

นิพนธ์ต้นฉบับ

การคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
ของพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย จังหวัดลำปาง

Prediction of Land Use Changes for the Mae Soi River Sub-basin, Lampang
Province, Using a Neural Network Model

นิรชา สุขยวง^{1*}
กาญจน์เชจร ชูชีพ¹
ปิยพงษ์ ทองดินอก¹

Niracha Sukyung^{1*}
Kankhajane Chuchip¹
Piyapong Tongdeenok¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: a.niracha7839@gmail.com

รับต้นฉบับ 25 พฤษภาคม 2565

รับแก้ไข 1 กรกฎาคม 2565

รับลงพิมพ์ 8 กรกฎาคม 2565

ABSTRACT

The purpose of this research was to measure and forecast the land use changes in the Mae Soi River Sub-basin, Lampang Province. Landsat satellite imagery data during the years 2001, 2011, and 2021 were used to detect such changes and make future predictions. All three years of satellite imagery data have been geometrically revised for geographic compatibility. The image data was classified and the accuracy was determined using the kappa statistic, while the prediction of land use change was made using a neural network model combined with factors influencing the changes in land use.

The study found that there was a change in land use between 2001 to 2011, with the most reduction of approximately 30,011 rai (4,801.76 ha) occurring in agricultural land, which was converted to forest land. Between 2011 and 2021, the watershed quality forests under class 1 and 2 in the Chae Son sub – district experienced the greatest reduction of approximately 2,762 rai (441.92 ha). A neural network model was used to predict the land use change by the 2031. The Jupyter Notebook platform provides the best estimate with an accuracy of 79.9 percent. Based on the predicted change between 2021 to 2031, it was observed that the forest land would decrease continuously, with approximately 13,268 rai (2,122.88 ha) being converted to agricultural land. The study area should be a defensive measure and allocate suitable areas for agriculture. In order to prevent the ingress of agricultural land into the watershed quality forests class 1 and 2, especially in the Chae Son subdistrict. Agroforestry systems can be promoted in the study area in order to promote sustainable use.

Keywords: Land use; Land use change; Driving forces of land use change; Neural network model; Mae Soi river sub-basin

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย จังหวัดลำปาง โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2544, 2554 และ 2564 ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาในอนาคต ภาพดาวเทียมทั้ง 3 ปีต้องมีการปรับแก้เรขาคณิตเพื่อให้ภาพดาวเทียมเข้ากับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทด้วยค่าสถิติแคปปา และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับตัวแปรขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ผลการศึกษาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2554 โดยพื้นที่เกษตรกรรมมีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุด โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 30,011 ไร่ (4,801.76 เฮกตาร์) ในปี พ.ศ. 2554 – 2564 พื้นที่ป่าไม้ในเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ลดลงมากที่สุดโดยประมาณ 2,762 ไร่ (441.92 เฮกตาร์) จากการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในอีก 10 ปีข้างหน้า (ปี พ.ศ. 2574) ด้วยแพลตฟอร์ม Jupyter Notebook ให้ค่าความถูกต้องในการคาดการณ์สูงที่สุดคือ ร้อยละ 79.9 ผลลัพธ์จากการคาดการณ์ช่วงปี พ.ศ. 2564 – 2574 พื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 13,268 ไร่ (2,122.88 เฮกตาร์) ควรมีมาตรการป้องกันและจัดสรรพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำเกษตรกรรม เพื่อป้องกันไม่ให้พื้นที่เกษตรกรรมมีการขยายพื้นที่เข้าไปเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลแจ้ซ้อน และส่งเสริมการทำระบบวนเกษตรเพื่อใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตัวแปรขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย

คำนำ

การใช้ที่ดินในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากตัวแปรขับเคลื่อนทางกายภาพและทางเศรษฐกิจสังคม เช่น ความลาดชัน กลุ่มชุดดิน จำนวนประชากร เป็นต้น โดยการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีทั้งผลดีและผลเสีย หากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นการเปลี่ยนแปลงโดยการปลูกพืชหมุนเวียนในพื้นที่เดิมสามารถลดปัญหาการเกิดโรคและแมลงได้ หากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกินขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ (carrying capacity) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดิน เช่น ภัยพิบัติ มลพิษ ระบบนิเวศป่าไม้เสื่อมโทรม (Pattaratuma, 1988) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละพื้นที่ต้องมีการศึกษาการใช้ที่ดินในระยะยาวเพื่อนำไปสู่การวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสม

การคาดการณ์การใช้ที่ดินถือเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการวางแผนการใช้ที่ดิน ทำให้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตได้ ซึ่งการคาดการณ์การใช้ที่ดินมีหลายวิธี เช่น การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก การให้น้ำหนักของข้อมูล แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีจุดเด่นแตกต่างจากการคาดการณ์วิธีอื่น ๆ ในเรื่องกระบวนการแพร่ย้อนกลับ (backpropagation) เป็นกระบวนการปรับค่าน้ำหนัก ซึ่งแบบจำลองโครงข่าย

ประสาทเทียมสามารถปรับค่าน้ำหนักได้เองเพื่อให้ค่าความผิดพลาดน้อยลงและได้ผลลัพธ์ที่มีค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด (Prakobphon, 2009) เหมาะสมสำหรับการศึกษาพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอยู่ตลอดเวลา จึงนำมาใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย จังหวัดลำปาง

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย เป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเกินขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ จากข้อมูล พ.ศ. 2544 - 2554 อำเภอเมืองปาน อำเภอแจ้ห่ม อยู่ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย ถูกจัดเป็นพื้นที่สีแดงที่พบปัญหาดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม (Department of Mineral Resources, 2011) และในปี พ.ศ. 2554 – 2564 ยังคงพบปัญหาการลักลอบตัดไม้ การเผาป่าเพื่อทำเกษตรกรรมอย่างต่อเนื่อง (Integrated Provincial Administrative Committee Lampang Province, 2022) จึงมีความเหมาะสมต่อการศึกษา การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2564 ร่วมกับตัวแปรขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2574 ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยคาดหวังว่าผลการศึกษาที่พบสามารถเป็นข้อเสนอแนะแนวทางในการจัดการการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอยได้อย่างเหมาะสม

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย จังหวัดลำปาง มีเนื้อที่ 733.26 ตารางกิโลเมตร อยู่ในเขตพื้นที่การปกครองของอำเภอแจ้ห่ม อำเภอเมืองปาน และอำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง (Royal Irrigation Department, 2017) ครอบคลุม 10 ตำบล ได้แก่ ตำบลหัวเมือง ตำบลร่องเคาะ ตำบลแจ้ซ้อน ตำบลทุ่งผึ้ง ตำบลแม่สุก ตำบลปงดอน ตำบลเมืองปาน ตำบลวิเชตนคร ตำบลบ้านขอ และตำบลแจ้ห่ม มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 293.12 – 1,691.39 เมตร สภาพภูมิประเทศประกอบด้วยภูเขาปกคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ราบเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ (Hydro - Informatics Institute, 2015)

การจัดเตรียมข้อมูล

1. ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 5 ปี พ.ศ. 2544 และ พ.ศ. 2554 ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2564 ซึ่งตรงกับ Path 130 Row 47 จากแหล่งข้อมูล USGS Earth Explorer ข้อมูลภาพดาวเทียมทั้ง 3 ปี ต้องผ่านการปรับแก้เชิงรังสี (radiometric correction) และปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction)

2. คัดเลือกตัวแปรขับเคลื่อนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยการตรวจสอบเอกสาร เพื่อนำเข้าในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ได้แก่ แบบจำลองความสูงเชิงเลข ทิศด้านลาด ความลาดชัน กลุ่มชุดดิน ระยะห่างจากชุมชนปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2554 พ.ศ. 2564 และจำนวนประชากรปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2554 พ.ศ. 2564

การศึกษาลักษณะการใช้ที่ดิน

จำแนกรูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอยเบื้องต้น ก่อนการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม โดยมีแหล่งข้อมูลอ้างอิงจากระบบตรวจสอบการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน โปรแกรม Google Earth และ Google Street View สามารถจำแนกการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยตามระบบการจำแนกการใช้ที่ดินของ Land Development Department (2000) ได้เป็น 4 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ จากนั้นกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ให้ครอบคลุมทุกประเภทการใช้ที่ดิน เพื่อจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับ (supervised classification) กำหนดขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก โดยอิงหลักความน่าจะเป็นทวินาม (binomial probability)

ตามหลักการของ Congalton and Green (2019) ดังสมการที่ 1 มีการสุ่มจุดตรวจสอบแบบแบ่งชั้นภูมิและคำนวณค่าความถูกต้องโดยสร้างตารางเมตริกซ์ความผิดพลาด (error matrix)

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

n = จำนวนจุดสำรวจขั้นต่ำที่สามารถยอมรับได้

Z = ค่าจากตารางแจกแจงปกติแบบมาตรฐาน

p = โอกาสที่เกิดความถูกต้อง (มีค่าระหว่าง 0-1)

q = โอกาสที่เกิดความผิดพลาด (มีค่าเท่ากับ 1-p)

e = ค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการสำรวจ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 1.96) โอกาสเกิดความถูกต้องร้อยละ 85 ($p = 0.85$) โอกาสเกิดความผิดพลาดร้อยละ 15 ($q = 0.15$) และยอมให้เกิดความผิดพลาดจากการสำรวจไม่เกินร้อยละ 5 ($e = 0.05$) จำนวนจุดสำรวจที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องการจำแนกการใช้ที่ดินในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เท่ากับ 200 จุด โดยแบ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ 135 จุด พื้นที่เกษตรกรรม 50 จุด พื้นที่ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง 10 จุด พื้นที่แหล่งน้ำ 5 จุด

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2554 พ.ศ. 2564 ด้วยวิธีการซ้อนทับเชิงพื้นที่ (overlay analysis) และแสดงเป็นตารางการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละประเภท

การสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดิน

สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่โดยใช้ 3 แพลตฟอร์ม (platforms) คือ QGIS, R Studio และ Jupyter Notebook ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังนี้

1. สร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยกำหนดจำนวนชั้นซ่อน (hidden layers) อัตราการเรียนรู้ (learning rate) ฟังก์ชันการกระตุ้น (activation function) และอัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพ (optimization algorithm)

2. แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่มีค่าความถูกต้องในการคาดการณ์ (accuracy) สูงที่สุด จะนำไปใช้คาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2574 ค่าความถูกต้องมาจากข้อมูลการใช้ที่ดินที่จำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับและข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ในปี พ.ศ. 2564 โดยเปรียบเทียบรายจุดภาพ (pixel)

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม

จากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลภาพดาวเทียมในปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2554 พ.ศ. 2564 ด้วยจุดตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 200 จุด อ้างอิงข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินจาก

กรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2554 ข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้จากกรมป่าไม้ปี พ.ศ. 2543 พ.ศ. 2554 และการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2564 พบว่า มีค่าสถิติแคปปาเรียงตามปีที่ศึกษาดังนี้ 0.68, 0.77 และ 0.75 ตามลำดับ ซึ่งค่าสถิติแคปปาทั้ง 3 ปี มีค่าความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าอยู่ในช่วง 0.61 – 0.80 (Landis and Koch, 1977) ดัง Table 1

Table 1 Overall accuracy and kappa statistics of land use classification using Landsat 5 and Landsat 8 data during the years 2001 – 2021.

Year	Overall accuracy (%)	Kappa statistics
2001	84.5	0.68
2011	89.0	0.77
2021	88.0	0.75

ผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะแม่สอย

1. การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะแม่สอยปี พ.ศ. 2544 – 2554 ดัง Table 2 พบการใช้ที่ดิน 4 รูปแบบดังนี้

1.1 พื้นที่เกษตรกรรม พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดจำนวน 15,186.29 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 41.91 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดจำนวน 30,011.41 ไร่ เนื่องจากปี พ.ศ. 2544 – 2554 มีการจัดตั้งป่าชุมชนหลายแห่ง เช่น โครงการป่าชุมชนบ้านสบลี โครงการป่าชุมชนบ้านแม่สุก ป่าชุมชนบ้านผาซ้อ (Royal Forest Department, 2013) เพื่อฟื้นฟูสภาพพื้นที่ป่าไม้ และชุมชนได้ใช้ประโยชน์จากป่าไม้

1.2 พื้นที่ป่าไม้ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงจำนวน 2,933.02 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.09 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 23,072.17 ไร่ และเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างจำนวน 12,004.43 ไร่ ซึ่งสัมพันธ์กับตัวแปรจำนวนประชากรปี พ.ศ. 2544 – 2554 โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลแจ้ซ้อนมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อ

เปรียบเทียบกับตำบลอื่น ๆ จำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มมากขึ้น เพื่อรองรับต่อจำนวนประชากร มีการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อเพิ่มพื้นที่ทำกิน และสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยแม่มะเพื่อใช้ในการเกษตร รวมถึงการอุปโภค บริโภค (Royal Irrigation Department, 2009)

1.3 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 17,979.05 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49.61 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 3,222.69 ไร่ ซึ่งสัมพันธ์กับตัวแปรระยะห่างจากชุมชน เมื่อชุมชนมีระยะห่างจากการใช้ที่ดินประเภทอื่น ๆ น้อยลง ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากชุมชนมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่อยู่ภายในพื้นที่นั้น

1.4 พื้นที่แหล่งน้ำ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจำนวน 140.26 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.39 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 752.49 ไร่ ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะแม่สอย ส่วนมากเป็นแหล่งน้ำประเภทบ่อน้ำในไร่นา จึงสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินได้ง่าย

Table 2 Land use change during 2001 – 2011 at the Mae Soi River Sub-basin, Lampang Province.

Land use types		Land use area in 2011 (Rai)				Total
		Agricultural land	Forest land	Urban and built – up area	Water body	
Land use area in 2001 (Rai)	Agricultural land	26,786.14	30,011.41	12,035.54	186.69	69,019.78
	Forest land	23,072.17	340,642.89	12,004.43	1,406.34	377,125.83
	Urban and built – up area	3,222.69	3,083.55	3,984.73	51.83	10,342.80
	Water body	752.49	454.96	297.15	296.37	1,800.97
Total		53,833.49	374,192.81	28,321.85	1,941.23	458,289.38

2. การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่สอยปี พ.ศ. 2554 - 2564 ดัง Table 3

2.1 พื้นที่เกษตรกรรม พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 54,667.91 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดจำนวน 15,954.79 ไร่

2.2 พื้นที่ป่าไม้ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดจำนวน 44,326.02 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.54 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 63,934.79 ไร่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่ความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 5 มากที่สุดจำนวน 43,885.04 ไร่ จัดเป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ห้า สามารถทำเกษตรกรรมได้ จากการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามในปี พ.ศ. 2564 พบว่าที่ความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 5 มีการทำเกษตรกรรมหลายประเภท เช่น การทำนา ปลูกข้าวโพด สวนลำไย เป็นต้น ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่สอยยังคงพบ การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 โดยเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้ที่มีความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 35 ขึ้นไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 2,761.51 ไร่ พบในพื้นที่ตำบลแจ้

ซ้อนมากที่สุด และสัมพันธ์กับตัวแปรกลุ่มชุดดิน โดยบริเวณที่เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เป็นกลุ่มชุดดินที่ 62 ที่กรมพัฒนาที่ดินระบุว่าเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (SC: slope complex) ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายอย่างรุนแรงได้

2.3 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงจำนวน 10,183.64 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.31 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 13,351.39 ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับตัวแปรจำนวนประชากรปี พ.ศ. 2554 -2564 โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลแจ้ซ้อนมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำบลอื่น ๆ จำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อเพิ่มพื้นที่ทำกิน

2.4 พื้นที่แหล่งน้ำ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงจำนวน 158.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.15 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดจำนวน 1,128.98 ไร่

Table 3 Land use change during 2011 – 2021 at the Mae Soi River Sub-basin, Lampang Province.

Land use types		Land use area in 2021 (Rai)				Total
		Agricultural land	Forest land	Urban and built – up area	Water body	
Land use area in 2011 (Rai)	Agricultural land	30,805.08	15,954.79	6,835.77	237.85	53,833.49
	Forest land	63,934.79	303,888.55	5,233.12	1,136.35	374,192.81
	Urban and built – up area	13,351.39	8,894.47	5,943.99	132.00	28,321.85
	Water body	410.14	1,128.98	125.33	276.78	1,941.23
Total		108,501.40	329,866.79	18,138.21	1,782.98	458,289.38

จากข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 – 2554 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 49.61 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 41.91 การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะสอยช่วงปี พ.ศ. 2544 -2554 สอดคล้องกับการศึกษาของ Kumpetch and Kongruang (2016) ที่ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมของภาคเหนือในประเทศไทย โดยรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2554 พบว่า ตัวแปรจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์ต่อการการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมในภาคเหนืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความต้องการการใช้ที่ดินโดยเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลแจ้ซ้อนช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2554 จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตำบลอื่น ๆ ส่งผลให้ความต้องการการใช้ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยเพิ่มมากขึ้น

ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2554 – 2564 พื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50.00 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 40.54 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะสอยช่วงปี พ.ศ. 2554 -2564 สอดคล้องกับการศึกษาของ Maosew and Boonyanuphap (2014) ที่ศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำสาขาน้ำสมุนตอนล่าง จังหวัดน่าน พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 เป็นต้นมา พื้นที่ป่าไม้ลดลงโดยเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภท

ข้าวโพด ยางพารา ไม้ผล เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจากระบบเกษตรกรรมเพื่อยังชีพไปเป็นระบบเกษตรกรรมเชิงพาณิชย์ สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากถึง 63,934.79 ไร่ เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภท พื้นที่นา ไร่ข้าวโพด ไม้ผล และพืชสวน โดยรูปแบบการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำสมุนตอนล่างและพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะสอยมีความแตกต่างกัน เนื่องจากความต้องการการใช้ประโยชน์จากผลผลิตเกษตรกรรมมีความแตกต่างกัน ผลผลิตจากการทำเกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะสอยถูกส่งไปยังจังหวัดใกล้เคียง เช่น โครงการหลวงตีนตก จังหวัดเชียงใหม่ เป็นการเปลี่ยนแปลงจากระบบเกษตรกรรมเพื่อยังชีพไปเป็นระบบเกษตรกรรมเชิงพาณิชย์ เกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะสอยมีแหล่งเงินทุนจากธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส.) ทำให้เกษตรกรมีงบประมาณในการปรับเปลี่ยนพื้นที่จากพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมโดยการใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจลงพื้นที่ภาคสนาม มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Hermhuk and Marod (2020) โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมมีการขยายขอบเขตจากพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่เกษตรกรรมเดิม

ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองเชิงพื้นที่

จากการใช้ 3 แพลตฟอร์ม คือ QGIS, R Studio และ Jupyter Notebook ในการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินปีพ.ศ. 2574 ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขามะสอย ได้ผลดังแสดงใน Table 4

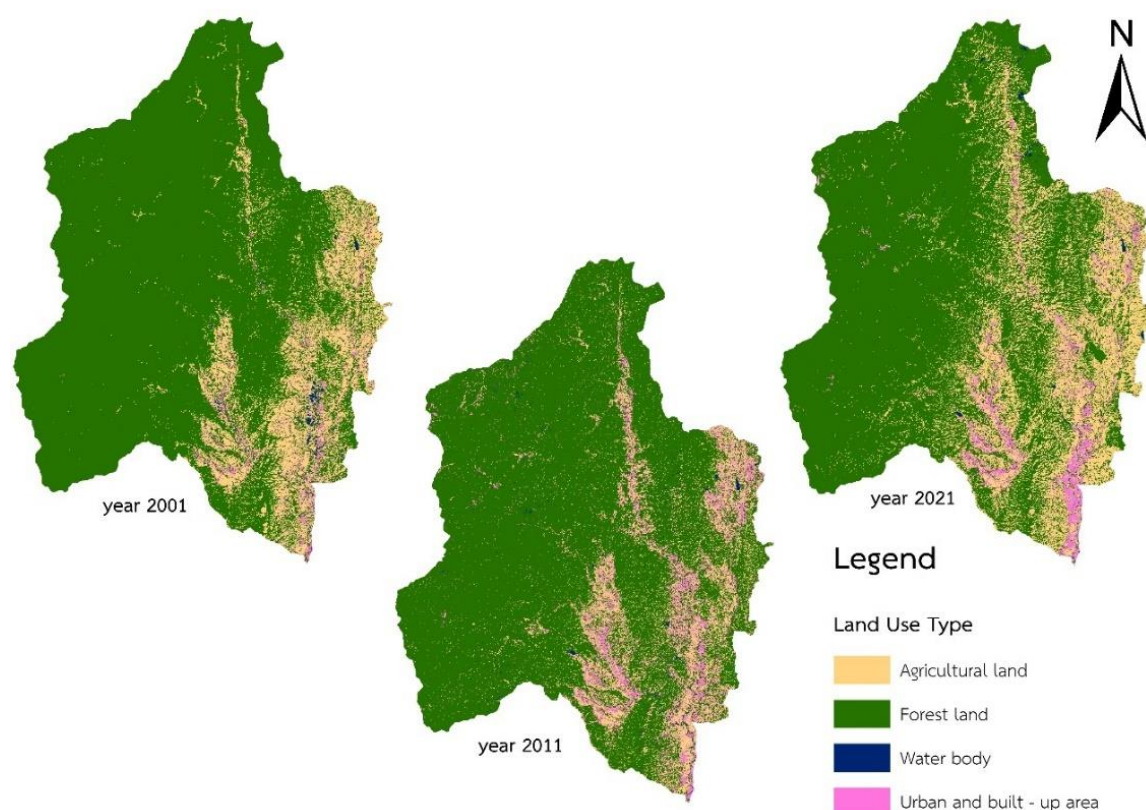


Figure 1 Land use classification at the Mae Soi River Sub-basin during the years 2001, 2011, and 2021.

Table 4 A comparison of different programming languages for building a Neural Network Model.

Comparison of different programming languages	Program 1	Program 2	Program 3
Basic information			
Platform	QGIS	RStudio	Jupyter Notebook
Language	Main C++	R	Python
Operation	GUI Modules	Coding	Coding
Input	Raster	CSV File, Raster	Raster
Building a Neural Network Model			
Variables	Land Use in 2001 2011 2021, Population in 2001 2011 2021, DEM, Aspect, Slope, Soil Type, Distance from Urban in 2001 2011 2021		
Hidden layers	10	10	10
Learning rate	0.001	0.001	0.001
Activation Function	Tanh Function	Tanh Function	ReLU Function
Optimization Algorithm	Momentum	rprop+, rprop-	Adam
Accuracy (%)	91.00	28.20	80.00
Predict of land use change			
Method	CA – Markov Model	covariate matching between neural network model and raster data	CA – Markov Model
Accuracy (%)	72.39	38.71	79.90

จาก Table 4 พบว่า แพลตฟอร์ม Jupyter Notebook มีความเหมาะสมสำหรับการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2574 เนื่องจาก มีค่าความถูกต้องในการคาดการณ์สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Kumar and Dugal (2020) ที่มีการคาดการณ์โดยใช้แพลตฟอร์ม Jupyter Notebook มีการใช้ไลบรารี (library) และเลเยอร์ (layer) เหมือนกัน โดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีค่าความถูกต้องในการคาดการณ์สูง สอดคล้องไปใน

ทิศทางเดียวกัน แต่การคาดการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่สอย มีค่าความถูกต้องไม่สูงถึงร้อยละ 90.00 เนื่องจากข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีจำนวนไม่มากเท่ากับงานวิจัยอ้างอิง ที่มีจำนวนข้อมูลเท่ากับ 10,000 รูป จากการใช้แพลตฟอร์ม Jupyter Notebook ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2574 สามารถแสดงเป็นแผนที่การใช้ที่ดินดัง Figure 2

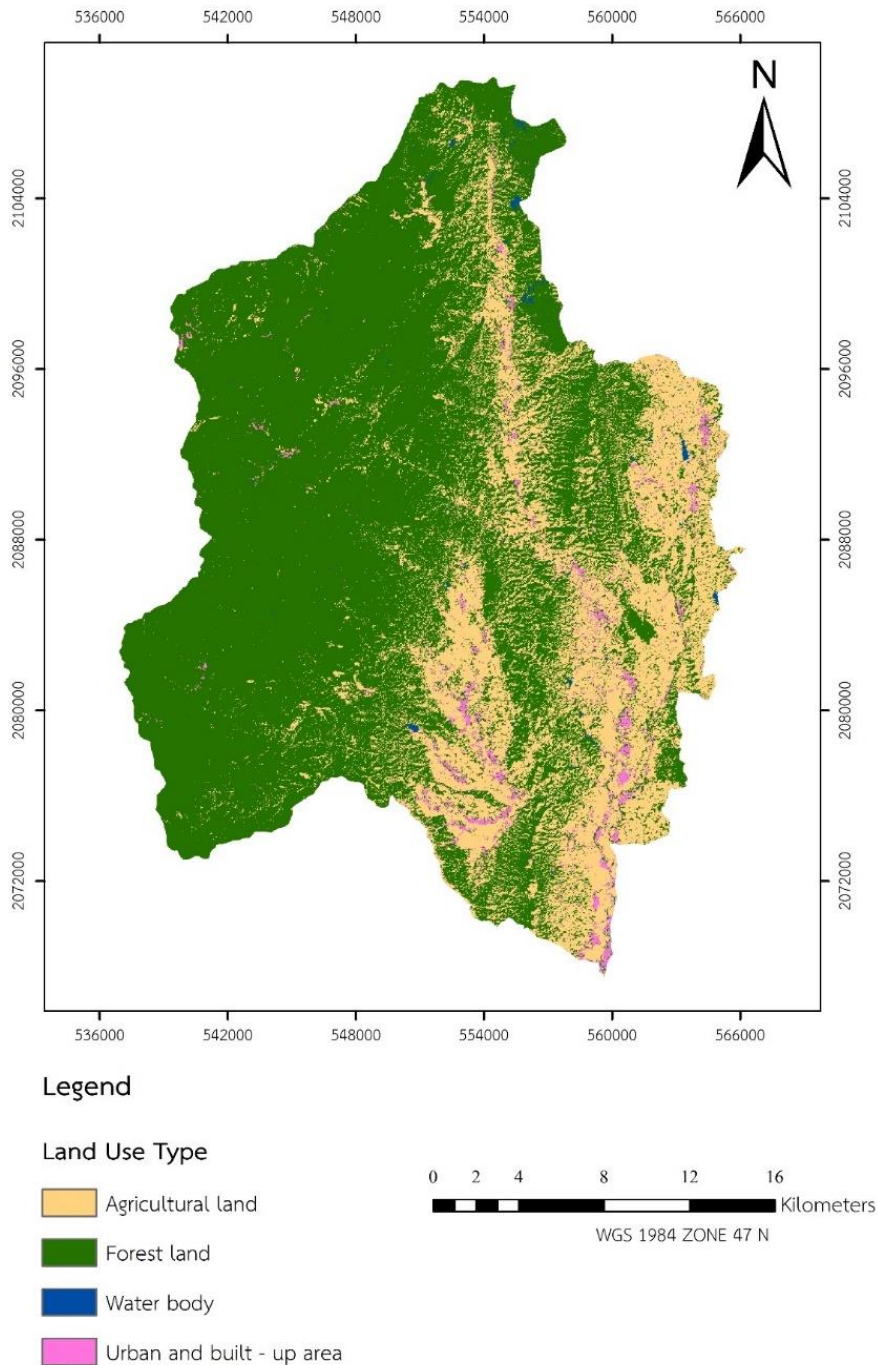


Figure 2 The projected land use map during the year 2031 based on the neural network model forecast of the study area.

3. การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่สอยปี พ.ศ. 2564 – 2574 ดัง Table 5

3.1 พื้นที่เกษตรกรรม พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 20,373.48 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดจำนวน 1,559.51 ไร่

3.2 พื้นที่ป่าไม้ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดจำนวน 11,709.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 28.74 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 13,268.07 ไร่

3.3 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงจำนวน 8,438.84 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.71 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่

ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 8,634.47 ไร่

3.4 พื้นที่แหล่งน้ำ พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงจำนวน 225.39 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.55 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพื้นที่นามากที่สุดจำนวน 235.42 ไร่ เนื่องจากการคาดการณ์การใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA – Markov มีการทำงานร่วมกันระหว่างแบบจำลอง Markov Chain และแบบจำลอง Cellular Automata โดยมีการคำนวณความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินในอนาคต อ้างอิงจากการใช้ที่ดินในอดีตและคาดการณ์ข้อมูลเชิงพื้นที่ จากการลงพื้นที่สำรวจภาคสนามในปี พ.ศ. 2564 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมประเภทพื้นที่นามากที่สุดจากพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด

Table 5 Land use change during 2021 – 2031 at the Mae Soi River Sub-basin, Lampang Province.

Land use types		Land use area in 2031 (Rai)				Total
		Agricultural land	Forest land	Urban and built – up area	Water body	
Land use area in 2021 (Rai)	Agricultural land	106,736.92	1,559.51	200.62	4.35	108,501.40
	Forest land	13,268.07	316,511.62	71.83	15.27	329,866.79
	Urban and built – up area	8,634.47	76.78	9,426.81	0.15	18,138.21
	Water body	235.42	9.63	0.11	1,537.82	1,782.98
Total		128,874.88	318,157.54	9,699.37	1,557.59	458,289.38

การเปลี่ยนแปลงช่วงปี พ.ศ. 2544 – 2564 พบว่าพื้นที่ป่าไม้เป็นการใช้ที่ดินประเภทเดียวที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างต่อเนื่องและลดลงมากที่สุด โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 87,006.96 ไร่ อีกทั้งยังพบปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงโดยขึ้นอยู่กับตัวแปรขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2574 ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 50.00 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงและพื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 28.74 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง พื้นที่ลุ่มน้ำสาขาแม่สอยมีความเสี่ยง

ในด้านการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลแจ้ซ้อนควรมีมาตรการการใช้ที่ดินไม่ให้เกินขีดความสามารถในการรองรับของพื้นที่ เพื่อไม่ให้พื้นที่เกษตรกรรมมีการขยายพื้นที่เข้าไปในเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ควรมีการจัดสรรพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำเกษตรกรรมในกรณีที่เกษตรกรไม่มีที่ดินกรรมสิทธิ์ โดยจัดสรรพื้นที่ให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการการประโยชน์โดยวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เพื่อลดปัญหาการใช้ที่ดินเกินศักยภาพในการรองรับของพื้นที่ และส่งเสริมการทำระบบวนเกษตรแทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยวเพื่อเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน จากการลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม พบว่าในอำเภอเมืองปานมีการทำเกษตรกรรมประเภทพืชไร่จำพวกข้าวโพดมากที่สุด ควรมีการทำระบบวนเกษตรแบบการปลูกไม้ป่าผสมกับพืชไร่หรือการปลูกผสมไม้ป่าสลับเป็นแถวกับการปลูกพืชไร่

(Forest Research and Development Office, 2013) โดยต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้ประโยชน์ และการตัดฟันไม้ออกมาใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ได้อย่างยั่งยืน

สรุป

พื้นที่ลุ่มน้ำสาขแม่สอย จังหวัดลำปาง มีรูปแบบการใช้ที่ดิน 4 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2544 – 2554 พบว่าพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 17,979.05 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49.61 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดจำนวน 15,186.29 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 41.91 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2554 – 2564 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 54,667.91 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.00 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดจำนวน 44,326.02 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 40.54 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

จากการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2574 โดยใช้แพลตฟอร์ม Jupyter Notebook พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างต่อเนื่อง คิดเป็นร้อยละ 28.74 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจำนวน 13,268.07 ไร่ พื้นที่ลุ่มน้ำสาขแม่สอยมีความเสี่ยงในด้านการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ควรมีการจัดสรรพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการทำเกษตรกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลแจ้ซ้อนเพื่อป้องกันไม่ให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมมีการขยายพื้นที่เข้าไปในเขตพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 และส่งเสริมการทำระบบวนเกษตรเพื่อให้เกษตรกรใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ได้อย่างผสมผสานและยั่งยืน

REFERENCES

Congalton, R.G., Green, K. 2019. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices, Third Edition.** Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group.

Department of Mineral Resources. 2011. **landslide risk map at community level, Lampang Province.** http://www.dmr.go.th/download/north/Lampang_final.pdf, 1 June 2011. (in Thai)

Forest Research and Development Office. 2013. **Patterns of Forest Trees Planting in Agroforestry Systems.** http://forprod.forest.go.th/forprod/silvic/for_plant/data/RFD/8.pdf, 1 May 2013. (in Thai)

Hermhuk, S., Marod, D. 2020. Detection and Prediction of Land-Use Changes at Doi Suthep-Pui Nation Park, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 97-109. (in Thai)

Hydro-Informatics Institute. 2015. **25 Watershed Information.** <https://tiwrm.hii.or.th/web/index.php/knowledge/128-hydro-and-weather/663-25basinreports.html>, 29 July 2015. (in Thai)

Integrated Provincial Administrative Committee Lampang Province. 2022. **Lampang Province 5-Year Development Plan (B.E. 2023 -2027)**. http://www.lampang.go.th/strategy/index_pl.htm, 16 March 2022. (in Thai)

Kumar, P., Dugal, U. 2020. Tensorflow Based Image Classification using Advanced Convulational Neural Network. **International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)**, 8(6): 994-998.

Kumpetch, P., Kongruang, C. 2016. The determination of agricultural land use in Northern Thailand case study: Areas planted paddy. **Journal of Business, Economics and Communications**, 11(1): 113-121. (in Thai)

Land Development Department. 2000. **Summary of Land Use Types, Thailand 2000-2001.** <http://sql.ddd.go.th/ddddata/mapsoilB2.html>, 27 November 2000. (in Thai)

- Landis, J.R., Koch, G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1): 159-174.
- Maoew, K., Boonyanuphap, J. 2014. Analysis of land use change, root causes and potential impacts of the lower Num Samun sub-watershed of Nan province. **Thai Journal of Forestry**, 33(2): 131-148. (in Thai)
- Pattaratuma, A. 1988. Land use and carrying capacity. In: **The 26th Kasetsart University Annual Conference**. Bangkok, Thailand, pp. 185-190. (in Thai)
- Prakobphon, T. 2009. Artificial Neural Networks. **HCU Journal**, 12(24): 73-87. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2013. **Summary of the Establishment of the Community Forest Project by Province**. http://forestinfo.forest.go.th/fCom_area.aspx, 4 February 2013. (in Thai)
- Royal Irrigation Department. 2009. **Huai Mae Mae Reservoir Project**. <https://bit.ly/3sfV5PE>, 21 May 2009. (in Thai)
- Royal Irrigation Department. 2017. **Work Manual**. Irrigation Office 2, Lampang. (in Thai)
-