

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์
Journal of Applied Informatics and Technology

ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2565

กองบรรณาธิการ ● วารสารวิทยาการสารสนเทศ
และเทคโนโลยีประยุกต์

บรรณาธิการ ● ผศ.สุวิช ธีระโคตร

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

เลขานุการ ● สุวิชา ไชยเมือง

เจ้าของ ● คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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

ISSN: 2586-8136 (Online)

กองบรรณาธิการในประเทศ

เกรียงศักดิ์ เตมีย
แถมภาณุจน์ สมประเสริฐศรี
ไกรศักดิ์ เกษร
คชาภุช เหลี่ยมไธสง
จิตตราภรณ์ สุทธิวรเศรษฐ์
จิตมนต์ อังสกุล
จุฑารัตน์ ศรวณะวงศ์
ธน์สนี เพียรตระกูล
นิยม วงศ์พงษ์คำ
นุชนาฏ บัวศรี
ปรีชา สาคร
พยุ่ง มีสัง
ทิพย์ธน์ เรืองแสง
ไพบุลย์ เกียรติโกมล
ภัทธีรา สุวรรณโค
มนัสวี แก่นอำพรพันธ์
มหศักดิ์ เกตุจำ
ระพีพันธ์ ปิตาคะโส
รัชดา คงกะจันทร์
รัตนโชติ เทียนมงคล
ฤทัย นิ่มน้อย
วิมลมาศ ปฐมวนิชกุล
วีรพงษ์ พลนิกรกิจ
สมนึก พ่วงพรพิทักษ์
สัญญา สราภิรมย์
สายชล ใจเย็น
สายสุนีย์ จับใจ
สิริพร กมลธรรม
สุชาดา น้ำใจดี
สุรพล บุญสื่อ
เสกสรร สายสีสด
เสกสรรค์ เข้มพินิจ
หนึ่งทัย ขอมผลกลาง
อนันตพร พรหมคุณาพิย

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
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี
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
Suhaiddi 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

ในปี 2565 วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์ ได้ก้าวเข้าสู่ปีที่ 4 ทางกองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความที่เผยแพร่ในวารสาร ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 จะทำให้ผู้อ่านได้มีความรู้ทางด้าน ภูมิสารสนเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยาการคอมพิวเตอร์ สามารถที่จะนำแนวคิดและกระบวนการที่ปรากฏในแต่ละบทความไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป ทั้งนี้ บทความที่เผยแพร่ในวารสารได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 ท่าน และผู้แต่งได้ปรับแก้ไขบทความให้มีความสมบูรณ์ กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้อ่านและพิจารณาบทความ รวมทั้งได้ให้คำแนะนำที่ดีต่อผู้แต่ง กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์จะได้ก้าวมาเป็นวารสารที่ได้รับความนิยมและอยู่ในฐานข้อมูลที่เป็นที่รู้จักต่อไปในอนาคต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิข ธีระโคตร

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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, Mahasarakham University

EDITORIAL OFFICE:

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

e-mail: jit@msu.ac.th

ISSN: 2586-8136 (Online)

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

> <http://shorturl.at/psEM5>

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) โดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 3 คน เมื่อได้รับผลการพิจารณาจากกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ จะเข้าสู่ขั้นตอนการพิจารณาจากบรรณาธิการ (Editor-in-Chief) โดยผลการพิจารณาประกอบด้วยผ่านการพิจารณา (Acceptance) ขอให้ปรับแก้ไขบทความตามข้อเสนอแนะ (Revision) และปฏิเสธการเผยแพร่บทความ (Rejection)

นโยบายแหล่งสารสนเทศแบบเสรี (Open Access Policy)

วารสารวิทยาการสารสนเทศและเทคโนโลยีประยุกต์เปิดให้ผู้อ่านได้เข้าถึงบทความโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เผยแพร่บทความสู่สาธารณะและทำให้ผู้อ่านทั่วโลกได้แลกเปลี่ยนความรู้จากบทความที่เผยแพร่

การเปรียบเทียบดัชนีน้ำแบบ NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 สำหรับสกัดพื้นที่แหล่งน้ำ ผิวดิน บริเวณตัวเมือง จังหวัดขอนแก่น ไชยฤทธิ์ เศวตวงษ์, พัทธน์ เรืองแสง	1
การประเมินความยั่งยืนเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบสวนทุเรียน พื้นเมืองแบบวนเกษตรและสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์บริเวณพื้นที่ ต้นน้ำ ตำบลบ้านด่านนาขาม จังหวัดอุดรดิตถ์ จรัณธร บุญญาณภาพ, กัญจน์ชญา เม่าสัว, ปัทมกร มุลทะลิตธิ, ทฤษฎ์ สุกทำแบ่ง	13
การประเมินความแม่นยำของตำแหน่งจาก Google Earth โดยการ รังวัดด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันที กรณีศึกษา: จังหวัดมหาสารคาม เนติ ศรีหาม, ศิวิ แก้วปลั่ง	32
การพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยจาก กระแสไฟฟ้าลัดวงจร สุชาติ คุ่มมะณี, เอกราช อาจเจริญ, พีรวัส ชะนอบรัมย์	48
การพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้าออนไลน์ แสนยานุภาพ นามวงศ์, จาริ ทองคำ	62
การวิเคราะห์ใบมะนาวที่เป็นโรคโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก อุมารณ์ สายแสงจันทร์, รพีพร ชำของ, อรรถพล สุวรรณษา	71

Comparison of NDWI, MNDWI1 and MNDWI2 Indices from Sentinel-2 Satellite Images for Extracting Urban Surface Water Bodies in Khon Kaen <i>Chaiyarit Sawetwong, Pipat Reungsang</i>	1
A Comparative Sustainable Assessment between Native Durian-Based Agroforestry System and Commercial Durian-Based Mixed Orchard in the Upstream of Ban Dan Na Kham Sub-District, Uttaradit Province <i>Jaruntorn Boonyanuphap, Kanchaya Maosew, Pathamakorn Moolthasit, Thayut Suthampaeng</i>	13
Positional Accuracy Evaluation of Google Earth using RTK GNSS Network Surveying Case Study: Mahasarakham Province <i>Neti Srihanu, Siwa Kaewplang</i>	32
Development of Smart Circuit Breakers to Prevent Fire from Short Circuit Current <i>Suchart Khummanee, Aekkarach Artcharoen, Peerawat Chanobrum</i>	48
Developing the Warehouse Management Online System <i>Sanyanupap Namwong, Jaree Thongkam</i>	62
Analysis of Lime Leaf Disease using Deep Learning <i>Umaporn Saisangchan, Rapeeporn Chamchong, Atthapol Suwannasa</i>	71

การเปรียบเทียบดัชนีน้ำแบบ NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 สำหรับสกัดพื้นที่แหล่งน้ำผิวดิน บริเวณตัวเมือง จังหวัดขอนแก่น

Comparison of NDWI, MNDWI1 and MNDWI2 Indices from Sentinel-2 Satellite Images for Extracting Urban Surface Water Bodies in Khon Kaen

ไชยฤทธิ์ เสวตวงศ์¹, พิพัธ์ เรืองแสง^{1,*}

Chaiyarit Sawetwong¹, Pipat Reungsang^{1,*}

¹ การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

¹ Remote Sensing and Geographic Information System, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

* Corresponding Author: Pipat Reungsang, reungsang@kku.ac.th

Received:

4 August 2021

Revised:

18 November 2021

Accepted:

22 November 2021

คำสำคัญ:

การรับรู้จากระยะไกล, การสกัดพื้นที่น้ำผิวดิน, Sentinel-2, NDWI

Keywords:

Remote Sensing, Surface Water Bodies Extraction, Sentinel-2, NDWI

บทคัดย่อ: งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ร่วมกับเทคนิคค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่นปี ค.ศ. 2016 ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่น้ำผิวดินที่ได้จากภาพถ่ายความละเอียดสูง Google Earth ความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปปาในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินของดัชนี MNDWI2 ด้วยเทคนิคค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.989 กับ 0.343 ตามลำดับ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดัชนี MNDWI2 สามารถนำมาใช้ในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินในเขตเมืองได้

Abstract: The objective of this research is to compare effectiveness of urban surface water bodies extraction using NDWI MNDWI1 and MNDWI2 indices from 2016 Sentinel-2 satellite image in Khon Kaen. Results of the study show that MNDWI2 index provided highest overall accuracy and Kappa coefficient values of 0.989 and 0.343, respectively compare to surface water area interpreted from Google Earth high resolution image. Our study reveals that MNDWI2 index can be used for urban surface extraction.

1. บทนำ

จังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดที่มีจำนวนผู้ใช้น้ำประปาต่อเดือนสูงเป็นอันดับ 4 ของการประปาส่วนภูมิภาค (การประปาส่วนภูมิภาค, 2564) และมีการเจริญเติบโตของเมืองที่สูงขึ้นเรื่อยๆ (Ongsomwang, Pattanakiat, & Srisuwan, 2019) ประกอบกับผลกระทบจากสภาวะโลกร้อนที่เพิ่มความเสี่ยงต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติ ทั้ง น้ำท่วม, ภาวะความร้อน และ น้ำแล้ง จึงต้องมีแผนการจัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ (Beringer, Inmuong, & Kaomuano, 2018)

เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลภาพถ่ายดาวเทียมถูกนำมาติดตามพื้นที่น้ำผิวดินทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ รวมถึงภัยพิบัติด้านน้ำขนาดมาตราส่วนระดับโลกมาหลายสิบปีซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเมื่อเทียบกับการดำเนินการโดยเครื่องบินและทางภาคพื้นดิน (Chawla, Karthikeyan, & Mishra, 2020) ประกอบกับการพัฒนาด้วยเทคโนโลยีในช่วง 10 ถึง 15 ปี ที่ผ่านมามีความสามารถในการติดตามน้ำผิวดินในขนาดมาตราส่วนละเอียดระดับพื้นที่ได้ (Topp, Pavelsky, Jensen, Simard, & Ross, 2020) ในบรรดาภาพถ่ายดาวเทียมแบบ Optical ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ค่าใช้จ่ายนั้น ดาวเทียม Sentinel-2 เป็นดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่มากที่สุดและใช้ติดตามน้ำผิวดินได้เป็นอย่างดี (Huang, Chen, Zhang, & Wu, 2018)

เทคนิคการจำแนกน้ำผิวดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถแบ่งได้ 4 วิธีหลักๆ คือ ใช้ภาพหนึ่งช่วงคลื่น, การทำดัชนี, การเรียนรู้ด้วยเครื่อง และ Spectral unmixing โดยการทำดัชนีภาพถ่ายดาวเทียมเป็นวิธีการที่นิยมมากที่สุดพร้อมทั้งมีวิธีการคำนวณที่ไม่ซับซ้อนทำให้ง่ายต่อการใช้งานและได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกพื้นที่น้ำผิวดิน ถึงแม้ว่าวิธี Machine learning มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ต้องใช้เวลาในการคำนวณที่ซับซ้อนกว่า

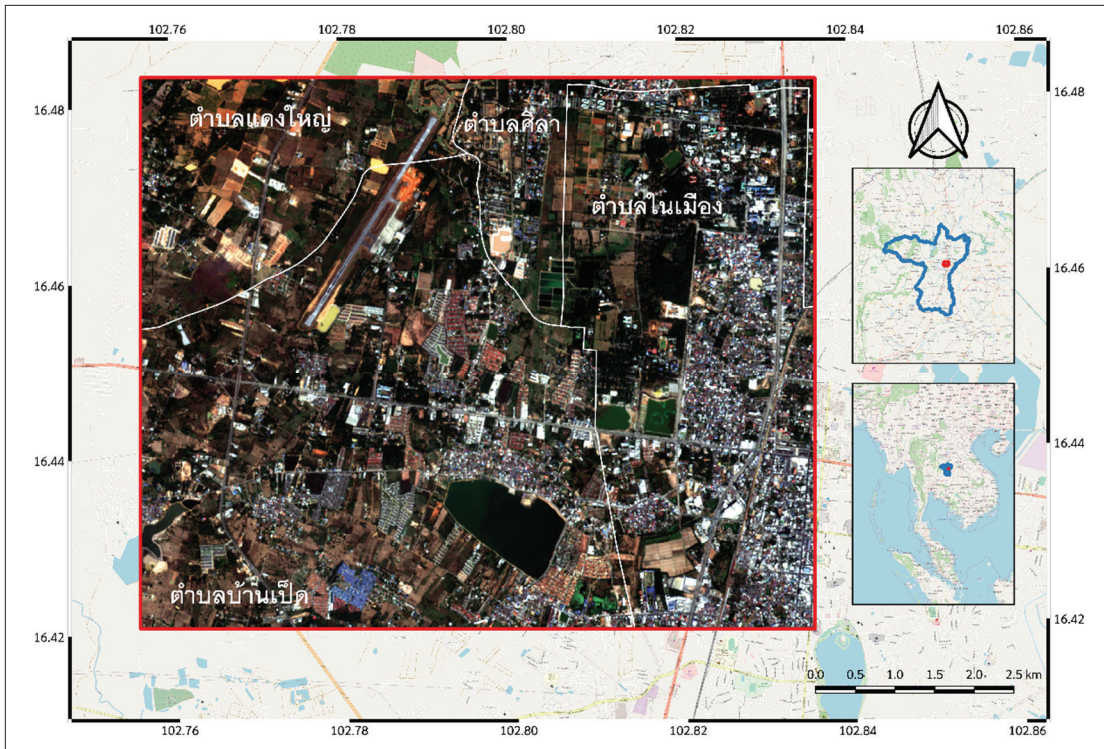
วิธีทั้งหมด (Bijeesh & Narasimhamurthy, 2020) ดัชนี NDWI และ MNDWI มีหลายแบบที่สามารถนำมาใช้สกัดพื้นที่น้ำผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ji, Zhang, & Wylie, 2009) โดยในช่วงคลื่นแสงสีเขียวกับ ใกล้อินฟราเรด มาสร้างดัชนี NDWI (McFeeters, 2007) และได้ปรับปรุงดัชนี NDWI เป็น MNDWI ให้สามารถสกัดพื้นที่น้ำผิวดินพร้อมกับความคงทนต่อสิ่งก่อสร้างมากขึ้น (Xu, 2007) จากการนำช่วงคลื่นแสงสีเขียว กับ อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น1 และ อินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น2 มาสร้าง MNDWI1 และ MNDWI2 (Acharya, Subedi, & Lee, 2018; Ji *et al.*, 2009; Özelkan, 2020) ประเทศไทยมีงานศึกษาประสิทธิภาพดัชนี NDWI และ MNDWI มาใช้สกัดพื้นที่น้ำผิวดินร่วมกับการใช้ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติในพื้นที่ชลประทาน (โสธดา คงสังข์ และชุตติเทพ วงษ์เพ็ชร, 2019) การใช้ดัชนี NDWI หาแหล่งน้ำเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งน้ำถาวร (ศรัญญา หารมาก, 2562) และใช้หาแหล่งน้ำผิวดินทั้งประเทศ (วัชรระ ดอนลาว, 2563) ในระหว่างปี 2557 ถึง 2561 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และถ่ายในช่วงหน้าร้อนของประเทศไทย แต่ยังไม่มีการศึกษาการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินในเขตเมืองของไทย

ดังนั้น งานศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในบริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่น

2. วิธีการดำเนินการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษามีขนาด 59,299,200 ตารางเมตร ซึ่งกว้าง 8,520 เมตร และยาว 6,960 เมตร ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของตัวเมืองขอนแก่น พื้นที่ศึกษานี้ครอบคลุมพื้นที่ ตำบลแดงใหญ่ ตำบลบ้านเป็ด ตำบลศิลา และตำบลในเมือง แสดงดังภาพประกอบ 1 (ภาพผสมสีจริงของดาวเทียม Sentinel-2)



ภาพประกอบ 1 แสดงพื้นที่ศึกษา (กรอบสีแดง)

2.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ดาวเทียม Sentinel-2 ติดตั้งเครื่องมือ Multi Spectral Instrument (MSI) บันทึกข้อมูล 13 ช่วงคลื่น ตั้งแต่ในช่วงคลื่นตั้งแต่ช่วง Visible, Near infrared และ Short wave infrared มีความละเอียดเชิงพื้นที่ปานกลาง ตั้งแต่ 10 เมตร ถึง 60 เมตร (Drusch *et al.*, 2012) สามารถโหลดข้อมูลจาก <https://earthexplorer.usgs.gov/> เลือกภาพประกอบไม่มีเมฆปกคลุม บันทึกภาพเมื่อวันที่ 28 ธันวาคม 2559 ระดับของข้อมูลภาพอยู่ที่ L1C ช่วงคลื่นที่นำมาใช้งานคือ ช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร ได้แก่ช่วงคลื่นที่ 2 (Blue), 3 (Green), 4 (Red) และ 8 (NIR) กับช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 20 เมตร ได้แก่ช่วงคลื่น 11 (SWIR1) และ 12 (SWIR2)

เตรียมข้อมูลภาพถ่าย Sentinel-2 โดยใช้เครื่องมือ Cen2Cor ในโปรแกรม SNAP ทำการปรับ

แก้ความถูกต้องเชิงรังสี เปลี่ยนระดับข้อมูลจาก L1C (Top-Of-Atmosphere) เป็น L2A (Bottom-Of-Atmosphere) (Louis *et al.*, 2016) นำมาตัดภาพให้เหลือเฉพาะพื้นที่ศึกษาเพื่อลดเวลาการประมวลผลข้อมูล แล้วใช้เครื่องมือ Sen2Res ทำการเพิ่มความละเอียดเชิงพื้นที่จาก 20 เมตร ของช่วงคลื่นที่ 11 และ 12 เป็น 10 เมตร (Brodu, 2016)

ข้อมูลภาพถ่ายความละเอียดเชิงพื้นที่สูงของ Google Earth จากเครื่องมือ Historical Imagery ของโปรแกรม Google Earth Pro มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องด้านต่างๆ เช่น ของการตัดแยกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Tan *et al.*, 2021) เมื่อใช้ร่วมกับกับภาพผสมสีจริงจากดาวเทียม Landsat-8 มีประโยชน์ในการในการใช้ตรวจสอบพื้นที่น้ำผิวดิน (Acharya *et al.*, 2018) ใช้คัดแยกกลุ่มของลักษณะน้ำผิวดินที่ความลึกต่างกัน (Özelkan, 2020) และใช้ร่วมกับดาวเทียม

Sentinel-2 สามารถใช้สร้างแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินจากการลากขอบเขตความด้วยสายตา (Du *et al.*, 2016 ; Yang, Zhao, Qin, Zhao, & Liang, 2017) งานศึกษานี้จึงนำภาพประกอบบันทึกเมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2559 มาใช้สร้างแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องในบริเวณศึกษา

2.3 วิธีการคำนวณดัชนี NDWI

แม้ว่าการนำภาพหนึ่งช่วงคลื่นมาใช้หาพื้นที่น้ำผิวดินได้โดยตรง แต่การทำดัชนีสามารถลดค่าผิดปกติที่เกิดจากเมฆและเงาได้ ซึ่งการเลือกช่วงคลื่นต่างๆ มาใช้ทำดัชนีนั้นเลือกจากลักษณะการสะท้อนและการดูดกลืนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุเป้าหมายที่ต้องการสกัดข้อมูลออกมา (Bijeesh & Narasimhamurthy, 2020)

ดัชนีน้ำแตกต่างปกติ MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) ได้ถูกพัฒนาเพื่อสกัดพื้นที่น้ำผิวดิน จากการที่น้ำมีรูปแบบสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น Green มาก และสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น NIR น้อย ซึ่งสามารถแยกน้ำออกจากพืชพรรณและดินที่มีสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น NIR ที่สูง ทำให้พื้นที่น้ำผิวดินจะมีค่ามากกว่า 0 ขณะที่ดินหรือพืชพรรณจะมีค่าใกล้เคียงหรือน้อยกว่า 0 สามารถคำนวณได้ดังสมการ (1) (McFeeters, 2007)

$$NDWI = (\rho_{Green} - \rho_{NIR}) / (\rho_{Green} + \rho_{NIR}) \quad (1)$$

เมื่อ ρ_{Green} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 3 และ ρ_{NIR} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 8 ค่าที่ออกมาจะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1

ดัชนีน้ำแตกต่างปกติ MNDWI (modified normalized Difference Water Index) พัฒนามาจากดัชนี NDWI เนื่องจากพบว่าดัชนี NDWI มี

ลักษณะการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่น Green และ NIR รูปแบบเดียวกับสิ่งปลูกสร้าง จึงเลือกใช้ช่วงคลื่น SWIR1 มาใช้งานแทนช่วงคลื่น NIR ทำให้พื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี MNDWI มีค่ามากกว่าดัชนี NDWI และทำให้สิ่งปลูกสร้างมีค่าจากมากกว่า 0 เป็นน้อยกว่า 0 เช่นเดียวกับดินและพืชพรรณที่มีค่าน้อยกว่า 0 (Xu, 2007) เนื่องจากมี SWIR อยู่ 2 ช่วงคลื่น คือ SWIR1 และ SWIR2 ดังนั้น MNDWI สามารถคำนวณได้ 2 สมการ คือ MNDWI1 ดังสมการ (2) และ MNDWI2 สามารถคำนวณได้ดังสมการ (3) (Acharya *et al.*, 2018 ; Li *et al.*, 2020 ; Özelkan, 2020)

$$MNDWI1 = (\rho_{Green} - \rho_{SWIR1}) / (\rho_{Green} + \rho_{SWIR1}) \quad (2)$$

เมื่อ ρ_{Green} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 3 และ ρ_{NIR} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 11 ค่าที่ออกมาจะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1

$$MNDWI2 = (\rho_{Green} - \rho_{SWIR2}) / (\rho_{Green} + \rho_{SWIR2}) \quad (3)$$

เมื่อ ρ_{Green} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 3 และ ρ_{NIR} คือ ค่า ของช่วงคลื่นที่ 12 ค่าที่ออกมาจะอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1

2.4 วิธีการวิเคราะห์ค่าขีดแบ่ง

ค่าขีดแบ่ง (Threshold) อัตโนมัตินี้แบบ Otsu เป็นการเลือกค่าขีดแบ่งอัตโนมัติจากฮิสโตแกรมของภาพแสดงความเข้มระดับสีเทา (Gray Scale) แบบไม่ต้องสอน (Unsupervised) การแยกภาพพื้นหลังออกจากภาพพื้นหน้าจากการสร้างกลุ่มจุดภาพ 2 กลุ่มที่มีความแปรปรวนภายในกลุ่มน้อยที่สุด (Otsu, 1979) ซึ่งเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการสกัดน้ำผิวดินจากข้อมูลภาพจากการรับรู้ระยะไกลเป็นอย่างมาก (Bijeesh &

Narasimhamurthy, 2020) งานศึกษานี้ใช้เครื่องมือ Binary Thresholding function ในโปรแกรม ArcGIS 10.8 เป็นสมการที่ใช้หลักการคำนวณแบบ Otsu (“Binary Thresholding function—ArcMap | Documentation,” n.d.) ทำการขีดแบ่งอัตโนมัติกับดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 เลือกค่าของกลุ่มที่มีค่าเท่ากับ 1 เป็นตัวกำหนดพื้นที่น้ำผิวดิน

ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีของดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 เลือกค่าที่มากกว่า 0 จากเครื่องมือ Raster Calculator ในโปรแกรม ArcGIS 10.8 เป็นตัวกำหนดพื้นที่น้ำผิวดิน

2.5 วิธีการประเมินผล

การประเมินผลข้อมูลจากการคำนวณตาราง Confusion matrix (ตาราง 1) เป็นการนำผลจากการขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu และการขีดแบ่งตามทฤษฎี ที่ได้จากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 มาตรวจสอบความถูกต้องกับแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น จะได้ผลลัพธ์ 4 รูปแบบ ดังนี้ (1) True positive (TP) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าเป็นน้ำตรงกับพื้นที่น้ำของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น (2) False negative (FN) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าไม่ใช่แต่เป็นพื้นที่น้ำของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น (3) False positive (FP) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าเป็นน้ำแต่ไม่ใช่พื้นที่น้ำของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น และ (4) True

negative (TN) คือ จุดภาพประกอบดัชนีบอกว่าไม่ใช่ น้ำตรงกับพื้นที่ไม่ใช่ของแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) สามารถคำนวณได้ดังสมการ (4) (Story & Congalton, 1986)

$$\text{ค่าความถูกต้องโดยรวม} = (TP + TN) / (TP + FN + FP + TN) \quad (4)$$

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปาหรือค่าสัมประสิทธิ์โคเฮนแคปปา (Cohen’s kappa coefficient) เป็นการคำนวณหาความสอดคล้องของข้อมูล 2 ชุด (McHugh, 2012) เมื่อนำมาใช้ในงานศึกษานี้จึงเป็นการนำผลการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินของแต่ละดัชนีด้วยค่าขีดแบ่งทั้งแบบอัตโนมัติและค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีมาหาความสอดคล้องแผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่สร้างขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสามารถนำค่าในตาราง Confusion matrix มาคำนวณได้ดังสมการ (5) (Acharya *et al.*, 2018)

$$Kc = (T \times (TP + TN) - \Sigma) / (T^2 - \Sigma) \quad (5)$$

เมื่อ T คือ $(TP + FN + FP + TN)$

Σ คือ $((TP + FP) \times (TP + FN)) + ((FN + TN) \times (FP + TN))$

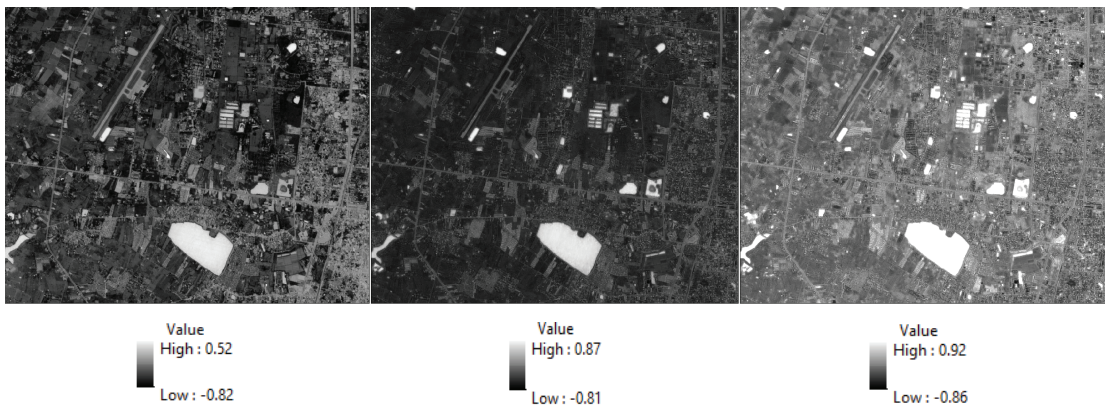
ตาราง 1 แสดง Confusion matrix

Confusion matrix		แผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินที่สร้างขึ้น (Reference Data)	
		น้ำ	ไม่ใช่ น้ำ
แผนที่ขอบเขตพื้นที่น้ำผิวดินจากการสกัดดัชนีแต่ละแบบ (Classified Data)	น้ำ	TP	FP
	ไม่ใช่ น้ำ	FN	TN

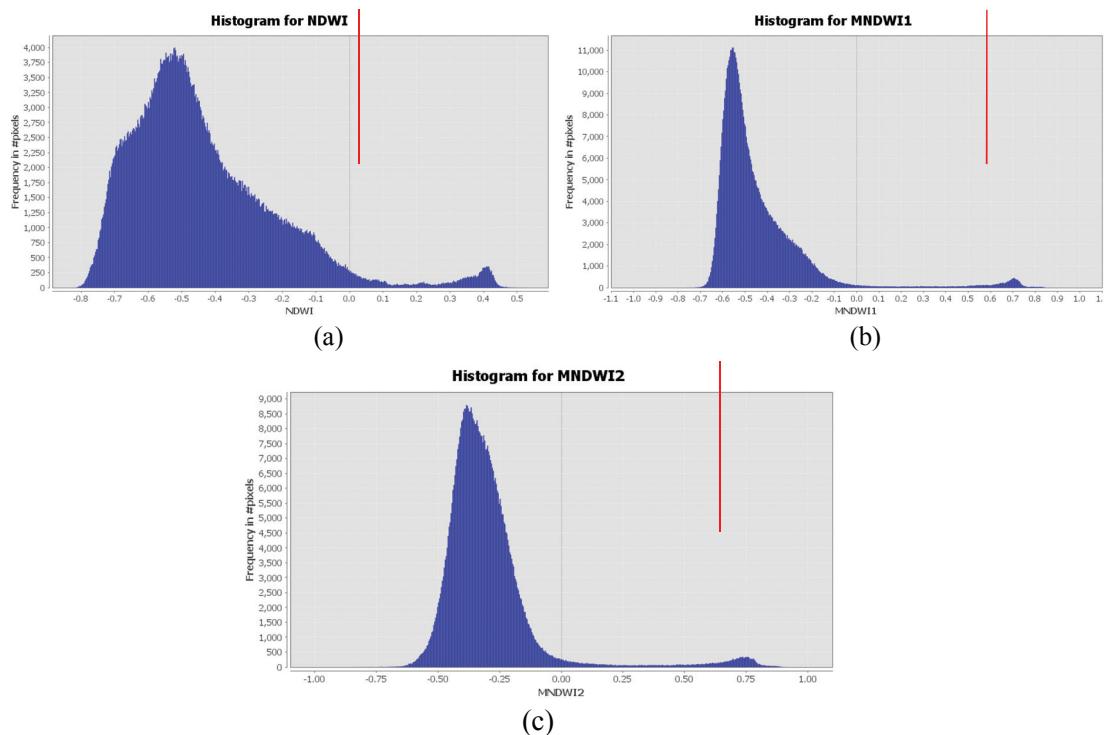
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาที่คำนวณได้จะแปลผลได้เป็น 0.00-0.20 คือ ไม่สอดคล้องกัน, 0.21-0.39 คือ สอดคล้องกันต่ำ, 0.40-0.59 คือ สอดคล้องกันปานกลาง, 0.60-0.79 คือ สอดคล้องกันดี, 0.80-0.90 คือ สอดคล้องกันสูง และ >0.90 คือ สอดคล้องกันเกือบจะสมบูรณ์แบบ (McHugh, 2012)

3. ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ผลการคำนวณดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในบริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่นได้ผลลัพธ์ดังภาพประกอบ 2 มีช่วงความกว้างของข้อมูลดัชนีจากมากไปน้อย คือ NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 2 แสดงการคำนวณดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2

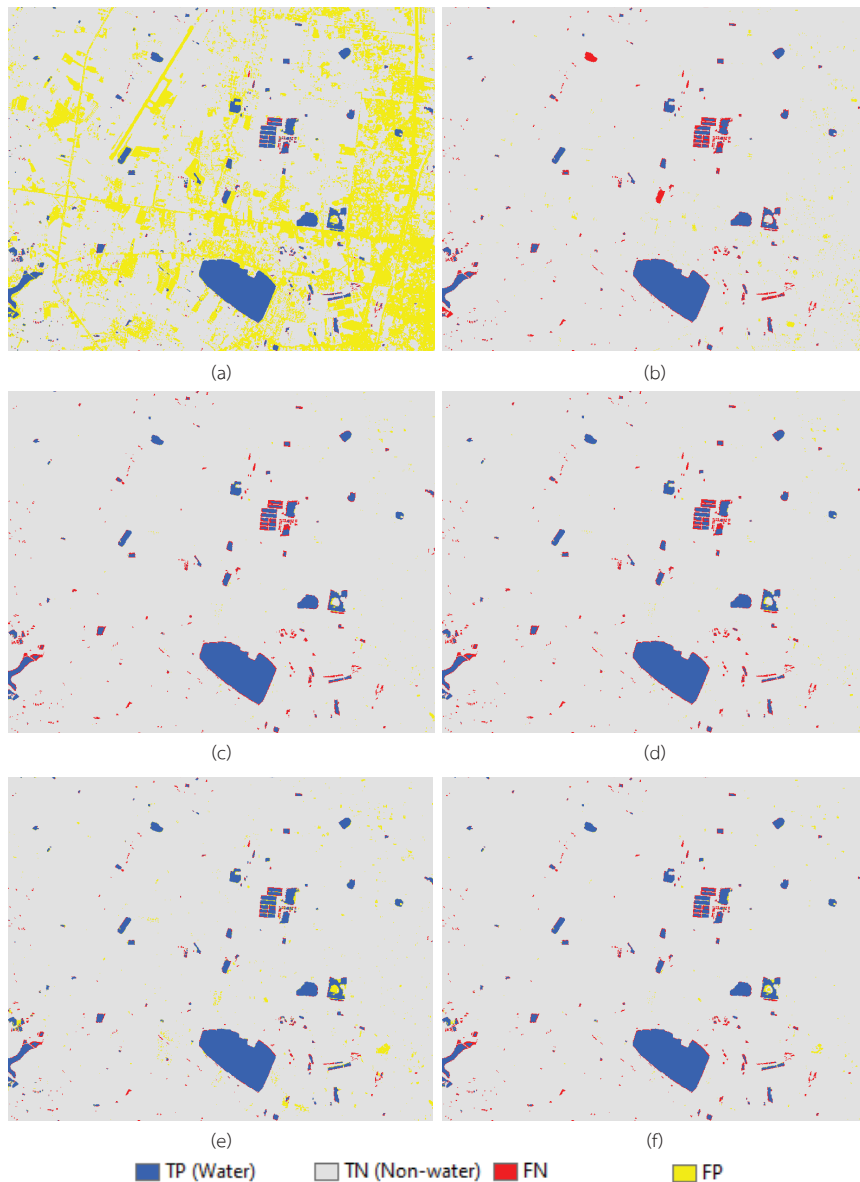


ภาพประกอบ 3 แสดงค่าขีดแบ่งโดยวิธีอัตโนมัติแบบ Otsu (เส้นสีแดง) ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี (เส้นสีเทา) บนฮิสโตแกรมของดัชนี NDWI (a), MNDWI1 (b) และ MNDWI2 (c)

ผลการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากค่าขีดแบ่ง โดยวิธีอัตโนมัติแบบ Otsu มีค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมอยู่ที่ -0.3546, 0.0195 และ 0.1178 กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีที่ค่าเท่ากับ 0 ของดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ตามลำดับ แสดงอยู่บนฮิสโตแกรม (Histogram) ดังภาพประกอบ 3

ผลการคำนวณความถูกต้องด้วยตาราง Confusion matrix แสดงดังตาราง 2 (จำนวนจุด

ภาพ) เมื่อแบ่งพื้นที่ตามผลของ ของค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี จากดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 แสดงดังภาพประกอบ 4 (จุดภาพขนาด 10 ตารางเมตร) และผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) และผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Cohen's kappa coefficient) แสดงดังตาราง 3



ภาพประกอบ 4 แสดงผลการขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับแบบตามทฤษฎี ของดัชนี NDWI (a) - (b), MNDWI1 (c)-(d), MNDWI2 (e)-(f)

ตาราง 2 แสดงผลการคำนวณตาราง Confusion matrix

ดัชนี	ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu				ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu			
	TP	TN	FN	FP	TP	TN	FN	FP
NDWI	23,141	425,922	1,994	141,935	18,042	564,650	7,093	3,207
MNDWI1	18,788	566,967	6,347	890	18,788	566,967	6,347	890
MNDWI2	20,064	566,522	5,071	1,335	21,625	563,165	3,510	4,692

ตาราง 3 แสดงผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา

ดัชนี	ความถูกต้องโดยรวม		สัมประสิทธิ์แคปปา	
	ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu	ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี	ค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu	ค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี
NDWI	0.757	0.983	0.246	0.338
MNDWI1	0.988	0.988	0.341	0.341
MNDWI2	0.989	0.986	0.343	0.342

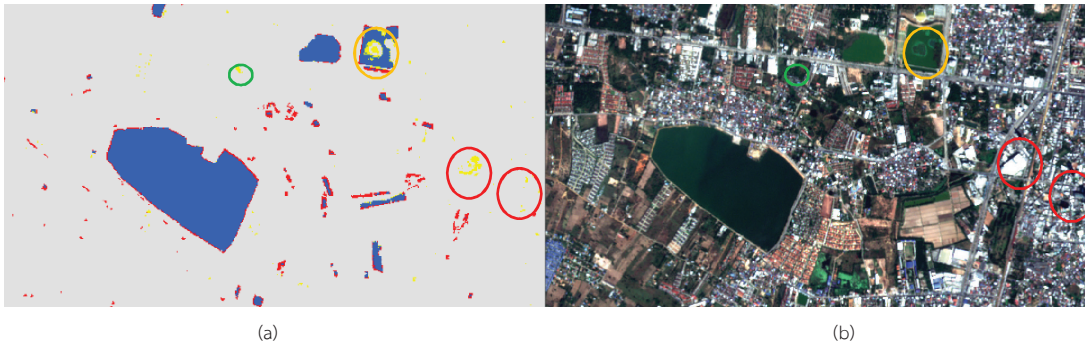
ผลจากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี NDWI ดังภาพประกอบ 4 (a) ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu แสดงให้เห็นพื้นที่ Fail positive (FP) แสดงด้วยพื้นที่สีเหลืองทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกสร้างในรูปแบบถนน, อาคาร และสนามบิน เมื่อเทียบกับผลจากการสกัดพื้นที่ผิวน้ำด้วยค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี (b) พบว่ามีพื้นที่ Fail positive ลดลงเป็นอย่างมาก เนื่องจากฮิสโตแกรมของดัชนี NDWI ดังภาพประกอบ 3 (a) มียอดย่อยหลายยอดและมีฐานของกราฟที่กว้าง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการคัดแยกพื้นที่น้ำผิวดินด้วยค่าขีดแบ่งโดยวิธีอัตโนมัติแบบ Otsu ลดลง ทำให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปามีค่าน้อยที่สุดคือ 0.757 และ 0.246 ของค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu และ 0.983 และ 0.334 ของค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี ตามลำดับ

ผลจากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี MNDWI1 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu ดังภาพประกอบ 4 (c) และด้วยค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี (d) แม้ว่าพื้นที่ Fail positive (FP) น้อยมาก แต่

ก็มีประสิทธิภาพในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดิน (True positive) ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับทั้ง 2 ดัชนีที่เหลือ ดังผลการคำนวณตามตาราง Confusion matrix ในตาราง 3 ซึ่งมีค่าเท่ากันเนื่องจากค่าขีดแบ่งทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกันมากดังภาพประกอบ 3 (b) โดยที่มีค่าความถูกต้องโดยรวมมีประสิทธิภาพเป็นลำดับที่ 2 คือมีค่าอยู่ที่ 0.988

ผลจากการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินจากดัชนี MNDWI2 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu ดังภาพประกอบ 4 (e) และผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา อยู่ที่ 0.989 และ 0.343 ตามลำดับ ดังตาราง 3 พบว่ามีความถูกต้องสูงที่สุด รองลงมาเป็นการขีดแบ่งด้วยค่าตามทฤษฎี ที่มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา อยู่ที่ 0.342

แม้ว่าดัชนี MNDWI2 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu มีประสิทธิภาพในการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินบริเวณเมืองมากที่สุด แต่ยังพบความผิดพลาดในการสกัดพื้นที่น้ำหลงเหลืออยู่โดยเฉพาะบริเวณทางตะวันตก



ภาพประกอบ 5 แสดงพื้นที่การสกัดพื้นที่น้ำผิวดินผิดพลาดจากดัชนี MNDWI2 ด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu (a) และภาพผสมมีจริง (b)

เฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ดังภาพประกอบ 5 (a) เมื่อเทียบกับภาพผสมสีจริงดังภาพประกอบ 5 (b) ซึ่งเป็นพื้นที่หลังคาสีสว่างขนาดใหญ่ของห้างสรรพสินค้า และหลังคาสีสว่างของอาคารในพื้นที่เมืองในพื้นที่ศึกษาแสดงด้วยวงกลมสีแดง พื้นที่พืชที่ขึ้นปิดทับผิวน้ำแสดงด้วยวงกลมสีส้ม และพื้นที่ดินขึ้นแสดงด้วยวงกลมสีเขียว

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี NDWI, MNDWI1 และ MNDWI2 ร่วมกับเทคนิคค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎี จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณตัวเมืองจังหวัดขอนแก่น ปี ค.ศ. 2016 พบว่าการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินด้วยด้วยค่าขีดแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu จากดัชนี MNDWI2 มีผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา อยู่ที่ 0.989 และ 0.343 ตามลำดับ ตามมาด้วยดัชนี MNDWI1 ที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าเพียงเล็กน้อย มีผลการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวมและผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์แคปปา จากแบ่งอัตโนมัติแบบ Otsu กับค่าขีดแบ่งตามทฤษฎีเท่ากันอยู่ที่ 0.988 และ 0.341 ตามลำดับ ดังนั้น ดัชนี MNDWI2 จึงสามารถนำมาใช้สกัดพื้นที่น้ำผิวดินในพื้นที่เมืองได้

แม้ว่ายังพบความผิดพลาดในการสกัดพื้นที่น้ำหลงเหลืออยู่ซึ่งเป็นพื้นที่หลังคาสีสว่างขนาดใหญ่ของห้างสรรพสินค้า หลังคาสีสว่างของอาคารในพื้นที่เมือง พืชที่ขึ้นปกคลุมผิวน้ำ และพื้นที่ดินขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีในการคัดกรองข้อมูลแปลกปลอมออกก่อนทำการสกัดพื้นที่น้ำผิวดินโดยใช้ดัชนี MNDWI2 เช่น ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ แต่ข้อมูลดังกล่าวที่สามารถเข้าถึงได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายมีขนาดจุดภาพใหญ่กว่าขนาดจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จึงไม่ได้นำข้อมูลความสูงภูมิประเทศมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ด้วยข้อจำกัดด้านขนาดความละเอียดของจุดภาพจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จึงไม่สามารถสกัดพื้นที่น้ำผิวดินที่มีขนาดเล็กและรูปร่างที่เล็กกว่าได้ งานวิจัยครั้งนี้ไม่ให้น้ำหนักเกี่ยวกับความแตกต่างของความละเอียดเชิงจุดภาพของข้อมูลภาพจาก Google Earth และข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2

5. เอกสารอ้างอิง

วัชรระ ดอนลาว และสวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข. (2563). การสกัดข้อมูลพื้นที่แหล่งน้ำบนภาพถ่ายดาวเทียมด้วยยูเกิลเอร์ธเอนจิน. วารสารวิทยาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ (JSID), 1(2), 14–23. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jsid/article/view/243981>

- ศรัญญา หารมาก และสรวิศ สุภเวชย์ (2562). *การประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียมเพื่อหาพื้นที่ที่มีศักยภาพพัฒนาเป็นแหล่งน้ำถาวร*. [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์]. <https://ethesis.lib.ku.ac.th/dspace/handle/123456789/137>
- โสดา คงสังข์, จุติเทพ วงษ์เพ็ชร และชูพันธุ์ ชมภูจันทร์. (2562). การจำแนกพื้นที่ผิวน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI โดยใช้วิธีดัชนีน้ำแบบ NDWI. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*, 20(ฉบับพิเศษ), 260–272.
- Acharya, T.D., Subedi, A., & Lee, D.H. (2018). Evaluation of water indices for surface water extraction in a Landsat 8 scene of Nepal. *Sensors*, 18(2), 2580. <https://doi.org/10.3390/S18082580>
- Beringer, A.L., Inmuong, Y., & Kaomuangoi, K. (2018). Understanding urban vulnerabilities to climate change impacts in Khon Kaen and Mukdahan in Thailand. *Social Science Asia*, 4(4), 1–13. <https://doi.org/10.14456/ssa.2018.28>
- Bijeesh, T.V., & Narasimhamurthy, K.N. (2020). Surface water detection and delineation using remote sensing images: A review of methods and algorithms. *Sustainable Water Resources Management*, 6, 68, 1–23. <https://doi.org/10.1007/S40899-020-00425-4>
- Binary Thresholding function—ArcMap | Documentation. (n.d.). Retrieved October 9, 2021, Retrieved from <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/binary-thresholding-function.htm>
- Brodu, N. (2016). Super-resolving multiresolution images with band-independent geometry of multispectral pixels. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(8), 4610–4617. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2694881>
- Chawla, I., Karthikeyan, L., & Mishra, A. K. (2020). A review of remote sensing applications for water security: Quantity, quality, and extremes. *Journal of Hydrology*, 585, 124826. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2020.124826>
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2011.11.026>
- Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., & Li, X. (2016). Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with modified normalized difference water index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the SWIR band. *Remote Sensing*, 8(4), 354. <https://doi.org/10.3390/rs8040354>

- Huang, C., Chen, Y., Zhang, S., & Wu, J. (2018). Detecting, extracting, and monitoring surface water from space using optical sensors: A review. *Reviews of Geophysics*, 56(2), 333–360. <https://doi.org/10.1029/2018RG000598>
- Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75(11), 1307–1317. <https://doi.org/10.14358/PERS.75.11.1307>
- Li, J., Pei, Y., Zhao, S., Xiao, R., Sang, X., & Zhang, C. (2020). A review of remote sensing for environmental monitoring in China. *Remote Sensing*, 12(7), 1130. <https://doi.org/10.3390/RS12071130>
- Louis, J., Debaecker, V., Pflug, B., Main-Knorn, M., Bieniarz, J., Mueller-Wilm, U., & Gascon, F. (2016). Sentinel-2 Sen2Cor: L2A processor for users. in *Living Planet Symposium* (pp. 1–8).
- McFeeters, S. K. (2007). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>
- McHugh, M.L. (2012). Interrater reliability: The Kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282. <https://doi.org/10.11613/bm.2012.031>
- Ongsomwang, S., Pattanakiat, S. & Srisuwan, A. (2019). Impact of land use and land cover change on ecosystem service values: A case study of Khon Kaen city, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 17(4), 43–58. <https://doi.org/10.32526/ENNRJ.17.4.2019.30>
- Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62–66.
- Özelkan, E. (2020). Water body detection analysis using NDWI indices derived from Landsat-8 OLI. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1759–1769. <https://doi.org/10.15244/PJOES/110447>
- Story, M., & Congalton, R. G. (1986). Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(3), 397–399.
- Tan, M.L., Tew, Y.L., Chun, K.P., Samat, N., Shaharudin, S.M., Mahamud, M.A., & Tangang, F.T. (2021). Improvement of the ESA CCI Land cover maps for water balance analysis in tropical regions: A case study in the Muda River Basin, Malaysia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 36, 100837. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2021.100837>

-
- Topp, S.N., Pavelsky, T.M., Jensen, D., Simard, M., & Ross, M.R.V. (2020). Research trends in the use of remote sensing for inland water quality science: Moving towards multidisciplinary applications. *Water*, 12(1), 169. <https://doi.org/10.3390/W12010169>
- Xu, H. (2007). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>
- Yang, X., Zhao, S., Qin, X., Zhao, N., & Liang, L. (2017). Mapping of urban surface water bodies from Sentinel-2 MSI imagery at 10 m resolution via NDWI-Based image sharpening. *Remote Sensing*, 9(6), 596. <https://doi.org/10.3390/RS9060596>

การประเมินความยั่งยืนเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร และสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ ตำบลบ้านด่านนาขาม จังหวัดอุตรดิตถ์

A Comparative Sustainable Assessment between Native Durian-Based Agroforestry System and Commercial Durian-Based Mixed Orchard in the Upstream of Ban Dan Na Kham Sub-District, Uttaradit Province

จรัณธร บุญญาภาพ^{1,*}, กัญจน์ชญา เมาส์², ปัทมกร มุลทะสิทธิ์¹, ทฤษฎ์ สุธำแพง¹
Jaruntorn Boonyanuphap^{1,*}, Kanchaya Maoew²,
Pathamakorn Moolthasit¹, Thayut Suthampaeng¹

¹ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000 ประเทศไทย

² ม.ส.ท. : มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ถนนบอนด์สตรีท ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด นนทบุรี 11220 ประเทศไทย

¹ Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand

² Thailand Environment Institute Foundation (TEI), Bond Street, Bangpood, Pakkred, Nonthaburi 11120 Thailand

* Corresponding Author: Jaruntorn Boonyanuphap, charuntornb@nu.ac.th

Received:

22 July 2021

Revised:

9 October 2021

Accepted:

10 November 2021

คำสำคัญ:

สวนทุเรียนแบบวนเกษตร, สวน
ทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์, ความ
ยั่งยืนทางการเกษตร

Keywords:

native durian-based agroforestry
system, commercial growing
durian-based mixed orchard,
agricultural sustainability

บทคัดย่อ: ในปัจจุบันการใช้ทรัพยากรที่ดินบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลบ้าน
ด่านนาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสวนทุเรียน
พื้นเมืองแบบวนเกษตรไปเป็นสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ด้วยการใช้สารเคมี
อย่างเข้มข้นในการผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อม
และส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนในการพัฒนาท้องถิ่น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์
เพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรเปรียบ
เทียบกับระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ ด้วยดัชนีความยั่งยืน 18 ดัชนี โดย
จำแนกตามมิติของการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจระดับครัว
เรือน ด้านสังคมและวัฒนธรรม ด้านนโยบายในท้องถิ่น และด้านสิ่งแวดล้อม
จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนและการวางแผนศึกษา
ชนิดพรรณไม้และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ผลการศึกษาพบว่า สวนทุเรียน
พื้นเมืองแบบวนเกษตรมีจำนวนชนิดพันธุ์ของไม้ป่าขนาดใหญ่ จำนวนชนิด
พันธุ์พืชที่ใช้ประโยชน์ได้ และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากกว่าสวนทุเรียนผสม
เชิงพาณิชย์ ($p < 0.05$) โดยภาพรวมระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมี
ความยั่งยืนในทุกมิติมากกว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะผล
รวมความยั่งยืนในมิติด้านสังคมและวัฒนธรรม และมิติด้านสิ่งแวดล้อมมีสูง
กว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.0016$
และ $p = 0.031$ ตามลำดับ) องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถใช้ชุดข้อมูล
ความยั่งยืนของการผลิตทุเรียนทั้ง 2 ระบบ เพื่อจัดทำแผนการใช้ทรัพยากร
บริเวณแหล่งต้นน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการเสริมสร้างความตระหนัก
แก่สาธารณชนถึงผลกระทบของการเปลี่ยนวิถีเกษตรกรรมต่อการพัฒนา
ท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

Abstract: The current utilization of resources in the upstream areas of Ban Dan Na Kham Sub-district has changed by agriculturist changing the way of agriculture from a mixed fruit tree-based agroforestry that relies on the balance of nature to be agriculture that focuses on increasing commercial production that requires increasing chemical use in production. This has resulted in the environment impacts and cause of ecosystem degradation. This study aimed to assess the sustainability of the native durian-based agroforestry system compared with the commercial growing durian-based mixed orchard by using 17 sustainability indices. The sustainability indices were chosen and then classified in the basis of the four dimensions of sustainable developments, namely dimensions of household economic, social and cultural dimensions, local policy dimensions and environmental dimensions. The native durian-based agroforestry system has statistically significantly higher numbers of large forest tree and useful plant species, and amount of soil organic matter than the commercial growing durian-based mixed orchard ($p < 0.05$). Assessment of the sustainability level under the current durian garden management system of both systems. In the overall, native durian under agroforestry system indicated a higher sustainability than the commercial mixed durian orchard particular in social and cultural dimensions and the environmental dimensions ($p = 0.0016$ และ $p = 0.03$, respectively). The local administrative organization can use this sustainability dataset on both durian-based production systems for planning the effective use of resources in upstream region including creating a public awareness program for the impact of changing agricultural way on the sustainable local development.

1. บทนำ

เกษตรกรรมเป็นส่วนสำคัญของระบบเศรษฐกิจ ซึ่งทั้งการเพาะปลูกพืชและเห็ด การปศุสัตว์ หรือกิจกรรมรูปแบบต่างๆ เพื่อผลิตอาหาร เชื้อเพลิง ยารักษาโรค และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ถูกนำมาใช้เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและสร้างความยั่งยืนในชุมชน ดังนั้นเกษตรกรรมจึงเป็นแรงผลักดันสำคัญต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ (International Labour Organization, 1999) เนื่องจากบทบาทหน้าที่ของเกษตรกรรมในเชิงเศรษฐกิจประกอบด้วยความซับซ้อนและความอึดตัวของการพัฒนาตลาด รวมถึงระดับการพัฒนาเชิงสถาบัน (van Huylenbroeck *et al.*, 2007) อย่างไรก็ตาม การทำเกษตรกรรมสมัยใหม่ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่มากขึ้นไป เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลกระทบ

เชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมและความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น การลดภาวะความแตกต่างของถิ่นอาศัยสำหรับสิ่งมีชีวิต (Habitat heterogeneity) ซึ่งทำให้เกิดความสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงยังเป็นการทำลายถิ่นอาศัยทางธรรมชาติเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียการบริการของระบบนิเวศ และยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพของดิน น้ำ และอากาศด้วยเช่นกัน (Benton *et al.*, 2003; COM, 1999) บทบาทของเกษตรกรรมทั้งในเชิงสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมมีปฏิสัมพันธ์กันและในหลายกรณีพบว่าบทบาทของเกษตรกรรมก็ขึ้นอยู่กับนโยบายที่ดำเนินการทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ ทั้งนี้ ผลลัพธ์และผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเปลี่ยนแปลงในภาคเกษตรกรรมจำเป็นต้องมีการตรวจวัดและติดตามตรวจสอบตลอดระยะเวลา

เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบทั้งเชิงบวกและเชิงลบที่มีต่อองค์ประกอบของความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม อย่างไรก็ตาม แนวทางบางอย่างที่เป็นการยกระดับความยั่งยืนทั้ง 3 มิติดังกล่าว อาจทำให้เกิดความเสียเปรียบทางการค้าในระยะสั้น (เช่น ผลผลิตการผลิตรายลดลง) แต่ก่อให้เกิดผลประโยชน์ระยะยาวก็เป็นได้ (van Huylenbroeck *et al.*, 2007)

ในหลายทศวรรษที่ผ่านมา พื้นที่ต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขามส่วนใหญ่เป็นการใช้ที่ดินแบบสวนไม้ผลแบบวนเกษตรบนที่สูง โดยเน้นการปลูกทุเรียนพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Durio Zibethinus Murr.* เป็นไม้ผลเศรษฐกิจหลักผสมกับไม้ผลเศรษฐกิจและพรรณไม้ป่า อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันชาวสวนในท้องถิ่นตำบลบ้านด่านนาขามได้เริ่มเปลี่ยนมาทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ที่เน้นการใช้สารเคมีและเทคโนโลยีการเกษตรอย่างเข้มข้น และมีการขยายพื้นที่อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในบริเวณแหล่งต้นน้ำ ซึ่งอาจส่งผลให้การใช้ประโยชน์ทรัพยากรในพื้นที่แหล่งต้นน้ำของท้องถิ่นตำบลบ้านด่านนาขามขาดความสมดุลไป (จรัสธร บุญญาณภาพ และคณะ, 2562) การเปรียบเทียบระดับความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรกับระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ในพื้นที่แหล่งต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขาม ที่อยู่บนฐานของกรอบความคิดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนผสมผสานกับตัวชี้วัดความยั่งยืนทางการเกษตรของ Talisa *et al.* (2014) ทำให้ได้ข้อมูลสำคัญในการสร้างความตระหนักแก่เกษตรกร และนำไปกำหนดแนวปฏิบัติต้องกรปกครองส่วนท้องถิ่นใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการสร้างความตระหนักแก่เกษตรกร และนำไปกำหนดแนวปฏิบัติของการใช้ประโยชน์พื้นที่บริเวณแหล่งต้นน้ำอย่างยั่งยืนต่อไป ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ได้ประเมินระดับความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรเปรียบเทียบกับระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ในพื้นที่แหล่งต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขาม เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในการสร้างความตระหนักและนำไปกำหนดแนวปฏิบัติของการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรบริเวณแหล่งต้นน้ำอย่างยั่งยืน

2. วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ตำบลบ้านด่านนาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ตั้งอยู่ระหว่างพิกัด 17°51'36.9"N 99°59'57.4"E ถึง 17°41'34.7"N 100°12'36.6"E มีเนื้อที่ประมาณ 113,880.75 ไร่ (ประมาณ 182.2 ตารางกิโลเมตร) พื้นที่บางส่วนของตำบลบ้านด่านนาขามเป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำและเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติทางธรรมชาติ ลักษณะเนื้อดินมีทั้งพื้นที่เป็นดินเหนียว ดินทราย ดินร่วน ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือพื้นที่ราบสูงและหุบเขาอยู่ทางตอนบน โดยเป็นแหล่งต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขาม ซึ่งพื้นที่ต้นน้ำส่วนใหญ่ถูกจำแนกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 2 โดยมีเนื้อที่ 42,655.9 ไร่ (ร้อยละ 37.46 ของพื้นที่ตำบล) รองลงมาเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A และพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 3 มีเนื้อที่ 21,896.95 และ 16,736.33 ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่มีสภาพเป็นที่ลาดชันต่ำและที่ราบลุ่ม ซึ่งส่วนใหญ่ถูกจำแนกเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 5 และพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 4 ตามลำดับ (ร้อยละ 17.38 และ 7.65 ของพื้นที่ตำบล) ดังแสดงใน Figure 1 ตำบลบ้านด่านนาขามมีจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 2,150 ครัวเรือน มีความหนาแน่นเฉลี่ย 36.90 คนต่อตารางกิโลเมตร โดยประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม

การสำรวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น

การสำรวจพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น ได้ดำเนินการเข้าสำรวจสวนทุเรียนในพื้นที่แหล่งต้นน้ำ บริเวณตำบลบ้านด่านนาขาม ในวันที่ 27 เมษายน 2561 และ 15 พฤษภาคม 2561 จากนั้นจัดประชุมหารือ (Focus group) ร่วมกับองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขาม ตัวแทนผู้นำตัวแทนชุมชน และตัวแทนเกษตรกรผู้ปลูกทุเรียน เพื่อร่วมกันคัดเลือกแปลงปลูกทุเรียนทั้งสองระบบ จำนวนระบบละ 3 แปลง (7 เมษายน

2560) เพื่อร่วมประเมินสถานการณ์ปัจจุบันและมองอนาคต ในประเด็นด้านความยั่งยืนของการผลิตทุเรียนบริเวณแหล่งต้นน้ำ

รูปแบบของสวนทุเรียนในพื้นที่ศึกษา

จากการสำรวจพื้นที่ศึกษา พบว่ามีรูปแบบของสวนทุเรียน 2 ระบบ ได้แก่ 1) ระบบสวนทุเรียนพันธุ์พื้นเมืองแบบวนเกษตร (ระบบนี้ส่วนใหญ่จะพบในพื้นที่ศึกษา) และ 2) ระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ สำหรับการศึกษาได้กำหนดจำนวนแปลงของระบบสวนทุเรียน โดยแบ่งออกเป็นระบบอย่างละ 3 แปลง รวมทั้งหมด 6 แปลง และมีรายละเอียดของลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชทั้ง 2 ระบบ มีดังนี้

1) ระบบสวนทุเรียนพันธุ์พื้นเมืองแบบวนเกษตร (Native durian-based agroforestry system: ND) เป็นระบบสวนทุเรียนที่เน้นการปลูกแบบผสมผสานกับพันธุ์ไม้ป่าท้องถิ่นตามธรรมชาติ

โดยไม่กำหนดระยะปลูกต้นทุเรียนที่ชัดเจนตามหลักวิชาการ โครงสร้างด้านตั้งของสังคมพืชประกอบด้วยชั้นเรือนยอดประมาณ 4-5 ชั้นเรือนยอด ได้แก่ 1) เรือนยอดชั้นบน 2) เรือนยอดชั้นรอง มีอายุเฉลี่ย 50-80 ปี 3) เรือนยอดชั้นกลาง 4) เรือนยอดชั้นไม้พุ่มและไม้ยืนต้นขนาดเล็ก และ 5) ชั้นพืชคลุมดิน

2) ระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ (Commercial growing durian-based mixed orchard: CD) ระบบสวนทุเรียนที่มีการบริหารจัดการสวนอย่างเข้มข้นเพื่อเน้นการให้ผลผลิตปริมาณสูง โครงสร้างด้านตั้งของสังคมพืชประกอบด้วยชั้นเรือนยอดประมาณ 3 ชั้นเรือนยอด ได้แก่ (1) เรือนยอดชั้นบน (2) เรือนยอดชั้นรอง และ (3) ชั้นพืชล้มลุก ทั้งนี้สวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์มีทั้งเป็นสวนที่พัฒนามาจากสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรที่มีอยู่เดิมและมีการสร้างขึ้นใหม่ ส่วนใหญ่อายุของต้นทุเรียนมีไม่เกิน 25 ปี

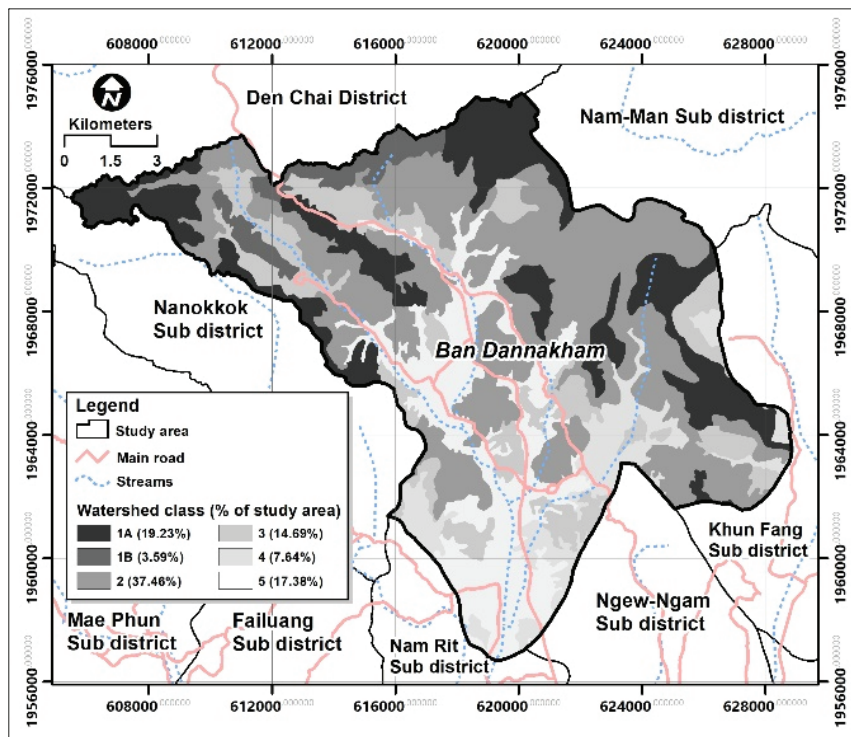


Figure 1 Location of the study area and watershed class in Ban Dan Na Kham Sub-district

การประเมินความยั่งยืนของระบบ การผลิตทุเรียนบริเวณแหล่งต้นน้ำ

ดำเนินการเก็บข้อมูลตัวชี้วัดหรือตัวแปรด้านต่าง ๆ ซึ่งประยุกต์มาจากการประเมินความยั่งยืนทางการเกษตรของ Talisa *et al.* (2014) อีกทั้งได้กำหนดให้มีการเก็บข้อมูลตัวแปรด้านนิเวศทุกระยะเวลา 4 เดือนภายในรอบปี 2561 เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเชิงนิเวศและสิ่งแวดล้อม โดยมีการกำหนดตัวชี้วัดความยั่งยืนของสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบ ในมิติ 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านนิเวศ 2) ด้านเศรษฐกิจระดับครัวเรือน 3) ด้านสังคมและวัฒนธรรมในระดับครัวเรือนและระดับชุมชน และ 4) ด้านนโยบายและการเมืองในท้องถิ่น

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประเมิน ความยั่งยืนของระบบการผลิตทุเรียน

สำหรับการเก็บข้อมูลความยั่งยืนด้านนิเวศได้ดำเนินการวางแผนตัวอย่างขนาด 40 X 40 เมตร ซึ่งแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 X 10 เมตร เพื่อสำรวจไม้ต้น (Tree) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดที่ระดับความสูงเพียงอกมากกว่า 10 เซนติเมตร แปลงย่อยขนาด 4 X 4 เมตร เพื่อศึกษาไม้หนุ่ม และแปลงย่อยขนาด 1 X 1 เมตร เพื่อสำรวจลูกไม้หรือกล้า ไม้ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลายของแซนนอน-วีเนอร์ (Shannon-Wiener Index) (Peet 1974) ดัชนีความร่ำรวยของชนิดพันธุ์ (Margalef, 1958) และดัชนีความสม่ำเสมอที่ 1 (Pielou's. evenness index: E₁) (Pielou, 1975) โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

(1) Shannon-Wiener Index (H')

$$H' = \sum_{i=1}^S (P_i \ln p_i)$$

(2) Margalef diversity index (R₁)

$$R_1 = (S-1)/\ln(n)$$

(3) Pielou's. evenness index (E₁)

$$E_1 = \frac{H'}{\ln(S)} = \frac{\ln(N_1)}{\ln(N_0)}$$

โดย

H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener diversity

p_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นไม้ชนิด i ต่อจำนวนต้นไม้ทั้งหมด

S = จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบในสังคม (=N₀)

n = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดที่สำรวจพบ

$$N_1 = e^{H'}$$

จากนั้น ดำเนินการศึกษาศมบัติดินชั้นบนของแปลงศึกษา โดยเก็บตัวอย่างดินชั้นบน (Top soil) ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จำนวน 3 ครั้ง และวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวม โดยใช้วิธีของ Cresswell and Hamilton (2002) เนื้อดินความเป็นกรดต่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ใช้วิธีการของ Walkley and Black (1946) ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธีวิเคราะห์แบบ Dry combustion method และ NC-Analyzer ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ Bray II method (Kuo, 1996) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดด้วย 1M ammonium acetate ที่ pH 7.0 และวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ด้วยวิธี Ammonium acetate 1 N pH 7.0 (Chapman, 1965) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Plant available water capacity: PAWC) โดยใช้วิธีการ Pressure plate apparatus (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

สำหรับการเก็บข้อมูลความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจ และด้านสังคมและวัฒนธรรม ได้ดำเนินการสัมภาษณ์เชิงลึกจากเกษตรกรที่มีสวนทุเรียนโดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่แหล่งต้นน้ำในเขตตำบลบ้านด่านนาขาม รวมถึงเกษตรกรเจ้าของแปลงศึกษา จำนวน 30 ราย โดยแบ่งเป็นระบบสวนทุเรียนแบบวนเกษตร 15 ราย

และระบบสวนทุเรียนเชิงพาณิชย์ 15 ราย สำหรับการเก็บข้อมูลความยั่งยืนด้านนโยบายและการเมืองในท้องถิ่น ได้ดำเนินการขอความอนุเคราะห์ข้อมูลนโยบาย แผน และยุทธศาสตร์ขององค์กรบริหารส่วนตำบล บ้านด่านนาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ทั้งนี้ การเก็บรวบรวมข้อมูลของกลุ่มเกษตรกรดังกล่าว ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นสำคัญให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดและดัชนีความยั่งยืนทางการเกษตร โดยจำแนกตาม

มิติของการพัฒนาที่ยั่งยืน 18 ดัชนี โดยแต่ละดัชนีมีตัวชี้วัดที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมด 87 ตัวชี้วัด ซึ่งผสมผสานจากกรอบความคิดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ร่วมกับตัวชี้วัดความยั่งยืนทางการเกษตร (Sustainable agriculture) ของ Talisa *et al.* (2014) ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Sustainable indices categories by sustainable development dimension for sustainability assessment of native durian-based agroforestry system and commercial growing durian-based mixed orchard

Dimension of sustainability	Indices of agricultural sustainability	Indicators of agricultural sustainability
Household economics	Household income	- Total household income
		- Off-farm income
		- Number of household labor in agriculture
	Outsourcing household work	- Number of activities to hire workers outside the household in the process of taking care of durian gardens.
	Household expenses and debts	- The adequacy of the total household income
		- Household loans
	Household saving and asset holding	- Holding area for residents.
		- Holding area for agricultural
		- Number of land parcel for living with document of title
		- Number of land parcel for agricultural with document of title
		- Household savings
		- Savings
	Spending behavior of household consumption	- Purchases of goods and services in accordance with household income.

Table 1 Sustainable indices categories by sustainable development dimension for sustainability assessment of native durian-based agroforestry system and commercial growing durian-based mixed orchard (cont.)

Dimension of sustainability	Indices of agricultural sustainability	Indicators of agricultural sustainability
		- Decision on purchasing goods and service according to the needs of household members
		- Purchasing goods and service existing within local markets
		- Purchasing goods and service in accordance with the - local way of life and culture
		- Production organic fertilizer or biofertilizer used in durian garden
		- Utilization of medicinal plants available in durian garden
		- Utilization of fuel wood available in durian garden
		- Utilization of wild animals in durian garden
	Occupational development	- Cooperation and networking of durian farmers
		- Using local wisdom for developing the occupational potential of durian plantation
		- Benefits obtained from networking of durian farmers
Social and culture	Culture, tradition, and local indigenous knowledge	- Promotion of occupational development in durian plantation provided by government or provide agencies
		- Daily practice according to the culture, traditions and belief of local communities
		- Use of local wisdom in the way of life
		- Use of local wisdom in durian orchard practices
	Relationships of relative and local community	- Benefits from applying local wisdom used in durian orchard practices
		- Social group membership
		- Mutual listening among household members
		- Having breakfast with family members

Table 1 Sustainable indices categories by sustainable development dimension for sustainability assessment of native durian-based agroforestry system and commercial growing durian-based mixed orchard (cont.)

Dimension of sustainability	Indices of agricultural sustainability	Indicators of agricultural sustainability
		- Helping the workload among members of the household
		- Joint activities of household members after work or after school
		- Building relationships with family members or relatives
		- Participation of family members or relatives in durian orchard practices
	Way of life relied on sufficiency economy philosophy	- Purchasing the necessary materials and equipment for durian orchard practices
		- Production that corresponds to the purchase demand of customers
		- Business operations according to business plan
		- Consideration of the value for buying materials and equipment used for durian orchard practices
		- Planning for materials and equipment procurements used for durian orchard practices
	Participation of household members in community activities or government projects	- Participation in government supports related to durian plantation management
		- Participation in non-government activities related to durian plantation management
		- Participation in local government supports related to durian plantation management
Local policy	Development policy of local administrative organizations (LAO)	- Supports from LAO related to occupational development of durian plantation management
		- Supports from LAO related to durian plantation integration with natural resources conservation
		- Development of water resources for durian plantation

Table 1 Sustainable indices categories by sustainable development dimension for sustainability assessment of native durian-based agroforestry system and commercial growing durian-based mixed orchard (cont.)

Dimension of sustainability	Indices of agricultural sustainability	Indicators of agricultural sustainability
Environment		- Financial support of road construction and maintenance for distributing products from durian orchard
		- Empathic listening in the problems of durian plantation
		- Supporting people's participation in developing durian market and production
	Diversity of species and non-wood forest	- Numbers of economic tree species
	products (NWFPs)	- Numbers of wild edible plant species
		- Numbers of local plant species for household use
		- Numbers of medicinal plants
		- Numbers of non-wood forest products
	Soil productivity	- Soil bulk density
		- Soil organic matter
		- Total nitrogen
		- Available phosphorus
		- Exchangeable K
		- Cation Exchange Capacity
		- Soil pH
		- Clay content
		- Plant available water capacity (PAWC)
	Health of family members	- Annual health check-ups
		- Absence of pesticide-related disease
		- Absence of disease and infirmity
		- Absence of health symptoms
	Safety pesticide use behavior	- Use of a pesticide protective equipment
		- Use of protective clothing during pesticide application

Table 1 Sustainable indices categories by sustainable development dimension for sustainability assessment of native durian-based agroforestry system and commercial growing durian-based mixed orchard (cont.)

Dimension of sustainability	Indices of agricultural sustainability	Indicators of agricultural sustainability
Food security		- Separation of laundry after applying pesticide
		- Consuming food or drinking surrounding the site of pesticide application
		- Accessibility of food sources
		- Cost of food consumed
		- Source of raw materials used in cooking
		- Preserving of products obtained from durian orchard for household consumption
		- Preserving of products obtained from durian orchard for sales
		- Numbers of edible plant species for sufficient household consumption
		- Numbers of plant edible species for sufficient sales
		- Reciprocal of frequency of food purchase in households
Food safety		- Growing vegetables in home garden
		- Non-hazardous chemical used in home garden
		- Numbers of vegetables grown in households

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความยั่งยืนของระบบวนเกษตรในปัจจุบัน

ข้อมูลตัวชี้วัดและตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลในแปลงศึกษาของการปลูกทุเรียนทั้ง 2 ระบบ ได้นำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และวิเคราะห์ข้อมูลแบบสัมพัทธ์ ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS (IBM SPSS Statistics) โดยทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent-Samples T Test)

การประเมินความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนพันธุ์พื้นเมืองแบบวนเกษตรและระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์

การประเมินความยั่งยืนของตัวชี้วัดตามแบบประเมินความยั่งยืนที่ได้กำหนดไว้ดังกล่าวข้างต้น ได้นำมาดำเนินการจัดระดับความยั่งยืนและระดับคะแนนให้กับตัวชี้วัดดังกล่าว ซึ่งประยุกต์มาจากการประเมินความยั่งยืนทางการเกษตรของ Talisa *et al.* (2014) ด้วยการแบ่งระดับความยั่งยืนของแต่ละตัวชี้วัดออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับไม่มีความยั่งยืน (Non-sustainable: N) 2) ระดับที่ยั่งยืน

อย่างมีเงื่อนไข (Conditionally sustainable: C) และ 3) ระดับที่ยั่งยืน (Sustainable: S) จากนั้น ให้กำหนดค่าคะแนนความยั่งยืนของอันตรภาคชั้น (Class interval) สำหรับตัวชี้วัดความยั่งยืนเชิงปริมาณ หรือ กำหนดค่าคะแนนความยั่งยืนของแต่ละประเภทข้อมูล (Category) สำหรับตัวชี้วัดความยั่งยืนเชิงคุณภาพ โดย กำหนดค่าคะแนนให้กับระดับความยั่งยืนด้วยวิธีการประมาณค่าแบบง่าย (Simple rating scale) ทั้งนี้ ได้กำหนดข้อตกลงเบื้องต้นให้ทุกตัวชี้วัดและดัชนีความยั่งยืนมีระดับความสำคัญเท่ากัน จากนั้นนำค่าดัชนีความยั่งยืนของแต่ละมิติมาคำนวณผลรวมแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Aggregate Index) เพื่อนำผลรวมค่าตัวชี้วัดความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรและของระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์มาเปรียบเทียบกับกัน และอธิบายผลการเปรียบเทียบระดับความยั่งยืนในแต่ละมิติสำหรับระบบสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบ

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ลักษณะของสังคมพืชของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร

สังคมพืชสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร ประกอบด้วยไม้ต้นผลัดใบ ไม้พุ่มผลัดใบ โดยสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ดินชั้นบนมีความเป็นกรดเล็กน้อยไปจนถึงกรดจัดมาก การปกคลุมเรือนยอดประมาณร้อยละ 80.35 จากการสำรวจพบชนิดพันธุ์พืชจำนวน 76 ชนิด 49 สกุล 43 วงศ์ ไม้ต้น (Tree) ขนาดใหญ่ที่พบ ได้แก่ ทุเรียนพื้นเมือง ทุเรียนหมอนทอง กระพี้จั่น พระเจ้าห้าพระองค์ แลนให้ เลือดแรด สมพง ยางน่อง แดงน้ำ ขณะที่พืชพื้นล่างปกคลุมไปด้วยพืชล้มลุก ลูกไม้และกล้าไม้ของทั้งไม้ต้นและไม้พุ่มชนิดต่างๆ อย่างหนาแน่น

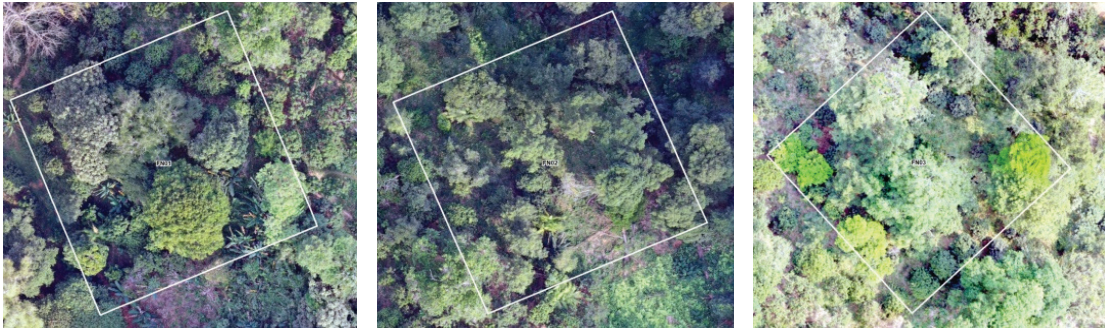
ลักษณะของสังคมพืชของสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์

ลักษณะทั่วไปของสังคมพืชสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ประกอบด้วยไม้ผลเศรษฐกิจเป็นส่วนใหญ่

โดยสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลาง ดินชั้นบนของสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์มีความเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก การปกคลุมเรือนยอดประมาณร้อยละ 40 จากการสำรวจพบชนิดพันธุ์พืชจำนวน 40 ชนิด 35 สกุล 27 วงศ์ โดยเป็นชนิดพันธุ์ไม้ต้นจำนวน 8 ชนิด 6 สกุล 5 วงศ์ ทั้งนี้ ไม้ต้นขนาดใหญ่ที่พบ ได้แก่ ยมหอม ทุเรียนพื้นเมือง ทุเรียนหมอนทอง และทุเรียนหลงลับแล

องค์ประกอบและโครงสร้างของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรและสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์

สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') ของไม้ต้นเท่ากับ 1.71 ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของไม้ต้นสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ทุเรียนพื้นเมือง รองลงมาได้แก่ ลองกอง ตะแบก ทุเรียนหมอนทอง และกลางสาต ซึ่งมีค่า IVI เท่ากับ 73.61, 63.29, 32.96, 22.15 และ 19.35 ตามลำดับ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นโดยรวม เท่ากับ 3.36 ตารางเมตรต่อไร่ มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่ 44 ต้นต่อไร่ ชนิดไม้ที่มีค่าความหนาแน่นสูงสุด 6 ลำดับแรก ได้แก่ กลางสาต ทุเรียนพื้นเมือง ทุเรียนหมอนทอง กลางสาต มะปราง และตะแบก สำหรับ สวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (H') ของไม้ต้นเท่ากับ 1.16 ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของไม้ต้นสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ทุเรียนหมอนทอง รองลงมาได้แก่ ทุเรียนพื้นเมือง ลองกอง ยมหอม และ ทุเรียนหลงลับแล ซึ่งมีค่า IVI เท่ากับ 142.66, 51.03, 48.06, 15.32 และ 11.66 ตามลำดับ มีพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นโดยรวม 0.803 ตารางเมตรต่อไร่ ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ 26.31 ต้นต่อไร่ ชนิดไม้ที่มีค่าความหนาแน่นสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ทุเรียนหมอนทอง ลองกอง ทุเรียนพื้นเมือง ยมหอม และทุเรียนหลงลับแล ทั้งนี้ สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีการปกคลุมเรือนยอดของไม้ใหญ่มากกว่าร้อยละ 72 ซึ่งมีมากกว่าสวนสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างเห็นได้ชัด (ร้อยละ 28.62-53.94) ดังแสดงใน Figure 2



Tree canopy cover of native durian-based agroforestry system (ND)



Tree canopy cover of commercial growing durian-based mixed orchard (CD) (Plot size of 40m x 40m)

Figure 2 Tree canopy cover of the studies sampling plots

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ ของชนิดพันธุ์พืช

ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้
ต้นของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรและสวน
ทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ มีค่า 1.71 และ 1.16 ตาม
ลำดับ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีความหลากหลาย
ของชนิดพันธุ์ไม้ผลเศรษฐกิจและชนิดพันธุ์ไม้ป่าของ
สวนทั้ง 2 ประเภท พบว่า ทุเรียนพื้นเมือง ลองกอง
และชนิดพันธุ์ไม้ป่าของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวน
เกษตรมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืช
มากกว่าที่พบในสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ ขณะที่
ดัชนีความหลากหลายของทุเรียนหมอนทอง และ
ทุเรียนหลงลับแล ของสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์มี
ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชมีค่ามากกว่า
สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร

เปรียบเทียบสมบัติของดินระหว่าง สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร และสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์

ดินชั้นบน (Topsoil) ที่พบทั้งในสวนทุเรียน
ทั้ง 2 ระบบ มีเนื้อดินใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่เป็น
ดินร่วนปนดินเหนียว อย่างไรก็ตาม ดินชั้นบนของ
สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีปริมาณอนุภาค
ดินเหนียวมากกว่าของสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์
อย่างมีนัยสำคัญ สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร
มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากกว่าสวนทุเรียนผสม
เชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งส่งผลให้ความหนา
แน่นรวมของดินชั้นบนในสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบ
วนเกษตรมีค่าต่ำกว่าสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์
อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ปริมาณธาตุอาหารหลักและ
ธาตุอาหารรองในดินชั้นบนของทั้งสวนทุเรียนพื้นเมือง
แบบวนเกษตรและสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์
ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรเจ้าของ สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร และสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มเกษตรกรผู้ตอบแบบ
สัมภาษณ์ ซึ่งเป็นเกษตรกรเจ้าของสวนทุเรียนพื้นเมือง
แบบวนเกษตรจำนวน 15 ราย และเกษตรกรเจ้าของ
สวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์จำนวน 15 ราย โดยกลุ่ม
ตัวอย่างผู้ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรเป็นเพศ
ชายและเพศหญิงร้อยละ 50 เท่ากัน ส่วนใหญ่มีอายุ
เฉลี่ย 46-55 ปี การศึกษาอยู่ในระดับอนุบาล/ประถม
ศึกษา สถานภาพสมรส ขณะที่ผู้ตอบแบบสอบถามที่
เป็นกลุ่มตัวอย่างผู้ทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ ส่วน
ใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 46-55 ปี มีการศึกษา
อยู่ในระดับอนุบาล/ประถมศึกษา สถานภาพสมรส
และนับถือพุทธศาสนาเช่นกัน

ต้นทุนและผลตอบแทนจากสวนทุเรียนทั้ง 2
ระบบ ในช่วงปี พ.ศ. 2561 พบว่า สวนทุเรียนทั้ง 2
ระบบ มีสัดส่วนค่าจ้างแรงงานนอกครัวเรือนในกิจกรรม
ต่างๆ ของการทำสวนมากกว่าร้อยละ 75 ของต้นทุน
ทั้งหมด สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรไม่มีต้นทุน
ค่าสารเคมีการเกษตรในรอบปี และมีต้นทุนเฉลี่ยของ
ค่าปุ๋ยบำรุงดินในสัดส่วนที่น้อยมาก ขณะที่สวนทุเรียน
ผสมเชิงพาณิชย์มีค่าเฉลี่ยของต้นทุนค่าปุ๋ยบำรุงดิน
และค่าสารเคมีการเกษตรในรอบปีร้อยละ 18.98 และ
3.87 ค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมของสวนทุเรียนผสมเชิง
พาณิชย์มีมากกว่าสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์
มีผลตอบแทนเฉลี่ย 53,084.59 บาทต่อไร่ ขณะที่
ค่าเฉลี่ยของผลตอบแทนของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบ
วนเกษตรมีเพียง 23,306.00 บาทต่อไร่ อย่างไรก็ตาม
ผลตอบแทนจากผลผลิตการเกษตรของสวนทุเรียนทั้ง
2 ระบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ นอกจากนี้ สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร
มีผลตอบแทนเฉลี่ยจากผลผลิตของไม้ผลเศรษฐกิจ
ที่หลากหลายชนิดกว่าสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์
โดยได้ผลตอบแทนจากการขายผลผลิตทุเรียนพันธุ์
ก้านยาว ทุเรียนพันธุ์ชะนี ทุเรียนพันธุ์กระดุม มะไฟ
มะยงชิด มังคุด และกาแฟ ขณะที่สวนทุเรียนผสมเชิง
พาณิชย์ไม่มีผลตอบแทนจากผลผลิตไม้ดังกล่าว

การประเมินความยั่งยืนของระบบ สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร และสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์

ผลการศึกษาเปรียบเทียบในปัจจุบันของสวนทุเรียน
ทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ 1) โครงสร้างและองค์ประกอบ
ทางนิเวศวิทยาของสังคมพืช 2) ความหลากหลาย
ของทรัพยากรชีวภาพ 3) คุณค่าการใช้ประโยชน์ของ
ชนิดพันธุ์พืช 4) สมบัติพื้นฐานและความอุดมสมบูรณ์
ของดิน 5) สถานภาพทางเศรษฐกิจและสังคมระดับ
ครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่างผู้ทำสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบ
6) วิถีชีวิตและพฤติกรรมการใช้จ่ายตามหลักเศรษฐกิจ
พอเพียง และ 7) นโยบายการพัฒนาขององค์กรปกครอง
ส่วนท้องถิ่น ทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานของตัวแปรต่างๆ
เพื่อนำมาใช้ในการประเมินระดับความยั่งยืนภายใต้
ระบบการจัดการสวนทุเรียนในปัจจุบันของทั้ง 2 ระบบ

การประเมินความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียน
ทั้ง 2 ระบบ บริเวณพื้นที่ต้นน้ำของเขตตำบลบ้านด่าน
นาขาม อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ ซึ่งจำแนกตาม
มิติของการพัฒนาที่ยั่งยืนทั้ง 4 ด้าน ผลการประเมิน
ร้อยละของความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนทั้ง 2
ประเภท ชี้ให้เห็นว่า ระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบ
วนเกษตรมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความยั่งยืนโดยรวม
มากกว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.024$) โดยมีค่าเฉลี่ย 68.52
และ 61.02 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Comparison of native durian-based agroforestry system (ND) and commercial growing durian-based mixed orchard (CD) categorized by indices of agricultural sustainability

Dimension of sustainability	Indices of agricultural sustainability	Percentage of sustainable level (%)			
		ND		CD	
		MEAN	S.D.	MEAN	S.D.
Household economics	Household incomes	65.00	15.17	66.78	13.32
	Outsourcing household work	81.33	-	81.33	-
	Household expenses and debts	61.11	29.85	63.89	19.64
	Household saving and asset holding* (p=0.028)	56.89	27.54	47.33	31.81
	Spending behavior of household consumption ^{ns}	63.89	15.11	67.78	19.55
	Occupational development ^{ns}	62.22	15.14	62.00	14.93
	Mean value of sustainable level of household economics dimension	62.48	7.47	60.76	7.25
Social and culture	Culture tradition and local indigenous knowledge* (p=0.016)	78.89	5.59	70.00	6.67
	Relationships of relative and local community ^{ns}	80.00	15.08	76.06	6.27
	Way of life relied on sufficiency economy philosophy ^{ns}	52.80	10.22	47.73	10.93
	Household participation in community** (p=0.007)	65.33	12.72	46.67	10.58
	Mean value of sustainable level of social and culture dimension ** (p=0.0016)	70.29	16.26	62.69	15.68
Local policy	Development policy of local administration organization ^{ns}	58.48	10.73	57.33	15.47
	Mean value of sustainable level of local policy dimension ^{ns}	58.48	10.73	57.33	15.47
Environment	Diversity of species and non-wood forest products** (p=0.002)	80.45	20.94	36.11	20.91
	Soil productivity ^{ns}	66.67	36.06	57.78	30.73
	Health of family members* (p=0.024)	87.56	11.43	78.89	9.55
	Safety pesticide use behavior ^{ns}	95.33	3.80	91.00	9.10
	Food security ^{ns}	53.62	21.13	52.53	21.48
	Food safety ^{ns}	94.33	7.57	72.42	28.32
	Mean value of sustainable level of environment dimension* (p=0.031)	76.18	27.42	61.03	27.21
Mean value of overall agricultural sustainability (p=0.024)		68.52	22.15	61.02	22.35

*indicating a significant difference in sustainable level percentage at the 0.05 level (t-test paired samples) ;

** indicating a significant difference at the 0.01 level ; ns indicating no statistically significant difference (p<0.05)

หากพิจารณาเปรียบเทียบมิติด้านเศรษฐกิจระดับครัวเรือน จะเห็นได้ว่าดัชนีรายได้รวมของครัวเรือน ดัชนีการพัฒนาอาชีพ และพฤติกรรมการใช้จ่ายของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ดัชนีการออมและการครอบครองทรัพย์สินของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีค่าเฉลี่ยของความยั่งยืนมากกว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร มีการถือครองที่ดินทำกินและที่อยู่อาศัยที่มีเอกสารสิทธิ์จำนวนมากกว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ อีกทั้งยังมีรูปแบบการออมทรัพย์สินของครัวเรือนที่ให้ผลตอบแทนสูงหรือมีความเสี่ยงต่ำ (เช่น อสังหาริมทรัพย์ ประกันชีวิตแบบสะสมทรัพย์ หุ่นของสหกรณ์ออมทรัพย์ กองทุนหมู่บ้าน)

กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีค่าเฉลี่ยร้อยละของความยั่งยืนในมิติด้านสังคมและวัฒนธรรมสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.0016$) โดยมีค่าเฉลี่ย 70.29 และ 62.69 ตามลำดับ โดยเฉพาะดัชนีวัฒนธรรม ประเพณี ความเชื่อ และภูมิปัญญาของชุมชน และดัชนีการมีส่วนร่วมของสมาชิกในระดับครัวเรือนและระดับชุมชน มีค่าร้อยละความยั่งยืนมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.016$ และ $p=0.007$ ตามลำดับ) กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรส่วนใหญ่มีการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นไปประยุกต์ใช้ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวัน และปรับใช้ในการทำสวนทุเรียนของตนเอง เช่น การทำปุ๋ยอินทรีย์หมักจากวัสดุเศษเหลือที่ได้จากสวนวนเกษตรของตนเอง การใช้จุลินทรีย์หรือตาข่ายห่อผลทุเรียนเพื่อป้องกันหนอนผีเสื้อเจาะผลทุเรียน แทนการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช เป็นต้น นอกจากนี้ สมาชิกในครัวเรือนของกลุ่มเกษตรกรที่ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร มีส่วนร่วมในการเข้าร่วม

โครงการต่างๆ ของทั้งหน่วยงานภาครัฐ หน่วยงานเอกชน และขององค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขาม บ่อยครั้งกว่าสมาชิกในครัวเรือนของกลุ่มเกษตรกรทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างชัดเจน ดังแสดงใน Table 2

สำหรับมิติด้านนโยบายระดับท้องถิ่น มุ่งเน้นการประเมินระดับการส่งเสริมและการสนับสนุน รวมถึงการกำหนดแนวทางการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืนขององค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขาม ที่เกี่ยวข้องกับอาชีพการทำสวนทุเรียนบนพื้นที่แหล่งต้นน้ำ พบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขามมีโครงการที่สนับสนุนและส่งเสริมการพัฒนาอาชีพให้กับกลุ่มผู้ทำสวนทุเรียนในท้องถิ่นทั้ง 2 ระบบ โดยมีการกำหนดไว้ในแผนพัฒนาท้องถิ่นสี่ปี (พ.ศ. 2561-2564) ของยุทธศาสตร์ด้านการส่งเสริมอาชีพ การลงทุนพาณิชย์กรรม และการท่องเที่ยว (ยุทธศาสตร์ที่ 4) และยุทธศาสตร์ด้านการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ยุทธศาสตร์ที่ 5) ในแผนงานการเกษตร เช่น โครงการฝึกอบรมกลุ่มอาชีพ โครงการสนับสนุนพันธุ์พืช โครงการสนับสนุนการตลาด และโครงการจัดงานเทศกาลกลางสาด ลองกอง ทุเรียน และมหกรรมของดีบ้านด่านนาขาม ทั้งนี้ องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขาม มีนโยบายในการอนุรักษ์ทุเรียนสายพันธุ์พื้นเมืองดั้งเดิมที่อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลบ้านด่านนาขาม โดยทาง องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขาม ได้จัดงานประกวดทุเรียนพันธุ์พื้นเมือง และทุเรียนพันธุ์เศรษฐกิจหลัก (เช่น พันธุ์หมอนทอง) ขึ้นเป็นประจำทุกปี อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยร้อยละของความยั่งยืนในมิติด้านนโยบายระดับท้องถิ่นที่ส่งเสริมและพัฒนากระบวนการสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร และระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความยั่งยืน 58.48 และ 57.33 ตามลำดับ

ความยั่งยืนในมิติด้านสิ่งแวดล้อมถือได้ว่าเป็นมิติที่มีความสำคัญยิ่งต่อความยั่งยืนในการพัฒนาของ

ท้องถิ่นตำบลบ้านด่านนาขาม เนื่องจากพื้นที่ตำบลบ้านด่านนาขามส่วนใหญ่มีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน ปกคลุมไปด้วยพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันเป็นบริเวณกว้างทางตอนบนและตอนกลางของพื้นที่ตำบล โดยบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ต้นน้ำที่มีความสำคัญกับการดำรงชีวิตและการทำกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนในเขตตำบลบ้านด่านนาขาม สภาพแวดล้อมหรือระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่สมดุลจะให้ผลประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่ชุมชนท้องถิ่นในตำบลบ้านด่านนาขามและพื้นที่บริเวณท้ายน้ำโดยรอบ (Downstream surrounding regions) ดังนั้น หากรูปแบบหรือกระบวนการทำสวนทุเรียนในปัจจุบันของกลุ่มชาวสวนทุเรียนตำบลบ้านด่านนาขาม มีโอกาสหรือส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศที่อยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ อาจส่งผลให้ระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำในเขตตำบลบ้านด่านนาขามไม่สามารถทำหน้าที่ในการให้บริการด้านต่างๆ (Ecosystem services) ให้แก่ชุมชนท้องถิ่นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อศักยภาพในการพัฒนาท้องถิ่นตำบลบ้านด่านนาขาม ผลการประเมินความยั่งยืนของระบบสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบในมิติด้านด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีค่าเฉลี่ยร้อยละของความยั่งยืนมากกว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.031$) โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 76.18 และ 61.03 ตามลำดับ เนื่องจากร้อยละความยั่งยืนของดัชนีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต หรือทรัพยากรชีวภาพ ซึ่งรวมถึงของป่าประเภทต่างๆ มีมากกว่าสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างเห็นได้ชัด (ร้อยละ 80.45 และ 36.11 ตามลำดับ ; $p=0.002$) นอกจากนี้ ค่าร้อยละความยั่งยืนของดัชนีสุขภาพของสมาชิกในครัวเรือนที่เป็นกลุ่มเกษตรกรผู้ทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีมากกว่าสมาชิกในครัวเรือนของกลุ่มเกษตรกรผู้ทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.024$) แม้ว่าดัชนีผลิตภาพของดิน (Soil productivity index) ซึ่ง

แสดงถึงคุณภาพของดินและศักยภาพในการผลิตพืชเกษตรกรรม (Soil quality and crop productivity) ของสวนทุเรียนทั้งสองระบบจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยร้อยละความยั่งยืนของดัชนีผลิตภาพของดินของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตร (ร้อยละ 66.67 ; $SD=36.06$) มีมากกว่าสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ (ร้อยละ 57.78 ; $SD=30.73$) ขณะที่ดัชนีความมั่นคงทางอาหารและดัชนีความปลอดภัยของอาหารของสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบมีค่าเฉลี่ยของร้อยละความยั่งยืนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับ Figure 3 แสดงถึงสัดส่วนของร้อยละความยั่งยืนในมิติด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อระดับความยั่งยืนโดยรวมของสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมากที่สุด (ร้อยละ 28.49 ของระดับความยั่งยืนโดยรวม) รองลงมาได้แก่ มิติด้านสังคมและวัฒนธรรม และมิติด้านเศรษฐกิจระดับครัวเรือน ขณะที่สวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ พบว่า มิติด้านสังคมและวัฒนธรรมส่งผลต่อระดับความยั่งยืนโดยรวมมากที่สุด (ร้อยละ 25.24 ของระดับความยั่งยืนโดยรวม) รองลงมาได้แก่ มิติด้านสิ่งแวดล้อม และมิติด้านเศรษฐกิจระดับครัวเรือน นอกจากนี้ มิติด้านนโยบายระดับท้องถิ่นส่งผลต่อระดับความยั่งยืนโดยรวมน้อยที่สุดสำหรับสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบ

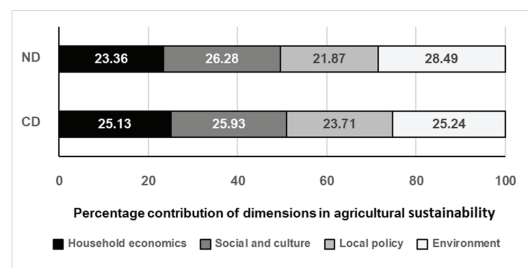


Figure 3 Percentage contribution of each dimension in overall agricultural sustainability comparing between native durian-based agroforestry system (ND) and commercial growing durian-based mixed orchard (CD)

พื้นที่ต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขามควรเป็นบริเวณที่ถูกกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำให้อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1A ชั้น1B ชั้น 2 และชั้น 3 เพื่อให้สอดคล้องกับมติคณะรัฐมนตรี เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการในการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำและข้อเสนอแนะมาตรการการใช้ที่ดินในเขตลุ่มน้ำม-น่าน เมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2529 โดยพื้นที่ต้นน้ำดังกล่าวมีเนื้อที่รวม 85,373.76 ไร่ หรือ ร้อยละ 74.97 ของพื้นที่ตำบลบ้านด่านนาขาม ขณะที่พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 4 และชั้น 5 ถือได้ว่าเป็นบริเวณนอกเขตพื้นที่ต้นน้ำ (ร้อยละ 25.03 ของพื้นที่ตำบล) ทั้งนี้ พื้นที่ต้นน้ำสมควรรักษาให้มีสภาพเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ หากมีสภาพเป็นป่าเสื่อมโทรมหรือมีการใช้ประโยชน์ของราษฎรให้ทางหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องวางแผนการใช้ที่ดินเพื่อรักษาคุณภาพของลักษณะทางนิเวศวิทยาและการอนุรักษ์ธรรมชาติ หรือให้ดำเนินการปลูกป่าฟื้นฟูสภาพต้นน้ำอย่างเร่งด่วน (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2561) อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์การซ้อนทับเชิงพื้นที่ (Spatial overlay analysis) ระหว่างแผนที่พื้นที่ป่าไม้ปี 2561 ของกรมป่าไม้ และแผนที่คุณภาพลุ่มน้ำของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า พื้นที่ต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขามที่ยังคงมีสภาพเป็นป่าไม้และเป็นพื้นที่ปลูกไม้สักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ มีเนื้อที่รวม 68,288.55 ไร่ หรือ ร้อยละ 79.99 ของพื้นที่ต้นน้ำ ขณะที่พื้นที่ต้นน้ำที่ไม่มีสภาพเป็นป่าไม้ปกคลุมหรือมีการใช้ที่ดินเพื่อกิจกรรมอื่นมีเนื้อที่ 17,085.21 ไร่ (ร้อยละ 20.01) ดังแสดงใน Figure 4

หากหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นไม่มีแผนหรือมาตรการป้องกันการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ รวมถึงไม่มีนโยบายในการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแหล่งต้นน้ำที่มีประสิทธิภาพ อาจส่งผลให้สภาพการปกคลุมพื้นที่ป่าไม้ในปี 2561 บริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลบ้านด่านนาขามที่มีเกือบร้อยละ 80 ของพื้นที่ต้นน้ำ เปลี่ยนสภาพไปเป็นสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์หรือสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบ

วนเกษตรจากเกษตรกรในท้องถิ่นหรือนายทุนจากภายนอกพื้นที่เข้าไปบุกเบิกพื้นที่ต้นน้ำ อย่างไรก็ตาม การทำสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรในบริเวณแหล่งต้นน้ำชี้ให้เห็นถึงระดับความยั่งยืนที่มีมากกว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหากสัดส่วนของการทำสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์มีมากเกินไป อาจทำให้เกิดการสูญเสียความสมดุลของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำ อันเป็นผลให้เกิดการสูญเสียมูลค่าของผลตอบแทนที่ราษฎรหรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะได้รับจากการบริการเชิงนิเวศในระยะยาว ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรดำเนินการกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำสำหรับการทำสวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบ รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินในวัตถุประสงค์อื่นอย่างเร่งด่วน

4. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการประเมินระดับความยั่งยืนภายใต้ระบบการจัดการสวนทุเรียนในปัจจุบันของทั้ง 2 ระบบ ชี้ให้เห็นว่าโดยภาพรวมระบบสวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีระดับความยั่งยืนในทุกมิติมากกว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ แม้ว่าสวน

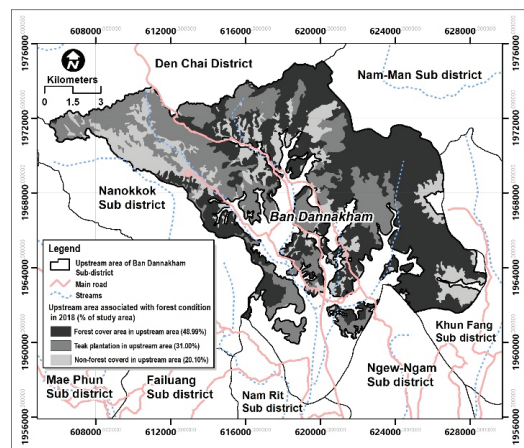


Figure 4 Forest cover area in Year 2018 in the upstream region of Ban Dan Na Kham Sub-district

ทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีมูลค่าของผลผลิตที่ต่ำกว่าสวนทุเรียนเชิงพาณิชย์ แต่สวนทุเรียนพื้นเมืองแบบวนเกษตรมีค่าเฉลี่ยของระดับความยั่งยืนในมิติด้านสังคมและวัฒนธรรม และมีมิติด้านสิ่งแวดล้อมมีสูงกว่าระบบสวนทุเรียนผสมเชิงพาณิชย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.0016$ และ $p=0.031$ ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่า สวนทุเรียนทั้ง 2 ระบบมีค่าเฉลี่ยของระดับความยั่งยืนในมิติด้านนโยบายระดับท้องถิ่นต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับมิติด้านอื่นๆ ทั้งนี้ ชุดข้อมูลความยั่งยืนของการผลิตทุเรียนทั้ง 2 ระบบ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลสำคัญที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (องค์การบริหารส่วนตำบลบ้านด่านนาขาม) สามารถนำไปใช้ในการจัดทำแผนส่งเสริมการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและแผนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในบริเวณแหล่งต้นน้ำ รวมถึงการเสริมสร้างความตระหนักให้แก่สาธารณะชนได้รับรู้ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนวิถีเกษตรกรรมต่อการพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

5. เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *กระบวนการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ*. กรมพัฒนาที่ดิน. สืบค้นจาก <http://www.ddd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-04.pdf>
- จรัณธร บุญญานภาพ, พินิจ นนทโคตร, จันทรเพ็ญ ชุมแสง และพจนีย์ แสงมณี. (2562). การสร้างความยั่งยืนของระบบวนเกษตรต้นแบบบริเวณแหล่งต้นน้ำเพื่อเสริมสร้างเศรษฐกิจชุมชนด้านธุรกิจทุเรียนพันธุ์พื้นเมือง. *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2561). *โครงการศึกษาทบทวนการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำและผลกระทบจากการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำ*. *รายงานฉบับหลัก*. สืบค้นจาก <http://nwcc.onwr.go.th/file/2.pdf>
- Benton, T.G., Vickery, J.A., & Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key?. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(4), 182-188.
- Chapman, H.D. (1965). Cation exchange capacity. In C. A. Black (ed.) *Methods of soil analysis-Chemical and microbiological properties*. *Agronomy*, 9, 891-901.
- COM. (1999). *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Directions towards sustainable agriculture*. Retrieved 2 May 2014, Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:51999DC0022>.
- Cresswell, H.P., & G.J. Hamilton. (2002). Bulk density and pore space relations. In McKenzie, N.J., H. Cresswell, and K. Coughlan (eds.) *Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. A laboratory handbook* (pp. 35-58). CSIRO Publishing.

- International Labour Organization. (1999). ILO action on safety and health in agriculture. In *Safety and Health in Agriculture, International Labour Organization* (pp. 77).
- Knickel, K., Renting, H.J.D., & van der Ploeg. (2004). Multifunctionality in European agriculture. In F. Brouwer (ed.) *Sustaining Agriculture and the Rural Environment. Governance, Policy and Multifunctionality* (pp. 81-103). Wallingford: Edward Elgar.
- Kohout, L. (1974). The Pinkava many-valued complete logic systems and their application to the design of many valued switching circuits. In *International Symposium Multiple-Valued Logic* (pp. 261-284). IEEE.
- Kuo, S. (1996). Phosphorus. In Sparks, D.L. Page, A.L. Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. & Sumner, M.E. (eds.) *Method of soil analysis. Part 3 Chemical Methods*, Soil. Sci. Soc. America, Inc. and American Soc. Agronomy (pp. 869-919).
- van Huylenbroeck, G., Vandermeulen, V., Mettepenningen, E., & Verspecht, A. (2007). Multifunctionality of agriculture: A review of definitions, evidence and instruments. *Living Reviews in Landscape Research*, 1(3), 1-43.
- Walkley, A. and Black, C.A. (1946). Organic carbon, and organic matter. In Sparks, D.L. Page, A.L. Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. & Sumner, M.E. (eds.). *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods*. Soil Sci.

การประเมินความแม่นยำของตำแหน่งจาก Google Earth โดยการรังวัดด้วยระบบ โครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลน์ในพื้นที่ กรณีศึกษา: จังหวัดมหาสารคาม Positional Accuracy Evaluation of Google Earth using RTK GNSS Network Surveying Case Study: Mahasarakham Province

เนติ ศรีหามู¹, ศิवा แก้วปลั่ง^{2,*}

Neti Srihanu¹, Siwa Kaewplang^{2,*}

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอนแก่น 40000 ประเทศไทย

² คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

¹ Faculty of Engineering, North Eastern University, Khon Kaen 40000, Thailand

² Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand

* Corresponding Author: Siwa Kaewplang, siwa.k@msu.ac.th

Received:

7 July 2021

Revised:

27 September 2021

Accepted:

15 November 2021

คำสำคัญ:

ระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลน์ในพื้นที่, แบบจำลองย่อยความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017, รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง

Keywords:

RTK GNSS Network, Thailand High Precision Geoid Model 2017, Root Mean Square Error

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความถูกต้องแม่นยำของค่าพิกัดทางราบและค่าระดับของ Google Earth เปรียบเทียบกับการสำรวจด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสแบบจลน์ในพื้นที่ในจังหวัดมหาสารคาม ผลการศึกษาพบว่า รากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ที่ได้ของค่า E, N, และ Z (TGM2017) เท่ากับ 1.317, 1.330 และ 4.453 เมตร ตามลำดับ โดยมีช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ E เท่ากับ -2.415 เมตร ถึง 1.836 เมตร N เท่ากับ -2.840 เมตร ถึง 1.940 เมตร และช่วงค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้ง Z (TGM2017) เท่ากับ เท่ากับ 0.258 เมตร ถึง 8.874 เมตร จากจำนวนจุดที่ใช้ทดสอบ 48 จุด ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองของค่าพิกัด ของ Google Earth จากข้อแนะนำของ ASPRS-2014 เหมาะสมที่จะทำแผนที่ภูมิประเทศ Class-1 มาตรฐาน 1: 10,000 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสองของค่าระดับของ Google Earth ไม่เหมาะสมที่จะทำแผนที่เส้นชั้นความสูง Class-1 แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการสำรวจภาคสนามกับ ค่าระดับ ของ Google Earth เพื่อปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ทำให้สามารถจัดทำแผนที่ Class-1 ได้เช่นกัน โดยผลทางสถิติแสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ระหว่าง ค่าระดับจาก Google Earth กับ ค่าระดับที่ได้จาก TGM2017 เท่ากับ 0.9947 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่าระดับจาก Google Earth มีความสัมพันธ์อย่างมากกับ ค่าระดับที่ได้จาก TGM2017

Abstract: This study aims to provide an understanding of the horizontal positional accuracy and Google Earth height compared with RTK GNSS Network Surveying in Hanacaraka Province. The results demonstrate that the Root Mean Square Error (RMSE) obtained in E, N, and Z (TGM2017) is 1.317, 1.330 and 4.453 m. respectively with a horizontal error (E) ranged from -2.415 m to 1.836 m, (N) ranged from -2.840 m. to 1.940 m. and a vertical error Z (Thailand High Precision Geoid Model 2017: TGM2017) ranged from 0.258 m. to 8.874 m. for all 48 measured points. The results show that the horizontal RMSE of Google Earth is likely appropriate for a class-1 mapping scaled as 1:10000 recommended by ASPRS-2014 rather than the vertical RMSE for positional accuracy of Google Earth. However, the correlation between the field survey and Google Earth could be adjusted from the original Google Earth elevation data for preparing class-1 mapping as well. Statistical results showed a good R2 between Google Earth and HTGM2017 is 0.9947. It shows H Google Earth strongly correlated with TGM2017.

1. บทนำ

Google Earth เป็นแหล่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลาและข้อมูลฟรีสำหรับบุคคลทั่วไปเพื่ออำนวยความสะดวกในการค้นหาข้อมูลค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ พื้นหลักฐาน World Geodetic System ของปี 1984 (WGS84) และค่าความสูงของภูมิประเทศ รูปแบบไฟล์ของ Google Earth คือ Keyhole Markup Language (KML) ซึ่งเป็นรูปแบบไฟล์สำหรับการสร้างแบบจำลองและการจัดเก็บคุณสมบัติทางภูมิศาสตร์ เช่น จุด เส้น ภาพรูปหลายเหลี่ยม และแบบจำลอง Google Earth ได้รับความนิยมอย่างมากสำหรับผู้ใช้ในวงกว้าง ทั้งยังมีแอปพลิเคชันที่ดาวน์โหลดและติดตั้งได้ฟรีสามารถใช้งานในระบบคอมพิวเตอร์และ Smartphone แต่อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จาก Google Earth เราจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบความแม่นยำที่ Google Earth สามารถให้ได้ ทั้งในด้านพิกัดและค่าความสูงของภูมิประเทศเพื่อทราบข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลและสามารถใช้ข้อมูลได้ประโยชน์สูงสุด

หลายรายงานการวิจัยทำการศึกษาเพื่อประเมินความแม่นยำ Google Earth ในพื้นที่ต่างๆ โดย Mulu และคณะ (2019) ทำการประเมินความแม่นยำ

ในตำแหน่งของ Google Earth ใน Addis Ababa, Ethiopia ผลการศึกษาพบว่า RMSE ของระบบพิกัดของ Google Earth ตามมาตรฐาน ASPRS 2014 เทียบได้กับแผนที่ Class 1 ที่มีมาตราส่วน 1:20000 ส่วน RMSE ของค่าความสูง ไม่อยู่ในเกณฑ์ของแผนที่ Class 1 อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลระดับความสูงของ Google Earth ยังสามารถปรับแก้ให้ความถูกต้องของค่าความสูง สำหรับการทำแผนที่ Class 1 ได้ รายงานการวิจัยของ Goudarzi และคณะ (2017) ทำการประเมินความถูกต้องของค่าพิกัดของภาพถ่าย Google Earth ในเมืองมอนทรีออล ประเทศแคนาดา ผลการศึกษาพบว่าค่าพิกัดมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 0.1-2.7 เมตร รายงานวิจัยของ Rusli และคณะ (2016) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth กับ ค่าระดับที่ได้จากแบบจำลอง MyGeoid, EGM96 และ ค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยใช้จุดทดสอบ 50 จุด พบว่า ค่าความสูงที่ได้จาก Google Earth กับ ค่าระดับที่ได้จากแบบจำลอง MyGeoid, EGM96 และ ค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีความสัมพันธ์กันของข้อมูลที่ตี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.823, 0.843 และ 0.824

ตามลำดับ และ รายงานการศึกษาของ Kattan และคณะ (2016) ทำการศึกษาเพื่อประเมินความถูกต้องของพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth โดยใช้พิกัดจาก GPS ทำการทดสอบกับพื้นที่ 2 ลักษณะ คือ พื้นที่ที่มีลักษณะราบเรียบ พบว่า มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบเท่ากับ $E=0.08$ เมตร $N=-0.65$ เมตร และทางตั้งเท่ากับ $Z=0.40$ เมตร ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบเท่ากับ $E=0.16$ เมตร $N=0.69$ เมตร และทางตั้งเท่ากับ $Z=0.68$ เมตร Farah และคณะ (2014) นำเสนอการศึกษาการประเมินความแม่นยำของตำแหน่งของภาพ Google Earth ในริยาด เมืองหลวงของราชอาณาจักรซาอุดีอาระเบีย ผลการศึกษาพบว่า RMSE ของค่าพิกัดและความสูง ของภาพ Google Earth เท่ากับ 2.18 เมตร และ 1.51 เมตร ตามลำดับ

หลายรายงานการศึกษา (Radicioni และคณะ, 2020; Charoenkalunyuta และคณะ, 2019; Koivula และคณะ, 2018; Martin และคณะ, 2012) รายงานว่าระบบโครงข่ายดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันทีเป็นระบบที่ใช้ในการรังวัดค่าพิกัดอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากครอบคลุมพื้นที่ได้มาก ใช้งานสะดวก รวดเร็ว และให้ความแม่นยำในการรังวัดในระดับเซนติเมตร รายงานการศึกษาของ Charoenkalunyuta และคณะ (2019) ทำการศึกษาเพื่อประเมินความถูกต้องของพิกัด หมดที่ดินด้วยการรังวัดด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียมจีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันที หรือ RTK GNSS NETWORK ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการรังวัดหมดที่ดินและงานสำรวจในประเทศไทย โดยทดสอบที่ระยะห่างระหว่างสถานี Cores ระหว่าง 25.1-198.6 km พบว่าค่า RMSE ของความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดมีค่าต่ำกว่า 4 เซนติเมตร และ รายงานการศึกษาของ Damrongchai และคณะ (2019) ทำการศึกษาเพื่อประเมินการใช้แบบจำลองย่อยความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (TGM2017) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการรังวัดค่าระดับในประเทศไทย โดย

การใช้ GNSS ในการรังวัดค่าระดับเปรียบเทียบกับค่าระดับจากหมุดอ้างอิงของกรมแผนที่ทหารงาน ผลการศึกษาพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของค่าระดับที่มีความเชื่อมั่น 95 % อยู่ในเกณฑ์งานชั้นที่ 3 ตามมาตรฐานของ FGCC1984

จากหลายรายงานการวิจัยที่กล่าวมาจะพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่าพิกัดและความสูงจาก Google Earth กับการรังวัดในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันของความคลาดเคลื่อนทางราบและทางตั้ง ดังนั้น การศึกษานี้จึงสนใจที่จะประเมินความคลาดเคลื่อนของ Google Earth พื้นที่ในจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งจังหวัดมหาสารคามมีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเป็นที่สูงในเขตอำเภอกุดรัง อำเภอบรบือและค้อๆ เทลาดมาทางอำเภอกุสุมาลย์ เพื่อสามารถทราบข้อจำกัดของการนำข้อมูลไปใช้และใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม โดยการนำเทคโนโลยีการรังวัดแบบ RTK GNSS Network ที่มีความสะดวกสบายในการใช้งานและมีค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดน้อยกว่า 4 เซนติเมตรซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถใช้เพื่อประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ทั้งทางราบและทางตั้งของ Google Earth จังหวัดมหาสารคามได้ โดยค่าพิกัดใช้พื้นหลักฐาน WGS84 UTM Zone 48 N ส่วนค่าระดับจะทำการรังวัดและคำนวณโดยใช้แบบจำลองย่อยความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (TGM 2017) และทำการประเมินมาตรฐานส่วนของแผนที่และช่วงของเส้นชั้นความสูงของแผนที่จาก Google Earth จาก มาตรฐาน ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data (ASPRS-2014) โดยสามารถดูเอกสารจาก <http://www.asprs.org/PAD-Division/Map-Accuracy-Standards-Working-Group.html>

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เปรียบเทียบค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth กับ ค่าพิกัดและค่าระดับจากการรังวัดด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนใน

พื้นที่ โดยคำนวณค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลางด้วยแบบจำลอง TGM2017

3. ทฤษฎี

หลักการรังวัดโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network)

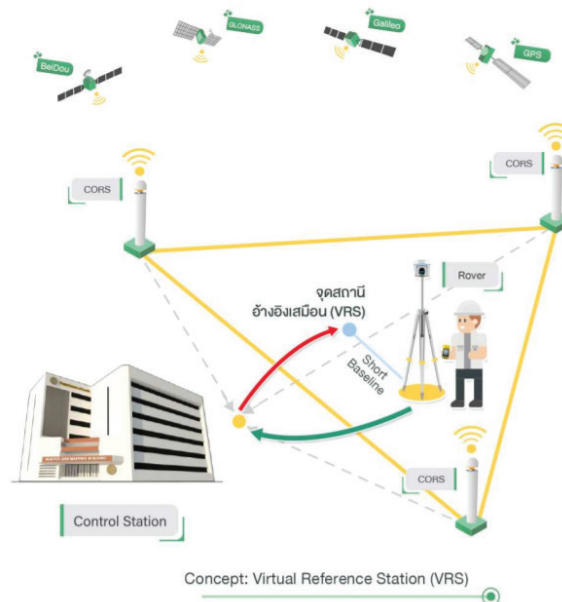
กรมที่ดิน ใช้แบบระบบสถานีอ้างอิงเสมือน (Virtual Reference Station: VRS) ซึ่งหลักการทำงานของระบบ มีดังนี้

1. สถานีรับสัญญาณดาวเทียมอ้างอิง (CORS) จะรับสัญญาณและบันทึกข้อมูลดาวเทียมทุก 1 วินาที ตลอด 24 ชั่วโมง และส่งข้อมูลดาวเทียมไปที่สถานีควบคุม (Control Station)

2. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบเคลื่อนที่ (Rover) ของผู้ใช้งาน ต้องรับสัญญาณดาวเทียมในตำแหน่งที่ต้องการทราบค่าพิกัด จากนั้นผู้ใช้งานจะเชื่อมต่อผ่านระบบสื่อสารเพื่อส่งค่าพิกัดโดยประมาณไปที่สถานีควบคุม (Control Station)

3. ระบบประมวลผลของสถานีควบคุม (Control Station) จะสร้างตำแหน่งสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) ใกล้ๆ กับตำแหน่งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบเคลื่อนที่ (Rover) ของผู้ใช้งาน

4. การคำนวณค่าพิกัดของผู้ใช้งานจากสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) จะเปรียบเสมือนการรังวัดด้วยระบบดาวเทียม GNSS ที่มีเส้นฐานสั้นๆ ผู้ใช้งานจึงได้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงและสะดวกรวดเร็ว โดยหลักการสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) แสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 หลักการสถานีอ้างอิงเสมือน (VRS) (ที่มา: กรมที่ดิน)

การรังวัดด้วยการรับสัญญาณดาวเทียมแบบ จลน์ ได้ค่าพิกัด ณ ขณะที่ทำการรังวัดจากระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ โดยระบบโครงข่ายการรังวัดซึ่งประกอบด้วย สถานีควบคุม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมอ้างอิง และระบบสื่อสาร ใน การศึกษาใช้การรังวัดด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ ของกรมที่ดิน โดยมีเงื่อนไขในการรังวัด ดังนี้

1. ก่อนทำการรังวัดให้ตรวจสอบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสำหรับสถานีจริงโดยรับสัญญาณที่หมดตรวจสอบ RTK Network ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบขาตั้งแบบสามขา (Tripod) ตั้งให้ตรงศูนย์กลางหมุดดาวเทียม และต้องมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในทางราบ ± 4 เซนติเมตร

2. ค่าพีดีโอพี (PDOP) ขณะทำการรังวัดไม่เกิน 5

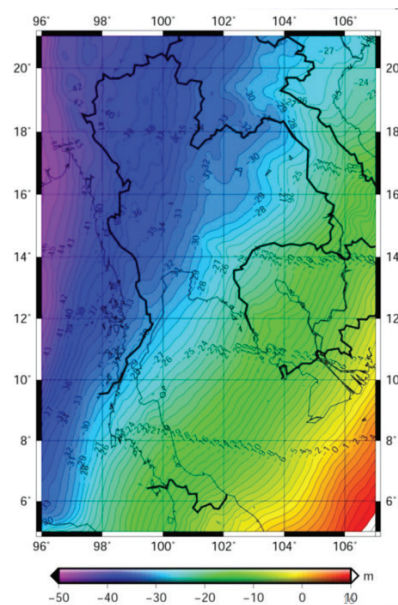
3. ค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) ในทางราบ ไม่เกิน 3 เซนติเมตร

4. ผลการรังวัดเป็นแบบฟิกซ์ (Fixed)

5. รับสัญญาณดาวเทียมทุก 1 วินาที และได้ข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียม ไม่น้อยกว่า 60 วินาที อย่างต่อเนื่อง จำนวน 3 ครั้ง การรับสัญญาณดาวเทียมโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ ณ สถานีจริง ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบขาตั้ง ตั้งให้ตรงศูนย์กลางหมุดดาวเทียม RTK Network โดยก่อนการรับสัญญาณดาวเทียมทุกครั้ง ให้ปิดเครื่องแล้วเปิดเครื่องใหม่ เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณมีสภาพเริ่มต้นการทำงานใหม่ โดยค่าความแตกต่างของค่าพิกัดต้องอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในทางราบ ± 4 เซนติเมตร และให้ใช้ค่าเฉลี่ย

แบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (Thailand Geoid Model 2017 ; TGM2017)

Damrongchai และคณะ (2019) พัฒนาแบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูงบริเวณประเทศไทยร่วมกับกรมแผนที่ทหาร โดยการใช้แบบจำลองย็อยด์สากล EGM2008 ร่วมกับแบบจำลองภูมิประเทศและข้อมูลความโน้มถ่วงพิภพภาคพื้นดินในบริเวณประเทศไทยเพื่อแปลงความสูงเหนือทรรีที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ GNSS เป็นความสูงออร์โทเมตริกครอบคลุมพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศราบ ภูมิประเทศที่มีความสูงต่ำปานกลาง และภูเขาสูง โดยใช้ข้อมูลค่าความสูงเหนือทรรีอ้างอิงร่วมกับความสูงออร์โทเมตริกที่อ้างอิงกับพื้นหลักฐานทางดิ่งที่เกาะหลักจาก 352 สถานี ในการตรวจสอบแบบจำลองย็อยด์ โดยได้ความละเอียดของกริดแบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูงบริเวณประเทศไทยขนาดประมาณ 90 ม. x 90 ม. โดยค่าระดับของพื้นที่ในประเทศไทยจากแบบจำลอง TGM2017 ดังแสดงใน ภาพประกอบ 2



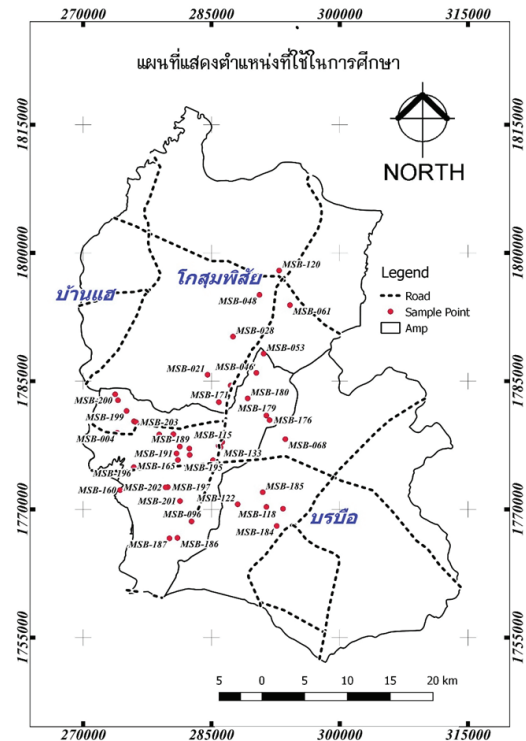
ภาพประกอบ 2 แบบจำลองย็อยด์ความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017

4. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาใน อำเภอโกสุมพิสัย กุดรัง และบรบือ จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด เป็นที่สูงในเขตอำเภอ กุดรัง บรบือและค่อยๆ เทลาดมาทางอำเภอโกสุมพิสัย ใช้จุดทดสอบรวม 48 จุด ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASPRS-2014 ที่ระบุว่า หากพื้นที่น้อยกว่า 500 ตารางกิโลเมตร ให้ใช้จุดทดสอบไม่น้อยกว่า 20 จุด โดยกำหนดจุดทดสอบให้กระจายทั่วพื้นที่ เลือกจุดที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนจาก Google Earth จากลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน และทำการ รังวัดค่าพิกัดและระดับด้วยระบบโครงข่ายดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันที (RTK GNSS Network) ดังแสดงใน ภาพประกอบ 3

ขั้นตอนการทำงาน

1. การสร้างหมุดควบคุมให้กระจายทั่วพื้นที่ ศึกษาจำนวน 48 หมุดโดยกำหนดให้เป็นตำแหน่งที่สามารถมองเห็นใน Google Earth อย่างชัดเจน
2. จัดทำข้อมูลของจุดในโปรแกรม Google Earth ทั้ง 48 จุด บันทึกค่าพิกัดและค่าระดับ โดยค่าพิกัดจะทำการบันทึกเป็นค่าพิกัดที่อยู่ในระบบ พื้นฐานอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 48N
3. ทำการรังวัดค่าพิกัดและระดับของหมุด ที่สร้างขึ้นในสนาม ทั้ง 48 จุด ด้วยระบบโครงข่าย ดาวเทียม จีเอ็นเอสเอสแบบจลนในทันที โดยตั้งค่า การบันทึกเป็นพื้นฐานอ้างอิง WGS 1984 UTM Zone 48N และ ค่าระดับใช้แบบจำลองยี่ออยด์ ความละเอียดสูงของประเทศไทย 2017 (TGM 2017) โดยการรังวัด ดังแสดงใน ภาพประกอบ 4
4. ทำการเปรียบเทียบค่าพิกัดและค่าระดับ ที่ได้จาก Google Earth กับ ค่าที่ได้จากการรังวัดด้วย ระบบ RTK GNSS Network และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อ การประเมินความแม่นยำของค่าพิกัดและระดับของ



ภาพประกอบ 3 แสดงตำแหน่งการกระจาย
ของจุดทดสอบ



ภาพประกอบ 4 การรังวัดแบบ
RTK GNSS Network

Google Earth จากค่าสูงสุด (Max) ต่ำสุด (Min) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STDEV) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE)

5. สร้างความสัมพันธ์ระหว่างระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017 เพื่อหาสมการปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth

6. ประเมินมาตรฐานแผนที่ (Scale) และ
ช่วงเส้นชั้นความสูง (Contour Interval) มาตรฐาน
แผนที่ของ ASPRS-2014

6. ผลการศึกษา

ทำการดึงค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google
Earth ของจุดที่เลือกทำการทดสอบทั้ง 48 จุด และ
ผลการรังวัดค่าพิกัดด้วย RTK GNSS Network โดย
คำนวณค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลางด้วยแบบ
จำลอง TGM2017 ได้ผลดังแสดงใน ตาราง 1

ตาราง 1 ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และ ผลการรังวัดด้วย Static GNSS

Name	Google Earth Coordinate			GNSS Coordinate (Zone 48Q)			N	H_ TGM2017 (m. MSL)
	E (m)	N (m)	H (m)	E (m)	N (m)	Ellipsoidal Height (m)		
MS-001	273974.53	1778966.11	204	273973.657	1778965.429	169.801	-28.89626	198.697
MS-002	284544.89	1785760.79	179	284543.925	1785759.799	145.174	-28.75257	173.927
MS-003	287250.53	1784505.45	163	287249.664	1784504.714	129.496	-28.6968	158.193
MS-004	287515.47	1790219.65	170	287517.202	1790218.253	134.831	-28.69659	163.528
MS-005	290248.47	1785977.24	165	290247.090	1785979.641	131.260	-28.6326	159.893
MS-006	290614.71	1795104.54	163	290613.190	1795103.855	127.521	-28.60724	156.128
MS-007	291103.91	1788220.97	161	291102.698	1788219.031	127.871	-28.61244	156.483
MS-008	294178.77	1793900.35	157	294177.533	1793899.234	123.885	-28.51562	152.401
MS-009	293636.22	1778226.14	185	293635.116	1778225.131	152.411	-28.53348	180.944
MS-010	282676.18	1768603.10	208	282675.527	1768602.557	174.159	-28.65698	202.816
MS-011	293368.27	1770087.56	198	293367.271	1770086.328	165.739	-28.49226	194.231
MS-012	285875.20	1777448.60	172	285874.271	1777447.751	140.561	-28.69099	169.252
MS-013	286258.88	1777880.38	167	286257.255	1777879.802	133.129	-28.68757	161.817
MS-014	291421.85	1770300.37	188	291420.993	1770299.974	156.731	-28.5314	185.262
MS-015	292908.51	1797947.79	158	292910.906	1797946.873	120.598	-28.52837	149.126
MS-016	288068.56	1770607.39	204	288067.131	1770609.048	169.456	-28.59384	198.050
MS-017	286064.08	1777279.84	173	286063.373	1777278.681	141.004	-28.6862	169.690
MS-018	277519.51	1776414.58	213	277518.761	1776413.493	180.370	-28.81842	209.188
MS-019	267982.28	1772630.44	192	267981.278	1772629.872	159.942	-28.93331	188.875

ตาราง 1 ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และ ผลการรังวัดด้วย Static GNSS (ต่อ)

Name	Google Earth Coordinate			GNSS Coordinate (Zone 48Q)			N	H_ TGM2017 (m. MSL)
	E (m)	N (m)	H (m)	E (m)	N (m)	Ellipsoidal Height (m)		
MS-020	273350.62	1769959.17	216	273349.341	1769958.634	182.357	-28.82036	211.177
MS-021	273629.72	1770749.40	212	273631.713	1770748.036	178.691	-28.82256	207.514
MS-022	274322.66	1772264.04	213	274321.229	1772266.629	179.936	-28.82633	208.762
MS-023	281076.95	1775792.47	198	281075.367	1775791.702	165.623	-28.75366	194.377
MS-024	282453.49	1776381.38	179	282452.654	1776380.268	146.701	-28.73619	175.437
MS-025	280549.27	1778802.69	188	280548.761	1778801.892	155.169	-28.78916	183.958
MS-026	285870.64	1782558.12	163	285869.322	1782557.740	130.756	-28.71717	159.473
MS-027	285832.72	1777453.69	170	285834.904	1777452.538	141.050	-28.69172	169.742
MS-028	291791.49	1780451.91	176	291790.054	1780453.927	142.116	-28.58195	170.698
MS-029	291413.98	1780991.37	178	291413.775	1780990.273	144.335	-28.59257	172.928
MS-030	289235.13	1782991.08	162	289234.008	1782990.194	129.482	-28.64981	158.132
MS-031	275945.16	1780311.17	190	275944.943	1780310.745	155.392	-28.8765	184.269
MS-032	292624.38	1768071.99	201	292626.795	1768070.468	169.179	-28.4854	197.664
MS-033	290993.65	1772013.99	195	290992.875	1772016.830	163.019	-28.55694	191.576
MS-034	281020.20	1766675.99	216	281019.516	1766675.473	184.975	-28.6641	213.639
MS-035	280087.95	1766624.47	212	280086.115	1766623.377	177.705	-28.6771	206.382
MS-036	282416.92	1777123.35	179	282415.603	1777122.846	147.923	-28.74374	176.667
MS-037	281296.80	1777354.54	199	281298.333	1777353.103	168.121	-28.76389	196.885
MS-038	280918.04	1776547.84	194	280917.028	1776549.868	161.309	-28.76302	190.072
MS-039	278895.11	1778770.22	194	278894.483	1778769.635	162.599	-28.81482	191.414
MS-040	285184.47	1775756.05	184	285183.452	1775754.305	150.245	-28.68639	178.931
MS-041	275919.96	1774942.20	205	275921.269	1774941.021	171.422	-28.82968	200.252
MS-042	279893.84	1772612.37	214	279892.348	1772614.220	181.468	-28.73963	210.208
MS-043	274069.72	1782776.79	208	274068.043	1782775.508	173.872	-28.92103	202.793
MS-044	275069.20	1781520.67	196	275071.163	1781519.604	163.958	-28.89854	192.857
MS-045	273741.18	1783465.26	208	273740.614	1783467.360	176.107	-28.92996	205.037

ตาราง 1 ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และ ผลการรังวัดด้วย Static GNSS (ต่อ)

Name	Google Earth Coordinate			GNSS Coordinate (Zone 48Q)			N	H_ TGM2017 (m. MSL)
	E (m)	N (m)	H (m)	E (m)	N (m)	Ellipsoidal Height (m)		
MS-046	281323.04	1770985.59	221	281321.414	1770984.384	187.469	-28.70019	216.169
MS-047	279643.86	1772594.82	214	279645.358	1772593.631	181.612	-28.7433	210.355
MS-048	276174.98	1780205.38	193	276174.626	1780207.266	160.314	-28.87208	189.186

ค่าพิกัดและค่าระดับจาก Google Earth และผลการรังวัดค่าพิกัดด้วย RTK GNSS Network โดยคำนวณค่าระดับจากระดับน้ำทะเลปานกลางด้วยแบบจำลอง TGM2017 นำมาทำการคำนวณค่าทางสถิติของข้อมูลได้แก่ ค่าสูงสุด (Max) ต่ำสุด (Min) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STDEV) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) โดยแสดงรายละเอียดผลดังแสดงใน ตาราง 2

ตาราง 2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของ Google Earth กับ การรังวัดด้วย RTK GNSS Network และคำนวณค่าระดับด้วยแบบจำลอง TGM2017

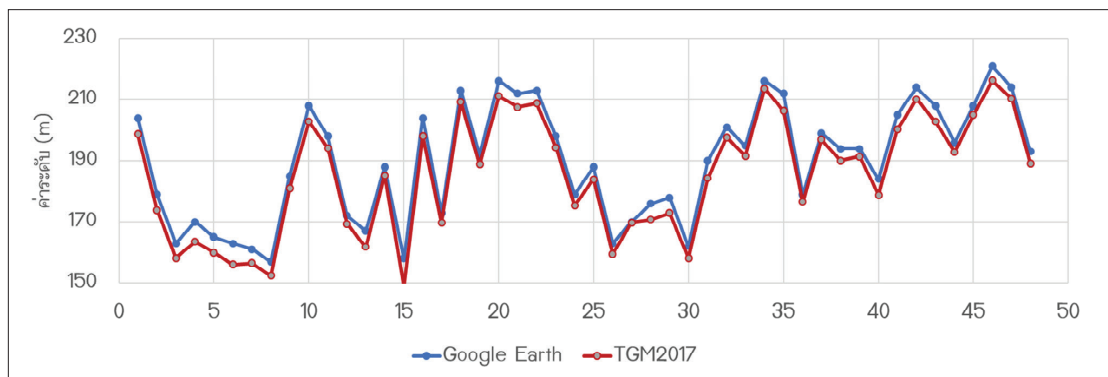
No	Name	Horizontal_Diff (m)		Vertical_Diff (m)
		E(GE)-E(GNSS)	N(GE)-N(GNSS)	Diff H_TGM2017
1	MS-001	0.874	0.682	5.303
2	MS-002	0.966	0.992	5.073
3	MS-003	0.867	0.737	4.807
4	MS-004	-1.732	1.398	6.472
5	MS-005	1.381	-2.401	5.107
6	MS-006	1.521	0.686	6.872
7	MS-007	1.213	1.940	4.517
8	MS-008	1.238	1.117	4.599
9	MS-009	1.105	1.010	4.056
10	MS-010	0.654	0.544	5.184
11	MS-011	1.000	1.233	3.769
12	MS-012	0.930	0.85	2.748
13	MS-013	1.626	0.579	5.183
14	MS-014	0.858	0.397	2.738
15	MS-015	-2.396	0.918	8.874
16	MS-016	1.43	-1.658	5.950

ตาราง 2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของ Google Earth กับ การรังวัดด้วย RTK GNSS Network และคำนวณค่าระดับด้วยแบบจำลอง TGM2017 (cont.)

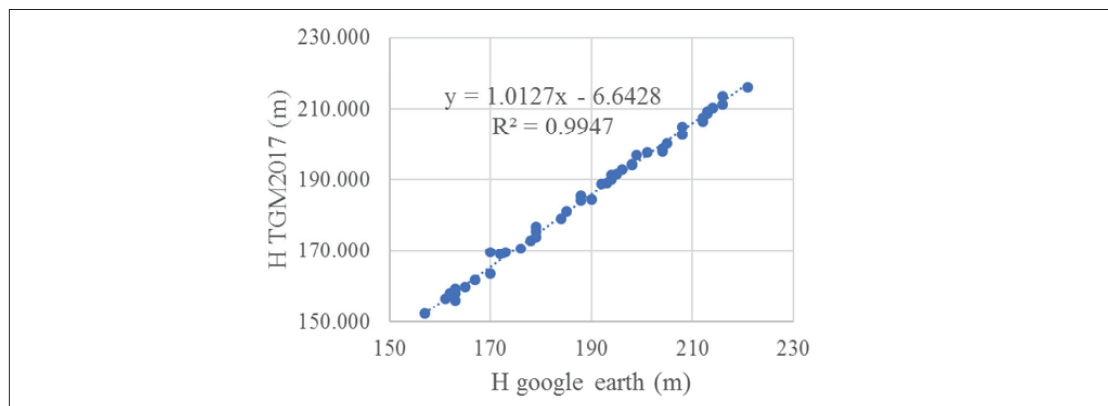
No	Name	Horizontal_Diff (m)		Vertical_Diff (m)
		E(GE)-E(GNSS)	N(GE)-N(GNSS)	Diff H_TGM2017
17	MS-017	0.708	1.160	3.310
18	MS-018	0.750	1.088	3.812
19	MS-019	1.003	0.569	3.125
20	MS-020	1.280	0.537	4.823
21	MS-021	-1.993	1.365	4.486
22	MS-022	1.432	-2.589	4.238
23	MS-023	1.584	0.769	3.623
24	MS-024	0.837	1.113	3.563
25	MS-025	0.510	0.799	4.042
26	MS-026	1.319	0.381	3.527
27	MS-027	-2.184	1.153	0.258
28	MS-028	1.437	-2.017	5.302
29	MS-029	0.206	1.098	5.072
30	MS-030	1.123	0.887	3.868
31	MS-031	0.218	0.426	5.732
32	MS-032	-2.415	1.523	3.336
33	MS-033	0.776	-2.84	3.424
34	MS-034	0.685	0.518	2.361
35	MS-035	1.836	1.094	5.618
36	MS-036	1.318	0.505	2.333
37	MS-037	-1.533	1.438	2.115
38	MS-038	1.013	-2.028	3.928
39	MS-039	0.628	0.586	2.586
40	MS-040	1.019	1.746	5.069
41	MS-041	-1.309	1.180	4.748
42	MS-042	1.493	-1.850	3.792
43	MS-043	1.678	1.283	5.207
44	MS-044	-1.963	1.067	3.143

ตาราง 2 ผลการคำนวณเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าพิกัดทางราบและทางตั้งของ Google Earth กับ การรังวัดด้วย RTK GNSS Network และคำนวณค่าระดับด้วยแบบจำลอง TGM2017 (cont.)

No	Name	Horizontal_Diff (m)		Vertical_Diff (m)
		E(GE)-E(GNSS)	N(GE)-N(GNSS)	Diff H_TGM2017
45	MS-045	0.567	-2.100	2.963
46	MS-046	1.627	1.207	4.831
47	MS-047	-1.498	1.190	3.645
48	MS-048	0.355	-1.886	3.814
	Max	1.836	1.940	8.874
	Min	-2.415	-2.840	0.258
	Mean	0.501	0.383	4.228
	STDEV	1.231	1.287	1.412
	RMSE	1.317	1.330	4.453



ภาพประกอบ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017



ภาพประกอบ 6 ความสัมพันธ์ค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017

ทำการ plot กราฟเพื่อ เปรียบเทียบค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017 ดังแสดงใน ภาพประกอบ 5 หาความสัมพันธ์ค่าระดับที่ได้จาก และ หาความสัมพันธ์ค่าระดับที่ได้จาก Google Earth และ TGM2017 เพื่อหาสมการปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ดังแสดงใน ภาพประกอบ 6

ทำการปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth จากสมการที่ได้ $H_{TGM2017} = 1.0127 * (H_{Google\ Earth}) - 6.6428$ โดยแสดงผลการปรับแก้ในตารางที่ 3 โดยจะพบว่าค่า RMSE ของค่าระดับหลังการปรับแก้มีค่าเท่ากับ 1.378 m.

ตาราง 3 แสดงผลการคำนวณปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ให้เป็นค่าระดับโดยใช้ TGM2017

No	Name	H_TGM2017 (m MSL)	H Google Earth Adj (m MSL)	Diff (m)
1	MS-001	198.697	199.948	-1.251
2	MS-002	173.927	174.6305	-0.704
3	MS-003	158.193	158.4273	-0.235
4	MS-004	163.528	165.5162	-1.989
5	MS-005	159.893	160.4527	-0.560
6	MS-006	156.128	158.4273	-2.300
7	MS-007	156.483	156.4019	0.082
8	MS-008	152.401	152.3511	0.050
9	MS-009	180.944	180.7067	0.238
10	MS-010	202.816	203.9988	-1.183
11	MS-011	194.231	193.8718	0.360
12	MS-012	169.252	167.5416	1.711
13	MS-013	161.817	162.4781	-0.662
14	MS-014	185.262	183.7448	1.518
15	MS-015	149.126	153.3638	-4.238
16	MS-016	198.05	199.948	-1.898
17	MS-017	169.69	168.5543	1.136
18	MS-018	209.188	209.0623	0.126
19	MS-019	188.875	187.7956	1.080

ตาราง 3 แสดงผลการคำนวณปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ให้เป็นค่าระดับโดยใช้ TGM2017 (cont.)

No	Name	H_TGM2017 (m MSL)	H Google Earth Adj (m MSL)	Diff (m)
20	MS-020	211.177	212.1004	-0.924
21	MS-021	207.514	208.0496	-0.536
22	MS-022	208.762	209.0623	-0.301
23	MS-023	194.377	193.8718	0.506
24	MS-024	175.437	174.6305	0.807
25	MS-025	183.958	183.7448	0.214
26	MS-026	159.473	158.4273	1.046
27	MS-027	169.742	165.5162	4.226
28	MS-028	170.698	171.5924	-0.895
29	MS-029	172.928	173.6178	-0.690
30	MS-030	158.132	157.4146	0.718
31	MS-031	184.269	185.7702	-1.502
32	MS-032	197.664	196.9099	0.755
33	MS-033	191.576	190.8337	0.743
34	MS-034	213.639	212.1004	1.539
35	MS-035	206.382	208.0496	-1.668
36	MS-036	176.667	174.6305	2.037
37	MS-037	196.885	194.8845	2.001
38	MS-038	190.072	189.821	0.252
39	MS-039	191.414	189.821	1.593
40	MS-040	178.931	179.694	-0.763
41	MS-041	200.252	200.9607	-0.709
42	MS-042	210.208	210.075	0.134

ตาราง 3 แสดงผลการคำนวณปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth ให้เป็นค่าระดับโดยใช้ TGM2017 (cont.)

No	Name	H_TGM2017 (m MSL)	H Google Earth Adj (m MSL)	Diff (m)
43	MS-043	202.793	203.9988	-1.206
44	MS-044	192.857	191.8464	1.011
45	MS-045	205.037	203.9988	1.039
46	MS-046	216.169	217.1639	-0.995
47	MS-047	210.355	210.075	0.281
48	MS-048	189.186	188.8083	0.378
<i>Max</i>				4.226
<i>Min</i>				-4.238
<i>Mean</i>				0.008
STDEV				1.392
RMSE				1.378

4. วิจัยรณัผลการศึกรษา

จากผลการศึกรษาพบว่า ค่าพึกรัดทางราบ E, N จาก Google Earth ของจุดทดสอบทั้หหมด มีคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.501 เมตร และ 0.383 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกรษาทั้หของ Kattan และคณะ (2016) และ Rusli และคณะ (2016) ที่มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบเท่ากับ ไม่เกิน 0.69 m. ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยของความลาดเคลื่อนทางราบอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกัน และจากผลการศึกรษาพบว่าค่า RMSE ของ Google Earth E=1.317 m. และ N=1.330 m. โดยมาตรฐาน ASPRS-2014 สำหรับมาตราส่วนของแผนที่พบว่า Google Earth มีความเหมาะสมที่จะทำแผนที่ภูมิประเทศ Class-1 มาตราส่วน 1: 10,000 ในขณะที่ผลการศึกรษาพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนทางดึงของ Google Earth เมื่อเปรียบเทียบกับ TGM2017 อยู่ในช่วง 0.258 m.

ถึง 8.874 m. และค่า RMSE ทางดึง ของ Google Earth เท่ากับ 4.452 m. โดยมาตรฐาน ASPRS 2014 ระบุว่าไม่สามารถที่จะทำแผนที่เส้นชั้นความสูง Class-1 ได้ แต่อย่างไรก็ตามการศึกรษานึ้ได้ทำการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการสำรวจภาคสนามจาก TGM2017 กับ ค่าระดับ ของ Google Earth เพื่อปรับแก้ค่าระดับของ Google Earth โดยจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับของ Google Earth กับ TGM2017 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การดัดลึนใจ (R²) สูงถึง 0.9947 และค่าระดับหลังการปรับแก้จากผลการทดสอบมีค่า RMSE เท่ากับ 1.378 m. ทำให้ผลการปรับแก้สามารถจัดทำแผนที่ Class-1 ได้โดยสามารถแสดงค่าช่วงเส้นชั้นความสูง (Contour Interval) 5 เมตร หลังการปรับแก้ค่าระดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกรษาของ Mulu และคณะ (2019) ที่ระบุว่า Google Earth สามารถปรับแก้ค่าระดับเพื่อให้ช่วงเส้นชั้นความสูงเป็นไปตามเกณฑ์งานแผนที่ Class-1 ของ ASPRS-2014

5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยกกำลังสอง (RMSE) ที่ได้ของค่าพิกัดทางราบ E, N และค่าระดับ Z (TGM2017) เท่ากับ 1.317, 1.330 และ 4.453 เมตร ตามลำดับ โดยมีช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ เท่ากับ -2.840 เมตร ถึง 1.940 เมตร และช่วงค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้ง เท่ากับ 0.258 เมตร ถึง 8.874 เมตร จากจำนวนจุดที่ใช้ทดสอบ 48 จุด โดยจากมาตรฐาน ASPRS-2014 แผนที่จาก Google Earth สามารถทำแผนที่ภูมิประเทศ Class-1 มาตราส่วน 1: 10,000 และช่วงเส้นชั้นหลังการปรับแก้ 5 เมตร โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า Google Earth ไม่สามารถให้พิกัด และค่าความสูงที่มีความแม่นยำสูงได้ แต่อย่างไรก็ตาม หากเราไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องมากนัก ค่าพิกัดทางราบจาก Google Earth สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น การระบุตำแหน่ง การประมาณระยะทาง หรือการวัดขนาดพื้นที่ รวมไปถึงค่าระดับจาก Google Earth สามารถประเมินทิศทางการไหลของน้ำ ดังนั้นหากเราทราบค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละพื้นที่จะทำให้เรายังสามารถใช้ประโยชน์จาก Google Earth ได้อย่างเหมาะสม

6. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างและให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น โดยมีจำนวนจุดทดสอบตามมาตรฐานงานแผนที่ของ ASPRS-2014

7. เอกสารอ้างอิง

Charoenkalunyuta, T., Satirapod, C., Keitniyomrung, V., & Yomwan, P. (2019). Performance of network-based RTK GNSS for the cadastral survey in Thailand. *International Journal of Geoinformatics*, 15(3), 13-19.

Damrongchai, P., & Duangdee, N. (2019). Evaluation of TGM2017 for height system using GNSS/Levelling data in Thailand. *Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*, 10(10), 10A10N.

Farah, A., & Algarni, D. (2014). Positional accuracy assessment of Google Earth in Riyadh. *Artificial Satellites*, 49(2), 101-106.

Goudarzi, M. A., & Landry, R. J. (2017). Assessing horizontal positional accuracy of Google Earth imagery in the city of Montreal, Canada. *Geodesy and Cartography*, 43(2), 56-65.

Kattan, R., Abdulrahman, F., & Hassan, H. (2016). Evaluating the accuracy of Google Earth DEM using GPS Coordinates, case study: Duhok Governorate. *Journal of University of Duhok (JDU)*, 19, 1-16.

Koivula, H., Kuokkanen, J., Marila, S., Lahtinen, S., & Mattila, T. (2018). Assessment of sparse GNSS network for network RTK. *Journal of Geodetic Science*, 8(1), 136-144.

Martin, A. A., & McGovern, E. (2012). *An evaluation of the performance of network RTK GNSS services in Ireland*. FIG Working Week.

Mulu, Y. A., & Derib, S. D. (2019). Positional Accuracy Evaluation of Google Earth in Addis Ababa, Ethiopia. *Artificial Satellites*, 54(2), 43-56.

Radicioni, F., Stoppini, A., Brigante, R., Brozzi, A., & Tosi, G. (2020). GNSS network RTK for automatic guidance in agriculture: Testing and performance evaluation. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 19-35). Springer, Cham.

Rusli, N., Pa'suya, M. F., & Talib, N. (2016). A comparative accuracy of Google Earth height with MyGeoid, EGM96 and MSL. In *IOP Conference Series: earth and environmental science* (pp. 1-6). IOP Conference Series.

การพัฒนาเบรกเกอร์อัจฉริยะเพื่อป้องกันการเกิดอัคคีภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร Development of Smart Circuit Breakers to Prevent Fire from Short Circuit Current

สุชาติ คุ่มมะณี^{1,*}, เอกราช อาจรณ¹, พีรวัส ชะโนบรมย์¹

Suchart Khummanee^{1,*}, Aekkarach Artcharoen¹, Peerawat Chanobrum¹

¹ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

¹ Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Maharakham University, Maharakham 44150, Thailand

* Corresponding Author: Suchart Khummanee, suchart.k@msu.ac.th

Received:

25 November 2021

Revised:

8 December 2021

Accepted:

13 December 2021

คำสำคัญ:

อัคคีภัย, กระแสไฟฟ้าลัดวงจร, สมาร์ทเบรกเกอร์, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (ไอโอที)

Keywords:

Fire, Short-circuit current, Smart breaker, Internet of things (IoT)

บทคัดย่อ: จากการสำรวจพบว่าสาเหตุของการเกิดอัคคีภัย 3 ลำดับแรกสำหรับประเทศไทยนั้น คือ 1) การเผาขยะและหญ้าแห้ง 2) กระแสไฟฟ้าลัดวงจร และ 3) การใช้เชื้อเพลิงผิดวิธี ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนานวัตกรรมต้นแบบสำหรับลดปัญหาการเกิดอัคคีภัยซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรขึ้นเรียกว่า “เบรกเกอร์อัจฉริยะ” สำหรับป้องกันการเกิดอัคคีภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร” หรือเรียกสั้นๆ ว่า “สมาร์ทเบรกเกอร์” มันมีคุณสมบัติโดดเด่น ได้แก่ สามารถในการมองเห็น (เซนเซอร์ IR, DHT11) ตมกลิ่น (MQ-2) และสัมผัสถึงสาเหตุของเพลิงไหม้ได้ (PZEM 400T) นอกจากนี้มันยังสามารถรายงานความผิดปกติจากการตรวจจับอัคคีภัยส่งไปยังสมาร์ตโฟนของเจ้าของทรัพย์สินเพื่อแจ้งให้ทราบก่อนที่ความเสียหายจะทวีความรุนแรงมากขึ้น สมาร์ทเบรกเกอร์ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบ ผลที่ได้จากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัยต้นแบบ แสดงให้เห็นความแม่นยำในการตรวจจับอัคคีภัยอยู่ในเกณฑ์แม่นยำ ($\bar{X}=3.42$) หรือคิดเป็นร้อยละ 68.4%

Abstract: According to the survey results, the top three causes of fire in Thailand: 1) garbage and hay burning, 2) short-circuit current, and 3) misuse of fuel. In this paper, a prototype innovation for reducing the fire problem caused by short-circuit current has been developed, called “Smart Breaker”. It has outstanding qualities including the ability to see (IR and DHT11 Sensor), smell (MQ-2) and sense (PZEM 400T) the cause of a fire. Additionally, it can also report anomalies from fire detections to property owners' smartphones to let them know before the damage escalates.

The smart breaker applies Internet of Things technology (IoT) to develop the prototype. The result obtained from testing the prototype fire detection device shows that the fire detection accuracy of is accurate ($\bar{X}=3.42$) or 68.4 percent.

1. บทนำ

อัคคีภัย (สมาคมส่งเสริมความปลอดภัย ในพระราชูปถัมภ์, 2020) หมายถึง ภัยอันตรายอันเกิด จากไฟที่ขาดการควบคุมดูแล ทำให้เกิดการติดต่อ ลูกกลามไปตามบริเวณที่มีเชื้อเพลิงและเกิดการลุกไหม้ ต่อเนื่อง สร้างความสูญเสียให้ทรัพย์สินและชีวิต “ไฟ” เป็นปฏิกิริยาเคมีชนิดหนึ่งที่เรารู้จักกันคือ “การเผาไหม้” ซึ่งเป็นปฏิกิริยาร่วมระหว่างองค์ประกอบ 3 สิ่งได้แก่ เชื้อเพลิง (Fuel) ออกซิเจน (Oxygen) และความร้อน (Heat) ในสภาวะที่เหมาะสมแล้วให้พลังงานออกมา ในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานแสงสว่าง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2020) จาก สถิติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 ถึง ก.พ. 2564 ของสำนักงาน ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กทม. (การเกิดอัคคี ภัย, 2016) พบว่าไฟไหม้ที่มีสาเหตุมาจากไฟฟ้า ลัดวงจรมีจำนวนทั้งสิ้น 2,810 ครั้ง โดยมีประชาชน ได้รับบาดเจ็บรวมแล้ว 475 ราย เสียชีวิต 56 ราย ทรัพย์สินที่เสียหายไปมีมูลค่ามาก ยากที่จะประเมิน ได้ ถ้าจะกล่าวถึงมาตรการการรับมือกับอัคคีภัยที่ ดีที่สุดก็คือ การป้องกันก่อนเกิดไฟไหม้นั่นเอง ซึ่งมี หลายหน่วยงานของภาครัฐที่กำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ ในการควบคุมการเกิดอัคคีภัย เช่น คู่มือการปฏิบัติ งานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การ ป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน (การป้องกันและ ระงับอัคคีภัย, 2016) เป็นต้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วเป็น ไปได้ยากที่จะควบคุมอัคคีภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากความเสื่อมและภาวะทดยอยของอุปกรณ์ ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้งานอยู่ไม่สามารถตรวจสอบความ สมบูรณ์ได้ตลอดเวลาอันเอง

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่มุ่งเน้นการตรวจสอบ และรายงานเมื่อเกิดอัคคีภัย เช่น Chen และคณะ

(2019) ได้ตรวจจับเปลวไฟจากภาพถ่ายโดยใช้ หลักการของ Support Vector Machine โดยพวก เขาตั้งข้อสังเกตว่าวิธีการตรวจจับไฟไหม้แบบดั้งเดิมยัง ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เช่น ใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และเครื่องตรวจจับควันไฟ เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ยังมี ข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ในการตรวจจับ ความเร็วลม และฝุ่นละอองในอากาศ ผลลัพธ์ที่ได้ผู้เขียนยืนยันว่า สามารถตรวจจับเปลวไฟได้แม่นยำกว่าการใช้อุปกรณ์ แบบเดิม แต่จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรในการประมวล ผลภาพประกอบสูงมาก ดังนั้นจึงยังไม่สามารถนำมา ประยุกต์กับการใช้งานจริงๆ ได้ นักวิจัยชื่อ Chen และ คณะ (2016) ได้ออกแบบระบบเตือนภัยเมื่อเกิดไฟไหม้ บนระบบฝังตัวโดยใช้ Arduino MEGA 2560 เชื่อม ต่อเป็นแบบ Master-slave เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ใน การเฝ้าระวัง โดยมีต้นทุนที่ต่ำและแนะนำให้ติดตั้งกับ บ้านหรืออาคารที่มีสายนำสัญญาณเดิมอยู่แล้ว ต่อมา นักวิจัยชื่อ Zhao และคณะ (2020) ได้ใช้การเรียนรู้ เชิงลึกชื่อว่า YOLOv3 ในการตรวจจับเปลวไฟตาม เวลาจริง (Real-time) เนื่องจาก YOLOv3 ใช้ทรัพยากร ณ์ในการประมวลผลได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ และ มีค่าความแม่นยำในการตรวจจับสูงถึง 96.89% โดย พวกเขายืนยันว่าตัวแบบดังกล่าวนี้สามารถใช้ตรวจจับ การเกิดไฟไหม้ได้ตามเวลาจริงโดยใช้ทรัพยากรสำหรับ ประมวลผลที่ยอมรับได้ งานวิจัยของ Sowah และคณะ (2017) พัฒนาและออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ สำหรับแจ้งเตือนเมื่อเกิดไฟไหม้ โดยใช้อุปกรณ์ดั้งเดิม ที่นิยมใช้งาน เช่น อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ (MQ2) ตรวจสอบอุณหภูมิ (TMP102) และอุปกรณ์ตรวจจับ เปลวไฟ (DFRobot) การทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุม ผ่านเว็บ สำหรับหัวใจในการพยากรณ์การเกิดไฟไหม้ ผู้วิจัยเลือกใช้ฟัซซีโลจิก (Fuzzy logic) สำหรับพยากรณ์ สำหรับการแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งานจะสื่อสารผ่าน

ข้อความสั้นๆ (Short message) ผ่านโทรศัพท์มือถือ พวกเขายืนยันว่าระบบดังกล่าวสามารถแจ้งเตือนได้ตามเวลาจริงและมีประสิทธิภาพดี จุดอ่อนของงานวิจัยทั้งหลายเกี่ยวกับการตรวจสอบไฟไหม้แล้วไม่ค่อยประสบผลสำเร็จเท่าที่ควรมีสาเหตุเนื่องมาจากไม่สามารถทราบได้แน่ชัดว่าไฟจะรุกไหม้ที่บริเวณใด ยิ่งเป็นอาคารหรือสถานที่ที่มีบริเวณกว้างๆ ยิ่งยากต่อการตรวจจับเพิ่มขึ้น Islam และคณะ (2015) ได้พยายามแก้ปัญหาดังกล่าวโดยออกแบบให้ระบบตรวจจับของพวกเขาสามารถครอบคลุมพื้นที่การใช้งานให้กว้างมากขึ้น โดยอาศัยอุปกรณ์ ZigBee ซึ่งมีคุณสมบัติการสื่อสารในลักษณะโครงข่ายใยแมงมุม โดยใช้พลังงานที่ต่ำและมีต้นทุนในการติดตั้งที่ไม่แพงจนเกินไป โดยพวกเขาดำเนินการทดสอบระบบภายในโรงงานเสื้อผ้าซึ่งมีความเสี่ยงจะเกิดไฟไหม้สูง ปัจจุบันอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มีความเจริญก้าวหน้ามากทั้งอุปกรณ์เซนเซอร์ (Sensors) และอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุม (Actuators) รวมถึงความสามารถในการสื่อสารข้อมูลระหว่างโหนดควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงมากด้วย ดังนั้น Ahmed และคณะ (2018) จึงได้นำเอา IoT มาสร้างเป็นระบบต้นแบบเพื่อใช้สำหรับตรวจสอบไฟไหม้ภายในบ้านโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino (Nano) ทำงานร่วมกับเซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ ควั่น พัดลมดูดอากาศและรีเลย์ สำหรับตรวจจับไฟไหม้ และใช้วงจรตัดกระแสไฟฟ้าและอุปกรณ์พ่นหมอกกระจ่ายเพลิงเมื่อเกิดไฟไหม้ขึ้น แต่อุปกรณ์ดังกล่าวยังไม่มีติดตั้งใช้งานจริงเป็นเพียงโมเดลที่อยู่ในห้องทดลองเท่านั้น นอกจากการนำเอา IoT มาประยุกต์เพื่อตรวจสอบไฟไหม้แล้ว มีนักวิจัยบางส่วนได้ออกแบบหุ่นยนต์เพื่อช่วยต่อสู้ในสถานการณ์ที่กำลังเกิดไฟไหม้ด้วยเช่น Hwang (2010) และ Mittal (2018) ส่วนงานวิจัยต่อไปนี้ Duong (2010), Li (2015) และ Zhang (2008) เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงการประมวลผลภาพไฟไหม้ที่ตรวจจับได้จากกล้องวงจรปิดจากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมีจุดอ่อนและจุดแข็งที่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอา

จุดเด่นของแต่ละงานวิจัยมาผสมผสานกัน และพยายามขจัดจุดอ่อนที่เกิดขึ้นออกไป โดยระบบที่ออกแบบต้องสอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยด้วย

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับการเกิดอัคคีภัยต้นแบบ ชื่อว่า “สมาร์ทเบรกเกอร์” โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งซึ่งมีเซนเซอร์ชนิดต่างๆ ให้ประยุกต์ใช้ได้มากมาย จุดเด่นของอุปกรณ์ดังกล่าว คือ ความแม่นยำในการตรวจจับต้นทุนราคาที่ต่ำและติดตั้งใช้งานได้ง่ายโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ในกรณีที่อุปกรณ์ไม่สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายเพื่อรายงานความผิดปกติได้ (อาจจะมีสาเหตุมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าหลักผิดปกติหรือเหตุเว่ยของระบบเครือข่ายไม่ทำงาน) ระบบจะทำงานแบบทางผ่านอัตโนมัติ (Bypass)

2. การวิเคราะห์ ออกแบบพัฒนาระบบ

ในส่วนนี้กล่าวถึงขั้นตอนการวิเคราะห์และพัฒนาระบบต้นแบบในการตรวจจับเพลิงไหม้ซึ่งมีสาเหตุมาจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรเป็นหลัก ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็ง (SWOT)

งานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับเพลิงไหม้ซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้นมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบแตกต่างกัน ในหัวข้อนี้จะดำเนินการวิเคราะห์จุดอ่อนและจุดแข็งของแต่ละงาน เพื่อนำไปสู่การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมในการตรวจจับเพลิงไหม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มแรกใช้เทคโนโลยีทางด้านไอโอทีและระบบฝังตัว (Embed system) ทำงานร่วมกับแอปพลิเคชัน เช่น งานวิจัยของ Chen และคณะ (2019) Sowah และคณะ (2017) Islam และคณะ (2015) และ Ahmed และคณะ (2018) และกลุ่มที่สองเป็นการประยุกต์เอาปัญญาประดิษฐ์ (AI) การเรียนรู้

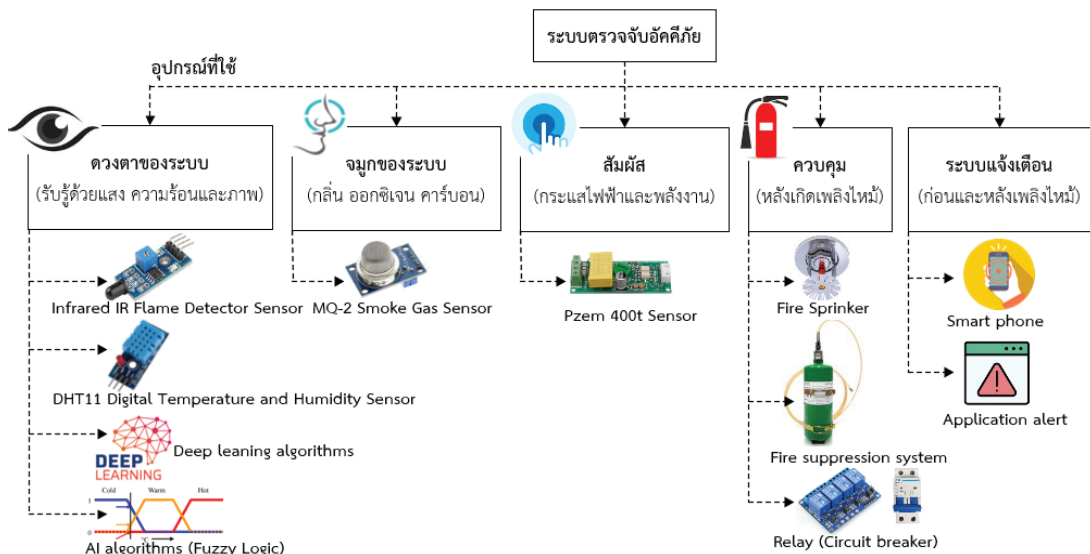
เชิงลึก (DL) และการประมวลผลภาพมาช่วยในการตรวจจับไฟไหม้เช่นงานวิจัยของ Chen และคณะ (2019), Zhao และคณะ (2020), Duong และคณะ (2010), Li และคณะ (2015) และ Zhang และคณะ (2008) ซึ่งผลการวิเคราะห์ SWOT แสดงดังตาราง 1

เมื่อทำการสังเคราะห์ข้อมูลที่ปรากฏในตาราง 1 พบว่า ระบบการตรวจจับที่ใช้เทคโนโลยีฝังตัวร่วมกับไอโอที พัฒนาก่อมาเป็นรูปธรรมมากกว่ากลุ่มที่ใช้ AI โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์เซนเซอร์และแอคชูเอเตอร์มีมากมายให้เลือกใช้งาน คุณภาพก็ขึ้นอยู่กับงบประมาณของผู้ประกอบการ (Industrial grade เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีมาก) แต่งานงานวิจัยในกลุ่มไอโอทีนี้ยังมีข้อเสียเปรียบในเรื่องของความแม่นยำและพื้นที่การตรวจจับอยู่ โดยเหมาะสำหรับบ้านเรือนทั่วไปหรือบริษัทที่มีต้นทุนในการลงทุนไม่สูง

มากนัก ข้อดีของกลุ่มวิจัยนี้ คือ ระบบสามารถตรวจจับก่อนการเกิดเพลิงไหม้ได้ เช่น กลิ่นและความร้อน เป็นต้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้แล้วยังมีอุปกรณ์ช่วยระงับการเกิดเพลิงไหม้ได้ เช่น การพ่นหมอกและการตัดกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนงานวิจัยกลุ่มที่ 2 มีความโดดเด่นมากในเรื่องความแม่นยำในการตรวจจับ เพราะตรวจจับจากเพลิงไหม้จริง ทั้งแบบเป็นภาพและแบบวิดีโอ และสามารถตรวจจับได้กับพื้นที่กว้างๆ เพราะกล้องวงจรปิดในปัจจุบันมีความสามารถสูงชันมาก แต่จุดด้อยคือ ต้องใช้การประมวลผลที่สูง อัลกอริทึมในการประมวลผลซับซ้อน ต้นทุนในการพัฒนาและติดตั้งค่อนข้างสูงและที่สำคัญต้องเกิดเพลิงไหม้ก่อนจึงจะสามารถตรวจจับได้ เมื่อพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมดแล้วถ้าต้องการออกแบบและสร้างอุปกรณ์เพื่อตรวจจับเพลิงไหม้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ระบบจะมีลักษณะดังภาพประกอบ 1

ตาราง 1 การทำ SWOT ระบบตรวจจับเพลิงไหม้

ข้อ	ข้อเด่น-ข้อด้อย	นักวิจัยกลุ่มที่ 1	นักวิจัยกลุ่มที่ 2
1	ความแม่นยำในการพยากรณ์	ปานกลาง	สูงถึงสูงมาก
2	ข้อจำกัดของพื้นที่ในการตรวจจับเพลิงไหม้	ต้องติดตั้งอุปกรณ์มากขึ้น	ขึ้นอยู่กับคุณภาพของกล้อง
3	ทรัพยากรสำหรับประมวลผล	ต่ำ	สูงถึงสูงมาก
4	ความเร็วในการตรวจจับ	ปานกลางถึงสูง	ปานกลางถึงสูง
5	ราคาต้นทุนต่อหน่วย	ต่ำถึงปานกลาง	สูง
6	การแจ้งเตือนหลังการตรวจพบ	ผ่านสมาร์ตโฟนและเว็บเพจ	ยังไม่มีระบบแจ้งเตือน
7	การป้องกันหลังจากตรวจพบ	การพ่นหมอก ตัดกระแสไฟฟ้า	ยังไม่มีระบบการป้องกัน
8	ประเภทที่ใช้สำหรับการตรวจจับเพลิงไหม้	หลากหลาย เช่น เปลวไฟ หมอก แสง กลิ่น ความร้อน	ใช้ภาพเปลวไฟ ในขณะเกิดเพลิงไหม้ เท่านั้น
9	ความสามารถในการตรวจจับ	ตรวจจับได้ก่อนเกิดเพลิงไหม้	ตรวจจับหลังจากเกิดเพลิงไหม้
10	การดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	ปานกลาง	สูง
11	ความซับซ้อนในการออกแบบและติดตั้งระบบ	ปานกลางถึงสูง	ปานกลาง
12	สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการติดตั้งและใช้งานระบบ	บ้าน โรงงานที่มีขนาดเล็กถึงกลาง	พื้นที่ที่ๆ มีความกว้างมากๆ
13	ภาพรวมเมื่อติดตั้งใช้งาน	พื้นที่ที่มีรัศมีทำงานไม่กว้างมากนัก	พื้นที่ที่กว้างและเกิดเพลิงไหม้ก่อนเสมอ
14	อื่นๆ	ใช้งานได้จริงแล้วในปัจจุบัน	อยู่ระหว่างการทดสอบ



ภาพประกอบ 1 ระบบตรวจสอบเพลิงไหม้ที่ผ่านการทำ SWOT

จากภาพประกอบ 1 แสดงให้เห็นว่าดวงตาของระบบจะต้องประกอบไปด้วยเซนเซอร์ต่างๆ ทำงานร่วมกับ DL หรือ Fuzzy logic จึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับจมูกของระบบจะใช้อุปกรณ์ตรวจจับควันไฟและอากาศ ระบบสัมผัสจะใช้อุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้าและพลังงาน ระบบการควบคุมหลังเพลิงไหม้จะใช้อุปกรณ์พ่นหมอกและน้ำยาดับเพลิง รวมไปถึงอุปกรณ์ตัดกระแสไฟฟ้า และสุดท้ายเป็นระบบแจ้งเตือนควรต้องทำงานผ่านสมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชัน เช่น เว็บ เป็นต้น

2.2 สาเหตุของการเกิดอัคคีภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

ไฟฟ้าช็อต (Short Circuit) หรือเรียก ไฟฟ้าลัดวงจร คือ กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร โดยไม่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า (Load) มีสาเหตุมาจากหลายสาเหตุสรุปได้ดังนี้ คือ

- 1) ฉนวนไฟฟ้าชำรุด หรือเสื่อมสภาพ
- 2) ใช้แรงดันเกิน ทำให้กระแสไฟฟ้าทะลุผ่านฉนวนได้หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าพังเสียหาย

3) ตัวนำไฟฟ้าต่างเฟสกัน (คนละเส้น) สัมผัสกัน

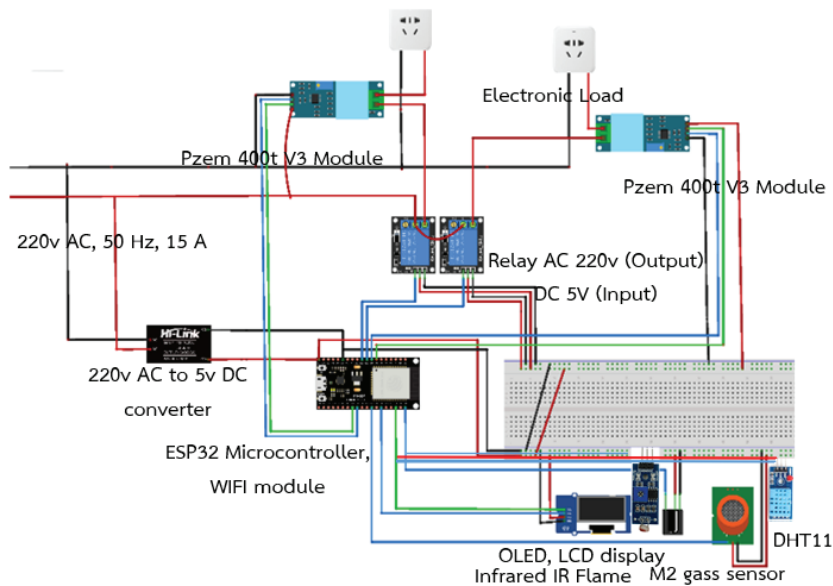
4) มีสิ่งก่อสร้าง ต้นไม้ หรืออื่นๆ ไปสัมผัสสายไฟฟ้า

5) สายไฟฟ้าขาดลงพื้น เกิดไฟฟ้าลัดวงจร

เมื่อก้าวโดยสรุป ไฟฟ้าลัดวงจรเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือ 1) ฉนวนของสายไฟฟ้าชำรุด หรือจากการสัมผัสกันโดยบังเอิญ และ 2) กระแสไฟฟ้าไหลลงดิน หรือเรียกว่าไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน ผลจากไฟฟ้าลัดวงจรจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในปริมาณมากในเวลาอันสั้น โดยมีผลทำให้เกิดความร้อนสูงและในบางกรณียังมีประกายไฟเกิดร่วมด้วย ซึ่งสิ่งที่กล่าวมาแล้วนี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดอัคคีภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้นั่นเอง

2.3 การออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัย Smart Breaker

การออกแบบระบบ Smart Breaker จะดำเนินการตามผลการประเมิน SWOT ในหัวข้อ 2.1 แสดงดังภาพประกอบ 2

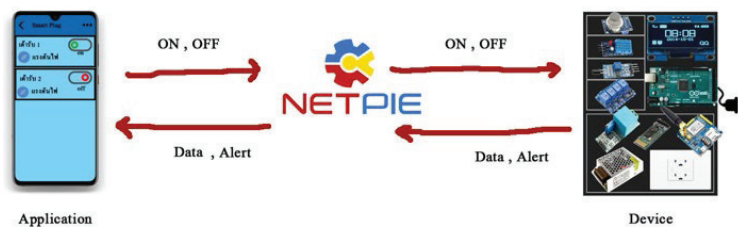


ภาพประกอบ 2 ภาพรวมของการออกแบบ Smart Breaker

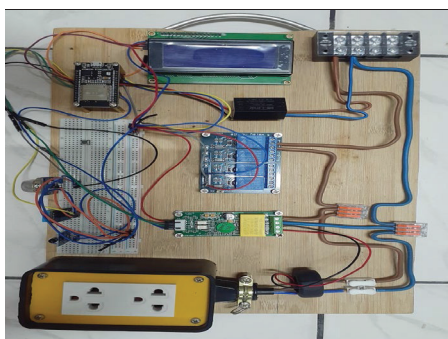
จากภาพประกอบ 2 หัวใจหลักในการควบคุมการทำงานของ Smart Breaker คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้อย่างอิสระและยังสามารถเชื่อมต่อ WIFI สำหรับรับ-ส่งข้อมูลไปยัง MQTT Server เพื่อจัดเก็บข้อมูล ทำรายงานและส่งข้อความเตือนไปยังผู้ใช้งานเมื่อเกิดเพลิงไหม้ได้ สำหรับ MQTT server ผู้วิจัยเลือกใช้ NETPIE ซึ่งเป็นของ NECTEC (2021) สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Smart Breaker และ NETPIE แสดงดังในภาพประกอบ 3 การจ่ายโหลดของกระแสไฟฟ้าจะถูกตรวจวัดด้วยโมดูล PZEM 400t เมื่อโหลดใช้กระแสไฟฟ้าเกินตามที่กำหนด (ตั้งค่าได้จากมือถือ) ESP32 จะสั่งการให้รีเลย์ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด สำหรับเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับตรวจจับเพลิงไหม้ประกอบไปด้วย ดวงตาของ Smart breaker จะใช้เซนเซอร์ตรวจจับเปลวไฟ (Infrared IR Flame Detector Sensor) จมูกของระบบจะใช้เซนเซอร์ตรวจจับควันและแก๊ส (MQ-2 Smoke Gas Sensor) การสัมผัสของระบบจะใช้เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT11

Digital Temperature and Humidity Sensor) และ เซ็นเซอร์วัดกำลังและพลังงานไฟฟ้า (Pzem 400t V3) เมื่อ Smart breaker สามารถตรวจจับไฟไหม้ได้แล้วจะสั่งตัดแหล่งจ่ายไฟฟ้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์รีเลย์ (Relay) พร้อมกับแจ้งเตือนผ่านจอ OLED/LCD และผ่านมือถือด้วยแอปพลิเคชันไลน์ (line)

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการลดต้นทุนและทรัพยากรในการประมวลให้เหมาะสมกับสถานการณ์จริงในปัจจุบัน ดังนั้นจึงยังไม่บรรจุ AI หรือ DL ลงในอุปกรณ์นี้ เนื่องจาก ESP32 ยังไม่สามารถประมวลผลกับภาพเปลวไฟได้ (วางแผนพัฒนาต่อในเวอร์ชันที่ 2) สำหรับการพ่นหมอก (ซึ่งเป็นน้ำ) ขณะเกิดเพลิงไหม้อาจจะส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าช็อตเจ้าของบ้านหรือพนักงานดับเพลิงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงยังไม่ผนวกคุณสมบัติการดับเพลิงด้วยน้ำเข้าไปด้วย ระบบ Smart Breaker หลังจากพัฒนาได้สมบูรณ์แล้วจะถูกบรรจุลงในกล่องอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีความแข็งแรงและป้องกันไฟไหม้ได้ตามมาตรฐาน มอก. ดังแสดงในภาพประกอบ 4 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



ภาพประกอบ 3 การสื่อสารข้อมูลระหว่าง Smart Breaker และ MQTT (NETPIE)

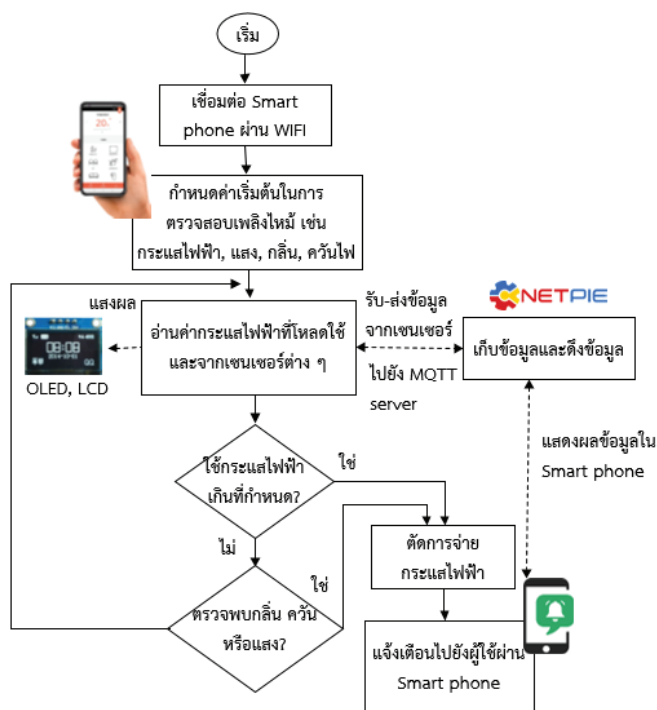


(ก) การเชื่อมต่อ Smart Breaker ในบอร์ดทดลอง



(ข) Smart Breaker ในกล่องพร้อมใช้งาน

ภาพประกอบ 4 Smart Breaker



ภาพประกอบ 5 อัลกอริทึมในการควบคุมการทำงานของ Smart Breaker

สำหรับอัลกอริทึมที่ใช้ควบคุม Smart Breaker แสดงในภาพประกอบ 5

เริ่มจากผู้ใช้งานจะต้องตั้งค่าการทำงาน เริ่มต้นของ Smart Breaker ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของตนเองเสียก่อน (ถ้าไม่ตั้งค่าระบบจะใช้ค่า default แทน) โดยผ่านสมาร์ทโฟน เช่น กำหนดกระแสไฟฟ้าที่ต้องการจ่ายให้กับโหลด ในอุปกรณ์ต้นแบบนี้ทดสอบจ่ายกระแสไฟฟ้าเพียง 2 โหลดเท่านั้น) ความเข้มของแสง สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดจากควัน และอุณหภูมิ เป็นต้น ดังตาราง 2 เมื่อกำหนดค่าเริ่ม

ต้นเสร็จสิ้น Smart Breaker จะเริ่มทำงาน โดยการอ่านค่าเซนเซอร์ต่างๆ เป็นระยะๆ (ประมาณ 1 วินาที) ค่าดังกล่าวสามารถกำหนดเองได้) โดยค่าเซนเซอร์ที่อ่านได้จะถูกส่งไปยัง MQTT server (NETPIE) และแสดงผลผ่านจอภาพ OLED หรือ LED เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้จากสาเหตุต่างๆ เช่น มีกลิ่น เกิดแสงสว่างจากเปลวไฟ อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว หรือกระแสไฟฟ้าที่โหลดมีปริมาณมากผิดปกติ ในช่วงเวลาที่สิ้นระบบจะสั่งให้อุปกรณ์หยุดการจ่ายกระแสไฟฟ้าและแจ้งไปยังเจ้าของบ้านโดยผ่านโปรแกรม line ในสมาร์ทโฟนทันที

ตาราง 2 การกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับ Smart Breaker

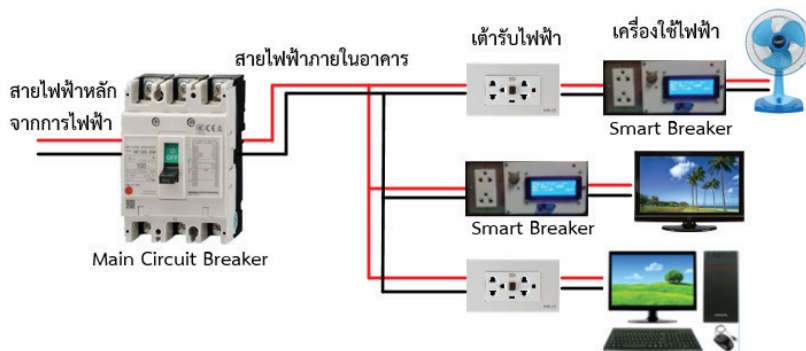
ลำดับ	โหลดทางไฟฟ้าและการตั้งค่าเซนเซอร์	ค่าเริ่มต้น
1	พลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลด(พัดลมตั้งพื้น)	45-75 วัตต์
2	พัดลมเพดาน	70-104 วัตต์
3	หม้อหุงข้าวไฟฟ้า	500-1,000 วัตต์
4	เตารีดไฟฟ้า	430-1,600 วัตต์
5	เครื่องทำน้ำร้อนในห้องน้ำ	900-4,800 วัตต์
6	เครื่องปั๊มนมปั่น	600-1,000 วัตต์
7	เครื่องเป่าผม	300-1,300 วัตต์
8	เครื่องซักผ้า	250-2,000 วัตต์
9	ตู้เย็น 2-12 คิว (ลบ.ฟุต)	53-194 วัตต์
10	เครื่องปรับอากาศ	680-3,300 วัตต์
11	เครื่องดูดฝุ่น	625-1,000 วัตต์
12	เตาไฟฟ้า (เดี่ยว)	เตาไฟฟ้า (เดี่ยว)
13	โทรทัศน์สี	43-95 วัตต์
14	เครื่องอบผ้าแห้ง	เครื่องอบผ้าแห้ง
15	ความเข้มแสง (Infrared IR Flame)	>3500
16	อุณหภูมิ (DHT11)	>70 องศา
17	ความชื้น (DHT11)	< 50
18	ควันไฟ (MQ2)	>600

2.4 การติดตั้งใช้งานและการแจ้งเตือน

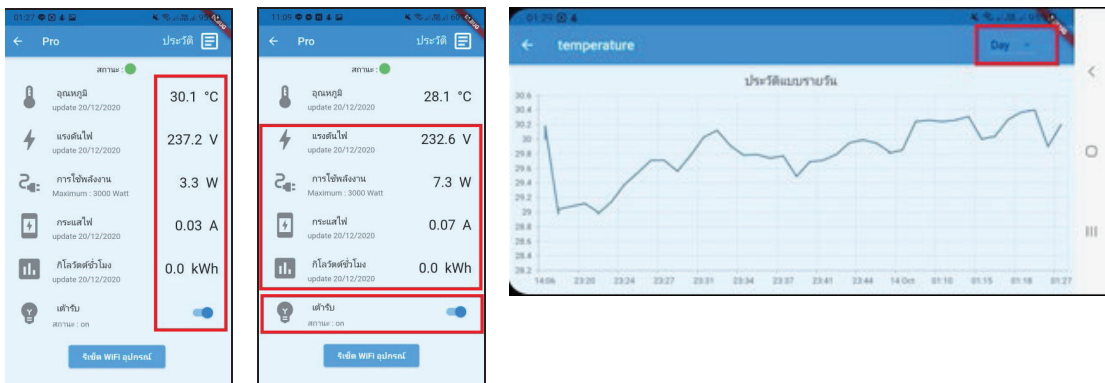
สำหรับการติดตั้ง Smart Breaker นั้นแสดงดังภาพประกอบ 6 ผู้ใช้งานสามารถติดตั้งได้ทุกตำแหน่งของบ้าน ยิ่งถ้าติดตั้ง Smart Breaker ไว้เป็นจำนวนมาก จะทำให้สามารถตรวจสอบเพลิงไหม้ได้มีประสิทธิภาพติดตามไปด้วย เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานโดยไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างการเดินสายไฟฟ้าใหม่ภายในอาคาร สามารถติดตั้ง Smart Breaker จากส่วนเต้ารับเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับ

โหลดไฟฟ้าภายในบ้านได้ทันทีดังภาพประกอบ 6

สำหรับการคอนฟิกใช้งานและดูสถานะการทำงานต่างๆ ของ Smart Breaker สามารถดำเนินการผ่านสมาร์ทโฟนได้ทั้งหมดดังภาพประกอบ 7 รูปแบบการคอนฟิกระบบดังภาพประกอบ 8 และสำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดเพลิงไหม้จะแสดงผ่านทางแอปพลิเคชัน line ดังแสดงในภาพประกอบ 9 ตามลำดับ



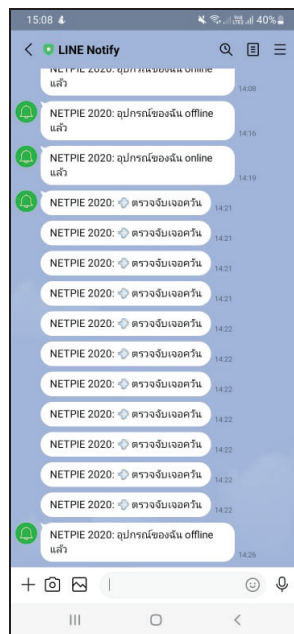
ภาพประกอบ 6 การติดตั้ง Smart Breaker ในอาคาร



ภาพประกอบ 7 แสดงสถานะการทำงานต่างๆ ของ Smart Breaker



ภาพประกอบ 8 แสดงการคอนฟิก Smart Breaker ด้วยสมาร์ทโฟน



ภาพประกอบ 9 แสดงการแจ้งเตือนเมื่อตรวจพบความผิดปกติเกิดขึ้น

จากภาพประกอบ 9 ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ NETPIE ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเจ้าของทรัพย์สินที่ติดตั้งอุปกรณ์ Smart Breaker ได้ด้วยโปรแกรม line เมื่อตรวจพบปัจจัยที่จะทำให้เกิดเพลิงไหม้ เนื่องจาก NETPIE ไม่มีคุณสมบัติการส่งแจ้งเตือนแบบเวลาจริง (Real-time notify)

3. การทดสอบระบบ

ระบบจะถูกทดสอบโดยประเมินการทำงานของอุปกรณ์เซนเซอร์แต่ละประเภท การตัดกระแสไฟฟ้า ระบบการแจ้งเตือน และการประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน แสดงในตาราง 3

ตาราง 3 การทำสอบระบบ Smart Breaker

ลำดับที่	วิธีการประเมิน	ผลการประเมิน
1	การตรวจจับเปลวไฟ	ทำงานได้ดีในช่วง 0-2.0 เมตร
2	การตรวจจับก๊าซและควันไฟ	ทำงานได้ดีในช่วง 0-2.5 เมตร
3	การตรวจจับอุณหภูมิ	ทำงานได้ดีในช่วง 0-2.0 เมตร
4	การตรวจจับความชื้น	ทำงานได้ดีในช่วง 0-2.5 เมตร
5	การตรวจจับแสง	ทำงานได้ดีในช่วง 0-2.0 เมตร
6	การตัดกระแสไฟฟ้า	ตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อโหลดเกินได้
7	ความง่ายต่อใช้งาน (X)	3.25 (ดี)
8	การถูกต้องในการทำงานของ (X)	3.42 (แม่นยำ)
9	ภาพรวมในการใช้งาน (X)	3.38 (ดี)

จากลำดับที่ 7 และ 9 ในตาราง 3 ประเมินโดยใช้แบบสอบถามกับประชากรผู้ใช้อุปกรณ์กรณีตรวจจับอัคคีภัยจำนวน 25 คน เป็นชาย 15 คนและหญิง 10 คน อายุอยู่ในช่วง 18-21 ปี เกณฑ์การประเมินแบ่งออกออกเป็น 5 ระดับ โดยใช้ X ดังนี้

คะแนนประเมินอยู่ในช่วง

4.1-5.0 อุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัยง่ายต่อการใช้งานระดับดีมาก

3.1-4.0 อุปกรณ์ง่ายต่อการใช้งานระดับดี

2.1-3.0 อุปกรณ์มีความง่ายต่อการใช้งานระดับปานกลาง

1.1-2.0 อุปกรณ์มีความง่ายต่อการใช้งานระดับพอใช้

0.1-1.0 อุปกรณ์ไม่มีความง่ายต่อการใช้งาน

จากลำดับที่ 8 ในตาราง 3 ประเมินโดยใช้แบบสอบถามกับประชากรผู้ใช้อุปกรณ์กรณีตรวจจับอัคคีภัยจำนวน 25 คน เป็นชาย 15 คนและหญิง 10 คน อายุอยู่ในช่วง 18-21 ปี เกณฑ์การประเมินแบ่งออกออกเป็น 5 ระดับ โดยใช้ X ดังนี้

คะแนนประเมินอยู่ในช่วง

4.1-5.0 อุปกรณ์ตรวจจับอัคคีภัยมีความแม่นยำสูง

3.1-4.0 อุปกรณ์มีความแม่นยำ

2.1-3.0 อุปกรณ์มีความแม่นยำปานกลาง

1.1-2.0 อุปกรณ์มีความแม่นยำต่ำ

0.1-1.0 อุปกรณ์ไม่มีความแม่นยำ

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบในการตรวจจับอัคคีภัยซึ่งเกิดจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร เรียกว่า Smart Breaker โดยใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับระบบฝังตัว (Embed system) ซึ่งมีต้นทุนในการดำเนินงานที่ไม่สูงเกินไป (ประมาณ 1,300 บาท ต่อ 1 ตัว) สามารถติดตั้งและใช้งานภายในอาคารโดยไม่จำเป็นต้องตัดแปลงหรือแก้ไขโครงสร้างระบบไฟฟ้าที่มีอยู่เดิม โดยติดตั้งต่อจากเต้ารับก่อนเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (ติดตั้งง่ายที่สุด) หรือติดตั้งระหว่างสายไฟฟ้าหลักภายในอาคารก็ได้ในลักษณะ Inline (ต้องปรับ

แต่งสายไฟฟ้าเล็กน้อย) ผลลัพธ์จากการทดสอบแสดงให้เห็นว่า Smart Breaker สามารถตรวจจับและแจ้งเตือนก่อนและขณะเกิดอัคคีภัยได้ เมื่อเกิดเพลิงไหม้ระบบสามารถตัดกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟได้แบบอัตโนมัติเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเพลิงไหม้ได้ สำหรับโหลดเพิ่มเติมจนอาจจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้สำหรับระยะการทำงานของเซนเซอร์ต่างๆ ขึ้นอยู่กับคุณภาพและราคาของเซนเซอร์นั้นๆ ในงานวิจัยนี้ใช้เซนเซอร์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ดังนั้นระยะทำการของการตรวจจับจึงยังไม่กว้างมากนัก โดยเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 0-2.5 เมตร โดยภาพรวมของการใช้งาน Smart Breaker อยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X}=3.38$) และความแม่นยำในการตรวจจับไฟไหม้ก็อยู่ในเกณฑ์แม่นยำ ($\bar{X}=3.42$) หรือคิดเป็น 68.4 เปอร์เซ็นต์

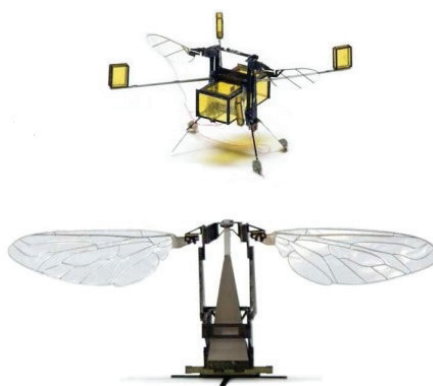
5. แนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เนื่องจาก Smart Breaker ยังไม่สามารถตัดกระแสไฟฟ้าได้รวดเร็วเท่ากับ Circuit Breaker (ในกรณีที่ผู้ใช้งานถูกช็อตและต้องการตัดกระแสไฟฟ้าก่อนจะเสียชีวิต) ที่วางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดได้ ทั้งนี้เพราะ Circuit Breaker ยี่ห้อต่างๆ ที่วางขายนั้นได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและอุปกรณ์ภายในมีประสิทธิภาพสูงมาก ทำให้สามารถตัดกระแสไฟฟ้าได้ก่อนการเสียชีวิต อย่างไรก็ตาม Smart Breaker

สามารถพัฒนาให้ตัดกระแสไฟฟ้าได้เร็วขึ้นได้ โดยการเลือกอุปกรณ์รีเลย์ความเร็วสูง (มีราคาแพง) แทนรีเลย์ที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ได้ นอกจากนี้ Smart Breaker ยังมีความถูกต้องในการตรวจจับเพลิงไหม้อยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นควรจะต้องเพิ่มอัลกอริทึม เช่น Fuzzy Logic และ Deep Learning เข้าไปเพื่อช่วยในการตรวจจับเปลวไฟ (ต้องเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์และงบประมาณในการทำวิจัยเพิ่มขึ้น) Smart Breaker อาจจะไม่สามารถตรวจจับไฟไหม้ในกรณีที่เกิดขึ้นกับตัวเองได้ (ถ้าอุปกรณ์หลักเช่น EPS32 เสียหาย) แต่สามารถป้องกันเหตุการณ์ดังกล่าวได้ โดยการบรรจุอุปกรณ์ลงในกล่องที่ป้องกันการติดไฟ เช่น โลหะหรือภาชนะทนไฟสูงๆ เป็นต้น ในแต่ละงานวิจัยยังไม่มีมีการพัฒนาระบบดับเพลิงหลังจากตรวจจับไฟไหม้ได้แล้วอย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้นในงานวิจัยที่จะทำต่อไปในอนาคต คือ การออกแบบและพัฒนา ระบบดับเพลิงที่มีประสิทธิภาพ โดยอาจจะอยู่ในรูปแบบของโดรนซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะปกติจะทำตัวเหมือนอุปกรณ์ตกแต่งบ้านทั่วๆ ไป ดังในภาพประกอบ 10 (ก) แต่เมื่อเกิดไฟไหม้จะทำหน้าที่พ่นสารเคมีเพื่อดับไฟ หรืออาจจะเป็นแมลงขนาดเล็กๆ ซึ่งเมื่อเกิดไฟไหม้แล้วจะรวมตัวทักทายกันเป็นกลุ่มก้อนคล้ายผึ้งเพื่อดับไฟตั้งแต่ไฟเริ่มก่อตัวขึ้น ดังภาพประกอบ 10 (ข) เป็นต้น



(ก) โดรนสำหรับดับเพลิง (IF WORLD DESIGN GUIDE, 2021)



(ข) แมลงดับเพลิงขนาดเล็ก (INTERESTING ENGINEERING, 2020)

ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างระบบดับเพลิงในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2020). *กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย*. สืบค้น สิงหาคม 2564, สืบค้นจาก <https://www.disaster.go.th/>
- การเกิดอัคคีภัย. (2016). *สำนักป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย*. สืบค้น สิงหาคม 2564, สืบค้นจาก <http://www.bangkokfire199.com/>
- การป้องกันและระงับอัคคีภัย. (2016). *กองส่งเสริมเทคโนโลยีและความปลอดภัยในโรงงาน*. สืบค้น ตุลาคม 2564, สืบค้นจาก <http://reg3.diw.go.th/safety/>
- สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) ในพระราชูปถัมภ์ ฯ. (2020). *กฎหมายความปลอดภัย*. สืบค้น กันยายน 2564, สืบค้นจาก <http://neic.gov/neis/epic/epic.html>
- Ahmed, T. M. (2018). Smart fire safety system in a Building. In *3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)* (pp. 37-40). <https://doi.org/10.1109/RTEICT42901.2018.9012548>
- Chen, K., Cheng, Y., Bai, H., Mou, C., & Zhang, Y. (2019). Research on image fire detection based on support vector machine. In *9th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering (ICFSFPE)* (pp. 1-7). <https://doi.org/10.1109/ICFSFPE48751.2019.9055795>
- Chen, S., Wang, L.K., Li, W. & Chen, W. (2016). A low-cost R-type fire alarm system for old houses. In *International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering (ICAMSE)* (pp. 51-54) <https://doi.org/10.1109/ICAMSE.2016.7840228>
- Duong, H.D., & Tinh, D.T. (2010). A novel computational approach for fire detection. In *Second International Conference on Knowledge and Systems Engineering* (pp. 9-13). <https://doi.org/10.1109/KSE.2010.12>
- Hwang, J., Jun, S., Kim, S., Cha, D., Jeon, K., & Lee, J. (2010). Novel fire detection device for robotic fire fighting. In *International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)* (pp. 96-100) <https://doi.org/10.1109/ICCAS.2010.5669964>
- iF WORLD DESIGN GUIDE. (2021). *Smart fire-fighting drone*. Retrieved 10 October 2021, Retrieved from <https://interestingengineering.com/bug-life-these-5-robots-were-inspired-by-insects>
- INTERESTING ENGINEERING. (2020). *Bug Life: These 5 Robots Were Inspired by Insects*. Retrieve 15 September 2021, Retrieved from <https://ifworlddesign-guide.com/entry/240258-fire-man>

- Islam, T., Rahman, H.A., & Syrus, M.A. (2015). Fire detection system with indoor localization using ZigBee based wireless sensor network. *International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)* (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2015.7334000>
- Li, Z., & Li, J. (2015). Control system design of directional fire-fighting monitor based on video. In *The 27th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* (pp. 1753-1756). <https://doi.org/10.1109/CCDC.2015.7162203>
- Mittal, S., Rana, M.K., Bhardwaj, M., Mataray, M. & Mittal, S. (2018). CeaseFire: The fire fighting robot. In *International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN)* (pp. 1143-1146). <https://doi.org/10.1109/ICACCCN.2018.8748547>
- Sowah, R.A., Ofoli, A.R., Krakani, S.N., & Fiawoo, S.Y. (2017). Hardware design and web-based communication modules of a real-time multisensor fire detection and notification system using fuzzy logic. (2017). In *IEEE Transactions on Industry Applications*, 53(1), 559-566. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2613075>
- Zhang, D., et al. (2008). A new color-based segmentation method for forest fire from video image. in *International Seminar on Future BioMedical Information Engineering* (pp. 41-44). <https://doi.org/10.1109/FBIE.2008.40>
- Zhao, X., Cheng, L., Kuang, J. & Liu, J. (2020). Research on real-time detection of fire protection facilities based on improved YOLOv3 algorithm. In *39th Chinese Control Conference (CCC)* (pp. 7193-7199) <https://doi.org/10.23919/CCC50068.2020.9188861>

การพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้าออนไลน์

Developing the Warehouse Management Online System

แสนยานภาพ นามวงศ์^{1,*}, จารี ทองคำ¹

Sanyanupap Namwong^{1,*}, Jaree Thongkam¹

¹ หน่วยวิจัยสารสนเทศเชิงประยุกต์ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

¹ Applied Information Group, Department of Information Technology, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand

* Corresponding Author: Sanyanupap Namwong, sanyanupap.nam@msu.ac.th

Received:

2 November 2021

Revised:

29 January 2022

Accepted:

1 March 2022

คำสำคัญ:

ระบบสารสนเทศ, คลังสินค้า, การพัฒนาเว็บไซต์

Keywords:

Information Systems, Warehousing, Website Development

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้าออนไลน์สำหรับห้างหุ้นส่วนจำกัด โปรฟาร์ม ระบบนี้สามารถจัดการสต็อกสินค้าในคลังสินค้า จัดการลูกหนี้ และจัดการเจ้าหนี้ได้ ระบบพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP และ HTML โดยใช้ซอฟต์แวร์ MySQL ในการบริหารจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ไม่เพียงแต่การทดสอบ Black-box เท่านั้นที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบนี้ แต่ยังใช้แบบฟอร์มการประเมิน 5 ระดับเพื่อประเมินความพึงพอใจของพนักงานต่อการทำงานของแต่ละฟังก์ชันอีกด้วย ผลการทดลองพบว่า การทดสอบด้วย Black-box รวมทั้ง 100 ครั้ง โดยข้อมูลที่ออกมาจากการทดสอบได้ตามที่คาดหวังและไม่มีข้อผิดพลาด ส่วนของการประเมินจากผู้ใช้งานอยู่ในระดับดี

Abstract: This research aims to develop the warehouse management online system for Preform Limited Partnership. This system can manage stock of product in the warehouse, debtors and creditors. PHP, HTML and MySQL software used to manage relational databases were utilized to develop this system. Not only Black-box testing are used to evaluate the performance of this system but also the five level assessment form to assess satisfaction of the population are employed. The experiment results of 100 rounds of Black-box testing showed output as expected and no error. The evaluation from users is at a good level.

1. บทนำ

ห้างหุ้นส่วนจำกัด โปรฟาร์ม ธุรกิจร้านขายสินค้าทางการเกษตร เช่น อาหารสัตว์ ปุ๋ย และอุปกรณ์ทางการเกษตรต่างๆ ปัจจุบัน ห้างหุ้นส่วนจำกัด โปรฟาร์ม ใช้โปรแกรม Businessplus ในการบันทึกข้อมูลของคลังสินค้า ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้เครือข่ายภายในอาคารเท่านั้นไม่สามารถใช้งานโปรแกรมผ่านระบบออนไลน์ได้ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งาน พนักงานคลังสินค้าไม่สามารถจัดการข้อมูลผ่านเครือข่ายออนไลน์ได้ จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานในยุคโรค Covid-19 ที่ต้องให้พนักงานทำงานที่บ้าน ลูกค้าไม่สามารถเรียกดูใบสั่งซื้อหรือใบเสร็จผ่านระบบออนไลน์ได้

ระบบออนไลน์ เป็นระบบที่บริษัทโปรฟาร์มมีความต้องการ โดยภาษาที่นิยมนำมาใช้ในการพัฒนาระบบออนไลน์ ได้แก่ ภาษา Personal Home Page (PHP), HyperText Markup Language (HTML) ร่วมกับระบบฐานข้อมูล MySQL (ณัฐวรรณ ธรรมวัชรการ, 2562; กนกวรรณ คล้ายสุบรรณ และคณะ, 2560) เพื่อช่วยให้การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันทำได้ง่าย รวดเร็ว มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการทำงาน (สุริยัน นิลทะราช และสมบุญ ขาวชายโขง, 2563; สุริยัน นิลทะราช และสมบุญ ขาวชายโขง, 2563) โดยมีนักวิจัยได้นำเอา PHP และ MySQL มาพัฒนาระบบ เช่น วีรอร อุตมพันธ์ และเกียรติชัย อ่อนน้อม (2562) เป็นการพัฒนาแบบสั่งซื้อปุ๋ยออนไลน์ให้กับบริษัทเดอะซัมมีเดียกรุ๊ป ผลปรากฏว่าพนักงานและเจ้าของกิจการมีความพึงพอใจระดับดี งานของสิรินดา ชมชื่นและคณะ (2562) ได้พัฒนาระบบจำหน่ายเสื้อผ้าแฟชั่นผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ผลปรากฏว่าพนักงานวิทยาลัยพณิชยการธนบุรี มีความพึงพอใจระดับดี ส่วนสุเมธ พิสิก และคณะ (2563) ได้พัฒนาระบบจัดจำหน่ายสินค้าเกษตรแปรรูปในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ของสินค้าเกษตรแปรรูปในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ผลปรากฏว่าผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจ

ระดับดี ส่วนภัทรพล เสมอภาค และอุทัย ศรีชนะนอก (2563) ได้พัฒนาเว็บไซต์ระบบคลังจัดเก็บวัสดุและอุปกรณ์กรณีศึกษา ของบริษัทพีวชั่นดีไซน์ เดคคอเรท จำกัด มีฟังก์ชันหลัก ได้แก่ เบิก จ่ายวัสดุอุปกรณ์ การสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ ผู้ผลิต และรายงานต่างๆ ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับดี วิจิตรา ผาผึ้ง และคณะ (2562) พัฒนาระบบการบริหารจัดการสต็อกสินค้าออนไลน์ร้านพีเอสไอทีสกลนคร เป็นระบบขายสินค้า และจัดการคลังสินค้า และผลการประเมินความพึงพอใจของระบบอยู่ในระดับดีเช่นกัน จะเห็นว่าระบบการพัฒนาส่วนใหญ่จะเป็นการจัดการคลังสินค้าเพื่อการขาย หรือเพื่อการจัดซื้อ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบการจัดการคลังสินค้าออนไลน์ที่รวมเอาการจัดซื้อและขายมารวมอยู่ในระบบเดียวกัน และสามารถใช้ได้ทั้งบนเว็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นให้กับห้างหุ้นส่วนจำกัดโปรฟาร์ม ด้วยภาษา PHP HTML และฐานข้อมูล MySQL ในการวัดประสิทธิภาพของระบบผู้วิจัยได้ใช้ Black box testing เพื่อใช้ในการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลนำเข้าและข้อมูลออกแสดงผลของระบบ และใช้แบบประเมินความพึงพอใจจากประชากรด้วยแบบประเมิน 5 ระดับ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำกระบวนการพัฒนาระบบ วงจรการพัฒนาแบบ (System Development Life Cycle: SDLC) มาใช้ในวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามความต้องการจากผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พนักงานคลังสินค้า พนักงานขาย และพนักงานจัดซื้อและผู้จัดการร้าน

2.2 การวิเคราะห์ระบบ

จากข้อมูลที่ได้รับรวบรวมผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์และจัดทำขอบเขตของระบบเพื่อใช้ในการออกแบบพัฒนาระบบ แบ่งออกเป็น 3 ระบบย่อย และฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้

1. ระบบสินค้าคงคลัง
 - 1.1 จัดการสินค้าในคลังสินค้า
 - 1.2 จัดการรับสินค้า
 - 1.3 จัดการจ่ายสินค้า
 - 1.4 รายงานสินค้าคงคลัง
2. ระบบเจ้าหน้าที่
 - 2.1 จัดการข้อมูลการซื้อขาย
 - 2.2 จัดการใบสั่งซื้อ
 - 2.3 จัดการรายการลดหนี้
 - 2.4 จัดการรับวางบิลจากเจ้าหน้าที่
 - 2.5 จัดการทะเบียนประวัติเจ้าหน้าที่
 - 2.6 เรียกดูรายงานใบรับวางบิล ใบสั่งซื้อ

และใบลดหนี้

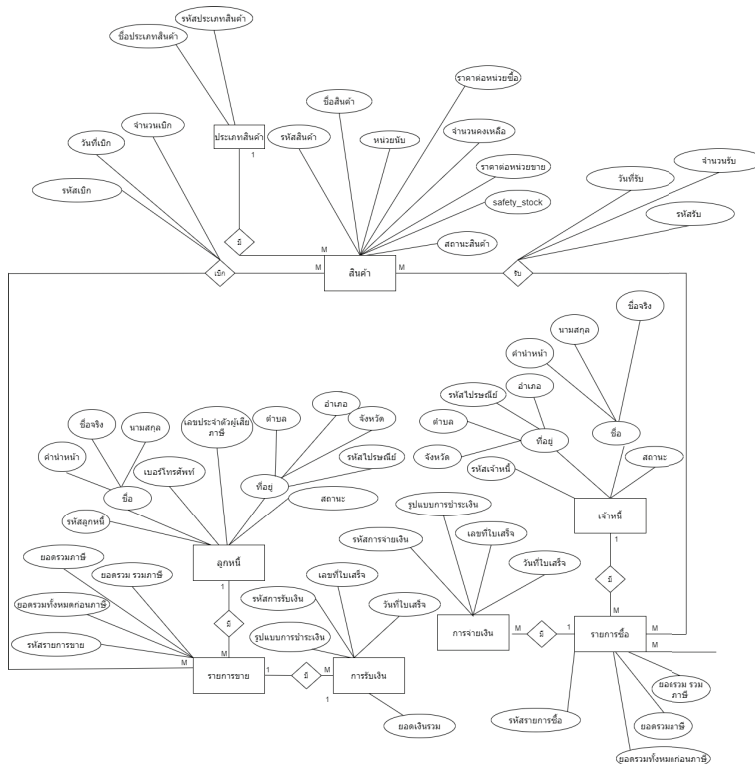
3. ระบบลูกหนี้

- 3.1 จัดการข้อมูลการขาย
- 3.2 จัดการการวางบิล
- 3.3 จัดการใบเสร็จรับเงิน
- 3.4 จัดการใบแจ้งหนี้
- 3.5 จัดการรายการลดหนี้
- 3.6 จัดการทะเบียนประวัติลูกหนี้
- 3.7 เรียกดูรายงานใบสรุปการวางบิล

ใบเสร็จ และใบแจ้งหนี้

2.3 การออกแบบระบบ

การออกแบบระบบครั้งนี้ โดยใช้ แผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี (Entity-Relationship Diagrams) แสดงดังภาพประกอบ 1 และส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) แสดงดังภาพประกอบ 2 ถึง ภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี ER Diagram

รายการซื้อ

เลขรายการซื้อ

วันที่รายการซื้อ

วันที่กำหนดรับ

เจ้าหน้าที่

สถานะเลือก

ภาษีมูลค่าเพิ่ม

ชื่อสินค้า

จำนวนสินค้า

ราคาต่อหน่วย

ยอดรวมต่อสินค้า

เพิ่ม

ยอดรวมก่อนภาษี

บาท

ภาษีมูลค่าเพิ่ม

บาท

ยอดรวมหลังภาษี

บาท

คำนวณราคาสินค้า

เพิ่มเจ้าหน้าที่

บันทึกข้อมูล

ยกเลิก

รายการขาย

เลขรายการขาย

วันที่รายการขาย

วันที่กำหนดรับ

ลูกค้า

สถานะเลือก

ภาษีมูลค่าเพิ่ม

ชื่อสินค้า

จำนวนสินค้า

ราคาต่อหน่วย

ยอดรวมต่อสินค้า

เพิ่ม

ยอดรวมก่อนภาษี

บาท

ภาษีมูลค่าเพิ่ม

บาท

ยอดรวมหลังภาษี

บาท

คำนวณราคาสินค้า

เพิ่มลูกค้า

บันทึกข้อมูล

ยกเลิก

ภาพประกอบ 2 หน้ารายการซื้อ

ภาพประกอบ 3 หน้ารายการขาย

บันทึกรายการ การจ่ายเงิน

เลขที่รายการซื้อ

เลขที่ใบเสร็จ

วันที่ใบเสร็จ

รูปแบบการชำระเงิน

วันที่กำหนดรับ

วันที่รับ

เจ้าหน้าที่

สถานที่

เบอร์โทรศัพท์

ยอดรวมทั้งหมด(ก่อนภาษี)

ยอดรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

ยอดรวมภาษีหัก ณ ที่จ่าย

ยอดรวม (รวมภาษี)

พิมพ์เอกสาร

บันทึกข้อมูล

ยกเลิก

เลขที่เช็คจ่าย

รหัสสมุดเงินฝาก

เลขบัญชี

ธนาคาร

สาขา

ภาพประกอบ 4 หน้าการจ่ายเงิน

จากภาพประกอบ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี โดยมีเอนทิตีที่สำคัญทั้งหมด 7 เอนทิตี คือ เอนทิตีรายการซื้อ เอนทิตีรายการขาย เอนทิตีการรับเงิน เอนทิตีการจ่ายเงิน เอนทิตีลูกหนี้ เอนทิตีเจ้าหนี้ และ เอนทิตีสินค้า

จากภาพประกอบ 2 แสดงหน้าการบันทึกรายการซื้อ โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูล เลขที่รายการซื้อ วันที่รายการซื้อ วันที่กำหนดรับสินค้า ข้อมูลเจ้าหน้าที่ ภาษี รายการสินค้าที่ต้องการสั่งซื้อ และสามารถบันทึกข้อมูลเพื่อทำการจ่ายเงินในหน้าการจ่ายเงิน

บันทึกรายการ การรับเงิน

เลขที่รายการขาย

เลขที่ใบเสร็จ

วันที่ใบเสร็จ

รูปแบบการชำระเงิน

วันที่กำหนดรับ

วันที่รับ

เจ้าหน้าที่

สถานที่

เบอร์โทรศัพท์

ยอดรวมทั้งหมด(ก่อนภาษี)

ยอดรวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

ยอดรวมภาษีหัก ณ ที่จ่าย

ยอดรวม (รวมภาษี)

พิมพ์ใบเสร็จ

บันทึกข้อมูล

ยกเลิก

ภาพประกอบ 5 หน้าการรับเงิน

รหัสสินค้า	ชื่อสินค้า	หน่วยนับ	จำนวนคงเหลือ	ราคาต่อหน่วยขาย	ราคาต่อหน่วยซื้อ	สถานะสินค้า	แก้ไข	ลบ
1	ตราเรือใบ ไข่มุก 16-16-16	กระสอบ	10	1500	1300	ขาย	แก้ไข	ลบ
2	21-0-0 ไข่มุกไข่มุก (เกล็ด)	กระสอบ	15	1450	1200	ยกเลิก	แก้ไข	ลบ
3	18-8-8 ไข่มุกกังหัน	กระสอบ	25	1560	1200	ยกเลิก	แก้ไข	ลบ
4	46-0-0 ไข่มุกกังหัน	กระสอบ	100	1700	1200	ยกเลิก	แก้ไข	ลบ
5	ไข่มุกรวดไฮเพอร์ 16-8-8	กระสอบ	15	1890	1300	ขาย	แก้ไข	ลบ

ภาพประกอบ 6 หน้าสินค้าคงคลัง

จากภาพประกอบ 3 แสดงหน้าการบันทึกรายการขาย โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูล เลขที่รายการขาย วันที่รายการขาย วันที่กำหนดรับสินค้า ข้อมูลลูกค้า ภาษี รายการสินค้าที่ต้องการขาย คำนวณราคาสินค้าและสามารถบันทึกข้อมูลเพื่อทำการรับเงินในหน้าการรับเงิน

จากภาพประกอบ 4 แสดงหน้าการจ่ายเงิน โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูล เลขที่รายการซื้อ เลขที่ใบเสร็จ วันที่ใบเสร็จ เลือกรูปแบบการชำระเงินวันที่กำหนดรับสินค้า และสามารถบันทึกข้อมูลเพื่อทำการออกใบรับสินค้า

จากภาพประกอบ 5 แสดงหน้าการรับเงิน โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูล เลขที่รายการขาย เลขที่ใบเสร็จ วันที่ใบเสร็จ เลือกรูปแบบการชำระเงิน

วันที่กำหนดรับสินค้า และสามารถบันทึกข้อมูลเพื่อทำการออกใบเสร็จให้กับลูกค้า

จากภาพประกอบ 6 แสดงหน้าสินค้าคงคลัง โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกดูรายการสินค้าในคลังสินค้า ตรวจสอบชื่อสินค้า สถานะสินค้า ราคาสินค้า แก้ไขและลบสินค้า

2.4 การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP HTML และระบบฐานข้อมูล MySQL ในการบริหารจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ในการติดต่อกันระหว่างเครือข่ายเพื่อเพิ่ม แก้ไข แสดงผลข้อมูล ระหว่างผู้ใช้งานและฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้หลักการของ MySQLi

ซึ่งหลักการนี้สามารถช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ข้อมูล มากกว่าแบบดั้งเดิมคือ สามารถเขียนโปรแกรมแบบ Object Oriented Programming รองรับการทำงานบนฝั่ง Server ได้ดี และรองรับคำสั่งด้านโปรแกรมฐานข้อมูล ทำงานเข้ากันได้กับฝั่ง Server มากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้นระบบนี้ยังสามารถนำไปใช้กับสมาร์ตโฟนได้อีกด้วยเนื่องจากได้ใช้หลักการของ HTML Responsive Web Design ในการพัฒนาระบบ

2.5 การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบในงานวิจัยนี้ ใช้หลักการการทดสอบระบบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) และประเมินความพึงพอใจการใช้ระบบของ พนักงานคลังสินค้าทั้งในส่วนจำกัด โปรแกรม จำนวน 2 คน และผู้จัดการห้างหุ้นส่วนจำกัด โปรแกรม จำนวน 1 คน ค่าความพึงพอใจแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ระดับน้อยมาก ระดับน้อย ระดับปานกลาง ระดับดี ระดับดีมาก

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบระบบแบบกล่องดำ

การทดสอบระบบแบบกล่องดำ เป็นการทดสอบที่ไม่ต้องคำนึงถึงคำสั่งภายในโปรแกรม โดยทดสอบการทำงานของโปรแกรมตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยดูค่าข้อมูลที่นำเข้า (Input) และค่าที่แสดงออกมา (Output) จากระบบมีความสอดคล้องกันหรือไม่ ถ้าโปรแกรมทำงานถูกต้องก็คือ Output ต้องสอดคล้องกันกับ Input ก็มีผลการทดลองว่าผ่านการทดลอง ซึ่งในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 12 screen ทำการทดลองรวม 100 ครั้งด้วยข้อมูลที่นำเข้ามีความแตกต่างกันในแต่ละครั้งของการทดสอบสามารถแสดงผลการทดสอบได้ดังตาราง 1

จากตาราง 1 แสดงผลการทดสอบระบบแบบกล่องดำ โดยการทดสอบทั้งหมด 12 screen มีการทดสอบ ข้อมูลนำเข้า และผลที่ได้ เป็นจำนวน 100 ข้อมูล พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลนำเข้ามีความถูกต้องและมีผลการทดลองผ่านทั้งหมด

ตาราง 1 ผลการทดสอบระบบแบบกล่องดำ

Screen	ข้อมูลนำเข้า	ผลลัพธ์	ผลการทดลอง
รายการซื้อ	10 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
รายการขาย	10 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
การรับเงิน	8 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
การจ่ายเงิน	6 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
เพิ่มข้อมูลลูกหนี้	9 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
แก้ไขข้อมูลลูกหนี้	9 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
เพิ่มข้อมูลเจ้าหนี้	9 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
แก้ไขข้อมูลเจ้าหนี้	9 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
เพิ่มข้อมูลสินค้า	5 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
แก้ไขข้อมูลสินค้า	5 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
รับสินค้า	10 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน
จ่ายสินค้า	10 ข้อมูล	ถูกต้องทุกการนำเข้าของข้อมูล	ผ่าน

3.2 ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังการใช้งานระบบการจัดการคลังสินค้าออนไลน์ ผู้วิจัยได้นำแบบประเมิน โดยข้อคำถามเป็นประเด็นเกี่ยวกับความพึงพอใจหลังการใช้งานระบบการ

จัดการคลังสินค้าออนไลน์ที่แบ่งออกเป็นแต่ละด้าน โดยมีด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ด้วยแบบประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างแบบประเมินที่มี 5 ระดับ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	การแปลผล
การประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test)			
1. การออกแบบให้ใช้งานง่าย เมนูไม่ซับซ้อน	4.33	0.58	มาก
2. ระบบมีความครบถ้วน สมบูรณ์และถูกต้องของข้อมูล	4.00	1.00	มาก
3. ระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน	4.33	0.58	มาก
4. การบันทึกข้อมูลทำได้สะดวกและง่าย	4.67	0.58	มากที่สุด
5. ระบบสามารถเข้าถึงได้สะดวกและง่าย	4.00	1.00	มาก
เฉลี่ยการประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ	4.27	0.70	มาก
การประเมินระบบด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test)			
1. การจัดเก็บข้อมูลนำเข้ามีความถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
2. การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลมีความถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
3. การลบข้อมูลมีความถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
4. การค้นหาข้อมูลมีความถูกต้อง	4.67	0.58	มากที่สุด
5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม	4.67	0.58	มากที่สุด
เฉลี่ยการประเมินระบบด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ	4.67	0.49	มากที่สุด
การประเมินระบบด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test)			
1. ระบบใช้งานง่าย	4.33	0.58	มาก
2. ขนาดของตัวอักษรบนจอภาพมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
3. ข้อความที่ใช้สามารถอธิบายสื่อความหมายได้เหมาะสม	4.67	0.58	มากที่สุด
4. การปฏิสัมพันธ์ได้ตอบกับผู้ใช้งานมีความเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
5. คำศัพท์ที่ใช้ในโปรแกรมเป็นคำศัพท์ที่คุ้นเคยและเข้าใจง่าย	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ยการประเมินระบบด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.40	0.51	มาก
การประเมินระบบด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test)			
1. การกำหนดผู้ใช้และรหัสผ่าน สามารถตรวจสอบได้	4.33	0.58	มาก
2. ระบบมีการควบคุมสิทธิ์ผู้ใช้ระบบได้ถูกต้อง	4.33	0.58	มาก
3. ระบบมีการตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานของผู้ใช้ระบบในระดับต่างๆ	4.67	0.58	มากที่สุด
4. การเข้าถึงข้อมูลในระบบมีความปลอดภัยเชื่อถือได้	4.33	0.58	มาก
5. ระบบมีการแจ้งเตือนในกรณีที่เกิดข้อผิดพลาดต่างๆ ที่รวดเร็วและเหมาะสม	4.33	0.58	มาก
เฉลี่ยการประเมินระบบด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ	4.40	0.51	มาก
เฉลี่ยรวม	4.43	0.55	มาก

ตาราง 2 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของบุคลากรผู้ใช้งานระบบ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ 2) การประเมินระบบด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ 3) การประเมินระบบด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ 4) ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ผลการวิจัยพบว่า ระบบประเมินระบบจัดการคลังสินค้าออนไลน์สามารถทำงานทุกฟังก์ชันได้เป็นอย่างดี ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบพบว่ามีความเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมากทุกด้าน โดยผลการประเมินระบบด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ (Functional Test) มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 รองลงมาได้แก่ด้านการประเมินระบบด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ (Usability Test) มีความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยคือ 4.40 ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (Security Test) มีความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยคือ 4.40 และด้านการประเมินระบบด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Functional Requirement Test) มีความพึงพอใจในระดับมาก ค่าเฉลี่ยคือ 4.27

4. การอภิปราย และสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจัดการคลังสินค้าออนไลน์สำหรับห้างหุ้นส่วนจำกัด โปรฟาร์ม จากการพัฒนาระบบคลังสินค้าในงานวิจัยฉบับนี้ ที่รวมเอาระบบจัดการคลังสินค้า ระบบเจ้าหน้าที่ ประกอบด้วย จัดการข้อมูลการซื้อขาย จัดการใบสั่งซื้อ จัดการรายการลดหนี้ จัดการรับวางบิลจากเจ้าหน้าที่ จัดการทะเบียนประวัติเจ้าหน้าที่ เรียกดูรายงานใบรับวางบิล ใบสั่งซื้อ และรายงานต่างๆ ส่วนระบบลูกหนี้ ประกอบด้วย จัดการการขาย การวางบิล การทำรายการลดหนี้ ทะเบียนประวัติลูกหนี้ แสดงใบเสร็จรับเงิน ใบแจ้งหนี้ และออกรายงานใบสรุป

การวางบิล ซึ่งต่างจากงานของวีรอร อุดมพันธ์ และเกียรติชัย อ่อนน้อม (2562) และภัทรพล เสมอภาค และอุทัย ศรีชนะนอก (2563) เป็นการพัฒนาระบบจัดซื้อร่วมกับระบบคลังสินค้า ส่วนงานของสิรินดา ชมชื่น และคณะ (2562) สุเมธ พิสิทธ์ และคณะ (2563) และวิจิตรา ผาผึ้ง และคณะ (2562) เป็นการพัฒนาระบบขาย และคลังสินค้า

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าออนไลน์ เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ระบบ ผลการประเมินความพึงพอใจต่อระบบด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบ มีความพึงพอใจในระดับมาก ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ มีความพึงพอใจในระดับมาก ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ มีความพึงพอใจในระดับมาก และด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ซึ่งผลของความพึงพอใจของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมามีคุณภาพสามารถนำไปใช้งานได้จริง

จากการพัฒนาระบบการจัดการคลังสินค้าออนไลน์ ระบบนี้สามารถช่วยให้เกิดความสะดวกในการนำมาใช้จัดการข้อมูลสินค้า เพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินธุรกิจ ให้แก่ห้างหุ้นส่วนจำกัด ยิ่งไปกว่านั้นผู้วิจัยยังมีแนวคิดที่ต่อยอดระบบเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบัญชีต่อไป

5. เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ คล้ายสุบรรณ, ขนิษฐา มั่นจิต และวงกต ศรีอุไร. (2017). การพัฒนาระบบจำแนกพันธุ์และวิเคราะห์โรคมันสำปะหลังด้วยเทคนิคอิงกฎเกณฑ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 19(2), 124-135.

ณัฐวรรณ ธรรมวัชรการ. (2560). *การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการติดตามงานทุนวิจัยภายนอกของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ภัทรพล เสมอภาค และอุทัย ศรีษะนอก. (2563). การพัฒนาเว็บไซต์การจัดการฐานข้อมูลระบบคลังจัดเก็บวัสดุและอุปกรณ์กรณีศึกษา : บริษัทพีวชั่นดีไซน์ เทคโนโลยี จำกัด. *วารสารการอาชีวศึกษาภาคกลาง*, 4(2), 28-36.

วิจิตรา ผาผึ้ง, ปรีชาดี โอชาโร และศิริณา สุนประสบ (2562). การพัฒนาระบบการบริหารจัดการสต็อกสินค้าออนไลน์ร้านพีเอสไอที่สกลนคร. *วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร*, 1(4), 38-49.

วีรอร อุทุมพันธ์ และเกียรติชัย อ่อนน้อม. (2562). กรณีศึกษาระบบการสั่งซื้อป้ายไว้นิลออนไลน์: เดอะซัน มีเดีย กรุ๊ป. *วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา*, 5(2), 16-22.

สุเมธ พิสิก, จิตาพัชญ์ ไชยสิทธิ์ และลฎาภา แผนสุวรรณ. (2563). การพัฒนาช่องทางจัดจำหน่ายสินค้าเกษตรแปรรูปในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ด้วยระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์. *วารสารบัณฑิตศึกษาปริทรรศน์วิทยาลัยสงฆ์นครสวรรค์*, 8(2), 217-228.

สุริยัน นิลทะราช และสมบุรณ์ ขาวชายโขง. (2563). การพัฒนาระบบสารสนเทศการบริหารงานพัสดุ เพื่อการควบคุมวัสดุมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. *วารสารบัณฑิตศึกษา*, 17(76), 191-201.

อุษา สิทธิสงวน, สิริณณา ชมชื่น และรัตนาลิรุ่งนาวรัตน์. (2562). การพัฒนาระบบจำหน่ายเสื้อผ้าแฟชั่นผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, 7(1), 71-83.

การวิเคราะห์ใบมะนาวที่เป็นโรคโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก Analysis of Lime Leaf Disease using Deep Learning

อุมาภรณ์ สายแสงจันทร์¹, รพีพร ชำช่อง^{1,*}, อรรถพล สุวรรณษา²
Umaporn Saisangchan¹, Rapeeporn Chamchong^{1,*}, Atthapol Suwannasa²

¹ ห้องปฏิบัติการโพล่า ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

² กลุ่มวิจัยความมั่นคงสารสนเทศและเครือข่ายขั้นสูง ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาสารคาม 44150 ประเทศไทย

¹ Polar Laboratory, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand

² Information Security and Advanced Network (ISAN), Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, Thailand

* Corresponding Author: Rapeeporn Chamchong, rapeeporn.c@msu.ac.th

Received:

26 March 2022

Revised:

1 May 2022

Accepted:

11 May 2022

คำสำคัญ:

การเรียนรู้เชิงลึก, คอนโวลูชัน
นิวรอลเน็ตเวิร์ค, การจำแนก
ประเภท, โรคพืช

Keywords:

Deep Learning, Convolution
Neural Networks, Classification,
Plant Decease

บทคัดย่อ: ปัจจุบันมะนาวเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้รับการนิยปลูกกันจำนวนมาก เนื่องจากมะนาวใช้ในการประกอบอาหาร นอกจากนั้นมะนาวยังมีคุณสมบัติเป็นพืชสมุนไพร ประเทศไทยได้มีการนำมาทำเครื่องดื่มหรือนำมาทำเป็นยาสมุนไพร เพื่อใช้ในการบำรุงสุขภาพ เป็นต้น จากความนิยมดังกล่าว ทำให้การปลูกมะนาวจึงแพร่หลายภายในฟาร์มและเริ่มมีการปลูกตามบ้านมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจุบันการปลูกมะนาวสามารถควบคุมผลผลิตให้ออกผลผลิตได้นอกฤดูกาล แต่มะนาวยังเป็นพืชที่เป็นโรคต่างๆ ได้ง่าย หากขาดการดูแลที่ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ความเป็นโรคจากใบมะนาวโดยอาศัยการเรียนรู้เชิงลึก โดยเทคนิคที่ใช้คือการจำแนกใบมะนาวโดยใช้คอนโวลูชันนิวรอลเน็ตเวิร์ค ซึ่งสถาปัตยกรรมที่ศึกษาในที่นี้ได้แก่ LeNet-5 VGG16 ResNet-50 และสถาปัตยกรรมที่นำเสนอบนพื้นฐานของ VGGNet โดยการปรับปรุง Hyperparameter การปรับปรุงสถาปัตยกรรมนี้เป็นการลดขนาดของชั้นการเรียนรู้ และช่วยลดจำนวนพารามิเตอร์ของโครงข่าย ซึ่งจะทำให้การประมวลผลเร็วขึ้นแต่ประสิทธิภาพยังคงเดิม จากการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายใบมะนาวเดี่ยว จำนวน 5,710 ภาพ เป็นภาพสี RGB โดยแบ่งเป็นใบมะนาวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคเท่ากัน และทำการแบ่งชุดข้อมูลเป็นชุดสอนร้อยละ 80 และชุดทดสอบร้อยละ 20 พบว่าประสิทธิภาพการวิเคราะห์ด้วย LeNet-5 มีความถูกต้องร้อยละ 78.90 ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำสุด ในขณะที่สถาปัตยกรรมที่นำเสนอมีความถูกต้องร้อยละ 89.06 ซึ่งมีค่าสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับ ResNet-50 มากนัก

Abstract: Currently, lime is a type of plant that has been cultivated in many places. Because limes are used in cooking, and their properties are herb. In Thailand, limes are used for drinking and medical herb to use in health care. From this popularity, the cultivation of limes became widespread and began to be planted more on farms and more at home. Nowadays, lime cultivation can be controlled to produce off-season produce. However, lime is also prone to diseases without proper care. For these reasons, this research is to study the analysis of disease from lime leaves by using deep learning. The Convolutional Neural Networks (CNNs) of deep learning is used to classify the disease. In this study, LeNet-5, VGG16, and ResNet-50 architectures of CNNs are to the proposed architecture based on VGGNet by adjusting hyperparameter. This improvement in the proposed architecture is to reduce the size of the learning layer and can decrease the number of network parameters. This will make processing faster but the performance remains the same. The total number of single lime leaf images is 5,710. The input images are RGB color. The normal and disease lime leaves are separated equally. Training and test sets are 80 and 20 percent, respectively. The evaluation result is found that LeNet-5 has the lowest accuracy at 78.90 percent, while the proposed architecture has the highest accuracy at 89.06 percent but it is not different from ResNet-50.

1. บทนำ

ในปัจจุบัน มีผู้สนใจปลูกมะนาวเป็นจำนวนมากในประเทศไทย ซึ่งโดยปกติแล้วทุกครัวเรือนจะใช้มะนาวในเป็นเครื่องปรุงแต่งรสในอาหาร และมีความต้องการสูงในร้านอาหารเพื่อใช้ในการปรุงรส และในปัจจุบันมะนาวเป็นผลผลิตที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยการขมมะนาวผสมเครื่องดื่มเพื่อบำรุงสุขภาพ และจัดเป็นผลที่ให้วิตามินซีสูง แต่เดิมนั้นมะนาวเป็นพืชที่ให้ผลผลิตได้เฉพาะฤดูกาล แต่ในปัจจุบันเริ่มมีการดัดแปลงการปลูกมะนาวในวงบ่อซีเมนต์เพื่อให้ได้ผลผลิตตลอดปี ซึ่งมะนาววิธีการดังกล่าวจะช่วยให้ผลผลิตได้ตลอดปี ดังนั้นในปัจจุบันทั้งเกษตรกรและคนทั่วไปได้ให้ความสนใจในศึกษา และหันมาปลูกมะนาวเป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตาม มะนาวเป็นพืชที่พบโรคได้หลากหลาย หากไม่ได้รับการดูแลรักษาที่ดี ซึ่งโรคต่างๆ นั้น เกิดมาจากศัตรูพืช ซึ่งส่งผลให้มะนาวไม่เจริญเติบโต หรือให้ผลผลิตได้ตามต้องการ นอกจากนี้ หากผู้สนใจปลูกมะนาวใน

ระยะแรกเริ่มจะยังไม่ทราบลักษณะของโรคที่เกิดขึ้น และอาจปล่อยให้โรคดังกล่าวลุกลามอาจทำให้เกิดความเสียหายเป็นจำนวนมากได้ และส่วนใหญ่การเกิดโรคระยะแรกเริ่มนั้นเกิดที่ใบของมะนาว แล้วจึงลุกลามไปยังส่วนต่างๆ ของมะนาวต่อไป

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง Hinton & Salakhutdinov (2006) ได้นำเสนอการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแต่ละชั้นของ Feedforward Neural Network จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยก่อนการสอนด้วย Unsupervised Restricted Boltzmann Machine และในขั้นต่อมาโดยการปรับการทำงานด้วย Supervised Back-propagation ซึ่งเรียกวิธีการดังกล่าวว่า Deep Belief Network (DBN) จากการนำเสนอครั้งนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นของงานวิจัยทางด้านการเรียนรู้เชิงลึกเป็นต้นมา Wicht & Henneberty (2015) ได้ประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึกในการรู้จำ Sudoku ที่มีทั้งตัวเลขลายมือเขียนและพิมพ์จากภาพประกอบเก็บจาก

กล้องมือถือ โดยใช้ Convolutional Deep Belief Network ในการจำแนก Feature จากภาพ แล้วจึงจำแนกโดยใช้ Support Vector Machine โดยข้อมูลนำเข้าเป็นภาพทั้งลายมือเขียนจากภาพ Sudoku จำนวน 200 ภาพประกอบได้จากกล้องมือถือที่อาจจะมีการเคลื่อนไหวและแสงเงา ผลลัพธ์ที่ได้มีอัตราการรู้จำเป็น 97.7% จะเห็นว่าการประยุกต์ใช้ Deep Belief Network สามารถช่วยในการสกัดคุณลักษณะได้จากภาพทั้งที่เป็นตัวพิมพ์และลายมือเขียน

งานวิจัยของ Guo *et al.* (2018) ได้ศึกษา Plant Leaf Recognition Using a Convolution Neural Network เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดของต้นไม้โดยใช้ CNN โดยใช้โครงสร้างของ GoogLeNet พื้นฐาน (Model 1) และการประยุกต์ GoogLeNet (Model 2) กับ Flavia dataset โดยแบ่งรูปภาพเป็น 8 ชนิด (Lanceolate, Oval, Acicular, Linear, Oblong, Reniform (Kidney-shaped), Cordate (Heart-shaped) และ Palmate leaf) และสุ่มเลือกรูปภาพชนิดละ 100 รูป ซึ่งรูปภาพดังกล่าวมีมุมในทิศทางต่างๆ คือ แนวตั้ง แนวนอน มุม 45 องศา และ 90 องศา พบว่าประสิทธิภาพความถูกต้อง (Accuracy) ของ Model 1 เป็น 99.6% (เวลาประมวลผล 8 ชม. 43 นาที) และ Model 2 เป็น 99.8% (เวลาประมวลผล 9 ชม. 18 นาที) ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ซึ่ง Model 2 มีประสิทธิภาพดีกว่า Model 1 เล็กน้อย แต่เวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้น 35 นาที อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าประสิทธิภาพดังกล่าวดีขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญ ขณะที่เวลาก็เพิ่มขึ้นในการเรียนรู้ แต่จากการทดลองผู้วิจัยได้ศึกษาเพิ่มเติมโดยการสร้างแปลงสีภาพถ้าหากภาพมีความเสียหายเกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ โดยภาพประกอบมีสีผิดเพี้ยนจากภาพเริ่มต้น (Discolored image) 5%, 10%, 30%, 50% และ 60% พบว่า Model ที่ 2 จะให้ประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อยในทุกระดับ นอกจากนี้ ในงานวิจัยดังกล่าวยังได้ทำการทดลองกับกรณีภาพประกอบมีความเสียหาย อาจเป็นรูปเกิดขึ้นเนื่องจากแมลงกัดแทะเป็นต้น

โดยสร้างภาพประกอบมีรูปเกิดขึ้นที่ 5%, 10%, 15% และ 30% พบว่า Model 2 ดีกว่า Model 1 และจะเห็นว่าถึงแม้ว่าการสร้างภาพประกอบมีสีผิดเพี้ยน หรือภาพเสียหาย ก็ยังสามารถรู้จำไปไม่ได้ถูกต้องมากกว่า 98% และ 94% ตามลำดับ

Pawara *et al.* (2017) ได้ศึกษาถึง Data Augmentation for Plant Classification โดยมีการทำ Data Augmentation (DA) กับภาพใน 6 รูปแบบ ได้แก่ การหมุนภาพในทิศทางต่างๆ (Rotation) การเบลอภาพ (Blur) การสเกลรูปภาพขนาดต่างๆ (Scaling) การปรับระดับความเข้มสี (Contrast) และการปรับแสง (Illumination) และการบิดภาพในลักษณะต่างๆ กัน (Projective) กับภาพพันธุ์พืชจากข้อมูลภาพ Folio, AgriPlant และ Swedish leaf โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกที่อยู่บนพื้นฐานของ CNN ได้แก่ สถาปัตยกรรมของ AlexNet, GoogLeNet โดยมีขนาดภาพนำเข้าเป็น 256x256 จุดภาพ พบว่าการทำ Augmentation นี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำได้มากทั้งโครงสร้าง AlexNet และ GoogLeNet เมื่อเทียบกับกรณีไม่ทำ Augmentation และหากมีการใช้ภาพประกอบมีการทำ Augmentation หลากหลายวิธีร่วมกัน จะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำได้ดีกว่ากรณีใช้ Augmentation แบบใดแบบหนึ่ง

Okafor *et al.* (2016) ได้ศึกษาถึงการจำแนกพันธุ์พืชโดยเปรียบเทียบการใช้ CNN กับ การสกัดคุณลักษณะแบบโลคอล และถุงของภาพ (Bags of Visual Words) ด้วยการเรียนรู้โดยใช้ KNN (K-nearest Neighborhoods) ซึ่งพบว่าวิธีการจำแนกพันธุ์พืชด้วย CNN มีประสิทธิภาพประกอบดีในการใช้ถุงของภาพกับ KNN

จากการศึกษานงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการเรียนรู้เชิงลึกด้วย CNN ได้รับความนิยมอย่างมากในการใช้จำแนกประเภทภาพถ่าย โดยสามารถสกัดคุณลักษณะของภาพจากการเรียนรู้ด้วยโครงข่ายพร้อมกับจำแนกประเภท นอกจากนี้ CNN ยังมี

หลากหลายสถาปัตยกรรม ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้นำเสนอแนวทางในการวิเคราะห์ว่ามะนาวเป็น โรคหรือไม่จากใบมะนาว ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ อยู่บน พื้นฐานของการเรียนรู้เชิงลึก โดยใบมะนาวที่นำเข้า วิเคราะห์ต้องเป็นภาพใบมะนาวเดี่ยวเท่านั้น โดยมี วัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก CNN ที่มีสถาปัตยกรรมแตกต่างกัน ในการ จำแนกใบมะนาวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค
2. เพื่อปรับปรุงสถาปัตยกรรม CNN บน พื้นฐานของ VGGNet เพื่อให้การทำงานเร็วขึ้น แต่ยังคง ประสิทธิภาพดั้งเดิม
3. ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการวิเคราะห์ โรคในพืชต่างๆ ให้กับเกษตรกรเข้าควบคุมได้ก่อนที่จะ มีการลุกลามต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกประเภท (Classification) โดยการเรียนรู้เชิงลึก

โดยทั่วไปการจำแนกประเภท (Classification) จะแบ่งขั้นตอนของการจำแนกออกเป็น 3 ขั้นตอน หลักๆ ในการทำงานได้ดังภาพประกอบ 1

จากขั้นตอนการทำงานของการทำงานการจำแนก ประเภทดังกล่าวนี้ จะเห็นว่าจะเป็นการยากที่จะต้อง สกัดคุณลักษณะที่สำคัญของวัตถุออกมา โดยเฉพาะ

ตัวหนังสือ ตั้งแต่ปี คศ. 2006 เป็นต้นมานั้น การเรียนรู้ โครงสร้างชั้นลึก (Deep structured learning) หรือ เรียกว่า การเรียนรู้ชั้นลึก (Deep Learning) หรือการ เรียนรู้แบบลำดับชั้น (Hierarchical Learning) ได้ กลายมาเป็นงานวิจัยใหม่ทางด้าน Machine Learning (Bengio, 2009) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวนี้มีพื้นฐานมาจาก งานวิจัยทางด้านโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) โดยอาศัยโครงสร้างการทำงานมาจาก Multi-layer Perceptron (MLP) โดยรู้จักกันดีในชื่อ Back-propagation (BP) แต่ พบว่ามี Computation cost ที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในช่วงระหว่าง คศ. 1990-2000 พบว่าเทคนิคที่ถูกนำ มาใช้ในการเรียนรู้ที่ประสบความสำเร็จคือ Support Vector Machines (SVMs) แต่วิธีการดังกล่าวนี้ยังคง มีปัญหาเมื่อนำไปประยุกต์ใช้งานกับข้อมูลจริง

อย่างไรก็ตาม ภายหลังจากการนำเสนอการเรียนรู้เชิงลึก โดย Hinton & Salakhutdinov (2006) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแต่ละชั้นของ Feedforward Neural Network จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยก่อนการสอนด้วย Unsupervised Restricted Boltzmann Machine และในขั้นต่อมาโดยการปรับ การทำงานด้วย Supervised Back-propagation ซึ่งเรียกวิธีการดังกล่าวว่า Deep Belief Network (DBN) ซึ่งจากการนำเสนอครั้งนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้น ของงานวิจัยทางการเรียนรู้เชิงลึก เป็นต้นมา



Input Image



คุณลักษณะในระดับต่ำ
(edges, shain code, etc)



กระต่าย

Classification
ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

ภาพประกอบ 1 ขั้นตอนการทำงานของการทำงานการจำแนกประเภท

สำหรับหลักการของการเรียนรู้เชิงลึก นั้น ได้เริ่มมีการนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางด้าน Computer Vision และ Image Processing โดยเรียนรู้ภาพจากข้อมูลนำเข้าเป็นพิกเซล (Pixel) ด้วยตัวจำแนกประเภท (Classifier) โดยแต่ละลำดับชั้นของการทำงานจะจำแนกคุณลักษณะออกมาเป็น Output ในแต่ละชั้นและนำมาเป็น Input ของลำดับชั้นถัดไป ดังภาพประกอบ 2

สำหรับขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. โครงข่ายชั้นลึกแบบมีผู้สอน (Supervised Deep Network) ซึ่งทำงานได้ดีเมื่อจำนวนผลเฉลย (Label) มีขนาดใหญ่ โครงสร้างของโมเดล (Model) มีส่วนสำคัญมาก เช่น โครงสร้างแบบ Convolution ได้แก่ Deep Neural Network (DNN), Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN)

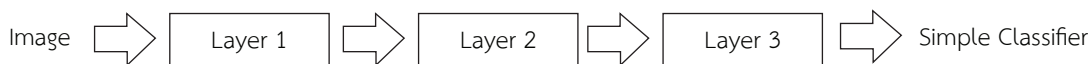
2. โครงข่ายชั้นลึกแบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Deep Network) เป็นการเรียนรู้จากโครงสร้างทางสถิติหรือขึ้นกับข้อมูลที่ยังไม่มีผลเฉลย เหมาะสมกับกรณีที่จำนวนผลเฉลยมีไม่มากนัก ได้แก่ Deep

Autoencoder, Deep Belief Network (DBN), Restricted Boltzmann Machines (RBM) เป็นต้น

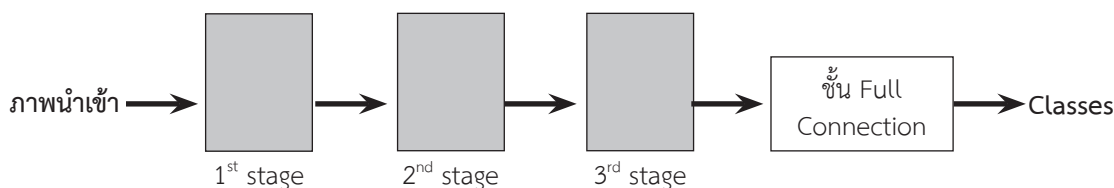
3. โครงข่ายชั้นลึกแบบผสม (Hybrid Deep Network) เป็นการผสมผสานขั้นตอนการทำงานก่อนการสอนในแต่ละชั้นด้วยการใช้ Unsupervised Deep Network ก่อน แล้วจึงใช้การสอนในชั้นต่อมาด้วย Supervised Deep Network ซึ่งปัจจุบันวิธีแบบผสมผสานนี้ได้รับความนิยมขึ้นมาก เช่นการใช้ DBN แล้วตามด้วย DNN หรือ CNN เป็นต้น

2.2 โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network, CNN)

โครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน (Deng & Yu, 2013) มีพื้นฐานมาจากโครงข่ายประสาทแบบหลายชั้น (Multi-layer Perceptron, MLP). หลักการทำงานของ CNN เป็นโครงข่ายแบบหลายชั้นที่มีชั้นโครงสร้างการเชื่อมต่อพิเศษ การเรียงต่อกันของตัวจำแนกคุณลักษณะหลายชั้น การคำนวณให้มีความซับซ้อนแบบโกลบอลมากขึ้นและทำให้คุณลักษณะมีความคงที่มากขึ้นในลำดับชั้นที่สูงขึ้น ซึ่งโครงสร้างของ CNN แสดงดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการจำแนกประเภทโดยใช้การเรียนรู้แบบลำดับชั้น



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างทั่วไปของ CNN

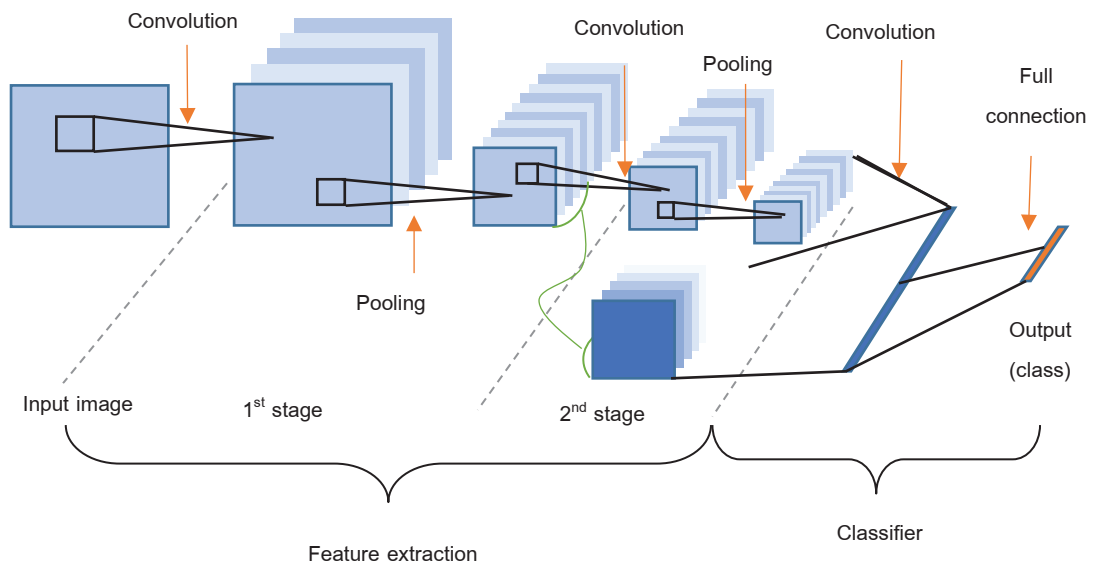
จากภาพประกอบ 3 ในแต่ละ Stage ของ Convolution จะเชื่อมต่อกันเป็นแบบ Stack ที่ต่อเนื่องกันไป โครงสร้างของ CNN เป็นการต่อกันหลายชั้นในการจำแนกคุณลักษณะโดยใช้ Feed-forward มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ โดยค่า Input ในชั้น Convolution จะเรียนรู้จากตัวกรองเกรเดียน (Gradient filter) การทำ Pooling และการ Normalization ซึ่ง Feature map เหล่านี้จะถูกเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised learning) โดยใช้การจำแนก Back-propagation

ในแต่ละชั้น Feature input มาจากจุดรอบๆ ข้างของชั้นก่อนหน้าซึ่งเรียกว่า Receptive field โดยการจำแนกคุณลักษณะ การหาขอบ (Edge) มุม (Corners) ความโค้ง (Curve) หรือจุดปลาย (End-points) ซึ่งจะถูกรวมกันใช้ชั้นที่สูงขึ้น ซึ่งในการหาคุณลักษณะแบบพื้นฐานที่ไม่ใช้การเรียนรู้จะพบคุณลักษณะบางอย่างอาจถูกกำจัดหายไป ซึ่ง Kernel weight ของตัวกรอง Convolution จะถูกดำเนินการอยู่ในขั้นตอนของขบวนการเรียนรู้

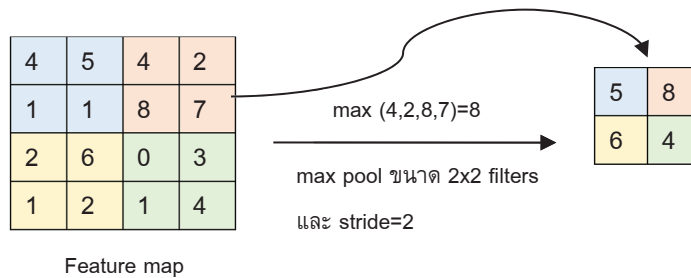
CNN สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยได้หลากหลายสาขา ได้แก่ การรู้จำภาพ (Image recognition) การรู้จำเสียง (Speech recognition) การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural language processing) ซึ่ง CNN ได้กลายมาเป็นงานที่มีความสำคัญมาก เพราะ Weight ของชั้น Convolutional นั้นได้นำมาใช้ในการจำแนกคุณลักษณะ ขณะเดียวกันในชั้น Full connection ก็จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภท (Classification) ในระหว่างการสอน โครงสร้างของ CNN ที่ได้รับการปรับปรุงในปัจจุบันนั้นยังช่วยให้ประหยัดหน่วยความจำ เวลาในการคำนวณ และเพิ่มประสิทธิภาพให้กับโปรแกรม

จากภาพประกอบ 4 แสดงรายละเอียดของสถาปัตยกรรม CNN 2 ระดับ ซึ่งประกอบด้วย

- ภาพนำเข้า (Input image) ในอยู่ในรูปของเมทริกซ์ 4 มิติ ที่ประกอบไปด้วย จำนวนของรูปภาพ (Samples) ความสูงของภาพ (Height of an image) ความกว้างของภาพ (Width of an image) และจำนวนของมิติสี (Channels of an image)



ภาพประกอบ 4 สถาปัตยกรรม CNN แบบ 2 ระดับ (LeCun & Bengio, 1998)



ภาพประกอบ 5 การดำเนินการ Pooling

- ชั้น Convolution เป็นส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างข้อมูลนำเข้า (Input data) ไปยังชั้นซ่อน (Hidden layer) โดยการประยุกต์จำนวนของมาสก์ตัวกรอง เช่น ขนาด 3x3 or 5x5 ซึ่งตัวกรองมาสก์เป็นการแปลงภาพนำเข้าและสร้าง Feature map.
- ชั้น Pool (Pooling layer) เป็นการหาตัวอย่างย่อย (sub-sampling) เพื่อลดขนาดเมทริกซ์ของ Feature map โดยการประยุกต์การ Stride และหาค่ามากที่สุด หรือหาค่าเฉลี่ย หาในแต่ละ Stride ดังตัวอย่างการหาค่า Max pooling ที่มีขนาดของ window=2x2 และ stride=2 สามารถดำเนินการได้ดัง
- ชั้น Full connection เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำนายผล Softmax output ที่ได้จาก Feature map จากชั้น Convolution และ ชั้น Pooling

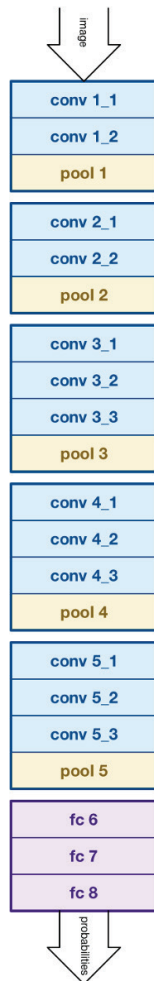
2.3-สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network Architecture)

ในปี 1998 LeNet-5 ได้ถูกนำเสนอโดย LeCun *et al.*, (1998) ซึ่งเป็น CNN พื้นฐานที่เป็นที่รู้จัก ซึ่ง LeNet-5 ประกอบไปด้วยคอนโวลูชัน 7 ชั้น เพื่อใช้ในการจำแนกตัวเลข ซึ่งได้ประยุกต์ใช้กับเซตธนาคารที่มีภาพนำเข้าเป็นภาพระดับเทาที่มีขนาดนำเข้า 32x32 พิกเซล ภาพหลังจากที่ CNN ได้มีการนำเสนอโครงการ ImageNet ก็ได้ก่อตั้งขึ้นเพื่อจัดการแข่งขันการรู้จำภาพจากฐานข้อมูลขนาดใหญ่ โดยโครงการนี้

ได้มีการจัดแข่งขันทุกๆ ปีตั้งแต่ปี 2012 เป็นต้นมาในการแข่งขัน CNN ปีแรก (2012) นั้น AlexNet (Krizhevsky, Sutskever & Hinton, 2017) เป็นผู้ชนะ ซึ่งสถาปัตยกรรม AlexNet จะมีความคล้ายคลึงกับ LeNet-5 แต่มีจำนวนชั้นมากกว่า และจำนวน Filter ในแต่ละชั้นมากกว่า โดยมีทั้งหมด 8 ชั้น โดยการเรียนรู้ทั้งหมด 6 วันโดยใช้ Nvidia Geforce GTX 580 GPU จำนวน 2 ตัว สถาปัตยกรรมนี้นำเสนอโดย (Krizhevsky, Sutskever & Hinton, 2012)

ในปี 2013 ZFNet (Zeiler & Fergus, 2014) เป็นผู้ชนะการแข่งขันสถาปัตยกรรม CNN โดยมีจำนวน 8 ชั้น และปรับ hyper-parameters ของ AlexNet ต่อมาผู้ชนะการแข่งขันในปี 2014 ได้แก่สถาปัตยกรรม GoogLeNet (Inception V1) จาก Google team ประสิทธิภาพความถูกต้องของการรู้จำนี้ใกล้เคียงกับประสิทธิภาพการจำแนกของมนุษย์ สถาปัตยกรรมมีทั้งหมด 22 ชั้น ซึ่งประกอบด้วย Convolution ขนาดเล็กเพื่อลดจำนวนของพารามิเตอร์ ซึ่งสามารถลดจำนวนพารามิเตอร์จาก AlexNet ซึ่งมีขนาด 60 ล้านพารามิเตอร์ลงเหลือเพียง 4 ล้านพารามิเตอร์ GoogLeNet (Szegedy, *et al.*, 2015) มีพื้นฐานมาจาก LeNet-5 (LeCun, Bottou, Bengio, & Haffner, 1998) โดยนำเสนอโมเดลใหม่ซึ่งเรียกว่า Inception ซึ่งโมเดลนี้ใช้ Batch normalization การทำภาพ distortion และค่า RMSprop ซึ่งโครงข่ายนี้จะป็นโมเดลขนาดเล็กที่ดำเนินการซ้ำๆ ภายในโครงข่าย ในขณะเดียวกันใน

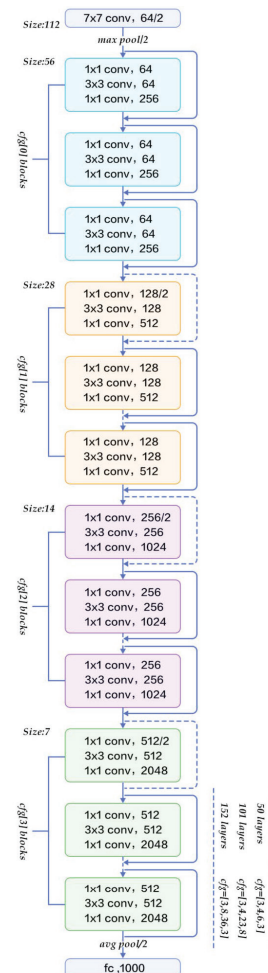
ปี 2014 ยังมีสถาปัตยกรรม CNN อีกประเภทชื่อว่า VGGNet (Simonyan & Zisserman, 2014) ซึ่งอยู่ใน 5 อันดับแรกของการแข่งขัน และได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย โดยประกอบด้วย Convolution 16 ชั้น และมีโครงสร้างเป็น Uniform ซึ่งวิธีนี้ไม่ต่างจาก AlexNet มากนัก โดยมีมาส์กขนาด 3x3 ด้วยตัวกรองจำนวนมาก VGGNet ถูกเรียนรู้อยู่บน GPU จำนวน 4 ตัวเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ในการจำแนกคุณลักษณะจากภาพ ซึ่งโมเดลนี้มีจำนวน 138 ล้านพารามิเตอร์ สถาปัตยกรรม VGGNet แสดงดังภาพประกอบ 6



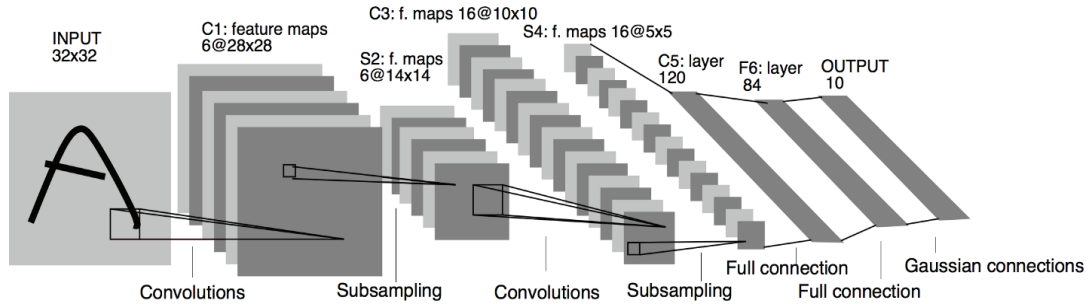
ภาพประกอบ 6 VGGNet (Das, 2017)

สำหรับผู้ชนะในปี 2015 ของ ImageNet ได้แก่ ResNet จาก Microsoft (He *et al.*, 2016) โดยได้นำเสนอสถาปัตยกรรมใหม่โดย “skip connections” และทำ Batch normalization เพิ่มขึ้น ซึ่งจำนวนชั้นทั้งหมด 152 ชั้นกับการเชื่อมแบบ residual connection ซึ่งมีความซับซ้อนกว่า VGGNet ทำงานบน 8 GPU เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ ซึ่งสถาปัตยกรรม ResNet แสดงดังภาพประกอบ 7

สำหรับในงานวิจัยนี้ นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีการเรียนรู้เชิงลึกด้วย CNN จากสถาปัตยกรรม 3 ประเภท ได้แก่ สถาปัตยกรรม LeNet-5 VGGNet และ ResNet ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



ภาพประกอบ 7 ResNet (Das, 2017)



ภาพประกอบ 8 สถาปัตยกรรม LeNet-5 (LeCun *et al.*, 1998)

2.3.1 สถาปัตยกรรม LeNet-5

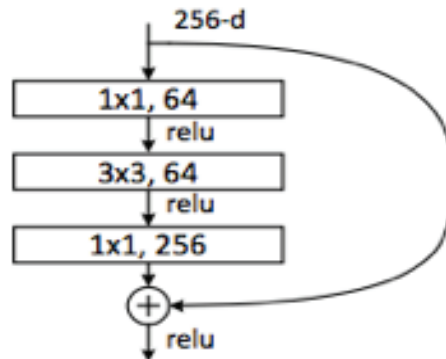
LeNet-5 (LeCun & Bengio, 1998) เป็นสถาปัตยกรรมพื้นฐานของ CNN ซึ่งมีรายละเอียดของสถาปัตยกรรมดังภาพประกอบ 8 โดยมีชั้น Convolution ทั้งหมด 5 ชั้น (C1-C5) ชั้น Full connection 1 ชั้น และ ชั้น Output อีก 1 ชั้น รวมเป็น 7 ชั้น

2.3.2 สถาปัตยกรรม VGG16

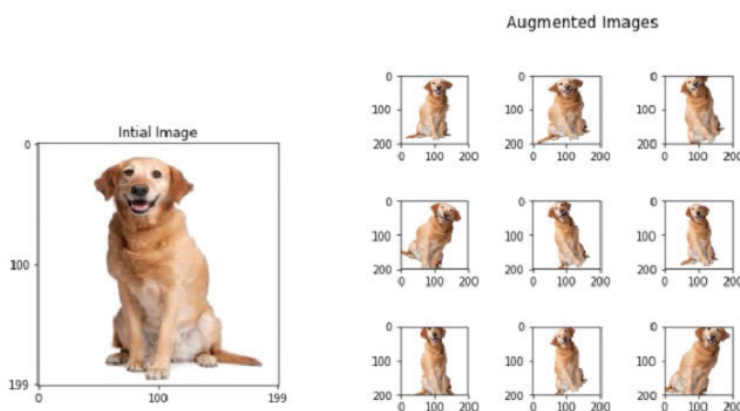
สำหรับสถาปัตยกรรม VGGNet ในที่นี้ใช้ VGG16 (Simonyan & Zisserman, 2014) ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมของ VGGNet ที่มีผลการแข่งขันดีที่สุด โดยมี Convolution ทั้งหมด 16 ชั้น ซึ่งโครงสร้างของ VGGNet จะเป็นลักษณะแบบ uniform โดยมีมาส์กฟิลเตอร์ขนาด maxpooling 2x2 และ stride=2 ฟังก์ชัน Activation ในแต่ละชั้นของ Convolution คือ 'ReLU' โดยที่โมเดลนี้มีจำนวนพารามิเตอร์ 138 ล้านพารามิเตอร์ สถาปัตยกรรมของ VGGNet แสดงดังภาพประกอบ 9 ในการศึกษาครั้งนี้การฟังก์ชัน Activation ในขั้นตอนสุดท้ายเป็น SGD

Input 32x32
3x3 conv, 64
3x3 conv, 64
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 128
3x3 conv, 128
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 256
3x3 conv, 256
3x3 conv, 256
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 512
3x3 conv, 512
3x3 conv, 512
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 512
3x3 conv, 512
3x3 conv, 512
2x2 maxpool/2
FC, 4096
FC, 4096
dropout, 0.2
FC, classes
Output

ภาพประกอบ 9 สถาปัตยกรรม VGG16



ภาพประกอบ 10 โครงสร้าง Residual block ของสถาปัตยกรรม ResNet-50 (He *et al.*, 2016)



ภาพประกอบ 11 ภาพแสดงการทำ Augmentation

ที่มา: <https://towardsdatascience.com/image-augmentation-14a0aafd0498>

2.3.3 สถาปัตยกรรม ResNet-50

สำหรับสถาปัตยกรรม ResNet อยู่หลากหลาย สถาปัตยกรรมซึ่งในที่นี้เลือกใช้ ResNet-50 (He *et al.*, 2016) โดยสถาปัตยกรรม ResNet-50 ได้ ประยุกต์มาจาก VGG-19 ซึ่งโครงสร้างของสถาปัตยกรรม ResNet-50 ที่เลือกใช้จะมีโครงสร้างซึ่งแสดงไว้ ดังภาพประกอบ 7 และมีโครงสร้าง Residual block จำนวน 3 layer ดังภาพประกอบ 10

2.4 การทำ Augmentation

การทำ Augmentation (Pawara *et al.*, 2017) ให้กับชุดข้อมูลที่นำมาเรียนรู้ทำเพื่อเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลให้มีความหลากหลาย เพื่อที่ Model จะได้เรียนรู้ได้ประสิทธิภาพได้ดียิ่งขึ้น โดยการทำ Augment ได้แก่ การหมุนภาพ (Rotation) ในมุมต่างๆ การเลื่อนภาพ (Shift) การบิดภาพ (Shearing) การซูม (Zooming) การปรับแสงเงา (Shading) เป็นต้น เพื่อให้ได้ภาพในลักษณะต่างๆ กัน สำหรับตัวอย่างการทำ Augment สามารถแสดง ได้ดังภาพประกอบ 11

ตาราง 1 Confusion Matrix

ลักษณะของเหตุการณ์		ผลจากจำแนก (Predicted Result)		ผลรวมการจำแนก
		Negative	Positive	
ผลภาพจริง (Actual Condition)	Negative	TN	FP	TN+FP
	Positive	FN	TP	FN+TP
ผลรวมการจำแนก		TN+FN	FP+TP	TN+FN+FP+TP

2.5 การวัดประสิทธิภาพการรู้จำ

การวัดประสิทธิภาพของการจำแนกกลุ่ม (Classification) หรือการจำแนกนั้น มีหลายวิธีที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ เช่น อัตราการตรวจจับถูกต้อง (True Positive Rate, Recall) อัตราการจำแนกผิดพลาด (False Positive Rate) เป็นต้น โดยทั่วไปผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกจะจัดอยู่ในรูปแบบของตาราง Confusion Matrix (Fawcett, 2006) ซึ่งเป็นการวัดผลตามลักษณะจริงที่ได้ถูกจำแนกที่ถูกต้องไว้แล้วและสรุปผลการจำแนกที่ได้จากการทำนายด้วยเทคนิคหรืออัลกอริทึมต่างๆ ที่นำมาใช้งาน ซึ่ง Confusion Matrix แสดงได้ดังตาราง 1

โดยที่

TN คือผลจากการจำแนกถูกต้องเมื่อข้อมูลเป็น Negative (True Negative)

FP คือผลจากการจำแนกผิดพลาดเมื่อข้อมูลเป็น Negative (False Positive)

FN คือผลจากการจำแนกผิดพลาดเมื่อข้อมูลเป็น Positive (False Negative)

TP คือผลจากการจำแนกถูกต้องเมื่อข้อมูลเป็น Positive (True Positive) ซึ่งค่าจากตาราง Confusion Matrix สามารถนำมาคำนวณการวัดประสิทธิภาพมาตรฐานต่างๆ ในการจำแนกผลการทำนาย ได้ดังนี้

1. ค่าความถูกต้องของการจำแนก (Accuracy) คือสัดส่วนของผลการทำนายที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ คำนวณได้ดังสมการ

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

2. อัตราการจำแนกถูกต้องเมื่อข้อมูลเป็นจริง (True Positive Rate : TPR หรือ Recall) คือสัดส่วนของผลการจำแนกกลุ่มได้ถูกต้อง ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

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

ซึ่งค่าดังกล่าวนี้เป็นการวัดประสิทธิภาพเพื่อบ่งบอกว่าระบบสามารถวิเคราะห์ภาพได้ถูกต้องมากน้อยแค่ไหน

3. ค่าความแม่นยำ (Precision) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ในการจำแนกประเภทโรคมะนาวจากใบมะนาวเดี่ยวซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนโครงข่ายคอนโวลูชัน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการจำแนกประเภท ซึ่งจะเปรียบเทียบ 4 สถาปัตยกรรมดังนี้ LeNet-5, VGG16, ResNet-50 และสถาปัตยกรรมที่นำเสนอที่อยู่บนพื้นฐานของ VGGNet ดังนี้

3.1 สถาปัตยกรรมที่นำเสนอบนพื้นฐานของ VGGNet

วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้อยู่บนพื้นฐานของ VGGNet โดยปรับปรุง Hyperparameter ของสถาปัตยกรรมดังกล่าว ซึ่งได้แก่ ขนาดของ Filter (Filtering size) ของแต่ละชั้น เช่นใน VGG16 นั้นขนาดของ Filter ของ Convolution แต่ละชั้นเป็น 64, 128, 256, 512 และ แต่ในที่นี่เป็น 32, 64, 128 และ 256 นอกจากนี้ลดจำนวนชั้น Convolution ในแต่ละ Block เหลือเพียง 1 ชั้น 512 ส่วน Full Connection มี Hidden Node เพียง 1024 โดย VGG16 มี Hidden Node เป็น 4096 ซึ่งจะสามารถลดขนาดของจำนวนพารามิเตอร์ลงได้

Input 32x32
3x3 conv, 32
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 64
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 128
2x2 maxpool/2
3x3 conv, 256
2x2 maxpool/2
FC, 1024
FC, 1024
dropout, 0.2
FC, classes
Output

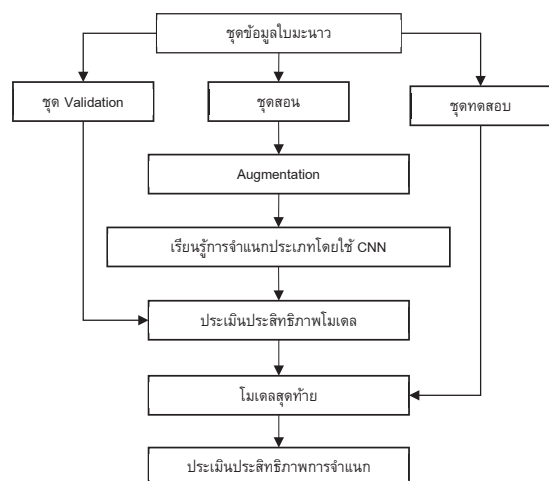
ภาพประกอบ 12 สถาปัตยกรรมที่นำเสนอ

3.2 ภาพรวมการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล

สำหรับภาพรวมการประเมินประสิทธิภาพของโมเดลการเรียนรู้การจำแนก แสดงดังภาพประกอบ 13 โดยชุดข้อมูลใบมะนาวจะถูกแบ่งเป็นชุดสอน (Training set) ร้อยละ 80 และชุดทดสอบ (Test set) ร้อยละ 20 ซึ่งโมเดลสุดท้ายของการจำแนกจะถูกประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ชุดทดสอบเพื่อจำแนกประเภทใบมะนาวที่เป็นโรค หรือไม่โรค

4. ผลการทดลอง

สำหรับการทดลองนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายใบไม้ที่เก็บได้จากต้นมะนาวที่เป็นโรค และไม่เป็นโรค ซึ่งโรคที่เกิดขึ้นได้แก่โรคหนอนขนใบ โรคราสีน้ำตาล โรคราดำ โรคใบหงิกงอ โรคจากแมลงกัดแทะ และโรคใบแก้ว ในงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ว่าใบมะนาวเป็นโรคหรือไม่เป็นโรค โดยไม่มีการจำแนกชนิดของโรค ดังนั้นจำนวนคลาสที่ใช้ในการจำแนกมีเพียง 2 ชนิดคือ เป็นโรค และไม่เป็นโรค โดยการจำแนกใบมะนาวว่าเป็นโรคหรือไม่เป็นโรค ได้ดำเนินการจำแนกโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านการเกษตร ซึ่งจำนวนภาพถ่าย

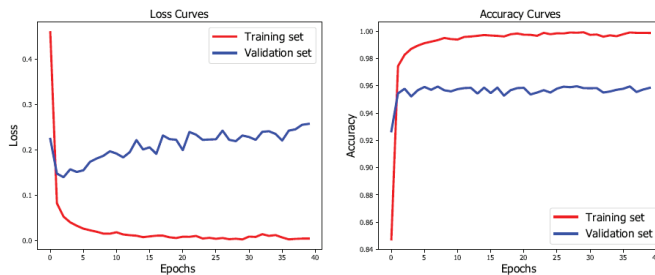


ภาพประกอบ 13 ภาพรวมขั้นตอนการเรียนรู้เพื่อการจำแนกโรคจากใบมะนาว

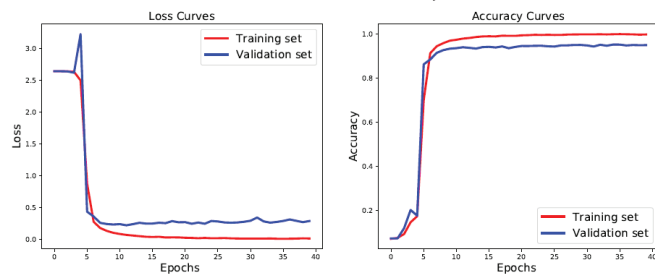
ที่เก็บรวบรวมได้มีจำนวน 5,710 ภาพ เป็นมะนาวไม่
เป็นโรค 2,855 ภาพ และมะนาวเป็นโรค 2,855 ภาพ
และแบ่งข้อมูลเป็นชุดสอน และชุดทดสอบ (80:20)
ขนาดของภาพนำเข้ามีขนาด 224x224 พิกเซล
โดยการนำเข้าภาพจะทำการตัดภาพถ่ายให้เหลือเฉพาะ
ส่วนของภาพใบไม้เดี่ยวในรูปแบบภาพสี RGB โดย
การทดลองเปรียบเทียบผลการประเมินประสิทธิภาพ
ด้วยสถาปัตยกรรมต่างๆ ของ CNN ดังนั้น LeNet-5,

VGG16, ResNet-50 และวิธีการที่นำเสนอบน
พื้นฐานของ VGGNet

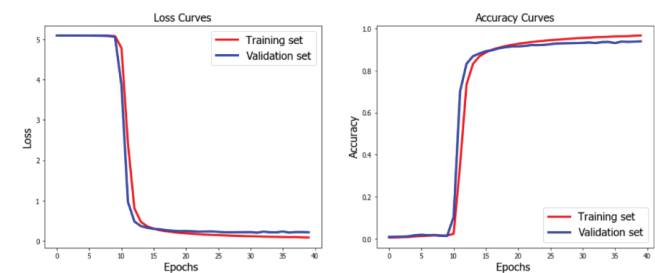
จากการเรียนรู้เพื่อสร้างโมเดลสำหรับการ
วิเคราะห์โรคจากภาพถ่ายใบมะนาว ด้วยสถาปัตยกรรม
แต่ละแบบ โดยจำนวนรอบของการเรียนรู้กำหนดไว้
ที่ 40 รอบ ซึ่งสามารถประสิทธิภาพของการเรียนรู้
ด้วยค่า Loss และค่า Accuracy ได้ตั้งภาพประกอบ 14
ถึงภาพประกอบ 17



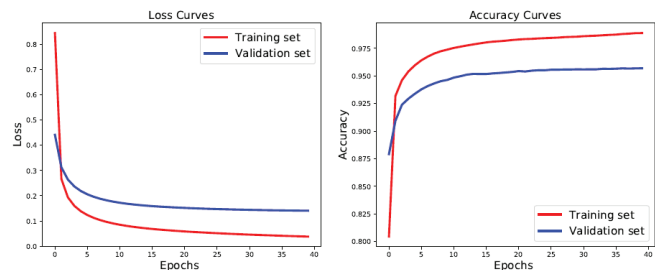
ภาพประกอบ 14 แสดง Loss (ซ้าย) และ Accuracy (ขวา) ของสถาปัตยกรรม LeNet-5



ภาพประกอบ 15 แสดง Loss (ซ้าย) และ Accuracy (ขวา) ของสถาปัตยกรรม VGG16



ภาพประกอบ 16 แสดง Loss (ซ้าย) และ Accuracy (ขวา) ของสถาปัตยกรรม ResNet-50



ภาพประกอบ 17 ภาพแสดง Loss (ซ้าย) และ Accuracy (ขวา) ของสถาปัตยกรรมที่นำเสนอ

ตาราง 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพกับชุดทดสอบ

สถาปัตยกรรม CNN	เปอร์เซ็นต์		
	Accuracy	Precision	Recall
LeNet-5	78.90	79.23	79.11
VGG16	86.30	86.64	86.31
ResNet-50	88.26	88.42	88.29
วิธีที่นำเสนอ	89.06	89.32	89.08

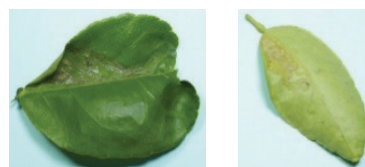
จากภาพประกอบ 14 ถึง ภาพประกอบ 17 เป็นการเปรียบเทียบค่า Loss และ ค่า Accuracy ของ ข้อมูลชุดสอน (Training set) และชุดประเมินประสิทธิภาพ โมเดล (Validation set) ซึ่งพบว่าสถาปัตยกรรม LeNet-5 นั้นมีความแตกต่างของค่า Loss และ Accuracy ของ ข้อมูลชุดสอนและชุดประเมินมาก และประสิทธิภาพ ของการเรียนรู้ยังมีกว่าแกว่าตัวมากกว่าสถาปัตยกรรม อื่นๆ ส่วนสถาปัตยกรรมอื่นๆ นั้นค่า Loss และ Accuracy ของข้อมูลชุดสอนและชุดประเมินไม่แตกต่างกันมากนักและเริ่มคงที่ตั้งแต่รอบที่ 20 ส่วนสถาปัตยกรรม ที่นำเสนอ เริ่มคงที่ตั้งแต่รอบที่ 25 เป็นต้นไป

จากตาราง 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพ การวิเคราะห์โรคจากใบมะนาว พบว่าวิธีที่นำเสนอ โดย ทำการปรับสถาปัตยกรรมจาก VGGNet มาประยุกต์ใช้ จะให้ประสิทธิภาพในการจำแนกโรคจากภาพถ่ายใบ มะนาวด้วยค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่า Precision และค่า Recall สูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับวิธี ResNet-50 มากนัก สำหรับวิธีที่นำเสนอสามารถลดเวลาในการ ทำงานลงได้เมื่อเทียบกับ VGG16 เพราะมีจำนวน ชั้นน้อยกว่านั่นเอง ส่วน LeNet-5 ให้ประสิทธิภาพ แย่ที่สุดในทุกๆ ด้าน แต่จะใช้เวลาน้อยที่สุดในการ ประมวลผลเนื่องจากมีจำนวนชั้นน้อยที่สุด และ พบว่า ResNet-50 ก็ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ สูงกว่า VGG16 และ LeNet-5 ตามลำดับ

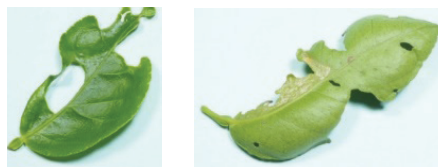
ตัวอย่างภาพถ่ายใบมะนาวแสดงดังนี้



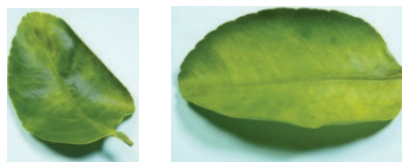
ก) โรคราสีน้ำตาลหรือราดำ



ข) โรคหนอนขนใบ



ค) โรคจากแมลงกัดแทะ



ง) โรคใบเหลืองและใบแก้ว



จ) ใบปด

ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างภาพถ่ายใบมะนาว

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าวิธีการวิเคราะห์ใบมะนาวที่เป็นโรคและไม่เป็นโรคจากภาพถ่ายใบเดียว โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบจากโมเดลที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยวิธีการพื้นฐานทั้ง 3 วิธีได้แก่ LeNet-5 VGG16 และ ResNet-50 นั้นพบว่า ResNet-50 มีประสิทธิภาพโดยรวมที่ดีที่สุด ส่วน LeNet-5 ให้ประสิทธิภาพต่ำสุด แต่เนื่องจาก LeNet-5 มีจำนวนชั้นน้อยสุด จึงทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งแตกต่างจาก VGG16 และ ResNet-50 ซึ่งมีจำนวนชั้นมาก จากการนำเสนอวิธีการโดยการปรับปรุงสถาปัตยกรรม VGGNet นำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวิธีทั้ง 3 ข้างต้น ให้ประสิทธิภาพประกอบดีกว่า แต่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับ ResNet-50

เนื่องจากการทดลองเป็นการเลือกใช้ Hold-out Method ในการแบ่งข้อมูลเพื่อการเรียนรู้และทดสอบ พบปัญหาจำนวนข้อมูลที่ค่อนข้างน้อยเนื่องจากการเกิดโรคไม่ได้มีจำนวนมากนัก และมีการเกิดโรคเป็นช่วงฤดูกาล จึงต้องทำ Augmentation เข้าช่วยในการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ใช้ทดสอบยังมีข้อจำกัด จำนวนที่น้อยเกินไป ที่อาจไม่มีความหลากหลาย ทำให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ยังไม่ดีเพียงพอทั้งๆ ที่ Class ที่ใช้ในการจำแนกมีเพียง 2 ประเภทเท่านั้น

สำหรับการวิจัยต่อไป เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการวิเคราะห์ให้ดีขึ้น ควรดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลให้มากขึ้น นอกจากนี้ควรใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพโดยใช้วิธี Cross-validation ถ้าหากจำนวนข้อมูลมีจำนวนน้อยแต่ต้องใช้เครื่องประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากภาพนำเข้ามีขนาดใหญ่ซึ่งใช้เวลาในการเรียนรู้เวลานานซึ่งอาจจะเป็นข้อจำกัดในการทดลอง และปรับปรุงการจำแนกประเภทโดยสามารถระบุโรคแต่ละชนิดของใบมะนาวต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ทุนสนับสนุนการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- Bengio, Y. (2009). *Learning deep architectures for AI*. Technical Report, Universite' de Montre'al.
- Das, S. (2017). *CNN architectures: LeNet, AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet and more*. Retrieved 15 November 2018, Retrieved from <https://medium.com/@sidereal/cnns-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5>
- Deng, L., & Yu, D. (2013). Deep learning: Method and application. In *Foundations and Trends in Signal Processing*, 7, 197-387.
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861-874.
- Guo, Y., Wang, D., & Zhu, H. (2018). Recognition of a plant leaf based on convolutional neural networks. In *Tenth International Conference on Digital Image Processing (ICDIP)*. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2503098>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 770-778). IEEE.

- Hinton, G.E., & Salakhutdinov, R.R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural network. *Science*, 313, 504-507.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G.E. (2017). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Communications of the ACM*. 84-90. <http://doi.org/10.1145/3065386>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G.E. (2012). AlexNet. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 1-9.
- LeCun, Y., & Bengio, Y. (1998). Convolutional networks for images, speech, and time series. In Arbib, M.A. (Ed.), *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks* (pp. 255-258). MIT Press.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86, 2278-2324.
- Okafor, E., Pawara, P., Karaaba, F., Surinta, O., Codreanu, V., Schomaker, L., & Wiering, M. (2016). Comparative study between deep learning and bag of visual words for wild-animal recognition. In *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)* (pp. 1-8). IEEE.
- Pawara, P., Okafor, E., Schomaker, L., & Wiering, M. (2017). Data augmentation for plant classification. In *International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems (ACIVS)* (pp. 615-626). Springer.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). *Very deep convolutional networks for large-scale image recognition*. arXiv preprint arXiv:1409.1556. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1409.1556>
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., and Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1409.4842>
- Wicht, B., & Hennebert, J. (2015). Mixed handwritten and printed digit recognition in Sudoku with convolutional deep belief network. In the *13th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)* (pp. 861-865). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2015.7333884>
- Zeiler, M.D., & Fergus, R. (2014). Visualizing and understanding convolutional networks. In *13th European Conference on Computer Vision (ECCV)*. Springer, Cham.