

การใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับเพื่อจำแนกพื้นที่แนวปะการัง บริเวณเกาะมันใน จังหวัดระยอง

พีรณันท์ มุสิกรัตน์¹, อนุกุล บุรณประทีปรัตน์^{1*} และ ประสาร อินทเจริญ¹

The application of unmanned aerial vehicle images for the classification of coral reef area at Man Nai Island, Rayong Province

Peranun Musikarat¹, Anukul Buranapratheprat^{1*} and Prasarn Intacharoen¹

¹ Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi, 20131

* Corresponding author: anukul@buu.ac.th

Received: March 15, 2024; Revised: May 28, 2024; Accepted: June 4, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อการจำแนกพื้นที่แนวปะการังบริเวณเกาะมันใน จังหวัดระยอง ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) เปรียบเทียบวิธีการ Pixel-based classification 3 โมเดล ได้แก่ Maximum likelihood (ML), Random trees (RT) และ Support Vector Machine (SVM) ที่ระดับความสูงของการบิน 100 เมตร และ 200 เมตร ได้ผลลัพธ์ของการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นที่ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ปะการัง หิน และทราย จากการประเมินความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังที่ระดับความสูง 100 เมตร พบว่า SVM มีค่าความถูกต้องโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 72.73 % ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa coefficient) เท่ากับ 0.748 รองลงมาคือ ML มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 70.91 % ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.719 และ RT มีค่าความถูกต้องโดยรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 62.27 % ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.675 ตามลำดับ ส่วนผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังที่ระดับความสูง 200 เมตร นั้น SVM ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 67.27 % เช่นเดียวกับที่ระดับความสูง 100 เมตร ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.689 รองลงมาคือ ML และ RT ที่มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 65.45 % และ 63.3 % ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.651 และ 0.633 ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับความสูงของโดรนส่งผลต่อความถูกต้องของผลการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นที่ให้มีความแตกต่างกัน การบินในระดับต่ำทำให้ผลการจำแนกพื้นที่ที่มีความถูกต้องมากกว่า และ SVM เป็นโมเดลของการวิเคราะห์การจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นที่ที่ให้ความถูกต้องสูงที่สุด

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, ภาพถ่ายทางอากาศ, การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ, เกาะมันใน

¹ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี 20131

Abstract

The application of unmanned aerial vehicles (UAVs) to study the classification of coral reef areas around Koh Man Nai in Rayong Province involved the use of Pixel-based classification. This method utilized three models: Maximum Likelihood (ML), Random Trees (RT), and Support Vector Machine (SVM) at 100-meters and 200-meters flight altitudes, categorizing the reef into three types: coral, rocks, and sand. The assessment of coral reef classification accuracy at 100-meters flight altitude using SVM revealed the highest overall accuracy at 72.73%. The Kappa coefficient was 0.748. Comparatively, ML achieved an overall accuracy of 70.91% with a Kappa coefficient of 0.719, while RT showed the least accuracy at 62.27% with a Kappa coefficient of 0.675. Similarly, at 200-meters flight altitude, SVM demonstrated the highest overall accuracy of 67.27%, with a Kappa coefficient of 0.689. ML and RT achieved lower overall accuracies at 65.45% (Kappa coefficient: 0.651) and 63.3% (Kappa coefficient: 0.633), respectively. The results show that the drone's altitude affects the accuracy of land cover classification. Flying at lower altitudes leads to more accurate land cover classification results. SVM stands out as the model that provides the highest accuracy in classification analysis.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, Aerial photography, Water column correction, Man Nai Island

บทนำ

ระบบนิเวศปะการังคือบริเวณที่มีปะการัง สัตว์น้ำและพืชต่างๆอาศัยอยู่ร่วมกัน เป็นรูปแบบความสัมพันธ์แบบห่วงโซ่อาหารที่มีความซับซ้อน มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในท้องทะเล และเป็นต้นกำเนิดแหล่งอาหารที่สำคัญของมนุษย์ เพราะมีความสมบูรณ์และมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) ปัจจุบันจำนวนแนวปะการังทั่วโลกนั้น มีเหลือเพียงร้อยละ 0.2 ของพื้นที่ทะเลทั้งหมด นักวิทยาศาสตร์ได้ประมาณการว่า โลกได้สูญเสียแนวปะการังไปแล้วถึงร้อยละ 20 ในขณะที่กำลังถูกคุกคามจากกิจกรรมของมนุษย์ และจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก ถึงร้อยละ 58 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2558) ผลกระทบที่เกิดขึ้น คือ สิ่งมีชีวิตในทะเลหลายชนิดขาดแหล่งที่อยู่อาศัย ส่งผลให้ผลผลิตสัตว์น้ำในทะเลลดลง ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในที่สุด (สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

จังหวัดระยองเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงทั้งทางบกและทางน้ำ มีแหล่งอาหารทะเลที่อุดมสมบูรณ์ เนื่องจากระยองเป็นจังหวัดที่มีอาณาเขตพื้นที่ติดกับทะเลและมีอาณาเขตครอบคลุมเกาะต่างๆในทะเล ที่เป็นพื้นที่ปะการังทั้งหมด 628 ไร่ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) สภาพปัจจุบันของปะการังในจังหวัดระยองพบว่าค่อนข้างเสื่อมโทรม โดยมีสาเหตุหลักๆ จากการเติบโตของอุตสาหกรรมที่มากขึ้นไป การทำประมงที่ผิดกฎหมาย อีกทั้งสาเหตุยังเกิดจากนักท่องเที่ยวที่มามากมายมาดำน้ำดูปะการัง ร่วมกับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจากปรากฏการณ์เอล นีโญ (Reef Resilience Network, 2021) และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้สภาพภาพของปะการังเข้าขั้นวิกฤต และเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาว (ศูนย์ปฏิบัติการอุทยานแห่งชาติทางทะเลที่ 1 จังหวัดชุมพร, 2560)

เกาะมันในเป็นที่ตั้งของศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก โดยพระราชดำริของสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ ทรงพระราชทานเกาะมันในที่ป็นทรัพย์สินส่วนพระองค์เพื่อใช้เป็นพื้นที่ก่อตั้งโครงการอนุรักษ์พันธุ์เต่าทะเลในบริเวณอ่าวไทยโดยมีชื่อโครงการว่า “โครงการสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์อนุรักษ์พันธุ์เต่าทะเล” มีหน้าที่ตั้งแต่การเพาะฟักไข่เต่าทะเล การผสมพันธุ์ การวางไข่ การอนุบาล การเลี้ยง ศึกษาพฤติกรรม ดูแลรักษา

และป้องกันโรคของเต่าทะเล อีกทั้งศูนย์วิจัยนี้ยังศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับปะการังชนิดต่าง ๆ การแพร่กระจาย การเจริญเติบโตของแนวปะการัง การอนุรักษ์และฟื้นฟูปะการังอีกด้วย (สาลิณี ขจรพิสิฐศักดิ์, 2559)

อากาศยานไร้คนขับ หรือ โดรน (Drone) เป็นเครื่องบินที่สามารถบินเองได้ โดยควบคุมหรือสั่งการการบิน ด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติได้จากระยะไกล (วิภารัตน์ อัมพะวัน, 2561) ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านอากาศยานรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อากาศยานไร้คนขับมีราคาที่ไม่สูงจนเกินไปและมีประสิทธิภาพในการทำงานได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ข้อมูลภาพที่ถูบันทึกได้มีความคมชัดมากกว่าภาพจากดาวเทียม มีน้ำหนักเบา พกพา เคลื่อนย้ายได้ง่าย สามารถกำหนดระดับความสูงในการบินได้หลายระดับ และเข้าถึงในพื้นที่ที่ยากต่อการสำรวจ ซึ่งเหตุผลดังกล่าวทำให้การเลือกใช้อากาศยานไร้คนขับมีส่วนช่วยให้การสำรวจระยะไกลมีประสิทธิภาพ ประหยัดเวลา และลดจำนวนบุคลากรที่ใช้ในการลงสำรวจ (Fahlstrom & Gleason, 2021) ด้วยคุณสมบัติและประสิทธิภาพของโดรนที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานที่มีความหลากหลายมากขึ้น ส่งผลให้ในปัจจุบันโดรนเป็นที่นิยมในการนำมาใช้สำรวจเพื่อศึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

งานด้านการสำรวจปะการังเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีความสำคัญต่อการสนับสนุนภารกิจด้านการฟื้นฟูแนวปะการังให้มีความอุดมสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม เป็นงานที่ใช้ทำได้ค่อนข้างยาก ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายที่สูง ดังนั้นผู้วิจัยเล็งเห็นว่าเทคนิคทางด้านภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geoinformatics) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสนับสนุนภารกิจสำรวจแนวปะการังในเขตน้ำตื้นได้ โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับเพื่อใช้ในการสำรวจเชิงพื้นที่ที่มีความก้าวหน้าไปมาก เหมาะกับการสำรวจพื้นที่ที่ไม่ใหญ่จนเกินไปและใช้เวลาในการสำรวจไม่นาน ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงและไม่พบปัญหาเหมือนยกดั่งเช่นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

วัตถุประสงค์

เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจระยะทางไกลโดยอากาศยานไร้คนขับ ในการจำแนกแนวปะการังในพื้นที่บริเวณเกาะมันใน จังหวัดระยอง ที่ระดับความสูงแนวนบินแตกต่างกัน ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) เปรียบเทียบวิธีการ Pixel-based classification 3 โมเดล เพื่อพัฒนาแนวทางสำรวจแนวปะการังในบริเวณเกาะมันในให้มีความถูกต้องซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่นได้ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

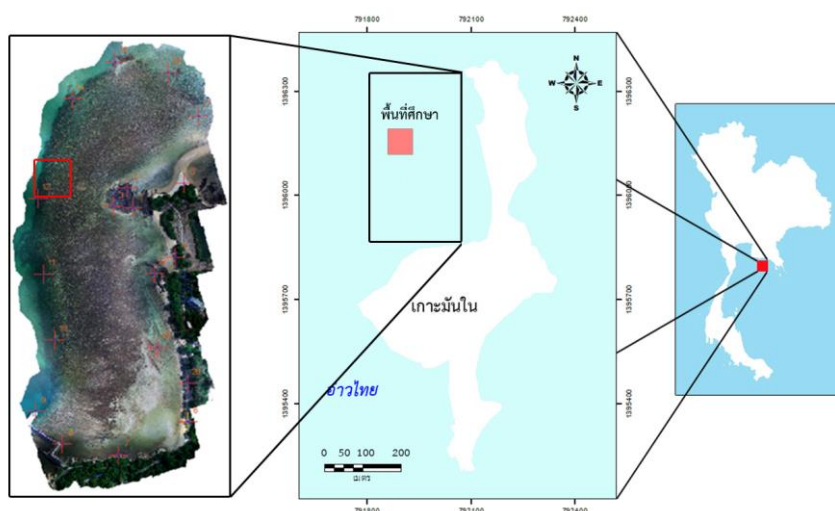
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อากาศยานไร้คนขับรุ่น DJI PHANTOM 4 RTK (รูปที่ 1) มีคุณสมบัติบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่สายตามองเห็นได้ แบ่งออกเป็น 5 ช่วงคลื่น คือ Blue (B): $450\text{ nm} \pm 16\text{ nm}$, Green (G): $560\text{ nm} \pm 16\text{ nm}$, Red (R): $650\text{ nm} \pm 16\text{ nm}$, Red edge (RE): $730\text{ nm} \pm 16\text{ nm}$ และ Near-infrared (NIR): $840\text{ nm} \pm 26\text{ nm}$ มีความละเอียดกล้องถ่ายภาพสูงถึง 2.08 MP (Dajiang Innovation Technology, 2020)

เครื่องมืออื่นๆ ได้แก่ เครื่องระบุพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS) ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPSMAP 79S เครื่อง Ipad AIR 4.0 ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับส่วนควบคุมเพื่อบังคับอากาศยานไร้คนขับ และใช้ในการวางแผนการบิน โปรแกรม Agisoft metashape professional version 2.1.0 ใช้ในการต่อภาพถ่ายและการปรับแก้เชิงรังสีด้วยวิธี Ghosting filter โปรแกรม ArcGIS เป็นซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการจำแนกข้อมูล และจัดทำแผนที่ด้วยคอมพิวเตอร์ และแอปพลิเคชัน FAHFON-ฟ้าฝน ใช้สำหรับตรวจสอบพยากรณ์อากาศล่วงหน้า 7 วัน

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณแนวปะการังด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของเกาะมันใน จังหวัดระยอง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาด้านทิศตะวันตกของเกาะมันใน แสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน (กากบาทสีแดง) กรอบสี่เหลี่ยมสีแดงในภาพคือพื้นที่ต้นแบบที่ใช้ในการศึกษาการจำแนกพื้นที่ปะการัง

การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ

การสำรวจข้อมูลภาคสนามโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ ประกอบด้วย การวางแผนการจัดการเตรียมความพร้อมด้านอุปกรณ์โดรน และการวางแผนการบินในพื้นที่ศึกษา ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระยะการความสูงแนวนอนที่ 100 เมตร และ 200 เมตร โดยมีเงื่อนไขว่าบริเวณดังกล่าวจำเป็นต้องมีสัญญาณโทรศัพท์ที่มีความเสถียร และอยู่ในช่วงเวลาที่น้ำลงต่ำสุด เมื่อดำเนินการสืบค้นข้อมูลแล้วพบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการออกสำรวจ คือ วันที่ 21 พฤษภาคม 2566 ช่วงเวลา 8:45 – 11:00 น. มีระดับน้ำลงต่ำสุดที่ 0.5–0.8 เมตร อ้างอิงจากข้อมูลระดับน้ำทำนายสูงสุด-ต่ำสุด ปี 2566 บริเวณ ปากน้ำระยอง ร่วมกับการติดตามสภาพภูมิอากาศเพื่อการบินโดรนสำรวจได้อย่างปลอดภัย ในการสำรวจภาคสนามได้กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground control point: GCP) โดยใช้ Quadrat ขนาด 1 x 1 เมตรวางกระจายทั่วบริเวณศึกษาตามตำแหน่งในรูปที่ 1 ที่ระบุค่าพิกัดด้วยเครื่อง GPS

การประมวลผลข้อมูลภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

นำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ DJI Phantom 4 RTK ที่ติดตั้งกล้องบันทึกภาพแบบ Multispectral โดยเรียงลำดับภาพตามช่วงคลื่น ได้แก่ Blue, Green, Red, Red Edge และ Near Infrared ตามลำดับมาผ่านกระบวนการต่อภาพ (Mosaicking) โดยการเชื่อมพิกัดอ้างอิงบนโลกของภาพถ่ายทางอากาศหลายภาพเข้าด้วยกัน จะได้ผลลัพธ์ภาพถ่ายครอบคลุมพื้นที่ศึกษาที่มีพิกัดระบุตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาและมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งจากจุดอ้างอิง GCP จากนั้นทำการปรับแก้ภาพเชิงรังสีด้วยวิธีการ Ghosting filter โดยการเลือกข้อมูลภาพจุดตกต่ำสุด (Nadir image) มาใช้ในกระบวนการปรับแก้ภาพถ่าย เพื่อลดปัญหาการเกิดแสงสะท้อนจากพื้นผิวน้ำเมื่อนำภาพถ่ายมาต่อภาพกันแล้วจึงดำเนินการปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตต่อจากนั้น

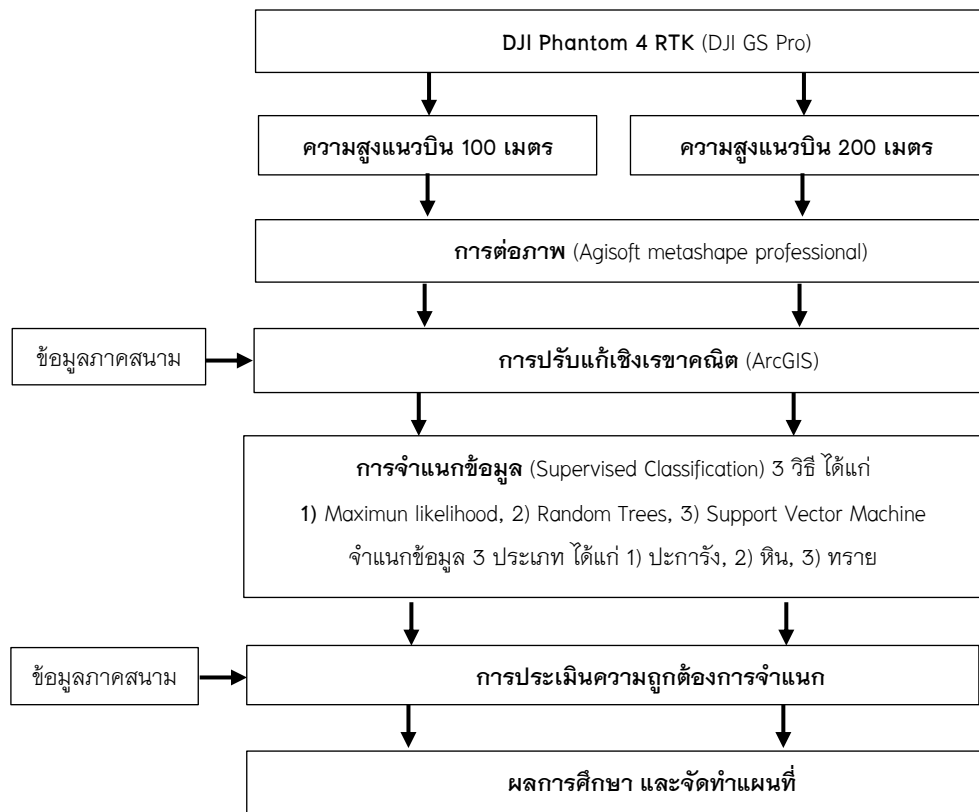
ทำการจำแนกแนวปะการังเปรียบเทียบระดับความสูงแนวปะการังที่แตกต่างกันที่ความสูง 100 เมตร และ 200 เมตร ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised classification) เปรียบเทียบวิธีการ Pixel-based classification 3 โมเดล ได้แก่ Maximum likelihood (ML), Random trees (RT) และ Support Vector Machine (SVM) ได้ผลลัพธ์ของการจำแนกสิ่งปกคลุมพื้นที่ แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ปะการัง หิน และทราย โดยวิธี Maximum Likelihood เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลโดยมีหลักการการทำงานคือ ครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่างโดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal distribution) วิธี Random Trees เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลโดยการสร้างแผนผังการตัดสินใจขึ้นมาจำนวนมากที่ใช้สำหรับการทำนาย โดยแต่ละแผนผังการตัดสินใจจะมีค่าทำนายของตนเอง จากนั้นจะนำผลการทำนายแต่ละแผนผังมารวมกันเพื่อทำการทำนายขั้นตอนสุดท้าย และวิธี Support Vector Machine เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลโดยการนำข้อมูลมาพล็อตให้อยู่บนกราฟ จากนั้นโมเดลจะทำการสร้างเส้นตรง (Hyperplane) ขึ้นมาแบ่งกลุ่มของข้อมูลให้แยกขาดออกจากกัน (ESRI, 2023)

การตรวจสอบความถูกต้อง

การประเมินความถูกต้องของการจำแนก โดยการเปรียบเทียบข้อมูลผลจากการจำแนกภาพถ่ายกับข้อมูลในพื้นที่ศึกษาจริงหรือข้อมูลภาคสนาม (รูปที่ 6) โดยการสร้างตารางเมตริกซ์ของความผิดพลาด (Confusion matrix) สำหรับใช้ในการประเมินความถูกต้องของพื้นที่ที่ถูกจำแนกในแต่ละประเภท และประเมินจากสัมประสิทธิ์แคปปา ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้แสดงระดับความสอดคล้องกันระหว่างผลการประมวลผลภาพและข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1 เพื่อตรวจสอบว่าผลการจำแนกด้วยเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแทนที่มีนัยสำคัญหรือดีกว่าผลที่ได้จากการสุ่มมากน้อยเพียงใดมีค่าที่ตั้งแต่ 0 ถึง 1

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (\sum C_i \sum r_i)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (\sum C_i \sum r_i)} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดย k คือ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา r คือจำนวนแถวของเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน X_{ii} คือ ค่าในแถวที่ i และคอลัมน์ที่ i $\sum r_i$ คือ ผลรวมของค่าในแต่ละแถว $\sum C_i$ คือ ผลรวมของค่าในแต่ละคอลัมน์ N คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการจำแนก สัมประสิทธิ์แคปปาจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เมื่อ ค่า k มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าการจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากดาวเทียมไม่สอดคล้องกับข้อมูลจริงที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกและไม่น่าเชื่อถือ เมื่อค่า k มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าการจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากดาวเทียมมีความน่าเชื่อถือสูงมาก โดยขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดได้สรุปไว้ในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

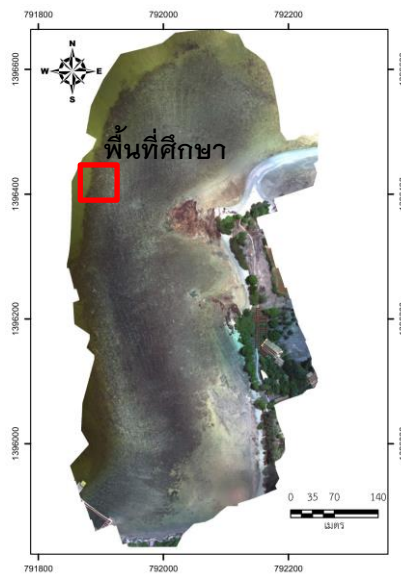
ผลการศึกษา

ผลการบินถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

นำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมาทำการต่อภาพ (รูปที่ 3) จากนั้นนำมาทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตมีค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error) เท่ากับ 0.22 เนื่องจากการใช้โดรนบินถ่ายภาพวัตถุใต้น้ำที่ระดับความสูงแตกต่างกัน แม้ในพื้นที่เดียวกันแต่ต่างช่วงเวลา ส่งผลให้ภาพที่ได้มีความแตกต่างกัน ได้แก่ ทิศทางของแสงเงา และระดับน้ำที่แตกต่างกัน จึงกำหนดพื้นที่ศึกษาต้นแบบมีขนาด 50 x 50 เมตร (สีเหลี่ยมสีแดงในรูปที่ 2 และ รูปที่ 3) และทำการปรับแก้เชิงรังสีด้วยวิธีการ Ghosting filter เพื่อลดปัญหาการเกิดแสงสะท้อนจากพื้นผิวน้ำ โดยสังเกตผลที่ได้ก่อนและหลังการปรับแก้เชิงรังสีในรูปที่ 4 โดยภาพถ่ายที่ระดับความสูง 100 เมตร มีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 2.7 เซนติเมตรต่อพิกเซล และภาพถ่ายที่ระดับความสูง 200 เมตรมีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 5.5 เซนติเมตรต่อพิกเซล

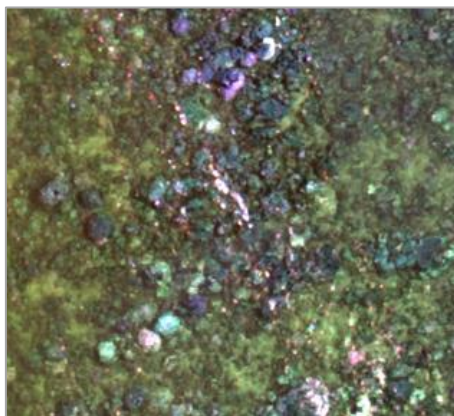


(A) ความสูง 100 เมตร

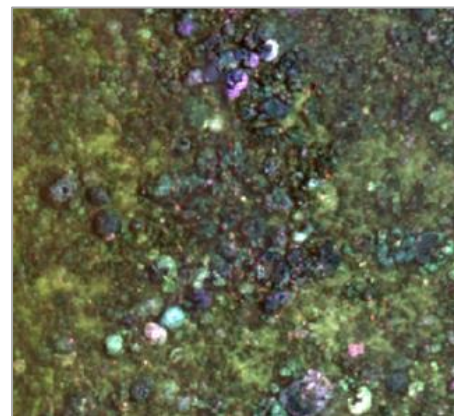


(B) ความสูง 200 เมตร

รูปที่ 3 ภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านกระบวนการต่อภาพที่ระดับความสูง 100 เมตร (A) และ 200 เมตร (B) กรอบสี่เหลี่ยมสีแดงคือพื้นที่ศึกษาต้นแบบการจำแนกพื้นที่แนวปะการัง



(A) ก่อนการปรับแก้

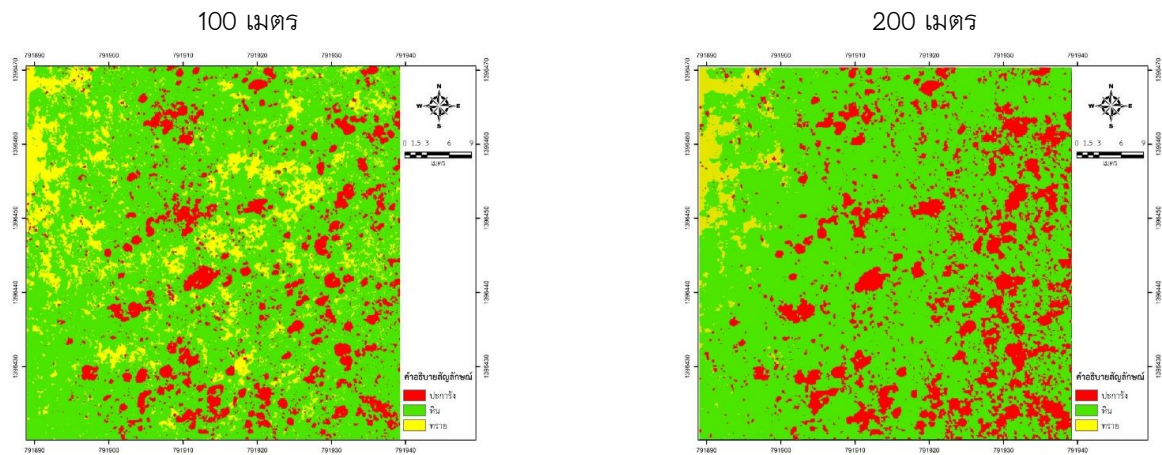


(B) หลังการปรับแก้

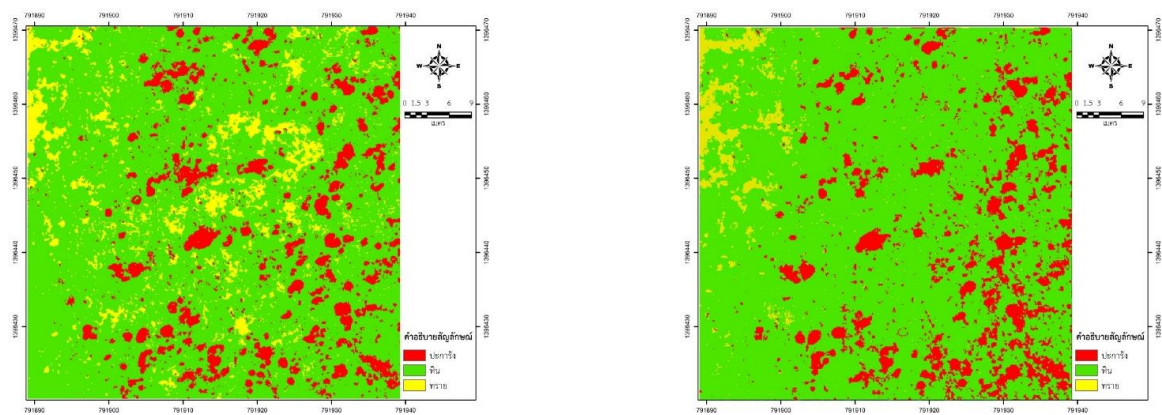
รูปที่ 4 ภาพถ่ายพื้นที่ศึกษาต้นแบบ (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดงในรูปที่ 3) ก่อน (A) และหลัง (B) ผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงรังสีด้วยวิธีการ Ghosting

ผลการจำแนกแนวปะการัง

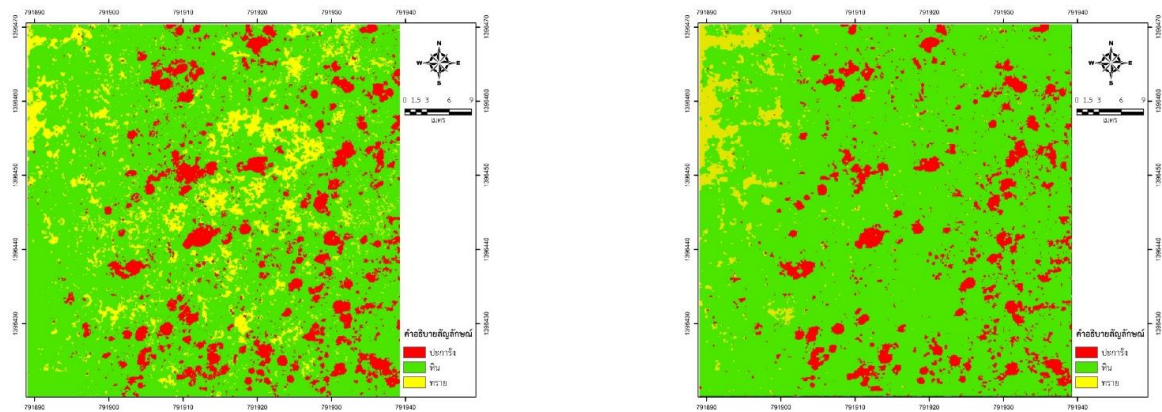
ผลการเปรียบเทียบการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการ Pixel-based classification โดยใช้ 3 โมเดล ได้แก่ Maximum Likelihood (ML), Random Trees (RT) และ Support Vector Machine (SVM) ได้ผลลัพธ์ของการจำแนกประเภทของพื้นที่ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ปะการัง หิน และทราย ดังรูปที่ 5 และตารางที่ 1



(A) Maximum likelihood



(B) Random trees



(C) Support Vector Machine

รูปที่ 5 ผลการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกที่แตกต่างกันที่ระดับความสูง 100 เมตร และ 200 เมตร ในพื้นที่ศึกษาต้นแบบ

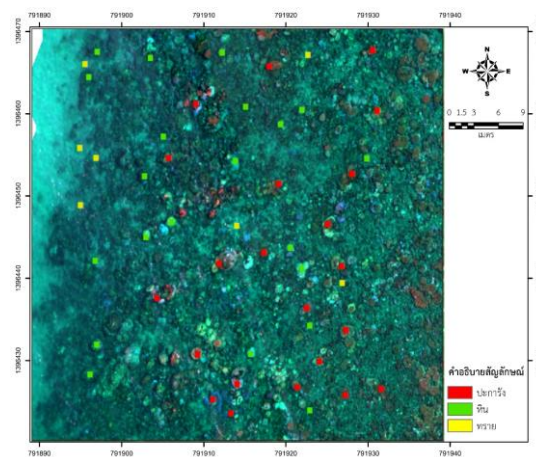
ตารางที่ 1 ขนาดพื้นที่แต่ละประเภทจากโมเดลการจำแนกพื้นที่ที่แตกต่างกันที่ระดับความสูงของการบินที่ 100 เมตร และ 200 เมตร

ประเภท	ระดับความสูง 100 เมตร			ระดับความสูง 200 เมตร		
	ML (ตร.ม.)	RT (ตร.ม.)	SVM (ตร.ม.)	ML (ตร.ม.)	RT (ตร.ม.)	SVM (ตร.ม.)
ปะการัง	319.50	301.95	300.50	474.00	328.17	245.68
หิน	1846.13	1974.70	1939.79	1930.40	2077.07	2143.57
ทราย	337.15	226.13	262.49	94.36	93.52	109.51
ผลรวม	2502.78	2502.78	2502.78	2498.76	2498.76	2498.76

หมายเหตุ : ML คือ Maximum Likelihood, RT คือ Random Trees และ SVM คือ Support Vector Machine

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แนวปะการัง

การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก (Classification accuracy assessment) โดยการสร้างตารางเมตริกซ์ของความผิดพลาด (Confusion matrix) สำหรับใช้ในการประเมินความถูกต้องของผลการจำแนกโดยใช้โมเดลแต่ละวิธี รวมถึงความถูกต้องของผลการจำแนกแนวปะการังโดยรวม (Overall accuracy) โดยการกำหนดจุดเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจำนวน 50 จุด กระจายทั่วทั้งภาพ ดังรูปที่ 6 ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 6 จุดที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทของพื้นที่

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แนวปะการังด้วยโมเดลการจำแนกชนิดต่างๆ ในพื้นที่ศึกษาที่ระดับความสูง 100 เมตรและ 200 เมตร

ประเภท	ระดับความสูง 100 เมตร			ระดับความสูง 200 เมตร		
	ML	RT	SVM	ML	RT	SVM
Overall Accuracy	70.91 %	67.27 %	72.73 %	65.45 %	65.45 %	67.27 %
Error	29.09 %	32.73 %	27.27 %	34.55 %	34.55 %	32.73 %
Kappa Coefficient	0.719	0.675	0.748	0.633	0.651	0.689

หมายเหตุ : ML คือ Maximum Likelihood, RT คือ Random Trees และ SVM คือ Support Vector Machine

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่แนวปะการังที่ระดับความสูง 100 เมตร ด้วยวิธีการ Pixel-based classification โดยใช้วิธี Support Vector Machine (SVM) มีค่าความถูกต้องโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 72.73 % รองลงมาคือ Maximum likelihood (ML) มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 70.91 % และ Random trees (RT) มีค่าความถูกต้องโดยรวมน้อยที่สุดเท่ากับ 62.27 % ตามลำดับ ส่วนผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังที่ระดับความสูง 200 เมตร โดยใช้วิธี Support Vector Machine (SVM) มีค่าความถูกต้องโดยรวมมากที่สุดเท่ากับ 67.27 % รองลงมาคือ Maximum likelihood (ML) และ Random trees (RT) มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 65.45 %

สรุปและอภิปรายผล

การใช้ภาพถ่ายจากโดรนในการจำแนกแนวปะการังที่ระดับความสูงแตกต่างกันส่งผลต่อค่าความถูกต้องของข้อมูลแตกต่างกัน โดยที่ระดับความสูงแนวกบิน 100 เมตรมีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงกว่าระดับความสูงแนวกบิน 200 เมตร เนื่องจากความสูงของการบินถ่ายภาพยิ่งมีระยะใกล้วัตถุมาก ยิ่งส่งผลต่อความถูกต้องของการจำแนกมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากมีความละเอียดของภาพและความแม่นยำสูงขึ้น แต่ได้ภาพถ่ายครอบคลุมพื้นที่น้อยต้องใช้เวลาในการบินนานขึ้น มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น และมีความเสี่ยงสูงขึ้น การเลือกความสูงการบินถ่ายภาพควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์การนำข้อมูลไปใช้ หากต้องการทำแผนที่ที่มีความละเอียดภาพเชิงพื้นที่สูง วัตถุที่ต้องการจำแนกมีขนาดเล็ก จำเป็นต้องบินถ่ายภาพระดับต่ำ แต่ในกรณีต้องการสำรวจพื้นที่กว้าง วัตถุที่ต้องการจำแนกมีขนาดใหญ่ สามารถบินถ่ายภาพระดับสูงได้ ส่วนระดับความสูงเท่าไรที่เหมาะสมจำเป็นต้องมีการบินทดสอบที่ระดับความสูงที่แตกต่างกันในตำแหน่งเดียวกันที่สามารถมองเห็นวัตถุที่ต้องการจำแนก นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อจำกัดในการถ่ายภาพอื่น ๆ เช่น ระยะเวลาที่จำกัด จำนวนแบตเตอรี่ สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น เพื่อให้ได้ระดับความสูงแนวกบินที่มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์การทำแผนที่นั้น ๆ

วิธีการจำแนกแนวปะการังที่แตกต่างกันส่งผลต่อความถูกต้องของข้อมูลโดยการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการ Pixel-based classification โดยใช้โมเดล SVM มีค่าความถูกต้องโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสูงกว่าทั้ง 2 วิธีอย่างชัดเจน ทั้ง 2 ระดับความสูงแนวกบิน ซึ่งสอดคล้องกับ Medina & Atehortúa (2019) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธี ML, RT และ SVM ในการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม RapidEye โดยศึกษาข้อมูลความแตกต่างระยะการเติบโตของไร้ฝ้ายในประเทศโคลอมเบีย พบว่า การจำแนกข้อมูลด้วยวิธี SVM ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด SVM เหมาะสำหรับข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงและมีปัญหาลิ้นรบกวนน้อย ส่งผลให้การจำแนกข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำสูง แต่ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนาน ส่วน ML ใช้หาคลาสที่มีความน่าจะเป็นสูงสุดเหมาะสำหรับข้อมูลตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันชัดเจน ไม่เหมาะกับการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิง

พื้นที่สูง และ RT ประกอบไปด้วยการทำ Decision trees หลายๆ ต้น แต่ละต้นจะสร้างจาก Subset ของข้อมูล เหมาะกับข้อมูลที่มีปัญหาคลัสเตอร์ในภาพถ่ายสูง ไม่เหมาะกับการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงเช่นกัน อีกทั้งข้อดีของวิธีการจำแนกข้อมูลด้วยวิธี SVM คือ การใช้จำนวนจุดภาพน้อยแต่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมในระดับสูง สอดคล้องกับ ทรัน วัน นินห์ และชาติชาย ไวยสุระสิงห์ (2560) และอานนท์ เปียงแล และสวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข (2563) ได้กล่าวถึง วิธีการ SVM ว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการ ML อย่างชัดเจนทั้งในด้านความถูกต้องการจำแนกข้อมูลและความต้องการจุดตัวอย่างที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่ามีการที่ใช้ SVM ในการจำแนกหญ้าทะเลบริเวณน้ำตื้นโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 ร่วมกับพื้นที่ตัวอย่างจากงานภาคสนาม และทำการซ้อนทับกับเส้นทางเดินเรือ เพื่อกำหนดระยะเขตพื้นที่คุ้มครองแหล่งหญ้าทะเล บริเวณเกาะท่าไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 70.45% และมีค่า Kappa เท่ากับ 0.62 (ปราณี นวลละออง และหทัยกาญจน์ วิริยะสมบัติ, 2552) ดังนั้นสรุปได้ว่าวิธีการจำแนกข้อมูลโดยใช้โมเดล SVM เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมมากกว่า RT และ ML ในการจำแนกแนวปะการังจากการศึกษาในครั้งนี้

การปรับแก้เชิงรังสีด้วยวิธีการ Ghosting filter เป็นฟิลเตอร์ประเภทหนึ่งที่จะช่วยให้ภาพถ่ายมีคุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะภาพถ่ายที่มีแสงสะท้อน โดยฟิลเตอร์จะช่วยลดแสงสะท้อนที่ไม่ต้องการ ช่วยให้ภาพถ่ายมีความคมชัดขึ้น มีหลักการทำงานโดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายชุดเดียวกันเพื่อหาจุดที่เหมือนกันระหว่างภาพ วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของพิกัด (Pixel shift) เพื่อจำแนกส่วนที่เป็นคลื่นออกจากส่วนอื่นๆ ของภาพ จากนั้นทำการลบส่วนที่เป็นคลื่นออกจากภาพโดยใช้เทคนิคการเติมเต็มพื้นที่ที่ลบออกด้วยข้อมูลจากภาพถ่ายอื่นๆ ในตำแหน่ง ให้ผลลัพธ์เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีคุณภาพดีขึ้น (Saczuk, 2018) คลื่นที่ผิวน้ำจึงถูกลบออกไป ถึงแม้การใช้ Ghosting filter จะสามารถลดการสะท้อนของผิวน้ำไปได้เป็นอย่างมาก แต่ยังมีปัญหาบางพื้นที่ที่ยังไม่สามารถลบให้หายไปได้อย่างสิ้นเชิง ดังนั้นการแก้ปัญหาเรื่องการสะท้อนผิวน้ำควรมุ่งเน้นเรื่องช่วงเวลาที่ใช้ในการบันทึกภาพที่ประสบปัญหาแสงสะท้อนผิวน้ำน้อยลง หรือในอนาคตอาจมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ในการตัดค่าแสงสะท้อนผิวน้ำได้จะช่วยให้การบินสำรวจทำได้อย่างสะดวกมีเวลาทำงานมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นผลเบื้องต้น และอยู่ภายใต้ข้อจำกัดทางเงื่อนไขและงบประมาณ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางในการดำเนินการต่อยอดงานวิจัย ดังนี้

การบินถ่ายภาพแนวปะการังด้วยอากาศยานไร้คนขับ ควรเก็บข้อมูลในช่วงที่มีระดับน้ำลงต่ำสุด ซึ่งข้อมูลระดับน้ำทำนาย สูงสุด-ต่ำสุด บริเวณ ปากน้ำระยอง (ระยอง) มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงทำให้การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับในอนาคตจำเป็นต้องวางแผนการเดินทางเพื่อมาเฝ้าสังเกตการณ์ปรากฏการณ์น้ำลงต่ำสุดอย่างใกล้ชิด

การทดลองเพื่อหาระดับความสูงแนวบินถ่ายภาพแนวปะการังด้วยอากาศยานไร้คนขับที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้ในการจำแนกแนวปะการังชนิดต่าง ๆ จะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบินถ่ายภาพสำรวจทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากข้อจำกัดด้านช่วงเวลาในการสำรวจที่จำกัด เช่น สภาพภูมิอากาศ ลมมรสุม ช่วงเวลาแสงตกกระทบวัตถุ ระดับน้ำลงต่ำสุด เป็นต้น

การบินถ่ายภาพแนวปะการังด้วยอากาศยานไร้คนขับควรคำนึงถึงกรณีแสงตกกระทบผิวน้ำ (Sunglint) ให้มาก เนื่องจากการปรับแก้โดยใช้วิธีการ Ghosting filter ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์ หากตำแหน่งของจุดภาพที่มีปัญหาแสงตกกระทบผิวน้ำมีพื้นที่ขนาดใหญ่ การใช้วิธีการ Ghosting filter อาจช่วยลดทอนปัญหาได้บางส่วนเท่านั้น

ในอนาคตหากมีการติดตั้งกล้อง Multispectral บนอากาศยานไร้คนขับประเภทปีกตรึง (Fixed wing) จะช่วยให้การบินถ่ายภาพแนวปะการังมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ภาพถ่ายที่ได้สามารถครอบคลุมพื้นที่มากกว่าการใช้อากาศยานประเภท Multirotor และช่วยประหยัดเวลาในการสำรวจอย่างมาก

กรณีของการติดตามการเปลี่ยนแปลง (Multitemporal) ของแนวปะการัง การกำหนดจุดพิกัด GCP ที่ถาวรจะมีส่วนช่วยทำให้ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำสูง หากนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้กับชั้นข้อมูลอื่นที่ต่างเวลาจะสามารถทำให้เปรียบเทียบข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

ข้อจำกัดหนึ่งของการบินถ่ายภาพแนวปะการังด้วยอากาศยานไร้คนขับ พบว่าบางพื้นที่เป็นจุดอับสัญญาณทำให้มีปัญหาเรื่องการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างส่วนควบคุมกับตัวอากาศยานไร้คนขับผ่านเครือข่าย ซึ่งบางพื้นที่เครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์ที่ใช้ส่งข้อมูลอาจมีไม่เพียงพอ จึงควรหลีกเลี่ยงการนำเครื่องอากาศยานไร้คนขับขึ้นบินในบริเวณนั้น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ที่ให้ความอนุเคราะห์และอนุญาตใช้พื้นที่ศึกษา ผศ.ดร.วิโรจน์ ละอองมณี ที่ให้ความช่วยให้คำปรึกษาในการสำรวจโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ ดร. สุชาติ ชัยหาต ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิจัย ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการอำนวยความสะดวกในการทำการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). *ข้อมูลภูมิสารสนเทศทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2558). *ข้อมูลภูมิสารสนเทศทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ฉบับปรับปรุงข้อมูลตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พ.ศ.2558*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- ทรัน วัน นินห์ และชาติชาย ไวยสุระสิงห์ (2560). การศึกษาเปรียบเทียบวิธีแบบความน่าจะเป็นได้สูงที่สุด กับ วิธีแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเมืองขอนแก่น. *วารสารวิจัย มข.* 17(4), 49–60.
- ปราณี นวลละออง และ หทัยกาญจน์ วิริยะสมบัติ. (2562). การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการกำหนดเขตพื้นที่คุ้มครองทรัพยากรทางทะเล บริเวณเกาะท่าไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา*, 1(1), 1–8.
- วิภารัตน์ อัมพะวัน. (2561). *การศึกษาเทคนิคการประมาณสภาพกายภาพต้นยางพาราจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับ*. (วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี). สาขาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ศูนย์ปฏิบัติการอุทยานแห่งชาติทางทะเลที่ 1 จังหวัดชุมพร. (2560). *การติดตามการฟื้นตัว และจัดการแนวปะการังภายหลังปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวในเขตอุทยานแห่งชาติทางทะเล รายงานการวิจัยอุทยานแห่งชาติ ปี 2560*. ชุมพร: ศูนย์ปฏิบัติการอุทยานแห่งชาติทางทะเลที่ 1 จังหวัดชุมพร กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานชีววิทยา สำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: สกสค.
- สาธิตี ขจรพิสิฐศักดิ์. (2559). *โครงการความหลากหลายของมดในหมู่เกาะมัน (เกาะมันนอก เกาะมันกลางและเกาะมันใน) อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ภาคตะวันออกของประเทศไทย*. ชลบุรี: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). *คู่มือการทำกิจกรรมเรียนรู้ระบบนิเวศทางทะเลและชายฝั่ง : ระบบนิเวศแนวปะการังเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- อานนท์ เปียงแล และสวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข. (2563). การศึกษาการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนกรณีศึกษา พื้นที่เพาะปลูกข้าว อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่*, 1(3), 51–62.
- ESRI. (2023). *An overview of the Classification and Pattern Recognition toolset*. Retrieved from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/image-analyst/an-overview-of-the-segmentation-and-classification-tools-in-image-analyst.htm>.
- Dajiang Innovation Technology. (2020). *PHANTOM 4 RTK User Manual*. Retrieved from https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_rtk/20200721/Phantom_4_RTK_User_Manual_v2.4_EN.pdf.
- Fahlstrom, P. G., & Gleason, T. J. (2021). *Introduction to UAV Systems* (4th ed.). United Kingdom: Wiley.
- Medina, A. & Atehortúa, A. (2019). Comparison of Maximum Likelihood, Support Vector Machines, and Random Forest Techniques in Satellite Images Classification. *Tecnura*, 23, 13–26.
- Saczuk, E. (2018). *Processing UAS Photogrammetric Images in Agisoft Photoscan Professional*. Retrieved from <https://pressbooks.bccampus.ca/reneegade/>.
- The Nature Conservancy. (2023). *El Nino Southern Oscillation*. Retrieved from <https://reefresilience.org/stressors/climate-and-ocean-change/el-nino-southern-oscillation/>.