

การตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตเกษตรกรรมด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค
การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล กรณีศึกษา : อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น



นางสาวศุภาวีร์ เปี่ยมด้วยธรรม


ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A REMOTE SENSING APPROACH FOR AGRICULTURAL IDLE LAND IDENTIFICATION :
A CASE STUDY OF BANPHAI DISTRICT, KHONKAEN, THAILAND



Miss Supawee Piamduaytham

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in

Spatial Information System in Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตเกษตรกรรมด้วยการ
ประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล
กรณีศึกษา : อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น

โดย

นางสาวศุภาวีร์ เปี่ยมด้วยธรรม

สาขาวิชา

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม

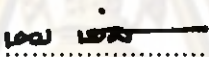
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ


อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

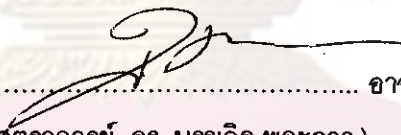
อาจารย์ ดร. ชัยโชค ไวกาษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

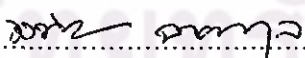

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศนिरุวงศ์)

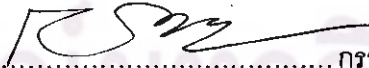
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อธิธิ ตริวิสิทธ์ยวงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ)

ไชโชค ไวกาษา
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ชัยโชค ไวกาษา)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ธงทิศ ฉายากุล)


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

ศุภาวีร์ เปี่ยมด้วยธรรม : การตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตเกษตรกรรมด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล กรณีศึกษา : อ. บ้านไผ่ จ. ขอนแก่น. (A REMOTE SENSING APPROACH FOR AGRICULTURAL IDLE LAND IDENTIFICATION : A CASE STUDY OF BANPHAI DISTRICT, KHONKAEN, THAILAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อาจารย์ ดร.ชัยโชค ไวกษา ,93 หน้า.

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เสนอวิธีการในการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตพื้นที่เกษตรกรรมของอำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ด้วยเทคนิควิธีการของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ซึ่พลักซ์ณั และข้อมูลภาพถ่ายเทียมหลายช่วงเวลา ซึ่งจากการทดลองใช้เทคนิควิธีการดังกล่าว พบว่าในเขตพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ทิ้งร้างค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่คำนวณได้จะมีค่าต่ำ (NDVI ใกล้เคียง 0) และมีค่าใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลา แตกต่างจากพื้นที่ที่กิจกรรมการเพาะปลูกที่ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์คำนวณได้จะมีค่าสูง (NDVI > 0.5) ในช่วงระยะเวลาที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ และเมื่อทดสอบผลการจำแนกของ NDVI time series ในรูปของ Confusion Matrix จากเทคนิคการวิธีการจำแนกความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ร้อยละ 98.80 วิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 89.20 และวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 87.80 ยืนยันกับสมมติฐานในการวิจัยที่ว่า สามารถใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างได้ ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำเทคนิควิธีการที่น่าเสนอ นำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตเกษตรกรรมในเขตพื้นที่อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ.....
สาขาวิชาการบรรณสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา...2552

ลายมือชื่อผู้ผลิต ศุภาวีร์ เปี่ยมด้วยธรรม.....
ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ชัยโชค ไวกษา

4970613121 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEYWORDS : NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) /

PHENOLOGICAL CYCLES / MULTI-TEMPORAL SATELLITE IMAGES /

CHANGE DETECTION

SUPAWEE PIAMDUAYTHAM : A REMOTE SENSING APPROACH FOR
AGRICULTURAL IDLE LAND IDENTIFICATION : A CASE STUDY OF
BANPHAI DISTRICT, KHONKAEN, THAILAND. THESIS ADVISOR :
ASSOCIATE PROFESSOR BANJERD PHALAKARN, Ph.D. THESIS CO-
ADVISOR : CHAICHOKE VAIPHASA, Ph.D., 93 pp.

This research proposes methodology to identify the Idle land found in agricultural zones of Banphai District, Khonkean using remote sensing data. The chosen remote sensing data for locating the Idle land plots is NDVI time-series imagery. It is found that the identified idle land plots have NDVI value close to zero. Its trend remains, approximately, at the same level for the whole period of the time. On the other hand, the agricultural areas possess a higher degree of NDVI variation. The NDVI values can reach to more than 0.5 during the growing season. The overall accuracy values are reported at a high level of 98.80 percent, 89.20 percent, and 87.80 percent when Maximum Likelihood Classifier, Mahalanobis Distance Classifier, and Spectral Angle Mapper Classifier are in use, respectively. The classification accuracy confirms that the proposed methodology can be used to identify the idle land of the study area. It is hope that the method proposed in this study can be applied to other similar agricultural areas.

Department : Survey Engineering.....

Field of Study : Spatial Information System In Engineering.....

Academic Year : 2009.....

Student's Signature 

Advisor's Signature 

Co-Advisor's Signature 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ คำแนะนำ จากบุคคลต่าง ๆ ดังนี้

ขอขอบคุณรศ.ดร. บรรเจิด พละการ ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณ ดร.ชัยโชค ไวกาษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ คำชี้แนะต่าง ๆ ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยมาโดยตลอด ระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ รศ.ดร.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์ ประธานกรรมการ ดร. เซาวลิต ศิลปทอง กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) และดร.ชงทิต ฉายากุล กรรมการ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ให้

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ที่ใช้ในงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้

ขอบคุณพี่แหว สำหรับคำแนะนำเรื่องพื้นที่ศึกษา และเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อนสาธิตเกษตร กำแพงแสน เพื่อนเตรียมอุดมศึกษา เพื่อนศิลปศาสตร์-ภูมิศาสตร์ และเพื่อนชาวธรรมศาสตร์ สำหรับมิตรภาพที่ดี นำใจ กำลังใจ ความหวังใจ รอยยิ้ม เสียงหัวเราะ ความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ

ขอบคุณธรรมชาติที่สวยงาม ป่าไม้ ภูเขา ทะเล แม่น้ำ สรรพสัตว์ทั้งหลาย ที่ทำให้โลกใบนี้น่าอยู่ เป็นแรงบันดาลใจในการดำเนินชีวิต

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ให้สิ่งที่ดีที่สุด ความหวังใจ การสนับสนุน และโอกาสที่ดีทางการศึกษาและด้านต่าง ๆ กับผู้วิจัยมาโดยตลอด ขอขอบคุณนางสาวปิยะฉัตร เปี่ยมด้วยธรรม และนางสาวภัทรจิตร์ เปี่ยมด้วยธรรมที่เสียสละ เข้าใจและเป็นกำลังใจกับผู้วิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | จ |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ฉ |
| สารบัญ..... | ช |
| สารบัญตาราง..... | ญ |
| สารบัญภาพ..... | ฎ |
| | |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... | 3 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 3 |
| 1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... | 4 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 4 |
| | |
| บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) | 5 |
| 2.2 ชีววัฏจักร (Phenological Cycles) | 7 |
| 2.3 คุณลักษณะของดาวเทียม ความละเอียด คุณสมบัติ และการประยุกต์ใช้ของดาวเทียม LANDSAT..... | 9 |
| 2.4 การจำแนกประเภท (Classification) | 11 |
| 2.4.1 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) | 11 |
| 2.4.2 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) | 13 |
| 2.4.3 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) | 15 |
| 2.5 การตรวจสอบผลการจำแนก (Classification Accuracy Assessment)..... | 17 |

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 19 |
| 3.1 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจจำแนกและแนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่ ที่ร้างในประเทศไทย..... | 19 |
| 3.2 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์ แมลไลซ์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืช..... | 19 |
| 3.3 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ลักษณะสีพิกเซลของพืช เกษตรกรรม..... | 20 |
| บทที่ 4 ขั้นตอนการตรวจหาพื้นที่ที่ร้าง | 22 |
| 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา..... | 22 |
| 4.1.1 พื้นที่ศึกษา..... | 22 |
| 4.1.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม..... | 23 |
| 4.2 ขั้นตอนการตรวจหาพื้นที่ที่ร้าง..... | 25 |
| 4.2.1 รีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ (Image to Image Registration)..... | 25 |
| 4.2.2 จำแนกภาพแบบไม่กำกับ (Unsupervised classification) | 27 |
| 4.2.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม..... | 28 |
| 4.2.4 ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) และข้อมูลทดสอบ (Testing Area)..... | 30 |
| 4.2.5 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) | 31 |
| 4.2.6 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจหาพื้นที่ที่ร้าง..... | 31 |
| บทที่ 5 ผลการศึกษา | 33 |
| 5.1 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ค่าสีพิกเซล และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์ แซตหลายช่วงเวลา..... | 33 |
| 5.2 ผลการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซตโดยใช้ NDVI Time Series..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 5.2.1 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)..... | 39 |
| 5.2.2 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)..... | 40 |
| 5.2.3 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) | 41 |
| 5.3 แสดงพื้นที่ที่ว่างและพื้นที่ใช้ประโยชน์..... | 42 |
| 5.3.1 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)..... | 42 |
| 5.3.2 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)..... | 43 |
| 5.3.3 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) | 44 |
| 5.4 ผลการตรวจสอบผลการจำแนก..... | 45 |
| 5.4.1 การจำแนกประเภทวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) | 45 |
| 5.4.2 การจำแนกประเภทวิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) | 46 |
| 5.4.3 เทคนิคการจำแนกประเภทวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) | 47 |
| บทที่ 6 อภิปรายผล สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ..... | 48 |
| อภิปรายผลสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ..... | 48 |
| รายการอ้างอิง..... | 52 |
| ภาคผนวก..... | 55 |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... | 93 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 2.1 | แสดงคุณลักษณะบางประการของดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM..... | 9 |
| 2.2 | แสดงคุณลักษณะบางประการของดาวเทียม LANDSAT-7 ระบบ ETM+..... | 9 |
| 2.3 | แสดงตาราง Confusion Matrix ของข้อมูลได้จากการจำแนก (Classification Data) กับค่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง (Reference Data)..... | 17 |
| 4.1 | ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ที่ใช้ในการวิจัย..... | 24 |
| 4.2 | แสดงตัวอย่างตารางแบบฟอร์มที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม..... | 29 |
| 5.1 | แสดงผลการจำแนกโดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด..... | 45 |
| 5.2 | แสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ของผลการจำแนกโดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด..... | 45 |
| 5.3 | แสดงผลการจำแนกโดยวิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส..... | 46 |
| 5.4 | แสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ของผลการจำแนกโดยวิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส | 46 |
| 5.5 | แสดงผลการจำแนกโดยวิธี Spectral Angle Mapper..... | 47 |
| 5.6 | แสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ของแสดงผลการจำแนกโดยวิธี Spectral Angle Mapper..... | 47 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 2.1 | ภาพตัดขวางของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) ของข้อมูลหลายช่วงเวลาของในเขตพื้นที่ Kansas..... | 6 |
| 2.2 | วงจรีพีลักษ์ณ์ของพืชเกษตรกรรมใน San Joaquin และ Imperial Valley, California และข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSATหลายช่วงเวลาระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก..... | 8 |
| 2.3 | แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในพื้นที่ป่าชายเลนที่มีการถูกบุกรุกด้วยบ่อน้ำกึ่ง..... | 10 |
| 2.4 | กรอบความคิดของวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)..... | 13 |
| 2.5 | ลักษณะรูปร่างทั่วไปของกลุ่มข้อมูล (ellipsoidal) โดยใช้แบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis distance)..... | 14 |
| 2.6 | แสดงเวกเตอร์ของสเปคตรัมอ้างอิงและสเปคตรัมทดสอบสำหรับข้อมูลภาพดาวเทียมสองแบนด์; α , และมุมของค่าการสะท้อน..... | 15 |
| 2.7 | (a) แสดงจุดภาพจากมุมจากแกนที่เป็นแบนด์ของข้อมูลภาพดาวเทียม (b) แสดงการแบ่งกลุ่มโดยมุม..... | 16 |
| 4.1 | พื้นที่ศึกษา อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น..... | 22 |
| 4.2 | ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat Path128, Row 49..... | 24 |
| 4.3 | ขั้นตอนการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง..... | 25 |
| 4.4 | ขั้นตอนการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ (Image to Image Registration)..... | 26 |
| 4.5 | ตัวอย่างภาพดาวเทียมแลนด์แซตที่ผ่านการจำแนกภาพดาวเทียมด้วยวิธี Unsupervised classification ในพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น..... | 27 |
| 4.6 | ภาพดาวเทียมแลนด์แซตที่ผ่านการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น..... | 31 |
| 4.7 | ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง..... | 32 |
| 5.1 | ปฏิทินการเกษตรจังหวัดขอนแก่นปี พ.ศ. 2546 – 2549..... | 33 |
| 5.2 | ค่า NDVI ของนาข้าว ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 34 |

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 5.3 | ค่า NDVI ของมันสำปะหลัง ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 35 |
| 5.4 | ค่า NDVI ของอ้อย ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 36 |
| 5.5 | ค่า NDVI ของทุ่งหญ้า ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 36 |
| 5.6 | ค่า NDVI ของพื้นที่ทิ้งร้าง ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 37 |
| 5.7 | ค่า NDVI จากข้อมูลหลายช่วงเวลาของ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ทุ่งหญ้า และพื้นที่ทิ้งร้าง ระหว่างปีพ.ศ. 2546 – 2548..... | 38 |
| 5.8 | ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด..... | 39 |
| 5.9 | ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส..... | 40 |
| 5.10 | ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper..... | 41 |
| 5.11 | แสดงพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างจากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)..... | 42 |
| 5.12 | แสดงพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างจากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)..... | 43 |
| 5.13 | แสดงพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างจากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)..... | 44 |

| รูปที่ | | หน้า |
|------------------|---|------|
| 5.3 | ค่า NDVI ของมันสำปะหลัง ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 35 |
| 5.4 | ค่า NDVI ของอ้อย ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 36 |
| 5.5 | ค่า NDVI ของทุ่งหญ้า ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 36 |
| 5.6 | ค่า NDVI ของพื้นที่ทิ้งร้าง ปีพ.ศ. 2546 – 2549..... | 37 |
| 5.7 | ค่า NDVI จากข้อมูลหลายช่วงเวลาของ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ทุ่งหญ้า และพื้นที่ทิ้งร้าง ระหว่างปีพ.ศ. 2546 – 2548..... | 38 |
| 5.8 | ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด..... | 39 |
| 5.9 | ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส..... | 40 |
| 5.10 | ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper..... | 41 |
| 5.11 | แสดงพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างจากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)..... | 42 |
| 5.12 | แสดงพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างจากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)..... | 43 |
| 5.13 | แสดงพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างจากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)..... | 44 |
| รูปผนวก ที่ 1 | แสดงจุดควบคุมภาพ (GCP) ที่ใช้ในแผนที่ศึกษา..... | 56 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พื้นที่ทิ้งร้าง ของประเทศไทยในปี พ.ศ.2549 มีที่ดินทิ้งร้าง จำนวน 7,455,725 ไร่ (สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) แบ่งเป็นพื้นที่ทิ้งร้างในภาคเหนือ 1,949,799 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4,166,056 ไร่ ภาคกลาง 562,067 ไร่ ภาคตะวันออก 301,387 ไร่ และภาคใต้ 476,416 ไร่ ซึ่งสาเหตุของการทิ้งร้าง ได้แก่ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และมีปัญหา เช่น ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินตื้น ดินทราย มีการชะล้างพังทลายของดินสูง ขาดแหล่งน้ำในการประกอบอาชีพเกษตรกรรม และราคาผลผลิตตกต่ำ เป็นพื้นที่ประสบปัญหาภัยธรรมชาติอยู่เป็นประจำปัญหาจากสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อม เช่น พื้นที่น้ำท่วม สาเหตุจากสภาพเศรษฐกิจ เช่น ปัญหาความยากจน หนี้สิน และปัญหาด้านการผลิตที่มีต้นทุนสูง ขาดแคลนแรงงาน และเป็นที่ดินของรัฐ เช่น พื้นที่ป่า ที่สาธารณประโยชน์ ที่ราชพัสดุ พื้นที่สองข้างทางหลวง ทางรถไฟ เป็นต้น โดยจะส่งผลกระทบต่อในทางลบทั้งด้านทรัพยากร สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมโดยรวม

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปล่อยพื้นที่ทิ้งร้างในพื้นที่เกษตรกรรมโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น การสูญเสียรายได้ทางเศรษฐกิจภาคเกษตรกรรม การเคลื่อนย้ายแรงงานของภาคเกษตรกรรมจากปัญหานี้ขึ้น ประกอบกับพื้นที่เพาะปลูกได้รับความเสียหายอย่างหนักจากภัยธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม ภัยแล้ง เป็นต้น ส่งผลให้แรงงานภาคเกษตรกรรมส่วนใหญ่เกิดการโยกย้าย ละทิ้งถิ่นฐานเข้ามาทำงานภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น นอกจากนี้พื้นที่เกษตรกรรมที่ถูกปล่อยรกร้างว่างเปล่าเป็นเวลานานทำให้ขาดการปรับปรุงบำรุงดินจนทำให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมได้ สำหรับการแก้ปัญหาพื้นที่ทิ้งร้าง กรมพัฒนาที่ดิน ได้จัดทำโครงการส่งเสริมและสาธิตการพัฒนาพื้นที่ทิ้งร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินขึ้น เพื่อปรับปรุงพื้นที่ทรัพยากรที่ดินที่ถูกทิ้งร้างให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น โครงการพัฒนาที่ดินทิ้งร้างเพื่อเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทิ้งร้างให้เกิดประโยชน์ในจังหวัดต่าง ๆ เช่น ระยอง ตราด เป็นต้น โครงการพัฒนาที่ดินทิ้งร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดินบ้านคลองเม่นในจังหวัดจันทบุรี โครงการจัดทำแปลงสาธิตในการพัฒนาพื้นที่ทิ้งร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา โครงการส่งเสริมและสาธิตการพัฒนาพื้นที่ทิ้งร้างในจังหวัดชลบุรี และปราจีนบุรี การส่งเสริมการปลูกปาล์มและการฟื้นฟูไร่ร้างในภาคใต้ เป็นต้น

การใช้เทคนิควิธีการของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการศึกษาเกี่ยวกับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน (Green et al., 1994) มีการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านป่าไม้ในเรื่องการตัดไม้ทำลายป่า การขยายตัวของเมือง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่เกษตรกรรม รวมไปถึงการประยุกต์ใช้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืช โดยการแปลงค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาอยู่ในรูปของค่าดัชนีพืชพรรณ ซึ่งปัจจุบันมีค่าดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้อยู่หลายตัว ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) (Rouse et al., 1974) เป็นค่าดัชนีพืชพรรณค่าหนึ่งที่ยิมนำมาประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง (Jensen, 2007) ในด้านต่าง ๆ เช่น ติดตามการเปลี่ยนแปลงของป่าไม้ (Volcani, Karnieli, and Svoray, 2005) ติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนจากการถูกบุกรุกจากบ่อน้ำกุ้ง (Vaiphasa et al., 2007) ใช้ในการติดตามสถานะและการเปลี่ยนแปลงของพืช (Jakubauskas et al., 2002; Lyon et al., 1998; Mass, 1999; Reed et al., 1996; Woodcock et al., 2001) ติดตามการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชตามฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงในรอบปี (Jensen, 2007) ตามลักษณะของชีพลักษณ์ (Reed et al., 1994; Zhang et al., 2003) ของพืชแต่ละชนิด นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลานำมาใช้ร่วมกับค่าดัชนีพืชพรรณแบบนอร์มัลไลซ์ และลักษณะของชีพลักษณ์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับพืชผลทางการเกษตร ซึ่งแต่ละชนิดจะมีฤดูกาลเพาะปลูกหรือช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตเต็มที่ที่แตกต่างกัน นำมาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ในการจำแนกพืชผลทางการเกษตรแต่ละชนิด ซึ่งจะสามารถแยกแยะความแตกต่างได้ดีเมื่อได้รับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งอยู่ในช่วงระยะเวลาเดียวกับฤดูกาลเพาะปลูกซึ่งพืชเจริญเติบโตเต็มที่ (Savitsky, 1986) สามารถประเมินผลผลิตทางการเกษตร การคาดการณ์ผลผลิตทางการเกษตรได้ (Jensen, 2007)

สำหรับประเทศไทยการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับพื้นที่ทิ้งร้าง มีรายงานการสำรวจจำแนกและแนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่ทิ้งร้างในประเทศไทย (สมศักดิ์ ปิติธีรภาพ, 2548) โดยสถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันและเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย ได้สำรวจจำแนกพื้นที่ร้างประเมินความเหมาะสมทางกายภาพของดิน เสนอแนะแนวทางการพัฒนาปรับปรุง พื้นที่พุ่มพริกพริกที่ดินที่ถูกทิ้งร้าง และการใช้ประโยชน์พื้นที่ร้าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat Thematic Mapper ที่เป็นภาพสีผสมเท็จ (False color composite) 3 ช่วงคลื่นคือ 4R-5G-3B และมีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Unsupervised Classification และ Supervised Classification ซึ่งอาศัยการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบคอมพิวเตอร์ และออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบข้อมูลพื้นที่ทิ้งร้าง ซึ่ง

วิธีการ ณ ปัจจุบันในการสำรวจจำแนกพื้นที่ที่ร้าง อาศัยการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายเทียมแบบดั้งเดิมที่ขึ้นอยู่กับทักษะและประสบการณ์ของผู้ดำเนินการแปลและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกพื้นที่ที่ร้าง และการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลสำรวจข้อเท็จจริงซึ่งต้องใช้ค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการเก็บข้อมูล เช่น ค่าใช้จ่ายสำหรับบุคลากร เครื่องมืออุปกรณ์ ยานพาหนะ และอื่นๆ เป็นต้น นอกจากนี้ในการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลแต่ละครั้งมีระยะเวลาที่ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลมากน้อยที่ต้องการเก็บ ความสะดวกในการเข้าถึงพื้นที่ สภาพอากาศ และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ อีกทั้งวิธีการดังกล่าวไม่ได้มีการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างต่อเนื่องว่าเป็นพื้นที่ที่ถูกปล่อยทิ้งร้างไว้โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์นานมากกว่า 1 ปีหรือไม่ โดยมีสมมติฐานในการวิจัยคือ คาดว่าค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) สามารถใช้ในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างได้

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงขอเสนอวิธีการในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างที่ไม่ใช้ทักษะและประสบการณ์ของผู้ดำเนินการ ด้วยเทคนิควิธีการของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลและการจำแนก จากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ซีพลักษณ์ (Phenological Cycles) และข้อมูลภาพถ่ายเทียมหลายช่วงเวลา (Multi-temporal satellite images)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ทดสอบเทคนิควิธีการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างในเขตเกษตรกรรม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

1.3.3.1 การศึกษาครั้งนี้จะใช้ค่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างในเขตพื้นที่เกษตรกรรม

1.3.3.2 ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างในเขตพื้นที่เกษตรกรรม อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น

1.3.3.3 การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ NDVI Time Series ในการจำแนกเพื่อตรวจหาพื้นที่ที่ร้าง

1.3.3.4 ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT จำนวน 12 ภาพ ดังตาราง 4.1 ที่รับ
 สัญญาณดาวเทียมในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2549 (Path128, Row 49)

1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM
 และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังนี้

1.3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ ความเร็ว 4 Gb HDD 80 Gb

1.3.2.2 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ที่รับสัญญาณดาวเทียมในช่วงปี
 พ.ศ. 2546 – 2549 จำนวน 12 ภาพ

1.3.2.3 โปรแกรมประมวลผลภาพ ENVI Version 4.5 เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้
 สำหรับการรีจิสเตอร์ภาพ การประมวลผลภาพ การจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม และการตรวจสอบผล
 การจำแนก

1.3.2.4 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GPS ชนิดแบบพกพา เป็น
 เครื่องมือสำหรับใช้ค้นหาตำแหน่งและเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

พื้นที่ที่ร้าง หมายถึง พื้นที่ที่ถูกปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ได้เข้าทำประโยชน์ต่อเนื่องกัน ตั้งแต่ 1
 ปีขึ้นไป ในพื้นที่เกษตรกรรม (สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน, 2549 : ออนไลน์)

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ค้นพบตำแหน่งของพื้นที่ที่ร้างในเขตพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น เพื่อใช้
 เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญ เพื่อการจัดการและพัฒนาพื้นที่ที่ร้างให้เกิดประโยชน์และใช้ที่ดินอย่างมี
 ประสิทธิภาพมากขึ้น

1.5.2 เทคนิควิธีการที่นำเสนอ นั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำรวจหาพื้นที่ที่ร้างในพื้นที่
 อื่น ๆ ต่อไปได้

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตเกษตรกรรม ได้แก่ ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ค่าชี้พลักษณะ การใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลา การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การตรวจสอบผลการจำแนก และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI))

Rouse et al., (1974) ได้พัฒนาค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ซึ่งเป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่นำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวาง (Jensen, 2007) สำหรับใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชตามฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาล ติดตามรูปแบบชีพลักษณะของพืชและประเมินค่าความยาวของช่วงเวลาของฤดูกาลการเจริญเติบโตของพืชและช่วงเวลาเก็บเกี่ยว (dry-down periods) (Huete and Liu, 1994) โดยใช้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ในการคำนวณ ดังสมการ (1)

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (1)$$

เมื่อ NIR คือ ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) (Band 4)

สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat

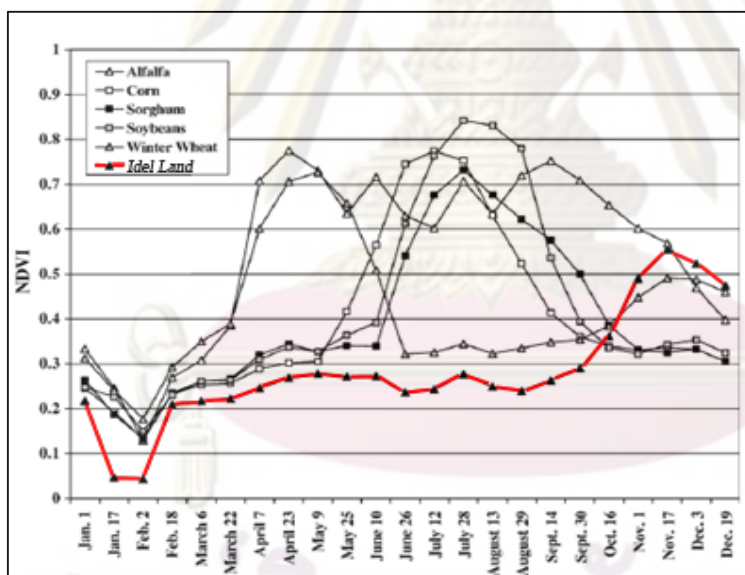
R คือ ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) (Band 3)

สำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat

ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) จะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 กรณีที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) สูงกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Red) ทำให้ NDVI มีค่าเป็นบวก ส่วนกรณีที่พื้นผิวเป็นน้ำ เมฆ และหิมะจะมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ต่ำกว่าช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Red) ทำให้ NDVI มีค่าติดลบ ในขณะที่พื้นผิวเป็นดินจะมีค่าการสะท้อน

ระหว่างสองช่วงคลื่นใกล้เคียงกันทำให้ NDVI มีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ (Lillesand and Kiefer, 2004)

ตัวอย่าง ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) และข้อมูลหลายช่วงเวลา (Multitemporal data) ของพื้นที่ U.S. Central Great Plains (Wardlow และ Egbert, 2007) ซึ่งมีพืชหลักในพื้นที่ ได้แก่ Alfalfa, summer crops (ข้าวโพด, ข้าวฟ่าง, และ ถั่วเหลือง), winter wheat, และ ที่รกร้างไม่ได้เพาะปลูก (unplanted, idle fields) โดยสามารถ แยกแยะข้อมูลดัชนีพืชพรรณออกจากกันได้ที่บางจุดระหว่างฤดูกาลเจริญเติบโต เนื่องจากพฤติกรรมการ เพาะปลูกของพืชทุกชนิดจะแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง summer crops เช่น ข้าวโพด, ข้าวฟ่าง, และถั่วเหลือง ที่แยกแยะความแตกต่างได้น้อย แต่มีความแตกต่างบางประการ ในช่วงเวลาของการเพาะปลูกและรูปแบบการเจริญเติบโตในข้อมูลของดัชนีพืชพรรณ ซึ่งสามารถ แยกแยะชนิดของพืชได้ ดังรูป



ลักษณะพื้นที่รกร้างที่
ไม่มีการเพาะปลูก

รูปที่ 2.1 ภาพตัดขวางของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (NDVI) ของข้อมูล หลายช่วงเวลาในเขตพื้นที่ Kansas ซึ่งมีพืชเกษตรกรรมที่สำคัญได้แก่ alfalfa (n = 243), ข้าวโพด (n = 609), ข้าวฟ่าง (n = 354), ถั่วเหลือง (n = 454), winter wheat (n = 446), และ พื้นที่ที่รกร้าง (n = 73)

จากตัวอย่างการศึกษาข้างต้น สำหรับในพื้นที่ศึกษาอำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ที่มีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและมีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในพื้นที่ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น พืชแต่ละชนิดจะมีปฏิทินการเพาะปลูก ระยะเวลาการเจริญเติบโต ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันในรอบ 1 ปี ทำให้สามารถแยกแยะพื้นที่ที่ทิ้งร้างได้จากข้อมูลของค่า Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) และข้อมูลหลายช่วงเวลา (Multitemporal data) ที่ค่า NDVI จะมีค่าใกล้เคียงกันมากในรอบ 1 ปี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา จะพบว่าค่า NDVI ของพืชเศรษฐกิจจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเข้าสู่ระยะเวลาการเพาะปลูก ระยะเวลาการเจริญเติบโต และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของพืชแต่ละชนิด

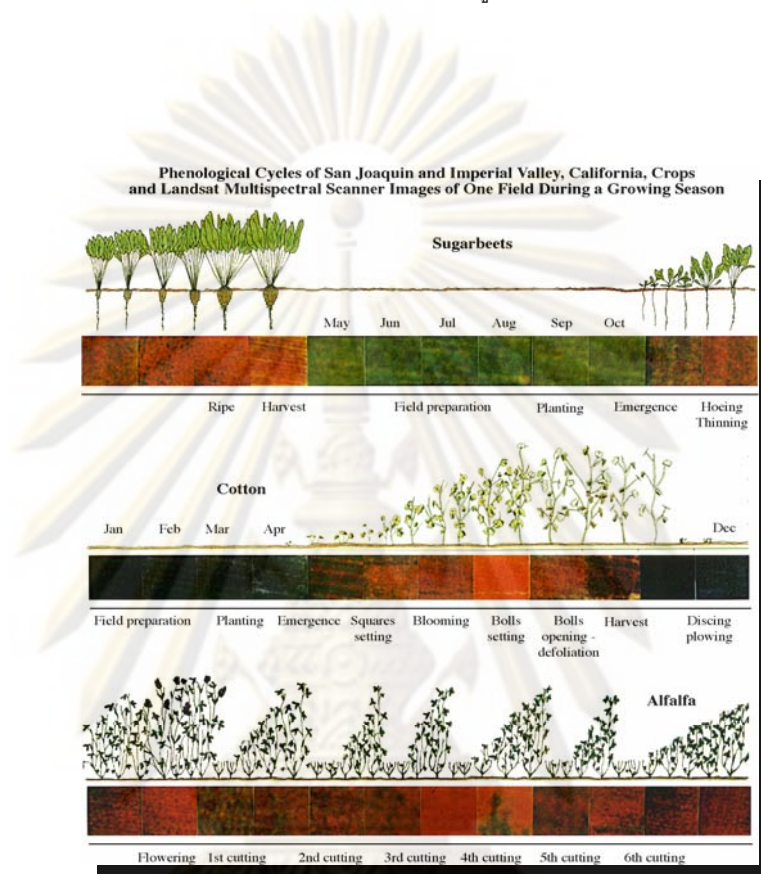
2.2 ชีพวัฏจักร (Phenological Cycles)

คือ การศึกษาติดตามการผันแปรของชนิดพืชที่แสดงออกในรอบปีในด้านต่าง ๆ เช่น การไม่ผลัดใบ (evergreen) การมีใบเขียวในช่วงฤดูฝนหรือผลัดใบในช่วงฤดูแล้ง (rainy green or dry deciduous) หรือการแตกใบเขียวในช่วงฤดูร้อน (summer green) และผลัดใบในฤดูหนาว (winter deciduous) หรือพืชจะผลัดใบเมื่อถึงฤดูผลัดใบ (Jensen, 2007)

Dave Simonett กล่าวว่า ถ้าพืชผลสองชนิดที่แตกต่างกัน (เช่น ข้าวโพดและฝ้าย) มีการเพาะปลูกและมีเรือนยอดปกคลุมเต็มที่ในช่วงเวลาเดียวกันลักษณะการสะท้อนแสงของพืชผลทั้งสองจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงและคล้ายคลึงกันมากเมื่อปรากฏในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) และช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible) แต่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างพืชผลสองชนิดได้ ถ้าพืชผลสองชนิดนี้มีช่วงเวลาในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (เช่น 10 วัน) ทำให้พืชชนิดหนึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมที่น้อยกว่าพืชอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งในการศึกษาลักษณะชีพวัฏจักร การใช้ข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสมของการเก็บรวบรวมข้อมูล จะทำให้สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างพืชชนิดหนึ่งออกจากพืชชนิดหนึ่งได้

ตัวอย่าง วงจรชีพวัฏจักรของพืชเกษตรกรรมใน Imperial Valley รัฐแคลิฟอร์เนีย มีผลผลิตของ sugarbeets, ฝ้าย และ alfalfa จำนวนมาก สามารถอธิบายวงจรชีพวัฏจักรของพืชเหล่านี้ได้โดยการติดตามพืชแต่ละชนิดในช่วงระยะเวลา 12 เดือน โดยใช้ข้อมูลภาพ Landsat Multispectral Scanner (MSS) (RGB = bands 4, 2, 1) ที่มีความละเอียดของจุดภาพ (Resolution) 79 X 79 เมตร ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีช่วงเวลาในการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่แตกต่างกันใน 1 ปี เช่น sugarbeets จะมีช่วงเวลาเริ่มต้นเพาะปลูกก่อนเดือนกันยายน ผลผลิตเริ่มปรากฏออกมาในช่วงเดือนพฤศจิกายน และมีช่วงฤดูเก็บเกี่ยวในเดือนเมษายนและก่อนเดือนพฤษภาคม สำหรับฝ้ายมีการเพาะปลูกในเดือนมีนาคม และเก็บเกี่ยวและมีการไถกลับ

หน้าดินเพื่อการเพาะปลูกภายในเดือนพฤศจิกายนของแต่ละปี สำหรับ alfalfa สามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี และจะเก็บเกี่ยว 5 ครั้งหรือ 6 ครั้งต่อปี ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรชีพลักษณะของพืชเกษตรกรรมใน San Joaquin และ Imperial Valley, California และ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSATหลายช่วงเวลาระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก (Jensen, 2007)

จากลักษณะวงจรชีพลักษณะของพืชเกษตรกรรมที่แตกต่างกันของพืชแต่ละชนิดในช่วงระยะเวลา 12 เดือน ที่มีทั้งช่วงระยะเวลาการเพาะปลูก ระยะเวลาการเจริญเติบโต และระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ที่ร้างไม่ได้ใช้ประโยชน์ลักษณะของพื้นที่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถแยกแยะพื้นที่ที่ร้างจากพื้นที่ที่มีการทำกิจกรรมการเพาะปลูกได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 คุณลักษณะของดาวเทียม ความละเอียด คุณสมบัติ และการประยุกต์ใช้ของดาวเทียม LANDSAT

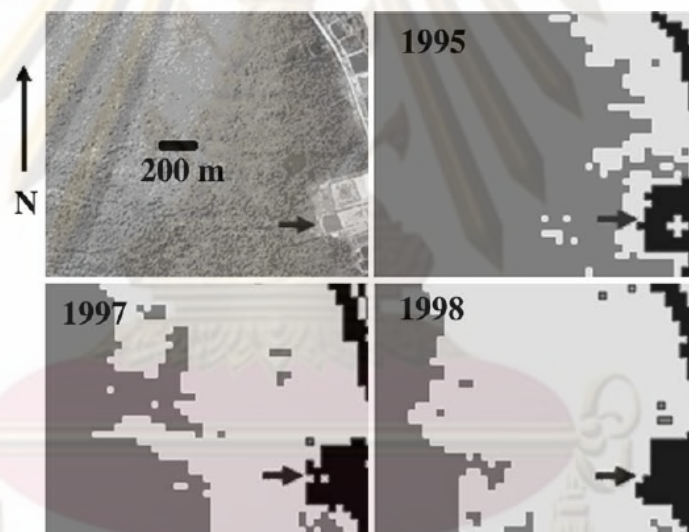
ตาราง 2.1 แสดงคุณลักษณะบางประการของดาวเทียม LANDSAT-5 ระบบ TM

| คุณลักษณะของดาวเทียม LANDSAT-5 | |
|--------------------------------|--|
| Orbit Time | 9:30 น. |
| Revisit Time | ทุก 16 วัน |
| Resolution | 30 เมตร, 120 เมตร |
| Image Bands | น้ำเงิน : 0.45-0.52 ไมครอน เขียว : 0.52-0.60 ไมครอน แดง : 0.63-0.69 ไมครอน อินฟราเรดใกล้ : 0.76-0.90 ไมครอน อินฟราเรดสั้น : 1.55-1.75 ไมครอน อินฟราเรดความร้อน : 10.4-12.5 ไมครอน อินฟราเรดกลาง : 2.08-2.35 ไมครอน |

ตาราง 2.2 แสดงคุณลักษณะบางประการของดาวเทียม LANDSAT-7 ระบบ ETM+

| คุณลักษณะของดาวเทียม LANDSAT-5 | |
|--------------------------------|--|
| Orbit Time | 10.00 น. |
| Revisit Time | ทุก 16 วัน |
| Resolution | 30, 60 (อินฟราเรดความร้อน) และ 15 (PAN) เมตร |
| Image Bands | น้ำเงิน : 0.450-0.515 ไมครอน เขียว : 0.525-0.605 ไมครอน แดง : 0.630-0.690 ไมครอน อินฟราเรดใกล้ : 0.775-0.900 ไมครอน อินฟราเรดสั้น : 1.550 - 1.750 ไมครอน อินฟราเรดความร้อน : 10.40 - 12.50 ไมครอน อินฟราเรดกลาง : 2.090 - 2.350 ไมครอน PAN : 0.520-0.900 ไมครอน |

จากความสามารถของดาวเทียมในการย้อนกลับมาถ่ายภาพ ณ พื้นที่เดิมทุก ๆ หนึ่งช่วงเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมต่างช่วงเวลา (Temporal data) จึงเป็นอีกเทคนิควิธีการหนึ่งสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตามสืบค้นข้อมูลการใช้ที่ดินย้อนหลังได้มากกว่า 1 ปี ดังตัวอย่างการประยุกต์ใช้ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) และข้อมูลหลายช่วงเวลา (Multi-temporal satellite images) ของภาพดาวเทียม LANDSAT วันที่ 19 เมษายน 1995, 8 เมษายน 1997 และ 27 เมษายน 1998 ของพื้นที่ป่าชายเลน บริเวณแหลมตะลุมพุก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (Vaiphasa et al., 2007) เพื่อศึกษาผลกระทบจากบ่อนากุ้งต่อพื้นที่ป่าชายเลน จากรูปที่ 2.2.3 แสดงการบุกรุกของบ่อนากุ้ง (พื้นที่สีเทาอ่อน) ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนที่มีอยู่หนาแน่น (พื้นที่สีเทาเข้ม) มีจำนวนลดน้อยลงอย่างมากในปี 1998 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนป่าชายเลนในปี 1995



รูปที่ 2.3 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในพื้นที่ที่มีการบุกรุกจะแสดงด้วยสีเทาอ่อน และพื้นที่ที่มีป่าชายเลนหนาแน่นจะแสดงด้วยสีเทาเข้ม ในช่วงระยะเวลาของปี 1995 – 1998

พื้นที่สีดำแสดงส่วนของพื้นที่ที่ไม่ใช่พืช (บ่อนากุ้ง ถนน พื้นดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุม) และบริเวณที่มี

ลูกศรชี้คือส่วนของพื้นที่ที่เป็นบ่อนากุ้ง (Vaiphasa et al., 2007)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.4 การจำแนกประเภท (Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูล หมายถึงการแบ่งจุดภาพที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงคล้ายกัน ออกเป็นกลุ่มหรือเป็นระดับซึ่งเรียกว่าชนิดหรือประเภท (Class) เพื่อจะแบ่งแยกวัตถุต่างๆ ที่แสดงในภาพออกจากกัน ในการจำแนกประเภทข้อมูลนี้ ผู้ปฏิบัติจะต้องใช้กฎของการตัดสินใจหรือความรู้ทางสถิติเข้าช่วย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

สำหรับเทคนิควิธีการที่ใช้ในการจำแนกพื้นที่ที่ทิ้งร้างในงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ การจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) การจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) และการจำแนกประเภทแบบ Spectral angle Mapper (SAM) ซึ่งแต่ละวิธีการจะให้ผลความถูกต้องในการจำแนกที่แตกต่างกัน

2.4.1 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)

เป็นการจำแนกประเภทโดยพิจารณาค่าของทิศทางค่าเฉลี่ย (Mean Vector) และความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยจะใช้ความน่าจะเป็นในการจำแนกว่าจุดภาพ (pixel) นั้น ๆ ว่าถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มหรือประเภทใด และจุดภาพจะจัดให้อยู่ในกลุ่มที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงสุด (Tso and Mather, 2001) อาศัยคุณสมบัติของวัตถุที่แตกต่างกัน จะสามารถสะท้อนช่วงคลื่นได้แตกต่างกัน และวัตถุชนิดเดียวกันการสะท้อนช่วงคลื่นจะคล้ายคลึงกัน ซึ่งเทคนิคการจำแนกประเภทวิธีการนี้อยู่บนพื้นฐานของ Bayesian probability ดังสมการ

$$P(x, w) = P(w|x)P(x) = P(x|w)P(w) \quad (2)$$

เมื่อ

| | |
|-------------------|--|
| $P(x, w)$ | คือ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ x และ w |
| $P(x)$ และ $P(w)$ | คือ ความน่าจะเป็นล่วงหน้า (prior probability) ของเหตุการณ์ x และ w |
| $P(w x)$ | คือ ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของการได้ x เป็นสมาชิกของประเภท w |

โดยปกติ เงื่อนไขความน่าจะเป็น $P(x_i|w_j)$ มีสมมติฐานว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Gaussian (or normal) distribution) $P(x_i|w_j)$ สามารถแสดงได้ดังสมการ (3) ในการจำแนกจะคำนวณค่าความน่าจะเป็นของจุดภาพเทียบกับค่า Signature ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ทางสถิติของแต่ละชนิดการจำแนก โดยพิจารณาการจำแนกจุดภาพจากค่าความน่าจะเป็นของชนิดการจำแนกที่ข้อมูลจุดภาพมีค่าความน่าจะเป็นสูงสุด ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณความน่าจะเป็นของชนิดการจำแนกมีดังนี้

$$P(x_i|w_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}^p \sqrt{|C_j|}} \exp\left(-\frac{1}{2}(x_i - \mu_j)^T \cdot C_j^{-1} \cdot (x_i - \mu_j)\right) \quad (3)$$

เมื่อ

P คือ จำนวนแบนด์ของข้อมูลของแต่ละจุดภาพที่ใช้ในการจำแนก

x คือ ข้อมูลภาพ (N แบนด์) ที่ทำการจำแนก

$P(x|w_i)$ คือ ความน่าจะเป็นของจุดภาพที่จะถูกจำแนกเป็นชนิดการจำแนกชนิด i

μ_i คือ เวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของข้อมูลตัวอย่างของชนิดการจำแนกชนิด i

C_i คือ เมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) ของชนิดการจำแนกชนิด w_i

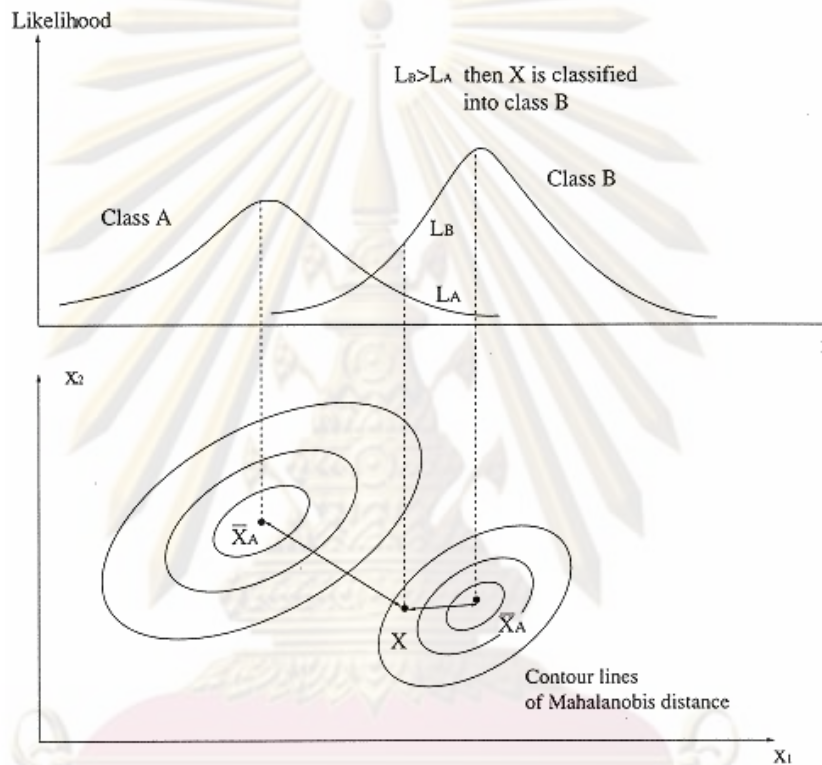
$|C_j|$ คือ ดีเทอร์มิแนนต์ของ C_j

สำหรับเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย (μ_i) และเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (C_j) ของข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\mu_i = 1/P_i \sum_{i=1} x_i \quad (4)$$

$$C_j = 1/(P_i - 1) \sum_{i=1} (x_i - \mu_i)(x_i - \mu_i)^T \quad (5)$$

ในลักษณะ Feature space ของ two-dimensional ฟังก์ชันของ maximum – likelihood อธิบายด้วยรูปทรงกลมรีของ equi - probability contours ซึ่งเป็นขอบเขตของการตัดสินใจ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กรอบความคิดของวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)

2.4.2 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)

เป็นวิธีการคำนวณระยะห่างระหว่างจุดภาพและจุดศูนย์กลางของกลุ่ม กล่าวคือเป็นการวัดระยะทางระหว่างจุดภาพที่ต้องการทราบกับจุดศูนย์กลางของ Feature Space ซึ่งจะใช้ค่าของทิศทางเฉลี่ย (Mean Vector) และเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) ในการคำนวณ (Tso and Mather , 2001) จากสมการในการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) ในกรณีที่ทุก ๆ กลุ่ม (class) มีค่าความแปรปรวนร่วม

(covariance) เท่ากัน เช่น $\Sigma_i = \Sigma$ สำหรับทุก ๆ i (Richards and Jia, 1999) เกิดเป็นสมการในการจำแนก แบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis distance) ดังนี้

$$D_M = (X_i - \mu_j)^T \cdot C_j^{-1} \cdot (X_i - \mu_j) \quad (6)$$

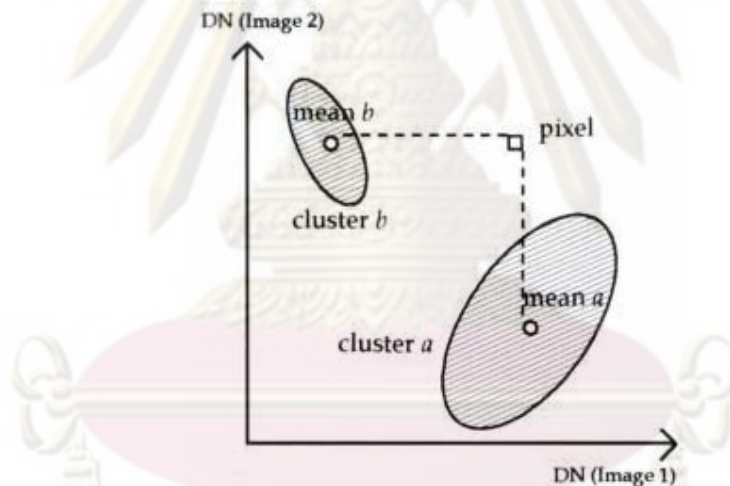
เมื่อ

T คือ matrix transpose

C_j^{-1} คือ อินเวอร์สของเมตริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วม (Variance -covariance matrix) สำหรับประเภทที่ j

X คือ เวกเตอร์ของข้อมูลภาพ (n แบนด์) $X = [X_1, X_2, \dots, X_n]$

μ_j คือ ค่าเฉลี่ยของประเภทที่ j $\mu_j = [m_1, m_2, \dots, m_n]$



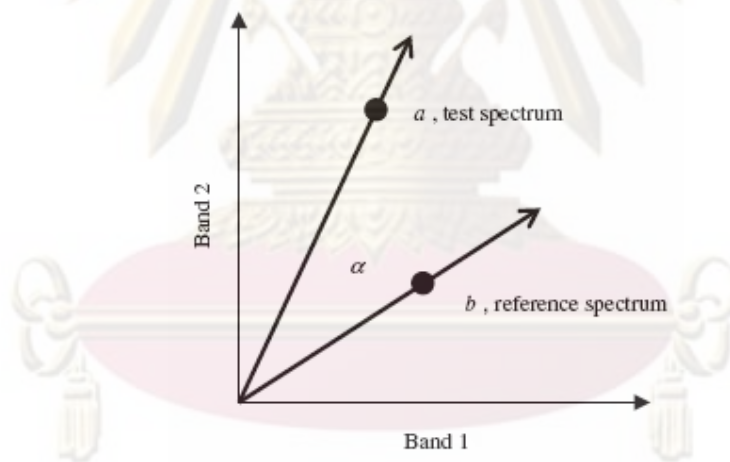
รูปที่ 2.5 ลักษณะรูปร่างทั่วไปของกลุ่มข้อมูล (ellipsoidal) โดยใช้แบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis distance) (Tso and Mather, 2001)

จุดภาพที่ต้องการทราบจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มใดนั้นได้จากระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากจุดภาพที่ต้องการทราบไปยังจุดศูนย์กลางของกลุ่ม จากตัวอย่างจากรูปที่ 8 ระยะระหว่างจากจุดภาพ (pixel) ไปยังจุดศูนย์กลาง (mean a) ของกลุ่ม a (cluster a) และระยะจากจุดภาพ (pixel) ไปยังจุดศูนย์กลาง (mean b) ของกลุ่ม b (cluster b) เมื่อใช้ระยะห่างมาฮาลาโนบิสในการวัดจุดภาพ จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของ a ซึ่งมีระยะห่างที่สั้นกว่า

2.4.3 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)

Schowengerdt (2007) เทคนิคการจำแนกประเภทนี้เหมือนกับวิธี nearest - mean classifier โดยใช้ spectral - angle distance ถึงแม้ว่ามีการพัฒนาเริ่มต้นมาจากข้อมูล Hyperspectral (Kruse et al., 1993) แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูล multispectral ได้เช่นกัน

เป็นเทคนิคการจำแนกประเภทที่ใช้มุม n -dimensional ของจุดภาพ (test spectrum) ไปจับคู่กับ reference spectrum ซึ่งได้มาจากห้องปฏิบัติการ, การวัดจากภาคสนาม หรือได้จากจากภาพถ่ายเทียมโดยตรง โดยอัลกอริทึมนี้จะตัดสินความคล้ายคลึงกันระหว่างสอง spectrum โดยการคำนวณมุมระหว่าง spectrum จากนั้นเปรียบเทียบมุมของ spectrum vector กับแต่ละจุดภาพ โดยมุมที่เล็กกว่าจะจับคู่เข้ากับ reference spectrum ใกล้เคียงนั้น (Shafri et al., 2007) กล่าวคือ มุมที่เล็กกว่าระหว่างสอง spectrum แสดงให้เห็นว่ามีความคล้ายคลึงมากและค่ามุมที่มากแสดงว่ามีความคล้ายคลึงน้อย ดังรูป 2.6 ที่แสดงให้เห็นถึงมุม (α) ระหว่าง test spectrum ของประเภท a กับ reference spectrum ของประเภท b ของภาพสองแบนด์



รูปที่ 2.6 แสดงเวกเตอร์ของสเปกตรัมอ้างอิงและสเปกตรัมทดสอบสำหรับข้อมูลภาพถ่ายเทียมสองแบนด์; α และมุมของค่าการสะท้อน (Windham; Lawrence; and Smith, 2007)

คุณช่วยพิมพ์หรือพิมพ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

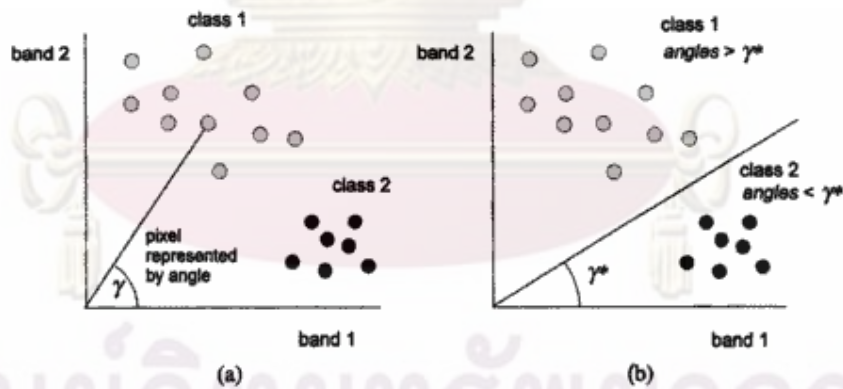
สามารถเขียนได้เป็นสมการเพื่อการคำนวณมุมได้ดังต่อไปนี้

$$\cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\left(\sum_{i=1}^n a_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n b_i^2 \right)^{1/2}} \right) \quad (7)$$

เมื่อ

- n คือ จำนวนของแบนด์
- a_i คือ test spectrum
- b_i คือ reference spectrum

จากตัวอย่างรูปที่ 2.7 แสดงการคำนวณมุมเพื่อจำแนกจุดภาพระหว่าง class 1 และ class 2 ของภาพแบนด์ 1 และ แบนด์ 2 ซึ่งจุดภาพจะถูกจำแนกเป็น class 1 เมื่อค่ามุมระหว่างจุดภาพกับ test spectrum มีค่ามากกว่า γ° และถูกจำแนกเป็น class 2 เมื่อค่ามุมมีค่าน้อยกว่า γ°



รูปที่ 2.7 (a) แสดงจุดภาพจากมุมจากแกนที่เป็นแบนด์ของข้อมูลภาพดาวเทียม (b) แสดงการแบ่งกลุ่มโดยมุม (Richards and Jia, 1999)

สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีการใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลาซึ่งข้อมูลมีลักษณะเป็น n -dimensional ในกรณีที่ข้อมูลมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นคือมากกว่า 10 แบนด์ เมื่อมีการใช้ข้อมูลย้อนหลังมากกว่า 5 ปี หรือความถี่ของข้อมูลมากกว่า 2 ครั้งใน 1 ปี การใช้เทคนิคการวิเคราะห์นี้จะทำให้สามารถจำแนกข้อมูลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2.5 การตรวจสอบผลการจำแนก (Classification Accuracy Assessment)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้การตรวจสอบผลการจำแนกด้วยวิธี Classification Error Matrix (Congalton and Green, 1999) โดยแสดงเป็นตาราง Error Matrix เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำแนก (Classification Data) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากภาพดาวเทียม กับค่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง (Reference Data) ดังตาราง 2.3

| | | j = columns (reference) | | | row total |
|--|---|----------------------------|----------|----------|-----------|
| | | 1 | 2 | k | n_{i+} |
| i = rows (classification) column total | 1 | n_{11} | n_{11} | n_{1k} | n_{1+} |
| | 2 | n_{21} | n_{22} | n_{2k} | n_{2+} |
| | k | n_{k1} | n_{k2} | n_{kk} | n_{k+} |
| n_{+j} | | n_{+1} | n_{+2} | n_{+k} | n |

ตาราง 2.3 แสดงตาราง Confusion Matrix ของข้อมูลที่ได้จากการจำแนก (Classification Data) กับค่าข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง (Reference Data)

เมื่อ n_{ij} คือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้อง

n_{i+} คือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกทั้งหมดของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ ที่มาจากการจำแนก

n_{+j} คือ จำนวนจุดภาพที่จำแนกทั้งหมดของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ ที่มาจากการสำรวจจากพื้นที่จริง

k คือ จำนวนชั้นข้อมูลทั้งหมด

n คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมด

การตรวจสอบผลการจำแนกที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ แบ่งออกเป็น

1) ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความถูกต้องทั้งหมด คำนวณได้จากผลรวมของจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องหารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดและคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^k n_{ii}$$

2) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy หรือ Omission error) เป็นค่าที่แสดงถึงความผิดพลาดของข้อมูลที่สนใจที่ถูกจำแนกไปเป็นข้อมูลประเภทอื่น ๆ คำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดในแนวตั้งของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น ซึ่งได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง และคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_{ij}}{n_{+j}}$$

3) ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy หรือ Commission error) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของข้อมูลประเภทอื่นที่ถูกจำแนกมาเป็นข้อมูลที่สนใจ คำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดในแนวนอนของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น ที่มาจากการจำแนก และคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{ij}}{n_{i+}}$$

การตรวจสอบผลการจำแนก มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะการจะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการทำงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป จะต้องทราบว่าผลลัพธ์มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการสำรวจจำแนกและแนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ร้างในประเทศไทย การประยุกต์ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืช และการประยุกต์ใช้ลักษณะชีพลักษณะของพืชเกษตรกรรม

3.1 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจจำแนกและแนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่ที่ร้างในประเทศไทย

สมศักดิ์ ปิติธีรภาพ (2548) โดยสถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย วิธีการศึกษาที่ใช้ในการวิจัยคือใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM ที่เป็นภาพสีผสมเท็จ (False color composite) 3 ช่วงคลื่นคือ 4R-5G-3B มีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Unsupervised Classification และ Supervised Classification ซึ่งอาศัยการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในระบบคอมพิวเตอร์ และออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบข้อมูลพื้นที่ร้างซึ่งจำแนกด้วยคอมพิวเตอร์ว่ามีความถูกต้องกับสภาพในปัจจุบันหรือไม่ ซึ่งจากผลการสำรวจพบว่าพื้นที่ที่ร้างแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ นาร้าง ไร่ร้าง ทุ่งหญ้า ป่าละเมาะ ที่ลุ่ม และเหมืองแร่ร้าง

3.2 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืช

3.2.1 Lyon et al., (1998) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat MSS หลายช่วงเวลา และทดลองเปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณแต่ละชนิดที่ใช้ในติดตามสภาวะของพืชและการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการและการเก็บข้อมูลภาคสนามพบว่า เป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่ดีที่สุดที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืช

3.2.2 Wardlow, Egbert and Kastens (2007) ประยุกต์ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ และ Enhanced Vegetation Index (EVI) จากข้อมูลหลายช่วงของภาพถ่ายดาวเทียม MODIS เพื่อใช้ในการจำแนกพืชเกษตรกรรมในพื้นที่ของ U.S. Central Great Plains จากผลการวิจัยพบว่า สามารถแยกแยะความแตกต่างของพืชเกษตรกรรมแต่ละชั้นข้อมูลได้จาก

ช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของพืชชนิดนั้น ๆ ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีช่วงเวลาของการเพาะปลูกที่แตกต่างกัน จากลักษณะของซีพลักษณ์

3.2.2 Vaiphasa et al., (2007) ประยุกต์ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ จากข้อมูลหลายช่วงเวลาของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ในวันที่ 19 เมษายน ปี.ศ 1995, วันที่ 8 เมษายน ปี.ศ 1997 และวันที่ 27 เมษายน ปี.ศ 1998 มาประยุกต์ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าชายเลนจากการถูกรุกของบ่อน้ำกุ้ง บริเวณแหลมตะลุมพุก อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช ซึ่งในบริเวณพื้นที่ที่เป็นป่าชายเลนค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 – 0.3 ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นป่าชายเลนหนาแน่นค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.3 – 0.7 และในส่วนพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าชายเลน เช่น พื้นที่ที่เป็นบ่อน้ำกุ้ง ถนน พบว่าค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์มีค่าติดลบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ปริมาณพื้นที่ป่าชายเลนมีจำนวนลดลงจากการถูกรุกของพื้นที่บ่อน้ำกุ้ง

3.3 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ลักษณะซีพลักษณ์ของพืชเกษตรกรรม

3.3.1 Jensen (2006) ศึกษาลักษณะซีพลักษณ์ของ hard red winter wheat ใน U.S. Central Great Plains พบว่าพืชที่เริ่มทำการเพาะปลูกในเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน จะหยุดการเจริญเติบโตชั่วคราวเนื่องจากหิมะปกคลุมจนกระทั่งเดือนมีนาคมที่พืชจะเริ่มเจริญเติบโตใหม่ และเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงเดือน เมษายน และเจริญเติบโตเต็มที่ในช่วงกลางเดือนมิถุนายน เก็บเกี่ยวในช่วงก่อนเดือนกรกฎาคม ดังนั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนจะให้ข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่พืชอยู่ในช่วงเตรียมดินก่อนฤดูเพาะปลูก และภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคมจะให้ข้อมูลระหว่างที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ ซึ่งข้อมูลในช่วงนี้จะให้ข้อมูลที่แท้จริงของค่ามวลชีวภาพ (biomass) และอาจจะใช้ในการคาดการณ์ผลผลิตทางการเกษตรได้

3.3.2 Jensen (2006) ศึกษาลักษณะซีพลักษณ์ของพืชเกษตรกรรมใน South Carolina ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีลักษณะซีพลักษณ์ที่แตกต่างกัน แต่เป็นการยากที่จะแยกแยะความแตกต่างของพืชจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหากพืชทั้งสองชนิดมีฤดูกาลเพาะปลูกที่ใกล้เคียงกันมาก เช่น ต้นยาสูบ กับข้าวโพด และต้นถั่วเหลืองกับฝ้าย ซึ่งการเลือกภาพที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลได้เหมาะสมในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก จะทำให้สามารถแยกแยะระหว่างพืชสองชนิดที่แตกต่างกันได้ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกันและมีลักษณะซีพลักษณ์ที่แตกต่างกัน

3.3.3 Jensen (2006) ศึกษาลักษณะชีพลักษณะของพืชเกษตรกรรมใน the Imperial Valley, CA มีพืชเกษตรกรรมที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมาก คือ ต้นปืท ฝ้าย และ alfafa ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีลักษณะของชีพลักษณะที่แตกต่างกัน ความเป็นไปได้ในการระบุชนิดของพืชแต่ละชนิดจากข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT (MSS) จะต้องได้ข้อมูลภาพในช่วงเวลาที่ค่าการสะท้อนพลังงานของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันมาก ซึ่งจะมีผลต่อความถูกต้องในการจำแนก การเลือกใช้ภาพดาวเทียมโดยเลือกช่วงเวลาที่พืชมีค่าการสะท้อนพลังงานแตกต่างกันมากที่สุดประเมินจากปฏิทินการเกษตรลักษณะชีพลักษณะของพืชแต่ละชนิด ซึ่งผลการจำแนกสามารถนำไปใช้คาดการณ์จำนวนผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิดในพื้นที่ได้



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

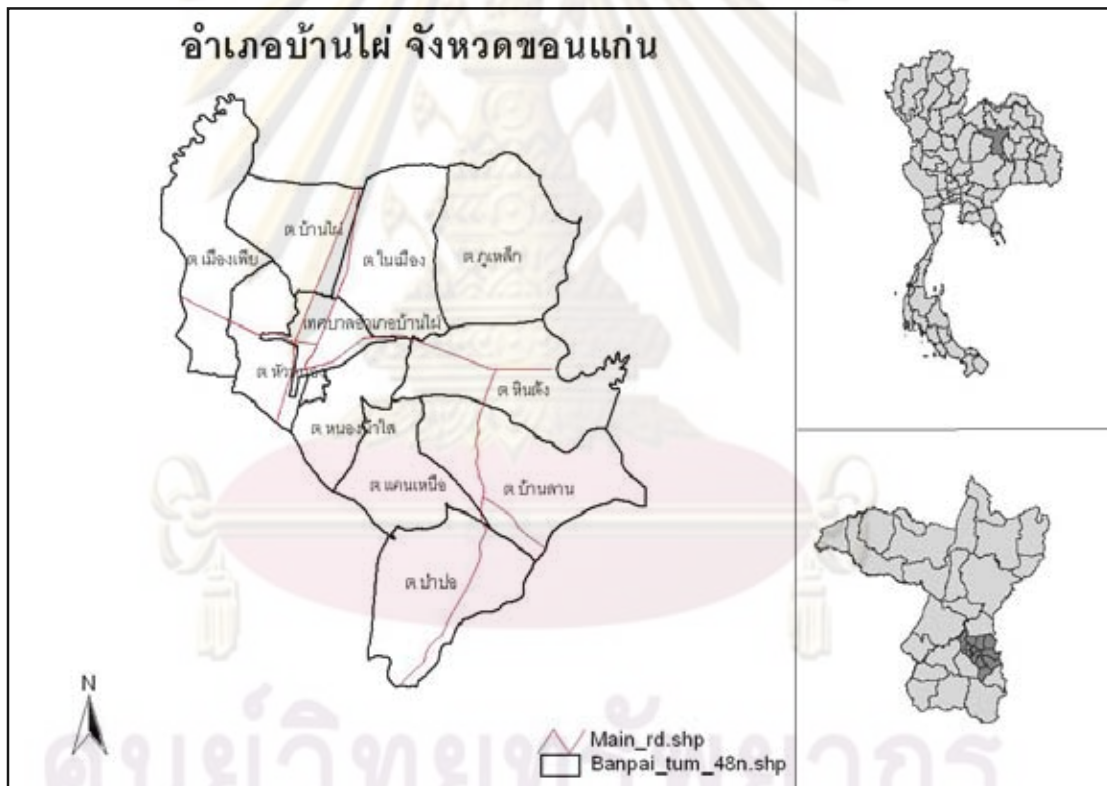
บทที่ 4

ขั้นตอนการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง

4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

4.1.1 พื้นที่ศึกษา

เพื่อให้การตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างมีความน่าเชื่อถือ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ทำวิจัยได้เลือกพื้นที่ศึกษาที่มีปัญหาพื้นที่ทิ้งร้างใน คือ อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ตั้งอยู่ที่พิกัด $16^{\circ}3'36''N$, $102^{\circ}43'51''E$ มีพื้นที่ประมาณ 477.7 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 พื้นที่ศึกษา อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น

จากการศึกษาเอกสารเอกสารและรายงานการวิจัยต่าง ๆ พบว่า ในเขตพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ ประชากรมีอาชีพหลักคือการทำเกษตรกรรม มีผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ถึงแม้ว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินไม่อุ้มน้ำ มีปัญหาดินเค็ม การแพร่กระจายของดินเค็ม และปัญหาหน้าดินถูกชะล้าง ในบางพื้นที่คราบเกลือที่เกิดขึ้นในพื้นที่นาหลายจุดจากปัญหาดินเค็ม ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง น้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกร ทำให้มีรายได้ลดลง มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ภาระหนี้สินเพิ่มขึ้น ชาวที่ดินทำกิน หลายครัวเรือนต้องย้ายถิ่นไปรับจ้างทำงานที่อื่น ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสังคมตามมา

4.1.2 ข้อมูลภาพถ่ายเทียม

ในการทำวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียม LANDSAT เป็นภาพที่ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) จำนวน 12 ภาพ จากการรับสัญญาณดาวเทียมในช่วงปี พ.ศ. 2546 – 2549 (Path128, Row 49) ขนาดของจุดภาพ 30 X 30 เมตร เฉพาะบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลที่ได้ผ่านการแปลงค่าพิกัดจากระบบพิกัดภาพไปสู่ระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM) อ้างอิงบนพื้นหลักฐาน WGS 84 แล้ว ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ข้อมูลภาพถ่ายเทียม LANDSAT-5 ระบบทีเอ็ม ประกอบด้วยข้อมูลค่าความสว่างของจุดภาพทั้งหมด 7 ช่วงคลื่น มีข้อมูลค่าการสะท้อนของแต่ละจุดภาพมีขนาดของพื้นที่จริงบนพื้นโลกเท่ากับ 30 เมตร ยกเว้นข้อมูลของช่วงคลื่นที่ 6 ซึ่งเป็น Thermal Band ที่จุดภาพมีขนาดของพื้นที่จริงบนพื้นโลกเท่ากับ 120 เมตร สำหรับข้อมูลภาพถ่ายเทียมที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการตัดเอาเฉพาะบริเวณที่สนใจซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา และใช้ข้อมูลทั้งหมด 7 ช่วงคลื่น

ข้อมูลภาพถ่ายเทียม LANDSAT-7 ระบบทีเอ็มพลัส ประกอบด้วยข้อมูลค่าความสว่างของจุดภาพทั้งหมด 7 ช่วงคลื่น และPAN มีข้อมูลค่าการสะท้อนของแต่ละจุดภาพมีขนาดของพื้นที่จริงบนพื้นโลกเท่ากับ 30 เมตร ในอินฟราเรดความร้อนจุดภาพมีขนาดของพื้นที่จริงบนพื้นโลกเท่ากับ 60 เมตร และPanchromatic จุดภาพมีขนาดของพื้นที่จริงบนพื้นโลกเท่ากับ 15 เมตร สำหรับข้อมูลภาพถ่ายเทียมที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการตัดเอาเฉพาะบริเวณที่สนใจซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา และใช้ข้อมูลทั้งหมดทุกช่วงคลื่น



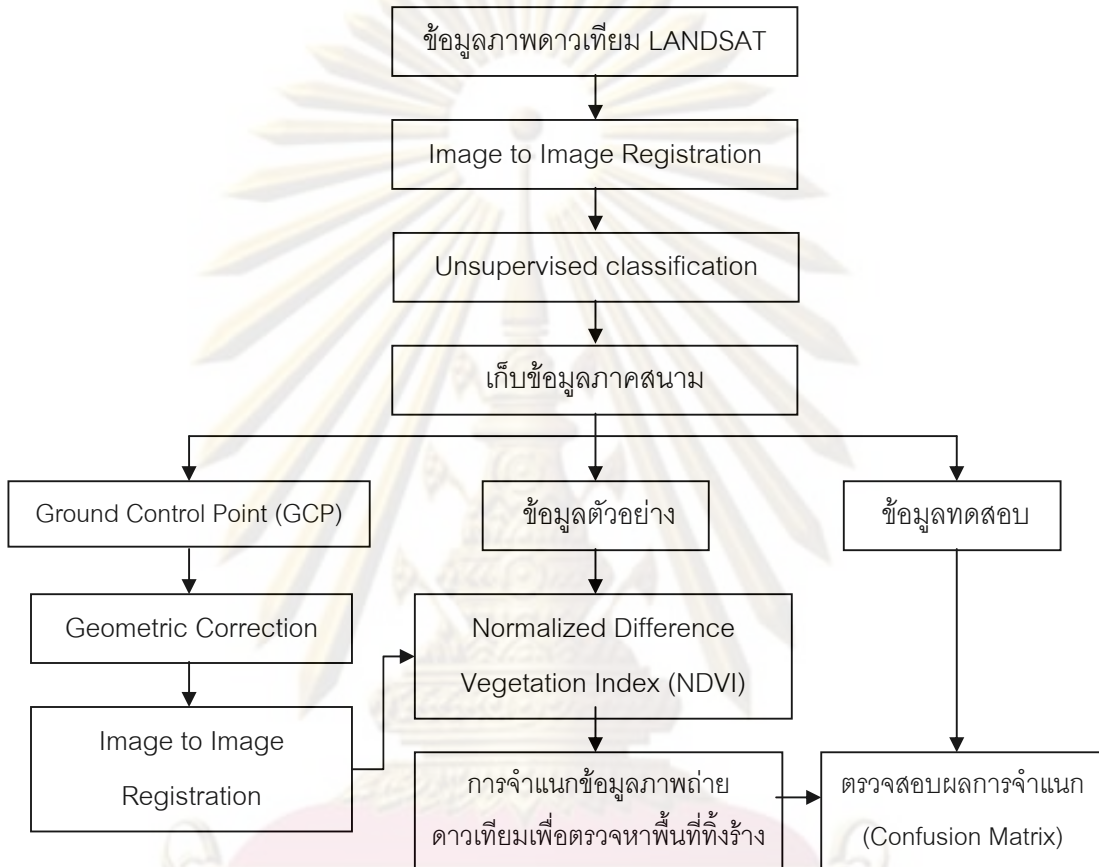
รูปที่ 4.2 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat Path128, Row 49

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ที่ใช้ในการวิจัย

| NO. | Date Acquired | Satellite | Sensor | Path | Row |
|-----|--------------------|-----------|--------|------|-----|
| 1 | 25 มีนาคม 2546 | LANDSAT-7 | ETM+ | 128 | 49 |
| 2 | 28 พฤษภาคม 2546 | LANDSAT-7 | ETM+ | 128 | 49 |
| 3 | 20 ธันวาคม 2546 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 4 | 20 เมษายน 2547 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 5 | 27 กันยายน 2547 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 6 | 16 ธันวาคม 2547 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 7 | 6 มีนาคม 2548 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 8 | 7 เมษายน 2548 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 9 | 1 พฤศจิกายน 2548 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 10 | 21 กุมภาพันธ์ 2549 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 11 | 13 มิถุนายน 2549 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |
| 12 | 22 ธันวาคม 2549 | LANDSAT-5 | TM | 128 | 49 |

4.2 ขั้นตอนการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง

ขั้นตอนและกระบวนการต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง แสดงดังรูป 4.3



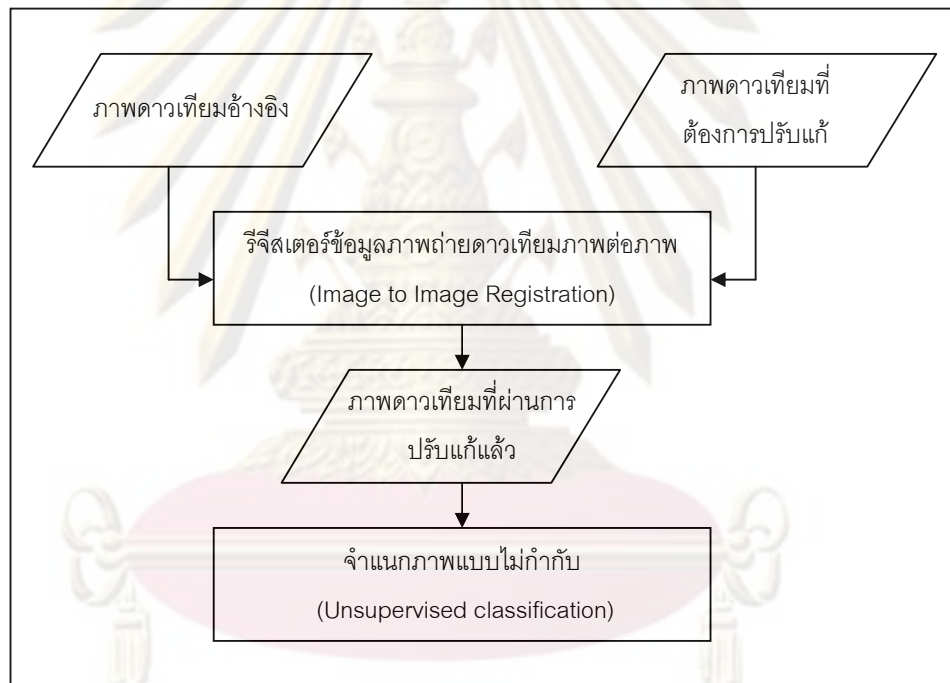
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง

4.2.1 รีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ (Image to Image Registration)

เนื่องจากการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในการวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลา จึงต้องทำการรีจิสเตอร์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 12 ภาพ (88 แบนด์) ให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน (ในระบบอ้างอิง UTM Zone 48N, WGS 1984) และมีความถูกต้องของตำแหน่งจุดภาพที่ตรงกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง โดยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการแปลงค่าพิกัดควรมีค่าระหว่าง 0.25-0.50 จุดภาพ

สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้เป็นภาพถ่ายดาวเทียมอ้างอิง คือภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ในวันที่ 1 พฤศจิกายน 2548 โดยนำจุดควบคุมภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามมาปรับพิกัดให้

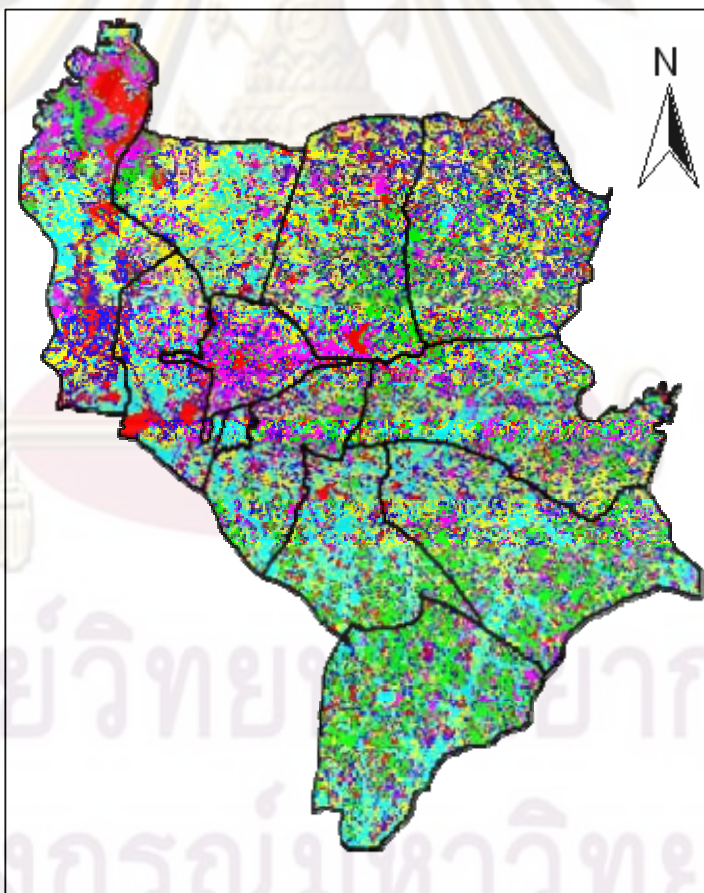
เข้ากับภาพที่ใช้อ้างอิง จากนั้นปรับแก้ค่าพิกัดภาพดาวเทียมที่เหลือให้เข้ากับภาพดาวเทียมอ้างอิง สำหรับงานวิจัยนี้ ใช้วิธีการปรับแก้แบบไม่ใช่ค่าพารามิเตอร์ (Nonparametric Correction) โดยในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษาใช้จุดควบคุมภาพที่กระจายอยู่ทั่วภาพจำนวน 12 จุด (ดังแสดงในรูปผนวกที่ ก1) โดยเลือกจากสิ่งปลูกสร้างที่ถาวร เช่น แยกถนนสายหลัก หรือจุดตัดของถนน ที่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนจากภาพถ่ายดาวเทียม สมการที่ใช้ในการปรับแก้ คือ สมการโพลีโนเมียลกำลังสอง และในการคำนวณค่าความสว่างใหม่จะคำนวณด้วยการประมาณค่าจากตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Resampling Method) เพื่อรักษาค่าความสว่างให้ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการปรับแก้มากที่สุด



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการวิธีสแตอ์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมภาพต่อภาพ
(Image to Image Registration)

4.2.2 จำแนกภาพแบบไม่กำกับ (Unsupervised classification)

เป็นขั้นตอนการจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน โดยใช้ซอฟต์แวร์ ENVI 4.5 ในการจัดกลุ่มข้อมูล (Cluster) โดยกำหนดกลุ่มจำนวนข้อมูลทั้งหมดจำนวน 10 กลุ่มข้อมูล เนื่องจากจำนวนชั้นข้อมูลหลัก ๆ ในพื้นที่ศึกษามีจำนวน 5 กลุ่มข้อมูล ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เลือกใช้วิธีการจำแนกแบบไม่กำกับแบบ k-mean ผลที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT แสดงดังรูปที่ 4.5 โดยกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลในขั้นตอนนี้จะนำไปใช้ประโยชน์เพื่อประกอบในการเลือกตำแหน่งของข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) และข้อมูลทดสอบ (Testing Area) สำหรับการจำแนกแบบกำกับ (Supervised classification) และเพื่อสำหรับเลือกพื้นที่ที่จะเก็บข้อมูลตัวอย่างให้มีลักษณะข้อมูลที่ใกล้เคียงกันและครอบคลุมพื้นที่ที่กว้างพอทั่วพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างภาพดาวเทียมแลนด์แซตที่ผ่านการจำแนกภาพดาวเทียมด้วยวิธี

Unsupervised classification ในพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น

4.2.3 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

การเก็บข้อมูลภาคสนามในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะประกอบไปด้วย ข้อมูลจุดควบคุมภาพดาวเทียมจำนวน 12 จุด ข้อมูลตัวอย่าง และข้อมูลทดสอบ ดังรายละเอียดในหัวข้อ 4.2.1 และ 4.2.4

สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ประกอบในการเก็บข้อมูลภาคสนามจะใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ที่รับสัญญาณในช่วงระยะเวลาปลายปีในการออกภาคสนามเก็บข้อมูล เนื่องจากเป็นช่วงระยะเวลาที่พืชเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ นาข้าว อ้อย มันสำปะหลัง อยู่ในช่วงของฤดูกาลเพาะปลูก พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จะทำให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนระหว่างพื้นที่ที่มีการเพาะปลูก กับพื้นที่ที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูกหรือบริเวณที่เป็นพื้นที่ทิ้งร้าง หรือบริเวณพื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้า บริเวณพื้นที่ที่เป็นพื้นดิน เป็นต้น

หลังจากที่ได้ทำการจำแนกภาพดาวเทียม LANDSAT แบบไม่กำกับ (Unsupervised classification) แบบ k-mean เพื่อใช้ในการเลือกตำแหน่งในการเก็บข้อมูลภาคสนามแล้ว ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ Stratified random sampling ในการเก็บข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของชั้นข้อมูลนั้น ๆ และให้จุดกระจายทั่วพื้นที่ศึกษา

สำหรับการเข้าถึงพื้นที่จะใช้เครื่องมือรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS ชนิดพกพา ซึ่งสามารถบอกตำแหน่งในระดับความถูกต้อง 15 เมตร เก็บข้อมูลตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของชั้นข้อมูล ได้แก่ นาข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ทุ่งหญ้า และพื้นที่ทิ้งร้าง ในพื้นที่ศึกษา เพื่อระบุนุการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจริงให้กับกลุ่มข้อมูล (Cluster) ที่ได้จากการจำแนกแบบคร่าว ๆ จากการจำแนกแบบไม่กำกับ ตามแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาคสนาม ดังตารางผนวกที่ ก 1

ในการเลือกตำแหน่งการเก็บข้อมูลตัวอย่างจะเลือกจากจุดที่เข้าถึงได้ง่าย แต่เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ มีถนนเข้าถึง และในบางบริเวณมีการเพาะปลูกพืชชนิดหนึ่ง ๆ เป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นการเข้าถึงพื้นที่จึงเข้าถึงได้ง่าย จึงทำให้ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบได้เป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างตารางแบบฟอร์มที่ใช้ในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

| ID | E | N | Cluster | Landuse |
|-------|-----------|------------|---------|-----------------|
| 1 | 258838.50 | 1783585.50 | 1 | นาข้าว |
| 2 | 260398.50 | 1775538.50 | 1 | นาข้าว |
| 3 | 265741.50 | 1785925.50 | 2 | อ้อย |
| 4 | 263050.50 | 1786263.50 | 2 | มันสำปะหลัง |
| 5 | 254405.50 | 1779321.50 | 3 | ทุ่งหญ้า |
| 6 | 256316.50 | 1776110.50 | 3 | ทุ่งหญ้า |
| 7 | 257148.50 | 1780920.50 | 4 | พื้นที่ทิ้งร้าง |
| 8 | 262647.50 | 1771547.50 | 5 | นาข้าว |
| 9 | 270291.50 | 1772652.50 | 6 | อ้อย |
| 10 | 263310.50 | 1785509.50 | 7 | มันสำปะหลัง |
| 11 | 257148.50 | 1782181.50 | 7 | มันสำปะหลัง |
| 12 | 263869.50 | 1779698.50 | 8 | อ้อย |
| 13 | 264753.50 | 1778996.50 | 9 | พื้นที่ทิ้งร้าง |
| 14 | 264506.50 | 1778853.50 | 9 | พื้นที่ทิ้งร้าง |
| 15 | 258799.50 | 1774329.50 | 10 | ทุ่งหญ้า |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| N | | | | |

4.2.4 ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) และข้อมูลทดสอบ (Testing Area)

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเลือกวิธีการเก็บข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบโดยการสำรวจข้อเท็จจริงในสนาม เนื่องจากการสังเกตด้วยสายตาจากพื้นที่ศึกษาจริงมีความน่าเชื่อถือในความถูกต้องมากกว่าการเก็บข้อมูลโดยวิธีอื่น โดยการเก็บข้อมูลจะต้องมีจำนวนข้อมูลที่เพียงพอตามหลักสถิติที่ใช้ในการจำแนกภาพดาวเทียม และเพื่อให้ข้อมูลมีความหลากหลายและเป็นตัวแทนข้อมูลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา จึงทำการเลือกตำแหน่งการเก็บข้อมูลตัวอย่างให้มีการกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา และไม่เป็นข้อมูลที่ได้มาจากพื้นที่ตำแหน่งเดียว และมีจำนวนข้อมูลตัวอย่างแต่ละประเภทควรมีมากกว่า 30 จุดภาพขึ้นไป เพื่อให้มีตัวแทนทางสถิติที่มีลักษณะการกระจายแบบปกติ (Congalton and Green, 1999) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมากำหนดชนิดของชั้นข้อมูล (Class) แบ่งเป็น 5 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ทุ่งหญ้า และพื้นที่ทิ้งร้าง ชั้นข้อมูลละ 200 ตัวอย่าง จากนั้นแบ่งข้อมูลออกเป็นสองชุดชุดละ 100 ตัวอย่าง คือ ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) 100 ตัวอย่าง และข้อมูลทดสอบ (Testing Area) 100 ตัวอย่าง แบบ split half โดยทำแบบ data rotation โดยในแต่ละพื้นที่จะถูกแบ่งเป็นจุดภาพที่มีทั้งข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ

จากนั้นนำแต่ละจุดภาพของข้อมูลตัวอย่างมาใช้ในการจำแนกข้อมูลแบบกำกับของภาพดาวเทียม LANDSAT หลายช่วงเวลา สำหรับข้อมูล NDVI Time series จำนวน 12 แบนด์ (1 ช่วงเวลา คือ 1 แบนด์) ดังแสดงในรูป 4.6 โดยในการจำแนกประเภทแบบกำกับ จะใช้เทคนิคการจำแนกประเภท 3 แบบ ได้แก่ เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) และเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)

ในส่วน of ข้อมูลทดสอบ จะนำไปใช้เพื่อตรวจสอบผลการจำแนกของแต่ละเทคนิควิธีการจำแนกแบบกำกับในขั้นตอนต่อไป ด้วยตาราง Confusion matrix

4.2.5 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI))

ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ได้จากการคำนวณค่าการสะท้อนแสงจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ทั้ง 12 ภาพ ในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) (แบนด์ 3) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) (แบนด์ 4) ภาพดังกล่าวที่ 1 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฟังก์ชัน NDVI จากชุดคำสั่ง Transfrom / NDVI ของโปรแกรมประมวลผลภาพ ENVI Version 4.5 และผลที่ได้จากการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ของพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น แสดงดังรูป 4.6

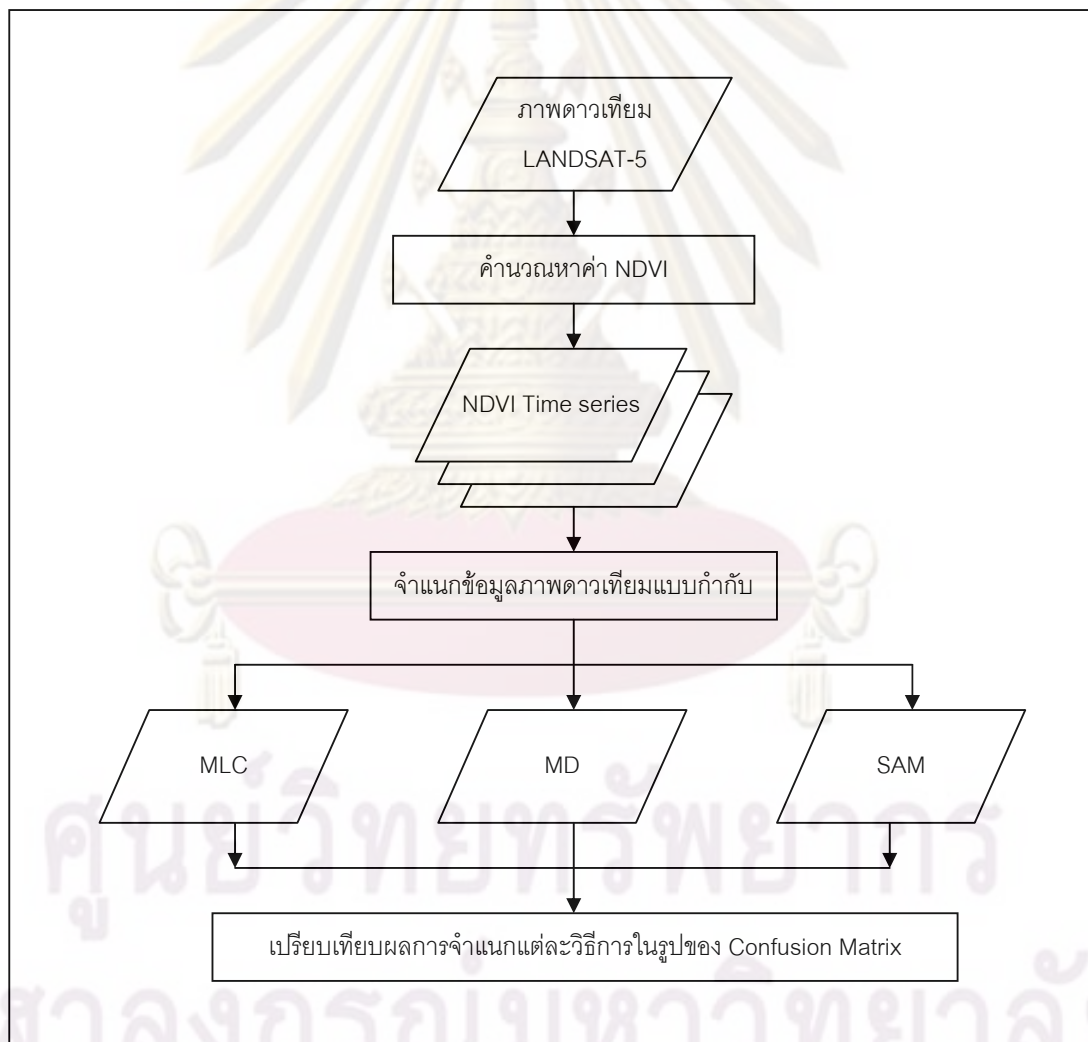


รูปที่ 4.6 ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซตที่ผ่านการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบ

นอร์แมลไลซ์ในพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น

4.2.6 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เลือกวิธีการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างโดยใช้ค่า NDVI Time Series ที่ได้จากการคำนวณจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ด้วยซอฟต์แวร์ ENVI 4.5 ซึ่งเทคนิควิธีที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลแบบกำกับสำหรับการวิจัยในครั้งนี้คือ เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) และเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM) จากนั้นตรวจสอบผลการจำแนกด้วยตาราง Confusion Matrix ดังในรูป 4.7 ซึ่งผลที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1 – 5.6



รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้าง

บทที่ 5

ผลการศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาที่ได้จากการตรวจหาพื้นที่ที่ทิ้งร้าง โดยในการใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ค่าชี้พลักษณะ และการใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมแลนด์แซตหลายช่วงเวลา รวมไปถึงผลการจำแนกพื้นที่ทิ้งร้าง และการตรวจสอบผลการจำแนก




5.1 ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ค่าชี้พลักษณะ และข้อมูลภาพถ่ายเทียมแลนด์แซตหลายช่วงเวลา

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญและมีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีปฏิทินการเพาะปลูก ระยะเวลาการเจริญเติบโต และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันในรอบ 1 ปี ดังนี้

| | ปี 2546 (2003) | | | | | | | | | | | | ปี 2547 (2004) | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
| นาข้าว | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| มันสำปะหลัง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| อ้อย | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

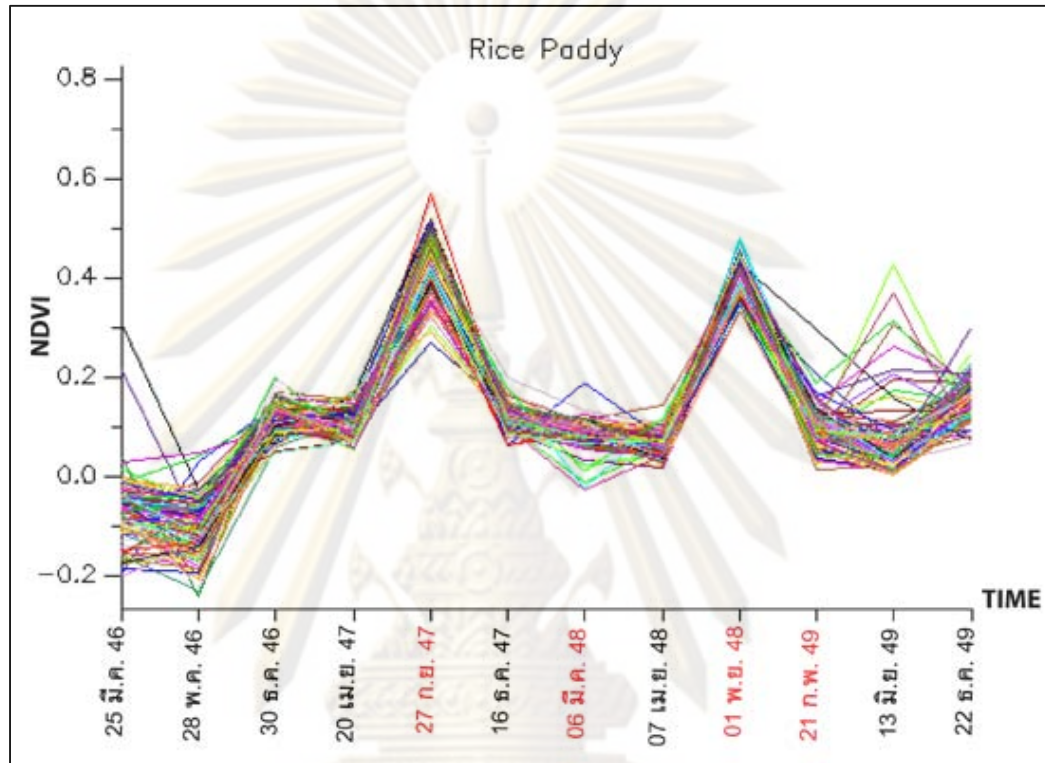
| | ปี 2548 (2005) | | | | | | | | | | | | ปี 2549 (2006) | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
| นาข้าว | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| มันสำปะหลัง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| อ้อย | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร

| | |
|---|--------------------------------------|
|  | ช่วงเวลาเพาะปลูก (Sowing) |
|  | ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว (Harvest) |
|  | เดือนที่ผลผลิตถูกเก็บเกี่ยวมากที่สุด |

รูปที่ 5.1 ปฏิทินการเกษตรจังหวัดขอนแก่นปี พ.ศ. 2546 - 2549

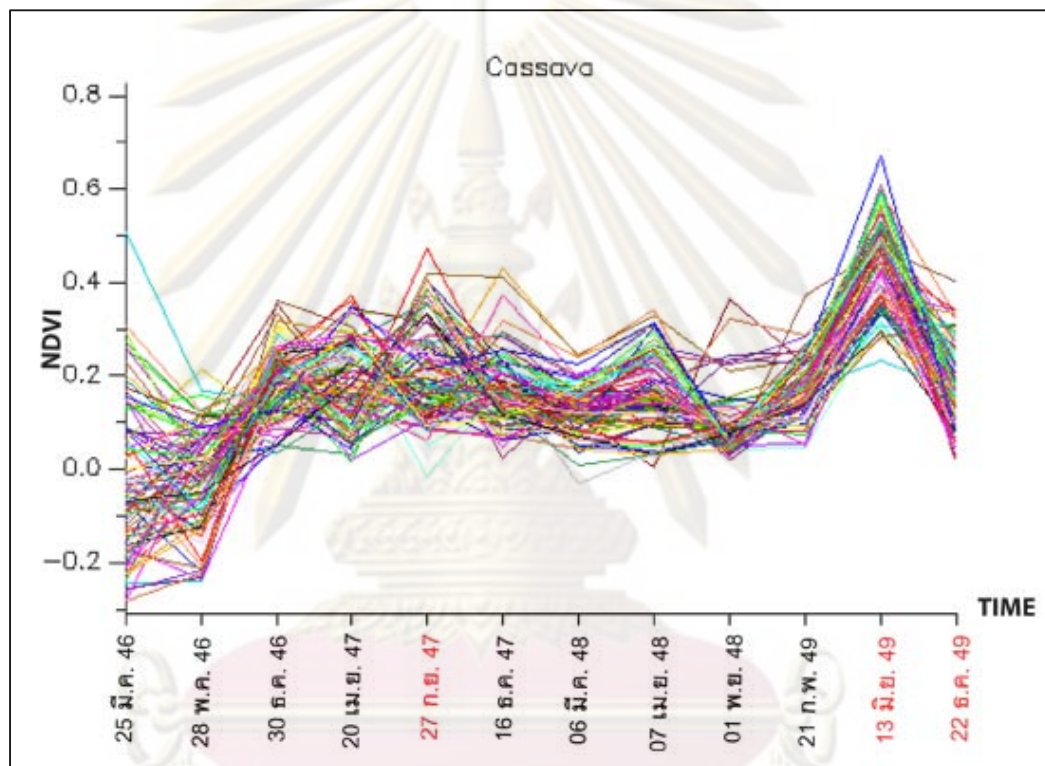
ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ที่บันทึกภาพในช่วงเวลาปี พ.ศ. 2546 – 2548 ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และเมื่อนำค่า NDVI ของนาข้าวในแต่ละช่วงเวลามา Plot กราฟจะได้ผลดังรูป 5.2 ดังนี้



รูปที่ 5.2 ค่า NDVI ของนาข้าว ปี พ.ศ. 2546 - 2549

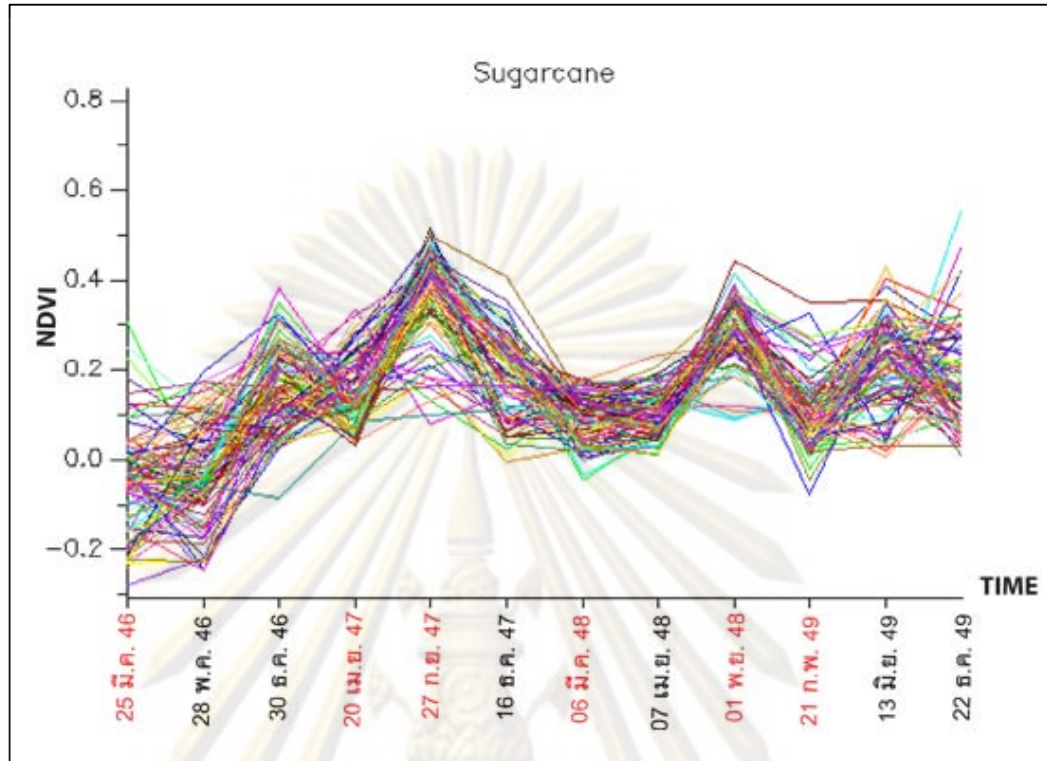
จากลักษณะของกราฟที่ปรากฏดังรูปที่ 5.2 พบว่า ลักษณะของค่า NDVI ของนาข้าวจะแปรผันไปตามฤดูการเพาะปลูกในแต่ละช่วงปี โดยค่า NDVI จะเริ่มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูการเพาะปลูกและสูงที่สุดในช่วงที่เริ่มฤดูการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ข้าวมีการเจริญเติบโตเต็มที่พร้อมสำหรับเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับปฏิทินการเกษตรของข้าวของจังหวัดขอนแก่นที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตสูงสุดในช่วงปลายปีของทุกปี ซึ่งค่า NDVI จะมีค่าต่ำ (ใกล้เคียง 0) ในช่วงประมาณต้นปีของปีถัดไป (06 มีนาคม 2548 , 21 กุมภาพันธ์ 2549) และค่า NDVI ในระหว่างฤดูการเพาะปลูกคือในช่วงประมาณกลางปีของทุกปี (27 กันยายน 2547, 01 พฤศจิกายน 2548 ก่อนการเก็บเกี่ยวสูงสุดในเดือนธันวาคม) ค่า NDVI จะมีค่าสูง (NDVI > 0.5) ดังแสดงในรูป 5.7 สำหรับมันสำปะหลังจากปฏิทินการเกษตรของจังหวัดขอนแก่น มีฤดูเพาะปลูกในช่วงระยะเวลากลางปีของทุกปี (ประมาณเดือนพฤษภาคม ถึงสิงหาคม) และมีฤดูเก็บเกี่ยวในช่วง

ระยะเวลาปลายปีของทุกปีโดยเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวสูงสุดคือเดือนพฤศจิกายน ลักษณะของค่า NDVI ที่ปรากฏดังรูป 5.3 ของมันสำปะหลังระหว่างปี พ.ศ. 2546 – 2549 พบว่า ค่า NDVI จะมีค่าสูง ($NDVI > 0.5$) ในช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังคือประมาณกลางปีของทุกปี (13 มิถุนายน 2549, 27 กันยายน 2547) และค่า NDVI จะมีค่าต่ำ (ใกล้เคียง 0) ในช่วงระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวผลผลิตคือประมาณปลายปีของทุกปี (01 พฤศจิกายน 2548, 22 ธันวาคม 2549) ดังแสดงในรูป 5.7

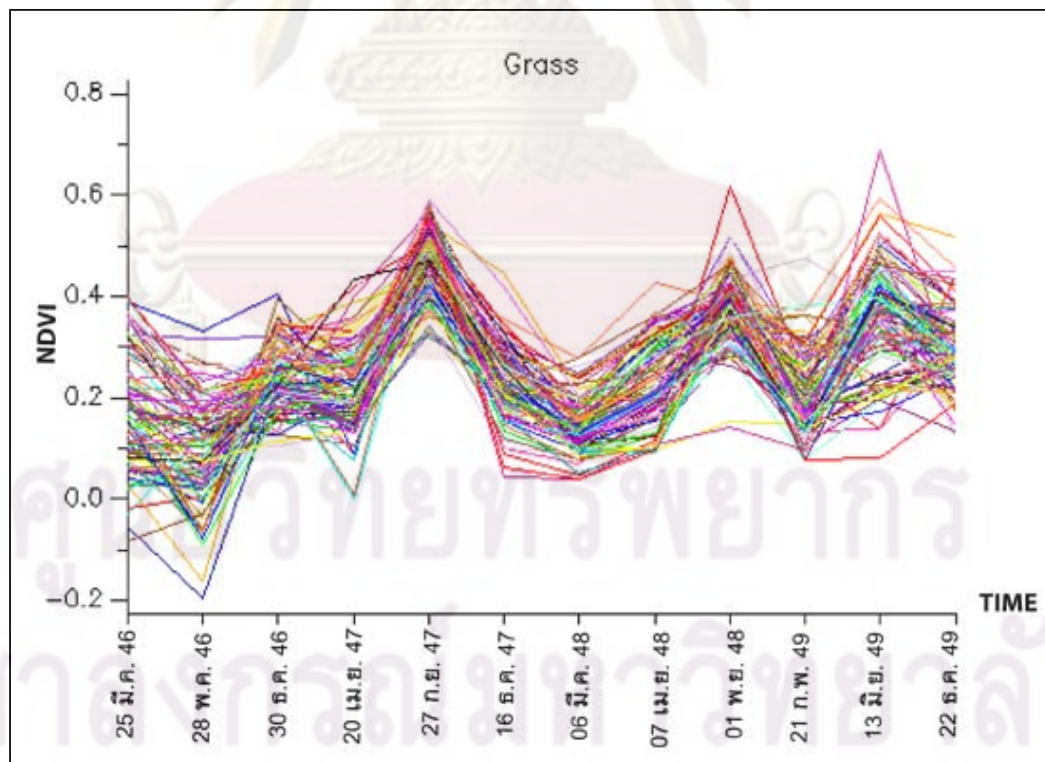


รูปที่ 5.3 ค่า NDVI ของมันสำปะหลัง ปี พ.ศ. 2546 - 2549

สำหรับอ้อยจากปฏิทินการเกษตรของจังหวัดขอนแก่น มีฤดูเพาะปลูกในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึงมกราคมของปีถัดไป และมีฤดูเก็บเกี่ยวในช่วงต้นปีของทุกปี ลักษณะของค่า NDVI ที่ปรากฏดังรูป 5.4 ของอ้อยระหว่างปี พ.ศ. 2546 – 2549 พบว่า ค่า NDVI จะมีค่าสูง ($NDVI > 0.5$) ในช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโตของอ้อยคือประมาณกลางปีถึงปลายปีของทุกปี (27 กันยายน 2547, 01 พฤศจิกายน 2548) และค่า NDVI จะมีค่าต่ำ (ใกล้เคียง 0) ในช่วงระยะเวลาของการเก็บเกี่ยวผลผลิตคือประมาณต้นปีของทุกปี (25 มีนาคม 2546, 20 เมษายน 2547, 06 มีนาคม 2548, 21 กุมภาพันธ์ 2549) ดังแสดงในรูป 5.7



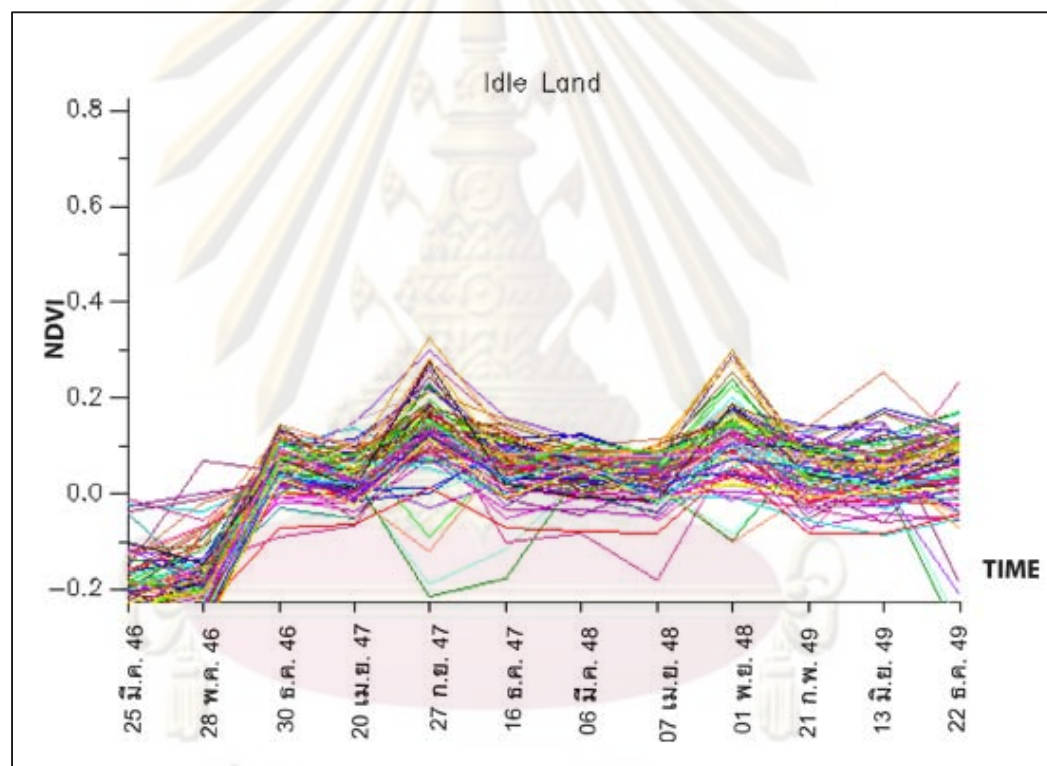
รูปที่ 5.4 ค่า NDVI ของอ้อย ปี พ.ศ. 2546 - 2549



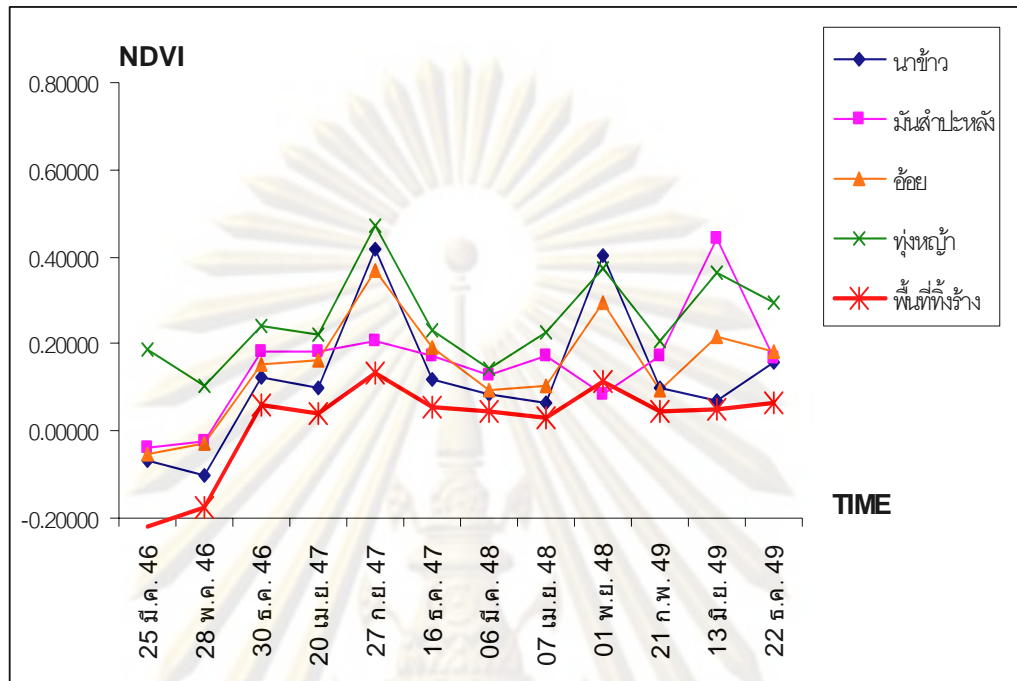
รูปที่ 5.5 ค่า NDVI ของทุ่งหญ้า ปี พ.ศ. 2546 - 2549

สำหรับทุ่งหญ้า ลักษณะของค่า NDVI ที่ปรากฏดังรูป 5.5 ของอ้อยระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2549 พบว่า ค่า NDVI จะมีค่าสูงขึ้นและต่ำลงผันแปรไปเนื่องมาจากฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในพื้นที่

สำหรับพื้นที่ที่ทิ้งร้างที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูกในพื้นที่ ทำให้ลักษณะของค่า NDVI ของพื้นที่ที่ทิ้งร้างมีค่าใกล้เคียงกันหรือไม่แตกต่างกันมากนักในทุกช่วงเวลา มีค่า NDVI ใกล้เคียง 0 ดังแสดงในรูป 5.6 และ 5.7



รูปที่ 5.6 ค่า NDVI ของพื้นที่ที่ทิ้งร้าง ปี พ.ศ. 2546 - 2549

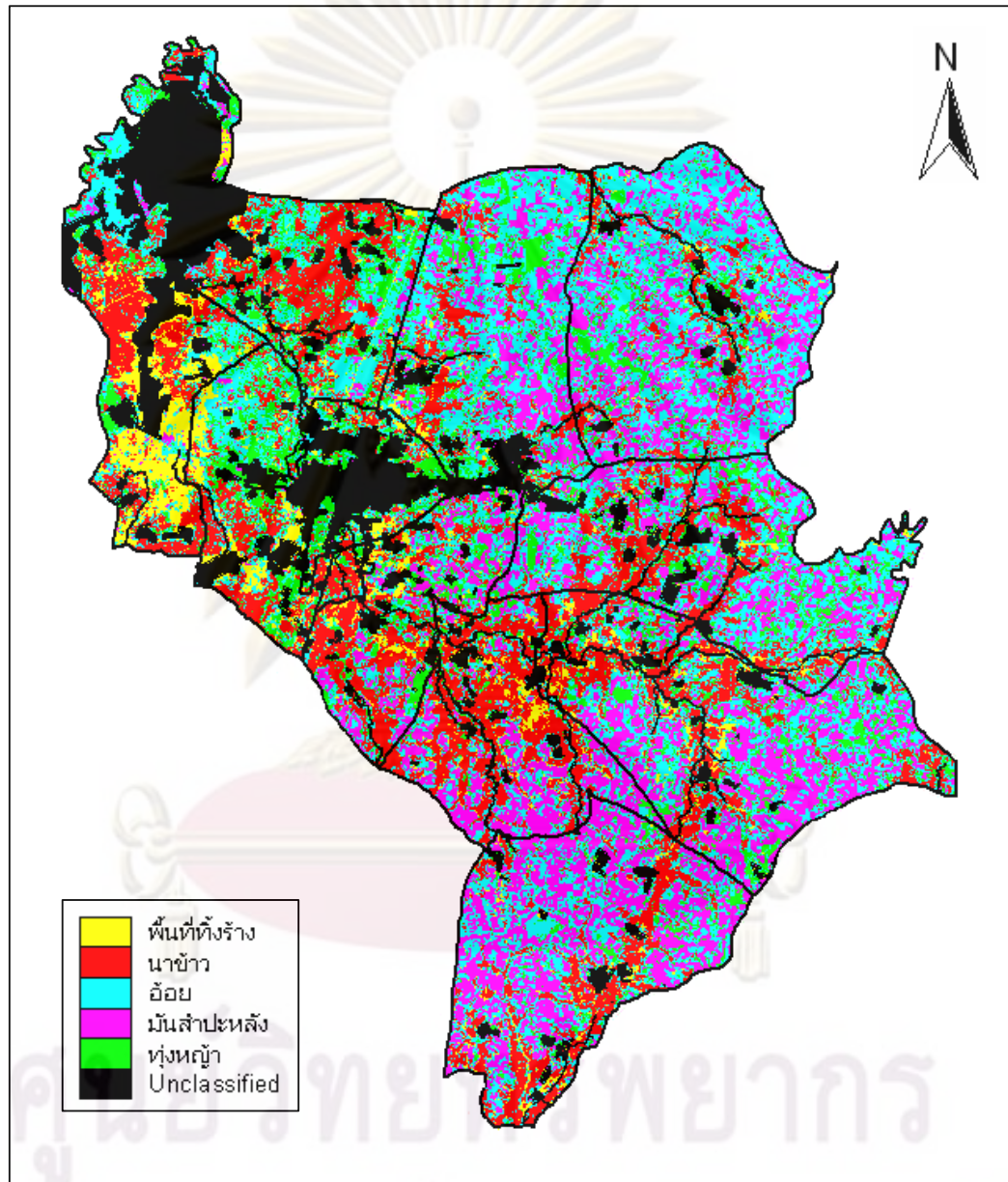


รูปที่ 5.7 ค่า NDVI จากข้อมูลหลายช่วงเวลาของ ข้าว อ้อย มั่นสำปะหลัง พุงหญ้า และพื้นที่ทิ้งร้าง ระหว่างปีพ.ศ. 2546 - 2548

ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 โดยพืชสีเขียวจะมีค่า (NDVI) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.2 – 0.8 ดังจะเห็นได้จากค่า NDVI ที่ได้ในช่วงเวลาของฤดูกาลเพาะปลูกจนถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยวของนาข้าว มั่นสำปะหลัง และอ้อย ซึ่งจะมีค่า NDVI แตกต่างจากช่วงที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูก หรือในช่วงระยะเวลาของการเตรียมดินสำหรับการเพาะปลูก หรือในพื้นที่ที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูกดังเช่นพื้นที่ทิ้งร้างที่ค่า NDVI จะมีค่าใกล้เคียง 0 ดังรูป 5.7 ที่ได้จากการนำค่าเฉลี่ยของค่า NDVI ของแต่ละชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลามา plot กราฟ

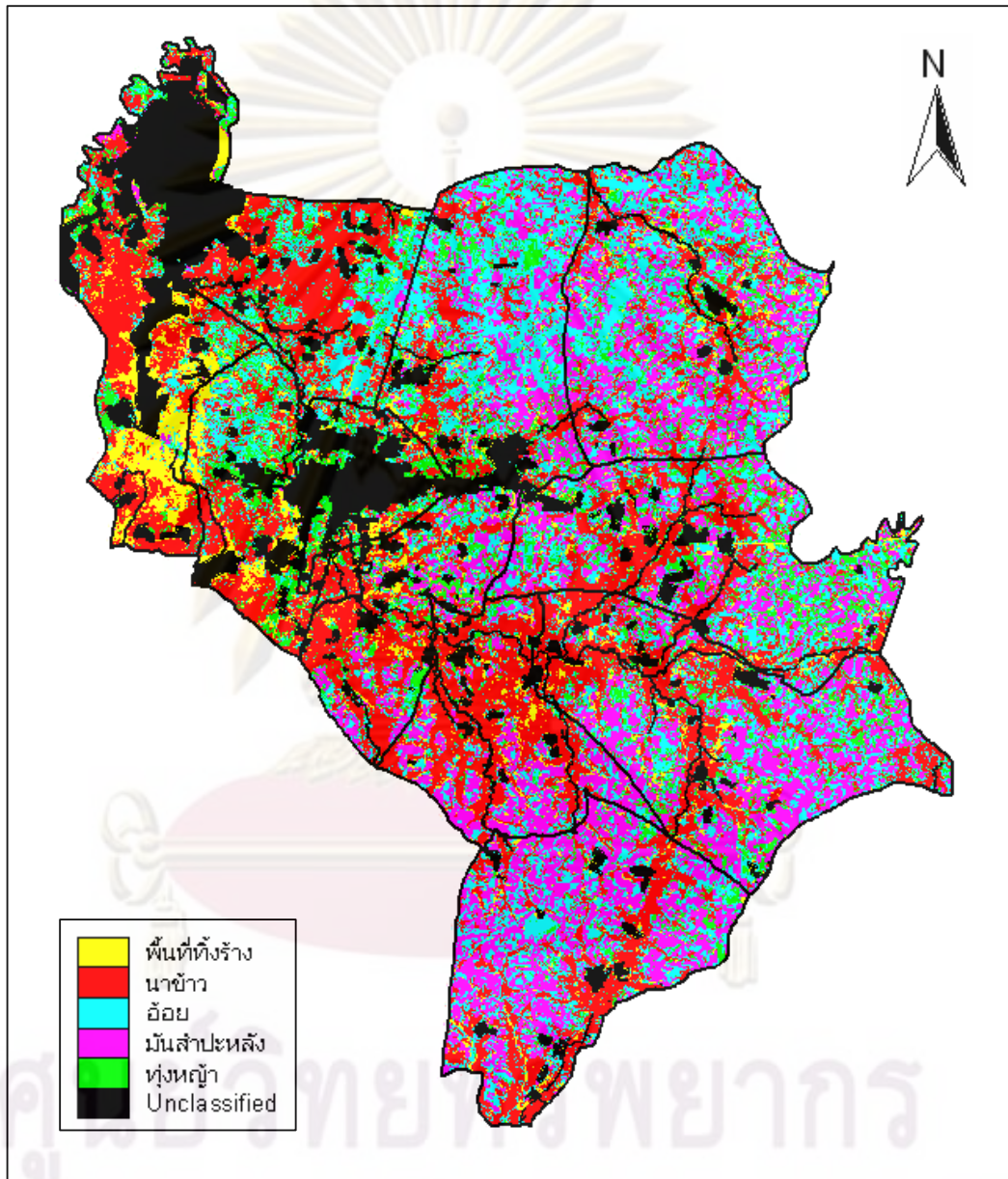
5.2 ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์สแควตโดยใช้ NDVI Time Series

5.2.1 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)



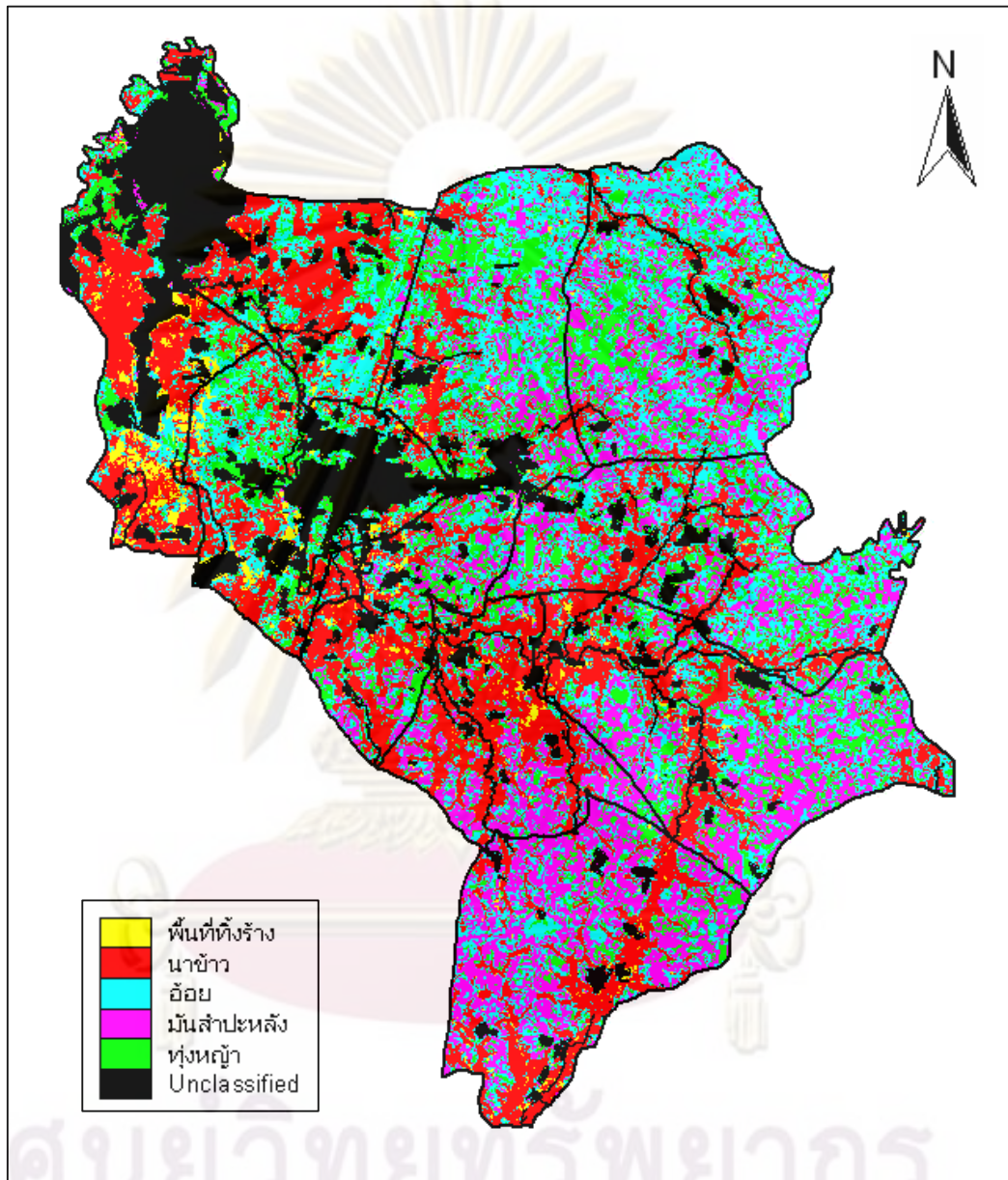
รูปที่ 5.8 ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์สแควตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

5.2.2 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)



รูปที่ 5.9 ผลการจำแนกภาพดาวเทียมแลนด์แซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส

5.2.3 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)



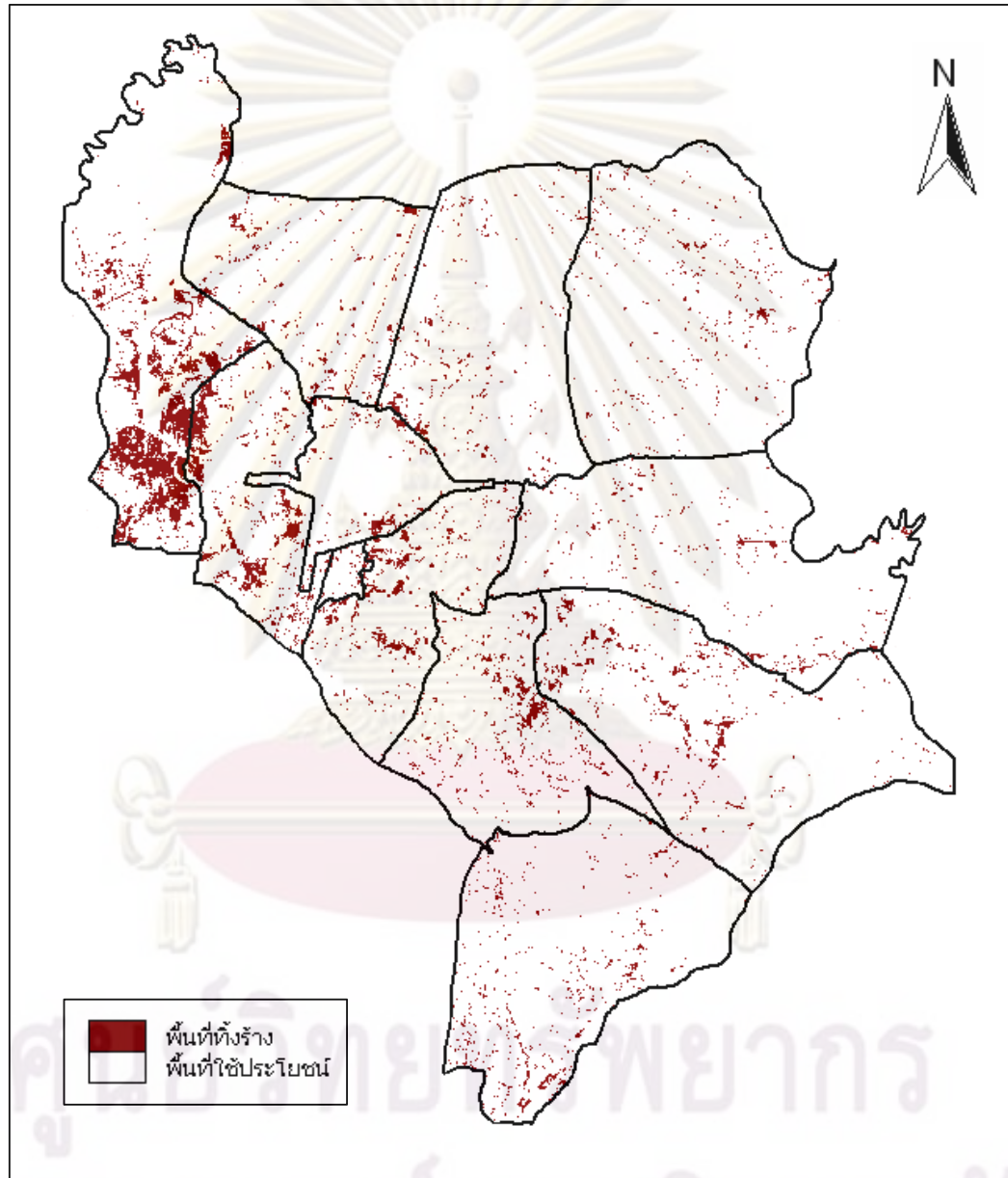
รูปที่ 5.10 ผลการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์เซตด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ

Spectral Angle Mapper

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

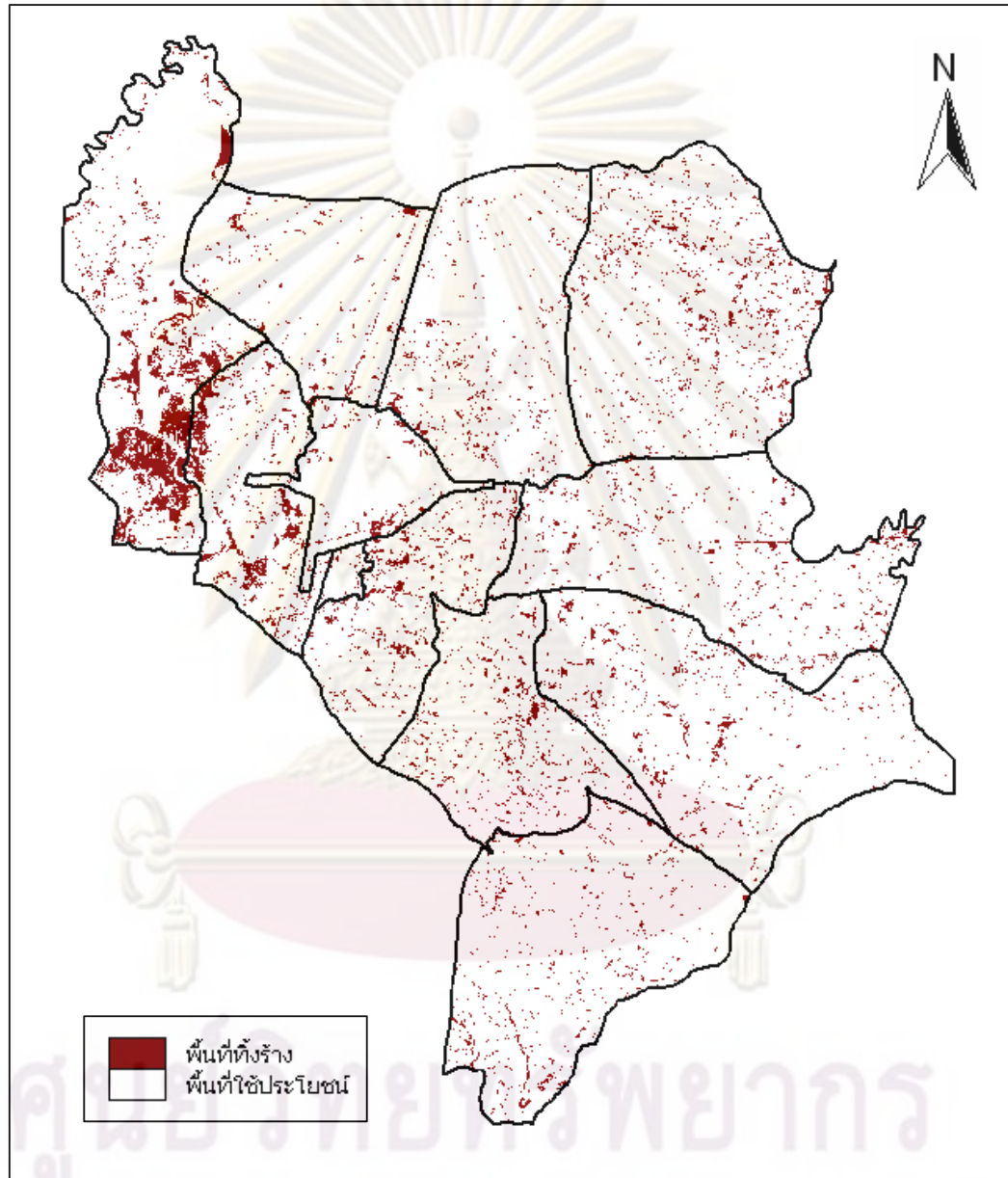
5.3 แสดงพื้นที่ที่ทิ้งร้างและพื้นที่ใช้ประโยชน์

5.3.1 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)



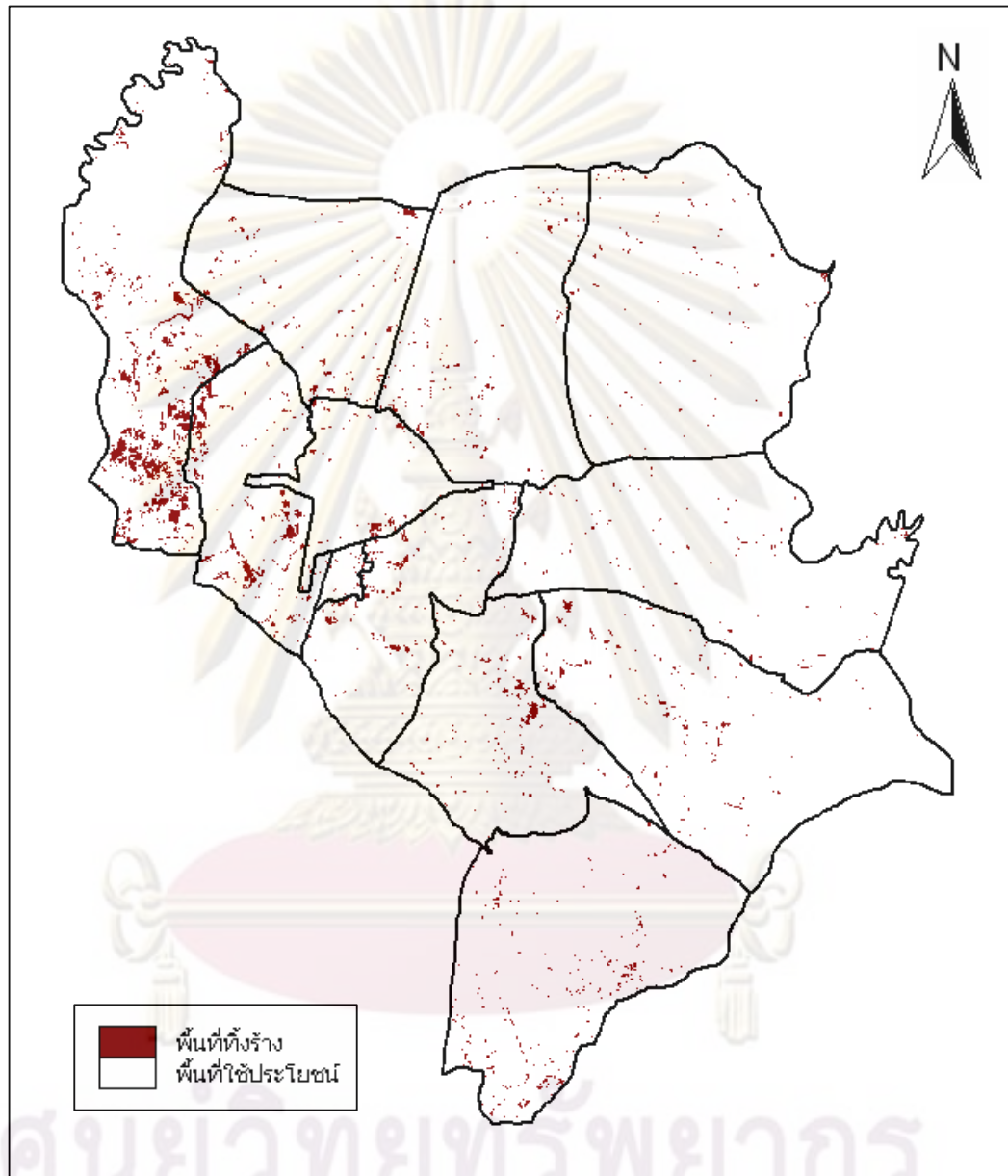
รูปที่ 5.11 แสดงพื้นที่ที่ทิ้งร้างและพื้นที่ใช้ประโยชน์จากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)

5.3.2 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)



รูปที่ 5.12 แสดงพื้นที่ที่ทิ้งร้างและพื้นที่ใช้ประโยชน์จากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)

5.3.3 เทคนิคการจำแนกประเภทแบบ Spectral Angle Mapper (SAM)



รูปที่ 5.13 แสดงพื้นที่ที่ตึกร้างและพื้นที่ใช้ประโยชน์จากเทคนิคการจำแนกประเภทแบบ

Spectral Angle Mapper (SAM)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4 ผลการตรวจสอบผลการจำแนก

หลังจากได้ทำการจำแนกพื้นที่ที่ทิ้งร้างโดยใช้ค่า NDVI Time Series ในการจำแนกแล้ว การตรวจสอบผลการจำแนกโดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด วิธีระยะห่างมาฮาลานอนบิส และวิธีแบบ Spectral Angle Mapper อยู่ในรูปของ Confusion Matrix ดังนี้

5.4.1 การจำแนกประเภทวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier)

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการจำแนกโดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

| ชั้นข้อมูล | Ground Truth (Pixels) | | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------|--------|------|-------------|----------|-----|
| | Unclassified | พื้นที่ทิ้งร้าง | นาข้าว | อ้อย | มันสำปะหลัง | ทุ่งหญ้า | รวม |
| Unclassified | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พื้นที่ทิ้งร้าง | 0 | 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99 |
| นาข้าว | 0 | 0 | 98 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| อ้อย | 0 | 0 | 2 | 98 | 1 | 0 | 101 |
| มันสำปะหลัง | 0 | 1 | 0 | 0 | 99 | 0 | 100 |
| ทุ่งหญ้า | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 100 | 102 |
| รวม | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 |

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) = 98.80%

Kappa Coefficient = 0.985

ตาราง 5. 2 แสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ของผลการจำแนกโดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

| ชั้นข้อมูล | Producer's accuracy (%) | User's accuracy (%) |
|-----------------|-------------------------|---------------------|
| พื้นที่ทิ้งร้าง | 99.00 | 100.00 |
| นาข้าว | 98.00 | 100.00 |
| อ้อย | 98.00 | 97.03 |
| มันสำปะหลัง | 99.00 | 99.00 |
| ทุ่งหญ้า | 100.00 | 98.04 |

5.4.2 การจำแนกประเภทวิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance)

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการจำแนกโดยวิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส

| ชั้นข้อมูล | Ground Truth (Pixels) | | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------|--------|------|-------------|----------|-----|
| | Unclassified | พื้นที่ทิ้งร้าง | นาข้าว | อ้อย | มันสำปะหลัง | ทุ่งหญ้า | รวม |
| Unclassified | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| พื้นที่ทิ้งร้าง | 0 | 96 | 0 | 5 | 0 | 0 | 101 |
| นาข้าว | 0 | 1 | 98 | 14 | 0 | 0 | 113 |
| อ้อย | 0 | 3 | 2 | 74 | 4 | 16 | 99 |
| มันสำปะหลัง | 0 | 0 | 0 | 1 | 95 | 1 | 97 |
| ทุ่งหญ้า | 0 | 0 | 0 | 6 | 1 | 83 | 90 |
| รวม | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 |

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) = 89.20%

Kappa Coefficient = 0.8650

ตาราง 5.4 แสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ของผลการจำแนกโดยวิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส

| ชั้นข้อมูล | Producer's accuracy (%) | User's accuracy (%) |
|-----------------|-------------------------|---------------------|
| พื้นที่ทิ้งร้าง | 96.00 | 95.05 |
| นาข้าว | 98.00 | 86.73 |
| อ้อย | 74.00 | 74.75 |
| มันสำปะหลัง | 95.00 | 97.94 |
| ทุ่งหญ้า | 83.00 | 92.22 |

5.4.3 เทคนิคการจำแนกประเภทวิธี Spectral Angle Mapper (SAM)

ตารางที่ 5.5 แสดงผลการจำแนกโดยวิธี Spectral Angle Mapper

| ชั้นข้อมูล | Ground Truth (Pixels) | | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------|--------|------|-------------|----------|-----|
| | Unclassified | พื้นที่ทิ้งร้าง | นาข้าว | อ้อย | มันสำปะหลัง | ทุ่งหญ้า | รวม |
| Unclassified | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| พื้นที่ทิ้งร้าง | 0 | 87 | 0 | 1 | 0 | 0 | 88 |
| นาข้าว | 0 | 5 | 93 | 6 | 0 | 0 | 104 |
| อ้อย | 0 | 2 | 6 | 78 | 2 | 11 | 99 |
| มันสำปะหลัง | 0 | 1 | 0 | 0 | 92 | 0 | 93 |
| ทุ่งหญ้า | 0 | 0 | 1 | 15 | 6 | 89 | 111 |
| รวม | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 500 |

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) = 87.80%

Kappa Coefficient = 0.8479

ตาราง 5.6 แสดงค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ของแสดงผลการจำแนกโดยวิธี Spectral Angle Mapper

| ชั้นข้อมูล | Producer's accuracy (%) | User's accuracy (%) |
|-----------------|-------------------------|---------------------|
| พื้นที่ทิ้งร้าง | 87.00 | 98.86 |
| นาข้าว | 93.00 | 89.42 |
| อ้อย | 78.00 | 78.79 |
| มันสำปะหลัง | 92.00 | 98.92 |
| ทุ่งหญ้า | 89.00 | 80.18 |

บทที่ 6

อภิปรายผล สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการอภิปรายผลการศึกษา การสรุปผลการศึกษาในด้านต่าง ๆ สรุปผลการทดสอบสมมติฐานหลัก ข้อจำกัดในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการศึกษาหรือเทคนิควิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ไปใช้ต่อไปในอนาคต

อภิปรายผล สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างในเขตพื้นที่เกษตรกรรมโดยใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ในเขตพื้นที่อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น โดยใช้เทคนิควิธีการของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลเป็นหลัก คือใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ซีพีลักษณะ และข้อมูลภาพดาวเทียมหลายช่วงเวลา โดยผลที่ได้จากการใช้เทคนิควิธีการดังกล่าวพบว่า สามารถบอกตำแหน่งของพื้นที่ทิ้งร้างได้จากผลการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์จากข้อมูลภาพดาวเทียมหลายช่วงเวลาในพื้นที่ศึกษา ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์สามารถบอกความแตกต่างระหว่างพื้นที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งร้างได้ ดังจะเห็นได้จากลักษณะพฤติกรรมของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ของพื้นที่ที่มีกิจกรรมการเพาะปลูกที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลาตามลักษณะของซีพีลักษณะของพืชชนิดนั้น ๆ (รูปที่ 5.2– 5.5) เช่น ช่วงระยะเวลาของการเพาะปลูกค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์จะมีค่าต่ำ (ใกล้เคียง 0) และในช่วงที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ หรือในช่วงก่อนฤดูการเก็บเกี่ยวค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์จะมีค่าสูง (มากกว่า 0.5) แตกต่างจากพื้นที่ที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูก เช่นพื้นที่ทิ้งร้าง ที่พบว่าลักษณะพฤติกรรมของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ของพื้นที่ทิ้งร้างจะไม่แตกต่างกันมากนักเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป (รูปที่ 5.6) ยืนยันกับสมมติฐานในการวิจัยที่ว่า ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) สามารถใช้ในการตรวจหาพื้นที่ทิ้งร้างได้ และผลจากการตรวจสอบผลการจำแนกด้วยเทคนิควิธีที่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ร้อยละ 98.80 วิธีระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis distance) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 89.20 และวิธี Spectral Angle Mapper (SAM) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 87.80 และจากการแสดงผลการจำแนกบริเวณพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ทิ้งร้างในอำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ของแต่

ละเทคนิควิธีการในการจำแนก (รูปที่ 5.8 – 5.10) พบว่า ปรางภูพื้นที่ที่ทิ้งร้างส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณ ส่วนด้านซ้ายของพื้นที่ คือตำบลเมืองเพีย ซึ่งเมื่อศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า พื้นที่ดังกล่าว มีปัญหาดินเค็ม การแพร่กระจายของดินเค็ม และปัญหาหน้าดินถูกชะล้าง

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ด้าน NDVI time series ที่ผ่านมา (Lyon et al., 1998, Reed et al., 1996, Jakubauskas et al., 2002) เป็นการยืนยันว่าการใช้ ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์เป็นวิธีการที่เหมาะสม สำหรับใช้ในการติดตามสถานะ ของพืชและการเปลี่ยนแปลงของพืช ดังจะเห็นได้จากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ ของพืชเกษตรกรรมแต่ละชนิด ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ นาข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ที่ค่าจะ เปลี่ยนแปลงผันแปรไปตามฤดูกาลของการเพาะปลูกของพืชชนิดนั้น ๆ คือค่าดัชนีพืชพรรณ ผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่พืชเริ่มมีการเพาะปลูกจนถึงฤดูกาลเก็บเกี่ยว และค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์จะมีค่าต่ำลงในช่วงระยะเวลาที่พืชมีการเก็บเกี่ยว เสร็จสิ้นไปแล้ว และเมื่อนำค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์มาใช้ร่วมกับลักษณะชีพ ลักษณะของพืช (Reed et al., 1994; Zhang et al., 2003) และปฏิทินการเกษตรในพื้นที่ศึกษา สามารถใช้เปรียบเทียบกับพื้นที่เกษตรกรรมที่ไม่มีกิจกรรมการเพาะปลูกเพื่อตรวจหาพื้นที่ที่ทิ้งร้าง ได้ โดยจะต้องมีข้อมูลสภาพดาวเทียมในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมที่ตรงกับช่วงระยะเวลาการ เพาะปลูกของพืชชนิดนั้น ๆ และจะสามารถแยกแยะความแตกต่างของพืชได้ดีในช่วงระยะเวลา ฤดูกาลเพาะปลูก (Savitsky, 1986 ; Wardlow, Egbert and Kastens ,2007)

สำหรับเทคนิควิธีการที่เลือกใช้สำหรับการจำแนกพื้นที่ที่ทิ้งร้างและพื้นที่ไม่ทิ้งในการศึกษา วิจัยครั้งนี้คือ ใช้ค่า NDVI time series ในการจำแนกข้อมูล ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด สำหรับการจำแนกพืช แต่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไม่ได้สนใจการจำแนกพืชออกจากกัน แต่สนใจ การจำแนกพื้นที่ที่ทิ้งร้างเท่านั้น ซึ่งการศึกษาต่อไปในอนาคตอาจมีการพัฒนาการจำแนกให้ดีขึ้น แต่ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่ายังไม่จำเป็น และจากผลการทดลองหากจะต้องการจำแนก พื้นที่ที่ทิ้งร้างจริง ๆ ควรเลือกใช้วิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) ใน การจำแนกน่าจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดและเหมาะสม นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูล ภาคสนามที่ทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบเพียงครั้งเดียว แต่นำไปใช้ในการอ้างอิง ข้อมูลและประมวลผลข้อมูลทั้งหมด 4 ปี แต่เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเวลาการศึกษา ทำให้ต้องใช้ ข้อมูลอ้างอิงเพียงแคปีเดียว

จากความสับสนจากการจำแนกชั้นข้อมูลที่เป็นอ้อยที่ปรากฏความผิดพลาดในการจำแนกไปเป็นชั้นข้อมูลอื่น หรือชั้นข้อมูลอื่นถูกจำแนกมาเป็นชั้นข้อมูลที่เป็นอ้อย ดังจะเห็นได้จากค่าของค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) ในแนวตั้งของตาราง 5.1 ตาราง 5.3 และ ตาราง 5.5 และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy) ในแนวนอนของตาราง 5.1 ตาราง 5.3 และตาราง 5.5 ของตาราง Confusion Matrix ในการตรวจสอบผลการจำแนกของแต่ละเทคนิควิธีการที่เลือกใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เช่น จากตารางผลการจำแนกโดยวิธีความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (ตาราง 5.1) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิตเกิดความผิดพลาดในการจำแนกอ้อยไปเป็นทุ่งหญ้า 2 จุดภาพจาก 100 จุดภาพ และค่าความถูกต้องของผู้ใช้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกนาข้าวมาเป็นอ้อย 2 จุดภาพและมันสำปะหลัง 1 จุดภาพ จาก 101 จุดภาพ จากตารางผลการจำแนกโดยวิธีระยะห่างมาฮาลาโนบิส (ตาราง 5.3) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิตเกิดความผิดพลาดในการจำแนกอ้อยไปเป็นพื้นที่ที่ร้าง 5 จุดภาพ นาข้าว 14 จุดภาพ มันสำปะหลัง 1 จุดภาพ และทุ่งหญ้า 6 จุดภาพ จากทั้งหมด 100 จุดภาพ และค่าความถูกต้องของผู้ใช้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกพื้นที่ที่ร้างมาเป็นอ้อย 3 จุดภาพ นาข้าว 2 จุดภาพ มันสำปะหลัง 4 จุดภาพ ทุ่งหญ้า 16 จุดภาพ จากทั้งหมด 99 จุดภาพ และจากตารางผลการจำแนกโดยวิธี Spectral Angle Mapper (ตาราง 5.5) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิตเกิดความผิดพลาดในการจำแนกอ้อยไปเป็นพื้นที่ที่ร้าง 1 จุดภาพ นาข้าว 6 จุดภาพ และทุ่งหญ้า 15 จุดภาพ จากทั้งหมด 100 จุดภาพ และค่าความถูกต้องของผู้ใช้เกิดความผิดพลาดในการจำแนกพื้นที่ที่ร้างมาเป็นอ้อย 2 จุดภาพ นาข้าว 6 จุดภาพ มันสำปะหลัง 2 จุดภาพ และทุ่งหญ้า 11 จุดภาพ จากทั้งหมด 99 จุดภาพ ดังนั้นจากค่าของค่าความถูกต้องของผู้ผลิตและค่าความถูกต้องของผู้ใช้ในแต่ละเทคนิควิธีการจำแนก ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรจำแนกชั้นข้อมูลที่เป็นอ้อยให้เสร็จสิ้นก่อนการจำแนกชั้นข้อมูลที่เหลือ เพื่อลดความผิดพลาดหรือความสับสนที่อาจจะเกิดขึ้นจากการจำแนก

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้เป็นวิธีการสำหรับการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับการศึกษาดำเนินในอนาคต อาจมีการเพิ่มเทคนิควิธีการจำแนกเช่น Post Classification เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกให้มากขึ้น การเพิ่มจำนวนปีและจำนวนภาพสำหรับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา การเพิ่มจำนวนข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ในการอ้างอิงและประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การเปลี่ยนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง เช่น IKONOS เพื่อประโยชน์ในการจำแนกข้อมูลพื้นที่ที่ร้าง นอกจากนี้อาจทดลองใช้ค่าดัชนีพืชพรรณตัวอื่นมาใช้ในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้าง หรือการทดลองใช้เทคนิควิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยครั้งนี้มาทำการศึกษซ้ำในพื้นที่ศึกษาพื้นที่อื่น

นอกจากนี้ สำหรับพื้นที่ที่เป็นพืชสวน เช่น สวนผลไม้ ซึ่งมีไม้ยืนต้นอยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก พื้นที่ที่เป็นป่ายูคาลิปตัสที่ไม่มีคนใช้งาน หรือลักษณะพื้นที่ของสนามกอล์ฟ ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่คำนวณได้จะมีค่าคงที่ตลอดทั้งปี และมีค่ามากกว่า 0.5 ดังนั้นจะไม่พบความแตกต่างของค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะพบว่ามึลักษณะที่ใกล้เคียงกันกับลักษณะของพื้นที่ที่ร้าง ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปหากพบลักษณะพื้นที่ดังกล่าวข้างต้นอยู่เป็นจำนวนมากในพื้นที่ศึกษา ควรทำการจำแนกพื้นที่ที่เป็นพื้นที่เหล่านั้นให้เสร็จสิ้นเสียก่อน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่มีค่าสูงกว่า 0.5 และมีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งปี จากนั้นจึงทำการจำแนกพื้นที่ที่ร้างและชั้นข้อมูลที่เหลือเพื่อลดความผิดพลาดและเพิ่มความถูกต้องในการจำแนก ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทำให้ไม่พบปัญหาดังกล่าวข้างต้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างในเขตพื้นที่เกษตรกรรมของอำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ด้วยเทคนิควิธีการของการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ ซีพลักษณะ และข้อมูลภาพถ่ายหลายช่วงเวลา ซึ่งจากการทดลองใช้เทคนิควิธีการดังกล่าวในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้าง พบว่าในเขตพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่ร้างค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่คำนวณได้จะมีค่า ใกล้เคียง 0 และมีค่าใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลา แตกต่างจากพื้นที่ที่กิจกรรมการเพาะปลูกที่ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่า 0.5 ในช่วงระยะเวลาที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ และเมื่อตรวจสอบผลการจำแนกของ NDVI time series โดยใช้เทคนิคการวิธีการจำแนกความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด การจำแนกประเภทวิธีระยะห่างมาฮาลาโนบิส และการจำแนกประเภทวิธี Spectral Angle Mapper ในรูปของ Confusion Matrix ยืนยันกับสมมติฐานในการวิจัยที่ว่าสามารถใช้ค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์แมลไลซ์ในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างได้ ผลจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถนำเทคนิควิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ในการตรวจหาพื้นที่ที่ร้างในเขตเกษตรกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ส่งเสริมการเกษตร,กรม. ปฏิทินการเกษตรจังหวัดขอนแก่น. [Online] ที่มา : http://www.moac-info.net/KhonKaen/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=58.

[20 พฤษภาคม 2551].

สมศักดิ์ ปิติธีรภาพ. รายงานการสำรวจจำแนกและแนวทางการใช้ประโยชน์พื้นที่ว่างในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันและเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย กรมพัฒนาที่ดิน, 2548.

สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. ข้อมูลพื้นที่ทิ้งร้าง. [Online] ที่มา : http://irw101.idd.go.th/irw101.idd/topic4_old.php?page=7, [5 มีนาคม 2553].

Hashimoto, Toshiaki, ประเสริฐ วิทยาวิรัฐ, พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์ และคนอื่น ๆ. คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล = Remote sensing note. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540.

ภาษาอังกฤษ

B. Park; W.R. Windham; K.C. Lawrence; D.P. Smith. Contaminant Classification of Poultry Hyperspectral Imagery using a Spectral Angle Mapper Algorithm. Biosystems Engineering 96,3 (2007) : 323–333.

Brandt Tso and Paul M. Mather. Classification methods for remotely sensed data. 1st ed. London and New York : Taylor & Francis, 2001.

Brian D. Wardlow and Stephen L. Egbert. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. Remote Sensing of Environment 112,3 (18 March 2008) : 1096-1116.

Brian D. Wardlow, Stephen L. Egbert, Jude H. Kastens. Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great Plains. Remote Sensing of Environment 108,3 (15 June 2007) : 290-310.

Congalton, R.G. and Green, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Boca Raton. : Lewis Publishers, 1999.

- Green, K., D. Kempka, and L. Lackey.. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change.. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 60 (1994) : 331–337.
- Helmi Zulhaidi Mohd Shafri , Affendi Suhaili and Shattri Mansor. The Performance of Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, Neural Network and Decision Tree Classifiers in Hyperspectral Image Analysis. Journal of Computer Science 3,6 : 419 - 423.
- Huete, A., Justice, C., & Liu, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. Remote Sensing of Environment 94,3 (1994) : 224-234.
- Jakubauskas, M. E., Peterson, D. L., Kastens, J. H., & Legates, D. R.. Time series remote sensing of landscape–vegetation interactions in the southern Great Plains. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68,10 (2002) : 1021-1030.
- Jensen, John R. Remote sensing of the environment : an earth resource perspective. 2nd ed. Upper Saddle River : N.J. Prentice Hall, 2007.
- John A. Richards, Xiuping Jia. Remote sensing digital image analysis : an introduction. 3rd ed. Berlin ; New York : Springer-Verlag, 1999.
- Kruse F A; Lefkoff A B; Boardman J B; Heidebrecht K B; Shapiro A T; Barloon P J; Goetz A F H. The spectral image processing system (SIPS)—Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data. Remote Sensing of Environment 44,1 (1993) : 145–163.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W. Remote sensing and image interpretation. 5 th ed. New York : John Wiley and Sons, 2004.
- Lyon, G.J., Yuan, D., Lunetta, R.S., Elvidge, C.D. A change detection experiment using vegetation indices. Photogramm.Eng. Remote Sens 64 (1998) : 143–150.
- Mass, J.F. Monitoring land cover changes: a comparison of change detection techniques. Int. J. Remote Sens 20 (1999) : 139–152.
- Reed, B. C., Brown, J. F., VanderZee, D., Loveland, T. R., Merchant, J. W., & Ohlen, D. O.. Measuring phenological variability from satellite imagery. Journal of Vegetation Science 5 (1994) : 703-714.

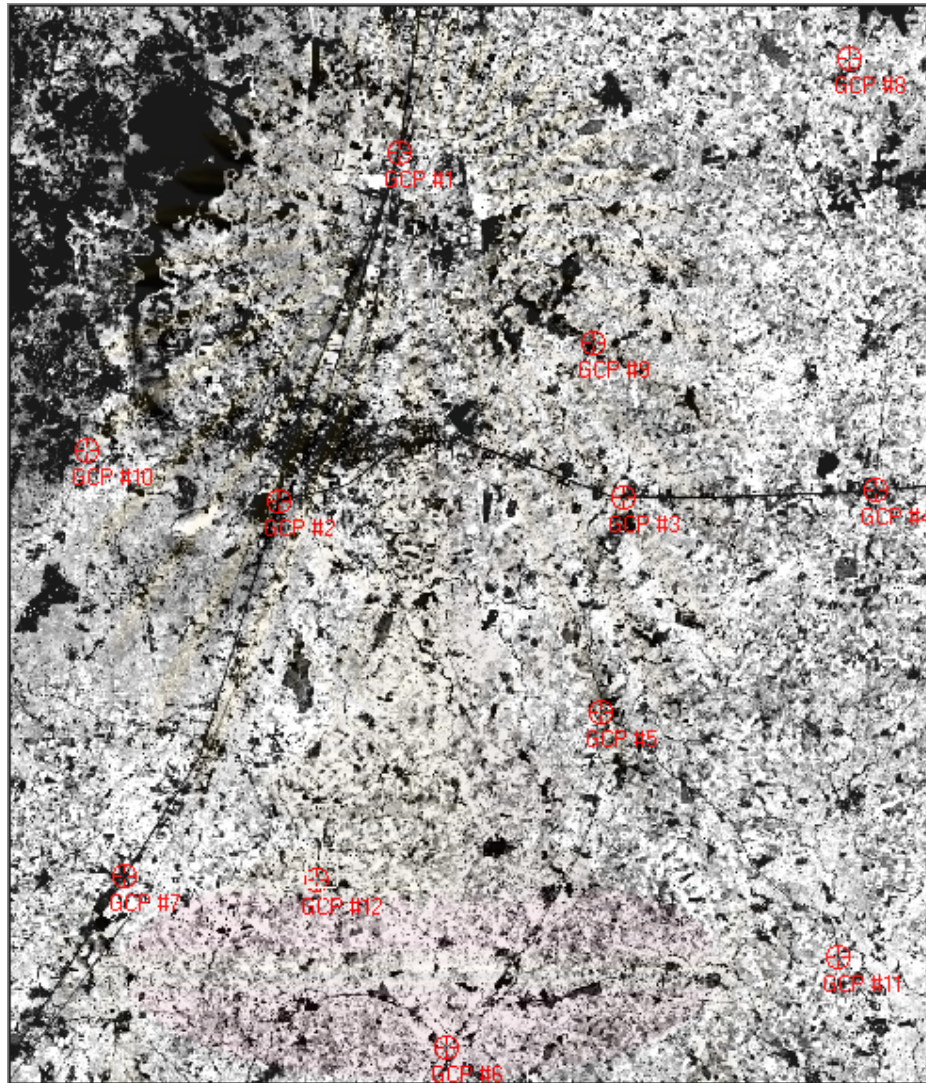
- Reed, B. C., Loveland, T. R., & Tieszen, L. L.. An approach for using AVHRR data to monitor U.S. Great Plains grasslands.. Geocarto International 11,3 (1996) : 13-22.
- Robert A. Schowengerdt. Remote sensing : models and methods for image processing. 3rd ed. Burlington, MA : Elsevier, 2007.
- Rouse, J. W., R. H. Haas, J. A. Schell and D.W. Deering. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, Greenbelt: NASA SP-351 1974 : 3010-317.
- Vaiphasa, C. et al. Impact of solid shrimp pond waste materials on mangrove growth and mortality: a case study from Pak Phanang, Thailand. Hydrobiologia 591 (2007) : 47-57.
- Volcani, A., Karnieli, A., Svoray, T. The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years. Remote Sens. Environ 78 (2001) : 194-203.
- Woodcock, C.E., Macomber, S.A., Pax-Lenney, M., Cohen, W.B. Monitoring large areas for forest change using Landsat: generalization across space, time and Landsat sensors. Forest Ecology and Management 215 (2005) : 239-250.
- Savitsky, B. G.,. Agricultural Remote Sensing in South Carolina: A Study of Crop Identification Capabilities Utilizing Landsat Multispectral Scanner Data. masters thesis Geography Columbia University of South Carolina, 1986.
- Zhang, X., Friedl, M. A., Schaaf, C. B., Strahler, A. H., Hodges, J. C. F., Gao., Monitoring vegetation phenology using MODIS. Remote Sensing of Environment 84 (2003) : 471-475.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปผนวกที่ 1 แสดงจุดควบคุมภาพ (GCP) ที่ใช้ในแผนที่ศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ 1 แสดงแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาพสนาม (Field Survey Form)

| ID | E | N | Cluster | Landuse |
|-------|---|---|---------|---------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | | | | |
| 12 | | | | |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| N | | | | |

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ ก 2 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์น้ำข้าวในแต่ละช่วงเวลาของข้อมูลตัวอย่าง

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 1 | 248425.5 | 1783091.5 | -0.1373 | -0.1389 | 0.1311 | 0.1007 | 0.1408 | 0.1194 | 0.1226 | 0.0698 | 0.0886 | 0.1184 | 0.0667 | 0.0922 |
| 2 | 248412.5 | 1783039.5 | -0.1872 | -0.1695 | 0.1429 | 0.0959 | 0.1429 | 0.0803 | 0.0955 | 0.0877 | 0.1049 | 0.0719 | 0.0521 | 0.0853 |
| 3 | 248425.5 | 1783026.5 | -0.1872 | -0.1695 | 0.1429 | 0.0959 | 0.1429 | 0.0803 | 0.0955 | 0.0877 | 0.1049 | 0.0719 | 0.0521 | 0.0853 |
| 4 | 248945.5 | 1782870.5 | -0.3645 | -0.2377 | 0.1429 | 0.0323 | 0.2258 | 0.0693 | 0.0563 | 0.0839 | 0.2400 | 0.0469 | 0.0674 | 0.0515 |
| 5 | 249023.5 | 1782831.5 | -0.3517 | -0.2079 | 0.0886 | 0.0811 | 0.3258 | 0.1190 | 0.0794 | 0.0909 | 0.2990 | 0.0127 | 0.0643 | -0.0725 |
| 6 | 249036.5 | 1782831.5 | -0.3139 | -0.1568 | 0.1000 | 0.1148 | 0.2208 | 0.0909 | 0.1241 | 0.0738 | 0.1778 | 0.1400 | 0.1333 | 0.0732 |
| 7 | 248880.5 | 1782831.5 | -0.2952 | -0.2263 | 0.0598 | 0.0375 | 0.2273 | 0.0545 | 0.0000 | 0.0526 | 0.2400 | 0.0388 | 0.0115 | 0.1111 |
| 8 | 248867.5 | 1782805.5 | -0.3436 | -0.2240 | 0.1215 | 0.0541 | 0.2809 | 0.0667 | 0.0551 | 0.1026 | 0.2762 | 0.0735 | 0.0120 | 0.1091 |
| 9 | 248750.5 | 1782792.5 | -0.1148 | -0.1101 | 0.1183 | 0.0667 | 0.1455 | 0.1456 | 0.0923 | 0.0719 | 0.2553 | 0.0744 | 0.0920 | 0.0667 |
| 10 | 248815.5 | 1782792.5 | -0.2090 | -0.1789 | 0.1111 | 0.0946 | 0.0909 | 0.0841 | 0.0625 | 0.0769 | 0.3010 | 0.0744 | 0.0492 | 0.1132 |
| 11 | 248776.5 | 1782779.5 | -0.1848 | -0.1513 | 0.0989 | 0.0946 | -0.0891 | 0.0784 | 0.0781 | 0.0526 | 0.2235 | 0.0820 | 0.0449 | 0.1183 |
| 12 | 248789.5 | 1782766.5 | -0.2143 | -0.1681 | 0.1200 | 0.0850 | 0.0667 | 0.1048 | 0.0725 | 0.0612 | 0.2885 | 0.0758 | 0.0647 | 0.1261 |
| 13 | 254184.5 | 1781960.5 | -0.1667 | -0.1429 | 0.0781 | 0.0405 | 0.0722 | 0.0952 | 0.0588 | 0.0500 | 0.2000 | 0.0588 | -0.0314 | 0.1429 |
| 14 | 254197.5 | 1781908.5 | -0.2821 | -0.2041 | 0.0735 | 0.0692 | 0.1333 | 0.0619 | 0.0886 | 0.0658 | 0.1695 | 0.0685 | 0.0390 | 0.1382 |
| 15 | 254171.5 | 1781830.5 | -0.2361 | -0.2035 | 0.0000 | 0.0225 | 0.2453 | 0.0769 | 0.0833 | 0.0327 | 0.0149 | 0.0164 | 0.0606 | 0.1024 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 16 | 254210.5 | 1781804.5 | -0.2615 | -0.1691 | 0.0992 | 0.1373 | 0.0680 | 0.0462 | 0.0872 | 0.0741 | 0.1128 | 0.0986 | 0.1212 | 0.1729 |
| 17 | 254145.5 | 1781791.5 | -0.1918 | -0.1574 | 0.0413 | 0.0250 | 0.1509 | 0.0896 | 0.0470 | 0.0244 | 0.0423 | -0.0222 | 0.0300 | 0.0746 |
| 18 | 254080.5 | 1781778.5 | -0.2051 | -0.0909 | 0.0769 | 0.0492 | 0.1533 | 0.0909 | 0.0570 | 0.0547 | 0.1073 | 0.0270 | 0.0425 | 0.0604 |
| 19 | 257382.5 | 1780998.5 | -0.2151 | -0.1371 | -0.0182 | -0.0178 | 0.0972 | -0.0508 | -0.0063 | -0.0385 | 0.1360 | -0.0172 | 0.0233 | -0.0240 |
| 20 | 257408.5 | 1780972.5 | -0.3178 | -0.2490 | -0.0725 | -0.0632 | 0.0127 | -0.0725 | -0.0798 | -0.0829 | 0.0526 | -0.0839 | -0.0833 | -0.0407 |
| 21 | 257382.5 | 1780959.5 | -0.2611 | -0.2150 | -0.0080 | -0.0366 | 0.0738 | -0.0323 | -0.0327 | -0.0494 | 0.0857 | -0.0725 | -0.0400 | -0.0560 |
| 22 | 257720.5 | 1780920.5 | -0.3750 | -0.1465 | -0.0909 | -0.0654 | 0.1776 | -0.1014 | -0.0816 | -0.1807 | 0.0909 | 0.0891 | 0.0222 | 0.2381 |
| 23 | 257356.5 | 1780920.5 | -0.2291 | -0.1863 | 0.0737 | 0.0345 | 0.2615 | -0.0092 | -0.0455 | 0.0222 | 0.1450 | 0.0175 | -0.0595 | 0.1200 |
| 24 | 256810.5 | 1780465.5 | -0.1556 | 0.0682 | 0.0465 | 0.0780 | 0.1724 | 0.0769 | 0.0074 | 0.0376 | 0.0874 | 0.0000 | 0.1452 | -0.1875 |
| 25 | 256836.5 | 1780452.5 | -0.3333 | -0.0787 | 0.0870 | 0.0872 | 0.1789 | 0.0549 | 0.0394 | -0.0560 | 0.0577 | -0.0824 | 0.0893 | -0.0120 |
| 26 | 264506.5 | 1779100.5 | -0.1900 | -0.1919 | 0.0339 | 0.0738 | 0.2414 | 0.0841 | 0.0470 | 0.0072 | 0.1061 | -0.0156 | 0.0314 | 0.1273 |
| 27 | 264506.5 | 1779074.5 | -0.2371 | -0.2237 | 0.0248 | 0.1069 | 0.1930 | 0.0364 | 0.0533 | 0.0139 | 0.1163 | -0.0240 | 0.0247 | 0.1282 |
| 28 | 264610.5 | 1779061.5 | -0.3405 | -0.0707 | 0.0735 | 0.0872 | 0.1868 | 0.1207 | 0.0683 | 0.0993 | 0.0687 | -0.0213 | 0.0241 | 0.0308 |
| 29 | 264623.5 | 1779048.5 | -0.2486 | -0.2108 | 0.0517 | 0.1511 | 0.2182 | 0.0826 | 0.0828 | 0.0800 | 0.0794 | 0.0744 | 0.0993 | 0.1455 |
| 30 | 264506.5 | 1779048.5 | -0.2323 | -0.2329 | 0.0244 | 0.1083 | 0.2321 | 0.0714 | 0.0719 | 0.0139 | 0.1024 | -0.0400 | 0.0446 | 0.1356 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 31 | 264610.5 | 1779035.5 | -0.2486 | -0.2108 | 0.0517 | 0.1511 | 0.2182 | 0.0826 | 0.0828 | 0.0800 | 0.0794 | 0.0744 | 0.0993 | 0.1455 |
| 32 | 264519.5 | 1779022.5 | -0.2525 | -0.2113 | 0.0339 | 0.1053 | 0.2143 | 0.1560 | 0.0909 | 0.0154 | 0.1200 | -0.0159 | 0.0446 | 0.1532 |
| 33 | 264493.5 | 1779009.5 | -0.1011 | -0.1471 | 0.0714 | 0.0133 | 0.2743 | 0.0192 | -0.0071 | -0.0143 | 0.1875 | 0.0407 | 0.0186 | 0.0909 |
| 34 | 264506.5 | 1778996.5 | -0.2780 | -0.2093 | 0.0769 | 0.1467 | 0.2982 | 0.1589 | 0.1126 | 0.0365 | 0.1094 | -0.0078 | 0.0675 | 0.1250 |
| 35 | 251961.5 | 1777748.5 | -0.2000 | -0.1399 | 0.0000 | 0.0675 | 0.0539 | 0.0000 | 0.0470 | 0.0000 | 0.0533 | 0.1290 | -0.0323 | 0.0236 |
| 36 | 251922.5 | 1777735.5 | -0.1728 | -0.0785 | 0.0536 | -0.0128 | 0.1257 | 0.0370 | 0.0710 | 0.0058 | 0.0385 | 0.0286 | -0.0109 | 0.0435 |
| 37 | 252052.5 | 1777722.5 | -0.1263 | -0.0659 | -0.0076 | 0.0000 | 0.1125 | 0.0429 | 0.0000 | -0.0065 | 0.1216 | -0.0068 | 0.0184 | 0.0299 |
| 38 | 252078.5 | 1777696.5 | -0.2589 | -0.1443 | -0.0064 | -0.0112 | 0.1111 | 0.0311 | -0.0058 | -0.0168 | 0.0471 | 0.0119 | -0.0233 | 0.0122 |
| 39 | 252000.5 | 1777683.5 | -0.0417 | -0.1889 | -0.0290 | -0.0503 | 0.1370 | 0.0252 | 0.0000 | -0.0421 | 0.1061 | 0.0167 | -0.0062 | -0.0085 |
| 40 | 252039.5 | 1777683.5 | -0.1563 | -0.1078 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1011 | 0.0186 | -0.0118 | -0.0115 | 0.0357 | -0.0184 | -0.0157 | -0.0204 |
| 41 | 251610.5 | 1777683.5 | -0.1130 | -0.1970 | 0.1277 | 0.0139 | 0.1282 | -0.0250 | 0.0677 | 0.0452 | 0.1034 | 0.1321 | 0.1469 | 0.0000 |
| 42 | 251714.5 | 1777670.5 | -0.2000 | -0.0935 | 0.0737 | 0.1008 | 0.1316 | 0.0800 | 0.0083 | 0.0345 | 0.1494 | 0.0361 | 0.0579 | 0.1087 |
| 43 | 251493.5 | 1777670.5 | -0.2552 | -0.1408 | 0.0297 | -0.0060 | -0.1200 | 0.0826 | 0.0458 | 0.0311 | -0.1026 | 0.0000 | 0.0202 | -0.0423 |
| 44 | 251584.5 | 1777670.5 | -0.1667 | -0.1912 | 0.0538 | 0.0233 | -0.1864 | -0.1143 | 0.0340 | 0.0175 | -0.0833 | 0.0707 | 0.0383 | -0.2787 |
| 45 | 251545.5 | 1777657.5 | -0.1360 | -0.1667 | 0.0435 | 0.0357 | -0.2143 | -0.1765 | 0.0458 | 0.0125 | -0.0986 | 0.1000 | 0.0279 | -0.3103 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 46 | 251454.5 | 1777657.5 | -0.2048 | -0.1935 | 0.0204 | -0.0135 | 0.0000 | 0.1064 | 0.0152 | 0.0350 | 0.0385 | 0.0159 | 0.0551 | -0.0370 |
| 47 | 251571.5 | 1777644.5 | -0.1206 | -0.1367 | 0.0105 | 0.0296 | -0.0294 | 0.0256 | 0.0400 | 0.0494 | -0.0137 | 0.0693 | 0.0215 | -0.2121 |
| 48 | 251506.5 | 1777618.5 | -0.1791 | -0.2192 | 0.0889 | 0.0517 | 0.1463 | 0.1134 | 0.0088 | 0.0339 | 0.1868 | 0.1238 | 0.1678 | 0.1034 |
| 49 | 252000.5 | 1777618.5 | -0.0235 | -0.0359 | 0.0340 | 0.0233 | 0.0710 | 0.0000 | 0.0471 | -0.0093 | -0.0048 | -0.0545 | -0.0852 | -0.0470 |
| 50 | 252052.5 | 1777618.5 | -0.1222 | -0.1220 | 0.0429 | -0.0061 | 0.0994 | 0.0375 | -0.0330 | -0.0213 | 0.0182 | -0.0178 | -0.0089 | -0.0061 |
| 51 | 251571.5 | 1777605.5 | -0.1631 | -0.1358 | 0.0714 | 0.0833 | 0.1250 | 0.1111 | 0.0645 | 0.0870 | 0.1461 | 0.0943 | 0.1788 | 0.1364 |
| 52 | 251961.5 | 1777592.5 | -0.0380 | -0.0108 | 0.0382 | 0.0065 | 0.1310 | 0.1261 | 0.0000 | 0.0307 | 0.1268 | -0.0520 | 0.0333 | 0.0294 |
| 53 | 252091.5 | 1777592.5 | -0.1000 | -0.1842 | 0.0169 | 0.0074 | 0.0875 | 0.0058 | 0.0000 | 0.0061 | 0.0056 | -0.0065 | -0.0273 | 0.0294 |
| 54 | 252013.5 | 1777566.5 | -0.0116 | -0.0558 | 0.0698 | 0.0311 | 0.2766 | 0.1376 | 0.0412 | 0.0466 | -0.0058 | -0.0276 | -0.0605 | -0.0405 |
| 55 | 251428.5 | 1777566.5 | -0.1976 | -0.1538 | 0.0800 | 0.0365 | 0.0685 | 0.0787 | -0.0093 | 0.0333 | 0.1591 | 0.1020 | 0.0732 | 0.1000 |
| 56 | 251441.5 | 1777553.5 | -0.2201 | -0.1515 | 0.0467 | 0.0541 | 0.1139 | 0.0874 | 0.0087 | 0.0490 | 0.1739 | 0.0612 | 0.0435 | 0.0796 |
| 57 | 251532.5 | 1777553.5 | -0.2242 | -0.1299 | 0.0339 | 0.0137 | 0.0789 | 0.0693 | 0.0758 | 0.0435 | 0.1333 | 0.0631 | 0.0566 | 0.0847 |
| 58 | 251506.5 | 1777553.5 | -0.2471 | -0.1523 | 0.0442 | 0.0067 | 0.0137 | 0.0874 | 0.0400 | 0.0435 | 0.1778 | 0.1009 | 0.0533 | 0.0744 |
| 59 | 252052.5 | 1777540.5 | -0.0241 | 0.0000 | 0.0233 | 0.0061 | 0.0909 | 0.0658 | 0.0244 | 0.0317 | 0.0471 | -0.0244 | -0.0268 | 0.0178 |
| 60 | 251493.5 | 1777514.5 | -0.2270 | -0.2022 | 0.0556 | 0.0462 | 0.1500 | 0.1064 | 0.0382 | 0.0625 | 0.1613 | 0.0857 | 0.0559 | 0.0957 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 61 | 251727.5 | 1776500.5 | -0.2370 | -0.1982 | 0.1111 | 0.0000 | 0.1402 | 0.1130 | 0.0581 | 0.0294 | 0.1404 | 0.0400 | 0.0805 | 0.0938 |
| 62 | 251766.5 | 1776487.5 | -0.2410 | -0.1797 | 0.0815 | 0.0423 | 0.1624 | 0.0219 | 0.0676 | -0.0133 | 0.1040 | 0.0963 | 0.0047 | 0.0286 |
| 63 | 251610.5 | 1776461.5 | -0.2000 | -0.1563 | 0.1163 | 0.0127 | 0.1746 | 0.0984 | 0.0641 | 0.0566 | 0.1473 | 0.0794 | 0.1341 | 0.1074 |
| 64 | 251675.5 | 1776461.5 | -0.2487 | -0.1759 | 0.0413 | 0.0000 | 0.1475 | 0.0656 | 0.0641 | 0.0194 | 0.1181 | 0.0714 | 0.0606 | 0.1095 |
| 65 | 251636.5 | 1776461.5 | -0.2585 | -0.1649 | 0.0459 | 0.0194 | 0.1811 | 0.0894 | 0.0563 | 0.0331 | 0.1587 | 0.0609 | 0.0778 | 0.1290 |
| 66 | 251727.5 | 1776448.5 | -0.2778 | -0.2458 | 0.0588 | -0.0219 | 0.1327 | 0.0333 | 0.0350 | -0.0137 | 0.0820 | 0.0087 | 0.0000 | 0.0370 |
| 67 | 251610.5 | 1776448.5 | -0.2336 | -0.1943 | 0.0896 | 0.0452 | 0.1846 | 0.0853 | 0.0897 | 0.0602 | 0.1563 | 0.0909 | 0.1136 | 0.1148 |
| 68 | 251571.5 | 1776409.5 | -0.2442 | -0.2074 | 0.0687 | 0.0548 | 0.1452 | 0.0744 | 0.0602 | 0.0400 | 0.1143 | 0.0735 | 0.0833 | 0.1000 |
| 69 | 251766.5 | 1776409.5 | -0.2850 | -0.2810 | 0.0556 | 0.0469 | 0.1356 | 0.0642 | 0.0657 | 0.0448 | 0.1053 | 0.1215 | 0.0303 | 0.1154 |
| 70 | 251623.5 | 1776409.5 | -0.2287 | -0.2392 | 0.1129 | 0.0256 | 0.1875 | 0.0833 | 0.0581 | 0.0390 | 0.1783 | 0.0781 | 0.1149 | 0.1318 |
| 71 | 251688.5 | 1776396.5 | -0.2703 | -0.2794 | 0.0698 | 0.0000 | 0.1404 | 0.0526 | 0.0327 | -0.0065 | 0.0806 | 0.0248 | 0.0043 | 0.0638 |
| 72 | 251636.5 | 1776383.5 | -0.2475 | -0.2441 | 0.0588 | 0.0000 | 0.1429 | 0.0803 | 0.0414 | 0.0000 | 0.1029 | 0.0080 | 0.0131 | 0.0247 |
| 73 | 251701.5 | 1776266.5 | -0.1799 | -0.1724 | 0.0893 | 0.0137 | 0.1304 | 0.0606 | 0.0667 | 0.0135 | 0.0968 | 0.0744 | 0.0159 | 0.0519 |
| 74 | 251610.5 | 1776266.5 | -0.2071 | -0.1538 | 0.0783 | 0.0240 | 0.1364 | 0.0657 | 0.0448 | 0.0405 | 0.1259 | 0.0526 | 0.0426 | 0.0625 |
| 75 | 251701.5 | 1776227.5 | -0.2368 | -0.2277 | 0.0388 | 0.0216 | 0.1532 | 0.0286 | 0.0710 | -0.0201 | 0.1092 | 0.0476 | 0.0146 | 0.0441 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 76 | 251636.5 | 1776214.5 | -0.1806 | -0.2000 | 0.1068 | 0.0519 | 0.1961 | 0.0598 | 0.0704 | 0.0638 | 0.1607 | 0.0984 | 0.1043 | 0.1167 |
| 77 | 251675.5 | 1776188.5 | -0.2381 | -0.2131 | 0.0866 | 0.0058 | 0.1681 | 0.0746 | 0.0307 | 0.0375 | 0.0923 | -0.0219 | 0.0338 | 0.0253 |
| 78 | 251727.5 | 1776175.5 | -0.2500 | -0.2641 | 0.1373 | 0.0441 | 0.1818 | 0.1282 | 0.0376 | 0.1049 | 0.1525 | 0.0413 | 0.0807 | 0.1228 |
| 79 | 251688.5 | 1776123.5 | -0.3161 | -0.2446 | 0.0973 | 0.0229 | 0.1296 | 0.0526 | 0.0725 | 0.0780 | 0.1034 | 0.1207 | 0.0704 | 0.1485 |
| 80 | 251623.5 | 1776110.5 | -0.2965 | -0.2490 | 0.0517 | -0.0511 | 0.0980 | 0.0500 | 0.0604 | 0.0141 | 0.1282 | 0.1057 | 0.0857 | 0.1400 |
| 81 | 251584.5 | 1776097.5 | -0.1823 | -0.1143 | 0.0543 | 0.0070 | 0.1765 | 0.1074 | 0.0263 | 0.0513 | 0.1520 | 0.0313 | 0.1125 | 0.1731 |
| 82 | 251272.5 | 1776045.5 | -0.2946 | -0.2411 | 0.0476 | 0.0123 | 0.1242 | 0.0355 | 0.0575 | 0.0122 | 0.0723 | 0.0323 | 0.0000 | 0.0458 |
| 83 | 251324.5 | 1776032.5 | -0.2876 | -0.2657 | 0.0725 | 0.0814 | 0.1572 | 0.0458 | 0.1097 | 0.0839 | 0.1448 | 0.0909 | 0.0808 | 0.1429 |
| 84 | 251428.5 | 1776019.5 | -0.2381 | -0.2567 | 0.0833 | 0.0226 | 0.1250 | 0.0952 | 0.0240 | 0.0513 | 0.1429 | 0.0667 | 0.1694 | 0.1238 |
| 85 | 251493.5 | 1776006.5 | -0.1975 | -0.2170 | 0.0698 | 0.0216 | 0.1250 | 0.0796 | 0.0441 | 0.0494 | 0.1134 | 0.0366 | 0.0796 | 0.1111 |
| 86 | 251389.5 | 1775980.5 | -0.2987 | -0.2789 | 0.0476 | -0.0072 | 0.1216 | 0.0299 | 0.0327 | 0.0125 | 0.0728 | 0.0533 | 0.0226 | 0.0694 |
| 87 | 251337.5 | 1775980.5 | -0.2811 | -0.2997 | 0.0728 | 0.0058 | 0.1141 | 0.0464 | 0.0743 | 0.0115 | 0.0811 | 0.0548 | 0.0040 | 0.0486 |
| 88 | 251272.5 | 1775967.5 | -0.2727 | -0.2590 | 0.0621 | -0.0061 | 0.1053 | 0.0065 | 0.0520 | -0.0122 | 0.0419 | 0.0548 | -0.0088 | 0.0116 |
| 89 | 251285.5 | 1775928.5 | -0.2737 | -0.3007 | 0.0308 | -0.0201 | 0.1130 | -0.0067 | 0.0494 | -0.0149 | 0.0229 | -0.0076 | 0.0048 | 0.0169 |
| 90 | 251506.5 | 1775928.5 | -0.2439 | -0.2532 | 0.0429 | 0.0189 | 0.0000 | 0.0597 | 0.0710 | 0.0435 | 0.1702 | 0.0250 | 0.0326 | 0.0667 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 91 | 251454.5 | 1775928.5 | -0.2053 | -0.2373 | 0.0746 | 0.0286 | 0.1461 | 0.0579 | 0.0621 | 0.0435 | 0.1313 | 0.0629 | 0.1228 | 0.1753 |
| 92 | 251350.5 | 1775915.5 | -0.2917 | -0.2833 | 0.0296 | 0.0000 | 0.0963 | -0.0115 | 0.0333 | 0.0000 | 0.0541 | 0.0132 | -0.0116 | -0.0050 |
| 93 | 251415.5 | 1775889.5 | -0.2649 | -0.2776 | 0.0370 | 0.0345 | 0.0991 | 0.0141 | 0.0513 | 0.0260 | 0.0894 | 0.0827 | 0.0608 | 0.0796 |
| 94 | 251324.5 | 1775876.5 | -0.2881 | -0.2908 | 0.0199 | 0.0067 | 0.1579 | 0.0526 | 0.0341 | 0.0541 | 0.0866 | -0.0143 | 0.0187 | 0.0667 |
| 95 | 251272.5 | 1775876.5 | -0.3064 | -0.2879 | 0.0308 | 0.0070 | 0.1481 | 0.0923 | 0.0429 | 0.0685 | 0.1111 | 0.0080 | 0.0306 | 0.0647 |
| 96 | 257551.5 | 1775070.5 | -0.1379 | -0.0184 | 0.0286 | 0.1111 | 0.0857 | -0.0120 | 0.1000 | 0.1132 | 0.1467 | 0.1398 | 0.2558 | 0.1077 |
| 97 | 257668.5 | 1774979.5 | -0.1367 | -0.0726 | 0.1261 | 0.1059 | 0.1084 | 0.1163 | 0.0500 | 0.0610 | 0.1897 | 0.0921 | 0.1656 | 0.1304 |
| 98 | 257694.5 | 1774966.5 | -0.2000 | -0.0928 | 0.0870 | 0.0898 | 0.1746 | 0.1159 | 0.0920 | 0.0860 | 0.1667 | 0.0884 | 0.0881 | 0.1450 |
| 99 | 262283.5 | 1772093.5 | -0.1655 | -0.0726 | 0.0000 | 0.0833 | 0.1910 | 0.0115 | 0.0219 | 0.0423 | 0.1753 | 0.0864 | 0.1224 | 0.0882 |
| 100 | 262296.5 | 1772080.5 | -0.1655 | -0.0726 | 0.0000 | 0.0833 | 0.1910 | 0.0115 | 0.0219 | 0.0423 | 0.1753 | 0.0864 | 0.1224 | 0.0882 |

ตารางผนวกที่ ก 3 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์มันสำหรับแต่ละช่วงเวลาของข้อมูลตัวอย่าง

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 1 | 258838.5 | 1783585.5 | -0.0400 | -0.1619 | 0.1961 | 0.0986 | 0.3861 | 0.1273 | 0.0968 | 0.0556 | 0.3810 | 0.1270 | 0.0486 | 0.2264 |
| 2 | 260320.5 | 1782285.5 | -0.0604 | -0.1709 | 0.1589 | 0.0896 | 0.3028 | 0.1212 | 0.0877 | 0.0353 | 0.3710 | 0.1329 | 0.0486 | 0.2525 |
| 3 | 256121.5 | 1782038.5 | -0.1910 | 0.0282 | 0.1429 | 0.0959 | 0.5041 | 0.1017 | 0.0778 | 0.0526 | 0.4173 | 0.0977 | 0.0352 | 0.2000 |
| 4 | 257278.5 | 1781726.5 | 0.0388 | -0.2395 | 0.1712 | 0.0732 | 0.5161 | 0.1282 | 0.0943 | 0.0748 | 0.3884 | 0.1200 | 0.0553 | 0.1887 |
| 5 | 259904.5 | 1780452.5 | -0.0692 | -0.1168 | 0.1429 | 0.0986 | 0.3945 | 0.1453 | 0.0581 | 0.0449 | 0.3613 | 0.1061 | 0.0352 | 0.1810 |
| 6 | 254080.5 | 1779789.5 | -0.0845 | -0.0681 | 0.1600 | 0.1064 | 0.4257 | 0.1111 | 0.0968 | 0.0588 | 0.3729 | 0.0877 | 0.1955 | 0.1875 |
| 7 | 259605.5 | 1779399.5 | -0.0556 | -0.1027 | 0.2000 | 0.0682 | 0.3922 | 0.1456 | 0.1014 | 0.0806 | 0.3667 | 0.0571 | 0.0275 | 0.2245 |
| 8 | 264220.5 | 1778892.5 | -0.0690 | -0.0576 | 0.1607 | 0.1079 | 0.4959 | 0.1452 | 0.1136 | 0.0533 | 0.4167 | 0.1207 | 0.0811 | 0.2277 |
| 9 | 267353.5 | 1777813.5 | -0.0676 | -0.0682 | 0.1404 | 0.0822 | 0.3654 | 0.1282 | 0.1111 | 0.0649 | 0.3984 | 0.1181 | 0.0582 | 0.1545 |
| 10 | 267873.5 | 1777540.5 | -0.0405 | -0.1134 | 0.1298 | 0.0738 | 0.4595 | 0.1324 | 0.0978 | 0.0759 | 0.4098 | 0.1129 | 0.3691 | 0.0714 |
| 11 | 267041.5 | 1777059.5 | -0.0289 | -0.1188 | 0.1250 | 0.0921 | 0.3929 | 0.1014 | 0.0860 | 0.0750 | 0.4242 | 0.1040 | 0.0741 | 0.1736 |
| 12 | 268705.5 | 1776890.5 | -0.0178 | -0.0481 | 0.1092 | 0.0800 | 0.3725 | 0.1111 | 0.0928 | 0.0759 | 0.4032 | 0.0704 | 0.3072 | 0.1795 |
| 13 | 267600.5 | 1776838.5 | -0.0303 | -0.0674 | 0.1607 | 0.1143 | 0.4386 | 0.1360 | 0.1050 | 0.0710 | 0.4000 | 0.1128 | 0.0632 | 0.1818 |
| 14 | 268861.5 | 1776682.5 | -0.0629 | -0.0106 | 0.1504 | 0.1250 | 0.4609 | 0.1360 | 0.1086 | 0.0789 | 0.3871 | 0.1496 | 0.0794 | 0.1892 |
| 15 | 265078.5 | 1776552.5 | -0.0282 | -0.0400 | 0.1270 | 0.0864 | 0.3714 | 0.1304 | 0.0864 | 0.0629 | 0.3934 | 0.1017 | 0.0556 | 0.2075 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 16 | 252013.5 | 1776292.5 | 0.0130 | -0.0503 | 0.0893 | 0.0886 | 0.4821 | 0.1024 | -0.0093 | 0.0606 | 0.4375 | 0.0815 | 0.1742 | 0.1500 |
| 17 | 269264.5 | 1776071.5 | -0.0636 | -0.1388 | 0.1327 | 0.0822 | 0.4872 | 0.1181 | 0.1047 | 0.0621 | 0.3906 | 0.1450 | 0.0682 | 0.1927 |
| 18 | 254236.5 | 1776058.5 | -0.0375 | -0.0777 | 0.1404 | 0.1111 | 0.4754 | 0.1053 | 0.0843 | 0.0596 | 0.4286 | 0.0870 | 0.0769 | 0.1500 |
| 19 | 264480.5 | 1775876.5 | -0.0115 | 0.0411 | 0.1286 | 0.1408 | 0.3774 | 0.1156 | 0.0891 | 0.0714 | 0.4173 | 0.1888 | 0.3151 | 0.1408 |
| 20 | 259566.5 | 1775850.5 | -0.0968 | -0.0711 | 0.0654 | 0.1370 | 0.5161 | 0.0631 | 0.1895 | 0.0788 | 0.4375 | 0.0791 | 0.0307 | 0.1298 |
| 21 | 268679.5 | 1775837.5 | -0.0366 | -0.0435 | 0.0500 | 0.0718 | 0.5122 | 0.1130 | 0.0833 | 0.0685 | 0.4394 | 0.1250 | 0.1345 | 0.1298 |
| 22 | 253495.5 | 1775668.5 | -0.1304 | -0.0846 | 0.1250 | 0.1094 | 0.4821 | 0.1034 | 0.0833 | 0.0728 | 0.4560 | 0.0323 | 0.0581 | 0.1356 |
| 23 | 269147.5 | 1775642.5 | 0.0000 | -0.0457 | 0.1356 | 0.0897 | 0.4957 | 0.1525 | 0.1023 | 0.1083 | 0.4462 | 0.1194 | 0.0481 | 0.2190 |
| 24 | 264493.5 | 1775577.5 | -0.0241 | -0.0476 | 0.1241 | 0.1195 | 0.3524 | 0.1000 | 0.0688 | 0.0675 | 0.4444 | 0.0725 | 0.0602 | 0.1343 |
| 25 | 252234.5 | 1775564.5 | -0.0400 | -0.0930 | 0.1238 | 0.1095 | 0.4483 | 0.1143 | 0.0233 | 0.0435 | 0.4138 | 0.0935 | 0.4303 | 0.1181 |
| 26 | 260398.5 | 1775538.5 | -0.0710 | -0.0282 | 0.1379 | 0.1343 | 0.3704 | 0.1429 | 0.1154 | 0.0533 | 0.3554 | 0.0806 | 0.0539 | 0.1963 |
| 27 | 254483.5 | 1775499.5 | -0.0500 | -0.1980 | 0.1452 | 0.0645 | 0.5683 | 0.1163 | 0.0952 | 0.0581 | 0.4745 | 0.0758 | 0.0250 | 0.1194 |
| 28 | 266885.5 | 1775317.5 | 0.0286 | 0.0481 | 0.0980 | 0.0955 | 0.4679 | 0.1231 | 0.0851 | 0.0955 | 0.4472 | 0.1489 | 0.2611 | 0.1908 |
| 29 | 266274.5 | 1774862.5 | -0.0435 | -0.0521 | 0.1311 | 0.0759 | 0.3535 | 0.1145 | 0.0769 | 0.0683 | 0.4309 | 0.1310 | 0.1124 | 0.1852 |
| 30 | 267600.5 | 1774823.5 | -0.0508 | -0.0660 | 0.1453 | 0.0728 | 0.4259 | 0.1406 | 0.0899 | 0.1026 | 0.4215 | 0.1618 | 0.2143 | 0.2069 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 31 | 256823.5 | 1774719.5 | -0.1136 | -0.0935 | 0.1111 | 0.1125 | 0.3704 | 0.1008 | -0.0256 | 0.0455 | 0.4375 | 0.0815 | 0.0545 | 0.1220 |
| 32 | 267041.5 | 1774693.5 | -0.0918 | -0.0505 | 0.1061 | 0.0539 | 0.4595 | 0.1311 | 0.0751 | 0.0701 | 0.4308 | 0.1223 | 0.1609 | 0.1278 |
| 33 | 269563.5 | 1774433.5 | -0.1397 | -0.1324 | 0.1712 | 0.0952 | 0.4643 | 0.2000 | 0.1321 | 0.1079 | 0.4194 | 0.1429 | 0.0300 | 0.0704 |
| 34 | 264350.5 | 1774420.5 | -0.0610 | -0.0695 | 0.1429 | 0.0541 | 0.3694 | 0.1240 | 0.0864 | 0.0563 | 0.3500 | 0.0957 | 0.0568 | 0.1959 |
| 35 | 269368.5 | 1774108.5 | -0.0061 | -0.0220 | 0.1520 | 0.1152 | 0.4336 | 0.1475 | 0.1073 | 0.1069 | 0.3934 | 0.1200 | 0.0553 | 0.1736 |
| 36 | 265481.5 | 1774030.5 | -0.0471 | -0.0256 | 0.1094 | 0.0581 | 0.3445 | 0.1008 | 0.0706 | 0.0460 | 0.3719 | 0.1270 | 0.0295 | 0.2069 |
| 37 | 265962.5 | 1773861.5 | -0.0395 | -0.0374 | 0.1017 | 0.0861 | 0.3750 | 0.1261 | 0.1124 | 0.0588 | 0.3805 | 0.1572 | 0.0226 | 0.2233 |
| 38 | 256433.5 | 1773679.5 | -0.0807 | -0.0756 | 0.1695 | 0.1558 | 0.4918 | 0.1429 | 0.1138 | 0.1429 | 0.4080 | 0.1563 | 0.0515 | 0.1833 |
| 39 | 264246.5 | 1773614.5 | -0.0286 | -0.0667 | 0.1475 | 0.0828 | 0.3725 | 0.1452 | 0.1098 | 0.0446 | 0.4173 | 0.0952 | 0.0452 | 0.2245 |
| 40 | 264636.5 | 1773588.5 | -0.0387 | -0.0746 | 0.1241 | 0.0864 | 0.4175 | 0.1356 | 0.0909 | 0.0519 | 0.4531 | 0.0464 | 0.0427 | 0.0963 |
| 41 | 262491.5 | 1773380.5 | -0.0173 | -0.0842 | 0.1163 | 0.1111 | 0.4175 | 0.0769 | 0.0698 | 0.0710 | 0.4046 | 0.0866 | 0.0194 | 0.1776 |
| 42 | 256992.5 | 1773068.5 | -0.0870 | -0.1071 | 0.1429 | 0.0732 | 0.4701 | 0.1181 | 0.0761 | 0.0741 | 0.4472 | 0.0922 | 0.0789 | 0.1339 |
| 43 | 264259.5 | 1773016.5 | -0.0673 | -0.0826 | 0.0952 | 0.0751 | 0.4364 | 0.0635 | 0.0888 | 0.0506 | 0.4265 | 0.0735 | 0.0091 | 0.1220 |
| 44 | 255588.5 | 1772782.5 | -0.0391 | -0.0537 | 0.0894 | 0.1067 | 0.3725 | 0.0938 | 0.0327 | 0.0175 | 0.3833 | 0.1024 | 0.1048 | 0.1220 |
| 45 | 263297.5 | 1772769.5 | -0.0787 | -0.1357 | 0.1290 | 0.0683 | 0.3922 | 0.1290 | 0.0886 | 0.0649 | 0.3729 | 0.1034 | 0.0659 | 0.2115 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 46 | 267782.5 | 1772652.5 | -0.0632 | -0.0863 | 0.1327 | 0.0933 | 0.4677 | 0.1129 | 0.0877 | 0.0588 | 0.3729 | 0.1143 | 0.0283 | 0.1475 |
| 47 | 264792.5 | 1772561.5 | -0.0568 | -0.0700 | 0.1351 | 0.0897 | 0.2703 | 0.1376 | 0.0930 | 0.0800 | 0.3659 | 0.2053 | 0.0704 | 0.2143 |
| 48 | 264597.5 | 1772522.5 | 0.3081 | -0.0270 | 0.0720 | 0.1656 | 0.5207 | 0.1029 | 0.1138 | 0.0787 | 0.4286 | 0.2973 | 0.1606 | 0.0725 |
| 49 | 254834.5 | 1772418.5 | -0.0805 | -0.0746 | 0.1220 | 0.0800 | 0.4059 | 0.1304 | 0.0993 | 0.0857 | 0.3906 | 0.0847 | 0.0235 | 0.1481 |
| 50 | 267470.5 | 1772366.5 | -0.0610 | -0.0769 | 0.1589 | 0.0845 | 0.3929 | 0.1406 | 0.0920 | 0.0710 | 0.3984 | 0.1385 | 0.0659 | 0.1858 |
| 51 | 262582.5 | 1772353.5 | -0.0608 | -0.1282 | 0.0963 | 0.0807 | 0.4000 | 0.1111 | 0.0930 | 0.0446 | 0.3719 | 0.0922 | 0.0357 | 0.1404 |
| 52 | 258279.5 | 1772223.5 | -0.0481 | -0.1024 | 0.1624 | 0.1018 | 0.4622 | 0.1200 | 0.0877 | 0.0759 | 0.3898 | 0.1181 | 0.0182 | 0.1667 |
| 53 | 255939.5 | 1772210.5 | -0.0588 | -0.0783 | 0.1589 | 0.1489 | 0.4054 | 0.0909 | 0.1250 | 0.0884 | 0.3387 | 0.0811 | 0.0984 | 0.0794 |
| 54 | 260593.5 | 1772184.5 | -0.1558 | -0.1525 | 0.0815 | 0.0909 | 0.5118 | 0.0938 | 0.0734 | 0.0311 | 0.4198 | 0.0897 | 0.0105 | 0.1145 |
| 55 | 263648.5 | 1772028.5 | -0.0503 | -0.0303 | 0.1220 | 0.1083 | 0.4182 | 0.1220 | 0.1059 | 0.0675 | 0.4309 | 0.1298 | 0.1100 | 0.1933 |
| 56 | 262647.5 | 1771547.5 | -0.0688 | -0.1090 | 0.1061 | 0.0988 | 0.3981 | 0.1008 | 0.0909 | 0.0552 | 0.4146 | 0.0959 | 0.0622 | 0.1382 |
| 57 | 262140.5 | 1771469.5 | -0.0698 | -0.1273 | 0.1212 | 0.1139 | 0.4513 | 0.1061 | 0.0950 | 0.0610 | 0.3871 | 0.1316 | 0.0439 | 0.1346 |
| 58 | 267067.5 | 1771378.5 | -0.0778 | -0.2000 | 0.0938 | 0.0728 | 0.3267 | 0.0986 | 0.0332 | 0.0215 | 0.3810 | 0.0263 | 0.0964 | 0.1148 |
| 59 | 258006.5 | 1771339.5 | -0.1016 | -0.1825 | 0.1092 | 0.0759 | 0.3654 | 0.1207 | 0.0838 | 0.0352 | 0.3833 | 0.0758 | 0.0316 | 0.1382 |
| 60 | 264922.5 | 1771261.5 | -0.1574 | -0.0625 | 0.1094 | 0.1043 | 0.4059 | 0.1343 | 0.1186 | 0.0778 | 0.3968 | 0.0633 | 0.0338 | 0.1639 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 61 | 268939.5 | 1771183.5 | -0.0057 | -0.0412 | 0.0894 | 0.0993 | 0.4483 | 0.1186 | 0.0971 | 0.0692 | 0.3846 | 0.0678 | 0.0211 | 0.1619 |
| 62 | 266677.5 | 1771001.5 | -0.0471 | -0.0638 | 0.0769 | 0.0955 | 0.4182 | 0.1095 | 0.0811 | 0.0559 | 0.3898 | 0.1259 | 0.0335 | 0.1311 |
| 63 | 261061.5 | 1770988.5 | 0.2135 | -0.1000 | 0.1270 | 0.0649 | 0.4462 | 0.1282 | 0.1013 | 0.0822 | 0.3710 | 0.1074 | 0.0430 | 0.3043 |
| 64 | 262387.5 | 1770897.5 | -0.1667 | -0.1866 | 0.1111 | 0.0719 | 0.4576 | 0.1240 | 0.0575 | 0.0503 | 0.3821 | 0.1049 | 0.1056 | 0.1231 |
| 65 | 257161.5 | 1770624.5 | -0.0837 | -0.0925 | 0.1304 | 0.1180 | 0.4701 | 0.1385 | 0.0542 | 0.0417 | 0.4068 | 0.0685 | 0.0095 | 0.1500 |
| 66 | 260346.5 | 1770299.5 | -0.1858 | -0.1905 | 0.1250 | 0.0909 | 0.4435 | 0.1262 | 0.0667 | 0.0481 | 0.3451 | 0.0571 | 0.0283 | 0.1776 |
| 67 | 268666.5 | 1770195.5 | -0.0375 | -0.0440 | 0.1600 | 0.1190 | 0.4495 | 0.1776 | 0.0112 | 0.1186 | 0.3810 | 0.0446 | 0.0408 | 0.1881 |
| 68 | 269563.5 | 1770195.5 | -0.0116 | -0.0481 | 0.1129 | 0.1275 | 0.4019 | 0.1429 | 0.0743 | 0.0625 | 0.3504 | 0.1688 | 0.0936 | 0.0909 |
| 69 | 261295.5 | 1770182.5 | -0.0520 | -0.1507 | 0.0853 | 0.1026 | 0.4495 | 0.1017 | 0.0847 | 0.0741 | 0.4237 | 0.0375 | 0.0151 | 0.1560 |
| 70 | 261048.5 | 1769922.5 | -0.0387 | -0.1156 | 0.0492 | 0.0719 | 0.4074 | 0.0853 | 0.0674 | 0.0723 | 0.3393 | 0.0923 | 0.0857 | 0.1652 |
| 71 | 259839.5 | 1769727.5 | -0.2015 | -0.1330 | 0.1318 | 0.0993 | 0.3204 | 0.1181 | 0.0960 | 0.0610 | 0.3770 | 0.1111 | 0.0738 | 0.1652 |
| 72 | 262504.5 | 1769597.5 | -0.1724 | -0.1588 | 0.0938 | 0.0943 | 0.3805 | 0.0896 | 0.0787 | 0.0750 | 0.3504 | 0.0638 | 0.0091 | 0.1186 |
| 73 | 258201.5 | 1769350.5 | -0.1027 | -0.1594 | 0.1351 | 0.0694 | 0.3396 | 0.1402 | 0.0843 | 0.0446 | 0.3729 | 0.0957 | 0.0667 | 0.1478 |
| 74 | 257980.5 | 1769311.5 | -0.0674 | -0.0955 | 0.1360 | 0.1333 | 0.3645 | 0.1111 | 0.0932 | 0.0738 | 0.3571 | 0.1111 | 0.2073 | 0.1240 |
| 75 | 259878.5 | 1769298.5 | -0.0503 | -0.1622 | 0.1311 | 0.1030 | 0.4576 | 0.1429 | 0.1111 | 0.0824 | 0.4146 | 0.0698 | 0.0625 | 0.1379 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 76 | 262907.5 | 1769285.5 | -0.0877 | -0.1512 | 0.0938 | 0.0719 | 0.4634 | 0.0840 | 0.0621 | 0.0494 | 0.3333 | 0.0963 | 0.0242 | 0.1478 |
| 77 | 261334.5 | 1768973.5 | -0.1053 | -0.1362 | 0.0972 | 0.0930 | 0.4310 | 0.1024 | 0.0938 | 0.0615 | 0.4720 | 0.0758 | 0.0415 | 0.1250 |
| 78 | 262647.5 | 1768856.5 | -0.1000 | -0.1402 | 0.1304 | 0.1266 | 0.3945 | 0.1382 | 0.1050 | 0.0723 | 0.4488 | 0.0806 | 0.0323 | 0.1636 |
| 79 | 263713.5 | 1768544.5 | -0.1099 | -0.1000 | 0.1286 | 0.1006 | 0.5231 | 0.0977 | 0.0851 | 0.0778 | 0.3798 | 0.0897 | 0.0408 | 0.1127 |
| 80 | 262660.5 | 1768440.5 | -0.1515 | -0.1855 | 0.1128 | 0.0751 | 0.4211 | 0.0963 | 0.0568 | 0.0526 | 0.4286 | 0.0340 | 0.0109 | 0.1481 |
| 81 | 258240.5 | 1768284.5 | -0.1123 | -0.1483 | 0.1382 | 0.1233 | 0.4087 | 0.0984 | 0.0778 | 0.0471 | 0.4032 | 0.0853 | 0.0404 | 0.1429 |
| 82 | 261113.5 | 1768089.5 | -0.0889 | -0.2060 | 0.1379 | 0.1097 | 0.4167 | 0.1351 | 0.0549 | 0.0412 | 0.4035 | 0.0286 | 0.0313 | 0.1683 |
| 83 | 261529.5 | 1767725.5 | -0.0674 | -0.1078 | 0.1429 | 0.1608 | 0.4414 | 0.1360 | 0.0703 | 0.0829 | 0.4310 | 0.1642 | 0.0233 | 0.1826 |
| 84 | 263986.5 | 1767257.5 | -0.1024 | -0.1469 | 0.0606 | 0.1728 | 0.2903 | 0.1061 | 0.0814 | 0.1059 | 0.4035 | 0.1081 | 0.0190 | 0.1724 |
| 85 | 264571.5 | 1767244.5 | -0.1737 | -0.0928 | 0.1129 | 0.1608 | 0.3982 | 0.1167 | 0.1043 | 0.0909 | 0.4050 | 0.0452 | 0.0265 | 0.1181 |
| 86 | 261737.5 | 1767062.5 | -0.1148 | -0.1689 | 0.0977 | 0.0807 | 0.3469 | 0.0977 | 0.0950 | 0.0659 | 0.4426 | 0.0963 | 0.0246 | 0.1525 |
| 87 | 261074.5 | 1766659.5 | -0.0595 | -0.0980 | 0.1143 | 0.1026 | 0.4386 | 0.1176 | 0.0900 | 0.0333 | 0.4815 | 0.1095 | 0.0154 | 0.1290 |
| 88 | 263934.5 | 1766009.5 | -0.0899 | -0.1168 | 0.1128 | 0.1655 | 0.4188 | 0.1765 | -0.0222 | 0.1148 | 0.4109 | 0.0968 | 0.0405 | 0.1736 |
| 89 | 267704.5 | 1765905.5 | -0.0706 | -0.2212 | 0.1845 | 0.0621 | 0.4309 | 0.1712 | 0.1111 | 0.0345 | 0.3982 | 0.1496 | 0.0239 | 0.1724 |
| 90 | 267132.5 | 1765723.5 | -0.0060 | -0.0802 | 0.1040 | 0.1184 | 0.4364 | 0.1624 | 0.1111 | 0.0820 | 0.4016 | 0.0143 | 0.0235 | 0.1743 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 91 | 261945.5 | 1765047.5 | -0.0497 | -0.0986 | 0.0827 | 0.1429 | 0.3945 | 0.1181 | 0.0872 | 0.0552 | 0.4215 | 0.0458 | 0.0404 | 0.0845 |
| 92 | 266989.5 | 1764735.5 | -0.1031 | -0.1646 | 0.1145 | 0.1258 | 0.3725 | 0.1053 | 0.0270 | 0.0476 | 0.3871 | 0.1176 | 0.0329 | 0.1296 |
| 93 | 267509.5 | 1764436.5 | -0.0539 | -0.2205 | 0.1111 | 0.0722 | 0.3333 | 0.1683 | 0.0843 | 0.0440 | 0.3968 | 0.1250 | 0.0616 | 0.1887 |
| 94 | 265897.5 | 1763058.5 | -0.1000 | -0.1401 | 0.1298 | 0.1169 | 0.3704 | 0.1220 | 0.0989 | 0.0659 | 0.4063 | 0.1129 | 0.0323 | 0.1901 |
| 95 | 266508.5 | 1762941.5 | -0.1553 | -0.0577 | 0.1333 | 0.1111 | 0.4068 | 0.1452 | 0.1098 | 0.0652 | 0.4080 | 0.0556 | 0.0391 | 0.1811 |
| 96 | 261984.5 | 1760835.5 | -0.0950 | -0.1217 | 0.1061 | 0.1538 | 0.4215 | 0.1250 | 0.1027 | 0.0629 | 0.4453 | 0.1143 | 0.0259 | 0.1111 |
| 97 | 264870.5 | 1760341.5 | -0.1594 | -0.2288 | 0.0580 | 0.1154 | 0.3750 | 0.0909 | 0.0645 | 0.0440 | 0.4516 | 0.0657 | 0.0149 | 0.1240 |
| 98 | 262218.5 | 1759886.5 | -0.1472 | -0.1327 | 0.1364 | 0.1370 | 0.3945 | 0.0638 | 0.1011 | 0.0481 | 0.4462 | 0.0894 | 0.0870 | 0.1603 |
| 99 | 263037.5 | 1758469.5 | -0.1741 | -0.1415 | 0.1029 | 0.1258 | 0.3832 | 0.1163 | 0.0899 | 0.0353 | 0.4194 | 0.1360 | 0.0363 | 0.1509 |
| 100 | 261048.5 | 1758417.5 | -0.1027 | -0.1604 | 0.1049 | 0.1195 | 0.3714 | 0.1333 | 0.0955 | 0.0259 | 0.3333 | 0.0526 | 0.0049 | 0.1145 |

ตารางผนวกที่ ก 4 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ย่อยในแต่ละช่วงเวลาของข้อมูลตัวอย่าง

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 1 | 268029.5 | 1787576.5 | -0.2036 | -0.0739 | 0.2727 | 0.1449 | 0.3968 | 0.0952 | 0.0909 | 0.0617 | 0.2698 | 0.0845 | 0.2754 | 0.0597 |
| 2 | 262829.5 | 1786757.5 | -0.0943 | -0.1556 | 0.2211 | 0.0538 | 0.4135 | 0.2072 | 0.1079 | 0.0675 | 0.2617 | 0.1039 | 0.1500 | 0.1515 |
| 3 | 267002.5 | 1786575.5 | -0.0251 | -0.0051 | 0.3103 | 0.1925 | 0.4146 | 0.2364 | 0.1258 | 0.1008 | 0.2542 | 0.0270 | 0.2357 | 0.0866 |
| 4 | 267353.5 | 1786445.5 | -0.1330 | 0.0106 | 0.2039 | 0.0492 | 0.4429 | 0.0511 | 0.0429 | 0.0543 | 0.3478 | 0.1409 | 0.1840 | 0.1681 |
| 5 | 266287.5 | 1786419.5 | -0.2157 | -0.0860 | 0.1837 | 0.1212 | 0.4355 | 0.2727 | 0.1056 | 0.0621 | 0.2713 | 0.0261 | 0.2739 | 0.1452 |
| 6 | 260619.5 | 1786406.5 | -0.2393 | -0.0769 | 0.1351 | 0.2866 | 0.3023 | 0.0894 | 0.1781 | 0.1566 | 0.2932 | 0.0864 | 0.2985 | 0.3053 |
| 7 | 263986.5 | 1786367.5 | -0.1813 | -0.0430 | 0.1613 | 0.1324 | 0.3793 | 0.1778 | 0.0800 | 0.0698 | 0.2459 | 0.0199 | 0.2139 | 0.0405 |
| 8 | 268523.5 | 1786367.5 | -0.1919 | -0.0562 | 0.1290 | 0.0514 | 0.4519 | 0.3548 | 0.1217 | 0.0779 | 0.3030 | 0.0875 | 0.2441 | 0.2762 |
| 9 | 268614.5 | 1786133.5 | 0.3073 | -0.0492 | 0.3524 | 0.1429 | 0.3770 | 0.2692 | -0.0465 | 0.0635 | 0.3478 | -0.0217 | 0.2148 | 0.2200 |
| 10 | 261360.5 | 1785990.5 | -0.0289 | 0.0659 | 0.1837 | 0.0690 | 0.4154 | 0.0845 | 0.1205 | 0.1412 | 0.2683 | 0.1298 | 0.3533 | 0.0992 |
| 11 | 268237.5 | 1785951.5 | -0.0365 | -0.0492 | 0.1589 | 0.2653 | 0.1339 | 0.0236 | 0.1447 | 0.1310 | 0.3094 | 0.0079 | 0.1511 | 0.2277 |
| 12 | 262283.5 | 1785782.5 | -0.0233 | -0.0395 | 0.1954 | 0.1321 | 0.3333 | 0.0645 | 0.1373 | 0.1325 | 0.2113 | 0.1408 | 0.2429 | 0.2500 |
| 13 | 263336.5 | 1785639.5 | 0.0125 | 0.0254 | 0.2308 | 0.1145 | 0.4560 | 0.2222 | -0.0090 | 0.1077 | 0.3088 | -0.0087 | 0.2857 | 0.1000 |
| 14 | 269901.5 | 1785067.5 | -0.0526 | -0.1518 | 0.2371 | 0.1298 | 0.3010 | 0.1646 | 0.0427 | 0.1223 | 0.3333 | 0.0780 | 0.0741 | 0.2126 |
| 15 | 262738.5 | 1784963.5 | -0.2028 | -0.0794 | 0.2577 | 0.0685 | 0.5147 | 0.0857 | 0.1407 | 0.1484 | 0.3083 | 0.0090 | 0.3200 | 0.0784 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 16 | 269732.5 | 1784924.5 | -0.0162 | -0.0155 | 0.0769 | 0.1111 | 0.3273 | 0.1778 | 0.1083 | 0.1406 | 0.2500 | 0.0143 | 0.2099 | 0.1017 |
| 17 | 269888.5 | 1784898.5 | 0.0169 | -0.0421 | 0.1220 | 0.1169 | 0.3388 | 0.2391 | 0.1765 | 0.0884 | 0.2763 | 0.0857 | 0.1591 | 0.0313 |
| 18 | 268822.5 | 1784872.5 | -0.0494 | -0.0378 | 0.1520 | 0.0652 | 0.4412 | 0.2222 | 0.0270 | 0.0133 | 0.3108 | 0.0769 | 0.4303 | 0.0563 |
| 19 | 268458.5 | 1784859.5 | 0.0488 | -0.0576 | 0.1858 | 0.0875 | 0.4194 | 0.2400 | 0.0441 | 0.0651 | 0.2713 | 0.1129 | 0.0539 | 0.2800 |
| 20 | 269303.5 | 1784794.5 | -0.0319 | 0.0695 | 0.3091 | 0.1159 | 0.3793 | 0.2692 | 0.1084 | 0.0714 | 0.2576 | 0.0580 | 0.2025 | 0.1452 |
| 21 | 263440.5 | 1784157.5 | 0.0120 | -0.0595 | 0.2500 | 0.1129 | 0.4188 | 0.1163 | 0.0261 | 0.0526 | 0.2824 | 0.1130 | 0.2941 | 0.1017 |
| 22 | 263999.5 | 1783884.5 | -0.0370 | -0.2249 | 0.2400 | 0.0667 | 0.1852 | 0.0070 | 0.1180 | 0.1209 | 0.2656 | 0.0683 | 0.1773 | 0.2292 |
| 23 | 260749.5 | 1783624.5 | 0.0241 | -0.0053 | 0.2258 | 0.0886 | 0.4844 | 0.2885 | -0.0337 | 0.0476 | 0.2813 | 0.0233 | 0.3333 | 0.0484 |
| 24 | 262777.5 | 1783377.5 | -0.0222 | -0.2440 | 0.0732 | 0.2821 | 0.4127 | 0.3333 | 0.0000 | 0.0617 | 0.3134 | 0.0278 | 0.3455 | 0.1429 |
| 25 | 258773.5 | 1783338.5 | 0.0971 | 0.1086 | 0.0427 | 0.2138 | 0.3478 | 0.0355 | 0.0191 | 0.0292 | 0.2605 | 0.0625 | 0.1556 | 0.1515 |
| 26 | 271201.5 | 1783117.5 | -0.0413 | -0.2152 | 0.0256 | 0.1553 | 0.2093 | 0.1071 | 0.0159 | 0.1083 | 0.2522 | 0.1461 | 0.2324 | 0.0880 |
| 27 | 260658.5 | 1782636.5 | -0.1602 | 0.0994 | 0.3143 | 0.1448 | 0.4107 | 0.2323 | 0.0068 | 0.0326 | 0.3566 | 0.0294 | 0.2614 | 0.3010 |
| 28 | 258578.5 | 1782636.5 | 0.1163 | 0.1512 | 0.2475 | 0.1533 | 0.1605 | 0.0526 | 0.0881 | 0.0550 | 0.2555 | 0.1205 | 0.0377 | 0.3443 |
| 29 | 257252.5 | 1782116.5 | -0.1979 | -0.0652 | 0.2584 | 0.1233 | 0.4068 | 0.2165 | 0.0464 | 0.0798 | 0.2518 | 0.0248 | 0.2948 | 0.0289 |
| 30 | 269758.5 | 1780985.5 | -0.0317 | -0.1429 | 0.0435 | 0.1273 | 0.4309 | 0.1159 | 0.0909 | 0.0769 | 0.2030 | 0.0297 | 0.2805 | 0.1385 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 31 | 270512.5 | 1780855.5 | -0.1801 | -0.1847 | 0.0357 | 0.1534 | 0.3846 | 0.2292 | 0.1111 | 0.1298 | 0.2787 | 0.0370 | 0.2810 | 0.0732 |
| 32 | 262218.5 | 1779958.5 | 0.0821 | 0.0427 | 0.0667 | 0.2727 | 0.4504 | 0.3065 | 0.0543 | 0.1011 | 0.3636 | 0.0201 | 0.2620 | 0.2762 |
| 33 | 270213.5 | 1779854.5 | -0.1878 | -0.0575 | -0.0870 | 0.0839 | 0.1007 | 0.1128 | 0.1678 | 0.1788 | 0.3016 | 0.1552 | 0.2640 | 0.3263 |
| 34 | 268471.5 | 1779399.5 | -0.2800 | -0.2202 | 0.1966 | 0.2050 | 0.1667 | 0.1667 | 0.1558 | 0.1429 | 0.3684 | 0.1532 | 0.3231 | 0.1500 |
| 35 | 270551.5 | 1779334.5 | 0.2258 | 0.0366 | 0.1024 | 0.1786 | 0.2319 | 0.1840 | 0.1111 | 0.0789 | 0.2598 | 0.0133 | 0.2184 | 0.1667 |
| 36 | 270122.5 | 1779152.5 | -0.0606 | 0.0106 | 0.3818 | 0.1409 | 0.4032 | 0.2475 | 0.1310 | 0.0872 | 0.2807 | 0.2336 | 0.2976 | 0.0615 |
| 37 | 268068.5 | 1778632.5 | 0.0053 | 0.0588 | 0.2083 | 0.0395 | 0.3750 | 0.0882 | 0.0930 | 0.1512 | 0.3000 | 0.0991 | 0.2021 | 0.1613 |
| 38 | 268172.5 | 1778554.5 | -0.0470 | 0.0675 | 0.0545 | 0.1842 | 0.4776 | 0.2549 | 0.0811 | 0.1166 | 0.3548 | 0.1000 | 0.3165 | 0.0720 |
| 39 | 267548.5 | 1778086.5 | -0.0161 | -0.0760 | 0.0891 | 0.1360 | 0.4407 | 0.1778 | 0.0963 | 0.1008 | 0.3043 | 0.1546 | 0.2361 | 0.1132 |
| 40 | 269212.5 | 1778034.5 | -0.0396 | -0.1528 | 0.0500 | 0.1728 | 0.4194 | 0.2321 | 0.1200 | 0.0886 | 0.3391 | 0.0833 | 0.1579 | 0.1736 |
| 41 | 269069.5 | 1777956.5 | 0.0216 | -0.0787 | 0.0811 | 0.2297 | 0.5039 | 0.2712 | 0.1477 | 0.1154 | 0.3504 | 0.0746 | 0.3585 | 0.1261 |
| 42 | 264467.5 | 1777774.5 | -0.1492 | -0.1765 | 0.0756 | 0.2750 | 0.4962 | 0.2269 | 0.1351 | 0.1020 | 0.3543 | 0.2222 | 0.3858 | 0.2762 |
| 43 | 268250.5 | 1777163.5 | -0.1507 | -0.2469 | 0.1040 | 0.2121 | 0.4615 | 0.2566 | 0.0400 | 0.1086 | 0.3810 | 0.0186 | 0.3210 | 0.2909 |
| 44 | 269719.5 | 1777150.5 | -0.0667 | -0.1038 | 0.0667 | 0.2075 | 0.4351 | 0.1667 | 0.1503 | 0.1079 | 0.3821 | 0.0353 | 0.2418 | 0.1912 |
| 45 | 270824.5 | 1775876.5 | -0.2245 | -0.1312 | 0.0991 | 0.1233 | 0.4400 | 0.2475 | 0.1325 | 0.1095 | 0.3393 | 0.1068 | 0.2696 | 0.2000 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 46 | 260762.5 | 1775681.5 | 0.0061 | 0.0164 | 0.1633 | 0.1220 | 0.4264 | 0.2400 | 0.1128 | 0.1200 | 0.2756 | 0.0536 | 0.2692 | 0.2035 |
| 47 | 262452.5 | 1775226.5 | -0.1257 | -0.0643 | 0.2000 | 0.0429 | 0.3770 | 0.0492 | 0.1429 | 0.2073 | 0.3600 | 0.0240 | 0.3038 | 0.2364 |
| 48 | 273879.5 | 1775044.5 | -0.0642 | -0.0476 | 0.1887 | 0.1000 | 0.3241 | 0.2269 | 0.0824 | 0.1465 | 0.2078 | 0.1139 | 0.1512 | 0.2063 |
| 49 | 261451.5 | 1774836.5 | -0.2315 | 0.1170 | 0.0732 | 0.2262 | 0.3636 | 0.2844 | 0.0732 | 0.0960 | 0.3065 | 0.0857 | 0.2000 | 0.1206 |
| 50 | 272462.5 | 1774719.5 | -0.2186 | 0.0337 | 0.0282 | 0.1075 | 0.3451 | 0.2800 | 0.1618 | 0.1519 | 0.1083 | 0.1128 | 0.2045 | 0.3805 |
| 51 | 272488.5 | 1774589.5 | -0.2182 | 0.0674 | 0.0400 | 0.0769 | 0.3950 | 0.2157 | 0.1408 | 0.1169 | 0.3382 | 0.0482 | 0.2826 | 0.4211 |
| 52 | 270772.5 | 1774563.5 | -0.2245 | -0.2287 | 0.0469 | 0.2121 | 0.4656 | 0.3000 | 0.1230 | 0.1125 | 0.3600 | -0.0462 | 0.2335 | 0.2778 |
| 53 | 271006.5 | 1774485.5 | -0.1532 | -0.0408 | 0.3273 | 0.0769 | 0.4646 | 0.2269 | 0.0253 | 0.0314 | 0.3333 | 0.0290 | 0.1860 | 0.2000 |
| 54 | 258292.5 | 1774212.5 | -0.0115 | -0.0821 | 0.1028 | 0.1449 | 0.3285 | 0.1220 | 0.1152 | 0.1617 | 0.1837 | 0.0866 | 0.2832 | 0.1624 |
| 55 | 257590.5 | 1773874.5 | -0.1010 | -0.0522 | 0.1111 | 0.1180 | 0.4627 | 0.1500 | 0.0667 | 0.0877 | 0.4167 | 0.2000 | 0.1751 | 0.2586 |
| 56 | 272163.5 | 1773848.5 | -0.1818 | -0.0349 | 0.1864 | 0.1385 | 0.3607 | 0.2075 | 0.0577 | 0.1128 | 0.3281 | 0.0303 | 0.3571 | 0.1875 |
| 57 | 268640.5 | 1773848.5 | 0.0000 | -0.0640 | 0.2679 | 0.0959 | 0.3559 | 0.0972 | 0.0994 | 0.0250 | 0.3014 | 0.1405 | 0.3200 | 0.1765 |
| 58 | 260450.5 | 1773835.5 | 0.0112 | -0.0435 | 0.0862 | 0.1818 | 0.2778 | 0.0977 | 0.0828 | 0.1707 | 0.0921 | 0.1429 | 0.0761 | 0.5652 |
| 59 | 268510.5 | 1773640.5 | -0.0154 | -0.0947 | 0.1613 | 0.0303 | 0.4504 | 0.0526 | 0.0667 | 0.0440 | 0.4444 | 0.3496 | 0.3534 | 0.2710 |
| 60 | 270499.5 | 1773328.5 | 0.1294 | 0.0054 | 0.1077 | 0.2400 | 0.3968 | 0.1897 | 0.1392 | 0.1111 | 0.2419 | 0.0467 | 0.0833 | 0.2846 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 61 | 269121.5 | 1773146.5 | -0.0435 | -0.0964 | 0.2308 | 0.1148 | 0.3565 | 0.2449 | 0.1013 | 0.0714 | 0.3382 | 0.1724 | 0.1316 | 0.1746 |
| 62 | 261022.5 | 1772743.5 | -0.0486 | -0.0616 | 0.1250 | 0.1429 | 0.4627 | 0.1404 | 0.1064 | 0.1024 | 0.2836 | 0.1376 | 0.3056 | 0.2353 |
| 63 | 269940.5 | 1772483.5 | -0.0294 | -0.0778 | 0.2909 | 0.1367 | 0.4127 | 0.2456 | 0.0307 | 0.0125 | 0.3553 | 0.2482 | 0.1089 | 0.1757 |
| 64 | 271318.5 | 1772288.5 | -0.2121 | 0.0792 | 0.0704 | 0.1807 | 0.4638 | 0.2696 | 0.0983 | 0.0972 | 0.3485 | 0.0615 | 0.1487 | 0.0759 |
| 65 | 269797.5 | 1772158.5 | -0.0239 | 0.1979 | 0.3273 | 0.1268 | 0.4146 | 0.3091 | 0.1099 | 0.0719 | 0.2846 | -0.0769 | 0.2814 | 0.2381 |
| 66 | 269927.5 | 1772015.5 | -0.2152 | 0.0048 | 0.1803 | 0.0889 | 0.2048 | 0.2741 | 0.1310 | 0.1905 | 0.2078 | 0.1258 | 0.1702 | 0.1373 |
| 67 | 271370.5 | 1769740.5 | 0.0435 | 0.1179 | 0.2453 | 0.1719 | 0.3333 | 0.2165 | 0.0093 | 0.0649 | 0.3016 | 0.0707 | 0.2262 | 0.0458 |
| 68 | 271500.5 | 1769675.5 | -0.1592 | -0.0751 | 0.0345 | 0.2400 | 0.4370 | 0.3175 | 0.0955 | 0.0877 | 0.3740 | 0.2743 | 0.3120 | 0.3214 |
| 69 | 269940.5 | 1769402.5 | -0.0706 | 0.0829 | 0.1111 | 0.2030 | 0.3966 | 0.2727 | 0.1034 | 0.1409 | 0.3600 | 0.1163 | 0.4030 | 0.3333 |
| 70 | 273333.5 | 1768791.5 | -0.0229 | 0.1295 | 0.2632 | 0.0394 | 0.1310 | 0.1908 | 0.1757 | 0.2346 | 0.2555 | 0.0833 | 0.0056 | 0.1933 |
| 71 | 269953.5 | 1768765.5 | 0.0976 | 0.0267 | 0.1791 | 0.1647 | 0.3768 | 0.1579 | 0.0703 | 0.0995 | 0.3237 | 0.0893 | 0.0370 | 0.1159 |
| 72 | 273112.5 | 1768622.5 | 0.2500 | 0.1176 | 0.0833 | 0.1098 | 0.4815 | 0.2613 | 0.0949 | 0.1497 | 0.3651 | 0.0698 | 0.1010 | 0.0949 |
| 73 | 273021.5 | 1768466.5 | 0.0353 | 0.1751 | 0.2584 | 0.1311 | 0.2500 | 0.1404 | 0.1544 | 0.1462 | 0.2879 | 0.1679 | 0.2335 | 0.1379 |
| 74 | 274204.5 | 1768050.5 | -0.0971 | -0.0392 | 0.1130 | 0.2102 | 0.2615 | 0.0788 | 0.1053 | 0.1728 | 0.2353 | 0.0909 | 0.1788 | 0.2137 |
| 75 | 264558.5 | 1767959.5 | -0.1282 | -0.0341 | 0.1667 | 0.0853 | 0.1847 | -0.0049 | 0.0288 | 0.0435 | 0.2129 | 0.0353 | 0.0877 | 0.0993 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 76 | 271721.5 | 1767530.5 | 0.1474 | 0.1732 | 0.1587 | 0.2230 | 0.3607 | 0.2252 | 0.0571 | 0.1098 | 0.3231 | 0.0598 | 0.2448 | 0.1594 |
| 77 | 266430.5 | 1767257.5 | 0.1818 | 0.0718 | 0.0452 | 0.2500 | 0.3554 | 0.2870 | 0.0737 | 0.0841 | 0.2782 | 0.0395 | 0.2432 | 0.0056 |
| 78 | 271123.5 | 1766802.5 | -0.0685 | -0.1737 | 0.2340 | 0.2418 | 0.1806 | 0.1605 | 0.1628 | 0.1868 | 0.2587 | 0.0798 | 0.2093 | 0.2500 |
| 79 | 265624.5 | 1766763.5 | -0.0687 | -0.2479 | 0.2200 | 0.1719 | 0.4308 | 0.1522 | 0.0345 | 0.0513 | 0.3642 | 0.2542 | 0.2966 | 0.0845 |
| 80 | 271500.5 | 1766308.5 | -0.0515 | 0.0870 | 0.2571 | 0.1507 | 0.3217 | 0.2000 | 0.0000 | 0.0482 | 0.2889 | 0.1250 | 0.2288 | 0.2093 |
| 81 | 270252.5 | 1765437.5 | 0.0000 | 0.0246 | 0.1356 | 0.1290 | 0.4493 | 0.1515 | 0.1098 | 0.0935 | 0.3239 | 0.1298 | 0.2848 | 0.1077 |
| 82 | 265728.5 | 1765216.5 | 0.0396 | 0.0246 | 0.1049 | 0.2414 | 0.3071 | 0.2277 | 0.1529 | 0.1644 | 0.3065 | 0.0612 | 0.2575 | 0.3094 |
| 83 | 264038.5 | 1764904.5 | -0.0091 | 0.1386 | 0.0349 | 0.2970 | 0.4173 | 0.2667 | 0.1591 | 0.1083 | 0.3115 | 0.0656 | 0.1375 | 0.2152 |
| 84 | 268952.5 | 1764397.5 | 0.0000 | 0.1648 | 0.0853 | 0.2432 | 0.4370 | 0.2381 | 0.1087 | 0.1050 | 0.3554 | 0.0977 | 0.2789 | 0.1324 |
| 85 | 263167.5 | 1764124.5 | -0.0308 | -0.1674 | 0.0952 | 0.2639 | 0.3729 | 0.2613 | 0.1250 | 0.0602 | 0.3906 | 0.0345 | 0.1617 | 0.1618 |
| 86 | 261698.5 | 1763838.5 | -0.0745 | -0.1211 | 0.0949 | 0.1111 | 0.2327 | 0.0692 | 0.1329 | 0.1088 | 0.2683 | 0.1515 | 0.1889 | 0.3069 |
| 87 | 267119.5 | 1763799.5 | -0.2034 | -0.0141 | 0.0339 | 0.3197 | 0.4154 | 0.2893 | 0.1135 | 0.0818 | 0.3496 | 0.1111 | 0.0476 | 0.2813 |
| 88 | 267912.5 | 1763448.5 | -0.0050 | -0.0672 | 0.1079 | 0.2436 | 0.3282 | 0.1938 | 0.1124 | 0.1950 | 0.2969 | 0.1810 | 0.3000 | 0.1111 |
| 89 | 269433.5 | 1763305.5 | -0.1362 | -0.0283 | 0.2500 | 0.2148 | 0.4776 | 0.2381 | 0.0728 | 0.1377 | 0.0872 | 0.1654 | 0.2245 | 0.0617 |
| 90 | 268120.5 | 1762733.5 | 0.1263 | 0.1146 | 0.0526 | 0.2432 | 0.4419 | 0.2598 | 0.1243 | 0.0636 | 0.3043 | 0.1158 | 0.0180 | 0.1871 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 91 | 264909.5 | 1762694.5 | -0.0382 | -0.1510 | 0.1475 | 0.3333 | 0.0818 | 0.1493 | 0.1538 | 0.1823 | 0.2500 | 0.0692 | 0.0583 | 0.4844 |
| 92 | 261022.5 | 1762655.5 | -0.1186 | 0.0104 | 0.0991 | 0.2517 | 0.4333 | 0.2523 | 0.1149 | 0.0920 | 0.2586 | 0.0400 | 0.2139 | 0.0820 |
| 93 | 260931.5 | 1762226.5 | 0.0326 | -0.0159 | 0.1964 | 0.3226 | 0.4286 | 0.0779 | 0.0788 | 0.0421 | 0.3548 | 0.2698 | 0.1519 | 0.0597 |
| 94 | 268289.5 | 1761914.5 | 0.0947 | 0.1758 | 0.0992 | 0.2361 | 0.4532 | 0.2581 | 0.1204 | 0.0960 | 0.3594 | 0.0299 | 0.0444 | 0.1020 |
| 95 | 268419.5 | 1761888.5 | -0.0651 | 0.0173 | 0.0714 | 0.1489 | 0.5000 | 0.4080 | 0.1343 | 0.1152 | 0.3760 | 0.0196 | 0.0316 | 0.0350 |
| 96 | 268874.5 | 1761784.5 | 0.0414 | 0.0857 | 0.1304 | 0.0900 | 0.4621 | 0.2364 | 0.0327 | 0.1000 | 0.1848 | 0.0932 | 0.0228 | 0.2270 |
| 97 | 268848.5 | 1761719.5 | 0.0168 | 0.0391 | 0.2258 | 0.1461 | 0.2480 | 0.1667 | 0.1429 | 0.1258 | 0.2535 | 0.3271 | 0.0443 | 0.4331 |
| 98 | 267028.5 | 1761420.5 | -0.2298 | -0.2241 | 0.1250 | 0.1971 | 0.3208 | 0.1552 | 0.0645 | 0.1220 | 0.2969 | 0.1489 | 0.3185 | 0.2063 |
| 99 | 263830.5 | 1761329.5 | -0.0102 | -0.0303 | 0.1493 | 0.2466 | 0.1826 | 0.0923 | 0.1818 | 0.1071 | 0.2985 | 0.0667 | 0.1309 | 0.1589 |
| 100 | 262322.5 | 1761095.5 | -0.0583 | 0.0515 | 0.2673 | 0.1969 | 0.4016 | 0.2830 | 0.0827 | 0.1169 | 0.1189 | 0.1040 | 0.1242 | 0.1382 |

ตารางผนวกที่ ก 5 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ที่หุบป่าในแต่ละช่วงเวลาของข้อมูลตัวอย่าง

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 1 | 268237.5 | 1786289.5 | -0.0753 | 0.0674 | 0.1258 | 0.0976 | 0.4016 | 0.2321 | 0.0349 | 0.0989 | 0.0955 | 0.1465 | 0.3375 | 0.1355 |
| 2 | 269186.5 | 1786211.5 | -0.0395 | 0.0056 | 0.1818 | 0.1781 | 0.1967 | 0.1455 | 0.0758 | 0.0980 | 0.0800 | 0.1714 | 0.4658 | 0.1092 |
| 3 | 260580.5 | 1786094.5 | -0.0376 | -0.1313 | 0.1385 | 0.0414 | 0.4091 | 0.1429 | 0.0500 | 0.0409 | 0.0612 | 0.1880 | 0.5570 | 0.0645 |
| 4 | 268978.5 | 1786003.5 | -0.2198 | -0.1134 | 0.2500 | 0.0595 | 0.3478 | 0.2566 | 0.1268 | 0.2537 | 0.0566 | 0.1558 | 0.3649 | 0.3333 |
| 5 | 263947.5 | 1785704.5 | -0.1732 | -0.1080 | 0.1868 | 0.0175 | 0.3857 | 0.2222 | 0.0488 | 0.0508 | 0.0877 | 0.1831 | 0.4133 | 0.2609 |
| 6 | 266196.5 | 1785561.5 | -0.0145 | -0.2069 | 0.2045 | 0.0769 | 0.3869 | 0.1200 | 0.0625 | 0.0596 | 0.0769 | 0.1481 | 0.3793 | 0.1385 |
| 7 | 262387.5 | 1785457.5 | 0.0641 | -0.1953 | 0.2360 | 0.1097 | 0.4720 | 0.1739 | 0.0811 | 0.0539 | 0.0988 | 0.1888 | 0.4800 | 0.0519 |
| 8 | 264168.5 | 1785093.5 | -0.0135 | -0.1598 | 0.1754 | 0.2515 | 0.2540 | 0.1473 | 0.1210 | 0.1195 | 0.1039 | 0.1127 | 0.4083 | 0.0748 |
| 9 | 261568.5 | 1785067.5 | -0.1827 | 0.0105 | 0.2784 | 0.0728 | 0.4074 | 0.1273 | 0.0850 | 0.1007 | 0.0972 | 0.2061 | 0.5600 | 0.1579 |
| 10 | 260775.5 | 1784976.5 | -0.1188 | 0.0396 | 0.3333 | 0.1348 | 0.1387 | 0.1130 | 0.1293 | 0.0909 | 0.0872 | 0.1126 | 0.2848 | 0.3131 |
| 11 | 264103.5 | 1784859.5 | -0.1667 | 0.0510 | 0.2784 | 0.0875 | 0.3485 | 0.2000 | -0.0297 | 0.0349 | 0.0976 | 0.1053 | 0.4146 | 0.0694 |
| 12 | 264194.5 | 1784677.5 | 0.2588 | 0.1183 | 0.1429 | 0.2278 | 0.1231 | 0.1473 | 0.1338 | 0.1329 | 0.1447 | 0.1812 | 0.4474 | 0.2830 |
| 13 | 264194.5 | 1784664.5 | 0.2706 | 0.1148 | 0.1186 | 0.2258 | 0.1563 | 0.1407 | 0.1355 | 0.1250 | 0.1467 | 0.1724 | 0.4140 | 0.2941 |
| 14 | 266859.5 | 1784287.5 | -0.0737 | -0.0316 | 0.1724 | 0.0503 | 0.1586 | 0.0938 | 0.1154 | 0.1288 | 0.0503 | 0.1484 | 0.3553 | 0.1360 |
| 15 | 269589.5 | 1784092.5 | 0.0847 | -0.0991 | 0.0526 | 0.1975 | 0.1355 | 0.0629 | 0.0909 | 0.1886 | 0.1525 | 0.1243 | 0.4233 | 0.2069 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 16 | 270421.5 | 1784053.5 | 0.0898 | 0.0000 | 0.1881 | 0.0545 | 0.1801 | 0.2319 | 0.0833 | 0.3082 | 0.0741 | 0.0986 | 0.3373 | 0.1963 |
| 17 | 267626.5 | 1783728.5 | 0.1354 | 0.0722 | 0.1382 | 0.1099 | 0.2329 | 0.1681 | 0.0779 | 0.0960 | 0.0941 | 0.1757 | 0.3571 | 0.1049 |
| 18 | 263843.5 | 1783468.5 | -0.0709 | -0.0503 | 0.0534 | 0.1824 | 0.3333 | 0.1167 | 0.0714 | 0.0318 | 0.0769 | 0.1389 | 0.2955 | 0.0781 |
| 19 | 266989.5 | 1783195.5 | -0.0980 | -0.0505 | 0.1667 | 0.0612 | 0.1387 | 0.1654 | 0.1206 | 0.1523 | 0.0839 | 0.0759 | 0.3410 | 0.1333 |
| 20 | 267158.5 | 1782766.5 | -0.1792 | -0.0700 | 0.1429 | 0.2192 | 0.3548 | 0.2041 | 0.1095 | 0.0920 | 0.0850 | 0.1447 | 0.3292 | 0.3058 |
| 21 | 259280.5 | 1782207.5 | -0.0909 | 0.0990 | 0.1680 | 0.1636 | 0.1765 | 0.1571 | 0.0983 | 0.1020 | 0.1573 | 0.2105 | 0.4595 | 0.2523 |
| 22 | 258643.5 | 1781908.5 | -0.2088 | -0.0821 | 0.1259 | 0.1556 | 0.2192 | 0.1667 | 0.0980 | 0.1088 | 0.0787 | 0.0807 | 0.4875 | 0.3235 |
| 23 | 261724.5 | 1781284.5 | 0.0299 | 0.0632 | 0.2258 | 0.3706 | 0.1095 | 0.1628 | 0.1948 | 0.1429 | 0.0596 | 0.2055 | 0.5597 | 0.0803 |
| 24 | 260320.5 | 1781258.5 | 0.0640 | 0.2121 | 0.0972 | 0.1976 | 0.1053 | 0.1467 | 0.1149 | 0.1243 | 0.0960 | 0.0941 | 0.3006 | 0.1560 |
| 25 | 260359.5 | 1779685.5 | -0.0990 | 0.1027 | 0.3514 | 0.1511 | 0.3333 | 0.1455 | 0.1098 | 0.0061 | 0.3655 | 0.2263 | 0.4133 | 0.1453 |
| 26 | 258695.5 | 1779529.5 | -0.0667 | -0.0889 | 0.2323 | 0.0952 | 0.1774 | 0.1654 | 0.1921 | 0.2258 | 0.0811 | 0.1895 | 0.3064 | 0.3137 |
| 27 | 262270.5 | 1778918.5 | 0.5084 | 0.1685 | 0.1500 | 0.2609 | 0.1704 | 0.1563 | 0.1772 | 0.2671 | 0.0566 | 0.1837 | 0.5974 | 0.1719 |
| 28 | 262920.5 | 1775304.5 | -0.2243 | 0.0660 | 0.0963 | 0.1592 | 0.1235 | 0.1538 | 0.0647 | 0.2088 | 0.0920 | 0.1446 | 0.4037 | 0.1613 |
| 29 | 274178.5 | 1774771.5 | -0.0974 | -0.0531 | 0.1942 | 0.2216 | 0.2276 | 0.1206 | 0.0674 | 0.1732 | 0.0751 | 0.2078 | 0.5119 | 0.1020 |
| 30 | 274308.5 | 1774719.5 | -0.1829 | -0.0621 | 0.2500 | 0.0206 | 0.1097 | 0.1511 | 0.1111 | 0.1606 | 0.0581 | 0.1445 | 0.3818 | 0.3394 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 31 | 273437.5 | 1774576.5 | -0.2386 | 0.1277 | 0.1959 | 0.0861 | 0.2344 | 0.2222 | 0.1391 | 0.1696 | 0.0839 | 0.1462 | 0.5063 | 0.2308 |
| 32 | 259566.5 | 1774433.5 | 0.1462 | -0.0211 | 0.2126 | 0.1795 | 0.1097 | 0.1449 | 0.1205 | 0.1591 | 0.0769 | 0.1370 | 0.3642 | 0.1692 |
| 33 | 260944.5 | 1774264.5 | 0.0857 | 0.0297 | 0.1007 | 0.2102 | 0.1944 | 0.1486 | 0.1333 | 0.1354 | 0.0299 | 0.1373 | 0.4637 | 0.0250 |
| 34 | 259176.5 | 1774082.5 | 0.0485 | 0.0945 | 0.0694 | 0.1279 | 0.0889 | 0.0667 | 0.1337 | 0.1414 | 0.1361 | 0.0497 | 0.4269 | 0.1646 |
| 35 | 274022.5 | 1773783.5 | -0.0189 | 0.0000 | 0.1923 | 0.0857 | 0.2308 | 0.1765 | 0.1667 | 0.2500 | 0.2245 | 0.2562 | 0.5455 | 0.1875 |
| 36 | 259293.5 | 1773731.5 | -0.0606 | 0.1230 | 0.0519 | 0.0323 | 0.2692 | 0.1226 | 0.1000 | 0.1803 | 0.0455 | 0.1905 | 0.4438 | 0.0506 |
| 37 | 271877.5 | 1773731.5 | 0.0888 | 0.0286 | 0.1933 | 0.1233 | 0.1833 | 0.2034 | 0.1538 | 0.1728 | 0.1370 | 0.1250 | 0.3139 | 0.1127 |
| 38 | 259774.5 | 1773666.5 | 0.1892 | 0.0562 | 0.0350 | 0.1397 | 0.1948 | 0.0920 | 0.1061 | 0.1269 | 0.0444 | 0.1139 | 0.3476 | 0.1523 |
| 39 | 260307.5 | 1773601.5 | 0.1667 | -0.0149 | 0.1111 | 0.1812 | 0.3676 | 0.1385 | 0.1111 | 0.1538 | 0.0738 | 0.1701 | 0.6076 | 0.1729 |
| 40 | 273983.5 | 1773588.5 | -0.0857 | -0.0846 | 0.2000 | 0.1176 | 0.1765 | 0.1597 | 0.1486 | 0.2785 | 0.0864 | 0.1739 | 0.4872 | 0.2160 |
| 41 | 271812.5 | 1773445.5 | -0.0719 | -0.2211 | 0.2308 | 0.1145 | 0.2471 | 0.2283 | 0.1948 | 0.3086 | 0.0492 | 0.1205 | 0.3452 | 0.2101 |
| 42 | 273619.5 | 1773406.5 | -0.1402 | -0.1312 | 0.3071 | 0.1138 | 0.1282 | 0.1897 | 0.1394 | 0.1779 | 0.0909 | 0.1618 | 0.3510 | 0.1692 |
| 43 | 272800.5 | 1773315.5 | -0.1531 | 0.0612 | 0.2000 | 0.1473 | 0.2598 | 0.1868 | 0.1176 | 0.1639 | 0.0732 | 0.1701 | 0.4650 | 0.1327 |
| 44 | 273554.5 | 1773276.5 | -0.2598 | -0.2155 | 0.2542 | 0.2774 | 0.1111 | 0.2960 | 0.1447 | 0.2632 | 0.2298 | 0.2846 | 0.4965 | 0.2239 |
| 45 | 272891.5 | 1773250.5 | -0.1073 | 0.0465 | 0.2211 | 0.1189 | 0.3719 | 0.1167 | 0.1558 | 0.1617 | 0.0751 | 0.1880 | 0.5185 | 0.2698 |

| D | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 46 | 259085.5 | 1773146.5 | 0.1492 | -0.1286 | 0.0649 | 0.1852 | 0.0983 | 0.1250 | 0.1073 | 0.1676 | 0.0492 | 0.0566 | 0.5125 | 0.1507 |
| 47 | 270304.5 | 1773107.5 | -0.0290 | 0.0273 | 0.2031 | 0.2405 | 0.0824 | 0.1565 | 0.1647 | 0.2155 | 0.0482 | 0.1154 | 0.4634 | 0.0552 |
| 48 | 270902.5 | 1772938.5 | 0.3073 | 0.1257 | 0.1933 | 0.1728 | 0.3692 | 0.1387 | 0.1500 | 0.1566 | 0.0750 | 0.1656 | 0.4625 | 0.2535 |
| 49 | 270226.5 | 1772535.5 | -0.2560 | -0.2320 | 0.2481 | 0.2667 | 0.1786 | 0.0861 | 0.0889 | 0.1809 | 0.2439 | 0.2537 | 0.5102 | 0.0814 |
| 50 | 271201.5 | 1772470.5 | -0.1497 | -0.0582 | 0.1864 | 0.2766 | -0.0139 | 0.1791 | 0.1921 | 0.2692 | 0.0939 | 0.1758 | 0.4231 | 0.1594 |
| 51 | 272670.5 | 1772132.5 | -0.1447 | -0.1287 | 0.1111 | 0.1523 | 0.3279 | 0.0222 | 0.1711 | 0.0909 | 0.0850 | 0.2258 | 0.5597 | 0.1803 |
| 52 | 258786.5 | 1772106.5 | -0.0087 | 0.0622 | 0.0845 | 0.0688 | 0.2381 | 0.1333 | 0.1598 | 0.2121 | 0.0608 | 0.1928 | 0.4969 | 0.0857 |
| 53 | 269771.5 | 1771703.5 | 0.2021 | 0.0612 | 0.1111 | 0.1375 | 0.1634 | 0.1355 | 0.1000 | 0.1256 | 0.1282 | 0.1779 | 0.3735 | 0.2331 |
| 54 | 273970.5 | 1770052.5 | -0.0226 | -0.0681 | 0.2553 | 0.0543 | 0.1448 | 0.2500 | 0.1519 | 0.2544 | 0.0930 | 0.1377 | 0.4074 | 0.1549 |
| 55 | 270590.5 | 1769909.5 | -0.0748 | -0.0974 | 0.1045 | 0.2500 | 0.1351 | 0.0845 | 0.1294 | 0.1657 | 0.0476 | 0.1500 | 0.5067 | 0.0526 |
| 56 | 256862.5 | 1769805.5 | 0.0273 | -0.0187 | 0.0897 | 0.0860 | 0.2099 | 0.1069 | 0.1173 | 0.1368 | 0.0909 | 0.1355 | 0.2881 | 0.1579 |
| 57 | 257070.5 | 1769597.5 | 0.1443 | 0.0816 | 0.1069 | 0.3333 | 0.3286 | 0.0750 | 0.1525 | 0.1457 | 0.0667 | 0.1928 | 0.5090 | 0.1056 |
| 58 | 264571.5 | 1769571.5 | -0.0498 | -0.0216 | 0.1449 | 0.2739 | 0.2750 | 0.0920 | 0.1381 | 0.1720 | 0.0769 | 0.2050 | 0.5030 | 0.1020 |
| 59 | 259345.5 | 1769480.5 | 0.2275 | 0.0246 | 0.1594 | 0.2973 | 0.1288 | 0.0923 | 0.1180 | 0.1474 | 0.0952 | 0.1772 | 0.5625 | 0.1572 |
| 60 | 271851.5 | 1769454.5 | -0.1609 | -0.1250 | 0.2480 | 0.2639 | 0.1533 | 0.1818 | 0.1304 | 0.1413 | 0.0909 | 0.1279 | 0.5033 | 0.1240 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 61 | 264493.5 | 1769181.5 | -0.2000 | -0.0550 | 0.2656 | 0.2857 | 0.2381 | 0.2051 | 0.1299 | 0.1937 | 0.0533 | 0.1930 | 0.4182 | 0.0395 |
| 62 | 267327.5 | 1769142.5 | -0.1518 | -0.0230 | 0.1556 | 0.1429 | 0.2821 | 0.1313 | 0.0093 | 0.0316 | 0.0621 | 0.2500 | 0.5316 | 0.2167 |
| 63 | 265728.5 | 1769038.5 | 0.1746 | 0.1122 | 0.1216 | 0.2288 | 0.1098 | 0.2583 | 0.1657 | 0.1684 | 0.0539 | 0.2026 | 0.4970 | 0.0839 |
| 64 | 259059.5 | 1768947.5 | -0.0407 | 0.0700 | 0.2000 | 0.1141 | 0.3578 | 0.2233 | 0.0706 | 0.0576 | 0.0506 | 0.1392 | 0.3373 | 0.1096 |
| 65 | 266781.5 | 1768700.5 | -0.0875 | 0.0000 | 0.2241 | 0.2754 | 0.1266 | 0.1799 | 0.1795 | 0.2558 | 0.0494 | 0.2357 | 0.5220 | 0.0139 |
| 66 | 264714.5 | 1768674.5 | -0.0870 | 0.0092 | 0.1549 | 0.2857 | 0.1166 | 0.1892 | 0.1348 | 0.1875 | 0.0387 | 0.1786 | 0.5063 | 0.2027 |
| 67 | 258877.5 | 1768440.5 | -0.1463 | -0.1111 | 0.1318 | 0.1343 | 0.2769 | 0.1450 | 0.1124 | 0.1620 | 0.0435 | 0.2133 | 0.3933 | 0.1111 |
| 68 | 259111.5 | 1768375.5 | -0.0294 | -0.0385 | 0.1471 | 0.2414 | 0.0519 | 0.1429 | 0.1257 | 0.1399 | 0.0419 | 0.0486 | 0.3293 | 0.2308 |
| 69 | 273697.5 | 1768245.5 | -0.0556 | -0.0930 | 0.3071 | 0.2455 | 0.1190 | 0.2500 | 0.1463 | 0.1613 | 0.0595 | 0.1298 | 0.4118 | 0.1469 |
| 70 | 263648.5 | 1767803.5 | -0.0750 | -0.0659 | 0.1811 | 0.1923 | 0.1620 | 0.1704 | 0.1288 | 0.1685 | 0.1111 | 0.1678 | 0.3718 | 0.0946 |
| 71 | 270135.5 | 1767725.5 | -0.2804 | 0.0476 | 0.1765 | 0.3379 | 0.2429 | 0.0452 | 0.2048 | 0.2444 | 0.0595 | 0.1824 | 0.4251 | 0.0955 |
| 72 | 265988.5 | 1767647.5 | -0.0363 | -0.0101 | 0.2101 | 0.3469 | 0.3134 | 0.1511 | 0.1228 | 0.2439 | 0.0649 | 0.1714 | 0.5316 | 0.1259 |
| 73 | 264922.5 | 1767478.5 | 0.2907 | -0.0057 | 0.1500 | 0.2587 | 0.1636 | 0.1094 | 0.1605 | 0.2651 | 0.0318 | 0.2466 | 0.5686 | 0.1223 |
| 74 | 266261.5 | 1767426.5 | -0.2089 | 0.0660 | 0.2088 | 0.0788 | 0.1613 | 0.2296 | 0.2000 | 0.2370 | 0.0366 | 0.1549 | 0.5263 | 0.2206 |
| 75 | 266040.5 | 1767335.5 | 0.0414 | 0.0238 | 0.2292 | 0.0857 | 0.1311 | 0.2397 | 0.1701 | 0.2963 | 0.0520 | 0.2055 | 0.5220 | 0.1765 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 76 | 271006.5 | 1767023.5 | -0.1299 | -0.0952 | 0.1712 | 0.2086 | 0.1791 | 0.1746 | 0.1600 | 0.1954 | 0.0692 | 0.1519 | 0.3697 | 0.0452 |
| 77 | 271695.5 | 1766802.5 | 0.1280 | 0.1606 | 0.1056 | 0.2903 | 0.1818 | 0.1180 | 0.1585 | 0.2178 | 0.0366 | 0.1484 | 0.5879 | 0.1264 |
| 78 | 265624.5 | 1766607.5 | -0.0391 | 0.0820 | 0.0891 | 0.1880 | 0.1622 | 0.1680 | 0.1600 | 0.2375 | 0.0588 | 0.2138 | 0.4935 | 0.1791 |
| 79 | 272163.5 | 1766542.5 | 0.0000 | 0.0178 | 0.0490 | 0.2357 | 0.1216 | 0.1806 | 0.1190 | 0.1371 | 0.0659 | 0.1321 | 0.4250 | 0.2000 |
| 80 | 266014.5 | 1766477.5 | 0.1538 | 0.0891 | 0.1278 | 0.3472 | 0.2121 | 0.2555 | 0.2237 | 0.3136 | 0.0625 | 0.2436 | 0.6706 | 0.0748 |
| 81 | 264870.5 | 1766178.5 | -0.0710 | -0.1443 | 0.2522 | 0.3617 | 0.1071 | 0.1667 | 0.1465 | 0.2289 | 0.0822 | 0.2683 | 0.4406 | 0.3396 |
| 82 | 263141.5 | 1766139.5 | -0.1667 | -0.2339 | 0.1324 | 0.1840 | 0.1268 | 0.2059 | 0.1519 | 0.1676 | 0.0400 | 0.1538 | 0.4676 | 0.0380 |
| 83 | 265117.5 | 1765814.5 | 0.0000 | 0.0254 | 0.1654 | 0.2973 | 0.0933 | 0.1097 | 0.1786 | 0.2632 | 0.0625 | 0.2397 | 0.4964 | 0.2397 |
| 84 | 264805.5 | 1765541.5 | 0.0575 | -0.0806 | 0.1969 | 0.2715 | 0.0828 | 0.2168 | 0.1598 | 0.2500 | 0.0633 | 0.2647 | 0.4834 | 0.2414 |
| 85 | 269212.5 | 1765203.5 | -0.1776 | -0.0225 | 0.2453 | 0.1111 | 0.0909 | 0.3182 | 0.2418 | 0.3416 | 0.0270 | 0.1860 | 0.5948 | 0.3282 |
| 86 | 270330.5 | 1765034.5 | -0.1963 | 0.0055 | 0.2000 | 0.2761 | 0.3577 | 0.1095 | 0.1149 | 0.0891 | 0.0476 | 0.2316 | 0.4935 | 0.0601 |
| 87 | 263570.5 | 1764891.5 | 0.2619 | 0.0521 | 0.2203 | 0.2778 | 0.1321 | 0.2030 | 0.1447 | 0.1561 | 0.0815 | 0.1515 | 0.4305 | 0.2576 |
| 88 | 265221.5 | 1764735.5 | -0.0822 | -0.1588 | 0.1275 | 0.1503 | 0.1410 | 0.1503 | 0.1737 | 0.1579 | 0.0549 | 0.1099 | 0.4405 | 0.2621 |
| 89 | 264233.5 | 1764696.5 | 0.0791 | 0.0754 | 0.1837 | 0.2830 | 0.0864 | 0.1742 | 0.1200 | 0.1642 | 0.0213 | 0.1395 | 0.3537 | 0.1667 |
| 90 | 265624.5 | 1764371.5 | -0.1765 | -0.2121 | 0.3600 | 0.3067 | 0.1016 | 0.2950 | 0.1977 | 0.2088 | 0.0282 | 0.3733 | 0.4744 | 0.4019 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 91 | 265182.5 | 1764254.5 | 0.0239 | 0.1148 | 0.2545 | 0.1450 | 0.2252 | 0.1739 | 0.0435 | 0.0313 | 0.0429 | 0.1720 | 0.4201 | 0.1184 |
| 92 | 265650.5 | 1764150.5 | -0.0685 | 0.0547 | 0.2110 | 0.1970 | 0.2875 | 0.2836 | 0.1951 | 0.2291 | 0.0667 | 0.1879 | 0.4083 | 0.1288 |
| 93 | 263713.5 | 1764111.5 | -0.0779 | -0.0651 | 0.2475 | 0.1355 | 0.0633 | 0.3731 | 0.1975 | 0.2155 | 0.0481 | 0.1585 | 0.5116 | 0.1083 |
| 94 | 267236.5 | 1763526.5 | -0.1285 | -0.0111 | 0.2000 | 0.0751 | 0.4171 | 0.4101 | 0.2439 | 0.3293 | 0.2108 | 0.2381 | 0.4689 | 0.0543 |
| 95 | 268107.5 | 1763292.5 | -0.1758 | -0.2118 | 0.3175 | 0.2895 | 0.2632 | 0.0633 | 0.1214 | 0.1551 | 0.0380 | 0.2000 | 0.4305 | 0.2545 |
| 96 | 263700.5 | 1763032.5 | 0.0838 | -0.0289 | 0.1743 | 0.1500 | 0.3171 | 0.1753 | 0.0420 | 0.0972 | 0.2381 | 0.2241 | 0.3931 | 0.2624 |
| 97 | 268159.5 | 1762330.5 | -0.2432 | -0.2381 | 0.2903 | 0.1503 | 0.2727 | 0.2879 | 0.1923 | 0.2471 | 0.0465 | 0.1707 | 0.2338 | 0.1690 |
| 98 | 268679.5 | 1762070.5 | -0.2816 | -0.2248 | 0.2329 | 0.2394 | 0.0806 | 0.0748 | 0.0439 | 0.1008 | 0.3208 | 0.2881 | 0.4444 | 0.1429 |
| 99 | 264311.5 | 1762018.5 | -0.2229 | -0.1292 | 0.1364 | 0.1765 | 0.1228 | 0.1825 | 0.1034 | 0.1602 | 0.0909 | 0.1711 | 0.2785 | 0.1724 |
| 100 | 266690.5 | 1761511.5 | -0.2300 | -0.0291 | 0.2167 | 0.2727 | 0.1646 | 0.4286 | 0.2422 | 0.3049 | 0.0494 | 0.2583 | 0.5000 | 0.2639 |

ตารางผนวกที่ ก 6 แสดงค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์พื้นที่ที่ทิ้งร้างในแต่ละช่วงเวลาของข้อมูลตัวอย่าง

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 1 | 258370.5 | 1785730.5 | 0.1563 | -0.0595 | 0.3187 | 0.1639 | 0.5285 | 0.2043 | 0.1057 | 0.1966 | 0.3559 | 0.3626 | 0.2000 | 0.2600 |
| 2 | 258266.5 | 1785704.5 | 0.0278 | -0.1610 | 0.3483 | 0.1971 | 0.4783 | 0.1702 | 0.1538 | 0.2381 | 0.3333 | 0.3333 | 0.2174 | 0.2105 |
| 3 | 258279.5 | 1785665.5 | 0.2028 | -0.0660 | 0.3958 | 0.2566 | 0.4957 | 0.2083 | 0.2308 | 0.2540 | 0.3390 | 0.3617 | 0.3396 | 0.2101 |
| 4 | 258357.5 | 1785665.5 | 0.0815 | -0.0681 | 0.3333 | 0.2459 | 0.5085 | 0.2609 | 0.1545 | 0.2066 | 0.3274 | 0.3043 | 0.2397 | 0.2874 |
| 5 | 258318.5 | 1785665.5 | 0.1385 | -0.0674 | 0.3571 | 0.2131 | 0.4495 | 0.2135 | 0.1525 | 0.2069 | 0.3448 | 0.3187 | 0.2373 | 0.2222 |
| 6 | 258357.5 | 1785626.5 | 0.1450 | -0.0378 | 0.3182 | 0.1746 | 0.4054 | 0.2475 | 0.1938 | 0.2034 | 0.3509 | 0.2857 | 0.3391 | 0.1818 |
| 7 | 259826.5 | 1783819.5 | 0.0909 | 0.0053 | 0.2708 | 0.2409 | 0.4407 | 0.2500 | 0.1040 | 0.0972 | 0.1549 | 0.1452 | 0.3649 | 0.2542 |
| 8 | 257707.5 | 1781310.5 | 0.0725 | -0.0588 | 0.1959 | 0.0783 | 0.5839 | 0.2174 | 0.0923 | 0.0957 | 0.3588 | 0.0926 | 0.4043 | 0.2688 |
| 9 | 257681.5 | 1781271.5 | 0.0615 | 0.0575 | 0.2500 | 0.0101 | 0.5871 | 0.1455 | 0.0780 | 0.1029 | 0.4615 | 0.0963 | 0.4030 | 0.3273 |
| 10 | 257707.5 | 1781258.5 | 0.0216 | 0.0857 | 0.2427 | 0.0000 | 0.5287 | 0.2041 | 0.0977 | 0.0940 | 0.3798 | 0.1481 | 0.4331 | 0.2727 |
| 11 | 257837.5 | 1781154.5 | -0.0811 | -0.0300 | 0.2000 | 0.1525 | 0.5683 | 0.2165 | 0.1040 | 0.1282 | 0.4667 | 0.1743 | 0.3665 | 0.2917 |
| 12 | 257863.5 | 1781128.5 | 0.0581 | 0.0276 | 0.2273 | 0.1840 | 0.5000 | 0.1633 | 0.0517 | 0.1000 | 0.3833 | 0.0784 | 0.3699 | 0.3800 |
| 13 | 256680.5 | 1779529.5 | 0.0407 | 0.1214 | 0.2364 | 0.2174 | 0.3333 | 0.1858 | 0.1373 | 0.1969 | 0.4211 | 0.2174 | 0.3235 | 0.1774 |
| 14 | 254405.5 | 1779451.5 | 0.2168 | 0.2184 | 0.2326 | 0.1475 | 0.4828 | 0.1923 | 0.1259 | 0.1935 | 0.3729 | 0.1650 | 0.3469 | 0.2621 |
| 15 | 254392.5 | 1779360.5 | 0.0803 | 0.0751 | 0.2250 | 0.4328 | 0.4690 | 0.2584 | 0.1074 | 0.1905 | 0.3628 | 0.1429 | 0.4091 | 0.3412 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 16 | 254457.5 | 1779360.5 | 0.3649 | 0.2632 | 0.2619 | 0.4135 | 0.5537 | 0.2391 | 0.0973 | 0.2241 | 0.4915 | 0.1209 | 0.5303 | 0.3953 |
| 17 | 254509.5 | 1779334.5 | 0.3947 | 0.2139 | 0.2558 | 0.2598 | 0.5574 | 0.0619 | 0.0394 | 0.0972 | 0.4262 | 0.0783 | 0.0805 | 0.1910 |
| 18 | 254366.5 | 1779308.5 | 0.1799 | 0.1412 | 0.2184 | 0.2500 | 0.4790 | 0.2157 | 0.1181 | 0.1840 | 0.4138 | 0.1373 | 0.2270 | 0.2653 |
| 19 | 254392.5 | 1779256.5 | 0.1053 | 0.0833 | 0.1961 | 0.1921 | 0.5000 | 0.2475 | 0.1318 | 0.1654 | 0.3667 | 0.1148 | 0.3548 | 0.2903 |
| 20 | 254509.5 | 1779217.5 | 0.1059 | 0.0270 | 0.2963 | 0.1565 | 0.4194 | 0.2035 | 0.1014 | 0.2086 | 0.3440 | 0.2174 | 0.2267 | 0.2190 |
| 21 | 254366.5 | 1779139.5 | 0.1592 | -0.0885 | 0.1765 | 0.2055 | 0.3881 | 0.1783 | 0.1018 | 0.1299 | 0.3383 | 0.1385 | 0.2927 | 0.2500 |
| 22 | 254327.5 | 1779100.5 | 0.3171 | 0.1848 | 0.2621 | 0.3154 | 0.4135 | 0.2679 | 0.1806 | 0.3582 | 0.3906 | 0.2373 | 0.4126 | 0.3519 |
| 23 | 254431.5 | 1779061.5 | 0.1523 | -0.0783 | 0.2642 | 0.2254 | 0.3953 | 0.2364 | 0.1299 | 0.2081 | 0.3386 | 0.1311 | 0.4225 | 0.2885 |
| 24 | 254379.5 | 1779061.5 | 0.1688 | 0.0000 | 0.2500 | 0.2895 | 0.4194 | 0.1552 | 0.1266 | 0.2025 | 0.3175 | 0.1318 | 0.3919 | 0.2952 |
| 25 | 254470.5 | 1779035.5 | 0.1600 | 0.0745 | 0.1171 | 0.1329 | 0.3714 | 0.2083 | 0.0861 | 0.1039 | 0.3833 | 0.1382 | 0.2047 | 0.2842 |
| 26 | 256706.5 | 1778931.5 | 0.2081 | 0.0743 | 0.2527 | 0.1429 | 0.5000 | 0.1892 | 0.1184 | 0.2030 | 0.4198 | 0.1600 | 0.3553 | 0.1450 |
| 27 | 256810.5 | 1778918.5 | 0.1867 | 0.0615 | 0.1961 | 0.1471 | 0.4063 | 0.1681 | 0.1139 | 0.1940 | 0.3333 | 0.1569 | 0.3605 | 0.2165 |
| 28 | 256641.5 | 1778918.5 | 0.1899 | 0.1170 | 0.1717 | 0.2519 | 0.4769 | 0.2371 | 0.1493 | 0.2273 | 0.3543 | 0.1351 | 0.3924 | 0.2688 |
| 29 | 256537.5 | 1778827.5 | 0.1169 | 0.1196 | 0.2083 | 0.1972 | 0.4586 | 0.2075 | 0.1223 | 0.1603 | 0.3226 | 0.1569 | 0.3806 | 0.2072 |
| 30 | 256550.5 | 1778736.5 | -0.0278 | 0.1299 | 0.1529 | 0.1570 | 0.5000 | 0.3061 | 0.0940 | 0.1746 | 0.3097 | 0.1461 | 0.3185 | 0.3010 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 31 | 256628.5 | 1778736.5 | 0.0533 | 0.0601 | 0.2273 | 0.1311 | 0.4394 | 0.2000 | 0.1212 | 0.1905 | 0.3390 | 0.2039 | 0.2950 | 0.2871 |
| 32 | 254392.5 | 1777449.5 | 0.2105 | 0.1778 | 0.1845 | 0.1304 | 0.5524 | 0.1619 | 0.1111 | 0.1967 | 0.3651 | 0.1961 | 0.3243 | 0.2150 |
| 33 | 254496.5 | 1777397.5 | 0.3699 | 0.1803 | 0.2955 | 0.2520 | 0.5748 | 0.3061 | 0.1667 | 0.2632 | 0.4711 | 0.2500 | 0.5285 | 0.3895 |
| 34 | 254600.5 | 1777371.5 | 0.2429 | 0.0960 | 0.2754 | 0.3109 | 0.5000 | 0.3023 | 0.1532 | 0.2453 | 0.4128 | 0.2099 | 0.4872 | 0.3256 |
| 35 | 254288.5 | 1777319.5 | 0.3194 | 0.1724 | 0.1714 | 0.2523 | 0.5276 | 0.2821 | 0.1607 | 0.2500 | 0.4803 | 0.1954 | 0.3514 | 0.3333 |
| 36 | 254691.5 | 1777280.5 | 0.3415 | 0.2727 | 0.2200 | 0.2320 | 0.4762 | 0.3034 | 0.1473 | 0.3058 | 0.3810 | 0.2277 | 0.4809 | 0.3939 |
| 37 | 254379.5 | 1777280.5 | 0.2214 | 0.1429 | 0.3404 | 0.2389 | 0.5385 | 0.2747 | 0.1652 | 0.2696 | 0.3565 | 0.2414 | 0.3020 | 0.3279 |
| 38 | 254327.5 | 1777254.5 | 0.1654 | 0.0692 | 0.3176 | 0.2241 | 0.3982 | 0.3118 | 0.2000 | 0.2069 | 0.3913 | 0.3053 | 0.3000 | 0.3861 |
| 39 | 254379.5 | 1777215.5 | 0.2464 | 0.1111 | 0.2308 | 0.2479 | 0.5267 | 0.2527 | 0.0940 | 0.2000 | 0.3667 | 0.1719 | 0.2254 | 0.2174 |
| 40 | 254314.5 | 1777176.5 | 0.1867 | 0.1325 | 0.2083 | 0.1382 | 0.3387 | 0.1959 | 0.1429 | 0.2131 | 0.2951 | 0.1845 | 0.3333 | 0.2200 |
| 41 | 254769.5 | 1776968.5 | 0.3557 | 0.1856 | 0.3023 | 0.2562 | 0.5887 | 0.4194 | 0.2033 | 0.2743 | 0.4118 | 0.2979 | 0.4488 | 0.4505 |
| 42 | 254704.5 | 1776968.5 | 0.1636 | 0.0169 | 0.3626 | 0.2787 | 0.5429 | 0.4455 | 0.2167 | 0.2650 | 0.4167 | 0.3143 | 0.5625 | 0.5192 |
| 43 | 254834.5 | 1776955.5 | 0.1258 | 0.2073 | 0.2235 | 0.2231 | 0.4219 | 0.2527 | 0.1803 | 0.2586 | 0.3220 | 0.2816 | 0.4308 | 0.2967 |
| 44 | 254613.5 | 1776929.5 | 0.3576 | 0.2332 | 0.2771 | 0.2683 | 0.5267 | 0.2885 | 0.1327 | 0.2110 | 0.4462 | 0.1739 | 0.4483 | 0.2990 |
| 45 | 253768.5 | 1776916.5 | 0.1081 | 0.1620 | 0.1607 | 0.2059 | 0.4560 | 0.1959 | 0.1077 | 0.1756 | 0.3684 | 0.1200 | 0.3750 | 0.3125 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 46 | 254782.5 | 1776903.5 | 0.2848 | 0.2674 | 0.2584 | 0.2800 | 0.5441 | 0.3407 | 0.1654 | 0.2586 | 0.4237 | 0.2121 | 0.3889 | 0.3861 |
| 47 | 254704.5 | 1776903.5 | 0.3885 | 0.3333 | 0.4021 | 0.0893 | 0.5724 | 0.3077 | 0.1833 | 0.3167 | 0.3906 | 0.2233 | 0.5035 | 0.3884 |
| 48 | 254639.5 | 1776890.5 | 0.3245 | 0.3152 | 0.3191 | 0.2456 | 0.5373 | 0.3131 | 0.2477 | 0.3458 | 0.4264 | 0.2708 | 0.3714 | 0.3253 |
| 49 | 253859.5 | 1776877.5 | 0.1377 | 0.1556 | 0.1765 | 0.2374 | 0.4646 | 0.2121 | 0.1194 | 0.1223 | 0.3020 | 0.1095 | 0.1977 | 0.3111 |
| 50 | 254600.5 | 1776851.5 | 0.2444 | 0.1647 | 0.2778 | 0.2409 | 0.5172 | 0.2667 | 0.1586 | 0.2394 | 0.4030 | 0.1532 | 0.3194 | 0.3281 |
| 51 | 253911.5 | 1776838.5 | 0.2464 | 0.1705 | 0.2150 | 0.2857 | 0.5040 | 0.2389 | 0.2623 | 0.3167 | 0.4359 | 0.4747 | 0.3898 | 0.2778 |
| 52 | 254769.5 | 1776838.5 | 0.3103 | 0.2047 | 0.3191 | 0.2258 | 0.4848 | 0.2632 | 0.1935 | 0.2857 | 0.3600 | 0.3814 | 0.3982 | 0.2874 |
| 53 | 254691.5 | 1776812.5 | 0.2866 | 0.2184 | 0.2294 | 0.1339 | 0.5182 | 0.2264 | 0.1652 | 0.2373 | 0.2813 | 0.2885 | 0.3846 | 0.3774 |
| 54 | 254522.5 | 1776773.5 | 0.3174 | 0.1257 | 0.2444 | 0.3037 | 0.4776 | 0.2277 | 0.2782 | 0.3630 | 0.4638 | 0.2973 | 0.4648 | 0.4234 |
| 55 | 254574.5 | 1776773.5 | 0.2552 | 0.0541 | 0.3455 | 0.2889 | 0.5309 | 0.2571 | 0.2037 | 0.2427 | 0.5190 | 0.2816 | 0.5125 | 0.3966 |
| 56 | 254080.5 | 1776734.5 | 0.1410 | 0.0549 | 0.2157 | 0.1908 | 0.4426 | 0.1776 | 0.1045 | 0.1940 | 0.3162 | 0.1532 | 0.2817 | 0.2477 |
| 57 | 253976.5 | 1776734.5 | 0.2500 | -0.0094 | 0.2308 | 0.3617 | 0.4963 | 0.3000 | 0.1473 | 0.2353 | 0.4355 | 0.1778 | 0.4752 | 0.3750 |
| 58 | 253976.5 | 1776695.5 | 0.3032 | 0.2065 | 0.3176 | 0.3594 | 0.5349 | 0.3483 | 0.1724 | 0.3559 | 0.4188 | 0.2211 | 0.4603 | 0.4353 |
| 59 | 253989.5 | 1776617.5 | 0.3289 | 0.2139 | 0.2421 | 0.2701 | 0.5079 | 0.2075 | 0.1360 | 0.3051 | 0.4530 | 0.1881 | 0.4462 | 0.2708 |
| 60 | 254054.5 | 1776474.5 | 0.3205 | 0.1828 | 0.2706 | 0.0891 | 0.5407 | 0.0893 | 0.0490 | 0.1139 | 0.6173 | 0.2444 | 0.1394 | 0.4407 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 61 | 256225.5 | 1776474.5 | 0.0643 | 0.0316 | 0.2523 | 0.1884 | 0.3719 | 0.2281 | 0.1788 | 0.2029 | 0.3023 | 0.1692 | 0.3559 | 0.3782 |
| 62 | 256147.5 | 1776448.5 | 0.0278 | 0.0556 | 0.2079 | 0.2752 | 0.4219 | 0.2712 | 0.1972 | 0.3235 | 0.3451 | 0.1826 | 0.4248 | 0.3204 |
| 63 | 256277.5 | 1776448.5 | 0.0922 | 0.1183 | 0.2235 | 0.3223 | 0.4138 | 0.2929 | 0.2397 | 0.3390 | 0.3158 | 0.2444 | 0.4667 | 0.3333 |
| 64 | 256134.5 | 1776370.5 | 0.0939 | 0.0391 | 0.2816 | 0.3056 | 0.4923 | 0.2437 | 0.2263 | 0.3282 | 0.4146 | 0.2456 | 0.3741 | 0.3435 |
| 65 | 254028.5 | 1776370.5 | 0.2368 | 0.2486 | 0.2165 | 0.1613 | 0.5182 | 0.0991 | 0.0694 | 0.1765 | 0.2958 | 0.1360 | 0.1377 | 0.3171 |
| 66 | 256095.5 | 1776344.5 | 0.1160 | 0.0769 | 0.3333 | 0.3901 | 0.4328 | 0.2871 | 0.2429 | 0.3382 | 0.2794 | 0.2661 | 0.5000 | 0.3333 |
| 67 | 256225.5 | 1776344.5 | 0.0759 | 0.0777 | 0.2903 | 0.3333 | 0.4925 | 0.2150 | 0.2030 | 0.3217 | 0.3496 | 0.2523 | 0.4074 | 0.2931 |
| 68 | 256264.5 | 1776292.5 | 0.2254 | 0.1412 | 0.2584 | 0.2623 | 0.3204 | 0.2273 | 0.1746 | 0.3125 | 0.3196 | 0.2653 | 0.3950 | 0.2471 |
| 69 | 256212.5 | 1776227.5 | 0.1571 | 0.1707 | 0.3158 | 0.3171 | 0.4603 | 0.2706 | 0.1964 | 0.3514 | 0.3846 | 0.2747 | 0.4803 | 0.3333 |
| 70 | 256342.5 | 1776227.5 | 0.2787 | 0.1829 | 0.2800 | 0.3504 | 0.4483 | 0.3563 | 0.2778 | 0.4286 | 0.3874 | 0.3721 | 0.5932 | 0.4588 |
| 71 | 256342.5 | 1776097.5 | 0.0909 | 0.1186 | 0.1789 | 0.2231 | 0.3607 | 0.2771 | 0.1563 | 0.3692 | 0.2893 | 0.2200 | 0.3806 | 0.3258 |
| 72 | 256004.5 | 1775876.5 | 0.1862 | 0.1461 | 0.2449 | 0.3443 | 0.5000 | 0.2222 | 0.1783 | 0.3333 | 0.3504 | 0.2688 | 0.4783 | 0.2264 |
| 73 | 255848.5 | 1775798.5 | 0.1563 | 0.1617 | 0.2840 | 0.4173 | 0.5088 | 0.3483 | 0.1826 | 0.3333 | 0.4054 | 0.3086 | 0.5591 | 0.4118 |
| 74 | 255952.5 | 1775798.5 | 0.2925 | 0.1099 | 0.2766 | 0.1880 | 0.4737 | 0.2642 | 0.1351 | 0.3016 | 0.4107 | 0.1589 | 0.4638 | 0.2771 |
| 75 | 255822.5 | 1775720.5 | 0.1389 | 0.1617 | 0.2632 | 0.2742 | 0.3830 | 0.2381 | 0.1714 | 0.2960 | 0.3393 | 0.2632 | 0.3960 | 0.3187 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 76 | 254132.5 | 1775707.5 | 0.1857 | 0.0435 | 0.1538 | 0.1329 | 0.4897 | 0.1333 | 0.0759 | 0.1259 | 0.4063 | 0.1238 | 0.4083 | 0.2389 |
| 77 | 255900.5 | 1775655.5 | 0.0405 | 0.0217 | 0.2043 | 0.1811 | 0.4912 | 0.2371 | 0.1231 | 0.1545 | 0.3559 | 0.1515 | 0.1717 | 0.2432 |
| 78 | 255757.5 | 1775642.5 | 0.0286 | 0.0292 | 0.2174 | 0.1884 | 0.4035 | 0.2727 | 0.1549 | 0.2000 | 0.4000 | 0.1754 | 0.2169 | 0.2525 |
| 79 | 255705.5 | 1775629.5 | 0.0571 | -0.0055 | 0.3258 | 0.2632 | 0.4872 | 0.2871 | 0.1897 | 0.3167 | 0.3966 | 0.3131 | 0.4198 | 0.3400 |
| 80 | 254184.5 | 1775525.5 | 0.3205 | 0.1314 | 0.1695 | 0.1724 | 0.5310 | 0.1538 | 0.1429 | 0.2381 | 0.3731 | 0.1223 | 0.2381 | 0.2696 |
| 81 | 254145.5 | 1775525.5 | 0.3540 | 0.1314 | 0.1754 | 0.1799 | 0.5000 | 0.1654 | 0.1184 | 0.1812 | 0.3985 | 0.1360 | 0.2143 | 0.2650 |
| 82 | 266443.5 | 1775460.5 | 0.3049 | 0.2108 | 0.1346 | 0.4014 | 0.5658 | 0.0450 | 0.0411 | 0.1067 | 0.1406 | 0.0952 | 0.6872 | 0.2320 |
| 83 | 266339.5 | 1775447.5 | 0.3544 | 0.1716 | 0.2264 | 0.1407 | 0.4627 | 0.2842 | 0.1533 | 0.2950 | 0.2640 | 0.1892 | 0.1940 | 0.1351 |
| 84 | 266469.5 | 1775421.5 | 0.1765 | 0.1412 | 0.2211 | 0.2034 | 0.4375 | 0.2200 | 0.1511 | 0.2361 | 0.3982 | 0.0769 | 0.3543 | 0.3261 |
| 85 | 266326.5 | 1775395.5 | 0.1942 | 0.1954 | 0.2115 | 0.1880 | 0.5000 | 0.3036 | 0.1172 | 0.2199 | 0.3906 | 0.2830 | 0.3285 | 0.2609 |
| 86 | 266534.5 | 1775330.5 | 0.2057 | 0.1813 | 0.2292 | 0.1406 | 0.3284 | 0.2157 | 0.0840 | 0.2824 | 0.3881 | 0.1795 | 0.2484 | 0.2593 |
| 87 | 255783.5 | 1775083.5 | -0.0533 | -0.1947 | 0.2258 | 0.1449 | 0.5246 | 0.3263 | 0.1096 | 0.1571 | 0.4545 | 0.1776 | 0.2436 | 0.3404 |
| 88 | 255536.5 | 1775018.5 | 0.1449 | 0.0514 | 0.2273 | 0.2388 | 0.4215 | 0.2157 | 0.1450 | 0.2857 | 0.3934 | 0.2353 | 0.4046 | 0.3402 |
| 89 | 255887.5 | 1774927.5 | 0.1166 | -0.0309 | 0.2294 | 0.2174 | 0.4560 | 0.2137 | 0.1321 | 0.2624 | 0.4063 | 0.2269 | 0.4416 | 0.2642 |
| 90 | 255770.5 | 1774888.5 | 0.1096 | 0.1056 | 0.1522 | 0.1655 | 0.4711 | 0.2613 | 0.1189 | 0.3008 | 0.3554 | 0.2075 | 0.3793 | 0.2889 |

| ID | Coordinate | | NDVI | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | E | N | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 | B9 | B10 | B11 | B12 |
| 91 | 255588.5 | 1774849.5 | 0.0980 | 0.1394 | 0.1262 | 0.2093 | 0.4394 | 0.1532 | 0.0949 | 0.2061 | 0.3600 | 0.1515 | 0.4133 | 0.2157 |
| 92 | 254860.5 | 1773978.5 | 0.0877 | 0.0899 | 0.1589 | 0.1642 | 0.4820 | 0.1607 | 0.1079 | 0.1250 | 0.3485 | 0.1250 | 0.3252 | 0.1966 |
| 93 | 254704.5 | 1773965.5 | 0.1824 | 0.0619 | 0.2407 | 0.1515 | 0.4351 | 0.2269 | 0.1159 | 0.2029 | 0.3846 | 0.1927 | 0.3333 | 0.3509 |
| 94 | 254964.5 | 1773939.5 | 0.1333 | 0.0688 | 0.3415 | 0.3333 | 0.4821 | 0.3333 | 0.2358 | 0.3279 | 0.4000 | 0.2245 | 0.5224 | 0.3882 |
| 95 | 255341.5 | 1773861.5 | 0.3523 | 0.1186 | 0.1024 | 0.1329 | 0.3478 | 0.1000 | 0.0872 | 0.1408 | 0.5168 | 0.2500 | 0.5185 | 0.1176 |
| 96 | 254899.5 | 1773861.5 | -0.0173 | 0.0050 | 0.1646 | 0.2456 | 0.4219 | 0.3023 | 0.1552 | 0.2477 | 0.2787 | 0.1494 | 0.3333 | 0.2941 |
| 97 | 255380.5 | 1773822.5 | 0.3988 | 0.1818 | 0.1261 | 0.1083 | 0.3939 | 0.1207 | 0.0759 | 0.1608 | 0.4685 | 0.2160 | 0.4902 | 0.1681 |
| 98 | 255549.5 | 1773744.5 | 0.3913 | 0.1512 | 0.2373 | 0.1942 | 0.4000 | 0.1240 | 0.0789 | 0.1571 | 0.2824 | 0.0783 | 0.1954 | 0.2542 |
| 99 | 255484.5 | 1773731.5 | 0.3964 | 0.2179 | 0.1698 | 0.1057 | 0.4894 | 0.2115 | 0.1079 | 0.1908 | 0.3846 | 0.0928 | 0.2455 | 0.2778 |
| 100 | 255367.5 | 1773692.5 | 0.1837 | 0.1016 | 0.2500 | 0.1806 | 0.5194 | 0.1795 | 0.1473 | 0.1938 | 0.4127 | 0.1818 | 0.2078 | 0.2846 |

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศุภาวีร์ เปี่ยมด้วยธรรม เกิดวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2547 หลังจากนั้นทำงานในตำแหน่ง Application Specialist ที่บริษัท แมพพ้อยท์ เอเชีย (ประเทศไทย) จำกัด และในปีการศึกษา 2549 จึงเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย