

เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตาม
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา

นายสมพร ชอบธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2551

**OPTIMUM DIGITAL CHANGE DETECTION
TECHNIQUES FOR LAND USE AND LAND COVER
MONITORING, PAKTHONG CHAI DISTRICT,
NAKHON RATCHASIMA PROVINCE**

Somporn Chobtham

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Geoinformatics
Suranaree University of Technology
Academic Year 2008**

เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลง
การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ เม่นยำ)

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์)

กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ เม่นยำ)

คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์

สมพร ขอบธรรม : เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา (OPTIMUM DIGITAL CHANGE DETECTION TECHNIQUES FOR LAND USE AND LAND COVER MONITORING, PAKTHONG CHAI DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง, 143 หน้า

การศึกษาเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน บริเวณอำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาเทคนิคที่นำมาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและประเมินความเหมาะสมของเทคนิคที่นำมาใช้ในการตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ในการศึกษารั้งนี้ ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ที่บันทึกในปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้น โดยอาศัยเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข ประกอบด้วย (1) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา (2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (3) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา (4) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (5) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุกติภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น (6) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม และ (7) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์เปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ ทำการประเมินเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยพิจารณาจากองค์ประกอบหลักคือ (1) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (2) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (3) ลักษณะ From-To (4) การจำแนกข้อมูลภาพ (5) ข้อมูลทุกติภูมิ (6) จำนวนขั้นตอนการดำเนินการ และ (7) ผลการประเมินความถูกต้อง

ผลการศึกษาพบว่า เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่สามารถระบุประเภทการเปลี่ยนแปลงในลักษณะแบบ From-To ที่มีความเหมาะสมในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากที่สุดคือ เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 86.02 เปอร์เซนต์ และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 69.80 เปอร์เซนต์ และเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ไม่สามารถระบุประเภทการเปลี่ยนแปลงในลักษณะแบบ From-To พบว่า เทคนิคการตรวจสอบการ

เปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการติดตามตรวจสอบ
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากที่สุด

สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล
ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SOMPORN CHOBTHAM : OPTIMUM DIGITAL CHANGE DETECTION
TECHNIQUES FOR LAND USE AND LAND COVER MONITORING,
PAKTHONG CHAI DISTRICT, NAKHON RATCHASIMA PROVINCE.
THESIS ADVISOR : SUWIT ONGSOMWANG, Dr. rer. nat., 143 PP.

DIGITAL CHANGE DETECTION TECHNIQUES/LAND USE AND LAND
COVER MONITORING/REMOTE SENSING

The main objectives of the study which entitled “Optimum Digital Change Detection Techniques for Land Use and Land Cover Monitoring, Pakthong Chai District, Nakhon Ratchasima Province” were to study digital change detection techniques; to monitor land use/land cover change and to assess the optimum techniques for land use and land cover monitoring.

Two Landsat-TM data taken in 2000 and 2007 were employed to detect land use and land cover change by using relevant digital change detection techniques included (1) Multi-date Composite Images, (2) Image Algebra, (3) Post-Classification Comparison, (4) Change Detection Using a Binary Change Mask Applied to Date 2, (5) Change Detection Using an Ancillary Data Sources as Date 1, (6) Cross-Correlation, and (7) Spectral Change Vector Analysis for land use and land cover monitoring. In addition the optimum digital change detection techniques for land use and land cover monitoring was evaluated based on important components consisting of (1) Geometric Correction, (2) Radiometric Correction, (3) From-To information, (4) Image Classification, (5) Ancillary Data, (6) Number of steps, and (7) Accuracy assessment.

The findings shown that the optimum digital change detection technique with from-to information for land use and land cover monitoring was Post Classification Comparison technique. It provided overall accuracy of 86.02%, and Kappa coefficient of 69.80%. Without from-to information, Image Algebra was the most appropriate digital change detection technique for land use and land cover monitoring.

School of Remote Sensing

Academic Year 2008

Student's Signature_____

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นแบบอย่างในการดำเนินชีวิตที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ แม่นยำ รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ ธรรมถาวร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงกต ทศานนท์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและปรับแก้ตั้งแต่โครงร่างวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงเป็นวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นิสากร กล้าณรงค์ หัวหน้าภาควิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ได้มอบโอกาสในการศึกษาและความก้าวหน้าในชีวิต

ขอขอบคุณ คุณวินัย เขาวเรช และคุณนรินทร์ วงศ์ษา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสาขาวิชา การรับรู้จากระยะไกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความรู้ด้านการใช้ซอฟต์แวร์และสนับสนุนอุปกรณ์ในการออกสำรวจภาคสนาม

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ขอขอบคุณ คุณกัลยา เทียนวงศ์ คุณธราพงษ์ เพ็ชรประยูร คุณโชติภา กุลรัตน์ และคุณปฎิวัติ สอองชัย ที่ให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์และเป็นเพื่อนที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณเพ็ญประไพ ภูทอง ที่คอยเป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างกันเสมอ

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

สมพร ชอบธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฅ
สารบัญตาราง.....	๗
สารบัญภาพ.....	จ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.4.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา.....	3
1.4.2 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2 ปรัชญาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	6
2.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	7
2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	9
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข.....	12
2.4.1 เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข.....	12
2.4.1.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยตรงจากภาพสีผสม.....	12
2.4.1.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา.....	12
2.4.1.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	13
2.4.1.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน	
2 ช่วงเวลา.....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น	14
2.4.1.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น	15
2.4.1.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง โดยการวิเคราะห์แวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น	16
2.4.1.8 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยการแปลงแบบ Chi square	17
2.4.1.9 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม	17
2.4.1.10 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ	19
2.4.2 การประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข	19
3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	24
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	24
3.2 วิธีการศึกษา	24
3.2.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต	24
3.2.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี	25
3.2.3 การตัดภาพ	25
3.2.4 การสกัดข้อมูล	25
3.2.5 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	26
3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข	28
3.3.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา	28
3.3.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์	29
3.3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา	30
3.3.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น	31
3.3.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น	34
3.3.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลง เชิงคลื่น	38
3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข	42
3.4.1 การคัดเลือกข้อมูลตัวอย่าง	42
3.4.2 การตรวจสอบความถูกต้อง	45
3.4.3 การประเมินความเหมาะสมเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข	47
4 ผลการศึกษา	49
4.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์	49
4.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม	49
4.1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต	51
4.1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี	54
4.1.4 การคัดเลือกข้อมูล	55
4.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	61
4.3 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เชิงเลข	63
4.3.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา	63
4.3.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์	67
4.3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา	69
4.3.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลง ที่เกิดขึ้น	72
4.3.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูล อ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น	76
4.3.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม	80
4.3.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลง เชิงคลื่น	86
4.4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคการตรวจการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข	95
4.4.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา	95

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลง ที่เกิดขึ้น.....	95
4.4.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิง สำหรับเวลาเริ่มต้น.....	95
4.5 ผลการประเมินความเหมาะสมเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข.....	98
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	101
5.1 บทสรุป.....	101
5.1.1 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	101
5.1.2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและ สิ่งปกคลุมดิน.....	101
5.1.2.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลาย ช่วงเวลา.....	102
5.1.2.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทาง คณิตศาสตร์.....	102
5.1.2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....	102
5.1.2.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....	103
5.1.2.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็น ข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น.....	103
5.1.2.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม.....	104
5.1.2.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการวิเคราะห์เวกเตอร์ การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....	104
5.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เชิงเลขสำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและ สิ่งปกคลุมดิน.....	105
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	106
รายการอ้างอิง.....	107

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก.....	112
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	113
ภาคผนวก ข แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากฟังก์ชัน Spatial Modeler....	119
ภาคผนวก ค ตำแหน่งของจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง.....	122
ประวัติผู้เขียน.....	143

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	ค่าเฉลี่ย (μ_{ck}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{ck}) ของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของช่วงเวลาที่ 1 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม 3 แบนด์ ในช่วงเวลาที่ 2.....	37
3.2	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น โดยใช้ข้อมูลแบนด์ของพีชพรรณและแบนด์ของทีโล่ง.....	40
3.3	ตารางความคลาดเคลื่อนสำหรับประเมินความถูกต้อง.....	47
4.1	แสดงรายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา.....	49
4.2	แสดงค่าประจำคุณภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2550 ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี.....	55
4.3	แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543.....	56
4.4	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543.....	56
4.5	แสดงผลการคำนวณ Optimum Index Factor ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543.....	57
4.6	แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550.....	58
4.7	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550.....	58
4.8	แสดงผลการคำนวณ Optimum Index Factor ข้อมูลภาพถ่าย Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550.....	59
4.9	แสดงผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	62
4.10	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2543 และ ปี พ.ศ. 2550 จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์.....	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....	70
4.12 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....	73
4.13 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น.....	77
4.14 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....	96
4.15 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....	97
4.16 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น.....	98
4.17 หลักเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....	100
ค-1 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550.....	125
ค-2 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550.....	126
ค-3 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....	129
ค-4 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....	133
ค-5 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น.....	139

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1	พื้นที่ศึกษาอำเภอปรางค์กู่ จังหวัดนครราชสีมา.....5
2.1	ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลหรือจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข.....8
2.2	ขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล.....9
2.3	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยตรงจากภาพสีผสม.....12
2.4	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา.....13
2.5	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์.....13
2.6	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....14
2.7	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....15
2.8	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุกติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลา เริ่มต้น.....16
2.9	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....17
2.10	การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม.....19
3.1	แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา.....29
3.2	แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์.....30
3.3	แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....31
3.4	แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....33
3.5	แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุกติยภูมิเป็นข้อมูล อ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น.....35
3.6	แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน.....38
3.7	การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์จากตำแหน่งจุดภาพเดียวกันของภาพ 2 แบนด์ในสองช่วงเวลา.....40

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.8 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง เวกเตอร์.....	42
3.9 แสดงการคัดเลือกจุดข้อมูลตัวอย่างแบบจำแนกชั้น.....	45
4.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 แสดงภาพแบบสีผสมเท็จ 4 5 3	50
4.2 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 แสดงภาพแบบสีผสมเท็จ 4 5 3	50
4.3 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงบนพื้นโลก จากภาพออร์โทสี.....	51
4.4 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 ก่อนทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่คลาดเคลื่อน เมื่อเทียบกับตำแหน่งของ แหล่งน้ำที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพออร์โทสี (ข้อมูลเวกเตอร์).....	52
4.5 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 หลังการปรับแก้ความ คลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายจาก ดาวเทียมและข้อมูลภาพออร์โทสี (ข้อมูลเวกเตอร์) อยู่ในบริเวณเดียวกัน.....	52
4.6 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ก่อนทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่คลาดเคลื่อน เมื่อเทียบกับตำแหน่งของ แหล่งน้ำที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพออร์โทสี (ข้อมูลเวกเตอร์).....	53
4.7 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 หลังการปรับแก้ความ คลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายจาก ดาวเทียมและข้อมูลภาพออร์โทสี (ข้อมูลเวกเตอร์) อยู่ในบริเวณเดียวกัน.....	53
4.8 ตำแหน่งจุดภาพที่ใช้ในการทำ Normalize Image Data.....	54
4.9 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 แบนด์ 2 4 7	60
4.10 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 แบนด์ 2 4 7	60
4.11 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543	62
4.12 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550.....	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.13 ผลการจำแนกองค์ประกอบหลัก (PCA) ชุดข้อมูลจาก 2 ช่วงเวลา.....	65
4.14 พื้นที่การเปลี่ยนแปลง แหล่งน้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม ที่ปรากฏเป็นสีม่วงเข้ม.....	66
4.15 ข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543.....	67
4.16 ข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550.....	67
4.17 ผลจากการคำนวณความต่างของข้อมูลแบนด์ 3 ของ Landsat-TM ใน 2 ช่วงเวลา.....	68
4.18 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550.....	68
4.19 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543- 2550 ด้วยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....	71
4.20 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 เฉพาะบริเวณที่มีการ เปลี่ยนแปลง.....	74
4.21 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 เฉพาะบริเวณที่มีการ เปลี่ยนแปลง.....	74
4.22 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ.2543- 2550 ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง เฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น.....	75
4.23 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 จากข้อมูลภาพออร์โทสี.....	78
4.24 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 จากข้อมูลภาพถ่ายจาก ดาวเทียม Landsat-TM.....	78
4.25 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543-2550 ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง เฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น.....	79
4.26 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 จากข้อมูลภาพออร์โทสี.....	80
4.27 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 แบนด์ 2 4 7.....	81
4.28 ข้อมูลค่า Z ของพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการคำนวณ.....	81
4.29 พื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 ในพื้นที่ที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด.....	82
4.30 พื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2550 ในพื้นที่ที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด.....	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.31 ข้อมูลภาพที่กำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลง พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่ป่าไม้ ที่ตรวจสอบได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม.....	83
4.32 ข้อมูลค่า Z ของพื้นที่มิใช่ป่าไม้จากการคำนวณ.....	84
4.33 พื้นที่มิใช่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 ในพื้นที่ที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด.....	85
4.34 พื้นที่มิใช่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2550 ในพื้นที่ที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด.....	85
4.35 ข้อมูลภาพที่กำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลง พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่มิใช่ป่าไม้ ที่ตรวจสอบได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม.....	86
4.36 ข้อมูลค่า Z ของพื้นที่แหล่งน้ำที่ได้จากการคำนวณ.....	87
4.37 ข้อมูลภาพที่กำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลง พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณอ่างเก็บน้ำลำสาละย ที่ตรวจสอบได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม.....	87
4.38 แบนด์ของพื้นที่โล่ง ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2543.....	88
4.39 แบนด์ของพืชพรรณ ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2543.....	88
4.40 แบนด์ของพื้นที่โล่ง ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2550.....	89
4.41 แบนด์ของพืชพรรณ ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2550.....	89
4.42 ข้อมูลภาพที่แสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เวกเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....	90
4.43 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าที่ฟื้นฟูขึ้นใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....	91
4.44 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายที่ได้จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....	92
4.45 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่มวลชีวภาพลดลงที่ได้จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.46 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่พื้นที่ป่าไม้ถูกไฟไหม้ที่ได้จากการวิเคราะห์ เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น.....	94
ข-1 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลง เชิงคลื่น จากฟังก์ชัน Spatial Model > Model Maker จากโปรแกรม ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Erdas Imagine.....	120
ข-2 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม จากฟังก์ชัน Spatial Model > Model Maker จากโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจาก ดาวเทียม Erdas Imagine.....	121
ค-1 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550.....	123
ค-2 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผล การจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา.....	123
ค-3 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัย ขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น.....	124
ค-4 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูล ทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น.....	124

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาประเทศที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ การท่องเที่ยว อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้ความต้องการในการใช้ทรัพยากรมีเพิ่มมากขึ้นตามความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น จากสภาวะดังกล่าวจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอย่างเข้มข้น Skole (1994) และ Foody (2001) เชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกมากกว่าปัจจัยทางด้านการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา นั้น จะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์ในหลายด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงของถิ่นที่อยู่อาศัย การเพิ่มหรือลดลงของพื้นที่ทำกิน การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ การขยายตัวของเขตเมือง เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นยังส่งผลกระทบต่อไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อากาศ ปริมาณฝน และอุณหภูมิ ซึ่งสภาวะแวดล้อมเหล่านี้ก็มีอิทธิพลต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์เช่นกัน

สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ เช่น อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า พื้นที่ป่าต้นน้ำ เป็นต้น ล้วนก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมที่รุนแรงและส่งผลกระทบต่อชีวิตมนุษย์ ดังนั้น ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้จึงเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการจัดการหรือวางแผนเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในปัจจุบัน ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ไม่สอดคล้องกับสภาวะจริงของพื้นที่ เนื่องจากในอดีต การสำรวจตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นเรื่องที่ยุ้งยากซับซ้อน อีกทั้งยังสิ้นเปลืองงบประมาณ และเวลาในการทำการสำรวจเป็นอย่างมาก ดังนั้น ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้มาจึงไม่ทันสมัยและขาดความแม่นยำ แต่ปัญหาดังกล่าวก็ลดลงนับตั้งแต่มีการนำเอาเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) มาใช้ในการประเมิน

สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้น

จากรายงานการประเมินพื้นที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ พบว่า ในปี พ.ศ. 2504 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศที่แปลตีความจากภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1:50,000 มีเนื้อที่ 273,628.50 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 53.33 ของพื้นที่ประเทศ ในปี พ.ศ. 2516 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศที่ประเมินจากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 1 ระบบ MSS มาตรฐาน 1:250,000 มีเนื้อที่ 221,725 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 43.33 ของพื้นที่ประเทศ และในปี พ.ศ. 2541 พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือประมาณ 129,722.28 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 25.28 แต่อย่างไรก็ตาม ในการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ ในปี พ.ศ. 2543 ที่อาศัยการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM มาตรฐาน 1:50,000 พบว่า พื้นที่ที่ปกคลุมด้วยป่าไม้ มีเนื้อที่ 172,111 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 33.14 ของพื้นที่ประเทศ และลดลงเหลือประมาณ 167,591 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 32.66 ของพื้นที่ประเทศ ในปี พ.ศ. 2547 (Suwit Ongsomwang, 2006) ในขณะเดียวกัน จากการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM พบว่า สภาพการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2544 พื้นที่เกษตรลดลงจาก 186.37 ล้านไร่ หรือร้อยละ 58.12 ในปี 2541 เหลือ 180.34 ล้านไร่ หรือร้อยละ 56.24 ในปี พ.ศ. 2544 พื้นที่ชุมชนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 1.45 ในปี พ.ศ. 2541 เป็นร้อยละ 3.56 ในปี พ.ศ. 2544 ของพื้นที่ประเทศ (สุเทพ รัตนพันธ์, 2549)

ดังนั้น การศึกษา “เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสม (optimum digital change detection techniques) สำหรับใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน” ครั้งนี้ จะเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นใน 2 ช่วงเวลา โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาทำการศึกษาร่วมกับเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขต่างๆ หลายวิธีเพื่อประเมินหาเทคนิคที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน สำหรับนำผลที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ เพื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างรวดเร็ว ช่วยประหยัดแรงงาน งบประมาณ และเวลาในการดำเนินการ อีกทั้งให้ความถูกต้องแม่นยำเป็นที่น่าเชื่อถือ รวมทั้งนำผลการศึกษามาใช้ในการวางแผนการจัดการ การอนุรักษ์ การฟื้นฟูทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด และสนับสนุนเป้าหมายของโครงการพัฒนาดาวเทียมธีออส (THEOS) ที่มุ่งเน้นการนำข้อมูลดาวเทียมที่ได้รับมาใช้ในการประเมินและติดตามการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ศึกษาเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

1.2.2 ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

1.2.3 ประเมินความเหมาะสมในการนำเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขไปใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

1.3 สมมติฐานการวิจัย

เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงเลขที่แตกต่างกันให้ความถูกต้องและความเหมาะสมที่แตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ที่ตั้ง

พื้นที่ศึกษาดังอยู่ในอำเภอปรางค์กู่ จังหวัดนครราชสีมา ทางตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมา มีอาณาเขตครอบคลุมพิกัดเชิงพื้นที่ระหว่าง 789737 E ถึง 837858 E และ 1604898 N ถึง 1643385 N และคาบเกี่ยวแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L 7018 มาตรฐาน 1:50,000 หมายเลขระวาง 5337 I 5338 I-III และ 5438 III-IV มีพื้นที่ศึกษารวมทั้งสิ้น 989.38 ตารางกิโลเมตร หรือ 618,363.25 ไร่

อาณาเขต

พื้นที่ศึกษามีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ข้างเคียง ดังนี้

ทิศเหนือ อำเภอสูงเนิน และอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

ทิศตะวันออก อำเภอโชคชัย และอำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา

ทิศใต้ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

ทิศตะวันตก อำเภอวังน้ำเขียว และอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 1.1)

สภาพภูมิประเทศ

อำเภอปรางค์กู่วางตัวอยู่ทางตอนใต้ของจังหวัดนครราชสีมา พิสัยความสูงของพื้นที่อยู่ระหว่าง 160-800 เมตร เนือระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงความสูง 200-300 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 1.1 สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ของอำเภอปรางค์กู่เป็นพื้นที่

เกษตรกรรม ได้แก่ นาข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ ประกอบด้วย ป่าดิบแล้ง ป่าเสื่อมโทรม และป่าไผ่ ตามลำดับ

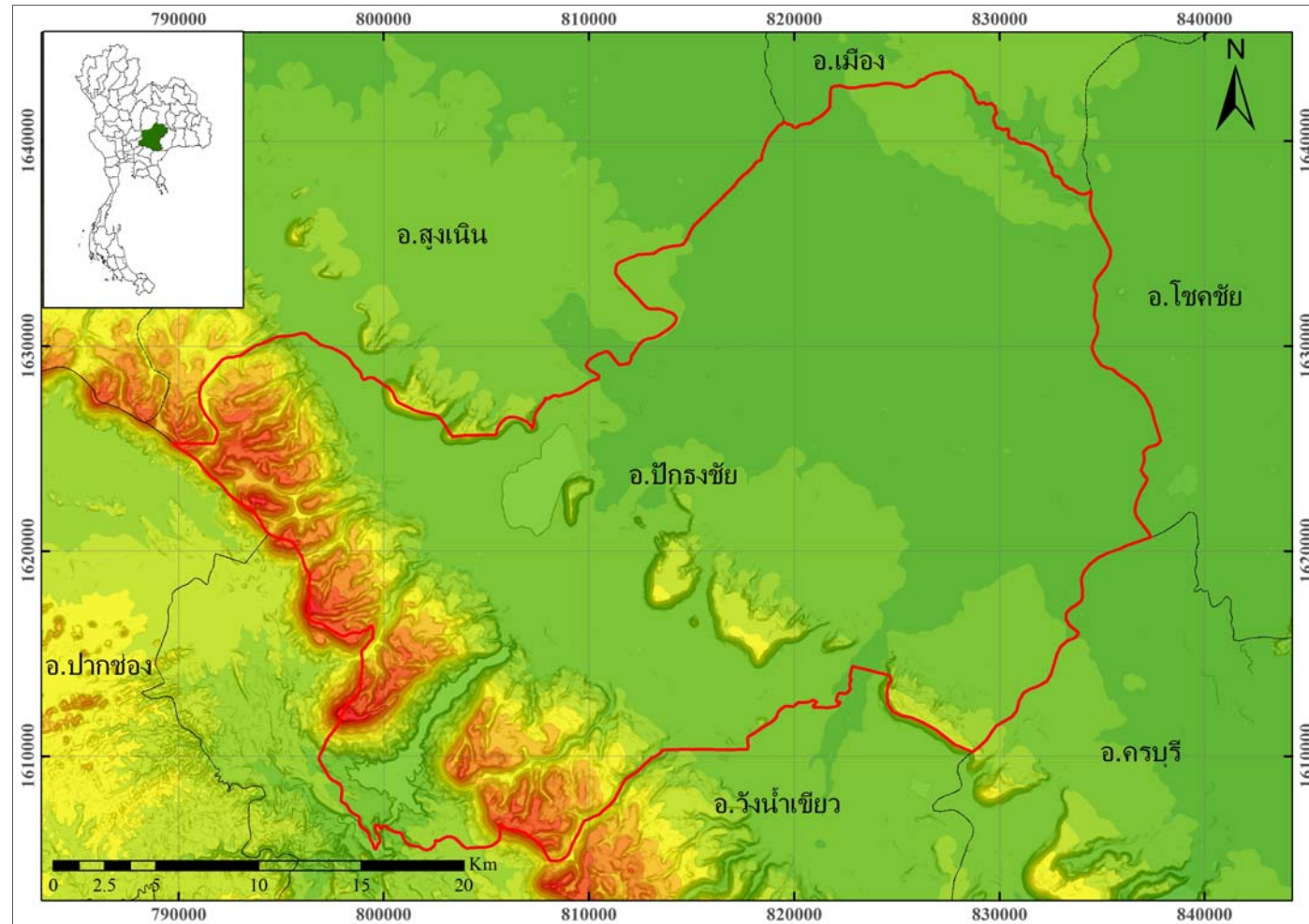
1.4.2 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสม อาศัยข้อมูล Landsat-TM เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน บริเวณอำเภอปรางค์กู่ จังหวัดนครราชสีมา ที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ที่ปรับปรุงตามมาตรฐานระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมพัฒนาที่ดินและกรมป่าไม้เป็นหลัก โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายออร์โธโทลี (color orthophoto) ปี พ.ศ. 2543 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่มีมาตราส่วน 1:4,000 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการตรวจสอบสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ. 2543 และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดินที่มีมาตราส่วน 1:25,000

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ได้รับจากการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการ การอนุรักษ์ การฟื้นฟูทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.5.2 ผลจากการศึกษาเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน สามารถตอบสนองนโยบายของรัฐในการคุ้มครองทรัพยากรป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการป้องกันและติดตามการบุกรุกทำลายทรัพยากรธรรมชาติ



ภาพที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาอำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา

บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษา “เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปรางค์ จังหวัดนครราชสีมา” ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข สรุปได้ดังต่อไปนี้

2.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (land use and land cover)

ในการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน นักวิจัยได้กำหนดหรือนิยามการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินไว้หลายรูปแบบ อาทิเช่น ราชบัณฑิตยสถาน (2543) นิยามการใช้ที่ดิน (land use) คือ การใช้ที่ดินให้เกิดประโยชน์ทางด้านการเกษตรและอื่นๆ อาจมีการสำรวจทำเป็นแผนที่แสดงการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ เช่น พื้นที่ที่เป็นป่าไม้ พื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้า พื้นที่ที่เป็นที่เพาะปลูกพืชต่างๆ พื้นที่ที่เป็นที่ท่าเหมืองแร่และพื้นที่ที่ใช้เป็นบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ชุมชนและเขตเมือง เป็นต้น FAO (1999) กล่าวว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินจะแสดงถึงลักษณะของพื้นที่ที่มนุษย์เข้าไปครอบครอง แล้วมีการจัดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ หรือมีการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การใช้พื้นที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่กักเก็บน้ำ ใช้เป็นที่ตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือเป็นที่ตั้งเขตอุตสาหกรรม เป็นต้น ทรงกต ทศานนท์ (2550) กล่าวว่า “สิ่งปกคลุมดิน” จะเกี่ยวข้องกับชนิดหรือลักษณะของวัตถุสิ่งของหรือพืชพรรณ ที่เกิดหรือตั้งปกคลุมผิวดินอยู่ เช่น คอนกรีต พืชพรรณ ป่าไม้ ดินหญ้า หรือสระน้ำ เป็นต้น ส่วนคำว่า “การใช้ประโยชน์ที่ดิน” จะหมายถึง กิจกรรมทางสังคมหรือทางเศรษฐกิจของมนุษย์ที่เกิดบนพื้นที่ศึกษา เช่น เขตที่อยู่อาศัย เขตเกษตรกรรม เขตอุตสาหกรรม หรือเขตพาณิชยกรรม เป็นต้น อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ การใช้ที่ดินเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ในการดำรงชีวิต

ดังนั้น รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจะผันแปรตามความต้องการของมนุษย์ เทคโนโลยี และสภาพเศรษฐกิจ (ประชา อินทร์แก้ว และคณะ, 2547) ส่วนปัจจัยทางด้านกายภาพ เช่น ที่ตั้ง

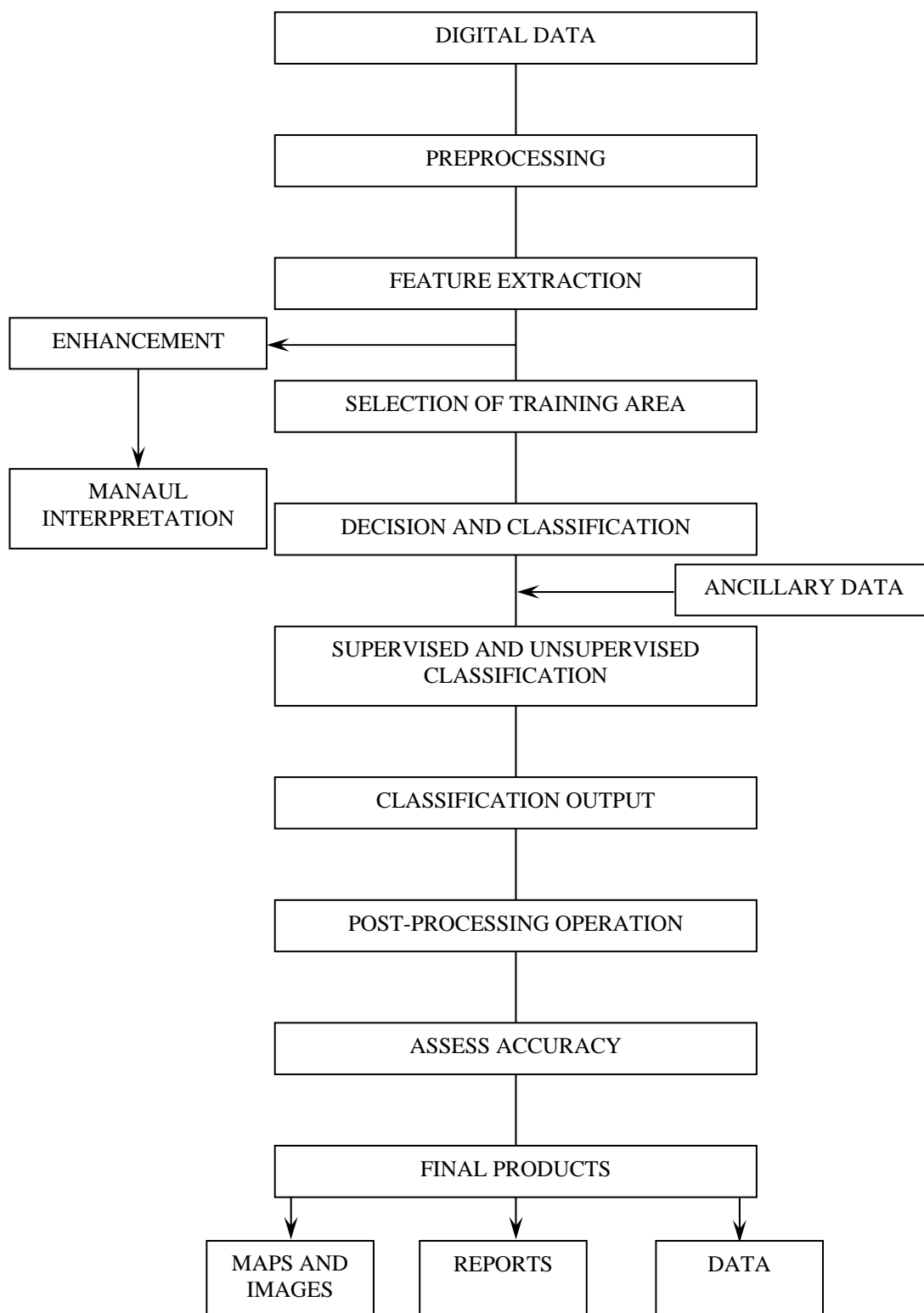
สภาพภูมิประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติ และปัจจัยอื่นๆ เช่น จำนวนและการกระจายตัวของประชากร สภาวะการเติบโตทางเศรษฐกิจ การคมนาคมและระบบสาธารณสุข โภค การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีที่ส่งผลให้สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไป

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นจะมีหลายรูปแบบตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ หรือเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ชุมชนเมือง ที่อยู่อาศัยกลายเป็นแหล่งน้ำ เป็นพื้นที่เสื่อมโทรม หรือแม้แต่เปลี่ยนกลับไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น

2.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (land use and land cover classification)

ราชบัณฑิตยสถาน (2543) กล่าวว่า การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นรูปแบบหนึ่งของการจำแนกประเภทที่ดิน โดยจัดแบ่งที่ดินตามระบบขั้นตอนการจำแนกออกเป็นประเภทตามการใช้ประโยชน์ในสภาพปัจจุบัน เช่น ที่ทำนา ทำไร่ สวนผลไม้ แหล่งอุตสาหกรรมหรือที่อยู่อาศัย เป็นต้น

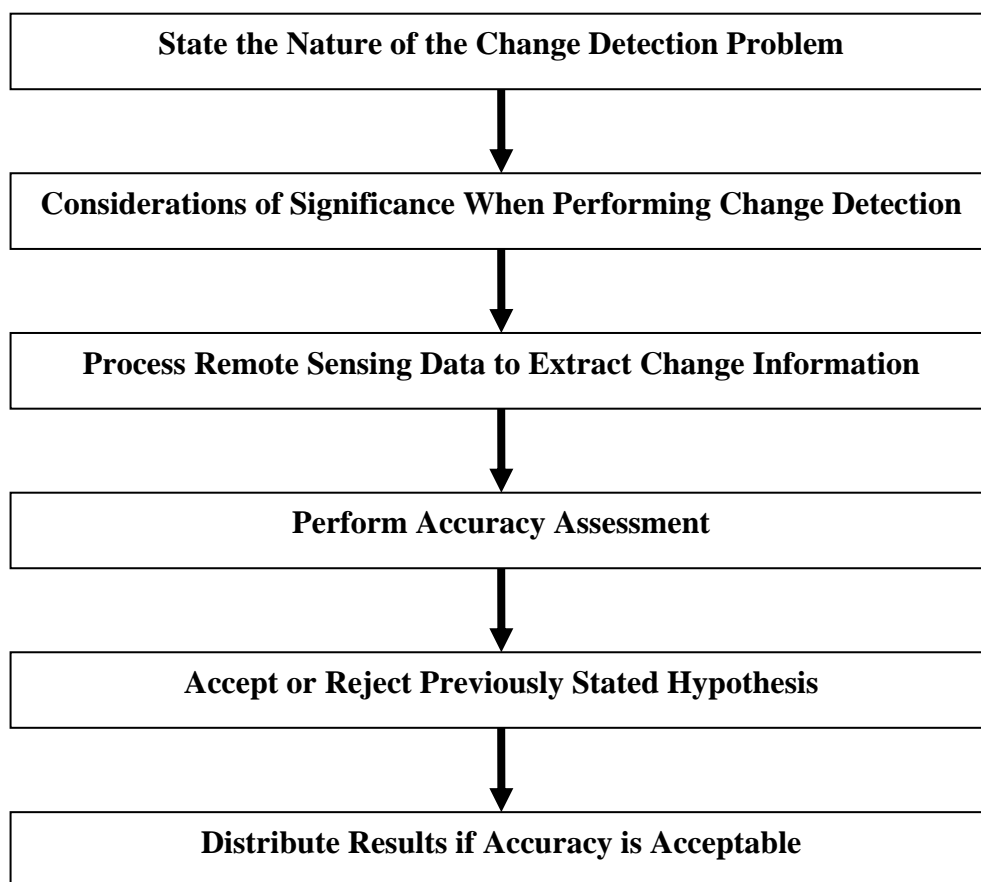
การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินภายใต้ระบบการรับรู้จากระยะไกล มีขั้นตอนการดำเนินงาน แสดงไว้ในภาพที่ 2.1 ดังรายละเอียดสรุปไว้ในภาคผนวก ก



ภาพที่ 2.1 ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลหรือจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข (Suwit Ongsomwang, 2007)

2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

Jensen (2005) ได้แบ่งขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล ออกเป็น 6 ขั้นตอน (ภาพที่ 2.2) ดังนี้



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล (Jensen, 2005)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขตของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เป็นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตเบื้องต้นหรือภาพรวมทั้งหมดของการศึกษา การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ประกอบด้วย

- 1) กำหนดขอบเขตพื้นที่ที่สนใจในการศึกษา
- 2) กำหนดช่วงเวลาของการศึกษา ว่าสนใจศึกษาจำแนกเป็นรายวัน ฤดูกาลหรือเป็นรายปี เป็นต้น
- 3) กำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินรวมไปถึงระบบการจำแนกข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

4) กำหนดตรรกะที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ว่าจะเป็นแบบ hard หรือ fuzzy logic

5) กำหนดรูปแบบการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ว่าจะเป็นแบบ per-pixel หรือ object-oriented เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 การพิจารณาปัจจัยสำคัญของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เป็นขั้นตอนการพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ได้แก่

1) การพิจารณาระบบการรับรู้จากระยะไกล ทำการพิจารณาเกี่ยวกับข้อมูลที่นำมาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ประกอบด้วย ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution) ความละเอียดเชิงคลื่น (spectral resolution) ความละเอียดเชิงเวลา (temporal resolution) และความละเอียดเชิงรังสี (radiometric resolution)

2) การพิจารณาสภาพสิ่งแวดล้อม เป็นการพิจารณาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับความแตกต่างกันของสถานะแวดล้อมในพื้นที่ที่ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่จะส่งผลโดยตรงกับผลการศึกษาซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ เช่น สภาพอากาศ ความชื้นในดิน คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ ในพื้นที่ เช่น วัตถุของดิน น้ำ พืช และกิจกรรมของมนุษย์ เป็นต้น ดังนั้น ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงควรเลือกใช้ชุดข้อมูลที่มีความแตกต่างของสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 การประมวลผลข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลเพื่อสกัดข้อมูลการเปลี่ยนแปลง เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล ในที่นี้คือข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมการก่อนการประมวลผลและขั้นตอนการประมวลผลหรือการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1) การได้มาซึ่งข้อมูลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เป็นการออกแบบหรือกำหนดรูปแบบของการตรวจวัดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีอยู่ 2 ประเภท คือ การเก็บข้อมูลในภาคสนามและการใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกล

2) กระบวนการเตรียมข้อมูลหลายช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีโดยการทำให้เป็นข้อมูลมาตรฐาน (normalized) และการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

3) เลือกเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เช่น การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา (multi-date composite image) การตรวจสอบการ

เปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (image algebra change detection) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา (post classification comparison) เป็นต้น

4) เลือกวิธีการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่เหมาะสม ได้แก่ การจำแนกข้อมูลแบบควบคุมและการจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุม หรือการจำแนกข้อมูลแบบผสม

5) แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจวัดได้โดยใช้การทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วย ได้แก่ การใช้ตารางตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (change detection matrix) บ่งชี้ถึงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดการเปลี่ยนแปลง การจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลง และการคำนวณสถิติที่สำคัญ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินความถูกต้อง เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมหลายช่วงเวลา ประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1) เลือกวิธีการในการประเมินความถูกต้อง ซึ่งประกอบด้วย การประเมินความถูกต้องเชิงคุณภาพ (qualitative confidence) และการประเมินความถูกต้องเชิงปริมาณ (quantitative confidence) โดยอาศัยการตรวจวัดค่าทางสถิติที่สำคัญของข้อมูล

2) เลือกจำนวนจุดตัวอย่าง (sampling points) ที่ต้องการใช้ในการประเมินความถูกต้องให้สอดคล้องกับจำนวนประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยที่จำนวนจุดตัวอย่างไม่ควรน้อยหรือมากเกินไป

3) เลือกวิธีการในการคัดเลือกจุดตัวอย่าง เช่น การสุ่มเลือกแบบอิสระ (random sampling) หรือการสุ่มเลือกแบบเป็นระบบ (systematic sampling) เช่น เลือกแยกตามกลุ่มข้อมูล ตามสัดส่วนที่กำหนดขึ้น หรือใช้ผสมกันทั้งสองแบบ เป็นต้น

4) ทดสอบข้อมูลจุดตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความถูกต้อง โดยควรคำนึงถึงความเป็นเอกพันธ์ของข้อมูลจุดตัวอย่าง หมายถึง ไม่ควรมีข้อมูลหลายกลุ่มปะปนอยู่ในพื้นที่เดียวกันที่เลือกมา เพราะจะทำให้การประเมินด้วยคุณภาพลงไป (ทรงกต ทศานนท์, 2550)

5) สร้างและวิเคราะห์ตารางความคลาดเคลื่อน (change detection error matrix) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ Univariate และ Multivariate Statistical Analysis

ขั้นตอนที่ 5 พิจารณายอมรับหรือปฏิเสธขั้นตอนที่ผ่านมาของสมมติฐาน โดยพิจารณาจากผลการประเมินความถูกต้องที่ได้รับ

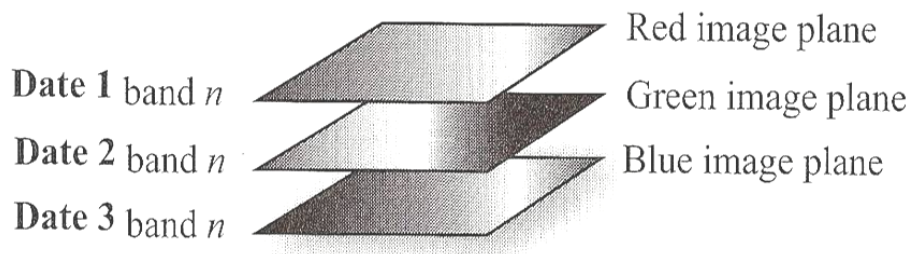
ขั้นตอนที่ 6 การเผยแพร่ผลการศึกษา หากยอมรับผลการประเมินความถูกต้องที่ได้รับก็จะทำการการเผยแพร่ผลการศึกษารวบรวมการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

2.4.1 เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

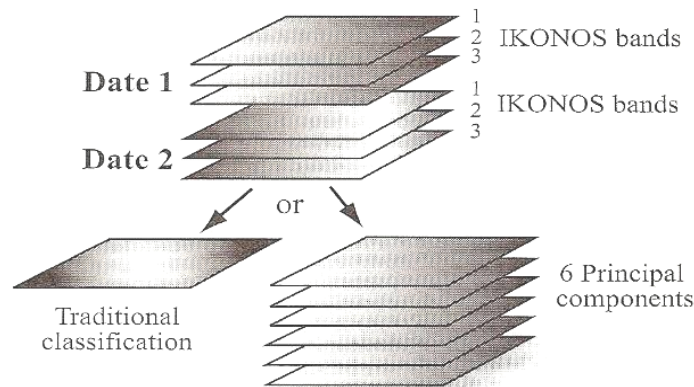
Jensen (2005) ได้สรุปวิธีการสำหรับใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขดังต่อไปนี้

2.4.1.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยตรงจากภาพสีผสม (write function memory insertion) เป็นวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยนำข้อมูลของแบนด์ในช่วงเวลาที่ต่างกัน มาแสดงผลโดยการผสมสีตามแม่สีหลัก (RGB) เพื่อแสดงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (ภาพที่ 2.3)



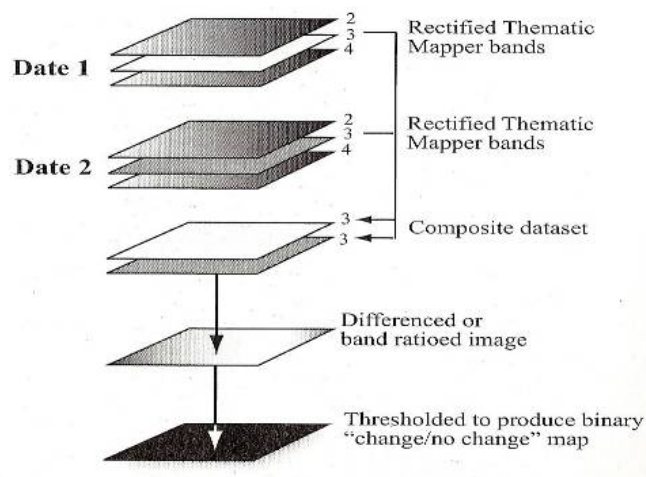
ภาพที่ 2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยตรงจากภาพสีผสม (Jensen, 2005)

2.4.1.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา (multi-date composite image) โดยอาศัยการนำข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา มารวมเป็นชุดข้อมูลใหม่และทำการจำแนกหาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการการจำแนกแบบควบคุมหรือการจำแนกแบบไม่ควบคุม เพื่อจำแนกพื้นที่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหรือการจัดสร้างข้อมูลโดยการวิเคราะห์การจำแนกองค์ประกอบหลักเพื่อดูว่ามีองค์ประกอบหลัก (PCA) แบนด์ใดที่แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา (Jensen, 2005)

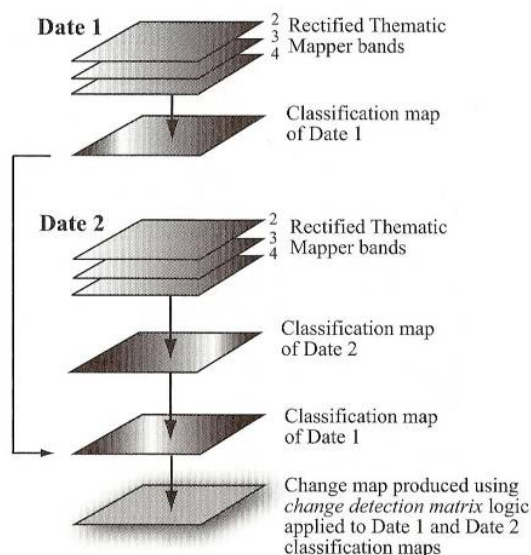
2.4.1.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (image algebra change detection) เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการนำภาพใน 2 ช่วงเวลา มาหาความแตกต่าง โดยการเลือกเอาเฉพาะแบนด์ใดแบนด์หนึ่งจากภาพทั้งสองมาหาความแตกต่าง กัน เช่น แบนด์ 3 ของข้อมูลเวลาที่ 1 และ 2 เป็นต้น ผลจากการหาความแตกต่างของข้อมูลมีค่า บวกและค่าลบ แสดงบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลง และหากค่าที่ได้มีค่าเป็นศูนย์แสดงถึงบริเวณที่ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยผู้ศึกษาจำเป็นต้องกำหนดค่าตั้งต้น (thresholds value) บ่งบอก การเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Jensen, 2005)

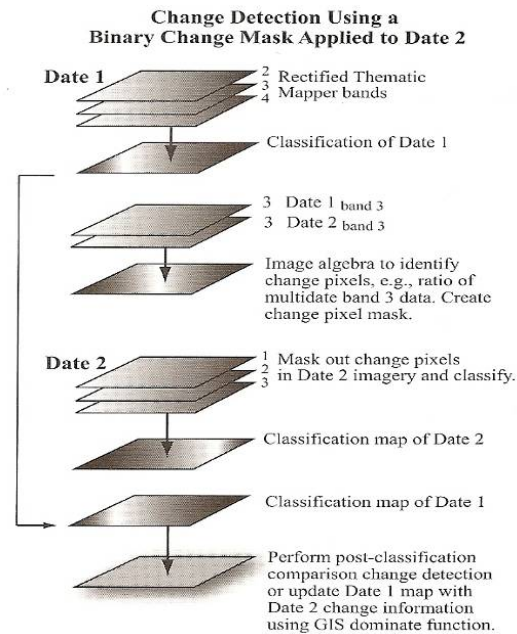
2.4.1.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา (post classification comparison) เป็นเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ที่นักวิจัยนำมาใช้ในการ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด เพราะว่าเป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน โดยการนำข้อมูลภาพสอง

ช่วงเวลามาทำการแปลตีความด้วยการการจำแนกแบบควบคุมหรือการจำแนกแบบไม่ควบคุม แล้วนำผลที่ได้รับมาเปรียบเทียบโดยการจัดสร้างตารางตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 2.6)



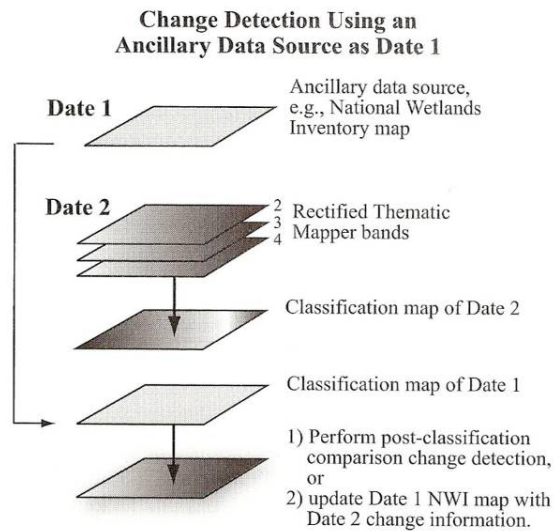
ภาพที่ 2.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา (Jensen, 2005)

2.4.1.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (change detection using a binary change mask applied to date 2) เป็นเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่พิจารณาเฉพาะในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำการจำแนกข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 โดยการการจำแนกแบบควบคุมหรือการจำแนกแบบไม่ควบคุม ขั้นตอนที่ 2 ทำการกำหนดบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (binary change mask) โดยคำนวณค่าความแตกต่างของข้อมูลแบนด์ใดแบนด์หนึ่งของข้อมูลในสองช่วงเวลา โดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และขั้นตอนที่ 3 ทำการจำแนกข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 เฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นนำผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา มาทำการเปรียบเทียบโดยการจัดสร้างตารางตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (Jensen, 2005)

2.4.1.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น (change detection using an ancillary data source as date 1) เป็นวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการนำข้อมูลทุติยภูมิ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุม หรือข้อมูลแผนที่เฉพาะจากหน่วยงานอื่น มาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับของช่วงเวลาเริ่มต้น จากนั้นทำการจำแนกข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 และนำผลที่ได้รับมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิง เพื่อจัดสร้างตารางตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 2.8)

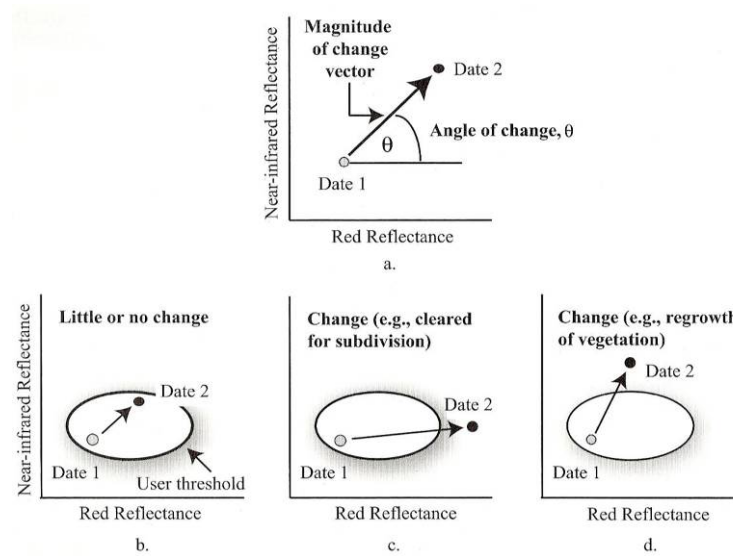


ภาพที่ 2.8 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น (Jensen, 2005)

2.4.1.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น (spectral change vector analysis) เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับจุดภาพ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ค่าการสะท้อนของจุดภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและทิศทาง ดังแสดงใน ภาพที่ 29 (a) โดยผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดค่าตั้งต้น บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 29 (b, c, d) ในการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น จะทำการคำนวณหาขนาดของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของจุดภาพ (total change magnitude per pixel: CM_{pixel}) โดยวิธีการหาระยะทางแบบยูคลิด (euclidean distance) ของจุดภาพในสองช่วงเวลา โดยอาศัยสมการ 2.1 ดังต่อไปนี้

$$CM_{pixel} = \sum_{k=1}^n [BV_{ijk(date2)} - BV_{ijk(date1)}]^2 \quad (\text{สมการ 2.1})$$

โดยที่ CM_{pixel} คือ ขนาดของการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดของจุดภาพ $BV_{i,j,k(date1)}$ และ $BV_{i,j,k(date2)}$ คือ ค่าประจำจุดภาพ (pixel values) ในแบนด์ k ในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของแต่ละจุดภาพ มี 2 ลักษณะคือ การ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดในทางบวกหรือทางลบในแต่ละแบนด์ ดังนั้น หากใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม n แบนด์ ประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเท่ากับ 2^n ประเภท เช่น ถ้าใช้ข้อมูล 3 แบนด์ ประเภทการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ $2^3 = 8$ ประเภท



ภาพที่ 2.9 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น (Jensen, 2005)

2.4.1.8 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยการแปลงแบบ Chi square (chi-square transformation change detection) วิธีการศึกษาแบบนี้สามารถทำงานได้กับข้อมูลที่เป็นภาพในทุกรูปแบบ แต่ ณ ที่นี้นำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูล 6 แบนด์ของดาวเทียม Landsat-TM ใน 2 ช่วงเวลาโดยใช้สมการการแปลงแบบ Chi square ดังสมการ 2.2

$$Y_{pixel} = (X - M)^{-T} \Sigma^{-1} (X - M) \quad (\text{สมการ 2.2})$$

- โดยที่ Y_{pixel} คือ ค่าความสว่างของจุดภาพในผลลัพธ์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลง
- X คือ เวกเตอร์ X ที่แสดงความแตกต่างค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพทั้ง 6 แบนด์ใน 2 ช่วงเวลา
- M คือ เวกเตอร์ของค่าเฉลี่ยของแต่ละแบนด์
- T คือ Transverse Matrix
- Σ^{-1} คือ ค่า Inverse Covariance Matrix ของข้อมูลทั้ง 6 แบนด์ในสองช่วงเวลา
- $Y = 0$ แสดงว่าจุดภาพดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2.4.1.9 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม (cross-correlation change detection) เป็นวิธีการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการคำนวณทางสถิติ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาแรกกับค่าทางสถิติของข้อมูลในช่วงเวลาที่สอง โดยทำการคำนวณค่าเฉลี่ย (μ_{ck}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{ck}) ของค่าความสว่างจุดภาพในแต่ละแบนด์ของข้อมูลในช่วงเวลา

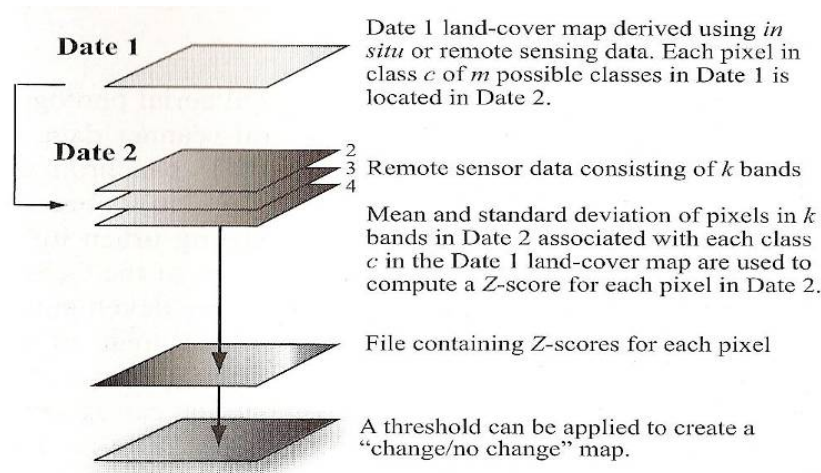
สองให้กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทใช้คำนวณค่า Z ของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยอาศัยสมการ 2.3 ดังนี้

$$Z_{ijc} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{BV_{ijk} - \mu_{ck}}{\sigma_{ck}} \right)^2 \quad (\text{สมการ 2.3})$$

โดยที่

- Z_{ijc} คือ ค่า Z ของจุดภาพ ณ ตำแหน่ง i และ j ในชุดข้อมูลช่วงเวลาที่สองที่สัมพันธ์กับประเภทสิ่งปกคลุมดิน C ในแผนที่สิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ 1
- c คือ ประเภทสิ่งปกคลุมดิน C ของแผนที่สิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ 1
- n คือ จำนวนของแบนด์ของชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2
- k คือ แบนด์ใดๆ ของชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2
- BV_{ijk} คือ ค่าความสว่าง ณ ตำแหน่ง i และ j ของแบนด์ k ของชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 ที่สัมพันธ์กับประเภทสิ่งปกคลุมดิน C ของแผนที่สิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ 1
- μ_{ck} คือ ค่าเฉลี่ยของค่าความสว่างทั้งหมดของแบนด์ k ของชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 ที่สัมพันธ์กับประเภทสิ่งปกคลุมดิน C ของแผนที่สิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ 1
- σ_{ck} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสว่างทั้งหมดของแบนด์ k ของชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 ที่สัมพันธ์กับประเภทสิ่งปกคลุมดิน C ของแผนที่สิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ 1

ผลที่ได้จากการคำนวณค่า Z ของแต่ละจุดภาพของประเภทสิ่งปกคลุมดินใดๆ บ่งบอกถึงโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน 2 ช่วงเวลา ถ้าค่า Z ของแต่ละจุดภาพของประเภทสิ่งปกคลุมดินใดๆ มีค่าสูง การเปลี่ยนแปลงประเภทสิ่งปกคลุมใน 2 ช่วงเวลาที่มีความเป็นไปได้มีสูง ผู้วิเคราะห์สามารถกำหนดค่าตั้งต้น เพื่อระบุการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ได้ ข้อมูลที่ได้จึงนำไปสู่การสร้างแผนที่ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดิน (ภาพที่ 2.10)



ภาพที่ 2.10 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม (Jensen, 2005)

2.4.1.10 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ (knowledge-based vision systems) ระบบผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงนั้นยังอยู่ในช่วงของการพัฒนาระบบการทำงาน เป็นระยะเริ่มต้น จึงมีนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะพัฒนาระบบการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการเอาหลายๆ วิธีการก่อนหน้านี้มาสร้างเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญ เช่น การศึกษาของ Wang (1993) สร้างหน่วยประมวลผลสำหรับใช้ (1) คำนวณความแตกต่างของภาพ (image differencing) (2) กำหนดบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยใช้ PCA (3) จำแนกข้อมูลด้วยระบบการจำแนกแบบคลุมแบบฟัซซีโดยอัตโนมัติ (automated fuzzy supervised classification) (4) สกัดค่าข้อมูลอรรถาธิบาย

2.4.2 การประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

Mastura, Othman และ Ismail (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา Klang-Langat Watershed และพื้นที่ป่าสงวน Sempadi ประเทศมาเลเซีย วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM หลายช่วงเวลา บันทึกภาพเมื่อปี ค.ศ. 1989 ถึงปี ค.ศ. 1999 มาทำการวิเคราะห์โดยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา และ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา เพื่อจำแนกพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น จากผลการศึกษาสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 7 ประเภทหลักๆ ประกอบด้วย พื้นที่เขตเมือง เขื่อน แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ ที่โล่ง และทุ่งหญ้า โดยที่พื้นที่เขตเมืองเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดโดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้นถึง 150 เฮกตาร์ ระหว่างปี ค.ศ. 1989 ถึงปี ค.ศ. 1999 พื้นที่ดังกล่าวรวมไปถึงสนามบินนานาชาติกัวลาลัมเปอร์ และเมืองใหม่ๆ ที่เพิ่งถูกสร้างขึ้นมาในช่วงเวลาดังกล่าว

ส่วนพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงและลดลงหลักๆ คือ พื้นที่ป่าไม้ที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน และพื้นที่เกษตรกรรมอื่น

Acharya (2002) ศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข 3 วิธีเพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงประกอบด้วย การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา ในพื้นที่ศึกษาเมือง Chitwan ประเทศเนปาล โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM 3 ช่วงเวลาปี ค.ศ. 1988 ปี ค.ศ. 1992 และปี ค.ศ. 2000 ทั้ง 3 วิธีให้ผลการศึกษาเป็นที่น่าพอใจ วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา ให้รายละเอียดของข้อมูลที่มีโอกาสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 ปี วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ใช้แบนด์สีแดงในการศึกษา และสามารถแสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีข้อจำกัดตรงที่วิธีนี้จะระบุพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยตรง แทนที่จะเป็นการจำแนกทั้งภาพและสุดท้ายวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา ให้ผลการการจำแนกบางส่วนที่ไม่สอดคล้องอาจเป็นผลมาจากค่าการสะท้อนแสงที่มีการเปลี่ยนแปลงในบางประเภท แต่โดยรวมแล้วก็สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นได้

Ahadnejad (2002) ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลหลายช่วงเวลา พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเมือง Bonap และ Maragheh ในประเทศอิหร่าน สภาพภูมิประเทศเป็นเขตที่มีทุ่งภูเขา เนินเขาเตี้ยๆ และที่ราบ การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ของการเกษตรกรรม ในขั้นตอนของการศึกษานั้น เลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี ค.ศ. 1989 และปี ค.ศ. 1998 โดย Ahadnejad เลือกใช้วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา ร่วมกับการแปลตีความด้วยสายตา และใช้ข้อมูลอื่นมาช่วยในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง เช่น แผนที่ภูมิประเทศ แผนที่เฉพาะทาง แผนที่ขอบเขตการปกครอง เป็นต้น โดยผลการศึกษาสามารถตรวจวัดพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงคือ บริเวณทะเลสาบ Uromia โดยเปลี่ยนในลักษณะที่มีพืชพรรณเพิ่มมากขึ้น และพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงอีกก็คือ บางส่วนทางตอนเหนือของเมือง Maragheh ที่มีการขยายตัวของพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน ที่อยู่อาศัย และมีการสร้างเขื่อน Alavian โดย Ahadnejad กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้างให้เกิดความเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น และกำลังขยายวงกว้างออกไปเรื่อยๆ หากไม่มีมาตรการในการป้องกันพื้นที่ดังกล่าว

Civco et al. (2002) ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ Stony Brook Millstone River Watershed มลรัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือ การนำเอาผลของการตรวจสอบการ

เปลี่ยนแปลงในแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบกัน ในการศึกษาใช้วิธีการศึกษาทั้งหมด 4 วิธี ประกอบด้วย การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โครงข่ายประสาทเทียม (neuron network) และระบบผู้เชี่ยวชาญ (knowledge-based expert system) ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกภาพเมื่อวันที่ 27 มีนาคม ค.ศ. 1989 และวันที่ 3 กันยายน ค.ศ. 1989 ใช้เป็นชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกภาพเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม ค.ศ. 2000 และวันที่ 23 กันยายน ค.ศ. 1999 ใช้เป็นชุดข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 ผลจากการศึกษาแบ่งประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในการวิเคราะห์ห้ออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ เขตชุมชนเมือง ที่พักอาศัย ไม้พุ่มและทุ่งหญ้า พื้นที่เกษตรกรรม ป่าผลัดใบ ป่าสนเขา แหล่งน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่โล่ง ส่วนประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงและไม่มีการเปลี่ยนแปลงสามารถระบุได้ว่า มีทั้งหมด 23 ประเภท

Lorena et al. (2002) ทำการศึกษาและทดสอบเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของแม่น้ำอะเมซอน ประเทศบราซิล ซึ่งในพื้นที่ศึกษาดังกล่าวมีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าฝนเขตร้อน และกำลังถูกบุกรุกและเปลี่ยนแปลงพื้นที่ไปเป็นพื้นที่กิจกรรมทางเกษตรกรรมและการปศุสัตว์ วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยคือ การทดสอบเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์ (spectral change vector analysis) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM หลายช่วงเวลา ประกอบด้วยภาพที่บันทึกเมื่อ ปี ค.ศ. 1990 ปี ค.ศ. 1997 และ ปี ค.ศ. 1999 ร่วมกับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลแผนที่เฉพาะทาง ได้แก่ แผนที่ดิน แผนที่พืชพรรณ เป็นต้น ผลการศึกษาที่ได้แสดงถึงขีดความสามารถในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของวิธีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์ ผลปรากฏว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลง 850 ตารางกิโลเมตร ในช่วงปี ค.ศ. 1990 ถึงปี ค.ศ. 1999 คิดเป็นอัตราการลดลงปีละประมาณ 86 ตารางกิโลเมตร ระหว่างปี ค.ศ. 1990 ถึงปี ค.ศ. 1997 และเพิ่มขึ้นประมาณ 165 ตารางกิโลเมตร ระหว่างปี ค.ศ. 1997 ถึงปี ค.ศ. 1999

ชรันด์ มงคลสวัสดิ์ และ วาสนา พุฒกลาง (2549) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมไปถึงจำแนกประเภทของพืชพรรณในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-TM หลายช่วงเวลานับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ถึงปี พ.ศ. 2548 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการแปลตีความด้วยสายตา และสำรวจพื้นที่เพื่อสำรวจความถูกต้องรวมไปถึง

การจำแนกประเภทป่าไม้ พันธุ์ไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียวและทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ป่าไม้ที่สำคัญ 4 ประเภท ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรังหรือป่าเบญจพรรณ และป่าไผ่ ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณร้อยละ 50 20 17 และร้อยละ 4 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2538 ถึงปี พ.ศ. 2548 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยพื้นที่ป่าบางส่วนเปลี่ยนสภาพกลายเป็นทุ่งหญ้า และพื้นที่เกษตรกรรม รวมพื้นที่เท่ากับ 22.57 ตารางกิโลเมตรและพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงจะอยู่นอกเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและเป็นการขยายตัวเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ และพื้นที่สวนป่า

อนุสรณ์ รังสีพานิช (2543) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยการประยุกต์เอาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2531 ปี พ.ศ. 2536 และปี พ.ศ. 2541 บริเวณพื้นที่อำเภอสีอำเภอมือง และอำเภอสี จังหวัดชุมพร มีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาคือ เพื่อศึกษาเทคนิคสำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการเปรียบเทียบเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินวิธีต่างๆ กับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลตีความด้วยสายตา

ในขั้นตอนการศึกษาใช้การแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบความถูกต้องและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิค 7 เทคนิคประกอบด้วย (1) การคำนวณผลต่างค่าการสะท้อนแสงจากภาพถ่ายดาวเทียม (image differencing) (2) การคำนวณผลต่างของอัตราส่วนค่าการสะท้อนแสงของภาพถ่ายจากดาวเทียม (image rationing) (3) การเปรียบเทียบผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (4) การจำแนกการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (5) การจำแนกการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุม (6) การคำนวณผลต่างของดัชนีความเป็นพืชพรรณ (vegetation index) และ (7) การคำนวณผลต่างของการวิเคราะห์การจำแนกองค์ประกอบหลัก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม และกรองข้อมูล (filtering) เป็นวิธีที่ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด ได้ความถูกต้องทั่วพื้นที่ 89.89 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นความถูกต้องของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 43.91 เปอร์เซ็นต์ และความถูกต้องของพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 95.78 เปอร์เซ็นต์

ผู้ศึกษาฯ ยังให้คำแนะนำว่าในการประยุกต์เอาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงวิธีต่างๆ ไปใช้ในการศึกษาควรรีให้ความสำคัญในขั้นตอนการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงพื้นที่หรือความ

ผิดพลาดทางเรขาคณิตข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม หลังจากผ่านการปรับแก้ข้อมูลแล้วก็ควรทำการตรวจสอบซ้ำอีกครั้ง และอีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ ควรคำนึงถึงชั้นข้อมูลในการกำหนดขอบเขตของข้อมูลดั้งเดิมที่เหมาะสมเพราะขนาดและจำนวนของชั้นข้อมูลที่ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นมีส่วนสัมพันธ์กับขนาดของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ตรวจวัดได้ซึ่งแตกต่างกันออกไปในพื้นที่ต่างๆ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ที่เหมาะสม สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปักธงชัย จังหวัดราชสีมา ประกอบด้วย

1) ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM (path128 row50) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 25 x 25 เมตร ประกอบด้วยข้อมูล 6 แบนด์ คือ แบนด์สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน และ 3 แบนด์อินฟราเรด

2) ภาพถ่ายออร์โทสีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มาตรฐาน 1:4,000 บันทึกข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2543

3) แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารชุด L7018 มาตรฐาน 1:50,000

4) โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ERDAS IMAGINE

5) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ARCVIEW 3 และ ARCGIS

6) เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (GPS)

7) เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และคอมพิวเตอร์แบบพกพา

8) เครื่องพิมพ์ และเครื่องพล็อตเตอร์ชนิดสี

9) กล้องถ่ายภาพดิจิทัล

3.2 วิธีการศึกษา

3.2.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตหรือความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ปี พ.ศ. 2543 และข้อมูลปี พ.ศ. 2550 ด้วยวิธีภาพเริ่มต้นไปยังแผนที่อ้างอิง (image to map) ในการปรับแก้ข้อมูลภาพอาศัยการกำหนดจุดอ้างอิงบนพื้นโลก (ground control point: GCP) มาใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อน ในการเลือกจุดอ้างอิงบนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม กับข้อมูลอ้างอิงต้องเป็นตำแหน่งเดียวกันบนพื้นผิวโลก ในที่นี้

ข้อมูลแผนที่อ้างอิงที่ใช้คือ ข้อมูลภาพถ่ายออร์โทสโฟิกของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มาตราส่วน 1:4,000 ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีความละเอียดสูง ถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือที่สุด และในการเลือกจุดอ้างอิงภาคพื้นดินต้องเลือกให้กระจายทั่วทั้งภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ระบบพิกัดอ้างอิง ระบบ UTM WGS 84 zone 47 ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตอาศัยสมการคำนวณการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบ Second Order Polynomials ที่กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square error) ไม่เกิน 1 จุดภาพ (25 เมตร) และเลือกวิธีการกำหนดหรือแปลงค่าระดับสีเทาใหม่ (resampling) แบบ Nearest Neighbor และกำหนดขนาดจุดภาพใหม่เท่ากับ 25 x 25 เมตร

3.2.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลาให้มีมาตรฐานของการสะท้อนเหมือนกัน (normalized image data) โดยอาศัยทฤษฎี Dark-Objected Subtraction โดยหลักการคือ การเลือกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผู้ศึกษาเห็นว่ามีความถูกต้องเชิงรังสีสูงเป็นข้อมูลอ้างอิง จากนั้นเลือกจุดภาพที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในระหว่างสองช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งควรเลือกข้อมูลจุดภาพที่มีการสะท้อนแสงเป็นศูนย์หรือมีค่าการสะท้อนแสงน้อย ในที่นี้เลือกในพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำที่ปรากฏในภาพของช่วงเวลาที่ 1 เป็นค่าการสะท้อนอ้างอิงเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลจุดภาพ ณ ตำแหน่งเดียวกัน เพื่อหาความแตกต่างของค่าการสะท้อนในสองช่วงเวลา เมื่อได้ค่าความแตกต่างของจุดภาพดังกล่าวแล้วก็นำค่าความต่างนั้นไปลบออกจากค่าการสะท้อนของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงเวลาที่ 2 ซึ่งจะทำให้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลามีมาตรฐานของค่าการสะท้อนที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันหรือมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.2.3 การตัดภาพ (subset image)

เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลาที่ผ่านมาผ่านกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตและการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีแล้ว มาตัดขอบเขตเฉพาะบริเวณพื้นที่ศึกษาคือ อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา

3.2.4 การสกัดข้อมูล (feature extraction)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการลดขนาดและความซ้ำซ้อนของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM เพื่อทำการคัดเลือกชั้นข้อมูลที่มีรายละเอียดที่เด่นชัดเหมาะสมสำหรับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เทคนิคการคัดเลือกข้อมูลโดยการคำนวณค่า Optimum Index Factor (OIF)

OIF ถูกพัฒนาขึ้นโดย Chavez et al. (1982, 1984) ที่อาศัยการคำนวณค่า OIF จากค่าสัดส่วนของผลรวมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลรวมค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการจัดหมู่ข้อมูลจากดาวเทียม 3 แบนด์ เช่น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ที่ไม่รวมแบนด์ Thermal-Infrared จะทำการการจัดหมู่ครั้งละ 3 แบนด์ได้ทั้งหมด 20 ชุด และทำการจัดเรียงค่า OIF ที่ได้จากคำนวณ ค่า OIF สูงสุดบ่งบอกถึงการจัดหมู่ระหว่างแบนด์ที่ดีที่สุด และมีความแตกต่างของข้อมูลระหว่างแบนด์สูงสุด ที่มีค่าความซ้ำซ้อนน้อยที่สุด สมการ 3.1 ใช้ในการคำนวณหา OIF ดังนี้

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 s_k}{\sum_{j=1}^3 Abs(r_j)} \quad (\text{สมการ 3.1})$$

โดยที่ s_k คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบนด์ที่ k

$Abs(r_j)$ คือ ค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 2 แบนด์จากการจัดหมู่ 3 แบนด์

3.2.5 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดนครราชสีมา เพื่อทราบถึงลักษณะการใช้พื้นที่ที่ปรากฏสำหรับใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จะทำการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทหลักๆ (ประยุกต์ตามระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมพัฒนาที่ดินและกรมป่าไม้) ประกอบด้วย พื้นที่การเกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งก่อสร้าง พื้นที่ผสม และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยมีคำนิยามสรุป ได้ดังนี้

1) **พื้นที่เกษตรกรรม** หมายถึง พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเพาะปลูกพื้นที่ไร่หรือนา พื้นที่สวนผสม เช่น ไร่มันสำปะหลัง ไร่อ้อย แปลงยูคาลิปตัส สวนผลไม้ รวมไปถึงพื้นที่แปลงเกษตรที่ไถพรวนเตรียมเอาไว้แต่ยังไม่มีการปลูกพืช และพื้นที่ปศุสัตว์

2) **พื้นที่ป่าไม้** หมายถึง พื้นที่ป่าธรรมชาติ คือ ป่าประเภทผลัดใบ ได้แก่ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าละเมาะ ป่าประเภทไม่ผลัดใบ ได้แก่ ป่าดิบแล้ง และพื้นที่ป่าที่มนุษย์ปลูก ได้แก่ สวนป่า ป่าชุมชน

3) **พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง** หมายถึง เขตชุมชน อาคาร บ้านเรือน ที่พักอาศัย สถานที่ราชการ

4) **พื้นที่ผสม** หมายถึง พื้นที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่ที่ไม่สามารถจำแนกได้ พื้นที่ที่ไม่รวมอยู่ในการใช้ที่ดินประเภทอื่น

5) แหล่งน้ำ หมายถึง แหล่งน้ำผิวดิน ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติและเป็นแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใหม่

ในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ที่ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) ใน 2 ช่วงเวลาคือ ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ERDAS IMAGINE ในการนำเข้าข้อมูล และเตรียมข้อมูลก่อนการการจำแนกคือ ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี และจำแนกประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์แบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) และแบบควบคุม (supervised classification) ประกอบกับการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ข้อมูลจากภาคสนาม

โดยการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเบื้องต้น พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินการเกษตรมีสัดส่วนต่อพื้นที่มากที่สุด ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ทางตอนบนของอำเภอปັกรงชัย เพราะมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบเหมาะแก่การทำเกษตร รองลงมาคือการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่แหล่งน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ผสม และ การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง ตามลำดับ จากนั้นนำผลที่ได้จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเบื้องต้นในการศึกษาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข เพื่อใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ที่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนก ซึ่งประกอบไปด้วย 4 เทคนิค คือ

- 1) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา
- 2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- 3) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น
- 4) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม

ส่วนเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ไม่ต้องใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นข้อมูลนำเข้าเบื้องต้น ประกอบด้วย 3 เทคนิค คือ

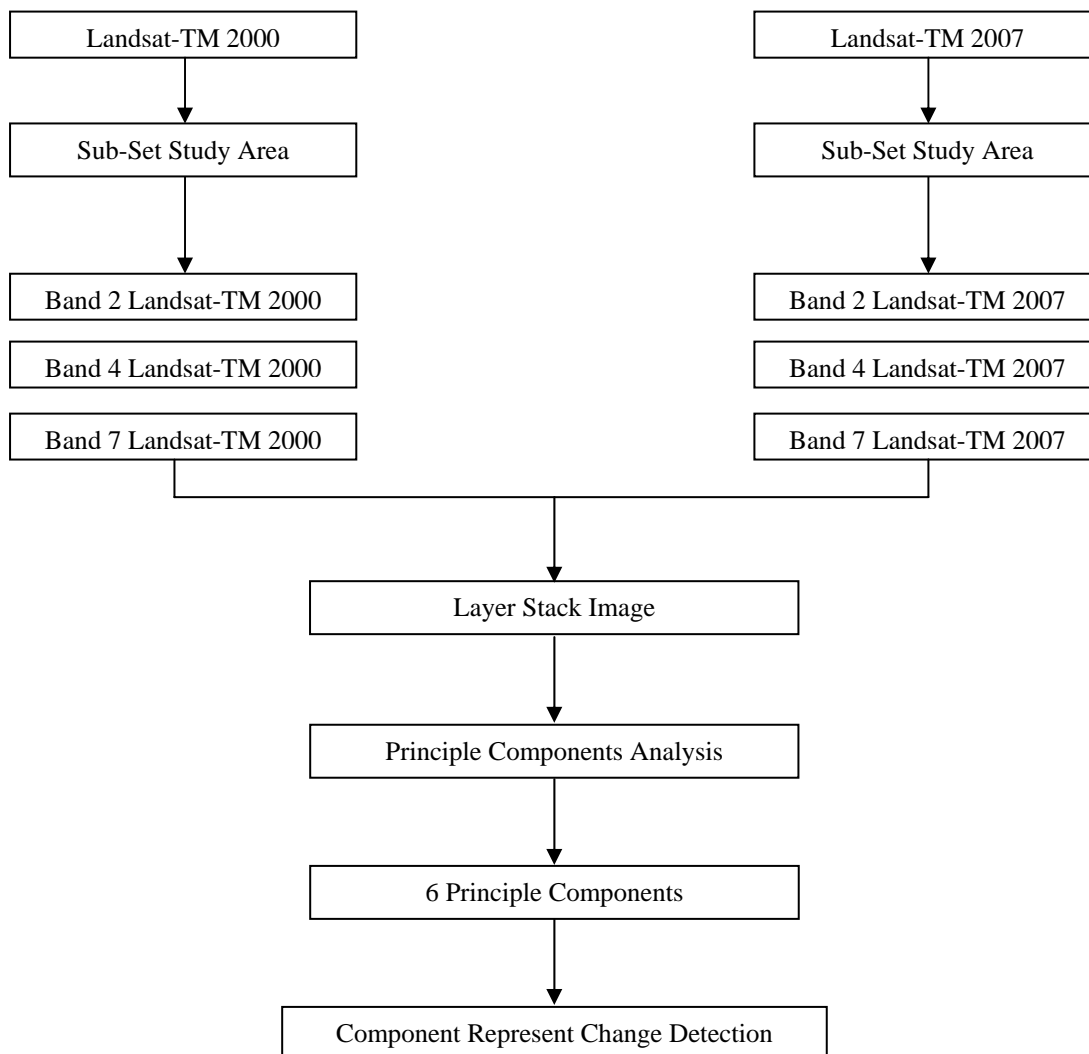
- 1) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา
- 2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์
- 3) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

3.3.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา

อาศัยการนำข้อมูลในสองช่วงเวลามาสร้างรวมเป็นชุดข้อมูล และทำการวิเคราะห์หาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์การจำแนกองค์ประกอบหลัก (PCA) เพื่อดูว่าองค์ประกอบหลักแบนด์ใดมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (ภาพที่ 3.1)

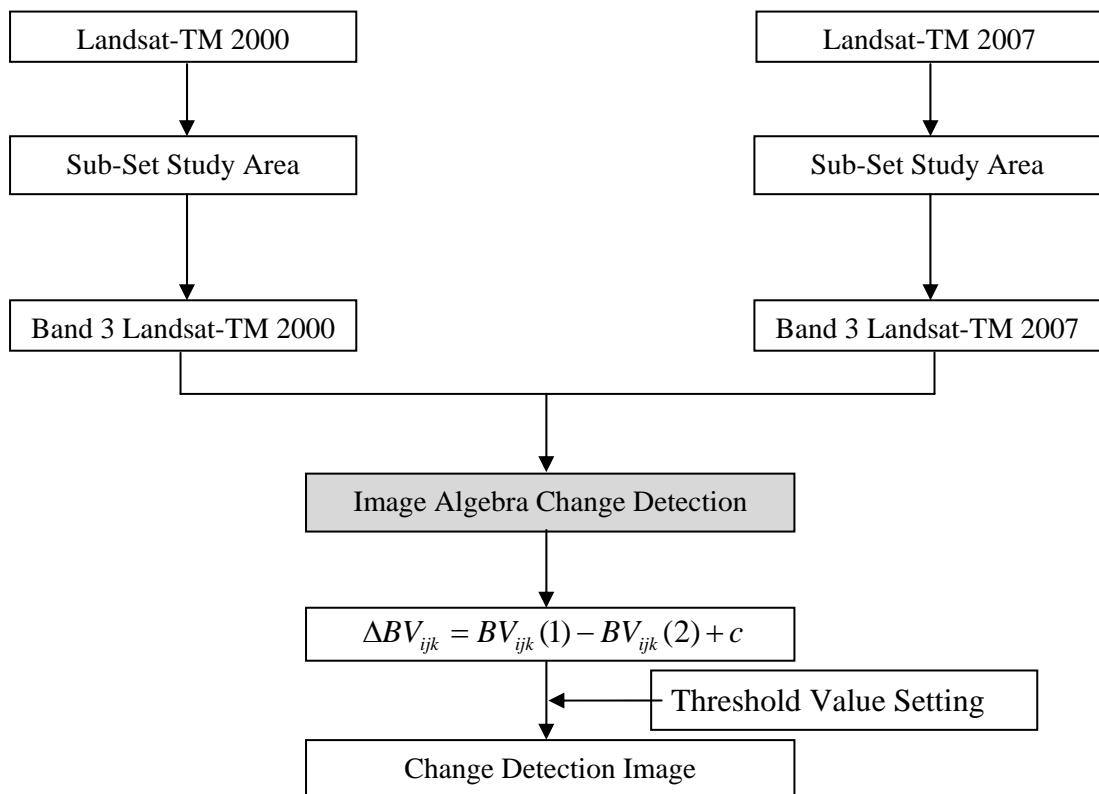
ในการดำเนินงาน ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 แบนด์ 2 4 7 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 แบนด์ 2 4 7 เป็นข้อมูลนำเข้าในช่วงเวลาที่ 1 และ 2 ตามลำดับ จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองช่วงเวลาผ่านกระบวนการสร้างรวมเป็นชุดข้อมูล (stack image) หรือการรวมข้อมูลภาพทุกแบนด์เข้าเป็นภาพเดียวกัน จากนั้นทำการวิเคราะห์การจำแนกองค์ประกอบหลัก (PCA) เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ในพื้นที่อำเภอปรางค์กู่ จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 3.1 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา

3.3.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยนำข้อมูลภาพในสองช่วงเวลา (วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 และวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550) โดยเลือกเอาข้อมูลแบนด์ 3 ของทั้งสองช่วงเวลามาหาความแตกต่างแบบจุดภาพต่อจุดภาพ (image differencing) หรืออาจเรียกว่าเป็นการทำอัตราส่วนของข้อมูลภาพ (image ratio) สองช่วงเวลา จากนั้น นำผลลัพธ์จากการหาความแตกต่างที่ได้มาทำการจำแนกโดยวิธีการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งบอกการเปลี่ยนแปลง เพื่อจำแนกระดับของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นตามภาพที่ 3.2

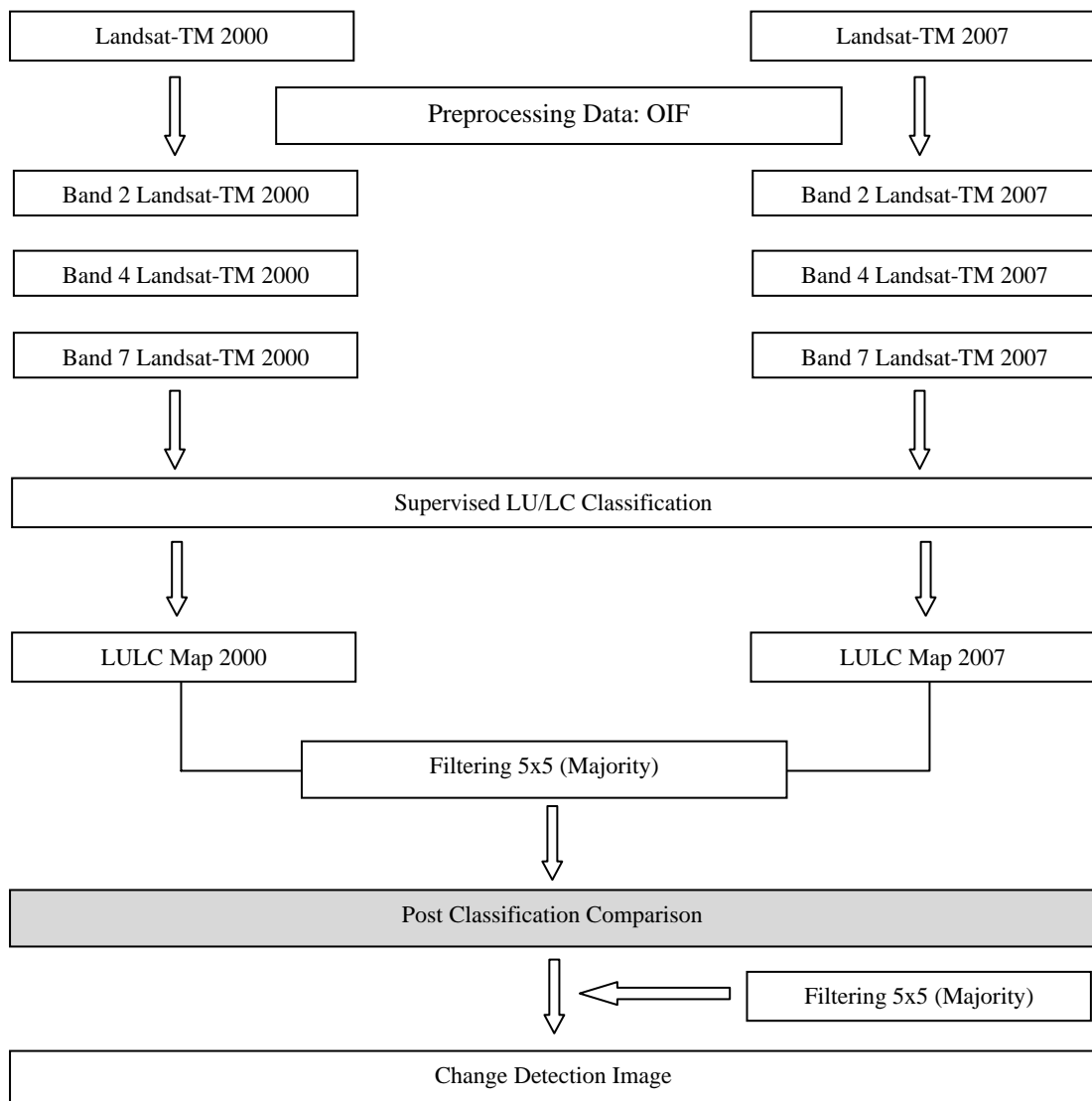


โดยที่	ΔBV_{ijk}	คือ	ค่าประจำจุดภาพ (pixel value) ที่ที่การเปลี่ยนแปลง
	$BV_{ijk}(1)$	คือ	ค่าความสว่างประจำจุดภาพของช่วงเวลาที่ 1
	$BV_{ijk}(2)$	คือ	ค่าความสว่างประจำจุดภาพของช่วงเวลาที่ 2
	c	คือ	ค่าคงที่ เช่น 127 (Jensen, 2005)

ภาพที่ 3.2 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

3.3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

ในขั้นตอนการทำงาน จะต้องทำการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 โดยเลือกใช้แบนด์ 2 4 7 และทำการจำแนกแบบควบคุม เพื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ผสม และพื้นที่แหล่งน้ำ และนำมาผ่านกระบวนการกรองข้อมูลด้วยหน้าต่างขนาด 5 x 5 ใช้ฟังก์ชันแบบ Majority แล้วนำผลที่ได้รับมาทำการเปรียบเทียบในรูปของตารางเมตริกซ์ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นในระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

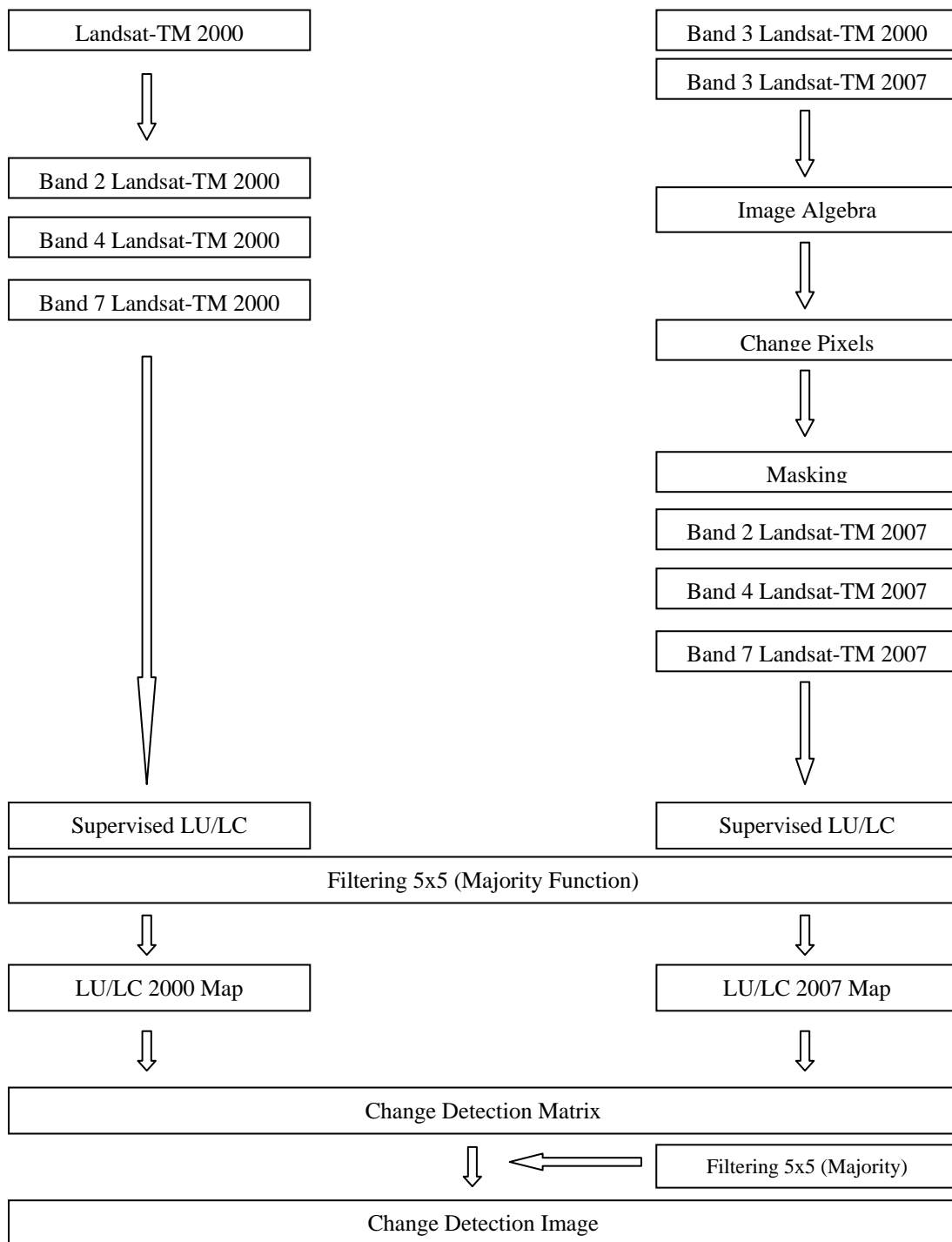
3.3.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนการทำงานคือ นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2543 แบนด์ 2 4 7 มาทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการจำแนกแบบควบคุม ซึ่งจะจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท คือ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ผสม และพื้นที่แหล่งน้ำ แล้วนำมากรองข้อมูล ด้วยตารางขนาด 5 x 5 ใช้ฟังก์ชันแบบ Majority

ในขั้นตอนต่อมาคือ การหาบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (binary change mask) เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดขอบเขต (masking) ของข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 (ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อ ปี พ.ศ. 2550) โดยการเลือกเอาข้อมูลแบนด์ 3 ของทั้ง 2 ช่วงเวลา (ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550) มาผ่านกระบวนการ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก

การคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับนำไปใช้กำหนดพื้นที่ในการ
 จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี
 พ.ศ. 2550 โดยเลือกใช้แบนด์ 2 4 7 มาทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วย
 วิธีการจำแนกแบบควบคุม ซึ่งจะจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท
 คือ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ผสม และพื้นที่แหล่งน้ำ แล้ว
 นำมากรองข้อมูล ด้วยตารางขนาด 5 x 5 ใช้ฟังก์ชันแบบ Majority

ในขั้นตอนสุดท้ายของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการ
 เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น คือ นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการจำแนก
 ข้อมูลในปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มาทำการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยการจัดทำตาราง
 เมตริกซ์ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ในลักษณะเดียวกันกับเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก
 ผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถบอกละเอียดของการเปลี่ยนแปลงในเชิง
 ปริมาณและระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกลักษณะ Form-To ได้ ดังแสดงสรุป
 ขั้นตอนการทำงานในภาพที่ 3.4



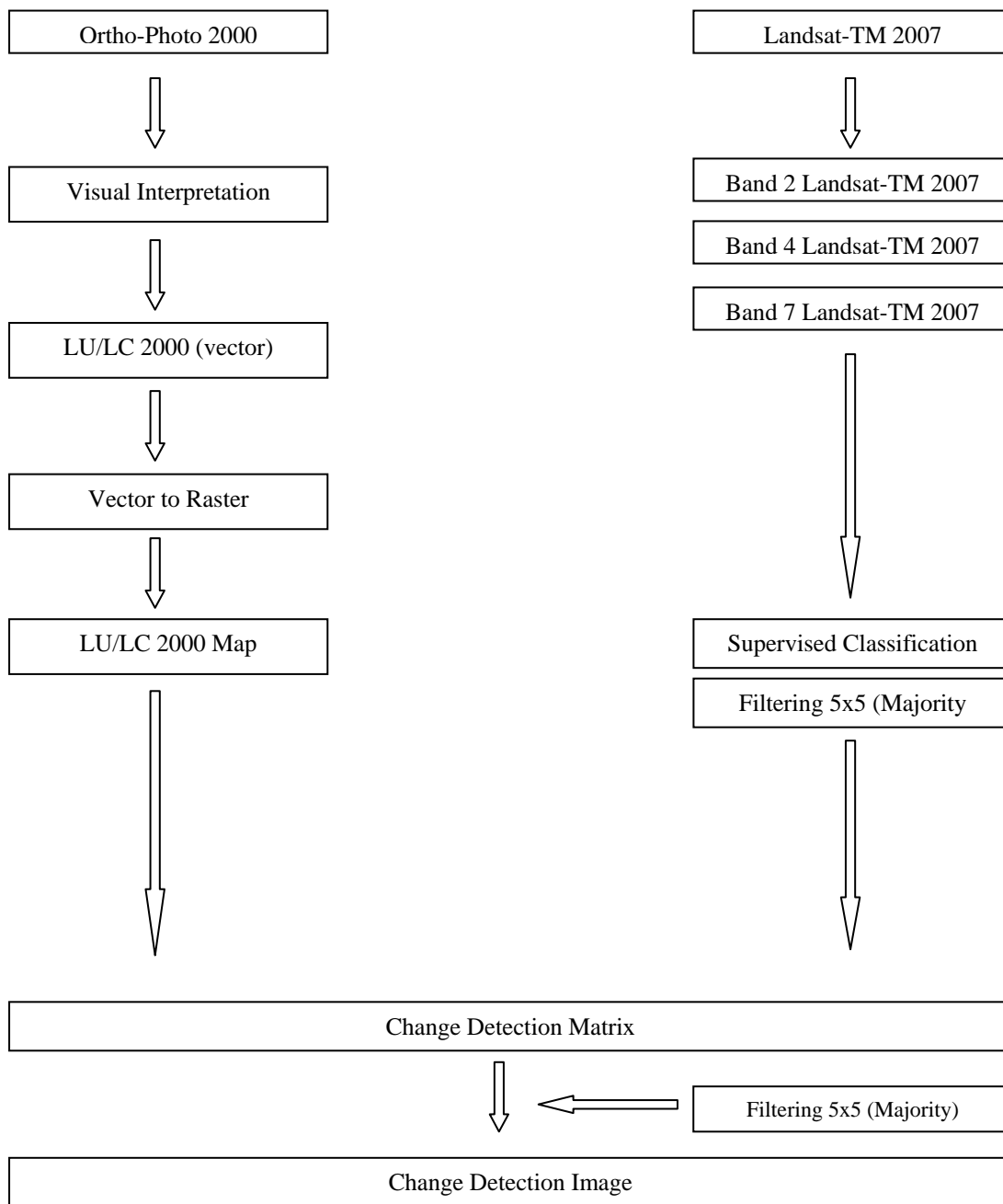
ภาพที่ 3.4 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

3.3.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

เป็นเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ใช้ข้อมูลทุติยภูมิหรือข้อมูลที่มีหน่วยงานอื่นๆ เก็บเอาไว้แล้ว มาช่วยในการวิเคราะห์ มีขั้นตอนการทำงาน คือ ข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 จะอาศัยข้อมูลภาพถ่ายออร์โทสตีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่บันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2543 เป็นข้อมูลอ้างอิงในการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่อำเภอปักธงชัย ซึ่งแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ และแหล่งน้ำ ซึ่งประยุกต์ตามระบบการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2547 ในการแปลตีความข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะทำการแปลตีความข้อมูลด้วยสายตาและสกัดข้อมูลออกมาในรูปแบบของข้อมูลเชิงเส้น (vector format) ก่อนนำไปแปลงเป็นข้อมูลเชิงภาพ (raster format) ที่มีขนาดจุดภาพ 25 x 25 เมตร โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ARCGIS

ส่วนข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 จะทำการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 โดยเลือกใช้แบนด์ 2 4 7 มาทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการจำแนกแบบควบคุม ซึ่งจะจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 3 ประเภทหลัก คือ พื้นที่ป่าไม้ ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำ เช่นเดียวกับข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 แล้วจึงนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากรองข้อมูลด้วยตารางขนาด 5 x 5 ใช้ฟังก์ชันแบบ Majority

ขั้นตอนสุดท้ายของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้นคือ การนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มาสร้างตารางเมตริกซ์ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง และนำผลการศึกษาที่ได้มากรองข้อมูล ด้วยตารางขนาด 5 x 5 ใช้ฟังก์ชันแบบ Majority ผลการศึกษาที่ได้รับสามารถบอกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ และระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกลักษณะ Form-To ได้ ขั้นตอนการทำงานโดยสรุปแสดงไว้ในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

3.3.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม

ในการศึกษาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม จะเลือกใช้ข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ได้เก็บรวบรวมเอาไว้แล้ว หรือเป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีความน่าเชื่อถือ ในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาจะแปลตีความข้อมูลใหม่มาใช้เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 และเลือกใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินใช้เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 มีรายละเอียดขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

นัยสำคัญของการใช้เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขนี้คือ เชื่อว่าขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทของช่วงเวลาที่ 1 นั้น เมื่อนำมาซ้อนทับชุดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงเวลาที่ 2 แล้ว ข้อมูลทุกๆ จุดภาพ จากทุกๆ แบนด์ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงเวลาที่ 2 จะมีความสอดคล้องหรือมีความสัมพันธ์กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ 1 ด้วย ดังนั้น หากนำเอาค่าทางสถิติของค่าประจำจุดภาพของช่วงเวลาที่ 2 มาทำการศึกษาวิเคราะห์ก็จะช่วยให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างสองช่วงเวลาได้

ขั้นตอนแรกของการศึกษาคือ ทำการแปลตีความข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยที่ประยุกต์จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมป่าไม้ปี พ.ศ. 2547 มาใช้ โดยผู้ศึกษาเลือกใช้ข้อมูลภาพถ่ายออร์โทสี บันทึกข้อมูลปี พ.ศ. 2543 มาตราส่วน 1:4,000 เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ จากนั้นอาศัยขอบเขตของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ประเภท มาใช้ในการกำหนดขอบเขตของข้อมูลในช่วงเวลาที่สองของทุกแบนด์จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550

ขั้นตอนต่อมาในการศึกษาคือ คำนวณค่าทางสถิติบนข้อมูลทุกจุดภาพจากชุดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ทุกแบนด์ที่ได้จากการกำหนดขอบเขตการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้ง 3 ประเภทจากภาพถ่ายออร์โทปี พ.ศ. 2543 (พื้นที่ป่าไม้ ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ) โดยค่าสถิติที่ใช้ในการคำนวณประกอบด้วยค่าเฉลี่ย (μ_{ck}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{ck}) เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า Z ตามสมการ 3.2 ดังรายละเอียดที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.4.1.9

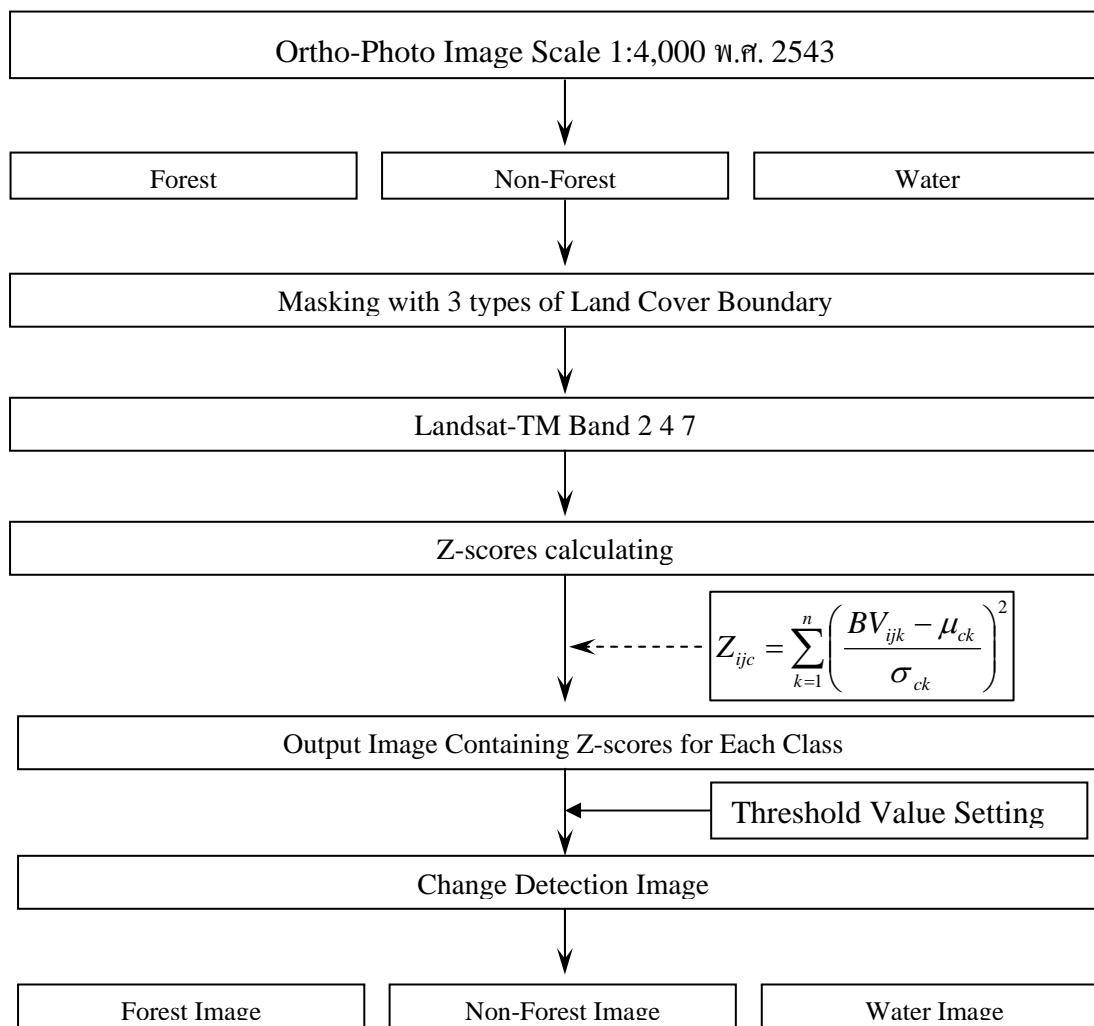
$$Z_{ijc} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{BV_{ijk} - \mu_{ck}}{\sigma_{ck}} \right)^2 \quad (\text{สมการ 3.2})$$

ค่าเฉลี่ย (μ_{ck}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{ck}) ที่ได้จากการคำนวณความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 3 ประเภท ในช่วงเวลาที่ 1 ที่ได้จากภาพถ่ายออร์โทสปีปี พ.ศ. 2543 กับข้อมูลเชิงเลขของภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 จำนวน 3 แบนด์ 2 4 7 ในช่วงเวลาที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 เพื่อใช้ในการคำนวณค่า Z

ตารางที่ 3.1 ค่าเฉลี่ย (μ_{ck}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ_{ck}) ของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของช่วงเวลาที่ 1 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม 3 แบนด์ ในช่วงเวลาที่ 2

การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน	Band 2		Band 4		Band 7	
ประเภทที่ 1 (พื้นที่ป่าไม้)	$\mu_{1,2}$	$\sigma_{1,2}$	$\mu_{1,4}$	$\sigma_{1,4}$	$\mu_{1,7}$	$\sigma_{1,7}$
ประเภทที่ 2 (พื้นที่มีไร่ป่าไม้)	$\mu_{2,2}$	$\sigma_{2,2}$	$\mu_{2,4}$	$\sigma_{2,4}$	$\mu_{2,7}$	$\sigma_{2,7}$
ประเภทที่ 2 (พื้นที่แหล่งน้ำ)	$\mu_{3,2}$	$\sigma_{3,2}$	$\mu_{3,4}$	$\sigma_{3,4}$	$\mu_{3,7}$	$\sigma_{3,7}$

ขั้นตอนสุดท้ายคือ นำภาพผลลัพธ์ที่มีค่า Z-Score เป็นค่าประจำจุดภาพมาผ่านกระบวนการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งบอกการเปลี่ยนแปลง เพื่อระบุตำแหน่งของจุดภาพที่เกิดการเปลี่ยนแปลงบนภาพในช่วงเวลาที่ 1 ไปยังช่วงเวลาที่ 2 ข้อมูลที่ได้จึงนำไปสู่การสร้างแผนที่ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ขั้นตอนการทำงานแสดงไว้ในภาพที่ 3.6 และในการวิเคราะห์และประมวลผลอาศัยชุดคำสั่งภายใต้โมดูล spatial modeler ของ ERDAS IMAGINE ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.6 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

3.3.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่นเป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของค่าการสะท้อนของจุดภาพเดียวกัน ที่เกิดขึ้นในข้อมูลสองช่วงเวลานั้น ในขั้นตอนแรกจะทำโครงสร้างแบนด์ใหม่โดยใช้สมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) โดยนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM จำนวน 6 แบนด์ (ไม่รวมแบนด์ช่วง thermal infrared) มาสร้างแบนด์ใหม่ ประกอบด้วย แบนด์ของพืชพรรณ (greenness: G) ที่บ่งชี้ถึงการปกคลุมของพืชพรรณ และแบนด์ของที่โล่ง (brightness: B) ที่บ่งชี้ถึงพื้นที่ที่เปิดโล่งหรือพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณปกคลุมอยู่ตามสมการ 3.3 และสมการ 3.4 ดังต่อไปนี้

$$B = 0.2909TM1 + 0.2493TM2 + 0.4806TM3 + 0.5568TM4 \\ + 0.4438TM5 + 0.1706TM7 \quad (\text{สมการ 3.3})$$

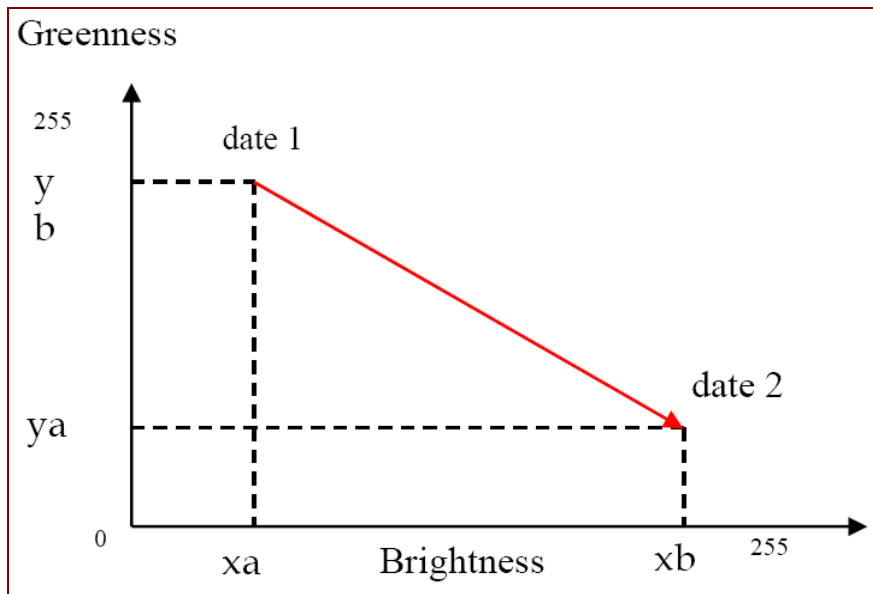
$$G = -0.2728TM1 - 0.2174TM2 - 0.5508TM3 + 0.7221TM4 \\ + 0.0733TM5 - 0.1648TM7 \quad (\text{สมการ 3.4})$$

ในขั้นตอนต่อมา นำข้อมูลที่ได้รับทั้ง 2 แบนด์ (greenness band และ brightness band) ที่ได้จากกระบวนการแปลงข้อมูลแบบ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation มาใช้ในการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่นที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 เพื่อคำนวณขนาดของความเปลี่ยนแปลงของเวกเตอร์ที่เกิดขึ้น (ภาพที่ 3.7) โดยใช้สมการ 3.5 ดังต่อไปนี้

$$R = \sqrt{(y_b - y_a)^2 + (x_b - x_a)^2} \quad (\text{สมการ 3.5})$$

โดยที่	R	คือ ขนาดของความเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์
	y_a	คือ ค่าประจำจุดภาพของแบนด์ของพืชพรรณ จากข้อมูลช่วงเวลาที 2
	y_b	คือ ค่าประจำจุดภาพของแบนด์ของพืชพรรณ จากข้อมูลช่วงเวลาที 1
	x_a	คือ ค่าประจำจุดภาพของแบนด์ของที่โล่ง จากข้อมูลช่วงเวลาที 1
	x_b	คือ ค่าประจำจุดภาพของแบนด์ของที่โล่ง จากข้อมูลช่วงเวลาที 2

มุมของเวกเตอร์ที่ได้จากการคำนวณจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นซึ่งจะผันแปรตามจำนวนขององค์ประกอบในการคำนวณ ในที่นี้คือ จำนวนแบนด์ของข้อมูล (n) และทิศทางที่เป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์ คือ เป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ ดังนั้นรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละจุดภาพ คือ 2^n ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลแบนด์ของพืชพรรณ และแบนด์ของที่โล่งในการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น ดังนั้นรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้มี 4 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.7 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์จากตำแหน่งจุดภาพเดียวกันของภาพ 2 แบนด์ในสองช่วงเวลา (Lorena et al., 2002)

ตารางที่ 3.2 รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น โดยใช้ข้อมูลแบนด์ของพืชพรรณและแบนด์ของที่โล่ง

ประเภท	แบนด์ของที่โล่ง	แบนด์ของพืชพรรณ	รูปแบบของการเปลี่ยนแปลง
1	-	+	พื้นที่ป่าที่ฟื้นฟูลงใหม่ (regrowth)
2	+	-	พื้นที่ป่าที่ถูกทำลาย (deforestation)
3	+	+	พื้นที่ที่มวลชีวภาพลดลง (biomass loss)
4	-	-	พื้นที่ป่าถูกไฟไหม้ หรือแหล่งน้ำ (burning or water)

ที่มา: Lorena et al., 2002

ประเภทที่ 1 ค่าประจำจุดภาพมีค่าเพิ่มขึ้นในแบนด์ของพืชพรรณและมีค่าลดลงในแบนด์ของที่โล่ง มีความหมายคือ การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นของพืชพรรณจากช่วงเวลาที่ 1 ไปสู่ช่วงเวลาที่ 2 เช่น การเติบโตของพืชในพื้นที่เกษตรกรรม การฟื้นฟูลงของสภาพป่าไม้หลังการถูกบุกรุก หรือการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกป่า เป็นต้น

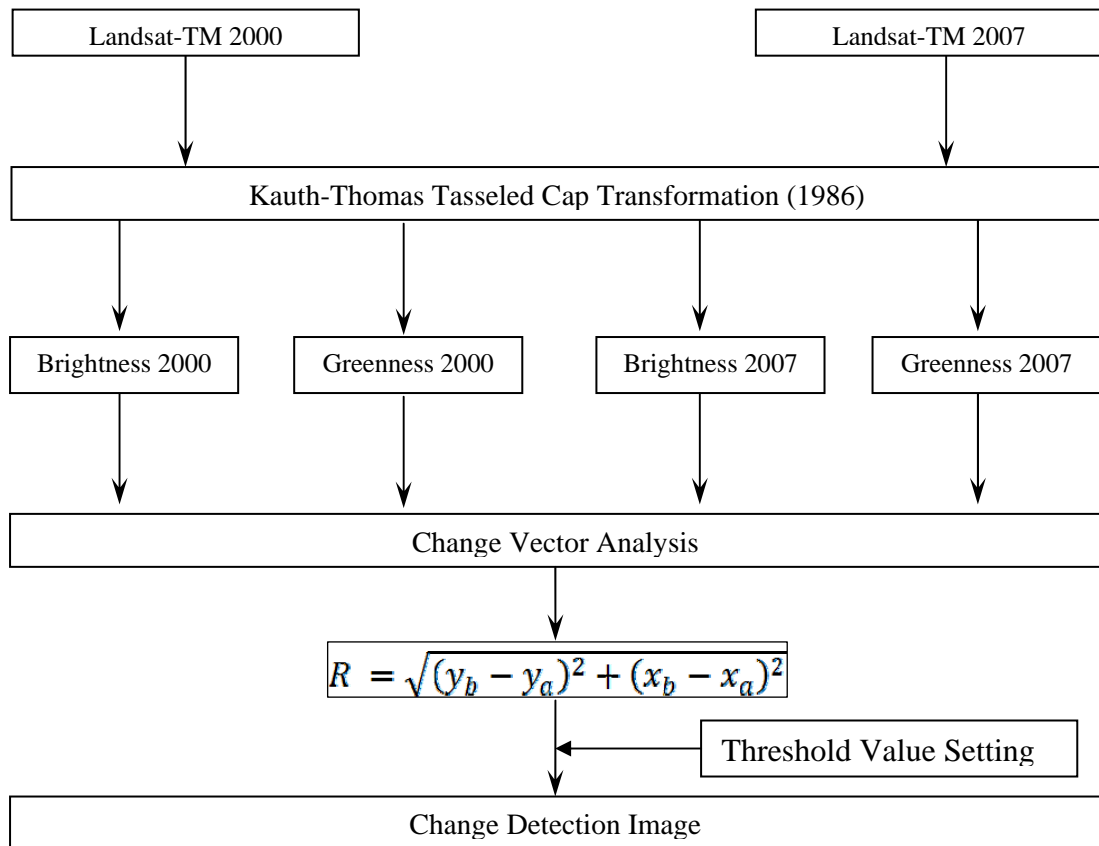
ประเภทที่ 2 ค่าประจำจุดภาพมีค่าเพิ่มขึ้นในแบนด์ของที่โล่ง และมีค่าลดลงในแบนด์ของพืชพรรณ มีความหมายคือ การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มีลักษณะการลดลงของพืชพรรณใน

ช่วงเวลาที่สอง เช่น ถ้าเป็นกรณีของพื้นที่เกษตรอาจเป็นพื้นที่ที่เพิ่งผ่านฤดูกาลเก็บเกี่ยวหรือเป็นพื้นที่ที่ไถพรวนสำหรับเตรียมการเพาะปลูก (fallow land) เป็นต้น แต่ถ้าเป็นพื้นที่ป่าไม้จะเป็นการบุกรุกทำลายป่า เป็นต้น

ประเภทที่ 3 ค่าประจำจุดภาพมีค่าเพิ่มมากขึ้นในแบนด์ของที่โล่ง และมีค่าเพิ่มมากขึ้นในแบนด์ของพืชพรรณ มีความหมายคือ พื้นที่ที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นระหว่างสองช่วงเวลามากนัก เช่น พื้นที่ที่เป็นลักษณะไม่พุ่มเล็กๆ ต้นไม้เตี้ยๆ ป่าละเมาะ ทุ่งหญ้าหรือทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือถ้าเป็นพื้นที่เกษตรก็อาจเป็นไปในลักษณะของแปลงที่เพิ่งปลูกใหม่ๆ พืชยังไม่เจริญโตเต็มที่ เป็นต้น

ประเภทที่ 4 ค่าประจำจุดภาพมีค่าลดน้อยลงในแบนด์ของที่โล่ง และมีค่าลดลงในแบนด์ของพืชพรรณ มีความหมายคือ พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำหรือพื้นที่ที่ถูกเผาหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยว

ขั้นตอนสุดท้ายของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่นคือ การกำหนดค่าตั้งต้นบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงให้กับเวกเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล แบนด์ของพืชพรรณ และแบนด์ของที่โล่ง จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 เพื่อระบุประเภทของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามการจำแนกดังกล่าวข้างต้น ขั้นตอนนี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ผู้วิเคราะห์ข้อมูลต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ เพราะขนาดของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่ตรวจวัดได้ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งบอกการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะส่งผลกับความถูกต้องและแม่นยำของการศึกษาโดยรวม ดังสรุปขั้นตอนการศึกษาตาม ภาพที่ 3.8 และในการวิเคราะห์และประมวลผลอาศัยชุดคำสั่งภายใต้โมดูล spatial modeler ของ ERDAS IMAGINE ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ข



ภาพที่ 3.8 แผนภูมิแสดงการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์

3.4 การตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข (accuracy assessment of digital change detection techniques)

ในการประเมินความถูกต้องของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นใน 2 ช่วงเวลาคือ ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 นับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการศึกษาในครั้งนี้โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.4.1. การคัดเลือกข้อมูลตัวอย่าง (sampling designed) ในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล จำนวนข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความถูกต้องจะต้องมีการออกแบบให้สอดคล้องและเหมาะสมกับการศึกษานั้นๆ ซึ่งนักวิจัยแต่ละคนก็มีการออกแบบการเก็บข้อมูลและจำนวนข้อมูลจากสนามที่แตกต่างกันออกไปหลายๆ วิธี บางคนเลือกแบบ Binomial Distribution (normal approximation) หรือนักวิจัยบางคนอาจเลือกวิธีการคัดเลือกข้อมูลตัวอย่างแบบ Multinomial Distribution

ในการประเมินความถูกต้องของการศึกษาครั้งนี้ ได้ออกแบบการคัดเลือกและเก็บข้อมูลตัวอย่างจากสนามแบบ Multinomial Distribution เนื่องจากในการศึกษาเทคนิคตรวจสอบการ

เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินครั้งนี้ มีการจำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ผสม และ พื้นที่แหล่งน้ำ ดังนั้นการใช้สมการแบบ Multinomial Distribution จึงน่าจะมีความสอดคล้องและมีความเหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้มากกว่าสมการแบบ Binomial Distribution (Jensen, 2005)

การหาจำนวนจุดตัวอย่าง (samples size) ที่ได้จากการคำนวณตามสมการการกระจายตัวแบบ Multinomial Distribution (Congalton and Green, 1999) ดังสมการ 3.6

$$N = \frac{B\Pi_i(1-\Pi_i)}{b_i^2} \quad (\text{สมการ 3.6})$$

โดยที่	N	คือ จำนวนจุดตัวอย่าง
	Π_i	คือ สัดส่วนพื้นที่ของ class ที่ i จากทั้งหมด k class ที่มีสัดส่วนเข้าใกล้ 50 เปอร์เซ็นต์ มากที่สุด
	b_i	คือ ความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ (เช่น 5 เปอร์เซ็นต์) ของ class นั้นๆ
	B	คือ ค่าที่ได้จากตารางการกระจายแบบ χ^2 (the upper $(a/k) \times 100$ percentile) ที่ 1 degree of freedom
	K	คือ จำนวน class

แต่อย่างไรก็ตาม ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้รับ ผู้ศึกษาไม่สามารถกำหนดหรือระบุสัดส่วนประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินที่มากที่สุดได้ (หรือเข้าใกล้ 50 เปอร์เซ็นต์มากที่สุด) ผู้ศึกษาสามารถที่จะคำนวณหาขนาดหรือจำนวนจุดตัวอย่างได้จากสมการแบบ Worst-Case Multinomial Distribution โดยการที่ผู้ศึกษาจะทำการสมมติให้ประเภทหนึ่งประเภทใดมีสัดส่วนที่เข้าใกล้หรือมีพื้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ศึกษา (Congalton and Green, 1999) ดังสมการ 3.7

$$N = \frac{B}{4b^2} \quad (\text{สมการ 3.7})$$

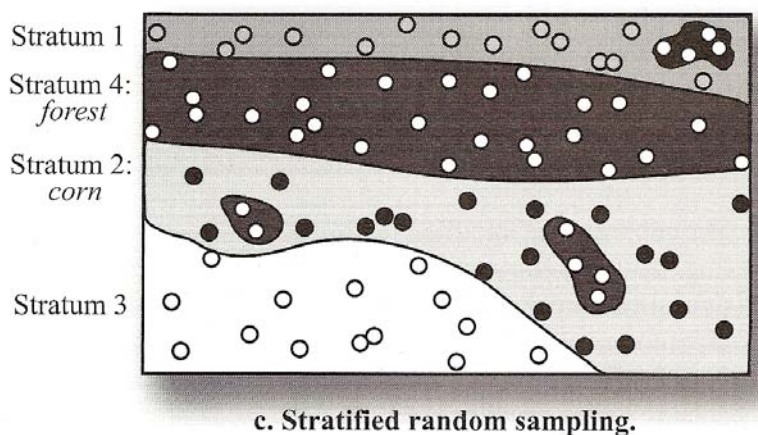
โดยที่	N	คือ จำนวนจุดตัวอย่าง
	b	คือ ความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการ (เช่น 5 เปอร์เซ็นต์) ของประเภทนั้นๆ
	B	คือ ค่าที่ได้จากตารางการกระจายแบบ χ^2 (the upper $(a/k) \times 100$ percentile) ที่ 1 degree of freedom

Congalton และ Green (1999) ให้คำแนะนำว่าบางครั้งจำนวนจุดตัวอย่างที่เหมาะสมอย่างน้อยที่สุดควรมีจุดตัวอย่าง 50 จุด ต่อ 1 ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน หรือในกรณีที่ดินที่ศึกษามีขนาดใหญ่มากกว่า 10,000 ตารางกิโลเมตร หรือมีประเภทการใช้

ประโยชน์ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินหลายประเภท เช่น มากกว่า 10 ประเภท จำนวนจุดตัวอย่างควร จะอยู่ที่ประมาณ 75-100 จุด ทั้งนี้ จำนวนจุดตัวอย่างดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง ความสำคัญของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทกับวัตถุประสงค์ ของการศึกษานั้นๆ ด้วย บางครั้งการลดจำนวนจุดตัวอย่างให้น้อยลงในประเภทการใช้ประโยชน์ ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยก็จะส่งผลให้การศึกษาลดความซับซ้อนและ สามารถปฏิบัติงานได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ หรือแหล่งน้ำธรรมชาติ และควรเพิ่มจำนวนจุดตัวอย่างให้มากขึ้นในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มี การเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัด อนึ่ง ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้สมการ 3.7 ในการคำนวณหาจุดตัวอย่าง โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น ที่ระดับ 90 เปอร์เซนต์

หลังจากที่คำนวณจำนวนจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องได้แล้ว พิจารณา คัดเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้การสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้น (stratified random sampling) โดยสัดส่วนของจำนวนจุดตัวอย่างจะถูกกระจายตามสัดส่วนของพื้นที่ของ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุม โดยที่ตำแหน่งของจุดตัวอย่างจะไม่ซ้อนทับหรือคาบ เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ประเภท นักวิจัยบางท่านอาจเลือกที่จะกำจัดข้อมูลการใช้ ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ไม่ต้องการ เช่น พื้นที่มีขนาดเล็กเกินไป ออกไปก่อนที่จะทำการ ระบุตำแหน่งของจุดตัวอย่าง จากนั้นจึงค่อยทำการคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบเป็นอิสระ ดังแสดงใน ภาพที่ 3.9

ข้อดีของการคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบจำแนกชั้น คือ การกระจายของจุดตัวอย่างตาม ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทุกประเภท จะกระจายไปในสัดส่วนที่พอเหมาะ พอสมกับขนาดของพื้นที่ศึกษาและเพียงพอสำหรับกระบวนการการคำนวณความถูกต้องหรือความ คลาดเคลื่อนของการศึกษา ส่วนข้อดีของการคัดเลือกจุดตัวอย่างแบบจำแนกชั้น คือ การที่จะ คัดเลือกจุดตัวอย่างด้วยวิธีนี้ได้ นั้น ผู้ศึกษาจำเป็นต้องมีแผนที่หรือข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินก่อน ในการศึกษาครั้งนี้ อาศัยโปรแกรม ERDAS IMAGINE กำหนดจุด ตัวอย่างแบบจำแนกชั้น



ภาพที่ 3.9 แสดงการคัดเลือกจุดข้อมูลตัวอย่างแบบจำแนกชั้น (Jensen, 2005)

3.4.2. การตรวจสอบความถูกต้อง

การคำนวณความถูกต้องของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการนำเอาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขแต่ละวิธีนั้น จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2550 ซึ่งปรับปรุงข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2543 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2549 ร่วมกับการตรวจสอบข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจริงในสนาม จึงถือได้ว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 มีความละเอียดถูกต้องและน่าเชื่อถือสูง จึงเหมาะสมกับการนำมาเป็นข้อมูลร่วมในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พื้นที่อำเภอปรางค์กู่ ระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550

ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้รับจากการศึกษาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขวิธีต่างๆ จะใช้การสร้างตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrices) มาช่วยในการประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยที่ในขั้นตอนการประเมินมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) Simple descriptive statistics เป็นวิธีสำรวจความถูกต้องโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดิน มาเปรียบเทียบกับผลจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากนั้นจึงจัดสร้างตารางค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อประเมินความถูกต้องประกอบด้วย ความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก (producer's accuracy) ความถูกต้องสำหรับผู้ใช้ (user's accuracy) และ ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)

Producer's accuracy (omission error) การประเมินค่าความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการไม่จัดเข้ากลุ่ม หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป พิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุดตัวอย่างรวมที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง (มองในแนวคอลัมน์)

User's accuracy (commission error) การประเมินค่าความคลาดเคลื่อน เนื่องจากการจัดเข้ากลุ่มหรือ ความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกเกินมา พิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุด ที่ได้จาก การจำแนกจริง (มองในแนวแถว)

Overall accuracy คือ การประเมินค่าความถูกต้องโดยรวมของการตรวจสอบ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พิจารณาจากการนำเอาค่าผลรวมของจุดที่ถูกต้องทั้งหมดหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมด (N) ในตารางความคลาดเคลื่อน

2) **Multivariate analytical statistical techniques** เป็นวิธีการประเมินหรือ ตรวจสอบความถูกต้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินและข้อมูลจุดตัวอย่างที่ได้จากข้อมูลจากภาคสนามและข้อมูลการใช้ประโยชน์ ที่ดินปี พ.ศ. 2550 ของกรมพัฒนาที่ดินที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการตรวจสอบความถูกต้อง โดย เลือกรูปแบบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เพื่อประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการ เปลี่ยนแปลงที่ได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข ในการพิจารณาจะนำเอาค่าของ จุดที่ถูกต้องในแนวเฉียงของตารางความคลาดเคลื่อน มาใช้คำนวณร่วมกับผลรวมทั้งในแนวสควมภ์ และแนว ตามตารางที่ 3.3 และสมการที่ 3.8

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (\text{สมการ 3.8})$$

โดยที่ k	คือ จำนวนจุดในแถวหรือประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
x_{ii}	คือ จำนวนจุดในแนวเฉียงของแถว i และ คอลัมน์ i
x_{i+}	คือ จำนวนจุดรวมในแถว i
x_{+i}	คือ จำนวนจุดรวมในคอลัมน์ i
N	คือ จำนวนจุดรวมทั้งหมด

ตารางที่ 3.3 ตารางความคลาดเคลื่อน สำหรับประเมินความถูกต้อง (Jensen, 2005)

Remote Sensing Classification	Ground reference Test Information					Row total
	Class	1	2	3	k	
1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	$X_{1,k}$	X_{1+}	
2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	$X_{2,k}$	X_{2+}	
3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{3,k}$	X_{3+}	
k	$X_{k,1}$	$X_{k,2}$	$X_{k,3}$	$X_{k,k}$	X_{k+}	
Column total	X_{+1}	X_{+2}	X_{+3}	X_{+k}	N	

ผลที่ได้จากการคำนวณค่า Kappa ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องสามารถแบ่งระดับของความถูกต้องได้ คือ

- 1) มีค่ามากกว่า 0.80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องสูงระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง
- 2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40 ถึง 0.80 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องปานกลางระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง
- 3) มีค่าน้อยกว่า 0.40 แสดงว่ามีค่าความถูกต้องต่ำระหว่างข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง

3.4.3. การประเมินความเหมาะสมเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข (optimum digital change detection techniques)

ในการประเมินเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พิจารณาจากองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

- 1) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตเป็นการพิจารณาว่าเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงวิธีใด ที่จำเป็นต้องผ่านหรือไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต
- 2) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี จะพิจารณาเช่นเดียวกับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต เพราะบางเทคนิคต้องทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี ในขณะที่บางเทคนิคไม่จำเป็นต้องทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี
- 3) **From-To** เป็นการอธิบายผลลัพธ์ของการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ว่าเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงวิธีใด สามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงว่า เปลี่ยนจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหนึ่งไปเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหนึ่งได้หรือไม่
- 4) การจำแนกข้อมูลภาพ เป็นการพิจารณาถึงข้อมูลตั้งต้นหรือข้อมูลนำเข้าว่า จำเป็นต้องมีการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมก่อนที่จะทำการศึกษาหรือไม่ เพราะ

กระบวนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมนั้นมีหลายขั้นตอน และต้องใช้เวลามากขึ้นในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

5) **ข้อมูลทุติยภูมิ** เป็นการพิจารณาถึงข้อมูลทุติยภูมิหรือข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ว่ามีเทคนิคใดบ้าง ที่มีความจำเป็นต้องใช้หรือไม่มีความจำเป็นต้องใช้ เพราะหากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขใดจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากภายนอกมาใช้ประกอบมาก ก็ส่งผลหรือเป็นภาระของผู้ศึกษามากยิ่งขึ้นด้วย

6) **ขั้นตอนการดำเนินงาน** เป็นการพิจารณาขั้นตอนทั้งหมดของการทำงานแต่ละเทคนิคว่า ตั้งแต่เริ่มต้นจนได้ผลลัพธ์ออกมา ต้องทำงานทั้งหมดกี่ขั้นตอน ซึ่งจำนวนขั้นตอนจะเป็นการพิจารณาถึงความซับซ้อนในการทำงานของแต่ละเทคนิค

7) **ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)** เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในการประเมินความเหมาะสมเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข เพราะความถูกต้องของแต่ละเทคนิคจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ว่ามีความถูกต้องแม่นยำมากน้อยเพียงใด เช่น บางเทคนิคอาจมีขั้นตอนความซับซ้อนในการทำงานน้อยแต่มีความถูกต้องแม่นยำน้อยกว่าเทคนิคที่มีขั้นตอนในการทำงานหลายขั้นตอน ดังนั้นความเหมาะสมอาจเป็นเทคนิคที่มีขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนกว่า เป็นต้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

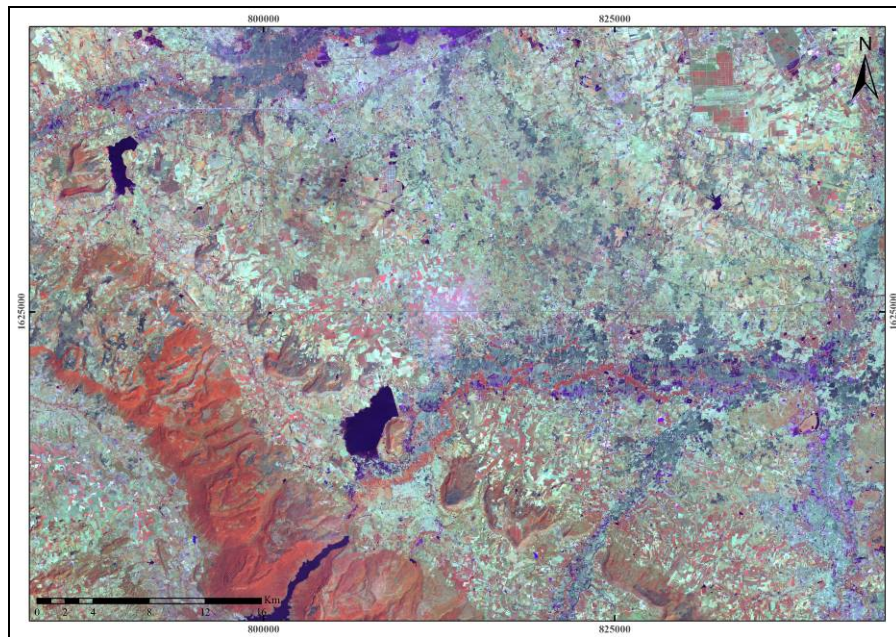
4.1 การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์

4.1.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

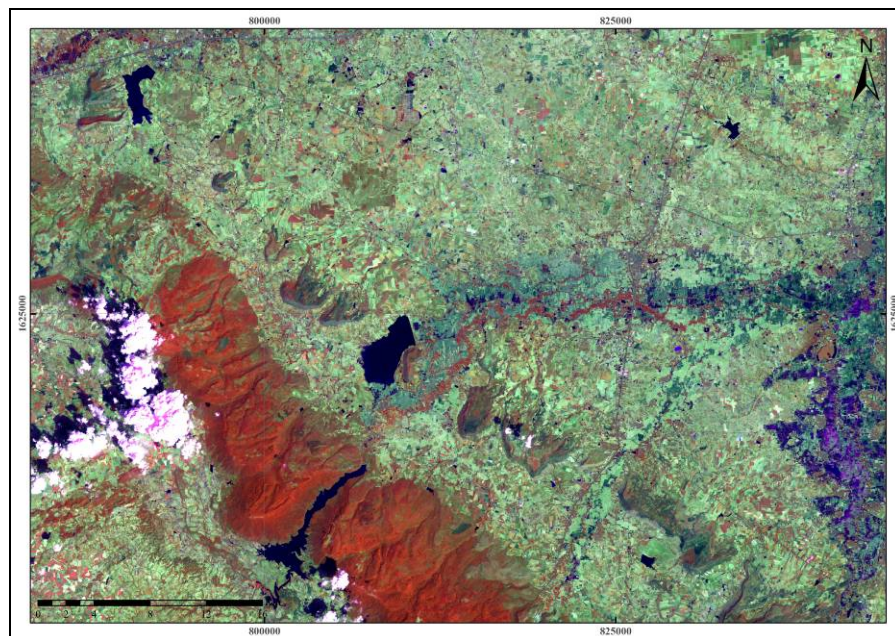
ในการศึกษาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสองช่วงเวลาประกอบด้วย ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM (path128 row50) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 และ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 25 x 25 เมตร ประกอบด้วยข้อมูล 6 แบนด์ คือ แบนด์ช่วงคลื่นสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน อย่างละ 1 แบนด์ และแบนด์ช่วงคลื่นอินฟราเรด 3 แบนด์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษา

Image Data Properties	Landsat-TM 2000	Landsat-TM 2007
File Name	12850_280300.img	12850_080207.img
Satellite	LANDSAT	LANDSAT
Sensor	Thematic Mapper	Thematic Mapper
Acquired Data	March 28, 2000	February 8, 2007
Format	IMAGINE Image	IMAGINE Image
Number of Layers:	6 (Band 1, 2, 3, 4, 5, 7)	6 (Band 1, 2, 3, 4, 5, 7)
Pixel Depth	Unsigned 8-bit	Unsigned 8-bit
Compression Type	None	None
Projection Zone	47	47
Spheroid Name	WGS 1984	WGS 1984
Datum Name	WGS 1984	WGS 1984
Georeferenced to	UTM, Zone 47	UTM, Zone 47
Upper Left Center X	790931.128519	790931.128519
Upper Left Center Y	1644021.689493	1644021.689493
Lower Right Center X	839546.128519	839546.128519
Lower Right Center Y	1603421.689493	1603421.689493
Pixel X size (m)	25	25
Pixel Y size (m)	25	25



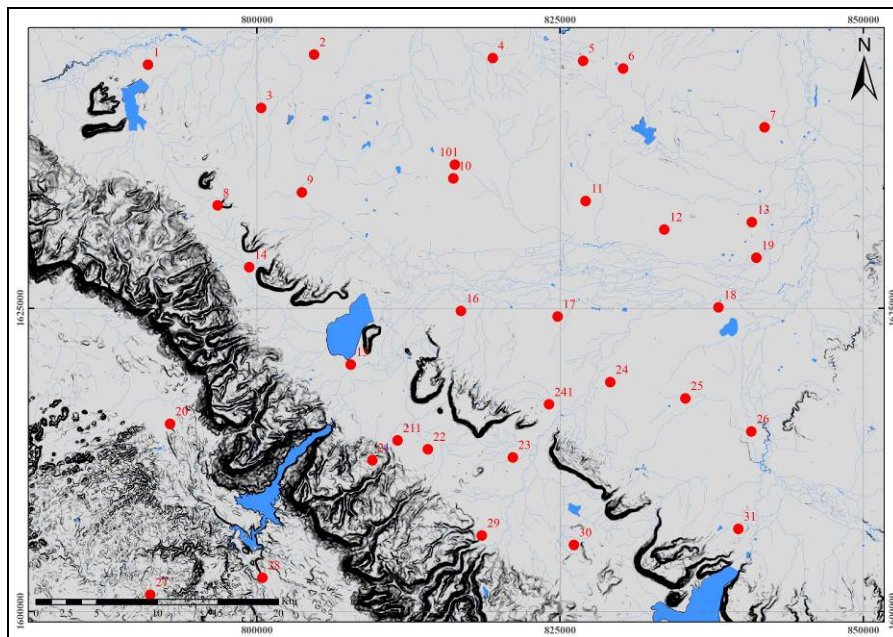
ภาพที่ 4.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 แสดงภาพแบบสีผสมเท็จ 4 5 3



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 แสดงภาพแบบสีผสมเท็จ 4 5 3

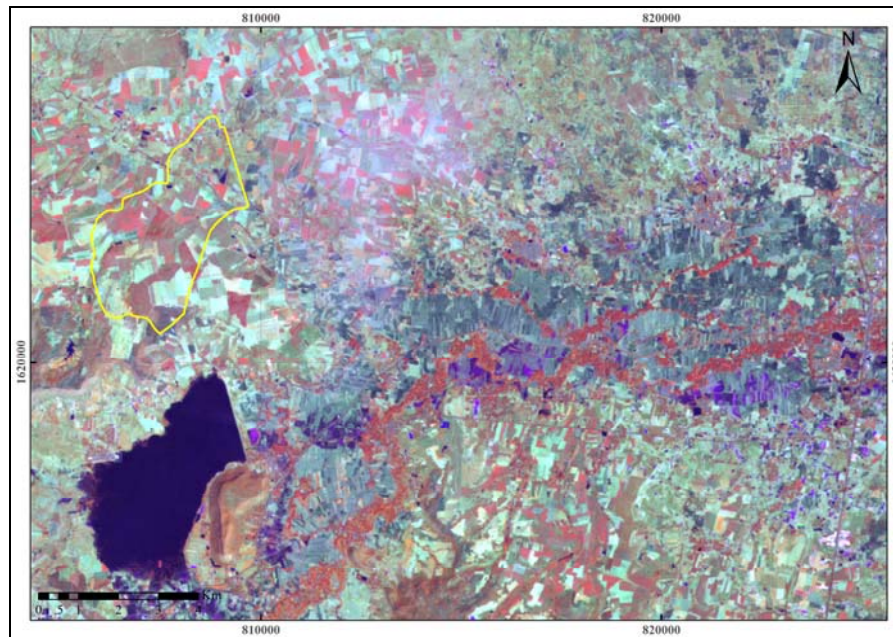
4.1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต

ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต หรือความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 ด้วยวิธีภาพเริ่มต้นไปยังแผนที่อ้างอิง (image to map) อาศัยการคัดเลือกจุดอ้างอิงบนพื้นโลก จากข้อมูลภาพออร์โทสี มาตรฐานส่วน 1:4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 34 จุด (ภาพที่ 4.3) มีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.72 จุดภาพ หรือมีค่าเท่ากับ 17.95 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 4.4 และ 4.5

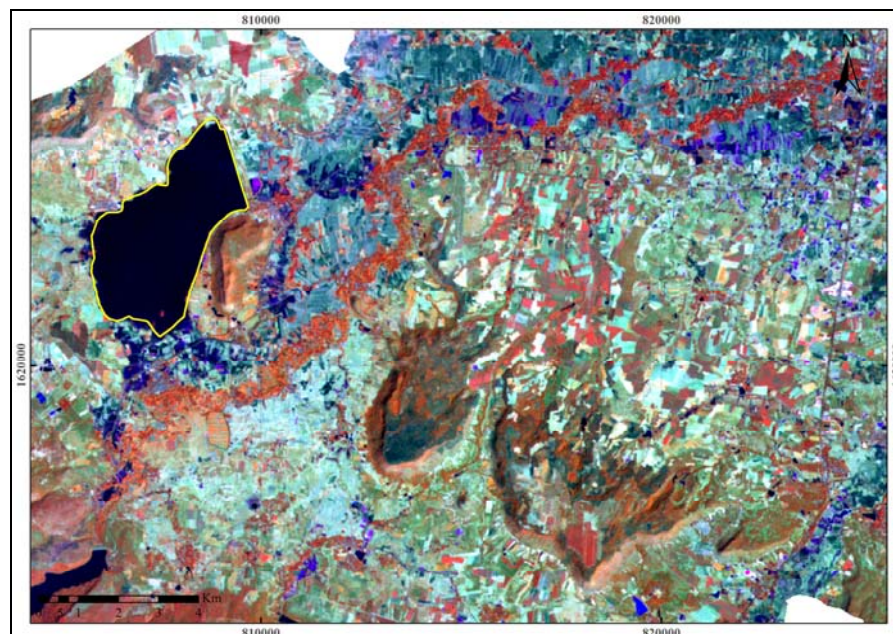


ภาพที่ 4.3 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงบนพื้นโลก จากภาพออร์โทสี

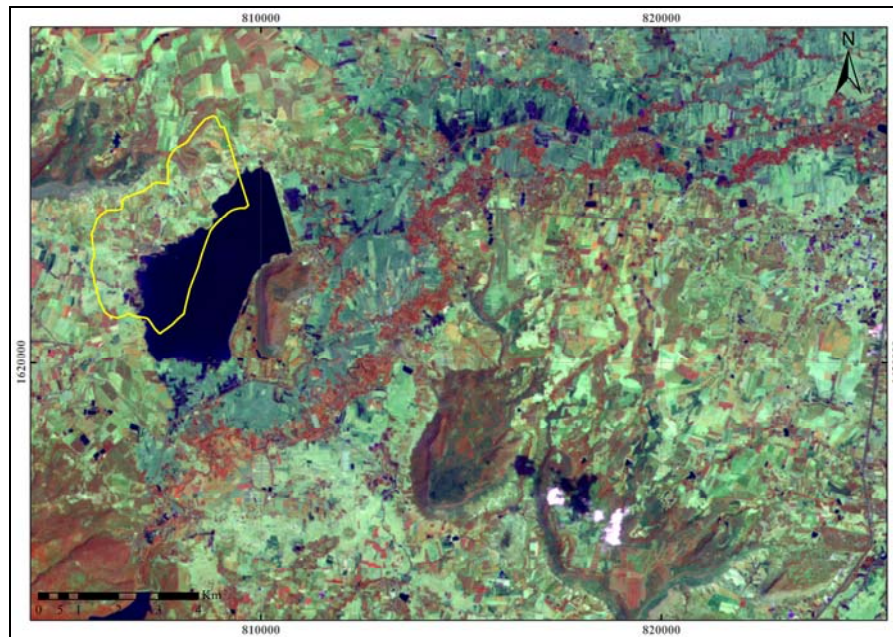
สำหรับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ใช้วิธีภาพเริ่มต้นไปยังแผนที่อ้างอิงและใช้ข้อมูลจุดอ้างอิงบนพื้นโลก ชัดเดียวกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 โดยมีจุดอ้างอิงทั้งหมด 34 จุด พบว่ามีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.58 จุดภาพ หรือมีค่าเท่ากับ 14.40 เมตร แสดงดังภาพที่ 4.6 และ 4.7



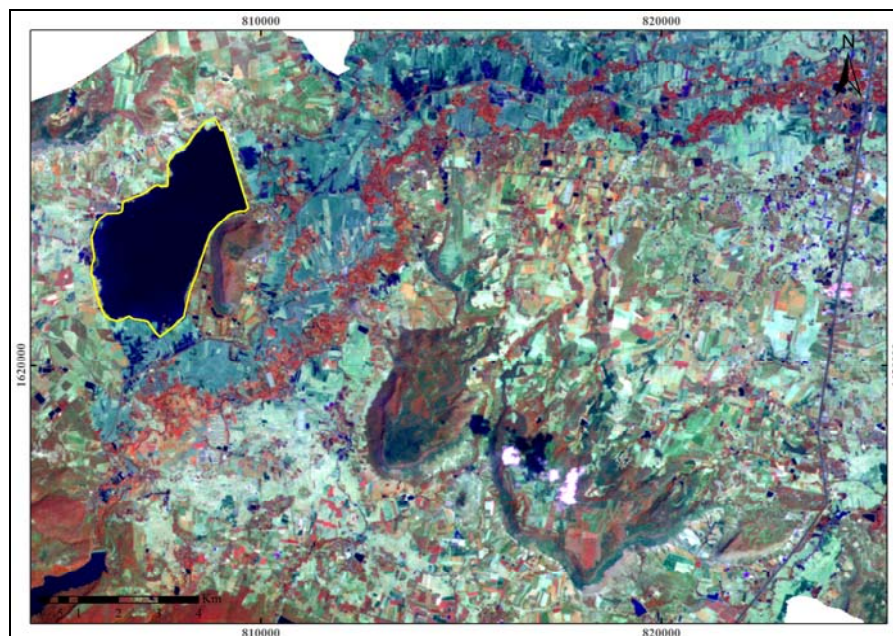
ภาพที่ 4.4 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 ก่อนทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่คลาดเคลื่อน เมื่อเทียบกับตำแหน่งของแหล่งน้ำที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพออร์โทลิ (ข้อมูลเวกเตอร์)



ภาพที่ 4.5 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมและข้อมูลภาพออร์โทลิ (ข้อมูลเวกเตอร์) อยู่ในบริเวณเดียวกัน



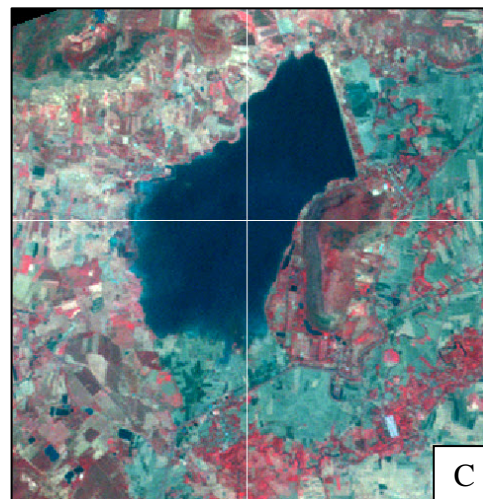
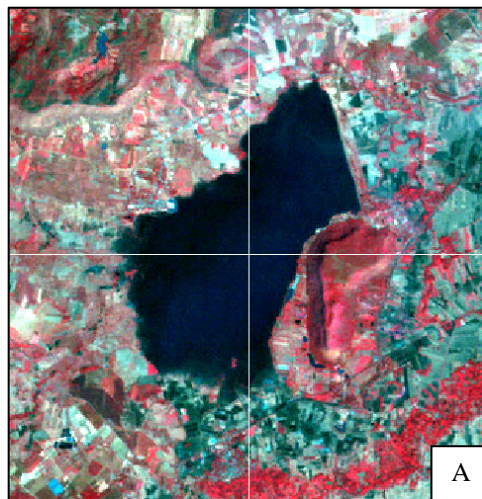
ภาพที่ 4.6 ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ก่อนทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่คลาดเคลื่อน เมื่อเทียบกับตำแหน่งของแหล่งน้ำที่ถูกต้องจากข้อมูลภาพออร์โทลิ (ข้อมูลเวกเตอร์)



ภาพที่ 4.7 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 หลังการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต แสดงตำแหน่งของแหล่งน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมและข้อมูลภาพออร์โทลิ (ข้อมูลเวกเตอร์) อยู่ในบริเวณเดียวกัน

4.1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

การปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลาให้มีมาตรฐานของการสะท้อนเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด (normalize image data) อาศัยทฤษฎี Dark-Objected Subtraction โดยเลือกตำแหน่งของจุดภาพที่พิกัด 808084.80 E และ 1622994.20 N ซึ่งเป็นพื้นที่อ่างเก็บน้ำลำสำลาย ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ตำแหน่งจุดภาพ ที่ใช้ในการทำ Normalize Image Data

ภาพ 4.8 A แสดงข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 ที่เป็นข้อมูลอ้างอิงในการทำ Normalization

ภาพ 4.8 B แสดงข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ก่อนการทำ Normalization

ภาพ 4.8 C แสดงข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 หลังการทำ Normalization

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าประจำจุดภาพของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี

แบนด์	ข้อมูลภาพ	ข้อมูลภาพ	ค่าผลต่างของจุดภาพ
	Landsat-TM 2543	Landsat-TM 2550	
1	68	91	-23
2	28	36	-8
3	23	30	-7
4	12	20	-8
5	8	13	-5
7	5	6	-1

ในขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีนั้น เลือกใช้ข้อมูลค่าประจำจุดภาพจากข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 เป็นข้อมูลอ้างอิง จากนั้นจึงนำค่าที่เป็นส่วนต่างของค่าประจำจุดภาพไปลบออกจากค่าประจำจุดภาพของข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 โดยใช้ฟังก์ชัน Model Builder ของโปรแกรมประมวลผลภาพ Erdas Imagine ดังผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี แสดงในภาพที่ 4.8 C

4.1.4 การคัดเลือกข้อมูล (feature extraction)

ในการคัดเลือกข้อมูลโดยใช้เทคนิคการคำนวณค่า OIF ที่เป็นค่าสัดส่วนของผลรวมค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลรวมค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการจัดหมู่ข้อมูลจากดาวเทียม 3 แบนด์ สรุปผลได้ดังต่อไปนี้

ผลการคำนวณค่า OIF ข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละแบนด์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 พบว่า ค่า OIF ของการจัดกลุ่มระหว่างแบนด์ 2 4 7 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 80.3940 (ภาพที่ 4.9) ในขณะเดียวกัน การจัดกลุ่มระหว่างแบนด์ 1 4 7 และการจัดกลุ่มระหว่างแบนด์ 3 4 7 มีค่า OIF เท่ากับ 78.6699 และ 66.3527 ตามลำดับ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543

แบนด์	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	23.84130
2	47.94070
3	32.63890
4	23.16130
5	21.05000
7	47.38210

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543

	แบนด์ 1	แบนด์ 2	แบนด์ 3	แบนด์ 4	แบนด์ 5	แบนด์ 7
แบนด์ 1	1.0000	0.9244	0.8598	0.2160	0.5710	0.6278
แบนด์ 2	0.9244	1.0000	0.9550	0.3716	0.7125	0.7462
แบนด์ 3	0.8598	0.9550	1.0000	0.3546	0.8077	0.8445
แบนด์ 4	0.2160	0.3716	0.3546	1.0000	0.5534	0.3560
แบนด์ 5	0.5710	0.7125	0.8077	0.5534	1.0000	0.9264
แบนด์ 7	0.6278	0.7462	0.8445	0.3560	0.9264	1.0000

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการคำนวณ Optimum Index Factor ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543

ลำดับ	การจัดกลุ่มระหว่างแบนด์	ค่า OIF
1	247	80.3940
2	147	78.6699
3	347	66.3527
4	124	62.7927
5	234	61.7078
6	245	56.2758
7	134	55.6788
8	127	51.8465
9	145	50.7717
10	237	50.2662
11	457	49.8929
12	257	48.7908
13	345	44.7932
14	137	44.5355
15	157	43.4180
16	125	42.0437
17	235	41.0581
18	357	39.1952
19	123	38.1199
20	135	34.6333

ในขณะเดียวกัน ผลการคำนวณค่า OIF ข้อมูลภาพ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละแบนด์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6 และ 4.7 พบว่า ค่า OIF ของการจัดกลุ่มระหว่างแบนด์ 2 4 7 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 63.1898 (ภาพที่ 4.10) ในขณะเดียวกัน การจัดกลุ่มระหว่างแบนด์ 1 2 7 และการจัดกลุ่มระหว่างแบนด์ 2 3 7 มีค่า OIF เท่ากับ 59.3685 และ 56.3112 ตามลำดับ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550

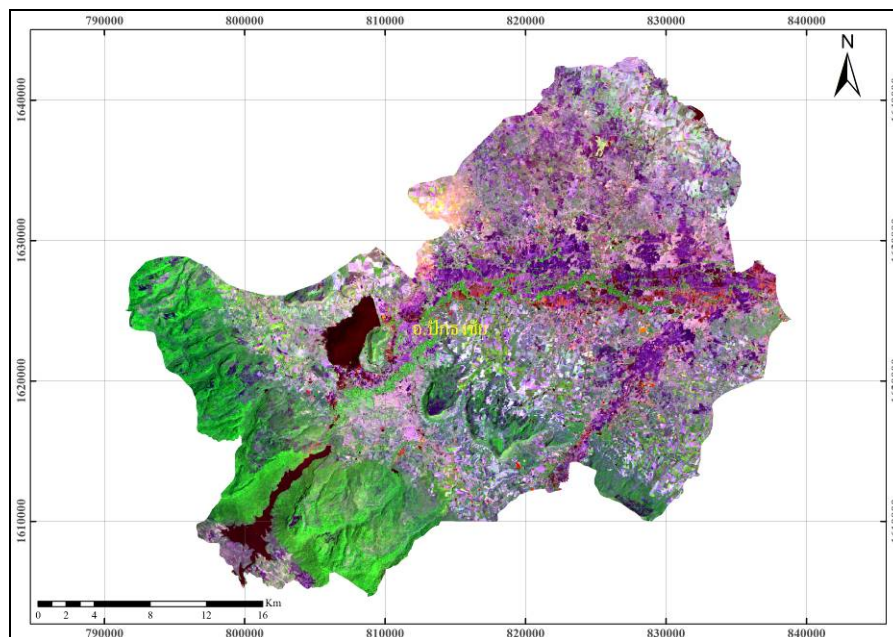
แบนด์	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	28.51700
2	55.19320
3	33.18830
4	24.45060
5	21.01670
7	46.28930

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550

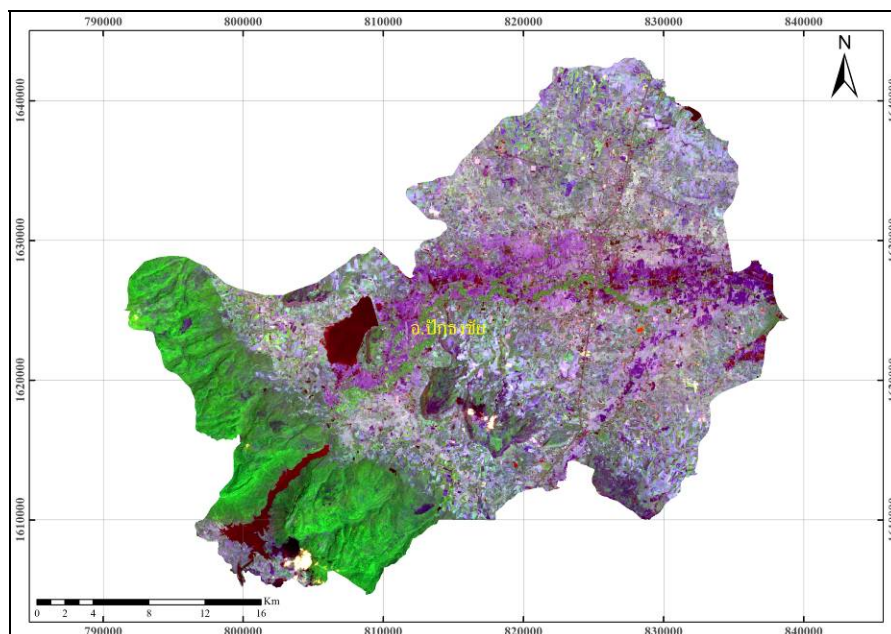
	แบนด์ 1	แบนด์ 2	แบนด์ 3	แบนด์ 4	แบนด์ 5	แบนด์ 7
แบนด์ 1	1.0000	0.9427	0.9252	0.7099	0.5783	0.6052
แบนด์ 2	0.9427	1.0000	0.9662	0.7874	0.6060	0.6418
แบนด์ 3	0.9252	0.9662	1.0000	0.7685	0.7547	0.7835
แบนด์ 4	0.7099	0.7874	0.7685	1.0000	0.6341	0.5638
แบนด์ 5	0.5783	0.6060	0.7547	0.6341	1.0000	0.9545
แบนด์ 7	0.6052	0.6418	0.7835	0.5638	0.9545	1.0000

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณ Optimum Index Factor ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550

ลำดับ	การจัดกลุ่มระหว่างแบนด์	ค่า OIF
1	247	63.1898
2	127	59.3685
3	237	56.3112
4	257	55.6237
5	147	52.8280
6	245	49.6473
7	125	49.2364
8	347	49.1192
9	235	47.0135
10	137	46.6710
11	157	44.8182
12	234	44.7367
13	124	44.3297
14	457	42.6298
15	123	41.2467
16	357	40.3152
17	145	38.4868
18	135	36.6311
19	345	36.4587
20	134	35.8443



ภาพที่ 4.9 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 แบนด์ 2 4 7



ภาพที่ 4.10 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 แบนด์ 2 4 7

4.2 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

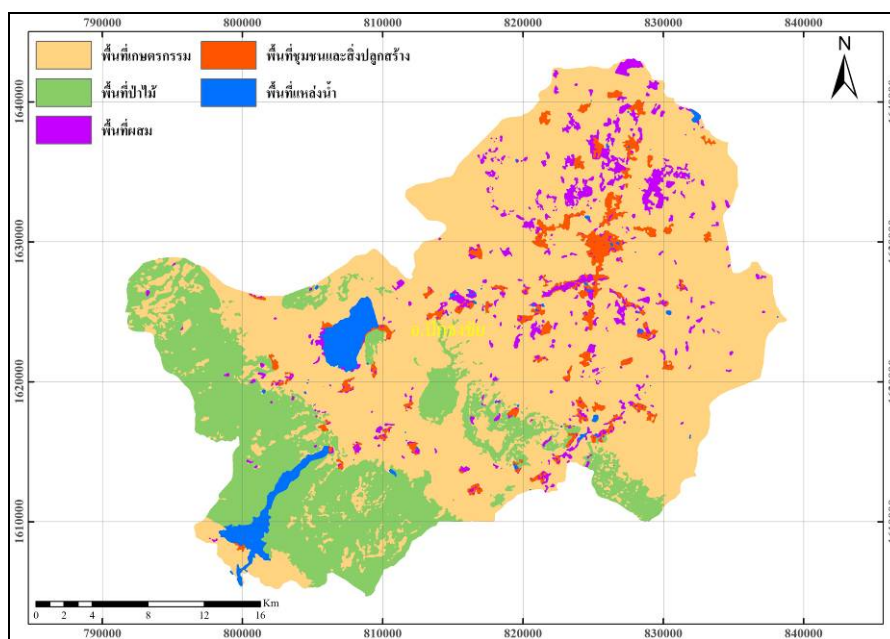
ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และ Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 โดยวิธีการจำแนกแบบควบคุม ที่เลือกใช้แบนด์ 2 4 7 มาใช้ในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง โดยอาศัยข้อมูลภาพออร์โทสี มาตราส่วน 1:4,000 มาใช้ประกอบในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างให้กับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ทั้ง 2 ช่วงเวลา และกำหนดให้พื้นที่ตัวอย่างมีขนาดไม่น้อยกว่า 6,250 ตารางเมตร (10 จุดภาพ) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และมีจำนวนพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินไม่น้อยกว่า 10 พื้นที่ตัวอย่าง และเลือกใช้การจำแนกข้อมูลแบบควบคุมโดยเทคนิค Maximum Likelihood จากนั้น นำผลที่ได้จากการจำแนกมาผ่านกระบวนการกรองข้อมูลด้วยหน้าต่างขนาด 5 x 5 เลือกใช้ฟังก์ชันแบบ Majority

ผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 ที่แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ (1) พื้นที่เกษตรกรรม (2) พื้นที่ป่าไม้ (3) พื้นที่ผสม (4) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และ (5) พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 673.50 217.75 39.59 33.21 และ 24.97 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ที่แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ (1) พื้นที่เกษตรกรรม (2) พื้นที่ป่าไม้ (3) พื้นที่ผสม (4) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และ (5) พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 681.58 219.13 33.13 33.19 และ 21.99 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.11 และ 4.12 โดยพบว่า ในระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 เนื้อที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ และเนื้อที่ของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลง ได้แก่ พื้นที่ผสม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ

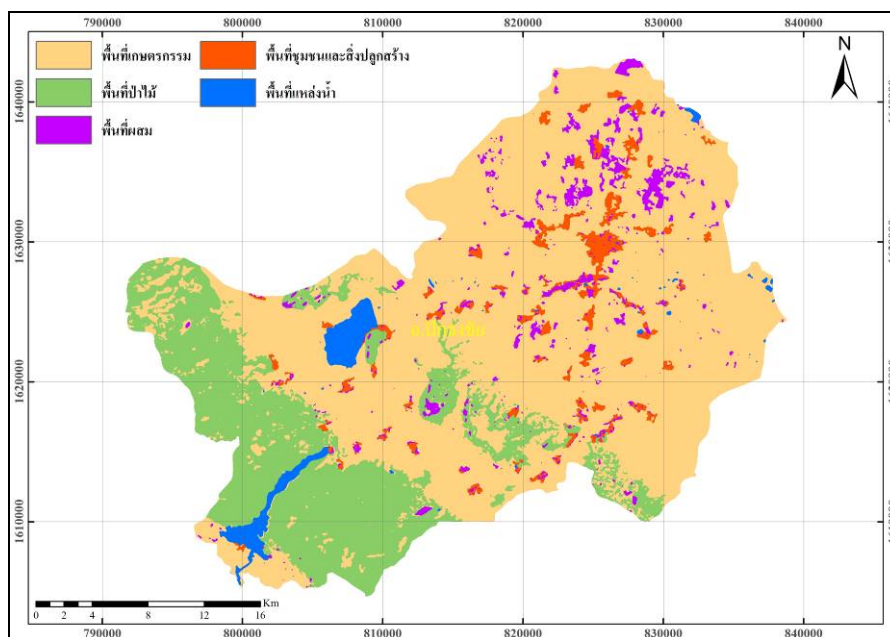
ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) เท่ากับ 90.37 และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 81.25 เปอร์เซนต์ สำหรับรายละเอียดตำแหน่งของจุดตัวอย่างและผลการประเมินความถูกต้องแต่ละจุดสำรวจ แสดงไว้ในภาคผนวก ค

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)		
	พ.ศ. 2543	พ.ศ. 2550	การเปลี่ยนแปลง
พื้นที่เกษตรกรรม	673.50	681.58	+ 8.08
พื้นที่ป่าไม้	217.75	219.13	+ 1.38
พื้นที่ผสม	39.59	33.13	- 6.46
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	33.21	33.19	- 0.02
พื้นที่แหล่งน้ำ	24.97	21.99	- 2.98



ภาพที่ 4.11 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 4.12 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550

4.3 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

4.3.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา

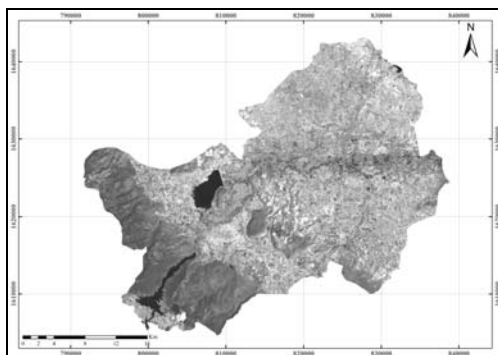
ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลาที่สามารถนำข้อมูลในสองช่วงเวลามาสร้างรวมเป็นชุดข้อมูลและทำการวิเคราะห์การจำแนกองค์ประกอบหลัก (PCA) เพื่อตรวจสอบหาลำดับองค์ประกอบหลักใดที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมเกิดขึ้นพบว่า องค์ประกอบหลักแบบที่ 2 (PCA 2) แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ได้ โดยพบว่าบริเวณที่มีค่าความสว่างมากเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นและบริเวณที่มีค่าความสว่างต่ำที่ปรากฏเป็นสีเข้มบนภาพเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับองค์ประกอบหลักแบบที่ 1 (PCA 1) แสดงข้อมูลหลักที่ได้จากขจัดความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่มีในแบนด์ต่างๆ ของข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ในสองช่วงเวลา ส่วนองค์ประกอบหลักแบบที่ 4 (PCA 4) แบบที่ 5 (PCA 5) และ แบบที่ 6 (PCA 5) ไม่แสดงให้เห็นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงแต่แสดงถึงสัญญาณรบกวนของภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.13

ข้อมูลที่ได้จากการจำแนกองค์ประกอบหลักของภาพสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2543-2550 โดยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยตรงจากภาพสีผสม โดยคัดเลือกข้อมูลการจำแนกองค์ประกอบหลักแบนด์ต่างๆ เมื่อนำมาแสดงผลเป็นภาพสีผสมตามแม่สีหลัก เพื่อแสดงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่เกิดขึ้นได้ชัดเจนมากขึ้น โดยผลที่ได้รับจากผสมสีผสมระหว่างแบนด์ที่แตกต่าง

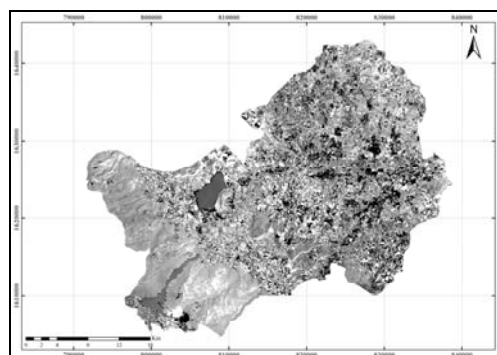
กันแสดงบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่แตกต่างกัน เช่น แสดงการเปลี่ยนแปลงของแหล่งน้ำผิวดินได้ชัดเจน หรือแสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมได้ชัดเจน โดยปรากฏเป็นสีม่วงเข้ม ดังแสดงในภาพที่ 4.14

ข้อดีของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลาคือ มีความยุ่งยากในการระบุประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลง และให้ข้อมูลของการเปลี่ยนแปลงจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทหนึ่งไปเป็นประเภทหนึ่ง (From-To) น้อยมาก รวมทั้งเทคนิคนี้ก็ไม่สามารถบอกได้ถึงปริมาณของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

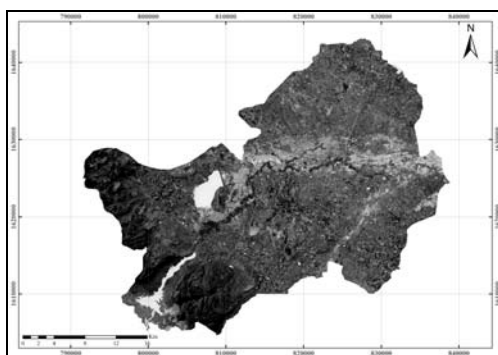
แต่อย่างไรก็ตาม หากผู้ศึกษาต้องการทราบข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีการเปลี่ยนแปลงและปริมาณของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างสองช่วงเวลาสามารถนำเอาข้อมูลที่ได้จากการจำแนกองค์ประกอบหลักไปทำการจำแนกโดยการจำแนกข้อมูลแบบควบคุมหรือการจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุมได้



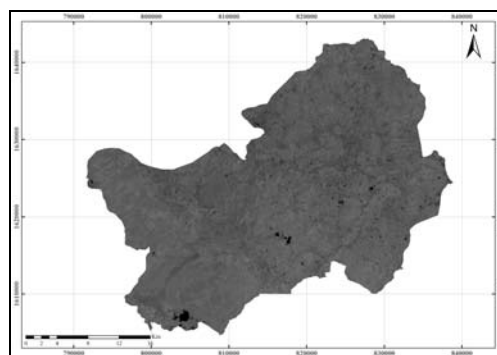
ข้อมูล PCA 1



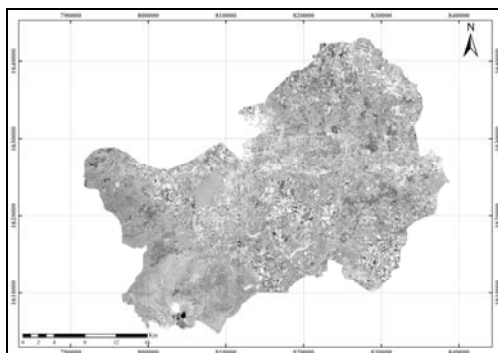
ข้อมูล PCA 2



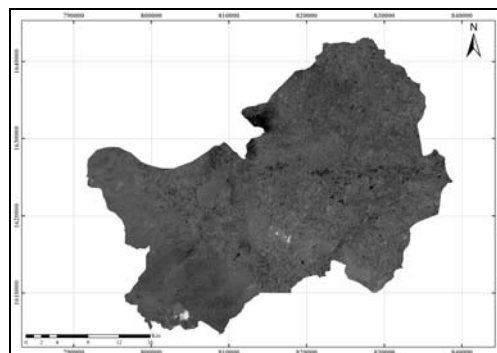
ข้อมูล PCA 3



ข้อมูล PCA 4

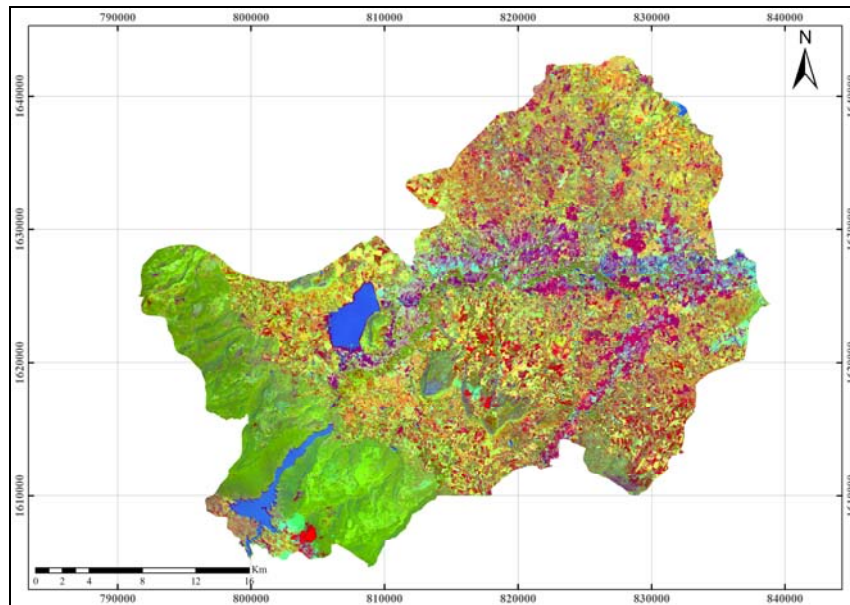


ข้อมูล PCA 5

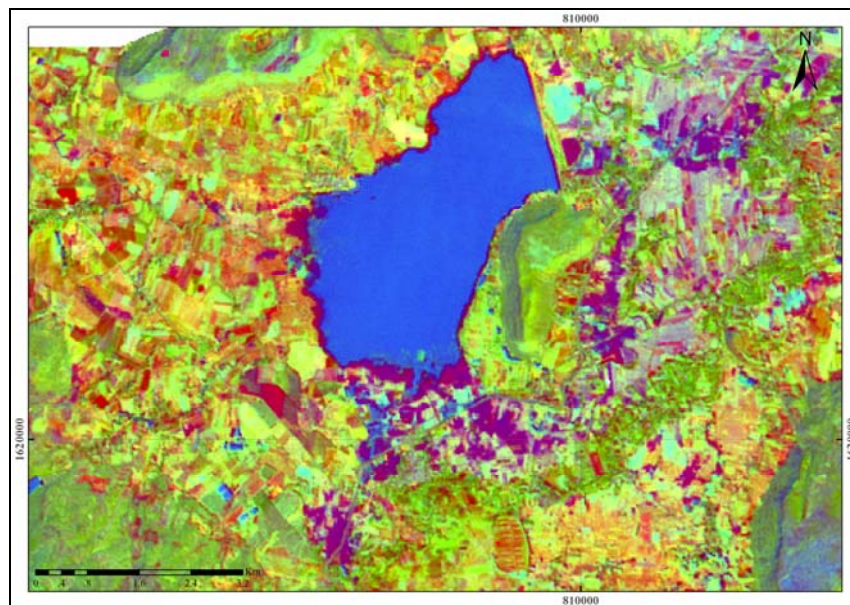


ข้อมูล PCA 6

ภาพที่ 4.13 ผลการจำแนกองค์ประกอบหลัก (PCA) ชุดข้อมูลจาก 2 ช่วงเวลา



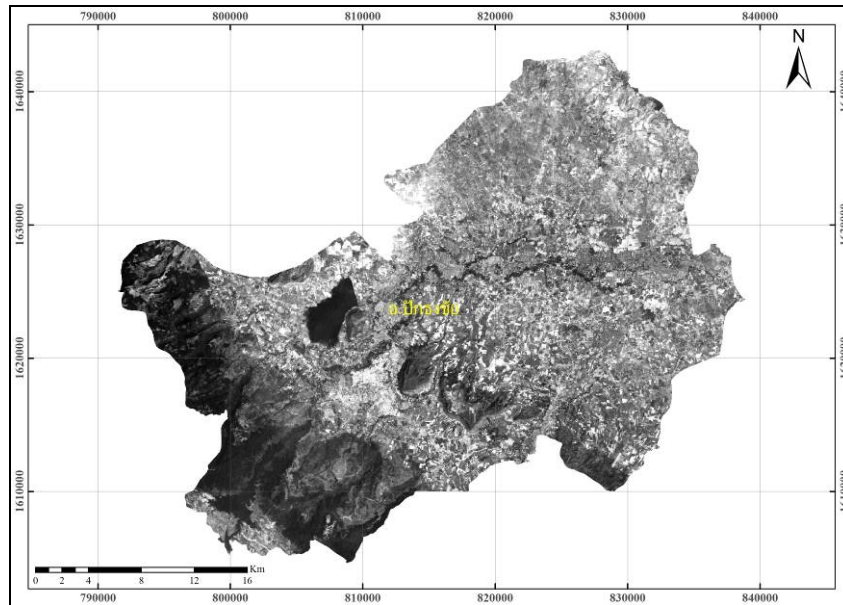
ข้อมูล PCA 1 2 3



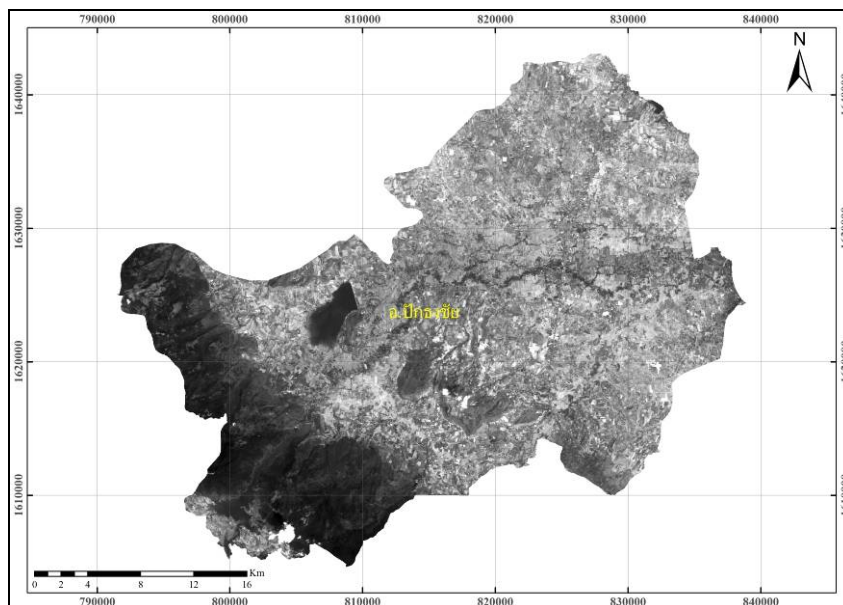
ภาพที่ 4.14 พื้นที่การเปลี่ยนแปลง แหล่งน้ำ และพื้นที่เกษตรกรรม ที่ปรากฏเป็นสีม่วงเข้ม

4.3.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์อาศัยการคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างแบนด์ 3 ของข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 (ภาพที่ 4.15 และ 4.16 ตามลำดับ)

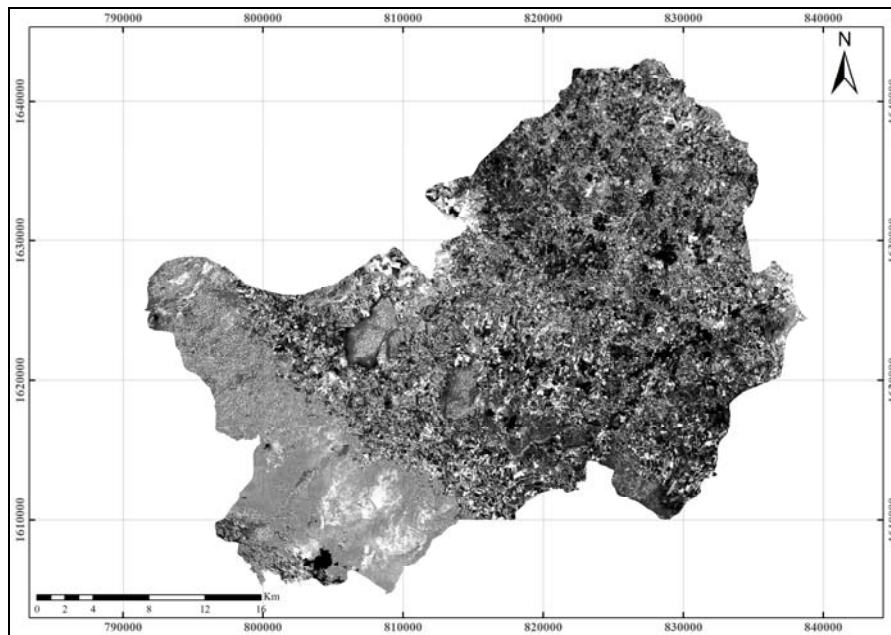


ภาพที่ 4.15 ข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543

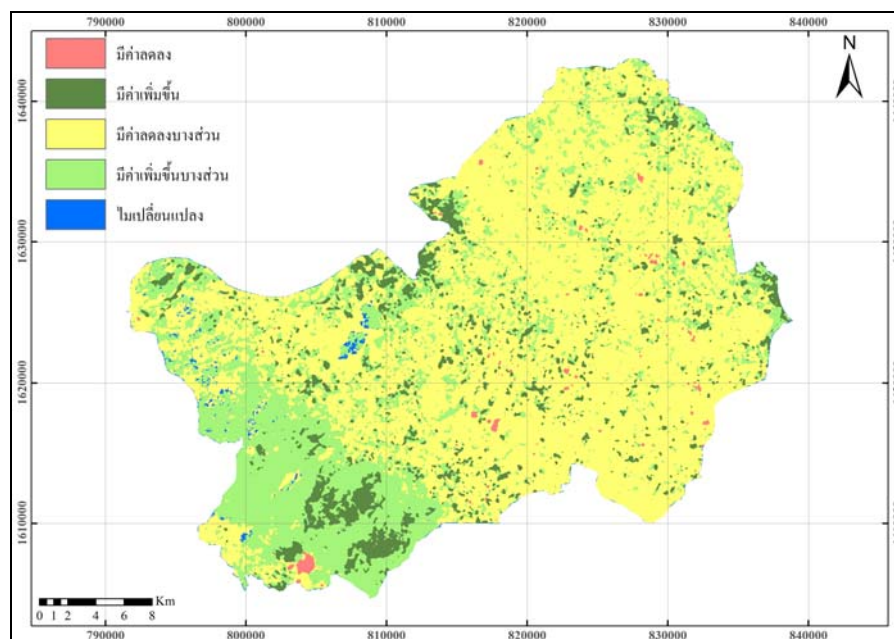


ภาพที่ 4.16 ข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550

ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับจากการนำเอาข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูลทั้งสองช่วงเวลามาคำนวณความแตกต่าง (ภาพที่ 4.17) และพิจารณา กำหนดค่าตั้งต้นบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอัตราของการเปลี่ยนแปลงร้อยละ 16 แสดงไว้ในภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.17 ผลจากการคำนวณความต่างของข้อมูลแบนด์ 3 ของ Landsat-TM ใน 2 ช่วงเวลา



ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550

จากผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับ พบว่า ในระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมีค่าลดลง คิดเป็นเนื้อที่รวม 5.13 ตารางกิโลเมตรหรือ ร้อยละ 0.52 มีค่าลดลงบางส่วนคิดเป็นพื้นที่ 635.11 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 64.19 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง คิดเป็นเนื้อที่รวม 6.92 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 0.70 และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นบางส่วนคิดเป็นพื้นที่ 262.52 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 26.53 และมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นคิดเป็นเนื้อที่รวม 79.70 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 8.06 ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 จากผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏ	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
มีค่าลดลง	5.13	0.52
มีค่าลดลงบางส่วน	635.11	64.19
ไม่เปลี่ยนแปลง	6.92	0.70
มีค่าเพิ่มขึ้นบางส่วน	262.52	26.53
มีค่าเพิ่มขึ้น	79.70	8.06
รวม	989.38	100.00

ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีข้อเด่นคือ ลดความยุ่งยากและซับซ้อนที่ไม่ต้องทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี เพราะในขั้นตอนการวิเคราะห์จะใช้เฉพาะค่าความสว่าง หรือค่าประจำจุดภาพมาใช้ในการคำนวณเป็นหลักเท่านั้น แต่มีข้อด้อยตรงที่การอธิบายรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง กระทำได้ค่อนข้างยาก และมีข้อยุ่งยากในการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงที่ต้องพิจารณาอย่างระมัดระวัง เพราะค่าที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงถูกนำมาใช้ในการคำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4.3.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

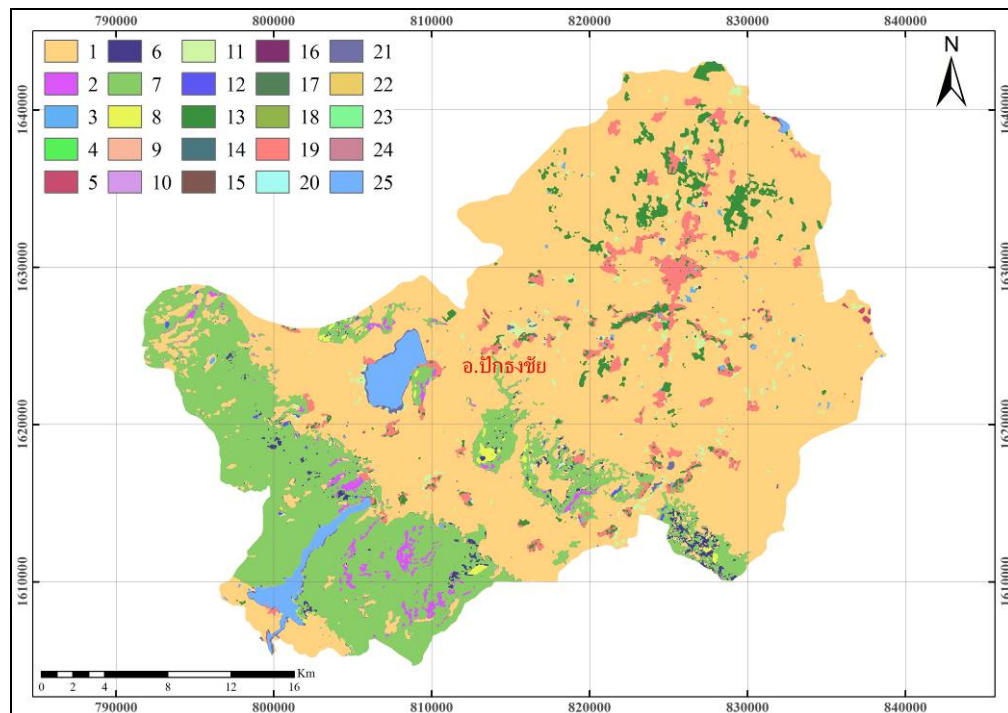
ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลานั้นอาศัยข้อมูลจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ที่แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท คือ

พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ผสม และแหล่งน้ำ สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่เกิดขึ้น ได้ดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่ 10.92 1.73 0.05 และ 1.13 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่ 7.44 3.30 0.01 และ 0.08 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ผสมไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่ 10.66 0.85 0.11 และ 0.08 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสมและพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่ 0.24 0.03 0.04 และ 0.03 ตารางกิโลเมตร และการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งน้ำไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง คิดเป็นพื้นที่ 3.52 0.47 0.15 และ 0.16 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.19

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

	การเปลี่ยนแปลง (พื้นที่: ตร.กม.)	การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550					รวม
		เกษตรกรรม	ป่าไม้	พื้นที่ผสม	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	แหล่งน้ำ	
การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543	เกษตรกรรม	659.43	10.92	1.73	0.05	1.13	673.26
	ป่าไม้	7.44	206.84	3.30	0.01	0.08	217.67
	พื้นที่ผสม	10.66	0.85	27.9	0.11	0.08	39.6
	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	0.24	0.03	0.04	32.86	0.03	33.2
	แหล่งน้ำ	3.52	0.47	0.15	0.16	20.66	24.96
	รวม	681.29	219.11	33.12	33.19	21.98	988.69



คำอธิบายสัญลักษณ์

1	เกษตรกรรม - เกษตรกรรม	14	พื้นที่ผสม - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง
2	เกษตรกรรม - ป่าไม้	15	พื้นที่ผสม - แหล่งน้ำ
3	เกษตรกรรม - พื้นที่ผสม	16	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - เกษตรกรรม
4	เกษตรกรรม - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง	17	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - ป่าไม้
5	เกษตรกรรม - แหล่งน้ำ	18	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - พื้นที่ผสม
6	ป่าไม้ - เกษตรกรรม	19	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง
7	ป่าไม้ - ป่าไม้	20	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - แหล่งน้ำ
8	ป่าไม้ - พื้นที่ผสม	21	แหล่งน้ำ - เกษตรกรรม
9	ป่าไม้ - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง	22	แหล่งน้ำ - ป่าไม้
10	ป่าไม้ - แหล่งน้ำ	23	แหล่งน้ำ - พื้นที่ผสม
11	พื้นที่ผสม - เกษตรกรรม	24	แหล่งน้ำ - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง
12	พื้นที่ผสม - ป่าไม้	25	แหล่งน้ำ - แหล่งน้ำ
13	พื้นที่ผสม - พื้นที่ผสม		

ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543-2550 ด้วยวิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา มีข้อเด่นคือ ลดความยุ่งยากซับซ้อนของการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี และผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทหนึ่งไปเป็นประเภทหนึ่งได้ แต่ก็มีข้อจำกัดคือ ความถูกต้องแม่นยำของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้จะขึ้นกับความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมทั้งสองช่วงเวลา ถ้าการจำแนกข้อมูลทั้งสองช่วงเวลามีความถูกต้องสูง ผลลัพธ์ที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา ก็จะมีค่าความถูกต้องมากขึ้น แต่ถ้าการจำแนกข้อมูลทั้งสองช่วงเวลามีความถูกต้องแม่นยำน้อย ผลลัพธ์ที่ได้รับก็จะมีค่าความถูกต้องน้อยลงไปด้วย ดังนั้น การจำแนกข้อมูลทั้งสองช่วงเวลาจึงมีความสำคัญต่อการศึกษารูปการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา เป็นอย่างมาก รวมทั้ง การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสองครั้งเป็นการเพิ่มขึ้นตอนและความยุ่งยากในการทำงานที่มากขึ้น

4.3.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

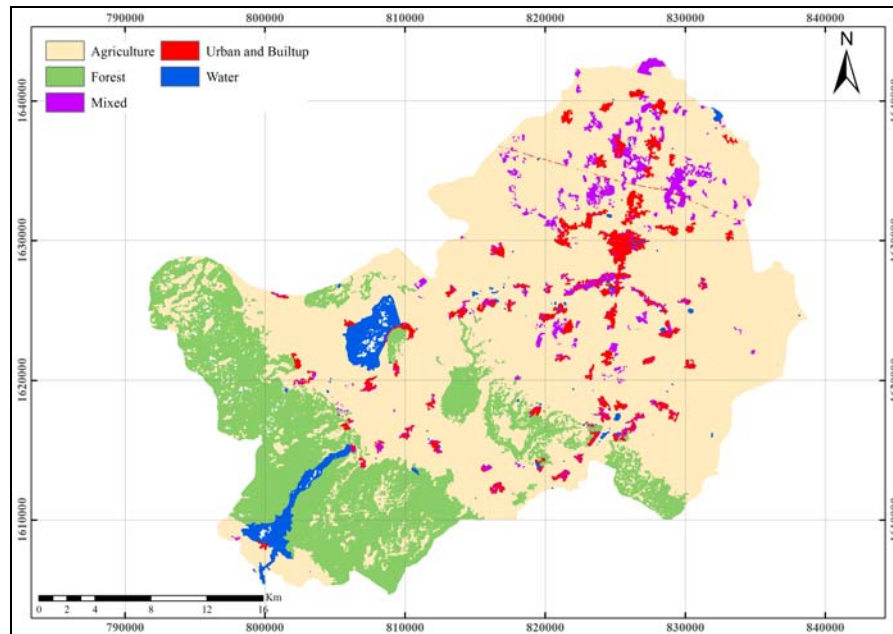
ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น นำเอาข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมในปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ที่แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหลักออกเป็น 5 ประเภท ในหัวข้อ 4.4.3 มาใช้เป็นข้อมูลเริ่มต้นในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตามผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ในหัวข้อ 4.4.2 ที่ได้จากการคำนวณความแตกต่างของข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูล Landsat-TM ทั้งสองช่วงเวลา ดังแสดงในภาพที่ 4.20 และ 4.21 ผลการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มีดังต่อไปนี้

การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่รวม 12.15 5.28 0.29 และ 1.40 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่รวม 8.96 0.02 0.03 และ 0.08 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ผสมไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำคิดเป็นเนื้อที่รวม 1.90 0.01 3.47 และ 0.01 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม และพื้นที่แหล่งน้ำคิดเป็นพื้นที่ 0.37 0.04 3.15 และ 0.03 ตารางกิโลเมตร และการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่แหล่งน้ำไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม และพื้นที่ชุมชนและ

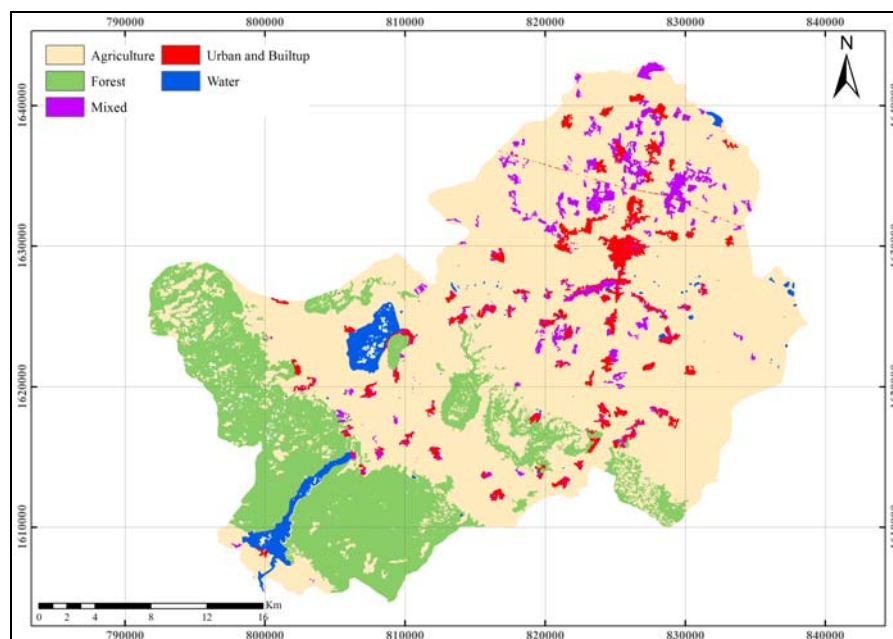
สิ่งปลูกสร้าง คิดเป็นพื้นที่ 3.83 0.44 0.05 และ 0.15 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ดังสรุปในตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.22

ตารางที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

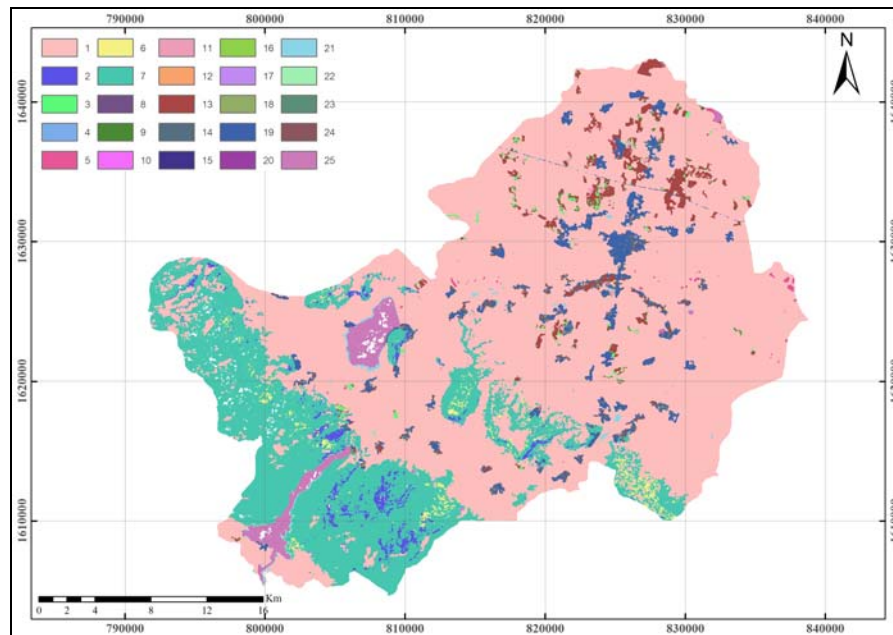
	การเปลี่ยนแปลง (พื้นที่: ตร.กม.)	การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดินปี พ.ศ. 2550					รวม
		เกษตรกรรม	ป่าไม้	พื้นที่ ผสม	ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	แหล่ง น้ำ	
การใช้ประโยชน์ที่ดินและ สิ่งปลูกคลุมดินปี พ.ศ. 2543	เกษตรกรรม	662.98	12.15	5.28	0.29	1.40	682.1
	ป่าไม้	8.96	204.56	0.02	0.03	0.08	213.65
	พื้นที่ผสม	1.90	0.01	24.13	3.47	0.01	29.52
	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	0.37	0.04	3.15	29.69	0.03	33.28
	แหล่งน้ำ	3.83	0.44	0.05	0.15	19.01	23.48
	รวม	678.04	217.2	32.63	33.63	20.53	982.03



ภาพที่ 4.20 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 เฉพาะบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.21 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 เฉพาะบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลง



คำอธิบายสัญลักษณ์

1	เกษตรกรรม – เกษตรกรรม	14	พื้นที่ผสม – ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง
2	เกษตรกรรม – ป่าไม้	15	พื้นที่ผสม – แหล่งน้ำ
3	เกษตรกรรม – พื้นที่ผสม	16	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - เกษตรกรรม
4	เกษตรกรรม – ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง	17	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง – ป่าไม้
5	เกษตรกรรม – แหล่งน้ำ	18	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง – พื้นที่ผสม
6	ป่าไม้ – เกษตรกรรม	19	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง
7	ป่าไม้ – ป่าไม้	20	ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง – แหล่งน้ำ
8	ป่าไม้ – พื้นที่ผสม	21	แหล่งน้ำ – เกษตรกรรม
9	ป่าไม้ – ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง	22	แหล่งน้ำ – ป่าไม้
10	ป่าไม้ – แหล่งน้ำ	23	แหล่งน้ำ – พื้นที่ผสม
11	พื้นที่ผสม- เกษตรกรรม	24	แหล่งน้ำ - ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง
12	พื้นที่ผสม – ป่าไม้	25	แหล่งน้ำ – แหล่งน้ำ

ภาพที่ 4.22 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543-2550 ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น มีข้อเด่นคือ ลดขั้นตอนการทำงาน โดยที่ไม่ต้องผ่านขั้นตอนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี อีกทั้งผลที่ได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงยังสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่งได้เช่นเดียวกับวิธีตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลในสองช่วงเวลา แต่เทคนิคนี้มีข้อจำกัดคือ ขั้นตอนในการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงมีความซับซ้อน มีการเพิ่มขั้นตอนในการทำงานมากขึ้นทำให้ใช้เวลาในการวิเคราะห์มากขึ้นด้วย และผู้ศึกษาต้องให้ความสนใจและระมัดระวังเป็นพิเศษใน ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งได้จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพราะผลที่ได้จากขั้นตอนนี้มีผลต่อความถูกต้องของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้น เพราะฉะนั้นหากมีความผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการศึกษาที่ลดลงไปด้วย

4.3.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

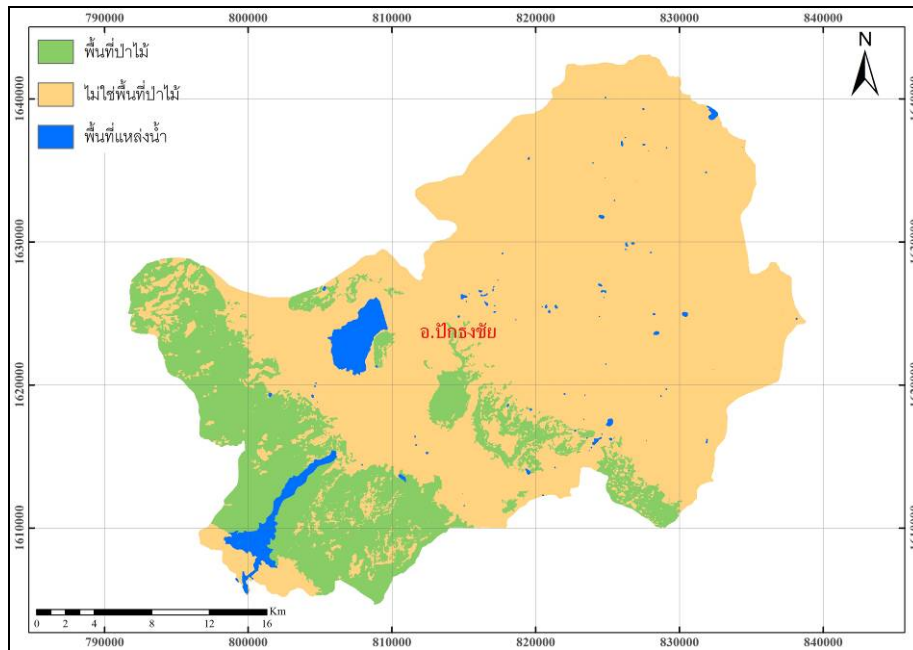
ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้นที่อาศัยการแปลตีความภาพออร์โทสี บันทึกข้อมูลปี พ.ศ. 2543 เป็นข้อมูลอ้างอิงในเวลาเริ่มต้นโดยจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่มิใช่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ ซึ่งประยุกต์ตามระบบการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2547 (ภาพที่ 4.23) และการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 โดยการจำแนกแบบควบคุม (ภาพที่ 4.24) มาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 สรุปได้ดังนี้

พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่มิใช่ป่าไม้คิดเป็นเนื้อที่ 9.0300 ตารางกิโลเมตร และเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่แหล่งน้ำคิดเป็นเนื้อที่ 0.0763 ตารางกิโลเมตร พื้นที่มิใช่ป่าไม้เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 12.2125 ตารางกิโลเมตร และเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่ 0.8169 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นเนื้อที่ 0.4375 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่มิใช่ป่าไม้ คิดเป็นเนื้อที่ 4.0381 ตารางกิโลเมตร ดังสรุปในตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.25

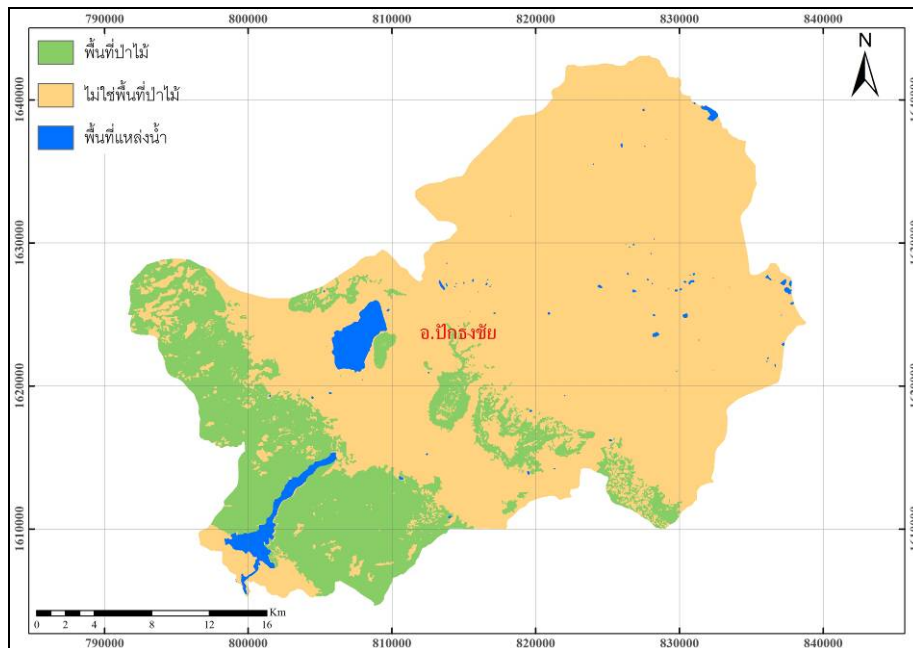
ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุกิติภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

การเปลี่ยนแปลง (พื้นที่: ตร.กม.)		การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550			
		พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่มีไร่ป่าไม้	พื้นที่แหล่งน้ำ	รวม
การใช้ประโยชน์ ที่ดินและสิ่งปก คลุมดินปี พ.ศ. 2543	พื้นที่ป่าไม้	207.5763	9.0300	0.0763	216.6826
	พื้นที่มีไร่ป่าไม้	12.2125	733.3931	0.8169	746.4225
	พื้นที่แหล่งน้ำ	0.4375	4.0381	20.5944	25.07
	รวม	220.2263	746.4612	21.4876	988.1751

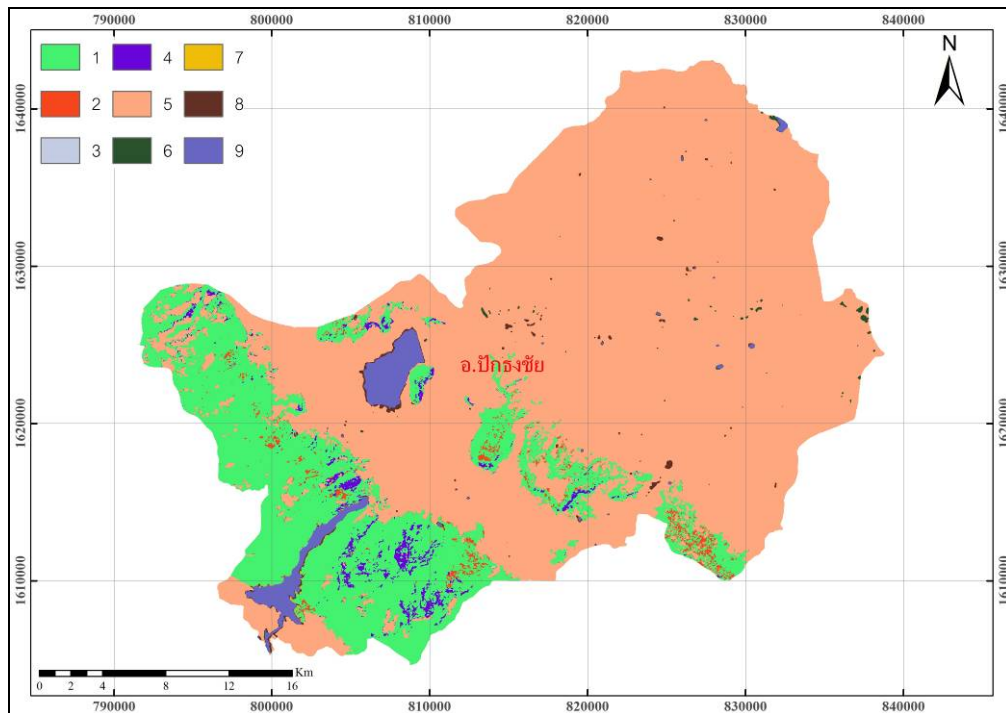
ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคอาศัยข้อมูลทุกิติภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้นมีข้อเด่นคือ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นประเภทหนึ่งได้ และในขั้นตอนของการวิเคราะห์ทำการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนในการทำงานให้น้อยลง แต่ข้อจำกัดของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคนี้คือ ความถูกต้องแม่นยำของการศึกษาจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูลทุกิติภูมิที่นำมาใช้ในการอ้างอิง หากข้อมูลทุกิติภูมิมีความถูกต้อง แม่นยำ หรือมีความน่าเชื่อถือ ผลที่ได้จากการศึกษาก็จะมีถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ดังนั้น ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยเทคนิคอาศัยข้อมูลทุกิติภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น การเลือกใช้ข้อมูลทุกิติภูมิสำหรับอ้างอิงเป็นสิ่งสำคัญของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคนี้ ผู้ศึกษาควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษในการเลือกใช้ข้อมูลทุกิติภูมิสำหรับใช้ในการอ้างอิง



ภาพที่ 4.23 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 จากข้อมูลภาพออร์โทสตี



ภาพที่ 4.24 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550 จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM



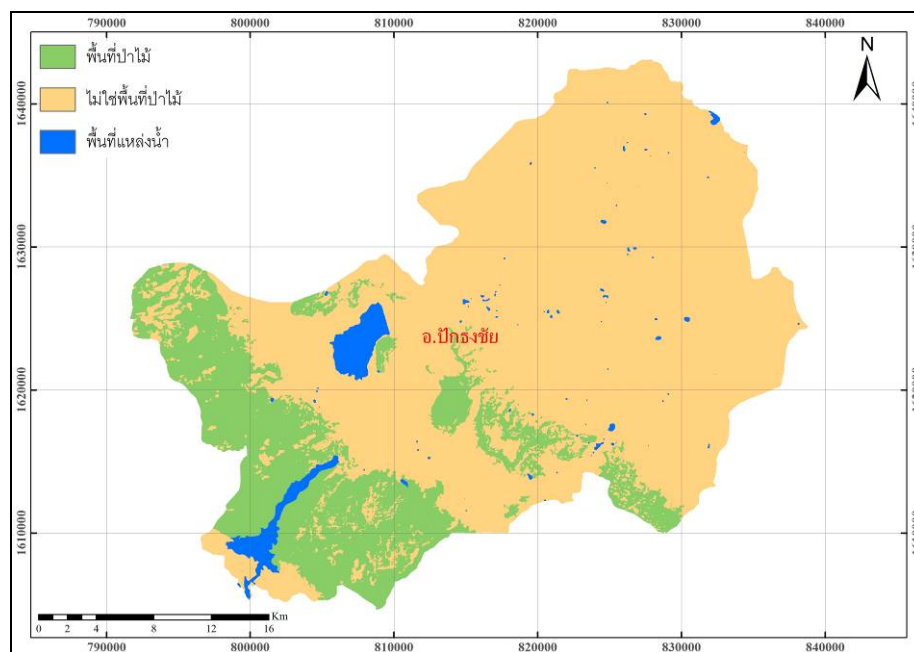
คำอธิบายสัญลักษณ์

- 1 พื้นที่ป่าไม้ – พื้นที่ป่าไม้
- 2 พื้นที่ป่าไม้ – พื้นที่มิใช่ป่าไม้
- 3 พื้นที่ป่าไม้ – พื้นที่แหล่งน้ำ
- 4 พื้นที่มิใช่ป่าไม้ – พื้นที่ป่าไม้
- 5 พื้นที่มิใช่ป่าไม้ – พื้นที่มิใช่ป่าไม้
- 6 พื้นที่มิใช่ป่าไม้ – พื้นที่แหล่งน้ำ
- 7 พื้นที่แหล่งน้ำ – พื้นที่ป่าไม้
- 8 พื้นที่แหล่งน้ำ – พื้นที่มิใช่ป่าไม้
- 9 พื้นที่แหล่งน้ำ – พื้นที่แหล่งน้ำ

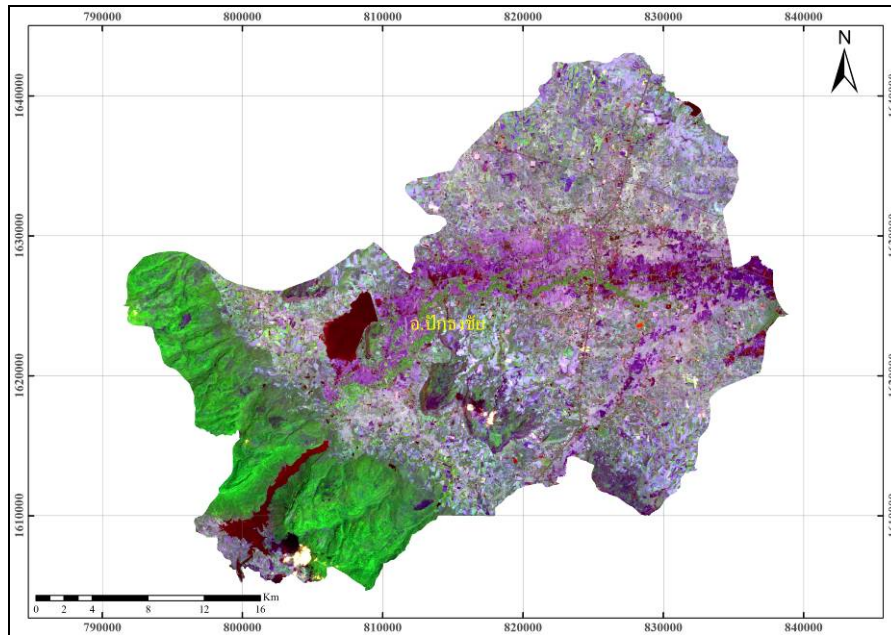
ภาพที่ 4.25 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543-2550 ด้วยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

4.3.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม

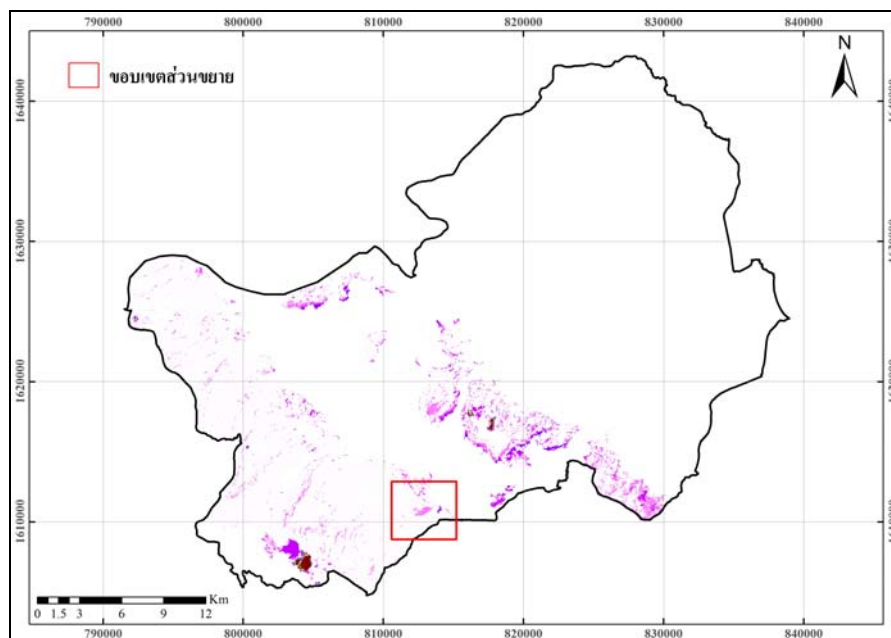
ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วมที่อาศัยการแปลตีความภาพออร์โทลิบ์นติกข้อมูลปี พ.ศ. 2543 โดยจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่มิใช่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำ ที่ประยุกต์ตามระบบการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมปี พ.ศ. 2547 และใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 มาใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ภาพที่ 4.26 และภาพที่ 4.27 และผลการคำนวณค่า Z ของพื้นที่ป่าไม้แสดงไว้ในภาพที่ 4.28



ภาพที่ 4.26 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2543 จากข้อมูลภาพออร์โทลิบ์นติก



ภาพที่ 4.27 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 แบนด์ 2 4 7

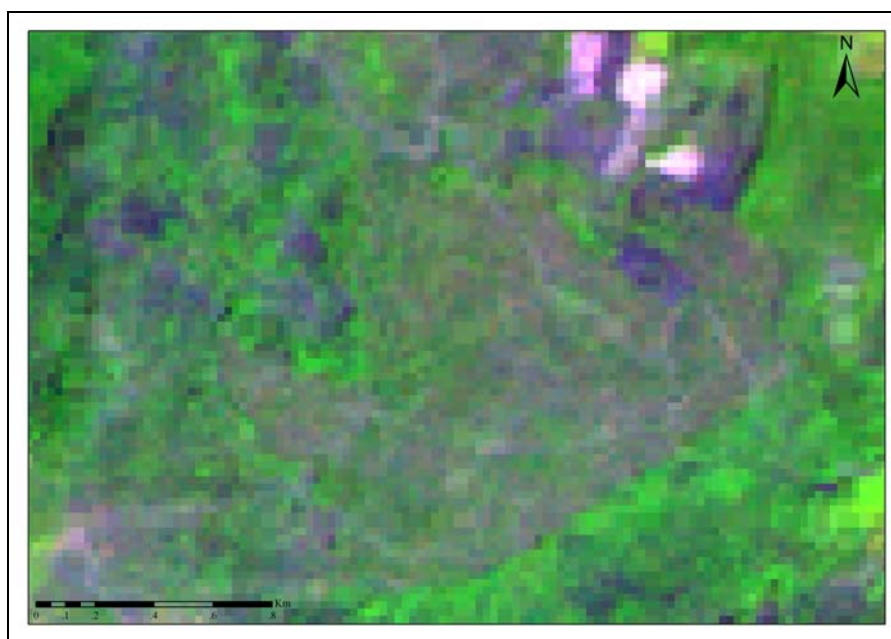


ภาพที่ 4.28 ข้อมูลค่า Z ของพื้นที่ป่าไม้ที่ได้จากการคำนวณ

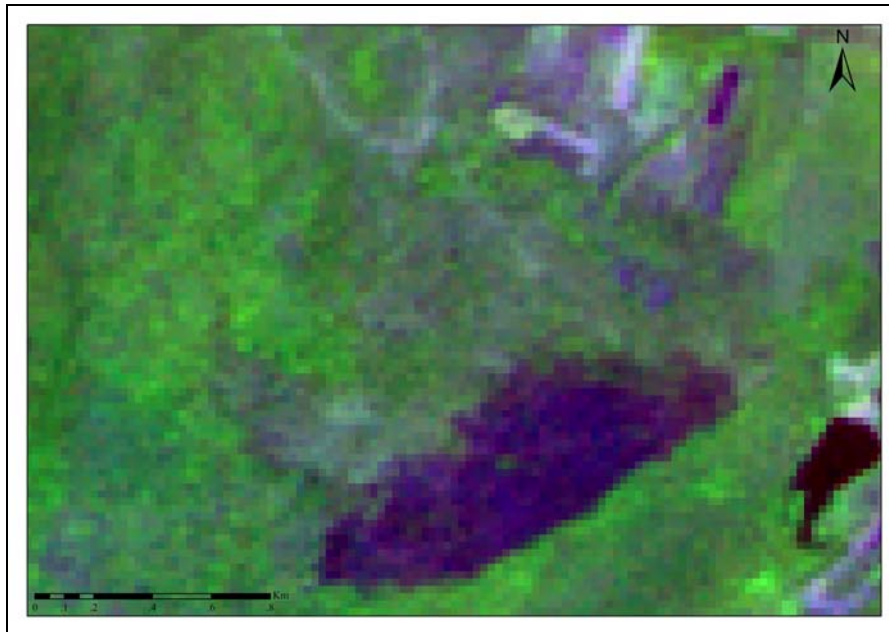
จากผลที่ได้จากการคำนวณค่า Z ตามประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ทั้ง 3 ประเภท (พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่มิใช่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ) และการกำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลงของแต่ละประเภท เพื่อระบุการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่เกิดขึ้นในแต่ละประเภท ระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มีผลการศึกษารูป ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้

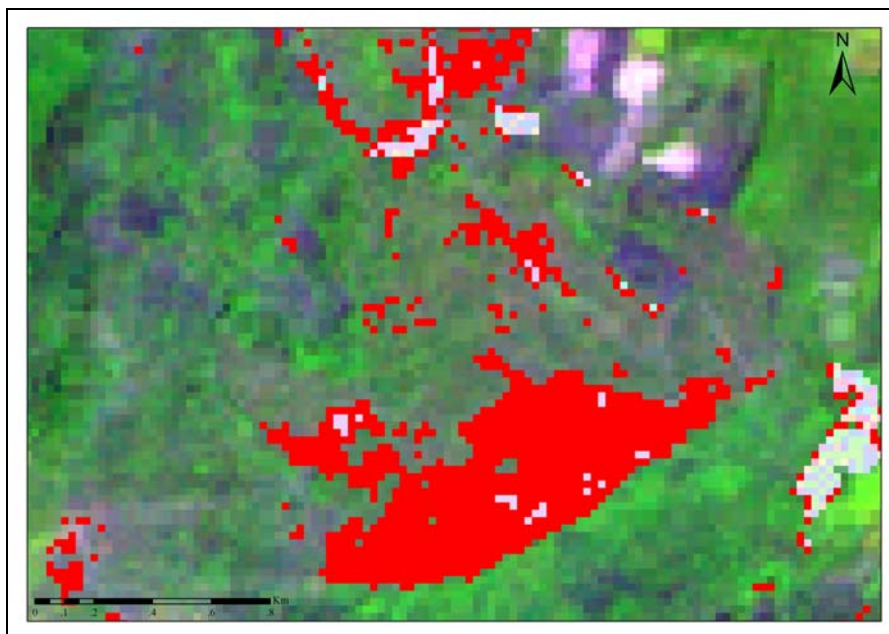
การกำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าไม้ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้เกิดขึ้นตั้งแต่ ค่า Z ที่มีค่าเท่ากับ 5 ดังผลที่แสดงในภาพที่ 4.29-4.31 ที่สามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ได้ชัดเจนบริเวณเชิงเขาที่วางตัวทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งพบว่าพื้นที่ดังกล่าวถูกไฟไหม้ (ภาพที่ 4.30)



ภาพที่ 4.29 พื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 ในบริเวณที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด



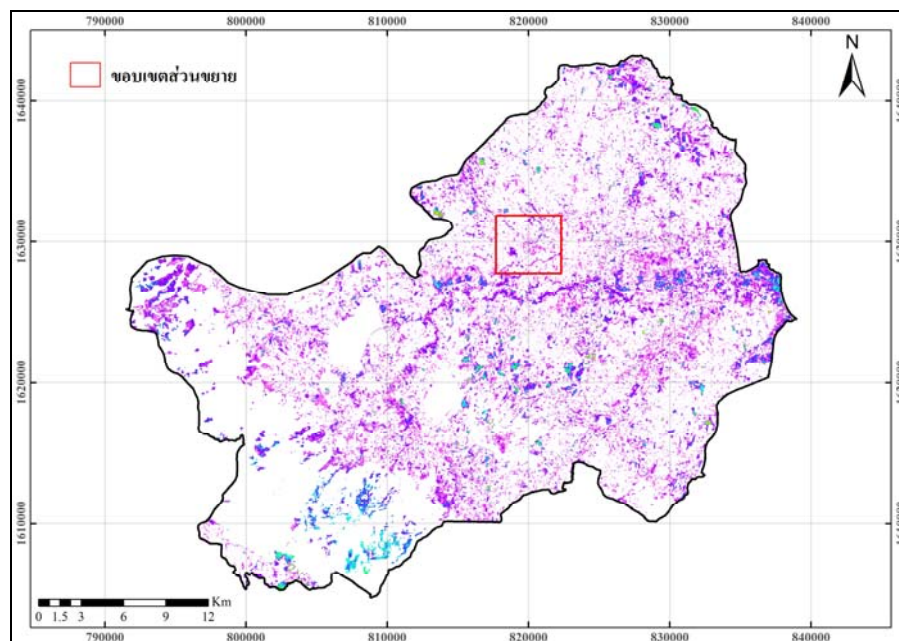
ภาพที่ 4.30 พื้นที่ป่าไม้ปี พ.ศ. 2550 ในบริเวณที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด



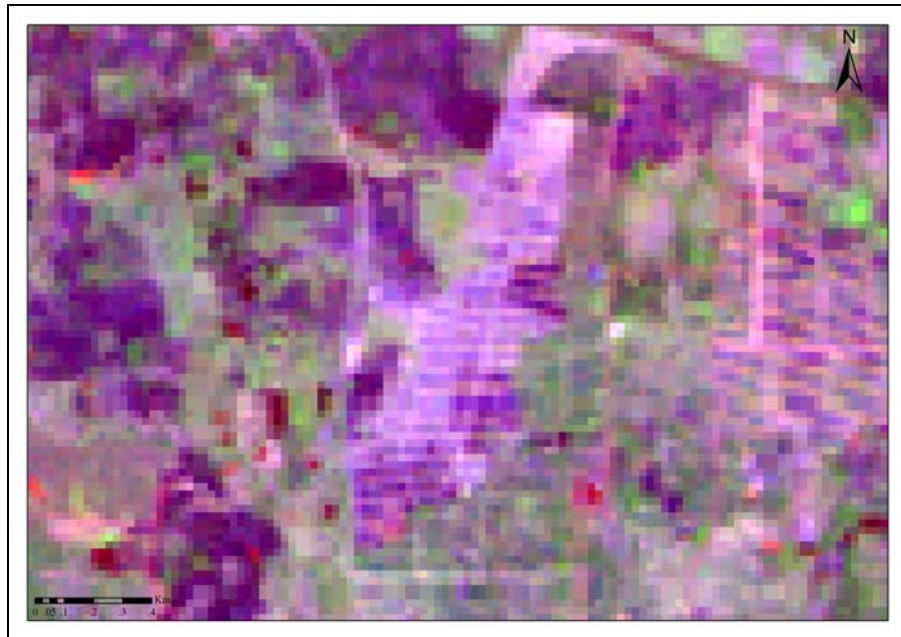
ภาพที่ 4.31 ข้อมูลภาพที่กำหนดค่าดั้งเดิมของการเปลี่ยนแปลง พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่ป่าไม้ ที่ตรวจสอบได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม

2) การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่มีไชป่าไม้

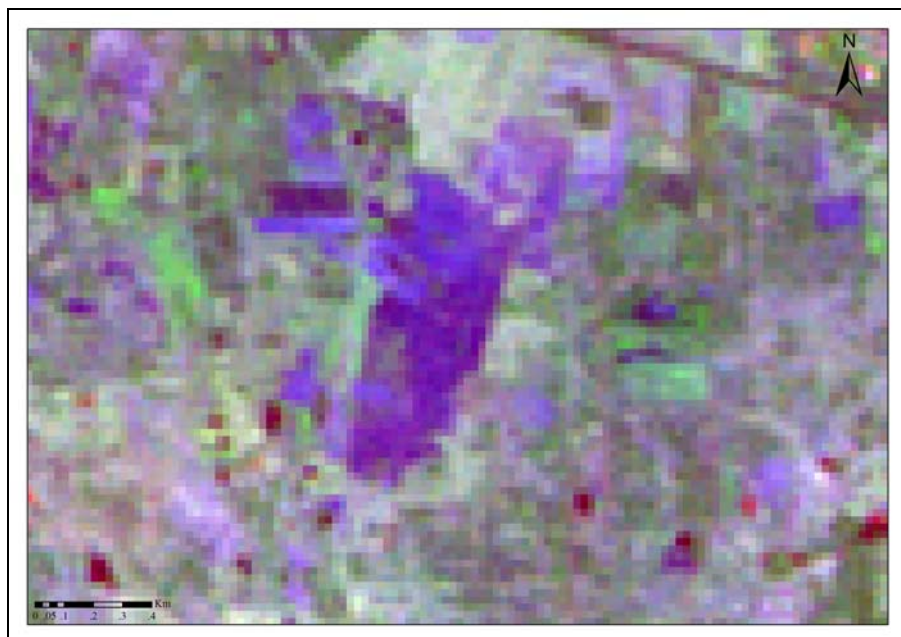
การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่มีไชป่าไม้ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกระจายทั่วทั้งพื้นที่ (ภาพที่ 4.32) ทั้งนี้ เพราะการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีชนิดพืชที่หลากหลายและมีการเพาะปลูกในเวลาที่แตกต่างกัน จึงทำให้ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับจัดกระจายไปทั่วทั้งพื้นที่ โดยการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่มีไชป่าไม้ เกิดขึ้นตั้งแต่ ค่า Z ที่มีค่าเท่ากับ 10 ดังแสดงใน ภาพที่ 4.33 ภาพที่ 4.34 และภาพที่ 4.35



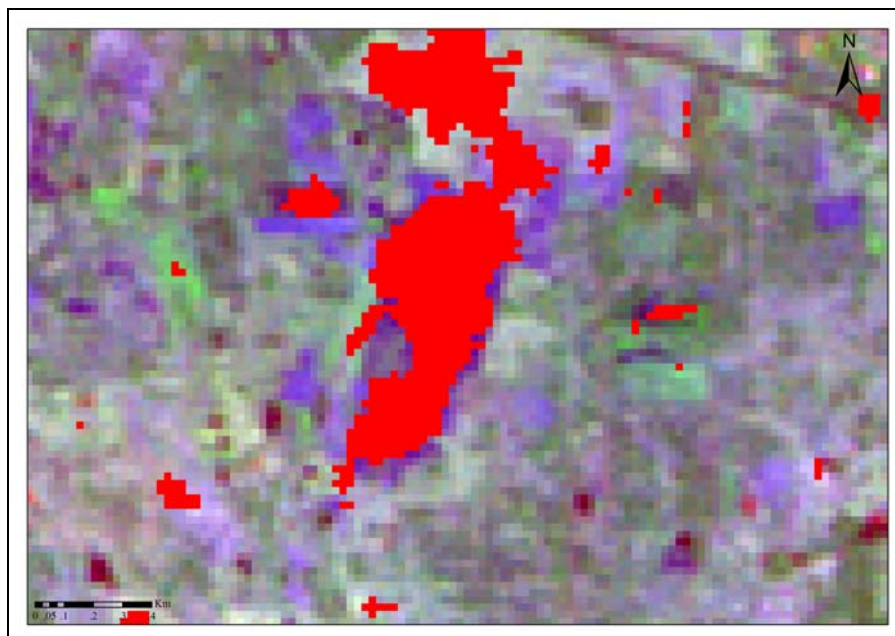
ภาพที่ 4.32 ข้อมูลค่า Z ของพื้นที่มีไชป่าไม้จากการคำนวณ



ภาพที่ 4.33 พื้นที่มิโซป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 ในบริเวณที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด



ภาพที่ 4.34 พื้นที่มิโซป่าไม้ปี พ.ศ. 2550 ในบริเวณที่ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัด



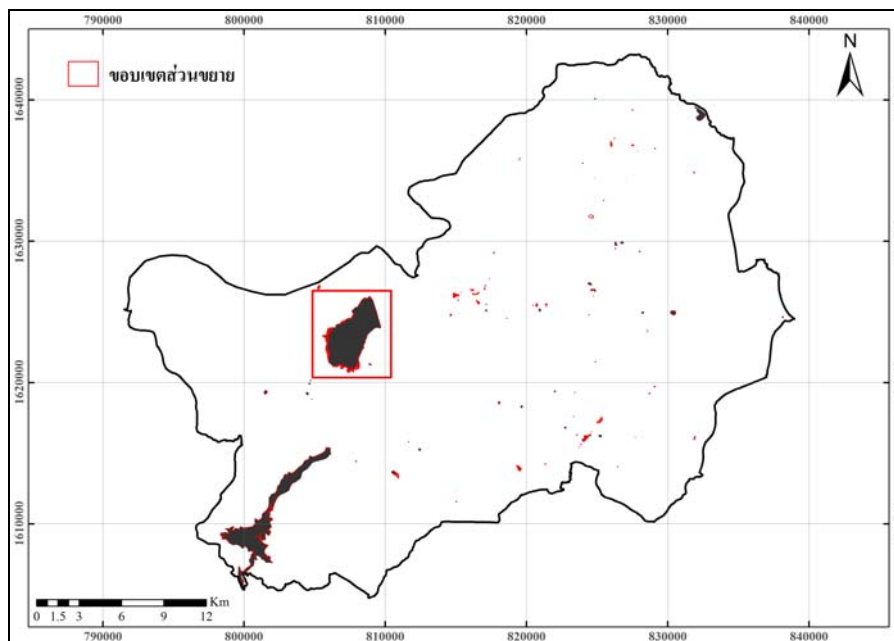
ภาพที่ 4.35 ข้อมูลภาพที่กำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลง พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณพื้นที่มิใช่ป่าไม้ ที่ตรวจสอบได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม

3) การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำ

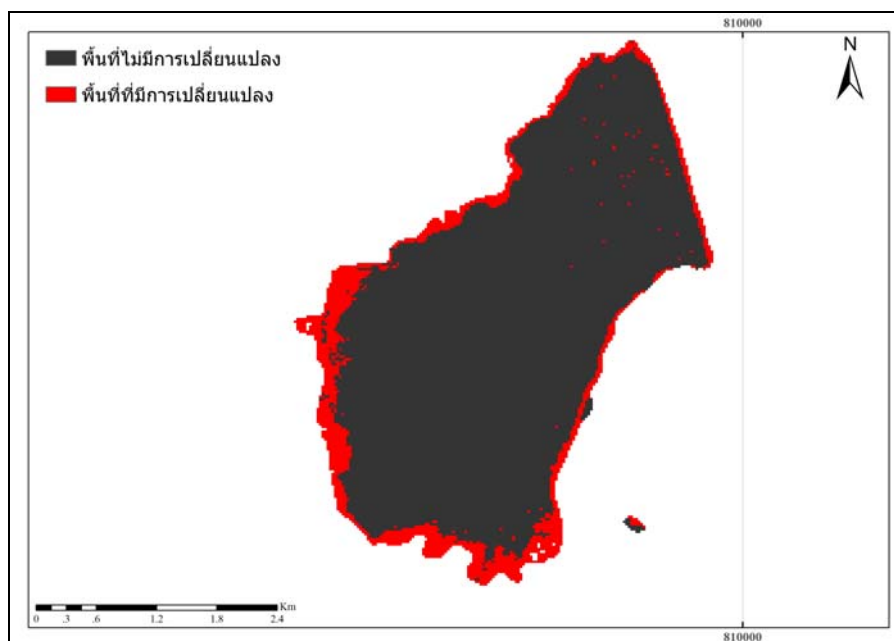
การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่แหล่งน้ำ พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในบริเวณอ่างเก็บน้ำลำสาละย และเขื่อนลำพระเพลิง อย่างชัดเจน โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 เกิดขึ้นตั้งแต่ ค่า Z ที่มีค่าเท่ากับ 57 ดังแสดงใน ภาพที่ 4.36 และ 4.37 ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากการลดลงของระดับน้ำปี พ.ศ. 2550

4.3.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

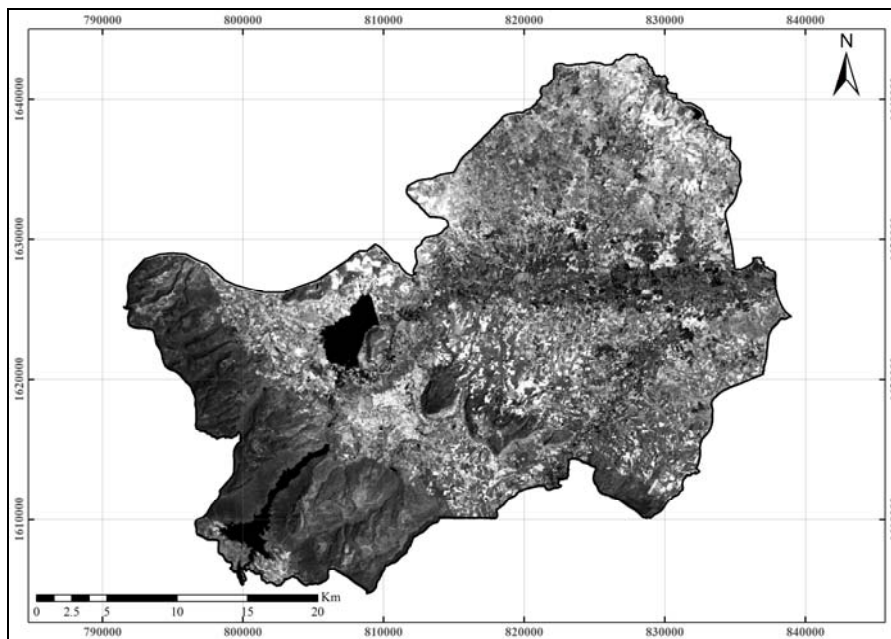
ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น ที่ประยุกต์เอาสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) มาใช้ในการจัดสร้างแบนด์ใหม่ ประกอบด้วย แบนด์ของพืชพรรณ และแบนด์ของที่โล่งทั้งปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ดังแสดงในภาพที่ 4.38-4.41 ตามลำดับ แล้วนำข้อมูลทั้งสองมาผ่านกระบวนการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของเวกเตอร์ตามสมการที่ 3.5 ได้ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในภาพที่ 3.42



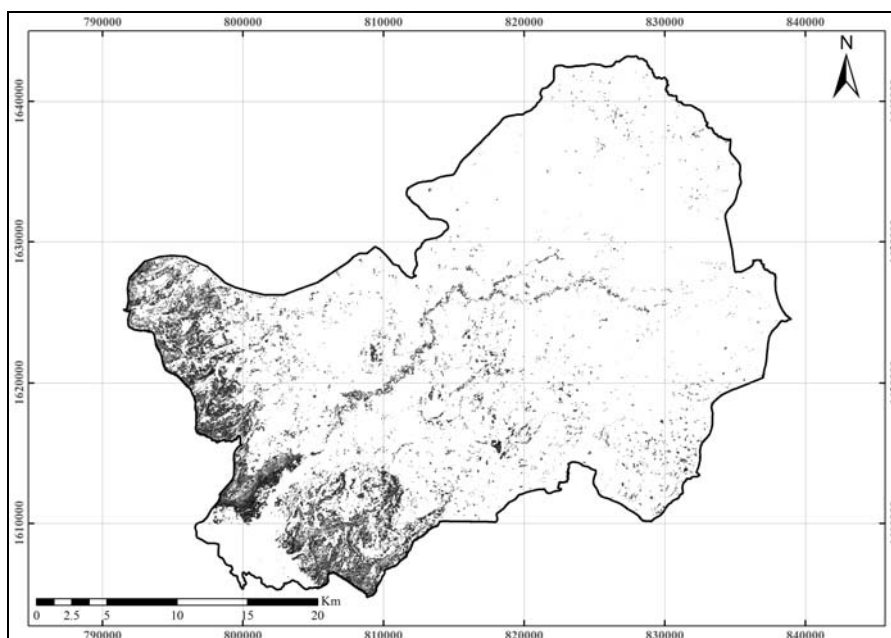
ภาพที่ 4.36 ข้อมูลค่า Z ของพื้นที่แหล่งน้ำที่ได้จากการคำนวณ



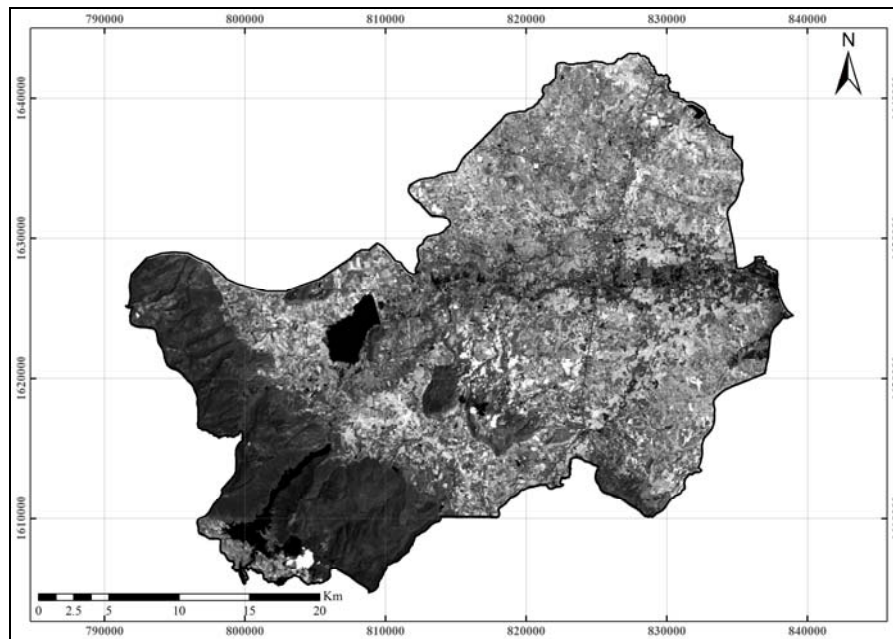
ภาพที่ 4.37 ข้อมูลภาพที่กำหนดค่าตั้งต้นของการเปลี่ยนแปลง พื้นที่สีแดง คือ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบริเวณอ่างเก็บน้ำลำสาละาย ที่ตรวจสอบได้จากเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม



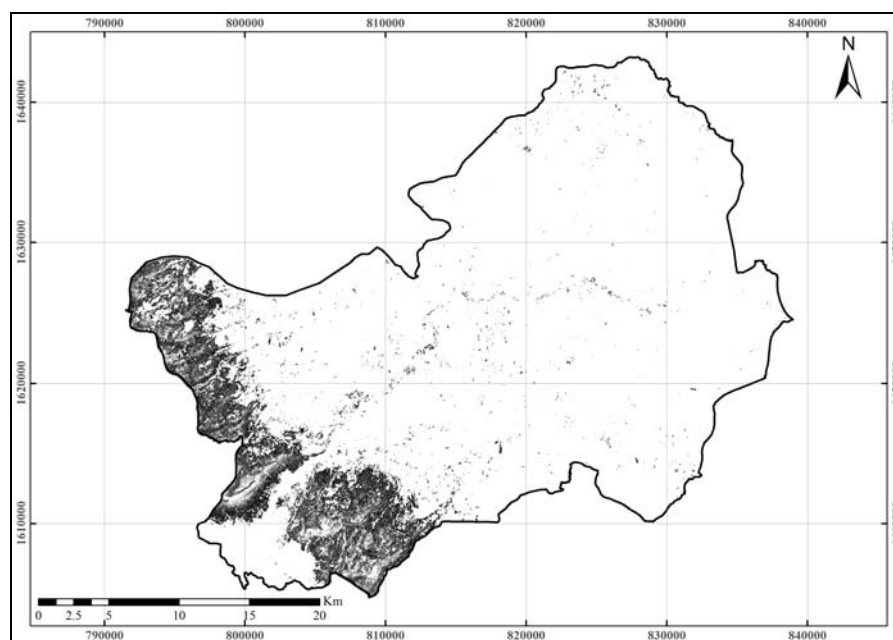
ภาพที่ 4.38 แบนด์ของพื้นที่โล่ง ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2543



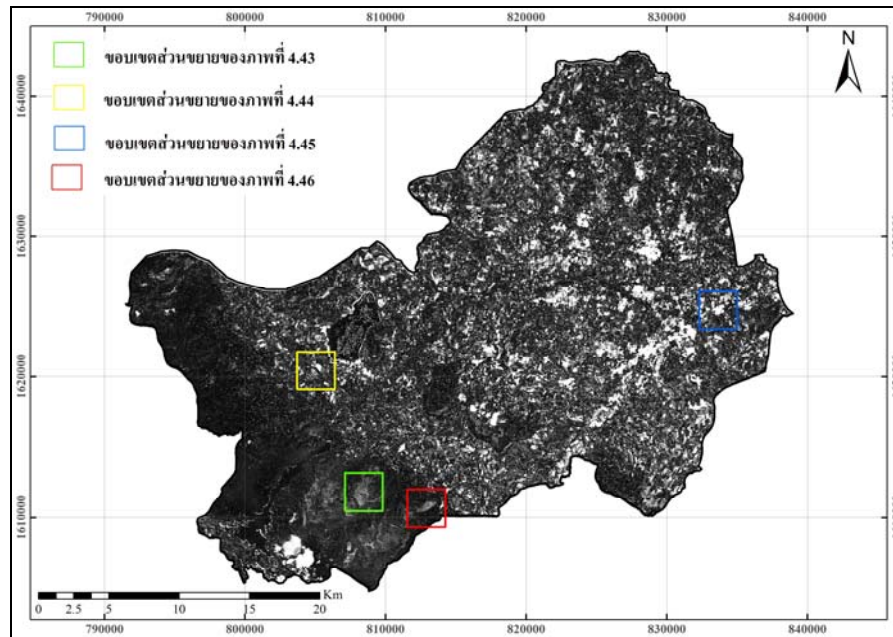
ภาพที่ 4.39 แบนด์ของพืชพรรณ ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2543



ภาพที่ 4.40 แบนด์ของพื้นที่โล่ง ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2550

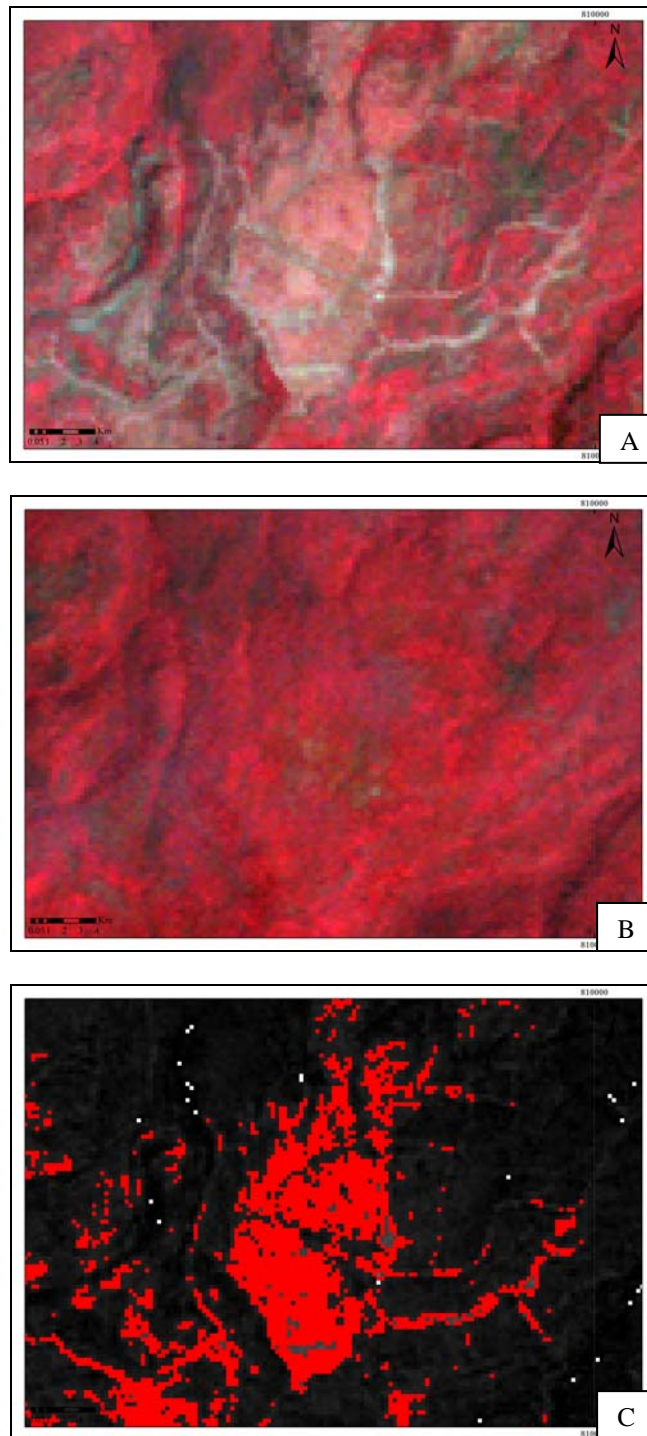


ภาพที่ 4.41 แบนด์ของพืชพรรณ ที่คำนวณตามสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) ปี พ.ศ. 2550



ภาพที่ 4.42 ข้อมูลภาพที่แสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เวกเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น พบว่า สามารถตรวจสอบประเภทของการเปลี่ยนแปลงได้ 4 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วย (1) พื้นที่ป่าไม้ที่ฟื้นฟูลงใหม่ และ (2) พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย (3) พื้นที่ที่มีมวลชีวภาพลดลง และ (4) พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกไฟไหม้ (ดูตารางที่ 3.2 ประกอบ) โดยมีค่าพิสัยของค่าประจำจุดภาพของแต่ละประเภท ระหว่าง 31-40 66-84 75-105 และ 25-40 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.42 ถึง 4.46 โดยพบว่า ค่าพิสัยของพื้นที่ป่าที่ถูกทำลาย และพื้นที่ที่มีมวลชีวภาพลดลงมีค่าประจำจุดภาพคาบเกี่ยวกัน (75-84) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ 2 ประเภทมีลักษณะใกล้เคียงกัน โดยพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายไม่ได้ถูกตัดแบบโล่งเตียน ในขณะเดียวกัน พื้นที่ที่มีมวลชีวภาพลดลงเป็นบริเวณของพื้นที่ทิ้งร้างทางการเกษตรในปี พ.ศ. 2543 ที่มีวัชพืชและหญ้าปกคลุม และถูกนำมาใช้ทำการเกษตรในปี พ.ศ. 2550 ที่มีการเตรียมพื้นที่สำหรับเพาะปลูก

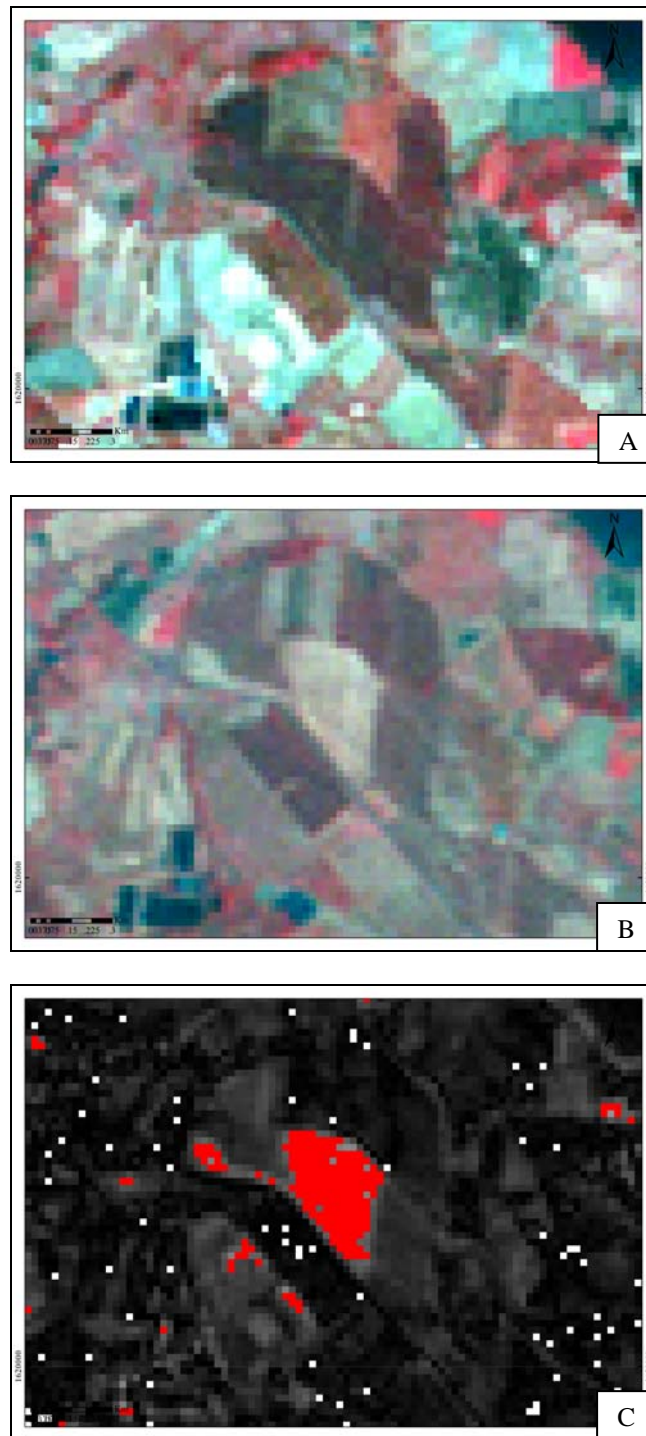


ภาพที่ 4.43 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าที่ฟื้นฟูป่าใหม่ที่ได้จากการวิเคราะห์
เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

ภาพ 4.43A สภาพพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543

ภาพ 4.43B สภาพพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2550

ภาพ 4.43C สภาพการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจสอบได้

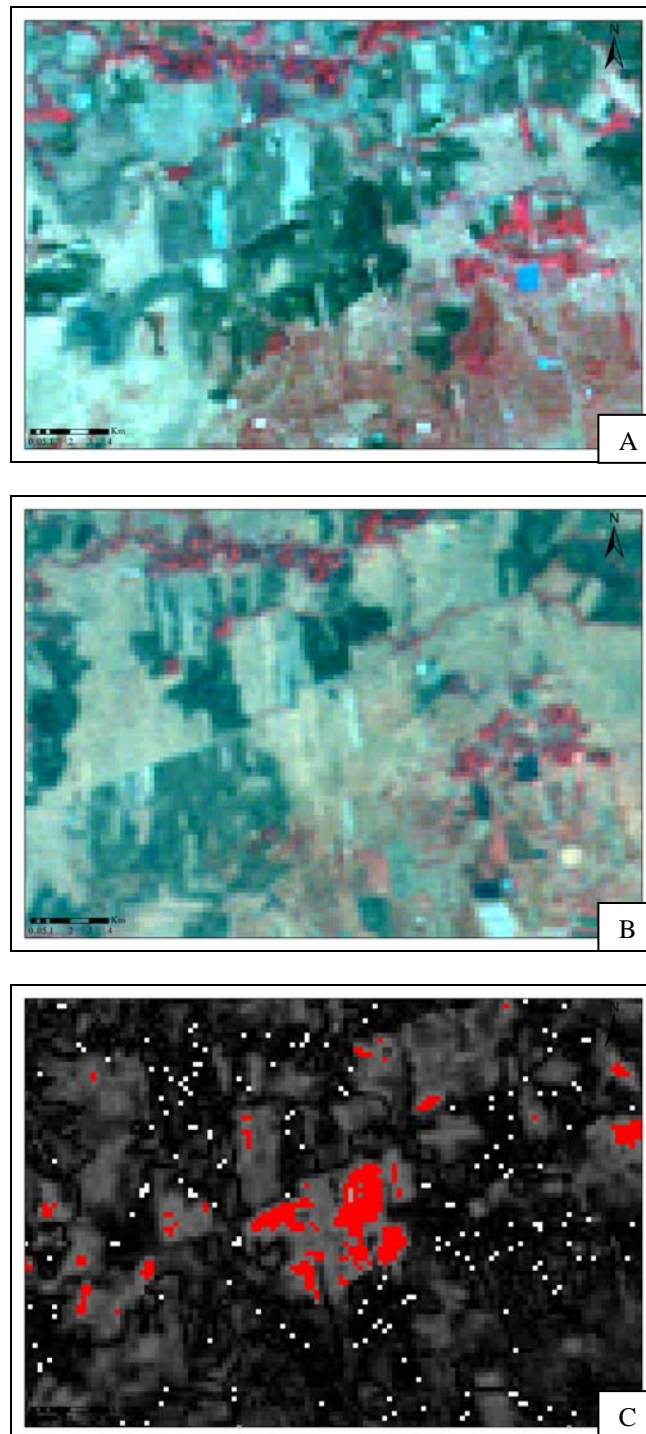


ภาพที่ 4.44 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลายที่ได้จากการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

ภาพ 4.44A สภาพพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543

ภาพ 4.44B สภาพพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2550

ภาพ 4.44C สภาพการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจสอบได้

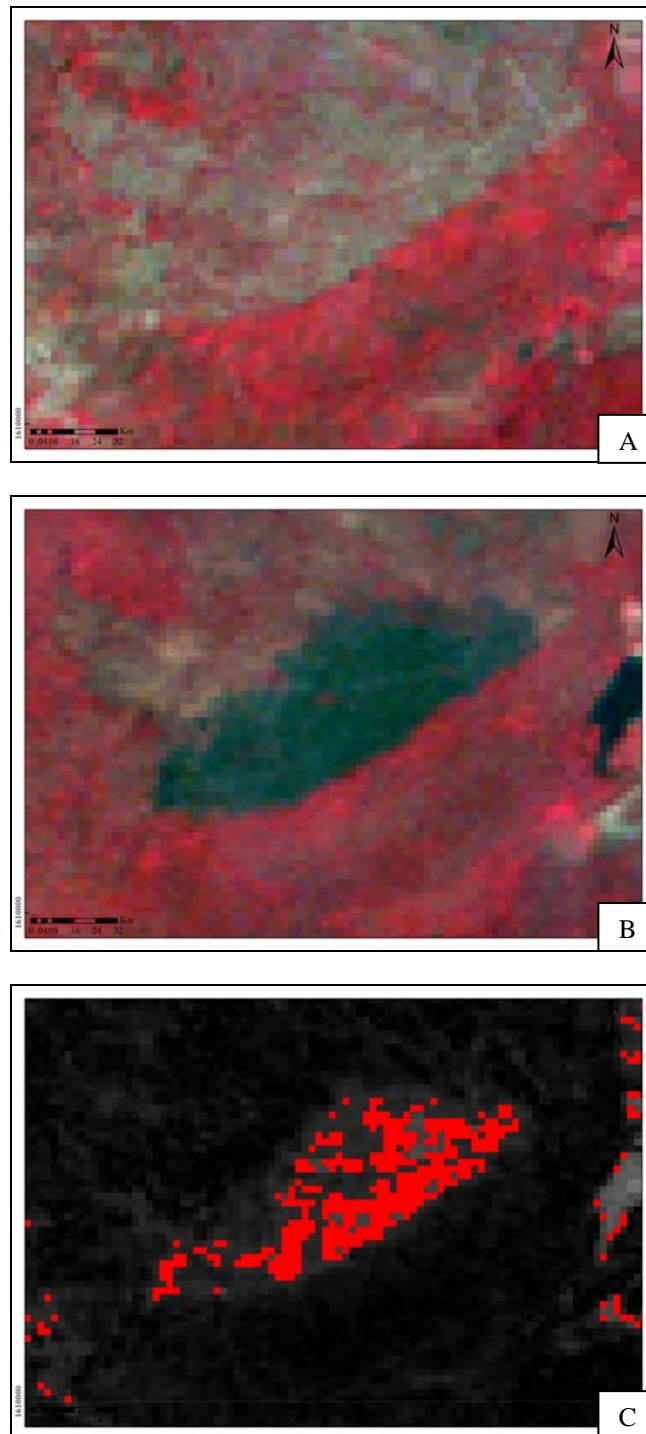


ภาพที่ 4.45 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ที่มวลชีวภาพลดลงที่ได้จากการวิเคราะห์
เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

ภาพ 4.45A สภาพพื้นที่เกษตรในปี พ.ศ. 2543

ภาพ 4.45B สภาพพื้นที่เกษตรในปี พ.ศ. 2550

ภาพ 4.45C สภาพการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจสอบได้



ภาพที่ 4.46 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ถูกไฟไหม้ที่ได้จากการวิเคราะห์
เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

ภาพ 4.46A สภาพพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2543

ภาพ 4.46B สภาพพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2550

ภาพ 4.46C สภาพการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจสอบได้

4.4 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

การตรวจสอบความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขพิจารณา ดำเนินการเฉพาะเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลง ประเภทการจำแนกในลักษณะ Form-To ได้ ประกอบด้วย (1) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก ผลการจำแนกข้อมูล 2 ช่วงเวลา (2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และ (3) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูล อ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น สรุปผลได้ดังนี้

4.4.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

ผลการประเมินความถูกต้องการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา ของประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จำนวน 25 ประเภท มีจำนวนจุดตัวอย่างเท่ากับ 236 จุด ให้ผลความถูกต้องรวม เท่ากับ 86.02 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 69.80 เปอร์เซ็นต์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.14 สำหรับ รายละเอียดตำแหน่งของจุดตัวอย่างและผลการประเมินความถูกต้องแต่ละจุดสำรวจ แสดงไว้ใน ภาคผนวก ก

4.4.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ผลการประเมินความถูกต้องการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ที่มีจำนวนประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 25 ประเภท และจำนวนจุดตัวอย่างเท่ากับ 236 จุด ให้ผลความถูกต้องรวม เท่ากับ 88.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 73.97 เปอร์เซ็นต์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.15 สำหรับรายละเอียดตำแหน่งของจุดตัวอย่างและผลการประเมินความถูกต้องแต่ละจุดสำรวจ แสดง ไว้ในภาคผนวก ก

4.4.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลา เริ่มต้น

ผลการประเมินความถูกต้องการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็น ข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น ที่มีจำนวนประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและ สิ่งปกคลุมดิน 9 ประเภท และจำนวนจุดตัวอย่างเท่ากับ 166 จุด ให้ผลความถูกต้องรวม เท่ากับ 91.57 เปอร์เซ็นต์ และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 79.28 เปอร์เซ็นต์ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.16 สำหรับรายละเอียดตำแหน่งของจุดตัวอย่างและผลการประเมินความถูกต้องแต่ละจุดสำรวจ แสดงไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.14 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

	เกษตรกรรม	ป่าไม้	พื้นที่ผสม	ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	แหล่งน้ำ	รวม
เกษตรกรรม	135	14	1	8	5	163
ป่าไม้	-	52	-	-	-	52
พื้นที่ผสม	-	-	5	3	-	8
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	2	-	-	6	-	8
แหล่งน้ำ	-	-	-	-	5	5
รวม	137	66	6	17	10	236

ความถูกต้องโดยรวม = $203/236 = 86.02\%$

Producer's accuracy (Omission error)

เกษตรกรรม = $135/163 = 98.54\%$ 1.46% omission error
 ป่าไม้ = $52/66 = 78.79\%$ 21.21% omission error
 พื้นที่ผสม = $5/6 = 83.33\%$ 16.67% omission error
 ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง = $6/17 = 35.29\%$ 64.71% omission error
 แหล่งน้ำ = $5/10 = 50.00\%$ 50.00% omission error

User's Accuracy (Commission Error)

เกษตรกรรม = $135/163 = 82.82\%$ 17.18% commission error
 ป่าไม้ = $52/52 = 100.00\%$ 0.00% commission error
 พื้นที่ผสม = $5/8 = 62.50\%$ 37.50% commission error
 ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง = $6/8 = 75.00\%$ 25.00% commission error
 แหล่งน้ำ = $5/5 = 100.00\%$ 0.00% commission error

Kappa analysis: K_{hat} Coefficient of Agreement = 69.80%

ตารางที่ 4.15 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

	เกษตรกรรม	ป่าไม้	พื้นที่ผสม	ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	แหล่งน้ำ	รวม
เกษตรกรรม	141	10	3	9	-	163
ป่าไม้	1	50	1	-	-	52
พื้นที่ผสม	-	-	6	2	-	8
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	1	-	-	7	-	8
แหล่งน้ำ	-	-	-	-	5	5
รวม	143	60	10	18	5	236

ความถูกต้องโดยรวม = $209/236 = 88.56\%$

Producer's accuracy (Omission error)

เกษตรกรรม	=	141/143	= 98.60%	1.40% omission error
ป่าไม้	=	50/60	= 83.33%	16.67% omission error
พื้นที่ผสม	=	6/10	= 60.00%	40.00% omission error
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	=	7/18	= 38.89%	61.11% omission error
แหล่งน้ำ	=	5/5	= 100.00%	0.00% omission error

User's Accuracy (Commission Error)

เกษตรกรรม	=	141/163	= 86.50%	13.50% commission error
ป่าไม้	=	50/52	= 96.15%	3.85% commission error
พื้นที่ผสม	=	6/8	= 75.00%	25.00% commission error
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	=	7/8	= 87.50%	12.50% commission error
แหล่งน้ำ	=	5/5	= 100.00%	0.00% commission error

Kappa analysis: K_{hat} Coefficient of Agreement = 73.97%

ตารางที่ 4.16 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

	เกษตรกรรม	ป่าไม้	พื้นที่ผสม	รวม
พื้นที่ป่าไม้	35	2	-	37
พื้นที่มิใช่ป่าไม้	11	114	-	125
พื้นที่แหล่งน้ำ	-	1	3	4
รวม	46	117	3	166

ความถูกต้องโดยรวม = $152/166 = 91.57\%$

Producer's accuracy (Omission error)

พื้นที่ป่าไม้ = $35/46 = 76.09\%$ 23.91% omission error

พื้นที่มิใช่ป่าไม้ = $114/117 = 97.44\%$ 2.56% omission error

แหล่งน้ำ = $3/3 = 100.00\%$ 0.00% omission error

User's Accuracy (Commission Error)

พื้นที่ป่าไม้ = $35/37 = 94.59\%$ 5.41% commission error

พื้นที่มิใช่ป่าไม้ = $114/125 = 91.20\%$ 8.80% commission error

แหล่งน้ำ = $3/4 = 75.00\%$ 25.00% commission error

Kappa analysis: K_{hat} Coefficient of Agreement = 79.28%

4.5 ผลการประเมินความเหมาะสมเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข

ในการประเมินเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่พิจารณาจากขั้นตอนการทำงานของเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลข และผลการประเมินความถูกต้อง ประกอบด้วย (1) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (2) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (3) การระบุนการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนก ลักษณะ From-To (4) การจำแนกข้อมูลภาพ (5) ข้อมูลทุติยภูมิ (6) จำนวนขั้นตอนการดำเนินงาน และ (7) ความถูกต้องโดยรวม แสดงไว้ในตารางที่ 4.17

จากผลที่ได้รับ หากพิจารณาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่สามารถระบุนการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนก ลักษณะ Form-To ได้ ซึ่งประกอบด้วย (1) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา (2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจาก

การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และ (3) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม พบว่า เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา มีความเหมาะสมในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากที่สุด ถึงแม้ว่าค่าความถูกต้องโดยรวมของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา จะมีย่าน้อยกว่า เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุกภูมิภาคเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น แต่เมื่อพิจารณาถึงจำนวนขั้นตอนในการวิเคราะห์แล้ว พบว่า เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา มีจำนวนขั้นตอนและการดำเนินงานที่มีความยุ่งยากน้อยกว่าเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุกภูมิภาคเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ทำการแปลตีความภาพถ่ายออร์โทสี

ในขณะเดียวกัน หากพิจารณาเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนก ลักษณะ Form-To ได้ ซึ่งประกอบด้วย (1) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา (2) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (3) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม และ (4) การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น พบว่า เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมสูงสุด สำหรับการนำไปใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยพบว่า มีจำนวนขั้นตอน ความซับซ้อน และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์น้อยกว่าเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น และ เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม สำหรับเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา ที่มีขั้นตอนและความซับซ้อนน้อยกว่าเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ แต่ไม่สามารถระบุพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจนเหมือนกับเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งในปัจจุบัน ซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมส่วนใหญ่ มีฟังก์ชันสำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถเรียกใช้งานได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว

ตารางที่ 4.17 หลักเกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

	MC	IA	PCC	BCM	ADS	CVA	CCR
Geometric Correction	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Radiometric Correction	No	Not requires	Not requires	Not requires	Not requires	Not requires	Not requires
From-To	No	No	Yes	Yes	Yes	No	No
Image Classification	Yes/No	No	Yes	Yes	Yes	No	Not requires
Ancillary Data	No	No	No	Yes	Yes	No	Yes
Number of steps	2	3	3	5	3	4	5
Overall Accuracy	-	-	86.02%	88.56%	91.57%	-	-

MC = Multi-date composite image change detection (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา)

IA = Image Algebra change detection (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์)

PCC = Post classification comparison (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา)

BCM = Change detection using binary change mask applied to date 2 change detection (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น)

ADS = Change detection using an ancillary data source as date 1 (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น)

CVA = Spectral change vector analysis (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น)

CCR = Cross-correlation change detection (การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม)

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากการศึกษาเทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ที่เหมาะสม สำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2543 และ วันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 สามารถสรุปผลการศึกษาดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM แบนด์ 2 4 7 ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ที่แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยวิธีการจำแนกแบบควบคุมที่มีการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินไม่น้อยกว่า 10 พื้นที่ตัวอย่าง พบว่า พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินใน ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่ 673.50 217.75 39.59 33.21 และ 24.97 ตารางกิโลเมตร และ 681.58 219.13 33.13 33.19 และ 21.99 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ และผลการประเมินความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน มีเท่ากับ 90.37 เปอร์เซ็นต์

5.1.2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 พื้นที่อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา ได้เลือกใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขทั้งหมด 7 เทคนิค มีผลการศึกษาต่อไปนี้

5.1.2.1 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา โดยการประยุกต์เอาการจำแนกองค์ประกอบหลัก (PCA) จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 สามารถระบุพื้นที่ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัดบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำลำสำลาย ส่วนพื้นที่อื่นๆ ไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ชัดเจน และไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกแบบ From-To ได้ หากแต่มีข้อเด่นคือ สามารถดำเนินงานได้ง่ายและมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ซับซ้อน

5.1.2.2 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ใช้ข้อมูลค่าความสว่างของแบนด์ 3 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 มาใช้ในการวิเคราะห์ประมวลผล พบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีค่าลดลง คิดเป็นเนื้อที่ 640.24 ตารางกิโลเมตร มีค่าเพิ่มขึ้นคิดเป็นเนื้อที่ 342.22 ตารางกิโลเมตร และมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงคิดเป็นพื้นที่ 6.92 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 64.71 34.59 และ 0.70 ตามลำดับ ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกแบบ From-To ได้ และต้องทำการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งชี้การเปลี่ยนแปลง แต่มีข้อเด่นคือ สามารถดำเนินงานได้ง่ายและมีขั้นตอนการดำเนินงานที่ซับซ้อน

5.1.2.3 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 ที่แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 5 ประเภท ประกอบด้วย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ เพื่อนำมาจัดสร้างตารางตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง พบว่า รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมี 25 ประเภท ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยวิธีนี้สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกแบบ From-To ได้ โดยพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสมเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้

เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากที่สุดตามลำดับ ผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 86.02 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 69.80

5.1.2.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลแบนด์ 3 ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 เพื่อหาขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเฉพาะพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ผสม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ สามารถจำแนกรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น 25 ประเภท และสามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกแบบ From-To ได้ โดยพบว่า การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ การเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และ การเปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ผสม มีมากที่สุดตามลำดับ มีผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 88.56 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 73.97 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกได้ และมีผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่มีค่าสูงมาก แต่การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงก็ต้องอาศัยขั้นตอนในการวิเคราะห์หลายขั้นตอนมีความซับซ้อน และใช้เวลาในการวิเคราะห์มากกว่าเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขอื่น ๆ

5.1.2.5 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและสิ่งปกคลุมดินจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น ที่ใช้การแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายออร์โทสี มาตรฐาน 1:4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินออกเป็น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่มิใช่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ (ประยุกต์ตามระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมป่าไม้) เป็นข้อมูลในช่วงเวลาเริ่มต้น และจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ออกเป็น 3 ประเภท ผลจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพบว่า การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่มิใช่ป่าไม้มีมากที่สุด ถัดมา

เป็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ มีผลการประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 91.57 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 79.28

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยอาศัยข้อมูลทฤษฎีภูมิเป็นข้อมูลสำหรับเวลาเริ่มต้น เป็นเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่มีขั้นตอนในการวิเคราะห์ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาในการวิเคราะห์ไม่มาก แต่ความถูกต้องที่ได้จากการศึกษาก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลทฤษฎีภูมิที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้นเป็นหลัก

5.1.2.6 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม โดยการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลตีความภาพถ่ายออร์โทสี ประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่มิใช่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 1 มากำหนดขอบเขตบนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM ปี พ.ศ. 2550 ที่ใช้เป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ 2 จากนั้นใช้ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทุกๆ จุดภาพของทุกๆ แบนด์ เพื่อคำนวณหาค่า Z-score แล้วนำผลการคำนวณที่ได้มากำหนดค่าตั้งต้นบ่งบอกการเปลี่ยนแปลง เพื่อระบุตำแหน่งของจุดภาพที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่ได้ไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกได้ และมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ค่อนข้างซับซ้อน

5.1.2.7 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น

ผลที่ได้รับจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น ที่ประยุกต์เอาสมการ Kauth-Thomas Tasseled Cap Transformation (1986) มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-TM จำนวน 6 แบนด์ มาสร้างแบนด์ของพีชพรรณและแบนด์ของพื้นที่โล่ง เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเวกเตอร์เชิงคลื่นที่เกิดขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2550 และทิศทางการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ของเวกเตอร์เป็นไปได้อย่างทั่วทุกและทางลบ ดังนั้นรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ คือ 4 รูปแบบ (2^n) แต่ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงอธิบายได้เฉพาะ รูปแบบที่ 1 พื้นที่ป่าพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม และรูปแบบที่ 2 พื้นที่ป่าถูกทำลายจากการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งชี้การเปลี่ยนแปลง ส่วนรูปแบบที่ 3 พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม

และรูปแบบที่ 4 พื้นที่ปาถูกไฟไหม้หรือแหล่งน้ำ มีจำนวนพื้นที่เปลี่ยนแปลงที่ตรวจวัดได้น้อยเกินไปที่จะกำหนดค่าตั้งต้นบ่งชี้การเปลี่ยนแปลง

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่นเป็นวิธีที่มีขั้นตอนในการวิเคราะห์หลายขั้นตอน และการกำหนดค่าตั้งต้นบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงค่อนข้างยาก และผลที่ได้จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนก ลักษณะ From-To ได้

5.1.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขสำหรับตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การประเมินเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ที่ประกอบด้วย (1) การปรับแก้ความคาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (2) การปรับแก้ความคาดเคลื่อนเชิงรังสี (3) การระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนก ลักษณะ From-To (4) การจำแนกข้อมูลภาพ (5) ข้อมูลทฤษฎีภูมิ (6) จำนวนขั้นตอนการดำเนินงาน และ (7) ความถูกต้องโดยรวม พบว่า ในกรณีของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกแบบ From-To ได้ ที่ประกอบด้วย การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทฤษฎีภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น พบว่า เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา มีความเหมาะสมในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากที่สุด

ในกรณีของเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่ไม่สามารถระบุการเปลี่ยนแปลงของประเภทการจำแนกแบบ From-To ประกอบด้วย การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลา การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น และการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม พบว่า เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสม สำหรับใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ามีเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลายวิธี โดยแต่ละวิธีมีข้อเด่นและข้อด้อยที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ใช้งานจำเป็นต้องเข้าใจในกระบวนการงานให้ลึกซึ้ง และเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น หากต้องการระบุประเภทการจำแนกที่เปลี่ยนแปลงในลักษณะ From-To ก็ควรพิจารณาเลือกใช้การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา เป็นต้น และหากมีข้อมูลทุติยภูมิที่มีรายละเอียดการจำแนกและความถูกต้องสูง สามารถเลือกใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้นได้ ในขณะที่หากต้องการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอย่างรวดเร็ว สามารถใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลผสมหลายช่วงเวลาหรือเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้

ข้อเสนอแนะจากการศึกษาในครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

1. ควรนำผลที่ได้รับจากการศึกษาไปใช้งานในการตรวจสอบและติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทย
2. ควรพิจารณานำข้อมูลดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงมาใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น ข้อมูลดาวเทียม THEOS
3. ควรทดสอบวิธีการดำเนินงานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ กับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกับพื้นที่ศึกษา
4. ควรทดสอบการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในหลายช่วงเวลา หรือควรมีระยะห่างของเวลามากขึ้น
5. ควรทดสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ที่มีการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในระดับที่ 2

รายการอ้างอิง

รายการอ้างอิง

- ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และ วาสนา พุฒกลาง. (2549). ทรัพยากรป่าไม้และการตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงด้วยข้อมูลดาวเทียมหลายวันที่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. 7(2): 34-49.
- ทรงกต ทศานนท์. (2550). การวิเคราะห์และแปลภาพเชิงตัวเลข (**digital image analysis and interpretation**). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ประชา อินทร์แก้ว ประเทือง จินตสกุล และวาสนา ภาณุรักษ์. (2547). การประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณในการจำแนกข้อมูลดาวเทียมเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำลำตะคองตอนล่าง. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2543). พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์: ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- สุเทพ ชูดิรัตน์พันธ์. (2549). การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน. ใน จริยา บุญญวัฒน์ (บรรณาธิการ). รายงานการประชุมการสัมมนาทางวิชาการหนึ่งทศวรรษการวิจัยการเปลี่ยนแปลงของโลกในประเทศไทย (หน้า 37-43). กรุงเทพมหานคร: จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- อนุสรณ์ รังสีพานิช. (2543). เทคนิคเหมาะสมสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาการจัดการป่าไม้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Chavez, P. S., Berlin, G. L. and Sowers, L. B. (1982). Statistical Method for Selecting Landsat MSS Ratios. **Journal of Applied Photographic Engineering** 8(1): 23-30. Quoted in Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

Chavez, P. S., Guphill, S. C. and Bowell, J. A. (1984). Image Processing Techniques for Thematic Mapper Data. **Proceedings ASPRS Techniques Papers** (pp 728-742). Quoted in Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

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

Acharya, R. (2002). **Comparison of Change Detection Techniques in Chitwan District of Nepal** [On-line]. Available: <http://www.gisdevelopment.net>

Ahadnejad, M. (2002). **Environmental Land Use Change Detection and Assessment Using with Multi-temporal Satellite Imagery** [On-line]. Available: <http://www.gisdevelopment.net>

Civco, D. L., Hurd, J. d., Wilson, E. H., Song, M. and Zhang, Z. (2002). **A Comparison of Land Use and Land Cover Change Detection Method** [On-line]. Available: http://resac.uconn.edu/publications/tech_papers/pdf_paper/Land_Cover_Change_ASPRS2002.pdf

FAO. (1999). **Agricultural Land Use** [On-line]. Available: <http://www.fao.org/landandwater/agll/landuse/landusedef.stm>

Foody, G. M. (2001). Monitoring the Magnitude of Land-cover Change Around the Southern Limits of the Sahara. **Photogram-Metric Engineering & Remote Sensing** 67(7): 841-847. Quoted in Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital**

Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective.** 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

Lorena, R. B., Santos, J. R., Shimabukuro, Y. E., Brown, I. F. and Kux, H. J. H. (2002). **A Change Vector Analysis Technique to Monitor Land Use/Land Cover in SW Brazilian Amazon: Acre State** [On-line]. Available: <http://www.isprs.org>

Mastura, S. A., Othman, A. K. and Ismail, M. (2000). Land Use and Land Cover Change: Case Studies on Klang-langat Watershed and Sempadi Forest Reserve in Malaysia. **Earth Observation Satellites for Earth Resources Monitoring** (pp 67-74). Bangkok: Amarin.

Skole, D., (1994). Data on Global Land-Cover Change: Acquisition, Assessment and Analysis. In W. B. Meyer and Turner, B. L. (Eds.). **Change in Land Use and Land Cover: A Global Perspective.** (pp 437-471). Cambridge: Cambridge University Press Quoted in Jensen, J. R. (2005). **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective.** 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.

Suwit Ongsomwang. (2006). Forest Cover Assessment in Thailand. **In Proceeding of Land Use and Land Cover Change Research in Thailand** (pp 44-52). Bangkok: Jaransanitwong.

Suwit Ongsomwang. (2007). **Fundamental of Remote Sensing and Digital Image Processing**. Nakhonratchasima: Suranaree University of Technology.

Wang et al. (1993). **The effects of changes in Loblolly Pine Biomass and soil Moisture on ERS-1 SAR backscatter** Quoted in Jensen, J. R. (2007). **Remote Sensing of the Environment an Earth Resource Perspective**. 2nd USA: Pearson Prentice Hall.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการดำเนินการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง

1. การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ประมวลผล (preprocessing)

เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลหรือปรับแก้ข้อมูลที่ยังมีความคลาดเคลื่อนให้มีความถูกต้องก่อนเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ประมวลผล หรือการจำแนกข้อมูล เพราะข้อมูลที่เข้ามาในตอนแรกนั้นอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือความผิดเพี้ยนของข้อมูลปรากฏอยู่ รวมถึงเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อให้คุณภาพโดยรวมของข้อมูลมีคุณภาพมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ประมวลผล ซึ่งผลที่ได้จากการเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ประมวลผลจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้อง ความน่าเชื่อถือของการศึกษาให้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย การเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นการเตรียมข้อมูลหรือปรับแก้ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับการแสดงผลข้อมูล (simply display) หรืออาจเรียกว่าการปรับแก้ทั่วไปและเป็นขั้นตอนการตรวจสอบคุณสมบัติและคุณภาพของข้อมูลว่าครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ เป็นการปรับแต่งคุณภาพโดยรวมของข้อมูลซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในขั้นตอนการปฏิบัติอาจใช้ข้อมูลฮิสโตแกรม (histogram) ข้อมูลปริภูมิรังสี (scatterograms) หรือข้อมูลทางด้านสถิติที่สำคัญของข้อมูล มาใช้เป็นตัวช่วยหรือเครื่องมือในการปรับปรุง และปรับแก้ข้อมูลให้มีความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

กลุ่มที่ 2 เป็นการเตรียมข้อมูลหรือปรับแก้ข้อมูลเชิงรังสี (radiometric correction) ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่เกิดจาก

1) **อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ (sensors)** ทำให้คุณภาพของข้อมูลด้อยลงไป เช่น ข้อมูลขาดหายไปเป็นบางช่วง (line dropout) ข้อมูลที่ปรากฏมีค่าความเข้มของข้อมูลไม่เท่ากันในบางแถว (line stripping) ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลเนื่องจากสัญญาณรบกวนขณะบันทึกข้อมูล (noise)

2) **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดมาจากอิทธิพลของบรรยากาศ** เช่น การสูญเสียพลังงานบางส่วนในบรรยากาศหรือเรียกว่าการดูดซับพลังงาน (absorption) การกระเจิงของพลังงานหรือรังสีในบรรยากาศ (scattering) ตัวอย่างความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏบนข้อมูลภาพ เช่น ค่าความสว่างของจุดภาพบางจุดภาพ ที่มีค่าสว่างประจำจุดภาพมากหรือน้อยกว่าปกติ เป็นต้น

3) **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากลักษณะภูมิประเทศ** มักเกิดขึ้นกับพื้นที่ที่มีความขรุขระ มีความสูงต่ำของพื้นที่ไม่เท่ากัน หรือพื้นที่ที่มีความลาดเอียง เช่น พื้นที่เขตภูเขาสูง เป็นต้น

กลุ่มที่ 3 เป็นการเตรียมข้อมูลหรือปรับแก้ข้อมูลเชิงตำแหน่ง หรืออาจเรียกว่าเป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction) ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตจะ

แสดงถึงความผิดเพี้ยนของตำแหน่งของวัตถุที่ปรากฏบนภาพกับตำแหน่งของวัตถุเดียวกันบนพื้นโลกจริง ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ (systematic error หรือ internal geometric error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดมาจากตัวระบบของการตรวจวัดข้อมูลเองและคุณลักษณะของสภาพภูมิประเทศ (Jensen, 2005) เช่น การเอียงตัวของแนวการกวาดภาพ (scan skew) เป็นผลจากการหมุนรอบตัวเองของโลก ความเพี้ยนจากการรับภาพมุมกว้าง (panoramic distortion) เป็นผลทำให้ขนาดของจุดภาพที่ปรากฏมีความผิดเพี้ยนไป โดยเฉพาะบริเวณขอบของภาพ

2) ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างไม่เป็นเชิงระบบ (non systematic error หรือ external geometric error) เป็นความคลาดเคลื่อนที่มีสาเหตุมาจากความไม่เสถียรหรือไม่คงที่ของอุปกรณ์การตรวจวัดทั้งระดับความสูงและลักษณะของวงโคจร (altitude and attitude changes) ขณะทำการบันทึกข้อมูล เช่น การโคลง (roll) การกระดก (pitch) และการส่าย (yaw) ของอุปกรณ์การตรวจวัด

2. การสกัดข้อมูล (feature extraction)

หลังจากผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ประมวลผลเสร็จสมบูรณ์แล้ว ผู้วิเคราะห์ต้องทำการสกัดข้อมูล เพื่อเป็นการลดมิติของข้อมูล (dimensionality of the data) หรืออาจเรียกว่าเป็นการลดขนาดของข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดและเด่นชัดมากยิ่งขึ้น กระบวนการสกัดข้อมูลเป็นกระบวนการที่ลดองค์ประกอบของข้อมูลที่ไม่ใช้หรือไม่มีความจำเป็นต่อการศึกษา เช่นการทำ Optimum Index Factor: OIF การวิเคราะห์การจำแนกองค์ประกอบหลักของภาพ (principle components analysis: PCA) หรือการทำ Tasseled Cap Transformation เป็นต้น

3. การปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (image enhancement)

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นสำหรับนักวิจัยที่จะเลือกใช้การวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลจากลักษณะของข้อมูลที่ปรากฏบนภาพ หรืออาจเรียกว่าเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลสำหรับการแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) เพราะว่าการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลนั้นจะเป็นการแก้ไข ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลประจำจุดภาพ (digital number: DN) อย่างสิ้นเชิง จึงเหมาะสำหรับการแปลตีความด้วยสายตา และไม่เหมาะสำหรับนักวิจัยที่ต้องการศึกษาด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลประจำจุดภาพที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงหรือแก้ไขใดๆ ในการศึกษา ทรงกต ทศานนท์ (2550) กล่าวว่าเทคนิคในการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลที่สำคัญๆ คือ

1) การปรับแต่งความคมชัดของภาพ (contrast enhancement) ทำได้โดยการขยายช่วงของค่าประจำจุดภาพให้กระจายตัวออกจากกันมากที่สุด

2) การกรองข้อมูลบกพร่องเชิงพื้นที่ (image filtering) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนและข้อมูลส่วนที่บกพร่องออกไป โดยพิจารณาจากการผันแปรค่าความถี่เชิงพื้นที่ (spatial frequency) ของค่าประจำจุดภาพที่ปรากฏบนภาพ วิธีที่ใช้คือ ตัวกรองเชิงพื้นที่ (spatial filter)

3) การปรับแต่งความคมชัดของเส้นขอบ (edge enhancement) ใช้ในการเน้นให้เห็นขอบรอยต่อที่ต่างชนิดกันบนภาพให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยใช้เทคนิคตัวกรองเชิงพื้นที่ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับกระบวนการเน้นเส้นขอบของภาพ

4. การตัดสินใจและเลือกวิธีการจำแนกข้อมูล (decision and classification)

การจำแนกข้อมูลแบบควบคุม (supervised classification) เป็นเทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิเคราะห์ต้องมีความเข้าใจในรายละเอียดของพื้นที่ศึกษา โดยที่ผู้วิเคราะห์จะต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง (training area) ของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งในขอบเขตพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างจะต้องมีประเภทข้อมูลที่เป็นเอกพันธ์ (homogeneous) คือ มีลักษณะค่าการสะท้อนประจำจุดภาพในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง ที่ไม่มีความแตกต่างกันมากและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ว่าขอบเขตพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างมีความเป็นเอกภาพหรือไม่ โดยพิจารณาจากค่าฮิสโทแกรมในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างนั้นๆ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าทางสถิติ ประกอบด้วยค่า ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวนรวม เพื่อใช้ในการจำแนกต่อไป

คุณภาพและความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลแบบควบคุมจะขึ้นกับการเลือกขอบเขตพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง ดังนั้น ผู้วิเคราะห์จึงควรจะทำการศึกษาทดสอบคุณภาพของขอบเขตพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง เช่น การพิจารณาจากค่าทางสถิติที่แสดงในรูปแบบของตารางความคลาดเคลื่อน (matrix errors) ว่าข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์เลือกมานั้นมีการผสมกับข้อมูลประเภทอื่นๆ หรือไม่ ซึ่งในขั้นตอนการปฏิบัติจริงนั้น ผู้วิเคราะห์อาจต้องปฏิบัติงานหลายๆ ครั้ง จนได้ชุดขอบเขตพื้นที่ตัวอย่างที่ดีที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ต้องการจำแนก ประสิทธิภาพและความชำนาญของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกันออกไปด้วย

การจำแนกข้อมูลแบบไม่ควบคุม (unsupervised classification) เป็นการจำแนกข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินให้กับคอมพิวเตอร์ แต่ต้องกำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล (clusters) ที่จะเป็นตัวแทนของขอบเขตพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างรวม ที่มีลักษณะการสะท้อนแสงที่หลากหลายนครอบคลุมทุกๆ กลุ่มข้อมูล หรือประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากนั้นคอมพิวเตอร์จะทำการ

แบ่งกลุ่มข้อมูลตามลักษณะการสะท้อน และคำนวณหาจุดศูนย์กลางของแต่ละกลุ่มข้อมูลว่าอยู่ ณ จุดใด ในการคำนวณคอมพิวเตอร์จะกระทำวนซ้ำหลายครั้งจนกว่าจะได้ผลการจัดกลุ่มข้อมูลที่ดีที่สุดหรือเป็นที่น่าพอใจ

เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบนี้มีข้อดีคือ ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องรู้ข้อมูลเชิงรังสีของกลุ่มตัวอย่างมาก่อน แต่อย่างไรก็ตาม ผู้วิเคราะห์ควรรู้ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษาบ้าง เช่น ข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เด่นชัด พืชที่สำคัญในพื้นที่ศึกษา เป็นต้น ข้อดีอีกประการของการจำแนกข้อมูลแบบนี้ไม่ควบคุมคือ มีความผิดพลาดคลาดเคลื่อนที่เกิดจากตัวบุคคลต่ำ เนื่องจากผู้วิเคราะห์ไม่มีบทบาทในการจำแนกข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ทำให้ได้ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ละเอียดมากกว่าการจำแนกข้อมูลแบบควบคุม โดยเฉพาะกับกลุ่มข้อมูลตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก ส่วนข้อด้อยของการจำแนกข้อมูลแบบนี้ไม่ควบคุมคือ ผู้วิเคราะห์ต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลภายหลังว่ากลุ่มเชิงรังสีที่แยกได้ สอดคล้องกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินชนิดใดของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นตอนในการปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น

เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบนี้ไม่ควบคุมจึงมีความเหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาที่ผู้วิเคราะห์ไม่มีความคุ้นเคย เชี่ยวชาญ หรือไม่มีข้อมูลเชิงรังสีของกลุ่มพื้นที่ข้อมูลตัวอย่าง

5. การประเมินความถูกต้อง (assess accuracy)

หลังจากที่ได้ผลการศึกษาที่ผ่านกระบวนการจำแนกข้อมูลแล้ว ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องทำการประเมินความถูกต้องของการศึกษา ด้วยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพกับข้อมูลอ้างอิงที่เชื่อถือได้ เช่น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูง (high resolution imagery data) ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (topography map) หรือข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทางภาคพื้นดิน (ground data) ในการประเมินผลการศึกษานั้น ผู้วิเคราะห์ควรทำการประเมินผลการศึกษาทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ การประเมินเชิงคุณภาพและการประเมินเชิงปริมาณ ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบข้อมูลในแต่ละประเภทจะเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ในการอ้างอิงหรือบ่งบอกคุณภาพและความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งผู้วิเคราะห์จะนำผลการเปรียบเทียบดังกล่าว ไปประเมินความถูกต้องของการศึกษาทั้งหมดด้วย

6. ผลลัพธ์สุดท้าย (final product)

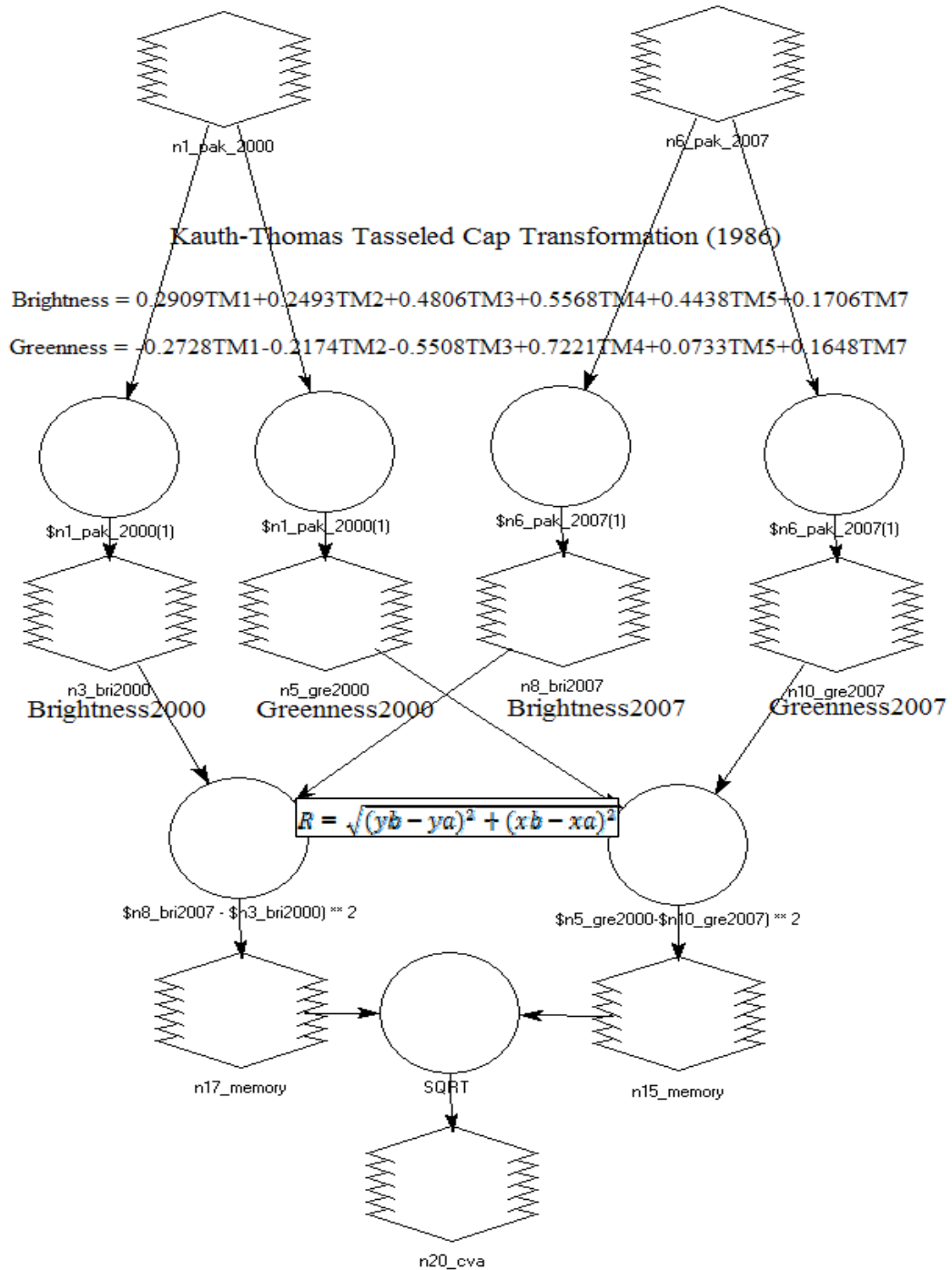
ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล หรือจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข สามารถนำเสนอได้ทั้งในรูปของแผนที่หรือข้อมูลภาพ ข้อมูลและรายงานผลการศึกษา ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ศึกษากับพื้นที่อื่นๆ หรือข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลรูปแบบอื่นๆ อาทิเช่น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมอื่นๆ หรือข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ หรือนำผลการจำแนกข้อมูลที่ได้ไปขยายผลการศึกษาในด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุม

ดิน การศึกษาด้านการสื่อสาร และการขยายตัวของชุมชนที่อยู่อาศัยและเขตเมือง การศึกษาความเหมาะสมในการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร เป็นต้น

ภาคผนวก ข

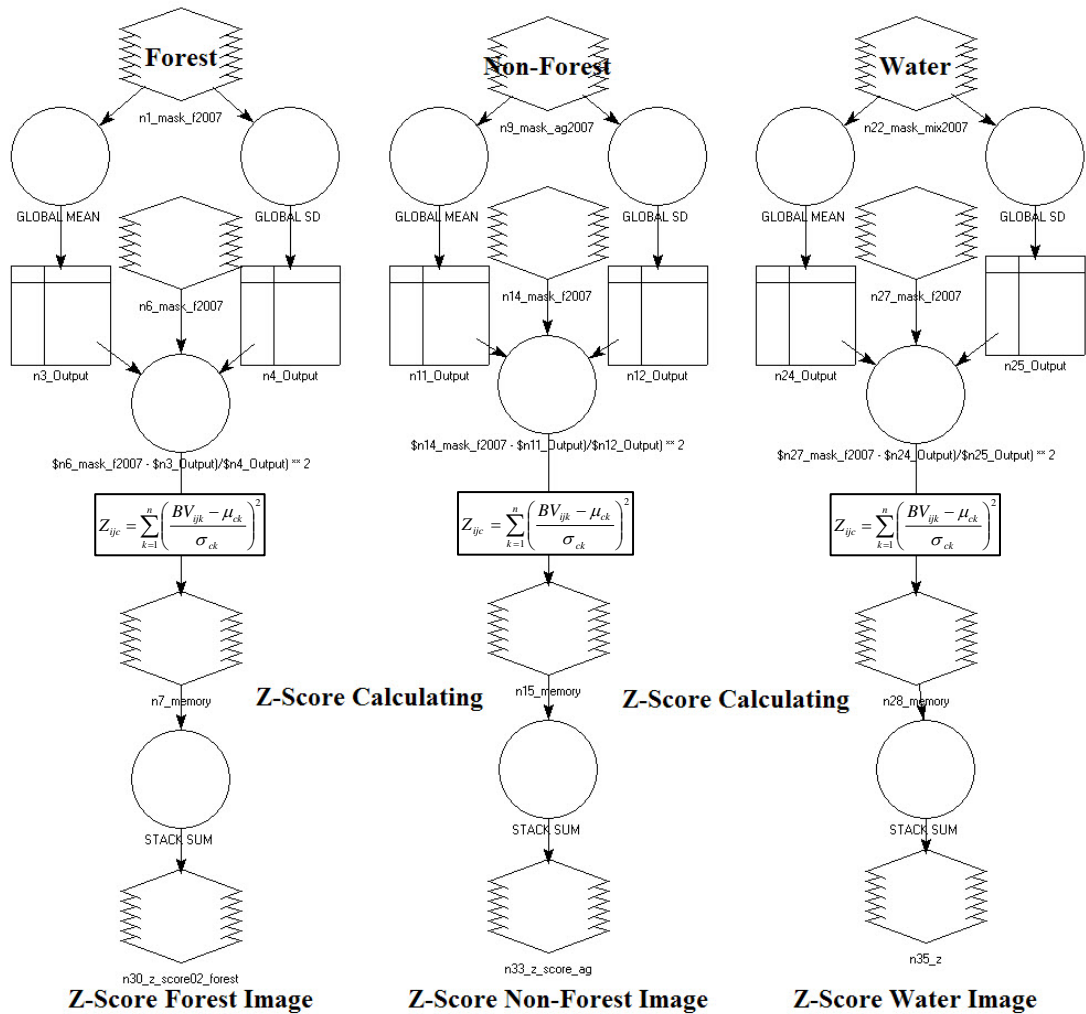
แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากฟังก์ชัน **Spatial Modeler**

Spectral Vector Change Analysis



ภาพที่ ข-1 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยการวิเคราะห์เวกเตอร์การเปลี่ยนแปลงเชิงคลื่น จากฟังก์ชัน Spatial Modeler > Model Maker จากโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Erdas Imagine

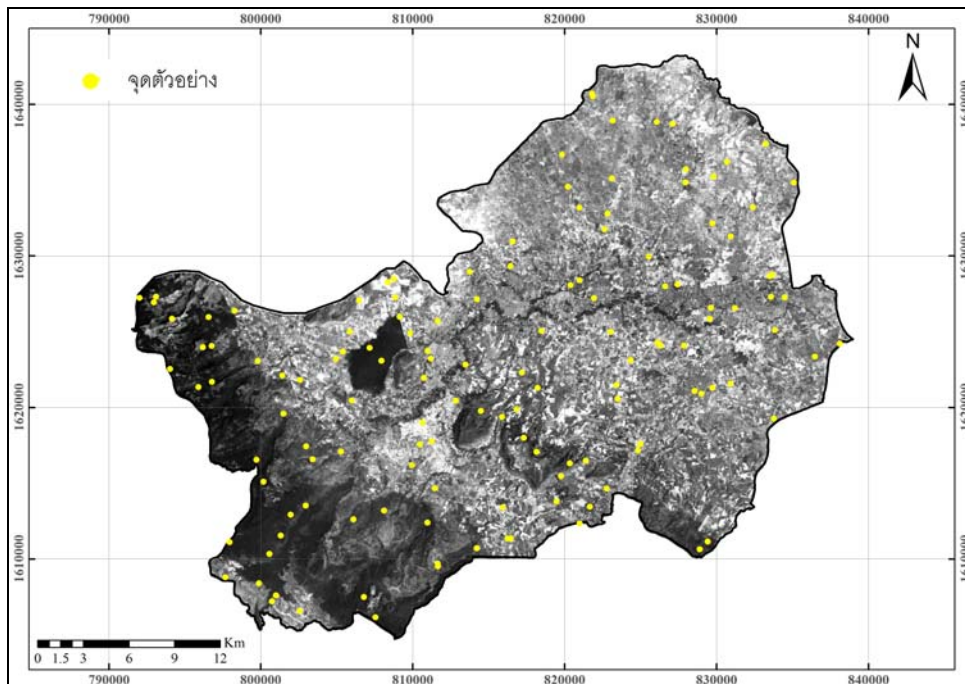
Cross-Correlation Change Detection



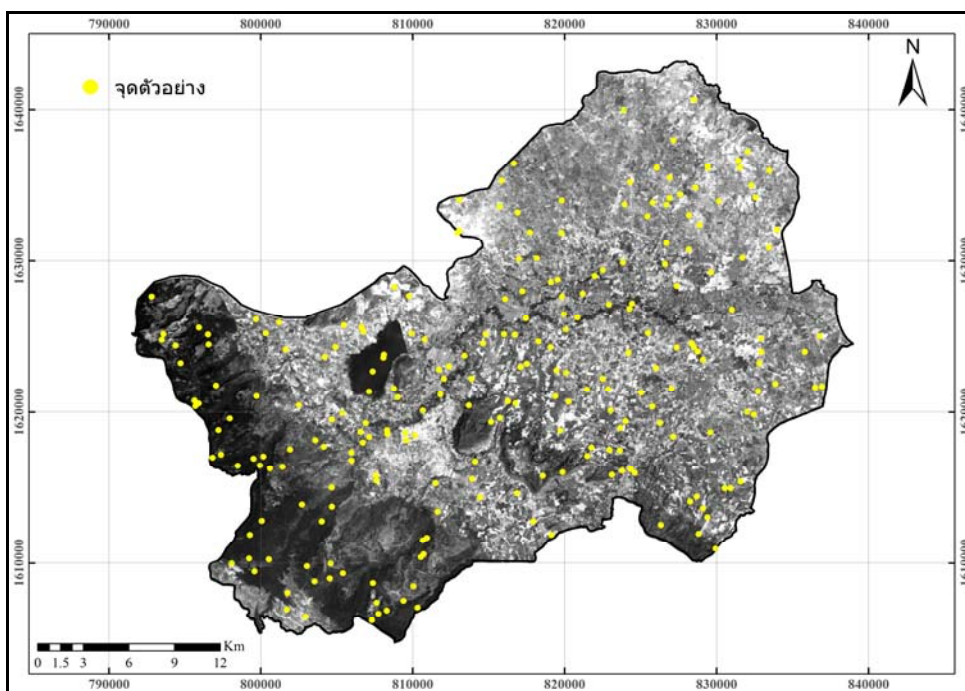
ภาพที่ ข-2 แสดงขั้นตอนการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแบบสหสัมพันธ์ร่วม จากฟังก์ชัน Spatial Modeler > Model Maker จากโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ERDAS IMAGINE

ภาคผนวก ค

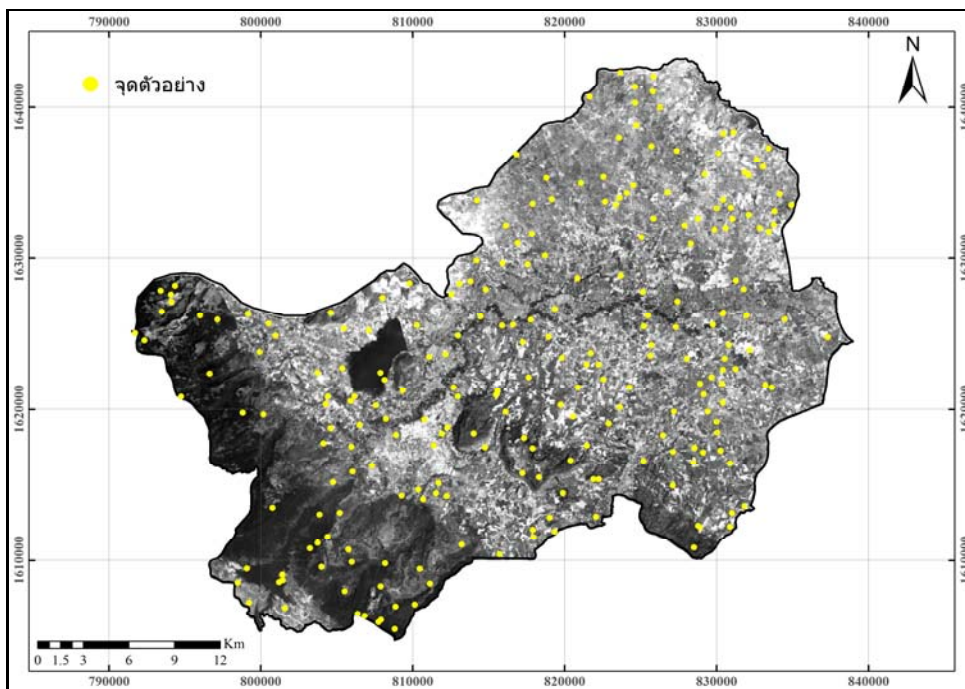
ตำแหน่งของจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง



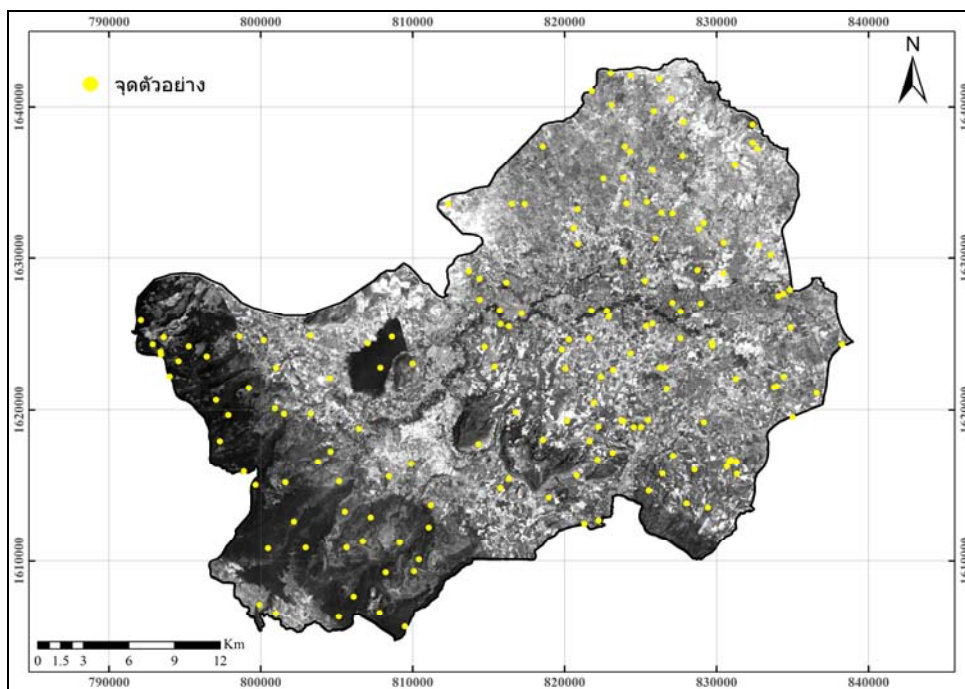
ภาพที่ ค-1 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและถึงปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550



ภาพที่ ค-2 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา



ภาพที่ ค-3 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น



ภาพที่ ค-4 แสดงตำแหน่งจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

ตารางที่ ค-1 ตารางความคลาดเคลื่อนในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดินปี พ.ศ. 2550

		การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดิน ปี พ.ศ. 2550					
		เกษตรกรรม	ป่าไม้	พื้นที่ ผสม	ชุมชนและ สิ่งปลูกสร้าง	แหล่งน้ำ	รวม
การใช้ประโยชน์ที่ดินและ สิ่งปลูกคลุมดิน ปี พ.ศ.2550	เกษตรกรรม	82	7	-	2	2	93
	ป่าไม้	1	29	-	-	-	30
	พื้นที่ผสม	-	-	3	1	-	4
	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	-	-	-	5	-	5
	แหล่งน้ำ	-	-	-	-	3	3
	รวม	83	36	3	8	5	135

ความถูกต้องโดยรวม = $122/135 = 88.56\%$

Producer's accuracy (Omission error)

เกษตรกรรม	=	$82/83$	=	98.80%	1.20% omission error
ป่าไม้	=	$29/36$	=	80.56%	19.44% omission error
พื้นที่ผสม	=	$3/3$	=	100.00%	0.00% omission error
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	=	$5/8$	=	62.50%	37.50% omission error
แหล่งน้ำ	=	$3/5$	=	60.00%	40.00% omission error

User's Accuracy (Commission Error)

เกษตรกรรม	=	$82/93$	=	88.17%	11.83% commission error
ป่าไม้	=	$29/30$	=	96.67%	3.33% commission error
พื้นที่ผสม	=	$3/4$	=	75.00%	25.00% commission error
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	=	$5/5$	=	100.00%	0.00% commission error
แหล่งน้ำ	=	$3/3$	=	100.00%	0.00% commission error

Kappa analysis: K_{hat} Coefficient of Agreement = 81.25%

ตารางที่ ก-2 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2550

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#1	829420	1611134	F	A
ID#2	833845	1625109	A	A
ID#3	827870	1624084	A	A
ID#4	822820	1632784	A	A
ID#5	816845	1619884	A	A
ID#6	805295	1617084	F	F
ID#7	811195	1623234	A	A
ID#8	818145	1617059	F	F
ID#9	828995	1620909	A	A
ID#10	800745	1607184	A	F
ID#11	816470	1611359	A	A
ID#12	824345	1623109	A	A
ID#13	821820	1640709	A	A
ID#14	838120	1624209	A	A
ID#15	805870	1625009	A	A
ID#16	813470	1622834	A	A
ID#17	801970	1612909	F	F
ID#18	829820	1635234	A	A
ID#19	805420	1623684	A	A
ID#20	806795	1607484	F	F
ID#21	811645	1625709	A	A
ID#22	801495	1619584	A	F
ID#23	830920	1621559	A	A
ID#24	808770	1628484	A	A
ID#25	829720	1632159	A	A
ID#26	811645	1609684	F	F
ID#27	802970	1613509	A	W
ID#28	816595	1630959	A	A
ID#29	829570	1625834	A	A
ID#30	814220	1610709	A	A
ID#31	802995	1617434	F	F
ID#32	810645	1619009	A	A
ID#33	821670	1613434	U	U
ID#34	823170	1638934	A	A
ID#35	820220	1634559	A	F
ID#36	796795	1621684	F	F
ID#37	818220	1621284	A	A
ID#38	819770	1615459	F	F
ID#39	823045	1624984	A	A
ID#40	801420	1622109	A	A
ID#41	797945	1611109	F	F
ID#42	809970	1616184	U	U
ID#43	801320	1611534	F	F
ID#44	815945	1613409	A	U
ID#45	799895	1608384	W	W
ID#46	799820	1623059	A	A

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#47	824845	1617159	A	A
ID#48	835095	1634834	A	A
ID#49	826620	1627984	A	A
ID#50	826320	1624084	A	A
ID#51	820995	1628384	A	A
ID#52	833245	1637409	A	A
ID#53	808870	1627259	A	A
ID#54	826120	1624284	A	A
ID#55	810745	1621959	A	A
ID#56	802595	1621809	A	A
ID#57	827120	1638709	A	A
ID#58	805995	1620459	A	A
ID#59	816245	1611334	A	A
ID#60	796770	1624059	A	F
ID#61	827995	1635734	A	A
ID#62	796570	1625959	F	F
ID#63	820995	1612334	A	A
ID#64	834495	1627259	A	A
ID#65	820395	1628059	A	A
ID#66	811270	1617759	A	A
ID#67	819845	1636684	A	A
ID#68	823120	1635109	A	A
ID#69	833595	1627309	A	A
ID#70	821945	1627209	U	U
ID#71	797670	1608784	M	M
ID#72	827945	1634859	A	A
ID#73	817195	1622309	A	A
ID#74	807170	1623934	W	W
ID#75	829720	1621284	A	A
ID#76	822620	1631759	A	A
ID#77	836470	1623359	A	F
ID#78	804970	1623209	A	A
ID#79	833695	1628759	A	A
ID#80	799720	1616534	F	F
ID#81	795895	1621334	F	F
ID#82	833520	1628659	A	A
ID#83	810970	1612384	F	F
ID#84	814495	1619759	F	F
ID#85	801020	1607584	A	A
ID#86	830695	1636209	A	A
ID#87	810470	1617559	A	A
ID#88	831220	1626559	M	U
ID#89	825545	1629959	U	U
ID#90	812845	1620434	A	A
ID#91	800170	1615084	F	F
ID#92	817320	1617984	A	A
ID#93	829645	1626584	A	U
ID#94	824995	1617584	A	A

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#95	820970	1633184	M	M
ID#96	816445	1629334	U	U
ID#97	808370	1628259	A	A
ID#98	800570	1610334	F	F
ID#99	823420	1621484	A	A
ID#100	832395	1633209	A	A
ID#101	808120	1613184	F	F
ID#102	819470	1613784	A	W
ID#103	796195	1623959	A	F
ID#104	818470	1625059	A	A
ID#105	815895	1619359	A	A
ID#106	806470	1627059	A	A
ID#107	814245	1627134	A	A
ID#108	811470	1614659	A	A
ID#109	798270	1626384	A	A
ID#110	809845	1624909	A	A
ID#111	792970	1626934	A	F
ID#112	827420	1628109	A	A
ID#113	823495	1620559	A	A
ID#114	813770	1628959	A	A
ID#115	833770	1619259	A	A
ID#116	802570	1606559	A	A
ID#117	803420	1616584	F	F
ID#118	821870	1640534	A	A
ID#119	830945	1631284	A	A
ID#120	828545	1621084	A	A
ID#121	809145	1625984	A	A
ID#122	810970	1623734	A	A
ID#123	822770	1614634	A	A
ID#124	806095	1612609	F	F
ID#125	794045	1622534	F	F
ID#126	792020	1627234	F	F
ID#127	826070	1638834	M	M
ID#128	794170	1625859	F	F
ID#129	820345	1616309	F	F
ID#130	811670	1609509	F	F
ID#131	821395	1616484	F	F
ID#132	807545	1606134	F	F
ID#133	828895	1610634	F	F
ID#134	793120	1627309	F	F
ID#135	807945	1623084	W	W

ตารางที่ ค-3 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#1	827370	1624259	A50	A50
ID#2	806645	1625584	A50	A50
ID#3	832820	1623234	A50	A50
ID#4	810045	1608434	F50	F50
ID#5	799520	1616884	F50	F50
ID#6	826020	1622909	A50	F50
ID#7	809945	1625159	A50	A50
ID#8	808770	1621559	A50	A50
ID#9	799245	1610284	F50	F50
ID#10	809020	1620984	A50	A50
ID#11	810670	1611509	F50	F50
ID#12	806720	1617959	A50	A50
ID#13	801220	1625909	U50	U50
ID#14	829120	1613609	A50	A50
ID#15	808070	1623584	W50	W50
ID#16	817470	1626184	A50	A50
ID#17	811645	1613384	F50	F50
ID#18	799970	1616434	F50	F50
ID#19	804170	1617684	F50	F50
ID#20	795945	1625559	F50	F50
ID#21	819845	1627634	A50	W50
ID#22	832920	1624859	A50	A50
ID#23	815745	1619609	A50	A50
ID#24	807370	1622684	W50	W50
ID#25	802970	1606409	A50	F50
ID#26	831595	1615359	A50	A50
ID#27	807145	1621359	W50	W50
ID#28	796820	1616959	F50	F50
ID#29	797070	1621759	F50	F50
ID#30	809395	1607484	A50	F50
ID#31	816770	1620584	A50	A50
ID#32	828370	1624534	A50	U50
ID#33	828895	1632384	M50	M50
ID#34	824345	1616184	A50	A50
ID#35	813070	1634034	A50	A50
ID#36	828770	1623984	U50	U50
ID#37	799695	1626109	A50	A50
ID#38	824445	1627159	M50	U50
ID#39	807745	1606609	F50	F50
ID#40	826295	1619259	A50	A50
ID#41	792820	1627634	A50	F50

ตารางที่ ก-3 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#42	804920	1624284	A50	A50
ID#43	828520	1624284	A50	F50
ID#44	827620	1634384	A50	A50
ID#45	831020	1626759	U50	U50
ID#46	821995	1628984	A50	F50
ID#47	798495	1616409	F50	F50
ID#48	821495	1617059	A50	A50
ID#49	806570	1618684	A50	A50
ID#50	815170	1619334	F50	F50
ID#51	800170	1617034	F50	F50
ID#52	806770	1625284	A50	A50
ID#53	823645	1617434	A50	A50
ID#54	805420	1609309	F50	F50
ID#55	809595	1618109	A50	A50
ID#56	823795	1616084	U50	U50
ID#57	828520	1640659	A50	A50
ID#58	828620	1634834	A50	A50
ID#59	819095	1628584	A50	A50
ID#60	829395	1613034	A50	A50
ID#61	829420	1636259	A50	A50
ID#62	810145	1618434	A50	A50
ID#63	816020	1625134	A50	A50
ID#64	826620	1629809	U50	U50
ID#65	827370	1628334	A50	A50
ID#66	822945	1617484	A50	A50
ID#67	826695	1631184	A50	A50
ID#68	807620	1607359	A50	F50
ID#69	810945	1611659	F50	F50
ID#70	804020	1612759	F50	F50
ID#71	801645	1624134	A50	A50
ID#72	820845	1626234	A50	A50
ID#73	814820	1625109	A50	A50
ID#74	815870	1635284	A50	A50
ID#75	828695	1614384	A50	A50
ID#76	833445	1630884	A50	A50
ID#77	796570	1624459	F50	F50
ID#78	827170	1637984	A50	A50
ID#79	813920	1615534	A50	A50
ID#80	828820	1611934	A50	A50
ID#81	793595	1625134	F50	F50
ID#82	822520	1622209	A50	U50
ID#83	813420	1623709	A50	A50
ID#84	801445	1616334	F50	F50

ตารางที่ ก-3 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#85	824270	1626809	A50	A50
ID#86	801945	1617509	F50	F50
ID#87	813870	1622209	A50	A50
ID#88	819820	1634009	A50	W50
ID#89	804695	1619484	A50	A50
ID#90	808320	1618784	A50	A50
ID#91	821770	1617634	A50	A50
ID#92	804670	1614984	F50	F50
ID#93	826920	1635484	M50	M50
ID#94	829445	1636134	A50	A50
ID#95	816670	1636434	A50	A50
ID#96	814445	1614309	A50	A50
ID#97	833995	1632084	A50	A50
ID#98	831445	1636634	A50	A50
ID#99	825445	1632959	A50	W50
ID#100	811495	1615259	A50	A50
ID#101	808345	1618534	A50	A50
ID#102	826695	1633709	A50	A50
ID#103	810795	1624784	A50	A50
ID#104	815745	1633609	A50	A50
ID#105	811745	1622809	A50	A50
ID#106	836795	1625009	A50	A50
ID#107	816095	1627459	A50	A50
ID#108	831695	1630209	A50	A50
ID#109	819970	1626459	M50	U50
ID#110	800620	1616234	F50	F50
ID#111	823120	1615809	F50	F50
ID#112	823895	1639984	A50	A50
ID#113	816920	1633209	A50	A50
ID#114	818270	1624659	A50	A50
ID#115	822520	1629384	A50	A50
ID#116	832045	1637234	A50	A50
ID#117	823845	1629909	A50	A50
ID#118	817220	1627984	A50	A50
ID#119	833870	1621859	A50	A50
ID#120	807145	1618334	A50	F50
ID#121	816720	1625084	A50	A50
ID#122	819720	1618759	A50	A50
ID#123	805370	1619934	A50	A50
ID#124	824620	1615934	A50	A50
ID#125	832470	1619834	A50	A50
ID#126	820270	1620684	A50	A50
ID#127	823045	1620084	A50	W50

ตารางที่ ก-3 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#128	807395	1608659	F50	F50
ID#129	825770	1620359	A50	A50
ID#130	814645	1624534	A50	A50
ID#131	822870	1621509	A50	A50
ID#132	809520	1618609	A50	A50
ID#133	799595	1609434	W50	W50
ID#134	821470	1621484	A50	A50
ID#135	817720	1631909	A50	A50
ID#136	831545	1636134	A50	A50
ID#137	805970	1617309	A50	A50
ID#138	803595	1618109	F50	F50
ID#139	832945	1623959	A50	A50
ID#140	826345	1612509	F50	F50
ID#141	813070	1632034	A50	A50
ID#142	802720	1613859	F50	F50
ID#143	816270	1620709	A50	A50
ID#144	803545	1608759	F50	F50
ID#145	806920	1619259	U50	U50
ID#146	819870	1615984	F50	F50
ID#147	824020	1619384	A50	A50
ID#148	800345	1625184	A50	A50
ID#149	796545	1625109	F50	F50
ID#150	808120	1623784	W50	W50
ID#151	819470	1622759	M50	M50
ID#152	830545	1614934	A50	A50
ID#153	819145	1611859	A50	A50
ID#154	836945	1621684	A50	A50
ID#155	804595	1609959	F50	F50
ID#156	832570	1634184	A50	A50
ID#157	827020	1621534	A50	A50
ID#158	829595	1618634	A50	A50
ID#159	823945	1633734	A50	M50
ID#160	797395	1617159	F50	F50
ID#161	800070	1612784	F50	F50
ID#162	795920	1620559	A50	F50
ID#163	819545	1628759	A50	A50
ID#164	820070	1625434	A50	U50
ID#165	824320	1635209	U50	A50
ID#166	817095	1622984	A50	A50
ID#167	817520	1623184	A50	A50
ID#168	830145	1633959	A50	A50
ID#169	832295	1634984	A50	A50

ตารางที่ ก-4 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#1	804120	1617759	F50	F50
ID#2	813095	1628334	A50	U50
ID#3	825645	1623559	A50	A50
ID#4	822895	1619059	A50	U50
ID#5	814195	1629859	A50	A50
ID#6	818320	1615509	A50	A50
ID#7	824270	1621434	U50	U50
ID#8	814020	1618409	A50	F50
ID#9	828470	1616484	A50	A50
ID#10	827195	1619859	A50	A50
ID#11	819170	1633909	A50	A50
ID#12	808145	1621934	W50	W50
ID#13	810770	1619334	A50	U50
ID#14	811095	1623459	A50	A50
ID#15	810145	1607084	F50	F50
ID#16	828920	1621684	A50	A50
ID#17	817920	1612009	A50	F50
ID#18	830420	1622609	A50	A50
ID#19	821470	1617609	A50	A50
ID#20	829670	1622109	A50	A50
ID#21	823720	1628859	A50	A50
ID#22	808820	1605459	F50	F50
ID#23	827320	1625459	U50	U50
ID#24	832120	1632884	A50	A50
ID#25	824645	1640284	A50	A50
ID#26	809270	1614284	A50	A50
ID#27	825220	1625509	A50	U50
ID#28	805495	1625359	F50	F50
ID#29	828045	1623359	A50	A50
ID#30	820395	1616634	F50	F50
ID#31	805920	1620534	A50	A50
ID#32	801220	1608559	W50	W50
ID#33	826770	1634359	M50	M50
ID#34	825720	1637434	A50	A50
ID#35	819020	1612834	A50	A50
ID#36	818795	1635334	A50	A50
ID#37	808245	1619359	A50	F50
ID#38	817220	1615784	F50	F50
ID#39	831045	1632609	A50	A50
ID#40	819745	1620284	A50	A50
ID#41	798820	1619759	F50	F50
ID#42	801595	1606859	A50	A50
ID#43	822670	1633759	A50	A50

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#44	811145	1608459	F50	F50
ID#45	811395	1617634	A50	U50
ID#46	803870	1613034	F50	F50
ID#47	806170	1620834	A50	F50
ID#48	830120	1636984	A50	A50
ID#49	815920	1629684	A50	A50
ID#50	812295	1618809	A50	A50
ID#51	803995	1609559	F50	F50
ID#52	819895	1614459	F50	F50
ID#53	803745	1622409	A50	A50
ID#54	806370	1606459	F50	F50
ID#55	813820	1628484	A50	U50
ID#56	817895	1633609	M50	M50
ID#57	830020	1633309	A50	A50
ID#58	822245	1622959	M50	M50
ID#59	823670	1642309	A50	A50
ID#60	823595	1638009	A50	A50
ID#61	832670	1636534	A50	A50
ID#62	819370	1626659	A50	A50
ID#63	799170	1626334	A50	A50
ID#64	825170	1627784	A50	A50
ID#65	830445	1626409	A50	A50
ID#66	831970	1626234	A50	A50
ID#67	812995	1624884	A50	A50
ID#68	812545	1627634	A50	A50
ID#69	808195	1609809	F50	F50
ID#70	833420	1637309	A50	A50
ID#71	831270	1628534	A50	A50
ID#72	829870	1631909	A50	A50
ID#73	829120	1617159	A50	A50
ID#74	830395	1626334	A50	A50
ID#75	821895	1615384	F50	F50
ID#76	830895	1616434	A50	A50
ID#77	816895	1630984	A50	A50
ID#78	814470	1626159	A50	F50
ID#79	800520	1625684	A50	A50
ID#80	807595	1620259	A50	A50
ID#81	807320	1616284	A50	A50
ID#82	824720	1638809	A50	A50
ID#83	807920	1606059	F50	F50
ID#84	830370	1621684	A50	A50
ID#85	822245	1615384	F50	F50
ID#86	834495	1625984	A50	A50
ID#87	816120	1619834	F50	F50

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#88	817770	1625934	A50	A50
ID#89	797145	1625959	F50	F50
ID#90	817345	1618109	F50	F50
ID#91	830445	1633884	M50	M50
ID#92	824095	1634334	A50	A50
ID#93	794370	1628184	F50	F50
ID#94	808920	1618309	A50	A50
ID#95	825820	1641034	A50	A50
ID#96	820895	1621434	A50	U50
ID#97	828920	1612184	F50	A50
ID#98	812245	1614259	A50	A50
ID#99	810695	1614034	F50	F50
ID#100	818720	1630159	A50	A50
ID#101	809795	1628359	A50	A50
ID#102	828520	1610834	F50	F50
ID#103	830895	1612209	A50	A50
ID#104	826470	1618284	A50	A50
ID#105	807120	1625234	A50	A50
ID#106	819845	1623409	A50	A50
ID#107	831020	1613134	A50	A50
ID#108	804770	1615184	F50	F50
ID#109	833445	1631759	A50	A50
ID#110	830270	1617259	A50	M50
ID#111	818945	1624809	A50	A50
ID#112	822545	1635409	A50	A50
ID#113	822545	1621984	A50	A50
ID#114	817570	1629584	A50	A50
ID#115	833770	1632234	A50	A50
ID#116	832195	1623909	A50	A50
ID#117	811695	1615134	A50	A50
ID#118	803245	1610784	F50	F50
ID#119	807895	1608284	F50	F50
ID#120	794095	1627609	F50	F50
ID#121	829770	1625609	M50	U50
ID#122	812695	1621434	A50	A50
ID#123	821070	1634984	A50	A50
ID#124	831870	1635709	A50	A50
ID#125	801420	1609059	W50	W50
ID#126	825070	1631384	A50	A50
ID#127	825845	1642034	A50	A50
ID#128	804595	1626409	F50	F50
ID#129	798495	1608509	A50	A50
ID#130	821645	1640684	A50	A50
ID#131	793495	1626484	F50	F50

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#132	807745	1605909	F50	F50
ID#133	825495	1626234	A50	A50
ID#134	815720	1610384	A50	A50
ID#135	830420	1620409	A50	A50
ID#136	823620	1634009	M50	M50
ID#137	828795	1632634	M50	M50
ID#138	800970	1624884	A50	A50
ID#139	817645	1622109	A50	A50
ID#140	828795	1612284	A50	F50
ID#141	828545	1617459	A50	A50
ID#142	816145	1632184	A50	A50
ID#143	812970	1620834	A50	U50
ID#144	799945	1623784	F50	M50
ID#145	803745	1611134	F50	F50
ID#146	823645	1620134	A50	A50
ID#147	820845	1628684	A50	A50
ID#148	817845	1631634	A50	A50
ID#149	814770	1617509	A50	F50
ID#150	834170	1634259	A50	A50
ID#151	817245	1624459	A50	A50
ID#152	833220	1621584	A50	A50
ID#153	827370	1637134	U50	U50
ID#154	832845	1632009	A50	U50
ID#155	817895	1617434	F50	F50
ID#156	829420	1619859	A50	A50
ID#157	834920	1633534	A50	A50
ID#158	804270	1620334	A50	A50
ID#159	831245	1622659	A50	A50
ID#160	821445	1622959	A50	A50
ID#161	828320	1630934	U50	U50
ID#162	837320	1624784	A50	A50
ID#163	829145	1620984	A50	A50
ID#164	819345	1611884	A50	A50
ID#165	806045	1615884	F50	F50
ID#166	829220	1635584	A50	A50
ID#167	799245	1607209	A50	F50
ID#168	832145	1635509	A50	A50
ID#169	825720	1624259	A50	A50
ID#170	830045	1618459	A50	A50
ID#171	830945	1633359	A50	A50
ID#172	829995	1619159	A50	A50
ID#173	791745	1625059	F50	F50
ID#174	805195	1613134	F50	F50
ID#175	824645	1641334	A50	A50

ตารางที่ ก 4(ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#176	810295	1625584	A50	A50
ID#177	815495	1620934	A50	A50
ID#178	833645	1621434	A50	M50
ID#179	817970	1611509	A50	A50
ID#180	793420	1627859	F50	F50
ID#181	804595	1618759	A50	A50
ID#182	827895	1632184	A50	A50
ID#183	831120	1638359	A50	A50
ID#184	815595	1621184	A50	A50
ID#185	806520	1618959	A50	A50
ID#186	792345	1624559	F50	F50
ID#187	800170	1619659	F50	F50
ID#188	805995	1609884	F50	F50
ID#189	805370	1622709	A50	A50
ID#190	814245	1633834	A50	A50
ID#191	831845	1613584	A50	A50
ID#192	830595	1632009	A50	A50
ID#193	825195	1616584	A50	A50
ID#194	833070	1636084	A50	A50
ID#195	805770	1610709	F50	F50
ID#196	827145	1617184	A50	A50
ID#197	816820	1636909	A50	A50
ID#198	811945	1618384	U50	U50
ID#199	801445	1608684	F50	F50
ID#200	810370	1614684	A50	A50
ID#201	822070	1612884	A50	A50
ID#202	820570	1619509	A50	A50
ID#203	827120	1614959	A50	A50
ID#204	807870	1622409	W50	W50
ID#205	812170	1623634	A50	A50
ID#206	808870	1606959	F50	F50
ID#207	830545	1623359	A50	A50
ID#208	833820	1633109	A50	A50
ID#209	805970	1617534	A50	A50
ID#210	796020	1626234	F50	F50
ID#211	796645	1622359	A50	F50
ID#212	826295	1639984	A50	A50
ID#213	830820	1624259	A50	A50
ID#214	804420	1620834	A50	A50
ID#215	804395	1611534	F50	F50
ID#216	811545	1614434	A50	A50
ID#217	824520	1634834	A50	A50
ID#218	831795	1627959	A50	A50
ID#219	794120	1627134	A50	F50

ตารางที่ ก-4 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#220	830445	1638259	A50	A50
ID#221	814820	1627934	A50	A50
ID#222	809345	1621234	M50	U50
ID#223	827420	1627159	A50	A50
ID#224	810470	1609434	F50	F50
ID#225	806845	1606334	F50	F50
ID#226	808020	1627384	F50	F50
ID#227	813220	1611034	F50	F50
ID#228	805520	1607959	F50	F50
ID#229	800770	1613484	F50	F50
ID#230	815895	1625559	U50	U50
ID#231	799095	1609459	W50	W50
ID#232	794770	1620809	F50	F50
ID#233	821720	1623709	U50	U50
ID#234	825845	1632634	U50	A50
ID#235	823395	1633559	A50	M50
ID#236	816620	1625609	A50	A50

ตารางที่ ก-5 แสดงจุดตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงโดยเทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิอ้างอิงสำหรับเวลาเริ่มต้น

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#1	833570	1630209	A	NF
ID#2	827770	1636809	U	NF
ID#3	824070	1633634	M	NF
ID#4	810420	1610084	F	F
ID#5	832795	1630859	A	NF
ID#6	800995	1606484	F	F
ID#7	816170	1628384	A	NF
ID#8	809145	1611234	F	F
ID#9	829695	1624434	A	NF
ID#10	824570	1618834	A	NF
ID#11	830945	1616659	A	NF
ID#12	822170	1616684	F	F
ID#13	805645	1610909	F	F
ID#14	829170	1619159	A	NF
ID#15	808445	1615584	U	NF
ID#16	829720	1624234	A	NF
ID#17	828970	1627034	A	NF
ID#18	792120	1625909	F	F
ID#19	809920	1616409	A	NF
ID#20	801020	1622784	A	NF
ID#21	806445	1618734	A	NF
ID#22	826370	1633034	U	NF
ID#23	815795	1625659	U	NF
ID#24	827020	1640534	U	NF
ID#25	795270	1624209	F	F
ID#26	802195	1612609	F	F
ID#27	831295	1622059	A	NF
ID#28	825795	1635834	A	NF
ID#29	823095	1640109	A	NF
ID#30	827845	1639034	M	NF
ID#31	806120	1607634	F	F
ID#32	796445	1623534	F	F
ID#33	805145	1606284	F	F
ID#34	834845	1627909	A	NF
ID#35	822245	1612684		NF
ID#36	832370	1637659	A	NF
ID#37	801620	1615184	F	F
ID#38	808645	1624834	W	W
ID#39	823745	1619284	A	NF
ID#40	811070	1612234	F	F
ID#41	797070	1620659	F	F
ID#42	821770	1626559	A	NF
ID#43	830445	1629009	A	NF

ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#44	824345	1623734	A	NF
ID#45	827620	1624734	F	F
ID#46	807245	1612884	F	F
ID#47	792895	1624334	F	F
ID#48	825045	1618859	A	NF
ID#49	811195	1613684	F	F
ID#50	822895	1626134	A	NF
ID#51	800945	1620084	F	F
ID#52	825420	1633734	A	NF
ID#53	831320	1616534	A	NF
ID#54	820895	1630909	A	NF
ID#55	800195	1624609	A	NF
ID#56	797870	1619659	F	F
ID#57	810095	1609309	F	F
ID#58	830695	1616259	A	NF
ID#59	832370	1638859	W	W
ID#60	809995	1623084	F	F
ID#61	826720	1621409	A	NF
ID#62	822395	1622209	U	NF
ID#63	831345	1615734	A	NF
ID#64	798895	1615909		NF
ID#65	825895	1639734	A	NF
ID#66	836595	1621109	A	NF
ID#67	799670	1615009	F	F
ID#68	799220	1621459	F	F
ID#69	823195	1622659	A	NF
ID#70	820170	1619259	A	NF
ID#71	818595	1618009	A	NF
ID#72	815720	1626559	U	NF
ID#73	834420	1622209	A	NF
ID#74	815395	1622884	F	F
ID#75	814420	1627284	A	NF
ID#76	794020	1622234	F	F
ID#77	797320	1617909	F	F
ID#78	821945	1620459	A	NF
ID#79	809495	1605634		NF
ID#80	804595	1617234	F	F
ID#81	816345	1615409	A	NF
ID#82	822545	1635284	A	NF
ID#83	814345	1617709	F	F
ID#84	805170	1615259	F	F
ID#85	806720	1611309	F	F
ID#86	816345	1625509	U	NF
ID#87	826595	1622809	A	NF

ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#88	805545	1613259	F	F
ID#89	803770	1616534	F	F
ID#90	828745	1629209	A	NF
ID#91	822795	1626534	U	NF
ID#92	807870	1622809	W	W
ID#93	838270	1624309		NF
ID#94	793620	1624809	F	F
ID#95	803270	1624909	A	NF
ID#96	800495	1610834	F	F
ID#97	818945	1614184	F	F
ID#98	826270	1622809	A	NF
ID#99	807820	1606534	F	F
ID#100	824370	1642134	A	NF
ID#101	833795	1621484	M	NF
ID#102	793445	1623659	F	F
ID#103	833970	1621584	A	NF
ID#104	798595	1624859	F	F
ID#105	815770	1614809	A	NF
ID#106	794595	1623234	F	F
ID#107	808220	1609234	F	F
ID#108	825995	1631309	U	NF
ID#109	827145	1616959	U	NF
ID#110	825495	1619309	A	NF
ID#111	825545	1614634	F	F
ID#112	828020	1613809	A	NF
ID#113	827645	1626484	A	NF
ID#114	802970	1610884	F	F
ID#115	820795	1615634	A	NF
ID#116	799920	1607084	F	F
ID#117	820045	1622759	A	NF
ID#118	823970	1637434	A	NF
ID#119	821795	1641059	A	NF
ID#120	830470	1630984	U	NF
ID#121	828545	1616034	A	NF
ID#122	826445	1615759	A	NF
ID#123	834895	1625434	A	NF
ID#124	816795	1619859	A	NF
ID#125	823870	1635309	U	NF
ID#126	829445	1613534	A	NF
ID#127	804570	1622109	A	NF
ID#128	817195	1626384	A	NF
ID#129	828845	1631934	A	NF
ID#130	827095	1632984	A	NF
ID#131	820845	1633259	A	NF

ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

หมายเลข	พิกัด X	พิกัด Y	ข้อมูลจากการจำแนก	ข้อมูลอ้างอิง
ID#132	813720	1629134	A	NF
ID#133	823895	1629759	A	NF
ID#134	816545	1633609	A	NF
ID#135	807045	1624409	A	NF
ID#136	825370	1625534	U	NF
ID#137	825295	1628509	A	NF
ID#138	821645	1617909	A	NF
ID#139	827095	1627059	A	NF
ID#140	834070	1627509	A	NF
ID#141	831220	1636184	A	NF
ID#142	793420	1623834	F	F
ID#143	820295	1624634	U	NF
ID#144	826245	1641884	A	NF
ID#145	803295	1619734	A	NF
ID#146	823170	1617134	A	NF
ID#147	822220	1618884	A	NF
ID#148	812345	1633609	A	NF
ID#149	823895	1619234	A	NF
ID#150	814720	1624159	A	NF
ID#151	834395	1627659	U	NF
ID#152	819845	1623984	M	NF
ID#153	817370	1633609	A	NF
ID#154	814395	1628634	A	NF
ID#155	824320	1637084	A	NF
ID#156	823045	1642259	A	NF
ID#157	825770	1625684	A	NF
ID#158	820595	1632009	A	NF
ID#159	830845	1616559	A	NF
ID#160	821620	1624709	A	NF
ID#161	835020	1619509		NF
ID#162	801545	1619734	F	F
ID#163	832695	1637284	A	NF
ID#164	818570	1637434	A	NF
ID#165	821295	1612459	A	NF
ID#166	829170	1632334	A	NF

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นายสมพร ชอบธรรม
เกิดวันที่ 19 พฤศจิกายน พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด 33 หมู่ที่ 7 ตำบลลำไพล อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา 90260

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536 ชั้นประถมศึกษา
โรงเรียนบ้านท่าไทร ตำบลลำไพล อำเภอเทพา จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2539 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนนวมินทราชูทิศ ทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2542 ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนนวมินทราชูทิศ ทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
พ.ศ. 2546 วิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์)
มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา

การนำเสนอผลงาน

สมพร ชอบธรรม และ สุวิทย์ อ่องสมหวัง. (2007). เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปักษ์สงฆ์ จังหวัดนครราชสีมา. การประชุมวิชาการ การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2550. โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย.