

JOURNAL OF

INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY

JIST

ISSN: 1906-9553 (Print)

ISSN: 2651-1053 (Online)

Volume 11. No.1

January - June 2021

Research Papers

การสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผักสำหรับเด็กช่วงอายุ 7-15 ปี.....	1
อรทัย ไชโย, จุฑามาศ สุขาชื่น, อรพรรณ อำนวยศิลป์, วิลาวัลย์ จินวรรณ และ ธนวัฒน์ อารีย์พงศ์	
การพัฒนากระบวนการตรวจให้คะแนนคำตอบข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิคการค้นหาคำความแบบเต็ม และฟังก์ชันการเปรียบเทียบข้อความของภาษาพีเอชพี.....	8
มนต์เทพ สุดใจ และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์	
Improved Generic Layer Model for IoT Architecture.....	18
Pensri Pukkasenung and Woraphon Lilakiatsakun	
The Study of Active Learning on the Course of Game Project Management with Agile.....	30
Waraporn Jirapanthong	
การพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว.....	39
ศุภชัย ทองสุข	
ระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อำเภอนครหลวงในบ้านเกาะนางโผ.....	47
สุนิษา คัดใจเดียว, โสภี แก้วชะภา และ สมคิด พิณจัน	
การส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง.....	56
วันชนะ จูบรรจง, วิโรจวรรณ แสนชนะ, รุ่ง หนูล้อม และ อภิชัย ชี้อัตย์สกุลชัย	
การสร้างตัวแบบการทำนายในการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา โดยใช้เทคนิคแบบบูรณาการ ในการแก้ปัญหาการจำแนกข้อมูลไม่สมดุลของกลุ่มผู้เรียน.....	65
อัศวิน สุวัชโยธิน และ วรภัทร ไพโรจน์	
Foot Arch Posture Classification using Image Processing.....	80
Wudhichart Sawangphol, Thanapon Noraset, Pilailuck Panphattarasap, Pisit Praiwattana, Praphawarin Sutthirattanya, Nuengnuch Talanon, Kamolluk Tungsupanich and Danu Prommin	
การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีฟอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์เพื่อปรับปรุงการจำแนกความหมายภาพ.....	88
เดชศรีฐณิณี เพี้ยชัย และ นัศพัชฌัน ชินปัญญชนะ	



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, Mahasarakham University, Mahidol University, Nakhon Phanom University, Panyapiwat Institute of Management, Prince of Songkla University, Rangsit University, Siam University, Silpakorn University, Sripatum University, Thai-Nichi Institute of Technology, Walailak University, Burapha University, Phayao University 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 Charnkeitkong Panyapiwat Institute of Management, Thailand	Panavy Pookaiyaudom Mahanakorn University of Technology, Thailand	Poonpong Boonbrahm Walailak University, Thailand
Pattanasak Mongkolwat Mahidol University, Thailand	Sasitorn Kaewman Mahasarakham University, Thailand	Chetneti Srisaan Rangsit University, Thailand
Siridech Boonsang King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand	Thirapon Wongsaaardsakul 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)

Ruttikorn Varakulsiripunth (TNI)

Pisit Charnkeitkong (PIM)

Chetneti Srisaon (RSU)

Siridech Boonsang (KMITL)

Thirapon wongsaardsakul (BU)

Sunantha Sodsee (KMUTNB)

Teeravisit Laohapensaeng (MFU)

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

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

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

- **Soft Computing:**

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

- **Human-Computer Interaction:**

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

- **Information Assurance and Security:**

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

- **Information Systems:**

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

- **Networking:**

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

- **Programming:**

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

- **Platform Technologies:**

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

- **System Integration and Architecture:**

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

- **Social and Professional Issues:**

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

- **Web Systems and Technologies:**

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

- **Multidisciplinary:**

Bioinformatics, Biomedical Information Systems, Nano Technology

- **e-Business and m-Business:**

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

- **Business and Information System:**

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

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

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

- **Internet of Things (IoT):**

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

- **Cloud Computing:**

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

- **Fintech and blockchain:**

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



การสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผักสำหรับเด็กช่วงอายุ 7-15 ปี

Creating 2D Animation Cartoon on the Benefits of Vegetable Colors for the Children aged 7-15

อรทัย ไชโย, จุตามาศ สุขาชื่น, อรพรรณ อำนวยศิลป์*, วิลาวรรณ จินวรรณ และ ธนนันต์ อารีพงษ์

Orathai Chaiyo, Jutamart Sukachen, Oraphan Amnuaysin*, Wilawan Jinwan and Thananan Areepong

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอุตสาหกรรมดิจิทัล

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

Computer Technology and Digital Industry Program Of

Faculty of Industrial Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

Received: August 14, 2020; Revised: January 19, 2021; Accepted: February 04, 2021; Published: February 09, 2021

ABSTRACT – The research objective was to design and develop 2D animation cartoons about the benefits of vegetable colors. The perception and satisfaction of the sample group towards the educational animation were assessed. The subjects were 90 students from patomsuksa 5 at Nakhon Si Thammarat Rajabhat University Demonstration School. Techniques used for creating the animation were drawing cartoon characters, drawing background scene, creating characters to be animated and adding sound effects. The research tools consisted of 2D animation applications, learning evaluation forms, a questionnaire on the satisfaction of the viewers towards the 2D cartoon animation. The results revealed that 1) the 2D animation on the benefits of vegetable colors consisting of the content on the benefits of each color of vegetable and the consequences of not eating vegetables, 2) the overall perception of the viewers was at high level, and 3) the overall satisfaction of the viewers was at high level. Thus, this 2D animation can be used as a digital media to enhance nutrition knowledge and positive attitudes of the children vegetable consumption.

KEY WORDS: 2D Animation Cartoon, Benefits of vegetable colors, Children, Educational animation, Digital media

บทคัดย่อ -- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของ สีผัก รวมถึงประเมินผลการรับรู้ และความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อแอนิเมชันเพื่อการศึกษา เรื่อง ประโยชน์ของสีผัก โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จำนวน 90 คน เทคนิคที่ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวคือ เทคนิคในการวาดตัวการ์ตูน วาดฉากพื้นหลัง การสร้างตัวละครให้สามารถเคลื่อนไหวและโต้ตอบประกอบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยโปรแกรมประยุกต์ด้านแอนิเมชัน 2 มิติ แบบประเมินผลการเรียนรู้ และแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการดูแอนิเมชัน ผลการสร้างการ์ตูนแอนิเมชันเรื่อง ประโยชน์ของสีผัก ประกอบด้วยเนื้อหาประโยชน์ของผักแต่ละสี และโทษในการไม่รับประทานผักแต่ละสี ผลการนำแอนิเมชันไปใช้โดยการทดสอบผลการรับรู้ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ผลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่ม

*Corresponding Author: orapan_amn@nstru.ac.th

ตัวอย่างอยู่ในระดับมาก สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านโภชนาการและทัศนคติที่ดีต่อการบริโภคผักของเด็กได้

คำสำคัญ: การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ, ประโยชน์ของสีผัก, เด็ก, แอนิเมชันเพื่อการศึกษา, สื่อดิจิทัล

1. บทนำ

การมีสุขภาพร่างกายสมบูรณ์แข็งแรงเป็นพื้นฐานที่สำคัญของมนุษย์ โดยเฉพาะเด็กและเยาวชนนั้นควรให้ความสำคัญต่อการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตในอนาคต การปลูกฝังให้เด็กและเยาวชนตระหนักถึงความสำคัญของการบริโภคอาหารที่ถูกต้องตามหลักโภชนาการจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญยิ่ง เนื่องจากในปัจจุบันวิถีชีวิตของคนในสังคมได้เปลี่ยนแปลงไปทำให้พฤติกรรมและการเลือกบริโภคอาหารเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย เด็กและเยาวชนในปัจจุบันคุ้นชินกับการบริโภคอาหารที่สะดวกซื้อสามารถรับประทานได้ทันที เมื่ออาหารสะดวกซื้อได้รับความนิยมมากขึ้นจึงเกิดการแข่งขันทางการตลาดตามมา จะเห็นว่าอาหารที่มีการกลยุทธ์การโฆษณาที่มีการวางแผนอย่างเป็นระบบเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายก็จะได้รับความนิยมเนื่องจากการโฆษณาที่มีผลต่อการตัดสินใจอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อเด็กซึ่งมีประสบการณ์น้อย ดังจะเห็นจากผลสำรวจของบริษัท โททอลลีอวส์ (TotallyAwesome) ของอังกฤษ ซึ่งวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และโฆษณาสำหรับเด็ก เผยแพร่ผลสำรวจพฤติกรรมการใช้เงินของเด็กอายุ 6-14 ปี จาก 7 ประเทศในแถบเอเชีย-แปซิฟิกได้แก่ ออสเตรเลีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และไทย รวมทั้งหมด 2,154 คน พบว่า เด็กไทยใช้เงินส่วนตัวเพื่อซื้อขนมขบเคี้ยวและของหวานต่าง ๆ มากที่สุด คิดเป็น 80% ของเด็กในภูมิภาค (กรุงเทพมหานคร, 2560) พฤติกรรมการบริโภคที่เปลี่ยนไปดังกล่าวนี้ไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในชุมชนเมือง ชุมชนในเขตชนบทที่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นเดียวกัน

ในสังคมไทยเด็กและคนในครอบครัวจะมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันในช่วงมื้ออาหาร เด็กจึงซึมซับการรับประทานอาหารตามผู้ใหญ่ เมื่อเด็กโตขึ้นจนสามารถกินอาหารด้วยตนเองได้ก็จะเลือกอาหารที่คุ้นชินตามผู้ใหญ่ ปัญหาที่พบบ่อยในการรับประทานอาหารของเด็กส่วนใหญ่คือเด็กเลือกกิน เด็กกลุ่มนี้จะมีการเจริญเติบโตปกติ แต่เลือกไม่กินอาหารบางอย่างที่พ่อแม่เห็นว่าควรกิน เช่น ไม่กินผัก ซึ่งผักที่มีรสชาติขมจึงทำให้เด็กไทยไม่

ชอบรับประทานผักและที่เด็กไทยไม่นิยมรับประทานผัก เพราะเด็กอาจจะไม่ได้ถูกฝึกให้รับประทานผักตั้งแต่เล็กทำให้โตมา รู้สึกว่าผักนั้นไม่น่ารับประทานและมีรสชาติที่ขม หวานคาวสลับไม่ได้ดึงดูดให้ชวนรับประทานเหมือนอาหารชนิดอื่นๆ ผู้ดูแลเด็กชอบตามใจเด็กไม่บังคับ ให้เด็กกินผัก เชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีต้องเกิดจากความยินยอมพร้อมใจของเด็ก พ่อแม่ชอบให้เด็กรับประทานผักในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้เด็กเกิดการเบื่อรสชาติ ทำให้ไม่อยากรับประทานผักอีก และมีประสบการณ์ฝืนใจ บางครั้งเด็กประสบเหตุการณ์เหล่านี้จึงทำให้เด็กไม่ชอบกินผัก เด็กชอบทานอะไรที่มีรสชาติที่หวาน รับประทานง่าย เด็กจึงชอบรับประทานขนมมากกว่าผักหรือถ้าเอาผักมาเทียบกับสิ่งอื่นๆ

ผัก ตามความหมายในสารานุกรมไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน หมายถึง พืชบางชนิดที่นำมาใช้รับประทานเป็นอาหารประเภทให้วิตามินและเกลือแร่ที่สำคัญ (พรปวีณ์ คำหลวง, 2560) เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ เพราะมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมากมาย เช่น แคลเซียม เหล็ก ฟอสฟอรัส คาร์โบไฮเดรต และวิตามินนานาชนิด เส้นใยของผักช่วยให้การขับถ่ายของร่างกายเป็นไปได้อย่างปกติ ในด้านคุณค่าทางอาหาร เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ ให้สิ่งต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกายซึ่งอาหารชนิดอื่นๆ มิได้เพียงพอหรือไม่มี ผักสวนครัวมีคุณสมบัติช่วยให้ระบบย่อยอาหารของร่างกายลดสภาพความเป็นกรดโดยสาเหตุจากย่อยอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนย และอื่น ๆ หากเด็กเลือกไม่รับประทานผักผู้ดูแลเด็กก็ควรหลีกเลี่ยงการบังคับเด็ก เพราะนอกจากจะไม่ได้ผลแล้ว ยังอาจทำให้เด็กไม่ชอบอาหารชนิดนั้นไปเลย จึงควรส่งเสริมให้เด็กมีความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของผัก ทัศนคติที่ดีต่อผัก ค้นหาวิธีการให้ความรู้ที่สามารถดึงดูดความสนใจของเด็ก เพราะในปัจจุบันพบปัญหาเหล่านี้มากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดความเครียดต่อทั้งผู้ปกครองและเด็กได้อย่างมาก และหากผู้ปกครองแก้ไขปัญหานี้ไม่ถูกต้อง ปัญหานี้ก็จะทวีความรุนแรงมากขึ้นจนอาจทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปกครองและเด็ก หรือปัญหาพฤติกรรมอื่นๆตามมาได้

แอนิเมชันเป็นสื่อดิจิทัลที่ใช้เทคโนโลยีด้านดิจิทัล ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ทำให้ดึงดูดความสนใจผู้ชม ด้วยภาพ เสียง และเนื้อหาที่น่าสนใจ สามารถอธิบายเรื่องราวที่ยากและซับซ้อนได้ดี จึงทำให้เด็กนักเรียนนำแอนิเมชันไปใช้ เป็นสื่อการเรียนรู้ จากการศึกษาระดับเจตคติต่อสื่อแอนิเมชัน และแรงจูงใจในการใช้สื่อแอนิเมชันพบว่าผู้เรียนมีความสนใจ และความชอบส่วนตัวในลักษณะและรูปแบบการถ่ายทอด เนื้อหา การรับรู้ได้ทั้งตาและหูและการมีสีสันสวยงาม ดึงดูดใจ สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ผ่อนคลายและสนุกสนาน และการ สร้างจินตนาการ ความคิดริเริ่ม นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบ จำแนกตามลักษณะของผู้เรียนพบว่าเพศต่างกันมีอิทธิพล เหตุผล และแรงจูงใจในการใช้แอนิเมชันไม่แตกต่างกัน นักเรียน ระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นมีอิทธิพลและ แรงจูงใจแตกต่างจากนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายและ นักศึกษาปริญญาตรี นอกจากนี้ นักเรียน นักศึกษาที่มีระดับชั้น คิดกันมีเหตุผลการใช้แอนิเมชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ 0.05 ดังนั้น ปัจจัยในการเลือกใช้อินิเมชันเพื่อ การศึกษานอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับการศึกษายังมีอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ส่งผลถึงปัจจัยในการเลือกใช้อินิเมชันคือ อายุของผู้เรียน เนื่องจากระดับชั้นการศึกษาของผู้เรียนในประเทศไทยมี ความสัมพันธ์กับอายุ ของผู้เรียนโดยตรง ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญองระดับชั้นการศึกษา และอายุของผู้เรียน ในการเลือกใช้อินิเมชันเพื่อการศึกษา (สุวิษ ธิระ โคตร, ชญา หิรัญเจริญเวช, เกริกเกียรติ แสนณรงค์, บุญกล สุขมงคลธนัท, พันธมิตร แสนสุข และ ศตายุ เสนานุช, 2560) จึงมีการ ประยุกต์ใช้อินิเมชันสำหรับเด็กด้านต่างๆ เช่น ให้ความรู้ การเป็นพลเมืองดีของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ทำให้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติ (ณัฐพงษ์ กาญจนฉายา, คณิดา นิจจรัสกุล, และมณฑล ผลบุญ, 2561) การ สอนภาษาอังกฤษ ทำให้ความสามารถด้านการพูดภาษาอังกฤษ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (บุปผา ปงลังกา, ศิดา เข้มขันดิ ถาวร และอารีรักษ์ มีแจ้ง, 2559) ทั้งนี้ ผลการสำรวจ องค์ประกอบสื่อแอนิเมชัน 2 มิติที่เหมาะสมกับนักเรียนระดับ ประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าส่วนใหญ่มีความชื่นชอบการดูแบบ ขยายส่วน ต้องการโทนสีร้อน ฉากแบบธรรมชาติหรือแบบ พื้นฐาน มีความต้องการลักษณะตัวอักษรที่เป็นตัวอักษรแบบ ประโยชน์ มีความต้องการรูปแบบเสียงเพลงช้าไม่มีเนื้อร้อง (ธนวิราภรณ์ ณัฐชนนกุล และ เนติรัฐ วีระนาคินทร์, 2561)

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างแอนิเมชันให้แก่กลุ่มเด็กที่ มี แรงจูงใจในการใช้อินิเมชันสูง คือ นักเรียนระดับชั้น ประถมศึกษาและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งมีช่วงอายุ 7-15 ปี ให้ความรู้เกี่ยวกับผักจากสีของผัก เนื่องจากสีจะเป็นตัว ช่วยดึงดูดความสนใจให้เด็กมีความกระตือรือร้น (หน่วย ศึกษาพิเศษ, 2533) เช่น การเรียนการสอนใช้สีเข้ามากำหนด ตัวอักษรช่วยให้เด็กเรียนสามารถอ่านคำต่าง ๆ ได้ โดยนำเสนอ ข้อมูลรูปแบบการดูแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผัก มีการดำเนินเรื่องผ่านการพูดคุยกันของแม่และลูกจากเหตุการณ์ ที่เกิดขึ้น ทำให้ลูกต้องการทราบประโยชน์ของผัก ความแตกต่าง ระหว่างผักแต่ละสี โทษของการรับประทานผักไม่ครบทุกสี เพื่อ เป็นการส่งเสริมให้เด็กมีความรู้ความเข้าใจที่ดีต่อการบริโภคผัก และเป็นการกระตุ้นปลูกจิตสำนึกให้เด็กเกิด การเรียนรู้ถึง ประโยชน์และคุณค่าด้านสุขภาพที่เหมาะสม เอาใจใส่ตนเอง ให้มีร่างกายสมบูรณ์แข็งแรงปราศจากโรค

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผัก
2. เพื่อประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่เกิดจากการดูแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผัก
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการดูแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผัก

3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการวิจัยประกอบด้วย ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิค ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา
 - 1.1. ประโยชน์ของผักสีเขียว
 - 1.2. ประโยชน์ของผักสีแดง
 - 1.3. ประโยชน์ของผักสีม่วง
 - 1.4. ประโยชน์ของผักสีส้มหรือสีเหลือง
 - 1.5. ประโยชน์ของผักสีขาว
 - 1.6. โทษของการไม่รับประทานผักครบทุกสี
2. ด้านเทคนิค
 - 2.1. มีการออกแบบโครงเรื่องและลักษณะตัวละคร
 - 2.2. มีการเรียบเรียงภาพ
 - 2.3. มีการออกแบบตัวละครและสร้างภาพเคลื่อนไหว
 - 2.4. มีการออกแบบฉากและสร้างฉากอย่างน้อย 10 ฉาก

- 2.5. มีเสียงประกอบอย่างเหมาะสม
- 2.6. มีความยาวไม่น้อยกว่า 5 นาที

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานการพัฒนาสื่อการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสีผัก ผู้วิจัยมีขั้นตอนการผลิตแอนิเมชัน 3 ขั้นตอน ดังนี้ (นรินทร์ เรื่องแสน, 2551)

1. ขั้นตอนก่อนการผลิต

ขั้นตอนก่อนการผลิต (Preproduction) ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลประโยชน์ของสีผักเพื่อเขียนเนื้อเรื่อง ออกแบบเนื้อเรื่อง ออกแบบบทบาท เพื่อเป็นโครงร่างที่จะใช้สร้างแอนิเมชันในขั้นตอนถัดไป

ในขั้นตอนก่อนการผลิตนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาตามแนวคิดการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ IMMCAI ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหา 3 ขั้นตอน คือ การสร้างแผนภูมิมะดุมสมอง (Brain Storm Chart) สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) และการสร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart)

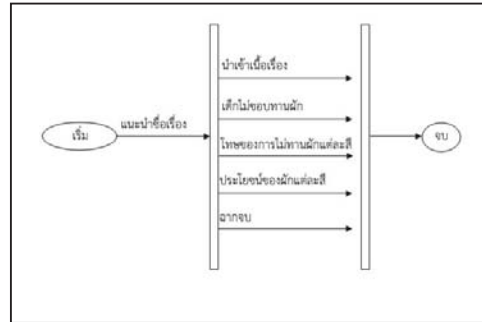
1.1 สร้างแผนภูมิมะดุมสมอง ทำการค้นหาเนื้อหาและหัวข้อทั้งหมดครอบคลุมเนื้อหาประโยชน์ของสีผัก

1.2 สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ นำเนื้อหาประโยชน์ของสีผักของแต่ละหัวข้อมาจัดกลุ่มของหัวเรื่องให้เป็นกลุ่มที่สอดคล้องและสัมพันธ์กัน เขียนเป็นแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์เพื่อที่จะได้เห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาได้ง่าย ซึ่งจำเป็นต่อการทำความเข้าใจเนื้อหาทั้งหมดและเป็นประโยชน์ในการนำไปออกแบบการ์ตูนแอนิเมชัน

1.3 สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา โดยนำหัวเรื่องต่าง ๆ จากแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์มาเขียนเป็นโครงข่ายตามหลักการเทคนิคโครงข่ายโดยคำนึงถึงลำดับการเรียงเนื้อหา ก่อน-หลังต่อเนื่องของเนื้อหาหรือเนื้อหาสามารถเรียงเนื้อหาเข้าด้วยกันได้แล้วทำการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหา โดยวิธีการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหา โดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) จนสมบูรณ์

1.4 ออกแบบโครงเรื่อง การออกแบบโครงเรื่อง เรื่องประโยชน์ของสีผัก มีความเคลื่อนไหว ตามลำดับภาพและเรื่องราวอย่างต่อเนื่อง โดยมีเป้าหมายคือต้องการให้มีความรู้เรื่องประโยชน์ของสีผัก ว่ามีประโยชน์ และโทษของการไม่ทานผักอย่างไร การนำเสนอเรื่องราวที่อยู่ในรูปแบบการ์ตูนจึงเลือก

นำเสนอผ่านการพูดคุยและแนะนำโดยมีตัวการ์ตูนนำเสนอเรื่องราวเกี่ยวกับประโยชน์ของสีผัก ดังนี้



รูปที่ 1. แสดงแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา

1.5 ออกแบบลักษณะตัวละคร ประกอบด้วยตัวละคร 2 ตัว คือ เด็กหญิงส้มหวาน และ คุณแม่

ตารางที่ 1. แสดงการออกแบบตัวละคร

ตัวละคร	รายละเอียด	
เด็กหญิงส้มหวาน	เพศ	หญิง
	อายุ	10 ปี
	สถานะ	ลูก ปวดท้อง ท้องผูกเป็นประจำ
	นิสัย	ไม่ชอบรับประทานผัก
	ลักษณะเด่น	เรียบร้อย เป็นมิตรกับทุกคน
คุณแม่	เพศ	หญิง
	อายุ	45 ปี
	สถานะ	แม่ สุขภาพแข็งแรง
	นิสัย	ใจดี ดูแลลูกดี
	ลักษณะเด่น	มีความรู้เรื่องผักและโภชนาการ

1.6 ออกแบบภาพและเขียนสตอรี่บอร์ด เป็นการวาดภาพร่างประกอบเนื้อหาแต่ละฉาก โดยนำเนื้อหาแบ่งเป็นฉากและออกแบบภาพเป็นลักษณะภาพร่างหรือเป็นการแปลงเนื้อหาให้เข้าใจเป็นภาพแบบง่ายๆ เพื่อให้การวาดภาพ ไล่เสียง และสร้างแอนิเมชันได้สะดวกขึ้น

2. ขั้นตอนการผลิต

ขั้นตอนการผลิต (Production) หลังจากออกแบบภาพไว้แล้วขั้นตอนนี้จะเป็นการวาดภาพ สร้างภาพเคลื่อนไหว

บันทึกเสียง แทรกเสียงตามรูปแบบสตอรี่บอร์ดที่ได้ออกแบบไว้
ซึ่งเป็นการทำงานบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

2.1 การวาด จัดเตรียมต้นแบบรูปแบบหรือภาพนิ่ง
ข้อความ เพื่อวาดภาพตัวละคร ภาพฉาก และภาพประกอบต่างๆ
ตามเนื้อเรื่อง ด้วยโปรแกรมประยุกต์ด้านแอนิเมชัน 2 มิติ

2.2 การใส่เสียงเพลงบรรเลง เสียงสนทนาในเรื่อง

2.3 การสร้างภาพเคลื่อนไหวตัวละครในแต่ละฉาก การ
สร้างภาพเคลื่อนไหวในแต่ละฉากถึงแม้เป็นตัวละครตัวเดียวกัน
แต่แสดงท่าทางต่างกันจึงต้องวาดภาพใหม่หรือนำต้นแบบมา
เปลี่ยนท่าทาง ถ้าตัวละครมีการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนต้องวาด
ภาพต้นแบบใหม่และสร้างแผ่นแสดงภาพการ์ตูนที่เคลื่อนไหว
แต่ละท่าใหม่ เพื่อให้มีการเคลื่อนไหวถูกต้องตามธรรมชาติ ทำ
ให้สร้างภาพเคลื่อนไหวได้สะดวกขึ้น

2.4 การประกอบฉาก นำชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่วาดฉากแต่ละ
ฉาก ประกอบกันตามสตอรี่บอร์ด นำตัวละคร และ
ส่วนประกอบแต่ละฉากที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว จัดเรียงบน
Timeline เพื่อใส่เสียงและ Effect ต่าง ๆ ประกอบการ
เคลื่อนไหว



รูปที่ 2. แสดงการประกอบภาพแต่ละฉาก

3. ขั้นตอนหลังการผลิต

ขั้นตอนหลังการผลิต (Postproduction) เป็นขั้นตอนที่ทำ
ให้ภาพตัวละครต่างๆ มีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น เกี่ยวข้อง
กับการวาดภาพตัวละคร ฉากหลัง การบันทึกเสียง เป็นขั้นตอน
ในการนำตัวละครและฉากหลังมารวมเป็นภาพเดียวกัน นำแต่
ละฉากมาแสดงรวมกันเพื่อสร้างความต่อเนื่องของแอนิเมชัน
ตั้งแต่ต้นจนจบเรื่อง ซึ่งต้องมีการปรับแสงและสีของภาพ ให้มี
ความกลมกลืนกัน

5. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนระดับประถมศึกษา
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถม
ปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
จำนวน 90 คน

6. เครื่องมือการวิจัย

1. การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสปีค
2. โปรแกรมประยุกต์ด้านแอนิเมชัน 2 มิติ
3. แบบประเมินผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างที่เกิดจากการดู
แอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสปีค
4. ประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่เกิดจากการดู
แอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสปีค

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำการ์ตูนแอนิเมชันที่สร้างเสร็จมาประเมินผลการรับรู้
และประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน โดย กลุ่มตัวอย่างนักเรียน
ชั้นประถมปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครศรีธรรมราช จำนวน 90 คน

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินผลการรับรู้และแบบสอบถาม
ความพึงพอใจผู้เรียน โดยการหาค่าเฉลี่ย ค่า S.D. และระดับ
ความพึงพอใจ

9. ผลการวิจัย

ผลการสร้างการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของสปีค
ประกอบด้วย ตัวละคร 2 ตัว ฉาก 10 ฉาก มีความยาว 7 นาที มี
การลำดับเนื้อหาเริ่มจากฉากแรกมีการเกริ่นนำเนื้อเรื่องก่อนเข้าสู่
เนื้อหา ฉากถัดมาเป็นการแนะนำตัวละคร จากนั้นมีการดำเนิน
เรื่องก่อนการนำเสนอเนื้อหา ประโยชน์ของสปีคแต่ละสปีคและโทษ
ของการไม่รับประทานผักครบทุกสี

ผลการนำแอนิเมชันไปใช้ ประกอบด้วยผลการประเมินระดับการรับรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนต่อการดูแอนิเมชัน และผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการดูแอนิเมชัน

ในการประเมินผลการนำแอนิเมชันไปใช้ ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือจากครูประจำชั้นในการสำรวจพฤติกรรม การรับประทานผักเฉพาะมื้อกลางวันของกลุ่มตัวอย่างตามแบบสำรวจพฤติกรรมการรับประทานผัก โดยสำรวจก่อนการชมการ์ตูนแอนิเมชัน 1 สัปดาห์ จัดเตรียมสถานที่ ระยะเวลาในการชมการ์ตูนแอนิเมชัน เพื่อสร้างบรรยากาศที่ผ่อนคลายและสนุกสนานก่อนจะแนะนำการ์ตูนแอนิเมชัน ทำการทดสอบก่อนเรียน นำเสนอการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของผัก และทดสอบหลังเรียน หลังจากนั้นได้ขอความร่วมมือจากครูประจำชั้นสำรวจพฤติกรรมของนักเรียนหลังการชมการ์ตูนแอนิเมชัน 1 สัปดาห์ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล

ผลการนำแอนิเมชันไปใช้ ได้ทำการทดสอบก่อนเรียน ได้ผลค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.96$) และทำการทดสอบหลังเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงผลประเมินระดับการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง หลังจากชมการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของผัก

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการรับรู้
1. ได้รับความรู้ถึงหน้าที่ และประโยชน์ของผักสีเขียว	4.52	0.69	มาก
2. ได้รับความรู้ถึงหน้าที่ และประโยชน์ของผักสีแดง	4.17	0.75	มาก
3. ได้รับความรู้ถึงหน้าที่ และประโยชน์ของผักสีม่วง	4.5	0.71	มาก
4. ได้รับความรู้ถึงหน้าที่ และประโยชน์ของผักสีส้มหรือสีเหลือง	4.25	0.60	มาก
5. ได้รับความรู้ถึงหน้าที่ และประโยชน์ของผักสีขาว	4.18	0.70	มาก
6. ได้รับความรู้ถึงโทษของ	4.03	1.08	มาก

การไม่รับประทานผัก			
7. ได้รับความรู้ถึงลักษณะของผักสีต่างๆ	4.25	0.60	มาก
8. ได้รับความรู้ของน้ำผัก และผลไม้	4.24	0.59	มาก
รวม	4.27	0.73	มาก

ผลประเมินการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างหลังจากชมการ์ตูนแอนิเมชัน ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.27$) สูงขึ้นจากการทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ย 1.33 คะแนน

ผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการดูแอนิเมชัน ค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.22$) ด้านแอนิเมชันอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.83$) ด้านฉากและภาพประกอบอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.23$) ด้านเสียงอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 3.82$) ดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงผลการประเมินความพึงพอใจ

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับคะแนน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับการรับรู้
1. ด้านเนื้อหา	4.22	0.74	มาก
2. ด้านแอนิเมชัน	3.83	0.98	มาก
3. ด้านฉากและภาพประกอบ	4.23	0.65	มาก
4. ด้านเสียง	3.82	0.90	มาก
รวม	4.02	0.81	มาก

ผลสำรวจพฤติกรรมการรับประทานผักของนักเรียน ก่อนชมการ์ตูนแอนิเมชัน ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับน้อย ($\bar{X} = 2.34$) และทำการสำรวจพฤติกรรมการรับประทานผักหลังการชมการ์ตูนแอนิเมชัน ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ผลสำรวจพฤติกรรมการรับประทานผัก หลังจากชมการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของผัก

ผัก	ระดับคะแนน		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ผักสีเขียว	4.70	0.48	มากที่สุด
2. ผักสีแดง	3.40	0.51	ปานกลาง

3. ผักสีม่วง	1.80	0.78	น้อย
4. ผักสีส้มหรือสีเหลือง	3.50	0.97	มาก
5. ผักสีขาว	4.20	0.91	มาก
รวม	3.52	0.73	มาก

ผลสำรวจพฤติกรรมการรับประทานผักของนักเรียน หลังชมแอนิเมชัน ค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.52$) สูงขึ้นจากการสำรวจก่อนชมการ์ตูนแอนิเมชันเฉลี่ย 1.18 คะแนน มีแนวโน้มบริโภคผักเพิ่มขึ้น

สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

การสร้างการ์ตูน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของผัก ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนการสร้างแอนิเมชัน 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนก่อนการผลิต ขั้นตอนการผลิต และขั้นตอนหลังการผลิต สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การผลิตสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ในรูปแบบการ์ตูนแอนิเมชันเสมือนจริงค่านิยมหลักของคนไทย 12 ประการ สำหรับเด็กปฐมวัย (ปวีณา ปานเจียง และลักษณ คล้ายแก้ว) ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว จัดทำสตอรี่บอร์ด และใช้โปรแกรมประยุกต์ด้านแอนิเมชันในการสร้างภาพนิ่ง ฉาก ตัวละคร ภาพเคลื่อนไหว แทรกเสียงให้กับตัวละคร และประกอบภาพรวม ทำให้ผลการรับรู้เฉลี่ยของเด็กเรื่อง ประโยชน์ของผักอยู่ในระดับมากซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย การพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันปฏิสัมพันธ์ 2 มิติ เรื่อง พลเมืองดี (ณัฐพงษ์ กาญจนฉายา, คณิดา นิจรัตน์กุล, มณฑล ผลบุญ, 2561) เพื่อสร้างความรู้ในการเป็นพลเมืองดีของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่ากลุ่มที่เรียนโดยใช้การ์ตูนแอนิเมชันปฏิสัมพันธ์ 2 มิติ เรื่อง พลเมืองดี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.84 การ์ตูนแอนิเมชันทำให้เรียนรู้ได้เร็วทำให้ผู้ชมเกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน ทั้งด้านเนื้อหาบทเรียน ด้านรูปภาพ สี ความสวยงามของเนื้อเรื่อง ทำให้ผู้ชมเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง ประโยชน์ของผัก

เอกสารอ้างอิง

- [1] Bangkokbiznews.com, 2019. [Online]. Available: <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/762916>. [Accessed: May 3, 2020].
- [2] Nuttaphong Kanchanachaya, Kanita Nitjarunkul and Monton Ponbun, "2D interactive cartoon animation in the topic of good citizen to create knowledge in good citizenship of grade 5 students," Journal of Education Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani campus, Vol. 29 no.1, pp. 154-165, Jan-Apr 2018.
- [3] Thanevarakam Natchanakun and Natirath Weeranakin, "The Animation Development to Engage Ethics of Grade 6 Students Using Process of Storyline Technique," Romphruek Journal Krirk University, Vol. 36, no. 2, pp. 75-97, May-August 2018.
- [4] Pawintra Panjeng and Lucksana Klaikao, "Production of Virtual Animation E-Book on the 12 Value for Peace and Order for Early Childhood," Journal of Communication Arts Review, Vol. 21, no. 1, pp. 143-153, July-December 2017.
- [5] Pornpavee Khamluang, "Wisdom of consuming local vegetables for health purposes and to study the transfer of wisdom to consume local vegetables for health of the villagers in Sisaket District, Nan Province," Master of Public Health, Health Promotion Management Faculty of Public Health Thammasat University, 2017.
- [6] Suwich Tirakoat, Chaya Hiruncharoenvate, Kerkkiad Sannarong, Butsakon Sukmongkoltanut, Punthamit Sansuk and Satayu Senanuch, "Attitudes and Motivations of Learners to Use Animation for Learning," The Journal of Social Communication Innovation. Vol. 5, no. 2(10), pp. 92-101, July-December 2017.
- [7] Office of the Vocational Education Commission, "Principles of kindergarten education," academic documents – research No. 9/2533, Bangkok: Srimuang Printing Company Limited, 1990.

การพัฒนาระบบการตรวจให้คะแนนคำตอบข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค
การค้นหาคำความแบบเต็มและฟังก์ชันการเปรียบเทียบข้อความของภาษาพีเอชพี

Development of an Automated subjective answer scoring System with full-text search technique and PHP text comparison function

มนต์เทพ สุดใจ* และ สุรศักดิ์ มั่งสิงห์

Monthep Sudjai and Surasak Mungsing*

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Master of Science Information Technology Program,

Information Technology, Sripatum University

Received: November 16, 2020; Revised: March 04, 2021; Accepted: March 09, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – A subjective or written test is a type of test that allows learners to demonstrate better than other forms of thinking, ideas, analysis and synthesis of knowledge gained from learning. An efficient, automated subjective answer scoring system can reduce errors, injustice, fatigue and the inaccuracy in examining the exam. This paper presents the development of an automated scoring system for subjective answers for the secondary school level on the Internet to support teachers with the need to create content-based and appropriate subjective exams, and automatically score subjective answers. This system uses a Full-text Search technique and PHP Similar Text functions, and is used for testing in secondary education school 1) Kunnatee Ruttharam Witthayakhom School, Bangkok 2) Mueng Nakhonnayok School, Nakhonnayok be under Office of the Basic Education Commission. The test results showed $\bar{X} = 4.32$ that the teachers were satisfied with the results of the grading system at the good.

KEYWORDS: Automatic scoring system, Subjective exam, Assessment measurement, Secondary education, Full-text search technique

บทคัดย่อ -- แบบทดสอบชนิดอัตนัยหรือแบบเขียนเป็นรูปแบบแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงทักษะความคิด
ข้อคิดเห็น การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการเรียนได้ดีกว่ารูปแบบอื่น ระบบการตรวจให้คะแนนคำตอบ
ข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพจะสามารถลดข้อผิดพลาด ความไม่ยุติธรรม ความเมื่อยล้า และความไม่
เที่ยงตรงในการตรวจข้อสอบได้ บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบการตรวจให้คะแนนคำตอบข้อสอบอัตนัยแบบ
อัตโนมัติในระดับมัธยมศึกษาบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนครูผู้สอนที่มีความต้องการสร้างข้อสอบอัตนัย
ตามเนื้อหาและความเหมาะสมและตรวจให้คะแนนคำตอบข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติ ระบบนี้ใช้เทคนิคการค้นหาคำความ
แบบเต็ม และ ฟังก์ชันการเปรียบเทียบข้อความของภาษาพีเอชพี และใช้ทดสอบในการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษา
กับโรงเรียนสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 2 โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนกุนนทีรุทธธาม

*Corresponding Author: balllboro@gmail.com

วิทยาคม จังหวัดกรุงเทพมหานคร และโรงเรียนเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก นักเรียนที่ร่วมทดสอบระบบ จำนวน 250 คน ทดสอบทำข้อสอบอัตนัยวิชา เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ) ผลการทดสอบพบว่าครูผู้สอนมีค่า $\bar{x} = 4.32$ ความพึงพอใจต่อผลการตรวจให้คะแนนของระบบในระดับดี

คำสำคัญ: ระบบตรวจข้อสอบอัตโนมัติ, ข้อสอบอัตนัย, การวัดผลประเมินผล, มัธยมศึกษา, เทคนิคการค้นหาคำความแบบเต็ม

1. บทนำ

การจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ในระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา จำเป็นต้องมีการประเมินผลการเรียนรู้หลังจากจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นแล้ว การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนและเพื่อตัดสินผลการเรียน ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาและประเมินตามตัวชี้วัดเพื่อให้ได้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ สะท้อนสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในทุกระดับ คือ ระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ [1] ระดับของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับผู้สอนมากที่สุดและเป็นหัวใจของการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ผู้เรียน คือ การวัดและประเมินผลระดับชั้นเรียน การวัด (Measurement) หมายถึง การกำหนดตัวเลขให้กับวัตถุ สิ่งของ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์หรือพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียน การประเมิน (Assessment) หมายถึง กระบวนการเก็บข้อมูล ศึกษา บันทึก และใช้ข้อมูลเกี่ยวกับคำตอบของผู้เรียนที่ทำในภาระงาน/ชิ้นงาน ว่าผู้เรียนรู้อะไร สามารถทำอะไรได้ และจะทำต่อไปอย่างไร ด้วยวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลาย [2] เพื่อให้ได้ผลการประเมินการเรียนรู้ที่สามารถสะท้อนความสามารถของผู้เรียนอย่างแท้จริง ครูผู้สอนจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งครูผู้สอนในสถานศึกษาสามารถสร้างและพัฒนาแบบทดสอบตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามกลุ่มสาระการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องมั่นใจว่ามีความเที่ยงตรง (Validity) มีความยุติธรรม (Fair) และมีความเชื่อถือได้ (Reliability) ของแบบทดสอบที่จะนำมา

ประเมินกับผู้เรียน ซึ่งปัจจุบันเครื่องมือหรือวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ได้แก่ การทดสอบแบบตัวเลือกหรือปรนัย การทดสอบแบบข้อเขียนหรืออัตนัย การให้ผู้เรียนประเมินตนเอง การถาม-ตอบ การตรวจผลงาน เป็นต้น

เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุดของโลกเชื่อมโยงผู้คนทั่วโลกเข้าด้วยกัน เป็นระบบที่มีการพัฒนาความสามารถอย่างต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และยังคงมีการพัฒนาความสามารถต่อไปในอนาคต เหตุนี้จึงสามารถนำระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์มากมาย เช่น ด้านการติดต่อสื่อสาร ด้านการพาณิชย์ ด้านการศึกษา เป็นต้น นอกจากนี้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตยังสามารถเข้าถึงบริการต่าง ๆ ด้วยอุปกรณ์หลากหลายประเภท เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น

ด้วยสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 มีผู้ติดเชื้อและเสียชีวิตมากมายทั่วโลก ทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก กำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของโรคและเพื่อความปลอดภัยของประชาชนในประเทศ สถานการณ์เหล่านี้ล้วนเป็นอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการจัดกิจกรรมการวัดผลประเมินผลหลังการจัดการเรียนรู้ ในปี พ.ศ. 2563 การจัดการวัดผลประเมินผลโดยใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในสถานการณ์ดังกล่าว เนื่องจากช่วยให้สามารถจัดการวัดผลประเมินผลได้ โดยที่ไม่ต้องเดินทางมาที่สถานที่ที่จัดสอบ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุในการแพร่ระบาดของเชื้อโรคได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิเคราะห์และออกแบบระบบให้คะแนนคำตอบอัตนัยแบบอัตโนมัติสำหรับโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับครูผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยมีความคาดหวังว่าจะเป็นเครื่องมือสนับสนุนกระบวนการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา โดยอาศัยความสามารถของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้วัดผล

ประเมินผลผู้เรียนด้วยข้อสอบอัตนัย ผู้เข้าสอบสามารถเข้าถึงระบบข้อสอบผ่านอุปกรณ์หลากหลาย เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น

2. ทฤษฎีเกี่ยวข้อง

2.1 การวัดและการประเมินผลการศึกษา

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในชั้นเรียน (Classroom Assessment) หมายถึง กระบวนการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ตีความ บันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัดและประเมินทั้งที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ โดยการดำเนินการดังกล่าวเกิดตลอดระยะเวลาของการจัดการเรียนการสอน นับตั้งแต่ก่อนการเรียนการสอน ระหว่างการเรียนการสอน และหลังจากการเรียนการสอน โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด นำผลที่ได้มาตีค่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในตัวชี้วัดของมาตรฐานสาระการเรียนรู้ของหลักสูตร ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลสะท้อนให้ผู้สอนทราบถึงผลการจัดการเรียนการสอนของตนและพัฒนาการของผู้เรียน ดังนั้น ข้อมูลที่เกิดจากการวัดและประเมินผลที่มีคุณภาพเท่านั้นจึงจะสามารถนำไปใช้ได้อย่างเป็นประโยชน์ ตรงตามเป้าหมาย คำนวณค่าต่อการปฏิบัติงาน หากการวัดและประเมินการเรียนรู้ไม่มีคุณภาพ จะทำให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ ต้นสังกัด ส่วนกลาง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สถานศึกษา ผู้ปกครอง หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ขาดข้อมูลสำคัญในการสะท้อนผลและสภาพความสำเร็จเมื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมาย ส่งผลให้การวางแผนกำหนดทิศทางการพัฒนาผู้เรียนในระยะต่อไป ไม่สามารถสร้างความมั่นใจได้ว่าสอดคล้องกับสภาพปัญหา และมีความเหมาะสมกับระดับความสำเร็จของการพัฒนาผู้เรียนในระยะที่ผ่านมา [2]

2.2 PHP

ภาษา PHP ย่อมาจาก PHP: Hypertext Preprocessor ผู้ให้กำเนิด PHP คือ Rasmus Lerdorf เป็นภาษาสคริปต์แบบโอเพนซอร์สที่ใช้อย่างแพร่หลาย เหมาะสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์ ถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่ายเมื่อเทียบกับภาษาอื่น สิ่งที่น่าสนใจที่สุดในการใช้ภาษา PHP คือความง่ายสำหรับผู้ใช้งานทุกระดับ แต่ก็มีคุณสมบัติขั้นสูงมากมายสำหรับผู้ใช้งานระดับสูง ทำให้ภาษา PHP ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายและมีการพัฒนามาอย่าง

ต่อเนื่องตั้งแต่ปี ค.ศ.1995 การพัฒนาเว็บไซต์ในปัจจุบันนิยมใช้ PHP 7 ซึ่งเปิดตัวในงาน PHP Conf Asia 2015 ที่ประเทศสิงคโปร์ [3]

2.3 Full Text Search

เป็นการค้นหาข้อความแบบเต็ม ช่วยให้ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อความในรูปแบบอักขระในฐานข้อมูล MySQL ซึ่งกระบวนการเริ่มต้นคือการสร้างดัชนีหรือ Index ข้อความบนตารางเสียก่อนที่จะเรียกใช้งาน ซึ่งประโยคหรือคำที่ไม่มีผลสำคัญจะไม่ถูกทำเป็นดัชนี Full Text Search นั้นรองรับประเภทข้อมูล 3 ประเภท คือ CHAR, VARCHAR, TEXT สามารถทำงานได้บน InnoDB หรือ MyISAM ซึ่งทั้งสองเป็น Database Engine หนึ่งของ MySQL ที่เป็นที่ยอมรับของนักพัฒนา อีกทั้งวิธีการ Full Text Search นี้ จะทำให้เราสามารถค้นหาได้อย่างรวดเร็ว และยังค้นหาข้อมูลได้ตรงกับความต้องการมากที่สุดอีกด้วย [4] สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานหลากหลาย เช่น ระบบ Digital Library Software [5]

2.4 Similar text PHP

เป็นฟังก์ชันเกี่ยวข้องกับอักขระของภาษา PHP ใช้ในเปรียบเทียบข้อความสองข้อความ โดยตรวจสอบความเหมือนกันของข้อความว่ามีความเหมือนกันร้อยละเท่าใด สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับการตรวจสอบข้อสอบอัตนัยได้ว่าคำตอบของผู้เข้าสอบเมื่อเปรียบเทียบกับเฉลยแล้วมีความตรงกันของคำตอบร้อยละเท่าใด จากนั้นจึงนำผลมาประมวลผลเป็นคะแนนก่อนแสดงผลให้ครูผู้สอนพิจารณา

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาพบว่าในต่างประเทศมีการวิจัย พัฒนา ศึกษา และทดลองเกี่ยวกับระบบการตรวจข้อสอบอัตนัยโดยใช้อัลกอริทึม เช่น อัลกอริทึม K-NN ใช้ในการคิดคะแนนคำตอบ โดยเปรียบเทียบความคล้ายกันระหว่างชุดคำตอบกับชุดข้อมูลเปรียบเทียบ ในประเทศไทยมีการวิจัยระบบการตรวจข้อสอบอัตนัยโดยใช้อัลกอริทึม Neural Network และ LSA [6]

Bloom [7] กล่าวว่า จุดประสงค์การศึกษาประกอบด้วย 6 ทักษะ ได้แก่ (1) ทักษะรู้จำ (Knowledge) (2) ทักษะความเข้าใจ (Comprehension) (3) ทักษะการนำไปใช้หรือการประยุกต์ (Application) (4) ทักษะการวิเคราะห์ (Analysis) (5) ทักษะการ

สังเคราะห์ (Synthesis) (6) ทักษะการประเมินค่า (Evaluation) การวัดผลประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยข้อสอบอัตนัยสามารถใช้ในการวัดทักษะที่ 2 จนถึงทักษะที่ 6 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Engelhard [8] ได้ทดสอบความคลาดเคลื่อนของผู้ตรวจในการประเมินการเขียนความเรียงด้วยโมเดลรასส์แบบหลายฟาเซต การศึกษาครั้งนี้พิจารณาความคลาดเคลื่อนของผู้ตรวจ ได้แก่ ความเข้มงวด อิทธิพลภูมิหลัง แนวโน้มการตรวจแบบกลาง ๆ และช่วงจำกัดของคะแนน พบว่า ผู้ตรวจมีความคลาดเคลื่อนจากความเข้มงวดของการตรวจแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีผู้ตรวจจำนวนสองคนที่เกิดความคลาดเคลื่อนแบบ halo effect โดยให้คะแนนแบบสอบความเรียงด้วยเกณฑ์แบบโดยรวมมากกว่าแบบแยกองค์ประกอบ ผู้ตรวจร้อยละ 80 มีการให้คะแนนแบบกลาง ๆ นอกจากนี้ เมื่อมีการแจกแจงคะแนนดิบที่ยังไม่ได้ปรับ พบว่า มีความคลาดเคลื่อนแบบช่วงจำกัดของคะแนน

Tuckman [9] ให้ความหมายของแบบทดสอบอัตนัยไว้ว่าเป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบได้แสดงความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ รวมทั้งวิเคราะห์ และประเมินความรู้ที่ได้เรียนมา

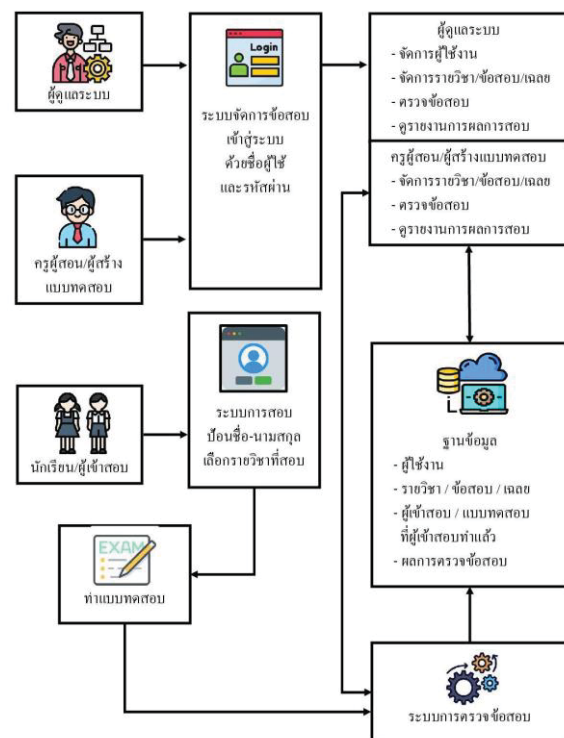
รัตน [10] ได้ให้ความหมายของข้อสอบอัตนัยไว้ว่า ข้อสอบอัตนัยเป็นข้อสอบที่สร้างคำถามที่ชัดเจนเพียงอย่างเดียว เพื่อให้ผู้ตอบอธิบายโดยเขียนคำตอบอย่างเสรีไม่มีขอบเขตที่แน่นอน เขียนบรรยายตามความรู้และความคิดเห็นของแต่ละคน

ศศิธร [11] ได้ศึกษาผลของการทดสอบย่อยด้วยแบบสอบอัตนัยและข้อสอบปรนัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และปริมาณในการเดาในการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า กลุ่มที่ได้รับการทดสอบด้วยข้อสอบอัตนัยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการทดสอบย่อยด้วยข้อสอบปรนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนต่างกัน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปริมาณในการเดา พบว่า กลุ่มที่ได้รับการทดสอบด้วยข้อสอบปรนัยมีปริมาณการเดาสูงกว่ากลุ่มที่ทดสอบด้วยข้อสอบอัตนัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยกลุ่มที่มีความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำ เมื่อทำข้อสอบปรนัยจะมีปริมาณการเดาสูงกว่ากลุ่มที่ได้ทำข้อสอบอัตนัย การใช้ข้อสอบต่างกันจะมีปริมาณการเดาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุทุมพร [12] ได้เปรียบเทียบข้อแตกต่างของข้อสอบอัตนัยและข้อสอบปรนัยว่า ข้อสอบอัตนัยวัดความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่าได้ กระตุ้นให้ผู้เรียนจัดระบบความคิดและหาวิธีในการแสดงออกซึ่งความคิดของตน แต่สามารถเกิดความล่าช้าได้ง่ายและมีความเชื่อมั่นต่ำกว่า ลายมือและวิธีเขียนของผู้เข้าสอบเป็นปัจจัยที่ทำให้คะแนนคลาดเคลื่อนได้

3. วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนากระบวนการตรวจให้คะแนนคำตอบข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติในระดับมัธยมศึกษา ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าจะไม่มีระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถตรวจข้อสอบอัตนัยได้ดีเทียบเท่ากับครูผู้สอน ดังนั้นการผสมผสานระหว่างระบบการตรวจข้อสอบอัตนัยอัตโนมัติด้วยคอมพิวเตอร์และการตรวจข้อสอบอัตนัยโดยครูผู้สอนอย่างเป็นระบบ สามารถทำให้กระบวนการวัดและประเมินผลการเรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างกรอบแนวคิดการพัฒนาระบบได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากระบวนการตรวจให้คะแนนคำตอบข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลการวัดและประเมินผลการศึกษา

หลักสูตรแกนกลางสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และแนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ ศึกษากระบวนการตรวจสอบข้อสอบอัตนัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่าในประเทศไทยมีการใช้งานระบบการจัดการวัดผลประเมินผลด้วยข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติอยู่น้อยมาก และยังไม่มียุทธศาสตร์ที่ครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษา นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนอย่างจริงจัง ต่างจากระบบการจัดการวัดผลประเมินผลด้วยข้อสอบแบบปรนัยที่มีให้ครูผู้สอนสามารถเข้าถึงได้ง่ายและเลือกใช้งานอย่างหลากหลาย ระบบจัดการข้อสอบแบบปรนัยที่นิยม ได้แก่ LMS Moodle, Google Forms, Microsoft Forms ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ให้บริการเอกชน ส่วนระบบจัดการวัดผลประเมินผลด้วยข้อสอบอัตนัยที่สร้างโดยจากหน่วยงานของรัฐ เช่น ระบบ E-Testing ของสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) มีข้อจำกัดในการใช้งานระบบหลายประการ

สาเหตุหนึ่งที่ระบบการวัดผลประเมินผลด้วยข้อสอบอัตนัยอัตโนมัติในประเทศไทยมีน้อยเพราะภาษาไทย เป็นภาษาที่มีลักษณะแตกต่างจากภาษาอื่น ๆ เช่น ภาษาอังกฤษ ภาษาจีน เนื่องจากในภาษาไทยมีการเขียนติดกันไปทั้งประโยค อีกทั้งคำไทยคำหนึ่งอาจประกอบไปด้วยสระที่เป็นสระประกอบ คือมาจากสระอื่นอีกหลายตัวประกอบกัน เช่น สระเอื้อะ สระเอื้อะ และพยัญชนะบางตัวยังสามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งตัวสะกดหรือสระด้วยก็ได้ ดังนั้นการแยกแยะในหน่วยย่อยของคำจึงมีความยากมากกว่าภาษาอื่น

3.2 การออกแบบระบบ

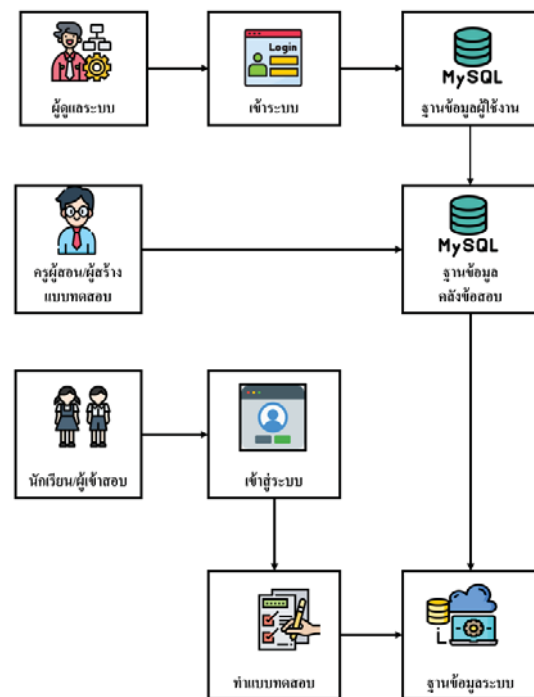
การพัฒนาแบบแบ่งเป็นสองส่วนคือ การออกแบบส่วนของระบบจัดการคลังข้อสอบ และการออกแบบระบบการตรวจข้อสอบอัตนัยแบบอัตโนมัติ

3.2.1 การออกแบบระบบจัดการคลังข้อสอบ

ผู้วิจัยออกแบบระบบการข้อสอบ โดยแบ่งระดับผู้ใช้งานระบบเป็นสองกลุ่มคือ 1) ผู้ใช้ระดับผู้ดูแลระบบ 2) ผู้ใช้ระดับครูผู้สอน โดยผู้ดูแลระบบสามารถกระทำการสร้าง/เรียกดู/แก้ไข/ลบ ผู้ใช้ระดับครูผู้สอนและข้อสอบในคลังข้อสอบทั้งหมด ส่วนผู้ใช้ระดับครูผู้สอน ทำได้เพียงสร้าง/เรียกดู/แก้ไข/ลบ ข้อสอบในคลังข้อสอบของผู้ใช้เองเท่านั้น ในส่วนของระบบจัดการคลังข้อสอบ ประกอบไปด้วยชื่อวิชา รายละเอียด

ของรายวิชา สถานะเผยแพร่/ซ่อน วันที่เริ่มสอบและวันที่สิ้นสุด การเข้าทำแบบทดสอบ จำนวนข้อ คะแนนเต็ม คำถามรายละเอียดเพิ่มเติมของคำถาม คะแนนของแต่ละคำถาม โดยผู้สร้างข้อสอบจำเป็นต้องป้อนคำตอบหรือเฉลยลงไปในแต่ละข้อคำถาม สามารถกำหนดคำตอบได้หลายคำตอบในหนึ่งข้อคำถาม แต่ละคำตอบสามารถกำหนดคะแนนแตกต่างกันได้ เมื่อครูผู้สอนสร้างชุดข้อคำถามและกำหนดคำตอบหรือเฉลยพร้อมระบุคะแนนเรียบร้อยแล้ว ผู้สอนสามารถกำหนดวันเวลาในการเข้าสอบและกำหนดสถานะการมองเห็นของนักเรียนผู้เข้าสอบได้

ส่วนของนักเรียนหรือผู้เข้าสอบ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการเข้าทำข้อสอบและลดขั้นตอนการทำงานแก่ครูผู้สอน ซึ่งผู้วิจัยให้ความสำคัญในจุดนี้เป็นอย่างมาก จึงออกแบบให้ระบบการเข้าทำแบบทดสอบของผู้เข้าสอบสามารถทำได้โดยไม่ต้องมีการสมัครสมาชิกเพื่อเข้าระบบแต่อย่างใด โดยผู้เข้าสอบเข้าทำข้อสอบด้วย Web Browser บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จากนั้นเพียงกรอกชื่อ-นามสกุลของผู้เข้าสอบ จากนั้นทำการเลือกชุดข้อสอบที่ต้องการเข้าสอบ โดยชุดข้อสอบที่จะแสดงให้เลือกนั้นจะปรากฏเพียงชุดข้อสอบที่ครูผู้สอนกำหนดสถานะเผยแพร่และภายในกำหนดระยะเวลาที่ระบุไว้เท่านั้น



รูปที่ 2. แสดงการออกแบบระบบจัดการคลังข้อสอบ

3.2.2 ระบบการตรวจข้อสอบอัตโนมัติ

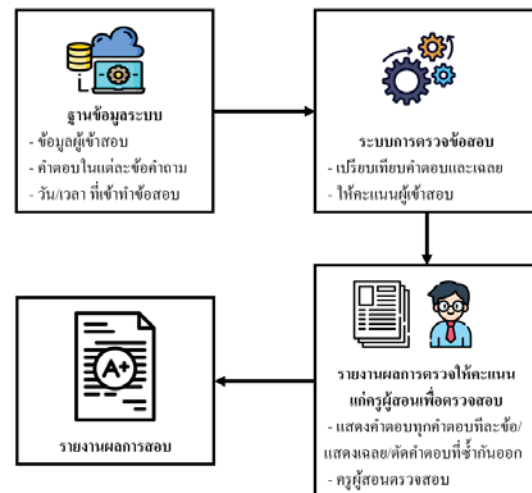
การออกแบบส่วนระบบการตรวจข้อสอบอัตโนมัติ ผู้วิจัยมีแนวคิดว่าการตรวจข้อสอบนี้ จะเป็นเครื่องมือช่วยอำนวยความสะดวกแก่ครูผู้สอน แต่ไม่สามารถตรวจหรือพิจารณาคำตอบของข้อสอบที่เติมหรือเทียบเท่าการตรวจโดยครูผู้สอนซึ่งเป็นมนุษย์ได้ ระบบเพียงช่วยลดปัญหาของการตรวจข้อสอบอัตโนมัติได้แก่ ความเมื่อยล้าเมื่อตรวจข้อสอบเป็นเวลานาน การขาดความเที่ยงตรงในการตรวจ อารมณ์และความรู้สึกของผู้ตรวจข้อสอบ การใช้เวลามากในการตรวจข้อสอบ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ข้อสอบอัตโนมัติไม่เป็นที่นิยม ผู้วิจัยจึงออกแบบให้ระบบตรวจข้อสอบให้เรียบร้อยเสียก่อน จากนั้นนำผลการตรวจข้อสอบรายงานให้ครูผู้สอนได้ตรวจอีกครั้ง โดยระบบจะดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลคลังข้อสอบที่บันทึกคำตอบของผู้เข้าสอบแต่ละคน จากนั้นนำคำตอบมาทำการเปรียบเทียบกับเฉลยของแต่ละข้อ หากอักขระข้อความของคำตอบตรงกับคำตอบของเฉลย ระบบจะให้คะแนนตามที่ครูผู้สอนได้ระบุไว้ หากไม่ตรงกับเฉลย ระบบจะให้คะแนนเป็น 0 จากนั้นระบบจะนำผลการตรวจคำตอบข้อสอบอัตโนมัติแสดงให้ครูผู้สอนที่ละข้อตามลำดับ โดยจะแสดงโจทย์ของข้อสอบ เฉลย คำตอบที่ผู้เข้าสอบป้อนเข้าสู่ระบบทั้งหมดแต่ไม่แสดงชื่อของผู้เข้าสอบ และตัดคำตอบที่เหมือนกันออกไป แสดงเพียงคำตอบที่ไม่เหมือนกัน พร้อมทั้งให้คะแนนในข้อคำตอบที่ระบบตรวจสอบว่าคำตอบถูกต้อง เพื่อให้ครูผู้สอนได้ทำการตรวจสอบคำตอบที่ระบบคิดว่าไม่ถูกต้องและไม่ได้ให้คะแนน ครูผู้สอนพิจารณาคำตอบเหล่านี้และหากต้องการให้คะแนนคำตอบเหล่านี้ก็สามารถทำได้ทันที จากนั้นระบบจะประมวลผลคะแนนและสร้างรายงานผลการสอบวัดผลประเมินผล ซึ่งในส่วนนี้จะแสดงผลการสอบเป็นข้อมูลรายบุคคล รวมถึงข้อมูลที่จำเป็นอื่น เช่น รายวิชาที่สอบ คะแนนที่ได้ คะแนนเต็ม และวันเวลาที่ผู้เข้าสอบส่งข้อสอบเข้าสู่ระบบ เป็นต้น

4. ผลการดำเนินงานพัฒนาระบบ

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบ นำไปสู่การพัฒนากระบวนการตรวจข้อสอบอัตโนมัติ ภาษาไทยอัตโนมัติเพื่อใช้งานกับครูผู้สอนและนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา มีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

ในขั้นตอนแรกผู้ดูแลระบบต้องกำหนดชื่อผู้ใช้งาน (username) พร้อมรหัสผ่าน (password) ให้แก่ครูผู้สอน เพื่อใช้ในการเข้าสู่ระบบได้ หลังจากนั้นครูผู้สอนจึงจะสามารถเข้าสู่ระบบเพื่อดำเนินการกำหนดรายวิชาเพื่อใช้ในการสร้างแบบทดสอบในแต่ละรายวิชา ในส่วนของการสร้างรายวิชานี้ ผู้ดูแลระบบสามารถดำเนินการให้ครูผู้สอนหรือครูผู้สอนจะดำเนินการด้วยตนเองก็ได้ (รูปที่ 5)



รูปที่ 3. แสดงระบบการตรวจข้อสอบอัตโนมัติ

ระบบจัดการข้อสอบ

เข้าสู่ระบบ

13/November/2020 20:42:30

username

password

เข้าสู่ระบบ

รูปที่ 4. หน้าต่างเข้าสู่ระบบจัดการข้อสอบ

ชื่อวิชา	รายละเอียด	สถานะ	เริ่มสอบ	สิ้นสุด	ผู้สอบ	จำนวนข้อสอบ	คะแนนเต็ม	คะแนนรวม	ข้อสอบแบบ
เทคโนโลยี/วิชาการคำนวณ ม.1	คุณสมบัติการเรียนรู้รายบุคคลแบบเฉพาะบุคคล	สำเร็จ	12 ม.ค. 2563	31 ธ.ค. 2563	ครูณัฏฐา เตชะสุกิจ	7	10		
test 101	this is a class for test 101	สำเร็จ	27 พ.ค. 2563	5 มิ.ย. 2563	admin exam	2	25		
test 102	102 detail	สำเร็จ	27 พ.ค. 2563	5 มิ.ย. 2563	admin exam	0			
เทคโนโลยี/วิชาการคำนวณ ม.2	ชั้น ม.4 บทที่ 2	สำเร็จ	27 พ.ค. 2563	30 พ.ค. 2563	ครูณัฏฐา เตชะสุกิจ	1	1		

รูปที่ 5. หน้าต่างการจัดการรายวิชา

ในหน้าด้านการจัดการรายวิชา (รูปที่ 6) ผู้ใช้สามารถกำหนดและแก้ไขชื่อวิชา รายละเอียดของวิชา ตั้งค่าสถานะการมองเห็นหรือซ่อนแบบทดสอบ กำหนดวันเริ่มสอบและวันสิ้นสุดการสอบ

รูปที่ 6. หน้าด้านการตั้งค่ารายวิชา

ขั้นตอนต่อไปเป็นการสร้างข้อคำถามในแต่ละรายวิชาที่ได้สร้างขึ้นในขั้นตอนก่อนหน้า โดยผู้สร้างข้อคำถามจะต้องกรอกหัวข้อคำถาม รายละเอียดของข้อคำถาม และคะแนนแต่ละข้อคำถาม (รูปที่ 7) จากนั้นจึงดำเนินการกำหนดคำตอบหรือเฉลยของแต่ละข้อคำถาม โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดคะแนนของคำตอบได้อย่างอิสระ และสามารถใส่คำตอบได้มากตามที่ผู้ใช้งานต้องการ โดยการกำหนดคำตอบนี้จะส่งผลต่อประสิทธิภาพโดยรวมของการตรวจคำตอบ เนื่องจากระบบจะนำคำตอบที่ได้กำหนดไว้นำไปเปรียบเทียบกับคำตอบที่ผู้เข้าสอบได้ป้อนเข้าสู่ระบบ ดังนั้นหากผู้สร้างข้อสอบป้อนคำตอบได้มากและหลากหลาย จะทำให้การตรวจข้อสอบมีความชัดเจนและครอบคลุมมากขึ้น

รูปที่ 7. หน้าด้านการสร้างข้อคำถาม

คำตอบ	คะแนน	ลบ
แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ	1	[ลบ]
แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน	1	[ลบ]
รวมคะแนน	2 (รวม 2) คะแนน	

รูปที่ 8. หน้าต่างกำหนดคำตอบหรือเฉลย

เมื่อครูผู้สอนดำเนินการในขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเสร็จสิ้นแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการให้นักเรียนหรือผู้เข้าสอบทำการเข้าทำแบบทดสอบที่ได้สร้างไว้ โดยผู้สร้างแบบทดสอบต้องกำหนดวันเวลาเปิด/ปิดแบบทดสอบ และกำหนดสถานะการมองเห็น เพื่อให้ผู้เข้าสอบสามารถเข้าถึงแบบทดสอบที่สร้างเอาไว้ โดยหน้าต่างเข้าสู่แบบทดสอบของผู้เข้าสอบจะมีความแตกต่างกับผู้ดูแลระบบหรือครู เนื่องจากผู้เข้าสอบป้อนเพียงข้อมูลชื่อและนามสกุล จากนั้นเพียงเลือกชุดข้อสอบที่ต้องการเข้าสอบ ก็จะสามารดำเนินการทำแบบทดสอบได้ทันที

รูปที่ 9. หน้าต่างลงชื่อเข้าสอบของผู้เข้าสอบ

เมื่อผู้เข้าสอบกรอกชื่อ นามสกุล และเลือกชุดข้อสอบที่ต้องการเข้าทดสอบ ระบบจะเข้าสู่หน้าต่างการทำให้แบบทดสอบ โดยจะแสดงชื่อ นามสกุลของผู้เข้าสอบ วันและเวลาที่เข้าสอบ หัวข้อและรายละเอียดของข้อสอบ คะแนนเต็ม ข้อคำถาม คำอธิบายข้อคำถาม รวมถึงคำแนะนำการทำข้อสอบแก่ผู้เข้าสอบ ผู้เข้าสอบจะต้องพิมพ์คำตอบลงในช่องคำตอบในแต่ละข้อจนครบทุกข้อ ผู้ใช้งานสามารถเลือกทำข้อสอบข้อใดก่อนก็ได้ โดยเลือกที่แถบข้อสอบด้านล่าง เมื่อทำเสร็จแล้วจึงกดปุ่ม ส่งคำตอบ เพื่อส่งคำตอบซึ่งเป็นการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบ

ผู้เข้าสอบ คุณ สัมผัส ดั่งใจดี
วันที่สอบ 13 November 2020 21:47:30

ข้อสอบ เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผ่านมีทั้งหมด 7 ข้อ คิดเป็นคะแนนรวม 10 คะแนน
กรุณาค้นหาคำตอบให้ครบถ้วน หากไม่พบคำตอบหรือต้องการเว้นว่างไว้ให้ใส่ เครื่องหมายติด "-"

ข้อที่ 1. การคิดเชิงคำนวณมีประโยชน์อย่างไร (1 คะแนน)
บอกประโยชน์ของแนวคิดเชิงคำนวณ
คำตอบ :
ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

ข้อก่อนหน้า 1 2 3 4 5 6 7 > ข้อถัดไป ส่งคำตอบ

รูปที่ 10. หน้าต่างการทำแบบทดสอบของผู้เข้าสอบ

ขั้นตอนการตรวจข้อสอบ คำตอบที่ระบบคิดว่าเป็นคำตอบที่ถูก ระบบจะให้คะแนนคำตอบนั้นอัตโนมัติ โดยการใช้ระบบการค้นหาคำแบบ full text search ซึ่งเป็นของ MySQL Database ร่วมกับ Similar Text ของ PHP ให้เปรียบเทียบคำตอบกับเฉลยที่ครูผู้สอนกำหนดไว้ในขั้นตอนการสร้างข้อคำถาม จากนั้นจะรายงานผลโดยแสดงข้อคะแนนในแต่ละข้อคำตอบจำนวนผู้ตอบ รายการคำตอบ ซึ่งระบบจะไม่แสดงชื่อของผู้เข้าสอบ (รูปที่ 11) ผู้ตรวจคำตอบสามารถตรวจสอบคำตอบที่ผู้เข้าสอบตอบเข้ามา สามารถแก้ไขผลการตรวจของระบบ และป้อนคะแนนคำตอบที่ครูผู้สอนพิจารณาแล้วมีความคิดเห็นต่างจากระบบ ครูผู้สอนก็สามารถป้อนคะแนนให้กับคำตอบนั้นได้ทันทีเมื่อครูผู้สอนพิจารณาคำตอบในแต่ละข้อคำตอบเสร็จเรียบร้อยแล้วระบบจึงบันทึกผลคะแนนของผู้เข้าสอบแต่ละคนต่อไป โดยครูผู้สอนสามารถเข้าไปยังเมนูรายงานผลการสอบเพื่อดูผลการตรวจข้อสอบเป็นรายบุคคล ซึ่งระบบจะแสดงชื่อนามสกุลของผู้เข้าสอบ วิชาที่สอบ คะแนนที่ได้ คะแนนเต็ม วันและเวลาที่เข้าสอบ

ข้อที่ 1. การคิดเชิงคำนวณมีประโยชน์อย่างไร (1 คะแนน)
บอกประโยชน์ของแนวคิดเชิงคำนวณ
เฉลย :
(1 คะแนน)แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ
(1 คะแนน)แก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน

ไม่คะแนน (จำนวนผู้ตอบ) | จากคำถาม

1 (2) | แก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอน

0 (1) | คิดอย่างเป็นระบบ

0 (1) | เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

0 (1) | ขั้นตอนการแก้ปัญหา ขั้นตอนการทำงาน

0 (1) | ทดลองวิธีต่าง

0 (1) | ทดลองลงมือปฏิบัติ

0 (1) |

0 (1) | ช่วยให้เราสามารถแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ

ข้อก่อนหน้า 1 2 3 4 5 6 7 > ข้อถัดไป ตรวจคำตอบเรียบร้อยแล้ว

รูปที่ 11. หน้าต่างตรวจข้อสอบและพิจารณาผลตรวจ

ชื่อ-นามสกุล	วิชาที่สอบ	คะแนนที่ได้ / เต็ม	สอบเมื่อ
สมชาย ใจดี	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	6 / 10	12 พ.ค. 2563 08:53:39
กมลวิภา จันทวงษ์	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	7 / 10	19 พ.ค. 2563 15:01:41
ดวงเดือน ขอนธนา	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	10 / 10	19 พ.ค. 2563 14:57:16
นิธิตา อ่อนคง	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	4 / 10	19 พ.ค. 2563 15:02:17
วชิระ ชื่นเกิด	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	7 / 10	19 พ.ค. 2563 15:01:15
วรรณภา คงระลา	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	4 / 10	19 พ.ค. 2563 15:02:54
สมหมาย ใจดี	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	2 / 10	13 พ.ค. 2563 21:42:30
สัมฤทธิ์ ดั่งใจดี	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	2 / 10	13 พ.ค. 2563 21:49:03
เพชรรัตน์ สุนธนา	เทคโนโลยี(วิทยาการคำนวณ)	8 / 10	19 พ.ค. 2563 14:59:29

รูปที่ 12. หน้าต่างแสดงผลการตรวจข้อสอบ

5. บทสรุปและการอภิปราย

บทความนี้นำเสนอการพัฒนากระบวนการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตโนมัติแบบอัตโนมัติในระดับมัธยมศึกษา (Automatic scoring system for subjective exams at the secondary level) ซึ่งเป็นระบบที่จะเป็นเครื่องมือช่วยให้ครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาที่มีความต้องการวัดผลประเมินผลผู้เรียนด้วยข้อสอบแบบอัตนัยสามารถดำเนินการจัดการวัดผลประเมินผลหรือจัดการสอบด้วยความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ บนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ซึ่งผู้เข้าสอบสามารถเข้าถึงระบบผ่านอุปกรณ์ที่หลากหลายผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เนื่องจากระบบทำงานในรูปแบบเว็บไซต์ด้วย PHP และใช้งานฐานข้อมูล MySQL จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานแบบ Offline ด้วยระบบ Intranet ได้ ในกรณีที่ผู้ใช้งานระบบต้องการต้องการใช้งานระบบตรวจข้อสอบอัตโนมัติแบบอัตโนมัติภายใต้มาตรการรักษาความ

ปลอดภัยของข้อสอบของสถานศึกษาได้ ผลจากการนำระบบการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตโนมัติให้ครูผู้สอนระดับชั้นมัธยมศึกษาทดลองใช้ในการจัดการวัดผลประเมินผลพบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของครูผู้สอนมีค่า $\bar{x} = 4.32$ จัดอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 1. แสดงผลการประเมินความพึงพอใจระบบการตรวจข้อสอบอัตโนมัติภาษาไทยแบบอัตโนมัติ

ข้อ	รายการ	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.	เว็บไซต์เข้าสู่ระบบได้ง่าย รวดเร็ว	4.33	0.76	ดี
2.	หน้าจอระบบเหมาะสม สวยงาม	4.10	0.84	ดี
3.	การใช้งานระบบเข้าใจง่าย	4.20	0.65	ดี
4.	การเข้าถึงการสอบออนไลน์ได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว	4.53	0.63	ดีมาก
5.	การสร้างชุดข้อสอบตามมาตรฐานตัวชี้วัด	4.27	0.58	ดี
6.	ระบบการตรวจให้คะแนนข้อสอบ	4.03	0.72	ดี
7.	ช่วยให้ครูผู้สอนจัดสอบอัตโนมัติได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น	4.73	0.87	ดีมาก
8.	ช่วยให้นักเรียนทำข้อสอบอัตโนมัติได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น	4.40	0.56	ดี
9.	ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์มากขึ้น	4.43	0.63	ดี
10.	แก้ปัญหาการจัดการสอบในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID-19	4.17	0.99	ดี
11.	ช่วยให้นักเรียนฝึกการสอบด้วยข้อสอบอัตโนมัติ	4.53	0.85	ดีมาก
12.	ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น	4.10	0.88	ดี
รวม		4.32	0.74	ดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยมีความคาดหวังว่าระบบการตรวจให้คะแนนข้อสอบอัตโนมัติแบบอัตโนมัติ จะถูกนำไปใช้ในการจัดการวัดผลประเมินผลผู้เรียน ไม่เพียงแต่ในระดับมัธยมศึกษา แต่รวมถึงในทุกระดับการศึกษา และก่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการ

ตรวจข้อสอบอัตโนมัติแบบอัตโนมัติอื่น ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาการศึกษาของประเทศไทยให้ก้าวหน้าต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ministry of Education, Basic Education Core Curriculum 2 0 0 8 . Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Ltd., 2008.
- [2] Ministry of Education, Guidelines for measuring and evaluating learning outcomes According to the core curriculum of basic education in 2 0 0 8 . Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Ltd., 2014.
- [3] Rasmus Lerdorf, “SEEDING UP THE WEB WITH PHP 7,” [Online]. Available: <http://talks.php.net/singapore15#>. [Accessed: Oct. 25, 2020].
- [4] W3resource, “MySQL Full text search,” [Online]. Available: <https://www.w3resource.com/mysql/mysql-full-text-search-functions.php>. [Accessed: Nov. 7, 2020].
- [5] Anuradha K.T. and Sivakaminathan R., “Enhancing Full text Search Capability in Library Automation Package: A Case Study with Koha and Greenstone Digital Library Software,” [Online]. Available: http://139.162.175.13/greenstone/collect/toolbox/index/assoc/HASHf64d.dir/Full%20Text%20Search%20Capability%20In%20Library%20Automation.pdf?fbclid=IwAR0Y09_zFRih-qmBdfOjr8z0lhkQUfMhcrSJTmGEUoZJYwEKKMc501bYJZc. [Accessed: Nov. 7, 2020].
- [6] Sommart Angkaseraneeekul, “Automatic examination of the Thai language subjective exam,” Master of Science degree, Computer Science, Kasetsart University, 2012.
- [7] Bloom, B.S. and others, “Taxonomy of Educational Objectives Cognitive, the classification of educational goals Handbook I : Cognitive Domain,” New York : McKay, 1956.

- [8] Engelhard, J.G., “Examining rater errors in the assessment of written composition with a many-faceted Rasch model.” *Journal of Educational Measurement*, Volume 31, Issue 2 pp. 93-112, 1994.
- [9] Tuckman, B.W., “Measuring Education Outcomes Fundamentals of Testing,” New York: Harcourt Bruce Jovanovich, 1975.
- [10] Rattana Siripanit, “Principles for creating a psychological and educational test, ” Bangkok: Chareonvitaya Printing, 1990.
- [11] Sasitorn Leksuksri, “The results of subtests with subjective and multiple choice questions on academic achievement quantity guesswork and learning persistence mathematics in secondary 3,” Srinakharinwirot University, 1982.
- [12] Uthumporn, “Questionnaire: Creation and Use,” Bangkok: Faculty of Education, Chulalongkorn University, 1987.

Improved Generic Layer Model for IoT Architecture

Pensri Pukkasenung^{1,2} and Woraphon Lilakiatsakun²*

¹*Faculty of Science and Technology Rajabhat Rajanagarindra University Chachoengsao*

²*Faculty of Information Science and Technology, Mahanakorn University of Technology*

Received: November 18, 2020; Revised: April 06, 2021; Accepted: April 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – The internet of things (IoT) has the potential to create massive disruptions in telecommunications, cable broadband, cloud computing, and the architecture of related IoT objects etc. However, currently it is no standard IoT architecture for the integrated IoT components which operate together perfectly. There are many existing IoT architectures in the industrial and commercial fields, but the design depends on the owner's direction without defined standardization. This paper analyzed the existing of IoT architecture layer focusing on the responsibility of each layer, then classified the layer architecture based on IoT reference model. Finally, the improved generic layer model of IoT architecture which provided a guideline framework to achieve the modeling of IoT industrial architecture based on layers-model was proposed.

KEYWORDS: IoT architecture, Improved IoT Layer, Analyze architecture, Responsibility of IoT Layer

1. Introduction

Currently, there are reference models of IoT architecture in different industries such as Intel, Microsoft, Cisco, Google, IBM, Ericsson, Amazon, etc.[1], which have been designed on their own direction, and no core standardization for architecture layer models. Due to the lack of general guidelines of frameworks that handle low level communication and simplify high level implementation, it cannot bring the success of the implementation on diversity IoT system, under the processing with high complexity of distributed computing. So, many researchers try to develop the IoT architecture modeling based on various methods such as domain-specific architectures, layer-specific architecture, and industrial or commercial architectures[10], based on the application of requirements and current technologies, also the consideration of the environment surrounding the devices[6][7], based on TCP/IP protocol stack [3], based on layer model [1], based on new technology[9] etc. All of the objectives of those architectures were to improve the architectures with new solutions to mitigate IoT challenges such as scalability, interoperability, extensibility, manageability, security and privacy etc.

The remaining paper is organized as follows: section 2 presents the related work, section 3 analyzes the responsibility of each layer for existing IoT

architecture. Section 4 provides an approach to analyze the IoT architecture layer, Section 5 presents the improved generic layer model of IoT architecture. Section 6 presents modeling the existing IoT architecture with proposed model. Finally, the conclusion is explained.

2. Related Work

There is no single consensus on architecture for internet of Things, which is agreed universally. Different architectures have been proposed by different researchers. Many researchers introduced the most basic architecture which is a three-layer architecture. It is an early stage of research in this area. It has three layers, namely, the perception, network, and application layers. The limitation of 3-layer is not a layer for business[2], absence of application layer security etc.[10] So, the researchers proposed a new architecture to solve the 3-layer issues and develop for the next generation. The authors have reviewed the research papers of IoT architectures, starting from four layers to eight layers as follows:

- Bozdogan and Kara[3] proposed a layered structure for internet of things (IoT) architecture by considering the computer network's conventional model that included new technological aspects. The new IoT layered architecture consists of four layers: perception layer, network layer, transport layer and

*Corresponding Author: Pensri.puk@rru.ac.th

application layer. The reason for improving the layer is that there are several studies about IoT technology, but there are no studies regarding the accepted standard of layered architecture models. In this study, a new layered model was proposed for IoT architecture. The proposed model was compared with the conventional OSI and TCP/IP models.

- Vashi et. al.[4] explained that the IoT architecture in smart world consisted of five layers: perception layer for collection of information, network layer, processing the data and information collected is sent to the middleware layer using this network layer, middleware layer, received and processed data and information. Application layer is responsible for application management based on the processed information in the middleware layer, and business layer for support the business model.
- Burhan et. al.[5] proposed the improved layered architecture of IoT. Because the first three-layer architectures of IoT are not suitable for IoT application, although they have some common features. They do not fulfill the requirements of security and privacy and are affected by numerous security attack, to overcome the issues of security, easily and smoothly extended to basic function with little impact on existing layered architectures of IoT to enforce the security attacks and prevent IoT applications from attackers. The six layers are improved, and consist of application layer, network layer, security layer, processing layer, observer layer, and perception layer.
- Dina[6] and Rashmi[7] proposed an improved architecture to the internet of things (IoT) that takes into consideration the environment surrounding the devices, including the object to be detected or the place to observed, and other factors affecting the sensing operation. This improved layered architecture depends on seven layers, not on four layers as the traditional layered architecture, and takes all the function of the traditional architecture and distribute them on the seven layers, but in more reliable way. The proposed improved layered internet of things (IoT) architecture composed of seven layers: application layer, application support & management layer, services layer, communication layer, network layer, hardware layer, and environment layer.
- Banu et. al.[8] analyze different industry standard IoT architectures from various research, and founded IoT architecture initially designed to have 3-layer architecture and went on to become 7-layer architecture currently on the basis of the protocol. Each industry designed the different direction. For example, the industries started on their own strength like CISCO on gateways, IBM on cognitive data processing and INTEL on processor miniaturization. In addition to the above, big vendors understood the market and started working on interoperability through middleware and collaborative work on edge computing. There are two more architectures, and they

are called fog and cloud architectures. Cloud computing is given importance due to its great flexibility, and scalability. It offers services such as the core infrastructure, platform, software, and storage. Hence lately, IoT towards another system, namely fog computing which inserts monitoring, preprocessing, storage, and security layers, between the physical and transport layers before going to cloud. It not only reduces energy consumption, but also improves end-to-end latency and minimizes operational costs in latency-critical IoT application[6]

- Santos et. al.[1] proposed an approach for modeling and analyzing IoT architectures. This propose is based on extracted data for each layer in each provider (some elements for each layer: input, output, activities, performed, and the principle objective). The 7-layer model is classified in the industrial architecture (Microsoft, Intel, Cisco, Google, IBM, Ericsson, Amazon) according the layer in the reference model. The 7 layers consist of physical device/thing/object layer, connectivity layer, edge(fog) computing, data accumulation, data abstraction layer, application layer, and collaboration & processes layer.
- Rahimi[9] proposed a novel architecture which is able to meet the needs of the next generation IoT applications and assist IoT experts to design more efficient and scalable IoT systems. New model is based on new technologies such as device-to-device (D2D) communication, the 5G communication network, Machine-Type Communication (MTC), Wireless Network Function virtualization (WNFV), Wireless Software Defined Networks (WSDN), Mobile Edge Computing (MEC), and Mobile Cloud Computing (MCC). It composed of 8 interconnected layers including physical device layer, communication layer, fog computing layer data storage layer, management service layer (network management layer, cloud computing layer, and data analytic layer), application layer, collaboration and processes layer, and security layer which protects all layers through data encryption, user authentication, network access control, cloud security.
- Pratap Singh et.al[10] classified the existing IoT architecture focusing on layer-specification architecture. That can be classified to 6 groups such as (1) 3-layer architecture: consists of perception layer, network layer, application layer, (2) 4-layer architecture: this adds a service layer, that acts as a middle ware between network and interface) that is responsible for providing the data services in IoT, (3) 5-Layer architecture: consists of perception layer, transmission layer, middleware layer, is associated with data storage, application layer, perform the function of application management, and business layer, the up-most layer, help in data analytics and base on that, it takes the further decision, (4) 6-layer architecture: add new 2 layers are augmented into the previous IoT model. These are: 1) MAC layer, that helps to monitor and control the devices. 2) processing and storage layer, that helps to process the queries,

analyze and storage the data. (5) 7-layer architecture : consists of 7 layers: application layer, application support and management layer, determines the security and is responsible for management of IoT device and their operation, service layer, determines various activities performed by the developers in order to provide essential services to the customers, communication layer, network layer, and hardware layer. (6) fog and cloud-based architecture layers: comprises of 6 layers: physical layer, monitoring layer, pre-processing layer, storage layer, security layer, and transport layer.

3. Analyze the responsibility of layers

The authors selected and analyzed the layer of existing architecture from research paper focusing on the responsibility in accordance with the basic reference model of IoT architecture[18] and considerate only the important layer should be used for modeling layer of IoT architecture. This selected 7-layers consists of perception layer, network layer, middleware layer, application layer, business layer, security layer, and management layer. In order to clarify the concept of responsibility of each layer, we show the more details which explain each layer of each researcher, then conclude in the authors viewpoint. The details are described as follows:

3.1 Perception layer

The researchers describe as follows: the perception layer is made up of physical devices such as your sensors and actuators which interact with other devices and the physical world to both send and receive data to other devices using wireless technology. This layer's objective is to collect all the information from its sensors and actuators, that can be sent to the network layer[11]. The perception layer is also known as the "Sensors" layer in IoT. The purpose of this layer is to acquire the data from the environment with the help of sensors and actuator[12]. Perception layer (also called as recognition layer) gathers data/information and identifies the physical world[13]. The Perception layer is the physical layer, which has sensors for sensing and gathering information about the environment. It senses some physical parameters or identifies other smart objects in the environment[14]. Perception Layer- It consists of different kinds of sensory technologies[15]. A smart device/sensor layer: the lowest layer is made up of smart objects integrated with sensors. The sensors enable the

interconnection of the physical and digital worlds allowing real-time information to be collected and processed [16] Perception Layer - It is also known as a sensor layer. It works like people's eyes, ears and nose. It has the responsibility to identify things and collect the information from them [5]. Hardware layer: Includes sensors, other hardware such as; embedded systems, RFID tags and readers and others. The sensors enable the interconnection of the physical and digital worlds allowing real-time information to be collected and processed[6]. Environment layer Includes objects to be detected or places to be observed. The objects to be detected vary from physical moving objects, such as humans, cars, to environmental factors such as, temperature, or humidity. The places to be observed are ranging from buildings, universities, streets and so on[6]. The bottom layer, the device layer, there exist the hardware components, the sensors, the RFID tags and other sorts of devices[21]. Physical Device Layer: This layer consists of wireless sensors, actuators, and controllers, which actually are the "things" of IoT. Physical devices are a common layer in all the architectures[22]. The authors reviewed the first layer architecture and founded that there are various different names but the responsibilities of them are similar such as perception layer[5][11-15], physical layer[14], smart device/sensor layer[5][12], recognition layer[13], device layer[21] environment layer[6], hardware layer[6], physical device layer[22], and bottom layer[21] In this part, the authors concluded that the perception layer is responsible for detecting, collecting, processing information and transmitting it to the network layer through sensors and other IoT devices under various protocols.

3.2 Network layer

The researchers described the network layer as follows: The network layer handles the data been sent between smart devices as well as network devices and servers and can be also used to transmit and process perception layer data into a readable format for the receiving device[11]. The network layer of IoT serves the function of data routing and transmission to different IoT hubs and devices over the Internet. At this layer, cloud computing platforms, Internet gateways, switching, and routing devices etc. operate by using some of the very recent technologies such as WiFi, LTE, Bluetooth, 3G, Zigbee etc.[12]. Network layer is the middle one (also called as wireless sensor

networks, which accountable for the initial processing of data.[13]. The network layer is responsible for connecting to other smart things, network devices, and servers. Its features are also used for transmitting and processing sensor data [14]. The network layer includes of network communication software and physical components such as topologies, protocols and network nodes which are used in communication[15]. Gateways and networks massive volume of data will be produced by these tiny sensors and this requires a robust and high performance wired or wireless network infrastructure as a transport medium[16]. Network layer is also known as transmission layer. It acts like a bridge between perception layer and application layer. It carries and transmits the information collected from the physical objects through sensors. The medium for the transmission can be wireless or wire based[5]. Network layer: performs the following functions; gateway routing & addressing, network capabilities, transport capabilities, error detection & correction. Also, it takes care of message routing, publishing and subscribing, with demand needed to serve a wider range of IOT services and applications[6]. The network and communication layer, there exists the network and communication capabilities, such as; gateway, routing and addressing, energy optimization, QoS (Quality of Service), flow control and reliability, and error detection and correction[21]. Communication layer consists of two-sublayers, D2D and connectivity layers for support 5G make as a great evolution at this sub-layer in the sense of reliability, performance, and agility[22]. Some review papers called transmission layer, wireless sensor network layer, or communication layer, a network layer. The authors concluded that the network layer is responsible for connecting to all objects or devices in IoT environment. Its features are also processing data and transmitting to the other layer. It includes network communication software and physical components such as protocols, gateway, routing and addressing.

3.3 Application layer

The researchers described as follows: the application layer which can also be called the business layer delivers specific services to the users and receives the data from the sensors/actuators from the perception layer after being translated into a readable format by the network layer[11]. Application Layer: it guarantees the authenticity, integrity, and

confidentiality of the data. At this layer, the purpose of IoT or the creation of a smart environment is achieved[12]. Application layer makes the link downward of perceptual layer, and takes care of global services in the IoTs[13]. The application layer is responsible for delivering application specific services to the user. It defines various applications in which the Internet of Things can be deployed[14]. Application Layer consists of various applications and services[15]. The application layer or IoT application covers “smart” environments/spaces in domains such as: transportation, building, city, lifestyle, retail, agriculture, factory, supply chain, emergency, healthcare, user interaction, culture and tourism, environment and energy[16]. Application Layer defines all applications that use the IoT technology or in which IoT has deployed. The applications of IoT can be smart homes, smart cities, smart health, animal tracking, etc. It has the responsibility to provide the services to the applications. The services may be varying for each application because services depend on the information that is collected by sensors[5]. Application layer includes the IoT application. This layer is at the top of the architecture and is responsible for delivery of various applications to different users in IoT[6]. The top or first layer is the IoT application layer which contains the application user interface[21]. In this layer, software interacts with previous layers and data[22]. The authors concluded: it is responsible for defining software or application that use the IoT technology. The applications function consists of data formatting, presentation, things services to users according to their needs. The applications of IoT can be smart homes, smart cities, smart health, animal tracking, wearable etc.

The first 3-layers of IoT architecture is a basic essential architecture. It has a limitation that is currently developing to be success on IoT context. So, the researcher confirmed as follows: the 3-layer architecture defines the main idea of the Internet of

Things, but it is not sufficient for research on IoT because the research often focuses on finer aspects of the Internet of Things, that is why, we have many more layered architectures proposed in the literature[14]. The IoT 3-Layers as an accepted structure but is trivial modeling of the IoT ecosystem[2]. One important point for 3-layer architecture is the fact that there is not a layer for business[1]. Limitations: absence of application layer

security[10] etc. From those limitations, the researcher tried to extend the layer for the IoT architecture requirement. The layers were extended as follows:

3.4 Support layer/ Middleware layer/ Processing layer

The researchers described as follows: this layer focuses on the middleware for supporting the high processing which extended continue from the network layer. The responsibility is providing a big data of services in IoT that helps in reduction of time of product development because the IoT system has a wide range of technology, and so complexity. The highlight of this layer focuses on fog and cloud computing layer, cloud computing has more flexible and scalable techniques which allow various services for IoT systems. These services include information storage options, software tools and analytics, suitable platform, and core infrastructure for the development. With cloud facility, users can have the visualization, machine learning, data analytics options for wider sets of information. So, Cloud based architecture became popular in IoT systems due to the equivocal nature of the information sensed and produced in the form of data by IoT devices. In most of the IoT architectures, a centralized control over the data is done using the cloud-based data processing systems[22]. Cloud computing based on centralized of course, it overloaded for processing over the IoT system. The results of the cloud have a latency time problem. In order to solve the latency time and reduce the processing costs at the cloud layer, the new layer, which is a fog layer was designed. Fog Computing Architectures: it is an extension of cloud computing to the edge of the network. The goal of Fog computing or Edge computing is to improve the efficiency of local and cloud data storage. It minimizes the amount of data required to be sent to the cloud which advances data analysis efficiency and the security of IoT[18]. Cloud and Fog concept computing are shown In Figure 1. From Figure 1. IoT architecture that integrated IoT with cloud computing, and fog computing which are an online platform that assists system integrators and solution providers to create a complete infrastructure for things application for developing, deploying, operating, and combining things applications and service. In summary, the responsibility of this layer will be integral parts of the processing of huge amount of information. It will be more efficient by applying cloud computing and fog

computing technology which is suitable for the currently situation, so many IoT architectures are extended to this layer.

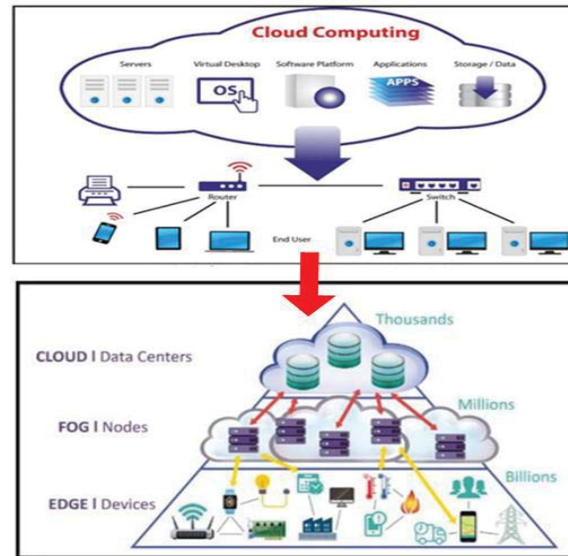


Figure 1. Cloud and fog computing concept[18]

To overcome the limitation of 3-layer architecture focusing on the business layer, it was extended to newly proposed layer. As the business logic is a very important in the business context, the business layer should be designed and everything on IoT environment is needed to be driven. Some researchers stated “The business layer is King”[24].

3.5 Business layer

The researchers described as follows: the responsibilities are to manage and control applications, business and profits models of IoT[5]. It is sometimes called the collaboration and processes layer. This layer’s function covers the entirety of IoT application and service management. It can create practical graph, business models, flow chart, executive report, etc. based on the amount of accurate data received from the lower layer and effective data analysis process. Based on the good analysis results, it will help the function managers or executive to make more accurate decisions about the business strategies and roadmaps[4]. The business layer refers to an intended behavior of an application and acts like a manager of a whole system. It has responsibilities to manage and control applications, business and profits models of IoT. The user’s privacy is also managed by this layer. It also has the ability to determine how information can be created, stored and changed[5].

The business layer is the place where all the business/domain logic, i.e. rules that are particular to the problem that the application has been built to handle for living. This might be salary calculations, data analysis modelling, or workflow such as passing an order through different stages[24]. This layer performs the management of the entire IoT system that involves user's privacy, applications, profit and business processes, etc[18]. The conclusion of this layer: the responsibility to manage and control application and business logic led to the business success model. As above, a security layer is not mentioned yet, but it defines the security policy with protect data and information hidden with other layers. Besides, there are many proposed architectures of IoT, no layers regarding the security though. However, in the paper, several IoT architectures were found focusing on security issues and extended to the security layer[5][22] in order to overcome the issues of security which are affected by numerous security attacks.

3.6 Security layer

The researchers described as follows: security layer makes secure information before sending to the network layer. It receives information from the processing layer. It performs encryption through converting all information collected from the processing layer into unknown form, called cipher text. The process of encryption is performed by using keys. It sends encrypted information to the network so that it could not be understood by anyone other than the authentic users. It also sends a key to the receiver to convert the cipher text into original text. Thus, this layer protects the information of users from the attackers and risks existing on the network layer[5]. In addition, the security layer covers all other layers too. The security layer of the proposed architecture entails various terms of security features including data encryption, user authentication, network access control and cloud. In order to be suitable for the requirements of upcoming IoT applications and services, the new architecture is developed based on the technologies, which is to provide a more sustainable and scalable than existing architectures. The new architecture will be following features: modularity, efficiency, agility, scalability, simplicity, and ability to response to high demands[22]. The

authors conclude the responsibilities of security layer focusing on the protection of IoT assets, these ensure in security issues covering all layers in IoT environment. The properties of security issues consist of confidentiality, integrity, availability, authentication, non-repudiation, and privacy. The last layer in which the authors selected for consideration of IoT architecture modeling is management layer, that is considerate all of things that manage in IoT system. However, the traditional architecture layers had no promote the management layer, but they were hidden and managed by each layer in the IoT operations.

3.7 Management layer

The researchers described as follows: management layer mainly manages servers from service & storage layer, and assigns tasks to the control server, like adding and updating software[20]. Focusing on the Management Capabilities, such as QoS Manager and Device Manager, they are distributed along the service support and application support layer and the network and communication layer, the Security Management functions [21]. Application support & management layer perform the following functions: Qos manager, device manager, business process modeling, business process execution, authorization, key exchange & management trust & reputation, identity management. In this layer, all actions related to the control, security and management of the application are made[7]. Management service layer consists of three sub-layers including Network Management Sub-Layer, Cloud Computing Sub-Layer, and data analytics sub-layer that is the improvement in big data[22]. This concluded the responsibility of this layer: monitoring and controlling whole IoT system focus on IoT devices, QoS management, Trust& reputation management, security management service management, network management etc. Summary of the responsibility of each layer is shown in Table 1.

In the authors viewpoint, this layer should be set the first priority in IoT architecture layer next to infrastructure because it is a key success for IoT environment. The seven main layers as above can be classified into 5 groups covering all the necessary components in IoT system such as infrastructure, application & analytic, integration, security[26], and management. This proposal is called a framework used for modeling IoT layer architecture. It helps designing the workflow in the simple way. The conceptual framework is shown in Figure 2.

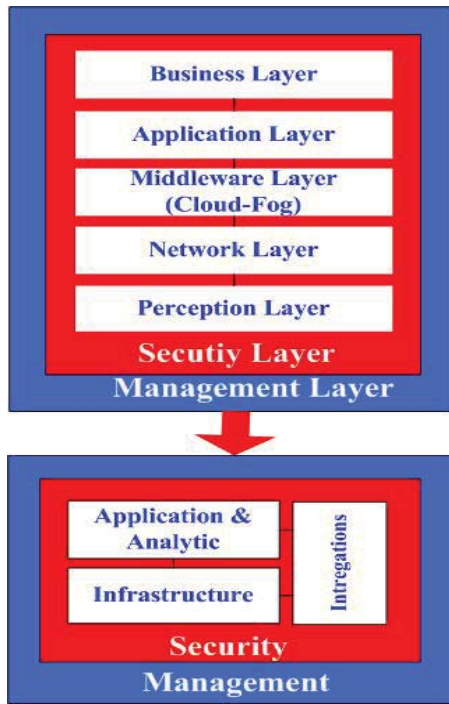


Figure 2. IoT Layer Framework

Table 1. Summary of the Responsibility of Layer

Layer	Responsibility
Perception	detecting, collecting, processing information and transmitting it to the network layer. Through sensors and other IoT devices under various protocols.
Network	connecting to all objects or devices in IoT environment. Its features are also processing data and transmit to the other layer. It includes network communication software and physical components such as protocols, gateway, routing and addressing.
Middleware	processing of huge amount of information. more efficient by applying cloud computing and fog computing technology
Application	defines software or application that use the IoT technology. The applications function consists of data formatting, presentation, things services to users according to their needs. The applications of IoT can be smart homes, smart cities, smart health, animal tracking, wearable etc.

Business	manage and control application and business logic led to the business success model.
Security	protection of IoT assets, these ensure in security issues cover all layers in IoT environment. The properties of security issues consist of confidentiality, Integrity, availability, authentication, non-repudiation, and privacy
Management	monitoring and controlling whole IoT system focus on IoT devices, QoS management, Trust& reputation management, security management service management, network management etc.

4. Approach for modeling and analyze IoT layer architecture

This section, we discuss the approach for modeling and analyzing the generic layer model of IoT architecture. Generalize the research used various approaches for modeling IoT architecture such as computer network's conventional model[3], takes in to consideration the environment surrounding the devices[7], extracted data from reference model[1] etc. However, reference approach architectures provide guidelines useful for planning the implementation of IoT systems, and therefore help considerably in the standardization of them. Standardization can be achieved through high-level reference architectures but they are difficult to be understood because they are very abstract. This paper developed generic layer model of IoT architecture based on IoT reference model [18]. It is a basic requirement of generic architecture composed of: 1) Data collection ability such as data center, big data, extraction information and knowledge, and analysis tools. 2) Connectivity and communication, all devices provided interconnection or global infrastructure. Besides, the support system for the incremental effective IoT system such as middleware (cloud, fog computing). 3) Scalability is a capability to adapt in present, and the future for new technology, and process increased data volumes for different system sizes. 5) Predictive analysis that shows the capability to predict events and situations for decision making focusing on the business track and others. 5) Security, privacy and trust, all ensure the information and system provided the confidentiality, integrity, availability, authentication, authorization, and non-repudiation[18]. And the authors extended to 6) Management is the capability for control, monitoring,

quality of service (Qos) and managing all devices/services etc. for effectiveness in IoT environment including centralized and distributed based control.

5. Improved generic layer model of IoT architecture

The authors analyzed various research papers based on IoT reference model in section VI. The number of layers starting from three layers to eight layers was founded. The characteristics of each existing architecture reference were analyzed together with proposing the model which is classified into three groups including basic architecture layer, intermediate architecture layer, and advance architecture layer. The basic architecture layer covers only infrastructure of internet. The intermediate architecture layer covers the integration part such as the middleware, data analysis or business model, and the advanced architecture layer covers all necessary things in the IoT environment, especially, security and privacy and management. The reference requirements of layer group for IoT architecture modelling are shown in Table 2.

Table 2. Requirements of IoT architecture

Reference requirements	B	I	A
1.Data collection ability	Y	Y	Y
2.Connectivity and communication	Y	Y	Y
3.Scalability	N	Y	Y
4.Predict analysis	N	Y	Y
5.Security and privacy	N	N	Y
6.Management	N	N	Y

B: Basic, I: Intermediate, A: Advanced

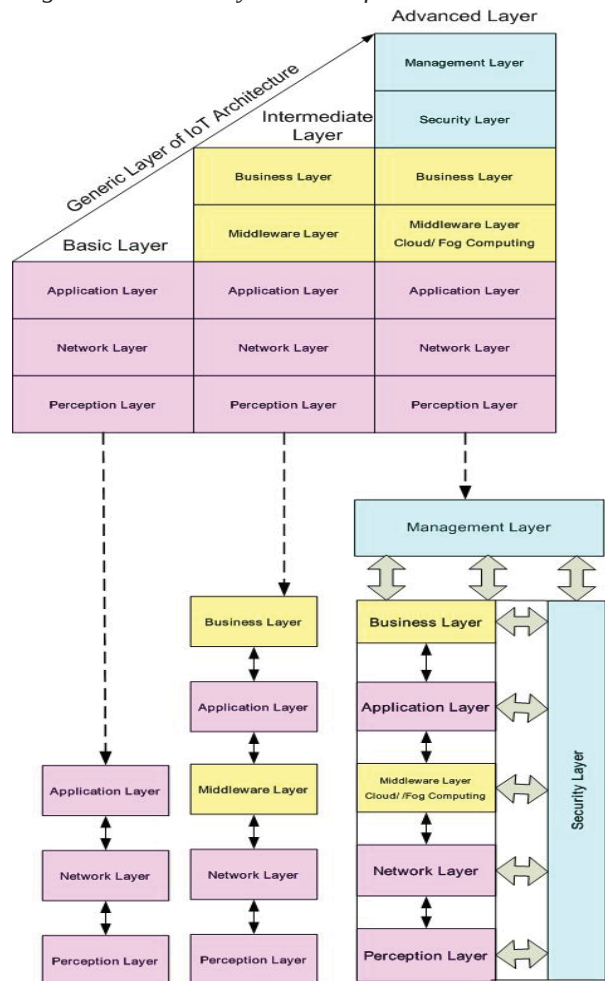
Table 2. shows the requirements of IoT architecture of each layer. Basic architecture layers include only two reference requirements which are data collection ability and connectivity and communication, intermediate architecture has four reference requirements such as data collection ability and connectivity and communication, scalability, and predict analysis, and advanced architecture composes of all reference requirements in the reference model such as data collection ability, connectivity and communication, scalability, predict analysis, security

and privacy, and management. In this study, the authors improved the generic IoT Architecture layer from basic architecture layer to advanced architecture layer consisting of :

- 3-layer: perception laer, network layer, application layer (basic layer) extended to 5 layers.
- 5-layer: added two new layers: middleware layer, business layer (intermediate layer) extended to 7 layers.
- 7-layer: added two new layers: security layer and management layer up to (advanced layer).

This improved architecture layer focuses on the 7-layer with additional two new layers because almost the IoT reference architectures don't show the security and management policy in the IoT sytem in spite of being very important. The conceptual of generic layer model is shown in Figure 3.

Figure 3. Generic layer model of IoT architecture



However, it was found that the proposed model of IoT architecture has some similarities with other models. For example, an improved layered architecture depends on seven layers including the management layer but not have the security layer[6][7]. A newly improved generic layered architecture has six layers: it has a security layer and observation layer (authentication) to enforce the security attack and prevent IoT applications from attackers but not have a management layer [5]. INTEL architecture consists of 7 layers, developed the new layer, namely fog computing which inserts monitoring, preprocessing, storage, and security layers[8], and lately, proposing a novel architecture is able to meet the needs of the next generation IoT applications and assist IoT experts to design more efficient and scalable IoT systems. It consists of 8 layers which have the security layer and management layer[9]. The related work that shows the security and management as mentioned above should be promoted in the generic layer architecture. However, the divided layers of architecture based on generic layer proposed by the authors is just the guidelines provided for the industry to be useful for planning the implementation of IoT system. This key success factors of IoT architecture should be focusd on manageability, security and privacy, mobility, efficiency, cost effectiveness, quality of service, data collection ability, connectivity and communication, scalability, and predict analysis. Any designers who model the IoT architecture layer must consider to cover all the components in IoT system such as infrastructure, application& analytic, and integration[26], including security and management to be able to protect all the assets in IoT environment. As in the IoT environment, so many objects are connected to the internet for information exchange and this may allow attackers to access and hack into the network, designing to make the architecture of IoT secure should be done. It is concluded that the generic layer model of IoT architecture is a framework for modeling IoT architecture based on 7-layer model.

6. Modeling the existing IoT architecture using propose approach

In this section, we apply the approach to describe the examples of existing IoT architecture which have 3-8 layers (Figure 4.), and are classified based on new

generic layer model of IoT architecture as the summary shown in Table 3. and described as follows:

A. Description of each architecture:

- Basic architecture layer: as Figure 4. A[11] 3-layer model consists of perception layer, network layer, and application layer. This layer covers data collection and communication of reference requirements.
- Intermediate architecture layer: as Figure 4. B[17] 4-layer model consists of perception layer, network layer, support layer, and application layer, as Figure 4. C[14] 5-layer model consists of perception layer, network layer, middleware layer, application layer, and business layer. This layer can because used to support predict analysis and scalability because it was extended to the new layer such as middleware layer (applied by cloud and fox computing) and business layer.

Advanced architecture layer: as Figure 4. D[5] 6-layer model consists of application layer, network layer, security layer, processing layer, observe layer, and perception layer, as Figure 4. E[25] 7-layer consists of communication connectivity layer, data layer, management layer, control layer, application layer, business layer, and security layer, as Figure 4. F[22] 8-layer consists of physical layer, communication layer, connectivity layer, edge layer, storage layer, management layer (network management, cloud computing, data analysis), application layer, collaboration and processes layer, and security layer. This is advanced IoT architecture covering all the reference requirements of IoT architecture. Two more new layers of security and management layer are added to pay attention to the security and management of the entire system which supports the IoT disruption.

From the authors viewpoint of the existing IoT architectures as shown in Table 3., 3-layer, 4-layer, and 5-layer models are the traditional layered architecture model[11][14][17], while 6-layer, 7-layer, and 8-layers are advanced layer for IoT architecture model [5][25][22].

B. The advantage of each architecture consists of:

- 3-layer architecture: the advantage is simplicity, effortless problem identification and flexibility, while the limitation is absence of application layer security[10].
- 4-layer architecture: The advantage is reducing the time of processing modules because it has a cloud and fog computing[19].
- 5-layer architecture: To help in data analytics and take the further decisions in business layer to solve the 3-layer model that is not a layer for business [2].
- 6-layer architecture, 7-layer architecture, and 8-layer architecture separate many modules for processing in the IoT system focusing on security and management, helps monitoring and controlling the overall system to ensure security and privacy in order to solve the above layer architecture which no security and privacy are discussed[1].

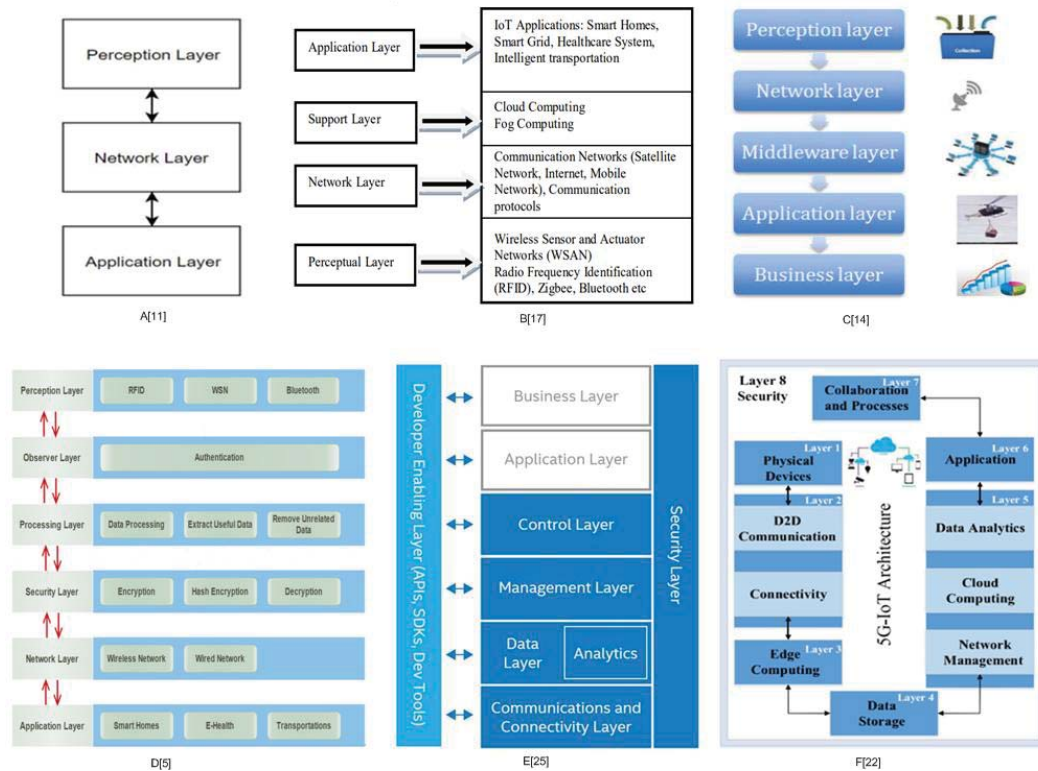


Figure 4. The existing IoT architecture

7. Conclusion and Discussion

This paper analyzed the existing of IoT architecture layers focusing on the responsibility of each layer, then classified the generic layer architecture based on IoT reference model. The authors improved the generic layer model of IoT architecture which consists of 7 layers for implementing IoT architecture covering all infrastructure, application & analytic, integration, security, management. The new generic layer model of IoT architecture is a framework for modeling provided and approach to achieve the modeling of IoT industrial architecture based on the

Table 3. Classified Existing IoT Architecture by Proposed Model

NfL	Layer name	Reference Requirements						Level
		D	C	S	P	S _e	M	
3[11]	1.Perception							B
	2.Network							
	3.Application							

NfL	Layer name	Reference Requirements						Level
		D	C	S	P	S _e	M	
4[17]	1.Perception							I
	2.Network							
	3.Application							
	4.Support							
5[14]	1.Perception							I
	2.Network							
	3.Application							
	4.Support							
	5.Business							
6[5]	1.Application							A
	2.Network							
	3.Security							
	4.Processing							
	5.Observer							
	6.Perception							

NfL	Layer name	Reference Requirements						Level
		D	C	S	P	S _e	M	
7[25]	1.Communi-cation							A
	2.Data							
	3.Management							
	4.Controller							
	5.Application							
	6.Business							
	7.Security							
8[22]	1.Physical device							A
	2.Communi-cation							
	3.Edge Computing							
	4.Data storage							
	5.Management							
	6.Application							
	7.Collabo-ration							
	8.Security							

layered model. The advantage of proposed approach is being clear and easy for development because the designing is focused to cover the whole assets and components of the IoT environment. As there are modules in the generic layer model, it is easily employed in industrial IoT architecture.

References

- [1] G. S. Marcela, A. Darine, P. Fabio, J. Fehmi, C. Mohamed, "Internet of things Architecture: A comparative Study," 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2004.12936>. [Accessed sep. 2, 2020].
- [2] F. Alshohoumi, M. Sarrah, A. Al-Hamdani, D. Al-Abri, "Systematic review of existing IoT architectures security and privacy issues and concerns," *Inter-national Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2019.
- [3] Z. Bozdogan, K. Resul, "Layered model architecture for internet of things," *Journal of Engineering Research and Applied Science*, Available: www.journaleras.com. Volume 4(1), June 2015, pp 260-264. ISSN 2147-3471.
- [4] J. R. Shivangi Vashi, V. Saurav, P. Chetana, "Internet of Things (IoT) Avison Architecture Elements, and Security Issues," *International conference on I-SMAC (IoT in Socail, Mobile, Analytics and Cloud)*. (I-SMAC 2017), 2017.
- [5] M. Burhan, R. Rehman, B. Khan & B. S. Kim, "IoT Elements, Layered Architectures and

- Security Issues: A Comprehensive Survey," *Sensors*, 2018.
- [6] G. D. Dina, S. ElRoda, C.E. ElManial, "Improved Layered Architecture for Internet of Thing," *International Journal of Computing Academic Research (IJCAR)*, ISSN 2305-9184 Volume 4, Number 4, pp.214-223, August, 2015.
 - [7] Rashmi, "IoT (Internet of Things) Concept and Improved Layered Architecture," *IJEDR* 2018. Volume 6, Issue 2, ISSN : 2321-9939, 2018.
 - [8] N.M. Masoodhu, Banu, "IoT Architecture a Comparative Study," *International Journal of Pure an Applied Mathematics*, Volume 117, No.8, pp. 45-49, 2017.
 - [9] H. Rahimi, A. Zibacenejad & A.A. Safavi, "A Novel IoT Architecture based on 5G-IoT and Next Generation Technologies," *IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 2018.
 - [10] P. Singh, S. Kumar, V. Kumar, A. Singh and S.Singh, "A survey on internet of things (Iot): Layer specific vs. domain specific architecture," *Second International Conference on Computer Networks and Communication Technologies*, pp.333-341, Cham Springer International Publishing, 2020.
 - [11] A. Dean, "A Study of Advances in IoT Security," *ISCSIC '18*, September 21–23, 2018, Stockholm, Sweden © 2018 Association for Computing Machinery. ACM ISBN 978-1-4503-6628-1/18/09, 2018.
<https://doi.org/10.1145/3284557.3284560>.
 - [12] T. Yousuf, R. Mahmoud. F. Aloul, I. Zuolkernan, "Internet of Things (IoT) Security: Current Status, Challenges and Prospective Measures," *International Journal for Information Security Research (IJISR)*, Volume 5, Issue 4, December 2015.
 - [13] J. Sathish Kumar & R. D. Patel, "A Survey on Internet of Things: Security and Privacy Issues," *International Journal of Computer Applications*, 90(11), 20–26, 2014.
 - [14] P. Sethi & S.R. Sarangi, "Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, pp.1–25, 2017.
 - [15] M. Kumar, V. Suganthi, P. Manojkumar, "A Literature Survey on Internet of Things security issues," *International Journal of Computer Sciences and Engineering, Open Access Survey paper*, vol.7(2), pp.139-141, Jan 2019.
 - [16] K. P. Keyur, M.P. Sunil, "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges," *International Journal of*

- Engineering Science and Computing, Volume 6, Issues No.5, 2016.
- [17] A.Inayat, S. Sonia, Z. Ullah, “Internet of Things Security, Device Authentication and Access Control: A Review,” (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 14, no. 8, August 2016.
 - [18] G. S. Tzafestas, “The Internet of Things: A Conceptual Guided Tour European,” Journal of Advances in Engineering and Technology, pp. 745-767, 2018.
 - [19] M. Ejaz, T. Kumar, M. Ylianttila, E. Harjula, “Performance and efficiency optimization of multi-layer IoT edge architecture,” 2n 6G wireless Summit (6G SUMMIT) at: Levi, Find, 2020.
 - [20] H. Guo, J. Ren, D. Zhang, Y. Zhang and J. Hu, “A scalable and manageable IoT architecture based on transparent computing,” Journal of Parallel Distributed and Computing, Volume 118, Part 1, page 5-13, August 2018.
 - [21] O. Vermesan and P. Friess, "IERC Cluster SRIA 2014, Internet of Things From Research and Innovation to Market Deployment," River Publishers Series in Communication, 2014.
 - [22] H. Rahimi, A. Zibaeenejad & A. A. Safavi, “A Novel IoT Architecture based on 5G-IoT and Next Generation Technologies,” 2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, 2018.
 - [23] I. Yaqoob et al., "Internet of Things Architecture: Recent Advances, Taxonomy, Requirements, and Open Challenges," in IEEE Wireless Communications, vol. 24, no. 3, pp. 10-16, June 2017.
 - [24] J. P. Smith, “Architecture of Business Layer working with entity framework,” [Online]. Available. <https://www.thereformedprogrammer.net/architecture-of-business-layer-working-with-entity-framework/> [Accessed: Sep. 4, 2020].
 - [25] R. Gravelle, “IoT Development Platform: Intel IoT Platform,” [online]. Available: <https://www.codeguru.com/products/IoT/iot-development-platform-intel-iot-platform.html>. [Accessed: Sep. 4, 2020].
 - [26] J.T. Johnson, “A comprehensive view of the 4 IoT layer architecture,” [Online]. Available: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/tip/A-comprehensive-view-of-the-4-IoT-architecture-layers>. [Accessed: Sep. 4, 2020].

The Study of Active Learning on the Course of Game Project Management with Agile

Waraporn Jirapanthong

College of Creative Design and Entertainment Technology, Dhurakij Pundit University

Received: November 26, 2020; Revised: March 29, 2021; Accepted: April 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – This paper presents the game project management based on an agile approach. The research questions are if active learning is appropriate to the course of game project management and how an agile methodology is more appropriate to game development management than the traditional ones. The research was an experiment to test the practice of project management. The participants of 41 undergraduate students participated in the study. Those are students who enrolled in the course of game development project management. The class was driven by the Scrum method and the project teams were grouped to develop a different game project. The study was designed based on project management phases: the planning and management phase, and the implementation phase. The scenarios of active learning were based on game development activities. The students were learning through the activities. We observed the values of project management factors: Individuals and interaction over process and tools, Working software over comprehensive documentation, Customer collaboration over contract negotiation, and Responding to change over following a plan. We evaluated the quality of solutions by the instructor who had expertise in game development techniques and tools. We created a questionnaire to evaluate the proposed learning method. The questionnaire consists of two main parts. It collects each project member's information including personal background, involved process, tools he used in the process, and relatedly potential limitations.

KEYWORDS: Agile, Scrum, Active Learning, Project Management, Game Development.

1. Introduction

1.1 Motivation

This research relies on the study of active learning for a game project management course. In particular, we focus on project development by applying an agile methodology. The scrum method is applied to drive the project activities for developing a game project. This research also describes the use of a particular set of software tools as another platform of active learning that were employed in the class. We first provide thinking skills as well as information on visual learning, mind tools, mind maps, and mind mapping software. We then provide initial results of development efforts to create instructional modules and active learning activities that employ the visual tool of mind mapping to improve critical thinking skills.

1.2 Research Question

The focus of our research is to understand if a more structured process for guiding projects can enhance team outcomes. Specially, we focus on the following research question:

RQ1: How might active learning be appropriate to game project management course?

RQ2: How might agile methodology be more appropriate to game development project management than traditional ones?

To address our research questions, we use a sequential mixed-methods approach, which integrates both quantitative and data within a single study to gain a better understanding of the problem. We create a scenario of a game project development for students. The students study the principles and process of project management for game development through

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

the active learning environment. Game development is an emerging field in multidiscipline that combines expertise across a range of domains, including software development, art and graphic design. We provide the scenarios of those and study the effectiveness of active learning.

The rest of the article is structured as follows. In section 2, we give the background of active learning and agile methodology. Section 3 describes the approach of our study. Section 4 discusses the quantitative phase of our study. Section 5 describes the qualitative phase, focusing on the observations from students teams using the agile methodology. Finally, Section 6 presents a summary of our research results and discusses possible future work.

2. Literature Review

2.1 Active Learning

Active learning has been described by Bonwell and Eison [1] as an instructional technique that engages students in meaningful learning activities such as dialogue, debate, writing, and problem-solving, as well as higher-order thinking, e.g., analysis, synthesis, evaluation. According to [2] [3] [4], some case studies of active learning were developed. The utilization of active learning was one of Chickering and Gamson's "Seven Principles for Good Practice" [2] for undergraduate teaching. Prince [4] reviewed several forms of active learning i.e. collaborative learning, cooperative learning, and problem-based learning.

Moreover, some researchers have created case studies based on real scenarios of teaching and related to the school contents. According to [5], the Active Learning Framework (ALF) was developed to allow students with virtual patient encounters using web-based case studies and engage in open-ended, interactive technology. They found the benefits of using ALF as a platform for teaching clinical content. It was interactive and self-directed, "patients" in a completely safe environment that can be accessed anytime, anywhere. It applied interactive, problem-diagnosis. The authors also said that ALF gave the student concurrent feedback on their information processing and content mastery, and a summative evaluation at case completion.

According to [6], the authors purposed the method for designing courseware on algorithms for active learning with virtual board games. The research found out that students were quite creative and came up with alternative solutions. However, the usability and learning effect of these courseware products needed to be assessed.

2.2 Project Management for Game Development

The context of project management course evolves from individual assignments to tracking the whole process. It requires a discipline of a project team. The team approach starts from developing an assumption and collaboratively learning. The approach requires teamwork, problem-solving, communication, and leadership skills [7]. One of course objectives is to prepare students to be able to encounter in the workplace. The students need to learn the reality of working in project teams [8]. According to [7, 9-11], authors suggest an increase in the activities of teams throughout the course curriculum.

One way to explore why a process methodology may work better than the other methodologies is by using a team knowledge theoretical framework. The team then can better prioritize the work that needs to be done, especially with the game development projects, where there is significant ambiguity in the tasks that should be completed as week as the duration of those tasks. According to [12], they defined a model based on [13] which consists of four team knowledge categories: (a) task-related, (b) team related, (c) process-related, and (d) goal-related. The categories in the model are described as follows:

- (a) *task-related knowledge* includes shared understanding about the content of the task, how the parts of the tasks interact, and how a task is connected to its environment. It also includes a shared understanding of how a task is supposed to be accomplished by the team so that a sufficient level of performance can be achieved, and how task work is allocated to members.
- (b) *team related knowledge* includes team members' knowledge, skills, attitudes, preferences, and tendencies. It also includes shared knowledge of where expertise is located and where it is needed.
- (c) *process related knowledge* includes a shared understanding of team processes such as communication, leadership and coordination. It also includes shared expectations of how to behave and useful patterns of action.
- (d) *goal related knowledge* includes a shared understanding of the goals, visions, and overall agreements about the team's work. Such goals are mental representations of the overall goal or mission for the team, its performance objectives, and also strategic goals for the organization.

The project management course is extended to support gamification. Gamification commonly employs game design elements that are used in non-game contexts. The contexts can improve user engagement, organizational productivity, flow, learning, crowdsourcing, employee recruitment and evaluation, ease of use, the usefulness of systems, physical exercise, traffic violations, voter apathy, and more [14].

Many works have applied gamification to support education and learning areas. For example, Microsoft released the game Ribbon Hero 21 as an add-on in their software package. It is used to train people to use it effectively. SAP has used games to educate its employees on sustainability [15]. Also, Khan Academy applies gamification techniques in online education [16]. The use of gamification also appears in various situations. For examples, Gbanga launched the educational location-based game “GbangaZoo for Zurich Zoo” that asked participants to save the animals and bring them back to a zoo. Players can learn virtual habitats across the Canton of Zurich to attract and collect endangered species of animals [17]. This evidence shows that gamification can motivate learners in educational situations.

The software tools for game development have been developed to support new technology platforms. One of the popular game tools in Unity. Unity can be considered one of the most renowned virtual reality cross-platform tool for game development software. Unity 3d Game engine is an effective instrument in developing a 3D game, real-time 3D animation and other interactive projects. The most remarkable aspect lies in the train-platform ability which is powerful. Windows and MAC OS systems are engine compatible with all stream platforms. This compatibility extends further towards PC, iPhone, Android, MAC, Wii, Windows Phone, PlayStation, Xbox, etc. Microsoft Visual Studio and Mono Development are also supported by Unity. The user can create script programming on these two development tools. Laying out levels, creating menus, doing animation, writing scripts, and organizing projects are key functions enabled by a complete 3D environment, which can be found in an application created by Unity. The user interface is well-structured and the panels can be fully customized by dragging and dropping.

Besides, assets are any resources in a game such as 3D models, materials, textures, audio, scripts, and fonts. Objects may be realized in diverse appearances such as cube and sphere. The assets can be created externally using 3D modeling applications and

painting tools then imported into Unity. By default, 3D game engines have generally been specific objects and are highly particularized about what files a developer gives them. The developer is required to attentively convert all non-Unity files. At present, it accepts 3D file-formats including Maya, 3D Studio Max, Blender and FilmBox with all the rigging, materials and texture intact. Furthermore, all common image file formats such as PNG, JPEG, TIFF, and also layered PSD files directly from Photoshop are within functions of Unity. For audio files, Unity supports WAV and AIF, ideal for sound effects, and MP3 and OGG for music.

2.3 Agile Methodology

The software engineering discipline encompasses a large body of knowledge [7] concerning software development technique and project management practices. Software development is difficult not only because the end product is complex with a huge state space, but also because the process is complex involving many aspects, including human, organizational, and technical [3].

Agile methodology was implemented in several new lightweight software development methodologies such as DSDM (Dynamic Systems Development Method), Crystal, XP [9], and Scrum [10]. These methodologies are short cycled, less wasteful, and focus more on the human aspect of software development. Agile practices get running code in production as early as possible and use customer feedback to drive further improvements and changes.

Scrum is a management and control process that focuses on building software. It is primarily a team-level process that can wrap existing practices, development standards and techniques.

3. Approach

Active learning has been used as a tool of education for years. The course of project management focuses on how students develop their skills and disciplines. The project management originally replies on how to apply engineering theories and principles to have a project succeeded. The project management course is also based on software engineering methodologies. In particular, the methodology has been focused is agile. The course is also extended to support the context of game development. In this work, our approach supports a course that has students learnt with multi-disciplines. Our approach is based on a team-taught course and interdisciplinary student teams. The five distinct groups of students to be involved in this study are the undergraduate game major. To meet the needs of all groups, the instructor collaborated on projects.

¹www.ribbonhero.com

It is important that the interaction between sessions in the course and among students in term of agile. Agile software development practices emerge from the need to have better support for changing requirements, among other reasons. It would not have been possible to foresee the needs of the students in this course. Each project is overseen by the instructor. There is a software tool to support communication between teams and instructor.

3.1 Research Design

The initial phase is a field experiment to test the practice of project management. A total of 41 undergraduate students participated in the study. A majority of the students major in in-game interactive and development. All of them are junior students. The course designed for the experiment is a 3-credit, more particularly the course content related to game development project management. The class is driven by the Scrum method, and the students have described the perceived benefits of using Scrum. The class contents encompass the team-developed game design documents and prototypical software implementations. The students are organized to be five groups of 7-9 members. They are asked to develop a different game project. The class is scheduled for Thursday meetings of 15 minutes during the fourteen-weeks time. The students form project teams including game artists, game designers, game developers, and project manager, and scrum master. The course is divided into two phases that spanned the fourteen-week term. The first five weeks are scheduled for the planning and management phase, and the students were assigned different roles contributing to the projects. The following seven weeks are scheduled for the implementation phase. The students work and communicate following the Scrum activities. The students are also coached on how to apply the software tools supporting the Scrum activities. For the last two weeks, the class is driven by retrospective activities and project closure.

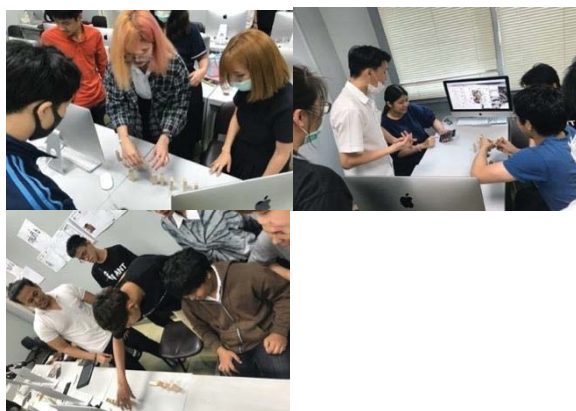


Figure 1. The participants and experiment of active learning

3.2 Research Scenarios

We have adopted the traditional game development process as shown in Figure 2 and applied it with the Scrum approach as shown in Figure 3. The study is also based on project management phases. Those are the planning and management phase, and the implementation phase. The scenarios of active learning are based on game development activities. The students learn through the activities.

Planning and Management Phase

The first activities of the project are the creation of game concept documents and making a project plan. A project manager creates the project plan by applying Gantt and WBS techniques and using tools i.e. Trello Gantt [18]. Every Thursday in the class was scheduled for the Scrum meeting. The project manager and team members communicate via Slack [19] and Trello [18]. Some documents are created, for example, a conceptual report that expresses the vision of the game, describes the contents of the game, and presents a plan for the game implementation. The basic components of the document are the introduction, description, key features, genre, platform, and concept art. It also describes business logistic issues such as feasibility, cost, time, and talents. The team members play different roles in game development and they discuss and follow the issues together via Trello. The students have a meeting and discussion via Slack. During the five-week planning period, the team members are required to involve to pursue complete games. The game designers produce the design documents, particularly by applying UML techniques [20] and using tools i.e. Lucichart [21] for game interaction and behaviour, Blender [22], 3ds Max [23], Maya [24], and Z-brush [25] for three-dimensional object modelling, and Unity [26] for game programming.

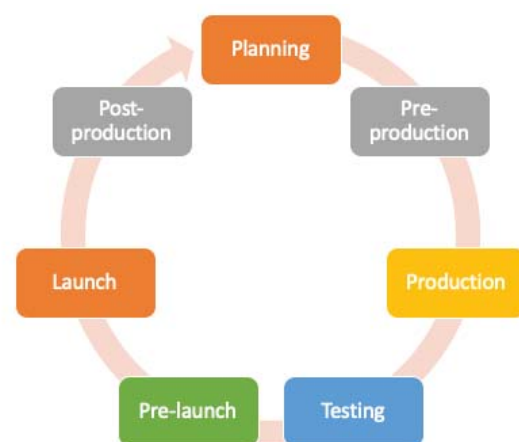


Figure 2. The traditional process for game development

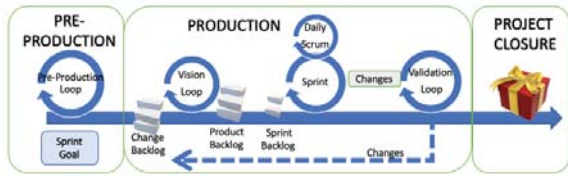


Figure 3. The adopted process for game development based on the Scrum approach

In software engineering terminology, the design document presents a functional specification for a game. It describes such aspects as game mechanics, user interface, art and video, sound and music, story and narrative, and level requirements. A good design document should be able to translate into a technical specification and software implementation by game developers.

However, the study applied Scrum practices as a kind of agile methodology. As shown in Figure 3, we have adopted the Agile scrum methodology that is used to develop software systems. Specifically, the team is instructed to do sprints (burst of work) that final two weeks. The team collectively determines what could be done in the sprint (the two-week work effort) with the result being something useable at the end of the sprint. The students are further instructed that the work to be done in the sprint should not change for the duration of the sprint (any thoughts and suggestions would go into the planning of the next sprint). The team is to make sure it finished all the goals of that sprint in the two weeks allotted for that sprint.

The students are asked to make a sprint plan and backlog for each sprint. The meeting is held to review spin planning and backlog. They need to work together to define the goals for the upcoming sprint. while the agile scrum artefacts such as a burnt down chart and processes such as daily meeting are processed via the software tools.

The methodology combines with Kanban. The Kanban board is developed via tools e.g. Trello. It can easily be seen and tracked. The Kanban board includes to do, in process, and completes phases of tasks. Within each phase, there are a maximum number of work-in-progress tasks. Those could be in the phase. Each team is able to define their work-in-progress limits, and the work-in-progress. Limits are explained so that the team members understand a situation. The limits are a key to minimize unfinished tasks. The team members ensure that all work in progress. Moreover, we consider baseline with no defined methodology. In this condition, the students were not given any specific project

Implementation Phase

The final seven weeks of the class consist of active development by the interdisciplinary teams. The engineers work exclusively on the software implementation of the games, while the designers split their time between working with the engineers and exploring other topics of game design [2, 6]. We adopt Scrum for agile team management [4]. The students in both courses form the Scrum team. There are three teams, one per project, and each team has an instructor who acts as a composite Product Owner and Scrum Master.

Not all class time is reserved for the development of the course projects. The team members need to spend extra to work on the projects. They communicated and discuss through the tools i.e. Trello and Slack. Also, the Project Manager has to update their project plan and inform their team members via Trello Gantt. The discussions are designed to complement the students' projects.

4. Observation and Results

Through the work with the agile environment, we have come to value:

- Individuals and interaction over process and tools
- Working software over comprehensive documentation
- Customer collaboration over contract negotiation
- Responding to change over following a plan

To measure the effectiveness of the method, we apply [Ko et al.'s 30] to measure the success of tasks in terms of solution quality and user perceptions. The evaluation is focused on the project milestones and deliverables. The updates and task progress are communicated among team members through the Trello tool [18].

Also, we apply Hackman's model [27] to identify factors related to team effectiveness. It focuses on the input factors i.e. task output, team collaboration, and team members' satisfaction.

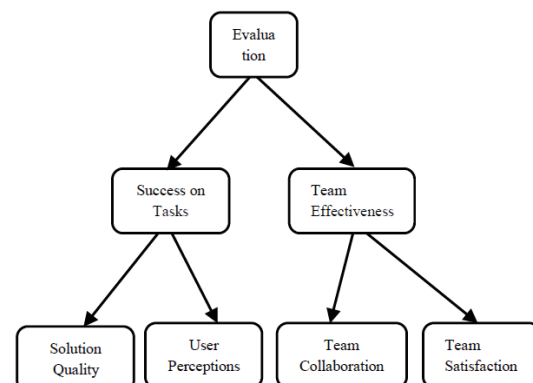


Figure 4. The factors related to team effectiveness

We evaluate the quality of the solution by the instructor who have an expertise in game development techniques and tools. The user perceptions and team collaboration are validated by students and using the online survey. Team satisfaction is also validated by students and instructor and using the online survey. More specifically, we employ two sets of an online survey to validate different key measures i.e. user perceptions and team collaboration.

Therefore, we create a questionnaire to evaluate the proposed learning method. The questionnaire consists of two main parts. The first part inquiries about the background information (i.e. major, year, the toles of project member, the tools they used in the process).

The second part provides the list of potential limitations for which we developed the three features. The three features are created based on the factors [27]. Those are:

Feature 1: Task Effort

In this feature, the effort that team members spent on tasks or user stories exceeds the original estimate. It is worth it that the tasks are targeted and achieved by the affected team members e.g. task owner, owners of the dependent tasks, project managers, etc.

Feature 2: Prioritization User Story

This feature supports the release planning activity, which states that the product owner prioritizes the user stories. The feature aims to improve the release of backlog prioritization by using a Priority Quantification Model (PQM) [b8]. When the product owner has a discussion with the project stakeholders to prioritize the user stories, he can use this feature to assist him in the user stories' prioritization. Priority Quantification Model (PQM) is created by SaikatDutt [28]. It takes these important criteria into account during the prioritization process (among others): customer satisfaction, the impact on system architecture, business value, complexity, user story risk, frequency of use and reusability.

Feature 3: Adding New Requirements/ User Story and Re-prioritize Requirements/ User Story

This feature supports the customer involvement in the planning process, by allowing the customer to send a request to add a new user story or to re-prioritize the user stories in the release backlog.

We have implemented the three proposed features in each group project. When a team member communicated task progress through the dashboard. Other members could be notified and informed of the details as their role.

Findings

At first, the instructor provides a comparison of the quality of the projects. The overall quality of the project is different, based on the experimental condition. This is because the topic of projects was game design and development. The projects are designed and developed with various tools and techniques. The genre of game projects is diverse. Then the instructor analyses the student perceptions about using each of the software tools and techniques concerning the usefulness and scalability of each tool/techniques. Finally, the instructor provides the online survey regarding tools and techniques for students and observes the feedback via Trello.

1) Solution Quality

The instructor evaluates each project which isa total score of 100. The evaluation is focused on the project milestones and deliverables i.e. tasks in Trello, game characters design, 3D model, project plan, Gantt chart, WBS, and game design document, and source code.

The final project presentation is driven online. Each team provided a video clip of a project presentation and submitted it to google classroom. The handouts and other materials are also attached to support the presentation.

The questions from the instructor are posted via the comments and the students managed to give the answers. Finally, the feedback of the project is posted for the team members. The attached documents and game project materials are focused on explaining the results of the projects.

Across the projects, the scores from half-term evaluation and final evaluation correlate 0.8. and no project has a difference between the two presentation evaluation. As shown in Table 1, the average score of each project is given. We have also calculated the standard deviation (Std. Dev.) between the scores of projects. Based on the characteristics of game projects, we found the projects 1 and 2 have some common requirements as the projects 3 and 4 have some common ones. The standard deviation values of projects 1 and 2 are a few different as the ones of projects 3 and 4 are also a few different. We then notice that similar projects can be driven with both methodologies without significant results.

Table 1. Average Score and Standard Deviation

Projects	Average Score (1-100; 100 is the best)	Std. Dev.
1	65.5	1.2
2	78.0	1.1
3	84.0	0.4
4	70.5	0.6

2) Limitations on planning and management

Regarding agile planning, the students are asked to determine the extent to which they agree that limitations during the project development process.

Firstly, more than half of the students (62.5%) agree or strongly agree that the efforts spent on some tasks may exceed the original estimate, and the lack of awareness about the delay may cause some user stories of an iteration to not be completed in the due date. Besides, 18.75% of the students neither agree nor disagree with this limitation as shown in Figure 5. Therefore, we can conclude that there is a reasonable need to provide support for this limitation.

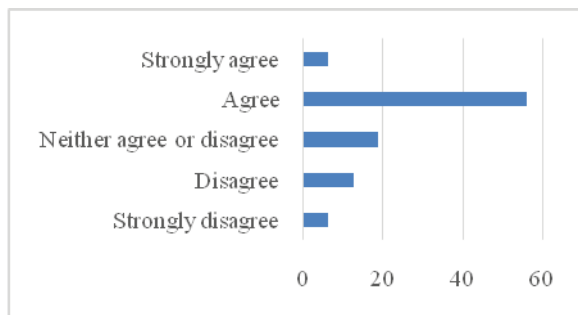


Figure 5. Students' opinions about the first point.

Secondly, the majority of the students (79%) agree or strongly agree that some product owners and project stakeholders may face challenges to prioritize the user stories and so they need guidelines or criteria for proper prioritization as shown in Figure 6. Therefore, we can conclude that there is a clear need to provide support for this limitation.

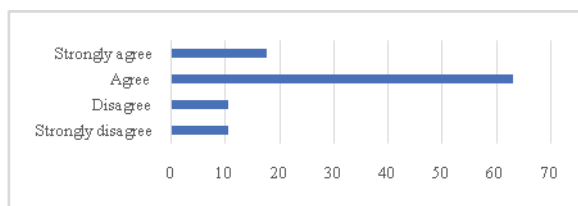


Figure 6. Students' opinions about the second point

Moreover, most of the students (70%) agree or strongly agree that the customers may lack proper support to change the priority of existing user stories or add new user stories, while 25% of the students neither agreed nor disagreed with this problem as shown in Figure 7. Therefore, we can conclude that there is a clear need to provide support for this limitation.

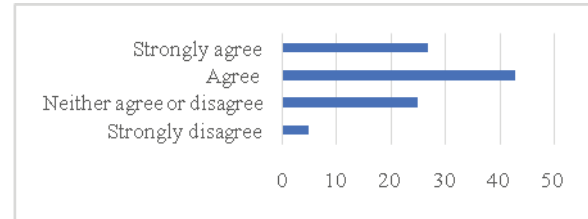


Figure 7. Students' opinions about the third point.

Implementation of the Features

According to the features described in the previous section, the feature to find out how the Scrum approach and agile tools course it is found that the majority of the students (62%) agree or strongly agree about the implementation based on Scrum practices and agile tools; followed by 21% of the respondents neither agree nor disagree about implementing the task effort notification feature as shown in Figure 8.

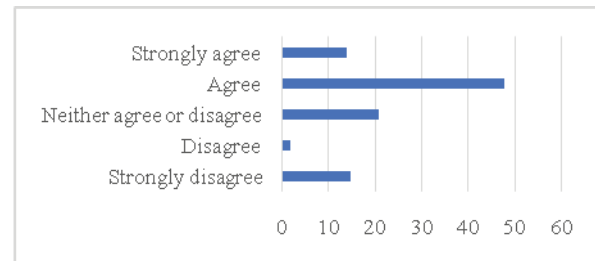


Figure 8. Students' opinions about the implementation of task effort notification.

Moreover, it is found the majority of students agree or strongly agree about improving user story prioritization. More than three-quarters of the students agree that user story prioritization can be improved by agile planning tools.

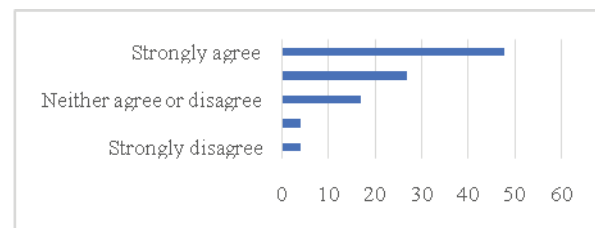


Figure 9. Students' opinions about improving user story prioritization

Besides, most of the students (58.82%) neither agree nor disagree about the implementation of adding a new user story and re-prioritizing user story by a customer in the agile planning tools. Also, 30% of the students disagree or strongly disagree regarding the implementation of the extent as shown in Figure 10.

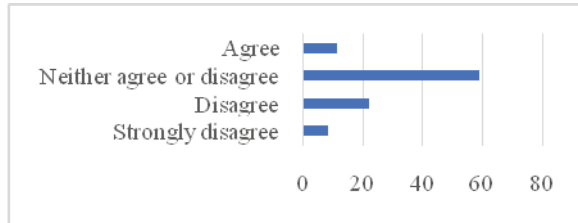


Figure 10. Students' opinions about adding a new user story and re-prioritizing user story

5. Conclusion and Discussion

The results show us the active learning is appropriate to game project management course. The learning progress of students who apply the Scrum approach comparing with the learning progress of ones who apply the traditional approach is insignificant different.

We found that user story prioritization is the most need in the agile planning tools from the students' perspective. It is found there were two significant factors. First, the software agile development teams require incorporating more factors during the prioritization process i.e. customer satisfaction, the impact on system architecture, business value, complexity, user story risk, frequency of use and reusability). Second, the complexity of calculating the priority of each user story, there is a need for tools to support agile teams.

Moreover, the limitations of agile planning support are highly suggested. Most of the students are not satisfied with simple tools.

Project management planning tools for agile teams are currently widely available. The majority of them support the key functions for planning activities; however, they still have limitations.

References

- [1] Bonwell, C. C., &Eison, J. A., "Active Learning: Creating Excitement in the Classroom," ASHE-ERIC Higher Education Report, Washington DC: School of Education and Human Development, George Washington University, 1991.
- [2] Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson, "Seven principles for good practise in undergraduate education" American Association of Higher Education Bulletin, Vol.39, No.7 pp.3-7, 1987.
- [3] MimFatmi, Lisa Hartling, Tracey Hillier, Sandra Campbell and Anna E. Oswald, "The effectiveness of team-based learning on learning outcomes in health professions education: BEME Guide No. 30," Medical Teacher, Vol.35, e1608-e1624, 2013. DOI: 10.3109/0142159X.2013.849802
- [4] Prince M, "Does active learning work? A review of the research," J Eng Educ Washington 93 pp.223–232, 2004.
- [5] Nabil Zary, Gunilla Johnson, Jonas Boberg, Uno GH Fors, "Development, implementation and pilot evaluation of a Web-based Virtual Patient Case Simulation environment – Web-SP," BMC Med Educ. 2006; 6: 10. Feb 21, 2006. DOI: 10.1186/1472-6920-6-10
- [6] Faltin, Nils, "Designing courseware on algorithms for active learning with virtual board games," ACM Sigcse Bulletin. Vol. 31. pp.135-138. DOI. 10.1145/384267.305894, 1999.
- [7] Sigfredo Hernandez, "Team Learning in a marketing principle course: Cooperative structures that facilitate active learning and higher level thinking," J. Market. Edu. 24, pp.73-85, 2002.
- [8] Mohammad Ashraf, "A critical look at the use of group projects as a pedagogical tool," J. Edu. Bus. 79, 213-216, 2004.
- [9] Madan Batra, Barbara Walvoord, and KrishKrishman, "Effective pedagogy for student-team projects," J. Market. Edu. 19, 2, pp.26-42, 1977.
- [10] Dawn Deeter-Schmelz and Rosemary Ramsey, "Student team performance: A method for classroom assessment," J. Market. Edu. 20, pp.85-93, 1998.
- [11] Tina Robbins, "Meaningfulness and community in the classroom: The role of teamwork in business education," J. Edu. Bus. 69, pp.312-316, 1994.
- [12] Tor ErlendFaegri, Viktoria Stray, and Nils Brede Moe, "Shared knowledge in virtual software teams," *Proceeding of the IEEE 11th International Conference on Global Software Engineering*, 2016.
- [13] Jessica L. Wildman, Amanda L. Thayer, Davin Pavlas, Eduardo Salas, John E. Stewart, and William Howse, "Team knowledge research: Emerging trends and critical needs," 2012. *Human Factors* 54, 84-111. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [14] Reede, E. and Bailiff, L, "When Virtual Reality Meets Education," 2016. Retrieved January 22, 2017, from TC Crunch Network Web site: <https://techcrunch.com/2016/01/23/when-virtual-reality-meets-education/>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [15] Corbett, S, "Learning by Playing: Video Games in the Classroom," 2010. Retrieved November 13, 2016, from The New York Times Web site: <http://www.nytimes.com/2010/09/19/magazine/19video-t.html>. [Accessed: Nov. 12, 2020].

- [16] Herger, M, “Sustainability examples,” Retrieved November 13, 2016, from Enterprise Gamification Web site: <https://Enterprise-Gamification.com>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [17] Sinha, S, “Motivating Students and the Gamification of Learning,” Retrieved November 13, 2016, from Huffington Post Web site: http://www.huffingtonpost.com/shantanu-sinha/motivating-students-and-t_b_1275441.html. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [18] Atlassian, “TeamGantt,” 2020. [Online]. Available: <https://trello.com/power-ups/5970d4298c14fdf691c95a76/teamgantt>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [19] Slack Technologies, Inc, “Slack,” 2020. [Online]. Available: <https://slack.com/intl/en-th/>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [20] Object Management Group, OMG, “Unified Modeling Language,” 2020. [Online]. Available: <https://www.omg.org/spec/UML/About-UML/>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [21] Lucid Software Inc, “Lucidchart,” 2020. [Online]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [22] Blender Foundation, “Blender,” 2002. [Online]. Available: <https://www.blender.org>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [23] Autodesk Inc, “3ds Max,” 2020. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/overview?support=ADVANCED&plc=3DSMAX&term=1-YEAR&quantity=1>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [24] Autodesk Inc, “Maya,” 2020. [Online]. Available: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview?support=ADVANCED&plc=MA YA&term=1-YEAR&quantity=1>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [25] Pixologic Inc, “ZBrush2021,” 2020. [Online]. Available: <http://pixologic.com/features/about-zbrush.php>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [26] Unity Technologies, “Unity,” 2020. [Online]. Available: <https://unity.com>. [Accessed: Nov. 12, 2020].
- [27] Richard, J. Hackman, “The design of work teams. Handbook of Organizational Behavior,” Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 315-342, 1987
- [28] SaikatDutt, “Proper Product Backlog Prioritization,” Cognizant 20-20 insights, 2012.

การพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
เพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว

Development of lowcost 3D printing robot
for learning embedded system

ศุภชัย ทองสุข

Supachai Thongsuk

สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

Software Engineering, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Sisaket Rajabhat University

Received: November 28, 2020; Revised: April 05, 2021; Accepted: April 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – This research aimed to 1) design and develop the robot with a 3D printing technique, 2) to evaluate performance of low cost robot for learning embedded system, and 3) to evaluate the achievement in the study of learning embedded system using low cost robot. According to the sample group of this research, there were 5 specialists in computer, and 50 secondary-students who attend the project. Additionally, the instrument used in this research are the questionnaire and the learning achievement test. As a result, it was presented that 1) the development result had robot characteristics which resembles human consisting of the upper part named head, body, and arms. The lower part had wheel moving part and line tracking sensors. The robot structure was printed with 3D printer using the PLA plastic. 2) the performance evaluation result found that the overall of the design and the development of the robot were in the ‘good’ level with a mean of 4.40 and a standard deviation of 0.50 3) learning achievement of students after learning was higher than the mean score of pre-learning with 0.05 level of statistical significance.

KEYWORDS: 3D Printing, Robot, Embedded System

บทคัดย่อ -- การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว 3) เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 50 คน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการพัฒนาได้หุ่นยนต์ที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์โดยประกอบด้วยส่วนท่อนบน คือ หัว ลำตัว แขน ส่วนท่อนล่างมีส่วนการเคลื่อนที่ด้วยล้อและเซนเซอร์ตรวจจับเส้น โครงสร้างพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ด้วยวัสดุเส้นพลาสติก พีแอลเอ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่าภาพรวมของการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.40 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ: การพิมพ์ 3 มิติ, หุ่นยนต์, ระบบสมองกลฝังตัว

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวเป็นส่วนหนึ่งในอุปกรณ์ไฟฟ้าหลากหลายชนิดในชีวิตประจำวันรอบตัวโดยมีการเพิ่มความฉลาดและความสามารถให้กับอุปกรณ์เหล่านั้นผ่านซอฟต์แวร์ที่ถูกตั้งค่าไว้ในการเรียนรู้การพัฒนาซอฟต์แวร์โดยเฉพาะหลักสูตรซอฟต์แวร์ในอุปกรณ์ฝังตัวได้มีการเรียนการสอนในระดับประถม มัธยม หรืออุดมศึกษาของไทย ผ่านรายวิชาวิทยาการคำนวณ โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่เป็นอุปกรณ์ระบบสมองกลฝังตัวเป็นหนึ่งในเนื้อหา ซึ่งหลากหลายสถาบันการศึกษาในประเทศไทยที่ประสบความสำเร็จในหลักสูตรการเรียนรู้ด้านวิทยาการคำนวณ ได้ประยุกต์นำเอาหุ่นยนต์ที่สามารถเขียนซอฟต์แวร์การทำงานหรือเป็นระบบสมองกลฝังตัวในหุ่นยนต์เป็นตัวสร้างความสนใจและสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบใหม่สำหรับนักเรียน โดยเริ่มจากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหุ่นยนต์ การจัดกิจกรรมฝึกอบรมหุ่นยนต์ ตลอดจนการจัดการแข่งขันหุ่นยนต์ และตอบโจทย์ยุทธศาสตร์ชาติเพื่อพัฒนาให้เป็นประเทศไทยยุค 4.0 แต่รูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวจำเป็นต้องจัดหาหุ่นยนต์สำหรับการเรียนรู้ที่ค่อนข้างมีราคาสูง โดยเฉพาะสถาบันการศึกษาขนาดเล็ก เช่น โรงเรียนในระดับภูมิภาค หรือสถานศึกษาที่มีงบประมาณน้อยไม่สามารถจัดซื้ออุปกรณ์การเรียนการสอนนี้ได้ และบางหน่วยงานมีอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อจำนวนของผู้เรียน สำหรับปัญหาดังกล่าว ได้มีการสำรวจพบว่าการจัดซื้อหุ่นยนต์เพื่อการศึกษาจำเป็นต้องสั่งซื้อแบบประกอบสำเร็จจากบริษัทต่างประเทศหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งมีราคาสูงมีราคาตั้งแต่ราคาหลักหมื่นจนถึงหลักแสน ขึ้นกับความสามารถในการทำงาน และการสร้างหุ่นยนต์จากวัสดุต่างๆ เองนั้นค่อนข้างยากเนื่องจากมีรายละเอียดอุปกรณ์ค่อนข้างเยอะ ขนาดเล็ก มีกลไกการเคลื่อนไหวซับซ้อนยากแก่การพัฒนา แต่ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีการพิมพ์แบบ 3 มิติ ที่ราคาของเครื่องและวัสดุถูกลงโดยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีความสามารถในการพิมพ์วัสดุที่ค่อนข้างละเอียดถึงระดับไมครอนในแต่ละชั้น เมื่อพิจารณาถึงความสามารถของเทคโนโลยีเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และด้วยราคาที่หาซื้อได้ง่ายในปัจจุบัน จึงเป็นโอกาสที่จะใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้โดยจะมีศึกษาและออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์เพื่อนำมาใช้ในภาคการศึกษาของประเทศไทย เป็นสื่อการเรียนรู้ซอฟต์แวร์ในระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งในงานวิจัยนี้จะได้ออกแบบส่วนกลไกและการควบคุมด้วยบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ที่ราคาถูก

กว่าที่ขายแบบสำเร็จตามท้องตลาดทั่วไป รองรับการพัฒนาชุดคำสั่งได้หลากหลาย และยังสามารถหาซื้อได้ง่าย ตอบโจทย์การพัฒนาชาติและเยาวชนในการเรียนรู้ด้านวิทยาการหุ่นยนต์ในภาคการศึกษาไทย

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.1.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
- 1.1.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ
- 1.1.3 เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะด้านระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นแบบ

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

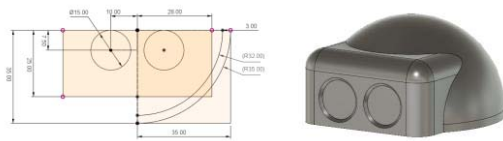
2.1 หุ่นยนต์

หุ่นยนต์ [1] หมายถึง เครื่องยนต์ชนิดหนึ่งที่มีโครงสร้างและลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน ซึ่งหุ่นยนต์จะมีหน้าที่การทำงานในด้านต่าง ๆ ตามการควบคุมโดยตรงของมนุษย์ทั่วไปแล้วหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามลักษณะการใช้งาน คือ หุ่นยนต์ชนิดที่ติดตั้งอยู่กับที่ (fixed robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปไหนได้ด้วยตัวเอง ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม และหุ่นยนต์ชนิดที่เคลื่อนที่ได้ (mobile robot) สามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ด้วยตัวเอง โดยการใช้ล้อหรือการใช้ขาหุ่นยนต์ประเภทนี้ถูกใช้ในการเพื่อวิจัยและยังใช้สำหรับการเรียนรู้ทางด้านการเขียน โปรแกรมในภาคการศึกษา

2.2 การพิมพ์ 3 มิติ

การพิมพ์ 3 มิติ [2] เป็นกระบวนการสร้างวัตถุสามมิติโดยการเติมชั้นของวัสดุต่อๆ กันภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์ โดยวัตถุสามมิติจะถูกสร้างขึ้นโดยมีขั้นตอนในการร่างรูปภาพของชิ้นงานหรือที่เรียกว่า CAD (Computer-Aided Design) โดยใช้ซอฟต์แวร์ CAD ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะได้โมเดลดังรูปที่ 1 หลังจากนั้นนำไฟล์ที่ได้จาก CAD ซึ่งเป็นไฟล์ STL เข้าสู่โปรแกรมแบ่งชั้นวัตถุ (Slicing Software) เพื่อแบ่งวัตถุเป็นชั้นๆ แล้วส่งต่อไปยังเครื่องพิมพ์ในการสร้างวัตถุออกมาดังรูปที่ 2 ซึ่งใช้วัสดุประเภทเส้นพลาสติกชนิด PLA (Polylactic Acid) ดังรูปที่ 3 โดย

วัสดุ PLA มีลักษณะเป็นเส้นม้วนเมื่อได้รับความร้อนจะหลอมละลายและถูกฉีดเพื่อสร้างเป็นชิ้นของวัตถุด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ



รูปที่ 1. การออกแบบโครงสร้าง 2 มิติ หัวส่วนบน



รูปที่ 2. ผลการพิมพ์ 3 มิติด้วยวัสดุ PLA



รูปที่ 3. เส้นพลาสติก PLA สำหรับการพิมพ์ 3 มิติ

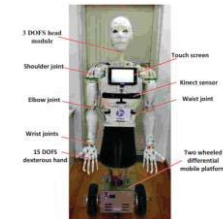
2.3 ระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัว [3] [4] เป็นระบบการประมวลผลที่มีการใช้ตัวประมวลผลที่ออกแบบมาเฉพาะ มีขนาดเล็กฝังในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ มีความสามารถมากขึ้น สามารถเชื่อมต่อและทำงานตามคำสั่งผู้ใช้ได้ ซึ่งปัจจุบันอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายชนิดได้มีการฝังระบบสมองกลฝังตัวเพื่อให้อุปกรณ์มีความฉลาดสามารถทำงานในฟังก์ชันอื่นๆ ได้เพิ่มขึ้น โดยบอร์ดทดลองที่เป็นที่นิยมในการศึกษาปัจจุบัน ได้แก่ บอร์ดคูดุโน (Arduino) ซึ่งมีราคาถูกหาซื้อได้ง่าย สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายโดยบอร์ดคูดุโนนี้ได้ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการศึกษาาระบบสมองกลฝังตัว

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

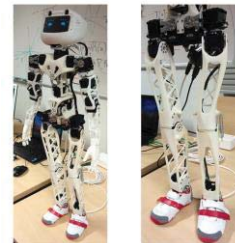
จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์พบว่า Hongtai Cheng [5] ได้ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์อิมูเนนซ์ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งใช้ต้นแบบจากโครงสร้าง Open Source ของหุ่น InMoov ได้ทำการปรับปรุงระบบอิเล็กทรอนิกส์และการ

ออกแบบใหม่โดยใช้ชื่อว่า imNEU และได้ใช้กระบวนการพิมพ์ 3 มิติ ได้หุ่นยนต์ดังรูปที่ 4 ทำให้สามารถลดต้นทุนในการสร้างหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์มีลักษณะครึ่งบนเป็นหุ่นยนต์ลักษณะคล้ายมนุษย์มีหน้าจอแสดงผล มีอุปกรณ์อ่านค่า Kinect ในขณะที่ท่อนล่างมีการเคลื่อนที่โดยล้อ 2 ล้อ หุ่นยนต์ที่ได้พัฒนามีการควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลคูดุโน Mega2560



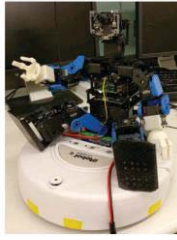
รูปที่ 4. ด้านหน้าของหุ่นยนต์ ImNEU

Matthieu Lapeyre [6] ได้นำเสนอหุ่นยนต์ Poppy ซึ่งเป็นหุ่นยนต์อิมูเนนซ์ที่มีลักษณะตัวเลียนแบบมนุษย์เต็มตัว ดังรูปที่ 5 ซึ่งมีการใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติเช่นกัน โดยงานวิจัยได้นำเสนอผลของการออกแบบ และวิธีการทางฟิสิกส์ในการเดินแบบมนุษย์ มีการทำงานด้วยบอร์ดสมองกลขนาดเล็กคูดุโนนาโน



รูปที่ 5. หุ่นยนต์ Poppy และการออกแบบขา

Tony Lin [7] ได้พัฒนาหุ่นยนต์อิมูเนนซ์แบบโครงสร้างแบบ Skeleton ในนามว่า HR-OS1 ดังรูปที่ 6 ซึ่งมีการพัฒนาให้มีราคาถูก ภายใต้ Open Source Platform โดยซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ใช้ระบบปฏิบัติการ Robotic Operating System (ROS) บนบอร์ดสมองกลราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) ซึ่งเป็นบอร์ดที่มีการทำงานเทียบเท่าคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กช่วยให้จัดการกิจกรรมการควบคุมได้ง่ายแต่หุ่นยนต์ยังคงมีปัญหาในการเดินยังไม่สมบูรณ์นัก ซึ่งงานวิจัยได้นำเสนอประเด็นด้านการทดสอบการออกแบบและการพัฒนาชุดคำสั่งสำหรับหุ่นยนต์เป็นหลักบนหุ่นยนต์ขนาดเล็ก



รูปที่ 6. แสดงหุ่นยนต์ต้นแบบ HR-OS1

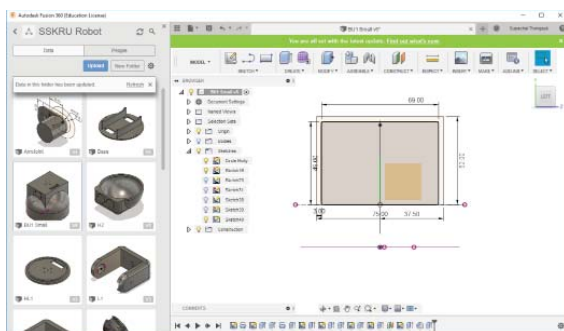
จากงานวิจัยที่กล่าวมานั้นมีการพัฒนาหุ่นยนต์จากการพิมพ์ 3 มิติ แต่จุดประสงค์ของการออกแบบเพื่อการพัฒนาให้มีการทำงานเลียนแบบมนุษย์และยังมีขนาดใหญ่ ยังไม่สามารถนำมาเป็นสื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับนักเรียนในภาคการศึกษาได้ จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบและพัฒนาในรูปแบบที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการพัฒนาทางการศึกษาแทน

3. วิธีการดำเนินวิจัย

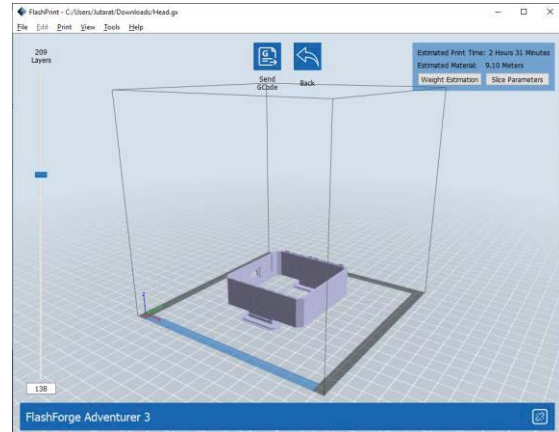
3.1 เครื่องมือในการดำเนินวิจัย

3.1.1 ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาหุ่นยนต์

การออกแบบหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ ในงานวิจัยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Fusion 360 ซึ่งเป็น โปรแกรมประเภท CAD ที่เป็น ที่นิยมในการออกแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 7 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างโมเดลโครงสร้าง 2 มิติ และส่งออกไฟล์ STL เพื่อทำการ slicing ในโปรแกรม FlashPrint ในรูปที่ 8 แล้วจึงนำไฟล์ส่งไปพิมพ์ยังเครื่องพิมพ์ 3 มิติเพื่อสร้างวัตถุต่อไป



รูปที่ 7. โปรแกรม Autodesk Fusion 360



รูปที่ 8. โปรแกรม FlashPrint สำหรับการทำ Slicing โมเดล

3.1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพหุ่นยนต์เพื่อการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยใน คือ แบบประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นแบบด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบขึ้นจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายปิดและปลายเปิด แบบประเมินได้ทำการหาประสิทธิภาพโดยการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ด้วยการใช้ดัชนี IOC (Index of item objective congruence) และผลการออกแบบได้แบบสอบถามออกเป็น 2 ตอนประกอบด้วย ตอนที่ 1 สอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ต่อประสิทธิภาพของระบบ ลักษณะของแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีการของลิเคิร์ต (Likert Scale) [8] แบ่งระดับในการวัดออกเป็น 5 ระดับและ ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยเป็นคำถามปลายเปิด

3.1.3 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แบบคำถามจำนวน 20 ข้อ สำหรับการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นแบบ ซึ่งมีเนื้อหาจากบทเรียนที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ทางด้านการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

3.2.1 กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอน และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ในการประเมินประสิทธิภาพของเนื้อหา

โดยพิจารณาจากคุณวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาโทหรือปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศและคอมพิวเตอร์

2.2 กลุ่มเป้าหมายในขั้นตอนการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน กำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา ที่เข้าร่วมโครงการ รวมทั้งสิ้น 100 คน โดยกลุ่มตัวอย่าง (Sample) จากนักเรียนที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 50 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยการจับสลาก

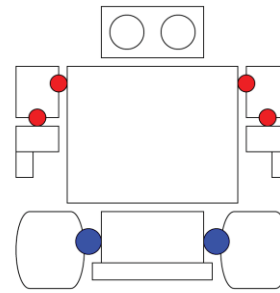
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ใช้หลักการพัฒนาระบบ SDLC (System Development Life Cycle) [9] เป็นกระบวนการในการพัฒนาระบบสารสนเทศโดยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 การวางแผนระบบ (System Planning) ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียด ซึ่งการออกแบบหุ่นยนต์ด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ จะมีการพัฒนาประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของโครงสร้างหุ่นยนต์ และส่วนของวงจรสมองกลฝังตัว

3.3.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) จากผลศึกษาและการวิเคราะห์งานทำให้ได้ขอบเขตความต้องการของผู้ใช้ โดยมีส่วนประกอบ คือ หัว ลำตัว แขน มือ ส้อมในการเคลื่อนที่ และการติดตั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับเส้นเพื่อการเรียนรู้การหาคำสั่งการตรวจจับเส้นสีโดยหุ่นยนต์ต้องมีขนาดเล็กไม่เกินขนาดตามข้อกำหนดของการแข่งขันหุ่นยนต์ของนักเรียน เพื่อรองรับการนำไปใช้ในการแข่งขันหุ่นยนต์ของโรงเรียนได้

3.3.3 การออกแบบระบบ (System Design) การออกแบบหุ่นยนต์มีลักษณะโครงสร้างการทำงานคล้ายกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้การพิมพ์ 3 มิติ และ ซึ่งหุ่นยนต์ออกแบบให้ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมในส่วนลำตัว คือ บอร์ดสมองกลดุษโน รุ่น นาโน ซึ่งมีขนาดเล็ก รองรับการทำงานเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ฐานหุ่นยนต์ตั้งมอเตอร์ดีซี จำนวน 2 ตัว และเซ็นเซอร์ตรวจจับสีเพื่อให้เคลื่อนที่อัตโนมัติ จุดเคลื่อนไหวของหุ่นได้ใช้มอเตอร์เซอร์โวเล็ก ขนาด 9 กรัมมีตำแหน่งการติดตั้งในรูปที่ 9 ซึ่งแต่ละจุดสามารถหมุนได้ 180 องศา โดยมีลักษณะการติดตั้งดังรูปที่ 10 โดยทำการยึดติดเพื่อทำเป็นจุดหมุนของแขน

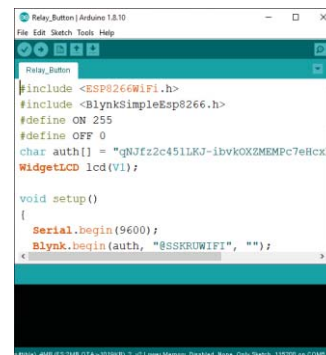


รูปที่ 9. การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่สำหรับการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว



รูปที่ 10. การออกแบบจุดหมุนด้วยมอเตอร์เซอร์โว

3.3.4 การนำระบบไปใช้ (System Implementation) เป็นขั้นตอนของการสร้างระบบใหม่ เป็นการเขียนโปรแกรมพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์ ด้วยโปรแกรม Arduino IDE ดังรูปที่ 11 ซึ่งมีการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาซี (C/C++) สำหรับบอร์ดดุษโนนาโน



รูปที่ 11. โปรแกรม Arduino IDE สำหรับการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์สมองกลฝังตัว

3.3.5 การสนับสนุนระบบและความปลอดภัย (System Support and Security) ผู้วิจัยได้ติดตั้งและทดสอบระบบเพื่อนำไปใช้จริงและตรวจสอบฟังก์ชันการใช้งาน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ และผลการประเมินผู้วิจัยได้นำไปปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยได้ใช้หลักการสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อบรรยายข้อมูลโดยมีสูตรการหาค่าสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

3.4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (1)$$

$$\bar{x} = \text{ค่าเฉลี่ย}$$

$$\sum x = \text{ผลรวมผู้ตอบแบบสอบถาม}$$

$$N = \text{จำนวนประชากร}$$

3.4.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

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

$$S.D. = \text{ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน}$$

$$\sum fx = \text{ผลรวมผู้ตอบแบบสอบถาม}$$

$$N = \text{จำนวนประชากร}$$

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ

ในการพัฒนาหุ่นยนต์ตัวแฉกน้อยด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ได้มีกระบวนการเริ่มจากการสร้างโมเดลจากซอฟต์แวร์ Autodesk Fusion360 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือไฟล์โมเดล STL ซึ่งนำเข้าสู่ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลการพิมพ์เพื่อสร้างแบบสำหรับเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในรูปแบบไฟล์ GX หลังจากนั้นจะส่งไฟล์ที่ได้จากการออกแบบสำหรับเครื่องพิมพ์เข้าสู่เครื่องพิมพ์เพื่อทำการพิมพ์ให้ได้โมเดลหุ่นยนต์แต่ละชิ้นส่วน ซึ่งผลลัพธ์ของการออกแบบและพัฒนาได้หุ่นยนต์ที่ประกอบได้ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12. หุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบหุ่นยนต์

ในการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้ประเมินโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาออกแบบ 3 มิติ และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีรายละเอียดการประเมินจำนวน 10 ข้อดังตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านพบว่า มีประสิทธิภาพของการพัฒนาโดยรวมในระดับดี ($\bar{x}=4.40$, $S.D.=0.50$) เมื่อพิจารณาารายด้านพบว่าด้านวัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม มีคะแนนมากที่สุดในระดับดีมาก ($\bar{x}=4.80$, $S.D.=0.45$)

ตารางที่ 1. แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาหุ่นยนต์

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. มีการออกแบบที่มีเอกลักษณ์	4.40	0.55	ดี
2. การพิมพ์ 3 มิติมีความสวยงาม	4.60	0.55	ดีมาก
3. หุ่นยนต์มีส่วนประกอบที่แข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน	4.40	0.55	ดี
4. หุ่นยนต์มีกลไกการเคลื่อนไหวยที่เหมาะสม	4.40	0.55	ดี
5. หุ่นยนต์มีการเชื่อมต่อแต่ละชิ้นส่วน ได้อย่างเหมาะสม	4.20	0.45	ดี
6. หุ่นยนต์มีสัดส่วนที่เหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
7. หุ่นยนต์สามารถประกอบได้ง่าย	4.20	0.45	ดี
8. สามารถบำรุงรักษาซ่อมแซมได้ง่าย	4.20	0.45	ดี
9. วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสม	4.80	0.45	ดีมาก
10. ระยะเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ 3 มิติมีความรวดเร็ว	4.20	0.45	ดี
เฉลี่ย	4.40	0.50	ดี

4.3 ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนผ่านบทเรียนการพัฒนาหุ่นยนต์

ผู้วิจัยได้นำหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ดังภาพที่ 13 โดยให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน และดำเนินการเรียนตามลำดับของเนื้อหา โดยเนื้อประกอบด้วย การออกแบบหุ่นยนต์ด้วยการพิมพ์ 3 มิติ พื้นฐานของวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น การเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบสมองกลฝังตัว และเมื่อเสร็จสิ้นการเรียนในทุกบทเรียน ให้ผู้เรียนทำ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โดยใช้ t-test dependent ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ามีคะแนนเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2. แสดงผลการประเมินการเรียนรู้

คะแนน	n	$\bar{x}$	S.D.	t	df	P-value
ก่อนเรียน	50	8.65	4.20	31.48	99	0.00 **
หลังเรียน	50	15.78	2.25			

** นัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05



รูปที่ 13. การทดลองกลุ่มตัวอย่างในการเรียนบทเรียนการเรียนรู้ การพัฒนาระบบสมองกลฝังตัวด้วยหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ

5. บทสรุป

ผลการพัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติเพื่อการเรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัว ได้ศึกษาออกแบบและพัฒนาโครงสร้างหุ่นยนต์ที่คล้ายมนุษย์โดยประกอบด้วยส่วนท่อนบนคือ หัว ลำตัว และแขน ให้มีการเคลื่อนไหวได้ด้วยการใช้มอเตอร์เซอร์โว และส่วนประกอบในการเคลื่อนได้ออกแบบให้มีการเคลื่อนที่ด้วยล้อขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในทิศทางต่างๆ หุ่นยนต์ที่พัฒนาสามารถใช้เป็นสื่อการเรียนรู้และสามารถใช้ในการแข่งขันหุ่นยนต์ของโรงเรียนได้ ในกระบวนการประเมินประสิทธิภาพของพัฒนาหุ่นยนต์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาออกแบบ 3 มิติ และผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 5 ท่าน ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่าภาพรวมอยู่ในระดับดี ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนรู้ระบบสมองกลฝังตัวด้วยสื่อหุ่นยนต์ตัวแมนนอยด์ต้นทุนต่ำด้วยเทคนิคการพิมพ์ 3 มิติ จาก

การทดลองกับนักเรียนจำนวน 50คน มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้หลังเรียนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียน

6. การอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้สำรวจราคาค่าหุ่นยนต์ในการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมสมองกลฝังตัวในร้านค้าที่มีจำหน่ายทั่วไป พบว่ามีราคาระหว่าง 5,000 บาท ถึง 10,000 บาท ซึ่งในงานวิจัยได้พัฒนาหุ่นยนต์ต้นทุนต่ำ โดยมีการศึกษาและออกแบบให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ในราคาที่ถูกลงและมีขนาดเล็ก สามารถใช้งานเป็นสื่อการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาทักษะทางด้านวิทยาการคำนวณ โดยหุ่นยนต์ที่ได้พัฒนามีราคาเฉลี่ยที่ 1,680 บาท ซึ่งโรงเรียนสามารถสร้างขึ้นได้เอง และหาอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งมีขายทั่วไป ดังรายละเอียดรายการอุปกรณ์ของหุ่นยนต์ ตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงรายการอุปกรณ์ของหุ่นยนต์

รายการอุปกรณ์	จำนวน	ราคา
1. ลำโพง 3 มิติ พร้อมลำโพงคู่เสียบ	9 ชิ้น	500
พลาสติก PLA		
2. บอร์ดคีย์บอร์ดพร้อมฐาน	1 บอร์ด	150
3. เซอร์โวมอเตอร์	4 ชิ้น	280
4.มอเตอร์ไฟฟ้า DC พร้อมล้อ	2 ล้อ	200
5.เซนเซอร์ตรวจจับเส้น	2 ชิ้น	100
6. ตัวขับเคลื่อน	1 ชิ้น	150
4. แบตเตอรี่ DC	1 ชิ้น	300
รวม		1,680

เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Guizzo, "What Is a Robot?," 1 August2018. [Online]. Available:<https://robots.ieee.org/learn/what-is-a-robot/> [Accessed: 25 May 2020]
- [2] S. Otarawanna, "The Use of 3 D Printing Technology in Manufacturing Industry," 7 November2017. [Online]. Available:https://www2.mtec.or.th/th/e-magazine/admin/upload/303_24.pdf [Accessed: 25 May2020]
- [3] T. Theeramunkong, "Embedded technology for development of embedded system," Bangkok:Technology promotion association (Thailand-Japan), 2007.

- [4] W. Wolf and J. Madsen, "Embedded systems education for the future," in Proceedings of the IEEE, vol. 88, no. 1, pp.23-30, Jan, 2000. doi: 10.1109/5.811598.
- [5] H. Cheng and G. Ji, "Design and implementation of a low cost 3D printed humanoid robotic platform," IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Chengdu, pp.86-91, 2016.
- [6] Matthieu Lapeyre, Pierre Rouanet and Pierre-Yves Oudeyer, "The Poppy Humanoid Robot: Leg Design for Biped Locomotion," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Tokyo, Japan, Nov 2013.
- [7] T. Lin et al., "Design of a low-cost, open-source, humanoid robot companion for large retail spaces," IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS), Charlottesville, VA, pp.66-71, 2016.
- [8] Likert, R., "A technique for the measurement of attitudes," Archives of Psychology, pp.5-53, 1932.
- [9] Shelly, G.B. & Rosenblatt, H.J., "Systems Analysis and Design (9th ed.)," USA: Course Technology, Cengage Learning, 1932.



ระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนางโดย The Biodiversity Information System in the Inner Nakorn Bay Area Ban Koh Nang Doi

สุนิษา คิดใจเดียว*, โสภี แก้วชะภา และ สมคิด พินิจนัน

Sunisa Kidjaideaw, Sopee Kaewchada and Somkit Pinichan*

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

Information Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

Received: November 28, 2020; Revised: April 05, 2021; Accepted: April 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – This research aims to 1) develop the biodiversity information system in the inner Nakorn bay area Ban Koh Nang Doi and 2) to investigate the user satisfaction level of the biodiversity information system in the inner Nakorn bay area Ban Koh Nang Doi. In the system development object-oriented system (Unified Process) with a PHP program in conjunction with a MySQL database management system, the results of the research showed that the information system that was evaluated by the system performance by experts overall was at a high level ($\bar{x}$ = 4.41), there are three user groups (administrators, Employees, and users). Administrators group were able to manage all data, employees group were the person assigned to the recording biodiversity data that had been explored in the inner Nakorn bay area Ban Koh Nang Doi, and user group able to study the knowledge of biodiversity explored in the inner Nakorn bay area Ban Koh Nang Doi. The user satisfaction level of the system was high ($\bar{x}$ = 4.45).

KEYWORDS: Biodiversity, Inner Nakorn Bay Area, Ban Koh Nang Doi

บทคัดย่อ -- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนางโดย และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนางโดย โดยการพัฒนาระบบเชิงวัตถุ (Unified Process) ด้วยโปรแกรมภาษา PHP ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ผลการวิจัยพบว่าได้ระบบสารสนเทศที่ผ่านการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (4.41) ซึ่งแบ่งกลุ่มผู้ใช้งานเป็น 3 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ เป็นผู้จัดการข้อมูลทั้งหมด พนักงานเป็นผู้ที่ได้รับมอบหมายให้ทำการบันทึกข้อมูลของความหลากหลายที่ได้สำรวจเจอในบริเวณพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนางโดย และผู้ใช้งานเป็นผู้ที่สามารถเข้ามาศึกษาองค์ความรู้ของความหลากหลายทางชีวภาพที่สำรวจเจอในบริเวณพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนางโดย และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (4.45)

คำสำคัญ: ความหลากหลายทางชีวภาพ, อ่าวนครตอนใน, บ้านเกาะนางโดย

*Corresponding Author: sanisu_sunisa@hotmail.com

1. บทนำ

ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมากประเทศหนึ่ง ซึ่งประชากรได้รับประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ หรือป่าไม้ พื้นที่ชุ่มน้ำ รวมถึงผลิตภัณฑ์ของป่าไม้ หรือทรัพยากรธรรมชาติ ในทางเศรษฐกิจ อาหาร และยา ด้านสุขภาพ และวัฒนธรรมอย่างมาก ด้วยเหตุนี้ ความสูญเสียจำนวนชนิดพืช สัตว์จึงเป็นผลจากการนำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาประเทศ และการนำมาใช้เพื่อประโยชน์ของประชาชนชาวไทยไม่ว่าจะเพื่อยังชีพและเพื่อธุรกิจโดยเฉพาะการส่งออกอันเป็นรายได้ของประเทศ การใช้สมุนไพรพบว่ามีการใช้ประโยชน์พืชสมุนไพรในการปรุงยา มากที่สุดโดยเฉพาะลำต้น [1] ในขณะที่ประชากรใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพเป็นจำนวนมากไม่ว่าการใช้ประโยชน์จากสวนใดก็ตามก่อให้เกิดความสูญเสีย ชนิด พืช สัตว์ หรือพื้นที่ป่าไม้ถาวร ป่าอนุรักษ์ พื้นที่อนุรักษ์ทางทะเล ให้เสื่อมสภาพเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลกระทบถึงจำนวนและปริมาณของผลผลิตพืชและสัตว์ หรือการลดลงของป่าไม้อย่างรวดเร็ว อันส่งผลกระทบต่อความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพโดยที่บ้านเกาะนางโดยเป็นสถานที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพที่สำคัญสถานที่หนึ่งของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งตั้งอยู่ ณ วัดเกาะนางโดย หมู่ที่ 14 บ้านเกาะนางโดย ตำบลคลองน้อย อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช[2] ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพมากมาย ทั้งพืช หรือพันธุ์ไม้ ล้วนแล้วแต่เป็นพันธุ์พืชที่มีประโยชน์ทั้งในการรักษาอาการเจ็บป่วยที่กำลังจะหมดไปจึงเป็นสถานที่ควรอนุรักษ์ไว้เพื่อเป็นศูนย์การเรียนรู้ด้านธรรมชาติ นอกจากนี้เกาะนางโดยมีความพิเศษอีกอย่างหนึ่งคือ องค์พระพุทธรธรรมธรชินราช บรมศาสดาศิริธรรมมงคล พระพุทธเจ้าผู้ชนะทรงแไว้ซึ่งธรรมทรงเป็นพระบรมศาสดา เสด็จสถิตเป็นมณฑลแก่ชาวนครศรีธรรมราช ได้ถูกอัญเชิญไปประดิษฐาน ณ วัดเกาะนางโดย แต่ยังไม่เป็นที่รู้จัก และคนในท้องถิ่นก็ไม่มีความรู้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ จึงทำให้ไม่สามารถนำความรู้เหล่านั้นมาถ่ายทอดให้กับเยาวชนในท้องถิ่น จากความสำคัญและปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวทางนำทฤษฎีการจำแนกความหลากหลายทางชีวภาพต่างๆ [3] นำมาเป็นแนวทางในการส่งเสริมการศึกษา ความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่เกาะนางโดย ด้วยการจัดทำระบบสารสนเทศในการจัดเก็บและเผยแพร่ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่เกาะนางโดย และจัดทำแผน

ที่สำรวจเกาะนางโดย ที่สามารถระบุถึงพันธุ์ไม้แต่ละชนิดได้ เพื่อเป็นสื่อในการเรียนรู้ให้กับเยาวชนในท้องถิ่น และบุคคลที่มีความสนใจเพื่อนำประโยชน์ไปใช้ได้อย่างยั่งยืน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 ความเป็นมาของเกาะนางโดย มีตำนานเก่าแก่เล่ากันเป็นมุขปาฐะว่า เมื่อครั้งพระศรีธรรมมาโคกราช พระศรีธรรมมาโคราชจันทกานู พระศรีธรรมมาโคราชพงศสาสุระในสมัยพระศรีธรรมมาโคราชพงศสาสุระ แยกขวาที่อพยพเข้ามาพึ่งพระบรมโพธิสมภาร เล่าขานกันเป็นสองตำนาน ตำนานแรกเล่ากันว่าพวกแยกขวาได้เอาลูกสาวที่มีความงดงามมาเป็นอุบายหลอกล่อเจ้าเมืองนครให้ลุ่มหลง เจ้าเมืองนครก็อยากได้ภรรยาเป็นชาวแยกขาวขึ้นมา แต่เสียรู้แก่แยกขาวเจ้าเมืองนครจึงถูกจับมาเป็นเชลยเป็นเหตุให้ชาวบ้านต้องส่งส่วยไขเปิดให้แยกขาว อีกตำนานหนึ่งนั้นเล่าว่า ได้มีโรคหาลงที่เมืองนคร ทำให้ภรรยาของเจ้าเมืองนครต้องหนีไปลงทะเลขณะตั้งครรภ์ ได้นำทารกส่วนหนึ่งเป็นอารักขาโดยมี พังทกาท พหารเอกของพระศรีธรรมมาโคกราชเป็นผู้นำ ได้นำข้าวของเครื่องใช้ต่างๆ ลงเรือไปด้วยเรือแฉ่นมาจนได้พบเกาะหนึ่ง คือ เกาะนาง หรือ เกาะนางโดย ได้มาอาศัยอยู่บนเกาะด้วยของใช้เครื่องครัวต่างๆ ที่ได้นำติดตัวมา จนภรรยาเจ้าเมืองได้คลอดลูก ในที่สุดก็หนีโรคหาลงไม่ได้ล้มตายทั้งหมด จึงเป็นตำนานของเกาะนาง คือมีนางร้องไห้คร่ำครวญ เมื่อมีคนพายเรือไปที่เกาะนาง ก็มักจะได้อินเพลงกล่อมลูก แล้วคนที่เกาะนางได้เขียนคำคล้องจองบทหนึ่งเป็นคำโบราณว่า “เมืองคอนจะได้ยาก บางจากจะได้ทุกข์ ปากพนังจะสนุก แหมลมหลุมพุกจะเป็นวัง” แต่ตอนนี้กลายเป็นภูเขาอยู่กลางทุ่งนา เนื่องด้วยที่นาปัจจุบันเคยเป็นพื้นที่ทะเลมาก่อน ซึ่งพบร่องรอยภาพเขียนโบราณเป็นทะเล จนเล่าขานกันติดปากว่า ถ้ามีลูกสาวอย่าเอาคนปากพนังเป็นสามี เพราะเขาว่าคนปากพนังเป็นคนนอก ซึ่งหมายถึงคนที่อยู่ต้นน้ำเป็นพวกติดทะเล ติดภูเขา กลุ่มที่อยู่ติดภูเขาแย่งแบ่งออกเป็น 2 พวกอีกเช่นกัน เป็นพวกหน้าภูเขา กับหลังภูเขา พวกภูเขา และพวกทะเลมักจะจะเป็นเพื่อนสนิทสนมกลมเกลียวกันจึงมีถ้อยคำคุ้นชินหู เรียกว่า “เกลอเขา เกลอเล”[4]

2.1.2 ความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย เป็นหนึ่งใน 20 ประเทศที่มีทรัพยากรชีวภาพหลากหลายมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพ

(Biodiversity) หรือ ทรัพยากรชีวภาพ (Bioresource) เป็นฐานสำคัญของการเกษตร ข้าราชการ และต่อเศรษฐกิจทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ สาเหตุสำคัญที่ทำให้ในพื้นที่ป่าตามธรรมชาติในประเทศไทยมีความหลากหลายของพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์เป็นอย่างมาก เนื่องจากเหตุผลหลายประการ ได้แก่ ประเทศไทยตั้งอยู่ในโซนร้อนเหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อยและอยู่ติดทะเล จึงมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัย การเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดตลอดปี มีความแตกต่างกันของสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย เช่นภาคเหนือเหนือเป็นภูเขาสูง อุณหภูมิต่ำในฤดูหนาว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบขนาดใหญ่มีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างแห้งแล้ง ภาคกลางเป็นที่ราบลุ่ม ภาคใต้เป็นภูเขาสูงสลับพื้นที่ราบ มีมรสุมพัดผ่านตลอดทั้งปีและประเทศไทยอยู่ในบริเวณศูนย์กลางที่มีการกระจายพันธุ์ของพืชและสัตว์ กล่าวคือเป็นเขตซ้อนทับกันของกลุ่มพรรณพฤกษชาติ (Floristic Region) ถึง 3 กลุ่ม [3]

2.1.3 ความหลากหลายทางชีวภาพเกาะนางโดมีพันธุ์พืชในตระกูลต่างๆ 30 ชนิด เช่น เหงือกปลาหมอเฟิร์นขยายแพกเกล็ดคนราชประพดทะเลสาบเลื้อยควนหอยแครงคองคิงพลองเหมือดราชพฤกษ์อินทนิลบกและอินทนิลน้ำ เป็นต้น ซึ่งพืชโดยส่วนใหญ่มีสรรพคุณในทางการรักษา อีกทั้งบางประเภทสามารถรับประทานเป็นอาหารและใช้เป็นส่วนหนึ่งในการก่อสร้างสร้างอาคารบ้านเรือนได้ อาทิ อินทนิลน้ำอินทนิลบก หรือบางประเภทใช้เฉพาะงานก่อสร้าง อาทิ หลุมพอทะเลประคู้ และมะม่วงกวาว เป็นต้น [5]

2.1.4 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่งเส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูลและฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลายการเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งาน

ได้ง่าย GIS เป็นระบบข้อมูลข่าวสารที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ แต่สามารถแปลความหมายเชื่อมโยงกับสภาพภูมิศาสตร์อื่นๆ สภาพท้องที่ สภาพการทำงานของระบบสัมพันธ์กับสัดส่วนระยะทางและพื้นที่จริงบนแผนที่ ข้อแตกต่างระหว่าง GIS กับ MIS นั้นสามารถพิจารณาได้จากลักษณะของข้อมูล คือ ข้อมูลที่จัดเก็บใน GIS มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ที่แสดงในรูปของภาพ (Graphic) แผนที่ (Map) ที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล (Database)การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งสองประเภทเข้าด้วยกัน จะทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะแสดงข้อมูลทั้งสองประเภทได้พร้อมๆ กัน เช่นสามารถจะค้นหาตำแหน่งของจุดตรวจวัดควนคำ ควนขาวได้โดยการระบุชื่อจุดตรวจ หรือในทางตรงกันข้าม สามารถที่จะสอบถามรายละเอียดของ จุดตรวจจากตำแหน่งที่เลือกขึ้นมา ซึ่งจะต่างจาก MIS ที่แสดงภาพเพียงอย่างเดียว โดยจะขาดการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับรูปภาพนั้น แต่แผนที่ใน GIS จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ทางภูมิศาสตร์คือค่าพิกัดที่แน่นอน ข้อมูลใน GIS ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocode) ซึ่งจะสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลใน GIS ที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกโดยตรง หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับข้อมูล GIS ที่จะอ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นโลกได้โดยทางอ้อมได้แก่ ข้อมูลของบ้าน รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โดยจากข้อมูลที่อยู่สามารถทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่ ณ ที่ใดบนพื้นโลก เนื่องจากบ้านทุกหลังจะมีที่อยู่ไม่ซ้ำกัน [6]

2.2งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพต่อสมุนไพรในเขตพื้นที่ทุ่งบางกะเจอำเภอพระประแดงจังหวัดสมุทรปราการ โดย ศรัณัฐ ไตรชมภู และคณะ [7] มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สำรวจสมุนไพรในพื้นที่ทุ่งบางกะเจ 2) สร้างความตระหนักเกี่ยวกับการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์สำหรับเยาวชนในพื้นที่ 3) รวบรวมสมุนไพรเพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์การใช้สมุนไพรในรูปแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น 4) สร้างตัวอย่างสมุนไพรพร้อมระบบการจัดการที่ยั่งยืน 5) จัดการข้อมูลทางภูมิศาสตร์และนำเสนอในรูปแบบแผนที่และ 6) จัดทำเอกสารของบทเรียนที่

เรียนรู้ในรูปแบบของคู่มือสำรวจสมุนไพรร การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจโดยรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ กลุ่มตัวอย่างคือผู้รู้ในท้องถิ่น นักวิชาการ ท้องถิ่น นักสมุนไพรรพบว่ามีสมุนไพรร 305 ชนิดในพื้นที่การรับรู้ถูกสร้างขึ้นเพื่อการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ มีการเผยแพร่ข้อมูลความรู้สมุนไพรรในรูปแบบของคู่มือสำรวจสมุนไพรรเพื่อฝึกอบรมนักเรียนชุมชนหน่วยงานและผู้สนใจ วิเคราะห์ความรู้จากสมุนไพรรที่ได้จากการสัมภาษณ์และสังเคราะห์ในรูปแบบภูมิปัญญาท้องถิ่น พืชสมุนไพรรที่มีศักยภาพและมีศักยภาพในพื้นที่ที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อตรวจคัดเ็นเ็น นอกจากนี้ยังมีการคัดเลือกและจัดทำตัวอย่างสมุนไพรรเพื่อให้แน่ใจว่าพืชสมุนไพรรอยู่ในพื้นที่ถาวร

2.1.2 ความหลากหลายทางชีวภาพกับการบริหารมหาวิทยาลัยกรณีสึกษา : มหาวิทยาลัยในยุโรปโดยประทุมทอง ไตรรัตน์ และพฤษี ศิริบรรณพิทักษ์ [8] มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบริหารมหาวิทยาลัยที่เสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพในกรณีสึกษา มหาวิทยาลัยในยุโรป เป็นการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับกลยุทธ์ของมหาวิทยาลัยเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่ามหาวิทยาลัยในสหราชอาณาจักรส่วนใหญ่ได้มีกำหนดกลยุทธ์ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นภารกิจส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน การจัดสภาพแวดล้อม การค้นคว้าวิจัย และการบริการให้กับท้องถิ่นที่เชื่อมโยงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สร้างความตระหนักให้กับบุคลากรทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยให้เห็นถึงความสำคัญต่อความหลากหลายทางชีวภาพ และในส่วนของปัจจัยที่จะเสริมสร้างความหลากหลายทางชีวภาพอย่างยั่งยืน ได้แก่ การเข้าถึงการแบ่งปันและการใช้ประโยชน์อย่างเท่าเทียม การอนุรักษ์และฟื้นฟู การพัฒนาคุณค่า และในการกำหนดกลยุทธ์ของแต่ละมหาวิทยาลัยจะสอดคล้องกับนโยบายของประเทศด้านความหลากหลายทางชีวภาพและตามสนธิสัญญาที่จัดทำขึ้นในการพัฒนาอย่างคุ้มค่าและการใช้ประโยชน์อย่างเท่าเทียมและยั่งยืนที่จะส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์

2.1.3การจัดทำแผนที่ลักษณะทางธรณิของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดจันทบุรี โดยณรงค์ พลธิรักษ์และคณะ [9] มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่ลักษณะทางธรณิของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดจันทบุรี ได้แก่ หาดเจ้าหลาว น้ำตกเขาสอยดาว และถ้ำเขาวง การวิเคราะห์ลักษณะทางธรณิโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับการสำรวจภาคสนามเพื่อหาสภาพที่

ถูกต้อง ได้แก่ ลักษณะหินและดิน และลักษณะทางกายภาพทั่วไป จากนั้นจัดทำแผนที่ธรณิชั้นหินและชุดดินของแหล่งท่องเที่ยว ผลการวิจัยพบว่า ลักษณะสัณฐานของแหล่งท่องเที่ยวจำแนกเป็นชายฝั่งทะเล น้ำตก และถ้ำ ธรณิชั้นหินแบ่งออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ หมวดหินเขาวง หมวดหินสระแก้ว หมวดหินโป่งน้ำร้อน หมวดหินแหลมสิงห์ ตะกอนชายหาดและโคลนทะเล ตะกอนตะกักและตะกอนเศษหินเชิงเขา และหินแกรนิต สัณฐานแหล่งท่องเที่ยวบางประเภทอาจมีทั้งตะกอนทรายและหินแกรนิต เช่น น้ำตกเขาสอยดาว ส่วนชุดดินสามารถจำแนกได้เป็น 6 กลุ่ม ได้แก่ ชุดดินห้วยหิน ชุดดินระนอง ชุดดินผักกาด ชุดดินคลองซากชุดดินหนองคล้า ชุดดินคลองเต้ง และพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน

2.1.4 ความหลากหลายทางชีวภาพและคุณค่าทางเศรษฐกิจในป่าไม้ของชุมชนจำนวน 8 แห่ง ใน 8 อำเภอของจังหวัดนครราชสีมาในปี 2557 โดยพงศ์เทพ สุวรรณวร และคณะ [10] จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านจำนวน 25 คน ต่อป่าชุมชน ผลการสำรวจพบว่า ป่าชุมชนเขาสามสิบสำงและเขาเขียวมีมูลค่ารวมของผลผลิตสุทธิมากที่สุดถึง 594,430 บาท ทำให้แต่ละครัวเรือนมีรายได้เฉลี่ยถึง 11,889 บาท/ปี รองลงมาคือป่าชุมชนเมืองลับแล บ้านมาบกราด โกลหนองงาช้าง บ้านขับพงโพด บ้านวังไผ่ และบ้านคอนจันทร์ ตามลำดับ ผลผลิตรวมที่มีมูลค่ามากที่สุดคือเห็ดป่า รองลงมาคืออึ่ง ไข่แดง ผักหวาน และ หน่อไม้ ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของป่า และจิตสำนึกในการอนุรักษ์ของชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

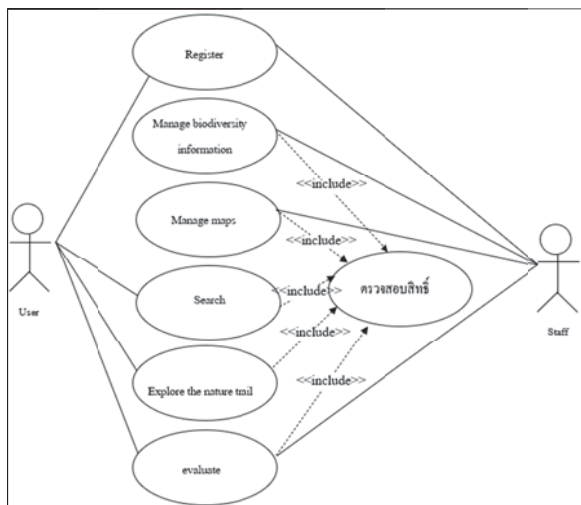
3.1การพัฒนาาระบบ

ในการดำเนินการพัฒนาระบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดี ใช้การพัฒนาาระบบเชิงวัตถุ (Unified Process) [11] ในการพัฒนาระบบเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยแบ่งออกเป็น 4 เฟส ดังนี้

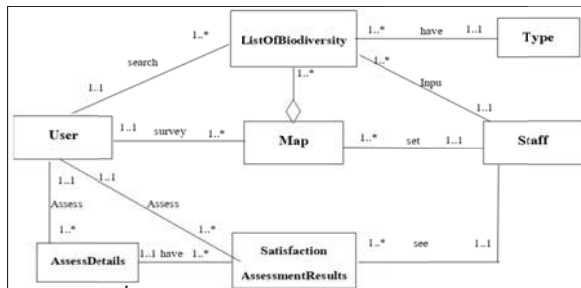
3.1.1 ระยะเริ่มต้น (Inception Phase) เป็นระยะเริ่มต้นของการดำเนินงาน โดยผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตของระบบ หน้าที่การทำงานหลัก โดยการศึกษาถึงประโยชน์ที่ได้รับจากระบบใหม่ ซึ่งมีการประชุมเพื่อกำหนดความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยมีผู้ใหญบ้านและเจ้าหน้าที่องค์การบริหารส่วนตำบลคลองน้อย เป็นตัวแทนของผู้ใช้งานระบบแสดงความคิดเห็นต่อความต้องการระบบ เพื่อจะทำให้ระบบที่ด้องการ

พัฒนาขึ้นมานี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการและมีประสิทธิภาพต่อการใช้งานมากที่สุด

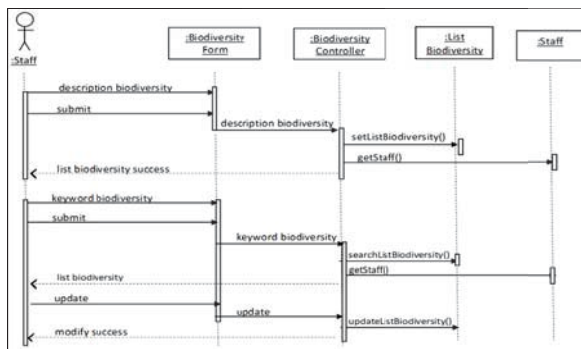
3.2.2 ระยะเพิ่มเติมรายละเอียด (Elaboration Phase) การดำเนินงานในระยะนี้ เป็นการนำความต้องการของระบบจากการประชุมเพื่อหาความต้องการของผู้ใช้ระบบงานมาวิเคราะห์รายละเอียด และนำทฤษฎีการจำแนกความหลากหลายทางชีวภาพต่างๆ นำมาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ระบบและเพื่อการพัฒนาเป็นแบบจำลองที่ประกอบด้วย Use Case Diagrams, Class Diagrams และ Sequence Diagrams



รูปที่ 1. Use Case Diagrams of Information System



รูปที่ 2. Class Diagrams of Information System



รูปที่ 3. Sequence Diagrams of Manage biodiversity information

3.2.3 ระยะการสร้าง (Construction Phase) เป็นระยะการพัฒนาระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนาง โดย โดยใช้โปรแกรมภาษา PHP ร่วมกับระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL [12] โดยการพัฒนาได้ทำการทดสอบความถูกต้องของการทำงานในระบบส่วนต่างๆ เพื่อหาข้อผิดพลาดและแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น

3.2.4 ระยะการเปลี่ยนผ่าน (Transition Phase) เป็นระยะการส่งมอบระบบให้แก่ผู้ใช้งานระบบ และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบติดตั้งระบบ ทดสอบการใช้งานจริง เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบอีกครั้ง ทำให้ระบบมีการทำงานที่ถูกต้องและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบำรุงรักษาเมื่อได้ระบบงานที่ผ่านการพัฒนาและมั่นใจในประสิทธิภาพการทำงานของระบบแล้วก็จะต้องนำระบบมาใช้งานจริงแล้ว มีการติดตามการใช้งานระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนาง โดย เพื่อค้นหาข้อผิดพลาดที่ต้องแก้ไขและได้นำระบบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เพื่อนำข้อมูลการประเมินไปปรับปรุงแก้ไขระบบให้มีประสิทธิภาพ

3.2 การศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ

กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงซึ่งผู้วิจัยได้เลือกบุคลากรในองค์การบริหารส่วนตำบลคลองน้อยจำนวน 5 คน และผู้สนใจที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงองค์การบริหารส่วนตำบลคลองน้อย จำนวน 30 คน โดยใช้แบบประเมินเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับกำหนดค่าน้ำหนักตามวิธีของลิเคิร์ท [13]

4. ผลการวิจัย

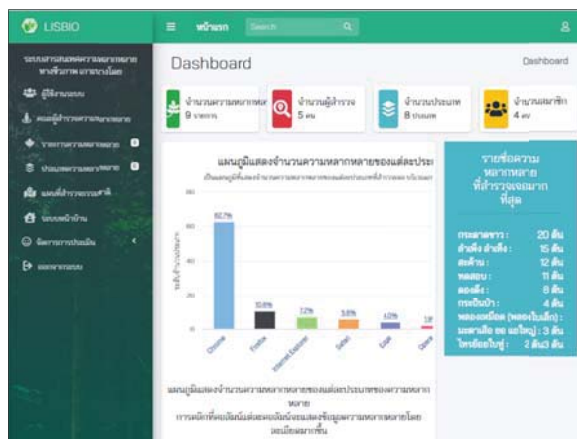
4.1 ผลการพัฒนาสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนางโดย

ในระบบมีการจัดเก็บข้อมูลโดยการแบ่งผู้ใช้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และผู้ใช้บริการ โดยแต่ละบุคคลจะสามารถใช้งานระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อ่าวนครตอนในบ้านเกาะนาง โดยที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการทำงานของแต่ละบุคคล โดยระบบผ่านการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และผ่านการตรวจสอบแก้ไขกับ

ผู้ใช้งานจริงขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองน้อยซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบดูแล ดังนี้

4.1.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ

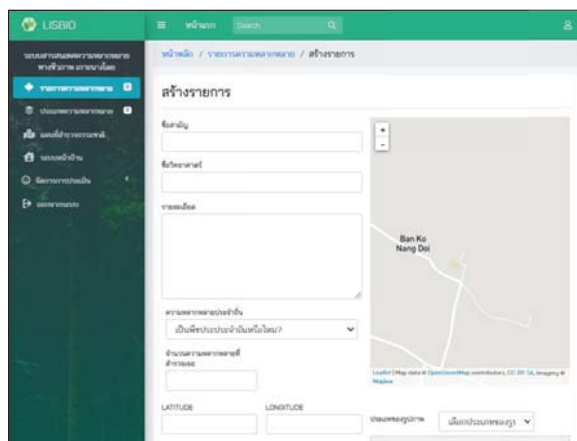
ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัว จัดการข้อมูลความหลากหลาย ข้อมูลแผนที่สำรวจธรรมชาติ สืบค้นข้อมูลความหลากหลาย รวมไปถึงการเพิ่มพิกัดของบริเวณที่พบพันธุ์พืชบนแผนที่ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจ และกำหนดสิทธิ์ของการเข้าถึงระบบของพนักงาน และผู้ใช้บริการได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. แสดงหน้าหลักของระบบส่วนของผู้ดูแลระบบ

4.1.2 ส่วนของพนักงาน

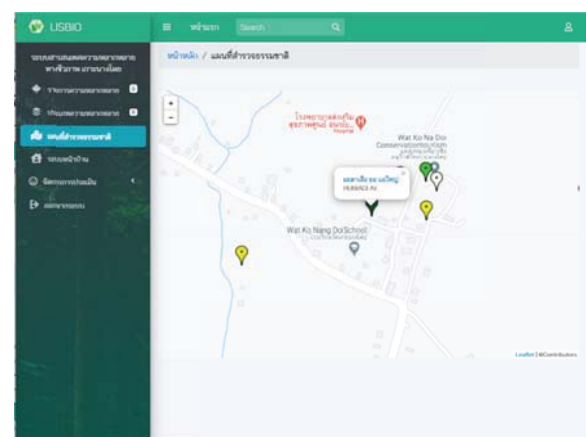
พนักงานสามารถสมัครสมาชิกเพื่อขอสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบได้ สามารถจัดการเพิ่มรายการ ลบ และแก้ไขข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพได้ ดังรูปที่ 5 สามารถสืบค้นข้อมูลความหลากหลายดังรูปที่ 6 และนำข้อมูล เหล่านั้นมาสร้างเป็นพิกัดแผนที่เพื่อบอกตำแหน่งพิกัดของการสำรวจเจอความหลากหลายรายการนั้นๆ ซึ่งจะแสดงเป็นแผนที่สำรวจธรรมชาติได้ ดังรูปที่ 7



รูปที่ 5. แสดงฟอร์มจัดการรายการความหลากหลาย

ลำดับ	ชื่อ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ประเภท	วันที่บันทึก	ผู้บันทึก
1	กล้วยไม้	Piper intermedium Opiz	PERACEAE	2020-10-07 13:31:13	administrator
2	พริกไทยดำ (พริกไทยดำ)	Momocylon ovalum Sm	MELASTOMACEAE	2020-10-06 15:37:43	administrator

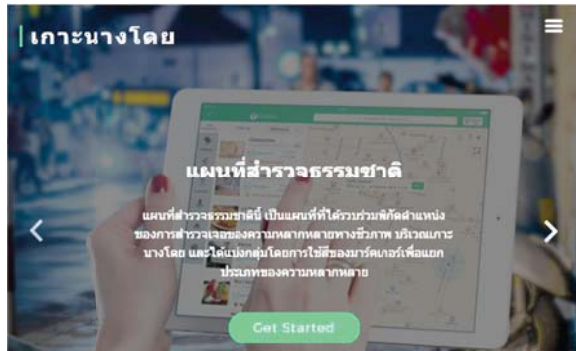
รูปที่ 6. แสดงหน้ารายการความหลากหลาย



รูปที่ 7. แสดงแผนที่สำรวจธรรมชาติ

4.1.3 ส่วนของผู้ใช้บริการ

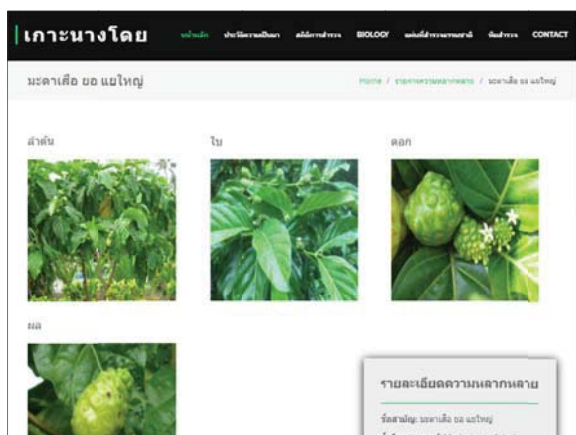
ผู้ใช้บริการ สามารถสืบค้นข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อำเภอครอนในบ้านเกาะนาง โดยได้ในหน้าหลักของเว็บไซต์ ดังรูปที่ 8 โดยที่ข้อมูลที่ปรากฏทั้งหมดผ่านการตรวจสอบแล้ว ในส่วนของผู้ใช้บริการจะมีการนำประวัติความเป็นมาของสถานที่ที่มานำเสนอด้วย เพื่อเป็นการสืบทอดความรู้ในท้องถิ่นให้แก่รุ่นถัดไปดังรูปที่ 9 และแสดงข้อมูลรายละเอียดรายการความหลากหลายพร้อมคำอธิบายอย่างละเอียดเมื่อคลิกเข้าไปอ่านข้อมูลที่ต้องการดังรูปที่ 10 ซึ่งการใช้งานสามารถแสดงผลได้บนทุกอุปกรณ์ ดังรูปที่ 11



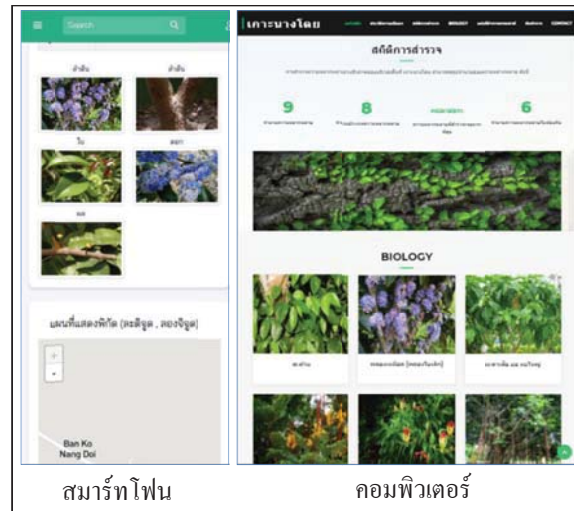
รูปที่ 8. แสดงหน้าหลักของส่วนผู้ให้บริการ



รูปที่ 9. แสดงส่วนของประวัติความเป็นมาของสถานที่



รูปที่ 10. แสดงหน้าแสดงรายละเอียดรายการความหลากหลาย



รูปที่ 11. แสดงหน้าจอการใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆ

ระบบผ่านการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัล ที่มีวุฒิการศึกษาปริญญาเอก หรือตำแหน่งทางวิชาการ จำนวน 3 คนดังนี้

ตารางที่ 1. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.การออกแบบและความสวยงามของระบบ	4.33	0.57	มาก
2.ความสามารถในการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้	4.33	0.57	มาก
3.ความถูกต้องในการประมวลผลของข้อมูล	4.66	0.57	มากที่สุด
4.การค้นหาข้อมูลและการแสดงรายงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด	4.66	0.57	มากที่สุด
5.การทำงานของระบบมีการจัดเก็บที่ดี	4.00	0.00	มาก
6. ความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ	4.66	0.57	มากที่สุด
7. ความปลอดภัยในการใช้งานระบบ	4.66	0.57	มากที่สุด
8. ความสามารถของระบบโดยรวม	4.00	0.00	มาก
โดยรวม	4.41	0.52	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.41) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดมีจำนวน 4 ด้าน คือ ด้านความถูกต้องในการประมวลผลของข้อมูล ด้านการค้นหาข้อมูลและการแสดงรายงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ด้านความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการทำงานของระบบ และด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) รองลงมาคือ ด้านการออกแบบและความสวยงามของระบบ และด้านความสามารถในการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.33)

4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานระบบ

บุคลากรในองค์กรบริหารส่วนตำบลคลองน้อย จำนวน 5 คน และผู้สนใจที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงองค์กรบริหารส่วนตำบลคลองน้อย จำนวน 30 คน มีผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อำเภอรัตนวาปี บ้านเกาะนาง โดย ดังตาราง 2

ตารางที่ 2. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานระบบ

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. การออกแบบและความสวยงามของระบบ	4.69	0.47	มากที่สุด
2. ความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพ	4.63	0.49	มากที่สุด
3. ความถูกต้องในการประมวลผลของข้อมูล	4.49	0.51	มาก
4. การค้นหาข้อมูลและแสดงรายงานมีความรวดเร็ว	4.31	0.47	มาก
5. สามารถตอบสนองความต้องการได้ดี	4.60	0.50	มากที่สุด
6. ความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.26	0.44	มาก
7. ขั้นตอนการทำงานของระบบสอดคล้องกับการทำงานของผู้ใช้งาน	4.29	0.46	มาก
8. สามารถลดเวลาในการให้บริการ	4.31	0.47	มาก

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
9. ประโยชน์ของระบบ	4.49	0.51	มาก
โดยรวม	4.45	0.50	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้งานระบบ โดยความพึงพอใจของในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.45) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการออกแบบและความสวยงามของระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.69) รองลงมาคือ ด้านความชัดเจนของข้อความที่แสดงบนจอภาพมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.63) และด้านสามารถตอบสนองความต้องการได้ดีมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.60)

5. บทสรุปและการอภิปราย

ระบบสารสนเทศความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อำเภอรัตนวาปี บ้านเกาะนาง โดย เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่อำเภอรัตนวาปี บ้านเกาะนาง โดย เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาสร้างองค์ความรู้เพื่อให้ผู้ที่สนใจได้ศึกษาหาความรู้ ซึ่งแบ่งผู้ใช้เป็น 3 ส่วน 1) ส่วนผู้ดูแลระบบสามารถเข้าสู่ระบบได้ สามารถจัดการสิทธิ์การเข้าใช้งานของผู้ใช้งานระบบได้ และจัดการข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพได้ 2) ส่วนพนักงานสามารถเข้าระบบได้ เข้าไปจัดการรายการความหลากหลายโดยเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลได้ สามารถจัดการแผนที่สำรวจธรรมชาติได้ 3) ส่วนผู้ใช้งาน สามารถสืบค้นข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพ ในพื้นที่อำเภอรัตนวาปี บ้านเกาะนาง โดยได้ ซึ่งข้อมูลทั้งหมดผ่านการตรวจสอบแล้ว เพื่อเป็นเผยแพร่ความรู้และวัฒนธรรมในท้องถิ่นให้แก่นักท่องเที่ยว โดยระบบมีผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบผู้เชี่ยวชาญในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.41) และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.45) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แนวคิดจากงานวิจัยของประทุมทอง ไตรรัตน์และพทุทธ์ ศิริบรรณพิทักษ์ [8] ที่มีการจัดการบูรณาการของความหลากหลายทางชีวภาพและการท่องเที่ยวที่ใช้หลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐกิจ และสังคมของวัฒนธรรมการท่องเที่ยวให้เกิดความสมดุลโดยให้มีการใช้ระบบนิเวศของความหลากหลายทาง

ชีวภาพที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาการท่องเที่ยวและให้มีการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพที่เป็นมรดกทางธรรมชาติและการปลูกฝังของสังคมและวัฒนธรรมของชุมชน และอนุรักษ์สิ่งที่ชุมชนสร้างขึ้นและการใช้ชีวิตทางวัฒนธรรมที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรมและค่านิยมดั้งเดิมและศรีนิจู ไทรชมภู และคณะ [7]ที่พบว่าพืชสมุนไพรในพื้นที่ที่มีจำนวนมากสร้างความตระหนักในเรื่องการอนุรักษ์การใช้ประโยชน์ การเผยแพร่ข้อมูลองค์ความรู้เรื่องสมุนไพร ที่จัดทำเอกสารถอดบทเรียนคู่มือการสำรวจพืชสมุนไพรใช้ในการจัดอบรมให้แก่นักเรียน ชุมชน หน่วยงาน และผู้สนใจเพื่อให้พืชสมุนไพรอยู่อย่างยั่งยืนในพื้นที่อย่างถาวร ดังนั้นการพัฒนาระบบสารสนเทศที่จัดเก็บความหลากหลายทางชีวภาพจึงเป็นแนวทางช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการสืบค้นและศึกษาข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Sinworn and N. Viriyawattana, "The Diversity of Medicinal Plants and Utilization in Khoa Phra, Doembaangnangbuat District, Suphanburi Province," SDU Res. J., vol. 7 no.1, pp.1-19, 2014.
- [2] Thaitambondotcom, "Information about Khlong Noi Subdistrict, Pak Phanang District, Nakhon Si Thammarat," 2019. [Online]. Available: <https://www.thaitambon.com/tambon/801202>. [Accessed: Nov. 12, 2019].
- [3] J. Kochasenee, "Ecology for environment," 2nd ed., Bangkok: Press of Chulalongkorn University, 2015
- [4] S. Tammachat, "Legend of Koh Nang Doi." [Online]. Available: <https://www.nakhononline.com/3983>. [Accessed: Nov. 2, 2019].
- [5] P. Chaithada, J. Supapan, J. Assawasowan and S. Rittirat, "Survey and preparation of biodiversity database and local wisdom way of life in the inner Nakorn bay area Ban Koh Nang Doi," Summary report of the Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative Year 2020, Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 2020.
- [6] S. Yumuang, "Geographic Information System." [Online]. Available: <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>. [Accessed: Nov. 1, 2019].
- [7] S. Caichompoo, B. Caichompoo, W. Kerdsang, S. Napatalung and A. Kochawan, "Biodiversity survey on herbs in the area of Khung Bangka Chao, Phrapradaeng District, Sumut Prakan Province," Phranakhon Rajabhat Research Journal, vol.14, no.1, pp.290-302, 2019.
- [8] P. Trirat and P. Siribanpitak, "The university management that promotes Biodiversity by looking into a case study university in Europe," Educational Management and Innovation Journal, vol.1, no.2, pp.1-14, 2018.
- [9] D. Robroo, S. Karnchanasutham, K. Nualchawee and N. Pleerux, "Mapping of geological features of tourist attractions in Chanthaburi province using geoinformation technology," Journal of Geoinformation Technology of Burapha University, vol. 1 no.2, pp.1-13, 2016.
- [10] P. Suwanwaree, N. Muangsan, D. Maensiri and P. Krubphachaya, "Biodiversity and economics values of community, temple, school and ancient monument's forests in Nakhon Ratchasima province," Nakhon Ratchasima: Department of Biology School of Science Suranaree University of Technology, 2015.
- [11] T. Prakobphol and S. Wongsirikul, "Model Development for Object Oriented Programming with UML 2.0," Bangkok: Success Media, 2015.
- [12] C. Supaartagorn, "Build web applications And connect to the database with PHP + MySQL, Bangkok: Simplify," 2018.
- [13] J. W. Best, "Research in Education," 3rd ed., Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

การส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง Tourism Promotion in Tak Province using Virtual Reality Technology

วันชนะ จูบรรจง¹, วิไลวรรณ แสนชนะ^{1*}, รุ่ง หมูล้อม¹ และ อภิชัย ชื้อสัตย์สกุลชัย²

Wanchana Joobanjong¹, Wiraiwan Sanchana¹, Rung Mulom¹ and Apichai Suesatsakulchai²

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

² สาขาวิชาระบบสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ Department of Information Technology, Faculty of Science and Agricultural Technology,

Rajamangala University of Technology Lanna

² Department of Business Information System, Faculty of Business Administration and Liberal Arts,

Rajamangala University of Technology Lanna

Received: January 15, 2021; Revised: April 22, 2021; Accepted: May 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – The purpose of this study is to develop digital media, that has been applied the virtual reality technology, for tourism promotion in Tak province. This technology is an attractive tool to create simulated three-dimensional images or environments. It can build the tourists' feel that they are similar in real places. The information was collected from the relevant expert. The digital media were developed using the unity application and virtual reality tools that help tourists to know the shape, proportion, and virtual display. These digital media and information about the attraction were presented together on web applications. The results of this evaluation showed that the users were satisfied with the digital media and web application at the highly level of satisfaction ($\bar{x} = 4.43$, S.D. = .550).

KEYWORDS: Virtual Reality Technology, Tourism, Tak Province

บทคัดย่อ -- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับการท่องเที่ยวจังหวัดตาก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีจุดเด่นด้านการแสดงภาพหรือสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในลักษณะ 3 มิติ ทำให้นักท่องเที่ยวรู้สึกเสมือนอยู่ในสถานที่ท่องเที่ยวจริง การวิจัยเริ่มจากการรวบรวมและสรุปผลข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว ดำเนินการพัฒนาสื่อในรูปแบบภาพเสมือนจริงแบบ 360 องศาและโมเดล 3 มิติใช้โปรแกรมยูนิตี้ร่วมกับอุปกรณ์ประมวลผลภาพเสมือนจริง ช่วยทำให้นักท่องเที่ยวได้ทราบถึงลักษณะรูปร่าง

*Corresponding Author: wiraiwans@rmutl.ac.th

สัดส่วนและแสดงผลได้ละเอียดชัดเจนเสมือนได้เห็นในสถานที่จริง แล้วนำเสนอร่วมกับข้อเท็จจริงและเกร็ดความรู้เชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยวด้วยเว็บแอปพลิเคชันเพื่อช่วยส่งเสริมความน่าสนใจของแหล่งท่องเที่ยว ผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.43$, S.D. = .550)

คำสำคัญ: เทคโนโลยีเสมือนจริง, การท่องเที่ยว, ดา

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก โดยในช่วงครึ่งปีแรกของปีพ.ศ. 2562 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีบทบาทที่สำคัญถึงร้อยละ 17 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ แต่การท่องเที่ยวโดยส่วนใหญ่ยังคงจำกัดอยู่ในเมืองท่องเที่ยวหลัก เช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ภูเก็ต ชลบุรี เป็นต้น โดยในปีพ.ศ. 2561 ร้อยละ 65 ของรายได้จากการท่องเที่ยวทั่วประเทศอยู่ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ภูเก็ต และชลบุรี [1] สำหรับจังหวัดอื่นที่แม้จะมีแหล่งท่องเที่ยวที่สวยงามน่าเดินทางไปท่องเที่ยว แต่ด้วยข้อจำกัดและปัจจัยบางประการทำให้นักท่องเที่ยวมีจำนวนไม่มาก ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อสร้างรายได้ของผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว การส่งเสริมการท่องเที่ยวเมืองรอง เป็นมาตรการหนึ่งของรัฐบาลที่ใช้กระตุ้นเศรษฐกิจภาพรวม รวมถึงเป็นการกระจายรายได้ให้กับผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวในจังหวัดอื่นนอกเหนือจากเมืองท่องเที่ยวหลัก

จังหวัดตากเป็นหนึ่งในจังหวัดเมืองรองในเขตภาคเหนือภายใต้นโยบายการส่งเสริมการท่องเที่ยวเมืองรอง โดยหากแบ่งตามลักษณะภูมิศาสตร์ จังหวัดตากสามารถแบ่งออกเป็นฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติจะเป็นจุดเด่นของฝั่งตะวันตก เนื่องจากพื้นที่โดยส่วนใหญ่ยังมีภูมิประเทศเป็นป่าและภูเขา มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่สำคัญ เช่น น้ำตกทีลอซู น้ำพุร้อนแม่กาษา ถ้ำแม่อุสุ ในขณะที่การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจะเป็นจุดเด่นของจังหวัดตากฝั่งตะวันออก เนื่องจากมีความเชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์และ

ศาสนา โดยแหล่งท่องเที่ยวหลักจะอยู่ในอำเภอเมืองตาก อำเภอบ้านตาก และอำเภอสامเภา อำเภอเมืองตากเป็นเมืองภายใต้การปกครองดูแลของสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชเมื่อครั้งทรงดำรงตำแหน่งเป็นเจ้าเมืองตาก และเป็นที่ตั้งของศาลสักการะสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราชรวมถึงยังมีสถานที่ประวัติศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช นอกจากนี้ยังมีประเพณีลอยกระทงไหลประทีป 1,000 ดวง ที่จัดขึ้นในช่วงเทศกาลลอยกระทง อำเภอบ้านตากมีวัดพระบรมธาตุ เป็นสถานที่ตั้งของเจดีย์ (สร้างตามแบบเจดีย์ชเวดากอง) ซึ่งบรรจุพระบรมอัฐิและพระเกษาของพระพุทธเจ้า อำเภอสามเภาเป็นอำเภอที่ตั้งของเขื่อนภูมิพล ซึ่งเป็นเขื่อนคอนกรีตโค้งขนาดใหญ่ที่กั้นแม่น้ำปิงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประโยชน์ทางชลประทานและการผลิตกระแสไฟฟ้า สำหรับฝั่งตะวันออกของจังหวัดตาก นอกจากจะมีแหล่งท่องเที่ยวหลักดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีแหล่งท่องเที่ยวอื่นที่สำนักงานจังหวัดตาก และการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย จังหวัดตาก ได้พยายามส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ผ่านช่องทางการสื่อสารต่าง ๆ เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รู้จักและมาท่องเที่ยวจังหวัดตาก

เว็บไซต์เป็นช่องทางในการสื่อสารระหว่างองค์กรและลูกค้า การพัฒนาเว็บไซต์เป็นรายวิชาหนึ่งในหลักสูตรด้านคอมพิวเตอร์ โดยศึกษาวิธีและขั้นตอนการนำเสนอข้อมูล การจัดรูปแบบ รวมถึงการเชื่อมโยงกับระบบจัดการฐานข้อมูล นอกเหนือจากการศึกษาวิธีและขั้นตอนในเชิงเทคโนโลยีแล้ว การศึกษาแนวทางเพื่อรวบรวมเนื้อหาและข้อมูลที่จะนำเสนอผ่านเว็บไซต์ก็มีความสำคัญเช่นกัน เนื้อหาและข้อมูลที่จะนำเสนอจะต้องสามารถบอกเล่าเรื่องราวความเป็นมา เป็นเนื้อหา

ข้อเท็จจริง ส่งเสริมความรู้ มีความทันสมัย เชื่อถือได้ รวมถึงควรมีความเป็นมัลติมีเดีย [2] การนำเสนอเนื้อหาบนเว็บไซต์ในยุคแรกจะเน้นการนำเสนอด้วยข้อความ มีการนำเสนอรูปภาพเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการใช้อินเทอร์เน็ตในยุคแรกยังมีข้อจำกัดเรื่องความเร็วในการรับส่งข้อมูล ต่อมาเมื่อการใช้อินเทอร์เน็ตมีความเร็วเพิ่มมากขึ้น การนำเสนอเนื้อหาบนเว็บไซต์ จึงมีการนำเสนอเป็นรูปภาพและภาพเคลื่อนไหวเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมัลติมีเดียและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เว็บไซต์สามารถนำเสนอภาพด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยเทคโนโลยีเสมือนจริง เป็นเทคโนโลยีการนำเสนอภาพ เสียง รวมถึงโมเดลสามมิติในสภาพแวดล้อมแบบ 360 องศา ผู้ใช้งานสามารถรับสัมผัสความจริงเสมือนผ่านหน้าจอแสดงผลด้วยอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งเป็นรูปแบบการเข้าถึงเทคโนโลยีเสมือนจริงรูปแบบหนึ่ง [3] ช่วยสร้างความสนใจและเกิดประสบการณ์ที่แปลกใหม่กับผู้ใช้งานหรือผู้รับชม รวมถึงผู้รับชมสามารถค้นหาตำแหน่งหรือรายละเอียดได้ด้วยตนเอง

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาเว็บไซต์การท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมในจังหวัดเพชรบุรีด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม [4] การพัฒนาระบบความจริงเสมือนเพื่อการนำเที่ยวกรณีศึกษาการท่องเที่ยวหัวหิน [3] การพัฒนาเทคโนโลยีการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมเสมือนจริงในจังหวัดนครสวรรค์ [5] การพัฒนาเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววัดมหาธาตุ [6] การสร้างสื่อแผนที่ท่องเที่ยว โดยใช้เทคโนโลยี Augmented Reality เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย [7]

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้สื่อดิจิทัลที่พัฒนาจากเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อส่งเสริมและประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวของจังหวัดตาก นอกเหนือจากการสนับสนุนนโยบายการท่องเที่ยวเมืองรองของกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา ยังเป็นอีกช่องทางหนึ่งเพื่อช่วยเพิ่มประสบการณ์ใหม่ให้กับนักท่องเที่ยวได้รู้จักจังหวัดตากเพิ่มมากขึ้น นักท่องเที่ยวที่

มีเป้าหมายการท่องเที่ยวในแหล่งท่องเที่ยวหลัก เมื่อเดินทางมาถึงจังหวัดตากสามารถแวะพักท่องเที่ยวในจังหวัดตากแล้วเดินทางต่อไปยังจังหวัดปลายทางได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสในการสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมท่องเที่ยวของจังหวัดตาก

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดตาก
2. เพื่อพัฒนาสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว และนักท่องเที่ยว

2. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย 4 กลุ่ม ได้แก่

2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยว โดยการสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่ เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก จำนวน 10 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เก็บรวบรวมความต้องการรูปแบบนำเสนอข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน โดยการสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่ เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว และนักท่องเที่ยว จำนวน 15 คน

2.3 กลุ่มตัวอย่างในการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้

เทคโนโลยีเสมือนจริง โดยการสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว จำนวน 10 คน

2.4 กลุ่มตัวอย่างในการประเมินความพึงพอใจในการใช้เว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง โดยการสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว และนักท่องเที่ยว จำนวน 100 คน

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยว จากการสัมภาษณ์โดยผู้สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 10 คน
2. เก็บรวบรวมความต้องการรูปแบบการนำเสนอข้อมูลบนเว็บ จำนวน 15 คน
3. พัฒนาสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำเสนอสื่อและข้อมูลเกร็ดความรู้เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก
4. ประเมินประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 10 คน
5. ประเมินความพึงพอใจผู้ใช้งานสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 100 คน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูล
แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมแหล่งท่องเที่ยว และแบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมความต้องการรูปแบบนำเสนอข้อมูลบนเว็บ
2. การพัฒนาสื่อดิจิทัลและเว็บแอปพลิเคชัน
สื่อดิจิทัลในรูปแบบภาพ 360 องศาและโมเดล 3 มิติ พัฒนาโดยใช้โปรแกรม Unity ร่วมกับอุปกรณ์ประมวลผลภาพเสมือนจริง และนำเสนอสื่อดิจิทัลในรูปแบบของเว็บแอป

พลิเคชันที่พัฒนาด้วยภาษา HTML CSS JavaScript และ PHP เชื่อมโยงกับโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล MySQL

3. การประเมินผล

ประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง แบบตัวเลือก 5 ระดับ ด้วยแบบประเมินประสิทธิภาพและแบบประเมินความพึงพอใจ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยว เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก จำนวน 10 คน
2. แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมความต้องการรูปแบบนำเสนอข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ เจ้าหน้าที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก ผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว และนักท่องเที่ยว จำนวน 15 คน
3. แบบประเมินเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยแหล่งข้อมูลเป็นข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ โดยการสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว จำนวน 10 คน
4. แบบประเมินเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้สื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมจังหวัดตาก ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว และนักท่องเที่ยว จำนวน 100 คน

4. ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิจัยที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยว

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเชิงวัฒนธรรมของแหล่งท่องเที่ยว จากการสัมภาษณ์โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 10 คน ทั้งหมด 6 สถานที่ ได้แก่ ศาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช กาดนึ่งของคล้องขาม วัดพระบรมธาตุบ้านตาก อุทยานแห่งชาติแม่กลายเป็นหิน เชื้อนภูมิพล และวัดป่า พระสามเงา โดยทำการเก็บรวบรวมประวัติความเป็นมา เกร็ดความรู้ ภาพนิ่ง และบันทึกข้อมูลสำหรับเทคโนโลยีเสมือนจริง 360 องศา

4.2 ผลการพัฒนาสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

1. คณะผู้วิจัยพัฒนาสื่อดิจิทัลทั้งหมด 6 สถานที่ โดยใช้โปรแกรม Unity และอุปกรณ์ประมวลผลภาพเสมือนจริง
2. คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลความต้องการรูปแบบการนำเสนอข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน จากการสัมภาษณ์โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 15 คน พบว่ามีความต้องการดังนี้

2.1) ข้อมูลที่ควรแสดงในเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย ข้อมูลประวัติของจังหวัดตาก ข้อมูลเบื้องต้นสถานที่ท่องเที่ยว ข้อมูลเส้นทาง และภาพนิ่งประกอบสถานที่ท่องเที่ยว

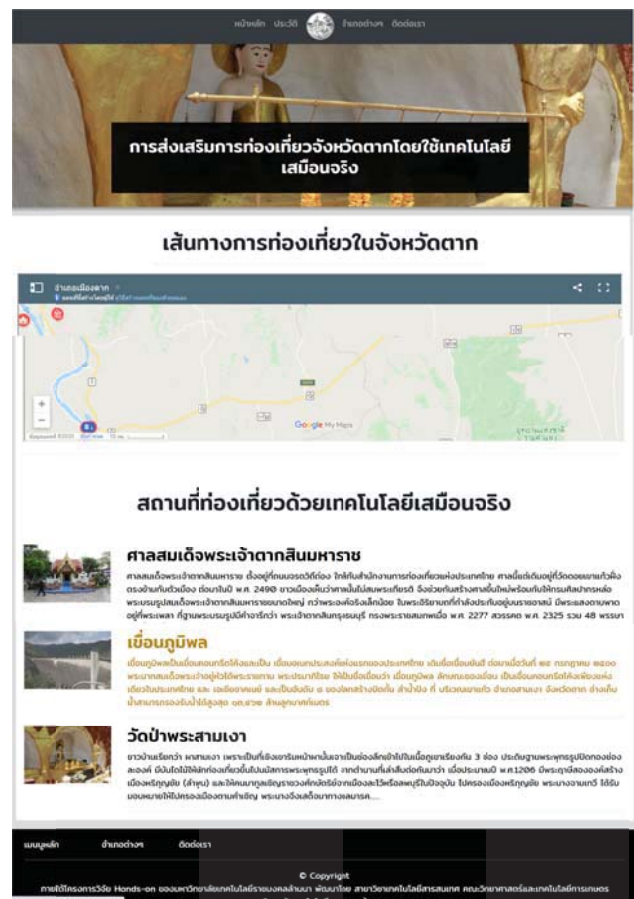
2.2) เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาควรมีสีที่สบายตา เช่น สี

เทา เขียว ขาว หรือฟ้า รูปแบบตัวอักษรควรใช้รูปแบบที่อ่านง่าย และสวยงาม ขนาดตัวอักษรควรมีขนาดที่เหมาะสม

2.3) รูปแบบของการนำเสนอรูปภาพสถานที่ท่องเที่ยวควรมีหลายรูปแบบเพื่อเพิ่มความน่าสนใจ เช่น รูปภาพแบบ 360 องศา หรือเป็นโมเดล 3 มิติ เป็นต้น

2.4) เว็บแอปพลิเคชันควรมีข้อมูลการเดินทางสำหรับนักท่องเที่ยว เช่น แผนที่ของสถานที่ท่องเที่ยวในแต่ละแห่ง

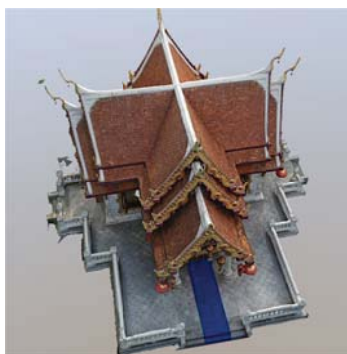
3. คณะผู้วิจัยได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการรูปแบบการนำเสนอข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถเข้าใช้ระบบได้ที่ URL: <http://it.tak.rmutl.ac.th/hands-on/> ซึ่งจะแสดงภาพตัวอย่างของการพัฒนาในรูปแบบที่ 1 ถึงรูปที่ 6



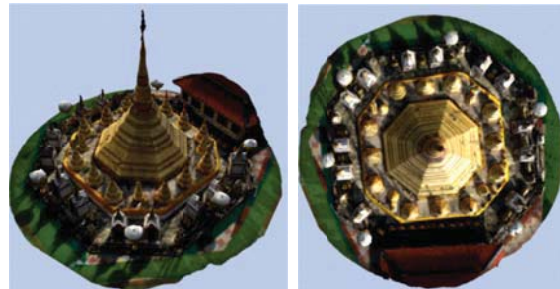
รูปที่ 1. หน้าแรกของเว็บแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก



รูปที่ 2. ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว
จังหวัดตาก



รูปที่ 3. ตัวอย่างการแสดงผลโมเดล 3 มิติ
ศาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช



รูปที่ 4. ตัวอย่างการแสดงผลโมเดล 3 มิติ วัดพระบรมธาตุ



รูปที่ 5. ตัวอย่างการแสดงผลภาพ 360 องศา ของสถานที่ท่องเที่ยว
ในจังหวัดตาก



รูปที่ 6 ตัวอย่างเส้นทางการท่องเที่ยวในจังหวัดตาก

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของเว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

ผลการประเมินประสิทธิภาพ จากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และผู้เชี่ยวชาญด้านการท่องเที่ยว จำนวน 10 คน พบว่า มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 80.2 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี โดยที่ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function Test) มากที่สุด ร้อยละ 87.0 รองลงมาคือ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) และด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test) ร้อยละ 84.5, 77.0 และ 72.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง โดยสร้างแบบประเมินความพึงพอใจจากความต้องการรูปแบบการนำเสนอข้อมูลบนเว็บแอปพลิเคชัน ประกอบด้วย ด้านข้อมูล สีและรูปแบบตัวอักษร รูปแบบการนำเสนอ และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เก็บรวบรวมกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = .550)

5. บทสรุปและการอภิปราย

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นแนวทางที่จะช่วยให้นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจมาเที่ยวสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดตาก สามารถค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ก่อนเดินทางได้จากเว็บแอปพลิเคชันที่ทางคณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น โดยนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจสามารถค้นหาข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ข้อมูลการเดินทาง รวมถึงสามารถดูรูปของสถานที่ท่องเที่ยวในมุมมอง 360 องศา และยังสามารถสัมผัสกับภาพจำลองของสถานที่ท่องเที่ยวจริงจากโมเดลสามมิติ ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) ที่ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพ 3 มิติ จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Desktop) และหน้าจอสมาร์ทโฟน ทำให้นักท่องเที่ยวหรือผู้สนใจสามารถแสดงผลให้เห็นรูปทรง สัดส่วน และแสดงได้ละเอียดชัดเจน เสมือนได้เห็นสิ่งปลูกสร้างจริง ทั้งนี้มีงานวิจัยของ A. Kampliw et al. [9] ที่มีการนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) มาประยุกต์ใช้กับสถานที่ท่องเที่ยว โดยทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวในประเทศไทยด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน โดยที่ผู้วิจัยเรื่องนี้ได้สร้างโมเดล 3 มิติ ทำให้ผู้ใช้งานรู้สึกเสมือนอยู่ในสถานที่ท่องเที่ยวจริงและสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับสถานที่ท่องเที่ยวได้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในภาพรวม

ด้านที่ประเมิน	ร้อยละความพึงพอใจ		
	น้อยถึงน้อยที่สุด	ปานกลาง	มากถึงมากที่สุด
1. ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test)	0.0	15.5	84.5
2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (Function Test)	0.0	13.0	87.0
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)	0.0	28.0	72.0
4. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)	0.0	23.0	77.0
รวม	0.0	19.9	80.2

ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยของ D. Srifar [10] ที่ทำงานวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเกาะพะงัน โดยเน้นการเก็บรวบรวมภาพบรรยากาศของเกาะพะงัน โดยสื่อเสมือนจริงในงานวิจัยนี้เป็นประเภท Immersive Systems เป็นเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนสำหรับส่วนบุคคล โดยใช้จอภาพสวมศีรษะในการแสดงภาพและเสียงของโลกเสมือน ซึ่งจะให้นักท่องเที่ยวหรือผู้สนใจได้เห็นภาพ 360 องศา ของสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ในเกาะพะงัน

การประเมินประสิทธิภาพเว็บไซต์แอปพลิเคชันพบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินประสิทธิภาพของเว็บไซต์แอปพลิเคชันอยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 80.2 หลังจากนั้นได้ประเมินความพึงพอใจของสื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวจังหวัดตาก โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงบนเว็บไซต์แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น พบว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = .550) แต่อย่างไรก็ตามเว็บไซต์แอปพลิเคชันดังกล่าวยังมีข้อจำกัดคือสถานที่ท่องเที่ยวที่จัดทำขึ้นมานั้นยังไม่ครอบคลุมทั้งจังหวัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนทุนวิจัย ภายใต้โครงการวิจัยเพื่อบูรณาการการเรียนการสอนร่วมกับงานวิจัยและบริการวิชาการ (Hands-On) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ประจำปีงบประมาณ 2563

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Surawattananon, "Thailand Tourism: A hero is necessary or a true hero?," October, 2019. [Online], Available: <https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/648600> [Accessed Mar. 9, 2020].
- [2] P. Nilsuk, "Web assessment teaching help," 2003. [Online]. Available: <http://campus.fortunecity.com/purdue/219/index.html>. [Accessed Mar. 9, 2020].
- [3] P. Udom, "A development virtual reality technology for tourism Case study of Hua-Hin tourism," M.S. thesis, Bangkok University, Bangkok, 2017.
- [4] A. Kangsawat, K. Thadchan, P. Sommai, A. Sitthidet and N. Saikatikorn, "The Development of Cultural Tourism Website in Phetchaburi Province Using Augmented Reality," In Proc. The 4th National RMUTR Conference and the 1st International RMUTR Conference, 2019.
- [5] S. Wiriya, A. Sukpradit and R. Thongkongyu, "The Development Augmented Reality Cultural Tourism in Nakhon Sawan Province," In Proc. The 4th National Academic Conference, Kamphaengphet University, Research Institute, Kamphaengphet, 2017.
- [6] A. Sripramai and P. Limpinan, "The development of virtual reality technology to promote tourism at Wat Mahathat," In Proc. The 5th ASEAN Undergraduate Conference in Computing (AUC2), Naresuan University, Phitsanulok, 2017.
- [7] K. Jiraboot, W. Nanglae, S. Jaihuek, P. Jitkham, K. Phikun, T. Chaichombhoo, T. Yuyen and B. Wetpichetkoso, "The Creating Media Tourist Map by using Augmented Reality Technology for Promote Tourism District Chiang Khong Province Chiang Rai," In Proc. National research presentations Graduate Network 17th Northern Rajabhat University, 2017.
- [8] W. Phromun, "Virtual Reality Technology," 2008. [Online]. Available: <https://www.docstoc.com/docs/28427384/Virtual-Reality-Technology>. [Accessed Mar. 9, 2020].
- [9] A. kampli, C. Chalermasuk and G. Chuamsombat, "Development of Thailand Tourism Application Using

- Virtual Reality Technology,” In Proc. The 2nd
University of the Thai Chamber of Commerce, 2018.
- [10] D. Srifar, “Virtual reality for tourism promoting of koh
pha-ngan,” Research, Rajamangala University of
Technology Phra Nakhon, 2019.

การสร้างตัวแบบการทำนายในการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา โดยใช้เทคนิค

แบบบูรณาการในการแก้ปัญหาการจำแนกข้อมูลไม่สมดุลของกลุ่มผู้เรียน

The predictive model of higher education guidance using integrated techniques for imbalanced data of learner groups

อัครวิน สุรวัชโยธิน* และ วรภัทร ไพรีเกรง

Atsawin Surawatchayotin and Worapat Paireekreng*

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยนวัตกรรมและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

Program in Information Technology College of Innovative Technology and Engineering

Dhurakij Pundit University

Received: January 31, 2021; Revised: March 25, 2021; Accepted: May 17, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – An inappropriate selection of higher education entrance came from insufficient experience of student and in-depth knowledge of the subject area. Most of students rely on social norms and values to make a decision without consideration of individual skill. Therefore, in order to select the appropriate subject area, the integrated prediction model of higher education entrance based on student's multiple-intelligence and skills is necessary. According to the research, there is the imbalance data of subject areas. Hence, the integrated techniques which combined Single Imputation, SMOTE, and feature Selection were used to create prediction model. It also implemented Bagging, Boosting and Stacking in the experiments to address the problems. The experimental results found that the most importance skill using the stacking technique appeared to subject area of mathematical logic. There is an accuracrate of 77% performed better which is compared to other techniques. This subject is the fundamental of other knowledge areas. It affects the admission to higher education.

KEYWORDS: Imbalanced data, Recursive Feature Elimination, SMOTE, Ensemble learning-based model, Multiple-intelligence skills, Single Imputation

บทคัดย่อ -- การเลือกกลุ่มสายวิชาที่ไม่เหมาะสมเพื่อเรียนต่อในระดับอุดมศึกษา เกิดจากการที่นักเรียนยังขาดประสบการณ์และยังไม่วัฒนการกลุ่มสาขาวิชาที่พอ ส่วนใหญ่ใช้ความรู้สึกหรือค่านิยมเป็นหลักใหญ่ในการตัดสินใจ อาจไม่ทราบถึงความรู้เฉพาะด้านของกลุ่มสายวิชาที่เหมาะสมกับทักษะของตัวเอง ดังนั้นเพื่อให้ นักเรียนสามารถเลือกเรียนในกลุ่มสายวิชาที่เหมาะสมด้วยการสร้างตัวแบบการทำนายในการเลือกศึกษาต่อตามทักษะของกลุ่มผู้เรียนในเชิงพหุปัญญาโดยใช้เทคนิคแบบบูรณาการ จากการวิจัยพบว่า ข้อมูลกลุ่มสายวิชาที่มีความไม่สมดุลกัน (Imbalanced Data) จึงแก้ปัญห ด้วยเทคนิคบูรณาการ คือ การแก้ปัญหข้อมูลขาดหายด้วย Single Imputation การปรับสมดุลข้อมูลด้วย SMOTE การคัดเลือกลักษณะด้วย RFE และสร้างตัวแบบทำนาย 3 เทคนิค คือ Bagging, Boosting, Stacking ผลการวิจัยสรุปได้ว่าทักษะที่มีความสำคัญมากที่สุดโดยใช้เทคนิค Stacking คือ ทักษะด้านเหตุผลและคณิตศาสตร์ มีค่าความสำคัญ 77% เมื่อ

*Corresponding Author: atsawinstfx8882@gmail.com

เปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ซึ่งทักษะนี้เป็นรากฐานสำคัญของวิทยาการหลายสาขาส่งผลให้ทักษะนี้มีความสำคัญในการศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา

คำสำคัญ: ข้อมูลไม่สมดุล, การคัดกรองคุณลักษณะแบบทำซ้ำ, การสุ่มเพิ่มตัวอย่างเพิ่มจากกลุ่มส่วนน้อยด้วยการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่, แบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม, ทักษะการเรียนรู้ในเชิงพหุปัญญา, การแทนค่าสูญหายด้วยค่าเดียว

1. บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

ถ้าจะกล่าวถึงประเด็นปัญหาความไม่สอดคล้องทางการศึกษาของการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา เมื่อพิจารณาแล้วอาจเริ่มต้นมาจากการตัดสินใจในการเลือกศึกษาต่อที่ไม่เหมาะสมกับทักษะของผู้เรียน ทั้งนี้พบว่า การตัดสินใจในการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่เหมาะสมกับทักษะของตนเองนั้น ส่งผลกระทบเชิงลบกับตัวผู้เรียนอย่างมากมาย ทั้งในแง่ของการเรียนและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยที่นักเรียนไม่ทราบทักษะความรู้ ความถนัด หรือความต้องการที่แท้จริงของตนเอง อาจทำให้นักเรียนเลือกการเรียนและการประกอบอาชีพที่ผิด ย่อมเกิดผลเสียต่าง ๆ มากมาย เช่น ไม่สามารถเรียนและทำงานให้มีประสิทธิภาพได้ อาจเกิดความเบื่อหน่ายในสิ่งที่กำลังทำ และเกิดความล้มเหลวในการดำเนินชีวิต ส่งผลกระทบต่อด้านสังคมและเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้การทำงานในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมกับคุณวุฒิการศึกษา มีผลต่อการได้รับค่าจ้างต่ำกว่าคุณวุฒิสถานการณ์ความไม่สอดคล้องกันในตลาดแรงงานส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากจำนวนผู้ที่สำเร็จการศึกษาในแต่ละปีมีจำนวนมากกว่าตำแหน่งงาน ส่งผลให้มีจำนวนผู้ว่างงานมากกว่าผู้มีงานทำ โดยเฉพาะผู้สำเร็จการศึกษาในระดับอุดมศึกษา เป็นกลุ่มที่ว่างงานมากที่สุด สาขาวิชาที่ว่างงานมากที่สุดคือพาณิชยศาสตร์ คิดเป็น 20.2% รองลงมาคือ ศึกษาศาสตร์ 17.1% และ สังคมศาสตร์ 11.7% รองลงมาคือไม่สามารถหางานที่เหมาะสมได้ 14.6% และอีกส่วนหนึ่งคือการเลือกงาน สถานการณ์แรงงานที่มีการแข่งขันกันสูงดังกล่าวยังทำให้ผู้สำเร็จการศึกษาส่วนหนึ่งไม่ต้องการรองานจึงสมัครใจทำงานในตำแหน่งที่คุณวุฒิไม่เหมาะสมกับความรู้หรือความสามารถหรือทักษะของตนเอง ผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้นคือการได้รับค่าจ้างต่ำกว่าคุณวุฒิ เกิดความไม่พึงพอใจในงาน และอาจเกิดความเครียดถึงขั้นทำร้ายตัวเอง [1] อีกทั้งสถานการณ์

ตลาดแรงงานไทยยังมีปัญหาความไม่สอดคล้องด้าน “Field of Study Mismatch” ด้วยเช่นกัน กล่าวคือ คนไทยนิยมเรียนด้าน สังคมศาสตร์ โดยในระดับมัธยมศึกษาเรามีนักเรียนเรียนสายศิลป์อยู่ถึง 70% และอีก 30% อยู่ในสายวิทยาศาสตร์ [2] มีงานวิจัยทางการศึกษาที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่ต้องการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา นักเรียนต้องการเลือกเรียนคณะทางสายครุศาสตร์/ศึกษาศาสตร์ มากที่สุด รองลงมาได้แก่คณะที่เปิดสอนในสาขาวิทยาการจัดการ/บริหารธุรกิจ/พาณิชยศาสตร์ [3] อย่างไรก็ตามเพื่อเป็นการช่วยลดปัญหา Personality Mismatch รวมทั้งฝึกฝนทักษะแบบบูรณาการ ไม่ว่าจะเป็นทักษะการคิดแบบเชิงวิพากษ์ ทักษะด้านเทคโนโลยี และทักษะด้านภาษาอังกฤษ โดยเริ่มจากการคิดเป็น เป็นการนำเอาความรู้เกี่ยวกับตนเอง ความรู้ทางด้านสังคม และความรู้ทางด้านวิชาการ นำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือประกอบการตัดสินใจ หรือ การมีเขาวนปัญญา ในการรู้จักตนเองตามความเป็นจริงเกี่ยวกับจุดอ่อนจุดแข็งของตนเอง (Self-awareness) ตามทฤษฎีพหุปัญญา (Multiple- Intelligence Theory) และสามารถนำความรู้จักตนเองนี้ไปใช้ในการคิดพิจารณาในการกำหนดเป้าหมายและตัดสินใจนำตนเองไปสู่ความสำเร็จ [4]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ งานวิจัยนี้ได้จัดทำขึ้นโดยมีจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์อยู่ 2 ประการคือ (1) เพื่อสร้างตัวแบบการทำนายในการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาตามกลุ่มผู้เรียนโดยใช้เทคนิคแบบบูรณาการในการแก้ปัญหา Imbalanced Data ของกลุ่มผู้เรียน (2) เพื่อศึกษาตัวแบบความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลนักเรียน จาก 3 แผนการเรียน คือ ศิลป์คำนวณ วิทยาศาสตร์ และศิลป์ภาษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 -

2562 จากโรงเรียนเซนต์ฟรังซิสเซเวียร์ จำนวน 312 คน ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากแบบสอบถามออนไลน์ ผ่านการประเมินความเที่ยงตรง (IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการสร้างตัวแบบในการทำนายการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาเบื้องต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยพบว่า จำนวนข้อมูลของกลุ่มผู้เรียน กับกลุ่มสายวิชาไม่สมดุลกัน (Imbalanced Data) โดยบางกลุ่มสายวิชานักเรียนมีความสนใจน้อยกว่าบางกลุ่มสายวิชา ดังนั้นในการศึกษางานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าพื้นที่สำคัญที่จะช่วยในการแก้ปัญหาความไม่สอดคล้องของการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กับทักษะของผู้เรียน ด้วยการใช้เทคนิคแบบบูรณาการในการแก้ปัญหา Imbalanced Data ของกลุ่มผู้เรียน อีกทั้งเพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถนะสูงสุดให้กับตัวแบบการทำนายทางผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection: FS) ของตัวแปรที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสายวิชา ด้วยเทคนิคแบบทำซ้ำ (Recursive Feature Elimination : RFE) และเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิคของแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มด้วย 3 เทคนิค คือ Bagging, Boosting และ Stacking ซึ่งจะส่งเสริมให้ประสิทธิภาพในการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสายวิชาที่ความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มสาขาวิชา (Subject Area) ในปัจจุบันมีการจำแนกออกเป็นหลายสาขา ซึ่งในแต่ละสาขาวิชา มีการศึกษารายละเอียดที่ลึกซึ้งและแยกออกเป็นสาขาย่อยอีกเป็นจำนวนมาก การจำแนกสาขาวิชาสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่ สาขาวิทยาศาสตร์ (Sciences) สาขาวิชาสังคมศาสตร์ (Social Sciences) และสาขาวิชามนุษยศาสตร์ (Humanities) โดยแบ่งตามลักษณะและขอบเขตของข้อเท็จจริงที่ศึกษา สาเหตุของข้อเท็จจริง และการประเมินคุณค่าของข้อเท็จจริงนั้น รวมทั้งวิธีการศึกษา และการแสวงหาความรู้ในแต่ละสาขาวิชา [5]

จากการเก็บรวบรวมของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ได้มีการสรุปข้อมูลนักศึกษาใหม่ปี 2563 ในสถาบันอุดมศึกษาทั้งหมด โดยแบ่งตามกลุ่มสาขาวิชาของ UNESCO ไว้ดังนี้ Education จำนวน 29,315 จำนวน Arts and

humanities 45,694 จำนวน Social sciences จำนวน 28,204 Business administration จำนวน 104,525 Natural science จำนวน 15,874 ICT จำนวน 18,190 Engineering จำนวน 49,221, Agriculture จำนวน 9,213 Health and welfare จำนวน 28,301 Services จำนวน 16,301 รวมทั้งสิ้น 345,038 คน [6] ทั้งนี้พบว่าในแต่ละมหาวิทยาลัยมีการเปิดสอนตามหลักสูตรที่ไม่เหมือนกัน จึงมีชื่อคณะ และสาขาที่แตกต่างกัน ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีการวิเคราะห์จำแนกในแต่ละประเภทกลุ่มสาขาวิชาจากข้อมูลของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา โดยแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มสายวิชาดังนี้ กลุ่มสายวิชาวิทยาศาสตร์, กลุ่มสายวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, กลุ่มสายวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, กลุ่มสายวิชาบริหารธุรกิจ, กลุ่มสายวิชาภาษา, กลุ่มสายวิชาสังคม, กลุ่มสายวิชาการศึกษา และ กลุ่มสายวิชาศิลปะ เพื่อนำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์และสร้างตัวแบบการทำนายต่อไป

ความไม่สมดุลของข้อมูล (Imbalanced data) เป็นปัญหาของข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลในกลุ่มหนึ่งมากกว่าจำนวนข้อมูลของอีกกลุ่มหนึ่งเป็นจำนวนมาก อาจเกิดขึ้นเนื่องจากลักษณะทางธรรมชาติของข้อมูลที่มีความแตกต่างของจำนวนในแต่ละกลุ่ม หรืออาจเกิดจากข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล ซึ่งเกิดขึ้นได้ทั่วไปในหลายๆ สถานการณ์ [7] อาทิเช่น ได้มีงานวิจัยทางด้านการแพทย์ที่นำวิธีการแก้ปัญหาค่าความไม่สมดุลของข้อมูลมาใช้กับข้อมูลผู้ประกอบการร้านอาหาร แบ่งเป็นผู้ประกอบการที่มีรายได้ต่ำและผู้ประกอบการที่มีรายได้สูง โดยมีจำนวน 72 และ 39 ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนในแต่ละกลุ่มที่แตกต่างกันเกือบเท่าตัว ดังนั้นวิธีการจำแนกประเภทจะให้ผลที่เอนเอียงเนื่องจากจำนวนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันมาก จึงควรมีการปรับข้อมูลให้มีความสมดุล และเนื่องจากจำนวนข้อมูลทั้งหมดนั้นมีน้อย ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างเพิ่มเป็นทางเลือกที่เหมาะสมด้วยการสุ่มตัวอย่างเพิ่มกลุ่มส่วนน้อยด้วยการสังเคราะห์โดยวิธี SMOTE การที่ข้อมูลไม่สมดุลจะส่งผลกระทบต่อผลการจำแนกประเภทกลุ่มส่วนน้อย (Minority Class) ที่เป็นกลุ่มหายาก เนื่องจากวิธีการจำแนกข้อมูลทั่วไปจะมีประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลก็ต่อเมื่อข้อมูลในแต่ละกลุ่มมีจำนวนใกล้เคียงกัน ซึ่งหากข้อมูลไม่สมดุลวิธีการจำแนกประเภททั่วไปมีความเอนเอียงที่จะทำนายเป็นกลุ่มส่วนมาก (Majority Class) การทำให้ข้อมูลทั้งสองกลุ่มที่มีจำนวนใกล้เคียงกันทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Re-sampling) ซึ่งทำได้ใน 2 ลักษณะ ได้แก่ การสุ่มตัวอย่างลด (Under-sampling) กลุ่มส่วนมาก และการสุ่มตัวอย่างเพิ่ม (Over-

sampling) กลุ่มส่วนน้อย โดยตัวอย่างที่เพิ่มหรือลดสามารถทำได้ด้วยการสุ่มตัวอย่างเพิ่มจากข้อมูลเริ่มต้นอย่างสุ่ม (Random Over-sampling: ROS) หรือการสุ่มตัวอย่างลดอย่างสุ่ม (Random Under-sampling: RUS) การสุ่มตัวอย่างลดจะเหมาะกับข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งมีข้อเสียคือทำให้สูญเสียสารสนเทศของข้อมูล ส่วนการสุ่มตัวอย่างเพิ่มเหมาะกับข้อมูลที่ขนาดไม่ใหญ่ แต่มีข้อเสียคือทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้น [8] ได้มีงานวิจัยทางด้านเหมืองข้อมูลที่น่าสนใจที่นำข้อมูลจำนวนกลุ่มนักศึกษาที่ไม่สำเร็จการศึกษาตามแผนมากกว่ากลุ่มนักศึกษาที่ไม่สำเร็จการศึกษาตามแผน ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการนำวิธีการสุ่มเพิ่มตัวอย่างข้อมูลกลุ่มน้อย (SMOTE) เป็นเทคนิคการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลเดิมแต่ละทำการสังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมาใหม่จากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ด้วยหลักการเพื่อช่วยในการปรับสมดุลของข้อมูลเพื่อให้จำนวนของคลาสรอง (Minority Class) มีจำนวนเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับจำนวนข้อมูลที่เป็นคลาสหลัก (Majority Class) [9] จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าถ้าข้อมูลมีปัญหาความไม่สมดุล ควรมีการปรับข้อมูลให้มีความสมดุลก่อน ซึ่งจะช่วยให้การจำแนกประเภทข้อมูลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และจากการเปรียบเทียบผลการทดลองของงานวิจัยที่ได้นำมาทบทวน ทางผู้วิจัยพบว่าเทคนิคการแก้ปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูลที่มีประสิทธิภาพที่สุดนั่นก็คือ เทคนิคการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE)

การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) เป็นวิธีการในการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความสำคัญและใช้เพื่อลดขนาดหรือมิติของข้อมูลลง การคัดเลือกคุณลักษณะจึงเป็นหัวใจสำคัญในการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีที่น่าสนใจอยู่ด้วยกันหลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงวิธีการหลักๆ อยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ (1) วิธีฝังตัว (Embedded methods) เป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ในกระบวนการจำแนกประเภทด้วย เช่น กระบวนการสร้างต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) โดยจะทำการคัดเลือกเซตย่อยที่มีคุณลักษณะที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนวิธี [10] (2) วิธีแบบกรอง (Filter-based) เป็นวิธีที่ใช้การประเมินความมีประโยชน์ของแต่ละลักษณะเฉพาะต่อการจำแนกข้อมูล โดยเรียกว่า ค่าคะแนนลักษณะเฉพาะ (Feature Score) โดยขั้นตอนนี้จะเลือกลักษณะเฉพาะที่มีค่าคะแนนสูง [Top Score Feature] มากกว่าลักษณะเฉพาะที่มีค่าคะแนนต่ำ [11] (3) วิธีการคัดเลือกแบบ

ห่อหุ้ม (Wrapper-based) จะใช้อัลกอริทึมการค้นหา (Searching Algorithm) และอัลกอริทึมการเรียนรู้ (Learning Algorithm) ที่เตรียมไว้แล้วสำหรับกลุ่มของลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับอัลกอริทึมการเรียนรู้ นั้น ทำให้วิธีการนี้มีความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลได้ดีกว่าตัวกรอง (Part, 2017, 101-102) จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าวิธีคัดเลือกแบบห่อหุ้ม (Wrapper-based) เป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความแม่นยำในการจำแนกข้อมูลสำหรับปัญหาที่เฉพาะเจาะจง ดังนั้นในกระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะเนื่องจากวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะแบบห่อหุ้มให้ความแม่นยำสูง ทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าว ด้วยเทคนิค Recursive Feature Elimination เพื่อคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชา ที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา เพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำของตัวแบบการทำนาย

แบบจำลองการเรียนรู้แบบเชิงเดี่ยว (Individual Standard Model) เป็นแบบจำลองการเรียนรู้จากเพียงตัวจำแนกข้อมูล (Classifier) เพียงตัวเดียวโดยไม่ใช้ควบคู่กับตัวอื่น ได้มีงานวิจัยทางด้านเหมืองข้อมูลที่น่าสนใจในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลประวัติส่วนตัวของนิสิตและข้อมูลการลงทะเบียนของนิสิตมาช่วยพิจารณาหารูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล และนำไปประยุกต์ใช้ในการช่วยค้นหาภาควิชาที่เหมาะสมกับนิสิต เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาคือการเลือกสาขาวิชาที่ไม่ตรงกับความสามารถ และปัญหาผลการเรียนที่ตกต่ำจนต้องออกจากสถาบันการศึกษา [12]

แบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม (Ensemble Learning-based Model) เป็นการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มที่มีการใช้ตัวจำแนก (Classifier) มากกว่าหนึ่งตัวในการเรียนรู้ แต่ละตัวจำแนกจะมีกระบวนการทำงานของตัวเองและทุกตัวจำแนกจะกระทำกับข้อมูลเดียวกัน เมื่อได้ผลการจำแนกของแต่ละตัวจำแนกแล้ว ก็จะนำผลลัพธ์เหล่านั้นมาผ่านวิธีการรวบรวม (Combination หรือ Vote) และสุดท้ายนำไปตัดสินใจโดยเทคนิคดังกล่าวมีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพความแม่นยำให้กับแบบจำลองการเรียนรู้ [13] โดยที่ Ensemble Classification มีเทคนิคอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ Bagging, Boosting, และ Stacking จากการทบทวนวรรณกรรมมีงานวิจัยที่มีการประยุกต์แบบจำลองแบบรวมกลุ่มในการจำแนกข้อมูล เช่น ได้มีงานวิจัยทางการศึกษามีการวิเคราะห์ความคิดเห็น

เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยการวิเคราะห์ความรู้ลึกโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มในการจำแนกข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลจากการทดลองพบว่า เทคนิควิธีการรวมกลุ่มเพื่อจำแนกข้อมูลแบบ Majority Vote มีประสิทธิภาพมากที่สุด [14] ได้มีงานวิจัยทางด้านเหมืองข้อมูลที่มีการประยุกต์ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับธุรกิจด้านอสังหาริมทรัพย์ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบกลุ่ม (Ensemble Learning-based Model) ในการกำหนดระดับของโครงการอสังหาริมทรัพย์เพื่อช่วยในการตัดสินใจให้กับนักลงทุนในการกู้เงินเพื่อลงทุน จากผลการทดลองพบว่า การจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคการเรียนรู้แบบกลุ่มมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคอื่น ๆ [15] ได้มีงานวิจัยทางด้านเหมืองข้อมูลที่มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มเพื่อพยากรณ์แนวโน้มผลตอบแทนการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลหลักทรัพย์ที่อยู่ในดัชนี SET 50 ของตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย และข้อมูลดัชนีชี้วัดทางเทคนิคเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และผลตอบแทนในการลงทุน โดยผลการทดลองให้เห็นว่า แบบจำลองการเรียนรู้แบบกลุ่ม ด้วยวิธีการ Weight Average ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในความแม่นยำได้ดีกว่าการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคอื่น ๆ [16]

การเรียนรู้แบบกลุ่มด้วยเทคนิคลงจำแนก Bagging Classification เป็นเทคนิคสำหรับช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสร้างแบบจำลองโดยทำงานร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยเริ่มจากการสุ่มเลือกข้อมูลด้วยหลักการสุ่มแบบ Bootstrap ขึ้นมาหลายๆ ชุด ในจำนวนเท่าข้อมูลเดิม แล้วนำข้อมูลที่สุ่มขึ้นมาไปใช้สร้างแบบจำลองทุกชุด จากนั้นใช้หลักการโหวต (Vote) เพื่อหาแบบจำลองที่สามารถตอบข้อมูลทดสอบได้ดีที่สุดมาเป็นแบบจำลองสำหรับการจำแนกข้อมูลชุดนั้น [17] ได้มีงานวิจัยทางการแพทย์ที่นำมาใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างให้กับข้อมูลที่ไม่สมดุล ซึ่งเป็นข้อมูลทางการแพทย์ที่มีความไม่สมดุลระหว่างผู้ป่วยและผู้ไม่ป่วย และมีการใช้เทคนิค Bagging เพื่อเปรียบเทียบเทคนิควิธีการจำแนกข้อมูลที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับข้อมูลของผู้ป่วย [18]

การเรียนรู้แบบกลุ่มด้วยเทคนิค Boosting Classification เป็นแบบจำลองการเรียนรู้แบบกลุ่มที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบเป็นลำดับ โดยนำเอาข้อผิดพลาดที่ได้จากการเรียนรู้ของตัวจำแนก

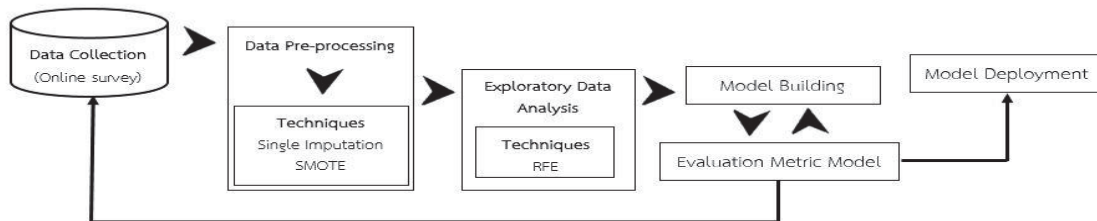
ตัวแรกมาปรับปรุงกับตัวจำแนกข้อมูลตัวถัดไป เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาด ส่งผลให้มีค่าความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น แนววิธีแบบชุดของการทำงานระบบการเรียนรู้หลายระบบ ได้มีงานวิจัยทางด้านเหมืองข้อมูลที่น่าเทคนิคต้นไม้มันช่วยตัดสินใจ ร่วมกับเทคนิค Boosting โดยได้ทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองกับ ข้อมูลจาก UCI ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคดังกล่าวให้ ประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบจำลองการเรียนรู้แบบเชิงเดี่ยว [19]

การเรียนรู้แบบกลุ่มด้วยเทคนิค Stacking Classification เป็นแบบจำลองการเรียนรู้แบบกลุ่ม โดยรวมตัวจำแนกข้อมูลการทำนายที่แตกต่างกันมากกว่า 1 ประเภทมารวมกันไว้ในที่เดียวและมีขั้นตอนการทำนายมากกว่า 1 ชั้น และมีการใช้ K-fold Cross validation เพื่อสร้างการรวมการถ่วงน้ำหนักที่ดีที่สุดของการทำนาย ได้มีงานวิจัยทางการแพทย์นำเสนอแบบจำลองการเรียนรู้แบบหลายชั้น (Multi Kernels on Multiple Layers:MKML) ซึ่งเป็นเป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มประเภทหนึ่ง แต่มีหลายชั้นหรือเรียกว่า Stacking Ensemble Model ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองการเรียนรู้แบบ MKML ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพความเที่ยงตรงมากกว่าแบบจำลองการเรียนรู้การทำนายแบบเดี่ยว อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้เพื่อช่วยเหลือแพทย์ในการวินิจฉัยผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานได้แม่นยำยิ่งขึ้น [20] กล่าวโดยสรุป เมื่อพิจารณาอย่างรอบด้านแล้วผู้วิจัยตระหนักว่าในงานวิจัยนี้ควรมีการใช้เทคนิคในการจัดการข้อมูลที่ไม่สมดุล ด้วยการใช้เทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างข้อมูลจากกลุ่มส่วนน้อยด้วยเทคนิคการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ (SMOTE) ร่วมกับกระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ ด้วยเทคนิค Recursive Feature Elimination เพื่อช่วยลดขนาดหรือมิติของข้อมูลลงเพื่อให้ได้คุณลักษณะที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสายวิชา ที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา และก็นำข้อมูลที่ได้เข้าสู่กระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการเรียนรู้แบบกลุ่ม (Ensemble Learning-based Model) ด้วยเทคนิค Bagging, Boosting และ Stacking เพื่อเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคในการทำนายผลลัพธ์จากคุณลักษณะที่สำคัญต่อการเลือกกลุ่มสายวิชาในการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

2.2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคแบบบูรณาการ เริ่มต้นจากการแก้ปัญหาข้อมูลขาดหายและข้อมูลไม่สมดุล ด้วยเทคนิค Single Imputation การสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ด้วยเทคนิค SMOTE การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค RFE

และการสร้างตัวแบบการทำนายในการจำแนกข้อมูลด้วยการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม (Ensemble Learning-based Model) ด้วย 3 เทคนิค Bagging, Boosting และ Stacking โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. กรอบแนวคิดการสร้างตัวแบบการทำนายการเลือกศึกษาต่อระดับอุดมศึกษาด้วยเทคนิคแบบบูรณาการ

2.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

งานวิจัยนี้เริ่มต้นเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามออนไลน์ที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก 3 แผนการเรียน ศิลป์คำนวณ วิทยาศาสตร์ และศิลป์ภาษา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 - 2562 จำนวน 312 คน ประกอบด้วยข้อมูลด้านประชากรศาสตร์

(Demographic data) ข้อมูลทักษะการเรียนรู้ในเชิงพหุปัญญา และข้อมูลกลุ่มสายวิชา ในแง่ของสถิติผู้วิจัยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างตามแนวคิดของ Taro Yamane[21] จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ได้ 175 คน โดยข้อมูลจะประกอบไปด้วย เพศ ทักษะการเรียนรู้ในเชิงพหุปัญญาทั้ง 9 ด้าน และกลุ่มสายวิชาแบ่งเป็นคลาสจำนวน 8 กลุ่ม โดยสรุปมีรายละเอียด ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1. แสดงตัวอย่างชุดข้อมูลของกลุ่มผู้เรียน

Gender	Lin	Log	Spa	Mus	Bod	Inter	Intra	Nat	Exi	Class
Male	3	5	3	3	5	4	4	5	5	2
Female	5	4	4	3	3	5	4	5	4	5
Male	4	4	1	3	3	4	5	5	4	3
.....										
Female	1	4	4	1	1	4	3	3	4	3
Female	5	4	3	4	4	3	4	4	4	5
Male	5	4	4	1	3	4	5	3	4	4
.....										

2.4 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (Data Pre-processing)

ในเบื้องต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูล พบว่าข้อมูลมีความไม่สมบูรณ์และมีค่าที่ขาดหายไป (Missing Data) จึงทำให้ข้อมูลของผู้เรียนบางรายไม่ครบหรือขาดหายไป อีกทั้งชนิดของข้อมูลยังไม่เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ เนื่องจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากการวัดทัศนคตินั้นเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) เช่น ข้อมูลเพศ ข้อมูลระดับคะแนน ที่มีช่วงเท่าแต่ไม่สามารถนำมาคำนวณได้ (Categorical Data) จึงทำให้

ไม่สามารถนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะ ได้ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในขั้นตอนการวิเคราะห์ได้ ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการแก้ปัญหาด้วยการแปลงข้อมูลเชิงคุณภาพให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณแบบต่อเนื่อง (Continuous data) หลังจากแปลงชนิดข้อมูลแล้วผู้วิจัยพบปัญหาข้อมูลที่ขาดหายไปจึงแก้ปัญหาดังวิธี Single Imputation ซึ่งมีข้อดี คือ ทำให้งานตัวอย่างไม่ลดลงและวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด คือ การแทนค่าด้วยวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ย ซึ่งวิธีการนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อ

ต่อการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการวิเคราะห์ ซึ่งข้อมูลจะประกอบไปด้วย เพศ ระดับคะแนนของทักษะการ
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร อีกทั้งวิธีการ Single Imputation เรียนรู้ของกลุ่มผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา ดังตารางที่ 3
เป็นโมเดลที่นิยมใช้สำหรับการทำงานด้านเหมืองข้อมูล[22]

ตารางที่ 2. แสดงข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะของกลุ่มผู้เรียน

Feature	Description
Gender	เพศ
Linguistic	เชาว์ปัญญาทางด้านภาษาศาสตร์
Logical-mathematical	เชาว์ปัญญาทางด้านตรรกะและคณิตศาสตร์
Spatial	เชาว์ปัญญาทางด้านมิติสัมพันธ์
Musical	เชาว์ปัญญาทางด้านดนตรี
Bodily-kinesthetic	เชาว์ปัญญาทางด้านร่างกายและการเคลื่อนไหว
Interpersonal	เชาว์ปัญญาทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล
Intrapersonal	เชาว์ปัญญาทางการรู้จักและเข้าใจตนเอง
Naturalistic	เชาว์ปัญญาทางด้านธรรมชาติวิทยา
Existential	เชาว์ปัญญาทางการคงอยู่ของชีวิต
Class1-8	กลุ่มสายวิชาประกอบด้วย 1.วิทยาศาสตร์ 2.วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี 3.วิทยาศาสตร์สุขภาพ 4.บริหารธุรกิจ 5.ภาษา 6.สังคม 7.การศึกษา 8.ศิลปะ

ตารางที่ 3. ตารางเปรียบเทียบการแก้ปัญหาข้อมูลที่ขาดหายไปด้วยวิธี Single Imputation ด้วยการแทนค่าด้วยการคำนวณค่าเฉลี่ย

Original Data					
Gender	Linguistic	Logical	Spatial	Musical	Bodily
Male	3	5	NaN	3	5
Female	5	NaN	4	3	3
Male	3	4	1	3	3
Female	NaN	2	NaN	4	5
Female	3	3	3	NaN	2
Single Imputation with Mean					
Male	3	5	2	3	5
Female	5	3	4	3	3
Male	3	4	1	3	3
Female	3	2	2	4	5
Female	3	3	3	3	2

2.5 ขั้นตอนการปรับความสมดุลข้อมูลด้วยเทคนิคการสุ่ม เพิ่มตัวอย่างข้อมูลจากกลุ่มส่วนน้อยด้วยการสังเคราะห์ ข้อมูลใหม่ (Synthetic Minority Over-sampling

Technique: SMOTE)

หลังจากผ่านขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการนำข้อมูลไปใช้ในการจำแนก ผู้วิจัยพบว่าชุดข้อมูลมีความไม่สมดุลกัน โดยชุดข้อมูลในกลุ่มสาขาวิชาในแต่ละสาขาวิชาจากการวัดทัศนคติของนักเรียนนั้นมีจำนวนที่ไม่เท่ากันในทุกกลุ่มสาขาวิชา ดังนั้นผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาด้วยวิธีการปรับความสมดุลของข้อมูล ผ่านเทคนิคการสุ่มเพิ่มตัวอย่างข้อมูลจากกลุ่มส่วนน้อยด้วยการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ ช่วยในการปรับสมดุลของชุดข้อมูลเพื่อให้จำนวนของคลาสย่อย

(Minority Class) มีจำนวนเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับจำนวนข้อมูลที่เป็นคลาสหลัก (Majority Class) ก่อนผ่านชุดข้อมูลเพื่อเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกคุณลักษณะต่อไป

เทคนิคการปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธีการ SMOTE มีหลักการทำงานเหมือนกับอัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุดทำการสุ่มเลือกแล้วเก็บไว้ในตัวแปร x_i จากนั้นทำการสุ่มค่าตัวแปร σ ให้มีค่า 0 หรือ 1 เพื่อใช้ในการคำนวณ โดยมีสมการในการสุ่มเพิ่มตัวอย่างข้อมูลกลุ่มส่วนน้อยด้วยการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ดังแสดงในสมการที่ 1

$$x_{\text{new}} = x_i + (x - x_i) * \sigma \quad (1)$$

และผลของการปรับสมดุลข้อมูลด้วยเทคนิค SMOTE ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. ตารางเปรียบเทียบจำนวนข้อมูลของกลุ่มผู้เรียนที่มีความสนใจกับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่มีความสนใจในการเรียนกลุ่มสาขาวิชานั้น ๆ ด้วยเทคนิค SMOTE โดยพบว่าจำนวนของคลาสรอง (Minority Class) มีจำนวนเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับจำนวนข้อมูลที่เป็นคลาสหลัก (Majority Class) ได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

Subject Area	Original		SMOTE		
	Interested	Uninterested	Interested	Uninterested	Accuracy
Science	3	136	136	136	98%
Engineering Technology	26	113	113	113	93%
Health Sciences	35	104	104	104	79%
Business Administration	22	117	117	117	81%
Linguistic	31	108	108	108	71%
Social	7	132	132	132	93%
Education	3	136	136	136	98%
Art	12	127	127	127	90%

2.6 ขั้นตอนการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค RFE

การคัดเลือกคุณลักษณะ ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากคุณลักษณะที่เก็บรวบรวมมานั้นมีจำนวนที่มาก และมีหลายคุณลักษณะที่ไม่มีความสำคัญต่อการจำแนกข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างตัวแบบการทำนายการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา โดยจะใช้เทคนิค RFE โดยใช้หลักการค้นหาคุณลักษณะที่มีความเกี่ยวข้อง (Relevant features) กัน โดยคุณลักษณะ X_i ที่ได้

จะถือว่ามีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรกลุ่มอย่างเข้ม (Strongly relevant) ก็ต่อเมื่อการแจกแจงความน่าจะเป็นอย่างมีเงื่อนไขของกลุ่ม เมื่อกำหนดเซตย่อยของคุณลักษณะ S (ซึ่งรวม X_i) นั้นเปลี่ยนไป ถ้า X_i ถูกกำจัด คุณลักษณะใดที่ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องอย่างเข้มหรืออย่างอ่อน จะเรียกว่าคุณลักษณะที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน (Irrelevant features) แสดงผลลัพธ์การคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5. ตารางเปรียบเทียบการปรับลดคุณลักษณะทักษะการเรียนรู้จาก 9 คุณลักษณะด้วยเทคนิค RFE พบว่าตัวแบบของคลาสที่ 1-4 ที่ใช้คุณลักษณะเพียง 5 คุณลักษณะยังมีสมรรถนะการทำงานที่ใกล้เคียงกับการใช้คุณลักษณะแบบดั้งเดิม

Result	Science			Engineering and Technology			Health Sciences			Business and Administration		
	Original	RFE	+/-	Original	RFE	+/-	Original	RFE	+/-	Original	RFE	+/-
Accuracy	82%	81%	1%	78%	75%	3%	81%	77%	4%	84%	79%	5%
F1	81%	77%	4%	72%	69%	3%	62%	60%	2%	76%	78%	2%

ตารางที่ 6. ตารางเปรียบเทียบการปรับลดคุณลักษณะทักษะการเรียนรู้จาก 9 คุณลักษณะด้วย เทคนิค RFE พบว่าตัวแบบของคลาสที่ 5 – 8 ที่ใช้คุณลักษณะเพียง 5 คุณลักษณะยังมีสมรรถนะการทำงานที่ใกล้เคียงกับการใช้คุณลักษณะแบบดั้งเดิม

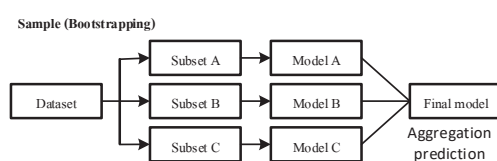
Result	Linguistic			Social			Education			Art		
	Original	RFE	+/-	Original	RFE	+/-	Original	RFE	+/-	Original	RFE	+/-
Accuracy	73%	72%	1%	89%	86%	3%	92%	88%	4%	88%	85%	3%
F1	77%	72%	5%	84%	80%	4%	94%	89%	5%	82%	78%	4%

2.7 ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลด้วยแบบจำลองแบบรวมกลุ่ม (Ensemble Learning-based Model)

เป็นเทคนิคหลักที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้มาจากการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค RFE ที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้แบบตัวจำแนกเดี่ยวมาไว้ร่วมกันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายให้กับแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม โดยมี 3 เทคนิค ดังนี้

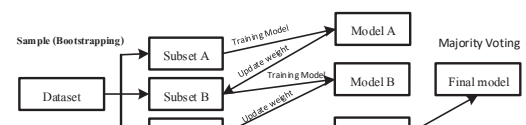
(1) Bagging Classification โดยในงานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบจำลองการเรียนรู้ในการจำแนกข้อมูลคือ Decision Tree, Random Forest, ExtraTrees, AdaBoost, Gradient Boosting, XGB เทคนิค Bagging เริ่มจากการสุ่มเลือกข้อมูลด้วยหลักการสุ่มแบบ แล้วนำข้อมูลที่สุ่มขึ้นมาไปเพื่อสร้างแบบจำลองทุกชุดข้อมูล จากนั้นใช้หลักการ

โหวต (Vote) เพื่อหาแบบจำลองที่สามารถตอบข้อมูลทดสอบได้ดีที่สุดมาเป็นแบบจำลอง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. กระบวนการทำงานของ Bagging

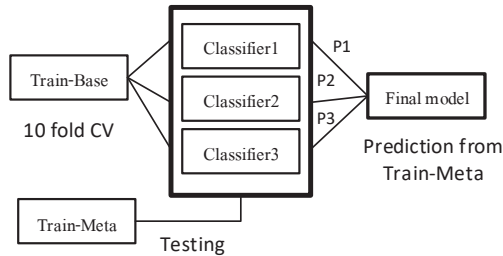
(2) Boosting Classification โดยในงานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบจำลองการเรียนรู้ในการจำแนกข้อมูลคือ Decision Tree, Random Forest, ExtraTrees, AdaBoost, Gradient Boosting, XGB Boosting เทคนิค Boosting เป็นวิธีการสร้างแบบจำลองที่มีความต่อเนื่องกัน โดยแต่ละแบบจะได้รับการฝึกจากชุดข้อมูลเดียวกัน แล้วนำผลลัพธ์ของแบบจำลองที่มีค่าความแม่นยำต่ำ (Weak Classifier) มาทำการแก้ไขข้อผิดพลาดที่มีอยู่ในแบบจำลองก่อนหน้านี้ นั้นโดยผลรวมของแบบจำลองทุกตัวจะถูกถ่วงน้ำหนักตามความสำเร็จ จากนั้นจะรวมผลลัพธ์ทั้งหมดด้วยหลักการโหวตจนได้แบบจำลองการเรียนรู้ตัวใหม่ขึ้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3. กระบวนการทำงานของเทคนิค Boosting

(3) Stacking Classification ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวแบบจำลองการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Stacking โดยใช้ตัวจำแนกข้อมูล คือ Decision Tree, Random Forest, ExtraTrees, AdaBoost, Gradient Boosting และ XGB Boosting เทคนิคนี้มีความคล้ายคลึงกับเทคนิค Boosting โดยมีการแบ่งตัวจำแนกไว้ 6 ตัวเป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละแบบจำลองมาสร้างเป็นข้อมูล

input แล้วส่งต่อผลลัพธ์ให้ตัวจำแนกตัวต่อไปเรียนรู้ และมีการใช้ K-fold cross validation ในการรวมการถ่วงน้ำหนักที่ดีที่สุดของการทำนายไว้ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4. กระบวนการทำงานของ Stacking

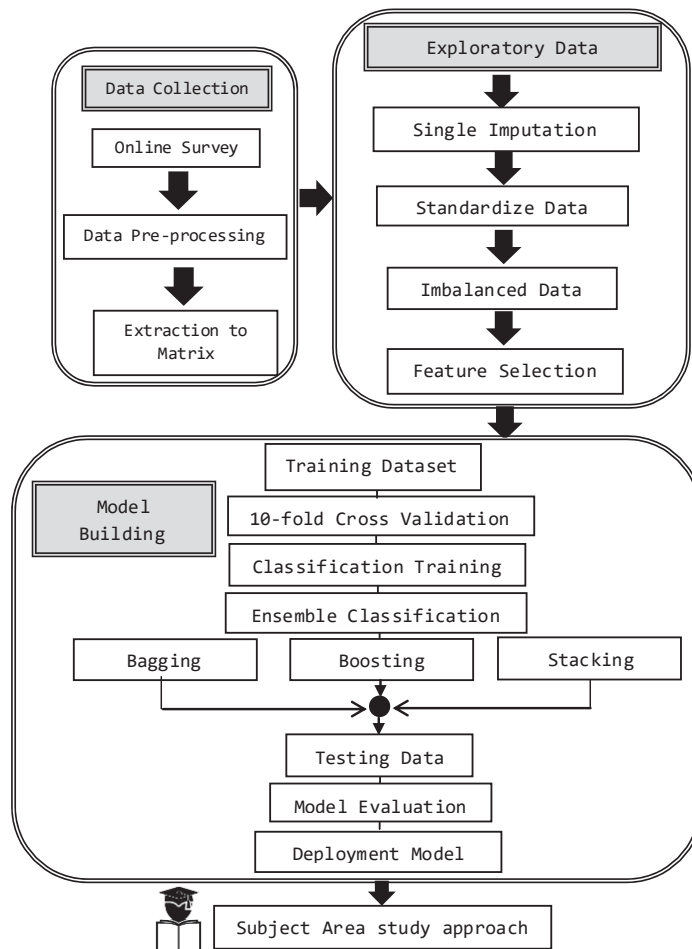
2.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผล (Result Analysis)

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยทำการสรุปผลการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้แบบกลุ่มด้วยการใช้เทคนิคทั้ง 3 เทคนิค (1) Bagging (2) Boosting และ (3) Stacking กับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมกับทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญาดังรูปที่ 5

โดยทำการหาข้อสรุปจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง 3 เทคนิค

3. ผลการทดลอง

ผลการวิจัยการวิเคราะห์และสรุปผล การสร้างตัวแบบการทำนายในการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้แบบกลุ่มด้วยการใช้ 3 เทคนิค (1) Bagging (2) Boosting และ (3) Stacking โดยทำการหาข้อสรุปจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มทั้ง 3 เทคนิค โดยผลของการวิจัยด้วยเทคนิคแบบบูรณาการเริ่มจากการจัดการกับปัญหาข้อมูลที่ขาดหายไป การปรับความสมดุลให้กับข้อมูลด้วยเทคนิคการสังเคราะห์ข้อมูลใหม่ การคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค RFE และขั้นตอนของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่มด้วย 3 เทคนิค เพื่อสร้างตัวแบบการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมกับทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญาดังรูปที่ 5



รูปที่ 5. แสดงขั้นตอนการดำเนินการสร้างตัวแบบการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาตามทักษะการเรียนรู้ในเชิงพหุปัญญา

(1) การใช้เทคนิค Bagging Classification ในการประเมินสมรรถนะของตัวแบบการทำนายจากผลการทดลองโดยใช้เทคนิค Bagging Classification ผ่านการวิเคราะห์ด้วย 6 ตัวจำแนก เพื่อประเมิน 5 คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาตามทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา โดยทักษะการเรียนรู้ที่มีค่าความสำคัญสูงสุดอยู่ที่ 75% และค่าเฉลี่ยความแม่นยำและความถูกต้องอยู่ที่ 76% คือ ทักษะการเรียนรู้ด้านเหตุผลและคณิตศาสตร์ (Logical-mathematical) ดังรูปที่ 6 และ 7

(2) การใช้เทคนิค Boosting Classification ในการประเมินสมรรถนะของตัวแบบการทำนายจากผลการทดลองโดยใช้เทคนิค Boosting Classification ผ่านการวิเคราะห์ด้วย 6 ตัวจำแนก เพื่อประเมิน 5 คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาตามทักษะการเรียนรู้ในเชิงพหุปัญญา ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองที่มีความต่อเนื่องกันแล้วฝึกฝนจากชุดข้อมูลเดียวกันแล้วนำผลลัพธ์ของแบบจำลองที่มีค่าความแม่นยำต่ำมาทำการแก้ไขข้อผิดพลาด จากนั้นจะรวมผลลัพธ์ทั้งหมดด้วยหลักการโหวต (Vote) โดยทักษะการเรียนรู้ที่มีค่าความสำคัญสูงสุดอยู่ที่ 72% และค่าเฉลี่ยความแม่นยำและความถูกต้องอยู่ที่ 71% คือ ทักษะการเรียนรู้ด้านเหตุผลและคณิตศาสตร์ (Logical-mathematical) ดังรูปที่ 8 และ 9

(3) การใช้เทคนิค Stacking Classification ในการประเมินสมรรถนะของแบบจำลองจากผลการทดลองโดยใช้เทคนิค Boosting Classification ผ่านการวิเคราะห์ด้วย 6 ตัวจำแนก เพื่อประเมิน 5 คุณลักษณะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาตามทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา ด้วยวิธีการแบ่งตัวจำแนกสำหรับการวิเคราะห์ไว้ 6 ตัว แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละแบบจำลองมาสร้างเป็นข้อมูลนำเข้าแล้วส่งต่อผลลัพธ์ให้ตัวจำแนกตัวต่อไปเรียนรู้ โดยทักษะการเรียนรู้ที่มีค่าความสำคัญสูงสุดอยู่ที่ 77% และค่าเฉลี่ยความแม่นยำและความถูกต้องอยู่ที่ 75% คือ ทักษะการเรียนรู้ด้านเหตุผลและคณิตศาสตร์ (Logical-mathematical) ดังรูปที่ 10 และ 11

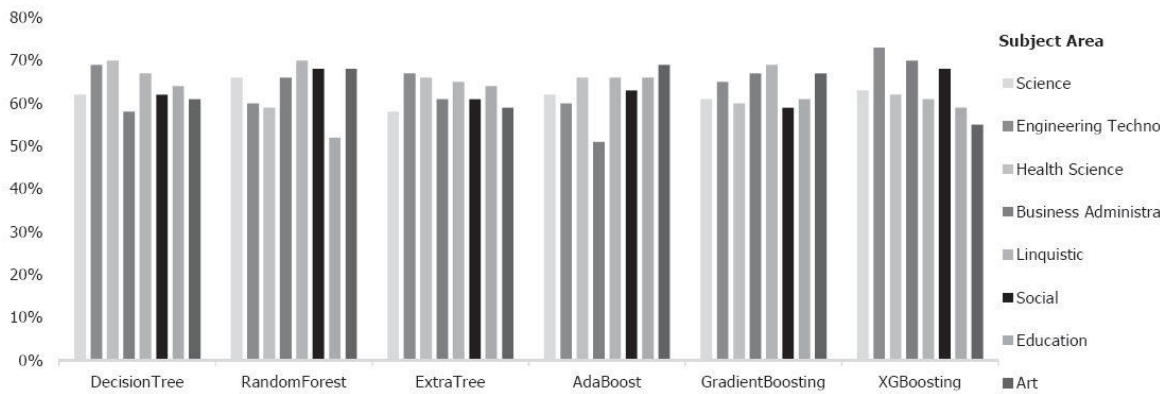
4. บทสรุปและการอภิปราย

งานวิจัยนี้นำเสนอการสร้างตัวแบบการทำนายในการเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาตามกลุ่มผู้เรียนโดยใช้เทคนิคแบบบูรณาการในการแก้ปัญหา Imbalanced Data ของกลุ่มผู้เรียน และเพื่อ

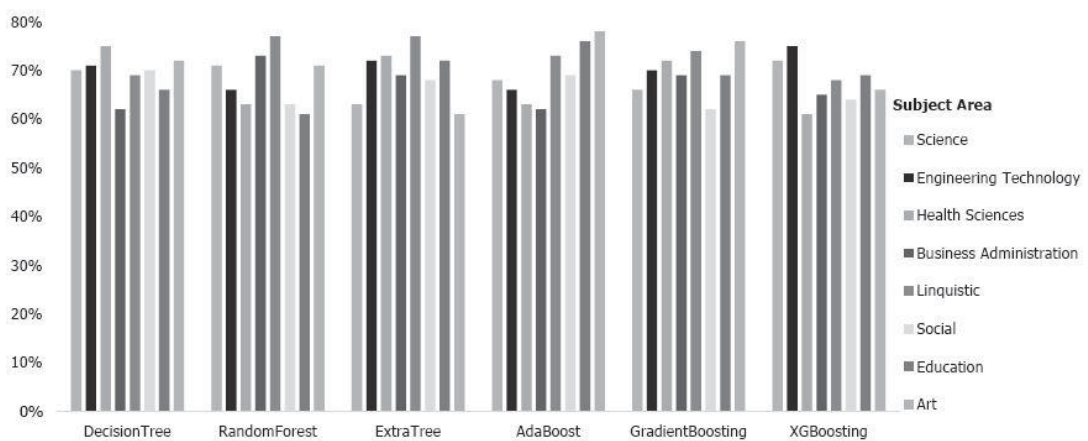
ศึกษาตัวแบบความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญา ข้อมูลเก็บรวบรวมจากแบบสอบถามออนไลน์ การสำรวจข้อมูลมีการตรวจสอบข้อมูลมีการแทนค่าที่หายไปด้วย Single Imputation การปรับสมดุลข้อมูลด้วยเทคนิค SMOTE ทำให้สามารถจำแนกข้อมูลของคลาสย่อย (Minority Class) ให้มีจำนวนเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับจำนวนข้อมูลที่เป็นคลาสหลัก (Majority Class) ถัดมาการคัดเลือกคุณลักษณะ เนื่องจากชุดข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้น ทางผู้วิจัยพบว่ามีความหลากหลายมาก ทางผู้วิจัยจึงต้องวิเคราะห์ว่าคุณลักษณะแบบไหนที่มีความสำคัญจริงๆ ในการสร้างตัวแบบการทำนายด้วยการปรับลดคุณลักษณะผ่านเทคนิค RFE พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของตัวแบบมีความใกล้เคียงกับตัวแบบที่ใช้คุณลักษณะแบบดั้งเดิมผลการทดสอบคุณลักษณะการเรียนรู้ในเชิงพหุปัญญาที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ ทักษะการเรียนรู้ด้านเหตุผลและคณิตศาสตร์ ซึ่งมีความสำคัญมาเป็นอันดับหนึ่งในทุกเทคนิคของการจำแนกข้อมูลในส่วนของคุณลักษณะการเรียนรู้ในด้านอื่น ๆ ที่ติดอันดับหนึ่งถึงห้าในทุกเทคนิคของการจำแนกข้อมูลด้วยแบบจำลองการเรียนรู้แบบรวมกลุ่ม ได้แก่ ด้านมนุษยสัมพันธ์ ด้านความเข้าใจในตน ด้านมิติสัมพันธ์และ ด้านดนตรี ซึ่งทักษะการเรียนรู้ที่ติดอันดับหนึ่งถึงห้าล้วนแต่เป็นทักษะพื้นฐานที่เป็นรากฐานที่สำคัญของวิทยาการความรู้ในด้านต่าง ๆ และที่สำคัญนอกเหนือจากการที่ผู้เรียนจะเข้าใจหลักสูตรและเข้าใจความสำคัญในการเรียนแล้ว นั่นก็คือการเข้าใจทักษะที่จำเป็นสำหรับการศึกษาต่อในแต่ละกลุ่มสาขาวิชา ซึ่งเมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจและนำไปใช้ในทางที่ถูกต้องก็จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้ผู้เรียนก้าวไปสู่ความสำเร็จได้อีกขั้นหนึ่งทั้งนี้พบว่าจากแนวคิดการศึกษาตัวแบบความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนในเชิงพหุปัญญาด้วยเทคนิคแบบบูรณาการด้วยการเพิ่มสมรรถนะให้ตัวแบบด้วยการปรับลดคุณลักษณะที่จำเป็นและปรับสมดุลข้อมูล โดยใช้ตัวจำแนกทำงานร่วมกัน และต่างชนิดกัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของการทำงานกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมให้กับกลุ่มผู้เรียนที่ต้องอาศัยอำนาจการจำแนกที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถที่แตกต่างจากการใช้ตัวแบบการทำนายที่ใช้ตัวจำแนกเพียงตัวเดียวอย่างเห็นได้ชัดอีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วซึ่งผลการวิจัยพบว่าเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดต่อ

การสร้างตัวแบบการทำนาย คือ เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบ Stacking มีความสำคัญอยู่ที่ 77% ส่วนอันดับที่สอง คือ เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบ Bagging มีความสำคัญอยู่ที่

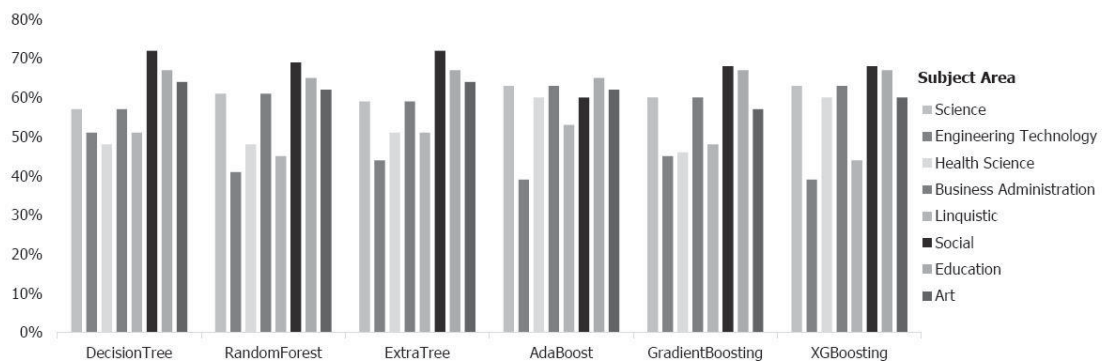
75% และเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบ Boosting มีความสำคัญอยู่ที่ 72% ตามลำดับ ซึ่งจากการค้นพบครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ทางด้านการศึกษาต่อไปได้ในอนาคต



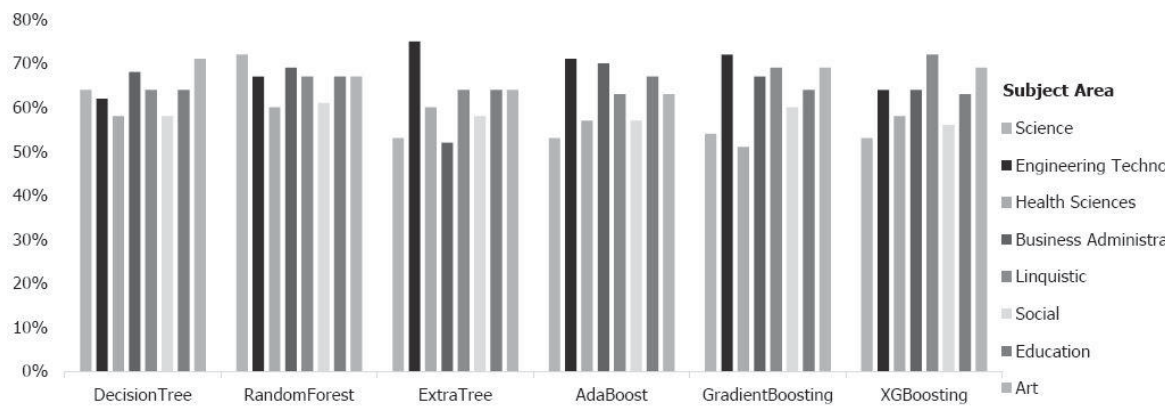
รูปที่ 6. แสดงค่าความสำคัญ Accuracy score ของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิค Bagging Classification



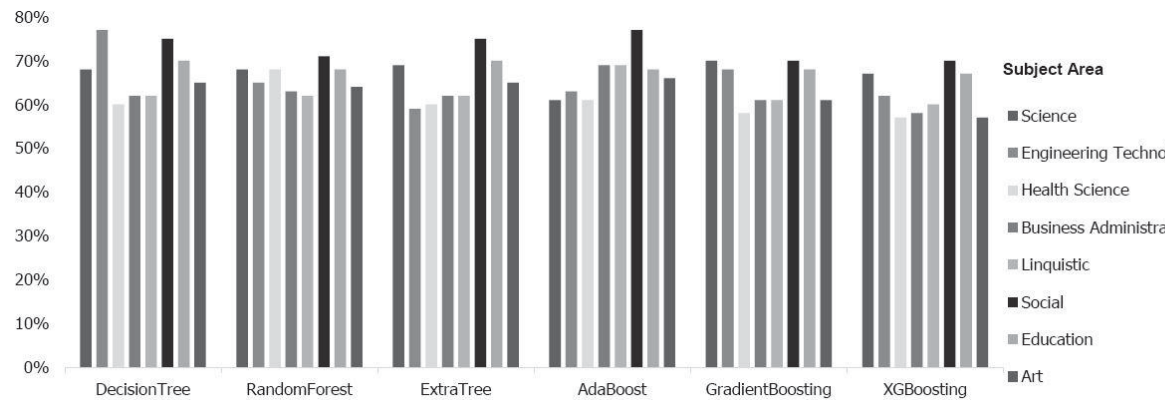
รูปที่ 7. แสดงค่าเฉลี่ยความแม่นยำและความถูกต้อง F1 score ของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิค Bagging Classification



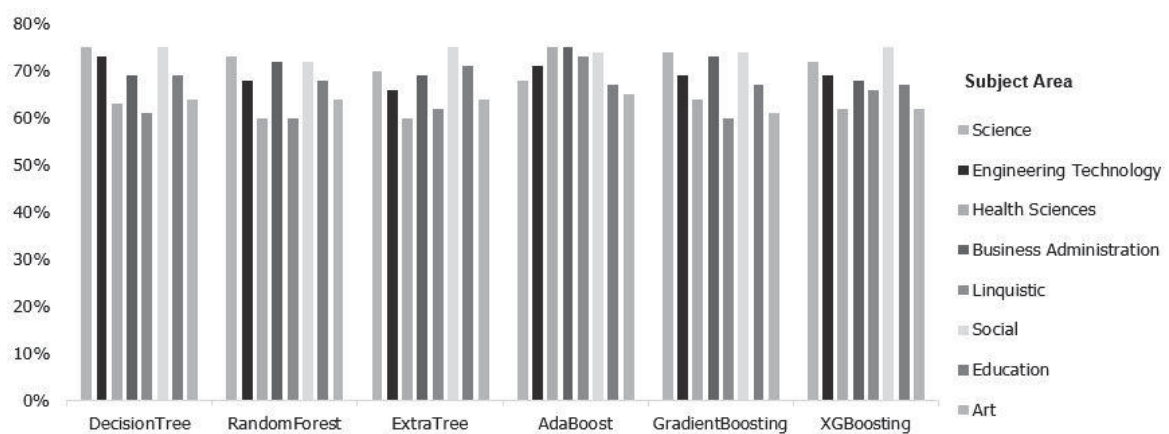
รูปที่ 8. แสดงค่าความสำคัญ Accuracy score ของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิค Boosting Classification



รูปที่ 9. แสดงค่าเฉลี่ยความแม่นยำและความถูกต้อง $F1$ score ของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิค Boosting Classification



รูปที่ 10. แสดงค่าความสำคัญ $Accuracy$ score ของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิค Stacking Classification



รูปที่ 11. แสดงค่าเฉลี่ยความแม่นยำและความถูกต้อง $F1$ score ของตัวแบบการทำนายด้วยเทคนิค Stacking Classification

5. ข้อเสนอแนะ

ในการนำเทคนิคแบบบูรณาการมาแก้ปัญหา Imbalanced Data ของกลุ่มผู้เรียน เพื่อศึกษาตัวแบบความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการทำนายกลุ่มผู้เรียนกับกลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมตามทักษะของผู้เรียนพบว่ายังมีข้อจำกัดในเรื่องของปัจจัยข้อมูลที่มีเพียงข้อมูลทักษะการเรียนรู้ เพศ และกลุ่มสาขาวิชา ซึ่งอาจจะมีปัจจัยในด้านอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องและสำคัญต่อการเลือกกลุ่มสาขาวิชา เช่น ข้อมูลด้านความถนัด คะแนนสอบตามเกณฑ์มาตรฐาน และอาชีพในอนาคต เป็นต้น ในอนาคตหากมีการพัฒนางานวิจัยทางด้าน Data Mining for Education ในแง่มุมของการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับตัวแบบการทำนาย อาจจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มมากขึ้นเพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีปริมาณและคุณภาพที่สูงขึ้นใช้เทคนิคในการคัดเลือกคุณลักษณะและการจำแนกข้อมูลแบบอื่น ๆ เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถนะการจำแนกข้อมูลและก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] I. Tongsamsi, "Labor Market and Educational Mismatch A Case Study of New Community Development Workers," presented at The 10th Hatyai National and International Conference, Songkla, Thailand, 2019.
- [2] S. Jantapong, "The Skills Mismatch and the Challenges to Education 4.0," MER 2018, Bangkok, Thailand, 2018.
- [3] P. Kanjanasamranwong, "THE NEEDS OF ATTENDING IN GRADUATE INSTITUTE OF GRADE 12," Journal of Education Research Faculty of Education, vol.11, no.1, pp. 75-88, 2018.
- [4] W. SAENKOSIK, "ENHANCING INTRAPERSONAL INTELLIGENCE AMONG PRIMARY SCHOOL STUDENTS USING AN INTRAPERSONAL TRAINING APPLICATION," Ph.D., RESEARCH AND STATISTICS IN COGNITIVE SCIENCE, Burapha University, Chonburi, 2018.
- [5] N. Supanatsetakul, "Interdisciplinary studies: humanities, social sciences and medicine for applying in the medical instruction," AMJAM , vol. 13, no. 3, pp. 380-392, 2013.
- [6] Office of the Higher Education Commission, "New student information," OHEC, 2020. [Online]. Available: <http://www.info.mua.go.th/info/> [Accessed: Jan.12, 2021].
- [7] A. Phaeobang, "Adjusting the Imbalanced Data with 5 Classification Methods," Thai Journal of Science and Technology, vol. 9, no.4, July - August, 2020.
- [8] D. Noppamas, "Comparison of Imbalanced Data Problem Solving for Income Classification of Type I Pharmacies Entrepreneur," in The 9th STOU National Research Conference, pp. 1578-1586, 2018.
- [9] W. Jaidee, "The Study of Factors Affecting for On-time Graduating of Ungraduated Student Using Feature Selection Technique on Imbalanced Datasets," Journal of Information Science and Technology, vol.10, no. 1, pp. 75-84, 2020.
- [10] N. Akarachantachote, "Feature Selection for High-dimensional data in Classification," Research Methodology & Cognitive Science, vol. 8, no. 2, pp. 1-13, October 2010 – March 2011.
- [11] P. Pramokchon, "Filter-Based Feature Selection for Data Classification in IoT," FEU Academic Review, vol. 11, no. 3, pp. 98-113, 2017.
- [12] C. Songsiri, T. Rakthanmanon, and K. Waiyamai, "Applying a data mining technique to help students in selecting their majors," In Proc. The 39th Kasetsart University Annual Conference, pp. 43-50, 2001.
- [13] W. Pimpakun, "Ensemble Learning Model for Cardiotocography Classification," In Proc. Graduate Research Conference, pp. 333-340, 2012.
- [14] P. Promla, "The Comparison of Efficiency on The Analysis of Satisfaction Teaching Performance using Sentiment Analysis by Ensemble Technique," KRU Research Journal, vol. 20, no. 4, pp. 140-149, 2020.
- [15] W. Paireekreng, "An ensemble learning based model for real estate project classification," ScienceDirect, vol. 3, pp. 3852 – 3859, 2015.

- [16] P. Thanvanon, "Predict stock price trends in Stock Exchange of Thailand using Ensemble Model," JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 7, no. 1, pp. 12-21, 2017.
- [17] L. Breiman, "Bagging Predictors," Machine Learning, vol. 24, pp. 123-140, 1996.
- [18] K. Nasritha, "Comparison of sampling techniques for imbalanced data classification," JOURNAL Of APPLIED INFORMATICS AND TECHNOLOGY, vol. 1, pp. 20-35, 2018.
- [19] S. Wang, "Negative correlation learning for classification ensembles," presented at the International Joint Conference on Neural Networks, IJCNN 2010, Barcelona, Spain, 2010.
- [20] C. Onsang, "Combining Multiple Models for Predicting the Risk of Diabetes Using Multi-Kernel Learning," In Proc. NCCIT2019, pp. 1-6, 2019.
- [21] N. Sritrakul and T. Hudakorn, "The economic value and satisfaction of substituting LPG in households by a biogas network," Energy Reports, pp. 565-571, 2020.
- [22] W. Sookcharoen, "Dealing with Missing Data," ROMPHRUEK JOURNAL KRIRK UNIVERSITY, vol. 33, no. 2, pp. 11-32, 2015.

Foot Arch Posture Classification using Image Processing

Wudhichart Sawangphol^{1*}, Thanapon Noraset¹, Pilailuck Panphattarasap¹, Pisit Praiwattana¹, Praphawarin Sutthiratpanya¹, Nuengnuch Talanon¹, Kamolluk Tungsupanich¹ and Danu Prommin²

¹Faculty of Information and Communication Technology, Mahidol University

²National Metal and Materials Technology Center

Received: February 28, 2021; Revised: May 26, 2021; Accepted: May 27, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – The foot arch is a key role in supporting the weight of the body and providing propulsion force during push-off, it enables a more natural and aesthetic gait and protects the foot from injury. An effective way to prevent injuries caused by abnormal foot arches is to use suitable personalized insoles. Personalized insoles can reduce and relieve the pain that caused by abnormal of the foot arches, which can be difficult to make for each particular type. Current methods of analyzing foot arches are manual calculation, which is time consuming and prone to human error. Therefore, the objective of this study is to classify foot arches posture and determine different foot arch types based on the foot scan image by develop an application to improve the analysis of personalized insole. As the result, our foot arch type classification gives the satisfied result at 87.5% comparing to the data classified by expert.

KEYWORDS: Image Processing, Foot Arch, Information Technology, Arch Index, Personalized insole

1. Introduction

Foot posture is an important component of musculoskeletal assessment in clinical practice and research. One reason is that foot helps humans maintain and relocate their center of gravity; foot posture alignment also related to how the body weight is distributed so that humans can balance their stability. The abnormal feet might introduce health issues such as walking performance or posture maintaining.

An effective way to prevent any injuries caused by abnormal foot arches is to use suitable personalized insoles so that it would perfectly fit each particular type. However, current methods of analyzing foot arch type involve X-ray and getting the image from Presscam analysis tool and then manually identify the foot arch type, which is time-consuming and prone to human errors. It causes the unpopularity of personalized insoles. Based on this, we then propose to develop a system called *Foot Arch Posture Classification using Image Processing (FAP)* to improve the analysis of personalized insole. This system will accept an image from Presscam analysis tool and automatically classify the foot arch type. This

will ease insole producers to classify foot arch type for each individual efficiently. An example of an image from Presscam analysis tool is shown in Figure 1. Note that an image from Presscam analysis tool will be called as *foot pressure image* in this paper.

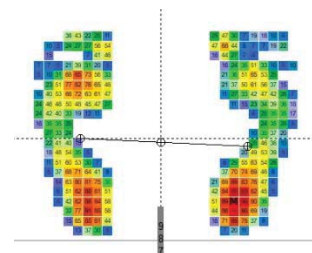


Figure 1. An example of an image from Presscam analysis tool

2. Background and Related Work

In this section, we provide the background and related works.

*Corresponding Author: wudhichart.saw@mahidol.edu

2.1 Foot type classification

On the average, there are 2.2% of population that suffer from the abnormally of foot [1]. Their related symptoms are associated with poor health outcomes, and more likely chance to occur when the ages increase [2].

To better understand the problem, a foot type can be classified into three categories shown in Figure 2. The first, the normal foot type or neutrally aligned foot (Figure 2a), contains the characteristic of balancing between the horizontal forefoot and a calcaneus.

The second, cavus foot (Figure 2b), also known as high arches (per cavus) is a condition where the bend in the middle of the foot is abnormally high. When a person with cavus foot type is walking or standstill, their weight highly presses on the ball and heel of their feet. With this, standing for a long time might affect the balance and can cause the sprained ankle [3].

The last, low feet or flat feet (Figure 2c) is where there is no arch in the foot and the whole sole touches the ground. This type of foot is quite common in children because their bones are still developing. However, for the adult, flat feet can cause the lower back and knee pain as their foot cannot absorb the impact while walking. It can also affect the uneven distribution of body weight which, in the long run, can result in shoes wearing down unevenly or more quickly than usual, especially on one side and may cause the further injuries [4].

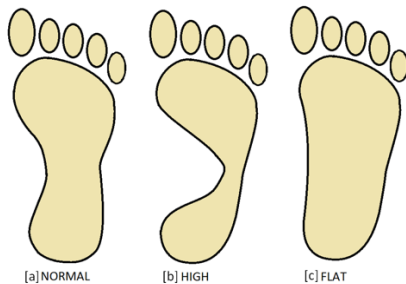


Figure 2. Foot Arch Types consist of (a) normal foot, (b) cavus foot or high arch foot, and (c) flat foot

To analyze the foot type traditionally, the clinical protocols in [5] stated the use of the navicular height and the arch index. The navicular height can be obtained by measure from the supported surface to the navicular tuberosity, which is located at the side of the foot. In [6], they use the sided X-ray image to perform the flat feet classification. However, our study is focus on using the foot pressure image for classification. Thus, it is more suitable to use the arch index measurement; in the next subsection, we explained the process of calculating the arch index.

2.2 The arch index calculation

The arch index lies in the area of the middle third of the footprint. Thus, the foot area is divided into 3 equal parts; the arch index is calculated by using the ratio of the middle third of the footprint to the entire footprint area (excluding the toes). Based on [7] and [8], the final arch index can be calculated using Equation 1.

$$\text{Arch index (AI)} = \frac{B}{(A + B + C)}$$

Equation 1 Arch Index Calculation

where A, B, and C are the area of parts of foot as shown in Figure 3.

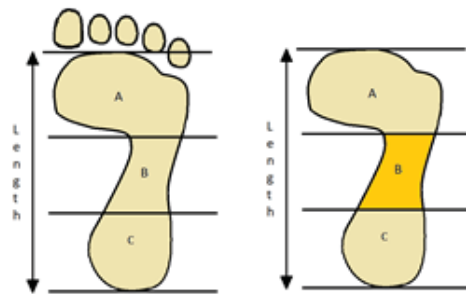


Figure 3. Area A, B, and C for calculating of the arch index value

Finally, a range of the arch index scores can have a range from 0 to 0.39. With the mean 0.24, median 0.24 and standard deviation (SD) 0.06, they can be categorized into 3 groups as shown in Table 1.

Table 1. Foot Arch Type and Arch Index

Foot Arch Type	Arch Index
High	< 0.21
Normal	[0.21,0.28]
Flat	> 0.28

The arch index of normal type (± 1 SD from the mean) is 0.21 to 0.28, high type (< 1 SD) is lower than 0.21, and flat type (> 1 SD) is more than 0.28 [7,8].

Therefore, we plan to design a system that would calculate the arch index scores from given input image then interpret the foot type with only the provided information.

3. System and Design

In this section, we describe the detail of our system FAP and design. Firstly, we acquired an input image data as foot pressure image from Presscam analysis tool. The user stood on SIDAS Foot Scanner (Figure 4a). After that, the obtained plantar surface of the foot transferred to the Presscam analysis tool

(Figure 4b) and the foot pressure image is retrieved.

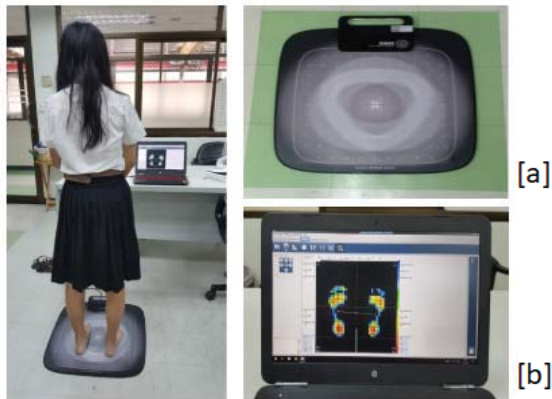


Figure 4. The data was obtained using: (a) SIDAS Foot Scanner and (b) Presscam analysis tool

The foot pressure images as shown in Figure 5 were collected as our dataset. There were 100 foot pressure images scanned by SIDAS Foot Scanner. It can be considered that each foot pressure image has 2 sides of foot (left and right). Therefore, there were 200 individual scan images in total, which had a mix of 3-foot types, which were normal (93), high (84), and flat foot (23).

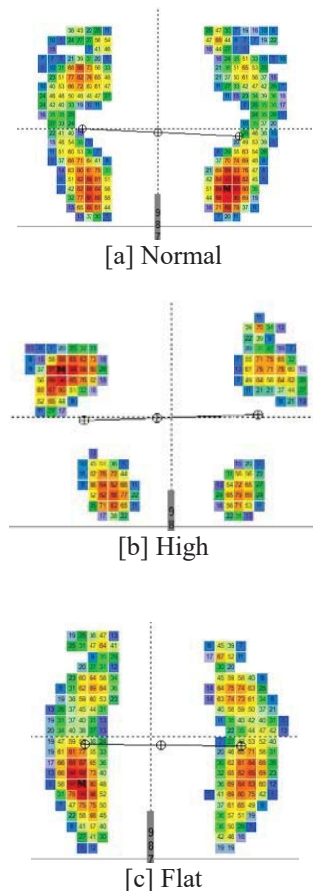


Figure 5. Examples of Foot Pressure Image for each Foot Arch Type

As can be seen in Figure 5, the color in the image is the level of pressure, when a person stands on SIDAS Foot Scanner. Basically, the level is ordered from blue, violet, light violet, green, light green, yellow, dark yellow, orange, and red as low to high respectively. The foot arch type of each image in our dataset has been labelled by experts from Thailand National Metal and Materials Technology Center (MTEC).

As stated earlier, due to the time consuming and prone to human errors caused by manual calculation, personalized insoles are not widely available in the market. Facing this challenge, we propose an approach to classify the foot arch types using image processing.

FAP System has two main modules: User Interaction and Classification by Foot Arch Index. The structure chart is in Figure 6.

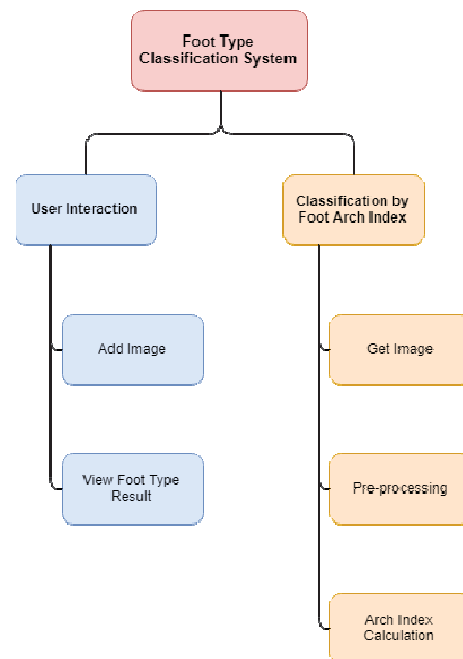


Figure 6. Structure Chart of FAP System

The description of each module of FAP System is described as followed:

1. User Interaction: provides for all users to access to FAP System, which can interact by two modules: Add Image and View Foot Type Result.
 - a. Image Adding: allows users to add an image of a foot pressure image or a set of images that users want to classify its foot type.
 - b. View Foot Type Result: allows users to view the foot type as an output of the system.
2. Foot Arch index: performs classification of FAP System.

- Image Getting: allows the system to retrieve the input or foot scan image for the classification by foot arch index.
- Pre-processing: applies a method for suppressing unwanted information of the input or foot scan image before forwarding to find the arch index.
- Arch Index Calculation: calculates the arch index value and classify the foot type based on the foot arch index method.

FAP System consists of three main components, which are the web application, web server and the classification module. The reason we select web application technology is due to their popularity and flexibility across platforms.

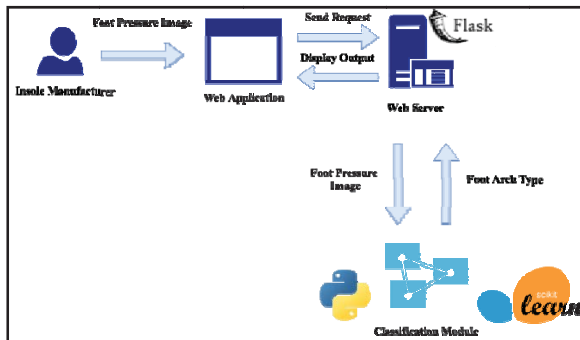


Figure 7. System Architecture of FAP System

The system architecture shown in Figure 7, represents the process of FAP System. Firstly, the user or insole manufacturer can upload the foot pressure image to our web application. Then, the application sends a request for connecting to the web server. Once connected, it submits foot pressure image to the classification module.

Next, once the classification module receives a foot pressure image, it performs the foot arch type classification. The process is to classify the foot type of a foot pressure image and send the result (foot type) back to the web server. Then, the output displays on the application.

The system architecture of the classification module (shown in Figure 8) represents how the model proceeds the classification with the input (foot pressure image). Firstly, it receives the image and performs the pre-processing to adjust the distortions on the image file. Then, it calculates the arch index based on the pre-processed image. Finally, the arch index value defined in Table 1 to classify the foot arch type.

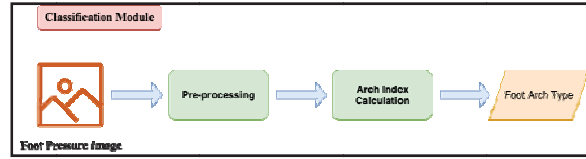


Figure 8. System Architecture of Classification Module

4. Implementation

In this section, we explain the process of implementing our application. According to the structure chart in Figure 6. Users can make use of the web interface as shown in Figure 9 to upload their image and view the result.

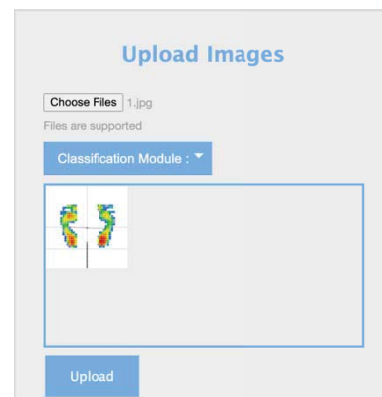


Figure 9. Upload image page

Once the user uploads the foot image, the next process is to classify the foot type. For the classification module, our implementation is based on web technology and Python [9]. According to the system architecture of the classification module, as shown in Figure 8, the processes are as followed. In the following explanation, the image in Figure 10 will be used.

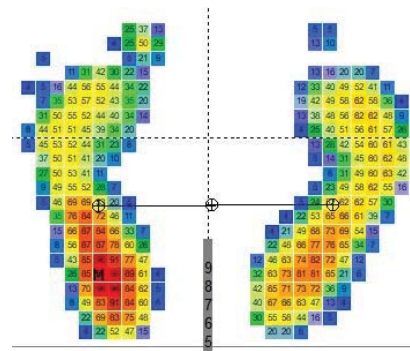


Figure 10. An example of Foot Pressure Image for Explanation

Firstly, the classification module receives an image from the user, then it applies the Python

program to find the arch index. An image that is accepted by this system is RGB image.

The steps of pre-processing are as follows. In the beginning, the RGB input image is converted into the grayscale using scikit-image¹ library in Python as shown in Figure 11.

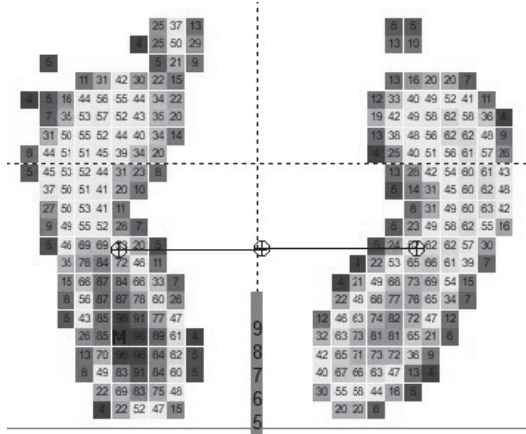


Figure 11. Grayscale image of Figure 10

Next, as can be seen in the grayscale image, there are square blocks (see Figure 12). To find the area of foot, the number of pixels can be used instead. Therefore, we convert this image to binary image by mapping each square block to 1 pixel. The size of each square block is 12 x 12 pixels. In order to map each square block to 1 pixel in binary image, the average of color value of a square block is used. The notion is that if the average color value of a square block is close to 0, it will be black. Otherwise, it will be white. The result of this process is shown in Figure 13. The size of the binary image is 40 x 40 pixels.



Figure 12. Square Block

The next process is to remove the toe parts from the binary image I . To do that, we first counting the numbers of black pixels in each line, horizontally and vertically, and collect them as a set of I_h and I_v .

The actual width and height of the given foot, w and h , are defined using the maximum values of elements within the set of I_h and I_v , respectively.

With this, we perform the toe removal process by searching through the set of I_h . We then discard any component that contains values less than a half of the foot width or $w/2$; we assume that the toe would not likely be wider than a half of its corresponding foot.

Note that to avoid removing the arch area, we apply a similar assumption and limit the search by one-fourth of the foot height or $h/4$.

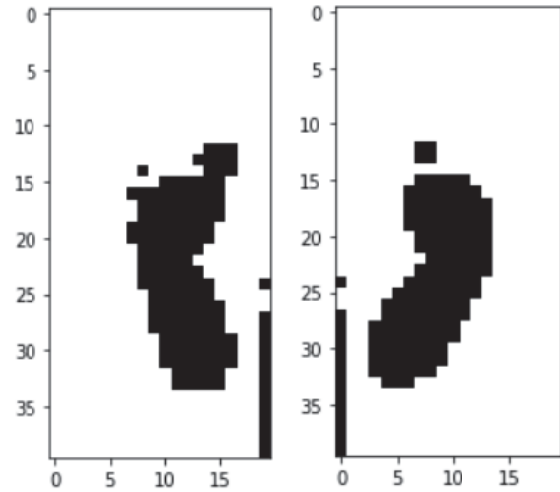


Figure 13. Binary Image

After that, the result (Figure 14) is the input for the next process, which is the arch index calculation. To do that, the method we use is as explained in the section of the arch index calculation.

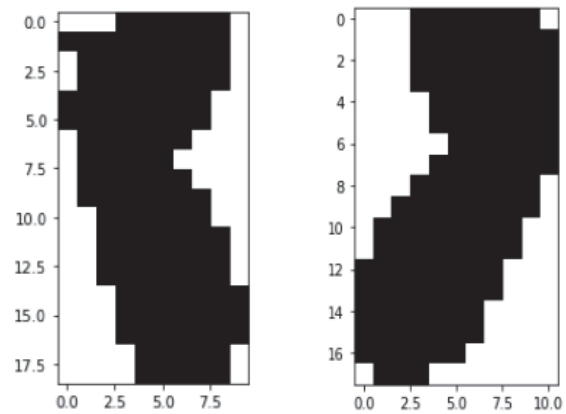


Figure 14. An image after removing the toe

Finally, we would use the arch index to interpret the foot type to be high, normal, and flat foot. This result display for the user via our web application interface through the connection of Flask [10] implementation as shown in Figure 15.

¹ https://scikit-image.org/docs/dev/auto_examples/color_exposure/plot_rgb_to_gray.html

Arch Index					Download csv	
File Name	Left		Right			
	Foot Type	Arch Index	Foot Type	Arch Index		
2.jpg	Normal	0.2323	Normal	0.2424		
42.jpg	Flat	0.3305	Flat	0.3258		
57.jpg	High	0.1081	High	0.0485		

Figure 15. Arch index and foot arch types of result

5. Experiment and Discussion

In this section, the detail of the experiment and analysis are presented.

5.1 Experiment Description

The input data that we used to calculated and classified foot type were 100 pairs of foot pressure images dataset or 200 feet images in total. They came from the Presscam analysis tool. The dataset consists of 3 foot types as high, normal and flat as shown in Figure 4. The images that we use is in JPEG format with resolution 500 x 500 pixels. To evaluate our system, we conducted our experiment based on 3 types of processed data those are the sets of arch index value from pre-labeled values and our results (It is called Thresholding).

These pre-labeled values were given by the experts are divided into two sets. For the first set of data, the experts had the process of modified the number of rows of squares in images (It is called Labeled by expert) before the calculation, and they had not done for the second set (It is called Labeled by expert (New)). In the end, we conducted 3 experiments to compare between these Labeled by expert, Labeled by expert (New) and our Thresholding data. More details will be discussed later.

The reason behind the stated process of modification is due to the human error nature when doing the classification. To be more precise, when the human would like to calculate the arch index from the foot pressure image (see Figure 5). They need to divide the foot image into 3 parts as required by the method of calculation discussed before. To make the process easier, they would try to adjust the original input by increasing and decreasing the number of rows of squares. For example, if an image has 20 rows, for humans, we will increase the number of rows to 21 so that it would be easier to divide into 3 parts. However, this might lead to the error of calculation.

With this, it can be counted as the advantage of using our system as, unlike humans, the machine will not conduct things based on their convenience. Thus, our system does not need to increase or decrease the row and just use the pixel level of images to calculate the arch index.

To gain more understanding, Figure 16 shows the example of the foot pressure image, which has 19 rows of square block in total, which is the foot area. Based on this, the human might decrease the number of rows from 19 to 18 so that the 3-parts division process will be easier. By using the original number of rows, the arch index of the left and right foot is both 0.28, which means that both sides of feet are flat foot. However, if we decrease the number of rows, the arch index of left and right foot will be shifted to 0.26 and 0.27 respectively, and this reflects a normal foot for both cases. Thus, that is why modifying the number of rows of squares in images can lead to the wrong arch type.

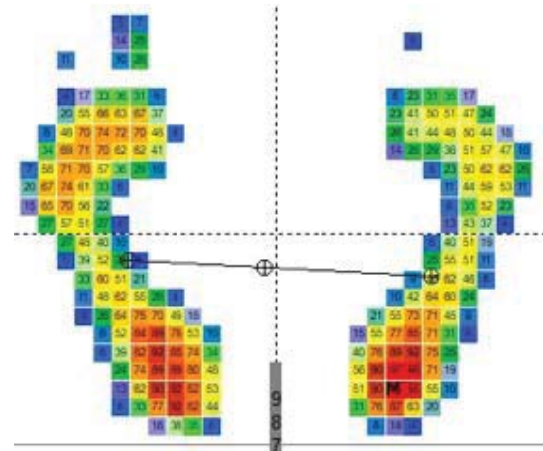


Figure 16. Example case where the image cannot be divided by 3

For our approach, FAP will divide 19 by 3, which is equal to 6.33. As can be seen, it is not possible to get 6.33 pixels. FAP will calculate part A, B, and C (see Figure 3) by rounding the pixel up and sharing the pixels that in the middle of A and B or B and C. For example, in this case, the row of pixel of A is 1 – 7, B is 7 – 13, C is 13 – 19.

Thus, we set up experiments to compare the results based on these assumptions. All results presented in this section have been conducted on a 64bit Dual-Core Intel Core 5 dual 2.5GHz machine, with 4GB of RAM under Windows 10. We use Python 2.7 and Flask 1.0.2.

5.2 Experiment Results and Discussion

As stated before, we have used the Labeled by expert, Labeled by expert (New) and Thresholding data. We presented the experimental results by using scatter plot with a linear line, where each data point represents each foot image input, each x-axis and y-axis represents the calculation of the Thresholding and Labeled by expert, respectively. Figure 17 and Figure 18 show the arch index value from the right and left foot.

The result shows that the correctness of our program comparing to data Labeled by the expert on both sides of the foot is 77%. This low number caused by the human nature of increasing and decreasing the number of rows for calculation as stated before.

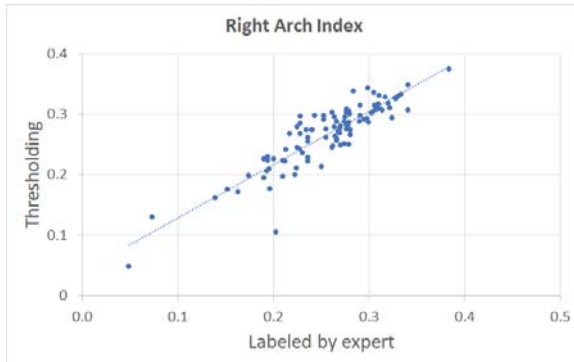


Figure 17. Comparison of **right** foot Arch Index Data between labeled by expert with modifying the number of rows and calculating by using a program

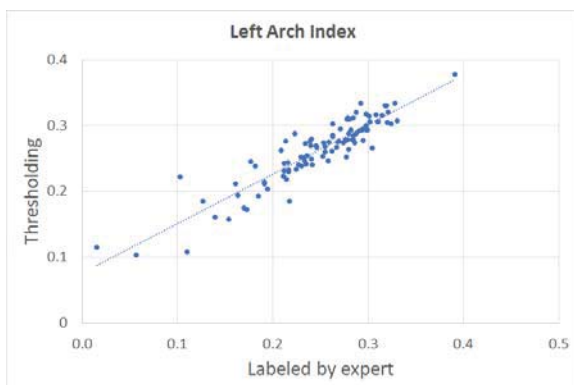


Figure 18. Comparison of **left** foot Arch Index Data between labeled by expert with modifying the number of rows and calculating by using a program

Therefore, after discussing these problems with the experts, they admitted that the arch index calculation by modifying the number of rows of squares in images was due to human error. Then, they agreed to change the way of calculating the footprint area by using the exact number of rows of squares to calculate the arch index and classify foot arch type as Labeled by expert (New) data.

This leads to the second experiment. The results are shown in Figure 19 and Figure 20. These figures show that the correctness of Labeled by expert data is only 84.5% comparing to Labeled by expert (New) data. This is because, as mentioned, if the number of rows of squares in images is modified, this may lead to wrong arch index value and type.

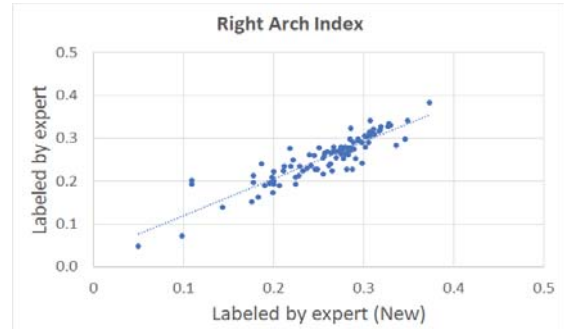


Figure 19. Comparison between **right** foot Arch Index Data between labeled by expert with modifying the number of rows and **right** foot Arch Index Data labeled by expert without modifying the number of rows

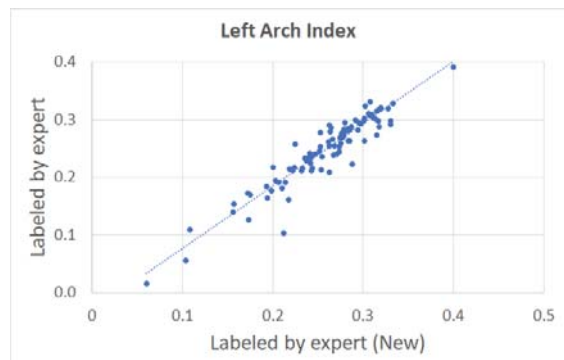


Figure 20. Comparison between **left** foot Arch Index Data between labeled by expert with modifying the number of rows and **left** foot Arch Index Data labeled by expert without modifying the number of rows

Finally, we conduct the third experiment to compare between Labeled by expert (New) data and FAP data. The results are shown in Figure 17 and Figure 18. As we can see, the correctness of FAP compared to the one labeled by the expert (New) is 87.5%, which is better than the first and second experiment. In addition, if we observe these scatter plot, it can be seen that the data points are very close to the linear line for both foot sides.

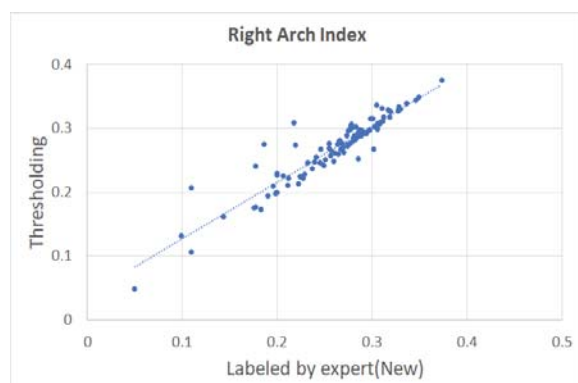


Figure 21. Comparison of **right** foot Arch Index Data between labeled by expert without modifying the number of rows and calculating by using FAP

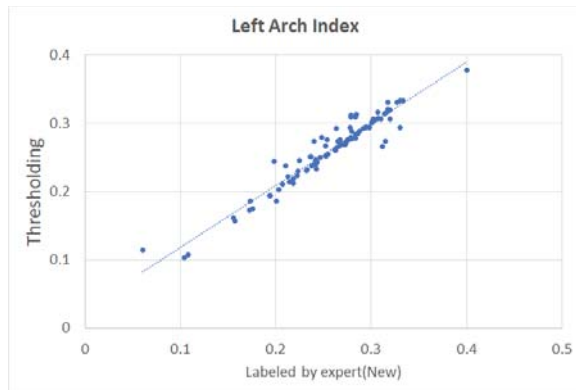


Figure 22. Comparison of **left** foot Arch Index Data between labeled by expert without modifying the number of rows and calculating by using FAP

Therefore, it is evidently important that modifying the number of rows of squares in images is necessary to be re-considered since this is a factor of the errors in manual classifying foot arch types. On the other hand, FAP can increase the accuracy of classification when the number of rows of squares in images is not modified and decrease the human error and classification time since our program calculates arch index at the pixel level of images. In addition to this, for the classification time, it is clearly seen that our approach spends less time the manual calculation by humans.

6. Conclusion

In the process of creating the personalized insole, it requires the knowledge of the foot arch index which can lead to the prediction of foot type: high, normal, and flat. However, the manual method can cause time-consuming and human errors. Effectively, the reasons for using our proposed approach have been driven by two factors. Firstly, it can reduce human error, especially from fatigued, and improve accuracy of calculation process. Secondly, the classification can be performed in short periods and lead to overall time reduction.

In the experimental result, we observe the actual problem of human errors by their adding or removing the number of rows from the original inputs and this can be a cause of wrong calculation. However, our system does not have the same problem and our results support that statement.

However, there are some limitations to our approach. For example, the thresholding method may not remove toes in some cases. Therefore, to improve the performance of our approach and finding a better way of classifying foot arch types, we aim for applying Machine Learning to extract parameter by a foot feature using different algorithms and analyzing data in the perspective of correctness, high performance and effectiveness.

References

- [1] Z. Mei, K. Ivanov, G. Zhao, Y. Wu, M. Liu, and L. Wang, "Foot typeclassification using sensor-enabled footwear and 1d-cnn," *Measurement*, vol. 165, pp. 108184, 2020.
- [2] Y. M. Golightly, M. T. Hannan, A. B. Dufour, and J. M. Jordan, "Racialdifferences in foot disorders and foot type," *Arthritis care & research*, vol. 64, pp. 1756–1759, 2012.
- [3] Foot and Ankle Clinic of the Virginias, "What are the risk of cavus foot(higharches)?," *Foot and Ankle Clinic of the Virginias*. [Online]. Available: <https://drfootpain.com/cavus-foot-high-arches-risks/>. [Accessed: Jan. 20, 2021].
- [4] W. Morrison and A. Felman, "What's to know about flat feet?," *Healthline Media UK Ltd*, 2018. [Online]. Available: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/168608.php>. [Accessed: Jan. 20, 2021].
- [5] G. S.Murley, H. B.Menz, and K. B.Landorf, "A protocol for classifyingnormal-and flat-arched foot posture for research studies using clinicaland radiographic measurements." *Journal of foot and ankle research*, vol. 2, pp. 1-13, 2009.
- [6] M. S. Jian, J. H. Shen, Y. C. Chen, C. C. Chang, Y. C. Fang,C. C.Chen, and W. H. Chen,"Cloud image processing and analysisbasedflatfoot classification method," *International Journal of Computers*, vol. 8, pp. 90-98,2014.
- [7] H. B.Menz, M. R.Fotoohabadi, E. Wee, and M. J. Spink, "Visualcategorisation of the arch index: a simplified measure of foot posture inolder people," *Journal of foot and ankle research*, vol. 5, pp. 1-7, 2012.
- [8] B. J. Přihonská, "Analysis of foot typology in basketball players," M. S. thesis, Masaryk University, Czechia, Czech Republic, 2018.
- [9] Python Software Foundation, "Python," *Python Software Foundation*, 2021. [Online]. Available: <https://www.python.org/>. [Accessed: Jan. 20, 2021].
- [10] M. Grinberg, *Flask web development: developing web applications with python*, O'Reilly Media, Inc., 2018.

การเปรียบเทียบวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์เพื่อ
ปรับปรุงการจำแนกความหมายภาพ

Comparison of Feature Selection Method with ReliefF base on Multi Label Algorithm to Improve Semantic Image Classification

เตชภัฏธินปี เพียชัย¹ และ นัทCHANUN ชินปัญญะ²

Tejtasin Phiasai¹ and Nutchanun Chinpanthana²

¹สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

²วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

¹School of Science and Technology, SukhothaiThammathirat Open University, Chaengwattana rd.

²College of Innovative Technology and Engineering, Dhurakij Pundit University

Received: April 10, 2021; Revised: May 25, 2021; Accepted: June 19, 2021; Published: June 25, 2021

ABSTRACT – Image classification is developed as part of a framework in digital image processing. The image extraction in relevant features is the most challenging part of classification. The performance of algorithm depends on features considered from the dataset. There are many algorithms attempt to analyze and combine all features but high dimensional dataset degrades the performance of algorithm. To overcome this problem, we propose a ReliefF base on Multi Label Algorithm (ReliefF-ML) to improve semantic image classification. Feature selection technique is used as a first step to analyze in large data set that is to find relevant features and removes redundant features from high dimensional dataset. This paper presents four steps including (1) data preprocessing, (2) feature extraction, (3) ReliefF-ML feature selection model, and (4) efficiency measurement and evaluation of experimental results. The experimental results indicate that our framework offers performance improvements with ReliefF-ML feature selection algorithm. The proposed model can achieve significant improvements for image classification with maximum success rate of 78.87% with 12 features.

KEYWORDS: Image classification, Digital image processing, Feature selection, ReliefF, Semantic images

บทคัดย่อ -- การจำแนกข้อมูลภาพได้ถูกพัฒนามาจากส่วนหนึ่งของการประมวลผลภาพดิจิทัล การนำคุณลักษณะข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องมาใช้งานยังคงเป็นส่วนสำคัญสำหรับการจำแนกข้อมูลภาพ โดยส่วนมาก ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมยังคงขึ้นกับข้อมูลที่ถูกเลือกมาใช้จากฐานข้อมูลและอัลกอริทึมส่วนใหญ่จะประกอบด้วยข้อมูลหลายรูปแบบที่นำมาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้ชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่จนทำให้ประสิทธิภาพของอัลกอริทึมลดลง สิ่งนี้จึงกลายเป็นปัญหาดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีการรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์เพื่อปรับปรุงการจำแนก

*Corresponding Author: nutchanun.cha@dpu.ac.th

ความหมายภาพ ซึ่งการคัดเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมจะถูกใช้เป็นขั้นตอนแรกเพื่อลดทอนคุณลักษณะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง วิธีการดำเนินงาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้ (1) ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล (2) การสกัดข้อมูลภาพ (3) การคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลด้วยวิธีฟอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์และ (4) การวัดประสิทธิภาพและประเมินผล จากการทดลองสามารถระบุได้ว่าการใช้อัลกอริทึมวิธีฟอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลภาพ ได้ดียิ่งขึ้นถึงร้อยละ 78.87 ด้วย 12 คุณลักษณะ

คำสำคัญ: การจำแนกข้อมูลภาพ, การประมวลผลภาพดิจิทัล, การคัดเลือกคุณลักษณะ, วิธีฟอฟ, ความหมายภาพ

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาทางเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีและอุปกรณ์ถ่ายภาพดิจิทัลได้พัฒนาอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองการใช้งานทางด้านภาพถ่ายดิจิทัลไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์มือถือ อินเทอร์เน็ต ทำให้การจัดเก็บข้อมูลมีเดียรวมทั้งการค้นคืนข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วสูงสุด เช่นเดียวกันกับงานวิจัยทางการประมวลผลภาพ (*digital image processing*) ที่พยายามนำเทคนิคการค้นคืนด้วยคุณลักษณะของภาพ [1][2] เช่น รูปร่าง ขนาด สี หรือ พื้นผิว ที่อยู่ในรูปแบบค่าตัวเลขในรูปแบบเวกเตอร์คุณลักษณะเฉพาะเพื่อใช้เป็นดัชนีภาพสำหรับการจัดเก็บภาพลงในฐานข้อมูล วิธีการนี้ยังคงต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง แต่วิธีการสร้างป้ายกำกับด้วยคำศัพท์ (*keyword annotation*) [3] เป็นการนำข้อมูลคำศัพท์ลงในฐานข้อมูลภาพ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการกระบวนการค้นคืนภาพ ทำให้สามารถค้นคืนความหมายวัตถุบนภาพได้อย่างรวดเร็ว รูปแบบของการให้ความหมายจะเป็นการเขียนคำศัพท์หรือข้อความเป็นป้ายกำกับที่มีความสัมพันธ์กันด้วยมนุษย์บนแอปพลิเคชันที่รองรับ ข้อมูลเหล่านี้ได้ถูกนำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ และผสมผสานกันระหว่างคุณลักษณะเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการค้นคืนในรูปแบบที่ซับซ้อนขึ้น บางกลุ่มได้มีการแทนข้อมูลในรูปแบบอนุกรมวิธาน *WordNet* [4] เป็นฐานข้อมูลพจนานุกรมภาษาอังกฤษที่มีโครงสร้างแบบลำดับชั้นตามความสัมพันธ์และความหมายคำศัพท์ และในบางกลุ่มวิจัยได้นำภาพในลักษณะเดียวกัน เพิ่มข้อมูลสาระสำคัญของภาพ เช่น ชื่อสถานที่ ชื่อหัวข้อ หรือชื่อเหตุการณ์ [5] แต่อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้องตามกลุ่มการจำแนก เนื่องจากการแทนข้อมูลด้วยคำศัพท์นั้นถูกสร้างความสัมพันธ์มีความซับซ้อนจาก โครงสร้างมากจนเกินไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

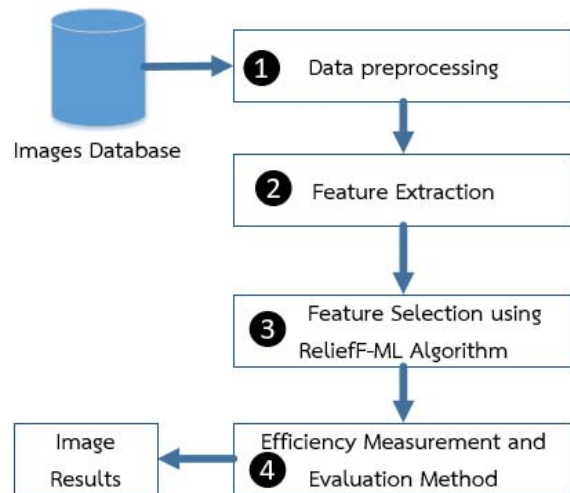
โดยทั่วไปแล้วชุดข้อมูลของภาพดิจิทัล จะมีปริมาณข้อมูลขนาดใหญ่และมีคุณลักษณะภาพที่ถูกสกัดออกมาจำนวนมาก ข้อมูลบางคุณลักษณะจะมีผลที่เป็นเชิงบวกแต่บางคุณลักษณะอาจจะมีผลกระทบที่เป็นเชิงลบกับประสิทธิภาพของการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่ม [6] ดังนั้นจึงทำให้เกิดกระบวนการต่างๆ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อแปรเปลี่ยนเป็นสารสนเทศที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานทำให้การเรียนรู้ของเครื่องเข้ามาช่วยในการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ความหมายของภาพ รวมทั้งยังสามารถปรับการเรียนรู้และค้นหาข้อมูลใหม่ๆ เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดจากการเรียนรู้ที่น้อยที่สุดการสกัดคุณลักษณะข้อมูลไม่สัมพันธ์กัน ข้อมูลที่มีความซ้ำซ้อนออกไปเพราะกระบวนการเรียนรู้ของเครื่องจากคุณลักษณะข้อมูลจำนวนมาก อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ถ้าข้อมูลนั้นส่งผลเสียต่อภาพรวม จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการเรียนรู้และยังทำให้เปลืองพื้นที่ เปลืองทรัพยากรของเครื่อง [7] โดยทั่วไปวิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหา นักวิจัย *El-Naggar et al.* [10] และ *Omar et al.* [11] ได้ทดลองการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันด้วย *SVM*, *Naive Bayes*, และ *K-nearest neighbor (K-nn)* เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นรูปแบบของคำศัพท์ ผลที่ได้มีความถูกต้องสูงถึง 90% จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วนั้นสามารถยืนยันได้ว่าการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่ดีเพื่อใช้ในการจำแนกจะมีส่วนช่วยทำให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกต้องดีขึ้นด้วยจะเห็นว่าวิธีการลดจำนวนข้อมูลลง และเหลือเฉพาะข้อมูลที่มีคุณภาพที่เหมาะสมกับกลุ่มข้อมูลมากที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลเข้าของระบบ จะเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาและทำให้ได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการมากขึ้น

วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูล (*feature selection*) [8][9] ในรูปแบบของการคัดเลือกข้อมูลจากการวิเคราะห์ความรู้สึก

(sentiment analysis) มีอยู่หลายวิธีตัวอย่างเช่น Document frequency, Information Gain (IG), Fisher Score, Mutual Information, ReliefF, Chi-Square, Support Vector Machine (SVM), Naïve Bayes, Decision Trees, K-Nearest Neighbor (K-NN), Maximum Entropy เป็นต้น และอัลกอริทึมรีลิฟเอฟ (ReliefF algorithm) [12] เป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้สำหรับการคัดเลือกคุณลักษณะ ซึ่งมีหลายงานวิจัยที่พยายามปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมให้สามารถใช้งานได้ในรูปแบบของหลายชุดข้อมูลจากเดิมที่ใช้ได้เพียงแค่ชุดข้อมูลเดียว BR-ReliefF (Binary Relevance ReliefF) [12] ถูกนำเสนอสำหรับข้อมูลป้ายคำศัพท์ที่เพิ่มขึ้น โดยอยู่บนพื้นฐานของวิธีการ Information Gain [13] ด้วยการหาข้อมูลที่มีผลกระทบมากที่สุดกับชุดข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามวิธี BR-ReliefF ยังไม่ได้คำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภายใน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ใช้อัลกอริทึมรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์ (ReliefF base on Multi Label algorithm : ReliefF-ML) [13] [14] เป็นการคัดเลือกคุณลักษณะแบบหลายชุดข้อมูลด้วยการปรับค่าน้ำหนักเพื่อสร้างความสัมพันธ์ของคุณลักษณะข้อมูลให้เหมาะสมกับแต่ละป้ายคำศัพท์ และหาความสัมพันธ์แบบคู่ชุดข้อมูลด้วยการพิจารณาจากความถี่และความสัมพันธ์กันระหว่างชุดข้อมูล [15][16] ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้ (1) การเตรียมข้อมูล (data preprocessing) (2) การสกัดข้อมูล (feature extraction) (3) การคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลด้วย ReliefF-ML (feature selection with ReliefF-ML) และ (4) การวัดประสิทธิภาพและวิธีการประเมินผล (Efficiency Measurement and Evaluation method) ดังแสดงในรูปที่ 1

3. วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยได้นำเสนอ วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกข้อมูลความหมายภาพด้วยอัลกอริทึมรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์ (ReliefF-ML) มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

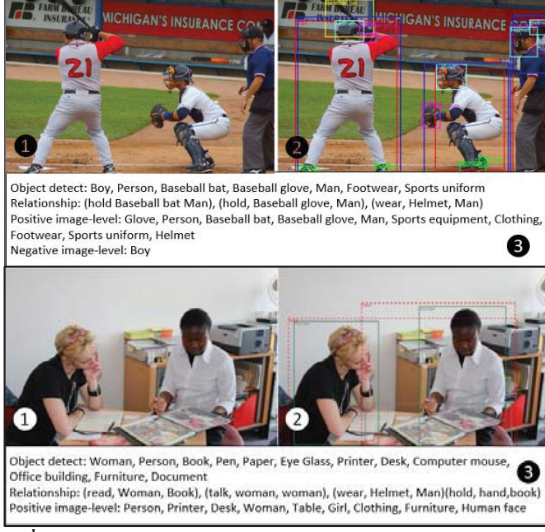


รูปที่ 1. ขั้นตอนการจำแนกความหมายด้วยการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยวิธีรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์

3.1 การเตรียมข้อมูลภาพ (Data Preprocessing)

การเตรียมข้อมูล เริ่มจากคัดเลือกข้อมูลภาพดิจิทัลที่มีวัตถุนบนภาพที่เด่นชัด มีวัตถุภาพพื้นหลัง ภาพที่ถูกคัดเลือกเข้ามานั้นเป็นภาพที่มีความหมายภาพชัดเจน ภาพที่ถูกคัดเลือกออกไปไม่นำมาใช้ทดลองจะเป็นภาพที่มีลักษณะผิดปกติคุณลักษณะวัตถุไม่ชัดเจนคลุมเครือ มีขนาดวัตถุนขนาดเล็กเกินไปไม่สามารถบ่งชี้ชื่อวัตถุได้ หรือภาพถ่ายระยะไกล สำหรับข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองถูกคัดเลือกจากฐานข้อมูลภาพ Open Images V4 [17][18] ข้อมูลภาพส่วนใหญ่จะนำมาจาก Flickr.com โดยข้อมูลภาพได้มีการสร้างป้ายคำศัพท์ตามกลุ่มที่กำหนดไว้ประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลดังนี้ (1) object detection เป็นชื่อวัตถุที่ปรากฏบนภาพประกอบด้วยสูงสุด 8 คำศัพท์ (2) bounding boxes เป็นข้อมูลตำแหน่งของวัตถุที่เด่นบนภาพ ประกอบด้วยกลุ่มข้อมูลทั้งหมด 600 กลุ่ม ที่สอดคล้องกับวัตถุก่อนหน้า (3) visual relationship annotations เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มวัตถุนบนภาพ ประกอบด้วย 57 กลุ่ม รูปแบบคำศัพท์ที่ถูกเก็บลงบนฐานข้อมูล และได้มีการจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสมจากป้ายกำกับบนภาพที่มีความหมายใกล้เคียงกัน และกลุ่มคำศัพท์ที่มีความหมายต่างกัน กับกลุ่มคำศัพท์เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพในรูปที่ 2 เป็นภาพตัวอย่างจากฐานข้อมูลหมายเลข ① เป็นภาพต้นฉบับหมายเลข ② เป็นการแสดงป้ายกำกับกับ bounding boxes บนภาพวัตถุที่ถูกให้ความหมายและความสัมพันธ์ หมายเลข ③ เป็นชื่อวัตถุนบนภาพ

ที่ถูกป้ายคำศัพท์ที่มีการกำหนดกลุ่มคำเป็นหมวดหมู่จากฐานข้อมูลภาพ Open Images V4 [17][18]



รูปที่ 2. ตัวอย่างข้อมูลภาพแสดงป้ายกำกับกับbounding boxes (ภาพบน)และ ตัวอย่างภาพแสดงความสัมพันธ์ภายใน (ภาพล่าง)จากฐานข้อมูลภาพ Open Images V4 [17][18]

3.2 การคัดเลือกข้อมูลด้วยอัลกอริทึมรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์ (Feature Selection using ReliefF-ML Algorithm)

อัลกอริทึม ReliefF-ML [12][13][14] ถูกสร้างขึ้นมาจากกระบวนการให้ค่าน้ำหนักกับฟีเจอร์ (feature weight) โดยมีการกำหนดค่าของฮิต (hit) และมิส (miss) ของอัลกอริทึม ReliefF สามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ในเชิงความน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$\rho_l = \frac{\eta_l + \gamma}{n + 2\gamma}, (1)$$

เมื่อกำหนดให้ η_l จำนวนของอินสแตนซ์ในชุดข้อมูลที่ขึ้นกับป้ายคำศัพท์ l ให้ n เป็นจำนวนอินสแตนซ์ของชุดเรียนรู้ และให้ γ เป็นตัวแปรควบคุมค่าก่อนหน้า โดยให้ $\gamma = 1$ เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการใช้ Laplace smoothing กำหนดให้ค่า i และ j เป็นค่าระยะห่างระหว่างป้ายคำศัพท์ที่ i และ j ด้วยวิธี HammingDistance D_L แทนค่าความเหมือนกันในการจำแนกข้อมูล

$$D_L(i, j) = \frac{|y_i \Delta y_j|}{k_{nn}}, (2)$$

เมื่อกำหนดให้ค่าที่มีเกี่ยวข้อง (relevant) และค่าที่ไม่เกี่ยวข้อง (irrelevant) ของอินสแตนซ์ i ในกลุ่มของ k -nearest neighbors จะแบ่งเป็นกลุ่มฮิต H_i^l และกลุ่มมิส M_i^l ของค่า i เมื่อกำหนดให้ $\rho_{H_i^l}$ แทนค่าความน่าจะเป็นของสองค่าที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุดที่ใช้ป้ายคำศัพท์ l ร่วมกันกับชุดป้ายคำศัพท์อื่น k_{nn} จำนวนเพื่อนบ้านใกล้เคียง และ $\rho_{M_i^l}$ แทนค่าความน่าจะเป็นของสองค่าที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุดที่ใช้ป้ายคำศัพท์ที่มีการใช้ร่วมกันกับชุดป้ายคำศัพท์อื่นเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\rho_{H_i^l} = \frac{\sum_{j \in H_i^l} D_L(i, j)}{k_{nn}}, (3)$$

$$\rho_{M_i^l} = \frac{\sum_{j \in M_i^l} D_L(i, j)}{k_{nn}}, (4)$$

อัลกอริทึม ReliefF-ML จะมีความขึ้นต่อกันระหว่างป้ายคำศัพท์ด้วยการคำนวณความน่าจะเป็น $\rho_{H_i^l}$ และ $\rho_{M_i^l}$ ค่าน้ำหนักจะมีผลกระทบต่อข้อมูลในกลุ่ม ดังนั้นกลุ่มข้อมูลจะถูกชี้วัดด้วยค่าน้ำหนักที่มีความต่างกันทำให้เกิดความคล้ายกันของชุดป้ายคำศัพท์ อัลกอริทึมจะทำงานด้วยการวนซ้ำและปรับค่าน้ำหนักไปเรื่อย ๆ ด้วยสมการดังนี้

$$\omega_f = \omega_f - \sum_{l \in y_i} (\omega_1 \omega_2 \omega_H) + \sum_{l \in \bar{y}_i} (\omega_3 \rho_{M_i^l} \omega_M), (5)$$

$$\text{เมื่อกำหนดให้ } \omega_1 = \frac{\rho_l}{\sum_{k \in y_i} \rho_k}, \omega_2 = \frac{1 - \rho_{H_i^l}}{\rho_{H_i^l}},$$

$\omega_3 = \frac{\rho_l}{\sum_{q \in \bar{y}_i} \rho_q}$ เป็นค่าตัวแปรน้ำหนักที่มีความเกี่ยวข้องกันและไม่เกี่ยวข้องกัน

$$\omega_H = \sum_{j \in H_i^l} \frac{\alpha(x_{if}, x_{jf})}{m}, (6)$$

$$\omega_M = \sum_{j \in M_i^l} \frac{\alpha(x_{if}, x_{jf})}{m}, (7)$$

เมื่อฟังก์ชัน $\alpha(x_{if}, x_{jf})$ เป็นการหาค่าจากความแตกต่างระหว่างค่าของข้อมูลในตำแหน่งที่ f ของข้อมูล i และ j กำหนดให้ m แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ถูกนำไปเรียนรู้เพื่อทำการประเมินค่าน้ำหนัก โดยที่ ReliefF-ML จะมีความต้องการค้นหาข้อมูลของแต่ละป้ายคำศัพท์ที่มีความสัมพันธ์กันและไม่

สัมพันธ์กันด้วย อัลกอริทึม k-nearest neighbors แสดง
รายละเอียดของอัลกอริทึมได้ดังนี้

Algorithm 1. Pseudo-code ReliefF-ML

Require: for each training instance a vector of feature values and the class value

Input: T : data training set of multi label,
 m : the number of sample instances,
 k_nn : the number of nearest neighbors

Output: weight vector ω for the feature attributes

Begin

for $f \in F$ do

$\omega_f = 0$;

end for

for $l \in L$ do

Computing label probability ρ_l in equation (1)

end for

for $l = 1$ to m do

Random i from T ;

for label $l \in \bar{y}_i$ do

Updating k-nearest neighbors H_i^l

Computing Probability $\rho_{M_i^l}$ in equation (3)

end for

for label $l \in \bar{y}_i$ do

Updating k-nearest neighbors M_i^l ;

Computing Probability $\rho_{H_i^l}$ in equation (4)

(4)

end for

for $f \in F$ do

Updating weight ω_f in equation (5)

end for

end for

return ω ;

End

4. การวัดประสิทธิภาพและวิธีการประเมินผล

การวัดประสิทธิภาพและวิธีการประเมินผล สำหรับการทดลอง
นี้ใช้ในการเปรียบเทียบด้วย วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ
มาตรฐาน [15][16] ทั้งหมด 4 วิธีดังนี้ (1) Information Gain (2)
Chi-square (3) Gini Index และ (4) Relief ดังนี้

4.1 Information Gain (IG)

IG เป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลโดยการพิจารณาจากค่า
ความน่าจะเป็นของแต่ละข้อมูลที่มีความเป็นไปได้ด้วยค่า
Entropy เพื่อคัดเลือกคุณลักษณะที่มีความสำคัญในการจำแนก
กลุ่มได้ดีที่สุดที่มีสมการดังนี้

IG เป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลโดยการพิจารณาจากค่า
ความน่าจะเป็นของแต่ละข้อมูลที่มีความเป็นไปได้ด้วยค่า
Entropy

$$IG(\omega) = -\sum_{j=1}^k P(C_j) \log(P(C_j)) + \\ P(\omega) \sum_{j=1}^k P(C_j|\omega) \log(P(C_j|\omega)) + \\ P(\bar{\omega}) \sum_{j=1}^k P(C_j|\bar{\omega}) \log(P(C_j|\bar{\omega})) \quad (8)$$

เมื่อกำหนดให้ $C = \{C_1, \dots, C_k\}$ แทนคลาสของฟิเจอร์ และ
มีทั้งหมด K คลาสสามารถเขียนได้ ความน่าจะเป็นของฟิเจอร์
เป็น $P(C_j)$ และ $P(\omega)$ แทนความน่าจะเป็นที่มีป้ายคำศัพท์
และ $P(C_j|\omega)$ แทนความน่าจะเป็นที่อยู่ในคลาส C_j ที่มีป้าย
คำศัพท์ ω และ $\bar{\omega}$ เป็นข้อมูลที่ไม่ใช่ป้ายคำศัพท์ที่ต้องการ

4.2 ไคสแควร์ (Chi-Square)

ไคสแควร์เป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลด้วย การใช้วิธี
สถิติวัดค่าความต่างกันในรูปแบบการแจกแจงความถี่ของตัว
แปรคุณลักษณะระหว่างความถี่ของค่าที่คาดหวังและความถี่ของ
ตัวแปรที่สังเกตได้ดังแสดงในสมการ

$$\chi^2(l_1, l_2) = \frac{N(AD-BC)^2}{(A+C)(B+C)(A+B)(C+D)} \quad (9)$$

เมื่อกำหนดให้ l_1 และ l_2 เป็นป้ายคำศัพท์ของคลาส C และ N
เป็นจำนวนของข้อมูลทั้งหมด A เป็นจำนวนความถี่ที่เกิดป้าย
คำศัพท์ของ l_1 และ l_2 เกิดขึ้น, B เป็นจำนวนความถี่ที่เกิดป้าย
คำศัพท์ของ l_1 แต่ไม่เกิดป้ายคำศัพท์ l_2 , C เป็นจำนวนความถี่
ที่เกิดป้ายคำศัพท์ของ l_2 แต่ไม่เกิดป้ายคำศัพท์ l_1 และ D เป็น
จำนวนความถี่ที่ไม่เกิดป้ายคำศัพท์ของ l_1 และ l_2

4.3 Gini Index

Gini Index เป็นวิธีการที่คัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่ยื่นต่อคลาส
โดยจะเลือกฟิเจอร์จากระดับความแตกต่างกันของกลุ่มสามารถ
เขียนสมการดังนี้

$$GI(l_i) = \sum_{j=1}^k p(l_i|C_j)^2 p(C_j|l_i)^2, \quad (10)$$

เมื่อกำหนดให้ $C = \{C_1, \dots, C_k\}$ แทนคลาสของฟิเจอร์มี
ทั้งหมด K คลาส

4.4 อัลกอริทึมรีลีฟ (Relief Algorithm)

อัลกอริทึมรีลีฟเป็นวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่มีลักษณะเด่นจากชุดข้อมูลย่อยที่มีความใกล้เคียงกัน[12][13] [14]เริ่มจากการสุ่ม R_i จากกลุ่มและการค้นหาเพื่อนใกล้เคียง K จากกลุ่มเดียวกันที่มีลักษณะข้อมูลใกล้เคียงกันมากที่สุดเป็นค่าสถิติ H และ K ที่มีข้อมูลคุณลักษณะใกล้เคียงจากคนละกลุ่มเรียกว่าค่ามิติ M และแต่ละข้อมูลจะมี ω_i สำหรับข้อมูลที่ i ที่ประกอบด้วย R_i , H และ M และถ้ากลับกันเมื่อข้อมูลภายใน R_i ใน H มีคุณสมบัติที่ต่างออกไปในข้อมูลที่ i แล้วนั้นค่าประมาณของ ω_i จะถูกลดลงทันทีโดยจะกระทำซ้ำๆกันทั้งหมด n ครั้ง สามารถเขียนในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$\omega_i = \omega_i - \frac{\sum_{k=1}^K D_H(k)}{n \cdot k} + \sum_{c=1}^{C-1} p_c \cdot \frac{\sum_{k=1}^K D_M(k)}{n \cdot k} \quad (11)$$

เมื่อ $D_H(k)$ และ $D_M(k)$ เป็นผลรวมของระยะทางระหว่างค่าที่ตำแหน่ง k ของ H หรือ M และ p_c คือค่าความน่าจะเป็นของคลาส C

Algorithm 2. Pseudo-code Relief

Require: for each training instance a vector of feature values and the class value

Input:

D : data training set of feature data matrix,

n : the number of repeat times,

K : the number of the neighbors,

Output: weight vector ω for the feature attributes

Begin

for $j \in n$ do

Random select an instance R_j ;

Finding K nearest hits H

and nearest misses M ;

for $i=1$ to all features do

Updating estimation ω_i in equation (11);

end for

end for

End

5. ผลการทดลอง

การทำวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอ วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลแบบ ReliefF-ML เพื่อการจำแนกข้อมูลภาพที่ดีขึ้น สำหรับชุดข้อมูลภาพที่นำมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้ คือ Open Images

V4 [17][18] ประกอบด้วย 3,500 ภาพ และ 2,800 ภาพเป็นชุดการเรียนรู้และที่เหลือ 700 ภาพ เป็นชุดภาพทดลอง ภาพทั้งหมดจะลดขนาดและจำนวนกลุ่มคำศัพท์ลงเฉพาะภาพที่มีบุคคลเป็นหลักและเป็นภาพทั่วไปที่ประกอบด้วยภาพภายนอก และภาพภายในบ้าน ข้อมูลประกอบด้วยเซตของกลุ่มข้อมูลดังนี้ (1) object detection เป็นป้ายกำกับประกอบด้วยคำศัพท์ตามกลุ่มวัตถุ 8 คำ (2) bounding boxes ประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด 18 คุณลักษณะ (3) visual relationship annotations ประกอบด้วยข้อมูล 10 คุณลักษณะ [17][18]

การวัดประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SVM) [19] และโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการ (Convolutional Neural Network: CNN) [20][21] โดยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกข้อมูลที่เหมาะสมด้วยตาราง Confusion matrix ค่าความถูกต้อง (Accuracy) และทำการเปรียบเทียบวิธีคัดเลือกทั้ง 5 วิธี ดังนี้ IG, Chi-square, Gini Index, Relief และ ReliefF-ML ซึ่งทำการจำแนกกลุ่มข้อมูลตามประเภทกิจกรรมประจำวัน ประกอบด้วย office, leisure, housework, sport (game) และ family (time) ด้วยค่าความแม่นยำ (Precision: Prec.) ค่าความระลึก (Recall) และเปรียบเทียบการคัดเลือกคุณลักษณะทั้ง 5 วิธี ผลการทดลองได้แสดงเป็นค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (Average Precision: Avg.Prec.) ค่าเฉลี่ยค่าความระลึก (Average Recall: Avg.Recall) และค่าเฉลี่ยความถูกต้อง (Average Accuracy: Avg.Acc.) จากตาราง Confusion matrix ด้วยวิธี SVM และ CNN ดังแสดงผลการทดลองในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

จากตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองค่าเฉลี่ยของความถูกต้องจากการคัดเลือกข้อมูล 12 คุณลักษณะอยู่ที่ 56.61%, 63.69%, 62.88%, 69.73% และ 72.19% จากวิธี Chi-square, IG, Gini Index, Relief และ ReliefF-ML ตามลำดับจะเห็นว่า การคัดเลือกข้อมูลด้วยวิธี ReliefF-ML ได้ผลของการจำแนกที่สูงที่สุดแต่เมื่อมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่สูงขึ้นจากวิธี Relief เพียง 2.46% เท่านั้น แต่ค่าเฉลี่ยความถูกต้องระหว่าง Gini Index กับ Relief นั้นเพิ่มขึ้นสูงถึง 6.85% เมื่อใช้ 12 คุณลักษณะ จำแนกด้วย SVM จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองค่าเฉลี่ยของความถูกต้องจากการคัดเลือกข้อมูล 12 คุณลักษณะอยู่ที่ 68.35%, 68.19%, 69.64%, 69.83% และ 78.78% จากวิธี Chi-square, IG, Gini Index, Relief และ ReliefF-ML ตามลำดับจะเห็นว่า การ

คัดเลือกข้อมูลด้วยวิธี ReliefF-ML ได้ผลของการจำแนกที่สูงที่สุดแต่เมื่อมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่สูงขึ้นจากวิธี Relief มากถึง 9% แต่ค่าเฉลี่ยความถูกต้องระหว่าง Gini Index กับ Relief นั้นเพิ่มขึ้นน้อยมากไม่ถึง 1% เมื่อมีการจำแนกด้วย CNN

ตารางที่ 1. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลด้วยการจำแนกแบบ SVM

Method	No. of feature s	Performance (%)		
		Avg.Prec	Avg.Recal l	Avg. Acc.
all features		58.01	57.53	57.53
	25	55.78	56.30	50.85
	18	57.42	57.14	57.14
Chi-Square	12	56.32	56.43	56.61
	25	55.78	56.30	55.71
	18	60.77	60.96	60.83
IG	12	63.88	63.69	63.69
	25	59.51	58.52	59.35
	18	62.81	61.99	61.98
Gini Index	12	63.64	62.91	62.88
	25	61.36	61.50	61.18
	18	66.25	66.42	66.23
Relief	12	69.84	69.88	69.73
	25	65.90	65.47	65.44
	18	71.39	71.43	71.31
ReliefF-ML	12	72.22	72.22	72.19

ตารางที่ 2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลด้วยการจำแนกแบบ CNN

Method	No. of feature s	Performance (%)		
		Avg.Prec	Avg.Recal l	Avg. Acc.
all features		60.75	60.76	60.56
	25	59.28	59.31	50.85
	18	64.71	64.81	57.14
Chi-Square	12	68.39	68.35	56.61
	25	59.60	59.35	55.71
	18	64.97	64.58	60.83
IG	12	68.20	68.19	63.69
	25	65.92	65.38	59.35
	18	66.25	65.46	61.98
Gini Index	12	70.01	69.64	62.88
	25	67.29	66.53	61.18
	18	67.46	77.26	66.23
Relief	12	69.94	69.83	69.73
	25	66.50	66.46	65.44
	18	73.88	73.82	71.31
ReliefF-ML	12	78.93	78.87	72.19

จากตารางที่ 3 – 5 แสดงผลการทดลองการจำแนกข้อมูลภาพด้วยตาราง Confusion matrix ด้วย CNN โดยมีการใช้อัลกอริทึม ReliefF-ML คัดเลือกคุณลักษณะข้อมูล 25, 18 และ 12 คุณลักษณะ แสดงผลการจำแนกข้อมูลตามประเภทกิจกรรม 5 ประกอบด้วย office, leisure, housework, sport และ family ด้วยค่าความแม่นยำ (Prec.) ค่าความระลึก (Recall) และ ค่าความถูกต้อง (Acc.) จะเห็นว่าในตารางที่ 3 การจำแนกข้อมูลในกลุ่มของ office และ family ได้ค่าความแม่นยำ 66% และ 64.8% ตามลำดับ มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยรวมเป็น 66.46% แต่เมื่อมีการคัดเลือกคุณลักษณะเป็น 18 จะได้ค่าความแม่นยำ family สูงถึง 75.5% และ sport 75% ได้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยรวมเป็น 73.82% แสดงผลการทดลองในตารางที่ 4 และในตารางที่ 5 แสดงผลการทดลองการจำแนกด้วย 12 คุณลักษณะได้ค่าความแม่นยำในกลุ่ม sport สูงถึง 81.6% และได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวมเป็น 78.87%

ตารางที่ 3. ตารางจำแนกความหมายภาพด้วย ReliefF-ML ชุดข้อมูล 25 คุณลักษณะ

Method	office	leisure	housework	sport	family	Prec.	Recall
office	68	12	8	7	9	66.0	65.4
leisure	13	65	6	8	9	64.4	64.4
housework	8	7	65	7	11	69.1	66.3
sport	9	8	7	67	8	68.4	67.7
family	5	9	8	9	68	64.8	68.7
Avg. Acc.	66.46						

ตารางที่ 4. ตารางจำแนกความหมายภาพด้วย ReliefF-ML ชุดข้อมูล 18 คุณลักษณะ

Method	office	leisure	housework	sport	family	Prec.	Recall
office	78	5	8	5	9	72.2	74.3
leisure	8	75	3	5	5	73.5	78.1
housework	6	8	73	9	4	73.0	73.0
sport	5	6	9	78	5	75.0	75.7
family	11	8	7	7	71	75.5	68.3
Avg. Acc.	73.82						

ตารางที่ 5. ตารางจำแนกความหมายภาพด้วยRelief-ML ชุด

ข้อมูล 12 คุณลักษณะ

Method	office	leisure	housework	sport	family	Prec.	Recall
office	81	9	5	4	7	81.0	76.4
leisure	3	76	4	5	4	75.2	82.6
housework	8	4	72	6	7	80.0	74.2
sport	5	7	2	84	6	81.6	80.8
family	3	5	7	4	79	76.7	80.6
Avg. Acc.	78.87						

6. การวัดประสิทธิภาพและวิธีการประเมินผล

การทำวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกข้อมูลภาพในส่วนของการแปลความหมายภาพการลดจำนวนมิติของการจัดเก็บข้อมูล ด้วยวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะเด่นและเหมาะสมเพื่อนำมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อัลกอริทึมรีลิฟเอฟสำหรับหลายป้ายคำศัพท์เป็นอัลกอริทึมสำหรับคัดเลือกคุณลักษณะข้อมูลที่มีลักษณะเด่นระหว่างฟีเจอร์ออกมาเพื่อใช้งาน การทำงานของอัลกอริทึมเป็นการคัดเลือกชุดข้อมูลย่อยเพื่อค้นหาฟีเจอร์ที่มีความใกล้เคียงกัน แต่ถูกจำกัดด้วยการประมาณค่าสำหรับฟีเจอร์เพียงแค่ป้ายคำศัพท์เดียวด้วยการหาค่าเฉลี่ยคะแนนของทุกๆ ข้อมูล ดังนั้นทำให้มีการปรับอัลกอริทึมรีลิฟเอฟใหม่เป็น*Relief-ML* เพื่อแก้ไขปัญหของวิธีรีลิฟเอฟที่ไม่สมบูรณ์และยังสามารถจำแนกได้เป็นหลายกลุ่ม ด้วยการสุ่มเลือกข้อมูลตัวอย่าง และอัลกอริทึมจะคำนวณค่าที่มีความใกล้เคียงกันจากกลุ่มเดียวกันและกลุ่มที่ตรงกันข้ามกัน เพื่อให้เหมาะสมกับข้อมูลหลายตัว คุณภาพของแต่ละคุณลักษณะที่ได้จะขึ้นกับข้อมูลนำเข้าและความแตกต่างของกลุ่มที่กำหนดว่ามีความใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใดพบว่าการใช้วิธีการคัดเลือกสามารถจำแนกข้อมูลความหมายของภาพได้ถูกต้องกว่าวิธีอื่นๆถึงร้อยละ 78.87

เอกสารอ้างอิง

- [1] Galleguillos C. and Belongie S., "Context Based Object Categorization: A Critical Survey", Computer Vision and Image Understanding, 114. pp. 712-722, 2010.
- [2] N. Chinpanthana, "A Study of Feature Extraction Techniques used for Content Based Image Retrieval

- System", Christian University Journal, Vol.23, No.1pp. 130-139, 2017.
- [3] Russell, B.C., Torralba, A., Murphy, K.P. et al., "LabelMe: A Database and Web-Based Tool for Image Annotation", Int J Comput Vision, 77. pp. 157-173, 2008.
- [4] Junshi Huang, Rogerio S. Feris, Qiang Chen, Shuicheng Yan, "Cross-domain Image Retrieval with a Dual Attribute-aware Ranking Network", Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1062-1070, 2015.
- [5] I. Simon, N. Snavely, and S. Seitz., "Scene summarization for online image collections", Computer Vision. pp. 1-8, 2007.
- [6] Tang, J., S. Alelyani, and H. Liu, "Feature selection for classification: A review", Data classification: Algorithms and applications. p. 37, 2014.
- [7] Janecek, A., Gansterer, W., Demel, M. and Ecker, G., "On the relationship between feature selection and classification accuracy", In New Challenges for Feature Selection in Data Mining and Knowledge Discovery, pp. 90-105, 2008.
- [8] Parikh R. B., Obermeyer Z., and Bates D. W., "Making Predictive Analytics a Routine Part of patient Care." 2016.
- [9] Liu, H. and H. Motoda, "Feature selection for knowledge discovery and data mining," Springer Science & Business Media, Vol. 454, 2012.
- [10] El-Naggar, N., Y. El-Sonbaty, and M.A. El-Nasr, "Sentiment analysis of modern standard Arabic and Egyptian dialectal Arabic tweets," IEEE Computing Conference, 2017.
- [11] Omar, N., et al., "A comparative study of feature selection and machine learning algorithms for arabic sentiment classification," Asia Information Retrieval Symposium, Springer, 2014.
- [12] N. Spolaor, E. A. Cherman, M. C. Monard, "Using ReliefF for multi-label feature selection," Proceedings of

- the Conferencia Latinoamericana de Informatica, Brazil, pp. 960–975, 2011.
- [13] N. Spolar, E. Cherman, M. Monard, H. Lee, “Filter approach feature selection methods to support multi-label learning based on ReliefF and Information Gain”, Proceedings of the Advances in Artificial Intelligence - SBIA2012, LNCS, Springer Berlin Heidelberg, pp. 72–81, 2012.
 - [14] D. Kong, C. Ding, H. Huang, and H. Zhao, “Multi-label ReliefF and F-statistic Feature Selections for Image Annotation,” Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2352–2359, 2012.
 - [15] Liu, H. and H. Motoda, “Feature selection for knowledge discovery and data mining,” Springer Science & Business Media, Vol. 454, 2012.
 - [16] Tang, J., S. Alelyani, and H. Liu, “Feature selection for classification: A review,” Data classification: Algorithms and applications, p. 37, 2014.
 - [17] A. Kuznetsova, et al., “The Open Images Dataset V4: Unified image classification, object detection, and visual relationship detection at scale,” IJCV, 2020.
 - [18] Papadopolous et al., “Extreme clicking for efficient object annotation,” Computer Vision and Pattern Recognition ICCV, 2017.
 - [19] T. Joachims, “Text categorization with support vector machines learning with many relevant features,” In Proceedings of the 10th European Conference on Machine Learning, Chemnitz, Germany. Berlin: Springer. pp.137–42, 1998.
 - [20] J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell. “Fully convolutional networks for semantic segmentation,” In CVPR, 2015.
 - [21] Ren S., He K., Girshick R. and Sun J., “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks,” IEEE International Conference on Computer Vision, 2015.

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