

การประยุกต์ภาพถ่ายระยะเอียงสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานเพื่อจำแนกพรรณไม้ยืนต้น
บริเวณโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี

เลิศพงษ์ สุวรรณเลิศ

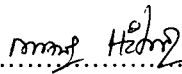
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
มิถุนายน 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ เลิศพงศ์ สุวรรณเลิศ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

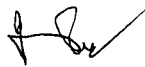


.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.กฤษณีย์ เจริญจิตร)



.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.กาญจนา หрімเพ็ง)

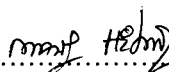
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



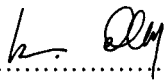
.....ประธาน
(รศ.ประสงค์ สงวนธรรม)



.....กรรมการ
(ดร.กฤษณีย์ เจริญจิตร)




.....กรรมการ
(ดร.กาญจนา หрімเพ็ง)



.....กรรมการ
(ดร.เบญจวรรณ ชิวปรีชา)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา



.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 26 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2560

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ประจำปี 2558 ของมหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาจาก ดร.กฤษณีย์ เจริญจิตร ที่ให้ทั้งคำปรึกษา คำชี้แนะ แนวทาง รวมทั้งความรู้ เทคนิคขั้นตอนต่าง ๆ และสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย อีกทั้งยังแก้ไขจุดบกพร่อง ข้อผิดพลาดของงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยรู้สึกขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ทำให้งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์อย่างดียิ่ง

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาจาก ดร.กาญจนา หิรัญเพ็ง ที่ให้ทั้งคำปรึกษา คำชี้แนะ แนวทาง รวมทั้งความรู้ เทคนิคขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำวิจัย อีกทั้งยังแก้ไขจุดบกพร่อง ข้อผิดพลาดของงานวิจัยครั้งนี้ ผู้ทำวิจัยรู้สึกขอบคุณเป็นอย่างสูงที่ทำให้งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ประสงค์ สงวนธรรม ที่ได้ให้คำปรึกษาทางในการลงสำรวจภาคสนาม และความรู้เรื่องพรรณไม้จนทำให้งานวิจัยสำเร็จมาได้ด้วยดีจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณดุสิต วรสาท หัวหน้าโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด ในมูลนิธิชัยพัฒนา ที่ให้ความสะดวกในการเข้าใช้พื้นที่ คุณคำรณ เลียดประถม และคุณวิทยา บุญมัน (ผู้ช่วยนักวิจัยในโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด) การสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามจนทำให้งานวิจัยสำเร็จมาได้ด้วยดีจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

งานวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ประจำปี 2558 ของมหาวิทยาลัยบูรพา จึงขอขอบพระคุณ

ขอขอบคุณครอบครัว พี่น้อง และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือสนับสนุนการทำงานวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุปผารี บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เลิศพงษ์ สุวรรณเลิศ

55910086: สาขาวิชา: วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม; วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

คำสำคัญ: ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด/ ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก/ การจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ/
การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ/ แบบจำลองฐานกฎ

เลศพงศ สุวรรณเลิศ: การประยุกต์ภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานเพื่อ
จำแนกพรรณไม้ยืนต้น บริเวณ โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี
(APPLICATION OF VERY HIGH RESOLUTION IMAGE FROM MINI UNMANNED AERIAL
SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF THE TREE IN ANGAET FOREST COMMUNITY OF THE
CHAIPATTANA FOUNDATION, CHANTHABURI PROVINCE) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์:
กฤษณัยน์ เจริญจิตร, Ph.D., กาญจนา หริ่มเพ็ง, Ph.D. 117 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด เป็น โครงการพัฒนาป่าชุมชนเพื่อให้ผู้สนใจทั้งภายในและภายนอก
ท้องถิ่นได้ศึกษาหา ความรู้ การอนุรักษ์ และรู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างยั่งยืน
ซึ่งพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ ตำบลคกพรหม อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี มีขนาดพื้นที่ประมาณ 160 ไร่ ในปัจจุบัน ได้
มีเทคโนโลยีการสำรวจ และการทำแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูงซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นปัจจุบันที่สุดของพื้นที่
ศึกษา วัตถุประสงค์ของการศึกษารั้งนี้ คือ การประยุกต์เทคโนโลยีระบบอากาศยานขนาดเล็ก (small
Unmanned Aerial System : sUAS) เพื่อจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่าย และเปรียบเทียบเทคนิคการ
จำแนกเชิงจุดภาพ (Pixel Based Classification) กับเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Image
Analysis : OBIA) ร่วมกับการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งภาพที่ได้จากอากาศยานเป็นภาพสีจริงที่ได้จาก
กล้อง นำมาวิเคราะห์ร่วมกับการทำดัชนีพืชพรรณ Green-Red Vegetation Index : GRVI (Object-based
Image Analysis : OBIA) โดยร่วมกับการพัฒนาแบบจำลองฐานกฎ (Rule-based Model) เพื่อที่จะทดสอบ
การระบุพรรณไม้ยืนต้น ผลการศึกษาในการใช้แบบจำลองฐานกฎกับการจำแนกทั้งสองเทคนิค โดย
ทดสอบความถูกต้องเชิงพื้นที่เปรียบเทียบกับ การจำแนกด้วยบุคคลซึ่งเชื่อว่ามีค่าความถูกต้องมากที่สุด พบว่า
การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุมีความถูกต้องเชิงพื้นที่คิดเป็นค่ากำลังสองความคลาดเคลื่อน (Root Mean
Square Error) เท่ากับ 5.24 และการจำแนกเชิงวัตถุเท่ากับ 15.87 ซึ่งการจำแนกจากมนุษย์มีค่าเท่ากับ 4.90
ซึ่งการจำแนกเชิงวัตถุมีค่าใกล้เคียงกว่าการจำแนกเชิงจุดภาพ ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก และ
เทคนิคแบบฐานกฎมีประสิทธิภาพที่ช่วยในการจำแนก และทำแผนที่ป่าไม้รายละเอียดสูงได้ในระดับหนึ่ง
อีกทั้งยังสามารถช่วยส่งเสริมในการจัดการป่าไม้ได้ในอีกทางหนึ่ง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงาน
ด้านต่างๆ พรรณไม้ยืนต้นส่วนใหญ่ที่พบ ได้แก่ ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), ตะแบก
(*Lagerstroemia floribunda* Jack.), มะพร้าววนกกก (*Horsfieldia glabra* (Blume) Warb.), ราชคืด (*Brucea
javanica* (L.) Merr.), ปอหนู (*Hibiscus Macrophyllus* Roxb. Ex Hornem.) เป็นต้น โดยในอนาคตจะทำการ
ทดสอบกล้อง Near Infrared และพัฒนาแบบจำลองที่สามารถจำแนกได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

55910086: MAJOR: ENVIRONMENTAL SCIENCE; M.Sc. (ENVIRONMENTAL SCIENCE)

KEYWORDS: ANGAET FOREST/ sUAS/ OBIA/ PIXEL-BASED CLASSIFICATION/ RULE-BASED MODEL

LERTPONG SUWANNALERT: APPLICATION OF VERY HIGH RESOLUTION IMAGE FROM MINI UNMANNED AERIAL SYSTEM FOR IDENTIFICATION OF THE TREE IN ANGAET FOREST COMMUNITY OF THE CHAIPATTANA FOUNDATION, CHANTHABURI PROVINCE. ADVISORY COMMITTEE: KITSANAI CHAROENJIT, Ph.D., KARNJANA HRIMPENG, Ph.D. 117 P. 2017.

Angaet-forest is the project development of local community to conserve natural forests and to demonstrate how biodiversity can increase economy development. The study area is in Tokprom Sub-District, Khlung District, Chanthaburi Province and covers area of 0.25 squarekilometer. The objective of this study was to identify tree species using aerial maps by the small unmanned aerial system (sUAS) and ground data. In the field, the multicopter aircraft and RGBcamera were used for image acquisition, while the ground data was collected by the forest inventory technique. Firstly, the green-red vegetation index (GRVI) was used for forest area extraction, then the object-based image analysis (OBIA) and the rules-based model were applied for the tree species identification. To identify perennial plants from photos And compare Pixel Based Classification techniques with object-oriented classification techniques. (Object-based Image Analysis: OBIA) with field data collection. The image taken from the aircraft is a true color image from the camera. Green-Red Vegetation Index: GRVI (Object-based Image Analysis: OBIA) is developed in conjunction with the development of a rule-based model to test perennial vegetation. Study results on the use of the rule base model with two classification techniques. By testing the spatial accuracy, compared with the classification by the person who believes to be the most accurate. It was found that the classification of object-oriented data was spatially correct, the mean square error was 5.24, and the object-oriented classification was 15.87. The classification was 4.90. The value is closer than the image-classification. sUAS is a powerful technology for creating very high resolution maps and can be applied on various fields. For the further study, the higher precision of forest species classification will be addressed using the near infrared camera. The study recorded *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., *Lagerstroemia floribunda* Jack., *Horsfieldia glabra* (Blume) Warb., *Brucea javanica* (L.) Merr., *Hibiscus Macrophyllus* Roxb. Ex Hornem. as dominant tree species.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
ขอบเขตงานวิจัย.....	3
สมมติฐาน.....	3
แผนผังวิทยานิพนธ์.....	4
คำอธิบายผังการศึกษา.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
ป่าชุมชน.....	8
ลักษณะที่สำคัญของป่าชุมชน.....	9
ป่าชุมชนในประเทศไทย.....	9
ป่าชุมชนมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ป่าไม้ได้อย่างไร.....	10
พื้นที่การศึกษา.....	10
การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing).....	13
แบบจำลองความสูงเชิงเลข.....	16
การจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ.....	18
การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ.....	18
การใช้ดัชนีพรรณพืช.....	23
การจำแนกพรรณไม้ด้วยเทคนิคทาง Remote Sensing.....	24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน	27
กระบวนการในการประมาณ โครงสร้าง 3 มิติ.....	31
การรังวัดด้วยภาพถ่ายดิจิทัล.....	33
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	37
อุปกรณ์.....	37
ขั้นตอนการศึกษา.....	40
การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ.....	42
การสำรวจ และเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	42
การวางแผนตัวอย่าง.....	43
การถ่ายภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน.....	43
การวางแผนแนวมบิน.....	45
การเตรียมการสร้างชั้นข้อมูลเพื่อการจำแนก.....	46
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	46
การสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกพืชพรรณ.....	50
ทดสอบค่าความถูกต้อง.....	50
4 ผลการวิจัย.....	51
การสำรวจภาคสนาม.....	51
ภาพถ่ายทางอากาศ.....	55
การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ	58
การจำแนกพรรณไม้ยืนต้นด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ.....	69
ผลการตรวจสอบความถูกต้องเชิงพื้นที่.....	73
อภิปรายผล.....	78
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	80
สรุปผลการศึกษา	80
ปัญหาและอุปสรรคในการศึกษา.....	82
บรรณานุกรม.....	83

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	86
ภาคผนวก ก	87
ภาคผนวก ข	105
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	117

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1	อุปกรณ์ในการศึกษา..... 37
3-2	คุณสมบัติของช่วงคลื่นตามาเห็น..... 48
3-3	สูตรในการคำนวณเนื้อหาของความสัมพันธ์ใน GLCM : Gray – Level Co – occurrence Matrix : GLCM 49
4-1	พรรณไม้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษา..... 53
4-2	พรรณไม้ที่พบมากที่สุด 3 ชนิด..... 54
4-3	รายละเอียดของภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษา..... 57
4-4	ค่าพารามิเตอร์ของการทำส่วนภาพ..... 58
4-5	ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของต้นไม้กับสัญลักษณ์ประเภทต้นไม้..... 61
4-6	แบบจำลอง Tree Stand Model ของเทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพของพรรณไม้ ทั้ง 3 ชนิด..... 70
4-7	ความเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ความผิดพลาดของเทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพ..... 72
4-8	ความเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ความผิดพลาดของเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ..... 72
4-9	การทดสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง..... 73
4-10	ค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อนของเทคนิคการจำแนก..... 77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 แสดงแผนผังงานวิจัย.....	4
2-1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษาโครงการป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด.....	12
2-2 แสดงการแบ่งและรวมจุดภาพให้กลายเป็นวัตถุเชิงภาพ.....	19
2-3 แสดงการสร้างวัตถุภาพของวิธี Multiresolution Segmentation	21
2-4 รูปของหุ่นยนต์อากาศยาน (Drone) และรายละเอียดต่าง ๆ.....	28
2-5 แสดงเซ็นเซอร์การบันทึกภาพในรูปแบบต่าง ๆ.....	29
2-6 แผนผังการสร้างแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน.....	33
3-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา.....	41
3-2 การเก็บพิกัดและการลงภาคสนาม.....	42
3-3 การวางแผนตัวอย่าง.....	43
3-4 การบินซ้อนทับของภาพ ซ้าย Forward lap ขวา Side lap	44
3-5 ตัวอย่างการวางแผนการบิน.....	45
3-6 การทำจุด Ground Control Point และจุดอ้างอิงตามธรรมชาติ.....	45
4-1 แผนที่ตั้ง โครงการบ้านอ่างเอ็ด.....	52
4-2 ขอบเขตพื้นที่และตำแหน่งของแปลงตัวอย่างถาวรที่ทำการศึกษา.....	52
4-3 การวางจุดอ้างอิงตำแหน่ง Ground Control Point.....	55
4-4 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยระบบหุ่นยนต์อากาศยาน	55
4-5 แสดงรูป Orthomosaic ของพื้นที่ศึกษาที่บันทึกจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน และตำแหน่งจุดอ้างอิงบนภาคพื้น GCP ทั้งหมด 6 ตำแหน่ง.....	56
4-6 ภาพถ่ายทางอากาศของเรือนยอดไม้ยืนต้นที่ทำการแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) โดยใช้ค่าการสะท้อน ขนาด รูปร่าง และการเกาะกลุ่มของวัตถุที่ เหมาะสมกับภาพ.....	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-7	ค่าทางสถิติของสัญลักษณ์เฉพาะของต้นยางพารา..... 62
4-8	ค่าทางสถิติของสัญลักษณ์เฉพาะของต้นปอหนู..... 62
4-9	ค่าทางสถิติของสัญลักษณ์เฉพาะของต้นมะพร้าววนกกก..... 63
4-10	แสดงการกระจายตัวของพรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด ตามการจำแนกของ Tree Stand Model 65
4-11	แสดงภาพที่จำแนกต้นยางพาราจากวัตถุภาพที่มีค่าของชั้นข้อมูลตาม Tree Stand Model 66
4-12	แสดงภาพที่จำแนกต้นปอหนูจากวัตถุภาพที่มีค่าของชั้นข้อมูลตาม Tree Stand Model 67
4-13	แสดงภาพที่จำแนกต้นมะพร้าววนกกกจากวัตถุภาพที่มีค่าของชั้นข้อมูลตาม Tree Stand Model 68
4-14	แสดงผลการจำแนกพรรณไม้เด่น ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ แบบ กำกับดูแล..... 71

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ในอดีตที่ผ่านมา มนุษย์ได้ใช้ทรัพยากรจากป่าไม้เพื่อการดำรงชีวิตในหลากหลายด้าน โดยไม่ได้คำนึงถึงความสมดุลของการใช้ทรัพยากรในระบบนิเวศป่าไม่ว่ามีความเสียหายไปมากน้อยเพียงใด และไม่ได้นึกถึงการฟื้นฟูหรือการทดแทนกับสิ่งที่ใช้ไปแต่อย่างใด ซึ่งระบบนิเวศของป่าไม้ ง่ายต่อการถูกคุกคามหรือรุกรานเพื่อหาพื้นที่ทำกินจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การปลูกพืชสวน พืชไร่ การทำไร่เลื่อนลอย และการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้เกิดผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงไปของพื้นที่ป่าไม้เดิม โดยไม่ได้มีการตระหนักถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ เพียงเพราะต้องการทำกิจกรรมที่เป็นประโยชน์เพียงส่วนตน และไม่ได้คำนึงถึงการสูญเสียความสมดุลกับความหลากหลายทางชีวภาพอันมีประโยชน์อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งจะมีผลกระทบที่เกิดเป็นลูกโซ่โดยส่งผลกระทบต่อทุก ๆ สิ่งที่อยู่ในพื้นที่ป่านั้น ๆ ไม่ว่าจะเป็นสัตว์ป่า และพืชพรรณ ทำให้ความสมดุลและความหลากหลายทางชีวภาพเกิดการสูญเสียไป ซึ่งในการฟื้นฟูของธรรมชาติด้วยตัวมันเองจะต้องใช้เวลาที่ยาวนานกว่าจะเข้าสู่สมดุลเดิมหรือต้องสูญเสียตลอดไป

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนาโดยเป็นพื้นที่ที่ครอบครัวลักษณะประสิทธิ์ ขอพระราชทานน้อมเกล้าฯ ถวายที่ดิน โดยได้ดำเนินการจัดทำโครงการพัฒนาป่าชุมชนให้ผู้มีความสนใจศึกษาหาความรู้ เพื่อเป็นการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพป่า รวมทั้งสนับสนุนให้ชุมชนมีความเข้าใจ และรู้จักใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืน (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2015) โดยพื้นที่เป็นป่าธรรมชาติที่มีความหลากหลายของพันธุ์ไม้ต่าง ๆ

จึงมีความสนใจในพื้นที่โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี เพื่อเป็นการสำรวจพื้นที่ป่าชุมชน โดยเน้นไปที่พรรณไม้ยืนต้น (Tree) เพื่อพัฒนารูปแบบและวิธีการจำแนก ด้วยการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing : RS) ในการจำแนกพืชพรรณของป่าไม้ได้ ในปัจจุบันเทคนิคการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ได้เข้ามามีบทบาทในการสำรวจและการสร้างฐานข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic

Information System : GIS) และประยุกต์กับการใช้งานในการสำรวจด้านต่าง ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน หรือ การจำแนกพืชพรรณทางการเกษตรและป่าไม้ โดยการจำแนกแบ่งออกเป็น การจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ (Pixel-Based Classification) และการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ (Object-based Classification) ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นการวิเคราะห์เทคนิคเชิงเลขขั้นสูงและมีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน แต่เป้าหมายคือเพื่อให้ได้การจำแนกที่มีประสิทธิภาพที่มีความถูกต้องมากที่สุด

สาเหตุหลักที่ผู้ศึกษาใช้ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน (Unmanned Aerial System : UAS) เนื่องจากภาพที่ได้จากดาวเทียมที่ให้ดาวโหลดข้อมูลได้ฟรี เช่น Landsat และ Thaichote มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ที่ค่อนข้างหยาบ โดยที่ดาวเทียม Landsat มีรายละเอียดเชิงพื้นที่อยู่ที่ 30 เมตรต่อ 1 พิกเซล (USGS : 2559) ซึ่งพื้นที่ศึกษานั้นมีขนาดเล็กทำให้ยากต่อการวิเคราะห์ภาพที่ได้จากดาวเทียม หรือจะเป็นปัญหาของพื้นที่ศึกษาไม่ได้อยู่ในแนววงโคจรการบันทึกของดาวเทียมทำให้ไม่ได้ภาพของพื้นที่ศึกษาตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นปัญหาในการกำหนดช่วงระยะเวลาถ่ายภาพ (Temporal Resolution) ของดาวเทียมแต่ละดวงที่จะมีวงโคจรในการกลับมาที่จุด ๆ เดิมในทุก ๆ 16 วัน ในดาวเทียม Landsat ซึ่งความสนใจในระบบหุ่นยนต์อากาศยานของผู้ศึกษา ที่จะนำภาพที่ได้จากเทคนิคการทำแผนที่จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานที่มีรายละเอียดสูง (Very High Resolution : VHR) มาเปรียบเทียบการศึกษาระหว่างการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-Based Classification) โดยวิธีดังกล่าวใช้เทคนิคการสร้างวัตถุโดยกระบวนการแยกส่วนภาพ (Image Segmentation) ซึ่งจะพิจารณาจากการกำหนดค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่มาตราส่วน สี รูปร่าง ความเรียบ และการเกาะกลุ่ม มาช่วยในกระบวนการแยกส่วนภาพ ในขั้นต่อมาคือการจำแนกประเภทข้อมูล (Image Classification) จากปัจจัยชั้นข้อมูลต่าง ๆ ที่ช่วยในการจำแนกกลุ่มข้อมูล และการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ (Pixel-Based Classification) โดยใช้เทคนิคการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยตัวจำแนกแบบ โอกาสความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นการนำเทคนิคทางด้านกระบวนการข้อมูลเชิงเลขขั้นสูงมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน โดยเป้าหมายคือจำแนกสิ่งปกคลุมดินทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยรวมทั้งเป็นแนวทางการสร้างพื้นที่การเรียนรู้และการอนุรักษ์พื้นที่ป่าได้อย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) เพื่อจำแนกพืชพรรณในพื้นที่ โดยประยุกต์การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing)
2. เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ (Pixel-Based Classification) และเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-based Classification)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. วิธีการสำรวจทางอากาศแบบใหม่ โดยประยุกต์ระบบหุ่นยนต์อากาศยานเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้
2. ฐานข้อมูลระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (GIS database) ของพื้นที่โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลคกพรอม อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี
3. เป็นแหล่งเรียนรู้แก่นักเรียน นักศึกษา และเป็นห้องเรียนตามธรรมชาติ

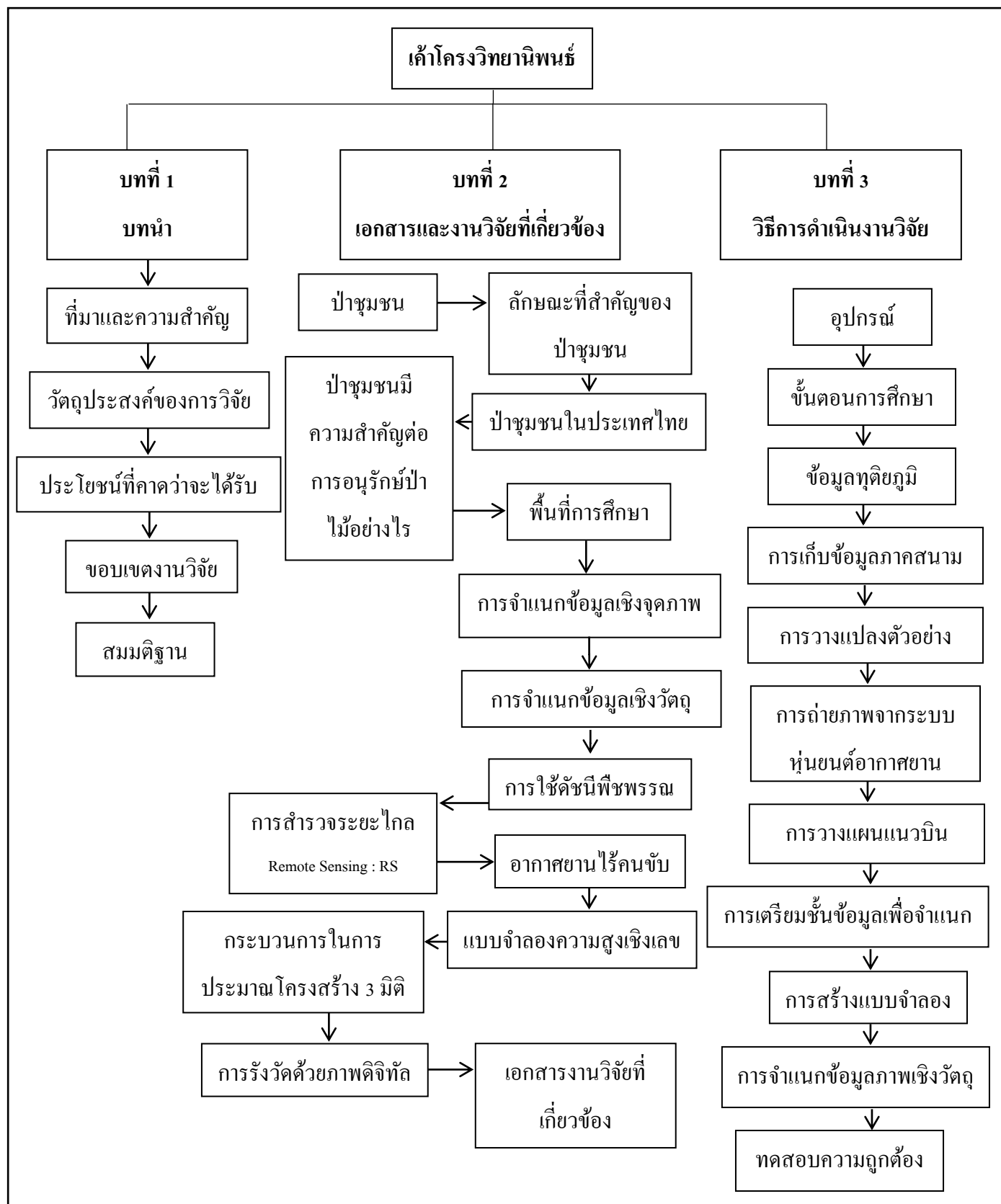
ขอบเขตงานวิจัย

1. พื้นที่โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลคกพรอม อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรีมีพื้นที่โดยประมาณ 80 ไร่
2. ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลตั้งแต่เดือน ธันวาคม พ.ศ.2558 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2559
3. จำแนกพรรณไม้จากการประยุกต์ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และข้อมูลภาคพื้นดิน (Ground Data) ด้วยการสร้างชั้นข้อมูลต่าง ๆ เช่น การสะท้อนเชิงคลื่น (Spectral Information) ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Information) และข้อมูลลายพื้นผิว (Texture Information) เพื่อใช้ในการจำแนกกับแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Rule based Classification Model)

สมมติฐาน

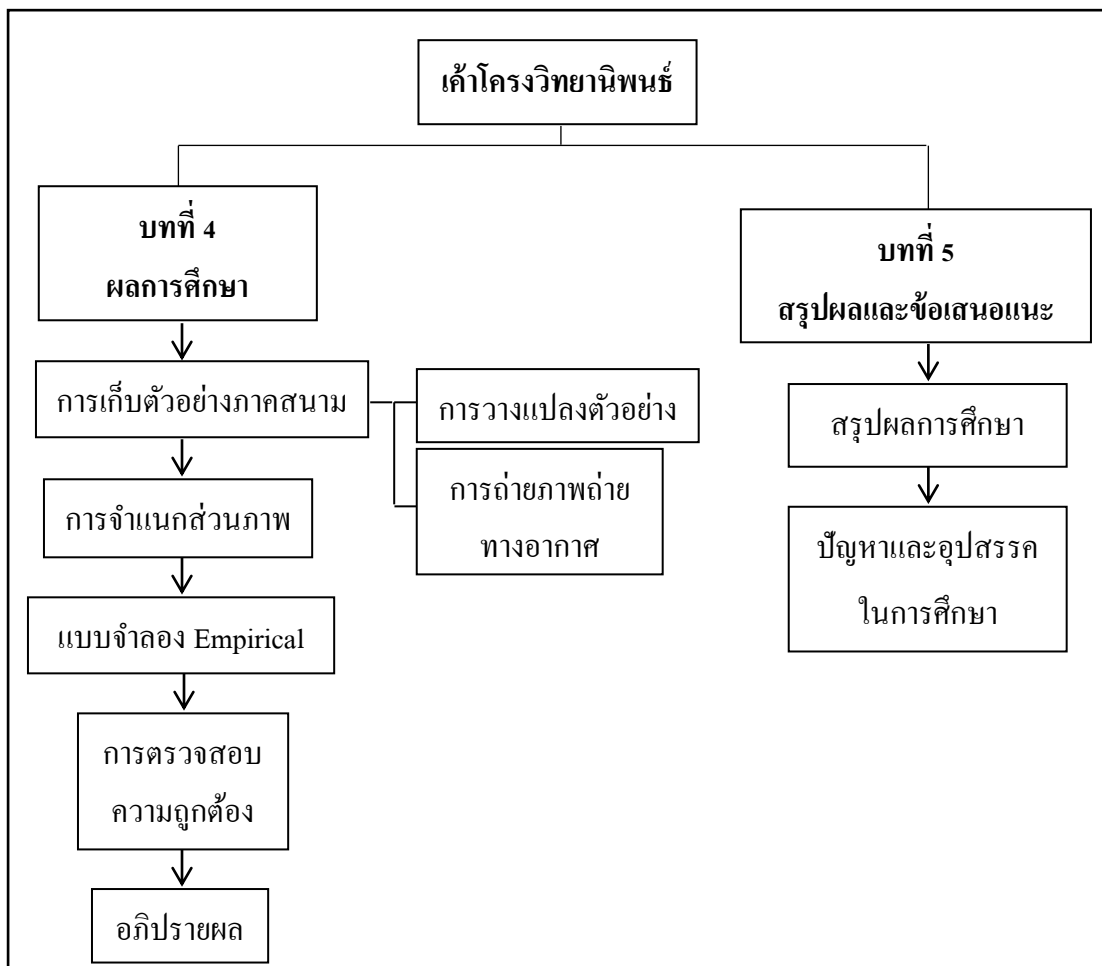
เชื่อว่าภาพที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานนำมาจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ และข้อมูลเชิงวัตถุ จะมีความถูกต้องในระดับหนึ่งที่จะสามารถจำแนกพรรณไม้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษาได้ เพราะพืชพรรณแต่ละชนิดมีลักษณะจำเพาะที่แตกต่างกัน

แผนผังวิทยานิพนธ์



ภาพที่ 1-1 แสดงแผนผังการศึกษา

แผนผังวิทยานิพนธ์ (ต่อ)



ภาพที่ 1-1 (ต่อ)

คำอธิบายผังการศึกษา

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

เป็นบทที่เกี่ยวข้องกับที่มาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขต และสมมติฐานของงานวิจัย โดยมีรายละเอียดและแนวทางการนำเสนอ ดังนี้

- **ที่มาและความสำคัญ** จะกล่าวถึงปัญหา และสาเหตุที่ต้องการศึกษา หรือเหตุผลที่มาสนับสนุนในการศึกษางานวิจัยเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของงานวิจัยครั้งนี้

- **วัตถุประสงค์** ระบุวัตถุประสงค์หรือความมุ่งหมายของการศึกษาว่าต้องการค้นหาข้อเท็จจริงในงานวิจัยครั้งนี้

- **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ** บ่งบอกถึงความรู้ที่จะได้รับจากการทำวิจัย หรือการนำประโยชน์จากงานวิจัยนำไปพัฒนา หรือเป็นองค์ความรู้ให้แก่สาขาวิชาที่ทำการศึกษาวิจัย

- **ขอบเขตงานวิจัย** เป็นการระบุการครอบคลุมเนื้อหาของงานวิจัยว่าครอบคลุมเพียงใด เช่น เทคนิค ระยะเวลาการทำ สถานที่ เป็นต้น

- **สมมติฐานงานวิจัย** เป็นการตั้งสมมติฐานเป็นการตอบคำถามล่วงหน้า หรือตั้งคำถามเพื่อหาคำตอบจากวัตถุประสงค์งานวิจัยที่กำหนดไว้ โดยอ้างอิงจากหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ได้ศึกษามาก่อน

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature reviews)

เป็นส่วนของการแสดงเนื้อหาสาระสำคัญของข้อมูลที่เป็นแนวคิด ทฤษฎี หรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีผู้อื่นเคยทำไว้ เพื่อนำมาสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------|
| - ป่าชุมชน | - ดัชนีพีชพรรณ |
| - ลักษณะที่สำคัญของป่าชุมชน | - ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน |
| - ป่าชุมชนในประเทศไทย | - แบบจำลองความสูงเชิงเลข |
| - ความสำคัญของปุ่มชนต่อการอนุรักษ์ | - กระบวนการโครงสร้าง 3 มิติ |
| - พื้นที่ศึกษา | - การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล |
| - การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ | - เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง |
| - การสำรวจระยะไกล | |

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

เป็นส่วนของการนำเสนอเนื้อหาขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัยอย่างละเอียด ตั้งแต่การศึกษา เครื่องมือวิจัย กลุ่มตัวอย่าง การรวบรวมข้อมูล วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในงานวิจัยครั้งนี้มีหัวข้อดังนี้

- อุปกรณ์
- ขั้นตอนการศึกษา
- ข้อมูลทุติยภูมิ
- การเก็บข้อมูลภาคสนาม
- การวางแผนตัวอย่าง
- การถ่ายภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน
- การวางแผนแนวมบิน
- การเตรียมชั้นข้อมูลเพื่อจำแนก
- การสร้างแบบจำลอง
- การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ
- ทดสอบความถูกต้อง

บทที่ 4 ผลการศึกษา (Results)

เป็นเนื้อหาส่วนการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียดเพื่อตอบคำถามได้ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของรูปภาพ กราฟ หรือตาราง และมีคำบรรยายประกอบเพื่อให้ข้อมูลมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

- การเก็บตัวอย่างภาคสนาม
- การจำแนกส่วนภาพ
- แบบจำลอง Empirical
- การตรวจสอบความถูกต้อง
- อภิปรายผล

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

เป็นการเรียบเรียงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุปสาระสำคัญตามวัตถุประสงค์ และข้อเสนอแนะของงานวิจัยเพื่อให้ได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ รวมทั้งเสนอแนะที่เกี่ยวกับงานวิจัยในครั้งต่อไปเพื่อวิเคราะห์หรือการต่อยอดในด้านต่าง ๆ ได้อีกมากมาย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

ในส่วนของการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของงานวิจัยครั้งนี้ มีหัวข้อที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าดังนี้ 1. เรื่องของความหมาย ลักษณะ ความสำคัญของป่าชุมชนในประเทศไทย 2. พื้นที่การศึกษา 3. เทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ 4. การรับรู้ระยะไกล 4. ดัชนีพืชพรรณ 5. ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน 6. แบบจำลองความสูง 7. กระบวนการในการประมาณโครงสร้าง 3 มิติ 8. การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล 9. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ได้ทำการค้นคว้าในบทนี้เพื่อนำมาเป็นข้อมูล และเอกสารอ้างอิงต่อการทำงานวิจัยต่อไป

2.1 ป่าชุมชน (Community Forest)

เป็นวิถีปฏิบัติและเป็นการปรับตัวของการจัดการทรัพยากรภายในชุมชนในการช่วยลดปัญหาความยากจนและความเหลื่อมล้ำทางสังคมของคนในชุมชน จากการถูกแย่งชิงทรัพยากรเพื่อการพัฒนาประเทศ และเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาพื้นที่ป่าและความสมบูรณ์ของนิเวศป่าไม้ เพื่อให้ระบบนิเวศคงความสมดุล เนื่องจากป่าชุมชนเป็นกลไกที่สำคัญที่เป็นช่องทางให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ จัดการ ฟื้นฟูให้ป่ามีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และมีการใช้ทรัพยากรและผลผลิตจากป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความมั่นคงแห่งชีวิตของคนในชุมชน ดังนั้นเมื่อคนในชุมชนมีความเป็นอยู่ดีขึ้นจึงไม่ต้องอพยพย้ายถิ่นฐาน และที่สำคัญยิ่งคือเพิ่มความสามารภให้กับมนุษยชาติ ได้เรียนรู้การอยู่อย่างสมดุลกับธรรมชาติและดำรงชีพอยู่ได้

ป่าชุมชนอาจตั้งอยู่รอบหมู่บ้าน รอบแหล่งชุมชน หรืออาจอยู่ใกล้เคียงกับชุมชน ชุมชนนั้นอาจจะเป็นชุมชนที่เป็นทางการ เช่น หมู่บ้าน อบต. หรือชุมชนตามประเพณีก็ได้ และก็อาจจะเป็นหนึ่งชุมชน หรือหลายชุมชนที่มาจัดการป่าชุมชนร่วมกันก็ได้ โดยที่คนในชุมชนนั้น ๆ อาจเลือกใช้ประโยชน์จากป่าอย่างยั่งยืนทั้งในเชิงเศรษฐกิจ และการรักษาระบบนิเวศก็ได้ ขึ้นอยู่กับคนในชุมชนเป็นผู้วางแผนและตัดสินใจว่าจะใช้ประโยชน์อะไร และอย่างไรจากป่า จะดูแลรักษา ฟื้นฟู และพัฒนาป่าชุมชนอย่างไร ป่าชุมชนมีขอบเขตขนาดไหนที่ชุมชนจะดูแลได้ทั่วถึง

นอกจากนั้น นักปฏิบัติการในงานพัฒนาสังคมและทรัพยากร ยังให้ความสำคัญต่อ “ป่าชุมชน” ว่าเป็นมากกว่ากิจกรรมทางสังคม แต่เป็น ”กระบวนการการจัดการความสัมพันธ์ทางสังคมแบบใหม่ หากทำได้เหมาะสม ความสัมพันธ์ ระหว่างรัฐกับชาวบ้าน ชุมชนกับคนในสังคม คน

กับคน จะถูกเปลี่ยนไปและนำไปสู่การยกระดับความเป็นอยู่และสวัสดิการของชุมชน และการกระจายอำนาจในการจัดการทรัพยากรของชุมชนท้องถิ่นอย่างมีส่วนร่วม

2.2 ลักษณะที่สำคัญของป่าชุมชน

เป็นการจัดการทรัพยากรแบบองค์รวม ที่มองทรัพยากรต่าง ๆ ในชุมชนล้วนเกี่ยวข้องกับสัมพันธ์กันแม้จะให้ความสำคัญกับป่าแต่ไม่แยกส่วนกับการจัดการทรัพยากรทั้งหมด หรือกล่าวได้ว่าเป็นการจัดการเชิงระบบนิเวศป่าไม้ (Forest Landscape)

ป่าที่ชุมชนใช้ประโยชน์ไม่ได้ ไม่ใช่ป่าชุมชน เพราะชุมชนได้เลือกที่จะดูแลรักษาป่าแทนการทำลายป่า ดังนั้นชุมชนจึงต้องได้รับประโยชน์จากการรักษาป่าเป็นการทดแทน

ต้องมีขอบเขตที่ชาวบ้านสามารถจำแนกขนาดของพื้นที่ได้ชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นผืนป่าขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่ที่มีการจัดการร่วมกันหลายชุมชนก็ได้ ซึ่งการกำหนดขอบเขตอาจจะกระทำร่วมกันระหว่างชุมชน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต่าง ๆ ก็ได้

ชุมชนมีอำนาจในการบริหารจัดการป่าชุมชนอย่างอิสระและสมาชิกในชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดการ การร่วมรับผิดชอบและตัดสินใจ จุดประสงค์และเป้าหมายของการจัดการป่าชุมชนต้องสอดคล้องกับความต้องการของคนส่วนใหญ่ในชุมชน

2.3 ป่าชุมชนในประเทศไทย

แม้ว่าประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายรองรับสถานภาพป่าชุมชน แต่ในทางปฏิบัติ กรมป่าไม้ได้มีการจัดตั้งสำนักจัดการป่าชุมชนและมีการสนับสนุนชุมชนในการจัดการป่าอย่างมีส่วนร่วมของชุมชน ได้มีการจดทะเบียนการจัดตั้งป่าชุมชนโดยองค์กรชุมชน และมีการสนับสนุนทั้งด้านวิชาการและทรัพยากร แต่อย่างไรก็ตามทั้งงบประมาณและบุคลากรก็ยังคงไม่เพียงพอ ในขณะที่เดียวกันยังมีองค์กรชุมชนที่มีการจัดการนิเวศป่าไม้ที่ไม่ได้จดทะเบียนกับกรมป่าไม้อีกจำนวนหนึ่งด้วยเนื่องจากข้อจำกัดทางกฎหมายที่ชุมชนไม่สามารถอาศัยและมีการจัดการป่าในพื้นที่อนุรักษ์

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการจัดการนิเวศป่าไม้ในรูปแบบป่าชุมชนมากกว่า 10,000 ป่าชุมชน ซึ่งรวมทั้งที่ขึ้นทะเบียนกับ กรมป่าไม้และอยู่ในพื้นที่อนุรักษ์ โดยมีป่าชุมชนที่ขึ้นทะเบียนกับกรมป่าไม้รวมทั้งสิ้น 8,820 หมู่บ้าน มีเนื้อที่ประมาณ 3,583,074 ไร่ (ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ 2557) และป่าชุมชนที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนกับกรมป่าไม้ และอยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์ อีก 1,906 ป่าชุมชน ที่ครอบคลุม 10,726 หมู่บ้าน (ศูนย์วนศาสตร์ชุมชนเพื่อคนกับป่า, 2556) ซึ่งมีการประมาณการว่าชุมชนมีการจัดการพื้นที่ป่าในรูปแบบของป่าชุมชนมากกว่า 7,870,000 ไร่ (1.2 ล้านเฮกเตอร์) หรือประมาณ 7% ของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย ทั้งที่อยู่นอกเขตและในเขตพื้นที่อนุรักษ์ (พื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทย 17,200,000 เฮกเตอร์, FAO 2010)

2.4 ป่าชุมชนมีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ป่าไม้ได้อย่างไร

ความเชื่อมั่นที่ว่าป่าชุมชนสามารถอนุรักษ์ป่าไม้ไว้ได้ ตั้งอยู่บนพื้นฐานข้อเท็จจริงว่า เมื่อชีวิตของชุมชนขึ้นอยู่กับความอยู่รอดของป่า ไม่ว่าในฐานะที่ป่านั้นเป็นแหล่งน้ำที่ดี ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกที่ดี อาหารและวัสดุปัจจัยที่จำเป็นในการดำรงชีพของชุมชนที่ดี หลายอย่างหรือทุกอย่างรวมกันเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้ชุมชนต้องอนุรักษ์ป่าโดยที่ไม่จำเป็นต้องมีอำนาจภายนอกไปบังคับ

กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ้าความอยู่รอดของชุมชนไม่ได้ขึ้นอยู่กับป่า พวกเขาจะไม่เห็นความสำคัญที่จะรักษาป่า นอกจากนั้น ชุมชนจะไม่รักษาป่าถ้าหากเขาไม่ได้เป็นเจ้าของและเป็นผู้ได้รับประโยชน์ เราไม่อาจเรียกร้องให้ชุมชน ‘เสียสละ’ หรือรักษาป่าบนพื้นฐานของความรักป่าแบบ ‘โรมแมนติก’ ได้ เขาจะรักษาป่าก็ต่อเมื่อเขาได้ประโยชน์ไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง

ในประเทศหรือสังคมที่ไม่เป็นประชาธิปไตย และไม่มีกระจายผลประโยชน์ที่เกิดจากทรัพยากรของส่วนรวมอย่างเป็นธรรม รัฐมักเป็นเครื่องมือของการแสวงหาและรักษาผลประโยชน์ของคนกลุ่มน้อย ดังนั้นจึงไม่ใช่เรื่องที่น่าจะต้องแปลกใจหากพบว่า รัฐจำนวนไม่น้อยในประเทศด้วยพัฒนาหรือกำลังพัฒนา นอกจากจะไม่สามารถรักษาป่าเอาไว้ได้แล้ว ยังปล่อยให้กลุ่มคนผู้มีอำนาจทางการเมือง การปกครอง และเศรษฐกิจ หยิบฉวยเอาประโยชน์จากป่าไม้และทรัพยากรอื่น ๆ ของส่วนรวม เพื่อประโยชน์ส่วนตัวมาโดยตลอด

ดังนั้น ป่าชุมชนในที่นี้จึงมีความหมายในทางการพัฒนาทางการเมืองด้วย กล่าวคือ การพัฒนาไปสู่ระบบการเมืองที่เป็นประชาธิปไตยโดยแท้จริง ไม่ใช่อยู่ที่การเปิดโอกาสให้ประชาชนได้มีสิทธิเลือกผู้แทนฯ แต่คือ การกระจายความเป็นเจ้าของ เป็นผู้ใช้อำนาจจัดการ และได้ประโยชน์จากทรัพยากรให้กับชุมชนต่างหาก

2.5 พื้นที่การศึกษา

พื้นที่การศึกษาเป็นพื้นที่ที่อยู่ในการดูแลของสำนักงานมูลนิธิชัยพัฒนา กรมป่าไม้ กรมวิชาการเกษตร และสำนักงานเทศบาลตำบลคำพรอม ซึ่งจัดทำเป็นพื้นที่ป่าชุมชนและศูนย์การศึกษาการเรียนรู้ของนักเรียน นิสิต และผู้สนใจตำแหน่งของที่ตั้งโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา ตำบลคกพรอม อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ คือ 210010E 1395184N มีพื้นที่โดยประมาณ 160 ไร่ เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติประมาณ 80 ไร่ ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่มีลักษณะเป็นพื้นที่สวนเกษตรกรรมผลไม้ม และเป็นป่าเบญจพรรณในพื้นที่ป่าธรรมชาติ อุณหภูมิเฉลี่ยไม่เกิน 33 องศาเซลเซียส (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2015) แสดงดังภาพที่ 2-1

2.5.1 พรรณไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาโครงการวิจัยความหลากหลายชนิดพรรณพืชและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนบ้านอ่างเอ็ด จังหวัดจันทบุรี ปี พ.ศ.2555 – พ.ศ.2557 พบพรรณไม้ทั้งหมด 48 วงศ์ 80 สกุล 81 ชนิด ไม่สามารถระบุชนิดได้ 10 ชนิด นำมาใช้เป็นสมุนไพร 45 ชนิด (เบญจวรรณ ชีวปรีชา และคณะ, 2013)

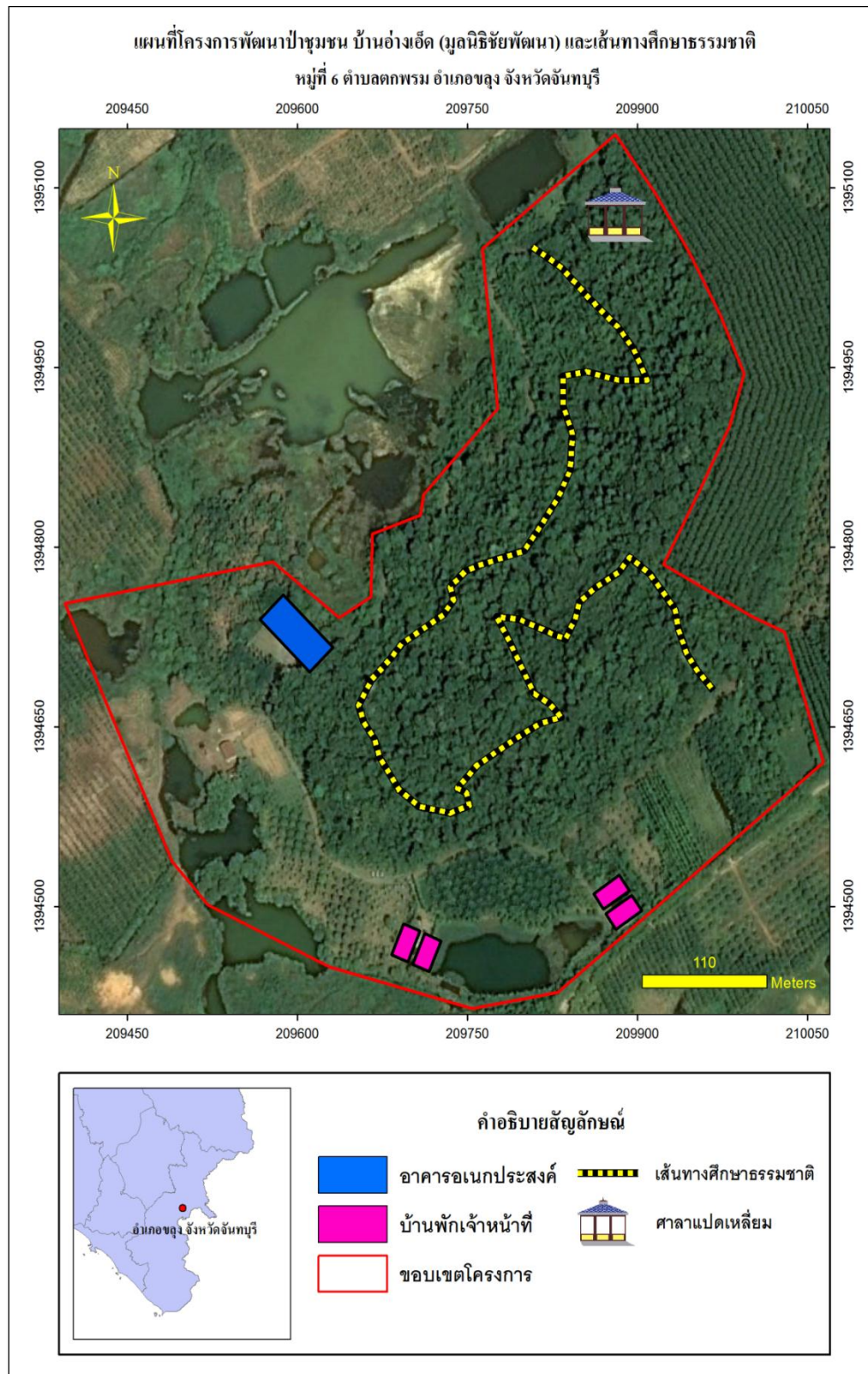
2.5.2 อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ จดตำบลแสง อำเภอมะขาม จันทบุรี

ทิศใต้ จดตำบลบางกะจะ และตำบลวัดใหม่ อำเภอมะขาม จันทบุรี

ทิศตะวันออก จดแม่น้ำจันทบุรี และฝั่งตรงข้ามเป็นตำบลจันทนิมิต อำเภอมะขาม จันทบุรี

ทิศตะวันตก จดตำบลพลอยแหวนและตำบลเขาหัว อำเภอมะขาม จันทบุรี



ภาพที่ 2-1 ขอบเขตพื้นที่การศึกษาโครงการป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด
(ที่มา : รูปจาก GoogleEarth บันทึกเมื่อวันที่ 15/09/2559)

2.6 การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)

การจัดทำแผนที่ทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติ มีความต้องการข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมของเหตุการณ์ที่ทันสมัย รวดเร็ว และถูกต้องใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด ด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายและคำนิยามการรับรู้จากระยะไกล หรือ รีโมทเซนซิง คือ เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมายทั้งนี้ อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) (สุเพชร กล่าวถึงสุรชัย, 2546)

การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) เป็นศัพท์เทคนิคที่ใช้เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาใน พ.ศ.2503 หมายถึง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่บันทึกคุณลักษณะของวัตถุ (Object) หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) ต่าง ๆ จากการสะท้อนแสง/หรือการแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) โดยเครื่องวัด/อุปกรณ์บันทึกที่ติดตั้งอยู่กับยานสำรวจ การใช้รีโมทเซนซิง สามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้จากลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุนั้นๆ คือ "วัตถุแต่ละชนิด จะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันไป ถ้าวัตถุหรือสภาพแวดล้อมเป็นคนละประเภทกัน" รีโมทเซนซิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนก และเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสีข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ในที่นี้จะหมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำ ที่เรียกว่า รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพจากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Image) ซึ่งมีกระบวนการเริ่มจากการส่งพลังงานจากแหล่งพลังงานเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล และทำการสกัดสารสนเทศต่าง ๆ ออกมาจากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ไปจนถึงการนำข้อมูลไปช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ รายละเอียดแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

2.6.1 การได้มาของข้อมูล (Data acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณะพื้นผิวโลก และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ และดาวเทียม จากนั้นถูกบันทึกและผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ (Pictorial หรือ Photograph) และรูปแบบเชิงเลข

2.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วย การแปลตีความข้อมูลด้วยสายตา (Visual interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข (Digital analysis) โดยมีข้อมูล

อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยข้อมูลอ้างอิงต่าง ๆ เช่น แผนที่ดิน ข้อมูลปฏิทินและสถิติการปลูกพืช และอื่น ๆ ได้ผลิตผลของการแปลตีความในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลเชิงเลข ตาราง คำอธิบาย หรือ แผนภูมิ เป็นต้น เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสง ซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจาก ตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยัง วัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing เช่น ระบบเรดาร์ เป็นต้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2548)

2.6.3 การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) แบ่งออกได้เป็น 2 ระบบ คือ

2.6.3.1 การรับรู้จากระยะไกลแบบแพสซีฟ (Passive remote sensing system)

เป็นการตรวจวัดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้จากการสะท้อน (Reflect) หรือแผ่ (Emitted) จากพื้นผิว โดยแหล่งพลังงานในระบบตรวจวัดแบบแพสซีฟ คือพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งสามารถให้พลังงานที่ตรวจวัดได้ในช่วงคลื่นตามมองเห็น (Visible) และอินฟราเรด (Infrared) ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศลงมาได้เรียกว่าหน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric window) มีเฉพาะในช่วงคลื่นที่ยาวกว่าช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) เท่านั้น ซึ่งถ้าสั้นกว่าความยาวคลื่นนี้จะถูกดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศ หน้าต่างบรรยากาศมีหลายช่วง ช่วงที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทะลุทะลวงผ่านชั้นบรรยากาศมาได้ ได้แก่ ช่วงคลื่นตามมองเห็น อินฟราเรดใกล้ บางส่วนของอินฟราเรดความร้อน (3-5 ไมโครเมตร และ 8-14 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นไมโครเวฟ ปฏิสัมพันธ์พลังงานในบรรยากาศ (Energy interaction in atmosphere) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นขณะเดินทางมายังโลก กระบวนการอื่น ๆ ได้แก่ การกระจัดกระจาย (Scattering) เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็ก ๆ ในบรรยากาศมีทิศทางไม่แน่นอน ซึ่งมี 3 ประเภท คือ การกระจัดกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคเล็กกว่าความยาวช่วงคลื่นที่ตกกระทบ ทำให้เกิดสภาวะหมอกควัน การกระจัดกระจายแบบมี (Mie scattering) เกิดขึ้นที่เส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกับความยาวคลื่น เช่น น้ำ ไอ น้ำ ฝุ่นละออง และการกระจัดกระจายแบบไม่เจาะจง (Non-selective scattering) เกิดขึ้นเมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคมีขนาดใหญ่กว่าความยาวช่วงคลื่น เช่น หยกน้ำ สะท้อนช่วงคลื่นที่ตามมองเห็น และอินฟราเรดเกือบเท่ากันทำให้มองเห็นเมฆเป็นสีขาว สำหรับการหักเหเกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน ซึ่งมีผลต่อ

ความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งภาพ ดังนั้นการสะท้อนจากวัตถุที่ถูกบันทึกได้นั้นขึ้นอยู่กับสภาพของบรรยากาศและความยาวคลื่นในขณะที่ทำการตรวจวัด

2.6.3.2 การรับรู้ระยะไกลแบบแอ็กทีฟ (Active remote sensing system)

การรับรู้จากระยะไกลแบบแอ็กทีฟเป็นระบบที่มนุษย์สร้างพลังงาน และส่งพลังงานมากระทบวัตถุเป้าหมาย ในช่วงคลื่นไมโครเวฟ เช่น ระบบเรดาร์ (RADAR : Radio Detection And Ranging) ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 1 มิลลิเมตร ถึง 1 เมตร ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ถ่ายภาพด้วยระบบเรดาร์ ได้แก่ ดาวเทียม RADARSAT ของประเทศแคนาดา ถ่ายภาพโดยใช้ความยาวคลื่น 5.6 เซนติเมตร (C-Band) มีการถ่ายภาพในหลาย ๆ รูปแบบซึ่งทำให้ได้รายละเอียดของภาพและความกว้างของภาพแตกต่างกันออกไป สำหรับดาวเทียม ERS ได้ถูกส่งขึ้นสู่อวกาศโดย The European Space Agency (ESA) สามารถถ่ายภาพได้เหมือนกับดาวเทียมทั้งสองดวงนี้มีการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไปในทิศทางต่างกัน ซึ่งทิศทางการแผ่กระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า โพลาริเซชัน (Polarization) ดาวเทียม RADARSAT ส่งและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวนอน (Horizontal) ส่วนดาวเทียม ERS ส่งและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวตั้ง (Vertical)

ปัจจุบันดาวเทียมสำรวจทรัพยากรได้มีการออกแบบให้มีอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งในระบบแอ็กทีฟ และแพสซีฟ เช่น ดาวเทียม JERS-1 และ ALOS ของประเทศญี่ปุ่น ENVISAT และ ERS ของกลุ่มประชาคมยุโรป

2.6.4 การวิเคราะห์และแปลตีความภาพ (Image analysis and interpretation)

ข้อมูลจากดาวเทียม มีการเก็บภาพในระบบเชิงตัวเลขเพื่อใช้แทนวัตถุบนพื้นโลก เก็บเป็นแบบแถวจุดภาพ (Arrays of pixel) ซึ่งแต่ละจุดภาพ (Pixel) มีระดับสีเทา และตำแหน่งโดยอ้างจากแถวและคอลัมน์ ค่าของจุดภาพ (Pixelvalue) หรือจำนวนตัวเลข (Digital number) เป็นค่าที่บันทึกได้จากพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุบนพื้นโลกไปยังเครื่องตรวจวัด กระบวนการต่าง ๆ ในการประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลขมีไว้เพื่อช่วยให้เกิดประโยชน์สูงสุด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการทำข้อมูลภาพไปใช้ ขั้นตอนการประมวลผลภาพมีดังนี้

2.6.4.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre-processing)

ข้อมูลดิบที่ได้จากการถ่ายภาพของดาวเทียมจะต้องมาผ่านกระบวนการที่เรียกว่า การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric correction) เพื่อปรับแก้ค่าของจุดภาพที่คลาดเคลื่อนจากการบันทึก ซึ่งอาจเกิดจากสัญญาณรบกวนจากชั้นบรรยากาศ เช่น หมอก ไอน้ำ ส่วนการตรวจแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction) ใช้เพื่อปรับแก้ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดจากการบันทึก

และจากการหมุนของโลก และปรับให้ถูกต้องตามตำแหน่งที่อ้างอิงบนพื้นผิวโลกซึ่งต้องใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) สำหรับการปรับ และแก้ไขภาพ

การเน้นข้อมูลภาพ (Image enhancement) เพื่อปรับเปลี่ยนค่าระดับสีเทาของจุดภาพ ให้มีข้อมูลค่าของจุดภาพใหม่ที่มีความชัดเจนมากขึ้นเพื่อให้่ายต่อการแปลตีความจากภาพ โดยการปรับในแผนภูมิภาพ (Image histogram)

2.6.4.2 การประมวลผลภาพ (Image processing)

เป็นกระบวนการหรือกรรมวิธีจัดจำแนกค่าของจุดภาพลงในชั้นการจำแนกประเภทชั้นข้อมูล เพื่อจัดกลุ่มของจุดภาพให้เป็นกลุ่มหรือชั้นของการจำแนก ตามเงื่อนไขที่กำหนด การจำแนกภาพแบ่งเป็น การจำแนกแบบควบคุม (Supervised classification) โดยเป็นการแบ่งประเภทของการสะท้อนช่วงคลื่นออกเป็นกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่ม แล้วกำหนดให้เป็นพื้นที่ของกลุ่มตัวอย่าง (Training area) เพื่อเป็นตัวแทนของลักษณะต่าง ๆ ใช้สำหรับคำนวณค่าทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ยของแต่ละประเภทข้อมูล ค่าสถิติดังกล่าวให้เป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทของข้อมูล การจำแนกภาพแบบนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลภาคพื้นดินมาช่วย ส่วนการจำแนกภาพอีกแบบเรียกว่า การจำแนกแบบไม่ควบคุม (Unsupervised classification) เป็นการจำแนกโดยใช้การจำแนกประเภทข้อมูลจากค่าสถิติของการสะท้อนของช่วงคลื่นของวัตถุต่าง ๆ เรียกว่า การจับกลุ่มของข้อมูล (Clustering)

2.6.4.3 การแปลตีความภาพด้วยสายตา

การแปลตีความภาพจากดาวเทียมด้วยสายตาต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้ ความเข้าใจในลักษณะของพื้นที่ศึกษา และกิจกรรมที่เกิดขึ้น ณ พื้นที่นั้น ๆ ในช่วงเวลาต่าง ๆ องค์ประกอบของการแปลตีความภาพ ได้แก่ ความเข้มของสีและสี (Tone and color) ขนาด (Size) รูปร่าง (Shape) เนื้อภาพ (Texture) ความสูง และเงา (Height and shadow) เป็นต้น

2.7 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM)

Digital Elevation Model (DEM) เป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะภูมิประเทศของโลก หรือพื้นผิวอื่น ๆ ในรูปแบบดิจิทัล โดยมีค่าพิกัดและการแสดงค่าความสูง โดยส่วนมากจะถูกใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ DEM อาจสามารถใช้งานร่วมกับภาพแสดงพื้นผิวได้ ซึ่ง DEM มักถูกจัดเก็บในลักษณะของ Raster หรือจุดภาพที่เป็นสี่เหลี่ยมโดยแต่ละช่องจะจัดเก็บค่าความสูงเอาไว้ ประโยชน์ของ DEM ใช้ในงานจำลองสภาพภูมิประเทศ การจำลองการบิน หรือการจำลองการไหลของน้ำ เป็นต้น

แบบจำลองความสูงภูมิประเทศ มีด้วยกันหลายรูปแบบ เช่น Digital Elevation Model (DEM) - โดยทั่วไปคำว่า digital elevation model หรือ DEM จะหมายถึงการแสดงผลภาพพื้นผิวภูมิประเทศในเชิงตัวเลข อย่างไรก็ตามมักจะใช้กับการนำเสนอบนระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งมักอยู่ในรูปแบบของราสเตอร์หรือกริดของความสูง Digital Terrain Model (DTM) – เป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกับ DEM แต่จะใช้ทั่วไป ๆ มากกว่า ข้อมูล DTM ความสูงของพืชพันธุ์ อาคาร สิ่งปลูกสร้างจะถูกเอาออกให้เหลือเฉพาะพื้นผิวของโลกจริง ๆ Digital Surface Model (DSM) – หมายถึงแบบจำลองภูมิประเทศซึ่งจะแสดงพื้นผิวของโลกที่สามารถแสดงบนคอมพิวเตอร์ได้ โดยจะรวมเอาความสูงของพืชพันธุ์และสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้นเอาไว้ด้วย และสามารถสร้างได้จากหลายวิธี เช่น แต่ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการสำรวจจากระยะไกล หรือวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีมากกว่าการสำรวจในสนามโดยตรง แต่ในปัจจุบันมีวิธีการที่ทันสมัยอื่น ๆ อีก เช่น การใช้เทคนิคการสำรวจด้วย Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR) การสำรวจด้วยภาพคู่ซ้อนจากภาพถ่ายจากดาวเทียม (ได้แก่ ดาวเทียม RADARSAT-1, ASTER, IKONOS) ส่วนวิธีการดั้งเดิมคือการสร้างจากเส้นชั้นความสูงซึ่งได้จากการสำรวจโดยตรงในสนามยังคงมีใช้อยู่บ้าง โดยเฉพาะพื้นที่ภูเขาที่อับสัญญาณเรดาร์เป็นต้น

คุณภาพของ DEM จะเป็นการวัดความถูกต้องของค่าระดับความสูงของตะและจุดภาพ (absolute accuracy) และความถูกต้องในการแสดงลักษณะพื้นผิว (relative accuracy) โดยมีปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของ DEM ได้แก่ ความขรุขระของภูมิประเทศ (terrain roughness) ความหนาแน่นของการจัดเก็บค่าความสูง (elevation data collection method) ความละเอียดของกริดหรือขนาดจุดภาพ (grid resolution or pixel size) วิธีการในการ (interpolation) ความละเอียดในทางระดับ (vertical resolution) วิธีการในการวิเคราะห์ภูมิประเทศ (terrain analysis algorithm)

การวัดความสูงหรือจุดระดับความสูงที่เป็นตัวแทนของภูมิประเทศ มีการจัดเก็บข้อมูล การประมวลผล และการนำเสนอแบบจำลองในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D) แบบจำลองสามมิติเสมือนจริง แบบจำลองระดับสูงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งในการนำไปสร้างภาพถ่ายออร์โธ เนื่องจากแบบจำลองระดับสูงจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเนื่องจากความสูงต่างของภูมิประเทศ (Relief Displacement) ซึ่งหากแบบจำลองระดับสูงมีความถูกต้องสูงก็จะส่งผลให้ภาพถ่ายออร์โธมีความถูกต้องสูงด้วยเช่นกัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

2.8 การจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ (Pixel-based Classification)

เป็นการจำแนกข้อมูลจากภาพที่ได้ทำการผสมสีตามความเหมาะสมในการจำแนกของผู้ศึกษา เนื่องจากการผสมสีมีความแตกต่างกันของค่าการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณให้มีความชัดเจนในการจำแนกมากขึ้น โดยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวแทน (Training Area) ของข้อมูลภาคสนามแทนของลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏในภาพดาวเทียมเพื่อใช้คำนวณค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่า Covariance Matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท ค่าสถิติดังกล่าวเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด มีทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่

2.8.1 Minimum Distance to Means Classifier พิจารณาค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพว่ามีระยะห่างน้อยที่สุดจากค่าศูนย์กลางของประเภทข้อมูล

2.8.2 Parallelepiped Classifier กำหนดช่วงผันแปร (Variance) ของประเภทข้อมูลจากค่าสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุดและสูงสุดภายในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละแบนด์

2.8.3 Maximum Likelihood Classification พิจารณาค่า Mean Vector และ Covariance Matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละจุดภาพ ว่าถูกจำแนกในประเภทข้อมูลใด โดยทั่วไปวิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุดและใช้เวลาประมวลผลมากด้วย (วีระภาส คุณรัตนศิริ, 2555)

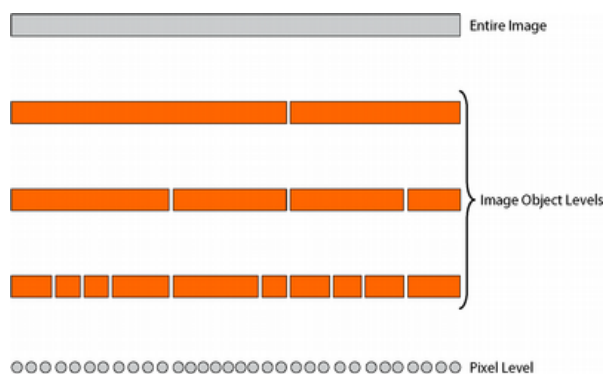
2.9 การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ (Object-based Classification)

การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุเป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยคุณลักษณะของวัตถุเชิงภาพ (Image Object) หรือกลุ่มของจุดภาพแทนการใช้ค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพเดี่ยว (Pixel) โดยมีวิธีการที่สำคัญคือการทำ segmentation ทั้งนี้ segmentation คือการแบ่งส่วนภาพ (image) ออกเป็นหลายพื้นที่ (region) หรือวัตถุ (object) หลายชนิดตามลักษณะของการเป็นเนื้อเดียวกันหรือมีความสัมพันธ์กัน (homogenous areas, relatively homogeneous areas) เพื่อพยายามสร้างวัตถุและใช้วัตถุที่สร้างขึ้นมาอธิบายชั้นข้อมูล (class) อันเป็นตัวแทนของวัตถุที่ใช้ในการจำแนก (จิตาภรณ์ กล่าวถึงสุภาสพงษ์, 2555) ซึ่งมีกระบวนการและคุณลักษณะดังนี้

เนื่องจากขนาดของจุดภาพมีความหยาบมากกว่าขนาดของวัตถุที่สนใจการศึกษาจึงเน้นที่การวิเคราะห์เชิงจุดภาพเช่น per-pixel analysis หรือ sub-pixel analysis แต่ด้วยการเพิ่มขึ้นของภาพที่มีรายละเอียดสูงแนวทางการศึกษาจึงมีทางเลือกมากขึ้น โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้วัตถุที่สร้างขึ้นมาจากจุดภาพหลาย ๆ จุดภาพเทคนิคที่นิยมใช้ในการสร้างวัตถุขึ้นมาคือ image segmentation เป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 1970 ถึงช่วงประมาณปี2000 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และการประมวลผลด้วยภาพถ่ายได้พัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วในด้านการวิเคราะห์ภาพด้วยวิธีการเชิงวัตถุ (object based image analysis-OBIA หรือ geospatial object based image analysis-GEOBIA) (Blaschke, 2009)

2.9.1 การสร้างวัตถุภาพ

ในการสร้างวัตถุภาพเป็นวิธีการกระบวนการสร้างรูปปิดหรือวัตถุเชิงภาพจากจุดภาพเพื่อตีความอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ปรากฏบน โลกจริงสามารถสร้างได้หลายเงื่อนไขและหลายวิธี โดยขั้นตอนของการสร้างวัตถุภาพจะเริ่มจากจุดภาพจุดหนึ่งจะทำการรวมกับจุดภาพข้างเคียงที่มีคุณลักษณะสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้โดยพิจารณาจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ได้แก่ Scale parameter ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (Color) และรูปร่าง (Shape) โดยรูปร่างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นปึกแผ่น (Compactness) และความเรียบเนียน (Smoothness) ประกอบรวมกันเป็นวัตถุเชิงภาพแต่ถ้าจุดข้างเคียงที่พิจารณามีคุณลักษณะไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดจะใช้จุดดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นต่อไปในการพิจารณากับจุดข้างเคียงเมื่อจุดภาพสามารถรวมกันเป็นสร้างเป็นรูปปิดที่เรียกว่าวัตถุเชิงภาพได้แล้ววัตถุเชิงภาพนั้นจะถูกเก็บไว้ในระดับของวัตถุเชิงภาพ (Image Object Levels) เพื่อใช้แสดงผลต่อไป แสดงดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แสดงการแบ่งและรวมจุดภาพให้กลายเป็นวัตถุเชิงภาพ
(ที่มา : ชูติภรณ์ สาดแสงจันทร์ อ้างอิงจาก Blaschke, 2009)

วิธีการ **Multiresolution Segmentation** เป็นการสร้างวัตถุภาพ โดยอาศัยข้อมูลคุณลักษณะบางอย่างที่คล้ายกันของจุดภาพที่อยู่ติดกันเป็นวิธีการรวมจุดภาพหรือวัตถุภาพที่มีอยู่ในแบบวิธีจากล่างขึ้นบน (bottom-up segmentation) สามารถกำหนดปัจจัย (Parameter) ที่จะสร้างวัตถุให้เหมาะสมกับภาพได้ 5 ข้อ ได้แก่

2.9.1.1 Scale Parameter

เป็นตัวกำหนดขนาดของการสร้างวัตถุเชิงภาพจะเป็นตัวกำหนดค่าที่มากที่สุดที่ยอมให้ลักษณะที่แตกต่างกันสำหรับกำหนดเป็นวัตถุภาพกล่าวคือขนาดใหญ่มากที่สุดที่จะใช้แยกความแตกต่างของพื้นที่ (region) โดยจะถูกกำหนดในรูปมาตราส่วน โดยค่า Scale Parameter น้อยขนาดของวัตถุจะมีขนาดเล็กถ้าค่า Scale Parameter มากขนาดของวัตถุจะมีขนาดใหญ่

2.9.1.2 สี (Color)

สีเป็นการใช้สีของจุดภาพในการพิจารณาเพื่อสร้างวัตถุเชิงภาพขึ้นมาสามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0-1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% มีสมการคือ

$$\text{Color} = 1 - \text{Shape}$$

2.9.1.3 รูปร่าง (Shape)

รูปร่างเป็นการใช้รูปร่างของวัตถุเชิงภาพที่จะถูกสร้างขึ้นมาเป็นปัจจัยในการพิจารณาเพื่อสร้างวัตถุเชิงภาพสามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0-1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% มีสมการคือ

$$\text{Shape} = \text{Compactness} + \text{Smoothness}$$

2.9.1.4 ความหนาแน่น (Compactness) และความราบเรียบ (Smoothness)

ความหนาแน่นเป็นการพิจารณาวัตถุเชิงภาพที่จะสร้างแบบใช้ปัจจัยด้านรูปร่างที่มีลักษณะเกาะกลุ่มกันแน่นเช่นบริเวณที่มีการปลูกพืชหนาแน่นสามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0 -1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% สมการคือ

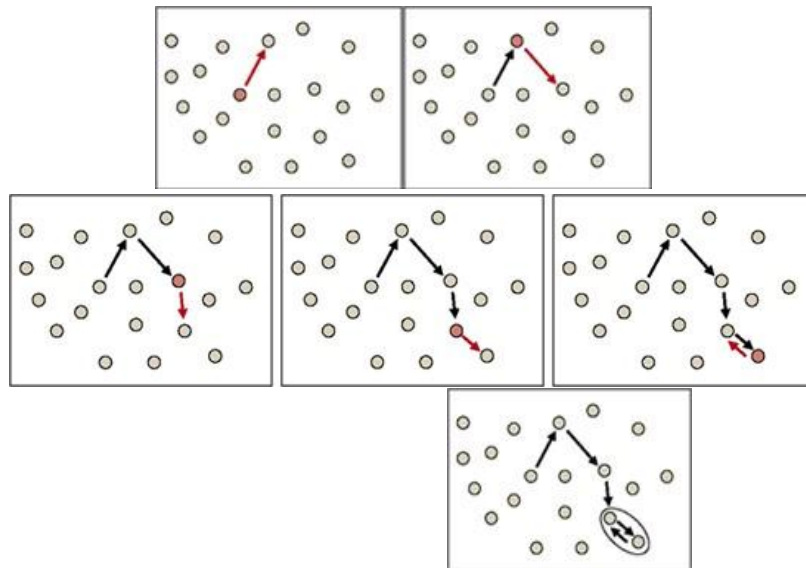
$$\text{Compactness} = \beta \text{Compactness} \times \text{Shape}$$

2.9.1.5 ความราบเรียบ

เป็นการพิจารณาวัตถุเชิงภาพที่จะสร้างแบบใช้ปัจจัยด้านรูปร่างที่มีลักษณะวางตัวสม่ำเสมอเช่นบริเวณที่เป็นนาข้าวหนาแน่นสามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0 -1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% สมการคือ

$$\text{Smoothness} = (1 - \beta \text{Compactness}) \times \text{Shape}$$

วิธีการทำงานของ Multiresolution Segmentation คือ ใช้ค่า Parameter ที่กำหนดมาวิเคราะห์กับจุดภาพที่สนใจจุดหนึ่งจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะกับจุดภาพใกล้เคียงถ้าจุดใดคุณลักษณะใกล้เคียงกันจะถูกจัดและสร้างให้เป็นวัตถุภาพเดียวกัน แต่ถ้าจุดภาพไม่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันตาม Parameter ก็จะไม่ถูกสร้างเป็นวัตถุภาพเดียวกันดังภาพเริ่มสนใจที่จุดภาพสีแดงเปรียบเทียบกับจุดภาพข้างเคียงไปเรื่อยๆ ถ้าไม่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันจะไม่ถูกสร้างเป็นวัตถุภาพจนภาพสุดท้ายที่จุดภาพ 2 จุดมีคุณลักษณะใกล้เคียงกันจึงถูกสร้างเป็นวัตถุภาพขึ้นเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 แสดงการสร้างวัตถุภาพของวิธี Multiresolution Segmentation
(ที่มา : จูตาภรณ์ สาดแสงจันทร์ อ้างอิงจาก Blaschke, 2009)

2.8.2 คุณลักษณะของวัตถุภาพ (Image Object Feature)

เป็นลักษณะของวัตถุที่แต่ละวัตถุจะมีค่าเฉพาะตัวบางอย่างที่ได้จากการสะท้อนพลังงานและรูปร่างของวัตถุรวมถึงการคำนวณคุณลักษณะบางอย่างภายในวัตถุภาพที่สนใจกับวัตถุภาพใกล้เคียงที่กำหนดเพื่อสร้างเป็นข้อมูลคุณลักษณะบางอย่างให้กับวัตถุนั้นมีคุณลักษณะที่ศึกษาและนำมาใช้งานดังต่อไปนี้

2.9.2.1 Layer Value Mean

เป็นการหาค่าเฉลี่ยของค่าสะท้อนพลังงานในชั้น (Layer) ที่สนใจของจุดภาพทุกจุดที่อยู่ในวัตถุภาพนั้น ๆ

2.9.2.2 Layer Value Mean Diff. To Scene

เป็นการหาค่าต่างของค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานในชั้น (Layer) ที่สนใจจุดในชั้นเทียบกับค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานในชั้น (Layer) ของวัตถุที่สนใจมีสมการคือ

$$\bar{C}_{k(v)} - \bar{C}_k$$

โดย $\bar{C}_{k(v)}$ คือ ค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานของวัตถุที่สนใจ

\bar{C}_k คือ ค่าเฉลี่ยการสะท้อนพลังงานในชั้น (Layer) ที่สนใจ

2.9.2.3 Rel. Border to Brighter Neighbors

เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ของความสว่างระหว่างวัตถุที่สนใจกับวัตถุโดยรอบ ว่าจะมีความสว่างต่างกันอย่างไรมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 กล่าวคือถ้าค่าเป็น 0 คือวัตถุใกล้เคียงทั้งหมดจะมีคกว่าวัตถุที่สนใจถ้าค่าเป็น 1 วัตถุใกล้เคียงทั้งหมดจะสว่างกว่าวัตถุที่สนใจมีสมการคือ

$$\sum_{u \in N_v^B} \frac{b(v, u)}{b_v}$$

โดย b_v คือ ความยาวของขอบวัตถุที่สนใจ

$b(v, u)$ คือ ความยาวของขอบระหว่างวัตถุที่สนใจกับวัตถุ

โดยรอบ

2.9.3 การจำแนกเชิงวัตถุ

เป็นการจำแนกวัตถุออกเป็นกลุ่มที่ต้องการ โดยอาศัยคุณลักษณะของวัตถุ (Feature) เป็นเงื่อนไขและเป็นสิ่งที่จะพิจารณาในการจำแนกแต่มีหลายวิธีการที่จะใช้ในการจำแนกคือ

2.9.3.1 การจำแนกวัตถุโดยใช้เงื่อนไขทางคุณลักษณะของวัตถุ

เป็นการจำแนกวัตถุภาพโดยการระบุคุณลักษณะของวัตถุและเงื่อนไขด้วยตัวดำเนินการทางตรรกะที่จะให้วัตถุที่มีคุณลักษณะตรงกับที่ระบุไว้ถูกจำแนกเข้าสู่กลุ่มที่ต้องการ

2.9.3.2 การจำแนกวัตถุแบบกำกับดูแลด้วยวิธี Nearest Neighbor

เป็นการจำแนกวัตถุแบบกำกับดูแลคือต้องมีการเลือกตัวอย่างของกลุ่มวัตถุที่ต้องการจะจำแนกก่อนซึ่งตัวอย่างที่เลือกนี้จะถูกพิจารณาหาคุณลักษณะของวัตถุที่เด่นชัดในแต่ละกลุ่มเพื่อที่จะใช้จำแนกวัตถุอื่นๆที่ยังไม่ถูกจำแนกด้วยการพิจารณาคูณลักษณะที่มีใกล้เคียงกันหรือคล้ายคลึงกันในการประเมินความเป็นไปได้ในแต่ละกลุ่ม (ฐิตาภรณ์ สาดแสงจันทร์, 2556)

2.10 การใช้ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index)

การแปลตีความในพื้นที่ได้นำดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) มาช่วยในการจำแนกเพื่อเพิ่มความถูกต้อง ดัชนีพืชพรรณเป็นตัวชี้ถึงพื้นที่ที่มีพืชปกคลุม พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมจะมีความแตกต่างจากพื้นที่ที่พืชปกคลุมอยู่น้อยและมีความแตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่มีพืชปกคลุมบ่งบอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวโดยคำนวณจากการนำช่วงคลื่นที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณมาทำสัดส่วนซึ่งกันและกันและในการหาค่าดัชนีพืชพรรณสามารถนำมาใช้ได้หลายสมการ ได้แก่

ดัชนีผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

โดย NDVI = ดัชนีพืชพรรณ

NIR = ช่วงคลื่น Near-Infrared

RED = ช่วงคลื่นแสงสีแดง

ที่มา : Kriegler, 1969

ดัชนีสะท้อนสีเขียว (Green-Red Vegetation Index)

$$GRVI = (GREEN-RED)/(GREEN+RED) \quad (2)$$

โดย GRVI = ดัชนีพืชพรรณ โดยวิธี Green-Red Vegetation Index
 GREEN = ช่วงคลื่นแสงสีเขียว
 RED = ช่วงคลื่นแสงสีแดง

ดัชนีเน้นสีเขียว (Excessive Green : EXG)

$$ExG = 2G - R - B \quad (3)$$

โดย ExG = ดัชนีพืชพรรณ Excessive Green
 GREEN = ช่วงคลื่นแสงสีเขียว
 RED = ช่วงคลื่นแสงสีแดง
 BLUE = ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน

ดัชนี RVI (Ratio Vegetation Index)

$$RVI = NIR - R \quad (4)$$

โดย RVI = ดัชนีพืชพรรณ RVI
 NIR = ช่วงคลื่น Near-Infrared
 RED = ช่วงคลื่นแสงสีแดง

2.11 การจำแนกพรรณไม้ด้วยเทคนิคทาง Remote Sensing

ในการใช้เทคนิคการจำแนกป่าไม้ในทาง Remote Sensing มีด้วยกันหลากหลายเทคนิค เพื่อให้การจำแนกนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดควรเลือกสมการให้เหมาะสมกับรูปแบบใน

แต่ละงานเพื่อความสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ทางด้านป่าไม้ ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis), สมการจำแนกแบบฐานกฎ (Rule-based Classification), การจำแนกเป็นความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classifier), การจำแนกข้อมูลการค้นหาคู่เพื่อนบ้านใกล้เคียง (K-Nearest-Neighbor Classifiers) เป็นต้น

2.11.1 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

ใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหนึ่งตัวกับตัวแปรต้นหลายตัว และเป็นสมการพยากรณ์ตัวแปรตาม ศึกษาอิทธิพลปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปรต้นออกมาจะได้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างตัวแปรตามหนึ่งตัวกับตัวแปรต้นหลายตัว โดยสมการมีรูปแบบดังนี้

$$Y_i = b_{YX}X_i + a_{YX} \quad (5)$$

เมื่อ Y = ตัวแปรเกณฑ์

X = ตัวแปรทำนาย

b_{YX} = สัมประสิทธิ์การถดถอยสำหรับ Y ที่ถูกทำนายด้วย X

a_{YX} = ค่าคงที่หรือจุดตัดของเส้นถดถอย

2.11.2 การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุดแต่ใช้เวลาในการคำนวณมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ (Curran, 1985) หลักการทำงานคือ ครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่าง โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal distribute) การกระจายตัวของจุดภาพรอบๆ ค่าเฉลี่ย อธิบายได้โดยทฤษฎีของความน่าจะเป็นหรือ "Probability Function" ข้อเสียเปรียบของการจำแนกประเภทข้อมูลชนิดนี้คือใช้เวลาในการคำนวณมากเพื่อที่จะจำแนกค่าของจุดภาพแต่ละค่าให้อยู่ในประเภทใดประเภทหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำงานกับข้อมูลช่วงคลื่น หรือใช้ข้อมูลที่มีกลุ่มค่าการสะท้อนแสงที่แตกต่างกันจำนวนมาก ดังนั้นการทำงานจึงช้ากว่าวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้นปัญหาดังกล่าวสามารถที่จะแก้ไขได้โดยการนำ

วิธีการต่างๆ มาใช้ เช่น การลดขนาดของข้อมูลก่อนที่จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภทเป็นต้น หาได้จากสมการดังต่อไปนี้ (ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์, 2015)

$$Pr = [1/(sd \times \sqrt{2 \times \pi})] \exp[-(sv - \text{mean})^2 / (2 \times sd^2)] \quad (6)$$

- เมื่อ sd = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มข้อมูลที่เป็น Training Area
 sv = ค่าความสว่างของจุดภาพที่พิจารณา
 Mean = ค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างของจุดภาพใน Training Area
 exp = ค่า Exponential ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่า log

2.11.3 สมการจำแนกแบบฐานกฎ (Rule-based Classification)

เป็นเทคนิคสำหรับการแยกประเภทระเบียบข้อมูลโดยใช้รูปแบบกฎ “if...then...” ซึ่งกฎที่นำมาสร้างโมเดลจะถูกนำเสนอในรูปแบบการเชื่อมต่อกัน ตัวอย่างเช่น

R1: IF Band = Range AND Texture = Range THEN buys_computer = yes

จากรูปแบบฟอร์มของกฎและตัวอย่างกฎ R1 ข้างต้น จะประกอบไปด้วยข้อมูลสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรก ส่วนเงื่อนไข ‘IF’ จะเป็นส่วนที่เรียกว่า ‘rule antecedent’ หรือ ‘precondition’ ประกอบไปด้วย เซตของแอทริบิวต์ต่างๆ ประกอบกันเป็นเงื่อนไข ซึ่งจากกฎ R1 จะประกอบไปด้วยแอทริบิวต์ที่บ่งบอกถึง คุณลักษณะของคน 2 แอทริบิวต์ด้วยกัน คือ อายุอยู่ในช่วงหนุ่มสาว (age = youth) และเป็นนักเรียน (student = yes) โดยส่วนเงื่อนไขของกฎจะทำการเชื่อมโยงแอทริบิวต์ต่างๆ เข้าด้วยกันด้วยเครื่องหมาย AND ที่ซึ่งจะเป็นการบ่งบอกว่าข้อมูลจะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ทั้งหมด ในส่วนที่สอง จะเรียกว่า ‘rule consequence’ ที่จะมีหมวดหมู่ข้อมูลบรรจุอยู่ จากตัวอย่างกฎ R1 ข้างต้น เราจะทำการทำนายว่า ลูกค้าที่มีคุณลักษณะเช่นไรที่จะทำการซื้อคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

2.11.4 การจำแนกข้อมูลการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุด (K-Nearest-Neighbor Classifiers)

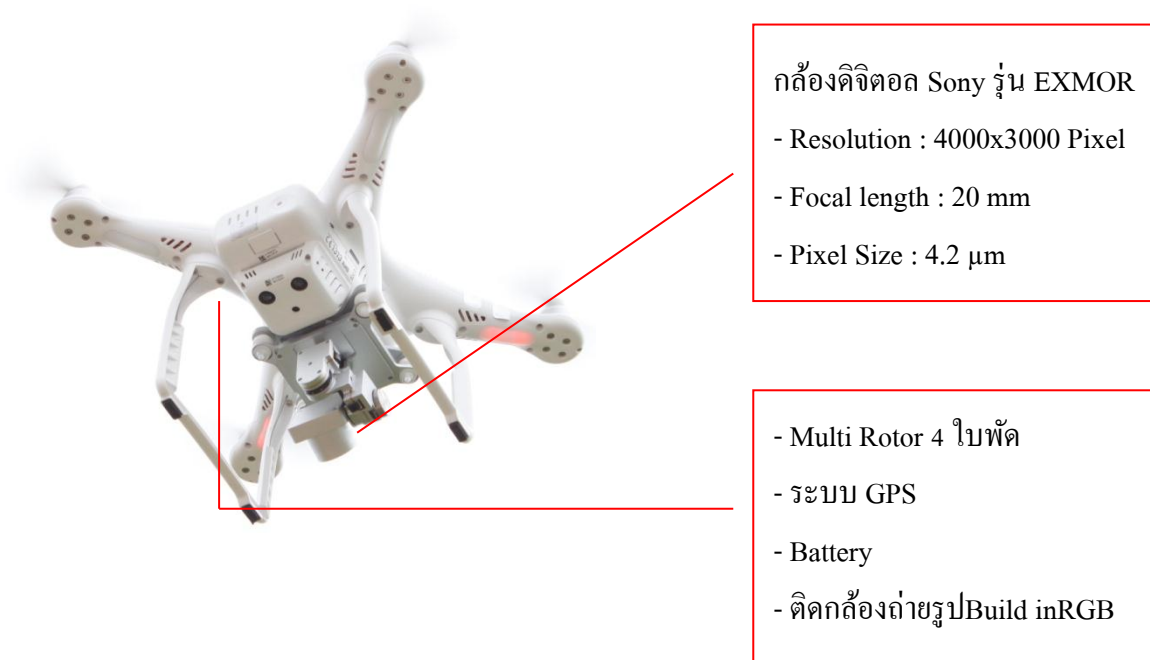
การจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการค้นหาเพื่อนบ้านใกล้สุดจะเป็นการเรียนรู้โดยการเปรียบเทียบกันระหว่าง เรคคอร์ดของข้อมูลที่ต้องการจำแนก/ทำนายหมวดหมู่กับเรคคอร์ดทั้งหมด

ในชุดข้อมูลสอนที่มีลักษณะ เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันด้วยการพิจารณาข้อมูลแอทริบิวต์ต่าง ๆ โดยข้อมูลเรคคอร์ดหนึ่งๆจะสามารถถูกมองว่าเป็นจุดหนึ่งในระนาบ n มิติ (เมื่อ n คือจำนวนแอทริบิวต์ทั้งหมด) ถ้าเรานำข้อมูลทุกๆเรคคอร์ดในชุดข้อมูล สอนมาวางในระนาบ n มิติ จากนั้นนำข้อมูลเรคคอร์ดที่ต้องการจำแนก/ทำนายหมวดหมู่มาวางในระนาบด้วย เช่นกัน จากนั้นพิจารณาหาว่ามีข้อมูลจุดใดบ้าง (เรคคอร์ดใดบ้าง) ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับเรคคอร์ดที่ ต้องการจำแนก หมวดหมู่มากที่สุดเป็นจำนวน k เรคคอร์ด (โกลเมศ)

2.12 ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน (Unmanned Aerial System)

อากาศยานไร้คนขับหรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) คือ ยานพาหนะทาง อากาศขนาดเล็กที่ไม่มีนักบินประจำ อยู่บนเครื่อง ควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติมีลักษณะคล้ายคลึง กับเครื่องบินบังคับวิทยุสมัครเล่น มีหลากหลายขนาดและรูปร่าง ไม่จำกัดรูปแบบแล้วแต่นัก ออกแบบจะออกแบบเพื่อใช้งานให้เหมาะสมกับภารกิจ ในระยะเริ่มแรก UAV ถูกพัฒนามาเพื่อ ภารกิจทางด้านการทหารและการรบ ใช้ในการสอดแนมและตรวจการณ์สนามรบเพื่อหาข้อมูลฝ่าย ตรงข้าม และส่งข้อมูลสถานการณ์มายังสถานีภาคพื้นดิน (Ground Control Station) รวมไปถึง ภารกิจการลาดตระเวนเพื่อบันทึกภาพสถานที่เป้าหมาย ปัจจุบันมีการนำ เทคโนโลยี UAV มาใช้ใน ภารกิจด้านพลเรือนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้งานในภารกิจที่ นอกเหนือไปจากภารกิจด้านการทหาร และในบางภารกิจสามารถใช้ได้ดีมากกว่าด้วย ทั้งทางด้าน การเกษตรกรรมด้านการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้านการศึกษาวิจัย เป็นต้น

อากาศยานไร้คนขับมีรูปร่าง ขนาด รูปแบบ และเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันออกไป ตามหลักแล้วอากาศยานไร้คนขับ ก็คือ โดรน (Drone) นั่นเอง เป็นอากาศยานที่ควบคุมจากระยะไกล ใช้ การควบคุมอัตโนมัติซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การควบคุมอัตโนมัติจากระยะไกล และการควบคุมแบบ อัตโนมัติโดยใช้ระบบการบินด้วยตนเองซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีระบบที่ซับซ้อน แล้วมีการติดตั้งไว้ในอากาศยานและในส่วนของการตัดสินใจเส้นทางการบินนั้น แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) บังคับจากศูนย์ควบคุมระยะไกล 2) มีการโปรแกรมไว้ให้บินไปตามเส้นทางที่กำหนด 3) วินิจฉัยการเดินทางด้วยคอมพิวเตอร์บนอากาศยาน **แสดงดังภาพที่ 2-4**



ภาพที่ 2-4 รูปของหุ่นยนต์อากาศยาน (Drone) และรายละเอียดต่าง ๆ

ด้วยคุณสมบัติเฉพาะของ UAV นักพัฒนาด้านอากาศยานจึงได้ทำการคิดค้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เทคโนโลยี UAV พัฒนาขีดความสามารถให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในทุกด้าน เช่น ส่วนของสมรรถนะที่พัฒนาให้มีความฉลาดมากขึ้นสามารถแยกแยะประเภทของวัตถุได้ การควบคุมที่ให้มีระยะควบคุมไกลมากขึ้น กล้องวิดีโอที่มีกำลังขยายมากขึ้นและสามารถมองเห็นได้ในเวลากลางคืน รวมไปถึงการพัฒนากล้องในระบบ First Person View (FPV) ที่ทำให้ได้มุมมองที่ดียิ่งขึ้น การส่งสัญญาณมายังส่วนแสดงผลในสถานีภาคพื้นดินด้วยระบบต่อเนื่องในเวลาจริง (Real Time) โดยกล้องหรือเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับงานสำรวจป่าไม้ในปัจจุบันมีดังนี้ แสดงดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 (ก) เซ็นเซอร์ช่วงคลื่น Near-Infrared (ที่มา : EdmundOptic) (ข) เซ็นเซอร์ Multispectral (ที่มา : Helimetrex) (ค) เซ็นเซอร์ Hyperspectral (ที่มา : Gildenphotonics)

UAV กับภารกิจด้านการสำรวจการสำรวจพื้นที่ โดยใช้ภาพถ่ายจากมุมสูง เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งช่วยในการสำรวจพื้นที่เพื่อการวางแผนและการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ (Area Approach) สามารถติดตามการเกิดการเปลี่ยนแปลงรวมถึงช่วยในการจัดทำแผนที่รายละเอียดสูง ดังที่กล่าวเบื้องต้น UAV คือ อากาศยานไร้คนขับที่สามารถบินได้โดยอัตโนมัติไม่จำเป็นต้องใช้นักบินประจำการอยู่บนตัวเครื่อง สามารถติดตั้งและปรับแต่งอุปกรณ์เสริมให้เหมาะสมกับแต่ละภารกิจได้โดยไม่จำกัด UAV จึงมีคุณสมบัติที่จะนำมาใช้ในการสำรวจพื้นที่ซึ่งที่ผ่านมา UAV มีบทบาทในการเข้าสำรวจพื้นที่ประสบภัยพิบัติที่เจ้าหน้าที่ยากจะเข้าถึง เช่น เหตุการณ์น้ำท่วมภาคกลางเมื่อปี พ.ศ.2554 โดยช่วยในการถ่ายภาพทางอากาศบริเวณพื้นที่น้ำท่วม เพื่อเพิ่มศักยภาพให้ UAV ปฏิบัติงานด้านการสำรวจในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการติดตั้งเครื่อง GPS กล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง การใช้งานร่วมกับแผนที่ดิจิทัลทำให้การเชื่อมโยงการกำหนดตำแหน่งเป้าหมายมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

การสร้างอากาศยานไร้คนขับหรือ UAV โดยทั่วไปจะคำนึงถึงหลัก 5 ประการ คือ ระยะเวลาบิน ความเร็ว รัศมีทำการ ความสูง และน้ำหนักรวม ดังนั้น ส่วนประกอบที่เมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งระบบแล้วระบบอากาศยานไร้คนขับจะแยกได้ 10 ส่วน คือ

2.12.1 โครงเครื่องบิน (Airframe) โครงสร้างอาจมีรูปร่างต่างๆ กัน ส่วนวัสดุที่ใช้ก็มีหลายแบบ เช่น โลหะ พลาสติกผสมคาร์บอน ไฟเบอร์ผสม และวัสดุคูกคลื่นเรดาร์ เป็นต้น

2.12.2 ระบบขับเคลื่อนหรือเครื่องยนต์ (Propulsion System) ระบบขับเคลื่อนที่ใช้กับอากาศยานไร้คนขับมีหลายแบบ เช่น เครื่องยนต์ 2 จังหวะ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์โรตารี่มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์จรวด และเครื่องยนต์เทอร์โบเจ็ต เป็นต้น

2.12.3 ระบบควบคุม (Control System)การทำงานของอากาศยานไร้คนขับจะเป็นแบบการบังคับแบบใช้วิทยุจากพื้นดิน หรือการใช้โปรแกรมควบคุมการบินด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันสามารถควบคุมได้โดยนักบินขณะบิน

2.12.4 ระบบการส่งและกลับคืน (Launch and Recovery System)การส่งอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวี ขึ้นไปทำได้หลายวิธี เช่น การยิงจากเครื่องส่ง (Launch) การวิ่งขึ้นจากทางวิ่ง หรือการปล่อยจากอากาศยานขนาดใหญ่ และการกลับคืนฐานที่ตั้งก็สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การจับด้วยตาข่าย การใช้ร่มชูชีพ การใช้พาราพอยล์ และการบังคับลงบนรันเวย์ด้วยวิทยุบังคับ

2.12.5 ระบบนำร่องและนำวิถี (Navigation and Guidance System)เป็นส่วนที่สำคัญของอากาศยานไร้คนขับ ในปัจจุบันระบบนำร่องและนำวิถี ส่วนใหญ่จะใช้จีพีเอส (GPS) เป็นตัวช่วย โดยปกติแล้วอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานที่มีด้านระบบนำร่องและนำวิถีโดยเฉพาะแยกออกมาจากระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.12.6 ระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้น (Ground Control Station)ระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้นของอากาศยานไร้คนขับทำงานคล้าย ๆ กับระบบควบคุมภาคพื้นของอากาศยานทั่ว ๆ ไป โดยมีหน้าที่ตรวจสอบ การทำงานและตรวจข้อมูลต่าง ๆ ที่ส่งมาจากอากาศยานไร้คนขับนอกจากนั้นยังสามารถสั่งตัวตรวจวัดต่างๆ ทำงานตามที่เราต้องการ โดยส่งข้อมูลผ่านข่ายรับ - ส่งข้อมูลไร้สาย

2.12.7 สัมภาระที่บรรทุกได้ (Payload)ปกติอากาศยานไร้คนขับที่ทำหน้าที่สำรวจหรือตรวจการณ์จะนำ อุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ ขึ้นไป เช่น กล้องถ่ายภาพนิ่ง กล้องอินฟราเรด กล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว และเรดาร์ แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีที่ทำหน้าที่ในการสอดแนมและโจมตี ซึ่งอากาศยานไร้คนขับหรือยูเอวีเหล่านี้จึงอาจมีการติดตั้งจรวดหรือระเบิดขนาดต่างๆ ตามภารกิจ

2.12.8 ระบบการเชื่อมต่อและเก็บข้อมูล (Data Link and Storage System)ระบบเชื่อมต่อระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้นดิน ใช้หลายย่านความถี่ เช่น ย่านความถี่สูง (HF) ย่านความถี่สูงมาก (VHF) และย่านไมโครเวฟ หากระบบเหล่านี้ขัดข้องจะส่งต่อไปยังข่ายอื่น ๆ เช่น ดาวเทียม แล้วกลับมายังสถานีภาคพื้น

2.12.9 ระบบป้องกันตนเอง (Self – Protection System)เช่น การใช้วัสดุที่สามารถดูดคลื่นคลื่นเรดาร์แบบเครื่องบินขับไล่ที่มีคุณสมบัติตรวจจับได้ยาก

2.12.10 กำลังพล (Operating Personnel)ในปัจจุบันผู้ที่ทำงานในระบบอากาศยานไร้คนขับจะต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์สูง และได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดีเกี่ยวกับการบังคับอากาศยานไร้คนขับ

จึงอาจกล่าวได้ว่า อากาศยานไร้คนขับคือเครื่องบินที่สามารถบินได้ด้วยระบบอัตโนมัติ โดยไม่ต้องใช้นักบินประจำการอยู่บนอากาศยาน อาจมีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพคุณภาพสูงทั้งกล้องถ่ายภาพในเวลากลางวัน (Electro Optical) และกล้องอินฟราเรด (Infrared Sensor) ที่สามารถบันทึกภาพระยะไกลได้แล้วแพร่ภาพสัญญาณมายังจอภาพ ที่สถานีภาคพื้นดิน ในเวลาที่ใกล้เคียงเวลาจริงมากที่สุด (Near Real Time: NRT) ทำให้ผู้บังคับบัญชาสามารถมองเห็นภาพสนามรบในเวลาใกล้เคียงเวลาเป็นจริงมากที่สุด นอกจากนั้นอากาศยานไร้คนขับยังสามารถปฏิบัติภารกิจด้านข่าวกรอง การเฝ้าตรวจ การค้นหาเป้าหมาย และการลาดตระเวนหรือที่เราเรียกว่า

ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition, Reconnaissance) ได้ เป็นต้น โดยภาพที่ได้จากการใช้ UAV จะถูกส่งเป็นสัญญาณภาพหรือสัญญาณวิดีโอของเป้าหมายไปยังศูนย์ควบคุม เพื่อทางศูนย์ควบคุมจะทำการแปลความหมายจากภาพแล้วนำข้อมูลไปใช้งานในด้านต่าง ๆ ต่อไป

ดังนั้น UAV ถูกนำมาใช้ประโยชน์และมีรูปแบบการใช้งานได้หลากหลาย เช่น ตรวจจับองค์ประกอบในอากาศ ใช้ในการขนส่ง ใช้ในการโจมตีทางอากาศ ใช้ในการถ่ายภาพมุมสูง คูสภาพจราจร ช่วยเหลือภัยพิบัติต่าง ๆ ซึ่งในประเทศไทยก็เริ่มมีการนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งการนำ UAV มาใช้เพื่อบันทึกภาพแต่ละครั้งอาจต้องคำนึงถึงสิ่งที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้งาน ได้แก่ สภาพทางภูมิศาสตร์ เช่น พื้นที่ที่ต้องการบันทึกภาพ และสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ สภาพอากาศในวันเวลาที่ขี้นบิน(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555)

2.13 กระบวนการในการประมาณโครงสร้าง 3 มิติ (structure from motion

: SFM)

เอสเอฟเอ็ม (structure from motion : SFM) เป็นเทคนิคที่ประยุกต์รวมเอาความรู้ด้านคอมพิวเตอร์วิชั่น (computer vision), ดิจิทัลโฟโตแกรมเมตรี (digital photogrammetry) และการประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) เข้าด้วยกันเพื่อประมาณค่าพิกัดสามมิติ ทั้งของกล้องและวัตถุต่าง ๆ ในภาพโดยอาศัยเพียงข้อมูลภาพถ่ายสองมิติเท่านั้น ซึ่งเราสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคเอสเอฟเอ็มกับงานด้านต่างๆ ได้มากมาย เช่น การคำนวณแบบจำลองสามมิติของสถานที่ต่าง ๆ (Snavely et al., 2008; Teeravech, 2009) การทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น ในขณะที่ความก้าวหน้าด้านการประมวลผลภาพดิจิทัลก็ทำให้สามารถสกัดรูปทรงพื้นฐานเช่น จุด, เส้นตรง และวงกลม ออกมาจากภาพได้อย่างง่ายดาย ดังนั้นหากเราสามารถนำเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่นเอสเอฟเอ็มและการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยกันในการคำนวณตำแหน่งได้สะดวกมากขึ้น (สิทธิพร เถลิมพงษ์พิพัฒน์, 2558)

กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวสามมิติโดยระบบภูมิสารสนเทศ มีองค์ประกอบ 5 ประการดัง แสดงในภาพที่ 2-4 รายละเอียดดังนี้คือ

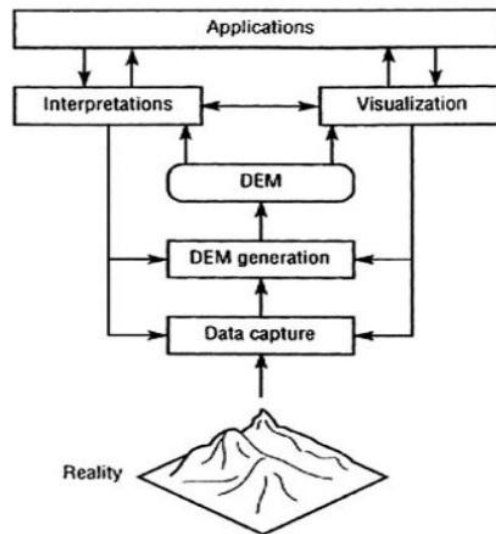
2.13.1 การสำรวจหรือสกัดข้อมูลความสูงของพื้นผิวจากภูมิประเทศจริง (Data capture)เป็นการรวบรวมตำแหน่งทั้งทางราบและความสูงของภูมิประเทศ สามารถทำได้หลายวิธี และมีหลายเทคโนโลยีที่สามารถทำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยในหลาย ๆ อย่าง เช่น ความละเอียดถูกต้อง ปริมาณที่ต้องการตลอดจนปัจจัยภายนอก เช่น งบประมาณด้วยเช่นกัน

2.13.2 การสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (DEM generation) ในระบบภูมิสารสนเทศการแสดงผลพื้นผิวความสูงของภูมิประเทศสามารถทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ปริมาณข้อมูล วิธีการที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ หรือวัตถุประสงค์ในการแสดงผล เป็นต้น

2.13.3 การแสดงผลในระบบ (Visualization)เป็นการนำข้อมูลเชิงตำแหน่งมาประมวลผลร่วมกับแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ และแสดงผลในรูปแบบสองมิติ หรือสามมิติ ขึ้นกับการกำหนดวิธีการแสดงผล และความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ใช้ ในการสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ

2.13.4 การวิเคราะห์ตีความแบบจำลอง (Interpretation)เป็นการนำข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล นำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ตีความ โดยวิธีการหรือใช้แบบจำลองที่เหมาะสมตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด เช่น การวิเคราะห์เส้นทางน้ำ การวิเคราะห์ดินตัดดินถม การวิเคราะห์ภูมิประเทศ เป็นต้น

2.13.5 การนำไปประยุกต์ใช้งาน (Applications)เป็นการนำผลที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ไปใช้ในการปฏิบัติงานวางแผนต่าง ๆ หรือบริหารจัดการ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ผลสำเร็จของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในบางครั้งผู้เชี่ยวชาญต้องอาศัยการทดลองใช้งาน เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ทำให้ในบางครั้งอาจจะต้องนำผลลัพธ์จากแบบจำลองมากกว่าหนึ่งแบบมาเปรียบเทียบผลจากการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง เพื่อให้ทราบว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด (กรมแผนที่ทหาร, 2555)



ภาพที่ 2-6 แผนผังการสร้างแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน

2.14 การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล (Digital Photogrammetry)

การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล (Digital Photogrammetry) หรือการสำรวจด้วยภาพถ่ายเชิงเลข เป็นการรังวัดด้วยภาพที่นำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) มาใช้ในกระบวนการรังวัดและประมวลผล กระบวนการทำงานจะใช้การคำนวณเชิงวิเคราะห์ โดยอาศัยการคำนวณเชิงเลขเป็นหลักการนำคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์มาช่วยในการรังวัด สามารถลดความผิดพลาด ลดความเหนื่อยหวั่นของมนุษย์ในการทำงานได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องใช้ความรู้ความเข้าใจ มีความชำนาญการใช้คอมพิวเตอร์ ตลอดจนเรียนรู้ขั้นตอนกรรมวิธีตามระบบคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ที่ใช้

เมื่อวิวัฒนาการข่าวสารข้อมูลก้าวเข้าสู่ระบบตัวเลข ประกอบกับมีเครื่องสมองกลหรือที่เรียกว่า computer ทำให้มีการแปรเปลี่ยนเครื่องมือรังวัดภาพถ่ายที่ต้องใช้เฟืองหรือกลไกหรือที่เรียกว่า analog plotter ไปสู่เครื่องมือรังวัดที่ในจอคอมพิวเตอร์หรือที่เรียกว่า softcopy photogrammetry หรือ Digital Photogrammetry และตัวข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเองเมื่อนำมาใช้กับ Digital Photogrammetry ก็ต้องถูกแปรให้อยู่ในรูปของตัวเลขหรือ digital โดยกรรมวิธี การกราดภาพ(scan) หรือ ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศแบบ digital (GPSPhuket, 2557) ด้วยการพัฒนากล้องถ่ายภาพดิจิทัลที่พัฒนารุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว กล้องดิจิทัลมีประสิทธิภาพสามารถบันทึกภาพได้ด้วยความละเอียดสูงระดับ 10-40 ล้านจุดภาพหรือเมกะพิกเซล (Mega Pixel : MP)

ด้วยเหตุนี้ปัจจุบันจึงมีกล้องถ่ายภาพทางอากาศรุ่นใหม่ระดับ Medium-format ไปจนถึง Large-format จำนวนมากที่พัฒนาบนพื้นฐานของเทคโนโลยีกล้องถ่ายภาพดิจิทัล

(ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2555)

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลดาวเทียมและข้อมูลจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

มนตรีพล ธนบูรณ์กาญจน์ และวิชัย เยี่ยงวีรชน (2551) ได้ทำการศึกษากระบวนการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพและการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการจำแนกข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากระบบการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพและเชิงวัตถุโดยทำการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยบริเวณจังหวัดราชบุรีจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ALOS AVNIR-2 ในการวิเคราะห์ภาพด้วยวิธีเชิงจุดภาพจะใช้วิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ตัวจำแนกแบบโอกาสความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classifier) และในการวิเคราะห์ภาพด้วยวิธีเชิงวัตถุจะใช้วิธีการสร้างวัตถุ (Segmentation) จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมประกอบไปด้วยค่าของ Scale parameter, Color, Shape, Smoothness และ Compactness จากนั้นทำการจำแนกข้อมูลและประเมินผลค่าความถูกต้อง ผลการศึกษาจากการเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพและกระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงวัตถุโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ALOS AVNIR-2 พบว่าวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุให้ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องที่ดีกว่าวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพโดยความถูกต้องของผลการจำแนกโดยรวมด้วยวิธีเชิงวัตถุมีค่าเป็น 93.01% และความถูกต้องของผลการจำแนกโดยรวมด้วยวิธีเชิงจุดภาพมีค่าเป็น 84.48%

ฐิตาภรณ์ สาดแสงจันทร์ (2556) ได้ศึกษากระบวนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยส่วนมากแล้วจะใช้วิธีการจำแนกเชิงจุดภาพ (Pixel-based classification) ซึ่งอาศัยค่าการสะท้อนแสงที่มีความแตกต่างกันของวัตถุบนผิวโลกในแต่ละจุดภาพเพื่อจำแนกวัตถุภาพถ่ายดาวเทียมแต่ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุในแต่ละจุดภาพนั้นอาจมีค่าใกล้เคียงกันทำให้อาจเกิดความผิดพลาดในการจำแนกได้ปัจจุบันการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมมีการพัฒนามากขึ้นด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-based classification) ซึ่งจะอาศัยการจำแนกด้วยค่าการสะท้อนแสงเช่นกันแต่พิจารณาไปถึงขนาดรูปร่างสีความเรียบและการเกาะกลุ่มของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมรวมไปถึงค่าความสำคัญของช่วงคลื่นซึ่งเรียกว่าขั้นตอนการแบ่งส่วน (segmentation) และทำการจำแนกวัตถุนั้นจากค่าการสะท้อนแสงรวมของวัตถุที่สร้างขึ้นซึ่งวิธีการนี้เป็นการรวมค่าการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกันของจุดภาพเข้าด้วยกัน โดยการจำแนกเชิงวัตถุได้เข้ามาเป็นทางเลือก

ให้กับการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินในปัจจุบันมากขึ้นมีการศึกษาโดยใช้การจำแนกแบบ Pixel-based Classification อย่างเดียวและการใช้ Object-based Classification อย่างเดียวรวมไปถึงการนำทั้งสองวิธีมารวมกันเพื่อทำให้เกิดการจำแนกที่ดียิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จะนำเสนอแนวทางการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะการใช้ที่ดินประเภทเมืองหรือชุมชนที่อยู่อาศัยที่มีแออัดปะปนกันของประเภทการใช้ที่ดินแตกต่างกันในบริเวณพื้นที่ศึกษาในจังหวัดนนทบุรีจากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ซึ่งเป็นหนึ่งในภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงของประเทศไทยเองด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based classification) เพื่อศึกษาขั้นตอนและให้ได้องค์ความรู้ในการสำรวจระยะไกลด้านนี้ซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดระยะเวลาในการสำรวจและการได้มาซึ่งข้อมูลอันเป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านที่เกี่ยวข้องต่อไป

Niel et al. (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดความสูงของภูมิประเทศที่มีศักยภาพจากข้อมูลดิจิทัลสำหรับการวิจัยและการตรวจสอบธรณีสัณฐานวิทยา โดยการใช้หุ่นยนต์อากาศยาน ไร้คนขับซึ่งเหมาะแก่การทำ Digital Surface Model (DSM) และ Orthorectified airphotos ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลการศึกษาเบื้องต้นของการใช้ UAV ถ่ายภาพและทำการประเมิน DSMs กับคุณสมบัติของภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการเกษตรใกล้เมือง Pamplona ในสเปน โดยทำการบินต่อเนื่องในพื้นที่ 200 เฮกตาร์ ความสูงในการบินที่ 185 เมตร ซึ่งการทำ DSM อยู่ที่ 12 เซนติเมตร ต่อมาเมื่อบินที่ความสูง 90 เมตร จะใช้การสร้าง DSM ที่ 7 เซนติเมตร และนำข้อมูลการบินทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน โดยผลการวิจัยระบุว่า GSD ที่ 3 เซนติเมตรก็เพียงพอต่อการทำพื้นที่ขนาดเล็ก

สรรรถราย สุทธินันท์ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลลัพธ์ในการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพและวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ โดยใช้ข้อมูลภาพปรับความคมชัดจากดาวเทียมไทยโชตเป็นตัวอย่างในการศึกษา ซึ่งในการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยตัวจำแนกแบบโอกาสความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) สำหรับการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุใช้เทคนิคการสร้างวัตถุโดยกระบวนการแยกส่วนภาพ (Image Segmentation) ซึ่งจะพิจารณาจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ มาตรฐาน ส่วน สี รูปร่าง การเกาะกลุ่มและความเรียบ ผลการศึกษาพบว่า วิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุให้ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) สูงกว่าวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ โดยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุให้ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 91.88 ส่วนวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเพียง 72.15 เมื่อเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 6 ประเภท (เมืองและสิ่งปลูกสร้าง, แหล่งน้ำ, พื้นที่ป่าไม้, อ้อย, มันสำปะหลัง, ยางพารา) พบว่าวิธีการจำแนก

ข้อมูลเชิงคุณภาพให้ค่าความถูกต้องน้อยกว่าวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ ทั้ง 6 ประเภท
ประโยชน์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อที่จะได้มาซึ่งผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ
และมีประสิทธิภาพ อันจะนำไปสู่การใช้งานข้อมูลดาวเทียมที่มีประสิทธิภาพต่อไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาการจำแนกพืชพรรณ โดยใช้เทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Classification) สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การรวบรวมข้อมูลพิกัดภูมิของพื้นที่ศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในทางเทคนิค 2.การลงเก็บข้อมูลภาคสนาม (Field measurements) 3.การสำรวจระยะไกลโดยการถ่ายภาพทางอากาศโดยระบบหุ่นยนต์อากาศยาน 4.การวิเคราะห์การจำแนกข้อมูลด้วยโปรแกรมทาง Remote Sensing จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้จากการลงภาคสนามมาวิเคราะห์ร่วมกับเทคนิคการจำแนกทั้ง 2 แบบคือ เทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ แบบกำกับดูแล และการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ โดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์ภาคสนามเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ในการลงสำรวจภาคสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการนำมาทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ของพื้นที่ป่าชุมชน โครงการพัฒนาที่ดินมูลนิธิชัยพัฒนาตำบลท่าช้าง โดยอุปกรณ์ที่ใช้จะมี คอมพิวเตอร์แบบพกพา, เครื่องบอกพิกัดภูมิศาสตร์, แผ่นพลาสติกสีขนาด 2x2 เมตร, เชือก, กล้องบันทึกภาพ, เทปสนามวัดระยะ, ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน, (Unmanned Aerial System : UAS), IPAD 2 ดังตารางที่ 3-1


ตารางที่ 3-1 แสดงอุปกรณ์ในการศึกษา

รูปประกอบ	ชื่อ/รุ่น	คุณสมบัติ
	Unmanned Aerial Vehicle รุ่น DJI Phantom 3 Professional	- ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน 4 ใบพัด - ระบบ GPS - Battery - ติดกล้องถ่ายรูป Build in RGB

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

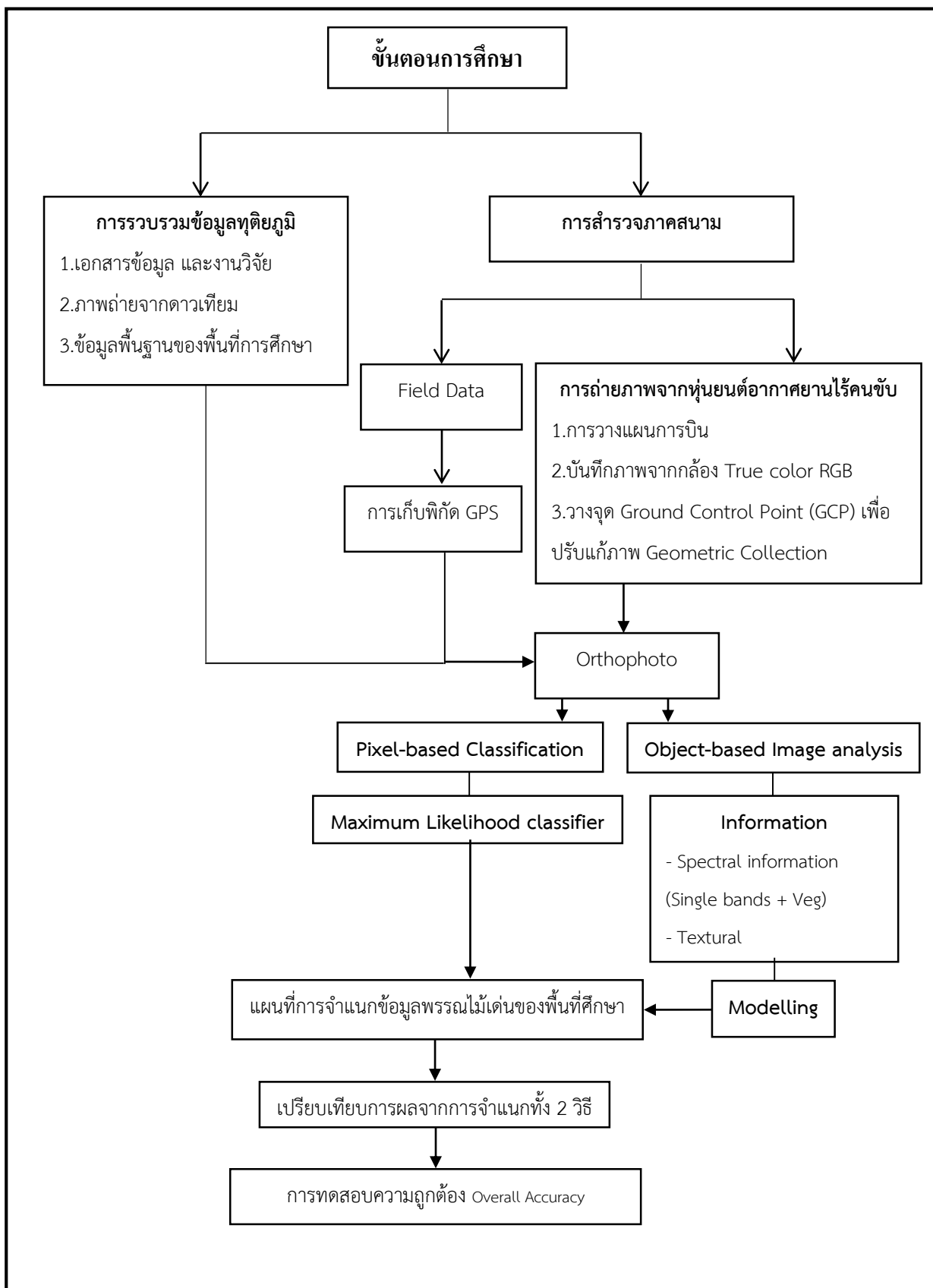
รูปประกอบ	ชื่อ/รุ่น	คุณสมบัติ
	Dell รุ่น latitude15 3000 Series	<ul style="list-style-type: none"> - หน้าจอ 15.6 นิ้ว - หน่วยความจำหลัก 1 TB - หน่วยความจำรอง 8 GB - Battery 6 cell - ใช้ในการประมวลผล
	กล้อง Cannon รุ่น 500D	<ul style="list-style-type: none"> - ความละเอียด 15.1 ล้านพิกเซล - Sensorsize 22.3x14.9 mm - 9 จุดโฟกัส อัตโนมัติ - Pixel density 4.5 MP/cm²
	GPS Handheld รุ่น GPSMAP 64st	<ul style="list-style-type: none"> - หน้าจอขนาด 3.6x5.5 cm - ความละเอียดจอ 160x240 pixel - batteryขนาด 2A 2 ก้อน 16 ชั่วโมง - 5,000 Waypoint - 200 Route - 200 Saved track
	iPad รุ่น Air 2	<ul style="list-style-type: none"> - หน้าจอขนาด 9.4x6.6 นิ้ว - ความละเอียด 2048x1536 pixel - น้ำหนัก 444 กรัม - Wifi + Cellular

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

รูปประกอบ	ชื่อ/รุ่น	คุณสมบัติ
	GPS RTK Trimble รุ่น GEO Explorer 6000 series	<ul style="list-style-type: none"> - Window Mobile System 6.5 - GNSS Receiver - Build in Bluetooth - Battery
	Ground Control Point field test	<ul style="list-style-type: none"> - ใช้ทำจุดอ้างอิงบนพื้นโลก เพื่อนำค่าพิกัดมาปรับแก้ค่าความถูกต้องภายในภาพ
	เชือก	<ul style="list-style-type: none"> - มีความยาวประมาณ 200 เมตร เพื่อสะดวกแก่การวางแปลน
	เทปวัดระยะ	<ul style="list-style-type: none"> - ขนาดความยาว 30 เมตร - ขนาดความยาว 50 เมตร

3.2 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษาการจำแนกพืชพรรณของพื้นที่ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ และเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ กับภาพถ่ายความละเอียดสูงที่ได้จากหุ่นยนต์อากาศยานไร้คนขับ สามารถแบ่งการทำออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1.การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ 2.การสำรวจภาคสนาม (Field measurements) 3.การสำรวจระยะไกลโดยการถ่ายภาพทางอากาศโดยระบบหุ่นยนต์อากาศยาน แสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

3.3 การรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data Collection)

ในการศึกษาครั้งนี้มีการเตรียมข้อมูลเอกสารงานวิจัยกับข้อมูลทั่วไป และข้อมูลพื้นฐานทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา (GIS Database) เพื่อช่วยในการลงสำรวจภาคสนามให้มีความถูกต้องทั้งทางด้านเทคนิคและทฤษฎีพื้นฐาน โดยฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ได้จัดเตรียม ได้แก่ ขอบเขตการปกครองระดับตำบล (Tambon Boundary) ขอบเขตและขนาดของพื้นที่การศึกษา (Administrative) เส้นถนน (Road) ภาพพื้นที่การศึกษาซึ่งได้จากภาพถ่ายโปรแกรม Google Earth ปี 2014

3.4 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม (Field Measurement)

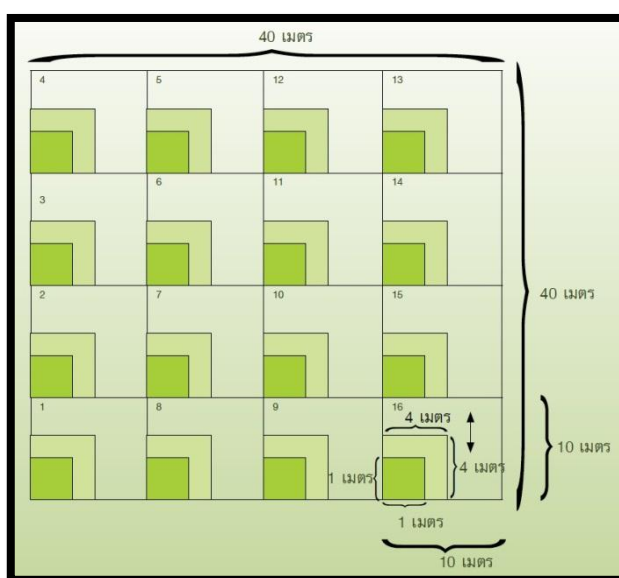
ในการลงภาคสนามจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ 1.การเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งของพืชพรรณตัวอย่าง (Ground Truth Position Collection) โดยในขั้นตอนนี้จะทำการเก็บพิกัดด้วยเครื่องบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System : GPS) จากนั้นจะทำการถ่ายรูปเพื่อให้ข้อมูลตำแหน่งของพืชพรรณในพื้นที่ศึกษาเชื่อมกับพิกัด GPS ที่ได้ทำการเก็บเพื่อจัดทำขอบเขตของข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ในภาคสนาม แสดงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 การเก็บพิกัดและการลงภาคสนาม

3.5 การวางแปลงตัวอย่าง

3.5.1 การวางแปลงตัวอย่างขนาด ขนาด 10x10 เมตร ทำการสุ่มเลือกแปลงตัวอย่าง จากหมวดหลักถาวร (Random Sampling Plots) จะได้จำนวนแปลงย่อยทั้งหมด 26 แปลงทำการสำรวจไม้ใหญ่ เชือกที่ทำกรวางแปลงสูงจากพื้นดินประมาณ 1.30 เมตร ไม้ใหญ่หมายถึงต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตรและมีเส้นรอบวงระดับอกมากกว่า 15 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 3-3 (ที่มา : สำนักความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ กรมป่าไม้, 2553)

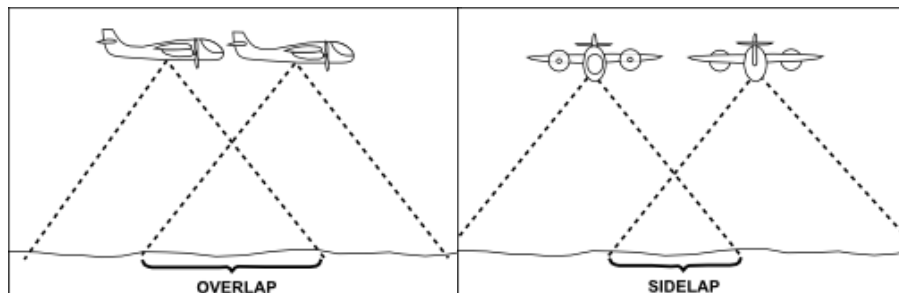


ภาพที่ 3-3 การวางแปลงตัวอย่าง

(ที่มา : สำนักความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้, 2553)

3.6 การถ่ายภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

ในการบินถ่ายจะทำการบินทั้งหมด 2 แนวการบิน (Flight Line) โดยในแนวการบินทั้งสองจะทำการถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้องที่บันทึกภาพแบบ True color RGB ทำการบินแบบดับเบิลกริด (Double Grids) โดยการบินถ่ายจะต้องบินถ่ายเป็นแนวอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ จะมีสถานีภาคพื้นดินที่ควบคุมและกำหนดแนวบิน (flight Line) บันทึกข้อมูล โดยการบินนั้นจะต้องมีการซ้อนทับของภาพทั้งด้านหน้า (Forward Lap) ที่ 80% และการบินถ่ายภาพซ้อนทับทางด้านข้าง (Side lap) ที่ 60% เพื่อความสมบูรณ์ของภาพถ่ายทางอากาศที่จะสังเคราะห์ออกมาในขั้นตอนต่อไป แสดงดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 การบินซ้อนทับของภาพ ซ้าย Forward Lap ขวา Side Lap

(ที่มา: www.Melown.com)

ซึ่งในการทำการบินในแต่ละพื้นที่จะต้องมีการคำนวณความสูงของการบิน โดยมีสมการดังนี้

$$\frac{GSD}{pixel\ size} = \frac{Altitude}{focal\ length} \quad (7)$$

โดยที่ Target Ground Sampling Distance (GSD) คือ 10.52 เซ็นติเมตร
Flight Altitude คือ 300 เมตร

รายละเอียดของกล้องดิจิทัลในการถ่ายภาพจากหุ่นยนต์อากาศยานไร้คนขับ คือ กล้องดิจิทัล Sony รุ่น EXMOR มีรายละเอียดดังนี้

- Resolution : 4000x3000 Pixel
- Focal Length :20 mm
- Pixel Size :4.2 μ m

3.7 การวางแผนแนวมบิน (Flight Planning)

ก่อนที่จะทำการบินจะต้องมีการวางแผนการบิน โดยการกำหนดเส้นทางการบินเป็นแบบกริด (Grid Flight Planing) แสดงดังภาพที่ 3-5 โดยบินให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา และเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้ออกมานั้น จะต้องทำการบันทึกจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP : Ground Control Point) โดยใช้ GPS Handheld เป็นตัวเก็บพิกัดของจุดอ้างอิง เช่น ขอบถนน รอยตัดของมูมถนน มุมของรอยต่อต่างๆ ที่ปรากฏเห็นชัดในภาพ เป็นต้น เพื่อเป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งในการปรับแก้ภาพถ่ายเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ให้มีความถูกต้องมากที่สุด แสดงดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างการวางแผนการบิน
(ที่มา : www.dronedeploy.com)



รูปที่ 3-6 การกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) และจุดอ้างอิงตามธรรมชาติ

3.8 การเตรียมการสร้างชั้นข้อมูลเพื่อจำแนก (Image Mining)

ก่อนที่จะได้แบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ในการจำแนกพืชพรรณในพื้นที่การศึกษา จะประกอบด้วย การได้มาซึ่งข้อมูลจาก 2 ส่วน คือ 1. ข้อมูลภาคสนาม (Field Data) 2. การรับรู้ระยะไกลจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน (Remote sensing from Unmanned Aerial Vehicle) ข้อมูลที่ได้จากทั้งสองทางนี้ จะนำมาเป็นตัวชี้บ่งสำคัญของการสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกพืชพรรณของพื้นที่ศึกษาได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.8.1 ข้อมูลภาคสนาม (Field Data) การได้มาซึ่งข้อมูลจากภาคสนาม ที่จะนำมาเป็นปัจจัยในการจำแนกพืชพรรณ จะประกอบไปด้วย

- พิกัดตำแหน่งที่ตั้งของพืชพรรณแต่ละชนิดในแปลงตัวอย่าง ให้ง่ายต่อการแยกพืชพรรณและสามารถระบุตำแหน่งลงในแผนที่ได้จากการกำหนดด้วย GPS

3.8.2 ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลจากหุ่นยนต์อากาศยาน (Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicle) ข้อมูลที่ได้จากหุ่นยนต์อากาศยานที่นำมาเป็นปัจจัยในการจำแนกข้อมูลพืชพรรณ ประกอบด้วย

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ในกระบวนการการจำแนกข้อมูลเชิงคุณภาพแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยวิธี Maximum Likelihood Classifier และการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-based Image Analysis) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Rule-based Classification โดยทั้งสองวิธีได้เลือกใช้ข้อมูลภาพที่ได้จากหุ่นยนต์อากาศยาน ไร่คนขับที่มีความละเอียดสูงกับโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทาง Remote Sensing ผสมกับการนำดัชนีพืชพรรณเพื่อเพิ่มความถูกต้องให้แก่การจำแนกได้สูงขึ้น

3.9.1 การจำแนกข้อมูลเชิงคุณภาพ Supervised Classification

ในการจำแนกพรรณไม้เริ่มต้นจากการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยวิธี Maximum Likelihood Classifier เป็นการจำแนกที่ผู้วิเคราะห์ทราบตำแหน่งของพื้นที่หรือสิ่งปกคลุมที่ต้องการ โดยจะเป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลภาพ และค่าการสะท้อนของช่วงคลื่น ดังนั้นสามารถกำหนดตัวแทนในการวิเคราะห์เชิงสถิติให้กับข้อมูลภาพทั้งหมด โดยการอ้างอิงจากตำแหน่งของพรรณไม้เริ่มต้นที่เก็บจากการวางแผนภาคสนาม เพื่อเป็นตำแหน่งของพื้นที่ที่ทำพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) และให้คอมพิวเตอร์จำแนก

พื้นที่ทั้งภาพจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญในการทำ Training Area โดยกลุ่มตัวอย่างจะแบ่งออกเป็น พรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด และพื้นที่อื่น ๆ

3.9.2 การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-based Image Analysis)

โดยการวิเคราะห์จะอาศัยกระบวนการสร้างวัตถุ (Segmentation) และลักษณะค่าการสะท้อนของแสงที่แตกต่างกันของวัตถุ มีขั้นตอนที่สำคัญคือ

3.9.2.1 กระบวนการแยกส่วนภาพ (Segmentation) โดยจะทำการแบ่งกลุ่มของข้อมูลจุดภาพที่มีค่าการสะท้อนใกล้เคียงกันรวมเอาไว้เข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นวัตถุขึ้นมา โดยจะพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ มาตรฐาน สี ความเรียบ การเกาะกลุ่ม รูปร่าง และข้อมูลค่าการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณที่ได้จากการทำสัดส่วนดัชนีพืชพรรณโดยใช้ Algorithm แบบ Multiscale Segmentation

3.9.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) โดยจะทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Rule Based Expert Classification จะสังเกตค่าของคุณลักษณะของวัตถุ (Object Feature) รวมถึงค่าการสะท้อน และค่าอื่นๆ เพื่อนำมาหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของวัตถุที่สนใจในแต่ละประเภท เพื่อนำค่าดังกล่าวมากำหนดให้โปรแกรมทำการคำนวณหาข้อมูลตามเงื่อนไขที่เราให้ค่าจำแนกออกมาเป็นพืชพรรณที่เราต้องการ โดยชั้นข้อมูลที่นำมาเป็นปัจจัยในการจำแนกดังนี้

3.9.2.3 ค่าการสะท้อนพลังงาน (Spectral Resolution)

Spectral Resolution คือ ค่าการสะท้อนพลังงานที่นำมาใช้ในการจำแนก โดยภาพที่ได้จากหุ่นยนต์อากาศยานจะมีช่วงสเปกตรัมที่ตามองเห็น แสดงดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 คุณสมบัติของช่วงคลื่นตามมองเห็น

ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น (μm)	การนำมาใช้ประโยชน์ (Applications)
1. B/G	0.45-0.52	ผ่านทะลุน้ำ ดูความแตกต่างของพืช พันธุ์สีเขียว แสดงความแตกต่างระหว่างป่าผลัดใบกับป่าสนซึ่งไม่ผลัดใบ
2.Green	0.52-0.60	แยกประเภทพืชพรรณสีเขียว เพราะมีการสะท้อนสูง มีประโยชน์ในการประเมินความแข็งแรงของพืช
3.Red	0.63-0.69	มีการดูดกลืนคลอโรฟิลล์สูงมาก ใช้แยกชนิดของพืช

ที่มา: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2555)

3.9.2.4 ดัชนีพืชพรรณสะท้อนเขียว (Green-Red Vegetation Index)

เมื่อได้ภาพที่มีช่วงคลื่นดังกล่าว ในส่วนแรกจะนำมาเข้าแบบจำลองดัชนีพืชพรรณ เพื่อเพิ่มความสามารถและหาอันที่เหมาะสมที่สุดในการจำแนกพืชพรรณของพื้นที่ศึกษา โดยแบบจำลองการจำแนกพืชพรรณมีดังนี้ (Charoenjit et al, 2558)

$$\text{GRVI} = (\text{GREEN}-\text{RED})/(\text{GREEN}+\text{RED}) \quad (2)$$

โดย GRVI = ดัชนีพืชพรรณ โดยวิธี Green-Red Vegetation Index

GREEN = ช่วงคลื่นแสงสีเขียว

RED = ช่วงคลื่นแสงสีแดง

จะได้ค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้จากการบินถ่ายของหุ่นยนต์อากาศยาน เมื่อข้อมูลแต่ละช่วงสเปกตรัมมารวมกันตามแบบจำลองการจำแนกพืชพรรณในขั้นต้น จะช่วยในการจำแนกแก่พื้นที่ศึกษาได้ในระดับหนึ่ง ทางผู้วิจัยได้ใช้ค่าสะท้อนพลังงานที่ได้จากหุ่นยนต์อากาศยาน มาใช้จำแนกค่าความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่การศึกษาได้

3.9.2.5 การจำแนกวิเคราะห์ลายพื้นผิว (Textural Information)

เป็นการคำนวณเนื้อภาพหรือการวิเคราะห์เนื้อภาพเพื่อให้ได้โครงร่างของเนื้อภาพ เป็นการวัดค่าความเข้มระดับสีเทาของพิกเซล (Pixel) หรือเรียกการวิเคราะห์แบบนี้ว่า การ

วิเคราะห์เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของระดับสีเทา (Gray – Level Co – occurrence Matrix : GLCM) (R.M. Haralick, 1979) ซึ่งในแต่ละพิกเซลภายในจะถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับสีเทาแบบเมตริกซ์ละ 2 พิกเซล ที่ระดับความเข้มสีเทาที่แตกต่างกัน ใน 4 ทิศทาง คือ 0, 45, 90 และ 135 องศา ซึ่งค่าเฉลี่ยของ GLCM ในหน้าต่างเดียวกันจะคำนวณเป็นรูปแบบเดียวกัน ค่าในเมตริกซ์แต่ละค่าจะแสดงความบ่งชี้ของการเกิดความสัมพันธ์ (Co- occurrence) โดยได้สร้างโครงร่างเนื้อหาที่แสดงถึงค่าวัดเนื้อหาทั้งหมด 8 ค่า แสดงดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 สูตรในการคำนวณเนื้อหาของความสัมพันธ์ใน GLCM : Gray – Level Co – occurrence Matrix : GLCM

ลำดับที่	เนื้อหา	สมการ	ปัจจัย
1.	Homogeneity	$\sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i - j)^2}$	$j =$ ระดับสีเทา ตั้งแต่ 0 ถึง 255 (พิกเซลใกล้เคียง)
2.	Contrast	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}(i - j)^2$	$i =$ ระดับสีเทา ตั้งแต่ 0 ถึง 255 (พิกเซลอ้างอิง) $N =$ จำนวนของระดับสีเทานวัตกรรมที่สนใจ
3.	Dissimilarity	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} i - j $	$P_{i,j} =$ ความน่าจะเป็นของพิกเซล ตำแหน่งแถวที่ i และ ตำแหน่งหลักที่ j
4.	Mean	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}i$	$\mu_i =$ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาพิกเซลอ้างอิง $\mu_j =$ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาพิกเซลใกล้เคียง
5.	Standard Deviation	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}(i - \text{Mean}_i)^2$	$\sigma_i =$ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าระดับสีเทาพิกเซลอ้างอิง
6.	Entropy	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j}(-\ln P_{i,j})$	$\sigma_j =$ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับสีเทาพิกเซลใกล้เคียง
7.	Angular Second Moment	$\sum_{i,j=0}^{N-1} (P_{i,j})^2$	
8.	Correlation	$\sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} \frac{(i - \mu_i)(j - \mu_j)}{\sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_j^2}}$	

ที่มา : ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ (2555) อ้างอิงจาก Haralick (1979)

3.10 การสร้างแบบจำลองเพื่อจำแนกพืชพรรณ

เป็นการสร้างแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) เพื่อใช้ในการจำแนกพืชพรรณในเฉพาะพื้นที่การศึกษา การสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อเป็นเกณฑ์ในการจำแนกพืชพรรณแต่ละชนิด เพื่อพัฒนาการจำแนกโดยอาศัยแบบจำลองสมการ Rule Based Classification ซึ่งเป็นการกำหนดค่าช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของแต่ละช่วงชั้นข้อมูลที่นำมาใช้จำแนก ได้แก่

- ค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามมองเห็น (RGB Spectral Information)
- ดัชนีพืชพรรณสะท้อนสีเขียว Green-Red Vegetation Index
- แบบวิเคราะห์หลายพื้นผิววัดค่าระดับความเข้มสีเทา (Gray – Level Co – occurrence Matrix : GLCM)

โดยนำชั้นข้อมูลในข้างต้นทั้งหมดมาเขียนสมการ Rule-based Classification แบบค่าช่วง โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

R1: IF Factor1 = Range AND Factor2 = Range THEN Tree Species = yes

3.11 ทดสอบค่าความถูกต้องเชิงพื้นที่ (Spatial Accuracy)

เมื่อได้รูปร่างของกลุ่มข้อมูลจากการจำแนกแต่ละวิธีแล้ว จะนำมาเปรียบเทียบความถูกต้องกับการจำแนกด้วยบุคคลซึ่งถือว่ามีความถูกต้องมากที่สุด โดยจะนำพื้นที่ที่ได้จากการจำแนกในแต่ละต้นที่ตำแหน่งเดียวกันมาหาพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับการจำแนกจากบุคคลมากที่สุด โดยทำตัวอย่างละ 7 ไร่ และหาค่า RMSError ของแต่ละเทคนิคการจำแนกเพื่อนำมาเปรียบเทียบต่อไป

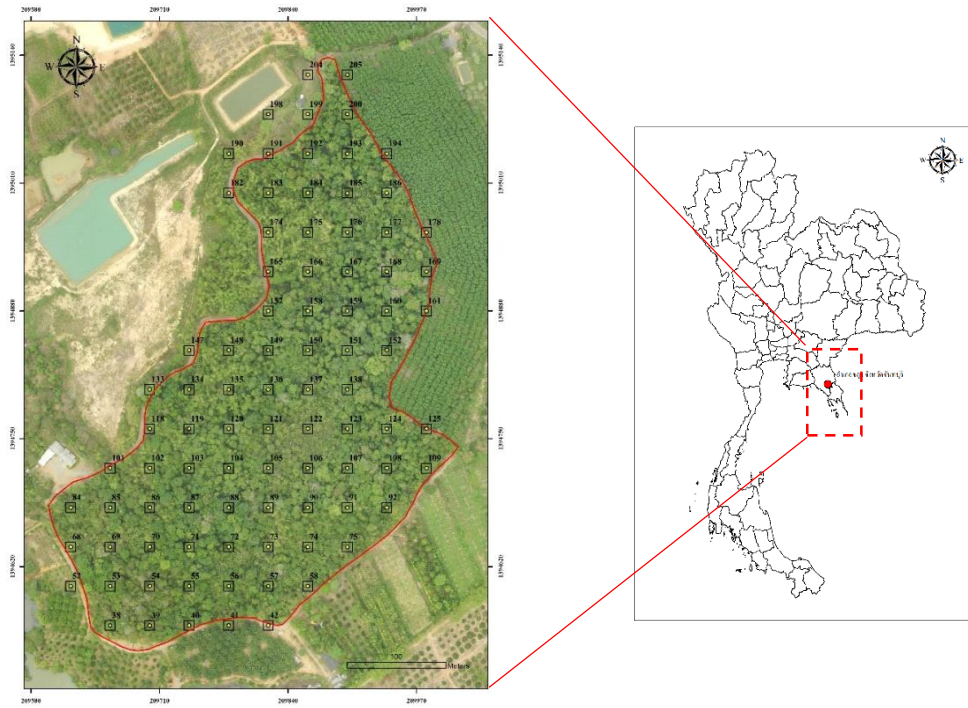
บทที่ 4

ผลการศึกษา

การสำรวจชนิดของไม้ยืนต้นภาคสนามในพื้นที่โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มุลินธิ์ชันพัฒนา ตำบลคกพรหม อำเภอขลุ้ง จังหวัดจันทบุรี แสดงดังภาพที่ 4-1 โดยใช้ข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้นของโครงการฯ ที่ทำการจัดจำแนกชนิดโดยคุณคำณ เลียดประถม นักวิชาการป่าไม้ (ไม้ป่าตะวันออก, 2552) ร่วมกับการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photography) ด้วยระบบหุ่นยนต์อากาศยาน เพื่อสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่แสดงรูปแบบเฉพาะของไม้ยืนต้น (Tree Stand Model) โดยใช้ปัจจัยชั้นข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายมาทำแบบจำลองในรูปแบบของ Rule Based Classification ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุกับการจำแนกเชิงจุดภาพ และทำการทดสอบความถูกต้องด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงพื้นที่

4.1 การสำรวจภาคสนาม (Ground Measurement)

ผลการสำรวจชนิดของพันธุ์ไม้ยืนต้นในพื้นที่โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ดฯ ในแปลงตัวอย่างถาวรที่เลือกโดยวิธีการสุ่มจำนวนทั้งสิ้น 26 แปลง แสดงดังภาพที่ 4-2 โดยการเปรียบเทียบลักษณะต่างๆ ของต้นไม้และพิกัดทางภูมิศาสตร์กับข้อมูลการจัดจำแนกชนิดไม้ยืนต้นของโครงการฯ ที่ทำการศึกษาโดยคุณคำณ เลียดประถมและคณะ พบไม้ยืนต้นจำนวนทั้งสิ้น 34 ชนิด โดยมีรายละเอียด แสดงดังตารางที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 แผนที่ตั้งโครงการบ้านอ่างเอ็ด ภาพโดย เลิศพงษ์ สุวรรณเลิศ บันทึกภาพเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2559



ภาพที่ 4-2 ขอบเขตพื้นที่และตำแหน่งของแปลงตัวอย่างถาวรที่ทำการศึกษา [26 แปลง] (ก) โดยในแต่ละแปลงจะมีหมุดหลักถาวรที่ระบุหมายเลขรหัสที่ชัดเจน (ข)



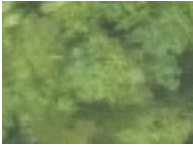



ตารางที่ 4-1 แสดงพรรณไม้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษา

ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์
1.ชะนูดหรือชะลูด	<i>Alyxia reinwardtii</i> Blume.	19.กะบก	<i>Irvingia malayana</i> Oliv.
2.ชะมวง	<i>Garcinia cowa</i> Roxb.	20.หย่อง	<i>Archidendron quocense</i> L.C.Nielsen
3.ยางพารา	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.	21.จิกใหญ่	<i>Barringtonia angusta</i> Kurz.
4.กะตังใบ	<i>Leea indica</i> (Burm.f.)	22.มะก้ำตาหนู	<i>Abrus precatorius</i> L.
5.มะเดื่อชุมพร	<i>Ficus racemosa</i> L.	23.สล่าป่า	<i>Macaranga constricta</i>
6.ปลาไหลเผือก	<i>Eurycoma longifolia</i>	24.ปอหู	<i>Hibiscus</i> <i>macrophyllus</i> Roxb.
7.ปอหู	<i>Hibiscus macrophyllus</i> Roxb.	25.มะเดื่อปล้อง	<i>Ficus hispida</i> L.F.
8.พะวา	<i>Garcinia speciosa</i> Wall.	26.สอยดาว	<i>Mallotus</i> <i>paniculatus</i> Muell. Arg.
9.มะหาด	<i>Artocarpus lacucha</i> Buch.- Ham.	27.ขนุนป่า	<i>Artocarpus</i> <i>lanceifolius</i> Roxb.
10.เลือดแรด	<i>Knema globularia</i> (Lam.) Warb.	28.ปออีแก้ง	<i>Pterocymbium</i> <i>javanicum</i> R. Br.
11.คอแลนป่า	<i>Nephelium hypoleucum</i>	29.พวงปะกิม	
12.นนทรี	<i>Peltophorum pterocarpum</i>	30.ตะเคียน	<i>Shorea gratissima</i> Dyer
13.เต้าร้าง	<i>Caryota mitis</i> Lour.	31.สมพงหรือกะพง	<i>Tetrameles nudiflora</i> R. Br.
14.ตำรอก	<i>Scaphium macropodum</i>	32.สี่เสียด	<i>Pentace burmanica</i> Kurz
15.ตะแบก	<i>Lagerstroemia calyculata</i> Kurz.	33.ลางสาดป่า	<i>Lansium domesticum</i> Corrêa.
16.มะพร้าววนก	<i>Horsfieldia glabra</i> (Blume) Warb.	34.เหมือด	<i>Scleropyrum</i> <i>wallichianum</i> Arn.

จากไม้ยืนต้นที่สำรวจได้จำนวน 34 ชนิด ผู้ศึกษาได้คัดเลือกตัวอย่างชนิดของไม้ยืนต้นที่พบเป็นชนิดเด่น จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Hevea brasiliensis* (ยางพารา), *Hibiscus Macrophyllus*

(ปอหู่), *Horsfieldia glabra* (มะพร้าววนกกก) แสดงดังตารางที่ 4-2 เป็นพืชตัวอย่างสำหรับสร้างแบบจำลองรูปแบบเฉพาะของไม้ยืนต้น เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการจำแนกชนิดของไม้ยืนต้นในพื้นที่ศึกษาด้วยภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ และเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ

ตารางที่ 4-2 ลักษณะของพรรณไม้ยืนต้นที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับสร้างแบบจำลองรูปแบบเฉพาะของไม้ยืนต้น

ลำดับ	ชื่อพรรณไม้	ความสูงเฉลี่ย	เส้นรอบวงเฉลี่ย	รูปถ่ายภาคพื้นดิน	ภาพถ่ายมุมสูง
1	ต้นยางพารา (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.)	25 เมตร	70 -90 ซม.		 
2	ต้นปอหู่ (<i>Hibiscus macrophyllus</i> Roxb. Ex Hornem.)	15 เมตร	94.2 ซม.		
3	มะพร้าววนกกก (<i>Horsfieldia glabra</i> Blume Warb.)	20 เมตร	60 ซม.		

4.2 ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photography)

จากการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน ด้วยเทคนิคการบินแบบกริด (Grid Flight) เพื่อนำภาพมาซ้อนทับ ซึ่งในการบินแต่ละครั้งจะตั้งค่าการบินอัตโนมัติได้ด้วย Application Dronedeploy และใช้ฟิวเจอร์บอร์ด กับ GPS RTK เป็นจุดอ้างอิงบนพื้นโลก แสดงดังภาพที่ 4-3 ได้ภาพถ่ายทางอากาศทั้งหมด 248 ภาพ มีพื้นที่การบินครอบคลุมประมาณ 0.92 ตารางกิโลเมตร แสดงดังภาพที่ 4-4

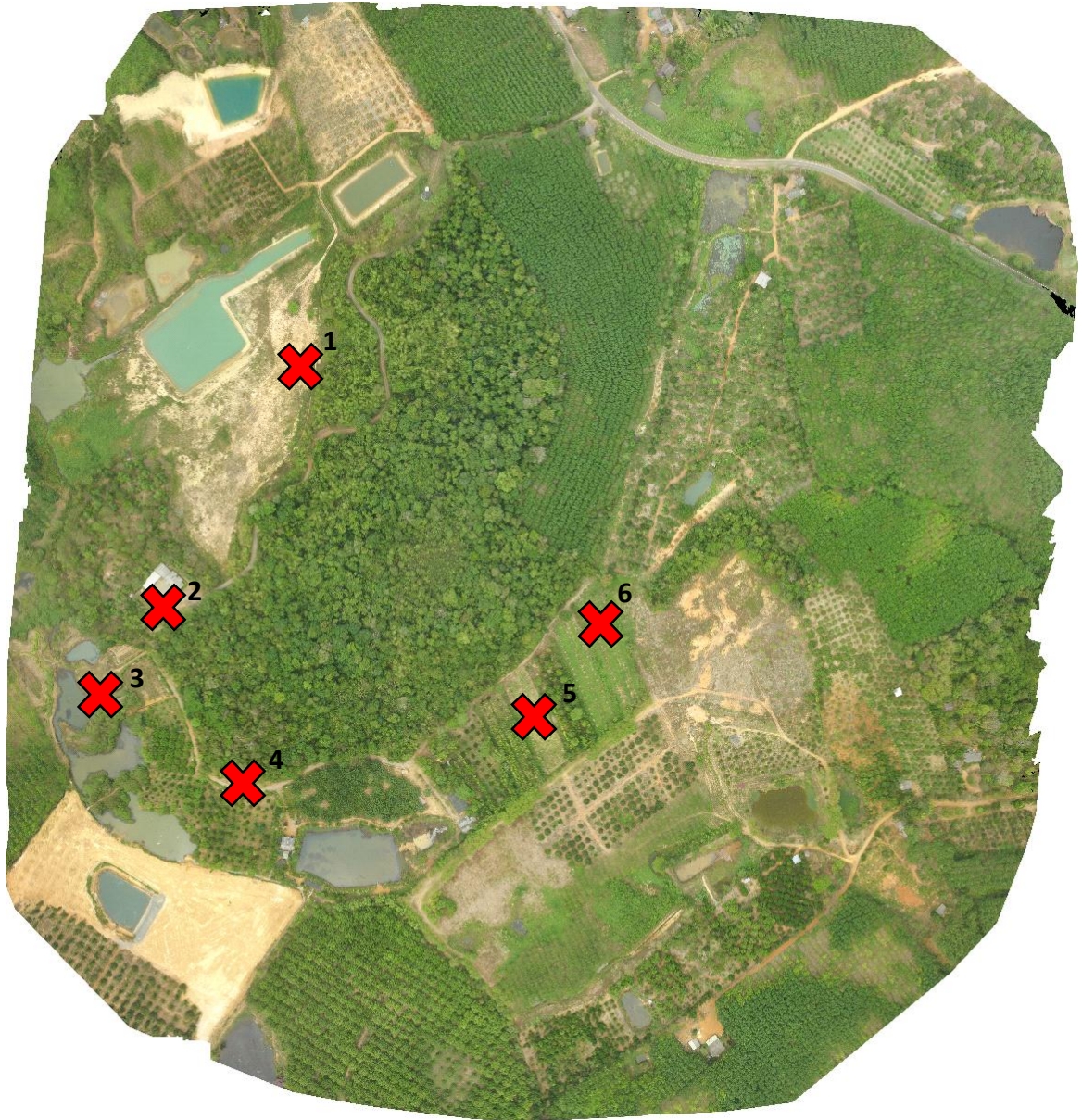


ภาพที่ 4-3 จุดอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นโลก Ground Control Point บันทึกภาพเมื่อวันที่ 12 มีนาคม 2559 ณ พื้นที่บริเวณโครงการป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด



ภาพที่ 4-4 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการบันทึกภาพด้วยระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

จากการนำภาพทั้งหมดที่บันทึกได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานมาต่อกันเพื่อให้ได้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด โดยนำข้อมูลภาพมาประมวลผลโดยใช้โปรแกรมทาง Photogrammetry จะได้ภาพ Orthomosaic ของพื้นที่ศึกษา ที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งจากจุดอ้างอิง GCP ที่ได้ทำการเก็บค่าพิกัดไว้ทั้งหมด 6 จุด แสดงดังภาพที่ 4-5 และตารางที่ 4-3



ภาพที่ 4-5 แสดงรูป Orthomosaic ของพื้นที่ศึกษาที่บันทึกจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน และ ตำแหน่งจุดอ้างอิงบนภาคพื้น GCP ทั้งหมด 6 ตำแหน่ง

ก่อนการนำข้อมูลภาพถ่ายรายละเอียดสูงมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องนำภาพถ่ายมาทำการปรับแก้ความถูกต้องเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เนื่องจากพิกัดและตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ซึ่งค่าความถูกต้องของจุดควบคุมภาคพื้นดินควรน้อยกว่า 5 เมตร จึงจะสามารถนำไปใช้งานต่อไปได้โดยคำนวณจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Root Mean Square error : RMSerror) ดังสมการต่อไปนี้

$$RMSerror = \sqrt{(X^1 - Xorig)^2 + (Y^1 - Yorig)^2}$$

เมื่อ RMSerror = ค่าความถูกต้องของจุดควบคุมภาคพื้นดิน
 $Xorig, Yorig$ = ค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินในภาพก่อนตรวจแก้

จากการคำนวณค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดิน หลังการปรับแก้ความถูกต้องของภาพถ่ายทางอากาศพบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดินมีค่าเท่ากับ $X : 4.517$ $Y : 1.589$ แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้จากการปรับแก้จุดอ้างอิงภาคพื้นดินสามารถนำไปใช้งานได้ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาหลังการปรับแก้ความถูกต้องของภาพ แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงรายละเอียดของภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษา

ข้อมูล	รายละเอียด
วันที่บันทึกภาพ	19 เมษายน 2559
เวลาที่บันทึกภาพ	13 : 19 : 00 น.
เวลาที่ทำการบินบันทึก	14.37 นาที
Ground Sampling Distance (GSD)	10.11 cm
ขนาดพื้นที่บันทึก	0.92 km ²
RMS error [m]	X = 4.517 m Y = 1.589 m

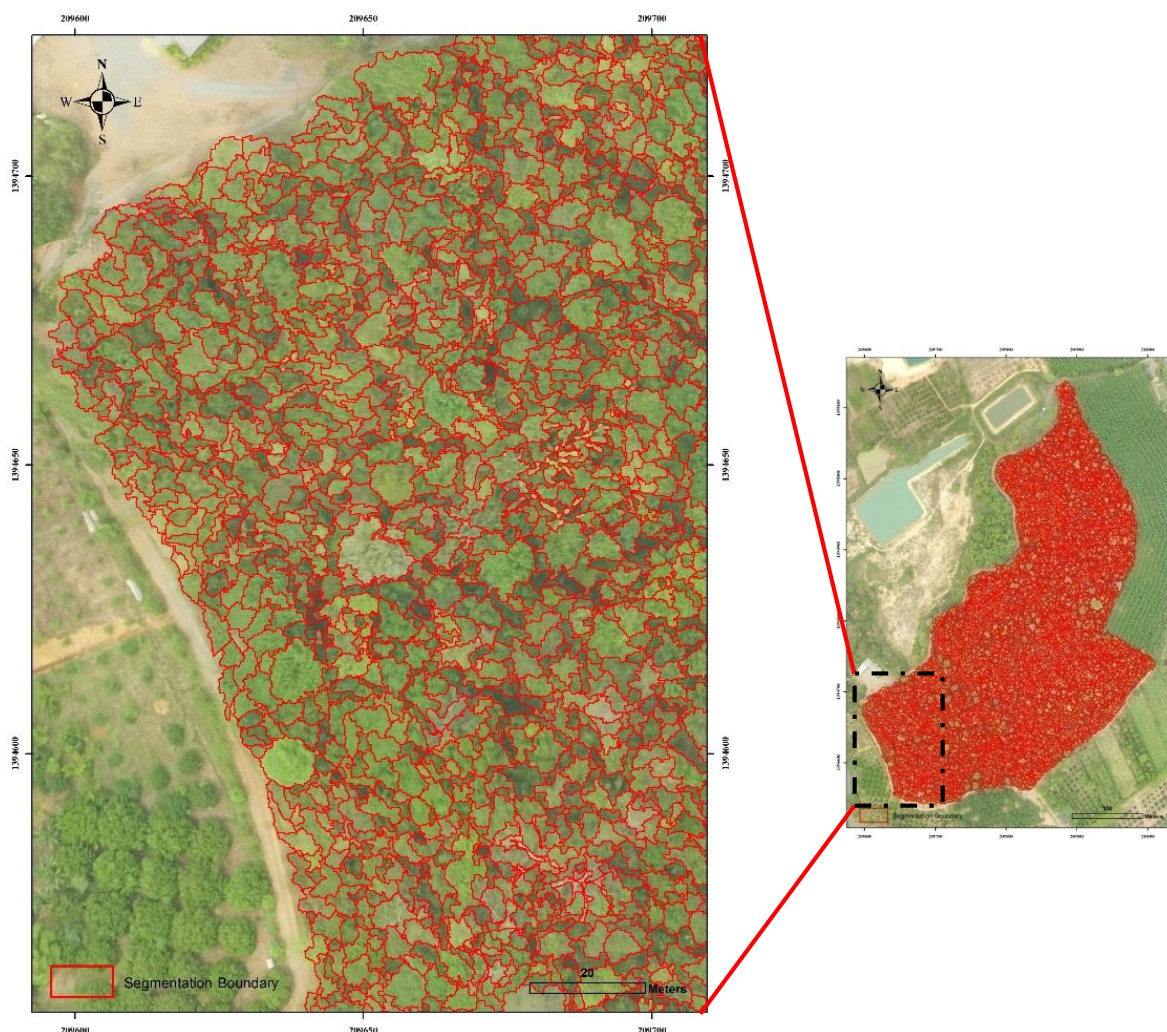
4.3 การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object Based Image Analysis)

การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของเรือนยอดไม้ยืนต้นด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based classification) โดยการนำภาพถ่ายมาทำการสร้าง/แบ่งส่วนวัตถุ (Segmentation) เพื่อช่วยจำแนกวัตถุบนภาพถ่ายจากค่าการสะท้อนแสง ขนาด รูปร่าง สี ความเรียบ และการเกาะกลุ่มของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน โดยใช้โปรแกรมทาง Remote Sensing ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมในการสร้างวัตถุให้เหมาะสมกับภาพ คือ Scale parameter เท่ากับ 30, Shape เท่ากับ 0.3 และ Compactness เท่ากับ 0.1 โดยกำหนดค่าน้ำหนักของการสะท้อนแสงจากจุดภาพในแต่ละชั้นข้อมูลเท่ากับ 1 แสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 แสดงค่าพารามิเตอร์ของการทำส่วนภาพ

Scale Parameter	30
Shape	0.3
Compactness	0.1
Image Layer weight	
● Red	1
● Green	1
● Blue	1

จากการแบ่งส่วนภาพที่ได้จากการทำ Segmentation จากค่าพารามิเตอร์อ้างอิงกับข้อมูลภาคสนามในแปลงตัวอย่าง เพื่อระบุตำแหน่งที่ตั้งของต้นไม้ในแต่ละชนิดที่จะทำการจำแนกในภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน โดยวัตถุที่ทำ Segmentation ได้ทั้งหมดคือ 10,745 ส่วน โดยวัตถุ (Object) ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาดเท่ากับ 253.88 ตารางเมตร และวัตถุที่มีขนาดเล็กที่สุดมีขนาดเท่ากับ 0.511 ตารางเมตร แสดงดังภาพที่ 4-6



ภาพที่ 4-6 ภาพถ่ายทางอากาศของเรือนยอดไม้ยืนต้นที่ทำการแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) โดยใช้ค่าการสะท้อน ขนาด รูปร่าง และการเกาะกลุ่มของวัตถุที่เหมาะสมกับภาพ

4.3.1 การสร้างแบบจำลองจำแนกชนิดของไม้ยืนต้น (Tree Stand Model) โดยอาศัยปัจจัยชั้นข้อมูล ต่างๆ (Rule Based Information)

จากการศึกษาข้อมูลภาคสนามที่ได้จากการวางแปลงตัวอย่างขนาด 10x10 ตารางเมตร พบไม้ยืนต้นชนิดเด่นในพื้นที่ศึกษาจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (ยางพารา), *Hibiscus macrophyllus* Roxb. Ex Hornem. (ปอหู), *Horsfieldia glabra* Blume Warb. (มะพร้าวรก) ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างเพื่อสร้างแบบจำลองการจำแนกไม้ยืนต้น (Tree Stand Model) ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ในการจำแนกชนิดของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา โดยแบบจำลองที่ได้เป็นเพียงแบบจำลองเชิงประจักษ์ (Empirical Model) ของต้นไม้ทั้ง 3 ชนิดใช้จำแนกไม้ยืนต้นใน

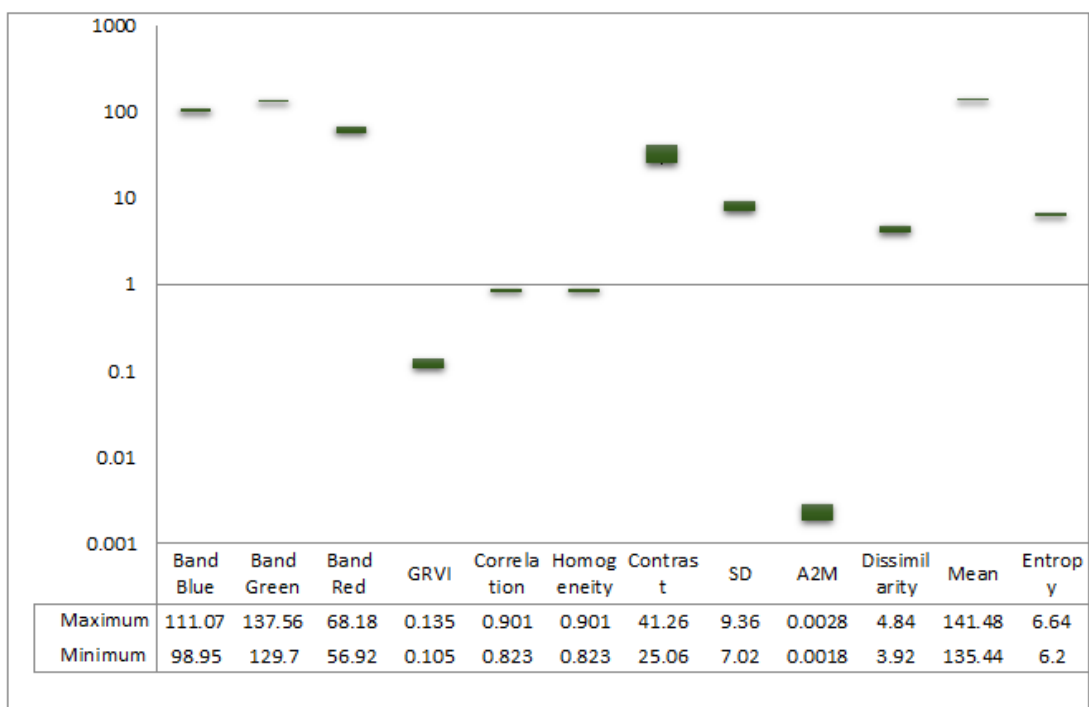
พื้นที่ศึกษาเท่านั้น เนื่องจากในแต่ละพื้นที่มีปัจจัยแวดล้อมทั้งภูมิอากาศ ดิน น้ำฝน และช่วงฤดูกาล มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกัน จะได้ผลลัพธ์ไม่ดีเท่าที่ควรต่อประสิทธิภาพการจำแนกเมื่อนำโมเดลจำเพาะไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ได้

ผลการสร้างแบบจำลองจำแนกไม้ยืนต้นในการศึกษานี้อาศัยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุซึ่งมีการนำเข้าของปัจจัยชั้นข้อมูล (Rule-based Information) ของไม้ยืนต้นที่สนใจศึกษา ได้แก่ 1. ค่าการสะท้อนพลังงานของคลื่นแสงที่ความยาวช่วงคลื่นระดับตามมองเห็น (visible Bands : RGB) ทั้งหมด 3 ช่วงคลื่น ได้แก่ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Blue Band) ช่วงคลื่นสีเขียว (Green Band) และช่วงคลื่นสีแดง (Red Band) 2. ดัชนีพืชพรรณ Green-Red Vegetation Index (GRVI) และ 3. อัลกอริทึมลายเนื้อ (Texture algorithm) ชนิดค่าเมทริกซ์ความสัมพันธ์ร่วมระดับสีเทาหรือจีแอลซีเอ็ม (Gray Level Co-occurrence Matrix : GLCM) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์หลายเนื้อหาของภาพถ่ายด้วยวิธีทางสถิติซึ่งช่วยให้ได้ค่าคุณลักษณะโครงสร้างเชิงพื้นผิวต่าง ๆ ได้แก่ ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) , ความแตกต่างของสี (Contrast) และความแตกต่างของลวดลาย (Dissimilarity) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่า Entropy, ค่า Angular Second Moment, และค่าความสัมพันธ์ (Correlation) ได้ผล แสดงตารางที่ 4-5

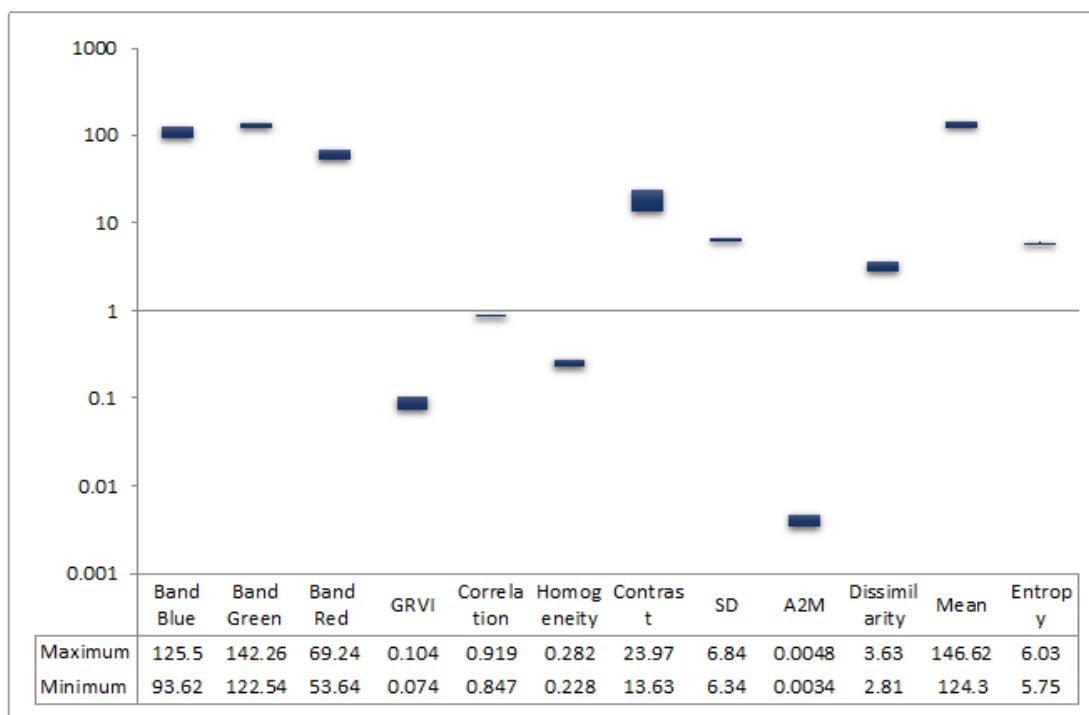
ตารางที่ 4-5 ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของต้นไม้กับสัญลักษณ์ประเภทต้นไม้

สัญลักษณ์ประเภท (Class Signature)	ประเภท (Class)		
	ยางพารา (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.)	ปอหู่ (<i>Hibiscus macrophyllus</i> Roxb. Ex Hornem.)	มะพร้าววนกกก (<i>Horsfieldia glabra</i> Blume Warb.)
Band Red	56.92-68.18	53.64-69.24	57.83-70.21
Band Green	129.7-137.56	122.54-142.26	114.61-137.73
Band Blue	98.95-111.07	93.62-125.5	92.33-117.51
Band Green	129.7-137.56	122.54-142.26	114.61-137.73
GRVI	0.105-0.135	0.074-0.104	0.069-0.117
Correlation	0.823-0.901	0.847-0.919	0.838-0.922
Homogeneity	0.823-0.901	0.228-0.282	0.19-0.236
Contrast	25.06-41.26	13.63-23.97	18.28-33.36
Standard Deviation	7.02-9.36	6.34-6.84	6.72-8.82
Angular 2nd Moment	0.0018-0.0028	0.0034-0.0048	0.0021-0.0031
Dissimilarity	3.92-4.84	2.81-3.63	3.35-4.41
Mean	135.44-141.48	124.3-146.62	129.96-144.2
Entropy	6.2-6.64	5.75-6.03	6.07-6.45

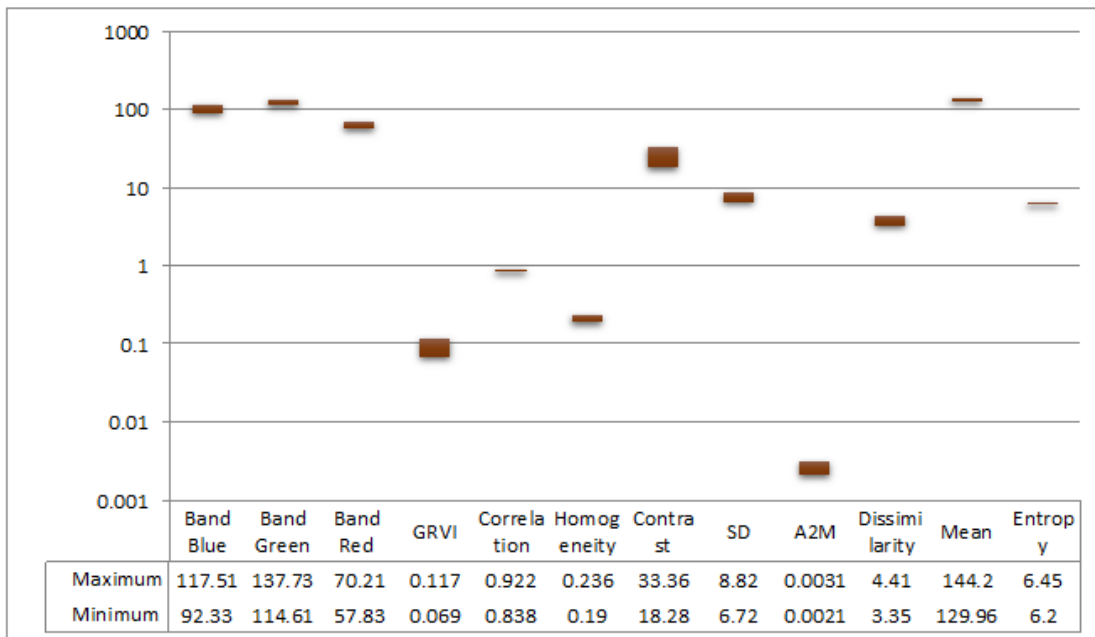
เมื่อนำค่าคุณลักษณะต่างๆ ของไม้ยืนต้นทั้งสามชนิดมาทำการจำแนกจากช่วงค่าการสะท้อนที่ได้จากชั้นข้อมูลแต่ละประเภท โดยใช้โปรแกรมทาง Remote Sensing ได้ผล แสดงดังภาพที่ 4-7 -4-10



ภาพที่ 4-7 ค่าทางสถิติของสัญลักษณ์เฉพาะของต้นยางพารา



ภาพที่ 4-8 ค่าทางสถิติของสัญลักษณ์เฉพาะของต้นปอหุ



ภาพที่ 4-9 ค่าทางสถิติของสัญลักษณ์เฉพาะของต้นมะพร้าววนกก

4.3.2 แผนที่การกระจายของต้นยางพารา ต้นปอหุ และต้นมะพร้าววนกก ในพื้นที่ศึกษา

จากการทดลองจำแนกด้วยแบบจำลองฐานกฎ (Rule Based Model) โดยการกำหนดค่าช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุด และสูงสุดของปัจจัยชั้นข้อมูลต่างๆ ที่นำมาช่วยในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้นแต่ละชนิด มีการกระจายตัวของพรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด ได้ผลการทดลองดังนี้ แสดงดังภาพที่ 4-10

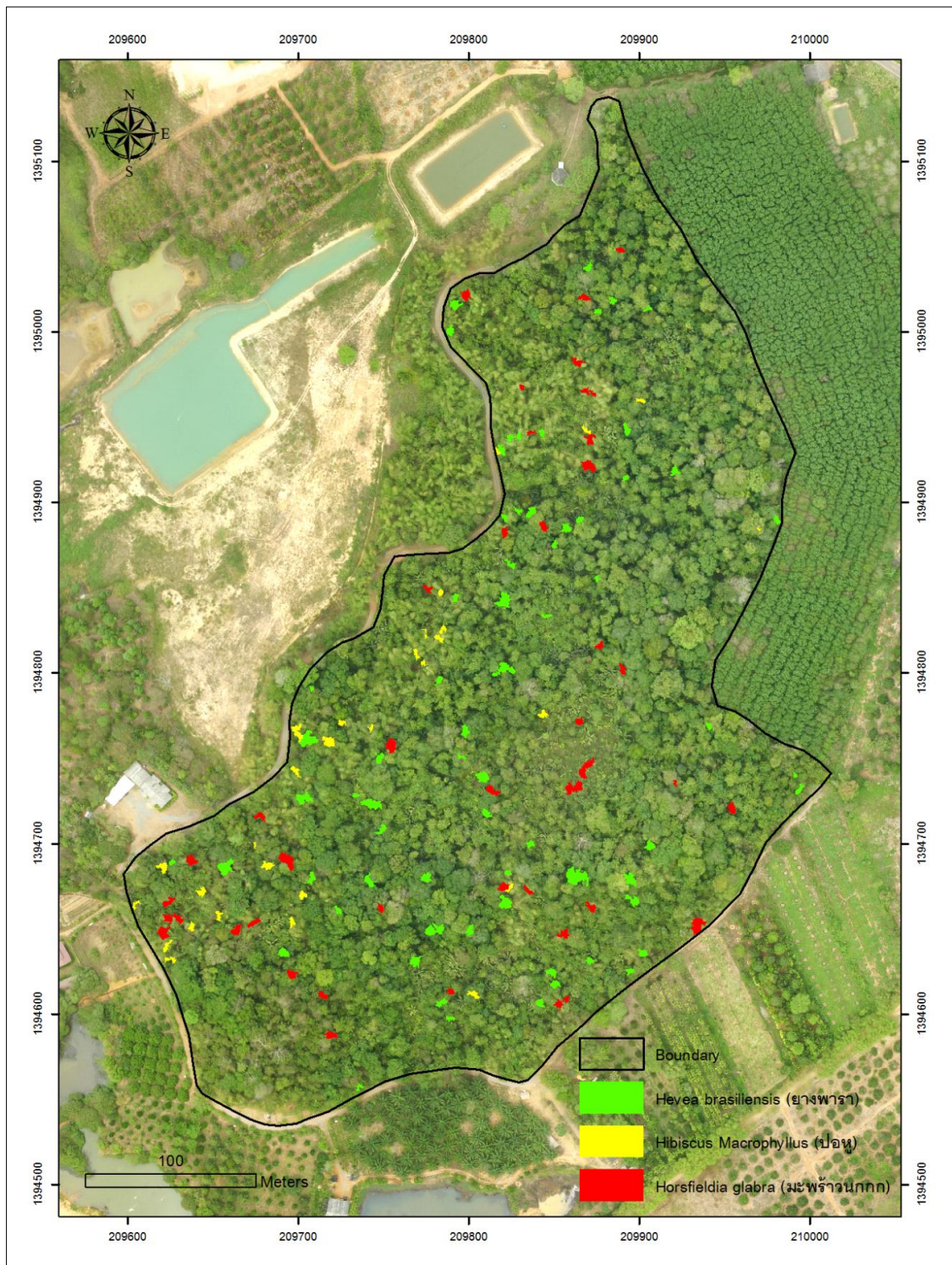
- ต้น *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (ยางพารา) ในการลงวางแผนสำรวจภาคสนามพบต้นยางพาราทั้งหมด 63 ต้น และจากผลการทดลองสมการการจำแนกพรรณไม้ยืนต้น Tree Stand Model ของต้นยางพารา พบว่ามีพื้นที่เรือนยอดปกคลุมทั้งหมด 1,448.83 ตารางเมตร และนับจำนวนจากการจำแนกได้ทั้งหมด 86 ต้น

- ต้น *Hibiscus macrophyllus* Roxb. Ex Hornem. (ปอหุ) ในการลงวางแผนสำรวจภาคสนามพบต้นปอหุทั้งหมด 10 ต้น และจากผลการทดลองสมการการจำแนกพรรณไม้ยืนต้น Tree Stand Model ของต้นปอหุ พบว่ามีพื้นที่เรือนยอดปกคลุมทั้งหมด 410.52 ตารางเมตร และนับจำนวนจากการจำแนกได้ทั้งหมด 32 ต้น

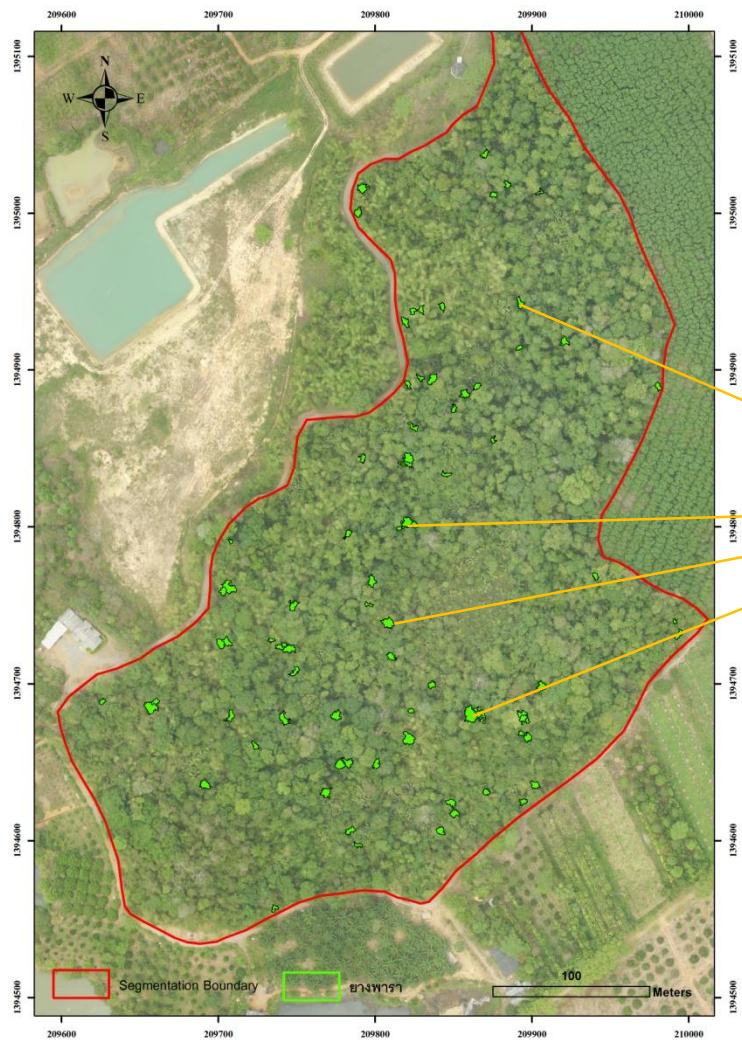
- ต้น *Horsfieldia glabra* Blume Warb. (มะพร้าววนกก) ในการลงวางแผนสำรวจภาคสนามพบต้นมะพร้าววนกกทั้งหมด 6 ต้น และจากผลการทดลองสมการการจำแนก

พรรณไม้ยืนต้น Tree Stand Model ของต้นมะพร้าวรกก พบว่ามีพื้นที่เรือนยอดปกคลุมทั้งหมด 957.04 ตารางเมตร และนับจำนวนจากการจำแนกได้ทั้งหมด 51 ต้น

โดยค่าช่วงจากโมเดลที่ใช้ในการจำแนกพรรณไม้แต่ละชนิด เป็นชั้นข้อมูลของแต่ละช่วงคลื่นที่อยู่ในวัตถุ (Segmentation) ที่ผ่านการแบ่งส่วนภาพจากขั้นตอนการทำวัตถุภาพ จากนั้นนำค่าช่วงของโมเดลมาทำการจำแนกวัตถุภาพที่เข้าเงื่อนไขของ Tree Stand Model แสดงดังภาพที่ 4-11 – 4-13



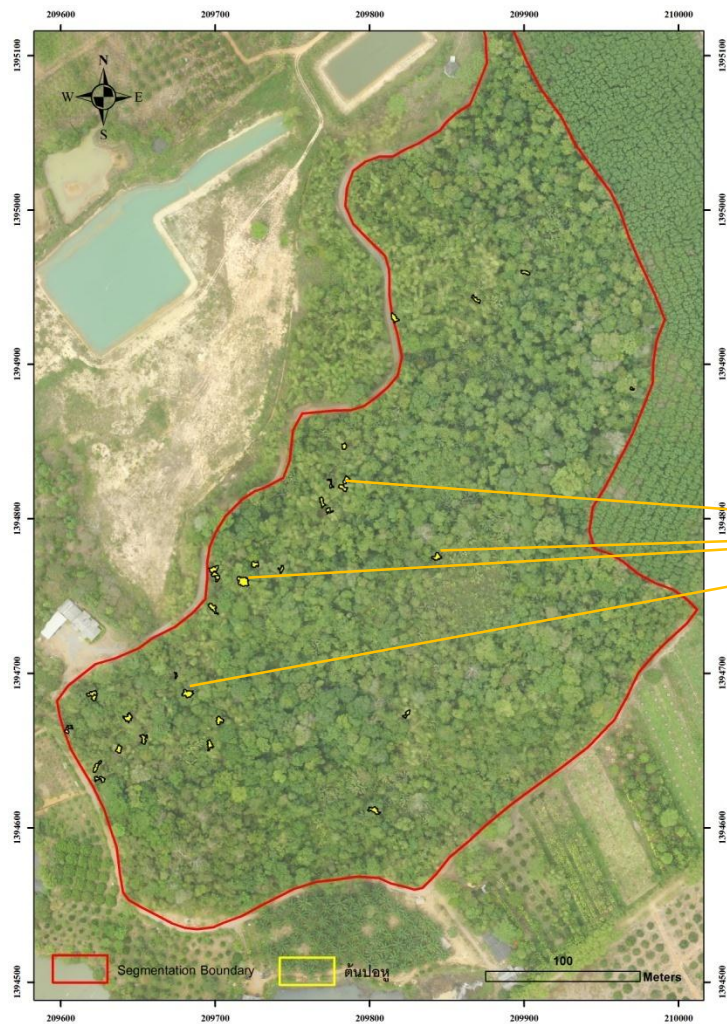
ภาพที่ 4-10 แสดงการกระจายตัวของพรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด ตามการจำแนกของ Tree Stand Model



Tree Stand Model *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.

Band Blue (98.95-111.07) and Band Green (129.7-137.56) and Band Red (56.92-68.18) and GRVI (0.105-0.135) and Correlation (0.823-0.901) and Homogeneity (0.823-0.901) and Contrast (25.06-41.26) and Standard Deviation (7.02-9.36) and Angular Second Moment (0.0018-0.0028) and Dissimilarity (3.92-4.84) and Mean (135.44-141.48) and Entropy (6.2-6.64)

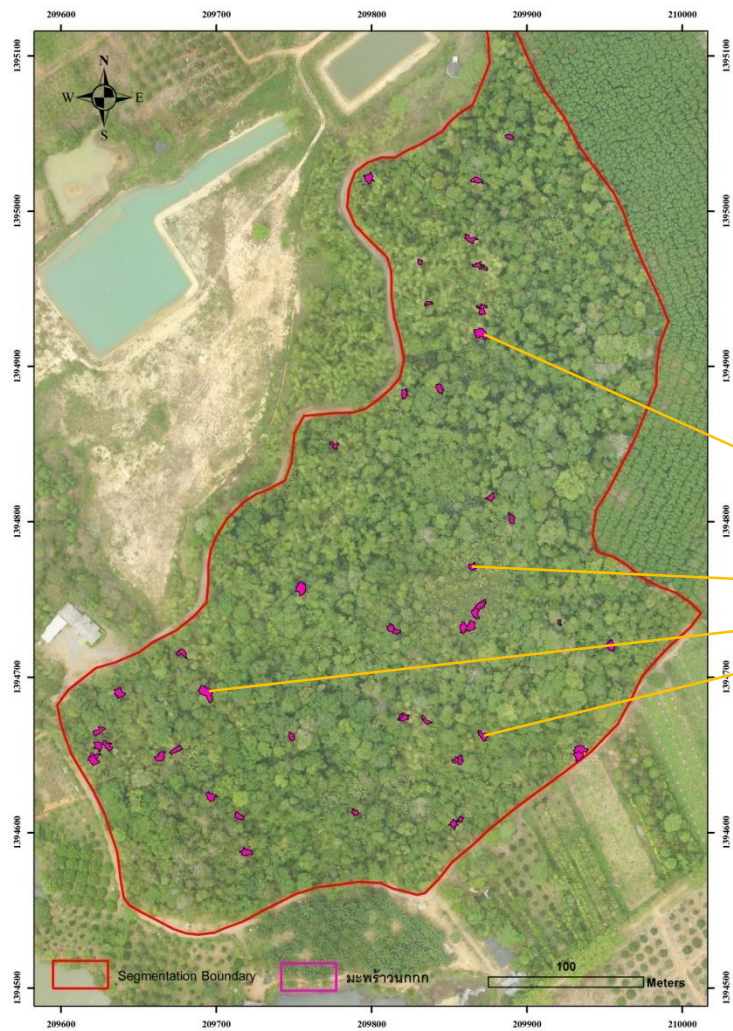
รูปที่ 4-11 แสดงภาพที่จำแนกต้นยางพาราจากวัตถุภาพที่มีค่าของชั้นข้อมูลตาม Tree Stand Model



Tree Stand Model *Hibiscus macrophyllus* Roxb. Ex Hornem.

Band Blue (93.62-125.5) and Band Green (122.54-142.26) and Band Red (53.64-69.24) and GRVI (0.074-0.104) and Correlation (0.847-0.919) and Homogeneity (0.228-0.282) and Contrast (13.63-23.97) and Standard Deviation (6.34-6.84) and Angular Second Moment (0.0034-0.0048) and Dissimilarity (2.81-3.63) and Mean (124.3-146.62) and Entropy (5.75-6.03)

รูปที่ 4-12 แสดงภาพที่จำแนกต้นไม้จากภาพถ่ายที่มีค่าของดัชนีข้อมูลตาม Tree Stand Model



Tree Stand Model *Horsfieldia glabra* Blume Warb.

Band Blue (92.33-117.51) and Band Green (114.61-137.73) and Band Red (57.83-70.21) and GRVI (0.069-0.117) and Correlation (0.838-0.922) and Homogeneity (0.19-0.236) and Contrast (18.28-33.36) and Standard Deviation (6.72-8.82) and Angular Second Moment (0.0021-0.0031) and Dissimilarity (3.35-4.41) and Mean (129.96-144.2) and Entropy (6.07-6.45)

รูปที่ 4-13 แสดงภาพที่จำแนกต้นมะพร้าวตกจากภาพถ่ายที่มีค่าของชั้นข้อมูลตาม Tree Stand Mode

4.4 การจำแนกพรรณไม้ยืนต้นด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงคุณภาพ

(Pixel Based Classification)

ในการศึกษาเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงคุณภาพ (Pixel-Based Classification) แบบกำกับดูแล (Supervised Classification) มีขั้นตอนการทำงาน และผลการทดลองดังนี้

4.3.1 การสร้างกลุ่มตัวอย่าง (Training Area) ทำการสร้างพื้นที่ตัวอย่างของพรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด และพื้นที่อื่นๆ อีก 1 ตัวอย่าง ๆ ละ 20 ซ้ำ ทั้งหมด 80

4.3.2 การจำแนกข้อมูล (Image Classification) เมื่อสร้างกลุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นข้อมูลในการจำแนก โดยขั้นขั้นตอนการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum – Likelihood - Classification) ผลจากการจำแนกพบว่าจำแนกจากเรือนยอดปกคลุมด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ พบเป็นพื้นที่ปกคลุมเรือนยอดของต้นยางพารามีพื้นที่ทั้งหมด 0.026 ตารางกิโลเมตร ต้นปอหู่ มีพื้นที่ปกคลุมเรือนยอดทั้งหมด 0.040 ตารางกิโลเมตร ต้นมะพร้าววนกกก มีพื้นที่ปกคลุมเรือนยอดทั้งหมด 0.024 ตารางกิโลเมตร และเป็นพื้นที่พรรณไม้ชนิดอื่น ๆ 0.025 ตารางกิโลเมตร แสดงดังภาพที่ 4-14

4.3.3 แบบจำลอง Empirical Model ของการจำแนกเชิงคุณภาพ (Rule-based Pixel Classification)

ข้อมูลที่ได้จากการลงภาคสนาม พบพรรณไม้เด่นในพื้นที่ศึกษา 3 ชนิด ได้แก่ *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. (ยางพารา), *Hibiscus macrophyllus* Roxb. Ex Hornem. (ปอหู่), *Horsfieldia glabra* Blume Warb. (มะพร้าววนกกก) จึงเลือกพรรณไม้ทั้งสามชนิดมาทำการทดสอบสมการ Tree Stand Model ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบ Supervised Classification แบบ Maximum Likelihood ของการจำแนกเชิงคุณภาพ เพื่อจำแนกจำแนกพรรณไม้เด่นทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่ศึกษา จะได้โมเดลเชิงประจักษ์ (Empirical Model) พรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด

4.3.3.1 ปัจจัยชั้นข้อมูลที่ใช้ในการจำแนก (Rule-based Information)

ในการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคการจำแนกแบบ Supervised Classification แบบ Maximum Likelihood มีปัจจัยที่ใช้ในการจำแนก คือ ช่วงคลื่นตามมองเห็น (Visible Band) ได้แก่ ช่วงคลื่นสีแดง (Red Band) ช่วงคลื่นสีเขียว (Green Band) และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Blue Band) ที่จำแนกจากภาพถ่ายระยะเอียงสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

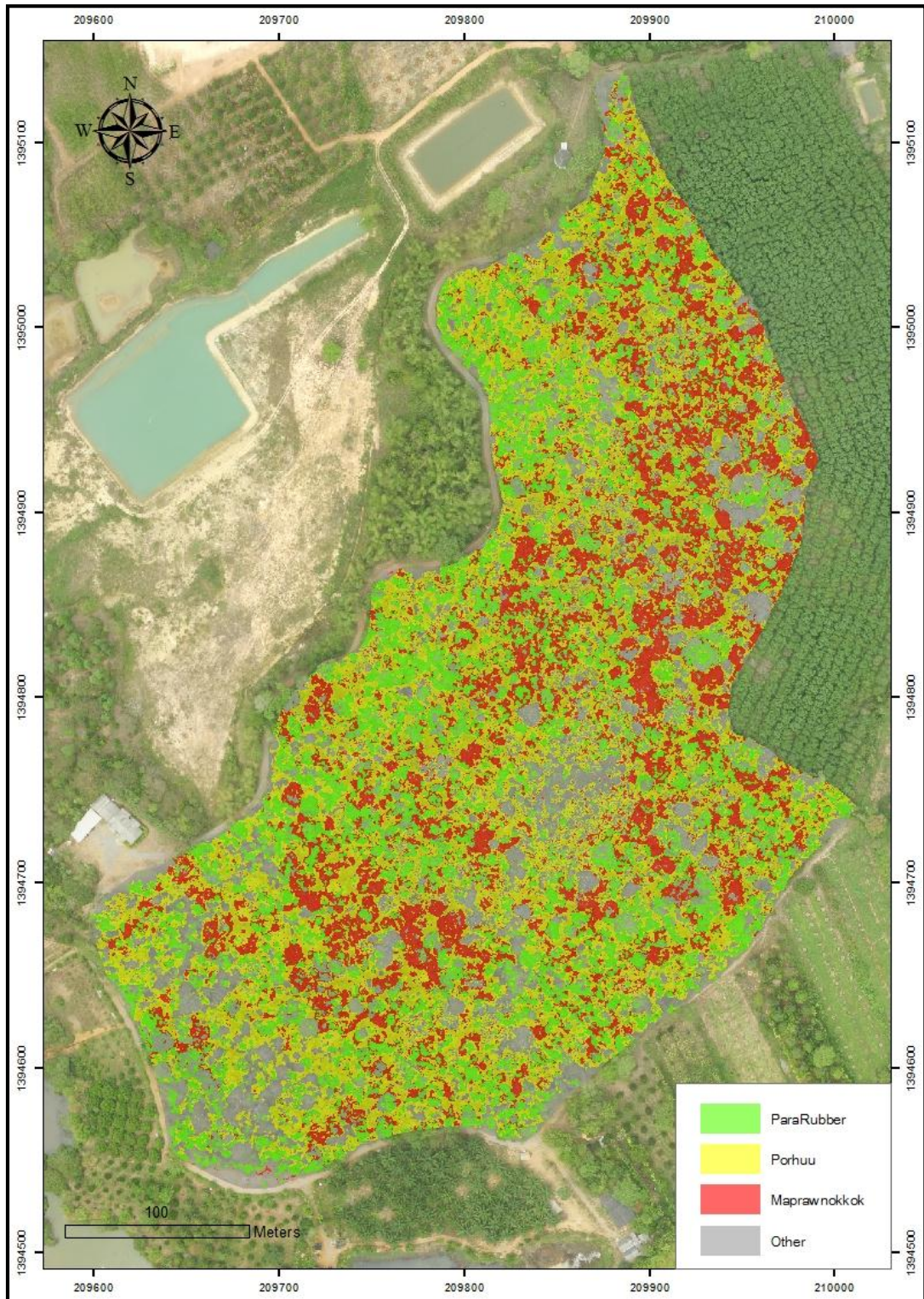
4.3.3.2 Tree Stand Model of Supervised Classification

ใช้หลักการจำแนกแบบ Rule-Based และตรรกะทางคณิตศาสตร์ “และ” (Logic AND) เป็นตัวดำเนินการของสมการ โดยจะนำมาเป็นตัวเชื่อมข้อมูลที่จะนำมาคำนวณในการคิดของสมการทั้งหมดกับค่าช่วงการจำแนกของ Standard Deviation (SD) หาค่าช่วงต่ำสุด – สูงสุด

ของแต่ละค่าที่อยู่ใน Segment ต่างๆ ในพื้นที่การศึกษา และนำไปจำแนกเพื่อหาพรรณไม้ที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ชนิด โดยได้สมการ Tree Stand Model ที่ใช้ในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 แสดงแบบจำลอง Tree Stand Model of Supervised Classification พรรณไม้ทั้ง 3 ชนิด

Rule based Statement	ยางพารา (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.)	ปอหู่ (<i>Hibiscus macrophyllus</i> Roxb. Ex Hornem.)	มะพร้าววนกกก (<i>Horsfieldia glabra</i> Blume Warb.)
Band Red	102.86-130.04	75.48-113.38	81.82-112.46
Band Green	128.94-153.48	98.48-137.26	116.36-140.50
Band Blue	52.90-73.04	47.82-66.74	54.80-74.20



ภาพที่ 4-14 แสดงผลการจำแนกพรรณไม้เด่นด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ
แบบกำกับดูแล

4.3.4 การแสดงความเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ความผิดพลาด

ตารางแสดงความเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ความผิดพลาดของเทคนิคการจำแนกเชิงรูปภาพ กับ เทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ แสดงดังตารางที่ 4-7 - 4-8

ตารางที่ 4-7 ความเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ความผิดพลาดของเทคนิคการจำแนกเชิงรูปภาพ

Classification	Ground truth				Grand Total
	<i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Hibiscus macrophyllus</i>	<i>Horsfieldia glabra</i>	<i>Other</i>	
<i>Hevea brasiliensis</i>	15	3	1	1	20
<i>Hibiscus Macrophyllus</i>	1	12	4	3	20
<i>Horsfieldia glabra</i>	2	3	13	2	20
<i>Other</i>	3	4	3	10	20
Grand Total	21	22	21	16	80



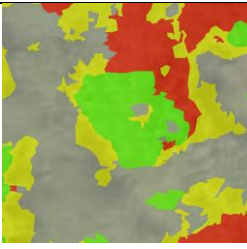


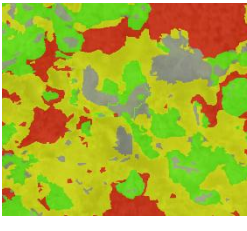


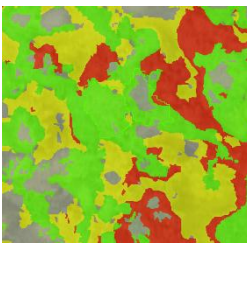


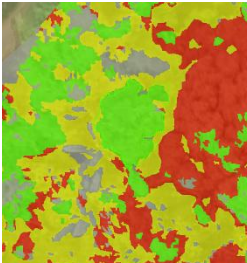
ตารางที่ 4-8 ความเชื่อมโยงปฏิสัมพันธ์ความผิดพลาดของเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ

Classification	Ground truth				Grand Total
	<i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Hibiscus macrophyllus</i>	<i>Horsfieldia glabra</i>	<i>Other</i>	
<i>Hevea brasiliensis</i>	12		3	5	20
<i>Hibiscus Macrophyllus</i>		12	3	5	20
<i>Horsfieldia glabra</i>	3		9	7	19
<i>Other</i>	6	2	2	11	21
Grand Total	21	14	17	28	80



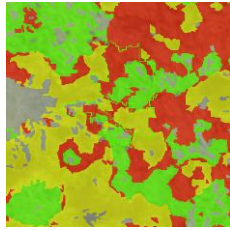


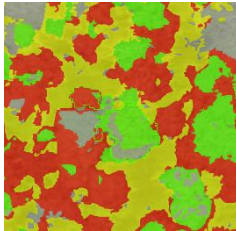


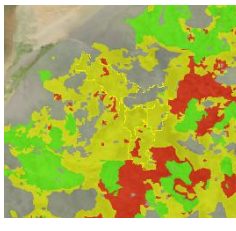


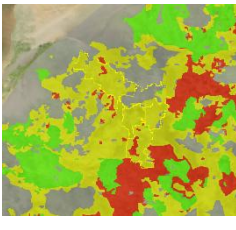


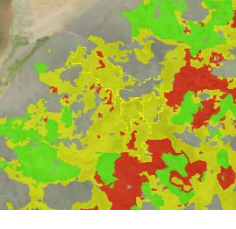
4.5 ผลการตรวจสอบความถูกต้องเชิงพื้นที่ (Spatial Data Accuracy)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Positioning Accuracy) ของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกทั้งสองวิธี จากการหาค่าพื้นที่ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยถือว่าการจำแนกจากบุคคล (Human Eye) นั้นมีความถูกต้องมากที่สุด และหาค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error : RMSError) ของเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ และเทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพ มาเปรียบเทียบจากการจำแนกจากบุคคล แสดงดังตารางที่ 4-9



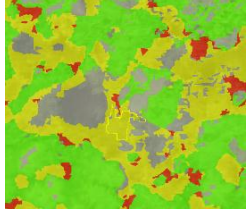








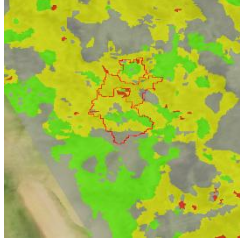


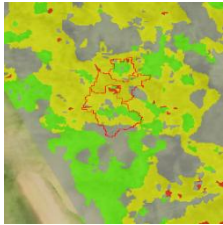
ตารางที่ 4-9 แสดงการทดสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

พรรณไม้	การจำแนกด้วยบุคคล	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิงวัตถุ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิง จุดภาพ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)
ยางพารา <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.		34.58		41.45		26.80
		13.27		9.73		18.51
		31.62		49.20		51.97
		28.20		32.14		22.20



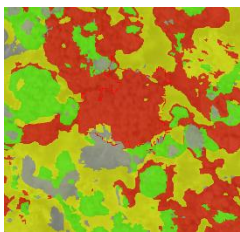


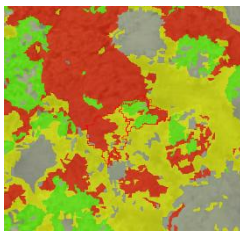


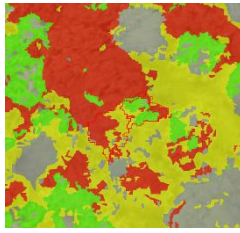


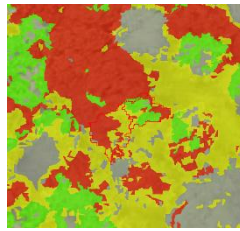
ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

พรรณไม้	การจำแนกด้วยบุคคล	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิงวัตถุ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิง จุดภาพ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)
ยางพารา <i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.		51.63		57.52		68.80
		19.71		24.70		65.22
ปอหู่ <i>Hibiscus macrophyll us Roxb. Ex Hornem.</i>		12.39		15.51		987.52
		16.78		14.42		987.52
		10.59		9.10		987.52

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

พรรณไม้	การจำแนกด้วยบุคคล	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิงวัตถุ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิง จุดภาพ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)
ปอหู่ <i>Hibiscus macrophyllus</i> Roxb. Ex Hornem.		24.67		26.12		70.95
		14.11		16.37		68.91
		7.94		8.21		104.49
มะพร้าววนก กก <i>Horsfieldia glabra</i> Blume Warb.		16.49		25.13		94.48
		8.26		7.15		94.48

ตารางที่ 4-9 (ต่อ)

พรรณไม้	การจำแนกด้วยบุคคล	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิงวัตถุ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)	การจำแนกเชิง จุดภาพ	พื้นที่ (ตาราง เมตร)
มะพร้าววนก กก <i>Horsfieldia glabra</i> Blume Warb.		104.37		114.94		568.71
		13.81		15.94		15.69
		14.96		16.50		150.63
		9.75		11.03		150.63

จากตารางที่ 4-10 แสดงการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่จากการจำแนกเชิงวัตถุ และการจำแนกเชิงคุณภาพ เพื่อนำค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Root Mean Square Error) มาเปรียบเทียบกับ การจำแนกจากบุคคล เพื่อดูความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยกำลังสองจากการจำแนกทั้ง 2 เทคนิค โดยค่าเฉลี่ยกำลังสองของการจำแนกจากบุคคลมีค่าเท่ากับ 4.90 การจำแนกเชิงวัตถุมีค่าเท่ากับ 5.24 และการจำแนกเชิงคุณภาพมีค่าเท่ากับ 15.87 โดยค่าเฉลี่ยกำลังสองของการจำแนกเชิงคุณภาพมีค่า ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่มากกว่าการจำแนกเชิงวัตถุ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยกำลังสอง ของการจำแนกจากบุคคล โดยมีค่าต่างกันอยู่ที่ 10.97 และ 0.34 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 แสดงค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อน (RMSError) ของเทคนิคการจำแนก

เทคนิคการจำแนก	ค่า Root Mean Square Error	ค่าเปรียบเทียบกับการจำแนก
การจำแนกด้วยบุคคล (Human Eye)	4.90	
การจำแนกเชิงวัตถุ (Object Based Image Analysis)	5.24	+0.34
การจำแนกเชิงคุณภาพ (Supervised Classification)	15.87	+10.97

4.6 อภิปรายผล

การใช้ภาพถ่ายที่มีรายละเอียดสูงที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน มีส่วนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และความถูกต้อง ได้ดีกว่าภาพที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ที่ต่ำ สดคล้องกับงานวิจัยของ S.E Franklin และคณะ ที่ได้ปรับปรุงรูปแบบการจำแนกจากช่วงคลื่นการสะท้อนจากภาพที่มีรายละเอียดสูง (1 เมตรต่อ 1 พิกเซล) โดยศึกษาในตัวแทนของป่าไม้ผสมในรัฐอัลเบอร์ตา และ นิวส์ บรินส์วิก ที่มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นจากภาพถ่ายรายละเอียด 1 เมตร จาก 60% เพิ่มขึ้นเป็น 65% จากการใช้ภาพถ่ายรายละเอียดสูง

จากผลการศึกษาของ ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และคณะ (2555) ในเรื่องการวิเคราะห์เนื้อภาพเพื่อจำแนกช่วงอายุของยางพาราด้วยภาพถ่ายรีดอส โดยใช้โครงสร้างเนื้อภาพวิธีวิเคราะห์แบบความสัมพันธ์แบบ Gray-Level Co-occurrence ทั้งหมด 8 ชุด ซึ่งได้แบ่งช่วงอายุออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ <5ปี 5-10ปี และ >10ปี และได้ใช้ข้อมูลเนื้อภาพที่จำแนกยางพาราได้ดีที่สุดคือ เนื้อภาพแบบ Contrast ได้กำหนดค่า 175.93, 194.20 และ 50.48 ตามลำดับอายุ และเนื้อภาพแบบ Entropy มีค่าเท่ากับ 5.22, 5.75 และ 4.80 ตามลำดับอายุ ซึ่งใช้เทคนิคการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธี Maximum Likelihood ซึ่งได้ค่าความถูกต้องของเนื้อภาพ Entropy และ Contrast เท่ากับ 0.67 และ 0.43 ตามลำดับ ผลการทดลองของผู้วิจัยจากการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องเชิงพื้นที่ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังสองความคลาดเคลื่อน ที่นำไปเปรียบเทียบกับ การจำแนกด้วยบุคคล มีผลไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องจากค่าความถูกต้องที่ได้จากการจำแนกเชิงวัตถุ มีความถูกต้องมากกว่าการจำแนกเชิงจุดภาพ เพราะภาพที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน มีความละเอียดที่ 1 จุดภาพ เท่ากับ 10.11 เซนติเมตร ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกใช้ชั้นข้อมูลในการจำแนกหลายตัว และสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา ที่เป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของต้นไม้ทั้งดิน อากาศ และสภาพพื้นที่ของแต่ละภูมิภาค รวมทั้งปัจจัยชั้นข้อมูลของ GLCM ที่นำมาใช้ในการจำแนกทั้ง 8 ตัว ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาและคัดเลือกชั้นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการจำแนก ในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานจำเป็นต้องปรับปรุงในเรื่องของโมเดลการจำแนก เทคนิคและปัจจัยชั้นข้อมูลที่ใช้ในเชิงลึกต่อไป เพื่อให้ได้ค่าการจำแนกที่ได้ผลดีมากขึ้น ผนวกกับการปรับปรุงกล้อง (Sensor) และช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกต่อไปในอนาคต

ในการทดลองการจำแนกพรรณไม้ในครั้งต่อไป ควรจะนำค่า Digital Elevation Model (DEM) และ Digital Surface Model (DSM) มาช่วยในการจำแนกพรรณไม้ และการนำกล้องหลายช่วงคลื่น MultiSpectral ที่มีช่วงคลื่น Near-Infrared (NIR) ที่สามารถตอบสนองต่อพืชพรรณได้ดีเข้ามาใช้ในระบบหุ่นยนต์อากาศยาน ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทดลองของ Juliane Bendig

และคณะ ที่พบว่าความสูงของพรรณไม้มีผลต่อแบบจำลองและค่าการสะท้อนในดัชนีพืชพรรณในช่วงแรกของระยะการเติบโต

ในการศึกษาของ เนตรนภา หงส์ทอง ที่ทำการศึกษการเปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพและการจำแนกเชิงวัตถุของพื้นที่การเกษตรจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชดเมื่อนำมาเปรียบเทียบผลการศึกษาพบว่าการจำแนกเชิงวัตถุมีค่าความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลพื้นที่สวนลำไยและพื้นที่สวนมะม่วงได้ดีกว่าวิธีการจำแนกเชิงจุดภาพ โดยค่าความถูกต้องของการจำแนกเชิงวัตถุเท่ากับ 95.94% และการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพเท่ากับ 60% และในการศึกษาของ Christopher et al. (2014) ที่ศึกษาการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่การเกษตร และพื้นที่แหล่งน้ำในเขตเมือง โดยใช้วิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพแบบกำกับดูแล และแบบไม่กำกับดูแลเปรียบเทียบกับผลลัพธ์กับวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุพบว่าการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุมีค่าความถูกต้องร้อยละ 90.57 สูงกว่าวิธีการจำแนกเชิงจุดภาพแบบกำกับดูแลมีค่าความถูกต้องร้อยละ 65.14 และแบบไม่กำกับดูแลมีค่าความถูกต้องร้อยละ 63.17 ซึ่งผลการวิจัยของทั้ง เนตรนภา หงส์ทอง (2559) และงานวิจัยของ Christopher et al. (2014) มีความใกล้เคียงกับผู้ศึกษา เนื่องจากภาพถ่ายรายละเอียดสูงที่ได้เมื่อนำมาใช้เทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ สามารถจำแนกเรือนยอดของต้นไม้ได้อย่างชัดเจน ซึ่งต่างกับการจำแนกเชิงจุดภาพ เมื่อจำแนกออกมาจะเป็นพื้นที่บริเวณกว้างไม่สามารถแบ่งส่วนเรือนยอดของต้นไม้ได้อย่างเด่นชัด

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์ของภาพรายละเอียดสูง (Very High Resolution) ที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานที่เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เข้ามามีบทบาทในการสำรวจทรัพยากรทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งภาพรายละเอียดสูงที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานผู้ศึกษาได้นำมาทดสอบเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ (Pixel Based Classification) ซึ่งเป็นเทคนิคการจำแนกแบบเก่า (Classical Method) มาเปรียบเทียบกับเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object Based Image Analysis)

5.1.1 ในการทดสอบเทคนิคการจำแนกพรรณไม้เด่นในพื้นที่ศึกษาด้วยภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน โดยดูจากเรือนยอดของต้นไม้ที่ได้จากภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานที่มีค่าความละเอียดภาพอยู่ที่ 10 เซนติเมตรต่อ 1 พิกเซล จากเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ แบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) ในการทดสอบการใช้เทคนิคการจำแนกแบบ Rule-based Classification ได้นำชั้นข้อมูลช่วงคลื่นตามมองเห็น RGB ดัชนีพืชพรรณ และการวิเคราะห์หลายพื้นผิว GLCM มาเป็นปัจจัยชั้นข้อมูลในการสร้างสมการ Tree Stand Model เพื่อช่วยการจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่ายรายละเอียดสูง ซึ่งผลการทดสอบของ Tree Stand Model นั้นสามารถจำแนกพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษาได้ และนำมาทดสอบความถูกต้องเชิงพื้นที่ (Spatial Data Accuracy) จากการจำแนกจากบุคคลที่ถือว่ามีความถูกต้องมากที่สุด และนำการจำแนกทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกันเชิงพื้นที่ จะเห็นได้ว่าการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุสามารถแยกเรือนยอดต้นไม้ได้อย่างชัดเจนกว่า การจำแนกเชิงจุดภาพที่ได้พื้นที่ออกมาเป็นผืน เนื่องจากความละเอียดของภาพถ่ายรายละเอียดสูงมีความละเอียดที่สามารถมองเห็นเรือนยอด (Canopy) ของต้นไม้ได้ชัดเจน ทำให้เทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุมีความเหมาะสมในการใช้จำแนกพรรณไม้จากภาพถ่ายรายละเอียดสูงได้ดีกว่าเทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพ

5.1.2 แบบจำลอง Rule Based Classification ที่ได้จากการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่น (Interval Estimation) พัฒนาจากระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ประกอบกับการลำดับการทำงานอย่างเป็นระบบ จากความรู้ของรูปแบบการสะท้อนในช่วงคลื่น และค่าการวิเคราะห์หลายพื้นผิวของวัตถุ และนำรูปแบบของแบบจำลองฐานกฎ (Rule Based) มาใช้ในการจำแนกลักษณะ

ของพรรณไม้ยืนต้นเด่นในพื้นที่ศึกษา จึงได้ Tree Stand Model มาใช้ในการจำแนกพรรณไม้ในพื้นที่ศึกษา

5.1.2 ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสำรวจพื้นที่ในการสำรวจจากรูปแบบของดาวเทียม ได้อย่างดี เนื่องจากประสิทธิภาพของภาพที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานนั้นมีความละเอียดสูงในระดับเซนติเมตร ผนวกกับภาพที่ได้นั้นมีความเป็นปัจจุบันที่สุดซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ที่ต้องการบันทึกภาพว่าจะทำการบันทึกในช่วงเวลาใด และยังสามารถกำหนดช่วงเวลาในการบันทึกได้เอง (Data on Demand) ซึ่งก้าวข้ามขีดจำกัดของภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดต่ำและไม่สามารถกำหนดรอบเวลาในการบันทึกได้

5.1.3 ข้อจำกัดของระบบหุ่นยนต์อากาศยานมีอยู่ที่แบตเตอรี่ที่สามารถทำการบินบันทึกภาพได้ประมาณ 12 นาที คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.80 ตารางกิโลเมตร ซึ่งถ้าพื้นที่การศึกษามีขนาดใหญ่ จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่หลายก้อนและช่วงระยะเวลาที่ยาวนานในการบันทึกภาพ และระบบหุ่นยนต์อากาศยานนั้นไม่สามารถบินบันทึกภาพในขณะที่มีฝนตกได้ สภาพภูมิอากาศจึงเป็นปัญหาและข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งของการใช้ระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

5.1.4 ในการวิจัยครั้งต่อไปควรเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาควรเก็บให้ครบทั้ง 3 ฤดูกาล เพราะต้นไม้แต่ละประเภทมีการผลัดใบตามฤดูกาล ซึ่งจะทำการสะท้อนพลังงาน และรูปร่างลักษณะของเรือนยอดเปลี่ยนแปลงไปได้ เมื่อได้ทำทั้ง 3 ฤดูกาล รูปแบบโมเดลจำแนกพรรณไม้จะมีความละเอียดที่มากกว่า และควรแบ่งเป็นแต่ละช่วงอายุของพรรณไม้แต่ละชนิด เพื่อความแม่นยำของโมเดลต่อพรรณไม้แต่ละชนิด

5.1.5 ควรใช้เซ็นเซอร์ช่วงคลื่น Near-Infrared (NIR) ที่มีผลตอบสนองการสะท้อนของพืชพรรณได้ดีที่สุดเข้ามาใช้ในการบันทึกภาพ หรืออาจจะใช้กล้องหลายช่วงคลื่นทั้ง Multispectral และ Hyperspectral เพื่อนำมาใช้ในการจำแนกข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

5.1.6 แบบจำลอง Rule-Based นั้นมีความซับซ้อนของข้อมูล และช่วงค่าการซ้อนทับในชั้นข้อมูลต่างๆควรจะใช้หลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Classification) เข้ามาช่วยในการจำแนกพรรณไม้ต่าง ๆ และปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปในแต่ละพื้นที่ตามรูปแบบอัตโนมัติต่อการเขียนกฎของ Fuzzy logic และให้คอมพิวเตอร์มีการตัดสินใจ เพราะเป็นวิธีที่เหมาะสมในการจำแนกพื้นที่ที่มีลักษณะการสะท้อนของวัตถุที่คาบเกี่ยวใกล้เคียงกันระหว่างสองลักษณะของพื้นที่ รวมถึงใช้ได้ดีในข้อมูลที่มีข้อจำกัดทางด้านขนาดของค่าการสะท้อน หรือใช้โมเดลทำนายแบบหลายตัวแปร Multiple Regression เพื่อช่วยในการทำนายให้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำถูกต้องได้ใกล้เคียงมนุษย์ได้มากยิ่งขึ้น

5.1.7 การเพิ่มเซ็นเซอร์ช่วงคลื่น Near-Infrared (NIR) ที่มีผลตอบสนองการสะท้อนของพืชพรรณได้ดีที่สุดเข้ามาใช้ในการบันทึกภาพ หรืออาจจะใช้กล้องหลายช่วงคลื่นทั้ง Multispectral และ Hyperspectral เพื่อนำมาใช้ในการจำแนกข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการศึกษา

5.2.1 โมเดลที่ได้เป็นโมเดลเฉพาะพื้นที่ (Local Model) ไม่สามารถนำไปใช้กับพื้นที่ในภูมิภาคอื่น ๆ ได้ อาจจะเนื่องด้วยจากปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ชั้นดิน และ ชั้นหิน ที่จะทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ในแต่ละพื้นที่

5.2.2 คุณภาพของภาพที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับเวลาที่ทำการบันทึกต่อช่วงเวลาการทำมุมของดวงอาทิตย์ เพื่อให้ได้ภาพที่ดีที่สุดควรบันทึกภาพในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมตั้งฉากกับกล้องจากโดรน หรือช่วงเวลา 11.30 – 12.30 เป็นช่วงเวลาที่ควรหลีกเลี่ยงมากที่สุด เพราะจะมีผลต่อการการจำแนก และการแบ่งส่วนภาพอย่างมาก

5.2.3 ค่าช่วงปัจจัยต่าง ๆ ในโมเดลมีการซ้อนทับกันกับค่าช่วงของโมเดลพรรณไม้ตัวอื่น ๆ ซึ่งทำให้ลดค่าความถูกต้องในการจำแนกลงไป จึงควรหาโมเดลทำนายที่เหมาะสมในการทดลองครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมป่าไม้. (2553). *คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของชุมชนด้านความหลากหลายทางชีวภาพ “ด้านพืช”*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กรมป่าไม้. (2557). *คู่มือการปฏิบัติงานตามแนวทางการจัดทำโครงการป่าชุมชนของกรมป่าไม้*. กรุงเทพฯ: ส่วนส่งเสริมการจัดการป่าชุมชน สำนักจัดการป่าชุมชน.
- กรมป่าไม้. (2558). *แผนกลยุทธ์สำนักจัดการป่าชุมชน ปี พ.ศ. 2555 - 2558*. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการป่าชุมชน.
- กรมแผนที่ทหาร. (2555). *การใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองความสูงสามมิติของภูมิประเทศ*. กรุงเทพฯ: กองยี่อเดซีและยี่อฟิสิกส์.
- ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. (2555). *การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, อุรวรรณ จันทร์เกษ, วาสนา พุดกลาง, พัทยา คำแดง และพงษ์เทพ วรรณรส. (2555). *การวิเคราะห์เนื้อภาพเพื่อจำแนกช่วงอายุของยางพาราด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม THEOS ลุ่มน้ำห้วยคอง*. ขอนแก่น: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จิตาภรณ์ สาดแสงจันทร์. (2556). *การจำแนกเชิงวัตถุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS : กรณีศึกษาในบริเวณจังหวัดนนทบุรี*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพ็ญพรรณ บุญเดิม และวิชัย เชียงวีรชน. (2555). *การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพ และเชิงวัตถุ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT5*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพศาล สันติธรรม. (2555). *การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล*. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พรีเมียม.
- ภราดร กาญจนสุธรรม, นิพนธ์ ตั้งธรรม และเรืองไร โตกฤษณะ. (2557). *การประมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังด้วยข้อมูลดาวเทียม SMSS โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) : กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี*. กรุงเทพฯ: โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนตรีพล ชนบูรณ์กาญจน์ และวิชัย เชียงวีรชน. (2551). *การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพ และเชิงวัตถุ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ALOS AVNIR-2*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (สสวท.). (2555). *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)* เข้าถึงได้จาก <http://firdtrip.ipst.ac.th>.
- สรรทราย สุทธิพันธ์, กัมปนาท ปิยะธำรงชัย และจันทร์จิรา พยัคฆ์เทศ. (2558). *การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูลระหว่างวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพและวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ โดยใช้ภาพถ่ายปรับความคมชัดจากดาวเทียมไทยโชด*. พิษณุโลก: ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สิทธิพร เฉลิมพงศ์พิพัฒน์, คัมภีร์ ชีระเวช และวีระศักดิ์ ปรีภยา. (2556). *การทำแผนที่เสาไฟแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยเทคนิคเอสเอฟเอ็ม*. จันทบุรี: สาขาภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2548). *รีโมทเซนซิง (Remote Sensing : RS)*. เข้าถึงได้จาก <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/201/sattelite/6.htm>.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- อรสา จรุงธรรม. (2555). *สถิติขั้นสูงและการวิเคราะห์ข้อมูล*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- อวยพร เรืองตระกูล. (2556). *การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ การถดถอยเชิงเส้นพหุ*. ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. เข้าถึงได้จาก http://rlc.nrct.go.th/ewt_dl.php?nid=1198
- Haralick, R. M. (1979). Statistical and structural approaches to Texture. *Proceedings of the IEEE*, 67(5), 786-804.
- Haralick, R. M., Shanmugan, K., & Dinstein, I.(1973). Textural features for image classification. *IEEE Trans. on systems, Man, and cybernetics*, 3(6), 610-621.
- Matthias, N., Michael, G., Ralf, B., Frank, N., & Gorres, G. (2013). *Accuracy comparison of Digital Surface Models created by UAS imagery and Terrestrial Laser Scanner*. Germany: The Professorship for Geodesy & Geoinformatics of the Rostock University.
- Niels, A., Rens, M., & Saskia, K. (2013). High-Res Digital Surface Modeling using Fixed-Wing UAV-based Photogrammetry. *Geomorphometry, 2013*, 2-1 – 2-6

Wayne, W., & Ned, H. (2010). *An Introduction to Image Segmentation and Object-oriented Analysis*. Indonesia: Center for Biodiversity and Conservation of the University of Mulawarman.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพการเก็บตัวอย่างภาคสนาม และแบบฟอร์มการบันทึกต้นไม้


ป้ายผูกต้นไม้
ชื่อพรรณไม้.....
รหัสพรรณไม้.....
วันที่.....
พิกัด.....
รหัสผู้สำรวจ.....

รูปแบบของป้ายคล้องต้นไม้



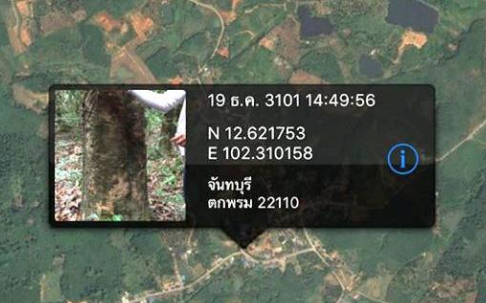

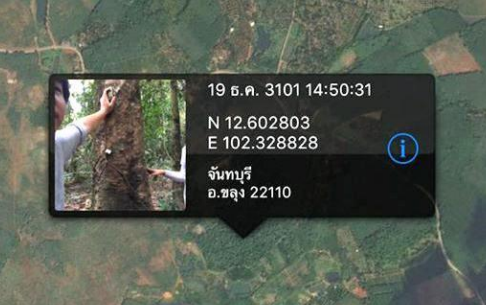
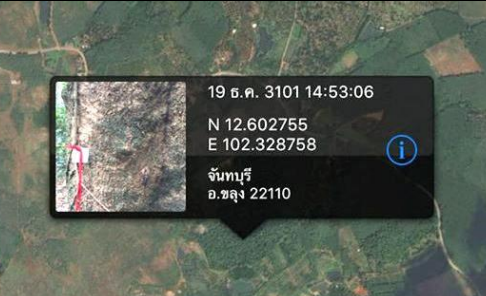



ตารางภาคผนวก ก-1 การเก็บตำแหน่งต้นไม้

รูปที่	รูปถ่ายพิกัด	รูปภาพ
1		
2		
3		
4		
5		
6		

ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

รูปที่	รูปถ่ายพิกัด	รูปภาพ
7		
8		
9		
10		
11		

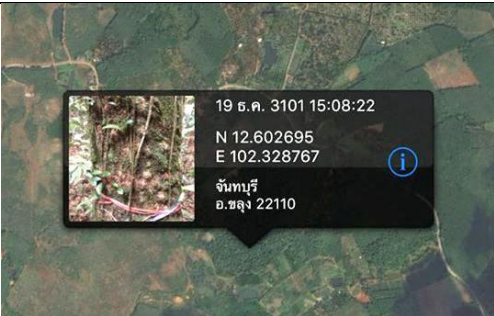

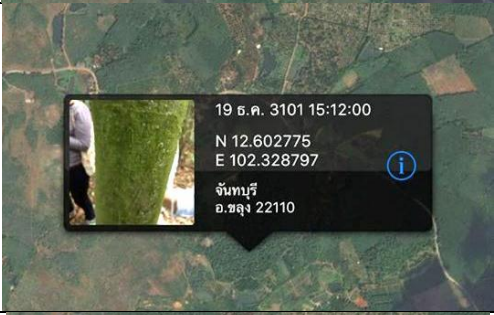

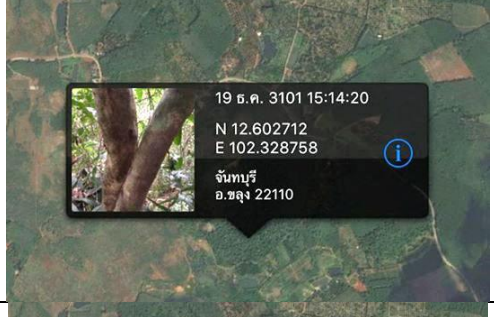



ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

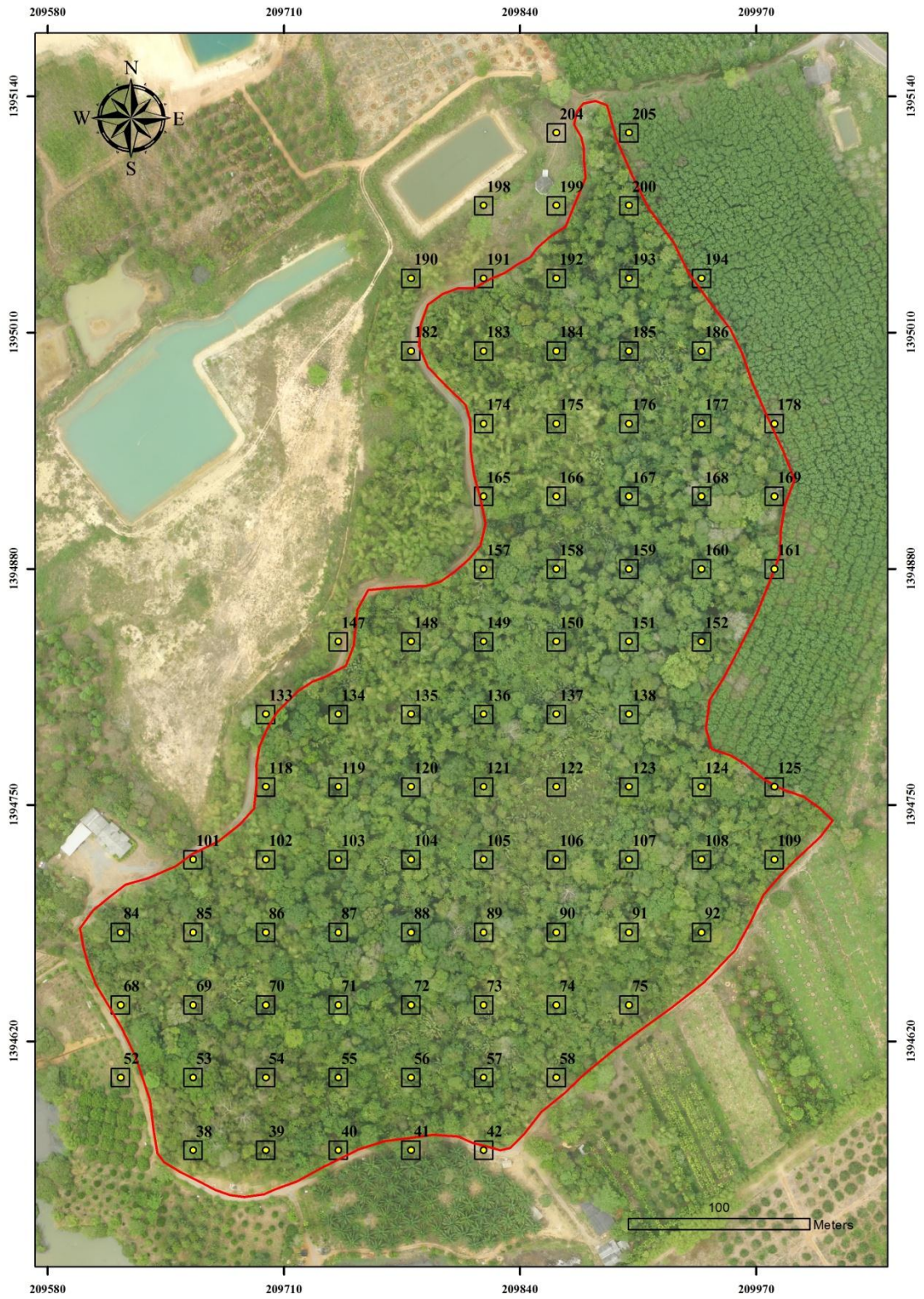
12	 <p>19 ธ.ค. 3101 13:48:45 N 12.601605 E 102.327767 จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p>	
13	 <p>19 ธ.ค. 3101 14:49:56 N 12.621753 E 102.310158 จันทบุรี ต.ทพรม 22110</p>	
14	 <p>19 ธ.ค. 3101 14:50:31 N 12.602803 E 102.328828 จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p>	
15	 <p>19 ธ.ค. 3101 14:53:06 N 12.602755 E 102.328758 จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p>	
16	 <p>19 ธ.ค. 3101 14:53:13 N 12.602762 E 102.328742 จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p>	

ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

17	 <div data-bbox="454 376 842 526"> <p>19 ธ.ค. 3101 14:54:09 N 12.602705 E 102.328758 <i>i</i> จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p> </div>	
18	 <div data-bbox="454 703 842 853"> <p>19 ธ.ค. 3101 14:55:30 N 12.602805 E 102.328858 <i>i</i> จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p> </div>	
19	 <div data-bbox="454 1016 842 1167"> <p>19 ธ.ค. 3101 14:56:10 N 12.602750 E 102.328788 <i>i</i> จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p> </div>	
20	 <div data-bbox="454 1321 842 1471"> <p>19 ธ.ค. 3101 14:57:28 N 12.603775 E 102.327705 <i>i</i> จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p> </div>	
21	 <div data-bbox="454 1612 842 1762"> <p>19 ธ.ค. 3101 15:03:12 N 12.602733 E 102.328688 <i>i</i> จันทบุรี อ.ชลิ่ง 22110</p> </div>	

ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

22	 <p>19 ธ.ค. 3101 15:08:22 N 12.602695 E 102.328767 จันทบุรี อ.ชลุง 22110</p>	
23	 <p>19 ธ.ค. 3101 15:12:00 N 12.602775 E 102.328797 จันทบุรี อ.ชลุง 22110</p>	
24	 <p>19 ธ.ค. 3101 15:14:20 N 12.602712 E 102.328758 จันทบุรี อ.ชลุง 22110</p>	
25	 <p>19 ธ.ค. 3101 15:18:18 N 12.602762 E 102.328803 จันทบุรี อ.ชลุง 22110</p>	



ภาพภาคผนวก ก-1 ตำแหน่งพิกัดหมุดหลักถาวรในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลตำแหน่งหมุดหลักถาวร

เลขตำแหน่งหมุด	พิกัด X	พิกัด Y
1	209540	1394440
2	209580	1394440
3	209620	1394440
4	209660	1394440
5	209700	1394440
6	209740	1394440
7	209780	1394440
8	209820	1394440
9	209860	1394440
10	209540	1394480
11	209580	1394480
12	209620	1394480
13	209660	1394480
14	209700	1394480
15	209740	1394480
16	209780	1394480
17	209820	1394480
18	209860	1394480
19	209900	1394480
20	209500	1394520
21	209540	1394520
22	209580	1394520
23	209620	1394520
24	209660	1394520
25	209700	1394520
26	209740	1394520
27	209780	1394520

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
28	209820	1394520
29	209860	1394520
30	209900	1394520
31	209940	1394520
32	209980	1394520
33	209460	1394560
34	209500	1394560
35	209540	1394560
36	209580	1394560
37	209620	1394560
38	209660	1394560
39	209700	1394560
40	209740	1394560
41	209780	1394560
42	209820	1394560
43	209860	1394560
44	209900	1394560
45	209940	1394560
46	209980	1394560
47	210020	1394560
48	209460	1394600
49	209500	1394600
50	209540	1394600
51	209580	1394600
52	209620	1394600
53	209660	1394600
54	209700	1394600
55	209740	1394600
56	209780	1394600

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
57	209820	1394600
58	209860	1394600
59	209900	1394600
60	209940	1394600
61	209980	1394600
62	210020	1394600
63	210060	1394600
64	209460	1394640
65	209500	1394640
66	209540	1394640
67	209580	1394640
68	209620	1394640
69	209660	1394640
70	209700	1394640
71	209740	1394640
72	209780	1394640
73	209820	1394640
74	209860	1394640
75	209900	1394640
76	209940	1394640
77	209980	1394640
78	210020	1394640
79	210060	1394640
80	209460	1394680
81	209500	1394680
82	209540	1394680
83	209580	1394680
84	209620	1394680
85	209660	1394680

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
86	209700	1394680
87	209740	1394680
88	209780	1394680
89	209820	1394680
90	209860	1394680
91	209900	1394680
92	209940	1394680
93	209980	1394680
94	210020	1394680
95	210060	1394680
96	209460	1394720
97	209500	1394720
98	209540	1394720
99	209580	1394720
100	209620	1394720
101	209660	1394720
102	209700	1394720
103	209740	1394720
104	209780	1394720
105	209820	1394720
106	209860	1394720
107	209900	1394720
108	209940	1394720
109	209980	1394720
110	210020	1394720
111	210060	1394720
112	209460	1394760
113	209500	1394760
114	209540	1394760

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
115	209580	1394760
116	209620	1394760
117	209660	1394760
118	209700	1394760
119	209740	1394760
120	209780	1394760
121	209820	1394760
122	209860	1394760
123	209900	1394760
124	209940	1394760
125	209980	1394760
126	210020	1394760
127	209460	1394800
128	209500	1394800
129	209540	1394800
130	209580	1394800
131	209620	1394800
132	209660	1394800
133	209700	1394800
134	209740	1394800
135	209780	1394800
136	209820	1394800
137	209860	1394800
138	209900	1394800
139	209940	1394800
140	209980	1394800
141	209500	1394840
142	209540	1394840
143	209580	1394840

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
144	209620	1394840
145	209660	1394840
146	209700	1394840
147	209740	1394840
148	209780	1394840
149	209820	1394840
150	209860	1394840
151	209900	1394840
152	209940	1394840
153	209980	1394840
154	209700	1394880
155	209740	1394880
156	209780	1394880
157	209820	1394880
158	209860	1394880
159	209900	1394880
160	209940	1394880
161	209980	1394880
162	209700	1394920
163	209740	1394920
164	209780	1394920
165	209820	1394920
166	209860	1394920
167	209900	1394920
168	209940	1394920
169	209980	1394920
170	210020	1394920
171	209700	1394960
172	209740	1394960

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
173	209780	1394960
174	209820	1394960
175	209860	1394960
176	209900	1394960
177	209940	1394960
178	209980	1394960
179	210020	1394960
180	209700	1395000
181	209740	1395000
182	209780	1395000
183	209820	1395000
184	209860	1395000
185	209900	1395000
186	209940	1395000
187	209980	1395000
188	209700	1395040
189	209740	1395040
190	209780	1395040
191	209820	1395040
192	209860	1395040
193	209900	1395040
194	209940	1395040
195	209980	1395040
196	209740	1395080
197	209780	1395080
198	209820	1395080
199	209860	1395080
200	209900	1395080
201	209940	1395080

ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

เลขตำแหน่งหมวด	พิกัด X	พิกัด Y
202	209780	1395120
203	209820	1395120
204	209860	1395120
205	209900	1395120
206	209940	1395120
207	209820	1395160
208	209860	1395160
209	209900	1395160
210	209500	1394480
211	209580	1394400
212	209620	1394400
213	209660	1394400
214	209700	1394400
215	209740	1394400
216	209780	1394400
217	209820	1394400
218	209860	1394400

รูปภาพการลงสำรวจภาคสนาม



ภาพภาคผนวก ก-1 การเดินสำรวจป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด



ภาพภาคผนวก ก-2 การจับตำแหน่งต้นไม้



ภาพภาคผนวก ก-3 การจดยรายละเอียดต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง



ภาพภาคผนวก ก-4 อุ่นป่า

ภาคผนวก ข
งานวิชาการที่เผยแพร่



การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานในการจำแนกพรรณไม้ต้น บริเวณ

โครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด มูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี

Application of Very High Resolution Imageries from Mini Unmanned Aerial System for Forest Tree Species in Angaet Forest Community of the Chaipattana Foundation, Chanthaburi Province

เลิศพงศ์ สุวรรณเลิศ^{1*} กฤษณีย์ เจริญจิตร^{1,2} กาญจนา ทริมเพ็ง¹

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

² คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา

* Corresponding - author: Email: suwannalert_l@hotmail.com

บทคัดย่อ

ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด เป็นโครงการพัฒนาป่าชุมชนเพื่อให้ผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกท้องถิ่นได้ศึกษาหาความรู้ การอนุรักษ์ และรู้จักใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างยั่งยืน ซึ่งพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ ตำบลกพรหม อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี มีขนาดพื้นที่ประมาณ 160 ไร่ ในปัจจุบัน ได้มีเทคโนโลยีการสำรวจ และการทำแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูงซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นปัจจุบันที่สุดของพื้นที่ศึกษา วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ การประยุกต์เทคโนโลยีระบบอากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System : sUAS) เพื่อจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่าย และการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งภาพที่ได้จากอากาศยานจะเป็นภาพสีจริงที่ได้จากกล้อง นำมาวิเคราะห์ร่วมกับการทำดัชนีพืชพรรณ Green-Red Vegetation Index : GRVI และใช้เทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Image Analysis : OBIA) โดยร่วมกับการพัฒนาแบบจำลองฐานกฎ (Rule-based Model) เพื่อที่จะทดสอบการระบุพรรณไม้ยืนต้น ผลการศึกษาในการใช้แบบจำลองฐานกฎ ประยุกต์กับเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายรายละเอียดสูงที่ได้จากอากาศยานขนาดเล็กมีความถูกต้องประมาณ 55% และค่าความสอดคล้องของข้อมูล (Kappa Coefficient) อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ปานกลาง (Moderate Agreement) ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก และเทคนิคแบบฐานกฎมีประสิทธิภาพที่ช่วยในการจำแนก และทำแผนที่ป่าไม้รายละเอียดสูงได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังสามารถช่วยส่งเสริมในการจัดการป่าไม้ได้ในอีกทางหนึ่ง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ พรรณไม้ยืนต้นส่วนใหญ่ที่พบ ได้แก่ *Hevea brasiliensis* (ยางพารา), *Lagerstroemia floribunda* Jack (ตะแบก), *Horsfieldia glabra* (Blume) Warb (มะพร้าว นกกก), *Brucea javanica* (L.) Merr (ราชดัด), *Hibiscus Macrophyllus* (ปอหู) เป็นต้น โดยในอนาคตจะทำการทดสอบกล้อง Near Infrared และพัฒนาโมเดลที่สามารถจำแนกได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด, ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก, การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ, แบบจำลองฐานกฎ

ABSTRACT

Angaet-forest is the project development of local community to conserve natural forests and to demonstrate how biodiversity can increase economy development. The study area is in Tokprom Sub-District, Khlung District, Chanthaburi Province and covers area of 0.25 square kilometer. The objective of this study was to identify tree species using aerial maps by the small unman aerial system (sUAS) and ground data. In the field, the multicopter aircraft and RGB camera



were used for image acquisition, while the ground data was collected by the forest inventory technique. Firstly, the green-red vegetation index (GRVI) was used for forest area extraction, then the object-based image analysis (OBIA) and the rules-based model were applied for the tree species identification. The study recorded *Hevea brasiliensis*, *Lagerstroemia floribunda* Jack, *Horsfieldia glabra* (Blume) Warb, *Brucea javanica* (L.) Merr and *Macaranga denticulate* as dominant tree species. This method presented moderate accuracy with 55% and with kappa coefficient of around 0.42, nonetheless the rules-based model showed satisfactory results of the classification. sUAS is a powerful technology for creating very high resolution maps and can be applied on various fields. For the further study, the higher precision of forest species classification will be addressed using the near infrared camera.

Keywords : Angaet forest, sUAS, OBIA, Rules-based model

บทนำ

การเจริญเติบโตของสังคมเมืองทำให้จำนวนป่าไม้ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว โดยอาจเกิดจากการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อนำไปใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จึงควรดำเนินการปกป้องและรักษาผืนป่าให้อยู่ร่วมกับชุมชนได้ เนื่องจากป่าชุมชนเป็นกลไกที่สำคัญที่ทำให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมกับป่า รวมทั้งจัดการ ฟื้นฟูรักษา และใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ และแหล่งอาหารของมนุษย์และสัตว์ในพื้นที่ได้อย่างยั่งยืน (ศุภยวันศาสตร์ ชุมชนเพื่อคนกับป่า, 2556) ทางผู้ศึกษามีความสนใจในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ของครอบครัวลักษณะประสิทธิ์ ขอพระราชทาน น้อมเกล้าถวายที่ดิน เพื่อเป็นการอนุรักษ์ และฟื้นฟูสภาพป่า รวมทั้งมีความสนใจการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (small Unmanned Aerial System) ร่วมกับเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based Classification) ซึ่งเป็นเทคนิคทางด้านกระบวนการเชิงเลขขั้นสูงเข้ามาช่วยในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้น

ในอดีตการจำแนกพืชพันธุ์ป่าไม้จะใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีความละเอียดภาพ (Spatial Resolution) ปานกลาง และรายละเอียดต่ำ ประกอบกับไม่สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาในการบันทึกภาพ (Temporal Resolution) ในช่วงระยะเวลาที่ต้องการพร้อมกับภาพที่บันทึกจากดาวเทียมนั้นอาจจะถ่ายติดเมฆและบดบังพื้นที่ศึกษา ทำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมนั้นลดลงไปด้วย ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการจำแนกข้อมูลคือวิธีการจำแนกด้วย

สายตาอาจจะมีการผิดพลาดที่เกิดจากการทำต่อเนื่องแบบซ้ำๆ ซึ่งเป็นการผิดพลาดที่ตัวบุคคล (Human error) จึงต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจำแนกเพื่อลดความผิดพลาด แต่เนื่องจากคอมพิวเตอร์ไม่รู้ถึงสิ่งที่แสดงในภาพ ตัวบุคคลจึงต้องสร้างโมเดลเพื่อให้คอมพิวเตอร์ช่วยจำแนก โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object based classification) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยลักษณะของวัตถุเชิงภาพ หรือกลุ่มของจุดภาพ แทนการใช้ค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพเดี่ยว (สุภาพงษ์, 2555) , (Charoenjit K. et al.) เนื่องจากผู้ศึกษาได้ภาพจากหุ่นยนต์อากาศยานที่มีรายละเอียดสูง ทำให้การใช้เทคนิคการจำแนกเชิงจุดภาพนั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการจำแนกภาพที่มีรายละเอียดสูง

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งประเด็นวิจัยในการประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน เพราะภาพที่ได้นั้นมีความละเอียดสูง (Very high Resolution : VHR) สามารถกำหนดช่วงเวลาในการบินที่ต้องการได้ รวมทั้งพัฒนาแบบจำลองในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้น ในข้างต้นนี้ได้เลือกใช้กฎของฟัซซี (Fuzzy Logic) เพิ่มเข้าไปในแบบจำลองฐานกฎ (Rules-based Model) เพื่อเป็นพัฒนาในการสร้างรูปแบบการจำแนก และเป็นแนวทางสำหรับวิธีการสำรวจรูปแบบใหม่โดยใช้ระบบหุ่นยนต์อากาศยานต่อไปในอนาคต

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่ายทางอากาศจากหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก โดยบูรณาการเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ และข้อมูลสำรวจภาคสนาม



อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. สถานที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาโครงการพัฒนาป่าชุมชน บ้านอ่างเอ็ดมูลนิธิชัยพัฒนา จังหวัดจันทบุรี มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ คือ 210009 E 1395191 N มีพื้นที่โดยประมาณ 160 ไร่ เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยประมาณ 80 ไร่

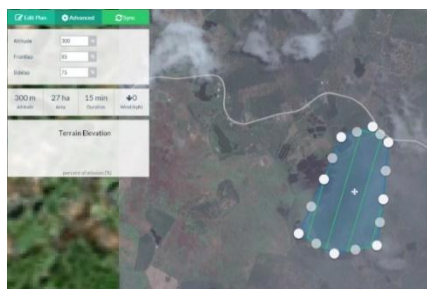
2. การเก็บข้อมูล

2.1 การเตรียมข้อมูล

ทำการเตรียมข้อมูลพื้นฐานทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา (GIS database) เพื่อช่วยในการสำรวจภาคสนามให้มีความถูกต้องทั้งทางทฤษฎี และปฏิบัติ โดยฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่ได้จัดเตรียมได้แก่ ขอบเขตการปกครองระดับตำบล (Tambon Boundary) ขอบเขตและขนาดของพื้นที่การศึกษา (Admin Boundary) เส้นถนน (Road) ภาพพื้นที่การศึกษาซึ่งได้จากภาพถ่ายโปรแกรม Google Earth ปี 2015

2.2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลในภาคสนามจะทำการวางแผนแปลงตัวอย่างชั่วคราว (Temporary plot) และกำหนดการสุ่มจำนวนตัวอย่าง โดยจะวางแผนขนาด 10x10 เมตร เพื่อสำรวจไม้ใหญ่ (คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของชุมชนด้านความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช, 2553) คือไม้ที่มีเส้นรอบวงระดับอกมากกว่า 15 เซนติเมตร และใช้เครื่องบอกตำแหน่งพิกัดบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System : GPS) ทำการเก็บตำแหน่งของพืชพรรณที่ได้สำรวจในแปลงตัวอย่างชั่วคราว และถ่ายรูปไว้ประกอบตำแหน่งของพรรณไม้แต่ละชนิดเพื่อนำข้อมูลไปใช้ร่วมกับภาพถ่ายทางอากาศ



รูปที่ 1 การวางแผนแนวจนแบบกริด

(Cr : Dronedeploy)

2.3 การวางแผนแนวจน และการถ่ายภาพจากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน

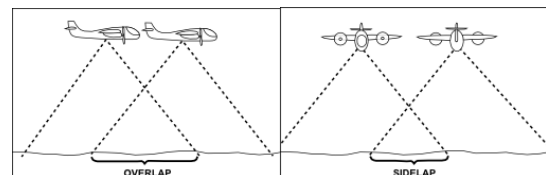
กำหนดแนวการบินแบบกริด (Grid flight planing) **แสดงดังรูปที่ 1** โดยให้ครอบคลุมในพื้นที่การศึกษา และเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ จะต้องทำจุดอ้างอิงพิกัด (Ground Control Point : GCP) ทั้งหมด 6 จุด เพื่อเป็นจุดอ้างอิงในการปรับแก้ภาพถ่ายเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ให้มีความถูกต้องมากที่สุด

จากนั้นทำการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศด้วยกล้องบันทึกภาพแบบ True color RGB โดยบินถ่ายเป็นแนวอย่างเป็นระบบเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล โดยที่แนวจนจะต้องมีการซ้อนทับของภาพทั้งทางด้านหน้า (Overlap) ที่ 85% และด้านข้าง (Side lap) ที่ 75% **แสดงดังรูปที่ 2** เพื่อความสมบูรณ์ของภาพถ่ายทางอากาศ

ในการถ่ายภาพถ่ายทางอากาศจะบินที่ความสูง 300 เมตร ความเร็วอยู่ที่ 9 เมตรต่อวินาที ปรับกล้องให้ถ่ายเป็นแนวดิ่งขนานกับพื้น และบันทึกภาพที่ 3 วินาทีต่อรูป กล้องที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือกล้องดิจิทัล Sony รุ่น EXMOR Resolution : 4000x3000 pixel, Focal length : 20 mm. และ Pixel size : 4.2 μm ก่อนการบินจะมีการคำนวณความสูงของการบิน โดยสมการที่ (1) ดังนี้

$$\frac{GSD}{pixelsize} = \frac{Altitude}{focal} \quad (1)$$

เมื่อ Ground Sampling Distance (GSD) แทน ความละเอียดภาพต่อพิกเซล (เซนติเมตร/พิกเซล)
Pixelsize แทน ขนาดภาพของกล้อง (μm)
Altitude แทน ความสูงในการบิน (m)
Focal แทน ความยาวโฟกัสของกล้อง (mm)



รูปที่ 2 การบินซ้อนทับของภาพ

(Cr : Melown Maps)



เมื่อได้ภาพจากอากาศยานไร้คนขับแล้วจะนำภาพมาทำการ mosaic เพื่อให้ได้ภาพ Orthomosaic รายละเอียดสูงของพื้นที่ศึกษา และนำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศไปวิเคราะห์ช่วงค่าการสะท้อนของพรรณไม้แต่ละชนิดต่อไป

3. วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเตรียมชั้นข้อมูลเพื่อจำแนก

ข้อมูลภาคสนาม ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของต้นไม้ที่ได้จากการวางแผนตัวอย่าง และเก็บพิกัดจาก GPS เพื่อให้ง่ายต่อการจำแนก และตรวจสอบผลความถูกต้องได้ ข้อมูลที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานนำมาเป็นปัจจัยในการจำแนกข้อมูล

3.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

True color RGB ค่าการสะท้อนพลังงานที่ได้จากภาพสีจริง True color ช่วงคลื่นสีแดง (Red) ช่วงคลื่นสีเขียว (Green) และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Blue)

ดัชนีพืชพรรณ (VI : Vegetation Index) ที่ใช้ในการศึกษาคือ Green-Red Vegetation Index (Takeshi Motohka, 2010) โดยสมการที่ (2)

$$GRVI = \frac{\rho_{green} - \rho_{red}}{\rho_{green} + \rho_{red}} \quad (2)$$

เมื่อ green แทน ช่วงคลื่นตามองเห็นสีเขียว (0.5 – 0.6 μm)
red แทน ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (0.6 – 0.7 μm)

การจำแนกวิเคราะห์หลายพื้นผิว (Textural information) เป็นการคำนวณเนื้อภาพหรือการวิเคราะห์เนื้อภาพเพื่อให้ได้โครงร่างของเนื้อภาพ เป็นการวัดค่าความเข้มระดับสีเทาของพิกเซล (Pixel)

หรือเรียกการวิเคราะห์แบบนี้ว่า การวิเคราะห์เมตริกซ์ความสัมพันธ์ของระดับสีเทา (Gray – Level Co – occurrence Matrix : GLCM) (R.M. Haralick, 1979)

3.3 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

ในขั้นต้น ได้ดำเนินการแยกส่วนภาพแบบ Multiscale segmentation (ฐิตาภรณ์, 2556) โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพที่มีค่าการสะท้อนที่ใกล้เคียงกันรวมเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นวัตถุขึ้นมา ซึ่งจะพิจารณาจากการกำหนดค่าเกณฑ์พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแยกส่วนภาพ (Empirical Visualization) จากนั้นดำเนินการจำแนกประเภทข้อมูล (Tree stand Classification) โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์แบบ Rule based classification ตามรูปแบบกฎของฟัซซี (Fuzzy logic, 2551) คือ แบบจำลองฐานกฎ (Rule-based Model) (พยุ่ง, 2551) โดยนำค่าการสะท้อนของแต่ละช่วงคลื่น (Single bands) และค่าดัชนีพืชพรรณ GRVI ประกอบกับข้อมูลภาคสนามเพื่อนำไปจำแนกพรรณไม้ยืนต้นโดยหลักการจำแนกด้วย Standard deviation (SD) แบบช่วงค่าแบบอัตโนมัติ และในขั้นสุดท้ายทำการประเมินการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกข้อมูลโดยใช้วิธีการสร้าง Error Matrix หรือ Confusion Matrix และใช้ Kappa coefficient มาแสดงระดับความสอดคล้องระหว่างข้อมูลอ้างอิง และผลการจำแนกที่ได้มาเป็นระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล (Cohen, 1960)

ผลและสรุปผล

จากผลการศึกษาได้ทดลองจำแนกพรรณไม้ยืนต้น 3 ชนิด จากพื้นที่การศึกษา โดยเลือกพรรณไม้จากจำนวนที่พบจากการวางแผนที่มีปริมาณที่เด่นชัด โดยสร้างแบบจำลองที่ช่วยในการจำแนกแบบ Rule Based Classification ตามแบบจำลองฐานกฎของฟัซซีโลจิก ซึ่งในส่วนของผลการศึกษาที่มีขั้นตอนดังนี้คือ 1.การถ่ายภาพทางอากาศ 2.การจำแนกส่วนภาพ 3.แบบจำลอง Rule based classification

1. แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

Orthomosaic

เมื่อได้ภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กที่ได้วางแผนการบินแบบ Grid Flight โดยภาพที่ได้จะนำมาต่อเข้าด้วยกัน โดยก่อนการบินได้ตั้งจุด Ground control point (GCP)



ไว้เพื่อเป็นจุดอ้างอิงความถูกต้องจากการจับพิกัด GPS ด้วยเครื่อง GPS RTK ความแม่นยำสูง **แสดงดังรูปที่ 3**



รูปที่ 3 (A) ภาพพื้นที่ศึกษา Orthomosaic ที่ผ่านการปรับแก้ค่าความถูกต้อง มีค่า RMS error คือ $X = 5.517$ meter และ $Y = 1.859$ meter **(B)** ภาพการตั้ง GPS RTK เพื่อเก็บพิกัดบนจุด GCP เพื่อนำค่าไปปรับแก้ความถูกต้องของภาพถ่าย

2. การจำแนกส่วนภาพ Multiscale Segmentation

ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดในการจำแนกวัตถุ (Object) ได้แก่ Scale parameter = 30, Shape = 0.3, Compactness = 0.1, Image layer weights = 1 **แสดงดังรูปที่ 4** โดยพบ Object ขนาดใหญ่ที่สุดมีขนาดเท่ากับ 253.88 ตารางเมตร และพบ Object ขนาดเล็กสุดมีขนาดเท่ากับ 0.511 ตารางเมตร

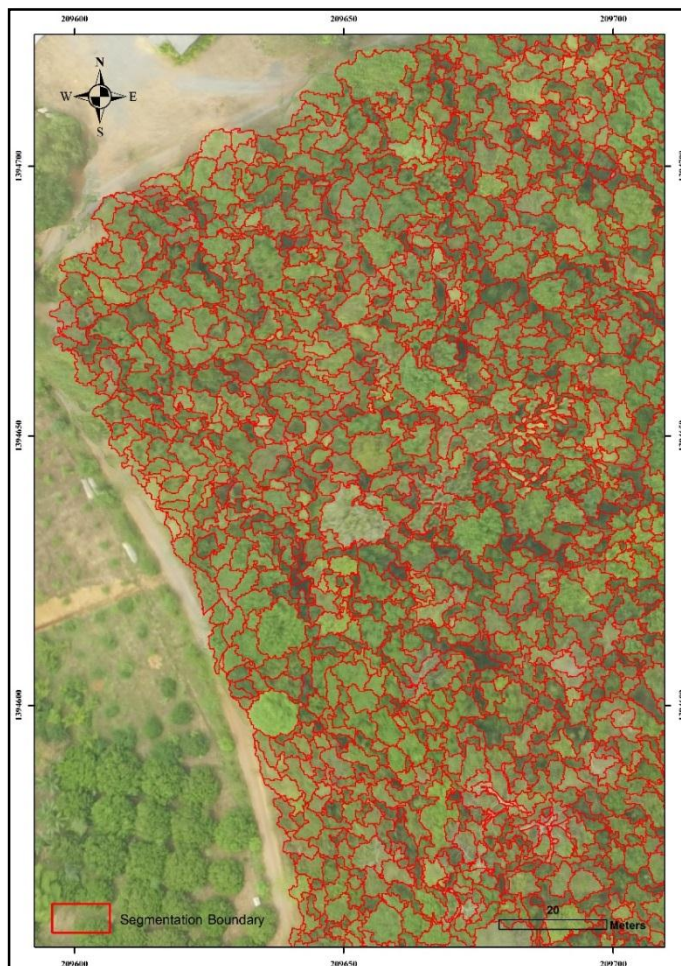
3. แบบจำลอง Rule based Classification

จากผลการศึกษาที่ได้ข้อมูลจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ได้ทำการเลือกพรรณไม้

เด่นๆ ในพื้นที่การศึกษามาทั้งหมด 3 ชนิด เพื่อเป็นกลุ่มตัวอย่างในการหาค่าช่วงการสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็น สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB) กับค่าช่วงการทำดัชนีพืชพรรณ Green-Red Vegetation index (GRVI) และค่าการวิเคราะห์หลายพื้นผิว (Textural) หรือการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระดับสีเทา (Gray – Level Co – occurrence Matrix : GLCM) โดยใช้ทั้งหมด 8 ค่า ได้แก่ Homogeneity, Contrast, Dissimilarity, Mean, Standard Deviation, Entropy, Angular Second Moment, Correlation โดยอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งต้นไม้จากการวางแผนภาคสนาม ทำให้ได้ค่าช่วงของพรรณไม้แต่ละชนิด และได้สมการการจำแนกแบบ Rule based Statement ของพรรณไม้ทั้งสามชนิด



แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งผลการประเมินค่าความถูกต้องอยู่ที่ 60% จากผลการจำแนก



รูปที่ 4 ภาพการทำ Multiscale Segmentation

ตารางที่ 1 แสดง Tree Stand Model

Tree Class	Rule based statement
<i>Hibiscus Macrophyllus</i> (ปอหู่)	[Band Red-R (53.64-69.24)] and [Band Green-R (122.54-142.26)] and [Band Blue-R (93.62-125.5)] and [Veg GRVI-R (0.074-0.104)] and [Correlation-R (0.847-0.919)] and [Homogeneity-R (0.228-0.282)] and [Contrast-R (13.63-23.97)] and [Standard Deviation-R (6.34-6.84)] and [Angular Second Moment-R (0.0034-0.0048)] and [Dissimilarity-R (2.81-3.63)] and [Mean-R (124.3-146.62)] and [Entropy-R (5.75-6.03)]

-R = Range



ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดง Tree Stand Model

Tree Class	Rule based statement
<i>Hevea brasiliensis</i> (ยางพารา)	[Band Red-R (56.92-68.18)] and [Band Green-R (129.7-137.56)] and [Band Blue-R (98.95-111.07)] and [Veg GRVI-R (0.105-0.135)] and [Correlation-R (0.823-0.901)] and [Homogeneity-R (0.176-0.206)] and [Contrast-R (25.06-41.26)] and [Standard Deviation-R (7.02-9.36)] and [Angular Second Moment-R (0.0018-0.0028)] and [Dissimilarity-R (3.92-4.84)] and [Mean-R (135.44-141.48)] and [Entropy-R (6.2-6.64)]
<i>Horsfieldia glabra</i> (มะพร้าววนกก)	[Band Red-R (57.83-70.21)] and [Band Green-R (114.61-137.73)] and [Band Blue-R (92.33-117.51)] and [Veg GRVI-R (0.069-0.117)] and [Correlation-R (0.838-0.922)] and [Homogeneity-R (0.19-0.236)] and [Contrast-R (18.28-33.36)] and [Standard Deviation-R (6.72-8.82)] and [Angular Second Moment-R (0.0021-0.0031)] and [Dissimilarity-R (3.35-4.41)] and [Mean-R (129.96-144.2)] and [Entropy-R (6.07-6.45)]

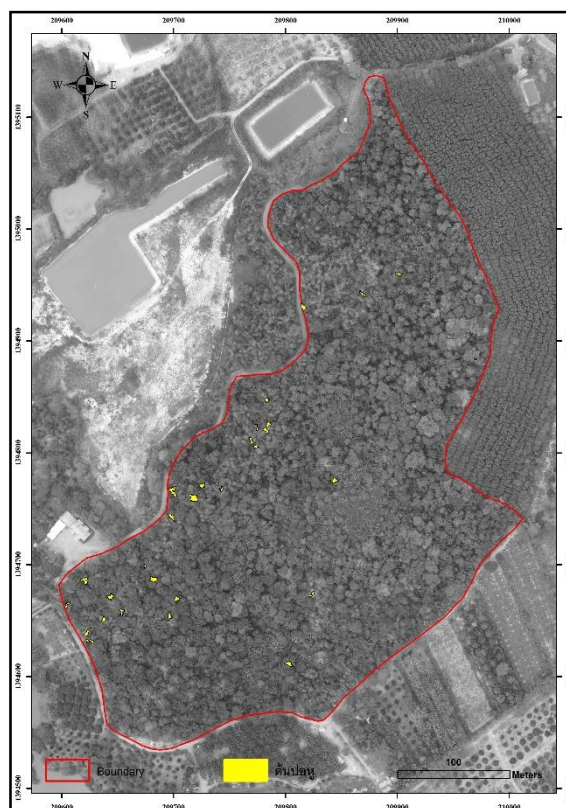
-R = Range

จากการจำแนกด้วยแบบจำลองฐานกฎของพีชชี (Rule based Model) โดยการกำหนดค่าช่วงของชั้นข้อมูลต่างๆ ที่นำมาช่วยในการจำแนกนั้น ได้ผลการจำแนกของพีชชีออกมาแต่ละชนิดมีผลการทดลองดังนี้

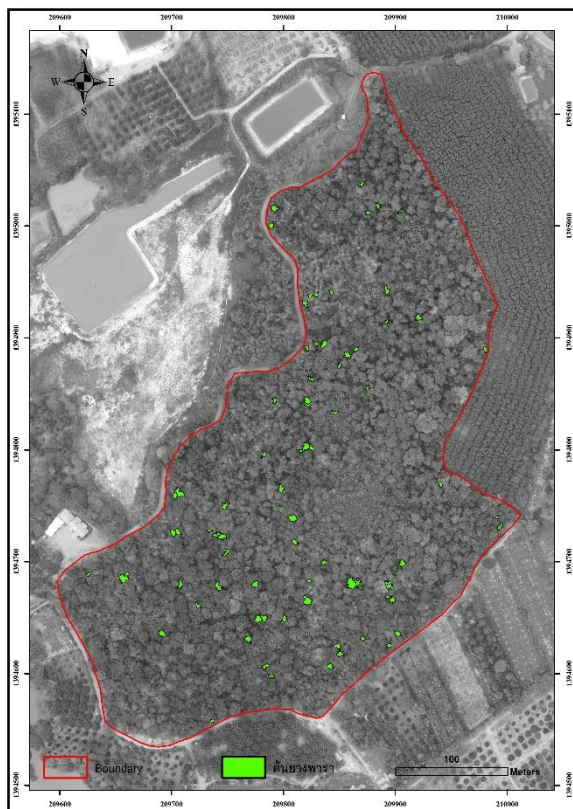
1. *Hibiscus Macrophyllus* (ปอหนู) มีพื้นที่เรือนยอดครอบคลุมประมาณ 410.52 ตารางเมตร และนับจำนวนจากการจำแนกได้ทั้งหมด 32 ต้น แสดงดังรูปที่ 5

2. *Hevea brasiliensis* (ยางพารา) มีพื้นที่เรือนยอดปกคลุมประมาณ 1,448.83 ตารางเมตร และนับจำนวนจากการจำแนกได้ทั้งหมด 86 ต้น แสดงดังรูปที่ 6

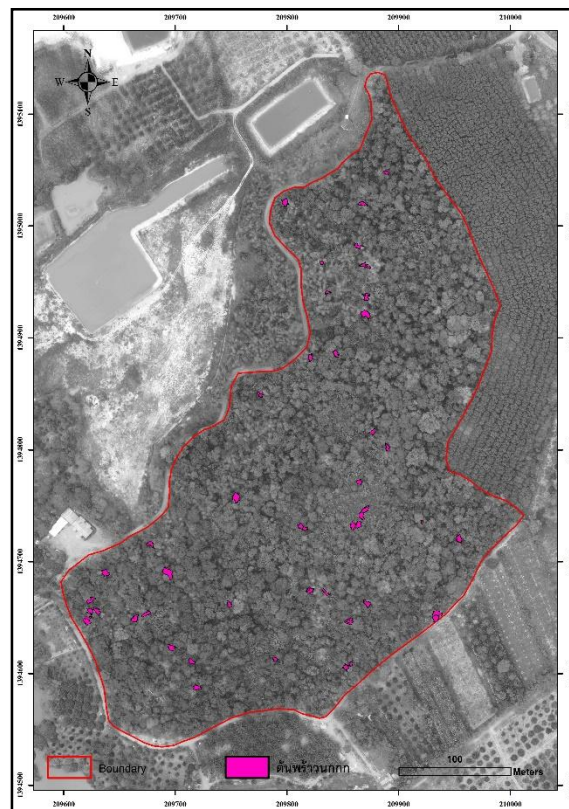
3. *Horsfieldia glabra* (มะพร้าววนกก) มีพื้นที่เรือนยอดปกคลุมประมาณ 957.04 ตารางเมตร และนับจำนวนจากการจำแนกได้ทั้งหมด 51 ต้น แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 5 แสดงปริมาณการจำแนกของต้นปอหนู



รูปที่ 6 แสดงปริมาณการจำแนกของต้นยางพารา



รูปที่ 7 แสดงปริมาณการจำแนกของต้นมะพร้าววนก

4. การทดสอบความถูกต้อง (Accuracy)

จากการทดสอบความถูกต้องของการจำแนกในการใช้โมเดล Rule-based classification โดยมีความถูกต้อง (Overall Accuracy) อยู่ที่

55% และค่าสัมประสิทธิ์ แคปป่า (Kappa Coefficient) อยู่ที่ 0.42 Moderate Agreement แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการทดสอบค่าความถูกต้อง

	Ground truth					Grand Total	User Accuracy (%)
	Hevea brasiliensis	Hibiscus Macrophyllus	Horsfieldia glabra	Other			
Hevea brasiliensis	12		3	5	20	60	
Hibiscus Macrophyllus		12	3	5	20	60	
Horsfieldia glabra	3		9	7	19	47.36	
Other	6	2	2	11	21	52.38	
Grand Total	21	14	17	28	80		
Producer Accuracy (%)	57.14	85.17	52.94	39.28		Total 55%	
						Kappa 0.42	



วิจารณ์และสรุปผล

ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจจากรูปแบบของของภาพถ่ายดาวเทียมได้อย่างดี เนื่องจากหุ่นยนต์อากาศยานนั้นได้ภาพที่มีรายละเอียดสูง ผสมกับภาพที่ได้มีเป็นปัจจุบัน ใกล้เคียงและเปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด ทั้งยังสามารถกำหนดช่วงเวลา (Temporal resolution) ในการบินเก็บภาพถ่ายทางอากาศเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพอากาศหรือสิ่งรบกวนต่างๆ ซึ่งดาวเทียมนั้นสามารถทำได้ยากกว่า ระบบหุ่นยนต์อากาศยานจึงเป็นตัวช่วยที่สำคัญในการสำรวจพื้นที่ และการทำแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูง ที่มีความเป็นปัจจุบันมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา

ในการจำแนกพรรณไม้ยืนต้นจากภาพถ่ายรายละเอียดสูงกับแบบจำลอง Rule-based สามารถจำแนกพรรณไม้ได้ในระดับปานกลาง ไม่ถึงกับให้ผลลัพธ์ได้ดีเท่าที่ควร โดยค่าความสอดคล้องอยู่ที่ 0.42 (Moderate Agreement)

small Unmanned Aerial Vehicle (sUAV) นั้นเหมาะแก่การนำมาทำแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูงซึ่งความละเอียด ซึ่งเหมาะแก่การใช้งานได้อย่างรวดเร็ว และสามารถบินซ้ำในพื้นที่เดิมๆ ในระดับความสูงที่ต่างกันเพื่อทดสอบความถูกต้อง และรายละเอียดภาพที่ต่างกันซึ่ง sUAV นั้นมีค่ารายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ละเอียดกว่าภาพถ่ายดาวเทียม มีความแม่นยำในการวิเคราะห์พื้นที่ผิวนิเวศในระดับพิคเซลล์ ได้ละเอียดกว่าภาพถ่ายดาวเทียม (Laliberte, A.S., 2009)

ในการทดลองแบบจำลองครั้งนี้ พรรณไม้ที่จำแนกยากที่สุดคือ *Horsfieldia glabra* (มะพร้าววนกก) ซึ่งได้ผลความถูกต้องที่ต่ำ โดยมี Producer's accuracy = 52.94% และ User's Accuracy = 47.36% และพรรณไม้ที่จำแนกได้ง่ายที่สุดคือ *Hibiscus Macrophyllus* (ปอหู) ซึ่งได้ค่าความถูกต้องปานกลาง โดยมี Producer's accuracy = 85.17% และ User's Accuracy = 60%

แบบจำลอง Rule-based มีความซับซ้อนขอชั้นข้อมูลในแต่ละชั้น ต้องใช้ Fuzzy logic เข้ามาช่วยในการจำแนกให้ง่ายและมีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และมีการตัดสินใจอย่างชาญฉลาดยิ่งขึ้น มนุษย์ได้มากขึ้น (พยุ่ง, 2551)

จากผลการวิจัยโดยใช้โมเดลแบบ Rule based ในการจำแนกถือว่าออกมาเป็นที่น่าพอใจ โดยค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 55% และพรรณไม้ที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ *Hevea brasiliensis* (ยางพารา), *Lagerstroemia floribunda* Jack (ตะแบก), *Horsfieldia glabra* (Blume) Warb (มะพร้าววนกก), *Brucea javanica* (L.) Merr (ราชดัด), *Hibiscus Macrophyllus* (ปอหู) เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

ในการเก็บข้อมูลพื้นที่ศึกษาควรจะทำให้ครบทั้ง 3 ฤดูกาลเพราะต้นไม้แต่ละประเภทมีการผลัดใบตามฤดูกาล ทำให้ค่าการสะท้อนพลังงานอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ เมื่อทำทั้ง 3 ฤดูกาลจะทำให้ได้โมเดลของพรรณไม้แต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาลได้ละเอียดกว่า และควรทำโมเดลแต่ละพรรณไม้ในช่วงอายุต่างๆ ของพรรณไม้ชนิดนั้นๆ

โมเดลที่ได้นั้นไม่สามารถใช้กับพื้นที่ในภาคอื่นๆ ได้ อาจจะต้องวิจัยทางสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ชั้นดิน ชั้นหิน ที่เป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของพรรณไม้แต่ละชนิดของแต่ละพื้นที่

คุณภาพของภาพที่ได้ขึ้นขึ้นอยู่กับเวลาถ่ายภาพและช่วงเวลาการทำมุมของดวงอาทิตย์ เพื่อให้ได้ภาพที่ดีที่สุดควรถ่ายในช่วงที่ดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมตั้งฉากกับกล้องจากโดรน เพราะภาพจะส่งผลอย่างมากต่อการจำแนก และการแบ่งส่วนภาพ

ค่าช่วงของโมเดลนี้อาจจะมีการซ้อนทับกับค่าช่วงของพรรณไม้ชนิดอื่น ซึ่งลดค่าความถูกต้องลงไปดังนั้นจึงควรหาโมเดลทำนายที่เหมาะสมในการทดลองครั้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณดุสิต วรสวาท หัวหน้าโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด ในมูลนิธิชัยพัฒนา ที่ให้ความสะดวกในการเข้าใช้พื้นที่ คุณคาร์ณ เลียดประถม และคุณวิทยา บุญมั่น (ผู้ช่วยนักวิจัยในโครงการพัฒนาป่าชุมชนบ้านอ่างเอ็ด) การสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม และความรู้จากในพื้นที่อีกมากมาย และทุนอุดหนุนงานวิจัยจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ในการทำงานวิจัยครั้งนี้ อาจารย์ชุมพร เนตรนิยมที่ให้อุปกรณ์ GPS RTK และ



ห้องปฏิบัติการอากาศยานไร้คนขับ คณะภูมิ
สารสนเทศศาสตร์ ม.บูรพา ที่อนุเคราะห์ Drone

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. (2555). การใช้โปรแกรมภูมิ

สารสนเทศในการสร้างแบบจำลองความสูง
สามมิติของภูมิประเทศ. กองยีออเดซี และยี
ออพีสิกส์

กรมป่าไม้. (2553). คู่มือการเรียนรู้ด้วยตนเองของ
ชุมชนด้านความหลากหลายทางชีวภาพ
“ด้านพืช”. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม
สหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย

กรมป่าไม้. (2557). คู่มือการปฏิบัติงานตามแนว
ทางการจัดทำโครงการป่าชุมชนของกรม
ป่าไม้. ส่วนส่งเสริมการจัดการป่าชุมชน
สำนัก จัดการป่าชุมชน.

กรมป่าไม้. (2558). แผนกลยุทธ์สำนักจัดการป่า
ชุมชน ปี พ.ศ. 2555 - 2558. สำนักจัดการ
ป่าชุมชน.

ฐิตาภรณ์ สาดแสงจันทร์. (2556). การจำแนกเชิง
วัตถุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS
: กรณีศึกษาในบริเวณจังหวัดนนทบุรี.
ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพ็ญพรรณ บุญเต็ม และวิชัย เยี่ยงวีรชน. (2555).
การเปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูล
ด้วยวิธีเชิงจุดภาพ และเชิงวัตถุ โดยใช้
ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT5. ภาควิชา
วิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรม จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

ไพศาล สันติธรรม. (2555). การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล.
กรุงเทพฯ : บริษัท แอคทีฟ พรีน จำกัด.

มนตร์พล ชนบูรณ์กาญจน์ และวิชัย เยี่ยงวีรชน.
(2551). การเปรียบเทียบกระบวนการ
จำแนกข้อมูลด้วยวิธีเชิงจุดภาพ และเชิง
วัตถุโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ALOS
AVNIR-2. ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะ
วิศวกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
(สสวท.). (2555). UAV (Unmanned
Aerial Vehicle) วันที่ค้นหาข้อมูล 24

กรกฎาคม 2558, เข้าถึงได้จาก

<http://firdtrip.ipst.ac.th>.

สรรรถราย สุทธินนท์, กัมปนาท ปิยะธำรงชัย และ
จันทร์จิรา พยัคฆ์เทศ. (2558). การ
เปรียบเทียบกระบวนการจำแนกข้อมูล
ระหว่างวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงจุดภาพ
และวิธีการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ โดยใช้
ภาพถ่ายปรับความคมชัดจากดาวเทียม
ไทยโชต. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
(องค์การมหาชน). (2552). ตำราเทคโนโลยี
อวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์.
กรุงเทพฯ: อมรรินทร์พรีนติ้งแอนด์พับลิชชิง.

Anthony J. Viera., MD; Joanne M., Garrett,
(2005). **Understanding Interobserver
Agreement: The Kappa Statistic.**
The Robert Wood Johnson Clinical
Scholars Program, of the University of
North Carolina : USA

Charoenjit, K., Zuddas, P., Allemand, P.,
Pattanakit, S., and Pachana, K.
(2015). **Estimation of biomass and
carbon stock in Para rubber
plantations using object-based
classification from Thaichote
satellite data in Eastern Thailand.** J.
Appl. Remote Sens. 9(1), 096072,
SPIE.

Laliberte, A. S., Rango, A., (2009). **Texture
and Scale in Object-Based
Analysis of Subdecimeter
Resolution Unmanned Aerial
Vehicle (UAV) Imagery.** IEEE Trans.
On Geoscience and RS. Vol 47,
Issue 3. Pp. 761-770.

Matthias, N., Michael, G., Ralf, B., Frank, N. &
Gorres, G. (2013). **Accuracy
comparison of Digital Surface
Models created by UAS imagery
and Terrestrial Laser Scanner.** The



Professorship for Geodesy &
Geoinformatics of the Rostock
University : Germany

- Niels, A., Rens, M. & Saskia, K. (2013). **High-Res Digital Surface Modeling using Fixed-Wing UAV-based Photogrammetry.** *Geomorphometry*.
- Haralick, R. M., K. Shanmugan and I. Dinstein. (1973). **Textural features for image classification.** *IEEE Trans. On systems, Man, and cybernetics.* Vol SMC-3, No. 6. pp. 610-621.
- Haralick. R. M. (1979). **Statistical and structural approaches to Texture.** *Proceedings of the IEEE.* Vol. 67, No. 5. pp. 786-804.
- Wayne, W. & Ned, H. (2010). **An Introduction to Image Segmentation and Object-oriented Analysis.** Center for Biodiversity and Conservation of the University of Mulawarman : Indonesia.