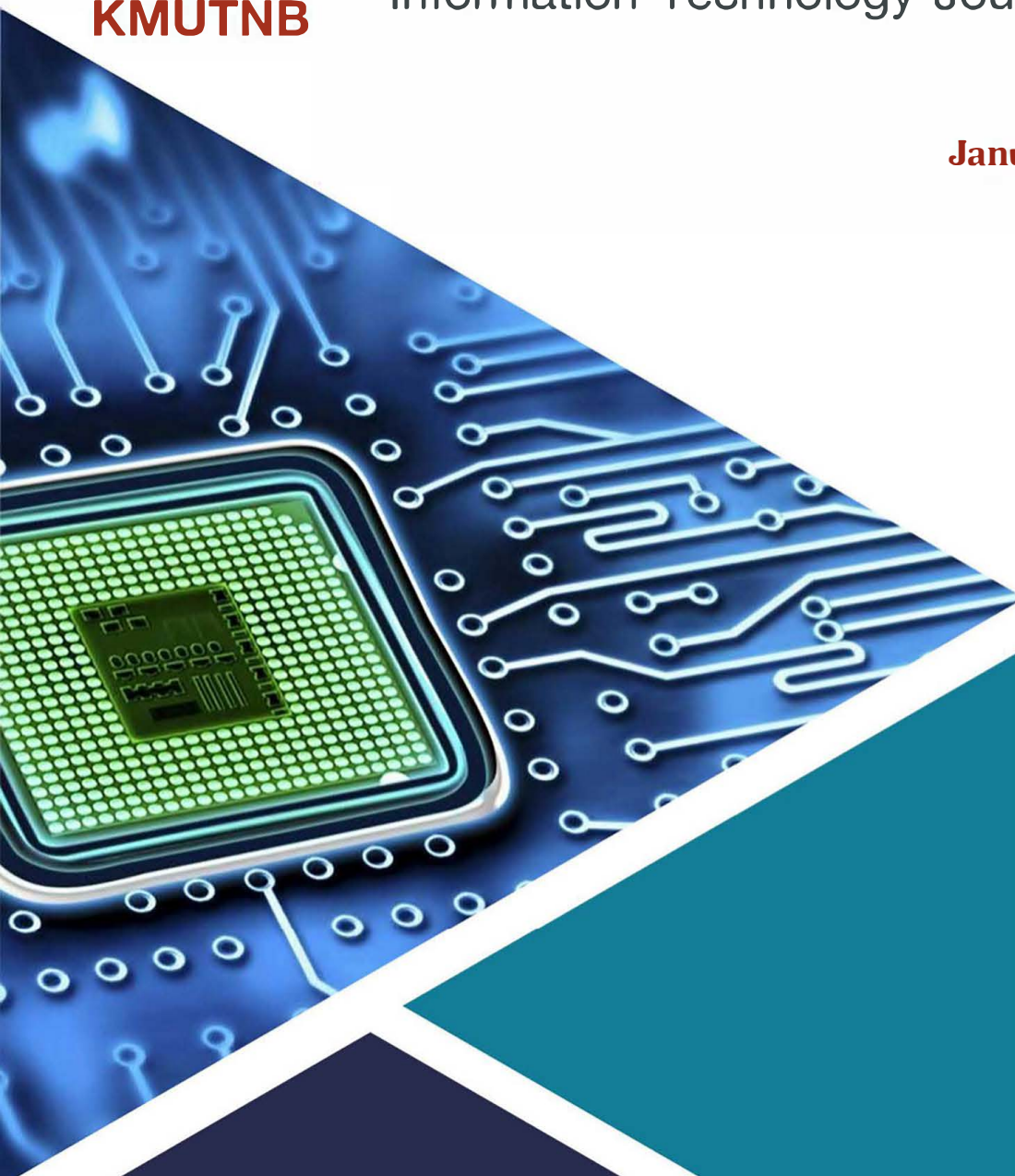




วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มจพ.

Information Technology Journal KMUTNB

Vol. 22 No.1
January - June 2026



ISSN 1685-8573





วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มจพ.

Information Technology Journal KMUTNB
(IT Journal KMUTNB)

ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2569

Vol. 22, No. 1, January – June 2026

ISSN 1685-8573

กองบรรณาธิการ

ที่ปรึกษา

ศ.ดร.ธีรวุฒิ บุญยโสภณ

ศ.ดร.สุชาติ เชื้อยงฉิน

ศ.ดร.มนต์ชัย เทียนทอง

รศ.ดร.พยุ่ง มีสัจ

ผศ.ดร.สุนันทา สดสี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บรรณาธิการ

ผศ.ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

รศ.ดร.มหศักดิ์ เกตุฉ่ำ

ผศ.ดร.พงศ์ศรัณย์ บุญโญปกรณ์

ผศ.ดร.ผุสดี บุญรอด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ทรงคุณวุฒิในกองบรรณาธิการ

ศ.ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์

Professor Dr.-Ing. Habil Herwig Unger

Professor Dr. Mark Weiser

apl. Professor Dr. Zhong Li

Dr.-Ing. Mario Kubek

Dr. Duong Van Hieu

รศ.ดร.อนิราช มิ่งขวัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Fern University in Hagen

Oklahoma State University

Georgia State University

Georgia State University

Tien Giang Universit

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รศ.ดร.อรุณี อินทรไพโรจน์

รศ.ดร.สุพจน์ นิตยส์วัฒน์

รศ.ดร.สุมิตรา นวลมีศรี

รศ.ดร.พณณา ตั้งวรรณวิทย์

ผศ.ดร.อุไรวรรณ อินทร์แหยม

ผศ.ดร.เมธิญาณินท์ คำขาว

อ.ดร.อลิสสา คงทน

ดร.ชูชาติ หฤไชยศักดิ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

ฝ่ายประสานงานและฝ่ายจัดการ

ผศ.ดร.วัชรวิวรรณ จิตต์สกุล

นางสาวพรพิมล ฝ่ายเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

กำหนดออก: ออกเผยแพร่ปีละ 2 ฉบับ

ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน (บทความภาษาไทย)

ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม (บทความภาษาอังกฤษ)

กำหนดการรับและพิจารณาบทความ

รับพิจารณาบทความอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย/พัฒนาและผลการวิชาการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาการคอมพิวเตอร์ ของคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และสถาบันระดับอุดมศึกษาอื่น ๆ รวมทั้งนักวิจัย/พัฒนาจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ภายในประเทศ

2. เพื่อเป็นศูนย์รวมแลกเปลี่ยนและกระจายองค์ความรู้ในนวัตกรรมใหม่ๆเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ และวิทยาการคอมพิวเตอร์

3. เพื่อเป็นศูนย์รวมช่วยงานให้นักเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาการคอมพิวเตอร์ได้เสนอแนวความคิดผลงานวิจัย/พัฒนาต่าง ๆ อันจะเป็นประโยชน์ต่อสถาบันและประเทศชาติ

เว็บไซต์

https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/IT_Journal

อีเมล

itjournal@it.kmutnb.ac.th

เจ้าของ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทรศัพท์ 02-555-2726, 02-555-2704

บรรณาธิการแถลง

วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มจพ. เป็นวารสารที่เผยแพร่ผลงานทางวิชาการ โดยรับบทความวิจัย และบทความวิชาการทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งบทความจะต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิภายในหรือนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 3 ท่าน โดยกระบวนการพิจารณาผู้ทรงคุณวุฒิไม่ทราบข้อมูลของผู้ส่งบทความ (Double Blinded) และบทความจะต้องมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คุณค่าทางวิชาการ ความสมบูรณ์ของเนื้อหา และโครงสร้าง ภาษาที่ใช้ ความชัดเจนของสมมติฐาน/วัตถุประสงค์ ความชัดเจนของการนำเสนอและการจัดระเบียบบทความ ความถูกต้องทางวิชาการ การอภิปรายผล และการอ้างอิงที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ในนามของกองบรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มจพ. ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความสนใจส่งบทความเพื่อพิจารณาในวารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มจพ. ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2569 ในฉบับนี้กองบรรณาธิการได้คัดสรรบทความที่น่าสนใจมาเพื่อนำเสนอให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่าน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)

บรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ มจพ.

สารบัญ	หน้า
ระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า A Meal Recommendation System for Major Depressive Disorder Patients นันท์ดา แหียงกระโทก (Nanthida Yaengkrathok) และ พิชญ์สินี กิจวัฒนาถาวร (Phichayasini Kitwatthanathawon)	1-11
การเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา Classification Model Comparison for Predicting Professional Fields พิชญ์สินี กิจวัฒนาถาวร (Phichayasini Kitwatthanathawon)	12-24
การเปรียบเทียบความสำเร็จสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง The Success of Teaching Materials for Human Organ Systems Using Virtual Reality Technology วัฒนา เอกปมิตศิลป์ (Wattana Eakpamitsin) สิทธิศักดิ์ ทองสุข (Sittisak Thongsuk) และนัยนา มาแสง (Naiyana Marsaeng)	25-36
การออกแบบและพัฒนาสมาร์ตดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบจัดเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูล สำหรับระบบบัญชาการและควบคุมของกองทัพอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน The Design and Development of a Smart Digital Data Storage and Exchange Platform for the Air Force Command and Control Systems Using Blockchain Technology ธนกรุต เพ็งเคียน (Thanakrit Pengkian) ประสงค์ ปรานีตพลกรัง (Prasong Praneetpolgrang) และพายัพ ศิรินาม (Payap Sirinam)	37-49
การรู้จำภาษามือไทยท่าเคลื่อนไหวด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ Dynamic Thai sign language recognition using recurrent neural network พิพัฒน์พงศ์ ธรรมสิทธิ (Pipatpong Thammasit) และชัยนันท์ สมพงษ์ (Chaiyanan Sompong)	50-62

สารบัญ	หน้า
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจความสามารถของแชทบอตสร้างแบบจำลองทางการเงิน Exploratory Factor Analysis of Financial Modeling Chatbot Features Factor ภัทรเชษฐ์ สูดสงวน (Patarachet Soodsanguan) และสฤติยโชค โพธิ์สอาด (Satidchoke Phosaard)	63-72
ประสิทธิผลการบริหารจัดการข้อมูลเหตุขัดข้องในการบริการซอฟต์แวร์ โดยการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery ไปปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมและบริการเทคโนโลยีดิจิทัล Effectively Managing Service Incident Data by Implementing ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service Delivery in Industry and Digital Technology Services เบญจวรรณ อินทระ (Benjawan Intata) พาณิश्य์ สุกโขต (Panich Sudkhot) และฉัตรตระกูล สมบัติธีระ (Chattrakul Sombattheera)	73-82
การออกแบบและพัฒนาการจำแนกรังไหมดีรังและรังไหมเสียด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม แบบคอนโวลูชันและการเรียนรู้แบบถ่ายโอน A Design and Development of Good and Bad Cocoon Classification Models using Convolutional Neural Network and Transfer Learning รัชชานนท์ สิมสวัสดิ์ (Ratchanon Simsawat) และอรอุมา พรว้าโมต (On-Uma Pramote)	83-93
แบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง A Predicting Depression Model from Social Media Images using Machine Learning Technique สุดา ทิพย์ประเสริฐ (Suda Tipprasert) เพ็ญศิริ โพรีย้า (Pensiri Phoriya) จินตนา เข้มประสิทธิ์ (Jintana Khemprasit) และประชาสันต์ แวนไธสง (Prachasan Vaenthaisong)	94-102

สารบัญ	หน้า
ระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร Traceability System for Coffee Product for the Ban Tham Singh Coffee Community Enterprise in Chumphon Province นพศักดิ์ ตันติสัตยานนท์ (Noppasak Tantisattayanon) นภารัตน์ ชูไพร (Napharat Chooprai) และพิมพ์ชนก แก้วอุดม (Pimchanok Kaewudom)	103-112



ระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า

A Meal Recommendation System for Major Depressive Disorder Patients

นันทิดา แหยมกระโทก (Nanthida Yaengkrathok)*

และพิชญ์สินี กิจวัฒนาถาวร (Phichayasini Kitwatthanathawon)*

Received: December 5, 2023

Revised: August 19, 2024

Accepted: August 22, 2024

*ผู้สนับสนุนผลงาน: พิชญ์สินี กิจวัฒนาถาวร (Phichayasini Kitwatthanathawon) อีเมล: pichak@g.sut.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.001

บทคัดย่อ

โรคซึมเศร้าจำเป็นต้องใช้ยาเป็นหลักในการรักษา เพื่อให้ผู้ป่วยหายจากอาการป่วยหรือทุเลาลง และสามารถใช้ชีวิตเป็นปกติได้ แต่ยาที่ใช้รักษาโรคซึมเศร้าจะส่งผลกระทบต่อร่างกายของผู้ป่วยทำให้ผู้ป่วยบางรายไม่รับประทานยาต่อเนื่องจนอาการของโรคกำเริบ และอาจนำไปสู่การฆ่าตัวตาย ดังนั้น การรักษาโรคซึมเศร้าจึงให้ความสำคัญกับการนำหลักโภชนาการเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการรักษา เพื่อผลการรักษาที่ดีขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ โดยคำนึงถึงผลข้างเคียงของยาอาการทางกาย และโรคในกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรังร่วมด้วย ช่วยให้ผู้ป่วยได้รับสารอาหารที่ควรได้รับต่อวันในปริมาณที่เพียงพอต่อดัชนีมวลกาย และช่วยอำนวยความสะดวกให้กับบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่ดูแลผู้ป่วย สามารถเข้าถึงการแนะนำมื้ออาหารจากผู้เชี่ยวชาญที่สามารถใช้ดูแลผู้ป่วยที่บ้านได้ โดยไม่เสียโอกาสในการรับการรักษา ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบพบว่าระบบมีความสามารถในการใช้งานได้โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 2.35$) โดยมีด้านประสิทธิภาพ และด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้งานมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ และเมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า องค์ประกอบของระบบมีจุดเด่น คือ ด้านการเรียนรู้ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดจากทั้งหมด 5 ด้าน ($\bar{X} = 2.52$) ตามด้วยด้านการควบคุม ($\bar{X} = 2.48$) และด้านผลกระทบต่อการใช้งาน ($\bar{X} = 2.34$)

Abstract

Depression requires medications as a primary treatment to help the patient recover from the disease or alleviate it and can lead a normal life. Unfortunately, medications used in the treatment of depression can affect the patient's body. Some patients do not take the medication continuously until their symptoms of the disease relapse, which can lead to suicide. Therefore, to improve treatment outcomes, integrating nutritional principles into the therapeutic approach becomes imperative. The purpose of this research was to design and develop a meal recommendation system for major depressive disorder patients with malnutrition that takes into account the side effects of medications, physical symptoms, and chronic non-communicable diseases. This system ensures that patients receive the proper daily intake of nutrients based on their body mass index. Moreover, the system could help healthcare professionals access specialist meal recommendations that promote effective patient care without losing the opportunity for treatment. The evaluation results indicated that the overall system usability is at the highest level ($\bar{X} = 2.35$), while the Efficiency and Helpfulness aspects are at the average level. Considering each aspect of the system usability assessment reveals that the outstanding aspects of the system are the Learnability ($\bar{X} = 2.52$) aspect, which achieves the highest level among the five aspects, followed by the Control ($\bar{X} = 2.48$) and Affect ($\bar{X} = 2.34$) aspects.

คำสำคัญ: ระบบแนะนำอาหาร โรคซึมเศร้า ผู้ป่วย

* สำนักวิชาศาสตร์และศิลป์ดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology

Keywords: Food Recommendation System, Depressive Disorder, Patients.

1. บทนำ

อาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานที่มนุษย์ต้องการที่ช่วยเสริมสร้างระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานได้อย่างปกติ ซึ่งหลักโภชนาการถูกนำมาใช้ในการเสริมสร้างการรักษาสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า ซึ่งจะช่วยให้ผู้ป่วยได้ใช้ชีวิตอย่างมีศักยภาพ จากสถิติผู้ป่วยโรคซึมเศร้าในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนผู้ป่วยโรคซึมเศร้าจำนวน 245,788 คน และในปี พ.ศ. 2563 มีจำนวนผู้ป่วยโรคซึมเศร้าจำนวน 355,537 คน ซึ่งภายใน 2 ปี มีจำนวนผู้ป่วยโรคซึมเศร้าเพิ่มขึ้น 44.65% [1]

โรคซึมเศร้าจำเป็นต้องใช้ยาในการรักษาเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยหายจากอาการป่วยหรือทำให้อาการทุเลาลง และทำให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตเป็นปกติได้ โดยยาที่ใช้รักษาจะส่งผลต่อร่างกายของผู้ป่วยโรคซึมเศร้า เช่น ยารักษาโรคซึมเศร้ากลุ่มเอ็มเอไอโอ (MAOIs) จะส่งผลให้เกิดอาการปากแห้ง รับประทานอาหารจุก ยากล่อมกังวล (Antianxiety) กลุ่มเบนโซไดอะซีปีน (Benzodiazepine) จะส่งผลให้เกิดอาการปากแห้ง [2] ซึ่งอาการไม่พึงประสงค์จากยาเหล่านี้ทำให้ผู้ป่วยโรคซึมเศร้าบางรายไม่รับประทานยาต่อเนื่อง จึงทำให้อาการของโรคกำเริบและอาจนำไปสู่การฆ่าตัวตาย

การให้คำแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าจำเป็นต้องอาศัยนักโภชนาการที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทางในการวางแผน ซึ่งในแต่ละหน่วยงานให้บริการผู้ป่วยหรือโรงพยาบาลมีนักโภชนาการจำนวนน้อยบางแห่งต้องขอคำแนะนำมื้ออาหารจากนักโภชนาการในโรงพยาบาลที่อยู่ห่างไกล ทำให้ต้องเสียเวลารอคอยและผู้ป่วยเสียโอกาสรับการรักษา จึงมีการนำระบบสารสนเทศมาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจ และเป็นเครื่องมือสำหรับให้คำแนะนำ (Recommender Systems) สิ่งที่เหมาะสมที่สุดกับเงื่อนไขของผู้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ให้และผู้รับคำแนะนำ ลดระยะเวลาการรอคอย และเพิ่มโอกาสรับการรักษาด้วยข้อมูลที่ถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากระบบให้คำแนะนำถูกประยุกต์มาจากระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) จึงมีการประยุกต์ใช้ระบบให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องมีการใช้องค์ความรู้เฉพาะด้านเป็นฐานความรู้ เช่น ระบบแนะนำกิจกรรมสำหรับการลดน้ำหนัก [3]

ระบบแนะนำสารอาหารส่วนบุคคลสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน [4] ระบบแนะนำโภชนาการสำหรับผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง [5] และการแนะนำยาให้กับผู้ป่วย [6] อย่างไรก็ตาม ระบบแนะนำมื้ออาหารที่มีอยู่ยังมีความหลากหลาย มีการคำนึงถึงโรคทางกายแยกออกจากโรคทางจิต และยังไม่มียา ระบบแนะนำมื้ออาหารแบบอัตโนมัติเฉพาะสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า โดยคำนึงถึงผู้ป่วยที่มีโรคทางกายและมีภาวะทุพโภชนาการร่วมด้วย

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าจำนวนผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และมีผู้ป่วยจำนวนมากที่ได้รับการรักษาโดยหลักสำคัญในการรักษานั้นให้ความสำคัญกับการนำหลักโภชนาการเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการรักษา และนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อผลการรักษาที่ดีขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยได้รับสารอาหารที่ควรได้รับต่อวันในปริมาณที่เพียงพอต่อดัชนีมวลกายของผู้ป่วย ซึ่งปริมาณอาหารที่แนะนำจะมีการคำนึงถึงผลข้างเคียงของยาร่วมด้วย และช่วยอำนวยความสะดวกให้กับบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่ดูแลผู้ป่วยสามารถเข้าถึงระบบแนะนำมื้ออาหารเพื่อใช้ดูแลผู้ป่วยที่บ้านได้ โดยจะจัดทำระบบที่ช่วยแนะนำมื้ออาหารให้เหมาะสมกับกลุ่มโรค และการรักษาทางจิตเวช ช่วยส่งเสริมทั้งต่อการรักษาทางจิตใจ และช่วยป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกาย โดยงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นกลุ่มโรคซึมเศร้า (Major Depressive Disorder) ที่มีโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกาย (NCDs: Non-communicable Diseases) ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง เป็นหลัก

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคซึมเศร้า (Major Depressive Disorder)

เป็นโรคทางจิตเวชประเภทหนึ่ง เกิดจากความผิดปกติของสารเคมีเซโรโทนิน (Serotonin) ในสมองมีปริมาณลดลง โดยส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยทั้งด้านความคิด ความรู้สึก และพฤติกรรม ทำให้ผู้ป่วยมีอาการเศร้าหมอง มีความรู้สึกเฉยชา ไม่สนใจสิ่งต่าง ๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการใช้ชีวิตประจำวันในแต่ละวัน ทำให้ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติได้อย่างยากลำบากหรือรู้สึกท้อแท้ไม่มีค่า [1]

โรคซึมเศร้าส่วนใหญ่จะเกิดมาจากการผิดหวังหรือ

การสูญเสีย ความกดดันด้านสังคม การเรียน การงาน หรือการเงิน จะเห็นว่าต้นเหตุที่ทำให้เกิดโรคซึมเศร้ามีมากมาย ที่สำคัญคือ โรคซึมเศร้าไม่ได้เกิดจากสภาพจิตใจที่เปราะบาง อ่อนแอ แต่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสมดุลของสารเคมีในสมอง ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทในสมอง มีผลต่ออารมณ์ซึมเศร้า โดยผู้ป่วยโรคซึมเศร้าจะรู้สึกหดหู่ มีอารมณ์ท้อแท้ เศร้าหมอง เบื่อหน่ายหรือหงุดหงิดฉุนเฉียว ใจลอยไม่มีสมาธิ หลง ๆ ลืม ๆ นอนไม่หลับ เบื่ออาหาร อ่อนเพลีย เจ็บซึม ไม่อยากพูดคุย หรือพบปะกับใคร และอาจมีอาการอื่น ๆ ทางร่างกาย เช่น ปวดศีรษะ จุกเสียดแน่นท้อง ใจสั่น เป็นต้น โรคซึมเศร้ามีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัวอย่างมาก ผู้ป่วยบางรายอาจรู้สึกหมดหวังถึงขั้นฆ่าตัวตายซ้ำ ๆ [1]

2.2 ยาที่ใช้รักษาโรคซึมเศร้า

ยาที่ใช้ในการรักษาโรคทางจิตเวชแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ยารักษาโรคจิต (Antipsychotic Medication) ยารักษาโรคซึมเศร้า (Antidepressant) ยาทำให้อารมณ์คงที่ (Mood Stabilizers) และยาลดความวิตกกังวล (Anxiolytic) ผู้ป่วยโรคทางจิตเวชที่ได้รับการวินิจฉัยโรคหลักอาจมีภาวะทางจิตอื่น ๆ ร่วมด้วย (Comorbid Condition) จึงมีโอกาสได้รับยาหลายชนิด [2] อาการไม่พึงประสงค์จากยารักษาโรคซึมเศร้าที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคอาหาร แสดงดังตารางที่ 1 [7]

ตารางที่ 1 อาการไม่พึงประสงค์จากยารักษาโรคซึมเศร้าที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคอาหาร

ยาทางจิตเวช	ผลข้างเคียง
2.1 ยารักษาโรคซึมเศร้ากลุ่มเอสเอสอาร์ไอ (Selective Serotonin Reuptake Inhibitors: SSRIs) • ฟลูอออกซีทีน (Fluoxetine) • ซิตาโลพราเม (Citalopram) • ฟลูวอกซามีน (Fluvoxamine) • พาร็อกซีทีน (Paroxetine) • เซอร์ทราลีน (Sertraline)	• ปากแห้ง (Dry Mouth)
2.2 ยารักษาโรคซึมเศร้ากลุ่มใหม่ (Atypical Antidepressant) • บุปโพรพอน (Bupropion) • เมอร์ทาซาปีน (Mirtazapine) • เวนลาแฟกซีน (Venlafaxine)	• ปากแห้ง (Dry Mouth)
2.3 ยารักษาโรคซึมเศร้ากลุ่มทีซีเอ (Tricyclic antidepressants: TCA) • อะมิทริปไทลีน (Amitriptyline) • อิมิพรามิน (Imipramine) • นอร์ทริปไทลีน (Nortriptyline) • โคลมิพรามิน (Clomipramine)	• ปากแห้ง (Dry Mouth)
2.4 ยารักษาโรคซึมเศร้ากลุ่มเอ็มเอไอโอ (MAOIs) • ม็อกโคลบีไมด์ (Moclobemide)	• น้ำหนักเพิ่ม (Weight Gain) • ปากแห้ง (Dry Mouth)

2.3 กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable Diseases: NCDs)

โรคติดต่อเรื้อรัง คือ โรคที่ไม่ติดต่อจากการสัมผัส คลุกคลี หรือมีการสัมผัสกับสารคัดหลั่งต่าง ๆ เพราะโรคกลุ่มนี้ไม่ได้เกิดจากเชื้อโรค แต่เกิดจากความเสื่อมสภาพของร่างกาย และส่วนหนึ่งมาจากนิสัยหรือพฤติกรรม การดำเนินชีวิต การเจริญเติบโตของโรคจะค่อย ๆ สะสมอาการ และค่อย ๆ ทวีความรุนแรง สุดท้ายจะเกิดอาการเรื้อรัง หากไม่ได้รับการรักษา หรือดูแลอย่างถูกต้องและทันเวลา ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ การดำเนินชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัว [8] ได้แก่ โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus) โรคหลอดเลือดสมองและหัวใจ (Cardiovascular and Cerebrovascular Diseases) โรคถุงลมโป่งพอง (Emphysema) โรคมะเร็ง (Cancer) โรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) และโรคอ้วนลงพุง (Obesity)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำมื้ออาหาร มีเป็นจำนวนมากทั้งในและต่างประเทศ ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับระบบแนะนำอาหารแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แง่มุมการพิจารณา	งานวิจัย										งานวิจัยนี้
	[3]	[4]	[5]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	
ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ยาที่รับประทาน						✓					✓
กิจกรรมในชีวิตประจำวัน	✓	✓		✓	✓				✓		✓
พลังงานที่ควรได้รับในแต่ละวัน	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓
วัตถุดิบ		✓		✓	✓		✓	✓	✓		✓
ปริมาณสารอาหาร		✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
เมนูอาหาร	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
วางแผนมื้ออาหาร				✓					✓	✓	✓
โรคทางกาย		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓
โรคทางจิตเวช											✓
ภาวะทุพโภชนาการ											✓

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่เป็นระบบแนะนำเมนูอาหารในแต่ละมื้อ [3], [4], [5], [9], [10], [12], [13], [14], [15] และไม่ได้ทำระบบแนะนำสำหรับผู้ป่วยโรคทางจิต แต่ระบบที่มีอยู่นั้นจะมุ่งเน้นสำหรับผู้ป่วยโรคทางกาย [4], [5], [10], [11], [13], [14] งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการขึ้น เพื่อช่วยส่งเสริมทั้งการรักษาทางจิตใจและช่วยป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกาย โดยมีการแนะนำมื้ออาหารที่คำนึงถึงสารอาหารที่ผู้ป่วยควรได้รับต่อวันในปริมาณที่เพียงพอต่อดัชนีมวลกายของผู้ป่วยร่วมด้วย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการโดยวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) มาเป็นแนวทางของการพัฒนาเพื่อลดความซ้ำซ้อนของขั้นตอนการปฏิบัติงาน และสามารถย้อนกลับมาแก้ไขข้อผิดพลาดในแต่ละขั้นตอนโดยไม่จำเป็นต้องเป็นขั้นตอนที่ติดกัน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

3.1 การวางแผนระบบ (System Planning)

3.1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคทางจิตเวช โดยเฉพาะโรคซึมเศร้าที่มีโรคทางกายร่วมด้วย อันได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง

3.1.2 ศึกษางานวิจัยที่มีอยู่ในปัจจุบันเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เพื่อวางแผนมื้ออาหารหรือแนะนำเมนูอาหารที่เหมาะสมกับภาวะทุพโภชนาการของผู้ป่วยแต่ละบุคคล

3.1.3 ศึกษาการออกแบบเว็บไซต์ของระบบแนะนำให้ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้ (Web Usability) และการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของซอฟต์แวร์ (System Usability Testing)

3.1.4 ศึกษาการพัฒนาระบบโดยใช้พีเอชพี (PHP) จาวาสคริปต์ (Java Script) ร่วมกับการใช้งานฐานข้อมูล

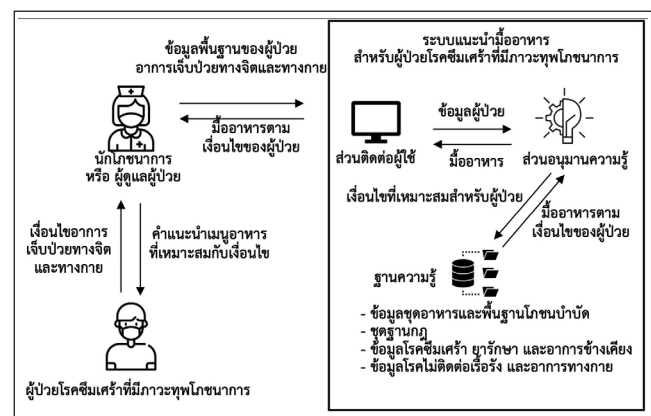
3.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

ขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายในการนำข้อกำหนดความต้องการของระบบมาจัดทำแผนภาพความคิดเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่าย

และลดความซ้ำซ้อนในการออกแบบระบบ โดยมุ่งเน้นส่งเสริมนวัตกรรมและเทคโนโลยีในการปฏิบัติงานแก่บุคลากรที่เกี่ยวข้องในด้านการแนะนำอาหารให้กับผู้ป่วย โดยผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย และอาการเจ็บป่วยทางโรคจิตเวช และทางกายของผู้ป่วยเข้าสู่ระบบ จากนั้นระบบจะทำการวางแผนมื้ออาหารตามสถาปัตยกรรมโครงสร้างของระบบที่แสดงดังภาพที่ 1 ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำชุดฐานกฎอันเป็นความรู้ที่ได้จากแบบจำลองการแนะนำเมนูอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ [7] มาประยุกต์ใช้งานเป็นส่วนของฐานความรู้และมีการคำนึงถึงโรคซึมเศร้า ซึ่งเป็นโรคทางจิตเวช และโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ซึ่งเป็นโรคทางกายของผู้ป่วยมาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อใช้เพิ่มความสามารถในการแนะนำมื้ออาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วย

3.3 การออกแบบระบบ (System Design)

การออกแบบระบบเป็นการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ และส่วนอนุมานความรู้ที่นำข้อมูลและชุดฐานกฎจากฐานความรู้มาวิเคราะห์ร่วมกัน มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างของระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ

3.3.1 การออกแบบการใช้งานระบบ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ผู้วิจัยได้ออกแบบตามประเภทการใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น 2 สิทธิ์ ดังนี้

1) สิทธิ์ผู้ป่วยหรือผู้ดูแลผู้ป่วย

การใช้งานระบบจะเริ่มจากผู้ใช้ระบบทำการเข้าสู่ระบบ (Login) หากเป็นผู้ใหม่จะต้องทำการลงทะเบียนก่อน จากนั้นผู้ใช้งานจะพบกับหน้าจอการใช้งานซึ่งมีเมนูการทำงานให้เลือก โดยเริ่มต้นผู้ใช้งานต้องทำการกรอกข้อมูลส่วนตัวเบื้องต้นของผู้ป่วย เพื่อนำไปเป็นข้อมูลตั้งต้น

ในการคำนวณหาปริมาณความต้องการพลังงานในแต่ละวัน ได้แก่ เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ยาที่รับประทาน และโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกายที่กำลังเป็นอยู่ ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง จากนั้นระบบจะคำนวณค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) จากส่วนสูง และน้ำหนักที่ใส่เข้ามาในระบบ [16] จากสูตรดังสมการที่ 1

$$\text{ค่าดัชนีมวลกาย} = \frac{\text{น้ำหนัก (กิโลกรัม)}}{\text{ส่วนสูง (เมตร)}^2} \quad (1)$$

และระบบจะคำนวณค่าปริมาณพลังงานพื้นฐานต่อวันที่ร่างกายต้องการ (Basal Metabolic Rate: BMR) จากเพศ ส่วนสูง น้ำหนัก และอายุที่ใส่เข้ามาในระบบ [16] มีสูตรดังสมการที่ 2 และ 3

$$\begin{aligned} \text{BMR เพศชาย} = & 66.5 + (13.75 \times \text{น้ำหนัก (กก.)}) \\ & + (5 \times \text{ความสูง (ซม.)}) \\ & - (6.78 \times \text{อายุ (ปี)}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{BMR เพศหญิง} = & 655.1 + (9.56 \times \text{น้ำหนัก (กก.)}) \\ & + (1.85 \times \text{ความสูง (ซม.)}) \\ & - (4.68 \times \text{อายุ (ปี)}) \end{aligned} \quad (3)$$

จากนั้นระบบจะคำนวณหาค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน (Total Daily Energy Expenditure: TDEE) [16] ดังสมการที่ 4 โดยการหาผลคูณระหว่างค่าปริมาณพลังงานพื้นฐานต่อวันที่ร่างกายต้องการ (BMR) กับตัวแปรการออกกำลังกาย

$$\text{TDEE} = \text{BMR} \times \text{ตัวแปรการออกกำลังกาย} \quad (4)$$

โดยตัวแปรการออกกำลังกายจะพิจารณาจากความถี่ของการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาของผู้ป่วย [16] มีเกณฑ์ดังตารางที่ 3

หลังจากระบุข้อมูลเบื้องต้นแล้ว ระบบจะนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินภาวะทางโภชนาการเบื้องต้น ได้แก่ ค่าดัชนีมวลกาย และค่าปริมาณพลังงานพื้นฐานที่ร่างกายต้องการ มาวิเคราะห์ร่วมกับโรคทางจิตเวช (โรคซึมเศร้า) และโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกายของผู้ป่วย เพื่อแนะนำเมนูอาหารที่เหมาะสมให้กับผู้ป่วย โดยแสดงแผนมื้ออาหารรายวันให้กับผู้ใช้งาน

วันละ 1 ชุด แสดงตัวอย่างดังภาพที่ 2 โดยแต่ละชุดแบ่งออกเป็นอาหารมื้อเช้า กลางวัน และเย็น ซึ่งผู้ใช้งานสามารถดูสูตรเมนูอาหาร วัตถุดิบ และปริมาณสารอาหารของเมนูต่างๆ ที่ระบบแนะนำได้ ทั้งนี้ ข้อมูลชุดอาหารสามัญที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นเมนูอาหารจริงที่ผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ นักโภชนาการ กลุ่มงานโภชนาการ โรงพยาบาลจิตเวชนครราชสีมาราชชนินทร์ แนะนำและจัดให้กับผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาจริงในโรงพยาบาล

ตารางที่ 3 เกณฑ์พิจารณาตัวแปรการออกกำลังกาย

ความถี่ของการออกกำลังกาย	ตัวแปรการออกกำลังกาย
นั่งทำงานอยู่กับที่ และไม่ได้ออกกำลังกายเลย	1.2
ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาเล็กน้อย ประมาณอาทิตย์ละ 1-3 วัน	1.375
ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาปานกลาง ประมาณอาทิตย์ละ 3-5 วัน	1.55
ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างหนัก ประมาณอาทิตย์ละ 6-7 วัน	1.725
ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาอย่างหนักทุกวันเข้าเย็น	1.9



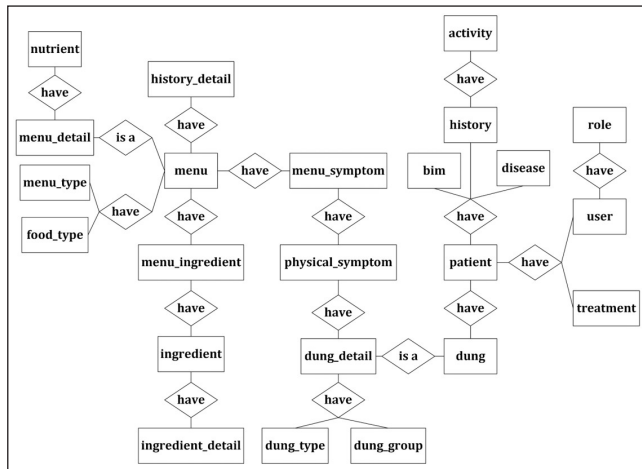
ภาพที่ 2 ตัวอย่างเมนูอาหารสำหรับผู้ป่วย 1 ชุด

2) สิทธิ์ผู้ดูแลระบบ

การใช้งานระบบจะเริ่มจากผู้ดูแลระบบทำการเข้าสู่ระบบ (Login) จากนั้นผู้ดูแลระบบจะพบกับหน้าจอการใช้งานซึ่งมีเมนูการทำงานให้เลือก ซึ่งประกอบด้วยเมนูการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ในระบบ ได้แก่ การจัดการเมนูอาหาร วัตถุดิบ ประเภทอาหาร มื้ออาหาร สารอาหาร ยา ลักษณะอาการ กิจกรรม และข้อมูลผู้ใช้งาน ซึ่งเมนูการจัดการต่าง ๆ นั้น ผู้ดูแลระบบสามารถดูรายละเอียด เพิ่มข้อมูล แก้ไขข้อมูล และลบข้อมูลได้

3.3.2 การออกแบบฐานความรู้

ฐานความรู้ในงานวิจัยนี้เป็นแหล่งรวบรวมข้อมูล
ที่จำเป็นสำหรับการอนุมานความรู้ แสดงดังภาพที่ 3

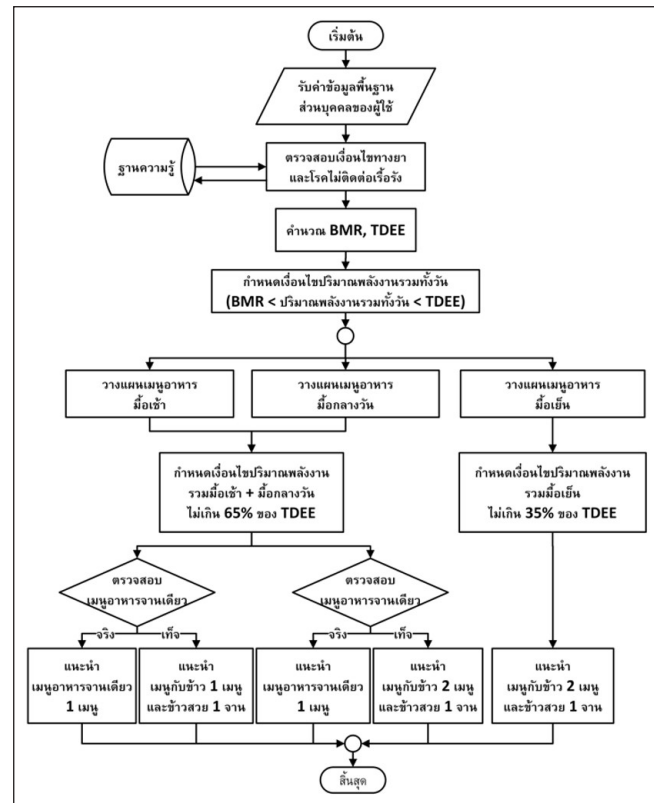


ภาพที่ 3 ส่วนแสดงการพัฒนาฐานข้อมูล ER-Diagram

จากภาพที่ 3 ข้อมูลในฐานความรู้ประกอบด้วย (1) ข้อมูล
ชุดอาหารและพื้นฐานโภชนาการ ซึ่งจัดเก็บข้อมูลชุดอาหาร
สามัญที่เป็นกรณีศึกษา สารอาหาร และรูปแบบการจัดอาหาร
ให้กับผู้มีภาวะทุพโภชนาการ (2) ชุดฐานกฎ ซึ่งจัดเก็บ
ชุดฐานกฎสารอาหารที่มีความสัมพันธ์กับโรคซึมเศร้า
และชุดฐานกฎคุณลักษณะของอาหารที่เหมาะสมกับอาการทางกาย
ชุดฐานกฎเหล่านี้เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองการแนะนำ
เมนูอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ [7]
ซึ่งผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในงานนี้ โดยแบบจำลองดังกล่าว
ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการจำนวน 7 คน
สามารถนำมาใช้แนะนำเมนูอาหารที่เหมาะสมกับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า
ตามเงื่อนไขการเจ็บป่วยทางกายของผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม
(3) ข้อมูลยารักษาโรคซึมเศร้าและอาการข้างเคียง และ (4) ข้อมูล
โรคไม่ติดต่อเรื้อรังและอาการทางกาย ได้แก่ โรคเบาหวาน
โรคความดันโลหิตสูง โรคอ้วนลงพุง

3.3.3 การออกแบบส่วนอนุมานความรู้

การอนุมานความรู้เป็นการนำข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย
ยาที่ผู้ป่วยรับประทาน โรคและอาการทางกายมาเป็นเงื่อนไข
ในการประมวลผลหาเมนูอาหารที่เหมาะสมในแต่ละมื้อ
และจัดแผนมื้ออาหารรายวันที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละคน
ในการประมวลผลหาเมนูอาหารที่เหมาะสม มีขั้นตอนดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ส่วนแสดงขั้นตอนการอนุมานความรู้

จากภาพที่ 4 เมื่อผู้ใช้งานกรอกข้อมูลพื้นฐานเข้าสู่ระบบ
ระบบจะเริ่มตรวจสอบเงื่อนไขจากยาที่ผู้ป่วยรับประทาน
และโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกายของผู้ป่วย เพื่อหาความสัมพันธ์
ของเมนูอาหารที่เหมาะสมกับอาการทางกายและยาที่ผู้ป่วยได้รับ
จากนั้นจึงคำนวณปริมาณพลังงานรวมที่ต้องได้รับต่อวัน
ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างค่าพลังงานที่จำเป็นพื้นฐาน (Basal Metabolic
Rate: BMR) และค่าพลังงานที่แนะนำต่อวัน (Total Daily
Energy Expenditure: TDEE) เมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการวางแผน
การแนะนำมื้ออาหาร ระบบจะกำหนดให้ปริมาณพลังงานรวม
ของเมนูอาหารมื้อเช้าและเมนูอาหารมื้อกลางวันจะอยู่ที่
ประมาณ 65% ของค่าพลังงานที่แนะนำต่อวัน (Total Daily
Energy Expenditure: TDEE) ในขณะที่ปริมาณพลังงานรวม
ของเมนูอาหารมื้อเย็นจะอยู่ที่ประมาณ 35% ของค่าพลังงาน
ที่แนะนำต่อวัน (Total Daily Energy Expenditure: TDEE)
สำหรับการแนะนำเมนูอาหาร ระบบจะกำหนดให้เมนูอาหาร
มื้อเช้าเป็นได้ทั้งประเภทอาหารจานเดียว และกับข้าว 2 เมนู
กรณีเป็นประเภทเมนูอาหารจานเดียว ระบบจะแนะนำ
เพียงเมนูอาหารจานเดียว 1 เมนูเท่านั้น แต่หากเป็นกรณี
ประเภทเมนูกับข้าว ระบบจะแนะนำเมนูกับข้าว 1 อย่าง

พร้อมข้าวสวย 1 จาน ในขณะที่การแนะนำเมนูอาหารมื้อกลางวัน ระบบจะกำหนดเมนูให้เป็นที่ได้ทั้งประเภทอาหารจานเดียว และกับข้าวเช่นเดียวกับอาหารมื้อเช้า กรณีเป็นประเภทเมนูอาหารจานเดียว ระบบจะแนะนำเพียงเมนูอาหารจานเดียว 1 เมนู แต่หากเป็นกรณีประเภทเมนูกับข้าว ระบบจะแนะนำเมนูกับข้าว 2 อย่าง พร้อมข้าวสวย 1 จาน สำหรับการแนะนำเมนูอาหารมื้อเย็น เมนูที่แนะนำจะเป็นเมนูประเภทกับข้าวเท่านั้น โดยระบบจะแนะนำเมนูกับข้าว 2 อย่าง พร้อมข้าวสวย 1 จาน

3.4 การพัฒนาและติดตั้งระบบ (System Implementation)

ในขั้นตอนนี้เป็น การสร้างระบบใหม่ ซึ่งประกอบด้วย การเขียนโปรแกรม การทดสอบระบบ และการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ (System Usability Testing) เมื่อระบบสามารถใช้งานได้แล้วจึงนำไปเผยแพร่ใช้งานจริง

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

ระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ ผู้วิจัยได้จำลองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ป่วยในการทดลองระบบ โดยมีการกระจายเคสเพื่อให้ครอบคลุมการทำงานของระบบ

การทำงานในระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ เริ่มเมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบแล้วเลือกที่เมนู "ข้อมูลผู้ใช้งาน" ระบบจะแสดงหน้าจอดังภาพที่ 5 โดยระบบจะทำการเก็บข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของผู้ป่วยที่กรอกเข้ามา เพื่อนำไปวางแผนแนะนำมื้ออาหารที่เหมาะสมต่อไป

ที่เมนู "แนะนำเมนูอาหาร" ผู้ใช้งานสามารถเริ่มวางแผนมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการได้ โดยผู้ใช้งานต้องกรอกข้อมูลวันที่เริ่มต้นการวางแผน ซึ่งสามารถเลือกได้ตั้งแต่วันที่ปัจจุบันเป็นต้นไป ผู้ใช้งานสามารถเลือกจำนวนวันสำหรับการวางแผนการแนะนำมื้ออาหารได้ โดยระบบจะกำหนดจำนวนวันเริ่มต้นไว้ที่ 2 วัน นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถเปลี่ยนแปลงชื่อแผนได้ โดยระบบกำหนดค่าเริ่มต้นไว้เป็นชื่อผู้ใช้งาน ในส่วนของข้อมูลเพศ วันเดือนปีเกิด ยาที่รับประทาน โรคแทรกซ้อนทางกาย น้ำหนัก และส่วนสูง ระบบจะดึงมาจากข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งานที่ได้ทำการบันทึกไว้ในเมนู "ข้อมูลผู้ใช้งาน" แบบอัตโนมัติ ซึ่งค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) ระบบจะคำนวณจากน้ำหนัก

และส่วนสูงของผู้ใช้ และแสดงเกณฑ์ผลลัพธ์ของค่าดัชนีมวลกายว่าน้ำหนักของผู้ใช้งานอยู่ในเกณฑ์ระดับใดพร้อมให้คำแนะนำ ทั้งนี้ ผู้ใช้ต้องเลือกกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยที่สุดด้วย เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนแนะนำมื้ออาหาร ดังแสดงในภาพที่ 6

ภาพที่ 5 หน้าจอการจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน

ภาพที่ 6 หน้าจอการรับข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อแนะนำเมนูอาหาร

เมื่อระบบนำข้อมูลส่วนตัวที่ผู้ใช้กรอกมาคำนวณหาปริมาณพลังงานพื้นฐานที่ร่างกายต้องการ (Basal Metabolic Rate: BMR) จากเพศ ส่วนสูง น้ำหนัก และอายุที่ใส่เข้ามาในระบบ และคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน (Total Daily Energy Expenditure: TDEE) จากพลังงานที่จำเป็นพื้นฐานในการมีชีวิต (Basal Metabolic Rate: BMR) กับกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยเรียบร้อยแล้ว ระบบจะแนะนำมื้ออาหารให้กับผู้ใช้แบบรายวัน ซึ่งใน 1 วันจะประกอบด้วย อาหาร 1 ชุด แบ่งเป็นมื้อเช้า มื้อกลางวัน และมื้อเย็น โดยปริมาณพลังงานรวมทั้งวันจะมีค่าอยู่ระหว่างค่าพลังงานที่จำเป็นพื้นฐาน (Basal Metabolic Rate: BMR) และค่าพลังงานที่แนะนำต่อวัน (Total Daily Energy Expenditure: TDEE) แสดงดังภาพที่ 7

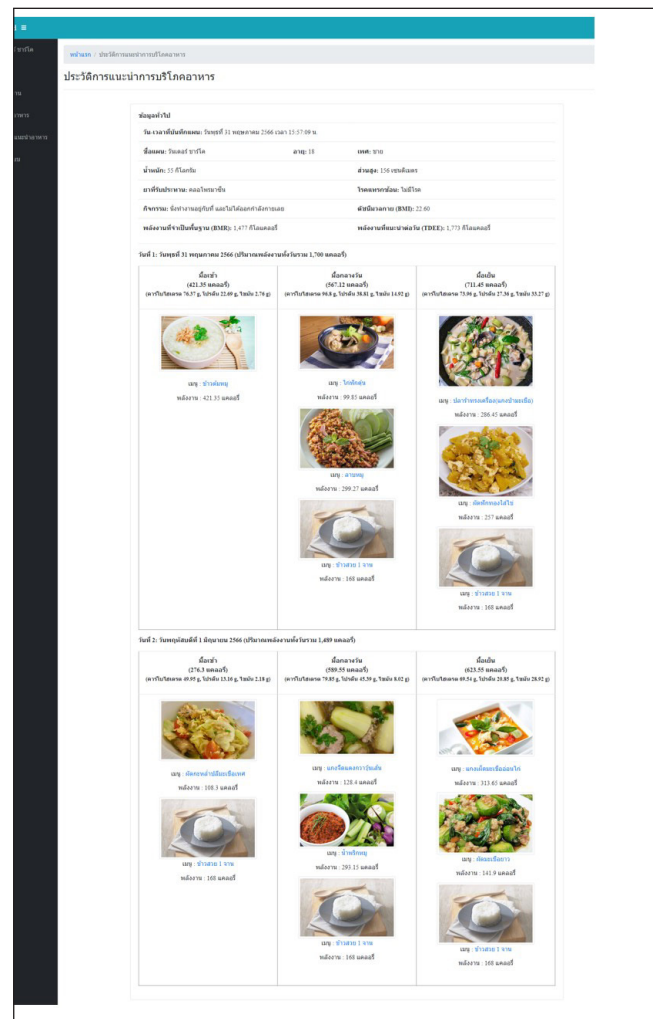
ผู้ใช้งานสามารถกดเลือกที่ชื่อเมนูอาหารเพื่อดูรายละเอียดของเมนูอาหารนั้นได้ ระบบจะแสดงรายละเอียดของเมนูได้แก่ ชื่อเมนูอาหาร พลังงาน ประเภทเมนูอาหาร มื้ออาหาร วัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบอาหาร และสารอาหารหลัก แสดงดังภาพที่ 8

ในส่วนของผู้ดูแลระบบจะสามารถดูรายละเอียดเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องใช้ในระบบได้ ดังตัวอย่างภาพที่ 9 แสดงหน้าจัดการเมนูอาหาร ซึ่งผู้ดูแลระบบสามารถดูข้อมูลรายละเอียดของเมนูต่าง ๆ และสามารถจัดการข้อมูลเมนูอาหารได้

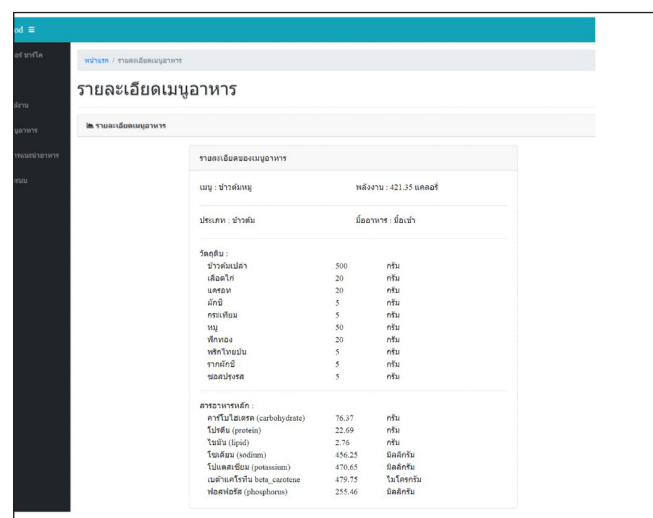
4.2 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ

งานวิจัยนี้ใช้แบบสอบถามซุมิ (Software Usability Measurement Inventory: SUMI) [17] ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ใช้ประเมินระบบซอฟต์แวร์จากมุมมองการใช้งานได้ของผู้ใช้งาน โดยข้อคำถามจะแบ่งออกเป็น 5 ด้าน แต่ละข้อคำถามมีตัวเลือกคือเห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย ในแต่ละด้านประกอบไปด้วยข้อคำถาม 10 ข้อ รวมมีข้อคำถามทั้งหมด 50 ข้อ สามารถจำแนกข้อคำถามทั้ง 5 ด้านได้ดังนี้ 1. ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) 2. ด้านผลกระทบต่อการใช้งาน (Affect) 3. ด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้งาน (Helpfulness) 4. ด้านการควบคุม (Control) และ 5. ด้านการเรียนรู้ (Learnability) ข้อดีของแบบสอบถามซุมิคือ ข้อคำถามกระชับเข้าใจง่าย มีการสุ่มสลับข้อคำถามเชิงบวก (Positive Questions (+)) และข้อคำถามเชิงลบ (Negative Questions (-)) เพื่อป้องกันการตอบคำถามอย่างมีอคติ (Bias) ทั้งนี้ ค่าคะแนนแต่ละข้อ

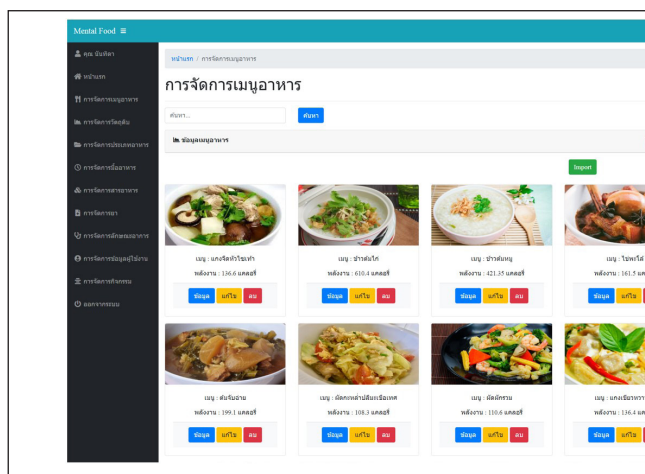
ที่ผู้เชี่ยวชาญตอบจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) [18] แล้วนำมาแปลผลเป็นระดับคะแนนการใช้งานได้ของระบบ ตามตารางที่ 4 ซึ่งแบ่งช่วงคะแนนเฉลี่ยตามค่าอันตรภาคชั้น



ภาพที่ 7 หน้าจอการแนะนำเมนูอาหาร



ภาพที่ 8 หน้าจอรายละเอียดเมนูอาหาร



ภาพที่ 9 หน้าจอการจัดการเมนูอาหาร

ตารางที่ 4 ระดับคะแนนการใช้งานได้ของระบบ

คะแนนคำตอบ	ช่วงคะแนนเฉลี่ย	ใช้งานได้ในระดับ
3	2.34 – 3.00	ดี
2	1.67 – 2.33	พอใช้
1	1.00 -1.66	ควรปรับปรุง

ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ แนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้าที่มีภาวะทุพโภชนาการ จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 85% [19] แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ

เกณฑ์	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)	2.14	พอใช้
ด้านผลกระทบต่อการใช้งาน (Affect)	2.34	ดี
ด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้งาน (Helpfulness)	2.28	พอใช้
ด้านการควบคุม (Control)	2.48	ดี
ด้านการเรียนรู้ (Learnability)	2.52	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 5 ด้าน	2.35	ดี

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมของผลการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบทั้ง 5 ด้าน เท่ากับ 2.35 จึงสามารถสรุปได้ว่า ระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า มีความสามารถในการใช้งานได้อยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 2.35$) แต่เมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดีเกือบทุกด้าน องค์ประกอบของระบบมีจุดเด่นคือ ด้านการเรียนรู้ เป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดจากทั้งหมด 5 ด้าน ($\bar{X} = 2.52$) ตามด้วยด้านการควบคุม ($\bar{X} = 2.48$) และด้านผลกระทบต่อการใช้งาน ($\bar{X} = 2.34$) ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ระบบสามารถสร้างความพึงพอใจในการใช้งานในทุกขั้นตอนตั้งแต่ต้นจนจบ จากการเชื่อมโยงข้อมูลส่วนต่าง ๆ ระบบสามารถวางแผนมื้ออาหารได้ตรงตามเงื่อนไข ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้การใช้งานระบบนี้ได้อย่างดี และมีความพอใจในสิ่งที่ระบบนำเสนอ อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบในด้านประสิทธิภาพ และด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้งานยังมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ ($\bar{X} = 2.14$ และ $\bar{X} = 2.28$ ตามลำดับ) เนื่องจากการตอบสนองของระบบในขณะที่กำลังใช้งานยังแสดงลักษณะบางอย่างที่ผู้ใช้งานไม่เข้าใจ ยังมีแสดงคำอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลการแนะนำมื้ออาหารไม่มากพอที่จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจเนื้อหาอย่างที่ต้องการ และในบางครั้งระบบไม่แสดงข้อความแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดพลาด จึงทำให้ผู้ใช้ไม่เข้าใจการใช้งานระบบในส่วนนั้น ๆ เพราะไม่ทราบสาเหตุที่เกิดลักษณะดังกล่าว รวมถึงวิธีการแก้ไขหรือการทำงานในลำดับถัดไป ทั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า แม้ระบบยังสามารถทำงานได้บรรลุเป้าหมาย แต่ยังมีข้อขัดข้องในการใช้งานสำหรับผู้ที่ยังไม่คุ้นเคย และในบางครั้งระบบมีการตอบสนองไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงต้องเพิ่มคำอธิบายการใช้งานระบบในแต่ละส่วนเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานมากขึ้น

5. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาในเรื่องการแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า เนื่องจากการศึกษาค้นคว้า ทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ผู้ป่วยโรคซึมเศร้าจะต้องใช้ยาในการรักษาเป็นหลัก ซึ่งยาที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยจะมีผลข้างเคียง

ที่ส่งผลกระทบต่อร่างกายของผู้ป่วย และเพื่อช่วยให้ผู้ป่วยได้รับสารอาหารที่ควรได้รับต่อวัน ในปริมาณที่เพียงพอต่อดัชนีมวลกายของผู้ป่วย ซึ่งเมนูอาหารจะมีการคำนึงถึงผลข้างเคียงของยาร่วมด้วย โดยการได้รับสารอาหารที่เพียงพอและเหมาะสมจะช่วยป้องกันภาวะทุพโภชนาการให้กับผู้ป่วยได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาขั้นตอนวิธีในการแนะนำมื้ออาหารให้กับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า โดยนำเอาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาคำนวณ ได้แก่ เพศ อายุ ส่วนสูง น้ำหนักยาที่รับประทาน และโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกาย ได้แก่ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคอ้วนลงพุง เพื่อนำไปคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) ค่าปริมาณพลังงานพื้นฐานที่ร่างกายต้องการ (Basal Metabolic Rate: BMR) และค่าพลังงานที่ใช้ในแต่ละวัน (Total Daily Energy Expenditure: TDEE) แล้วนำมาวิเคราะห์หาเมนูอาหารที่เหมาะสมกับเงื่อนไขต่าง ๆ ของผู้ป่วย เพื่อจะจัดการวางแผนและแนะนำมื้ออาหารรายวันให้กับผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยส่งเสริมทั้งต่อการรักษาทางจิตใจและช่วยป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังทางกายของผู้ป่วยได้

การประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบได้ใช้แบบสอบถามในการประเมิน โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถาม คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 คน ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 85% หัวข้อประเมินการทำงานของระบบประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) ด้านผลกระทบต่อการใช้งาน (Affect) ด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้งาน (Helpfulness) ด้านการควบคุม (Control) และด้านการเรียนรู้ (Learnability) ผลการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของระบบพบว่า ระบบแนะนำมื้ออาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า มีความสามารถในการใช้งานได้โดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 2.35$) โดยมีด้านประสิทธิภาพและด้านประโยชน์ที่ได้จากการใช้งาน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับพอใช้ และเมื่อพิจารณาแต่ละด้านพบว่า องค์ประกอบของระบบมีจุดเด่น คือ ด้านการเรียนรู้ ซึ่งเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดจากทั้งหมด 5 ด้าน ($\bar{X} = 2.52$) ตามด้วยด้านการควบคุม ($\bar{X} = 2.48$) และด้านผลกระทบต่อการใช้งาน ($\bar{X} = 2.34$)

อย่างไรก็ตาม ระบบที่พัฒนาขึ้นยังมีส่วนที่สามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นได้ เช่น เพิ่มการแจ้งเตือน คำแนะนำ และคำอธิบายการใช้งานระบบในแต่ละส่วนมากขึ้น เพิ่มเมนูให้ความรู้เกี่ยวกับเมนูอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคซึมเศร้า

ที่มีภาวะทุพโภชนาการ รวมถึงพัฒนาระบบให้สามารถเพิ่มเติมเงื่อนไขส่วนบุคคลของผู้ป่วยที่ใช้ในการแนะนำอาหาร เช่น การแพ้ยา การแพ้อาหาร อาหารที่ชื่นชอบ พฤติกรรมของผู้ป่วย ตลอดจนการแนะนำเมนูของหวาน ผลไม้ และเครื่องดื่มร่วมด้วย

นอกจากนี้ หากมีการนำระบบไปใช้งานจริง ยังมีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการใช้หรือประมวลข้อมูลส่วนบุคคล (Personal Data Protection Act: PDPA) ซึ่งจำเป็นต้องขอคำยินยอม (Consent) จากเจ้าของข้อมูล (Data Subject) หรือผู้ใช้งานระบบก่อนการเข้าใช้งานครั้งแรก รวมถึงการประเมินผลกระทบ (Outcome) ของระบบเพิ่มเติมในประเด็นผลของการจัดมื้ออาหารที่ส่งผลให้ผู้ป่วยมีสุขภาพที่ดีขึ้น เพื่อยืนยันว่าข้อมูลชุดอาหารที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านโภชนาการ สามารถนำมาใช้แนะนำเมนูอาหารให้แก่ผู้ป่วยโรคซึมเศร้าตามเงื่อนไขการเจ็บป่วยทางกายของผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสมตามหลักโภชนาการ และทำให้ผู้ป่วยมีสุขภาพที่ดีขึ้นจริง นอกเหนือจากการประเมินผลลัพธ์ (Output) ของงานวิจัยในประเด็นความถูกต้องของผลการจัดมื้ออาหาร

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ NRIIS 179276)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Department of Mental Health, *Report on Patients Receiving Psychiatric Services*. Available Online at <https://dmh.go.th/report/datacenter/hdc/>, accessed on 20 April 2022.
- [2] Ministry of Public Health. *Clinical Dental Practice Guideline for Psychiatric Patients*. Srithanya, Bangkok, 2014.
- [3] P. Nilaphruek and K. Kanchanasatian. "A Recommender system for Weight Loss Activity applying Ontological Knowledge-Based." *Rajamangala University of Technology Krungthep Research Journal*, Vol. 11, No. 1, pp. 8 - 16, 2017.
- [4] P. Arboonngam, N. Arch-int, S. Arch-int, and

- S. Khayantham. "Personalized Nutrient Recommendation System for Diabetic Patient using Ontology and Rule of Inference Approach." *The Thirteenth National Conference on Computing and Information Technology*, Bangkok, pp. 706 - 712, 2017.
- [5] P. Deekaew. *Ontology-based recommender system for hypertension Patient*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Industrial Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 2016.
- [6] Y. R. Tanna, V. A. Parmar, S. S. Bhalkeshware, A. Maindre, and P. Malusare. "Drug Recommendation System." *International Journal of Creative Research Thoughts*, Vol. 11, No. 3, pp. a681 - a686, March, 2023.
- [7] P. Saengsupawat. *The Design and Development of a Menu Recommendation Model for Major Depressive Disorder Patients with Malnutrition*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Information Technology, Suranaree University of Technology, 2021.
- [8] P. Kaimook and P. Kaimook. *Thai Health Promotion Foundation. NCDs, the Diseases that you create yourself*. Thai Health Promotion Foundation, Bangkok, 2014.
- [9] R. Yera Toledo, A. A. Alzahrani, and L. Martinez. "A Food Recommender System Considering Nutritional Information and User Preferences." *IEEE Access*, Vol. 7, pp. 96695 - 96711, 2019.
- [10] J. Lertkrai and S. Boonbrahm. "Application of Ontology Technology for Food Recommendation." *Journal of Information Science and Technology*, Vol. 7, No. 1, pp. 22 - 32, 2017.
- [11] V. L. Jyothi and S. A. S. Kumar. "User History Based Insulin Suggestion System Using Mobile Application." *Proceedings of the IEEE Third International Conference on Science Technology Engineering & Management*, India, pp. 82 - 86, 2017.
- [12] C. Li and C. Yang. "The Research and Design of Recommendation System for Nutritional Combo." *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications*, China, pp. 830 - 837, 2016.
- [13] D. Mckensy-Sambola, M.Á. Rodríguez-García, F. García-Sánchez, and R. Valencia-García. "Ontology-based nutritional recommender system." *Applied Sciences*, Vol. 12, No. 1, pp. 143, 2022.
- [14] M. Amiri, J. Li, and W. Hasan. "Personalized Flexible Meal Planning for Individuals With Diet-Related Health Concerns: System Design and Feasibility Validation Study." *JMIR Formative Research*, Vol. 7, pp. 1 - 13, 2023.
- [15] P. Ghosh, D. Bhattacharjee, and M. Nasipuri. "Dynamic Diet Planner: A Personal Diet Recommender System Based on Daily Activity and Physical Condition." *Innovation and Research in BioMedical engineering*, Vol. 42, No. 6, pp. 442 - 456, 2021.
- [16] T. Yaso. *DASH Diet*. Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, pp. 10 - 13, 2023.
- [17] J. Kirakowski and M. Corbett. "SUMI: The Software Usability Measurement Inventory." *British Journal of Educational Technology*, Vol. 24, No. 3, pp. 210 - 212, 1993.
- [18] E. DePoy and L. N. Gitlin. *Introduction to Research*. 5th edition, Mosby, United States, 2016.
- [19] J. Nielsen and T. K. Landauer. "A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems." *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, Netherlands, pp. 206 - 213, 1993.

การเปรียบเทียบแบบจำลองเพื่อทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา Classification Model Comparison for Predicting Professional Fields

พิชญ์สินี กิจวัฒนาถาวร (Phichayasini Kitwatthanathawon)

Received: November 30, 2023

Revised: August 22, 2024

Accepted: August 27, 2024

*ผู้พิมพ์ประสานงาน: พิชญ์สินี กิจวัฒนาถาวร (Phichayasini Kitwatthanathawon) อีเมล: pichak@g.sut.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.002

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้ที่ศึกษาในสำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำเป็นจะต้องเลือกสาขาวิชาชีพใดสาขาหนึ่งได้แก่ เทคโนโลยีดิจิทัล และนิเทศศาสตร์ดิจิทัล ซึ่งการเลือกสาขาวิชาชีพของนักศึกษาถือเป็นเรื่องสำคัญมาก เนื่องจากส่งผลโดยตรงต่อชุดวิชาที่ต้องเรียนและเส้นทางอาชีพในอนาคต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา โดยได้นำข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาในสำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัลมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการจำแนกประเภท ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูล และสร้างแบบจำลองทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษาด้วย 5 ขั้นตอนวิธี ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ นาอ็ฟเบย์ วันอาร์ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด จากนั้นจึงที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าความถูกต้อง และค่าถ่วงดุล ร่วมกับการทดสอบแบบไขว้จำนวน 10 20 และ 30 ส่วน ผลการทดลองพบว่าวิธีสร้างแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องมากที่สุดเท่ากับ 89.6% คือ นาอ็ฟเบย์ ซึ่งแบ่งชุดข้อมูลทดสอบออกเป็น 20 ส่วน วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสามารถสร้างแบบจำลองที่มีค่าความแม่นยำมากที่สุดเท่ากับ 82.1% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน และวิธีต้นไม้ตัดสินใจสามารถสร้างแบบจำลองที่มีค่าความระลึก และค่าถ่วงดุลมากที่สุดเท่ากับ 83.3% และ 81.5% ตามลำดับ เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน

คำสำคัญ: สาขาวิชาชีพ การเลือกสาขาวิชา การทำนายเหมืองข้อมูล การจำแนกประเภท

Abstract

Currently, peoples who study at the Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology, have to select one of the professional fields between Digital Technology and Digital Communication. The professional field was very important because it will have a direct effect on course modules to be studied and a future career path. The purpose of this research was to construct and compare the classification performance of professional fields prediction model by collecting and analyzing data from the student opinion questionnaire. The classification technique which is part of a data mining approach was applied with 5 algorithms, e.g. Decision Tree, Naïve Bayes, OneR, Support Vector Machines, and K-Nearest Neighbors. The performance of the classification model was evaluated and compared by Precision, Recall, Accuracy, and F-Measure with 10-folds, 20-folds, and 30-folds cross-validation. The evaluation results indicated that (1) the classification model obtained from the Naïve Bayes algorithm achieved the highest Accuracy at 89.6%, using 20-folds cross-validation; (2) the classification model derived from the Support Vector Machines algorithm achieved the highest Precision at 89.6%, using 30-folds cross-validation; and (3) the classification model obtained from the Decision Tree algorithm achieved the highest Recall and F-measure at 83.3% and 82.5%, respectively, using 10-folds cross-validation.

Keywords: Professional Fields, Major Selection, Prediction, Data Mining, Classification.

*สำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

*Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology.

1. บทนำ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันการศึกษานั้นถือว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดเพราะเป็นรากฐานของการพัฒนาในทุก ๆ ด้าน นอกจากจะทำให้มีความรู้และพัฒนาตนเองได้แล้ว ยังเป็นตัวกำหนดทิศทางของประเทศได้อีกด้วยโดยเฉพาะ การศึกษาในระดับอุดมศึกษาเพราะเป็นการมุ่งพัฒนาผู้เรียน ให้สามารถเป็นผู้นำเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ และสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประเทศไทยที่มีการส่งเสริม การศึกษาที่ถูกทิศทาง รวมถึงการวางแผนที่มีคุณภาพ ย่อมมีทรัพยากรมนุษย์ที่มีประสิทธิภาพ และทำให้ประเทศนั้น ๆ มีต้นทุนที่เป็นทรัพยากรมนุษย์ที่มีศักยภาพในการทำให้ ประเทศก้าวไกล ในขณะที่เดียวกันการเลือกสาขาที่จะเข้า ศึกษาต่อก็เป็นสิ่งที่สำคัญเช่นกัน การเลือกเรียนสาขาที่ตนชอบ หรือถนัดนั้นมักส่งผลดีต่อหน้าที่การงานในอนาคตเป็นอย่างมาก [1]

สำนักวิทยาศาสตร์และศิลป์ดิจิทัล (Institute of Digital Arts and Science: DIGITECH) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นสำนักวิชาที่จัดการเรียนสอนทางด้านเทคโนโลยีดิจิทัล มีหลักสูตรที่สอนวิทยาการด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) และหลักสูตรวิทยาการด้านนิเทศศาสตร์ดิจิทัล (Digital Communication) ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการ ของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ตามนโยบาย Thailand 4.0 ของรัฐบาลและแนวโน้มสำคัญของโลก [2]

การเลือกสาขาวิชาของนักศึกษาถือเป็นเรื่องที่สำคัญ เป็นอย่างมากเพราะมีผลโดยตรงต่อเส้นทางอาชีพในอนาคต และอาจส่งผลต่อชีวิตของผู้เรียนเนื่องด้วยนักศึกษายังขาด ประสบการณ์ไม่ทราบถึงความต้องการที่แน่นอนและอาจรู้จัก แต่ละสาขาวิชาไม่มากพอใช้ความรู้สึกชอบในการตัดสินใจเข้าศึกษา ตามเพื่อนหรือความคิดเห็นจากผู้ปกครอง หรือมีปัญหา ด้านฐานะทางครอบครัว ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดการเสียเวลา และโอกาสเมื่อพบว่าตนเองไม่เหมาะสมกับสาขาวิชาที่เลือกเรียน [3] จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการพัฒนา แบบจำลองที่จะช่วยในการทำนายการเลือกสาขาวิชาชีพ ที่จะเข้าศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรี งานวิจัยนี้ จึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการจำแนกประเภท (Classification) อันเป็นเทคนิคหนึ่งที่สำคัญในการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) มาใช้ในการสร้างแบบจำลองการทำนายด้วยขั้นตอนวิธี (Algorithm) ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) นาอ์ฟเบย์ (Naive Bayes) วันอาร์ (OneR) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

และเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbors) เพื่อช่วย ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและทำนายสาขาวิชาชีพ ของนักศึกษาในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

เป็นกระบวนการในการค้นหารูปแบบ แนวทาง ความสัมพันธ์ ที่ซ่อนอยู่ในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ โดยใช้การเรียนรู้เรื่องของเครื่อง สถิติ ระบบฐานข้อมูล และการรู้จำแบบ โดยการทำเหมืองข้อมูล นั้นเป็นขั้นตอนวิธีการในการการค้นหาคำตอบพื้นฐานข้อมูล (Knowledge Discovery In Databases: KDD) หรือในอีกนิยามหนึ่ง การทำเหมืองข้อมูล คือ กระบวนการที่กระทำกับข้อมูล โดยจะนำข้อมูลที่มีอยู่มาวิเคราะห์แล้วดึงความรู้หรือสิ่งสำคัญ ออกมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หรือทำนายสิ่งต่าง ๆ [4] ขั้นตอนวิธีในการวิเคราะห์ข้อมูลมีหลากหลาย แสดงตัวอย่างดังนี้

- นาอ์ฟเบย์ (Naive Bayes)

นาอ์ฟเบย์หรือทฤษฎีของเบย์ (Bayes' Theorem) ถูกพัฒนาขึ้น โดยโทมัส เบย์ (Thomas Bayes) ใช้หลักการของความน่าจะเป็น มาพัฒนาเป็นทฤษฎีบทดังกล่าว [5] โดยเรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขการจำแนกข้อมูลใหม่ด้วยขั้นตอนวิธี ที่ไม่ซับซ้อน หลักการของนาอ์ฟเบย์ได้ใช้การคำนวณ หาคำน่าจะเป็นในการทำนายผล ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหา แบบจำแนกประเภทที่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้ โดยจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเพื่อสร้าง เงื่อนไขความน่าจะเป็นสำหรับแต่ละความสัมพันธ์ ขั้นตอนวิธีนี้ เหมาะกับกรณีของชุดข้อมูลตัวอย่างที่มีจำนวนมาก และคุณสมบัติ ของตัวอย่างนั้นไม่ขึ้นต่อกัน ขั้นตอนวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพ มากกับชุดข้อมูลขนาดเล็ก

- ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้ตัดสินใจเป็นการนำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองการ พยากรณ์ในรูปแบบต้นไม้ [6] ประกอบไปด้วย 1) โหนด (Node) ในแต่ละโหนดนั้นจะแสดงถึงการตัดสินใจบนข้อมูล ของคุณสมบัติต่าง ๆ 2) กิ่ง (Branch) เป็นค่าหรือผลลัพธ์ ที่ได้จากการทดสอบ ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อกันระหว่างโหนด

และแสดงคุณลักษณะที่เป็นไปได้ทั้งหมดของแต่ละโหนด
3) โหนดปลาย (Leaf Node) เป็นโหนดที่อยู่ชั้นล่างสุดของต้นไม้ตัดสินใจ แสดงถึงกลุ่มของข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากเงื่อนไขการตัดสินใจ ต้นไม้การตัดสินใจเป็นที่นิยมเพราะง่ายต่อการเข้าใจและตีความ สามารถจัดการได้ทั้งข้อมูลเชิงหมวดหมู่และตัวเลข และสามารถสร้างแบบจำลองจากความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนได้

- เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (K-Nearest Neighbors: K-NN)

เพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเป็นขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่ใช้ในงานจำแนกประเภท (Classification) และการทำนายค่าตัวเลข (Regression) เป็นวิธีการแบ่งคลาสสำหรับใช้จัดหมวดหมู่ข้อมูลตามข้อมูลที่อยู่ใกล้ที่สุดทำงานโดยการหาข้อมูลจำนวน K รายการที่ใกล้เคียงที่สุดกับข้อมูลนั้น ๆ ในชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Data) โดยใช้ฟังก์ชันวัดระยะทางระหว่างข้อมูล เช่น ระยะทางแบบยูคลิดีเนียน (Euclidean Distance) แมนฮัตตัน (Manhattan Distance) หรือมินกอร์วสกี (Minkowski Distance) แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยหรือค่าโหวตของประเภทของข้อมูลนั้น ๆ เพื่อใช้ในการทำนายหรือจำแนกประเภทของข้อมูลที่ใหม่ [7] หากข้อมูลที่กำลังสนใจนั้นอยู่ใกล้ข้อมูลใดมากที่สุด ระบบจะให้คำตอบเป็นเหมือนคำตอบของข้อมูลที่อยู่ใกล้ที่สุดนั้น ซึ่งลักษณะการทำงานแบบนี้ไม่ได้ใช้ชุดข้อมูลเรียนรู้ในการสร้างแบบจำลอง แต่จะใช้ข้อมูลที่อยู่ใกล้ที่สุดนี้มาสร้างตัวแบบจำลองเลย ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเป็นขั้นตอนวิธีที่ง่ายต่อการเข้าใจและการนำไปใช้งาน แต่อาจมีปัญหาในการจัดแบ่งกลุ่มข้อมูลที่มีความซับซ้อน

- ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SVM)

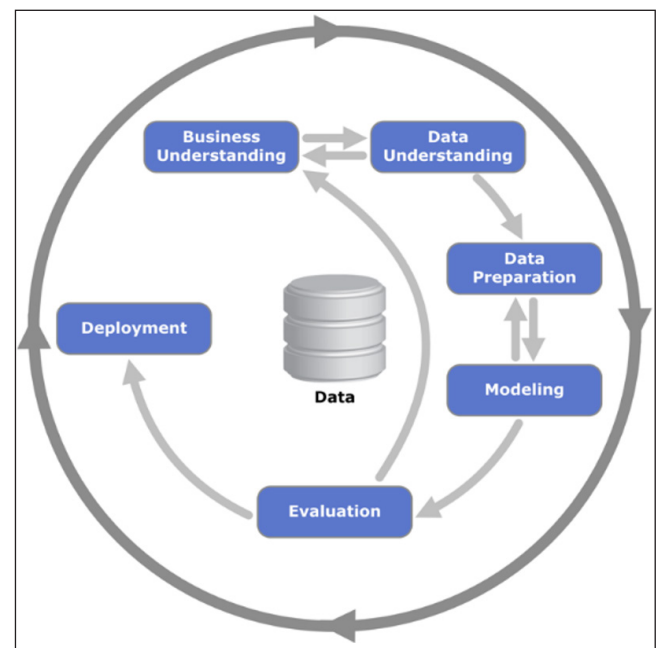
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นขั้นตอนวิธีแบบมีผู้สอน (Supervised Learning) โดยใช้การค้นหาเวกเตอร์ (Vector) ที่เป็นของจริงหรือเป็นไปได้สูงสุดมาช่วยแก้ปัญหาการจำแนกข้อมูล [8] โดยอาศัยหลักการของการหาสมประสิทธิ์ของสมการเพื่อสร้างเส้นแบ่งแยกกลุ่มข้อมูลที่ถูกป้อนเข้าสู่กระบวนการสอนให้ระบบเรียนรู้ ซึ่งเน้นไปยังเส้นแบ่งแยกแยะกลุ่มข้อมูลได้ดีที่สุด ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีความสามารถในการจัดแบ่งข้อมูลที่ซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี ด้วยวิธีการหาเวกเตอร์ที่เป็นไปได้สูงสุดที่สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลได้อย่างชัดเจนและมีความแม่นยำสูงที่สุด (Margin Maximization)

- วันอาร์ (OneR)

วันอาร์เป็นขั้นตอนวิธีที่ทำความเข้าใจถึงวิธีการสร้างกฎได้ง่าย และใช้งานง่าย โดยใช้หลักการสร้างกฎการจำแนกประเภทด้วยการเลือกแอททริบิวต์ที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุดเพียงแอททริบิวต์เดียวมาเป็นแบบจำลองทำนายคลาสของข้อมูล ซึ่งทำให้ได้รับกฎการจำแนกประเภทข้อมูลที่มีจำนวนน้อยมาก [9]

3.2 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคริปส์-ดีเอ็ม (CRISP DM)

เป็นกระบวนการมาตรฐานที่ใช้สำหรับการทำความเข้าใจข้อมูล มีไว้เพื่อทำการวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ทางธุรกิจ [10] มีขั้นตอนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคริปส์-ดีเอ็ม

จากภาพที่ 1 แสดงกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคริปส์ - ดีเอ็ม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การทำความเข้าใจธุรกิจ (Business Understanding) คือการทำความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการทางธุรกิจหรือองค์กรที่เป็นเป้าหมาย โดยการสังเกตเกี่ยวกับปัจจัยทางด้านธุรกิจต่าง ๆ จากนั้นนำมาแปลงผลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและวางแผนการดำเนินงาน
ขั้นตอนที่ 2 การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding) ในขั้นตอนนี้จะเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบข้อมูลที่ได้จัดเก็บรวบรวมมา จากนั้นนำข้อมูลมาทำความเข้าใจเพื่อเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) คือ การแปลงรูปข้อมูลให้พร้อมที่จะนำเข้าสู่การสร้างแบบจำลอง

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างแบบจำลอง (Modeling) ในขั้นตอนนี้ เป็นสร้างแบบจำลองโดยใช้ขั้นตอนวิธีที่หลากหลาย เพื่อหาแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้

ขั้นตอนที่ 5 การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Evaluation) เป็นการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อเตรียมความพร้อม ก่อนการนำไปใช้งาน

ขั้นตอนที่ 6 การนำแบบจำลองไปใช้งานจริง (Deployment) เป็นการนำแบบจำลองที่ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และผ่านการวัด ประสิทธิภาพแล้วมาใช้งานจริง เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา

3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา ในปัจจุบันมีหลากหลายด้าน รวมถึงการทำนายผลการเรียน ของนักเรียน การปรับเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ ในแบบเฉพาะบุคคล การระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยง การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบหลักสูตร และการวิเคราะห์ พฤติกรรมของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้

- การทำนายผลการเรียนของนักเรียน

งานวิจัยในด้านนี้นิยมใช้ขั้นตอนวิธี เช่น ต้นไม้ตัดสินใจ โครงข่ายประสาทเทียม และเครือข่ายแบบเบย์ เพื่อทำนาย ผลการเรียนในอนาคตของนักเรียนจากข้อมูลในอดีต การทำนายนี้ทำให้อาจารย์เข้าช่วยเหลือนักเรียนที่อาจ ประสบปัญหาได้ตั้งแต่เริ่มต้น [11] - [15] ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของนาโคโปวา และคณะ [13] ได้พัฒนา และนำขั้นตอน วิธีนาอ็พเบย์มาใช้ในการทำนายผลการเรียนตามคุณลักษณะ ของนักเรียน ผลการวิจัยยืนยันว่าการใช้ขั้นตอนวิธีนาอ็พเบย์ ในบริบทนี้สามารถทำนายผลการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้งานได้จริงด้วยค่าความถูกต้อง 85% งานวิจัยของอัล-บาร์ค และคณะ [14] ได้ทำนายเกรดเฉลี่ยสุดท้ายของนักเรียน โดยพิจารณาจากผลการเรียนในรายวิชาบังคับที่เรียนก่อนหน้า ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเกรดเฉลี่ยสุดท้ายและเกรด ในทุกรายวิชาจากใบรับรองผลการเรียนของนักเรียน หลังจากการเตรียมข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนวิธีต้นไม้ ตัดสินใจ (J48) เพื่อค้นหากฎการจำแนก ผลลัพธ์ของการวิจัย ทำให้สามารถระบุรายวิชาที่สำคัญที่สุดในแผนการศึกษา ของนักเรียนได้ โดยพิจารณาจากผลการเรียนในรายวิชาบังคับ และงานวิจัยของชานานและซาเนน [15] วิเคราะห์แบบจำลอง

การทำนายผลการเรียนของนักเรียนจากพฤติกรรมการเรียน ออนไลน์ โดยจัดเก็บข้อมูลจากระบบการจัดการการเรียนรู้ (Moodle LMS) ผู้วิจัยใช้ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (J48 และ ID3) สร้างแบบจำลองที่สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนได้ ผลการวิจัยพบว่าเกรดเฉลี่ยก่อนหน้า คะแนนสอบกลางภาค จำนวนการเข้าดูสื่อการสอน การคลิก และระยะเวลาการใช้งาน มีผลอย่างยิ่งต่อผลการเรียน ของนักเรียน และผู้สอนจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับเรื่องนี้มากขึ้น

- การระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยง

งานวิจัยในด้านนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยง ที่จะออกจากการศึกษาโดยการวิเคราะห์รูปแบบการเข้าเรียน คะแนน และการมีส่วนร่วม ผลลัพธ์ของงานวิจัยในด้านนี้ ทำให้สถาบันการศึกษาสามารถระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยง ได้ก่อนและสามารถให้การสนับสนุนที่ตรงเป้าหมาย แก่นักศึกษาเหล่านี้ได้ [16], [17]

- การเสริมสร้างการออกแบบหลักสูตร

งานวิจัยในด้านนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ผลการเรียนของนักเรียน เพื่อให้ทราบว่าหลักสูตรต้องปรับปรุง ในด้านใด ผลลัพธ์ของงานวิจัยในด้านนี้สามารถนำไปวางกลยุทธ์ และพัฒนาสื่อการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น [18], [19]

- การวิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียน

งานวิจัยในด้านนี้จะศึกษารูปแบบพฤติกรรมของนักเรียน รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับระบบการจัดการการเรียนรู้ และการมีส่วนร่วมแบบออนไลน์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง พฤติกรรมของนักเรียนกับความสำเร็จทางวิชาการ [3], [20], [21]

- การปรับประสบการณ์การเรียนรู้ส่วนบุคคล

งานวิจัยในด้านนี้มุ่งเน้นการปรับแต่งประสบการณ์ การเรียนรู้ให้ตรงกับความต้องการของนักเรียนแต่ละคน มีการนำเทคนิคต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ เช่น การจัดกลุ่ม และระบบการแนะนำเพื่อระบุเส้นทางการเรียนรู้และทรัพยากร ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับนักเรียนแต่ละคน [22] - [26] ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของซอมธารี และคณะ [24] ได้พัฒนา เว็บแอปพลิเคชันที่ช่วยให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาสามารถ เลือกเรียนหลักสูตรเพื่อประกอบอาชีพของตนเองได้ ผู้วิจัยได้ใช้ขั้นตอนวิธีสมการถดถอย ต้นไม้ตัดสินใจ และการสุ่มป่าไม้ ระบบนี้จะแนะนำทางเลือกอาชีพให้กับ นักเรียนโดยพิจารณาจากลักษณะบุคลิกภาพ ความสนใจ และความสามารถในการเรียนหลักสูตรนั้น งานวิจัยของปานติย์

และโมริยา [25] ได้ทำนายอาชีพที่นักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์สามารถเลือกได้หลังจากสำเร็จการศึกษาโดยใช้เทคนิคการจำแนกด้วยการเรียนรู้ของเครื่องที่ได้รับความนิยมสูงสุด 6 เทคนิค ผลการทดลองพบว่า ขั้นตอนวิธีการลงคะแนนเสียง (Voting) มีความแม่นยำสูงสุด รองลงมาคือ ป่าไม่แบบสุ่ม กราเดียนต์เบส และแผนผังการตัดสินใจ และงานวิจัยของ ทิวารี และเจน [26] ได้เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่องยอดนิยม 6 แบบ โดยการทำนายโอกาสทางอาชีพของนักเรียน ซึ่งพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กิจกรรมนอกหลักสูตร และข้อมูลประชากร ผลการวิจัยสรุปว่า การเรียนรู้ของเครื่องอาจเปลี่ยนแปลงการศึกษาและแนะนำการประยุกต์ใช้เชิงกลยุทธ์เพื่อปรับปรุงคำแนะนำด้านอาชีพให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษาในประเทศไทยที่มุ่งเน้นด้านการวิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียน เช่น รัชฎา เทพประสิทธิ์ และจรรณู แสนราช [3] ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเข้าศึกษาต่อในสาขาวิชาจำนวน 15 สาขา ของคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยเก็บข้อมูลตัวแปรทั้งหมด 9 ตัวแปร ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี จากงานส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน ในช่วงปีการศึกษา พ.ศ. 2556 - 2560 จำนวน 3,867 คน นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้กระบวนการเหมืองข้อมูลด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ผลวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสาขาวิชา ได้แก่ แผนการเรียนก่อนเข้าศึกษา และเพศ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองมีความแม่นยำถึง 72.5% ซึ่งถือว่าเป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและมีความน่าเชื่อถือ งานวิจัยของภัทรสุดา จารุธีรพันธุ์ [27] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเรียนสาขาวิชาในระดับปริญญาตรีของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยใช้ข้อมูลจากนักศึกษาปีที่ 1 จำนวน 678 คน จากแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเรียนของนักศึกษา คณะวิทยาการจัดการ โดยใช้สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแอนโนวา ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเรียนสาขาวิชา คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และพบว่า นักศึกษาได้ให้ความสำคัญปัจจัยทั้ง 5 ด้าน โดยมีด้านคุณลักษณะของสาขาวิชา ด้านการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ ด้านสถานที่

ด้านการมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกเรียน และมีด้านค่าใช้จ่ายกับตัวแปรสาขาวิชาที่เลือกเรียน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 งานวิจัยของ ประเทือง วงษ์ทอง และคณะ [28] ได้สร้างและเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทเทียม นาอ์ฟเบย์ และต้นไม้ตัดสินใจ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบอาชีพด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 395 คน จากนั้นวิเคราะห์ด้วยวิธีแบ่งข้อมูล 5 ส่วน และวัดค่าความถูกต้อง และความแม่นยำ พบว่าแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ แบบจำลองที่ได้จากขั้นตอนวิธีนาอ์ฟเบย์ มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 79.64% และค่าความแม่นยำเท่ากับ 74.04% รองลงมาคือขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 77.82% และค่าความแม่นยำเท่ากับ 73.60% และขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 54.69% และค่าความแม่นยำเท่ากับ 38.72% ตามลำดับ และงานวิจัยของวรารินทร์ ปัญญาวัชร [29] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสาขาเรียนต่อระดับปริญญาตรี และสร้างแบบจำลองสำหรับพยากรณ์การสำเร็จการศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลนิสิตจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2557 - 2559 จำนวน 929 รายการ โดยนำขั้นตอนวิธีนาร์มาสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์และวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าความถูกต้องและค่าระลอก ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวให้ค่าความถูกต้องและค่าระลอกสูงใกล้เคียงกันคือ 91% และ 91.1% ตามลำดับ

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษาด้านการทำนายผลการเรียนของนักเรียน เช่น ธนะวัฒน์ วรณประภา [30] ได้สร้างแบบจำลองการคัดกรองผู้ที่มีแนวโน้มสัมฤทธิ์ผลในการเรียนปริญญาตรีด้วยการทำเหมืองข้อมูล โดยเก็บข้อมูลการสำเร็จการศึกษาของบัณฑิตจากระบบกองทะเบียนและประมวลผลการศึกษา จำนวน 738 คน จำแนกเป็น 30 แอททริบิวต์ ใช้ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และการเรียนรู้เชิงลึก นอกจากนี้ยังมีการทดลองแบ่งสัดส่วนชุดข้อมูลเรียนรู้ และข้อมูลทดสอบเป็น 70:30 75:25 และ 80:20 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าขั้นตอนวิธีการเรียนรู้เชิงลึกให้ค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 85.94% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลเรียนรู้และข้อมูลทดสอบในอัตราส่วน 80:20 และงานวิจัยของจิราภรณ์ เจริญยิ่ง [31] ได้ทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษาด้วยการจำแนกประเภทข้อมูล

เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ การสุ่มป่าไม้ นาอีฟเบย์ และเพื่อนบ้านใกล้เคียง โดยใช้ข้อมูลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจำนวน 649 รายการ แบ่งเป็น 31 แอตทริบิวต์ ผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ การสุ่มป่าไม้ และนาอีฟเบย์มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 91.54% ส่วน ขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียงมีค่าความถูกต้องเพียง 82.31%

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การนำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้ในการทำนายผลการเรียนของนักเรียนโดยใช้ขั้นตอนวิธีที่หลากหลาย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษา

งานวิจัย	กลุ่มของงานวิจัย*	ขั้นตอนวิธี									
		การวิเคราะห์ทางสถิติ	การถดถอยโลจิสติก	เกรเดียนต์บูตติ้ง	ต้นไม้ตัดสินใจ	ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	วันอาร์	นาอีฟเบย์	โครงข่ายประสาทเทียม	เพื่อนบ้านใกล้เคียง	การสุ่มป่าไม้
[3]	B				✓						
[13]	P		✓	✓	✓			✓	✓		✓
[14]	P				✓						
[15]	P				✓						
[24]	L			✓	✓						
[25]	L		✓		✓						✓
[26]	L			✓	✓	✓			✓	✓	✓
[27]	B	✓									
[28]	B				✓			✓	✓		
[29]	B						✓				
[30]	P				✓	✓					✓
[31]	P				✓			✓		✓	✓
งานนี้	L				✓	✓	✓	✓		✓	

* P = การทำนายผลการเรียนของนักเรียน, I = การระบุนักเรียนที่มีความเสี่ยง, C = การเสริมสร้างการออกแบบหลักสูตร, B = การวิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียน, L = การปรับปรุงประสิทธิภาพการเรียนรู้ส่วนบุคคล

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่า การวิจัยเกี่ยวกับการทำเหมืองข้อมูลทางการศึกษาส่วนใหญ่ใช้ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ และนาอีฟเบย์ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพการพยากรณ์สูง และงานส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์พฤติกรรมของนักเรียน และการทำนายผลการเรียนของนักเรียน งานวิจัยยังมีข้อจำกัดในเรื่องการนำลักษณะทางจิตวิทยาหรือลักษณะบุคลิกภาพมาวิเคราะห์ร่วมด้วย ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะทำให้แบบจำลองการทำนายอาชีพที่ครอบคลุมมากขึ้น นอกจากนี้ การระบุคุณลักษณะที่ส่งผลต่อการทำนายสาขาวิชาชีพนั้นมีความซับซ้อนและมีความเฉพาะเจาะจงตามบริบทของงาน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่ซับซ้อนมากขึ้นในการรวมแหล่งข้อมูลที่มีความหลากหลาย เช่น ข้อมูลทางการศึกษา ประวัติการทำงาน และความสนใจส่วนบุคคล ดังนั้น การบูรณาการความสนใจส่วนบุคคล และการทดลองที่หลากหลายจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องมีความแม่นยำ ยุติธรรม และมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานจริง

งานวิจัยนี้จึงนำขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจและนาอีฟเบย์มาใช้ อีกทั้งยังนำขั้นตอนวิธีอื่นอันเป็นที่นิยม ได้แก่ วันอาร์ เพื่อนบ้านใกล้เคียง และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมาสร้างแบบจำลองและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษาสำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัล เพื่อหาขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการจำแนกสาขาวิชาชีพของนักศึกษา ตลอดจนวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเลือกสาขาวิชาชีพ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการเลือกสาขาให้กับผู้ที่สนใจเข้าศึกษาต่อไป

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างแบบจำลองทำนายการเลือกสาขาวิชาชีพของนักศึกษาสำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัลนี้ ได้นำกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคริสปี้-ดีเอ็ม ซึ่งเป็นกระบวนการมาตรฐานที่ใช้สำหรับการทำเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามบริบทของงานวิจัยดังนี้

4.1 การทำความเข้าใจปัญหา

การทำความเข้าใจปัญหาด้านการเลือกสาขาวิชาชีพของนักศึกษา เพื่อศึกษาปัญหา รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมถึงกำหนดเป้าหมายของงานวิจัยในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกกลุ่มวิชาชีพของนักศึกษาแต่ละคน

4.2 การทำความเข้าใจข้อมูล

การทำความเข้าใจข้อมูล เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล ส่วนตัวและความสนใจของนักศึกษาแต่ละคนโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถามที่ผ่านการตรวจสอบและประเมินความสอดคล้อง (Index of Consistency: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านแล้ว จำนวน 15 ข้อ จำแนกเป็นปัจจัยทางด้านบุคคล ปัจจัยทางการเงิน และปัจจัยด้านการประกอบอาชีพ ดังแสดงในตารางที่ 2 มีผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น 310 ราย จากนั้นจึงนำข้อมูลดังกล่าวไปสร้างแบบจำลองด้วยขั้นตอนวิธีนาอ์ฟเบย์ ต้นไม้ตัดสินใจ เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และชัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

4.3 การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์

ในขั้นนี้เป็นการสำรวจและตรวจสอบข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นตอนที่แล้ว เพื่อจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปวิเคราะห์ และสร้างแบบจำลอง มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 การปรับแต่งโปรแกรมให้เหมาะสมกับชุดข้อมูล งานวิจัยนี้ได้นำเข้าข้อมูลมาวิเคราะห์บนโปรแกรมเวก้า (Weka) เวอร์ชัน 3.8.5 แต่เนื่องจากข้อมูลนำเข้าดังกล่าวเป็นภาษาไทย จึงจำเป็นต้องปรับแต่งโปรแกรมในส่วนของการเข้ารหัสข้อมูล (File Encoding) ให้รองรับภาษาไทยก่อน

4.3.2 การแปลงช่วงข้อมูลตัวเลข (Discretization) เพื่อเปลี่ยนประเภทของข้อมูลทุกแอตทริบิวต์ในปัจจัยด้านการประกอบอาชีพจากข้อมูลเชิงตัวเลข (Numeric) ให้เป็นเชิงหมวดหมู่ (Nominal)

4.3.3 การทำความสะอาดข้อมูล ตรวจสอบ และแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด โดยการลบข้อมูลระยะเบี่ยงที่มีการระบุข้อมูลไม่ชัดเจนหรือขาดหาย ขจัดช่องว่างที่ปะปนอยู่กับข้อมูล และแก้ไขคำผิด

ผลที่ได้จากการเตรียมข้อมูลทำให้ได้ชุดข้อมูลที่พร้อมสำหรับการนำไปสร้างแบบจำลอง จำนวน 226 ระเบียบ ประกอบด้วย 15 แอตทริบิวต์ ดังแสดงในตารางที่ 2

4.4 การสร้างแบบจำลอง (Modeling)

เป็นการนำชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Data) มาหารูปแบบความสัมพันธ์ภายในชุดข้อมูลตามขั้นตอนวิธีที่เป็นมาตรฐาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ นาอ์ฟเบย์ วันอาร์ เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และชัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมเวก้า (Weka) เวอร์ชัน 3.8.5 เป็นเครื่องมือ

ตารางที่ 2 รายละเอียดข้อมูลนำเข้า

ที่	กลุ่มข้อคำถาม	คำอธิบายข้อมูล	ประเภทข้อมูล	หมายเหตุ
1	ปัจจัยทางด้านบุคคล	เพศ	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	ชาย, หญิง, อื่น ๆ
2	ปัจจัยทางด้านการเงิน	รายได้ครอบครัวต่อเดือน	ข้อมูลเชิงตัวเลข	
3	ปัจจัยด้านอาชีพ 1	หางานทำได้ง่ายเมื่อสำเร็จการศึกษาในกลุ่มวิชาชีพนั้น	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
4	ปัจจัยด้านอาชีพ 2	มีโอกาสดำเนินการตอบแทนสูงหากทำงานในกลุ่มวิชาชีพนั้น	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
5	ปัจจัยด้านอาชีพ 3	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่สามารถหารายได้พิเศษได้หลายทาง	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
6	ปัจจัยด้านอาชีพ 4	มีแนวโน้มความต้องการในตลาดแรงงานสูงขึ้นในกลุ่มวิชาชีพนั้น	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
7	ปัจจัยด้านอาชีพ 5	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่องค์กรให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
8	ปัจจัยด้านอาชีพ 6	มีตำแหน่งงานรองรับทั้งในภาครัฐบาลและเอกชน	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
9	ปัจจัยด้านอาชีพ 7	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่สอดคล้องกับสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันและอนาคต	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
10	ปัจจัยด้านอาชีพ 8	ความรู้ในกลุ่มวิชาชีพนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เกือบทุกอาชีพ	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
11	ปัจจัยด้านอาชีพ 9	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่น่าจะสามารถสร้างความเจริญก้าวหน้าได้อย่างรวดเร็ว	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
12	ปัจจัยด้านอาชีพ 10	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่สามารถสร้างความมั่นคงในชีวิตได้	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ที่	กลุ่มข้อความ	คำอธิบายข้อมูล	ประเภทข้อมูล	หมายเหตุ
13	ปัจจัยด้านอาชีพ	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่มีบรรยากศและสิ่งแวดล้อมในการทำงาน	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
	ปัจจัยด้านอาชีพ	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่เปิดโอกาสให้ได้ใช้สติปัญญาและความคิดอยู่ตลอดเวลา	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
14	ปัจจัยด้านอาชีพ	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่เปิดโอกาสให้ได้ใช้สติปัญญาและความคิดอยู่ตลอดเวลา	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
	ปัจจัยด้านอาชีพ	เป็นกลุ่มวิชาชีพที่เปิดโอกาสให้ได้ใช้สติปัญญาและความคิดอยู่ตลอดเวลา	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	สนใจมากที่สุด, มาก, ปานกลาง, น้อย, น้อยที่สุด
15	กลุ่มวิชาชีพ	สาขาวิชาชีพ	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	DT - เทคโนโลยีดิจิทัล DC - นิเทศศาสตร์ดิจิทัล
	กลุ่มวิชาชีพ	สาขาวิชาชีพ	ข้อมูลเชิงหมวดหมู่	DT - เทคโนโลยีดิจิทัล DC - นิเทศศาสตร์ดิจิทัล

และใช้ขั้นตอนวิธีเจสซีเบเปต (J48) นาอีฟเบย์ (Naive Bayes) วันอาร์ (OneR) ไอบีเค (IBK) และเอสเอ็มโอ (SMO) ตามลำดับ โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของแต่ละขั้นตอนวิธีตามการตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรมเวก้า ชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลองเป็นชุดข้อมูลที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ จำนวน 226 ระเบียบแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้ และชุดข้อมูลทดสอบ (Test Data) งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการทดสอบแบบไขว้ (Cross-Validation) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน 20 ส่วน และ 30 ส่วน ซึ่งในรอบแรกจะนำข้อมูลส่วนแรกเป็นชุดข้อมูลทดสอบ แล้วส่วนที่เหลือเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ โดยในแต่ละรอบจะสลับส่วนกันเป็นชุดข้อมูลทดสอบจนกว่าจะครบทุกส่วน ทั้งนี้เนื่องจากการแบ่งส่วนข้อมูลดังกล่าวเป็นการแบ่งกลุ่มที่นิยมใช้เป็นมาตรฐาน และมีจำนวนเพิ่มขึ้นในปริมาณเท่ากัน

4.5 การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง (Model Evaluation)

งานวิจัยนี้ได้ใช้ชุดข้อมูลทดสอบมาทำการทดสอบแบบไขว้ โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน 20 ส่วน และ 30 ส่วน เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้ทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา โดยจะคัดเลือกแบบจำลองที่ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวคำนวณจากตารางประเมินผลลัพธ์ (Confusion Matrix) ของการทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษา (Prediction) เปรียบเทียบกับสาขาวิชาชีพจริงที่นักศึกษาเลือกเรียน (Actual)

ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของข้อมูลที่ใช้เพื่อประเมินผลตามตารางที่ 2 ได้แก่

- 1) ข้อมูลที่แบบจำลองทำนายว่านักศึกษาจะเลือกสาขาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) และค่าคำตอบจริงของนักศึกษาได้เลือกเรียนในสาขาวิชาดังกล่าว (True Positive: TP)
- 2) ข้อมูลที่แบบจำลองทำนายว่านักศึกษาจะเลือกสาขาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) แต่ค่าคำตอบจริงของนักศึกษาไม่ได้เลือกเรียนในสาขาวิชาดังกล่าว (False Positive: FP)
- 3) ข้อมูลที่แบบจำลองทำนายว่านักศึกษาจะไม่เลือกสาขาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) และค่าคำตอบจริงของนักศึกษาไม่ได้เลือกเรียนในสาขาวิชาดังกล่าว (True Negative: TN)
- 4) ข้อมูลที่แบบจำลองทำนายว่านักศึกษาจะไม่เลือกสาขาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) แต่ค่าคำตอบจริงของนักศึกษาได้เลือกเรียนในสาขาวิชาดังกล่าว (False Negative: FN)

ตารางที่ 3 ตารางประเมินผลลัพธ์ (Confusion Matrix)

		ค่าทำนาย	
		DT - เทคโนโลยีดิจิทัล	DC - นิเทศศาสตร์ดิจิทัล
ค่าจริง	DT - เทคโนโลยีดิจิทัล	TP	FN
	DC - นิเทศศาสตร์ดิจิทัล	FP	TN

ค่าจากตารางประเมินผลลัพธ์ สามารถนำมาคำนวณค่าประสิทธิภาพของแบบจำลอง ได้แก่ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความระลึก (Recall) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าถ่วงดุล (F-measure) ดังแสดงในสมการที่ 1 - 4 [32]

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

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP + FP)} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP + FN)} \times 100\% \quad (3)$$

$$\text{F-measure} = \frac{2 \times (\text{Precision} \times \text{Recall})}{(\text{Precision} + \text{Recall})} \quad (4)$$

5. ผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้ใช้ชุดข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาสำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัล จำนวน 226 ระเบียบ

ประกอบด้วย 15 แอททริบิวต์ ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลแบบจำแนกประเภทสร้างแบบจำลองด้วยขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ นาอ์ฟเบย์ วันอาร์ ชัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด โดยแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้ออกเป็น 10 ส่วน 20 ส่วน และ 30 ส่วน แล้วนำแบบจำลองที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความระลึกลค่าความถูกต้อง และค่าถ่วงดุล ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ผลดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณค่าความแม่นยำ และค่าความระลึก

ขั้นตอนวิธี	ค่าความแม่นยำ			ค่าความระลึก		
	10 ส่วน	20 ส่วน	30 ส่วน	10 ส่วน	20 ส่วน	30 ส่วน
ต้นไม้ตัดสินใจ	79.8%	75.0%	74.9%	83.3%	70.0%	80.8%
นาอ์ฟเบย์	80.0%	81.0%	80.2%	77.5%	80.0%	79.2%
วันอาร์	79.3%	79.6%	79.4%	65.0%	66.7%	67.5%
ชีพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	81.5%	81.4%	82.1%	73.3%	71.7%	73.3%
เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด	69.1%	69.0%	67.5%	64.2%	67.1%	60.0%

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ค่าความแม่นยำของแบบจำลองจากขั้นตอนวิธีชีพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความแม่นยำมากที่สุดเท่ากับ 82.1% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน รองลงมาคือขั้นตอนวิธีนาอ์ฟเบย์มีค่าความแม่นยำ 81.0% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจค่าความแม่นยำ 79.8% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน ขั้นตอนวิธีวันอาร์มีค่าความแม่นยำ 79.6% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน และขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมีค่าความแม่นยำน้อยที่สุดเท่ากับ 69.1% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน

ในส่วนของค่าความระลึกจะเห็นได้ว่า ค่าความระลึกของแบบจำลองจากขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีค่าความระลึกมากที่สุดเท่ากับ 83.3% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน รองลงมาคือขั้นตอนวิธีนาอ์ฟเบย์มีค่าความระลึก 80.0% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน ขั้นตอนวิธีชีพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าความระลึก 73.3%

เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 และ 30 ส่วน ขั้นตอนวิธีวันอาร์มีค่าความระลึกอยู่ที่ 67.5% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน และขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมีค่าความระลึกน้อยที่สุดเท่ากับ 67.1% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่า ค่าความถูกต้องของแบบจำลองจากขั้นตอนวิธีนาอ์ฟเบย์มีค่าความถูกต้องมากที่สุดเท่ากับ 89.6% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน รองลงมาคือขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจและชีพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนซึ่งมีค่าความถูกต้องเท่ากันคือ 89.3% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 และ 30 ส่วน ตามลำดับ ขั้นตอนวิธีวันอาร์มีค่าความถูกต้อง 87.0% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน และขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุดเท่ากับ 80.6% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 และ 20 ส่วน

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าความถูกต้อง และค่าถ่วงดุล

ขั้นตอนวิธี	ค่าความถูกต้อง			ค่าถ่วงดุล		
	10 ส่วน	20 ส่วน	30 ส่วน	10 ส่วน	20 ส่วน	30 ส่วน
ต้นไม้ตัดสินใจ	89.3%	84.8%	85.4%	81.5%	72.4%	77.7%
นาอ์ฟเบย์	88.7%	89.6%	89.0%	78.7%	80.5%	79.7%
วันอาร์	86.7%	86.4%	87.0%	71.2%	72.3%	72.8%
ชีพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	88.3%	88.7%	89.3%	77.1%	76.1%	77.4%
เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด	80.6%	80.6%	80.0%	66.5%	65.0%	63.4%

ในส่วนของค่าถ่วงดุลจะเห็นได้ว่า ค่าถ่วงดุลของแบบจำลองจากขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจมีค่าถ่วงดุลมากที่สุดเท่ากับ 81.5% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน รองลงมาคือขั้นตอนวิธีนาอ์ฟเบย์มีค่าถ่วงดุล 80.5% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน ขั้นตอนวิธีชีพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมีค่าถ่วงดุล 77.4% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน ขั้นตอนวิธีวันอาร์มีค่าถ่วงดุลอยู่ที่ 72.8% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน และขั้นตอนวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมีค่าถ่วงดุลน้อยที่สุดเท่ากับ 66.5% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน

6. อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของทุกขั้นตอนวิธี สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองจากขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ มีค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีอื่น โดยมีค่าความแม่นยำ 79.8% ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษาด้วยความแม่นยำสูง ค่าความระลึกที่มากที่สุดเท่ากับ 83.3% หมายความว่า แบบจำลองสามารถระบุ 83.3% ของนักเรียนที่เลือกสาขาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) ได้อย่างถูกต้อง ค่าความถูกต้อง 89.3% หมายความว่า การทำนายนักเรียนที่เลือกสาขาวิชาชีพด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) โดยใช้อัลกอริทึมนี้มีความถูกต้องโดยรวมที่ 89.3% และค่าถ่วงดุล 81.5% บ่งบอกถึงความสมดุลที่ดีระหว่างค่าความแม่นยำและค่าความระลึก ค่าประสิทธิภาพเหล่านี้มีความสำคัญในการระบุนักเรียนที่ต้องการความช่วยเหลือเพิ่มเติมในการแนะนำอาชีพ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกแบบจำลองจากขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจมาใช้ในการเลือกสาขาวิชาชีพของนักศึกษา เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวสามารถทำนายสาขาอาชีพของนักเรียนได้อย่างแม่นยำ และสามารถระบุนักเรียนที่เลือกสาขาวิชาชีพของเทคโนโลยีดิจิทัล (DT) ได้ดี นอกจากนี้ ขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจยังมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงหมวดหมู่ สามารถสร้างแบบจำลองที่มีโครงสร้างที่เข้าใจได้ง่ายและมีความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ซับซ้อน ตลอดจนมีประสิทธิภาพกับชุดข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งเหมาะกับบริบทของงานวิจัยนี้

การแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้จำนวน 30 ส่วน ส่งผลให้ค่าความถูกต้องและค่าความแม่นยำมีค่าสูง ในขณะที่การแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้จำนวน 10 และ 20 ส่วน ส่งผลให้ค่าความระลึกและความถ่วงดุลมีค่าสูง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยของทุกขั้นตอนวิธีพบว่า ไม่ว่าจะแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้จำนวน 10 20 หรือ 30 ส่วน ต่างล้วนให้ค่าประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันมาก โดยจะมีความแตกต่างกันประมาณ 1% แต่การแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้จำนวน 10 ส่วนจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าการแบ่งเป็น 20 และ 30 ส่วน

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากที่ได้จากแบบจำลองวิธีต้นไม้ตัดสินใจซึ่งเป็นแบบจำลองที่เข้าใจง่ายและให้ค่าความระลึกและค่าถ่วงดุลมากที่สุด แบบจำลองดังกล่าวได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของปัจจัยที่สำคัญจากแบบสอบถามที่นักศึกษา

ใช้ในการเลือกสาขาวิชาชีพ ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลให้ความสนใจประเด็นภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันและมีแนวโน้มในการเลือกอาชีพที่มีตำแหน่งรองรับทั้งในภาครัฐบาลและเอกชนมากกว่าสาขาวิชานิเทศศาสตร์ดิจิทัล นอกจากนี้ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลยังมีความสนใจอย่างมากที่จะเลือกกลุ่มวิชาชีพที่สามารถหางานทำได้ง่ายเมื่อสำเร็จการศึกษาและได้รับค่าตอบแทนสูง ส่วนนักศึกษาสาขาวิชานิเทศศาสตร์ดิจิทัลจะมีความสนใจในการเลือกกลุ่มวิชาชีพเช่นเดียวกับสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลในประเด็นที่มีตำแหน่งรองรับทั้งในภาครัฐบาลและเอกชน สามารถหางานทำได้ง่ายเมื่อสำเร็จการศึกษา และได้ทำงานในกลุ่มวิชาชีพที่ได้รับค่าตอบแทนสูง แต่นักศึกษาสาขาวิชานิเทศศาสตร์ดิจิทัลจะเลือกกลุ่มวิชาชีพที่องค์กรให้ความสำคัญมากกว่า และให้ความสนใจกลุ่มวิชาชีพที่มีบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในการทำงานอยู่ภายในสำนักงานมากกว่านักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล จากกฎที่ได้กล่าวข้างต้นสามารถนำไปประกอบการตัดสินใจแก่นักศึกษาที่ยังไม่ได้เลือกกลุ่มอาชีพหรือกำลังตัดสินใจในการเลือกเรียนสาขาวิชาชีพในอนาคตได้

7. สรุป

งานวิจัยนี้ได้สร้างและเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองการทำนายการเลือกสาขาวิชาชีพของสำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัลโดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภท ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของการทำเหมืองข้อมูล โดยสร้างแบบจำลองด้วยขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ นาอ์ฟเบย์ วันอาร์ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และทดลองแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้ออกเป็น 10 20 และ 30 ส่วน จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก ค่าความถูกต้อง และค่าถ่วงดุล ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลองพบว่า วิธีนาอ์ฟเบย์สามารถสร้างแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องมากที่สุดเท่ากับ 89.6% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 20 ส่วน วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสามารถสร้างแบบจำลองที่มีค่าความแม่นยำมากที่สุดเท่ากับ 82.1% เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 30 ส่วน และวิธีต้นไม้ตัดสินใจสามารถสร้างแบบจำลองที่มีค่าความระลึกและค่าถ่วงดุลมากที่สุดเท่ากับ 83.3% และ 81.5% ตามลำดับ เมื่อแบ่งชุดข้อมูลทดสอบแบบไขว้เป็น 10 ส่วน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แบบจำลองที่สร้างจากขั้นตอนวิธีต้นไม้ตัดสินใจ

เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวสามารถทำนายสาขาวิชาชีพของนักศึกษาได้อย่างถูกต้องตามผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้คือแบบจำลองที่สามารถนำไปทำนายการเลือกสาขาวิชาชีพของนักศึกษาสำนักวิทยาศาสตร์และศิลป์ดิจิทัลได้ด้วยค่าประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะถูกนำไปใช้พัฒนาเป็นส่วนหนึ่งของเว็บไซต์ระบบแนะนำสาขาวิชาชีพ เพื่อประกอบการตัดสินใจแก่ผู้ที่กำลังตัดสินใจเลือกสาขาวิชาชีพในอนาคต อีกทั้งยังสามารถนำไปเป็นแนวทางให้กับผู้ที่สนใจวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลได้

8. ข้อเสนอแนะ/งานวิจัยในอนาคต

8.1 เพื่อให้แบบจำลองสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นในอนาคตอาจเพิ่มจำนวนแอตทริบิวต์และจำนวนระเบียบในชุดข้อมูลที่นำมาสร้างแบบจำลอง รวมถึงการจัดการกับข้อมูลที่ไม่สมดุล และการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์เพื่อเพิ่มความถูกต้องของแบบจำลอง

8.2 เพิ่มเติมขั้นตอนวิธีสร้างแบบจำลองเพื่อให้เกิดความหลากหลายและได้ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Suknoi. *Decision-Making to Further Study at a Higher Education Level of High School Students at Thasala Prasitsuksa School*, An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Business Administration in Finance and Banking, Ramkhamhaeng University, 2020.
- [2] Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology, *About the Institute of Digital Arts and Science*. Available Online at <https://digitech.sut.ac.th/about-program.php>, accessed on 29 January 2023.
- [3] R. Thepprasit and C. Sanrach. "The Analysis of Factors Affecting Choosing a Major of Undergraduate Students of the Faculty of Education by Using Data Mining Technique." *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University*, Vol. 14, No. 1, pp. 134 - 146, January - April, 2020.
- [4] C. H. A. Yu. *Data Mining and Exploration from Traditional Statistics to Modern Data Science*, 1st Ed., CRC Press, New York, 2022.
- [5] A. Chutipascharoen and C. Sanrach. "A Comparison of the Efficiency of Algorithms and Feature Selection Methods for Predicting the Success of Personal Overseas Money Transfer." *KKU Research Journal of Humanities and Social Sciences (Graduate Studies)*, Vol. 6, No. 3, pp. 105 - 113, September - December, 2018.
- [6] J. Han, J. Pei, and H. Tong. *Data Mining: Concepts and Techniques*, Morgan Kaufmann, United States, 2022.
- [7] S. Deegalla. *Nearest Neighbor Classification in High Dimensions*, Stockholm University, Sweden, 2024.
- [8] D. A. Pisner and D. M. Schnyer. *Machine learning*, Academic Press, Massachusetts, United States, 2020.
- [9] E. Kannan, S. Ravikumar, A. Anitha, S. Kumar, and M. Vijayasarathy. "Analyzing uncertainty in cardiotocogram data for the prediction of fetal risks based on machine learning techniques using rough set." *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, pp. 1 - 13, 2021.
- [10] F. M. Plumed, L. C. Ochando, C. Ferri, J. H. Orallo, M. Kull, N. Lachiche, M. J. Quintana, and P. A. Flach. "CRISP-DM Twenty Years Later: From Data Mining Processes to Data Science Trajectories." *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 3, No. 8, pp. 3048 - 3061, 2021.
- [11] M. Hussain, W. Zhu, W. Zhang, and S. M. Abidi. "Student engagement predictions in an e-learning system and their impact on student course assessment scores." *Computational Intelligence and Neuroscience*, Vol. 2018, No. 6, pp. 1 - 21, 2018.
- [12] D. Solomon, T. Godwin and O. Yinka. "Predicting Students' Academic Performance using Artificial Neural Networks." *International Journal of Computer Applications*, Vol. 185, No. 19, pp. 1 - 7, 2023.
- [13] V. Nakhipova, Y. Kerimbekov, Z. Umarova, L. Suleimenova, S. Botayeva, A. Ibashova, and N. Zhumatayev.

- "Use of the Naive Bayes Classifier Algorithm in Machine Learning for Student Performance Prediction." *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 14, No. 1, pp. 92 - 98, 2024.
- [14] M. A. A. Barrak and M. Al-Razgan. "Predicting Students Final GPA Using Decision Trees: A Case Study." *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 6, No. 7, pp. 528 - 533, 2016.
- [15] P. Shayan and M. V. Zaanen. "Predicting Student Performance from Their Behavior in Learning Management Systems." *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 9, No. 5, pp. 337 - 341, 2019.
- [16] M. Vaarma and H. Li. "Predicting student dropouts with machine learning: An empirical study in Finnish higher education." *Technology in Society*, Vol. 76, 2024. Article 102474.
- [17] H. Karalar, C. Kapucu, and H. Gürüler. "Predicting students at risk of academic failure using ensemble model during pandemic in a distance learning system." *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 18, 2021. Article 63.
- [18] G. Méndez, X. Ochoa, K. Chiliza, and B. de Wever. "Curricular Design Analysis: A Data-Driven Perspective." *Journal of Learning Analytics*, Vol. 1, No. 3, pp. 84 - 119, 2014.
- [19] D. Dennehy, K. Conboy, and J. Babu. "Adopting Learning Analytics to Inform Postgraduate Curriculum Design: Recommendations and Research Agenda." *Information Systems Frontiers*, Vol. 25, No. 4, pp. 1315 - 1331, 2023.
- [20] R. A. P. Álvarez, J. M. Mahauad, K. Sharma, D. S. Opazo, and M. P. Sanagustín. "Characterizing Learners' Engagement in MOOCs: An Observational Case Study Using the NoteMyProgress Tool for Supporting Self-Regulation." *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol. 13, No. 4, pp. 676 - 688, October-December, 2020.
- [21] S. Chaveesuk, B. Khalid, M. Bsoul-Kopowska, E. Rostańska, and W. Chaiyasoonthorn. "Comparative analysis of variables that influence behavioral intention to use MOOCs." *PLoS ONE*, Vol. 17, No. 4, 2022, Article e0262037.
- [22] A. Alamri, H. Alharbi, and R. Alturki. "Adaptive learning systems using machine learning algorithms for personalized education." *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, Vol. 16, No. 2, pp. 123 - 140, 2023.
- [23] S. Y. Chen and J-H. Wang. "Individual differences and personalized learning: a review and appraisal." *Universal Access in the Information Society*, Vol. 20, pp. 833 - 849, 2021.
- [24] D. Chaudhary, H. Prajapati, R. Rathod, P. Patel, and R. Gurjwar. "Student Future Prediction Using Machine Learning." *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 5, No. 2, pp. 1104 - 1108, 2019.
- [25] A. Pandey and L. S. Maurya. "Prediction Of Undergraduate Students' Career Using Various Machine Learning And Ensemble Learning Algorithms." *Webology*, Vol. 18, No. 6, pp. 3506 - 3523, 2021.
- [26] M. Tiwari and N. Jain. "Student Career Prediction Through Performance Evaluation of Machine Learning Algorithms." *Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology*, Vol. 44, No. 6, pp. 8176 - 8191, 2023.
- [27] P. Jaruteerapan. "Factors Influencing on Choosing Studying Programs in Bachelor's Degree Level in the Faculty of Management Science, Loei Rajabhat University." *Research and Development Journal, Loei Rajabhat University*, Vol. 10, No. 32, pp. 35 - 46, April - June, 2015.
- [28] P. Wongthong, W. Kankaew, A. Kwankaew, and Y. Chomdeang. *Applied of Data Mining Techniques for Searching Characteristics of Computer Career*. Research Project, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 2019.



- [29] W. Panyawong. "Utilization of Rule-Based Predicting Models Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts Students at Mahasarakham University by Data Mining." *Journal of Architecture, Design, and Construction*, Vol. 2, No. 2, pp. 109 - 119, May - August, 2020.
- [30] T. Wannaprapha. *Using Data Mining Techniques for Screening People Successfully in Undergraduate Studies of Educational Technology*, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Computer Engineering, Dhurakij Pundit University, 2021.
- [31] J. Jareanying. *The prediction of student performance using data mining techniques with Rapid Miner*, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Computer Science, Srinakharinwirot University, 2020.
- [32] S. Chitra and P. Srivaramangai. "Feature Selection Methods for Improving Classification Accuracy – A Comparative Study." *UGC Care Group I Listed Journal*, Vol. 10, No. 1, pp. 66 - 79, 2020.





การเปรียบเทียบความสำเร็จสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

The Success of Teaching Materials for Human Organ Systems Using Virtual Reality Technology

วัฒนา เอกปมิตศิลป์ (Wattana Eakpamitsin)* สิทธิศักดิ์ ทองสุข (Sittisak Thongsuk)*
และนัยนา มาแสง (Naiyana Marsaeng)*

Received: October 24, 2023

Revised: September 18, 2024

Accepted: September 23, 2024

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: วัฒนา เอกปมิตศิลป์ (Wattana Eakpamitsin) อีเมล: wattana_it@thonburi-u.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.003

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจการเรียนรู้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงกับการสอนปกติ วิธีวิจัยเป็นแบบเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 คือ โรงเรียนในจังหวัดสุพรรณบุรี และในโรงเรียนจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 42 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า 1) การออกแบบการพัฒนาสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เรียนรู้ได้รวดเร็วยิ่งขึ้น 2) ความพึงพอใจการเรียนรู้สื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ในภาพรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.03 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการสอนสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง มีคะแนนสูงกว่าการเรียนรู้แบบปกติ

คำสำคัญ: สื่อการสอน ระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ เทคโนโลยีเสมือนจริง

Abstract

This research aimed to 1) design and develop teaching media on the human body organ system using virtual reality technology,

2) evaluate the satisfaction of learning the human body organ system using virtual reality technology, and 3) compare the achievement of teaching with virtual reality technology with conventional teaching. The research method was a randomized controlled trial. The samples consisted of 42 fifth grade students from two schools in Suphan Buri Province and one in Surat Thani Province. They were divided into two groups: the experimental group and the control group. The results of the research found that 1) the design and development of teaching media on the human body organ system using virtual reality technology can make learners interested and learn faster. 2) The overall satisfaction of learning teaching media on the human body organ system using virtual reality technology was at a high level with a mean value of 4.45 and a standard deviation of 0.03. 3) The achievement of teaching media on the human body organ system using virtual reality technology was higher than conventional learning.

Keywords: Teaching Media, Human Body Organ System, Virtual Reality Technology.

1. บทนำ

ในร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยระบบอวัยวะที่ทำงานร่วมกันอย่างซับซ้อน การเรียนรู้เกี่ยวกับระบบอวัยวะเหล่านี้มีความสำคัญต่อความเข้าใจในสุขภาพและการทำงานของร่างกาย

* วิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธนบุรี

* Data Science and Information Technology, Faculty of Science and Technology, Thonburi University.

สื่อการสอนแบบดั้งเดิม เช่น หนังสือเรียน แผ่นภาพ และโมเดลสามมิติ มักถูกนำมาใช้ในการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ สื่อการสอนเหล่านี้อาจมีข้อจำกัด ตัวอย่างเช่น นักเรียนอาจไม่สามารถจินตนาการถึงภาพรวมของระบบอวัยวะ หรือไม่สามารถเข้าใจการทำงานของระบบอวัยวะได้อย่างถ่องแท้ การเพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียฝึกทักษะการใช้ Tense เพื่อทบทวนการใช้ Tense ของนักเรียนมัธยม พบว่ากลุ่มผู้ใช้งานพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.29$, $SD = 0.77$) สื่อมัลติมีเดียฝึกทักษะการใช้ Tense ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ สนุกสนานและเพลิดเพลิน [1]

เทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) เป็นเทคโนโลยีที่สร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบได้ เทคโนโลยี VR มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับระบบอวัยวะผ่านประสบการณ์เสมือนจริง ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถจำลองการเดินทางในร่างกายมนุษย์ หรือสามารถโต้ตอบกับอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งมุ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์แบบดั้งเดิมกับสื่อการสอนแบบเสมือนจริง ผลการศึกษาจะช่วยให้ทราบว่าเทคโนโลยี VR สามารถนำมาใช้เป็นสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และหากมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยี VR มีข้อดีอย่างไร compared กับสื่อการสอนแบบดั้งเดิม ซึ่งจากการศึกษาสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ของ Artsteps สามารถปรับปรุงผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับสื่อด้านห่วงโซ่อาหารได้ [2] สื่ออินโฟกราฟิกสามารถดึงดูดสายตา และเป็นสื่อวิทัศน์ที่มีการเรียบเรียงเนื้อหาให้มีความถูกต้องและครบถ้วน [3]

เทคโนโลยีเมตาเวิร์ส สามารถใช้ร่วมกับการเรียนการสอนแบบระยะไกล หรือออนไลน์ได้เป็นอย่างดี และยังสามารถพัฒนาในรูปแบบ เช่น ห้องเรียน ห้องประชุม สถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ เป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมเกมส์ ต่อมาจึงได้ขยายออกมายังอุตสาหกรรมอื่น ๆ อาทิ อุตสาหกรรมการค้า การท่องเที่ยวและบริการ ในอนาคตเมตาเวิร์ส จะกลายเป็นโลกคู่ขนานที่มีระบบเศรษฐกิจ [4] เมตาเวิร์สเป็นการผสมผสานทั้งโลกจริงและโลกเสมือนเข้าไว้ด้วยกัน ทำให้ผู้คนสามารถเข้าไปใช้ชีวิตร่วมกัน ทั้งทำงาน พักผ่อน ชมความบันเทิง เล่นเกม พบปะพูดคุยกันได้เหมือนเป็นโลกจริง ๆ เกมแอดเวนเจอร์ออฟแอนโทเรเดีย มีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือ

เพื่อการเรียนรู้เรื่องสัตว์ป่าสงวน และต้นไม้หวงห้ามที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ต่อไป [5]

เนื่องด้วยสื่อการเรียนการสอนในเรื่องระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ วิชาสุขศึกษา ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในการเรียนการสอนยังไม่ทันต่อยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป อาทิเช่น เป็นภาพ 2 มิติ ซึ่งทำให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและตัวหนังสือไม่ชัดเจน จึงทำให้มีความเบื่อหน่ายและไม่เข้าใจในการเรียนรู้ ผู้วิจัยมองเห็นถึงปัญหาและช่องว่างที่สำคัญและจำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบเรียนการสอนที่ทันต่อยุคสมัยในปัจจุบัน จึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาสื่อการเรียนการสอนโดยนำเอาเทคโนโลยี AR, VR และโปรแกรม Spatial, Meta verse มาประยุกต์ใช้ในการสร้างสื่อการสอนเป็นภาพ 3 มิติ เพื่อให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว (Success Tree Diagram: STD) ซึ่งผลการออกแบบและพัฒนาเกมดิจิทัล ทำได้สอดคล้องกับองค์ประกอบพื้นฐานของแนวคิดเชิงคำนวณ ใน 3 หัวเรื่อง คือการคิดแบบมีลำดับขั้นตอน การคิดแบบวนซ้ำ และการคิดแบบมีเงื่อนไข ยังพบว่า การออกแบบระดับความยากของส่วนปฏิสัมพันธ์ และภาพกราฟิก และสัญลักษณ์ในเกม ทำให้สามารถมีการใช้งานง่ายขึ้น มีความเหมาะสมมากที่สุดกับเด็ก (2) ผลการประเมินประสบการณ์การเล่นเกมนพบว่า นักเรียนสามารถเล่นเกมได้ดี รู้สึกว่าเกมมีความสนุกสนานและชื่นชอบเกม อยากรู้ว่าด่านต่อไปเล่นอย่างไร และรู้สึกเก่งเพราะผ่านด่านไปได้เรื่อย ๆ [6] ในด้านการสร้างสื่อการเรียนรู้ออฟฟิเชียลที่อำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจอวัยวะระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ การประเมินผ่านแบบสอบถามคิดเป็นร้อยละ 93.16 จากอาจารย์และนักเรียนยืนยันความเหมาะสมของออฟฟิเชียลว่าเป็นเครื่องมือการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ [7]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

ความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) หรือเรียกโดยย่อว่า "วีอาร์" (VR) เป็นกลุ่มของเทคโนโลยีเชิงโต้ตอบ ที่ผลักดันให้ผู้ใช้เกิดความรู้สึกของการเข้าร่วมอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่ไม่ได้มีอยู่จริงซึ่งสิ่งแวดล้อมดังกล่าว ถูกสร้างด้วยคอมพิวเตอร์ พัฒนาการของความเป็นจริงเสมือน ได้รับอิทธิพลมาจากแนวความคิดง่าย ๆ แต่มีอำนาจมาก เกี่ยวกับการที่จะเสนอสารสนเทศอย่างไรให้ดีที่สุด นั่นคือถ้าผู้ออกแบบสามารถ

ให้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ มีความค่อยเป็นค่อยไปในปฏิสัมพันธ์กับโลกทางกายภาพ ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา แล้วมนุษย์ก็จะสามารถรับ และเข้าใจสารสนเทศได้ง่ายขึ้น ถ้าสารสนเทศนั้น กระตุ้นเกี่ยวกับการรับรู้ และการสัมผัสของผู้รับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนสามารถเลียนแบบการรับรู้ การสัมผัส ของโลกทางกายภาพ โดยการรับรู้ในหลาย ๆ ทาง ในสภาพสิ่งแวดล้อมสามมิติขึ้นมาความเป็นจริงเสมือน ได้สร้างเนื้อหาสาระ ของสิ่งที่แสดงให้เห็น โดยการรับรู้ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของคอมพิวเตอร์ เพื่อตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวทางกายภาพของผู้ใช้งาน ที่สืบหาด้วยเครื่องรับรู้ของคอมพิวเตอร์ ประวัติความเป็นมาของความเป็นจริงเสมือน เป็นวิวัฒนาการอย่างหนึ่งของเทคโนโลยีที่เกิดจากการวิจัยของรัฐบาลอเมริกันเมื่อกว่า 40 ปีที่แล้วเพื่อการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยี สำหรับด้านการทหาร และการจำลองในการบิน ต่อมาในระหว่าง พ.ศ. 2503 - 2512 (ทศวรรษ 1960s) อีแวน ซูเทอร์แลนด์ (Ivan Sutherland) ซึ่งถือได้ว่าเป็นบิดา ของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) หรือ VR ได้ประดิษฐ์จอภาพสวมศีรษะ 3 มิติรุ่นแรกออกมา และในระยะนั้น ได้มีพัฒนาการด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกเกิดขึ้นการใช้จอภาพสวมศีรษะ ร่วมกับคอมพิวเตอร์กราฟิก 3 มิติ จึงนับเป็นจุดต้นกำเนิดของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนในยุคปัจจุบันในระหว่าง พ.ศ. 2513 - 2532 (ทศวรรษ 1970 - 1980) การวิจัยที่ห้องปฏิบัติการอวกาศอาร์มสตรอง ได้พัฒนาเทคโนโลยีการจำลองการบิน โดยการปรับปรุงจอภาพสวมศีรษะให้ดีขึ้น โดยให้นักบินสวมใส่แล้วจะมีความรู้สึกกลมกลืนไปกับสิ่งแวดล้อมเสมือนจริงเมื่อนักบินมองออกไปในโลกความเป็นจริงเสมือน ซึ่งปรากฏอยู่เบื้องล่างแล้วจะเห็นเสมือนว่า มีเครื่องบินอื่นๆ ปรากฏอยู่รวมถึงเห็นสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่อยู่ในช่วงของระยะเวลาเดียวกันนั้นหลังจากนั้นได้มีการวิจัย เกี่ยวกับความเป็นจริงเสมือนในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา เช่น ที่มหาวิทยาลัยนอร์ทแคโรไลนา ได้มีการใช้เทคนิคความเป็นจริงเสมือนในการสร้างจินตนาการด้านสถาปัตยกรรม และด้านการแพทย์ที่มหาวิทยาลัยแห่งวิสคอนซินและคอนเนกติกัต ได้มีการวิจัยเกี่ยวกับ "ความเป็นจริงประดิษฐ์" ที่ซึ่งการมีปฏิสัมพันธ์กับโลกเสมือนจริงสามารถใช้ได้ทั้งทางด้านการศึกษาและบันเทิงในช่วงประมาณ พ.ศ. 2531 - 2532 โครงการนาซาได้ช่วยแพร่กระจายเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนไปโดยไม่ตั้งใจ

ถึงแม้ว่านาซามีเงินทุนจำกัด ในการทำงานวิทยาศาสตร์นาซาได้ร่วมกับนักเขียนโปรแกรม และผู้ผลิตอุปกรณ์ ที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ได้นำเอาส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วมาประดิษฐ์รวมกันเพื่อให้ได้จอภาพสวมศีรษะในราคาย่อมเยาและใช้เป็นครั้งแรกในกองทัพอากาศ การประชาสัมพันธ์โครงการนี้ได้ช่วยโหมกระพือความน่าตื่นเต้นของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนให้มีมากยิ่งขึ้น และต่างก็หวังว่าการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนคงจะมีราคาถูก เพื่อให้สามารถใช้ได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ในปี พ.ศ. 2536 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนได้ขยายวงกว้างทางด้านบันเทิงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานบันเทิง เช่น ดิสไนเวิลด์ที่มีการใช้เทคโนโลยี ความเป็นจริงเสมือน หรือ VR กันอย่างกว้างขวางระยะต่อมา ผู้ผลิตเกมคอมพิวเตอร์ เช่น ซีกา และนินเทนโด ได้นำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน มาใช้ในเกมต่าง ๆ แทนที่เทคโนโลยีแบบเดิมส่วนสถาบัน และกลุ่มนักวิจัย ก็มีความพยายามในการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน หรือ VR มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ การแพทย์และการฝึกอบรม เป็นต้นผลลัพธ์ของความแตกต่างในลักษณะของการเรียนรู้ตามโครงการและสื่อเสมือนการเรียนรู้เชิงค้นพบอยู่ในรูปแบบการเรียนรู้ กิจกรรมเสมือนจริง งานที่ผลิต และทัศนคติที่พัฒนาขึ้น ผลการทดสอบความเป็นไปได้ของสื่อเสมือนทั้งสองได้รับการประกาศว่าเหมาะสมต่อการใช้งาน ผลลัพธ์ของ ANCOVA แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้สื่อเสมือนตามโครงการมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์มากกว่าการเรียนรู้สื่อเสมือน [8]

2.2 ประเภทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) หรือ VR แบ่งลักษณะ ได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. Desktop VR or Window on World Systems ระบบเหล่านี้จะใช้จอภาพคอมพิวเตอร์ธรรมดาเพื่อแสดงโลกเสมือนจริงบางครั้งถูกเรียกว่า "Desktop VR" หรือ "Window on a World" (WoW).
2. Video Mapping สิ่งนี้คือการเปลี่ยนแปลงของ WoW เพื่อให้เข้าใกล้กลมกลืน กับสิ่งที่นำเข้ามาจากวิดีโอ ของผู้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์กราฟิก แบบ 2D/ 3D ผู้ใช้จะเห็นตนเองและเห็นการเปลี่ยนแปลงของตน จากจอภาพ ความคิดนี้ถูกใช้ใน เกมคอมพิวเตอร์ เช่น Doom and Quake เป็นต้น

3. Immersive Systems เป็นเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน หรือ VR ล่าสุดที่สมบูรณ์แบบสำหรับผู้ใช้งานส่วนบุคคล Immersive VR systems ถูกจัดรวมไว้ร่วมกับ Head Mounted Display (HMD) โดย HMD คือหมวกเหล็ก หรือหน้ากาก สำหรับสวมซึ่งสามารถจำลองภาพ และการได้ยินได้ด้วย (auditory)

4. Telepresence คือการเปลี่ยนแปลงของคอมพิวเตอร์ ที่เสริมกันสมบูรณ์ ทำให้มองเห็นโลกที่สร้างใหม่เทคโนโลยีนี้จะเชื่อมต่อตัวตรวจจับสัญญาณระยะไกลในโลกของความเป็นจริงกับไหวพริบของมนุษย์โดยตัวตรวจจับสัญญาณระยะไกลอาจถูกค้นหาได้ ด้วยหุ่นยนต์ตรวจจับสัญญาณ

5. Augmented/Mixed Reality Systems คือ การผสมกันกับ Telepresence และ Virtual Reality Systems ให้ระบบคอมพิวเตอร์ ที่สร้างขึ้น ถูกผสมกันกับ สิ่งที่น่าเข้า telepresence โดยให้ผู้ใช้งาน สามารถดูสิ่งต่าง ๆ ได้จากโลกความเป็นจริง เช่น การตรวจของแพทย์ ศัลยแพทย์ เพื่อวินิจฉัย หรือดูสิ่งผิดปกติในร่างกาย และการพัฒนาและวิเคราะห์การใช้งานของเว็บที่เกี่ยวข้อง เทคโนโลยีสื่อสตรีมมิ่ง ฐานข้อมูล ไวท์บอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ และอื่น ๆ เทคโนโลยีที่สำคัญ การสร้างเครือข่ายโรงเรียนระบบหลักสูตรมีความเข้มแข็งมากขึ้น เวทีกว้างขึ้น สำหรับโรงเรียนให้มีส่วนสนับสนุนการปรับปรุงสภาพร่างกายโดยรวมมากขึ้นคุณภาพของสังคมทั้งหมด การใช้ระบบการเรียนรู้เสมือนโรงพยาบาลตั้งอยู่ (VHSL) ความเป็นจริงเสมือน เพื่อพัฒนาสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริงมุ่งเน้นไปที่กายวิภาคของอวัยวะของมนุษย์ ผลที่ได้ก็อธิบายว่า คุณสมบัติ VR และตัวแปรการรับรู้ประโยชน์เป็นตัวทำนาย สำหรับการเรียนรู้แบบตั้งอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่าผลลัพธ์ที่ได้คือมีนัยสำคัญทางสถิติและบ่งชี้ว่าการเรียนรู้จากสถานที่ช่วยให้ปรับปรุงแรงจูงใจในการเรียนรู้ [9]

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ค้นคว้ารวบรวมผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และสามารถนำมาสนับสนุนแนวคิดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ดังนี้

พัฒนาสื่อเรียนรู้เสมือนจริงบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ด้วยเทคโนโลยีภาพถ่ายภาพาโนรามา 360 องศา กรณีศึกษา: เว็บไซต์ฐานข้อมูลแหล่งเรียนรู้มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อเรียนรู้เสมือนจริงบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 2) ศึกษาประสิทธิภาพสื่อเรียนรู้เสมือนจริง

บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อเรียนรู้เสมือนจริง 360 องศาบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ กลุ่มเป้าหมายได้แก่ นิสิต บุคลากรมหาวิทยาลัยมหาสารคาม และบุคคลทั่วไป จำนวน 500 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) สื่ออิเล็กทรอนิกส์เสมือนจริง 360 องศา 2) แบบวัดประสิทธิภาพสื่อเรียนรู้เสมือนจริง 360 องศา และ 3) แบบวัดความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อที่พัฒนาขึ้น สถิติที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผลการวิจัยพบว่า 1) สื่อเรียนรู้เสมือนจริงบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนในการจัดทำสื่อเสมือนจริง 360 องศา 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการดำเนินงานชักซ้อมความเข้าใจในการใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพเพื่อพัฒนาและออกแบบสื่อเสมือนจริง 360 องศา ขั้นตอนการเผยแพร่สื่อเสมือนจริง 360 องศาผ่านทางเว็บไซต์ ขั้นตอนเผยแพร่ผลงานผ่านทางเว็บไซต์ 2) สื่อเรียนรู้เสมือนจริงบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก 3) ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อเรียนรู้เสมือนจริง 360 องศาบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดียเสมือนจริงเรื่องประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรมอยุธยา: กรณีศึกษาวัดพระราม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสื่อการสอนมัลติมีเดียเสมือนจริง เรื่องประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรมอยุธยา: กรณีศึกษาวัดพระราม เพื่อศึกษาความเหมาะสมของสื่อการสอนจากผู้เชี่ยวชาญ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจในสื่อการสอนจากนักศึกษา การพัฒนาสื่อการสอนมัลติมีเดียเสมือนจริงมีขั้นตอนการวิจัย 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบ 2) ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลภาพเสมือนจริง 3) ขั้นตอนในการสร้างระบบนำเสนอ 4) ขั้นตอนการสร้างระบบนำทางในการชมเกาะอยุธยา 5) ขั้นตอนการเผยแพร่ และ 6) ขั้นตอนการสรุปผล โดยใช้โปรแกรมในการพัฒนาดังนี้ 1) โปรแกรม Easypano Tour weaver 7.50 Professional Edition 2) โปรแกรม Photoshop CS 6 3) โปรแกรม Maya และ 4) โปรแกรม Dreamweaver CS6 กลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยคือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยี สถาปัตยกรรม ในมหาวิทยาลัยทั่วประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่าสื่อการสอนมัลติมีเดียเสมือนจริง เรื่องประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรมอยุธยา: กรณีศึกษา วัดพระราม ผ่านการประเมินความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหาได้ประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

(mean=4.42, S.D.=0.40) และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคได้ประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (mean = 3.53, S.D. = 0.46) และกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออกวิทยาเขตอุเทนถวายได้ประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (mean = 4.23, S.D. = 0.16) [10]

การเผยแพร่ภูมิปัญญาด้านจิตรกรรมฝาผนังบนเกาะรัตนโกสินทร์ด้วยระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง ปัจจุบันแหล่งเรียนรู้ด้านจิตรกรรม ศิลปะวัฒนธรรม และภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านความเป็นอยู่ของคนไทยยังไม่มีเผยแพร่ผ่านสื่อมัลติมีเดียออนไลน์ และเพื่อเป็นการเผยแพร่ภูมิปัญญาเกี่ยวกับการสร้างจิตรกรรมฝาผนังที่เสมือนจริงมากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมและพัฒนาในรูปแบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริง (Virtual Museum) ซึ่งเป็นการจำลองสถานที่จริงและนำมาพัฒนาเข้ากับเว็บไซต์เพื่อช่วยให้ผู้ที่สนใจเรื่องราวและรูปแบบของจิตรกรรมไทยได้รับความรู้จากระบบพิพิธภัณฑ์เสมือน รวมทั้งสามารถทราบความแตกต่างด้านจิตรกรรมฝาผนังไทยซึ่งหาดูได้ยากจากผลการทดลองโดยผู้ใช้งานระบบ พบว่าผู้เข้าศึกษาในระบบพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงสำหรับจิตรกรรมฝาผนังบนเกาะรัตนโกสินทร์มีระดับความรู้เกี่ยวกับภูมิปัญญาไทยเพิ่มขึ้น และผู้ใช้พึงพอใจระบบโดยเฉลี่ยในระดับมาก จึงสามารถสรุปได้ว่าพิพิธภัณฑ์เสมือนจริงสำหรับจิตรกรรมฝาผนังสามารถสนับสนุนด้านการเผยแพร่ศิลปวัฒนธรรมไทยได้ และสามารถนำระบบไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [11]

การพัฒนาพิพิธภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เสมือนจริงโบราณสถานในเขตเทศบาลนครสงขลาโดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพรายละเอียดสูง (HDR: High Dynamic Range) และภาพพาโนรามาเสมือนจริง (Virtual Panoramic) พิพิธภัณฑ์เป็นแหล่งเรียนรู้ที่มีประโยชน์ในการศึกษา และเป็นที่ยอมรับรวบรวมข้อมูลโบราณสถานและโบราณวัตถุอีกทั้งยังถือเป็นแหล่งเรียนรู้ให้กับนักเรียน และบุคคลทั่วไป ผู้เข้าชมจะต้องเดินทางไปยังพิพิธภัณฑ์ทำให้เกิดปัญหาด้านงบประมาณ และด้านเวลาในการเดินทางก่อให้เกิดความเลื่อมล้ำทางการศึกษาและการเข้าถึงข้อมูลในปัจจุบันความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต (Internet) ที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลาและทุกสถานที่ภายใต้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตและเทคโนโลยีการนำเสนอข้อมูลในลักษณะเสมือนจริง (Virtual Reality: VR)

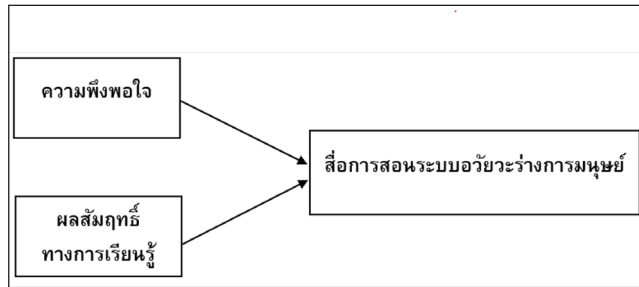
ผู้เข้าชมสามารถรับชมเสมือนอยู่ในสถานที่จริง ผู้ชมสามารถปรับเปลี่ยนมุมมองได้ด้วยตนเอง มุมมองที่แสดงสิ่งแวดล้อมเป็นไปในลักษณะที่เป็นพลวัต การเคลื่อนที่สามารถเลือกหรือเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของผู้ชม ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้นผู้เขียนมีความสนใจในการพัฒนาพิพิธภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เสมือนจริงโบราณสถานในเขตเทศบาลนครสงขลา ขั้นตอนในการพัฒนาพิพิธภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เสมือนจริงมีทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบ 2) ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลภาพเสมือนจริง 3) ขั้นตอนการสร้างระบบนำชมโบราณสถาน 4) ขั้นตอนการเผยแพร่ ในการจัดเตรียมข้อมูลทางผู้เขียนได้ใช้เทคนิคการบันทึกภาพรายละเอียดสูง (High Dynamic Range: HDR) เป็นเทคนิคการบันทึกภาพที่ได้รายละเอียดของภาพมากที่สุด สามารถแสดงรายละเอียดของภาพที่มีแสงสว่างน้อยและสามารถบีบอัดรูปแบบภาพ JPG ได้ดีกว่าการใช้เทคนิคแบบอื่น ๆ ด้านการนำเสนอผู้เขียนใช้เทคนิคภาพพาโนรามาเสมือนจริง สามารถแสดงภาพในลักษณะแสดงข้อมูลได้รอบตัว หรือ 360 องศา พร้อมแผนที่แสดงตำแหน่งการชมทั้งยังแสดงทิศทาง และมุมมองของการชมพิพิธภัณฑ์ ส่วนกระบวนการเผยแพร่ได้ทำการเผยแพร่ให้กับหน่วยงานต่าง ๆ ในลักษณะของแผ่นซีดีรอมที่ทำงานในลักษณะออฟไลน์ และการให้บริการบนระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งผลลัพธ์ของการทดสอบ MANOVA ซึ่งบ่งชี้ถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญในการประยุกต์ใช้สื่อเหล่านี้กับความรู้ด้านดิจิทัลและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน [12]

พบว่าแอปพลิเคชันมีความเหมาะสมในทุกรายการประเมินของทุกด้าน โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}=4.64$, $SD. = 0.16$) สามารถสรุปได้ว่าแอปพลิเคชันที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับของผู้เชี่ยวชาญ และสามารถนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้ และ 3) ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันคัดกรองบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และยังพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันคัดกรองโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}=4.78$, $SD. = 0.22$) [13] ระบบงานให้เป็นไปในทิศทาง 24 เดียวกัน และกำหนดขั้นตอนที่เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ระบบโดยพยายามให้เกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญภาพรวมอยู่ในระดับมาก

และความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้งานระบบทั้งกลุ่มผู้สอนและผู้เรียนมีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นทีมหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิค gamification ให้คะแนนกระบวนการเรียนรู้ยอดเยี่ยม [14]

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual framework)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดทางการวิจัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

ในครั้งนี้ใช้การวิจัยก่อนการทดลอง (pre-experimental research) แบบหลายกลุ่มทดสอบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน (Multi group pretest posttests) ซึ่งมีวิธีการศึกษาดังนี้

ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง ประชากร คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองคือ โรงเรียนในจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 9 คน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มควบคุมคือ โรงเรียนในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 33 คน รวมจำนวน 42 คน ซึ่งคัดเลือกจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

3.2 การอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบจะช่วยเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนและทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

โดยเลือกใช้วิธีดำเนินการแบบ SDLC ซึ่งมีขั้นตอนการพัฒนาระบบ ดังนี้

1) วิเคราะห์ความต้องการ (Requirement) ด้วยการวิเคราะห์ความต้องการคล่องในด้านการเรียนการสอนของโรงเรียนต่าง ๆ เช่น การศึกษาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ทรัพยากรสำหรับการเรียนการสอน ความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน เป็นต้น พบว่าความต้องการเบื้องต้น

ตารางที่ 1 แสดงถึงการทำงานของผู้เข้าใช้งานการเข้าสู่ระบบ

Use Case Name	: log in
Actor	: ผู้เล่น
Pre-Condition	: กดเลือกวิธีการ log in
Post-Condition	: จะปรากฏห้องเรียนต่าง ๆ ให้เลือก
Brief Description	: เลือกห้องเรียนต่าง ๆ ที่ต้องการ
Flow of Events	: 1. กดเลือกวิธี log in เพื่อเลือกห้องเรียน 2. แสดงห้องเรียนต่าง ๆ เพื่อให้เลือก 3. เลือกห้องเรียน
Exception	: -

ตารางที่ 2 แสดงถึงการเลือกห้องเรียน

Use Case Name	: เลือกห้องเรียน
Actor	: ผู้เล่น
Pre-Condition	: กดเลือกห้องเรียนที่ต้องการ
Post-Condition	: เข้าสู่ห้องเรียน Spatial
Brief Description	: เข้าไปในห้องเรียนที่เลือก
Flow of Events	: 1. กดเลือกห้องเรียน 2. เข้าสู่ภายในห้องเรียน
Exception	: -

ตารางที่ 3 แสดงถึงการจัดสรรกระบวนการทำงาน

Use Case Name	: log in
Actor	: ผู้เล่น
Pre-Condition	: กดออกจากระบบ
Post-Condition	: ออกจากระบบ
Brief Description	: เมื่อกดปุ่ม log out จะออกจาก Spatial
Flow of Events	: 1. กดเลือกวิธี log out 2. ออกจาก Spatial
Exception	: -

ประกอบด้วย 1) กลุ่มผู้ใช้ ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ผู้สอนหรือผู้สร้างเนื้อหา และผู้เรียน 2) ระบบที่จำเป็นสำหรับระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ผ่านศูนย์บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ระบบจัดการหลักสูตร ระบบการสร้างบทเรียน ระบบการทดสอบและประเมินผล ระบบส่งเสริมการเรียนรู้ และระบบจัดการข้อมูล เป็นต้น

2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Analysis and Design) โดยนำความต้องการของผู้ใช้แต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์เป็นแผนภาพบริบท (Context Diagrams)

3) การพัฒนาระบบ (Development/coding) มีการทำงานเป็นส่วนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ระบบจัดการข้อมูลด้วยเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่ให้บริการผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต พัฒนาด้วยภาษา PHP เชื่อมต่อฐานข้อมูล MySQL และให้บริการด้วย Apache Web Server ประกอบด้วย ระบบจัดการหลักสูตร ระบบการสร้างบทเรียน ระบบการทดสอบ และประเมินผล ระบบส่งเสริมการเรียนรู้ และระบบจัดการข้อมูล

ส่วนที่ 2 การนำเสนอเนื้อหาและกิจกรรมผ่านสื่อออนไลน์ที่หลากหลาย โดยการจัดเก็บข้อมูลเนื้อหา กิจกรรม และแบบทดสอบต่าง ๆ ในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย เช่น ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และวิดีโอในฐานข้อมูล MySQL ที่นำเสนอผ่านเว็บแอปพลิเคชัน และโมบายแอปพลิเคชัน ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา PHP, HTML5 และ JQuery mobile

4) การทดสอบและบูรณาการระบบ (Testing/System integration) แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ทดสอบการทำงานของระบบในส่วนของเว็บแอปพลิเคชันที่มีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดยแยกการทดสอบออกเป็นระบบย่อย ได้แก่ ระบบจัดการหลักสูตร ระบบการสร้างบทเรียน ระบบการทดสอบ และประเมินผล ระบบส่งเสริมการเรียนรู้ และระบบจัดการข้อมูล และปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้จริง 2) ทดสอบการนำเสนอเนื้อหาผ่านสื่อออนไลน์ที่หลากหลาย ด้วยการใช้อุปกรณ์พกพา สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ตในการเข้าถึงข้อมูลและปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้จริง

5) การดำเนินงานและการบำรุงรักษา (Operation and Maintenance) หลังผ่านการประเมินประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ นำเข้าข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลโรงเรียน ข้อมูลผู้สอน ข้อมูลผู้เรียนของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง และเนื้อหาของบทเรียน จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างทดลองเข้าใช้งานระบบบริหารจัดการการเรียนรู้ผ่านศูนย์บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และทำการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

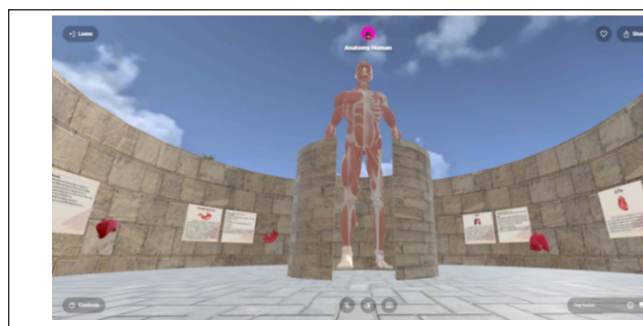
6) การวิเคราะห์และการประเมินผล

1. คุณภาพของระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเมตาเวิร์ส ผ่านผู้เชี่ยวชาญประเมิน 4 ท่าน ตรวจสอบแบบสอบถาม ด้านด้านความพึงพอใจ ด้านวัดผลสัมฤทธิ์ ด้านวัดการเรียนรู้จากการใช้ระบบเสมือนจริง

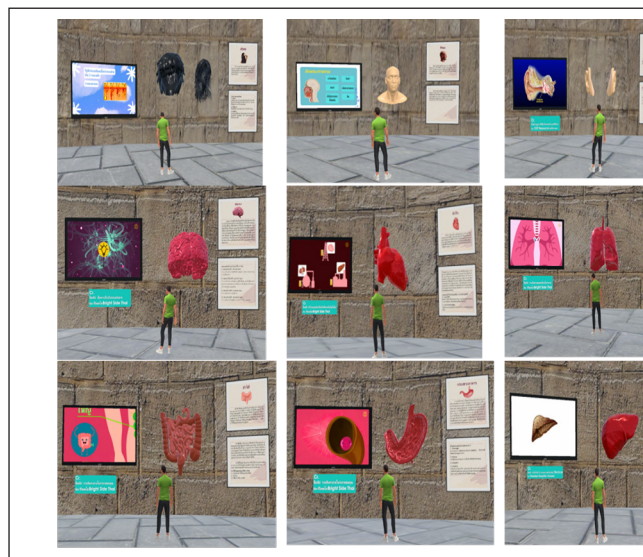
จากนั้นวิเคราะห์สถิติข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสรุปตีความหมายและบรรยายเชิงวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาของระบบร่างกายของมนุษย์ โดยนำคะแนนของนักเรียนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน มีวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสรุปตีความหมายและบรรยายเชิงวิเคราะห์

จากขั้นตอนการดำเนินงานระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถแสดงดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการออกแบบของระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง



ภาพที่ 3 แสดงหน้าเข้าสู่ระบบบทเรียนผ่าน เมตาเวิร์ส

4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของการวิจัย

ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง หรือเมตาเวิร์ส

ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านระบบเครื่องฉายอินเทอร์เน็ท และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบประเมินความพึงพอใจของคุณภาพระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง หรือเมตาเวิร์ส ประกอบไปด้วย 5 ด้าน ดังนี้ ด้านความสวยงาม ด้านการเรียนรู้ ด้านความคุ้มค่า ด้านการใช้เวลาว่าง ด้านความสะดวกรวดเร็ว จำนวน 5 ข้อ

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้รายวิชาระบบร่างกายของมนุษย์มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยจำนวน 20 ข้อ

3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนในวิชาระบบร่างกายของมนุษย์ โดย แบบสอบถามมีจำนวน 5 ระดับ แทนความหมาย คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด วัดความสอดคล้องภายใน (Internal consistency) จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient) ได้เท่ากับ 0.84 ซึ่งแสดงถึงแบบสอบถามที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

4. ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง สำหรับสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 ตอน โดยมีรายละเอียดในการพัฒนาดังนี้

4.1 วิเคราะห์ผู้เรียน

4.2 วิเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับคำศัพท์ และระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์

4.3 ออกแบบวิธีการนำเสนอ

4.4 ออกแบบโครงสร้างของ Meta verse

4.5 ออกแบบสตอรี่บอร์ดในลักษณะแสดงภาพ

4.6 ออกแบบกิจกรรม

4.7 ออกแบบวิธีการประเมินผลและวิธีการนำไปใช้

4.8 ร่างต้นแบบตามทีออกแบบ

5. เมื่อทำแบบสอบถามในการประเมินความพึงพอใจเสร็จเรียบร้อยแล้วได้นำเสนอผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 ท่าน เพื่อตรวจสอบแบบสอบถามเพื่อความเที่ยงตรงและความสอดคล้องระหว่างแบบสอบถามตามวัตถุประสงค์ และเนื้อหาการวิจัยซึ่งได้ (IOC: Index of item Objective congruence) เท่ากับ 0.88

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์

ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง หรือเมตาเวิร์ส สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 แสดงในตารางที่ 4 - 6 ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงการวิเคราะห์ผลความพึงพอใจในการใช้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

ข้อคำถามของแบบประเมินความพึงพอใจ	$\bar{x}$	S.D.
1. ด้านการนำเสนอเนื้อหาของสื่อแบบจำลองมีความน่าสนใจสวยงาม	4.36	0.54
2. ด้านการออกแบบฉากตัวละครสวยงามและเหมาะสม	4.21	0.47
3. ด้านรูปแบบการนำเสนอเรียบง่ายสามารถเข้าถึงได้ทุกเพศทุกวัย	4.63	0.48
4. ด้านการออกแบบรูปภาพมีความสวยงามชัดเจนและสื่อความหมาย	4.54	0.49
5. ด้านการจัดองค์ประกอบด้านกราฟิกของตัวละครตัวอักษรและฉากมีความน่าสนใจชัดเจนโดดเด่นและสวยงาม	4.51	0.55
ค่าเฉลี่ย	4.45	0.03

พบว่า ผลความพึงพอใจในการใช้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.03 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับสูงต่อการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการเรียนรู้ ด้านรูปแบบการนำเสนอเรียบง่ายสามารถเข้าถึงได้ทุกเพศทุกวัย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.48 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงสุดในทุกด้าน แสดงให้เห็นว่าการออกแบบสื่อมีความเรียบง่ายและเข้าถึงได้ง่าย เหมาะสมกับผู้เรียนทุกกลุ่ม ส่งผลให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้านการออกแบบรูปภาพมีความสวยงามชัดเจนและสื่อความหมาย ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.49 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงเป็นอันดับสอง สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบรูปภาพมีความสวยงามและสามารถสื่อความหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น ด้านการจัดองค์ประกอบด้านกราฟิกของตัวละครตัวอักษรและฉากมีความน่าสนใจชัดเจนโดดเด่น

และสวยงาม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 แสดงให้เห็นว่าการจัดองค์ประกอบทางกราฟิกมีความน่าสนใจและดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดี ซึ่งอาจช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ รองลงมา ด้านการนำเสนอเนื้อหาของสื่อแบบจำลองมีความน่าสนใจสวยงามเท่ากับ 4.36 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 แม้จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่น ๆ แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ดี แสดงให้เห็นว่าการนำเสนอเนื้อหาที่มีความน่าสนใจและดึงดูดผู้เรียนได้ ด้านการออกแบบฉากตัวละครสวยงามและเหมาะสม ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 แม้จะมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่ยังคงอยู่ในระดับดี ซึ่งอาจเป็นประเด็นที่สามารถพัฒนาต่อไปในอนาคตเพื่อเพิ่มความน่าสนใจของสื่อการสอน

ตารางที่ 5 ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้
ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ใช้แบบประเมินเป็นอันดับจำนวน 20 ข้อ ในการทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 รวมจำนวน 42 คน

การเรียนรู้	ประสิทธิภาพ	ประสิทธิภาพตามเกณฑ์
ทดสอบระหว่างเรียน (E ₁)	81.58	80
ทดสอบระหว่างเรียน (E ₂)	80.36	80

พบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนน 81.58 ประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุมมีคะแนน 80.36 ผลกลุ่มทดลองมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด การทดสอบระหว่างเรียนโดยใช้บทเรียนระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์เสมือนจริงสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์
ของการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงกับการสอนแบบปกติ ทั้งหมด 5 ด้าน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 รวมจำนวน 42 คน

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{x}$	S.D	t
การใช้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง	4.312	.346	13.674
การสอนแบบปกติ	3.764	.493	

พบว่า กลุ่มตัวอย่างการสอนเทคโนโลยีเสมือนจริงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.312 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .346 และกลุ่มตัวอย่างการสอนแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.764 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .493 และมีค่า t เท่ากับ 13.674 แสดงให้เห็นว่าการสอนโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงสูงกว่าการสอนปกติ

6. อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. การออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง พบว่าสามารถทำให้ผู้เรียนได้รับการผลิตผลิต สนุกสนานไปกับการเดินสำรวจภายในห้องเรียนในโลกเสมือนจริง และได้รู้จักกับกระบวนการทำงานของเหล่าอวัยวะชนิดต่าง ๆ ภายในร่างกายของมนุษย์ การพัฒนาสื่อการเรียนการสอน ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ การออกแบบระบบการเรียนรู้นี้มีความน่าสนใจในการเรียนรู้อวัยวะร่างกายของมนุษย์ภายนอก และภายใน โดยผู้เรียนสามารถศึกษาโมเดลอวัยวะ 3D ที่สามารถหมุนได้ 360 องศา และยังมีข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับอวัยวะนั้น ๆ ได้มีมากยิ่งขึ้นผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเสมือนจริงในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและน่าสนใจ โดยเฉพาะในการศึกษาโครงสร้างที่ซับซ้อน เช่นระบบอวัยวะของมนุษย์

2. การประเมินความพึงพอใจในการเรียนรู้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ ซึ่งสามารถนำเสนอการสรุปผลได้ดังนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [15] ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการศึกษาคุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียนมัลติมีเดียมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.37 และมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 81.63/80.25 2) ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์การใช้บทเรียนมัลติมีเดียของกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้บทเรียนมัลติมีเดียสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยคะแนนของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.79 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.50 และคะแนนของกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.81 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.12 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้บทเรียนมัลติมีเดีย พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุดโดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และค่าส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานเท่ากับ 0.65 [16] ที่ศึกษารูปแบบการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สามมิติแบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริง โดยนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจะมีความพึงพอใจต่อเมตาเวิร์ส แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีเสมือนจริงไม่เพียงแต่เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ แต่ยังสร้างความพึงพอใจให้กับผู้เรียนในระดับสูง ซึ่งอาจส่งผลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้ในระยะยาว

3. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการสอนของกลุ่มด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงและกลุ่มการสอนแบบปกติพบว่า ค่า t ที่ $df = 58$, $\alpha = .05$ เท่ากับ 2.002 ที่คำนวณเท่ากับ 13.674 มากกว่าค่า t พบว่า นักเรียนกลุ่มการสอนโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงสูงกว่ากลุ่มการสอนปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ [17] พบว่ากระบวนการถ่ายภาพพาโนรามาช่วงรับแสงสูงเพื่อสร้างระบบนำชมโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การถ่ายภาพพาโนรามาช่วงรับแสงสูง 2) การรวมภาพช่วงรับแสงสูง 3) การเชื่อมต่อภาพพาโนรามา 4) การปรับแต่งภาพพาโนรามาช่วงรับแสงสูง 5) การนำภาพพาโนรามาช่วงรับแสงสูงไปใช้กับระบบนำชมโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง และ 6) การเผยแพร่ระบบนำชมโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง โดยสิ่งสำคัญของระบบนำชมโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ไม่ได้ขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ แต่ขึ้นอยู่กับการใช้ภาพพาโนรามาแบบทรงกลม (Spherical Panorama) ที่คลี่ออกมาเป็นภาพ Equirectangular ที่สมบูรณ์ และองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ไฟล์กราฟิก แผนที่ปุ่มต่าง ๆ การปฏิสัมพันธ์ และการออกแบบส่วนประสานงานผู้ใช้ (User Interface) สอดคล้องกับงานวิจัยของ [18] พบว่า มีประสิทธิภาพเกมในภาพรวมอยู่ระดับดีมาก และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อเกมดิจิทัลการศึกษาวิถีจักรน้ำ ภาพรวมอยู่ในระดับมาก

สอดคล้องกับงานวิจัยของ [19] คะแนนของนักเรียนกลุ่มทดลองแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้นักเรียนยังระบุว่าพวกเขาชอบแอปพลิเคชันความจริงเสริม Augmented Reality ในการสัมภาษณ์ มีนักเรียนได้แสดงความเห็นว่า การเห็นอวัยวะภายในแบบ 3 มิติทำให้เข้าใจการทำงานของระบบย่อยอาหารได้ดีขึ้นมาก ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเสมือนจริงในการเพิ่มความเข้าใจและพวกเขาต้องการให้นำไปใช้ในบทเรียนอื่นๆ คิดว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ไปใช้ในด้านอื่น ๆ จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ [20] การเรียนรู้จากเนื้อหาที่อยู่ในรูปแบบของการเล่าเรื่องดิจิทัลในการเรียนรู้ผู้เรียนจะใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์เพื่อเรียนรู้สื่อที่หลากหลาย รวมถึงภาพนิ่ง หนังสือ แอนิเมชัน เสียง วิดีโอ แอปพลิเคชัน หรือเนื้อหาที่ออกแบบเว็บไซต์บนระบบคลาวด์ผลการวิจัยนี้ยืนยันประสิทธิภาพของเทคโนโลยีเสมือนจริงในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะในการเรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อนเชิงโครงสร้าง เช่น ระบบอวัยวะของมนุษย์ การที่นักเรียนสามารถเห็นและมีปฏิสัมพันธ์กับโมเดล 3 มิติ ช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์และการทำงานของระบบต่างๆ ได้ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [21] พบว่าการสร้างเครือข่ายโรงเรียนระบบหลักสูตรมีความเข้มแข็งมากขึ้น เวทีให้กว้างขึ้นสำหรับโรงเรียนให้มีส่วนสนับสนุนการปรับปรุงสภาพร่างกายโดยรวมมากขึ้นคุณภาพของสังคมทั้งหมด

7. องค์ความรู้ใหม่

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเทคโนโลยีเสมือนจริงสามารถนำมาใช้เป็นสื่อการสอนระบบอวัยวะร่างกายมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. การบูรณาการเทคโนโลยีเสมือนจริงกับการสอนระบบอวัยวะมนุษย์ งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในการสอนระบบอวัยวะมนุษย์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งเป็นการขยายขอบเขตการใช้เทคโนโลยีนี้ในกลุ่มอายุที่ต่ำกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้
2. รูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ระบบอวัยวะ การวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบการนำเสนอเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจงสำหรับการเรียนรู้ระบบอวัยวะ โดยใช้โมเดล 3D ที่สามารถหมุนได้ 360 องศา ซึ่งช่วยเพิ่มความเข้าใจในโครงสร้างและการทำงานของอวัยวะได้ดียิ่งขึ้น
3. ผลกระทบของเทคโนโลยีเสมือนจริงต่อแรงจูงใจในการเรียน งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงกับความพึงพอใจและแรงจูงใจของผู้เรียน ซึ่งอาจส่งผลต่อการเรียนรู้ในระยะยาว
4. แนวทางการออกแบบสื่อการสอนเสมือนจริงสำหรับเด็กประถม งานวิจัยนี้ได้แนะนำแนวทางการออกแบบสื่อการสอนเสมือนจริงที่เหมาะสมกับระดับความเข้าใจ

และความสนใจของเด็กประถม ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสอนในวิชาอื่น ๆ ได้

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการสอนแบบปกติ และการสอนด้วยการใช้ระบบอวัยวะร่างกายของมนุษย์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง 2 วิธีการสอน ซึ่งเป็นหลักฐานสนับสนุนว่าควรมีการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้ในการเรียนการสอน

องค์ความรู้ใหม่เหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรและสื่อการสอนในอนาคต รวมถึงเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยเพิ่มเติมในด้านการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงในวงการศึกษาในระดับต่าง ๆ

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการใช้สื่อการสอนแบบเสมือนจริงกับสื่อการสอนแบบดั้งเดิม โดยวัดจากคะแนนทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน รวมถึงการประเมินความเข้าใจในเนื้อหาระยะยาว

8.2 ศึกษาระดับความพึงพอใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนที่ใช้สื่อการสอนระบบอวัยวะแบบเสมือนจริง เทียบกับสื่อการสอนแบบอื่น ๆ โดยใช้แบบสอบถามและการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียน

8.3 วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนระหว่างการพัฒนาสื่อการสอนแบบเสมือนจริงกับประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น โดยพิจารณาปัจจัยด้านต้นทุน ระยะเวลาในการพัฒนา และผลลัพธ์ทางการศึกษาที่ได้รับ

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Kummanee, P. Nilsook, and P. Wannapiroon. "Digital learning ecosystem involving steam gamification for a vocational innovator." *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 10, No. 7, pp. 533 - 539, July, 2020.
- [2] P. N. Fitrianaa, K. Bektiningsih, and W. Wikanso. "Developing digital learning media of Artsteps virtual exhibition on food chain material." *Research and Development in Education (RaDEn)*, Vol. 4, No. 1, pp. 271 - 284, July, 2024.
- [3] P. Wimano and W. Sanchana. "Design of Infographic

- Media with Augmented Reality Technology for Learning of Pattmanon Farm." *Information Technology Journal*, Vol. 19, No. 1, pp. 1 - 8, January - June, 2023.
- [4] P. Srisakonsub, J. Nimnua, and S. Pramchu. "Design and Development of Educational Digital Game of Water Cycle for Elementary School Student using Scratch 3.0." *Information Technology Journal*, Vol. 20, No. 1, pp. 75 - 85, January - June, 2024.
- [5] A. Chesamae, K. Thongchotchatchat, and W. Eakpamitsin. "DEVELOPMENT LEARNING GAME ON RESERVED WILDLIFE AND FORBIDDEN TREES ADVENTURE OF ANTRODIA." *Journal of Science and Technology Thonburi University*, Vol. 4, No. 1, pp. 111 - 121, January - June, 2020.
- [6] T. Phirom, W. Chitjaruenyoo, P. Phommueang, and K. Sungkaew. "The Design and Development of a Digital Game to Practice Computational Thinking Skills for Children." *Maejo Information Technology and Innovation Journal*, Vol. 10, No. 1, pp. 1 - 20, January - April, 2024.
- [7] C. Evanjeli, N. A. Fitri, Y. Arafat, and Suharsono. "Augmented Reality-Based 3D Technology Learning Media for Human Respiratory Organs." *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications*, Vol. 3, No. 2, pp. 579 - 583, February, 2024.
- [8] T. N. Puti1, P. Karyanto1, and U. Fatmawati1. "Application of Project-Based Learning and Discovery Learning in Virtual Media on Analytical Thinking Skills for Animal Classification." *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA Journal of Research in Science Education*, Vol. 10, No. 6, pp. 3083 - 3091, June, 2024.
- [9] H. H. Mei and L. S. Sheng. "Applying Situated Learning in a Virtual Reality System to Enhance Learning Motivation." *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 1, No. 4, pp. 298 - 302, October, 2011.
- [10] W. Witoowinit and C. Sanrach. "The Development of Virtual Reality Multimedia Teaching Media on Ayutthaya's Architecture History: a Case Study of WAT PHRARAM."

- Journal of Humanities and Social Sciences Rajapruak University*, Vol. 2, No. 3, pp. 96 - 108, October 2016 - January 2017, 2017.
- [11] P. Jomsri. "Dissemination of Knowledge for Mural Painting on Rattanakosin Island by Virtual Museum System." *Veridian E-Journal, Silpakorn University of humanities, social sciences and arts*, Vol. 10, No. 1, pp. 1028 - 1041, January - April, 2017.
- [12] W. A. Prasetya, A. T. Pratama, and W. Safitri. "Development of problem-based learning virtual laboratory on humandigestive system material to improve digital literacy and critical thinking students." *Thabiea: Journal of Natural Science Teaching*, Vol. 7, No. 1, pp. 23 - 40, 2024.
- [13] K. Photisompabwong, S.Saiboonruen, and S. Sripai. "The Development of Screening Application for Learning Disabilities by Android Operating System." *Journal of Technology Management Rajabhat Maha Sarakham University*, Vol. 11, No. 1, pp. 121 - 131, January - June, 2024.
- [14] N. Kuenseang, W. Wutthiworasin, E. chansri, K. Srianek, and P. Tongprasong. "A Multimedia for Skill Development: Using Tenses (Tower of Tense)." *Rattanakosin Journal of Science and Technology: RJST*, Vol. 6, No. 1, pp. 100 - 109, January - April, 2024.
- [15] K. Kwanlamul, Y. Kongthip, and S. Hajisalah. "The Development of a Mobile Application on Functions via Android Operating System for Grade 11 Students." *Journal of Information and Learning*, Vol. 33, No. 3, pp. 46 - 59, September - December, 2022.
- [16] C. boonchuen, T. Chueanongkwai, and S. Kankhat. "Development of 3D Learning Materials through Metaverse Mae Kha Canal Case Study." *Journal Science and Technology to Community*, Vol. 1, No. 2, pp. 27 - 35, March - April, 2023.
- [17] W. wattanasin, K. Lertbumroongchai, and P. Wannapiroon. "Internet of Thing in Imagineering Education to Develop Creative Innovation." *Journal of Mass Communication Technology, RMUTP*, Vol. 5, No. 1 pp. 69 - 78, January - June, 2020.
- [18] N. Sagunngam, S. Tungsinpoolperm, and K. Duangsamran. "Comparative study of 3D rendering software usage efficiency between Lumion program and V-Ray plugin." *Information Technology Journal*, Vol. 20, No. 1, pp. 106 - 112, January - June, 2024.
- [19] F. B. Azi and S. Gündüz. "Effects of Augmented Reality Applications on Academic Success and Course Attitudes in Social Studies." *Shanlax International Journal of Education*, Vol. 8, No. 4, pp. 27 - 32, September, 2020.
- [20] K. Sarnok, P. Wannapiroon, and P. Nilsook. "Digital Learning Ecosystem by Using Digital Storytelling for Teacher Profession Students." *International Journal of Information and Education Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 21 - 26, January, 2019.
- [21] X. He. "Utilizing Virtual Reality and Online Gaming for the Construction and Application of Distance Physical Education Teaching Window in Emergency Situations." *Computer-Aided Design and Applications*, Vol. 21, No. S5, pp. 223 - 236, 10 July, 2024.



การออกแบบและพัฒนาสมาร์ตดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบจัดเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูล สำหรับระบบบัญชาการและความคุมของกองทัพอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน

The Design and Development of a Smart Digital Data Storage and Exchange Platform for the Air Force Command and Control Systems Using Blockchain Technology

ธนกฤต เพ็งเคียน (Thanakrit Pengkian)* ประสงค์ ปรานีตพลกรัง (Prasong Praneetpolgrang)**
และพายัพ ศิรินาม (Payap Sirinam)**

Received: October 26, 2023
Revised: September 27, 2024
Accepted: October 2, 2024

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน: ธนกฤต เพ็งเคียน (Thanakrit Pengkian) อีเมล: intelligent.it4@gmail.com

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.004

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาสมาร์ตดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบจัดเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับระบบบัญชาการและความคุมของกองทัพอากาศโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน ซึ่งระบบบัญชาการและความคุมเป็นระบบที่มุ่งเน้นกรรมวิธีและข้อมูลในการจัดการและความคุมดำเนินงานหรือกิจกรรม ทั้งนี้รวมถึงการตัดสินใจในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว หรือในสภาวะที่มีความซับซ้อนและไม่แน่นอน ทั้งหมดนี้จำเป็นต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่รวดเร็วและปลอดภัย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้สร้างสถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์ม ที่มีการนำเอาบล็อกเชนมาใช้เพื่อจัดเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูล เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการปกป้องข้อมูล และเสริมสร้างความปลอดภัยในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยการทดสอบการส่งข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านสมาร์ตคอนแทร็กต์พบว่า ระบบสามารถจัดการกับข้อมูลขนาดต่างๆ ได้อย่างดี อย่างไรก็ตาม เมื่อขนาดของข้อมูลเพิ่มขึ้นเวลาประมวลผลก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยข้อมูลขนาดใหญ่ที่สุด 20 MB ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย 1.175 วินาที อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้จะทำให้กองทัพอากาศมีแพลตฟอร์มเป็นของตนเองสำหรับบัญชาการและความคุมให้การทำงานเป็นไปได้อย่างเข้มแข็งและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะเป็นการบูรณาการเทคโนโลยีสมัยใหม่ให้เข้ากับบริบททางทหารอันส่งผลให้เป็นเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ที่อยู่บนพื้นฐานของภูมิปัญญาไทยที่สามารถพึ่งพาตนเองได้

คำสำคัญ: บล็อกเชน แพลตฟอร์ม ระบบบัญชาการ
และความคุม

Abstract

Research objectives are to design and develop a smart digital data storage and exchange platform for the Air Force's command and control system using the blockchain. This system focuses on process in managing data and controlling operations or activities. This also includes executing decisions under rapid changing situations or in conditions that are far more complex and uncertain. All of these require a fast and secure exchange of data. Then, the research has created an architectural platform that uses blockchain to store and exchange data. Moreover, to enhance data protection capabilities and strengthen the security of data exchange, large data transmissions were tested via smart contracts. The results showed that the system can handle data of various sizes effectively. However, as the data size increases, the processing time also increases, with the largest data size of 20 MB taking an average of 1.175 seconds to process. The research result provides the Air Force platform for command and control to work with full strength and high efficiency. This will integrate new technology with the military context, transcending into defense technology, based on the concept of Thai invention aiming to be self-sufficient.

Keywords: Blockchain, Platform, Command and Control.

* สาขาวิชาเทคโนโลยีป้องกันประเทศ สำนักบัณฑิตศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

* Defense Technology Program, The Graduate School of Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy.

** กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

** Academic Faculty, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy.

1. บทนำ

จากยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) หนึ่งในประเด็นสำคัญมากที่ได้รับการเน้นย้ำคือเรื่องของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือดิจิทัลที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดภัยคุกคามในมิติไซเบอร์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการจารกรรมข้อมูล หรือการโจมตีทางไซเบอร์ในรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อข้อมูลหรือโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญทางสารสนเทศ ทั้งนี้ หลายประเทศได้มีการจัดตั้งหน่วยงานเฉพาะเพื่อรับมือกับเรื่องนี้โดยตรง อย่างไรก็ตาม กองทัพอากาศยังต้องมุ่งมั่นในการพัฒนาขีดความสามารถด้านไซเบอร์ของตนเอง เพื่อให้มีความพร้อมในการตอบสนองต่อภัยคุกคามทางไซเบอร์ และพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้มีความแข็งแกร่ง และปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีบล็อกเชนถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการพัฒนาระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกองทัพอากาศเนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีการประมวลผลและจัดเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ (Distributed Ledger Technology: DLT) [1] โดยใช้วิทยาการเข้ารหัสลับ (Cryptography) ร่วมกับกลไกความเห็นพ้อง (Consensus) ในการบันทึกข้อมูล และกระจายการจัดเก็บข้อมูลชุดเดียวกันไว้หลายแห่ง (Distributed Ledgers) ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้บล็อกเชนได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัยสูง ช่วยป้องกันการรั่วไหลของข้อมูลได้ จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในด้านอื่น ๆ เช่น เมืองอัจฉริยะ [2], [3] อินเทอร์เน็ตประสานสรรพสิ่ง [4], [5] การดูแลสุขภาพ [6], [7] เป็นต้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีบล็อกเชน

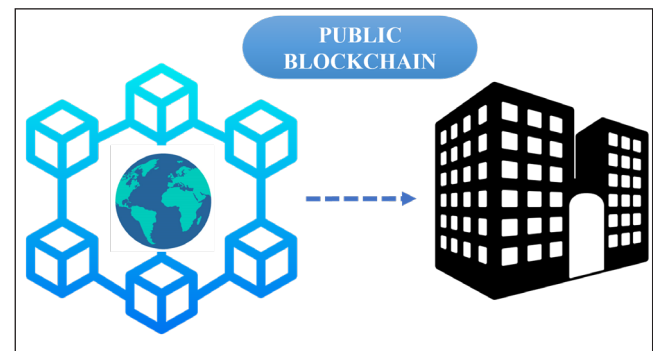
บล็อกเชน เป็นเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลแบบฐานข้อมูลใช้ร่วม (Shared Database) โดยเป็นรูปแบบการบันทึกข้อมูลที่รับประกันความปลอดภัยว่าข้อมูลที่ถูกบันทึกไปก่อนหน้านี้จะไม่อาจที่จะเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขได้ ผู้ใช้งานทุกคนจะเห็นข้อมูลชุดเดียวกันทั้งหมด โดยใช้หลักการของวิทยาการเข้ารหัสลับ จุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีบล็อกเชน เกิดขึ้นครั้งแรกในปี 2008 โดยการนำเสนอของ "Satoshi Nakamoto" [8] เป็นการนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแพลตฟอร์ม (Platform) ที่สร้างความปลอดภัยในการแลกเปลี่ยนเงินสกุลดิจิทัลที่มีชื่อว่า "Bitcoin" ในปัจจุบันเทคโนโลยีบล็อกเชนนอกจากจะใช้ใน

การซื้อขายแลกเปลี่ยนสกุลเงินดิจิทัลแล้วยังมีการนำมาใช้งานกับธุรกิจต่าง ๆ อีกมากมายซึ่งจะเรียกว่า แอปพลิเคชันแบบกระจาย (Decentralized Applications) [9], [10]

2.1.1 ประเภทของบล็อกเชน

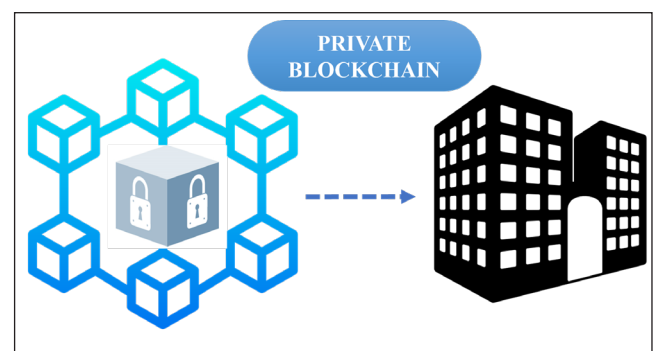
บล็อกเชนแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท [11] โดยพิจารณาจากข้อกำหนด ในการเข้าร่วมเป็นสมาชิกของเครือข่าย คือ บล็อกเชนแบบเปิดสาธารณะ (Public Blockchain) บล็อกเชนแบบปิดหรือแบบส่วนตัว (Private Blockchain) และบล็อกเชนแบบเฉพาะกลุ่ม (Consortium Blockchain)

บล็อกเชนแบบเปิดสาธารณะ คือบล็อกเชนวงเปิด ที่อนุญาตให้ทุกคนเข้าใช้งานไม่จำเป็นจะต้องขออนุญาตหรือรู้จำในอีกชื่อคือ Permissionless Blockchain ดังภาพที่ 1



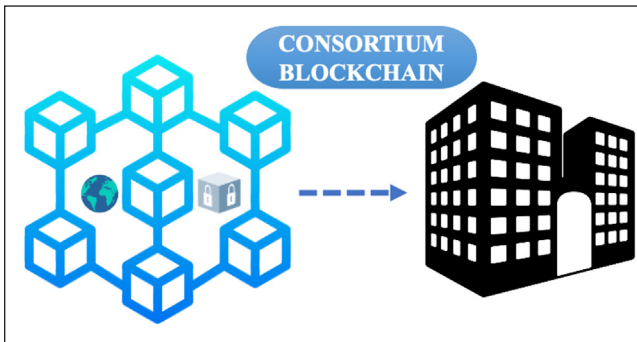
ภาพที่ 1 บล็อกเชนแบบเปิดสาธารณะ

บล็อกเชนแบบปิดหรือแบบส่วนตัว คือ บล็อกเชนวงปิด ที่เข้าใช้งานได้เฉพาะผู้ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น [12] ซึ่งส่วนใหญ่ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้งานภายในองค์กร ดังนั้น ข้อมูลการทำธุรกรรมต่าง ๆ จะถูกจำกัดอยู่เฉพาะภายในเครือข่ายที่ประกอบไปด้วยสมาชิกที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 บล็อกเชนแบบปิด

บล็อกเชนแบบเฉพาะกลุ่ม คือบล็อกเชนที่เปิดให้ใช้งานเฉพาะกลุ่มเท่านั้น โดยเป็นการผสมผสานแนวคิดระหว่างบล็อกเชนแบบเปิดสาธารณะ และบล็อกเชนแบบปิด [13] ซึ่งส่วนมากเป็นการรวมตัวกันขององค์กรที่มีลักษณะธุรกิจเหมือนกันและต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันอย่างสม่ำเสมออยู่แล้ว มารวมตัวกันตั้งวงบล็อกเชนขึ้นมา ทั้งนี้ เนื่องจากธุรกรรมและข้อมูลที่จัดเก็บเป็นข้อมูลที่เป็นความลับหรือข้อมูลส่วนตัวภายในองค์กรอันส่งผลให้องค์กรไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลดังกล่าวทั้งหมดแก่สาธารณะชนได้ด้วยเหตุนี้ ผู้เข้าร่วมบล็อกเชนเฉพาะกลุ่มจำเป็นต้องได้รับการอนุญาตจากผู้ดูแลระบบ จึงจะเข้าใช้งานได้ เช่น เครือข่ายระหว่างธนาคารที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลการทำธุรกรรม หรือแลกเปลี่ยนสินทรัพย์ภายในกลุ่มของธนาคาร [14], [15] เช่น Japanese Bank และ R3CEV ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 บล็อกเชนเฉพาะกลุ่ม

กล่าวโดยสรุป เทคโนโลยีบล็อกเชนคือ ลำดับของบล็อกหรือกลุ่มระเบียบธุรกรรมซึ่งในแต่ละกลุ่มระเบียบได้ใช้วิธีการเข้ารหัสเพื่อเชื่อมข้อมูลเข้าเป็นกลุ่มระเบียบที่เปลี่ยนรูปไม่ได้ทั้งในรายละเอียดจะเป็นการแลกเปลี่ยนและกระจายบัญชีธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์กับผู้ที่เกี่ยวข้องในเครือข่ายซึ่งข้อมูลจะถูกบันทึกถาวรเปลี่ยนแปลงไม่ได้ อีกทั้ง ยังมีกลไกในการป้องกันการแก้ไขรายการข้อมูลจากธุรกรรมใด ๆ ไม่ให้ผิดเพี้ยนไปจากต้นฉบับ ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายสามารถรักษาความสมบูรณ์ถูกต้องของข้อมูลต้นฉบับเอาไว้ได้ ปกติจะใช้สถาปัตยกรรมข้อมูลแบบกระจายมีการจัดการกระบวนการโดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ในระดับเดียวกัน (Peer-to-Peer Network) ที่ป้องกันความล้มเหลวของจุดใดจุดหนึ่งได้ ที่สำคัญคือหากต้องการจะทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทั้งหมด

ก็ทำได้ในเวลาเดียวกัน เทคโนโลยีบล็อกเชนอาจจะเป็นส่วนเสริมสำหรับโลกอนาคตที่มีทั้งรูปแบบรวมศูนย์ และแบบกระจาย นั่นคือแนวคิดที่อาจส่งเสริมการพัฒนาระบบสังคมขนาดใหญ่ที่มีทั้งรูปแบบดั้งเดิมและแบบที่มีนวัตกรรม ดังนั้น ปัจจุบันจึงเป็นช่วงเวลาและเทคโนโลยีบล็อกเชน จะอยู่ในระบบสังคมขนาดใหญ่ที่มีทั้งแบบรวมศูนย์และแบบกระจายได้

2.2 แพลตฟอร์ม

แพลตฟอร์ม (Platform) คือ สภาวะแวดล้อมที่ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ของระบบ ซึ่งวางไว้กว้าง ๆ และเปิดให้ผู้อื่นเข้ามาพัฒนาต่อยอดงานของตนเองได้ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการเข้ามาดำเนินงานของตนเองได้ อีกทั้งสร้างโมเดลงานของตนเองได้ [16]

2.3 การเข้ารหัสข้อมูล

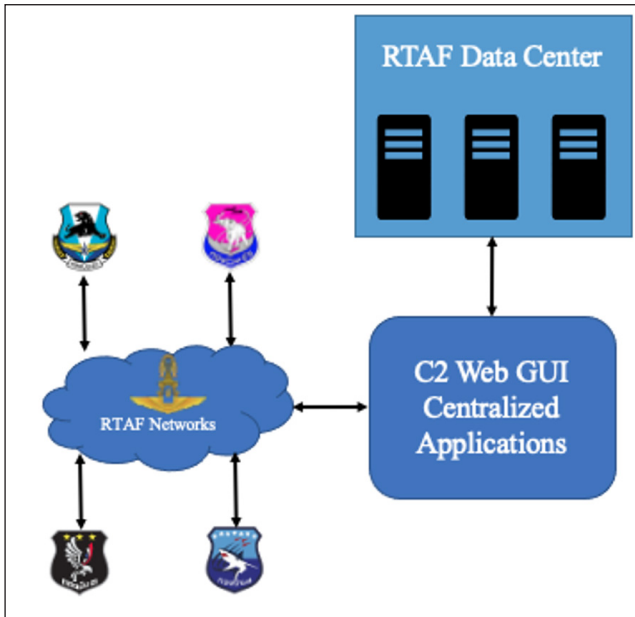
การเข้ารหัสข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก คือ การเข้ารหัสแบบสมมาตร (Symmetric Encryption) และการเข้ารหัสแบบอสมมาตร (Asymmetric Encryption) [17], [18] การเข้ารหัสแบบสมมาตรใช้กุญแจเดียวกันในการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล กุญแจนี้จะถูกเก็บเป็นความลับและใช้ร่วมกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับ เช่น การเข้ารหัส AES (Advanced Encryption Standard) ซึ่งมีความปลอดภัยสูงและใช้กันอย่างแพร่หลาย ขณะที่การเข้ารหัสแบบอสมมาตรใช้คู่กุญแจสาธารณะและกุญแจส่วนตัว กุญแจสาธารณะใช้ในการเข้ารหัสข้อมูล และกุญแจส่วนตัวใช้ในการถอดรหัสข้อมูล เช่น การเข้ารหัส RSA (Rivest-Shamir-Adleman) ซึ่งมีความปลอดภัยสูงและเหมาะสำหรับการแลกเปลี่ยนกุญแจและการปกป้องข้อมูลที่ต้องการความมั่นคงในระดับสูง

2.4 ระบบบัญชาการและความคุม

ระบบบัญชาการและความคุม (Command and Control Systems) คือ ระบบที่ใช้ในการส่งคำสั่ง และข้อมูลในกระบวนการตัดสินใจระหว่างหน่วยต่าง ๆ [19] ในองค์กรหรือหน่วยงานทางทหาร ระบบนี้ช่วยในการประสานงานและการจัดการทรัพยากรในการดำเนินการต่าง ๆ ผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ของกองทัพอากาศ ดังภาพที่ 4

ระบบบัญชาการและความคุมใช้สำหรับการประสานงานและการควบคุมการดำเนินการทางทหารทั้งการป้องกันการโจมตี หรือการสนับสนุนในการกิจต่าง ๆ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ๆ ดังนี้

2.4.1 Command คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ



ภาพที่ 4 แสดงการเชื่อมต่อข้อมูลระบบบัญชาการและควบคุมของกองทัพอากาศ

และการสั่งการ ได้แก่ การวางแผน การกำหนดยุทธศาสตร์ การสั่งการให้กำลังทหารดำเนินการตามแผน

2.4.2 Control คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม และการประสานงานเพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการไปในทิศทาง ที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับแผน

2.4.3 Communication คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร ระหว่างหน่วยต่าง ๆ ในระบบ เช่น การส่งข้อมูล การส่งคำสั่ง การแลกเปลี่ยนข้อมูลที่จำเป็น

2.4.4 Intelligence คือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดหา การวิเคราะห์ และการแบ่งปันข้อมูลข่าวกรอง ที่ช่วยในการ ตัดสินใจ

2.4.5 Technology คือ อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ใช้ ในระบบ เช่น วิทยุ ดาวเทียม ระบบคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ และเครือข่ายคอมพิวเตอร์

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เทคโนโลยีบล็อกเชน นอกจากจะใช้ในการแลกเปลี่ยนสกุลเงินดิจิทัลแล้ว พบว่า เทคโนโลยีนี้สามารถนำมาใช้ประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่น ๆ ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

Arvind Panwar [20] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "A Blockchain Framework to Secure Personal Health Record (PHR) in IBM Cloud-Based Data Lake" ผลการวิจัยพบว่า การใช้บล็อกเชน

ได้เพิ่มความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ ในการจัดการข้อมูล PHR บล็อกเชนจะทำหน้าที่เป็น Ledger ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ นั้นหมายความว่าข้อมูลที่ถูกรับบันทึกเข้าสู่ระบบแล้วจะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงหรือลบลงได้ อีกทั้ง การใช้สัญญาอัจฉริยะหรือสมาร์ตคอนแทร็กต์ (Smart Contract) ในการจัดการอนุญาต และควบคุมการเข้าถึงข้อมูล สมาร์ตคอนแทร็กต์ช่วยให้ กำหนดเงื่อนไข และกฎในการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างเป็นรูปธรรม และทำให้การจัดการข้อมูลมีความโปร่งใสและปลอดภัยมากขึ้น

Ulfah Nadiya [21] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "Blockchain-based Secure Data Storage for Door Lock System" ผลการวิจัยพบว่า การนำบล็อกเชนมาประยุกต์ใช้ในงานเกี่ยวกับการยืนยันใบหน้า เป็นวิธีที่สร้างความน่าเชื่อถือ เนื่องจากข้อมูลที่ถูกรับจัดเก็บลงใน บล็อกเชนไม่อาจเปลี่ยนแปลงได้

วรวิภา บัวทองจันทร์ [22] ได้พัฒนา "ต้นแบบการอนุวัติ การจัดการระบบบริการสหกรณ์ร้านค้าดิจิทัลในประเทศไทย ด้วยการประยุกต์ใช้บล็อกเชน" ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีบล็อกเชนในการพัฒนาต้นแบบระบบบริการ สหกรณ์ร้านค้าดิจิทัล ผลการวิจัยพบว่า ระบบบริการสหกรณ์ ร้านค้าดิจิทัลในประเทศไทยมีความน่าเชื่อถือเมื่อประยุกต์ใช้ บล็อกเชนในการดำเนินการกับข้อมูลธุรกรรมในส่วนจัดเก็บ ของระบบบริการสหกรณ์ร้านค้าดิจิทัล ทำให้ระบบบริการ สหกรณ์ร้านค้าดิจิทัลมีความถูกต้องด้านข้อมูลธุรกรรม อีกทั้งข้อมูลของระบบบริการมีความมั่นคงปลอดภัย นอกจากนี้ ยังช่วยให้สหกรณ์ร้านค้าดิจิทัลตรวจสอบข้อมูลธุรกรรม ในที่จัดเก็บได้ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

Zhuohao et al. [23] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "A Blockchain-Based Auditable Semi-Asynchronous Federated Learning for Heterogeneous Clients" ผลการวิจัยพบว่า ระบบการเรียนรู้ แบบรวมศูนย์ที่ใช้บล็อกเชนเพื่อเพิ่มความโปร่งใสและ ความสามารถในการตรวจสอบได้ในกระบวนการแลกเปลี่ยนโมเดล การเรียนรู้ร่วมกัน (Federated Learning: FL) ในสภาพแวดล้อม ที่มีอุปกรณ์ที่หลากหลาย โดยระบบ BASA-FL (Blockchain-based Auditable Semi-Asynchronous Federated Learning) ใช้สมาร์ตคอนแทร็กต์เพื่อประสานงานและบันทึกกระบวนการ แลกเปลี่ยนโมเดลการเรียนรู้ร่วมกัน นอกจากนี้ ระบบยังมีการประเมินและให้รางวัลตามการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ ทำให้สามารถจัดการกับปัญหาความแตกต่างของอุปกรณ์ และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ร่วมกัน ผลการทดลอง

แสดงให้เห็นว่าระบบ BASA-FL สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนโมเดลและการตรวจสอบความถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Barbaria et al. [24] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "Leveraging Patient Information Sharing Using Blockchain-Based Distributed Networks" ผลการวิจัยพบว่า การใช้เครือข่ายแบบกระจายศูนย์ที่ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนในการแบ่งปันข้อมูลผู้ป่วยโดยเน้นการรักษาความเป็นส่วนตัวและการจัดการความยินยอมของผู้ป่วยในการแชร์ข้อมูล ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ Hyperledger Blockchain เพื่อเสริมความปลอดภัยและความโปร่งใสในการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังพัฒนาโมเดลการจัดการข้อมูลที่รวมการควบคุมการเข้าถึงและการตรวจสอบการใช้ข้อมูลผ่านสมาร์ตคอนแทร็กต์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถเพิ่มความปลอดภัย ความโปร่งใส และความเชื่อถือในการจัดการข้อมูลผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Pawar P et al. [25] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "HealthChain a Blockchain-based Personal Health Information Management System" ซึ่งเป็นระบบการจัดการข้อมูล สุขภาพส่วนบุคคลโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน ผลการวิจัยพบว่า eHealthChain เพิ่มความปลอดภัย ความโปร่งใส และความสามารถในการจัดการข้อมูลสุขภาพจากอุปกรณ์ IoT ทางทางการแพทย์ ระบบนี้ประกอบด้วยชั้นบล็อกเชนสำหรับเก็บข้อมูล ชั้นอุปกรณ์ IoT สำหรับรวบรวมข้อมูลสุขภาพ ชั้นแอปพลิเคชันสำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพ และชั้นอะแดปเตอร์ที่เชื่อมต่อชั้นต่าง ๆ ผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่า eHealthChain ช่วยให้ผู้ใช้งานควบคุมการเก็บรวบรวม การจัดเก็บ และการแชร์ข้อมูลสุขภาพได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้ Hyperledger Fabric เพื่อความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวของข้อมูลสุขภาพ

Sejong Lee et al. [26] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "Searchable Blockchain-Based Healthcare Information Exchange System to Enhance Privacy Preserving and Data Usability" ผลการวิจัยพบว่า ระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลสุขภาพที่ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความสามารถในการใช้ข้อมูลโดยใช้การเข้ารหัสแบบ Searchable Encryption และการเข้ารหัสแบบ Homomorphic Encryption เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นหาและใช้ข้อมูลสุขภาพที่เข้ารหัสอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถลด

ความเสี่ยงจากการละเมิดความเป็นส่วนตัว และเพิ่มความสามารถในการใช้งานของข้อมูลสุขภาพได้อย่างดี

Mohammad Wizid et al. [27] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "A Tutorial and Future Research for Building a Blockchain-Based Secure Communication Scheme for Internet of Intelligent Things" ผลการวิจัยพบว่า ในอนาคตการสร้างระบบการสื่อสารที่ปลอดภัยด้วยบล็อกเชนสำหรับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอัจฉริยะ (IIoT) โดยเน้นที่การจัดการทรัพยากรยืนยันทันที และการป้องกันข้อมูลจากการโจมตีต่าง ๆ เช่น การโจมตีแบบ replay, MITM, และการปลอมแปลงตัว ระบบที่นำเสนอมีการใช้บล็อกเชนเพื่อเพิ่มความปลอดภัย ความโปร่งใส และการกระจายตัวของข้อมูล และยังเสนอแนวทางวิจัยในอนาคตเพื่อพัฒนาการเข้ารหัสที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของระบบ IIoT

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และพัฒนาสมรรถนะดิจิทัลแพลตฟอร์มระบบจัดเก็บ และแลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับระบบสุขภาพ และความคุ้มครองของกองทัพอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน เป็นการศึกษาและพัฒนา (Research and Development) ในบทความนี้จะกล่าวถึง ขั้นตอนการวิจัยโดยใช้วิธีดำเนินการตามวงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาข้อมูล สรุปได้ดังนี้

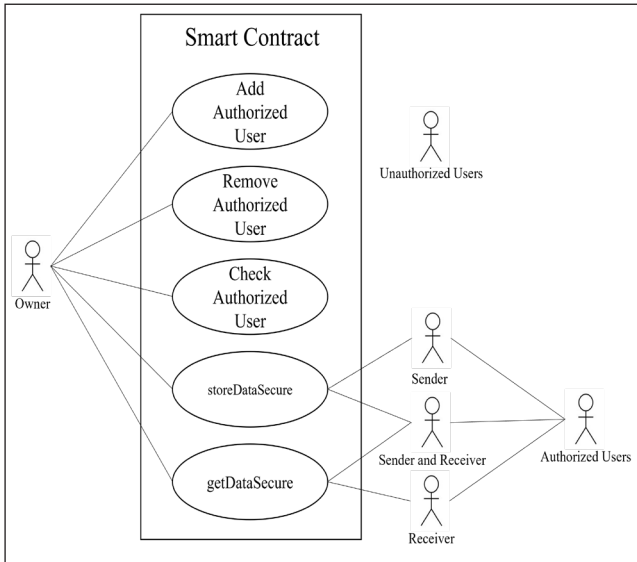
3.1.1 เทคโนโลยีที่นำมาใช้พัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Hyperledger Fabric Blockchain เป็นบล็อกเชนแบบส่วนตัวที่เขียนคำสั่งต่าง ๆ ให้ทำงานในรูปแบบแอปพลิเคชันแบบกระจาย (Decentralized Applications) [28], [29] รวมถึงการทดสอบในสถานะที่ผู้วิจัยสามารถควบคุมได้

3.1.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา ผู้วิจัยได้เลือกใช้ภาษา JavaScript ในการพัฒนาสมาร์ตคอนแทร็กต์ และใช้ PHP Laravel Framework, JavaScript ในการพัฒนาแพลตฟอร์ม

3.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และออกแบบระบบระบบจัดเก็บ และแลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับระบบสุขภาพและความคุ้มครองของกองทัพอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน เป็นขั้นตอนที่จัดทำขึ้นเพื่อให้มั่นใจว่าระบบดังกล่าวจะมีความปลอดภัย โปร่งใส และมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงานของสัญญาสมาร์ตหรือสมาร์ตคอนแทร็กต์ [30] เพื่อระบุฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ และช่วยในการกำหนดขอบเขตและความต้องการของระบบ เขียนเป็นแผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) ได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Use Case Diagram การทำงานของระบบ

จากภาพที่ 5 แสดงแผนภาพยูสเคสฟังก์ชันการทำงานของระบบที่เชื่อมต่อกับสมาร์ตคอนแทร็กต์ โดยจะแบ่ง Actors ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ Owner คือ เจ้าของระบบ Authorized Users คือ ผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาตจาก Owner และ Unauthorized Users คือผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาต ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสิทธิการใช้งานสมาร์ตคอนแทร็กต์

Function	Owner	Authorized Users			Unauthorized Users
		Sender and Receiver	Sender	Receiver	
AddAuthorized	✓	×	×	×	×
RemoveAuthorized	✓	×	×	×	×
CheckAuthorized	✓	×	×	×	×
storeDataSecure	✓	✓	✓	×	×
getDataSecure	✓	✓	×	✓	×

จากตารางที่ 1 แสดงสิทธิการใช้งานฟังก์ชัน อธิบายได้ดังนี้

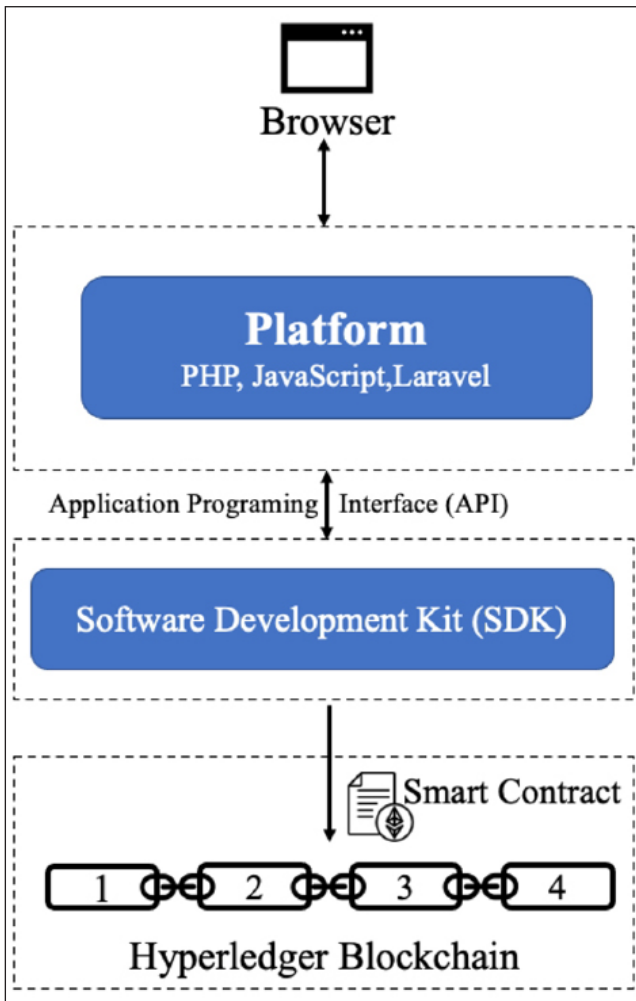
- 1) ฟังก์ชันเพิ่มผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต (Add Authorized User) เข้าในเครือข่ายบล็อกเชน ผู้ที่ใช้ฟังก์ชันนี้ได้ คือเจ้าของระบบ (Owner) เท่านั้น
- 2) ฟังก์ชันลบผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต (Remove Authorized User) ผู้ที่ใช้ฟังก์ชันนี้ได้ คือเจ้าของระบบ (Owner) เท่านั้น
- 3) ฟังก์ชันตรวจสอบผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต (Check Authorized User) ผู้ที่ใช้ฟังก์ชันนี้ได้ คือเจ้าของระบบ (Owner) เท่านั้น
- 4) ฟังก์ชันส่งข้อมูล (storeDataSecure) ผู้ที่ใช้ฟังก์ชันนี้ จะต้องเป็นผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต (Authorized Users) ที่ได้รับสิทธิ Sender และ Sender and Receiver เท่านั้น
- 5) ฟังก์ชันรับข้อมูล (getDataSecure) ผู้ที่ใช้ฟังก์ชันนี้ จะต้องเป็นผู้ใช้ที่ได้รับอนุญาต ที่ได้รับสิทธิ Receiver และ Sender and Receiver เท่านั้น

3.2.2 การออกแบบสมาร์ตคอนแทร็กต์ การออกแบบสมาร์ตคอนแทร็กต์ให้ทำงานร่วมกับแพลตฟอร์มได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 6

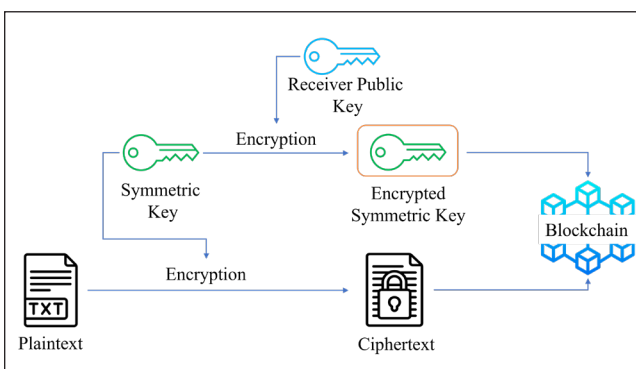
จากภาพที่ 6 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างสมาร์ตคอนแทร็กต์และแพลตฟอร์ม

3.2.3 การออกวิทยาการเข้ารหัสลับในรูปแบบผสม (Hybrid Encryption)

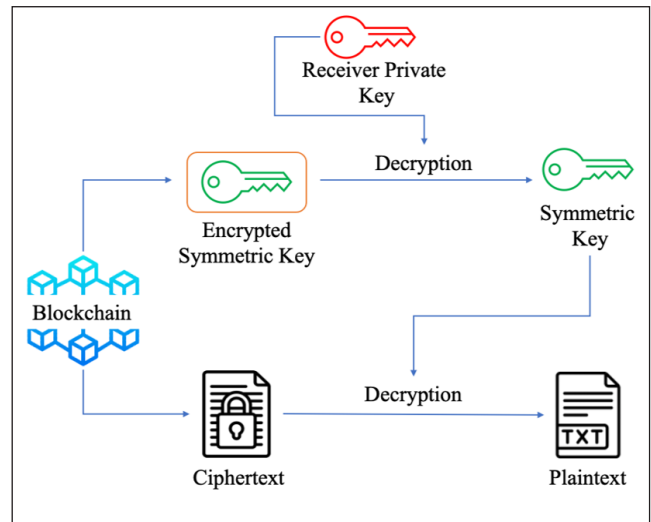
การเข้ารหัสแบบผสม เป็นการผสมผสานข้อดีของการเข้ารหัสแบบกุญแจสมมาตร (Symmetric Key) และการเข้ารหัสแบบกุญแจอสมมาตร (Asymmetric Key) เพื่อเพิ่มความเร็วและความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8 จากภาพที่ 7 และภาพที่ 8 แสดงการเข้ารหัสในรูปแบบผสมเป็นกระบวนการที่ผสมระหว่างการเข้ารหัสแบบสมมาตร (Symmetric) และอสมมาตร (Asymmetric) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการรับส่งข้อมูล โดยที่กระบวนการเข้ารหัสแบบกุญแจสมมาตร จะถูกสร้างขึ้นเพื่อเข้ารหัสข้อมูล และคีย์หรือกุญแจนี้จะถูกเข้ารหัสอีกครั้งด้วยกุญแจสาธารณะ (Public Key) ของผู้รับก่อนที่จะส่งเข้าภายในเครือข่ายบล็อกเชนไปยังผู้รับ ผังของผู้รับ ต่อมากุญแจสมมาตรจะต้องถอดรหัสด้วยกุญแจส่วนตัว (Private Key) และจากนั้นจึงใช้กุญแจสมมาตรนี้เพื่อถอดรหัสข้อมูลที่ถูกรับมา ความแตกต่างของการเข้ารหัสแบบนี้คือการผสมผสานข้อดีของการเข้ารหัส



ภาพที่ 6 แสดงการเชื่อมต่อสมาร์ตคอนแทร็กต์และแพลตฟอร์ม



ภาพที่ 7 แสดงการเข้ารหัสข้อมูลในรูปแบบผสม



ภาพที่ 8 แสดงการถอดรหัสข้อมูลในรูปแบบผสม

แบบสมมาตรที่มีประสิทธิภาพสูงในการเข้ารหัสข้อมูลขนาดใหญ่ และการเข้ารหัสแบบอสมมาตรจะเป็นวิธีที่ปลอดภัยในการแลกเปลี่ยนคีย์

3.3 การพัฒนาระบบ (Development/coding)

ส่วนที่ 1 การพัฒนาสมาร์ตคอนแทร็กต์ ด้วยภาษา JavaScript ประกอบด้วย ฟังก์ชันกำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งาน ฟังก์ชันการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายบล็อกเชน และฟังก์ชันการรับข้อมูลผ่านเครือข่ายบล็อกเชน

ส่วนที่ 2 การพัฒนาแพลตฟอร์มระบบจัดเก็บ และแลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับระบบบัญชีการและควบคุมของกองทัพอากาศ โดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน การนำเสนอเนื้อหาและกิจกรรมผ่านแพลตฟอร์มในรูปแบบสื่อมัลติมีเดีย เช่น ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ที่พัฒนาด้วยภาษา PHP, HTML5, Laravel Framework และ JavaScript

3.4 การทดสอบและบูรณาการระบบ (Testing/System integration)

การทดสอบและบูรณาการระบบเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินความถูกต้อง ความเร็ว และความปลอดภัยของระบบแพลตฟอร์มที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล และสัญญาผ่านเครือข่ายบล็อกเชน การทดสอบประกอบด้วยการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน เช่น การส่งและรับข้อมูล การเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูล เพื่อให้แน่ใจว่าระบบทำงานตามที่ออกแบบไว้ รวมถึงการทดสอบข้อยกเว้นเพื่อตรวจสอบการตอบสนองเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด และการทดสอบประสิทธิภาพโดยวัดความเร็วในการประมวลผลข้อมูลขนาดต่าง ๆ

ความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งและรับ และความปลอดภัยในการเข้าถึงข้อมูล การทดสอบที่ครอบคลุมทุกด้านช่วยให้มั่นใจว่าแพลตฟอร์มมีความพร้อมใช้งานและสามารถรองรับการทำงานในสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการออกแบบสถาปัตยกรรมและพัฒนาระบบ

4.1.1 ผลการออกแบบสถาปัตยกรรมของสมาร์ตดิทัลแพลตฟอร์มโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเป็นต้นแบบในการสร้างระบบบัญชีการและควบคุมสำหรับกองบิน 7 จ. สุราษฎร์ธานี โดยมีเป้าหมายให้ระบบที่สร้างขึ้นมีความถูกต้อง โปร่งใส พร้อมใช้งาน รักษาความลับข้อมูล และกระจายอำนาจอย่างเป็นธรรม โดยยังคงไว้ซึ่งมาตรฐานสากลในการทำงานของระบบ ผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยีการเข้ารหัสแบบผสมเป็นการเข้ารหัสแบบสมมาตร และแบบอสมมาตรเข้าด้วยกันในการเข้ารหัสข้อมูลก่อนที่จะส่งไปยังบล็อกเชนและเพื่อเพิ่มความมั่นคงปลอดภัยและความเชื่อถือในการส่งข้อมูลมากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 9

จากภาพที่ 9 พบว่าสมาร์ตดิทัลแพลตฟอร์มได้ใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนเพื่อรองรับระบบบัญชีการและควบคุมของกองทัพอากาศ ซึ่งเป็นการบูรณาการเทคโนโลยีบล็อกเชนให้ใช้ในระบบทางทหารโดยที่ระบบถูกออกแบบมาเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงานซึ่งเป็นแนวคิดใหม่ ในการนำบล็อกเชนมาใช้ในการเข้ารหัสข้อมูล โดยใช้สมาร์ตคอนแทร็กต์

ในการจัดการสิทธิการเข้าถึงข้อมูล ช่วยเพิ่มความปลอดภัย ความโปร่งใส และประสิทธิภาพในการจัดเก็บ และแลกเปลี่ยนข้อมูลให้ดียิ่งขึ้น ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และน่าเชื่อถือ จากภาพที่ 9 ผู้วิจัยแบ่งองค์ประกอบต่าง ๆ เป็น 6 ส่วน ดังต่อไปนี้

- 1) ข้อความที่จะส่งไปยังผู้รับ ในการส่งข้อความจะต้องระบุชื่อผู้รับเท่านั้นจึงจะส่งข้อความได้ เนื่องจากสมาร์ตดิทัลแพลตฟอร์มจะต้องใช้ชื่อผู้รับเพื่อกำหนดเป็นกุญแจสาธารณะ
- 2) การเข้ารหัสข้อความจะใช้การเข้ารหัสในรูปแบบผสม
- 3) ส่วนต่อประสานโปรแกรมประยุกต์ (Application Program Interface: API) หรือเอพีไอเป็นส่วนของการเขียนฟังก์ชันโดยใช้ NodeJS เพื่อให้เชื่อมต่อกับสมาร์ตคอนแทร็กต์ได้
- 4) บล็อกเชนจะรับข้อมูลจากสัญญาสมาร์ต และกระจายไปเก็บยังทุกโหนดในเครือข่าย
- 5) การถอดรหัสข้อความจะใช้การถอดรหัสในรูปแบบผสม
- 6) ผลลัพธ์หลังการถอดรหัสจะแสดงเป็นข้อความที่เข้าใจได้

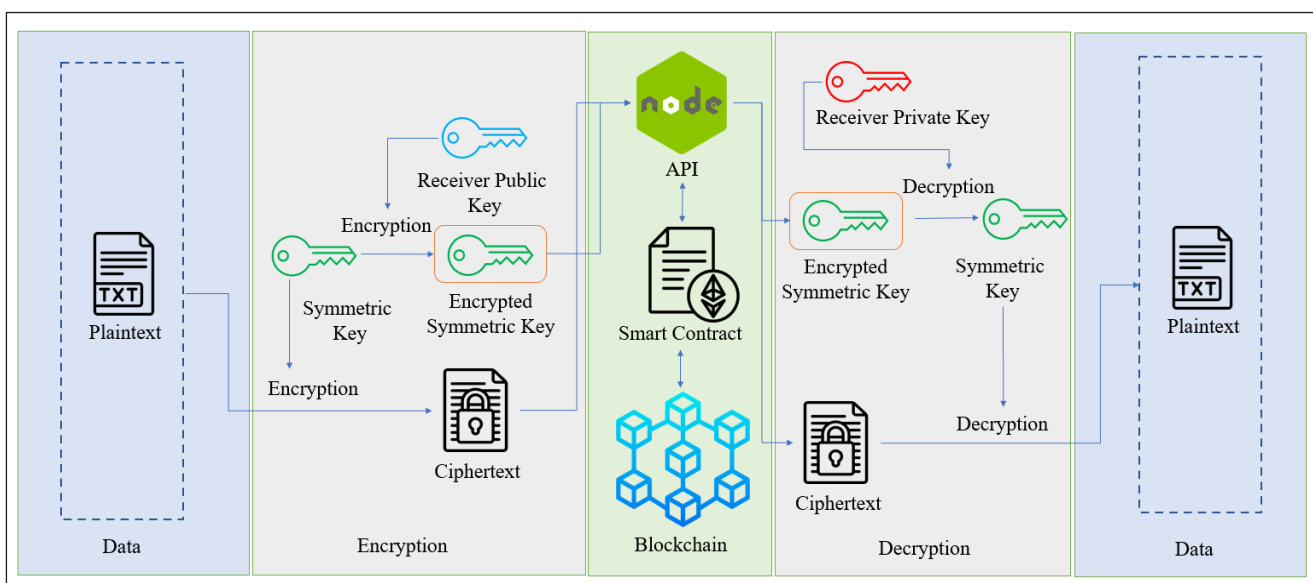
4.1.2 การพัฒนาสมาร์ตคอนแทร็กต์ดังภาพที่ 10

```

6 'use strict';
7
8 const { Contract } = require('fabric-contract-api');
9 const shim = require('fabric-shim');
10 const version = '1.0';
11
12 class rtac extends Contract {
13
14   async instantiate(ctx) {
15     console.log('HelloWorld - Instantiate');
16   }
17
18   async sayHello(ctx) {
19     return 'Hello, World Private Blockchain V.' + version;
20   }
21 }

```

ภาพที่ 10 ตัวอย่างคำสั่งสร้างสมาร์ตคอนแทร็กต์

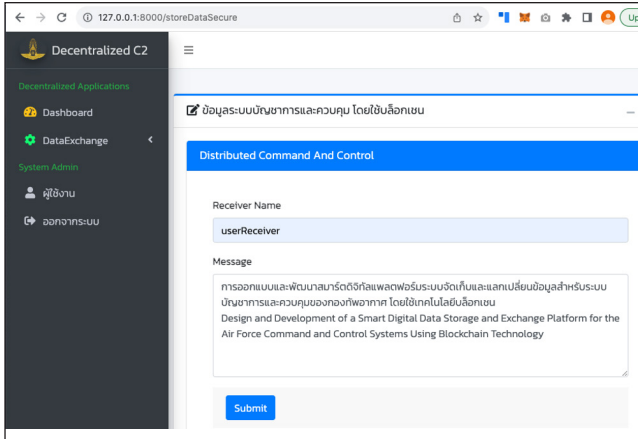


ภาพที่ 9 สถาปัตยกรรมของสมาร์ตดิทัลแพลตฟอร์ม



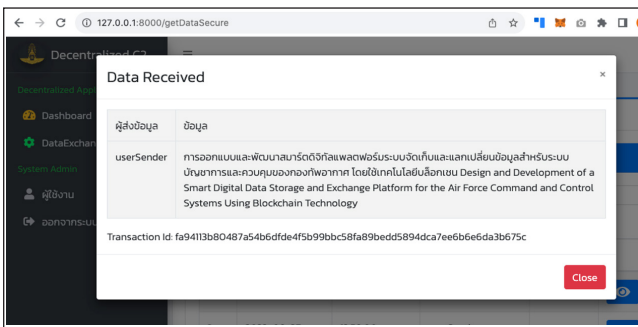
จากภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างคำสั่งสร้างสมรรถนะคอนแทร็กต์
ด้วยภาษา JavaScript

4.1.3 ผลการพัฒนาแพลตฟอร์มระบบจัดเก็บและ
แลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับระบบบัญชาการ และควบคุม
ของกองทัพอากาศ โดยใช้บล็อกเชน ดังภาพที่ 11 และ ภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ส่วนของการส่งข้อมูล

จากภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างการส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้
ผ่านเครือข่ายบล็อกเชน การทำงานประกอบด้วยการระบุชื่อผู้รับ
การเข้ารหัสข้อมูลก่อนส่ง และการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึง
ของผู้รับ โดยการส่งข้อมูลจะต้องระบุชื่อผู้รับ และข้อความ
ที่จะสื่อสาร ชื่อผู้รับจะต้องได้รับอนุญาตให้เข้าใช้งานเครือข่าย
บล็อกเชนแล้วเท่านั้น ลักษณะการทำงานเริ่มต้นด้วยผู้ส่งข้อมูล
ระบุชื่อผู้รับที่ต้องการส่งข้อมูล ระบบทำการเข้ารหัสข้อมูล
ก่อนส่งเพื่อความปลอดภัย และตรวจสอบสิทธิ์การเข้าถึง
ของผู้รับ หากผู้รับได้รับอนุญาต ข้อมูลที่เข้ารหัสแล้ว
จะถูกส่งผ่านเครือข่ายบล็อกเชน และผู้รับที่ได้รับอนุญาต
สามารถถอดรหัสข้อมูลเพื่ออ่านข้อความที่ถูกส่งมาได้



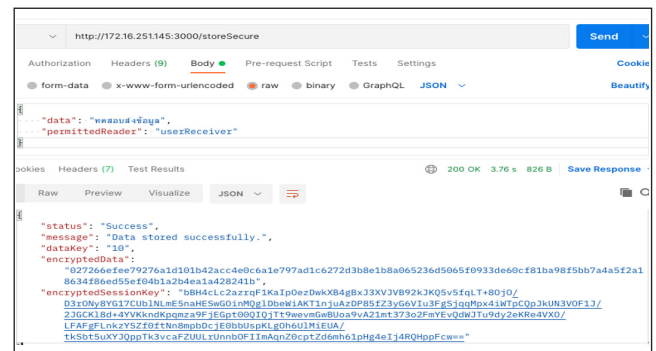
ภาพที่ 12 ส่วนของการรับข้อมูล

จากภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างการรับข้อความซึ่งข้อความ
ที่ได้รับจะแสดงเฉพาะข้อความที่ของตนเองเท่านั้น
ไม่อาจเข้าถึงข้อความของผู้อื่นได้

4.2 ผลการทดสอบสมรรถนะคอนแทร็กต์

การทดสอบสมรรถนะคอนแทร็กต์ เป็นทดสอบฟังก์ชัน
(Functional Tests) และ ทดสอบเกี่ยวกับประสิทธิภาพ
(Non-Functional Tests) ดังนั้น วิธีการ
ทดสอบสำหรับสัญญาสมรรถนะนี้ได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

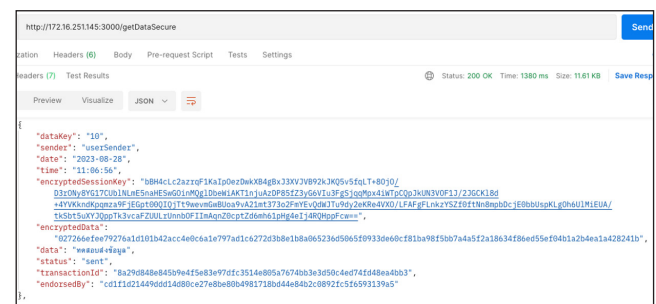
4.2.1 การทดสอบฟังก์ชันสำหรับส่งข้อมูล เครื่องมือที่ใช้
ในการทดสอบฟังก์ชันสำหรับส่งข้อมูลจะใช้โปรแกรม Postman
เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบและพัฒนาเอพียู
ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 แสดงการทดสอบฟังก์ชันส่งข้อมูลผ่าน
เครือข่ายบล็อกเชน

จากภาพที่ 13 พบว่าระบบบัญชาการและควบคุม
ของกองทัพอากาศโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถส่งข้อมูล
เข้าสู่เครือข่ายบล็อกเชนได้ และข้อมูลที่บันทึกเข้าสู่ Ledger
ได้รับการเข้ารหัสและไม่อาจอ่านค่าได้

4.2.2 ฟังก์ชันสำหรับรับข้อมูล เครื่องมือที่ใช้
ในการทดสอบฟังก์ชันสำหรับรับข้อมูลจะใช้โปรแกรม Postman
เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดสอบและพัฒนาเอพียู
ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงการทดสอบฟังก์ชันรับข้อมูล

จากภาพที่ 14 พบว่าระบบบัญชีการและควบคุมของกองทัพอากาศโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนสามารถรับข้อมูลจากเครือข่ายบล็อกเชนได้ ซึ่งจะแสดงเฉพาะข้อมูลของตนเองเท่านั้น และข้อมูลดังกล่าวถูกเข้ารหัสไว้จะต้องใช้กุญแจส่วนตัวของตนเองในการถอดรหัสเพื่อให้ข้อความอ่านได้

4.2.3 การทดสอบข้อยกเว้น (Exception Testing) เพื่อทดสอบการตอบสนองของระบบเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดหรือความผิดพลาดในการใช้งาน การทดสอบนี้จะช่วยให้เรานั้นใจว่าระบบจะไม่ล้มหรือแสดงผลผิดพลาด ทั้งนี้จะใช้เครื่องมือที่ชื่อว่า Unit Testing เพื่อจำลองเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดข้อยกเว้น เช่น การส่งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ถูกต้อง การส่งข้อมูลโดยไม่มีสิทธิ์ที่เหมาะสม หรือการป้อนข้อมูลที่ไม่ตรงตามรูปแบบที่ต้องการ ซึ่งจะช่วยให้มั่นใจในความแข็งแกร่งและความเสถียรในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น จากผลการทดสอบจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

ฟังก์ชันสำหรับส่งข้อมูล

- 1) การเก็บข้อมูลที่เข้ารหัสระบบสามารถบันทึกข้อมูลที่เข้ารหัสได้เมื่อมีการใช้งานโดยผู้ใช้งานที่มีสิทธิ์เป็นผู้ส่ง
- 2) การจัดการกับผู้ใช้ที่ไม่มีสิทธิ์เป็นผู้ส่งระบบจะแสดงข้อผิดพลาดเมื่อมีการเข้าถึงโดยไม่มีสิทธิ์
- 3) การจัดการตัวอักษรพิเศษระบบป้องกันปัญหา Injection ได้ดี และบันทึกข้อมูลที่มีตัวอักษรพิเศษได้
- 4) การจัดการข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ระบบแสดงข้อผิดพลาดเมื่อข้อมูลเป็น Undefined, Null หรือ Empty

5) ขนาดข้อมูล ระบบจะแสดงข้อผิดพลาดเมื่อข้อมูลที่เข้ารหัสมีขนาดเกินขีดจำกัดที่กำหนด

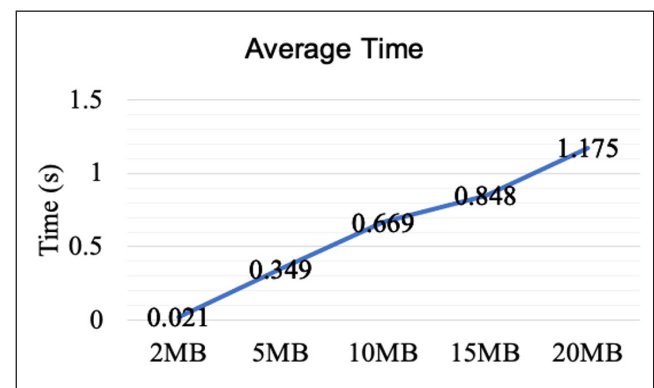
ฟังก์ชันสำหรับรับข้อมูล

- 1) การเข้าถึงข้อมูล ระบบจะแสดงข้อผิดพลาดเมื่อผู้ใช้ที่ไม่มีสิทธิ์ที่สามารถรับข้อมูลได้และพยายามเข้าถึงข้อมูล
- 2) รูปแบบข้อมูล ข้อมูลที่ส่งมาจากระบบมีรูปแบบที่สมบูรณ์และถูกต้อง
- 3) การจัดการตัวอักษรพิเศษ ระบบจะแสดงข้อมูลที่มีตัวอักษรพิเศษได้โดยไม่มีปัญหาใด ๆ

4.2.4 การทดสอบเกี่ยวกับประสิทธิภาพ (Performance Testing)

การทดสอบประสิทธิภาพสำหรับสมาร์ตคอนแทร็กต์จะเป็นการทดสอบความสามารถในการรับการเรียกใช้งานในระดับสูง ความเร็วของการตอบสนอง และความทนทาน

ต่อการโหลดที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากผลการทดสอบส่งข้อมูลที่มีขนาด 2MB, 5MB, 10MB, 15MB และ 20MB จำนวน 100 ธุรกรรมในแต่ละขนาดข้อมูล เพื่อหาค่าเฉลี่ยเวลาในแต่ละช่วงเวลาก่อนเลือกขนาดข้อมูลเหล่านี้มีเหตุผลเพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบในสภาวะการใช้งานจริงที่มีการส่งข้อมูลขนาดต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงความสามารถของระบบในการจัดการกับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และมีความหลากหลาย และเพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลที่มีขนาดแตกต่างกันดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงเวลาเฉลี่ยในการส่งข้อมูล

จากภาพที่ 15 พบว่าการทดสอบการส่งข้อมูลขนาดต่าง ๆ ผ่านฟังก์ชันส่งข้อมูล แสดงให้เห็นว่าเมื่อข้อมูลมีขนาดเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการประมวลผลจะลดลงเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการประมวลผลมีการเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นตามขนาดข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมา ตัวเลขเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าข้อมูลขนาดใหญ่ที่สุด 20 MB ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย 1.175 วินาที ซึ่งสูงกว่าข้อมูลขนาด 2 MB ที่ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ย 0.021 วินาที นั่นหมายความว่า ในการใช้งานจริงควรระมัดระวังเรื่องขนาดข้อมูลที่ต้องการส่ง และคำนึงถึงเวลาประมวลผลที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบ

5. สรุป

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางในการออกแบบ และพัฒนาสมาร์ตดิจิทัลแพลตฟอร์มของระบบจัดเก็บและแลกเปลี่ยนข้อมูลสำหรับระบบบัญชีการและควบคุมของกองทัพอากาศโดยใช้เทคโนโลยีบล็อกเชน ซึ่งระบบบัญชีการและควบคุมแบบใหม่ที่เราสร้างขึ้นนี้จะระบบที่มุ่งเน้นวิธีการและสถาปัตยกรรมของสมาร์ตดิจิทัลแพลตฟอร์มสำหรับการจัดการ

และความคุมดำเนินงานของข้อมูลที่มีจำนวนมาก และเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยได้สร้างสถาปัตยกรรมของแพลตฟอร์มที่มีเทคโนโลยีบล็อกเชนเป็นฐานของการทำงาน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มศักยภาพในการปกป้องข้อมูล และเสริมสร้างความปลอดภัยในการแลกเปลี่ยนข้อมูล อีกทั้งยังได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสมรรถนะที่ติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของระบบบัญชาการและความคุมแบบใหม่อีกด้วย ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ทำให้กองทัพอากาศสามารถพึ่งพาตนเองได้ในด้านเทคโนโลยีป้องกันประเทศ โดยมีแพลตฟอร์มเป็นของตนเองสำหรับบัญชาการและความคุมให้การทำงานเป็นไปได้อย่างเข้มแข็งมีประสิทธิภาพสูง และเชื่อถือได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Montha et al. *Blockchain for Government Services*. Digital Government Development Agency (Public Organization) (DGA), Vol. 2, 2021.
- [2] V. Mishra, S. S. Yau, and C. Yenugunti. "Recovering Decentralized Critical Archival Data From Tampering in Smart City Environment Using Blockchain." *2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI)*, 2019.
- [3] U. Khalil, M. Uddin, O. A. Malik, and S. Hussain. "A Blockchain Footprint for Authentication of IoT-Enabled Smart Devices in Smart Cities: State-of-the-Art Advancements, Challenges and Future Research Directions." *IEEE Access*, Vol. 10, pp. 76805 - 76823, 2022.
- [4] E. A. Shammam, A. T. Zahary, and A. A. Al-Shargabi. "An Attribute-Based Access Control Model for Internet of Things Using Hyperledger Fabric Blockchain." *Wireless Communications and Mobile Computing*, Vol. 2022, pp. 1 - 25, 2022.
- [5] D. Chirtoaca, J. Ellul, and G. Azzopardi. "An Attribute-Based Access Control Model for Internet of Things Using Hyperledger Fabric Blockchain." *Proceedings of IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPS)*, pp. 100 - 105, 2020.
- [6] M. Antwi, A. Adnane, F. Ahmad, R. Hussain, M. H. ur Rehman, and C. A. Kerrache. "The case of Hyperledger Fabric as a blockchain solution for healthcare applications." *Blockchain: Research and Applications*, Vol. 2, No. 1, March, 2021.
- [7] P. K. Ghosh, A. Chakraborty, M. Hasan, K. Rashid, and A. H. Siddique. "Blockchain Application in Healthcare Systems: A Review." *Systems*, Vol. 11, No. 1, 2023.
- [8] S. Nakamoto, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Available Online at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, accessed on 7 May 2023.
- [9] L. Gigli, I. Zyrianoff, F. Montori, C. Aguzzi, L. Roffia, and M. Di Felice. "A Decentralized Oracle Architecture for a Blockchain-Based IoT Global Market." *IEEE Communications Magazine*, Vol. 61, No. 8, pp. 86 - 92, 2023.
- [10] M. H. Jeong and S. K. Kim. "Video Streaming Based on Blockchain State Channel with IoT Camera." *Journal of Web Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 661 - 676, 2022.
- [11] C. Thoppae, P. Praneetpolgrang, and N. Jirawichitchai. "Development of an Architectural Framework for Electronic Transaction Document Exchange between Government Agencies with Efficiency and Security Using Blockchain Technology." *Journal of Information Technology*, Vol. 17, No. 1, pp. 66 - 75, 2021.
- [12] H. Sukhwani, N. Wang, K. S. Trivedi, and A. Rindos. "Performance Modeling of Hyperledger Fabric (Permissioned Blockchain Network)." *2018 IEEE 17th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA)*, Cambridge, MA, USA, pp. 1 - 8, 2018.
- [13] A. A. Khan, A. A. Wagan, A. A. Laghari, A. R. Gilal, I. A. Aziz, and B. A. Talpur. "BIOMT: A State-of-the-Art Consortium Serverless Network Architecture for

- Healthcare System Using Blockchain Smart Contracts." *IEEE Access*, Vol. 10, pp. 78887 - 78898, 2022.
- [14] J. Zhang, R. Tian, Y. Cao, X. Yuan, Z. Yu, X. Yan, X. Zhang. "A Hybrid Model for Central Bank Digital Currency Based on Blockchain." *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 53589 - 53601, 2021.
- [15] M. Hajiabbasi, E. Akhtarkavan, and B. Majidi. "Cyber-Physical Customer Management for Internet of Robotic Things-Enabled Banking." *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 34062 - 34079, 2023.
- [16] B. K. Mohanta, S. S. Panda and D. Jena. "An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology." *Proceedings of the 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies*, Bengaluru, India, pp. 1 -4, 2018.
- [17] L. Zhang, B. Li, and X. Zhao. "Reconfigurable Hardware Implementation of AES-RSA Hybrid Encryption and Decryption." *Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)*, Nanjing, China, pp. 970 -974, 2020.
- [18] P. Kulkarni, R. Khanai, and G. Bindagi. "A Hybrid Encryption Scheme for Securing Images in the Cloud." *Proceedings of the International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, Coimbatore, India, pp. 795 - 800, 2020.
- [19] B. Su, H. Zhao, T. Qi, X. Liu, and R. Yu. "Research on Architecture of Intelligent Command and Control System." *2019 International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems (ICVRIS)*, Jishou, China, pp. 362 - 364, 2019.
- [20] A. Panwar, V. Bhatnagar, M. Khari, A. W. Salehi, and G. Gupta. "A Blockchain Framework to Secure Personal Health Record (PHR) in IBM Cloud-Based Data Lake." *Computational Intelligence and Neuroscience*, Vol. 2022, No. 1, pp. 1 - 19, 2022.
- [21] U. Nadiya, M. I. Rizqyawan, and O. Mahnedra. "Blockchain-based Secure Data Storage for Door Lock System." *Proceedings of the 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, Yogyakarta, Indonesia, pp. 140 - 144, 2019.
- [22] V. Buatongjun and P. Praneetpolgrang. *The Implementing Prototype in Trusted Digital Cooperative Service Systems in Thailand Using Blockchain Application*. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Information Technology, Sripatum University, 2018.
- [23] Q. Zhuohao, M. Firdaus, S. Noh and K. -H. Rhee. "A Blockchain-Based Auditable Semi-Asynchronous Federated Learning for Heterogeneous Clients." *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 133394 - 133412, 2023.
- [24] S. Barbaria, M. C. Mont, E. Ghadafi, H. M. Machraoui and H. B. Rahmouni. "Leveraging Patient Information Sharing Using Blockchain-Based Distributed Networks." *IEEE Access*, Vol.10, pp. 106334 - 106349, 2022.
- [25] P. Pawar, N. Parolia, S. Shinde, T. O. Edoh, and M. Singh. "eHealthChain a blockchain-based personal health information management system." *Annals of Telecommunications*, Vol. 77, pp. 33 - 45, 2022.
- [26] S. Lee, Y. Kim, and S. Cho. "Searchable Blockchain-Based Healthcare Information Exchange System to Enhance Privacy Preserving and Data Usability." *Sensors*, Vol. 24, No. 5, 2024.
- [27] M. Wazid, A. K. Das, S. Shetty, and M. Jo. "A Tutorial and Future Research for Building a Blockchain-Based Secure Communication Scheme for Internet of Intelligent Things." *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 88700 - 88716, 2020.
- [28] M. Chen, H. Jiang, H. Zhao, H. Zuo, and Q. Zhang. "Design and Optimization of Blockchain-Based Distributed Data-Sharing System for Urban Rail Transit." *Security and Communication Networks*, Vol. 2023, No. 1, pp. 1 - 11, 2023.
- [29] T. Pengkian, P. Praneetpolgrang, and P. Sirinam. "Design and Development of a Data Storage and Exchange Systems for the Air Force Command and Control Systems Using Blockchain Technology."



*Proceedings of the 19th National Conference on
Computing and Information Technology, Thailand,*
pp. 103 - 109, 2023.

[30] F. Ashari, T. Catonsukmoro, W. M. Bad, Sfenranto,

and G. Wang. "Smart Contract and Blockchain for
CrowdfundingPlatform." *International Journal of Advanced
Trends in Computer Science and Engineering*, Vol. 9,
No. 3, pp. 3036 - 3041, May - June, 2020.

การรู้จำภาษามือไทยท่าเคลื่อนไหวด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ Dynamic Thai Sign Language Recognition using Recurrent Neural Network

พิพัฒน์พงศ์ ธรรมสิทธิ์ (Pipatpong Thammasit)* และชัยนันท์ สมพงษ์ (Chaiyanan Sompong)*

Received: January 2, 2024

Revised: October 1, 2024

Accepted: October 10, 2024

* ผู้พิมพ์ประสานงาน: ชัยนันท์ สมพงษ์ (Chaiyanan Sompong) อีเมล: chaiyanan@snru.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.005

บทคัดย่อ

ภาษามือคือการสื่อสารด้วยการแสดงสัญลักษณ์ท่าทางมือ ซึ่งมีการแสดงท่าทางได้ตั้งแต่ระดับหัวจนถึงระดับเอว พร้อมทั้งยังมีการแสดงออกทางสีหน้าเพื่อสื่อถึงอารมณ์ของผู้พูด โดยมีงานวิจัยที่พยายามในการรู้จำภาษามือแบบมีการเคลื่อนไหวด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง แต่ด้วยรูปแบบภาษามือแบบเคลื่อนไหวเป็นข้อมูลต่อเนื่องเชิงเวลา นอกจากนี้ตำแหน่งของมือและการแสดงออกสีหน้าเป็นองค์ประกอบที่จะทำให้การสื่อสารภาษามือมีความสมบูรณ์ ดังนั้นการพัฒนาวีธีการการรู้จำภาษามือจึงเป็นงานที่ยังคงท้าทาย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาตัวแบบการรู้จำภาษามือไทยด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ โดยข้อมูลนำเข้าเป็นคีย์พอยท์ที่สกัดเอาจุดเด่นของผู้สื่อสารภาษามือด้วยไลบรารี MediaPipe ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลสามชุด ได้แก่ มือทั้งสองข้าง ใบหน้า และการแสดงท่าทางที่เป็นพิกัด (x, y, z) รวม 1,662 คีย์พอยท์ จากนั้นนำชุดข้อมูลไปเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับสามแบบ ได้แก่ ประเภทได้แก่ 1) หน่วยความจำระยะสั้นยาว (Long Short-Term Memory: LSTM) 2) ความจำระยะสั้น-ยาวแบบ 2 ทิศทาง (BiLSTM) 3) และหน่วยเกทแบบวนกลับ (Gated Recurrent Unit: GRU) ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเป็นวิดีโอภาษามือไทยจากอาสาสมัครที่เป็นล่ามภาษามือและผู้บกพร่องทางการได้ยินทั้งหมด 10 คำ จำนวน 1,000 วิดีโอ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของวิธีการที่นำเสนอที่ 99% ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ แบบความจำระยะสั้น-ยาว และเกทแบบวนกลับ

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงลึก หน่วยความจำระยะสั้นยาว หน่วยเกทแบบวนกลับ มีเดียไพพ์แลนด์มาร์ก

Abstract

Sign Language is a communication using a hand gesture that can pose on head to waist along with a facial emotion. There are numerous articles attempting to recognize dynamic sign language using machine learning. However, the dynamic sign language is a temporal continuous data. In addition, the positions of the hands and facial emotion are components that contribute to the completeness of sign language communication. Therefore, a sign language recognition methodology development is still challenge. This research aims to develop a Thai sign language recognition approach using recurrence neural network (RNN). The MediaPipe library applies to landmark extraction consisting of the hands, face and posture using by coordinate (x, y, z) totally 1,662 keypoint for RNN input. After that, these keypoints are learned by RNN technique consisting of long short-term Memory (LSTM) 2) gated recurrent unit (GRU) and 3) bi-direction LSTM (BiLSTM). The dataset consists of 10 words of Thai sign Language totally 1,000 videos that are established by volunteers sign language interpreters and hearing impaired. The experiment result demonstrates that an accuracy of the proposed method at 99% by LSTM and GRU.

Keywords: Deep learning, Long short-term Memory, Gated recurrent unit, MediaPipe's landmark.

* สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

* Computer Department, Faculty of Science and Technology, Sakon Nahkon Rajabhat University.

1. บทนำ

ภาษามือคือภาษาสัญลักษณ์ที่ใช้สื่อสารสำหรับผู้พิการทางการได้ยิน โดยมีการสื่อสารด้วยสัญลักษณ์ท่าทางมือ การแสดงสีหน้า และกิริยาท่าทางในการประกอบในการสื่อความหมาย [1], [2] เพื่อถ่ายทอดอารมณ์แทนการพูด ภาษามือของแต่ละชาติมีความหมายแตกต่างกันเช่นเดียวกับ ภาษาพูด ซึ่งแตกต่างกันตามขนบธรรมเนียม ประเพณี วัฒนธรรม และลักษณะภูมิศาสตร์ เช่น ภาษามือจีน ภาษามืออเมริกัน และภาษามือไทย เป็นต้น ซึ่งภาษามือเป็นภาษาที่ผู้พิการทางการได้ยินตกลง และยอมรับกันแล้วว่าเป็นภาษาหนึ่งสำหรับการติดต่อสื่อความหมายระหว่างผู้พิการทางการได้ยิน รวมทั้งกับคนปกติด้วย

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นส่วนย่อยหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งเป็นการเรียนรู้จากข้อมูลที่เคยเกิดขึ้นก่อนเพื่อหารูปแบบของข้อมูลที่นำไปสู่การจำแนก (Classification) การทำนาย (Prediction) การวินิจฉัย (Diagnosis) และการจัดกลุ่มข้อมูล (Cluster) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยแก้ปัญหาให้กับมนุษย์เมื่อเจอข้อมูลที่ไม่ทราบมาก่อน เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เป็นเทคนิคหนึ่งที่ทำให้ประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลในระดับสูงมาก โดยมีข้อได้เปรียบกว่าเทคนิคอื่นในด้านข้อมูลนำเข้าที่ไม่ต้องคำนึงถึงคุณภาพและปริมาณอย่างไรก็ตามเทคนิคนี้จำเป็นที่จะต้องการปริมาณข้อมูลจำนวนมากในการเรียนรู้

ข้อมูลเชิงเวลาคือข้อมูลที่ส่งออกมาตามช่วงเวลาอย่างต่อเนื่อง เช่น เสียงพูด ภาพวิดีโอ เช่น เซอร์วิวดความเอียง/ความเร่ง ในอุปกรณ์พกพาต่าง ๆ หรือการสื่อสารในภาษาธรรมชาติ ดังนั้นการประมวลผลข้อมูลแบบนี้จะมีคุณลักษณะที่ข้อมูลในเวลาก่อนหน้าจะส่งผลกระทบต่อข้อมูลลำดับถัดไป สำหรับการเรียนรู้เชิงลึกกับข้อมูลเชิงเวลาส่วนมากจะใช้การเรียนรู้แบบวนกลับ (Recurrent Neural Networks: RNN) เป็นการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณที่เวลา $t-1$ กลับมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าอีกครั้งกับข้อมูลที่เวลา t โดยที่งานวิจัยส่วนมากจะนำวิธีการนี้ไปพยากรณ์เหตุการณ์ที่กำลังจะเกิด เช่น การสร้างโมเดลในการจำแนกเหตุการณ์อุบัติเหตุจากภาพวิดีโอกล้องหนาร์ดด้วย Convolution Neural Network (CNN) ร่วมกับ RNN [3] ซึ่งให้ความถูกต้องถึงร้อยละ 92 ในขณะที่การติดตามคนพร้อมกันหลายคน (Multi-people Tracking)

จากภาพวิดีโอ [4] CNN ถูกนำมาใช้ในการค้นหาคอนในแต่ละเฟรมของภาพวิดีโอเคลื่อน เพื่อแก้ปัญหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Data Association Problem) ในแต่ละช่วงเวลาหรือเฟรม ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการติดตามตัวคน (People Tracking) จึงได้นำ RNN เข้ามาช่วยให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จากงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่า RNN มีประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชิงเวลา

การเรียนรู้เชิงลึกถูกนำมาใช้ในการรู้จำภาษามือไทย โดยใช้เทคนิค CNN โดยการใช้ภาพในแต่ละเฟรมจากชุดข้อมูลวิดีโอภาษามือหรือมีการใช้กล้อง Kinect ที่สามารถจำแนกบุคคลด้วยภาพร่วมกับกล้องจับความร้อนแล้วนำภาพแต่ละเฟรม [5] เข้ามาเรียนรู้ท่าทางภาษามือไทย แม้ว่าผลการรู้จำจะได้รับความแม่นยำมากกว่าร้อยละ 90 แต่ใช้กับจำนวนท่าภาษามือไม่มากนัก และนอกจากนี้ข้อมูลทีื่อนพูดมีจำนวนมากการประมวลผลจึงมีความซับซ้อนมาก อีกทั้งยังมีปัญหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละเฟรม ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในขณะจำแนกภาษามือแบบต่อเนื่องหลายท่าติดต่อกัน

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวได้นำเสนอการรู้จำภาษามือที่เป็นภาษาไทยแบบเคลื่อนไหวโดยการใช้ MediaPipe [6], [7] สกัดคีย์พอยท์ (Key Point) ที่เป็นจุดสังเกตของมือ (Hand Landmark) จากวิดีโอท่าทางภาษามือ และใช้แลนมาร์กของมือจำนวน 42 จุด เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อสร้างโมเดลสำหรับการรู้จำท่าทางภาษามือ โดยใช้ RNN ทั้ง 3 ประเภท ได้แก่

- 1) หน่วยความจำระยะสั้นยาว (Long Short-Term Memory: LSTM)
- 2) ความจำระยะสั้น-ยาวแบบ 2 ทิศทาง (BiLSTM)
- 3) และหน่วยเกตแบบวนกลับ (Gated Recurrent Unit: GRU)

ซึ่งให้แม่นยำมากกว่า 90% เมื่อเปรียบเทียบกับความรู้จำภาษามืออังกฤษ [8] ที่นำ MediaPipe สกัดจุดเด่นของร่างกาย ใบหน้า และมือ โดยมีคีย์พอยท์ที่ไม่รวมใบหน้า 258 จุด และแบบรวมคีย์พอยท์บนใบหน้าด้วยรวม 1,662 จุด เป็นอินพุตให้กับ RNN กับท่าทางภาษามือที่ใช้ 10 ท่า บนชุดข้อมูล DSL-10-Dataset ซึ่งให้ความแม่นยำถึง 100% ด้วยโมเดล GRU

จากประสิทธิภาพของ RNN ที่นำมาใช้ในการรู้จำภาษามืออังกฤษ ดังนั้นบทความนี้ จึงนำเทคนิคการรู้จำด้วย RNN และการใช้คีย์พอยท์ด้วย MediaPipe เพื่อพัฒนาระบบการรู้จำท่าทางภาษามือไทยแบบเรียลไทม์ โดยใช้การแสดงท่าทางของร่างกาย กับการแสดงออกทางสีหน้า เพื่อนำไปสู่การพัฒนา

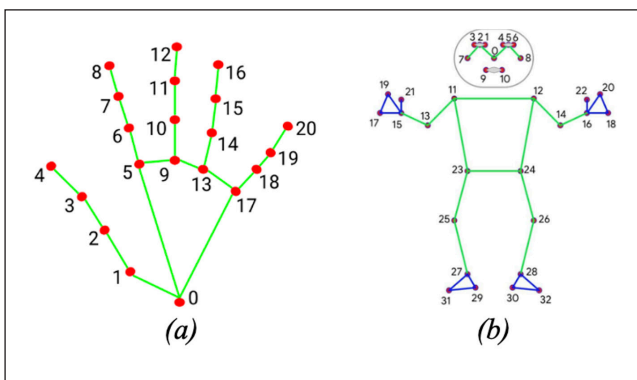
ให้สามารถใช้งานได้จริง โดยผู้วิจัยได้ใช้ชุดข้อมูลในการทดสอบจากอาสาสมัครของศูนย์บริการสนับสนุนนักศึกษาพิการระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร (Disability Support Services: DSS) มีท่าทางภาษามือ 10 ท่า แบบเคลื่อนไหวจากที่กล่าวมาผู้วิจัยได้จะพัฒนาระบบการรู้จำภาษามือไทยและท่าทางด้วยเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ (RNN) ที่เป็นคำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อใช้ในการแปลภาษามือไทยของผู้พิการทำให้สามารถเข้าใจความหมายที่ต้องการจะสื่อได้

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มีเดียไพพ์ (MediaPipe)

เพื่อขึ้นในการพัฒนาระบบการรู้จำภาษามือ ผู้วิจัยจึงนำเทคโนโลยีของ MediaPipe ที่ใช้สำหรับการตรวจจับท่าทาง (Pose) มือ (Hand) และใบหน้า (Face) ของมนุษย์ได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การสร้างคีย์พอยท์ของจุดสำคัญบนร่างกายหรือแลนด์มาร์ก (Landmark) ดังภาพที่ 1(a) แสดงจุดแลนด์มาร์กบนมือจำนวน 21 จุดและภาพที่ 1(b) แสดงจุดแลนด์มาร์กของท่าทางของมนุษย์จำนวน 33 จุด

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้ MediaPipe เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการรู้จำท่าทางแทนการใช้ภาพหรือเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น การติดตามอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการหายใจแบบเรียลไทม์ผ่านวิดีโอ [9] การรู้จำอารมณ์จากสีหน้ากับภาพวิดีโอระยะไกล [10] หรือการรู้จำภาษามือ [6] - [8], [11] - [14] เป็นต้น ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่าการใช้ MediaPipe สกัดจุดสำคัญของร่างกายเป็นอินพุตเข้าสู่การรู้จำด้วยเรียนรู้ของเครื่องจักร ให้ความแม่นยำในระดับที่มากกว่า 90%



ภาพที่ 1 การตรวจจับท่าทางด้วย MediaPipe (a) แสดงจุดสำคัญของมือ (b) แสดงจุดสำคัญของท่าทางมนุษย์ [11]

2.2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ (RNN)

RNN ถูกนำมาใช้ในการรู้จำกับอินพุตที่มีลักษณะต่อเนื่องเชิงเวลา มีหลักการทำงานคือ นำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับมาใช้เป็นข้อมูลขาเข้าอีกครั้ง ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง เช่น ข้อมูลเสียง ข้อความ หรือวิดีโอ เป็นต้น ส่วนใหญ่ RNN ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาสำหรับงานที่มีข้อมูลที่มีลำดับ เช่น การพยากรณ์การเกิดการระบาดของ COVID-19 [15] หรือ ใช้ในการทำนายข้อมูลวิดีโอด้วยการใช้ร่วมกับ CNN [3], [4] สกัดข้อมูล ณ ช่วงเวลานั้น ๆ แล้วส่งให้ RNN ประมวลผลต่อ เป็นต้น โดย RNN ใช้หลักการนำสถานะภายในของโมเดลกลับมาเป็นข้อมูลเข้าใหม่คู่กับข้อมูลเข้าแบบปกติ เรียกว่า สถานะซ่อน (Hidden State) หรือสถานะภายใน (Internal State) ช่วยให้โมเดลรู้จำรูปแบบของลำดับข้อมูลนำเข้าที่ขึ้นอยู่กับข้อมูลก่อนหน้าได้ [15] แสดงดังภาพที่ 2(a) ในแต่ละโหนดของ RNN จะมีข้อมูลเข้าสองอย่าง ได้แก่ 1) ข้อมูลเข้า ณ เวลา t (x_t) และ 2) ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณเวลาก่อนหน้า (h_{t-1}) ซึ่งทั้งสองข้อมูลจะถูกนำมารวมเข้าด้วยกันและออกผลลัพธ์มาเป็นสองทางคือ y_t เป็นผลลัพธ์ที่ออกมาที่เวลา t ดังสมการที่ (1) โดยที่ W_y คือค่าน้ำหนักของสถานะปัจจุบัน h_t , c คือค่าไบแอสสำหรับเอาต์พุต และ σ คือฟังก์ชันการถ่ายโอน เช่น ReLU หรือ tanh ในส่วนของ h_t เป็นข้อมูลที่จะเป็นข้อมูลขาเข้าในเวลา $t+1$ ในสมการที่ (2) โดยที่ W_x คือค่าน้ำหนักของอินพุตปัจจุบัน x_t และ W คือค่าน้ำหนักของอินพุตกับสถานะก่อนหน้า h_{t-1} ข้อดีของ RNN คือ มีการใช้ข้อมูลก่อนหน้าในการทำนายสิ่งที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งหมายถึงอะไรที่เคยเกิดขึ้นในอดีตย่อมส่งผลต่อเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย แม้ RNN จะมีข้อดีในการทำงานของข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง แต่ข้อเสียของ RNN คือ สามารถดูย้อนกลับได้แค่เพียงในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เท่านั้น โดยปัญหาหลักของ RNN จะเกิดขึ้นการฝึกมีจำนวนที่ต้องการเรียนรู้ย้อนกลับไปในลำดับที่ก่อนหน้าที่ยาวนานมาก จะทำให้การคำนวณค่าเกรเดียนต์เริ่มน้อยลงและเข้าใกล้ศูนย์จนเกิดปัญหาการสูญเสียน้ำหนักของเกรเดียนต์ (Vanishing Gradient Problem) ที่นำมาใช้ในการปรับน้ำหนัก ซึ่งอาจเกิดได้จาก ซึ่งปัญหานี้ถูกแก้ไขโดยใช้เกทแบบวนกลับ (Gated Recurrent Unit: GRU) และหน่วยความจำระยะสั้นยาว (Long Short-Term Memory: LSTM)

$$y_t = \sigma(h_t, W_y + c) \quad (1)$$

$$h_t = \sigma(x_t, W_x + h_{t-1}W) \quad (2)$$

จากปัญหาการสูญเสียของค่าเกรเดียนท์ LSTM [15], [16] จึงได้ถูกนำเสนอเพื่อปรับปรุงการทำงานของ RNN ให้สามารถคำนวณค่าสถานะโดยมีการเรียนรู้ย้อนกลับได้ยาวนานขึ้นมีโครงสร้างที่มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ 1) ประตูลืม (Forget Gate) ดังสมการที่ (3) ทำหน้าที่ในการตัดสินใจว่าควรลืมข้อมูลในสถานะปัจจุบัน 2) ประตูอินพุต (Input Gate) ดังสมการที่ (4) และ (5) ทำหน้าที่ในการรับอินพุตและคำนวณข้อมูลใหม่ และ 3) ประตูเอาต์พุต (Output Gate) ดังสมการที่ (6) - (8) จะคำนวณค่าเอาต์พุต (C_t และ h_t) และที่จะส่งไปยังสถานะต่อไป ซึ่งโดยแสดงโครงสร้างของ LSTM ดังภาพที่ 2(b) และการคำนวณในประตูต่าง ๆ

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (3)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (4)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (5)$$

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \tilde{C}_t \quad (6)$$

$$y_t = \sigma(W_y \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_y) \quad (7)$$

$$h_t = y_t \cdot \tanh(C_t) \quad (8)$$

ในขณะที่ LSTM มีโครงสร้างภายในที่ซับซ้อนเนื่องจากต้องผ่านการคำนวณทั้ง 3 ประตู ทำให้ใช้เวลาในการฝึกฝนโมเดลนานขึ้น จึงมีการนำเสนอวิธี GRU [16] - [18] โดยปรับปรุง LSTM ให้เหลือเพียง 2 ประตู ดังภาพที่ 2(c) ได้แก่ 1) ประตูรีเซต (Reset Gate) ดังสมการที่ (9) ทำหน้าที่คล้ายประตูลืมของ LSTM โดยตัดสินใจที่จะลืมข้อมูลเก่าจากสถานะก่อนหน้าผ่านฟังก์ชันการถ่ายโอน (σ) และ 2) ประตูอัปเดต (Update Gate) ดังสมการที่ (10) - (12) ทำหน้าที่คำนวณว่าจะมีการปรับปรุงข้อมูลใหม่ (h) กับข้อมูลเก่าจากสถานะก่อนหน้า ($\tilde{h}$)

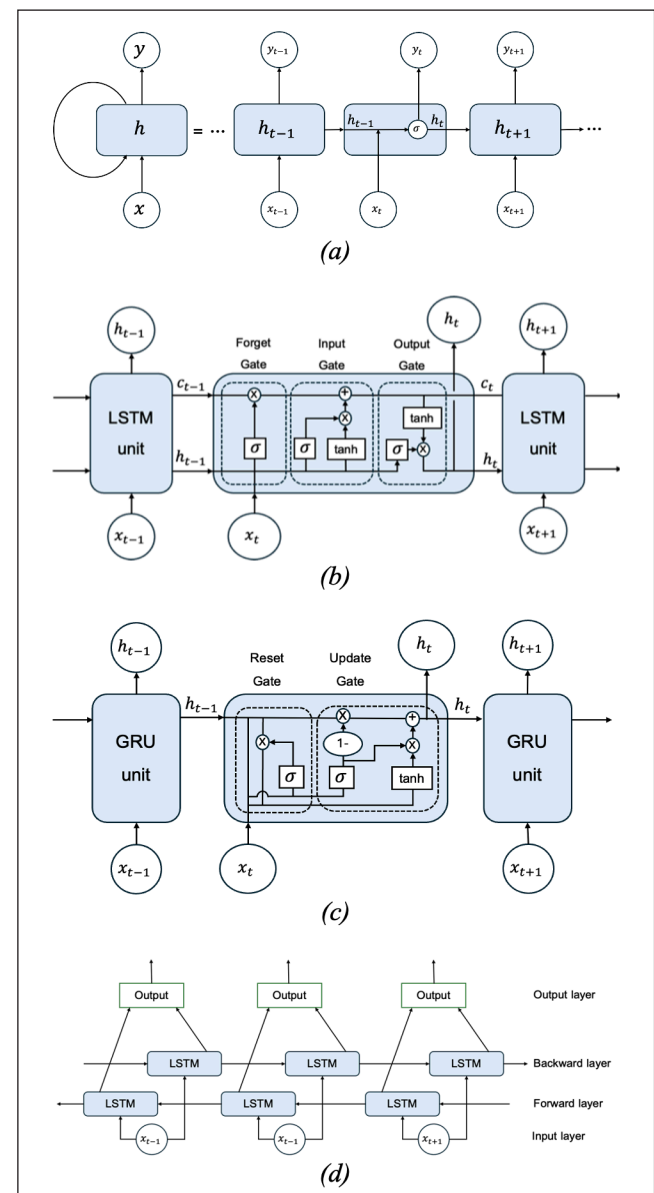
$$r_t = \sigma(W_r \cdot [h_{t-1}, x_t]) \quad (9)$$

$$z_t = \sigma(W_z \cdot [h_{t-1}, x_t]) \quad (10)$$

$$\tilde{h}_t = \tanh(W_h \cdot [r_t * h_{t-1}, x_t]) \quad (11)$$

$$h_t = (1 - z_t) * h_{t-1} + z_t * \tilde{h}_t \quad (12)$$

จากโครงสร้างของ LSTM จะเห็นได้ว่าเป็นสามารถเรียนรู้ข้อมูลที่ต้องการในการทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น จึงมีการนำเสนอวิธี BiLSTM [19] เพื่อจับความสัมพันธ์ข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีตในอนาคต (Forward LSTM) กับข้อมูลที่เคยเกิดขึ้นในอดีตโดยใช้ (Backward LSTM) โดยมีโครงสร้างดังภาพที่ 2(d) ซึ่งวิธีการนี้มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ต้องการบริบทก่อนหน้าและบริบทที่กำลังจะเกิดขึ้น เช่น ข้อมูลภาษาสำหรับการสร้างข้อความถามตอบ ข้อมูลจากเซนเซอร์สำหรับการพยากรณ์พฤติกรรมมนุษย์ หรือข้อมูลภาพวิดีโอสำหรับการทำนายพฤติกรรม เป็นต้น



ภาพที่ 2 การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ
a) RNN แบบทั่วไป b) LSTM c) GRU และ d) BiLSTM

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรู้จำภาษามือมีหลายงานวิจัยที่สามารถจดจำค่าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าที่ใช้ท่าทางมือที่หยุดนิ่ง เช่น ตัวเลข หรือ ตัวอักษร [6], [11] เป็นต้น หรือภาษามือที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงกิริยาที่ใช้ในชีวิตประจำวัน [5], [7] - [8], [14] โดยเป็นค่าง่าย ๆ เช่น สวัสดิ์ ขอบคุด หรือ ไม่สบาย เป็นต้น

การรู้จำภาษามือไทย [20] นำเสนอวิธีการประมวลผล ภาพดิจิทัลในการรู้จำภาษามือที่เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ โดยใช้วิธีการแยกสีผิวเพื่อค้นหารูปร่างของมือแล้วนำวิธีการจับคู่ รูปแบบของสัญลักษณ์ภาษามือ (Template Matching) และ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในการตัดสินใจเป็นสัญลักษณ์ใด โดยผลการทดสอบพบว่า มีความถูกต้องที่ 76.15% ในส่วนของการใช้อุปกรณ์เสริม [5] ได้นำเสนอรู้จำภาษามือจำนวนสี่ท่าโดยใช้กล้อง Kinect ในการสกัดท่าร่างภาษามือแบบสามมิติ โดยมีระดับความลึก จากเซนเซอร์วัดระยะของกล้อง Kinect และภาพสองมิติ ที่แปลงเป็นภาพขาวดำ แล้วนำภาพมาแบ่งส่วนของออกเป็น แก้วส่วนรวมกับมิติความลึกอีก 7 ส่วน และขนาดความกว้างสูง ของท่าภาษามืออีก 2 ส่วน รวม 19 มิติ เพื่อนำเข้าสู่ Backpropagation ANN ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำที่ 84% มาช่วย ในขณะที่ [14] ใช้เพียงแค่ภาพในระนาบสองมิติและนำวิธีการ CNN ในการรู้จำภาษามือไทย โดยผลการทดสอบกับภาษามือ จำนวนสามท่าให้ความแม่นยำที่ 93% จะเห็นว่าการเรียนรู้ เชิงลึกหลาย ๆ วิธีมีประสิทธิภาพในการรู้จำค่อนข้างสูง แต่กรณีข้อมูลที่มีลักษณะเชิงเวลาแล้ว การนำข้อมูลในช่วง เวลา ก่อนหน้ามารวมกับข้อมูลปัจจุบันจะสามารถเพิ่มความแม่นยำ ของตัวแบบการเรียนรู้เชิงลึกได้ [3] - [4] จึงนำเสนอวิธีการ นำ CNN ในการสกัดข้อมูล ณ ช่วงเวลานั้น ๆ แล้วส่งให้ RNN ทำการรู้จำกิจกรรมที่เกิดขึ้นในภาพรวมของหนึ่งช่วงเวลา

เพื่อลดความซับซ้อนและจำนวนอินพุต MediaPipe ถูกนำมาสกัดจุดแลนมาร์กของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายแบบ สามมิติ โดย [11] ได้นำเสนอภาษามือออสัมในการนับเลข 1 ถึง 9 โดยใช้ MediaPipe สกัดจุดแลนมาร์กของมือ ร่วมกับ RNN ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำถึง 99% ขณะที่ [13] นำเสนอการแปลภาษามือที่เป็นตัวอักษรภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และตัวเลข รวมถึงคำในภาษาอังกฤษง่าย ๆ เช่น Left, Forward หรือ Like เป็นต้น ซึ่งใช้วิธีการสกัดจุดแลนมาร์กด้วย MediaPipe

และใช้กฎในการระบุตำแหน่งของจุดแลนมาร์กในแกน (x, y, z) เป็นการรู้จำภาษามือซึ่งทดสอบให้ความถูกต้องที่ 95.39% แต่พบว่าจำเป็นต้องว่าตำแหน่งมือให้ถูกต้องตามกฎที่ตั้งไว้ด้วย ในส่วนของภาษามืออังกฤษ [8] นำเสนอวิธีการรู้จำภาษามือ แบบเคลื่อนไหว โดยการสกัดลักษณะเด่นของมือ ลำตัว และใบหน้าด้วยไลบรารี MediaPipe โดยทำการเปรียบเทียบ ระหว่างใช้ใบหน้าที่มีข้อมูล 1,662 มิติ กับไม่ใช้ที่มีข้อมูล 258 มิติ จากภาษามือแบบเคลื่อนไหว 10 ท่า เข้าสู่การรู้จำ ด้วย RNN พบว่าให้ความแม่นยำถึง 99% ในทั้งสองกรณี ขณะที่ภาษามือไทย [6] ใช้วิธีการเดียวกันกับ [8] ในการรู้จำ ภาษามือท่าหนึ่ง เป็นตัวเลข 1 ถึง 5 ให้ความแม่นยำที่ 97% ด้วย RNN แบบ LSTM ในส่วนของ [7] มีการพัฒนา ให้สามารถรู้จำภาษามือไทยจำนวน 10 ท่า ด้วยการใช้แลนมาร์ก ร่วมกับ RNN โดยเป็นท่าหนึ่ง 3 ท่า (ตัวเลข) และท่าเคลื่อนไหว 7 ท่า โดยมีความแม่นยำที่ 91% ด้วย RNN แบบ BiLSTM ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถแสดง ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของวิธีการที่แตกต่างกันได้ดังตารางที่ 1 จากผลการทดสอบจะสังเกตได้ว่าการลดมิติข้อมูล ในการนำเข้า RNN ด้วย MediaPipe ช่วยให้การรู้จำภาษามือ แบบเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ดังนั้นวิธีการนี้ จึงถูกนำมาใช้ในการรู้จำภาษามือไทยท่าเคลื่อนไหวในงานวิจัย

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Authors	Sign Language	Approach	Accuracy (%)
Tatiyoravanun [5]	ไทย 4 ท่าเคลื่อนไหว	Kinect + Backpropagation ANN	84
Chaikaew [6]	ไทย ตัวเลข 5 ท่าหนึ่ง	MediaPipe + RNN	97
Damrongekarun [7]	ไทย 7 ท่าเคลื่อนไหวและตัวเลข 3 ท่าหนึ่ง	MediaPipe + RNN	91
Gerges [8]	อังกฤษ 10 ท่าเคลื่อนไหว	MediaPipe + RNN	100
Bora [11]	ออสัมตัวเลข 9 ท่าหนึ่ง	MediaPipe + RNN	99
Gedkhaw [14]	ไทย 3 ท่าเคลื่อนไหว	CNN	93

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาระบบการรู้จำภาษามือไทยมีขั้นตอนหลักอยู่ 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมข้อมูล 2) การสร้างโมเดลการรู้จำภาษามือด้วย RNN 3) การทดสอบและวัดประสิทธิภาพแสดงภาพรวมของงานวิจัยดังภาพที่ 3

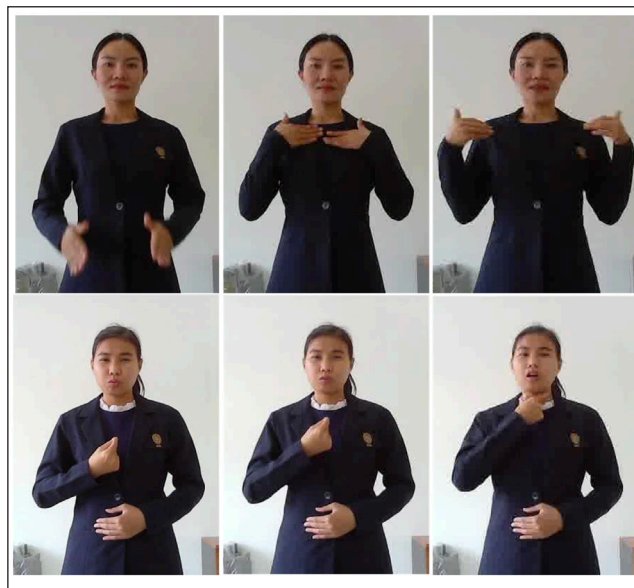
ตารางที่ 2 คำศัพท์ภาษามือและความหมาย

ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ	ความหมาย
ขอบคุณ	Thank You	กล่าวแสดงความรู้สึกถึงบุญคุณหรือกล่าวเมื่อได้รับความช่วยเหลือ
ขอโทษ	Sorry	ขอภัยเมื่อได้ทำผิดพลาดอย่างใดอย่างหนึ่ง
ไม่เป็นไร	That is OK	คำแสดงความรู้สึกที่ไม่ได้ถือโทษหรือโกรธเคืองใด ๆ เพื่อให้ผู้ฟังรู้สึกดีขึ้นหรือไม่ต้องรู้สึกผิด
สบายดี	Fine	สภาวะปกติของทั้งร่างกายและจิตใจ ร่างกายไม่เจ็บป่วย รวมทั้งอารมณ์ดี มีความสุข ไม่มีอะไรให้กังวล
ชอบ	Like	พอใจ แสดงอาการพึงพอใจ
รัก	Love	มีใจผูกพันอย่างมาก
ไม่สบาย	Sick	สภาวะที่ร่างกายและจิตใจไม่ปกติ หรือเกิดอาการป่วย
สวัสดี	Hello	ใช้สำหรับการทักทายผู้คน
ฉัน	I (Am)	ใช้สำหรับการเรียกแทนตัวเอง
คุณ	You	ใช้สำหรับเรียกแทนผู้ที่เราพูดด้วย

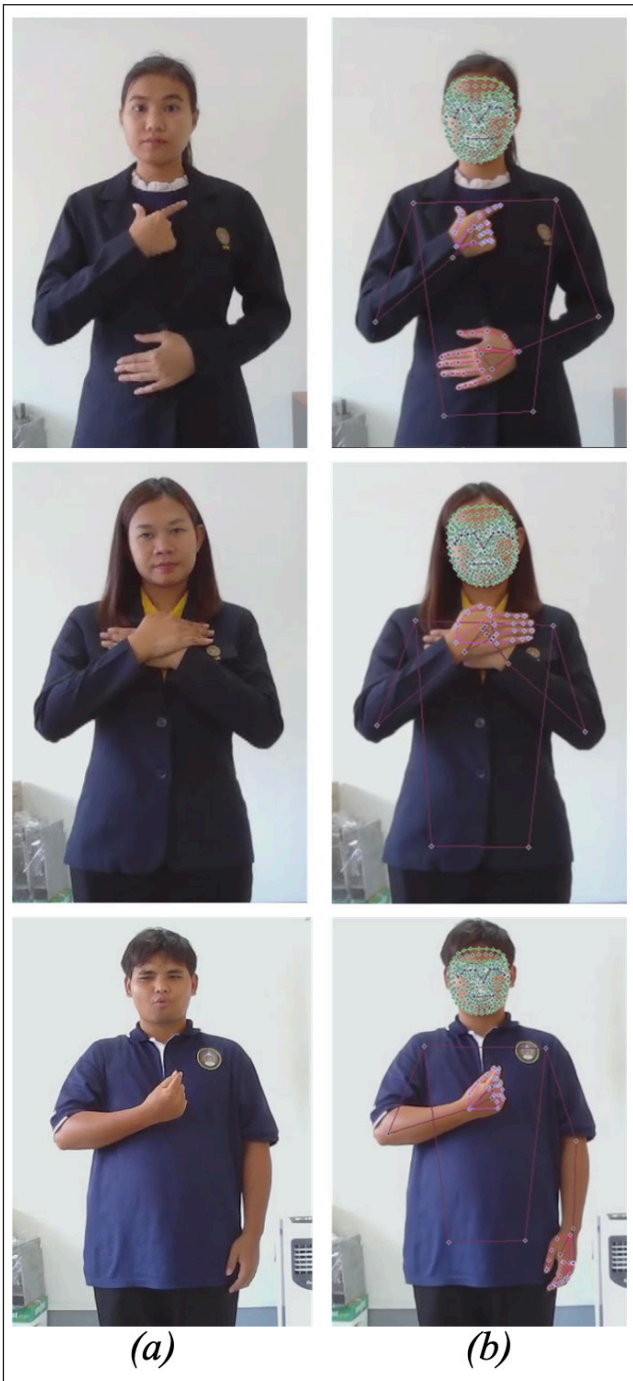
3.1 การเตรียมชุดข้อมูลภาษามือไทย

การเตรียมข้อมูลสำหรับการสร้างระบบรู้จำท่าทางภาษามือไทย (Thai Sign Language: TSL) ในงานวิจัยนี้เก็บข้อมูลเป็นวิดีโอภาษามือไทยจำนวน 10 คำ (TSL10) โดยคำที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบวิธีการกับ [6] และ [7] ผู้วิจัยจึงได้กำหนดคำศัพท์ที่ใช้การรู้จำได้แก่ ขอบคุน ขอโทษ ไม่เป็นไร สบายดี ชอบ รัก ไม่สบาย

สวัสดี ฉัน และคุณ ดังตารางที่ 2 และแสดงตัวอย่างของท่าเคลื่อนไหวภาษามือไทยแสดงดังภาพที่ 3 โดยแถวที่หนึ่งเป็นการเคลื่อนไหวต่อเนื่องของคำว่าสบายดีที่มีการเคลื่อนไหวช่วงท่อนบนของร่างกาย และแถวที่สองคือคำว่าหิวที่มีทั้งสองข้างอยู่ต่างตำแหน่งกัน อีกทั้งยังมีการแสดงออกทางสีหน้าอีกด้วย โดยชุดข้อมูลทีในบทความนี้แบ่งเป็นสองชุดคือ 1) ชุดข้อมูล TSL10-Train สำหรับการสร้างโมเดลจำนวน 900 คลิป จากอาสาสมัครเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญภาษามือประจำศูนย์ DSS และนักศึกษาบกพร่องทางการได้ยินจำนวน 5 คน และ 2) ชุดข้อมูล TSL10-Test โดยนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีจำนวน 5 คน รวม 100 คลิป โดยที่ความยาวของวิดีโอภาษามือ TSL10-dataset อยู่ที่ 1 วินาที ขนาด 30 เฟรมต่อวินาที ความละเอียดที่ 640x480 จุดภาพเท่ากันทั้ง 1,000 คลิป เพื่อเป็นข้อมูลในโหนดนำเข้าที่เท่ากันทุกคลิป หลังจากนั้นนำวิดีโอไปทำการสกัดหาจุดแลนด์มาร์กบริเวณใบหน้า มือ และร่างกายด้วย MediaPipe รวม 543 จุด ดังตัวอย่างในภาพที่ 4 ซึ่งแต่ละจุดแลนด์มาร์กถูกจัดเก็บในรูปแบบคีย์พอยท์ x, y และ z ดังนั้นจากจุดแลนด์มาร์กของบริเวณที่สนใจจะได้รับชุดข้อมูลทั้งหมด 1,662 มิติข้อมูล และแต่ละวิดีโอจะมีข้อมูลประมาณ 30 แถว



ภาพที่ 3 ตัวอย่างท่าเคลื่อนไหวภาษามือไทย TSL10 Dataset แถวแรกคือ "สบายดี" และแถวที่สองคือ "หิว"



ภาพที่ 4 ตัวอย่าง TLS10 Dataset (a) ภาพวิดีโอต้นฉบับ
(b) ภาพการสกัดคีย์พอยท์ด้วย MediaPipe

3.2 การสร้างแบบจำลองการรู้จำด้วย RNN

จากข้อเสียของ RNN ที่ย้อนกลับเอาอินพุตจากสถานะในเวลาก่อนหน้านี้ได้ในระยะสั้น ๆ ในบทความนี้จะได้นำ RNN ทั้งหมด 3 โมเดลได้แก่ LSTM, GRU, BiLSTM ที่แก้ไขปัญหาดังกล่าวนำมาใช้ในการรู้จำภาษามือไทยแบบเรียลไทม์ โดยมีพารามิเตอร์ได้แก่ Number of Nodes คือ จำนวนของ

Input Node ในบทความนี้กำหนดขั้นต่ำไว้ 64 จนถึง 256 Activation คือตัวฟังก์ชันที่ใช้ในการรับผลรวมจากการประมวลผลทั้งหมดจากทุก Input Node เข้ามาพิจารณาตามกลไกการคำนวณของ Activation Function นั้น ๆ แล้วส่งต่อไปเป็น Output ซึ่งในบทความนี้กำหนดเป็น ReLU และ Softmax และ Optimizer คือ อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพทำหน้าที่เป็นกลไกการปรับปรุงค่าน้ำหนักของตัวแปรต้นต่าง ๆ รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อน (Bias) ในบทความนี้ได้เลือกใช้ ได้แก่ Adagrad, Adamax, Adam or RMSprop ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ของ RNN ที่ใช้ในการทดลอง

Parameters	Value
RNN Model	LSTM, GRU, BiLSTM
Number of Nodes	Between (64, 256)
Activation	'Relu' or 'Softmax'
Optimizer	'Adagrad', 'Adamax', 'Adam' or 'RMSprop'

โครงสร้างของ RNN โดยที่ $i = \{LSTM, GRU, BiLSTM\}$ แสดงในภาพที่ 5 โดยที่ 3 ชั้นแรกเป็น RNN โมเดล เนื่องจากชุดข้อมูล TSL10 ถูกสร้างจากอาสาสมัครจำนวนน้อย ซึ่งอาจเกิดปัญหาโอเวอร์ฟิตติ้ง (Overfitting) จึงทำการเพิ่มชั้น Dropout ลงไประหว่างชั้นของ RNN โดย Dropout layer จะสุ่มตัดการเชื่อมต่อระหว่างโหนดในชั้นก่อนหน้ากับชั้นต่อไป โดยตัดการเชื่อมต่อเหล่านี้ด้วยการกำหนดค่าเป็นศูนย์ (zero) โดยสุ่มตัดบางโหนดออกจากการคำนวณในแต่ละรอบการฝึกฝน การทำ Dropout จะช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้และสร้างรูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลได้ดีขึ้น โดยไม่เกิดการเรียนรู้ที่ผิดพลาดจาก overfitting และ 3 ชั้นสุดท้ายเป็นชั้นของ Dense ซึ่งจะทำหน้าที่ในการการปรับค่าน้ำหนัก (weight) และค่าไบแอส (bias) ของโหนดในแต่ละชั้น ซึ่งช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้และสร้างรูปแบบที่ซับซ้อนได้มากขึ้น

3.3 การวัดประสิทธิภาพ

การวัดประสิทธิภาพของการรู้จำภาษามือไทยจะแบ่งชุดข้อมูล ออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) TSL10-Train จากวิดีโอทั้งหมด 1,000 คลิป โดยแบ่งเป็นข้อมูลโดยการสุ่มสำหรับการฝึกต่อการทดสอบเป็นอัตราส่วน 60:40, 70:30 และ 80:20 พร้อมทั้งใช้ 5-fold สำหรับการทดสอบโมเดล และ 2) TSL10-Test

จำนวน 100 คลิป ซึ่งเป็นวิดีโอจากนักศึกษาผู้บกพร่องทางการได้ยิน จำนวน 5 คน

เครื่องมือสำหรับวัดประสิทธิภาพของโมเดล ในบทความนี้ใช้ Confusion Matrix เพื่อหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) ของการทำนายของโมเดล โดยสมการ (13)

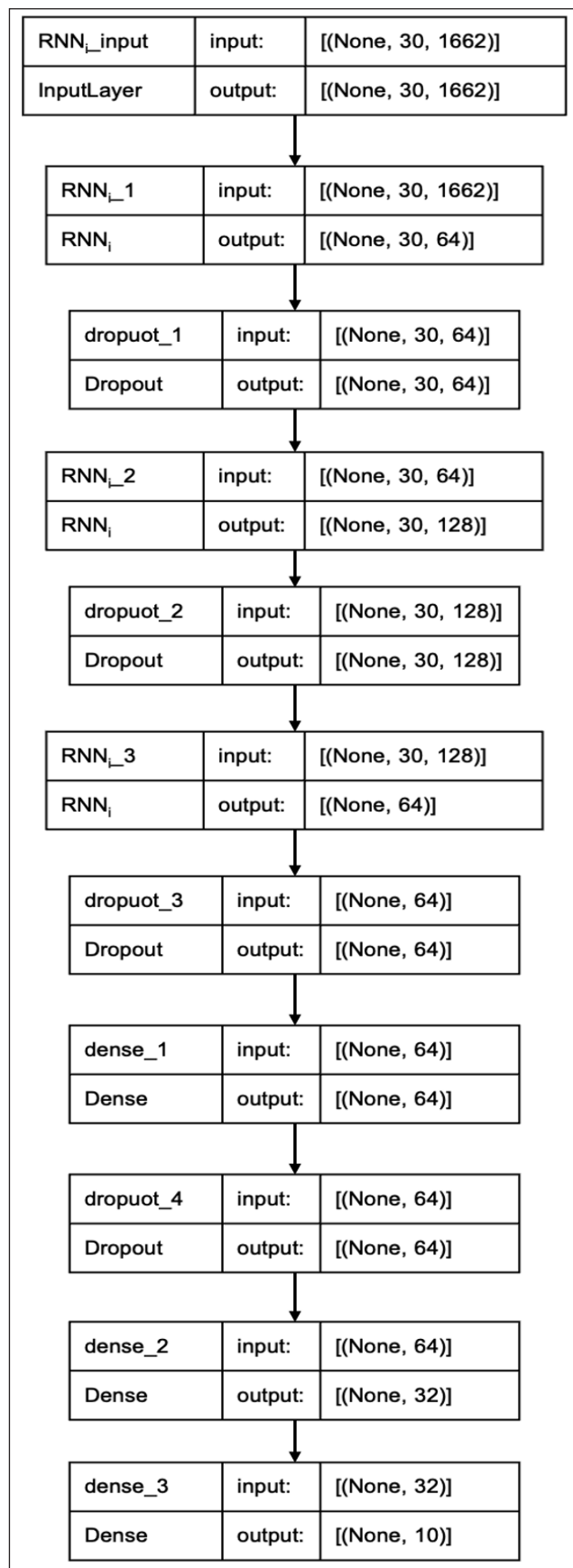
$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{(\text{TP} + \text{FP} + \text{TN} + \text{FN})} \quad (13)$$

โดยที่ TP คือส่วนที่โมเดลทำนายว่าจริง และเป็นจริง TN คือส่วนที่โมเดลทำนายว่าเท็จ และเป็นเท็จ FP คือส่วนที่โมเดลทำนายว่าจริงแต่เป็นเท็จ และ FN ส่วนที่โมเดลทำนายว่าเท็จแต่เป็นจริง

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ชุดข้อมูล TSL10-Train

ผลการทดสอบการรู้จำท่าทางภาษามือไทยด้วย RNN บนชุดข้อมูล TSL10-Train จำนวน 900 คลิป ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพโดยแบ่งวิดีโอเป็นอัตราส่วนข้อมูลฝึกต่อข้อมูลทดสอบ (Train : Test) เท่ากับ 60:40 70:30 และ 80:20 ตามลำดับ โดยมีกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ (Epochs) ของ LSTM, GRU และ BiLSTM เท่ากับ 500 รอบ โดยผลการทดสอบหาค่าความแม่นยำ (Accuracy) และ ค่าการสูญเสีย (Loss) แสดงในตารางที่ 4 โดยมีค่าความแม่นยำของ LSTM, GRU และ BiLSTM เฉลี่ยที่ 83.15% 87.13% และ 48.51% มีค่าการสูญเสียที่ 0.2283, 0.2268 และ 2.1673 ตามลำดับ และทำการทดสอบด้วย 5-fold cross validation ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 5 ซึ่งพบว่าผลการทดสอบแบบ 5-fold ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยที่ LSTM, GRU และ BiLSTM ให้ความแม่นยำ 92.35%, 91.36% และ 86.23% มีค่าการสูญเสียที่ 0.1006, 0.3829 และ 0.2185 ตามลำดับ โดยในภาพที่ 6 แสดงผลการฝึกโมเดลทั้ง 3 แบบของ TSL10-Train ด้วย 5-fold แสดงให้เห็นค่าความแม่นยำเทียบกับรอบอัตราการเรียนรู้ (ภาพที่ 6 (a)) และค่าการสูญเสียเทียบกับรอบอัตราการเรียนรู้ (ภาพที่ 6 (b)) จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าโมเดล BiLSTM มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เนื่องจาก BiLSTM นั้นมีความต้องการจำนวนข้อมูลสำหรับฝึกมากกว่า LSTM และ GRU เป็นผลจากการแบ่งข้อมูลในแต่ละ fold พบปัญหาที่ข้อมูลในแต่ละคลาสไม่เท่ากัน (Imbalance data) โดยเฉพาะใน 1-fold และ 4-fold ที่ให้ค่าความแม่นยำต่ำกว่าทุกการทดลอง



ภาพที่ 5 โครงสร้าง RNN

ตารางที่ 4 ผลการวัดประสิทธิภาพชุดข้อมูล TSL10-Train แบบแบ่งอัตราส่วน Train : Test

Train : Test	LSTM		GRU		BiLSTM	
	Accuracy(%)	Loss	Accuracy(%)	Loss	Accuracy(%)	Loss
60:40	81.83	0.2299	88.99	0.2400	50.99	3.1336
70:30	88.00	0.1956	90.14	0.1885	36.42	2.2460
80:20	79.62	0.2596	82.25	0.2521	58.12	1.1224
Average	83.15	0.2283	87.13	0.2268	48.51	2.1673
	± 3.5461	± 0.0261	± 3.4801	± 0.0275	± 9.03	± 0.8229

ตารางที่ 5 ผลการวัดประสิทธิภาพชุดข้อมูล TSL10-Train แบบ 5-fold

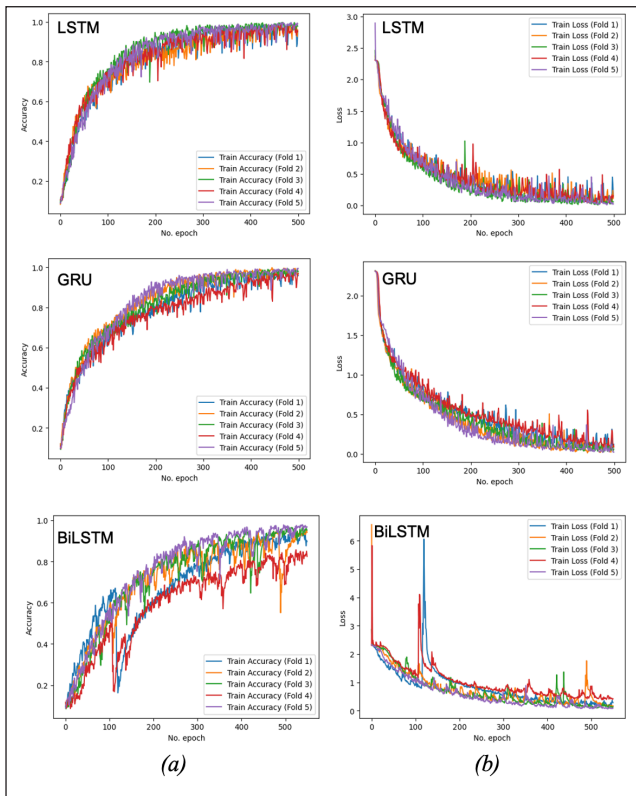
k-fold	LSTM		GRU		BiLSTM	
	Accuracy(%)	Loss	Accuracy(%)	Loss	Accuracy(%)	Loss
1-fold	93.89	0.1519	90.56	0.1215	88.89	0.2823
2-fold	87.78	0.1163	90.00	0.0984	92.77	0.1690
3-fold	94.45	0.0562	92.78	0.6095	88.89	0.1345
4-fold	92.78	0.1528	90.56	0.8560	69.45	0.4169
5-fold	92.78	0.0260	92.78	0.2291	91.11	0.0898
Average	92.34	0.1006	91.36	0.3829	86.23	0.2185
	± 2.36	± 0.0512	± 1.19	± 0.2993	± 8.51	± 0.1179

4.2 ชุดข้อมูล TSL10-Test

การทดสอบกับ TSL10-Test จำนวน 100 คลิปโดยใช้ข้อมูลที่ไม่ได้อยู่ใน TSL10-Train จำนวน 5 คน ผลการทดสอบแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งเห็นได้ว่าทั้ง 10 คำมีความแม่นยำในระดับ 98.00% ขึ้นไป โดยคำว่า "สบายดี" "สวัสดี" "ป่วย" และ "ขอบคุณ" ที่มีความแม่นยำสูงในทั้ง 3 โมเดล ในขณะที่เดียวกันคำว่า "หิว" เป็นคำที่ให้ความถูกต้องต่ำสุด โดยเฉพาะใน BiLSTM ซึ่งผลการทดสอบกับชุดข้อมูล TSL10-Test ให้ผลลัพธ์อยู่ที่ 99.00% 99.00% และ 98.00% ด้วยวิธี LSTM, GRU และ BiLSTM ตามลำดับ โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6 ในภาพที่ 8 แถวแรกแสดงตัวอย่างของผลการทดสอบที่ให้ผลที่ถูกต้องกับคำว่า "สบายดี" และ "รัก" ด้วย GRU และในภาพที่ 8 แถวที่สองจากซ้ายไปขวา แสดงตัวอย่างของผลการทดสอบกับคำว่า "หิว" ที่ทำนายผิดพลาดเป็น "ฉัน" และ "คุณ" ตามลำดับด้วยโมเดล BiLSTM

4.3 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

ผลการทดลองการรู้จำภาษามือด้วย RNN กับชุดข้อมูล TSL10 ทั้งสองชุด โดยใช้อัลกอริทึมแบบ LSTM, GRU และ BiLSTM พบว่าวิธี LSTM และ GRU ให้ผลที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากตัวแบบจำลองของทั้งสองวิธีมีลักษณะการทำงานคล้ายกันและเหมาะสมกับข้อมูลที่เป็นลำดับ โดยมีการออกแบบมาให้มีการจัดเก็บข้อมูลที่เป็นลำดับในระยะยาว (Long-Term Data) แต่ด้วยโครงสร้างของ LSTM และ GRU มีโครงสร้างที่คล้ายกัน แต่ GRU มีความซับซ้อนน้อยกว่าทำให้ได้ความแม่นยำมีความใกล้เคียงกัน แต่ค่าความสูญเสียของ GRU มีค่ามากกว่าซึ่งมีความเป็นไปได้ที่วิธีดังกล่าวจะมีความแม่นยำสูงถ้ามีการเพิ่มอัตราการเรียนรู้โดยผลการทดสอบค่าความแม่นยำเฉลี่ยของ LSTM และ GRU ใกล้เคียงกันที่ 92.34 % และ 91.36% ตามลำดับ ในขณะที่วิธี BiLSTM เป็นวิธีที่ใช้การประมวลผลแบบ LSTM แบบสองทางเป็นวิธีที่เหมาะสมกับ

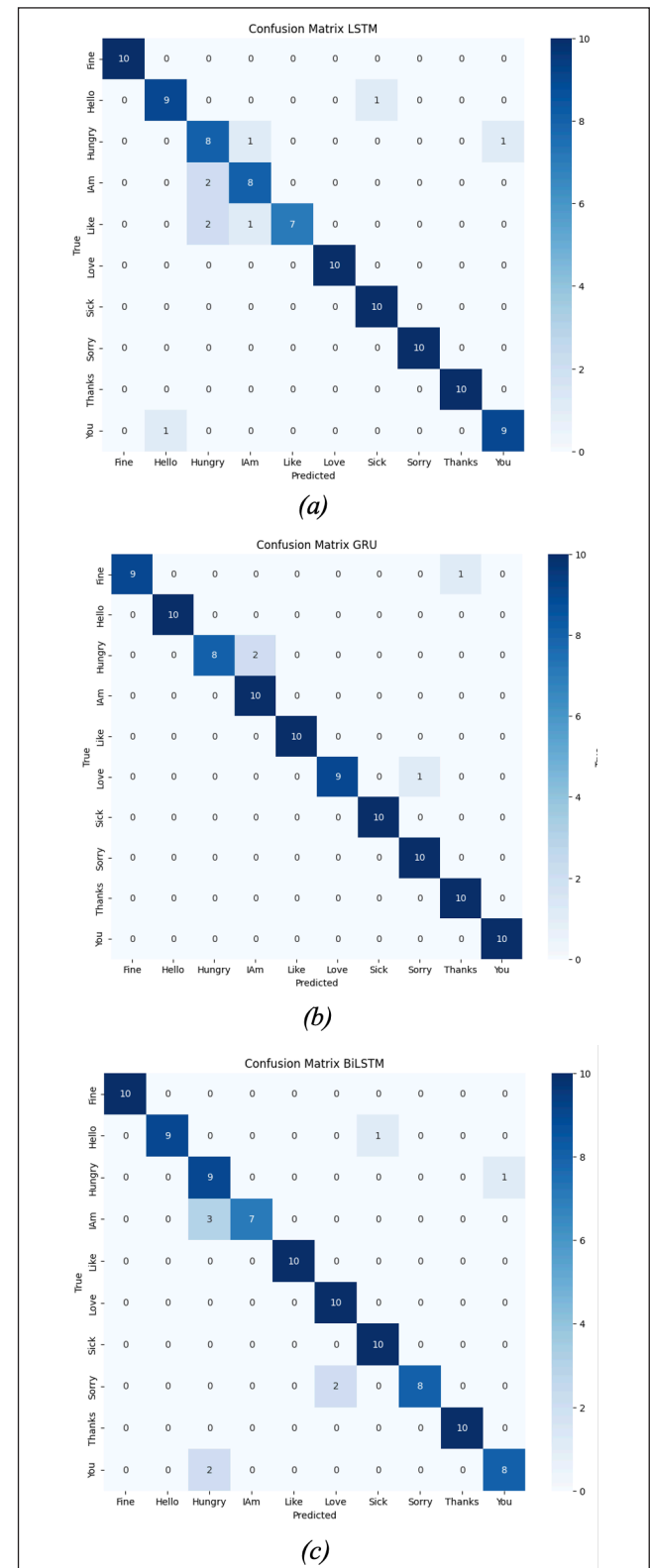


ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลการทดสอบข้อมูล TSL10-Train ที่อัตราส่วน 5-fold (a) Accuracy และ (b) Loss

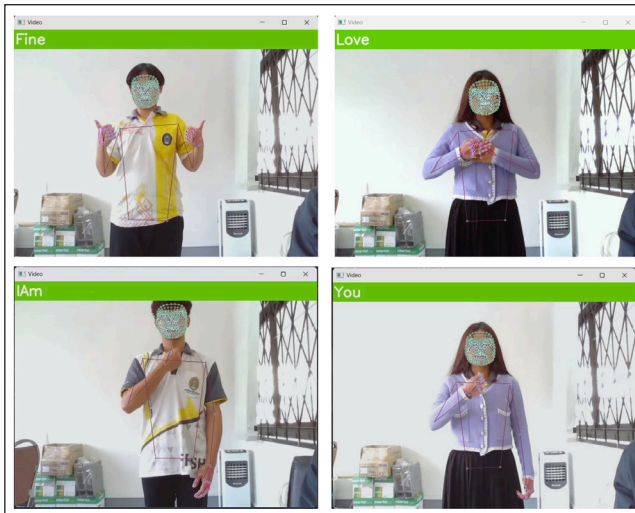
การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น (Forward LSTM) โดยอาศัยบริบท (Backward LSTM) ซึ่งไม่เหมาะสมกับข้อมูลภาพวิดีโอภาษามือที่สนใจแค่สิ่งที่เกิดขึ้นข้างหน้าด้านเดียวทำให้ผลลัพธ์ออกมาต่ำกว่าวิธี LSTM และ GRU ในทุกการทดลอง นอกจากนี้สังเกตได้ว่าการทดลองของการแบ่งข้อมูล Train : Test ด้วยวิธี BiLSTM ให้ผลลัพธ์ที่ต่ำผิดปกติเนื่องจากใช้วิธีการสุ่มในการสร้างชุดข้อมูลจึงทำให้เกิดปัญหาการแบ่งข้อมูลของคลาสที่ไม่เท่ากัน

การเปรียบเทียบผลการทดลองกับชุดข้อมูล TSL10-Test แบบท่าเคลื่อนไหว 10 ท่า โดยเปรียบเทียบกับความรู้จำภาษามือแบบกับทั้งภาษามือไทยและภาษามือกับงานวิจัยอื่น ๆ ในตารางที่ 1 พบว่าการวิธี MediaPipe ร่วมกับ RNN (GRU, LSTM) ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ สอดคล้องกับวิธีการที่นำเสนอทดสอบกับภาษามือท่าเคลื่อนไหวจากชุดข้อมูล TSL10-Test จำนวน 10 ท่า ให้ความแม่นยำถึง 99% ด้วย RNN แบบ LSTM และ GRU ซึ่งเมื่อเทียบกับงานวิจัย [7] ที่ใช้วิธีการเดียวกัน พบว่าการกำหนดโครงสร้างของ RNN มีความแตกต่างกัน โดยวิธีการที่นำเสนอใช้ Dropout

เพื่อลดการเกิด Overfitting หลังชั้นของ RNN และ Dropout ที่ 4 เพื่อสุ่มปิดการทำงานบางโหนดหลังชั้นของ Dense ก่อนออก Output ซึ่งเหมาะสมกับชุดข้อมูล TSL10 ที่มีขนาดเล็ก



ภาพที่ 7 ผลการทดสอบชุดข้อมูล TSL10-Test (a) LSTM, (b) GRU และ (c) BiLSTM



ภาพที่ 8 ตัวอย่างผลการทดลอง

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบความแม่นยำบน TSL10-Test

Words	LSTM(%)	GRU(%)	BiLSTM(%)
สบายดี	100	100	100
สวัสดี	100	100	99
หิว	95	98	94
ฉัน	97	98	97
ชอบ	99	100	100
รัก	100	100	98
ป่วย	100	100	99
ขอโทษ	100	100	98
ขอบคุณ	100	100	100
คุณ	99	100	97
รวม	99	99	98

5. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาตัวแบบการรู้จำภาษาไทยแบบเคลื่อนไหวด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนกลับ โดยข้อมูลนำเข้าเป็นคีย์พอยท์ที่สกัดเอาจุดเด่นของผู้สื่อสารภาษามือด้วยไลบรารี MediaPipe ซึ่งเป็นแนวทางในการต่อยอดไปสู่การสร้างโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันในการแปลภาษามือของผู้พิการทางการได้ยินหรือการสื่อสารให้บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจในสิ่งที่ผู้พิการต้องการจะสื่อได้ โดยในงานวิจัยนี้ได้รวมตัวอย่างคำศัพท์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของผู้พิการทางการได้ยินหรือการสื่อสารจำนวน 10 คำศัพท์สำหรับการทดสอบสร้างระบบรู้จำท่าทางภาษามือไทยโดยใช้โมเดล LSTM, GRU และ BiLSTM ในการทดลอง ผู้วิจัยได้สร้างชุดข้อมูลวิดีโอภาษามือ 10 คำ TSL10-dataset โดยผู้เชี่ยวชาญภาษามือ และผู้บกพร่องทางการได้ยินจำนวน 1,000 คลิป ประกอบไปด้วย 10 ท่า จำนวน 900 คลิป สำหรับการฝึก (TSL10-Train dataset) และ 10 ท่า จำนวน 100 คลิป สำหรับการทดสอบ (TSL10-Test dataset) ผลการทดสอบบน TSL10-Train ให้ประสิทธิภาพสูงสุดของ LSTM, GRU และ BiLSTM 92.35%, 91.36%, และ 86.23% ตามลำดับ ขณะที่บนชุดข้อมูล TSL10-Test มีค่าความแม่นยำที่ 99%, 99%, และ 98% ตามลำดับ

การพัฒนาการรู้จำภาษามือไทยด้วยวิธีการสกัดจุดเด่นของผู้สื่อสารภาษามือด้วย MediaPipe และการรู้จำด้วย RNN แบบ LSTM และ GRU ให้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงกับภาษามือท่าหนึ่งและท่าเคลื่อนไหว ในขณะที่โมเดลแบบ BiLSTM พบว่ารูปแบบของข้อมูลแบบลำดับของภาพวิดีโอไม่เหมาะสมกับกับโมเดล BiLSTM ที่ต้องการทำนายสิ่งที่เกิดขึ้นข้างหน้าโดยอาศัยการตัดสินใจจากบริบทก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ปัญหาที่พบคือจำนวนข้อมูลที่ไม่พุดเข้าไปในทั้งสองตัวแบบใช้ชุดข้อมูล 1 ท่าต่อ 1 วินาที หรือ 30 เฟรม ซึ่งการใช้ภาษามือในสถานการณ์จริงอาจช้าหรือเร็วตามเฉพาะบุคคล ทำให้ระบบยังมีประสิทธิภาพไม่ดีพอในการจำภาษามือแบบต่อเนื่องหลายคำทำให้ยังไม่เหมาะสมกับการพัฒนาแอปพลิเคชันแปลภาษามือ อีกทั้งการเรียงประโยคของผู้ใช้ภาษามือยังเป็นปัญหาที่จะแปลภาษามือได้ทั้งประโยค ในอนาคตผู้วิจัยจะพัฒนาระบบที่สามารถรู้จำภาษามือที่ต่อเนื่องกันเพื่อรองรับการพัฒนาแอปพลิเคชันการแปลภาษามือได้ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. Daengrueang, J. Kaewsritong, and W. Intakan. "The Development of Thai Sign Language Multimedia on Home Economics for Students with Hearing Impairment." *The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal*, Vol. 28, No. 3, pp. 163 - 175, 2022.
- [2] P. Kaewdee, M. Koodduderm, and W. Kiewkam. "Structural Analysis of Occupational Vocabulary in Thai Sign Language for Sign Language Interpreters." *Interdisciplinary Studies Journal*, Vol. 23, No. 2, pp. 2 - 17, July - December, 2023.
- [3] R. Kanakala, J. Mohan, and K. Reddy. "Modelling a deep network using CNN and RNN for accident classification." *Measurement: Sensors*, Vol. 27, pp. 1 - 10, 2023.
- [4] M. Babae, Z. Li, and G. Rigoll. "A dual CNN-RNN for multiple people tracking." *Neurocomputing*, Vol. 368, pp. 69 - 83, 2019.
- [5] C. Tatiyavoranun. "An Application of Artificial Neural Network for Thai Sign Language Recognition." *Engineering Transactions*, Vol. 23, No. 1, pp. 51 - 57, 2020.
- [6] A. Chaikaew, K. Somkuan, and T. Yuyen. "Thai Sign Language Recognition: An Application of Deep Neural Network." *2021 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical Computer and Telecommunication Engineering*, Chiang Rai, pp. 128 - 131, 2021.
- [7] C. Damrongekarun, L. Pisitpipattana, S. Waijanya, and N. Promrit. "Development of Thai Sign Language Detection and Conversion System into Thai with Deep Learning." *KKU SCIENCE JOURNAL*, Vol. 51, No. 3, pp. 216 - 225, September - December, 2023.
- [8] G. H. Samaan, A. R. Widie, A. K. Attia, A. M. Asaad, A. E. Kamel, S. O. Slim, M. S. Abdallah, and Y. Cho. "MediaPipe's Landmarks with RNN for Dynamic Sign Language Recognition." *Electronics*, Vol. 11, No. 19, pp. 1 - 15, 2022.
- [9] M. Alnaggar, A. I. Siam, M. Handosa, T. Medhat, and M.Z. Rashad. "Video-based real-time monitoring for heart rate and respiration rate." *Expert Systems with Applications*, Vol. 225, pp. 1 - 11, 2023.
- [10] C. Bisogni, L. Cimmino, M. D. Marsico, F. Hao, and F. Narducci. "Emotion recognition at a distance: The robustness of machine learning based on hand-crafted facial features vs deep learning models." *Image and Vision Computing*, Vol. 136, pp. 1 - 15, 2023.
- [11] J. Bora, S. Dehingia, A. Boruah, A. A. Chetia, and D. Gogoi. "Real-time Assamese Sign Language Recognition using MediaPipe and Deep Learning." *Procedia Computer Science*, Vol. 218, pp. 1384 - 1393, 2023.
- [12] B. Sundar and T. Bagyammal. "American Sign Language Recognition for Alphabets Using MediaPipe and LSTM." *Procedia Computer Science*, Vol. 215, pp. 642 - 651, 2022.
- [13] S. Khumwongsa and W. Yawai. "Smart Application for Thai and English Sign Language Translation." *Journal of Applied Informatics and Technology (JIT)*, Vol. 5, No. 2, pp. 178 - 194, 2023.
- [14] E. Gedkhaw. "The Performance of Thai Sign Language Recognition Using 2D Convolutional Neural Networks." *The 13th NPRU National Academic Conference, Nakhon Pathom University, Nakhon Pathom, Thailand*, pp. 546 - 573, 2021.
- [15] K.E. A. Kumar, D. V. Kalaga, Ch. M. S. Kumar, M. Kawaji, and T. M. Brenza. "Forecasting of COVID-19 using deep layer Recurrent Neural Networks (RNNs) with Gated Recurrent Units (GRUs) and Long Short-Term Memory (LSTM) cells." *Chaos, Solitons & Fractals*, Vol. 146, pp. 1 - 12, 2021.
- [16] S. M. Al-Selwi, M. F. Hassan, S. J. Abdulkadir, A. Muneer, E. H. Sumiea, A. Alqushaibi, and M. G. Ragab. "RNN-LSTM: From applications to modeling techniques and beyond—Systematic review." *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Vol. 36, No. 5, pp. 1 - 34, 2024.



- [17] S. Khan and V. Kumar. "A novel hybrid GRU-CNN and residual bias (RB) based RB-GRU-CNN models for prediction of PTB Diagnostic ECG time series data." *Biomedical Signal Processing and Control*, Vol. 94, pp. 1 - 18, 2024.
- [18] M. R. Ahmed, S. Islam, A.K.M. M. Islam, and S. Shatabda. "An ensemble 1D-CNN-LSTM-GRU model with data augmentation for speech emotion recognition." *Expert Systems with Applications*, Vol. 218, pp. 1 - 21, 2023.
- [19] W. Fan, J. Yao, S. Cui, Y. Wang, S. Xu, Y. Tan, F. Yang, and W. Wu. "Bi-LSTM/GRU-based anomaly diagnosis for virtual network function instance." *Computer Networks*, Vol. 249, pp. 1 - 16, 2024.
- [20] K. Subyen, W. Samhansub, and J. Suraseing. "Sign language processing software." *RMUTSB Academic Journal*, Vol. 4, No.1, pp. 46 - 56, 2016.



การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจความสามารถของแชทบอตสร้างแบบจำลองทางการเงิน

Exploratory Factor Analysis of Financial Modeling Chatbot Features Factor

ภัทรเชษฐ์ สุตสงวน (Patarachet Soodsanguan)* และสทิติย์โชค โพธิ์สอาด (Satidchoke Phosaard)*

Received: April 16, 2024

Revised: October 14, 2024

Accepted: October 22, 2024

* ผู้พิมพ์ประสานงาน: ภัทรเชษฐ์ สุตสงวน (Patarachet Soodsanguan) อีเมล: m6600358@g.sut.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.006

บทคัดย่อ

แบบจำลองทางการเงินมีความจำเป็นกับธุรกิจสตาร์ทอัพ (Startup) ซึ่งเป็นแนวทางในการดำเนินกิจการรวมถึงการระดมทุน สตาร์ทอัพส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจทางการเงินจึงไม่ประสบความสำเร็จในการดำเนินงานวิวัฒนาการของแชทบอต (Chatbot) ที่มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวาง มีความสามารถที่สูงขึ้นสามารถตอบสนองได้ดีขึ้นและมีการปรับตัวตามความต้องการของผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้จึงศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถของแชทบอตในการสร้างแบบจำลองทางการเงิน โดยผู้วิจัยใช้แนวทางการวิจัยแบบผสมผสาน เพื่อเก็บรวบรวม ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นธุรกิจสตาร์ทอัพในประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) พบว่าองค์ประกอบต่อไปนี้มีความสำคัญต่อการพัฒนาความสามารถ (Feature) ของแชทบอตในการสร้างแบบจำลองทางการเงิน ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงลึก (Advanced Analysis) ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) การให้คำแนะนำ (Recommendation) และการป้อนข้อมูลด้วยเสียง (Voice Input) ด้วยการเข้าใจองค์ประกอบเหล่านี้ ผู้พัฒนาแชทบอตสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแชทบอตที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางการเงินเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ก่อตั้งสตาร์ทอัพ

คำสำคัญ: แชทบอต แบบจำลองทางการเงิน สตาร์ทอัพ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

Abstract

Financial models are essential for startups, serving as a guideline for conducting business and fundraising. However,

* สำนักวิทยาศาสตร์และศิลปดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* Institute of Digital Arts and Science, Suranaree University of Technology.

most startups lack the requisite financial knowledge and understanding, leading to operational challenges. Chatbots have expanded their functionality across various domains, yet their application in financial modeling remains unexplored. This study seeks to investigate the elements influencing a chatbot capacity to develop financial models. A mixed research approach was utilized to collect data from a sample group of startups in Thailand. Exploratory Factor Analysis (EFA) revealed several pivotal factors essential for the development of chatbots adept at financial modeling. These include ease of use, the ability to give recommendations, and the presence of advanced features. By understanding these factors, chatbot developers can create more effective financial modeling tools. This, consequently, will benefit startup founders by offering them a variety of chatbot options to select the one that best aligns with their requirements.

Keywords: Chatbot, Financial Modeling, Startup, Exploratory Factor Analysis.

1. บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

ร้อยละ 90 ของธุรกิจสตาร์ทอัพ (Startup) ไม่ประสบความสำเร็จด้วยเหตุผลหลายอย่าง เช่น การบริหารจัดการที่ไม่ดี การขาดงบประมาณเงินทุนที่เพียงพอ ขาดทีมงานที่ดีซึ่งนำไปสู่ความล้มเหลวของการเริ่มต้น [1], [2] และกว่าร้อยละ 84 ของเหตุผลที่ทำให้สตาร์ทอัพไม่ประสบความสำเร็จนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับการเงิน [3] - [5] การนำแบบจำลองทางการเงิน

(Financial Modeling) มาใช้ในภาคธุรกิจสามารถช่วยแก้ไขปัญหาด้านการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นประโยชน์ในด้านต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้ 1) ช่วยให้ธุรกิจสตาร์ทอัพมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนงบประมาณการลงทุนในอนาคต [6] 2) ช่วยตัดสินใจทางการเงินภายในจากการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อการวางแผนทางการเงินในอนาคต [7] 3) โมเดลทางการเงินใช้เพื่อประเมินมูลค่าธุรกิจหรือเปรียบเทียบธุรกิจกับคู่แข่งในอุตสาหกรรม [8] 4) แบบจำลองทางการเงินใช้เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของโครงการใหม่ 5) แบบจำลองทางการเงินให้ข้อมูลแก่นักลงทุน 6) ช่วยให้ธุรกิจติดตามกลยุทธ์ที่ฝ่ายบริหารใช้และประเมินผลความสำเร็จ [9] 7) ช่วยกำหนดงบประมาณแก่ภาคธุรกิจ [10] จะเห็นได้ว่าความรู้ทางการเงินมีผลอย่างมากต่อความตั้งใจของผู้ประกอบการ และการสร้างแรงบันดาลใจ [11]

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลมีบทบาทที่สำคัญยิ่งในการขับเคลื่อนธุรกิจทั่วโลก โดยเฉพาะในธุรกิจสตาร์ทอัพที่ต้องการความรวดเร็วในการดำเนินงาน และการตัดสินใจเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดอย่างฉับไว การผสมผสานเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้ากับ แชทบอต (Chatbot) ยังได้ช่วยให้แชทบอตสามารถวิเคราะห์ข้อมูล และพฤติกรรมของผู้ใช้ ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่สนับสนุนการตัดสินใจทางธุรกิจ เช่น การใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) ช่วยในการวิเคราะห์ด้านการเงินซึ่งมีผู้ใช้งานจำนวนมากนิยมใช้ตั้งแต่เริ่มมีการเปิดตัว [12] การนำหุ่นยนต์สนทนาอัจฉริยะ (AI Chatbot) มาประยุกต์ใช้ในภาคธุรกิจอย่าง ChatGPT ที่เป็นหุ่นยนต์สนทนาอัจฉริยะซึ่งมีลักษณะที่มีการโต้ตอบคล้ายมนุษย์ได้รับความนิยมในธุรกิจมากขึ้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในหลากหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนากลยุทธ์ การบริการลูกค้า การจัดการนัดหมายงานด้านการตลาด การรวบรวม และวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากลูกค้า และการเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจเรื่องต่าง ๆ ในองค์กร [13] ผู้บริหารธุรกิจสตาร์ทอัพส่วนใหญ่มีพื้นฐานความรู้ในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ และการบริหารธุรกิจ [14] โดยผู้บริหารมากกว่าร้อยละ 97 เชื่อว่าแชทบอต จะเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจของพวกเขา [15] โดยเฉพาะการให้บริการแก่ลูกค้า [16] และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดที่แม่นยำ [17]

การประยุกต์ใช้แชทบอต จึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยสร้างแบบจำลองทางการเงินสำหรับธุรกิจสตาร์ทอัพ

โดยใช้ความสามารถในการคัดกรองข้อมูลเพื่อให้มั่นใจในความถูกต้องและความเกี่ยวข้องของข้อมูลที่มาด้วยหลัก "ขยะเข้า ขยะออก" (Garbage in, Garbage out) [18] โดยเน้นความสำคัญของข้อมูลอินพุต (Input) ที่ถูกต้อง เพื่อสร้างการตอบสนองเอาต์พุต (Output) ที่เชื่อถือได้ การสร้างคำตอบที่สมเหตุสมผลเป็นแง่มุมสำคัญของการใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติ

ดังนั้นการวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อความสามารถของแชทบอตสำหรับสร้างแบบจำลองทางการเงินเพื่อใช้สำหรับธุรกิจสตาร์ทอัพ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แบบจำลองทางการเงิน (Financial Modeling)

แบบจำลองทางการเงินเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงแผนธุรกิจในรูปแบบของตัวเลขคาดการณ์ในอนาคตประมาณ 3 ถึง 5 ปี ตั้งแต่การวิเคราะห์การลงทุน การประเมินมูลค่าธุรกิจ การจัดทำงบประมาณ การบริหารความเสี่ยง การติดตามผลการดำเนินงาน และการระดมทุน แบบจำลองทางการเงินจะครอบคลุมตัวชี้วัดที่สำคัญต่าง ๆ เช่น ประมาณการรายได้ และค่าใช้จ่าย (Revenue & Expense Forecast) งบฐานะการเงิน (Statement of financial position) งบกำไรขาดทุน (Income Statement) และงบกระแสเงินสด (Cash Flow Statement) ตัวเลขประมาณการเหล่านี้มีความสำคัญต่อกระบวนการร่วมทุนธุรกิจระยะเริ่มต้นเนื่องจากเป็นการแสดงให้เห็นถึงศักยภาพการขยายตัวของธุรกิจในอนาคต อีกทั้งยังเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของการประเมินมูลค่าธุรกิจอีกด้วย [19] การสร้างแบบจำลองทางการเงิน คือกระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแสดงผลการดำเนินงานทางการเงินของธุรกิจ โดยมีองค์ประกอบสำคัญประกอบด้วย 1) สมมติฐานเป็นข้อมูลนำเข้าที่ขับเคลื่อนแบบจำลอง เช่น อัตราการเติบโตของรายได้ โครงสร้างต้นทุน และงบประมาณรายจ่ายลงทุน 2) การคาดการณ์เป็นประมาณการทางการเงินโดยอาศัยข้อมูลที่บันทึกไว้จากอดีตเพื่อประมาณหาผลลัพธ์ทางการเงินในอนาคตของธุรกิจ 3) การประเมินมูลค่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการประมาณมูลค่าของการลงทุน มักใช้วิธีคิดลดกระแสเงินสด (Discount cash flow: DCF) หรือการวิเคราะห์เทียบเคียงกับกิจการอื่น [20]

2.2 การจัดหมวดหมู่แชทบอตตามเทคโนโลยีที่ใช้พัฒนา

1. แชทบอตที่ใช้กฎ (Rule-based)
 - ใช้กฎและรูปแบบที่กำหนดไว้ล่วงหน้าเพื่อจับคู่ข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อน และให้คำตอบ
 - คำตอบถูกเขียนไว้ล่วงหน้าและจำกัดอยู่ในกฎที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
2. แชทบอตที่ใช้การค้นคืน (Retrieval-based)
 - เลือกคำตอบจากชุดรูปแบบการสนทนาที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
 - ใช้เทคนิคการค้นคืนสารสนเทศเพื่อจับคู่ข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อนกับรูปแบบที่ใกล้เคียงที่สุด
 - คำตอบถูกเลือกจากชุดตัวเลือกที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
3. แชทบอตที่ใช้การสร้าง (Generative)
 - ใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อสร้างคำตอบใหม่ ๆ ตามข้อมูลที่ผู้ใช้ป้อน
 - ผ่านการฝึกฝนด้วยชุดข้อมูลการสนทนาขนาดใหญ่เพื่อเรียนรู้รูปแบบ และสร้างคำตอบที่เหมือนมนุษย์
 - ไม่จำกัดอยู่กับคำตอบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
4. แชทบอตแบบผสม (Hybrid)
 - ผสมผสานวิธีการที่ใช้กฎและการสร้าง
 - ใช้กฎสำหรับงานเฉพาะและใช้โมเดลการสร้างสำหรับการสนทนาแบบเปิดกว้าง
 - ใช้ประโยชน์จากจุดแข็งของทั้งสองวิธี
5. แชทบอตที่เน้นงานเฉพาะ (Task-oriented)
 - ออกแบบมาสำหรับงานเฉพาะ เช่น การบริการลูกค้า การจัดการตารางเวลา หรือการค้นหาข้อมูล
 - ใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติเพื่อเข้าใจความตั้งใจของผู้ใช้และให้คำตอบที่เกี่ยวข้อง
 - คำตอบถูกสร้างขึ้นตามความต้องการของงาน
6. แชทบอตแบบสนทนา (Conversational)
 - มีส่วนร่วมในการสนทนาแบบเปิดกว้างในหัวข้อที่หลากหลาย
 - ใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ที่ผ่านการฝึกฝนด้วยชุดข้อมูลที่หลากหลาย
 - มุ่งเน้นการให้คำตอบที่เหมือนมนุษย์และดึงดูดผู้ใช้ในการสนทนาที่เป็นธรรมชาติ

การเลือกเทคโนโลยีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานของกลุ่มเป้าหมาย ระดับความฉลาด และความยืดหยุ่นที่ต้องการ วิธีการแบบผสม และการสร้างกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้น

เนื่องจากให้การสนทนาที่เป็นธรรมชาติและน่าสนใจมากขึ้น [21] - [23]

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของแชทบอตในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ล้วนแล้วแต่เป็นการศึกษาองค์ประกอบของแชทบอตในด้านการตลาด และความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก และโดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้งานแชทบอตในด้านการบริการลูกค้าในภาคธุรกิจ เช่น การศึกษาของ Lim Sanny และคณะ [24] ในปี 2020 และ Fika Aulia และคณะ [25] ในปี 2021 ในประเทศอินโดนีเซียที่ศึกษาองค์ประกอบความพึงพอใจในการใช้แชทบอตเพื่อการบริการลูกค้า ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบสำคัญได้แก่ ประโยชน์ใช้สอย ภาพลักษณ์แบรนด์ บุคลิกภาพ และความง่ายในการใช้งาน แตกต่างจากการศึกษาของ Sugumar และ Chandra [26] ในปี 2021 และ Alagarsamy และ Mehrolia [27] ในปี 2023 ที่ศึกษาองค์ประกอบของแชทบอตในธุรกิจการเงิน ที่ศึกษาองค์ประกอบความน่าเชื่อถือ และความไว้วางใจ ซึ่งพบว่าม้องค์ประกอบบางองค์ประกอบที่เหมือนกัน เช่น ความง่ายในการใช้งาน และความแม่นยำของข้อมูลในส่วนขององค์ประกอบที่ต่างกันเช่น ความเสี่ยง ภาพลักษณ์ขององค์กร แรงจูงใจ และองค์ประกอบส่วนบุคคล ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับธุรกรรมทางการเงิน ซึ่งต้องการความน่าเชื่อถือทางด้านการรักษาความปลอดภัยมากกว่าการใช้งานทั่วไป

นอกจากนี้ในปีเดียวกัน Fika Aulia และคณะ [25] ได้ศึกษาองค์ประกอบความพึงพอใจของลูกค้าต่อแชทบอตในธุรกิจ E-Commerce ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่ ความช่วยเหลือทางการตลาด ความแม่นยำในการสื่อสาร ความน่าเชื่อถือในการสื่อสาร ความสามารถในการสื่อสาร แต่ยังไม่ปรากฏการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของความสามารถของแชทบอตสร้างแบบจำลองทางการเงินสำหรับสตาร์ทอัพ

ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเพื่อทราบถึงองค์ประกอบที่เหมือนและต่างกัน กับองค์ประกอบของแชทบอตที่ใช้ในส่วนของการบริการลูกค้าในธุรกิจอื่น เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยสตาร์ทอัพ ลดความเสี่ยงทางการเงินที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งแบบจำลองทางการเงินเป็นส่วนสำคัญสำหรับสตาร์ทอัพ ซึ่งนักลงทุนให้ความสำคัญแต่เป็นจุดอ่อนของสตาร์ทอัพ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแชทบอตสร้างแบบจำลองทางการเงินในอนาคต

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบความสามารถของเซตบอดสร้างแบบจำลองทางการเงิน ซึ่งเป็นการวิจัยประยุกต์ (Applied Research) แบบผสมผสานวิธีด้วยวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อเก็บข้อมูลของตัวแปรสังเกต (Observed Variable) จากการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับผู้ก่อตั้งสตาร์ทอัพที่มีประสบการณ์ในการระดมทุนจำนวน 10 ราย ด้วยวิธีการสุ่ม โดยสัมภาษณ์ถึงความต้องการที่ครอบคลุม 3 ด้าน คือ อินพุต (Input) กระบวนการ (Process) และเอาต์พุต (Output) ซึ่งเป็นขบวนการในการออกแบบซอฟต์แวร์ [28] เพื่อสรุปเป็นความสามารถของเซตบอดสร้างแบบจำลองทางการเงิน และนำไปสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัย (Questionnaire) จากนั้นนำแบบสอบถามเพื่อการวิจัยที่ได้ไปทดลองเก็บ ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 30 ราย เพื่อทดสอบความเข้าใจของคำถามและดำเนินการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) โดยใช้การวิเคราะห์ผลการวิจัยด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. กำหนดปัญหาการวิจัยและวัตถุประสงค์การวิจัย
3. กำหนดระเบียบวิธีวิจัย

3.1 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 ออกแบบการสุ่มตัวอย่าง

4. พัฒนาเครื่องมือวิจัย

4.1 สัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ก่อตั้งสตาร์ทอัพที่มีประสบการณ์ในการระดมทุน จำนวน 10 ราย ด้วยวิธีการสุ่มเพื่อระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

4.2 สร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัยจากผลการสัมภาษณ์

4.3 ทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของเครื่องมือ

5. เก็บรวบรวมข้อมูล
6. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ
7. สรุปผลการวิจัย
8. อภิปรายผลการวิจัย
9. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ศึกษา คือธุรกิจสตาร์ทอัพในประเทศไทยจำนวน 1,500 กิจการ [29] ในการวิจัยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจของงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาจากคำแนะนำสำหรับอัตราส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างต่อจำนวนตัวแปร (N:P) ของแคทเทิล ในปี 1978 [30] ระบุว่าอัตราส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่างต่อจำนวนตัวแปร (N:P) ยอมรับได้ควรอยู่ในช่วง 3 ถึง 6 โดยที่

N คือ อัตราส่วนของขนาดกลุ่มตัวอย่าง

p คือ จำนวนตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลมีผู้ตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยจำนวน 122 คน โดยจำนวนคำถามในแบบสอบถามเพื่อการวิจัยเท่ากับ 15 ทำให้ได้ค่า N:p เท่ากับ 8.13 ถือว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดตัวแปรที่ทำการวิจัย ด้วยวิธีสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ก่อตั้งสตาร์ทอัพที่มีประสบการณ์ในการระดมทุนจำนวน 10 รายถึงความเห็นต่อความสามารถของเซตบอดเพื่อนำความเห็นทั้งหมดมาทำการกำหนดตัวแปร โดยใช้การตรวจสอบเชิงสามเส้า (Triangulation) และทำการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อค้นหาคำสำคัญ และสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัย จากนั้นนำแบบสอบถามที่ได้ไปทดลองเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 30 ราย เพื่อทดสอบความเข้าใจของคำถามและดำเนินการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามด้วยวิธีการหาค่า Cronbach's Alpha Coefficient ผลการวิเคราะห์พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.879 ซึ่งหมายความว่าแบบสอบถามนี้มีความน่าเชื่อถือในข้อคำถาม และสามารถนำไปจัดเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไปได้

3.3.1 การกำหนดตัวแปรที่ใช้วิธีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับสตาร์ทอัพโดยข้อคำถามมีลักษณะเป็นแนวคำถามปลายเปิด ดังนี้ "คุณคิดว่าเซตบอดสร้างแบบจำลองทางการเงินควรมีความสามารถอะไรบ้าง"

3.3.2 แบบสอบถามเพื่อการวิจัย ในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งเป็นคำถามแบบเลือกคำตอบจากรายการที่กำหนดได้เพียง 1 คำตอบ พร้อมวิธีโอตัวอย่างไม่ให้ดูก่อนตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย โดยลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Numeric Rating Scale) ซึ่งแบ่งความเห็นเป็น 7 ระดับ ดังนี้

- 1 หมายถึง ไม่จำเป็นอย่างยิ่ง
- 2 หมายถึง ไม่จำเป็น
- 3 หมายถึง ค่อนข้างไม่จำเป็น
- 4 หมายถึง มีก็ได้ ไม่มีก็ได้
- 5 หมายถึง ค่อนข้างจำเป็น
- 6 หมายถึง จำเป็น
- 7 หมายถึง จำเป็นอย่างยิ่ง

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจความสามารถของแชทบอตสร้างแบบจำลองทางการเงินและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถามเพื่อการวิจัย แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis: EFA) โดยมีวัตถุประสงค์ในการระบุองค์ประกอบความสามารถของแชทบอตสร้างแบบจำลองทางการเงิน

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลแบบผสมผสาน โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ก่อตั้งสตาร์ทอัพที่มีประสบการณ์ในการระดมทุนจำนวน 10 รายด้วยวิธีการสุ่ม และส่วนที่ 2 เป็นการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเพื่อการวิจัย โดยทำการประชาสัมพันธ์แบบสอบถามเพื่อการวิจัยรูปแบบดิจิทัลใน Social Media ของชุมชนสตาร์ทอัพต่าง ๆ ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 122 ราย

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากการสัมภาษณ์ถึงความสามารถของแชทบอต เพื่อสร้างแบบจำลองทางการเงินนั้น กลุ่มตัวอย่างได้บอกถึงความต้องการโดยสามารถสรุปเป็นความสามารถ 15 ข้อดังนี้

[F1] Chatbot สามารถอธิบายความหมายของศัพท์เทคนิคทางการเงินต่าง ๆ ได้ เมื่อ user ต้องการ โดยส่งผ่านทางช่องแชต

[F2] Chatbot สามารถอธิบายความหมายของศัพท์เทคนิคทางการเงินต่าง ๆ ได้ + ยกตัวอย่างเพิ่มเติมเมื่อ user ต้องการ โดยส่งผ่านทางช่องแชต

[F3] ในขณะที่ป้อนข้อมูล ผ่านทางช่องแชต ถ้า user มีการสะกดผิด เช่น "มีพนักงาน 3 คน เงินเดือนคนละ

20000 บาท" Chatbot สามารถเดาคำที่ถูกต้องได้ และบันทึกข้อมูลได้ถูกต้อง

[F4] หาก user มีแบบจำลองทางการเงินที่เป็นไฟล์ .xlsx อยู่แล้ว สามารถ upload file ผ่านทางช่องแชตได้

[F5] Chatbot มีการสื่อสารด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย เพื่อให้ user ที่ไม่ได้มีพื้นฐานด้านการเงินสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย

[F6] มี pop-up เมนูบนช่องแชต โดยเปลี่ยนไปตามข้อมูลที่ Chatbot กำลังให้ user ป้อน

[F7] สามารถป้อนข้อมูลด้วยเสียงได้

[F8] แจ้งเตือนเมื่อพบการป้อนข้อมูลที่น่าสงสัยว่าจะเป็น การป้อนข้อมูลผิด เช่น ต้นทุนสินค้ามากกว่า ราคาขาย เป็นต้น

[F9] Chatbot สามารถสร้างแบบจำลองทางการเงินจากประมาณการรายได้-ค่าใช้จ่าย ที่ user ป้อนเข้าไปได้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

[F10] Chatbot สามารถทำรายงานการวิเคราะห์แบบจำลองทางการเงินที่สร้างได้ เพื่อให้ user ทำไปใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจต่าง ๆ

[F11] Chatbot สามารถสร้างรายงานค่า Financial Ratio ต่าง ๆ ได้ เพื่อเป็นข้อมูลในการนำเสนอต่อนักลงทุน อัตราส่วนสภาพคล่อง (Current Ratio) อัตราส่วนหนี้สินต่อทุน (D/E) อัตราผลตอบแทนจากทรัพย์สิน (ROA) อัตราผลตอบแทนผู้ถือหุ้น (ROE) อัตรากำไรขั้นต้น (Gross Profit Margin) และอัตรากำไรสุทธิ (Net Profit Margin)

[F12] Chatbot สามารถบอกความเสี่ยงที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ เช่น อัตราการเติบโตของกิจการน้อยกว่าอัตราเงินเฟ้อ เป็นต้น

[F13] Chatbot สามารถแนะนำจำนวนเงินทุนที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงได้ เช่น ถ้ากิจการมีการให้เครดิตเทอมกับลูกค้า 60 วัน จะต้องใช้เงินทุนหมุนเวียนเท่าไร เป็นต้น

[F14] Chatbot สามารถสร้างแบบจำลองทางการเงินใน 3 ฉากทัศน์ (Scenario) เช่น Base Case, Best Case และ Worst Case ได้

[F15] User สามารถสั่งให้ export แบบจำลองทางการเงินทางช่องแชต เป็นไฟล์ .xlsx หรือ .pdf ได้

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

จากตัวแปรสังเกตทั้ง 15 ตัว นำมาหาค่า Skewness พบว่ามีค่าสูงสุด -0.310 ซึ่งน้อยกว่า 3 และ Kurtosis พบว่ามีค่าสูงสุด 0.933 ซึ่งน้อยกว่า 10 แปลว่าตัวแปรที่ศึกษา มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วย

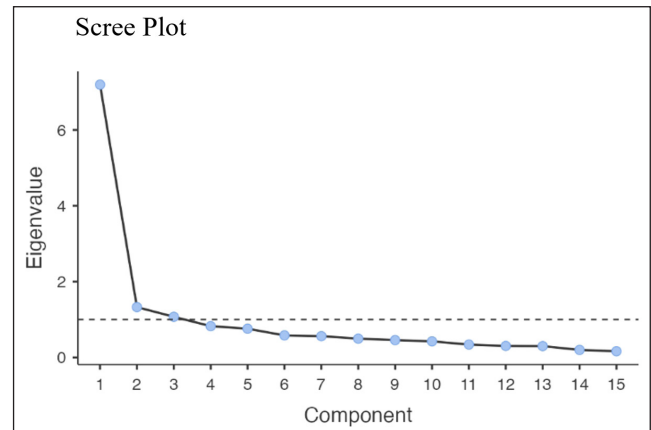
Exploratory Factor Analysis ได้ จากนั้นได้ทำการหาค่า p value ของ Bartlett's Test มีค่า 0.001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าตัวแปรที่กำลังศึกษา มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งค่า KMO เท่ากับ 0.892 และ MSA ของตัวแปรทุกตัวมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.791 ซึ่งมากกว่า 0.5 แปลว่าตัวแปรที่ศึกษาทุกตัวมีความเหมาะสม และมีค่า Cronbach Alpha มีค่าเท่ากับซึ่งมากกว่า 0.7 แสดงว่าผ่านเกณฑ์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ ในการวิเคราะห์ Factor Analysis ด้วยโปรแกรม Jamovi นั้น ผู้วิจัยเลือกพิจารณา Factor Loading ที่มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยใช้แนวทางในการระบุ Factor Loading ที่มีนัยสำคัญตามขนาดตัวอย่างของ Hair [31]

4.2.1 การอธิบายความแปรปรวน จากตารางที่ 1 และภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่มีค่า Eigenvalues มากกว่า 1 มี 3 องค์ประกอบ และอธิบายความแปรปรวนได้ 64% แต่เมื่อดูจากตัวแปรที่ศึกษาพบว่า การเพิ่มองค์ประกอบที่ 4 ที่มีค่าใกล้เคียง 1 นั้น จะมีความเหมาะสมของตัวแปรที่ศึกษา มากกว่า ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การวิเคราะห์ Factor Loading ที่ 4 องค์ประกอบ ดังแสดงในตารางที่ 2

จากค่า Factor Loading ในตารางที่ 2 และ 3 ที่ได้จากการหมุนแกนด้วยวิธี Varimax นั้น ผู้วิจัยได้เลือกตัวแปรสังเกตในแต่ละองค์ประกอบที่มี Factor Loading ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พบว่า องค์ประกอบที่ 1 ประกอบด้วย 8 ตัวแปร มีค่า Factor Loading ตั้งแต่ 0.597 ถึง 0.783 องค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร มีค่า Factor Loading ตั้งแต่ 0.578 ถึง 0.862 องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วย 2 ตัวแปร มีค่า Factor Loading ตั้งแต่ 0.585 ถึง 0.805 และองค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วย 1 ตัวแปร มีค่า Factor Loading 0.888 ซึ่งอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรทั้งหมดได้ 29.56%, 18.82%, 12.05% และ 9.05% ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผล

ผลการประเมินองค์ประกอบความสามารถของแชทบอต เพื่อการสร้างแบบจำลองทางการเงินในการวิจัยครั้งนี้ พบว่ามีจำนวน 4 องค์ประกอบ โดยองค์ประกอบที่ 1 ประกอบด้วย 8 ตัวแปร ได้แก่ F5, F8, F9, F10, F11, F12, F14 และ F15 ซึ่งเรียกว่า การวิเคราะห์เชิงลึก (Advanced Analysis) องค์ประกอบที่ 2 ประกอบด้วย 4 ตัวแปร ได้แก่ F1, F2, F3 และ F4 ซึ่งเรียกว่า ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วย 2 ตัวแปร ได้แก่ F6 และ F13



ภาพที่ 1 กราฟแสดงค่า Eigenvalues ขององค์ประกอบ

ตารางที่ 1 แสดงค่า Eigenvalues

Initial Eigenvalues			
Component	Eigenvalue	% of Variance	Cumulative %
1	7.197	47.98	48.0
2	1.327	8.85	56.8
3	1.072	7.15	64.0
4	0.825	5.50	69.5
5	0.757	5.05	74.5
6	0.582	3.88	78.4
7	0.561	3.74	82.1
8	0.495	3.30	85.4
9	0.457	3.05	88.5
10	0.424	2.83	91.3
11	0.339	2.26	93.6
12	0.303	2.02	95.6
13	0.298	1.99	97.6
14	0.198	1.32	98.9
15	0.163	1.09	100.0

Extraction Method: Principal Component Analysis.

ตารางที่ 2 แสดงค่า Factor Loading

Component Loadings

	Component			
	1	2	3	4
F12	0.783			
F15	0.765			
F14	0.728			
F9	0.707			
F8	0.687			
F11	0.619			0.541
F5	0.608			
F10	0.597			
F1		0.862		
F2		0.838		
F4		0.581		
F3		0.578		
F6			0.805	
F13	0.545		0.585	
F7				0.888

Note. 'varimax' rotation was used

ตารางที่ 3 แสดงค่า Factor Loading

Summary

Component	SS Loadings	% of Variance	Cumulative %
1	4.43	29.56	29.6
2	2.82	18.82	48.4
3	1.81	12.05	60.4
4	1.36	9.05	69.5

Note. 'varimax' rotation was used

ซึ่งเรียกว่า การให้คำแนะนำ (Recommendation) และองค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วย 1 ตัวแปรได้แก่ F7 ซึ่งเรียกว่าการป้อนข้อมูลด้วยเสียง (Voice Input) ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบนั้นครอบคลุมการใช้งานทั้งด้านอินพุต (Input) กระบวนการ (Process) และเอาต์พุต (Output)

องค์ประกอบที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาแชทบอตสำหรับสร้างแบบจำลองทางการเงินที่ตอบสนองความต้องการเฉพาะของธุรกิจสตาร์ทอัพ เครื่องมือนี้จะช่วยให้สตาร์ทอัพสามารถวางแผนธุรกิจและระดมทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้มีโอกาสประสบความสำเร็จสูงขึ้นในระยะยาว

ผลการวิจัยนี้ได้ระบุองค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจใช้งานแชทบอตเพื่อสร้างแบบจำลองทางการเงินสำหรับสตาร์ทอัพ ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงลึก (Advanced Analysis) ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) การให้คำแนะนำ (Recommendation) และการป้อนข้อมูลด้วยเสียง (Voice Input) ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้:

1. การวิเคราะห์เชิงลึก (Advanced Analysis) องค์ประกอบนี้ประกอบด้วยความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลทางการเงินที่ซับซ้อน เช่น การสร้างแบบจำลองทางการเงิน การวิเคราะห์อัตราส่วนทางการเงิน และการคาดการณ์ความเสี่ยง ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของสตาร์ทอัพในการมีเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจทางการเงินอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Keogh และ Johnson [32] ที่พบว่าการมีข้อมูลทางการเงินที่แม่นยำและการวิเคราะห์ที่ลึกซึ้งมีผลต่อความสำเร็จของสตาร์ทอัพ

2. ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use) องค์ประกอบนี้เน้นความสามารถของแชทบอตในการสื่อสารด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย และการรองรับการป้อนข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model) ของ Davis [33] ที่ระบุว่า การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานเป็นองค์ประกอบสำคัญในการยอมรับเทคโนโลยีใหม่

3. การให้คำแนะนำ (Recommendation) ความสามารถในการให้คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจง และเป็นประโยชน์ เช่น การแนะนำจำนวนเงินทุนที่ต้องใช้ในแต่ละช่วง สะท้อนถึงความต้องการของสตาร์ทอัพในการได้รับคำแนะนำที่ปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์ของตน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ

Sugumar และ Chandra [26] ที่พบว่าทำให้คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการยอมรับการใช้เซตบอดในบริการทางการเงิน

4. การป้อนข้อมูลด้วยเสียง (Voice Input) แม้ว่าองค์ประกอบนี้จะประกอบด้วยเพียงตัวแปรเดียวแต่ก็สะท้อนถึงความสำคัญของการมีวิธีการป้อนข้อมูลที่สะดวก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Xiao และคณะ [34] ที่พบว่าแนวโน้มของเทคโนโลยีปัจจุบันที่มุ่งเน้นการโต้ตอบด้วยเสียงจะมีมากขึ้น

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบเหล่านี้ครอบคลุมทั้งด้านอินพุต กระบวนการ และเอาต์พุต ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Input-Process-Output (IPO) Model ที่ใช้ในการออกแบบระบบสารสนเทศ แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาเซตบอดการสร้างแบบจำลองทางการเงินควรคำนึงถึงทุกขั้นตอนของกระบวนการทำงาน

6. ข้อจำกัดในงานวิจัย

อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านขนาดของกลุ่มตัวอย่างน้อย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความครอบคลุมขององค์ประกอบที่ได้ การวิจัยในอนาคตอาจพิจารณาเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

โดยสรุป ผลการวิจัยนี้ให้แนวทางที่มีคุณค่าสำหรับการพัฒนาเซตบอดสร้างแบบจำลองทางการเงินสำหรับสตาร์ทอัพ โดยชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการผสมผสานความสามารถในการวิเคราะห์ขั้นสูงความง่ายในการใช้งาน การให้คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจง และความยืดหยุ่นในการป้อนข้อมูล ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนธุรกิจและการระดมทุนของสตาร์ทอัพ อันจะนำไปสู่โอกาสในการประสบความสำเร็จที่สูงขึ้นในระยะยาว

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] E. Ramalakshmi and S. R. Kamidi. "Predictions for Startups." *International Journal of Engineering & Technology*, Vol. 7, no. 3.12, pp. 1038 - 1045, 2018. doi: 10.14419/ijet.v7i3.12.17628.
- [2] N. Patel, *90% Of Startups Fail: Here's What You Need To Know About The 10%*. Available Online at <https://www.forbes.com/sites/neilpatel/2015/01/16/90-of-startups-will-fail-heres-what-you-need-to-know-about-the-10/>, accessed on 30 August 2023.

- [3] M. Cantamessa, V. Gatteschi, G. Perboli, and M. Rosano. "Startups' Roads to Failure." *Sustainability*, Vol. 10, No. 7, 2018. doi: 10.3390/su10072346.
- [4] D. Sweeney, *Harvard Business Review: Why Start-ups Fail - MIT Office of Innovation*. Available Online at <https://innovation.mit.edu/news-article/harvard-business-review-why-start-ups-fail/>. accessed on 30 August 2023.
- [5] CB Insights Research, *Why Startups Fail: Top 12 Reasons | CB Insights*. Available Online at <https://www.cbinsights.com/research/report/startup-failure-reasons-top/>. accessed on 30 August 2023.
- [6] T. Bielialov. "Risk Management of Startups of Innovative Products." *Journal of Risk and Financial Management*, Vol. 15, No. 5, 2022. doi: 10.3390/jrfm15050202.
- [7] T. Burger, *7 Reasons on Why Financial Models are Important | LinkedIn*. Available Online at <https://www.linkedin.com/pulse/7-reasons-why-financial-models-important-dr-thommie-burger/>. accessed on 30 August 2023.
- [8] C. M. Kopp, *Financial Modeling Definition and What It's Used For*. Available Online at <https://www.investopedia.com/terms/f/financialmodeling.asp>. accessed on 30 August 2023.
- [9] G. Cuofano, *Financial Modeling And Why It Matters In Business*. Available Online at <https://fourweekmba.com/financial-modeling/>. accessed on 30 August 2023.
- [10] A. Riani, *Is Financial Knowledge Crucial For Startup Founders?*. Available Online at <https://www.forbes.com/sites/abdoriani/2022/04/21/is-financial-knowledge-crucial-for-startup-founders/>. accessed on 30 August 2023.
- [11] Q. N. Tran, T. M. T. Phung, N. H. Nguyen, and T. H. Nguyen. "Financial Knowledge Matters

- Entrepreneurial Decisions: A Survey in the COVID-19 Pandemic." *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. 15, pp. 2274 - 2297, March, 2023. doi: 10.1007/s13132-023-01137-8.
- [12] K. Hu, *ChatGPT sets record for fastest-growing user base - analyst note | Reuters*. Available Online at <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>. accessed on 30 August 2023.
- [13] V. Hoang, *Council Post: Six Ways Small Businesses Can Leverage ChatGPT For Success*. Available Online at <https://www.forbes.com/sites/forbesagencycouncil/2023/04/17/six-ways-small-businesses-can-leverage-chatgpt-for-success/>. accessed on 30 August 2023.
- [14] C. McLaughlin, *Who are Startup Founders? Profiling Backgrounds and Educations*. Available Online at <https://conormclaughlin.net/2019/08/who-are-startup-founders-profiling-backgrounds-and-educations/>. accessed on 30 August 2023.
- [15] R. Maheshwari and A. Jain, *Top AI Statistics And Trends In 2023*. Available Online at <https://www.forbes.com/advisor/in/business/ai-statistics/>. accessed on 30 August 2023.
- [16] G. Maderis, *Top 22 benefits of chatbots for businesses and customers*. Available Online at <https://www.zendesk.com/th/blog/5-benefits-using-ai-bots-customer-service/#georedirect>. accessed on 30 August 2023.
- [17] S. Y. B. Huang, C.-J. Lee, and S.-C. Lee. "Toward a Unified Theory of Customer Continuance Model for Financial Technology Chatbots." *Sensors*, Vol. 21, No. 17, 2021. doi: 10.3390/s21175687.
- [18] R. Awati, *What is garbage in, garbage out (GIGO) ? | Definition from TechTarget*. Available Online at <https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/garbage-in-garbage-out>. accessed on 4 September 2023.
- [19] S. Thananporn, *The Goal of Financial Modeling and Revenue Forecasting*. Available Online at <https://www.live-platforms.com/education/article/7838>. accessed on 4 September 2023.
- [20] E. K. Laitinen. "Discounted Cash Flow (DCF) as a Measure of Startup Financial Success." *Theoretical Economics Letters*, Vol. 9, No. 8, November, 2019. doi: 10.4236/tel.2019.98185.
- [21] I. Shah, S. Jhavar, A. Khater, A. Jacob, and D. G. Potdar. "Chatbot Development Through the Ages: A Survey." *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 9, No. 3, pp. 262 - 271, May - June, 2023. doi: 10.32628/CSEIT2390329.
- [22] P. Sharma, D. Patel, V. Wankhede, and R. Shirbhate. "E-Commerce Website based on Chatbot." *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, Vol. 11, No. 4, pp. 3479 - 3482, April, 2023. doi: 10.22214/ijraset.2023.50995.
- [23] S. Pahune and M. Chandrasekharan. "Several categories of Large Language Models (LLMs): A Short Survey." *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, Vol. 11, No. 7, pp. 615 - 633, July, 2023. doi: 10.22214/ijraset.2023.54677.
- [24] L. Sanny, A. C. Susastra, C. Roberts, and R. Yusramdaleni. "The analysis of customer satisfaction factors which influence chatbot acceptance in Indonesia." *Management Science Letters*, Vol. 10, pp. 1225 - 1232, 2020. doi: 10.5267/j.msl.2019.11.036.
- [25] F. Aulia, C. Adviorika U, Yuniarty, M. Fahlevi, H. Prabowo, and B. G. Muchardie. "Analysis of Chatbot Program Features Towards Customer Satisfaction in the Era of Digitalization." *2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, Jakarta, Indonesia, pp. 604 - 607, 2021. doi: 10.1109/ICIMTech53080.2021.9535034.
- [26] M. Sugumar and S. Chandra. "Do I Desire Chatbots to be like Humans? Exploring Factors for Adoption



- of Chatbots for Financial Services." *Journal of International Technology and Information Management*, Vol. 30, No. 3, pp. 38 - 77, 2021, doi: 10.58729/1941-6679.1501.
- [27] S. Alagarsamy and S. Mehroliia. "Exploring chatbot trust: Antecedents and behavioural outcomes." *Heliyon*, Vol. 9, No. 5, May, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16074.
- [28] J. R. Hanly and E. B. Koffman, *Problem Solving and Program Design in C*. Available Online at <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/problem-solving-and-program-design-in-c/P200000003220/9780134015071>. accessed on 7 September 2024.
- [29] National Innovation Agency, *Thailand Startup Ecosystem Report 2021*. Available Online at <https://www.nia.or.th/thailand-startup-ecosystem-report-2021>. accessed on 20 September 2023.
- [30] R. B. Cattell. *The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences*. Boston, MA: Springer US, 1978. doi: 10.1007/978-1-4684-2262-7.
- [31] J. F. Hair, W. C. Black, and B. J. Babin. *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. Pearson Education, 2010.
- [32] D. Keogh and D. K. N. Johnson. "Survival of the funded: Econometric analysis of startup longevity and success." *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, Vol. 17, No. 4, 2021, doi: 10.7341/20211742.
- [33] F. D. Davis. "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology." *MIS Quarterly*, Vol. 13, No. 3, pp. 319 - 340, September, 1989. doi: 10.2307/249008.
- [34] Z. Xiao. et al. "Tell Me About Yourself: Using an AI-Powered Chatbot to Conduct Conversational Surveys with Open-ended Questions." *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 27, No. 3, June, 2020. doi: 10.1145/3381804.



ประสิทธิภาพการบริหารจัดการข้อมูลเหตุขัดข้องในการบริการซอฟต์แวร์
โดยการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery ไปปฏิบัติ
ในภาคอุตสาหกรรมและบริการเทคโนโลยีดิจิทัล
Effectively Managing Service Incident Data
by Implementing ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service Delivery
in Industry and Digital Technology Services

เบญจวรรณ อินตระ (Benjawan Intata)* พาณิชย์ สุโขต (Panich)Sudkhot)**
และฉัตรตระกูล สมบัติธีระ (Chattrakul Sombattheera)***

Received: July 8, 2024
Revised: October 11, 2024
Accepted: October 22, 2024

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน: เบญจวรรณ อินตระ (Benjawan Intata) อีเมล: benjawan.i@msu.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.007

บทคัดย่อ

ผลสำรวจผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมดิจิทัลโดย ISO/JTC1SC7WG 24 พบว่า ผู้ประกอบการประสบปัญหาในเรื่องการบริหารจัดการเหตุขัดข้อง (Incident) ของลูกค้าถึง 49.1% ผู้ประกอบการควรปรับเปลี่ยนกระบวนการบริหารจัดการความต้องการของลูกค้า [1] ตามมาตรฐานคุณภาพซอฟต์แวร์สากล ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery [2], [3] โดยในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อแสดงขั้นตอนการบริหารจัดการความเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบกับการใช้งานของลูกค้า และประเมินประสิทธิผลของกระบวนการจัดการเหตุขัดข้องในการบริการ (Service Incident) พบว่า ก่อนนำมาตรฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ด้านการให้บริการและตอบสนองการใช้งานอยู่ที่ 40% จากนั้นดีขึ้นอย่างยิ่ง 100% หลังจากนำมาตรฐานสากลดังกล่าวมาประยุกต์ใช้

คำสำคัญ: ผู้ประกอบการขนาดเล็ก มาตรฐานซอฟต์แวร์สากล 29110 เหตุขัดข้องในการบริการ วิศวกรรมซอฟต์แวร์

Abstract

The survey conducted by ISO/JTC1SC7WG 24 among digital industry entrepreneurs revealed that 49.1%

of them face challenges in managing customer requirements [1]. To address this issue, entrepreneurs should consider adapting their customer requirements management processes according to the international software quality standard ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery [2], [3]. In this research, the study outlines the steps in managing changes that impact customer usage and evaluates the effectiveness of incident management processes in service delivery. The findings indicate that before implementing the mentioned standard in service delivery and responsiveness, satisfaction was at 40%. However, after the application of the international standard, satisfaction significantly improved to 100%.

Keywords: Very Small Enterprises (VSE), ISO/IEC29110, Service Incident, Software Engineering.

1. บทนำ

หลักการที่สำคัญในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ของผู้ประกอบการขนาดเล็กในอุตสาหกรรมดิจิทัล คือ การดำเนินการตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 ซึ่งมีกระบวนการด้านการบริหารโครงการ (Project Management) และ

* ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

* Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University.

** บริษัท ซินเทลลิเจนท์ จำกัด

** Zyntelligent Co., Ltd.

* ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

* Department of Information Technology, Faculty of Informatics, Mahasarakham University.

กระบวนการด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Implementation) ที่เหมาะสมช่วยเสริมสมรรถนะองค์กรให้มีการบริหารจัดการที่มีคุณภาพและบริการด้านซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพและเพิ่มศักยภาพในทางธุรกิจให้องค์กร รวมทั้งยังสร้างความเชื่อมั่นภาพลักษณ์อันดีให้แก่ผู้ประกอบการซอฟต์แวร์สู่การขยายตลาดเวทีโลกต่อไปในอนาคต

รวมทั้งองค์กรภาครัฐที่เกี่ยวข้องพยายามผลักดันให้ผู้ประกอบการขนาดเล็กในอุตสาหกรรมดิจิทัลปรับปรุงและประยุกต์ใช้มาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 ดังผลการขับเคลื่อนระดับยุทธศาสตร์ตามแผนแม่บทการส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล ช่วงระยะเวลาดำเนินการ ปี 2561 - 2565 ว่าด้วยเรื่อง ยุทธศาสตร์ที่ 2 ยกระดับภาคเศรษฐกิจดิจิทัลไทยแลนด์ โดยการดำเนินงานของสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (Depa) ส่งเสริมธุรกิจที่ปรับเปลี่ยนสู่แพลตฟอร์มดิจิทัล (Digitalized Business) ตั้งเป้าหมายไว้ที่ 25,000 ราย แต่สามารถทำผลลัพธ์ได้เกินกว่านั้นคือ 155,700 ราย และมูลค่าตลาดของวิสาหกิจเริ่มต้นด้านดิจิทัล (Digital Startups) เป้าหมาย เพิ่มขึ้น 10 เท่า ผลลัพธ์ เพิ่มขึ้น 7.8 เท่า ยุทธศาสตร์ที่ 3 ขับเคลื่อนชุมชนผู้สังคมดิจิทัล ชุมชนที่สามารถใช้ประโยชน์ จากข้อมูลและ เทคโนโลยีดิจิทัล (Digitalized Community) เป้าหมาย 24,700 ชุมชน ผลลัพธ์ 9,800 ชุมชน [4] โดยทางสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัลได้จัดโครงการส่งเสริมผู้ประกอบการให้ได้รับมาตรฐาน ISO/IEC 29110 เป็นความร่วมมือสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (Depa) ร่วมกับกลุ่มอุตสาหกรรมดิจิทัล สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย [5] โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานเพื่อมุ่งพัฒนาผู้ประกอบการอุตสาหกรรมดิจิทัลไทย (ซอฟต์แวร์) ให้สามารถดำเนินการตามเกณฑ์มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับผู้ประกอบการที่พัฒนาซอฟต์แวร์ในลักษณะของบริการดิจิทัล

หนึ่งในคุณสมบัติของผู้ประกอบการที่มีสิทธิขอขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมดิจิทัล (Digital Provider) ตามประกาศสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล เรื่อง หลักเกณฑ์ในการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมดิจิทัล เพื่อสนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ประจำปี 2566 ได้นั้น ผู้ประกอบการต้องได้รับการรับรองมาตรฐานกระบวนการผลิตหรือพัฒนาหรือบริการซอฟต์แวร์และบริการดิจิทัล เช่น ISO/IEC 29110 หรือ มาตรฐานอื่น ๆ ตามที่สำนักงานกำหนด ที่ยังไม่หมดอายุ

อย่างหนึ่งอย่างใดจากหน่วยรับรอง (Certified Body) [6] นับตั้งแต่มีการประกาศกำหนดมาตรฐาน ISO/IEC 29110 ในปี 2564 มีผู้ประกอบการที่ผ่านการคัดเลือกเข้าร่วมโครงการ ส่งเสริมผู้ประกอบการให้ได้รับมาตรฐาน ISO/IEC 29110 ด้านกระบวนการพัฒนาการให้บริการที่มีประสิทธิภาพ (Service Delivery) จำนวน 37 ราย และ ผู้ประกอบการที่ผ่าน ด้านกระบวนการพื้นฐานการพัฒนาซอฟต์แวร์ และบริหาร โครงการ (Basic Profile) จำนวน 60 ราย [7] จากผลลัพธ์นี้ แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการต่าง ๆ ได้นำมาตรฐานดังกล่าว ไปปรับใช้ให้สอดคล้องกับกระบวนการที่มาตรฐานกำหนด เพื่อให้ได้รับการรับรองระบบการบริหารการพัฒนาซอฟต์แวร์ ในองค์กรขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นลูกค้าถึงคุณภาพ ในการพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ และเพื่อเป็นการสร้างความมั่นใจ ให้แก่ลูกค้า

จากที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยในฐานะผู้เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านการพัฒนาระบบดิจิทัลมาจนได้รับ มาตรฐานนี้โดยตรง จึงสนใจศึกษาประสิทธิผลของผู้ประกอบการ ในอุตสาหกรรมดิจิทัลในการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery ไปปฏิบัติในภาคอุตสาหกรรมและ บริการเทคโนโลยีดิจิทัล

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐาน ISO/IEC 29110 [2], [3]

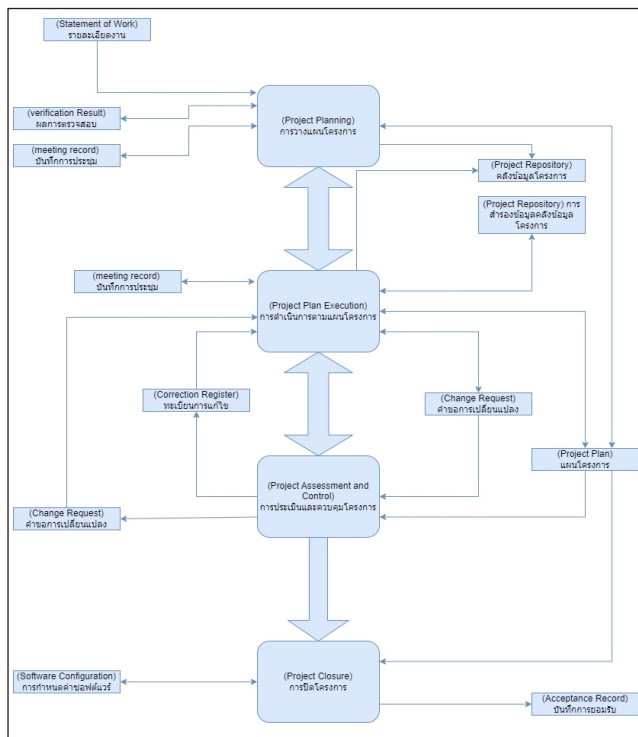
มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ที่ประกาศเริ่มใช้งาน ในประเทศไทยคือระดับ Basic Profile เป็นมาตรฐานสากล ที่ช่วยในการปรับปรุงกระบวนการทำงานอยู่ในระดับของ Basic ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในการบริหารจัดการและดำเนินโครงการ สำหรับบริษัทหรือองค์กรที่มีขนาดเล็ก (VSEs, Very Small Entities) ที่มีขนาดของผู้ปฏิบัติงานจำนวนไม่เกิน 25 ราย แต่หลังจากที่ได้ประกาศใช้กลุ่มประเทศลาตินอเมริกา ได้แจ้งกับทางผู้พัฒนามาตรฐานว่าไม่สามารถที่จะนำ มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ในระดับ Basic Profile มาใช้ได้ เนื่องจากยังมีเนื้อหารายละเอียดที่มากอยู่ ดังนั้นทางผู้พัฒนา มาตรฐานได้ดำเนินการพัฒนามาตรฐานในระดับ Entry Profile เพิ่มเติม เพื่อให้ทางกลุ่มประเทศลาตินอเมริกา สามารถนำไปใช้ได้ แต่ยังคงอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาไปพร้อมกับ มาตรฐานในระดับ Intermediate Profile และระดับ Advanced Profile

2.2 กระบวนการสำหรับบริหารจัดการโครงการ (Project Management (PM) Process) [1]

กระบวนการที่ใช้ในการวางแผนการดำเนินโครงการ การจัดการทรัพยากรที่จำเป็นในการควบคุมภาพของโครงการในเรื่องของการติดตามความคืบหน้าของโครงการเมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ได้วางไว้ รวมถึงการปรับเปลี่ยนแผนการต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการดำเนินโครงการ โดยต้องคำนึงถึงเรื่องการส่งงานตามข้อกำหนดให้ได้ภายในระยะเวลาดำเนินงาน

2.3 กระบวนการสำหรับปรับใช้ซอฟต์แวร์ (Software Implementation (SI) Process) [1]

กระบวนการที่ใช้ในการดำเนินงาน โดยอ้างอิงตามแผนที่ได้จาก Project Management Process ซึ่งเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิเคราะห์ความต้องการของระบบ โดยพิจารณาตามรายละเอียดของงาน (Statement of work) จากนั้นจึงดำเนินการตามกระบวนการปรับใช้ซอฟต์แวร์ ดังนี้ การวางแผนโปรเจก (Project Planning) การดำเนินงานตามแผนโครงการ (Project Plan Execution) การประเมินและควบคุมโครงการ (Project Assessment and Control) จนสิ้นสุดการปิดโครงการ (Project Closure) และสามารถส่งมอบให้ลูกค้าดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 Project Management Process diagram [1]

2.4 ประโยชน์ของมาตรฐาน ISO/IEC 29110 และการนำไปใช้

(1) เพื่อให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ เข้าใจในแนวทางเกี่ยวกับมาตรฐาน ISO/IEC 29110

(2) เข้าใจบทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเองอย่างชัดเจน สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(3) เข้าใจการทำงานในแต่ละขั้นตอน ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน รวมถึงสามารถทดแทนกันได้ในบางหน้าที่

(4) มีรูปแบบของการสรุปความต้องการที่ชัดเจน ลดข้อขัดแย้งและประเด็นปัญหาระหว่างเจ้าของระบบงานและผู้พัฒนาระบบงาน

(5) เพื่อให้โครงการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ มีเอกสารที่สมบูรณ์ครบถ้วน เพียงพอที่จะดูแลรักษาระบบให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถพัฒนาระบบงานเพิ่มเติมต่อไปได้

(6) เพื่อกำหนดรูปแบบของเอกสารต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้งานและนำไปใช้กับทุกโครงการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ

(7) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และประเมินระยะเวลาในการดำเนินโครงการได้อย่างถูกต้องเหมาะสม รวมถึงสามารถติดตามความก้าวหน้าของงานได้

(8) สามารถกำหนดแนวทางหรือนโยบายเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสารสนเทศได้อย่างเหมาะสมกับองค์กร

(9) ได้ทีมงานที่มีมาตรฐานในการดำเนินโครงการมาเป็นผู้รับงาน

(10) สามารถติดตามความคืบหน้าของโครงการ และตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นขั้นเป็นตอน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยของการบริหารจัดการโดยการประยุกต์ใช้มาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 ดังนี้

Claudia [8] SMEs ประสบปัญหาในเรื่องของการดำเนินการตามกระบวนการที่เป็นทางการสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพราะก่อนที่จะบรรลุเป้าหมายได้นั้น SMEs ต้องเผชิญในการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการซอฟต์แวร์

Sanchez และคณะ [9] บริษัทซอฟต์แวร์ขนาดเล็กที่ต้องทำงานหนัก ซึ่งเป็นความท้าทายในช่วงเวลาที่จำกัด

และความพยายามเพื่อปรับปรุงการดำเนินงาน กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ของบริษัท และให้สามารถคงอยู่ในธุรกิจนี้ได้

Sanchez และคณะ [10] เสนอกรอบที่รวมปัจจัยมนุษย์ในการทำงานประจำวันเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการกับความท้าทาย โดยแนะนำการจัดการปัจจัยมนุษย์ซึ่งชี้ให้เห็นถึงวงจรชีวิตของกระบวนการซอฟต์แวร์ในการตอบสนองความต้องการซอฟต์แวร์โดยการนำเสนอกรอบงานที่เสนอซึ่งระบุวิธีการทำสิ่งต่าง ๆ ให้ลุล่วงในขณะเดียวกันก็กระตุ้นให้สมาชิกทีมพัฒนาปรับปรุงความสามารถในการพัฒนาซอฟต์แวร์

Buchalceva [11] เสนอมาตรฐาน ISO/IEC 29110 ที่เน้นการปรับปรุงกระบวนการวงจรชีวิตของวิศวกรรมระบบและซอฟต์แวร์ในผู้ประกอบการซอฟต์แวร์ขนาดเล็กซึ่งได้ถูกพัฒนาแล้วและเริ่มต้นการใช้งานทั่วโลก เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาและบำรุงรักษามาตรฐานนี้ และการนำมาใช้ผู้ประกอบการซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก จึงมีข้อเสนอให้ใช้เทคโนโลยี ArchiMate เพื่อให้การพัฒนาและการบำรุงรักษามาตรฐานนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้ 1) การพัฒนาโมเดลที่ได้รับมาตรฐานของ ISO/IEC 29110 Basic Profile 2) การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง ISO/IEC 29110 Basic Profile Metamodel และ ArchiMate 3) การประเมินด้วยโมเดล Bunge-Wand-Weber (BWV) 4) การนำไปใช้งานผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนา ISO/IEC 29110 Basic Profile ArchiMate Model ซึ่งได้ถูกนำมาใช้ในเครื่องมือที่มีการให้บริการฟรีและสามารถใช้ได้กับผู้ประกอบการซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก (VSEs) ผู้ประเมิน และผู้พัฒนามาตรฐาน

Castillo และคณะ [12] นำเสนอผลลัพธ์ที่จากการใช้วิศวกรรมซอฟต์แวร์ในการทดลองใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110-5-1-2 Software engineering-Lifecycle profiles สำหรับผู้ประกอบการซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก (VSEs) คู่มือการบริหารและวิศวกรรม กลุ่มโปรไฟล์พื้นฐาน มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์สำหรับการนัดหมายทางการแพทย์สำหรับศูนย์ดูแลสุขภาพของมหาวิทยาลัยในเอกวาดอร์ที่มีนักศึกษาปริญญาตรีทั้งหมด 4 ทีม โดยทีม 2 ทีม (ทีมที่ควบคุม) ได้ทำการปรับใช้บางส่วนของกระบวนการ SI ในขณะที่ทีมที่ 2 ทีม (ทีมที่ไม่ได้ควบคุม) มีอิสระในการเลือกกิจกรรมการพัฒนาซอฟต์แวร์ จากนั้นมีการทำแผนกิจกรรมดังกล่าวกับกิจกรรมของมาตรฐาน ทุกทีมได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์

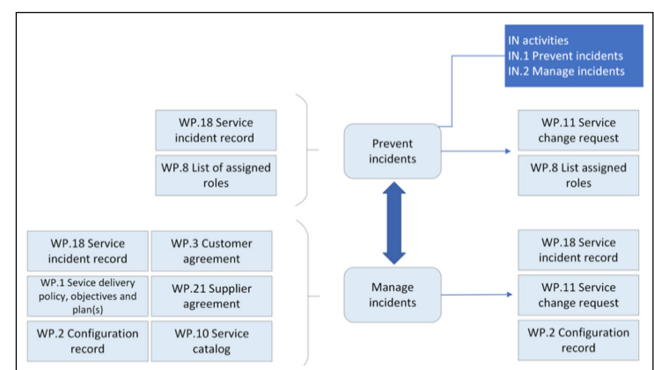
ซอฟต์แวร์โดยใช้กรอบ SCRUM ภายในเวลาที่กำหนด ถึงแม้การทดลองจะเห็นที่ SI ทีมทั้งหมดก็ใช้เวอร์ชันที่ประยุกต์ใช้ตามกระบวนการ PM ที่ถูกกำหนดโดยอาจารย์ การทดลองพบว่ามีความยุ่งยากหลายประการ เช่น การให้เวลาทดลอง 6 สัปดาห์ตามที่กำหนดในการออกแบบทดลองนั้นสั้นเกินไปเนื่องจากนักศึกษาทำงานแบบไม่เต็มเวลาในโครงการ โดยเฉพาะเมื่อนักศึกษาต้องพัฒนาและทดสอบส่วนประกอบซอฟต์แวร์ในภาพรวมนั้น ทีมที่ใช้ ISO/IEC TR 29110-5-1-2 ได้คะแนนดีกว่าในการประเมินคุณภาพของกระบวนการซอฟต์แวร์

Alvarez และคณะ [13] เสนอแนวโน้มของกระบวนการซอฟต์แวร์ที่ใช้หลักการ Unified Process ซึ่งนำมาตรฐาน ISO 29110-5-1-1 เข้าไปในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ส่งผลให้บริษัทมีตัวอย่างที่ชัดเจนและใช้ซ้ำได้ เพื่อเพิ่มการอธิบายและการนำมาตรฐานนี้ไปใช้ได้มากขึ้น ข้อเสนอนี้ได้รับการประเมินทดลองโดยการกำหนดกระบวนการซอฟต์แวร์ PRODIGIA ภายในโครงการวิจัยและพัฒนาในกลุ่มอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ภาพรวมงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้วางกระบวนการดำเนินงานบริหารจัดการเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังใช้บริการผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ของลูกค้า ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Service Incident Process Diagram [3]

จากภาพที่ 2 แสดงภาพรวมในกระบวนการบริหารจัดการเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น (IN activities) กับลูกค้าหลังจากที่ใช้บริการระบบซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การป้องกันเหตุการณ์ (Prevent incidents) เริ่มจากการ

เก็บรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์หรือความคิดเห็นของลูกค้าหลังจากใช้งานบริการระบบ (Incidents) ซึ่งจะถูกบันทึกไว้ใน WP.18 Service incident record บทบาทของผู้ที่ดำเนินการกิจกรรมนั้นคือสมาชิกในบริษัทจะต้องมีการระบุไว้ใน WP.8 List of assigned roles เป็นส่วนนำเข้าสู่กระบวนการป้องกันเหตุการณ์ (Prevent incidents) เพื่อประเมินเหตุการณ์ (Incident) ที่จะนำมาบันทึกไว้ใน WP.11 Service change request 2) การจัดการเหตุการณ์ (Manage incidents) ได้แก่ เริ่มจากการนำข้อมูลเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังจากใช้งาน (Incident) ที่บันทึกไว้ใน WP.18 Service incident record, WP.3 Customer agreement เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อตกลงระหว่างบริษัทกับลูกค้าที่ใช้บริการ, WP.1 Service delivery policy, objectives and plan เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเป็นมา วัตถุประสงค์ นโยบายการให้บริการของบริษัท เพื่อเป็นส่วนที่ให้ลูกค้าเข้าถึงได้, WP.21 Supplier agreement เป็นส่วนที่เก็บบันทึกข้อมูลข้อตกลงซัพพลายเออร์, WP.2 Configuration record เป็นส่วนที่บันทึกข้อมูลระบบงาน ไม่ว่าจะเป็นฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ต่าง ๆ และ WP.10 Service catalog เป็นส่วนที่แสดงรายการบริการอัตราค่าบริการ ขอบเขต ความสามารถ โปรโมชัน ข้อมูลติดต่อเพิ่มเติมให้กับคนที่สนใจหรือลูกค้าได้ทราบ และบันทึกลงใน WP.18 Service incident record หากเหตุการณ์หลังการใช้งานของลูกค้าในระดับสูงและระดับวิกฤต ซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้งานระบบหรือบริการของลูกค้าจะถูกบันทึกเก็บไว้ใน WP.11 Service change request เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขต่อไป และจะต้องวิเคราะห์ต่อหากแก้ไขจะส่งผลกระทบต่อบริบทส่วนไหนบ้างใน WP.2 Configuration record

3.2 กลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการดำเนินการวิจัย

ข้อมูลเหตุขัดข้อง (Incidents) มาดำเนินการวิเคราะห์และประเมิน เพื่อดำเนินการในหัวข้อที่ 3.3 การวิเคราะห์และจัดลำดับข้อมูลเหตุการณ์หลังใช้บริการ โดยมีจำนวนข้อมูลเหตุการณ์หลังการใช้งานของลูกค้า ปี 2563 ซึ่งเป็นปีที่ยังไม่ได้มีการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มาดำเนินการ แบ่งเป็น 4 ไตรมาส ได้แก่ ไตรมาสที่ 1 ช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม จำนวน 25 ข้อมูล ไตรมาสที่ 2 ช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน จำนวน 35 ข้อมูล ไตรมาสที่ 3 ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน จำนวน 30 ข้อมูล ไตรมาสที่ 4 ช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม จำนวน 10 ข้อมูล และปี 2565 ซึ่งเป็นปีที่

นำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 แบ่งเป็น 4 ไตรมาส ได้แก่ ไตรมาสที่ 1 ช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม จำนวน 40 ข้อมูล ไตรมาสที่ 2 ช่วงเดือนเมษายนถึงมิถุนายน จำนวน 37 ข้อมูล ไตรมาสที่ 3 ช่วงเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน จำนวน 25 ข้อมูล ไตรมาสที่ 4 ช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม จำนวน 10 ข้อมูล โดยข้อมูลเหตุการณ์หลังใช้บริการทั้ง 2 ปีเปรียบเทียบกับกันนั้น ตัวชี้วัดที่ต้องการมี 2 ข้อ ได้แก่ 1) ร้อยละของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับการแก้ไขได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ 2) จำนวนของเหตุการณ์ที่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกต้อง

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในงานวิจัยนี้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์หลังการใช้งานของลูกค้าแล้วไว้ในส่วนของ WP.18 Service incident record ซึ่งจะประกอบได้ข้อมูลย่อย ดังนี้

- 1) no. IN เลขกำกับเหตุการณ์ที่ลูกค้าแจ้งเข้ามาในแต่ละช่องทาง
- 2) Issue Details รายละเอียดของเหตุการณ์
- 3) Priority การจัดลำดับความสำคัญ
- 4) Issue Category การจัดหมวดหมู่ปัญหา ได้แก่ ความต้องการผู้ใช้งาน (User request) ความต้องการภายในทีมผู้พัฒนา (Team request) ข้อผิดพลาดจากระบบ (System error) และข้อผิดพลาดจากผู้ใช้งาน (User error)
- 5) Effect type ประเภทของผลกระทบ ได้แก่ ผลกระทบเล็กน้อย (Minor) และผลกระทบมาก (Major)
- 6) Incident date วันที่ได้รับแจ้งเหตุการณ์หลังใช้บริการ
- 7) Contact details ข้อมูลการติดต่อลูกค้าที่แจ้งเหตุการณ์
 - 7.1) Customer ID เลขกำกับลูกค้าที่แจ้งเหตุการณ์เข้ามา
 - 7.2) Customer name ชื่อลูกค้าที่แจ้งเหตุการณ์เข้ามา
 - 7.3) Province จังหวัดที่ลูกค้าใช้บริการ
 - 7.4) No of data จำนวนข้อมูลของลูกค้า
 - 7.5) E-mail เมลของลูกค้าที่แจ้งเหตุการณ์เข้ามา
- 8) Acknowledged by ระบุผู้รับทราบเหตุการณ์ที่ลูกค้าแจ้งมา
- 9) Potential CI สิ่งที่จะช่วยแก้ปัญหาให้ลูกค้าได้
- 10) Root Cause ต้นตอของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
- 11) Step Taken ขั้นตอนที่ดำเนินการ
- 12) Resolved by ระบุผู้แก้ไข
- 13) Start Date วันที่เริ่มต้นดำเนินการปรับปรุงเหตุการณ์ตามที่ลูกค้าแจ้งมา
- 14) Finish date วันที่สิ้นสุดในการดำเนินการปรับปรุงเหตุการณ์ตามที่ลูกค้าแจ้งมา

15) Status สถานะการดำเนินงาน ได้แก่ เปิดเหตุการณ์ (Opened) ดำเนินการปรับปรุงเหตุการณ์ (Updated) และปิดเรื่องของเหตุการณ์ที่ได้รับการแก้ไขเหตุการณ์ให้ลูกค้าแล้ว (Closed)

3.4 การจัดหมวดหมู่เหตุการณ์หลังใช้บริการของลูกค้า

งานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมเหตุการณ์หลังใช้บริการซอฟต์แวร์ของลูกค้า โดยในทาง ISO/IEC 29110 นี้ แทนด้วยคำว่า Incident โดยมีการจัดกลุ่มข้อมูลดังตาราง

ตารางที่ 1 แสดงการจัดระดับเหตุการณ์หลังใช้บริการซอฟต์แวร์

ระดับเหตุการณ์ (Incident Level)	ระดับความสำคัญ			
	ต่ำ (Low)	กลาง (Medium)	สูง (High)	สูงมาก (Highest)
เหตุการณ์ระดับทั่วไป (Pre-Approved)	✓	✓		
เหตุการณ์ระดับปกติ (Normal)			✓	
เหตุการณ์ระดับวิกฤต (Emergency)				✓

จากตารางที่ 1 ลำดับความสำคัญของ Incident โดยการแบ่งระดับของ Incident ออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1) Incident ระดับต่ำ - ผู้ใช้มีความสนใจต้องการใช้บริการแอปพลิเคชันในระดับเริ่มต้น

2) Incident ระดับกลาง - ผู้ใช้ได้ใช้งานบริการแอปพลิเคชันเบื้องต้นแล้ว มีความเข้าใจการใช้งาน แต่ติดปัญหาเชิงเทคนิคเกี่ยวกับเครือข่ายสื่อสาร (4G WiFi) หรือปัญหาอื่นที่ไม่สามารถเข้าใช้งานโปรแกรมได้ เป็นต้น

3) Incident ระดับสูง - ผู้ใช้ได้ติดตั้งบริการแอปพลิเคชันแล้วหรือได้ผ่านการอบรมแล้ว แต่มีความรู้สึกในเชิงปฏิเสธใช้งาน ตัวอย่าง เช่น การใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก ฟังก์ชันการใช้งานเยอะเกินไป และแอปพลิเคชันไม่แจ้งเตือนกิจกรรม เป็นต้น

4) Incident ระดับวิกฤต - ผู้ใช้ได้ใช้งานบริการแอปพลิเคชันในระดับปกติ และพบการทำงานที่เป็น Run-time Error จากโปรแกรมนั้นพบว่าข้อมูลในระบบคลาดเคลื่อน และข้อมูลจากการคำนวณผิดพลาด

จากนั้นจะนำ Incident ระดับวิกฤตมาดำเนินการต่อการสร้างคำขอเปลี่ยนแปลงบริการตามกระบวนการใน WP.11 Service Change Report ต่อไป

3.5 การวิเคราะห์และการประเมินผล

การวิเคราะห์และการประเมินผลในงานวิจัยนี้ มาจากการนำข้อมูล WP.18 Service incident record ซึ่งได้รับการดำเนินการตามกระบวนการบริหารจัดการตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 แล้วนั้นจะถูกรายงานประสิทธิภาพการให้บริการซอฟต์แวร์ใน WP.19 Service performance report ที่สรุปรายงานแก่ลูกค้าในทุก ๆ เดือน ซึ่งรายงานนี้ระบุรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่ รหัสรายงาน ชื่อรายงาน เวอร์ชัน วันที่ของเวอร์ชันในรายงาน ชื่อผู้รับผิดชอบสร้างรายงาน ชื่อผู้รับผิดชอบในการอนุมัติ ระดับการรักษาความลับ เดือนปีที่ต้องการให้แสดงรายงาน สถานะระบบที่แสดงให้เห็นประสิทธิภาพการให้บริการแก่ผู้ใช้งานอย่างไม่เกิดปัญหา หรือข้อขัดขัดในการใช้บริการที่มีการสรุปจำนวนระบบที่พร้อมใช้งานและสรุปเหตุการณ์และบริการข้อข้อง โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการจัดระเบียบการประเมินผลดังกล่าวออกเป็นไตรมาสและนำข้อมูล WP.19 Service performance report วิเคราะห์ทั้ง 2 ปีระหว่างปี 2563 เป็นปีที่ยังไม่ได้นำมาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 มาช่วยในการบริหารจัดการเปรียบเทียบกับปี 2565 ที่ทางบริษัทได้นำมาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 มาประยุกต์ใช้ เพื่อการบริหารจัดการดังกล่าวนั้น วิเคราะห์และประเมินผลโดยการทดลองแบบจับคู่ (Paired sample t test) [14] ดังสมการที่ 1

$$t = \frac{\bar{D}}{s_D} \quad (1)$$

โดย D = ความแตกต่างของค่าของตัวแปรตามแต่ละคู่

$\bar{D}$ = ค่าเฉลี่ยของ D

d_i เป็นค่าเบี่ยงเบนของแต่ละความแตกต่างจากความแตกต่างเฉลี่ย

$$d_i = D_i - \bar{D}$$

$$S_D^2 = \frac{\sum d_i^2}{(n-1)} = \text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ D}$$

$$S \frac{2}{D} = \frac{S_D^2}{n} \text{ เท่ากับ } s^2 \text{ ของค่าเฉลี่ยความแตกต่าง}$$

ในการทดสอบสมมุติฐาน $H_0: \bar{D} = 0$

ดังนั้น
$$t = \frac{\bar{D}}{s_D}$$

ช่วงความเชื่อมั่นเท่ากับ $95\%C.L = \bar{D} \pm t_{0.005} s_D$

จากสมการที่ 1 สามารถแสดงผลและอธิบายเปรียบเทียบให้เห็นความแตกต่างไว้ในหัวข้อที่ 4.2 ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเหตุขัดข้องในการบริการ (Service Incident) ที่ลูกค้าแจ้งเข้ามา

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ แสดงขั้นตอนการบริหารจัดการความเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบกับการใช้งานของลูกค้า ดังนี้

4.1 การบริหารจัดการความเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบกับการใช้งานของลูกค้า

เมื่อวิเคราะห์ Incident ในส่วนของระดับวิกฤตมาดำเนินการต่อการสร้างคำขอเปลี่ยนแปลงบริการตามกระบวนการใน WP.17 Service Design, Build, Test & Deployment Procedure เพื่อกำหนดการเปลี่ยนแปลง ออกแบบ สร้าง ทดสอบ และปรับใช้บริการแอปพลิเคชัน หรือระบบงาน โดยแบ่งคำขอเปลี่ยนแปลงบริการออกเป็น 3 ลักษณะหลัก ๆ ดังนี้

4.4.1 การบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงที่อนุมัติล่วงหน้า (Pre-approved change procedure)

การเปลี่ยนแปลงอนุมัติล่วงหน้าเป็นการเปลี่ยนโครงสร้างพื้นฐานบริการโดยมีความเสี่ยงขององค์กรเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีเลย ระบุโดยผู้จัดการฝ่ายควบคุม และตกลงโดยธุรกิจ

ความต้องการหรือความคิดเห็นที่ลูกค้าต้องการเปลี่ยนแปลงโดยบริษัททำการประเมินไว้ล่วงหน้า ยกตัวอย่างเช่น ลูกค้าลืม Username และรหัสผ่านในการใช้งาน โดยบริษัทมีขั้นตอนในการดำเนินการในส่วน Pre-approved change ดังภาพที่ 3

4.4.2 การบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงในระดับปกติ (Normal change procedure)

การเปลี่ยนแปลงในระดับปกติเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานของให้บริการซอฟต์แวร์ที่มีขนาดไม่พอดีกับเกณฑ์ที่ได้รับการบริหารจัดการอนุมัติล่วงหน้า (Pre-approved change) หรือการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงในระดับวิกฤต

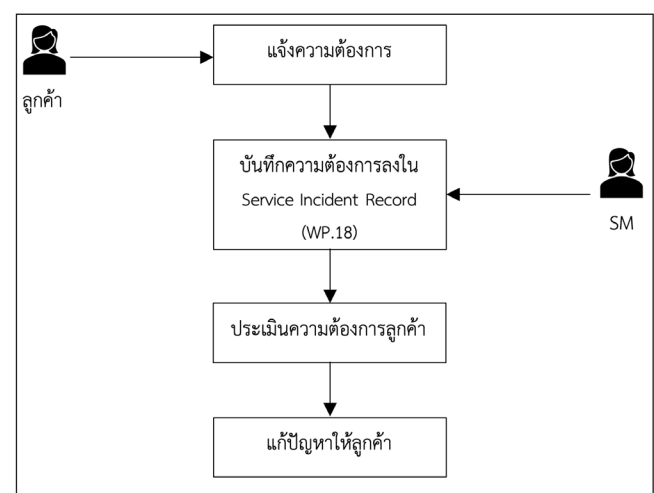
(Emergency change procedure) ซึ่งเนื่องจากขนาด ผลกระทบ หรือความเสี่ยง ต้องมีการประเมินอย่างเป็นทางการก่อนนำไปใช้

ความต้องการ ข้อคิดเห็นของลูกค้า และเหตุการณ์ในลักษณะพื้นฐานทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น ลูกค้าแจ้งว่าเมนในการใช้งานเยอะเกินไปและมีความซับซ้อนในการบันทึกข้อมูลลูกค้าอาจจะโทรมาแจ้งกับทาง Service Manager (SM) เมื่อ SM ได้รับปัญหาของลูกค้ามาก็ทำการบันทึกลง Service Incident Record หลังจากนั้น Incident Manager (IM) จะเป็นผู้จัดหมวดหมู่เหตุการณ์ดังกล่าวก่อนเบื้องต้น ทางคณะทำงานจะทำการประเมิน และนำเสนอแก่คณะบริหารเพื่อแจ้งให้ทราบถึงเหตุการณ์ดังกล่าว และให้ทางคณะบริหารตัดสินใจต่อเหตุการณ์นั้น ๆ ทำการขออนุมัติการแก้ไข หากความต้องการได้รับการอนุมัติจะถูกนำไปบันทึกลงใน WP.11 Service Change Request เพื่อนำไปจัดตารางการแก้ไขจากทีมโปรแกรมเมอร์ โดยจะแบ่งเป็นหน้าที่รับผิดชอบตามความงานและความสามารถของโปรแกรมเมอร์ในทีม โดยสามารถแสดงตามขั้นตอนการทำงานดังภาพที่ 4

4.4.3 การบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงในระดับวิกฤต (Emergency change procedure)

การเปลี่ยนแปลงแบบวิกฤตในโครงสร้างพื้นฐานของบริการเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ได้วางแผนหรือไม่ได้กำหนดไว้ อันเนื่องมาจากเหตุการณ์ที่มีผลกระทบโดยตรงหรือเกิดขึ้นจริง ซึ่งต้องมีการดำเนินการแก้ไขหรือปรับใช้ในทันที

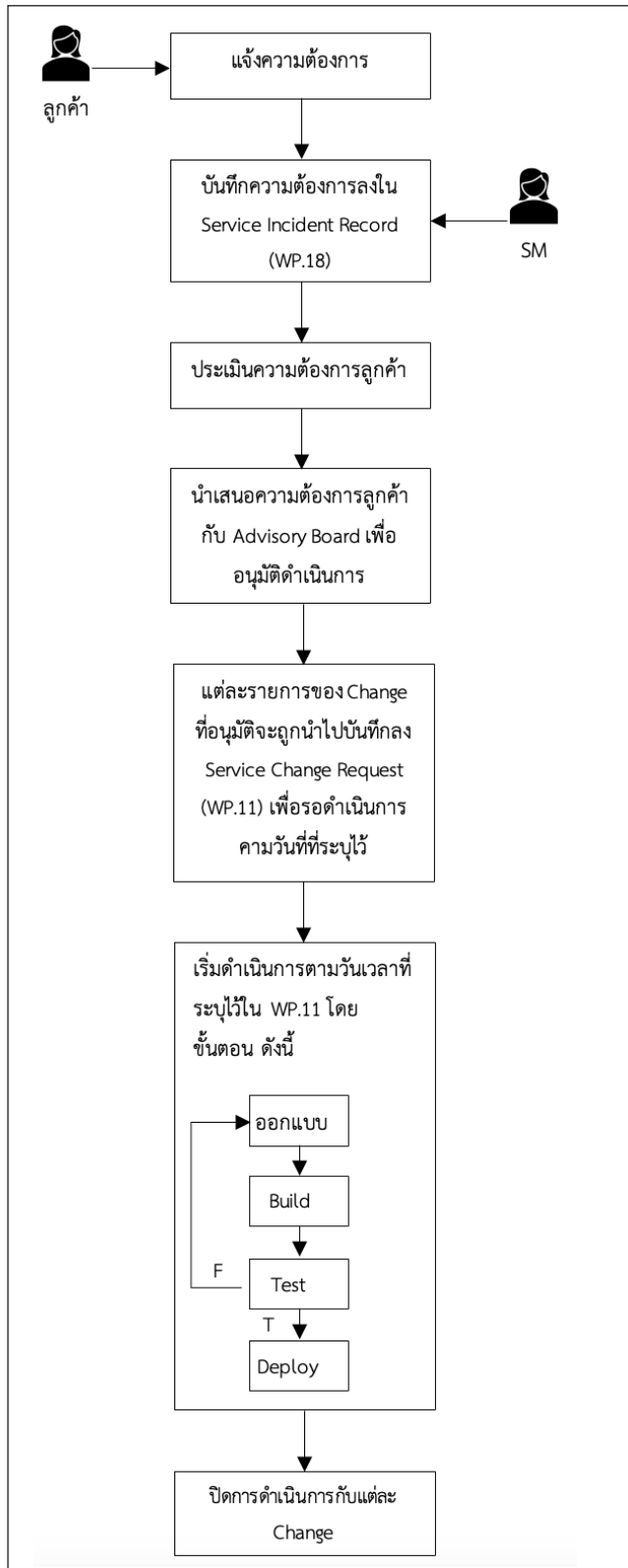
ความต้องการหรือข้อคิดเห็นของลูกค้าที่วิกฤตและส่งผลกระทบต่อลักษณะงานของลูกค้า ยกตัวอย่างเช่น ลูกค้าไม่สามารถเข้าใช้งานระบบได้ (ซึ่งความเป็นไปได้ค่อนข้างมาก



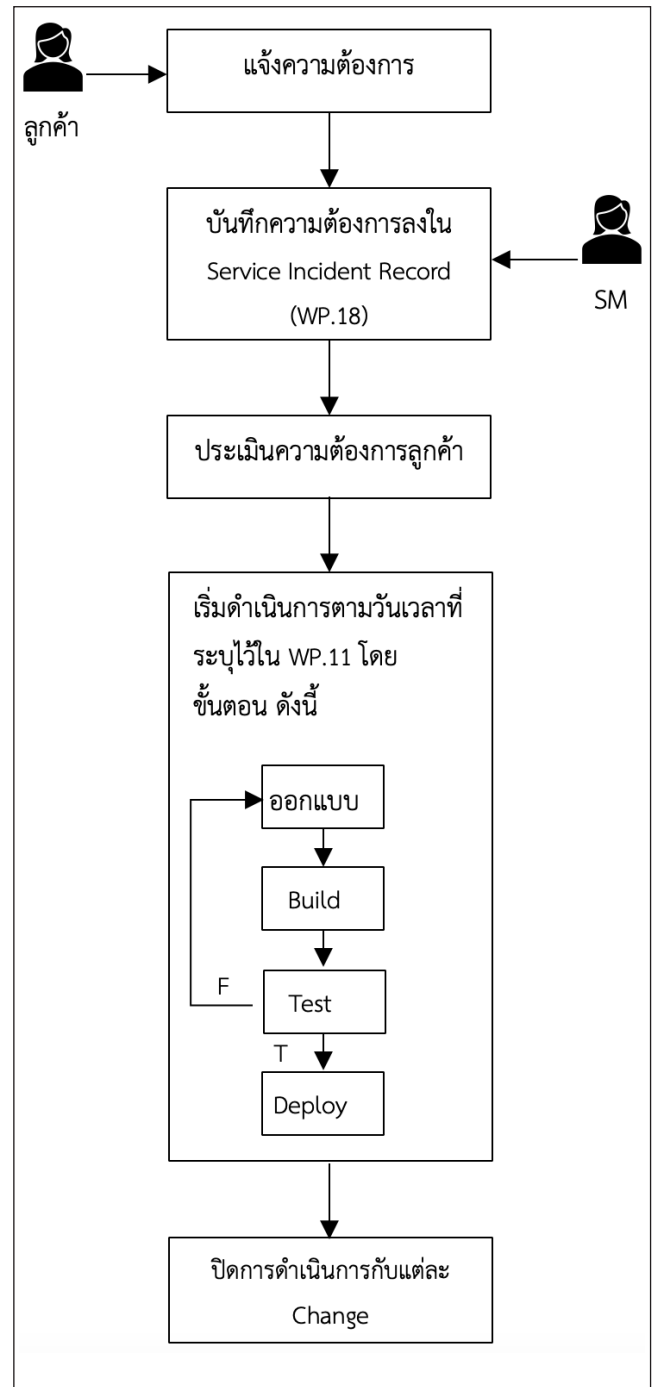
ภาพที่ 3 Pre-Approved Change Diagram



เนื่องจาก Server ของแอปพลิเคชัน ตั้งอยู่ที่ Google Data Center ณ ประเทศสิงคโปร์ ซึ่งเป็นระบบที่ค่อนข้างเสถียร) หากกรณีนี้เกิดขึ้นจริง ๆ จะมีขั้นตอนในการแก้ไขดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 Normal Change Diagram



ภาพที่ 5 Emergency Change Diagram

4.2 ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเหตุขัดข้องในการบริการ (Service Incident) ที่ลูกค้าแจ้งเข้ามา

งานวิจัยนี้ได้ทำการได้ทำการเปรียบเทียบการนำ ISO/IEC29110 เข้ามาใช้ก่อนและหลังในการบริหารจัดการกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ ซึ่งแบ่งการประเมินประสิทธิภาพออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

- 1) การประเมินประสิทธิภาพด้านการให้บริการ (Service Availability Performance: SAP) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบด้านการให้บริการลูกค้า

SAP	n	Mean	SD	df	t	p
Before	12	47.92	7.821	11	13.13	0.000
After	12	94.58	8.382			

จากตารางที่ 2 แสดงถึงการเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพด้านการให้บริการ พบว่า ทั้ง 4 ไตรมาสหรือ 12 เดือน หลังนำมาตรฐานดังกล่าวมาใช้สูงกว่าก่อนหน้าที่ยังไม่มีการนำมาตรฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 13.13, p = .000$) โดยมีค่าเฉลี่ยผลด้านการให้บริการผู้ใช้งานเท่ากับ 94.58 (Mean = 94.58, SD = 8.382) และก่อนหน้าที่ยังไม่มีการนำมาตรฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เท่ากับ 47.92 (Mean = 47.92, SD = 7.821)

ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มาใช้มีผลอย่างชัดเจนต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้บริการของผู้ประกอบการซอฟต์แวร์

2) การตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้บริการ (Service Responsiveness Performance: SRP) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้บริการ

SRP	n	Mean	SD	df	t	p
Before	12	45.83	6.337	11	29.612	0.000
After	12	100	6.814			

จากตารางที่ 3 แสดงถึงการเปรียบเทียบผลประสิทธิภาพในการด้านการตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้บริการเทคโนโลยีดิจิทัลที่สามารถให้บริการลูกค้าที่ใช้บริการเปรียบเทียบประสิทธิภาพก่อนและหลังการใช้บริการเทคโนโลยีดิจิทัล พบว่า ทั้ง 4 ไตรมาสหรือ 12 เดือน หลังนำมาตรฐานดังกล่าวมาใช้สูงกว่าก่อนหน้าที่ยังไม่มีการนำมาตรฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 29.612, p = .000$) โดยมีค่าเฉลี่ยผลการตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้บริการเท่ากับ 100 (Mean = 100, SD = 6.814) และก่อนหน้าที่ยังไม่มีการนำมาตรฐานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เท่ากับ 45.83 (Mean = 45.83, SD = 6.337)

ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่าการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110

มาใช้มีผลอย่างชัดเจนต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้บริการในองค์กร โดยสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้รวดเร็ว และตรงตามความต้องการมากยิ่งขึ้น

5. สรุป

ปัญหาความซับซ้อนในการจัดการกระบวนการภายในของผู้ประกอบการซอฟต์แวร์เป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการจัดการซอฟต์แวร์ที่ไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจน ทำให้การทำงานภายในยุ่งยากและซับซ้อน ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำงานร่วมกันระหว่างทีมพัฒนา อีกทั้งยังส่งผลต่อการประสานงานกับลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการสื่อสารที่ไม่ตรงกันและทำให้การให้บริการไม่สอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของลูกค้า การขาดมาตรฐานที่ชัดเจนนี้ทำให้กระบวนการตอบสนองความต้องการและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นล่าช้า เกิดการสูญเสียทรัพยากรและเวลาอย่างไม่จำเป็น ดังนั้นการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มาใช้ช่วยลดความซับซ้อนดังกล่าวได้โดยทำให้กระบวนการต่าง ๆ มีโครงสร้างและความชัดเจนที่สามารถรองรับการประสานงานระหว่างทีมพัฒนาและการตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการนำมาตรฐานสากล ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery มาปรับใช้ของบริษัท ชินเทลเจนท์ จำกัด ซึ่งมีการเก็บข้อมูลเหตุขัดข้องในการบริการ โดยแบ่งออกเป็น 4 ไตรมาสของเปรียบเทียบระหว่างปี 2563 กับปี 2565 ที่ผ่านมานั้นช่วยให้ประสิทธิผลของกระบวนการจัดการเหตุขัดข้องในการบริการ (Service Incident) ที่ลูกค้าแจ้งเข้ามานั้นทางบริษัทสามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านการให้บริการลูกค้า ช่วยทำให้การจัดการกระบวนการต่าง ๆ เป็นไปอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว และเหมาะสม ส่งผลต่อการพัฒนาประสิทธิภาพของบริการ การตอบสนองการใช้งานของลูกค้าแก้ไขได้อย่างทันท่วงที เสริมส่งให้ธุรกิจโดยรวมประสบความสำเร็จ

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะวิทยาการสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยมหาสารคามประจำปีงบประมาณ 2567 และได้รับการสนับสนุนข้อมูลจาก บริษัท ชินเทลลิเจนท์ จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทที่ได้รับมาตรฐาน ISO/IEC 29110 Part 4-3: Service delivery จากสภาอุตสาหกรรมดิจิทัลและเป็นผู้ประกอบการดิจิทัล (Digital Provider) ที่ขึ้นทะเบียนกับทางสำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล (Depa)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ministry of Digital Economy and Society, *Software development process according to ISO/IEC 29110 international standards*. Available Online at https://www.ict.up.ac.th/sanchaiy/2020-02/InfoSec/Document/600130_1eBook_ISO29110_MICT.pdf, accessed on 15 July 2023.
- [2] Ministry of Digital Economy and Society, *ISO/IEC 29110 Software Engineering Standard Process Guide for Public Sector*. Available Online at <https://ebooks.m-society.go.th/ebooks/detail/319>, accessed on 18 January 2023.
- [3] ISO/IEC TR 29110-5-1-2:2011, *Software Engineering Lifecycle Profiles for Very Small Entities (VSEs) Part 5-1-2: Management and Engineering Guide Generic Profile*. Available Online at <http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/index.html>, accessed on 1 August 2023.
- [4] Depa Thailand, *Digital Economy Promotion Master Plan, Phase 2023-2027*. Available Online at <https://www.depa.or.th/th/master-plan-digital-economy/master-plan-for-digital-economy-66-67>, accessed on 1 August 2023.
- [5] Depa Thailand, *The project to develop the potential and skills of the ISO/IEC 29110 standard to enhance entrepreneurship in the digital industry. (DP Build-up Project) Fiscal Year 2022*. Available Online at <https://www.depa.or.th/th/article-view/ISO-65-and-build-up-65>, accessed on 23 July 2023.
- [6] Depa Thailand, *Criteria for registering entrepreneurs in the Digital Provider*. Available Online at <https://www.depa.or.th/storage/app/media/file/annoanno-digital-provider-64-1.pdf>, accessed on 23 July 2023.
- [7] Depa Thailand, *depa Standardization Voucher*. Available Online at <https://www.depa.or.th/th/article-view/iso-iec-29110-depa-standardization-voucher>, accessed on 18 January 2023.
- [8] V. Claudia, M. Mirna and M. Jezreel. "Characterization of software processes improvement needs in SMEs." *In 2013 International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering IEEE*, Mexico, pp. 223 - 228, 2013.
- [9] M. L. Sanchez-Gordon and R. V. O'Connor. "Understanding the gap between software process practices and actual practice in very small companies." *Software Quality Journal*, Vol. 24, No. 3, pp. 549 - 570, August, 2016.
- [10] M. L. Sanchez-Gordon, A. de Amescua, R. V. O'Connor and X. Larrucea. "A standard-based framework to integrate software work in small settings." *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 54, No. P3, pp. 162 - 175, November, 2017.
- [11] A. Buchalcevova. "Using ArchiMate to model ISO/IEC 29110 standard for very small entities." *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 65, pp. 103 - 121, July, 2019.
- [12] L. Castillo-Salinas, S. Sanchez-Gordon, J. Villarroel-Ramos, and M. Sánchez-Gordón. "Evaluation of the implementation of a subset ISO/IEC 29110 Software Implementation process in four teams of undergraduate students of Ecuador. An empirical software engineering experiment." *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 70, pp. 103 - 430, June, 2020.
- [13] J.J. Alvarez and J.A. Hurtado. "Implementing the software requirements engineering practices of the ISO 29110-5-1-1 standard with the unified process." *2014 9th Computing Colombian Conference (9CCC)*, Colombia, pp. 175 - 183, 2014.
- [14] K. Lintharatanasirikul. "Using Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) in Educational Research." *Electronic Journal of Open and Distance Innovative Learning*, Vol. 1, 198 - 210, 2011.

การออกแบบและพัฒนาการจำแนกรังไหมดีและรังไหมเสียด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและการเรียนรู้แบบถ่ายโอน

A Design and Development of Good and Bad Cocoon Classification Models using Convolutional Neural Network and Transfer Learning

รัชชานนท์ สิมสวัสดิ์ (Ratchanon Simsawat)* และอรอุมา พรำโมต (On-Uma Pramote)*

Received: April 9, 2024

Revised: November 3, 2024

Accepted: November 13, 2024

* ผู้พิมพ์ประสานงาน: ออรอุมา พรำโมต (On-Uma Pramote) อีเมล: onbee@psru.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.008

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาการจำแนกรังไหมดีและรังไหมเสียด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและการเรียนรู้แบบถ่ายโอน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล 2) การเตรียมข้อมูล และ 3) การพัฒนาแบบจำลองจำแนกเสียง โดยข้อมูลที่ใช้เป็นไฟล์เสียงนามสกุล WAV บันทึกเสียงโดยใช้ไมโครโฟนและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งให้ผู้เชี่ยวชาญเขย่าจากรังไหมดีจำนวน 500 ไฟล์ และรังไหมเสียจำนวน 500 ไฟล์ รวมทั้งหมด 1,000 ไฟล์ ข้อมูลถูกแปลงจากข้อมูลเสียงเป็นข้อมูลภาพด้วยวิธีสเปกตรัมเมล ได้ 1,000 ภาพ และตัดภาพด้วยวิธีการ 2 วิธี ได้แก่ 1) การหาศูนย์กลางภาพ และ 2) การปรับขนาดภาพ ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและแบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอน 2 วิธี ได้แก่ MobileNetV2 และ NASNetMobile ในการพัฒนาแบบจำลองโดยข้อมูลภาพถูกแบ่งเป็น 2 ชุดในอัตราส่วน 80 ต่อ 20 ใช้เป็นข้อมูลสำหรับฝึกสอนแบบจำลอง 800 ภาพ และข้อมูลทดสอบแบบจำลอง 200 ภาพ ผลการวัดประสิทธิภาพแบบจำลองพบว่าวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ด้วยภาพที่ได้หลังการตัดภาพจากทั้ง 2 วิธี ยังคงคุณลักษณะเด่นอยู่บริเวณกลางภาพและภาพที่ใช้ในการฝึกสอนเป็นภาพของสเปกตรัมเมลรังไหมดีและรังไหมเสียทำให้ลดการรบกวนและอคติจากสัญญาณภาพแบบอื่นในแบบจำลอง ส่วนการเรียนรู้การถ่ายโอน วิธี MobileNetV2 ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 95 และ วิธี NASNetMobile ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 94.5

คำสำคัญ: การจำแนกเสียง โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน การเรียนรู้แบบถ่ายโอน รังไหม

Abstract

This research aims to design and development of good and bad cocoon classification models using convolutional neural network and transfer learning. There are 3 steps: 1) data acquisition, 2) data preparation, and 3) model development. The data used was a WAV audio file, recorded using a microphone and computer program, which had experts shake out 500 good cocoons and 500 bad cocoons, for a total of 1000 files. The data was converted from audio data into images using Mel spectrogram technique, The data was converted from audio data into images using the Mel Spectrum technique into 1000 images and crop the image using 2 methods, including 1) finding the center of the image and 2) resizing the image. Using a convolutional neural network. and transfer learning in modeling. The data is divided into two parts, 800 images of training data and 200 images of test data. The results show that the convolutional neural network model has an accuracy of 100 percent, Since the images obtained after cropping the images from both methods, there are still prominent features in the center of the image and the images used for training are images of the spectrum of good and bad cocoons, reducing noise or bias in classification model. As for the MobileNetV2 transfer learning model has an accuracy of 95 percent, and the NASNetMobile has an accuracy of 94.5 percent.

* หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

* Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University.

Keywords: Audio classification, Convolutional Neural Network, Transfer Learning, Cocoon.

1. บทนำ

ไหม (Silkworm) เป็นแมลงมีประโยชน์ทางเศรษฐกิจของประเทศ รังไหมเป็นเส้นใยธรรมชาติใช้ทำเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม เคหะสิ่งทอต่าง ๆ สารสกัดจากรังไหมสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในเครื่องสำอางและอาหารเพื่อสุขภาพ ใช้ประโยชน์ทางการแพทย์และการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ดักแด้ไหมมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมด้วยโปรตีนและไขมันประเภทไม่อิ่มตัว ใช้เป็นอาหารทั้งของคนและสัตว์เศรษฐกิจที่สำคัญคือ ผ้าไหมไทยมีชื่อเสียงไปทั่วโลกในด้านความสวยงามเป็นเอกลักษณ์เป็นสิ่งทอหลักที่นำรายได้เข้าประเทศ การเลี้ยงไหมทำให้เกษตรกรมีอาชีพสร้างรายได้สำหรับดำรงชีวิตไม่ละทิ้งฐานไปทำงานที่อื่นมีโอกาสสร้างครอบครัวและชุมชนที่เข้มแข็งมั่นคง พึ่งพาตนเองได้ นอกจากนั้นไหมยังช่วยสร้างรายได้ให้กับผู้ประกอบการภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมสิ่งทอและการสร้างผลิตภัณฑ์จากไหม [1]

ประเทศไทยมีกรมหม่อนไหมเป็นหน่วยงานที่ดูแลงานด้านหม่อนไหมของประเทศ เพื่อให้งานด้านหม่อนไหมของไทยมีความยั่งยืน และมีศูนย์ศิลปาชีพบางไทรเป็นแหล่งจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากไหม นอกจากนี้ยังมีบริษัทเอกชนที่ทำธุรกิจด้านไหม เช่น บริษัท จุลไหมไทย [2] การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ไหมที่ดีมีปัจจัยสำคัญคือ รังไหม โดยรังไหมที่ดีหรือมีคุณภาพต้องเป็นรังไหมที่มีหนอนไหมเพราะหนอนไหมเป็นตัวผลิตเส้นใย ดังนั้นระหว่างการเลี้ยงไหมต้องดูแลหนอนไหมไม่ให้ตายก่อนขायรัง และก่อนขायรังต้องตรวจสอบก่อนเพื่อขायเฉพาะรังไหมที่มีตัวหนอน ซึ่งการตรวจสอบในปัจจุบันเกษตรกรใช้วิธีเขยารังเพื่อฟังเสียงเป็นความสามารถที่ต้องใช้เวลาในการฝึกฝนและฝึกสอน ส่งผลให้มีเกษตรกรน้อยรายที่เชี่ยวชาญในทักษะด้านนี้ ซึ่งการเลี้ยงไหมในแต่ละครั้งมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 50,000 ตัว ทำให้ต้องใช้เวลาในการตรวจสอบนาน

รัฐบาลไทยได้ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีหรือนวัตกรรมให้กับเกษตรกรทั้งสตาร์ทอัพสายเกษตรหรือส่งเสริมให้เกษตรกรเป็นเกษตรกรอัจฉริยะใช้ข้อมูล และปัญญาประดิษฐ์ในการทำเกษตรเพิ่มขึ้น และพยายามผลักดันให้เกษตรกรนำมาใช้ได้จริง [3] เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบัน

เน้นการใช้ภาพถ่ายเป็นข้อมูลนำเข้าโดยวิธีที่นิยม ได้แก่ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และการเรียนรู้แบบถ่ายโอน ซึ่งมีงานวิจัยที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์ทั้ง 2 แบบในงานด้านเกษตรกรรมที่หลากหลาย ได้แก่ การจำแนกรโรคทางใบ [4] - [6] การจำแนกสายพันธุ์ [7] การจำแนกระดับความสุก [8] - [9]

จากปัญหาและเทคโนโลยีข้างต้น ผู้วิจัยจึงเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบการจำแนกรังไหมดี และรังไหมเสียโดยการวิเคราะห์ภาพสเปกโตรแกรมของเสียงด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และการเรียนรู้แบบถ่ายโอนเพื่อช่วยจำแนกรังไหมที่ตัวหนอนยังมีชีวิต กับรังไหมที่ตัวหนอนตายแล้ว ลดการใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางช่วยในการจำแนกมีความถูกต้องรวดเร็ว ลดภาระค่าใช้จ่ายของเกษตรกร

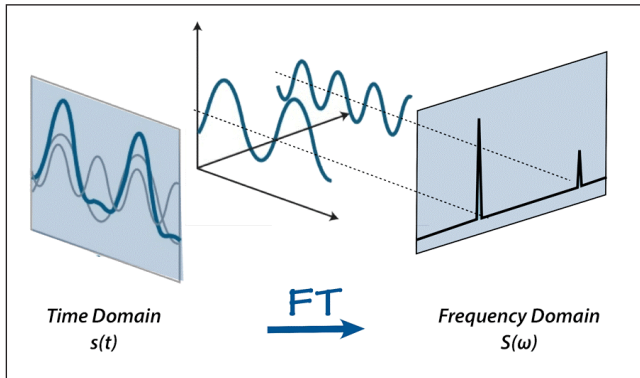
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เสียงและสเปกโตรแกรม (Sound and Mel Spectrogram)

เสียงเป็นพลังงานที่เกิดจากการอัดและการขยายโมเลกุลอากาศสลับกัน ซึ่งเป็นความเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของโมเลกุลอากาศในรูปแบบคลื่น ทำให้มีคุณลักษณะเฉพาะของเสียงที่สามารถระบุได้ เช่น ความยาวช่วงคลื่น แอมพลิจูด ความเร็ว ความเข้มเสียง [10] ส่งผลให้เสียงมีความแตกต่างกัน เช่น เสียงสูง เสียงต่ำ เสียงดัง เสียงเบา สัญญาณเสียงอยู่ในโดเมนเวลา ในงานวิจัยนี้จะแปลงสัญญาณจากโดเมนเวลาเป็นโดเมนความถี่ ด้วยวิธีการแปลงฟูรีเย (Fourier Transform) ส่งผลให้ได้ความถี่และแอมพลิจูดของความถี่ที่ถูกแสดงผลในแบบสเปกโตรแกรม (Spectrum) [11] ซึ่งในภาพที่ 1 สัญญาณเสียงในโดเมนเวลาจะแสดงเป็นคลื่นไซน์แต่ละคลื่นมีความสูงแตกต่างกัน เพราะในคลื่นเสียงสามารถมีหลายความยาวช่วงคลื่นหลายแอมพลิจูดได้ (เสียงที่สนใจ เสียงรบกวน) เมื่ออยู่ในโดเมนความถี่คลื่นเสียงจะถูกแยกออกจากกันให้สามารถเลือกความถี่ที่สนใจได้

สเปกโตรแกรมหรือแผนภาพของสเปกโตรัม นิยมใช้กับการแสดงผลของแถบคลื่นความถี่ของเสียง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือคลื่นของแสง เพราะแสดงความถี่ของสัญญาณตามเวลา ทำให้เข้าใจได้ง่าย โดยแนวนอนเป็นแกนเวลา แนวตั้งเป็นความถี่ที่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) [12] ในงานวิจัยนี้ได้นำสเปกโตรแกรมแปลงเป็นสเกลเมล ซึ่งเป็นสเกลที่ให้ความสำคัญช่วงความถี่ต่ำ

มากกว่าช่วงความถี่สูง จึงเก็บรายละเอียดของสัญญาณเสียงช่วงความถี่ต่ำได้มากกว่า [13]



ภาพที่ 1 การแปลงสัญญาณเวลาเป็นสัญญาณความถี่

2.2 ไลบรารี ลิปโรซ่า (Librosa)

ไลบรารี ลิปโรซ่า เป็นโอเพ่นซอร์สไลบรารีสำหรับวิเคราะห์การประมวลผลเสียงและเพลง มีฟังก์ชันใช้ในการทำงานได้แก่ อ่านไฟล์เสียงในรูปแบบต่าง ๆ คำนวณสเปกโตรแกรมสเปกโตรแกรมเมล และโครมาแกรม ดึงข้อมูลคุณลักษณะจากข้อมูลเสียง เช่น ค่าสัมประสิทธิ์เซปสตรัลความถี่เมล เซนทรอยด์สเปกตรัม อัตราการข้ามจุดศูนย์ มียูทิลิตี้สำหรับการสร้างภาพข้อมูลเสียง เป็นต้น [14]

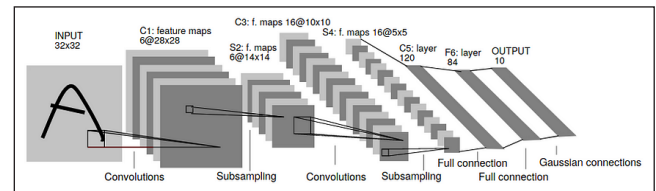
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่ม Bio-inspired มีหลักการทำงานคือ มองภาพเป็นพื้นที่ย่อย ๆ และพิจารณาแยกคุณลักษณะ (Feature) พื้นที่ย่อยนั้น เช่น ลายเส้น การตัดกันของสี โดยใช้คอนโวลูชันเชิงพื้นที่ (Spatial Convolution) เพื่อดึงคุณลักษณะออกมาและนำมาผสานกัน โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ประกอบด้วย 3 ชั้น ดังนี้ 1) ชั้นนำเข้า (Input Layer) 2) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) โดยในชั้นนี้แยกย่อยได้อีกคือ ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) ชั้นพูลลิ่ง (Pooling Layer) ชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ (Fully-Connected Layer) และ 3) ชั้นแสดงผลลัพธ์ (Output Layer) หรือเรียกว่า Multi-Layer Perceptron (MLP) [15] ดังแสดงในภาพที่ 2

2.4 การเรียนรู้การถ่ายโอน (Transfer Learning: TL)

การเรียนรู้แบบถ่ายโอนเป็นการใช้แบบจำลองที่ถูกสร้างฝึกและปรับแต่งไว้แล้ว มาปรับใช้ใหม่สำหรับงานใหม่

การเรียนรู้การถ่ายโอนมี 2 ประเภท ได้แก่ การเรียนรู้การถ่ายโอนแบบ Transductive และการเรียนรู้การถ่ายโอนแบบ Inductive ในงานวิจัยนี้ใช้การเรียนรู้การถ่ายโอนแบบ Inductive เช่น VGG, Xception, MobileNet ซึ่งได้รับการฝึกล่วงหน้าบนชุดข้อมูลภาพขนาดใหญ่จากนั้นจะถูกปรับแต่งเพื่อพัฒนาการจำแนกวัตถุ [16]



ภาพที่ 2 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐนิชา ขอบใจ และคณะ [17] นำเสนอเรื่อง การจำแนกเสียงของแมลง 5 ชนิด ได้แก่ แมลงกระชอน ตั๊กแตน จิ้งหรีด จิ้งโกร่ง แมลงดานา ซึ่งใช้การสกัดคุณลักษณะข้อมูลโดยข้อมูลนำเข้าได้มาจากวิดีโอเสียงของแมลง ใน YouTube 14 ไฟล์ แต่ละไฟล์ถูกตัดเป็น ไฟล์ย่อยมีความยาว 5 วินาที ได้ไฟล์ทั้งสิ้น 2,500 ไฟล์ แบ่งเป็นข้อมูลตั้งนี้ Train Set ร้อยละ 64 Validation Set ร้อยละ 16 และ Test Set ร้อยละ 20 มีการเปรียบเทียบวิธี 2 วิธี ได้แก่ แบบจำลองโครงข่ายประสาท (Neural Networks) กับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) ซึ่งผลการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 99.80 ส่วนโครงข่ายประสาทให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 85.20

อภิสรา ภิรมย์โต และคณะ [18] นำเสนอเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองจำแนกเสียงนกด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก โดยมีเสียงนก 20 ชนิด ในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จำนวน 1,613 ไฟล์ได้มาจากเว็บไซต์ xenocanto และนำมาตัดให้สั้นเหลือไฟล์ละ 8 วินาที ได้ไฟล์ทั้งสิ้น 4,800 ไฟล์ แล้วนำมาสกัดคุณลักษณะและใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันในการสร้างแบบจำลองจำแนก ซึ่งแบ่งข้อมูลสำหรับ Train Set ร้อยละ 60 Validation Set ร้อยละ 20 และ Test Set ร้อยละ 20 ได้ค่าความถูกต้องของแบบจำลองร้อยละ 90.62

ธีรภัทร กาญจนาคม และคณะ [19] นำเสนอเรื่อง การจำแนกเสียงของสุนัขด้วยอุปกรณ์ประมวลผลปัญญาประดิษฐ์

บนขอบเครือข่าย เพื่อให้เข้าใจความหมายที่สุนัขสื่อสารได้ไฟล์จากการอัดเสียงสุนัขอายุ 12 เดือนขึ้นไป เป็นสุนัขโตเต็มวัย และเสียงต้องมีความดังประมาณ 44.10 กิโลเฮิร์ต ไฟล์เสียงมีความยาว 5 - 7 วินาที โดยแบ่งกลุ่มเสียงเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ เสียงของสุนัขเมื่อได้รับความเจ็บปวด เสียงเห่าของสุนัข เสียงเหอนของสุนัข เสียงขู่ของสุนัข และเสียงอื่น ๆ ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ได้ค่าความถูกต้องของ Train Data ร้อยละ 94 และ Test Data ร้อยละ 87

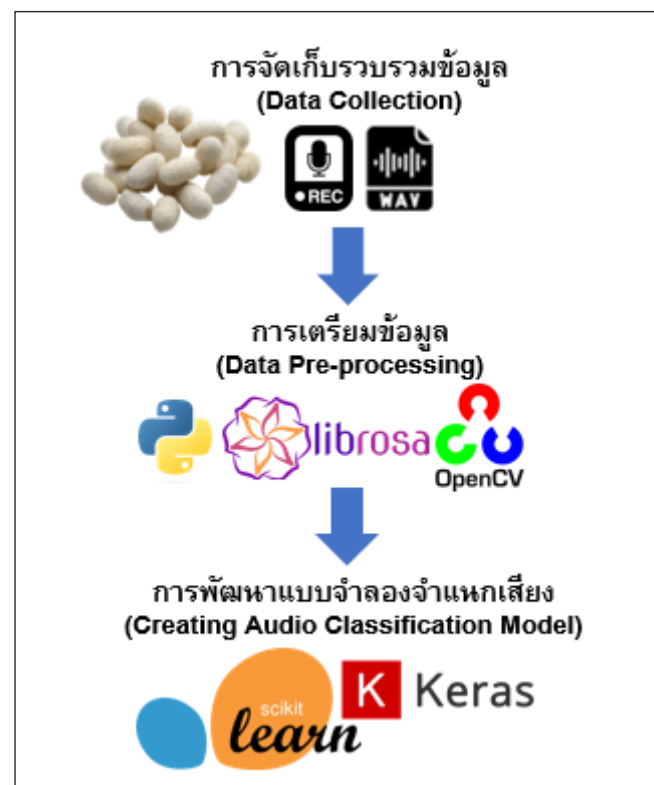
ภูวดล เขียงจันทร์ และจรัสศรี รุ่งรัตนอุบล [20] นำเสนอเรื่องโปรแกรมรู้จำเสียงสัตว์ 9 ชนิด ได้แก่ แมว หมู วัว ช้าง ไก่ แกะ ลิง กบ และสุนัข ข้อมูลเสียงแต่ละชนิดมี 30 ไฟล์ รวม 270 ไฟล์ อัดและพัฒนาระบบจำลองด้วยทีชเอเบิล แมทชชีน แบ่งเป็นข้อมูล Train จำนวน 189 ไฟล์ และ ข้อมูล Test จำนวน 81 ไฟล์ และนำไปประยุกต์ใช้บนแอนดรอยด์ แอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยโปรแกรม Flutter โดยแบบจำลองให้ค่าความถูกต้องเมื่อทดสอบผ่านคอมพิวเตอร์ ร้อยละ 71.6 และให้ค่าความถูกต้องในชุดข้อมูลเดียวกันที่ทดสอบผ่านโทรศัพท์แอนดรอยด์ ร้อยละ 37

ชั้นนี้ กวินเสกสรรค์ และคณะ [21] นำเสนอเรื่อง การจำแนกเสียงอ่านร้อยกรองไทย โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม โดยแยกการอ่านทำนองเสนาะ และการขับเสภา ใช้การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี Neural Network ได้ข้อมูลจากวิดีโอ การอ่านทำนองเสนาะ และการขับเสภาใน YouTube แบ่งเป็นการอ่านทำนองเสนาะ 7 ไฟล์ การขับเสภา 5 ไฟล์ และนำมาตัดเป็นไฟล์ขนาด 10 วินาที ได้ทั้งหมด 271 ไฟล์ ซึ่งในการแบ่งข้อมูล แบ่งเป็นข้อมูลชุดฝึก ร้อยละ 80 และข้อมูลชุดทดสอบ ร้อยละ 20 ได้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้นพบว่างานวิจัยจำแนกเสียง นามาใช้จำแนกได้ทั้งเสียงคน สัตว์ หรือแมลง โดยการเก็บข้อมูล จากเว็บไซต์หรือบันทึกเสียงเอง ซึ่งใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม แบบคอนโวลูชัน และแบ่งชุดข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง จำแนกในอัตราส่วนข้อมูลฝึกสอนร้อยละ 80 และข้อมูล ทดสอบร้อยละ 20 ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำการทบทวนข้างต้น มาบูรณาการในงานวิจัยเสียงรังไหมที่เก็บข้อมูลเอง โดยใช้วิธี สำหรับการสร้างแบบจำลองและการแบ่งชุดข้อมูลเดียวกับ วรรณกรรมที่ได้ทบทวน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาระบบการจำแนกรังไหมดี และรังไหมเสีย ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และการเรียนรู้แบบถ่ายโอนมีกรอบแนวคิดซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนแรก การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) เป็นการเก็บ บันทึกข้อมูลเสียงของรังไหมทั้งรังดีและรังเสียให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลที่สามารถนำไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ได้ ส่วนที่สอง การเตรียมข้อมูล (Data Pre-processing) เป็นการทำความสะอาด ข้อมูล เช่น ลดเสียงรบกวน จัดการสัญญาณเสียงให้เหมาะสม กับการสร้างแบบจำลอง ส่วนที่สาม การพัฒนาแบบจำลอง (Creating Audio Classification Model) เป็นการพัฒนาแบบจำลอง โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ การฝึกสอนแบบจำลอง (Training) และการทดสอบแบบจำลอง (Testing) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดของการจำแนกรังไหม

การออกแบบและพัฒนาระบบการจำแนกรังไหมดี และรังไหมเสีย ด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและการเรียนรู้แบบถ่ายโอนมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล

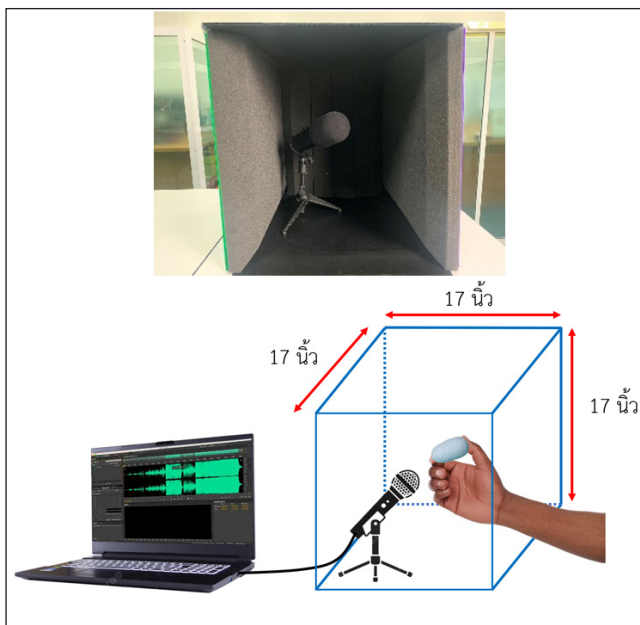
3.1.1 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย (Dataset) รังไหมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นพันธุ์ไหมแม่พันธุ์สายพันธุ์จีน แบ่งออกเป็น 2 แบบ รังดี (รังไหมที่ตัวหนอนมีชีวิต) จำนวน 500 รัง

และรังเสีย (รังไหมที่ตัวหนอนตาย) จำนวน 500 รัง ดังแสดงในภาพที่ 4 ใช้ไฟล์เสียง 1 รัง 1 ไฟล์ ดังนั้นไฟล์เสียงทั้งหมดที่ใช้จำนวน 1,000 ไฟล์ แยกเป็นเสียงรังดี 500 ไฟล์ และเสียงรังเสีย 500 ไฟล์



ภาพที่ 4 ลักษณะของรังไหมดีและรังไหมเสีย

3.1.2 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลเสียง ผู้วิจัยสร้างกล่องด้วยฟิวเจอร์บอร์ดมีขนาดความกว้าง ความยาว และความสูง 17 นิ้ว บุผนังด้านในด้วยแผ่นฟองน้ำซับเสียง (Acoustic Foam) เพื่อป้องกันการเสียงรบกวนจากภายนอก และเสียงสะท้อนภายใน รับข้อมูลเสียงด้วยไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ยี่ห้อแฟนเทค (Fantech Microphone condenser) ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 สภาพแวดล้อมที่ใช้ในการบันทึกเสียง

การเขย่ารังไหมให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นคนเขย่า และกำหนดผลลัพธ์ (Label) ของรังไหม โดยการเขย่าผู้เชี่ยวชาญจะยื่นมือที่ถือรังไหมเข้าไปในกล่องที่สร้างขึ้น การเขย่า 1 ครั้งคือการเคลื่อนที่ของตัวไหมไป - กลับ จากปลายรังด้านหนึ่งสู่อีกด้านหนึ่งนับเป็น 1 รอบ การวางรังไหมสำหรับการเขย่าจะวางรังในแนวนอนขนานกับพื้น ไฟล์เสียงที่ใช้ในการประมวลผลเป็นไฟล์นามสกุลเวฟ (WAVE)

3.2 การเตรียมข้อมูล

3.2.1 การตัดข้อมูลเสียง หลังการบันทึกเสียงได้ข้อมูลเป็นไฟล์ WAVE โดยแต่ละไฟล์มีเวลาในการบันทึกไม่เท่ากัน ดังนั้นต้องทำการเลือกช่วงข้อมูลเสียงโดยพิจารณาข้อมูลในมิติของเวลา คือ วินาที (Second) ข้อมูลเสียงรังไหมจะอยู่ช่วงกลางของไฟล์ เวลาที่ใช้บันทึกเสียงสั้นที่สุดเท่ากับ 1.09 วินาที และเวลาที่ใช้บันทึกเสียงยาวที่สุดเท่ากับ 3.83 วินาที ผู้วิจัยจึงพิจารณาเลือกความยาว 1 วินาที ในการทำการทดลอง ดังนั้นการเลือกข้อมูลจะพิจารณาหาที่กลางเวลาในการบันทึกเสียงแต่ละไฟล์ และ ± 0.5 วินาที ดังชุดโค้ดในภาพที่ 6 ส่วนในภาพที่ 7 เป็นตัวอย่างข้อมูลเสียงก่อนใช้ขั้นตอนวิธีการตัด แนวตั้งแสดงความดังของเสียง (เดซิเบล) แนวนอนแสดงระยะเวลาที่ใช้บันทึก ภาพที่ 8 เป็นข้อมูลเสียงหลังจากขั้นตอนวิธีการตัดแล้วจะเห็นว่าข้อมูลในส่วนหัวและท้ายของไฟล์ซึ่งไม่มีเสียงของรังไหมถูกตัดออกไป

Algorithm: Finding the middle sound

Input: Sound File WAV

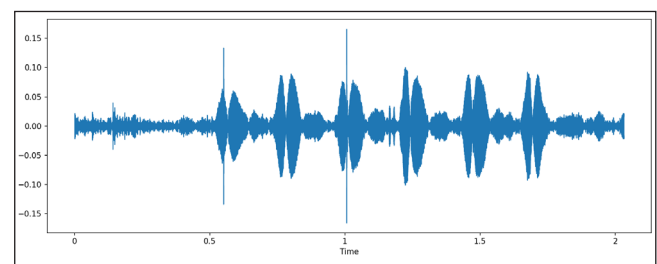
Output: Sound File WAV

```

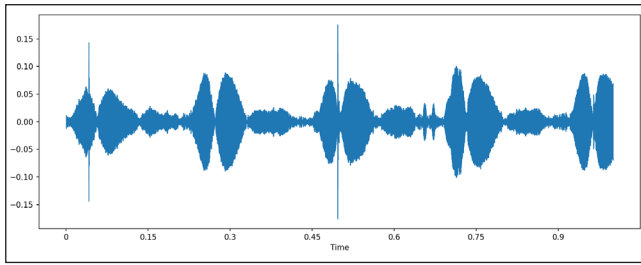
1: Read data sound
2: len_sound = round (Data_sound.frame/Data_sound.samplerate),2)
3: if len_sound > 0.5 then
4:   mid_time = round(len_sound/2),2)
5:   start_time = mid_time - 0.5
6:   end_time = mid_time + 0.5
7:   data = int((end_time-start_time) * framerate)
8:   new_sound = int(len(data)/samplewidth)
9:   Write new_sound
10: end

```

ภาพที่ 6 ขั้นตอนวิธีการตัดไฟล์เสียง

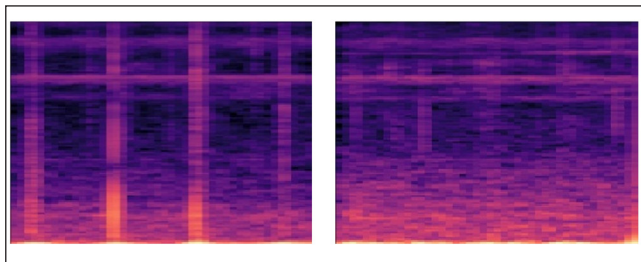


ภาพที่ 7 ข้อมูลเสียงก่อนใช้ขั้นตอนวิธีการตัด



ภาพที่ 8 ข้อมูลเสียงหลังใช้ขั้นตอนวิธีการตัด

3.2.2 การแปลงข้อมูลเสียงเป็นภาพไลบรารี ลิปโรซ่า จะอ่านข้อมูลไฟล์เสียงนามสกุลเวฟ (WAV) และแปลงให้เป็น อาร์เรย์ด้วยนัมพาย (Numpy) เพื่อคำนวณ สเปกโตรแกรมเมล สำหรับการวิเคราะห์เนื้อหาความถี่ของสัญญาณเสียง ในช่วงเวลาต่าง ๆ และสร้างภาพจากฟังก์ชันการพล็อตของ ไลบรารี ลิปโรซ่า เพื่อสร้างภาพข้อมูลเสียง ดังแสดงในภาพที่ 9 และใช้ไลบรารีโอเพ่นซีวี (OpenCV) เพื่อบันทึกข้อมูลภาพ ลงในคอมพิวเตอร์สำหรับใช้สร้างแบบจำลองการจำแนกต่อไป



ภาพที่ 9 ภาพข้อมูลเสียงจากรังไหมดีและรังไหมเสีย

3.3 การพัฒนาแบบจำลอง

ในงานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลองการจำแนกเสียงด้วย วิธี 2 วิธี ได้แก่ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และวิธีการเรียนรู้การถ่ายโอน

3.3.1 การพัฒนาแบบจำลองการจำแนกเสียงด้วยวิธี โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน จะแบ่งข้อมูลภาพ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนฝึกสอนแบบจำลอง (Training) และส่วนทดสอบแบบจำลอง (Testing) โดยข้อมูลจะถูกแบ่งเป็น ส่วนฝึกสอน ร้อยละ 80 หรือจำนวน 800 ไฟล์ และส่วนทดสอบ ร้อยละ 20 หรือจำนวน 200 ไฟล์ ใช้วิธี 10 - Fold Cross Validation ในการแบ่งข้อมูลเข้าแบบจำลอง กำหนดพารามิเตอร์ดังนี้ ค่า Epochs เท่ากับ 20 ค่า Learning เท่ากับ 0.01 ค่า Batch size เท่ากับ 32 โดยมีโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ คอนโวลูชันดังภาพที่ 10

Model: "sequential"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d (Conv2D)	(None, 254, 254, 16)	448
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 127, 127, 16)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 125, 125, 32)	4640
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D)	(None, 62, 62, 32)	0
dropout (Dropout)	(None, 62, 62, 32)	0
flatten (Flatten)	(None, 123008)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 123008)	0
dense (Dense)	(None, 120)	14761080
dense_1 (Dense)	(None, 2)	242
Total params: 14,766,410		
Trainable params: 14,766,410		
Non-trainable params: 0		

ภาพที่ 10 โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ใช้ ในการทดลอง

3.3.2 การพัฒนาแบบจำลองการจำแนกเสียง ด้วยการเรียนรู้แบบถ่ายโอน (Transfer Learning) เป็นวิธีที่ ช่วยลดเวลาการเทรนแบบจำลอง Deep Learning ด้วยการนำ บางส่วนของแบบจำลองที่ฝึกสอนเรียบร้อยแล้วกับงาน ที่ใกล้เคียงกัน มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองใหม่ ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือก MobileNetV2 และ NASNetMobile มาใช้ในการทดสอบเพราะมีจำนวนพารามิเตอร์น้อยส่งผลให้ ใช้เวลาในการประมวลผลเร็วกว่าแบบจำลองอื่น และมีค่า ความถูกต้องอันดับ 1 (Top-1 Accuracy) มากกว่าร้อยละ 70 ค่าความถูกต้อง 5 อันดับแรก (Top-5 Accuracy) มากกว่าร้อยละ 90 โดยทั้งสองวิธีมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลแบบจำลองการเรียนรู้การถ่ายโอน ที่ใช้ในงานวิจัย

Model	Top-1 Accuracy	Top-5 Accuracy	Parameters
MobileNet V2	71.30 %	90.10%	3.54 M
NASNet Mobile	74.40 %	91.90 %	5.33 M

3.3.3 การวัดประสิทธิภาพ (Classifier Evaluation)

ตารางคอนฟิวชัน เมทริกซ์ (Confusion Matrix) เป็นตารางที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยการประเมินค่าจริง (Actual Value) เทียบกับค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (Predicted Value) โดยสรุปอยู่ในรูปแบบของตารางเมทริกซ์ซึ่งประกอบด้วยค่า 4 ค่า แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่สนใจ (Positive) โดยแยกพิจารณาได้เป็นกรณีย่อย ดังนี้ True Positive (TP) คือ ผลลัพธ์ไปในทางเดียวกัน ค่าจริง และแบบจำลองให้ผลลัพธ์เป็นสิ่งที่สนใจ True Negative (TN) ผลลัพธ์ไปในทางเดียวกัน ค่าจริง และแบบจำลองให้ผลลัพธ์เป็นสิ่งที่ไม่สนใจ 2) กลุ่มที่ไม่สนใจ (Negative) มีกรณีย่อย ดังนี้ False Positive (FP) ผลลัพธ์ไปตรงข้ามกัน ค่าจริงเป็นสิ่งที่ไม่สนใจ แต่แบบจำลองให้ผลลัพธ์เป็นสิ่งที่สนใจ False Negative (FN) ผลลัพธ์ตรงข้ามกัน ค่าจริงเป็นสิ่งที่สนใจ แต่แบบจำลองให้ผลลัพธ์เป็นสิ่งที่ไม่สนใจ

ความแม่นยำในการประเมินในสิ่งที่สนใจ (Precision) พิจารณาเฉพาะที่เป็น True Positives (TP) ความสามารถในการตรวจจับสิ่งที่สนใจ (Recall) ความถูกต้อง (Accuracy) ใช้บอกความถึงความสามารถของแบบจำลองโดยรวมให้ผลลัพธ์ไปในทางเดียวกัน ทั้งในกรณี Positive และ Negative ค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิกในการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง (F1-Score) เป็นค่าความสมดุลระหว่างความแม่นยำในการประเมินในสิ่งที่สนใจ และความแม่นยำในการประเมินในสิ่งที่สนใจ [22]

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{(TP + FP + FN + TN)} \quad (3)$$

$$\text{F1 - Score} = 2 \times \frac{TP}{TP + FP} \quad (4)$$

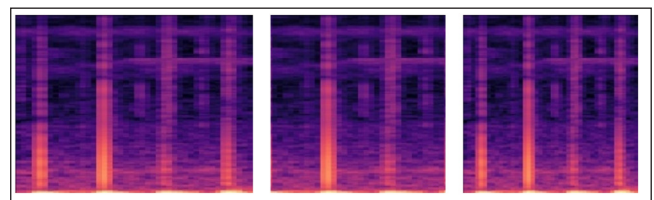
4. ผลการดำเนินงาน

การออกแบบและพัฒนาการจำแนกรั้วใหม่ดี และรั้วใหม่เสียด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และการเรียนรู้แบบถ่ายโอน แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทดสอบภาพจากเสียงเพื่อใช้ในการวิจัย การทดสอบภาพกับแบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอน และการทดสอบ

กับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

4.1 ผลการแปลงภาพจากข้อมูลเสียง

การวิจัยนี้ใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่มีหน่วยประมวลผลกลางรหัส Intel Core i7 Gen11 ความเร็ว 2.30 กิกะเฮิร์ตซ์ หน่วยความจำหลัก 48 กิกะไบต์ หน่วยความจำสำรอง 1 เทระไบต์ หน่วยประมวลผลกราฟิก Nvidia GeForce RTX 3070 ใช้ซอฟต์แวร์ภาษาไพธอน ไบรารีไลเซนส์ไฟล์ (Soundfile) ทำการตัดเสียงให้มีความยาวในมิติของเวลาเท่ากัน คือ 1 วินาที จากนั้นแปลงเสียงเป็นภาพด้วยไลบรารีลิบโรซ่า และไลบรารีโอเพนซีวี ภาพที่ได้มีขนาดความกว้าง 610 พิกเซล สูง 450 พิกเซล ความละเอียด 100 ดีพีโอ ระดับความลึก 24 บิต จากนั้นทำการปรับขนาดภาพให้มีความกว้าง และความสูง มีขนาดเท่ากัน โดยใช้ค่า 450 พิกเซล เพื่อการทำงานที่เหมาะสมกับเคเนล (Kernel) ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และแบบจำลองการเรียนรู้การถ่ายโอน การลดความกว้างของภาพใช้ 2 วิธี ได้แก่ 1) วิธีกึ่งกลางภาพ (Center) เป็นหาที่กึ่งกลางของความกว้างแล้วขยายพื้นที่ทางซ้าย - ขวาออกจากกึ่งกลางเท่า ๆ 2) วิธีปรับขนาด (Resize) เป็นการใช้ฟังก์ชัน Resize ของไลบรารีโอเพนซีวี เพื่อลดพื้นที่ความกว้างลง ดังภาพที่ 11



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 11 การปรับขนาดภาพ

จากภาพที่ 11 (ก) เป็นภาพที่ได้จากการแปลงข้อมูลเสียงเป็นภาพ 11 (ข) เป็นภาพที่ใช้วิธี Center และภาพ 11 (ค) เป็นภาพที่ใช้วิธี Resize ซึ่งภาพที่ได้จาก 2 วิธี จะถูกนำไปทดสอบกับแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และแบบจำลองการเรียนรู้การถ่ายโอน

4.2 ผลการทดลองโดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้การถ่ายโอน

การทดลองนี้ใช้ Google Computer Engine และไพธอน 3 โดยมีฮาร์ดแวร์ ดังนี้ Intel(R) Xeon(R) CPU @ 2.20 กิกะเฮิร์ตซ์ จำนวน 2 หน่วย หน่วยความจำหลัก 12.7 กิกะไบต์ หน่วยความจำสำรอง 225.8 กิกะไบต์ ซอฟต์แวร์ประกอบด้วย

ไลบรารีไซเคิลรีน ไลบรารีนิมพาย ไลบรารีแพนดาส และไลบรารีซิปอน กำหนดค่า Epoch เท่ากับ 20 ค่า Learning เท่ากับ 0.01 ค่า Batch Size เท่ากับ 32 แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอน

Classifier Evaluation	MobileNetV2		NASNetMobile	
	Center	Resize	Center	Resize
Precision	95.00	94.00	95.00	91.00
Recall	95.00	94.50	94.50	91.00
Accuracy	95.00	94.00	94.50	91.00
F1-Score	95.00	94.50	94.50	91.00

จากตารางที่ 2 พบว่า แบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอนวิธี MobileNet ให้ค่าให้ค่าความแม่นยำ ค่าความสามารถในการตรวจจับสิ่งที่สนใจ ค่าความถูกต้อง และค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิกที่สูงและใกล้เคียงกันกว่าแบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอนวิธี NASNetMobile และภาพข้อมูลรั้งใหม่ที่ใช้การลดความกว้างของภาพด้วยวิธี Center นำไปใช้ในการฝึกสอนโมเดลช่วยให้ประสิทธิภาพในการจำแนกของโมเดลสูงกว่าการลดความกว้างของภาพด้วยวิธี Resize

4.3 ผลการทดลองโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

การทดลองนี้ใช้ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ชุดเดียวกับการทดลองโดยการเรียนรู้แบบถ่ายโอน โดยให้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

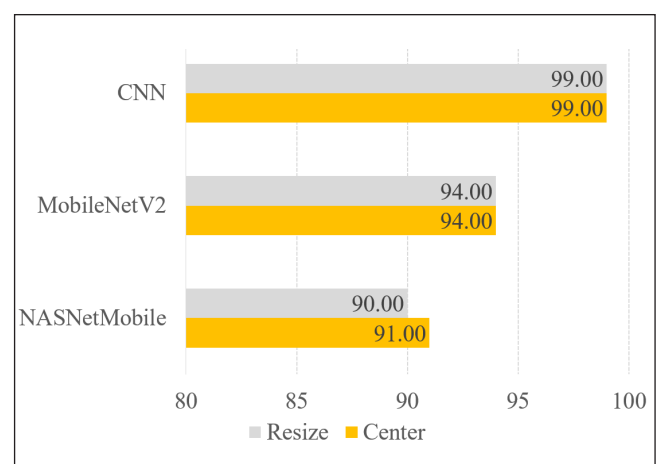
ตารางที่ 3 แสดงประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

Classifier Evaluation	CNN	
	Center	Resize
Precision	100.00	100.00
Recall	100.00	100.00
Accuracy	100.00	100.00
F1-Score	100.00	100.00

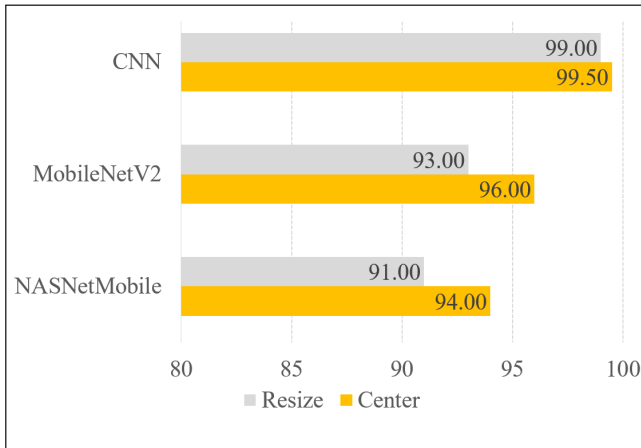
จากตารางที่ 3 ค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันทั้งค่าความแม่นยำ ค่าความสามารถในการตรวจจับสิ่งที่สนใจ ค่าความถูกต้อง และค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิก ให้ค่าสูงสุดร้อยละ 100 และใช้ได้กับภาพที่ได้จากการลดความกว้างของภาพทั้งวิธี Center และวิธี Resize เนื่องจากลักษณะเด่นของภาพอยู่บริเวณกลางภาพเมื่อใช้การลดความกว้างของภาพด้วยวิธี Center ทำให้คุณลักษณะเด่นยังคงอยู่ และการลดความกว้างของภาพด้วยวิธี Resize เป็นการลดพื้นที่ความกว้างลงแต่ยังคงคุณลักษณะเด่นไว้ได้ ประกอบกับค่าพารามิเตอร์และจำนวนชั้นเลเยอร์ของวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันถูกกำหนดเพื่อการจำแนกภาพสเปกโตรแกรมข้อมูลเสียงรั้งใหม่ดีและรั้งใหม่เสียโดยปราศจากรูปอื่นปะปนส่งผลให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 4 ค่าจึงมีค่าสูงสุด

4.4 ผลประสิทธิภาพของการลดความกว้างของภาพที่แตกต่างตามจำนวนครั้งที่ใช้ข้อมูล

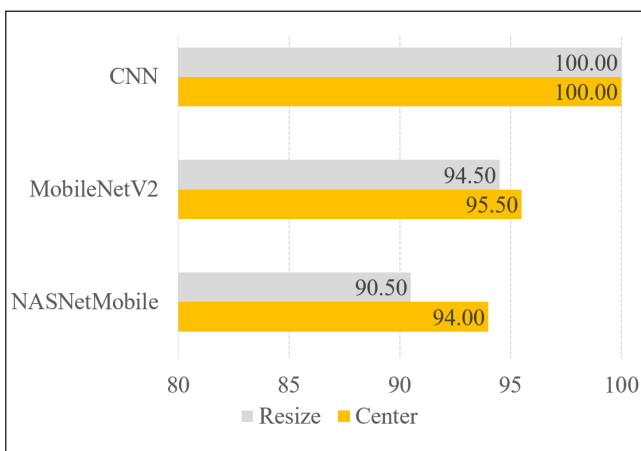
ประสิทธิภาพของแบบจำลองแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน แบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอนวิธี MobileNet และวิธี NASNetMobile โดยใช้การลดความกว้างของภาพ ด้วยวิธี Center และวิธี Resize จะพิจารณาค่าความถูกต้องในจำนวนครั้งที่ใช้ข้อมูลแสดงดังภาพที่ 12 - 15



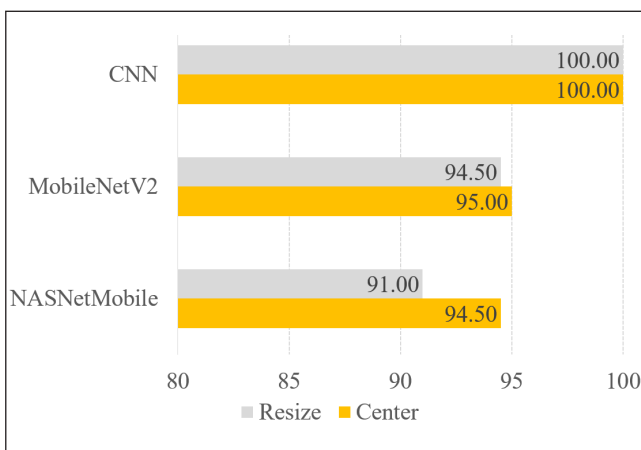
ภาพที่ 12 จำนวนครั้งที่ใช้ข้อมูล 5 Epochs



ภาพที่ 13 จำนวนครั้งที่ใช้อ้างอิงข้อมูล 10 Epochs



ภาพที่ 14 จำนวนครั้งที่ใช้อ้างอิงข้อมูล 15 Epochs



ภาพที่ 15 จำนวนครั้งที่ใช้อ้างอิงข้อมูล 20 Epochs

จากภาพที่ 12 - 15 จำนวนครั้งที่ใช้อ้างอิงข้อมูล 5, 10, 15, และ 20 Epochs พบว่าการปรับขนาดภาพด้วยวิธี Center ส่งผลให้ค่าความถูกต้องในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน แบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอนวิธี

MobileNet และวิธี NASNetMobile สูงกว่า หรือเท่ากับการลดความกว้างของภาพด้วยวิธี Resize แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ใช้การลดความกว้างของภาพด้วย Center ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าแบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอนวิธี MobileNet และวิธี NASNetMobile ในทุก Epochs ซึ่งใน Epochs 15 แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ใช้การลดความกว้างของภาพด้วย Center ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 ในขณะที่แบบจำลองการเรียนรู้แบบถ่ายโอนวิธี MobileNet ให้ค่าความถูกต้อง ร้อยละ 95.00 และวิธี NASNetMobile ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 94.50

5. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาการจำแนกรูปภาพและรู้จำเสียงด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันและการเรียนรู้แบบถ่ายโอน โดยมีข้อมูลภาพจำนวน 1,000 ภาพ จาก 2 คลาส ๆ ละ 500 ภาพ แบ่งภาพเป็น 2 ชุด เพื่อฝึกสอนและทดสอบแบบจำลอง โดยใช้อัตราส่วน 80 ต่อ 20 การเตรียมข้อมูลจากเสียงเป็นภาพใช้ 2 วิธี ได้แก่ วิธีกึ่งกลางภาพ (Center) และวิธีปรับขนาด (Resize) ซึ่งใช้ภาษาไพธอนไลบรารีลิลิปโรซ่า ไลบรารีโอเพ่นซีวี ไลบรารีเคอร์ส และไลบรารีไซคิลิเรียนในการพัฒนางานวิจัย

งานวิจัยใช้การวัดประสิทธิภาพด้วยตารางคอนฟิวชันแมทริกซ์ ค่าความแม่นยำ ค่าความสามารถในการตรวจจับสิ่งที่สนใจ ค่าความถูกต้อง และค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิก ซึ่งพบว่าแบบจำลองที่ออกแบบและพัฒนาสามารถใช้จำแนกเสียงได้ โดยแบบจำลองที่ใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันให้ค่าความแม่นยำ ค่าความสามารถในการตรวจจับสิ่งที่สนใจ ค่าความถูกต้อง และค่าเฉลี่ยแบบฮาร์โมนิก ร้อยละ 100 ซึ่งสามารถใช้ภาพนำเข้าโดยการแปลงเสียงเป็นภาพ และการลดความกว้างของภาพได้ทั้งวิธี Center หรือวิธี Resize เพราะคุณลักษณะเด่นของข้อมูลอยู่กลางไฟล์ส่งผลให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูง และสามารถประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ตั้งแต่ Epochs ที่ 15 ส่วนการใช้การถ่ายโอนการเรียนรู้แบบจำลอง MobileNetV2 ให้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่า NASNetMobile และควรใช้การลดความกว้างของภาพด้วยวิธี Center ในการเตรียมภาพนำเข้าแบบจำลอง

แนวทางวิจัยในอนาคตสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์บันทึกเสียงที่หลากหลาย เพิ่มประเภทไฟล์เสียง เพิ่มสัญญาณรบกวน

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง (เสียงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ) ใช้วิธีการแปลงภาพแบบอื่น เช่น สัมประสิทธิ์เซปสตรัมบนสเกลเมล (Mel frequency cepstrum coefficient, MFCC) หรือการสกัดคุณลักษณะเด่นอื่น หรือใช้แบบจำลองอื่น ๆ

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรสุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ และอุปกรณ์ในการทำงานวิจัย และคุณสมบุรณ์ สิมสวัสดิ์ เกษตรกรผู้เลี้ยงไหม ตำบลเขาค้อ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Kasertasrt University, *Silk production technology and value added of silk products*. Available Online at https://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/53/group06/silk_center/silk.html, accessed on 9 April 2024.
- [2] Chul Thai Silk, *Until it becomes Thai silk*. Available Online at <https://www.chulthaisilk.com/aboutus>, accessed on 9 April 2024.
- [3] Thairut Online, *Update on agricultural innovation 2024 survival and opportunities with AI*. Available Online at <https://www.thairath.co.th/scoop/interview/2754702>, accessed on 9 April 2024.
- [4] T. Worasit, et al. "Rice bacterial blight and blast diseases recognition using deep learning techniques." *Khon Kaen Agriculture Journal*, Vol. 50, No. 1, pp. 216 - 228, January - February, 2021.
- [5] C. Suppatoomsin and A. Srikaew. "Imagery Grape Leaf Disease Diagnosis Based on a GA-SASOM Algorithm." *The Journal of Industrial Technology*, Vol. 14, No. 3, pp. 44 - 61, September - December, 2018.
- [6] N. Chinpanthana. "Image Classification of Tomato Leaf Diseases using Convolutional Neural Network." *Journal of Information Science and Technology*, Vol. 13, No. 2, pp. 40 - 49, July - December, 2023.
- [7] S. Thipsrirach, S. Kunhareang, and S. Suwanlee. "The Use of Deep Learning Technique in the Classification of Pradu Hang Dam Thai Native Chicken Images." *Rajabhat Agriculture Journal*, Vol. 22, No. 1, pp. 50 - 59, January - June, 2023.
- [8] O.-U. Pramote and J. Undub. "An Analysis of Banana Ripeness Level by Image using RGB Color Model and Supervised Learning." *Journal of science and technology RMUTSB*, Vol. 5, pp. 34 - 43, August, 2021.
- [9] P. Saechen and T. Siriborvornratanakul. "Oil Palm Fresh Fruit Bunch Ripeness Classification by Deep Learning." *KMUTT Research & Development Journal*, Vol. 46, No. 1, pp. 81 - 104, January - March, 2023.
- [10] Wikipedia, *Sound*. Available Online at <https://en.wikipedia.org/wiki/Sound>, accessed on 9 April 2024.
- [11] Kaggle, *Audio Processing using Librosa for Beginners*. Available Online at <https://www.kaggle.com/code/jaseemck/audio-processing-using-librosa-for-beginners>, accessed on 9 April 2024.
- [12] N. Sritasuwan, *Development of Computer Program for Study Bird Vocal Communication*. Available Online at https://archive.lib.cmu.ac.th/full/res/2538/tressct490508_38_full.pdf, accessed on 9 April 2024.
- [13] P. Doungmala, *Mel frequency cepstrum coefficient: MFCC*. Available Online at <https://dr-pathasu-doung.medium.com/mel-frequency-cepstrum-coefficient-mfcc-b735a349c312>, accessed on 9 April 2024.
- [14] M. Anthony, *Audio analysis with librosa*. Available Online at <https://blog.neurotech.africa/audio-analysis-with-librosa/>, accessed on 9 April 2024.
- [15] K. Zoumana, *An Introduction to Convolutional Neural Networks (CNNs)*. Available Online at <https://www.datacamp.com/tutorial/introduction-to-convolutional-neural-networks-cnns>, accessed on 9 April 2024.
- [16] Datascientest, *Transfer Learning: What is it*. Available Online at <https://datascientest.com/en/transfer-learning-what-is-it>, accessed on 9 April 2024.
- [17] N. Khobjai, et al. "Sound Classification of five insect species." *The 10th Asia Undergraduate Conference on Computing (AUCC2022)*, Thailand, pp. 512 - 520, 2022.



- [18] A. Piromto, et al. "Developing a Model for Classifying Birds' Voices by Deep Learning Technique." *The 10th Asia Undergraduate Conference on Computing (AUCC2022)*, Thailand, pp. 498 - 505, 2022.
- [19] T. Kanchanakom, et al. "Classification of Dog Vocalization on an Edge-AI Device." *The 9th Asia Undergraduate Conference on Computing (AUCC2021)*, Thailand, pp. 464 - 472, 2021.
- [20] P. Chiangchan and J. Rungrattanaubol. "Animal voice recognition application." *The 10th Asia Undergraduate Conference on Computing (AUCC2022)*, Thailand, pp. 902 - 909, 2022.
- [21] S. Kawinseksan, et al. "Thai Poetry Reading Sound Classification using Neural Network." *The 9th Asia Undergraduate Conference on Computing (AUCC2021)*, Thailand, pp. 799 - 804, 2021.
- [22] Wikipedia, *Confusion matrix*. Available Online at https://en.wikipedia.org/wiki/Confusion_matrix, accessed on 9 April 2024.
-

แบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง

A Predicting Depression Model from Social Media Images using Machine Learning Technique

สุดา ทิพย์ประเสริฐ (Suda Tipprasert)* เพ็ญศิริ โปริยา (Pensiri Phoriya)*
จินตนา เข้มประสิทธิ์ (Jintana Khemprasit)* และประชาสันต์ แวนไธสง (Prachasan Vaenthaisong)*

Received: July 26, 2024
Revised: December 30, 2024
Accepted: January 6, 2025

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน: สุดา ทิพย์ประเสริฐ (Suda Tipprasert) อีเมล: suda.ti@rmuti.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.009

บทคัดย่อ

อัตราการป่วยด้วยโรคซึมเศร้าในประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่ไม่ได้รับการรักษา จึงแสดงออกทางสื่อสังคมออนไลน์ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งได้เก็บรวบรวมข้อมูลรูปภาพและผลประเมินภาวะซึมเศร้า 9 คำถามจากผู้ใช้ทวิตเตอร์จำนวน 1,131 รูป แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ รูปภาพของผู้ที่ไม่มีภาวะซึมเศร้า จำนวน 423 รูป รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับน้อย จำนวน 525 รูป รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับปานกลาง จำนวน 134 รูป และรูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับรุนแรง จำนวน 69 รูป โดยประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ผลการทดลองพบว่า แบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง มีความถูกต้อง อยู่ที่ร้อยละ 81.16 ค่าความแม่นยำ อยู่ที่ร้อยละ 81.88 ค่าความระลึก อยู่ที่ร้อยละ 80.81 และมีค่าประสิทธิภาพโดยรวม อยู่ที่ร้อยละ 81.02

คำสำคัญ: การพยากรณ์ภาวะซึมเศร้า รูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง

Abstract

The rate of depression in Thailand has been steadily increasing, with the majority of cases going untreated.

As a result, expressions of depression often appear on social media. This study aims to develop a predicting depression model from social media images using machine learning technique. Data were collected from Twitter users, including images and results from a Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9), totaling 1,131 images. These were categorized into four groups: 423 images of individuals without depression, 525 images of individuals with mild depression, 134 images of individuals with moderate depression, and 69 images of individuals with severe depression. A convolutional neural network was applied in the study. The experimental results showed that the predictive model for depression based on images from social networks using machine learning techniques achieved the accuracy rate is 81.16%, the precision rate is 81.88%, the recall rate is 80.81% and the overall efficiency rate is 81.02%.

Keywords: Predicting Depression, Social Media Images, Machine Learning Technique.

1. บทนำ

อาการซึมเศร้าเกิดขึ้นได้กับทุกคน โดยเฉพาะผู้ที่ผ่านการถูกทารุณกรรม เกิดการสูญเสียอย่างฉับพลัน หรือเหตุการณ์ตึงเครียดอื่น ๆ มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคซึมเศร้ามากขึ้น ในปี 2023 พบว่าประชากรทั่วโลกกว่า 280 ล้านคนมีภาวะซึมเศร้า และมีผู้เสียชีวิตจากการฆ่าตัวตายมากกว่า 700,000 รายต่อปี [1]

* คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

* Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Isan.

ในประเทศไทยอัตราการป่วยโรคซึมเศร้าได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยกรมสุขภาพจิตระบุว่า คนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปป่วยเป็นโรคซึมเศร้าถึง 1.5 ล้านคน โดยผู้ป่วยจำนวน 100 คนสามารถเข้าถึงการรักษาเพียง 28 คนเท่านั้น และทำให้คนไทยกว่า 70 เปอร์เซนต์เสียชีวิตก่อนวัยอันควร แม้ว่าจะมีแนวทางในการรักษาที่มีประสิทธิภาพ แต่มีประชากรมากกว่า 64% ที่ไม่ได้รับการรักษา [2] เนื่องจากงบประมาณด้านการดูแลสุขภาพจิตไม่เพียงพอ ขาดผู้ให้บริการทางด้านการดูแลสุขภาพจิตที่ทั่วถึง และผู้ป่วยไม่ทราบว่าตนเองเกิดภาวะซึมเศร้า มักแสดงออกผ่านทางสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งเป็นรูปแบบการสื่อสารผ่านช่องทางที่ไม่ต้องอาศัยน้ำเสียง การสบตา และการแสดงออกทางสีหน้า [3]

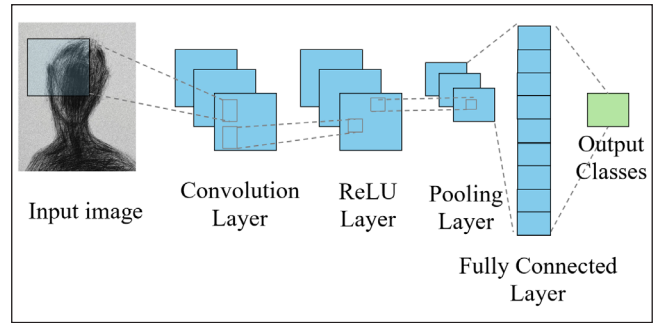
อย่างไรก็ตามได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่พัฒนาองค์ความรู้ที่สำคัญในการจัดกลุ่มระดับภาวะซึมเศร้า การทำนายระดับภาวะซึมเศร้า การพัฒนาเครื่องมือในการประเมินภาวะซึมเศร้า แต่ก็ยังมีค่าประสิทธิภาพอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีการนำข้อมูลรูปภาพจากเครือข่ายสังคมออนไลน์มาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ระดับภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ในการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าโดยเครือข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เป็นเครือข่ายประสาทเทียมประเภทหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ใช้ในการประมวลผลภาพ เครือข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเลเยอร์ (Layes) หลายเลเยอร์ และมีโครงสร้างเฉพาะตัวที่ถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มความสามารถในการสกัดเอาลักษณะเด่น (Features) ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นจากข้อมูล [4] สถาปัตยกรรมของเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันแสดงได้ดังภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน ประกอบด้วย 5 ชั้น [5] ได้แก่



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน

- 1) ชั้นข้อมูลนำเข้า (Input Layer)
- 2) ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layers) เป็นชั้นของการสกัดลักษณะเด่นของรูปภาพจากชั้นข้อมูลนำเข้าแบบดิจิทัล โดยมีค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละเลเยอร์
- 3) ชั้นฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทำคอนโวลูชันในแต่ละตำแหน่งจะผ่านการแปลงค่าด้วยฟังก์ชัน ReLU เพื่อเป็นการแปลงแบบไม่เป็นเชิงเส้น เพื่อความง่ายในการคำนวณและประสิทธิภาพของผลลัพธ์
- 4) ชั้นพูลลิง (Pooling Layers) เป็นชั้นที่ทำให้เกิดการลดขนาดของพื้นที่ และจำนวนพารามิเตอร์เพื่อให้มีขนาดเล็กลง โดยที่รายละเอียดของข้อมูลที่ป้อนเข้ามายังครบถ้วนเหมือนเดิม วิธีการ Pooling ที่นิยมใช้ทั่วไปคือ Max Pooling ซึ่งเป็นนำ Feature Map มาแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อย (Local Region) จากนั้นหาค่าที่มากที่สุดในแต่ละพื้นที่
- 5) ชั้นเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ (Fully-Connected Layer) เป็นชั้นที่เชื่อมโยงระหว่าง Feature Map และ Output แบบสมบูรณ์ ทุก ๆ Neuron ที่อยู่ชั้นสุดท้ายของ Feature Map จะถูกนำไปเปลี่ยนรูป (Reshape) หรือเรียกว่า Flatten เพื่อส่งไปคำนวณต่อในเครือข่ายประสาทเทียม

ในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง LeNet-5 AlexNet และ VGG16 โดยมีรายละเอียดของทั้ง 3 แบบ ดังนี้

2.1.1 LeNet-5 ออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการจำแนกรูปภาพ ประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) จำนวน 3 ชั้น ชั้นพูลลิง (Pooling Layer) 2 ชั้น โดยการใช้การพูลลิงด้วยค่าเฉลี่ย และชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์ (Fully Connected Layers) จำนวน 1 ชั้น [6]

2.1.2 AlexNet ประกอบด้วยชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) จำนวน 5 ชั้น ชั้นพูลลิง (Pooling Layer) ใช้การพูลลิง

ด้วยค่าสูงสุดจำนวน 5 ชั้น และชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์ (Fully Connected Layers) จำนวน 2 ชั้น [7]

2.1.2 VGG16 ประกอบด้วย 16 ชั้นแบ่งเป็นชั้นเรียนรู้คุณลักษณะ (Feature) โดยใช้ฟิลเตอร์ในแต่ละชั้นเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ [8] ชั้นคอนโวลูชัน (Convolution Layer) จำนวน 5 ชั้น ชั้นพูลลิง (Pooling Layer) ใช้การพูลลิงด้วยค่าสูงสุดจำนวน 5 ชั้น และชั้นเชื่อมโยงสมบูรณ์ (Fully Connected Layers) จำนวน 3 ชั้น

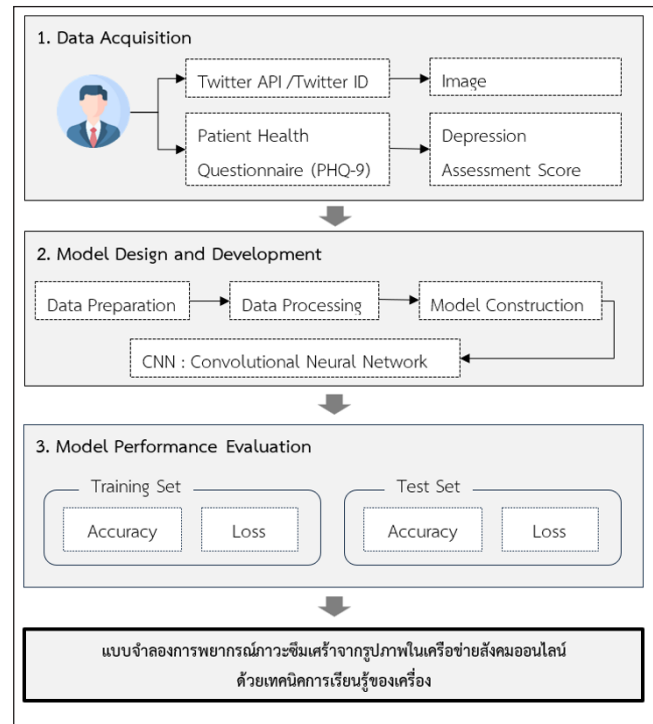
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เน้นการใช้ข้อมูลการแสดงความคิดเห็น ซึ่งเป็นข้อมูลในรูปแบบข้อความ ยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่ใช้รูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์มาวิเคราะห์ คืองานวิจัยที่พัฒนาแบบจำลองการทำนายภาวะโรคซึมเศร้าจากรูปภาพในอินสตาแกรม (Instagram) โดยใช้ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบเบย์ (Bayesian Logistic Regression) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 166 คน และใช้รูปภาพจำนวน 43,950 ภาพในการวิเคราะห์สี (Color analysis) และการตรวจสอบใบหน้า (Face detection) ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับการวินิจฉัยแบบทั่วไป โดยมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 61 [9] และงานวิจัยที่นำเสนอแบบจำลองการตรวจสอบภาวะซึมเศร้าโดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน ในการจำแนกความรู้สึกจากรูปภาพ ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองที่นำเสนอมีค่าความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ร้อยละ 68 [10] นอกจากนี้ยังพบว่ามีงานวิจัยที่พัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายระดับภาวะซึมเศร้าโดยใช้ข้อมูลจากเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยขั้นตอนวิธีต่าง ๆ เช่น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และนาอีฟเบย์ (Naïve Bayes) งานวิจัยส่วนใหญ่มีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 80 [11] - [13]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำรูปภาพจากเครือข่ายสังคมออนไลน์คือทวิตเตอร์ มาใช้เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพเพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องคือเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

แบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง มีวิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน โดยมีกรอบการทำงานดังแสดงในภาพที่ 2

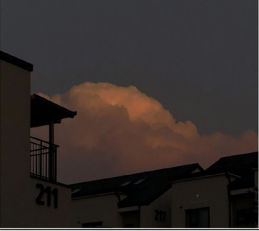
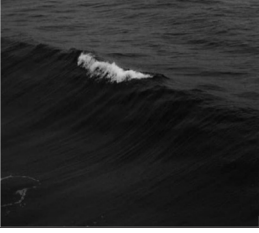


ภาพที่ 2 กรอบการทำงานแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition)

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ใช้ข้อมูลจากการทำแบบประเมินภาวะซึมเศร้า 9 คำถาม (PHQ-9) [14] ร่วมกับข้อมูลรูปภาพในทวิตเตอร์ (Twitter Image) โดยข้อมูลประกอบด้วยจำนวนรูปภาพทั้งหมด 1,131 รูป แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ รูปภาพของผู้ที่ไม่มีภาวะซึมเศร้า (Level 0) จำนวน 423 รูป รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับน้อย (Level 1) จำนวน 525 รูป รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับปานกลาง (Level 2) จำนวน 134 รูป และรูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับรุนแรง (Level 3) จำนวน 69 รูป ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ในการระบุภาวะซึมเศร้าในแต่ละระดับ

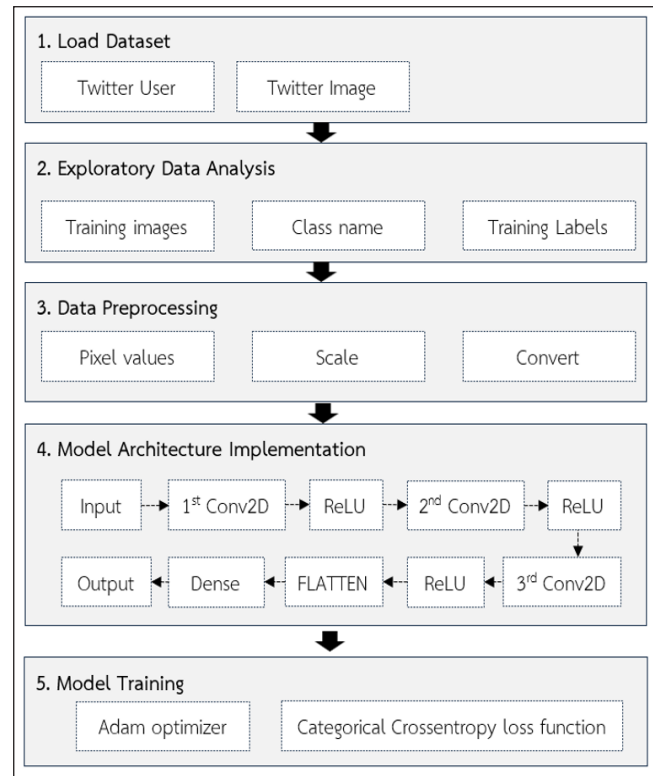
ระดับ	ตัวอย่างรูปภาพ
Level 0	
Level 1	
Level 2	
Level 3	

3.2 การออกแบบและพัฒนาแบบจำลอง (Model Design and Development)

ในกระบวนการออกแบบและพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง แสดงในภาพที่ 3

การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

3.2.1 นำเข้าชุดข้อมูล (Load Dataset) งานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูลที่ได้จากทวิตเตอร์ ประกอบด้วยผู้ใช้งานทวิตเตอร์ 243 คน และรูปภาพจำนวน 1,131 รูป แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ รูปภาพของผู้ที่ไม่มีภาวะซึมเศร้า (Level 0) จำนวน 423 รูป รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับน้อย (Level 1) จำนวน 525 รูป



ภาพที่ 3 การออกแบบและการพัฒนาแบบจำลอง

รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับปานกลาง (Level 2) จำนวน 134 รูป และรูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับรุนแรง (Level 3) จำนวน 69 รูป

3.2.2 การตรวจสอบและสำรวจข้อมูลเบื้องต้น (Exploratory Data Analysis) คือ การทำความเข้าใจชุดข้อมูลซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจชุดข้อมูลที่ใช้งานได้ดีขึ้น โดยการกำหนดพารามิเตอร์ 3 ตัว ได้แก่ การกำหนดชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอน (Training Images) การกำหนดชื่อคลาสให้กับชุดข้อมูล (Class names) และการกำหนดป้ายกำกับให้กับชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอน (Training Labels)

3.2.3 การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) คือ การเตรียมข้อมูลให้พร้อมสำหรับทำ Model โดยทำ Data Cleansing การจัดการกับข้อมูลที่ขาดหายไป และมีการจัดการกับข้อมูลที่ผิดปกติ (Outlier) การจัดการกับข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าพิกเซล (Pixel) ของข้อมูลให้เป็นช่วงเดียวกัน และแปลงชื่อคลาสให้อยู่ในรูปแบบตัวเลข เพื่อลดการแปรผัน และเพิ่มความเร็วในการฝึกสอนแบบจำลอง

เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

เกิดปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูล งานวิจัยนี้จึงได้ใช้วิธีการปรับสมดุลข้อมูลด้วยวิธีผสมผสาน (Hybrid Methods) ซึ่งเป็นวิธีการที่ผสมเพิ่มข้อมูลจากกลุ่มรองเพื่อให้มีจำนวนข้อมูลของกลุ่มหลักใกล้เคียงหรือเท่ากับจำนวนข้อมูลในกลุ่มรองด้วยวิธี Synthetic Minority Over-sampling Technique: SMOTE [15]

3.2.4 การกำหนดโครงสร้างแบบจำลอง (Model Architecture Implementation) ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในตารางที่ 2 โดยทำการเปรียบเทียบแบบจำลองในการจำแนกรูปภาพอีก 3 แบบจำลองได้แก่ LeNet-5 AlexNet VGG16

ตารางที่ 2 โครงสร้างแบบจำลอง

Model: "sequential"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
=====		
conv2d (Conv2D)	(None, 26, 26, 32)	320
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 13, 13, 32)	0
conv2d_1 (Conv2D)	(None, 11, 11, 64)	18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling 2D)	(None, 5, 5, 64)	0
conv2d_2 (Conv2D)	(None, 3, 3, 128)	73856
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D)	(None, 1, 1, 128)	0
flatten (Flatten)	(None, 128)	0
dense (Dense)	(None, 1024)	132096
dense_1 (Dense)	(None, 4)	4100
=====		
Total params: 228,868		
Trainable params: 228,868		
Non-trainable params: 0		

3.2.5 การสร้างแบบจำลอง (Model Training) ในการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ใช้ Adam optimizer สำหรับการกำหนดค่าน้ำหนัก (Weight) และค่าความโน้มเอียง (Biases) ของแบบจำลอง และวัดค่าความผิดพลาดของแบบจำลองด้วย Crossentropy loss function กำหนดรอบการเรียนรู้ (Epochs) เป็น 10 50 100 150 200 ตามลำดับ โดยแบ่งข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง ด้วยวิธีการ Split-Test 80:20 ประกอบด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Set) 80% และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) 20% และหาค่าเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำจำนวน 5 รอบ

3.3 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง (Model Performance Evaluation)

การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองใช้การวัดค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) โดยมีสูตรการคำนวณดังสมการที่ 1 – 4

$$Accuracy_c = \frac{(TP_c + TN_c)}{(TP_c + TN_c + FP_c + FN_c)} \times 100 \quad (1)$$

$$Precision_c = \frac{TP_c}{(TP_c + FP_c)} \times 100 \quad (2)$$

$$Recall_c = \frac{TP_c}{(TP_c + FN_c)} \times 100 \quad (3)$$

$$F1_c = \frac{2 \times (Recall_c \times Precision_c)}{(Recall_c + Precision_c)} \quad (4)$$

โดย TP_c คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่ม c และแบบจำลองทำนายว่าอยู่ในกลุ่ม c
 TN_c คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อยู่ในกลุ่ม c และแบบจำลองทำนายว่าไม่อยู่ในกลุ่ม c
 FP_c คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อยู่ในกลุ่ม c แต่แบบจำลองทำนายว่าอยู่ในกลุ่ม c
 FN_c คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่ม c แต่แบบจำลองทำนายว่าไม่อยู่ในกลุ่ม c
 c คือ กลุ่มของระดับคะแนนจากผลการประเมินภาวะซึมเศร้าที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบภาวะซึมเศร้า 9 คำถาม (PHQ-9) ซึ่งมี 4 ระดับคะแนน เมื่อ $0 \leq c \leq 3$

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 ฮาร์ดแวร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผล การคอร์ไอเจ็ด (Core i7) หน่วยความจำหลัก 16 กิกะไบต์ (16 GB) ฮาร์ดดิสเอสเอสดี 500 กิกะไบต์ (500 GB)

3.4.2 ด้านซอฟต์แวร์ ระบบปฏิบัติการ และโปรแกรมประยุกต์สำหรับพัฒนาขั้นตอนวิธี ประกอบด้วย

- ระบบปฏิบัติการ: Window 11 Home 64 bit Operating System
- ภาษาการเขียนโปรแกรม: Python
- Google Colaboratory Pro (Colab Pro)

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยนำเสนอผลการเปรียบเทียบแบบจำลองผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง และผลการทดสอบแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

ในการเปรียบเทียบแบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกรูปภาพได้แก่ LeNet-5 AlexNet VGG16 และ CNN ในงานวิจัยนี้ โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองแสดงได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
LeNet-5	73.67	78.40	69.70	73.80
AlexNet	70.76	83.50	60.73	70.31
VGG16	72.31	79.60	66.22	72.29
CNN	79.55	81.88	76.48	79.09

จากตารางที่ 3 ผลการทดลองพบว่าแบบจำลอง CNN ในงานวิจัยนี้ให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) สูงกว่าแบบจำลองอื่น ๆ โดยให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 79.55 และค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 79.09 ซึ่งบ่งบอกถึงความสามารถในการจำแนกรูปภาพได้ดียิ่งขึ้นคือ LeNet-5 และ VGG16 ในขณะที่ AlexNet มีค่าความแม่นยำสูงที่สุด แต่มีค่าความระลึกต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า AlexNet ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการการจำแนกรูปแบบอย่างละเอียด หลังจากเปรียบเทียบแบบจำลองแล้ว จึงนำแบบจำลองที่มีผลการทำงานดีที่สุดคือ แบบจำลอง CNN ในงานวิจัยนี้มาปรับค่าพารามิเตอร์ โดยกำหนดรอบการเรียนรู้ (Epochs) เป็น 10 50 100 150 200 ตามลำดับ เพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง ใช้การวัดค่าความถูกต้อง

(Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) ค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) และค่าความผิดพลาดของแบบจำลอง (Loss) แบ่งตามชุดข้อมูล ประกอบด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Set) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) แสดงดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากชุดข้อมูลเรียนรู้

Epoch	Training set				
	Acc.	Pre.	Re.	F1	Loss
10	81.67	85.38	79.31	82.23	0.54
50	96.71	97.63	96.72	97.17	0.09
100	98.74	99.01	98.87	98.94	0.04
150	99.07	99.19	99.09	99.14	0.04
200	99.24	99.35	99.20	99.27	0.03

Acc. : Accuracy, Pre. : Precision, Re. : Recall, F1 : F1-Score

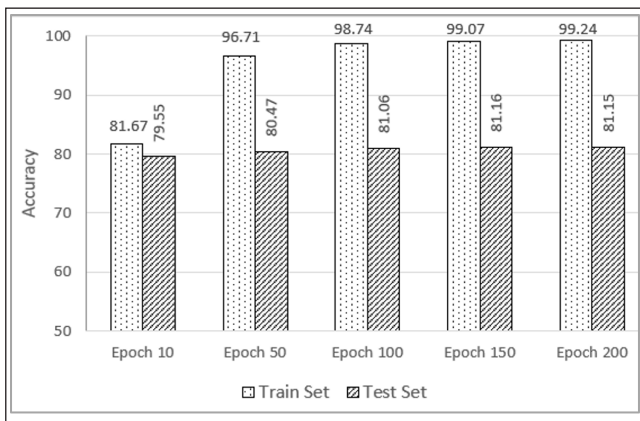
ตารางที่ 5 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากชุดข้อมูลทดสอบ

Epoch	Training set				
	Acc.*	Pre.*	Re.*	F1*	Loss
10	79.55	81.88	76.48	79.09	0.64
50	80.47	81.19	79.71	80.44	1.45
100	81.06	81.16	80.67	80.92	2.50
150	81.16	81.23	80.81	81.02	3.57
200	81.15	80.79	80.25	80.52	5.16

* Acc. : Accuracy, Pre. : Precision, Re. : Recall, F1 : F1-Score

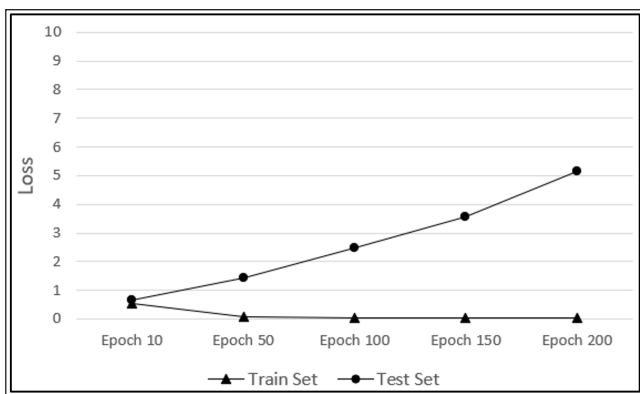
เมื่อพิจารณาผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากชุดข้อมูลเรียนรู้ในตารางที่ 4 พบว่า ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) มีค่าสูงสุดที่รอบ

การเรียนรู้ที่ 200 (Epoch 200) โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 99.24 และค่าประสิทธิภาพโดยรวมที่ร้อยละ 99.27 ในขณะที่ผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากชุดข้อมูลทดสอบในตารางที่ 5 พบว่าค่าความแม่นยำ (Precision) ในรอบการเรียนรู้ที่ 10 (Epoch 10) มีค่าสูงที่สุดคือร้อยละ 81.88 ในขณะที่ความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความระลึก (Recall) และค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) มีค่าสูงสุดที่รอบการเรียนรู้ 150 (Epoch 150) โดยมีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 81.16 และค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 81.02



ภาพที่ 4 ค่าความถูกต้องของแบบจำลองแบ่งตามชุดข้อมูล

เมื่อพิจารณาที่ค่าความถูกต้องของแบบจำลองดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า ค่าความถูกต้องของแบบจำลองจากชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training set) โดยใช้ Epoch 200 ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด (ร้อยละ 99.24) รองลงมาคือ Epoch 150 (ร้อยละ 99.07) ในขณะที่ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) ที่ Epoch 150 ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด (ร้อยละ 81.16) รองลงมาคือ Epoch 200 (ร้อยละ 81.15) โดยมีค่าความผิดพลาดของแบบจำลอง (Loss) แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ค่าความผิดพลาดของแบบจำลอง (Loss) แบ่งตามชุดข้อมูล

จากภาพที่ 5 แสดงค่าความผิดพลาด (Loss) ของแบบจำลองพบว่าค่าความผิดพลาดของแบบจำลองในชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบการเรียนรู้ (Epoch) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความผิดพลาดของแบบจำลองในชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Set) ลดลงเมื่อจำนวนรอบการเรียนรู้ (Epoch) เพิ่มขึ้น และคงที่ในช่วง Epoch 150 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีค่าความผิดพลาดลดลงเรื่อย ๆ และคงที่ในรอบการเรียนรู้ที่ 150 (Epoch 150)

จากผลการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองพบว่าค่าความถูกต้องของแบบจำลองในชุดข้อมูลทดสอบมีค่าสูงสุดคือร้อยละ 81.16 อยู่ในรอบการเรียนรู้ที่ 150 (Epoch 150) ซึ่งต่างจากค่าความถูกต้องในรอบการเรียนรู้ที่ 200 (Epoch 200) เพียง 0.01 ซึ่งการเพิ่มรอบการเรียนรู้ส่งผลต่อค่าความผิดพลาด (Loss) ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นรอบการเรียนรู้ที่ 150 (Epoch 150) จึงให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงที่สุดในการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องในงานวิจัยนี้

4.3 การทดสอบแบบจำลอง

การทดสอบแบบจำลองจากชุดข้อมูลใหม่จำนวน 226 รูปภาพ (Testing Set 20%) มีผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 6

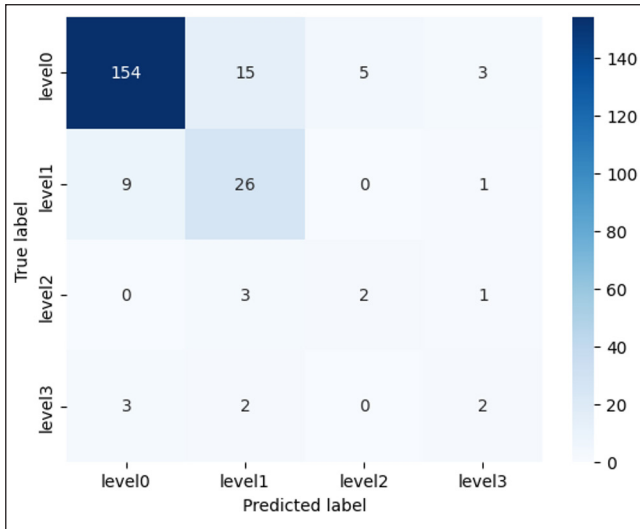
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบแบบจำลอง

Level	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
0	0.81	0.93	0.87	0.9
1		0.57	0.72	0.63
2		0.29	0.33	0.31
3		0.29	0.29	0.29
Avg	0.81	0.83	0.81	0.82

จากตารางที่ 6 ผลการทดสอบแบบจำลองจากชุดข้อมูลจำนวน 226 รูปภาพ พบว่า ผลการทดสอบให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ร้อยละ 81 และค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) ร้อยละ 82 โดยแสดงเป็นเมตริกซ์ความสับสนของแบบจำลอง (Confusion matrix) ได้ดังภาพที่ 6

4.4 การอภิปรายผล

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า แบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์



ภาพที่ 6 เมตริกซ์ความสับสน (Confusion matrix)

ด้วยเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันที่พัฒนาขึ้น มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ร้อยละ 81.16 และมีค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) อยู่ที่ร้อยละ 81.02 ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Reece and Danforth [9] ซึ่งพัฒนาแบบจำลองการทำนายภาวะโรคซึมเศร้าจากรูปภาพในอินสตาแกรม (Instagram) โดยใช้ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบบเบย์ (Bayesian Logistic Regression) โดยมีค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 61 และงานวิจัยของ Hina Tufail และคณะ [10] ได้พัฒนาการตรวจจับภาวะซึมเศร้าด้วยเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน ซึ่งมีค่าความถูกต้องร้อยละ 64 ในขณะที่งานวิจัยของ Stankevich Maxim และคณะ [16] มุ่งเน้นไปที่การตรวจจับภาวะซึมเศร้าโดยการวิเคราะห์รูปภาพที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ Vkontakte ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Perceptron) ให้ค่าประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 65.54 แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคที่แตกต่างกัน ข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างกัน ให้ผลลัพธ์ และประสิทธิภาพในการจำแนกที่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยที่ใช้ข้อมูลรูปภาพจากเครือข่ายสังคมออนไลน์คือ Twitter (X) และใช้แบบจำลองเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน ซึ่งเหมาะสมกับข้อมูลในลักษณะรูปภาพมากที่สุด นอกจากนั้นแล้วการกำหนดรอบการเรียนรู้ (Epoch) ยังมีส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังนั้นเทคนิคที่น่าเสนอจึงเหมาะสมที่สุดกับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ และข้อมูลนำเข้า

เทคนิคการสร้างแบบจำลอง และการปรับแต่งแบบจำลอง ยังส่งผลต่อผลลัพธ์ของแบบจำลองซึ่งแสดงให้เห็นว่ารูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์มีผลต่อภาวะซึมเศร้าอย่างมีนัยสำคัญ

5. สรุป

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องคือเทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน โดยใช้ข้อมูลรูปภาพทั้งหมด 1,131 รูป แบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับน้อย (Level 1) จำนวน 525 รูป รูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับปานกลาง (Level 2) จำนวน 134 รูป และรูปภาพของผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าระดับรุนแรง (Level 3) จำนวน 69 รูป ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดรอบการเรียนรู้ (Epochs) เป็น 10 50 100 150 200 ตามลำดับ แบ่งข้อมูลสำหรับการสร้างแบบจำลอง ประกอบด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Set) 80% และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Set) 20% พบว่ารอบการเรียนรู้ที่ 150 (Epoch 150) มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ร้อยละ 81.16 และมีค่าประสิทธิภาพโดยรวม (F1-Score) อยู่ที่ร้อยละ 81.02

งานวิจัยในอนาคตอาจเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เพิ่มมากขึ้น และสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิคอื่น ๆ เพิ่มเติม และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปพัฒนาระบบสำหรับพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าจากรูปภาพในเครือข่ายสังคมออนไลน์ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากคณะบริหารธุรกิจมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization, *Depressive disorder (depression)*. Available Online at <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/depression/>, accessed on 18 January 2024.
- [2] Department of Mental Health, *Thailand, Report on Suicide Rates (per 100,000 Population)*. Available

- Online at https://suicide.dmh.go.th/report/suicide/stat_prov.asp, accessed on 5 December 2023.
- [3] K. Phanichsirim and B. Tuntasood. "Social media addiction and attention deficit and hyperactivity symptoms in high school students in Bangkok." *Journal of the Psychiatric Association of Thailand*, Vol. 61, No. 3, pp. 191, 2016.
- [4] P. Kumsawat. *Super-resolution Image Reconstruction for CCTV System (Research Report)*. Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology. 2019.
- [5] L. Alzubaidi, J. Zhang, A.J. Humaidi, A. Al-Dujaili, Y. Duan, O. Al-Shamma, J. Santamaría, M.A. Fadhel, M. Al-Amidie, and L. Farhan. "Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions." *Journal of Big Data*, Vol. 8, No. 53, pp. 1 - 74, 2021.
- [6] M. P. Miller and Y. Zhou. "A comparison of CNN models for small image datasets: LeNet-5, AlexNet, and beyond." *In Proceedings of the International Conference on Machine Learning and Image Processing (ICMLIP)*, pp. 256 - 263, 2024.
- [7] S. Thipsrirach, S. Kunhareang, and S. Suwanlee. "The Use of Deep Learning Technique in the Classification of Pradu Hang Dam Thai Native Chicken Images." *Rajabhat Agriculture Journal*, Vol. 22, No. 1, pp. 50 - 59, 2023.
- [8] A. Singh, D. Dahiawade, and D. Mandem. "Prediction and Analysis of Multiple Diseases Using Machine Learning Techniques." *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 12, No. 4, pp. 640 - 641, 2023.
- [9] A.G. Reece and C.M. Danforth. "Instagram photos reveal predictive markers of depression." *European Physical Journal Data Science*, Vol. 6, No. 15, pp. 1 - 12, 2017.
- [10] H. Tufail, S.M. Cheema, M. Ali, I.M. Pires, and N. M. Garcia. "Depression Detection with Convolutional Neural Networks: A Step Towards Improved Mental Health Care." *Procedia Computer Science*, Vol. 224, pp. 544 - 549, 2023.
- [11] M. Aldarwish and H. Ahmad. "Predicting Depression Levels Using Social Media Posts." *In IEEE 13th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS)*, Bangkok, Thailand, pp. 277 - 280, 2017.
- [12] M. Choudhury, S. Counts, and E. Horvitz. "Social media as a measurement tool of depression in populations." *In Proceedings of the 5th Annual ACM Web Science Conference (WebSci '13)*, New York, USA: ACM, pp. 47 - 56, 2013.
- [13] P. Vateekul and T. Koomsubha. "A study of sentiment analysis using deep learning techniques on Thai Twitter data." *In Proceeding of 2016 13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, pp. 1 - 6, 2016.
- [14] K. Kroenke, R.L. Spitzer, and J.B. Williams. "The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure." *Journal of General Internal Medicine*, Vol. 16, No. 9, pp. 606 - 613, 2001.
- [15] K. La-orsirikul, P. Ratchaprapapornkul, and S. Kao-Iean. "Comparison of Efficiency for Imbalanced Data Classification via Simulation." *Information Technology Journal*, Vol. 20, No. 1, pp. 1 - 11, 2024.
- [16] S. Maxim, N. Ignatiev, and I. Smirnov. "Predicting Depression with Social Media Images." *In Proceedings of the 9th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM 2020)*, pp. 235 - 240, 2020.

ระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร

Traceability System for Coffee Product for the Ban Tham Singh Coffee Community Enterprise in Chumphon Province

นพศักดิ์ ตันติสตัยานนท์ (Noppasak Tantisattayanon)* นภารัตน์ ชูไพร (Napharat Chooprai)*
และพิมพ์ชนก แก้วอุดม (Pimchanok Kaewudom)**

Received: July 4, 2024
Revised: March 11, 2025
Accepted: March 14, 2025

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน: นภารัตน์ ชูไพร (Napharat Chooprai) อีเมล: napharat.cho@rmutr.ac.th

DOI:10.14416/j.it.2026.v1.010

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร โดยมีวิธีการดำเนินงานตามขั้นตอนการพัฒนาระบบ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยประกอบด้วยผู้บริโภคและผู้สนใจผลิตภัณฑ์กาแฟ จำนวน 300 คน ซึ่งถูกคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) ระบบตรวจสอบข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟที่พัฒนาด้วยภาษา PHP และใช้ MySQL เป็นระบบบริหารจัดการฐานข้อมูล และ 2) แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า ระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.03) ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้ผู้บริโภคสามารถทราบถึงแหล่งที่มาและกระบวนการผลิต ของผลิตภัณฑ์กาแฟแต่ละชนิดได้ง่าย ผ่านการสแกน QR Code บนบรรจุภัณฑ์ โดยแสดงข้อมูลการผลิต ข้อมูลโภชนาการ ข้อมูลของการจัดจำหน่าย ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ ทำให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและครบถ้วนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการซื้อ ส่งผลให้เกิดความมั่นใจในผลิตภัณฑ์กาแฟของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ระบบ

ดังกล่าวยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในชุมชนได้ต่อไป

คำสำคัญ: ระบบตรวจสอบย้อนกลับ กาแฟบ้านถ้ำสิงห์ วิสาหกิจชุมชน

Abstract

This research aims to develop a product traceability system for coffee products of the Ban Tam Sing Coffee Community Enterprise in Chumphon Province, evaluate its efficiency, and assess user satisfaction. The study was conducted following a systematic system development process. The research targeted a group of 300 consumers and individuals interested in coffee products, selected through purposive sampling. The tools used in the study included: 1) a coffee product traceability system developed using PHP with MySQL as the database management system, and 2) a questionnaire to assess user satisfaction with the system. Statistical methods used for data analysis included the mean and standard deviation. The findings revealed that the overall satisfaction with the coffee product traceability system was rated at the highest level (Mean = 4.64, S.D. = 0.03). The developed system enabled consumers to easily access information about the origin and production process of individual coffee products by scanning a QR code on the packaging. The system provided production details, nutritional information,

* สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

* Department of Information Technology, Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin.

** คณะสหวิทยาการและการประกอบการ มหาวิทยาลัยทักษิณ

** Faculty of Multidisciplinary Sciences and Entrepreneurship, Thaksin University.

distribution data, and other relevant product information, ensuring accurate and comprehensive information for consumers. This enhanced consumer confidence in the coffee products of the Ban Tam Sing Coffee Community Enterprise in Chumphon Province. Additionally, the system demonstrated potential for adaptation and application to other community products in the future.

Keywords: Traceability System, Thamsing Coffee, Community Enterprise.

1. บทนำ

จังหวัดชุมพรเป็นแหล่งปลูกกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้าที่มีชื่อเสียงในประเทศไทย พื้นที่ปลูกกาแฟโรบัสต้ามากที่สุดอยู่ที่ประมาณ 1,780,000 ไร่ และผลผลิตรวมมากกว่า 24,000 ตันต่อปี ภูมิภาคของชุมพรมีความสูงไม่เกิน 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล และอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 - 30 องศาเซลเซียส ทำให้เป็นที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟโรบัสต้า [1] ในภาคเกษตรกรรมของจังหวัดชุมพร พื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟมากที่สุดคือ ตำบลถ้ำสิงห์ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกกาแฟสายพันธุ์โรบัสต้ามากที่สุดในประเทศไทย นอกจากนี้ มีวิสาหกิจชุมชนกลุ่มกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ที่ผลิต และแปรรูปเมล็ดกาแฟให้เป็นผลิตภัณฑ์ สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรชาวชุมพร และส่งเสริมผลผลิตภายในชุมชนให้เป็นประโยชน์ [2] ปัญหาที่พบในปัจจุบันคือ ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งที่มา กระบวนการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์กาแฟยังไม่สามารถเข้าถึงได้เพียงพอ ทำให้ผู้บริโภคขาดความมั่นใจในคุณภาพของกาแฟ

ระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability System) เป็นเครื่องมือสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารที่ช่วยในการติดตาม และระบุต้นทางของสินค้า โดยมีประโยชน์หลายด้าน [3] การประยุกต์ใช้การตรวจสอบย้อนกลับคุณภาพผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นไปที่สาขาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อาหาร และยาเป็นหลัก ด้วยการส่งเสริม และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการแก้ไขข้อมูลประจำตัวทางอินเทอร์เน็ตทางอุตสาหกรรม การตรวจสอบย้อนกลับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ถูกนำไปใช้กับหลายอุตสาหกรรมอย่างประสบความสำเร็จ [4]

เทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน

และเป็นเสมือนปัจจัยที่ 5 สำหรับการดำรงชีวิต โทรศัพท์มือถือช่วยให้ผู้คนเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว หนึ่งในเทคโนโลยีที่นิยมใช้คือคิวอาร์โค้ด ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลเช่นชื่อสินค้า ราคา เบอร์โทรศัพท์ และเว็บไซต์ คิวอาร์โค้ดช่วยผสมผสานเทคโนโลยีสมาร์ทโฟนกับสื่อสิ่งพิมพ์อย่างลงตัว ทำให้การเข้าถึงข้อมูลสะดวกยิ่งขึ้น ในอนาคต คิวอาร์โค้ดจะทำให้การรับข้อมูลข่าวสารง่ายขึ้น [5]

ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว การตรวจสอบข้อมูลของผลิตภัณฑ์กลายเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างความเชื่อมั่น และความพึงพอใจให้กับผู้บริโภค เพื่อแก้ไขปัญหาการเข้าถึงข้อมูล จึงมีการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ซึ่งนำเทคโนโลยี QR Code มาใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บ และแสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ QR Code สามารถเก็บข้อมูลได้หลากหลายรูปแบบ และผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็วผ่านการสแกนด้วยสมาร์ทโฟน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability)

ระบบการตรวจสอบย้อนกลับ หมายถึง ระบบที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในการซื้อสินค้า เพื่อการบริโภคว่าสินค้าที่ซื้อไม่มีสิ่งปนเปื้อน และความปลอดภัยโดยสามารถตรวจสอบเส้นทางของอาหารนั้น ๆ ได้และช่วยลดความสูญเสียในการเรียกคืนสินค้าของบริษัทผู้ผลิตให้เรียกคืนได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว กระบวนการตรวจสอบย้อนกลับเป็นการตามรอยจากวัตถุดิบผ่านขั้นตอนการผลิตจนถึงมือลูกค้า เพื่อที่จะสามารถเรียกคืนสินค้านั้น ๆ กลับได้ในกรณีที่วัตถุดิบหรือกระบวนการผลิตมีปัญหาเพื่อการค้นหาสาเหตุ ที่ทำให้สินค้านั้นเสียหายว่าเกิดจากขั้นตอนใด และทำการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำ ซึ่งกระบวนการตรวจสอบย้อนกลับประกอบด้วย 2 กระบวนการ [6] คือ

2.1.1 การติดตาม (Tracking) คือ ระบบที่สามารถติดตามได้ว่าสิ่งที่สนใจนั้นไปอยู่ ณ ที่ใด เช่น ผู้ผลิตอาหารพบว่าวัตถุดิบในการผลิตสินค้าอาหารล็อตหนึ่งมีปัญหาแต่สินค้าได้ถูกส่งไปจำหน่ายเรียบร้อยแล้ว ทางผู้ผลิตจึงมีความจำเป็นต้องมีการเรียกคืนสินค้าที่ผลิตจากวัตถุดิบล็อตที่มีปัญหาคืนมาทั้งหมด

2.1.2 การสืบย้อนกลับ (Tracing) คือ ความสามารถสืบได้ว่าสินค้าที่มีปัญหา เกิดขึ้นเมื่อใด จากสายการผลิตไหน และรับวัตถุดิบมาจากแหล่งไหน เป็นต้น

2.2 เทคโนโลยี QR Code

เทคโนโลยี QR Code หมายถึง บาร์โค้ดชนิดหนึ่งที่สามารถพบเห็นอยู่ในโฆษณาสินค้าในสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ บรรจุภัณฑ์ ป้ายโฆษณา และนามบัตร ซึ่งซ่อนความหมายและรายละเอียดที่ต้องการแสดงเอาไว้ QR Code สามารถอ่านได้โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่มีกล้องถ่ายภาพอยู่ในตัวโดยผ่านโปรแกรมการอ่าน QR Code ก็สามารถแสดงข้อมูลข่าวสารหรือเว็บไซต์ที่ซ่อนอยู่ในตัว QR Code (QR Code: Quick Response) เรียกว่าบาร์โค้ด 2 มิติ คือ รหัสชนิดหนึ่งซึ่งสามารถเก็บข้อมูลสินค้า สัญลักษณ์ของการเก็บไว้เป็นข้อมูลตัวอักษร เราจึงสามารถนำคิวอาร์โค้ดมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น เก็บข้อมูล URL ของเว็บไซต์ ข้อความเบอร์โทรศัพท์ และข้อมูล ที่เป็นตัวอักษรได้อีกมากมาย เนื่องจากความ "ง่าย" เพราะทุกวันนี้คนส่วนใหญ่จะมีโทรศัพท์มือถือกันทุกคน และเป็นรุ่นที่มีกล้องเกือบทุกรุ่นแล้ว [7]

ประโยชน์ของ QR Code สามารถนำ QR Code มาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น แสดง URL ของเว็บไซต์ ข้อความ เบอร์โทรศัพท์ และข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ปัจจุบัน QR Code ถูกนำไปใช้ในหลาย ๆ ด้านเนื่องจากความรวดเร็ว เพราะทุกวันนี้คนส่วนใหญ่จะมีมือถือกันทุกคน และมีมือถือที่มีกล้องเกือบทุกรุ่น ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดที่สุดของ QR Code คือการแสดง URL ของเว็บไซต์เพราะ URL โดยปกติ แล้วจะจดจำยากเพราะยาว และบางทีก็จะซับซ้อนมาก แต่ด้วย QR Code เราเพียงแค่มือถือถือมาสแกน QR Code ที่เราพบเห็นตามผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แล้วมือถือจะลิงค์ เข้าเว็บเพจที่ QR Code นั้น ๆ บันทึกข้อมูลอยู่โดยอัตโนมัติ สำหรับการนำมาประยุกต์กับระบบตรวจสอบย้อนกลับนั้นได้มี เทคโนโลยีที่เป็นที่นิยม ได้แก่ BarCode และ RFID โดยสามารถเปรียบเทียบความแตกต่าง [8] ได้จากตารางที่ 1

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับระบบตรวจสอบย้อนกลับได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นจำนวนมากในการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบติดตามข้อมูลต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการติดตามผลผลิตทางการเกษตร ติดตามผลิตภัณฑ์ และอื่น ๆ เป็นต้น เช่นเดียวกับงานวิจัย

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบ BarCode, RFID และ QR Code

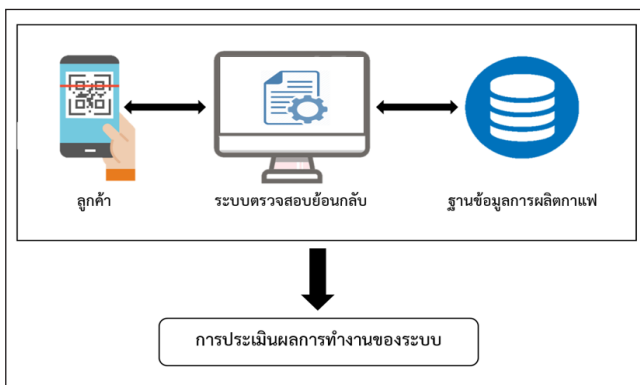
คุณสมบัติ	BarCode	RFID	QR Code
ภาพตัวอย่าง			
ข้อมูลที่เก็บได้	จุข้อมูลได้ประมาณ 20 ตัวอักษร	เก็บข้อมูลได้ประมาณ 128 Byte	เก็บข้อมูลได้ประมาณ 4,000 ตัวอักษร
อุปกรณ์ในการอ่านข้อมูล	เครื่องอ่าน BarCode อุปกรณ์มือถือ และต้องมีฐานข้อมูล	ใช้อุปกรณ์เครื่องอ่าน RFID และต้องมีระบบรองรับ	ใช้อุปกรณ์มือถือในการอ่าน และเชื่อมต่อกับข้อมูลได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์ แผนที่เบอร์โทร หรืออื่น ๆ
ความคงทน	ส่วนใหญ่เป็นกระดาษหรือสติ๊กเกอร์ทำให้ไม่คงทนต่อน้ำและความชื้น	มีความคงทนต่อความชื้น	ส่วนใหญ่เป็นกระดาษหรือสติ๊กเกอร์ทำให้ไม่คงทนต่อน้ำและความชื้น
ค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายสำหรับสติ๊กเกอร์และอุปกรณ์มีราคาต่ำ แต่ต้องมีระบบรองรับ	อุปกรณ์และ Tag ที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับแบบอื่น	ค่าใช้จ่ายสำหรับสติ๊กเกอร์มีราคาต่ำ และอุปกรณ์สามารถใช้อุปกรณ์มือถือในการอ่านได้เลย

Stanistawek และคณะ [3] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบย้อนกลับเพื่อให้มั่นใจถึงความปลอดภัยของอาหาร และการคุ้มครองผู้บริโภคตามกรณีศึกษาของโรงงานแปรรูปเนื้อสัตว์ได้กำหนดระบบการตรวจสอบย้อนกลับภายในเพื่อระบุองค์ประกอบและผู้เข้าร่วมกระบวนการ การวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการตามกฎหมายที่เหมาะสม ระบบตรวจสอบย้อนกลับทำให้สามารถระบุ และค้นหาชุดการผลิตที่เป็นปัญหาได้อย่างรวดเร็ว และถอนผลิตภัณฑ์ที่เป็นภัยคุกคามต่อชีวิตและสุขภาพของมนุษย์

Bao และคณะ [9] ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบตรวจสอบย้อนกลับอาหารไก่ และไข่ด้วยเทคโนโลยี NFC และ QR Code ระบบสร้างรหัส QR ไข่ตามข้อมูลที่ลงทะเบียนไว้ และพิมพ์ลงบนไข่ที่ตรงกับไก่ที่เลี้ยง ใช้สำหรับผู้บริโภคในการสแกนและสอบถามข้อมูลที่เกี่ยวข้องของไข่และไก่ที่เลี้ยง

Sinthunawa และคณะ [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบตรวจเช็คถึงกรองฝุ่นเครื่องจักร ผ่านระบบออนไลน์ด้วย QR Code โดยมีความสามารถในการตรวจเช็คแบบออนไลน์ได้สะดวกเพียงสแกนคิวอาร์โค้ดแล้วบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ลงไปในแบบฟอร์มที่ออกมาแบบมาใช้อย่างเหมาะสมในการตรวจเช็คเครื่องจักรของธุรกิจ โดยส่วนประกอบหลัก ๆ ของระบบตรวจเช็คถึงกรองฝุ่นเครื่องจักร ผ่านระบบออนไลน์ ด้วย QR Code

2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

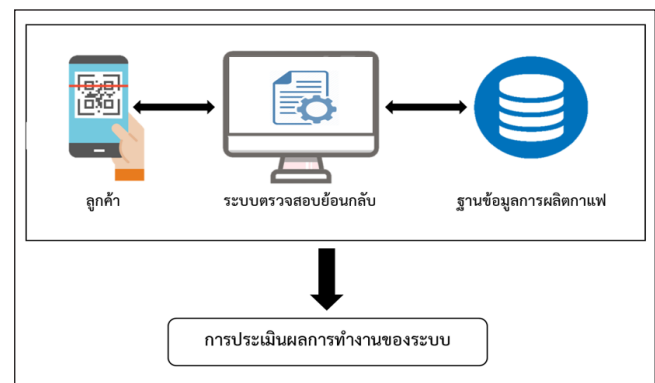
จากภาพกรอบการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1) ระบบการตรวจสอบย้อนกลับจากฐานข้อมูลการผลิตกาแฟวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ซึ่งการทำงานประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1.1) ฐานข้อมูลการผลิตกาแฟ คือการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิต การแปรรูป และการจำหน่าย ผลิตภัณฑ์กาแฟ ของวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ที่ได้ทำการรวบรวมไว้อย่างมีระบบและมีความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลที่ชัดเจน 1.2) ระบบตรวจสอบย้อนกลับ คือระบบที่พัฒนาขึ้นตามกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์จะทำหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลหลังจากที่ผู้ใช้สแกน QR Code จากลูกค้า จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลของผู้ใช้ร้องขอและแสดงผลลัพธ์จากการสแกนไปยังลูกค้า 1.3) ผู้ใช้งาน คือกลุ่มของลูกค้าและผู้ที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลกระบวนการผลิต การแปรรูปสินค้ากาแฟ ซึ่งสามารถเข้าถึงข้อมูลโดยการสแกน QR Code บนฉลากสินค้า

2) การประเมินผลการทำงานของระบบ โดยหลังจากที่ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว มีการนำระบบตรวจสอบย้อนกลับไปให้ทางกลุ่มวิสาหกิจตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และการทำงานของระบบ จากนั้นได้ให้ผู้เกี่ยวข้องที่เป็นเจ้าหน้าที่ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ และลูกค้าผู้ซื้อกาแฟของวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ ได้ทำการใช้งาน และประเมินผลประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และความพึงพอใจในการใช้งานระบบที่ได้พัฒนาขึ้น รวมไปถึงให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบสารสนเทศทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการพัฒนาระบบแบบอไจล์ (Agile Software Development Process) มาใช้โดยมีขั้นตอนดังนี้

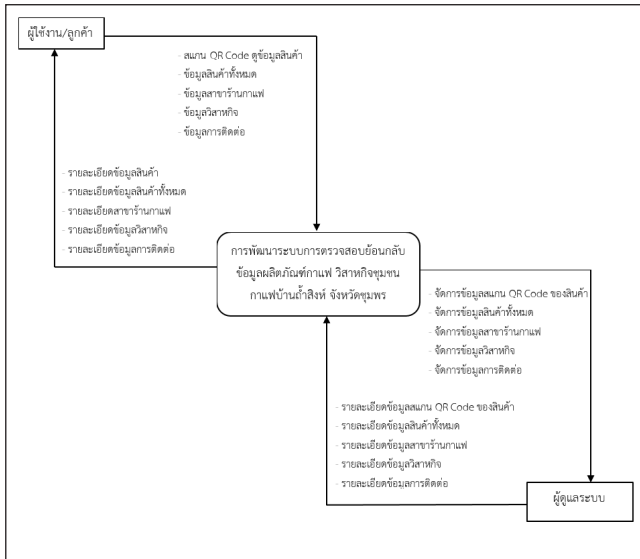


ภาพที่ 2 กระบวนการพัฒนาระบบแบบอไจล์ (ดัดแปลงมาจาก Phongphet, W., Chumpa, A., & Thumpanit, A. 2023)

3.1 วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน (User Stories)

ผู้วิจัยทำการศึกษาความเป็นไป ความต้องการของเกษตรกรและผู้บริโภค รวบรวม และศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตและแปรรูป ผลิตภัณฑ์กาแฟของวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร และ ประชุมหารือเกี่ยวกับการดำเนินการแนวทางการพัฒนาระบบการตรวจสอบย้อนกลับจากฐานข้อมูลการผลิตกาแฟ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ร่วมกับเทคโนโลยี QR Code จากนั้นทำการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ และผู้ใช้งาน (เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ ผู้ผลิต และผู้บริโภค) จากการรวบรวมข้อมูล 1) ระบบความต้องการ 2) กำหนดแผนการทำงานทั้งหมดของระบบ และ 3) ระบบข้อจำกัดที่เกี่ยวกับระบบ

ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ระบบ สามารถแสดงผังแผนภาพบริบท (Context Diagram)



ภาพที่ 3 แผนภาพบริบทของระบบตรวจสอบข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟ

3.2 แบ่งส่วนงานตามลำดับความสำคัญ (Product Backlog)

เป็นเครื่องมือหลักในการสื่อสารภายในทีมวิจัยสำหรับการพัฒนาระบบ โดยแบ่งขั้นตอนการพัฒนาแบบออกแบบส่วนงานย่อย ๆ ตามลำดับการทำงานของระบบ และดำเนินการออกแบบระบบงาน กำหนดระยะเวลาในการทำงานแต่ละส่วนให้เหมาะสม

3.3 การวางแผนการทำงาน (Sprint Planning)

ทีมพัฒนาร่วมกันวางแผนการทำงานตาม Product Backlog โดยมีการกำหนดรอบการทำงานให้สำเร็จในแต่ละ Sprint ประมาณ 2 - 4 สัปดาห์ ซึ่งแต่ละสัปดาห์ต้องมีการประชุมติดตามงาน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างการทำงาน เพื่อเสนอปัญหาที่พบระหว่างและช่วยกันหาแนวทางให้การแก้ปัญหาพร้อมกัน ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

3.4 การพัฒนาระบบ (Development) การพัฒนาระบบมีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 สถาปัตยกรรมของระบบ ผู้วิจัยได้ออกแบบและกำหนดโครงสร้างของข้อมูล ซึ่งแบ่งการทำงานออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานได้ออกแบบเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้งานได้ทุกแพลตฟอร์ม เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต เป็นต้น สามารถใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

3.4.2 การพัฒนาระบบตรวจสอบข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ใช้ภาษา HTML, PHP, CSS, JavaScript และมีการจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูล MySQL ด้วยโปรแกรม XAMPP ให้มีการแสดงและประมวลผลบนเว็บไซต์

3.5 ทดสอบการใช้งานโดยผู้ใช้งาน (Sprint Review)

หลังจากที่ทีมพัฒนาดำเนินการพัฒนาระบบเสร็จเรียบร้อยแล้วก็นำระบบไปทดสอบการใช้งานโดยผู้ใช้งานเพื่อทำการประเมินผลความพึงพอใจของการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้นและรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานเพื่อนำไปปรับปรุงระบบให้เหมาะสมและดีขึ้น ก่อนนำไปใช้งานจริง

3.6 ประเมินผล (Evaluation)

การประเมินผลการใช้งานระบบสารสนเทศ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามจะวัดประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานทั่วไปใช้สถิติที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.6.1 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ดังสมการที่ 1

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

โดย $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย
 $\sum x$ คือ ผลรวมทั้งหมด
 n คือ จำนวนประชากร

3.6.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังสมการที่ 2

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

โดย S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum x$ คือ ผลบวกของค่าแต่ละตัว
 n คือ จำนวนประชากร

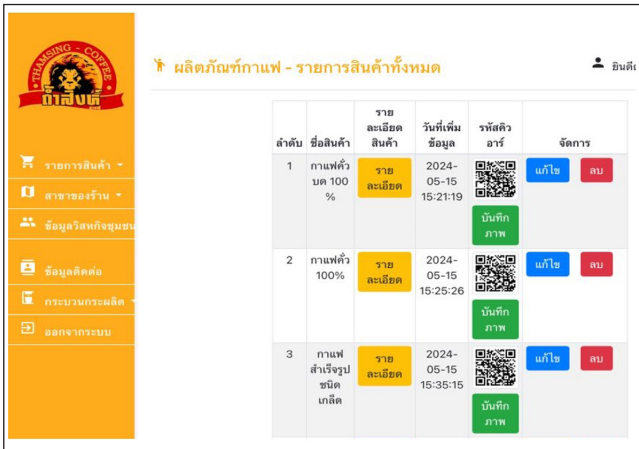
4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

4.1.1 ผลการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ได้กำหนดให้มีผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานทั่วไป ดังนี้

1. ผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบด้วยชื่อผู้ดูแลและรหัสผ่าน เพื่อดำเนินการจัดการกับข้อมูลสินค้า

จัดการข้อมูลสาขาร้านค้ากาแฟ การข้อมูลกระบวนการผลิตกาแฟ
จัดการข้อมูลของวิสาหกิจชุมชนบ้านถ้ำสิงห์จัดการข้อมูลเว็บไซต์
ดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5

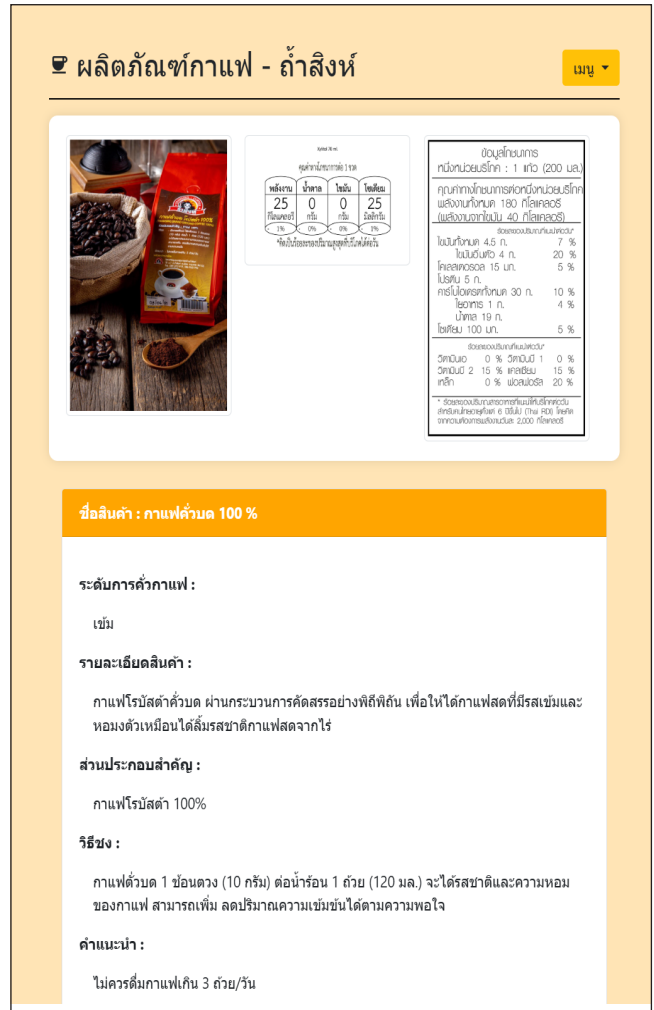


ภาพที่ 4 หน้าจัดการข้อมูลสินค้า

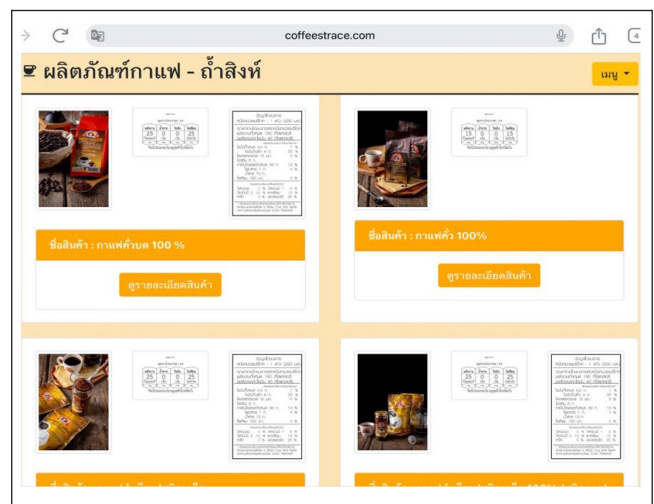


ภาพที่ 5 หน้าจัดการข้อมูลกระบวนการผลิตกาแฟ

2. ผู้ใช้งานทั่วไป สามารถเข้าใช้งานระบบโดยไม่ต้องสมัครสมาชิก ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานได้ผ่าน QR Code ที่อยู่บนบรรจุภัณฑ์ของสินค้าแต่ละชนิด เมื่อผู้ใช้สแกน QR Code ก็จะได้แสดงข้อมูลของสินค้านั้น ๆ ขึ้นมา จากนั้นหากลูกค้าสนใจในสินค้าอื่น ๆ เพิ่มเติมสามารถเลือกได้จากเมนู "สินค้าทั้งหมด" ที่อยู่ในหน้าเว็บไซต์ได้ และผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลอื่น ๆ ได้จากเมนู "ข้อมูลสาขา" "ข้อมูลวิสาหกิจชุมชน" "กระบวนการผลิต" "ข้อมูลติดต่อ" ดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7



ภาพที่ 6 แสดงข้อมูลรายละเอียดของสินค้า จากการสแกน QR Code



ภาพที่ 7 หน้าแสดงรายการสินค้าทั้งหมด

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน แสดงผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านเนื้อหาของระบบ	4.44	0.58	มาก
2. ด้านการออกแบบระบบ	4.47	0.63	มาก
3. ด้านการจัดการข้อมูล	4.76	0.52	มากที่สุด
4. ด้านประโยชน์และการนำไปใช้	4.84	0.37	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.63	0.56	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร พบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.63$, S.D. = 0.56)

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ใช้

การประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ใช้ จำนวน 300 คน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านการทำงานของระบบ	4.65	0.10	มากที่สุด
2. ด้านการออกแบบและจัดการรูปแบบเว็บไซต์	4.58	0.04	มากที่สุด
3. ด้านประสิทธิภาพการทำงาน	4.60	0.05	มากที่สุด
4. ด้านประโยชน์ของการใช้งาน	4.71	0.09	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.63	0.03	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในการใช้งานระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร พบว่า อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{x} = 4.63$, S.D. = 0.03)

5. อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

5.1.1 ระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ที่พัฒนาขึ้นสามารถเป็นช่องทางให้ผู้บริโภคสามารถตรวจสอบข้อมูลย้อนกลับของผลิตภัณฑ์กาแฟ แต่ละชนิดได้ง่ายผ่านการสแกน QR Code บนบรรจุภัณฑ์จะแสดงข้อมูลการผลิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง และครบถ้วนเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการซื้อ ทำให้เกิดความมั่นใจในผลิตภัณฑ์กาแฟของวิสาหกิจชุมชนบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร มากขึ้น ซึ่งการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับ มีการนำเทคโนโลยี QR Code เข้ามาช่วยในการเข้าถึงรายละเอียดข้อมูลสินค้า ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกให้กับลูกค้าได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ta-Kham [10] การนำเทคโนโลยี QR Code มาช่วยทำให้การตรวจสอบและการติดตามผลิตภัณฑ์สามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว ง่าย และปลอดภัย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sinthunawa [7] นำเทคโนโลยี QR Code มาช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจเช็คข้อมูลถึงร่องฝุ่นเครื่องจักร ทำให้สะดวก และมีความง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูล

ระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟเป็นเครื่องมือสำคัญในการตรวจสอบย้อนกลับติดตามข้อมูลผลิตภัณฑ์กาแฟ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ponyared [11] ได้ศึกษาระบบตรวจสอบย้อนกลับสำหรับข้าวตลาดเฉพาะนี้เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการตรวจสอบย้อนกลับติดตามสินค้าข้าวให้ผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของสินค้าข้าว สอดคล้องกับ [12] - [15] สามารถแสดงถึงแหล่งที่มา และกระบวนการผลิตต่าง ๆ ให้กับผู้บริโภคได้สามารถเข้าถึงข้อมูล ช่วยให้เกิดความเข้าใจและความรู้ที่ขึ้นต่อผลิตภัณฑ์

การนำแนวคิดการพัฒนาระบบแบบโอโจลมาใช้ในกระบวนการพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร เน้นให้เกิดการทำงานที่รวดเร็ว เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง

ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา มีความยืดหยุ่นสามารถปรับได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน มีการทำงานที่ละขั้นตอนตามแบ่งส่วนงานและแผนงานที่วางไว้ซึ่งสอดคล้องกับ Phonphhet [16] ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดแบบ อัจฉริยะ เพื่อพัฒนาระบบรับสมัครนักศึกษาออนไลน์ มหาวิทยาลัยนครพนม ทำให้สามารถพัฒนาระบบได้ในระยะเวลาที่รวดเร็ว ทำให้ละขั้นตอนและยังสามารถปรับปรุงแก้ไขระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและสอดคล้องกับ Srisura [17] ได้ศึกษาการใช้แนวคิดแบบอัจฉริยะในการพัฒนาแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อเสริมศักยภาพ วิสาหกิจชุมชนบ้านท่าก่อ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าการใช้แนวคิดแบบอัจฉริยะสามารถแบ่งงานออกเป็นวงรอบ และสามารถพัฒนาที่ละน้อย ทำให้เกิดความรวดเร็ว และตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

5.1.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร พบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.63$, S.D. = 0.53) โดยด้านที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือด้านประโยชน์และการนำไปใช้ ($\bar{x} = 4.84$, S.D. = 0.37) รองลงมาคือ ด้านการจัดการข้อมูลมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.84$, S.D. = 0.37) ด้านการออกแบบระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.84$, S.D. = 0.37) และด้านเนื้อหาของระบบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.84$, S.D. = 0.37) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบให้สอดคล้องกับการใช้งานของผู้ใช้งานให้สามารถใช้งานง่ายและเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้งานมากที่สุด

5.1.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจการใช้ระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร การประเมินผลความพึงพอใจการใช้งานจากผู้ใช้งานจำนวน 300 คน พบว่า ภาพรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.03 แบ่งรายด้านดังนี้ ด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.65 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.10 ด้านการออกแบบและจัดการรูปแบบเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.04 ด้านประสิทธิภาพการทำงาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.05 ด้านประโยชน์ของการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.71 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.09

5.2 สรุปผล

การพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟของวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ได้นำเทคโนโลยี QR Code มาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการเข้าถึงข้อมูลผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็วและสะดวกผ่านอุปกรณ์มือถือ ช่วยเพิ่มความโปร่งใส และความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์ โดยผู้บริโภคสามารถตรวจสอบแหล่งที่มาและกระบวนการผลิตได้อย่างแม่นยำ พร้อมทั้งเข้าถึงข้อมูลสำคัญ เช่น รายละเอียดการผลิต ข้อมูลโภชนาการ และการจัดจำหน่าย ระบบนี้ช่วยเสริมสร้างความไว้วางใจในผลิตภัณฑ์กาแฟท้องถิ่น และส่งเสริมชื่อเสียงของวิสาหกิจชุมชนให้สามารถแข่งขันได้ในตลาดท้องถิ่นและตลาดวงกว้าง อีกทั้งยังแสดงถึงศักยภาพในการนำไปปรับใช้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ในชุมชน ซึ่งช่วยสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจในชนบทอย่างยั่งยืน การวิจัยนี้ยังตอบโจทย์ผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสำคัญกับความโปร่งใส และมาตรฐานความปลอดภัยของอาหาร พร้อมสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการยกระดับคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ชุมชน

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับผลิตภัณฑ์กาแฟ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ควรมีการนำเทคโนโลยีบล็อกเชน (Blockchain) ที่มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว มาใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับสินค้า เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลด้วยการสแกนคิวอาร์โค้ดที่อยู่บนบรรจุภัณฑ์ สามารถตรวจสอบที่มาของผลิตภัณฑ์ตลอดห่วงโซ่การผลิตอาหารได้อย่างถูกต้อง อาทิ แหล่งที่มาของสินค้า ข้อมูลการได้รับรองมาตรฐานสากลด้านคุณภาพ และความปลอดภัยอาหาร ข้อมูลด้านผลิตภัณฑ์ยั่งยืน เป็นต้น

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการดำเนินงานโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ร่วมกับโครงการวิจัยมูลฐาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ สัญญาเลขที่ FRB6730/2567 ปีงบประมาณ 2567 และขอบคุณผู้บริหาร คณะกรรมการและสมาชิกวิสาหกิจชุมชนกาแฟบ้านถ้ำสิงห์ จังหวัดชุมพร ที่ให้ข้อมูลเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัย และให้ความช่วยเหลือคณะผู้วิจัยเสมอมา

8. การรับรองจริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เลขที่ COA No.005/2024-SS-EXP จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Sonsupha, *The best coffee must be given to Uncle Khai Coffee in Chumphon Province. The younger generation continues to develop it until it becomes the Best Thai Coffee.* Available Online at <https://mgronline.com/south/detail/9650000089691>, accessed on 20 November 2023.
- [2] N. Chooprai, E. Wijitpan, P. Kaewudom, and C. Yodkuea. "The Development of E-Commerce Systems for Increasing Distribution Channels of Coffee Products, Ban Thamsing Community Enterprise, Chumphon Province." *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, Vol. 24, No. 3, pp. 39 - 49, September - December, 2022.
- [3] M. Stanistawek, D. Miarka, H. Kowalska, and J. Kowalska. "Traceability to ensure food safety and consumer protection as typified by case studies of three meat processing plants." *South African Journal of Animal Science*, Vol. 51, No. 2, pp. 241 - 249, 2021.
- [4] L. Xiao, W. Sun, S. Chang, C. Lu, and R. Jiang. "Research on the Construction of a Blockchain-Based Industrial Product Full Life Cycle Information Traceability System." *Applied Sciences*, Vol. 14, No. 1, 2024.
- [5] P. Hongsisib and S. Ko-issara. "Using QR-Code Technology For Public Relations Of Community Enterprises Antique Hand-Woven Cloth Group, Padee Pha Tho Tambon Bo Suak, Mueang district, Nan province." *Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal*, Vol. 13, No. 2, pp. 34 - 41, June - December, 2020.
- [6] M. Noitubtim and K. Sukkajornwong. "Application of Traceability System in Food Industry." *Princess of Naradhiwas University Journal*, Vol. 5, No. 4, pp. 206 - 215, 2013.
- [7] T. Sinthunawa, P. Phungngam, and O. Tangtong. "The Development of Online Machine Dust Filter Tank Inspection System by Using QR Code." *Journal of Applied Information Technology*, Vol. 7, No. 1, pp. 41 - 53, January - June, 2021.
- [8] D. Thammasiri and S. Sukcharoenpong. "Traceability System for Rice and Vegetables in Nakhon Pathom Province." *Information Technology Journal*, Vol. 18, No. 1, pp. 24 - 33, 2022.
- [9] Y. Bao and Y. Bao. "Chicken and Egg Food Traceability System Based on NFC and QR Code Technology." *In Proceedings of International Conference on Electronics, Communications and Networks, 12th*, Xiamen, China, pp. 191 - 197, 2022.
- [10] T. Ta-Kham, S. Tauwsakul, N. Khwamman, and W. Jitjaroen. "The development of traceability system for specialty coffee: A case study of Coffee Go Green Café." *Silpakorn University e-Journal (Social Sciences, Humanities, and Arts)*, Vol. 41, No. 6, pp. 80 - 92, November - December, 2021.
- [11] P. Ponyared, K. Parpol, S. Akarapornvinit, K. Ditkhammao, G. Pantuwan, and P. Thavong. "Development of a Traceability System for Niche Market Rice." *Thai Rice Research Journal*, Vol. 13, No. 2, pp. 94 - 105, July - December, 2022.
- [12] A. Thongkaem, W. Sanphang, K. Dangsakul, J. Jantala, K. Chanphol, P. Meechai, and S. Rujichai. "Agricultural products traceability system of riceberry manufacturer in borderland udonthani and sakonnakhon province." *Santapol College Academic Journal*, Vol. 9, No. 1, pp. 55 - 61, January - June, 2023.
- [13] L. Cocco, K. Mannaro, R. Tonelli, L. Mariani, M.B. Lodi, A. Melis, M. Simone, and A. Fanti. "A blockchain-based traceability system in agri-food SME: Case study of a traditional bakery." *IEEE Access*, Vol. 9, pp. 62899 - 62915, 2021.
- [14] E.A. Jaya, M.Z.C. Candra, and T.D. Ferindra. "Development of blockchain-based traceability system for



- fishery products." *Proceedings of the 2021 International Conference on Data and Software Engineering*, Bandung, Indonesia, pp. 1 - 6, 2021.
- [15] J. Oliveira, J.E. Lima, D.d. Silva, V. Kuprych, P.M. Faria, C. Teixeira, E.F. Cruz, and A.M.R.d. Cruz. "Traceability system for quality monitoring in the fishery and aquaculture value chain." *Journal of Agriculture and Food Research*, Vol. 5, pp.1 - 15, 2021.
- [16] W. Phongphet, A. Chumpa, and A. Thumpanit. "Applying Agile Methodology to Develop an Online Student Admission System for Nakhon Phanom University." *Journal of Liberal Arts (WangNangLeng) RMUTP*, Vol. 3, No. 1, pp. 49 - 61, January - June, 2023.
- [17] R. Srisura, S. Wayalun, R. Salee, W. Sinjungreed. "Use of the agile concept in the development of an online platform to empower ban tha kor community enterprises in ubonratchathani." *Industrial Technology Journal*, Vol. 7, No. 2, pp. 66 - 79, July - December, 2022.
-

Information
Technology
Journal
KMUTNB



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาอุทิศ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Tel: 02-555-2726

Website: <http://www2.it.kmutnb.ac.th/journal>