

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดภูเก็ต  
จากภาพถ่ายเทียมแลนด์แซท 8 ด้วยคุณสมบัติทางซีพีลักษณะ  
**Phenological based for Land Use and Land Cover Classification of  
Phuket Province using Landsat-8 OLI Imagery**

เปรมศิริ คงเส้ง

**Premsiri Kongseng**

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Science in Technology and Environmental Management  
Prince of Songkla University**

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

|                 |  |
|-----------------|--|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดภูเก็ตจากภาพถ่ายเทียมแลนด์แซท 8 ด้วยคุณสมบัติทางซีพลักษ์ |
| ผู้เขียน        | นางสาวเปรมศิริ คงเส็ง  |
| สาขาวิชา        | เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม   |

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระพงศ์ เกิดสิน)

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ ทองชุมนุม)

..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุระ พัฒนเกียรติ)

..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระพงศ์ เกิดสิน)

..... กรรมการ  
(ดร.แสงดาว วงศ์สาย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งแสง)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระพงศ์ เกิดสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวเปรมศิริ คงเส็ง)

นักศึกษา

|                 |   |
|-----------------|---|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดภูเก็ตจากภาพถ่ายเทียมแลนด์แซท 8 ด้วยคุณสมบัติทางสีพลักษณ์ |
| ผู้เขียน        | นางสาวเปรมศิริ คงเส็ง   |
| สาขาวิชา        | เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม  |
| ปีการศึกษา      | 2560  |

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจโดยใช้ค่าดัชนีต่าง ๆ ในการจำแนกครั้งนี้ ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบปกติ ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ ดัชนีผลต่างความชื้น ดัชนีน้ำผิวดิน และดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน ซึ่งคำนวณจากข้อมูลหลายช่วงเวลาของภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 เป็นตัวแทนของข้อมูลสีพลักษณ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ตทางตอนใต้ของประเทศไทย ผลการวิจัยพบว่า การจำแนกด้วยข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงเวลาให้ผลที่ดีกว่าการจำแนกด้วยภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว โดยชุดข้อมูลของอนุกรมเวลาที่ได้จากการจำแนกด้วยวิธีการต้นไม้ตัดสินใจของภาพถ่ายหลายช่วงเวลาสามารถให้ผลการจำแนกที่ดี มีค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์คลอปเปอร์เท่ากับร้อยละ 98.42 และ 97.92 ตามลำดับ ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิธีการที่นำเสนอในการศึกษานี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ ได้

**คำสำคัญ:** การสำรวจระยะไกล การจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจ สีพลักษณ์ ข้อมูลหลายช่วงเวลา

|                      |  |
|----------------------|--|
| <b>Thesis Title</b>  | Phenological based for Land Use and Land Cover Classification of Phuket Province using Landsat-8 OLI Imagery |
| <b>Author</b>        | Miss Premsiri Kongseng   |
| <b>Major Program</b> | Technology and Environmental Management  |
| <b>Academic</b>      | 2017   |

### ABSTRACT

This study aims to test the utility of the decision tree classification using indices (i. e. , Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Enhance Vegetation Index (EVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Land Surface Water Index (LSWI), and Soil-adjusted Vegetation Index (SAVI) exacted from Landsat 8 OLI multi-temporal data which representative of the phenology data of Land Use and Land Cover (LULC) in Phuket province, south of Thailand. The results showed that the multi temporal imagery classification was better than single date imagery classification, that the time series data aid with decision tree classification technique could provide the good classification results. The total testing accuracy and Kapa coefficients of 6 class were 98.42% and 97.92%, respectively. We hope that the methodology presented in this study can be used as a guideline for study in other areas.

**Keywords:** Remote Sensing, Decision Tree Classification, Phenology, Multi Temporal Imagery

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ (ภาษาไทย)                         | (5)  |
| บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)                      | (6)  |
| กิตติกรรมประกาศ                            | (7)  |
| สารบัญ                                     | (8)  |
| รายการตาราง                                | (10) |
| รายการรูป                                  | (12) |
| สัญลักษณ์ย่อและคำย่อ                       | (14) |
| บทที่ 1 บทนำ                               | 1    |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย           | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์                           | 3    |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย                      | 3    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ              | 4    |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ                        | 4    |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร                      | 5    |
| 2.1 ชีพลักษณะ ( Phenology )                | 6    |
| 2.2 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index : VI)   | 7    |
| 2.3 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI          | 10   |
| 2.4 ภาพถ่ายออร์โธรีโซเชิงเลข (Ortho Photo) | 11   |
| 2.6 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)   | 13   |
| 2.7 การตรวจสอบความถูกต้อง                  | 14   |
| 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                  | 17   |
| บทที่ 3 วิธีการวิจัย                       | 19   |
| 3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย                 | 20   |
| 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์                   | 20   |
| 3.3 พื้นที่ศึกษา                           | 20   |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| 3.4 การปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม  | 22   |
| 3.5 การเตรียมข้อมูลสำหรับการออกภาคสนาม   | 24   |
| 3.6 การสำรวจภาคสนาม  | 27   |
| 3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล   | 29   |
| 3.8 การตรวจสอบความถูกต้อง  | 33   |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย   | 34   |
| 4.1 การคำนวณค่าซีพีลักษณะ  | 34   |
| 4.2 การสร้างช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน<br>จังหวัดภูเก็ต | 38   |
| 4.3 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน   | 44   |
| 4.4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต                              | 56   |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ  | 58   |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย   | 58   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ   | 60   |
| เอกสารอ้างอิง  | 61   |
| ภาคผนวก  | 66   |
| ประวัติผู้แต่ง   | 69   |

## รายการตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 2.1 คุณลักษณะดาวเทียม Landsat-8 OLI  | 10   |
| 2.2 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat-8 OLI   | 11   |
| 2.3 ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีซิซิงเลข (Ortho Photo)  | 12   |
| 2.4 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินความถูกต้อง  | 14   |
| 3.1 รายละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา   | 22   |
| 3.2 การจำแนกประเภทของพื้นที่ออกเป็น 6 ประเภท   | 25   |
| 3.3 ตารางแสดงจำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างและจำนวนจุดข้อมูลทดสอบ  | 26   |
| 3.4 การแทนค่าในสมการดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI   | 30   |
| 4.1 ช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบ ช่วงเวลาเดียว (Single Date)   | 38   |
| 4.2 ช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบ หลายช่วงเวลา (Multi Temporal)   | 39   |
| 4.3 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนก ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)*  | 47   |
| 4.4 พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนก ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วย เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)  | 47   |
| 4.5 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และค่าความถูกต้อง ของผู้ใช้ (User' Accuracy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต ของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) | 48   |



## รายการตาราง (ต่อ)

| ตารางที่  | หน้า |
|---|------|
| <p>4.6 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับการประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)*</p>  | 52   |
| <p>4.7 พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)</p>   | 52   |
| <p>4.8 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User' Accuracy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)</p> | 53   |

## รายการรูป

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ตัวอย่างสีพิกัดของพืช   | 6    |
| 2.2 ตัวอย่างแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจ  | 13   |
| 3.1 ขั้นตอนวิธีวิจัย  | 19   |
| 3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย   | 21   |
| 3.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี  | 23   |
| 3.4 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี   | 23   |
| 3.5 ตำแหน่งที่เก็บค่าพิกัดของข้อมูลในแปลงตัวอย่าง   | 28   |
| 3.5 การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณและการสร้างเงื่อนไข (Rule based) ในการจำแนก  | 32   |
| 4.1 กราฟค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต   | 35   |
| 4.2 กราฟค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต   | 36   |
| 4.3 กราฟค่าดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต  | 36   |
| 4.4 กราฟค่าดัชนีน้ำผิวดิน (LSWI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต   | 37   |
| 4.5 กราฟค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต   | 37   |
| 4.6 เงื่อนไขสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่าย<br>ช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)              | 45   |
| 4.7 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่าย<br>ช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)                          | 46   |
| 4.8 เงื่อนไขสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่าย<br>หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision<br>Tree) | 50   |
| 4.9 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่าย<br>หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision<br>Tree)             | 51   |
| 4.10 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนก LULC จังหวัดภูเก็ตออกเป็น<br>6 ประเภท   | 54   |

## รายการรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.11 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม<br>แลนแซท 8 แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date)        | 56   |
| 4.12 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม<br>แลนแซท 8 หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) | 57   |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

เนื่องจากในปัจจุบันการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีแนวโน้มที่จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่กำลังพัฒนาอย่างเช่นจังหวัดภูเก็ต ซึ่งมีสาเหตุสืบเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของเศรษฐกิจและการขยายตัวของตัวเมือง จึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการติดตามและปรับปรุงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามการติดตามและปรับปรุงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน มีข้อจำกัดในหลายๆด้าน เช่น การเปลืองค่าใช้จ่าย ค่าเวียง การออกภาคสนาม ซึ่งต้องใช้คนจำนวนมาก อีกทั้งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและระยะเวลาในการทำงาน และมีงบประมาณที่สูงในการดำเนินการ ปัจจุบันจึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เข้ามามีส่วนช่วยในการติดตามและปรับปรุงข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เนื่องจาก เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) สามารถทำงานได้ในพื้นที่ที่กว้างขึ้น สามารถทำได้บ่อยครั้ง ประหยัดงบประมาณและลดจำนวนคนในการทำงาน ด้วยเหตุผลนี้วิธีการข้างต้นจึงเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน โดย JR Anderson, (1976) ได้เริ่มใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลมาช่วยในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้สามารถปรับปรุงแก้ไขข้อมูลให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น ด้าน Ahadnejad, (2002) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลหลายช่วงเวลา โดยเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีความซับซ้อนของพื้นที่เป็นอย่างมาก ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้วิจัยในการแปลตีความภาพด้วยสายตา ประกอบกับการลงพื้นที่จริงเพื่อเก็บข้อมูลระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินให้ดียิ่งขึ้น และศศิกันต์ ไพลกลาง, (2554) ให้ความสำคัญกับการหากรรมวิธีการจำแนกและชุดข้อมูลค่าการสะท้อนคลื่นแสงและการวัดค่าลายผิวที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในการ

จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณอำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมธีออส ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวงแรกของประเทศไทย ทำให้สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดงบประมาณ และเวลาในการดำเนินงาน

อย่างไรก็ตามถึงแม้เราจะใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเข้ามามีส่วนช่วยในการทำงานแล้วตาม แต่ก็ยังมีความยุ่งยากในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลากหลายชนิดในบริเวณเดียวกัน โดยเฉพาะในป่าเขตร้อนชื้นซึ่งมีพืชพรรณมากมายหลากหลายชนิดปะปนกันไป หรือบริเวณเกาะต่างๆ ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่เฉพาะเจาะจง จึงได้เสนอแนวคิดในการจำแนกพืชออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นๆ โดยใช้คุณสมบัติความแตกต่างของสีพิกซ์ลของพืชแต่ละชนิดมาช่วยในการจำแนก โดย Hui Fan, *et al.*, (2015) ได้ทำการศึกษาการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่เมืองสิบสองปันนา ประเทศจีน เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่มีความเฉพาะเจาะจงของพืชพรรณ คือ ยางพารา ป่าธรรมชาติ และพืชไร่ แต่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้ง 3 ชนิดมีการปะปนกันไป แยกออกจากกันค่อนข้างยาก ทำให้มีการเลือกใช้ความแตกต่างของสีพิกซ์ลของพืชมาใช้ในการจำแนก ซึ่งสามารถแยกสิ่งปกคลุมดินทั้ง 3 ชนิดออกจากกันได้อย่างชัดเจน โดยให้ค่าความถูกต้องโดยสำหรับการจำแนก (Overall Accuracy) อยู่ในช่วง 92% - 96% และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) อยู่ในช่วง 0.84 - 0.92 ด้าน Bangqian Chen, *et al.*, (2015) ได้ทำการจำแนกพื้นที่ที่มีการปลูกยางพาราออกจากพื้นที่ที่ไม่มีการปลูกยางพารา โดยใช้คุณสมบัติความแตกต่างของสีพิกซ์ลของยางพารา (ช่วงผลิใบและผลัดใบ) มาช่วยในการจำแนก ซึ่งสามารถจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราออกจากพื้นที่อื่นๆ ได้จริง โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกเท่ากับ 95.20% และให้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.85 และ Edoardo Simonetti, *et al.*, (2014) ได้ทำการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในการจำแนกแบบช่วงเวลาเดียว (Single-date) เปรียบเทียบกับการใช้ความแตกต่างของสีพิกซ์ล (Phenology based) มาช่วยในการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยวิธีการใช้สีพิกซ์ลมาช่วยในการจำแนกให้ค่าความถูกต้องที่สูงกว่าการจำแนกแบบช่วงเวลาเดียว โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกเท่ากับ 89.90% จากงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ความแตกต่างของสีพิกซ์ลของพืชแต่ละชนิดสามารถนำมาช่วยในการจำแนกพื้นที่ที่มีความซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อยู่ตลอดเวลาออกจากกันได้จริง และให้ค่าความถูกต้องในระดับที่สูงมาก

ดังนั้นในการทำการศึกษารั้งนี้ จึงมุ่งเน้นที่จะทดสอบความสามารถในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้ความแตกต่างของชีพลักษณะของพืชมาช่วยในการจำแนก โดยได้มีการคัดเลือกพื้นที่ที่ศึกษา คือ จังหวัดภูเก็ต เนื่องจากจังหวัดภูเก็ตมีการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลากหลายชนิดปะปนกันไป และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากสาเหตุการขยายตัวของเมืองและอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว โดยในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 แบบหลายช่วงเวลาในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

## 1.2 วัตถุประสงค์

ทำการศึกษาระยะและประเมินความถูกต้องของการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ชีพลักษณะ (Phenology-Based) ในการจำแนก ด้วยวิธีการจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายแลนด์แซท 8 ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 โดยมีขอบเขตพื้นที่ศึกษาจังหวัดภูเก็ต ทำการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) นำเสนอวิธีการใหม่ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
- 2) เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับผู้ที่สนใจที่จะทำการศึกษาเรื่องการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ซอฟต์แวร์ในการจำแนก
- 3) นำวิธีการศึกษาที่ได้ในครั้งนี้นำไปใช้ในการต่อยอดเพื่อการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตกับพื้นที่อื่นได้

#### 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1) การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง ศาสตร์และศิลป์ของการได้มาซึ่งข้อมูลของพื้นที่หรือวัตถุ โดยผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์บันทึกสัญญาณระหว่างวัตถุและพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ติดบนยานพาหนะหรือยานสำรวจ โดยปราศจากการสัมผัสวัตถุนั้นๆ โดยตรง
- 2) ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) หมายถึง เทคนิคอย่างง่ายสำหรับใช้เพื่อสกัดสารสนเทศเชิงปริมาณของปริมาณพืชพรรณหรือความเป็นสีเขียว (Greenness) ในแต่ละจุดภาพของข้อมูล
- 3) ชีพลักษณ์ (Phenology) หมายถึง การศึกษาการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตในข้อจำกัดทางสิ่งแวดล้อมหนึ่งๆ ตลอดรอบฤดูกาล โดยการตอบสนองของพืชจะมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศ , อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นศึกษาต่างๆ โดยแบ่งออกเป็น 7 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ชีพลักษณะ ( Phenology )

ส่วนที่ 2 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index)

ส่วนที่ 3 ภาพถ่ายดาวเทียมแลนดแซท 8 (Landsat-8 OLI)

ส่วนที่ 4 ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข (Ortho Photo)

ส่วนที่ 5 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ส่วนที่ 6 การตรวจสอบความถูกต้อง

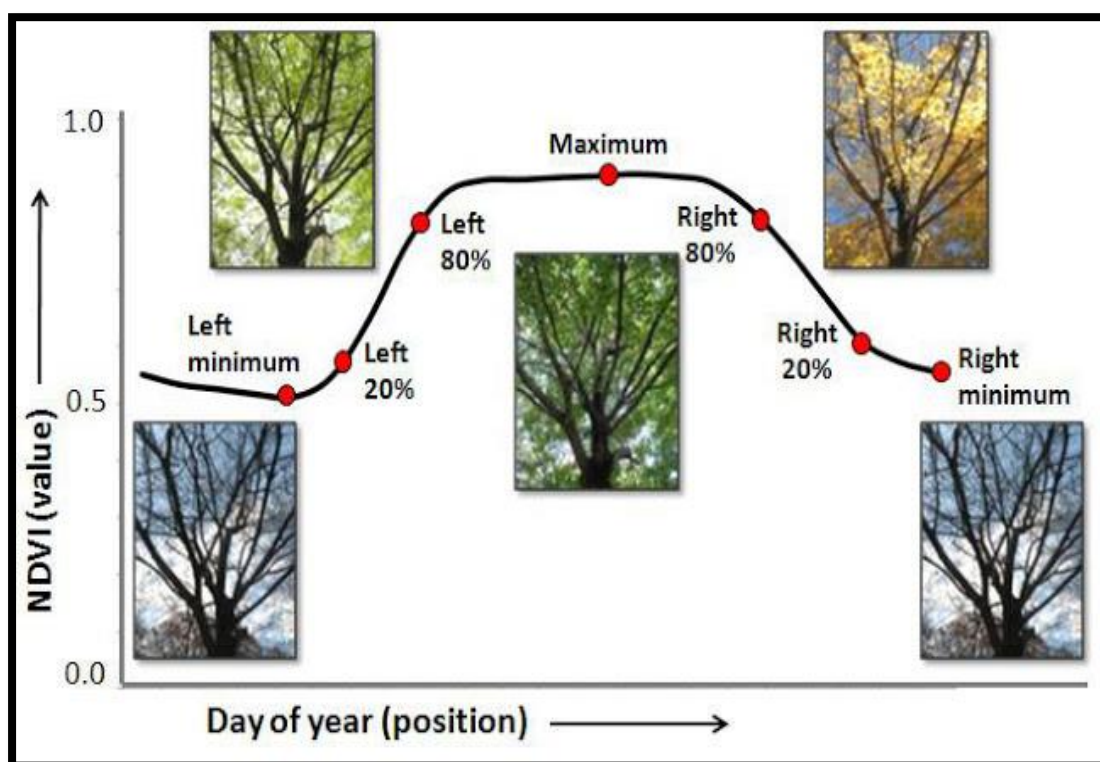
ส่วนที่ 7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้



## 2.1 ชีพลักษณะ (Phenology)

ชีพลักษณะ (Phenology) คือ การศึกษาการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตในข้อจำกัดทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ตลอดรอบฤดูกาล โดยการตอบสนองของพืชจะมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศ อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนไป มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพืชแต่ละชนิด (กรมป่าไม้, 2557)



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างชีพลักษณะของพืชที่มีการผลัดใบ

อ้างอิงภาพจาก : <http://mygifeu9.blogspot.com/2012/11/blog-post.html>, 17 ธันวาคม 2559

## 2.2 ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index)

ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ระยะไกลกับค่าพารามิเตอร์ของพืช เกิดจากการรวมของช่องสัญญาณ หรือช่วงคลื่นซึ่งจะอยู่ในรูปสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายลักษณะต่างๆของพืช เช่น ความอุดมสมบูรณ์ การคายน้ำของพืช (Lillesand, Kiefer and Chipman., 2004)

### 2.2.1 ดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

Rose, *et al.*, (1974) ได้พัฒนาค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณขึ้น ซึ่งเป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง (Jensen, 2007) เพราะสามารถใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืชในช่วงระหว่างฤดูกาล หรือในช่วงแต่ละปีได้ สำหรับการคำนวณจะใช้ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีรูปแบบสมการดังนี้

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

|       |      |     |   |
|-------|------|-----|---|
| เมื่อ | NDVI | คือ | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ   |
|       | NIR  | คือ | ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band) |
|       | R    | คือ | ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)                   |

### 2.2.2 ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhance Vegetation Index: EVI)

Huete, *et al.*, (2002) ได้พัฒนาค่าดัชนีเน้นพืชพรรณขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการตอบสนองของการสะท้อนพลังงานแสงจากดินและบรรยากาศ จากการศึกษาพบว่ามีการใช้ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณในการประมาณค่าพืชที่ป่าฝนเขตร้อน (Clark, *et al.*, 2011) อีกทั้งยังมีความไวของค่าพารามิเตอร์ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของใบ (Huete, *et al.*, 2002) สำหรับการคำนวณจะใช้ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีรูปแบบสมการดังนี้

$$EVI = G \times \frac{NIR-R}{NIR + (C_1 \times R) - (C_2 \times B) + L}$$

|       |                                 |  |
|-------|---------------------------------|--|
| เมื่อ | EVI                             | คือ ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ                                   |
|       | G                               | คือ ค่าระดับของพลังงาน (Grain Factor)                        |
|       | NIR                             | คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) |
|       | R                               | คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)              |
|       | B                               | คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Blue Band)         |
|       | C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> | คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับค่าฝุ่นละอองในบรรยากาศ              |
|       | L                               | คือ ค่าปรับแก้สำหรับดิน                                      |

การกำหนดค่าสำหรับพื้นที่ทั่วไป มีค่า  $L = 1$ ,  $C_1 = 6$ ,  $C_2 = 7.5$ , และ  $G = 2.5$

### 2.2.3 ดัชนีผลต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index: NDWI)

เป็นค่าดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความชื้นในดินหรือพืชพรรณ จากปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากดินหรือพืชพรรณในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และช่วงคลื่นสีเขียว (Green) ซึ่งหากมีปริมาณน้ำในดินหรือพืชพรรณมากจะทำให้รังสีในช่วงคลื่นสีเขียว (Green) ถูกดูดซับมากและมีการสะท้อนรังสีออกมาน้อยลง ส่งผลให้ค่าดัชนีผลต่างความชื้นที่คำนวณได้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย มีรูปแบบสมการดังนี้

$$NDWI = \frac{G - NIR}{G + NIR}$$

|       |      |   |
|-------|------|---|
| เมื่อ | NDWI | คือ ค่าดัชนีความต่างความชื้นของน้ำ                                |
|       | NIR  | คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band) |
|       | G    | คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียว (Green Band)               |

### 2.2.4 ดัชนีน้ำผิวดิน (Land Surface Water Index: LSWI)

เป็นตัวชี้วัดโมเลกุลของน้ำในแต่ละพืชพรรณ ซึ่งเป็นการบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณ โดยในพืชที่มีการผลัดใบหรือมีความแห้งแล้ง จะมีค่าของดัชนีน้ำผิวดินเปลี่ยนแปลงไป (Xiao, *et al.*, 2002) สำหรับการคำนวณจะใช้ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีเขียว ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น มีรูปแบบสมการดังนี้

$$LSWI = \frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1}$$

เมื่อ LSWI คือ ค่าดัชนีน้ำในดิน  
 NIR คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band)  
 SWIR1 คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น (Shortwave Infrared Band)

### 2.2.5 ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (Soil-adjusted Vegetation Index: SAVI)

Huete (1988) ได้พัฒนาดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ โดยนำเสนอดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาการสะท้อนพลังงานแสงของดิน ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในกรณีที่พื้นที่ศึกษามีพืชปกคลุมค่อนข้างต่ำ มีรูปแบบสมการดังนี้

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \times (1+L)$$

เมื่อ SAVI คือ ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน  
 NIR คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Band)  
 R คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)  
 L คือ ค่าการปกคลุมของพืช โดยมีค่าเป็น 0 สำหรับพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมหนาแน่น มีค่าเป็น 0.5 สำหรับพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมพอสมควร และมีค่าเป็น 1 สำหรับพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมบางเบา

## 2.3 ภาพถ่ายดาวเทียมแลนดส์แซท 8 (Landsat-8 OLI)

ดาวเทียม Landsat-8 OLI เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของสหรัฐอเมริกา ภายใต้การบริหารจัดการของกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey : USGS) ส่งขึ้นสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2556 สูงจากพื้นโลก 705 กิโลเมตร โคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ในแนวเหนือใต้และโคจรซ้ำบริเวณเดิมทุก 16 วัน (USGS, 2015) แสดงดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะดาวเทียมแลนดส์แซท 8 (Landsat-8 OLI) (USGS, 2015)

| คุณลักษณะ                     | รายละเอียด   |
|-------------------------------|--|
| ความสูงของการโคจร             | 705 km   |
| ลักษณะการโคจร                 | สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์โดยผ่านขั้วโลก                            |
| เวลาท้องถิ่นในการบันทึกข้อมูล | 10.00 – 10.25 น.   |
| เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบ     | 99 นาที  |
| บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิม        | ทุก 16 วัน   |
| ระบบบันทึกข้อมูล              | Panchromatic, Multispectral and Thermal                        |
| รายละเอียดภาพ                 | 15 m (Panchromatic)<br>30 m (Multispectral)<br>100 m (Thermal) |
| ความกว้างของภาพ               | 170 km   |

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนดส์แซท 8 (Landsat-8 OLI) (USGS, 2015)

| ระบบบันทึกข้อมูล | ช่วงคลื่น | ความยาวคลื่น ( $\mu\text{m}$ )            | รายละเอียดภาพ Resolution (m) |
|------------------|-----------|---|------------------------------|
| Multispectral    | 1         | 0.43 - 0.45 (Coastal Aerosol)             | 30                           |
|                  | 2         | 0.45 - 0.51 (Blue)                        | 30                           |
|                  | 3         | 0.53 - 0.59 (Green)                       | 30                           |
|                  | 4         | 0.64 - 0.67 (Red)                         | 30                           |
|                  | 5         | 0.85 - 0.88 (Near Infrared - NIR)         | 30                           |
|                  | 6         | 1.57 - 1.65 (SWIR 1)                      | 30                           |
|                  | 7         | 2.11 - 2.29 (SWIR 2)                      | 30                           |
|                  | 8         | 0.50 - 0.68 (Panchromatic)                | 15                           |
|                  | 9         | 1.36 - 1.38 (Cirrus)                      | 30                           |
|                  | 10        | 10.60 - 11.19 (Thermal Infrared - TIRS 1) | 100                          |
|                  | 11        | 11.50 - 12.51 (Thermal Infrared - TIRS 2) | 100                          |

## 2.4 ภาพถ่ายออร์โธรีซิเจนเลข (Ortho Photo)

ภาพถ่ายออร์โธรีซิเจนเลขผลิตจากภาพถ่ายทางอากาศสี ซึ่งผ่านกระบวนการปรับแก้ความผิดเพี้ยนเนื่องจากเรขาคณิตของการถ่ายภาพและความสูงต่างของภูมิประเทศ(Relief Displacement) โดยมีระบบพิกัดอ้างอิง ผลลัพธ์ที่ได้คือ ภาพถ่ายที่ปรากฏรายละเอียดลักษณะสิ่งปกคลุมภูมิประเทศ ณ เวลาที่ทำการถ่ายภาพไว้ทั้งหมด มีมาตราส่วนและความถูกต้อง สามารถวัดพิกัด ทิศทาง ระยะทาง ขนาด และรูปร่างของวัตถุได้เช่นเดียวกับแผนที่ลายเส้น หรือแผนที่ภูมิประเทศ

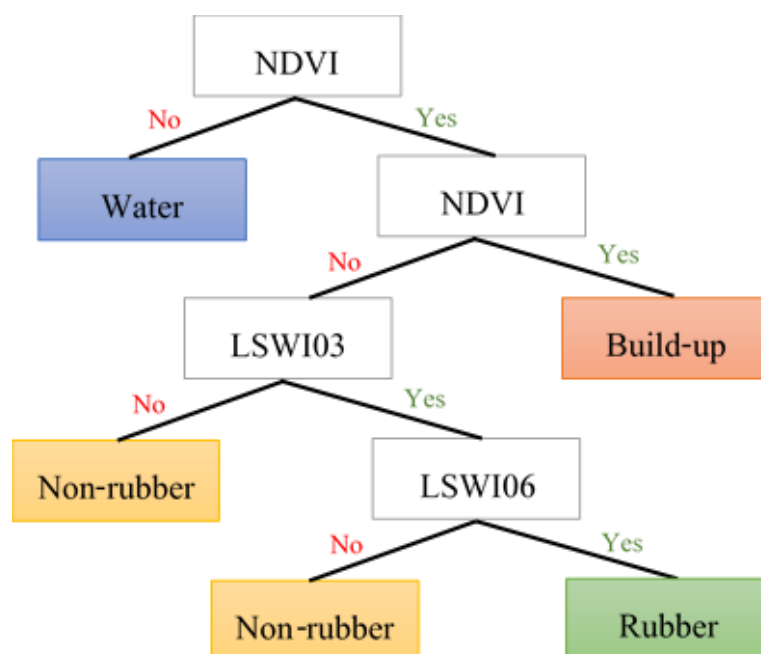
ตารางที่ 2.3 ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีซิเชิงเลข (Ortho Photo) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

| ข้อมูล   | รายละเอียด  |
|--|---|
| ชื่อข้อมูล   | แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีซิเชิงเลข มาตรฐาน 1:4,000  |
| จุดประสงค์การใช้งาน                                      | รองรับภารกิจของกรมพัฒนาที่ดิน ด้านการทำแผนที่ฐานเพื่อการจัดทำชั้นข้อมูลกลุ่มชุดดิน การใช้ที่ดินรายจังหวัด และอื่นๆ  |
| ความครอบคลุม<br>(จำนวนและชื่อพื้นที่)                    | เกือบทั้งประเทศ (90%) ยกเว้นบริเวณ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ คือ จังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี จังหวัดนราธิวาส พื้นที่บางส่วนของจังหวัดสงขลา บริเวณแนวชายแดนไทย-ลาว บางพื้นที่ที่ไม่สามารถจัดทำได้มาตรฐานตามข้อกำหนดทางเทคนิค และบริเวณภายในประเทศ ซึ่งเป็นพื้นที่หวงห้ามและพื้นที่สงวนไว้เพื่อความมั่นคงของประเทศ |
| มาตรฐาน  | 1:4,000 และ 1:25,000  |
| ปีที่ผลิตข้อมูล  | 2547-2550   |
| รูปแบบข้อมูล   | Digital file  |
| ระบบพิกัด<br>พื้นที่หลักฐาน<br>และ Zone ที่ใช้ผลิตข้อมูล | UTM_WGS_84_Zone 47N, 48N  |
| ความละเอียดจุดภาพ  | 1.0 m   |

## 2.5 เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เป็นเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์ จัดเป็นการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Learning) ใช้สำหรับการคาดคะเนหรือทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้า ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ซับซ้อนมาก โดยจะมีการแตกแขนงจากโหนดราก (Root) สู่ใบ (Leaf) และมีกิ่งก้าน (Branch) แตกออกไปตามเงื่อนไขที่เราคาดคะเนไว้ (Jones, 2008)

- ภายในต้นไม้จะประกอบไปด้วยโหนด (Node)
- แต่ละโหนดจะมีคุณลักษณะ (Attribute) เป็นตัวทดสอบ
- กิ่งของต้นไม้ (Branch) คือ ค่าที่เป็นไปได้ของคุณลักษณะที่ถูกเลือกทดสอบ
- ใบของต้นไม้ (Leaf) คือ สิ่งที่อยู่ปลายทางสุดของต้นไม้ตัดสินใจ แสดงถึงกลุ่มของข้อมูล (Class) หรือเรียกว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนาย
- โหนดที่อยู่บนสุดของต้นไม้เรียกว่าโหนดราก (Root Node)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภาพต้นไม้ตัดสินใจ



## 2.6 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องในงานวิจัยนี้จะอาศัยตารางตรวจสอบความถูกต้อง (Error Matrix) (Congalton and Green, 2008) โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบแบบประเภทต่อประเภท ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบเป็นข้อมูลอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกในจุดพิกัดเดียวกัน โดยแกนตั้งของตารางเป็นข้อมูลอ้างอิงหรือข้อมูลที่เชื่อว่าถูกต้อง ส่วนแกนนอนเป็นข้อมูลจากผลการจำแนกข้อมูลซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้อง โดยค่าความถูกต้องที่สนใจประกอบด้วยค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำกรจำแนกขาดหายไป (Producer's Accuracy) ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำกรจำแนกเกินมา (User's Accuracy) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

ตารางที่ 2.4 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินความถูกต้อง (Congalton and Green, 2008)

| Ground reference Test Information |          |           |           |           |           |          |
|-----------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Class                             |          | 1         | 2         | 3         | k         | $n_{i+}$ |
| Remote Sensing<br>Classification  | 1        | $n_{1,1}$ | $n_{1,2}$ | $n_{1,3}$ | $n_{1,k}$ | $n_{1+}$ |
|                                   | 2        | $n_{2,1}$ | $n_{2,2}$ | $n_{2,3}$ | $n_{2,k}$ | $n_{2+}$ |
|                                   | 3        | $n_{3,1}$ | $n_{3,2}$ | $n_{3,3}$ | $n_{3,k}$ | $n_{3+}$ |
|                                   | k        | $n_{k,1}$ | $n_{k,2}$ | $n_{k,3}$ | $n_{k,k}$ | $n_{k+}$ |
|                                   | $n_{+j}$ | $n_{+1}$  | $n_{+2}$  | $n_{+3}$  | $n_{+k}$  | $n$      |

- เมื่อ
- $i, j$  แทนดัชนีชั้นข้อมูลในแถวและคอลัมน์ตามลำดับ
  - $k$  แทนจำนวนชั้นข้อมูลทั้งหมด
  - $n_{ij}$  แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่  $i$  โดยข้อมูลอ้างอิงเป็นชั้นข้อมูลที่  $j$
  - $n_{ii}$  แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกตรงกับข้อมูลอ้างอิงที่  $i$
  - $n_{i+}$  แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่  $i$  ทั้งหมด
  - $n_{+j}$  แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดของข้อมูลอ้างอิงในชนิดชั้นข้อมูลที่  $j$
  - $n$  แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

2.7.1 ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป (Producer's accuracy หรือ Omission error)

เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการไม่จัดเข้ากลุ่มหรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป พิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุดตัวอย่างรวมที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง (มองในแนวคอลัมน์) มีรูปแบบสมการดังนี้

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{\text{จำนวนจุดทดสอบที่ถูกจำแนกเป็นประเภทอื่น} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบประเภทนั้นที่ตรงกับความจริงทั้งหมด}}$$

2.7.2 ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา (User's accuracy หรือ Commission error)

เป็นการประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการจัดเข้ากลุ่ม หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา (มีข้อมูลเท็จปะปนอยู่) พิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุดที่ได้จากการจำแนกจริง (มองในแนวแถว) มีรูปแบบสมการดังนี้

$$\text{User's accuracy} = \frac{\text{จำนวนจุดรวมที่ถูกต้องของการจำแนกในแต่ละประเภท} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบประเภทนั้นที่ตรงกับความจริงทั้งหมด}}$$

2.7.3 ความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy)

อัตราส่วนของจำนวนจุดภาพที่เครื่องจำแนกได้ถูกต้อง (ปรากฏตามแนวทแยงของตารางหลัก) ต่อผลรวมจำนวนจุดภาพที่นำมาจำแนกประเภทและคำนวณออกมาเป็นร้อยละ มีรูปแบบสมการดังนี้

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{ผลรวมจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ตรงกัน} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ใช้เป็นตัวอย่างตรวจสอบ}}$$

#### 2.7.4 สัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa)

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่จะทำการบ่งชี้ข้อมูลในแต่ละประเภททั้งหมดว่ามีความเข้ากันได้ หรือมีความถูกต้องระหว่างข้อมูลจากการจำแนก เป็นการประเมินตารางความคลาดเคลื่อนโดยใช้ค่าสถิติอธิบายระดับความสอดคล้องกันของข้อมูลจำนวน 2 ชุด ที่ได้จากการจำแนกโดยตรง ซึ่งความสอดคล้องอาจเกิดขึ้นจากความบังเอิญระหว่างข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงกับข้อมูลภาพที่ถูกจำแนกโดยวิธีสุ่มตัวอย่าง

โดยสรุปแล้วการประเมินความแม่นยำด้วยค่าสถิติแคปปา เป็นการอธิบายสัดส่วนค่าความผิดพลาดของชุดข้อมูลโดยการเปรียบเทียบระหว่างค่าความผิดพลาดของชุดข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทกับความผิดพลาดของชุดข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างทั้งหมด ค่าแคปปาจะเป็นดัชนีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เกิดจากการสังเกตกับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่อาจจะเกิดขึ้นจากความบังเอิญจากสมการ ถ้าค่าสังเกตเข้าใกล้ 1 และค่าความบังเอิญเข้าใกล้ 0 มีผลทำให้  $k$  จะมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นเพียงค่าสมมติเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าแคปปาจะตกอยู่ระหว่าง 0-1 มีรูปแบบสมการดังนี้

$$\hat{K}_1 = \frac{N(X_{ii}) - (X_{i+} * X_{+i})}{N^2(X_{i+}) - (X_{i+} * X_{+i})}$$

|       |          |     |  |
|-------|----------|-----|--|
| เมื่อ | $X_{ii}$ | คือ | จำนวนในแนวเฉียงของแถว $i$ และคอลัมน์ $i$ |
|       | $X_{i+}$ | คือ | จำนวนรวมในแถว $i$                        |
|       | $X_{+i}$ | คือ | จำนวนรวมในคอลัมน์ $i$                    |
|       | $N$      | คือ | จำนวนรวมทั้งหมด                          |

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bangqian Chen, *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมออกเป็นพื้นที่ปลูกยางพารา ป่าธรรมชาติ และพื้นที่การเกษตรในบริเวณที่มีความหลากหลายของพืชพรรณ ซึ่งในการศึกษานี้มีพื้นที่ศึกษา คือ มณฑลยูนนาน ประเทศจีน โดยการศึกษานี้อาศัยการติดตามการผลิบและผลัดใบของยางพารา เพื่อช่วยในการจำแนกยางพาราออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นๆ ซึ่งใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index: VI) มาช่วยในการจำแนก ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) และดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (Enhance Vegetation Index: EVI) ในการจำแนก และอาศัยโครงสร้างของข้อมูล PALSAR-based ในการศึกษาครั้งนี้จะมีการจำแนกออกเป็น 5 ประเภท คือ ยางพารา ป่าธรรมชาติ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ การเกษตร และจะมีการรวมพื้นที่ป่าธรรมชาติ เมืองและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ การเกษตร ให้เป็นพื้นที่ที่ไม่ใช่ยางพารา เพื่อใช้ในการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราออกจากพื้นที่ที่ไม่มีการปลูกยางพารา โดยสามารถแสดงให้เห็นว่าการมีช่วงผลิบและผลัดใบของยางพาราทำให้เราสามารถจำแนกยางพาราออกจากสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ ได้อย่างชัดเจน โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกเท่ากับ 95.20% และให้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.85

Edoardo Simonetti, *et al.* (2014) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินของภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal) โดยใช้ชีพลักษ์ณ์ (Phenology-based) ในการจำแนกกับใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ในการจำแนกแบบช่วงเวลาเดียว (Single date) ในบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติ 5 อุทยาน ในแอฟริกาตะวันออก ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีพืชพรรณหลากหลายชนิดปะปนกัน จึงเป็นการยากในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในบริเวณดังกล่าว จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจำแนกข้อมูลด้วยภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกเท่ากับ 89.90% ซึ่งสูงกว่าภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว

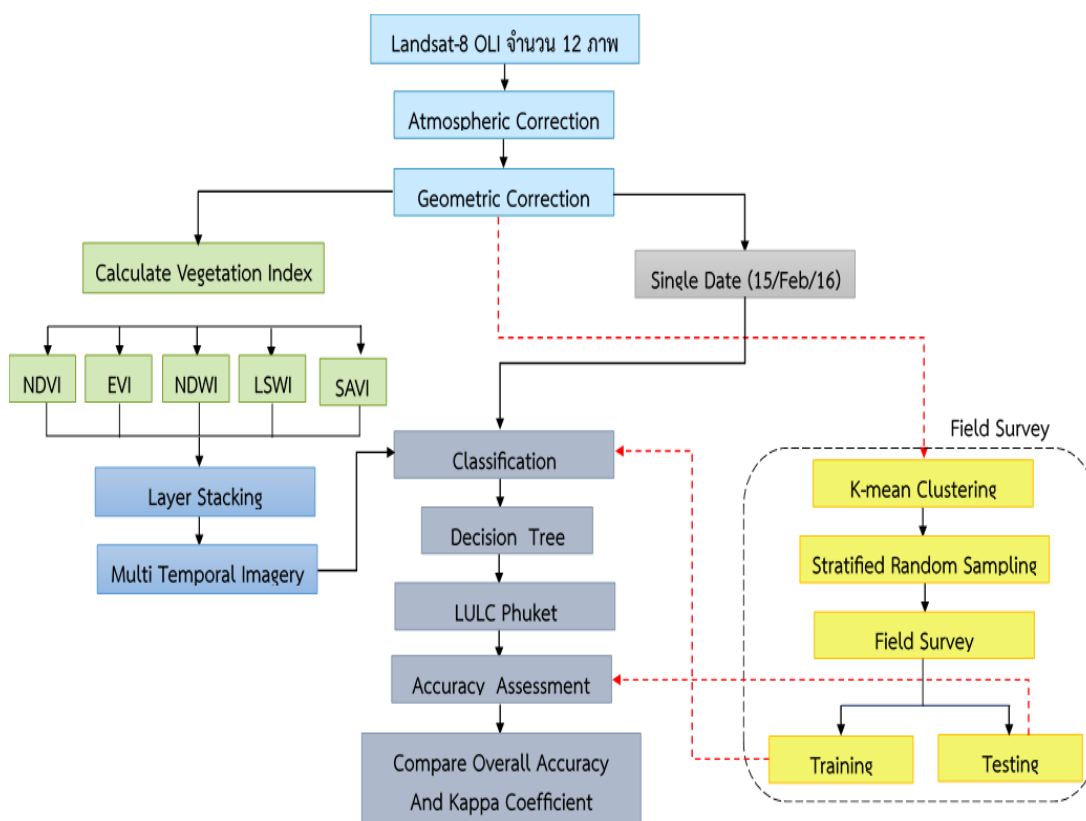
Hui Fan, *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาการจำแนกยางพาราออกจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นๆ บริเวณพื้นที่เมืองสิบสองปันนา ประเทศจีน โดยอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI จำนวน 11 ภาพ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินและไม่สามารถแยกออกจากกัน

ได้อย่างชัดเจน จึงจำเป็นต้องมีการใช้คุณสมบัติของความแตกต่างเชิงลักษณะของพืช (ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index: VI) 5 ชนิด ได้แก่ NDVI , EVI , ARVI , NDMI และ TCG) มาช่วยในการจำแนก และมีการติดตามการผลิบานและผลัดใบของยางพารา ในการศึกษาครั้งนี้จะมีการจำแนกออกเป็น 3 ประเภท คือ ยางพารา ป่าธรรมชาติ และพื้นที่การเกษตร โดยผลการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นว่า เราสามารถแยกสิ่งปกคลุมดินทั้ง 3 ชนิดออกจากกันได้อย่างชัดเจนและมีความถูกต้องในระดับที่สูงมาก ซึ่งค่าความถูกต้องโดยสำหรับการจำแนกอยู่ในช่วง 92% - 96% และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ในช่วง 0.84 – 0.92

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land Use and Land Cover: LULC) โดยใช้ฟีโนโลยี (Phenology Based) ในการจำแนก และทำการเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบช่วงเวลาเดียว (Single date) แบบกำกับดูแล โดยข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมถูกนำมาปรับแก้ความคลาดเคลื่อนและจำแนกข้อมูลออกเป็นประเภทต่างๆ ความสำคัญของงานวิจัยคือการเปรียบเทียบความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีวิจัย

### 3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

- 1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI บันทึกข้อมูลระหว่างเดือนกันยายน 2558 - เดือนสิงหาคม 2559 จำนวน 12 ภาพ ข้อมูลจาก USGS
- 2) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดภูเก็ต ของกรมพัฒนาที่ดิน ปีพ.ศ. 2552 และ ปีพ.ศ. 2556
- 3) ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีโธซีเชิงเลข (Ortho Photo) มาตรฐาน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน ปีพ.ศ. 2545

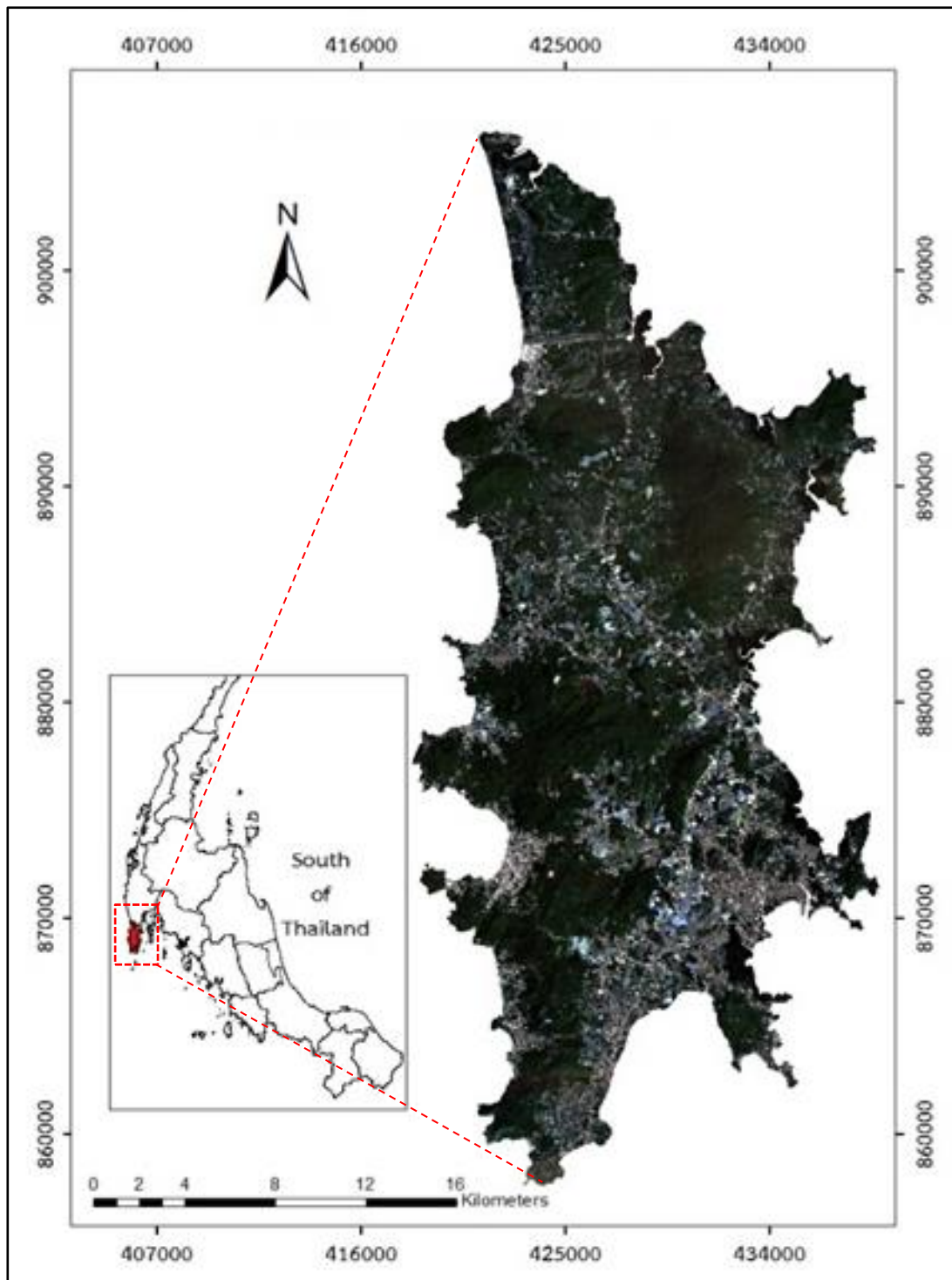
### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1) โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพจากดาวเทียม
- 2) เครื่องมือหาพิกัดตำแหน่งภูมิศาสตร์ด้วยสัญญาณดาวเทียม (GPS) รุ่น Garmin eTrex 30 ความถูกต้องของพิกัด 10 m
- 3) คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วง
- 4) กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

### 3.3 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พื้นที่ของจังหวัดภูเก็ต มีเนื้อที่ประมาณ 576 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ที่บริเวณละติจูดที่  $7^{\circ}52'49.61''$  N และลองจิจูดที่  $98^{\circ}23'32.1''$  E มีลักษณะภูมิอากาศแบบป่าฝนเมืองร้อน มีลมพัดผ่านตลอดเวลา และชุ่มชื้นตลอดปี มี 2 ฤดู คือ ฤดูร้อน (เริ่มเดือนพฤศจิกายน - เดือนเมษายน) และฤดูฝน (เริ่มเดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม) ลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ประกอบด้วยพื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าชายเลน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ

ซึ่งจัดได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายและต่อเนื่องกันของพืชพรรณหลายชนิดในบริเวณเดียวกัน จึงเหมาะสมที่จะใช้เลือกเป็นพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย



### 3.4 การปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

#### 3.4.1 การเตรียมข้อมูลและการปรับแก้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI ทั้งหมด 12 ภาพ (รายละเอียดดังตารางที่ 3.1) มาทำการปรับแก้ความผิดพลาดของข้อมูลทั้งในเชิงรังสี (Radiometric Correction) และเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เพื่อให้มีความถูกต้องและตรงตามความเป็นจริง โดยมีขั้นตอนดังนี้

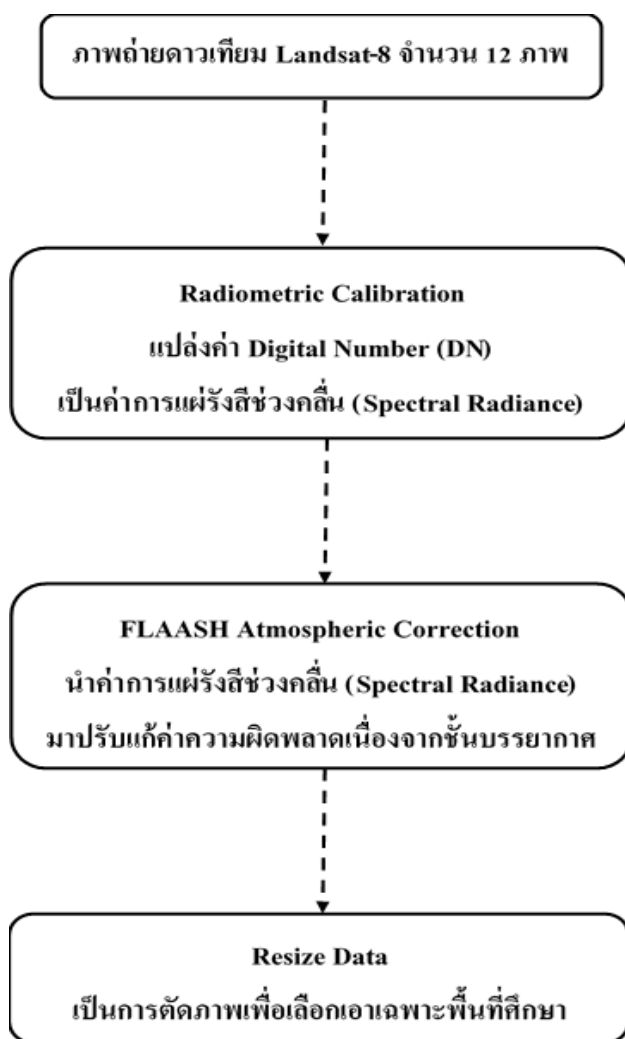
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาวิจัย\*

| ภาพที่ | วันที่ถ่ายภาพเมื่อ | เวลาที่บันทึกภาพ | Path | Row |
|--------|--------------------|------------------|------|-----|
| 01     | 24 กันยายน 2558    | 03:45:32         | 130  | 54  |
| 02     | 26 ตุลาคม 2558     | 03:45:38         | 130  | 54  |
| 03     | 27 พฤศจิกายน 2558  | 03:45:41         | 130  | 54  |
| 04     | 29 ธันวาคม 2558    | 03:45:39         | 130  | 54  |
| 05     | 30 มกราคม 2559     | 03:45:36         | 130  | 54  |
| 06     | 15 กุมภาพันธ์ 2559 | 03:45:28         | 130  | 54  |
| 07     | 18 มีนาคม 2559     | 03:45:21         | 130  | 54  |
| 08     | 19 เมษายน 2559     | 03:45:05         | 130  | 54  |
| 09     | 5 พฤษภาคม 2559     | 03:45:09         | 130  | 54  |
| 10     | 6 มิถุนายน 2559    | 03:45:13         | 130  | 54  |
| 11     | 24 กรกฎาคม 2559    | 03:45:32         | 130  | 54  |
| 12     | 9 สิงหาคม 2559     | 03:45:34         | 130  | 54  |

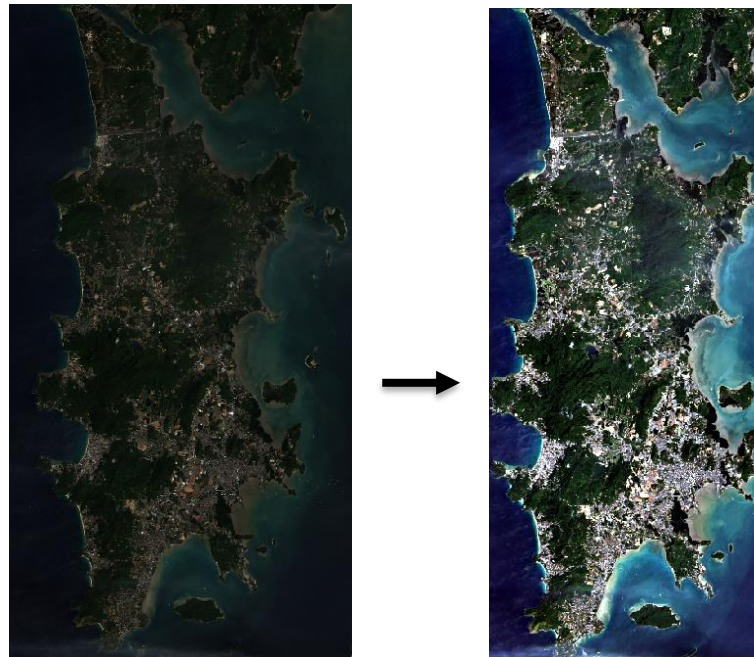
\*หมายเหตุ การเลือกภาพสำหรับการศึกษา ผู้ศึกษาได้ทำการเลือกตัวแทนภาพถ่ายในแต่ละเดือนจำนวน 1 ภาพ โดยภาพที่ใช้ในการศึกษาเป็นภาพที่มีเมฆปกคลุมพื้นที่น้อยมาก (<30%)

### 3.4.1.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

ข้อมูลภาพถ่าย Landsat-8 OLI บันทึกข้อมูลระหว่างเดือนกันยายน 2558 - เดือนสิงหาคม 2559 ในแต่ละภาพถ่ายดาวเทียมมีจำนวนช่วงคลื่นทั้งหมด 11 ช่วงคลื่น มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 400 - 1,200 nm. และความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) 30 m. ซึ่งในการปรับปรุงความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี จะทำการแปลงค่าจากค่าตัวเลขดิจิทัล (Digital Number) ให้เป็นค่าสะท้อนพลังงานที่อุปกรณ์รับสัญญาณบันทึกภาพ (Spectral Radiance) ตามด้วยการปรับแก้ข้อมูลชั้นบรรยากาศด้วยแบบจำลอง Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube (FLAASH) ซึ่งผลลัพธ์ของขั้นตอนดังกล่าวจะได้ค่าการสะท้อน (Reflectance) ที่ผ่านการปรับแก้ความผิดพลาดเนื่องจากชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 3.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 ที่ผ่านการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

#### 3.4.1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

นำข้อมูลภาพถ่าย Lansat-8 OLI ทั้ง 12 ภาพ (รายละเอียดดังตารางที่ 3.1) ที่ผ่านการปรับแก้เชิงรังสีแล้ว มาทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต โดยอาศัยจุดควบคุมของแผนที่ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีโธซีเชิงเลข (Ortho Image) มาตรฐาน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระจายตามพื้นที่ส่วนต่างๆ ที่บริเวณที่ทำการศึกษา โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Root Mean Square: RMSE) ไม่เกิน 1 จุดภาพ (30 m) และกำหนดมาตรฐานพิกัด คือ ระบบพิกัด UTM โซนที่ 47 เหนือ หมุดหลักฐานอ้างอิง WGS 1984

### 3.5 การเตรียมข้อมูลสำหรับการออกภาคสนาม

#### 3.5.1 การคัดเลือกจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบ (Training and Testing Samples)

การคัดเลือกจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบ เพื่อใช้ในการจำแนกและตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน มีขั้นตอนดังนี้

### 3.5.1.1 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน โดยทำจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การจำแนกประเภทของพื้นที่ออกเป็น 6 ประเภท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555)

| ประเภทของพื้นที่             | รายละเอียด                                    |
|------------------------------|---|
| พื้นที่ปลูกยางพารา           | พื้นที่ที่ทำการปลูกยางพารา                    |
| พื้นที่ป่าไม้                | พื้นที่ที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นป่าไม้ธรรมชาติ |
| พื้นที่ป่าชายเลน             | พื้นที่ที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเฉพาะป่าชายเลน |
| พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง | พื้นที่ที่เป็นที่อยู่อาศัย พื้นที่กร้าง       |
| แหล่งน้ำ                     | พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำทั้งหมด                 |
| พื้นที่อื่นๆ                 | พื้นที่อื่นๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น     |

### 3.5.1.2 การคำนวณและคัดเลือกจุดตัวอย่าง

การคำนวณจุดข้อมูลตัวอย่าง โดยใช้วิธี Multinomial Distribution เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากกว่า 2 ประเภท จึงควรใช้สมการแบบ Multinomial Distribution (Jensen, 2005) ในการคำนวณหาจุดข้อมูลตัวอย่าง

การหาจำนวนจุดตัวอย่าง (Samples Size) ที่ได้จากการคำนวณตามสมการการกระจายตัวแบบ Multinomial Distribution (Congalton and Green, 2008) ดังสมการที่ (1)

$$N = \frac{B}{4b^2} \quad (1)$$

|       |          |     |   |
|-------|----------|-----|---|
| เมื่อ | N        | คือ | จำนวนจุดตัวอย่าง  |
|       | B        | คือ | ค่าที่ได้จากตารางการกระจายแบบ $\chi^2$ (The Upper (a/k) X 100 Percentile) ที่ 1 Degree of Freedom |
|       | $\alpha$ | คือ | $\frac{100 - \text{ระดับความเชื่อมั่น}}{100}$   |
|       | k        | คือ | จำนวนประเภทที่จะจำแนกพื้นที่  |
|       | b        | คือ | ความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ (เช่น 5 %) ของ Class นั้นๆ  |

เมื่อได้จำนวนจุดตัวอย่างทั้งหมดแล้ว ทำการแบ่งสัดส่วนของจุดข้อมูล ตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบในอัตราส่วน 60 : 40 (แสดงดังตารางที่ 3.3) จากนั้นจะทำการคัดเลือก จุดแบบจำแนกชั้น (Stratified Random Sampling) เนื่องจากต้องการกระจายจำนวนจุดตัวอย่างใน สัดส่วนที่เหมาะสมและเพียงพอกับขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงจำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างและจำนวนจุดข้อมูลทดสอบ

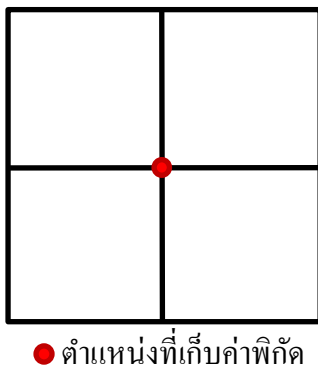
| ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่ง<br>ปกคลุมดิน | จำนวนจุดข้อมูล<br>ตัวอย่าง | จำนวนจุด<br>ข้อมูลทดสอบ | จำนวนรวม |
|--|----------------------------|-------------------------|----------|
| พื้นที่ปลูกยางพารา                             | 133                        | 90                      | 223      |
| พื้นที่ป่าไม้                                  | 52                         | 36                      | 88       |
| พื้นที่ป่าชายเลน                               | 20                         | 13                      | 33       |
| พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง                   | 95                         | 64                      | 159      |
| พื้นที่แหล่งน้ำ                                | 28                         | 18                      | 46       |
| พื้นที่อื่นๆ                                   | 69                         | 45                      | 114      |
| รวม  | 397                        | 266                     | 663      |

### 3.6 การสำรวจภาคสนาม

#### 3.6.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

หลังจากที่ทำการคำนวณจุดตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว จะทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อนำมาใช้ในการอ้างอิงข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) นำข้อมูลภาพถ่ายแลนด์แซท 8 มาจำแนกด้วยวิธีแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) ด้วยวิธี K-Mean Clustering ออกเป็น 6 ประเภท
- 2) ทำการกระจายจุดตัวอย่างทั้งหมด 663 จุด ด้วยวิธีการคัดเลือกจุดแบบ จำแนกชั้น (Stratified Random Sampling) เพื่อให้จุดตัวอย่างกระจายตัวในสัดส่วนที่เหมาะสมและเพียงพอกับขนาดของพื้นที่แต่ละประเภท
- 3) กำหนดประเภทของแต่ละพื้นที่ให้กับจุดตัวอย่างทั้งหมดโดยอ้างอิงจากประเภทของพื้นที่ที่ผ่านการจำแนกแล้ว
- 4) นำจุดตัวอย่างทั้งหมดมาซ้อนทับบนแผนที่ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีโธจีเชิงเลข เพื่อใช้ในการวางแผนเส้นทางการเก็บข้อมูลภาคสนาม
- 5) ทำการบันทึกจุดตัวอย่างทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ kml แล้วนำข้อมูลที่ได้นำเข้า Google Map เพื่อให้นำทางในการเก็บข้อมูลภาคสนาม
- 6) เมื่อเดินทางไปถึงจุดตัวอย่างแล้ว ทำการบันทึกค่าพิกัด ณ บริเวณนั้น โดยการเก็บค่าพิกัดของแปลงตัวอย่าง โดยใช้วิธี Differential Global Positioning System (DGPS) และอ้างอิงค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานของกรมที่ดิน ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งไม่เกิน 5 เมตร (เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2552) ทำการเก็บค่าพิกัด ณ จุดกึ่งกลางของแปลงตัวอย่างแต่ละแปลง (แสดงดังรูปที่ 3.5) โดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบพกพา และบันทึกค่าในระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator: UTM)



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งที่เก็บค่าพิกัดของข้อมูลในแปลงตัวอย่าง

7) หลังจากทำการเก็บค่าพิกัดครบทุกจุดตัวอย่างแล้ว จะนำข้อมูลที่ได้มาแยกประเภทออกจากกัน เพื่อนำไปใช้ในการสุ่มจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบของพื้นที่แต่ละประเภทต่อไป

### 3.6.2 การสุ่มจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบ (Random Training data and Testing data)

การสุ่มจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบนั้น จะนำค่าพิกัดที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม (จำนวน 663 จุด) มาทำการสลับที่เปลี่ยนแปลงตำแหน่งโดยการสุ่มแต่ละประเภทของพื้นที่ เพื่อเป็นการยืนยันผลหลังจากการทดลองและป้องกันการเกิดความเอนเอียง (Bias) ของความถูกต้องในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบที่ผ่านการสุ่มเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำมาใช้เป็นจุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 รูปแบบ

### 3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล จะทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบ่งการจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) ข้อมูลภาพถ่าย Landsat-8 OLI ที่ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบช่วงเวลาเดียว (Single date) 2) ข้อมูลภาพถ่าย Landsat-8 OLI ที่ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal) โดยมีการเพิ่มช่องสัญญาณซึ่งได้มาจากค่าดัชนีพืชพรรณ โดยทั้ง 2 รูปแบบของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายนั้นใช้จุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบที่ผ่านการสุ่มเรียบร้อยแล้วเป็นชุดข้อมูลเดียวกัน

นำภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 รูปแบบมาจำแนกโดยใช้เทคนิคการจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เนื่องจากเป็นวิธีการจำแนกแบบพารามตริก (Parametric Classifier) มีจุดเด่นคือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนก จะมีแค่ 2 ผลลัพธ์เท่านั้น คือ ใช่และไม่ใช่ ซึ่งสามารถทำให้เราแยกประเภทของพื้นที่ศึกษาออกจากกันได้อย่างชัดเจน หลักการทำงานของ Decision Tree คือ การสร้างเงื่อนไขขึ้นมาจากค่าที่เรากำหนดให้ เพื่อใช้ในการแยกพื้นที่ศึกษาออกเป็นประเภทต่างๆ โดยผลลัพธ์ที่ไม่ตรงกับค่าที่กำหนดให้จะถูกนำมาแยกประเภทต่อไปด้วยเงื่อนไขอื่นๆต่อไป จนได้ผลลัพธ์สุดท้ายตามประเภทที่เรากำหนดไว้

#### 3.7.1 การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณและสร้างเงื่อนไขในการจำแนก

การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณสำหรับงานวิจัยนี้ ได้เลือกการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณจำนวน 5 ค่าดัชนี ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของค่าสีลักษณะแต่ละค่าของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน คือ ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ค่าดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) ค่าดัชนีน้ำผิวดิน (LSWI) และดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) โดยจะใช้ข้อมูลช่วงคลื่นของข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat-8 OLI ในการคำนวณตามสมการในแต่ละวิธีการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.4



ตารางที่ 3.4 การแทนค่าในสมการดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI

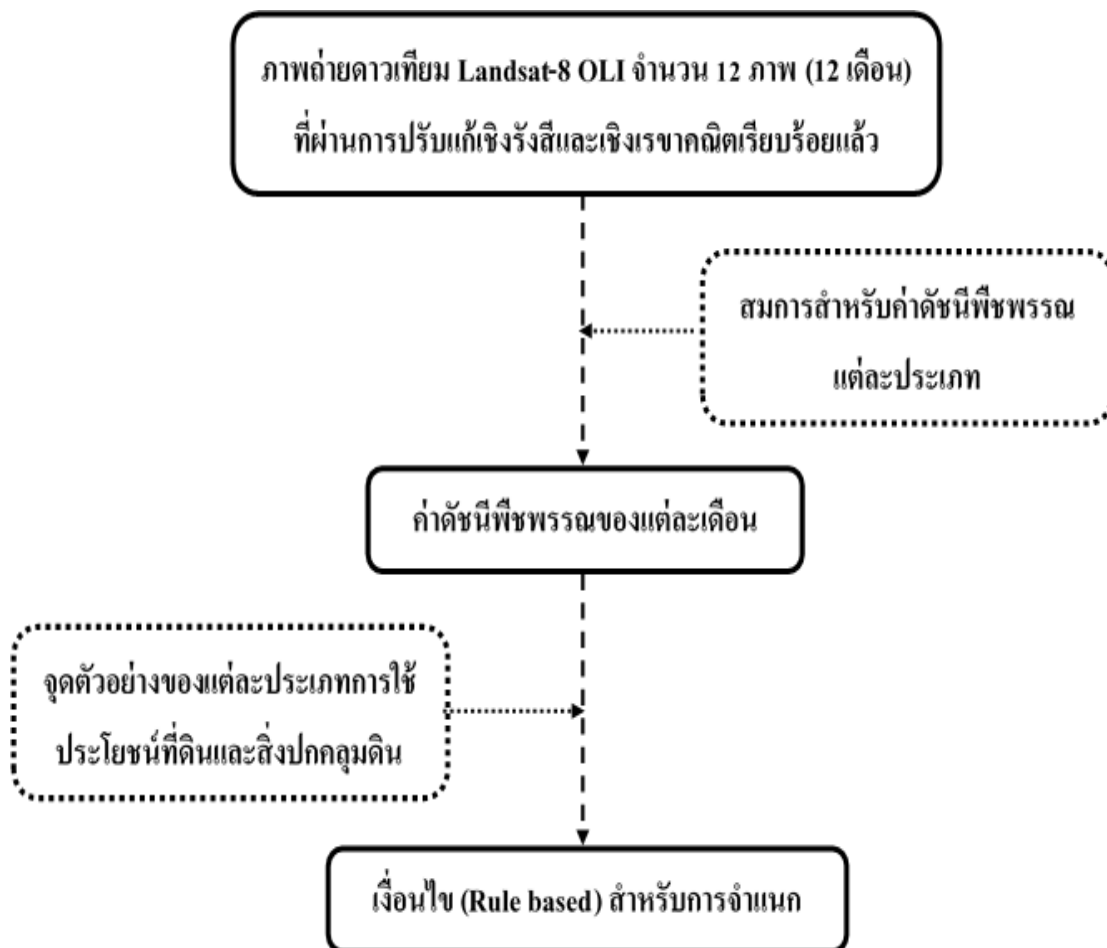
| รูปแบบสมการ   | การแทนค่าสมการ   |
|---|--|
| ดัชนีผลต่างพืชพรรณ<br><br>(Normalized Vegetation Index : NDVI)  |  |
| $\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}}$   | $\text{NDVI} = \frac{\text{B5} - \text{B4}}{\text{B5} + \text{B4}}$  |
| ดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ<br><br>(Enhance Vegetation Index : EVI)   |  |
| $\text{EVI} = 2.5 * \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + (6 \times \text{R}) - (7.5 \times \text{B}) + 1}$ | $\text{EVI} = 2.5 * \frac{\text{B5} - \text{B4}}{\text{B5} + (6 \times \text{B4}) - (7.5 \times \text{B2}) + 1}$ |
| ดัชนีผลต่างความชื้น<br><br>(Normalized Difference Water Index :<br>NDWI)  |  |
| $\text{NDWI} = \frac{\text{G} - \text{NIR}}{\text{G} + \text{NIR}}$   | $\text{NDWI} = \frac{\text{B3} - \text{B5}}{\text{B3} + \text{B5}}$  |

ตารางที่ 3.4 การแทนค่าในสมการดัชนีพืชพรรณ โดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI (ต่อ)

| รูปแบบสมการ  | การแทนค่าสมการ  |
|--|---|
| ดัชนีน้ำผิวดิน<br><br>(Land Surface Water Index : LSWI)              |   |
| $NDWI = \frac{NIR - SWIR1}{NIR + SWIR1}$                             | $NDWI = \frac{B5 - B6}{B5 + B6}$                      |
| ดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน<br><br>(Soil-adjusted Vegetation Index: SAVI) |   |
| $SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L} \times (1+L)$                    | $SAVI = \frac{B5 - B4}{B5 + B4 + 0.5} \times (1+0.5)$ |

หมายเหตุ NIR (Near Infrared Band), R (Red Band), G (Green Band), B (Blue Band), SWIR1 (Short-Wave Infrared1 Band), B2 (Band2 : Blue), B3 (Band3 : Green), B4 (Band4 : Red), B5 (Band5 : NIR), B6 (Band6 : SWIR1), L (ค่าการปกคลุมของพืช มีค่าระหว่าง 0-1 สำหรับการคำนวณใช้ค่า 0.5 ในการคำนวณ)

นำค่าดัชนีพืชพรรณจากการคำนวณข้างต้นมาสร้างเงื่อนไขเพื่อใช้ในการจำแนกด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ



รูปที่ 3.6 การคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณและการสร้างเงื่อนไข (Rule based) ในการจำแนก

### 3.8 การตรวจสอบความถูกต้อง

ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จะใช้การสร้างตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error Matrices) มาช่วยในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ถูกจำแนกทั้ง 2 ภาพ ประกอบด้วยข้อมูลภาพถ่าย Landsat-8 แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) และข้อมูลภาพถ่าย Landsat-8 แบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) โดยในการตรวจสอบความถูกต้องจะมีการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการจำแนก เพื่อทำการสรุปผลหาวิธีที่ดีที่สุดสำหรับการจำแนกต่อไป

สูตรคำนวณสำหรับการตรวจสอบค่าความถูกต้อง ได้แก่

- 1) ความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy)

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{ผลรวมจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ตรงกัน} \times 100}{\text{จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมดที่ใช้เป็นตัวอย่างตรวจสอบ}}$$

- 2) สัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa)

$$\hat{K}_1 = \frac{N(X_{ii}) - (X_{i+} * X_{+i})}{N^2(X_{i+}) - (X_{i+} * X_{+i})}$$

|       |          |     |                                      |
|-------|----------|-----|--------------------------------------|
| เมื่อ | $X_{ii}$ | คือ | จำนวนในแนวเฉียงของแถว i และคอลัมน์ i |
|       | $X_{i+}$ | คือ | จำนวนรวมในแถว i                      |
|       | $X_{+i}$ | คือ | จำนวนรวมในคอลัมน์ i                  |
|       | N        | คือ | จำนวนรวมทั้งหมด                      |

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI ช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 2 ชุดใช้จุดข้อมูลตัวอย่างและจุดข้อมูลทดสอบชุดเดียวกัน และอาศัยข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เพื่อช่วยในการคำนวณค่าความถูกต้องที่ได้จากการจำแนก โดยมีรายละเอียดดังนี้

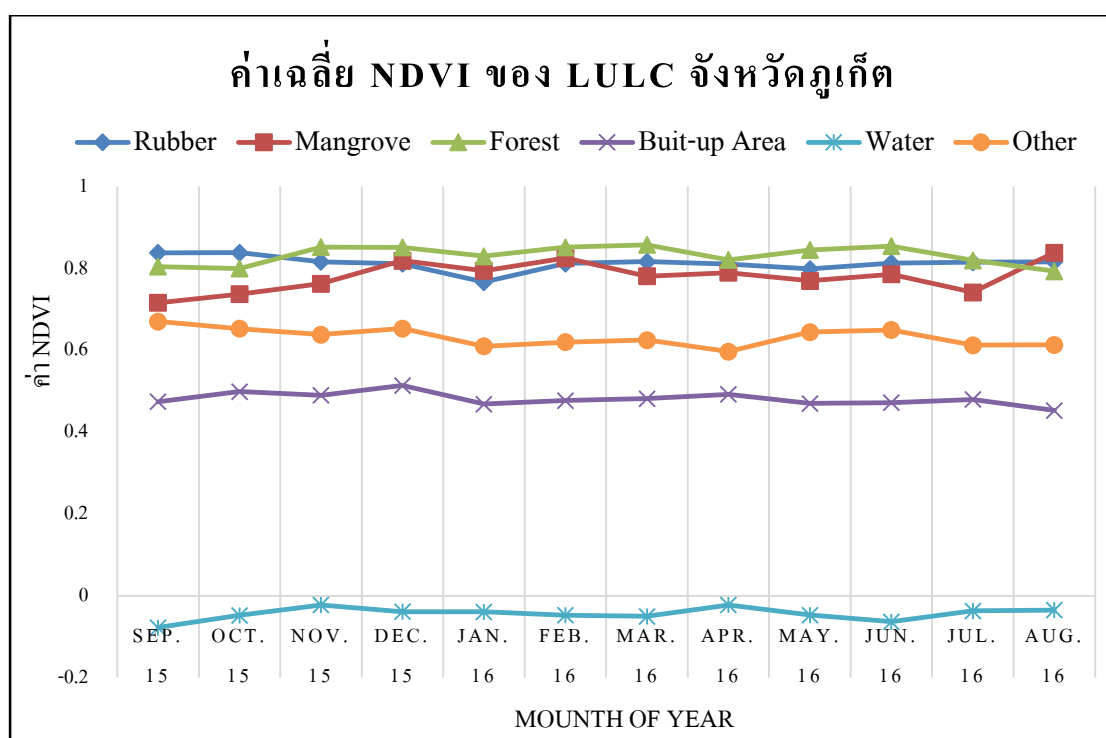
#### 4.1 การคำนวณค่าชีพลักษณ์

ก่อนทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จะต้องทำการคำนวณค่าชีพลักษณ์เพื่อใช้ในการสร้างช่วงคลื่น เพื่อให้ได้ช่วงคลื่นสำหรับใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินสำหรับการเปรียบเทียบและทดสอบประสิทธิภาพของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการใช้ชีพลักษณ์ (Phenology) มาช่วยในการจำแนก

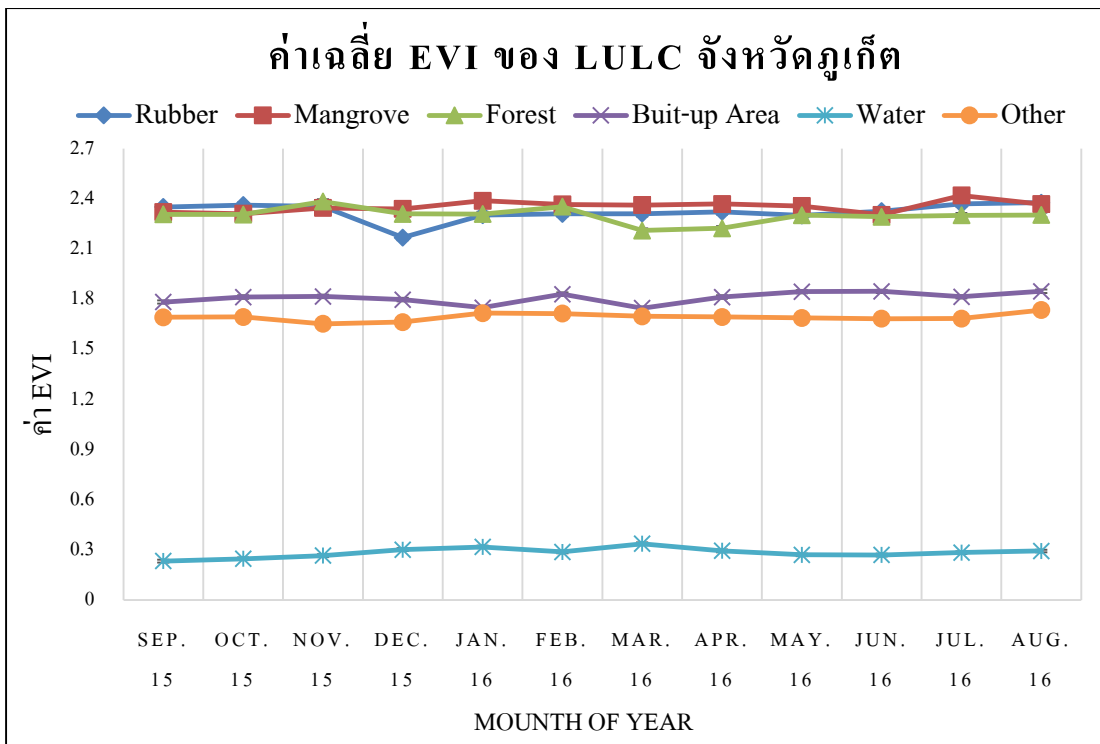
##### 4.1.1 การคำนวณค่าชีพลักษณ์ของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI

หลังจากที่ได้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI ที่ผ่านการปรับแก้เชิงตำแหน่งและเชิงรังสีเรียบร้อยแล้ว ทำการนำเข้าชุดข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเลือกภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI ที่ถ่ายในวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2559 เป็น Based ของการนำเข้าข้อมูล เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงกึ่งกลางของระยะเวลาที่ศึกษาและมีเมฆปกคลุมพื้นที่น้อยมาก

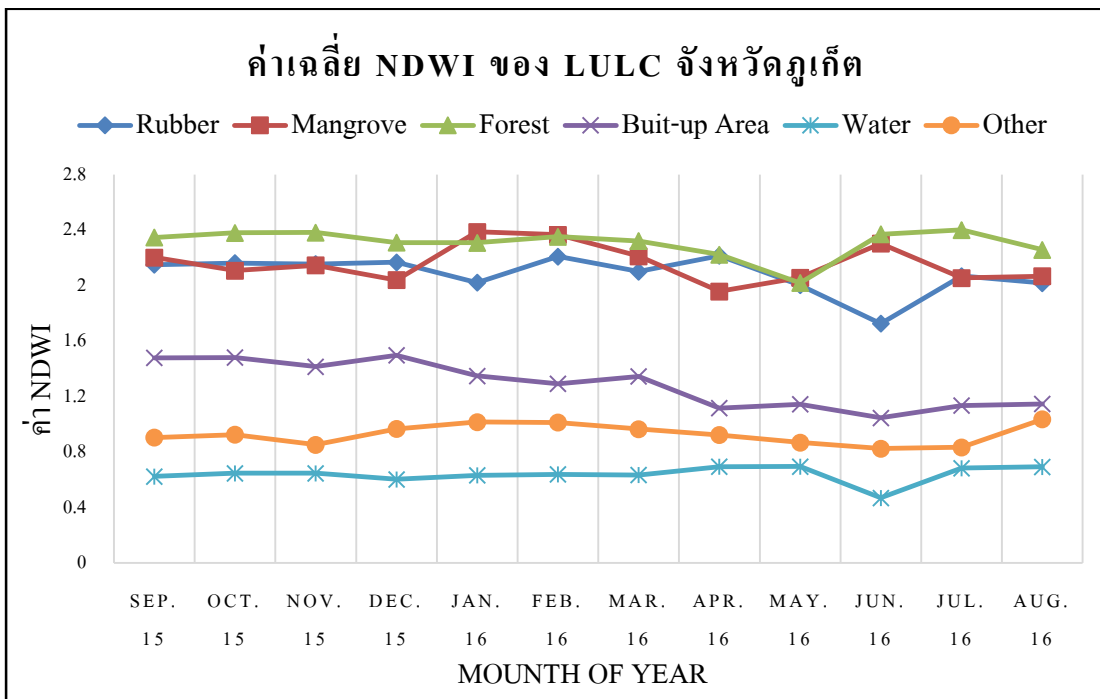
ผลจากการคำนวณค่าชี้พลักษณะของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI ของแต่ละประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดภูเก็ต โดยจะแสดงค่าเฉลี่ยของค่าชี้พลักษณะแต่ละค่าของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน คือ ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ค่าดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) ค่าดัชนีน้ำผิวดิน (LSWI) และค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) ดังรูป 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



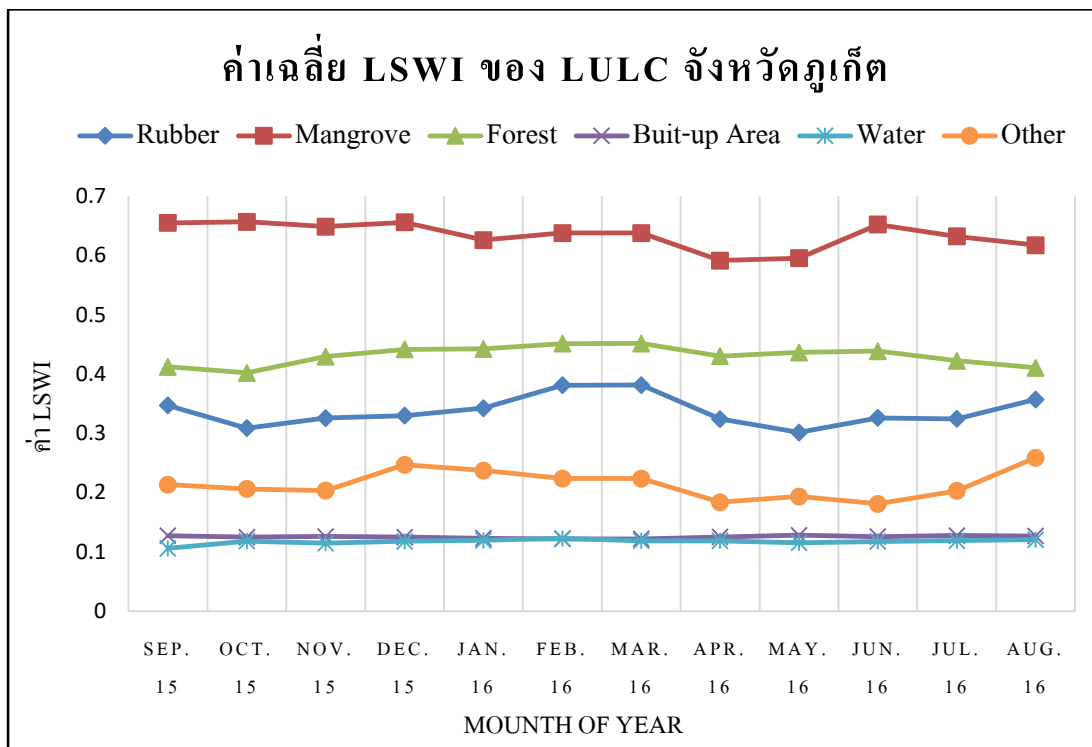
รูปที่ 4.1 กราฟค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (NDVI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต



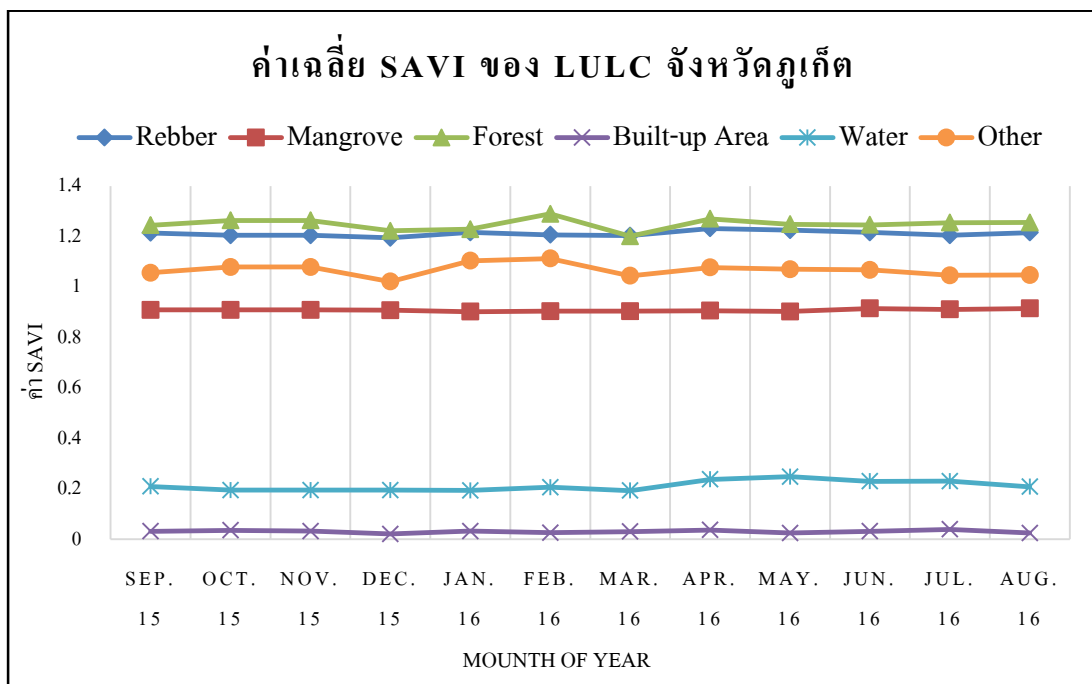
รูปที่ 4.2 กราฟค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต



รูปที่ 4.3 กราฟค่าดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต



รูปที่ 4.4 กราฟค่าดัชนีน้ำผิวดิน (LSWI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต



รูปที่ 4.5 กราฟค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดิน (SAVI) เฉลี่ยของ LULC จังหวัดภูเก็ต



#### 4.2 การสร้างช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต

หลังจากการคำนวณค่าซีพีลักษณะแล้ว นำค่าซีพีลักษณะที่ได้จากการคำนวณในแต่ละเดือนมาสร้างเป็นช่วงคลื่นเพิ่มเติมโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2559 เป็น Based สำหรับการเพิ่มช่วงคลื่น เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่อยู่กึ่งกลางระหว่างข้อมูลภาพถ่ายทั้งหมด และมีการปกคลุมของเมฆในพื้นที่ศึกษาน้อยที่สุด สามารถสร้างช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบช่วงเวลาเดียว (Single Date)

| ช่วงคลื่นที่ | คำย่อ   | ช่วงคลื่น  |
|--------------|---------|--|
| 1            | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559 |
| 2            | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559            |
| 3            | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559           |
| 4            | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559             |
| 5            | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559   |
| 6            | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559 |
| 7            | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559 |

ตารางที่ 4.2 ช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal)

| ช่วงคลื่นที่ | คำย่อ   | ช่วงคลื่น   |
|--------------|---------|---|
| 1            | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558   |
| 2            | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558              |
| 3            | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558             |
| 4            | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558               |
| 5            | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558     |
| 6            | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558   |
| 7            | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกันยายน 2558   |
| 8            | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558    |
| 9            | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558               |
| 10           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558              |
| 11           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558                |
| 12           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558      |
| 13           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558    |
| 14           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนตุลาคม 2558    |
| 15           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558 |
| 16           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558            |
| 17           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558           |
| 18           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558             |
| 19           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558   |
| 20           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558 |
| 21           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤศจิกายน 2558 |
| 22           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558   |
| 23           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558              |
| 24           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558             |
| 25           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558               |

| ช่วงคลื่นที่ | คำย่อ   | ช่วงคลื่น  |
|--------------|---------|--|
| 26           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558      |
| 27           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558    |
| 28           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนธันวาคม 2558    |
| 29           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559     |
| 30           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559                |
| 31           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559               |
| 32           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559                 |
| 33           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559       |
| 34           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559     |
| 35           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมกราคม 2559     |
| 36           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559 |
| 37           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559            |
| 38           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559           |
| 39           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559             |
| 40           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559   |
| 41           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559 |
| 42           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกุมภาพันธ์ 2559 |
| 43           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559     |
| 44           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559                |
| 45           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559               |
| 46           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559                 |
| 47           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559       |
| 48           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559     |
| 49           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมีนาคม 2559     |
| 50           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559     |
| 51           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559                |
| 52           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559               |
| 53           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559                 |

| ช่วงคลื่นที่ | คำย่อ   | ช่วงคลื่น  |
|--------------|---------|--|
| 54           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559     |
| 55           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559   |
| 56           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนเมษายน 2559   |
| 57           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559  |
| 58           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559             |
| 59           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559            |
| 60           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559              |
| 61           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559    |
| 62           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559  |
| 63           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนพฤษภาคม 2559  |
| 64           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559 |
| 65           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559            |
| 66           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559           |
| 67           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559             |
| 68           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559   |
| 69           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559 |
| 70           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนมิถุนายน 2559 |
| 71           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559  |
| 72           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559             |
| 73           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559            |
| 74           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559              |
| 75           | NIR     | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559    |
| 76           | SWIR1   | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559  |
| 77           | SWIR2   | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนกรกฎาคม 2559  |
| 78           | Coastal | Coastal Aerosol Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559  |
| 79           | Blue    | Blue Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559             |
| 80           | Green   | Green Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559            |
| 81           | Red     | Red Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559              |

| ช่วง<br>คลื่นที่ | คำย่อ  | ช่วงคลื่น   |
|------------------|--------|---|
| 82               | NIR    | Near Infrared Band ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559   |
| 83               | SWIR1  | Short Wave Infrared1 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559 |
| 84               | SWIR2  | Short Wave Infrared2 ของภาพ Landsat-8 OLI เดือนสิงหาคม 2559 |
| 85               | EVI01  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนกันยายน 2558                  |
| 86               | EVI02  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนตุลาคม 2558                   |
| 87               | EVI03  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนพฤศจิกายน 2558                |
| 88               | EVI04  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนธันวาคม 2558                  |
| 89               | EVI05  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนมกราคม 2559                   |
| 90               | EVI06  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนกุมภาพันธ์ 2559               |
| 91               | EVI07  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนมีนาคม 2559                   |
| 92               | EVI08  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนเมษายน 2559                   |
| 93               | EVI09  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนพฤษภาคม 2559                  |
| 94               | EVI10  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนมิถุนายน 2559                 |
| 95               | EVI11  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนกรกฎาคม 2559                  |
| 96               | EVI12  | ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณของเดือนสิงหาคม 2559                  |
| 97               | LSWI01 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนกันยายน 2558                       |
| 98               | LSWI02 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนตุลาคม 2558                        |
| 99               | LSWI03 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนพฤศจิกายน 2558                     |
| 100              | LSWI04 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนธันวาคม 2558                       |
| 101              | LSWI05 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนมกราคม 2559                        |
| 102              | LSWI06 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนกุมภาพันธ์ 2559                    |
| 103              | LSWI07 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนมีนาคม 2599                        |
| 104              | LSWI08 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนเมษายน 2559                        |
| 105              | LSWI09 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนพฤษภาคม 2559                       |
| 106              | LSWI10 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนมิถุนายน 2559                      |
| 107              | LSWI11 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนกรกฎาคม 2559                       |
| 108              | LSWI12 | ค่าดัชนีน้ำผิวดินของเดือนสิงหาคม 2559                       |
| 109              | NDVI01 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนกันยายน 2558                   |

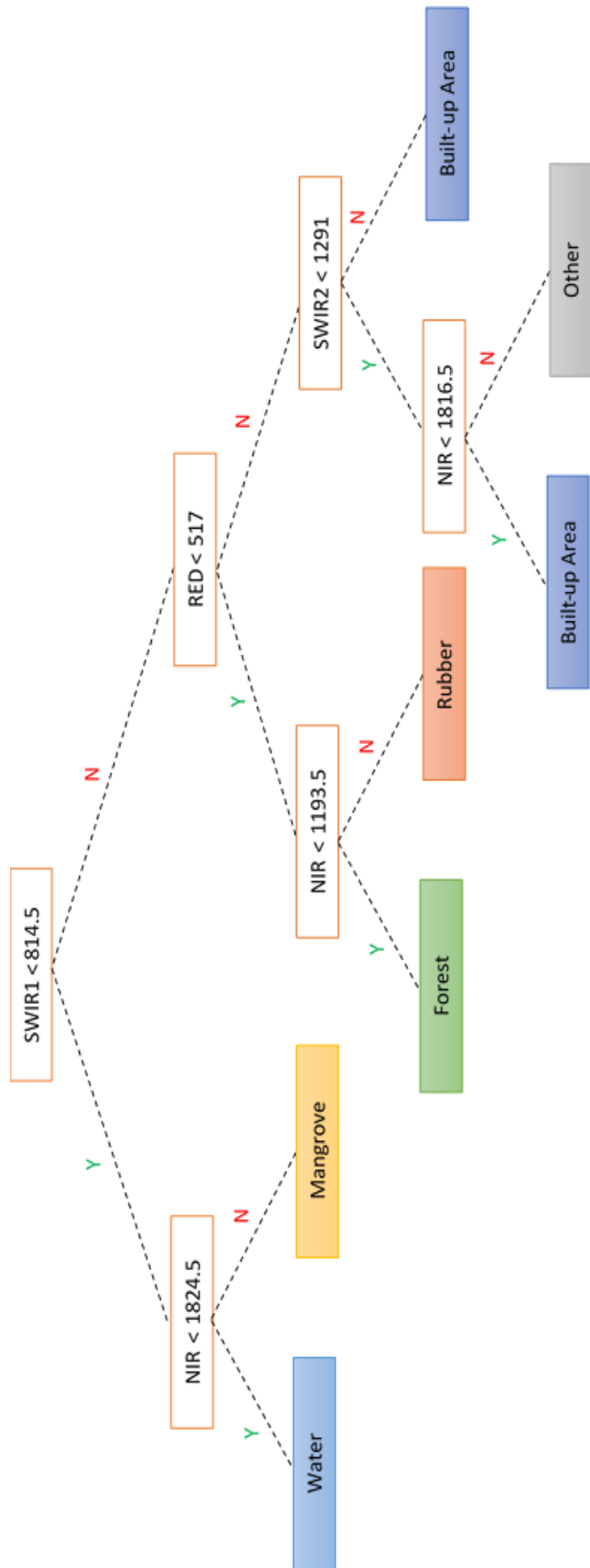
| ช่วง<br>คลื่นที่ | คำย่อ  | ช่วงคลื่น                                       |
|------------------|--------|---|
| 110              | NDVI02 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนตุลาคม 2558        |
| 111              | NDVI03 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนพฤศจิกายน 2558     |
| 112              | NDVI04 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนธันวาคม 2558       |
| 113              | NDVI05 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนมกราคม 2559        |
| 114              | NDVI06 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนกุมภาพันธ์ 2559    |
| 115              | NDVI07 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนมีนาคม 2559        |
| 116              | NDVI08 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนเมษายน 2559        |
| 117              | NDVI09 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนพฤษภาคม 2559       |
| 118              | NDVI10 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนมิถุนายน 2559      |
| 113              | NDVI11 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนกรกฎาคม 2559       |
| 120              | NDVI12 | ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณของเดือนสิงหาคม 2559       |
| 121              | NDWI01 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนกันยายน 2558      |
| 122              | NDWI02 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนตุลาคม 2558       |
| 123              | NDWI03 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนพฤศจิกายน 2558    |
| 124              | NDWI04 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนธันวาคม 2558      |
| 125              | NDWI05 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนมกราคม 2559       |
| 126              | NDWI06 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนกุมภาพันธ์ 2559   |
| 127              | NDWI07 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนมีนาคม 2559       |
| 128              | NDWI08 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนเมษายน 2559       |
| 129              | NDWI09 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนพฤษภาคม 2559      |
| 130              | NDWI10 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนมิถุนายน 2559     |
| 131              | NDWI11 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนกรกฎาคม 2559      |
| 132              | NDWI12 | ค่าดัชนีผลต่างความชื้นของเดือนสิงหาคม 2559      |
| 133              | SAVI01 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนกันยายน 2558   |
| 134              | SAVI02 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนตุลาคม 2558    |
| 135              | SAVI03 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนพฤศจิกายน 2558 |
| 136              | SAVI04 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนธันวาคม 2558   |
| 137              | SAVI05 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนมกราคม 2559    |

| ช่วง<br>คลื่นที่ | คำย่อ  | ช่วงคลื่น  |
|------------------|--------|--|
| 138              | SAVI06 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนกุมภาพันธ์ 2559 |
| 139              | SAVI07 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนมีนาคม 2559     |
| 140              | SAVI08 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนเมษายน 2559     |
| 141              | SAVI09 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนพฤษภาคม 2559    |
| 142              | SAVI10 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนมิถุนายน 2559   |
| 143              | SAVI11 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนกรกฎาคม 2559    |
| 144              | SAVI12 | ค่าดัชนีพืชพรรณปรับแก้ดินของเดือนสิงหาคม 2559    |

#### 4.3 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

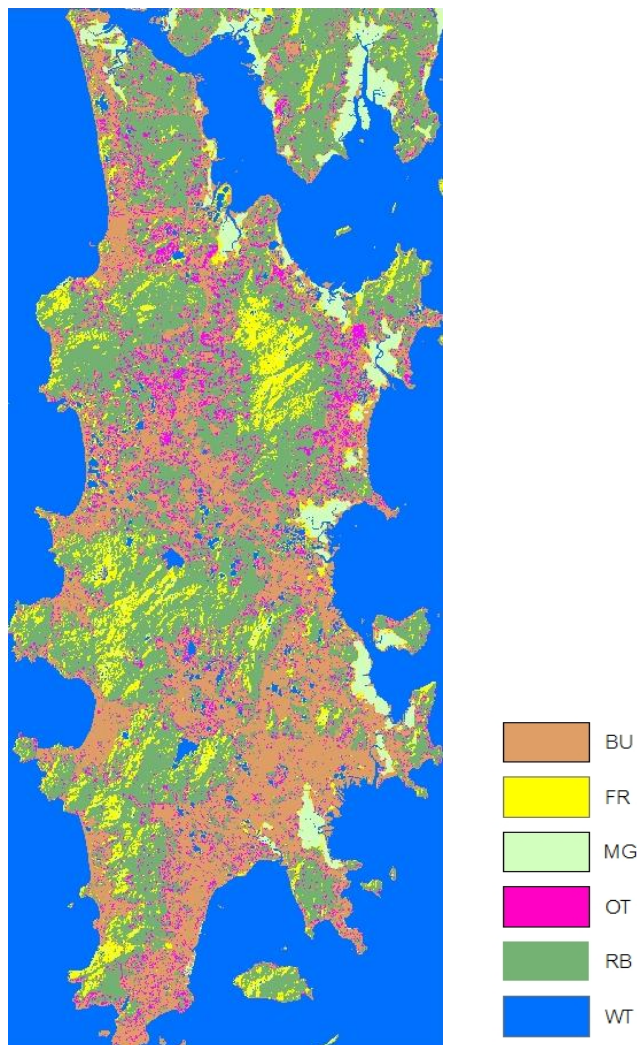
หลังจากสร้างช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกแล้ว นำภาพถ่ายดาวเทียมที่เพิ่มช่วงคลื่นสำหรับการจำแนกแล้ว (Multi Temporal Imagery) มาทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land Use and Land Cover: LULC) ออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และทำการเปรียบเทียบกับผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจของภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว (Single Date)

4.3.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)





รูปที่ 4.7 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

\* หมายเหตุ เมื่อ BU คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, FR คือ พื้นที่ป่าไม้, MG คือ พื้นที่ป่าชายเลน, RB คือ พื้นที่ปลูกยางพารา, OT คือ พื้นที่อื่นๆ และ WT คือ พื้นที่แหล่งน้ำ

**ตารางที่ 4.3** ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)\*

| Class | MG | FR | WT | RB | BU | OT | Total |
|-------|----|----|----|----|----|----|-------|
| MG    | 12 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 13    |
| FR    | 1  | 30 | 0  | 10 | 0  | 0  | 40    |
| WT    | 0  | 0  | 6  | 0  | 0  | 0  | 6     |
| RB    | 0  | 5  | 0  | 80 | 0  | 0  | 80    |
| BU    | 0  | 0  | 0  | 0  | 61 | 4  | 65    |
| OT    | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 41 | 44    |
| Total | 13 | 36 | 6  | 90 | 64 | 45 | 254   |

Overall Accuracy เท่ากับ 90.55%

Kappa Coefficient เท่ากับ 0.8804

\*หมายเหตุ เมื่อ BU คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, FR คือ พื้นที่ป่าไม้, MG คือ พื้นที่ป่าชายเลน, RB คือ พื้นที่ปลูกยางพารา, OT คือ พื้นที่อื่นๆ และ WT คือ พื้นที่แหล่งน้ำ

**ตารางที่ 4.4** พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

| Class                | พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) | คิดเป็นร้อยละ |
|----------------------|-------------------------|---------------|
| <b>Mangrove</b>      | 30.14173                | 5.775415047   |
| <b>Forest</b>        | 98.88146                | 18.9465393    |
| <b>Water</b>         | 7.15932                 | 1.371787368   |
| <b>Rubber</b>        | 197.39644               | 37.82285787   |
| <b>Built-up Area</b> | 78.6239701              | 15.06502978   |
| <b>Other</b>         | 109.69429               | 21.01837064   |

**ตารางที่ 4.5** ตารางแสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

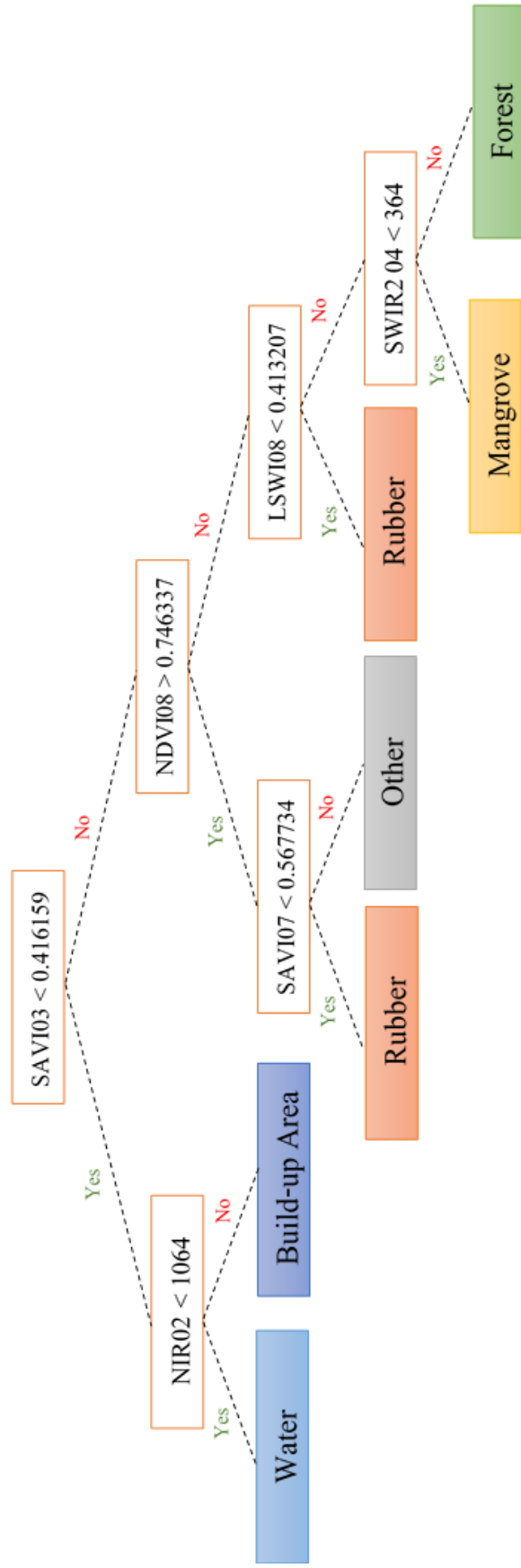
| Class                | Producer's Accuracy | User's Accuracy |
|----------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Mangrove</b>      | 92.31               | 92.31           |
| <b>Forest</b>        | 75.00               | 83.33           |
| <b>Water</b>         | 100.00              | 100.00          |
| <b>Rubber</b>        | 100.00              | 88.89           |
| <b>Built-up Area</b> | 93.85               | 95.31           |
| <b>Other</b>         | 93.18               | 91.11           |

จากผลการศึกษาที่ 4.3.1 พบว่า การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (ภาพถ่ายเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2559) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ สามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับการจำแนกได้ดังรูปที่ 4.6 ผลการจำแนกพบว่า มีการจำแนกพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ป่าชายเลนร้อยละ 5.76 พบมากบริเวณฝั่งตะวันตกของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 18.95 พบมากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และมีการกระจายตัวอยู่บ้างทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่ศึกษา พื้นที่แหล่งน้ำร้อยละ 1.37 พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 3 แหล่งใหญ่ๆ พื้นที่ปลูกยางพาราร้อยละ 37.82 พบมากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และมีการกระจายตัวอยู่บ้างทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่ศึกษา (พบในแนวรอยต่อกับพื้นที่ป่าไม้) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 15.07 พบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่พบมากบริเวณแหล่งท่องเที่ยวและพื้นที่อื่นๆ ร้อยละ 21.02 พบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา ปะปนกันไปกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งผลจากการจำแนกข้างต้น ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 90.55% และ 88.04% ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 4.3)

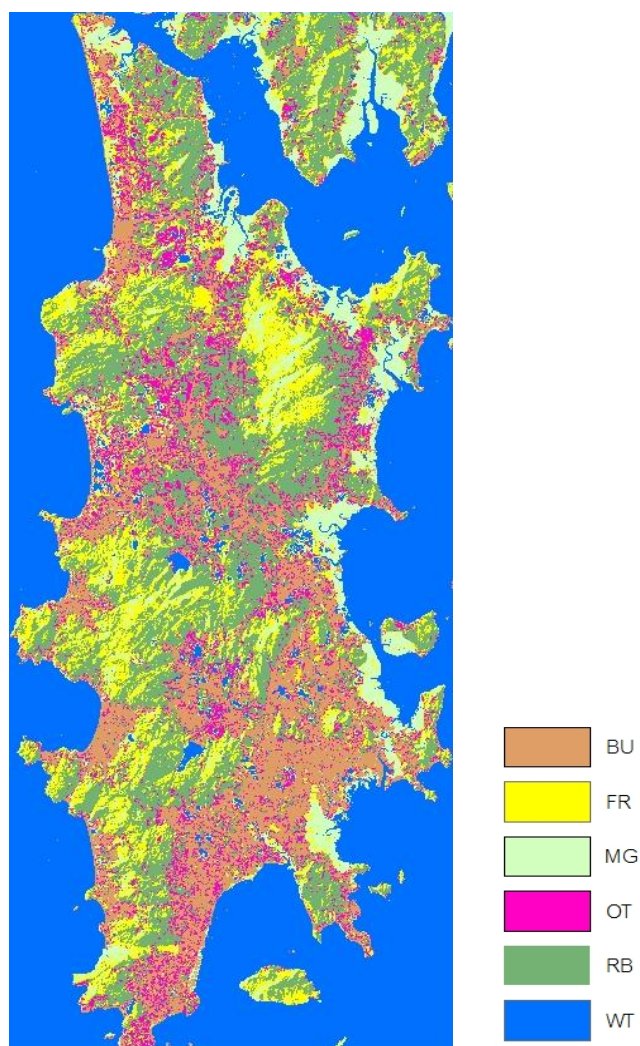
อีกทั้งยังพบว่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) ในแต่ละประเภทของการจำแนกอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (อยู่ในช่วง 75.00% – 100%) อย่างไรก็ตามสำหรับการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ (มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต เท่ากับ 75%) ยังมีการปะปนโดยมีการจำแนกไปเป็นพื้นที่ปลูกยางพารา และพื้นที่ป่าชายเลน (แสดงให้เห็นได้จากค่าความถูกต้องของผู้ใช้

(User' Accuracy) จากตารางที่ 4.5 ของพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ปลูกยางพารา และพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งอยู่ในช่วง 83.33% – 92.31%) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากค่าการสะท้อนที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาสร้างเงื่อนไขสำหรับการจำแนกทำให้ไม่สามารถแยกพื้นที่ดังกล่าวออกจากกันได้อย่างชัดเจน อีกทั้งพื้นที่ศึกษาบริเวณดังกล่าวยังเป็นพื้นที่รอยต่อระหว่าง 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งพบมากบริเวณเขาพระแก้ว จังหวัดภูเก็ต และบริเวณป่าชายเลนรอบๆ จังหวัดภูเก็ต และผลจากการออกภาคสนามก็ยิ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันและต่อเนื่องกันไป ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความผิดพลาดดังกล่าว โดยแผนที่แสดงการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเลนแซท 8 แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) แสดงดังภาพที่ 4.11

4.3.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)



รูปที่ 4.8 เงื่อนไขสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)



**รูปที่ 4.9** ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

\* หมายเหตุ เมื่อ BU คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, FR คือ พื้นที่ป่าไม้, MG คือ พื้นที่ป่าชายเลน, RB คือ พื้นที่ปลูกยางพารา, OT คือ พื้นที่อื่นๆ และ WT คือ พื้นที่แหล่งน้ำ

ตารางที่ 4.6 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)\*

| Class        | MG | FR | WT | RB | BU | OT | Total      |
|--------------|----|----|----|----|----|----|------------|
| MG           | 13 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 13         |
| FR           | 0  | 36 | 0  | 0  | 0  | 0  | 36         |
| WT           | 0  | 0  | 6  | 0  | 0  | 0  | 6          |
| RB           | 0  | 0  | 0  | 90 | 0  | 0  | 90         |
| BU           | 0  | 0  | 0  | 0  | 62 | 2  | 64         |
| OT           | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 43 | 45         |
| <b>Total</b> | 13 | 36 | 6  | 90 | 64 | 45 | <b>254</b> |

Overall Accuracy เท่ากับ 98.42%

Kappa Coefficient เท่ากับ 0.9792

\* หมายถึง เมื่อ BU คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, FR คือ พื้นที่ป่าไม้, MG คือ พื้นที่ป่าชายเลน, RB คือ พื้นที่ปลูกยางพารา, OT คือ พื้นที่อื่นๆ และ WT คือ พื้นที่แหล่งน้ำ

ตารางที่ 4.7 พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

| Class         | พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) | คิดเป็นร้อยละ |
|---------------|-------------------------|---------------|
| Mangrove      | 30.14173                | 5.812455332   |
| Forest        | 97.38286                | 18.77906556   |
| Water         | 7.15932                 | 1.380585245   |
| Rubber        | 198.89504               | 38.3544188    |
| Built-up Area | 75.298143               | 14.52030433   |
| Other         | 109.69429               | 21.15317073   |

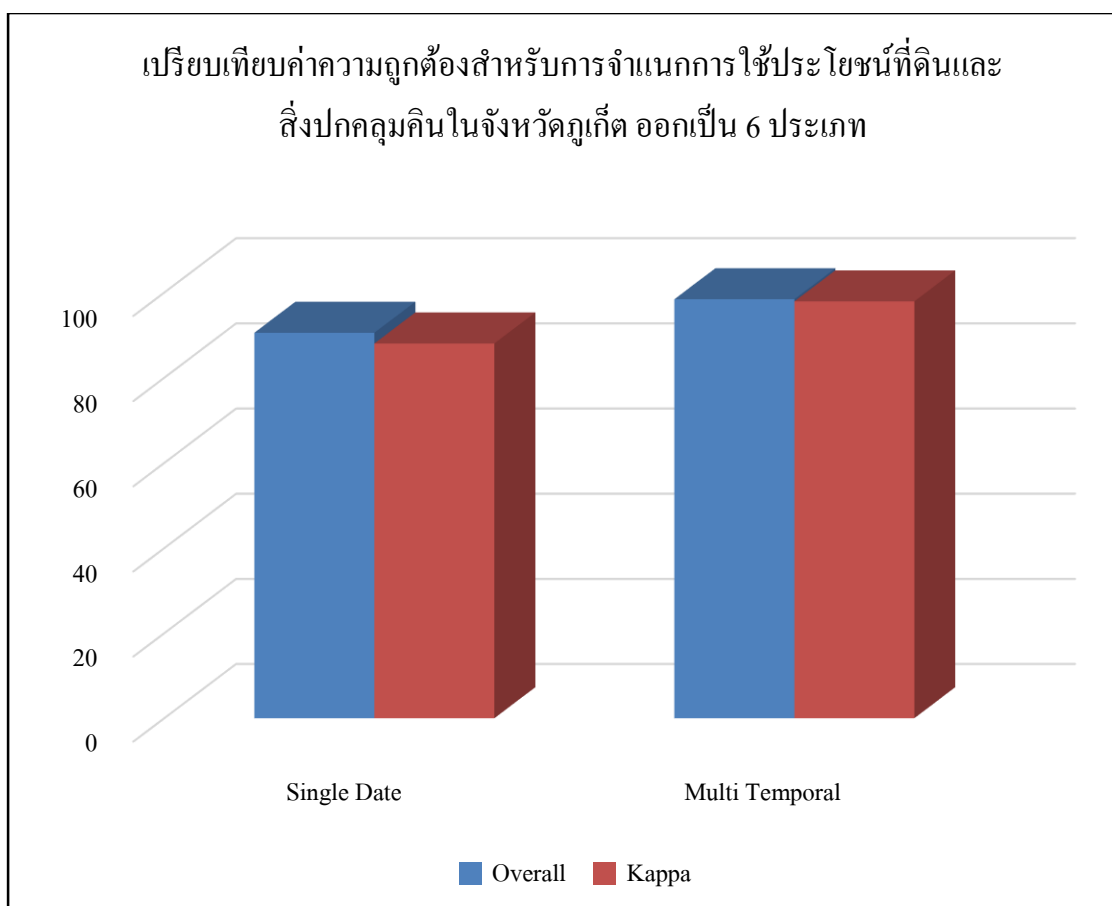
**ตารางที่ 4.8** ตารางแสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree)

| Class                | Producer's Accuracy | User's Accuracy |
|----------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Mangrove</b>      | 100.00              | 100.00          |
| <b>Forest</b>        | 100.00              | 100.00          |
| <b>Water</b>         | 100.00              | 100.00          |
| <b>Rubber</b>        | 100.00              | 100.00          |
| <b>Built-up Area</b> | 96.88               | 96.88           |
| <b>Other</b>         | 95.56               | 95.56           |

จากผลการศึกษาที่ 4.3.2 พบว่า การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบหลายช่วงเวลา ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ โดยมีค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบปกติ (NDVI) ค่าดัชนีเน้นภาพพืชพรรณ (EVI) ค่าดัชนีผลต่างความชื้น (LSWI) ค่าดัชนีน้ำผิวดิน (NDWI) และค่าดัชนีปรับแก้ดิน (SAVI) ที่คำนวณจากจุดข้อมูลการสอน (Training) ทั้ง 12 ภาพ สามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับการจำแนกได้ดังรูปที่ 4.8 ผลการจำแนกพบว่า มีการจำแนกพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ป่าชายเลนร้อยละ 5.81 พบมากบริเวณฝั่งตะวันตกของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 18.78 พบมากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และมีการกระจายตัวอยู่บ้างทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่ศึกษา พื้นที่แหล่งน้ำร้อยละ 1.38 พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย 3 แหล่งใหญ่ๆ พื้นที่ปลูกยางพาราร้อยละ 38.35 พบมากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และมีการกระจายตัวอยู่บ้างทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่ศึกษา (พบในแนวรอยต่อกับพื้นที่ป่าไม้) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างร้อยละ 14.52 พบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่พบมากบริเวณแหล่งท่องเที่ยว และพื้นที่อื่นๆร้อยละ 21.15 พบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่ศึกษา ปะปนกันไปกับพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งผลจากการจำแนกข้างต้น ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 98.42% และ 87.92% ตามลำดับ (แสดงดังตารางที่ 4.6) อีกทั้งยังพบว่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) ในแต่ละประเภทของการจำแนกอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (อยู่ในช่วง 95.56% – 100%) ซึ่งยังพบค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นเล็กน้อย



สำหรับการจำแนกพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ออกจากพื้นที่อื่นๆ (มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตเท่ากับ 95.56% และ 96.88% ตามลำดับ) ซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจากตัวแปรต้นของการศึกษาในครั้งนี้ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 5 ประเภทดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น มุ่งเน้นที่จะทำการจำแนกพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณออกจากกันเป็นหลัก ทำให้ส่งผลต่อพื้นที่อื่นๆ ที่มีพืชพรรณปกคลุมเพียงเล็กน้อย หรือไม่มีพืชพรรณเลย เกิดความผิดพลาดขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นค่าความถูกต้องที่ได้จากการจำแนกยังอยู่ในระดับที่สูง (มีค่าเท่ากับ 95.56% และ 96.88%) ซึ่งถือได้ว่ามีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้นน้อยมาก โดยแผนที่แสดงการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท 8 แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) แสดงดังภาพที่ 4.12

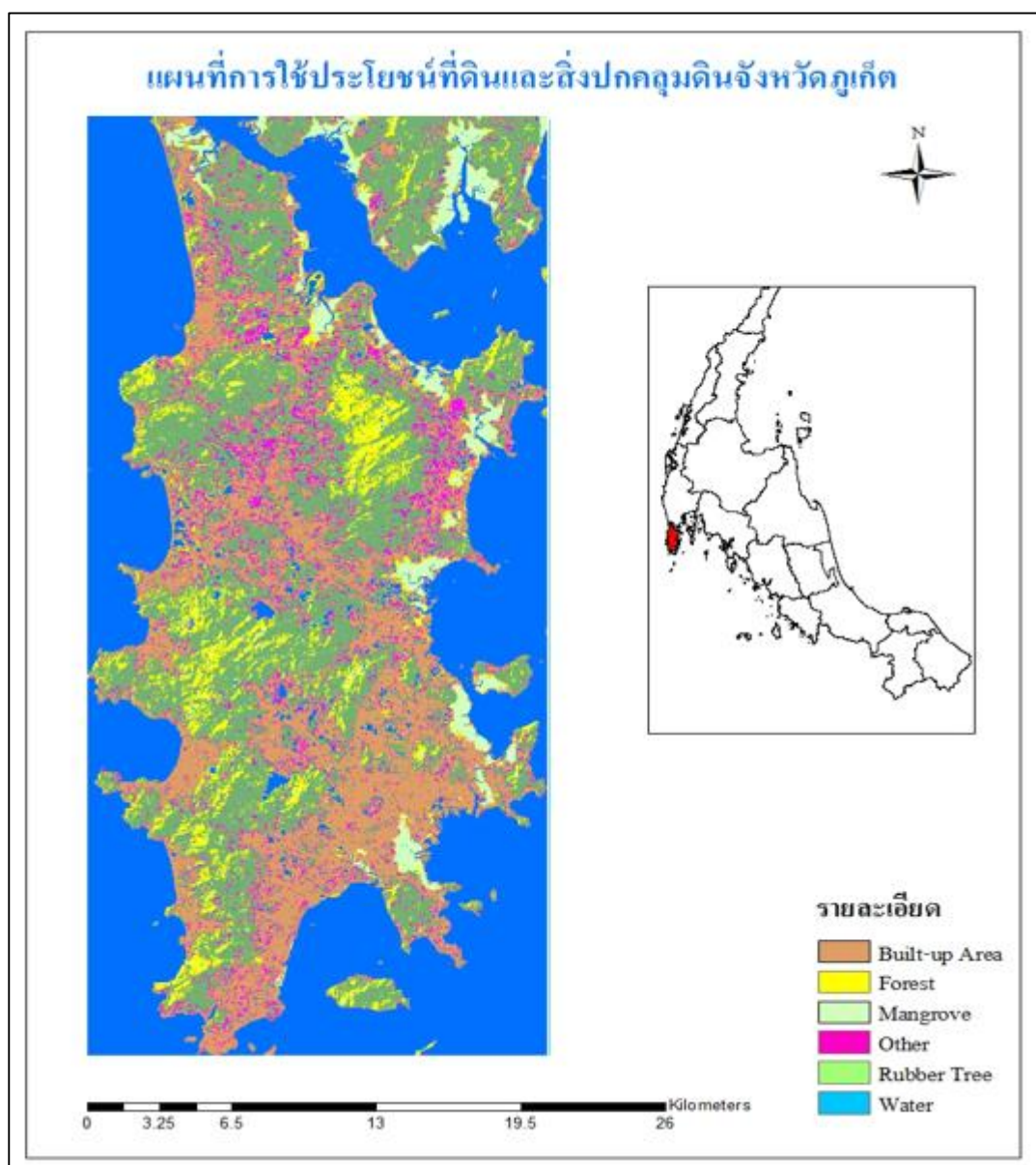


รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนก LULC จังหวัดภูเก็ตออกเป็น 6 ประเภท

จากผลการศึกษาที่ 4.1.1 และ 4.1.2 สามารถสรุปได้ว่าภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal) สามารถใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ตออกเป็น 6 ประเภท ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจได้ดีกว่าการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมแบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนก เท่ากับ 98.42% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 97.92% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่าความถูกต้องที่สูงสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยทั่วไป

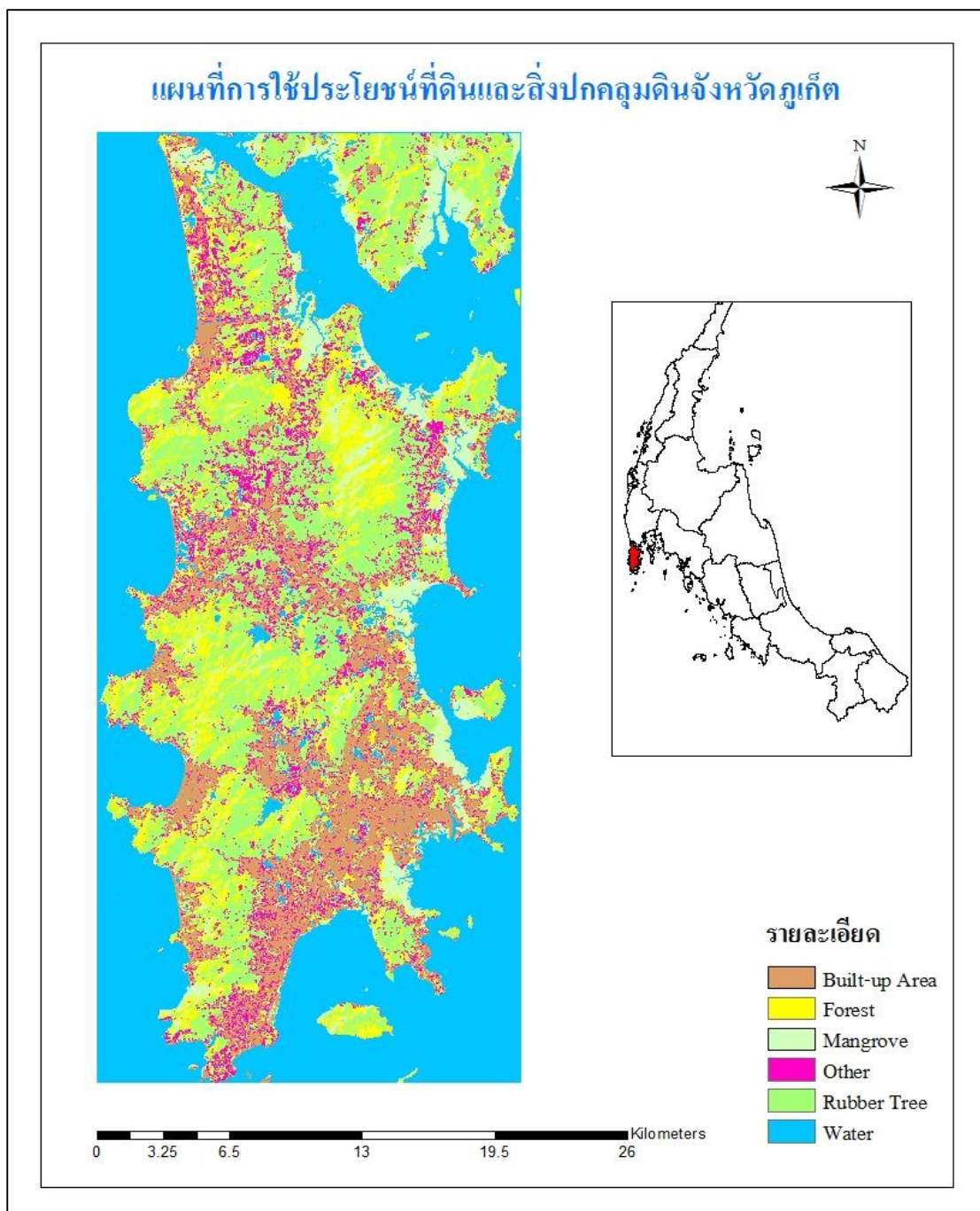
#### 4.4 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต

4.4.1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตออกเป็น 6 ประเภท โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท 8 แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date)



รูปที่ 4.11 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท 8 แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date)

4.4.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตออกเป็น 6 ประเภท โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท 8 แบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery)



รูปที่ 4.12 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดภูเก็ตโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท 8 แบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery)

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลของงานวิจัยการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจังหวัดภูเก็ตจากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ด้วยคุณสมบัติทางชีพลักษณ์ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ทำการศึกษาและประเมินความถูกต้องของการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ชีพลักษณ์ (Phenology-Based) ในการจำแนก ด้วยวิธีการจำแนกแบบต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8 ร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม และค่าดัชนีพืชพรรณซึ่งเป็นตัวแทนของชีพลักษณ์ในการจำแนกข้อมูล สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การทดสอบความสามารถในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่าย Landsat-8 OLI ช่วงเวลาเดียวด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียวด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ สามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับการจำแนกได้ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งทำให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกเท่ากับ 90.55% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 88.04% ซึ่งจากผลการจำแนกยังพบความผิดพลาดเกิดขึ้นระหว่างการจำแนกพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ปลูกยางพารา และพื้นที่ป่าชายเลนออกจากกัน (แสดงดังตารางที่ 4.3) เนื่องจากค่าการสะท้อนที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม มีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาสร้างเงื่อนไขสำหรับการจำแนกทำให้ไม่สามารถแยกพื้นที่ดังกล่าวออกจากกันได้อย่างชัดเจน

5.1.2 การทดสอบความสามารถในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่าย Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลาด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal Imagery) ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ สามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับการจำแนกได้ดังรูปที่ 4.8 ซึ่งทำให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกเท่ากับ 98.42% และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 97.92% ซึ่งจากผลการจำแนกยังพบเราสามารถจำแนกพื้นที่ป่าไม้ออกจากพื้นที่ปลูกยางพารา และพื้นที่ป่าชายเลนได้อย่างชัดเจน (แสดงดังตารางที่ 4.6) เนื่องจากภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal) อาศัยคุณสมบัติของชีวลักษณ์ของพืชเข้ามาช่วยในการจำแนก กล่าวคือพืชต่างชนิดกัน ย่อมมีคุณสมบัติของชีวลักษณ์ของพืชแตกต่างกันออกไป ทำให้เราสามารถจำแนกพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ปลูกยางพารา และพื้นที่ป่าชายเลนออกจากกันได้อย่างชัดเจน

5.1.3 การเปรียบเทียบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ตระหว่างการจำแนกแบบช่วงเวลาเดียว (Single date) และแบบหลายช่วงเวลา (Multi Temporal)

จากผลการศึกษาในข้อ 5.1.1 และ 5.1.2 ยังแสดงให้เห็นอีกว่า การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ตโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสำหรับการจำแนกและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสูงกว่าการจำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว จึงสรุปได้ว่า การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในจังหวัดภูเก็ตด้วยภาพถ่ายหลายช่วงเวลา ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและดีกว่าการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายแบบช่วงเวลาเดียว

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เราสามารถนำชีวลักษณ์มาช่วยในการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ในเขตร้อนชื้น และมีความหลากหลายของพืชพรรณได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Edoardo Simonetti, *et al.* (2014) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการจำแนกสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal) กับการจำแนกโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single date) บริเวณอุทยานแห่งชาติ 5 อุทยานในแอฟริกาตะวันออก โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายหลายช่วงเวลา (Multi Temporal) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 89.9% ซึ่งสูงกว่าว่าการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ภาพถ่ายช่วงเวลาเดียว (Single Date) อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bangqian Chen, *et al.* (2015) ที่ต้องการ

จำแนกพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชพรรณในบริเวณเดียวกันออกเป็นประเภทต่างๆ ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางพารา พื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่ปลูกพืชไร่ โดยได้ทำการศึกษาที่มณฑลยูนนาน ประเทศจีน โดยผลการศึกษาที่ได้แสดงค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 95.2% และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.85

ถึงแม้ผลการศึกษาจะให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูง อย่างไรก็ตามยังพบการปะปนกันระหว่างพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง กับพื้นที่อื่นๆอีกจำนวนเล็กน้อย ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจมีการศึกษาการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่สูงกว่าภาพถ่ายดาวเทียมแลนแซท 8 และอาจศึกษาการจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบอื่นด้วย ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจช่วยในการลดการปะปนกันของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดินที่ยังมีปัญหาในการจำแนกได้

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดินในพื้นที่ขนาดเล็ก และมีการปะปนกันของสิ่งปลูกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นจำนวนมากเป็นเรื่องยากในการจำแนก เพื่อการลดการปะปนกันของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำแนกควรใช้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง และอาศัยการเก็บข้อมูลภาคสนามในบริเวณนั้นๆ เพิ่มมากขึ้น

2) การศึกษาครั้งต่อไปอาจมีการเพิ่มค่าดัชนีพืชพรรณให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยในการจำแนกพื้นที่ที่มีความซับซ้อนให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3) ถึงแม้ว่าผลการจำแนกที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-8 OLI หลายช่วงเวลา (Multi Temporal) ให้ความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปามากกว่าผลการจำแนกที่ได้จากข้อมูล Landsat-8 OLI แบบช่วงเวลาเดียว (Single Date) แต่ในการจำแนกพื้นที่ที่ต้องการความละเอียดมากขึ้น การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูง และมีหลายช่วงคลื่นจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการศึกษาครั้งต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. (2547). “ชีพลักษณ์ ลักษณะดอกและผล และความสำเร็จการสืบพันธุ์ของไม้มะขามป้อม.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ : <http://web1.forest.go.th/forest/silvic/Report/p2.pdf> (วันที่ 1 มีนาคม 2560).
- ขนิษฐา สุทธิบริบาล , สมณิมิตร พุกงาม และ ปิยพงษ์ ทองดีนอก. (2554.) “การประเมินค่าความชื้นในดินโดยใช้ดัชนีพีชพรรณ บริเวณไร่มันสำปะหลัง อำเภอบรบือ จังหวัดนครราชสีมา.” วารสารวนศาสตร์, 30(3), 24-32.
- แคสเสด มงคลสวัสดิ์ และ ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. (2552). “แนวทางการใช้ดัชนีพีชพรรณและความชื้นของข้อมูลดาวเทียมหลายช่วงเวลาเพื่อติดตามตรวจสอบความแห้งแล้งจากสถานะด้านชีพลักษณ์ของป่ามรสุมเขตร้อน.”, วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2(4) ,33-53.
- เฉลิมชนม์ สติระพจน์. (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์: ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (*Global Positioning System: GPS*), สำนักงานพัฒนาอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), กรุงเทพมหานคร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย, สำนักพิมพ์สุวีรยาสานัน, กรุงเทพมหานคร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2543). *พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์: ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ครั้งที่ 4*, ราชบัณฑิตยสถาน, กรุงเทพฯ.
- สมพร ขอบธรรม. (2551). “เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอบึงขัง จังหวัดนครราชสีมา.”, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาภูมิสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- สมพร สง่างศ์. (2552). *การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินสิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์*, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- สรรคัใจ กลิ่นดาว. (2550). *การสำรวจจากระยะไกล : การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น*, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.



## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ศศิภานต์ ไพลกลาง. (2554). “การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียมรีดอสโดยการวิเคราะห์ค่าลายผิว.”, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาภูมิสารสนเทศ (การรับรู้จากระยะไกล), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- A. Huete , K. Didan, T. Miura, E.P. Rodriguez, X. Gao and L.G. Ferreira. (2002.) “ Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices.”, *Remote Sensing of Environment*, 83, 195 – 213.
- Bangqian Chen, *et all.* (2015). “Mapping Tropical Forests and Deciduous Rubber Plantations in Hainan Island, China by Integrating PALSAR 2.5-m and Multi-temporal Landsat Images.”, *Remote Sening.*, (Inpress)
- Dyah R. Panuju and Bambang H. Trisasongko (2012). “Seasonal Pattern of Vegetative Cover from NDVI TimeSeries.”, *Tropical Forests*, Dr. Padmini Sudarshana (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0255-7, InTech, (Online) Available from :<http://www.intechopen.com/books/tropical-forests/seasonal-pattern-of-vegetative-cover-from-ndvi-time-series> (25 March 2017).
- Edoardo Simonetti, Dario Simonetti, and Damiano Preatoni. (2014). “Phenology-based Land Cover Classification using Landsat 8 Time Series.”, *JRC TECHNICAL REPORTS.*, 1-57.
- Hui Fan, Xiaohua Fu, Zheng Zhang and Qiong Wu. (2015). “Phenology-Based Vegetation Index Differencing for Mapping of Rubber Plantations Using Landsat OLI Data.” *Remote Sening.*, 7, 6041-6058.
- James R. Anderson, Ernest E. Hardy, John T. Roach, and Richard E. (1976). “A Land Use and Land Cover Classification System for Use With Remote Sensor Data.” United States Government Printing Office., Washington.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- K. Chandrasekara, M. V. R. Sesha Saia, and G. Beheraa. (2011). “Assessment of Early season agricultural drought through land surface water index (lswi) and soil water balance model.” Proceeding of International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2011, Bhopal India : 8 November 2011.
- Peng Li, Luguang Jiang and Zhiming Feng. (2014). “Cross-Comparison of Vegetation Indices Derived from Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) Sensors.” Remote Sensing., 6, 310-329
- USGS. (2015). “Landsat 8 Bands”. (Online) Available on <http://landsat.gsfc.nasa.gov> (1 November 2015).
- Xiaoyang Zhang, Mark A. Friedl, Crystal B. Schaaf, Alan H. Strahler , John C.F. Hodges, Feng Gao, Bradley C. Reed and Alfredo Huete. (2003). “Monitoring Vegetation Phenology Using MODIS”, Remote Sensing of Environment, 84, 471 – 475 .
- Xiaoyang Zhang, Mark A. Friedl and Crystal B. Schaaf. (2006.) “Global Vegetation Phenology from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Evaluation of Global Patterns and Comparison with in Situ Measurements.” (Online) Available from : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006JG000217/full> (12 February 2017).
- Xi Yang, John F. Mustard, Jianwu Tang and Hong Xu. (2012.) “Regional-Scale Phenology Modeling Based on Meteorological Records and Remote Sensing Observations.” (Online) Available from : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2012JG001977/full> (20 March 2016).