วิทยานิพนธ์

การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลง
การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด
อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

APPLICATION OF CLUE-S MODEL FOR LAND USE AND LAND COVER CHANGES PROJECTION AT MAE YOD WATERSHED, MAECHAEM DISTRICT, CHIANG MAI PROVINCE

นายคมสัน คีรีวงศ์วัฒนา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม — **สาขา**

อนุรักษวิทยา — **ภาควิชา**

เรื่อง การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Application of CLUE-S model for Land Use and Land Cover Changes Projection at Mae Yod Watershed, Maechaem district, Chiang Mai Province

นามผู้วิจัย นายคมสัน คีรีวงศ์วัฒนา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr.)

กรรมการ (อาจารย์ชัชชัย ตันตสิรินทร์, วท.ม)

กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสงค์ สงวนธรรม, M.S)

หัวหน้าภาควิชา (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดรรชนี เอมพันธุ์, Ph.D)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 6 **เดือน** กรกฎาคม **พ. ศ.** 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Application of CLUE-S model for Land Use and Land Cover Changes Projection at Mae Yod Watershed, Maechaem district, Chiang Mai Province

โดย

นายคมสัน คีรีวงศ์วัฒนา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2550

คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา 2550: การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาอนุรักษวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr. 99 หน้า

การศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้และทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และใช้แบบจำลองคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามภาพเหตุการณ์การจัดการการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยการศึกษานี้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง 2540 และประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S ซึ่งใช้สมการถดถอยโลจิสติคในการคาดการณ์สองกรณีคือ 1) ใช้สมการปี พ.ศ. 2531 เพียงปีเดียวคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ถึง 2540 และ 2) ใช้สมการถดถอยโลจิสติคของแต่ละปีคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในปีถัดไป เช่น สมการปี พ.ศ. 2531 คาดการณ์ปี พ.ศ. 2532 และสมการปี พ.ศ. 2532 คาดการณ์ปี พ.ศ. 2533 เป็นต้น การตรวจสอบความถูกต้องของผลของการคาดการณ์ดำเนินการโดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปี พ.ศ. 2531 เพียงปีเดียว มีค่าความถูกต้องโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2532 คือประมาณร้อยละ 94 จากนั้นค่าความถูกต้องจะลดลงเมื่อมีการประเมินในปีถัดไป และมีค่าเพียงประมาณร้อยละ 64 ในปี พ.ศ. 2540 ส่วนการใช้สมการ โลจิสติคปีต่อปีมีความถูกต้องโดยรวมสูงกว่าการใช้สมการเพียงปีเดียว โดยมีค่าระหว่างประมาณร้อยละ 87 ถึง 97 และเมื่อพิจารณาความถูกต้องของการคาดการณ์แต่ละประเภทการใช้ที่ดิน พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีค่าความถูกต้องของการคาดการณ์มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม และที่น้อยที่สุดคือพื้นที่ชุมชน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากกว่า สำหรับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามภาพเหตุการณ์ที่แตกต่างกันได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินในอดีต 2) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมมากกว่าแนวโน้มปกติร้อยละ 15 และ 3) มีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 อย่างเข้มข้น พบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์ปริมาณและการกระจายการเปลี่ยนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้สอดคล้องตามภาพเหตุการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยเฉพาะส่วนที่เป็นพื้นที่ควบคุม

คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ

29 / มี.ค. / 50

Komsan Kiriwongwattana 2007: Application of CLUE-S model for Land Use and Land Cover Changes Projection at Mae Yod Watershed, Maechaem district, Chiang Mai Province. Master of Science (Watershed and Environment Management), Major Field: Watershed and Environment Management, Department of Conservation. Thesis Advisor: Assistant Professor Wanchai Arunpraparat, D.Agr. 99 pages.

A study on land use and land cover changes (LULCC) projection was carried out at Mae Yod Watershed, Maechaem district, Chiang Mai province, northern Thailand by useing LULCC data that interpreted from satellite images, Landsat 5 TM from 1989 to 1997 . The objectives are to apply a model to predict LULCC and to verify the results of the projection. Beside, the model was used to predict LULCC based on different management scenarios. The CLUE-S model which based on logistic regression (LR) technique was applied in two cases including 1) using the LR equation of 1988 to predict LULCC from 1989 to 1997 (Case I) and 2) using the LR equation of each year to predict LULCC of the subsequent year (Case II), for instant, LR equation of 1988 was applied to predict LULCC of 1989 and LR equation of 1989 was applied to predict LULCC of 1990 and so on. To verify the results from the model, LULCC interpreted from satellite images were employed. The results of the study can be summarized as follows.

According to Case I, the highest overall accuracy of LULCC projection, which is about 94 percent, was found in 1989. Consequently, the overall accuracy is decrease year by year. Until 1997, the accuracy is about 64 percent. However, the overall accuracy of Case II is higher than that found in Case I. It ranges between 87 to 97 percent. Considering the accuracy of each type of LULCC projection, it was found that the accuracy of predicting forest area is the highest while the lowest is urban area. This probably because of forest has larger area than agricultural and urban area respectively. The projection of LULCC according to different management scenarios including 1) based on LULCC evolution, 2) demand of agricultural area is increase 15 percent from normal trend and 3) forest area in watershed class 1 is intensively protected, has been carried out. It was found that predicted LULCC from the model of each scenario is reasonable both in amount and in distribution particularly the restriction area.

Komsan — Student's signature

Arunpraparat, W. — Thesis Advisor's signature

29 / Jun / 2007

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์ ประธานกรรมการ อาจารย์ชัชชัย ตันตสิรินทร์ กรรมการวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสงค์ สงวนธรรม ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนการวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์นิพนธ์ ตั้งธรรม ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนถ่ายทอดความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์ยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ด้านการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม อันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ชาวลุ่มน้ำทุกคน ที่ค่อยให้ความช่วยเหลือในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอบคุณ พี่สัญชัยสำหรับคำแนะนำมากมายเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมต่างๆ ขอบคุณ พี่แอน พี่ต่าย พี่เอ๋ พี่ปาน พี่โก้ พี่เปี๊ยก ที่ค่อยให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ขอบคุณมากมาย

ขอกราบเท้าขอบพระคุณ บิดา มารดาของข้าพเจ้า ที่ได้ให้กำลังใจ สั่งสอน และอดทนรอความสำเร็จของวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสมอมา ประโยชน์อันพึงมีที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมีได้ ขอมอบให้บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน

คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)
สารบัญตาราง (2)
สารบัญภาพ (7)
คำนำ 1
วัตถุประสงค์ 4
การตรวจเอกสาร 5
อุปกรณ์และวิธีการ 32
    อุปกรณ์ 32
    วิธีการ 32
ผลและวิจารณ์ 43
สรุปและข้อเสนอแนะ 72
    สรุป 72
    ข้อเสนอแนะ 73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง 74
ภาคผนวก 79
ประวัติการศึกษา และการทำงาน 99

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ไฟล์ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานแบบจำลอง CLUE-S	37
2	ไฟล์ลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน(allow.txt)	38
3	การกำหนดไฟล์ Main Parameter ที่ใช้ในแบบจำลอง CLUE-S	39
4	Confusion Matrix การคำนวณความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลอง CLUE-S ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	41
5	การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่แปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	44
6	ปริมาณการใช้ทีดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2531 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	46
7	ปริมาณการใช้ทีดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	49
8	ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	52
9	ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ (overall) ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	53
10	ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	55
11	ร้อยละความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	56

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

12 เปรียบเทียบร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่แยกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด 58

13 เปรียบเทียบร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นทีของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด 60

14 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด 63

15 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด 65

16 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคุลมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด 67

ตารางผนวกที่

1 การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะทางธรณีวิทยา 82

2 การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะทางปฐพีวิทยา 82

3 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2531 83

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

4 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2532 84

5 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2533 85

6 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2534 86

7 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2535 87

8 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2536 88

9 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2537 89

10 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2538 90

11 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2539 91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2540	92
13	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2532	93
14	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2533	93
15	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2534	93
16	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2535	94
17	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2536	94
18	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2537	94
19	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2538	95
20	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2539	95
21	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2540	95
22	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2532	96
23	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2533	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
24	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2534	96
25	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2535	97
26	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2536	97
27	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2537	97
28	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2538	98
29	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2539	98
30	Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2540	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพรวมของส่วนประกอบภายในแบบจำลอง CLUE-S	19
2	การลำดับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	20
3	แผนผังการทำงานของส่วนกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในแบบจำลอง CLUE-S	22
4	พื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่	26
5	ขั้นตอนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยแบบจำลอง CLUE-S	40
6	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 แปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	44
7	การเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	45
8	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองระหว่าง ปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 โดยใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2531 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	46
9	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2531 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	47
10	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	49
11	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	ร้อยละความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	52
13	ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	53
14	ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	55
15	ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีตอปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	57
16	เปรียบเทียบร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่แยกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	59
17	เปรียบเทียบร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	60
18	ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	63
19	การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	65
21	การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	66
22	ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	67
23	การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด	68

การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

Application of CLUE-S model for Land Use and Land Cover Changes Projection at Mae Yod Watershed, Maechaem district, Chiang Mai Province

คำนำ

การใช้ที่ดินเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากการใช้ที่ดินเป็นกิจกรรมของมนุษย์ที่นำเอาทรัพยากรธรรมชาติมาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐาน อันได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค เป็นต้น แต่ในปัจจุบันสถานการณ์การใช้ที่ดินทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ มีการใช้พื้นที่ในการตั้งชุมชนขนาดใหญ่ โรงงานอุตสาหกรรมและขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประกอบกับความต้องการความมั่งคั่งและมั่นคงทางเศรษฐกิจก็ยิ่งเป็นตัวเพิ่มความต้องการการใช้ที่ดินให้เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ แนวโน้มการใช้ที่ดินที่มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนี้ย่อมส่งผลกระทบต่อทรัพยากรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ดิน น้ำ ป่าไม้ ทั้งในด้านปริมาณ คุณภาพ ซึ่งในที่สุดผลกระทบเหล่านี้ก็จะส่งผลต่อมนุษย์ผู้ต้องอาศัยทรัพยากรต่างๆ เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การศึกษาด้านการจัดการลุ่มน้ำ นักจัดการลุ่มน้ำส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการทางอุทกวิทยาและการชะล้างพังทลายดินอันจะส่งผลโดยตรงต่อสถานภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำนั้นๆ ทั้งด้านทรัพยากรธรรมชาติ และคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้นจึงมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและนำเอาผลการศึกษามาใช้ในการวางแผน กำหนดแนวทางในการที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้การจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่เอื้อประโยชน์สูงสุดและในขณะเดียวกันก็เป็นการลดผลกระทบจากการใช้ทรัพยากรให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อให้คุณภาพชีวิตของประชากรในพื้นที่ลุ่มน้ำมีคุณภาพชีวิตที่ดี

แบบจำลองทางด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาเพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แบบจำลองที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 กลุ่มใหญ่ คือ 1) แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่สามารถคาดการณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งในประเทศไทยแบบจำลองประเภทนี้ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แต่ข้อจำกัดของแบบจำลองประเภทนี้คือไม่สามารถแสดงตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ทำให้การวางแผนจัดการต่างๆ ไม่สามารถกำหนดแผนงานให้เฉพาะเจาะจงลงไปได้ 2) แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่สามารถแสดงตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งมีการพัฒนาต่อเนื่องมาและมีความพยายามแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อทำให้แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถที่จะกำหนดตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงได้ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวมีอยู่ด้วยกันหลายแบบจำลอง เช่น Cellular automata (CA, Clarke *et al*., 1998), GEOMOD2 (Pontius. *et al*., 2001), General Ecosystem Model (GEM, Fitz *et al*. 1996), LUCAS (Land-Use Change Analysis System, Berry *et al*. 1996) เป็นต้น โดยแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนี้ส่วนใหญ่จะนำเอาความสามารถของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการกำหนดตำแหน่งของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาใช้ในการแสดงตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยทั่วไปการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการศึกษากระบวนการทางธรรมชาติต่างๆ จะมีระดับความเชื่อมั่นหรือความถูกต้องของแบบจำลองที่จะนำไปใช้ แบบจำลองทางด้านการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินก็เช่นเดียวกัน ก่อนการนำไปใช้เพื่อการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคุลมดินในอนาคตจำเป็นที่จะต้องทราบค่าความถูกต้องในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อทำให้ผู้ใช้สามารถที่จะมั่นใจได้ว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีความน่าเชื่อถือที่จะนำไปใช้เพื่อการจัดการลุ่มน้ำต่อไป

แบบจำลอง CLUE-S ซึ่งย่อมาจาก Conversion of Land Use and its Effect modeling framework (Veldkamp and Fresco, 1996; Verburg *et al*., 1999) เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เป็นแบบจำลองที่ได้นำเอาความสามารถของการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และการกำหนดตำแหน่งของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์รวมเข้าไว้ในแบบจำลองด้วย จึงทำให้แบบจำลองนี้มีความสามารถในการระบุตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ นอกจากนี้ในแบบจำลอง CLUE-S ยังถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถจำลองสถานการณ์ (scenario) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ จึงทำให้แบบจำลองนี้เหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องมือที่จะใช้ในการกำหนดแนวทางและมาตรการการ

ใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ เพราะผู้ใช้สามารถที่จะจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินได้ด้วยตัวเอง และยังสามารถสร้างทางเลือกของแนวทางการใช้ที่ดินได้อีกทางหนึ่งด้วย

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S นั้น ได้มีผู้ใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในหลาย ๆ ประเทศ ได้แก่ ฟิลิปปินส์ มาเลเซีย เวียดนาม เป็นต้น แต่ยังไม่มีผู้ศึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาถึงความถูกต้องของแบบจำลอง CLUE-S ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำของประเทศไทยเพื่อที่จะทำให้ทราบว่าแบบจำลอง CLUE-S มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใดที่จะนำมาใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิงปกคลุมดินเพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดการลุ่มน้ำของประเทศไทยในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและสิ่งปกคลุม บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อ.แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใช้แบบจำลอง CLUE-S ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อ.แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

3. เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ตามการกำหนดภาพเหตุการณ์ (scenario) นโยบายการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่แตกต่างกัน

การตรวจเอกสาร

1. <u>การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน</u>

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (land use and land cover change) หมายถึง การแทนที่ของการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินชนิดใดชนิดหนึ่งแทนการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินชนิดเดิม (Richard, 1990) ซึ่งสามารถศึกษาได้โดยการนำข้อมูลของการใช้ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินหลายช่วงเวลามาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างสองระยะเวลา (จตุพร, 2537)

Turner *et al.* (1995) และคณะ กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน หมายถึง การที่มนุษย์เข้าไปใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อสนองความต้องการพื้นฐานของตนเองจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ต่างๆ เพื่อกิจกรรมดังกล่าว

Verburg *et al*. (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและให้คำจำกัดความไว้ว่า การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของโลก ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่มาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติของมนุษย์

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินคือการแทนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคุลมดินชนิดใหม่ด้วยการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินชนิดเดิม ซึ่งการแทนที่นี้ส่วนใหญ่เกิดมาจากความต้องการใช้พื้นที่และทรัพยากรธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการพื้นฐานของตนเองเป็นหลัก เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินดังกล่าวส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2. <u>ปัจจัยสำคัญในการกำหนดการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน</u>

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่เป็นแรงขับ (driving force) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (นิพนธ์, 2549) โดยมีผู้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวไว้มากมาย และมีผู้รวบรวมปัจจัยสำคัญต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ปัจจัยด้านชีวกายภาพ (biophysical drivers)

1) ความเหมาะสมด้านชีวกายภาพของที่ดินแห่งใดแห่งหนึ่งจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะลม ฟ้าอากาศ ความลาดชัน และตัวเนื้อดินเองเป็นสำคัญ ลักษณะชีวภาพดังกล่าวนี้ ได้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกความเหมาะสมของที่ดิน

2) ลักษณะทางชีวกายภาพบางประการ เช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิ ฯลฯ เป็นปัจจัยที่ทำให้ผู้ใช้ที่ดินตัดสินใจว่าจะใช้หรือขยายออกไปหรือไม่ ทั้งนี้เพราะปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวกำหนดความเสี่ยงต่อการได้ผลผลิต และความผันผวนของรายได้ที่จะตามมา

3) ผลพวงจากการใช้ที่ดินในอดีต ที่ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ลดน้อยถอยลงไป ก็เป็นส่วนสำคัญที่กำหนดทิศทาง และอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การชะล้างพังทลายของดิน ความแน่นของหน้าดิน ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนย้ายเปลี่ยนแปลง เช่น อาจมีการย้ายถิ่น หรือมีการประยุกต์ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำหรือมีการสร้างระบบชลประทานเข้าไป

4) การระบาดของโรคแมลง/โรคพืช และวัชพืช ซึ่งมีผลต่อการทำให้ผลผลิตตกต่ำย่อมมีผลต่อความคิดในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การแสวงหาที่ทำกินใหม่ และการใช้ยากำจัด ซึ่งจะเชื่อมโยงไปถึงผลกระทบตามมาด้านสิ่งแวดล้อม

2.2 ปัจจัยมนุษย์ (human drivers)

การเพิ่มขึ้นของประชากรทั้งของในประเทศหนึ่งและของโลก มีผลต่ออัตราและทิศทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งสิ้น ขณะเดียวกันกระแสการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อมก็มีผลให้เป็นตัวเร่ง ให้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งรูปแบบการใช้ที่ดิน เนื่องจากสามารถซื้อเทคโนโลยีใหม่ และการจัดตั้งกลุ่มองค์กรต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการควบคุม และเปลี่ยนแปลงการใช้ทัพยากรของประเทศ ในส่วนของปัจจัยอันเกิดจากมนุษย์นี้ มีประเด็นของตัวเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ต้องกล่าวถึง ดังนี้

2.2.1 จำนวนประชากร (population)

1) เนื่องจากจำนวนประชากรและความหนาแน่นของประชากรเป็นตัวกำหนดปริมาณ อาหารที่ต้องการและรายได้ที่เป็นเม็ดเงิน ซึ่งก็ต้องเชื่อมโยงที่ดินที่ต้องนำมาผลิตอาหาร

2) อัตราการขยายตัวของเมือง ซึ่งแน่นอนว่าจะต้องเป็นสัดส่วนโดยตรงกับประชากรที่เพิ่มขึ้น

3) ความต้องการแรงงานเพื่อสร้างผลผลิตและรายได้ จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับจำนวนและความหนาแน่นของประชากร

2.2.2 ระดับของเทคโนโลยี (technology level)

1) ระดับความทันสมัยและประสิทธิภาพทางเทคโนโลยีของแต่ละประเทศ/ท้องถิ่น ส่งผลต่อผลผลิตและอัตราการขยายตัว/หดตัวของที่ดินด้วย การเพิ่มผลผลิตได้โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของพื้นที่ย่อมส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเปลี่ยนไปด้วย

2) กรณีที่เป็นเทคโนโลยีพื้นบ้าน (local technology) เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น อาจจำเป็นต้องขยายพื้นที่มากขึ้น และไปในทิศทางเกินสมรรถนะที่ดินที่จะรองรับได้ แต่ถ้าหากมีเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น มีปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพ และระบบชลประทานที่ดี เทคโนโลยีเหล่านี้จะเป็นการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่ การขยายพื้นที่อาจไม่จำเป็น แต่รูปแบบการใช้ที่ดินและผลกระทบอาจเปลี่ยนแปลงไป

2.2.3 ระดับความมั่งคั่งของคน (level of affluence)

ระดับความมั่งคั่งของคนในประเทศ/ท้องถิ่น มีส่วนอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของประเทศ/ท้องถิ่นนั้นๆ เนื่องจากคนรวยมากขึ้น ความต้องการบริโภคอาหารดีๆมากขึ้น นโยบายและกลยุทธ์ต่างๆที่เกี่ยวกับการวางแผนการใช้ที่ดิน หรือเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายในท้องถิ่น/ระดับประเทศนั้นๆ ประเทศใดมีความมั่งคั่งน้อยก็คงต้องใช้พื้นที่ตอบสนองความต้องการอาหารเป็นลำดับแรก ส่วนประเทศที่ร่ำรวยอาจหาซื้อที่อื่นได้ เช่น ญี่ปุ่นก็อาจไม่จำเป็นต้องใช้ที่ดินของตัวเองมากนัก

2.2.4 โครงสร้างทางการเมือง (political structure)

โครงสร้างทางการเมืองมักเป็นตัวกำหนดการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ทั้งนี้เพราะระบบโครงสร้างทางการเมืองนี้สามารถจะเผด็จการให้เกิดนโยบายการใช้ที่ดินเปลี่ยนรูปแบบ และทิศทางได้อย่างทันทีทันใด เชื่อมนโยบายตลาดร่วมยุโรปที่ลดการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์ ส่งผลให้การใช้ที่ดินเพื่อปลูกมันสำปะหลังในประเทศได้ผลลดลงอย่างรวดเร็ว การกำหนดนโยบาย สปก. 4-01 ส่งผลให้มีการใช้ที่ดินเปลี่ยนไปทั้งรูปแบบและวิธีการใช้ เป็นต้น

2.2.5 สถานการณ์ทางเศรษฐกิจ (economic condition)

1) กลไกการตลาดและนโยบายการค้าภายในระหว่างประเทศ มีผลต่อทั้งอัตราทิศทาง และรูปแบบการใช้ที่ดิน ทั้งระดับท้องถิ่น ภายในประเทศ และในภูมิภาคต่างๆ ของโลกได้ การกีดกันทางการค้า การสร้างกำแพงภาษี หรือการตั้งข้อตกลงระหว่างประเทศ ระหว่างนายทุนพ่อค้า นักธุรกิจกับเกษตรกร ก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทั้งระบบสั้น และระยะยาว สิ่งต่างๆที่กล่าวมาหากนำมาพิจารณาในการกำหนดแนวคิดในการสร้างแบบจำลอง จะทำให้แบบจำลองการใช้ที่ดินมีพลวัตรและกำหนดกลยุทธ์ ต่างๆได้มากขึ้น

2) แต่ละระบบการใช้ที่ดินเกี่ยวกับการค้า จะต้องตอบสนองสภาพการณ์ทางเศรษฐกิจที่มีต่ำสุดระดับหนึ่ง ที่จะสามารถขายสินค้าได้ ตัวอย่างเช่น ปริมาณผลผลิตต่ำสุด คุณภาพต่ำสุด โครงสร้างขั้นพื้นฐานที่สามารถเอื้ออำนวยด้านคมนาคม ปัจจัยเหล่านี้จะต้องนำมาพิจารณาเมื่อมีการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในระดับภูมิภาค แต่อาจไม่มีผลมากนักในระดับท้องถิ่น

3) รายได้จากการค้าขายในประเทศ/ระหว่างประเทศ และผลผลิต ซึ่งเหลือจากการใช้ภายในประเทศ/ภายในท้องถิ่น จะเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดความอ่อนไหวของการเปลี่ยนแปลงระบบการใช้ที่ดิน รวมไปถึงการกำหนดกลยุทธ์ในการใช้ที่ดินของแต่ละประเทศ/ท้องถิ่นด้วย

2.2.6 ทัศนคติและค่านิยมของสังคม (attitudes and values)

ทัศนคติและค่านิยมของชุมชน/ท้องถิ่น สามารถกำหนดทิศทาง และอัตราการเปลี่ยนแปลงระบบการใช้ที่ดินได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการและวัตถุประสงค์ของคนในชุมชน เช่น ต้องมีนาไว้ปลูกข้าวเองมากกว่าซื้อกินหรือปลูกยูคาลิปตัสทิ้งไว้ โดยผันอาชีพตัวเองเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมของคนในภาคอีสาน หรือเปลี่ยนมามีอาชีพค้าขายจากมีอาชีพเดิม ทำไร่ของชาวเขาบางเผ่าในภาคเหนือ เป็นต้น

นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นแล้ว Willemen (2002) อธิบายว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประกอบด้วย

1. ปัจจัยที่มีมีอิทธิพลโดยตรงต่อการอัตราการเปลี่ยนแปลงและปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อนำมาใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูกเนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น

2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการกำหนดตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น ดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าว เป็นต้น

การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน สามารถทำได้โดยการศึกษาด้วยข้อมูลปัจจัยต่างๆ และข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีตเพื่อนำเอาผลที่ได้จากการศึกษามาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากนั้นสร้างขึ้นเป็นแบบจำลองเพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต ซึ่งอาจสรุปปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในทุกระดับของระบบนิเวศที่ควรนำเข้าไปพิจารณาในการสร้างแบบจำลอง (นิพนธ์, 2549) มีดังนี้

1) ตัวแปรด้านประชากร (Demographic variable, D)
- จำนวนและความหนาแน่นของประชากร
- อัตราการเพิ่มของประชากร
- จำนวนประชากรในเขตชุมชนเมือง
- โครงสร้างอายุและเพศ

2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ (Economic variable, E)

- รายได้ประชากร
- การพัฒนาด้านเทคโนโลยี
- ความมีอิสระในการส่ง
- อัตราเติบโตทางเศรษฐกิจ

3) ความเข้มข้นในการใช้ที่ดิน (Land-use Intensification, LI)

- ใช้แบบไร่เลื่อนลอยหรือถาวร
- ทำไม้ออกจากป่าโดยระบบเลือกตัดหรือตัดหมด (clear cutting)

4) ปัจจัยทางชีวกายภาพของพื้นที่ (Biophysical variable, BP)

- ศักยภาพในการให้ผลผลิตของที่ดิน (ความอุดมสมบูรณ์ แหล่งน้ำ ทำเล)
- ลักษณะภูมิประเทศ และลมฟ้าอากาศ (ฝน อุทกภัย ความแห้งแล้ง)

5) ปัจจัยด้านการเมืองการปกครอง (Political variable, P)

- ทัศนคตินักการเมือง นักการปกครอง
- นโยบายระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ ระดับโลก

6) ทัศนคติและค่านิยมของชุมชนและสังคม (Attitude and value variable, AV)

- กระแสอนุรักษ์
- ค่านิยมในการบริโภคสินค้า
- ค่านิยมในการปรับเปลี่ยนอาชีพ (จากเกษตรกรรมสู่โรงงาน อุตสาหกรรม บริการ)

ในเชิงของการจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ สามารถเขียนเป็นรูปฟังก์ชันที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (LULCC) ได้ ดังนี้

$$LULCC = \boldsymbol{f}[D, E, LI, BP, P, AV] \quad (1)$$

ทั้งนี้การที่จะเลือกตัวแปรใดของแต่ละปัจจัยแต่ละชนิด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ ข้อมูลที่มีและการเชื่อมโยงแบบจำลองย่อยเรื่องอื่นๆ

3. <u>การศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในประเทศไทย</u>

การศึกษาใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เป็นหลักการอันหนึ่งที่พยายามวางรากฐานเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรเบื้องต้น เพื่อมิให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีข้อขัดแย้งกันภายหลัง ดังนั้นเมื่อปี พ.ศ. 2513 ในประเทศสหรัฐอเมริกา นักจัดการและวางแผนการใช้ที่ดินหลายท่านได้คิดค้นจัดระบบการแบ่งแยกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยอาศัยวิชาการแผนใหม่จากการใช้ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายจากดาวเทียม ประกอบกับการสำรวจภาคพื้นดินบางส่วนในรัฐนิวยอร์ค (สถิต, 2521)

สำหรับประเทศไทยได้เริ่มในปี พ.ศ. 2518 โดยอาศัยจากการแบ่งแยกจากภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1: 20,000 ซึ่งช่วยให้ได้รายละเอียดดีขึ้นและในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 4 กรมพัฒนาที่ดินได้เร่งรัดการกำหนดแผนการใช้ที่ดินของประเทศทั้งระดับภาคและระดับจังหวัด (ปรีชา, 2524) ต่อมาปี พ.ศ. 2523 ได้ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม มาตราส่วน 1: 50,000 จำแนกการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของประเทศ 4 ภาค คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ฝ่ายเผยแพร่ กรมพัฒนาที่ดิน, 2524) ปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ ทั้งทางภาครัฐ และเอกชนได้นำข้อมูลจากดาวเทียมไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางและจริงจัง โดยใช้เทคนิคการแปลด้วยสายตา และการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม (กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2533) ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากข้อมูลจากดาวเทียม จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปัจจุบันหรือติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินสำหรับหน่วยงานต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาและวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม โดยที่ประเทศไทยมีสถานีรับสัญญาณดาวเทียมที่เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ มีประสิทธิภาพรับสัญญาณข้อมูลดาวเทียมจาก LANDSAT, SPOT และ MOS-1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลจากดาวเทียม SPOT สามารถบันทึกข้อมูลรายละเอียดจุดภาพขนาด 10x10 เมตร ซึ่งข้อมูลรายละเอียดดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้ศึกษาสภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างดียิ่ง

การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม หรือ Remote Sensing เป็นวิธีการที่ได้มาซึ่งข้อมูลการเปลี่ยนการใช้ที่ดินที่ถูกต้อง สะดวกและรวดเร็ว เพราะเป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุและทรัพยากรธรรมชาติ โดย

ใช้เครื่องมือที่ทันสมัยถ่ายทอดจากระยะไกลให้ปรากฏในภาพนำมาวินิจฉัยหาข้อเท็จจริงโดยไม่ต้องเสียเวลาตรวจวันในท้องที่ทั้งพื้นที่ แต่อาจสุ่มทดลองเพียงบางจุด (สถิตย์, 2523) และจาก Remote Sensing นี้ จะสามารถแปลลักษณะการใช้ที่ดินได้หลายลักษณะ แต่ที่เกี่ยวข้องคือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนั้นมักจะแบ่งรูปแบบเป็น 4 ประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชน และพื้นที่แหล่งน้ำ

จากนั้นก็ได้มีผู้ทำการศึกษาการเกี่ยวกับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมและแบบจำลอง Markov Chain Model ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงปริมาณเพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต จนกระทั่งในปัจจุบันได้มีศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อคาดการณ์ตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

Wacharakitti (1979) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำพองโดยใช้ Remote Sensing ในการแปลสภาพการใช้ที่ดินและใช้ Markov Chain Model แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินดังกล่าว ซึ่งขั้นตอนและวิธีการเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่ดินในอดีตและปัจจุบัน และอาจใช้คาดหมายโอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่อาจเกินขึ้นในอนาคตได้อย่างดีด้วย

พงษ์ศักดิ์และวารินทร์ (2538) ได้ศึกษาวิวัฒนาการการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณห้วยหินดาด จังหวัดระยอง โดยใช้ขอมูลการใช้ทีดินละสิ่งปกคลุมดินระหว่างช่วงเวลาผนวกกับแบบจำลอง Markov Chain Model เพื่อศึกษาถึงวิวัฒนาการการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

วราภรณ์ (2547) ได้ใช้แบบจำลอง Markov Chain Model ศึกษาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำปิง-วัง เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม ทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2538 ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2545 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในอีก 8 ปีข้างหน้าด้วยแบบจำลอง Markov Chain Model เพื่อใช้วางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม

4. แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบจำลองเชิงปริมาณ (non-spatial model) และแบบจำลองเชิงพื้นที่ (spatial model) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 แบบจำลองการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงปริมาณ (non-spatial model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงปริมาณ แบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือแบบจำลอง Markov chain ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้หาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง โดยต้องอาศัยข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 2 ช่วงระยะเวลา (นิพนธ์ ,2549) ซึ่งรายละเอียดจะไม่ขอกล่าวในที่นี้แต่สามารถอ่านได้จากหนังสือเกี่ยวกับแบบจำลองการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั่วไป

4.2 แบบจำลองการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงพื้นที่ (spatial model) เป็นแบบจำลองที่พัฒนาต่อเนื่องมาแบบจำลองเชิงปริมาณ ซึ่งไม่สามารถตอบสนองความต้องการของการแสดงตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ โดยแบบจำลองเชิงพื้นที่สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามองค์ประกอบในการสร้างแบบจำลอง สรุปได้ดังนี้

4.2.1 แบบจำลองระบบพลวัตร (dynamic system model) เป็นแบบจำลองที่ประกอบด้วยแบบจำลองระบบสิ่งแวดล้อมย่อยๆ ภายใน เช่น แบบจำลองอุทกวิทยา แบบจำลองการสูญเสียธาตุอาหาร เป็นต้น สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ในอนาคตและรวมทั้งผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยอาศัยข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีตมาใช้ในการคาดการณ์ แบบจำลองชนิดนี้นิยมใช้เพื่อคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้เช่น General Ecosystem model (GEM, Fitz *et al*. 1996) และ Patuxent Lamdscape Model (PLM, Voinov *et al*. 1999) เป็นต้น

4.2.2 แบบจำลองเชิงเศรษฐ-สังคม (Econometric model) เป็นแบบจำลองที่ภายในแบบจำลองประกอบด้วยสมการทางด้านเศรษฐศาสตร์ มีจุดประสงค์หลักในการศึกษาผลกระทบในเชิงธุรกิจจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ตัวอย่างแบบจำลองประเภทนี้เช่น Chomitz and Gray, (1996) เป็นต้น

4.2.3 แบบจำลองการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดิน (LULCC model) แบบจำลองประเภทนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการกำหนดตำแหน่งและจำลองแบบการใช้ที่ดินเท่านั้น ภายในแบบจำลองจะปรกอบไปด้วยสมการที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งแบบจำลองนี้ยังสามารถแบ่งออกตามวิธีการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินดังนี้

1) แบบจำลองตรรกศาสตร์ (logic model) เป็นแบบจำลองที่อาศัยสมาการถดถอยโลจิสติคมาช่วยในการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งหาได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีตกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง

2) แบบจำลอง CA (Cellular automata model) เป็นแบบจำลองที่อาศัยหลักการกำหนดตำแหน่งด้วยวิธีการวิเคราะห์กริดข้างเคียงซึ่งมีทั้งวิเคราะห์กริดรอบข้าง 4 กริดและ 8 กริดเพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การสร้างแบบจำลองการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นอนาคตมีประโยชน์สรุปได้ดังนี้ (Briassoulis, 2000)

1. การสนับสนุนการตัดสินใจ (decision support) การใช้งานโดยทั่วไปของแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินละสิ่งปกคลุมดินใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ แบบจำลองสามารถทำให้ทราบถึงปัญหาของการวางแผนการใช้ที่ดินได้มากขึ้นเนื่องจากการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลองทำให้ช่วยในการตัดสินใจการวางแผนการใช้ที่ดินได้ดีขึ้น โดยทั่วไปแบบจำลองประเภทนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นสองแบบ คือ แบบจำลองเชิงพรรณนา (descriptive model) และ แบบจำลองที่มีการกำหนดเงื่อนไข (prescriptive model) โดยที่แบบจำลองเชิงพรรณนาเป็นแบบจำลองที่จะทำการจำลองแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามความเป็นจริงหรือตามข้อมูลที่มีอยู่และนำผลลัพธ์นั้นมาใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน นักวางแผนการใช้ที่ดินสามารถนำผลที่ได้จากการจำลองแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมาเพื่อทำการคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพื่อหามาตรการรองรับผลกระทบนั้นๆ ส่วนแบบจำลองที่มีการกำหนดเงื่อนไขนั้นเป็นแบบจำลองที่ผู้ใช้สามารถกำหนดเงื่อนไขหรือวัตถุประสงค์ของการจำลองแบบการใช้ที่ดินได้ การทำงานของแบบจำลองชนิดนี้จะวิเคราะห์บนพื้นฐานของวัตถุประสงค์ที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นและจะแสดงผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุดกับวัตถุประสงค์ที่ผู้ใช้กำหนดขึ้น แบบจำลองประเภทนี้ก็

ได้แก่ แบบจำลอง CLUE-S เป็นต้น ซึ่งผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ของแบบจำลองทั้งสองชนิดข้างต้นจะช่วยให้เข้าใจและวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ดีขึ้น นอกจากนี้การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองชนิดช่วยให้นักวางแผนการใช้ที่ดินเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นและกำหนดแนวทางการวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ถูกต้องมากที่สุดอีกด้วย

2. การอธิบาย (explanation) แบบจำลองสามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน แบบจำลองทำให้สามารถเข้าใจว่าปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการวางแผนการใช้ที่ดิน แบบจำลองจะช่วยให้เราสามารถเข้าใจความซับซ้อนของระบบสังคมและระบบธรรมชาติในพื้นที่ที่ทำการศึกษาและสามารถตัดสินใจได้อย่างมีหลักการในการวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

3. การทำนายหรือคาดการณ์ (prediction) แบบจำลองการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินส่วนใหญ่ใช้เพื่อการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และสามารถอธิบายถึงพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้สูงสุดที่จะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินซึ่งเรียกว่า “Hot Spot” โดยบริเวณดังกล่าวมีความสำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมากเนื่องจากเป็นบริเวณที่จะต้องให้ความสำคัญในการศึกษาในรายละเอียดของพื้นที่นั้นๆ เพื่อกำหนดนโยบายรองรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและผลกระทบที่จะเกิดตามมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

4. การวิเคราะห์ผลกระทบ (impact assessment) แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้งในอดีตและอนาคต ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้สองแนวทาง คือ การวิเคราะห์ผลกระทบจากการวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติและทางสังคมในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

5. การกำหนดความเหมาะสม (prescribe optimum) แบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดขึ้น จนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์มากที่สุด การกำหนดวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์แตกต่างกันก็จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างกันไปซึ่งสามารถแสดง

ความแตกต่างได้ด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้จากการวิเคราะห์ ผลลัพธ์ที่ได้นี้จะช่วยให้นักวางแผนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินสามารถตัดสินใจในการวางแผนใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในแต่ละประเภทและแต่ละบริเวณที่ทำการศึกษาได้

5. แบบจำลอง CLUE และ CLUE-S

5.1 ประวัติความเป็นมาของแบบจำลอง CLUE และ CLUE-S

แบบจำลอง CLUE ซึ่งมีชื่อเต็มคือ **C**onversion of **L**and Use and its **E**ffect modeling framework (Veldkamp and Fresco, 1996; Verburg *et al*., 1999) เป็นแบบจำลองที่สร้างและพัฒนาขึ้นเพื่อการจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้สมการเชิงปริมาณและความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ร่วมกับแบบจำลองพลวัต (dynamic model) ของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เบื้องต้นแบบจำลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทำการศึกษาในระดับนานาชาติและระดับภาคพื้น ซึ่งนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาในแถบอเมริกากลาง ประเทศเอกวาดอร์ ประเทศจีน และบริเวณเกาะชวาในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งส่วนใหญ่ทำการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ รายละเอียดและความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้อยู่ในรูปของกริดไฟล์ (pixel) ซึ่งมีความละเอียดต่ำ แต่เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอยู่ในรูปของแผนที่หรือภาพถ่ายจากดาวเทียม และแสดงรูปแบบการใช้ที่ดินในลักษณะรูปหลายเหลี่ยม (polygon) และหรือตารางกริด (pixel) ซึ่งข้อมูลลักษณะนี้เหมาะสมกับการทำการศึกษาระดับภูมิภาคและพื้นที่ขนาดเล็ก เช่น พื้นที่ลุ่มน้ำ หรือระดับจังหวัด เป็นต้น ในขณะที่แบบจำลอง CLUE ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการศึกษาในระดับภูมิภาคหรือพื้นที่ขนาดเล็กโดยตรง ดังนั้นจึงได้พัฒนาแบบจำลองนี้เพื่อศึกษาการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ขนาดเล็กและเรียกแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ว่า CLUE-S (the **C**onversion of **L**and Use and its **E**ffects at **S**mall regional extent) แบบจำลอง CLUE-S พัฒนาขึ้นเพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยอาศัยการวิเคราะห์ทางที่ตั้งที่เหมาะสมผนวกกับการจำลองแบบแบบพลวัต (dynamic) ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีผลกระทบซึ่งกันและกันในพื้นที่ (Verburg *et al*. 2002; Verburg and Veldkamp, 2003)

5.2 โครงสร้างของแบบจำลอง

แบบจำลอง CLUE-S ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนคุณลักษณะ (non-spatial module) และส่วนเชิงพื้นที่ (spatial module) ดังภาพที่ 1 โดยส่วนคุณลักษณะเป็นส่วนของการกำหนดปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (demand) และส่วนเชิงพื้นที่เป็นส่วนของการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งประกอบด้วยส่วนย่อย อีก 3 ส่วน คือ การกำหนดความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (probability) การกำหนดกฎของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (decision rules) และการกำหนดตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (allocation) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 การกำหนดปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นส่วนจำเป็นที่ต้องกำหนดปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพื่อใช้ในการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษาด้วยแบบจำลอง ซึ่งวิธีการคำนวณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีความแตกต่างกันไปตามสถานที่ที่ศึกษาและวิธีการ เช่น การคำนวณปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีตเป็นต้น โดยแบบจำลอง CLUE-S ไม่มีการคำนวณเพื่อหาปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน แต่แบบจำลองจะใช้ปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดมาใช้เปรียบเทียบผลลัพธ์ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลอง

5.2.2 ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เป็นการเข้าไปใช้พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งด้วยความต้องการใช้พื้นที่และเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในขณะนั้นเป็นรูปแบบอื่น ความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ทั้งด้านกายภาพ และเศรษฐ-สังคม ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีทั้งปัจจัยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดการเปลี่ยนแปลง โดยปัจจัยดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของพื้นที่ศึกษานั้นๆ ดังนั้นความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินดังกล่าวสามารถคาดการณ์ได้จากสมการที่ 2

$$R_{ki} = a_k X_{1i} + b_k X_{2i} + \ldots \quad (2)$$

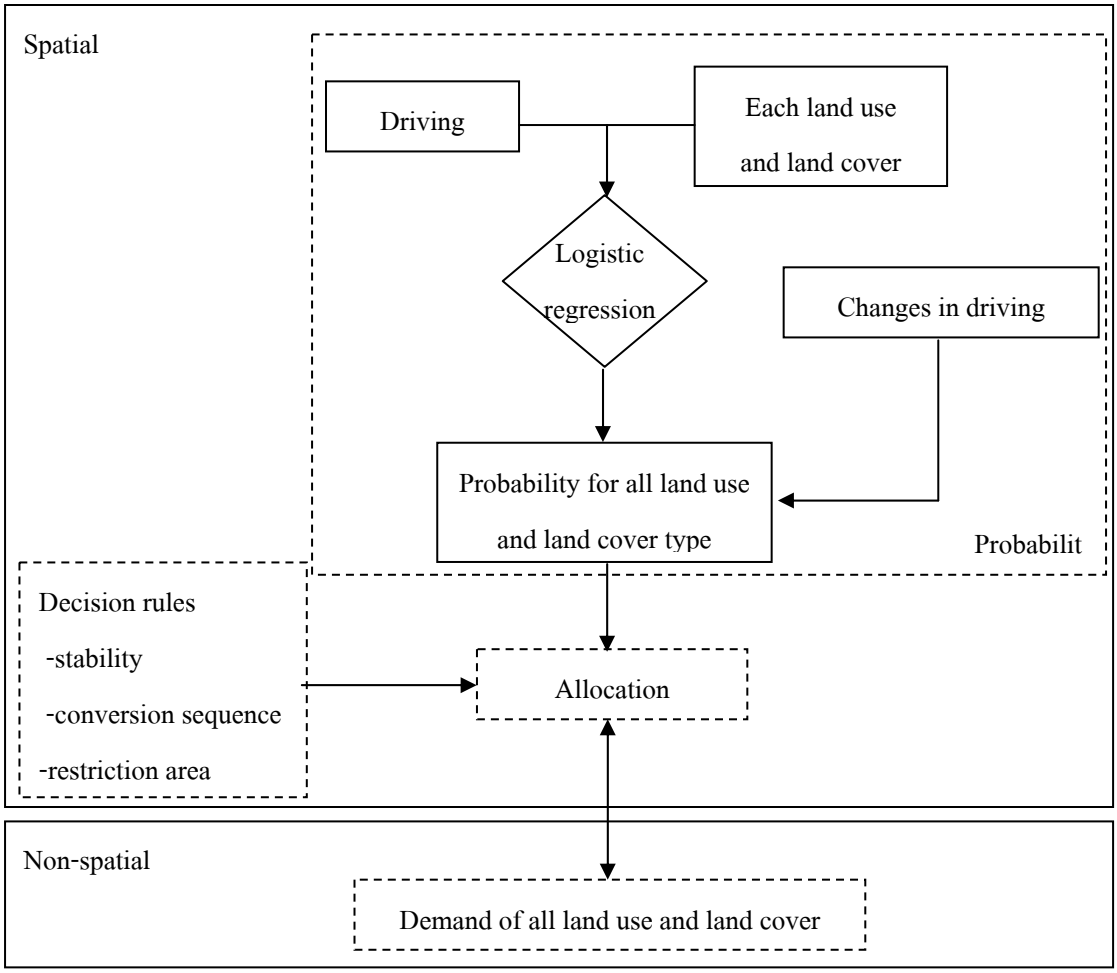
โดยที่กำหนดให้

R	ความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
i	พื้นที่ศึกษา
k	รูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
X1, 2….	ลักษณะทางกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม ของพื้นที่
a_k, b_k	ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินและปัจจัยต่าง ๆ

อย่างไรก็ตามความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นไม่สามารถคาดการณ์ได้โดยตรง แต่สามารถคาดการณ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ ดังนั้นจึงใช้วิธีการทางสถิติมาใช้ในการคาดการณ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน วิธีการดังกล่าวเรียกว่า logistic regression ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมแต่ละประเภทและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะใช้ในการคำนวณความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งรายละเอียดของวิธีการ Logistic regression จะกล่าวในข้อที่ 6

5.2.3 กฎการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

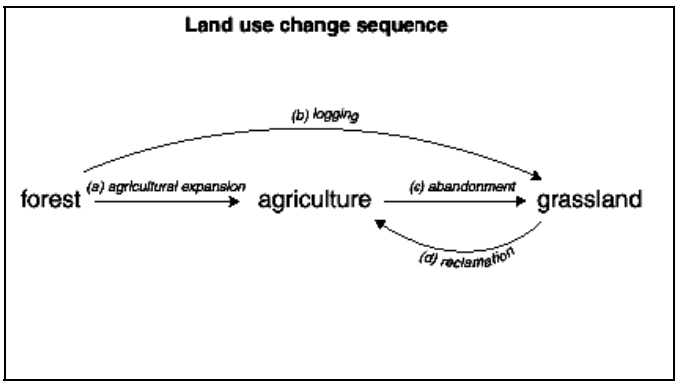
กฎของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นการกำหนดว่าการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินชนิดใดสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ และหากมีการเปลี่ยนแปลงจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ใดได้บ้างและมีความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงเท่าใด โดยมีการกำหนดกฎทั้งหมด 3 ข้อ คือ เสถียรภาพ (stability) ลำดับการเปลี่ยนแปลง (conversion sequence) และพื้นที่คุ้มครอง (restriction area) โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 ภาพรวมของส่วนประกอบภายในแบบจำลอง CLUE-S

1) เสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (stability) เป็นการกำหนดระดับความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยกำหนดค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งกำหนดการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบอื่นให้มีค่าเท่ากับ 1 เช่น พื้นที่ชุมชนไม่สามารถเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ได้ เป็นต้น ในขณะที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 เช่น พื้นที่ป่าไม้มีความง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น อย่างไรก็ตามการกำหนดเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะแตกต่างกันไปตามพื้นที่ศึกษาและแตกต่างไปตามแนวโน้มการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีตเป็นสำคัญ

2) ลำดับของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมเป็นการกำหนดลำดับการเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การกำหนดลำดับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
ที่มา: Verburg *et al*. (2002)

3) การกำหนดพื้นที่คุ้มครองหรือพื้นที่สงวน คือการกำหนดให้พื้นที่บางแห่งที่มีการคุ้มครองอย่างเข้มข้นยากต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่การใช้ที่ดินอื่นๆ ได้ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้เมื่อมีการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลองจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น พื้นที่อุทยานแห่งชาติหรือเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นต้น

5.2.4 การกำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (allocation)

ส่วนนี้เป็นการกำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ประกอบไปด้วยชุดสมการการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และแบบจำลองแบบพลวัต (dynamic model) โดยเมื่อนำเข้าข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดในแบบจำลอง CLUE-S แล้ว แบบจำลองจะกำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินดังแสดงในภาพที่ 3 โดยมีลำดับการกำหนดตำแหน่งดังนี้

1) รวบรวมชุดปัจจัยที่จำเป็นในการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

2) คาดการณ์ความน่าจะเป็นของแต่ละกริดเซลล์ โดยคำนวณแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยสมการที่ 3 คือ

$$TPROP_{i,u} = P_{i,u} + ELAS_u + ITER_u \quad (3)$$

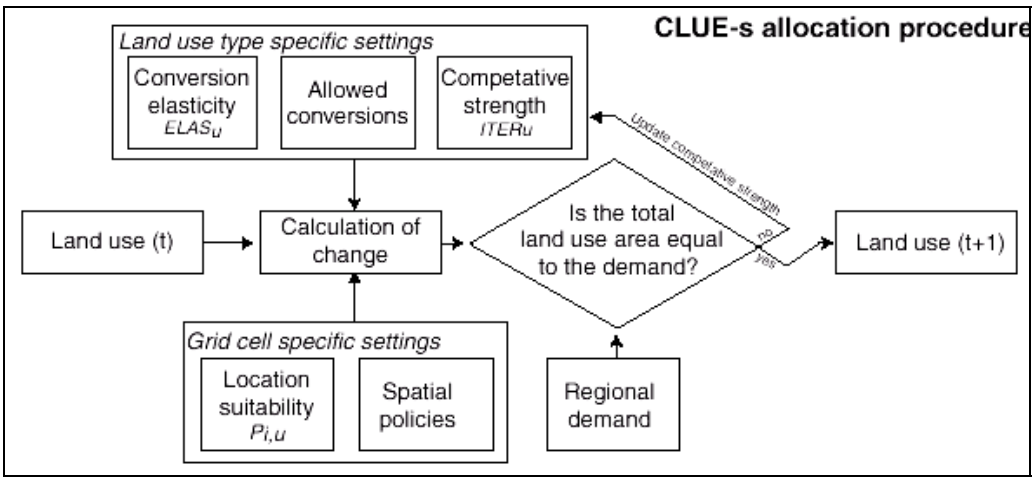
โดยกำหนดให้

$TPROP_{i,u}$	ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
$P_{i,u}$	พื้นที่ที่เหมาะสมของรูปแบบการใช้ที่ดิน (บนพื้นฐานของแบบจำลอง logistic regression)
$ELAS_u$	การเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนของรูปแบบการใช้ที่ดิน
$ITER_u$	การคำนวณซ้ำของแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดิน ซึ่งสัมพันธ์กันกับแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดิน

3) กำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเบื้องต้นด้วยการคำนวณซ้ำค่าตัวแปรต่างๆ ของแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยจะทำการกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินด้วยค่าความน่าจะเป็นสูงสุดของแต่ละกริดเซลล์

4) ขั้นตอนนี้การกำหนดตำแหน่งของแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะถูกเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนด สำหรับรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทใดที่กำหนดตำแหน่งแล้วมีพื้นที่น้อยกว่าปริมาณความต้องการที่กำหนดก็จะถูกทำการคำนวณซ้ำเพื่อเพิ่มพื้นที่ขึ้น ในลักษณะเดียวกันหากรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทใดที่กำหนดตำแหน่งแล้วมีพื้นที่มากกว่าปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดก็จะถูกคำนวณซ้ำใหม่อีกครั้งเพื่อลดพื้นที่ลง

ในขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จะคำนวณซ้ำจนกว่าจะมีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนด และเมื่อทำการคำนวณเสร็จแล้วแบบจำลองจะสร้างข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากนั้นแบบจำลองจะคำนวณในช่วงเวลาต่อไปจนกว่าจะคำนวณถึงปีสุดท้าย



ภาพที่ 3 แผนผังการทำงานของส่วนกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในแบบจำลอง CLUE-S

ที่มา: Verburg *et al*. (2002)

6. <u>สมการถดถอยโลจิสติค (logistic regression)</u>

สมการถดถอยโลจิสติค เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) ที่มีค่าสองค่า คือ 0 และ 1 กับตัวแปรอิสระที่มีค่าต่อเนื่องหรือตัวแปรหลายค่า สำหรับการประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นได้กำหนดให้ตัวแปรตาม (Y) คือความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละชนิดโดยมีค่าเป็น 1 และ 0 ซึ่งแทนการปรากฏและไม่ปรากฏการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทนั้นๆ ตามลำดับ จากนั้นหาความสัมพันธ์ของประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทกับปัจจัยต่างๆ ที่เตรียมไว้เพื่อสร้างเป็นสมการใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Garson, 2001) ดังสมการที่ 4

$$Log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)=\beta_0+\beta_1 X_{1,i}+\beta_2 X_{2,i}.....\beta_n X_{n,i} \qquad (4)$$

โดยที่กำหนดให้

P_i ค่าความน่าจะเป็นของกริดที่พิจารณา

i พื้นที่ที่ทำการศึกษา

X ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง

β ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ logistic regression

โดยทั่วไปการตรวจสอบความถูกต้องของสมการถดถอยจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ซึ่งเป็นการอธิบายว่าสมการที่ได้สามารถอธิบายข้อมูลได้มากน้อยเพียงใด แต่สมการถดถอยโลจิสติคจะใช้วิธีการอื่นที่ดีกว่าในการอธิบาย คือ Relative Operating Characteristics (Roc, Swets, 2002; Pontius and Shneider, 2001) ซึ่งเป็นวิธีการที่จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการคาดการณ์ถูกต้องและการคาดการณ์ไม่ถูกต้องของสมการถดถอยโลจิสติคที่ใช้ โดยกำหนดให้ค่าความถูกต้องของการคาดการณ์มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งหากการคาดการณ์มีค่าเท่ากับ 1 นั้นหมายความว่าการคาดการณ์มีความถูกต้องมาก ในขณะเดียวกันหากการคาดการณ์มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าการคาดการณ์ไม่มีความถูกต้อง และหากมีค่าการคาดการณ์มีค่าเท่ากับ 0.5 หมายความว่าการคาดการณ์มีความถูกต้องและไม่ถูกต้องมีค่าเท่ากัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการยอมรับค่าความถูกต้องของการคาดการณ์ด้วยสมการถดถอยโลจิสติคอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 1 (Pontius and Schneider, 2001)

7. <u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง CLUE-S</u>

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง CLUE-S ทั้งหมดเป็นงานวิจัยที่ทำการศึกษาในต่างประเทศ เพราะแบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากแบบจำลอง CLUE และทำการศึกษาทดลองครั้งแรกที่ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสรุปได้ดังนี้

Verburg, *et al*., (2002) ใช้แบบจำลอง CLUE-S V.2.2 ศึกษาในพื้นที่เกาะ Sibuyan Island ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 456 ตารางกิโลเมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบแบบจำลองที่ได้พัฒนาต่อเนื่องมาจากแบบจำลอง CLUE ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของแบบจำลองทั้งสอง และแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามข้อกำหนดต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ในแบบจำลอง

จากนั้น Willemen (2002) นักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย Wageningen ใช้แบบจำลอง CLUE-S V.2.2 ศึกษาวิจัยในพื้นที่จังหวัด Bac Ken ประเทศเวียดนาม เพื่อทดสอบแนวทางและนโยบายการใช้ที่ดิน โดยกำหนดนโยบายไว้ 3 ภาพเหตุการณ์ (scenario) คือ 1) การเพิ่มพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อรองรับกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น 2) การส่งเสริมการขยายตัวของการทำฟาร์มปศุสัตว์และ 3) กำหนดพื้นที่อนุรักษ์และเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ขึ้นอีก ผลการศึกษาพบว่าบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างมากจากภาพเหตุการณ์ทั้ง 3 ข้อ คือบริเวณตะสันตกเฉียงใต้ของจังหวัด นอกจากนี้ยังได้นำผลที่ได้จากแบบจำลอง CLUE-S มา

เปรียบเทียบกับแบบจำลอง LUPAS จากผลการเปรียบเทียบปรากฏว่าผลที่ได้จากแบบจำลองทั้งสองแบบจำลองนี้ไม่มีความแตกต่างกัน

ในปีเดียวกัน Engelsman (2002) นักศึกษาระดับปริญญาโทสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย Wageningen ประเทศเนเธอร์แลนด์ ใช้แบบจำลอง CLUE-S V.2.2 ศึกษาวิจัยในพื้นที่ลุ่มน้ำ Selangor ประเทศมาเลเซีย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการพัฒนาของพื้นที่เมืองในพื้นที่ลุ่มน้ำ และนำเอาผลที่ได้จาการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไปใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยกำหนดภาพเหตุการณ์การใช้ที่ดินไว้ 3 ภาพเหตุการณ์ คือ 1) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดิน 2) กำหนดพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง 3) กำหนดพื้นที่คุ้มครองเพิ่มขึ้นจากพื้นที่ป่าไม้ โดยทำการศึกษาคาดการณ์ไปในอนาคตเป็นเวลา 15 ปี จากปี ค.ศ. 1994 ถึง ปี ค.ศ.2014 จากการศึกษาวิจัยพบว่าบริเวณชานเมืองจะมีความเป็นไปได้สูงที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกลายเป็นเมืองซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของโครงข่ายการคมนาคม จากผลการศึกษาที่ได้นำมาใช้ในการวางแผนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ ๆ จะกลายเป็นพื้นที่เมืองในอนาคต และศึกษาผลกระทบของการขยายตัวของพื้นที่เมืองต่อสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะพื้นที่ป่าไม้ นอกจากนี้ยังพบว่าจำนวนประชากรและโครงข่ายการคมนาคมมีอิทธิพลสูงต่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ดังกล่าว

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าผลการศึกษาส่วนใหญ่ที่ได้ทำการศึกษาด้วยแบบจำลอง CLUE-S ไม่มีการกล่าวถึงการตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองเลย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องในการใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินว่าจะมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

พื้นที่ศึกษา

1. <u>พื้นที่ศึกษาและลักษณะภูมิประเทศ</u>

ลุ่มน้ำแม่หยอด ตั้งอยู่ในบริเวณตำบลแม่ศึก อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างละติจูดที่ 18 องศา 45 ลิปดาเหนือ และลองติจูดที่ 98 องศา 5 ลิปดาตะวันออก (ภาพที่ 4) สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1200 เมตร อยู่ห่างจากจังหวัดเชียงใหม่ประมาณ 190 กิโลเมตร มีเส้นทางคมนาคมติดต่อกับตัวเมืองเชียงใหม่ 2 ทาง คือ ผ่านทางอำเภอแม่แจ่ม ระยะทางประมาณ

190 กิโลเมตร และอีกทางหนึ่งผ่านทางอำเภอขุนยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระยะทางประมาณ 310 กิโลเมตร โดยมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ (หน่วยการจัดการต้นน้ำแม่หยอด-แม่รวม, 2534)

ทิศเหนือ	จรด	ดอยโป่งสะแยน ห้วยโป่งสะแยน บ้านโป่งสะแยน
ทิศใต้	จรด	บ้านสบห้วยบง ห้วยบง ดอยขุนบง
ทิศตะวันออก	จรด	ห้วยบ้าริ้ว ดอยขุนแม่ชา ห้วยโป่ง ห้วยแม่ลิบ บ้านนากลางใต้
ทิศตะวันตก	จรด	บ้านยางอุคอ น้ำแม่ยวมน้อย ดอยขุนยวมแม่ฮ่องสอน

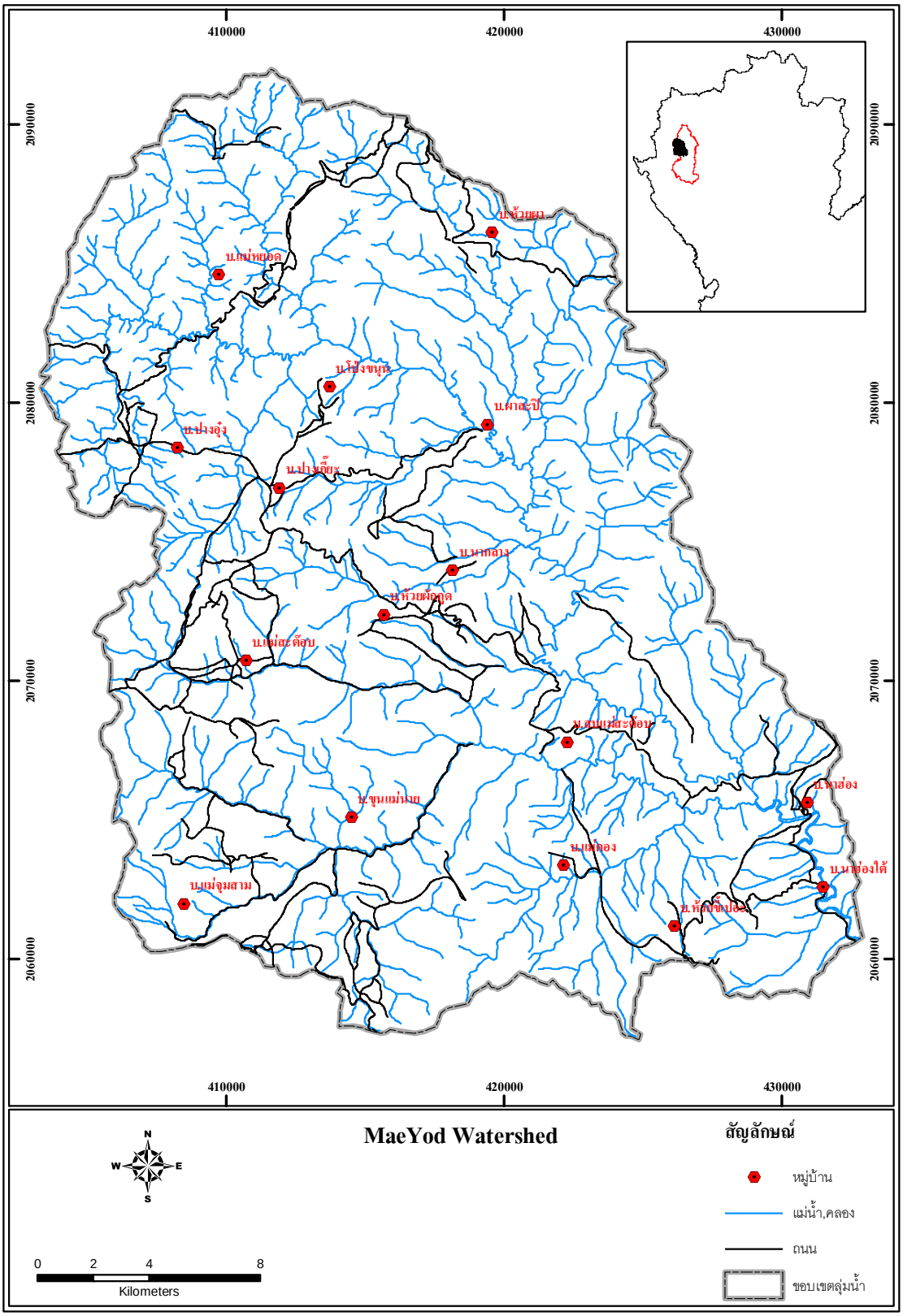
2. <u>ลักษณะภูมิอากาศ</u>

พื้นที่ในบริเวณนี้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ พัดพาเอาความชุ่มชื้นเข้าสู่บริเวณดังกล่าว ทำให้มีฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงต้นเดือนพฤศจิกายนและในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ จะได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดพาเอาความหนาวเย็นจากประเทศจีน มีผลทำให้อากาศหนาวเย็น จากนั้นอากาศจะอุ่นขึ้นเรื่อยๆ จนถึงฤดูร้อนในเดือนมีนาคม ถึงเดือนเมษายน

3. <u>ลักษณะพืชพรรณ</u>

พื้นที่บริเวณนี้อยู่ในเขตภูมิอากาศที่มีฝนตกเกือบตลอดปี มีความชุ่มชื้นเป็นเวลานาน สภาพพื้นที่โดยทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นป่าประเภทไม่ผัดใบ (evergreen forest) ป่าประเภทนี้มีต้นไม้ที่มีสีเขียวชอุ่มตลอดปี ไม่มีระยะเวลาผลัดใบที่แน่นอนเมื่อใบเก่าร่วงหล่นไปใบใหม่ก็จะผลิแตกออกมาอยู่เรื่อยๆ ป่าที่พบในพื้นที่มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน คือ

1. ป่าดงดิบเขา หรือป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ป่าชนิดนี้ ส่วนใหญ่พบอยู่ในท้องที่ทางภาคเหนือ ตามภูเขาสูง ซึ่งอยู่เหนือจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป มีความเขียวชอุ่มตลอดปี อากาศเย็น ป่าชนิดนี้มีความสำคัญต่อการรักษาต้นน้ำลำธาร ชนิดพรรณไม้ที่พบได้แก่ ไม้ตระกูลก่อ เช่น ก่อเดือย ก่อแป็น ก่อตาหมู ก่อนก ก่อน้ำและก่อขาว นอกจากนี้ยังมี กำลังเสือโคร่ง มณฑาป่า จำปีป่า หว้า สนสามพันปี และไม้สนเขาขึ้นปะปนอยู่ด้วย ไม้พื้นล่างที่พบส่วนมากจะเป็นพวกผักกูด มอส กล้วยไม้ดิน ผักกะสัง สะเหิน และพืชที่มีเหง้าอุ้มน้ำชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 4 พื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

1. ป่าดงดิบเขา หรือป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ป่าชนิดนี้ ส่วนใหญ่พบอยู่ในท้องที่ทางภาคเหนือ ตามภูเขาสูง ซึ่งอยู่เหนือจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,000 เมตร ขึ้นไป ลักษณะของป่าชนิดนี้ มีความโปร่งกว่าป่าดงดิบชื้น เนื่องจากมีต้นไม้ขนาดใหญ่น้อยกว่า แต่ก็มองดูเขียวชอุ่มตลอดปี อากาศค่อนข้างเย็นเพราะอยู่บนที่สูง ป่าชนิดนี้มีความสำคัญต่อการรักษาต้นน้ำลำธาร ชนิดพรรณไม้ที่พบ ได้แก่ ไม้ตระกูลก่อ เช่น ก่อเดือย ก่อแป้น ก่อตาหมู ก่อนก ก่อน้ำและก่อขาว นอกจากนี้ยังมี กำลังเสือโคร่ง มณฑาป่า จำปีป่า หว้า สนสามพันปี และไม้สนเขาขึ้นปะปนอยู่ด้วย ไม้พื้นล่างที่พบส่วนมากจะเป็นพวกผักกูด มอส กล้วยไม้ดิน ผักกะสัง สะเหิน และพืชที่มีเหง้าอุ้มน้ำชนิดต่าง ๆ

2. ป่าสน หรือป่าสนเขา (Coniferous Forest Pine Forest) ป่าชนิดนี้ขึ้นอยู่บริเวณพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 600-1,600 เมตร โดยทั่วไปป่าชนิดนี้ขึ้นในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ มีความเป็นกรดสูง (ค่า pH ต่ำ) ชนิดพรรณไม้ที่พบ ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ และก่อชนิดต่างๆ ไม้พื้นล่างที่พบเป็นไม้พุ่มเล็ก และหญ้าชนิดต่างๆ

นอกจากนี้ ยังมีป่าประเภทผลัดใบ (Deciduous Forest) ขึ้นอยู่ปะปน ป่าชนิดนี้เป็นป่าค่อนข้างโปร่ง เพราะในฤดูแล้งจะผลัดใบพร้อมกันทั้งต้น และเริ่มผลิใบใหม่ในฤดูฝน ป่าที่พบในพื้นที่ คือ ป่าแดง หรือป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest , Dry Dipterocarp Forest) เป็นป่าที่ค่อนข้างโปร่ง มักพบในบริเวณพื้นที่ที่เป็นที่ราบและบนภูเขาที่มีความสูงน้อยกว่า 1,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะพรรณไม้ที่พบจะเป็นไม้แคระแกรน ขนาดไม่ใหญ่มากนัก โดยมักจะขึ้นตามดินตื้น มีกรวดหินปะปน หรือเป็นดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำหรือต่ำมาก พรรณไม้ที่พบ ได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง มะขามป้อม ไม้พื้นล่างเป็นพวกตระกูลหญ้าชนิดต่างๆ

4. <u>ลักษณะทางปฐพีวิทยา</u>

ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำมีหินแกรนิต (Granite) ยุคคาร์บอนนิเฟอรัส (Carboniferous) ซึ่งสลายตัวเป็นดิน มีสภาพเป็นกรด ไม่เหมาะต่อการทำเกษตร นอกจากสงวนไว้เป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีหินพวก Sand Stone Silt และ Shale ปะปนอยู่โดยทั่วไป ส่วนในบริเวณที่มีความลาดชัน หรือลาดเขาต่ำลงมา จะพบดินกลุ่ม Reddish Brown Letterietic Soil ในบริเวณที่สูงขึ้นไปอีกจะเป็นดินกลุ่ม Red yellow Podzolic Soil เป็นดินตะกอนใหญ่ เกิดจากการที่

น้ำ และลมพัดพากัดเซาะพังทลายผิวหน้าดินจากพื้นที่ที่อยู่สูงกว่าลงมากลายเป็นดิน มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง

5. <u>สภาพเศรษฐกิจ สังคม</u>

5.1 ลักษณะทางสังคม

5.1.1 ประชากร ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยงและม้ง นอกจากนี้มีพวกจีนฮ่อและคนไทย โดยที่เผ่ากระเหรี่ยง ส่วนมากเป็นครอบครัวเดี่ยว มีบางครัวเรือนเท่านั้นที่ยังเป็นครอบครัวใหญ่ หรือครอบครัวรวม (ครอบครัวขยาย) โดยฝ่ายหญิงจะเป็นใหญ่ ซึ่งหมายถึง การนับถือผีบรรพบุรุษฝ่ายมารดา เมื่อฝ่ายชายแต่งงานต้องไปอยู่กับภรรยาในระบบผัวเดียว-เมียเดียว ส่วนเผ่าม้ง ส่วนมากจะเป็นครอบครัวขนาดใหญ่ สมาชิกในครอบครัวเมื่อแต่งงานก็จะไม่ยอมแยกออกจากครอบครัวเดิม หัวหน้าครอบครัวบางคนมีภรรยาหลายคน เมื่อแต่งงานแล้วฝ่ายหญิงจะต้องไปอยู่รวมกับครอบครัวของฝ่ายชาย

5.1.2 การปกครอง กลุ่มบ้านกะเหรี่ยงไม่ว่าขนาดใหญ่หรือเล็ก มีหัวหน้าหมู่บ้านซึ่งสืบทอดมาโดยเชื้อสายฝ่ายบิดา หัวหน้าหมู่บ้านเป็นคนดูแลให้ทุกคนอยู่ในจารีตประเพณี อยู่ในความสงบเรียบร้อย หากใครทำผิดจะถูกลงโทษโดยการปรับไหม มีกลุ่มผู้อาวุโสในหมู่บ้านเป็นที่ปรึกษาคอยให้คำปรึกษาแก่หัวหน้าหมู่บ้านเพื่อให้เป็นไปตามกรอบแห่งจารีตประเพณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดการวิวาทบาดหมางในหมู่บ้านหรือระหว่างหมู่บ้าน ส่วนกลุ่มบ้านม้ง เนื่องจากประชาชนมีหลายแซ่ จึงมีความขัดแย้งเกิดขึ้น การแก้ปัญหาเป็นรูปของคณะกรรมการ ซึ่งประกอบด้วยผู้อาวุโส และกรรมการหมู่บ้านคอยให้คำปรึกษาและช่วยแก้ปัญหาต่างๆ

5.1.3 การนับถือศาสนา ชาวกะเหรี่ยงนับถือและสักการะผีเจ้าที่ และผีบรรพบุรุษ มีเจ้าที่คุ้มครองให้ทุกคนในครอบครัวมีความสุข หากผู้ใดทำผิด ผีย่อมลงโทษ ซึ่งจะต้องมีการขอสมลาโทษด้วยไก่และเหล้า ส่วนชาวม้งมีประเพณีเกี่ยวกับการเลี้ยงผี เช่น ทำพิธีเลี้ยงผีก่อน และหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยว หรือเวลาเจ็บป่วย ตลอดจนการฉลองปีใหม่ช่วงสิ้นปี

5.1.4 การศึกษา และความสามารถในการใช้ภาษาไทย มีโรงเรียนสังกัดการประถมศึกษา (สปจ.) ตั้งอยู่ คือ โรงเรียนบ้านแม่หยอด และโรงเรียนบ้านปางอุ๋ง มีผู้ที่รู้หนังสือและสามารถอ่าน

ออกเขียนได้ประมาณ 15.6 % โดยผู้ปกครองได้ส่งลูกหลานเข้าเรียนจนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และบางคนก็ได้ศึกษาต่อจนจบถึงขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6

5.1.5 การรักษาพยาบาล ชาวเขาส่วนใหญ่เมื่อเจ็บไข้ได้ป่วย จะทำการรักษาโดยการใช้สมุนไพร หรือใช้หมอผี หากรักษาไม่หาย หรือป่วยหนักจึงจะส่งมารักษาที่สถานีอนามัย หรือโรงพยาบาลในตัวเมือง โรคโดยทั่วไปส่วนใหญ่เป็นโรคทางเดินอาหาร เนื่องจากมีการรับประทานของดิบ โรคกระดูกและโรคหวัด

5.1.6 ภาษา เผ่ากะเหรี่ยงมีภาษาเป็นของตัวเอง ทั้งภาษาพูดและภาษาเขียน ลักษณะตัวอักษรคล้ายพม่า ส่วนเผ่าม้งมีภาษาพูดแต่ไม่มีภาษาเขียน ลักษณะคล้ายภาษาจีนกลาง ทั้ง 2 เผ่าใช้ภาษาไทยเหนือ (คำเมือง) ติดต่อกับบุคคลภายนอก

5.1.7 การคมนาคม เส้นทางติดต่อระหว่างอำเภอไปจังหวัดเป็นถนนลาดยาง เส้นทางติดต่อระหว่างหมู่บ้าน และอำเภอ เป็นถนนลูกรังดินแดง จะใช้ได้ดีในฤดูแล้ง และค่อนข้างลำบากในฤดูฝน

5.2 ลักษณะทางเศรษฐกิจ

1. อาชีพ ชาวเขาในพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพด้านเกษตรกรรม มีบางครอบครัวที่ประกอบอาชีพค้าขายควบคู่กันไป ส่วนมากจะทำในลักษณะไร่เลื่อนลอย ส่วนการทำนา ทำสวน ทำในรูปการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างถาวร

2. รายได้ ส่วนใหญ่รายได้ของประชากรมาจากการจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตร และเก็บหาของป่าขาย

3. รายจ่าย ส่วนใหญ่การจับจ่ายใช้สอยเพื่อการอุปโภคและบริโภค การคมนาคมและการรักษาพยาบาล

4. การถือครองที่ดินเพื่อการทำประโยชน์ ชาวกะเหรี่ยงส่วนมากจะถือครองแบบถาวร ส่วนเผ่าม้งนับว่าเป็นกลุ่มที่สร้างปัญหาต่อการทำลายป่าไม้มาก เนื่องจากทำไร่เลื่อนลอย ไม่มีการทำไร่แบบหมุนเวียนเหมือนเผ่ากะเหรี่ยง อีกทั้งยังมีการปลูกฝิ่นด้วย

6. <u>สภาพปัญหาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดที่ผ่านมา</u>

ปัญหาต้นน้ำลำธารที่มีผลทำให้ต้นน้ำขาดสมรรถนะในการอำนวยน้ำที่ดีแก่ลำห้วยลำธาร และขาดประสิทธิภาพในการป้องกันการกัดเซาะพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด สรุปได้ดังนี้

1. การทำลายป่า เพื่อทำการเกษตร ชาวเขาได้ทำกันอย่างกว้างขวาง เพื่อนำที่ดินมาเพาะปลูกเป็นการชั่วคราวและถาวร เนื่องจากอัตราการเพิ่มของประชากรเป็นไปอย่างรวดเร็ว ความต้องการพื้นที่เพื่ออยู่อาศัย และเพื่อการเพาะปลูกจึงมีมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่สูงชันที่มีชาวเขาอาศัยอยู่จะมีการทำไร่เลื่อนลอยมากกว่าในพื้นที่ราบ เพราะขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. ไฟป่า เป็นปัญหาที่มีอิทธิพลต่อป่าไม้ ดิน น้ำ ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ส่วนใหญ่เกิดจากมนุษย์เป็นผู้กระทำ เช่น การเผาไร่เพื่อกำจัดวัชพืช ล่าสัตว์ เก็บหาของป่า เพื่อความสะดวกในการเดินป่า ไฟป่าจะเกิดขึ้นในฤดูร้อน ซึ่งสภาพป่าแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณทุ่งหญ้าไร่ร้าง ซึ่งเกิดจากการทำไร่เลื่อนลอย การเกิดไฟป่าทำให้เศษไม้ใบไม้บริเวณหน้าดินถูกเผาผลาญ พื้นดินขาดสิ่งปกคลุม ลดสมรรถนะในการดูดซับน้ำ กล้าไม้เล็กที่กำลังจะเจริญเติบโตต้องตายลง ทำให้ขาดการทดแทนตามธรรมชาติ

3. การเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่สูงชัน การเลี้ยงสัตว์ได้ก่อให้เกิดความเสียหายด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำเป็นอย่างยิ่ง ในพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำแม่หยอด ชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง และเผ่าม้งมีการเลี้ยงสัตว์ทุกหลังคาเรือน เช่น ม้า วัว ควาย เป็นต้น เพื่อใช้งานและเป็นอาหาร หลังจากเลิกใช้งานจะปล่อยให้สัตว์เลี้ยงเข้ามาหากินในพื้นที่ต้นน้ำลำธาร หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ดินมีความแน่นตัว สมรรถนะในการดูดซับน้ำลดลง

4. การก่อสร้างถนน ในเขตภูเขาสูงบริเวณต้นน้ำ สภาพพื้นที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน การตัดถนนซึ่งเปิดหน้าดินขึ้นมา หรือมูลดินที่เกรดทิ้งไว้ข้างทางก็จะเป็นแหล่งดินตะกอน ซึ่งถูกกัดเซาะและพัดพาลงมาสู่ลำห้วย ลำธาร ทำให้คุณภาพของน้ำเสียไป

5. การใช้ยาฆ่าแมลงและยากำจัดวัชพืช ในพื้นที่ต้นน้ำลำธารหากใช้ไม่ถูกวิธี หรือใช้มากเกินไป จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาสะสมสารพิษในดิน เมื่อฝนตกก็จะชะล้างสารเคมีลงในลำห้วย ทำให้คุณภาพน้ำเสีย เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ สัตว์เลี้ยง และประชาชนที่ใช้น้ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1) คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC) AMD AthlonXP 1800+ ระบบประมวลผล (CPU) ความเร็ว 1.73 GHz ฮาร์ดดิสก์ 120 GB หน่วยความจำ 512 MB

2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software)

2.1 ระบบปฏิบัติการ

2.2 โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.3 โปรแกรมคำนวณทางสถิติ

3) แบบจำลอง CLUE-S

วิธีการ

1. <u>การรวบรวมข้อมูล</u>

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีข้อมูลต่างๆ ที่ต้องรวบรวมดังนี้

1.1 แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร จำนวน 13 ระวาง ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ประกอบด้วย หมายเลข ระวาง 4645 I – IV, 4646 I – IV, 4647 II – III, 4745 III – IV, 4746

1.2 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงเชิงตัวเลข จากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร เพื่อนำมาคำนวณปัจจัยความสูง ปัจจัยความลาดชั้นและปัจจัยทิศทางด้านลาด

1.3 แผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงตัวเลขจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ขนาดจุดภาพ 30x30 ทำการแปลความหมายและปรับขนาดจุดภาพ (resample) เป็นขนาด 25x25 เมตร ระหว่างปี พ.ศ. 2531 – 2540 (ผลการศึกษาของอนุชิต, 2544)

1.3 ข้อมูลชุดดิน จากแผนที่ชุดดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน ในรูปแบบข้อมูลแผนที่เชิงตัวเลข เพื่อจัดทำปัจจัยลักษณะทางปฐพีวิทยา

1.4 ข้อมูลธรณีวิทยา จากแผนที่ธรณีวิทยา ของกรมทรัพยากรธรณี ในรูปแบบข้อมูลแผนที่เชิงตัวเลข เพื่อจัดทำปัจจัยลักษณะทางธรณีวิทยา

1.5 ข้อมูลเส้นทางคมนาคมของลุ่มน้ำแม่หยอด เพื่อจัดทำปัจจัย ระยะห่างจากถนน

1.6 ข้อมูลเส้นทางน้ำของลุ่มน้ำแม่หยอด เพื่อจัดทำปัจจัย ระยะห่างจากทางน้ำ

1.7 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดและใกล้เคียง ระหว่างปี 2527-2540 จากกรมอุตุนิยมวิทยาเพื่อจัดทำปัจจัยปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี

1.8 ข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้านในพื้นที่ลุ่มน้ำ ของกรมการปกครอง ในรูปแบบข้อมูลแผนที่เชิงตัวเลข เพื่อจัดทำปัจจัยระยะห่างจากชุมชน

1.9 ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตามมติคระรัฐมนตรีครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำ ของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในรูปแบบข้อมูลแผนที่เชิงตัวเลข เพื่อจัดทำปัจจัยชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ

2. <u>การจัดเตรียมข้อมูล</u>

การเตรียมข้อมูลนำเข้าสำหรับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในการศึกษาในครั้งนี้ดำเนินการโดยนำข้อมูลที่รวบรวมในข้อ 1 ซึ่งเป็นข้อมูลแบบเวคเตอร์ (vector format) มาแปลงข้อมูลเป็นแบบราสเตอร์ (raster format) ขนาดกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร และแปลงจากข้อมูลราสเตอร์เป็นข้อมูลแบบแอสกี (ASCII format) ด้วยฟังก์ชั้นในโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถแยกอธิบายออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ปัจจัยการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน 2) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

2.1 การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

เตรียมจากแผนที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงตัวเลข ที่ได้จากผลการแปลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ขนาดจุดภาพ 30x30 ทำการแปลความหมายและปรับขนาดจุดภาพ (resample) เป็นขนาด 25 x 25 ด้วยโปรแกรม ERDAS ระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง 2540 จากนั้นทำการ Resampling จากขนาดกริด 25 x 25 เมตร เป็นขนาดกริด 50 x 50 เมตร และปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยการกรองข้อมูลโดยใช้ฟังก์ชั่น Majority filter ในโปรแกรม ArcMap 1 ครั้ง จากนั้น ทำการกรองด้วยคำสั่ง Remove noise (ชัชชัย, 2548) เพื่อขจัดความไม่สมเหตุสมผลจากการแปลตีความการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ดังภาคผนวก ก จากนั้นแยกข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทด้วยการ Query และบันทึกเป็นการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท โดยแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะมีค่าของกริดเป็น 0 และ 1 ซึ่งหมายถึงการปรากฏและไม่ปรากฏประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทนั้นๆ เมื่อเสร็จแล้วใช้คำสั่ง Conversion Tools ใน Arc Toolbox เลือกฟังก์ชั่น Raster to ASCII เพื่อแปลงข้อมูลราสเตอร์เป็นข้อมูลแบบแอสกี (ASCII format) ก่อนนำเข้าแบบจำลอง CLUE-S

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

2.2.1 แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model:DEM) ใช้คำสั่ง Topo to Raster ใน Interpolation Toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox เพื่อคำนวณเป็นแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) โดยกำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร

2.2.2 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงตัวเลข (watershed boundary) ใช้คำสั่ง Flow Direction และ Flow Accumulation ใน Hydrology Toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox จากนั้นเลือกคำสั่ง Watershed และกำหนดจุด Outlet เพื่อให้โปรแกรมคำนวณหาขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำเชิงตัวเลข

2.2.3 แผนที่ทิศทางด้านลาด (aspect) ได้จากการนำข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขมาคำนวณโดยใช้คำสั่ง Aspect ใน Surface Toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox เพื่อ

สร้างชั้นข้อมูลทิศทางด้านลาด จากนั้นทำการซ้อนทับข้อมูลทิศทางด้านลาดที่ได้ด้วยข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

2.2.4 แผนที่ความลาดชัน (slope) ได้จากการนำข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลขมาคำนวณโดยใช้คำสั่ง Slope ใน Surface Toolsets ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox เพื่อสร้างชั้นข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน จากนั้นทำการซ้อนทับข้อมูลความลาดชันที่ได้ด้วยข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

2.2.5 แผนที่ลักษณะทางธรณีวิทยา (geology) ได้จากการแทนค่าข้อมูลลักษณะการสลายตัวของหินแต่ละชนิดที่พบในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดให้อยู่ในรูปของตารางข้อมูลในชั้นข้อมูลธรณีวิทยา ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางผนวกที่ 1 จากนั้นแปลงข้อมูลให้เป็นแฟ้มข้อมูล Grid ของโปรแกรม ArcMap ด้วยคำสั่ง Feature to Raster ใน to Raster Toolset ซึ่งอยู่ใน Conversion Toolbox กำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร

2.2.6 แผนที่ลักษณะทางปฐพีวิทยา (soil) ได้จากการแทนค่าข้อมูลลักษณะของเนื้อดินแต่ละชนิดที่พบในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดให้อยู่ในรูปของตารางข้อมูลกลุ่มชุดดิน ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางผนวกที่ 2 จากนั้นแปลงข้อมูลให้เป็นแฟ้มข้อมูล Grid ของโปรแกรม ArcMap กำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตรด้วยวิธีการเช่นเดียวกับในข้อ 2.2.5

2.2.7 แผนที่ระยะห่างจากทางน้ำ (distances from stream) ได้จากการหาระยะทางจากเส้นทางน้ำด้วยคำสั่ง Cost Distanceใน Distance Toolset ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (weighted) ด้วยปัจจัยความลาดชันจากข้อ 2.2.4 กำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร

2.2.8 แผนที่ระยะห่างจากถนน (distances from road) ได้จากการหาระยะทางจากเส้นทางคมนาคม ด้วยคำสั่ง Cost Distance ใน Distance Toolset ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักด้วยปัจจัยความลาดชัน กำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร

2.2.9 แผนที่ระยะห่างจากชุมชน (distances from village) ได้จากการหาระยะทางจากข้อมูลจุดหมู่บ้านด้วยคำสั่ง ด้วยคำสั่ง Cost Distance ใน Distance Toolset ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst

Toolbox และกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักด้วยปัจจัยความลาดชัน กำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร

2.2.10 แผนที่ปริมาณน้ำฝนรายปี (average rainfall) ได้จากการหาค่าเส้นชั้นน้ำฝนเท่าด้วยวิธีการ Interpolation แบบ Inverse Distance Weight (IDW) โดยใช้วิธีการ nearest neighbors จำนวน 12 จุด และใช้ค่ายกกำลัง 2 โดยคำสั่ง IDW อยู่ใน Interpolation Toolsetฆ ซึ่งอยู่ใน Spatial Analyst Toolbox กำหนดขนาดของกริดเท่ากับ 50 x 50 เมตร

2.11 แผนที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ (watershed classification) ได้จากการแปลงข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดซึ่งอยู่ในรูปของ polygon ให้เป็นแฟ้มข้อมูล Grid ของโปรแกรม ArcMap ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับในข้อ 2.2.5

เมื่อทำการเตรียมข้อมูลแผนที่ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินให้อยู่ในรูปแบบของราสเตอร์ไฟล์เรียบร้อยแล้ว จากนั้นแปลงข้อมูลรูปแบบราสเตอร์ไฟล์ของปัจจัยทั้งหมดเป็นข้อมูลแบบแอสกี (ASCII format) ก่อนนำเข้าแบบจำลอง CLUE-S

3. <u>การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน</u>

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ 1) การใช้สมการถดถอยโลจิสติดปี พ.ศ. 2531 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 2) การใช้สมการถดถอยโลจิสติคแบบปีต่อปีในการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น ใช้สมการถดถอยโลจิสติคปี พ.ศ. 2531 คาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ.2532 และใช้สมกาถดถอยโลจิสติดปี พ.ศ.2532 คาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ.2533 เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อต้องการตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์ว่าวิธีการใดจะมีความถูกต้องมากกว่ากัน

ขั้นตอนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S ทำได้โดยแปลงข้อมูลที่ได้จากข้อ 2 ให้อยู่ในแฟ้มข้อมูล ASCII แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่แบบจำลองต้องการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของการคำนวณในแบบจำลอง CLUE-S ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับการเตรียมข้อมูลแต่ละแฟ้ม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แฟ้มข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการใช้งานแบบจำลอง CLUE-S

ชื่อไฟล์	คำอธิบาย
alloc.reg	เป็นแฟ้มข้อมูลที่เก็บค่าสัมประสิทธ์ที่ได้จากสมการ Logistic Regression
regoin1.fil	แฟ้มข้อมูล ASCII ของชั้นข้อมูลตำแหน่งพื้นที่คุ้มครองในพื้นที่ศึกษา
SC*GR*	แฟ้มข้อมูล ASCII ของชั้นข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
allow.txt	แฟ้มข้อมูลกำหนดลำดับในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
cov_all.0	แฟ้มข้อมูล ASCII ของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา
main.1	แฟ้มข้อมูลกำหนดสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา
demand1.0	แฟ้มข้อมูลกำหนดปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา

3.1 หาความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ที่ดินด้วยโปรแกรม SPSS ด้วยคำสั่ง Logistic regression จากนั้นนำค่าคงที่ (a) และค่าสัมประสิทธิ์ (b) ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทมาสร้างเป็นแฟ้มข้อมูล (alloc.reg) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง

3.2 สร้างแฟ้มข้อมูล ASCII ของชั้นข้อมูลพื้นที่คุ้มครอง (region1.fil) โดยเตรียมจากแผนที่ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำโดยกำหนดพื้นที่คุ้มครองด้วยการ Query พื้นที่ที่ต้องการ และทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของแอสกีไฟล์ (ASCII File Format) โดยกำหนดให้พื้นที่ที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงมีค่าเท่ากับ 0 พื้นที่คุ้มครองมีค่าเท่ากับ -9998 และพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลมีค่าเท่ากับ -9999

3.3 สร้างแฟ้มข้อมูล ASCII ของชั้นข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (SC*GR*) โดยนำเอาไฟล์ปัจจัยที่อยู่ในรูปแบบ ASCII แต่ละปัจจัยมาเปลี่ยนชื่อให้ตรงกับรูปแบบที่แบบจำลองต้องการ ตัวอย่างเช่น SC1GR0 หมายความว่าเป็นปัจจัยตัวที่ 1 และ SC1GR1 เป็นปัจจัยตัวที่ 2 เป็นต้น

3.4 สร้างแฟ้มข้อมูลลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (allow.txt) ซึ่งเป็นไฟล์ที่จะใช้กำหนดลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น การใช้ที่ดิน

ประเภทป่าไม้สามารถเปลี่ยนแปลงกลายเป็นพื้นที่ชุมชนได้ แต่พื้นที่ชุมชนไม่สามมารถเปลี่ยนแปลงกลับไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ได้ เป็นต้น โดยมีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แฟ้มข้อมูลลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน(allow.txt)

ประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	1	1	1
พื้นที่เกษตรกรรม	1	1	1
พื้นที่ชุมชน	0	0	1

โดยที่ค่า 0 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ที่ดินประเภทอื่นได้ และค่า 1 หมายถึงการใช้ที่ดินประเภทนั้นสามารถเปลี่ยนเป็นการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทอื่นได้

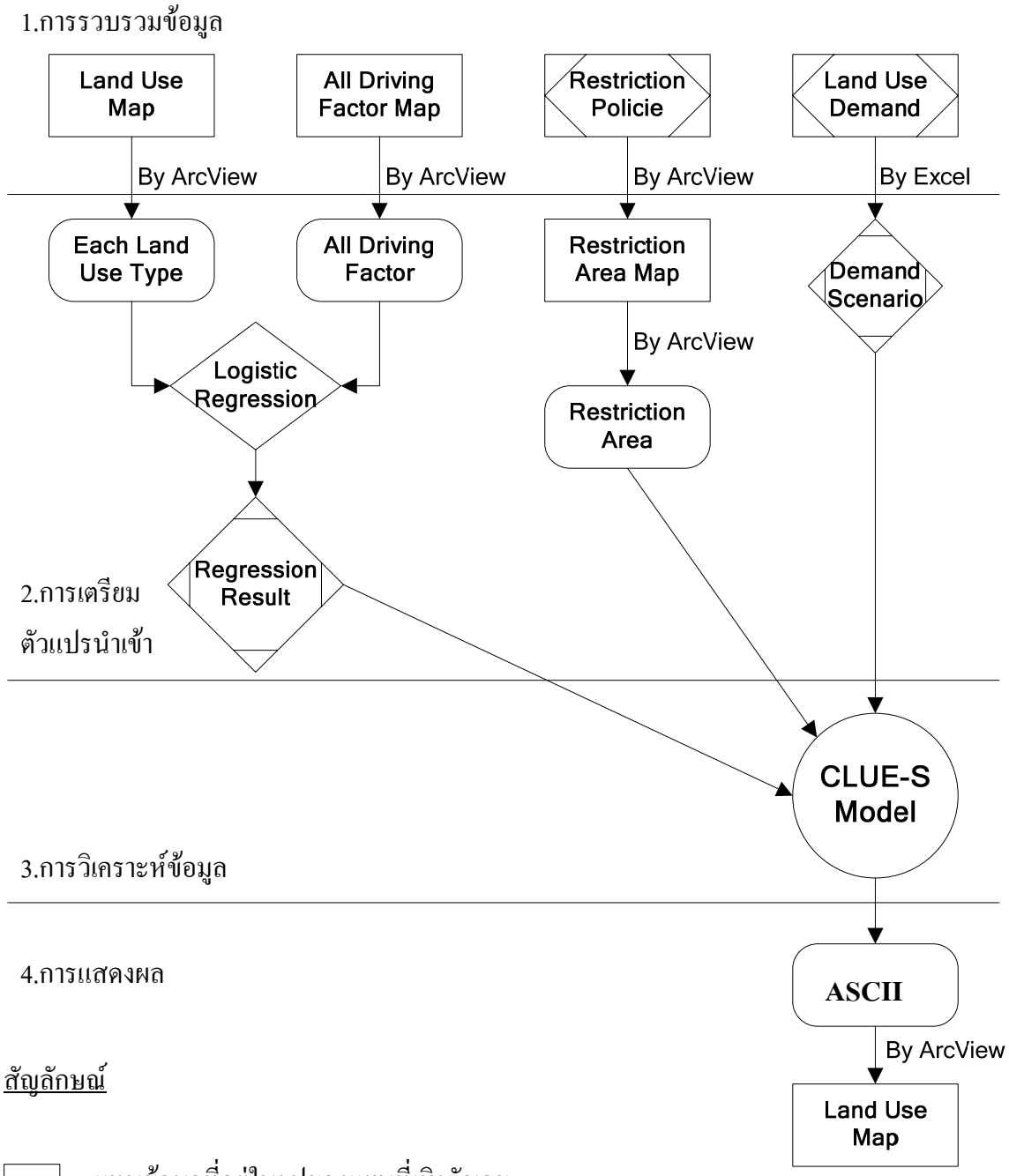
3.5 สร้างแฟ้มข้อมูล ASCII ของชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (cov_all.0) โดยกำหนดรหัสการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยแปลงข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในรูปแบบ Raster ให้เป็นไฟล์รูปแบบ ASCII และกำหนดรหัสการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินดังนี้ 1) 0 หมายถึงพื้นที่ป่าไม้ 2) 1 หมายถึงพื้นที่เกษตรกรรม 3) 2 หมายถึงพื้นที่ชุมชน

3.6 สร้างแฟ้มข้อมูล Main Parameter ซึ่งเป็นแฟ้มข้อมูลที่กำหนดสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา รวมทั้งข้อกำหนดต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับแบบจำลอง ดังตารางที่ 3

สำหรับการแสดงผลในรูปแบบแผนที่ทำได้โดยการเปิดแฟ้มข้อมูล (ASCII format) ด้วยโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่สามารถอ่านแอสกีไฟล์ได้ เช่น โปรแกรม ArcView, Idrisi, ArcGIS เป็นต้น โดยเลือกไฟล์ที่ได้จากการวิเคราะห์ชื่อว่า cov_*.*(* คือ ปีที่ทำการวิเคราะห์) ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดกับแบบจำลอง CLUE-S ตั้งแต่การจัดเก็บข้อมูล การจัดเตรียมข้อมูล การเตรียมตัวแปรนำเข้าแบบจำลอง และการแสดงผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองในรูปแบบของแผนที่ สามารถสรุปได้ดังภาพที่ 5

ตารางที่ 3 การกำหนดไฟล์ Main Parameter ที่ใช้ในแบบจำลอง CLUE-S

แถวที่	คำอธิบาย
1	จำนวนรูปแบบการใช้ที่ดิน
2	จำนวนพื้นที่ศึกษา
3	จำนวนตัวแปรสูงสุดในแบบจำลอง
4	จำนวนปัจจัยที่มีอิทธิพลที่ใช้ในการศึกษา
5	จำนวนแถวของข้อมูล
6	จำนวนคอลัมน์ของข้อมูล
7	ขนาดของกริด (Grid Cell)
8	พิกัด X
9	พิกัด Y
10	รหัสรูปแบบการใช้ที่ดิน
11	รหัสอัตราการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน
12	ตัวแปรการคำนวณซ้ำ
13	ปีเริ่มต้นและปีสุดท้ายในการศึกษา
14	รูปแบบไฟล์ที่ต้องการในการแสดงผล



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยแบบจำลอง CLUE-S

4. <u>การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง</u>

การตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแบบจำลอง CLUE-S ดำเนินการโดยคำสั่ง Tabulate Area ของโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และวิธีการ Accuracy Assessment ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างข้อมูลที่คาดการณ์ด้วยแบบจำลองกับข้อมูลจริงที่ได้จากการแปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งจะแยกเป็นการตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมและแยกแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ตารางที่ 4 Confusion Matrix การคำนวณความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลอง CLUE-S ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	ป่าไม้	เกษตร	เมือง	
ป่าไม้	11	12	13	11+12+13
เกษตร	21	22	23	21+22+23
เมือง	31	32	33	31+32+33
	11+21+31	12+22+32	13+23+33	SumCollumn

เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องโดยรวมของการตรวจสอบระหว่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\text{Overall accuracy} = 100(11 + 22 + 33)/ \text{SumCollumn} \quad (4)$$

5. <u>การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามภาพเหตุการณ์ (scenario) ที่แตกต่างกัน</u>

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามภาพเหตุการณ์ (scenario) ที่แตกต่างกัน มีวิธีการดังนี้

5.1 กำหนดภาพเหตุการณ์ (scenario) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีตระหว่าง ปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ.2550 โดยใช้แบบจำลอง Markov chain model ช่วยในการคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต โดยหา transition Matrix ระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2532 และระหว่างปี พ.ศ. 2532 กับ ปี พ.ศ. 2533 ทำเช่นนี้จนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2540 รวมทั้งสิ้น 9 transition Matrix แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อสร้างเป็น transition Matrix เพื่อคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามวิธีในข้อ 3

5.2 กำหนดภาพเหตุการณ์ (scenario) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีปริมาณความต้องการการที่ดินประเภทเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นจากวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต โดยใช้วิธีการคาดการณ์ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเช่นเดียวกันกับข้อ 1 แต่กำหนดให้การใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรมมีอัตราเพิ่มขึ้นจากแนวโน้มเดิมร้อยละ 15

5.3 กำหนดภาพเหตุการณ์ (scenario) เมื่อมีการคุ้มครองพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 โดยกำหนดให้พื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่หนึ่งมีค่าเท่ากับ -9998 ในไฟล์พื้นที่คุ้มครอง (regoin1.fil) และกำหนดให้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีตเช่นเดียวกันกับข้อที่ 5.1

ผลและวิจารณ์

1. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่แปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ขนาดจุดภาพ 25x25 เมตร จากนั้นแปลงข้อมูลให้มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 50x50 และแบ่งประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอดเป็น 3 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชน ดังตารางที่ 5 พบว่าในปี พ.ศ. 2531 การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทป่าไม้มีพื้นที่ประมาณ 604 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 88.75 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่ประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 11.05 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และพื้นที่ชุมชนมีพื้นที่ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.20 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ หลังจากนั้นในปีต่อ มาพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปีในขณะที่พื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงทุกปี ส่วนการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งแนวโน้มการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 แสดงดังภาพที่ 6 และ 7 ซึ่งอาจสรุปได้ว่าการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จากนั้นในปี พ.ศ. 2540 พบว่าการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทป่าไม้ลดลงเหลือพื้นที่ประมาณ 405 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59.62 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นเป็น 257 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.88 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ และพื้นที่ชุมชน 16.98 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.49 ของพื้นที่ลุ่มน้ำ

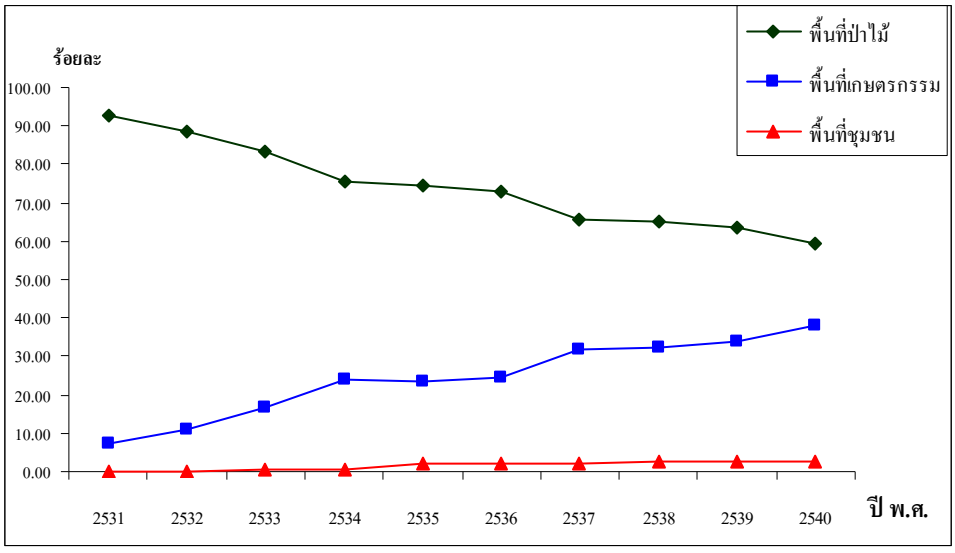
2. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง

3.1 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีเดียว

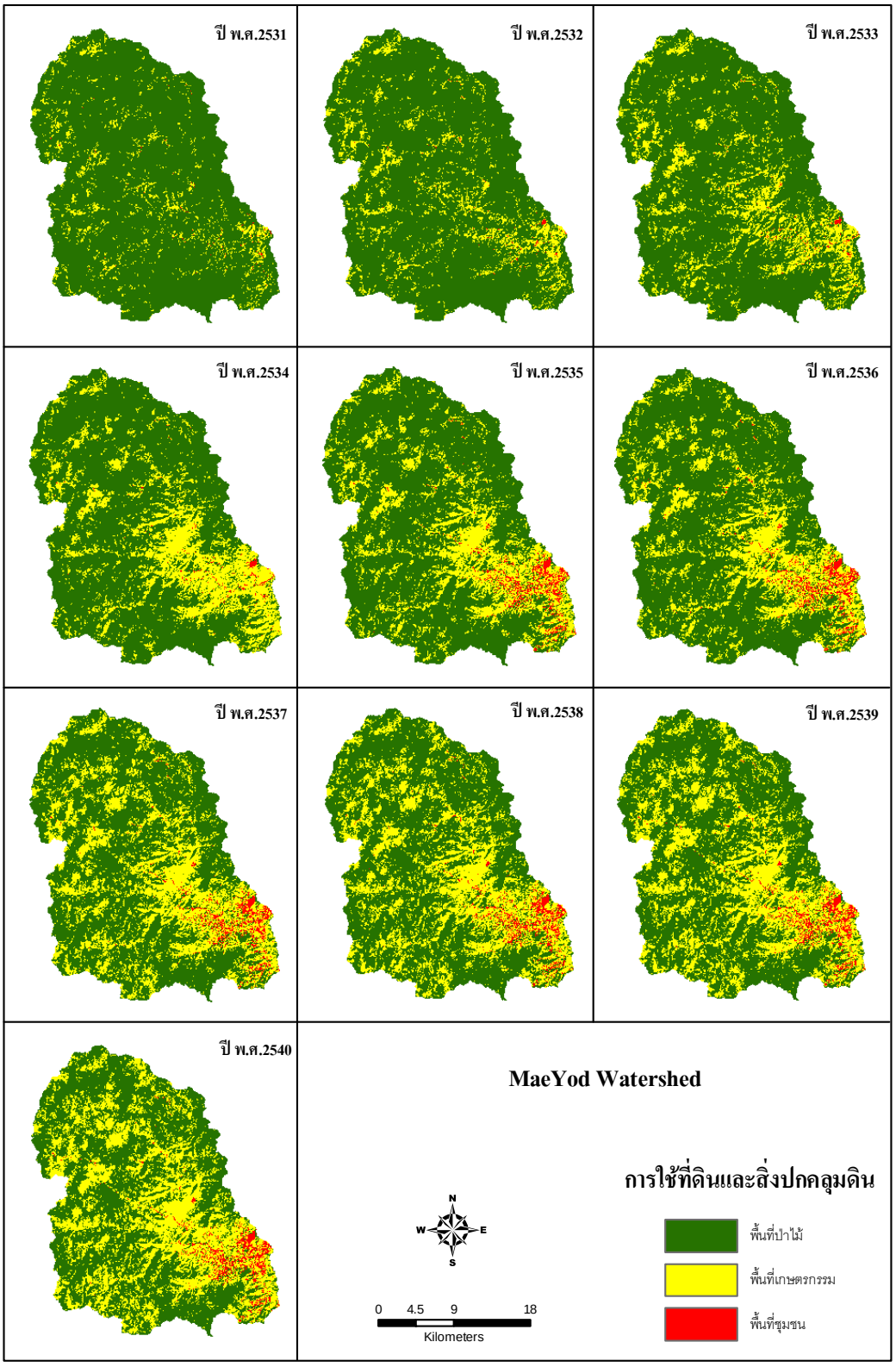
การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีเดียว จากสมการถดถอยโลจิสติคระหว่างปัจจัยต่างๆ กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ. 2531 โดยค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยโลจิสติคแสดงดังตารางผนวกที่ 3 มาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ได้ผลดังตารางที่ 6 ภาพที่ 8 และ 9

ตารางที่ 5 การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่แปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM ระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้		พื้นที่เกษตรกรรม		พื้นที่ชุมชน	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
2531	630.12	92.58	49.35	7.25	1.16	0.17
2532	604.07	88.75	75.20	11.05	1.37	0.20
2533	565.95	83.15	112.09	16.47	2.59	0.38
2534	513.77	75.48	163.25	23.99	3.61	0.53
2535	506.02	74.35	159.28	23.40	15.33	2.25
2536	497.88	73.15	166.94	24.53	15.81	2.32
2537	447.69	65.78	217.19	31.91	15.76	2.31
2538	444.81	65.35	219.26	32.21	16.56	2.43
2539	433.33	63.67	230.55	33.87	16.75	2.46
2540	405.80	59.62	257.85	37.88	16.98	2.49



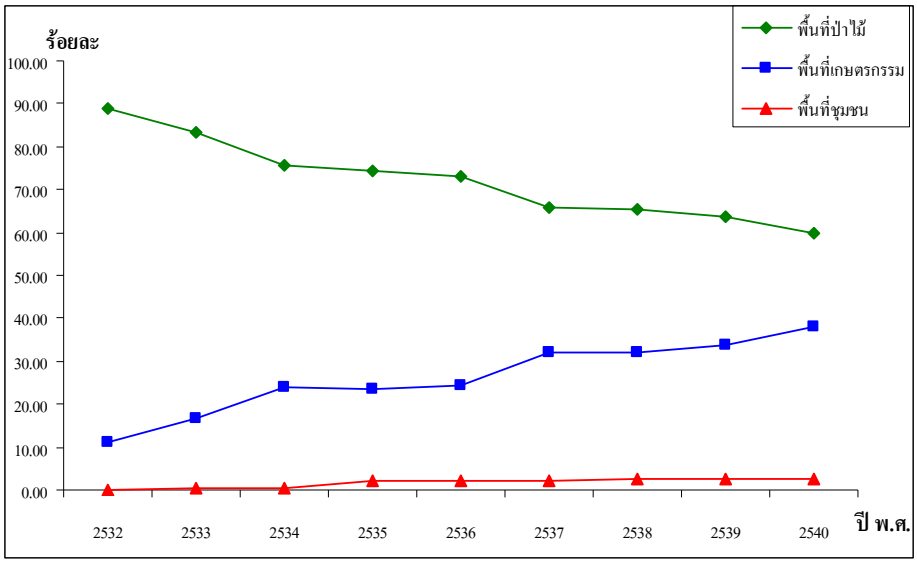
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 แปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด



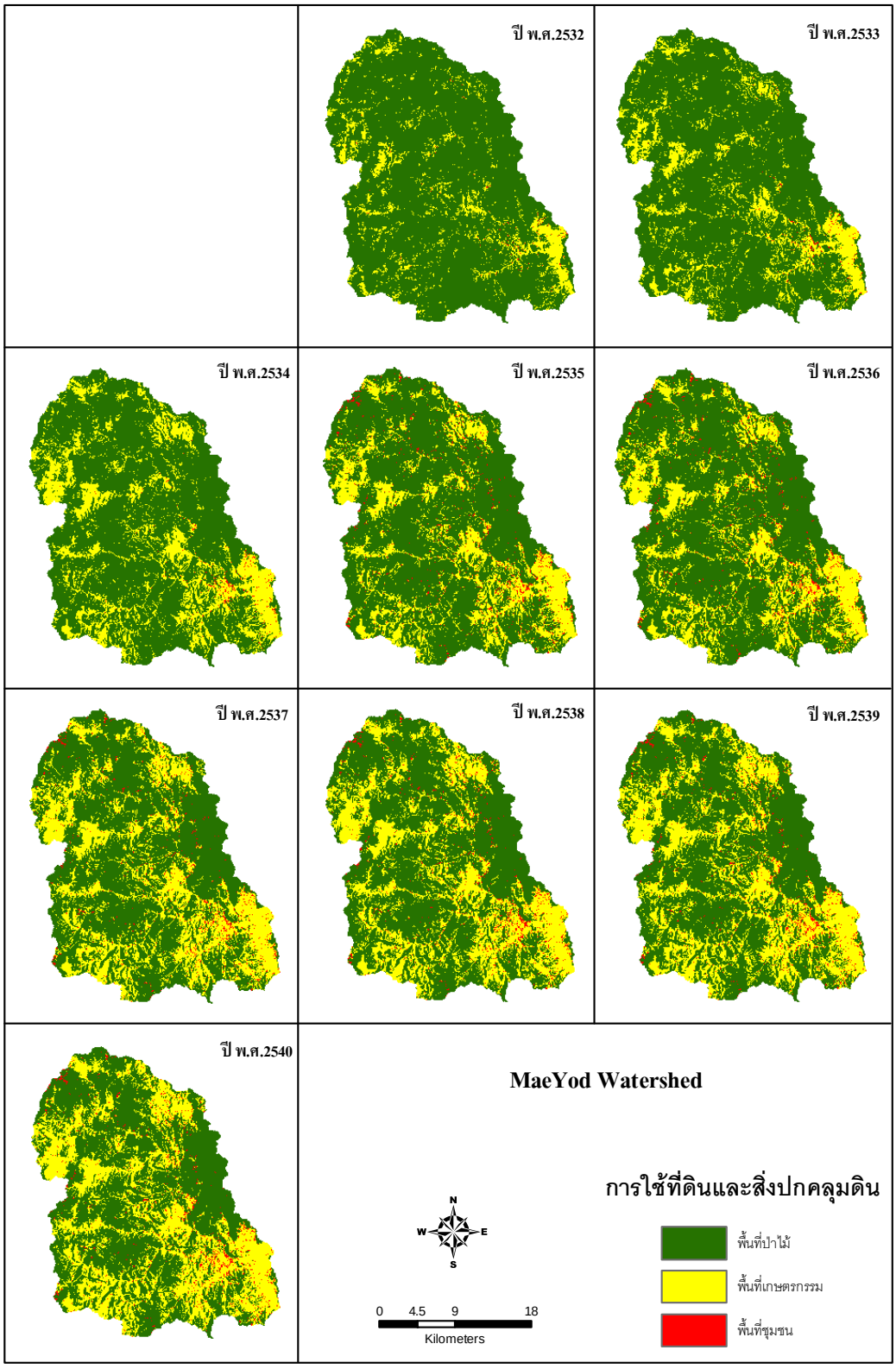
ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ตารางที่ 6 ปริมาณการใช้ทีดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองระหว่างปี พ.ศ.2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 โดยใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2531 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้		พื้นที่เกษตรกรรม		พื้นที่ชุมชน	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
2532	604.07	88.75	75.19	11.05	1.37	0.20
2533	565.95	83.15	112.10	16.47	2.58	0.38
2534	513.79	75.49	163.24	23.98	3.61	0.53
2535	506.00	74.34	159.30	23.40	15.33	2.25
2536	497.94	73.16	166.92	24.52	15.77	2.32
2537	447.65	65.77	217.25	31.92	15.73	2.31
2538	444.73	65.34	219.33	32.22	16.57	2.43
2539	433.20	63.65	230.65	33.89	16.78	2.47
2540	405.89	59.63	257.77	37.87	16.97	2.49



ภาพที่ 8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 โดยใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2531 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ.2532 ถึงปี พ.ศ.2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2531 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

จากผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยข้อมูลปีเดียว มีปริมาณการใช้ที่ดิน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง และการกระจายของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทต่างๆ ใกล้เคียงกับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม ยกเว้นการกระจายของการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนที่มีการกระจายแตกต่างจากการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมรวมอยู่เป็นกลุ่มทางพื้นที่ตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำ ในขณะที่การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองมีการกระจายทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากพื้นที่ชุมชนในปี พ.ศ. 2531 มีลักษณะกระจายทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ และเมื่อนำสมการถดถอยแบบโลจิสติคที่ได้มาใช้ในการคาดการณ์จึงทำให้แบบจำลองกำหนดตำแหน่งพื้นที่ชุมชนในลักษณะกระจายทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำตามรูปแบบการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ. 2531 ซึ่งเป็นปีที่ใช้ในการหาสมการถดถอยแบบโลจิสติคและนำมาใช้ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินดังกล่าว

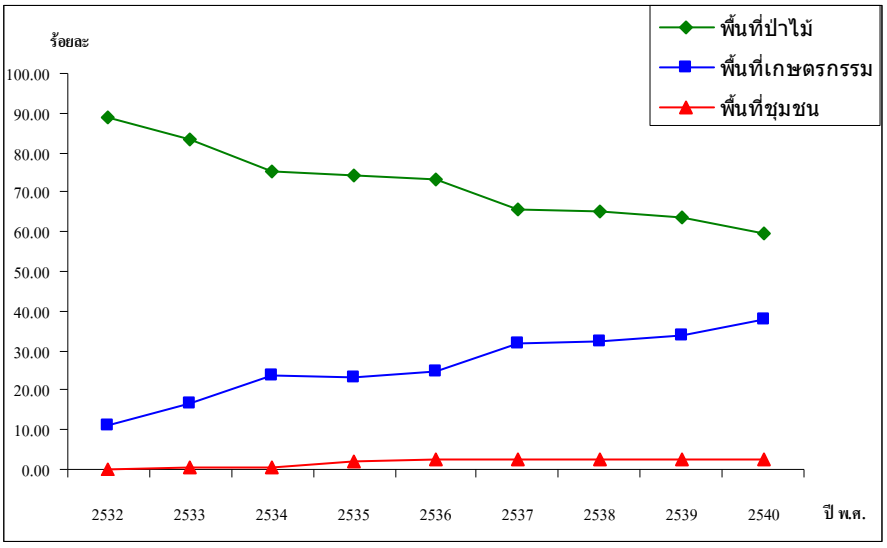
3.2 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี จากสมการถดถอยโลจิสติคระหว่างปัจจัยต่างๆ กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยโลจิสติคแสดงในตารางผนวกที่ 4 ถึง 12 มาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแบบปีต่อปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ได้ผลดังตารางที่ 7 ภาพที่ 10 และ 11

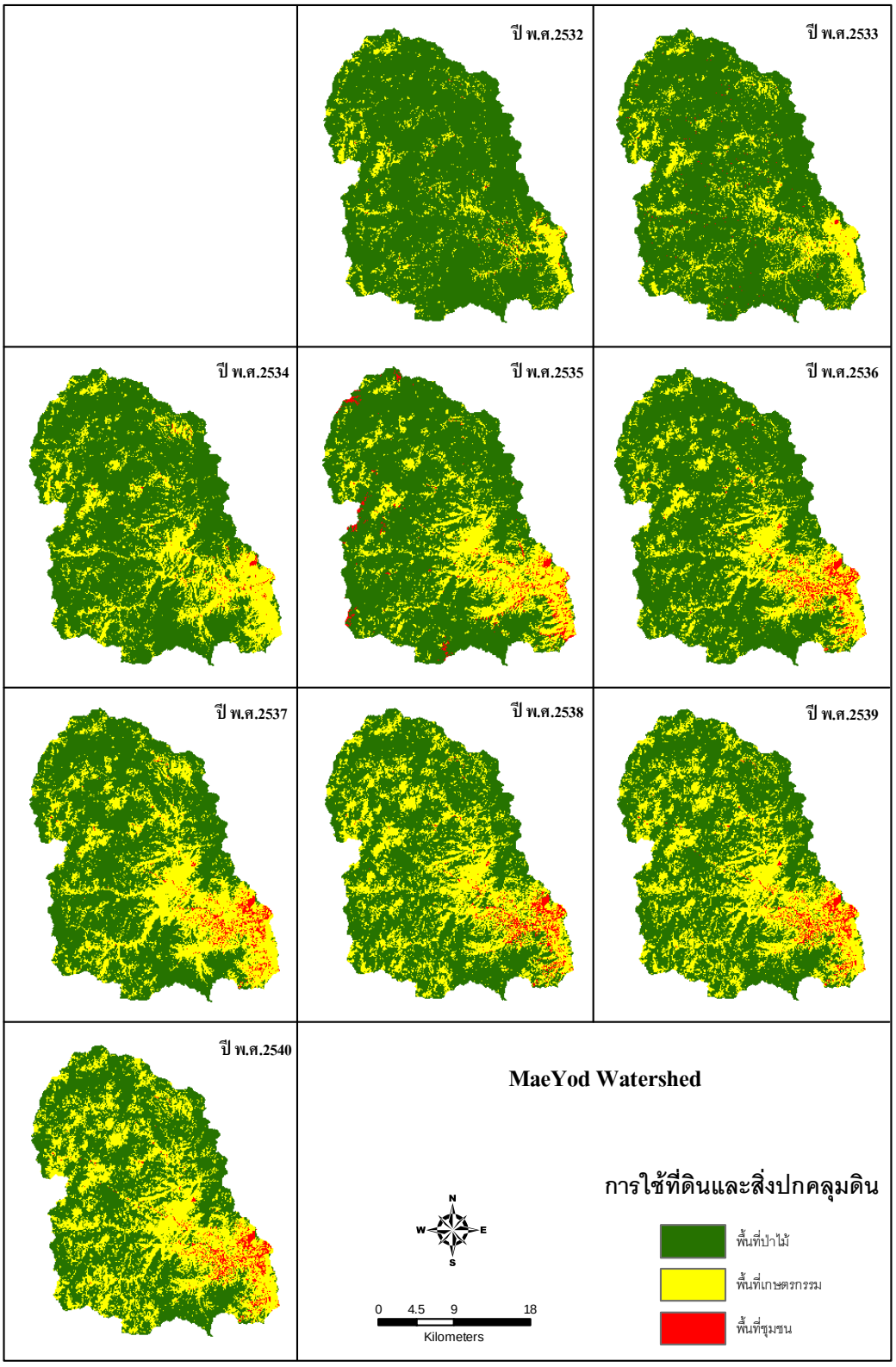
จากผลการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยข้อมูลปีต่อปี มีปริมาณการใช้ที่ดินและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทต่างๆ ใกล้เคียงกับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมเช่นเดียวกับวิธีใช้ข้อมูลปีเดียว การกระจายของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทต่างๆ มีความใกล้เคียงกับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมมากกว่าการใช้ข้อมูลปีเดียว โดยเฉพาะพื้นที่ชุมชนมีการรวมกลุ่มใกล้เคียงกันไม่กระจัดกระจายเหมือนกับการคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลปีเดียว อย่างไรก็ตามยังมีพื้นที่ชุมชนบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับที่แปลได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม

ตารางที่ 7 ปริมาณการใช้ทีดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้		พื้นที่เกษตรกรรม		พื้นที่ชุมชน	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
2532	604.07	88.75	75.19	11.05	1.37	0.20
2533	565.84	83.13	112.20	16.49	2.59	0.38
2534	513.75	75.48	163.28	23.99	3.60	0.53
2535	506.12	74.36	159.15	23.38	15.36	2.26
2536	497.91	73.15	166.96	24.53	15.76	2.32
2537	447.79	65.79	217.03	31.89	15.81	2.32
2538	444.97	65.38	219.12	32.19	16.54	2.43
2539	433.36	63.67	230.57	33.88	16.71	2.45
2540	405.85	59.63	257.84	37.88	16.93	2.49



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึงปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึงปี พ.ศ. 2540 ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

4. ความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S จากผลการศึกษาในข้อที่ 2 โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่แปลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมระหว่างปี พ.ศ. 2532 ถึงปี พ.ศ. 2540 มาใช้เป็นข้อมูลตรวจสอบความถูกต้อง ด้วยคำสั่ง Tabulate Area ในโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ผลดังต่อไปนี้

4.1 ความถูกต้องของการคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลปีเดียว

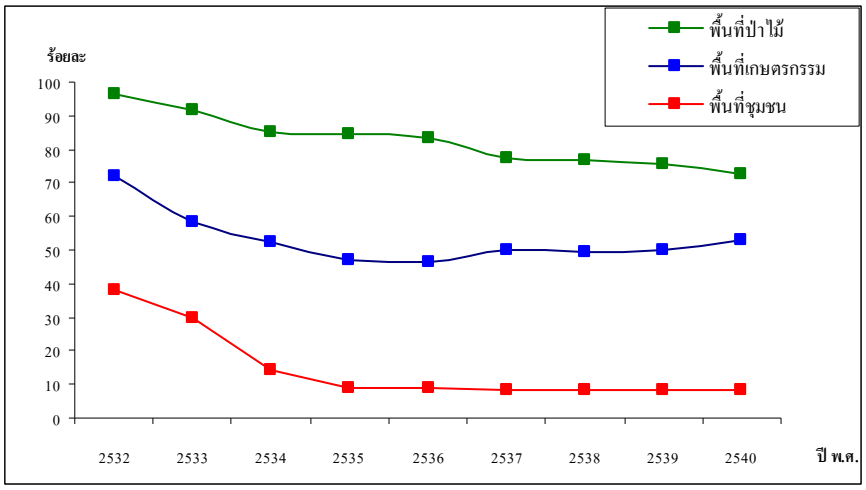
การตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีเดียวคือ ปี พ.ศ. 2531 มาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 ถึงปี พ.ศ. 2540 ซึ่งแสดงด้วยตาราง Confusion Matrix ได้ผลดังแสดงในตารางผนวกที่ 13 ถึง 21 และสรุปผลการศึกษาได้ดังตารางที่ 8 และภาพที่ 12

จากตารางดังกล่าวพบว่าทุกปีที่มีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่ป่าไม้จะมีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชนมีความถูกต้องน้อยที่สุด โดยพื้นที่ป่าไม้มีความถูกต้องมากที่สุดในการคาดการณ์ปีแรกคือปี พ.ศ. 2532 มีความถูกต้องประมาณร้อยละ 96.54 ในขณะที่ความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนมีความถูกต้องประมาณร้อยละ 72.18 และ 38.32 ตามลำดับ จากนั้นความถูกต้องในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะลดลงในการคาดการณ์ปีต่อๆ ไป

ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียวโดยรวม (overall accuracy) ทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำพบว่ามีแนวโน้มความถูกต้องในปีแรกของการคาดการณ์จากนั้นความถูกต้องจะลดลงเมื่อมีการคาดการณ์ในปีต่อๆ ไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9 และภาพที่ 13

ตารางที่ 8 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

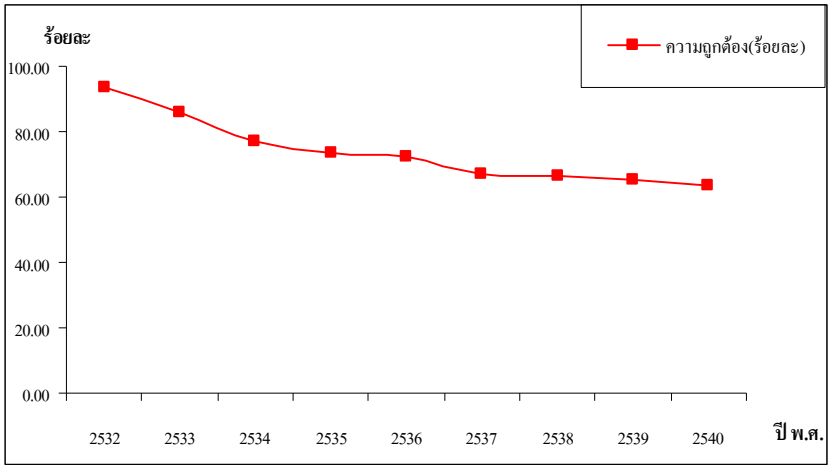
ปี พ.ศ.	ร้อยละความถูกต้อง		
	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
2532	96.54	72.18	38.32
2533	91.83	58.55	29.63
2534	85.15	52.22	14.01
2535	84.25	46.86	8.92
2536	83.07	46.40	9.03
2537	77.35	50.03	8.57
2538	76.68	49.36	8.63
2539	75.30	50.21	8.48
2540	72.39	53.16	8.49



ภาพที่ 12 ร้อยละความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ตารางที่ 9 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ (overall) ที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	ความถูกต้อง(ร้อยละ)
2532	93.73
2533	86.11
2534	76.88
2535	73.80
2536	72.36
2537	67.04
2538	66.22
2539	65.15
2540	63.51



ภาพที่ 13 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าการที่แนวโน้มความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีแนวโน้มลดลงเป็นเพราะว่าโครงสร้างของแบบจำลองสามารถกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ได้จากสมการถดถอยโลจิสติคเพียงปีเดียวเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงลักษณะการกระจายของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในแต่ละปีมีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางทางกายภาพไม่คงที่ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ยากที่จะใช้สมการถดถอยโลจิสติคของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินกับปัจจัยต่างๆ เพียงปีเดียวมาใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกที่ไม่ได้นำข้ามาพิจารณาในสมกาถดถอยแบบโลจิสติคโดยเฉพาะปัจจัยทางเศรษฐ-สังคมซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเช่นกัน

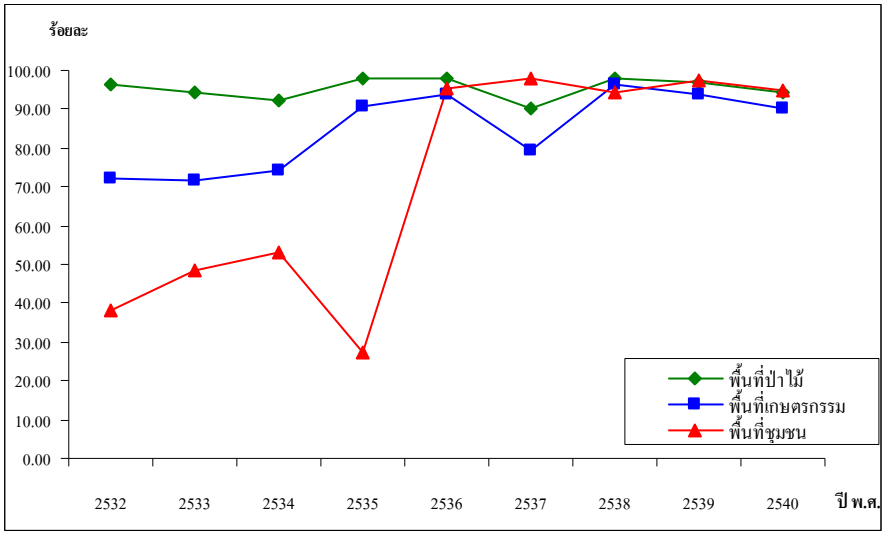
4.2 ความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี

การตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยการใช้สมการถดถอยโลจิสติคแบบปีต่อปี เริ่มตั้งแต่ใช้สมการถดถอยโลจิสติคปี พ.ศ. 2531 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ. 2532 และใช้สมการถดถอยโลจิสติคปี พ.ศ. 2532 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ. 2533 ทำเช่นนี้จนถึงปี พ.ศ. 2540 ซึ่งแสดงด้วยตาราง Confusion Matrix ดังตารางผนวกที่ 22 ถึง 30 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังตารางที่ 10 และภาพที่ 14 พบว่าความถูกต้องในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทุกประเภทมีความถูกต้องสูง โดยการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทพื้นที่ป่าไม้มีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 95.32 พื้นที่เกษตรกรรมมีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 84.77 ส่วนพื้นที่ชุมชนมีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 71.93

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความถูกต้องของการคาดการณ์พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนในช่วงแรกพบว่าความถูกต้องมีค่าน้อยโดยเฉพาะพื้นที่ชุมชนมีค่าความถูกต้องน้อยลงมาก สาเหตุเพราะในช่วงแรกพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนมีพื้นที่น้อยการกระจายทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำจึงทำให้ความถูกต้องในการคาดการณ์มีน้อย ไม่เหมือนกับพื้นที่ป่าไม้ซึ่งมีพื้นที่มากกว่าจึงทำความถูกต้องในการคาดการณ์มีมาก ส่วนความถูกต้องของการคาดการณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2536 เป็นต้นไปมีค่ามากเพราะพื้นที่ดังกล่าวมีการกระจายมากขึ้น

ตารางที่ 10 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้ (ร้อยละ)	พื้นที่เกษตรกรรม (ร้อยละ)	พื้นที่ชุมชน (ร้อยละ)
2532	96.54	72.18	38.32
2533	94.39	71.76	48.46
2534	92.04	74.37	53.33
2535	97.86	90.84	27.14
2536	97.93	93.65	95.16
2537	90.03	79.40	98.13
2538	98.15	96.26	94.45
2539	96.86	93.99	97.43
2540	94.09	90.46	94.95
เฉลี่ย	95.32	84.77	71.93



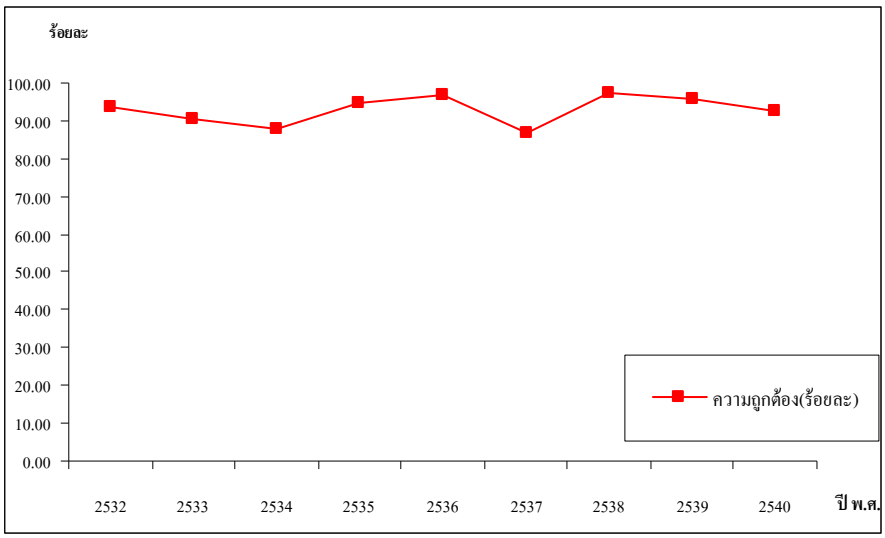
ภาพที่ 14 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแยกแต่ละประเภทที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

เมื่อพิจารณาความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวม ดังตารางที่ 11 และภาพที่ 15 พบว่าแนวโน้มความถูกต้องโดยรวมของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่

จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ข้อมูลปีต่อปีมีความถูกต้องสูงในการคาดการณ์ทุกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยพื้นที่ป่าไม้มีความถูกต้องในการคาดการณ์มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนตามลำดับ ความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมมีแนวโน้มคงที่

ตารางที่ 11 ร้อยละความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	ความถูกต้อง(ร้อยละ)
2532	93.73
2533	90.48
2534	87.59
2535	94.62
2536	96.81
2537	86.83
2538	97.45
2539	95.90
2540	92.74



ภาพที่ 15 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลปีตอปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

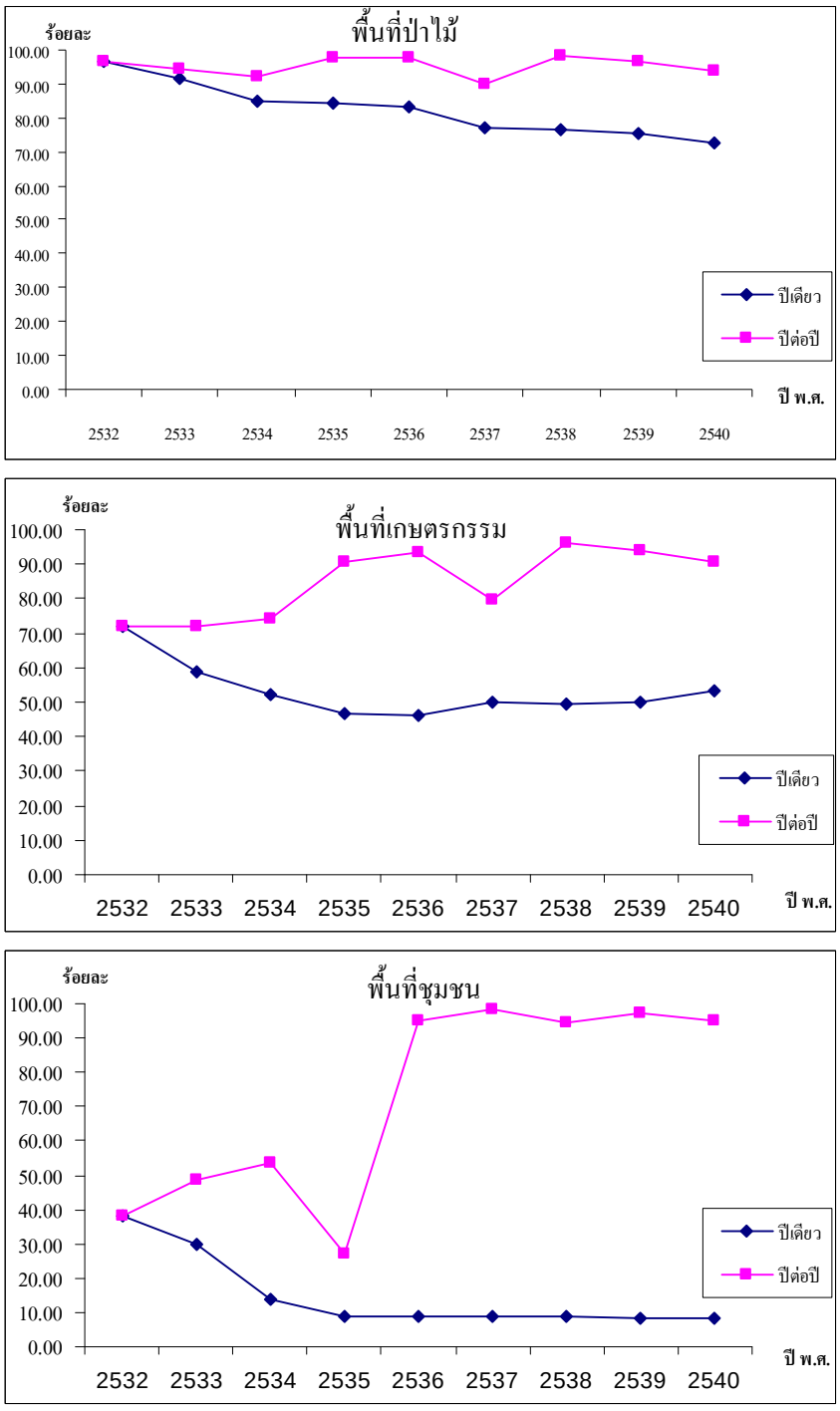
4.3 การเปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี

การเปรียบเทียบความถูกต้องของการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างการใช้ข้อมูลปีเดียวคือ ปี พ.ศ. 2531 กับวิธีการใช้ข้อมูลปีต่อปี เพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธีในการนำไปคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 16 พบว่าแนวโน้มความถูกต้องโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำจากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยข้อมูลปีเดียวคือ ปี พ.ศ. 2531 มีความถูกต้องน้อยกว่าในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการใช้ข้อมูลปีต่อปี โดยความถูกต้องของการคาดการณ์ด้วยการใช้ข้อมูลปีเดียวมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องมีเมื่อการคาดการณ์ในปีถัดมา ในขณะที่การคาดการณ์ด้วยวิธีการใช้ข้อมูลปีต่อปีมีแนวโน้มความถูกต้องค่อนข้างคงที่ และหากพิจารณาความถูกต้องในการคาดการณ์แยกแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินพบว่าวิธีการใช้ข้อมูลปีต่อปีสามารถคาดการณ์ได้ถูกต้องมากกว่าวิธีการใช้ข้อมูลปีเดียว โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ชุมชนมีแนวโน้มความถูกต้องสูงมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด

จากผลการศึกษาดังกล่าวเมื่อสรุปเป็นภาพรวมได้ดังตารางที่ 13 และภาพที่ 17 พบว่าวิธีการใช้ข้อมูลปีต่อปีในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีความถูกต้องโดยรวมมากกว่าการใช้ข้อมูลปีเดียวในการคาดการณ์ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ข้อมูลปีเดียวเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพียงปีเดียวและได้สมการถดถอยโลจิสติคเพียงสมการเดียวมาใช้ในการคาดการณ์ในปีต่อๆ มาซึ่งเป็นไปได้ยากที่จะสามารถคาดการณ์ได้ถูกต้องเท่ากับวิธีการใช้ข้อมูลปีต่อปีที่ได้สมการถดถอยโลจิสติคในทุกๆ ปีที่ทำการคาดการณ์จึงทำให้สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ถูกต้องมากกว่า

ตารางที่ 12 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่แยกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

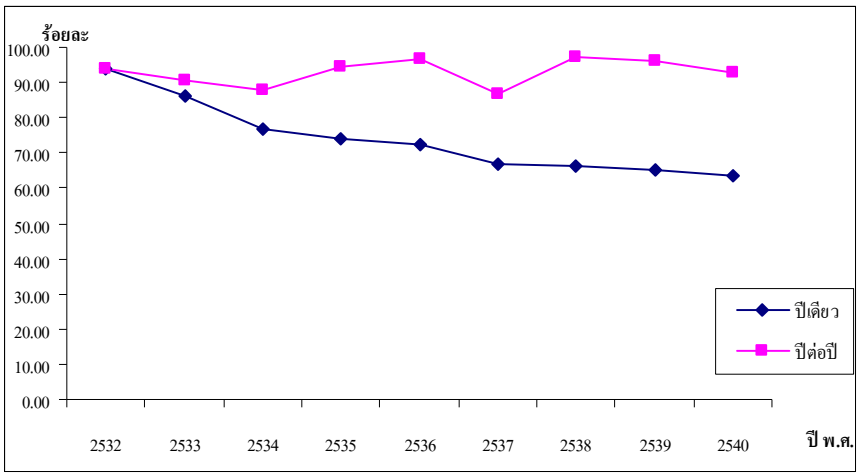
ปี พ.ศ.	ความถูกต้อง(ร้อยละ)					
	พื้นที่ป่าไม้		พื้นที่เกษตรกรรม		พื้นที่ชุมชน	
	ข้อมูลปีเดียว	ข้อมูลปีต่อปี	ข้อมูลปีเดียว	ข้อมูลปีต่อปี	ข้อมูลปีเดียว	ข้อมูลปีต่อปี
2532	96.54	96.54	72.18	72.18	38.32	38.32
2533	91.83	94.39	58.55	71.76	29.63	48.46
2534	85.15	92.04	52.22	74.37	14.01	53.33
2535	84.25	97.86	46.86	90.84	8.92	27.14
2536	83.07	97.93	46.40	93.65	9.03	95.16
2537	77.35	90.03	50.03	79.40	8.57	98.13
2538	76.68	98.15	49.36	96.26	8.63	94.45
2539	75.30	96.86	50.21	93.99	8.48	97.43
2540	72.39	94.09	53.16	90.46	8.49	94.95



ภาพที่ 16 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่แยกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ตารางที่ 13 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นทีของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้สมการโลจิสติคปีเดียวและใช้สมการโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ร้อยละความถูกต้อง		
ปี พ.ศ.	**ใช้สมการ logistic regression ปีเดียว**	**ใช้สมการ logistic regression ปีต่อปี**
2532	93.73	93.73
2533	86.11	90.48
2534	76.88	87.59
2535	73.80	94.62
2536	72.36	96.81
2537	67.04	86.83
2538	66.22	97.45
2539	65.15	95.90
2540	63.51	92.74



ภาพที่ 17 ร้อยละความถูกต้องเชิงพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองด้วยวิธีใช้ข้อมูลปีเดียวและใช้ข้อมูลปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

5. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามภาพเหตุการณ์ (scenario) ที่แตกต่างกัน

5.1 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต โดยกำหนดปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต เพื่อคาดการณ์ปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคตระหว่าง ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2550 ดังแสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 18 จากนั้นนำปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CLUE-S ได้ผลดังภาพที่ 19

จากผลการศึกษาพบว่าการกระจายของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทพื้นที่เกษตรกรรมอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยและอยู่ใกล้ถนน จากนั้นเมื่อคาดการณ์ต่อไป พื้นที่เกษตรกรรมขยายตัวห่างจากถนนมากขึ้นและในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากขึ้น โดยขยายตัวทางตอนล่างไปสู่พื้นที่ตอนบนของพื้นที่ลุ่มน้ำซึ่งมีความลาดชันสูง ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงในในทางตรงกันข้ามกับการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนพื้นที่ชุมชนมีอัตราการเพิ่มขึ้นคงที่และกระจายตัวเฉพาะทางตอนล่างของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นส่วนใหญ่

5.2 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการใช้พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในสถานการณ์ที่มีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรอย่างเข้มข้นมากกว่าเดิม เป็นการกำหนดปริมาณการใช้ที่ดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน และกำหนดให้พื้นที่การเกษตรมีอัตราเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิมร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรทั้งหมดในแต่ละปีที่ทำการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 20 จากนั้นนำปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้เข้าวิเคราะห์ในแบบจำลอง CLUE-S ได้ผลดังภาพที่ 21

จากผลการศึกษาพบว่าการกระจายของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของทุกประเภทมีลักษณะเช่นเดียวกับผลการศึกษาข้อ 5.1 แต่การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมและการลดลงของพื้นที่ป่าไม้มีอัตราเร็วกว่า

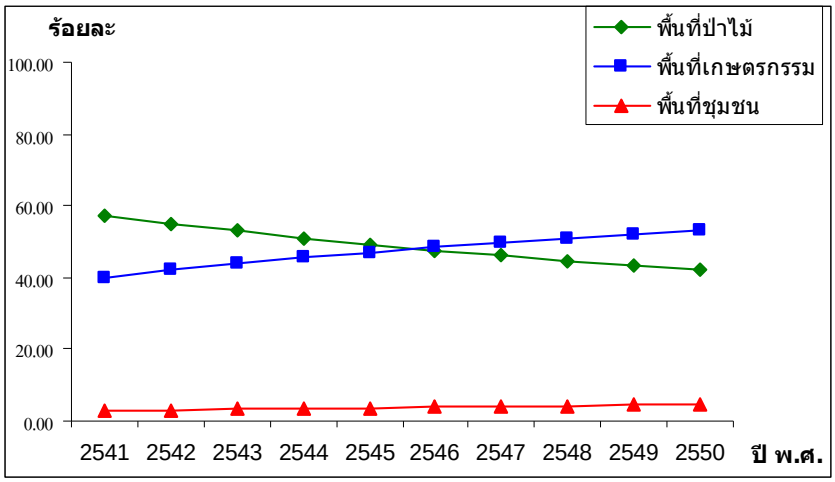
5.3 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในสถานการณ์ที่มีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 333.67 ตารางกิโลเมตร โดยกำหนดปริมาณการใช้ที่ดินตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต ดังตารางที่ 16 และภาพที่ 22 จากนั้นนำปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ได้เข้าวิเคราะห์ในแบบจำลอง CLUE-S ได้ผลดังภาพที่ 23

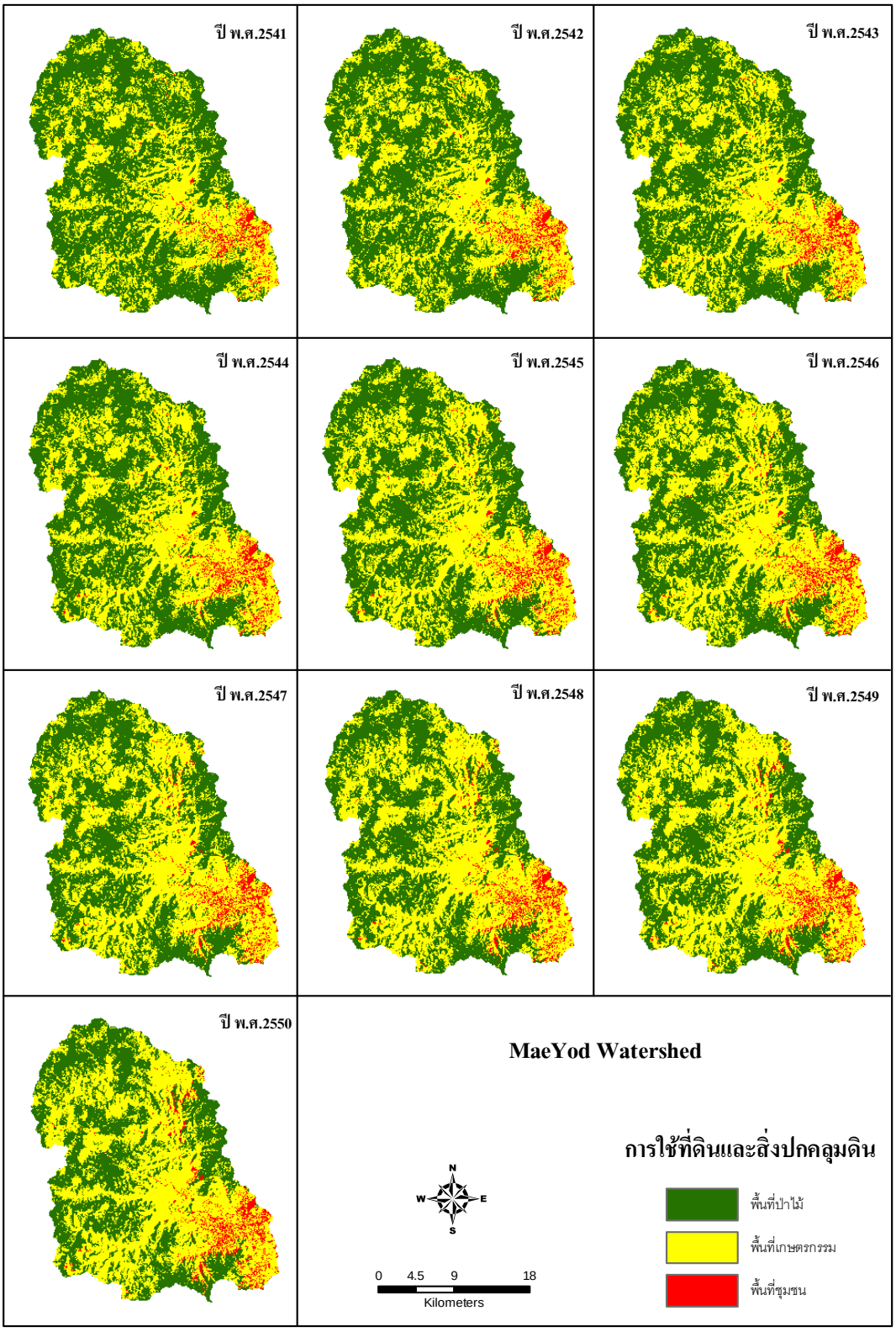
จากผลการศึกษาพบว่าการกระจายของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของทุกประเภทมีลักษณะเช่นเดียวกับผลการศึกษาข้อ 5.1 แต่พื้นที่เกษตรกรรมจะเพิ่มขึ้นจนถึงปี พ.ศ. 2545 หลังจากนั้นพื้นที่เกษตรกรรมจะไม่เพิ่มสูงขึ้นอีก ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้จะมีพื้นที่ลดลงจนถึงปี พ.ศ. 2545 เช่นเดียวกัน ส่วนพื้นที่ชุมชนในช่วงปีแรกมีการอัตราการเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่แต่ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 มีการเพิ่มพื้นที่ขึ้นเล็กน้อย โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่ชุมชน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มากบริเวณขอบของพื้นที่ลุ่มน้ำ

ตารางที่ 14 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม (ตร.กม.)	พื้นที่ชุมชน (ตร.กม.)
2541	389.56	272.51	18.55
2542	374.49	286.00	20.13
2543	360.50	298.42	21.70
2544	347.52	309.85	23.26
2545	335.46	320.39	24.78
2546	324.27	330.09	26.27
2547	313.87	339.04	27.72
2548	304.21	347.29	29.12
2549	295.24	354.91	30.47
2550	286.91	361.94	31.78



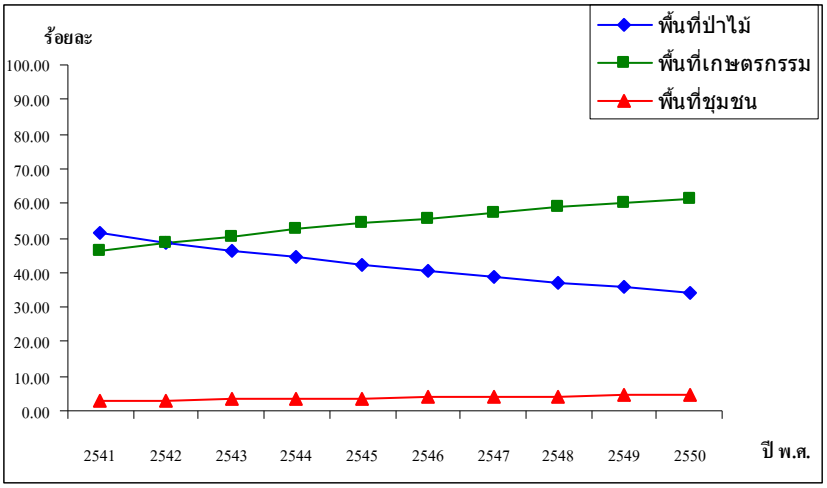
ภาพที่ 18 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่กำหนดตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด



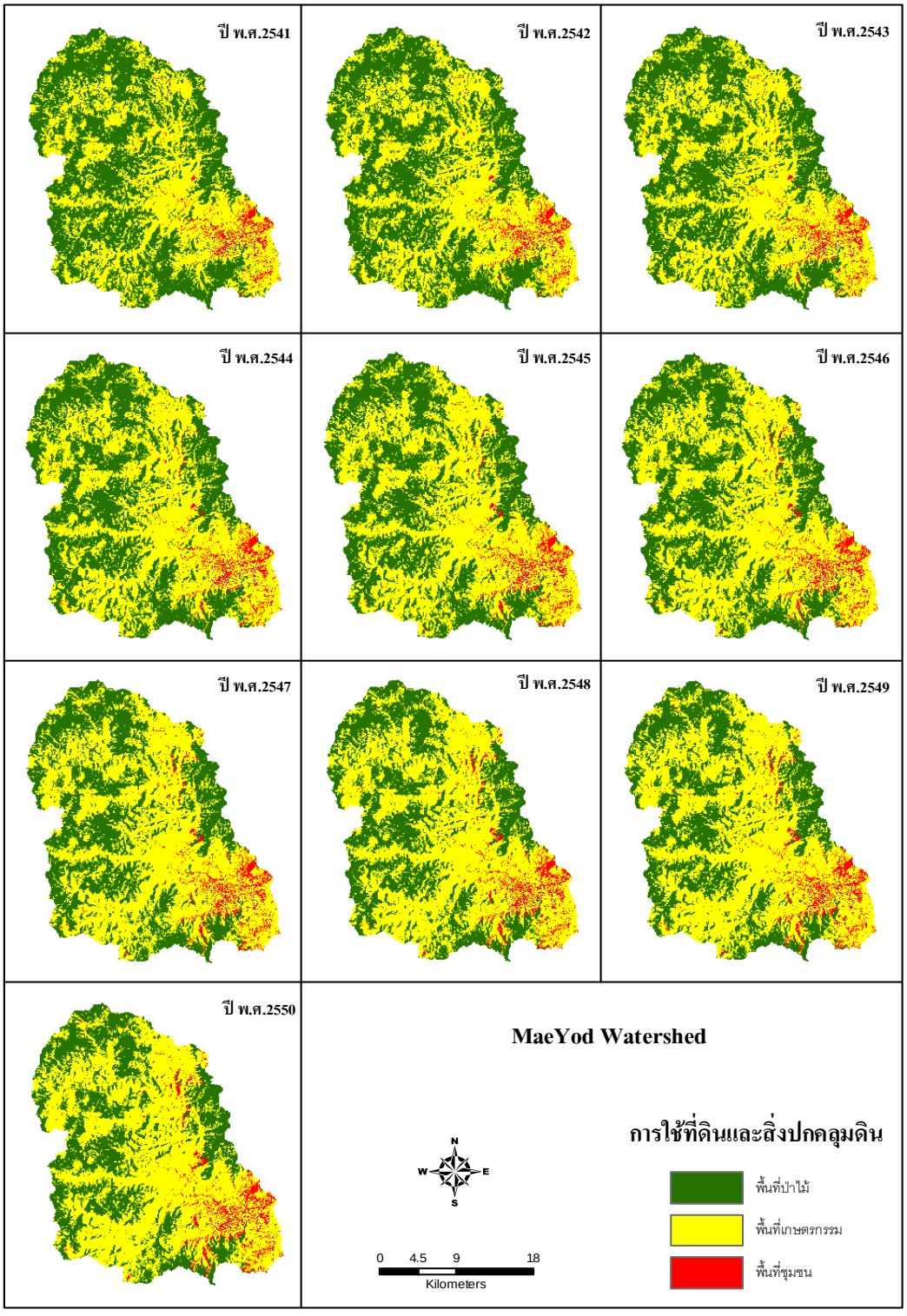
ภาพที่ 19 การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่คาดการณ์ตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ตารางที่ 15 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม (ตร.กม.)	พื้นที่ชุมชน (ตร.กม.)
2541	348.68	313.39	18.55
2542	331.59	328.91	20.13
2543	315.74	343.18	21.70
2544	301.04	356.33	23.26
2545	287.40	368.44	24.78
2546	274.75	379.61	26.27
2547	263.02	389.90	27.72
2548	252.12	399.39	29.12
2549	242.01	408.14	30.47
2550	232.62	416.23	31.78



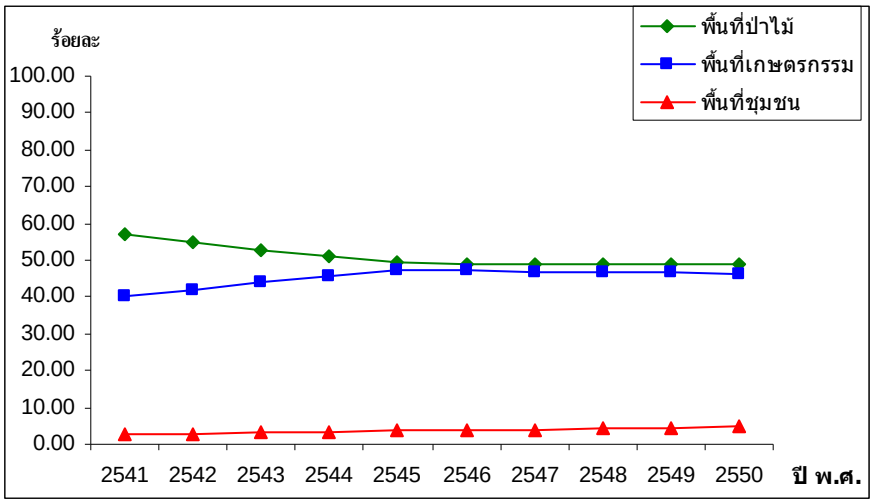
ภาพที่ 20 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด



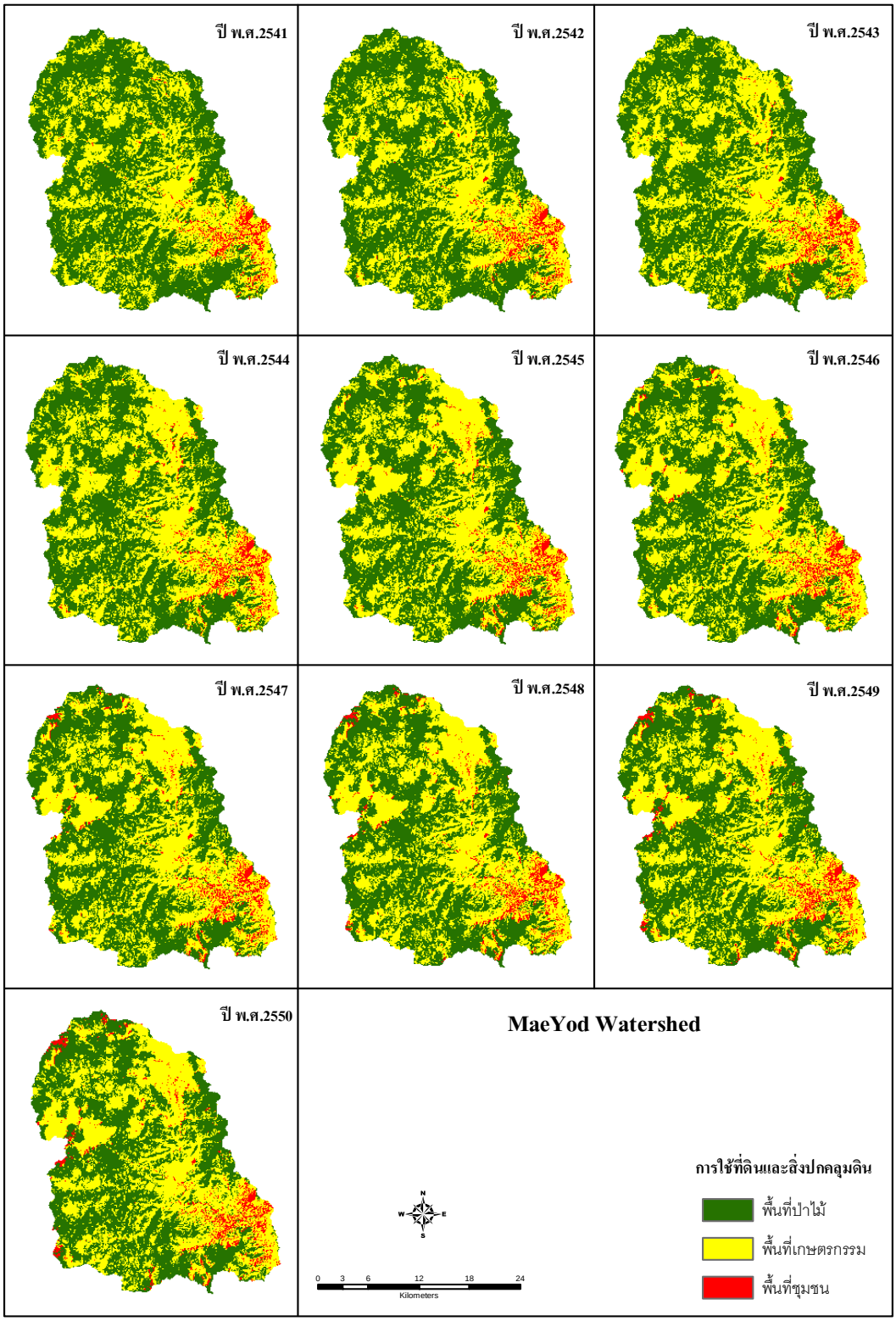
ภาพที่ 21 การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 15 ของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ตารางที่ 16 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคุลมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

ปี พ.ศ.	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	พื้นที่เกษตรกรรม (ตร.กม.)	พื้นที่ชุมชน (ตร.กม.)
2541	389.56	272.51	18.55
2542	374.49	286.00	20.13
2543	360.50	298.42	21.70
2544	347.52	309.85	23.26
2545	335.46	320.39	24.78
2546	333.67	320.69	26.27
2547	333.67	319.25	27.72
2548	333.67	317.84	29.12
2549	333.67	316.49	30.47
2550	333.67	315.18	31.78



ภาพที่ 22 ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด



ภาพที่ 23 การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเมื่อมีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึง ปี พ.ศ. 2550 บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด

6. ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อ.แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าแบบจำลองมีทั้งข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้

6.1 ข้อดีของแบบจำลอง CLUE-S

1) แบบจำลอง CLUE-S เป็นแบบจำลองประเภท Regression distributed land use and land cover change model สามารถกำหนดตำแหน่งและแสดงตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ ผลลัพธ์สามารถนำไปเป็นปัจจัยนำเข้าในแบบจำลองอุทกวิทยาและแบบจำลองการชะล้างพังทลายดินที่เป็นแบบจำลองประเภท Distributed ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้เพื่อจำลองสถานการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามที่ผู้ใช้กำหนดได้

2) เปิดกว้างให้ใช้ปัจจัยในการศึกษาถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจึงทำให้ความถูกต้องในการคาดการณ์มีความถูกต้องมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และข้อมูลที่จำเป็นพื้นฐานส่วนใหญ่ส่วนราชการได้ทำการเก็บรวบรวมไว้พร้อมแล้วโดยเฉพาะข้อมูลด้านกายภาพและข้อมูลด้านสาธารณูปโภคต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ข้อมูลในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพียงปีเดียวทำให้มีความสะดวกในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเพราะไม่ต้องรวบรวมข้อมูลในอดีตเพราะบางครั้งข้อมูลอาจไม่ครบตามที่แบบจำลองต้องการ

3) มีความรวดเร็วในการคาดการณ์ เนื่องจากข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของ ASCII ไฟล์ ซึ่งเป็นไฟล์ที่มีขนาดเล็กและเป็นลักษณะประเภทข้อมูลพื้นฐานที่หลาย ๆ โปรแกรมสามารถเปิดและแสดงผลได้ โดยเฉพาะสามารถแสดงผลได้ดีในโปรแกรมทางด้านสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เช่น ArcView 3, ArcMap, Idrisi เป็นต้น

4) การแสดงผลการวิเคราะห์สามารถแสดงผลร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และจัดพิมพ์ออกมาให้อยู่ในรูปของแผนที่ได้ เพื่อการนำไปใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับผู้บริหารที่อาจจะไม่มีความรู้ด้านนี้มากนัก นอกจากนี้ยังสามารถใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างการแสดงผลแบบอื่นได้ เช่น กราฟแนวโน้ม

การที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ส่งผลลัพธ์ออกมาในรูปของตัวเลขเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านสถิติ เป็นต้น ทั้งยังสามารถส่งผลลัพธ์ออกมาในรูปของภาพเพื่อนำไปใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวเพื่อศึกษาถึงทิศทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

5) หน้าต่างการใช้งานออกแบบมาให้ใช้ง่าย ไม่ซับซ้อน สามารถปรับแก้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับแบบจำลองได้จากหน้าต่างการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีแถบการแสดงผลการวิเคราะห์ในแต่ละปีพร้อมทั้งมี log.fil ซึ่งเป็นไฟล์ที่บอกรายละเอียดของการวิเคราะห์แต่ละครั้งทำให้ทราบลำดับการวิเคราะห์และหากเกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ก็สามารถทราบได้ว่าผิดพลาดจากที่ใด

6.2 ข้อจำกัดของแบบจำลอง CLUE-S

1) แบบจำลอง CLUE-S ไม่รองรับการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องเตรียมปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินก่อนนำเข้าวิเคราะห์ในแบบจำลอง ซึ่งอาจเตรียมจากการใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในอดีต ดังนั้นผู้ที่จะทำการคาดการณ์การใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S ต้องสามารถที่จะคาดการณ์ปริมาณการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้ด้วย หรือไม่เช่นนั้นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนด

2) ต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินก่อนทุกครั้งที่มีการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

3) ความถูกต้องของการคำนวณขึ้นอยู่กับปัจจัยที่นำมาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่กำหนด ดังนั้นจึงควรที่จะต้องรวบรวมข้อมูลให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้เพื่อให้ครอบคลุมความเป็นไปได้ต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ศึกษา

4) ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ในเรื่องระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และโปรแกรมทางด้านสถิติ ทั้งนี้เพราะข้อมูลที่จำเป็นส่วนใหญ่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่และต้องแปลงข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบ ASCII ไฟล์ นอกจากนี้ยงต้องใช้โปรแกรมทางด้านสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

5) ปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S ประกอบด้วยหลายปัจจัยและแต่ละปัจจัยอยู่ในโฟลเดอร์เดียวกันและจัดรวมไว้กับไฟล์โปรแกรม นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการคาดการณ์ก็อยู่ในโฟลเดอร์เดียวกันจึงอาจทำให้ผู้ใช้สับสนระหว่างไฟล์ของโปรแกรม ไฟล์ของแบบจำลอง ไฟล์ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง และหากต้องใช้แบบจำลองในการคาดการณ์ครั้งต่อไป ก็ต้องเข้าไปที่โฟลเดอร์เพื่อลบไฟล์ปัจจัยและผลลัพธ์ของเก่าออกไปก่อน

6) ขนาด Row และ Column จำกัดอยู่ที่ 800x800 (ในรุ่นทดลอง) จึงทำให้วิเคราะห์ได้ในพื้นที่ที่จำกัดและขนาดของกริดที่ใช้ก็ไม่ละเอียดเท่าที่ควร หากต้องการวิเคราะห์ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้นก็จำเป็นที่จะต้องลดความละเอียดของขนาดกริดลง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อ.แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2540 สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคในปี พ.ศ. 2531 ปีเดียว จากการศึกษาพบว่าสามารถคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากปี พ.ศ. 2532 ถึง ปี พ.ศ. 2540 ได้ โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำสูงสุดในปี พ.ศ. 2532 คือประมาณร้อยละ 93.73 จากนั้นค่าความถูกต้องจะลดลงเมื่อมีการคาดการณ์ในปีถัดไปคือ ปี พ.ศ. 2533 ร้อยละ 86.11 ปี พ.ศ. 2534 ร้อยละ 76.06 ปี พ.ศ. 2535 ร้อยละ 73.80 ปี พ.ศ. 2536 ร้อยละ 72.32 ปี พ.ศ. 2537 ร้อยละ 67.04 ปี พ.ศ. 2538 ร้อยละ 66.22 ปี พ.ศ. 2539 ร้อยละ 65.15 ปี พ.ศ. 2540 ร้อยละ 63.51

2. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคแบบปีต่อปีในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พบว่าค่าความถูกต้องในการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินมีความถูกต้องมากที่สุดในปีแรกและความถูกต้องจะลดลงเมื่อมีการคาดการณ์ในปีต่อไป สำหรับความถูกต้องในปี พ.ศ. 2532 คือประมาณร้อยละ 93.71 ปี พ.ศ. 2533 ร้อยละ 90.48 ปี พ.ศ. 2534 ร้อยละ 87.59 ปี พ.ศ. 2535 ร้อยละ 94.62 ปี พ.ศ. 2536 ร้อยละ 96.81 ปี พ.ศ. 2537 ร้อยละ 86.83 ปี พ.ศ. 2538 ร้อยละ 97.45 ปี พ.ศ. 2539 ร้อยละ 95.50 ปี พ.ศ. 2540 ร้อยละ 92.47

3. เมื่อพิจารณาความถูกต้องแยกออกเป็นแต่ละประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแล้ว พบว่าประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีความถูกต้องในการคาดการณ์มากที่สุดคือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมาพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ที่มีความถูกต้องในการคาดการณ์น้อยที่สุดคือพื้นที่ชุมชน สำหรับการแนวโน้มความถูกต้องในแต่ละปีที่ทำการคาดการณ์มีแนวโน้มแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยวิธีการใช้สมการถดถอยแบบโลจิสติคที่ได้จากการวิเคราะห์แบบปีต่อปีมีความถูกมากกว่าวิธีการใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียวคาดการณ์ต่อเนื่องหลายๆ ปี

4. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตามภาพเหตุการณ์ที่แตกต่างกันได้แก่ 1) การเปลี่ยนแปลงตามวิวัฒนาการการใช้ที่ดินในอดีต 2) การเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมมากกว่าแนวโน้มปกติร้อยละ 15 และ 3) มีการควบคุมพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 อย่างเข้มข้น พบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์ปริมาณและการกระจายการเปลี่ยนการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้สอดคล้องตามภาพเหตุการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยเฉพาะส่วนที่เป็นพื้นที่ควบคุม

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้รวมปัจจัยทางด้านประชากรและเศรษฐ-สังคมเข้าไปด้วยซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การกำหนดตำแหน่งของการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทไม่ตรงกับความเป็นจริงโดยเฉพาะการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่เกิดจากการกระทำโดยมนุษย์ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรที่จะรวมปัจจัยเหล่านี้เข้าไว้ด้วย

2. ก่อนทำการศึกษาควรมีการกำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภทก่อน กล่าวคือการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินบางประเภทไม่สามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาระหว่างกันได้ เช่นพื้นที่เมืองไม่น่าที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่แหล่งน้ำหรือพื้นที่ป่าไม้ได้เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. **โปรแกรมแผนปฏิบัติการพัฒนาทรัพยากรดิน (Land plan 3.0) ภาคเหนือ**. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. 2532. **สรุปผลการศึกษาอบรมเชิงปฏิบัติการ การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ ครั้งที่ 2**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ. 80 น.

กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. 2533. **การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์และการประยุกต์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ,** กรุงเทพฯ. 162 น.

จตุพร พรประเสริฐชัย. 2537. การติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งปกคลุมดิน. **จุลสารดาวเทียม**. 49: 6-8 น.

ณรงค์ ณ เชียงใหม่. 2525. **มลพิษสิ่งแวดล้อม.** โรงพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 246 น.

ชัชชัย ตันตสิรินทร์. 2543. การกรองข้อมูลที่แปลได้จากภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 301572 ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม**. ภาคชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2549. **การจำลองแบบการจัดการลุ่มน้ำและระบบสิ่งแวดล้อม**. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 588 น.

ปรีชา วธัญญ. 2524. ความจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดนโยบายและวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับประเทศไทย. **วารสารพัฒนาที่ดิน**. ปีที่ 5 (ฉบับที่ 3): หน้าที่ 12-15.

พงษ์ศักดิ์และวารินทร์. 2538. **วิวัฒนาการการใช้ที่ดินห้วยหินดาด จังหวัดระยอง.** สถานีวิจัยห้วยหินดาด กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

วราภรณ์ สีหนันทวงศ์. 2545. **การศึกษาแนวโน้มสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำปิง-วังเพื่อการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

หน่วยจัดการต้นน้ำแม่หยอด-แม่รวม. 2534. **การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการจัดการลุ่มน้ำแม่หยอด-แม่รวม**. กรมป่าไม้. กรุเทพฯ

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2521. **ระบบการแบ่งแยกการใช้ที่ดิน.** ภาควิชาการจัดการป่าไม้, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2525. **การใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทย.** บทความทางวิชาการ สาขาเศรษฐศาสตร์และเศรษฐศาสตร์เกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนุชิต รัตนสุวรรณ. 2544. **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกลในการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Berry, M. Hazen,W. Brett, C. Rhonda, L. Flamm, O. 1996. **LUCAS: a system for modeling land-use change.** IEEE Computational Science and Engineering. 3(1): 24.

Briassoulis, H. 2000. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**. **In The web book of regional science**. West Virginia University, Regional Research Institute, Morgantown, http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm (February 2002).

Chomitz, K. Gray, A. 1996. **Roads, land use, and deforestation**: A spatial model applied to Belize. World Bank Economic Review 10 (3): 487-512.

Clarke, C., Hoppen, Stacy, Gaydos, Leonard J. 1998. **Methods and techniques for rigorous calibration of a cellular automaton model of urban growth.** http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CD-ROM/sf_papers/clarke_keith/clarkeetal.html. [date of access unknown].

Engelsman. 2002. **Simulating land use changes in urbanizing area in Malaysia**. Laboratory of Soil Science and Geology Wageningen University, 100: 2–29.

Fitz, H. C.; DeBellevue, E. B.; Costanza, R. [et al.]. 1996.**Development of a general ecosystem model for arange of scales and ecosystems.** Ecological Modelling. 88: 263–295.

Garson, D. (2001). PA 765 - Quantitative Research in Public Administration. North Carolina State.University. (retrieved on April 1, 2001).

Peter H. Verburg et al. 2002. **Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model**. Environmental Management Vol. 30, No. 3, pp 391-405 66(8):1011–1016.

Peter H. Verburg and A. Veldkemp, 2004. **Projecting land use transitions at forest fringes in the Philippines at two spatial scales.** Laboratory of Soil Science and Geology, Wageningen University.

Pontius, R. G. Jr. 2000. **Quantification Error Versus Location Error in Comparison of Categorical Maps**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Pontius, R. G. Jr., and L. C. Schneider. 2001. **Land-Cover Change Model Validation by an ROC Method for the Ipswich Watershed, Massachusetts, USA**. Agriculture, Ecosystems and Environment 85(1-3):239–248.

Ruth DeFries, Greg Asner, and Richard Houghton, Editors. **Ecosystems and Land Use Change**. Geophysical Monograph Series, Volume 153, 344 pages, hardbound, 2004, ISBN 0-87590-418-1, AGU Code GM1534181 The Netherlands 52

Richard, J.F., 1990. Land Tranformation. pp. 163-178. ln : B.L. Turner II, W.C. Chlark, R.W. Kate, J.F. Richard, J.T. Mathews, and W.B. Meyer eds., **The Earth as Transformed by Guman Action**, Cambridge University Press.

Turner, B.L. II, Skole, D., Sanderson, S., Fischer, G., Fresco, L., Leemans, R., 1995. **Land-use and land-cover change**, Science/Reserach plan, IGBP report no. 35, HDP Report no. 7., 132 pp.

Veldkamp, A., and L. O. Fresco. 1996. **CLUE-CR: an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica**. Ecological modelling 91:231–248.

Verburg, P.H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R. and Espaldon, V. 2002. **Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model**. Environmental Management, 30(3): 391-405

Verburg, P. H., A. Veldkamp and J. Bouma. 1999b. **Land use change under conditions of high population pressure: the case of Java**. Global Environmental Change 9:303–312.

Verburg P.H., Veldkamp A., Engelsman W., van Zalinge R., van Mensvoort M.E.F. and Overmars K. 2003. **The use of models to assess the impact of land use change on ecological processes: case-studies of deforestation in SE Asia**. In: Gerold G., Fremerey M. and Guhardja E. _eds_, Land use, nature conservation, and the stability of rainforest margins in Southeast Asia. Springer- Verlag, Berlin, Germany.

Verburg, Peter H. Youqi Chen, Welmoed Soepboer, Tom (A.) Veldkamp. 2000. **GIS-based modeling of human-environment interactions for natural resource management**. in: Parks, BO, Clarke KM, Crane MP, editors. 2000. Proceedings of the 4th international conference on integrating geographic information systems and environmental modeling: problems, prospects, and needs for research; 2000 Sep 2-8; Boulder, CO. Boulder: University of Colorado, Cooperative Institute for Research in Environmental Science.

Voinov. A, R. Costanza, L. Wainger, R. Boumans, F. Villa, T. Maxwell and H. Voinov. 1999. **The Patuxent landscape model: Integrated ecological economic modeling of a watershed**. Environmental Modelling and Software 14:473-491

Watcharakitti, S., K.eadkeo, P. Intrachand, N. Ruangpanit , U.Kutintara and A. Pataratuma. 1979. **Nam Pong Environmental Management Research Project**. Interim Committee for Coordination of Investigations of the Lower Mekong Basin, A project Supported by the Ford Foundation, Kasetsart University. 68 p.

Willemen, L. 2000. **Modelling of land cover changes with CLUE-S in Bac Kan province,Vietnam**.Wageningen University,Netherland. 50 p.

Willemen, L. 2002**. Modelling of land cover changes with CLUE-S in.** Bac Kan province, Vietnam Laboratory of Soil Science and Geology Wageningen University, Netherland. 50 p

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ชุดคำสั่งที่ใช้ในการกรองข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งเขียนด้วยภาษา AML ซึ่งเป็นภาษาบนโปรแกรม ARCINFO เวอร์ชั่น 7.2.1 มีรายละเอียดดังนี้

```
grid
&sv igrd =  majorit9
&sv ogrd =  mj1
/*remove 1x1 grid
docell
    if (%igrd% (-1, -1) == %igrd% (0, -1) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (1, -1) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (1, 0) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (1, 1) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (0, 1) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (-1, 1) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (-1, 0))
           %ogrd% = %igrd% (-1, -1)
    else
           %ogrd% = %igrd%
end
&sv igrd =  mj1
&sv ogrd =  mj2
/*remove 2x2 grid
docell
    if (%igrd% (-1, -1) <> %igrd% (0, 0) &  ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (0, -1) &  ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (1, -1) &  ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (2, -1) &  ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (2, 0) &  ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (2, 1) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (2, 2) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (1,2) & ~
       %igrd% (-1, -1) == %igrd% (0,2) & ~
```

```
        %igrd% (-1, -1) == %igrd% (-1,2) & ~
        %igrd% (-1, -1) == %igrd% (-1,1) & ~
        %igrd% (-1, -1) == %igrd% (-1,0))
                %ogrd% = %igrd% (-1, -1)
    else
        %ogrd% = %igrd%
end
```

*ทำซ้ำ module ข้างต้นจนกว่าจะไม่พบข้อมูลที่เป็น pixel 1x1 และ 2x2 pixel

ภาคผนวก ข

การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะทางธรณีวิทยาและลักษณะทางปฐพีวิทยาบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด เพื่อใช้เป็นตัวแปรนำเข้าในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ตารางผนวกที่ 1 การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะทางธรณีวิทยา

ชนิดของหิน	ค่าปัจจัย
1) หินตะกอน	
1.1) เนื้อละเอียดที่สลายตัวแล้วให้ดินเหนียว	2
1.2) เนื้อละเอียดที่สลายตัวแล้วให้ดินร่วน	3
1.3) เนื้อละเอียดที่สลายตัวแล้วให้ดินหยาบ	4
2) หินอัคนี และหินแปร	
2.1) เนื้อละเอียดที่สลายตัวแล้วให้ดินเหนียว	2
2.2) เนื้อละเอียดที่สลายตัวแล้วให้ดินร่วน	3
2.3) เนื้อละเอียดที่สลายตัวแล้วให้ดินหยาบ	5

ตารางผนวกที่ 2 การกำหนดค่าปัจจัยลักษณะทางปฐพีวิทยา

ลักษณะเนื้อดิน	ค่าปัจจัย
1.1) ดินเนื้อละเอียดเหนียว	1
1.2) ดินเนื้อละเอียดร่วน	2
1.3) ดินเนื้อปานกลาง	3
1.4) ดินเนื้อหยาบ	4

ภาคผนวก ค

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression)

ตารางผนวกที่ 3 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2531

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003818	-0.003812	-0.002971
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.000840	-0.000767	-0.004286
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	-0.029852	0.025565	0.210409
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.001084	0.001096	-0.000078
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000041	-0.000040	-
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.033027	-0.031848	-0.083361
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.185832	-0.166810	-
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	0.000014	-0.000013	-0.000104
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-	-	-
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.474154	0.465831	0.367356
Constant	1.784782	-1.978823	-1.164330
ROC	0.723	0.718	0.923

ตารางผนวกที่ 4 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2532

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003203	-0.003243	-0.004272
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.001336	-0.001283	0.463719
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	-0.055030	0.047934	-0.002533
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000870	0.000898	-0.000089
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000045	-0.000044	-
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.026812	-0.026276	-0.054936
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.253421	-0.224706	-
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	0.000006	-0.000007	-
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	0.000007	-0.000008	-
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.448084	0.430981	0.602509
Constant	0.204019	-0.390517	0.486716
ROC	0.736	0.731	0.924

ตารางผนวกที่ 5 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2533

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003233	-0.003285	0.000796
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.002396	-0.002320	-0.004610
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	-0.036491	0.029217	0.377262
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.001030	0.001063	-0.002666
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000047	-0.000046	-0.000100
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.022107	-0.021386	-0.047560
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.165332	-0.096207	-0.079381
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000019	0.000017	0.000085
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-	-	-
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.435631	0.406473	0.514462
Constant	-0.561186	0.189140	1.969715
ROC	0.747	0.740	0.916

ตารางผนวกที่ 6 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2534

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.002418	-0.002457	0.001217
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.004876	-0.004726	-0.005190
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	-0.067649	0.058051	0.371786
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000867	0.000879	-0.002737
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000046	-0.000044	-0.000110
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.016232	-0.015965	-0.022905
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.355073	-0.123921	-0.083195
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000033	0.000029	0.000089
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000007	0.000006	0.000015
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.466531	0.407815	0.577533
Constant	-4.064062	3.054353	2.145151
ROC	0.802	0.749	0.908

ตารางผนวกที่ 7 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2535

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.002461	-0.002457	-0.001713
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.004529	-0.004726	-0.009698
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	-0.041689	0.058051	0.402867
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.001040	0.000879	-0.001979
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000045	-0.000044	-0.000045
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.015359	-0.015965	-0.024686
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.365361	-0.123921	
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000028	0.000029	0.000141
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000007	0.000006	0.000005
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.456027	0.407815	0.380141
Constant	-3.626462	3.054353	6.278397
ROC	0.788	0.751	0.944

ตารางผนวกที่ 8 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2536

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.002644	-0.002395	-0.001874
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.004323	-0.003522	-0.008869
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	-0.028485	-0.023455	0.405136
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000911	0.000811	-0.001848
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000042	-0.000039	-0.000047
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.014222	-0.012524	-0.027881
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.415190	0.129569	
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000029	0.000013	0.000123
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000005	0.000005	
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.451142	0.260116	0.372596
Constant	-3.977381	1.364648	5.764530
ROC	0.782	0.745	0.938

ตารางผนวกที่ 9 สัมประสิทธ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2537

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003015	-0.002784	-0.001874
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.003158	-0.002470	-0.009106
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	0.037507	-0.085467	0.408607
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000958	0.000876	-0.001924
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000038	-0.000036	-0.000046
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.015791	-0.014614	-0.026714
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.450847	0.125067	
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000014		0.000127
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000004	0.000004	
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.436271	0.264647	0.367136
Constant	-3.572408	0.894564	6.009940
ROC	0.744	0.707	0.941

ตารางผนวกที่ 10 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2538

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003152	-0.002902	-0.001962
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.003229	-0.002519	-0.008942
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	0.042030	-0.089923	0.392418
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000986	0.000908	-0.001940
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000037	-0.000034	-0.000046
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.014022	-0.012570	-0.029444
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.457427	0.124052	
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000026	0.000012	0.000117
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000004	0.000004	
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.415254	0.242924	0.343324
Constant	-3.619274	0.874630	6.149867
ROC	0.742	0.704	0.938

ตารางผนวกที่ 11 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2539

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003054	-0.002804	-0.001973
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.003042	-0.002341	-0.008812
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	0.053921	-0.100786	0.382127
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000953	0.000876	-0.001852
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000037	-0.000034	-0.000045
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.014332	-0.012874	-0.030173
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.463134	0.142170	
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000028	0.000015	0.000114
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000003	0.000002	
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.430700	0.258499	0.342089
Constant	-3.619458	0.781745	5.984913
ROC	0.737	0.699	0.937

ตารางผนวกที่ 12 สัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติค (Logistic Regression) ระหว่างปัจจัยต่างๆ (X_n) กับการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Y_n) บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2540

ปัจจัย	พื้นที่ป่าไม้(Y_1)	พื้นที่เกษตรกรรม(Y_2)	พื้นที่ชุมชน(Y_3)
ทิศทางด้านลาด(X_1)	0.003409	-0.003144	-0.001831
ระดับความสูง (เมตร) (X_2)	0.003141	-0.002441	-0.008875
ลักษณะทางธรณีวิทยา(X_3)	0.085739	-0.131363	0.399019
ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม.) (X_4)	-0.000749	0.000673	-0.001997
ระยะห่างจากถนน (เมตร) (X_5)	0.000035	-0.000032	-0.000046
ความลาดชัน (เปอร์เซ็นต์) (X_6)	0.018201	-0.016720	-0.029529
ลักษณะทางปฐพีวิทยา(X_7)	0.414446	0.220450	
ระยะห่างจากลำน้ำ (เมตร) (X_8)	-0.000028	0.000015	0.000117
ระยะห่างจากชุมชน (เมตร) (X_9)	-0.000002	0.000001	
ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ(X_{10})	-0.409717	0.229938	0.354081
Constant	-4.289751	1.334218	6.104336
ROC	0.743	0.705	0.937

ภาคผนวก ง

ตารางผนวกที่ 13 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2532

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	**พื้นที่ป่าไม้**	**พื้นที่เกษตรกรรม**	**พื้นที่ชุมชน**
พื้นที่ป่าไม้	96.54	3.38	0.08
พื้นที่เกษตรกรรม	27.32	72.18	0.50
พื้นที่ชุมชน	25.91	35.77	38.32

ตารางผนวกที่ 14 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2533

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	**พื้นที่ป่าไม้**	**พื้นที่เกษตรกรรม**	**พื้นที่ชุมชน**
พื้นที่ป่าไม้	91.83	8.04	0.12
พื้นที่เกษตรกรรม	40.45	58.55	1.00
พื้นที่ชุมชน	36.39	33.98	29.63

ตารางผนวกที่ 15 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2534

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	**พื้นที่ป่าไม้**	**พื้นที่เกษตรกรรม**	**พื้นที่ชุมชน**
พื้นที่ป่าไม้	85.15	14.72	0.13
พื้นที่เกษตรกรรม	46.28	52.22	1.50
พื้นที่ชุมชน	20.11	65.88	14.01

ตารางผนวกที่ 16 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2535

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	84.25	15.25	0.51
พื้นที่เกษตรกรรม	45.99	46.86	7.15
พื้นที่ชุมชน	42.33	48.75	8.92

ตารางผนวกที่ 17 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2536

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	83.07	16.41	0.52
พื้นที่เกษตรกรรม	46.53	46.40	7.07
พื้นที่ชุมชน	41.67	49.29	9.03

ตารางผนวกที่ 18 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2537

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	77.35	22.24	0.41
พื้นที่เกษตรกรรม	44.19	50.03	5.78
พื้นที่ชุมชน	34.63	56.81	8.57

ตารางผนวกที่ 19 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2538

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	76.68	22.88	0.44
พื้นที่เกษตรกรรม	44.63	49.36	6.01
พื้นที่ชุมชน	35.65	55.72	8.63

ตารางผนวกที่ 20 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2539

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	75.30	24.27	0.43
พื้นที่เกษตรกรรม	43.95	50.21	5.84
พื้นที่ชุมชน	34.40	57.13	8.48

ตารางผนวกที่ 21 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีเดียว บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2540

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	72.39	27.22	0.40
พื้นที่เกษตรกรรม	41.44	53.16	5.40
พื้นที่ชุมชน	30.52	60.99	8.49

ตารางผนวกที่ 22 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2532

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	96.54	3.38	0.08
พื้นที่เกษตรกรรม	27.32	72.18	0.50
พื้นที่ชุมชน	25.91	35.77	38.32

ตารางผนวกที่ 23 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2533

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	94.39	5.56	0.05
พื้นที่เกษตรกรรม	27.32	71.76	0.92
พื้นที่ชุมชน	46.72	4.83	48.46

ตารางผนวกที่ 24 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2534

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	92.04	7.93	0.03
พื้นที่เกษตรกรรม	24.70	74.37	0.93
พื้นที่ชุมชน	16.88	29.79	53.33

ตารางผนวกที่ 25 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2535

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	97.86	2.06	0.08
พื้นที่เกษตรกรรม	2.39	90.84	6.76
พื้นที่ชุมชน	45.02	27.84	27.14

ตารางผนวกที่ 26 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2536

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	97.93	2.05	0.02
พื้นที่เกษตรกรรม	5.94	93.65	0.41
พื้นที่ชุมชน	2.46	2.38	95.16

ตารางผนวกที่ 27 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2537

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	90.03	9.96	0.01
พื้นที่เกษตรกรรม	20.52	79.40	0.09
พื้นที่ชุมชน	0.05	1.82	98.13

ตารางผนวกที่ 28 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2538

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	98.15	1.84	0.01
พื้นที่เกษตรกรรม	3.33	96.26	0.41
พื้นที่ชุมชน	4.61	0.94	94.45

ตารางผนวกที่ 29 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2539

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	96.86	3.13	0.01
พื้นที่เกษตรกรรม	5.83	93.99	0.18
พื้นที่ชุมชน	0.90	1.68	97.43

ตารางผนวกที่ 30 Confusion Matrix จากการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้สมการถดถอยโลจิสติคปีต่อปี บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด ปี พ.ศ. 2540

การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน
พื้นที่ป่าไม้	94.09	5.89	0.03
พื้นที่เกษตรกรรม	9.23	90.46	0.31
พื้นที่ชุมชน	0.90	4.15	94.95

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายคมสัน คีรีวงศ์วัฒนา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 18 ธันวาคม 2524
สถานที่เกิด	สุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา	อบ.ภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (พ.ศ. 2546)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน (Remote sensing and GIS) ของสำนักงานการอุดมศึกษาแห่งชาติ ประจำปี พ.ศ. 2546