

การปรับปรุงความถูกต้องในการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนโดยใช้การวิเคราะห์เชิงวัตถุและการ
วิเคราะห์เนื้อหาภาพ



นายณกร วัฒนกิจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

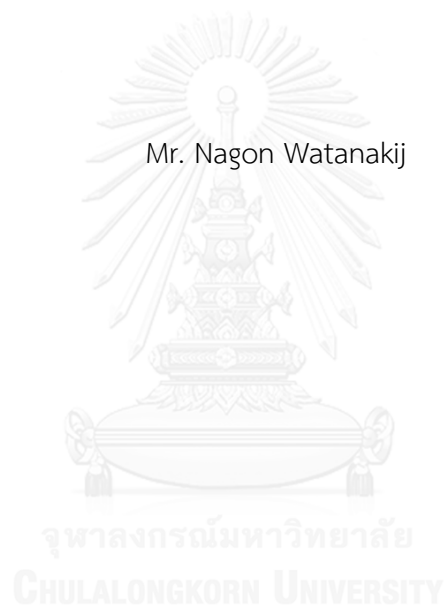
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IMPROVING THE ACCURACY OF MANGROVE SPECIES DISCRIMINATION USING OBJECT
BASED AND TEXTURAL ANALYSES

Mr. Nagon Watanakij



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Survey Engineering
Department of Survey Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงความถูกต้องในการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนโดยใช้การวิเคราะห์เชิงวัตถุและการวิเคราะห์เนื้อหาภาพ
โดย	นายณกร วัฒนกิจ
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.ชัยโชค ไวกาษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.ชัยโชค ไวกาษา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเจ็ด พละการ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.เชาวลิต ศิลปทอง)

ฉกร วัฒนกิจ : การปรับปรุงความถูกต้องในการจำแนกพรรณไม้ป่าชายเลนโดยใช้การวิเคราะห์เชิงวัตถุ และการวิเคราะห์เนื้อภาพ (IMPROVING THE ACCURACY OF MANGROVE SPECIES DISCRIMINATION USING OBJECT BASED AND TEXTURAL ANALYSES) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: ดร.ชัยโชค ไวกาษา, หน้า.

ป่าชายเลนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศและเศรษฐกิจระดับท้องถิ่น การมีข้อมูลตำแหน่งและการกระจายตัวของพันธุ์ไม้ในพื้นที่จึงมีความสำคัญต่อการจัดการที่ยั่งยืนในพื้นที่ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มี 2 ประเด็นหลัก คือเพื่อปรับปรุงผลการการจำแนกระหว่างโกก่างใบเล็กและโกก่างใบใหญ่ที่แยกออกจากกันได้ยากจากงานวิจัยที่ผ่านมา และการเปรียบเทียบวิธีการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลน 5 ชนิดจากภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดเชิงพื้นที่สูงระหว่างการจำแนกเชิงจุดภาพและการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ

แผนที่แสดงการกระจายของพันธุ์ไม้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการบริหารจัดการพื้นที่ป่าชายเลนที่เหมาะสม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแสดงให้เห็นศักยภาพของเทคโนโลยีด้านการรับรู้จากระยะไกลในการบริหารจัดการป่าไม้ชายเลน อย่างไรก็ตามยังคงมีปัญหาเรื่องการจำแนกพรรณไม้หลักสองชนิดคือโกก่างใบเล็กและโกก่างใบใหญ่ วัตถุประสงค์แรกของงานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะพัฒนาความถูกต้องในการจำแนกระหว่างสองพันธุ์ไม้ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง การจำแนกเชิงวัตถุและการวิเคราะห์เนื้อภาพถูกใช้กับสองพันธุ์ไม้ที่มีความแยกชัดจากกันยาก ผลการทดลองแสดงให้เห็นความถูกต้องโดยรวมที่สูงขึ้นจาก 92 ไปเป็น 97 นอกจากนี้ความถูกต้องของผู้ผลิตในโกก่างใบเล็กและโกก่างใบใหญ่เพิ่มขึ้นจาก 68% เป็น 97% และ 94% เป็น 95% ตามลำดับ ผลการจำแนกนี้สนับสนุนวิธีการที่เสนอขึ้นเพื่อแก้ปัญหาความแยกชัดระหว่างสองพันธุ์ไม้หลักในพื้นที่ ในอนาคตหากมีการใช้ตัวแปรทางกายภาพอื่นๆ และดัชนีพืชพรรณมาร่วมในการจำแนกอาจช่วยให้ผลการจำแนกดีขึ้นได้

งานวิจัยในส่วนที่สองได้ทำการทดลองการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลน 5 ชนิดด้วยการใช้ภาพถ่ายรายละเอียดสูง โดยใช้การเปรียบเทียบการจำแนกเชิงจุดภาพ การจำแนกเชิงวัตถุ และการวิเคราะห์เนื้อภาพในพื้นที่ ผลการทดลองพบว่าการใช้การวิเคราะห์เนื้อภาพร่วมกับการจำแนกเชิงจุดภาพและการจำแนกเชิงวัตถุต่างช่วยให้ความถูกต้องในการจำแนกสูงขึ้นได้ โดยเฉพาะในการจำแนกเชิงวัตถุซึ่งทำให้ความถูกต้องของการจำแนกทั้ง 5 พันธุ์ไม้เพิ่มขึ้นจาก 76.2% ไปเป็น 83.1% ผลการทดลองแสดงให้เห็นแนวโน้มที่จะสามารถใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงอย่างเดียวในการจำแนกพันธุ์ไม้ในพื้นที่ที่หนาแน่นและมีความหลากหลายของพันธุ์ไม้ได้

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5271871521 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORDS:

NAGON WATANAKIJ: IMPROVING THE ACCURACY OF MANGROVE SPECIES DISCRIMINATION USING OBJECT BASED AND TEXTURAL ANALYSES. ADVISOR: PH.D.CHAICHOKE VAIPHASA, pp.

Mangrove forests play an important role in both ecology and supporting local economies. Knowledge of the composition and distribution of the mangrove varieties is important for sustainable management of these areas. The objective of this study are two main issues, the first is to distinguish between two mangrove species, *Rizophora apiculata* and *Rizophora mucronata*, which remained difficult to distinguish in the latest study. Another issue is the comparative of high spatial resolution satellite image classification method between pixel and object-based incorporate with texture analysis for 5 mangrove species.

Recent reports on tropical mangrove species classification based on modern earth observation satellite data strongly support the potential use of remote sensing technology in mangrove forest management. Nevertheless, difficulty has remained in distinguishing between two dominant species, *Rhizophora apiculata* and *Rizophora mucronata*. The first objective of the thesis is to improve the discrimination accuracy between these two species using an object-based classification method along with very high resolution, Quickbird images. Texture analyses and object-based classification were applied to the indistinguishable areas. The results showed an improvement in overall accuracy from 92% to 97%. Moreover, the producer's accuracy of *Rhizophora apicularta* and *Rizophora mucronata* increased from 68% to 94% and from 94% to 95%, respectively. This outcome supports the use of the proposed method for resolving confusion between the two species. Additional data such as physiological parameters and vegetation indices may also be integrated in future studies for more accurate results.

The second part of this thesis is a comparative classification study between pixel and object-based incorporate with texture analysis on high spatial resolution satellite image for mapping mangrove species composition. The result showed that textural analysis helped improve the classification accuracy in both methods, especially in object-based classification that increased from 76.2% to 83.1%. The results suggested that the proposed cost-effective methods can be used for classifying tropical mangroves in other areas.

Department: Survey Engineering

Student's Signature

Field of Study: Survey Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.ชัยโชค ไวกาษา อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ให้ความช่วยเหลือทั้งด้านการใช้ชีวิตและด้านวิชาการ ซึ่งให้เทคนิควิธีการต่างๆซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติหน้าที่ในฐานะอาจารย์ในอนาคต

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.บรรเจิด พละการ รศ.ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ กรรมการสอบ และดร.เชาวลิต ศิลปทอง กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยจากสำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่กรุณาให้คำแนะนำพร้อมทั้งแนวคิดที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้เงินทุนสนับสนุนในงานวิจัยนี้



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2	5
2.1 การจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนด้วยการสำรวจจากระยะไกลจากงานวิจัยที่ผ่านมา	5
2.2 ข้อมูลภาพดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา.....	7
2.3 ข้อมูลภาคสนาม	8
2.4 ทฤษฎีในการจำแนก	9
2.5 Grey Level Co-occurrences Matrix (GLCM)	16
2.6 สถิติที่ใช้ในการทดลอง.....	22
บทที่ 3	27
3.1 พื้นที่ศึกษา.....	27
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย	28

บทที่ 4	39
4.1 จำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่มีความสับสนจากข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยการจำแนกเชิง วัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง	39
4.2 เปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพรวมกับการ วิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ	41
บทที่ 5	53
5.1 อภิปรายผลการทดลอง	53
5.2 สรุปผลการทดลอง	55
5.3 ข้อเสนอแนะ	56
รายการอ้างอิง	58
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	63



สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของดาวเทียม EO-1..... 7

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดและคุณลักษณะของดาวเทียม Quickbird (ที่มา: (DigitalGlobe, 2001))..... 8

ตารางที่ 2.3 แสดงจำนวนแปลงที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบในแต่ละพื้นที่..... 9

ตารางที่ 2.4 แสดงการหาจุดภาพสะสม..... 13

ตารางที่ 2.5 คำอธิบายลักษณะเนื้อภาพที่วัดได้จาก GLCM (Ouma et al., 2008)..... 20

ตารางที่ 2.6 แสดงตัวอย่างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน 23

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงวงศ์และพันธุ์ของไม้ชายเลนในพื้นที่ศึกษา (Vaiphasa et al., 2006)..... 27

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของชุด attribute ทั้งหมด..... 33

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบทางสถิติจากวิธี Tukey’s HSD post-hoc ของ Attribute ทั้งหมด .. 33

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำแนกระหว่างโก่งกางใบใหญ่และใบเล็กที่ได้จาก Attribute ที่ดีที่สุด (ช่วงคลื่นร่วมกับเนื้อภาพ) ของ 30 กลุ่มข้อมูลตัวอย่าง โดยในชุดที่ 26 มีผลการจำแนกที่ดีที่สุด (สีเทา)..... 34

ตารางที่ 4.1 (ก) Confusion matrix ของวิธีการจำแนกร่วมกับการจำแนกเชิงวัตถุ และ (ข) วิธีการจำแนกด้วยจุดภาพจากข้อมูลดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล 39

ตารางที่ 4.2 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4..... 42

ตารางที่ 4.3 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกร่วมกับเนื้อภาพ 7 ชนิด..... 43

ตารางที่ 4.4 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 และข้อมูลเนื้อภาพ 7 ชนิด..... 45

ตารางที่ 4.5 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ ร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4..... 46

ตารางที่ 4.6 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด 48

ตารางที่ 4.7 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อน แบนด์ 1-4 และเนื้อหาทั้ง 7 ชนิด.....	49
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบการจำแนก 5 วิธี.....	52



สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 แสดงเวกเตอร์อ้างอิง (\mathbf{r}) และเวกเตอร์ทดสอบ (\mathbf{t}) ระหว่าง 2 แบนด์ (ดัดแปลงจาก (Kruse et al., 1993)..... 9

ภาพที่ 2.2 แสดงการทำงานของการทำงานของการจำแนกเชิงวัตถุ 10

ภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธี Edge-based..... 11

ภาพที่ 2.4 ภาพตัวอย่างของ Gradient map (Xiaoying, 2009)..... 12

ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของ cumulative relative histogram 13

ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของขนาดวัตถุกับ Scale level..... 14

ภาพที่ 2.7 แสดงการจำแนกแบบ K nearest neighbor..... 16

ภาพที่ 2.8 แสดงทิศทางความสัมพันธ์ของจุดภาพรอบ * ทั้ง 8 ทิศทาง (Haralick et al, 1973)..... 17

ภาพที่ 2.9 แสดงการคำนวณ Gray-Tone Spatial-Dependence ในทิศทาง 0° 18

ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการคำนวณ Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices 19

ภาพที่ 3.1 แสดงพื้นที่ศึกษา (ที่มา ดัดแปลงจาก <http://maps.google.com>)..... 27

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างโกกางใบเล็ก และ โกกางใบใหญ่ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง 28

ภาพที่ 3.3 แสดงความถูกต้องเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ไม้จากข้อมูลดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล..... 29

ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างหน้ากากที่ใช้ในการจำแนกโกกางใบใหญ่และใบเล็ก 30

ภาพที่ 3.5 แสดงความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกเชิงวัตถุที่ scale level ตั้งแต่ 50-80..... 31

ภาพที่ 3.6 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความถูกต้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้งเจ็ดกลุ่ม Attribute โดยใช้ scale level ที่ระดับ 80 ยกเว้น Texture ที่ใช้ระดับ 70 32

ภาพที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของการเปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพรวมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ..... 35

ภาพที่ 3.8 แสดงค่าเฉลี่ยความแยกชัดของแต่ละขนาดหน้าต่าง..... 36

ภาพที่ 4.1 (ก) แผนที่พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจากวิธีจำแนกด้วยจุดภาพกับภาพถ่ายดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล และ (ข) แผนที่พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจากการจำแนกร่วมกับการจำแนกเชิงวัตถุ 40

ภาพที่ 4.2 พื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลงชัดเจนของโคงกางใบใหญ่และใบเล็ก ผลการจำแนกจาก
 ภาพถ่ายดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัลแสดงในกรอบเส้นทึบ (ก) และผลจากการปรับปรุงการ
 จำแนก (ข) 40

ภาพที่ 4.3 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนที่จำแนกด้วยการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อน 42

ภาพที่ 4.4 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนที่จำแนกด้วยการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับเนื้อหาภาพทั้ง 7 ชนิด.. 44

ภาพที่ 4.5 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนที่จำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 และ
 ข้อมูลเนื้อหาภาพ 7 ชนิด..... 45

ภาพที่ 4.6 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนจากการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 47

ภาพที่ 4.7 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนจากการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับเนื้อหาภาพ 7 ชนิด..... 48

ภาพที่ 4.8 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนจากการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4 และ
 เนื้อหาภาพทั้ง 7 ชนิด..... 50



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ป่าชายเลนเป็นพื้นที่ที่เชื่อมระบบนิเวศน์บนบกกับในน้ำเข้าด้วยกันพบได้ในเขตในพื้นที่ภูมิอากาศเขตร้อน (Green, 1998) ประกอบไปด้วยพันธุ์ไม้หลากหลายชนิดและอุดมไปด้วยสารอินทรีย์จากการย่อยสลายของใบไม้จึงเป็นแหล่งอาหารชั้นดีแก่สัตว์ชนิดต่างๆ จึงเป็นแหล่งกำเนิดและที่อยู่อาศัยทั้งสัตว์บก สัตว์น้ำ และสำหรับอนุบาลสัตว์เล็กอีกหลากหลายชนิด (Heumann, 2011) ทำให้ป่าชายเลนเป็นพื้นที่ทำกินสำคัญของคนที่อยู่ในบริเวณนั้นเช่นการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตกปลา ซึ่งนอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของสถานที่พักผ่อนหย่อนใจอีกด้วย (Green, 1998) ในทางสิ่งแวดล้อมพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนยังช่วยลดการกัดเซาะแผ่นดินด้วยการลดความเร็วของกระแสน้ำหรือของคลื่นที่จะปะทะกับชายฝั่งโดยตรง ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้ป่าชายเลนมีความสำคัญอย่างยิ่งทั้งในเชิงเศรษฐกิจและระบบนิเวศน์ (Green, 1998; Wang et al., 2004; Xin et al., 2009)

การมีข้อมูลเพื่อติดตามสถานะของป่าชายเลนที่ถูกต้อง รวดเร็ว และแม่นยำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการศึกษาและการจัดการพื้นที่มากยิ่งขึ้น (Green, 1998; Wang et al. 2004; Wang and Sousa, 2009; Heumann 2011) ซึ่งการทำแผนที่ในป่าชายเลนแบบดั้งเดิมที่ใช้กำลังคนในการสำรวจเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนประสิทธิผล (Cost-effective) กับการใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) แล้วพบว่าการใช้ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลมีประสิทธิภาพมากกว่า (Mumby et al., 1999) ดังนั้นจึงข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถแบ่งออกได้ดังนี้ การติดตามพื้นที่ป่าชายเลน (Giri et al., 2011) จำแนกพื้นที่ป่าชายเลน (Held et al., 2003; Gao et al., 2004; Wang et al., 2004) ตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของป่าชายเลน (Muttitanon and Tripathi, 2005; Sirikulchayanon, 2008; Conchedda et al. 2008; Colditz et al., 2012) และการจำแนกพันธุ์ไม้ (Wang et al., 2004; Vaiphasa et al. 2005; Vaiphasa et al. 2006; Vaiphasa et al., 2007; Neukermans et al. 2008; Wang and Sousa, 2009; Xin et al., 2009) การศึกษาพันธุ์ไม้ชนิดต่างๆ และตำแหน่งการกระจายของแต่ละพันธุ์ที่อยู่ในพื้นที่ป่าชายเลน จะช่วยให้การวางแผนติดตามอนุรักษ์และการจัดการพื้นที่เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wang and Sousa, 2009) ด้วยระยะที่จากริมน้ำจนถึงแผ่นดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดกลุ่มของพันธุ์ไม้ชนิดเดียวกันกระจายอยู่ในพื้นที่

(Wang et al., 2004) ซึ่งคุณสมบัติของช่วงคลื่นและทรงพุ่มของแต่ละพันธุ์จะสามารถตรวจวัดได้โดยข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Heumann, 2011)

ในพื้นที่ป่าชายเลนที่มีจำนวนพันธุ์ไม้ที่หลากหลายซึ่งทำให้การจำแนกพันธุ์ไม้ออกจากกันสามารถทำได้ยาก ในการศึกษาของ (Vaiphasa et al., 2005) ที่ได้ใช้การวัดค่าการสะท้อนของใบไม้ในป่าชายเลนจำนวน 16 พันธุ์ในระดับห้องปฏิบัติการโดยการใช้เครื่องวัดการสะท้อนแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (Hyperspectral) ก็ยังพบปัญหาของการแยกชัดในพันธุ์ไม้ที่อยู่ในวงศ์โกกงาง (Rhizophoraceae Family) โดยพบว่ามีการจำแนกปะปนกับพันธุ์อื่นๆทั้งในวงศ์เดียวกันและต่างวงศ์ซึ่งสอดคล้องกันกับ (Vaiphasa et al., 2006) ที่ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ASTER ในการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ซึ่งพันธุ์ที่มีความแยกชัดจากกันน้อยที่สุดคือพันธุ์ *Rhizophora apiculata* และ *Rhizophora mucronata* ซึ่งหลังจากการผ่านกระบวนการหลังการจำแนก (Post classifier) *Rhizophora mucronata* ก็ยังคงเป็นพันธุ์ที่มีความถูกต้องน้อยที่สุด ซึ่งทำให้เห็นว่าการใช้เพียงค่าการสะท้อนอย่างเดียวแม้จะเป็นข้อมูลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลที่มีความละเอียดเชิงคลื่นสูงก็อาจไม่เพียงพอ แนวคิดในการใช้ข้อมูลที่สามารถสะท้อนลักษณะทางกายภาพของแต่ละพันธุ์ที่แตกต่างกันจึงถูกนำมาศึกษา ด้วยความแตกต่างกันของลักษณะใบ ทรงพุ่ม (canopy) และความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ (Stem density) ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโทนและสีของภาพ (Franklin, 2001) ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงเช่น IKONOS และ Quickbird จึงถูกนำมาใช้ในการจำแนกพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนเพื่อใช้ในการตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงที่ละเอียดมากขึ้น ซึ่งพบว่าการใช้ค่าการสะท้อนเพียงอย่างเดียวในการจำแนกสามารถทำให้ค่าความถูกต้องสูงขึ้นได้เมื่อเทียบกับการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดปานกลาง และจะมีความถูกต้องสูงมากขึ้นเมื่อมีการนำมาใช้ร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ (Texture Analysis) เช่น การจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based classification) และ Grey level co-occurrence (GLCM) (Wang et al. 2004; Wang and Sousa, 2009) แต่ที่ผ่านมากการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดเชิงพื้นที่สูงเพื่อการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนมีการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีจำนวนพันธุ์ไม้ไม่มาก ซึ่งยังไม่มีการวิจัยขึ้นใดที่พิสูจน์ได้ว่าการนำภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดเชิงพื้นที่สูงนี้จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่มีจำนวนพันธุ์ไม้ที่หลากหลายได้ดีเหมือนในงานวิจัยที่ผ่านมาหรือไม่

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายจากดาวเทียมความละเอียดสูง Quickbird ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล Hyperion EO-1 เพื่อปรับปรุงความถูกต้องในการจำแนกชนิดโกกงางใบเล็กและโกกงางใบใหญ่ให้สูงมากขึ้น และจะนำเทคนิคการวิเคราะห์เนื้อภาพด้วยวิธี GLCM ร่วมกับการจำแนกแบบจุดภาพและเชิงวัตถุเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนทั้ง 5 พันธุ์ โดยใช้พื้นที่บริเวณแหลมตะลุมพุก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อปรับปรุงการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนให้มีความถูกต้องมากขึ้นโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดเชิงพื้นที่สูงร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหาภาพ

1.2.1 จำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างโกก่างใบเล็ก และโกก่างใบใหญ่ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง

1.2.2 เปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหาภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ ทั้ง 5 ชนิดได้แก่ แสมขาว แสมทะเล ถั่วขาว โกก่างใบเล็ก และโกก่างใบใหญ่

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การใช้วิธีการจำแนกเชิงวัตถุและการวิเคราะห์เนื้อหาภาพบนภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง จะช่วยให้การจำแนกพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนมีความถูกต้องสูงกว่าการจำแนกที่ใช้ข้อมูลดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลเพียงอย่างเดียว

การใช้การวิเคราะห์เนื้อหาภาพจะสามารถช่วยให้การจำแนกพันธุ์ไม้ 5 ชนิดจากภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงมีความถูกต้องมากขึ้นทั้งในการนำมาจำแนกร่วมกับวิธีการจำแนกแบบจุดภาพและการจำแนกเชิงวัตถุ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการปรับปรุงความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนสองชนิดคือโกก่างใบเล็ก และโกก่างใบใหญ่ที่แต่เดิมเป็นปัญหาที่แยกชั้ตออกจากกันได้ยากจากภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบไฮเปอร์สเปกตรัลและการจำแนกใหม่โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหาภาพ ในการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกันทั้งสองระบบนี้

นอกจากนี้ จะทำการเปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 5 ชนิดพันธุ์ด้วยการจำแนกแบบจุดภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ โดยมีการใช้ GLCM เป็นข้อมูลเสริมเพื่อช่วยในการพัฒนาการจำแนกและเพื่อสกัดความแตกต่างของพันธุ์ไม้ชายเลนในระดับทรงพุ่ม

การวิเคราะห์เนื้อหาภาพในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ 2 วิธีคือการจำแนกภาพเชิงวัตถุและ GLCM ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เนื้อหาภาพด้วยวิธีการทางค่าสถิติ (Statistical Methods) ที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายกับข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้การแบ่งภาพ (Segmentation) แบบ Edge based ในการจำแนกเชิงวัตถุและในการวิเคราะห์เนื้อหาภาพจะไม่นำเทคนิค การวิเคราะห์เนื้อหาภาพที่ใช้ใน Computer vision เช่น วิธีเชิงเรขาคณิต (Geometrical Methods) แบบจำลอง

(Model based method) และ การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing methods) มารวมในการศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วิธีการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมความละเอียดสูงในการปรับปรุงความถูกต้องของการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนได้สูงขึ้น สามารถนำผลการจำแนกไปใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่ป่าชายเลนและป่าไม้ที่มีลักษณะหนาแน่นชนิดอื่นๆได้



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนด้วยการสำรวจจากระยะไกลจากงานวิจัยที่ผ่านมา

ผลการทดลองของงานวิจัยที่ผ่านมาในระดับห้องปฏิบัติการบ่งชี้ว่าช่วงคลื่นที่แตกต่างกันสามารถจำแนกความแตกต่างของการสะท้อนจากใบของแต่ละพันธุ์ไม้ ในงานวิจัยของ Vaiphasa (2005) ได้ศึกษาการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในเขตร้อน โดยใช้การวัดความสะท้อนจากตัวอย่างใบที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ในงานวิจัยของ Wang ได้ทำการทดสอบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนจำนวนสามพันธุ์โดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อน (Spectroradiometer) ในห้องปฏิบัติการโดยใช้ Linear Discrimination Analysis ในการจำแนก ซึ่งพบว่าช่วงคลื่น 780 790 800 1480 1530 และ 1550 นาโนเมตร สามารถจำแนกพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ชนิดออกจากกันได้ดีที่สุด ผลการศึกษาทั้งสองชิ้นที่ผ่านมามีผลแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของช่วงคลื่นสามารถทำให้เห็นความแตกต่างของพันธุ์ไม้ชายเลนได้ซึ่งควรจะนำไปใช้ในการทำแผนที่พันธุ์ไม้ป่าชายเลนจากภาพถ่ายดาวเทียมได้

การจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดปานกลางถูกนำมาใช้มาเรื่อยๆ ในงานศึกษาของ Vaiphasa (2006) ทำการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนในพื้นที่ปากพนัง จ. นครศรีธรรมราชจำนวน 7 ชนิดพันธุ์ได้แก่ *Avicennia alba* (AA) *Avicennia marina* (AM) *Avicennia officinalis* (AO) *Bruguiera parviflora* (BP) *Rhizophora apiculata* (RA) *Rhizophora mucronata* (RM) และ *Sonneratia caseolaris* (SC) ซึ่งพบว่าได้ความถูกต้องที่ 76.4% และได้ปรับปรุงความถูกต้องด้วยกระบวนการหลังการจำแนกโดยใช้ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างของดินช่วยให้ค่าความถูกต้องสูงขึ้นเป็น 88.21% ซึ่งยังคงมีปัญหาความแยกชั้นระหว่างพันธุ์โกงกางใบเล็กและใบใหญ่ ซึ่งต่อมาในพื้นที่ศึกษานี้ Keodsinsin (2013) ได้นำภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปคตรัลของดาวเทียม EO-1 มาใช้ในการจำแนก ซึ่งทำการเลือกแบนด์จากภาพดาวเทียมด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมทำให้ได้ชุดแบนด์ที่เหมาะสมที่สุด 7 แบนด์จากทั้งหมด 242 แบนด์ และทำการจำแนกด้วยวิธี Spectral Angle Mapper ใน 30 กลุ่มตัวอย่างซึ่งพบว่า ได้ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 92% ซึ่งสูงกว่างานวิจัยในพื้นที่ก่อนหน้านี้ แต่ปัญหาที่พบของการวิจัยนี้คือความแยกชั้นระหว่างช่วงคลื่นของโกงกางใบใหญ่และใบเล็กที่ใกล้เคียงกันทำให้ค่าความถูกต้องของสองพันธุ์นี้น้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ ซึ่ง Keodsinsin ได้แนะนำถึงการถ่ายภาพรายละเอียดสูงเพื่อทดสอบว่าจะสามารถสกัดความแตกต่างของทรงพุ่มระหว่างโกงกางใบเล็กและใบใหญ่ว่าได้ผลอย่างไร

นอกจากนี้ยังมีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงเพื่อการสร้างแผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนในพื้นที่ต่างๆ Neukerman (2007) ได้นำภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird ร่วมกับการจำแนกแบบ Fuzzy เพื่อทำการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลน 4 ชนิดหลักในพื้นที่ที่ได้แก่ *Avicennia marina* (AM) *Ceriops tagal* (CT) *Rhizophora mucronata* (RM) และ *Sonneratia alba* (SA) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งพบว่าได้ความถูกต้องโดยรวมที่ 72% โดยมีพันธุ์ RM และ CT ซึ่งมีความสำคัญทางด้านสังคมและเศรษฐศาสตร์ในพื้นที่ที่มีความถูกต้องที่ 85 และ 90 ซึ่งให้ข้อสังเกตว่าความถูกต้องน่าจะพัฒนาให้สูงขึ้นได้หากมีการรวมพื้นที่ที่เป็นพันธุ์ไม้ที่มีลักษณะเป็นผืนเล็ก (small patches) เข้ากันเป็นกลุ่มใหญ่ ในขณะที่ Wang (2004) ได้ทำการทดลองจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนสามชนิด *Avicennia germinans* (Black mangrove) *Laguncularia racemosa* (White mangrove) *Rhizophora mangle* (Red mangrove) และสิ่งปกคลุมดินอื่นๆ ด้วยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง ซึ่งได้ทำการทดลองโดยใช้การจำแนกแบบจุดภาพด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) โดยพบว่าชั้นข้อมูล Red และ Black mangrove นั้นมีค่าความถูกต้องน้อยเมื่อใช้วิธีการจำแนกแบบจุดภาพ ซึ่งเมื่อใช้การจำแนกเชิงวัตถุแล้วพบว่า White mangrove กับ ป่าฝน (rainforest) แยกออกจากกันได้ยาก ขั้นตอนต่อมาจึงได้นำชั้นข้อมูลที่มีการจำแนกได้ดีของทั้งสองวิธีมารวมกันซึ่งได้ความถูกต้องโดยรวมที่ 91.4% โดยพบว่าชั้นข้อมูลป่าฝน Red และ Black mangrove ยังคงมีการปะปนกันอยู่หรือมีค่าความถูกต้องน้อยกว่าชนิดอื่นๆ แต่ก็สูงกว่าการจำแนกแบบจุดภาพและเชิงวัตถุเพียงอย่างเดียว ซึ่งได้ให้ความเห็นว่าการจำแนกแบบจุดภาพนั้นมีข้อดีคือได้ค่าการสะท้อนที่ครบถ้วนสำหรับการจำแนก แต่ความละเอียดของจุดภาพไม่ได้ให้ผลที่ดีสำหรับการจำแนกระหว่าง Red และ Black mangrove ในขณะที่การจำแนกเชิงวัตถุนั้นเป็นวิธีการสังเคราะห์ค่าการสะท้อนจากจุดภาพรอบข้างซึ่งสามารถช่วยให้จำแนกชั้นข้อมูลที่มีค่าการสะท้อนใกล้เคียงกันได้ แต่ควรระวังขนาดของวัตถุที่อาจจะใหญ่มากจนไปครอบคลุมถึงชนิดพันธุ์อื่นๆ และได้ให้ความเห็นว่าการนำข้อมูลอื่นๆ เช่น เนื้อภาพ มาทดสอบประสิทธิภาพในการจำแนก

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลสามารถจำแนกความแตกต่างของพันธุ์ไม้ได้ดี ในขณะที่การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงร่วมกับการจำแนกเชิงวัตถุสามารถจำแนกพันธุ์ไม้บางชนิดที่แยกออกจากกันยากด้วยความแตกต่างของทรงพุ่มได้ ด้วยข้อดีของข้อมูลทั้งสองประเภทจึงเป็นสิ่งท้าทายที่จะนำข้อมูลทั้งสองชนิดมาใช้ร่วมกันเพื่อพัฒนาผลการจำแนกให้ดีขึ้น ซึ่งสิ่งที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจนคือจำนวนของพันธุ์ไม้ชายเลนในแต่ละพื้นที่ศึกษาเช่นในพื้นที่เขตกึ่งร้อนซึ่งพบพันธุ์ไม้ชายเลนเพียง 3 พันธุ์ ในขณะที่ในพื้นที่เขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรเช่นในเคนย่าและประเทศไทยซึ่งพบพันธุ์ไม้หลัก 4 และ 5 พันธุ์ตามลำดับ และจากความแตกต่างที่กล่าวถึงนี้จะยังได้ทำการทดสอบเพื่อหาวิธีการใช้ข้อมูลดาวเทียมรายละเอียดสูงในการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนในพื้นที่ศึกษาที่มีความหนาแน่น และจำนวนพันธุ์ไม้ที่มากกว่างานวิจัยก่อนหน้านี้

2.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้จะใช้ข้อมูลแบบไฮเปอร์สเปคตรัลและข้อมูลที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงได้แก่ข้อมูล Quickbird ตามลำดับ

2.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Hyperion

เป็นอุปกรณ์บันทึกช่วงคลื่นแคบหลายช่วงคลื่น (Narrow band) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Earth Observing 1 (EO-1) รายละเอียดการโคจรและขนาดจุดภาพดังแสดงในตารางที่ 1 มีการบันทึกช่วงคลื่นที่มีความยาวตั้งแต่ 357-2576 นาโนเมตร จำนวน 242 แบนด์ ความกว้างแต่ละแบนด์ประมาณ 10 นาโนเมตร ผ่านการแปลงเป็นค่าการสะท้อนโดยการใช้ FLAASH ในโปรแกรม ENVI 4.7 ถ่ายภาพในวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2553

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของดาวเทียม EO-1

เครื่องมือ	ALI	Hyperion
จำนวนแบนด์	10	242
ขนาดจุดภาพ	10 เมตร(panchromatic), 30 เมตร	30 เมตร
โคจรซ้ำ	16 วัน	16 วัน
ขนาดภาพ	37x42 หรือ 37x185 กม.	7.5x185 กม.

จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ Koedsin and Vaiphasa (2013) ได้ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการคัดเลือกชุดแบนด์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการจำแนกพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน ผลการวิจัยทำให้ได้ชุดการจำแนกที่เหมาะสมที่สุดจำนวน 7 แบนด์ในช่วงคลื่นที่ 548 711 732 1033 1235 2072 และ 2082 ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำแบนด์ชุดดังกล่าวนี้มาใช้ในการจำแนกในขั้นตอนแรก

2.2.2 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Quickbird

ดาวเทียม Quickbird เป็นดาวเทียมประเภท Optical ที่ให้ข้อมูลภาพที่มีความละเอียดสูง โดยมี 2 ระบบคือแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) 4 แบนด์ และระบบขาวดำ (Panchromatic) 1 แบนด์ เนื่องจากเป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรต่ำจึงมีการวนซ้ำที่เดิมในเวลา 3-7 วัน ตามรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3 ภาพถ่ายมีการปรับแก้เชิงคลื่น (radiometric correction) ใน

ระดับ 2A จำนวน 16 บิต ภาพดาวเทียมจะนำมาแปลงค่ากลับเป็นค่ารังสี (spectral radiance) ใน MODTRAN4 และแปลงไปเป็นค่าการสะท้อนด้วย FLAASH ในโปรแกรม ENVI 4.7 ข้อมูลจะทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิตกับข้อมูลออร์โธรีจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรด้วยวิธีภาพต่อภาพ กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 จุดภาพ ถ่ายภาพในวันที่ 13 ตุลาคม พ.ศ. 2552

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดและคุณลักษณะของดาวเทียม Quickbird (ที่มา: DigitalGlobe, 2013)

วงโคจร	450 กิโลเมตร สัมพันธ์กับการโคจรของดวงอาทิตย์
	วนซ้ำ 7 วัน (Nadir)
พื้นที่ครอบคลุม	16.5 x 115 กิโลเมตร
	16.5 x 16.5 กิโลเมตร แบบเฉพาะจุด
ความละเอียดจุดภาพ	แบบหลายช่วงคลื่น 2.4 เมตร (Nadir)
	แบบขาวดำ 0.6 เมตร (Nadir)
ช่วงคลื่น	450-520 นาโนเมตร : น้ำเงิน
	520-600 นาโนเมตร : เขียว
	630-690 นาโนเมตร : แดง
	760-900 นาโนเมตร : อินฟราเรดใกล้
	450-900 นาโนเมตร : ขาวดำ

2.3 ข้อมูลภาคสนาม

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาคสนามที่ได้จากการสำรวจจากงานวิจัยของ วีระพงษ์ เกิดสิน (Koedsin and Vaiphasa, 2013) โดยทำการวางแปลงขนาด 30 X 30 เมตร โดยเก็บข้อมูลพืชและชนิดพันธุ์ไม้ในภายในแปลงเฉพาะต้นที่มีความสูงมากกว่า 2.5 เมตร อย่างไรก็ตามข้อมูลภาคสนามที่สำรวจได้ไม่เพียงพอต่อการใช้ในการวิจัยจึงได้ทำการ grow (กำหนดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 2) ข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลตัวอย่าง (training data) และข้อมูลทดสอบ (testing data) ในจำนวนเท่าๆกันดังแสดงในตารางที่ 2.3

ข้อมูลภาคสนามถูกเก็บในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม 2554 ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลภาคสนามมีระยะเวลาห่างกันจากระยะเวลาการถ่ายภาพดาวเทียมโดยห่างจากเวลาถ่ายภาพดาวเทียม Quickbird ประมาณ 17 เดือน และห่างจากภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion ประมาณ 8 เดือน โดยภาพถ่ายดาวเทียมทั้งสองภาพก็มีความห่างกันประมาณ 8 เดือนเช่นกัน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่มีเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเกิดขึ้น (Koedsin and Vaiphasa, 2013; Tomlinson, 1995)

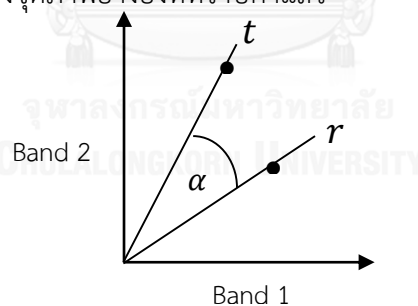
ตารางที่ 2.3 แสดงจำนวนแปลงที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบในแต่ละพันธุ์

ชื่อพันธุ์ไม้	ชื่อทางวิทยาศาสตร์	ข้อมูลตัวอย่าง	ข้อมูลทดสอบ
แสมขาว	<i>Avicennia alba (Aa)</i>	44	44
แสมทะเล	<i>Avicennia marina (Am)</i>	30	30
ถั่วขาว	<i>Bruguiera parviflora (Bp)</i>	38	38
โกงกางใบเล็ก	<i>Rhizophora apiculata (Ra)</i>	51	51
โกงกางใบใหญ่	<i>Rhizophora mucronata (Rm)</i>	38	38
รวม		201	201

2.4 ทฤษฎีในการจำแนก

2.4.1 Spectral Angle Mapper (SAM)

วิธีการ SAM เป็นการจำแนกที่ใช้การกำหนดความคล้ายคลึงกันระหว่างช่วงคลื่น โดยการคำนวณมุมระหว่างช่วงคลื่นและแปลงให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ในมิติที่มีขนาดเท่ากับจำนวนแบนด์ที่ใช้ในการจำแนก เวกเตอร์ของจุดภาพที่ไม่ทราบค่าหรือเวกเตอร์ทดสอบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับเวกเตอร์ของจุดภาพอ้างอิงที่ทราบค่าแล้ว



ภาพที่ 2.1 แสดงเวกเตอร์อ้างอิง (r) และเวกเตอร์ทดสอบ (t) ระหว่าง 2 แบนด์ (ดัดแปลงจาก (Kruse et al., 1993))

จากภาพที่ 2.1 เวกเตอร์อ้างอิงคือเวกเตอร์ที่เชื่อมต่อระหว่างจุดกำเนิด (Origin) กับค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนของชั้นการจำแนกชนิดหนึ่งในแบนด์ที่ 1 และ 2 ในขณะที่เวกเตอร์ทดสอบจะเชื่อมต่อกับค่าการสะท้อนของจุดภาพที่จะจำแนก การคำนวณมุมระหว่างเวกเตอร์สามารถทำได้ดังสมการ (2.1)

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{t} \cdot \vec{r}}{\|\vec{t}\| \cdot \|\vec{r}\|} \right) \quad (2.1)$$

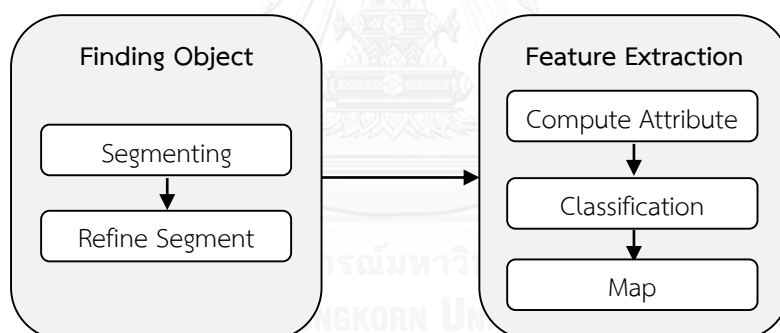
สามารถเขียนในรูปแบบของ n แบนด์ได้ดังนี้

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n t_i r_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n t_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n r_i^2}} \right) \quad (2.2)$$

เมื่อเปรียบเทียบมุมระหว่างเวกเตอร์ของจุดภาพทดสอบกับเวกเตอร์ของจุดภาพอ้างอิงในแต่ละชั้นการจำแนก จุดภาพทดสอบที่มีค่ามุมน้อยที่สุดกับจุดภาพอ้างอิงชั้นใด จุดภาพทดสอบจะถูกจำแนกเป็นชั้นนั้นๆ

2.4.2 การจำแนกเชิงวัตถุ (Object-based classification)

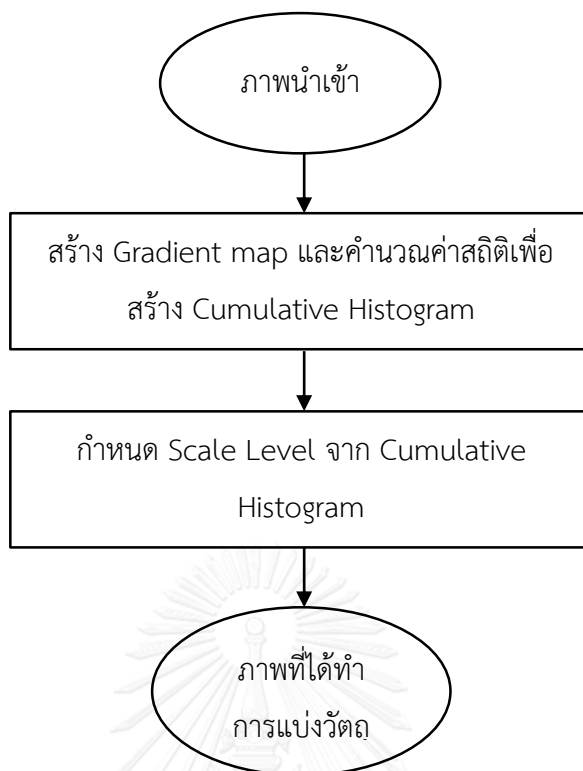
การจำแนกเชิงวัตถุเป็นวิธีการที่เสนอขึ้นเพื่อการรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ากับกระบวนการจำแนกที่ผ่านมา (Wang et al., 2004) โดยการใช้การแบ่งจุดภาพที่มีคุณลักษณะเชิงพื้นที่ที่คล้ายคลึงกันเข้าเป็นชั้นเดียวกัน ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอนคือ 1.การกำหนดวัตถุ 2. การสกัดคุณลักษณะ ดังแสดงในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงการทำงานของ การจำแนกเชิงวัตถุ

2.4.2.1 การกำหนดวัตถุ (Finding Object)

การสร้างข้อมูลเชิงวัตถุจากจุดภาพจะใช้วิธีแบ่งส่วนภาพ (Segmenting) โดยการรวมกลุ่มจุดภาพข้างเคียงที่มีค่าการสะท้อนที่ใกล้เคียงกันเข้าด้วยกัน ในงานขั้นนี้ใช้วิธีการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธี Edge-based ในโปรแกรม ENVI EX (Xiaoying, 2009) ซึ่งมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการแบ่งส่วนภาพด้วยวิธี Edge-based

ขั้นตอนแรกภาพถ่ายจากดาวเทียมที่นำเข้าจะใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) เพื่อสร้างข้อมูลใหม่ที่อธิบายความแปรปรวน (variance) ส่วนใหญ่ของข้อมูลได้ และเลือกใช้จำนวนแบนด์ที่มีความแปรปรวนรวมตั้งแต่ 90% เป็นอย่างน้อยเพื่อนำมาใช้ตัวกรองเพื่อตรวจจับขอบ (edge filter) ซึ่งภาพดังกล่าวจะนำมาใช้ในการสร้าง Gradient map ดังภาพตัวอย่างที่ในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ภาพตัวอย่างของ Gradient map (Xiaoying, 2009)

ภาพของ Gradient map ในแต่ละจุดภาพจะถูกนำมาสร้าง cumulative relative histogram โดยใช้กระบวนการแบ่งนัย (quantization) ในการจัดกลุ่มของค่าจุดภาพโดยหาขอบเขตบนของแต่ละช่วงชั้น ($q_0-q_1, q_1-q_2 \dots q_{max}$) จากสมการต่อไปนี้

$$q_{quant-level} = V_{min} + \frac{q_{quant-level} \times (V_{max} - V_{min})}{max\ quant\ level} \quad (2.3)$$

โดยที่ $q_{quant-level}$ คือขอบเขตบนของแต่ละระดับของการแบ่งนัย $V_{max,min}$ คือค่าจุดภาพสูงสุดและต่ำสุดในภาพ และ max quant level คือระดับสูงสุด (เช่น 8 บิต หรือ 16 บิต)

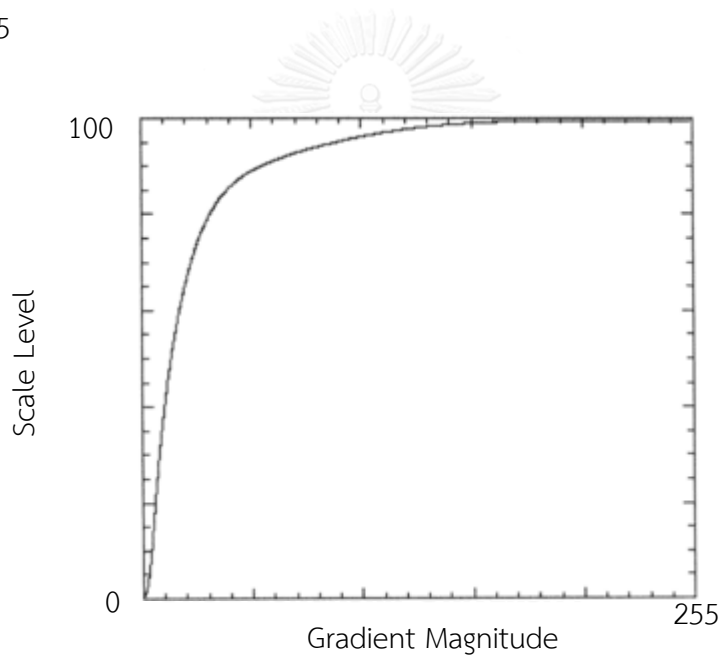
ค่าจุดภาพใน Gradient map ค่าใดๆที่อยู่ภายในขอบเขตที่คำนวณได้จะถูกกำหนดให้เป็นกลุ่มนั้นๆ เช่น ในภาพๆหนึ่งทำการคำนวณ q_1 ได้ที่ 2.5 จากนั้นจุดภาพใดๆที่มีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่าจะถูกจำแนกไปอยู่ในช่วง q_0-q_1 เมื่อจัดช่วงชั้นเสร็จทั้งหมดแล้วค่าจุดภาพจะนำมาเรียงกันจากน้อยไปหามากและทำการคำนวณจุดภาพสะสมเพื่อสร้าง cumulative relative histogram ดังตัวอย่างในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงการหาจุดภาพสะสม

ค่าจุดภาพ	ระดับแบ่งนับ	จุดภาพสะสม
0	q_0	1
0.3	q_1	
1	q_1	
1.5	q_1	4
2.6	q_2	5

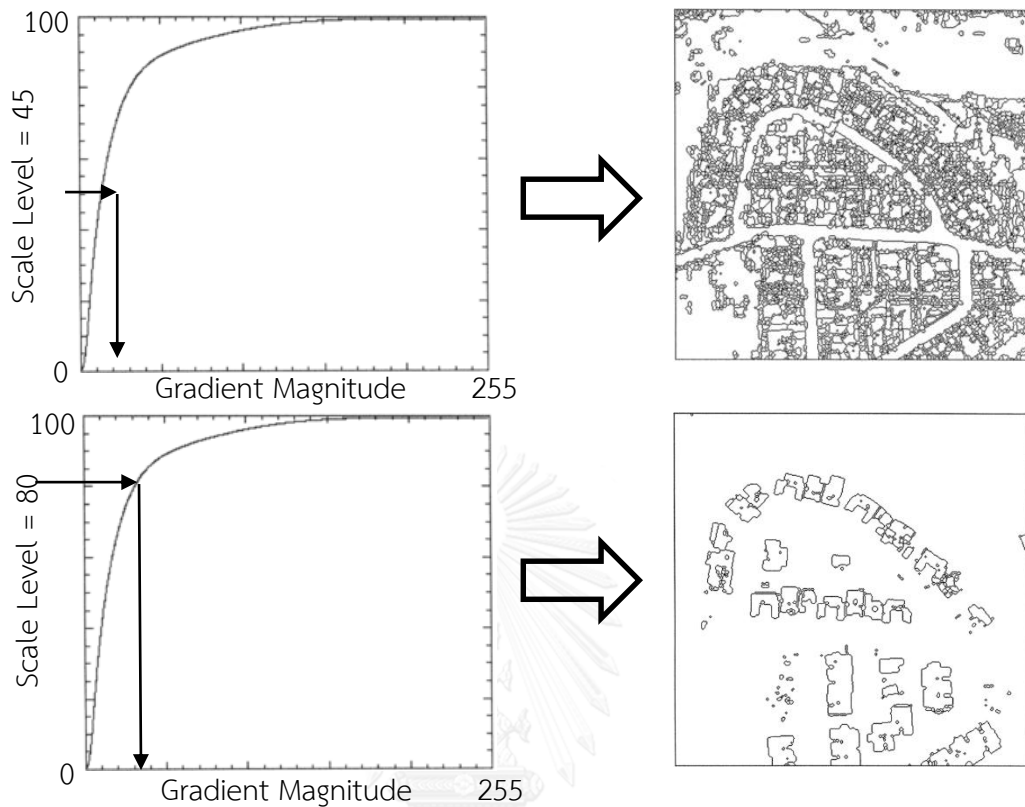
ซึ่งเมื่อคำนวณเสร็จสิ้นจะสามารถสร้าง cumulative relative histogram ได้

ดั่งภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของ cumulative relative histogram

จากนั้นผู้ใช้จะทำการเลือกระดับของ Scale level ซึ่งจะเป็นค่าที่ใช้ในการเลือกว่าจะแบ่งวัตถุที่ระดับใดเช่นหากเลือกที่ระดับ 45 ค่าจุดภาพที่ตรงกันกับตำแหน่ง Scale level จะถูกเลือกให้เป็นขอบของวัตถุซึ่งระดับที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อขนาดของวัตถุดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของขนาดวัตถุกับ Scale level

วัตถุที่แบ่งจะมีลักษณะเป็นข้อมูลโพลีกอน (polygon) ซึ่งจะเห็นว่า Scale level นั้นมีความสัมพันธ์กันกับค่าจุดภาพจาก Gradient map ที่ใช้ในการแบ่งค่าจุดภาพ ดังนั้นหากขอบเขตของภาพเปลี่ยนไปก็จะมีผลต่อค่า cumulative relative histogram ดังนั้นการหาขนาดที่เหมาะสมของ scale level นั้นก็就会有ความแตกต่างกันไปในแต่ละภาพ หรือแม้แต่ในภาพเดียวกันที่เกิดการตัดภาพหรือการทำหน้าากาก นอกจากนี้สิ่งที่ควรต้องคำนึงถึงคือปัญหาของการแบ่งวัตถุมากเกินไป (over segment) และการแบ่งวัตถุน้อยเกินไป (under segment) โดยการแบ่งวัตถุมากเกินไปนั้นทำให้ภาพถูกแบ่งส่วนออกเป็นจำนวนมากทำให้วัตถุที่ควรจะอยู่ภายใต้ขอบเขตเดียวกันอาจกลายเป็นวัตถุอีกชนิดหนึ่งซึ่งส่งผลให้ความถูกต้องของการจำแนกลดลงได้ ในขณะที่การแบ่งวัตถุน้อยเกินไปอาจทำให้วัตถุนั้นพื้นผิวที่ควรจะเป็นคนละชนิดกันกลับกลายเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน ซึ่งจะมีผลก่อให้เกิดการปะปนกันในขั้นตอนของการจำแนกได้

2.4.2.2 การสกัดคุณลักษณะ (Feature extraction)

หลังจากการแบ่งวัตถุที่ได้เป็นลักษณะของโพลีกอน คุณลักษณะของแต่ละโพลีกอนจะถูกคำนวณ ค่าที่คำนวณได้จะถูกนำไปใส่ใน Attribute ของโพลีกอนแต่ละชิ้น ค่า Attribute นี้จะนำไปใช้เพื่อเป็นค่าสำหรับการจำแนกแต่ละวัตถุ โดยคำนวณค่าการสะท้อน และตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของวัตถุมาเป็นค่าสถิติโดยแบ่งออกเป็นสามประเภทดังนี้

1) ค่าสถิติของวัตถุ (Spatial)

ค่าสถิติที่บอกถึงลักษณะทางกายภาพของโพลีกอนและวัตถุที่ทำการแบ่งซึ่งจะมีค่าดังต่อไปนี้ Area Length Compact Convexity Solidity Roundness Formfactor Elongation Rect_Fit Maindir Majaxislen Minaxislen Numholes และ Holesolrat

2) ค่าสถิติของการสะท้อน (Spectral)

ภายใต้กรอบของโพลีกอนที่ได้ทำการแบ่งไว้แล้ว ค่าการสะท้อนในแต่ละจุดภาพภายใต้โพลีกอนนั้นจะถูกคำนวณเพื่อเป็นค่าสถิติของค่าการสะท้อนในแต่ละโพลีกอนหรือวัตถุ ซึ่งจะมีค่าดังต่อไปนี้ ค่าเฉลี่ย ค่ามากที่สุด ค่าน้อยที่สุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าการสะท้อนแต่ละแบนด์

3) ค่าเนื้อภาพ (Texture)

คำนวณความสัมพันธ์ของจุดภาพโดยค่าเนื้อภาพจะใช้ค่าเฉลี่ยจากจุดภาพภายใต้วัตถุทั้งหมด 7 ชนิด ซึ่งจะคำนวณตามรายละเอียดที่ปรากฏในตารางที่ 2.5

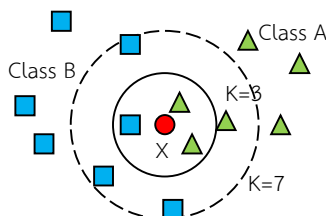
โดยผู้วิจัยจะทำการจำแนกโดยใช้ค่า Attribute ที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาว่า Attribute ตัวใดสามารถให้ผลในการจำแนกได้ถูกต้องมากที่สุดซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ

3.3.1.3 ในบทที่ 3

2.4.2.3 การจำแนก (Classification)

ข้อมูลที่จะนำมาทำการจำแนกจะกำหนดข้อมูลคุณลักษณะ (Define feature) ที่ได้จากการคำนวณในแต่ละ segment ในขั้นตอนแรก กระบวนการจำแนกภาพเชิงวัตถุจะใช้การจำแนกแบบควบคุม (supervised classification) ด้วยวิธี K Nearest Neighbor ซึ่งจะพิจารณาจากระยะ Euclidean จากวัตถุที่ไม่ทราบค่ากับชุดข้อมูลอ้างอิง โดยมีการกำหนดตัวแปร K ซึ่งเป็นจำนวนของข้อมูลข้างเคียงที่จะนำมาพิจารณา และจะจำแนกไปเป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีจำนวนมากที่สุด (Majority vote) แม้วัตถุที่ไม่ทราบค่าจะมีระยะห่างไกลที่สุดกับชุดข้อมูลอ้างอิงที่มีจำนวนน้อยกว่าก็ตาม ดังตัวอย่างในภาพที่ 5 หากกำหนดค่า K=3 ข้อมูล X ที่ไม่ทราบค่าจะถูกจำแนกให้อยู่

ในชั้น A เนื่องจากมีชั้นข้อมูล A อยู่มากกว่า แต่หากกำหนดค่า $K=7$ ข้อมูล X จะถูกจำแนกให้อยู่ในชั้น B เนื่องจากมี Majority vote มากที่สุดแม้ข้อมูล X จะอยู่ใกล้กับชั้น A มากกว่าก็ตาม



ภาพที่ 2.7 แสดงการจำแนกแบบ K nearest neighbor

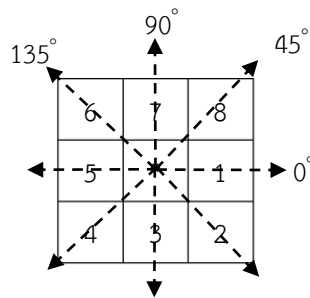
2.5 Grey Level Co-occurrences Matrix (GLCM)

เสนอขึ้นโดย Haralick et al. (1973) ด้วยแนวคิดของการแปลภาพถ่ายสีของมนุษย์ที่ใช้ค่าการสะท้อน เนื้อภาพ และข้อมูลโดยรอบประกอบกัน ดังนั้นเมื่อภาพที่อยู่ในรูปแบบของภาพเชิงเลขที่มีค่าของโทนสีที่เกิดขึ้นและมีความแตกต่างกันในแต่ละแบนด์สามารถแสดงให้เห็นการกระจายในเชิงพื้นที่ได้ การพิจารณาคู่จุดภาพจึงจะสามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในเชิงพื้นที่ได้ดีกว่าการพิจารณาจากค่าสถิติของจุดภาพเพียงจุดเดียว ซึ่งสามารถที่จะคำนวณค่าสถิติเหล่านี้เพื่อใช้ในการสกัดลักษณะของเนื้อภาพ (Texture feature) ในแต่ละภาพออกมาเพื่อที่จะใช้ในการอธิบายวัตถุหรือพื้นผิวได้มากขึ้น โดยมีขั้นตอนหลักๆดังนี้

- 1) สร้าง Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices เพื่อสร้าง matrix ความเชื่อมโยงระหว่างค่าจุดภาพรอบข้าง
- 2) คำนวณความน่าจะเป็นของจุดภาพที่เกิดขึ้นใน Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices
- 3) การสกัดลักษณะเนื้อภาพ (Texture feature extraction)

2.5.1 การสร้าง Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices

เพื่อการวัดค่าของเนื้อภาพจึงจำเป็นที่จะต้องทราบความสัมพันธ์ของค่าสีเทาของจุดภาพรอบข้าง โดยคำนึงถึงทิศทางรอบข้างจุดภาพแต่ละจุดใน 8 ทิศทางดังภาพที่ 2.8

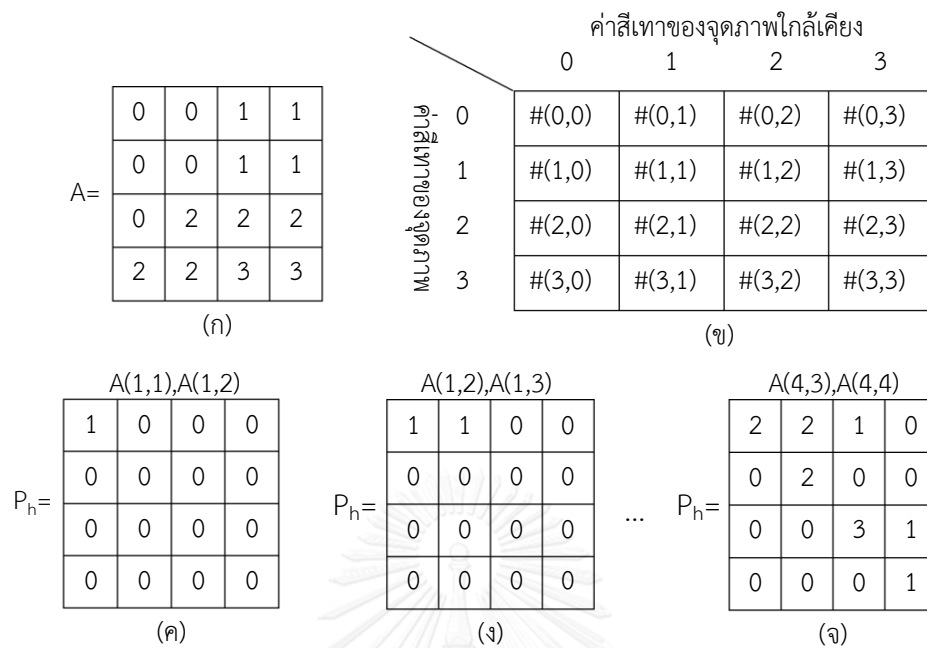


ภาพที่ 2.8 แสดงทิศทางความสัมพันธ์ของจุดภาพรอบ * ทั้ง 8 ทิศทาง (Haralick et al., 1973)

จากในภาพที่ 2.8 กำหนดให้ * เป็นจุดภาพอ้างอิง (Reference cell) ที่จะพิจารณาความสัมพันธ์กับจุดภาพใกล้เคียง (Neighboring cell) โดยกำหนดด้วยค่าองศา ในองศาที่ 0 จะพิจารณาจุดภาพที่ 1 และ 5 องศาที่ 45 พิจารณาจุดภาพที่ 8 และ 4 องศาที่ 90 พิจารณาจุดภาพที่ 7 และ 3 องศาที่ 135 พิจารณาจุดภาพที่ 6 และ 2 ซึ่งในบางงานวิจัยอาจพบว่าผู้วิจัยจะใช้ตัวอักษรย่อแทนเป็น E-W NE-SW N-S และ NW-SE

การคำนวณจะใช้การวัดความถี่ของการปรากฏของค่าสีเทาในแต่ละคู่ตามทิศทางที่พิจารณา และวนไปจนครบตามจำนวนแถวและหลักของขอบเขตภาพที่กำหนด ดังนั้นคู่ของจุดภาพโดยแต่ละจุดนั้นจะทำหน้าที่เป็นทั้งจุดอ้างอิงและเป็นจุดใกล้เคียงไปในตัวเดียวกัน

ตัวอย่างการคำนวณดังภาพที่ 2.9 กำหนดให้ภาพตัวอย่างในภาพที่ 2.9(ก) มีขนาด 4x4 จุดภาพหรือในที่นี้ให้มีค่าเป็นเมทริกซ์ A ที่มีสมาชิกเป็นค่าจุดภาพ และจะหา Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices ในทิศทาง 0° โดยเริ่มพิจารณาที่ตำแหน่ง $A(1,1)$ กับ $A(1,2)$ จะพบว่ามีค่าจุดภาพระหว่างจุดอ้างอิงและจุดใกล้เคียงเป็น 0,0 จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับภาพที่ 2.9 (ข) สัญลักษณ์ # แทนความถี่และ (0,0) ที่ตามหลังสัญลักษณ์หมายถึงค่าสีเทาของจุดภาพอ้างอิงเท่ากับ 0 และค่าสีเทาของจุดภาพใกล้เคียงเท่ากับ 0 ดังนั้นค่าความถี่ในภาพที่ 2.9 (ข) จะมีค่าเป็น 1 ดังแสดงในเมทริกซ์ P_n ในภาพที่ 2.9(ค) ซึ่งเป็น Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices จากนั้นพิจารณาที่ $A(1,2)$ และ $A(1,3)$ จะได้ค่า 0,1 เมื่อเทียบกับตารางแล้วเมทริกซ์ P_n จะเปลี่ยนไปดังภาพที่ 2.9(ง) แล้วขยับคู่ภาพไปจนหมดและเริ่มต้นที่แถวที่ 2 จนถึงแถวสุดท้ายจะได้ผลลัพธ์ภาพที่ 2.9(จ)



ภาพที่ 2.9 แสดงการคำนวณ Gray-Tone Spatial-Dependence ในทิศทาง 0°
(ที่มา : ดัดแปลงจาก Haralick et al., 1973)

เมทริกซ์ P_h ในภาพที่ 2.9(จ) จะเป็นผลลัพธ์ของความถี่ในความสัมพันธ์จากจุดภาพไปทางทิศ E ดังนั้นในการนับความถี่ของจุดภาพที่สัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม เช่นในจุดภาพแรกซึ่งจุด A(1,2) ที่เคยเป็นจุดภาพข้างเคียง ก็จะกลับมาเป็นจุดภาพอ้างอิงสลับกันกับจุด A(1,1) ที่จะกลายเป็นจุดภาพข้างเคียง ดังนั้นการสลับกันของแถวและหลักในการนับครั้งใหม่ก็จะทำให้เมทริกซ์กลายเป็นเมทริกซ์สมมาตรดังแสดงในภาพที่ 2.10

0°	4	2	1	0		90°	6	0	2	0
$P_H =$	2	4	0	0		$P_V =$	0	4	2	0
	1	0	6	1			2	2	2	1
	0	0	1	2	(ก)		0	0	1	2
					(ข)					
135°	2	1	3	0		45°	4	1	0	0
$P_{LD} =$	1	2	1	0		$P_{RD} =$	1	2	2	0
	3	1	0	2			0	2	4	1
	0	0	2	0	(ค)		0	0	1	0
					(ง)					

ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างการคำนวณ Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices

(ที่มา : ดัดแปลง Haralick et al., 1973)

เมทริกซ์ในภาพที่ 2.10(ก) 2.10(ข) 2.10(ค) และ 2.10(ง) เป็นเมทริกซ์ที่มีสมาชิกเป็นจำนวนความถี่ของค่าจุดสีเทาที่สัมพันธ์กับคู่จุดภาพรอบข้างในแต่ละทิศทางที่พิจารณา ซึ่งค่าที่ได้นี้จะยังไม่สามารถนำไปคำนวณลักษณะของเนื้อภาพออกมาได้ แต่เนื่องจากค่าความถี่เหล่านี้อาจความแปรปรวนซึ่งเป็นผลจากสภาพแสงหรือกระบวนการต่างๆมักจะทำให้เกิด Monotonic Transformation ซึ่งอาจส่งผลให้ภาพที่ถ่ายวัตถุเดียวกันแต่แตกต่างกันจะทำให้มีลักษณะเนื้อภาพที่แตกต่างกัน เพื่อให้ Grey-tone monotonic สามารถสกัดลักษณะของเนื้อภาพออกมาในแนวเดียวกันจึงต้องทำการนอร์มอลไลซ์ข้อมูลในเมทริกซ์

2.5.2 ค่าความน่าจะเป็นของจุดภาพที่เกิดขึ้นใน (Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices)

การนอร์มอลไลซ์ข้อมูลภายใน Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices ทำโดยใช้ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นของความถี่โดยใช้ค่าความเป็นไปได้ทั้งหมดที่ทุกค่าเกิดขึ้นเป็นตัวหารดังสมการ 2.3 ซึ่งจะได้เป็น GLCM ที่จะใช้ในการคำนวณหาลักษณะของเนื้อภาพออกมา

$$P_{i,j}0 = \frac{V_{i,j}}{\sum_{i,j=0}^{N-1} V_{i,j}} \quad (2.4)$$

ให้ $P_{i,j}$ = ค่าความถี่ที่ได้ทำการนอร์มอลไลซ์

$V_{i,j}$ = ค่าความถี่ใน Gray-Tone Spatial-Dependence Matrices

2.5.3 การสกัดลักษณะเนื้อภาพ (Texture feature extraction)

ข้อมูลที่ได้ใน GLCM นี้ถือว่ามีข้อมูลที่สามารถใช้ในการอธิบายลักษณะเนื้อภาพในแต่ละภาพออกมาได้ ดังนั้นจึงจะใช้เป็นตัวหลักในการคำนวณค่าสถิติซึ่งบ่งบอกลักษณะเนื้อภาพออกมา ซึ่งในงานของ Harlick et al.(1973) นี้ได้เสนอออกมาเป็น 14 สมการ แต่ทั้งนี้การใช้งานในงานวิจัยต่อๆมาจะไม่ได้ใช้หมดทุกสมการเนื่องจากมีหลาย feature ที่มีความสัมพันธ์กัน (Baraldi and Parmiggiani 1995) ดังนั้น feature ที่จะใช้ในการคำนวณเพื่อสกัดลักษณะเนื้อภาพแบบต่างๆ ออกมานั้นจะแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คำอธิบายลักษณะเนื้อภาพที่วัดได้จาก GLCM (Ouma et al., 2008)

ลักษณะเนื้อภาพที่วัดได้จาก GLCM (GLCM Texture feature)	คำอธิบาย
$Mean = \sum_i ip(i)$	ค่าเฉลี่ยของค่าระดับสีเทาในหน้าต่างที่กำหนด
$Variance = \sum_i \sum_j (i - \mu_i)^2 P(i,j)$	ความแปรปรวนของระดับสีเทาในหน้าต่างที่กำหนด ค่าจะสูงเมื่อมีค่า SD กว้าง
$Entropy = \sum_i \sum_j P(i,j) \log P(i,j)$	เอ็นโทรปีใช้ในการวัดระดับของความผิดปกติในภาพ หากค่านี้มีค่าสูงแสดงว่าภาพไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (non-uniform หรือ heterogonous) ซึ่งค่าใน GLCM จะเข้าใกล้ 0 หรือ 1
$Angular Second Moment = \sum_i \sum_j P(i,j)^2$	เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าพลังงาน (Energy) โมเมนต์ของมุมที่สอง (Angular Second Moment) และความเป็นแบบเดียวกัน (Uniformity) คือการวัดความเป็นเนื้อเดียวกันของเนื้อภาพหรือการวนซ้ำของคู่จุดภาพ เมื่อไหร่ที่ภาพภายใต้หน้าต่างที่พิจารณามีค่าระดับสีเทาใกล้เคียงกัน ค่าพลังงานจะขึ้นถึงจุดสูงสุด ดังนั้นการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอของค่าสีเทาภายใต้หน้าต่างจะให้ค่าพลังงานเพิ่มขึ้นสูงเช่นเดียวกันหรือเมื่อค่า

ลักษณะเนื้อภาพที่วัดได้จาก GLCM (GLCM Texture feature)	คำอธิบาย
	GLCM มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเอ็นโทรพีและโมเมนต์ของมุมที่สองจะแปรผกผันกัน
$\text{Homogeneity} = \sum_i \sum_j \frac{P(i,j)}{1 + (i,j)^2}$	เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าส่วนกลับผลต่างโมเมนต์ หากค่า Homogeneity สูงแสดงว่ามีความแตกต่างของค่าสีเทาห้วงคู่ภายในหน้าต่างที่กำหนดน้อย ซึ่งภายใน GLCM นั้นจะปรากฏสมาชิกอยู่บริเวณ Diagonal ของเมทริกซ์
$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i,j)^2 P(i,j)$	ค่าความแตกต่างใช้วัดระดับของการกระจายตัวของค่าสีเทาหรือว่าคือค่าความแตกต่างเฉลี่ยของทั้งสองจุดภาพ ซึ่งหากมีความแปรปรวนของค่าผลต่างนี้มากค่าความแตกต่างก็จะมากตาม ใน GLCM นั้นจะพบว่าสมาชิกจะกระจายตัวอยู่ห่างจากแนวทแยงของเมทริกซ์ ซึ่งจะแปรผกผันกันกับค่า Homogeneity
$\text{Correlation} = \frac{\sum_i \sum_j (i - \mu_i)(j - \mu_j)P(i,j)}{\sigma_i \sigma_j}$	ค่าความสัมพันธ์คือค่าที่ใช้วัดการขึ้นต่อกันของระดับสีเทาในเชิงเส้นของภาพ หากค่า Correlation สูงจะแสดงถึงค่าสีเทาของคู่ภาพมีความเกี่ยวข้องกันแบบเชิงเส้น (linear relationship) พื้นที่ที่มีเนื้อภาพเป็นเนื้อเดียวกันจะทำให้ค่าความสัมพันธ์สูงสุดหรือมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งค่าความสัมพันธ์นี้ไม่ได้มีความสัมพันธ์ใดๆกับ feature อื่นๆที่กล่าวมาข้างต้น

ส่วนที่จะมีผลมากต่อการวิเคราะห์ด้วย GLCM คือขนาดของหน้าต่างที่จะใช้พิจารณาทิศทางของความสัมพันธ์ และระยะทางการเคลื่อนที่ของหน้าต่างซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุบนพื้นผิวว่ามีขนาดอย่างไร เช่นในพื้นที่ขนาดใหญ่ขนาดของหน้าต่างก็ต้องใหญ่ตามกัน อีกทั้งชนิดของวัตถุเช่น ป่าไม้ พื้นน้ำ หรือเมือง และนอกจากนี้ยังมีเซ็นเซอร์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจซึ่งจำเป็นต้องหาความเหมาะสมของ GLCM ที่จะใช้กับข้อมูลในรูปแบบต่างๆ

2.6 สถิติที่ใช้ในการทดลอง

2.6.1 Jeffries-Matusita Distance

JM Distance เป็นการวัดระยะทางระหว่างชั้นข้อมูลการจำแนกซึ่งในที่นี้คือกลุ่มตัวอย่างของค่าการสะท้อนในแต่ละคู่ของชั้นข้อมูล โดยใช้ในการระบุความสามารถในการแยกชัดจากกันของช่วงคลื่นในคู่ของชั้นข้อมูล สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$J_{ij} = 2(1 - e^{-B_{ij}}) \quad (2.5)$$

โดย B_{ij} สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$B_{ij} = \frac{1}{8}(m_i - m_j)^T \left\{ \frac{C_i + C_j}{2} \right\}^{-1} (m_i - m_j) + \frac{1}{2} \ln \left\{ \frac{|(C_i + C_j)/2|}{|C_i C_j|^{1/2}} \right\} \quad (2.6)$$

โดย i, j = ชั้นการจำแนกที่ i และ j

C_{ij} = เมทริกซ์ความแปรปรวนร่วมของชั้นการจำแนกที่ i และ j

m_{ij} = ค่าเฉลี่ยของชั้นการจำแนก i และ j

ซึ่งค่า JM Distance หากเข้าใกล้ 2.0 จะแสดงให้เห็นว่าช่วงคลื่นที่สะท้อนระหว่างกลุ่มตัวอย่างของชั้นการจำแนกที่เปรียบเทียบสามารถแยกชัดออกจากกันได้ดี ซึ่งหากระยะทางนี้มีค่าสูงจะสามารถช่วยในการประเมินได้เบื้องต้นว่าผลการจำแนกจะมีค่าความถูกต้องสูงหรือต่ำ

2.6.2 เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Confusion matrix หรือ Error matrix)

ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกจะใช้เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนเป็นหลักเพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนามหรือข้อมูลอ้างอิง (Russell and Congalton, 2008) เมทริกซ์นี้มีลักษณะเป็นตารางจัตุรัสซึ่งจัดเรียงข้อมูลในแบบแถวและหลัก (row และ column) ซึ่งแบ่งเป็นข้อมูลที่ใช่เป็นข้อมูลอ้างอิง และข้อมูลที่ใช่เป็นข้อมูลในการตรวจสอบ ในการศึกษาครั้งนี้ข้อมูลที่ใช่เป็นข้อมูลอ้างอิงหรือข้อมูลภาคสนามจะจัดเรียงไว้ในหลัก และข้อมูลผลการจำแนกจะจัดเรียงไว้ในแถวดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงตัวอย่างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน

	1	2	3	k	n_{i+}
1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{1k}	n_{1+}
2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{2k}	n_{2+}
3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{3k}	n_{3+}
k	n_{k1}	n_{k2}	n_{k3}	n_{kk}	n_{k+}
n_{+i}	n_{+1}	n_{+2}	n_{+3}	n_{+k}	n

โดย i = แทนจำนวนแถวและหลัก

k = แทนจำนวนชั้นการจำแนก

n_{kk} = จุดภาพที่จำแนกตรงกับชั้นข้อมูลอ้างอิง

n_{+i} = จำนวนจุดภาพทั้งหมดของข้อมูลอ้างอิงในชั้นข้อมูลที่ i ที่เป็นชั้นข้อมูลอ้างอิง

n_{i+} = จำนวนจุดภาพที่จำแนกเป็นชั้นข้อมูล i

n = จำนวนจุดภาพทั้งหมด

จากภาพดังกล่าวสามารถใช้เพื่อการคำนวณความถูกต้องของการจำแนกในการศึกษาได้ โดยสามารถแบ่งย่อยได้ดังนี้

2.6.2.1 ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

เป็นการวัดความถูกต้องของข้อมูลที่จำแนกกับข้อมูลที่เป็นข้อมูลอ้างอิงจากภาคสนาม โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ตรงกับข้อมูลอ้างอิงในแต่ละชั้นการจำแนก (ข้อมูลในแนวทแยง) ดังสมการที่ 2.7 (Russell and Congalton 2008)

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \times 100 \quad (2.7)$$

2.6.2.2 ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy)

ความน่าจะเป็นของข้อมูลอ้างอิงจะถูกจำแนกไปเป็นชั้นการจำแนกนั้นๆ ซึ่งเป็นการคำนวณในแต่ละชั้นข้อมูล โดยสามารถคำนวณได้จากจุดภาพที่จำแนกที่ตรงกับจุดภาพอ้างอิงหารด้วยจำนวนจุดภาพอ้างอิงทั้งหมดในชั้นการจำแนกนั้น (Russell and Congalton 2008)

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{+i}} \times 100 \quad (2.8)$$

2.6.2.3 ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy)

บ่งบอกความน่าจะเป็นที่จุดภาพที่จำแนกได้ตรงกับข้อมูลอ้างอิง คำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ตรงกับข้อมูลอ้างอิงหารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่จำแนกได้ในชั้นการจำแนกนั้น (Russell and Congalton 2008)

$$\text{User's Accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \times 100 \quad (2.9)$$

2.6.2.4 แคปปา (Kappa)

ใช้สำหรับการตรวจสอบความสอดคล้อง (agreement) ของข้อมูลที่จำแนกเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาคสนามที่ได้จากเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนโดยมีค่าตั้งแต่ 0-1 เมื่อค่าแคปปาเข้าใกล้ 1 หมายถึงความสอดคล้องกันของการจำแนกกับชั้นข้อมูลอ้างอิงในทุกชั้นข้อมูล ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \quad (2.10)$$

นอกจากนี้ค่าแคปปายังสามารถใช้เป็นค่าสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องทางสถิติของเพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องที่ได้จากเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนในแต่ละชุดว่าค่าความถูกต้องในแต่ละคู่เปรียบเทียบนั้นมีค่าแตกต่างกันหรือไม่โดยร่วมกับการทดสอบ Z (Z-test) ดังสมการที่ โดยกำหนดให้ K_1 และ K_2 แทนค่าแคปปาของคู่เปรียบเทียบ

$$Z = \frac{|K_1 - K_2|}{\sqrt{\text{var}(K_1) + \text{var}(K_2)}} \quad (2.11)$$

กำหนดสมมติฐานทางสถิติโดยให้สมมติฐานหลัก $H_0: K_1 - K_2 = 0$ และสมมติฐานรอง $H_1: K_1 - K_2 \neq 0$ โดยสมมติฐานหลักจะถูกปฏิเสธเมื่อ $Z \geq Z_{\alpha/2}$ โดยที่ $\alpha/2$ นั้นคือระดับความเชื่อมั่นของการทดสอบแบบสองหางของ Z (two tailed Z-test) (Russell and Congalton 2008)

2.6.3 ANOVA

เป็นค่าสถิติที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม (Colin, 2012) โดยใช้การเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มเป็นตัวทดสอบ สมมติฐานทางสถิติสามารถกำหนดได้ดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_i$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_i \text{ อย่างน้อย 1 คู่}$$

ซึ่งจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าเฉลี่ยที่เปรียบเทียบมีอย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกัน โดย F-test จะถูกนำมาใช้ในการทดสอบทางสถิติ โดยการเปรียบเทียบระหว่าง $F_{calculate}$ และ F_{critic} โดยจะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $F_{calculate} > F_{critic}$ ซึ่ง $F_{calculate}$ จะสามารถคำนวณได้จาก

$$F_{cal} = \frac{MS_{between}}{MS_{within}} \quad (2.12)$$

โดย

$MS_{between}$ = ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

MS_{within} = ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

ซึ่งความแปรปรวนคำนวณได้จากสมการ

$$MS = \frac{SS}{df} \quad (2.13)$$

โดย

SS = sum of square

Df = degree of freedom

ซึ่ง $SS_{between}$ และ SS_{within} คำนวณได้จากสมการที่ x และ x

$$SS_{between} = n \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \mu)^2 \quad (2.14)$$

$$SS_{within} = n \sum_{i=1}^n (SD_i)^2 \quad (2.15)$$

2.5.3.1 Tukey's HSD Post hoc test

เมื่อการทดสอบด้วย ANOVA ให้ผลเป็นการปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายความว่ามีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างกันแต่ยังไม่ทราบว่าคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน Tukey's HSD จะถูกนำมาใช้เป็นขั้นตอนหลังการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในทุกๆ คู่ที่

เป็นไปได้ของชุดค่าเฉลี่ย และจำแนกว่าคู่เฉลี่ยคู่ใดบ้างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$HSD = q \sqrt{MS_w \left(\frac{1}{n}\right)} \quad (2.16)$$

โดย HSD = Honestly Significant Difference
 q = ค่าวิกฤต (critical value) จากตาราง q
 MS_w = ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Mean square within)
 n = จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

ค่า HSD จะถูกคำนวณเพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละคู่ของตัวแปรที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งคู่ที่มีผลต่างของค่าเฉลี่ยมากกว่าค่า HSD ชุดข้อมูลนั้นจะเป็นชุดที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 พื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 3.1 แสดงพื้นที่ศึกษา (ที่มา ดัดแปลงจาก <http://maps.google.com>)

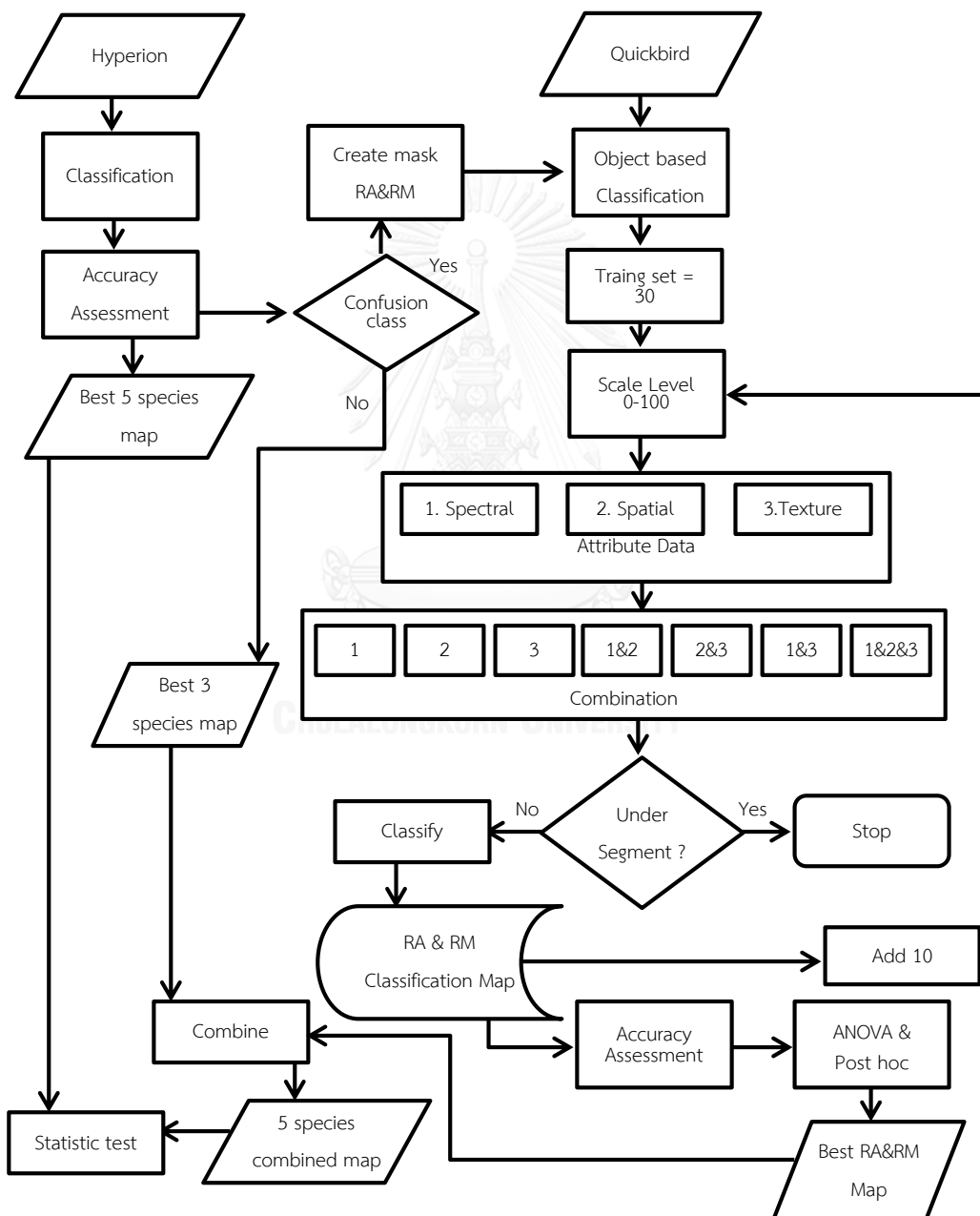
บริเวณแหลมตะลุมพุก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช ดังแสดงในภาพที่ 3.1 พื้นที่ป่าชายเลน มีพื้นที่ครอบคลุม 56.8 ตร.กม. ประกอบไปด้วยพันธุ์ไม้เด่น 5 ชนิดดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยมี โกงกางใบเล็กครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1 ใน 3 รองลงมาเป็นโกงกางใบใหญ่ บริเวณตอนกลางของ แหลมจะปกคลุมไปด้วยถั่วขาวเป็นส่วนใหญ่ (Vaiphasa et al., 2006)

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงวงศ์และพันธุ์ของไม้ชายเลนในพื้นที่ศึกษา (Vaiphasa et al., 2006)

ชื่อไทย	ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific Name)	วงศ์ (Family)
แสมขาว	<i>Avicennia alba</i>	AVICENNIACEAE
แสมทะเล	<i>Avicennia marina</i>	AVICENNIACEAE
ถั่วขาว	<i>Bruguiera parviflora</i>	BRUGUIERA
โกงกางใบเล็ก	<i>Rhizophora apiculata</i>	RHIZOPHORACEAE
โกงกางใบใหญ่	<i>Rhizophora mucronata</i>	RHIZOPHORACEAE

3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้แยกออกได้เป็น 2 ส่วนได้แก่ 1) จำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างโกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง และ 2) เปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพรวมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ ซึ่งได้แสดงลำดับขั้นตอนของการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 3.2 และ ภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานของการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างโกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง

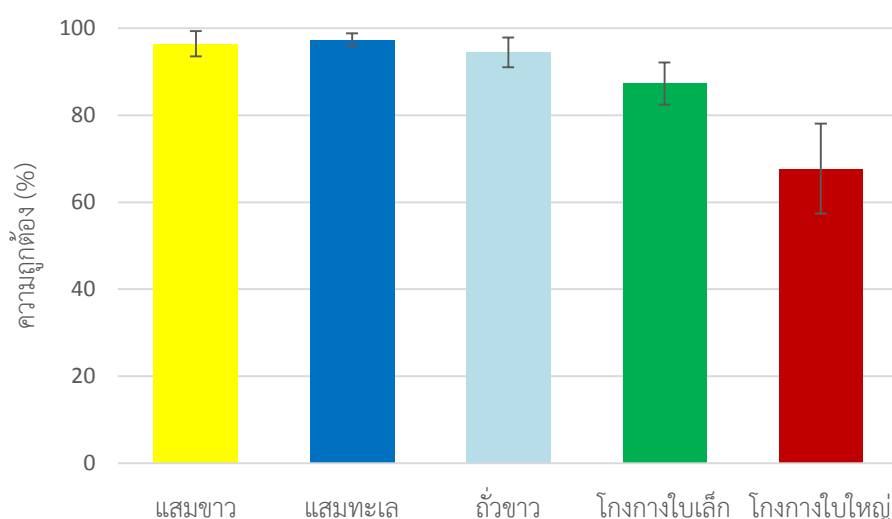
3.3.1 จำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างโกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง

การวิเคราะห์จะทำการจำแนกพันธุ์ไม้ในพื้นที่ศึกษาด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนก ซึ่งพันธุ์ไม้ที่จำแนกออกจากกันได้ยากหรือมีความปะปนกันจะทำการสร้างเป็นหน้ากากเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ และจะนำมารวมผลการจำแนกเพื่อเปรียบเทียบผลจากวิธีการแรก

3.3.1.1 การจำแนกพันธุ์ไม้จากภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

ข้อมูลดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปกตรัลจะถูกนำมาจำแนกโดยเลือกใช้ช่วงคลื่นเช่นเดียวกับการศึกษาที่ปรากฏล่าสุดในพื้นที่ (Keodsinsin and Vaiphasa, 2013) ซึ่งให้ความถูกต้องที่สูงสุดเมื่อเทียบกับงานวิจัยในการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนในพื้นที่ศึกษาที่ผ่านมา ข้อมูลภาคสนามจะถูกเลือกออกมาเป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบซึ่งจะใช้วิธีการสุ่มทั้งหมด 30 ชุด เพื่อป้องกันความลำเอียง (Bias) ของผลการจำแนก

ผลของการจำแนกจะนำมาหาค่าความถูกต้องโดยรวมของแต่ละชุดข้อมูลจำนวน 30 ชุด ความถูกต้องของการจำแนกไม้ชายเลนทั้ง 5 พันธุ์จะถูกนำมาเปรียบเทียบกันภายในชุดการจำแนกแต่ละชุดเพื่อหาพันธุ์ไม้ที่มีการแยกชัดจากกันยากหรือมีการปะปนกันของผลการจำแนก ชั้นข้อมูลที่ปะปนกันนี้จะถูกนำมาสร้างเป็นหน้ากากสำหรับการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงด้วยการจำแนกเชิงวัตถุ ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงความถูกต้องเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ไม้จากข้อมูลดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล

ผลการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนจำนวนห้าพันธุ์ด้วยดาวเทียมไฮเปอร์สเปคตรัลรวมทั้งหมดจำนวน 30 กลุ่มพบว่ามีความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยที่ 88.5% ($Kappa=0.85$) มีความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดที่ 91.5% ($Kappa=0.89$) เมื่อแยกออกเป็นค่าความถูกต้องของแต่ละพันธุ์ไม้แล้วจะพบว่าแสมทะเล (97.3%) แสมขาว (96.4%) และถั่วขาว (94.4%) สามารถแยกออกจากกันได้ดีที่สุดตามลำดับ โดยพันธุ์ไม้ที่มีความปะปนกันคือ โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่มีความถูกต้องเฉลี่ยที่ 87.2% และ 67.7% จากผลการจำแนกในข้างต้นพบว่าโกงกางใบเล็กและใบใหญ่เป็นพันธุ์ไม้ที่มีความปะปนกันในการจำแนก ดังนั้นขั้นตอนการจำแนกของไม้ทั้งสองพันธุ์นี้จะถูกนำมารวมกันและสร้างเป็นหน้ากากสำหรับการจำแนกด้วยวิธีเชิงวัตถุดังแสดงในภาพที่ 3.4



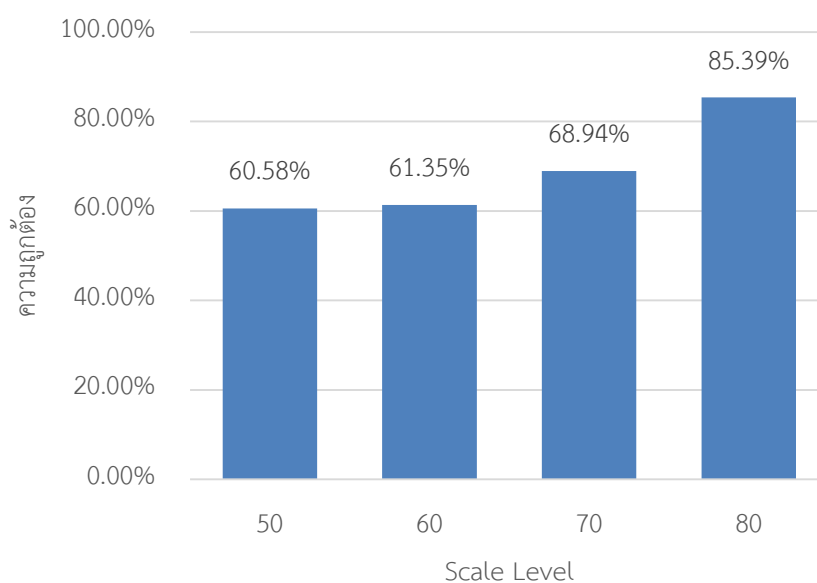
ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างหน้ากากที่ใช้ในการจำแนกโกงกางใบใหญ่และใบเล็ก

3.3.1.2 การจำแนกเชิงวัตถุ

ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจะถูกนำมาใช้ในการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภายใต้หน้ากากที่สร้างขึ้นจากพันธุ์ไม้ที่ปะปนกันที่พบในข้อมูลดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปคตรัล โดยการจำแนกเชิงวัตถุนี้ใช้โปรแกรม ENVI ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การแบ่งภาพ

เพื่อหาระดับการแบ่งภาพให้ได้ขนาดวัตถุที่เหมาะสมสำหรับการจำแนก Scale level จะถูกแบ่งออกตั้งแต่ 0-100 ซึ่งจากการทดลองการแบ่งภาพระดับตั้งแต่ 0-50 นั้นไม่พบความแตกต่างของจำนวนวัตถุในภาพรวมถึงขนาดของวัตถุด้วยจึงมิได้นำมาพิจารณาตั้งแต่แสดงในภาพที่ 3.5

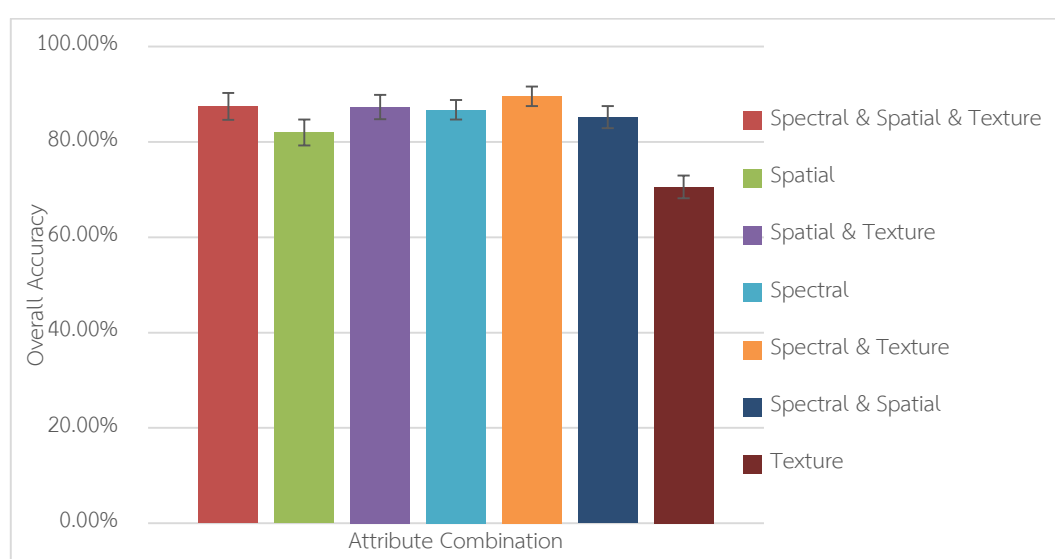


ภาพที่ 3.5 แสดงความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกเชิงวัตถุที่ scale level ตั้งแต่ 50-80

การทดลองมีการเพิ่มขนาดของ scale level ขึ้นครั้งละ 10 เนื่องจากในการเพิ่มขึ้นของระดับ scale level ที่ได้ทำการทดลองเบื้องต้นตั้งแต่ 0-60 นั้นพบความเปลี่ยนแปลงของค่าความถูกต้องในการจำแนกเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่ระดับ 50-60 ซึ่งจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าขนาดของวัตถุที่ใหญ่ขึ้นตาม scale level นั้นจะให้ค่าความถูกต้องสูงขึ้นกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก ในขณะที่ Scale level ระดับตั้งแต่ 80 ขึ้นไปนั้นในการใช้ข้อมูลชุดนี้พบว่าขนาดของวัตถุที่แบ่งนั้นมีการขยายขนาดใหญ่มากเกินไป ทำให้ชุดข้อมูลที่ใช้ในการเป็นต้นแบบของพันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งได้ไปปรากฏซ้อนทับกับวัตถุที่เป็นข้อมูลตัวอย่างของพันธุ์ไม้อีกชนิดหนึ่งซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (Wang, 2004) ดังนั้นระดับ scale level ที่จะใช้ในการจำแนกต่อไปนั้นจะอยู่ที่ระดับ 50-80

จากระดับการแบ่งวัตถุที่ระดับ 80 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด ที่ระดับดังกล่าวค่า Attribute ต่างๆจะนำมาใช้ในขั้นตอนการจำแนกโดยทำการแบ่งชุดของ Attribute เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาชุดของ Attribute ที่มีอิทธิพลต่อค่าความถูกต้อง

ในการจำแนกมากที่สุดโดยแบ่งเป็น 7 ชุดดังนี้ 1) Spectral 2) Spatial 3) Texture 4) Spectral & Spatial 5) Spectral & Texture 6) Spatial & Texture และ 7) Spectral Spatial & Texture ค่า Attribute ทั้ง 7 ชุดนี้จะนำไปใช้ในหลายๆระดับ Scale level ใน 30 ชุดข้อมูลตัวอย่างและนำมาเปรียบเทียบกับค่าความถูกต้องของการจำแนก ผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 3.6 ซึ่งพบว่าการใช้ Texture เพียงอย่างเดียวนั้นให้ค่าความถูกต้องต่ำที่สุดโดยการคำนวณค่า Texture นั้นใช้ค่า scale level ที่ 70 เนื่องจากหากกำหนดค่าระดับที่สูงกว่านี้จะเกิดการ Under segment ได้ ผลการจำแนกที่ดีที่สุดได้แก่ Spectral & Texture



ภาพที่ 3.6 แผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยความถูกต้องและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้งเจ็ดกลุ่ม Attribute โดยใช้ scale level ที่ระดับ 80 ยกเว้น Texture ที่ใช้ระดับ 70

2) คำนวณความถูกต้อง

ความถูกต้องจะคำนวณด้วยการใช้ Confusion matrix ทั้ง 30 ชุดข้อมูลตัวอย่างโดยเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลทดสอบจากภาคสนาม ซึ่งจะได้ความถูกต้องเฉลี่ยของการจำแนกในแต่ละชุด Attribute ซึ่งจะใช้ ANOVA ในการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าค่าความถูกต้องของทั้ง 7 ชุดนั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งหากมีความแตกต่างจะใช้ Tukey Post Hoc มาทดสอบว่ามีชุด Attribute ใดบ้างที่แตกต่างกัน การจำแนกที่มีความถูกต้องมากที่สุดจะถูกนำมารวมเข้ากับข้อมูลที่จำแนกด้วยไฮเปอร์สเปคตรัล

ซึ่งจากผลการทดสอบทางสถิติด้วย ANOVA ชี้ให้เห็นว่าค่าความถูกต้องเฉลี่ยโดยรวมของ Attribute ทั้งหมดชุดนั้นมีอย่างน้อย 1 คู่ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงในตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA เปรียบเทียบ

ความแตกต่างของชุด attribute ทั่วทุกชุด จากความแตกต่างนี้เมื่อทำการทดสอบ Post hoc ด้วย Tukey's HSD แสดงให้เห็นว่าการใช้ค่าการสะท้อนร่วมกับเนื้อหาที่มีความแตกต่างกันสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบทั้ง 7 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์ทางสถิติด้วย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของชุด attribute ทั่วทุกชุด

ANOVA

Accuracy

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.744	6	.124	210.497	.000
Within Groups	.120	203	.001		
Total	.864	209			

ตารางที่ 3.3 ผลการทดสอบทางสถิติจากวิธี Tukey's HSD post-hoc ของ Attribute ทั่วทุกชุด

Accuracy

Tukey HSD^a

Attributes	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
Texture	30	.7052824				
Spatial	30		.8196723			
Spatial & Spectral	30			.8516862		
Spectral	30			.8670944	.8670944	
Spatial & Texture	30				.8729068	
Spectral & Spatial & Texture	30				.8744283	
Spectral & Texture	30					.8958401
Sig.		1.000	1.000	.180	.905	1.000

ความถูกต้องของการจำแนกโงกางใบเล็กและใบใหญ่โดยใช้ค่าการสะท้อนร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหาของทั้ง 30 กลุ่มตัวอย่างดังแสดงใน ตารางที่ 3.4 ผลการจำแนกพบว่าชุดการจำแนกที่ 26 ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด ซึ่งผลการจำแนกของโงกางใบเล็กและใบใหญ่นี้จะถูกนำไปรวมกับ แสมขาว แสมทะเล และถั่วขาว ที่ได้จำแนกไว้ในขั้นต้นโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแบบไฮเปอร์สเปคตรัล

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการจำแนกระหว่างโงงกางใบใหญ่และใบเล็กที่ได้จาก Attribute ที่ดีที่สุด (ช่วงคลื่นร่วมกับเนื้อภาพ) ของ 30 กลุ่มข้อมูลตัวอย่าง โดยในชุดที่ 26 มีผลการจำแนกที่ดีที่สุด (สีเทา)

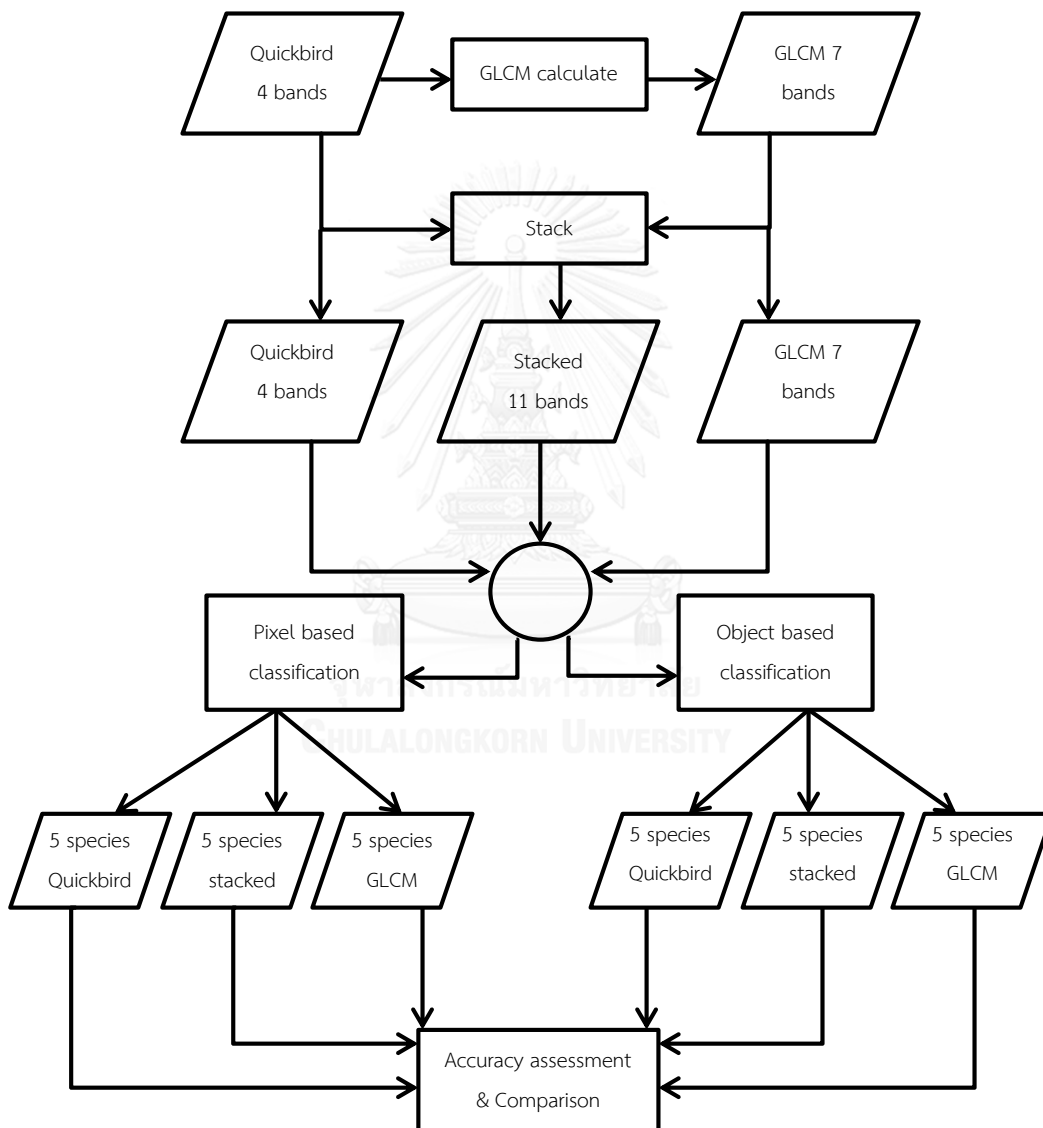
Iteration	OA-Test(%)	Kappa	Iteration	OA-Test(%)	Kappa
1	88%	0.76	16	90%	0.80
2	90 %	0.81	17	90%	0.80
3	87%	0.74	18	92%	0.84
4	92%	0.84	19	89%	0.78
5	91%	0.82	20	91%	0.82
6	87%	0.76	21	92%	0.83
7	88%	0.77	22	93%	0.85
8	86%	0.75	23	91%	0.82
9	87%	0.76	24	91%	0.82
10	91%	0.83	25	88%	0.76
11	88%	0.77	26	95%	0.90
12	89%	0.78	27	89%	0.78
13	88%	0.76	28	92%	0.83
14	88%	0.76	29	88%	0.76
15	88%	0.77	30	88%	0.77

3.3.1.3 รวมผลการจำแนก

ผลการจำแนกเชิงวัดของโงงกางใบใหญ่และโงงกางใบเล็กจะถูกนำมาแปลงความละเอียด (resampling) ด้วยวิธี Nearest Neighbor เป็นขนาด 30x30 เมตร เพื่อจะสามารถรวมเข้ากับผลการจำแนก 3 พันธุ์ไม้ที่เหลืออยู่ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลในขั้นตอนแรก จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลการจำแนกของก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อทดสอบว่าการใช้การจำแนกเชิงวัดนั้นช่วยให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องมากขึ้นหรือไม่ โดยใช้ค่า Kappa ที่ได้จากการคำนวณความถูกต้องโดยรวมมาทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วย Z-test ดังรายละเอียดที่ได้แสดงไว้ในข้อ 2.5.2.4

3.3.2 เปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพรวมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ ทั้ง 5 ชนิดได้แก่ แสมขาว แสมทะเล ถั่วขาว โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่

ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจะถูกนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกพันธุ์ไม้ทั้งห้าชนิดในพื้นที่ศึกษาโดยใช้วิธีการจำแนกแบบจุดภาพรวมและการจำแนกเชิงวัตถุ ซึ่งในทั้งสองวิธีการจะมีการใช้ข้อมูลเนื้อภาพมาช่วยในการจำแนกโดยมีขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 3.7

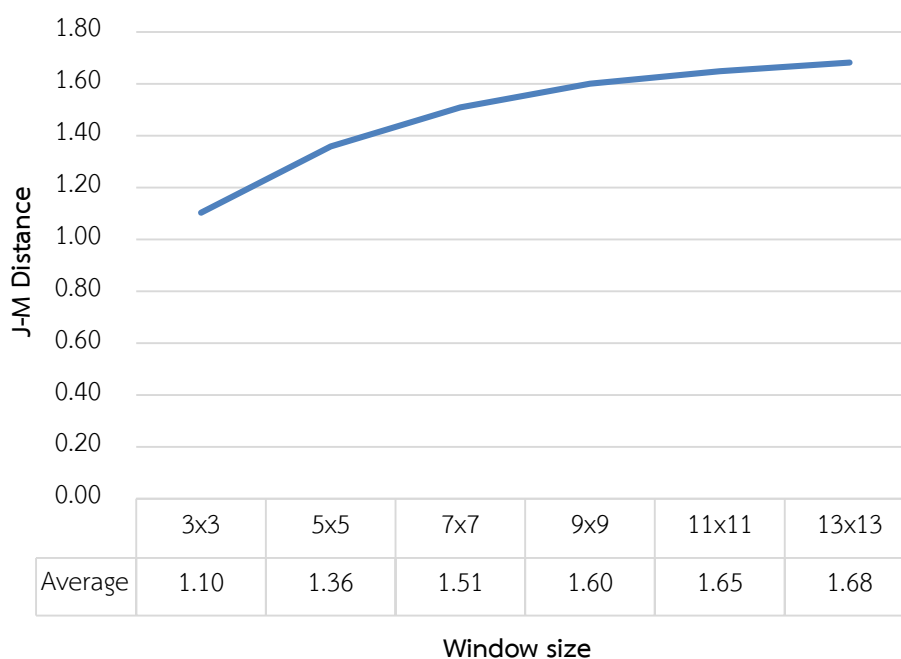


ภาพที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานของการเปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพรวมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ

3.3.2.1 วิเคราะห์เนื้อภาพ

GLCM ทั้งเจ็ดชนิดดังแสดงในตารางที่ 2.5 จะสร้างขึ้นจากแบนด์ 4 ซึ่งอยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ของภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird เนื่องจากในช่วงคลื่นนี้สามารถสะท้อนความแตกต่างของพืชพันธุ์ได้ชัดเจน

เพื่อหาขนาดหน้าต่างที่เหมาะสมสำหรับการสร้าง GLCM ขนาดของหน้าต่างที่ใช้จะถูกสร้างขึ้นโดยมีขนาดตั้งแต่ 3×3 จนถึง 13×13 ทั้งเจ็ดชนิดจากตารางที่ 2.55 จากนั้น GLCM ที่สร้างขึ้นจะนำมาหาความแยกชัด (Separability) ของพันธุ์ไม้ทั้งห้าชนิดโดยใช้ J-M Distance ในการกำหนดความเหมาะสมของขนาดของหน้าต่าง โดยค่าเฉลี่ยของความแยกชัดในแต่ละขนาดหน้าต่างจะถูกเปรียบเทียบกันโดยขนาดหน้าต่างที่ใช้ค่าเฉลี่ยของความแยกชัดที่มากที่สุดจะถูกนำมาใช้คำนวณในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่าความแยกชัดเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดหน้าต่างจะมีค่า J-M Distance สูงขึ้นเมื่อหน้าต่างมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยในการทดลองนี้พบว่าค่า J-M Distance จะเข้าสู่ภาวะอิ่มตัวที่หน้าต่างขนาด 13×13 ดังแสดงในภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 แสดงค่าเฉลี่ยความแยกชัดของแต่ละขนาดหน้าต่าง

ขนาดหน้าต่างที่เหมาะสมที่ขนาด 13×13 จะนำมาหาทิศทางการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบ 4 ทิศทางได้แก่ 0° 45° 90° และ 135° โดยใช้ J-M Distance ในการเปรียบเทียบ ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของหน้าต่างที่ให้ค่าความแยกชัดทั้ง 5 พันธุ์ไม้ได้ดีที่สุดจะถูกเลือกใช้เพื่อวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยผลการทดลองพบว่าทิศทางการเคลื่อนที่ของการวิเคราะห์

เนื้อหาภาพไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากพื้นที่ป่าที่มีความหนาแน่นมากและมีพันธุ์ไม้ที่ใกล้เคียงกันทำให้การเคลื่อนไปในทิศทางต่าง ๆ นั้นไม่เห็นความแตกต่างเกิดขึ้น

เพื่อทำการศึกษาวิธีการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนด้วยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง จึงจะทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการจำแนกแบบจุดภาพที่พิจารณาเฉพาะค่าการสะท้อนในแต่ละจุดภาพ และวิธีการจำแนกเชิงวัตถุที่เป็นวิธีการจำแนกจากจุดภาพรอบๆข้าง ว่าวิธีใดจะเหมาะสมมากกว่าสำหรับการจำแนกในพื้นที่ป่าชายเลนที่มีความหนาแน่นและมีพันธุ์ไม้ที่หลากหลาย

3.3.2.2 วิธีการจำแนกแบบจุดภาพ

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird จะถูกนำมาจำแนกด้วยวิธีควบคุม (Supervised classification) ด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood) โดยใช้ข้อมูล 5 พันธุ์ไม้ที่เป็นข้อมูลจากภาคสนามมาเป็นข้อมูลสำหรับเป็นข้อตัวอย่าง และข้อมูลทดสอบ ซึ่งการจำแนกด้วยจุดภาพนี้จะใช้ร่วมกับเนื้อหาภาพที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนก่อนหน้าซึ่งจะแบ่งออกได้เป็นสามรูปแบบได้แก่

- 1) จำแนกโดยการใช้ค่าการสะท้อนบนภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ของแบนด์ 1 ถึง 4
- 2) จำแนกโดยการใช้ค่าเนื้อหาภาพทั้ง 7 ชนิด
- 3) จำแนกโดยการใช้ค่าการสะท้อนของภาพถ่ายดาวเทียมของแบนด์ 1 ถึง 4 รวมกับค่าเนื้อหาภาพทั้ง 7 ชนิด

ความถูกต้องโดยรวมของแต่ละชุดการจำแนกจะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบรวมกันกับการจำแนกเชิงวัตถุในขั้นตอนต่อไป

3.3.2.3 จำแนกด้วยการจำแนกเชิงวัตถุ

ในขั้นตอนการจำแนกเชิงวัตถุจะใช้ scale level ที่ระดับ 65 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดลองเนื่องจากในระดับที่สูงกว่านี้จะทำให้ขนาดของวัตถุใหญ่เกินไปส่งผลต่อวัตถุที่เป็นตัวอย่างสำหรับการจำแนกมีการปะปนกันหรือ Under segment และเมื่อค่าน้อยกว่านี้จะเกิดการ Over segment ทำให้มีการแบ่งวัตถุมากเกินไปทำให้ความถูกต้องต่ำ โดยในข้อมูล Attribute ที่จะใช้ในการจำแนกนั้นจะไม่มีค่าสถิติของวัตถุเนื่องจากจะทำการเปรียบเทียบกันระหว่างการใช้ช่วงคลื่นเพียงอย่างเดียวและเมื่อมีการรวมกับการวิเคราะห์เนื้อหาภาพจะให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ โดยแบ่งการจำแนกออกเป็นสองรูปแบบได้แก่

- 1) ใช้ค่าสถิติของค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นตั้งแต่แบนด์ 1 ถึง 4
- 2) ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาภาพทั้ง 7 ชนิด

3) ใช้ค่าสถิติของค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นตั้งแต่แบนด์ 1 ถึง 4 ร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด

การจำแนกด้วยภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงจากการจำแนกด้วยจุดภาพและการจำแนกเชิงวัตถุรวม 6 แบบจะนำมาเปรียบเทียบความถูกต้องโดยรวม



บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 จำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่มีความสับสนจากข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง

ผลการจำแนกจากการจำแนกเชิงวัตถุของโคงกางใบใหญ่และใบเล็กจะถูกนำกลับมาพร้อมกับสามพันธุ์ไม้ที่จำแนกได้จากข้อมูลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ในขั้นตอนของการประมาณค่าใหม่นี้ผู้วิจัยได้ทดสอบการซ้อนทับระหว่างชุดข้อมูลต้นแบบและชุดข้อมูลทดสอบซึ่งพบว่าข้อมูลหลังจากการการประมาณค่ามีการซ้อนทับกันดี จากนั้นเพื่อทดสอบความถูกต้องในการจำแนก ซึ่งผลความถูกต้องสูงที่สุดที่ระดับ 97% (ตารางที่ 4.1ก) ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ได้จากข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัล (ตารางที่ 4.1ข) ความถูกต้องในการจำแนกของโคงกางใบใหญ่และใบเล็กสูงขึ้นกว่าเดิมอย่างเห็นได้ชัด โดยความถูกต้องของผู้ผลิตของโคงกางใบใหญ่มีค่าสูงขึ้นจาก 68% เป็น 94% และโคงกางใบเล็กเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 94% เป็น 95% นอกจากนี้ผลการทดสอบทางสถิติของค่า kappa ด้วย Z-test บ่งชี้ว่าการร่วมกับการจำแนกเชิงวัตถุมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แผนที่ยการจำแนกของทั้ง 2 วิธีแสดงไว้ในภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 (ก) Confusion matrix ของวิธีการจำแนกร่วมกับการจำแนกเชิงวัตถุ และ (ข) วิธีการจำแนกด้วยจุดภาพจากข้อมูลดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล

(ก) ภาคสนาม

	โคงกางใบใหญ่	โคงกางใบเล็ก	แสมทะเล	แสมขาว	ถั่วขาว	ความถูกต้องผู้ผลิต	ความถูกต้องผู้ใช้
โคงกางใบใหญ่	36	1	0	1	0	95%	95%
โคงกางใบเล็ก	2	49	0	0	0	96%	96%
แสมทะเล	0	0	44	0	1	100%	98%
แสมขาว	0	1	0	29	0	97%	97%
ถั่วขาว	0	0	0	0	37	97%	100%

Overall accuracy = 97% kappa = 0.96*

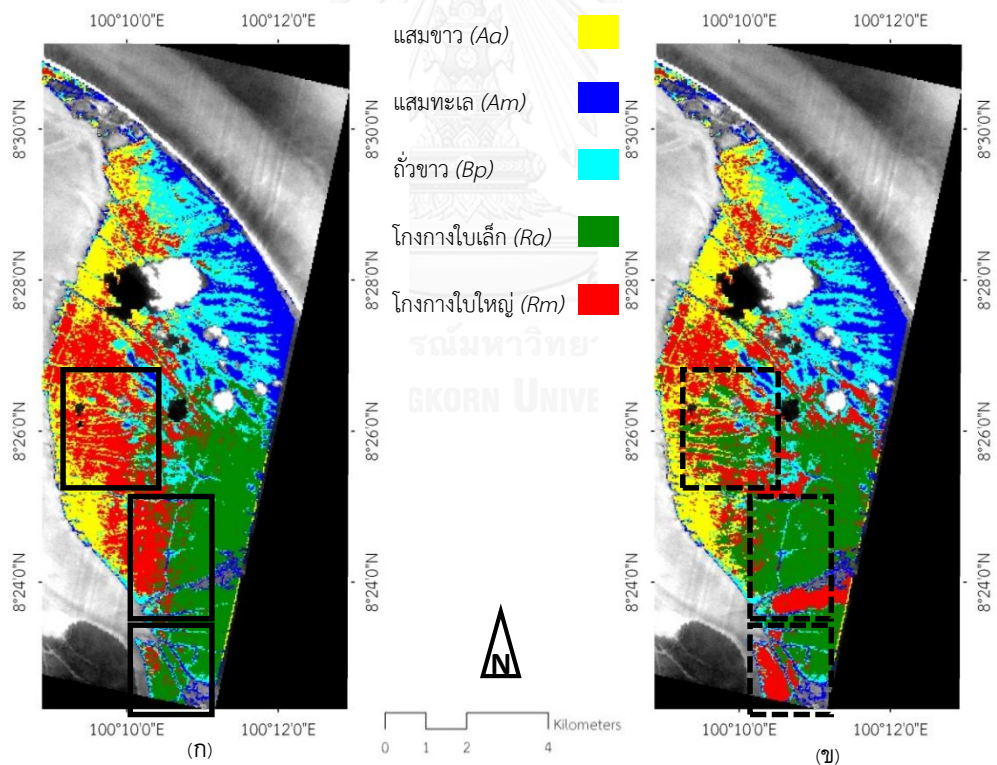
* statistic significant

(ข) ภาคสนาม

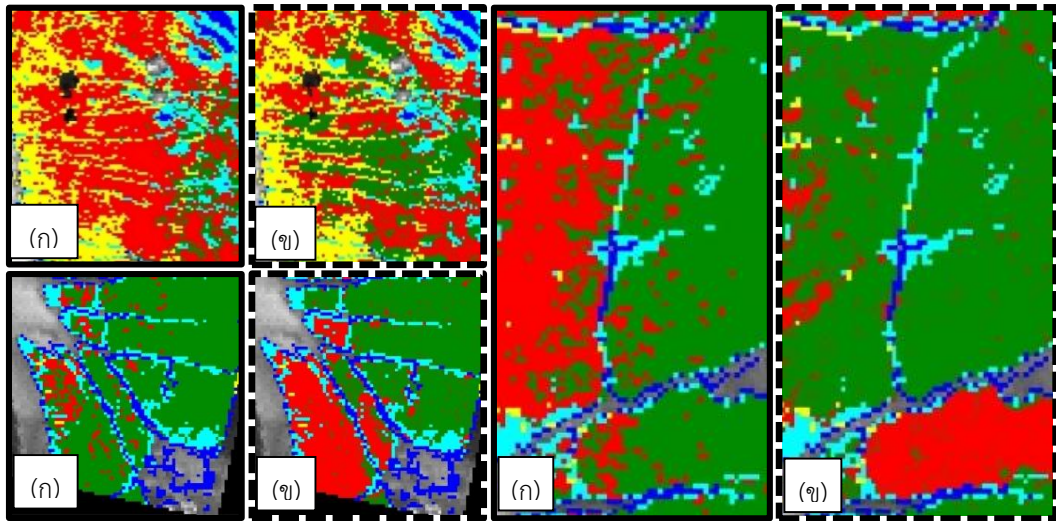
	โก่งกางใบใหญ่	โก่งกางใบเล็ก	แสมทะเล	แสมขาว	ถั่วขาว	ความถูกต้องผู้ผลิต	ความถูกต้องผู้ใช้
โก่งกางใบใหญ่	26	2	0	1	0	68%	90%
โก่งกางใบเล็ก	12	48	0	0	0	94%	80%
แสมทะเล	0	0	44	0	1	100%	98%
แสมขาว	0	1	0	29	0	97%	97%
ถั่วขาว	0	0	0	0	37	97%	100%

Overall accuracy = 92% kappa = 0.89

กรอบในภาพที่ 4.1 แสดงพื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลงจากเดิมอย่างเห็นได้ชัดระหว่างโก่งกางใบใหญ่และใบเล็ก โดยแสดงให้เห็นเป็นภาพขยายในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 (ก) แผนที่พันธุไม้ป่าชายเลนจากวิธีจำแนกด้วยจุดภาพกับภาพถ่ายดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัล และ (ข) แผนที่พันธุไม้ป่าชายเลนจากการจำแนกร่วมกับการจำแนกเชิงวัตถุ



ภาพที่ 4.2 พื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลงชัดเจนของโก่งทางใบใหญ่และใบเล็ก ผลการจำแนกจากภาพถ่ายดาวเทียมไฮเปอร์สเปกตรัลแสดงในกรอบเส้นทึบ (ก) และผลจากการปรับปรุงการจำแนก (ข)

4.2 เปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพรวมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ

4.2.1 ผลการจำแนกแบบจุดภาพรวมจากค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4

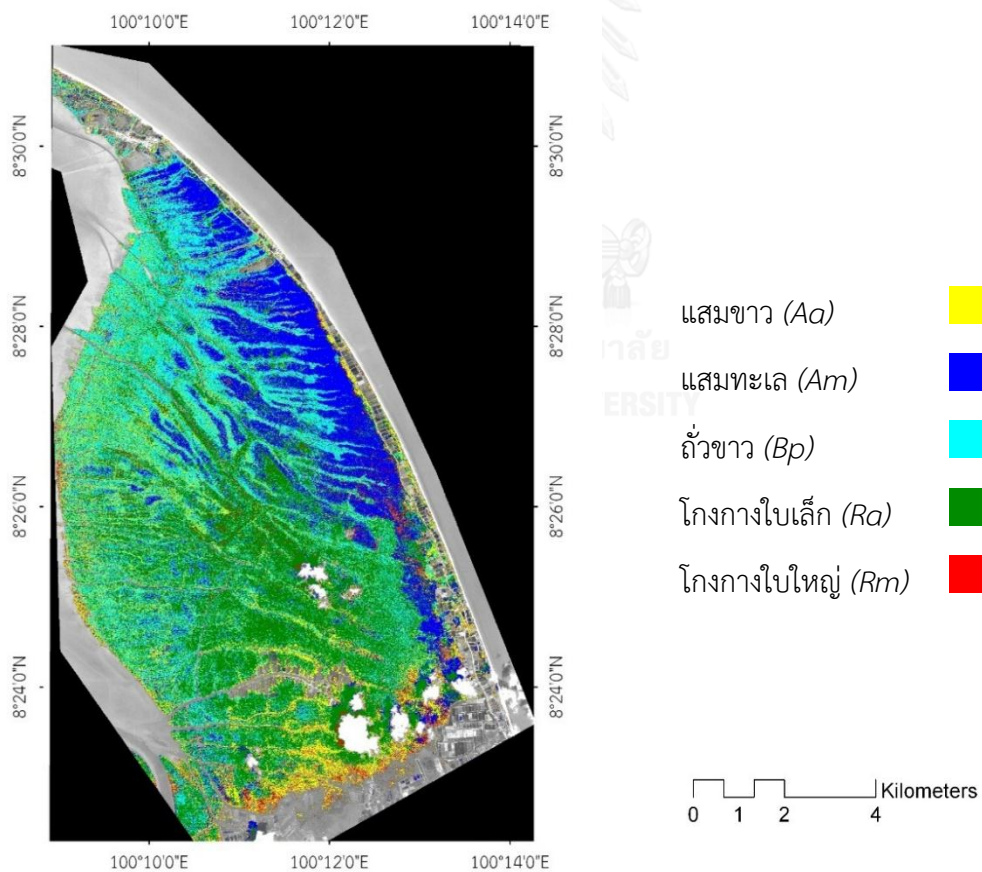
ผลการจำแนกแบบจุดภาพรวมจากค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 ของภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 48.4% และค่า Kappa อยู่ที่ 0.35 โดยสมทะเลเป็นพันธุ์ที่มีความถูกต้องสูงที่สุดที่ 88.4% รองลงมาเป็นโก่งทางใบเล็ก 61.7% ซึ่งโก่งทางใบใหญ่มีความถูกต้องน้อยที่สุดเพียง 3.1% ดังแสดงในตารางที่ 4.2 แผนที่พันธุ์ไม้ชายเลนที่จำแนกด้วยค่าการสะท้อนจากแบนด์ 1-4 ดังแสดงในภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อน
แบนด์ 1-4

	ภาคสนาม					ความถูกต้อง ของผู้ผลิต
	แสมขาว	แสมทะเล	ถ้ำขาว	โก่งกาง ใบเล็ก	โก่งกาง ใบใหญ่	
แสมขาว	1182	157	589	751	1215	28.3%
แสมทะเล	249	6094	1466	299	368	88.4%
ถ้ำขาว	2080	348	2507	1703	2530	42.9%
โก่งกางใบเล็ก	561	195	1129	4734	1484	61.7%
โก่งกางใบใหญ่	111	103	147	183	177	3.1%
รวม	4183	6897	5838	7670	5774	

Overall Accuracy=48.4%

Kappa=0.35



ภาพที่ 4.3 แผนที่พื้นที่ไม้ชายเลนที่จำแนกด้วยการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อน
แบนด์ 1-4

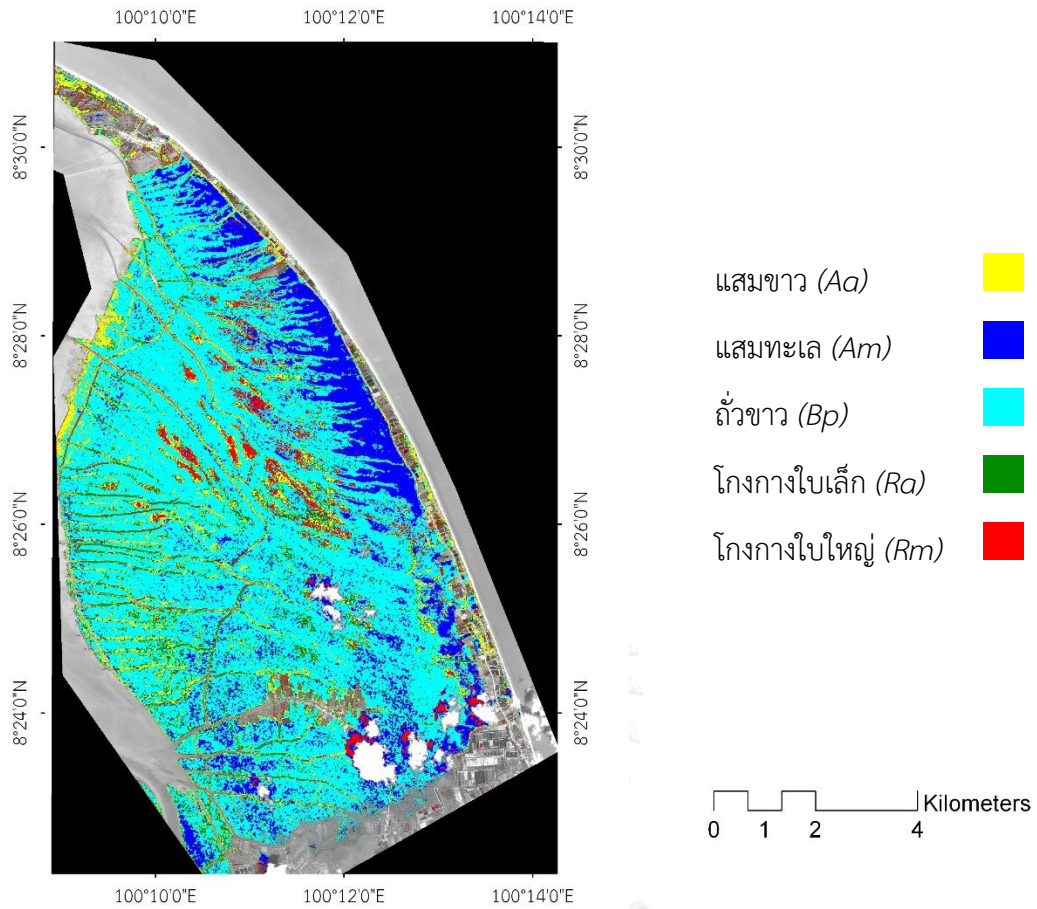
4.2.2.2 ผลการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหาภาพ 7 ชนิด

ผลการจำแนกแบบจุดภาพด้วยการใช้เนื้อหาภาพ 7 ชนิดจากการสร้างขึ้นด้วยหน้าตาขนาด 13x13 ให้ความถูกต้องโดยรวมที่ 46.5% โดยมีค่า Kappa อยู่ที่ 0.33 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกร่วมกับเนื้อหาภาพ 7 ชนิดจากผลการจำแนกพบว่าแสมทะเลมีค่าความถูกต้องสูงที่สุดที่ 94.2% รองลงมาเป็นถั่วขาวที่ 79.3% โดยพันธุ์ที่มีความถูกต้องในการจำแนกน้อยที่สุดได้แก่โกงกางใบเล็ก และโกงกางใบใหญ่ที่ 8.1% และ 2.9% ตามลำดับ แผนภาพที่พันธุ์ไม้ที่ได้จากการจำแนกจากเนื้อหาภาพทั้ง 7 ชนิดดังแสดงในภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกร่วมกับเนื้อหาภาพ 7 ชนิด

	ภาคสนาม					ความถูกต้อง ของผู้ผลิต
	แสมขาว	แสมทะเล	ถั่วขาว	โกงกาง ใบเล็ก	โกงกาง ใบใหญ่	
แสมขาว	2205	0	407	110	1706	52.7%
แสมทะเล	1	6495	449	919	513	94.2%
ถั่วขาว	1587	324	4629	5901	2893	79.3%
โกงกางใบเล็ก	328	29	224	622	496	8.1%
โกงกางใบใหญ่	62	49	129	118	166	2.9%
รวม	4183	6897	5838	7670	5774	

Overall Accuracy=46.5% Kappa=0.33



ภาพที่ 4.4 แผนที่พันธุไม้ชายเลนที่จำแนกด้วยการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด

4.2.2.3 ผลการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 และข้อมูลเนื้อภาพ 7 ชนิด

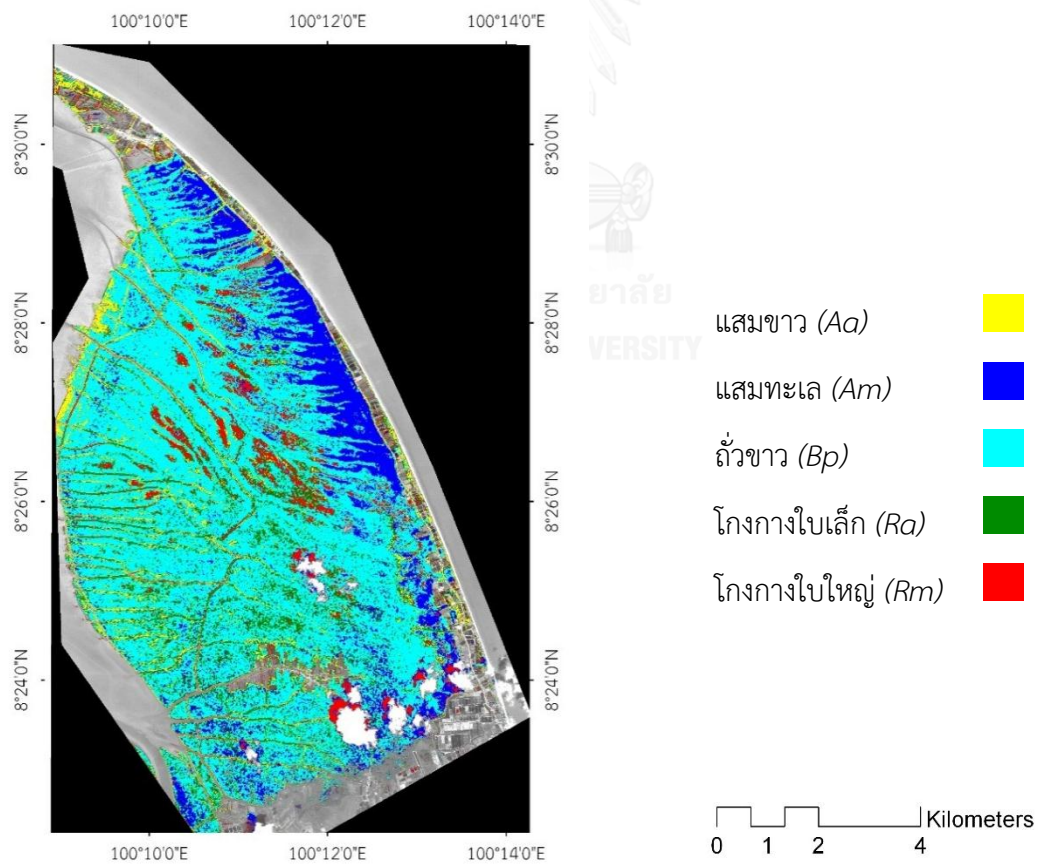
ผลการจำแนกให้ความถูกต้องโดยรวมที่ 49.7% โดยมีค่า Kappa อยู่ที่ 0.37 ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จากผลการจำแนกพบว่าแสมทะเลมีค่าความถูกต้องสูงที่สุดที่ 94.2% รองลงมาเป็นถ้ำขาวที่ 80.5% โดยพันธุที่มีความถูกต้องในการจำแนกน้อยที่สุดได้แก่โกงกางใบใหญ่ที่ 3.6% ตามลำดับ แผนที่พันธุไม้ที่ได้จากการจำแนกดังแสดงในภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 และข้อมูลเนื้อภาพ 7 ชนิด

	ภาคสนาม					ความถูกต้อง ของผู้ผลิต
	แสมขาว	แสมทะเล	ถั่วขาว	โก่งกาง ใบเล็ก	โก่งกาง ใบใหญ่	
แสมขาว	2130	0	315	90	1635	50.9%
แสมทะเล	5	6686	349	316	401	96.9%
ถั่วขาว	1637	184	4697	5769	2942	80.5%
โก่งกางใบเล็ก	361	4	314	1363	586	17.8%
โก่งกางใบใหญ่	50	23	163	132	210	3.6%
รวม	4183	6897	5838	7670	5774	

Overall Accuracy=49.7%

Kappa=0.37



ภาพที่ 4.5 แผนที่พื้นที่ป่าชายเลนที่จำแนกแบบจุดภาพร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4 และข้อมูลเนื้อภาพ 7 ชนิด

4.2.2.4 ผลการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์

1-4

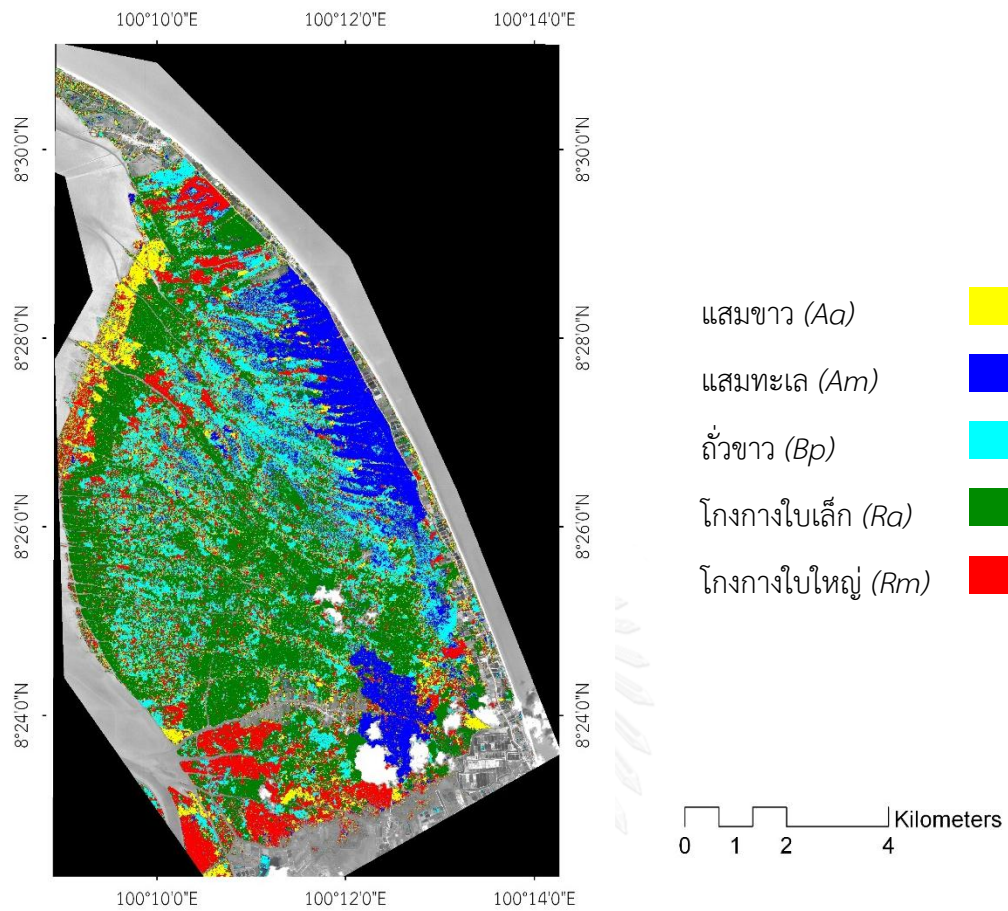
ผลการจำแนกด้วยวิธีการเชิงวัตถุมีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 76.2% และมีค่า Kappa อยู่ที่ 0.7 โดยแสมทะเลมีความถูกต้องมากที่สุดที่ 98.1% รองลงมาเป็นโก่งกางใบเล็ก 81.9% โดยพันธุ์ไม้ที่มีความถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่โก่งกางใบใหญ่ที่ 59.8% ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ผลการจำแนกแสดงเป็นพันธุ์ไม้ชายเลนดังภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4

	ภาคสนาม					ความถูกต้อง ของผู้ผลิต
	แสมขาว	แสมทะเล	ถั่วขาว	โก่งกาง ใบเล็ก	โก่งกาง ใบใหญ่	
แสมขาว	2599	7	386	344	978	62.1%
แสมทะเล	47	6767	290	29	53	98.1%
ถั่วขาว	280	56	4035	592	386	69.1%
โก่งกางใบเล็ก	337	32	380	6282	907	81.9%
โก่งกางใบใหญ่	920	35	747	423	3450	59.8%
รวม	4183	6897	5838	7670	5774	

Overall Accuracy=76.2%

Kappa=0.7



ภาพที่ 4.6 แผนที่พันธุไม้ชายเลนจากการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนของแบนด์ 1-4

4.2.2.5 ผลการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด

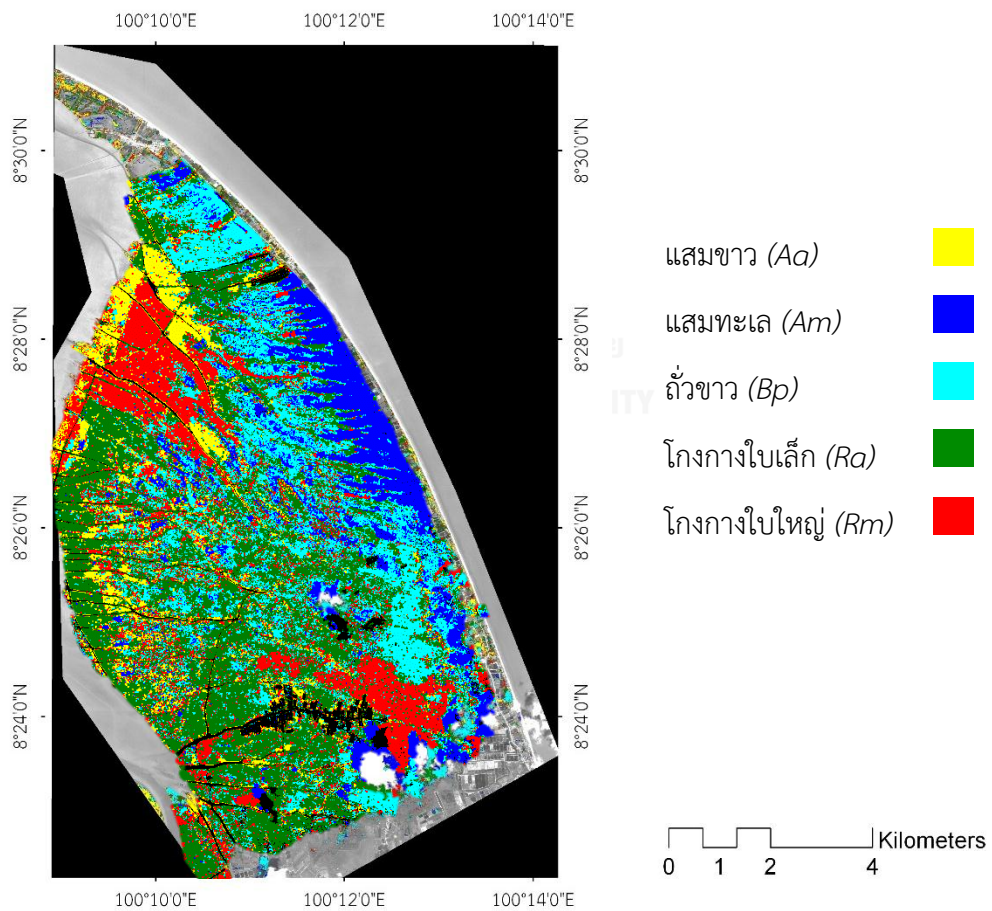
ผลการจำแนกด้วยวิธีการเชิงวัตถุมีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 80.4% และมีค่า Kappa อยู่ที่ 0.75 โดยแสมทะเลมีความถูกต้องมากที่สุดที่ 99.3% รองลงมาเป็นโกก้างใบเล็ก 82.7% โดยพันธุไม้ที่มีความถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่โกก้างใบใหญ่ที่ 64.4% ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ผลการจำแนกแสดงเป็นพันธุไม้ชายเลนดัง ภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.6 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด

	ภาคสนาม					ความถูกต้อง ของผู้ผลิต
	แสมขาว	แสมทะเล	ถั่วขาว	โก่งกาง ใบเล็ก	โก่งกาง ใบใหญ่	
แสมขาว	3323	0	58	12	913	77.2%
แสมทะเล	14	6846	335	37	15	94.5%
ถั่วขาว	86	34	4193	970	199	76.5%
โก่งกางใบเล็ก	119	16	1036	6346	929	75.1%
โก่งกางใบใหญ่	641	1	216	305	3718	76.2%
รวม	4183	6897	5838	7670	5774	

Overall Accuracy=83.1%

Kappa=0.79



ภาพที่ 4.7 แผนที่พื้นที่ไม้ชายเลนจากการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับเนื้อภาพ 7 ชนิด

4.2.2.6 ผลการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4 และเนื้อภาพทั้ง 7

ชนิด

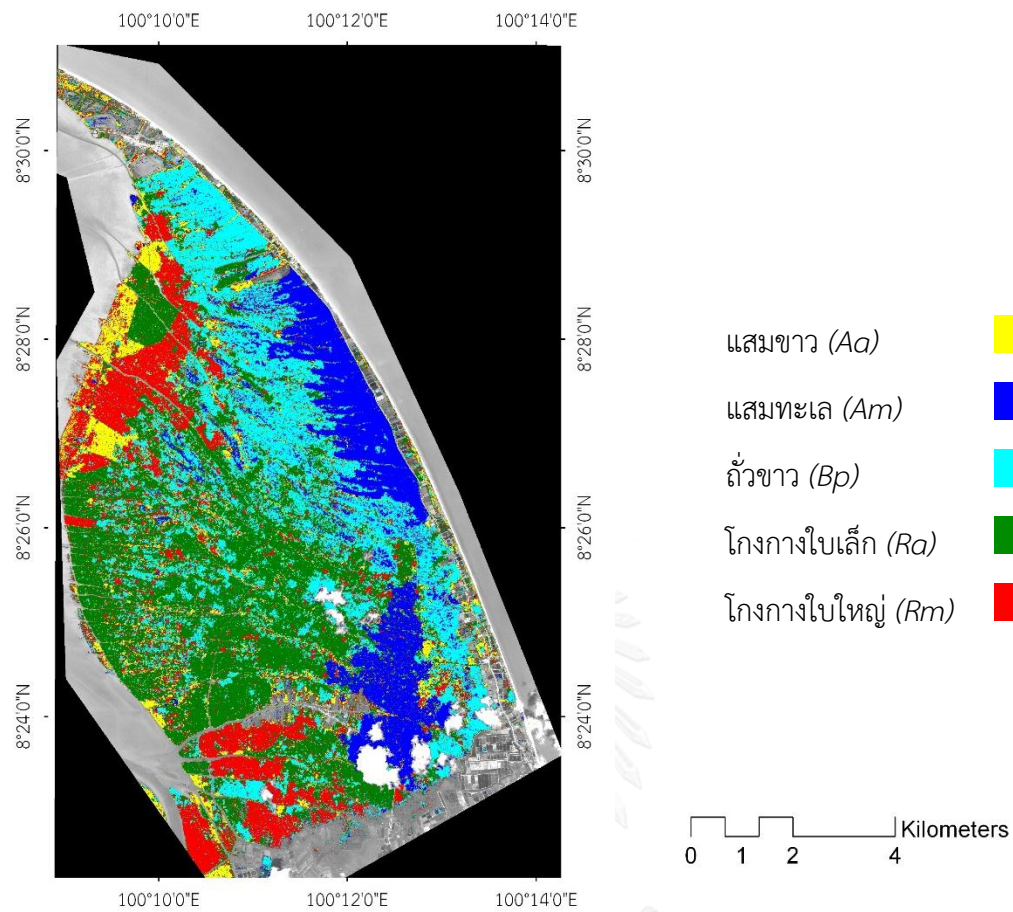
ผลการจำแนกด้วยวิธีการเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4 และเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิดมีค่าความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 83.1% และมีค่า Kappa อยู่ที่ 0.79 โดยแสมทะเลมีความถูกต้องมากที่สุดที่ 99.0% รองลงมาเป็นโก่งกางใบเล็ก 86.3% โดยพันธุ์ไม้ที่มีความถูกต้องน้อยที่สุดได้แก่โก่งกางใบใหญ่ที่ 70.0% ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ผลการจำแนกแสดงเป็นพันธุ์ไม้ชายเลนดัง ภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 แสดงเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อนของผลการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4 และเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด

	ภาคสนาม					ความถูกต้อง ของผู้ผลิต
	แสมขาว	แสมทะเล	ถั่วขาว	โก่งกาง ใบเล็ก	โก่งกาง ใบใหญ่	
แสมขาว	3121	0	164	89	1235	74.6%
แสมทะเล	9	6827	132	16	4	99.0%
ถั่วขาว	77	57	4609	526	164	78.9%
โก่งกางใบเล็ก	120	3	509	6620	329	86.3%
โก่งกางใบใหญ่	856	10	424	419	4042	70.0%
รวม	4183	6897	5838	7670	5774	

Overall Accuracy=83.1%

Kappa=0.79



ภาพที่ 4.8 แผนที่พื้นที่ป่าไม้ชายเลนจากการจำแนกเชิงวัตถุร่วมกับค่าการสะท้อนแบนด์ 1-4 และเนื้อภาพทั้ง 7 ชนิด

4.2.3 เปรียบเทียบผลการจำแนก

จากผลการจำแนกเมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องโดยรวมจากตารางที่ 4.8 จะพบว่าการจำแนกเชิงวัตถุสามารถจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนได้ดีกว่าการจำแนกแบบจุดภาพ โดยการจำแนกด้วยวิธีเชิงวัตถุที่ใช้ค่าการสะท้อน 4 แบนด์ร่วมกับเนื้อภาพทั้งเจ็ดชนิดช่วยให้ความถูกต้องสูงขึ้น 7% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ค่าการสะท้อนเพียงอย่างเดียวที่จำแนกเชิงวัตถุเช่นเดียวกัน ซึ่งความถูกต้องของผู้ผลิต (PA) และผู้ใช้ (UA) ของทุกพันธุ์ไม้มีความถูกต้องมากสูงขึ้นสอดคล้องกับค่าความถูกต้องโดยรวมที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีแบบจุดภาพให้ค่าการจำแนกที่ต่ำที่สุดเมื่อใช้เนื้อภาพเพียงอย่างเดียว แต่หากการจำแนกมีการรวมกันกับค่าการสะท้อนจะ

ทำให้ความถูกต้องเพิ่มสูงขึ้นได้ พันธุ์ไม้ที่มีการแยกชัดสูงที่สุดคือแสมทะเล รองลงมาได้แก่ถั่วขาว โดยพันธุ์ที่มีการจำแนกถูกต้องน้อยที่สุดคือ โกงกางใบใหญ่



ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบการจำแนก 5 วิธี

	Pixel-based				Object-based					
	Band1-4	GLCM	Band1-4 + GLCM	Band1-4 + GLCM	Band1-4	Band1-4 + GLCM	PA	UA	PA	UA
OA	48.4%	46.5%	49.7%	49.7%	76.2%	83.1%	0.70	0.79	0.75	0.75
Kappa	0.35	0.33	0.37	0.37	0.70	0.79	0.70	0.79	0.75	0.75
ผสมขาว	PA 28.3%	UA 30.4%	PA 52.7%	UA 49.8%	PA 62.1%	UA 60.2%	PA 74.6%	UA 67.7%	PA 79.4%	UA 77.2%
ผสมทะเล	PA 88.4%	UA 71.9%	PA 94.2%	UA 77.5%	PA 98.1%	UA 94.2%	PA 99.0%	UA 97.7%	PA 99.3%	UA 94.5%
ถั่วขาว	PA 42.9%	UA 27.3%	PA 79.3%	UA 30.2%	PA 69.1%	UA 75.4%	PA 78.9%	UA 84.8%	PA 71.8%	UA 76.5%
โถงทางใบเล็ก	PA 61.7%	UA 58.4%	PA 8.1%	UA 36.6%	PA 81.9%	UA 79.1%	PA 86.3%	UA 87.3%	PA 82.7%	UA 75.1%
โถงทางใบใหญ่	PA 3.1%	UA 24.5%	PA 2.9%	UA 31.7%	PA 59.8%	UA 61.9%	PA 70.0%	UA 70.3%	PA 64.4%	UA 76.2%

*PA = Producer Accuracy, UA = User Accuracy

บทที่ 5

อภิปราย สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

5.1.1 จำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่มีความสับสนจากข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลด้วยการจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง

พื้นที่แหลมตะลุมพุกแม้จะเป็นป่าปลูกแต่มีการปลูกมาตั้งแต่ปีพ.ศ.2505 ซึ่งเมื่อนับจนถึงปัจจุบันเป็นเวลากว่า 50 ปี ทำให้สภาพป่าแม่แต่อายุของไม้ชายเลนในป่ามีสภาพเช่นเดียวกับป่าชายเลนที่ขึ้นตามธรรมชาติ (Koedsin and Vaiphasa, 2013) ดังนั้นอายุของป่าปลูกในแต่ละโซนแม้จะไม่เท่ากันแต่จะไม่มีผลกระทบต่อความถูกต้องในการจำแนก

ผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.1 ภาพที่ 4.1 และการทดสอบทางสถิติสามารถยืนยันได้ว่าการใช้ข้อมูลช่วงคลื่นร่วมกันกับเนื้อภาพสามารถแยกพันธุ์ไม้ชายเลนสองชนิดได้แก่โกงกางใบเล็กและใบใหญ่ที่แยกออกจากกันยากในงานวิจัยที่ผ่านมา (Koedsin and Vaiphasa, 2013) การจำแนกด้วยวิธีการดังกล่าวช่วยให้ความถูกต้องโดยรวมสูงขึ้นจาก 92% เพิ่มเป็น 97% โดยความถูกต้องของผู้ผลิตในโกงกางใบใหญ่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 68% เป็น 94% และในโกงกางใบเล็กที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 94% เป็น 95% ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยชิ้นแรกที่สามารถแยกพันธุ์ไม้ชายเลนทั้งสองพันธุ์นี้ออกจากกันได้ด้วยการใช้เทคนิคการรับรู้จากระยะไกล (Vaiphasa et al., 2005; Koedsin and Vaiphasa, 2013)

ในงานวิจัยที่ผ่านมาการใช้การจำแนกเชิงวัตถุเพื่อทำแผนที่ป่าชายเลนเคยมีปรากฏในพื้นที่ภูมิอากาศในเขตอื่น (Wang et al., 2004) ซึ่งในงานวิจัยรายงานผลถึงการจำแนกซ้ำด้วยการจำแนกเชิงวัตถุในพื้นที่ที่แยกจากกันไม่ได้สามารถช่วยแก้ปัญหาการปะปนกันของชั้นการจำแนกได้ โดยงานวิจัยชิ้นนี้และที่ผ่านมาได้มีความสอดคล้องซึ่งสรุปได้ว่าวิธีการดังกล่าวนี้สามารถใช้ในการทำแผนที่ไม้ชายเลนในระดับสายพันธุ์ที่มีความถูกต้องสูงในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของสังคมไม้ชายเลนในพื้นที่อื่นๆได้ ซึ่งในพื้นที่เขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรน่าจะให้ผลที่ดีเช่นเดียวกับในพื้นที่ศึกษาเนื่องจากมีสภาวะแวดล้อมและพันธุ์ไม้ที่ใกล้เคียงกัน

วิธีการแบ่งภาพแบบ Edge-based ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้เนื่องจากขอบเขตของพื้นที่ของวัตถุจะปิดและในวัตถุขนาดเล็กจะไม่สูญหายไป อย่างไรก็ตามยังคงมีวิธีการแบ่งภาพด้วย

วิธีการอื่นๆอีกเช่น Point-based และ Growing-region based ซึ่งในวิธีแบบ Point-based นั้นไม่เหมาะสมกับข้อมูลด้านการรับรู้จากระยะไกลเนื่องจากในขั้นตอนไม่ได้มีการพิจารณาจุดภาพรอบข้าง (Schiewe, 2002) ในทางกลับกันวิธีการแบ่งภาพแบบ Growing-region เป็นวิธีการมาตรฐานที่สามารถทดแทนวิธีการแบบ Edge-based ได้ แต่ความสามารถของการแบ่งวัตถุสำหรับการจำแนกชนิดพันธุ์ของไม้ชายเลนยังไม่เคยมีการทดสอบ (Wang et al., 2004; Myint et al. 2008; Heumann, 2011) ซึ่งการเปรียบเทียบระหว่างสองวิธีดังกล่าวนี้ควรศึกษาเพื่อสรุปผลที่ชัดเจนในอนาคต

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ช่วงคลื่นสีแดงจนถึงอินฟราเรดใกล้ในความละเอียดจุดภาพที่เท่ากัน (2.4 ม.) มาใช้ในการจำแนกเนื่องจากในกระบวนการของการจำแนกเชิงวัตถุไม่สามารถประมวลผลบนข้อมูลที่มีขนาดจุดภาพต่างกันได้โดยปราศจากการแปลงข้อมูล (การหลอมภาพ หรือการประมาณค่าจุดภาพ) ซึ่งกระบวนการแปลงความละเอียดของภาพอาจนำมาสู่ความคลาดเคลื่อนในข้อมูลและรูปร่างของวัตถุที่ทำการจำแนก (Schiewe, 2002) นอกจากนี้การใช้ข้อมูลประกอบที่เกี่ยวข้องกับพืชในด้านอื่นๆเช่น ปัจจัยทางด้านกายภาพของพืชพันธุ์ และดัชนีพืชพันธุ์ต่างๆควรนำมาพิจารณาเพื่อใช้ร่วมในการจำแนกในอนาคต

5.1.2 เปรียบเทียบการจำแนกพันธุ์ไม้ป่าชายเลนระหว่างการจำแนกแบบจุดภาพพร้อมกับการวิเคราะห์เนื้อภาพ และการจำแนกเชิงวัตถุ

การนำการวิเคราะห์เนื้อภาพมารวมกับค่าการสะท้อนสามารถช่วยให้การจำแนกพันธุ์ไม้มีความถูกต้องสูงมากขึ้น แม้ในผลการจำแนกด้วยแบบจุดภาพจะพบการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่สำหรับการจำแนกเชิงวัตถุสามารถเห็นการพัฒนาขึ้นของค่าความถูกต้องอย่างมีนัยสำคัญซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 76.2% เป็น 83.1% ซึ่งเป็นการจำแนกเฉพาะพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่มีจำนวนพันธุ์มากที่สุด (ตารางที่ 4.8)

ในการหาขนาดหน้าต่างสำหรับการสร้างเนื้อภาพที่เหมาะสมครั้งนี้ได้ใช้ J-M Distance ในการศึกษาเนื่องจากวิธีการดังกล่าวสามารถสะท้อนให้เห็นแนวโน้มสำหรับความถูกต้องในการจำแนกเช่นกันซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าการใช้ความถูกต้องในการกำหนดขนาดหน้าต่างที่เหมาะสม ซึ่งจากแนวโน้มของผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าหากขนาดหน้าต่างมีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะสามารถเห็น

ความแตกต่างได้มากขึ้น แตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา (Fuan Tsai, 2006; Wang et al., 2015) ซึ่งขนาดหน้าต่างนี้หากกำหนดให้ใหญ่มากขึ้นก็มีแนวโน้มที่จะให้ความถูกต้องที่มากขึ้นได้แต่จะทำให้เกิดปัญหาบริเวณขอบของพื้นที่ศึกษา (Puissant et al., 2005; Aplin, 2006) ในขณะที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของหน้าต่างนั้นไม่มีความแตกต่างกันของทั้ง 4 ทิศทางซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่นำการวิเคราะห์เนื้อหาพามาใช้ในพื้นที่ประเภทป่าไม้ (Kayitakire et al., 2006; Wang et al., 2015)

ผลการจำแนกในตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชายเลนด้วยการใช้การจำแนกแบบจุดภาพนั้นเป็นไปได้ยาก ซึ่งวิธีการดังกล่าวให้ระดับความถูกต้องของทั้งสามชุดการจำแนกได้สูงสุดไม่เกิน 50% เท่านั้นแม้จะมีการรวมเอาการวิเคราะห์เนื้อหาพามาช่วยในการจำแนกด้วยก็ตาม ซึ่งผลที่ได้ไม่สอดคล้องกันกับการศึกษาที่เคยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงกับการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนที่อยู่ในบริเวณละติจูดที่สูงกว่า เหตุดังกล่าวอาจมีผลจากพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ค่อนข้างมากรวมถึงจำนวนพันธุ์ไม้ชายเลนที่มากกว่า ในขณะที่การจำแนกเชิงวัตถุให้ค่าความถูกต้องสูงกว่ามากโดยเฉพาะเมื่อมีการรวมการวิเคราะห์เนื้อหาพามาในชุดเดียวกันเข้าไปร่วมในการจำแนก ซึ่งสอดคล้องกันกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ประสบความสำเร็จในการใช้การจำแนกเชิงวัตถุกับภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง

5.2 สรุปผลการทดลอง

การมีแผนที่ชนิดพันธุ์ของไม้ชายเลนแบบละเอียดนั้นให้ข้อมูลที่สำคัญต่อการจัดการทรัพยากรชายฝั่งซึ่งในปัจจุบันข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสมัยใหม่ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีด้านการสำรวจจากระยะไกลสำหรับการจำแนกพันธุ์ไม้ชายเลนออกจากกัน แม้กระนั้นก็ตามวิธีการศึกษาที่ผ่านมาก็ยังไม่สามารถจำแนกพันธุ์ไม้หลักสองพันธุ์คือโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็กออกจากกันได้ ซึ่งวิธีการจำแนกในการศึกษาครั้งนี้สามารถแก้ไขปัญหาที่ผ่านมาได้ วิธีการจำแนกเชิงวัตถุสามารถจำแนกพันธุ์ไม้ที่ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ในการศึกษาที่ผ่านมาและยังสามารถนำไปใช้ในการจำแนกในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีโกงกางใบเล็กและใบใหญ่ได้ นอกจากนี้ข้อมูลเสริมอื่นๆเช่น ทรงพุ่ม ตัวแปรด้านลักษณะทางกายภาพของพืช และดัชนีพืชพันธุ์ควรนำมาใช้ร่วมในการศึกษาในอนาคตเพื่อพัฒนาความถูกต้องของผลลัพธ์ต่อไป

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการจำแนกพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนจากภาพความละเอียดสูงด้วยวิธีการจำแนกแบบจุดภาพนั้น ไม่มีความเหมาะสมกับการจำแนกในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของป่าไม้สูง เนื่องจากความละเอียดของข้อมูลที่ทำให้เห็นความแตกต่างในกลุ่มพันธุ์ไม้ชนิดเดียวกันมากเกินไป และชุดข้อมูลตัวอย่างที่ไม่ครอบคลุมเพียงพอ ดังนั้นการจัดกลุ่มของจุดภาพเพื่อการจำแนกแบบการจำแนกเชิงวัตถุจึงเหมาะสมกว่าสำหรับพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของป่าไม้เช่นเดียวกับที่ปรากฏในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้การใช้ตัวกรองเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาของภาพจะสามารถสกัดเอาความแตกต่างของพันธุ์ไม้ออกมาได้เมื่อมีขนาดของตัวกรองที่เหมาะสม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การหาขนาดของวัตถุในการแบ่งภาพที่เหมาะสมในพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงกัน (Homogenous) ค่อนข้างมากเช่นพื้นที่ศึกษา ควรมีการพัฒนาให้ทำได้เร็วกว่าการใช้วิธี Trial & Error

5.3.2 ควรมีการศึกษาการใช้ดัชนีพืชพรรณชนิดต่างๆมาทดสอบว่าเมื่อนำมารวมกับการจำแนกจะสามารถสกัดความแตกต่างของชนิดพันธุ์ได้หรือไม่

5.3.3 ทดสอบการใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพอื่นๆของต้นไม้เช่น ความกว้างของทรงพุ่ม ความสูงของต้นไม้ เพื่อช่วยพัฒนาความถูกต้องให้สูงมากขึ้น

รายการอ้างอิง

- Aplin, P. (2006). "On scales and dynamics in observing the environment." International Journal of Remote Sensing **27**(11): 2123-2140.
- Baraldi, A. and F. Parmiggiani (1995). "An investigation of the textural characteristics associated with gray level cooccurrence matrix statistical parameters." Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions **33**(2): 293-304.
- Colditz, R. R., J. Acosta-Velázquez, J. R. Díaz Gallegos, A. D. Vázquez Lule, M. T. Rodríguez-Zúñiga, P. Maeda, M. I. Cruz López and R. Ressler (2012). "Potential effects in multi-resolution post-classification change detection." International Journal of Remote Sensing **33**(20): 6426-6445.
- Colin D. Gray, P. R. K. (2012). IBM SPSS STATISTICS 19 MADE SIMPLE, Psychology Press, Taylor & Francis Group.
- Conchedda, G., L. Durieux and P. Mayaux (2008). "An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystems." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing **63**(5): 578-589.
- DigitalGlobe. (2013). "QuickBird." Satellite Information Retrieved 19 January, 2013, from <https://dg-cms-uploads-production.s3.amazonaws.com/uploads/document/file/100/QuickBird-DS-OB-Prod.pdf>.
- Franklin, S. E., Maudie, A. J., and Lavigne, M. B. (2001). "Using spatial co-occurrence texture to increase forest structure and species composition classification accuracy." Photogrammetric Engineering and Remote Sensing **67**(7).
- Fuan Tsai, M.-J. C. (2006). "Texture Augmented Analysis of High Resolution Satellite Imagery in Detecting Invasive Plant Species." Journal of the Chinese Institute of Engineers **29**(4): 581-592.
- Gao, J., H. Chen, Y. Zhang and Y. Zha (2004). "Knowledge-Based Approaches to Accurate Mapping of Mangroves from Satellite Data." Photogrammetric Engineering & Remote Sensing **70**(11): 1241-1248.

- Giri, C., E. Ochieng, L. L. Tieszen, Z. Zhu, A. Singh, T. Loveland, J. Masek and N. Duke (2011). "Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data." Global Ecology and Biogeography **20**(1): 154-159.
- Green, E. P., Clark, C. D., Mumby, P. J., Edwards, A. J., Ellis, A. C. (1998). "Remote Sensing Techniques for Mangrove Mapping." International Journal of Remote Sensing **19**(5): 935-956.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., Dinstein, H. (1973). "Textural Features for Image Classification." IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics SMC **3**(6): 610-621.
- Held, A., C. Ticehurst, L. Lymburner and N. Williams (2003). "High resolution mapping of tropical mangrove ecosystems using hyperspectral and radar remote sensing." International Journal of Remote Sensing **24**(13): 2739-2759.
- Heumann, B. W. (2011). "Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities." Progress in Physical Geography **35**(1): 87-108.
- Kayitakire, F., C. Hamel and P. Defourny (2006). "Retrieving forest structure variables based on image texture analysis and IKONOS-2 imagery." Remote Sensing of Environment **102**(3-4): 390-401.
- Koedsin, W. and C. Vaiphasa (2013). "Discrimination of Tropical Mangroves at the Species Level with EO-1 Hyperion Data." Remote Sensing **5**(7): 3562.
- Kruse, F. A., A. B. Lefkoff, J. W. Boardman, K. B. Heidebrecht, A. T. Shapiro, P. J. Barloon and A. F. H. Goetz (1993). "The spectral image processing system (SIPS)—interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data." Remote Sensing of Environment **44**(2-3): 145-163.
- Mumby, P. J., E. P. Green, A. J. Edwards and C. D. Clark (1999). "The cost-effectiveness of remote sensing for tropical coastal resources assessment and management." Journal of Environmental Management **55**(3): 157-166.
- Muttitanon, W. and N. K. Tripathi (2005). "Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data." International Journal of Remote Sensing **26**(11): 2311-2323.

- Myint, S. W., C. P. Giri, L. Wang, Z. Zhu and S. C. Gillette (2008). "Identifying Mangrove Species and Their Surrounding Land Use and Land Cover Classes Using an Object-Oriented Approach with a Lacunarity Spatial Measure." GIScience & Remote Sensing **45**(2): 188-208.
- Neukermans, G., F. Dahdouh-Guebas, J. G. Kairo and N. Koedam (2008). "Mangrove species and stand mapping in Gazi bay (Kenya) using quickbird satellite imagery." Journal of Spatial Science **53**(1): 75-86.
- Ouma, Y. O., J. Tetuko and R. Tateishi (2008). "Analysis of co-occurrence and discrete wavelet transform textures for differentiation of forest and non-forest vegetation in very-high-resolution optical-sensor imagery." International Journal of Remote Sensing **29**(12): 3417-3456.
- Puissant, A., J. Hirsch and C. Weber (2005). "The utility of texture analysis to improve per-pixel classification for high to very high spatial resolution imagery." International Journal of Remote Sensing **26**(4): 733-745.
- Russell G. Congalton, K. G. (2008). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Schiewe, J. (2002). SEGMENTATION OF HIGH-RESOLUTION REMOTELY SENSED DATA - CONCEPTS, APPLICATIONS AND PROBLEMS. ISPRS Technical Commission IV Symposium: Geospatial Theory, Processing and Application, Ottawa, Ontario, Canada.
- Vaiphasa, C., S. Ongsomwang, T. Vaiphasa and A. K. Skidmore (2005). "Tropical mangrove species discrimination using hyperspectral data: A laboratory study." Estuarine, Coastal and Shelf Science **65**(1-2): 371-379.
- Vaiphasa, C., A. K. Skidmore and W. F. de Boer (2006). "A post-classifier for mangrove mapping using ecological data." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing **61**(1): 1-10.
- Vaiphasa, C., A. K. Skidmore, W. F. de Boer and T. Vaiphasa (2007). "A hyperspectral band selector for plant species discrimination." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing **62**(3): 225-235.

- Wang, L. and W. P. Sousa (2009). "Distinguishing mangrove species with laboratory measurements of hyperspectral leaf reflectance." International Journal of Remote Sensing **30**(5): 1267-1281.
- Wang, L., W. P. Sousa and P. Gong (2004). "Integration of object-based and pixel-based classification for mapping mangroves with IKONOS imagery." International Journal of Remote Sensing **25**(24): 5655-5668.
- Wang, L., W. P. Sousa, P. Gong and G. S. Biging (2004). "Comparison of IKONOS and QuickBird images for mapping mangrove species on the Caribbean coast of Panama." Remote Sensing of Environment **91**(3-4): 432-440.
- Wang, X., K. Wang and B. Zhou (2011). "Object-Based Classification of IKONOS Data for Endemic *Torreya* Mapping." Procedia Environmental Sciences **10, Part C**: 1887-1891.
- Xiaoying, J. B., CO (US) (2009). Segmentation-based Image Processing System. USA, ITT Manufacturing Enterprises Inc., Wilmington, DE (US): 11.
- Xin, H., Z. Liangpei and W. Le (2009). "Evaluation of Morphological Texture Features for Mangrove Forest Mapping and Species Discrimination Using Multispectral IKONOS Imagery." Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE **6**(3): 393-397.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ณกร วัฒนกิจ เกิดเมื่อวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2524 จ.ขอนแก่น

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต(ภูมิศาสตร์) เมื่อปี 2545 คณะ
เกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(การรับรู้ระยะไกลและระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์) เมื่อปี 2551 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ประวัติการทำงาน

พ.ศ.2551 ถึงปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายผู้สอน สาขาภูมิสารสนเทศ ภาควิชา
วิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

Paiboonsak S., Chanket U., Monkolsawat C., Yommaraka B. and Watanakij
N. 2005. Spatial Modeling for Soil Erosion Risk in Upper Chi Basin, Northeast Thailand.
In proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing Hanoi, November
7-11, 2005.

Thavorntam W., Watanakij N. and Mongkolsawat C. 2005. Drought
Identification in the North-East of Thailand using Multi-Temporal NDVI Satellite
Imaery. In Proceedings of the 2rd Asian Space Conference, Hanoi, November 7-11,
2005.

Watanakij N., Thavorntam W. and Mongkolsawat C. 2006. Analyzing Spatial
Pattern of Drought in the Northeast of Thailand using multi-temporal of the
Standardized Precipitation Index(SPI). In Proceedings of the 27th Asian Conference
on Remote Sensing of Mongolia,

Ratana P., Watanakij N. and Mongkolsawat C. 2007 Recent Drought in NE
Thailand: Regional Vegetation Dynamics and NDVI-Rainfall Relationships.
Proceedings of the 28th Asian

