

นิพนธ์ต้นฉบับ

การติดตามตรวจสอบและการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน
โดยใช้ Land Change Modeler ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

Monitoring and Predicting Land Use Tendency Using Land Change
Modeler at Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province

ชลิต สินโรจน์ธนากร^{1,2*}Chalit Sinrodtanakorn^{1,2*}วันชัย อรุณประภารัตน์¹Wanchai Arunpraparut¹นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์¹Nantachai Pongpattananurak¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, Email: chalitt71@gmail.com

รับต้นฉบับ 9 กรกฎาคม 2562

รับแก้ไข 30 กรกฎาคม 2562

รับลงพิมพ์ 31 กรกฎาคม 2562

ABSTRACT

The objectives of this study were the identification of land use change patterns in Doi Suthep-Pui National Park during 2009-2013 and 2013-2017 from Thai Chote satellite imagery. The land use tendency in 2021 was also predicted using Geographic Information System (GIS) and Land Change Modeler (LCM). Land use was classified based on environmental drivers affecting the land use changes which included slope, water bodies, transportation route, communities, and built-up area, distance from road, and distance from water bodies.

It was found that land use patterns of Doi Suthep-Pui National Park in 2017 were divided between forest, fruit tree/perennial, integrated farming, communities and built-up area, water bodies, and miscellaneous area as 85.48%, 9.77%, 0.91%, 1.61%, 0.11%, and 2.12%, respectively. The overall accuracy of land use classification in form of a confusion matrix was 91.91%. The total land use change, during 2009-2013, was 8.24 sq.km. The forest area, integrated farming, communities, and built-up area, and water bodies increased by 32.89%, 3.03%, 13.47%, and 0.61%, respectively. Meanwhile, miscellaneous and fruit tree/perennial decreased by 7.29% and 42.71%, respectively. The total change in land use, during 2013-2017, was 17.46 sq.km. The fruit tree/perennial, integrated farming, communities and built-up area, and water bodies increased by 46.45%, 0.74%, 2.69%, and 0.12%, respectively. Meanwhile forest and miscellaneous area decreased by 44.16% and 5.84%, respectively.

Based on the predicted land use changes in 2021, the total land use change during 2017-2021 was 9.70 sq.km. The fruit tree/perennial, integrated farming, communities and built-up area, miscellaneous, and water bodies increased by 38.35%, 3.09%, 4.54%, 3.81%, and 0.10%, respectively. Meanwhile, the forest area decreased by 50.11%. By overlaying the political boundaries and village locations on the predicted land use change during 2017-2021, it was found that the most risky change in forest area to agricultural area was located along the buffer zone between Doi Suthep-Pui National Park and surrounding communities. These included Ban Nong Bua Luang and Ban lag in Tambon San Pa Yang, Ban Mae Ram (Nong Hoi) and Ban Thung Tan in Tambon Mae Ram, Ban Nong Hoi Kao, Ban Nong Hoi (Sam Lang), Ban Pong Yaeng Nai, Ban Pong Yaeng Nok, Ban Muang Kham and Ban Maesa Noi in Tambon Pong Yaeng, Ban Pang Yang, Ban Huai Luek and Ban Kao Due in Tambon Ban Pong. Therefore, smart patrol activities are important and needed to increase the efficiency of deterring to prevent the offense of forestry

Keywords: Land change modeler, GIS, Thaichote satellite imagery

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2552-2556 และ พ.ศ. 2556-2560 และเพื่อคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2564 ด้วยวิธีการแปลตีความจากข้อมูลดาวเทียมไทยโชต และประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมทั้งแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Change Modeler หรือ LCM) โดยกำหนดปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวแปรขับเคลื่อน (driver variables) ประกอบด้วย ความลาดชัน แหล่งน้ำ เส้นทางคมนาคม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ

จากการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2560 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ประกอบด้วยพื้นที่ป่าไม้ ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เกษตรผสมผสาน ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ ร้อยละ 85.48, 9.77, 0.91, 1.61, 2.12 และ 0.11 ตามลำดับ โดยมีค่าความถูกต้องรวมของการจำแนกรูปแบบของ confusion matrix คิดเป็นร้อยละ 91.91 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2552-2556 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 8.24 ตารางกิโลเมตร (ตร.กม.) โดยพื้นที่ป่าไม้ เกษตรผสมผสาน ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 32.89, 3.03, 13.47 และ 0.61 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เบ็ดเตล็ดและไม้ผล/ไม้ยืนต้น ลดลงร้อยละ 7.29 และ 42.71 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2556-2560 มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 17.46 ตร.กม. โดยพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เกษตรผสมผสาน ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ เพิ่มขึ้นร้อยละ 46.45, 0.74, 2.69 และ 0.12 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ด ลดลงร้อยละ 44.16 และ 5.84 ตามลำดับ

จากการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564 พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2560-2564 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 9.70 ตร.กม. โดยพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เกษตรผสมผสาน ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และแหล่งน้ำ เพิ่มขึ้นร้อยละ 38.35, 3.09, 4.54, 3.81 และ 0.10 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 50.11 ทั้งนี้ เมื่อนำชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับตำบลและชั้นข้อมูลที่ตั้งหมู่บ้าน/ชุมชนมาซ้อนทับ

บนชั้นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560–2564 พบว่า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จะต้องเฝ้าระวังพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ บริเวณรอยต่อระหว่างหมู่บ้านกับแนวเขตอุทยานแห่งชาติ ได้แก่ บ้านหนองบัวหลวง บ้านเอือก ของตำบลสันป่ายาง บ้านแม่แรม (หนองหอย) และบริเวณบ้านทุ่งแท่น ของตำบลแม่แรม บ้านหนองหอยเก่า บ้านหนองหอย (สามหลัง) บ้านโป่งแยงใน บ้านโป่งแยงนอก บ้านม่วงคำ และบ้านแม่สำน้อย ของตำบลโป่งแยง บ้านปางยาง บ้านห้วยลึก และบ้านเก้าเตือ ของตำบลบ้านปาง ดังนั้น กิจกรรมการลาดตระเวนเชิงคุณภาพจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการป้องกันรักษาป่า

คำสำคัญ: แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลดาวเทียมไทยโชต

คำนำ

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าอนุรักษ์อาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและต่อเนื่อง กระบวนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเกิดขึ้นได้ทั้งเป็นไปตามธรรมชาติและเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมเป็นปัจจัยขับเคลื่อนที่ช่วยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การขยายตัวของเมือง การเติบโตทางภาคอุตสาหกรรมและความต้องการอาหาร สินค้า การเกษตรที่มากขึ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Turner *et al.*, 1995; Lambin *et al.*, 2001)

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย เป็นพื้นที่ที่กำหนดให้เป็นป่าอนุรักษ์ มีแผนที่แนบท้ายพระราชกฤษฎีกาตามกฎหมาย ทั้งยังมีพื้นที่สงวนชีวมณฑลแม่สา-ห้วยคอกม้า ซึ่งเป็น 1 ใน 4 เขตสงวนชีวมณฑลของประเทศไทย โดยได้รับการประกาศจากองค์การ UNESCO ให้เป็นพื้นที่สงวนชีวมณฑลแห่งหนึ่งของโลก เมื่อปี พ.ศ. 2520 (Boonyawat, 1997) การที่เป็นป่าอนุรักษ์และเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่ตั้งอยู่ใกล้เขตเมืองรายล้อมรอบด้วยชุมชน เส้นทางคมนาคม มีการทำเกษตรกรรมบนที่สูง มีการให้บริการท่องเที่ยวโดยชุมชนท้องถิ่นและผู้ประกอบการจากต่างถิ่น (Wannavichit, 2005) มีการบุกรุกยึดถือครอบครองซื้อขายเปลี่ยนมือที่ดินในเขตป่าอนุรักษ์โดยมิชอบทั้งจากนายทุน ผู้มีอิทธิพล และประชาชนในพื้นที่ การก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างผิดวัตถุประสงค์ของพื้นที่ การออกเอกสารสิทธิโดยมิชอบ

ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตอุทยานแห่งชาติ (Yardmak, 2012) สอดคล้องกับ Grainger (1990) ที่กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเป็นผลมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์มากกว่าการเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มักจะเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีสภาพจากป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ไปเป็นเมือง หรือไปเป็นแหล่งน้ำ ซึ่งมีสาเหตุสำคัญมาจากความต้องการในการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของมนุษย์ การบริหารจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลและเครื่องมือที่สามารถติดตาม ตรวจสอบ สถานภาพ ของทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพ สามารถค้นหาคำตอบได้รวดเร็ว และแม่นยำ ข้อมูลดาวเทียมที่ได้จากการสำรวจระยะไกล Campbell (1996) กล่าวถึงการจำแนกประเภทวัตถุหรือพื้นที่ลงในชั้นข้อมูล ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของสิ่งที่ปรากฏในข้อมูลภาพนั้น สามารถแบ่งตามระดับความถูกต้องได้ 3 ระดับ คือ 1) Detection ระดับการตัดสินใจว่าปรากฏหรือไม่ปรากฏของวัตถุ 2) Recognition ระดับการรู้จักวัตถุ รูปร่าง สามารถที่จะกำหนดทำการแบ่งแยกตามชั้นของการจำแนกได้ และ 3) Identification ระดับการพิสูจน์ถึงวัตถุหรือรูปร่างที่สามารถเจาะจงถึงรายละเอียดของวัตถุได้ จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่ป่าไม้ เนื่องจากดาวเทียมจะโคจรมาบันทึกข้อมูลบนพื้นดินอย่างสม่ำเสมอตามรอบระยะเวลาของดาวเทียมดวงนั้นๆ ทำให้มีข้อมูลหลากหลายช่วงเวลาให้ใช้ในการติดตามและตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

การวางแผนการอนุรักษ์และการจัดการพื้นที่คุ้มครองจำเป็นต้องมีความเข้าใจในเชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้างทางด้านภูมิภาพของพื้นที่ รวมถึงการได้รับการสนับสนุนข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างเพียงพอเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจให้แก่กักจัดการ (Pongpattananurak, 2014) การศึกษาครั้งนี้จึงได้ประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2552-2560 และคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปี พ.ศ. 2564 โดยเลือกใช้ Land Change Modeler ในการวิเคราะห์ โดยกำหนดปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่คาดว่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวแปรขับเคลื่อน (driver variable) (Clark Lab, 2013) ได้แก่ ความลาดชัน แหล่งน้ำ เส้นทางคมนาคม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ผลของการศึกษาจะสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการบริหารจัดการทรัพยากรในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ให้บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การจัดเตรียมข้อมูล

จัดเตรียมข้อมูลดาวเทียมไทยโชตที่บันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2552, 2556 และ 2560 เป็นข้อมูลแบบหลายช่วงคลื่น (multispectral) ความละเอียดจุดภาพ 15 เมตร ทำการปรับแก้เชิงคลื่นและเรขาคณิต (radiometric and geometric correction) โดยตรงพิกัดกับแผนที่ L7018 เป็นพิกัด UTM บนพื้นหลักฐานและทรงกลมรีแบบ WGS 1984

การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมเพื่อจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ดำเนินการจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552, 2556 และ 2560 โดยการแปลตีความข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตามผสมผสานกับการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification)

ทั้งนี้ อ้างอิงประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ภาพดาวเทียมของกูเกิลเอิร์ธ และการสำรวจรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ทำการประเมินความถูกต้องของการจำแนกโดยเปรียบเทียบผลของการจำแนกข้อมูลจุดพิกัดภาคพื้นดินที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System, GPS) แล้วคำนวณหาค่าความถูกต้องโดยใช้วิธี confusion matrix สำหรับการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 และ พ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นข้อมูลในอดีต การประเมินความถูกต้องเป็นการประเมินด้วยสายตาเปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน และภาพดาวเทียมของกูเกิลเอิร์ธ

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2552-2556 และ ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2556-2560 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564

1. การจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย Land Change Modeler

1.1 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแบ่งออกเป็นสองช่วงเวลา คือ ช่วงปี พ.ศ. 2552-2556 และช่วงปี พ.ศ. 2556-2560 โดยวิเคราะห์พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในแต่ละประเภทในแต่ละช่วงปี

1.2 การประเมินศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงใช้ปัจจัยหรือตัวแปรที่มีผลเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้ multi-layer perceptron

1.3 ใช้ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นตัวแปรขับเคลื่อน (driver variable) ได้แก่ ความลาดชัน แหล่งน้ำ เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม และระยะห่างแหล่งน้ำ

2. การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2556-2560 โดยใช้ Land Change Modeler ร่วมกับปัจจัยแวดล้อมที่เป็นตัวแปรขับเคลื่อน (driver variable) ได้แก่ ความลาดชัน แหล่งน้ำ เส้นทางคมนาคม ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ แล้วประมวลผลคาดการณ์สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2564

ผลและวิจารณ์

การประมวลผลข้อมูลดาวเทียมเพื่อจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชตรอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเลือกข้อมูลภาพที่บันทึกข้อมูล พ.ศ. 2552, 2556 และ 2560 พบว่า ในปี พ.ศ. 2552 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่

ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 235.32 ตารางกิโลเมตร (ตร.กม.) หรือ ร้อยละ 87.34 ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาเป็นพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรผสมผสาน และแหล่งน้ำ คิดเป็นพื้นที่ 18.81, 10.25, 2.75, 2.07 และ 0.24 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 6.98, 3.80, 1.02, 0.77 และ 0.09 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ รายละเอียดดัง Table 1 และ Figure 1

ปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 238.02 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 88.34 ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาเป็นพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรผสมผสาน และแหล่งน้ำ คิดเป็นพื้นที่ 18.21, 6.73, 3.86, 2.32 และ 0.29 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 6.76, 2.50, 1.43, 0.86 และ 0.11 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ รายละเอียดดัง Table 1 และ Figure 1

ปี พ.ศ. 2560 พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ คิดเป็นพื้นที่ 230.02 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 85.48 ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาเป็นพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรผสมผสาน และแหล่งน้ำ คิดเป็นพื้นที่ 26.32, 5.71, 4.33, 2.45 และ 0.31 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 9.77, 2.12, 1.61, 0.91 และ 0.11 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ รายละเอียดดัง Table 1 และ Figure 1

Table 1 Land use categorization at Doi Suthep-Pui National Park in 2009, 2013, and 2017.

Unit: sq.km

| Land Use Type | 2009 | | 2013 | | 2017 | |
|-------------------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
| | Area | Percentage | Area | Percentage | Area | Percentage |
| Forest | 235.32 | 87.34 | 238.02 | 88.34 | 230.32 | 85.48 |
| Perennial orchard | 18.81 | 6.98 | 18.21 | 6.76 | 26.32 | 9.77 |
| Integrated farm | 2.07 | 0.77 | 2.32 | 0.86 | 2.45 | 0.91 |
| Urban and built-up land | 2.75 | 1.02 | 3.86 | 1.43 | 4.33 | 1.61 |
| Miscellaneous land | 10.25 | 3.80 | 6.73 | 2.50 | 5.71 | 2.12 |
| Water body | 0.24 | 0.09 | 0.29 | 0.11 | 0.31 | 0.11 |
| Total | 269.44 | 100 | 269.44 | 100 | 269.44 | 100 |

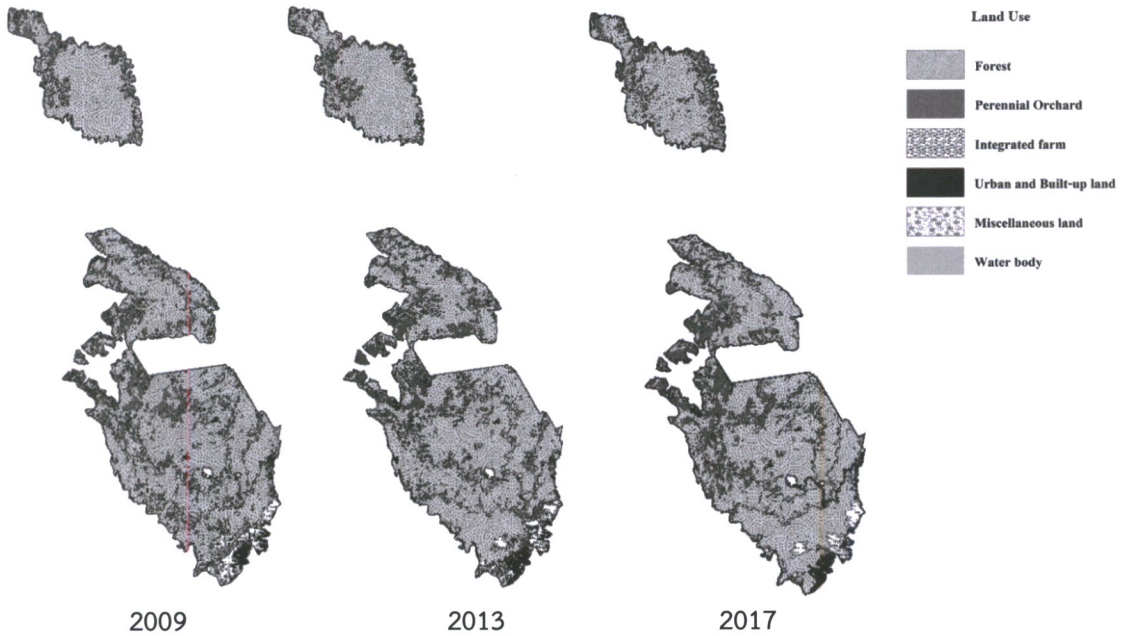


Figure 1 Land use categories in 2009, 2013, and 2017 at Doi Suthep-Pui National Park.

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกสภาพ การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเมินความถูกต้องสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 กับผลของการจำแนกข้อมูลจุดพิภคภาคพื้นดินที่ได้จากการบันทึกด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดาวเทียม ทั้งหมด 272

จุด แล้วคำนวณหาค่าความถูกต้องโดยใช้ตาราง confusion matrix ได้จำแนกข้อมูลทั้งหมด 6 ประเภท คือ 1) พื้นที่ป่าไม้ จำนวน 157 จุด 2) ไม้ผล/ไม้ยืนต้น จำนวน 31 จุด 3) เกษตรผสมผสาน จำนวน 19 จุด 4) ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 22 จุด 5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด จำนวน 25 จุด 6) แหล่งน้ำ จำนวน 18 จุด สามารถหาความถูกต้องของผลการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) ร้อยละ 91.91 ดัง Table 2

Table 2 Accuracy assessment of land use categorization with Thaichote satellite images of 2017 at Doi Suthep-Pui National Park.

| Land use type | | Reference data | | | | | | Total | User's accuracy (%) |
|-------------------------|-----|----------------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|---------------------|
| | | FL | PO | IF | UBL | ML | WB | | |
| Classification data | FL | 154 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 158 | 91.96 |
| | PO | 2 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 92.00 |
| | IF | 0 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 20 | 95.00 |
| | UBL | 0 | 3 | 0 | 20 | 0 | 0 | 23 | 86.96 |
| | ML | 1 | 0 | 0 | 1 | 25 | 0 | 27 | 92.59 |
| | WB | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 18 | 19 | 94.74 |
| Total | | 157 | 31 | 19 | 22 | 25 | 18 | 272 | - |
| Producer's accuracy (%) | | 93.05 | 74.19 | 100.00 | 90.91 | 100.00 | 100.00 | - | 91.91 |

Remarks : FL = Forest Land, PO = Perennial Orchard, IF = Integrated Farm, UBL = Urban and Built-up Land, ML = Miscellaneous Land, WB = Water Body

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2552-2556 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 8.24 ตร.กม. โดยพื้นที่เบ็ดเตล็ด ลดลงมากที่สุด 3.52 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 42.71 รองลงมาคือ พื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น ลดลง 0.60 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 7.29 ส่วนพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ เพิ่มขึ้น

2.71 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 32.89 ของพื้นที่ที่มีเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้น 1.11 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 13.47 พื้นที่เกษตรผสมผสาน เพิ่มขึ้น 0.25 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.03 และพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 0.05 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.61 ดัง Table 3, Figure 2 และ Figure 3

Table 3 Land use change during 2009 and 2013 at Doi Suthep-Pui National Park.

| Land use type | | Land use area in 2013 | | | | | | Total |
|-----------------------|-----|-----------------------|-------|------|------|------|------|--------|
| | | FL | PO | IF | UBL | ML | WB | |
| Land use area in 2009 | FL | 221.11 | 11.18 | 0.31 | 0.79 | 1.92 | 0.01 | 235.32 |
| | PO | 12.04 | 6.29 | 0.03 | 0.28 | 0.17 | | 18.81 |
| | IF | 0.13 | 0.21 | 1.43 | 0.15 | 0.09 | 0.06 | 2.07 |
| | UBL | 0.54 | 0.20 | 0.27 | 1.43 | 0.25 | 0.06 | 2.75 |
| | ML | 4.16 | 0.33 | 0.27 | 1.18 | 4.29 | 0.02 | 10.25 |
| | WB | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | | 0.14 | 0.24 |
| Total | | 238.00 | 18.22 | 2.34 | 3.87 | 6.72 | 0.29 | 269.44 |

Unit: sq.km

Remarks : FL = Forest Land, PO = Perennial Orchard, IF = Integrated Farm, UBL = Urban and Built-up Land, ML = Miscellaneous Land, WB = Water Body

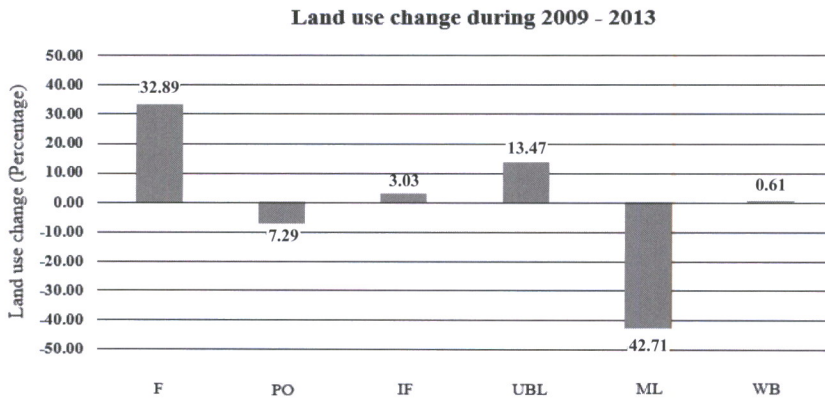


Figure 2 Percentage of land use change during 2009-2013 at Doi Suthep-Pui National Park.

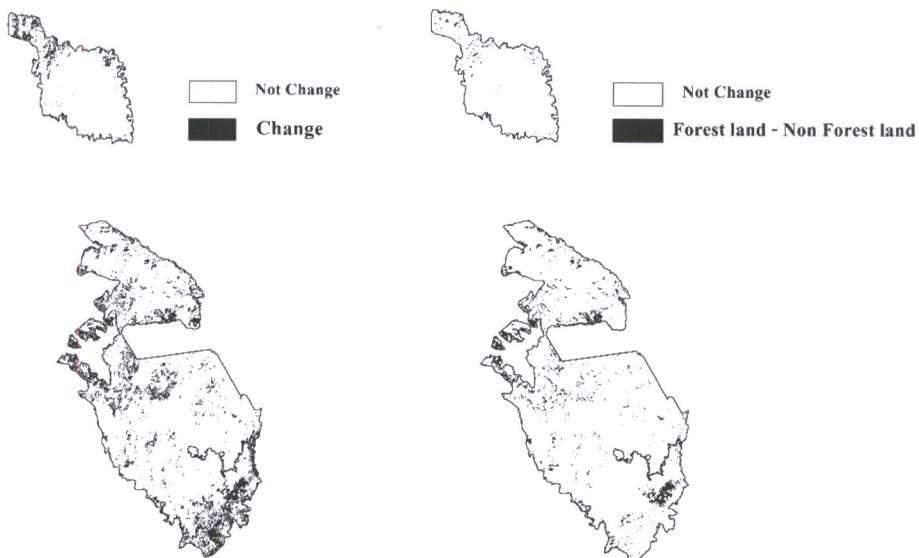


Figure 3 Land use change during 2009-2013 at Doi Suthep-Pui National Park.

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2556-2560 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 17.46 ตร.กม. โดยพื้นที่ป่าไม้ ลดลงมากที่สุด 7.71 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 44.16 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด ลดลง 1.02 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.84 ส่วนพื้นที่ที่มีการ

เพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เพิ่มขึ้น 8.11 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 46.45 รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้น 0.47 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.69 พื้นที่เกษตรผสมผสาน เพิ่มขึ้น 0.13 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.74 และพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 0.02 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.12 ดัง Table 4, Figure 4 และ Figure 5

Table 4 Land use change during 2013 and 2017 Doi Suthep-Pui National Park.

Unit: sq.km

| Land use type | Land use area in 2017 | | | | | | Total | |
|-----------------------|-----------------------|--------|-------|------|------|------|--------|--------|
| | FL | PO | IF | UBL | ML | WB | | |
| Land use area in 2013 | FL | 219.67 | 14.52 | 0.68 | 0.83 | 2.30 | 0.01 | 238.01 |
| | PO | 6.05 | 11.18 | 0.30 | 0.49 | 0.17 | 0.01 | 18.20 |
| | IF | 0.31 | 0.02 | 1.09 | 0.20 | 0.65 | 0.05 | 2.32 |
| | UBL | 0.56 | 0.48 | 0.25 | 2.38 | 0.18 | 0.03 | 3.88 |
| | ML | 3.74 | 0.11 | 0.10 | 0.40 | 2.38 | 0.01 | 6.74 |
| | WB | | | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.20 | 0.29 |
| Total | 230.33 | 26.31 | 2.45 | 4.34 | 5.70 | 0.31 | 269.44 | |

Remarks : FL = Forest Land, PO = Perennial Orchard, IF = Integrated Farm, UBL = Urban and Built-up Land, ML = Miscellaneous Land, WB = Water Body

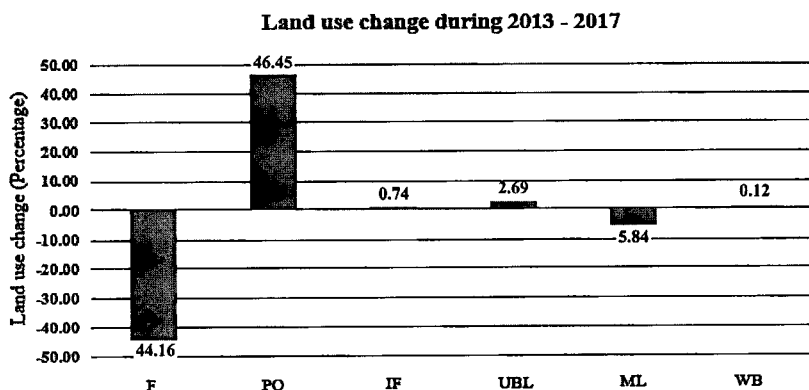


Figure 4 Percentage of land use change during 2013-2017 at Doi Suthep-Pui National Park.

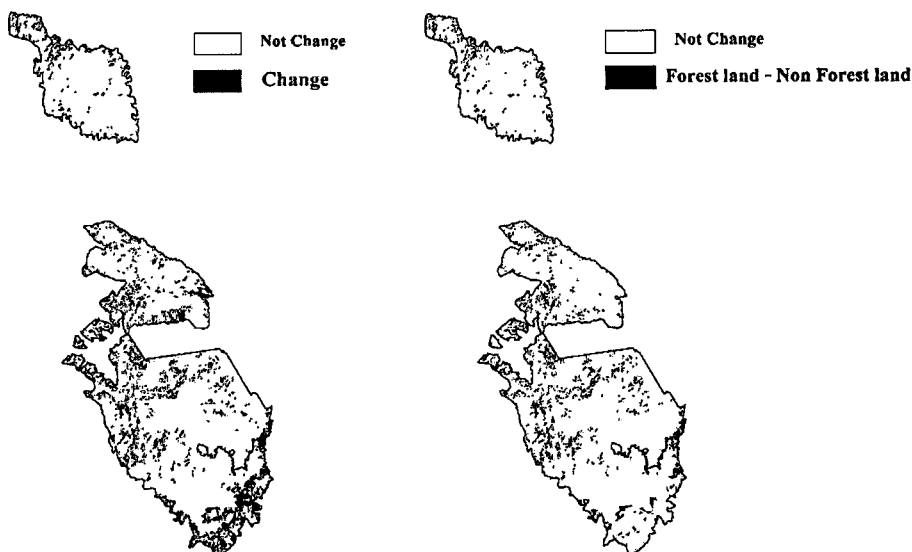


Figure 5 Land use change during 2013-2017 at Doi Suthep-Pui National Park.

การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2564

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมในอนาคตด้วยแบบจำลอง Land Change Modeler (LCM) ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่ง

ปกคลุมของปี พ.ศ. 2556 และ 2560 โดยมีปัจจัยที่เป็นตัวแปรขับเคลื่อน (driver variable) ได้แก่ ความลาดชัน พื้นที่น้ำ เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม และระยะห่างจากพื้นที่น้ำ ดัง Figure 6

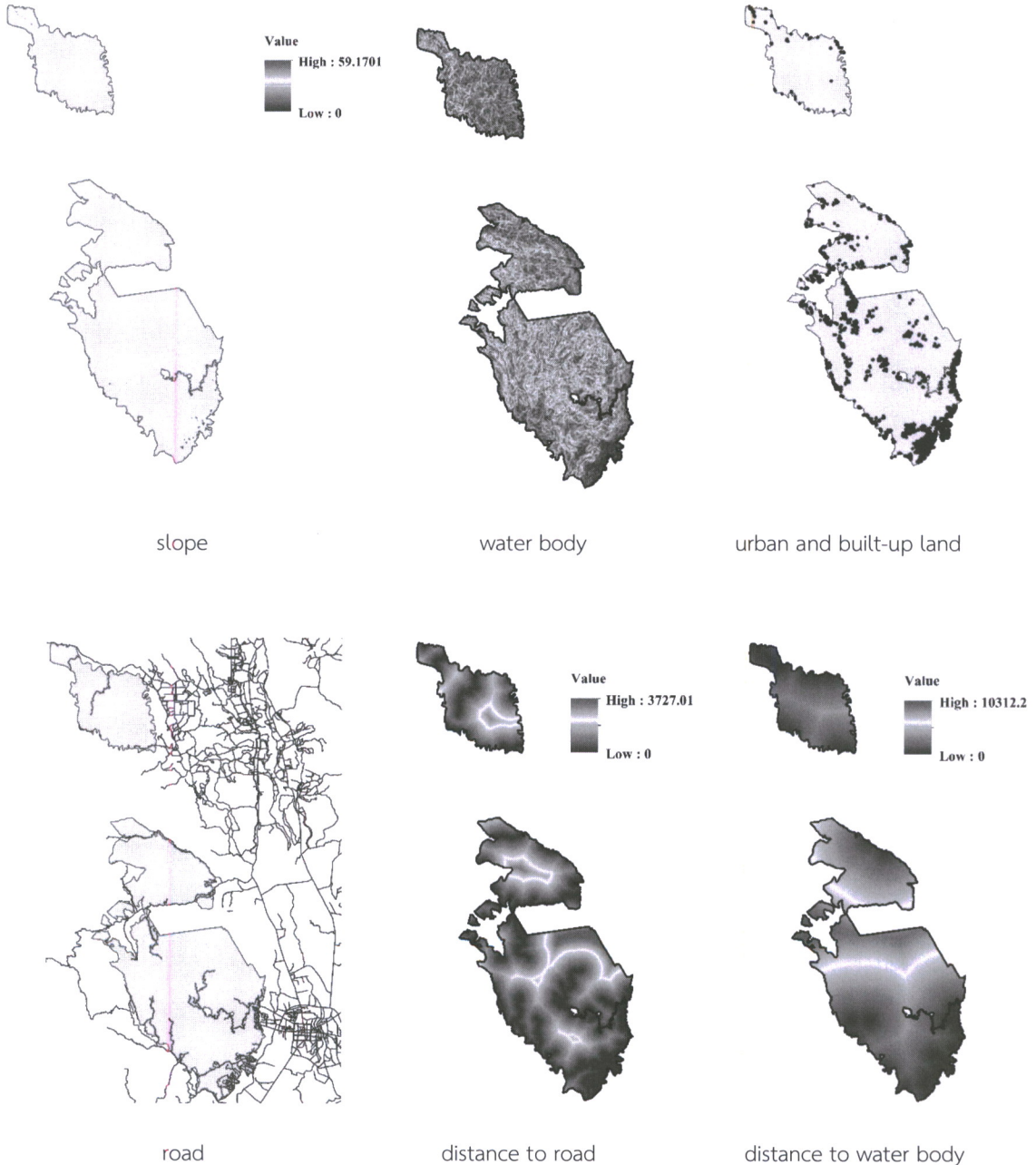


Figure 6 Driver variable prediction of land use at Doi Suthep–Pui National Park in 2021.

ในการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดิน
 ในอนาคต ปี พ.ศ. 2564 มีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด คิดเป็น
 พื้นที่ 225.48 ตร.กม. หรือ ร้อยละ 83.68 ของพื้นที่
 ศึกษา รองลงมาเป็นไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่เบ็ดเตล็ด ชุมชน
 และสิ่งปลูกสร้าง เกษตรผสมผสาน และแหล่งน้ำ คิด

เป็นพื้นที่ 30.04, 6.08, 4.77, 2.75 และ 0.32 ตร.กม.
 หรือ ร้อยละ 11.15, 2.26, 1.77, 1.02 และ 0.12 ของ
 พื้นที่ศึกษา ตามลำดับ รายละเอียดดัง Table 5 และ
 Figure 7

Table 5 Prediction of land use in 2021 at Doi Suthep-Pui National Park.

| Land use type | 2021 | |
|-------------------------|--------|------------|
| | Area | Percentage |
| Forest land | 225.48 | 83.68 |
| Perennial orchard | 30.04 | 11.15 |
| Integrated farm | 2.75 | 1.02 |
| Urban and built-up Land | 4.77 | 1.77 |
| Miscellaneous land | 6.08 | 2.26 |
| Water body | 0.32 | 0.12 |
| Total | 269.44 | 100.00 |

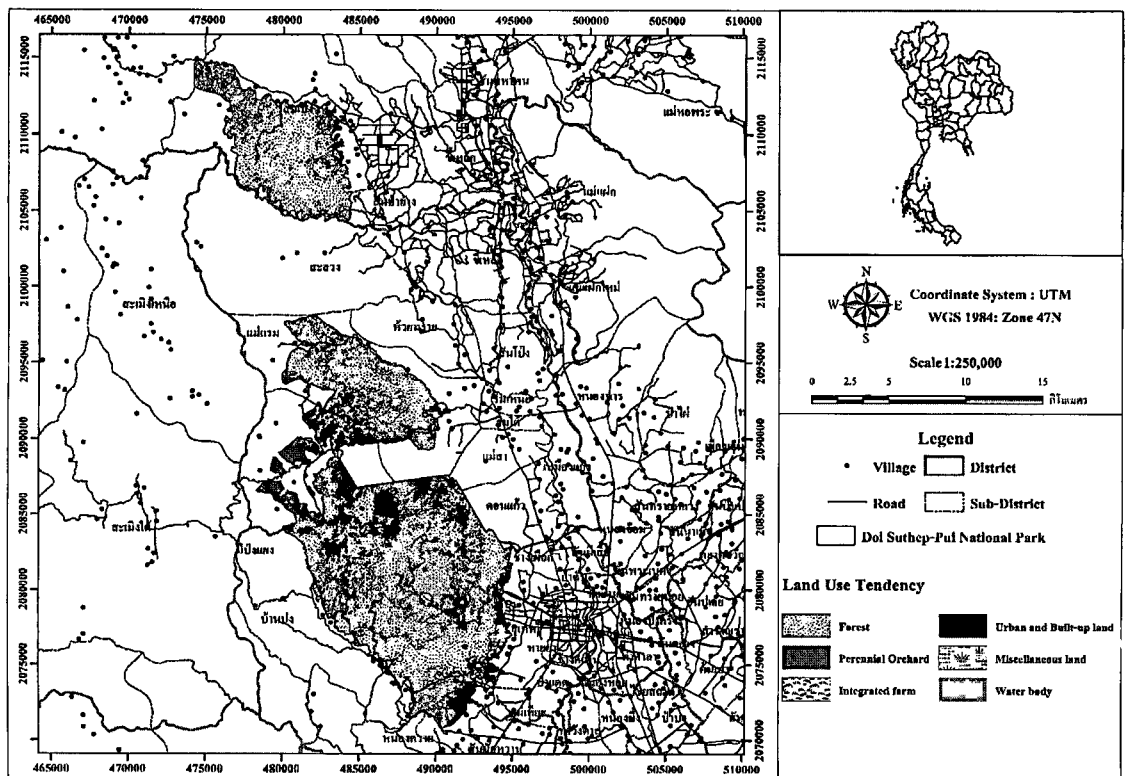


Figure 7 Prediction of land use in 2021 at Doi Suthep-Pui National Park.

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงปี พ.ศ. 2560-2564 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ทั้งหมด 9.70 ตร.กม. โดยพื้นที่ป่าไม้ลดลง 4.86 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 50.11 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ พื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น เพิ่มขึ้น 3.72 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ

38.35 รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เพิ่มขึ้น 0.44 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.54 พื้นที่เบ็ดเตล็ดเพิ่มขึ้น 0.37 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.81 พื้นที่เกษตรผสมผสาน เพิ่มขึ้น 0.30 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.09 และพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้น 0.01 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.10 ดัง Table 6, Figure 8 และ Figure 9

Table 6 Land use change during 2017 and 2021 at Doi Suthep-Pui National Park.

Unit: sq.km

| Land use type | Land use area in 2021 | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--------|-------|------|------|------|--------|--------|
| | FL | PO | IF | UBL | ML | WB | Total | |
| Land use area in 2017 | FL | 211.52 | 14.02 | 0.83 | 0.98 | 2.95 | 0.03 | 230.33 |
| | PO | 9.66 | 15.40 | 0.38 | 0.63 | 0.24 | 0.01 | 26.32 |
| | IF | 0.39 | 0.03 | 1.12 | 0.22 | 0.64 | 0.05 | 2.45 |
| | UBL | 0.73 | 0.51 | 0.29 | 2.55 | 0.20 | 0.04 | 4.32 |
| | ML | 3.16 | 0.08 | 0.09 | 0.33 | 2.04 | 0.01 | 5.71 |
| | WB | 0.01 | | 0.04 | 0.05 | 0.02 | 0.19 | 0.31 |
| Total | 225.47 | 30.04 | 2.75 | 4.76 | 6.09 | 0.33 | 269.44 | |

Remarks : FL = Forest Land, PO = Perennial Orchard, IF = Integrated Farm, UBL = Urban and Built-up Land, ML = Miscellaneous Land, WB = Water Body

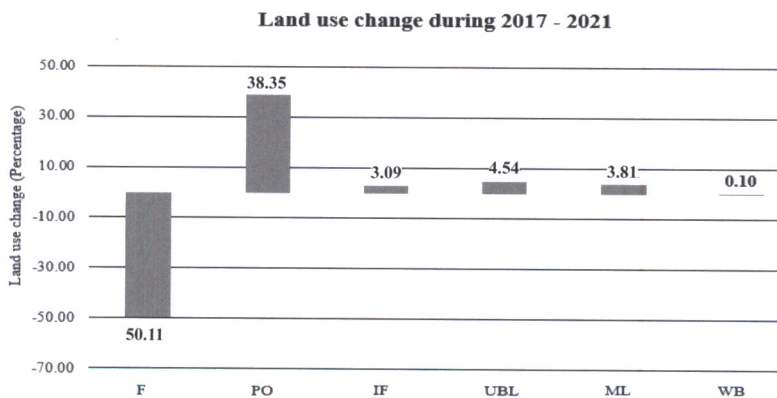


Figure 8 Percentage of land use change during 2017-2021 at Doi Suthep-Pui National Park.

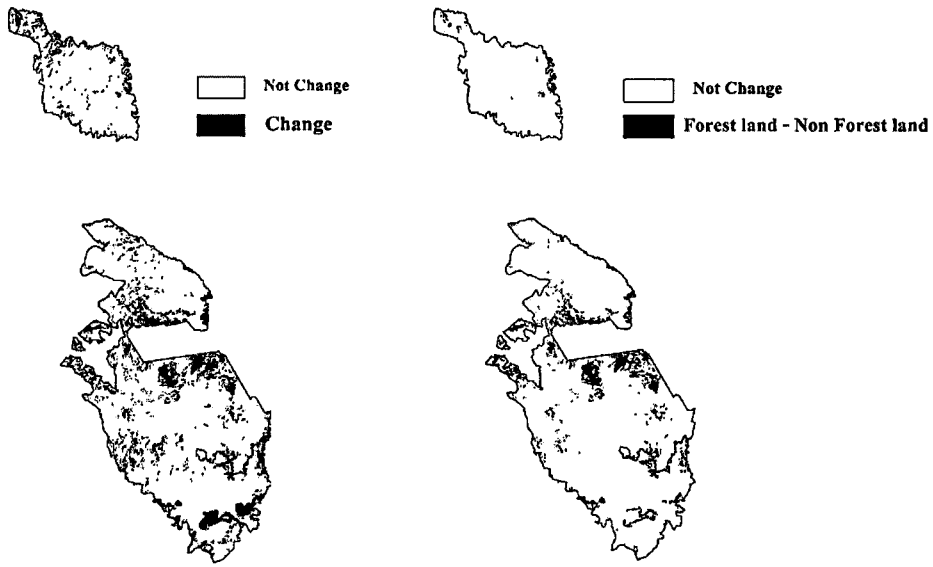


Figure 9 Land use change during 2017-2021 at Doi Suthep-Pui National Park.

บริเวณที่พบการเปลี่ยนแปลงมากและเป็นจุดเสี่ยง สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการวางแผน และบริหารจัดการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการเฝ้าระวังตรวจตราอย่างเข้มข้น แบ่งออกเป็นในส่วนพื้นที่ตอนเหนือของพื้นที่ศึกษาบริเวณรอยต่อของบ้านหนองบัวหลวงและบ้านเอื้อง ตำบลสันป่ายางกับแนวเขตอุทยานฯ สำหรับในส่วนพื้นที่ตอนกลางของพื้นที่ศึกษาทางด้านทิศตะวันออกบริเวณรอยต่อของบ้านแม่แรม (หนองหอย) และบริเวณบ้านทุ่งแท่น ตำบลแม่แรมกับแนวเขตอุทยานฯ ส่วนด้านทิศตะวันตกมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเข้มข้น บริเวณบ้านหนองหอยเก่า บ้านหนองหอย (สามหลัง) บ้านโป่งแงงโน บ้านโป่งแงงนอก บ้านม่วงคำ และบ้านแม่सान้อย ตำบลโป่งแงง สาเหตุสำคัญประการหนึ่งมาจากพื้นที่ดังกล่าวยังไม่มียุทธศาสตร์อุทยานฯ หรือจุดสกัด และในส่วนพื้นที่ตอนล่างของพื้นที่ศึกษาบริเวณรอยต่อของบ้านปางยาง บ้านห้วยลึก และบ้านเก้าเดื่อ ตำบลบ้านปางกับแนวเขตอุทยานฯ ข้อเสนอในการจัดตั้งหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติหรือจุดสกัดในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งป้องกันการกระทำผิดด้านการป่าไม้ เห็นควรจัดตั้งในบริเวณที่เหมาะสมของดอยคอมรอง บ้านหนอง

หอยเก่า ในตำบลแม่แรมและบริเวณตอนบนของบ้านปางยาง ในตำบลโป่งแงง เพิ่มเติมจากเดิม

สรุป

ผลการจำแนกและการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงปี พ.ศ. 2552, 2556 และ 2560 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินส่วนใหญ่คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2552-2556 พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรผสมผสาน และพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 32.89, 3.03, 13.47 และ 0.61 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น มีพื้นที่ลดลงร้อยละ 7.29 และ 42.71 ตามลำดับ ขณะที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2556-2560 พื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เกษตรผสมผสาน และพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 46.45, 0.74, 2.69 และ 0.12 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ด มีพื้นที่

ลดลงร้อยละ 44.16 และ 5.84 ตามลำดับ พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมาก คือ พื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงมาจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ด โดยค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลปี พ.ศ. 2560 เท่ากับร้อยละ 91.91 และผลการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2564 โดยใช้ Land Change Modeler พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกคลุมดินส่วนใหญ่ คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2560-2564 คือ พื้นที่ไม้ผล/ไม้ยืนต้น พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่เกษตรผสมผสาน และพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 38.35, 3.09, 4.54, 3.81 และ 0.10 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ลดลงร้อยละ 50.11 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลง

เมื่อนำชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครองระดับตำบลและชั้นข้อมูลที่ตั้งหมู่บ้าน/ชุมชนมาซ้อนทับบนชั้นข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2560-2564 พบว่า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จะต้องเฝ้าระวังพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและอื่นๆ บริเวณรอยต่อระหว่างหมู่บ้านกับแนวเขตอุทยานแห่งชาติ ได้แก่ บ้านหนองบัวหลวง บ้านเอียง ของตำบลสันป่ายาง บ้านแม่แรม (หนองหอย) และบริเวณบ้านทุ่งแท่น ของตำบลแม่แรม บ้านหนองหอยเก่า บ้านหนองหอย (สามหลัง) บ้านโป่งแยง ในบ้านโป่งแยงนอก บ้านม่วงคำ และบ้านแม่สำน้อย ของตำบลโป่งแยง บ้านปางยาง บ้านห้วยลึก และบ้านเก้าเตื่อของตำบลบ้านปาง

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วันชัย อรุณประภารัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.ดร.นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม สำหรับคำอุปการในช่วยเหลือ วางแผนงานวิจัยฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำ และ

ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง งานงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณหัวหน้ากริชสยาม คงสตรี ผู้ช่วยหัวหน้าอานนท์ กุลนิล พร้อมทั้งเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกในการเข้าสำรวจและเก็บข้อมูล ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ในการสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจอย่างดียิ่ง ตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยครั้งนี้

REFERENCES

- Boonyawat, S. 1997. Mae Sa - Kog Ma Biosphere Reserve, pp. 26-35. *In Proceedings of the Biodiversity Conservation in the Biosphere Reserve*. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok. (in Thai)
- Campbell, J.B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*. Taylor & Francis, London.
- Clark, Lab. 2013. *IDRISI Spotlight: The Land Change Modeler*. Clark University, Worcester, MA.
- Grainger, A. 1990. Modeling deforestation in the humid tropics, pp. 51-67. *In M. Palo and G. Mery, eds. Deforestation or Development in the Third World? Vol. 3 Bulletin No. 349*. Finnish Forest Research Institute, Helsinki.
- Lambin, E.F., B.L. Turner, H.J. Geist, S.B. Agbola, A. Angelsen, J.W. Bruce, O.T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P.S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E.F. Moran, M. Mortimore, P.S. Ramakrishnan, J.F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G.D. Stone, U Svedin, T.A. Veldkamp, C. Vogel and J. Xu. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths.

- Global Environmental Change** 11: 261-269.
- Pongpattananurak, N. 2014. Prioritizing forest complexes of Thailand using landscape metrics. **Thai Journal of Forestry** 33(2): 61-76. (in Thai)
- Turner li, B.L., D. Skole, S. Sanderson, G. Fischer, L. Fresco and R. Leemans. 1995. Land-use and land-cover change, science/ research plan. **IGBP Report No. 35/ HDP Report No. 7**. Stockholm.
- Wannavichit, N. 2005. **Transportation Development and Land Use Dynamics in Chiang Mai Urban Fringe**. M.S. Thesis, Chiang Mai University. (in Thai)
- Yardmak, P . 2012. **Guideline for Ecological Landuse the Adjacent Area to Doi Suthep - Pui National Park, Amphoe Mueang and Amphoe Hang Dong Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
-