

การจำลองและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้แบบจำลองคลุมอนโดในจังหวัดปัตตานี

ศิริวรรณ รื่นรมย์¹, มานัส ศรีวานิช² และ นิตี เอี่ยมชื่น^{3*}

Simulation and Prediction of land use using CLUMondo Model in Pattani Province

Siriwan Ruenrom¹, Manat Srivanit² and Niti Iamchuen^{3*}

¹Geographical Informatics Student, Faculty of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

²Urban planning branch, Faculty of Architecture and Urban Planning, Thammasat University, Pathum Thani 12121

³Research Unit of Spatial Innovation Development, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

* Corresponding author: niti018@hotmail.com

Received: October 25, 2022; Revised: December 22, 2022; Accepted: December 27, 2022

บทคัดย่อ

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดปัตตานี ในการศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์ (1) เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 และประเมินความถูกต้องของแบบจำลองCLUMondo (2) เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2564 พ.ศ.2574 และ พ.ศ.2584 (3) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 ถึง พ.ศ.2584 โดยมีวิธีการนำการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559 คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 และประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 จากกรมพัฒนาที่ดินมาตรวจสอบ ผลลัพธ์ความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 0.98 และค่าแคปปา เท่ากับ 0.97 คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2564 พ.ศ.2574 และ พ.ศ.2584 สรุปผลได้ว่า การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 พบว่าเกษตรกรรม ตัวเมือง และ ป่าไม้ มีพื้นที่ 1,451.26, 251.58, และ 142.12 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2564 พ.ศ.2574 และ พ.ศ.2584 พบว่า ปี พ.ศ.2564 เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลงจาก ปี พ.ศ.2561 38.66 ตารางกิโลเมตร ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ.2561 21.50, 0.34 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ปี พ.ศ.2574 เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 133.66 ตารางกิโลเมตร ส่วนป่าไม้ เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 78.60 , 0.10 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ปี พ.ศ.2584 เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 132.47 ตารางกิโลเมตร ส่วนป่าไม้ เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 76.67, 1.52 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ จึงทำให้สามารถทราบการเปลี่ยนแปลงหรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และสามารถจัดสรรการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เป็นไปตามที่เหมาะสม

คำสำคัญ: การใช้ประโยชน์ที่ดิน, แบบจำลอง, คลุมอนโด, ปัตตานี

¹ สาขาวิชาสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาการวางผังเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี 12121

³ หน่วยวิจัยพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ สำนักวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

Abstract

The objectives of land use forecast and land use change in Pattani Province are: (1) to forecast land use in 2018 and to assess the accuracy of the CLUMondo model, (2) to forecast land use in 2021, 2031, and 2041 and (3) to study the land use change from 2018 to 2041. The land use in 2007 and 2016 was addressed to forecast land use in 2018. The assessment of the accuracy of model was examined by using the land use in 2018 from the Department of Land Development. The overall accuracy and Kappa value were 0.98 and 0.97. According to the research results, the land use prediction in 2018 consisted of agriculture area, urban area, and forest covering the area of 1,451.26 square kilometers, 251.58 square kilometers, and 142.12 square kilometers, respectively. Land use forecast in 2021, the agriculture area has decreased from the year 2018, with an area of 38.66 square kilometers. Forest and miscellaneous have increased from the year 2018 by 21.50 square kilometers, 0.34 square kilometers, respectively. In 2031, agriculture area has decreased by 133.66 square kilometers, while forest and the miscellaneous have increased by 78.60 square kilometers and 0.10 square kilometers, respectively. In 2041, the agriculture area has decreased by 132.47 square kilometers, while the forest and miscellaneous have increased with an area of 76.67 square kilometers and 1.52 square kilometers, respectively. According to the research it realizes the land use change in the future and land use can be appropriately allocated.

Keywords: Land Use, Modelling, CLUMondo, Pattani

บทนำ

จังหวัดปัตตานีเป็นจังหวัดที่มีพัฒนาการทางประวัติศาสตร์และอารยธรรมเจริญรุ่งเรืองมาเป็นเวลานาน เนื่องด้วยความเหมาะสมของที่ตั้งทางภูมิศาสตร์โดยเฉพาะทำเลที่ตั้งที่ติดทะเล มีอ่าวที่สามารถกำบังคลื่นลมและเป็นที่พักจอดเรือ จึงเป็นจุดนัดพบของพ่อค้าและนักเดินเรือจากโลกตะวันตกและตะวันออก ปัตตานีมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ เช่น สินแร่ เครื่องเทศ ของป่า และพืชพรรณธัญญาหาร อื่น ๆ ทำให้สามารถติดต่อค้าขายทางทะเลกับเมืองอื่น ๆ ได้ (คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดปัตตานี, 2558) สร้างให้มีรายได้เข้าจังหวัด รวมถึงทำให้เศรษฐกิจดีขึ้น เป็นที่น่าสนใจของพ่อค้าและนักเดินทางจากโลกตะวันตกและตะวันออก จึงมีประชากรเดินทางเข้ามาทำการค้าขาย และทำให้เมืองเติบโตขึ้น มีประชากร 725,104 คน ปี พ.ศ.2562 (ส่วนบริหารและพัฒนาเทคโนโลยีการทะเบียนสำนักบริหารการทะเบียน, 2562) จึงอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อที่จะสามารถจัดการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เป็นระบบได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะใช้แบบจำลอง CLUMondo มาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อที่จะทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

แบบจำลอง CLUMondo เป็นแบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินเชิงพื้นที่ ในระยะเริ่มต้นใช้ชื่อ CLUE (Conversion of Land Use and its Effects) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยศาสตราจารย์ ดร.ปีเตอร์ เวอร์เบิร์ก (Peter Verburg) จากประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นผู้พัฒนา (Aynew, 2008) ใช้ในการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับทวีปและระดับประเทศที่มีขนาดใหญ่ ต่อมาพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในระดับที่เล็กลงมาในระดับประเทศและภูมิภาค ชื่อ CLUE-S (The Conversion of Land Use and its Effects at Small

regional extent) ปัจจุบันเวอร์ชันล่าสุดชื่อ Dyna-CLUE Version 2.0 ออกมาในปี ค.ศ.2010 (นิตี เอี่ยมชื่น และคณะ, 2563) ต่อมาได้รับเงินทุนสนับสนุนจากธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) ภายใต้โครงการสิ่งแวดล้อมอนุภาคลุ่มน้ำโขง (Greater Mekong Subregion Core Environment Program: CEP): ภายใต้แผนงาน European Union's Seventh Framework Programme ERC Grant Agreement nr. 311819 (GLOLAND) (ยงยุทธ ไตรสุรัตน์, 2558) ซึ่งเป็นรุ่นล่าสุด ของแบบจำลอง ตระกูล CLUE ที่รองรับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 64 บิต

โครงสร้างระบบและการประยุกต์ใช้งานแบบจำลอง CLUMondo เป็นฟรีแวร์ที่มีขนาดเล็ก ทำงานเชื่อมโยงกับ ข้อมูลเชิงพื้นที่ตามขนาดจุดรูปที่กำหนดและสามารถจัดสรรพื้นที่ (Allocation) ตามความเหมาะสม โดยอาศัยการกำหนด เงื่อนไขเชิงนโยบาย (Top Down) เช่น พื้นที่หวงห้าม และพื้นที่อนุรักษ์ เป็นต้น การกำหนดเงื่อนไขเฉพาะของการใช้ ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ตามความต้องการอุปสงค์เชิงพื้นที่ (Spatial Demand) จากกลุ่มคนในพื้นที่ (Bottom Up) ตามลักษณะที่ตั้งที่เหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ในพื้นที่ ร่วมกับปัจจัยขับเคลื่อน (Driving Factors) ที่เกี่ยวข้อง (Gao et al., 2022) และสามารถเชื่อมโยงกับแบบจำลองและศาสตร์ด้านต่างๆ เช่น อุทกวิทยา (Schmalz, B., & Fohrer, N., 2009) วนศาสตร์ (Lin et al., 2009) พลังงาน (Nassar et al., 2011) ภูมิอากาศ Wang et al., 2022) และ นิเวศวิทยา (Wu et al., 2021) เป็นต้น โปรแกรมถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ทั่วโลก เช่น แอฟริกาใต้ (Orekan, 2007) เคนยา (Githui et al., 2009) ออสเตรเลีย (Cammerer et al., 2013) เยอร์มัน (Mehdi et al., 2012) คอสตาริกา (Veldkamp et al., 1996) รวมไปถึงประเทศในเอเชีย เช่น มาเลเซีย จีน ไต้หวัน เกาหลีใต้ เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ลาว และ ไทย

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง ข้อดีของ CLUMondo คือ การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตโดยใช้ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียง 1 ช่วงเวลาร่วมกับปัจจัย สามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินได้แบบต่อเนื่องหลายปี โดยไม่ต้องอิงช่วงเวลาเป็นจำนวนเท่า (Period) แบบ CA- Markov เช่น คาดการณ์ไปอนาคต ปีที่ 1, 2, หรือ 10-20 ปีตาม ต้องการ โดยสามารถระบุความต้องการในอนาคตของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ (Demand) สามารถระบุให้ พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ในเขตอุทยานแห่งชาติ พื้นที่ปกป้องทางทะเล หรือเขตทหาร โดยการห้ามมิให้มีการเปลี่ยนแปลง (Policy Side/ Protection Area) เป็นต้น นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละ ประเภทสามารถกำหนดให้ปรับเปลี่ยน (Conversion) ไปยังการใช้ที่ดินอีกประเภทได้/ไม่ได้ เช่น ระบุว่าพื้นที่เมืองไม่สามารถ เปลี่ยนเป็นป่าไม้ หรือพื้นที่เกษตรกรรมสามารถกลายเป็นเมืองได้ เป็นต้น และมีความยืดหยุ่น (Elasticity) ในการ เปลี่ยนแปลง (ความเร็วช้าในการเปลี่ยนแปลง เช่นระบุว่า พื้นที่เกษตรกรรมหากปล่อยทิ้งร้างเกิน 10 ปี สามารถกลายเป็น ป่าได้) และยังสามารถหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยวิธีการสมการ ถดถอยโลจิสติกส์แบบทวี พร้อมทั้งมีการตรวจสอบค่าการคาดการณ์ ข้อด้อยของแบบจำลองคือ สามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด โดยกำหนด แกว และ สดมภ์ ไม่เกิน 1,000 x 1,000 พิกเซล ซึ่งในพื้นที่ที่มีขนาด ใหญ่และต้องการรายละเอียดจำเป็นต้องหาสมมูลของขนาดจุดภาพ (Spatial Resolution/ Pixel Size) ให้ไม่เกินที่กำหนด

โดยสรุปจากการทบทวนงานวิจัยต่างๆ พบว่า แบบจำลอง CLUE ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า CA Markov (วีระภาส คุณรัตน์ศิริ, 2563) ในเรื่องค่าความถูกต้องในการเทียบเคียงผลลัพธ์ และสามารถกำหนดช่วงเวลาในการทำนายไปในอนาคต ที่ยืดหยุ่นกว่า (ครั้งละหนึ่งปีหรือมากกว่า ไม่จำเป็นต้องเป็นช่วงเวลาตามวงรอบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต้นทาง) และสามารถใช้อัตราการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียงปีเดียวกับปัจจัยก็สามารถพยากรณ์อนาคตได้ เมื่อเทียบกับแบบจำลองต่างๆไป เช่น CA-Markov, Land Change Modeler (LCM) PLUS, FLUS และ QGIS (Plugin-Modules for Land Use Change Simulations: MOLUSCE) ที่มีข้อกำหนดต้องมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา และใช้ปัจจัยมาสนับสนุนในการวิเคราะห์

ทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงต่างจาก CA-Markov ที่ไม่คำนึงถึงปัจจัย และไม่สามารถกำหนดพื้นที่ให้เปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนแปลง รวมไปถึงข้อจำกัดในการเปลี่ยนแปลงระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเป็นพรสวรรค์ที่ไม่ติดปัญหา ลิขสิทธิ์ในการนำไปใช้อ้างอิงในการทำงาน เป็นต้น จึงเป็นที่มาในการเลือกใช้แบบจำลอง CLUMondo ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดปัตตานี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 และประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง
2. เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2564 พ.ศ.2574 และ พ.ศ.2584
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 ถึง พ.ศ.2584

วิธีการศึกษา

การศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดปัตตานี มีเครื่องมือที่ช่วยในการทำงานได้แก่ โปรแกรมทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยในการแปลงข้อมูลเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลอง CLUMondo ใช้สำหรับการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน มีขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูล และการดำเนินงานดังนี้ นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน (Land Development Department: LDD) ปีฐาน ปี พ.ศ.2559 (LDD59) มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ทางสถิติกับปัจจัย (Driving Factors) ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเข้าสู่แบบจำลอง CLUMondo คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2561 (Land Use Simulation: SIM61) ต่อจากนั้นเพื่อทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปีเดียวกันที่ได้จากแบบจำลอง (SIM61) กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน (LDD61) เพื่อเป็นการทวนสอบแบบจำลอง (Model Validation) โดยใช้วิธีการประเมินความถูกต้อง ตามวัตถุประสงค์ข้อ 1 ภายหลังจากเกณฑ์การประเมิน จะคาดการณ์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตต่อไป (Prediction Land Use) โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2561 (ข้อมูลปีล่าสุดจากกรมพัฒนาที่ดิน) เป็นปีฐาน (Base Year) ในการคาดการณ์ไปยังปี 2564 และอนาคตในอีก 10 ปี (2574) และ 20 ปี (2584) ข้างหน้า ตามวัตถุประสงค์ข้อ 2 พร้อมศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2561-2584 ตามวัตถุประสงค์ข้อ 3 (รูปที่ 1) โดยในอนาคตการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของพื้นที่พิจารณาใช้สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของปีใกล้เคียงปัจจุบันมากที่สุด คือ ปี พ.ศ.2559-2561 มาวิเคราะห์สัดส่วนของแต่ละช่วงปีของค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน มาเป็นตัวขับเคลื่อนพื้นที่ของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

1. การเตรียมการก่อนการประมวลผลจากแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Preprocessing)

การเตรียมข้อมูลนับว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการดำเนินงานของแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยส่วนประกอบที่สำคัญก่อนกระบวนการประมวลผลจำเป็นต้องใช้ข้อมูลนำเข้า (Input Data) 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่

- 1.1) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ 1.2) ข้อมูลปัจจัย

1.1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการสืบค้นพบว่ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดปัตตานีพบข้อมูล 3 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ.2550 2559 และ 2561 ตามลำดับ (ตารางที่ 1 และ รูปที่ 2-4) โดยข้อมูลทั้ง 3 ช่วงเวลาจะนำมาตรวจสอบความสอดคล้องและความน่าจะเป็น เพื่อปรับแก้ให้มีความถูกต้องและเหมาะสม และนำมาปรับให้อยู่ในระดับ

ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินเดียวกัน คือ ปรับให้อยู่ในการใช้ประโยชน์ที่ดินระดับที่ 1 (Level 1) ตามเกณฑ์การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Classification) ของกรมพัฒนาที่ดินโดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภทหลัก ได้แก่ ตัวเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up Land: U) พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Land: A) พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land: F) พื้นที่แหล่งน้ำ (Water Body: W) และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Land: M) โดยเบื้องต้นพบว่า พิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงใกล้ปัจจุบัน (พ.ศ.2565) มากที่สุดคือ ปี พ.ศ.2559-2561 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 26.84 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เมือง ป่าไม้ แหล่งน้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 3.5, 15.44, 7.74, และ 0.16 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

1.2 ข้อมูลปัจจัย เป็นข้อมูลที่นำมาใช้หาความสัมพันธ์ระหว่าง การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทกับปัจจัยต่าง ๆ ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง โดยการนำค่าสถิติการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกส์แบบทวิ (Binary Logistic Regression) มาเป็นตัวทดสอบ และสร้างสมการความสัมพันธ์ดังกล่าว และมีการตรวจสอบค่าการพยากรณ์ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ค่าพื้นที่ใต้โค้ง (Area Under Curve: AUC / Relative Operating Characteristic: ROC) โดยมีปัจจัยในการวิเคราะห์ทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท เส้นทางน้ำ ชนิดของดิน ปริมาณน้ำฝน และ ถนน (ตารางที่ 3 และรูปที่ 5-10) โดยมีรายละเอียดแต่ละปัจจัยดังนี้

1.2.1 ความสูงเชิงเลข คือลักษณะของภูมิประเทศ แสดงด้วยค่าความสูงต่ำแบบดิจิทัล (เชิงเลข) ในลักษณะข้อมูลรูปแบบแรสเตอร์/กริด (Raster / Grid Cell) หรือเรียกว่า แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) โดยการสืบค้นมาจาก Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) จากการโคจรด้วยดาวเทียมแล้วทำการบันทึกภาพ (รูปที่ 5)

1.2.2 ความลาดเท คือความลาดเอียงของลักษณะพื้นผิวภูมิประเทศ สร้างจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข โดยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ค่าความลาดเทเท่ากับศูนย์หมายถึงพื้นที่ที่มีความราบเรียบ (Flat) โดยค่ามากหมายถึงมีความลาดชันสูงหรือมีพื้นที่ลักษณะภูมิประเทศแบบภูเขาสูงชัน มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 6)

1.2.3 เส้นทางน้ำ เป็นแนวการวางตัวของลำน้ำสาขาในพื้นที่ อ้างอิงจากลักษณะเส้นทางน้ำในแผนที่ภูมิประเทศจากกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 โดยส่วนใหญ่ลักษณะทางน้ำเป็นการวางตัวแบบแผ่คล้ายขนนก (Dendritic Pattern) โดยพิจารณาระยะห่างจากเส้นทางน้ำ (รูปที่ 7)

1.2.4 ชนิดของดิน เป็นแผนที่แสดงลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture) ของพื้นที่ประกอบไปด้วย เนื้อดินหลัก 3 ประการคือ ดินทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชพรรณธรรมชาติ และการเพาะปลูก รวมถึงการระบายน้ำที่แตกต่างกันออกไป (รูปที่ 8)

1.2.5 ปริมาณน้ำฝน ได้จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนรายปี นำมาเฉลี่ยออกมาในรูปแบบข้อมูลน้ำฝนรายปี หน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรต่อปี ใช้ข้อมูลจากสถานีใกล้เคียงมาทำการประมาณค่า (Interpolation) แบบระยะทางใกล้ที่สุดมีอิทธิพลมากที่สุด หรือ Inverse Distance Weighted (IDW) (รูปที่ 9)

1.2.6 ถนน หมายถึงเส้นทางคมนาคมทางบกที่เชื่อมตัวกิจกรรมต่าง ๆ อ้างอิงจากลักษณะถนนในแผนที่ภูมิประเทศจากกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 โดยพิจารณาระยะห่างจากถนน (รูปที่ 10)

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์ที่ดิน คำอธิบายและแหล่งที่มา

ข้อมูลที่ใช้	คำอธิบาย	แหล่งที่มา
1. การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 Level 1	กรมพัฒนาที่ดิน
2.การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2559	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2559 Level 1	กรมพัฒนาที่ดิน
3.การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 Level 1	กรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 2559 และ 2561

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	2550		2559		2561	
	ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ	ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ	ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
ตัวเมือง	181.70	9.29	248.08	12.69	251.58	12.87
เกษตรกรรม	1,478.37	75.62	1,478.09	75.60	1,451.26	74.23
ป่าไม้	157.97	8.08	126.68	6.48	142.12	7.27
แหล่งน้ำ	42.14	2.16	43.58	2.23	51.32	2.62
เบ็ดเตล็ด	94.94	4.86	58.69	3.00	58.85	3.01

ตารางที่ 3 ปัจจัย คำอธิบายปัจจัยและแหล่งที่มา

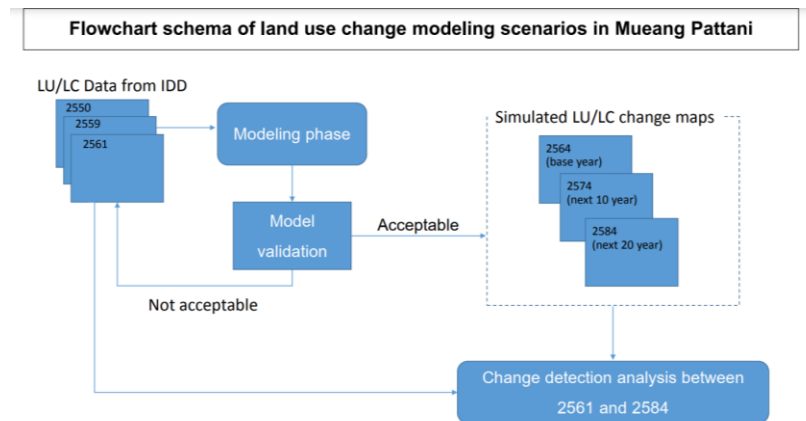
ปัจจัย	คำอธิบาย	แหล่งที่มา
1. ความสูงเชิงเลข	ความสูงต่ำของภูมิประเทศ	USGS (SRTM GLOBAL DEM)
2. ความลาดเท	ความลาดเทของภูมิประเทศ	สร้างจากความสูงเชิงเลข
3. เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจากแหล่งน้ำ	กรมแผนที่ทหาร
4. ชนิดของดิน	เนื้อดิน	กรมพัฒนาที่ดิน
5. ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี	กรมอุตุนิยมวิทยา
6. ถนน	ระยะห่างจากถนน	กรมแผนที่ทหาร

หมายเหตุ USGS: United States Geological Survey (หน่วยงานสำรวจทางธรณีวิทยาประเทศสหรัฐอเมริกา)

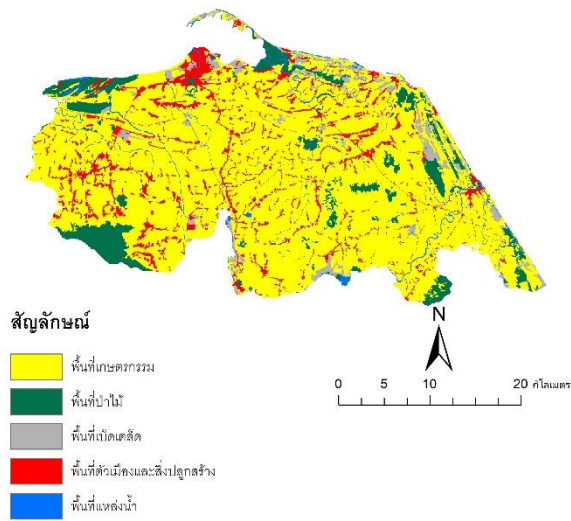
ตารางที่ 4 ปัจจัย (Factor)

ผู้เขียน	พื้นที่ศึกษา	ดิน	เส้นทางน้ำ/แหล่งน้ำ	บ่อน้ำ/เขื่อน	ความลาดชัน	เส้นทางคมนาคม	ความสูงเชิงเลข	ประชากร	ทิศทางการไหล	รายได้ต่อครัวเรือน	ดัชนีวิทยา
ธณัชชัย วียานนท์, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, และ วิษุวัฒน์ แท้สมบัติ (2563)	ลุ่มน้ำสาขาย่อย ห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี		X		X	X	X				
วีระภาส คุณรัตนสิริ (2563)	ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน	X	X		X	X	X	X	X	X	
นิติ เอี่ยมชื่น, วันฉัตร เทพวงศ์ (2563)	อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	X	X		X	X	X				
วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ (2561)	จังหวัดอุดรธานี		X	X	X	X	X				
ชุตินพงศ์ ร่มสนธิ์ (2551)	ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่	X	X		X	X	X				X
รวม		X	X	1	X	X	X	1	1	1	1

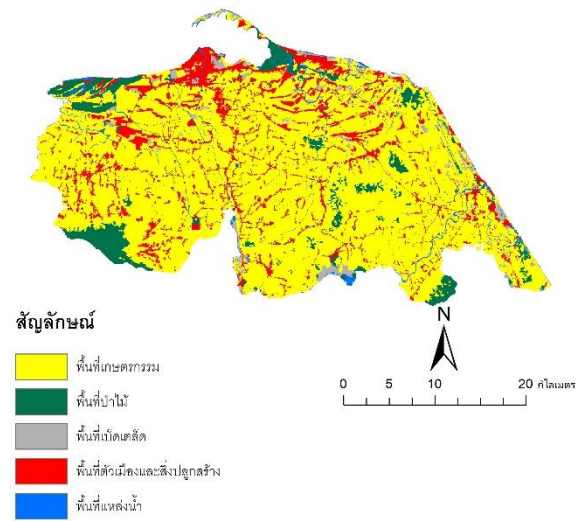
เหตุผลในการเลือกใช้ปัจจัย เนื่องจากได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และมีวิธีที่เลือกใช้ปัจจัยเพราะมีการใช้ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป คือ 1) ความสูงเชิงเลข 2) ความลาดเท 3) เส้นทางน้ำ 4) ชนิดของดิน 5) ปริมาณน้ำฝน 6) ถนน รวมถึงข้อมูลปัจจัยที่สอดคล้องกับพื้นที่ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน



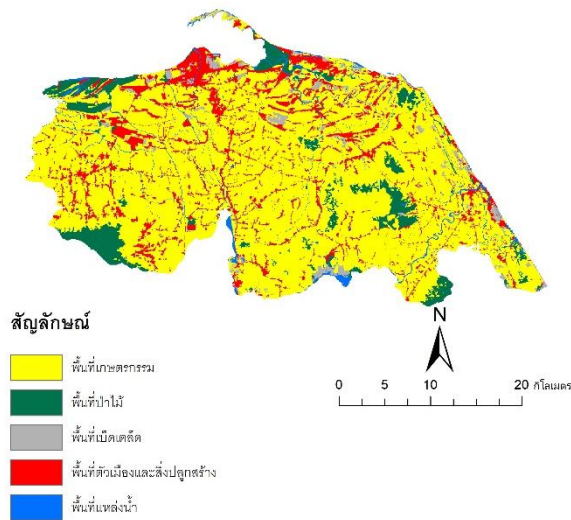
รูปที่ 1 ผังการดำเนินการ



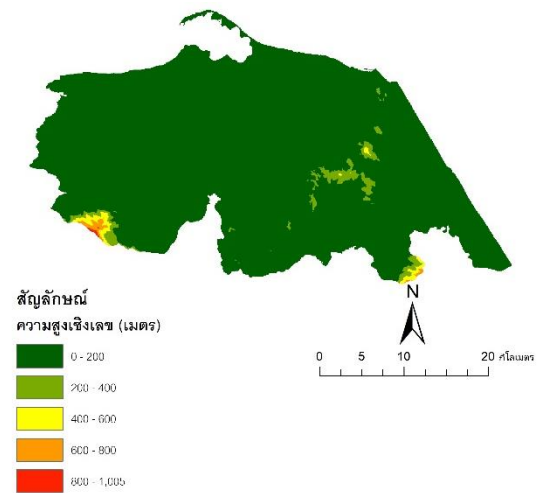
รูปที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550



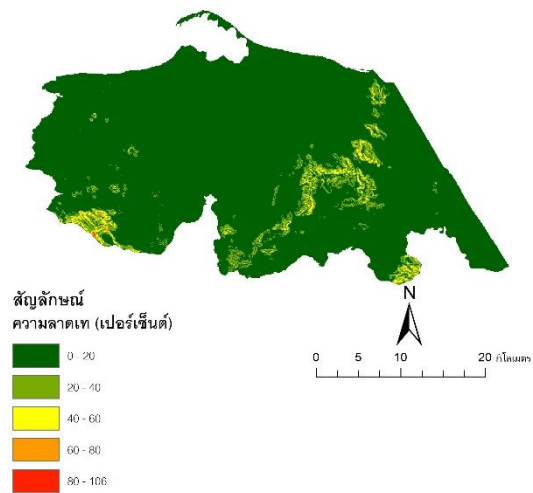
รูปที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2559



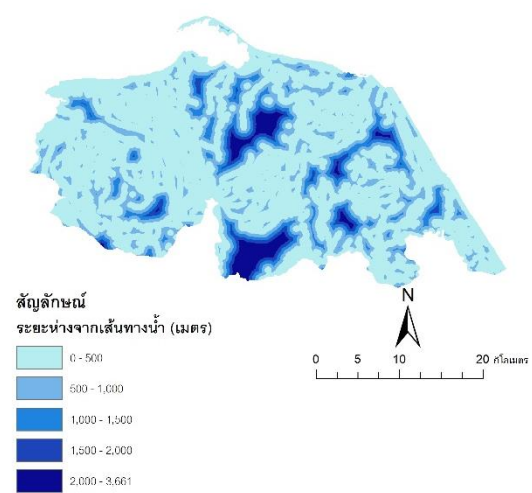
รูปที่ 4 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2561



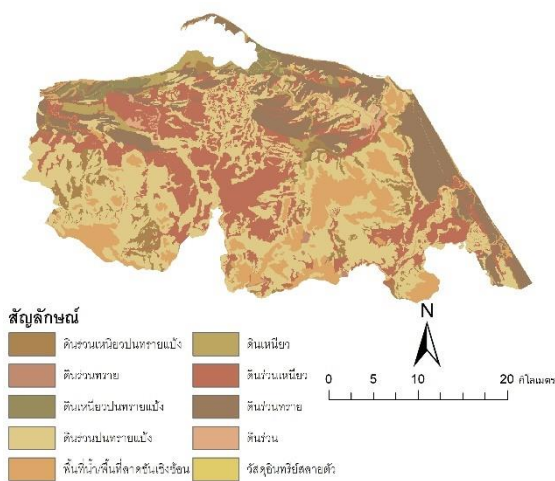
รูปที่ 5 ความสูงเชิงเลข



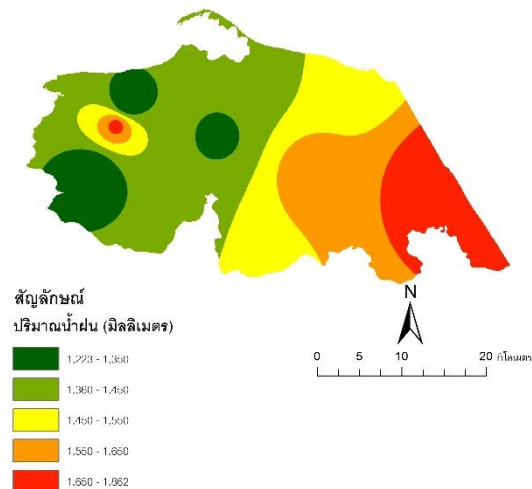
รูปที่ 6 ความลาดเท



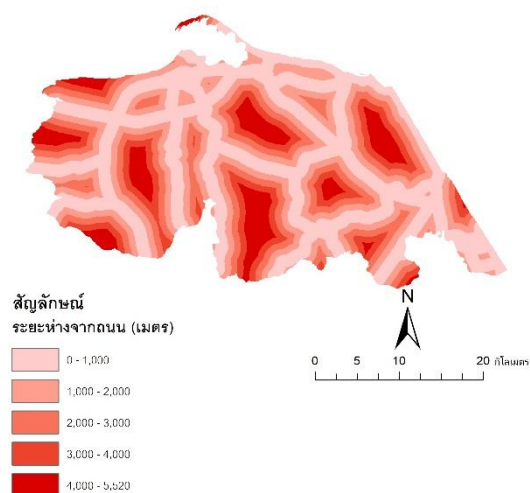
รูปที่ 7 เส้นทางน้ำ



รูปที่ 8 ชนิดของดิน



รูปที่ 9 ปริมาณน้ำฝน



รูปที่ 10 ถนน

ผลการศึกษา

จากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดปัตตานี แบ่งออกเป็น 4 ส่วน 1) การประมวลผลแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2) การทวนสอบข้อมูลจากแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3) การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ช่วงเวลา และ 4) การศึกษาการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ผลการดำเนินงานที่ได้มีดังนี้

นำข้อมูลข้างต้นประกอบด้วย ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ปี พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2561) และปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย (1) ความสูงเชิงเลข (2) ความลาดเท (3) เส้นทางน้ำ (4) ชนิดของดิน (5) ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย และ (6) ถนน) มาปรับข้อมูลให้อยู่ในระบบพิกัด (Coordination System) และเส้นโครงแผนที่ (Map Projection) เดียวกันโดยใช้ระบบพิกัดแบบ Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 47 เส้นโครงแผนที่ World Geodetic System (WGS 1984) ถัดมาแปลงรูปแบบข้อมูล (Conversion) ให้กลายเป็นรูปแบบราสเตอร์หรือแบบกริด (Raster) เพื่อปรับข้อมูลให้ตรงตามที่แบบจำลองต้องการในการนำเข้า (Input Data Requirement) กำหนดให้รายละเอียดจุดภาพ (ขนาดพิกเซล) 80 เมตร ตามข้อกำหนดของแบบจำลองที่มีจำนวนพิกเซลได้ไม่เกิน 1,000,000 เซลล์ (1,000 x 1,000) ในการเลือกขนาดของพิกเซล 80 เมตร เนื่องจากข้อมูลมีความละเอียด และสามารถใช้แบบจำลอง CLUMondo ได้ (ทดสอบปรับขนาดพิกเซลที่ละเอียดน้อยกว่า 80 เมตร แล้วมีขนาดพิกเซลที่เกินกว่าที่แบบจำลองจะรองรับได้)

1) การประมวลผลแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Processing / Land Use Simulation)

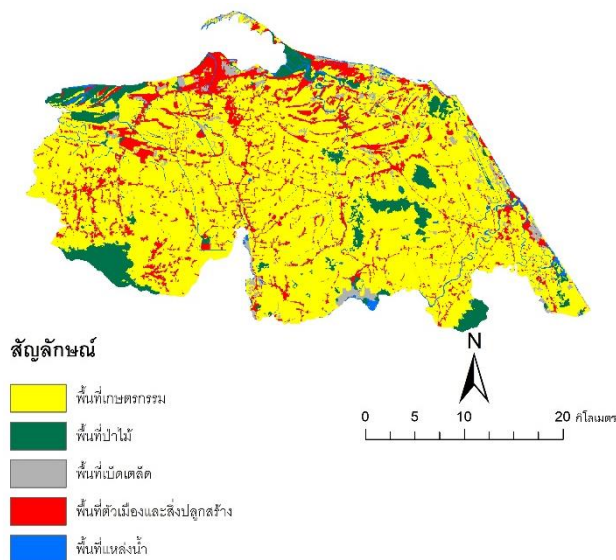
ภายหลังนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2559 และปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย ในแบบจำลองทำการตั้งค่า (Model Setting) ได้แก่ การกำหนดให้พื้นที่เฉพาะเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (อนุญาตให้เปลี่ยน/ไม่เปลี่ยน) และค่าความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลง (เปลี่ยนช้า/เร็ว) ถัดมาทำการประมวลผลค่าสถิติด้วยวิธีการสมการถดถอยโลจิสติกส์แบบทวิโดยมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทกับปัจจัย (ตารางที่ 3) ภายหลังทำการประมวลผลแบบจำลองโดยกำหนดให้คาดการณ์ในปี พ.ศ.2561 ผลลัพธ์

ดั่งแผนที่ (รูปที่ 11) ค่า AUC เป็นค่าทำนายการคาดการณ์ว่ามีความน่าเชื่อถืออย่างไร (มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 เข้าใกล้ 0 หมายถึง ความน่าเชื่อถือในการคาดการณ์ต่ำ และเข้าใกล้ 1 หมายถึง การคาดการณ์มีความน่าเชื่อถือสูง)

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและปัจจัย

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน/ปัจจัย	ตัวเมือง	เกษตรกรรม	ป่าไม้	แหล่งน้ำ	เบ็ดเตล็ด
ค่าคงที่ (Constant)	1.5870	-1.5152	2.5017	-4.3909	-4.6599
ความสูงเชิงเลข	-0.0198	0.0078	0.0120	-0.0962	-0.0498
ความลาดเท	-0.0378	0.0185	0.0250	0.1233	0.0011
เส้นทางน้ำ	0.0002	0.0005	-0.0011	-0.0107	-0.0002
ชนิดของดิน	0.2911	0.5979	-1.5457	-0.9538	-0.8083
ปริมาณน้ำฝน	-0.0019	0.0014	-0.0038	0.0021	0.0017
ถนน	-0.0004	0.0002	0.0002	-0.0001	-0.0002
ค่าการพยากรณ์ (AUC)	0.73	0.91	0.85	0.91	0.74

หมายเหตุ: ตัวเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up Land: U) พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Land: A) พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land: F) พื้นที่แหล่งน้ำ (Water Body: W) และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous Land: M)



รูปที่ 11 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 จากแบบจำลอง

2) การทวนสอบข้อมูลจากแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Model Validation)

จากการการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 จากแบบจำลอง (รูปที่ 11) นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 จากกรมพัฒนาที่ดิน (รูปที่ 4) โดยมีการกำหนดจุดสุ่มและประเมินค่าความถูกต้องดังนี้ วิธีการหาจุดสุ่มใช้แบบ Fitzpatrick-Lins, K. (1981) ดังสมการที่ 1 โดยการสุ่มจุดเลือกใช้วิธีการสุ่มแบบสัดส่วน (Stratified Random Sampling) หมายถึงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีจำนวนมากจะมีจุดสุ่มมาก และจำนวน

จุดลุ่มจะพิจารณาที่โอกาสให้เกิดความถูกต้องที่ ($P=80$) ยอมให้มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ร้อยละ 5 ทำให้จำนวนจุดลุ่มทั้งหมดจะอยู่ที่ 256 จุด และการประเมินความถูกต้องใช้ 2 วิธี คือ 1) ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) โดยพิจารณานับผลรวมของจุดลุ่มที่มีค่าถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหารกับจำนวนจุดลุ่มทั้งหมด และ 2) ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Cohen's Kappa Coefficient: Kappa) ตามสมการที่ 2

$$n = \frac{Z^2(p)(q)}{e^2} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

เมื่อ

n = จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ (จุดสำรวจ)

p = โอกาสที่จะเกิดความถูกต้อง (มีค่าระหว่าง 0-1)

q = โอกาสที่จะเกิดความผิดพลาด (มีค่าเท่ากับ 0-p)

Z = ค่าจากตารางแจกแจงปกติมาตรฐาน Z

e = ค่าความคลาดเคลื่อนจากการลุ่ม

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

เมื่อ

K = จำนวนทั้งหมด

$\sum_{i=1}^r X_{ii}$ = ผลรวมความถี่ของเส้นทแยงมุม

$\sum_{i=1}^r X_{i+} \times X_{+i}$ = ผลรวมความถี่ในแถว คูณ ผลรวมความถี่ในสดมภ์

ผลจากการตรวจสอบความถูกต้องพบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับ 0.98 และค่า Kappa เท่ากับ 0.97 ตามการแปลตีความค่าความถูกต้องของ Fleiss et al. (2013) ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความถูกต้องสูง และเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนของพื้นที่พบว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองมีพื้นที่เท่ากับข้อมูลที่อ้างอิง (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 ของแบบจำลองและกรมพัฒนาที่ดิน (อ้างอิง) ตารางกิโลเมตร และ ร้อยละ

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2561 กรมพัฒนาที่ดิน (LDD61)		การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2561 (SIM61)		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลง
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	
ตัวเมือง	251.58	12.87	251.58	12.87	-
เกษตรกรรม	1,451.26	74.23	1,451.26	74.23	-
ป่าไม้	142.12	7.27	142.12	7.27	-
แหล่งน้ำ	51.32	2.62	51.32	2.62	-
เบ็ดเตล็ด	58.85	3.01	58.85	3.01	-
รวม	1,955.13	100.00	1,955.13	100.00	

3) การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Prediction)

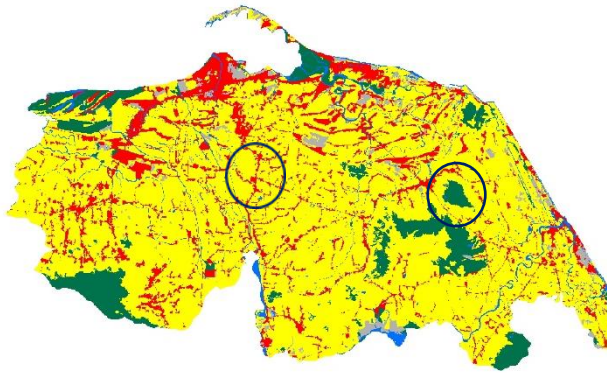
การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2561 เป็นปีฐาน (อ้างอิงข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน) โดยคาดการณ์ไปในปี พ.ศ.2564 พ.ศ.2574 และ พ.ศ.2584 ผลการจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน แสดงในแผนที่ (รูปที่ 12-14 ตามลำดับ) กราฟ (รูปที่ 15) แสดงการเปลี่ยนแปลง

ผลที่ได้จากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ปี พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

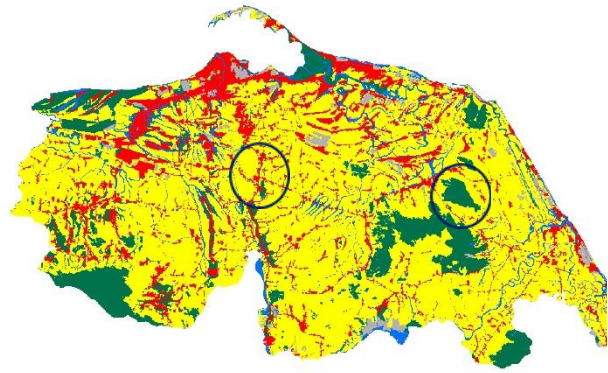
ปี พ.ศ.2564 พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลงจาก ปี พ.ศ.2561 38.66 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ ส่วนพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ.2561 21.50, 11.67, 5.14, และ 0.34 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 12)

ปี พ.ศ.2574 พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 133.66 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 78.60, 38.46, 16.51, และ 0.10 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้มีการเพิ่มขึ้นทางทิศตะวันออก บริเวณตำบล หุ่น อำเภอ บ้านน้ำ และ ควน ส่วนพื้นที่พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้นบริเวณตรงกลางของพื้นที่ อยู่บริเวณตำบล ปิตุภูมิ ยะรัง และ ประจัน (รูปที่ 13)

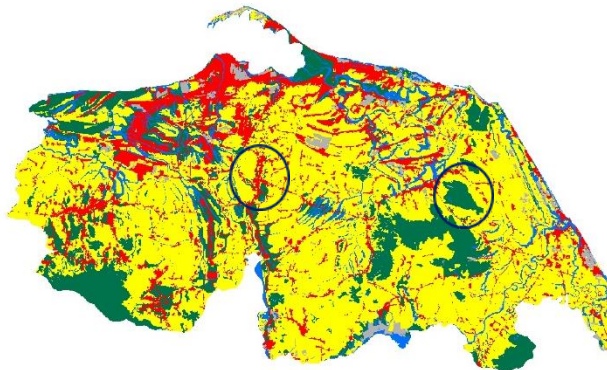
ปี พ.ศ.2584 พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 132.47 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 76.67, 37.58, 16.70 และ 1.52 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้มีการเพิ่มขึ้นทางทิศตะวันออก บริเวณตำบล หุ่น อำเภอ บ้านน้ำ และ ควน ส่วนพื้นที่พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้นบริเวณตรงกลางของพื้นที่ อยู่บริเวณตำบล ปิตุภูมิ ยะรัง และ ประจัน (รูปที่ 14)



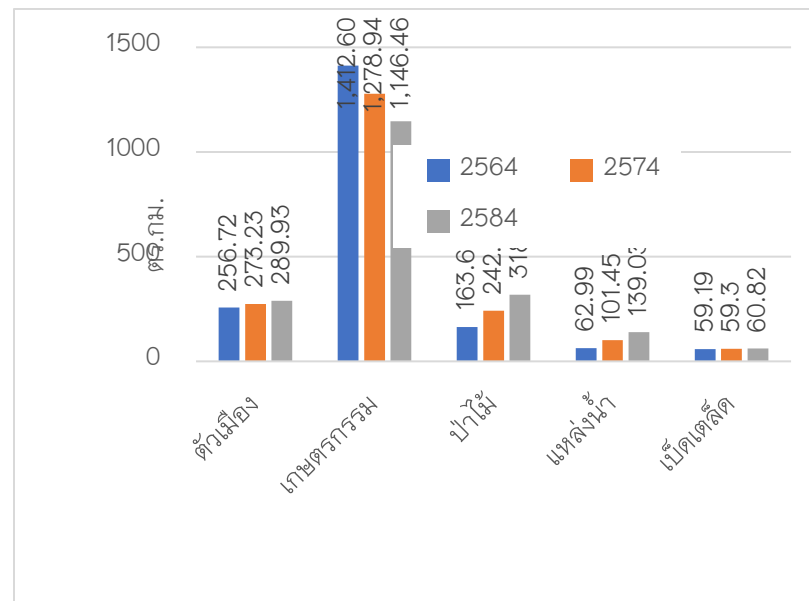
รูปที่ 12 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2564



รูปที่ 13 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2574



รูปที่ 14 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2584



รูปที่ 15 การใช้ประโยชน์ที่ดินแยกประเภท ปี พ.ศ.2564 2574 และ 2584 (ตารางกิโลเมตร)

4) การศึกษาการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดิน

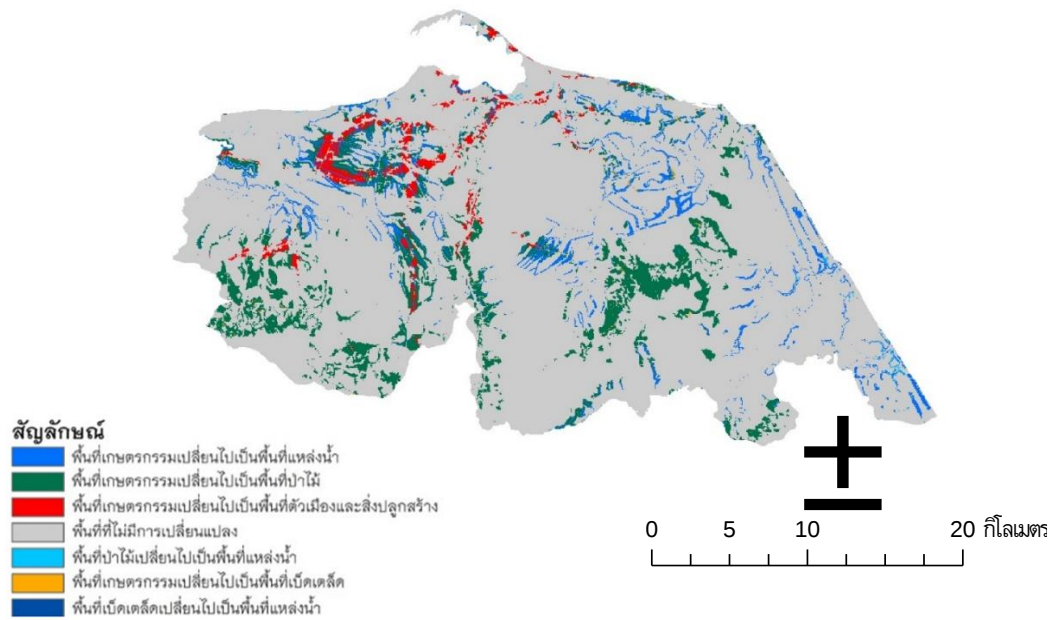
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561-2584 (From-to) จากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2584 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ.2561 ถึง พ.ศ.2584 มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังนี้ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือ พื้นที่เกษตรกรรม มีสัดส่วนพื้นที่ลดลง 304.79 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่แหล่งน้ำ มีสัดส่วนพื้นที่เพิ่มขึ้น 176.77 และ 87.71 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 16 แสดงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง (Hot Spot) และตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561-2584 (ตารางกิโลเมตร)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ 2584						
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ตัวเมือง	เกษตรกรรม	ป่าไม้	แหล่งน้ำ	เบ็ดเตล็ด	รวม 2561
ตัวเมือง	251.58	-	-	-	-	251.58
เกษตรกรรม	38.35	1,146.46	179.03	84.93	2.48	1,451.30
ป่าไม้	-	-	139.85	2.27	-	142.12
แหล่งน้ำ	-	-	-	51.32	-	51.32
เบ็ดเตล็ด	-	-	-	0.51	58.34	58.85
รวม 2584	289.93	1146.50	318.88	190.35	60.82	1,955.13

ตารางที่ 8 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561-2584 (ร้อยละ)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ 2584						
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ตัวเมือง	เกษตรกรรม	ป่าไม้	แหล่งน้ำ	เบ็ดเตล็ด	รวม 2561
ตัวเมือง	12.87	-	-	-	-	12.87
เกษตรกรรม	1.96	58.64	9.16	4.34	0.13	74.23
ป่าไม้	-	-	7.15	0.12	-	7.27
แหล่งน้ำ	-	-	-	2.62	-	2.62
เบ็ดเตล็ด	-	-	-	0.03	2.98	3.01
รวม 2584	14.83	58.64	16.31	7.11	3.11	100.00



รูปที่ 16 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2561-2584 (Hot Spot)

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่าในอนาคตพื้นที่ป่าไม้ระหว่างช่วงปี พ.ศ.2559-2561 มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น จากการพิจารณาโดยใช้ภาพข้อมูลดาวเทียม Google Earth Pro และแถบเลื่อนดูภาพดาวเทียมย้อนหลัง (Historical Imagery) พิจารณาประกอบกับการตรวจสอบผังเมืองจังหวัดปัตตานีของกรมโยธาธิการและผังเมือง พบว่า บริเวณพื้นที่ที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น คือบริเวณพื้นที่อนุรักษ์ป่าไม้ อาจส่งผลต่อการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากการใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินต้องมีการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในอนาคต ในการประมวลผลครั้งนี้อ้างอิงจากช่วงเวลาใกล้เคียงช่วงเวลาที่ปัจจุบันที่มีอยู่ (การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ปี พ.ศ. 2559-2561) ทำให้พื้นที่ป่าไม้ในอนาคตมีพื้นที่มากขึ้นตามไปด้วยตามหลักการของ Markov ซึ่งในการเลือกใช้แบบจำลองอื่นๆ ผลลัพธ์ก็จะได้ในทิศทางเดียวกัน (ป่าไม้เพิ่มขึ้น)

ข้อด้อยของแบบจำลองที่มีจำนวนจุดภาพ (Grid Cell) ที่จำกัดทำให้ต้องลดรายละเอียดข้อมูลให้มีความหยาบเพื่อให้มีจำนวนจุดภาพโดยรวมไม่เกินที่กำหนดของแบบจำลอง CLUMondo ที่รายละเอียดจุดภาพละ 80 เมตร (Spatial Resolution) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัดปัตตานี ทำให้พื้นที่ที่มีถูกลดรายละเอียดลงไปอาจทำให้ข้อมูล มีความคลาดเคลื่อนไปจากพื้นที่เดิม แต่ผลลัพธ์การประเมิน (ทวนสอบ) การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการคาดการณ์จากแบบจำลองในปี พ.ศ.2561 ที่ได้จากแบบจำลอง CLUMondo และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2561 (กรมพัฒนาที่ดิน) มีค่าถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับ 0.98 และค่าแคปปา (Kappa) เท่ากับ 0.97 ซึ่งมีค่าความถูกต้องสูง สอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทย บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ของ นิตี เจริญชื่น และคณะ (2563) ที่มีความถูกต้องโดยรวมอยู่ที่ 89.53 และ กรณีศึกษาบริเวณ อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย ของ วันฉวีชา เทพวงศ์ และคณะ (2565) มีความถูกต้อง (Overall Accuracy) เท่ากับ 87.71 และค่าแคปปา (Kappa) เท่ากับ 0.80 ดังนั้นในการพิจารณาการเลือกใช้แบบจำลอง

นับว่ามีความสำคัญและรวมไปถึงข้อมูลนำเข้าที่มีความน่าเชื่อถือและความสอดคล้องของการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงเวลาก็มีผลสำคัญที่ส่งผลต่อการคาดการณ์ขนาดด้วยเช่นกัน โดยมีข้อเสนอในการทำวิจัยครั้งต่อไปดังนี้ ควรทดสอบผลหรือเพิ่มปัจจัย เนื่องจากอาจจะส่งผลต่อการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลง และควรเช็คข้อมูลหรือตรวจสอบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก่อนที่จะนำมาคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดปัตตานี. (2558). *แผนพัฒนาจังหวัดปัตตานี พ.ศ.2557-2560 ฉบับทบทวน (รอบปี พ.ศ.2560)*. ปัตตานี: สำนักงานจังหวัดปัตตานี.
- ชุดิพงศ์ ร่มสนธิ์. (2551). *การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ (วิทยาสตรมหาบัณฑิต)*. สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธณัชชัย วียนนท์, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, และ วิษุวัฒน์ แต่สมบัติ. (2563). การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรี ด้วยแบบจำลอง CA-Markov. *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับนานาชาติ ครั้งที่ 13 และระดับชาติ ครั้งที่ 21* (น. 250-257). ณ โรงแรมแคนทารี โคราช, นครราชสีมา.
- นิติ เอี่ยมชื่น, วันนัชชา เทพวงศ์. (2563). การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUondo กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัฒนธรรมเชิงพื้นที่*, 1(2), 1-13.
- ยงยุทธ ไตรสุรัตน์. (2558). The CLUMondo Land Use Change Model คู่มือการใช้โปรแกรมและแบบฝึกหัด. *คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ*, 61น.
- วันนัชชา เทพวงศ์, ธิดาภัทร อนุชาญ และ นิติ เอี่ยมชื่น. (2565). การเปรียบเทียบแบบจำลอง CLUMondo และแบบจำลอง CA-Logistic ในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมือง กรณีศึกษา อำเภอเมืองเชียงราย จังหวัดเชียงราย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 27(3), 16187-1634.
- วีระภาส คุณรัตน์ศิริ. (2563). การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน. *วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์*, 19(2), 78-100.
- วุฒิพงษ์ นิลจันทร์. (2561). *การเปรียบเทียบการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้ แบบจำลอง CA-MARKOV และ แบบจำลอง LAND CHANGE MODELER กรณีศึกษาจังหวัดพะเยา (ปริญญาโทระดับปริญญาตรี)*. สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.
- ส่วนบริหารและพัฒนาเทคโนโลยีการทะเบียนสำนักงานบริหารการทะเบียน. (2562). สถิติจำนวนประชากรและบ้าน. สืบค้นจาก <https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statINTERNET/fbclid=IwAR1XLPQgWIRdEEQ0yK3MO5KxrM8GKCpuqF9elrKC10TtV7pV2sXZkSADtzo#/>
- Aynew Y. (2008). *Rainfall – Runoff modelling for sustainable water resources management* (Master of Science Thesis). School of Graduate Studies, Ethiopia Addis Ababa University, Ethiopia.
- Cammerer, H., Thieken, A. H., & Verbarg, P. H. (2013). Spatio-temporal dynamics in the flood exposure due to land use changes in the Alpine Lech Valley in Tyrol (Austria). *Natural hazards*, 68, 1243-1270.

- Castella, J. C., & Verburg, P. H. (2007). Combination of process-oriented and pattern-oriented models of land-use change in a mountain area of Vietnam. *Ecological modelling*, 202(3–4), 410–420.
- Fitzpatrick-Lins, K. (1981). Comparison of sampling procedures and data analysis for a land-use and land-cover map. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47(3), 343–351.
- Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. (2013). *Statistical methods for rates and proportions*. John Wiley & sons.
- Gao, P., Gao, Y., Zhang, X., Ye, S., & Song, C. (2022). CLUMondo v2. 0: Improved model by adaptive determination of conversion orders for simulating land system changes with many-to-many demand-supply relationships. *Geoscientific Model Development Discussions*, 1–28.
- Githui, F., Mutua, F., & Bauwens, W. (2009). Estimating the impacts of land-cover change on runoff using the soil and water assessment tool (SWAT): case study of Nzoia catchment, Kenya. *Hydrological sciences journal*, 54(5), 899–908.
- Lin, Y. P., Verburg, P. H., Chang, C. R., Chen, H. Y., & Chen, M. H. (2009). Developing and comparing optimal and empirical land-use models for the development of an urbanized watershed forest in Taiwan. *Landscape and Urban Planning*, 92(3–4), 242–254.
- Luo, G., Yin, C., Chen, X., Xu, W., & Lu, L. (2010). Combining system dynamic model and CLUE-S model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study of Sangong watershed in Xinjiang, China. *Ecological Complexity*, 7(2), 198–207.
- Mehdi, B. B., Ludwig, R., & Lehner, B. (2012). Determining agricultural land use scenarios in a mesoscale Bavarian watershed for modelling future water quality. *Advances in Geosciences*, 31, 9–14.
- Nassar, A. M., Harfuch, L., Bachion, L. C., & Moreira, M. R. (2011). Biofuels and land-use changes: searching for the top model. *Interface Focus*, 1(2), 224–232.
- Oh, Y. G., Yoo, S. H., Lee, S. H., & Choi, J. Y. (2011). Prediction of paddy field change based on climate change scenarios using the CLUE model. *Paddy and Water Environment*, 9, 309–323.
- Orekan, V. O. A. (2007). *Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Benin by using socio-economic and remote sensing data* (Doctoral dissertation). Universitäts-und Landesbibliothek Bonn, Germany.
- Peng, Y., Xu, X., Yu, J., Liu, F., Qin, W., & Xia, Y. (2022). Spatial optimal allocation of land resources in Fengweihan, Kaishan, Laos. *Natural Resources Conservation and Research*, 5(1), 66–74.
- Ruiqi, G. U. O., Bo, L. U., & Kailin, C. H. E. N. (2020). Dynamic simulation of multi-scenario land use change based on CLUMondo model: A case study of coastal cities in Guangxi. *Remote Sensing for Natural Resources*, 32(1), 176–183.
- Schmalz, B., & Fohrer, N. (2009). Comparing model sensitivities of different landscapes using the ecohydrological SWAT model. *Advances in Geosciences*, 21, 91–98.

- Trisurat, Y., Alkemade, R., & Verburg, P. H. (2010). Projecting land–use change and its consequences for biodiversity in Northern Thailand. *Environmental Management*, 45, 626–639.
- Veldkamp, A., & Fresco, L. O. (1996). CLUE–CR: an integrated multi–scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. *Ecological modelling*, 91(1–3), 231–248.
- Verburg, P. H., Van de Steeg, J., & Schulp, N. (2005). Manual for the CLUE–Kenya application. *Department of Environmental Sciences, Wageningen University, Wageningen, Netherlands*, 54p.
- Wang, H., Jin, Y., Hong, X., Tian, F., Wu, J., & Nie, X. (2022). Integrating IPAT and CLUMondo models to assess the impact of carbon peak on land use. *Land*, 11(4), 573.
- Wu, J., Jin, X., Feng, Z., Chen, T., Wang, C., Feng, D., & Lv, J. (2021). Relationship of Ecosystem Services in the Beijing–Tianjin–Hebei Region Based on the Production Possibility Frontier. *Land*, 10(8), 881.
- Yin, L., Dai, E., Xie, G., & Zhang, B. (2021). Effects of land–use intensity and land management policies on evolution of regional land system: A case study in the hengduan mountain region. *Land*, 10(5), 528.