

การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลัส (FLUS)

กรณีศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

วันณชชา เทพวงศ์¹, บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ¹, ธิดาภัทร อนุชาญ² และ นิตี เอี่ยมชื่น^{1*}

Prediction of Future Land Use a Border Town Using FLUS Model:

A Case Study of Amphoe Chiang Khong Chiang Rai Province

Wannutchha Thepwong¹, Boonsiri Sukpromsun¹, Thidapath Anucharn² and Niti Iamchuen^{1*}

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

² Business Information System, Faculty of Business Administration: Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla, 90000

*Corresponding author e-mail: niti018@hotmail.com

Received: April 1, 2022; Revised: May 18, 2022; Accepted: May 24, 2022

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเมืองชายแดนในพื้นที่อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 10 ประเภท ได้แก่ เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานศึกษา คมนาคม ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และแหล่งน้ำ กับข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนด้านกายภาพทั้ง 6 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างจากทางน้ำ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท ปริมาณน้ำฝนรายปี ระยะห่างจากการคมนาคมขนส่ง และระยะห่างจากตลาด มาทำการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลองฟลัส (FLUS) ในการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ.2568 ผลการศึกษพบว่า 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างการพัฒนาจากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอ้างอิงจากกรมพัฒนาที่ดิน มีความถูกต้องโดยรวม ร้อยละ 89.30 และ 2) ผลจากการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปีปัจจุบัน พ.ศ.2559-2568 พบว่า ป่าไม้ และเบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 12,897 และ 1,516 (ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่ เกษตรกรรม หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 11,697 952 และ 919 (ไร่) ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน, FLUS, ปัจจัยกายภาพ, โครงข่ายประสาทเทียม, เชียงของ

Abstract

The objective of this study was monitoring land use change in the border town Amphoe Chiang Khong Chiang Rai Province by using land use data in 2007 and 2016 from Land Development Department (LDD). Land use classification was organized into 10 categories: agriculture, forest, miscellaneous, urban and commercial, residential, governmental institution, transportation, industrial, other and water body combined with 6 physical factors: distance from the stream, dem, slope, annual rainfall, distance from road and distance from market. The FLUS model is addressed in order to predict land use in 2025. The results found that: 1) the overall accuracy of

¹ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาบริหารสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา 90000

land use simulation in 2016 was 89.30% by comparison with land use data from LDD 2) the prediction of land use in 2016–2025 revealed that forest and miscellaneous were decreased in 12,897 rai and 1,516 rai respectively whereas agriculture, village and water body were increased in 11,697 rai, 951 rai 919 rai respectively.

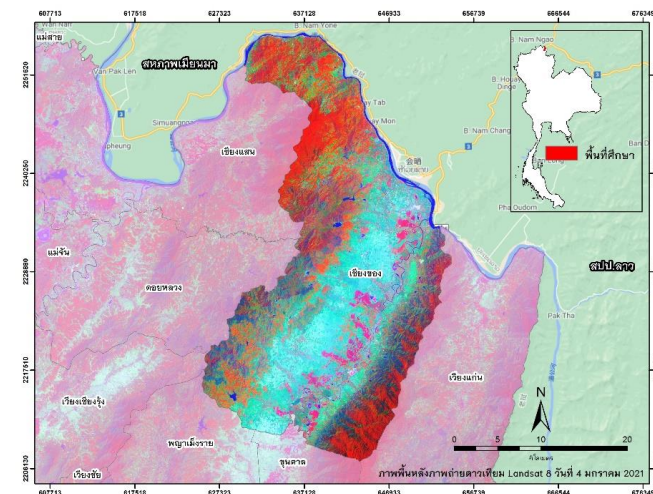
Keyword: Land Use model, FLUS, physical factors, Artificial Neural Networks, Chiang Khong

บทนำ

ปัจจุบันพื้นที่เมืองชายแดนเชียงของ จังหวัดเชียงราย เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม โลจิสติกส์ และพื้นที่เพื่อเตรียมก่อสร้าง โรงแรม ที่พัก รีสอร์ท เป็นต้น (สุภารัตน์ อุทธรรัตน์, และคณะ, 2562) โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลอันเนื่องมาจากเมื่อปี พ.ศ.2558 จังหวัดเชียงรายเข้าสู่ประชาคมอาเซียน (AEC) อย่างเต็มรูปแบบ ทำให้มีการส่งเสริมตลาดฐานการผลิตในด้านต่างๆ อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายและไหลเวียน สินค้า แรงงานฝีมือได้อย่างเสรี ส่งผลให้มีอัตราการเติบโตทางการค้าขายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อการบริหารจัดการพื้นที่ในหลากหลายมิติ โดยในปัจจุบันไม่สามารถจัดการปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลาย สาเหตุดังกล่าวนี้เกิดจากการไม่ควบคุม และขาดการบริหารจัดการ ทำให้มีการขยายตัวแบบไร้ทิศทาง จากผลกระทบที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นจึงทำให้มีการหาวิธีในการแก้ปัญหาโดยใช้แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษา โดยการใช้งานแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) นั้น “จำเป็นจะต้องทราบถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตต่อเนื่องถึงปัจจุบัน เพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต” (วีระภาส คุณรัตนสิริ, 2563)

แบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นแบบจำลองที่นำมาใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ซึ่งประกอบไปด้วยระบบที่มีกระบวนการที่ซับซ้อนและปัจจัยขับเคลื่อน ที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ โดยแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ กลุ่มแรก คือ แบบจำลองที่ไม่ได้คำนึงถึงแรงขับเคลื่อน และกลุ่มที่สอง คือ แบบจำลองที่คำนึงถึงแรงขับเคลื่อน (ชูเดช โลศิริ, 2559) ซึ่งมีแบบจำลองเป็นจำนวนมากที่ถูกนำมาใช้งาน ได้แก่ CA-MARKOV, CLUE-S, SLEUTH, LCM, LTM, URBANSIM และ CLUMONDO เป็นต้น ซึ่งมีการใช้แบบจำลองในการศึกษาการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย เช่น (ธีรเวทย์ ลิ้ม โกลมวิลาศ, 2557) ได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง พ.ศ.2567 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV (สุวิมล ตันศิริ และคณะ, 2561) ใช้แบบจำลอง CA-Markov คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวจังหวัดจันทบุรี (นิติ เอี่ยมชื่น, และคณะ, 2556) ได้ศึกษาการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยแบบจำลอง CLUE-S และถึงแม้ว่าแบบจำลองหลายๆตัวนั้นได้รับความนิยมนำมาใช้ในการศึกษา แต่ก็มีข้อจำกัดที่ทำให้แบบจำลองนั้นไม่เหมาะสมกับการศึกษาในบางครั้ง เช่น แบบจำลอง CA-MARKOV มีข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ ต้องใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน 2 ช่วงเวลาในวิเคราะห์ข้อมูลโดยไม่ได้คำนึงถึงแรงขับเคลื่อน และแบบจำลอง CLUE-S และ CLUMONDO มีข้อจำกัดของแบบจำลอง คือ เป็นแบบจำลองที่ต้องอาศัยปัจจัยขับเคลื่อน (นิติ เอี่ยมชื่น, และคณะ, 2563) จำเป็นต้องกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในอนาคตให้กับแบบจำลอง ทำให้บางครั้งต้องอาศัยการกำหนดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในอนาคตจากแบบจำลองตัวอื่นมาช่วยสนับสนุน แต่ในปัจจุบันมีแบบจำลองอีกตัวหนึ่ง คือ แบบจำลองฟลักซ์ เป็นแบบจำลองที่ใช้ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) ไม่เพียงเท่านั้นยังมีการใช้ Cellular Automata (CA) และ Markov Chain ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต

ดังนั้นการศึกษานี้ได้สังเกตเห็นปัญหาของการขยายตัวแบบไร้ทิศทางที่จะก่อให้เกิดปัญหาสะสมในด้านต่าง ๆ มากยิ่งขึ้นไปในอนาคต (รูปที่ 1) จึงได้นำแบบจำลองฟลักซ์ มาเพื่อพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 472,727 ไร่ เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในการสนับสนุนการวางแผนการพัฒนาและวางแผนผังเขตชายแดนเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อพื้นที่ชายแดนได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนในปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559
2. เพื่อพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนใน ปี พ.ศ.2568

วิธีการศึกษา

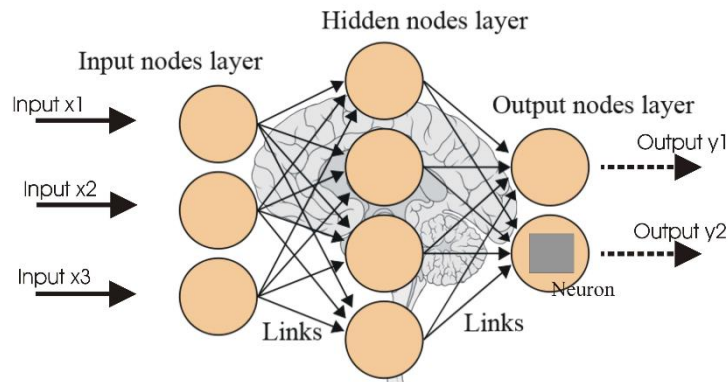
การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลักซ์ กรณีศึกษา อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย จะมุ่งเน้นไปที่การศึกษากการสร้างแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยต่าง ๆ เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต เนื้อหาในส่วนนี้กล่าวถึง แนวคิดและหลักการทำงานของแบบจำลองฟลักซ์ โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) การตรวจสอบความถูกต้อง การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

แบบจำลองฟลักซ์ FLUS

แบบจำลองฟลักซ์ ถูกสร้างขึ้นในซอฟต์แวร์ GUI ชื่อ GEOSOS-FLUS ที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยแห่งชาติจีน ตะวันออก (East China Normal University: ECNU) เป็นแบบจำลองแบบบูรณาการสำหรับการจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินหลายประเภท ที่เกิดผลกระทบจากมนุษย์และธรรมชาติ มีรูปแบบการจัดสรรพื้นที่ตามทฤษฎีของ Cellular Automata (CA) สำหรับจำลองวิเคราะห์สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ANN) สำหรับการพิจารณาทั้งกิจกรรมของมนุษย์และผลกระทบทางระบบนิเวศน์ตามธรรมชาติโดยการหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่างรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และแรงผลักดันต่าง ๆ ของมนุษย์และธรรมชาติ (Liu et al, 2020)

โครงข่ายประสาทเทียม (ANN)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) คือ ระบบคอมพิวเตอร์จากโมเดลทางคณิตศาสตร์ เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) ที่เลียนแบบหลักการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งสมองประกอบด้วยหน่วยประมวลผลพื้นฐานที่เรียกว่า นิวรอน (เซลล์ประสาท หรือ Neuron) และจุดประสานประสาท (Synapses) ที่ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ โยประสาท (Dendrite) ตัวเซลล์ (Soma) และแกนประสาท (Axon) ในแต่ละโครงข่ายประสาทจะเชื่อมต่อกัน (อำภา สารศิริ, 2559)ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา: Syed, D.A. and Rahul A. (2016). (Syed et al, 2016)

การตรวจสอบความถูกต้อง

การวิเคราะห์ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เป็นการประเมินความถูกต้องโดยรวมของข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ ข้อมูลภาพแปลตีความ (Class) กับข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์ในตารางเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะคำนวณได้จากค่าผลรวมแนวทแยงหลัก และหารด้วยผลรวมทั้งหมดจุดภาพ โดยจะคำนวณออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้อง ดังรูปที่ 3

		j = Columns (Reference)				Row Total
		1	2	$\dots$	x_{j+}	
i = Rows (Classification)	1	x_{11}	x_{12}	x_{1k}	x_{1+}	
	2	x_{21}	x_{22}	x_{2k}	x_{2+}	
	$\dots$	x_{k1}	x_{k2}	x_{kk}	x_{k+}	
	Column Total	x_{+1}	x_{+2}	x_{+3}	x_{+4}	
เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน						
$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^K N_{ii}}{N}$ โดย I คือ แถว (Row) J คือ แนวตั้ง (Column) N_{ij} คือ แถวที่ i แนวตั้งที่ j หรือแถวที่ j บรรทัดที่ i N คือ ผลรวมทั้งหมด						
สมการในการคำนวณค่าความถูกต้องโดยรวม						

รูปที่ 3 การวิเคราะห์ค่าความถูกต้อง

ที่มา: ทรัน วัน นินห์ และ ชาติชาย ไวยสุระสิงห์. (2560). (ทรัน วัน นินห์, และคณะ, 2560)

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 6 งาน (ตารางที่ 1) มีปัจจัยทั้งหมด 17 ปัจจัย ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการศึกษาตามวัตถุประสงค์ บริบทของพื้นที่ และการนำข้อมูลมาแปลงเป็นข้อมูลทางภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าเหลือเพียง 6 ปัจจัยที่จะนำมาใช้ศึกษา ได้แก่ เส้นทางการคมนาคม ความสูงเชิงเลข ความลาดเท ปริมาณน้ำฝน การคมนาคมขนส่ง และที่ตั้งตลาด ในการเลือกปัจจัย จะเลือกปัจจัยที่มีการใช้ในงานตั้งแต่ 2 งานขึ้นไป จากการอ่านบทความ ทั้ง 6 บทความดังตารางที่ 1 จึงเหลือ 9 ปัจจัย คือ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท เส้นทางการคมนาคมขนส่ง หมู่บ้าน ดิน ปริมาณน้ำฝน ทิศทางความลาด และทางรถไฟ แต่เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษาเป็นอำเภอเชิงทอง ซึ่งติดกับประเทศเพื่อนบ้าน และเป็นแหล่งการค้าชายแดน จึงยังนำปัจจัยระยะห่างจากตลาดมาใช้งาน และตัดปัจจัย หมู่บ้าน ดิน ทิศทางความลาด และทางรถไฟออก เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

- 1.ปัจจัยหมู่บ้านจัดอยู่ในหมวดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมือง
- 2.ปัจจัยดิน เนื่องจากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แบ่งประเภทเป็นพื้นที่เกษตรอยู่แล้วสามารถบอกถึงพื้นที่เกษตรที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงไม่นำปัจจัยดินมาใช้ในการคาดการณ์
- 3.ปัจจัยทิศทางความลาด เนื่องจากใช้ปัจจัยความลาดเทบอกถึงความชันของพื้นที่แล้วจึงไม่นำปัจจัยทิศทางความลาดไปใช้
- 4.ปัจจัยทางรถไฟ เนื่องจากอำเภอเชิงทองไม่มีทางรถไฟ จึงเหลืออยู่ 6 ปัจจัยได้แก่ ความสูงเชิงเลข ความลาดเท เส้นทางการคมนาคมขนส่ง ปริมาณน้ำฝน และระยะห่างจากตลาด

การรวบรวมข้อมูล

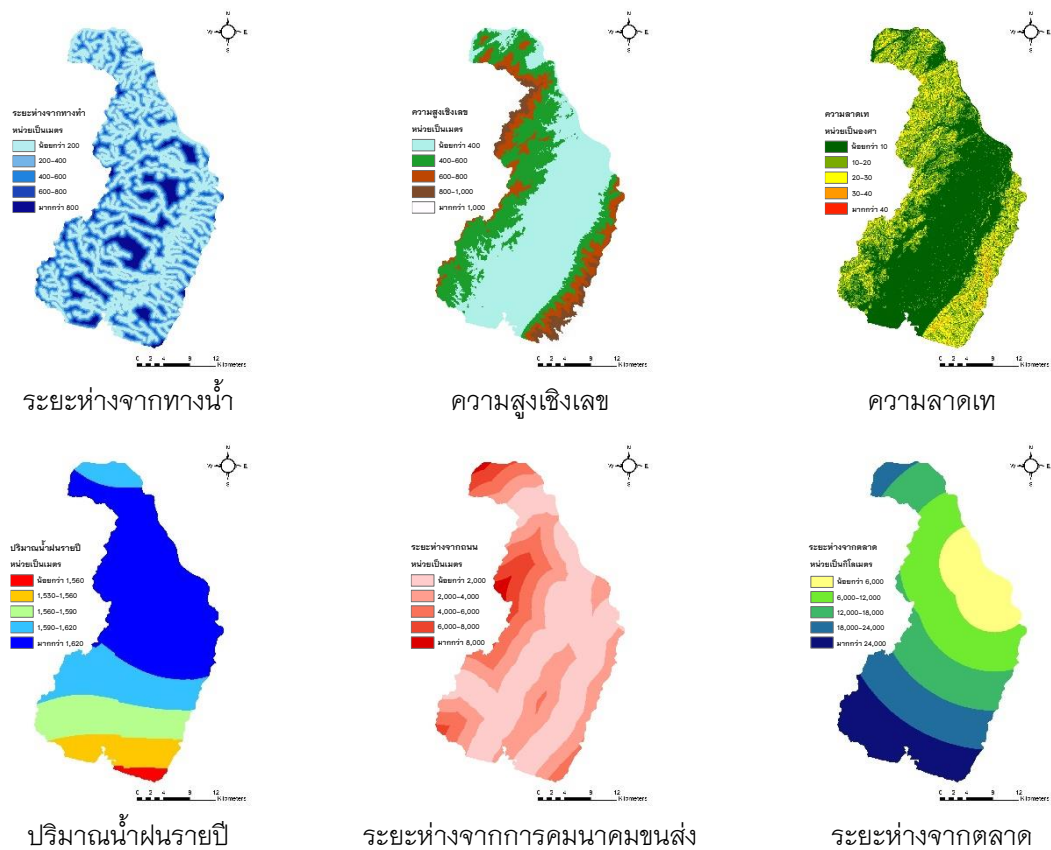
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้ข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 ใช้ขนาดละเอียดจุดภาพ 40 เมตร และปัจจัย รวมทั้งหมด 6 ปัจจัย (ตามตารางที่ 2 รูปที่ 4) กำหนดความละเอียดจุดภาพ 40 เมตร

ตารางที่ 1 ปัจจัยขับเคลื่อนที่ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้เขียน	พื้นที่ศึกษา	ปัจจัยขับเคลื่อนการใช้ประโยชน์ที่ดิน														
		ความสูงเชิงเลข	ความลาดเท	เส้นทางการคมนาคม	ดิน	ปริมาณน้ำฝน	การคมนาคมขนส่ง	หมู่บ้าน	บ่อน้ำ	รอยเลื่อน	ระยะห่างจากตลาด	เขื่อน	อุณหภูมิ	ประชากร	ทิศทางความลาด	ทางรถไฟ
นิติ และ วันฉัตรชา (2563)	พะเยา	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
ธณัชชัย และคณะ (2563)	เพชรบุรี	x	x	x			x	x								
วุฒิพงษ์ (2560)	อุดรดิตถ์	x	x	x			x				x					
Vliet and Malek (2015)	สปป.ลาว	x	x	x	x	x		x			x		x	x		
คมสัน (2550)	เชียงใหม่	x	x	x			x								x	x
ชัยวัฒน์ และคณะ (2563)	เชียงใหม่	x	x	x			x	x							x	x
รวม		6	6	6	2	2	5	4	1	1	1	1	1	1	2	2

ตารางที่ 2 ปัจจัย (Factor)

ลำดับ	ปัจจัย	คำอธิบาย (หน่วย)	แหล่งที่มา
1	เส้นทางน้ำ	ระยะห่างจากทางน้ำ (เมตร)	กรมแผนที่ทหาร
2	ความสูงเชิงเลข	ความสูงเชิงเลข (เมตร)	USGS (SRTM GLOBAL DEM)
3	ความลาดเท	ความลาดเท (องศา)	สร้างจากความสูงเชิงเลข
4	ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย	ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร/ปี)	กรมอุตุนิยมวิทยา
5	การคมนาคมขนส่ง	ระยะห่างจากการคมนาคมขนส่ง (เมตร)	กรมแผนที่ทหาร
6	ที่ตั้งตลาด	ระยะห่างจากตลาด (เมตร)	จากการสำรวจ



รูปที่ 4 ปัจจัยในการศึกษา

การเตรียมข้อมูล

ทำการแบ่งข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา โดยจะจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็นทั้งสิ้น 10 ประเภทด้วยกัน ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานิคมณฑล ย่านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ อื่น ๆ

การจัดทำชั้นข้อมูลปัจจัยต่างๆ ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลด้านภูมิสารสนเทศ เพื่อนำมาวิเคราะห์ชั้นข้อมูลทั้ง 6 ปัจจัย จากนั้นทำการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลราสเตอร์ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลราสเตอร์ (Rasterization)

ระยะห่างจากทางน้ำ : (Stream) ได้จากข้อมูลเส้นทางน้ำจากกรมแผนที่ทหาร เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance

ความสูงเชิงเลข : (Digital Elevation Model: DEM) จัดเก็บอยู่ในข้อมูลประเภท Raster ใช้สำหรับแสดงค่าความสูงของภูมิประเทศในพื้นที่ศึกษา แหล่งที่มาของข้อมูล : สำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาสหรัฐ : USGS ASTER-DEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) โดยผ่านเว็บไซต์ของ USGS EarthExplorer (USGS, 2022)

ความลาดเท : (Slope) สร้างจากข้อมูล DEM ซึ่งข้อมูลประเภท Raster ซึ่งจะใช้สำหรับแสดงค่าความลาดชันของพื้นที่ศึกษาในรูปแบบองศา (Degree)

ปริมาณน้ำฝนรายปี : (Annual Rainfall) เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมรายปี ณ ตำแหน่งของจุดสถานีตรวจวัดที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยจะนำข้อมูลที่ได้นั้นมาทำการประมาณค่าด้วยวิธีการ Inverse Distance Weighted (IDW)

ระยะห่างจากการคมนาคมขนส่ง : (Road) ได้จากกรมแผนที่ทหาร เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance

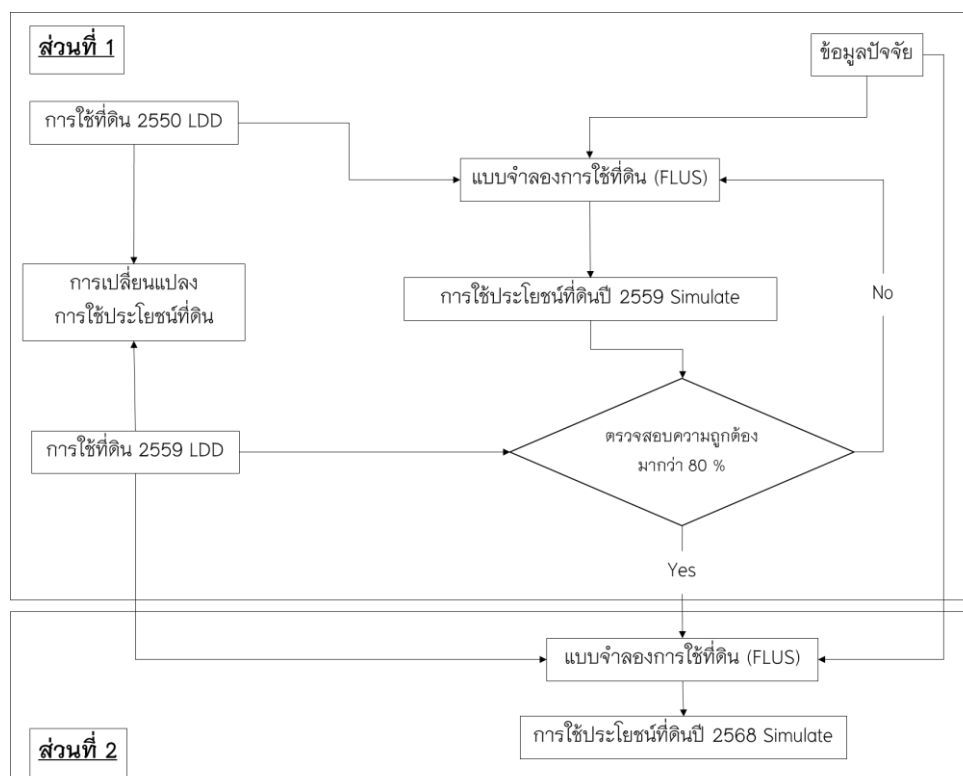
ระยะห่างจากตลาด : (Market) ได้จากการสำรวจ เป็นข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลประเภท Vector จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้เป็น Raster โดยใช้วิธีการสร้างระยะห่างด้วยวิธี Euclidean Distance

การวิเคราะห์ข้อมูล

การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดนด้วยแบบจำลองฟลัส กรณีศึกษา อำเภอยะรังของจังหวัดเชียงรายในอนาคต มีลำดับขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ **ส่วนแรก** คือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559 และ**ส่วนที่สอง** คือ การพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ.2568 (รูปที่ 5)

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2550 และ พ.ศ.2559 ทำการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินออกเป็น 10 ประเภท ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ ย่านอุตสาหกรรม สถานีคมนาคม พื้นที่อื่นๆ แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ และเบ็ดเตล็ด จากนั้นใช้เทคนิคการรวมกันระหว่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินตามช่วงเวลาที่ต้องการทำการการศึกษา คือระหว่าง พ.ศ.2550 และ พ.ศ. 2559 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยจะแสดงค่าเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากประเภทหนึ่งไปยังประเภทหนึ่ง (From-to) และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฟลัส โดยพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 โดยแบบจำลองที่ใช้แสดงถึงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ที่มีความน่าจะเป็นที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2550 (ปีฐาน) ทั้ง 10 ประเภท กับข้อมูลปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ด้วยแบบโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์เพื่อวิเคราะห์ เพื่อพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 และทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเทียบเคียงกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2559 (อ้างอิง) มาเปรียบเทียบหาความสอดคล้องข้อมูล ซึ่งโดยทั่วไปหากทำการเปรียบเทียบแล้วมีข้อมูลตรงกันมากกว่า 80 เปอร์เซนต์ ถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง (Wang et al, 2021)

จากนั้นทำการพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน ปี พ.ศ.2568 โดยนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 มาทำการวิเคราะห์เมทริกซ์คำนวณความน่าจะเป็นของการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 จากนั้นนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2559 (ปีฐาน) ทั้ง 10 ประเภท กับข้อมูลปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ และกำหนดค่าพารามิเตอร์แบบเดียวกันกับการพยากรณ์ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2559 เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2568 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ผังการดำเนินการรวม

ผลการศึกษา

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559

จากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 472,727 ไร่ ในปี พ.ศ.2550 (รูปที่ 6) และ ในปี พ.ศ.2559 (รูปที่ 7) โดยได้แบ่ง ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 10 ประเภทได้แก่ เกษตรกรรม ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานีคมนาคม ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และแหล่งน้ำ

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2550-2559 โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม หมู่บ้าน แหล่งน้ำ สถานที่ราชการ ตัวเมืองและย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม สถานีคมนาคม และพื้นที่อื่นๆ โดยเพิ่มขึ้น 42,111 , 2,143 , 1,464 , 328 , 211 , 176 , 141 และ 51 ไร่ ตามลำดับ โดยป่าไม้และเบ็ดเตล็ด มีพื้นที่ลดลง 43,291 และ 3,334 ไร่ ตามลำดับ โดยภาพรวมจะพบว่าเกษตรกรรมเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปีราว 4,679 ไร่ ซึ่งมาจากการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550 และปี พ.ศ.2559

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่(ไร่)			
	พ.ศ.2550	พ.ศ.2559	การเปลี่ยนแปลง	การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย/ปี
			รวม	
เกษตรกรรม (A)	204,689	246,800	42,111	4,679
ป่าไม้ (F)	221,413	178,122	- 43,291	-4,810
เบ็ดเตล็ด (M)	20,844	17,510	- 3,334	-370
ตัวเมืองและย่านการค้า (U1)	3,857	4,068	211	23
หมู่บ้าน (U2)	12,341	14,484	2,143	238
สถานที่ราชการ (U3)	475	803	328	36
สถานีนครนาค (U4)	-	141	141	16
ย่านอุตสาหกรรม (U5)	250	426	176	20
พื้นที่อื่นๆ (U6)	266	317	51	6
แหล่งน้ำ (W)	8,592	10,056	1,464	163
รวม	472,727	472,727		

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองฟลัส

การตรวจสอบความถูกต้องหรือความน่าเชื่อถือของแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินนิยมทำการทดสอบแบบจำลองในการคาดการณ์ในปัจจุบัน (Simulation) เทียบกับข้อมูลอ้างอิง (Reference) เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงไร จะทำการวัดค่าความถูกต้องโดยรวมประกอบการตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลตั้งต้นในการจำลองสถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2550 (รูปที่ 6) พร้อมกับปัจจัยทั้ง 6 ประการมาคาดการณ์ด้วยแบบจำลองฟลัส ผลลัพธ์ปี พ.ศ.2559 (รูปที่ 8) แล้วนำมาตรวจสอบโดยเทียบกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปีในปีเดียวกัน (พ.ศ.2559) ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน (รูปที่ 7) ในแบบทุกตำแหน่งเทียบ (Pixel by pixel) ตรวจสอบความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) พบว่า แบบจำลองมีความถูกต้องรวมเท่ากับ 89.30 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อแยกพิจารณารายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า เกษตรกรรมมีพื้นที่ต่างกัน 24,565 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.95 ของพื้นที่อ้างอิง (กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2559) ป่าไม้ที่มีพื้นที่ต่างกัน 26,163 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.59 เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่ต่างกัน 734 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.19 ตัวเมืองและย่านการค้าที่ต่างกัน 104 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.56 หมู่บ้านที่ต่างกัน 1,382 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.54 สถานที่ราชการที่ต่างกัน 364 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 45.33 สถานีนครนาคที่ต่างกัน 141 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 100 ย่านอุตสาหกรรมที่ต่างกัน 44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.33 พื้นที่อื่นๆที่ต่างกัน 22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.94 และแหล่งน้ำที่ต่างกัน 571 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.68 (ตารางที่ 4) ในส่วนของสถานที่ราชการ และ สถานีนครนาค ที่ค่ามีความแตกต่างกันมาก แต่ถ้าพิจารณาเทียบเคียงผลการคาดการณ์จากแบบจำลองฟลัสในปี พ.ศ.2559 เทียบกับข้อมูลตั้งต้น (ปี พ.ศ.2550) ก็ยังมีค่าต่างกันไม่มากนัก เช่น สถานที่ราชการปี พ.ศ.2550 มีพื้นที่ 475 ไร่ แบบจำลองฟลัส ปี พ.ศ. 2559 ได้พื้นที่ 439 ไร่ เช่นเดียวกับ สถานีนครนาคที่ปี พ.ศ. 2550 ไม่พบการใช้ที่ดินประเภทนี้ ผลจากแบบจำลองฟลัสในปี พ.ศ. 2559 จึงไม่พบเช่นกัน หรือพิจารณาจากแผนที่เทียบเคียง (รูปที่ 7-8) ในภาพรวมแทบไม่เห็นความแตกต่าง

ตารางที่ 4 ความแตกต่างระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองฟลักซ์ ปี พ.ศ.2559

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่(ไร่)		
	กรมพัฒนาที่ดิน (2559)	แบบจำลอง (2559)	ความแตกต่าง (%)
เกษตรกรรม (A)	246,800	222,235	-9.95
ป่าไม้ (F)	178,122	204,285	14.69
เบ็ดเตล็ด (M)	17,510	18,244	4.19
ตัวเมืองและย่านการค้า (U1)	4,068	4,172	2.56
หมู่บ้าน (U2)	14,484	13,102	-9.54
สถานที่ราชการ (U3)	803	439	-45.33
สถานีนครนาค (U4)	141	0	-100.00
ย่านอุตสาหกรรม (U5)	426	470	10.33
พื้นที่อื่นๆ (U6)	317	295	-6.94
แหล่งน้ำ (W)	10,056	9,485	-5.68
รวม	472,727	472,727	-
Overall Accuracy		89.30	

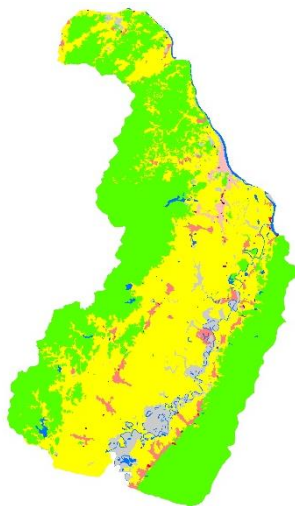
การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2568

การพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ในอีก 10 ปี ข้างหน้าด้วยแบบจำลอง FLUS โดยในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ได้มาจากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2550-2559 ในการกำหนดค่าการจำลองการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท พบว่ามีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม 11,697 ไร่ ตัวเมืองและย่านการค้า 559 ไร่ หมู่บ้าน 952 ไร่ สถานที่ราชการ 24 ไร่ สถานีนครนาค 116 ไร่ ย่านอุตสาหกรรม 76 ไร่ พื้นที่อื่นๆ 70 ไร่ และแหล่งน้ำ 919 ไร่ โดยพื้นที่ลดลงได้แก่ ป่าไม้ และเบ็ดเตล็ด ลดลง 12,897 ไร่ และ 1,516 ไร่ ตามลำดับ (รูปที่ 9 และตารางที่ 5)

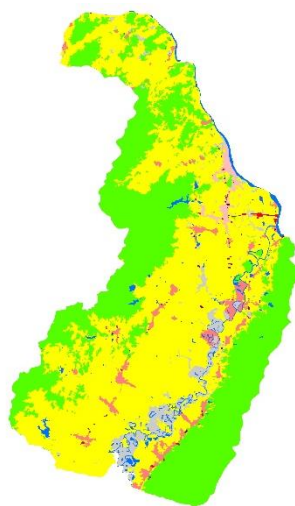
ตารางที่ 5 การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ.2568 (ไร่)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่(ไร่)		การเปลี่ยนแปลงเทียบ พ.ศ.2559
	พ.ศ.2559 (กรมพัฒนาที่ดิน)	พ.ศ.2568 (แบบจำลอง)	
เกษตรกรรม (A)	246,800	258,497	11,697
ป่าไม้ (F)	178,122	165,225	-12,897
เบ็ดเตล็ด (M)	17,510	15,994	-1,516
ตัวเมืองและย่านการค้า (U1)	4,068	4,627	559
หมู่บ้าน (U2)	14,484	15,436	952
สถานที่ราชการ (U3)	803	827	24
สถานีนครนาค (U4)	141	257	116

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่(ไร่)		การเปลี่ยนแปลง เทียบ พ.ศ.2559
	พ.ศ.2559 (กรมพัฒนาที่ดิน)	พ.ศ.2568 (แบบจำลอง)	
ย่านอุตสาหกรรม (U5)	426	502	76
พื้นที่อื่นๆ (U6)	317	387	70
แหล่งน้ำ (W)	10,056	10,975	919
รวม	472,727	472,727	100



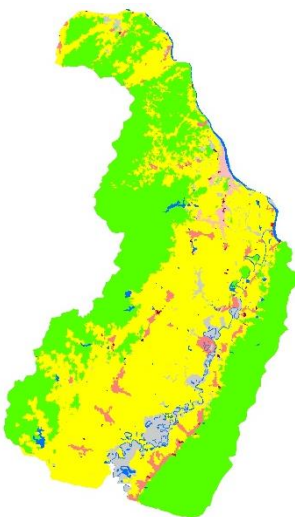
รูปที่ 6 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2550



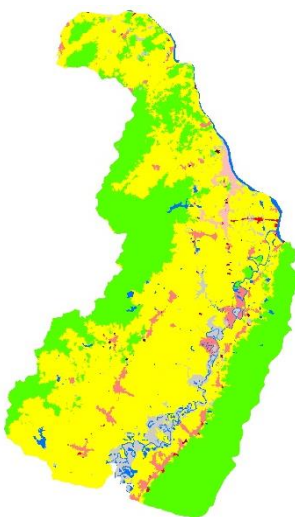
รูปที่ 7 การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559

คำอธิบายสัญลักษณ์

- พื้นที่เกษตรกรรม
- พื้นที่ป่าไม้
- พื้นที่เปิดเตล็ด
- พื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้า
- พื้นที่หมู่บ้าน
- พื้นที่สถานที่ราชการ
- พื้นที่สถานศึกษา
- พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม
- พื้นที่อื่นๆ
- พื้นที่แหล่งน้ำ

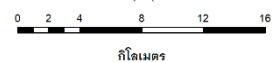


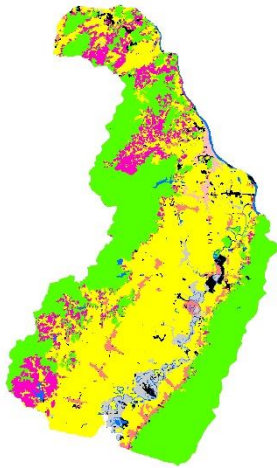
รูปที่ 8 การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง ปี พ.ศ.2559



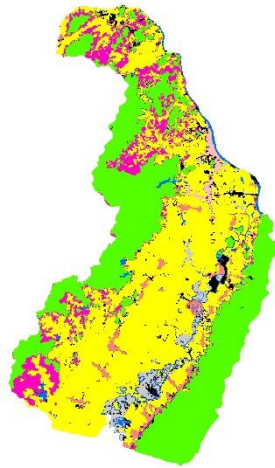
รูปที่ 9 การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง ปี พ.ศ.2568

- พื้นที่เกษตรกรรม
- พื้นที่ป่าไม้
- พื้นที่เปิดเตล็ด
- พื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้า
- พื้นที่หมู่บ้าน
- พื้นที่สถานที่ราชการ
- พื้นที่ย่านอุตสาหกรรม
- พื้นที่แหล่งน้ำ
- พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
- พื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม

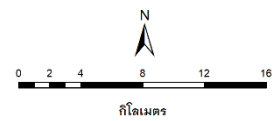




รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลง
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2550-
2559 ของกรมพัฒนาที่ดิน



รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลง
การใช้ประโยชน์ที่ดินจากแบบจำลอง ปี
พ.ศ.2559-2568



สรุปและอภิปรายผล

การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ใช้ปี พ.ศ.2550 และ ปี พ.ศ.2559 และข้อมูลปัจจัยขับเคลื่อนทางกายภาพ เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจำลองสถานการณ์ การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

การใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ.2550 และปี พ.ศ.2559 พบว่า มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด คือ ป่าไม้ รองลงมา คือ เกษตรกรรม เบ็ดเตล็ด หมู่บ้าน แหล่งน้ำ สถานที่ราชการ ตัวเมืองและย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม สถานีคมนาคม และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ การพยากรณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2559 ที่ได้จากแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทตรงกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2559 ที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน มีพื้นที่ตรงกันร้อยละ 89.30 ของพื้นที่ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเชื่อมั่นสูง และ ยังพบว่ามีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับงานของ [19] ซึ่งมีค่าความถูกต้องร้อยละ 90% แต่พบว่าในกรณีที่ปีเริ่มต้น (Base line) ไม่พบหรือมีพื้นที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อย จะทำให้ในการคาดการณ์คลาดเคลื่อนมากพอสมควร เช่น สถานที่ราชการ และ สถานีคมนาคม เป็นต้น และส่งผลต่อการคาดการณ์ในอนาคตต่อไป การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2568 ที่ได้จากแบบจำลองฟลักซ์ (FLUS) พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากที่สุด คือ เกษตรกรรม รองลงมา คือ ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด หมู่บ้าน แหล่งน้ำ ตัวเมืองและย่านการค้า สถานที่ราชการ ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และสถานีคมนาคม ตามลำดับ มีแนวโน้มสอดคล้องในทิศทางเดียวกับการคาดการณ์ในปี พ.ศ.2559 กล่าวคือ ถ้ามีแนวโน้มในปี พ.ศ.2559 อย่างไร ปีคาดการณ์ต่อเนื่อง (2568) จะมีทิศทางเดียวกัน และจากการคาดการณ์ทำให้ทราบว่าพื้นที่เกษตรกรรมจะเพิ่มขึ้นในบริเวณพื้นที่ป่าไม้ อาจเป็นผลมาจากทางชุมชนมีการใช้พื้นที่ป่าไม้มาทำเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จึงทำให้มีพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น จึงทำให้พื้นที่เกษตรกรรมขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอำเภอเชียงของระหว่างปี พ.ศ.2559 และปี พ.ศ.2568 พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ เกษตรกรรม ตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานีคมนาคม ย่านอุตสาหกรรม พื้นที่อื่นๆ และแหล่งน้ำ ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลง

ได้แก่ ป่าไม้ เบ็ดเตล็ด และค่าที่แสดงความถูกต้องโดยรวมของการตรวจสอบความถูกต้อง เมื่อเปรียบเทียบตามเกณฑ์อ้างอิง จาก (Congalton, 2001) ได้แบ่งค่าความถูกต้องไว้ว่าความมากกว่า 0.80 ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้พอสรุปได้ว่า แบบจำลองฟัสนี้มีความสามารถในการพยากรณ์ที่ดี ประกอบกับการนำปัจจัยกายภาพมาใช้ร่วมในการพิจารณา ทำให้มีความน่าเชื่อถือเพราะใช้ข้อมูลตั้งต้นทั้ง การใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับปัจจัยในการวิเคราะห์แบบโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งแตกต่างจากแบบจำลองอื่นๆ ในการศึกษาครั้งต่อไป อาจนำแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่น ๆ มาเทียบเคียงในพื้นที่เดียวกัน หรือทดสอบกับเมืองที่มีการขยายตัวช้าเร็วแตกต่างกันไปอาจมีบริบทที่เหมาะสมกับแบบจำลองใดแบบจำลองหนึ่งเป็นการเฉพาะก็อาจเป็นไปได้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากมีแบบจำลองอื่นๆ ที่คล้ายกับแบบจำลองฟัสน์ เช่นแบบจำลองฟัสน์ อาจจะทดลองคาดการณ์หรือทดสอบกับแบบจำลองที่คล้ายกัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงที่คาดการณ์ว่าทั้ง 2 แบบจำลองมีการคาดการณ์ไปในทิศทางเดียวหรือใกล้เคียงกัน
2. ผลการคาดการณ์ที่ได้ก็นำเอาผลไปใช้ในการตรวจสอบกับพื้นที่จริงหรือลงสู่จุดเพื่อดูพื้นที่จริงกับผลที่คาดการณ์ ว่ามีการคาดการณ์ที่ตรงกันหรือไม่ หากว่ามีทิศทางตรงกันหรือคล้ายกัน อาจนำผลไปตัดสินใจวางแผนเชิงพื้นที่เพื่อควบคุมทิศทางการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- คมสัน คีร์วงศ์วัฒนา. (2550). การประยุกต์แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่หยอด อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. สาขาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต(การจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ชัยวัฒน์ บุญตัน, วันณัชชา เทพวงศ์, บุญศิริ สุขพร้อมสรรพ, ธิดาภัทร อนุชาญ, และ นิติ เอี่ยมชื่น. (2563). แบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอเมืองเชียงใหม่และพื้นที่โดยรอบ. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการแข่งขันพื้นที่. 2(2), 40-51.
- ชูเดช โลศิริ. (2559). แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการคาดการณ์พื้นที่เมืองในอนาคต. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 19, 340-357.
- ทรัน วัน นิन्ह, และ ซาดิซาย ไวยสุระสิงห์. (2560). การศึกษาเปรียบเทียบวิธีแบบความน่าจะเป็นได้ที่สูงกับวิธีสหพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเมืองขอนแก่น. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 17(4), 49-60.
- ธวัชชัย วิทยานนท์, ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์, และ วิษุวัฒน์ก์ แด่มสมบัติ. (2563). การคาดการณ์การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาย่อยห้วยผาก จังหวัดเพชรบุรีด้วยแบบจำลอง CA-Markov. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับนานาชาติ ครั้งที่ 13 และระดับชาติ ครั้งที่ 21 (154-161). นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
- ธีรเวทย์ ลิ้มโกลมวิลาศ. (2557). คาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง พ.ศ.2567 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 17, 94-113.
- นิติ เอี่ยมชื่น, และวันณัชชา เทพวงศ์. (2563). การพยากรณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CLUondo กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิชาการเพื่อการพัฒนาวัตกรรมการแข่งขันพื้นที่. 1(2), 1-13.

- นิติ เอี่ยมชื่น, และวันฉัตร เทพวงศ์. (2563). การหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับการใช้ที่ดินเพื่อ
คาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต. *วารสารวิจัยและสารสถาปัตยกรรม การผังเมือง*. 17(2), 79-92.
- นิติ เอี่ยมชื่น, และสุวิทย์ อ่องสมหวัง. (2556). การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยแบบจำลองคลูเอส (CLUE-S)
กรณีศึกษา บริเวณพื้นที่โดยรอบกว๊านพะเยา จังหวัดพะเยา. *วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและ
สารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย*. 15(1), 26-31.
- วีระภาส คุณรัตนศิริ. (2563). การศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลอง CA-Markov และแบบจำลอง CLUE-S เพื่อ
คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดน่าน. *วารสารวิทยาศาสตร์
ประยุกต์*. 19(2), 78-100.
- วุฒิพงษ์ นิลจันทร์. (2560). การเปรียบเทียบการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินโดยใช้แบบจำลอง CA-
Markov และ แบบจำลอง Land Change Modeler: กรณีศึกษาจังหวัดอุดรธานี. *สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา*.
- สุธาร์ตน์ อุทธารัตน์, และ มานัส ศรีวิชัย. (2562). การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินของเมืองชายแดน: กรณีศึกษา
เมืองชายแดนเชียงของ ภายใต้พื้นที่เทศบาลเวียง อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย. *วารสารวิจัยและสาร
สถาปัตยกรรม/การผังเมือง*. 16(2), 93-112.
- สุวิมล ดันศิริ, วันชัย อรุณประภารัตน์, และวีระภาส คุณรัตนศิริ (2561). การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์
ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวจังหวัดจันทบุรี. *วารสารว
นศาสตร์*. 37(2), 138-150.
- อำภา สารศิริ. (2559). เทคนิคการเรียนรู้พื้นฐานโครงข่ายประสาทเทียม. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.
- Congalton, R. (2001). Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information.
International Journal of Wildland Fire, 10, 321-328.
- Liu, X., Li, X., & Liang, X. (2020). *A Future Land Use Simulation Model by coupling Human and Natural Effects, GeoSOS-FLUS User's Manual*. Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, PR China, 21p.
- Syed, D. A., & Rahul A. (2016). *The Evolution and Core Concepts of Deep Learning & Neural Networks*. *Analytics Vidhya*. สืบค้นจาก <https://www.Analyticsvidhya.Com/Blog/2016/08/Evolution-Core-Concepts-Deep-Learning>.
- USGS. (2022). *USGS EarthExplorer*. Retrieved from <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Vliet, J. v., & Malek. (2015). *The CLUMondo Land Use Change Model Manual and exercises*. University of Amsterdam, Netherlands.
- Wang, Q., Guan, Q., Lin, J., Luo, H., Tan, Z., & Ma, Y. (2021). *Simulating land use/land cover change in an arid region with the coupling models*. *Ecological Indicators*, 122, 107231.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107231>.