

การเปรียบเทียบแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตในการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

ภาควิชาภูมิศาสตร์¹ วิชาภูมิสารสนเทศ² วิศวกรรมศาสตร์³ และ นิติ เอี่ยมชื่น^{1*}

A Comparison of Future Simulation of Land Use Models in Urbanization

A Case Study of Buriram District, Buriram Province

Pakpoom Lamlet¹, Thidapath Anucharn², Tawatcharapong Wongsagoon³ and Niti Iamchuen^{1*}

¹ Department of Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

² Department of Information Technology, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

³ Department of Civil Engineering Technology, Faculty of Industrial Technology, Buriram Rajabhat University, Buriram, 31000

* Corresponding author: niti.ia@up.ac.th

Received; February 17, 2023; Revised: April 8, 2023; Accepted: April 10, 2023

บทคัดย่อ

จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นจังหวัดที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วจังหวัดหนึ่งของประเทศไทย จากการที่มีเส้นทางรถไฟตัดผ่านกลางเมือง เป็นเมืองเศรษฐกิจ เมืองการกีฬา และการท่องเที่ยว ทำให้มีความสนใจในการศึกษาพัฒนาการของเมืองบุรีรัมย์โดยใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงเปรียบเทียบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2575 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov (CAM) และ Land Change Modeler 3 วิธีคือ Multi-Layer Perceptron (MLP), Logistic Regression (LR) และ SimWeight (SM) และได้้นำปัจจัยรวม 10 ปัจจัย มาประกอบการวิเคราะห์ได้แก่ 1) แบบจำลองความสูงเชิงเลข 2) แผนที่ความชัน 3) แผนที่ทิศด้านลาด 4) ระยะห่างจากเทศบาลเมือง 5) ระยะห่างจากเทศบาลตำบล 6) ระยะห่างจากถนน 7) ระยะห่างจากทางรถไฟ 8) เส้นทางน้ำ 9) การระบายน้ำของดิน และ 10) ความหนาแน่นประชากร ผลการวิจัยพบว่า แนวโน้มพื้นที่ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2550-2555 และ 2555-2565 พื้นที่สิ่งปลูกสร้างและพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ป่าไม้ มีขนาดพื้นที่ลดลง ใช้สำหรับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ต่อมาทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่าในภาพรวมวิธีตรวจสอบความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา วิธีการ MLP, LR และ SM ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธี CAM ผลลัพธ์ของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2575 พบว่าทั้ง 4 วิธีให้ผลลัพธ์คล้ายคลึงกันในเรื่องปริมาณ (ขนาดพื้นที่) แต่มีความต่างกันในเรื่องการจัดสรรพื้นที่ที่มีแนวคิดที่ส่งผลออกมาในรูปแบบแผนที่ที่มีความต่างกันออกไป ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เข้ากับสถานการณ์และบริบทของพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป

คำสำคัญ: แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน, CA-Markov, Land Change Modeler, บุรีรัมย์

¹ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

³ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

Abstract

Buriram Province It is one of the most rapidly expanding provinces in Thailand. from the fact that there is a railway line that cuts through the middle of the city. It is an economic city, a sports city, and a tourism city. This led to an interest in studying the development of Buriram city using a comparative land use model. The purpose is to validate the model. And to forecast land use in the year 2032 by using CA–Markov (CAM) and Land Change Modeler 3 methods, which are Multi–Layer Perceptron (MLP), Logistic Regression (LR) and SimWeight (SM). And a total of 10 factors were included in the analysis, namely 1) Digital elevation model 2) Slope 3) Aspect 4) Distance from the municipality 5) Distance from local government 6) Distance from road 7) distance from railways, 8) stream, 9) soil drainage, and 10) population density. The results showed that area trends during 2007–2012 and 2012–2022, building area and water source area are increasing, but agricultural land and forest areas has reduced. After that checking the land use model validation, it was found that in the overall accuracy method and the Kappa coefficient, the MLP, LR, and SM methods higher accuracy than the CAM method. The 2032 land use forecast found that all four methods yielded quantitatively similar results. (Area), but there are differences in terms of the land use allocation with concepts that result in different maps. This output can be applied to different situations and contexts in different areas.

Keywords: Land use model, CA–Markov, Land Change Modeler, Buriram

บทนำ

จังหวัดบุรีรัมย์ถือว่าเป็นเมืองสำคัญในภาคอีสานของประเทศไทย มีแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ เป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวในเมืองกีฬาและเมืองอารยธรรมโบราณ มีกิจกรรมการท่องเที่ยวหลายประเภททั้ง สนามช้างอารีนาและสนามช้าง อินเตอร์เนชั่นแนล เซอร์กิตซึ่งจุดขายหลัก คือ การแข่งขันฟุตบอลและการจัดแข่งขันรถ MOTO GP พร้อมเป็นต้นแบบเมืองท่องเที่ยวเชิงกีฬา มีการพัฒนาและขยายตัวของเศรษฐกิจภาคการท่องเที่ยวและบริการอย่างรวดเร็ว (กรมการปกครอง, 2565) ประกอบกับมีการเข้าถึงทั้งทางบกได้แก่รถยนต์ ทางรถไฟ และทางอากาศ (ท่าอากาศยานบุรีรัมย์) โดยเฉพาะการรองรับนักท่องเที่ยวและจำนวนประชากรที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยปี พ.ศ. 2564 จังหวัดบุรีรัมย์มีประชากรทั้งหมด 1,579,805 คน และครัวเรือน 483,349 หลังคาเรือน (กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด, 2563) ซึ่งยังไม่รวมประชากรแฝงที่เข้ามาเป็นแรงงานภายในจังหวัด นักเรียนนักศึกษา และนักท่องเที่ยว เป็นต้น จากเหตุผลดังกล่าวการแปลงแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินย่อมเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตและกิจกรรมในพื้นที่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่อให้การขยายตัวของเมืองเป็นไปอย่างมีระบบมากขึ้น จำเป็นต้องมีการวางแผนและการจัดการที่เหมาะสมกับศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่

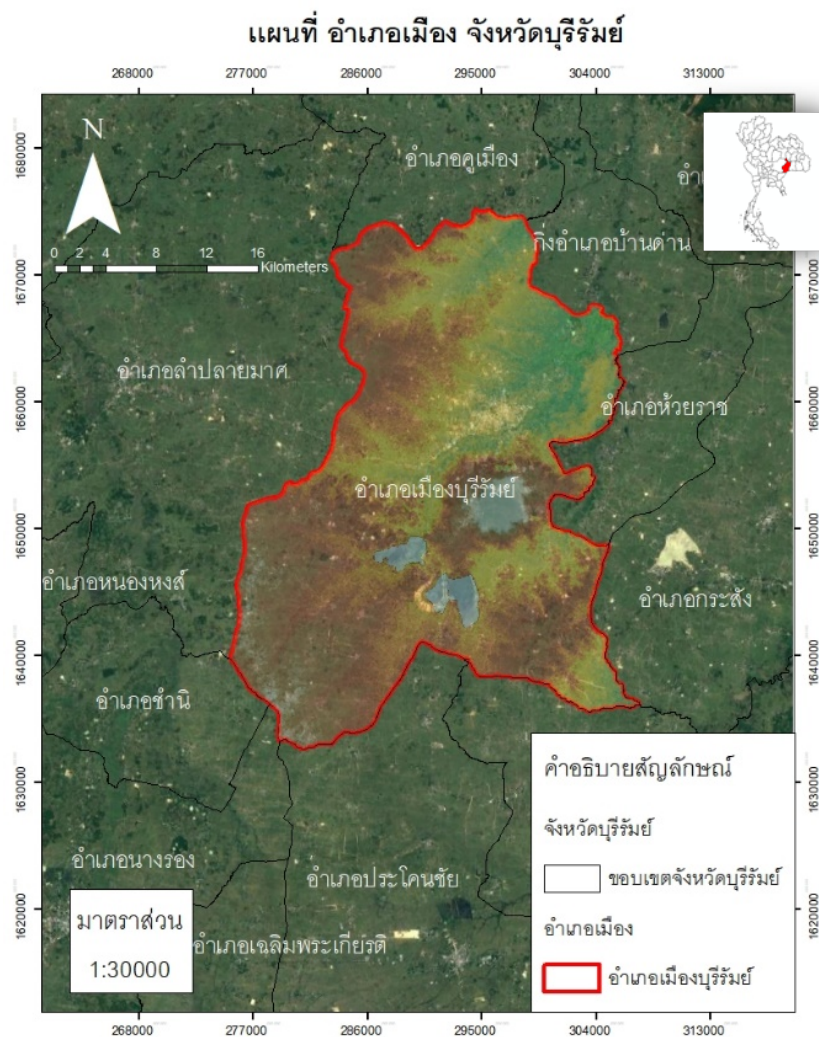
ในปัจจุบันมีเครื่องมือหลายประเภทที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาการขยายตัวของเมืองโดยเฉพาะเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) ที่มีการนำเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการขยายตัวและสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน นอกจากนี้ยังใช้ร่วมกับแบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use modeling) เพื่อวางแผนรับมือการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น โดยแบบจำลองที่ได้รับความนิยม เช่น CA Markov (เกตุินี นงโพธิ์ และคณะ, 2564), (ณัฐวุฒิ บุตรคล้อย และคณะ, 2564), (เนงนัส ชวนกำเหนิดการ, 2563) โดยแบบจำลอง CA–Markov เป็นแบบจำลองที่มีการรับส่งระหว่างแบบจำลอง Cellular Automata (CA) และ Markov Chain ใช้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณ โดยมีกระบวนการ

วิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลโอกาสความน่าจะเป็นที่ได้จากแบบจำลอง Markov Chain เทียบระหว่างสองช่วงเวลาที่เกิดขึ้น (นิตี เอี่ยมชื่น และคณะ, 2563) และนำมาประมวลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเซลล์รอบข้างที่มีผลต่อสถานะของเซลล์ตรงกลางโดยใช้แบบจำลอง Cellular Automata ในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับทีละเซลล์อีกครั้ง และเคลื่อนที่วนเซลล์ ไปจนครบตามจำนวนรอบเท่ากับช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา กระบวนการพิจารณาจะทำการวนซ้ำจนครบรอบกำหนดการเปลี่ยนแปลงตามทฤษฎี Game of Life (มานัส ศรีวณิช และคณะ, 2561) ส่วนแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) (มานัส ศรีวณิช และคณะ, 2561), (วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และคณะ, 2563) มีวิธีการคิดที่ซับซ้อนกว่า CA-Markov โดยนอกเหนือจากการใช้การใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลาแล้วยังใช้ปัจจัยมาหาความสัมพันธ์เกี่ยวข้องด้วยโดยใช้หลักการของเครือข่ายประสาทเทียม Multi-Layer Perceptron Neural Network (MLP), Logistic Regression (LR) และ SimWeight (SW) โดยทั้งสามวิธีของ LCM วิธีการ MLP คือรูปแบบหนึ่งของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ขึ้นอยู่กับเครือข่ายของเซลล์ประสาททางชีววิทยาและประกอบด้วย โดยการคำนวณอย่างง่ายหลายชั้นซึ่งการทำงาน MLP สร้างเครือข่ายของเซลล์ประสาทกับปัจจัยขับเคลื่อน ขณะที่วิธีการแบบ LR คือการทำงานโดยใช้เทคนิคความน่าจะเป็นสูงสุดเป็นการหาความน่าจะเป็นที่พิกเซลเปลี่ยนจากกลุ่มหนึ่งเป็นอีกกลุ่มหนึ่ง และวิธีการแบบ SW คือ การคำนวณด้วยการหาค่าถ่วงน้ำหนักในพื้นที่ ขึ้นอยู่กับ K สำหรับการสร้างแผนที่ที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงที่ดินในแต่ละพิกเซลที่จะได้รับการประมวลผล จะแยก K ไกลเคียงที่สุด เป็นต้น

ในงานวิจัยทางด้านแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนมากเป็นการศึกษาแยกแบบจำลองซึ่งมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกัน โดยการศึกษาเชิงเปรียบเทียบแบบจำลองในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก งานวิจัยนี้มุ่งหวังให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้แบบจำลองได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ โดยทำการศึกษาพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ (รูปที่ 1) ผลของการศึกษาสามารถอธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินตลอดจนการขยายตัวของเมืองในแต่ละช่วงเวลา ทั้งยังทราบถึง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการขยายตัวของเมือง เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้กับหน่วยงานหรือผู้ที่สนใจนำไปใช้ในการวางแผนและสนับสนุนการตัดสินใจตัดสินใจเชิงพื้นที่ของเมืองให้เป็นไปในทิศทางที่เหมาะสมอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง CA-Markov และ Land Change Modeler
2. เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2575 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov และ Land Change Modeler



วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในภาพรวม ประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษา 3 ส่วนคือ 1) พิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา (2550–2555 และ 2555–2565) 2) ทวนสอบความถูกต้องน่าเชื่อถือของแบบจำลอง (เปรียบเทียบผลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2565 จากแบบจำลองและข้อมูลอ้างอิง) และ 3) การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต 2 แบบจำลองในเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งมีขั้นตอนในรายละเอียดการทำงานดังนี้

1. การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะสั้น (5 ปี) พ.ศ. 2550–2555 และ ระยะยาว (10 ปี) 2555–2565 รวม 2 คาบเวลา โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department: LDD) ปี 2550, 2555 และ 2565 (LDD50, LDD55 และ LDD65) แสดงตารางและแผนที่พื้นที่ที่มีเปลี่ยนแปลงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 2 คาบเวลา เพื่อหาแนวโน้มและอัตราการเปลี่ยนแปลงของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภททั้งในระยะสั้นและระยะยาว ตามลำดับ (ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี 2565 เป็นการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีล่าสุด ปี พ.ศ. 2562 มาทำการปรับปรุงให้ทันสมัยโดยใช้ภาพถ่ายเทียมและการลงสำรวจประกอบเพื่อปรับให้เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2565) โดยกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

หลัก 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land: A) พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land: F) พื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (Urban and Build-up land: U) และพื้นที่แหล่งน้ำ (Water Body: W)

2. การทวนสอบ (Validation) แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะเป็นการทดสอบให้ทราบว่าแบบจำลองดังกล่าวมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากน้อยเช่นไร โดยปกติจะนิยมทดสอบโดยการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินไปในปัจจุบันที่เกิดขึ้นแล้ว และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงจากแหล่งอ้างอิงในปีเดียวกัน ก่อนนำไปคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตต่อไป โดยการทวนสอบจะมีการตรวจสอบทั้งในเชิงปริมาณ (สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินในเชิงพื้นที่) และเชิงคุณภาพ (ตำแหน่งการเกิดขึ้นของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท) จากการสุ่มจุดตรวจสอบมีขั้นตอน 2 ขั้นตอนดังนี้

2.1 การจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2565: (Simulation) โดยดำเนินการจัดเตรียมข้อมูลนำเข้าการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2550 และ 2555 เป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline) ผ่านกระบวนการจำลองโดยใช้ 2 แบบจำลอง คือ CA Markov (Sim65CAM) 1 วิธี และ Land Change Modeler 3 วิธี ได้แก่ Multi-Layer Perceptron Neural Network (Sim65MLP), Logistic Regression (Sim65LR) และ SimWeight Sim65SW) โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้สอดคล้องกันเพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบ ขั้นตอนการประมวลผลของทั้งสองแบบจำลอง เริ่มจากนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา ร่วมกับปัจจัยในการขับเคลื่อน (Driving factors) 10 ปัจจัย (ตารางที่ 1) โดยปัจจัยคัดเลือกจากการลงสนามสำรวจ ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 1) แบบจำลองความสูงเชิงเลข 2) แผนที่ความชัน 3) แผนที่ทิศทางลาด 4) ระยะห่างจากเทศบาลเมือง 5) ระยะห่างจากเทศบาลตำบล 6) ระยะห่างจากถนน 7) ระยะห่างจากทางรถไฟ 8) เส้นทางน้ำ 9) การระบายน้ำของดิน และ 10) ความหนาแน่นประชากร โดยขั้นตอนจะเริ่มจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบจำลองจะทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินของ 2 ช่วงเวลา (ปี พ.ศ.2550 และ 2555) ถัดมาจะทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยในการขับเคลื่อน เพื่อสร้างค่าน้ำหนักในการพยากรณ์อนาคต เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้วจะทำการประมวลผลแบบจำลองเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2565 ของทั้ง 4 วิธีการผลลัพธ์จะได้รับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2565 ของ Sim65CAM, Sim65MLP, Sim65LR และ Sim65SM ตามลำดับ

2.2 การทวนสอบ โดยนำผลลัพธ์จากแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 ที่ได้จากขั้นตอนข้างต้น (Sim65CAM, Sim65MLP, Sim65LR และ Sim65SM) มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิง (Reference data) ของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2565 (LDD65REF) เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยใช้วิธีการประเมินค่าความถูกต้องทั้งแบบรายประเภทของผู้ใช้งานและผลผลิต (User accuracy and Producer accuracy) และประเมินในภาพรวมด้วยวิธีความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy: OA คัดจากผลรวมของพิกเซลที่มีความถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหารด้วยจำนวนทั้งหมด) (Alberg, A. J. et al. 2004) และค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa Index of Agreement: KIA) (Bergsma, W., 2013) ตามสมการที่ 1 โดยใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องในการแปลแบบทุกพื้นที่ที่เทียบกัน (Pixel by pixel)

3. การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลองทั้ง 2 ในปี พ.ศ.2575 เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 แบบจำลอง ทั้งในรูปแบบเชิงปริมาณและเชิงตำแหน่ง โดยพิจารณาขนาดและสัดส่วนพื้นที่ของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเทียบเคียงในปี พ.ศ. 2575 และการเปลี่ยนแปลงเชิงตำแหน่ง (From-to) จากการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ.2565-2575 ทั้ง 2 แบบจำลอง 4 วิธีการ (Sim75CAM, Sim75MLP, Sim75LR และ Sim75SM) เพื่ออธิบายแนวโน้มความเหมือนหรือต่างของแต่ละวิธีการที่เกิดขึ้นใน

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่นำมาใช้ในแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปัจจัย	คำอธิบาย	แหล่งที่มา
1. ความสูงเชิงเลข	ความสูงต่ำของภูมิประเทศ	USGS (SRTM GLOBAL DEM)
2. ความลาดเท	ความลาดเทของภูมิประเทศ	สร้างจากความสูงเชิงเลข
3. เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจากแหล่งน้ำ	กรมแผนที่ทหาร
4. การระบายน้ำของดิน	การระบายน้ำของดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
5. ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	กรมอุตุนิยมวิทยา
6. ถนน	ระยะห่างจากถนน	กรมแผนที่ทหาร
7. ระยะห่างจาก เทศบาลเมือง	ระยะห่างจากหมู่บ้าน	กรมพัฒนาที่ดิน
8. ระยะห่างจาก เทศบาลตำบล	ระยะห่างเทศบาลตำบล	กรมพัฒนาที่ดิน
9. ระยะห่างจากทางรถไฟ	ระยะห่างจากทางรถไฟ	กรมแผนที่ทหาร
10. ความหนาแน่นประชากร	ความหนาแน่นของประชากร	กรมการปกครอง

หมายเหตุ : USGS (United States Geological Survey: สำนักสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา)

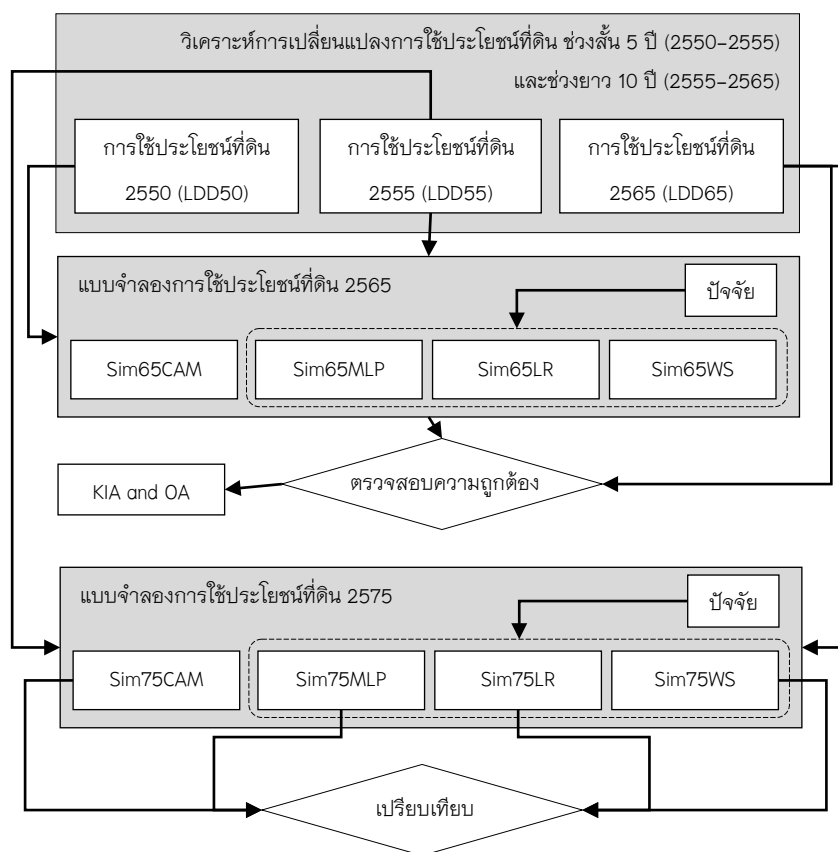
$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^k x_{ii} - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^k (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

เมื่อ

k คือ จำนวนแถวในการจำแนกในตารางเมตริกซ์ x_{ii} คือ จำนวนของการสุ่มในแถวที่ i และสดมภ์ที่ i
 x_{i+} คือ ผลรวมของค่าในแถว i x_{+i} คือ ผลรวมของค่าในสดมภ์ i
 N คือ จำนวนจุดทั้งหมดที่ทำการสุ่ม

ผลการศึกษา

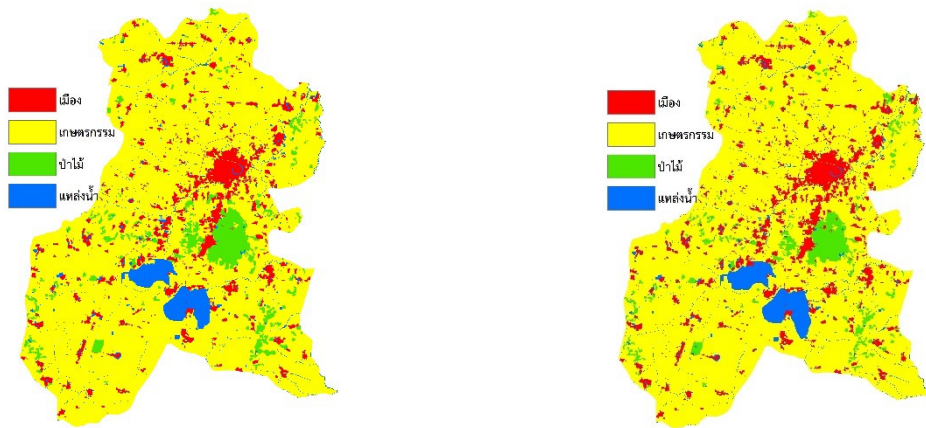
1. การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะสั้น (5 ปี) พ.ศ. 2550–2555 และระยะยาว (10 ปี) 2555–2565 รวม 2 คาบเวลา (ระยะสั้น 1 คาบเวลา และ ระยะยาว 1 คาบเวลา) ภาพรวมการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอเมืองบุรีรัมย์ตามการจำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ เมือง เกษตรกรรม ป่าไม้และแหล่งน้ำ โดยพื้นที่เมืองอยู่ตอนกลางของอำเภอเมืองบุรีรัมย์เป็นแหล่งธุรกิจการค้า การบริการและหน่วยงานราชการต่าง ๆ มีสถานศึกษาระดับอุดมศึกษา (มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์) และกระจายตามแนวเส้นทางถนนสายหลัก ขณะที่พื้นที่ป่าไม้กระจายอยู่โดยรอบทั้งอำเภอเมืองบุรีรัมย์ พื้นที่ป่าไม้พบบริเวณเขากระโดง (ทิศตะวันตกเฉียงใต้ของตัวเมืองบุรีรัมย์) และแหล่งน้ำ มีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ประกอบด้วย ห้วยจระเข้มาก และห้วยตลาด โดยในแต่ละคาบเวลา มีรายละเอียดดังนี้



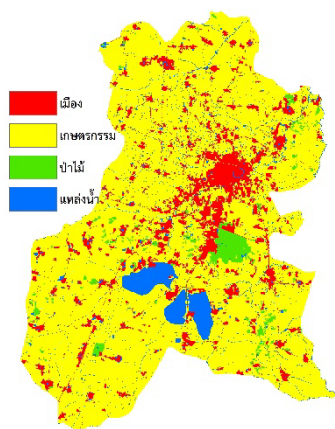
รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละปี (2550, 2555 และ 2565) เริ่มจากปี พ.ศ.2550 (รูปที่ 3) พื้นที่ในเขตอำเภอเมืองบุรีรัมย์ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมถึงร้อยละ 80 รองลงมาเป็นพื้นที่เมือง ป่าไม้ และแหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 8.45 5.41 และ 4.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ส่วนในปีถัดมาคือ ปี พ.ศ. 2555 (รูปที่ 4) มีสัดส่วนไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก กล่าวคือ พื้นที่เกษตรกรรม เมือง แหล่งน้ำ และป่าไม้ คิดเป็นสัดส่วน 81.73, 9.02, 4.79 และ 4.46 ตามลำดับ โดยพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นกลายเป็นสัดส่วนลำดับที่สาม (เดิมในปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่น้อยที่สุดหรือลำดับที่สี่) ขณะที่ในปีล่าสุด พ.ศ.2565 (รูปที่ 5) พบว่าป่าไม้ยังมีสัดส่วนพื้นที่มากที่สุด ตามมาด้วย เมือง แหล่งน้ำ และป่าไม้ เช่นเดียวกับปี พ.ศ. 2555 คือ ร้อยละ 79.36, 11.98, 5.99 และ 2.68 ตามลำดับ

1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินในระหว่างปี (2550-2555 และ 2555-2565) มีการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ไปในทิศทางเดียวกันทั้งระยะสั้น (2550-2555) และ ระยะยาว (2555-2565) ตามตารางที่ 2 โดย ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งระยะสั้นและระยะยาว แต่มีอัตราการลดลงเฉลี่ยต่อปีที่ช้าลงบ้างเล็กน้อยจาก 1,006 และ 942 ไร่ต่อปีตามลำดับ ขณะที่เมือง และแหล่งน้ำ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วขึ้น โดยเมืองขยายตัวช่วงระยะสั้นและระยะยาว เป็น 603 และ 1,562 ไร่ต่อปีตามลำดับ และแหล่งน้ำ มีทิศทางไปในทางเดียวกันคือ ขยายตัวช่วงระยะสั้นและระยะยาว เป็น 334 และ 635 ไร่ต่อปีตามลำดับ ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมในช่วงระยะสั้นมีแนวโน้มที่จะขยายตัวมากขึ้นคือ เฉลี่ย 69 ไร่ต่อปี แต่ในช่วงระยะยาวกลับพบว่ามีแนวโน้มลดลงเฉลี่ย 1,255 ไร่ต่อปี



รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ.2550 (กรมพัฒนาที่ดิน) รูปที่ 4 การใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ.2555 (กรมพัฒนาที่ดิน)



รูปที่ 5 การใช้ประโยชน์ ปี พ.ศ.2565 (กรมพัฒนาที่ดิน)

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 2555 และ 2565

ประเภท การใช้	การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละช่วงเวลา						เปลี่ยนแปลงเฉลี่ยรายปี	
	พ.ศ.2550		พ.ศ.2555		พ.ศ.2565		ช่วงสั้น	ช่วงยาว
ประโยชน์	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	2550-2555	2555-2565
เกษตรฯ	431,604	81.67	431,947	81.73	419,394	79.36	+69	-1255
ป่าไม้	28,608	5.41	23,577	4.46	14,155	2.68	-1,006	-942
เมืองฯ	44,649	8.45	47,665	9.02	63,286	11.98	+603	+1,562
แหล่งน้ำ	23,619	4.47	25,291	4.79	31,645	5.99	+334	+635
รวม	528,480	100.00	528,480	100.00	528,480	100.00		

2. การทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พิจารณาการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีที่มีข้อมูลอ้างอิงกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองเทียบในปีเดียวกันมาเทียบเคียง ในการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิงของกรมพัฒนาที่ดิน (LDD65REF รูปที่ 5) เทียบกับข้อมูลจากแบบจำลอง รวม 4 วิธี คือ CA Markov 1 วิธี (Sim65CAM) และ Land Change Modeler 3 วิธี ได้แก่ Multi-Layer Perceptron Neural Network (Sim65MLP), Logistic Regression

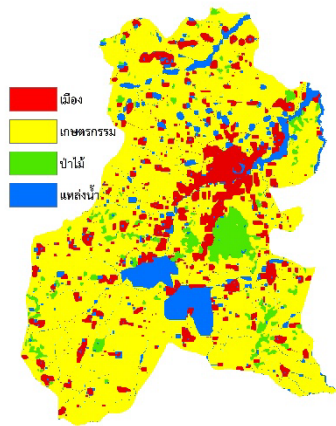
(Sim65LR) และ SimWeight (Sim65SW) โดยมีผลลัพธ์ดังรูปที่ 6-9 ตามลำดับ พิจารณาในเชิงปริมาณ (ขนาดพื้นที่) และเชิงตำแหน่ง (From-to) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การตรวจสอบโดยวิธีเชิงปริมาณ พบว่า ขนาดพื้นที่ของวิธีทั้ง 4 วิธีเมื่อเทียบกับตัวอ้างอิง (กรมพัฒนาที่ดิน) มีขนาดและทิศทางที่แตกต่างกันออกไปดังนี้ พื้นที่เกษตรกรรม และ ป่าไม้ ทั้ง 4 วิธีได้ขนาดพื้นที่รวมน้อยกว่าข้อมูลอ้างอิง ขนาดพื้นที่เมืองและแหล่งน้ำมีพื้นที่น้อยกว่าความเป็นจริง วิธี CA Markov มีขนาดพื้นที่ค่าแตกต่างจากข้อมูลอ้างอิง หากเทียบกับพื้นที่พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ เกินมา 66,960 ไร่ (ร้อยละ 12.67) และขาดไป 41,240 (ร้อยละ 7.80) และ 26,980 ไร่ (ร้อยละ 5.10) ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยพื้นที่ป่าไม้มีความแตกต่างต่ำมาก คือ เกินมา 1,260 ไร่ (ร้อยละ 0.24) ขณะที่วิธีที่เหลืออีก 3 วิธี พบว่ามีความแตกต่างต่ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ เกินมาเพียง 8,626 ไร่ หรือร้อยละ 1.63 (Sim65MLP) และ 8,622 ไร่ หรือร้อยละ 1.63 (Sim65LR และ Sim65SW) ขณะที่พื้นที่เมือง มีพื้นที่ขาดไป 13,933 หรือร้อยละ 2.63 (Sim65MLP, Sim65LR และ Sim65SW) และพื้นที่แหล่งน้ำมีค่าเท่ากับพื้นที่อ้างอิงทั้ง 3 วิธี (Sim65MLP, Sim65LR และ Sim65SW)

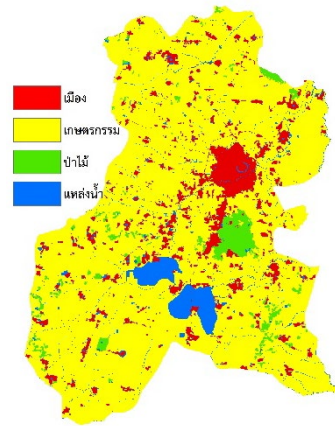
2.2 การตรวจสอบเชิงตำแหน่ง ใช้วิธีการตรวจสอบจากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่แบบภาพรวมและแบบตำแหน่งต่อตำแหน่งทั้งพื้นที่ (Pixel by pixel) ในภาพรวมพบว่าเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองในแต่ละวิธีมาเทียบกับข้อมูลอ้างอิง โดยพิจารณาแบบทวิ (Binary) คือ ตรวจสอบบริเวณที่คาดการณ์ถูกและผิด บริเวณที่ผลจากแบบจำลองระบุประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตรงกับข้อมูลอ้างอิง หรือถูก (ตรงกัน) จะให้เป็น สีเทา (ภาพที่ 10-13) ขณะที่บริเวณที่ไม่ตรงกันจะให้เป็นสีบานเย็น จากภาพจะพบว่าทั้ง 4 วิธีมีผลการคาดการณ์ถูกและผิดกระจายในเกือบทุกพื้นที่ของอำเภอเมืองบุรีรัมย์ โดยจะพบว่าวิธีการ CA-Markov มีพื้นที่ไม่ตรงกันมากกว่าอีก 3 วิธี แต่มีการกระจุกตัวของกลุ่ม (Cluster) ย่อย ๆ ขณะที่อีก 3 วิธี ได้แก่ วิธี MLP LR และ SM มีความผิดพลาด (ไม่ตรงกัน) กระจายคล้าย ๆ กัน ขณะที่ในแบบตำแหน่งต่อตำแหน่งใช้การประเมินความถูกต้องใช้ 4 แบบ คือ 1) ความถูกต้องของผู้ใช้งาน (User's Accuracy: UA) 2) ความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ (Producer's Accuracy: PA) 3) ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy: OA) และ 4) ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า (Cohen's kappa coefficient: Kappa)

2.2.1 การตรวจสอบค่าความถูกต้องของผู้ใช้งาน (UA) พิจารณารายประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรม วิธี CA-Markov ให้ค่าสูงที่สุดคือ 96.18 ตามมาด้วย วิธี MLP LR และ SM คือ 94.44 94.44 และ 94.42 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ขณะที่พื้นที่ป่าไม้ วิธี LR ให้ค่ามากที่สุด ตามมาด้วย วิธี SM, MLP และ Ca-Markov 58.79 58.45 58.14 และ 46.33 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เมือง มีค่าสูงในกลุ่มของวิธี MLP LR และ SM คือ 95.00 94.77 และ 94.75 ตามลำดับ วิธี CA-Markov ให้ค่า 67.49 พื้นที่แหล่งน้ำก็มีทิศทางเดียวกับพื้นที่เมืองกล่าวคือ กลุ่มของวิธี MLP LR และ SM มีค่าสูงและมีค่าเท่ากันคือ 90.95 ทั้งสามวิธี ส่วนวิธี Ca-Markov ให้ค่าค่อนข้างต่ำคือ 49.70

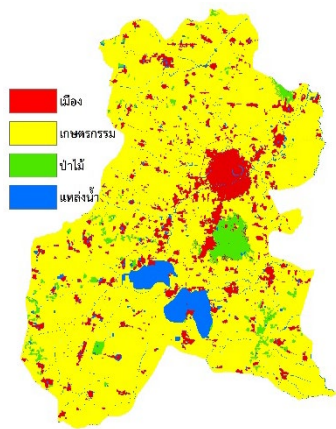
2.2.2 การตรวจสอบค่าความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ (PA) พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมวิธี SM และ LR ให้ค่าสูงที่สุด 97.55 (ทั้งสองวิธีให้ค่าเท่ากัน) ตามมาด้วย SM และ CA-Markov คือ 97.53 และ 96.18 พื้นที่ป่าไม้วิธี Ca-Markov ให้ผลสูงที่สุดคือ 95.73 ห่างจากอีก 3 วิธีที่ให้ค่าใกล้เคียงกันคือ วิธี LR, SM และ MLP คือ 79.04 78.58 และ 78.24 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เมือง วิธี Ca-Markov ให้ค่าสูงที่สุด ตามมาด้วยวิธี MLP, LR และ SM คือ 78.54 76.46 และ 76.30 ตามลำดับ และพื้นที่แหล่งน้ำคล้ายกับพื้นที่เมืองกล่าวคือ วิธี CA-Markov ให้ค่าสูงที่สุด คือ 77.17 ตามมาด้วยวิธี MLP, LR และ SM ที่ให้ผลลัพธ์เท่ากันคือ 72.69



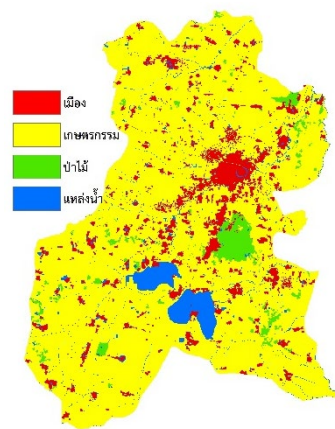
รูปที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2565 (CAM)



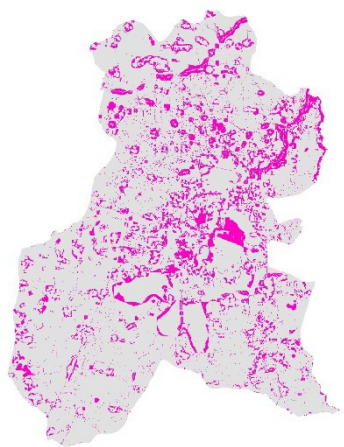
รูปที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2565 (MLP)



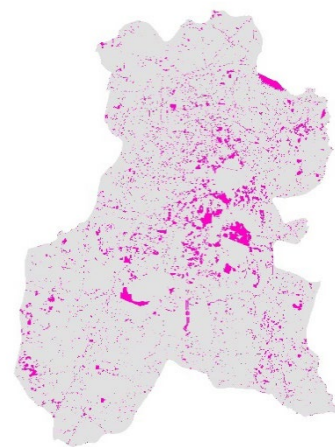
รูปที่ 8 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2565 (LR)



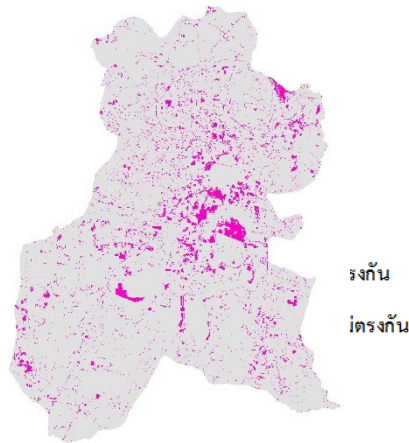
รูปที่ 9 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2565 (SW)



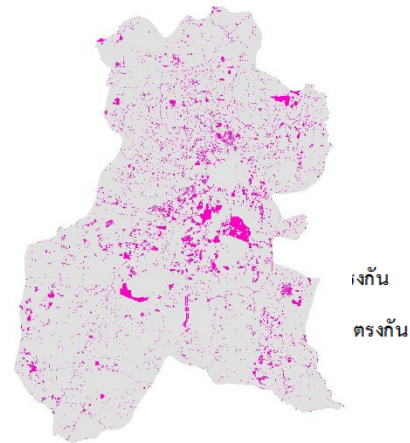
รูปที่ 10 CA-Markov ปี พ.ศ.2565



รูปที่ 11 MLP ปี พ.ศ.2565



รูปที่ 12 LR ปี พ.ศ.2565



รูปที่ 13 SW ปี พ.ศ.2565

2.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องพบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เรียงลำดับมากไปหาน้อยดังนี้ วิธี MLR และ LR 93.02 วิธี SM 92.99 และวิธี CA-Markov 84.92

2.2.4 การตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า Kappa วิธี LR, MLP, SM และ CA-Markov ให้ผลลัพธ์ดังนี้ 93.02 93.02 92.99 และ 84.92 ตามลำดับมากไปหาน้อย

3. เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2575 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov และ Land Change Modeler ภายหลังทำการทดสอบแบบจำลองทั้ง 4 วิธีโดยเทียบกับข้อมูลอ้างอิงในปี พ.ศ. 2565 แล้ว จะนำข้อมูลมาคาดการณ์ในปีอนาคตคือ ปี พ.ศ. 2575 โดยนำผลทั้ง 4 วิธีมาแสดงในรูปแบบแผนที่และตาราง พิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากข้อมูลอ้างอิง ปี พ.ศ. 2565 โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากแผนที่ในภาพรวมทั้ง 4 แบบ (รูปที่ 14-17) หน้าตาของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละวิธีการจำลองให้ผลต่างกัน โดยพิจารณาประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นเมือง จะพบว่าในแบบแรกจะพบว่าวิธี CA-Markov จะมีการเพิ่มขึ้นแบบขยายขนาดจากรูปทรงเดิม (รูปที่ 14) ขณะที่วิธี MLP (รูปที่ 15) จะพบว่า มีการขยายไปตามแนวถนนหลักและขยายจากย่านกลางของกลางเมือง (Central Business District: CBD) คล้ายรูปปลาตัว ขณะที่วิธีแบบ LR (รูปที่ 16) การขยายตัวของเนื้อเมืองจะเป็นการขยายตัวแบบเกาะกลุ่มจาก CBD เป็นหลัก และวิธี SM จะเป็นการขยายตัวไปแนวยาวตามเส้นทางถนนหลัก

ในส่วนของพื้นที่และสัดส่วนของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินวิธี CA-Markov ให้พื้นที่เมืองมากที่สุดคือ 104,526 ไร่ หรือร้อยละ 19.78 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่อีก 3 วิธีให้พื้นที่เมืองใกล้เคียงกันคือร้อยละ 14.61 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ป่าไม้ แหล่งน้ำ วิธี CA-Markov มีสัดส่วนพื้นที่ร้อยละ 2.44 และ 11.09 ตามลำดับ โดยเฉพาะพื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้น 26,980 ไร่ (ในรูปที่ 14) จะพบว่าแหล่งน้ำขยายตัวจากเดิมค่อนข้างมากเห็นชัดเป็นแนวเส้นสีฟ้าตอนบนของพื้นที่เมือง ขณะที่ 3 วิธีที่เหลือ ให้ผลลัพธ์ของสัดส่วนพื้นที่ใกล้เคียงกันมากคือ ป่าไม้ แหล่งน้ำ และเกษตรกรรม ร้อยละ 1.67, 5.99 และ 77.73 ตามลำดับ หากพิจารณาในสัดส่วนร้อยละของพื้นที่แต่ละประเภท เมื่อนำมาเทียบกับ

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2565 จากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิงปี พ.ศ. 2565 กรมพัฒนาที่ดิน

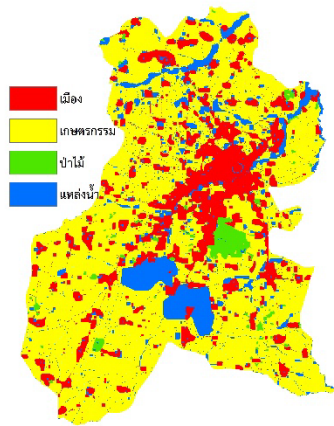
ประเภท การใช้ ประโยชน์	การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง									อ้างอิง	
	CA Markov		MLP		LR		SM		LDD		
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)		ร้อยละ
เกษตรฯ	375,447	71.04	433,205	81.97	433,206	81.97	433,206	81.97	419,394	79.36	
ป่าไม้	29,246	5.53	19,049	3.60	19,031	3.60	19,031	3.60	14,155	2.68	
เมืองฯ	73,645	13.94	50,935	9.64	50,952	9.64	50,952	9.64	63,286	11.98	
แหล่งน้ำ	50,142	9.49	25,291	4.79	25,281	4.78	25,291	4.79	31,645	5.99	
รวม	528,480	100	528,480	100	528,470	100	528,480	100	528,480	100	

ตารางที่ 4 การประเมินความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2565 จากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิงปี พ.ศ. 2565 กรมพัฒนาที่ดิน

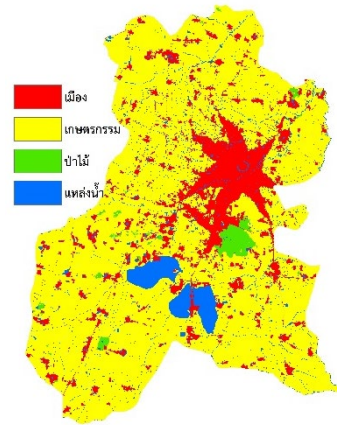
	CA Markov		MLP		LR		SM	
	OA	Kappa	OA	Kappa	OA	Kappa	OA	Kappa
เกษตรฯ	96.18	86.10	94.44	97.55	94.44	97.55	94.42	97.53
ป่าไม้	46.33	95.73	58.14	78.24	58.79	79.04	58.45	78.58
เมืองฯ	67.49	78.54	95.00	76.46	94.77	76.30	94.75	76.29
แหล่งน้ำ	48.70	77.17	90.95	72.69	90.95	72.69	90.95	72.69

หมายเหตุ: Overall Accuracy (OA), User's Accuracy (UA) และ Producer's Accuracy (PA)

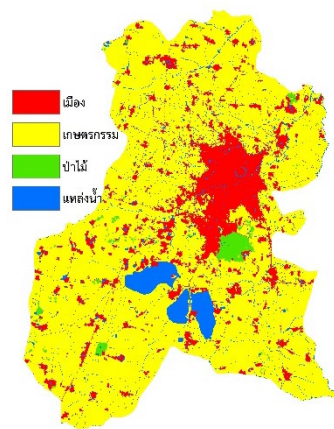
การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 (ข้อมูลอ้างอิง) – 2575 (ปีคาดการณ์) จะพบว่า วิธี CA-Markov มีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วตามลำดับดังนี้ พื้นที่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2565 ได้แก่ เมือง และแหล่งน้ำ ร้อยละ 7.8 และ 5.1 ตามลำดับพื้นที่ลดลงจากปี พ.ศ. 2565 ได้แก่ เกษตรกรรม และป่าไม้ ร้อยละ 12.67 และ 0.24 ตามลำดับ โดยอีก 3 วิธี มีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน แต่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้งการเพิ่มขึ้นและการลดลงของพื้นที่ในสัดส่วนร้อยละ โดยพื้นที่เพิ่มขึ้นได้แก่ พื้นที่เมือง เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.63 ส่วนพื้นที่ลดลง ได้แก่ เกษตรกรรม และป่าไม้ โดยลดลงร้อยละ 1.63 และ 1.01 ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่แหล่งน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง



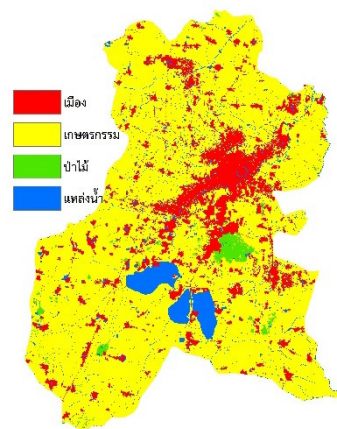
รูปที่ 14 การใช้ประโยชน์คาดการณ์ ปี พ.ศ.2575 (CAM)



รูปที่ 15 การใช้ประโยชน์คาดการณ์ ปี พ.ศ.2575 (MLP)



รูปที่ 16 การใช้ประโยชน์คาดการณ์ ปี พ.ศ.2575 (LR)



รูปที่ 17 การใช้ประโยชน์คาดการณ์ ปี พ.ศ.2575 (SM)

ตารางที่ 5 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลองและอ้างอิง พ.ศ. 2575

ประเภทการใช้ประโยชน์	การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง พ.ศ. 2575							
	CA Markov		MLP		LR		SM	
	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
เกษตรฯ	352,434	66.69	410,768	77.73	410,772	77.73	410,772	77.73
ป่าไม้	12,895	2.44	8,848	1.67	8,845	1.67	8,845	1.67
เมืองฯ	104,526	19.78	77,219	14.61	77,218	14.61	77,218	14.61
แหล่งน้ำ	58,625	11.09	31,645	5.99	31,645	5.99	31,645	5.99
รวม	528,480	100	528,480	100	528,480	100	528,480	100

สรุปและอภิปรายผล

ในการศึกษาการจำลองการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกรณีศึกษา อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ด้วยแบบจำลอง ทั้ง 2 แบบจำลอง CA-Markov (CAM) และ Land Change Modeler รวม 4 วิธีการ 1) CA-Markov 2) Multi-Layer Perceptron Neural Network (MLP) 3) Logistic Regression (LR) และ 4) Similarity Weighted Instance-based Learning (SW) วิธีการแรก CAM สะดวกในการใช้งานเนื่องจากไม่ต้องการปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ต้องการเพียงการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลาในการดำเนินการคาดการณ์เท่านั้น โดยอาศัยหลักการความน่าจะเป็นของ Markov Chain โดยประเภทการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงระหว่างช่วงเวลาสองช่วงเวลามาหาขนาดและทิศทาง (เพิ่มขึ้นหรือลดลงของขนาดพื้นที่แต่ละประเภท) ถัดมาขนาดพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงจะถูกจัดสรรโดย Cellular Automata ในขณะที่ Land Change Modeler จะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลาเช่นเดียวกับ CAM แต่เพิ่มเติมในการนำปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาทำการหาความสัมพันธ์ในรูปแบบต่าง ๆ 3 วิธี ได้แก่ MLP, LR และ SM โดยแต่ละวิธีการมีรูปแบบการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความถูกต้องโดยเทียบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2565 จากการคาดการณ์จากแบบจำลองทั้ง 4 วิธี เปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดินพบว่าในภาพรวม วิธีการ MLP LP และ SM ให้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่า CAM ทั้งวิธีการตรวจสอบแบบภาพรวม (Overall Accuracy) และแบบค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า (Cohen's kappa coefficient) เมื่อนำมาแยกพิจารณารายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า ในด้านความถูกต้องของผู้ใช้งาน (User's Accuracy: UA) และความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ (Producer's Accuracy: PA) วิธีการ MLP LP และ SM ให้ผลลัพธ์ดีกว่า วิธี CAM โดยพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการคาดการณ์ที่มีความถูกต้องสูงที่สุดทั้งในแบบ UA และ PA รองลงมาได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เมือง และแหล่งน้ำตามลำดับ ยกเว้นพื้นที่ป่าไม้ที่ วิธีการ CAM ให้ผลลัพธ์ได้ดีกว่าในด้านความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ และถึงแม้ว่าผลลัพธ์ของ 3 วิธี MLP, LR และ SM มีความใกล้เคียงกันทั้งในเรื่องขนาดพื้นที่และค่าความถูกต้องก็ตาม

ภายหลังทำการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2575 ทั้ง 4 วิธี ผลลัพธ์ที่มีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกันในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 วิธี ได้แก่ MLP, LR และ SM วิธี CAM ให้ผลที่ต่างออกไปค่อนข้างชัดเจนในส่วนของทั้ง 3 วิธีข้างต้น (MLP, LR และ SM) ถึงแม้จะมีขนาดพื้นที่ออกมาใกล้เคียงกันอย่างมาก แต่มีรูปแบบทางพื้นที่ (Spatial pattern) หรือการจัดสรรของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use allocation) ที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละวิธีการเห็นได้ชัดเจนขึ้นเรื่อยๆ เมื่อพิจารณารูปแบบเน้นความเป็นเมืองเป็นหลักจะพบว่า

พื้นที่เกษตรกรรม มีความถูกต้องในการคาดการณ์สูงที่สุด หากจำแนกรายประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจะพบว่า จะกระจายออกจากพื้นที่เมืองเดิมในทุกทิศทาง ในขณะที่วิธี MLP ให้แบบกระจายจากตัวเมืองหลักออกไปและลดความสำคัญออกไปตามถนนสายหลัก คล้ายรูปปลาดาว ขณะที่วิธี LR ให้ค่าน้ำหนักจากย่านกลาง (CBD) เป็นสำคัญ และให้น้ำหนักลดหลั่นเมื่อระยะทางอยู่ห่างไกลออกไป และวิธี SM ให้ค่าน้ำหนักของเมืองที่และถนนสายหลักที่เชื่อมต่อไปภูมิภาค (ทางหลวง 218 และ 219 หรือเส้นทางหลวงเอเชีย AH121) โดยภาพรวมอาจพอสรุปได้ดังนี้คือ MLP ใช้โครงข่ายประสาท (Neural Network) ใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องมือและสามารถจัดการความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่ซับซ้อนระหว่างตัวแปรหลายตัวเหมาะสำหรับเมืองที่มีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว (Bhatti, S. S., et al, 2015) ในทางกลับกัน LR เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในหมู่นักวิจัยการสร้างแบบจำลอง LCM อย่างไรก็ตาม ความเชื่อมโยงหลายมิติเป็นหนึ่งในจุดศูนย์กลางของการวิพากษ์วิจารณ์สำหรับตัวแบบการถดถอย ซึ่งมักพบเห็นได้ในแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์การถดถอย (Congalton, R., 1991) เหมาะสำหรับเมืองที่ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนวิธี SW ยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ร่วมกับการกำหนดค่าน้ำหนัก (Kolb, M., et al, 2013) เน้นไปที่ระยะทางจากช่วง

การเปลี่ยนผ่านระหว่างโซนที่เป็นไปได้ส่วนใหญ่ใกล้กับพื้นที่การเปลี่ยนแปลง โดยให้ค่าน้ำหนักในแต่ละปัจจัยในการเปลี่ยนแปลง โดยภาพรวมจะใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเพื่อกำหนดบทบาทของเมืองและกิจกรรมเกี่ยวเนื่องต่าง ๆ ที่อาจจะต้องพิจารณาบริบทของการเจริญเติบโตของเมือง และเป้าหมาย ยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัด แผนพัฒนาจังหวัด ผังเมือง ผังภูมิภาคและผังประเทศประกอบ

แนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไปควรคำนึงถึงในเรื่องดังต่อไปนี้ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัย โดยการใช้ประโยชน์ที่ดิน สิ่งที่สำคัญ คือ การกำหนดประเภทให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (From-to) ช่วงเวลาของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรพิจารณาช่วงเวลาที่ไม่แคบหรือกว้างมากเกินไป เพราะจะทำให้ผลต่างหรือความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ขณะที่ปัจจัยก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดเลือกปัจจัยอาจนำเทคนิคทางสถิติมาช่วยในการคัดกรองปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับสัมพันธและมีอิทธิพลในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการของ (Cramer's V Mishra, V. N., et al, 2014) ในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ หากค่า Cramer's V มีค่ามากกว่า 0.15 ปัจจัยนั้นมี อิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ถ้าค่า Cramer's V มีค่ามากกว่า 0.4 บ่งชี้ได้ว่าปัจจัยนั้นมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ มาก และปัจจัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตหรือมีอิทธิพลสำคัญ เช่น ทางรถไฟความเร็วสูง แผนความเชื่อมโยงกลุ่มอนุภูมิภาค (นครชัยบุรีรินทร์) การลงทุนของภาคเอกชน กิจกรรม งานเทศกาลต่าง ๆ ที่สร้างมูลค่ากับจังหวัดและสร้างรายได้ทำให้เกิดการจ้างงานและส่งผลต่อการขยายตัวของกิจกรรมเกี่ยวเนื่อง เช่น มหกรรมกีฬาต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดที่พัก สถานที่ท่องเที่ยว ร้านค้าร้านอาหาร เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากทุน Fundamental Fund ปี พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. (2565). *ระบบสถิติทางการทะเบียน (Official statistics registration systems)*. ส่วนบริหารและพัฒนาเทคโนโลยีการทะเบียน สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. สืบค้นวันที่ 20 กรกฎาคม 2565. <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMenu/newStat/sumyear.php/>
- กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด. (2563). *แผนพัฒนาจังหวัดบุรีรัมย์ (ปี 2561-2565) ฉบับ ทบทวน ปี 2563*. สำนักงานจังหวัดบุรีรัมย์.
- เกตุณี นงโพธิ์, ชูเดช โลศิริ และ สุชาติพิทย์ ชวนะเวสสกุล. (2564). การติดตามและการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตจังหวัดอุดรธานี. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*. 24(1): 13-34.
- ณัฐภูมิ บุตรคล้อย, มานัส ศรีวณิช และนิติ เอี่ยมชื่น. (2564). การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการขยายตัวของเมือง อุตสาหกรรม กรณีสืบศึกษา อำเภอศรีมหาโพธิ จังหวัดปราจีนบุรี. *การประชุมวิชาการ Built Environment Research Associates Conference ครั้งที่ 12 (BERAC 12)* 28 มิถุนายน 2564. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 408-418.
- นงนภัส ชวนกำเนิดการ (2563). *ภาพถ่ายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี ค.ศ. 2050 บริเวณพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ด้วยแบบจำลอง Land Change Modeler*. ศิลปศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- นิติ เอี่ยมชื่น และ วันฉัษฐา เทพวงศ์. (2563). การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง*. 17(2): 79–92.
- มานัส ศรีวณิช, ชลิตา เกษศิริและนิติ เอี่ยมชื่น. (2561). Modeling Urban Growth and Analyzing Urban Spatial Patterns in the City of Suratthani, Thailand. *Science Journal Chandrakasem Rajabhat University*. 28(1), 18–24.
- วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และ นิติ เอี่ยมชื่น. (2563). การคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 25(1): 76–89.
- Alberg, A. J. Park, J. W. Hager, B. W. Brock, M. V and Diener–West, M. (2004) The Use of “Overall Accuracy” to Evaluate the Validity of Screening or Diagnostic tests. *J Gen Intern Med*. 19(5):460–465.
- Bergsma, W. (2013). A bias correction for Cramer's V and Tschuprow's T. *Journal of the Korean Statistical Society*. 42(3): 323–328. DOI: 0.1016/j.jkss.2012.10.002.
- Bhatti, S. S., Tripathi, N. K., Nitivattananon, V., Rana, I. A., & Mozumder, C. (2015). A multi-scale modeling approach for simulating urbanization in a metropolitan region. *Habitat International*. 50: 354–365.
- Congalton, R. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*. 37(1): 35–46.
- Kolb, M. and Galicia, L. (2013). *Scenarios and story lines: drivers of land use change in southern Mexico*. *Environ Dev Sustain*. 20: 681–702.
- Mishra, V. N., Rai, P. V. and Mohan, K. (2014). Prediction of land use changes based on land change modeler (LCM) using remote sensing: A case study of Muzaffarpur (Bihar), India. *J. Geogr. Inst. Cvijic*. 64(1): 111–127.
- Sangermano, F. Eastman, J. R. and Zhu, H. (2010). Similarity Weighted Instance-based Learning for the Generation of Transition Potentials in Land Use Change Modeling. *Transactions in GIS*. 14(5): 569–580.