

Research Article

การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน

Comparative Study on CA-Markov Model and CLUE-S Model for Land Use Changed Prediction in National Reserved Forest, Nan Province

วีระภาส คุณรัตนศิริ^{1*}

Weeraphart Khunrattanasiri^{1*}

¹ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹ Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University

*E-mail: weeraphart.k@ku.th

Received: 26/06/2020; Revised: 31/10/2020; Accepted: 05/11/2020

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน และเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563

ผลการศึกษา พบว่า แบบจำลอง CA-Markov มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 90.95 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.80 และแบบจำลอง CLUE-S มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 91.96 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.82 โดยแบบจำลอง CA-Markov สามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของสองช่วงเวลา ซึ่งในส่วนของแบบจำลอง CLUE-S ต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของ

การใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CLUE-S มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่าแบบจำลอง CA-Markov

คำสำคัญ: แบบจำลองคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน, แบบจำลอง CA-Markov, แบบจำลอง CLUE-S, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Abstract

The objectives of this study to comparative study CA-Markov model and CLUE-S model for land use prediction in National Reserved Forest, Nan Province and land use prediction in National Reserved Forest, Nan Province in 2020.

This study found that CA-Markov model indicated that overall accuracy percentage 90.95 and Kappa statistic at 0.80 and CLUE-S model indicated that overall accuracy percentage 91.96 and Kappa statistic at 0.82. The result indicate the CA-Markov model could predict land use from data in both period. And CLUE-S model must have the land use changed factor for finding relationship between class of land use and other factor. Therefore, the result of CLUE-S model was usefulness than CA-Markov model.

Keywords: Land use model, CA-Markov model, CLUE-S model, Land use changed

บทนำ

ทรัพยากรที่ดินเป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด การวางแผนบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงจำเป็นต้องทราบถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตต่อเนื่องถึงปัจจุบันเพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต แต่เดิมทรัพยากรที่ดินถูกปกคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้ และจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเป็นที่ทราบกันดีว่าบริเวณทางภาคเหนือของประเทศไทยมีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตรและที่อยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะจังหวัดน่านพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดเป็นป่าไม้ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารของแม่น้ำน่านและเป็นส่วนหนึ่งของแม่น้ำสายหลักที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา พื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดอยู่ในขอบเขตป่าสงวนแห่งชาติ มีพื้นที่จำนวน 6,497,231.62 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 90.62 ของพื้นที่จังหวัดน่าน (Royal Forest Department, 2013) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ของจังหวัดน่านส่วนใหญ่เป็นป่าไม้ ต่อมาถูกบุกรุกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ทำให้เกิดผลกระทบตามมาสร้างความเสียหายเป็นจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นการเกิดดินถล่ม น้ำท่วม และภัยแล้ง นำไปสู่การจัดตั้งโครงการรักษาน้ำป่าสำหรับแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อหามาตรการในการป้องกันการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ และเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ให้กลับมาอุดมสมบูรณ์อีกครั้ง โดยในการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่จะต้องใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินมาสนับสนุน ทั้งข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีต

ปัจจุบัน และในอนาคต ซึ่งข้อมูลในอดีตและปัจจุบันสามารถทราบได้จากการอ่านแปลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม สำหรับข้อมูลในอนาคตสามารถทราบได้จากการใช้แบบจำลองคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมให้ผลการคาดการณ์ที่มีความถูกต้องและถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย หากผลการคาดการณ์จากแบบจำลองมีความถูกต้องก็จะได้ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการตัดสินใจวางแผนกำหนดขอบเขตพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน และเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563

วิธีการทดลอง

1. การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน

จำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน โดยใช้วิธีการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) ด้วยโปรแกรม Quantum GIS โดยทำการเน้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยการผสมสีเท็จ Infrared ซึ่งจะปรากฏสีแดงในบริเวณพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุม เพื่อแสดงผลให้พื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมแตกต่างกับพื้นที่อื่น ๆ และใช้การพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความเข้มของสี (tone) สี (color) รูปร่าง (shape) ขนาด (size) รูปแบบ (pattern) ลายเนื้อ (texture) เงา (shadow) ภูมิประเทศ (topographical site) ที่ตั้งและสิ่งที่อยู่ใกล้เคียง (size and association features) โดยเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบ level 1 precision terrain correction (L1TP) ซึ่งเป็นรูปแบบของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี และความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตแบบเป็นระบบ ประกอบด้วย

ในปี พ.ศ. 2551 จำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบบันทึกภาพ thematic mapper (TM) จำนวน 4 ภาพ ได้แก่ path 129 row 47 บันทึกภาพวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2551 path 129 row 48 บันทึกภาพวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2551 path 130 row 46 บันทึกภาพวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551 และ path 130 row 47 บันทึกภาพวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ในปี พ.ศ. 2556 จำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ operational land imager (OLI) จำนวน 4 ภาพ ได้แก่ path 129 row 47 บันทึกภาพวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2556 path 129 row 48 บันทึกภาพวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2556 path 130 row 46 บันทึกภาพวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2556 และ path 130 row 47 บันทึกภาพวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2556

ในปี พ.ศ. 2561 จำแนกโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ OLI จำนวน 4 ภาพ ได้แก่ path 129 row 47 บันทึกภาพวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2561 path 129 row 48 บันทึกภาพวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 path 130 row 46 บันทึกภาพวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2561 และ path 130 row 47 บันทึกภาพวันที่ 19 มกราคม พ.ศ. 2561

โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิงตามมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (fundamental geographic data set: FGDS) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2013) แบ่งชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

- 1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ได้แก่ พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการตั้งถิ่นฐาน การอยู่อาศัย การประกอบกิจการ และกิจกรรมของมนุษย์
- 2) พื้นที่เกษตรกรรม ได้แก่ พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์
- 3) พื้นที่ป่าไม้ ได้แก่ บริเวณที่มีต้นไม้ขนาดปกคลุม มีต้นไม้ขนาดต่าง ๆ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น
- 4) พื้นที่แหล่งน้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น
- 5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด ได้แก่ พื้นที่อื่น ๆ ประกอบด้วย เหมืองและบ่อขุด พื้นที่กองวัสดุพื้นที่ดินถม พื้นที่หินโผล่ พื้นที่ขุดเจาะน้ำมัน พื้นที่ถม และพื้นที่ทิ้งขยะ

2. การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน มีรายละเอียดดังนี้

นำผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2551 ตรวจสอบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2550 ที่ถูกจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ของกรมพัฒนาที่ดิน

นำผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 ตรวจสอบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2555 ที่ถูกจัดเก็บในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ของกรมพัฒนาที่ดิน

นำผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2561 ตรวจสอบกับข้อมูลจุดตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคสนาม ปี พ.ศ. 2561 จากโครงการจัดทำข้อมูลการจำแนกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าสงวนแห่งชาติ ของสำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ และจุดตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบนข้อมูลดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth

กำหนดจุดตรวจสอบข้อมูลภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนก โดยใช้สมการคำนวณจุดตรวจสอบ ดังการศึกษาของ Phaengwangthong (2018) โดยคำนวณจำนวนจุดตรวจสอบภาคสนามตามสัดส่วนของพื้นที่ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและใช้การสุ่มแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) สุ่มจุดตรวจสอบที่คำนวณได้กระจายในทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพิจารณาข้อมูลผลการจำแนกของจุดตรวจสอบข้อมูลภาคสนาม ซึ่งแสดงผลในรูปของตารางที่เรียกว่า error matrix

ความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) เป็นการแสดงความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลที่มีความสอดคล้องตรงกันระหว่างจุดตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิง คิดเป็นร้อยละของจุดตรวจสอบทั้งหมดสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1 (Congalton and Green, 1999)

$$\text{ร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม} = \frac{\text{ผลรวมของจุดที่จำแนกถูกต้อง}}{\text{จำนวนจุดทั้งหมด}} \times 100 \quad (1)$$

สัมประสิทธิ์ Kappa เป็นการแสดงความถูกต้องโดยรวม แต่มีการพิจารณาลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน error matrix ด้วยการใช้สัมประสิทธิ์ Kappa มาประเมินความถูกต้องที่พิจารณาทั้งความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลตรวจสอบกับข้อมูลที่ใช้อ้างอิงที่เป็นไปตามโอกาส (chance agreement) และที่เป็นไปตามจริง (actual agreement) โดยวิเคราะห์ควบคู่ไปกับค่าความถูกต้องผลการจำแนกโดยรวม (Lillesand et al., 2015) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_i * x_j)} \quad (2)$$

โดยที่ K คือ สัมประสิทธิ์ Kappa r คือ จำนวนแถวของตาราง error matrix
 x_{ii} คือ ค่าในแถวที่ i และคอลัมน์ที่ i x_i คือ ผลรวมของค่าอ้างอิงในแต่ละแถว
 x_j คือ ผลรวมของค่าอ้างอิงในแต่ละคอลัมน์ N คือ จำนวนจุดตรวจสอบทั้งหมด

3. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S

3.1 แบบจำลอง CA-Markov

ทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 โดยใช้แบบจำลอง Markov Chain จากนั้นคำนวณหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (transitional matrix) โดยนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2551 และ 2561 ที่ผ่านการประเมินความถูกต้องแล้วเพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 และจัดทำข้อมูลให้เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ซึ่งเป็นการใช้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากแบบจำลอง Markov Chain ร่วมกับ Cellular Automata Filter โดยกำหนดขนาดของ filter เท่ากับ 5x5 จุดภาพ

3.2 แบบจำลอง CLUE-S

ทำการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUE-S ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

3.2.1 รวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาดังการศึกษาของ Kotphan (2012) และทำการแปลงข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลเวกเตอร์เป็นข้อมูลราสเตอร์ ที่มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 50 เมตร ซึ่งมีจำนวนจุดภาพทั้งหมดอยู่ในขอบเขตตามที่แบบจำลอง CLUE-S กำหนด จากนั้นแปลงข้อมูลจากข้อมูลราสเตอร์เป็นข้อมูลแบบ American Standard Code for Information Interchange (ASCII) ด้วยโปรแกรม Quantum GIS ก่อนนำเข้าแบบจำลอง CLUE-S โดยมีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย

- 1) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม จัดทำขึ้นจากข้อมูลเส้นทางคมนาคมในแผนที่ภูมิประเทศเชิงเลข มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร
- 2) ระยะห่างจากเส้นทางลำน้ำ จัดทำขึ้นจากข้อมูลเส้นทางลำน้ำในแผนที่ภูมิประเทศเชิงเลข มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร
- 3) ระยะห่างจากตำแหน่งหมู่บ้าน จัดทำขึ้นจากข้อมูลตำแหน่งหมู่บ้าน ปี พ.ศ. 2557 ของสถาบันชุมชนท้องถิ่นพัฒนา
- 4) ลักษณะเนื้อดิน จัดทำขึ้นจากข้อมูลชุดดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน
- 5) รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือน ปี พ.ศ. 2561 ของกลุ่มงานสารสนเทศการพัฒนาชุมชน สำนักงานพัฒนาชุมชนจังหวัดน่าน
- 6) ความสูง จัดทำขึ้นจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข global digital elevation model (GDEM) ของสำนักงานสำรวจธรณีวิทยา ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 7) ความลาดชัน จัดทำขึ้นจากข้อมูล GDEM ของสำนักงานสำรวจธรณีวิทยา ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 8) ทิศด้านลาด จัดทำขึ้นจากข้อมูล GDEM ของสำนักงานสำรวจธรณีวิทยา ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 9) ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ระหว่างปี พ.ศ. 2524 – 2561 ของกรมอุตุนิยมวิทยา
- 10) ความหนาแน่นประชากร ปี พ.ศ. 2561 ของกรมการปกครอง

3.2.2 ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสมการ logistic regression โดยกำหนดตัวแปรต้นเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกำหนดตัวแปรอิสระเป็นปัจจัยในข้อ 3.2.1 หาความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรมคำนวณทางสถิติ

นำค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้ที่ดินแต่ละประเภทมาสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ในแบบจำลอง CLUE-S

3.2.3 ทำการกำหนดเสถียรภาพของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งเป็นการกำหนดลำดับของการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ กำหนดให้ค่า 0 หมายถึง การใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่อื่นได้ และกำหนดให้ค่า 1 หมายถึง การใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นได้ โดยลำดับของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลำดับของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	เกษตรกรรม	ป่าไม้	แหล่งน้ำ	เบ็ดเตล็ด
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	1	0	0	0	0
เกษตรกรรม	1	1	1	1	1
ป่าไม้	1	1	1	1	1
แหล่งน้ำ	0	0	0	1	1
เบ็ดเตล็ด	1	1	1	1	1

3.2.4 ข้อมูลกำหนดปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท ซึ่งกำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเหมือน ในอดีต โดยใช้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเฉลี่ยรายปี ระหว่างปี พ.ศ. 2556 – 2561

3.2.5 นำเข้าข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการถดถอยโลจิสติก ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ข้อมูลลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลกำหนดปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ในปี พ.ศ. 2563

4. การประเมินความถูกต้องผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ของแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S

จากการใช้แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน นำผลการคาดการณ์ ในปี พ.ศ. 2563 จากแบบจำลองทั้งสองมาประเมินความถูกต้อง

โดยตรวจสอบความถูกต้องผลการคาดการณ์กับข้อมูลตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินภาคสนาม ปี พ.ศ. 2563 และตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบนข้อมูลภาพถ่ายจากโปรแกรม Google Earth จากนั้นคำนวณความถูกต้องโดยใช้ตารางเมทริกซ์ แสดงร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa

ผลและการวิจารณ์ผล

1. ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน มีรายละเอียดดังนี้

ปี พ.ศ. 2551 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 4,525,196.34 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 69.42 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 1,955,385.30 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.00 พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 20,313.57 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.31 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 16,909.51 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.26 และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่น้อยที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 394.96 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 (ตารางที่ 2)

ปี พ.ศ. 2556 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 4,421,408.18 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67.83 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 2,057,049.17 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.56 พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 21,287.94 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.33 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 17,923.77 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.27 และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่น้อยที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 530.62 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 (ตารางที่ 2)

ปี พ.ศ. 2561 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 4,386,203.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67.29 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 2,090,974.97 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 32.08 พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 21,819.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.33 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 18,708.87 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.29 และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีเนื้อที่น้อยที่สุด มีพื้นที่เท่ากับ 492.12 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 พื้นที่ของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2551 2556 และ 2561

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พ.ศ. 2551		พ.ศ. 2556		พ.ศ. 2561	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	16,909.51	0.26	17,923.77	0.27	18,708.87	0.29
เกษตรกรรม	1,955,385.30	30.00	2,057,049.17	31.56	2,090,974.97	32.08
ป่าไม้	4,525,196.34	69.42	4,421,408.18	67.83	4,386,203.98	67.29
แหล่งน้ำ	20,313.57	0.31	21,287.94	0.33	21,819.75	0.33
เบ็ดเตล็ด	394.96	0.01	530.62	0.01	492.12	0.01
รวม	6,518,199.68	100.00	6,518,199.68	100.00	6,518,199.68	100.00

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่มากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม โดยพื้นที่ป่าไม้ที่พบการเปลี่ยนแปลงนั้นมีพื้นที่ลดลง ถูกบุกรุกแผ้วถางเพื่อสร้างที่อยู่อาศัยและทำการเกษตร สำหรับการสร้างที่อยู่อาศัยสาเหตุเกิดจากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้ที่ดินมีราคาสูงโอกาสที่ชาวบ้านจะซื้อหรือเช่าที่ดินเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยจึงเป็นไปได้ยาก อีกทั้งที่ดินส่วนใหญ่ถูกครอบครองโดยนายทุน จึงทำให้เกิดการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้

2. ผลการตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ปี พ.ศ. 2551 มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 92.42 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.83

2.2 ปี พ.ศ. 2556 มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 91.96 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.82

2.3 ปี พ.ศ. 2561 มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 97.98 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.96

ซึ่งเห็นได้ว่า ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ของทั้ง 3 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มีค่ามากกว่า 0.8 แสดงถึงความถูกต้องของการจำแนกกับความเป็นจริงบนพื้นที่มีความถูกต้องตรงตามความเป็นจริง (Rwanga and Ndambuki, 2017)

3. ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน

3.1 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov

แบบจำลอง Markov Chain คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินทราบเพียงปริมาณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงจึงได้นำแบบจำลอง CA-Markov มาใช้ในการจัดทำข้อมูล โดยผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2563 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุด โดยมีพื้นที่เท่ากับ 4,239,462.91 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 65.04 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 2,237,124.78 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 34.32 พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 21,949.00 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.34 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 19,193.07 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.29 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่น้อยที่สุด โดยมีพื้นที่เท่ากับ 610.87 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 แสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 1

3.2 ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CLUE-S

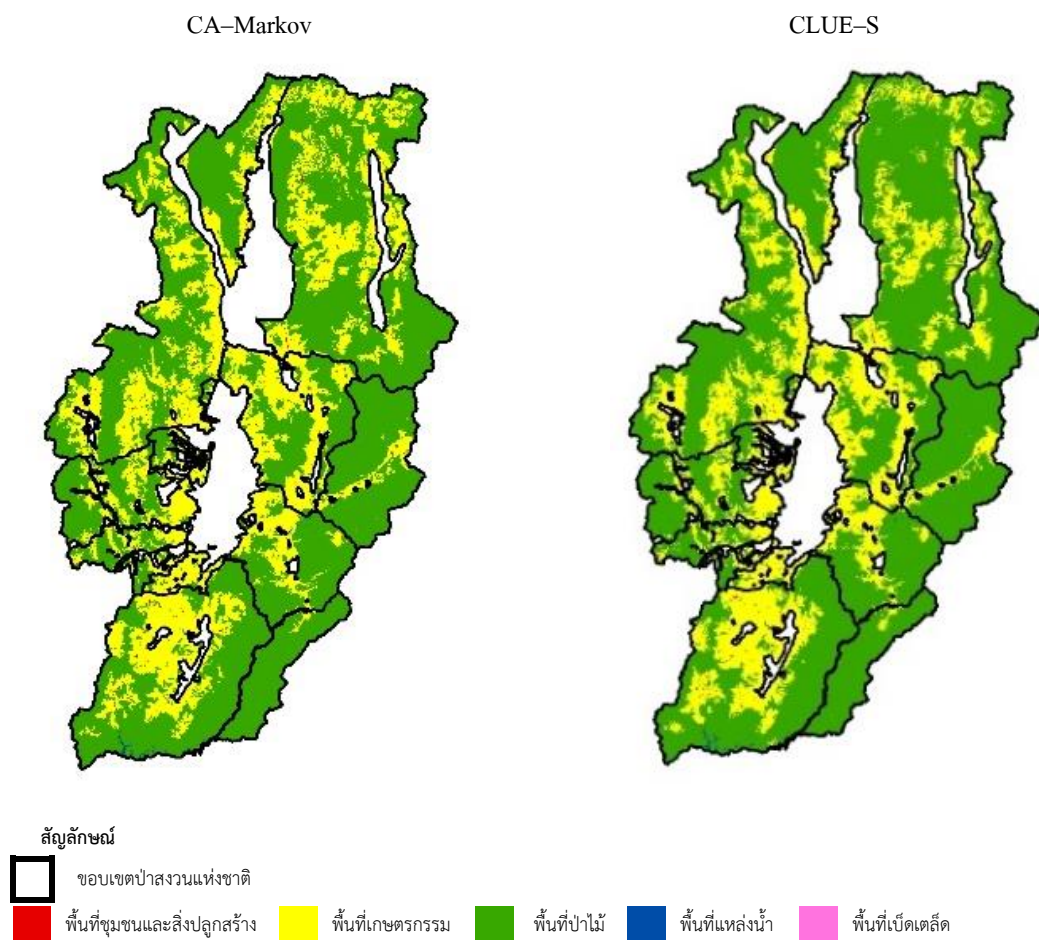
ผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง CLUE-S ในปี พ.ศ. 2563 พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุด เท่ากับ 4,375,671.88 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 67.13 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา คือ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 2,101,510.94 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 32.24 พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 21,979.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.34 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 18,804.69 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.29 และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่น้อยที่สุด โดยมีพื้นที่เท่ากับ 373.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 แสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 1

ตารางที่ 3 ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 จากแบบจำลอง CA-Markov และ แบบจำลอง CLUE-S

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	CA-Markov		CLUE-S	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	19,193.07	0.29	18,804.69	0.29
เกษตรกรรม	2,237,124.78	34.32	2,101,510.94	32.24
ป่าไม้	4,239,462.91	65.04	4,375,671.88	67.13
แหล่งน้ำ	21,949.00	0.34	21,979.69	0.34
เบ็ดเตล็ด	610.87	0.01	373.44	0.01
รวม	6,518,340.63	100.00	6,518,340.63	100.00

4. ผลการประเมินความถูกต้องผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 ของแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เมื่อตรวจสอบกับข้อมูลจุดตรวจสอบภาคสนาม ปี พ.ศ. 2563 และจุดตรวจสอบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth

ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov มีความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 90.95 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.80 จากการศึกษาของ Nouri et al. (2014) คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในเมือง Anzali จังหวัด Gilan ประเทศอิหร่าน ซึ่งมีวิธีการในการศึกษาใกล้เคียงกัน มีความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 83 แสดงถึงความถูกต้องของผลการคาดการณ์มีความแตกต่างกัน โดยหากพื้นที่ศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินคล้ายคลึงกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นในอดีต ส่งผลให้การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินมีความถูกต้องตรงตามความเป็นจริงที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 1 ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2563 จากแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S

ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CLUE-S มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 91.96 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.82 ซึ่งการศึกษาของ Zheng et al. (2015) ที่ทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ Yau Tsim Mong เขต Kowloon ของฮ่องกง โดยใช้ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ ปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคม และปัจจัยทางการเมือง พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.77

เมื่อนำผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2563 ระหว่างแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เปลี่ยนจากข้อมูลในรูปแบบของราสเตอร์เป็นข้อมูลแบบเวกเตอร์มาเปรียบเทียบข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้ตาราง error matrix พบว่า แบบจำลองทั้งสองรูปแบบมีผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละ

ประเภทตรงกัน ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีผลการคาดการณ์ตรงกันจำนวน 17,841.65 ไร่ พื้นที่เกษตรกรรม มีผลการคาดการณ์ตรงกันจำนวน 2,024,850.79 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ มีผลการคาดการณ์ตรงกันจำนวน 4,217,287.11 ไร่ พื้นที่แหล่งน้ำ มีผลการคาดการณ์ตรงกันจำนวน 21,088.66 ไร่ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีผลการคาดการณ์ตรงกันจำนวน 1.00 ไร่ แสดงดังตารางที่ 4

จากการศึกษาแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S พบว่า มีผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน ในปี พ.ศ. 2563 มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ใกล้เคียงกัน โดยแบบจำลอง CA-Markov สามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของสองช่วงเวลาและต้องทำการแปลงข้อมูลจากข้อมูลเชิงปริมาณเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อทราบตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งในส่วนของแบบจำลอง CLUE-S ต้องอาศัยปัจจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CLUE-S มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่าผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CA-Markov

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2563 ระหว่างแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S

		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2563 จากแบบจำลอง CA-Markov					พื้นที่รวม (ไร่)
		U	A	F	W	M	
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2563 จากแบบจำลอง CLUE-S	U	17,841.65	144.84	44.34	26.37	0.00	18,057.20
	A	164.14	2,024,850.79	214,383.96	78.97	12.18	2,239,490.04
	F	105.53	20,912.00	4,217,287.11	120.87	0.40	4,238,425.91
	W	0.06	46.93	55.31	21,088.66	0.63	21,191.58
	M	0.00	24.35	2.71	0.00	1.00	28.06
รวม		18,111.38	2,045,978.90	4,431,773.42	21,314.87	14.21	

หมายเหตุ U คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง A คือ พื้นที่เกษตรกรรม
F คือ พื้นที่ป่าไม้ W คือ พื้นที่แหล่งน้ำ M คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษา พบว่า แบบจำลอง CA-Markov มีผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2563 พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 4,239,462.91 ไร่ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 2,237,124.78 ไร่ พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 21,949.00 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 19,193.07 ไร่ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เท่ากับ 610.87 ไร่ โดยผลการคาดการณ์มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 90.95 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.80 ส่วนแบบจำลอง CLUE-S มีผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2563 พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 4,375,671.88 ไร่ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 2,101,510.94 ไร่ พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 21,979.69 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 18,804.69 ไร่ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เท่ากับ 373.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.01 โดยผลการคาดการณ์มีร้อยละความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม เท่ากับ 91.96 และมีค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เท่ากับ 0.82 โดยแบบจำลอง CA-Markov สามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของสองช่วงเวลา ซึ่งในส่วนของแบบจำลอง CLUE-S ต้องอาศัยปัจจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้ผลการคาดการณ์จากแบบจำลอง CLUE-S มีความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์ Kappa มากกว่าแบบจำลอง CA-Markov

การนำแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S ไปประยุกต์ในพื้นที่ศึกษาอื่น ๆ หากพื้นที่ศึกษา มีข้อมูลประกอบการคาดการณ์เพียงแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของสองช่วงเวลาควรเลือกใช้แบบจำลอง CA-Markov แต่หากในพื้นที่นั้นมีข้อมูลประกอบการคาดการณ์ ประกอบไปด้วย แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากเส้นทางลำน้ำ ระยะห่างจากตำแหน่งหมู่บ้าน ลักษณะเนื้อดิน รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือน ความสูง ความลาดชัน ทิศด้านลาด ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค่าสัมประสิทธิ์สมการถดถอยโลจิสติก และความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรเลือกใช้แบบจำลอง CLUE-S เนื่องจากให้ผลการคาดการณ์มีความถูกต้องสูงกว่าแบบจำลอง CA-Markov

เอกสารอ้างอิง

- Congalton, R. G., & K. Green. (1999). Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and applications. Lewis Pub-Lishers: Boca Raton, FL, USA.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). (2013). Fundamental Geographic Data Set (FGDS) layer of land use data. 528 pages.
- Kotphan, C. (2012). Application of CLUE-S model for predicting land use changes in Si Sa Ket Province. Master thesis, Kasetsart University.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition: Wiley.

- Nouri, J., Gharagozlou, A., Arjmandi, R., Faryadi, S., & Adl, M. (2014). Predicting urban land use changes using a CA–Markov model. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39(7), 5565-5573.
- Phaengwangthong, V. (2018). Classification of Deciduous Forest Area Using Multitemporal Landsat Imageries with Band Ratio Techniques. *Journal of Science and Technology*, 26 (8 (supplementary edition)), 1302-1310.
- Royal Forest Department. (2013). Information of Royal Forest Department. Royal Forest Department, Ministry of Natural Resources and Environment.
- Rwanga, S. S., & Ndambuki, J. M. (2017). Accuracy Assessment of Land Use/Land Cover Classification Using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Geosciences*, 08(04), 611-622.
doi:10.4236/ijg.2017.84033
- Zheng, H. W., Shen, G. Q., Wang, H., & Hong, J. (2015). Simulating land use change in urban renewal areas: A case study in Hong Kong. *Habitat International*, 46, 23-34.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.10.008>