

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์

Journal of Applied Informatics and Technology

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2566

กองบรรณาธิการ ● วารสารวิทยาการสารสนเทศ
และเทคโนโลยีประยุกต์

บรรณาธิการ ● ผศ.ดร.โอฬาริก สุรินตะ

ผู้ช่วยบรรณาธิการ ● รศ.ดร.จันทิมา พลพินิจ
รศ.ดร.พงษ์พัฒน์ สายทอง
ผศ.ดร.พัฒนพงษ์ ชมภูวิเศษ
ผศ.ดร.ปวิวัติ ฤทธิเดช
ผศ.ดร.สุวิช ธีระโคตร
ผศ.พวงชมพู ไชยอาลา แสงรุ่งเรืองโรจน์
ดร.นภัสกร กรวยสวัสดิ์

เลขานุการ ● นางสาวสุวิชา ไชยเมือง

เจ้าของ ● คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สำนักงานกองบรรณาธิการ ● คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150
อีเมล jit@msu.ac.th

ISSN: 2586-8136 (Online)

กองบรรณาธิการในประเทศไทย

เกรียงศักดิ์ เดมีย์
แกมกาญจน์ สมประเสริฐศรี
ไกรศักดิ์ เกษร
คชากฤษ เหลี่ยมไธสง
จิตตราภรณ์ สุทธิวรเศรษฐ์
จิตมินต์ อังสกุล
จุฑารัตน์ ศราวณะวงศ์
ธันสนี เพียรตระกูล
นิยม วงศ์พงษ์คำ
นุชนาฏ บัวศรี
ปรีชา สาคร
พยุง มีสัง
ทิพย์ธนี เรืองแสง
ไพบุลย์ เกียรติโกมล
ภัทธิรา สุวรรณโค
มนัสวี แก่นอำพันพันธ์
มหศักดิ์ เกตุจำ
ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
รัชดา คงคะจันทร์
รัตน์โชติ เทียนมงคล
ฤทัย นิ่มน้อย
วิมลมาศ ปฐมวณิชกุล
วีรพงษ์ พลนิกรกิจ
สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
สัญญา สราภิรมย์
สายชล ใจเย็น
สายสุนีย์ จับใจ
สิริพร กมลธรรม
สุชาดา น้ำใจดี
สุรพล บุญลือ
เสกสรร สายสีเสด
เสกสรรค์ เข้มพินิจ
หนึ่งทัย ขอมผลกลาง
อนันตพร พรชकुณาชัย

มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กองบรรณาธิการต่างประเทศ

Abhaya Nayak
Akhilesh Kumar Sharma
Antonis Bikakis
Christopher Khoo Soo Guan
Joyce Chai-chen Chen
Laxman Rao Nagubandi
Manik Sharma
Mohd Shahrizal Sunar
Richard Booth
Riri Fitri Sari
Suhaidi Hassan
Thiri Haymar Kyaw
Tin Myat Htwe
Tusar Kanti Mishra

Macquarie University, Australia
Manipal University Jaipur, India
University College London, United Kingdom
Nanyang Technological University, Singapore
National Taiwan Normal University, Taiwan
Osmania University, India
DAV University Jalandhar, India
University of Technology Malaysia, Malaysia
Cardiff University, Wales
University of Indonesia, Indonesia
Universiti Utara Malaysia, Malaysia
University of Information Technology, Myanmar
University of Computer Studies, Myanmar
Vellore Institute of Technology, India

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ ได้เผยแพร่บทความ
ในวารสารเล่มปีที่ 5 ฉบับที่ 1 จำนวนทั้งสิ้น 6 บทความประกอบด้วย
1) การพยากรณ์การตกรอกของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัย
ราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ผู้แต่งคือ ธนพร คล้ายทอง
และชุตินันท์ ศรีสวัสดิ์ 2) การจำแนกความผิดปกติของเล็บด้วยโครงข่าย
ประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ผู้แต่งคือ ณิชฐิตา ลาภธนชัย,
อาทิตยา ชมทอง, สัจจาภรณ์ ไวจรรยา และณิชฐิตา พรหมฤทธิ์
3) ระบบสำหรับแจ้งเตือนการลิมิตประตูหอพักผ่านแอปพลิเคชันไลน์
ผู้แต่งคือ พันธวิษ พิพัฒน์กำธร, เจนจิรา เนาวรัตน์ และสัญญา เครื่องหงษ์
4) การศึกษาพื้นที่ได้รับผลกระทบจากการเผาแหล่งฝังกลบขยะในจังหวัด
สมุทรปราการ ด้วยแบบจำลอง ALOHA ผู้แต่งคือ ขวภณ สุนทรโชติช่วง,
นริรัตน์ อุตตะพันธ์ และณิชฐพล จันทรแก้ว 5) บูรณาการระบบสารสนเทศ
ภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่:
กรณีศึกษาภาคตะวันออก ผู้แต่งคือ กฤษณี กิตติศิริสวัสดิ์, พัชรพร
งามเจริญสุขถาวร และณิชฐพล จันทรแก้ว และ 6) การพัฒนาแอปพลิเคชัน
ส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคใต้ฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความ
เป็นจริงเสริม ผู้แต่งคือ ธีรวัฒน์ สำเภาทอง และวิโรวรรณ แสนชนะ

ทั้งนี้ บทความที่เผยแพร่ในวารสารทั้งหมดได้ผ่านการพิจารณา
จากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 ท่าน และผู้แต่งได้ปรับแก้บทความ
ตามข้อเสนอแนะเป็นที่เรียบร้อย กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้แต่ง
ที่ได้ส่งบทความวิจัยมาเผยแพร่ และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้
พิจารณาบทความและให้คำแนะนำที่ดีต่อผู้แต่ง กองบรรณาธิการหวังเป็น
อย่างยิ่งว่าทั้ง 6 บทความจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยใน
อนาคต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โอฬาริก สุรินตะ

บรรณาธิการวารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์

จุดมุ่งหมาย

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ (JIT) มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งที่เปิดรับบทความงานวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับวิทยาการสารสนเทศ เทคโนโลยี สื่อดิจิทัล นิเทศศาสตร์ และงานวิจัยในหัวข้ออื่นที่เกี่ยวข้อง บทความที่เปิดรับสามารถเป็นได้ทั้งบทความปริทัศน์ (Review Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และบทความวิจัย (Research Article)

ขอบเขตของงานวิจัย

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์พิจารณาเปิดรับบทความที่มุ่งเน้นทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ โดยหัวข้องานวิจัยที่เปิดรับ ประกอบด้วย

- เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology)
- วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science)
- ภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics)
- สารสนเทศศาสตร์และการจัดการ (Information Science and Management)
- สื่อดิจิทัล (Digital Media)
- นิเทศศาสตร์ (Communication Arts)

เจ้าของ:

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สำนักงานกองบรรณาธิการ:

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

อีเมล jit@msu.ac.th

ISSN: 2586-8136 (Online)

Journal of Applied Informatics and Technology (JIT) is a peer-reviewed and open-access journal that aims to publish leading edge researches on any possible topic in informatics, technology, and other related areas, both from theoretical and empirical perspectives. Topics of interest include, but are not limited to, the following:

- Information Technology
- Computer Science
- Geo-Informatics
- Information Science and Management
- Digital Media
- Communication Arts

OWNERSHIP:

Faculty of Informatics, Maharakham University

EDITORIAL OFFICE:

Faculty of Informatics, Maharakham University, Khamriang,
Kantarawichai, Maharakham, 44150 THAILAND

e-mail: jit@msu.ac.th

ISSN: 2586-8136 (Online)

ข้อมูลสำหรับผู้แต่ง

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ (JIT) เปิดรับพิจารณาบทความปริทัศน์ (Review Article) บทความวิชาการ (Academic Article) และบทความวิจัย (Research Article) ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาการสารสนเทศ เทคโนโลยี สื่อดิจิทัล นิเทศศาสตร์ และงานวิจัยในหัวข้ออื่นที่เกี่ยวข้อง โดยเปิดรับทั้งบทความที่มุ่งเน้นทางด้านทฤษฎีและการประยุกต์ใช้

บทความที่จะส่งเข้ามาพิจารณาในวารสารกำหนดให้มีจำนวนหน้าสูงสุด 15 หน้า โดยที่ผู้แต่งต้องแทรกรูปภาพ (Figure) และตาราง (Table) ลงในบทความให้เรียบร้อย โดยวารสารเลือกวิธีการพิจารณาบทความแบบ double-blind (กรรมการพิจารณาไม่รู้ว่า เป็นบทความของผู้แต่งท่านใด) แต่ทั้งนี้ ผู้แต่ง (Author) จะต้องพิมพ์ชื่อ และสถาบัน (Affiliation) ของท่านลงมาในบทความต้นฉบับด้วย โดยที่วารสารจะปิดชื่อของผู้แต่งก่อนที่จะส่งให้กรรมการพิจารณาบทความ (Reviewer)

ตัวอย่างเทมเพลตบทความ

โปรดเตรียมบทความต้นฉบับโดยใช้เทมเพลตของวารสาร ซึ่งใช้โปรแกรม MS-Word ในการเขียนบทความ โดยสามารถดาวน์โหลดได้จากลิงก์ต่อไปนี้

> <https://shorturl.at/moAP0>

หากพบปัญหาระหว่างการส่งบทความกรุณาติดต่อวารสารทางอีเมล jit@msu.ac.th

กระบวนการพิจารณาบทความ (Peer Review Process)

ผู้วิจัยและผู้พิจารณาบทความไม่สามารถทราบข้อมูลกันและกัน (Fully Blind Peer Review)

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ ใช้กระบวนการพิจารณาบทความโดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Reviewer) จำนวนทั้งสิ้น 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (Accuracy) ความใหม่ (Novelty) และความสำคัญ (Importance) ของงานวิจัย ทั้งนี้ ผู้แต่งจะต้องพิมพ์ชื่อ และสถาบัน (Affiliation) ลงในบทความต้นฉบับ โดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจะไม่ทราบข้อมูลของผู้แต่งและผู้แต่งก็จะไม่ทราบข้อมูลของกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Double-blind Review) ซึ่งทุกบทความที่ส่งเข้ามาพิจารณาจะเข้าสู่กระบวนการพิจารณา (Peer-review process) โดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจำนวนอย่างน้อย 3 คน เมื่อได้รับผลการพิจารณาจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ จะเข้าสู่ขั้นตอนการพิจารณาจากบรรณาธิการ (Editor-in-Chief) โดยผลการพิจารณาประกอบด้วยผ่านการพิจารณา (Acceptance) ขอให้ปรับแก้ไขบทความตามข้อเสนอแนะ (Revision) และปฏิเสธการเผยแพร่บทความ (Rejection)

นโยบายแหล่งสารสนเทศแบบเสรี (Open Access Policy)

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์เปิดให้ผู้อ่านได้เข้าถึงบทความโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เผยแพร่บทความสู่สาธารณะและทำให้ผู้อ่านทั่วโลกได้แลกเปลี่ยนความรู้จากบทความที่เผยแพร่

การพยากรณ์การต้อออกของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัย ราชภัฏพิบูลสงคราม ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ธนพร คล้ายทอง, ชุตินันท์ ศรีสวัสดิ์	1
การจำแนกความผิดปกติของเล็บด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบ คอนโวลูชัน ณัฐธิดา ลาภธนชัย, อาทิตยา ชมทอง, สัจจาภรณ์ ไวจรรยา, ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์	18
การพัฒนาาระบบสำหรับแจ้งเตือนการลืมนัดประตูหอพักผ่านแอปพลิเคชัน บนมือถือโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง พันธวัช พิพัฒน์กำธร, เจนจิรา เนาวรัตน์, สัญญา เครื่องหงษ์	36
การศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเผาแหล่งฝังกลบขยะในจังหวัด สมุทรปราการด้วยแบบจำลอง ALOHA ชวภณ สุนทรโชติช่วง, ชุตินันท์ คุญเจริญ, นริรัตน์ อัดตะพันธ์, ณัฐพล จันทร์แก้ว	51
บูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่: กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียง กฤษณีย์ กิตติศิริสวัสดิ์, พัชรพร งามเจริญสุขถาวร, ณัฐพล จันทร์แก้ว	60
การพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์ม ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ถิรวัฒน์ สำเภาทอง, วิโรวรรณ แสนชนะ	71

Forecasting Dropout of Undergraduates Pibulsongkram Rajabhat University with Data Mining Technique <i>Tanaphorn Klaythong, Chutipphon Srisawat</i>	1
Classification of Nail Abnormalities using Convolutional Neural Network <i>Nuttida Lapthanachai, Arthitaya Chomthong, Sajjaporn Waijanya, Nuttachot Promrit</i>	18
Developing a System for Notification of Forgetting to Close the Dormitory Door with Mobile Application using Internet of Things <i>Phanthawat Phiphatkamton, Jenjira Naowarat, Sanya Khruahong</i>	36
A Study of Areas Affected by the Burning of Waste Landfills in Samut Prakan Province with the ALOHA Model <i>Chawaphon Sunthonchotchuang, Chootima Kucharoen, Nareerat Attaphan, Nutthapol Junkaew</i>	51
Integrated of Geographic Information System for Supporting Tourism 12 Cities Hidden Gems Plus: Case Study Eastern Region <i>Krissanee Kittisirisawat, Patcharaporn Ngamjaroensoktavorn, Nutthapol Junkaew</i>	60
The Development Application Promote Agritourism of Pakdee Farm with Augmented Reality Technology <i>Tirawat Sampaothong, Wiraiwan Sanchana</i>	71

การพยากรณ์การต้อออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล

Forecasting Dropout of Undergraduates Pibulsongkram Rajabhat University with Data Mining Technique

ธนพร คล้ายทอง¹, ชุตินพันธ์ ศรีสวัสดิ์^{1*}

Tanaphorn Klaythong¹, Chutipphon Srisawat^{1*}

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

¹ Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000, Thailand

* Corresponding Author: Chutipphon Srisawat, chutipphon@psru.ac.th

Received:

26 February 2022

Revised:

31 March 2022

Accepted:

27 April 2022

คำสำคัญ:

การต้อออก, เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ, เทคนิคนาอิวเบย์, กฎการอุปนัย

Keywords:

Fall off, Decision Tree, Naïve Bayes, Rule Induction

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์คุณลักษณะและศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการต้อออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 2) สร้างโมเดลและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล และ 3) เพื่อพัฒนาระบบการพยากรณ์การต้อออกของนักศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลของนักศึกษาระดับปริญญาตรีจากกองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ตั้งแต่ปีการศึกษา 2558-2563 จำนวนทั้งสิ้น 20,093 ชุดข้อมูล มีแอททริบิวต์ทั้งหมด 16 แอททริบิวต์ วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ด้วยเทคนิค Filter Approach โดยใช้ค่า Information Gain ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการต้อออกของนักศึกษา พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการต้อออกของนักศึกษาจำนวน 10 ปัจจัย ได้แก่ เกรดเฉลี่ยรวม ปีที่เข้าศึกษา สาขาวิชา หลักสูตร อาชีพมารดา อาชีพบิดา คณะ ระดับการศึกษา ภาค และความถนัด/ความสามารถพิเศษ จากนั้นนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องไปสร้างแบบจำลอง โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล 3 เทคนิค คือ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคนาอิวเบย์ (Naïve Bayes) และกฎการอุปนัย (Rule Induction) ในการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล ด้วยวิธีการ 5-Fold Cross-Validation และ 10-Fold Cross-Validation ซึ่งวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยค่าความถูกต้อง (Accuracy) และค่าความผิดพลาด (Mean Absolute Error: MAE) ผลการทดสอบประสิทธิภาพพบว่าแบบจำลองที่ใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจได้ค่าสูงที่สุดในการแบ่งข้อมูลทดสอบ 10-Fold Cross-Validation ให้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) 97.81% และค่าความผิดพลาด (MAE) เท่ากับ 0.026 ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาออกแบบ และพัฒนาระบบ

ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ผลการประเมินระบบจากการสุ่มตัวอย่างข้อมูลมาทดสอบในระบบ ค่าเฉลี่ยรวมของการทำนายถูกต้องของระบบคิดเป็นร้อยละ 86.29%

Abstract: The objectives of this research were 1) to analyze characteristics and study factors related to the dropout of undergraduate students. Pibulsongkram Rajabhat University 2) to create a model and compare the efficiency of the model and 3) to develop a forecasting system for student dropout. The data of undergraduate students were obtained from the Education Services Division, Pibulsongkram Rajabhat University, between the 2015 and 2020 academic years, a total of 20,093 data sets containing 16 attributes. The filter approach feature selection method based on information gain was presented to analyze the factors affecting student dropout. It was found that ten factors influence student dropout, namely total GPA, year attended in university, programs of study, course of study, mother's occupation, father's occupation, faculty, educational level, region, and aptitude/talent. Then, the relevant factors were used to create the model using 3 data mining techniques: Decision Tree, Naïve Bayes, and Rule Induction technique. The model's performance was investigated using the 5-Fold Cross-Validation and 10-Fold Cross-Validation methods. The model's accuracy and mean absolute error (MAE) were also quantified. The results showed that the decision tree technique model had the highest value in the 10-Fold Cross-Validation. The accuracy and MAE of the model were 97.81% and 0.026, respectively. The researcher also designed and developed the model system using the form of a web application. The results from system evaluation data found the total mean of the correct prediction of the system. Accounted for 86.29%

1. บทนำ

ในปัจจุบันการศึกษาถือว่าเป็นกระบวนการพัฒนาให้คนในสังคมเกิดการเรียนรู้ ความสามารถในการนำไปพัฒนาอาชีพ สังคมและประเทศชาติ ซึ่งการศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในระดับปริญญาตรี หากนักศึกษาไม่มีความพร้อม ไม่มีความเข้าใจในสาขาที่ตนเองเลือก อาจส่งผลให้เกิดการต้อออกหรือการพ้นสภาพนักศึกษา ทำให้เสียเวลา เสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากโดยเปล่าประโยชน์ อีกทั้งส่งผลไปถึงสถานศึกษาในการประเมินคุณภาพการศึกษาของมหาวิทยาลัย ในการกำหนดหลักสูตร การจัดทำแผนพัฒนาการศึกษา ทำให้เสียเวลาการบริหารจัดการและเสียทรัพยากรในการลงทุน ซึ่งระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการพ้นสภาพการ

เป็นนักศึกษา เป็นสื่อกลางเชื่อมโยงไปยังนักศึกษา ให้นักศึกษาตรวจสอบตนเอง เพื่อพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น และสามารถแก้ปัญหาเรื่องพ้นสภาพนักศึกษาได้ (Che-doloh, Kaheng, & Kepan, 2018) อีกทั้งสถานศึกษาสามารถนำข้อมูลไปพิจารณาในการกำหนดหลักสูตร และการจัดการบริหารกับนักศึกษาในอนาคต โดยการนำเทคโนโลยีทางด้านการทำเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้

การนำเทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ ในด้านการทำเหมืองข้อมูลมาใช้เกี่ยวกับการศึกษา การวิเคราะห์การลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ด้วยเทคนิค Rule Induction, K-Nearest Neighbor, Decision Tree และ Naïve Bayes เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับ

ปริญญาตรี และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล (Laopilai & Sanrach, 2019) หรือ การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียน โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา (Vilailuck, Jaroenpuntaruk, & Wichadukul, 2015) และวิธีการทำเหมืองข้อมูลเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี (Asif *et al.*, 2017) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบการพยากรณ์การคัดออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล เพื่อนำไปช่วยเหลือ ติดตาม และหาแนวทางการแก้ปัญหาการคัดออกของนักศึกษาในแต่ละปีการศึกษา

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เหมืองข้อมูล (Data Mining)

เหมืองข้อมูล คือการสกัดความรู้จากฐานข้อมูลที่มีปริมาณมาก เพื่อค้นหารูปแบบแนวทางในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ซ่อนอยู่ ซึ่งมีหลักการทางคณิตศาสตร์ สถิติ การรู้จำ และการเรียนรู้ทางเครื่องจักร เพื่อนำความรู้ที่ได้มาวางแผน แก้ไขปัญหาและประกอบการตัดสินใจในอนาคต เทคนิคเหมืองข้อมูลแบ่งได้ 2 ประเภทคือ 1) เทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เช่น เทคนิคการค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association

Rule) และการแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) 2) เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เช่น การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) และการประมาณค่าข้อมูล (Regression) ซึ่งในงานวิจัยของ Daoruang, Sanrach, & Mingkwan (2021) เป็นการนำเทคนิคเหมืองข้อมูลมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกประเภทข้อมูล ซึ่งใช้ในการทำนายแขนงวิชาเรียนของนักศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี เพื่อค้นคว้าหาตัวแบบที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลที่ดีที่สุด

2.2 การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection)

การคัดเลือกคุณลักษณะเป็นวิธีการค้นหา กลุ่มคุณลักษณะย่อยที่มีขนาดเล็กที่สุด และไม่ทำให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการสร้างแบบจำลองต่างๆ เพราะนอกจากจะช่วยลดมิติข้อมูล และลดเวลาในการประมวลผลแล้วยังสามารถกำจัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่สัมพันธ์กับผลลัพธ์ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองได้อีกด้วย (Jetpipattanapong, 2018) วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะสามารถแบ่งได้ 2 วิธี ได้แก่ Filter Approach และ Wrapper Approach ดังตาราง 1

ตาราง 1 ตารางเปรียบเทียบเทคนิคคุณลักษณะที่นำมาใช้

เทคนิคคุณลักษณะ	คำอธิบาย
Filter Approach	เป็นการเลือกฟีเจอร์ตามค่าน้ำหนักที่คำนวณได้และเรียงลำดับค่าน้ำหนักที่มากนำมาใช้งานที่คำนวณจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างฟีเจอร์ เช่น เทคนิค Information Gain (IG) และเทคนิค Chi-Square
Wrapper Approach	เป็นการคัดเลือกฟีเจอร์ด้วยการสร้างโมเดลขึ้นมาจากเซตของฟีเจอร์ที่กำหนดไว้และวัดประสิทธิภาพการทำงานของโมเดล และเลือกเซตของฟีเจอร์ที่ทำให้โมเดลมีประสิทธิภาพมากที่สุดมาใช้งาน เช่น เทคนิค Forward Selection และเทคนิค Backward Elimination

2.3 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้ตัดสินใจเป็นการนำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ ในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ สามารถสร้างแบบจำลองการจัดหมวดหมู่ได้จากกลุ่มตัวอย่างข้อมูลที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และพยากรณ์กลุ่มของรายการที่ยังไม่เคยนำมาจัดหมวดหมู่ได้ด้วยรูปแบบของ Tree โครงสร้างประกอบด้วย Root Node, Child และ Leaf Node (Daoruang, Sanrach, & Mingkhwan, 2021) จากงานวิจัยของ Chareonrat (2016) เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาของนักศึกษาที่มีผลการเรียนปกติโดยใช้ต้นไม้ตัดสินใจ เป็นการนำกฎการจำแนกข้อมูลที่ได้มาใช้ในการพัฒนาระบบพยากรณ์การพัฒนาของนักศึกษาต่อไป

2.4 เทคนิคนาอิวเบย์ (Naïve Bayes)

นาอิวเบย์เป็นเครื่องจักรเรียนรู้ที่อาศัยหลักการความน่าจะเป็น (Probability) ตามทฤษฎีของเบย์ (Bayes' Theorem) ซึ่งมีอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อนเป็นขั้นตอนวิธีในการจำแนกข้อมูล โดยการเรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขการจำแนกข้อมูลใหม่ (Laopilai & Sanrach, 2019) จากงานวิจัยของ Boonprasom & Sanrach (2018) ได้นำเทคนิคนาอิวเบย์ไปใช้ในการวิเคราะห์การทำนายการลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ เพื่อเปรียบเทียบ

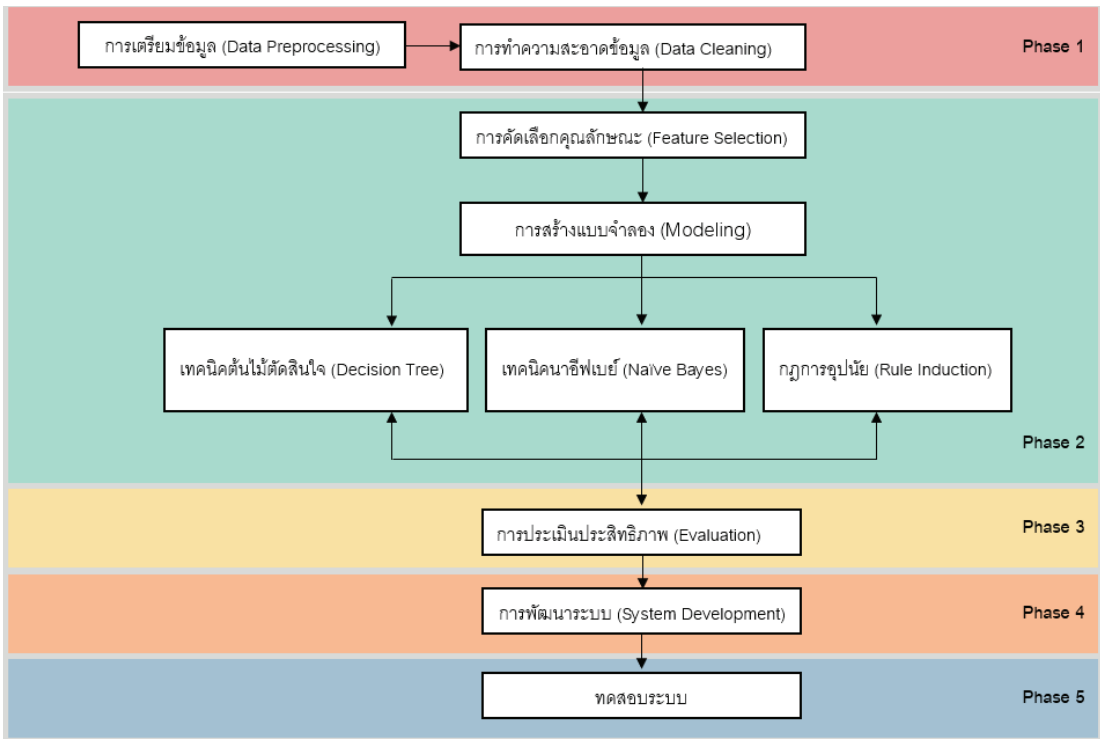
ประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูล พบว่าแบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิคนาอิวเบย์มีประสิทธิภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 93.58%

2.5 กฎการอุปนัย (Rule Induction)

กฎการอุปนัยเป็นวิธีการสำหรับการดึงเอาชุดกฎเกณฑ์ต่างๆ เพื่อจัดแบ่งเงื่อนไขหรือกรณีโครงสร้างต้นไม้สามารถสร้างชุดของกฎต่างๆ และขณะที่บางครั้งเรียกวิธีการนี้ว่า การสร้างกฎใหม่จากตัวอย่าง แต่วิธีการนี้ยังมีความหมายที่แตกต่างกันเนื่องจากวิธีการใช้การอุปนัยจะสร้างชุดของกฎที่เป็นอิสระ ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปโครงสร้างของต้นไม้ เพราะตัวสร้างการอนุมานกฎ (Rule Induction) ไม่ได้บังคับการแตกข้อมูลเป็นแต่ละระดับแต่อาจจะสามารถค้นหารูปแบบ (Pattern) ที่แตกต่างกันได้ (Kladchuen & Sanrach, 2018) จากงานวิจัยของ Laopilai & Sanrach (2019) ในการสร้างโมเดลด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล 4 เทคนิคจากการทำนายการลาออกกลางคันของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน พบว่าโมเดลที่สร้างด้วยเทคนิควิธี Rule Induction มีประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเฉลี่ยความถูกต้อง 94.70%

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ระยะ คือ ระยะที่ 1 การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) ระยะที่ 2 การคัดเลือกคุณลักษณะ



ภาพประกอบ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

และการสร้างแบบจำลอง (Modeling) ระยะเวลาที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพ (Evaluation) ระยะเวลาที่ 4 การพัฒนาระบบ (System Development) และระยะเวลาที่ 5 ทดสอบระบบ โดยมีรายละเอียด ดังภาพประกอบ 1

ระยะที่ 1 การเตรียมข้อมูล

1.1 การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing)

ข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์การตออกของนักศึกษา คือ ข้อมูลของนักศึกษาย้อนหลัง 6 ปี โดยรวบรวมมาจากกองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ระหว่างปีการศึกษา 2558-2563 จำนวน 25,132 ชุดข้อมูล โดยมีข้อมูลนักศึกษาอยู่ 7 ระดับ คือประกาศนียบัตรบัณฑิต ปริญญาตรี 2 ปี (ต่อเนื่อง) ปริญญาตรี 4 ปี (เทียบโอน) ปริญญาตรี 4 ปี ปริญญาตรี 5 ปี ปริญญาโท และปริญญาเอก ในการนำข้อมูลไปใช้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลเฉพาะนักศึกษา ระดับปริญญาตรี จำนวนทั้งสิ้น 20,093 ชุดข้อมูล

1.2 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning)

การแก้ไขความไม่สมบูรณ์ของข้อมูล เพื่อจัดการข้อมูลที่สูญหาย (Missing Value) และลดข้อมูลรบกวน (Noise) หรือข้อมูลที่มีค่าผิดปกติ ข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่ามีข้อมูลที่เป็นค่าว่าง ซึ่งการทำความสะอาดข้อมูล โดยกำจัดค่าว่าง และแทนที่ค่าที่ผิดปกติที่ไม่สามารถนำข้อมูลเข้าโปรแกรม RapidMiner Studio 9.9 ชุดข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์การหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตออกของนักศึกษาประกอบด้วย 15 แอททริบิวต์ และผลลัพธ์ 1 แอททริบิวต์ ได้แก่ 1) เพศ 2) ภาคการศึกษา 3) ระดับการศึกษา 4) ความถนัด/ความสามารถพิเศษ 5) จังหวัด 6) ความพิการ 7) อาชีพบิดา 8) อาชีพมารดา 9) ปีที่เข้าศึกษา 10) กลุ่มเรียน 11) คณะ 12) หลักสูตร 13) สาขาวิชา 14) เกรดแต่ละภาคการศึกษา 15) เกรดเฉลี่ยรวม และ 16) สถานะนักศึกษา ดังภาพประกอบ 2

รหัสนักศึกษา	สถานศึกษา	ระดับ	ความถนัด/จังหวัด	ความพิการ	อาชีพบิดา	อาชีพมารดา	ปีเข้าศึกษา	กลุ่มเรียน	คณะ	หลักสูตร	สาขาวิชา	1/58	1/56-1/58	2/58	1/56-2/58	3/58	1/56-3/58	1/59	
1	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.17	2.17	2.5	2.33	0	2.33	2.47	2.47	
2	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.05	2.05	1.91	1.98	0	1.98	2.17	2.17	
3	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.14	2.14	2.23	2.19	0	2.19	2.5	2.5	
4	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.91	2.91	2.35	2.6	0	2.6	2.82	2.82	
5	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	1.82	1.82	2	1.9	0	1.9	2.2	2.2	
6	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	1.91	1.91	2.21	2.04	0	2.04	2.1	2.1	
7	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.35	2.35	0	2.35	0	2.35	2.17	2.17	
8	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.11	2.11	2.32	2.32	0	2.32	2.3	2.3	
9	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.47	2.47	3.05	2.78	0	2.78	2.95	2.95	
10	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	3.14	3.14	2.7	2.92	0	2.92	2.95	2.95	
11	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.41	2.41	2.61	2.51	0	2.51	2.55	2.55	
12	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	1.94	1.94	2.42	2.16	0	2.16	2.28	2.28	
13	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.32	2.32	2.3	2.31	0	2.31	2.4	2.4	
14	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.32	2.32	2.64	2.48	0	2.48	2.5	2.5	
15	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.32	2.32	2.58	2.45	0	2.45	2.44	2.44	
16	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.5	2.5	2.35	2.42	0	2.42	2.64	2.64	
17	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.41	2.41	2.79	2.6	0	2.6	3.14	3.14	
18	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.47	2.47	2.46	2.46	0	2.46	2.5	2.5	
19	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.2	2.2	2.63	2.37	0	0	0	0	
20	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	พนักงาน	พนักงาน	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	1.94	1.94	2.27	2.07	0	2.07	1.86	1.86	
21	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.64	2.64	2.37	2.5	0	2.5	2.57	2.57	
22	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.14	2.14	0	0	0	0	0	0	
23	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ค้าขาย	ครู	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	1.92	1.92	2	1.96	0	1.96	1.73	1.73	
24	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ไม่ระบุ	เกษตร	ประมง	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.14	2.14	2.21	1.17	0	2.17	1.88	1.88
25	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.08	2.08	2	2.04	0	2.04	1.89	1.89	
26	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	อื่นๆ	อื่นๆ	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.64	2.64	2.77	2.69	0	2.69	2.97	2.97	
27	สอวช	ปวช.	สงขลา	ไม่พิการ	อื่นๆ	อื่นๆ	2558	คชสว	เทคโนโลยี	วิทยาการคอมพิวเตอร์	2.64	2.64	2.77	2.69	0	2.69	2.97	2.97	

ภาพประกอบ 2 แสดงคุณลักษณะตัวอย่างของข้อมูลนักศึกษา

จากชุดข้อมูลข้างต้น สถานะนักศึกษา เป็นผลลัพธ์ในการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตกออกของนักศึกษา ประกอบไปด้วย ไม่มาติดต่อ ครบหลักสูตร ไม่ลงทะเบียนเรียน ย้ายสาขา ย้ายข้ามภาค รอเรียนเพิ่ม ลงทะเบียนเรียน ล่าออก ออกตามระเบียบสำเร็จการศึกษา และเสียชีวิต ซึ่งสถานะนักศึกษาบางสถานะไม่สามารถทำการพยากรณ์การตกออกของนักศึกษาได้ เนื่องจากปัจจัยที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อการพยากรณ์ บางสถานะต้องใช้จำนวนหน่วยกิตในการคำนวณรายวิชาที่ต้องเรียน ข้อมูลผลของการประเมินในแต่ละรายวิชา เช่น การเรียนครบหลักสูตร ย้ายสาขา ย้ายข้ามภาค และรอเรียนเพิ่ม รวมไปถึงประวัติส่วนตัวของนักศึกษา ในการระบุสาเหตุของการล่าออก ไม่มาติดต่อ และการเสียชีวิต ผู้วิจัยจึงเลือกทำนายสถานะนักศึกษา 3 สถานะ ได้แก่ 1) สำเร็จการศึกษา 2) ออกตามระเบียบและ 3) ลงทะเบียนเรียน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในการพยากรณ์ สำหรับการเลือกสถานะของนักศึกษาทั้ง 3 สถานะ เป็นสถานะที่สามารถนำมาทำนายสถานะปัจจุบันของนักศึกษาได้ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาตนเอง และในชุดข้อมูลมีปัจจัยที่สามารถนำไปทำนายสถานะของนักศึกษาได้ทั้ง 3 สถานะ

ระยะที่ 2 การคัดเลือกคุณลักษณะและการสร้างแบบจำลอง (Modeling)

2.1 การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection)

เป็นเทคนิคในการช่วยลดจำนวนตัวแปรคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับการเตรียมข้อมูลในการทำเหมืองข้อมูล ซึ่งทำให้การนำข้อมูลไปสร้างตัวแบบพยากรณ์ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การคัดเลือกคุณลักษณะแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ Filter approach และ Wrapper approach (Wichian *et al.*, 2020; Pacharawongsakda, 2015) ในงานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้วิธีเทคนิค Filter Approach ด้วยค่า Information Gain หรือการวัดค่า Entropy ในการชี้วัดการเลือกคุณลักษณะข้อมูล โดยการคำนวณค่า Entropy สำหรับแต่ละมิติข้อมูล ซึ่งข้อมูลใดมีค่า Entropy สูงที่สุดจะถูกคัดเลือกคุณลักษณะ เพื่อนำไปใช้ ดังสมการที่ 1 แสดงการคำนวณค่า Information Gain หรือค่า Entropy ของชุดข้อมูลทั้งหมด สมการที่ 2 แสดงการคำนวณค่า Entropy ของชุดมิติข้อมูลในแต่ละลักษณะ สมการที่ 3 เป็นการคำนวณค่า Information Gain สำหรับการพิจารณามิติข้อมูลคุณลักษณะ

$$E(D) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \quad (1)$$

$$E_A(D) = - \sum_{j=1}^m \frac{|D_j|}{D} \times E(D_j) \quad (2)$$

$$Gain(A) = E(D) - E_A(D) \quad (3)$$

โดย คือ ค่าความน่าจะเป็นที่เรีคคอร์ดหนึ่งๆ จะมีหมวดหมู่ของข้อมูลหรือกล่าวว่าการคำนวณค่า Information Gain หรือการวัดค่า Entropy ก่อนที่จะมีการแบ่งข้อมูลออกตามมิติข้อมูล และหลักการแบ่งว่ามีประสิทธิภาพดีขึ้นหรือไม่ ถ้ามีประสิทธิภาพดีขึ้นค่า Information Gain ก็จะมีค่าสูง (Jaidee & Wannapee, 2020)

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ด้วยค่า Information Gain การคัดเลือกคุณลักษณะ Operator ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) Read Excel ใช้สำหรับอ่านไฟล์ข้อมูลประเภท Excel 2) Weight by Information Gain ใช้สำหรับคำนวณค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ ด้วยเทคนิค Information Gain และ 3) Selection by Weight ใช้สำหรับการเลือกแอททริบิวต์ตามค่าน้ำหนัก

2.2 การสร้างแบบจำลอง (Modeling)

เป็นการจำแนกกลุ่มข้อมูลด้วยกระบวนการสร้างแบบจำลอง ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ต้องนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างแบบจำลองและเลือกเทคนิคที่เหมาะสม เพื่อนำใช้ในการวิเคราะห์ทำการทดสอบความถูกต้อง และหาค่าความผิดพลาดของแบบจำลอง แล้วจึงนำไปพัฒนาเป็นระบบการพยากรณ์การตออกของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม โดยทำการเปรียบเทียบเทคนิคที่นำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ซึ่งสรุปข้อดีและข้อจำกัด (Nettleton, 2014; Sintawichai, 2015) ดังตาราง 2

ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจะใช้ข้อมูลจากการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตออกของนักศึกษา ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) เป็นวิธีการหนึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีปริมาณมาก ด้านข้อมูลการศึกษาถือว่าเป็นข้อมูลขนาดใหญ่ที่ถูกจัดเก็บรวบรวมอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการทำเหมืองข้อมูลด้วยโปรแกรม RapidMiner Studio 9.9 ในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล 3 เทคนิค ดังนี้

ตาราง 2 ตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละเทคนิคที่นำมาใช้

เทคนิคที่นำมาใช้	ข้อดี	ข้อจำกัด
Decision Tree	- มีความชัดเจน ง่ายต่อการ Implement และการแปลผล	- เรื่องของ Over Fitting ที่โมเดลจะ Fit เข้ากับ Data จนทำให้เกิดประสิทธิภาพของการทำงานที่ต่ำ
Naïve Bayes	- ง่ายต่อการนำไปใช้เพราะใช้การคำนวณที่ง่าย - ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดี	- ใช้ได้กับ Attribute ที่เป็นอิสระกันเท่านั้น
Rule Induction	- สร้างกฎที่เป็นอิสระ - ไม่ได้บังคับการแตกข้อมูลแต่ละระดับ - การสร้างกฎใหม่จากตัวอย่างไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปโครงสร้างของต้นไม้	- โมเดลต้องมีชุดตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต ตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป - การสร้างแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากกฎของประเภท If-then-else

เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นการจำแนกกฎ โดยมีลักษณะการทำงานเหมือนโครงสร้างต้นไม้ ซึ่งการนำข้อมูลมาสร้างแบบจำลองการพยากรณ์ มีการเรียนรู้ข้อมูลแบบมีผู้สอน และทำการคัดเลือกแอททริบิวต์ที่มีความสัมพันธ์กับคลาสมากที่สุดขึ้นมาเป็นโหนดบนสุดของต้นไม้ จากนั้นจะเลือกคุณสมบัติที่มีความสัมพันธ์ถัดไปเรื่อยๆ จากการคำนวณ Information Gain (IG) โดยเลือกคุณสมบัติที่มีค่า IG สูงที่สุด การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ Operator ที่เกี่ยวข้อง (Kumjit *et al.*, 2022) ได้แก่ 1) Decision Tree ใช้สำหรับสร้างโมเดล Decision Tree 2) Apply Model ใช้สำหรับ predict ข้อมูลใหม่และ 3) Performance ใช้สำหรับแสดงตัวชี้วัดของโมเดล Classification และการ set ค่า parameter ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ดังนี้ Criterion เลือก Information_gain, ความลึกสูงสุด maximal depth = 10, ค่า confidence = 0.1 minimal gain = 0.01, ขนาดใบน้อยที่สุด minimal leaf size = 2, ขนาดขั้นต่ำสำหรับการแบ่ง minimal size for split = 4 และจำนวนทางเลือกในการตัดแต่งกิ่ง number of prepruning alternatives = 5 ในการปรับค่าพารามิเตอร์เป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

เทคนิคนาอิวเบย์ (Naïve Bayes) เป็นเทคนิควิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เพื่อใช้ในการสร้างเงื่อนไขความน่าจะเป็นของแต่ละความสัมพันธ์ในการแก้ปัญหาแบบจำแนกประเภทที่สามารถคาดการณ์ผลลัพธ์ได้ และมีการทำงานที่ไม่ซับซ้อนมีขั้นตอน การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคนาอิวเบย์ Operator ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) Naïve Bayes ใช้สำหรับสร้างโมเดล Naïve Bayes 2) Apply Model ใช้สำหรับ predict ข้อมูลใหม่และ 3) Performance ใช้สำหรับแสดงตัวชี้วัดของโมเดล Classification

กฎการอุปนัย (Rule Induction) ดึงเอาชุดกฎเกณฑ์ต่างๆ มาสร้างเป็นเงื่อนไขที่อยู่ในรูปแบบเป็นอิสระ ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองด้วยกฎการอุปนัย Operator ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) Rule Induction ใช้สำหรับสร้างโมเดล Rule Induction 2) Apply Model ใช้สำหรับ predict ข้อมูลใหม่และ 3) Performance ใช้สำหรับแสดงตัวชี้วัดของโมเดล Classification

ระยะที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพ (Evaluation)

3.1 การประเมินประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธีการ 5-Fold Cross-Validation และ 10-Fold Cross-Validation จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 และ 10 ส่วน (แสดงด้วยค่า) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ข้อมูลชุดฝึกหัด (Training Data) นำไปสร้างตัวต้นแบบ ซึ่งมีข้อมูลร้อยละ 70 ของข้อมูลทั้งหมด 2) ชุดทดสอบ (Test Data) นำไปทำนายตัวแบบ ซึ่งมีข้อมูลร้อยละ 30 ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่ง Operator ที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพ คือ Cross-Validation เป็นการแบ่งข้อมูลสำหรับสร้างโมเดลและทดสอบโมเดล (Nasritha *et al.*, 2018)

การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากข้อมูลชุดเรียนรู้มาทดสอบด้วยข้อมูลชุดทดสอบ วัดจากค่าความถูกต้อง (Accuracy) และค่าความผิดพลาด (Mean Absolute Error: MAE) ในการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดังนี้

Accuracy คือ การวัดค่าความถูกต้อง โดยรวมของระบบระหว่างค่าจริงและค่าการทำนาย ถ้าหากค่า Accuracy มีค่ามากนั้นหมายถึง ค่าการทำนายนั้นสามารถทำนายได้ถูกต้องใกล้เคียงกับค่าจริง

(4) **ระยะที่ 4 การพัฒนาระบบ (System Development)**

จากสมการ

Accuracy คือ ค่าความถูกต้อง

TP คือ ค่าการทำนายที่ทำนายว่าจริงซึ่งตรงกับค่าจริง

TN คือ ค่าการทำนายที่ทำนายว่าไม่จริงซึ่งตรงกับค่าจริง

FP คือ ค่าการทำนายที่ทำนายว่าไม่จริงซึ่งไม่ตรงกับค่าจริง

FN คือ ค่าการทำนายที่ทำนายว่าจริงซึ่งไม่ตรงกับค่าจริง

ค่าความผิดพลาด (Mean Absolute Error: MAE) คือ เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าพยากรณ์และค่าจริง หากค่า MAE มีค่าน้อยแสดงว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าจริง (Lake, 2018)

(5)

จากสมการ

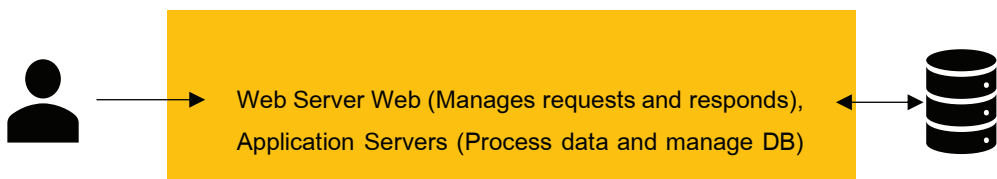
T_i คือ ค่าจริง

F_i คือ ค่าพยากรณ์

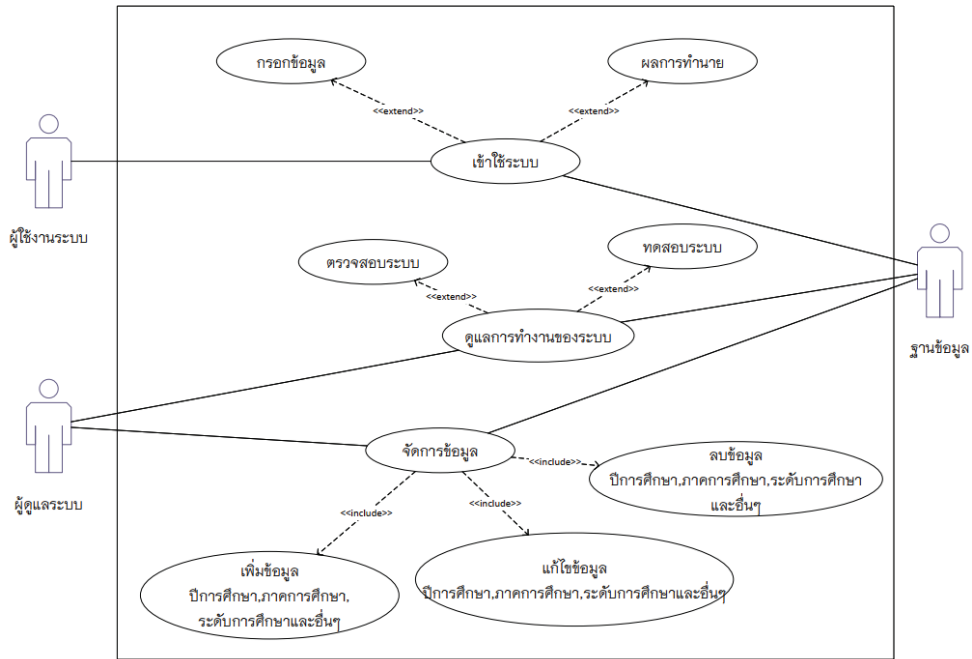
N คือ จำนวนข้อมูลในชุดข้อมูล

ในการพัฒนาระบบการพยากรณ์การตกออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยพิษณุโลกด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล เป็นการนำข้อมูลที่วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกออกนำมาพัฒนาระบบ โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนา AppServ สำหรับการจำลองเครื่องแม่ข่ายภาษา PHP สำหรับการเขียน Script โปรแกรม RapidMiner Studio 9.9 สำหรับสร้างต้นแบบพยากรณ์ และMySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล (Saemmasu, Sitimanung, & Kepan, 2018) ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันซึ่งมีภาพรวมของระบบ ดังภาพประกอบ 3

การทำงานของระบบการพยากรณ์การตกออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยพิษณุโลกด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ได้ใช้ Use Case Diagram เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบเพื่อแสดงให้เห็นถึงการทำงานของผูู้ดูแลระบบและผูู้ใช้งานระบบ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 3 ภาพรวมของการพัฒนาระบบ



ภาพประกอบ 4 แสดงการทำงานของระบบ

ลักษณะการทำงานของ Use Case Diagram แสดงการทำงานของระบบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของผู้ใช้งานระบบสามารถเข้าใช้งานระบบ และกรอกข้อมูลตามแบบฟอร์มในการนำเข้าข้อมูล เมื่อกรอกข้อมูลถูกต้องครบถ้วนจะสามารถทำนายผลสถานะนักศึกษาได้ ระบบจะแสดงผลการทำนายสถานะภาพของนักศึกษา และ 2) ส่วนของผู้ดูแลระบบสามารถจัดการข้อมูลได้ โดยการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล ปีการศึกษา ภาคการศึกษา ระดับการศึกษาและอื่นๆ รวมถึงการดูแลระบบสามารถตรวจสอบระบบและทดสอบระบบได้ซึ่งข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูล

ระยะที่ 5 ทดสอบระบบ

การทดสอบระบบการพยากรณ์การตออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ทำการทดสอบ

ระบบจากการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 สถานะ ได้แก่ 1) มีโอกาสสำเร็จการศึกษา 2) ออกตามระเบียบ และ 3) ลงทะเบียนเรียน โดยมีการแบ่งปีการศึกษาออกเป็น 6 ปีการศึกษา และทำการสุ่มตัวอย่างข้อมูลในแต่ละสถานะออกเป็นปีละ 15 ชุดข้อมูล จำนวนข้อมูลในแต่ละสถานะมีจำนวน 90 ชุดข้อมูล ซึ่งรวมชุดข้อมูลที่นำมาทดสอบในระบบจำนวน 270 ชุดข้อมูล จากข้อมูลทั้งหมด 20,093 ชุดข้อมูล

4. ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์การหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ด้วยวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) โดยใช้เทคนิค Filter Approach การจัดลำดับคุณสมบัติวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของ แอททริบิวต์ทั้งหมด 15 แอททริบิวต์ พบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตออก 10 ปัจจัยที่สำคัญตามลำดับ ดังตาราง 3

ตาราง 3 ค่าน้ำหนักของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำดับ	ชื่อแอททริบิวต์	ค่าน้ำหนัก
1.	เกรดเฉลี่ยรวม	0.642
2.	ปีที่เข้าศึกษา	0.561
3.	สาขาวิชา	0.145
4.	หลักสูตร	0.086
5.	อาชีพมารดา	0.086
6.	อาชีพบิดา	0.068
7.	คณะ	0.051
8.	ระดับการศึกษา	0.027
9.	ภาค	0.009
10.	ความถนัด/ความสามารถพิเศษ	0.004

ค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ที่ถูกตัดออก 5 แอททริบิวต์ มีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.000 จึงถูกตัดออกจากปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากปัจจัยนั้น ไม่มีผลต่อการทำนายสถานภาพของนักศึกษา

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบการทำงานของ 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เทคนิคนาอิวเบย์ (Naïve Bayes) และกฎการอุปนัย (Rule Induction) ผลการทดสอบด้วยวิธีการแบบ 5-Fold Cross-Validation และ 10-Fold Cross-Validation

พบว่าตัวแบบการพยากรณ์ที่ใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งได้ค่าสูงที่สุดในการแบ่งข้อมูลทดสอบ 10-Fold Cross-Validation ให้ค่าความแม่นยำและค่าความผิดพลาดดีที่สุดในการรวมข้อมูลนักศึกษาในระดับปริญญาตรีทั้งหมด ได้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) 97.81% และค่าความผิดพลาด (MAE) เท่ากับ 0.026 กฎการอุปนัยได้ค่าความถูกต้อง 93.37% และค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.122 และเทคนิคนาอิวเบย์ได้ค่าความถูกต้อง 92.40% และค่าความผิดพลาดเท่ากับ 0.076 ตามลำดับ ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง 5-Fold Cross-Validation และ 10-Fold Cross-Validation

Domain	Data Set	Classification Algorithm											
		Decision Tree				Naïve Bayes				Rule Induction			
		5-Fold		10-Fold		5-Fold		10-Fold		5-Fold		10-Fold	
		Accuracy	MAE	Accuracy	MAE	Accuracy	MAE	Accuracy	MAE	Accuracy	MAE	Accuracy	MAE
ปีการศึกษา 2558	3,724	98.95	0.016	98.63	0.017	93.82	0.064	92.53	0.074	91.70	0.134	91.65	0.129
ปีการศึกษา 2559	3,831	98.51	0.019	98.38	0.020	94.13	0.057	94.02	0.057	90.70	0.137	89.84	0.178
ปีการศึกษา 2560	3,442	89.22	0.124	89.10	0.122	86.25	0.142	85.96	0.148	88.23	0.174	86.98	0.182
ปีการศึกษา 2561	3,031	96.70	0.056	96.86	0.051	96.20	0.036	96.07	0.038	92.51	0.131	92.84	0.128
ปีการศึกษา 2562	2,936	99.73	0.005	99.76	0.004	97.24	0.026	97.55	0.024	95.95	0.077	95.95	0.077
ปีการศึกษา 2563	3,129	99.78	0.005	99.78	0.004	99.78	0.002	99.78	0.002	99.78	0.004	99.78	0.004
Total	20,093	97.79	0.027	97.81	0.026	92.39	0.076	92.40	0.076	93.09	0.124	93.37	0.122

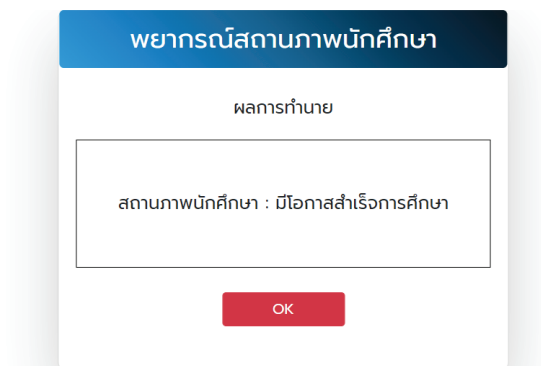
ผลจากการพัฒนาระบบการพยากรณ์การตออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล ซึ่งเว็บ แอปพลิเคชันประกอบไปด้วยการทำงาน 3 ส่วน คือ 1) หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชัน

2) หน้ากรพัฒนาแบบฟอร์มในการนำเข้าข้อมูล (Input) เพื่อนำปัจจัยของนักศึกษาเข้าสู่ระบบในการทำนายสถานภาพของนักศึกษาและ 3) หน้าผลการทำนายสถานภาพของนักศึกษา (Output) ดังภาพประกอบ 5-7



ภาพประกอบ 5 หน้าหลักของเว็บแอปพลิเคชัน

ภาพประกอบ 6 หน้ากรพัฒนาแบบฟอร์มในการนำเข้าข้อมูล



ภาพประกอบ 7 หน้าของผลการทำนายสถานภาพของนักศึกษา (Output)

ตาราง 5 ผลการทดสอบระบบ

สถานภาพ	จำนวนชุดข้อมูล	ทำนายถูกต้อง	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง
มีโอกาสำเร็จการศึกษา	90	90	100%
ออกตามระเบียบ	90	87	96.66%
ลงทะเบียนเรียน	90	56	62.22%
ค่าเฉลี่ยรวม			86.29%

จากภาพประกอบ 6 หน้าการพัฒนาแบบฟอร์มในการนำเข้าสู่ข้อมูล เป็นการดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูลโดยใช้ Dropdown Menu ในการเลือกข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย ปีที่เข้าศึกษา ภาคการศึกษา ระดับการศึกษา คณะ สาขาวิชา หลักสูตร อาชีพบิดา อาชีพมารดา ความถนัด/ความสามารถพิเศษ และเกรดเฉลี่ยทั้งหมด

การประเมินผลของระบบการพยากรณ์การตกรอกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคเหมือนข้อมูล ทำการประเมินผลจากการสุ่มตัวอย่างข้อมูลมาทดสอบในระบบจำนวน 270 ชุดข้อมูลจากข้อมูลทั้งหมด 20,093 ชุดข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 สถานะ ได้แก่ 1) มีโอกาสำเร็จการศึกษา 2) ออกตามระเบียบ และ 3) ลงทะเบียนเรียน ซึ่งใช้การคำนวณค่าสถิติ ค่าร้อยละ (Percentage) หรือเปอร์เซ็นต์ ในการหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องของการทำนายสถานภาพนักศึกษา ดังตาราง 5

5. วิเคราะห์ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการพยากรณ์การตกรอกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามด้วยเทคนิคเหมือนข้อมูล ซึ่งวิธีการในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการตกรอกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี โดยใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ด้วยเทคนิค Filter Approach พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตกรอก คือ เกรดเฉลี่ยรวม ปีที่เข้าที่ศึกษา สาขาวิชา หลักสูตร อาชีพมารดา อาชีพบิดา คณะ ระดับการศึกษา ภาค และความถนัด/ความสามารถพิเศษ การสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคเหมือนข้อมูล 3 เทคนิค ได้แก่ 1) เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) 2) เทคนิคนาอิวเบย์ (Naive Bayes) และ 3) กฎการอุปนัย (Rule Induction) ซึ่งผู้วิจัยได้อภิปรายผลการวิจัยไว้ข้างต้น

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีผลในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection)

จากการศึกษาการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการต้อออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีทั้งหมด 10 ปัจจัย โดยใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ เพื่อลดมิติของข้อมูล (Attribute Selection) ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ สอดคล้องกับวิธีการดำเนินงานวิจัยและผลงานวิจัยของ (Laopilai & Sanrach, 2019; Pukkhem, Sitthisam, & Kanjanasamranwong, 2016; Thaweecat *et al.*, 2020) พบว่ามีปัจจัยที่ใกล้เคียงกัน คือ เกรดเฉลี่ย ปีที่เข้าศึกษา และสาขาวิชา เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เกิดการพ้นสภาพของนักศึกษา

5.2 การสร้างแบบจำลอง (Modeling)

การสร้างแบบจำลองในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการต้อออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี นำมาสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคเหมือนข้อมูล 3 เทคนิค ได้แก่ เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ เทคนิคนาอิวเบย์ และกฎอุปนัย โดยการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ด้วยวิธีการ K-Fold Cross-Validation พบว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Jantakoon, 2006; Panthayak, 2019; Rawengwan & Seresangtakul, 2017) ในการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองพบว่าเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุดเช่นเดียวกัน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเสนอ เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะและเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ในการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการต้อออกและการพยากรณ์ ซึ่งเป็นเพียงบางเทคนิคที่มีหลากหลายอยู่ในปัจจุบัน รวมถึงยังมีขีดจำกัดในเรื่องของปัจจัยที่มีอยู่ไม่เพียงพอ จึงทำให้สามารถทำนาย

ได้เพียงบางสถานะของนักศึกษาเท่านั้น หากมีการเก็บรวบรวมข้อมูลของนักศึกษาเพิ่มขึ้น และเพิ่มข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องของนักศึกษา เช่น สถานภาพของครอบครัว สถานะกู้ยืมระหว่างเรียน และการหารายได้ระหว่างกำลังศึกษา เป็นต้น จะส่งผลในการวิเคราะห์และคัดเลือกข้อมูล เพื่อนำไปสร้างตัวแบบจำลองในการพยากรณ์ และพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. สรุปผลการวิจัย

การคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) โดยใช้เทคนิค Filter approach การจัดลำดับคุณสมบัติวิเคราะห์ค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ พบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการต้อออกของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม มีจำนวน 10 ปัจจัย คือ เกรดเฉลี่ยรวม ปีที่เข้าศึกษา สาขาวิชา หลักสูตร อาชีพมารดา อาชีพบิดา คณะ ระดับการศึกษา ภาค และความถนัด/ความสามารถพิเศษ การวัดประสิทธิภาพแบบจำลองด้วยวิธีการ K-Fold Cross-Validation ทั้ง 3 เทคนิค จะเห็นได้ว่าแบบจำลองด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจมีค่าประสิทธิภาพดีกว่าแบบจำลองเทคนิคนาอิวเบย์ และกฎการอุปนัย ซึ่งได้ค่าสูงที่สุดจากการแบ่งข้อมูลทดสอบออกเป็น 10 ชุด โดยมีค่าความถูกต้อง (Accuracy) 97.81% และค่าความผิดพลาด (MAE) เท่ากับ 0.026 ผลการทดสอบระบบค่าเฉลี่ยรวมของการทำนาย ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 86.29% จากการสุ่มตัวอย่างของข้อมูลมาทดสอบในระบบจำนวน 270 ชุดข้อมูล จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการต้อออกของนักศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น โดยเฉพาะเกรดเฉลี่ยของนักศึกษา ทำให้ทราบถึงความยากของสาขาวิชาที่นักศึกษา กำลังศึกษาอยู่ ในการให้ความช่วยเหลือควรมีการจัดทำ การสอนเพิ่มเติม หรือการสอบถามนักศึกษา ให้มีส่วนร่วมเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สามารถทำให้นักศึกษาพัฒนาตนเองได้ รวมไปถึงอาจารย์ประจำสาขาวิชาต้องคอยติดตาม กำกับดูแลนักศึกษาอย่าง

ใกล้ขีด และดูแลการลงทะเบียนเรียนของนักศึกษา เพื่อลดความเสี่ยงในการพ้นสภาพการเป็นนักศึกษา และด้านอาชีพบิดาอาชีพมารดาที่ไม่มีรายได้หรือรายได้ไม่เพียงพอต่อค่าใช้จ่ายของนักศึกษา ทางมหาวิทยาลัย อาจมีการช่วยเหลือทางด้านทุนทรัพย์ โดยพิจารณา ผ่อนผันการชำระค่าเทอม หรือการพิจารณานุมัติ การกู้ยืมกองทุนเพื่อการศึกษา การมอบทุนการศึกษา ให้กับนักศึกษาที่มีผลการเรียนดีแต่ขาดแคลน ทุนทรัพย์

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัย ราชภัฏพิบูลสงคราม ที่อนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาใช้ ในงานวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- Asif, R., Merceron, A., Ali, S. A., & Haider, N.G. (2017). Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining. *Computers & Education*, 133, 177-194. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.007>
- Boonprasom, C. & Sanrach, C. (2018). Predictive analytic for student dropout in undergraduate using data mining technique. *Technical Education Journal : King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 9(1), 142-151. <https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/jote/article/view/2950> [In Thai]
- Chareonrat, J. (2016). Analysis on factors affecting normal-grade student dismissal using decision tree. *SNRU Journal of Science and Technology*, 8(2), 256-267. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/snru_journal/article/view/63591 [In Thai]
- Che-doloh, N., Kaheng, F., & Kepan, S. (2018). Decision support system of student retirement: A case study of Faculty of Science and Technology and Agriculture of Yala Rajabhat University. *Proceeding of the 3th Nation Science and Technology Conference, Yala Rajabhat University, Yala, Thailand, February 11-12, 2018*, 310-323. <https://wb.yru.ac.th/handle/yru/3631> [In Thai]
- Daoruang, B., Sanrach, C. & Mingkhwan, A. (2021). The comparison of data classification efficiency for decision in the selection of information technology students' academic subjects, Faculty of Technology and Industrial Management, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus. *Technical Education Journal : King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 12(2), 136-144. <https://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/jote/article/view/5064> [In Thai]
- Jaidee, W. & Wannapee, N. (2020). The study of factors affecting for on-time graduation of ungraduated student using feature selection technique on imbalanced datasets. *Journal of Information Science and Technology*, 10(1), 75-84. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/article/view/240841> [In Thai]

- Jantakoon, T. (2016). Classification model for selection of program studies in Faculty of Information Technology in Rajabhat MahaSarakham University Using Data Mining Techniques. *Proceedings of the 9th National Conference on Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand*, November 24, 2016, 336-343.
- Jetpipattanapong, D. (2018). Feature selection for human activity classification from skeleton data using two-level selection technique. *KMUTT Research & Development Journal*, 41(4), 401-420. https://www.thaiscience.info/view_content.asp?id=10990928 [In Thai]
- Kladchuen, R. & Sanrach, C. (2018). An efficiency comparison of algorithms and feature selection methods to predict the learning achievement of vocational students. *Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, 17(1), 1-10. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/rmutt-journal/article/view/119477> [In Thai]
- Kumjit, K., Jaikoomkao, D., Phumirang, W., Sattanako, A., & Sukprasert, A. (2022). The efficiency of data mining technique for the prognosis of Cerebrovascular Disease. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 4(2), 87-98. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/247823> [In Thai]
- Lake, P. (2018). Forecasting foreign exchange rate using time series analysis with data mining techniques. *Apheit Journal (Science and Technology)*, 7(1), 28-45. [In Thai]
- Laopilai, P. & Sanrach, C. (2019). Analysis for student dropout in undergraduate using data mining technique. *The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 16(2), 61-71. http://sciencejournal.pbru.ac.th/phocadownload/2019_2/2019_2pp61-71.pdf [In Thai]
- Wichian, P. N., Manair, P., Chuchuen, Y., & Mak-on, S. (2020). Optimization feature selection for classification of manuscript grouping. *Journal of Science and Technology Songkhla Rajabhat University*, 1(1), 55-66. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/SciAndTechSkru/article/view/241696> [In Thai]
- Nasritha, K., Kerdprasop, K., & Kerdprasop, N. (2018). Comparison of sampling techniques for imbalanced data classification. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 1(1), 20-37. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/90569> [In Thai]
- Nettleton, D. (2014). *Commercial data mining : Processing, analysis and modeling for predictive analytics projects*. Amsterdam : Elsevier.

- Pacharawongsakda, E. (2015). *การคัดเลือก feature (feature selection) ด้วยวิธี Information Gain [Feature selection by information gain method]*. Retrieved 22 January 2022. Retrieved from <https://th.linkedin.com/pulse/การคัดเลือก-feature-selection-ควยวช-information-gain-pacharawongsakda> [In Thai]
- Panthayak, C. (2019). *Data analysis of O-NET exam scores case study Bangpakok Wittayakhom School with data mining techniques*. Retrieved 22 January 2022. Retrieved from <http://coms.kru.ac.th/tee/Projects/ShowPdf?name=637211803876993643.pdf&chk=False>.
- Pukkhem, N., Sitthisarn, S., & Kanjanasamranwong, P. (2016). The Comparison of classification techniques for predicting an on-time graduation. *Proceeding of the TSU CONFERENCE 26, Hat Yai, Songkhla, Thailand, May 26-29, 2016*, 253-261. [In Thai]
- Rawengwan, P. & Seresangtakul, P. (2017). A model for forecasting educational status of students. *Proceeding of the National and International Graduate Research Conference 2017*. Pote Sarasin Building: Khon Kaen University, Thailand, March 10, 2017, 1-11. [In Thai]
- Saemmasu, N., Sitimanung, A. & Kepan, S. (2018). Decision support system for teacher and student development: A case study of Yala Province. *Proceeding of the 3th Nation Science and Technology Conference, Yala Rajabhat University, Yala, Thailand, February 11-12*, 324-337. <https://wb.yru.ac.th/handle/yruc/3626> [In Thai]
- Sintawichai, N. (2015). *การทำเหมืองข้อมูล [Data Mining]*. Retrieved 22 January 2022. Retrieved from <https://slideplayer.in.th/slide/2717498/> [In Thai]
- Thaweechat, N., Pengprachan, O., Yathongchai, W., & Yathongchai, C. (2020). A prediction system for undergraduate student dropout at Faculty of Science, Buriram Rajabhat University using data mining techniques. *Journal of Science and Technology Buriram Rajabhat University*, 4(1), 47-60. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scibru/article/view/242082> [In Thai]
- Vilailuck, S., Jaroenpuntaruk, V., & Wichadukul, D. (2015). Utilizing data mining techniques to forecast student academic achievement of Kasetsart University Laboratory School Kamphaeng Saen Campus Educational Research and Development Center. *Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University*, 2(2), 1-17. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/VESTSU/article/view/45633> [In Thai]

การจำแนกความผิดปกติของเล็บด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

Classification of Nail Abnormalities using Convolutional Neural Network

ณัฐธิดา ลาภธนชัย¹, อาทิตยา ชมทอง¹, สัจจาภรณ์ ไวจรรย์ยา^{2,*}, ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์^{2,*}

Nuttida Laphthanachai¹, Arthitaya Chomthong¹, Sajjaporn Waijanya^{2,*}, Nuttachot Promrit^{2,*}

¹ สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000 ประเทศไทย

² ศูนย์เชี่ยวชาญปัญญาประดิษฐ์และภาษารธรรมชาติ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม 73000 ประเทศไทย

¹ Data Science Program, Faculty of Science, Silpakorn University

² Center of Excellence in AI and NLP, Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University, Nakhon Pathom 73000, Thailand

* Corresponding Author: Sajjaporn Waijanya, Nuttachot Promrit, {waijanya_s, promrit_n}@silpakorn.edu

Received:

26 March 2022

Revised:

23 September 2022

Accepted:

28 September 2022

คำสำคัญ:

เล็บผิดปกติ, การจำแนกภาพ, โครงข่ายประสาทเทียม, โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

Keywords:

Abnormal Nails, Image Classification, Neural Network, Convolutional Neural Network

บทคัดย่อ: เล็บเป็นอวัยวะหนึ่งของร่างกาย ซึ่งลักษณะของเล็บสามารถบ่งบอกถึงสุขภาพดีหรือโรคร้ายที่เกิดต่อร่างกายได้ เพื่อสร้างโมเดลที่สามารถนำไปประยุกต์เป็นเครื่องมือจำแนกความผิดปกติของเล็บได้ด้วยตนเอง บทความนี้เสนอการศึกษาและวิเคราะห์การจำแนกความผิดปกติของเล็บ 7 ลักษณะ ได้แก่ 1) เล็บเป็นร่องลึกตามแนวขวาง 2) เล็บเป็นแถบสีดำ 3) นิ้วปูด 4) เล็บมีแถบขวางสีขาวสลับกับสีชมพู 5) ปลายเล็บร่น 6) เล็บเป็นสีขาวเกือบทั้งเล็บและมีแถบสีชมพูที่ปลายเล็บ และ 7) เล็บมีจุดสีขาว โดยรวบรวมข้อมูลจาก Google images จำนวน 700 ภาพ แบ่งเป็นชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดล ชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบโมเดล และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบโมเดล คิดเป็นอัตราส่วน 64:16:20 ด้วยวิธีการสร้างโมเดลแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่พัฒนาจากโมเดลแบบโครงข่ายประสาทเทียม พบว่า โมเดลแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 81.43% ซึ่งมีประสิทธิภาพจำแนกความผิดปกติของเล็บได้มากกว่าโมเดลแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ค่าความถูกต้องเพียง 43.57%

Abstract: Nails are one organ which can indicate the status of a health condition through its own appearance. To create a model which can be applied as a tool for self-classifying nail abnormalities, this article presents the study and analysis on seven abnormalities of nails: 1) Beau's lines on Nails, 2) Black line on Nails, 3) Nails Clubbing, 4) Muehrcke's nails, 5) Onycholysis, 6) Terry's nail, and 7) White spots on Nails. The data is composed of seven hundred

images compiled from Google images. They are separated into training sets, validation sets, and test sets and arranged into a 64:16:20 ratio, respectively. The Convolutional Neural Network (CNN) model method was developed from the Artificial Neural Network (ANN) model. It points out that CNN achieves 81.43% accuracy, which is more efficient in classifying nail abnormalities than ANN, which only has 43.57% accuracy.

1. บทนำ

เล็บเกิดจากโปรตีนชนิดหนึ่ง เรียกว่า เคราตินอัดแน่นเป็นแผ่นแข็งติดชั้นหนังกำพร้า เล็บถือว่าเป็นเซลล์ชั้นหนังกำพร้าที่ตายแล้ว หรือเรียกได้ว่าอวัยวะหนึ่งของร่างกาย ปกคลุมอยู่บริเวณปลายนิ้วมือและนิ้วเท้า มีหน้าที่สำคัญเพื่อป้องกันปลายประสาทและเส้นเลือดที่ปลายนิ้วที่ช่วยในการควบคุมการทำงานของนิ้ว (ชนิดา ฉันทนิชย์, 2558) นอกจากนี้ลักษณะของเล็บสามารถบ่งบอกถึงสุขภาพดีหรือโรคร้ายที่เกิดขึ้นต่อร่างกายได้ด้วยเช่นกัน

บุคคลที่มีสุขภาพดี จะมีลักษณะผิวเล็บเรียบเป็นเงา เนื้อใต้เล็บเป็นสีชมพูอ่อน เนื้อเล็บมีความแข็งแรงและสามารถยืดหยุ่นได้ แต่บุคคลที่มีลักษณะเล็บผิดปกติจากที่กล่าวมา ลักษณะความผิดปกติอาจเป็นสัญญาณเตือนถึงอาการผิดปกติของร่างกายหรือโรคร้ายที่จะเกิดขึ้นได้ (Fawcett, Thomas & Daniel, 2004) เช่น เล็บมีลักษณะเป็นร่องลึกตามแนวขวางเกิดจากภาวะขาดสารอาหาร ขาดธาตุสังกะสี เล็บมีเส้นสีดำที่ใต้ผิวเล็บ บ่งบอกถึงการเกิดโรคมะเร็งผิวหนังที่อันตราย เล็บโค้งไปรอบๆ เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจ โรคปอด โรคตับ หรือโรคเอดส์ เล็บหลุดออกจากฐาน บ่งบอกถึงโรคต่อมไทรอยด์ หรือโรคสะเก็ดเงิน เล็บมีเส้นสีขาวในแนวขวาง พบในผู้ป่วยโรคไต ไตอักเสบ โรคตับหรือผู้ที่ได้รับสารหนู เล็บเป็นสีขาวแต่มีปลายเป็นสีชมพู สามารถเกิดจากโรคหัวใจล้มเหลว โรคเบาหวานหรือโรคตับ เล็บมีจุดสีขาว เกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น อาการแพ้ การติดเชื้อรา อาการบาดเจ็บที่เล็บ การขาดแร่ธาตุ เป็นต้น

บทความนี้เสนอการศึกษาและวิเคราะห์การจำแนกความผิดปกติของเล็บ มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) เพื่อศึกษาลักษณะความผิดปกติของเล็บต่อการเกิดอาการผิดปกติหรือโรคร้ายที่เกิดขึ้นแก่ร่างกาย

2) เพื่อสร้างโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN) สำหรับการจำแนกลักษณะความผิดปกติของเล็บ

บทความนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางและวิธีการเบื้องต้นในการดูแลหรือตรวจสอบสุขภาพตัวเอง เพื่อทราบถึงอาการผิดปกติที่อาจจะเกิดขึ้นของร่างกายและการตัดสินใจเข้าพบแพทย์ตรวจสุขภาพร่างกายต่อไป

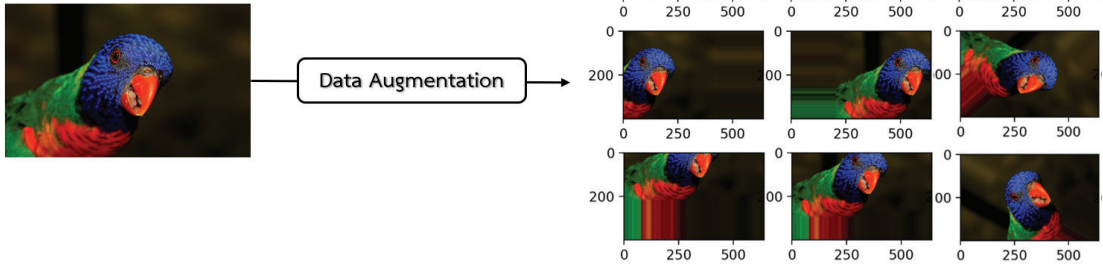
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะความผิดปกติของเล็บ

จากการศึกษาลักษณะความผิดปกติของเล็บ (Fawcett, Thomas & Daniel, 2004) พบว่าความผิดปกติของเล็บมีลักษณะที่หลากหลาย และในแต่ละลักษณะสามารถบ่งบอกถึงสาเหตุการเกิดความผิดปกติ และอาการหรือโรคที่อาจจะเกิดขึ้นกับร่างกายได้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพลักษณะความผิดปกติของเล็บที่ชัดเจนยิ่งขึ้น แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ลักษณะ สาเหตุ และอาการหรือโรคจากความผิดปกติของเล็บ

เล็บผิดปกติ	ลักษณะ	สาเหตุ	อาการ/โรค
Beau's lines on Nails 	มีร่องลึกตามแนวขวาง	การเจริญเติบโตของเล็บถูกขัดขวาง	ขาดสารอาหาร สังกะสี โรคปอดบวม
Black line on Nails 	มีเส้นสีดำที่ใต้ผิวเล็บ	หลอดเลือดใต้เล็บได้รับความเสียหาย หรือ ผลจากการใช้ยาบางชนิด	โรคมะเร็งผิวหนัง ที่อันตราย
Nails Clubbing 	มีความโค้งลงไปรอบๆ เล็บหนาและกลม	ผลจากออกซิเจนในเลือดต่ำ	โรคหัวใจ โรคปอด โรคตับ หรือโรคเอดส์
Muehrcke's nails 	มีแถบขาวในแนวขวางบนเล็บ	ปรากฏในบุคคลที่มีภาวะ Hypoalbuminemia หรือ ภาวะ Albumin ในเลือดต่ำ	โรคไต ไตอักเสบ โรคตับ หรือผู้ที่ร่างกายได้รับสารหนู
Onycholysis 	ปลายหลุดออกจากฐานเล็บ และเปลี่ยนเป็นสีขาว	การบาดเจ็บที่เล็บ หรือ แพ้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับเล็บ	อาการของโรคเชื้อรา โรคต่อมไทรอยด์ หรือ โรคสะเก็ดเงิน
Terry's nail 	เล็บเป็นสีขาวแต่มีสีชมพูแคบๆ ที่ปลายเล็บ	มาจากความชรา	โรคตับ ภาวะหัวใจล้มเหลว ไตวาย หรือ โรคเบาหวาน
White spots on Nails 	มีจุด หรือแถบสีขาวบนเล็บ	อาการแพ้การติดเชื้อรา อาการบาดเจ็บที่เล็บ หรือ การขาดแร่ธาตุ	เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปและไม่เป็นอันตราย



ภาพประกอบ 1 Data Augmentation (Brownlee, 2019)

2.2 Batch Normalization

Batch Normalization เป็นการ Scaling Data หรือ Normalization ให้อยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งจะใช้ในระหว่างการฝึกฝนโมเดล ในการคำนวณ จะคำนวณจากขนาดของ Batch หรือกลุ่มของข้อมูล ที่ถูกกำหนดจำนวนไว้ ซึ่งการทำ Normalization สามารถทำได้หลายวิธี เช่น Rescaling (Min-Max Normalization), Mean Normalization และ Standardization (Z-Score Normalization) เป็นต้น (ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์, 2564)

2.3 Drop Out

Drop Out เป็นเทคนิคของการทำ Regularity ซึ่งเป็นการสุ่มปิด Node ของ Layer นั้นชั่วคราว ในระหว่างการฝึกฝนโมเดล และสามารถช่วยลดการ เกิดปัญหา Overfitting ได้ (ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์, 2564)

2.4 Data Augmentation

Data Augmentation เป็นการเพิ่มจำนวน ข้อมูลให้กับชุดข้อมูลฝึกฝน (train set) โดยนำรูปภาพ มาปรับเปลี่ยน เพื่อให้โมเดลเรียนรู้ได้มากขึ้น สามารถ ทำได้ในหลากหลายวิธี เช่น ย่อ ขยาย ตัดรูป หมุน หรือเลื่อนตำแหน่งภาพ เป็นต้น (ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์, 2564) ดังภาพประกอบ 1 ทั้งนี้ การทำ Data Augmentation สามารถช่วยลดปัญหา Overfitting

ของโมเดล นั่นคือ โมเดลเรียนรู้จากชุดข้อมูลฝึกฝน ได้ดี แต่ไม่สามารถนำไปใช้กับชุดข้อมูลทดสอบได้หรือ ข้อมูลที่เป็น unseen data ได้ คือ ผลจากการวัด ประสิทธิภาพโมเดลได้ค่าความถูกต้องของชุดข้อมูล ทดสอบต่ำกว่าค่าความถูกต้องของชุดข้อมูลฝึกฝน

งานวิจัยที่นำเทคนิค Data Augmentation มาใช้งาน

1) พิมพ์ ชีวาประกอบกิจ (2562) ได้ศึกษา เกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพ ด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิค การเพิ่มภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุง ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาท แบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิค Data Augmentation โดยจะสุ่มใช้เทคนิคต่างๆ เช่น การปรับสีของภาพ การหมุนภาพ การย่อ เป็นต้น ใช้เทคนิคอย่างไร หนึ่งในแต่ละภาพ ผลการทดลองพบว่าการใช้ เทคนิคการเพิ่มภาพด้วยการสร้างภาพเทียมจะช่วยให้ ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพแม่นยำสูงขึ้น จาก 84.79% เป็น 87.57%

2) ศิริชัย โชติชาติมาลา และณัฐวี ววัฒน์วัฒน์ (2563) ได้ศึกษาและสร้างแบบจำลองการคัดแยกผล ไม้แบบหนึ่งชนิดด้วยการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อตรวจจับ รูปแอปเปิ้ล จากงานวิจัยนี้ พบว่า วิธี IANET พร้อม กับการใช้ Data Augmentation ให้ค่าความถูกต้อง

98.60% ซึ่งเมื่อ เทียบกับวิธี IANET และไม่ใช่ Data Augmentation จะได้ค่าความถูกต้องเพียง 98.06%

2.5 High Boost Filtering

การใช้ Filter สำหรับการทำให้ Image Processing จะคล้ายกับการทำ Point Operation เป็นการปรับค่าที่อยู่ในแต่ละ Pixel โดยไม่สนใจ Pixel ที่อยู่รอบๆ เพื่อให้รูปภาพนั้นมีความสว่างหรือคมชัดมากขึ้น เป็นต้น แต่การใช้ Filter นั้น จะปรับค่าของแต่ละ Pixel โดยสนใจ Pixel อื่นที่อยู่รอบๆ Pixel นั้นด้วย ซึ่งสามารถกำหนดจำนวนของ Pixel ที่สนใจ จะนำมาคำนวณด้วยได้ จำนวน Pixel ถูกกำหนด ในรูปแบบของเมทริกซ์จัตุรัส เช่น 3x3 หรือ 5x5 เป็นต้น

High Boost Filtering (Alirezanejad, Saffari, Amirgholipour, & Sharifi, 2014) เป็นหนึ่งในหมวดหมู่ของ Filter ที่ใช้ในการปรับความคมชัดของรูปภาพ โดย High Boost Filter มีรูปแบบมาตรฐาน ดังภาพประกอบ 2

2.6 Image Classification ด้วย Convolutional Neural Network (CNN)

Image Classification เป็นการจำแนกข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบรูปภาพ เพื่อแยกประเภทรูปภาพหรือสิ่งที่ปรากฏบนรูปภาพที่เป็นชนิดเดียวกันหรือแตกต่างกัน โดยจำแนกตามกลุ่มหรือหมวดหมู่ที่สนใจ วิธีการจำแนกประเภทของรูปภาพโดยทั่วไปมีหลายวิธี ซึ่งในการสร้างโมเดลจำแนกภาพด้วยวิธีการทาง Machine Learning สามารถทำได้ทั้งแบบ Supervised Learning และ Unsupervised Learning โดยในบทความวิจัยนี้จะพัฒนา Model แบบ Supervised Learning ด้วยเทคนิค Convolution Neural Network หรือ CNN (ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์ และสัจจาภรณ์ ไวจรรยา, 2564) ที่เป็น Deep Learning ชนิดหนึ่ง โดย Neural Network ชนิดนี้ จะใช้ Convolution

$$Filter = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบ 2 Image Filter

เพื่อดึงลักษณะที่เป็นประโยชน์สำหรับการทำโมเดลมาใช้งาน (อุมารภรณ์ สายแสงจันทร์, รพีพร ช่างทอง และ อรรถพล สุวรรณษา, 2565) การทำงานในลักษณะนี้จะช่วยให้โมเดลสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น

งานวิจัยที่จำแนกภาพเกี่ยวกับด้านสุขภาพด้วย CNN

1) ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์ (2563) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงประสิทธิภาพของการจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน โดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพสำหรับวินิจฉัยโรคโควิด-19 เนื่องจาก CNN มีข้อจำกัดคือประสิทธิภาพการจำแนกรูปภาพขึ้นอยู่กับจำนวนรูปภาพที่นำเข้าสู่ขั้นตอนการฝึกสอน หรือ Train งานวิจัยนี้จึงมีการนำเทคนิคการเพิ่มภาพมาใช้ร่วมกับ CNN โดยจะมีการเปรียบเทียบเทคนิคการเพิ่มภาพในแต่ละวิธี เพื่อเพิ่มความถูกต้องให้กับกระบวนการฝึกสอนของ CNN ผลของการวิจัยพบว่า การหมุนภาพ ให้ประสิทธิภาพการฝึกสอนที่ 99.67%

2) วิชชุดา ธงกิ่งและคณะ (2564) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์และการจำแนกกระดูกสันหลังที่ผิดปกติด้วยขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน โดยใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ CT (Computerized Tomography) ของกระดูกสันหลังมนุษย์ เป็นข้อมูลของผู้ป่วยที่ได้รับการสนับสนุนจากโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา ประเทศไทย โดยในขั้นตอนสุดท้ายของการวิจัยได้มีการสร้างแบบจำลองขั้นตอนวิธีโครงข่ายแบบคอนโวลูชัน เพื่อจำแนกการจัดแนวกระดูกสันหลังของ

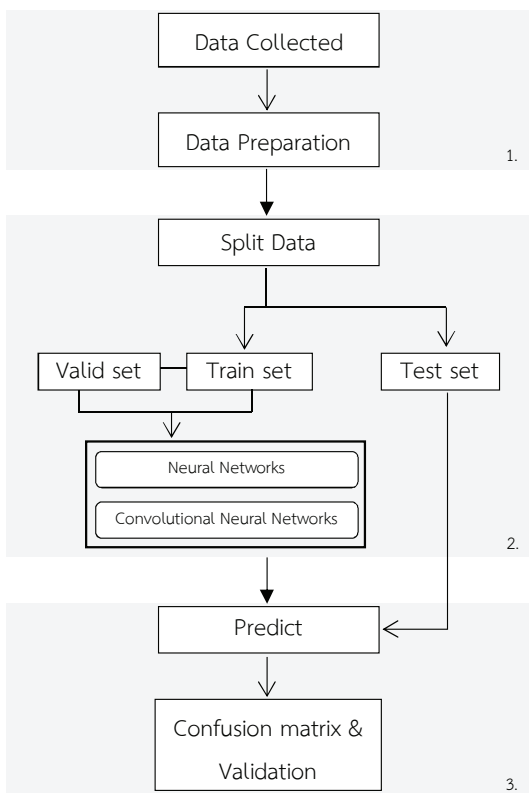
มนุษย์ที่ปกติและผิดปกติจากภาพที่ผ่านการประมวลผล จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดสามารถทำงานได้ดีมากอีกทั้งยังเป็นแบบจำลองที่สามารถทำนายได้อย่างไม่มีข้อผิดพลาด ซึ่งประสิทธิภาพการวิเคราะห์และจำแนกความผิดปกติประกอบไปด้วยความแม่นยำร้อยละ 100 ความถูกต้องร้อยละ 100 และค่าเรียกคืนร้อยละ 100

3. กระบวนการออกแบบและพัฒนาโมเดล

3.1 ภาพรวมของกระบวนการ (Process Overview)

งานวิจัยนี้ใช้ภาษาโปรแกรม Python 3.8 ในกระบวนการทำงาน ดังภาพประกอบ 3 แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 การเก็บรวบรวมข้อมูลและเตรียมข้อมูลให้พร้อมใช้งาน

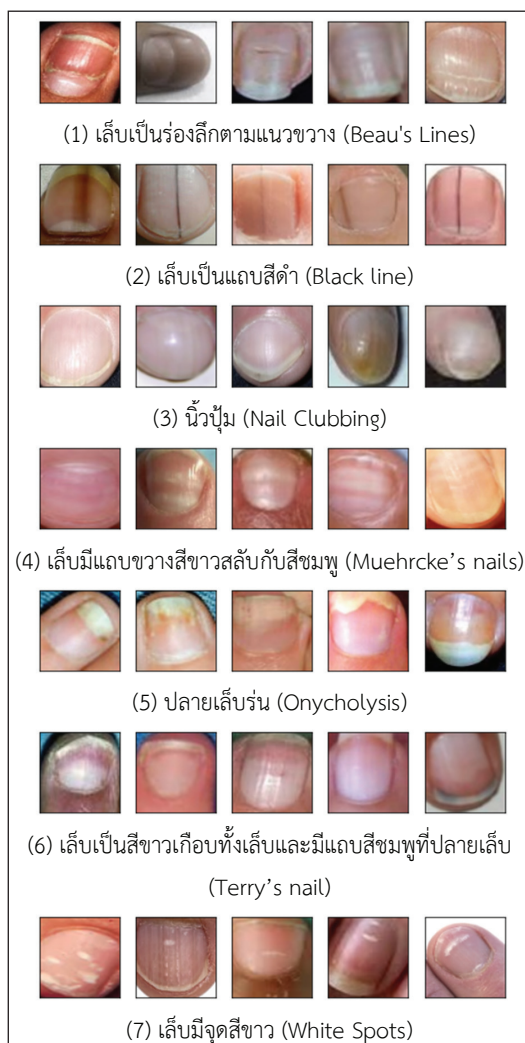


ภาพประกอบ 3 ภาพรวมของกระบวนการดำเนินงาน

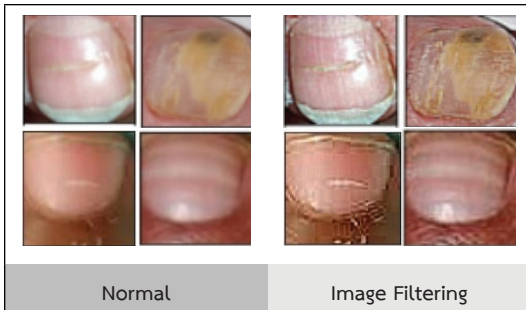
ส่วนที่ 2 การแบ่งข้อมูลและสร้างโมเดล
ส่วนที่ 3 การทำนาย ประเมินและวัดประสิทธิภาพโมเดล

3.2 การรวบรวมข้อมูลและเตรียมข้อมูลให้พร้อมใช้งาน

3.2.1 ขั้นแรก Data Collection รวบรวมภาพลักษณะความผิดปกติของเล็บโดยใช้ Image Search จาก Google ทั้งหมด 7 ลักษณะ ลักษณะละ 100 ภาพ เก็บในรูปแบบไฟล์ .jpg แสดงตัวอย่างภาพลักษณะความผิดปกติของเล็บในดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างภาพลักษณะความผิดปกติของเล็บ



ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างภาพเปรียบเทียบ
การใช้ Image Filtering

3.2.2 ขั้นตอน Data Preparation

ตัดส่วนขอบของภาพเพื่อให้เห็นความผิดปกติของเล็บ
ได้ชัดเจนขึ้น และปรับขนาดของภาพให้มีขนาดเท่ากัน
กำหนดความกว้าง เท่ากับ 100 Pixels และความยาว
เท่ากับ 100 Pixels เพื่อให้ขนาดไฟล์ภาพไม่ใหญ่
จนเกินไปและใช้เวลาในการฝึกฝนโมเดลน้อยลง
หลังจากนั้นนำภาพมาทำ Image Filtering ใช้ขนาด
ของเมทริกซ์เป็น 3x3 และใช้ Filter ที่เป็นมาตรฐาน
ของ High Boost Filtering ดังภาพประกอบ 2

เนื่องจากการใช้ Filter ในรูปแบบนี้จะทำให้
รูปมีความคมชัดและเห็นรายละเอียดของเล็บมากขึ้น
ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ ดังภาพประกอบ 5

3.3 การแบ่งข้อมูลและการสร้างโมเดล

3.3.1 การแบ่งข้อมูล ใช้ sklearn แบ่งข้อมูล
ออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดล
(Train Dataset) ชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบโมเดล
(Valid Dataset) และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบโมเดล
(Test Dataset) ซึ่งผู้วิจัยจะแบ่งชุดข้อมูลฝึกฝนกับ

ชุดข้อมูลทดสอบก่อน ใช้อัตราส่วน 80:20 โดยแบ่ง
ภาพในแต่ละลักษณะ หลังจากนั้นจึงแบ่งชุดข้อมูล
ตรวจสอบจากชุดข้อมูลฝึกฝน ใช้อัตราส่วน 80:20
เช่นกัน จะได้ชุดข้อมูลทั้งหมด 3 ชุด ดังนี้ ชุดข้อมูล
สำหรับฝึกฝน 448 ภาพ ชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบ
112 ภาพ และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ 140 ภาพ
คิดเป็นอัตราส่วนทั้งหมด 64:16:20

3.3.2 การสร้างโมเดล เริ่มจากการสร้างโมเดล
โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เพื่อเป็น Baseline
model พัฒนาไปสู่โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม
แบบคอนโวลูชัน (CNN) โดยนิยามโมเดล ดังนี้

1) โมเดลโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial
Neural Network) รายละเอียดพารามิเตอร์ของโมเดล
ในตาราง 2 และสร้างโมเดลซึ่งประกอบด้วย layer
ต่างๆ ดังภาพประกอบ 6 มีรายละเอียดของแต่ละ
layer ดังต่อไปนี้

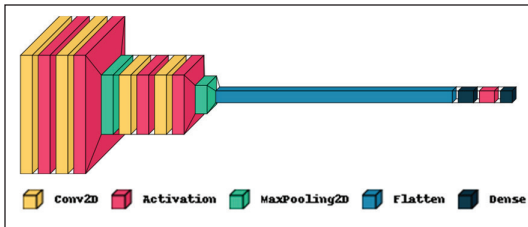
Input layer กำหนด input shape =
(90, 90, 3)

Hidden layer ใช้ ReLu activation
function

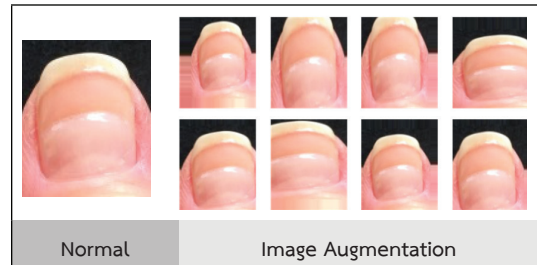
Output layer ใช้ Softmax activation
function และ กำหนด Neuron เท่ากับ 7 (จำนวน
ความผิดปกติของเล็บ) กำหนด Optimizer แบบ
Adam (Adaptive Moment Estimation) จำนวน
Epoch 1000 รอบ และขนาดของ Batch จำนวน
32 ภาพ เพื่อใช้ทำ Batch Normalization

ตาราง 2 รายละเอียดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม

Layer (Type)	Output Shape	Number of Parameters
Input	(90, 90, 3)	-
Conv2D (filters=32, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(90, 90, 32)	896
Conv2D (filters=32, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(90, 90, 32)	9248
MaxPooling2D (pool_size=(5, 5))	(18, 18, 32)	0
Conv2D (filters=64, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(18, 18, 64)	18496
Conv2D (filters=64, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(18, 18, 64)	36928
MaxPooling2D (pool_size=(5, 5))	(3, 3, 64)	0
Flatten	(576)	0
Dense (activation='relu')	(256)	147712
Dense (activation='softmax')	(7)	1799



ภาพประกอบ 6 โครงสร้างของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างภาพเปรียบเทียบการใช้ Image Augmentation

2) โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) นำชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน มาทำ Image Augmentation โดยกำหนดรายละเอียด ดังนี้

1. การหมุนภาพแบบสุ่ม กำหนดในช่วงไม่เกิน 0.05 องศา
2. การขยายภาพแบบสุ่ม กำหนดในช่วงไม่เกิน 30%
3. การเลื่อนภาพแนวขวางแบบสุ่ม กำหนดในช่วงไม่เกิน 10%
4. การเลื่อนภาพในแนวยาวแบบสุ่ม กำหนดในช่วงไม่เกิน 10%

5. การบิดภาพแบบสุ่ม กำหนดในช่วงไม่เกิน 0.05%

หลังจากกำหนดรายละเอียด Image Augmentation แสดงตัวอย่างในภาพประกอบ 7

ขั้นตอนต่อไปจะสร้างโมเดล โดยรายละเอียดพารามิเตอร์ของโมเดล ในตาราง 3 และสร้างโมเดล ซึ่งประกอบด้วย layer ต่างๆ ดังภาพประกอบ 8 มีรายละเอียดของแต่ละ layer ดังต่อไปนี้

Input layer กำหนด input shape = (90, 90, 3)

Hidden layer ใช้ ReLU activation function กำหนดค่า Dropout เท่ากับ 0.1 และทำ Batch Normalization

Output layer ใช้ Softmax activation function และกำหนด Neuron เท่ากับ 7 (จำนวนความผิดปกติของเส้น)

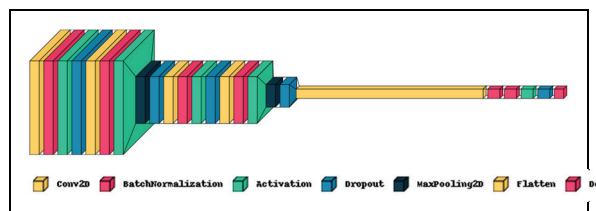
กำหนด Optimizer แบบ Adam (Adaptive Moment Estimation) Learning Rate เท่ากับ 0.001 จำนวน Epoch 1000 รอบ และขนาดของ Batch จำนวน 10 ภาพ เพื่อใช้ทำ Batch Normalization

3.4 ทำนายและการประเมินโมเดล

หลังจากที่สร้างและฝึกฝนโมเดลเสร็จแล้ว จึงนำชุดข้อมูลสำหรับทดสอบมาทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของการทำนายของโมเดล โดยคำนวณค่า AUC ของภาพแต่ละคลาส สร้าง ROC Curve และ Confusion matrix (Nasritha *et al.*, 2018) โดยใช้การเทียบค่า True Positive

ตาราง 3 รายละเอียดของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

Layer (Type)	Output Shape	Number of Parameters
Input	(90, 90, 3)	-
Conv2D (filters=32, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(90, 90, 32)	896
Batch Normalization	(90, 90, 32)	128
Dropout 10 %	(90, 90, 32)	0
Conv2D (filters=32, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(90, 90, 32)	9248
Batch Normalization	(90, 90, 32)	128
MaxPooling2D (pool_size=(5, 5))	(18, 18, 32)	0
Dropout 10 %	(18, 18, 32)	0
Conv2D (filters=64, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(18, 18, 64)	18496
Batch Normalization	(18, 18, 64)	256
Dropout 10 %	(18, 18, 64)	0
Conv2D (filters=64, kernel_size=(3,3), padding='same', activation='relu')	(18, 18, 64)	36928
Batch Normalization	(18, 18, 64)	256
MaxPooling2D (pool_size=(5, 5))	(3, 3, 64)	0
Dropout 10 %	(3, 3, 64)	0
Flatten	(576)	0
Dense (activation='relu')	(256)	147712
Batch Normalization	(256)	1024
Dropout 10 %	(256)	0
Dense (activation='softmax')	(7)	1799



ภาพประกอบ 8 โครงสร้างของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

ตาราง 4 ตารางเทียบค่าคำนวณความถูกต้อง และความแม่นยำ

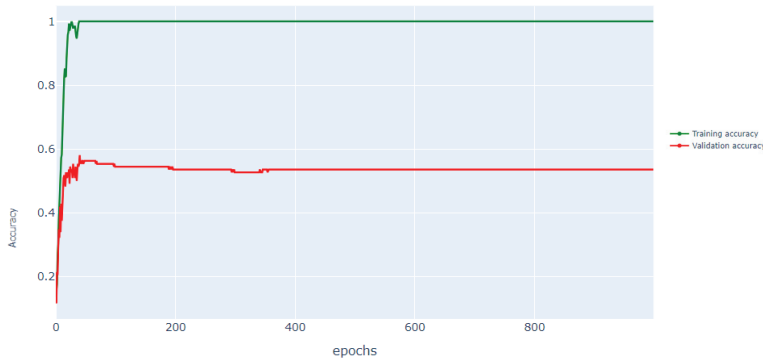
		Actual	
		Positive	Negative
Predict	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

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

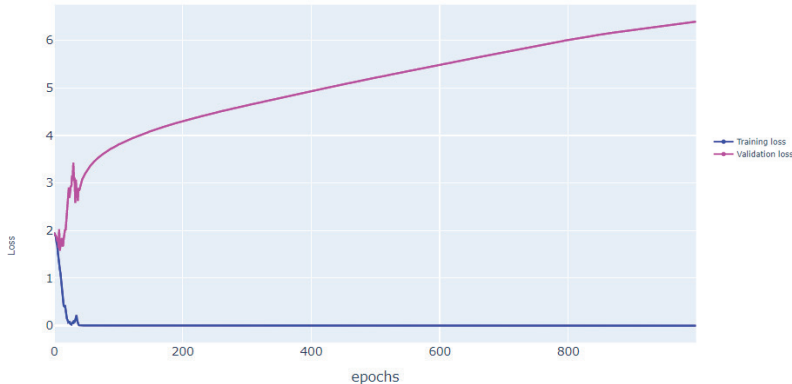
$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1 - Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$



ภาพประกอบ 9 กราฟ Training & Validation accuracy โมเดล ANN



ภาพประกอบ 10 กราฟ Training & Validation loss โมเดล ANN

(TP), False Positive (FP), False Negative (FN) และ True Negative (TN) ดังตาราง 4 จะได้ค่า Accuracy ดังสมการที่ 1, ค่า Precision ดังสมการที่ 2, ค่า Recall ดังสมการที่ 3 และ ค่า F1-score ดังสมการที่ 4 จากนั้นสร้างกราฟ Accuracy และกราฟ Loss ของชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดลกับชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบโมเดล เพื่ออธิบายวิเคราะห์ผล และประเมินโมเดล

4. ผลการดำเนินการวิจัย

การจำแนกความผิดปกติของเล็บใช้ชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดล 448 ภาพ ชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบโมเดล 112 ภาพ และชุดข้อมูลสำหรับทดสอบโมเดล 140 ภาพ ได้ผลลัพธ์การจำแนกความผิดปกติของเล็บทั้ง 2 โมเดล ดังต่อไปนี้

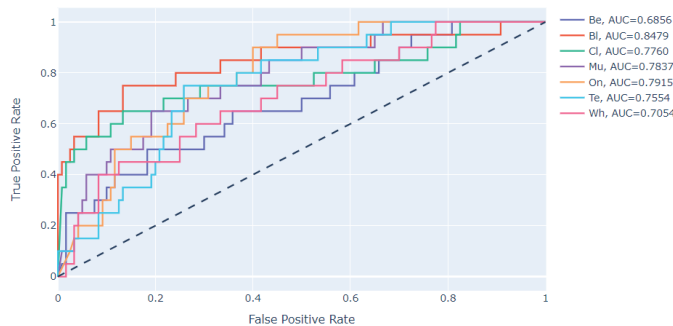
4.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม

กำหนดค่า epochs 1000 รอบ และ batch size เท่ากับ 32 ในการทดสอบโมเดล แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตค่า Accuracy ในกราฟภาพประกอบ 9 และค่า Loss ในภาพประกอบ 10

จากการสังเกตกราฟค่า Training accuracy กับ Validation accuracy พบว่า ค่า Accuracy สำหรับชุดข้อมูลฝึกฝนโมเดลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงประมาณรอบที่ 1 ถึงรอบที่ 20 จากนั้นคงที่ที่ค่า Accuracy เท่ากับ 1.0 และสำหรับชุดข้อมูลตรวจสอบโมเดลค่า Accuracy เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงประมาณรอบที่ 1 ถึงรอบที่ 20 จากนั้นค่าคงที่ที่ค่า Accuracy ประมาณ 0.5

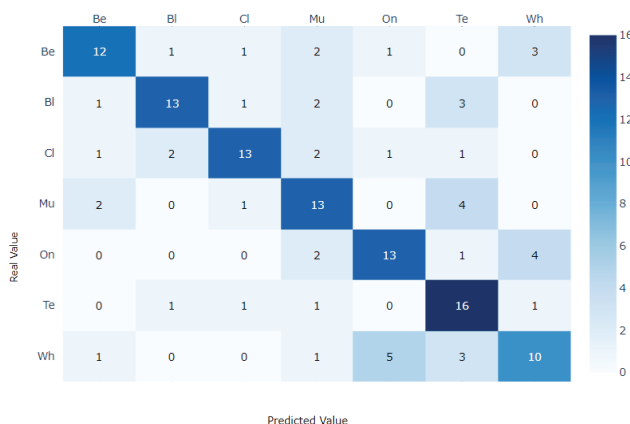
จากการสังเกตกราฟค่า Training loss กับ Validation loss พบว่า ค่า Loss สำหรับชุดข้อมูลฝึกฝนโมเดลลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงประมาณรอบที่ 1 ถึงรอบที่ 20 จากนั้นค่าคงที่ที่ค่า Loss เท่ากับ 0 และสำหรับชุดข้อมูลตรวจสอบโมเดลมีแนวโน้มค่า Loss เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากกราฟแสดงค่า Accuracy และ ค่า Loss ของชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดลและชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบโมเดลสามารถประเมินโมเดล ANN พบว่า โมเดลเกิดปัญหา Overfitting หรือ โมเดลมีการเรียนรู้ที่มากเกินไปจากชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดล นำชุดข้อมูลทดสอบโมเดลไปทำนายผล ได้ค่าทำนายเปรียบเทียบผลเฉลี่ย แสดงค่า AUC และ ROC Curve ในภาพประกอบ 11 และแสดง Confusion Matrix ในภาพประกอบ 12



ROC Curve and AUC

ภาพประกอบ 11 กราฟ ROC Curve & AUC แต่ละคลาสของโมเดล ANN

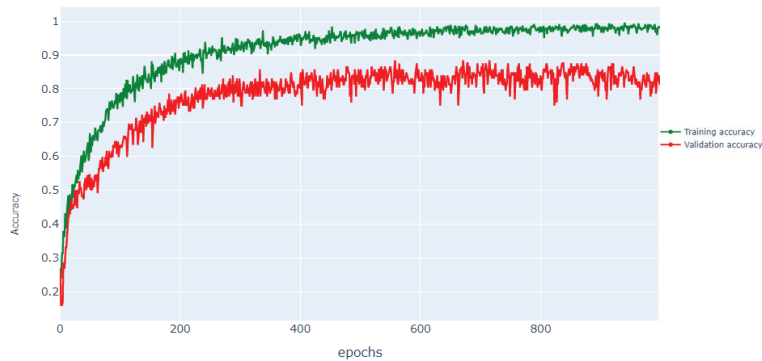


ภาพประกอบ 12 ค่า Confusion Matrix โมเดล ANN

ตาราง 5 Precision Recall และ F1 Score โมเดล ANN

	Precision	Recall	F1-score	Support	Accuracy
Be	0.3200	0.4000	0.3556	20	0. 4357
Bl	0.6471	0.5500	0.5946	20	
Cl	0.5882	0.5000	0.5405	20	
Mu	0.5000	0.4000	0.4444	20	
On	0.4167	0.5000	0.4545	20	
Te	0.2917	0.3500	0.3182	20	
Wh	0.4118	0.3500	0.3784	20	

Be = Beau's lines on Nails, Bl = Black line on Nails, Cl = Nail Clubbing, Mu = Muehrcke's Nails, On = Onycholysis, Te = Terry's Nail, Wh = White Spots on the Nails



ภาพประกอบ 13 กราฟ Training & Validation accuracy โมเดล CNN

จากภาพประกอบ 11 พบว่าค่า AUC ของคลาส Bl หรือ Black line มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.8479 และค่า AUC ของคลาส Be หรือ Beau's line มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.6856

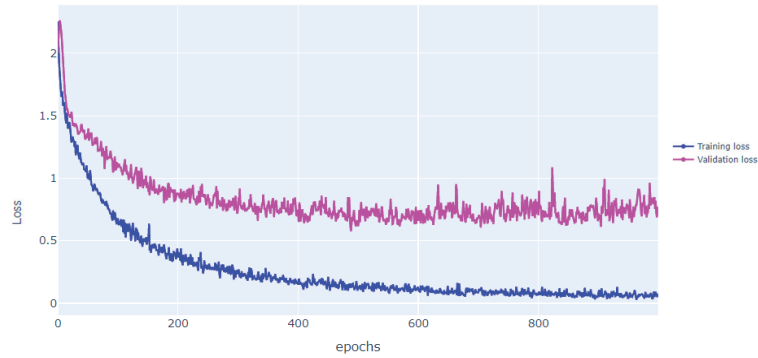
จากภาพประกอบ 12 ค่า Confusion Matrix ข้างต้น เมื่อนำมาเทียบค่า คำนวณความถูกต้องและความแม่นยำ จะได้ค่า Accuracy, Precision, Recall และ F1-score ดังตาราง 5

จากตาราง 5 ได้ผลลัพธ์การจำแนกความผิดปกติของเล็บด้วยโมเดล ANN มีค่าความถูกต้องอยู่ที่

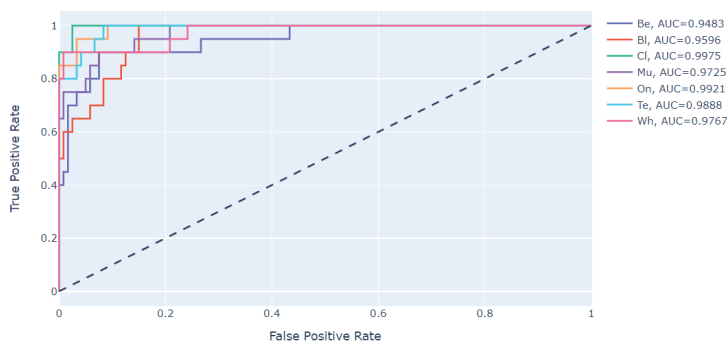
43.57% อธิบายได้ว่า โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมไม่สามารถจำแนกความผิดปกติของเล็บทั้ง 7 ลักษณะนี้ได้

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

กำหนดค่า epochs 1000 รอบ และ batch size เท่ากับ 10 ในการทดสอบโมเดล แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการสังเกตค่า Accuracy ในกราฟภาพประกอบ 13 และค่า Loss ในกราฟภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 กราฟ Training & Validation loss โมเดล CNN



ROC Curve and AUC

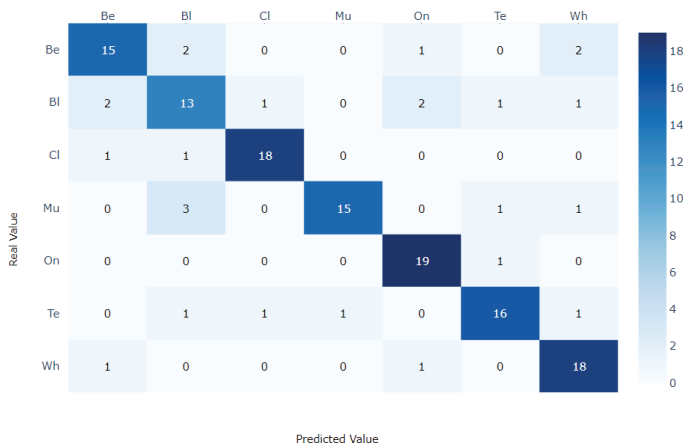
ภาพประกอบ 15 กราฟ ROC Curve & AUC แต่ละคลาสของโมเดล CNN

จากการสังเกตกราฟค่า Training accuracy กับ Validation accuracy พบว่า ค่า Accuracy สำหรับชุดข้อมูลฝึกฝนโมเดลและชุดข้อมูลตรวจสอบโมเดลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงประมาณรอบที่ 1 ถึงรอบที่ 200 หลังจากนั้นค่า Accuracy เริ่มคงที่ใกล้เคียงค่า 1.0

จากการสังเกตกราฟค่า Training loss กับ Validation loss พบว่า ค่า Loss สำหรับชุดข้อมูลฝึกฝนโมเดลและชุดข้อมูลตรวจสอบโมเดลมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ในช่วงประมาณรอบที่ 1 ถึงรอบที่ 200 จากนั้นค่า Loss เริ่มคงที่ ใกล้เคียงค่า 0

จากกราฟแสดงค่า Accuracy และ ค่า Loss ของชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดลและชุดข้อมูลสำหรับตรวจสอบโมเดลสามารถประเมินโมเดล CNN ได้ว่าโมเดลสามารถทำนายข้อมูลที่ไม่เคยเห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำชุดข้อมูลทดสอบโมเดลไปทำนายผลได้ค่าทำนายเปรียบเทียบผลเฉลย แสดงค่า AUC และ ROC Curve ในภาพประกอบ 15 และแสดง Confusion Matrix ในภาพประกอบ 16

จากภาพประกอบ 15 พบว่าค่า AUC ของคลาส Cl หรือ Nail Clubbing มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.9975 และค่า AUC ของคลาส Be หรือ Beaux lines on Nails มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.9483



ภาพประกอบ 16 ค่า Confusion Matrix โมเดล CNN



ภาพประกอบ 17 คลาส Be จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด



ภาพประกอบ 18 คลาส Bl จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด

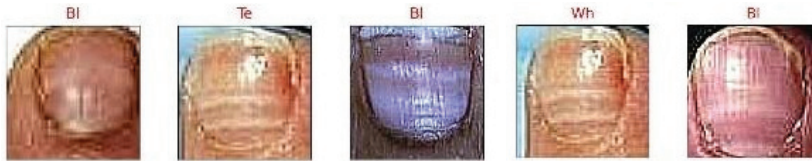
จากภาพประกอบ 16 พบว่า คลาส On (Onycholysis) สามารถจำแนกได้ถูกมากที่สุด จำนวน 19 ภาพจากทั้งหมด 20 ภาพ รองลงมาเป็น คลาส Cl (Nail Clubbing) และ Wh (White Spots) จำแนกได้ถูกจำนวน 18 ภาพ คลาส Te (Terry's Nail) จำแนกได้ถูกจำนวน 16 ภาพ คลาส Be (Beau's lines) และ Mu (Muehrcke's Nails) จำแนกได้ถูกจำนวน 15 ภาพ และคลาส Bl (Black line) จำแนกได้ถูกน้อยที่สุด จำนวน 13 ภาพ แสดงภาพ Test Dataset ที่จำแนกผิดของแต่ละคลาส ดังภาพประกอบ 17 - 23 เพื่อตรวจสอบและทำความเข้าใจเกี่ยวกับ Dataset และโมเดลที่สร้างขึ้น

จากภาพประกอบ 17 ภาพคลาส Be จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส Bl และ On เนื่องจากภาพเห็นร่องตามแนวขวางของเล็บไม่ชัด จำแนกผิดเป็นคลาส Wh เนื่องจากภาพแรกจะเห็นว่า มีแสงจากการถ่ายรูปสะท้อนอาจทำให้เห็นเป็นแถบสีขาว และสำหรับภาพที่สองอาจเกิดจากการ Label ผิดพลาด ควร Label เป็นคลาส Wh (White Spots) มากกว่า เนื่องจากมีจุดสีและแถบสีขาวอย่างเห็นได้ชัด

จากภาพประกอบ 18 ภาพคลาส Bl จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส Be, On, Wh, Te และ Cl เนื่องจากมีเส้นดำเพียงเล็กน้อย หรืออาจจะเป็นเส้นดำที่ไม่ชัดเจน ไม่เป็นเส้นตรง



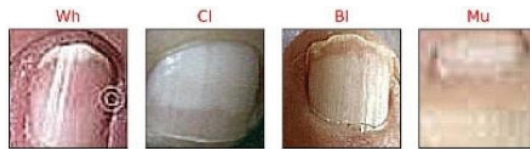
ภาพประกอบ 19 คลาส Cl จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด



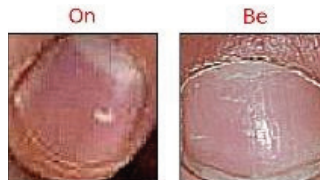
ภาพประกอบ 20 คลาส Mu จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด



ภาพประกอบ 21 คลาส On จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด



ภาพประกอบ 22 คลาส Te จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด



ภาพประกอบ 23 คลาส Wh จาก Test Dataset ที่จำแนกผิด

จากภาพประกอบ 19 ภาพคลาส Cl จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส Be และ Bl เนื่องจาก คลาส Cl ต้องสังเกตลักษณะโค้งงอของเล็บ ดังนั้นภาพที่ไม่เห็นลักษณะของเล็บชัดและอาจจะมีลักษณะอื่นที่เด่นกว่า ทำให้โมเดลจำแนกผิด

จากภาพประกอบ 20 ภาพคลาส Mu จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส Bl, Te และ Wh เนื่องจากเห็นแถบขวางสีขาวสลับกับสีชมพูไม่ชัดเจน

จากภาพประกอบ 21 ภาพคลาส On จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส Te เนื่องจากความกว้างของปลายเล็บสีขาวมีขนาดเล็ก และสีหน้าเล็บของทั้งสองคลาสมีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งทำให้โมเดลจำแนกผิดพลาด

จากภาพประกอบ 22 ภาพคลาส Te จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส Wh, Cl, Bl และ Mu จะเห็นว่าภาพไม่ชัดและแสงจากการถ่ายภาพอาจทำให้ไม่เห็นรายละเอียดของลักษณะผิวเล็บ

ตาราง 6 Precision Recall และ F1 Score โมเดล CNN

	Precision	Recall	F1-score	Support	Accuracy
Be	0.7895	0.7500	0.7692	20	0.8143
Bl	0.6500	0.6500	0.6500	20	
Cl	0.9000	0.9500	0.9000	20	
Mu	0.9375	0.7500	0.8333	20	
On	0.8261	0.9500	0.8837	20	
Te	0.8421	0.8000	0.8205	20	
Wh	0.7826	0.9000	0.8372	20	

Be = Beau's lines on Nails, Bl = Black line on Nails, Cl = Nail Clubbing, Mu = Muehrcke's Nails, On = Onycholysis, Te = Terry's Nail, Wh = White Spots on the Nails

จากภาพประกอบ 23 ภาพคลาส Wh จาก Test Dataset ที่จำแนกผิดเป็นคลาส On และ Be จะเห็นว่าเป็นภาพเล็บที่มีจุดขาวเพียงเล็กน้อยและมีแสงจากการถ่ายรูป ซึ่งทำให้เห็นเป็นจุดสีขาวไม่ชัดเจน

จากภาพประกอบ 16 ค่า Confusion Matrix ข้างต้น เมื่อนำมาเทียบค่า คำนวณความถูกต้องและความแม่นยำ จะได้ค่า Accuracy, Precision, Recall และ F1-score ดังตาราง 6

จากตาราง 6 ได้ผลลัพธ์การจำแนกความผิดปกติของเล็บด้วยโมเดล CNN มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 81.43% อธิบายได้ว่า โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันมีประสิทธิภาพสามารถจำแนกความผิดปกติของเล็บทั้ง 7 ลักษณะนี้ได้

5. สรุป และแนวทางในอนาคต

บทความนี้เสนอการศึกษาและวิเคราะห์การจำแนกความผิดปกติของเล็บ 7 ลักษณะ ได้แก่ 1) เล็บเป็นร่องลึกตามแนวขวาง (Beau's Lines on Nails) 2) เล็บเป็นแถบสีดำ (Black line on Nails) 3) นิ้วบวม (Nail Clubbing) 4) เล็บมีแถบขวางสีขาวสลับกับสีชมพู (Muehrcke's nails) 5) ปลายเล็บร่น (Terry's nail) 6) เล็บเป็นสีขาวเกือบทั้งเล็บและมีแถบสีชมพู

ที่ปลายเล็บ และ 7) เล็บมีจุดสีขาว (White Spots on Nails) โดยรวบรวมข้อมูลจาก Google images จำนวน 700 ภาพ แบ่งเป็น Train set, Validation set และ Test set อัตราส่วน 64:16:20 และเปรียบเทียบโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) กับโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) พบว่าโมเดลโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เกิดปัญหา Overfitting อธิบายได้ว่าโมเดลมีการเรียนรู้ที่เกินไปจากชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝนโมเดล รวมถึงความผันผวนของชุดข้อมูลสำหรับฝึกฝน จึงทำให้โมเดลไม่สามารถจำแนกความผิดปกติของเล็บได้อย่างถูกต้อง ซึ่งได้ค่าความถูกต้องเพียง 43.57 % เมื่อเทียบกับโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ที่ได้ค่าความถูกต้องถึง 81.43 % เนื่องจากโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันมีการสกัดคุณลักษณะจากภาพเพิ่มขึ้นในแต่ละ layer และทำ Image Augmentation เพื่อเพิ่มจำนวนภาพสำหรับชุดข้อมูลฝึกฝนช่วยลดปัญหาการเกิด Overfitting ทำให้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันมีประสิทธิภาพในการจำแนกความผิดปกติของเล็บที่ดีกว่าโมเดลแบบโครงข่ายประสาทเทียม

ลักษณะความผิดปกติของเล็บมีลักษณะที่หลากหลายมากกว่าที่ผู้วิจัยนำมาจำแนกในบทความนี้

ดังนั้นสามารถพัฒนาโมเดลให้ครอบคลุมความผิดปกติของเล็บในลักษณะอื่นๆ เพิ่มขึ้น และเนื่องจากผลที่ได้จากการจำแนกความผิดปกติของเล็บยังมีความผิดพลาดและมีความแม่นยำในการจำแนกที่น้อยหากนำไปใช้จริง ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตอาจจำเป็นต้องสร้างโมเดลในแบบอื่นๆ และอาจนำเทคนิคการแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) เพื่อแบ่งส่วนภาพเลือกเฉพาะบริเวณผิวเล็บและสามารถนำไปต่อยอดสร้างการตรวจสอบวัตถุ (Object Detection) เพื่อนำไปประยุกต์เป็นเครื่องมือจำแนกความผิดปกติของเล็บและสามารถตรวจสอบสุขภาพได้ด้วยตนเองเพื่อทราบถึงอาการผิดปกติที่อาจเกิดขึ้น นำไปสู่การพบแพทย์และการเข้ารับการรักษา

6. เอกสารอ้างอิง

- ชนิดา ฉันทวนิชย์. (2558). *การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์เคลือบเล็บชนิดลอกออกได้*. เชียงราย: มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.
- ณัฐวุฒิ ศรีวิบูลย์. (2563). *การปรับปรุงประสิทธิภาพการจำแนกภาพเอกซเรย์ทรวงอกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบสังวัตนาการโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพสำหรับวินิจฉัยโรคโควิด-19*. กาลสินธุ์: มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์.
- ณัฐโชติ พรหมฤทธิ์. (2564). *Fundamental of DEEP LEARNING in Practice*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อินโฟเพรส.
- พิมพา ชีวาประกอบกิจ. (2562). *การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ*. สระบุรี: มหาวิทยาลัยนานาชาติเอเชีย-แปซิฟิก.
- วิชชุดา ธงกิ่ง, ภูษิต มิตรสมหวัง, บุระ สิ้นธุภากร และ เจษฎา ตัฒนพูน. (2565). การวิเคราะห์และการจำแนกกระดูกสันหลังที่ผิดปกติด้วยขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทสังวัตนาการ. *วารสารเทคโนโลยีสุรนารี*, 16(1), 1-13. <https://doi.org/10.14456/jait.2023.2>
- ศิรัชย์ โชติชาติมาลา และนุรีย์ วิวัฒน์วัฒนา. (2563). *แบบจำลองการคัดแยกผลไม้แบบหนึ่งชนิดด้วยการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อตรวจจบบรูบแอปเปิ้ล*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- อุมาภรณ์ สายแสงจันทร์, รพีพร ช่างทอง และอรรรพหล สุวรรณษา. (2565). การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์โรคใบมะนาวด้วยการเรียนรู้เชิงลึก. *วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์*, 4(1), 71-86. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/248021>
- Alirezanejad, M., Saffari, V., Amirgholipour, S., & Sharifi, A. M. (2014). Effect of locations of using high boost filtering on the watermark recovery in spatial domain watermarking. *Indian Journal of Science and Technology*, 7(4), 517-524. <https://doi.org/10.17485/ijst/2014/v7i4.12>
- Brownlee, J. (2019). *Deep learning for computer vision*. Retrieved 23 May 2022. Retrieved from <https://machinelearningmastery.com/how-to-configure-image-data-augmentation-when-training-deep-learning-neural-networks/>
- Fawcett, R. S., Thomas, M., & Daniel, L. (2004). Nail abnormalities: Clues to systemic disease. *American Family Physician*, 69(6), 1417-1424. <https://www.aafp.org/pubs/afp/issues/2004/0315/p1417.html>

Nasritha, K., Kerdprasop, K., & Kerdprasop, N. (2018). Comparison of sampling techniques for imbalanced data classification. *Journal of Applied Informatics and Technology*, 1(1), 20-37. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/90569>

การพัฒนาระบบสำหรับแจ้งเตือนการลืมปิดประตูห้องพักผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Developing a System for Notification of Forgetting to Close the Dormitory Door with Mobile Application using Internet of Things

พันธวัช พิพัฒน์กำธร¹, เจนจิรา เนาวารัตน์¹, สัญญา เครื่องหงษ์^{1,*}

Phanthawat Phiphatkamton¹, Jenjira Naowarat¹, Sanya Khruahong^{1,*}

¹ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ พิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

¹ Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

* Corresponding Author: Sanya Khruahong, sanyak@nu.ac.th

Received:

31 March 2022

Revised:

3 May 2022

Accepted:

11 May 2022

คำสำคัญ:

อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์, การแจ้งเตือน, แอปพลิเคชันบนมือถือ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (ไอโอที)

Keywords:

Ultrasonic sensor, Door, Notification, Mobile application, Internet of things (IoT)

บทคัดย่อ: หอพักได้รับความนิยมน้อยมากสำหรับประชาชนชาวไทยทั่วไป จากแบบสอบถามของงานวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์พบว่าเหตุผลที่ทำให้คนทั่วไปตัดสินใจเช่าที่พักในแต่ละแห่ง ผู้เช่าจะคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยของที่พักอาศัยเป็นอันดับที่ 2 ถัดจากเรื่องทำเลที่ตั้งที่สะดวกแก่การเดินทาง ดังนั้นปัจจัยด้านความปลอดภัยของที่พักอาศัยจึงเป็น ปัจจัยลำดับต้นๆ ที่ผู้เช่าจะนำมาพิจารณาเพื่อเลือกเช่าหอพัก เพราะเมื่อมีเหตุอาชญากรรมเกิดขึ้นอาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน สภาพจิตใจ และอาจจะถึงแก่ชีวิตของผู้เช่าได้ นอกจากนี้ปัญหาหนึ่งของความเสียหายดังกล่าวก็คือหอพักที่ไม่มีผู้รักษาความปลอดภัยดูแล หรือการเปิดประตูหอพักทิ้งไว้ เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ามาช่วยเหลือผู้ประกอบการหอพักและผู้เช่าหอพัก ซึ่งมีกระบวนการทำงานโดยการสื่อสาร หรือรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ จึงทำให้มีจุดเด่นคือเพิ่มความสะดวกรวดเร็วและทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ โดยการดำเนินงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังต่อไปนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบสำหรับแจ้งเตือน ในกรณีที่ลืมปิดประตูหอพัก ด้วยการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 2) เพื่อประเมินผลการพัฒนาระบบ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เช่าหอพัก และเจ้าของหอพัก เป็นจำนวนทั้งหมด 20 คน โดยเพื่อให้งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเป็นระบบสำหรับตรวจสอบการลืมปิดประตูหอพัก โดยระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์เมื่อมีการลืมปิดประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้วเป็นเวลา 30 วินาที โดยมีอุปกรณ์สำคัญที่ใช้พัฒนาระบบ คือ 1) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 2) อัลตราโซนิกเซ็นเซอร์ จากผลทดลองระบบนั้น ผู้วิจัยเปิดประตูค้างไว้จำนวน 40 ครั้ง ผลการทดลอง

พบว่ามีการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพักและเจ้าของหอพัก โดยมีการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์แสดงได้ครบทั้ง 40 ครั้ง และระยะเวลาเฉลี่ยที่ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแชทเป็นเวลา 2.854 วินาที และระยะเวลาเฉลี่ยที่ตัวอุปกรณ์ใช้เพื่อประมวลผลก่อนที่จะส่งเสียงเป็นเวลา 2.681 วินาที นอกจากนี้ยังได้มีการประเมินผลความพึงพอใจของระบบจากเจ้าของหอพักและผู้เช่าหอพักจำนวน 20 คน พบว่าผลการประเมินระบบอยู่ในระดับดี และผู้วิจัยคาดว่าประโยชน์ที่จะได้จากงานวิจัยนี้คือ 1) เป็นต้นแบบสำหรับระบบอัจฉริยะและการทำงานอัตโนมัติภายในหอพัก 2) ช่วยเพิ่มความพึงพอใจในด้านความปลอดภัยของผู้เช่า และผู้ประกอบการหอพัก 3) ลดภาระงานในการดูแลความปลอดภัยของผู้ประกอบการหอพัก

Abstract: Dormitories are very popular with the Thai people. From the research questionnaire of Thammasat University, it was found that people decide to rent accommodation in each place. They will consider the residence's safety as the second priority after the location that is convenient travel. Therefore, the safety factor of the shelter is the top factor that tenants will consider when choosing a dormitory. The crime may cause damage to property, mental state, and possibly death of the tenant. Moreover, one problem is the dormitory without a security guard or leaving the door open. Therefore, the researcher recognizes the importance of the above problem. Therefore, we use the Internet of Things to help the dormitory operators and dormitory tenants. It has a working process of communication or transmitting data between devices. It has a distinctive feature that is to increase comfort, quickly and accurately. The objectives of this research are as follows: 1) to develop a notification system. In the case of forgetting to close the dormitory door with the application of the Internet of Things 2) to evaluate the system development with the sample group being dormitory tenants and dormitory owners, 20 people. For research to achieve such objectives. We have developed a system for checking if forgetting to close the dormitory door. The system will send a notification to the chat group of the dormitory tenants or private chat of the dorm owner and a sound notification from the device when it forgets to close the dormitory door after it has been used for 30 seconds. The system has two important devices used to develop the system are 1) microcontroller board and 2) ultrasonic sensor. In the experiment, we left the door open forty times. The results showed that a notification was sent to a chat group of dormitory tenants and dormitory owners. There were audible notifications from the device, 2.854 seconds for the average time the notification was sent to the chat. The average time it took the device to process it before sending the sound was 2.681 seconds. In addition, the evaluation of the system's satisfaction by 20 tenants found that the results were a good level.

1. บทนำ

หอพัก เป็นสถานที่ให้เช่าพักเชิงพาณิชย์ โดยหอพักเป็นที่ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับ

นิสิต หรือนักศึกษา เนื่องจากหอพักมีราคาถูกกว่า อะพาร์ตเมนต์ และคอนโดมิเนียม และนิสิต หรือนักศึกษาส่วนใหญ่ยังจำเป็นต้องเช่าหอพัก เพราะ

ตนเองจะต้องเข้ารับการศึกษาในมหาวิทยาลัยในต่างจังหวัด โดยสาเหตุที่ทำให้ตัดสินใจเลือกเช่าหอพักที่จะอาศัย จากแบบสอบถามของงานวิจัยปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเช่าห้องพักสำหรับการอยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (พนทิพย์ วงศ์ศุภชาติกุล, 2558) สาเหตุที่ทำให้ตัดสินใจเลือกเช่าที่พักในแต่ละที่ ผู้เช่าจะคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัยของที่พักอาศัยเป็นอันดับที่ 2 ถัดจากเรื่องทำเลที่ตั้งสะดวกแก่การเดินทาง ดังนั้นหอพักที่มีระบบ หรือการรักษาความปลอดภัยที่ดี จะส่งผลให้มินิสิต นักศึกษา หรือผู้เช่ารายใหม่ สนใจเข้ามาติดต่อและทำการเช่าอยู่เสมอๆ และยังคงสามารถรักษาผู้เช่ารายเก่าให้ยังคงตัดสินใจเช่าต่อไปได้

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้น ปัจจัยด้านความปลอดภัยของที่พักอาศัยเป็น ปัจจัยลำดับต้นๆ ที่นิสิต นักศึกษา หรือผู้เช่ารายใหม่จะนำมาพิจารณาเพื่อเลือกเช่าหอพัก เพราะเนื่องจากในปัจจุบัน มีเหตุอาชญากรรมเกิดขึ้นมากมาย ตัวอย่างเช่น 1) สำนักข่าว Bright Today รายงานว่าเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2564 มีวัยรุ่นนักร้องชายเหมายานเสียชีวิตเข้ามาภายในหอพัก บุคเคาะห้องและทำลายทรัพย์สิน (ไบรท์ทูเดย์, 2564) 2) สำนักข่าวไทยรัฐออนไลน์ รายงานว่าเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2564 มีหญิงสาวถูกแทงเสียชีวิตที่บริเวณหน้าลิฟต์ชั้น 7 บนคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่งในพื้นที่ หมู่ 7 ต.บางโฉลง อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ (ไทยรัฐ, 2564) 3) รายการเรื่องเล่าเช้านี้ รายงานว่า นิสิตหญิง มหาวิทยาลัยนเรศวร โพสต์คลิปวงจรปิดเตือนภัย หลังถูกชายแปลกหน้าบุกรุก นำกางเกงในผู้หญิงมาห้อยที่ลูกบิด และปิ่นช่องลมห้องน้ำ ส่งเสียงคราง ก่อนหลบหนีไป (เรื่องเล่าเช้านี้, 2564) จากเหตุการณ์ตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้กล่าวไปข้างต้น เมื่อมีเหตุอาชญากรรมเกิดขึ้นในหอพัก 1 ครั้ง จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สิน สภาพจิตใจ และอาจจนถึงแก่ชีวิตของผู้เช่าคนใดคนหนึ่ง ในหอพัก ซึ่งความเสียหายเหล่านี้ อาจส่งผลกระทบให้ผู้ประกอบการหอพักต้องออกค่าใช้จ่ายช่วยเหลือในกรณีทรัพย์สิน

ของผู้เช่าเกิดความเสียหาย และอาจส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการหอพักต้องสูญเสียรายได้จากค่าเช่าหอพัก เพราะผลกระทบด้านสภาพจิตใจจากเหตุอาชญากรรม เป็นผลกระทบที่ไม่สามารถซ่อมแซมหรือเยียวยาได้อย่างง่าย ทำให้ผู้เช่ารายอื่นๆ ในหอพักเกิดความหวาดระแวง หวาดกลัว และไม่เชื่อในระบบ หรือการรักษาความปลอดภัยของหอพัก จนนำไปสู่การเลิกเช่า และการปิดกิจการหอพักของผู้ประกอบการได้

ในปัจจุบัน อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ได้รับการนิยมเป็นอย่างมาก เพราะเนื่องจากสามารถลดภาระงานของมนุษย์ได้ และสามารถทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่แสดงอาการเหนื่อยล้า จึงมีผู้วิจัยหลายท่านได้นำมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน สามารถยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้ ด้านการเกษตร เช่น แบบจำลองระบบไอโอทีสำหรับฟาร์มไก่อัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัยและชัยพร อัดโตดดร, 2563) ระบบให้อาหารม้าแบบอัตโนมัติด้วยไอโอที (โกศิ บุญนารากร, 2564) และด้านความปลอดภัย เช่น ระบบเตือนภัยภายในบ้านบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (دنุภพ สวมสูง และนภสินธุ์ สาดศรี, 2560) และการพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัย (สุชาติ คุ่มมะณี, เอกกราช อาจเจริญ และพีรวัส ชะนวนรัมย์, 2565)

จากข่าวเหตุการณ์อาชญากรรมที่ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่าง และปัจจัยการเลือกหอพักสำหรับนิสิต นักศึกษา หรือผู้เช่ารายใหม่ ทำให้ผู้ประกอบการหอพักจำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของหอพัก ซึ่งเหตุการณ์อาชญากรรมส่วนใหญ่มักจะเกิดจากการบุกรุกเข้ามาในหอพักโดยไม่ได้รับอนุญาตของบุคคลภายนอก หรือบุคคลที่ไม่ใช่ผู้เช่า โดยหนึ่งสาเหตุที่ทำให้บุคคลภายนอกสามารถบุกรุกเข้ามาได้ คือการลิมิตประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ด้วยเหตุนี้เองผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) เข้ามาช่วยเหลือผู้ประกอบการหอพัก และผู้เช่าหอพัก ผู้วิจัยจึงได้จัดงานวิจัยนี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ดังต่อไปนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบสำหรับแจ้งเตือน
ในกรณีที่ลิมปิดประตูหอพัก ด้วยการประยุกต์ใช้
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 2) เพื่อประเมินผลการ
พัฒนาระบบ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เช่าหอพัก และ
เจ้าของหอพัก เป็นจำนวนทั้งหมด 20 คน ซึ่งเพื่อให้
งานวิจัยบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนา
เป็นระบบสำหรับแจ้งเตือนการลิมปิดประตูหอพักผ่าน
แอปพลิเคชันไลน์ กรณีที่ลิมปิดประตูหอพัก ซึ่งถ้า
เปรียบเทียบระบบของงานวิจัยนี้ กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ที่ผู้วิจัยจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป จะสามารถเปรียบเทียบ
ความแตกต่าง หรือข้อดีได้ดังต่อไปนี้ 1) สามารถแก้ไข
การเชื่อมต่อเครือข่าย Wi-Fi ได้โดยผ่านโทรศัพท์
2) สามารถแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบได้ทันทีผ่าน
แอปพลิเคชันไลน์ ถึงแม้ว่าผู้ใช้งานจะไม่ได้อยู่ใกล้
อุปกรณ์ 3) สามารถแจ้งเตือนไปได้ทั้งโทรศัพท์ที่เป็น
ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และระบบปฏิบัติการ
ไอโอเอส 4) ผู้ใช้งานสามารถได้รับการแจ้งเตือน
โดยไม่ต้องอยู่ในเครือข่าย Wi-Fi เดียวกับอุปกรณ์ได้
5) สามารถแจ้งเตือนเป็นเสียงจากอุปกรณ์ได้ และ
สุดท้าย 6) ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องเปิดแอปพลิเคชัน
หรือหน้าของเว็บไซต์ทิ้งไว้ เพื่อให้ทราบถึงการแจ้งเตือน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องในการ
พัฒนางานวิจัยของผู้วิจัย ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2
หัวข้อย่อย คือ งานวิจัยด้านความปลอดภัยในอาคาร
และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยแต่ละหัวข้อ
ดังกล่าวจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 งานวิจัยด้านความปลอดภัยใน อาคาร

งานวิจัยระบบเตือนภัยภายในบ้านบนเครือข่าย
อินเทอร์เน็ต (ตฤภพ สวมสูง และนภสินธุ์ สาด
ศร, 2560) ซึ่งจัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาระบบรักษา
ความปลอดภัยภายในบ้านและแสดงข้อมูลผ่านเว็บ
แอปพลิเคชันบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย โดยใช้

งานอุปกรณ์ตรวจจับประเภทต่างๆ ที่สามารถตรวจ
จับสิ่งผิดปกติและสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนแก่
ผู้อาศัยโดยใช้งานอุปกรณ์ 1) Ultrasonic Sensor เพื่อ
ตรวจจับการเคลื่อนไหวเมื่อเกิดการบุกรุกในบริเวณ
ที่พักอาศัย 2) MQ2 LPG CO Smoke Gas Sensor
เพื่อตรวจจับควัน 3) Infrared IR Flame Detector
Sensor เพื่อตรวจจับเปลวไฟเมื่อบริเวณที่พักอาศัย
เกิดเหตุการณ์อัคคีเพลิง และสุดท้าย 4) Magnetic
Reed Switch ตรวจจับการปิดเปิดประตูที่พักอาศัย
โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะส่งต่อข้อมูลที่สามารถตรวจจับ
ได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผล และ
ส่งผลที่ได้จากการประมวลไปยังเครือข่ายไร้สาย เพื่อ
นำข้อมูลไปแสดงผลบนเว็บแอปพลิเคชันเพื่อแจ้งเตือน
แก่ผู้พักอาศัยภายในบ้าน ให้ทราบถึงสถานการณ์ความ
ปลอดภัยภายในบ้าน ซึ่งงานวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น
จะมุ่งเน้นพัฒนาระบบให้เหมาะสมกับที่พักอาศัยที่เป็น
บ้าน และผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงข้อเสียของระบบซึ่งจะมี
ดังต่อไปนี้ 1) ผู้ใช้งานระบบจำเป็นต้องเข้าดูเว็บ
แอปพลิเคชันอยู่เสมอๆ เพื่อให้ทราบถึงการแจ้งเตือน
ของระบบ 2) ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนเครือข่าย Wi-Fi
ของอุปกรณ์ ผู้ใช้งานจะต้องเข้ามาแก้ไขที่คำสั่งภายใน
อุปกรณ์ ซึ่งยากต่อผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้ 3) ไม่มีการ
แจ้งเตือนเป็นเสียงจากอุปกรณ์ เหตุอันตรายแล้ว กว่า
ผู้ใช้งานจะทราบถึงการแจ้งเตือนก็อาจจะไม่ทันเวลา
ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะนำแนวทางในการพัฒนา อุปกรณ์
และข้อเสีย ภายในวิจัยดังกล่าว มาประยุกต์ใช้ และ
ปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาให้ระบบของผู้วิจัยสามารถ
ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยระบบแจ้งเตือนความปลอดภัย
ภายในบ้านผ่านแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ (ตฤภพ
สวมสูง และนภสินธุ์ สาดศร, 2560) เป็นงานวิจัยที่
มุ่งเน้นการพัฒนาระบบเพื่อแจ้งเตือนความปลอดภัย
ภายในบ้านผ่านแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ จาก 3 สิ่ง
คือ 1) ความผิดปกติของแก๊สภายในบ้าน 2) ความ
ผิดปกติของควันภายในบ้าน และ 3) การเคลื่อนไหว
ภายในบ้าน โดยเพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับความ

ผิดพลาดที่กล่าวไปข้างต้นได้ ภายในระบบจึงประกอบไปด้วย อุปกรณ์ตรวจจับ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังต่อไปนี้ 1) MQ Breakout ใช้ตรวจจับความผิดปกติของแก๊ส และควัน 2) PIR Sensor ใช้ตรวจจับความเคลื่อนไหว 3) ESP8266 Wi-Fi ใช้ปล่อยเครือข่ายแบบไร้สาย เพื่อส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ และ 4) Arduino Uno ใช้เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์หลักในการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ โดยจากงานวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น จะเป็นระบบที่มุ่งเน้นพัฒนาเพื่อแจ้งเตือนความปลอดภัยภายในบ้าน และผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงข้อเสียของระบบซึ่งจะมีดังต่อไปนี้ 1) การแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันแอนดรอยด์บนโทรศัพท์ของผู้ใช้งานจะต้องเชื่อมต่อกับเครือข่าย Wi-Fi ของตัวอุปกรณ์ก่อนเท่านั้น ถึงจะสามารถรับการแจ้งเตือนได้ 2) แอปพลิเคชันของระบบสามารถใช้งานได้กับโทรศัพท์ที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เท่านั้น 3) ต้องเปิดแอปพลิเคชันไว้ตลอดเวลา เพื่อรับการแจ้งเตือน ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะนำแนวทางในการพัฒนา และข้อเสียดังกล่าว มาประยุกต์ใช้ และปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาให้ระบบของผู้วิจัยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Design and Implementation of an IoT-Based Smart Home Security System (Hoque & Davidson, 2019) เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นในการออกแบบ และพัฒนาระบบเกี่ยวกับความปลอดภัย โดยตรวจจับสถานะของประตูภายในบ้าน และส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ของผู้ใช้งาน โดยเพื่อให้ระบบสามารถตรวจจับสถานะของประตูที่กล่าวไปข้างต้นได้ ภายในระบบจึงประกอบไปด้วย อุปกรณ์ตรวจจับ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ดังต่อไปนี้ 1) Elegoo Mega 2560 board ใช้สั่งการ Magnetic reed switch เพื่อใช้ตรวจจับสถานะของประตู และสั่งการ RF receiver-transmitter pair เพื่อสื่อสารกับ Raspberry Pi 2) RF receiver-transmitter pair ใช้ในการสื่อสาร หรือส่งข้อมูลสถานะของประตูไปยัง Raspberry Pi 3) Magnetic reed switch

ใช้ในการตรวจจับสถานะของประตูว่ามีสถานะเป็นเปิดประตู หรือปิดประตู 4) Raspberry Pi ใช้ในการรับข้อมูลจาก RF receiver-transmitter pair และนำข้อมูลที่ส่งไปยัง Web Server โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และส่งต่อไปยังแอปพลิเคชันของผู้ใช้งานต่อไป โดยจากงานวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงข้อเสียของระบบซึ่งจะมีดังต่อไปนี้ 1) เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน ส่วนใหญ่ติดต่อกันด้วยสัญญาณที่คล้ายกับระบบ จึงทำงานการรับส่งข้อมูลระหว่าง Elegoo Mega 2560 board และ Raspberry Pi มีความคลาดเคลื่อน และล่าช้าได้ 2) เนื่องจากเป็นระบบต้นแบบ แอปพลิเคชันสามารถดูข้อมูลสถานะของประตูได้ แต่ยังไม่สามารถแจ้งเตือนได้ 3) ต้องเปิดแอปพลิเคชัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะนำแนวทางในการพัฒนา และข้อเสียดังกล่าว มาประยุกต์ใช้ และปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาให้ระบบของผู้วิจัยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Smart Home Automation and Security System using Arduino and IOT (Wadhvani *et al.*, 2018) เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาระบบเกี่ยวกับการทำงานอัตโนมัติ และตรวจจับความปลอดภัยภายในบ้าน ซึ่งความสามารถของระบบจะมีดังต่อไปนี้ 1) สามารถควบคุมความสว่างจากหลอดไฟภายในบ้านได้ 2) สามารถควบคุมการเปิดปิดของประตูได้ 3) สามารถตรวจจับการพังประตูของผู้บุกรุกได้ 4) ตรวจจับการเกิดไฟไหม้ภายในบ้านได้ และ 5) สามารถดูสถานะต่างๆ ของอุปกรณ์ผ่านคอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์ได้ โดยเพื่อให้ระบบมีความสามารถดังกล่าว ภายในระบบจึงประกอบไปด้วย อุปกรณ์ตรวจจับ และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สำคัญดังต่อไปนี้ 1) Arduino UNO ใช้ควบคุม และสั่งการอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ที่อยู่ในระบบ 2) Flex sensor ใช้เพื่อควบคุมความสว่างของหลอดไฟภายในบ้าน หรือใช้เพื่อเปิดหรือปิด 3) Wi-Fi module ใช้เพื่อติดต่อสื่อสาร หรือส่งข้อมูลไปไว้ในคลาวด์แพลตฟอร์ม 4) Reed relay sensor ใช้เพื่อตรวจจับการพังประตู

ของผู้บุกรุก 5) Flame sensor ใช้เพื่อตรวจจับการเกิดไฟไหม้ภายในบ้าน 6) Accelerometer ใช้เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดของประตู 4) LDR ใช้เพื่อตรวจจับความสว่างภายในบ้าน โดยจากงานวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงข้อเสียของระบบซึ่งจะมีดังต่อไปนี้

- 1) ผู้ใช้ต้องเข้าดูคลาวด์แพลตฟอร์มเพื่อดูการแจ้งเตือน
- 2) ถ้าอยู่ไกลจากอุปกรณ์อาจจะทำให้ไม่ได้ยินเสียงการแจ้งเตือนจากตัวอุปกรณ์ จึงอาจจะทำให้ไม่ทราบถึงการแจ้งเตือนได้ทันทีที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะนำแนวทางในการพัฒนา และข้อเสียดังกล่าว มาประยุกต์ใช้ และปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาให้ระบบของผู้วิจัยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

IoT Enabled Home With Smart Security (Chandra, Kumar, & Babu, 2017) เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นพัฒนาระบบ เพื่อความปลอดภัยภายในบ้าน ซึ่งระบบจะมีความสามารถดังต่อไปนี้ 1) สามารถตรวจจับสถานะเปิดปิดของประตูได้ 2) สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ 3) สามารถตรวจจับวัตถุอันตรายได้ 4) สามารถตรวจจับวัดค่าความสว่างได้ โดยของการตรวจจับดังกล่าว จะไปแสดงอยู่บนหน้าเว็บไซต์ และเมื่อเหตุการณ์ที่จำเป็นต้องแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ ตัวอย่างเช่นกรณีมีผู้บุกรุกเข้าห้อง ระบบจะทำการส่งข้อความไปยังอีเมล และแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์เอง

- 1) Raspberry Pi ใช้ในการควบคุม และรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ ภายในระบบ
- 2) Magnetic door switch ใช้เพื่อตรวจจับสถานะการเปิดปิดของประตู
- 3) PIR Sensor ใช้เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวในกรณีที่มีผู้บุกรุกเข้ามา
- 4) Temperature Sensor ใช้เพื่อตรวจจับอุณหภูมิภายในบ้าน
- 5) Gas Sensor ใช้เพื่อตรวจจับปริมาณก๊าซในบ้าน
- 6) LDR ใช้เพื่อตรวจจับวัดค่าความสว่างภายในบ้าน โดยจากงานวิจัยที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงข้อเสียของระบบซึ่งจะมีดังต่อไปนี้

- 1) ถ้าอยู่ไกลจากอุปกรณ์อาจจะทำให้ไม่ได้ยินเสียงการแจ้งเตือนจากตัวอุปกรณ์ จึงอาจจะ

ทำให้ไม่ทราบถึงการแจ้งเตือนได้ทันทีที่ 2) ความปลอดภัยของข้อมูลที่แสดงบนหน้าเว็บไซต์ เพราะเนื่องจากไม่ใช่เว็บไซต์พัฒนาขึ้นเอง 3) ไม่มีการแจ้งเตือนในกรณีที่ผู้ใช้งาน อยู่ไกลจากตัวอุปกรณ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะนำแนวทางในการพัฒนา และข้อเสียดังกล่าวมาประยุกต์ใช้และปรับปรุงแก้ไข เพื่อพัฒนาให้ระบบของผู้วิจัยสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 Internet of Things (IoT)

เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) (กรมประชาสัมพันธ์, 2563) เป็นการนำอุปกรณ์ต่างๆ วัตถุ สิ่งของเครื่องใช้เชื่อมโยงกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้เกิดการรับส่งข้อมูล และประมวลผล หรือควบคุมอุปกรณ์ได้ในระยะไกล โดยมีการฝังงานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ตรวจจับเพื่อตรวจจับ บันทึก และรับส่งข้อมูล ซึ่งเพื่อให้เกิดการทำงานดังกล่าวเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จึงประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลักสำคัญ ได้แก่

- 1) อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งภายในงานวิจัยนี้จะเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์ตรวจจับต่างๆ และโทรศัพท์มือถือ
- 2) การสื่อสาร คือการสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งการสื่อสารสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การสื่อสารแบบไร้สาย เช่น เครือข่ายอินเทอร์เน็ต เครือข่าย Wi-Fi เครือข่าย Bluetooth เป็นต้น และการสื่อสารแบบใช้สาย เช่น เชื่อมต่อกันด้วย สาย USB หรือ สาย LAN เป็นต้น
- 3) ระบบการทำงานหลังบ้าน คือการจัดการ การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ การดูแลการส่งข้อมูล หรือการสื่อสาร การตรวจสอบสิทธิการเข้าถึงข้อมูล และการดูแลการจัดเก็บข้อมูลเป็นต้น โดยเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีทั้งข้อดี ข้อเสีย และมีความเสี่ยงด้านความปลอดภัย หากอุปกรณ์มีระบบความปลอดภัยไม่ดีพอจะก่อให้เกิดข้อผิดพลาด จนอาจจะทำให้ผู้ไม่หวังดีกระทำการไม่พึงประสงค์ต่ออุปกรณ์ และข้อมูลได้ ซึ่งเทคโนโลยีนี้ถูกนำมาใช้งาน และพัฒนาจนเกิดเทคโนโลยีต่างๆ เช่น Smart Device,

Smart Home, Smart Network เพื่อลดภาระงาน
หน้าที่ประจำของมนุษย์ และเพิ่มความสะดวกสบาย
ให้แก่มนุษย์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงประโยชน์
และความสอดคล้องกับงานวิจัยของผู้วิจัย กับเทคโนโลยี
ดังกล่าว จึงนำมาพัฒนาระบบโดยประยุกต์ใช้ และ
อ้างอิงจากงานวิจัยทั้ง 5 งานวิจัยในหัวข้อ 2.1 เพื่อ
ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3. วิธีดำเนินงานงานวิจัย

3.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากบทนำที่ผู้วิจัยได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัย
จะนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์
ใช้ร่วมกับระบบ ผู้วิจัยจึงต้องทำการศึกษาค้นคว้า
เกี่ยวกับ 1) งานวิจัยด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
ซึ่งงานวิจัย และทฤษฎีที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ อ้างอิง
ผู้วิจัยได้กล่าวถึงไว้ในหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) งานวิจัย
ด้านปัจจัยการเลือกที่อยู่อาศัย ซึ่งผู้วิจัยได้กล่าวถึงไว้
ในหัวข้อบทนำ 3) อุปกรณ์ตรวจจับ 4) อุปกรณ์ไมโคร
คอนโทรลเลอร์ และ 5) วิธีการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ
ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับ และไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้
งานวิจัย ผู้วิจัยได้กล่าวถึงไว้ในหัวข้อวิเคราะห์ระบบ
โดยการศึกษาดังกล่าวเพื่อให้ระบบ หรืออุปกรณ์
สามารถทำงานได้ และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของ
งานวิจัย

3.2 วิเคราะห์ระบบ

จากบทนำที่ผู้วิจัยได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัย
ต้องการพัฒนาระบบ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาการลืมปิด
ประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว ซึ่งเพื่อการแก้ไขปัญหา
ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงจะต้องสำรวจลักษณะประตูของ
หอพัก เพื่อออกแบบ และคัดเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสม
ซึ่งผลจากการสำรวจ ผู้วิจัยพบว่าประตูหอพักส่วนใหญ่
มีลักษณะทั้งหมด 4 ลักษณะ ดังต่อไปนี้ 1) บานประตู
เป็นกระจกสามารถมองจากด้านในสู่ด้านนอกได้
แต่ไม่สามารถมองจากด้านนอกสู่ด้านในได้และ
ขอบประตูเป็นอะลูมิเนียม 2) มีระบบรหัสผ่านและ

คีย์การ์ด เพื่อใช้ในการเปิดประตูจากภายนอกหอพัก
3) มีระบบการปิดสนิทอัตโนมัติ ในกรณีที่บ้านประตู
เปิดไม่ถึง 90 องศา แต่ถ้าบานประตูเปิดจนถึง
90 องศา ระบบการปิดสนิทอัตโนมัติจะไม่ทำงาน
4) ประตูจึงถูกเปิดค้างไว้ มีปุ่มกดปลดล็อคประตู
เพื่อใช้ในการเปิดประตูจากภายในหอพัก

จากลักษณะประตูหอพักข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้
กำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบ ให้สอดคล้องกับ
ลักษณะของประตูหอพัก และวัตถุประสงค์ของงาน
วิจัย ทั้งหมด 3 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. ระบบจะต้องแจ้งเตือนเป็นข้อความ และ
เสียงไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัว
ของเจ้าของหอพัก
2. ระบบต้องมีการแจ้งเตือนเป็นเสียงที่ตัว
อุปกรณ์ เพื่อแจ้งเตือนให้ผู้ที่มีสติปิดประตู กลับมา
ปิดประตู
3. ระบบมีการทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน
Line เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของ
ผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก

เพื่อให้ระบบของผู้วิจัยสามารถทำงานได้
ภายใต้เงื่อนไขการทำงานของระบบ ผู้วิจัยจึงจะคัด
เลือกอุปกรณ์ และเทคโนโลยี ดังต่อไปนี้ เพื่อนำมา
พัฒนาเป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจจับการลืมปิดประตู
หอพัก

1. ESP8266 (ElectroPeak, 2019) เป็น
บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความคล้ายคลึงกับ
Arduino UNO เพราะเนื่องจากเป็นบอร์ดที่ได้รับการ
พัฒนาต่อยอดมาจาก Arduino UNO ซึ่งสามารถพัฒนา
โดยการเขียนโปรแกรม ผ่านโปรแกรม Arduino IDE
ได้ โดยข้อแตกต่างจาก Arduino UNO และข้อดีของ
ESP8266 จะมีทั้งหมด 5 ข้อ ดังต่อไปนี้ 1) ESP8266
ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า Arduino UNO 2) ESP8266
สามารถเชื่อมต่อกับ Wi-Fi และ Bluetooth ได้ โดยที่
ไม่ต้องต่ออุปกรณ์เพิ่ม เพราะมีอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่อ

เครือข่ายดังกล่าวอยู่ในตัวบอร์ดอยู่แล้ว 3) ESP8266 ราคาถูกกว่า Arduino UNO ในกรณีที่จำเป็นต้องซื้อ อุปกรณ์เชื่อมต่อ Wi-Fi และ Bluetooth 4) ขนาดของบอร์ด ESP8266 มีขนาดเล็กกว่า Arduino UNO และสุดท้าย 5) ESP8266 มีแหล่งข้อมูลประกอบการพัฒนาบนเว็บไซต์เป็นจำนวนมาก เพราะได้รับความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับนักพัฒนา เนื่องจากข้อแตกต่าง และข้อดีทั้ง 5 ข้อที่ผู้วิจัยได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้งาน ESP8266 เพราะมีความสอดคล้อง และเพียงพอต่อการพัฒนาระบบของผู้วิจัยมากที่สุด

2. HC-SR04 (ProjectHub, 2019) เป็นเซ็นเซอร์วัดระยะทางระหว่างตัวเซ็นเซอร์กับวัตถุ ซึ่งในการวัดระยะทาง เซ็นเซอร์จะอาศัยหลักการการสะท้อนของคลื่น Ultrasonic โดยตัวเซ็นเซอร์ HC-SR04 จะมีแหล่งกำเนิดคลื่น Ultrasonic เพื่อส่งออกไป ให้กระทบกับวัตถุที่อยู่ข้างหน้าของตัวเซ็นเซอร์ และสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณที่อยู่บนตัวเซ็นเซอร์ โดยระยะห่างที่วัดได้จะสัมพันธ์กับระยะเวลาที่คลื่น Ultrasonic เคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณบนตัวเซ็นเซอร์ เมื่อรู้ระยะเวลาที่คลื่น Ultrasonic สะท้อนกลับมา จึงสามารถคำนวณหาเป็นระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์ HC-SR04 กับวัตถุได้ ซึ่งด้วยความสามารถของ HC-SC04 ที่สามารถวัดระยะทางได้ดังที่กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกนำเซ็นเซอร์ HC-SR04 ด้วยเหตุผล 2 ข้อ ดังต่อไปนี้ 1) ลักษณะของบานประตูหอเป็นกระจก การใช้ IR Infrared Obstacle Detection Sensor อาจจะทำให้การตรวจจับผิดพลาด เพราะ IR Infrared Obstacle

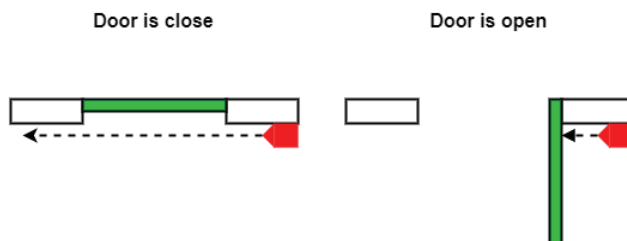
Detection Sensor ใช้หลักการสะท้อนของแสงเมื่อไปกระทบกับวัตถุ แต่อาจจะสะท้อนได้ไม่ตรงกับวัตถุที่เป็นกระจก และ 2) การตรวจจับด้วย IR Infrared Obstacle Detection Sensor ในบริเวณที่มีแสงมาก อาจจะทำให้การตรวจจับคลาดเคลื่อนได้

3. Buzzer (Carreira, 2020) เป็นลำโพงแบบแม่เหล็กขนาดเล็ก ใช้พลังงานไฟเลี้ยง 3.3 ถึง 5 v สามารถนำไปประยุกต์เพื่อทำให้ส่งเสียงในรูปแบบต่างๆ ได้ ด้วยขนาดเล็ก และระดับเสียงอยู่ในระดับที่บุคคลทั่วไปสามารถได้ยินได้ชัดเจน แต่ก็ไม่ส่งเสียงดังจนเกินไป ผู้วิจัยจึงนำ Buzzer มาประยุกต์ใช้กับระบบของผู้วิจัย เพื่อส่งเสียงเตือนให้ผู้ที่มีปิดประตู หันหลังกลับมาปิดประตูอีกครั้ง

4. บริการ Line Notify (บริษัทไอบั๊ดดีเว็บ จำกัด, 2563) เป็นบริการของแอปพลิเคชัน Line ที่จะช่วยส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังบัญชี Line และกลุ่ม Line ต่างๆ ผ่าน API ที่ Line ได้พัฒนาไว้ โดยผู้วิจัยเลือกใช้งานบริการ Line Notify เพราะสามารถพัฒนาให้เข้ากับระบบได้ง่าย การใช้งาน API เข้าใจได้ง่าย ไม่สลับซับซ้อน และมีแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับการนำ Line Notify มาประยุกต์ใช้กับระบบ บนอินเทอร์เน็ตเป็นจำนวนมาก

3.3 ออกแบบการทำงานของระบบ

จากการวิเคราะห์ระบบ จึงนำไปสู่ผลการออกแบบการทำงานของระบบ ซึ่งประกอบไปด้วย 1) จำลองการทำงานของอุปกรณ์ 2) แผนผังการทำงานของระบบ และ 3) สถาปัตยกรรมของระบบ โดยทั้ง 3 หัวข้อดังกล่าวจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

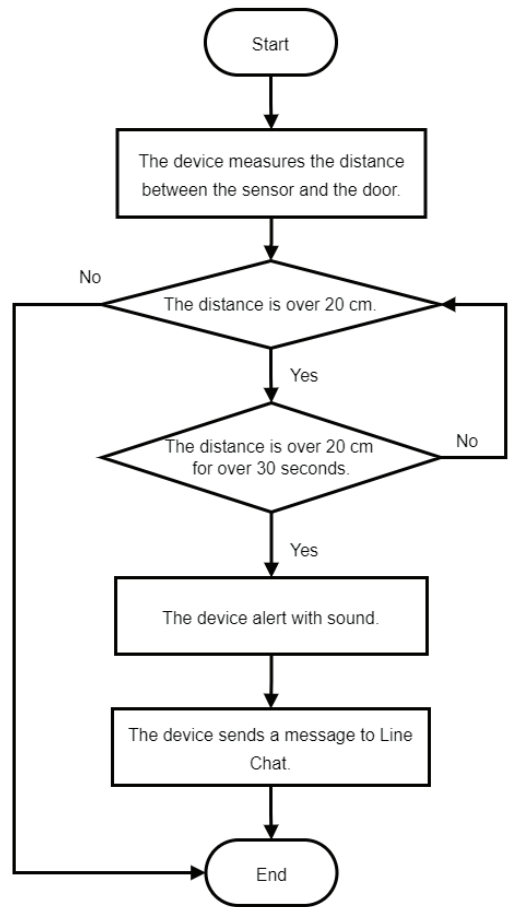


ภาพประกอบ 1 จำลองการทำงานของอุปกรณ์

จากภาพประกอบ 1 จำลองการทำงานของอุปกรณ์ จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของ การตรวจจับการลืมปิดประตูหอพัก ซึ่งประตูที่อยู่ภายใน ภาพ จะเป็นประตูแบบบานพับตามหอพักทั่วไป โดย สีแดง หมายถึงอุปกรณ์ของผู้วิจัย เส้นประสีดำ หมายถึง คลื่น Ultrasonic ที่อุปกรณ์ปล่อยออกมา เพื่อตรวจจับการเปิดปิดประตู สีเขียว หมายถึง บานประตูหอพัก เมื่อประตูหอพักถูกปิดอยู่ ดังภาพ ด้านซ้าย คลื่นที่ถูกปล่อยจากอุปกรณ์จะไม่กระทบ กับบานประตู ทำให้อุปกรณ์เข้าใจว่าประตูถูกปิดไว้ อยู่ แต่เมื่อประตูถูกเปิดไว้ ดังภาพด้านขวา คลื่นที่ถูกปล่อยจากอุปกรณ์จะกระทบกับบานประตูกลับมา ยังอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์เข้าใจว่าประตูถูกเปิดอยู่ จากนั้นอุปกรณ์จะนับถอยหลัง 30 วินาที เมื่อนับถอย หลังจนครบ อุปกรณ์จะทำการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชท ของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์ แต่ถ้าประตูถูกปิดก่อน 30 วินาที อุปกรณ์จะไม่ทำการ แจ้งเตือน และจะเริ่มนับถอยหลัง 30 วินาที อีกครั้ง เมื่อประตูถูกเปิดครั้งถัดไป

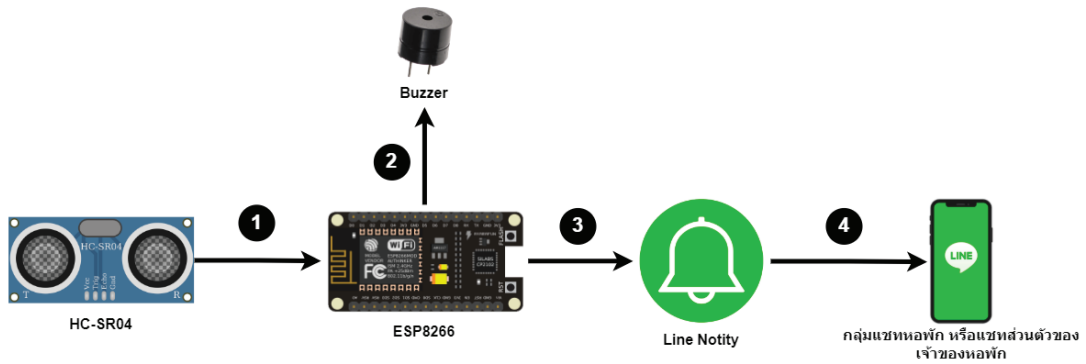
จากภาพประกอบ 2 แผนผังการทำงานของระบบ ของระบบ จะแสดงให้เห็นการทำงานภาพรวมทั้งหมด ของระบบ โดยสามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มการทำงาน
2. อุปกรณ์วัดระยะทางระหว่างอุปกรณ์กับ บานประตู
3. ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ กับบานประตู เกิน 20 เซนติเมตรหรือไม่ ซึ่งจากภาพ ขั้นตอนนี้ สามารถแบ่งเป็น 2 เงื่อนไขได้ ดังต่อไปนี้
 - 3.1) ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ กับ บานประตูไม่เกิน 20 เซนติเมตร ระบบจะข้ามไป ดำเนินการขั้นตอนที่ 7 ทันที และ
 - 3.2) ระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์ HC-SR04 กับประตูเกินที่กำหนดไว้ ระบบจะทำงาน ต่อไปยังขั้นตอนที่ 4



ภาพประกอบ 2 แผนผังการทำงานของระบบ

4. ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ กับบานประตู เกิน 20 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 วินาทีหรือไม่ ซึ่ง จากภาพ ขั้นตอนนี้สามารถแบ่งเป็น 2 เงื่อนไขได้ ดังต่อไปนี้
 - 4.1) ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ กับ บานประตูเกิน 20 เซนติเมตร ไม่เป็นเวลา 30 วินาที ระบบจะย้อนกลับไปทำงานยังขั้นตอนที่ 3 อีกครั้ง
 - 4.2) ระยะทางระหว่างอุปกรณ์ กับบาน ประตูเกิน 20 เซนติเมตร เป็นเวลา 30 วินาที ระบบ จะทำงานต่อไปยังขั้นตอนที่ 5
5. อุปกรณ์ส่งเสียงเตือน เพื่อให้มีบุคคล ที่ได้ยินมาปิดประตูหอพัก



ภาพประกอบ 3 สถาปัตยกรรมของระบบ

6. ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก เพื่อให้ทราบว่ามี การลิมิตประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว

7. จบการทำงาน

จากภาพประกอบ 3 สถาปัตยกรรมของระบบ จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบ ซึ่งจากภาพดังกล่าวการทำงานสามารถอธิบายได้เป็นขั้นตอนทั้งหมด 4 ขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนในภาพประกอบเป็นขั้นตอนจำลอง ในกรณีที่บานประตูหอพักถูกเปิดทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที แล้ว โดยรายละเอียดของขั้นตอนทั้งหมดจะมีดังต่อไปนี้ 1) HC-SR04 ส่งค่าระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์กับบานประตู ที่วัดได้ไปให้ ESP8266 2) ESP8266 ส่งให้ Buzzer แจ้งเตือนเป็นเสียง 3) ESP8266 ส่งข้อความ ที่ต้องการจะแสดงการแจ้งเตือนไปให้ Line Notify และสุดท้าย 4) Line Notify ส่งข้อความแจ้งเตือนเป็นเสียง และข้อความไปยัง กลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก

3.4 วิธีการทดลอง

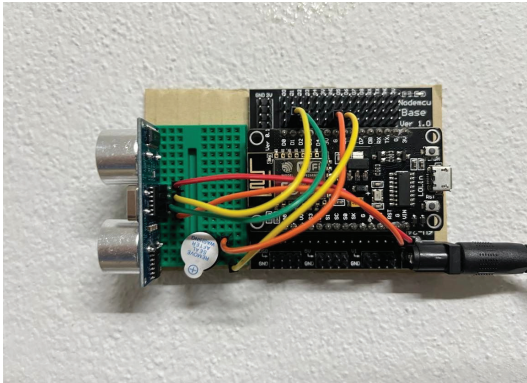
จากหัวข้อกำหนดเงื่อนไขสำหรับการทำงานของระบบ เพื่อให้ระบบของผู้วิจัยสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขทั้ง 3 ข้อ ที่กล่าวไป ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลอง โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองดังต่อไปนี้ 1) ทดลองการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก

หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก และ 2) ทดลองการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์

โดยในการทดลองการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก และการทดลองการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์ ผู้วิจัยจะทดลองโดยการนำระบบไปติดตั้งยังตำแหน่งที่ใช้งานจริง คือ ตำแหน่งที่บ้านประตูเปิดถึง 90 องศา ดังตัวอย่างในภาพประกอบ 5 จากนั้นผู้วิจัยจะจำลองเปิดประตูค้างไว้เป็นเวลา 30 วินาที เป็นจำนวน 40 ครั้ง และนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ ด้วยการหาค่าเฉลี่ยดังสมการใน (1) เพื่อทดลองว่า 1) ระบบของผู้วิจัยสามารถแจ้งเตือนเป็นข้อความ และเสียงไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพักได้หรือไม่ และมีความรวดเร็วในการแจ้งเตือนมากน้อยเพียงใด และ 2) ระบบของผู้วิจัยมีการแจ้งเตือนเป็นเสียงที่ตัวอุปกรณ์ได้หรือไม่ และมีความรวดเร็วในการแจ้งเตือนมากน้อยเพียงใด

3.5 วิธีการประเมินความพึงพอใจ

เพื่อให้งานวิจัยของผู้วิจัย สามารถแก้ปัญหาที่กล่าวไปในหัวข้อบนนี้ได้จริง และสามารถนำไปใช้งานได้ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง ผู้วิจัยจึงจะนำระบบไปติดตั้งในหอพักแห่งหนึ่ง ณ จังหวัดพิษณุโลก และผู้วิจัยจะให้เจ้าของหอพัก และผู้เช่าหอพัก ร่วมทำ



ภาพประกอบ 4 อุปกรณ์ของระบบสำหรับแจ้งเตือนการลืมปิดประตูหอพักผ่านแอปพลิเคชัน



ภาพประกอบ 5 ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบ

แบบประเมินระบบของผู้วิจัย โดยจำนวนผู้เข้าร่วมการประเมินระบบของผู้วิจัยมีทั้งหมด 20 คน โดยหัวข้อที่จะประเมินมีทั้งหมด 6 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

- 1) ระบบมีการใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน
- 2) ลักษณะการออกแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานและสถานที่
- 3) สามารถแจ้งเตือนเมื่อลืมปิดประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว
- 4) มีความน่าเชื่อถือต่อการใช้งาน
- 5) มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือนำไปต่อยอดได้ และสุดท้าย
- 6) ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่เจ้าของหอพัก และผู้เช่าหอพัก และเมื่อได้ผลการประเมินของทั้ง 6 หัวข้อจากผู้เช่า และเจ้าของหอพักแล้ว ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ ด้วยการหาค่าเฉลี่ยดังสมการ (1) และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังสมการ (2) เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาแปลผลตามเกณฑ์การประเมิน ซึ่งเกณฑ์การประเมินจะแบ่งออกออกเป็น 5 ระดับ ดังต่อไปนี้

- 1) คะแนนเฉลี่ย 0.0 ถึง 1.0 คือน้อยที่สุด
- 2) คะแนนเฉลี่ย 1.1 ถึง 2.0 คือน้อย
- 3) คะแนนเฉลี่ย 2.1 ถึง 3.0 คือปานกลาง
- 4) คะแนนเฉลี่ย 3.1 ถึง 4.0 คือดีและสุดท้าย
- 5) คะแนนเฉลี่ย 4.1 ถึง 5.0 คือดีมาก (กลยุทธ์พงค์ เลิศบำรุงชัย, 2563)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N} \quad (1)$$

$$s.d. = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n(\bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

4. ผลการพัฒนา ผลการทดลอง และผลการประเมินระบบ

4.1 ผลการพัฒนา

จากภาพประกอบ 4 อุปกรณ์ของระบบสำหรับแจ้งเตือนการลืมปิดประตูหอพักผ่านแอปพลิเคชันเป็นภาพอุปกรณ์ของระบบสำหรับแจ้งเตือนการลืมปิดประตูหอพักผ่านแอปพลิเคชัน ที่ผู้วิจัยพัฒนาจนสำเร็จแล้ว ซึ่งจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่สำคัญทั้งหมดดังนี้

- 1) ESP8266 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สั่งการให้เซ็นเซอร์ HC-SR04 ทำงาน ก่อนที่จะนำผลที่ได้มาประมวลผลการลืมปิดประตูหอพัก และสั่งการให้ Buzzer ส่งเสียง หรือแจ้งเตือนเป็นเสียง และส่งข้อความไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก เมื่อประมวลผลแล้วว่าบานประตูถูกเปิดเป็นเวลา 30 วินาที
- 2) เซ็นเซอร์ HC-SR04 ที่จะปล่อย และรับคลื่น Ultrasonic เพื่อใช้ในการวัดระยะห่างระหว่างตัวอุปกรณ์กับบานประตูหอพัก
- 3) Buzzer จะคอยรับคำสั่งจาก ESP8266 เพื่อส่งเสียงเตือน

จากภาพประกอบ 5 ตำแหน่งของการติดตั้งอุปกรณ์ของระบบ ตำแหน่งที่จะให้อุปกรณ์ของระบบ



ภาพประกอบ 6 การแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพักในแอปพลิเคชัน Line

จากภาพประกอบ 6 การแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก ในแอปพลิเคชัน Line โดยในการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก ประตูหอพักจะต้องถูกเปิดทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วินาที ระบบจึงจะทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก ซึ่งการแจ้งเตือนจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนดังต่อไปนี้ 1) ข้อความการแจ้งเตือนว่า “อันตรายประตูหอพักถูกเปิดทิ้งไว้” 2) สติ๊กเกอร์ของแอปพลิเคชัน Line ที่สื่อความหมายถึงความอันตราย ซึ่งการส่งข้อความสำหรับการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพักที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยได้พัฒนาโดยใช้บริการของ Line Notify ตามที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ในหัวข้อคัดเลือกอุปกรณ์ และบริการสำหรับพัฒนาระบบ

ทำงานได้ คือ ตำแหน่งที่บ้านประตูถูกเปิดไว้ 90 องศา ตัวอย่างดังภาพประกอบด้านบน เพราะเนื่องจากอุปกรณ์จะทำการตรวจจับจากบานประตู ถ้าบานประตูถูกเปิดไว้ดังภาพประกอบด้านบน จะทำให้ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กับบานประตู มีระยะน้อยกว่าที่กำหนดไว้ จึงทำให้ระบบเข้าใจว่าบานประตูถูกเปิดไว้อยู่ และถ้าระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กับบานประตู มีระยะน้อยกว่าที่กำหนดไว้เป็นเวลา 30 วินาที ระบบจึงจะทำการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก และทำการแจ้งเตือนเป็นเสียงที่ตัวอุปกรณ์

4.2 ผลการทดลอง

จากตาราง 1 ผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าการทดลองการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก และทดลองการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์เอง ระบบของผู้วิจัยสามารถแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์เอง และแจ้งเตือนเป็นเสียง และข้อความไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพักได้ครบทั้ง 40 ครั้งที่ผู้วิจัยทำการทดลอง ซึ่งระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพักเป็น

ตาราง 1 ผลการทดลอง

การทดลอง	การแจ้งเตือน	ระยะเวลาเร็วที่สุด	ระยะเวลาช้าที่สุด	ระยะเวลาเฉลี่ย 40 ครั้ง
1) ทดลองการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก	40 ครั้ง	2.748 วินาที	2.969 วินาที	2.854 วินาที
2) ทดลองการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์	40 ครั้ง	2.431 วินาที	2.712 วินาที	2.681 วินาที

ตาราง 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ

หัวข้อ	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1) ระบบมีการใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน	4.4	0.66	ดีมาก
2) ลักษณะการออกแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานและสถานที่	3.7	0.95	ดี
3) สามารถแจ้งเตือนเมื่อลิมปิดประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว	4.6	0.66	ดีมาก
4) มีความน่าเชื่อถือต่อการใช้งาน	3.8	0.77	ดี
5) มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือนำไปต่อยอดได้	3.9	0.79	ดี
6) ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่เจ้าของหอพัก และผู้เช่าหอพัก	4.0	0.84	ดี
รวม	4.1	0.85	ดีมาก

เวลา 2.854 วินาที และระยะเวลาเฉลี่ยที่ตัวอุปกรณ์ใช้เพื่อประมวลผล ก่อนที่จะส่งเสียงเป็นเวลา 2.681 วินาที โดยผู้วิจัยมีความเห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไขสำหรับการทำงานของระบบ และมีความเร็วสำหรับการแจ้งเตือนอยู่ในระดับที่รวดเร็ว เพราะเนื่องจากใช้เวลาในการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก และแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์เอง เพียงภายใน 3 วินาที

4.3 ผลการประเมินผลความพึงพอใจของระบบ

จากตาราง 2 ผลการประเมินระบบ ซึ่งเป็นผลการประเมินระบบจากเจ้าของหอพัก และผู้เช่าหอพัก ในหอพักแห่งหนึ่งใน จังหวัดพิษณุโลก โดยจากผลการประเมินจากตาราง ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินแต่ละหัวข้ออยู่ในระดับดี และดีมาก ซึ่งผลการประเมินของแต่ละหัวข้อจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1) ระบบมีการใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 4.4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.66 แปลผลเป็นดีมาก 2) ลักษณะการออกแบบมีความเหมาะสมกับการใช้งานและสถานที่ มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 3.7 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.95 แปลผลเป็นดี

3) สามารถแจ้งเตือนเมื่อลิมปิดประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 4.6 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.66 แปลผลเป็นดีมาก 4) มีความน่าเชื่อถือต่อการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 3.8 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.77 แปลผลเป็นดี 5) มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือนำไปต่อยอดได้ มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 3.9 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.79 แปลผลเป็นดี และสุดท้าย 6) ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่เจ้าของหอพัก และผู้เช่าหอพัก มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินอยู่ที่ 4.0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.84 แปลผลเป็นดี

5. อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นการพัฒนาระบบ เพื่อแจ้งเตือนการลิมปิดประตูหอพัก โดยระบบจะทำการแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก หรือแชทส่วนตัวของเจ้าของหอพัก พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์เมื่อมีการลิมปิดประตูหอพักเมื่อใช้งานเสร็จแล้วเป็นเวลา 30 วินาที จากผลทดลองระบบนั้น ผู้วิจัยได้จำลองเปิดประตูค้างไว้เป็นจำนวน 40 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าสามารถแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพักและเจ้าของหอพัก และสามารถแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์แสดงได้ครบทั้ง

40 ครั้ง และระยะเวลาเฉลี่ยที่ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเซฟเป็นเวลา 2.854 วินาที และระยะเวลาเฉลี่ยที่ตัวอุปกรณ์ใช้เพื่อประมวลผลก่อนที่จะส่งเสียงเป็นเวลา 2.681 วินาที นอกจากนี้ได้มีการประเมินผลความพึงพอใจของระบบจากเจ้าของหอพักและผู้เช่าหอพักจำนวน 20 คน ด้วยวิธีการทางสถิติ คือ การหาค่าเฉลี่ย และการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งพบว่าผลการประเมินระบบอยู่ในระดับดี

ข้อกำหนดในการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานได้แม่นยำ จะต้องใช้กับประตูหอพักที่เป็นบานพับ และต้องติดตั้งอุปกรณ์ให้อยู่ในจุดที่อุปกรณ์ตรวจจับสามารถปล่อยคลื่น Ultrasonic เพื่อตรวจจับการเปิดของบานประตูได้ ดังภาพประกอบ 1 และภาพประกอบ 5 เมื่อนำไปติดตั้งตามตำแหน่งดังกล่าวแล้ว ผู้ใช้งานจะต้องเชื่อมต่อเครือข่าย Wi-Fi ที่ปล่อยจากอุปกรณ์ ผ่านโทรศัพท์ เพื่อเข้าสู่หน้าจอลเลือกเครือข่าย Wi-Fi ของหอพัก ซึ่งเป็นเครือข่ายที่มีอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ในการส่งข้อมูล

ปัญหาที่พบในงานวิจัยนี้ เนื่องจากระบบของผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อตรวจจับการลิมปิดประตูหอพัก แต่ในกรณีที่ผู้เช่า หรือเจ้าของหอพักมีความประสงค์ที่จะเปิดประตูเป็นเวลานานๆ เพื่อทำการขนของ หรือกิจกรรมอื่นๆ ระบบก็ยังแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์ ไปเรื่อยๆ จนประตูจะถูกปิดจึงอาจจะก่อให้เกิดความไม่สะดวกได้ และในกรณีที่เครือข่าย Wi-Fi ของหอพักไม่สามารถใช้งานได้ ระบบจะไม่สามารถแจ้งเตือนไปยังกลุ่มแชทของผู้เช่าหอพัก และเจ้าของหอพัก แต่จะยังสามารถแจ้งเตือนเป็นเสียงจากตัวอุปกรณ์ได้อยู่

แนวทางการงานวิจัยในอนาคต เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาพัฒนาอุปกรณ์ และระบบของผู้วิจัยสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อื่นๆ ภายในหอพักได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบไปประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ดังต่อไปนี้ 1) กล้องวงจรปิด เพื่อสามารถบันทึก

วิดีโอในขณะที่ประตูหอพักถูกเปิดไว้เป็นเวลานานได้ 2) ระบบการปิดประตูของหอพัก เพื่อให้สามารถปิดประตูได้โดยการควบคุมจากระยะไกล 3) ระบบตรวจจับไฟไหม้ เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้เช่าได้ทันทีที่เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมประชาสัมพันธ์. (2563). *Internet of Things (IoT)*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <http://km.prd.go.th/iot-platform/>
- กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. (2563). *ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean and Standard Deviation)*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://touchpoint.in.th/mean-sd/>
- دنۇپھ سۋم سۇغ ۋە نەنەك سىنىڭ سادىر. (2560). *ระบบเตือนภัยภายในบ้านบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต*. สืบค้น 22 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://ir.swu.ac.th/jspui/handle/123456789/15723>
- ไทยรัฐ. (2564). *คืนสุดสยอง หม่อมลึกลับบุกทางสวในห้องบนคอนโด ก่อนออกมาหมดลมที่หน้าลิฟต์*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://www.thairath.co.th/news/crime/22737>
- บริษัทไอบัดดีเว็บจำกัด. (2563). *Line Notify ตัวช่วยใหม่ให้คุณไม่พลาดข่าวสารสำคัญทางธุรกิจ*. สืบค้น 23 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://www.ibuddyweb.com/news/line-notify/>
- โปรททุเคย์. (2564). *ระทึก! ความปลอดภัยของหอพักอยู่ไหน ปล่อยคนขึ้นมาชั้น 6 ไล่ทุบประตูทุกห้อง*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://www.brighttv.co.th/social-news/dormitory-condo-legal-entity>

- ฝนทิพย์ วงศ์ศุภชาติกุล. (2558). *ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเช่าห้องพักสำหรับการอยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล*. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัยและชัยพร อัดโดดดร. (2563). *แบบจำลองระบบไอโอทีสำหรับฟาร์มไก่อัตโนมัติที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์*. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีพลังงานและสิ่งแวดล้อม*, 7(2), 73-86. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JEET/article/view/243422>
- เรื่องเล่าเช้านี้. (2564). *นิสิตสาว ม.ดังผวา โรคจิตบุกหอห้อย กนก.ที่ลูกบิด ปีนช่องลมส่งเสียงคราง*. สืบค้น 20 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://ch3plus.com/news/program/232900>
- โกศิ บุญนรากร. (2564). *ระบบให้อาหารม้าแบบอัตโนมัติด้วยไอโอที*. สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุชาติ คุ่มมะณี, เอกราช อาจเจริญและพีรวัส ชะนอบรัมย์. (2565). *การพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร*. *วารสารวิชาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์*, 4(1), 48-61. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jait/article/view/246883>
- Carreira, R. (2020). *ESP8266 NodeMCU Make some noise with buzzers*. Retrieved 15 January 2022. Retrieved from <https://www.geekering.com/categories/embedded-systems/esp8266/ricardocarreira/esp8266-nodemcu-make-some-noise-with-buzzers/>
- Chandra, M. R., Kumar, B. V., & Babu, B. S. (2017). IoT enabled home with smart security. *Proceeding of the International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)*. 1-2 August 2017, IEEE, <https://doi.org/10.1109/ICECDS.2017.8389630>
- ElectroPeak. (2019). *Getting Started w/NodeMCU ESP8266 on Arduino IDE*. Retrieved 15 January 2022. Retrieved from <https://create.arduino.cc/projecthub/electropeak/getting-started-w-nodemcu-esp8266-on-arduino-ide-28184f>
- Hoque, M. A. & Davidson, C. (2019). Design and Implementation of an IoT-Based Smart Home Security System. *International Journal of Networked and Distributed Computing*, 7(2), 85-92. <https://doi.org/10.2991/ijndc.k.190326.004>
- ProjectHub. (2019). *Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino Tutorial*. Retrieved 10 January 2022. Retrieved from <https://create.arduino.cc/projecthub/abdularbi17/ultrasonic-sensor-hc-sr04-with-arduino-tutorial-327ff6>
- Wadhvani, S., Singh, U., Singh, P., & Dwivedi, S. (2018). Smart home automation and security system using Arduino and IOT. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(2), 1357-1359. <https://www.irjet.net/archives/V5/i2/IRJET-V5I2296.pdf>

การศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเผาแหล่งฝังกลบขยะในจังหวัดสมุทรปราการ ด้วยแบบจำลอง ALOHA

A Study of Areas Affected by the Burning of Waste Landfills in Samut Prakan Province with the ALOHA Model

ชวภณ สุนทรโชติช่วง¹, ชูติมา คูเจริญ¹, นริรัตน์ อัดตะพาน¹, ณัฐพล จันท์แก้ว^{1,*}
Chawaphon Sunthonchotchuang¹, Chootima Kucharoen¹,
Nareerat Attaphan¹, Nutthapol Junkaew^{1,*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120 ประเทศไทย

¹ Department of Sustainable Development Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathum Thani 12120, Thailand

* Corresponding Author: Nutthapol Junkaew, nutthapol.gis2me@gmail.com

Received:

5 July 2021

Revised:

15 October 2022

Accepted:

3 February 2023

คำสำคัญ:

แบบจำลองมลพิษ ALOHA,
พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ

Keywords:

ALOHA Model, Effected area

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเผาแหล่งฝังกลบขยะในจังหวัดสมุทรปราการ ด้วยแบบจำลอง ALOHA ผลการศึกษาพบว่า (1) การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองมลพิษ ALOHA ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แพร่กระจายไปในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือจากแหล่งกำเนิด ครอบคลุมพื้นที่ 6,151.23 ไร่ เมื่อนำมาตรวจสอบความถูกต้องกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (THEOS) บริเวณที่เกิดเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา และบริเวณที่ครอบคลุมด้วยควันไฟ ณ วันที่ 18 มีนาคม 2557 พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 81.98 % (2) พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากควันไฟบริเวณที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด จัดกลุ่มเป็นอาคาร และสิ่งปลูกสร้างในระดับความเข้มข้นของก๊าซ คาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณที่มากกว่า 3 ppm ขึ้นไป ครอบคลุมครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบ 3,612 ครัวเรือน ส่วนสถานที่สำคัญอยู่ในระดับความเข้มข้นมากกว่า 1 - 2 ppm ขึ้นไป ได้รับผลกระทบ 6 แห่ง ได้แก่ โรงเรียน 4 แห่ง และสถานีบริการน้ำมัน 2 แห่ง และพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในระดับความเข้มข้นที่มากกว่า 1 - 2 ppm ขึ้นไป มีเนื้อที่ครอบคลุม 93,130 ไร่

Abstract: The objective of this research was to study the areas affected by the burning of waste landfills in Samut Prakan Province using the ALOHA model. (1) the analysis from the atmospheric dispersion ALOHA model, exposed that Carbon Monoxide has spread covering the area of 6,151.23 rai. The outcome was later confirmed by photos taken from the THEOS satellite over the burning

Praeksa landfill and areas covered with smoke on March 18, 2014 with the overall accuracy of 81.98 %. (2) The areas affected from the smoke were divided into 3 categories: buildings and structures, significant places, and areas of land use. Buildings and structures were most affected with the concentration over 3 ppm damaging 3,612 households. For the significant places, the places that has been most affected was found with the concentration over 1-2 ppm. 6 considerable places composed of 4 schools and 2 gas stations were damaged. The last thing was areas of land use, the areas of land use that have been most affected were found with the concentration over 1-2 ppm with a total area of 93,130 rai.

1. บทนำ

ปัจจุบันขยะนับว่าเป็นปัญหาสำคัญทั้งในระดับชุมชน และระดับประเทศ สาเหตุเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากร และการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของประชากร สิ่งก็ตามมาอย่างเลี่ยงไม่ได้ก็คือ ขยะมูลฝอยย่อมมีจำนวนมาก เมื่อย้อนกลับไปได้ถึงสำนักงานกรุงเทพมหานครเริ่มใช้แผนพัฒนากรุงเทพมหานคร ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2520 - 2524) จนถึง

ฉบับปัจจุบัน พ.ศ. 2556 แทบจะไม่มียุทธศาสตร์ใดในแผนด้านการจัดการขยะมูลฝอยที่ประสบความสำเร็จ (กรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้, 2556)

จากการสำรวจปัญหาขยะที่กลายเป็นข่าวของมูลนิธิบูรณะนิเวศ พบว่า ในปี พ.ศ. 2557 เกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้บ่อขยะแล้วทั้งสิ้น 15 ครั้ง อาทิเช่น บ่อขยะขนาด 41 ไร่ ของเทศบาลนครสุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี, บ่อขยะเทศบาลเมืองลาดสวาย จ.สิงห์บุรี, บ่อขยะโรงงานโนเบล จ.ปทุมธานี และบ่อขยะแพรक्षा จ.สมุทรปราการ (ไทยพับลิก้า, 2557) แสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ปี พ.ศ. 2557 เหตุการณ์ไฟไหม้บ่อขยะ 15 ครั้ง (ไทยพับลิก้า, 2557)

จากกรณีเพลิงไหม้บ่อขยะตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พบว่า เหตุการณ์เพลิงไหม้บ่อกำจัดขยะ เนื้อที่ 150 ไร่ ใน ต.แพรक्षा อ.เมือง จ.สมุทรปราการ ที่เกิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2557 และใช้ระยะเวลาในการควบคุมเพลิงนานมากกว่าสัปดาห์ (เกศศินี อุณะพำนัก, 2557) ถือได้ว่าเป็นเพลิงไหม้ครั้งรุนแรงที่สุดของประเทศไทย เป็นอีกเหตุการณ์หนึ่งที่เกิดความล้มเหลวของการบริหารจัดการขยะ เนื่องจากไม่สามารถควบคุมประเภทขยะได้ โดยมีทั้งขยะมูลฝอยจากชุมชนรวมถึงน้ำของเสียจากอุตสาหกรรม (ผู้จัดการออนไลน์, 2557) ซึ่งกำจัดได้ยาก จนส่งผลทำให้เกิดเพลิงไหม้ และยังเป็นสาเหตุให้เกิดวิกฤติการณ์ด้านมลพิษอากาศที่สำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อประชาชนในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งต้องอพยพออกนอกพื้นที่เป็นการชั่วคราว (เกศศินี อุณะพำนัก, 2557) แสดงดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 เหตุการณ์เพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา ต.แพรกษา อ.เมือง จ.สมุทรปราการ
(ผู้จัดการออนไลน์, 2557)

คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเผาแหล่งฝังกลบขยะในจังหวัดสมุทรปราการ จึงนำระบบภูมิสารสนเทศที่สามารถวิเคราะห์เชิงพื้นที่ได้ดีมาวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลอง ALOHA เพื่อศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากควันที่เกิดจากบ่อขยะได้ โดยผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการแพร่กระจายของควันที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา (2) เพื่อศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากควันที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

2. แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรประภา ภูมมะกาญจนะ (2545) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองการแพร่กระจายของอากาศ (ISCST) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(GIS) ในการแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดมลพิษ กรณีศึกษา: โรงไฟฟ้าบางปะกง

เอกชัย สุทธิลักษณ์ (2545) ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการจัดทำบัญชีและใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายมลพิษทางอากาศจากนิคมอุตสาหกรรมในภาคตะวันออก

มุจลินท์ ซ้ายเกลี้ยง (2551) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจัดทำแผนฉุกเฉินสำหรับโรงงานผลิตสี และโรงงานผลิตยาก็จัดศัตรูพืช ใน จ.ปทุมธานี และ จ.นนทบุรี

ธนาวัฒน์ รักกมล และคณะ (2556) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังกักเก็บในโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง

خمัยพร กั๊งก (2557) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพการฝกบขะมลฝอยที่ ถูกหลักสุขภาพิบาลใน ต.ทุ่งทอง อ.ท่าม่วง จ.กาญจนบุรี

3. วิธีการศึกษา

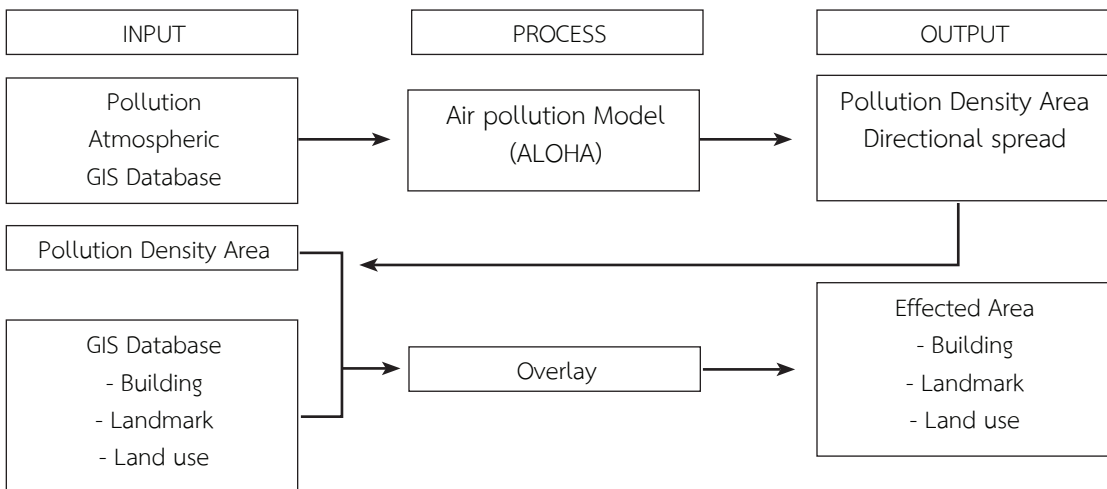
3.1 พื้นที่ศึกษา

จังหวัดสมุทรปราการ มีเนื้อที่ 1,004 ตร.กม. (กรมการปกครอง, 2557) แสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 พื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้บ่อขยะ บริเวณเทศบาลตำบลแพรกษา จ.สมุทรปราการ (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย, 2557)

3.2 กรอบแนวคิดของการศึกษา แสดงดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กรอบแนวคิดของการศึกษา

ตาราง 1 แสดงข้อมูลทุติยภูมิ (มาตราส่วน 1: 50,000)

ข้อมูล	ที่มา: หน่วยงาน
1) ภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต	สำนักงานเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและอวกาศ
2) ชั้นข้อมูลอาคาร บ้านเรือน	กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
3) การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร
4) สถานที่สำคัญ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
5) เส้นทางน้ำ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
6) แหล่งน้ำ	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
7) เส้นทางถนน	ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงคมนาคม
8) ผังเมืองรวมสมุทรปราการ	กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
9) ขอบเขตการปกครอง	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
10) สภาพภูมิอากาศ	กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
11) ความเข้มข้นของก๊าซ CO	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 เตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ เช่น หนังสือ วารสาร เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการค้นคว้าข้อมูลผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ต แสดงดังตาราง 1

3.3.2 เพื่อวิเคราะห์ทิศทางการแพร่กระจายของควันที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

(1) นำข้อมูลบรรยากาศ ความเข้มข้นของสารเคมี ตำแหน่งที่เกิดเหตุ ชนิดของสารเคมี ทิศทางลม ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จากนั้นระบุค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ตำแหน่งของบ่อขยะแพรกษา และความเข้มข้นของก๊าซ CO ประมวลผลด้วยแบบจำลองมลพิษทางอากาศ (ALOHA) ผลลัพธ์จะได้ทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซ CO ได้

(2) นำผลลัพธ์ที่ได้มาแสดงผลบนโปรแกรม ArcGIS โดยทำการซ้อนทับกับภาพถ่าย

จากดาวเทียมไทยโชต (THEOS) เพื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบต่อไป

(3) เปิดภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (THEOS) บริเวณพื้นที่เกิดเพลิงไหม้บ่อขยะมาแปลตีความด้วยสายตากลุ่มควันเป็นเชิงพื้นที่จากนั้นซ้อนทับกับผลลัพธ์ที่ได้เพื่อทวนสอบความถูกต้อง

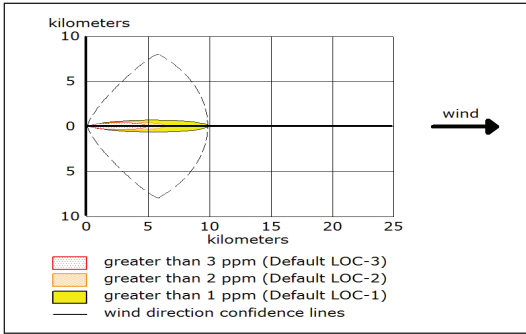
3.3.3 เพื่อศึกษาพื้นที่ได้รับผลกระทบจากควันที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

(1) นำพื้นที่แสดงความเข้มข้น และทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซ CO มาซ้อนทับข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จะได้ประเภทจำนวนของอาคาร สิ่งปลูกสร้าง สถานที่สำคัญ และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซ CO

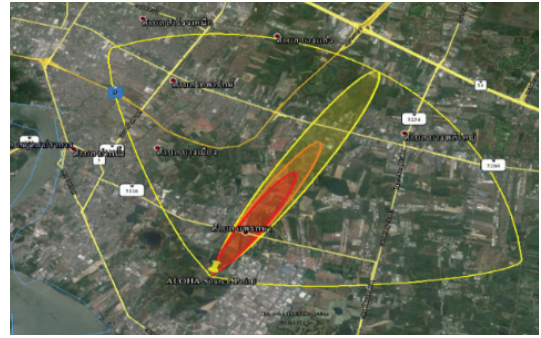
4. ผลการศึกษา และการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษา

4.1.1 ผลการศึกษา และการคาดการณ์ทิศทางการแพร่กระจายของก๊าซ CO ด้วยแบบจำลองทาง



ภาพประกอบ 5 ผลการคาดการณ์ของแบบจำลองทางมลพิษ ALOHA

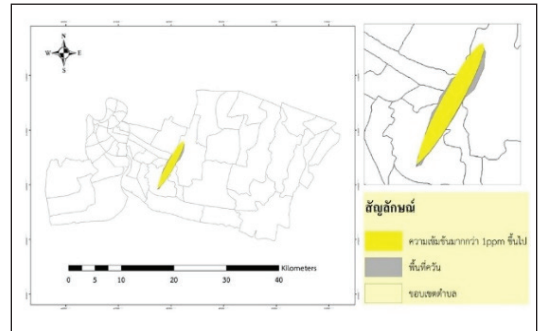


ภาพประกอบ 6 การคาดการณ์ทิศทางแพร่กระจายของคาร์บอนมอนอกไซด์

มลพิษ ALOHA บริเวณพื้นที่เกิดเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2557 ได้ผลการศึกษาดังนี้

(1) ผลการคาดการณ์ทิศทาง การแพร่กระจายของก๊าซ CO จากบ่อขยะแพรกษาด้วยแบบจำลองทางมลพิษ ALOHA พบว่า สามารถแบ่งเป็น 3 ระดับได้แก่ บริเวณพื้นที่สีแดง มีความเข้มข้นมากกว่า 3 ppm ขึ้นไป ก๊าซ CO แพร่กระจายตามทิศทางลม 4.5 กม. บริเวณพื้นที่สีส้ม มีความเข้มข้นมากกว่า 2 - 3 ppm ก๊าซ CO แพร่กระจายตามทิศทางลม 6.5 กม. และบริเวณพื้นที่สีเหลือง มีความเข้มข้นมากกว่า 1 - 2 ppm ก๊าซ CO แพร่กระจายตามทิศทางลม 10 กม. ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบ 5 และสามารถแสดงผลด้วยโปรแกรม Google Earth เป็น 3 ระดับแสดงดังภาพประกอบ 6

(2) ผลการตรวจสอบความถูกต้องการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคาดการณ์ทิศทาง การแพร่กระจายของควันที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา พบว่า การแปลตีความด้วยสายตาคว้นไฟจากภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (THEOS) นำมาซ้อนทับกับพื้นที่ความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่แพร่กระจายจากบ่อขยะแพรกษา เพื่อทวนสอบความถูกต้อง โดยผลการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมมีพื้นที่ 12 ตร.กม. ส่วนความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่แพร่กระจายมีพื้นที่ 9.84 ตร.กม. ผลการตรวจสอบพื้นที่ซ้อนทับของคว้นไฟกับภาพถ่ายจากดาวเทียม พบว่ามีความถูกต้อง 81.98 % แสดงดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงพื้นที่เกิดคว้นไฟจากบ่อขยะแพรกษา จังหวัดสมุทรปราการ

4.1.2 การวิเคราะห์หาพื้นที่ได้รับผลกระทบจากคว้นไฟที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

(1) ฐานข้อมูลที่ใช้เพื่อศึกษาพื้นที่ได้รับผลกระทบจากคว้นไฟที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษามีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่

(1.1) พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการโดยแบ่งตามขอบเขตอำเภอของ จ.สมุทรปราการ แบ่งเขตการปกครองเป็น 6 อำเภอ และ 50 ตำบล ดังนี้ อ.เมืองสมุทรปราการ มี 13 ตำบล อ.บางบ่อ มี 8 ตำบล อ.บางพลี มี 6 ตำบล มี 15 ตำบล อ.พระสมุทรเจดีย์ มี 5 ตำบล อ.บางเสาธง มี 3 ตำบล

(1.2) อาคารและสิ่งปลูกสร้าง จ.สมุทรปราการ มีอาคาร และสิ่งปลูกสร้าง แบ่งเป็น 10 ประเภท ได้แก่ อาคารที่พักอาศัย ห้างแถว ตึกแถว อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรม อาคาร

สาธารณะ อาคารเลี้ยงสัตว์ อาคารชั่วคราว อาคารพิเศษ และอาคารแฝงลอย

(1.3) สถานที่สำคัญ อาทิเช่น ศาสนสถาน โรงเรียน โรงพยาบาล สถานีตำรวจ สถานีขนส่ง เป็นต้น มีทั้งหมด 1,031 แห่ง

(1.4) พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ในปี พ.ศ. 2552 จ.สมุทรปราการ มีข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่อื่นๆ พื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำ โดยเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง 332.07 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 33.09, พื้นที่เกษตรกรรม 532.17 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 53.01, พื้นที่ป่าไม้ 20.19 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.01, พื้นที่แหล่งน้ำ 58.03 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.78 และพื้นที่อื่นๆ 61.37 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.11

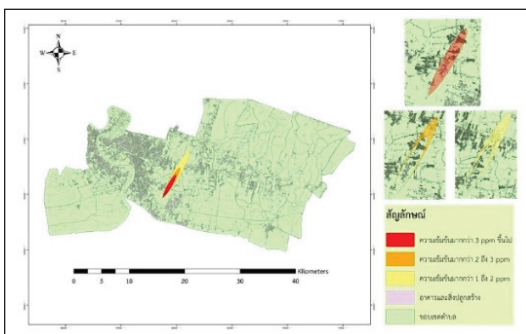
4.1.3 ผลการศึกษาพื้นที่ได้รับผลกระทบจากควันทันที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

(1) อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซ CO แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ความเข้มข้นของก๊าซ CO 1 - 2 ppm ได้รับผลกระทบปานกลาง 3,438 หลังคาเรือน คิดเป็นร้อยละ 40.36 ของหลังคาเรือนทั้งหมด, ความเข้มข้นของก๊าซ CO 2 - 3 ppm ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด 1,469 หลังคาเรือน คิดเป็นร้อยละ 17.24 และความเข้มข้นของก๊าซ CO

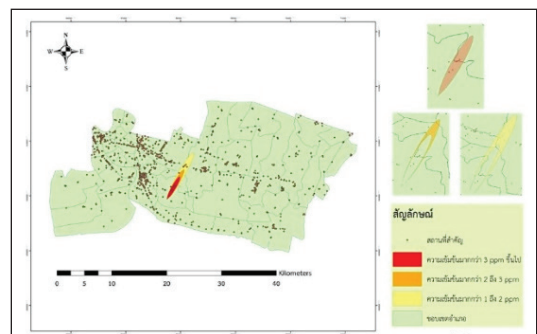
มากกว่า 3 ppm ขึ้นไป ได้รับผลกระทบมากที่สุด 3,612 หลังคาเรือน คิดเป็นร้อยละ 42.40 แสดงดังภาพประกอบ 8

(2) สถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซ CO แบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด อยู่ในระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO 1 - 2 ppm มีจำนวนสถานที่สำคัญได้รับผลกระทบ 6 แห่ง แบ่งเป็น โรงเรียน 4 แห่ง และสถานีบริการน้ำมัน 2 แห่ง ระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO 2 - 3 ppm ไม่มีสถานที่สำคัญใดได้รับผลกระทบ ระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO มากกว่า 3 ppm ขึ้นไป มีจำนวนสถานที่สำคัญได้รับผลกระทบ 4 แห่ง แบ่งเป็น โรงเรียน 2 แห่ง สำนักงานเทศบาล 1 แห่ง และสถานีบริการน้ำมัน 1 แห่ง แสดงดังภาพประกอบ 9

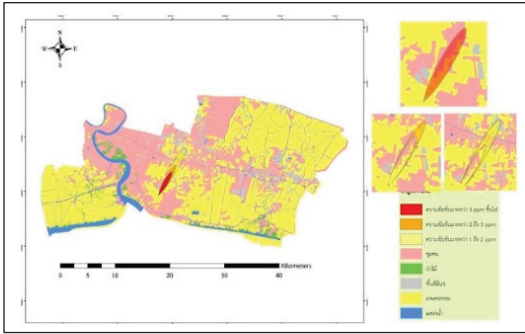
(3) พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซ CO แบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด อยู่ในระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO 1 - 2 ppm มีเนื้อที่ 93,130 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 56 ของพื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด ประกอบด้วยพื้นที่ชุมชน สถานที่เพาะเลี้ยงปลา นิคมอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม ถนน แม่น้ำ ลำคลอง ทุ่งหญ้า และพื้นที่ลุ่ม รองลงมาคือ ระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO 2 - 3 ppm มีเนื้อที่ 37,369 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 22 ของพื้นที่ได้รับ



ภาพประกอบ 8 แผนที่แสดงอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ได้รับผลกระทบ



ภาพประกอบ 9 แผนที่แสดงสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบ



ภาพประกอบ 10 แผนที่แสดงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบ

ผลกระทบทั้งหมด ประกอบด้วยพื้นที่ชุมชน สถานที่เพาะเลี้ยงปลา นิคมอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม และถนน และพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด คือ ระดับความเข้มข้นของก๊าซ CO 3 ppm ขึ้นไป มีเนื้อที่ 37,216 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 22 ของพื้นที่ได้รับผลกระทบทั้งหมด ประกอบด้วยพื้นที่ชุมชน สถานที่เพาะเลี้ยงปลา นิคมอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม และถนน ตามลำดับ แสดงดังภาพประกอบ 10

4.2 การอภิปรายผล

ค่าความถูกต้องของแบบจำลองมลพิษ ALOHA กับกลุ่มควันจากภาพถ่ายดาวเทียม เท่ากับ 81.98 % ได้จากการวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพียงชนิดเดียว แต่ในความเป็นจริงแล้ว กลุ่มควันที่ได้จากการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียมประกอบด้วยเขม่า ควัน ไอ้ น้ำ และก๊าซต่างๆ อาทิเช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และฟอร์มาดีไฮด์ ถ้าให้สอดคล้องกับความเป็นจริงจะต้องทำการวิเคราะห์ก๊าซอื่นๆ ร่วมด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจาย และความรุนแรงของผลกระทบ คือ ทิศทางลม และความเข้มข้นของกลุ่มควันที่เกิดจากเพลิงไหม้

5. สรุปผลการศึกษา

5.1 การศึกษาทิศทางการแพร่กระจายของควันไฟที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

แบบจำลองมลพิษ ALOHA ควันไฟมีทิศทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจากแหล่งกำเนิด ผลจากการคาดการณ์เป็น 3 ระดับ คือ บริเวณสีแดง มีความเข้มข้นมากกว่า 3 ppm ขึ้นไป บริเวณสีส้มมีความเข้มข้นมากกว่า 2 - 3 ppm และบริเวณสีเหลืองมีความเข้มข้นมากกว่า 1 - 2 ppm เมื่อนำผลมาศึกษาตรวจสอบความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการนำพื้นที่ความเข้มข้นของก๊าซ CO ที่แพร่กระจาย มาซ้อนทับกับภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชต (THEOS) ในวันที่ 18 มีนาคม พ.ศ. 2557 พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 81.98 % ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแพร่กระจาย คือ ทิศทางลม และความเข้มข้นของกลุ่มควันที่เกิดจากเพลิงไหม้

5.2 การวิเคราะห์พื้นที่ได้รับผลกระทบจากควันไฟที่เกิดจากเพลิงไหม้บ่อขยะแพรกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ได้รับผลกระทบ พบว่าอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดของก๊าซ CO มากกว่า 3 ppm ขึ้นไป มีจำนวน 3,612 หลังคาเรือน ส่วนสถานที่สำคัญที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดของก๊าซ CO มากกว่า 1 - 2 ppm ขึ้นไป มีจำนวน 6 แห่ง แบ่งเป็น โรงเรียน 4 แห่ง และสถานบริการน้ำมัน 2 แห่ง และพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดของก๊าซ CO มากกว่า 1 - 2 ppm ขึ้นไป มีเนื้อที่ทั้งสิ้น 93,130 ไร่

6. เอกสารอ้างอิง

กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. (2556). สถิติจำนวนประชากรของจังหวัดสมุทรปราการ. สืบค้น 2 พฤศจิกายน 2557. สืบค้นจาก http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_m.php

- กรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้. (2556). *ความล้มเหลวของการบริหารจัดการขยะในกรุงเทพฯ*. สืบค้น 2 กันยายน 2557. สืบค้นจาก <http://www.greenpeace.org>
- เกศศิณี อุณะพานัก. (2557). *คุณภาพอากาศบ่อขยะสมุทรปราการ. วารสารข่าวสารอากาศและเสียง*, 7(1), 8-9.
- ชัยพร กันกง. (2557). *การเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพการฝังกลบขยะมูลฝอยที่ถูกหลักสุขาภิบาลในตำบลทุ่งทอง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี*. สืบค้น 30 พฤศจิกายน 2557. สืบค้นจาก http://www.pnru.ac.th/offi/graduate/upload-files/uploaded/Thesis%207/S_712.pdf
- ไทยพับลิก้า. (2557). *กรณีบ่อขยะ “แพรกษา” ลู่วาระแห่งชาติการจัดการขยะของประเทศไทย*. สืบค้น 2 กันยายน 2557. สืบค้นจาก <http://thaipublica.org/2014/08/praksa-1>
- ชนาวัดน์ รักกมล และคณะ. (2556). *การประเมินความเสี่ยงของการรั่วไหลของก๊าซแอมโมเนียจากถังกักเก็บในโรงงานอาหารทะเลแช่แข็ง. วารสารวิศวกรรมลาดกระบัง*, 30, 67-72.
- ผู้จัดการออนไลน์. (2557). *ไฟไหม้บ่อขยะ ความเสียหายที่ต้องมีผู้รับผิดชอบ*. สืบค้น 8 พฤศจิกายน 2557. สืบค้นจาก <http://www.manager.co.th/>
- มูจลินท์ ชัยเกลี้ยง. (2551). *การประยุกต์ใช้ระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศเพื่อจัดทำแผนฉุกเฉินสำหรับโรงงานผลิตสีและโรงงานผลิตยากำจัดศัตรูพืชในจังหวัดปทุมธานีและนนทบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมความปลอดภัยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. (2557). *ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์*. สืบค้น 1 กันยายน 2557. สืบค้นจาก <http://www.gisthai.org/about-gis/gis.html>
- อรประภา ภูมิระกาญจนะ. (2545). *การประยุกต์ใช้แบบจำลองการแพร่กระจายของอากาศ (ISCST) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการแสดงพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากแหล่งกำเนิดมลพิษ กรณีศึกษา : โรงไฟฟ้าบางปะกง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- เอกชัย สุทธิลักษณ์. (2545). *การจัดทำบัญชีและใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายมลพิษทางอากาศจากนิคมอุตสาหกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. สืบค้น 13 ตุลาคม 2565. สืบค้นจาก <http://www.thaitheis.org/detail.php?id=1944>

บูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณี ที่ซ่อนอยู่: กรณีศึกษาภาคตะวันออก

Integrated of Geographic Information System for Supporting Tourism 12 Cities Hidden Gems Plus: Case Study Eastern Region

กฤษฎณี กิตติศิริสวัสดิ์¹, พัชรพร งามเจริญสุขถาวร¹, ณัฐพล จันทร์แก้ว^{1,*}

Krissanee Kittisirisawat¹, Patcharaporn Ngamjaroensoktavorn¹, Nutthapol Junkaew^{1,*}

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12120 ประเทศไทย

¹ Department of Sustainable Development Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Campus, Pathum Thani 12120, Thailand

* Corresponding Author: Nutthapol Junkaew, nutthapol.gis2me@gmail.com

Received:

4 July 2021

Revised:

15 October 2022

Accepted:

3 February 2023

คำสำคัญ:

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, ท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่

Keywords:

Geographic Information System, 12 Cities Hidden Gems Plus

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณี ที่ซ่อนอยู่ ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออก วิเคราะห์เส้นทางการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว และสิ่งอำนวยความสะดวก และเผยแพร่แหล่งท่องเที่ยวตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออกในรูปแบบสื่อออนไลน์ Google Maps โดยงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) โดยคำนึงถึงระยะทาง และระยะเวลาในการเดินทาง ผลการศึกษาพบว่า การจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแผนที่แสดง ตำแหน่งแหล่งท่องเที่ยวจำนวน 55 แห่ง ตำแหน่งที่พักจำนวน 325 แห่ง ตำแหน่งร้านอาหารจำนวน 248 แห่ง ตำแหน่งสถานีตำรวจจำนวน 59 แห่ง และตำแหน่งโรงพยาบาลจำนวน 40 แห่ง ผลการวิเคราะห์เส้นทาง แบ่งเป็นการวิเคราะห์เส้นทางจากถนนเส้นหลักที่เข้าสู่ขอบเขตภาคตะวันออกไปยัง 4 จังหวัด โดยเส้นทางที่ใช้เวลาและระยะทางในการเดินทางมากที่สุด คือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 - ศาลากลาง จังหวัดตราด ใช้เวลา 5 ชั่วโมง 13 นาที ระยะทาง 295.9 กิโลเมตร เส้นทางที่ใช้เวลา และระยะทาง ในการเดินทางน้อยที่สุด คือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 - ศาลากลางจังหวัดสระแก้ว ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 49 นาที ระยะทาง 92.1 กิโลเมตร และการวิเคราะห์เส้นทางจากแหล่งท่องเที่ยวคู่จังหวัดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว ประเภทเดียวกันไปหากันทั้งหมด 8 เส้นทาง แบ่งเป็น จันทบุรี- สระแก้ว 3 เส้นทาง, ตราด - ระยอง 5 เส้นทาง ผลการวิเคราะห์การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวในระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที ทั้งหมด 23 แห่ง แบ่งเป็น จันทบุรี 6 แห่ง สระแก้ว 5 แห่ง ตราด 6 แห่ง และระยอง 6 แห่ง ผลการวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวก

ที่ใกล้ที่สุด จากแหล่งท่องเที่ยวทั้งหมด 23 แห่ง ได้แก่ ที่พัก 325 แห่ง ร้านอาหาร 248 แห่ง สถานีตำรวจ 59 แห่ง และโรงพยาบาล 40 แห่ง สำหรับการเผยแพร่ฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ และสิ่งอำนวยความสะดวก ได้แก่ ที่พัก ร้านอาหาร สถานีตำรวจ โรงพยาบาล รวมถึงสวนผลไม้ และแหล่งของฝาก ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออก บนเครือข่ายผู้ใช้ Gmail: 12Cities.plus@gmail.com ในรูปสื่อออนไลน์ Google Maps เพื่อเผยแพร่ให้กับผู้ที่สนใจ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผู้ที่สนใจสามารถนำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่จัดทำขึ้นไปใช้ต่อยอดในการทำวิจัยต่อไป และเกิดแรงบันดาลใจในการสานต่อที่จะนำการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาใช้เพื่อสนับสนุนการท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ในภูมิภาคอื่นๆ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ในการสนับสนุนการท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ในพื้นที่ภูมิภาคตะวันออกได้ และเกิดการต่อยอดนำผลวิจัยนี้ไปจัดทำเป็นภาษาต่างๆ เช่น ภาษาอังกฤษ ภาษาจีน เป็นต้น เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ และความสะดวกแก่นักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ

Abstract: The aim of this research is to provide a geographic information system on the tourism 12 Cities Hidden Gems plus provincial groups on patrol routes, educational routes, tourist attractions and facilities, and tourist attractions in a sequence of steps in the form of online media on Google Maps. This research used network analysis, considering the distance and time for traveling. There is invent the database of geographic information and maps to show the position of tourist attractions 55 places, 325 places of hotels, 248 places of restaurants, 59 places of police stations, and 40 places of hospitals. The result of the routes analysis is divided into routes from the main road that entrance to the eastern region to Chanthaburi, Sakae, Trat, and Rayong The route takes the most time and distance is highway no.304 to Trat city hall takes 5 hours 13 minutes, distance 295.9 kilometers. The route takes the shortest time and distance is Highway no.304 to Sakaew city hall takes 1 hour 49 minutes, a distance of 92.1 kilometers. And routes from tourist attractions of couple provinces to the other that same type of tourist attractions. There are 8 routes that are divided into 3 routes for Chanthabiri to Sakaew and 5 routes for Trat to Rayong. The result of service area analysis for tourist attractions that can arrive in 15, 30, and 45 minutes. There are 23 places of tourist attractions divided into 6 places of Chanthabiri, 5 places of Sakaew, 6 places of Trat, and 5 places of Rayong. The result of closest facility analysis shows the best routes from 23 places of tourist attractions to closest facility, namely 325 places of hotels, 248 places of restaurants, 59 places of police stations, and 40 places of hospitals. There is a public database of geographic information about tourist attractions of 12 Hidden Gems Plus campaign and facilities, namely hotels, restaurants, police stations, hospitals, orchards, and souvenir shops covering provinces in the eastern region on Gmail account 12Cities.plus@gmail.com in form of online media Google Maps to interested persons or related organizations. Those who are interested can use the GIS database prepared to be used for further research. And was inspired to continue to bring the application of GIS It has been used to support tourism in Tourism 12 Cities Hidden Gems Plus in other regions and related agencies can use the

research results to support tourism “Tourism 12 Cities Hidden Gems Plus” in the eastern region. And this research has been extended to be prepared in various languages such as English, Chinese, etc. to benefit and convenience for foreign tourists.

1. บทนำ

จากข้อมูลของกรมการท่องเที่ยว พบว่า ปี พ.ศ. 2559 อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวในประเทศไทยเกิดการเติบโตสูงที่สุดเป็นประวัติการณ์ มีรายได้รวมนักท่องเที่ยวไทย และชาวต่างชาติอยู่ที่ 2.23 ล้านล้านบาท เกิดการกระจายตัวของการเดินทางท่องเที่ยวในหลายจังหวัดเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นผลพลอยได้มาจากการเปิดตัวโครงการของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย (ททท.) คือ “12 เมืองต้องห้าม...พลาด” ภายใต้แนวคิด “ปีท่องเที่ยวไทย 2558” ที่ปลูกกระแสให้คนไทย นิยมไทย ภูมิใจในความเป็นไทย และดำรงไว้ซึ่งวิถีไทย สร้างโอกาสให้คนไทยเดินทางท่องเที่ยวภายในประเทศ ที่มี การนำเสนอสื่อเอกลักษณ์ของการท่องเที่ยว 12 จังหวัด ได้แก่ ลำปาง เพชรบูรณ์ น่าน ราชบุรี สมุทรสงคราม เลย บุรีรัมย์ จันทบุรี ตราด ชุมพร ตรัง และนครศรีธรรมราช เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดรอง และขยายฐานการท่องเที่ยวจากจังหวัดหลัก จนเกิดการต่อยอดความสำเร็จเดิมในปี พ.ศ. 2559 ภายใต้ชื่อ “12 เมืองต้องห้าม...พลาด Plus” นำเสนอจังหวัดรอง 12 จังหวัดใหม่ ที่มีความคล้ายคลึงกันกับ 12 จังหวัดเดิมเข้าด้วยกันได้เป็นดังนี้ (ฐานเศรษฐกิจ, 2559)

ภาคตะวันออกของประเทศไทย เป็นอีกภูมิภาคหนึ่งที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นแหล่งอุตสาหกรรม ผลไม้ อัญมณีของประเทศ รวมถึงบริบทพื้นที่มีขอบเขตติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน อีกทั้งยังมีจุดเด่นทางด้านลักษณะภูมิประเทศที่เอื้ออำนวยต่อประโยชน์ทางการท่องเที่ยวอย่างมาก (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2558)

ดังนั้น หากมีการกระจายนักท่องเที่ยวจากจังหวัดชลบุรีไปยังจังหวัดรองในภูมิภาคที่ ททท.

สนับสนุนให้เกิดการท่องเที่ยวโครงการ “12 เมืองต้องห้าม...พลาด Plus” คือ จังหวัดจันทบุรี สระแก้ว ตราด และระยอง ที่มีศักยภาพต่อการรองรับนักท่องเที่ยว ก็จะเป็นการกระจายนักท่องเที่ยว และช่วยกระจายรายได้สู่ท้องถิ่น

ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออก (2) เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวและสิ่งอำนวยความสะดวก ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออก (3) เพื่อเผยแพร่ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยวท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออกในรูปแบบสื่อออนไลน์ Google Maps

2. แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โสภาวดี ไชติกลาง และคณะ (2558) ศึกษาและพัฒนา Web Map Services สำหรับการท่องเที่ยวชุมชนในพื้นที่ชายฝั่งตะวันออกประกอบด้วย จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี และตราด เพื่อเผยแพร่ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวชุมชนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก โดยการนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data) ในรูปแบบแผนที่เว็บเชิงปฏิสัมพันธ์ (Interactive Maps) เป็นการนำ GIS และ GPS มาใช้ในการพัฒนา และนำเสนอข้อมูลร่วมกับเทคโนโลยี ที่ใช้ในการแสดงผลเว็บ การทำงานของระบบเพื่อค้นหาข้อมูล และเส้นทางของแหล่งท่องเที่ยวชุมชนร่วมกับการประยุกต์เทคโนโลยีของ Google Maps API ในการนำแผนที่เข้ามาแสดงผลบนเว็บเพจ โดยมีการทำงานร่วมกับระบบฐานข้อมูลเว็บไซต์

พีระพิทย์ พีชมงคล ยงเฉลิมชัย และคณะ (2554) ได้ทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสตูล มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดสตูล (2) เพื่อจัดกลุ่มแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดสตูล (3) เพื่อจัดทำเส้นทางการท่องเที่ยวในจังหวัดสตูล พบว่า ได้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยวจังหวัดสตูล 29 แห่ง โดยละเอียดประกอบด้วย ชื่อของแหล่งท่องเที่ยว พิกัด ที่ตั้ง รายละเอียด การเข้าถึง ข้อเสนอแนะ และภาพประกอบ จากจำนวนแหล่งท่องเที่ยวทั้งหมดได้จัดกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม โดยใช้เงื่อนไขแหล่งท่องเที่ยวที่อยู่ใกล้กันในระยะ 5 กิโลเมตร ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน คือ (1) กลุ่มอุทยานแห่งชาติทะเลบัน (2) กลุ่มภูผาเพชร (3) กลุ่มหาดราวี และเขาทะนนาน (4) กลุ่มปากบาราแล (5) กลุ่มมัสยิดกลางจังหวัดสตูล และจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวภายในหนึ่งวัน ไว้ 5 เส้นทาง โดยการแสดงตำแหน่ง และข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวในรูปแบบของแผนที่ จะช่วยให้นักท่องเที่ยววางแผน ตัดสินใจเดินทางท่องเที่ยว เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และช่วยในการตัดสินใจเชิงนโยบายของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการบริหารจัดการการท่องเที่ยวของจังหวัดสตูลต่อไป

ชญญรัตน์ ไชยคราม (2555) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โครงข่ายในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแนะนำเส้นทางท่องเที่ยวในจังหวัดสุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนะเส้นทางเข้าถึงสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดสุพรรณบุรี ที่เหมาะสมตามความประสงค์ของนักท่องเที่ยว ทั้งด้านระยะทาง เวลา ลำดับ และทิศทาง ในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยว โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แสดงจุดต่างๆ ของแหล่งท่องเที่ยว และใช้กระบวนการ Network Analyst วิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายของเส้นทางพบว่า สามารถสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งท่องเที่ยว

ได้ 67 แห่ง โดยแบ่งตามประเภทของแหล่งท่องเที่ยว 4 ประเภท คือ (1) แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศวิทยา 12 แห่ง (2) แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร 3 แห่ง (3) แหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ 21 แห่ง (4) แหล่งท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรม และขนบธรรมเนียมประเพณี 31 แห่ง ส่วนผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายได้แนะนำเส้นทางท่องเที่ยวจังหวัดสุพรรณบุรีภายใน 1 วัน 4 เส้นทาง พร้อมทั้งจัดทำแผนที่ประกอบการเดินทางนักท่องเที่ยว สำหรับการท่องเที่ยวในจังหวัดสุพรรณบุรี

พีระวัฒน์ แก้ววิการณ (2556) ได้ทำการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่การให้บริการศูนย์การแพทย์ฉุกเฉิน จังหวัดเลย มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่การให้บริการจากศูนย์การแพทย์ฉุกเฉินของโรงพยาบาล และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล หรือสถานีอนามัย โดยพิจารณาปัจจัยด้านความสูงของพื้นผิวจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข และเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ Network Analysis กำหนดเวลาการเข้าถึงบริการศูนย์การแพทย์ฉุกเฉินภายใน 10 นาที ตามข้อกำหนดของสำนักสาธารณสุขฉุกเฉิน กระทรวงสาธารณสุข และจัดทำเป็นฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่า พื้นที่ให้บริการจากโรงพยาบาลมีพื้นที่ให้บริการในระยะเวลา 10 นาที มีพื้นที่ 2,795 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.62 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพื้นที่การให้บริการของโรงพยาบาลเหมาะสำหรับใช้กับผู้ป่วยขั้นวิกฤตที่ต้องนำส่งโรงพยาบาลโดยตรง เนื่องจากมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่จะช่วยเหลือชีวิตผู้ป่วย และจากการวิเคราะห์ครัวเรือนที่อยู่ในเขตนี้จำนวน 53,794 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 64.88 ส่วนพื้นที่ให้บริการจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลมีพื้นที่ให้บริการในระยะเวลา 10 นาที เป็น 5,131 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 48.87 ของพื้นที่ทั้งหมด และจากการวิเคราะห์ครัวเรือนที่อยู่ในเขตนี้จำนวน 78,656 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 94.87 และผลจากการศึกษา

ครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการให้บริการ การแพทย์ฉุกเฉิน หรือการเพิ่มสถานพยาบาลเพื่อให้ มีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดเลยมากยิ่งขึ้น เพื่อเป็น ประโยชน์ในการให้บริการประชาชนอย่างทั่วถึง

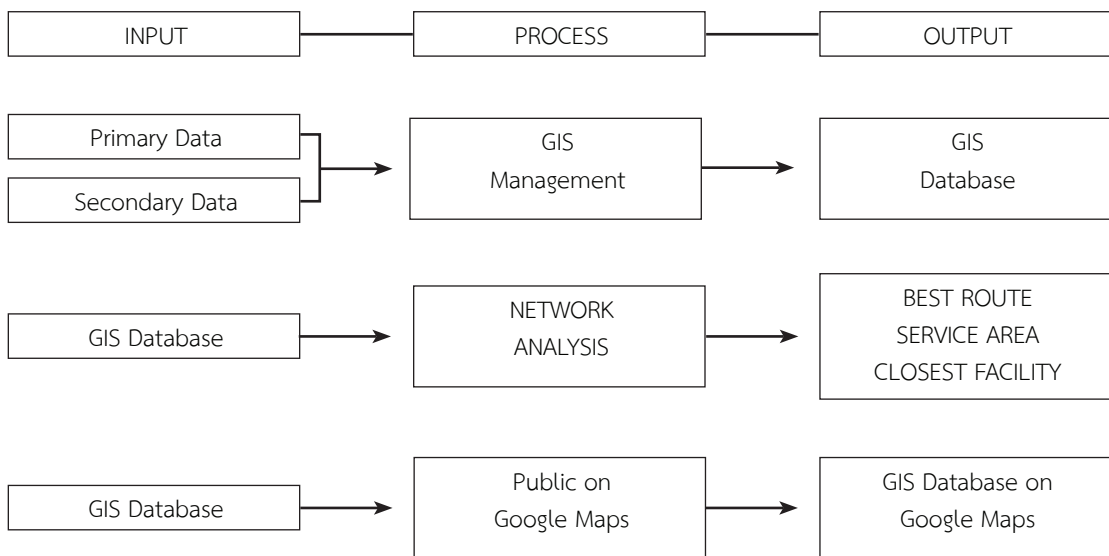
ณรงค์ พลธิรักษ์ (2556) ได้ทำระบบสารสนเทศ ทางภูมิศาสตร์เพื่อจัดการการท่องเที่ยวชุมชนในจังหวัด ชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว ชุมชน ประเมินมาตรฐานของแหล่งท่องเที่ยวชุมชน และจัดทำเส้นทางท่องเที่ยวชุมชนในจังหวัดชลบุรี พบว่า จากการสำรวจภาคสนามในจังหวัดชลบุรี มีแหล่งท่องเที่ยวทั้งสิ้น 45 แห่ง จำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ แหล่งท่องเที่ยวทางประวัติศาสตร์ 34 แห่ง แหล่งท่องเที่ยวทางวัฒนธรรม 3 แห่ง แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ 5 แห่ง แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ 3 แห่ง และได้นำข้อมูลดังกล่าวมาจัดทำเป็น แผนที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS Desktop 10 จากการประเมินคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวชุมชน พบว่า แหล่งท่องเที่ยวส่วนใหญ่ มีมาตรฐานต่ำกว่าเกณฑ์ โดยมีแหล่งท่องเที่ยวจำนวน 5 แห่งที่มีมาตรฐานคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับเส้นทางท่องเที่ยวชุมชนแบ่งออกเป็น 4

เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 เส้นทางธรรมชาติชายฝั่ง ทะเล (R1) มีระยะทางรวมเท่ากับ 96.51 กิโลเมตร เส้นทางที่ 2 ย้อนรอยตำนานนิทานพื้นบ้านพระรถเมรี (R2) มีระยะทางรวมเพียง 31.59 กิโลเมตร เส้นทางที่ 3 สี่ถ้ำธรรมะ (R3) มีระยะทางรวมเท่ากับ 58.48 กิโลเมตร เส้นทางที่ 4 ธรรมชาติที่หลากหลาย (R4) มีระยะทางรวมเท่ากับ 36.40 กิโลเมตร

3. วิธีการศึกษา

3.1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

การจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ แหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ตามกลุ่ม จังหวัดในภูมิภาคตะวันออก การวิเคราะห์เส้นทาง การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว และสิ่งอำนวยความสะดวก ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออก และการ เผยแพร่ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ ตามกลุ่มจังหวัด ในภูมิภาคตะวันออกในรูปแบบสื่อออนไลน์ Google Maps แสดงดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.1 เตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

(1) แหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ภูมิภาคตะวันออก

(2) ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ตำแหน่งสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ที่พัก ร้านอาหาร สถานีตำรวจ โรงพยาบาล ศาลากลาง จังหวัดจันทบุรี สระแก้ว ตราด และระยอง

3.2.2 การจัดประเภทแหล่งท่องเที่ยว ทำการจัดประเภทแหล่งท่องเที่ยว โดยอ้างอิงประเภทของแหล่งท่องเที่ยวจากการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย ซึ่งได้แบ่งประเภทของการท่องเที่ยวออกเป็น 12 ประเภท ดังนี้ เจริญนิเวศ ศิลปะวิทยาการ ประวัติศาสตร์ ธรรมชาติ นันทนาการ วัฒนธรรม สุขภาพ ชายหาด น้ำตก ถ้ำ เกาะ และแก่ง

3.2.3 การคัดเลือกแหล่งท่องเที่ยว การคัดเลือกแหล่งท่องเที่ยวที่มีจุดประสงค์เพื่อแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์การเดินทางบางแหล่งท่องเที่ยวเท่านั้น เนื่องจากในความเป็นจริงรูปแบบการเดินทางของแหล่งท่องเที่ยวทั้งหมด 55 แห่ง

3.2.4 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) ตรวจสอบความถูกต้องของถนน และสร้างเส้นทางการเดินทางจากท่าเรือแผ่นดินใหญ่ไปยังท่าเรือบนเกาะ รวมถึงเส้นถนนบนเกาะด้วยคำสั่ง Topology

3.2.5 วิเคราะห์เส้นทาง (Route) เพื่อให้ทราบถึงเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเดินทาง การวิเคราะห์เส้นทางจากถนนเส้นหลักที่เข้าสู่ขอบเขตภาคตะวันออกไปยัง 4 จังหวัด

3.2.6 วิเคราะห์การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว (Service Area) เพื่อทราบถึงพื้นที่บริการของการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ ภายในเงื่อนไขระยะทางและเวลาของการเดินทางเข้าถึงน้ำจุดแหล่งท่องเที่ยวที่ผ่านการคัดเลือก มาวิเคราะห์การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวด้วยคำสั่ง New service area จะได้พื้นที่บริการของระยะเวลาในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวใน 15, 30 และ 45 นาที ส่งออกพื้นที่รูปปิด (Polygons) ที่ได้ แล้วใช้คำสั่ง Select by location โดยกำหนดเป้าหมาย (Target) (แหล่งท่องเที่ยว) จะได้แหล่งท่องเที่ยวที่สามารถเข้าถึงได้ในระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที

3.2.7 วิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวก (Closest Facility) เพื่อจะทราบถึงเส้นทางการคัดเลือกสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุดตามเงื่อนไขระยะทางและเวลา ทำการวิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกด้วยคำสั่ง New Closest Facility กำหนด Facilities (สิ่งอำนวยความสะดวก) และ Incident (แหล่งท่องเที่ยวที่ผ่านการคัดเลือก) จะได้เส้นทางที่ใกล้ที่สุด 2 เส้นทาง เพื่อไปยังสิ่งอำนวยความสะดวก

3.2.8 การเผยแพร่ฐานข้อมูลสารสนเทศในรูปสื่อออนไลน์ Google Maps โดยนำเสนอเป็นไฟล์ .kml

4. ผลการศึกษา และการอภิปรายผล

4.1 ผลการศึกษา

4.1.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ และจัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งแหล่งท่องเที่ยว โรงพยาบาล สถานีตำรวจ ร้านอาหาร และที่พัก แสดงดังตาราง 1

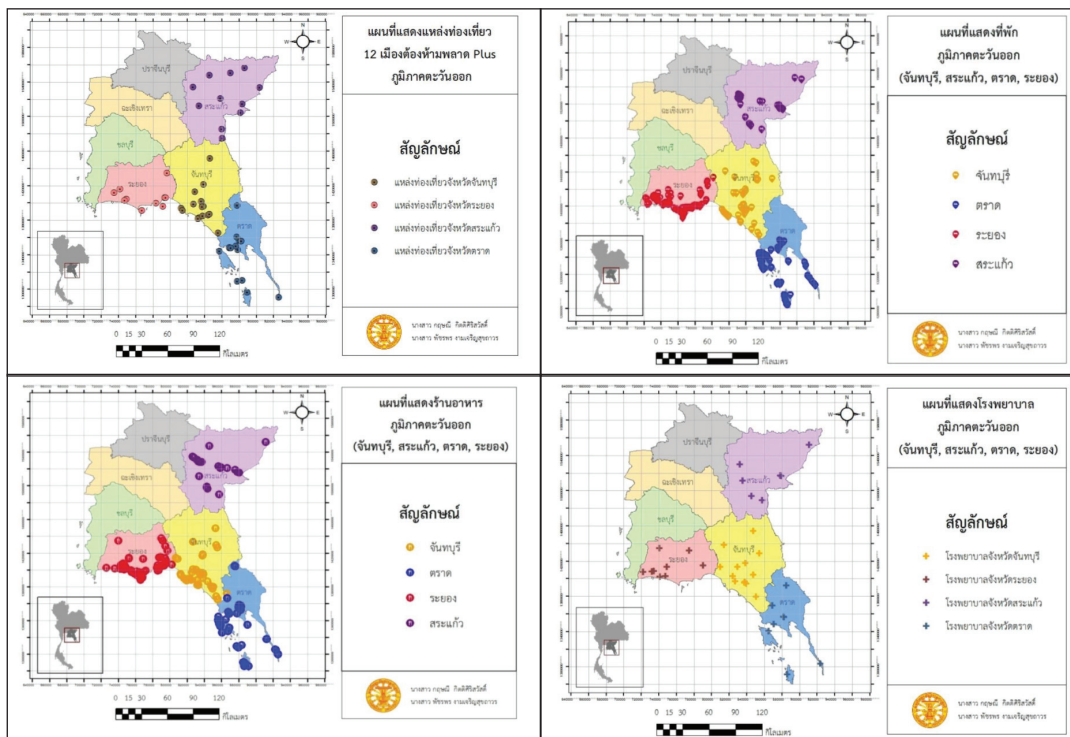
ตาราง 1 แสดงตำแหน่งแหล่งท่องเที่ยว โรงพยาบาล สถานีตำรวจ ร้านอาหาร และที่พัก

สถานที่	จันทบุรี	สระแก้ว	ตราด	ระยอง	รวม
แหล่งท่องเที่ยว	18	11	15	11	55
โรงพยาบาล	14	7	10	10	40
สถานีตำรวจ	14	18	12	15	59
ร้านอาหาร	55	32	70	91	248
ที่พัก	62	53	94	116	325

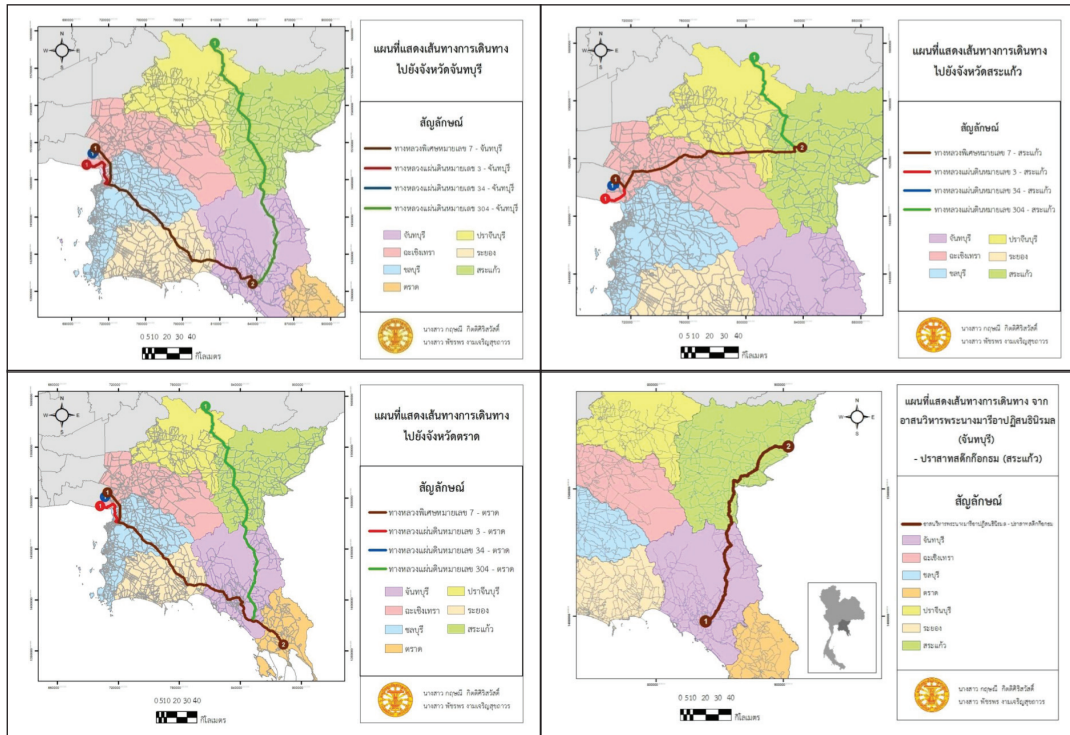
ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของ
 สถานที่สำคัญ แสดงดังภาพประกอบ 2

4.1.2 เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการเข้าถึง
 แหล่งท่องเที่ยว และสิ่งอำนวยความสะดวกตามกลุ่ม
 จังหวัดในภูมิภาคตะวันออก

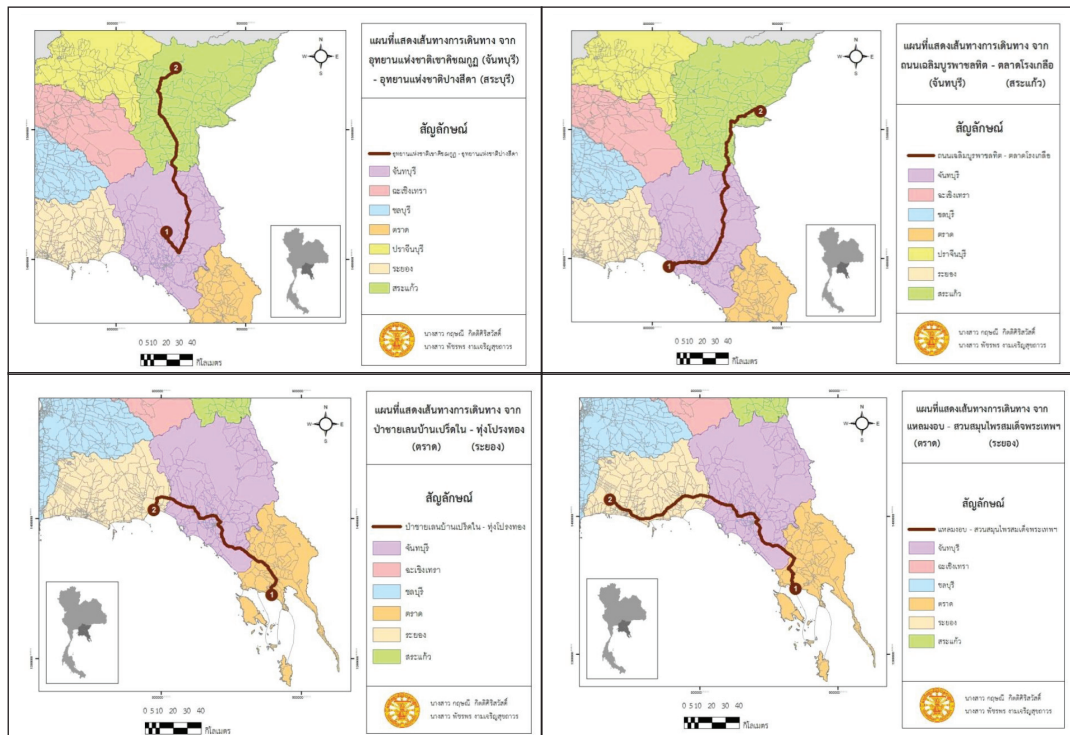
(1) แผนที่แสดงเส้นทางจากถนน
 เส้นหลักที่เข้าสู่ขอบเขตภาคตะวันออกไปยังทั้ง 4
 จังหวัด แสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 2 แสดงฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของสถานที่สำคัญ



ภาพประกอบ 3 แสดงเส้นทางการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว และสิ่งอำนวยความสะดวกตามกลุ่มจังหวัด



ภาพประกอบ 4 แสดงเส้นทางจากแหล่งท่องเที่ยวจังหวัดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวประเภทเดียวกันไปหากัน



ภาพประกอบ 5 แผนที่แสดงการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีในช่วงเวลาต่างๆ จากชุมชนริมน้ำจันทบูร



ภาพประกอบ 6 แผนที่แสดงโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดจากแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดระยอง

(2) แผนที่แสดงเส้นทางจากแหล่งท่องเที่ยวคู่จังหวัดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวประเภทเดียวกันไปหากัน แสดงดังภาพประกอบ 4

(3) ตัวอย่างแผนที่แสดงการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ภูมิภาคตะวันออก แสดงดังภาพประกอบ 5 และตาราง 2

ตาราง 2 แสดงแหล่งท่องเที่ยวที่สามารถเข้าถึงได้ในระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาที จาก ชุมชนริมน้ำจันทบูร

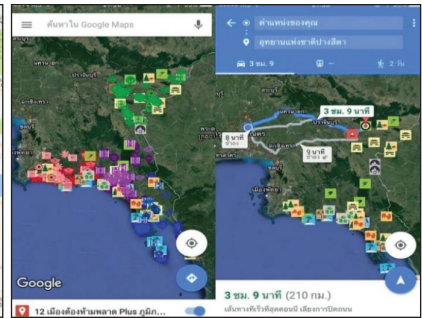
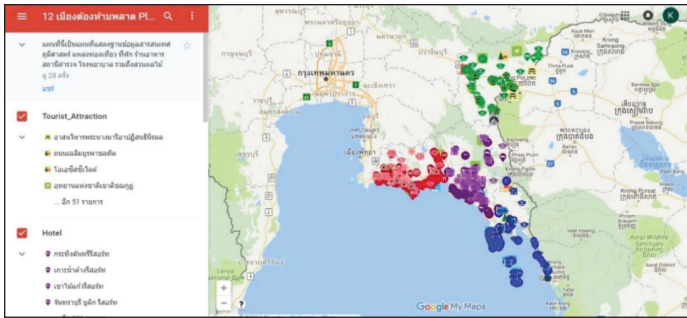
ระยะเวลา	แหล่งท่องเที่ยว
15 นาที	พิพิธภัณฑวังสวนบ้านแก้ว, วัดมังกรบูรพาราม, ศาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช, ศาลหลักเมืองจันทบุรี, สวนสาธารณะสมเด็จพระเจ้าตากสิน (ทุ่งนาเขย) และอาสนวิหารพระนางมาเรียปฏิสนธินิรมล
30 นาที	วิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวเชิงเกษตรชุมชนรักษ์เขาบายศรี, วัดเขาสุกิม, น้ำตกพลั่ว, โอเอซิสซีวิลด์ และหมู่บ้านทอเสื่อบางสระแก้ว
45 นาที	ศูนย์ศึกษาธรรมชาติป่าชายเลนอ่าวคังกระเบน และสะพานตากสิน

(4) ตัวอย่างแผนที่แสดงสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด แสดงดังภาพประกอบ 6 และตาราง 3

ตาราง 3 แสดงโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด 2 แห่ง ระยะทาง และเวลา จากแหล่งท่องเที่ยว จังหวัดระยอง

สถานที่ท่องเที่ยว	โรงพยาบาล	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
อช.เขาแหลมหญ้า	รพ.ระยอง	20	22
	รพ.กรุงเทพระยอง	26.7	30
หาดแม่พิมพ์	รพ.แกลง	20.5	21
	รพ.ระยอง	41.8	43

4.1.3 เผยแพร่ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แหล่งท่องเที่ยว 12 เมืองอัญมณีที่ซ่อนอยู่ตามกลุ่มจังหวัดในภูมิภาคตะวันออกในรูปแบบสื่อออนไลน์ Google Maps แสดงดังภาพประกอบ 7-8



ภาพประกอบ 7 แสดงผลการเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ Google Maps สำหรับคอมพิวเตอร์

ภาพประกอบ 8 แสดงผลการเผยแพร่ในแอปพลิเคชัน Google Maps สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่

4.2 การอภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัย พบว่า ที่พักและร้านอาหารส่วนใหญ่จะกระจุกตัวอยู่ในบริเวณเขตเมืองหรือบริเวณแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของจังหวัด ในส่วนของข้อมูลที่น่าสนใจมาแสดงผล เป็นฐานข้อมูลที่สร้างขึ้น (พ.ศ. 2559) ซึ่งในอนาคต ตำแหน่งแหล่งท่องเที่ยว ที่พัก ร้านอาหาร สถานีตำรวจ และโรงพยาบาลอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งยังมีปัจจัยอีกหลายอย่างที่มีผลต่อการเลือกเส้นทาง แหล่งท่องเที่ยว สิ่งอำนวยความสะดวก และยังมีนักท่องเที่ยวหลายกลุ่ม หลากหลายเชื้อชาติ การท่องเที่ยวจึงเป็นไปได้หลากหลายรูปแบบพบว่า แหล่งท่องเที่ยว ที่พักร้านอาหาร โรงพยาบาล สถานีตำรวจ รวมถึงสวนผลไม้ และแหล่งของฝากเผยแพร่เพิ่มเติมบนชื่อบัญชีผู้ใช้ Gmail: 12cities.plus@gmail.com พบว่า ผลของการวิเคราะห์เส้นทางใน Google Maps บางเส้นทางไม่ตรงกับการวิเคราะห์เส้นทางในโปรแกรม ArcGIS เนื่องจาก Google Maps สามารถวิเคราะห์เส้นทางการเดินทางโดยเป็นไปตามความสามารถของโปรแกรม Google Maps ที่ขึ้นกับสถานการณ์ ณ เวลาขณะนั้น เช่น การถึงปลายทางอาจใช้เวลามากขึ้น หากถนนเส้นนั้นมีการจราจรที่หนาแน่น

5. สรุปผลการศึกษา

ส่วนที่ 1 ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ (1) แหล่งท่องเที่ยว (2) ที่พัก 325 แห่ง

ร้านอาหาร 248 แห่ง สถานีตำรวจ จำนวน 59 แห่ง และโรงพยาบาล จำนวน 40 แห่ง

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis)

(1) การวิเคราะห์เส้นทางแบ่งเป็น การวิเคราะห์เส้นทางจากถนนเส้นหลักที่เข้าสู่ขอบเขตภาคตะวันออกเฉียง 4 จังหวัด ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 - ศาลากลางจังหวัดตราด มากที่สุดใช้เวลา 5 ชั่วโมง 13 นาที ระยะทาง 295.9 กิโลเมตร ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 304 - ศาลากลางจังหวัดสระแก้ว น้อยที่สุด ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 49 นาที ระยะทาง 92.1 กิโลเมตร และการวิเคราะห์เส้นทางจากแหล่งท่องเที่ยวคู่จังหวัดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวประเภทเดียวกันไปหากัน วิเคราะห์เส้นทางทั้งหมด 8 เส้นทางแบ่งเป็น จันทบุรี-สระแก้ว 3 เส้นทาง, ตราด-ระยอง 5 เส้นทาง

(2) วิเคราะห์การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวในระยะเวลา 15, 30 และ 45 นาทีโดยวิเคราะห์การเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยวทั้งหมด 23 แห่ง ดังนี้ จันทบุรี 6 แห่ง, สระแก้ว 5 แห่ง, ตราด 6 แห่ง และระยอง 6 แห่ง

(3) วิเคราะห์หาสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด โดยวิเคราะห์จากแหล่งท่องเที่ยวทั้งหมด 23 แห่ง ไปยังสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ได้แก่ ที่พัก 325 แห่ง, ร้านอาหาร 248 แห่ง, สถานีตำรวจ 59 แห่ง และโรงพยาบาล 40 แห่ง

ส่วนที่ 3 การเผยแพร่ฐานข้อมูล บนชื่อ บัญชีผู้ใช้ Gmail: 12cities.plus@gmail.com ในรูปสื่อออนไลน์ Google Maps ทำให้มองเห็น ภาพรวมตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งท่องเที่ยว และ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เป็นประโยชน์แก่นักท่องเที่ยว

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2558). *ยุทธศาสตร์การท่องเที่ยวไทย พ.ศ. 2558-2560*. สืบค้น 4 กันยายน 2559. สืบค้นจาก http://www.mots.go.th/ewt_dl_link.php?nid=7114.

ฐานเศรษฐกิจ. (2559). *ท่องเที่ยวไทยปี 58 ทำสถิติใหม่ โภจรายได้ทะลุเป้า 2.23 ล้านล้าน*. สืบค้น 4 กันยายน 2559. สืบค้นจาก <http://www.thansettakij.com/2016/01/08/25115>.

ณรงค์ พลธีรักษ์. (2556). ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อจัดการการท่องเที่ยวชุมชนในจังหวัดชลบุรี. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, 36(2), 235-248.

ฉัญญรัตน์ ไชยคราม. (2555). *การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โครงข่ายในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแนะนำเส้นทางการท่องเที่ยวในจังหวัดสุพรรณบุรี*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พีระพิทย์ พีชมงคล ยงเฉลิมชัย (2556). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อการจัดการแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดสตูล. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*, 12(1), 70-81.

พีระวัฒน์ แก้ววิการณ. (2556). *การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่การให้บริการศูนย์การแพทย์ฉุกเฉินจังหวัดเลย*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

โสภาวดี ไชติกกลาง, ณรงค์ พลธีรักษ์, แก้วนวนฉวี และ นฤมล อินททวีเชียร (2558). *เว็บแมพเซอร์วิสสำหรับการท่องเที่ยวชุมชนในพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก: ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด*. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร*, 10(1), 54-64. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/PRRJ_Scitech/article/view/41896

การพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภักดีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

The Development Application Promote Agritourism of Pakdee Farm with Augmented Reality Technology

ถิรวัดน์ สำเภาทอง¹, วิไรวรรณ แสนชนะ^{1*}

Tirawat Sampaothong¹, Wiraiwan Sanchana^{1*}

¹ หลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

¹ Information Technology Program, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, Phitsanulok 65000, Thailand

* Corresponding author: wiraiwans@rmutl.ac.th

Received:

26 February 2022

Revised:

31 March 2022

Accepted:

27 April 2022

คำสำคัญ:

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม, แอปพลิเคชัน, การท่องเที่ยวเชิงเกษตร, แอนดรอยด์

Keywords:

Augmented Reality Technology, Agricultural Tourism, Apps, Android

บทคัดย่อ: การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภักดีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และ 2) ประเมินความพึงพอใจผู้ใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภักดีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เครื่องมือที่ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันประกอบด้วยโปรแกรม Unity เขียนชุดคำสั่งด้วยภาษา C# ออกแบบโมเดลกว้าง 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Blender และใช้ซอฟต์แวร์ ARCore ที่พัฒนาโดย Google เป็นเครื่องมือใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ นักท่องเที่ยวจำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ และด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันต่อการนำไปใช้งาน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมานั้นมีหลักการทำงานโดยใช้กล้องบนมือถือสแกนหาพื้นที่ว่าง จากนั้นโปรแกรมจะทำการหาพื้นที่เพื่อสร้างโมเดล 3 มิติ ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และ 2) ความพึงพอใจ พบว่า นักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภักดีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

Abstract: This research is a development of an application on the Android operating system. Its purposes are 1) to development application promote agritourism of Pakdee Farm with augmented reality technology and 2) to study the tourists' satisfaction with

this application with application promote agritourism of Pakdee Farm with augmented reality technology. The programs used to develop the application consisted of the Unity Program and the C# Program. Design 3D models deer model with Blender program and Google's ARCore software to develop the augmented reality technology. The research sample consisted of 50 tourists visiting Pakdee Farm. The data collecting instrument was a questionnaire to assess satisfaction. It comprised three aspects: the content, the design and formatting, and the benefits of the application. The data were analyzed using the mean and standard deviation. The results of the study show that (1) when using the application, the users have to scan the space by phone camera and then the program will find space to create 3D models with augmented reality technology; and (2) regarding the users' satisfaction, it is found that the overall level of the users' satisfaction with the application promote agritourism of Pakdee Farm with augmented reality technology is high

1. บทนำ

ภักดีฟาร์มเป็นฟาร์มเลี้ยงกวางแห่งแรกและแห่งเดียวในจังหวัดพิษณุโลก เป็นเกษตรกรที่เลี้ยงกวางเป็นอาชีพหลัก ภักดีฟาร์มเริ่มธุรกิจเลี้ยงกวางตั้งแต่ปี พ.ศ.2546 เพราะสนใจด้านการเกษตรและศึกษาข้อมูลตลาดว่ากวางเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีอนาคต ตลาดต้องการมาก มีมูลค่าสูงขายได้ทั้งตัวและสามารถเลี้ยงเชิงพาณิชย์ถูกต้องตามกฎหมาย ควบคุมไปกับการอนุรักษ์สายพันธุ์กวาง ได้นำเข้ากวางรุซ่า จากประเทศออสเตรเลีย จำนวน 17 ตัว เข้ามาเลี้ยงเป็นชนิดแรก เนื่องจากการเลี้ยงกวางสายพันธุ์นี้ไม่ต้องมีการขออนุญาตใดๆ เพราะเป็นสัตว์เลี้ยงเศรษฐกิจ (สัตว์ควบคุม) ไม่ใช่สัตว์ป่าคุ้มครอง สามารถซื้อขายแลกเปลี่ยน หรือเพื่อใช้ในการบริโภคได้ โดยไม่ต้องขออนุญาตจากกรมป่าไม้ ทำเป็นฟาร์มเลี้ยงเพื่อจะขายพันธุ์ ปัจจุบันมีกวางมากถึง 4 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ซึก้า สายพันธุ์รุซ่า สายพันธุ์ฟอลโลว์ และดาวอินเดีย รวมแล้วกว่า 100 ตัว หลังจากเลี้ยงไปสักระยะ จึงได้แรงบันดาลใจว่าจะสร้างรายได้เพิ่มจากฟาร์มกวาง โดยดำเนินการต่อยอดธุรกิจในรูปแบบการเลี้ยงกวางที่ครบวงจร เริ่มตั้งแต่การทำฟาร์มกวางร้านอาหาร ร้านกาแฟ โดยมีเมนูเนื้อกวางเป็นอาหารแนะนำ ร้านขายสินค้าที่ระลึก ที่พักและรีสอร์ท อีกทั้ง

เปิดเป็นแหล่งท่องเที่ยวให้กับนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเข้ามาเยี่ยมชม เพื่อเข้าถึงธรรมชาติได้ง่าย และสัมผัสการเลี้ยงกวาง ทั้งนี้ในฟาร์มยังมีการปลูกผลไม้แบบผสมผสาน ได้แก่ ขนุน มะเฟือง มะยงชิด เงาะ ทูเรียน ลำไย อย่างละ 10 ต้น เพื่อเสริมรายได้ ปัจจุบันฟาร์มได้ทำการเปิดให้บริการเยี่ยมชมฟาร์ม มีบริการที่พัก และบริการเลี้ยงกวางให้นักท่องเที่ยวได้สัมผัสกวาง โดยมีนักท่องเที่ยวสนใจเข้ามาเยี่ยมชมฟาร์มเป็นจำนวนมาก และมีแนวโน้มว่าจะมากขึ้นทุกวัน ทางฟาร์มจึงต้องการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เข้าถึงง่าย โดยการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับกวาง และฟาร์มเบื้องต้นให้ดูน่าสนใจ และทันสมัยมากยิ่งขึ้น (ภักดี พานูรัตน์, ผู้ให้สัมภาษณ์, 20 พฤศจิกายน 2564)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality) เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานเอาโลกแห่งความจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือนจริง (Virtual) โดยผ่านทางอุปกรณ์เว็บแคม กล้องในโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือคอมพิวเตอร์ ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆ ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพจะเป็นวัตถุ (Object) เช่น คน สัตว์ สิ่งของ เป็นลักษณะ 3 มิติ ซึ่งมีมุมมองถึง 360 องศา ฉะนั้นเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถทำให้ผู้ใช้เห็นภาพเสมือนจริงได้รอบด้าน 360 องศา

โดยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจัดเป็นแขนงหนึ่งของงานวิจัยด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ว่าด้วยการเพิ่มภาพเสมือนของโมเดลสามมิติที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ลงไปในภาพที่ถ่ายมาจากกล้องวิดีโอ เว็บแคม หรือกล้องในโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบเฟรมต่อเฟรม ด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก แต่ด้วยข้อจำกัดทางเทคโนโลยีจึงยังไม่แพร่หลาย แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ และการสื่อสารข้อมูลไร้สาย รวมทั้งการประมวลผลต่างๆ มีความรวดเร็วขึ้นและราคาถูกจึงทำให้อุปกรณ์เคลื่อนที่ ที่มีความสามารถทำการติดตั้งแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวางหลากหลาย (เกวลี ฝาใต้, 2561) ทั้งด้านอุตสาหกรรม การศึกษา เช่น สื่อการสอนด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2 มิติ เรื่อง การตั้งศูนย์ชิ้นงานในงานกัดด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ (ณรงค์ ไชยมงคล, เมธา อึ้งทอง และอภิชาติ ศรีประดิษฐ์, 2563) ด้านการแพทย์ เช่น การส่งเสริมการดูแลตนเองผู้ป่วยโรคเบาหวาน (จรัสดาว เรโนลด์, ศิริพรรณ ปิติมานะอารีและ สุมิตรา ชูแก้ว, 2563) ด้านส่งเสริมการท่องเที่ยว เช่น การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการท่องเที่ยวตามสถานที่ต่างๆ (ทรงสิริ วิจิราพันธ์ และคณะ, 2562; ธวัชชัย สหพงษ์, 2562; กรกช ชันธบุญ และจิรวัดน์ พิระสันต์, 2562; ณัฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา งามโปร่ง, 2562) เป็นต้น ซึ่งจากการวิจัยที่ยกมาข้างต้นนั้นมีความน่าสนใจและน่าดึงดูดทั้งการเรียนและการท่องเที่ยว

จากความต้องการและความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยี ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาและประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับภาพ ข้อมูลฟาร์มเบื้องต้นและกิจกรรมต่างๆ ภายในฟาร์ม รวมไปถึงการถ่ายรูปเช็คอินโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการนำเสนอภาคีฟาร์ม แนะนำให้นักท่องเที่ยวได้เข้าถึงธรรมชาติ และสัมผัสใกล้ชิดกับสัตว์ป่าหายาก เช่น กวาง และม้า อีกทั้งเป็นการดึงดูด

นักท่องเที่ยว สร้างความน่าสนใจ ส่งเสริมการเรียนรู้ และสร้างประสบการณ์การท่องเที่ยวที่แตกต่างจากเดิม

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การท่องเที่ยวเชิงเกษตร คือ การท่องเที่ยวที่มีกิจกรรมการเกษตรเป็นทรัพยากรท่องเที่ยวหลัก สามารถดึงดูดความสนใจนักท่องเที่ยว โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อเป็นการสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในชุมชน ให้ผู้คนที่ท่องเที่ยวได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาการท่องเที่ยวอย่างเต็มตัว ซึ่งรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงเกษตรนับว่าเป็นหนึ่งในรูปแบบของการท่องเที่ยวแบบยั่งยืน (นิออน ศรีสมยง, 2552) ทั้งนี้องค์ประกอบการท่องเที่ยวเชิงเกษตรมีส่วนที่สำคัญ 3 ส่วนคือ ทรัพยากรท่องเที่ยว การเกษตร ตลาดการท่องเที่ยว และบริการการท่องเที่ยว (กรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) ทั้งนี้สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2543) ได้อธิบายแนวทางการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรในพื้นที่และแหล่งเกษตร ว่าควรที่จะพัฒนาด้านสินค้าการท่องเที่ยวจัดเป็นแหล่งท่องเที่ยวหลักเป็นจุดหมายในการเดินทางมาท่องเที่ยว และด้านการจัดการท่องเที่ยวสามารถจัดเป็นลักษณะการท่องเที่ยวที่มีระบบครบวงจร โดยมีทั้งสถานที่ท่องเที่ยวจัดมืองค์กรเฉพาะพื้นที่ เพื่อกำหนดนโยบาย และควบคุมการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรเป็นหลัก

2.2 เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality) การพัฒนาเทคโนโลยีที่ผสมเอาโลกแห่งความเป็นจริง และความจริงเสมือนเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ เพื่อให้ได้ผลออกมาผ่านหน้าจอ โดยสามารถสร้างภาพออกมาได้ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และภาพสามมิติ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ (รักษพล ธนานุวงศ์, 2553; พนิดา ตันศิริ, 2553) โดยกระบวนการภายในของเทคโนโลยีความจริงเสมือน ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหา Marker จากภาพที่ได้จากกล้อง

แล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (Marker Database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ Marker เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของ Marker 2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) ของ Marker เทียบกับกล้อง 3) กระบวนการสร้างภาพสามมิติจากโมเดลสามมิติ (3D Rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติที่คำนวณจนได้ภาพเสมือนจริงทั้งนี้ AR แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ประเภท Location-Based คือ การใช้ตำแหน่งสถานที่ตั้ง (GPS) เป็นตัวกำหนดให้เกิดภาพเสมือนจริงขึ้น ได้แก่ แสดงป้ายบอกทางและชื่อถนน และ 2) ประเภท Marker Based ที่ยึดตามเครื่องหมายระบุตำแหน่งพิกัด หรือบาร์โค้ด โดย Marker อาจจะเป็นภาพสี่เหลี่ยมหรือรูปสามมิติที่มีลวดลาย โดยตัวโปรแกรมจะทำหน้าที่จับจุดต่างของสีต่างของภาพ เพื่อประมวลผลรหัสภาพ และดำเนินการเรียกสื่อดิจิทัลนั้นมาออกมาแสดงผลให้เห็นในรูปแบบที่ต้องการ เช่นภาพเคลื่อนไหวสามมิติ สื่อภาพยนตร์ แอนิเมชัน การ์ตูน โปรแกรมเกม หรือรูปแบบของรายงานที่นำเสนอ ตัวอย่างอย่างง่าย คือ การติดตั้ง Marker ในใบปลิว หรือวัตถุต่างๆ โดยผู้ใช้งานสามารถดูภาพ 3 มิติ ได้จากการนำกล้องของโทรศัพท์มือถือส่องที่วัตถุนั้น (ธีรชัย ศรีสูงศักดิ์, ม.ป.ป.) ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมประเภท Marker Based ที่ยึดตามเครื่องหมายระบุตำแหน่งพิกัด หรือบาร์โค้ด มาประยุกต์ใช้ในการสร้างจุดเช็คอิน

2.3 ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับการท่องเที่ยวที่น่าสนใจในประเทศไทย เช่น

ดวงจันทร์ สีหาราช และคณะ (2563) ทำวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ใช้โปรแกรม Unity และโปรแกรมภาษา C# ในการพัฒนา ซึ่งแอปพลิเคชันมีหลักการทำงานโดยการใช้กล้องบน

มือถือเพื่อนำไปส่อง Markers จากนั้นวิดีโอส่งเสริมสถานที่ท่องเที่ยวเชิงนิเวศแสดงในรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริง และนักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ธวัชชัย สหพงษ์ (2562) ทำวิจัยเรื่องพัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน “สะดืออีสาน” อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ผลจากการศึกษา พบว่า แอปพลิเคชัน ได้ผลลัพธ์ 3 อย่าง คือ 1) Marker 2) โมเดล 3 มิติ 3) Application ที่สามารถส่อง Marker แสดงโมเดลในรูปแบบ 3 มิติ และมีความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายโดยภาพรวมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

กรกช ชันชญบุญ และจิรวัฒน์ พิระสันต์ (2562) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร ซึ่งมีการพัฒนา 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศด้านการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร ขั้นที่ 2 พัฒนาและสร้างแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร ขั้นที่ 3 ประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร ขั้นที่ 4 ประเมินความพึงพอใจของแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร ขั้นที่ 5 สรุปและอภิปรายผลข้อเสนอแนะผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชัน พบว่า อยู่ในระดับเหมาะสมมาก

ณัฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา งามโปร่ง (2562) ทำวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนสำหรับเพิ่มประสบการณ์การท่องเที่ยวโลกนิทานพื้นบ้านเรื่องไกรทอง บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้โปรแกรม Unity, Vuforia และ Autodesk Maya

แอปพลิเคชันนี้ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องทั้งด้านเนื้อหาและด้านการพัฒนาจากผู้เชี่ยวชาญ ผลการพัฒนาจะได้หนังสือภาพเสมือนจริงสามมิติเรื่องไกรทองและแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และทำให้ผู้ใช้ซึ่งเป็นนักเรียนเกิดความสนุกสนานพร้อมกับเกิดความเข้าใจเนื้อหาของนิทานเรื่องไกรทองเพิ่มมากขึ้น ผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความสนใจในแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นและมีความพึงพอใจการใช้งานระบบเฉลี่ยอยู่ในระดับดี

ทรงสิริ วิชิรานนท์ และคณะ (2562) ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี ผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี 2 ชนิด ได้แก่ 1) มาร์คเกอร์วิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี ประกอบด้วยวิดีโอ จำนวน 6 มาร์คเกอร์ คือ ผ้าขึ้นตีนจก โบราณสถานและโบราณวัตถุ สถานกิจกรรมแสดงวัฒนธรรม ประวัติวัดโชลกสุวรรณคีรี เรื่องราวภาคชุมชนคูบัว และสินค้าพื้นบ้าน และ 2) แอปพลิเคชัน AR KUBUA รูปแบบไฟล์ .apk ซึ่งผู้ค้าและนักท่องเที่ยวในชุมชนคูบัวมีความพึงพอใจต่อสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวภาควิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรีโดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ซึ่งสรุปได้ว่าการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการท่องเที่ยวนั้นได้รับความนิยม และมีหลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับบริบทของสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ และจากผลการประเมินความพึงพอใจในงานวิจัยที่ศึกษามาพบว่ามีความพึงพอใจในแอปพลิเคชัน ซึ่งสรุปได้ว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับผู้ใช้งานหรือนักท่องเที่ยวในรูปแบบ 3 มิติ มากยิ่งขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยการประยุกต์ใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System

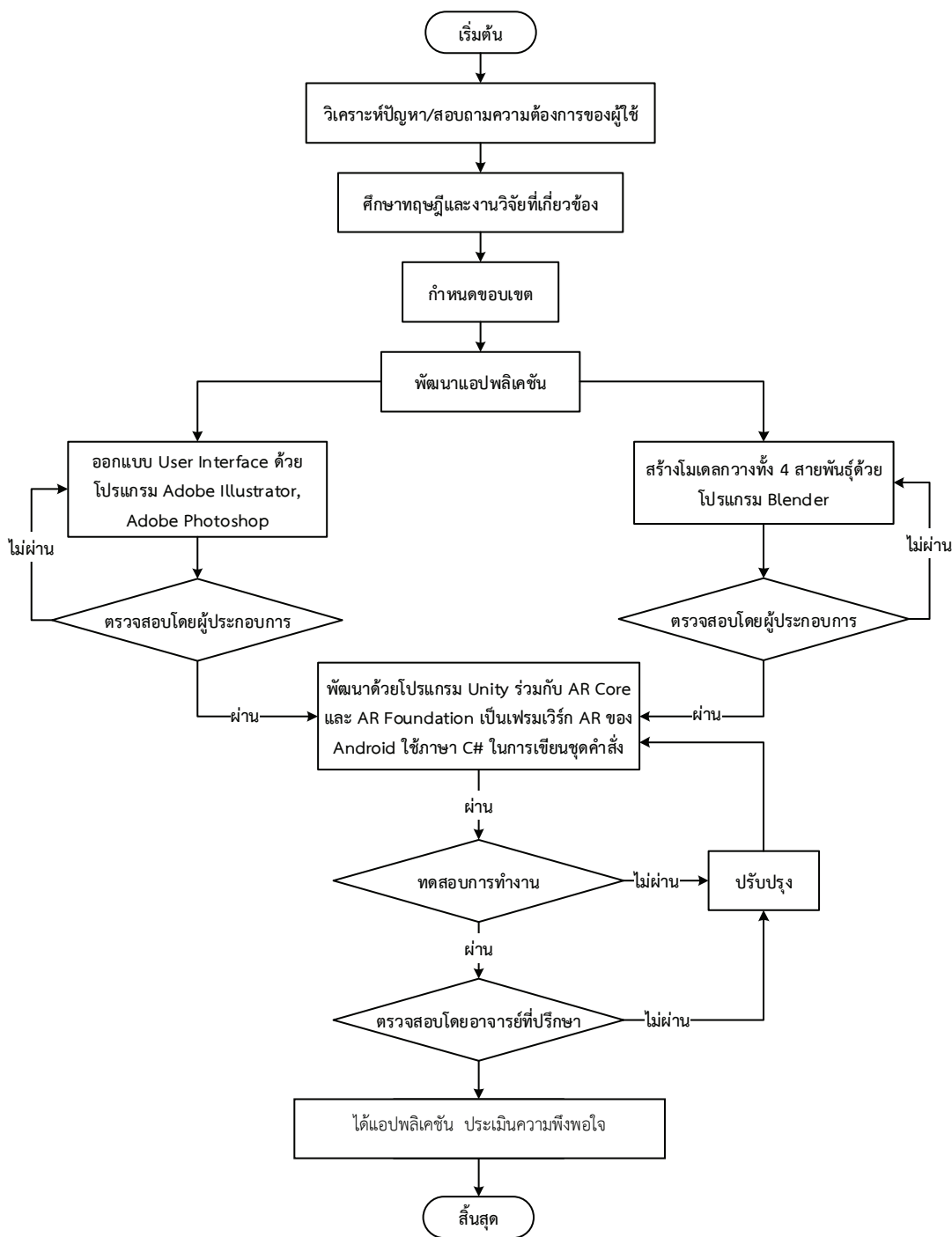
Development Life Cycle: SDLC) เป็นแนวทางซึ่งแสดงในภาพประกอบ 1 ดังนี้

จากภาพประกอบ 1 สามารถอธิบายแต่ละขั้นตอน ดังนี้

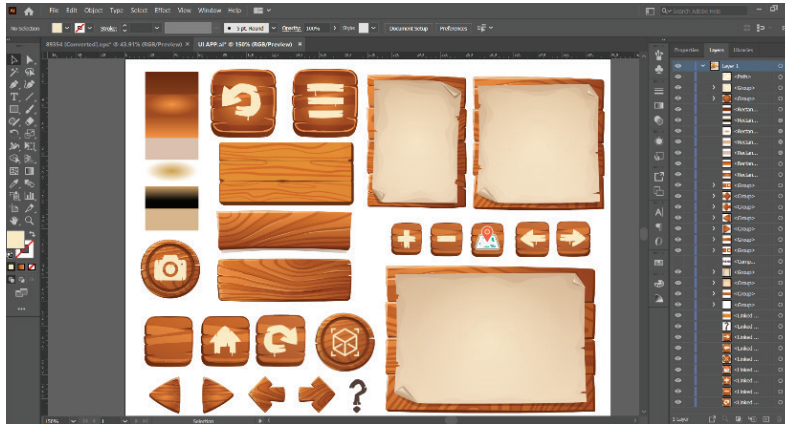
3.1 กำหนดปัญหาของระบบ (System Problem Definition) เก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของแอปพลิเคชันด้านเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับภาคีฟาร์มจากคุณภักดี พานรัตน์ เจ้าของภาคีฟาร์มด้วยแบบสัมภาษณ์ และทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการสร้างโมเดลสามมิติด้วยโปรแกรม Blender ซึ่งเป็นโปรแกรม Open Source พัฒนาแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Unity ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถหลากหลายสามารถสร้าง AR และส่งแอปพลิเคชันได้ทั้งทุกระบบ และมีการเรียกใช้งานในส่วน AR Core และ AR Foundation มาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาในส่วนของ AR

3.2 การวิเคราะห์ (System Analysis) นำข้อมูลจากขั้นตอนการกำหนดปัญหาระบบมาวิเคราะห์โดยในส่วนของการสอบถามความต้องการจะทำการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อให้ได้ข้อสรุปความต้องการของผู้ประกอบการ และในส่วนของการพัฒนานั้นเพื่อให้เห็นโครงสร้างโดยรวมและกระบวนการพัฒนาหลังจากนั้นได้ทำการเริ่มออกแบบ และพัฒนาแอปพลิเคชัน

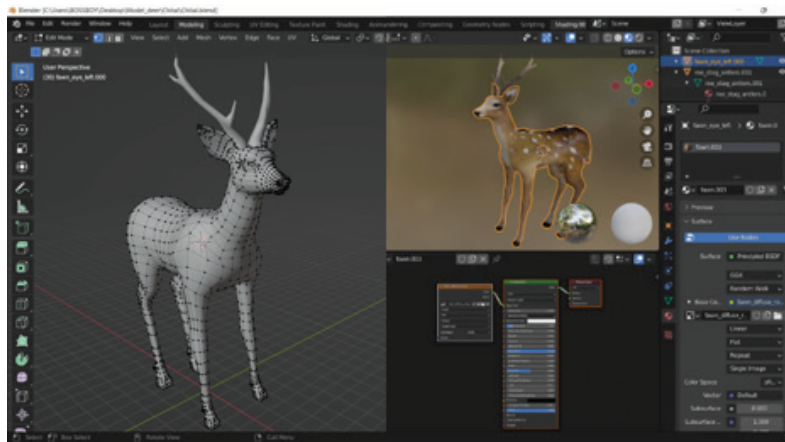
3.3 การออกแบบระบบ (System Design) จากการวิเคราะห์ปัญหา และศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องพบว่า รูปแบบ และสีของแอปพลิเคชันที่เหมาะสมกับนักท่องเที่ยวกลุ่มครอบครัว ซึ่งได้ทำการออกแบบโมเดล 3 มิติ User interface เช่น button, text field, scroll bars, menu items, checkboxes ด้วยโปรแกรมตกแต่งภาพ โดยในการใช้งานเมนูแอปพลิเคชันจะแสดงหน้าจอเมนูต่างๆ ทั้งในส่วนผู้ใช้และส่วนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในภาพประกอบ 2 และภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 1 วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพประกอบ 2 แสดงการออกแบบ User interface



ภาพประกอบ 3 แสดงการออกแบบโมเดล 3 มิติ

3.4 การพัฒนาระบบ (System Development) ขั้นตอนนี้ได้พัฒนา แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์ม ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมด้วยโปรแกรม Unity โดยเพิ่มเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ARCore เป็นส่วนเสริม ช่วยให้นักพัฒนาเข้าถึงเครื่องมือ AR ขั้นสูง เพื่อให้ประสบการณ์ AR ที่ดีและสมจริงยิ่งขึ้น และใช้โปรแกรม Visual Studio และภาษา C# ในการเขียนชุดคำสั่ง ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์นามสกุล .apk (Android Package Kit) สำหรับติดตั้งบนอุปกรณ์ระบบปฏิบัติการ Android ดังภาพประกอบ 4

3.5 ทดสอบระบบ (System Testing) ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้นำแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น

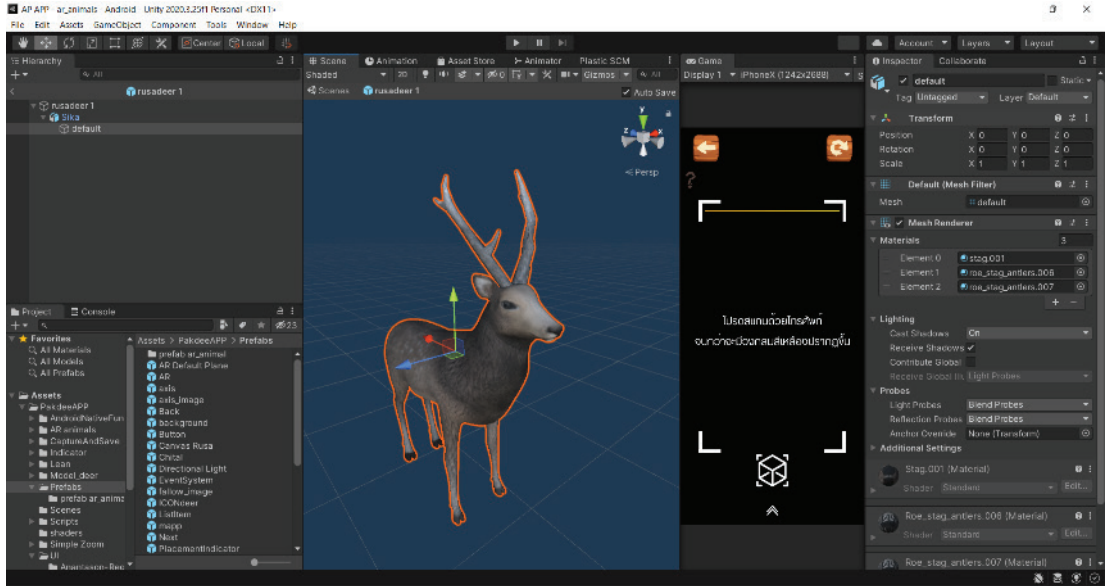
ไปทดสอบการใช้งานของแอปพลิเคชัน โดยใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่รองรับการใช้งานเทคโนโลยี Augmented Reality ผ่าน ARCore บนระบบ Android ซึ่งจะครอบคลุมทุกแบรนด์ ไม่ว่าจะเป็นทั้งแบรนด์ OPPO, Samsung, Xiaomi, HTC, Motorola, OnePlus, Sony และ LG Velvet 2 Pro (HAGOP KAVAFIAN, 2021) เพื่อค้นหาความผิดพลาดของแอปพลิเคชัน และแก้ไขปรับปรุงให้ความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังภาพประกอบ 5

3.6 การติดตั้งโปรแกรม (Program Implementation) หลังจากแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาและสุดท้ายคือติดตั้งระบบ โดยทำการอัปโหลดแอปพลิเคชันขึ้นบน Google Play

Store ซึ่งมีชื่อแอปพลิเคชันว่า “แอปพลิเคชัน AR Pakdee Farm” แล้วให้นักท่องเที่ยวดาวน์โหลดใช้งาน

3.7 การบำรุงรักษา (Maintenance) หลังจากติดตั้งแอปพลิเคชันบน Google Play Store ผู้วิจัยได้ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักท่องเที่ยวทดลอง

เข้าใช้งานแอปพลิเคชัน และทำการประเมินความพึงพอใจ และเพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยจึงดูแลทั้งซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา และปรับปรุงอัปเดตข้อมูลของแอปพลิเคชันอย่างสม่ำเสมอ



ภาพประกอบ 4 แสดงการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยโปรแกรม Unity



ภาพประกอบ 5 ทดสอบแอปพลิเคชันที่ภาคีฟาร์ม

4. ผลการวิจัย

จากการศึกษามีผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ได้สัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างกับนายภักดีพานรัตน์ เจ้าของภาคีฟาร์ม โดยรวบรวมข้อมูลความต้องการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งมีความต้องการดังต่อไปนี้

4.1.1 ต้องการให้มีการนำเสนอข้อมูลฟาร์ม ในรูปแบบแอปพลิเคชัน เนื่องจากจะได้เข้าถึงนักท่องเที่ยวมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เป็นการเพิ่มช่องทางประชาสัมพันธ์เพิ่มขึ้นอีกด้วย

4.1.2 ต้องการให้มีสื่อที่ดึงดูดความน่าสนใจมากยิ่งขึ้นขณะเยี่ยมชมฟาร์ม เช่น ภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติ หรือภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

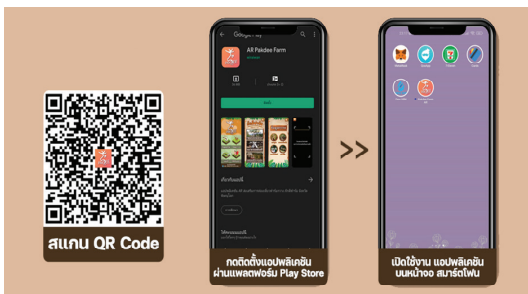
4.1.3 ต้องการให้มีรูปแบบ สี ของแอปพลิเคชัน ที่เหมาะสมกับนักท่องเที่ยวกลุ่มครอบครัว

4.1.4 ในแอปพลิเคชันสามารถถ่ายรูปจุดเช็คอินของภาคีฟาร์ม เพื่อเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยว

4.2 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยได้พัฒนาด้วยโปรแกรม Unity ร่วมกับ ARCore เป็นเฟรมเวิร์ก AR ของ Android ช่วยให้นักพัฒนาเข้าถึงเครื่องมือ AR ขั้นสูง เพื่อให้ประสบการณ์ AR ที่ดีและสมจริงยิ่งขึ้น ใช้โปรแกรม Visual Studio และภาษา C# ในการเขียนชุดคำสั่ง โดยหลังจากพัฒนาโมเดล 3 มิติ ผู้วิจัยทำการนำโมเดลกว้าง 3 มิติ ทั้งหมดเข้าสู่โปรแกรม Unity ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์นามสกุล .apk ซึ่งเป็นไฟล์โปรแกรมสำหรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อนำแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อัปโหลดขึ้น Google Play Store สำหรับพร้อมใช้งาน ซึ่งสามารถดาวน์โหลดผ่านทาง QR Code ทั้งนี้แอปพลิเคชันจะประกอบด้วย 5 เมนู คือ ข้อมูลฟาร์ม ข้อมูลกว้าง แผนที่ฟาร์ม เช็คอินเออาร์ และเฟซบุ๊กช่องทางฟาร์ม ดังแสดงในภาพประกอบ 6 และผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน ดังแสดงในภาพประกอบ 7 ถึงภาพประกอบ 11

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์ม



ภาพประกอบ 6 QR Code สำหรับติดตั้งแอปพลิเคชัน AR Pakde Farm



ภาพประกอบ 7 แสดงหน้าหลักของแอปพลิเคชัน



ภาพประกอบ 8 แสดงตัวอย่างหน้าข้อมูลฟาร์ม



ภาพประกอบ 10 แสดงตัวอย่างหน้าข้อมูล
กว้างรูปแบบ 3 มิติ



ภาพประกอบ 9 แสดงตัวอย่างหน้าข้อมูลกว้าง



ภาพประกอบ 11 แสดงหน้าหน้าเช็คอินด้วยเทคโนโลยี
ความเป็นจริงเสริม

ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักท่องเที่ยว จำนวน 50 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 60.0 และเพศหญิง จำนวน 20 คน คิดเป็น ร้อยละ 40.0 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 20-30 ปี จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 44.0 เป็นนักเรียน/นักศึกษา จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 28.0 มากที่สุด ซึ่งโดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.25, S.D.=0.86$)

เมื่อพิจารณาเป็นรายได้พบว่า 1) ด้านเนื้อหา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.27, S.D.=0.93$) 2) ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.23, S.D.=0.84$) และ 3) ด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันต่อการนำไปใช้งานมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.25, S.D.=0.82$) มีผลตั้งรายละเอียดในตาราง 1 ถึงตาราง 3

ตาราง 1 ความพึงพอใจด้านเนื้อหาต่อแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคใต้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

หัวข้อการประเมิน	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับ ภาคใต้พาร์ม มีความสมบูรณ์ครบถ้วน	4.30	0.94	มาก
2. ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับ ภาคใต้พาร์ม มีความน่าสนใจ	4.28	0.92	มาก
3. เนื้อหาในภาพรวมของแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ภาคใต้พาร์ม	4.26	1.05	มาก
4. ข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรแสดงเป็น AR 3 มิติ มีความสอดคล้องกับภาคใต้พาร์ม	4.24	0.81	มาก
5. ข้อมูลภาพ และตัวหนังสือที่เกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ภาคใต้พาร์ม มีความชัดเจน	4.12	0.95	มาก
คะแนนรวม	4.27	0.93	มาก

ตาราง 2 ความพึงพอใจด้านการออกแบบและจัดรูปแบบต่อแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคใต้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

หัวข้อการประเมิน	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. การตอบสนองของแอปพลิเคชัน มีความรวดเร็วในการทำงานตามคำสั่งของผู้ใช้	4.34	0.71	มาก
2. การจัดวางองค์ประกอบหน้าจომีความสวยงามได้สัดส่วน	4.24	0.76	มาก
3. รูปแบบตัวอักษรขนาดเหมาะสมและง่ายต่อการอ่าน	4.22	0.86	มาก
4. พื้นหลัง และภาพประกอบ มีความชัดเจน	4.18	1.01	มาก
5. วิธีการนำเสนอข้อมูลของแอปพลิเคชัน ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.16	0.86	มาก
คะแนนรวม	4.23	0.84	มาก

จากตาราง 1 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านเนื้อหา พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจด้านเนื้อหาในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.27$, S.D.=0.93) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่าทุกหัวข้อมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

จากตาราง 2 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบ และจัดรูปแบบ พบว่า ผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจด้านเนื้อหาในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.23$, S.D.=0.84) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ทุกหัวข้อมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ตาราง 3 ความพึงพอใจด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

หัวข้อการประเมิน	\bar{X}	S.D.	แปลผล
1. การใช้งานของแอปพลิเคชันในภาพรวม	4.30	0.92	มาก
2. ข้อมูลสามารถตอบสนองความต้องการ แหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรภาคีฟาร์ม ได้เป็นอย่างดี	4.30	0.73	มาก
3. เป็นช่องทางที่ดีที่สุดสำหรับการให้ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตร ภาคีฟาร์ม	4.26	0.74	มาก
4. สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูล สำหรับศึกษาหาความรู้ได้	4.22	0.83	มาก
5. แอปพลิเคชันสามารถนำไปใช้งานได้จริง	4.16	0.86	มาก
คะแนนรวม	4.25	0.82	มาก

จากตาราง 3 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันต่อการนำไปใช้งานพบว่า ผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจด้านเนื้อหาในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.25$, S.D.=0.82) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ทุกหัวข้อมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

5. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์มด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งผลของการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์ม ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2) เพื่อประเมินความพึงพอใจผู้ใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์ม ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ถือได้ว่าเป็นนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนการท่องเที่ยวและส่งเสริมการท่องเที่ยวของภาคีฟาร์ม และนอกจากนี้ยังเป็นการสร้างแรงจูงใจเพิ่มช่องทางในการให้ข้อมูล และก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้านการท่องเที่ยว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ดวงจันทร์ สีหาราช และคณะ (2563) ที่ทำวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วย

เทคโนโลยีเสมือนจริง ที่มีการใช้เครื่องมือในการพัฒนาแอปพลิเคชันเหมือนกัน คือ โปรแกรม Unity พัฒนาด้วยภาษา C# และ Vuforia แต่ในการศึกษานี้ไม่ได้ใช้ Vuforia เนื่องจากต้องซื้อลิขสิทธิ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ARCore ของ Google แทน เนื่องจาก ARCore เป็นเครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ (SDK) สำหรับใช้งานพีเจอาร์ ผสานโลกจริงเข้ากับวัตถุเสมือน (Augmented Reality: AR) บนสมาร์ตโฟน Android โดยไม่ต้องติดตั้งฮาร์ดแวร์ใดๆ เพิ่มเติม ทั้งนี้ ARCore สามารถทำงานร่วมกับ Java/OpenGL และ Unreal โดยมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ การติดตามการเคลื่อนไหว ความเข้าใจสภาพแวดล้อมและการประมาณค่าแสง ทั้งนี้ยังคล้ายกับงานวิจัยของ ธวัชชัย สหพงษ์ (2562) ที่ทำวิจัยเรื่อง พัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน “สะตืออีสาน” อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ที่มีการประยุกต์ใช้ความเป็นจริงเสมือนเพื่อนำเสนอข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวสะตืออีสาน อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม โดยการสร้างโมเดลสะตืออีสาน 3 มิติ จากมาร์คเกอร์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวเช่นเดียวกัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของทรงสิริ วิชิรานนท์ และคณะ (2562) ที่ทำวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี ที่มีการพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริง

ส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี 2 ชนิด ได้แก่ 1) มาร์คเกอร์วิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี ประกอบด้วยวิดีโอ จำนวน 6 มาร์คเกอร์ คือ ผ้าขึ้นตีนจก โบราณสถานและโบราณวัตถุ ลานกิจกรรม แสดงวัฒนธรรม ประวัติวัดโขลงสุวรรณคีรี เรื่องราว กาดชุมชนคูบัว และสินค้าพื้นบ้าน 2) แอปพลิเคชัน AR KUBUA รูปแบบไฟล์ .APK ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับ ัญฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา งามโปร่ง (2562) ที่ทำวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนสำหรับเพิ่มประสบการณ์การท่องเที่ยวโลกนิทานพื้นบ้าน เรื่อง ไกรทอง บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่มีการพัฒนาโมเดลสามมิติ มาร์คเกอร์ เกมสามมิติ และรวมองค์ประกอบทั้งหมดในรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

สำหรับผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจในการใช้งานของนักท่องเที่ยวที่มีต่อแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของภาคีฟาร์ม ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ และด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.25$, $S.D.=0.86$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ดวงจันทร์ สีหาราช และคณะ (2563) เนื่องจากเนื้อหาในภาพรวม ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยว ข้อมูลภาพนิ่ง และตัวหนังสือที่เกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยว มีความสมบูรณ์ครบถ้วน ชัดเจน และสอดคล้องกับความจริงของแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรภาคีฟาร์ม อีกทั้งวิธีการนำเสนอข้อมูลของแอปพลิเคชันใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน พื้นหลัง และภาพประกอบ มีความชัดเจน และที่สำคัญคือเป็นช่องทางที่ดี สำหรับการให้ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งท่องเที่ยวเชิงเกษตรภาคีฟาร์ม และข้อมูลสามารถตอบสนองความต้องการได้เป็นอย่างดี เมื่อพิจารณาเป็นรายได้ พบว่า 1) ด้านเนื้อหา กลุ่มตัวอย่างความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.27$, $S.D.=0.93$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ัญฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา

งามโปร่ง (2562) ที่มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก อาจจะเนื่องจากว่าเนื้อหาที่นำเสนอมีความสมบูรณ์ครบถ้วนสมบูรณ์ การแสดงภาพ AR มีความสอดคล้องกับภาคีฟาร์ม และการแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจน 2) ด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.23$, $S.D.=0.84$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ ดวงจันทร์ สีหาราช และคณะ (2563) ที่มีวิธีการนำเสนอข้อมูลของแอปพลิเคชันใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน การจัดวางองค์ประกอบหน้าจอมีความสวยงามได้สัดส่วน การตอบสนองของแอปพลิเคชันมีความรวดเร็วในการทำงานตามคำสั่งของผู้ใช้ รูปแบบตัวอักษรขนาดเหมาะสมและง่ายต่อการอ่าน พื้นหลังและภาพประกอบ มีความชัดเจน แต่อาจจะยังมีมีส่วนของการตอบสนองของของแอปพลิเคชันในส่วนของแสดงภาพ AR ยังมีดีเลย์บ้าง และ 3) ด้านประโยชน์ของแอปพลิเคชันต่อการนำไปใช้งาน กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.25$, $S.D.=0.82$) เช่นเดียวกับงานวิจัยของดวงจันทร์ สีหาราช และคณะ (2563) และ ัญฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา งามโปร่ง (2562) เนื่องจากว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- กรกช ชันชญ และจิรวัฒน์ พิระสันต์. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนโดยใช้เทคโนโลยีภาพเสมือนจริงสำหรับการท่องเที่ยวอุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร. *วารสารวิทยาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 10(2), 188-196. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ajnu/article/view/AJNU10-2-16>
- กรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2548). *คู่มือการบริหารและจัดการการท่องเที่ยวเกษตร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยปทุมธานี.

- เกวลี ผาใต้, พิเชนทร์ จันทร์ป๋ม และอภิวัฒน์ วัฒนชะสุระ. (2561). สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีมิติเสมือนจริง เรื่อง คำศัพท์ภาษาอังกฤษสัตว์โลกน่ารู้. *วารสารโครงการงานวิทยการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ*, 4(1), 23-28. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/153088>
- จรัสดาว เรโนลด์, ศิริพรรณ ปิติมานะอารี และ สมิตรา ชูแก้ว. (2563). *การส่งเสริมการดูแลตนเองโดยใช้สื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง Augmented reality (AR) กรณีศึกษาผู้ป่วยโรคเบาหวานคลินิกเบาหวาน โรงพยาบาลตากสิน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.*
- ณรงค์ ไชยมงคล, เมธา อึ้งทอง และอภิชาติ ศรีประดิษฐ์. (2563). เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2 มิติ : การตั้งศูนย์ชิ้นงานในงานกัดด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 19(2), 80-89. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/240769>
- ณัฐวดี หงส์บุญมี และวิทยา งามโปรง. (2562). แอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือนสำหรับเพิ่มประสบการณ์การท่องเที่ยวโลกนิตานพื้นบ้านเรื่องไทรทองบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11* (น.1-8), 27-28 มีนาคม 2562, นครศรีธรรมราช.
- ดวงจันทร์ สีหาราช, ยุภา คำตะพล, ฐิณากันท์ นิธิวิทย์ และศรัณญา ตรีทศ. (2563). แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(1), 135-146. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/spurst/article/view/235359>
- ทรงสิริ วิจิรานนท์, รุ่งอรุณ พรเจริญ, สุณารี จุลพันธ์ และ ฉันทนา ปาปิดถา. (2562). การพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์เทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยววิถีชุมชนคูบัว จังหวัดราชบุรี. *งานประชุมวิชาการระดับชาติด้านการท่องเที่ยวกับมนุษยศาสตร์ ครั้งที่ 1* (น.733-746), วันที่ 19-20 ธันวาคม 2562, เชียงใหม่.
- อวัชชัย สหพงษ์. (2562). พัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน “สะตืออีสาน” อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11(1), 139-151. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/spurst/article/view/192385>
- ธีรชัย ศรีสว่างค์. (ม.ป.ป.). *AR Technology เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอัจฉริยะ อย่างปลอดภัย*. สืบค้น 10 ธันวาคม 2564. สืบค้นจาก <https://www.depa.or.th/th/article-view/ar-technology>
- นิออน ศรีสมยง. (2552). *การสำรวจทัศนคติของนักท่องเที่ยวต่างชาติต่อการตัดสินใจไปท่องเที่ยวในจังหวัดภาคใต้ที่ประสบภัยพิบัติคลื่นยักษ์สึนามิ*. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาการจัดการโรงแรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- พนิดา ดันศิริ. (2553). *โลกเสมือนผสมโลกจริง Augmented Reality*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- รักษพล ธนานวงค์. (2553). *สื่อเสริมการเรียนรู้โลกเสมือนผสมโลกจริง (Augmented Reality) เรื่อง การจมและการลอย*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
(2543). *การศึกษาเพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาและการจัดการท่องเที่ยวเชิงเกษตร (Agro tourism)*. กรุงเทพฯ : ศูนย์บริการวิชาการ สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

Kavafian, H. (2021). *Google adds another 30 Android devices to its ARCore support list*. Retrieved 10 December 2011. Retrieved from <https://www.androidpolice.com/2021/08/06/google-adds-30-handsets-to-its-arcore-support-list/>