

การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อ คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

Relationship between Physical Factors and Land Use for the Future Land Use Prediction

นิตติ เอี่ยมชื่น^{1*} และ วันนัทชา เทพวงศ์²

Niti Iamchuen^{1*} and Wannutcha Thep Wong²

หน่วยวิจัยเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology,
University of Phayao, Phayao 56000, Thailand

* Corresponding author e-mail: niti018@hotmail.com^{1*}, wannutcha23@gmail.com²

Received 5/2/2020 Revised 5/4/2020 Accepted 15/4/2020

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวบ่งชี้พฤติกรรมความต้องการของมนุษย์ที่แสดงออกมาทางพื้นที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ สังคม การเมือง และเทคโนโลยี การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนทางกายภาพกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2562 2) เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2579 จากความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ที่ดินในปี 2562 มีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 13 ประเภทได้แก่ เกษตรผสมผสาน นาข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผลผสม พืชผัก ข้าวโพด ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ สถานที่เพาะเลี้ยงปลา พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ รวมกับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อน 9 ปัจจัย ได้แก่ การระบายน้ำของดิน ระยะห่างจากทางน้ำ ระยะห่างจากบ่อน้ำ ระยะห่างจากหมู่บ้าน ความลาดเท ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากรอยเลื่อน ปริมาณน้ำฝน และความสูงเชิงเลข โดยใช้การถดถอยโลจิสติกและสหสัมพันธ์ ในแง่ของการคาดการณ์การใช้ที่ดินใช้แบบจำลองคลูมอนโด (Clumondo) ซึ่งแบบจำลองนี้ต้องใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัยในการคาดการณ์อนาคต และใช้ภาพจำลองแนวโน้มเหตุการณ์ในอนาคตจากแบบจำลองมาร์คอฟ (Markov) ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ที่ดินทุกประเภท คือ ปัจจัยทางด้านความสูงเชิงเลข ระยะห่างจากหมู่บ้าน ระยะห่างบ่อน้ำ และระยะห่างถนน และ ผลจากการประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2562 - 2579 พบว่า นาข้าว ยางพารา สถานที่เพาะเลี้ยงปลา พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ขณะที่เกษตรผสมผสาน มันสำปะหลัง ไม้ผลผสม พืชผัก ข้าวโพด ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง สามารถนำฐานข้อมูลไปใช้ในการวางแผนจัดการใช้ที่ดินในอนาคตของกลุ่มน้ำอิงตอนบน จังหวัดพะเยา

คำสำคัญ

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปัจจัยทางกายภาพ

มาร์คอฟ

คลูมอนโด

Abstract

Land use is an indicator of human needs and behaviors that relate to physical, social, political, and technological factors. The objectives of this study 1) to study the relationship between physical factors and land use in B.E. 2562 (A.D. 2019) 2) to forecast the land use change in B.E. 2579 (A.D. 2036). According to relationship between physical factors and land use in B.E. 2562 (A.D. 2019), land use are classified into 13 categories which are integrated farm, paddy field, cassava, para rubber, mixed orchard, vegetables, maize, pasture, aquacultural land, forest area, miscellaneous land, building area, and waterbody in addition, 9 driving factors consist of soil drainage, distance from stream, distance from pond, distance from village, slope, distance from road, distance from fault, annual rainfall, and DEM (digital elevation model) by using logistic regression and correlation. In terms of land use prediction, it is addressed by using the Clumondo model, which requires land use data and factors for future forecasting. And scenario simulations of future events from Markov model. The finding show that the factors have significant influence on the all land use types are DEM, distance from village, distance from pond and distance from road. As results of land use assessment between B.H. 2562 (A.D. 2019) to B.H. 2579 (A.D. 2036), paddy field, para rubber, aquacultural land, forest area, building area, and waterbody were increased while integrated farm, cassava, mixed orchard, vegetables, maize, pasture, miscellaneous land, were decreased. In order to use as a database for future land management planning of the Upper Ing River Basin, Phayao Province

Keywords

Land Use

Physical Factors

Markov

Clumondo

1. บทนำ

ในหลายปีที่ผ่านมาเราได้เห็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของประเทศไทยอย่างรวดเร็วตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมจึงทำให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลง จากการเปรียบเทียบจำนวนประชากรในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2545 มีจำนวนประชากร 62,799,873 คน และ ปี พ.ศ. 2561 มีจำนวนประชากร 66,413,979 คน (Department of Provincial Administration, 2019) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร 3,614,106 คน หรือมีการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 212,594 คน คิดเป็นร้อยละ 5.88

แบบจำลองเชิงพื้นที่ เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งแบบจำลองประเภทนี้ ประกอบไปด้วยระบบที่มีกระบวนการที่ซับซ้อน และปัจจัยทางกายภาพ “ซึ่งส่งผลกระทบต่อลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ การเจริญเติบโตและโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ด้านโครงข่ายคมนาคม” (Iamtrakul & Klaylee, 2018) ซึ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ทางกายภาพ โดยแบบจำลองที่นิยมใช้กันในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ แบบจำลอง CA Markov เช่น Hamad, Balzter & Kolo, (2018) ใช้แบบจำลอง CA-Markov คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดินของสองภาพการณ์ (scenario) ที่แตกต่างกันและ Limgomonvilas (2014) คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง พ.ศ. 2567 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov ซึ่งแบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลาในการคาดการณ์อนาคตที่ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยขับเคลื่อน (driving factor) ต่อประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Losiri, 2016)

ในปัจจุบันมีแบบจำลองอีกแบบจำลองหนึ่ง คือ แบบจำลองคลุ่มอนโด (Clumondo) ที่เป็นแบบจำลองที่ใช้ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับการวิเคราะห์สมการถดถอยโลจิสติกส์ (Logistics Regression Analysis: LRA) ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต Ongsomwang, Pattanakiat & Srisuwan (2019) แบบจำลองนี้จะคำนึงถึงปัจจัยแรงขับเคลื่อนที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และในปัจจุบันได้มีการ

ศึกษาเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลองคลุ่มอนโดอย่างแพร่หลาย เช่น Van & Verburg (2013) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระบบที่ดินด้วยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงที่ดินระดับโลก และ Ornetsmüller, Verburg & Heinimann (2016) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงระบบที่ดินในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบจำลอง Markov Chain มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองคลุ่มอนโด คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งผลจากการคาดการณ์จะทำให้ทราบถึงทิศทางในการขยายตัวของเมืองในอนาคต และเป็นข้อมูลในการสนับสนุนการวางแผนและจัดการพื้นที่ในด้านสิ่งแวดล้อม เช่น Lanchanon (2013) ศึกษาศักยภาพแหล่งเกษตรกรรมเพื่อการอนุรักษ์ให้เป็นพื้นที่สีเขียวของเมืองเชียงใหม่ และ Vanno (2012) ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานสีเขียวกรุงเทพมหานคร

การศึกษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตโดยการประยุกต์ใช้งานร่วมกันของแบบจำลอง Markov Chain และแบบจำลองคลุ่มอนโดในพื้นที่ลุ่มน้ำอิงตอนบน จังหวัดพะเยา เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้ในการวางแผนบริหารและการจัดการใช้ประโยชน์พื้นที่ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อใช้คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ได้ทำการทบทวนแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการประยุกต์ใช้งานร่วมกันของแบบจำลอง Markov Chain และแบบจำลองคลุ่มอนโดในงานวิจัยทั้งในและนอกประเทศ

2.1 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.1.1 แบบจำลอง CA Markov

แบบจำลอง CA Markov คือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจ โดยเป็นการทำงานร่วมกันของแบบจำลอง Cellular Automata (CA) และแบบจำลอง Markov Chain ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งใช้ผลการคาดการณ์ปริมาณการใช้

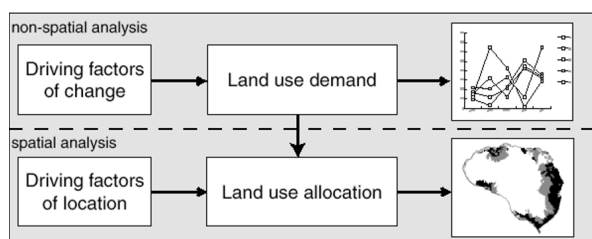
ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลา T+1 ไปสู่ช่วงเวลาที่ต้องการคาดการณ์ คือ ช่วงเวลา T+2 (Limgomonvilas, 2014)

2.1.2 แบบจำลองคลูมอนโด (Clumondo)

แบบจำลองคลูมอนโด เริ่มต้นมาจาก แบบจำลอง CLUE ซึ่งมีชื่อเต็มคือ Conversion of Land use and its Effect Peter H. Verburg (2009) กล่าวไว้ว่า เป็นแบบจำลอง CLUE เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับภูมิภาคถึงระดับโลก แต่ไม่สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับท้องถิ่นได้ ต่อมาได้พัฒนาเป็นแบบจำลอง CLUE-S แบบจำลอง CLUE-S ซึ่งมีชื่อเต็มคือ Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent Ongsomwang & lamchuen (2014) รายงานไว้ว่า แบบจำลอง CLUE-S เป็นแบบจำลองในระดับท้องถิ่นหรือภาคพื้นที่มีขนาดเล็กและข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ วิเคราะห์ข้อมูลในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 32 บิต เท่านั้น และต่อมาแบบจำลอง CLUE-S ได้ถูกพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 64 บิต กลายเป็นแบบจำลองคลูมอนโดรุ่นล่าสุด แบบจำลองคลูมอนโดประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกการวิเคราะห์แบบไม่เชิงพื้นที่ (non-spatial analysis) และส่วนที่สองการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial) (รูปที่ 1)

การจัดสรรความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยแบ่งออกได้เป็น 4 ปัจจัย ได้แก่

- 1) นโยบายเชิงพื้นที่
- 2) การกำหนดการเปลี่ยนแปลงค่าเฉพาะของการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- 3) ความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดิน
- 4) คุณลักษณะของทำเลที่ตั้ง



ที่มา: Van & Malek (2015)

รูปที่ 1 ขั้นตอนแบบจำลองเบื้องต้น
(Overview of the modelling procedure)

2.2 การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์คือ การวิเคราะห์ที่ตัวแปรตาม หรือ ตัวแปรเกณฑ์เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ทวิ (binary logistic) และการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์พหุกลุ่ม (multinomial logistic) จะเป็นการวิเคราะห์ เพื่อทำนายโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจโดยอาศัยสมการโลจิสติกส์ที่สร้างขึ้นจากชุดตัวแปรทำนาย โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งเป็นตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ซึ่งอาจมีตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรเชิงกลุ่ม ดังนั้นการวิเคราะห์จะต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกส์ มีรูปแบบการวิเคราะห์ดังนี้ (Nuchpho & Suwanakesorn, 2017)

$$\log\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_{1,i} + \beta_2 X_{2,i} \dots \beta_n X_{n,i} \quad (1)$$

โดยที่กำหนดให้

P_i = ค่าความน่าจะเป็นของกริดที่พิจารณา

i = พื้นที่ที่ทำการศึกษา

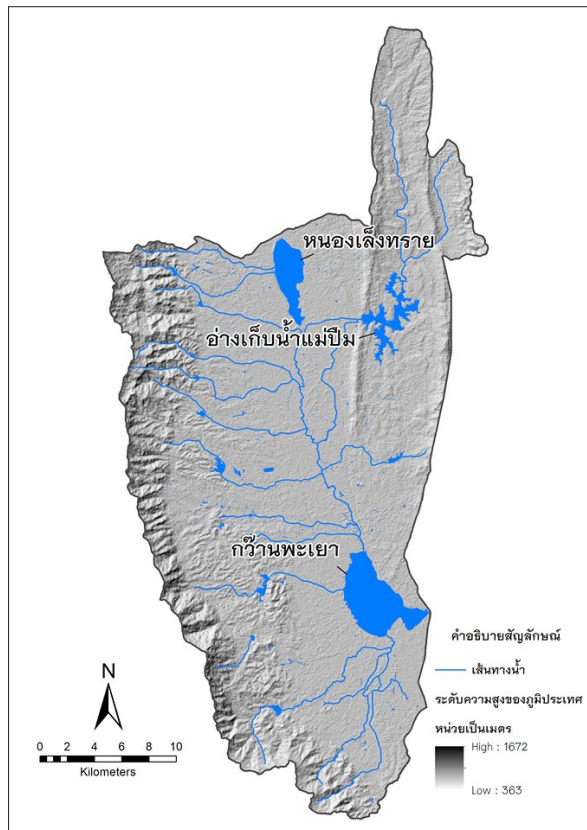
x = ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง

β = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

โดยหลักการเลือกปัจจัยได้จากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ โดยทำการคัดเลือกปัจจัยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ศึกษา ตามตารางที่ 1

3. ขอบเขตการการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ ได้พิจารณาปัจจัยทางด้านกายภาพและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยได้ทำการเลือกพื้นที่ศึกษา บริเวณลุ่มน้ำอิงตอนบน ครอบคลุมพื้นที่ 2 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองพะเยา และอำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา เนื่องจากเป็นแม่น้ำสายหลักของพะเยามีแหล่งกำเนิดจากดอยหลวงหรือเทือกเขาผีปันน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของลำห้วย 12 สาย ที่ไหลลงสู่กว๊านพะเยา ครอบคลุมทั้ง 11 ตำบล 96 หมู่บ้าน (รูปที่ 2)



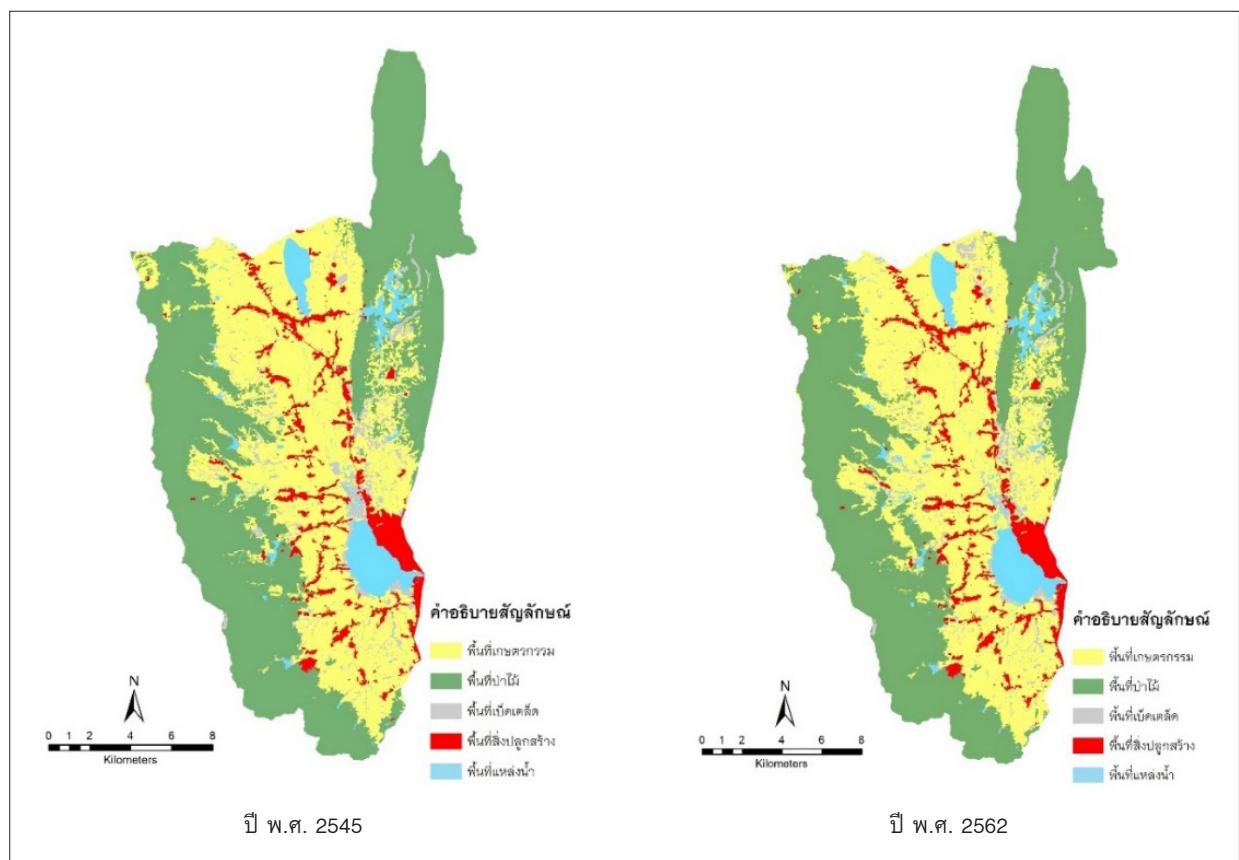
รูปที่ 2 แผนที่ลุ่มน้ำอิงตอนบน (Ing Basin)

4.วิธีการดำเนินการวิจัย

เนื่องด้วยการศึกษาเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังนั้นเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ โปรแกรมรหัสเปิดทางภูมิสารสนเทศศาสตร์, ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน Land Development Department (2009) และข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน 9 ปัจจัย (ตารางที่ 2)

4.1 วิธีการเก็บข้อมูล

รวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาจากกรมพัฒนาที่ดิน 2 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 และ ปี พ.ศ. 2562 (รูปที่3) รวบรวมและจัดเตรียมข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน 9 ปัจจัยได้แก่ ชุดดิน ทางน้ำ บ่อน้ำ หมู่บ้าน ความลาดเท ถนน น้ำฝน รอยเลื่อน และความสูงเชิงเลขตามตารางที่ 2 (รูปที่ 4)



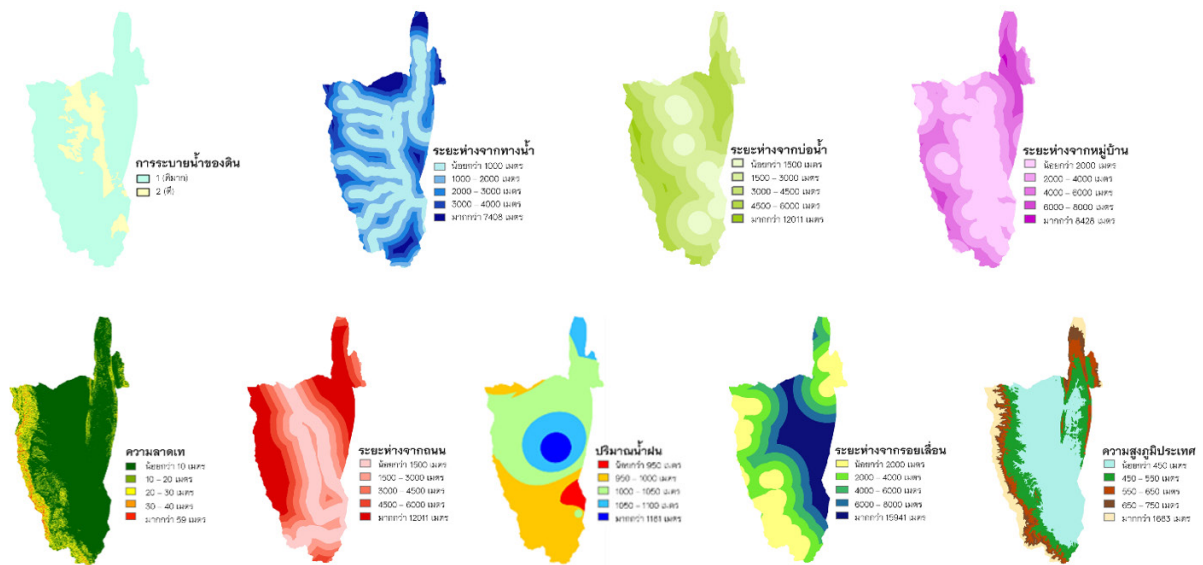
รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2545 และ ปี พ.ศ. 2562 (Land use 2002 and 2019)

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีการใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use driving Factors)

ผู้เขียน	ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Driving factors)																	
	พื้นที่ศึกษา	ดิน	หิน	ถนน	น้ำ	น้ำฝน	หมู่บ้าน	พื้นที่อนุรักษ์	รายได้ครัวเรือน	ประชากร	dem	ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	aspect	slope	เขื่อน	ความชื้นสัมพัทธ์	อุณหภูมิ	รอยเลื่อน
Khotapun (2012)	si sa ket	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
Kiriwongwattana (2007)	Chiang Mai	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X				
Pumchan et al., (2014)	southern Thailand	X		X						X	X			X				
Ongsomwang & lamchuen (2014)	Phayao	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				
Ninjun (2017)	uttaradit			X	X						X			X	X			
Faksomboon & Buasruang (2019)	Kamphaeng Phet	X				X										X	X	
Ornetsmüller et al., (2019)	Lao	X		X	X	X	X			X	X			X			X	
Muhammad & Han (2019)	Indonesia	X		X							X		X	X				
Amir & Mohammad (2019)	Iran			X	X						X			X				
Thoeisiri (2017)	surat thani	X			X													X

ตารางที่ 2 ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Driving factors)

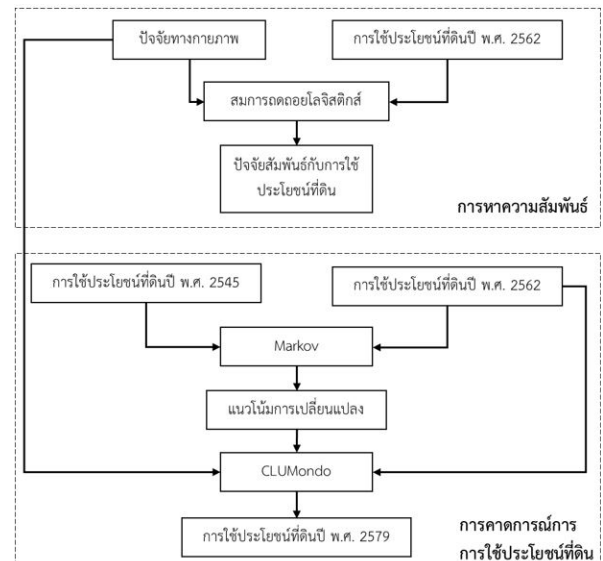
ปัจจัย	คำอธิบาย (หน่วย)	แหล่งที่มา
การระบายน้ำของดิน	(ดีมาก ดี ปานกลาง ก่อนข้างเลว เลวมาก)	กรมพัฒนาที่ดิน
ระยะห่างจากทางน้ำ	(เมตร)	กรมพัฒนาที่ดิน
ระยะห่างจากบ่อน้ำ	(เมตร)	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล
ระยะห่างจากหมู่บ้าน	(เมตร)	กรมพัฒนาที่ดิน
ความลาดเท	(องศา)	จากความสูงเชิงเลข
ระยะห่างจากถนน	(เมตร)	กรมพัฒนาที่ดิน
ปริมาณน้ำฝน	(มิลลิเมตร/ปี)	กรมอุตุนิยมวิทยา
ระยะห่างจากรอยเลื่อน	(เมตร)	กรมทรัพยากรธรณี
ความสูงเชิงเลข	(เมตร)	สำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาสหรัฐ (USGS)



รูปที่ 4 ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Driving factor)

4.2 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้สมการสมการถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic Regression Analysis) และสมการสหสัมพันธ์ สติติเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) Sourachai & Lileekpal (2011) และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง (Area Under Curve: AUC) Van & Malek (2015) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (2) การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลองแบบจำลอง Markov และแบบจำลองคลุมมอนโด โดยใช้แบบจำลอง Markov กำหนดความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง โดยอาศัยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2545 และ ปี พ.ศ. 2562 เป็นข้อมูลฐานสำหรับคาดการณ์พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ. 2579 จากนั้นนำค่าที่ได้จากแบบจำลอง Markov ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองคลุมมอนโดเพื่อทำการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนทั้ง 9 ปัจจัย สำหรับคาดการณ์และจัดสรรการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2579 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล (Methods)

5. ผลการศึกษา

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยใช้สมการถดถอยโลจิส-ติกส์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Markov ร่วมกับแบบจำลองคลุมมอนโดเพื่อคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต กรณีศึกษาลุ่มน้ำอิงตอนบน จังหวัดพะเยา โดยได้แบ่งรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

ตารางที่ 3 สมการเชิงเส้นตรงแบบหลายตัวแปรของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Multivariate linear equations of the relationship between driving factors and Land use)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน		ค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยขับเคลื่อน										
		Constant	การระบายน้ำของดิน	ระยะห่างจากทางน้ำ	ระยะห่างจากบ่อน้ำ	ระยะห่างจากหมู่บ้าน	ความลาดเท	ระยะห่างจากถนน	ปริมาณน้ำฝน	ระยะห่างจากรอยเลื่อน	ความสูงเชิงเลข	AUC
(1) เกษตรผสมผสาน	A0	30.52	2.51	1.04	-2.99	-0.06	-23.01	1.18	0.10	0.58	-22.67	0.86
(2) นาข้าว	A1	2.63	0.42	0.05	-0.03	-0.84	-1.74	-0.26	0.53	-0.16	-1.50	0.92
(3) มันสำปะหลัง	A2	-0.34	-1.52	0.32	0.31	-0.12	-0.43	-0.11	0.02	-0.18	-0.63	0.76
(4) ยางพารา	A3	-4.21	-0.41	0.26	0.53	-0.40	-0.36	0.07	0.54	-0.09	-0.65	0.78
(5) ไม้ผลผสม	A4	1.59	-1.14	-0.03	-0.40	-0.36	-0.36	0.26	0.23	-0.50	-0.71	0.77
(6) พืชผัก	A5	-5.45	-0.83	0.75	0.91	0.77	-1.82	-1.36	0.11	-0.29	-0.41	0.88
(7) ข้าวโพด	A6	12.94	-23.28	0.11	0.19	-0.38	-0.12	1.41	0.01	-1.03	-0.12	0.88
(8) ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	A7	0.83	-1.61	0.14	0.13	-0.10	-1.71	0.10	-0.23	-0.36	-2.49	0.84
(9) สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	A9	0.55	1.23	-0.85	-0.83	-0.53	-1.69	0.49	-0.48	-0.10	-0.51	0.88
(10) ป่าไม้	F	-8.08	-0.57	0.01	0.27	1.06	0.98	0.06	0.39	-0.19	1.61	0.99
(11) พื้นที่เบ็ดเตล็ด	M	-2.41	-0.63	0.06	0.07	-0.08	-0.20	0.18	0.09	0.22	-1.12	0.77
(12) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	U	1.76	0.17	-0.20	0.04	-1.29	-0.28	-0.59	-0.53	0.28	-0.16	0.87
(13) แหล่งน้ำ	W	1.90	0.22	-0.35	-0.03	0.29	-0.59	0.65	-1.04	0.51	-2.91	0.89

หมายเหตุ : AUC = พื้นที่ใต้โค้ง, constant = ค่าคงที่

5.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

สมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ได้จากสมการถดถอยโลจิสติกส์ และค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง ในการหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อนำค่าความสัมพันธ์ไปใช้ในแบบจำลองคลุมมอนโดโดยค่าความสัมพันธ์จะมีค่าเป็น บวก (แปรผันตรง) และลบ (แปรผกผัน) เช่น ความสูงเชิงเลขที่มีค่าเป็นบวกจะแปรผันตรงกับพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งหากค่าเป็นลบจะแปรผกผันกับพื้นที่นาข้าวแสดงไว้ในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่า ปัจจัยขับเคลื่อนทุกปัจจัยมีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนและการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละประเภท ซึ่งพิจารณาจากสมการเชิงเส้นตรงแบบหลายตัวแปรในตารางที่ 3 ที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์ มีดังต่อไปนี้

เกษตรผสมผสาน (A0) มีความสัมพันธ์กับปัจจัย ได้แก่ การระบายน้ำของดิน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างจากบ่อน้ำ ระยะห่างจากหมู่บ้าน ความลาดเท ระยะห่างจากถนน ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างจากรอยเลื่อน และความสูงเชิงเลข โดยจะพบเกษตรผสมผสานบริเวณที่มี

พื้นที่ราบซึ่งจะอยู่ใกล้กับหมู่บ้าน และบ่อน้ำ เนื่องจากการทำเกษตรผสมผสาน จำเป็นจะต้องมีน้ำเพื่อช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต และสะดวกต่อการดูแล โดยพิจารณาความสัมพันธ์การใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยความน่าจะเป็นในการเกิดเกษตรผสมผสานคือ (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 1 สมการที่ 2 ตารางที่ 3)

$$\log\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right) = 30.52 + 2.51(X_1) + 1.04(X_2) - 2.99(X_3) - 0.06(X_4) - 23.01(X_5) + 1.18(X_6) + 0.10(X_7) + 0.58(X_8) - 22.67(X_9)$$

(2)

- X_1

Soil (การระบายน้ำของดิน)
- X_2

Stream (ระยะห่างจากแหล่งน้ำ)
- X_3

Well (ระยะห่างจากบ่อน้ำ)
- X_4

Village (ระยะห่างจากหมู่บ้าน)
- X_5

Slope (ความลาดเท)
- X_6

Road (ระยะห่างจากถนน)
- X_7

Rain (ปริมาณน้ำฝน)
- X_8

Factl (ระยะห่างจากรอยเลื่อน)
- X_9

Dem (ความสูงเชิงเลข)

นาข้าว (A1) พบนาข้าวบริเวณที่มีพื้นที่ราบซึ่งจะอยู่ใกล้กับหมู่บ้าน ที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี เส้นทางน้ำเส้นทางถนน และบ่อน้ำ เนื่องจากการทำนาข้าวจำเป็นจะต้องมีน้ำในช่วงแรกของการเพาะปลูกเป็นจำนวนมาก เพื่อช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดี (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 2 ตารางที่ 3)

มันสำปะหลัง (A2) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ หมู่บ้าน เส้นทางถนน และบ่อน้ำ เนื่องจากการปลูกมันสำปะหลัง จำเป็นจะต้องมีน้ำเพื่อช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตได้ดี และอยู่ใกล้เส้นทางคมนาคมเพื่อสะดวกต่อการขนส่งไปยังแหล่งรับซื้อ (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 3 ตารางที่ 3)

ยางพารา (A3) พบในที่ราบบริเวณที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ และหมู่บ้าน เนื่องจากการปลูกยางพาราจำเป็นจะต้องมีน้ำเพื่อช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต และผลิตน้ำยางได้ดี (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 4 ตารางที่ 3)

ไม้ผลผสม (A4) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ หมู่บ้าน เส้นทางถนน และบ่อน้ำ เนื่องจากการปลูกไม้ผลผสม จำเป็นจะต้องมีการรดน้ำเป็นประจำ เพื่อให้ผลผลิตที่ดี และไม่ห่างจากชุมชนมากนักเพื่อความสะดวกต่อการดูแล (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 5 ตารางที่ 3)

พืชผัก (A5) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี เนื่องจากการปลูกพืชผัก ไม่ต้องการน้ำท่วมขัง เพราะอาจทำให้ผลผลิตเสียหายได้หากมีน้ำมากเกินไป ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางถนน เพื่อลดระยะเวลาในการนำไปจำหน่าย (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 6 ตารางที่ 3)

ข้าวโพด (A6) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ เส้นทางถนน หมู่บ้าน และบ่อน้ำ เนื่องจากการข้าวโพดปลูกในพื้นที่แห้งแล้ง จึงไม่จำเป็นจะต้องมีน้ำเป็นจำนวนมากเพื่อช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 7 ตารางที่ 3)

ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (A7) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ เส้นทางถนน หมู่บ้าน และบ่อน้ำ เนื่องจากการปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ จำเป็นจะต้องมีน้ำเป็นจำนวนมากเพื่อช่วยในเรื่องการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตได้ดี สะดวกต่อการดูแล และนำไปยังแหล่งจำหน่าย (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 8 ตารางที่ 3)

สถานที่เพาะเลี้ยงปลา (A9) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ไม่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ เส้นทางถนน หมู่บ้าน และบ่อน้ำ เนื่องจากสถานที่เพาะเลี้ยงปลาจะต้องมีน้ำขังเป็นจำนวนมากตลอดเวลาเพื่อใช้ในการเลี้ยงปลา (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 9 ตารางที่ 3)

ป่าไม้ (F) พบในบริเวณที่มีพื้นที่สูงชัน เนื่องจากพื้นที่ป่าไม้อยู่ในบริเวณที่สูงทำให้มีความชื้นมากทำให้มีฝนตกเป็นจำนวนมาก ห่างไกลจากการบุกรุก ซึ่งปัจจัยความลาดชันป่าไม้เป็นตัวเดียวที่มีค่าในทางบวก (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 10 ตารางที่ 3)

เบ็ดเตล็ด (M) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ เส้นทางถนน หมู่บ้าน และบ่อน้ำ เนื่องจากพื้นที่เบ็ดเตล็ดอาจเป็นได้หลายแบบ เช่น ทุ่งหญ้าธรรมชาติ พื้นที่ลุ่ม เหมือนแรมบ่อขุด และอื่น ๆ (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 11 ตารางที่ 3)

สิ่งปลูกสร้าง (U) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบที่มีการระบายน้ำของดินที่ดี ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำ เส้นทางถนน และบ่อน้ำ เนื่องจากพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง เป็นแหล่งชุมชน ที่อยู่อาศัย และพาณิชยกรรม ซึ่งจะมีจำนวนประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกเป็นจำนวนมาก เช่น สะดวกต่อการเข้าถึง (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 12 ตารางที่ 3)

แหล่งน้ำ (W) พบในบริเวณที่มีพื้นที่ราบ ซึ่งจะอยู่ใกล้กับเส้นทางน้ำสายหลัก เส้นทางถนน หมู่บ้าน แนวรอยเลื่อน และบ่อน้ำ เนื่องจากพื้นที่แหล่งน้ำจำเป็นต่อการใช้อุปโภคและบริโภค รวมถึงน้ำในภาคการเกษตร เป็นต้น (ดูการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ 13 ตารางที่ 3)

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินการเกษตรกรรม ทั้ง 9 ประเภท ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลมากที่สุดคือ ปริมาณน้ำฝน และความสูงเชิงเลข ถัดมาคือการระบายน้ำของดิน ระยะห่างบ่อน้ำ และระยะห่างแนวรอยเลื่อนตามลำดับ สำหรับการประกอบใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลคือความสูงเชิงเลข ความลาดเท การระบายน้ำของดิน ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างแนวรอยเลื่อน ระยะห่างถนน และระยะห่างทางน้ำตามลำดับ ขณะที่ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ด ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลคือความสูง ระยะห่างแนวรอยเลื่อน ความลาดเท ระยะห่างถนน ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างหมู่บ้าน และระยะห่างทางน้ำตามลำดับ ส่วนข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลคือระยะห่างหมู่บ้าน ระยะห่างถนน

ปริมาณน้ำฝน ความลาดเท ความสูงเชิง ระยะห่างบ่อน้ำ และระยะห่างทางน้ำตามลำดับ สำหรับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ ปัจจัยขับเคลื่อนที่ส่งผลคือความสูงเชิงเลข ปริมาณน้ำฝน ความลาดเท รอยเลื่อน ระยะห่างทางน้ำ ระยะห่างหมู่บ้าน และระยะห่างบ่อน้ำตามลำดับ จากตารางที่ 2 พบว่าข้อมูลทั้งหมดที่นำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยขับเคลื่อนนั้นมีความสัมพันธ์กันทั้งหมด

นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ สติติเพียร์สันเพิ่มเติมเพื่ออธิบายลำดับและทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ผล 2 ด้าน คือ ปัจจัยขับเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์มากที่สุดสามอันดับแรกกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ รูปแบบของความสัมพัทธ์เชิงเส้นจากค่าสัมประสิทธิ์สหพันธ์ใน 2 รูปแบบคือความสัมพันธ์แบบแปรตามกัน (positive correlation) และความสัมพันธ์แบบแปรผกผัน (negative correlation) ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนที่มีความสำคัญ 3 อันดับแรกกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมจะพบว่าระยะห่างจากถนนเป็นปัจจัยสำคัญอันดับที่ 1 ส่วนปัจจัย

สำคัญอันดับที่ 2 ได้แก่ ระยะห่างจากทางน้ำ ระยะห่างจากบ่อน้ำ ความลาดเท และความสูงเชิงเลข และปัจจัยสำคัญอันดับที่ 3 ได้แก่ ระยะห่างจากหมู่บ้าน สำหรับการวิเคราะห์ที่ดินประเภทป่าไม้จะขึ้นอยู่กับความสูงเชิงเลขเป็นปัจจัยสำคัญอันดับที่ 1 อันดับที่ 2 ได้แก่ ระยะห่างจากรอยเลื่อน และอันดับที่ 3 ได้แก่ ระยะห่างจากบ่อน้ำ ขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยและสิ่งปลูกสร้างขึ้นอยู่กับระยะห่างจากถนนเป็นปัจจัยสำคัญอันดับที่ 1 อันดับที่ 2 ได้แก่ ระยะห่างจากถนน และอันดับที่ 3 ได้แก่ ระยะห่างจากรอยเลื่อน และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทแหล่งน้ำจะขึ้นอยู่กับระยะห่างจากรอยเลื่อนเป็นปัจจัยสำคัญอันดับที่ 1 อันดับที่ 2 ได้แก่ ความสูงเชิงเลข และอันดับที่ 3 ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของความสำคัญ 3 ลำดับแรกของปัจจัยขับเคลื่อนที่สัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมดที่มีความถี่สูง อันดับที่ 1 ได้แก่ ความสูงเชิงเลข จะพบว่าปัจจัยที่สัมพันธ์กับการใช้ที่ดินแทบจะทุกประเภทคือ ปัจจัยด้านความสูงเชิงเลขอันดับที่ 2 ได้แก่ ระยะห่างจากถนน และอันดับที่ 3 ได้แก่ ระยะห่างจากหมู่บ้าน

ตารางที่ 4 ค่าสหสัมพันธ์ สติติเพียร์สัน (Pearson correlation statistics)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปัจจัย									พื้นที่	
	การระบายน้ำของดิน	ระยะห่างจากทางน้ำ	ระยะห่างจากบ่อน้ำ	ระยะห่างจากหมู่บ้าน	ความลาดเท	ระยะห่างจากถนน	ปริมาณน้ำฝน	ระยะห่างจากรอยเลื่อน	ความสูงเชิงเลข	(ไร่)	%
เกษตรผสมผสาน	.020**	.019**	-.013**	-.008	-.009*	-.006	-.004	.014**	-.010*	116	0.02
นาข้าว	.350**	-.115**	-.421**	-.424**	-.371**	-.452**	.168**	.353**	-.426**	131,384	23.54
มันสำปะหลัง	-.053**	.050**	-.031**	-.062**	-.102**	-.054**	-.006	.028**	-.111**	23,405	4.19
ยางพารา	.005	.037**	.011*	-.071**	-.110**	-.013**	.080**	.077**	-.125**	29,674	5.32
ไม้ผลผสม	-.042**	-.044**	-.075**	-.100**	-.116**	-.070**	-.006	-.019**	-.129**	30,388	5.45
พืชผัก	.001	.022**	-.013**	4	-.018**	-.028**	-.007	.004	-.020**	466	0.08
ข้าวโพด	-.013**	.015**	.035**	.008	.024**	.037**	-.003	-.023**	.024**	625	0.11
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	-.006	-.002	-.004	-.011**	-.013**	-.007	-.007	-.002	-.016**	348	0.06
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	.082**	-.052**	-.076**	-.060**	-.050**	-.057**	-.027**	.051**	-.056**	2,727	0.49
ป่าไม้	-.362**	.158**	.589**	.625**	.626**	.611**	-.059**	-.543**	.722**	256,652	45.99
เบ็ดเตล็ด	.005	.008	-.056**	-.069**	-.103**	-.052**	.038**	.113**	-.126**	18,134	3.25
สิ่งปลูกสร้าง	.150**	-.099**	-.245**	-.216**	-.157**	-.258**	-.101**	.190**	-.187**	33,844	6.06
แหล่งน้ำ	.063**	-.072**	-.136**	-.101**	-.152**	-.084**	-.169**	.191**	-.181**	30,300	5.43

หมายเหตุ : **. ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (99%), *. ความสัมพันธ์มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (95%), จำนวนทั้งหมด (N = 55,611), ■ อันดับที่ 1, ■ อันดับที่ 2, ■ อันดับที่ 3

นอกจากนี้ หากเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สัมพันธ์ ปัจจัยขับเคลื่อนแต่ละประเภท จากตารางที่ 3 จะเห็นว่า ปัจจัยด้านการระบายน้ำของดิน มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด ปัจจัยด้านระยะห่างจากทางน้ำ มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด ปัจจัยด้านระยะห่างจากบ่อน้ำมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด ปัจจัยด้านระยะห่างจากหมู่บ้านมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด ปัจจัยด้านความลาดเทมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด ปัจจัยด้านระยะห่างจากทางถนน มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด ปัจจัยด้านความสูงเชิงเลข มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุด และมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าวสูงที่สุด

จากข้อมูลสมการค่าสหสัมพันธ์ สถิติเพียร์สัน ในตารางที่ 3 จะเห็นว่าปัจจัยด้านความสูงเชิงเลขจะมีความสัมพันธ์แบบแปรตามกัน (positive relationship) และแบบแปรผกผัน (negative relationship) กับการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด ได้แก่ นาข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผลผสม พืชผัก ข้าวโพด พืชไร่เลี้ยงสัตว์ ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ

5.2 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลองคลุมอนโดในปี พ.ศ.2579

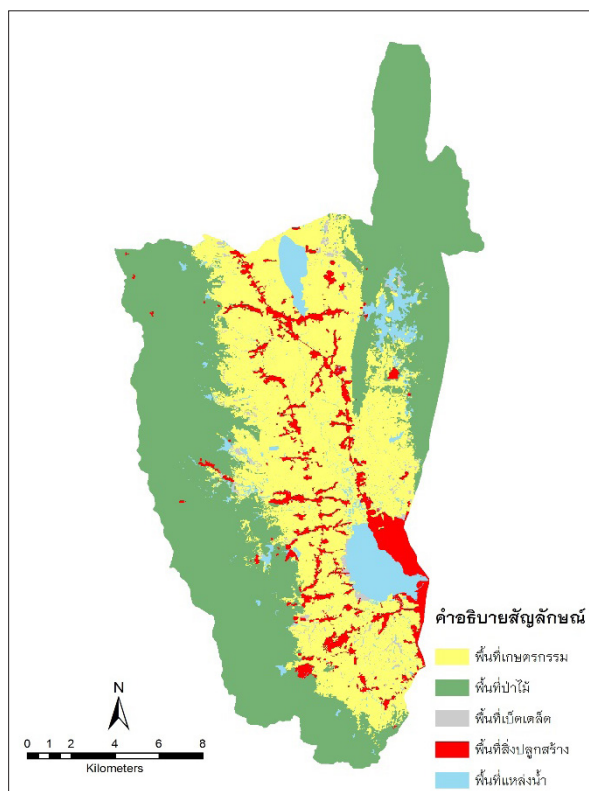
การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำอิงตอนบนจังหวัดพะเยาในอีก 17 ปี ข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2579) ด้วยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Markov chain และแบบจำลองคลุมอนโด โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2562 เป็นปีเริ่มต้นในการคาดการณ์ (รูปที่ 3b) ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินต่าง ๆ ได้ผลลัพธ์แสดงไว้ในตารางที่ 3 และรูปที่ 6 และรูปที่ 7

จากผลลัพธ์ที่ได้พบว่าในปี พ.ศ. 2579 (ตารางที่ 5) พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรผสมผสาน มันสำปะหลัง ไม้ผลผสม พืชผัก ข้าวโพด พืชไร่เลี้ยงสัตว์ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดจะมีขนาดลดลงจากปี พ.ศ. 2562 ในทางตรงกันข้าม ในปี พ.ศ. 2579 พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทนาข้าว ยางพารา สถานที่เพาะเลี้ยงปลา ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างและแหล่งน้ำ จะมีขนาดเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2562

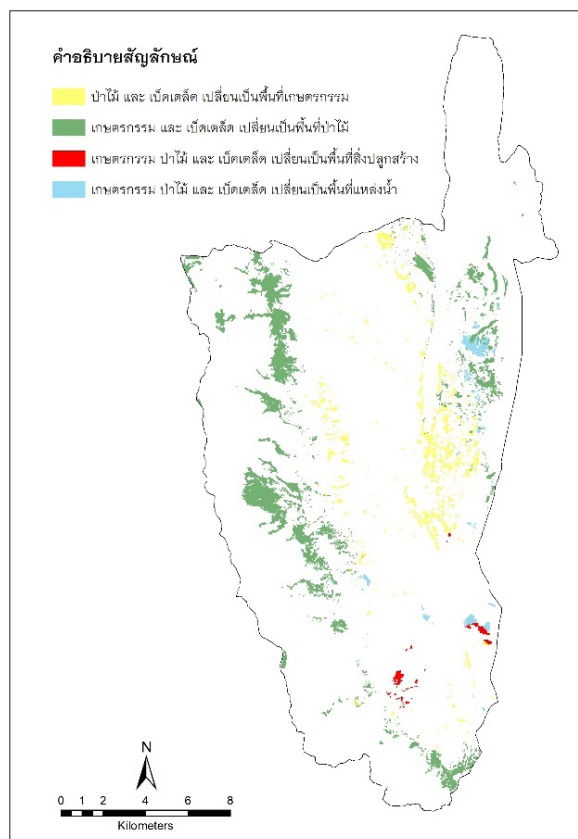
นอกจากนี้หากพิจารณาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณระหว่างพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2579 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ลดลงมากที่สุด ได้แก่ ไม้ผลผสม คิดเป็นร้อยละ 3.09 ของพื้นที่ทั้งหมด ขณะที่ การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เพิ่มมากที่สุด ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 5.06 ของพื้นที่ทั้งหมด

6. สรุปผลและอภิปรายผล

จากการศึกษาการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Markov และแบบจำลองคลุมอนโดในปี พ.ศ.2579 ในพื้นที่ลุ่มน้ำอิงตอนบน จังหวัดพะเยา พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 13 ประเภทได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม (เกษตรผสมผสาน นาข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ไม้ผลผสม พืชผัก ข้าวโพด พืชไร่เลี้ยงสัตว์ และสถานที่เพาะเลี้ยงปลา) พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันหรือแบบแปรผกผันกับปัจจัยขับเคลื่อนทั้ง 9 ปัจจัย ซึ่งประกอบด้วย การระบายน้ำของดิน ระยะห่างจากบ่อน้ำ ระยะห่างจากหมู่บ้าน ความลาดเท ระยะห่างจากถนน ปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2579 (Land use 2036)



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2562 และ ปี พ.ศ. 2579 (Land use Chang between 2019 and 2036)

ตารางที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำอิงตอนบน ปี พ.ศ. 2579 (ไร่) (Land use in Ing basin, 2036)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	รหัสจำแนก	พื้นที่ (ไร่)		พื้นที่ (ร้อยละ)	
		พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2579	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2579
เกษตรผสมผสาน	A0	116	0	0.02	0
นาข้าว	A1	131,384	132,889	23.54	23.81
มันสำปะหลัง	A2	23,405	11,946	4.19	2.14
ยางพารา	A3	29,674	38,681	5.32	6.93
ไม้ผลผสม	A4	30,388	13,154	5.45	2.36
พืชผัก	A5	466	0	0.08	0
ข้าวโพด	A6	625	0	0.11	0
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	A7	348	0	0.06	0
สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	A9	2,727	3,342	0.49	0.60
ป่าไม้	F	256,652	284,917	45.99	51.05
พื้นที่เปิดเตล็ด	M	18,134	5,177	3.25	0.93
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	U	33,844	34,836	6.06	6.24
แหล่งน้ำ	W	30,300	33,121	5.43	5.93
รวม		558,063	558,063	100.00	100.00

ระยะห่างจากรอยเลื่อน และ ความสูงเชิงเลข เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมส่วนมากจะถูกเลือกใช้ในบริเวณพื้นที่ราบและจำเป็นต้องมีน้ำที่เพียงพอต่อการทำการเกษตร โดยน้ำเป็นตัวกลางที่ช่วยในการเจริญเติบโต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี ขณะที่พื้นที่ป่าไม้ส่วนมากจะอยู่บริเวณที่มีความสูง จะมีความชื้นที่มากทำให้มีฝนตกเป็นจำนวนมาก และค่อยๆระบายน้ำออกมาในลำห้วย ลำธาร พื้นที่เบ็ดเตล็ด สิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ ส่วนมากจะอยู่บริเวณพื้นที่ราบ มีสิ่งอำนวยความสะดวกเป็นจำนวนมาก ผลการศึกษาที่ได้รับสอดคล้องกับการศึกษาของ Kiriwongwattana (2007) และ Khotapu (2012) พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างและแหล่งน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ส่งผลให้ประชากรมีความต้องการใช้พื้นที่มากขึ้นตามกิจกรรมที่มีความหลากหลายเพื่อการดำรงชีพ

จากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2579 ประกอบด้วยพื้นที่ป่าไม้ 284,917 ไร่ นาข้าว 132,889 ไร่ ยางพารา 38,681 ไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 34,836 ไร่ พื้นที่แหล่งน้ำ 33,121 ไร่ ไม้ผลผสม 13,154 ไร่ มันสำปะหลัง 11,946 ไร่ พื้นที่

เบ็ดเตล็ด 5,177 ไร่ และเพาะเลี้ยงปลา 3,342 ไร่ ซึ่งจากตารางที่ 4 จะพบว่าไม่ปรากฏพื้นที่เกษตรกรรมแบบผสมผสาน พืชผัก ข้าวโพด และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (2579) เนื่องจากแนวโน้มจากอดีต (2545) จนถึงปัจจุบัน (2562) พื้นที่ทั้ง 4 ประเภทมีการปริมาณการใช้พื้นที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง ทำให้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2579 ไม่พบการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเภทดังกล่าว

ผลของการศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของกลุ่มน้ำอิงตอนบนจังหวัดพะเยา เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยวิเคราะห์กระบวนการและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการวางแผนบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างเหมาะสมในอนาคตต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี พ.ศ.2562 มหาวิทยาลัยพะเยา สัญญาเลขที่ RD62004

References

- Amir, A., & Mohammad H. G. (2019). Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for Desert Wetlands – A case study: Meighan Wetland, Iran. *international soil and water conservation research* 7, 64-70.
- Department of Provincial Administration. (2019). *Official Statistics Registration Systems*. Retrieved June 04, 2019 from http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age.php/
- Faksomboon, B., & Buasruang S. (2019). *Study of Infiltration Rate, Soil Moisture Content and Land use Prediction in Khlong Lan Watershed, Kamphaeng Phet Province*. Kamphaeng Phet Rajabhat University.
- Hamad, R., Balzter, H., & Kolo, K. (2018). Predicting Land Use Land Cover Changes Using a CA-Markov Model under Two Different Scenarios. *Sustainability*. 10, 3421. doi:10.3390/su10103421
- Kiriwongwattana, K. (2007). *Application of Clue-S Model for Land Use and Land Cover Changes Projection at Mae Yod Watershed, Maechaem District, Chiang Mai Province*. Kasetsart University.
- Khotapun, C. (2012). *application of clue-s model for predicting land use changes in si sa ket province between A.D. 2010 – 2017*. Kasetsart University.
- Iamtrakul, P., & Klaylee, J. (2018) The Study on Relationship between Social Capital and Site Potential: Case study of Thakhlung Municipality, Pathumthani. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*. 15(2), 17-41.
- Lanchanon, P. (2013). The Potential of Agricultural Lands for Conservation of Green Area in Chiang Mai City. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*. 10(2), 115-137.

- Land Development Department. (2009). *Land Use Classification System. Bangkok: Analysis of Land Use Conditions, Land Surveying and Planning Office*. Bangkok: Land Development Department.
- Lingomonvilas, T. (2014). Prediction of Lamtakong Watershed Land Use in 2024 with CA-MARKOV Model. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*. 17, 94-113.
- Losiri, C. (2016). Land Use Change Model and Urban Area Prediction in the Future. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 19, 340-357.
- Muhammad, H. S., & Han, S. L. (2019). Prediction of Land Use and Land Cover Changes for North Sumatra, Indonesia, Using an Artificial-Neural-Network-Based Cellular Automaton. *Sustainability* 2019, 11,3024
- Ninjun, W. (2017). *Comparison of land use and land cover prediction using ca-markov model and land change modeler model a case study of uttaradit provinck*. University of Phayao.
- Nuchpho, P., & Suwankesorn, S. (2017). Logistic Regression Analysis of Curriculum Quality Factors that Affecting the Employment Situation: A Cases Study of the Bachelor of Business Computer Program, Pibulsongkram Rajabhat University. *Parichart Journal Thaksin University*. 30(3), 74-85.
- Ongsomwang, S., & lamchuen, N. (2014). Land use prediction using CLUE-S model a case study of Phayao lake, Phayao province. *Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand*. 15(1), 26-31.
- Ongsomwang, S., Pattanakiat, S., & Srisuwan, A. (2019). Impact of Land Use and Land Cover Change on Ecosystem Service Values: A Case Study of Khon Kaen City, Thailand. *Environment and Natural Resources Journal*, 17(4), 43-58.
- Ornetsmüller, C., Verburg, P., & Heinimann, A. (2016). Scenarios of land system change in the Lao PDR: Transitions in response to alternative demands on goods and services provided by the land. *Applied Geography*, 75, 1-11.
- Pumchan, S., Trisuratand, Y., & Pipatwattanakul, D. (2014). *Application of clue – s model and globio 3 model in the assess of land use change on biodiversity*. Kasetsart University.
- Sourachai, T., & Lileekpal, P. (2011). *The Influence ofthe Improvement of Coursecontents In Arc131 Architectural Drawing on Learning Outcome of Arc141 Materials and Construction*. Faculty of Architecture, Sripatum University.
- Thoeisiri, C. (2017). *The extension of urbanized area and its effects on vulnerable area in surat thani province*. Thammasat University.
- Van, A. S., & Verburg, P. H. (2013). Land cover change or land-use intensification simulating land system change with a global-scale land change model. *Global Change Biology*, 19 (12). Retrieved from <https://doi.org/10.1111/gcb.12331>
- Van, V. J., & Malek, Z. (2015). *The Clumondo land use change model manual and exercises*. University Amsterdam.
- Vanno, S. (2012). Bangkok's Green Infrastructure. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 9(2), 1-13.
- Verburg, P. H. (2009). *Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model*. Springer Netherlands.