

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV Land Use/Land Cover Change Detection and Prediction using CA-MARKOV Model

ดิศพนธ์ ธิกรกุลโตมร^{1*} วิลาวัณย์ ประสมทรัพย์² และ อธิวัฒน์ ภิญญูโยียง³

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.นครราชสีมา

³ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

*Corresponding author; E-mail address: aegeography@gmail.com

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองเชิงพื้นที่มีบทบาทสำคัญในการประเมินการเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปัจจุบัน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียม ติดตามการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต วิธีการศึกษาเริ่มจากการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี 2560, 2561 และ 2562 จากข้อมูลดาวเทียม Sentinel-2A จากนั้นทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงในระหว่างปี พ.ศ. 2560-2562 หลังจากนั้นใช้แบบจำลอง CA-MARKOV คาดการณ์และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่จะเกิดขึ้นในปี 2563 ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.46 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาร้อยละ 76.72 ผลการตรวจสอบเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี 2563 มีพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้น เท่ากับ 33.93, 9.31, 9.14 และ 4.70 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม่มีพื้นที่ลดลง เท่ากับ 57.07 ตารางกิโลเมตร การบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศกับแบบจำลองเชิงพื้นที่สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แบบจำลอง CA-Markov, ดาวเทียม Sentinel-2A, การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน, การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

Abstract

Remote sensing, geographic information system and geospatial modeling plays important role in assessing, detecting

and predicting land use/land cover information. The main objectives of the study were to classify, change detecting and predicting land use/land cover from satellite imagery. To fulfill the objectives, land use/land cover during 2017 to 2019 was firstly classified into 5 classes (urban and built-up area, agricultural area, forest land, water body, and miscellaneous land) from Sentinel-2A. Therefore, land use/land cover was detected changes between 2017-2018 and 2018-2019. Finally, land use/land cover 2020 was predicted by the CA-MARKOV model. As results, an accuracy assessment of prediction model for predicting land use/land cover 2020 provided overall accuracy and kappa hat coefficient of agreement about 80.46% and 76.70%, respectively. According to land use/land cover change detected data between 2019-2020, agricultural area, urban and built-up area, water body, and miscellaneous land were increase with 33.93, 9.31, 9.14 and 4.70 sq.km., respectively while forest land tends to decrease in the future was 57.07 sq.km. The integration of remote sensing, geographic information system technology with geospatial models can be used as efficiently tools to classify, to detect the change and to predict land use/land cover.

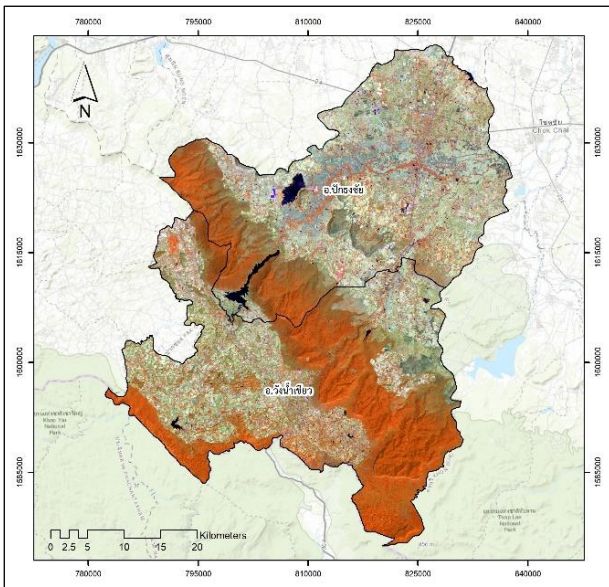
Keywords: CA-MARKOV, Sentinel-2 A, Land use/Land cover change detection, Land use/Land cover prediction

1. คำนำ

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Land use and land cover, LULC) เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการวางแผนดำเนินงานในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างยิ่ง ทั้งการจัดการทรัพยากรและการใช้ที่ดิน การวางผังเมือง หรือใช้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจ การ

เปลี่ยนแปลงและพัฒนาที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน ทำให้เกิดความจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรมากขึ้นและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอย่างเข้มข้น [1] อีกทั้งรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินยังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การสำรวจการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมาก [2] ในอดีตการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ซับซ้อน อีกทั้งใช้งบประมาณ แรงงานและเวลาเป็นอย่างมาก ผลการสำรวจที่ได้ยังไม่ทันสมัยและขาดความแม่นยำ ปัจจุบัน การกึ่งดังกล่าวสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) ในการสำรวจและติดตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การศึกษานี้เป็นการบูรณาการร่วมกันของเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing) ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) และแบบจำลองเชิงพื้นที่ CA-MARKOV ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงที่คาดว่าจะเกิดขึ้น พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่อำเภอบึงโขงพยัญและอำเภอน้ำเหือง จังหวัดนครราชสีมา (รูปที่ 1) พื้นที่ทั้งหมด 2,504.32 ตารางกิโลเมตร มีความหลากหลายของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

2. วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษาการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV มีกรอบแนวคิดของการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2

2.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ปี 2560, 2561 และ 2562 ได้จากการเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ earthexplorer.usgs.gov ของสำนักงาน

สำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (The United States Geological Survey: USGS) ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของทั้ง 3 ปี ถูกบันทึกภาพในวันที่ 24-27 มกราคม 2560, 12-19 มกราคม 2561 และ 24-27 มกราคม 2562 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าว ในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Visible blue) เขียว (Visible green) สีแดง (Visible red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near infrared) จะถูกนำไปใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

2.2 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

2.2.1 รูปแบบการจำแนกข้อมูล

รูปแบบการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินอ้างอิงจากรูปแบบการจำแนกของกรมพัฒนาที่ดินในระดับที่ 1 [3] โดยประกอบด้วย 5 ประเภทหลัก ได้แก่ (1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง หมายถึง พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการตั้งถิ่นฐาน การอยู่อาศัย การประกอบกิจการและกิจกรรมของมนุษย์ (2) พื้นที่ป่าไม้ หมายถึง บริเวณที่มีต้นไม้ขนาดชนิดขนาดต่าง ๆ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและกว้างใหญ่ (3) พื้นที่เกษตรกรรม หมายถึง พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์ (4) พื้นที่แหล่งน้ำ หมายถึง แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น และ (5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด หมายถึง พื้นที่อื่น ๆ นอกเหนือจากพื้นที่ดังกล่าวข้างต้น

2.2.2 วิธีการการจำแนกข้อมูล

วิธีการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมใช้การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised classification) ซึ่งประกอบด้วย (1) กระบวนการหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ต้องการจำแนกกับพื้นที่ตัวอย่าง (Training area) ของประเภทข้อมูลที่ต้องการจำแนก พื้นที่ตัวอย่างเป็นพื้นที่ที่ตัวเลขค่าการสะท้อนของภาพถ่ายดาวเทียมจะถูกนำไปใช้ในการประมาณการทางสถิติเพื่อเป็นตัวแทนของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทหนึ่งๆ [4] และ (2) วิธีการจำแนกข้อมูลอิงพารามิเตอร์ แบบความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood classification) พิจารณาความควรจะเป็นสูงสุดของค่าการสะท้อนกับค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง [5]

2.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนก

ผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2560 และ 2561 จะถูกตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนก วิธีการตรวจสอบจะอ้างอิงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงในช่วงเวลาและปีที่ตรงกัน สำหรับผลการจำแนกข้อมูลปี 2562 จะตรวจสอบความถูกต้องโดยอ้างอิงกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการคำนวณจุดตัวอย่างบนพื้นฐานของการแจกแจงแบบอนเนกนาม (Multinomial distribution) เพื่อคำนวณจุดตัวอย่างสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และระดับความแม่นยำที่ 10% ดังสมการที่ (1) ในขณะที่วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้น (Stratified random sampling) จะถูกนำมาใช้หาตำแหน่งในการตรวจสอบความถูกต้องของผลการแจกแจงทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกจะพิจารณาค่าความถูกต้องโดยรวม

(Overall accuracy, OA) [6] ดังสมการที่ (2) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa hat coefficient of agreement, \hat{K}) [7] ดังสมการที่ (3)

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

โดยที่ Π_i คือ สัดส่วนของประชากรในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ i จากทั้งหมด k ประเภท, b_i คือ ความแม่นยำที่ต้องการได้รับสำหรับประเภททั้งหมด, B คือ ค่าขีดจำกัดบน (α/k) คุณ 100 เปอร์เซ็นต์ ไทล์ของการกระจายแบบไคสแควร์ (Chi square: χ^2) ที่มีระดับชั้นความเสรี เท่ากับ 1, k คือ จำนวนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (2)$$

โดยที่ OA คือ ความถูกต้องโดยรวม, k คือ จำนวนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้งหมด, n_{ii} คือ จำนวนจุดตัวอย่างในแถว i , n คือ จำนวนจุดตัวอย่างทั้งหมด

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \times n_{+i})} \quad (3)$$

โดยที่ \hat{K} คือ สัมประสิทธิ์แคปปา, k คือ จำนวนแถวของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน, n_{ii} คือ จำนวนจุดตัวอย่างในแถว i , n_{i+} คือ ผลรวมนอกแถวของแถว i , n_{+i} คือ ผลรวมนอกแถวของคอลัมน์ i และ N คือ จำนวนจุดตัวอย่างทั้งหมด

2.3 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

2.3.1 การทดสอบแบบจำลอง CA-MARKOV

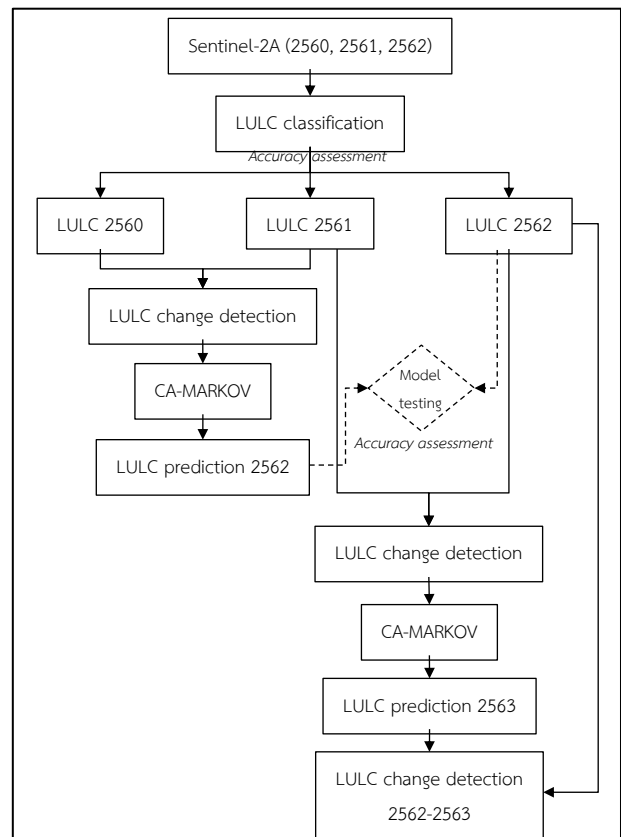
การใช้แบบจำลอง CA-MARKOV [8] ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จำเป็นต้องมีการทดสอบแบบจำลอง เพื่อแสดงถึงความถูกต้องน่าเชื่อถือสำหรับนำไปใช้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563 วิธีการทดสอบแบบจำลองทำได้โดยการใช้ผลการจำแนกข้อมูลปี 2560 และ 2561 มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและนำเข้าแบบจำลอง CA-MARKOV เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2562 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ตรวจสอบความถูกต้องกับข้อมูลปี 2562 ที่ได้จากการจำแนกจากภาพถ่ายดาวเทียม หากให้ค่าความถูกต้องผ่านเกณฑ์ จึงสามารถใช้กระบวนการและแบบจำลอง CA-MARKOV ในการคาดการณ์ข้อมูลปี 2563 ต่อไป

2.3.2 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563

วิธีการการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563 ใช้ผลการจำแนกข้อมูลปี 2561 และ 2562 มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและนำเข้าแบบจำลอง CA-MARKOV ซึ่งข้อมูลสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท (Transition area) และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท (Probability of Changing) ที่เกิดขึ้นจะถูกคาดการณ์และสร้างเป็นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563 โดยแบบจำลอง CA-MARKOV พร้อมทั้งสร้างเป็นแผนที่

2.4 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี 2562-2563

วิธีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง 2 ช่วงเวลา [9] ใช้ผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2562 และผลการคาดการณ์ปี 2563 มาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงโดยใช้เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา (Post classification comparison) ผลลัพธ์จะเป็นแผนที่และข้อมูลพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงที่สามารถระบุได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงประเภทใดไปสู่ประเภทใดในรูปแบบตารางเมตริกซ์



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดของการศึกษา

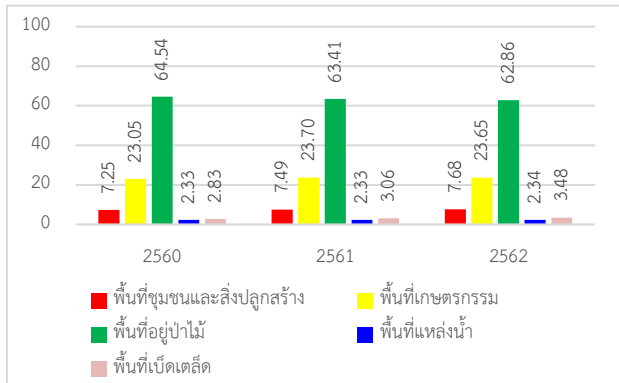
3. ผลการศึกษา

3.1 ผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2560, 2561 และ 2562 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ (Forest land) ถัดมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and build-up area) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land) ส่วนพื้นที่น้อยที่สุดเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ (Water body) ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

LULC	2560 (ตร.กม.)	2561 (ตร.กม.)	2562 (ตร.กม.)
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	181.53	187.69	192.26
พื้นที่เกษตรกรรม	577.20	593.56	592.34
พื้นที่ป่าไม้	1,616.35	1,587.99	1,574.08
พื้นที่แหล่งน้ำ	58.40	58.43	58.54
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	70.85	76.65	87.09
รวม	2,504.32	2,504.32	2,504.32

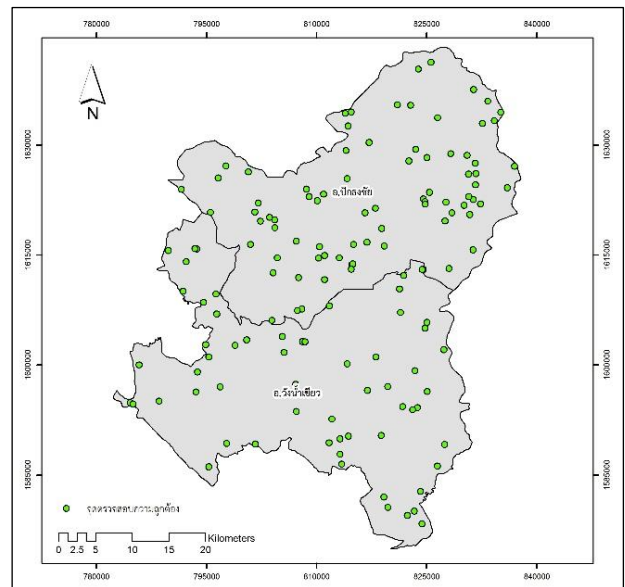


รูปที่ 3 ร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกที่อาศัยการคำนวณจุดตัวอย่างบนพื้นฐานการแจกแจงแบบอนเนกนามที่พิจารณาสัดส่วนของประชากรในประเภทข้อมูลหลักเข้าใกล้ร้อยละ 50 พบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 8, 25, 60, 3 และ 4 ตามลำดับ และจากการกำหนดระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 และระดับความแม่นยำเท่ากับร้อยละ 10 (ดังสมการที่ 1) ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่า จุดตัวอย่างสำหรับตรวจสอบความถูกต้องมีค่าเท่ากับ 139 จุด จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้น (Stratified random sampling) ได้ผลลัพธ์แผนที่การกระจายตัวของจุดตัวอย่างสำหรับตรวจสอบความถูกต้องจะแสดงในรูปที่ 4

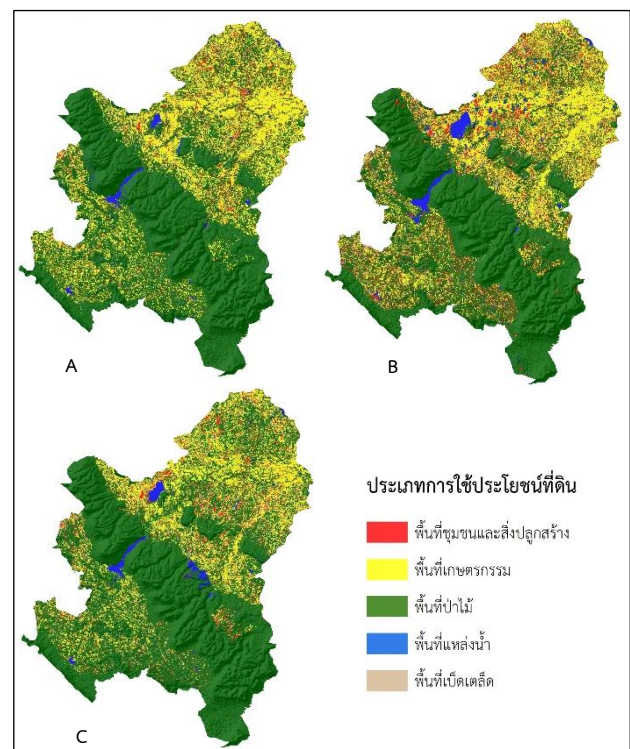
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2560 มีพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ เท่ากับ 1,616.35, 577.20, 181.53, 70.85 และ 58.40 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ความถูกต้องโดยรวมของผลการจำแนก ร้อยละ 87.77 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ร้อยละ 78.54 ส่วนข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2561 มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ เท่ากับ 1,587.99, 593.56, 187.69, 76.65 และ 58.43 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ มีความถูกต้องโดยรวม ร้อยละ 89.21 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ร้อยละ 82.94 สำหรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2562 ประเภทการใช้ประโยชน์เรียงลำดับเหมือนกับปี 2561 มีพื้นที่เท่ากับ 1,574.08, 592.34, 192.26, 87.09 และ 58.54 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม ร้อยละ 89.31 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ร้อยละ 80.38



รูปที่ 4 แผนที่การกระจายตัวของจุดตัวอย่างสำหรับตรวจสอบความถูกต้อง

แผนที่การกระจายตัวของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ของปี 2560, 2561 และ 2563 แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

(A) 2560, (B) 2561 และ (C) 2562

3.2 ผลการทดสอบแบบจำลอง CA-MARKOV

การทดสอบแบบจำลอง CA-MARKOV เป็นการนำผลลัพธ์จากการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2560 และ 2561 มาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2562 โดยแบบจำลอง CA-MARKOV จากนั้นนำผลการคาดการณ์ที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องกับผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปี 2562 หากผลการทดสอบได้ค่าความถูกต้องผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ถือได้ว่าแบบจำลอง CA-MARKOV มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้คาดการณ์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563 ได้

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า แบบจำลอง CA-MARKOV ให้ผลการคาดการณ์ที่มีความน่าเชื่อถือ ดังตารางที่ 2 ตารางความคลาดเคลื่อนสำหรับประเมินความถูกต้อง [9] โดยได้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) สูง เท่ากับร้อยละ 80.46 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa hat coefficient of agreement) ปานกลางค่อนข้างสูง เท่ากับร้อยละ 76.72 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ระหว่างร้อยละ 40 ถึง 80 แสดงถึงความถูกต้องปานกลางระหว่างข้อมูลทดสอบทั้งสอง [10]

ตารางที่ 2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง CA-MARKOV

		ผลการคาดการณ์ LULC ปี 2562					
		Ur	Ag	Fo	Wa	Mi	รวม
ผลการจำแนก LULC ปี 2562	Ur	106.01	36.58	13.21	3.63	6.52	165.95
	Ag	39.90	547.09	46.86	7.89	15.60	657.34
	Fo	83.16	126.65	1226.91	16.27	21.38	1474.37
	Wa	0.45	0.71	6.12	73.57	0.10	80.96
	Mi	15.22	32.76	14.57	1.65	61.51	125.70
	รวม	244.74	743.79	1307.66	103.01	105.12	2504.32
Overall Accuracy (%)		80.46					
Kappa hat coefficient of agreement (%)		76.72					

** พื้นที่ป่าไม้ (Fo) พื้นที่เกษตรกรรม (Ag) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Ur) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Mi) และพื้นที่แหล่งน้ำ (Wa)

3.3 ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การคาดการณ์การแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563 ด้วยแบบจำลอง CA-MARCOV โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา คือ ปี 2561 และ 2562 เป็นข้อมูลพื้นฐาน ได้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ คือ ค่าโอกาสความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 3) และค่าสัดส่วนพื้นที่ของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2563

		ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง LULC ปี 2563				
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
LULC ปี 2562	Class 1	0.8956	0.0267	0.0001	0.0460	0.0017
	Class 2	0.0914	0.9243	0.0200	0.2735	0.1545
	Class 3	0.0039	0.0113	0.9757	0.1989	0.0003
	Class 4	0.0084	0.0377	0.0042	0.4789	0.1566
	Class 5	0.0007	0.0000	0.0000	0.0027	0.6869

** Class 1 คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, Class 2 คือ พื้นที่เกษตรกรรม, Class 3 คือ พื้นที่ป่าไม้, Class 4 คือ พื้นที่แหล่งน้ำ, และ Class 5 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด

ตารางที่ 4 สัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2563

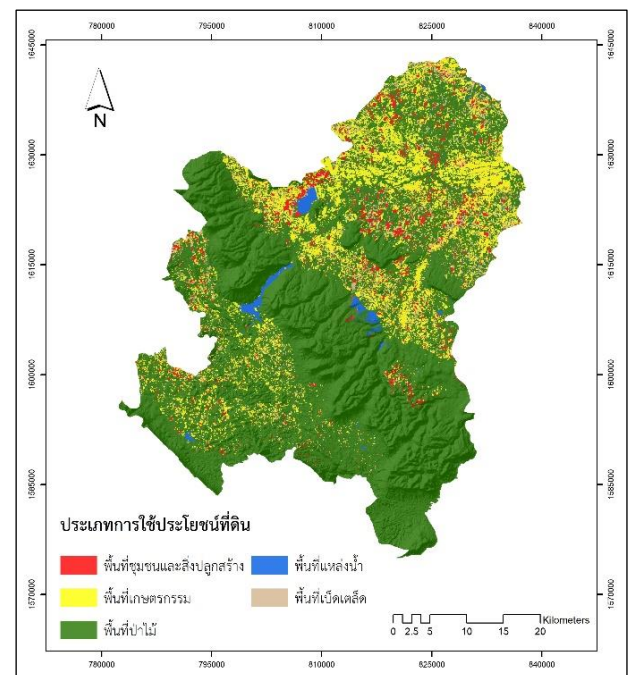
		LULC ปี 2563 (ตร.กม.)				
		Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
LULC ปี 2562	Class 1	180.37	5.37	0.03	9.26	0.35
	Class 2	18.42	186.16	4.03	55.09	31.12
	Class 3	0.78	2.27	196.50	40.06	0.05
	Class 4	1.69	7.59	0.84	96.45	31.54
	Class 5	0.14	0.01	0.00	0.54	138.34

** Class 1 คือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, Class 2 คือ พื้นที่เกษตรกรรม, Class 3 คือ พื้นที่ป่าไม้, Class 4 คือ พื้นที่แหล่งน้ำ, และ Class 5 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด

ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี 2563 จากแบบจำลอง CA-MARCOV พบว่า ได้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ดังตารางที่ 5 และแผนที่การกระจายตัวของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ดังรูปที่ 6 โดยมีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด คือ 1,517.00 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 60.58 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 626.27, 201.40, 91.79 และ 67.85 ตารางกิโลเมตร และคิดเป็นร้อยละ 25.01, 8.04, 3.67 และ 2.71 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี 2563

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	201.40	8.04
พื้นที่เกษตรกรรม	626.27	25.01
พื้นที่อยู่ป่าไม้	1,517.00	60.58
พื้นที่แหล่งน้ำ	67.85	2.71
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	91.79	3.67
พื้นที่รวม	2,504.32	100.00



รูปที่ 6 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ปี 2563

3.4 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี 2562-2563

ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี 2562-2563 แสดงดังตารางที่ 6 พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด โดยมีพื้นที่เท่ากับ 33.93, 9.31, 9.14 และ 4.70 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลง คือ พื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ลดลง 57.07 ตารางกิโลเมตร

ตารางที่ 6 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี 2562-2563

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	2562 (ตร.กม.)	2563 (ตร.กม.)	การเปลี่ยนแปลง (ตร.กม.)
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	192.26	201.40	9.14
พื้นที่เกษตรกรรม	592.34	626.27	33.93
พื้นที่ป่าไม้	1,574.08	1,517.00	-57.07
พื้นที่แหล่งน้ำ	58.54	67.85	9.31
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	87.09	91.79	4.70
พื้นที่รวม	2,504.32	2,504.32	114.15

4. สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแบบจำลอง CA-MARKOV ในสำรวจ การคาดการณ์ และการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากข้อมูลดาวเทียม Sentinel-2A ในปี 2562-2563 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 33.93, 9.31, 9.14 และ 4.70 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ลดลง 57.07 ตารางกิโลเมตร

ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่า วิธีการที่ใช้สำรวจ ได้แก่ การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบก้ำกั๊บดุล โดยพิจารณาความเหมือนของค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างมากที่สุด การคาดการณ์ ได้แก่ การใช้แบบจำลอง CA-MARKOV และการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ เทคนิคการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงจากผลการจำแนกข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา เป็นวิธีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ซึ่งใช้งบประมาณ แรงงาน และเวลาน้อย ผลการคาดการณ์มีความถูกต้องสูง มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.46 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ร้อยละ 76.72 ผลลัพธ์ที่ได้ยังมีความเป็นปัจจุบันและมีความแม่นยำ

โดยสรุป สามารถกล่าวได้ว่าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจจากระยะไกล ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแบบจำลองเชิงพื้นที่ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Foody, G. M. (2001). Monitoring the Magnitude of Land-cover Change Around the Southern Limits of the Sahara. *Photogram-Metric Engineering & Remote Sensing*. 67(7): 841-847. Quoted in Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.
- [2] สมพร ขอบธรรม (2551). เทคนิคตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงเลขที่เหมาะสมสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน อำเภอปรางค์ชัย จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, ประเทศไทย.
- [3] กรมพัฒนาที่ดิน. (2554). ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน. ส่วนวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน.
- [4] Collet, C. (1992). Geographic information systems in image mode. Lausanne, French Polytechnic and University Press, Col. *Managing the environment* n.7, 186 p.
- [5] สุวิทย์ อ่องสมหวัง. (2559). การรับรู้จากระยะไกลและการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงเลข. สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล, สำนักวิชาวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [6] Story, M. and Congalton, R. (1986). Accuracy Assessment: A User's Perspective, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 52(3): 397-399. . Quoted in Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.
- [7] Congalton, R.G. and Green, K. (1999). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers. 137 p.
- [8] Pontius, G.R. (2000). Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogram Eng Remote Sens*. 66:1011-1016.
- [9] Jensen, J.R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.
- [10] Landis, J. and Koch, G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 33:159-174. Quoted in Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3th ed. USA: Pearson Prentice Hall.