โดรนสำหรับการตรวจสอบการเกิดไฟป่าโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

รสลิน เพตะกร[1,*], อรนุช พันโท[2]
[1,2]ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Received: 3 March 2020
Revised: 6 October 2020
Accepted: 7 October 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ (1) เพื่อพัฒนาต้นแบบโดรนตรวจสอบการเกิดไฟป่าโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (2) เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบภาพไฟป่าได้อัตโนมัติ และ (3) เพื่อพัฒนาระบบการแจ้งเตือนการเกิดไฟป่า โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผลได้มีการเตรียมภาพตัวอย่างที่ถ่ายจากโดรนนำมาใช้ในการทดสอบ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มภาพที่เกิดไฟป่ามีจำนวน 100 ภาพ และภาพที่ไม่เกิดไฟป่าจำนวน 100 ภาพ ขั้นต่อไปเป็นการนำภาพตัวอย่างมาฝึกสอนระบบโดยใช้ไลบรารี่ของเทนเซอร์โฟร์เพื่อสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจสอบไฟป่า ขั้นสุดท้ายขั้นตอนการแสดงผลกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และผู้ใช้ทั่วไปจำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แอปพลิเคชันตรวจสอบการเกิดไฟป่า และ (2) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าความถูกต้อง ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่าผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องของระบบในการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไม่มีไฟ มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 สำหรับการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไฟป่ามีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 และการตรวจสอบสถานที่กลางแจ้งมีค่าความถูกต้องร้อยละ 80 และผลการประเมินความพึงพอใจของระบบโดยผู้ใช้งานอยู่ในระดับพึงพอใจระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13

คำสำคัญ : โดรน ไฟป่า การเรียนรู้เชิงลึก

*ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: roselin@cmru.ac.th

Drone for Detecting Forest Fires using Deep Learning Technique

Roselin Petagon[1,*], Oranuch Pantho[2]

[1,2] Computer Department, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

Received: 3 March 2020
Revised: 6 October 2020
Accepted: 7 October 2020

ABSTRACT

The objectives of this research are (1) to develop a prototype drone for monitoring forest fires using deep learning techniques; (2) to develop an automatic system for detecting the forest fire images; and (3) to develop a warning system for a forest fire. The research process comprised 3 main steps. The first step was the preparation of images for processing. In this step 100 forest fire images and 100 non-fire images captured by drones were collected. The second step was the taking of the collected images to be used as a training set for training the system by forming the deep learning models using the Tensor Flow library for detecting a forest fire. The third step was the result display step. The research sample for studying the satisfaction with the model consisted of 5 experts and 27 general users. The research tools were (1) the application for forest fire detection, and (2) a questionnaire to assess satisfaction. The statistics used in this research were the accuracy index, mean, and standard deviation. The results show that there is 100 percent of accuracy for the non-forest fire sample image set; for the sample image set of forest file, there is 90 percent of accuracy; the accuracy for outdoor detection is 80 percent; and the result of the satisfaction assessment by the general users is at the high level, with the satisfaction rating mean of 4.13.

Keywords: Drone, Forest fire, Deep learning

*Corresponding Author; Email: roselin@cmru.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไฟป่าเป็นเพลิงไหม้ที่ปราศจากการควบคุม สามารถลุกลามได้อย่างอิสระ เผาผลาญเชื้อเพลิงธรรมชาติในป่าครอบคลุมอาณาเขตกว้างขวาง ลุกลามอย่างรวดเร็ว สาเหตุของไฟป่าอาจจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือมนุษย์สร้างขึ้น โดยสถิติกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พบว่าจังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีการเกิดไฟป่าทำให้พื้นที่ป่าเสียหายจากไฟไหม้ป่าสูงที่สุดในประเทศไทย สำนักป้องกัน ปราบปราม และควบคุมไฟป่า เผยตัวเลขการดับไฟป่าปีงบประมาณ 2559 จ.เชียงใหม่ ลำดับของพื้นที่เกิดไฟป่า มีพื้นที่ป่าเสียหายสูงสุดในประเทศไทย โดยปี 2559 เกิดไฟป่ามากกว่าปี 2558 เกือบร้อยละ 50 ขณะพื้นที่ป่าเสียหายนับแสนไร่เพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัว ภาคเหนือ 16 จังหวัด ดับไฟป่าแล้ว 4,376 ครั้ง พื้นที่ถูกไฟไหม้เสียหาย 67,906 ไร่ มีการดับไฟป่าสูงสุดที่จังหวัดเชียงใหม่จำนวน 1,602 ครั้ง เสียหาย 22,975 ไร่ ในการตรวจสอบพื้นที่ไฟไหม้อาจจะใช้วิธีการตรวจสอบด้วยการประยุกต์เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลเพื่อประเมินหาพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้บริเวณพื้นที่ป่าอนุรักษ์ (Academic Division of Forest Fire Control Division, 2011) ซึ่งการเกิดไฟป่าเป็นพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยากจึงได้นำโดรนมาช่วยในการสำรวจ โดรน หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) หรือ อากาศยานไร้คนขับ ที่สามารถควบคุมระยะไกลได้ด้วยรีโมทให้บินปฏิบัติภารกิจได้ตามที่ผู้ควบคุมต้องการ แล้วยังมีการนำโดรนมาประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย งานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเช่น งานด้านการเกษตร การบินสำรวจพื้นที่หาจุดเสี่ยงภัยต่างๆ รวมทั้งมีการใช้โดรนมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างฐานข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับงานสถาปัตยกรรมผังเมือง (Boonlua et al., 2018) ด้วยเช่นกัน การใช้โดรนทำการบินสำรวจพื้นที่เกิดไฟป่าในปัจจุบัน ผู้ควบคุมโดรนจะมีหน้าที่ควบคุมการบินพร้อมตรวจสอบภาพ ถ้าผู้ควบคุมโดรนพบภาพมีไฟป่า ผู้ควบคุมจะทำการแจ้งพิกัดการเกิดไฟป่าให้เจ้าหน้าเข้าควบคุมไฟป่าให้เข้าพื้นที่ที่เกิดไฟป่า ซึ่งผู้ควบคุมโดรนต้องคอยตรวจสอบภาพการเกิดไฟป่าตลอดเวลาว่ามีการเกิดไฟป่าที่พิกัดไหนบ้างซึ่งขาดการประมวลผลแบบอัตโนมัติจึงเกิดแนวคิดที่จะพัฒนาระบบที่สามารถตรวจสอบภาพไฟป่าได้อัตโนมัติโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เข้ามาช่วย โดยระบบการเรียนรู้เชิงลึกเป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถเรียนรู้ข้อมูล เพื่อตัดสินใจต่อปัญหาต่างๆ ได้ด้วยตนเอง ทำให้สามารถประมวลผลข้อมูลจำนวนมากๆ ได้โดยใช้ประโยชน์จากความเร็วของการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบัน ซึ่งในการพัฒนาการเรียนรู้เชิงลึก นิยมใช้ไลบรารี่ของเทนเซอร์โฟร์ (TensorFlow) ที่ใช้งานได้ง่าย

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาต้นแบบโดรนสำหรับตรวจสอบการเกิดไฟป่า โดยให้โดรนบินตรวจสอบภาพหาจุดที่เกิดไฟป่าได้อัตโนมัติ โดยใช้หลักการประมวลผลภาพด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และสร้างระบบเพื่อแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้ให้ได้รับข้อมูลการเกิดไฟป่า เพื่อสามารถตรวจสอบการเกิดไฟป่าได้อย่างรวดเร็ว ทันท่วงที แม้ในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบโดรนตรวจสอบการเกิดไฟป่าโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก
2. เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบภาพไฟป่าได้อัตโนมัติ
3. เพื่อพัฒนาระบบการแจ้งเตือนการเกิดไฟป่าในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยากและสามารถแก้ปัญหาได้อย่างทันท่วงที

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การตรวจไฟป่า (Academic Division of Forest Fire Control Division, 2011) กล่าวว่า การตรวจหาพื้นที่ไฟไหม้ป่าสามารถประยุกต์เทคนิคการรับรู้ระยะไกล และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-TM มาผลิตเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียม กรองแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน และแปลความภาพจากดาวเทียมของพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ แล้วนำข้อมูลภาพมาทำการประมวลผลภาพเพื่อจำแนกข้อมูลภาพโดยวิธีแบบไม่กำกับดูแลแล้วนำจุดความร้อน (Hotspot) มาเป็นจุดตรวจสอบ

2. โดรน หรือ อากาศยานไร้คนขับ มีหลักการทำงานโดยควบคุมด้วยวิทยุบังคับหรือรีโมทจากผู้ควบคุม ที่อยู่บนสถานีภาคพื้นให้ทำงานตามภารกิจที่ต้องการ ได้มีการนำโดรนมาประยุกต์ใช้หลายด้าน เช่น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกข้อมูลถนนจากภาพถ่าย Drone เพื่อการสำรวจถนนในเขตชนบท (Yongying, 2019) การใช้โดรนมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างฐานข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับงานสถาปัตยกรรมผังเมือง (Boonlua et al., 2018)

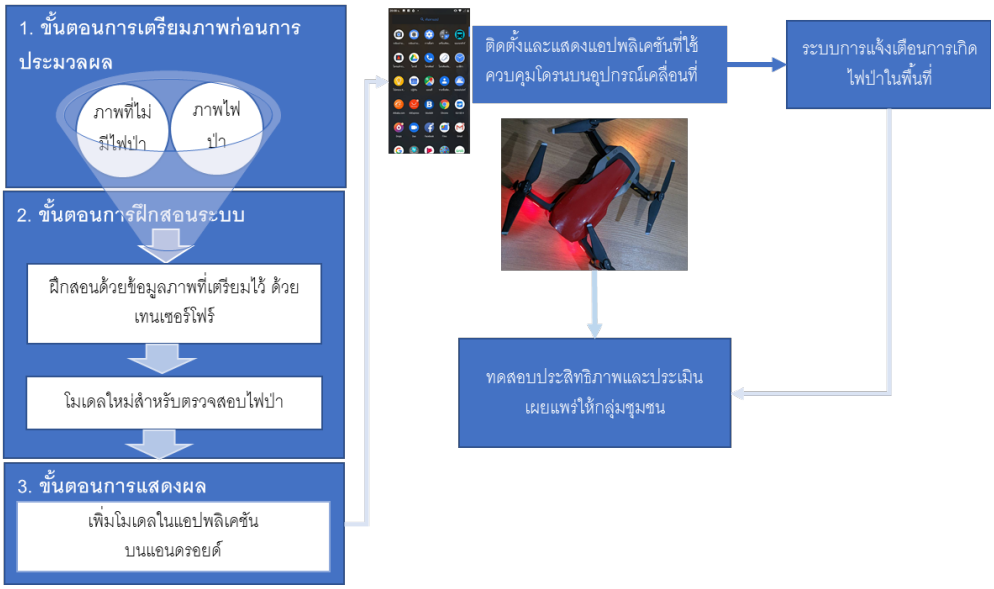
3. การเรียนรู้เชิงลึก (Carrio et al., 2017) เป็นเทคนิคหนึ่งทางด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นความสามารถในการใช้งานระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเรียนรู้จากข้อมูลโดยถูกแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) เป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบมีผู้สอนโดยทั่วไป จะอยู่ในลักษณะการทำนายผลลัพธ์ ถัดมาการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นการเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอนหรือข้อมูลมาสอนก่อน นั่นคือให้คอมพิวเตอร์สังเกตรูปร่าง ลักษณะ แยกตามขนาด น้ำหนัก และส่วนสูงข้อมูลไหนมีลักษณะใกล้เคียงกันก็ทำการจับกลุ่ม จะไม่รู้คำตอบที่แน่ชัด แต่ต้องการให้เครื่องตามหาโครงสร้างข้อมูลที่ไม่รู้จัก (Unknown Structure) และการเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning) เป็นตัวแทนของ AI ใช้โต้ตอบกับสภาพแวดล้อมจริงหรือจำลอง การปฏิสัมพันธ์จะเตรียมผลสะท้อนกลับระหว่างระบบการเรียนรู้และประสบการณ์ในการโต้ตอบซึ่งเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในงานที่กำลังทำการเรียนรู้ มีการนำเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกไปประยุกต์ดังนี้ Hongboonmee et al. (2019) ได้พัฒนาแอปพลิเคชันช่วยระบุธนบัตรไทยด้วยเสียงสำหรับผู้พิการทางสายตาผ่านสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้โปรแกรม Android Studio ภาษา JAVA และไลบรารี่ Text to Speech สำหรับการแปลงข้อความเป็นเสียง และ Pholberdee (2018) ได้ศึกษาการแยกพื้นที่บาดแผลจากภาพถ่ายด้วยการเรียนรู้เชิงลึกและการขยายข้อมูลแบบต่างๆ

4. เทนเซอร์โฟร์ (TensorFlow) เป็นไลบรารีที่ใช้ในการพัฒนา Machine Learning ได้รับการพัฒนาโดยบริษัท Google ซึ่ง เทนเซอร์โฟร์นั้นจะเป็น Open source ที่จะใช้ python ในการเขียน รองรับเวอร์ชันทั้ง python2 และ Python3 โดย TensorFlow สามารถทำงานบน CPU และ GPUs รองรับระบบปฏิบัติการ Linux, macOS, Windows และ Android

จากเอกสารและผลงานวิจัยข้างต้นการเรียนรู้เชิงลึกเป็นตัวแทนการเรียนรู้จากข้อมูลที่ซับซ้อนที่ได้มาในสภาพแวดล้อมจริงในขณะเดียวกันยานพาหนะทางอากาศแบบไม่ใช้คน (โดรน) กำลังถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางสำหรับงานทั่วไป ผู้วิจัยจึงสนใจนำโดรนและเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการตรวจสอบไฟป่าได้อย่างอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพและมีคุณภาพสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก และโดรน เพื่อพัฒนาโดรนสำหรับสำรวจไฟป่าอัตโนมัติ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ที่มีขั้นตอนการพัฒนา 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล ขั้นต่อไปเป็นการนำภาพตัวอย่างมาฝึกสอนระบบโดยใช้ไลบรารี่ของเทนเซอร์โฟร์เพื่อสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกในการตรวจสอบไฟป่า ขั้นสุดท้ายขั้นตอนการแสดงผล แล้วทำการติดตั้งบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ เมื่อโดรนบินสำรวจจะสามารถตรวจสอบพร้อมแจ้งเตือนตำแหน่งผ่านระบบการแจ้งเตือน ทำการทดสอบประสิทธิภาพและประเมินผลการใช้งาน ควบคู่ไปกับการสร้างความรู้ให้คนในชุมชนมีความรู้ในการรับมือกับปัญหาไฟป่า ดังกรอบแนวความคิดของการวิจัยภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ประชาชนในเขตชุมชนเทศบาลเมืองเมืองแกนพัฒนา อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ และอาจารย์ นักวิชาการ นักศึกษา ภาควิชาคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ คัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Selection) และแบบสุ่มอย่างง่าย เพื่อให้ได้บุคคลที่สามารถให้ข้อมูลตรงตามที่ต้องการและกระจายอยู่ในขอบเขตของการศึกษา จำนวน 27 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องมือในการพัฒนา และวัดประสิทธิภาพของต้นแบบโดรนตรวจสอบไฟป่าดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาต้นแบบโดรนตรวจสอบไฟป่า แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของโดรนเพื่อใช้ในการส่งภาพ โดยใช้โดรนรุ่น Mavic Air และส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย โปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ภาษาจาวา (Java) ใช้เขียนคำสั่งในการทำงานของ

แอปพลิเคชัน เอ็กซ์เอ็มแอล (Xml) ใช้ในการควบคุมการแสดงผลบนหน้าจอ และไลบรารี่ของเทนเซอร์โฟร์ ใช้ในการฝึกสอบระบบให้สามารถตรวจสอบการเกิดไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพ ระบบฐานข้อมูลไฟล์เบส (Firebase Database) ใช้เก็บข้อมูลภาพไฟป่า กลุ่มไลน์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบการแจ้งเตือน โดยแอปพลิเคชันสามารถติดตั้งได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลการใช้งานต้นแบบโดรนสำหรับตรวจสอบการเกิดไฟป่า เป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

การประเมินผลการใช้ระบบ

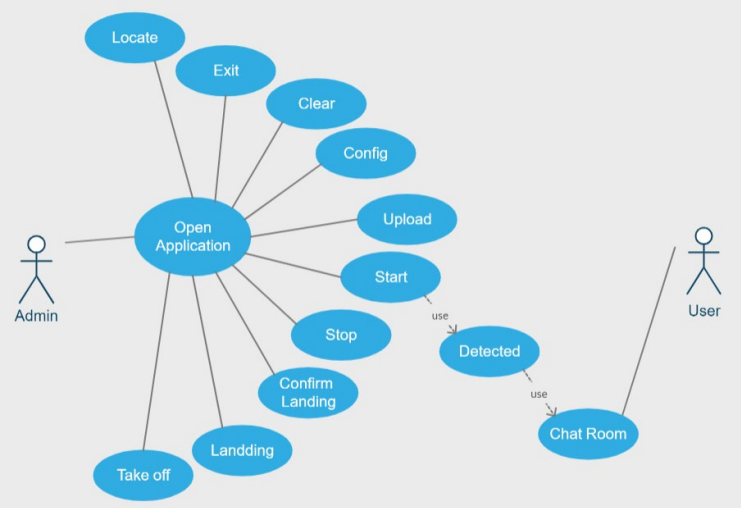
การประเมินผลการใช้ระบบ ได้มีการนำแอปพลิเคชันติดตั้งบนคลาวด์ จัดกิจกรรมกลุ่มเชิญผู้เชี่ยวชาญเพื่อนำเสนอระบบการตรวจสอบไฟป่า ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์ หลังจากทำการปรับปรุงระบบจัดอบรบการใช้งานระบบ ให้ประชากรกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานและทำการประเมินผลระบบ ทำการสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วยการหาความถูกต้อง ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาระบบตรวจสอบไฟป่าอัตโนมัติ ประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบการตรวจสอบไฟป่า ผลการสร้างโมเดลสำหรับตรวจสอบไฟป่าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบตรวจสอบไฟป่า ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพ และผลการประเมินการใช้งานระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบการตรวจสอบไฟป่า

การวิเคราะห์และออกแบบระบบการตรวจสอบไฟป่าแบ่งบุคคลที่เกี่ยวข้อง 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ (Admin) และผู้ใช้ (User) ที่จะได้รับการแจ้งเตือน เมื่อเปิดการทำงานของโดรน และแอปพลิเคชัน (Open Application) แอปพลิเคชันจะสามารถควบคุมโดรนผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ ดังรายละเอียดในภาพที่ 2 ต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ยูสเคสไดอะแกรมของระบบตรวจสอบการเกิดไฟป่า

Locate : เพื่อกำหนดตำแหน่งในการบิน

Exit : เพื่อทำการออกจากแอปพลิเคชัน

Clear : เพื่อทำการยกเลิก ในกรณีที่มีข้อผิดพลาดในการเลือกตำแหน่งให้

Config : เพื่อกำหนดความเร็วในการบิน

Upload : เมื่อผู้ดูแลระบบต้องการอัพโหลดตำแหน่งให้โดรน

Start : เริ่มบินตรวจสอบในพื้นที่ป่าตามตำแหน่งที่ได้ตั้งไว้ เมื่อตรวจสอบพบภาพไฟป่า (Detected) จะทำการส่งภาพไฟป่าและพิกัด ส่งการแจ้งเตือนการเกิดไฟป่าให้กับผู้ใช้ในห้องแชท (Chat Room)

Stop : เพื่อให้หยุดบิน

Take off : เพื่อให้ขึ้นบินโดยไม่กำหนดตำแหน่ง

Landing : เพื่อให้ลงจอด

Confirm Landing : เพื่อยืนยันการลงจอด

2. ผลการสร้างโมเดลสำหรับตรวจสอบไฟป่าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

การสร้างการโมเดลสำหรับตรวจสอบไฟป่าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก มีขั้นตอนการทำ 3 คือขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล ขั้นตอนการฝึกสอนระบบ และขั้นตอนการแสดงผล

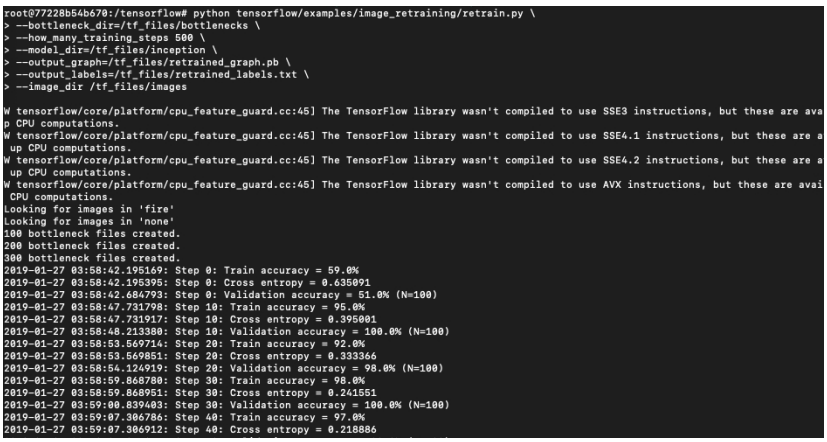
(ก) (ข)

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างภาพจากโดรน (ก) ภาพที่มีไฟไหม้ และ (ข) ภาพไม่มีไฟไหม้

(1) ขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการประมวลผล ในการเตรียมภาพที่ใช้ในการสร้างโมเดลตรวจสอบไฟป่าโดยใช้ภาพจากโดรนที่บินในระดับความสูง 20 เมตร ภาพที่ได้จะมีขนาด 5000 × 2812624.6 KB ซึ่งภาพที่บันทึกนั้นจะเป็นไฟล์นามสกุล JPG และภาพที่ได้นั้นจะถ่ายในการจำลองการเกิดไฟป่าดังตัวอย่างภาพที่ 3 ภาพที่นำมาใช้ในการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มภาพที่เกิดไฟป่ามีจำนวน 100 ภาพ และภาพที่ไม่เกิดไฟป่าจำนวน 100 ภาพ นำภาพจากโดรนมาผ่านขั้นตอนการปรับปรุงภาพโดยการแยกส่วนพื้นหลังที่ไม่ต้องการออก ภาพที่นำมาใช้ทดลอง

ทั้งหมดจำนวน 100 ภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ภาพที่นำมาใช้ฝึกสอนระบบ (Train Data Set) จำนวน 90 ภาพ และภาพที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพ หรือชุดข้อมูลทดสอบ (Test Data Set) จำนวน 10 ภาพ

(2) ขั้นตอนการฝึกสอนระบบ ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลภาพที่เตรียมไว้มาทำการประมวลผลเพื่อฝึกสอน (Trian Data) และสร้างโมเดลเพื่อใช้ในการตรวจสอบไฟป่าโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานได้แก่ ไลบรารี่เทนเซอร์โฟร์สำหรับพัฒนาโมเดลและใช้ภาษาไพธอน ในการฝึกสอนและสร้างโมเดลใหม่ในการฝึกสอนและสร้างโมเดลใหม่จะดำเนินการทั้งหมดจำนวน 500 รอบ ดังแสดงในภาพที่ 4 เมื่อทำการฝึกสอนจนครบแล้วจะได้ไฟล์โมเดลสำหรับการตรวจสอบไฟป่าจำนวน 2 ไฟล์ได้แก่ retrained_labels.txt และ stripped_retrained_labels.pb



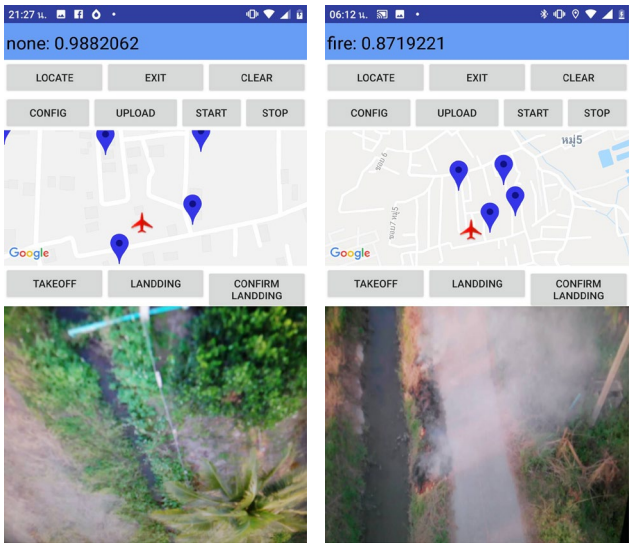
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างโค้ดการฝึกสอนข้อมูลภาพไฟป่า

(3) ขั้นตอนการแสดงผล เป็นขั้นตอนการนำไฟล์โมเดลตรวจสอบการเกิดไฟป่า ไปไว้ในโปรเจ็กต์ที่สร้างด้วยโปรแกรมแอนดรอยสตูดิโอเพื่อให้แอปพลิเคชันสามารถแสดงผลในการตรวจสอบการเกิดไฟป่าได้อัตโนมัติ

3. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบตรวจสอบไฟป่า

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับระบบตรวจสอบไฟป่าแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือผลการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ในการตรวจสอบไฟป่า และผลการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนผู้ใช้แอปพลิเคชันเมื่อเกิดไฟป่า

3.1 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันที่ใช้ในการตรวจสอบไฟป่า จะมีหน้าจอควบคุมจะแสดงผลการตรวจสอบว่า None (เมื่อตรวจสอบภาพไม่พบไฟป่า) หรือ Fire (เมื่อตรวจสอบภาพพบไฟป่า) ตามค่าน้ำหนักที่คำนวนได้ ผู้ใช้จะทำการตรวจสอบค่า Fire ถ้ามีค่าน้ำหนักมากกว่า 0.75 จะทำการบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูล Firebase Database แล้วทำการแจ้งเตือนพิกัดและภาพไปยังไลน์แชทให้ผู้ใช้ระบบต่อไป ส่วนหน้าจอแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ควบคุมโดรนตรวจสอบไฟป่าดังแสดงภาพที่ 5 โดยมีขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการใช้ปุ่ม ADD สร้าง Waypoint หรือการสร้างตำแหน่งที่ต้องการให้โดรนบินตรวจสอบแล้วทำการกดปุ่ม UPLOAD เพื่อทำการอัพโหลดตำแหน่งให้โดรน ในกรณีที่มีข้อผิดพลาดในการเลือกตำแหน่งให้กดปุ่ม CLEAR เพื่อทำการยกเลิก แต่ถ้าไม่มีข้อผิดพลาดให้กดปุ่ม START เพื่อสั่งให้โดรนเริ่มบินไปตรวจสอบไฟป่าตามตำแหน่งที่ได้ตั้งไว้ เมื่อทำการตรวจสอบพบไฟป่าระบบจะทำการส่งภาพและพิกัดเพื่อแจ้งเตือนผู้ใช้ที่อยู่ในไลน์กลุ่มทราบ หรือหากบินตามพิกัดต่างๆ ที่ได้ตั้งไว้ ไม่พบไปป่า คือโดรนบินรอบตำแหน่งที่ตั้งไว้ครบแล้วโดรนก็จะบินกลับมายังจุดที่ขึ้นเริ่มต้นและเริ่มลงจอดในตำแหน่งที่ขึ้นไป

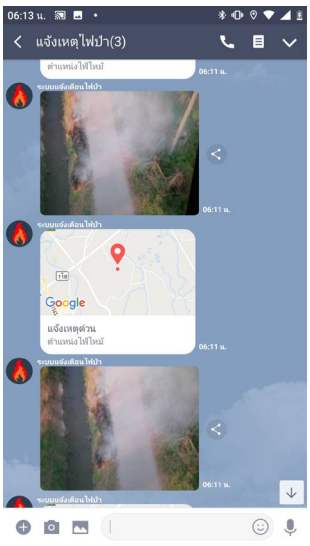


(ก) (ข)

ภาพที่ 5 แสดงภาพจากระบบตรวจสอบไฟป่าในกรณี
(ก) โดรนตรวจไม่พบว่าเกิดไฟป่า และ (ข) โดรนตรวจพบว่าเกิดไฟป่า

3.2 ผลการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนผู้ใช้แอปพลิเคชันเมื่อเกิดไฟป่า

ระบบการแจ้งเตือนจากการบินตรวจสอบไฟป่าอัตโนมัติของโดรนจะมีการสร้างกลุ่มไลน์ เพื่อใช้ในการรับผลการแจ้งเตือน โดยการแจ้งเตือนเมื่อตรวจสอบพบไฟป่าจะทำการส่งภาพและพิกัดให้ผู้ใช้ที่เป็นสมาชิกในกลุ่มโดยผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้เพิ่มผู้ใช้ที่ต้องการได้รับผลการแจ้งเตือน เมื่อโดรนทำการบินแล้วตรวจสอบพบไฟป่าจะทำการส่งภาพและพิกัดแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ ผู้ใช้สามารถเข้าไปในกลุ่มไลน์เพื่อพูดคุย สอบถาม นัดหมายรายละเอียดต่างๆ ในการเดินทางไปดับไฟป่า ณ ตำแหน่งที่ได้ส่งมาจากโดรน ดังแสดงรายเอียดของกลุ่มไลน์ในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงหน้าไลน์กลุ่มที่ใช้ในการแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้ระบบ

4. ผลการตรวจสอบประสิทธิภาพ

การตรวจสอบประสิทธิภาพของโดรนสำหรับตรวจสอบไฟป่าโดยการบันทึกค่าที่ได้จากภาพชุดทดสอบจำนวน 10 ภาพ เมื่อระบบตรวจสอบพบไฟที่มีค่าน้ำหนักมากกว่าและเท่ากับ 0.75 ขึ้นไปจะมีการส่งภาพ และพิกัดเพื่อทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ระบบผ่านไลน์กลุ่ม หรือกรณีที่ค่าน้ำหนักน้อยกว่า 0.75 ก็ไม่มีการส่งการแจ้งเตือน ในการตรวจสอบความหาค่าความถูกต้อง (Accuracy) โดยใช้สมการดังนี้

$$\%Accuracy = 100 - \%Relative\ Error$$

โดยที่ร้อยละค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ (Relative Error) ดังนี้

$$\%Relative\ Error = [(|X_{mea} - X_t|)/ X_t] \times 100$$

เมื่อ X_{mea} คือ จำนวนครั้งที่ตรวจสอบภาพและส่งพิกัดแจ้งเตือนถูกต้อง

X_t คือ จำนวนครั้งที่ใช้ทดสอบทั้งหมด

ในการทดสอบประสิทธิภาพได้ทดสอบระบบโดยใช้ภาพชุดทดสอบจำนวน 10 ภาพแบ่งเป็นในกรณีภาพชุดทดสอบที่มีไฟจำนวน 10 ภาพ จะต้องมีการส่งผลภาพและพิกัดเพื่อแจ้งเตือน สำหรับกรณีภาพชุดทดสอบที่ไม่มีไฟจำนวน 10 ภาพ จะต้องไม่มีการส่งผลภาพและพิกัดเพื่อแจ้งเตือน จากผลการบันทึกการทดลองตารางที่ 1 พบว่าในการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไฟนั้นสามารถตรวจสอบส่งภาพไฟป่าได้ถูกต้องจำนวน 9 ครั้ง และผิดจำนวน 1 ครั้ง มีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 10 ต่อมาเป็นการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไม่มีไฟ พบว่าสามารถตรวจสอบการส่งภาพได้ถูกต้องจำนวน 10 ครั้ง มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 หรือไม่มีค่าความคลาดเคลื่อน และการตรวจสอบสถานที่กลางแจ้ง สามารถตรวจสอบการส่งภาพได้ถูกต้องจำนวน 8 ครั้ง และผิดจำนวน 2 ครั้ง มีค่าความถูกต้องร้อยละ 80 หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 20

ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดลองการส่งค่าภาพในการตรวจสอบไฟ

สถานที่	จำนวนครั้งที่ใช้ทดสอบทั้งหมด	จำนวนครั้งที่ตรวจสอบถูกต้อง	ค่าคลาดเคลื่อน (%)	ค่าความถูกต้อง (%)
ชุดภาพตัวอย่างไฟ	10	9	10	90
ชุดภาพตัวอย่างไม่มีไฟ	10	10	0	100
สถานที่กลางแจ้ง	10	8	20	80

5. ผลการประเมินการใช้งานระบบ

จากการพัฒนาโดรนสำหรับการตรวจสอบไฟป่า ได้นำไปใช้ทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้ทั่วไปจำนวน 27 คน ผลการประเมินการใช้งานระบบแสดงได้ดังนี้

ผลการศึกษาความพึงพอใจนี้ ได้วิเคราะห์จากแบบสอบถาม เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่ใช้งานโดรนสำหรับตรวจสอบไฟป่า เพื่อให้มีประสิทธิภาพต่อไป ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจความพึงพอใจโดยแบ่งระดับคะแนนความพึงพอใจออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มากที่สุด 4 หมายถึง มาก

3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง น้อย

1 หมายถึง น้อยที่สุด

กำหนดค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจเป็น 5 ระดับ ดังนี้

- ระดับคะแนนเฉลี่ย 4.51 – 5.00 ความพึงพอใจระดับมากที่สุด
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 3.51 – 4.50 ความพึงพอใจระดับมาก
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 2.51 – 3.50 ความพึงพอใจระดับปานกลาง
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 1.51 – 2.50 ความพึงพอใจระดับน้อย
- ระดับคะแนนเฉลี่ย 0.00 – 1.50 ความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง (n = 27)

ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1. ด้านเครื่องมือ (โดรน) ตรวจสอบไฟป่า			
1.1 เครื่องมือสามารถใช้งานได้ง่าย	4.18	0.833	มาก
1.2 เครื่องมือสามารถตรวจภาพไฟป่าได้	4.18	0.962	มาก
1.3 ค้นหาข้อมูลได้ตรงความต้องการ	3.85	0.907	มาก
1.4 การทำงานของระบบมีความรวดเร็ว	4.00	1.00	มาก
1.5 ภาษาเข้าใจง่าย รูปแบบตัวอักษรอ่านได้ง่าย และสวยงาม	4.07	0.828	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.05**	**0.772**	**มาก**
2. ด้านระบบการแจ้งเตือน			
2.1 ข้อมูลที่นำเสนอครบถ้วนตรงกับความต้องการ	4.37	0.838	มาก
2.3 ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	4.33	0.919	มาก
2.3 ความถูกต้องของการแจ้งค่าพิกัด	4.14	0.769	มาก
2.4 ความถูกต้องของส่งภาพไฟป่า	4.18	0.878	มาก
2.5 การทำงานของระบบมีความรวดเร็ว	4.00	1.000	มาก
ค่าเฉลี่ย	**4.20**	**0.749**	**มาก**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.13**	**0.760**	**มาก**

จากตารางที่ 2 สอบถามความพึงพอใจการใช้งานระบบของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อโดรนตรวจสอบไฟป่าที่พัฒนาขึ้น ด้านเครื่องมือ (โดรน) ตรวจสอบไฟป่า พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านความพึงพอใจเครื่องมือสามารถใช้งานได้ง่ายมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 เครื่องมือสามารถตรวจภาพไฟป่าได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 โดยรวมผลการประเมินด้านเครื่องมือ (โดรน) ตรวจสอบไฟป่า ค่าเฉลี่ย 4.05 ระดับมาก ด้านระบบการแจ้งเตือนของโดรนตรวจสอบไฟป่า พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านความพึงพอใจมากที่สุดคือข้อมูลที่นำเสนอครบถ้วนตรงกับความต้องการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.37 รองลงมาได้แก่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 โดยรวมผลการประเมินด้านระบบการแจ้งเตือน ค่าเฉลี่ย 4.20 ระดับมาก สรุปความคิดเห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างต่อโดรนตรวจสอบไฟป่าเห็นว่ามีความเหมาะสมมาก ค่าเฉลี่ย 4.13

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาโดรนเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเกิดไฟป่าได้อย่างอัตโนมัติมีการทำงานโดยโดรนจะทำการบินเพื่อตรวจสอบภาพส่งภาพมาทำการประมวลผลโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก เมื่อตรวจพบภาพไฟป่าจะทำการส่งผลการแจ้งเตือนให้กับผู้ใช้ระบบ โดยการเก็บรวบรวมภาพตัวอย่างที่ถ่ายจากโดรนจำนวน 200 ภาพ แบ่งเป็นภาพไฟป่าจำนวน 100 ภาพ และภาพไม่มีไฟป่าจำนวน 100 ภาพ นำมาสร้างโมเดลตรวจสอบไฟป่าด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้เครื่องมือของไลบรารี่เทนเซอร์โฟร์และภาษาไพธอน ทำการแบ่งชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนจำนวนร้อยละ 90 และชุดข้อมูลทดสอบ ร้อยละ 10 ทำการฝึกสอนจำนวน 500 รอบ หลังจากนั้นนำโมเดลตรวจสอบไฟป่าที่ได้ไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่ใช้ได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์โดยใช้โปรแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอและภาษาจาวา ส่วนการพัฒนาระบบการแจ้งเตือนของผู้ใช้ทำการบันทึกข้อมูลในฐานข้อมูลของ Firebase Database และทำการส่งพิกัดและภาพเพื่อแจ้งเตือนโดยใช้ไลน์กลุ่มของผู้ใช้งาน

ในขั้นตอนการตรวจสอบประสิทธิภาพของโดรนตรวจสอบไฟป่าพบว่าในการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไฟมีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 ส่วนการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไม่มีไฟ มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 และการตรวจสอบสถานที่กลางแจ้ง มีค่าความถูกต้องร้อยละ 80 ในส่วนของความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อโดรนสำหรับตรวจสอบไฟป่าที่พัฒนาขึ้นจากผู้ใช้งานจำนวน 27 คน พบว่าความพึงพอใจด้านเครื่องมือ (โดรน) ตรวจสอบไฟป่า มีผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.05 ระดับมาก ความพึงพอใจด้านระบบการแจ้งเตือนของโดรนตรวจสอบไฟป่า มีผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.20 ระดับมาก สรุปความพึงพอใจโดยรวมของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 4.13 เห็นว่ามีความเหมาะสมมาก

อภิปรายผล

การพัฒนาโดรนเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเกิดไฟป่าได้อย่างอัตโนมัติพบว่าผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของโดรนสำหรับตรวจสอบไฟป่ามีค่าความถูกต้องสูงสุดเป็นการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไม่มีไฟ มีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 รองลงมาเป็นการตรวจสอบชุดภาพตัวอย่างไฟ มีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 และการตรวจสอบสถานที่กลางแจ้ง มีค่าความถูกต้องร้อยละ 80 ผลการทดสอบในสถานที่กลางแจ้งมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุดอาจจะเนื่องจากการทดสอบการบินในช่วงเวลาที่มีแสงสว่างมากหรือเกิดการสะท้อนแสง ทำให้ผลในการตรวจสอบภาพนั้นเป็นภาพที่มีไฟซึ่งทำให้การส่งผลลัพธ์การแจ้งเตือนที่ผิดพลาดตามไปด้วย ซึ่งผลการตรวจสอบประสิทธิภาพสอดคล้องกับงานวิจัยของ Academic Division of Forest Fire Control Division (2011) เป็นการศึกษาเพื่อควบคุมไฟป่าโดยการตรวจสอบไฟป่าใช้วิธีการนำ hotspot จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมีผลของความถูกต้องร้อยละ 95 ในส่วนของ Jaroenjit et al. (2018) เป็นระบบแยกประเภทไข่มุก ด้วยวิธีการประมวลผลภาพโดยการหาสี ขนาดและความกลมของไข่มุกเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ไข่มุกและช่วยในการเลือกซื้อไข่มุก ซึ่งระบบให้ความถูกต้องประมาณร้อยละ 90 สำหรับ Hongboonmee et al. (2019) พัฒนาแอปพลิเคชันช่วยระบุธนบัตรไทยด้วยเสียงสำหรับผู้พิการ ทางสายตาผ่านสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก พบว่าแอปพลิเคชันสามารถจำแนกและระบุชนิดธนบัตรได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 84.00 และ Fuangpian et al. (2011) ก็ได้นำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจจับคุณลักษณะสำคัญเพื่อการวินิจฉัยความเสียหายบนผิวจานฮาร์ดดิสก์โดยมีผลลัพธ์การทดสอบภาพตัวอย่างได้ผลลัพธ์ถูกต้องร้อยละ 100

ส่วนผลลัพธ์ความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อโดรนสำหรับตรวจสอบไฟป่าที่พัฒนาขึ้น ด้านเครื่องมือ (โดรน) ตรวจสอบไฟป่า พบว่าโดยรวมผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.05 ระดับมาก ด้านระบบการแจ้งเตือนของโดรนตรวจสอบไฟป่าพบว่าโดยรวมผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 4.20 ระดับมาก สรุปความคิดเห็นโดยรวมของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 4.13 เห็นว่ามีความเหมาะสมมาก สอดคล้องกับงานวิจัย (Hongboonmee et al., 2019) ผลการประเมินความพึงพอใจของแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งาน อยู่ในระดับเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และงานวิจัยการพัฒนาระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้ IoT เพื่อติดตามคุณภาพน้ำผ่านแอปพลิเคชัน (Rattanachuchok, 2019) ผลการประเมินความพึงพอใจ อยู่ในระดับเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ.2561

เอกสารอ้างอิง

Academic Division of Forest Fire Control Division. (2011). *Application of remote sensing techniques in order to assess the burning forest area Forest conservation area*. Bangkok: Bureau of Forest Fire Suppression and Control, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Boonlua, T. (2018). Applying Drone for Generated Building Information Modeling (BIM) for Urban Architecture, the Case study of That Phanom District, Nakhon Phanom Province. *Journal of Faculty of Architecture*, 26, 137-148. (in Thai)

Carrio, A. Sampedro, C. Rodriguez-Ramos, A. and Campoy, P. (2017). A Review of Deep Learning Methods and Applications for Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Sensors*,2,1-13.

Fuangpian, T. Muneesawang, P. and Yammen, S. (2011). An Algorithm for Detection of Solder Balls on HGA. *Naresuan University Journal*, Special Issue, 24-32. (in Thai)

Hongboonmee, N. and Sangtan, K. (2019). Development Application for Identify Thai Banknote by Voice for Blindness via Smartphone. *Journal of Information Science and Technology*, 2, 24-34. (in Thai)

Jaroenjit, J., Panpanasakul A., Chaisri P., Promduang P. and Prompongusawa S., (2018). Classification pearls using image processing. *The Proceedings of the 9th Hatyai National and International Conference*, Faculty of Business Administration Building Hat Yai University, 20-21 July 2018, 1679-1691. (in Thai)

Rattanachuchok, P.(2019). Development of Water Quality Measurement Systems Using IoT to Monitor Water Quality through an Application. *Sripatum Review of Science and Technology*, 11, 7-22. (in Thai)

Yongying, N. (2019). *A Deep Learning Approach on Road Detection from Unmanned Aerial Vehicle-Based Images in Rural Road Monitoring*. Thesis of the Degree of Master of Science in Geography. Pitsanulok: Naresuan University. (in Thai)

Pholberdee, N. (2018). *Wound-Region Segmentation from Image by Using Deep Learning and Various Data Augmentation Methods*. Thesis of the Degree of Master of Science in Information Technology. Nakhon Pathom: Silpakorn University. (in Thai)