา คอมพิวเตอร์การวิเคราะห์และประมวลผลภาพมีคุณภาพระดับสูงเมื่อเทียบกับการตรวจสอบด้วยสายตามนุษย์

Liu Zhao-yan et al. [18] ใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อวิเคราะห์ภาพดิจิทัลที่ใช้สีและคุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ข้าว 6 พันธุ์ (ey7954, syz3, xs11, xy5968, xy9308, z903) เป็นเมล็ดข้าวที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในจังหวัดเจียง โดยที่คุณสมบัติทางสัณฐานวิทยาใช้สำหรับการวิเคราะห์จำแนกใช้เมล็ดข้าว 220 ชุด ความแม่นยำในการการจำแนกสายพันธุ์ข้าวคือ 90.00%, 88.00%, 95.00%, 82.00%, 74.00%, 80.00% สำหรับ ey7954, syz3, xs11, xy5968, xy9308, z903 ตามลำดับ

M. Mladenov และ M. Dejanov. [19] ได้พัฒนาเทคโนโลยีการประยุกต์โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการประเมินการงอกของเมล็ด โดยใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ สำหรับการแบ่งส่วนภาพเมล็ดงอกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับขอบเขตเมล็ด จมูกและราก โดยวิเคราะห์การสกัด RBFN RBFN (Radial Basis Function Network) ที่ถูกแก้ไขได้รับการพัฒนา การประเมินมีความความแม่นยำของขั้นตอนการรับรู้การสกัดขอบเขตของเมล็ด จมูกและรากความแม่นยำเท่ากับ 74.3%, 24% และ 35% ตามลำดับ

Xiao Chen et al. [20] พัฒนาการจัดจำแนกรูปแบบข้าวโพดจีนห้าพันธุ์ตามลักษณะภายนอก โดยคุณสมบัติทางเรขาคณิตทั้งหมด 17 แบบ, รูปร่าง 13 แบบและ 28 สี ถูกดึงมาจากภาพสีของเมล็ดข้าวโพด คุณลักษณะที่ดีที่สุดสองชุดถูกสร้างขึ้นโดยการวิเคราะห์จำแนกแบบขั้นตอนและใช้เป็นอินพุตสำหรับตัวแยกประเภท ลักษณะนามแบบสองขั้นตอนที่รวมการจำแนกระยะทางและเครือข่ายการขยายพันธุ์หลัง (Back Propagation Neural Network : BPNN) ถูกสร้างขึ้นเพื่อระบุเมล็ดข้าวโพดเมล็ดข้าวโพดถูกแบ่งออกเป็นสามประเภท : สีขาวสี เหลืองและสีผสม การจำแนก BPNN ที่ปรับปรุงใหม่ สามารถการจำแนกความถูกต้องของข้าวโพดจีนพันธุ์ BAINUO 6, NongDA 86, NongDA 108 GAOYOU 115 และ NongDA 4967 ผลการนำไปใช้พบว่าความแม่นยำเท่ากับ 100, 94, 92, 88 และ 100% ตามลำดับ

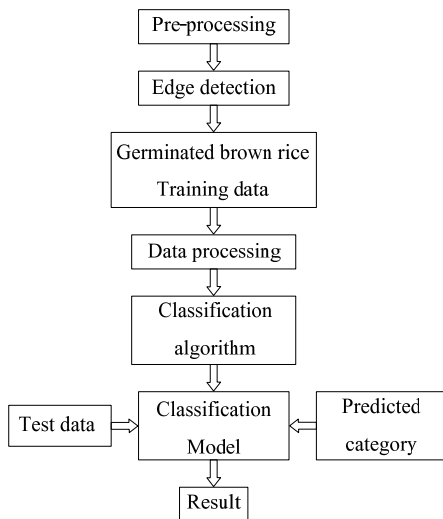
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพและการประมวลผลภาพของข้าวกล้องงอก ประกอบด้วยจมูกข้าวเต็มเมล็ด ไม่มีรอยแยกที่ปลายเมล็ด ซึ่งข้าวกล้องงอกแตกต่างจากข้าวทั่วไปคือการแช่ข้าวกล้องงอกในน้ำเพื่อให้เกิดราก รากจะมีความยาวประมาณ 0.5 ถึง 1 มิลลิเมตรและจากนั้นให้ความร้อนโดยผ่านการนึ่งหรือคั่วและลดความชื้น ส่วนเทคนิคการ

ประมวลผลภาพที่ใช้คืออัลกอริทึม CNN [11] วิธีการทั่วไปของระบบที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 2

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและเก็บข้อมูลจากการลงพื้นที่ตำบลคือเขียว อำเภวาริชภูมิ จังหวัดสกลนคร เพื่อหาข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของข้าวกล้องงอกและข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ โดยผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญและปราชญ์ชาวบ้านทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่มีความสมบูรณ์และข้าวที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกจำนวน 500 เมล็ด แบ่งออกเป็นอย่างละ 250 เมล็ดและทำความสะอาดแล้ววางเรียงบนแผ่นกระดาษ (พื้นหลัง) สีขาว โดยให้ความห่างระหว่างเมล็ดข้าวเปลือกพอเหมาะภาพละ 10 เมล็ด ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 วางในกล่องสำหรับควบคุมสภาพแวดล้อมในการถ่ายภาพ แล้วทำการถ่ายภาพสำหรับการทดลองด้วยกล้องถ่ายภาพ CCD และบันทึกภาพแบบเป็น JPEG ความละเอียด 5184×3456 พิกเซล ขนาด 4.23 MB หลังจากนั้นได้นำภาพของข้าวกล้องงอกที่บันทึกไว้ให้ผู้เชี่ยวชาญและปราชญ์ชาวบ้านดูและตรวจสอบอีกครั้งเพื่อยืนยันและเพื่อความถูกต้องสมบูรณ์ของภาพก่อนนำไปใช้ในการประมวลผลภาพ



รูปที่ 2. แสดงขั้นตอนการดำเนินการตรวจสอบคุณภาพ

3.2 การหาขอบภาพ

การหาขอบภาพ (Edge Detection) ของวัตถุในภาพเป็นเทคนิคหนึ่งในการแยกส่วนของข้อมูลภาพและเป็นขั้นตอนพื้นฐานของการแยกส่วนเทคนิคอื่นๆ โดยที่ขอบเขตพื้นที่และขอบภาพจะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิด เมื่อหาเส้นรอบภาพของวัตถุภาพใน

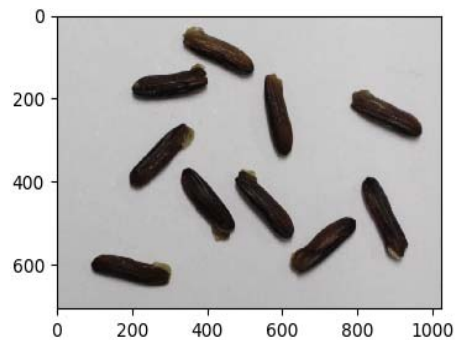
ภาพได้แล้วจะมีการปรับความคมชัดและและเพิ่มความเข้มที่รอยต่อของขอบเขตพื้นที่เพราะภาพที่ได้มามีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ใช้ Canny Edge Detection จัดได้ว่าเป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับงานที่ต้องการลายเส้น สามารถลดสัญญาณรบกวนได้ ทำให้สามารถตัดขั้นตอนการประมวลผลเบื้องต้น เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีการใช้ Gaussian Filter ก่อนการหาขอบจึงสามารถควบคุมระดับความละเอียดของขอบที่ต้องการและสามารถลดสัญญาณรบกวนได้ ดังรูปที่ 7 และ 8ทำให้สามารถตัดขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 5.



รูปที่ 3. แสดงข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่



รูปที่ 4. แสดงข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอก

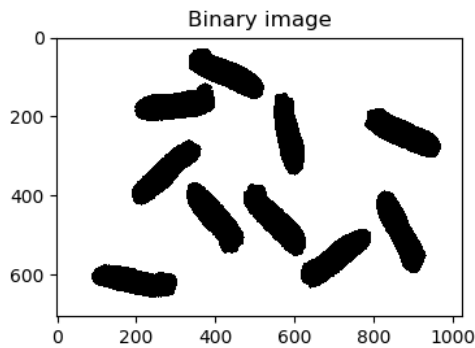


รูปที่ 5. แสดงข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่นำมาใช้ทดลอง

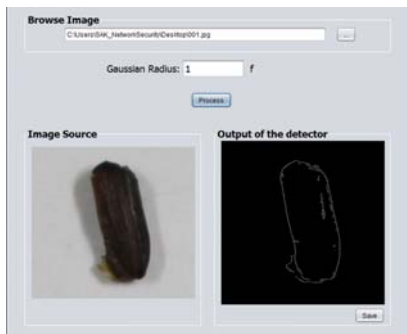
การแปลงภาพให้เป็นไบนารี (Binary image) ดังรูปที่ 6 เพื่อแปลงค่าภาพก่อนนำไปสู่กระบวนการประมวลผลภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ การใช้ค่าเทรชโวลด์ (Threshold) เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลภาพได้และมีวิธีการที่ใช้กันทั่วไปคือการแปลงภาพโดยใช้ค่าเทรชโวลด์ ดังสมการ (1)

$$f_T = [I_j] = \begin{cases} 1 & \text{if } f[I_j] > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

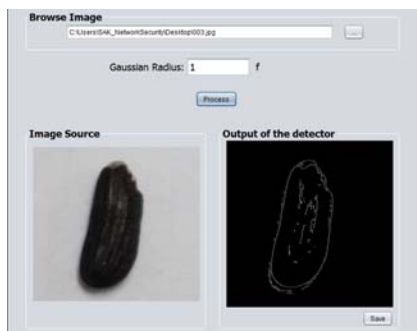
เมื่อ $f_T = [I_j]$ = ค่าระดับความสว่างที่ตำแหน่ง (i, j)
T = ค่าเทรชโวลด์



รูปที่ 6. การแปลงภาพเพื่อเป็นไบนารี



รูปที่ 7. แสดงภาพของข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่



รูปที่ 8. แสดงภาพของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอก

3.3 การวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพเพื่อเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของแบบจำลองในงานวิจัยใช้การวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) [7] เป็นค่าที่ได้จากวิธีการทดสอบเพื่อหาค่าพยากรณ์ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ(%) การคำนวณใช้สูตรดังนี้

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \times 100$$

โดย TP	คือ ค่าที่พยากรณ์เชิงบวก
TN	คือ ค่าที่พยากรณ์เชิงลบ
FP	คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงบวก
FN	คือ ค่าที่พยากรณ์ผิดพลาดเชิงลบ

3.4 การสร้างแบบจำลอง

การดำเนินการโดยนำภาพเมล็ดข้าวทั้งหมดมาสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกภาพเมล็ดข้าวโดยนำภาพเมล็ดข้าวทั้งหมด 500 ภาพ โดยแบ่งเป็นข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ จำนวน 250 ภาพและข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอก จำนวน 250 ภาพ ไปสร้างแบบจำลองตามขั้นตอนการทำงานของ CNN ข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง (Training Data Set) แบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่มคือรูปภาพที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกและรูปภาพที่เป็นข้าวกล้องงอก โดยงานวิจัยนี้ใช้การกำหนดค่าการตรวจสอบแบบไขว้ (k-fold cross validation) [9] คือ k=5 ในการทดลองเพื่อให้ระบบสุ่มภาพในชุดข้อมูลการเรียนรู้ทั้ง 2 กลุ่มเพื่อฝึกสอนให้แบบจำลองเกิดการเรียนรู้ จำนวน 50 รอบ จากนั้นเมื่อได้แบบจำลองแล้วจึงทดสอบความถูกต้องของการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอก

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสร้างแบบจำลอง

ผลการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ได้ใช้เมล็ดข้าวทั้งหมดจำนวน 500 เมล็ด โดยเป็นข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 250 เมล็ด และไม่ใช่ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 250 เมล็ด โดยผลการสร้างแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการสร้างแบบจำลองพยากรณ์

Algorithms	Accuracy
C4.5	67.00
SVM	80.50
Naïve Bayes	80.00
CNN	95.17

จากตารางที่ 1 แสดงค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของแต่ละอัลกอริทึม โดยอัลกอริทึม CNN มีความแม่นยำสูงสุด 95.17% แสดงให้เห็นว่า CNN มีความแม่นยำมากกว่าอัลกอริทึม C4.5, SVM, และ Naïve Bayes ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกอัลกอริทึม CNN สำหรับสร้างแบบจำลองเพื่อคัดแยกภาพถ่ายเมล็ดข้าว



รูปที่ 9. แสดงรูปข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่มีความสมบูรณ์



รูปที่ 10. แสดงรูปข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอก

4.2 การนำแบบจำลองไปใช้งาน

เมื่อแบบจำลองเรียนรู้เสร็จแล้ว จะสามารถให้คำตอบแต่ละรูปภาพ (Test Set) เป็นความน่าจะเป็น และหากรูปภาพนั้นๆ มีความน่าจะเป็นแบบใดสูงที่สุดแบบจำลองจะตอบเป็นสิ่งที่นั้น เช่น หากแบบจำลองวิเคราะห์แล้วว่ารูปภาพนั้นมีความน่าจะเป็นว่าจะเป็นข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่เป็นข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่สูง

โปรแกรมคัดแยกก็จะให้คำตอบว่ารูปภาพนั้นคือ ข้าวงอก หรือ GABA ดังรูปที่ 9 และหากไม่ใช่ข้าวงอกไรซ์เบอร์รี่หรือ Not GABA โปรแกรมคัดแยกก็จะแสดงดังรูปที่ 10 และแสดงผลการทดสอบสรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบคัดแยกภาพเมล็ดข้าว

เกรด	ความแม่นยำ (%)	ความผิดพลาด (%)
ข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่	96	4
ข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอก	84	16

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการที่เสนอโดยงานวิจัยนี้เพื่อคัดแยกข้าวกล้องไรซ์มีความแม่นยำสูง โดยระบบแสดงการคัดแยกรูปภาพแสดงความแม่นยำ 96% หมายถึงตรวจพบภาพข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่เป็นข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ 240 เมล็ดจาก 250 เมล็ดและแสดงความผิดพลาด 4% หมายถึงความผิดพลาดที่แสดงการคัดแยกภาพข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่เป็นข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ โปรแกรมแสดงเป็นข้าวที่ไม่ใช่ข้าวกล้องงอกไรซ์จำนวน 10 เมล็ด จากผลลัพธ์ดังกล่าวสรุปได้ว่าแบบจำลองการจำแนกข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่สร้างขึ้นโดยใช้วิธี Deep Learning ด้วยอัลกอริทึม CNN มีความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของข้าวกล้องงอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. บทสรุปและการอภิปราย

การตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้องงอกโดยการประมวลผลภาพในงานวิจัยนี้มีการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพด้วยวิธีการต่างๆ และใช้อัลกอริทึมที่มีหลายอัลกอริทึม แบบจำลอง CNN มีค่าความแม่นยำสูงถึง 95.17 % สอดคล้องกับงานวิจัย [7-9] ทำให้เกิดการจำแนกคุณภาพทางกายภาพที่ดีที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดสัญญาณรบกวนในภาพและใช้เวลาในการประมวลผลน้อย โดยระบบแสดงการคัดแยกรูปภาพแสดงความแม่นยำ 96% ผลการวิจัยพบว่าลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ที่คุณภาพดีต้องเป็นเมล็ดข้าวที่มีจมูกข้าวเต็มและเมล็ดไม่แตกหัก

เอกสารอ้างอิง

[1] Shoichi I, Marketing of Value-Added Rice Production in Japan: Geminated Brown Rice and Rice Bread, In Rice in Global Markets, UN Food in Global Markets, Italy, 2004.

- [2] Kayahara, H. and K. Tsukahara, Flavor, health and nutritional quality of pre-germinated brown rice, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies in Hawaii, 2000.
- [3] J. Jaroenjit, A. Panpanasakul, P. Chaisri, P. Promduang, and S. Prompongusawa, "Classification pearls using image processing," Proceedings of the 9th Hatyai National and International Conference, Thailand, pp. 1679 - 1691, 2014.
- [4] A. Tungkastan, and K. Leewun, "Pixel-Based Car Model Detection and Recognition," Engineering Journal of Siam University, Vol. 19, January-June, pp. 90–102, 2018.
- [5] S. Sarraf, and G. Tofighi, "A hybrid sequential feature selection approach for the diagnosis of Alzheimer's Disease," International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 24-29 July, pp. 1216-1220, 2016.
- [6] E. Humphrey, and J. Bello, "Rethinking Automatic Chord Recognition with Convolution Neural Networks," Proceedings of the 11th International Conference on Machine Learning and Application, 2012.
- [7] T. Tathawee, S. Prasarnpun, S. Onbua, T. Pinthong, and A. Suwannakom, "Orchid identification based on computer vision analysis," Proceedings of the 6th National Science Research Conference, Thailand, pp. 47-56, 2014.
- [8] B. Tilmann, "The Business Impact of Predictive Analytics," ed. IGI Global, September - December 2007.
- [9] R. Kohavi, "A study of crossvalidation and bootstrap for accuracy estimation and model selection," Proceedings of the Fourteenth International joint conference on Artificial Intelligence, Montreal, Canada, pp. 1137-1143, 1995.
- [10] Yang Lu, Shujuan Yi, Nianyin Zeng, Yurong Liu and Yong Zhang, "Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks," Neurocomputing, Vol. 267, No. 6, December, pp. 378-384, 2017.
- [11] Ronnel R. Atole, and Daechul Park, "A Multiclass Deep Convolutional Neural Network Classifier for Detection of Common Rice Plant Anomalies," International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), Vol. 9, No. 1, pp. 67-70, 2018.
- [12] B. Lurstwut, and C. Pompanomchai, "Application of Image Processing and Computer Vision on Rice Seed Germination Analysis," International Journal of Applied Engineering Research, Vol. 11, November, pp. 6800-6807, 2016.
- [13] Jose D Guzman, and Engelbert K. Peralta, "Classification of Philippine Rice Grains Using Machine Vision and Artificial Neural Networks," World Conference on Agricultural Information and IT, IAALD AFITA WCCA, pp. 41-48, 2008.
- [14] OuYang, A., Gao, R., Liu, Y., Sun, X., Pan, Y., Dong, X, "An Automatic Method for Identifying Different Variety of Rice Seeds Using Machine Vision Technology," Proceeding of the Sixth International Conference on Natural Computation 1, pp. 84-88, 2010.
- [15] Shantaiya, S., and Ansari, U, "Identification Of Food Grains And Its Quality Using Pattern Classification," International Journal of Computer and Communication Technology (IJCCT), Vol. 2, No.2, pp. 3-5, 2010.
- [16] Gujjar, H.S., Siddappa, M, "A Method for Identification of Basmati Rice grain of India and Its Quality Using Pattern Classification," International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), Vol. 3, No. 1, pp. 268-273, 2013.
- [17] Chetana V. Maheshwari, Kavindra R. Jain, and Chintan K. Modi, "Non-destructive Quality Analysis of Indian Gujarat-17 Oryza Sativa SSP Indica (Rice) Using Image Processing," International Journal of Computer Engineering Science (IJCES), Vol. 2 Issue 3, March, 2012.
- [18] LIU Zhao-yan, CHENG Fang, YING Yi-bin and RAO Xiu-qin, "Identification of rice seed varieties using neural network," Journal of Zhejiang University SCIENCE. Vol. 6B,(11), pp. 1095-1100, 2005.
- [19] MIROLYUB MLADENOV and MARTIN DEJANOV, "Application of Neural Networks for Seed Germination

Assessment,” 9th WSEAS International Conference on NEURAL NETWORKS (NN’08), Sofia, Bulgaria, May 2-4, pp. 67-72, 2008.

- [20] Xiao Chena, Yi Xun, Wei Li and Junxiong Zhang, “Combining discriminant analysis and neural networks for corn variety identification,” *Computers and Electronics in Agriculture*. 715, pp. 548–553, 2010.

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 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 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

Faculty of Engineering and Technology
Mahanakorn University of Technology
140 Moo 1, Cheumsampan Road, Nongchok
Bangkok, Thailand 10530
Tel: 02-988-3655 ext 4115 Fax: 02-988-4027
E-mail: jist@mut.ac.th