

นิพนธ์ต้นฉบับ

การตรวจสอบ และการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

Detection and Prediction of Land-Use Changes at Doi Suthep-Pui
National Park, Chiang Mai Province

สุธีระ เหมฮัก^{1*}Sutheera Hermhuk^{1*}ดอกรัก มารอด²Dokrak Marod²¹คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand

²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

* Corresponding Author; E-mail: h.sutheera@gmail.com

รับต้นฉบับ 25 กรกฎาคม 2562

รับแก้ไข 24 ตุลาคม 2562

รับลงพิมพ์ 28 ตุลาคม 2562

ABSTRACT

The study about land-use changes, especially in conserved forests, is necessary to determine the processes of management and protection of the area. This study aimed to detect land-use changes between 2000, 2008, and 2016 and predict the situation in the year 2024 in the Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province. Landsat-5TM (2000) and Landsat-8TM (2008 and 2016) satellite images were analyzed to predict the land-use changes around 2024 combined with an analysis between geographic information system (GIS) and CA-Markov model using the geospatial monitoring and modeling program. Temporary plots of 30 m x 30 m size (similar to satellite image resolution), were established in each land-use type to check the ground accuracy.

The results showed that the forest area in Doi Suthep-Pui National Park decreased during the study period (16 years). Through the first period (2000-2008), 2.19 km² and second period (2008-2016), 5.05 km² of forest changed to either agriculture or urban lands, especially mixed deciduous forest and lower montane forest. There was a similar trend in the 2024 prediction, showing an effect on the distribution of forest patches. A habitat loss would be expected to result in a biodiversity, thus, a management plan in the future should be developed to practice sustainable land-use changes.

Keywords: Human disturbance, Land-use/land cover changes, Protected area

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อนุรักษ์ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการกำหนดรูปแบบการจัดการและการป้องกันพื้นที่ เพื่อการลดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2543, 2551 และ 2559 และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงไปในปี 2567 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM (2543) และ 8-TM (2551, 2559) ในการศึกษา โดยวิเคราะห์ระหว่างโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (ArcGIS ver. 10.1) และโปรแกรม Geospatial Monitoring and Modeling (ver. 9.2) ด้วยวิธีการแบบจำลองของมาร์คอฟ ผสมกับการเข้าวางแปลงขนาด 30x30 เมตร (ขนาดเท่ากับความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียม) สำรวจพื้นที่จริงในแต่ละรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีการลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาการศึกษา ในช่วง 16 ปี กล่าวคือ ช่วงแรก (พ.ศ. 2543-2551) และช่วงที่ 2 (พ.ศ. 2551-2559) พื้นที่ป่าเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนประมาณ 2.19 ตร.กม. และ 5.70 ตร.กม. ตามลำดับ โดยเฉพาะป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบเขา ระดับต่ำ และมีแนวโน้มคล้ายกันในการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของการกระจายตัวของห้วยมป่า จากการสูญเสียพื้นที่ป่าข้างต้นอาจส่งผลกระทบต่อสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ดังนั้น แผนการจัดการควรได้รับการพัฒนาเพื่อการใช้ที่ดินอย่างยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: การรบกวนโดยมนุษย์ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่อนุรักษ์

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนับเป็นปัญหาหลักของป่าเขตร้อน (Boonkird *et al.*, 1984; Sahana *et al.*, 2016) โดยเฉพาะทางภาคเหนือของประเทศไทย (Rerkasem *et al.*, 2002; Hermhuk *et al.*, 2019) อาจกล่าวได้ว่าเป็นผลพวงของการพัฒนาเศรษฐกิจในด้านเพิ่มพื้นที่เกษตรกรรมเพื่อผลผลิตทางการเกษตร หรือการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ (Trisurat, 2010) เช่น การเชื่อมต่อเส้นทางคมนาคม หรือการพัฒนาการท่องเที่ยวในบางพื้นที่ ทั้งนี้หน่วยงานที่รับผิดชอบในการดูแลพื้นที่อนุรักษ์ เช่น กรมป่าไม้ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ในปัจจุบันมีการกำหนด และปรับปรุงกฎหมายให้เข้ากับสถานการณ์การอนุรักษ์โดยเฉพาะการแก้ไขการให้ใช้ประโยชน์ของชุมชนในพื้นที่ป่า ตลอดจนการมีมาตรการป้องกันหรือประกาศพื้นที่อนุรักษ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อป้องกันหรือ

สามารถบังคับใช้กฎหมายในการจัดการพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นวัตถุประสงค์หลัก อย่างไรก็ตามยังมีข้อที่ปฏิเสธไม่ได้ว่าวัฒนธรรมการตั้งถิ่นฐาน และการทำการเกษตรของกลุ่มชนพื้นเมือง หรือกลุ่มชาติพันธุ์ในภาคเหนือของประเทศไทยมีรูปแบบการเกษตรเดิมเป็นการทำไร่เลื่อนลอย (shifting cultivation) เป็นหลัก (Boonkird *et al.*, 1984) ประกอบกับการทำการเกษตรแบบอื่นๆ ที่เริ่มมีการสนับสนุนในปัจจุบัน เช่น การทำสวนผลไม้ หรือพืชผักเมืองหนาว ทั้งนี้การตั้งถิ่นฐานตามขอบป่า (forest edge) หรือใจกลางพื้นที่ป่าไม้ ถือว่าเป็นการเริ่มบุกรุกพื้นที่ป่าไม้จากการทำไร่เลื่อนลอยข้างต้น และบางพื้นที่ยังมีการขยายหรือเคลื่อนย้ายพื้นที่ไปเรื่อยๆ จนเกิดห้วยมป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ (Yimyan *et al.*, 2016; Hermhuk *et al.*, 2019) ร่วมกับเหตุผลอื่นของการเข้าถึงพื้นที่อนุรักษ์ เช่น การมีถนนเชื่อมเส้นทางคมนาคม ทำให้พื้นที่ป่าไม่เกิดการแบ่งส่วน

ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน
หลากหลายทางชีวภาพได้

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ในอดีตถึงปัจจุบัน และคาดการณ์ในอนาคต มีความสำคัญ
ในด้านการวางแผนการอนุรักษ์ การวางแผนทางการ
ป้องกัน และจัดการพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับใช้ควบคู่กับ
การวางแผนนโยบายอนุรักษ์ในพื้นที่อนุรักษ์ต่างๆ ทั้งในระดับ
ประเทศและภูมิภาค ในปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบการ
วิเคราะห์การคาดการณ์โดยใช้โปรแกรมทางสถิติร่วมกับ
ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ตลอดจนการจำลอง
สถานการณ์ต่างๆ (López *et al.*, 2001; Halmy
et al., 2015) เข้ามาเพื่อสามารถคาดการณ์สถานการณ์
การเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้หลายรูปแบบ (Halmy
et al., 2015) อย่างไรก็ตาม รูปแบบการเปลี่ยนแปลงและ
การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตตามห่วงโซ่ของ
มาร์คอฟ (Markov chain) ถือได้ว่าเป็นทฤษฎีที่คาดการณ์
ตามแนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีต และ
มีความแม่นยำในพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจาก
สถานการณ์อื่นๆ เข้ามาร่วม ผนวกกับปัจจุบันมีการ
เพิ่มเติมการระบุพื้นที่การเปลี่ยนแปลงในระบบสารสนเทศ
ทางภูมิศาสตร์ร่วมด้วยที่เรียกว่า Cellular Automata
Markov Chain (CA Markov) (Yang *et al.*, 2015) จึง
ถือได้ว่าเป็นความแม่นยำในการคาดการณ์ และสามารถ
ประยุกต์ใช้ในการวางแผนอนุรักษ์ได้อย่างดี

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการศึกษาดูแผนที่การใช้
ประโยชน์ที่ดินและการสำรวจภาคสนามในพื้นที่อุทยาน

แห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นพื้นที่
ที่มีความหลากหลายทางระบบนิเวศป่าไม้ และเป็นพื้นที่
ต้นน้ำสำคัญซึ่งพื้นที่ส่วนหนึ่งอยู่ในเขตสงวนชีวมณฑล
แม่สา-คอกม้า (Marod and Duengkae, 2019) ผนวก
กับอุทยานแห่งชาตินี้มีการตั้งถิ่นฐานของกลุ่มชาติพันธุ์
เดิมตั้งแต่ก่อนประกาศจัดตั้งอุทยาน (Yarnvudhi
et al., 2016) จึงนำไปสู่วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการ
เปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543,
2551 และ 2559 และการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2564
เพื่อเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ ป้องกัน จัดการ และ
ฟื้นฟูพื้นที่ดังกล่าวในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่
มีที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 18°30'30"-19°7'30" เหนือ
และลองจิจูดที่ 98°48'20"-98°57'10" ตะวันออก
(Figure 1) มีพื้นที่ทั้งหมด 256.69 ตารางกิโลเมตร โดย
ร้อยละ 85 เป็นพื้นที่ป่าไม้ และอีกร้อยละ 15 เป็นพื้นที่
เกษตรกรรม และชุมชน (Charnsungnern and
Tantanasarit, 2017) ซึ่งพื้นที่ป่าไม้พบทั้งหมด 4
ชนิดป่า ได้แก่ ป่าเบญจพรรณหรือป่าผสมผลัดใบ (mixed
deciduous forest) ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp
forest) ป่าดิบเขาระดับต่ำ (lower montane forest)
และป่าสนเขา (pine forest) (Hermhuk *et al.*, 2019)

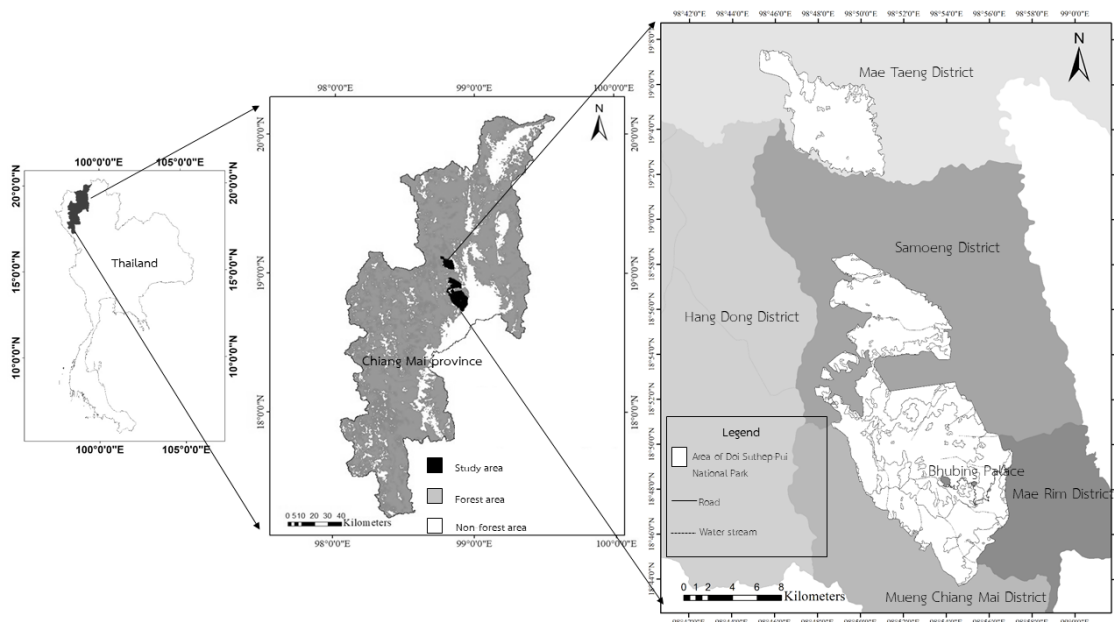


Figure 1 Location of study area; Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province, Thailand.

การจัดทำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์และจำแนกรูปแบบการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2543, 2551 และ 2559 โดยการแปลตีความจากข้อมูลปี พ.ศ. 2543 ด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท-5 (LANDSAT TM Band 5) ข้อมูลปี พ.ศ. 2551 และ 2559 จากดาวเทียมแลนด์แซท-8 (LANDSAT TM Band 8) ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือแผนที่ที่สามารถอ้างอิงพิกัดในทางภูมิศาสตร์ นำภาพทั้งหมดทำการตรึงค่าพิกัด (Georeferencing) โดยใช้รูปแบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator zone 47N) จากนั้นทำการ enhancement และ map composition ระหว่าง Bands โดยใช้สีผสมคือ Blue, Green, Red ตามลำดับ และวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยวิธีซ้อนทับ (overlay technique) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปแบบของยูเนียน (union) ตามหลักปฏิบัติการของบูล (Boolean operator) ซึ่งเป็นตัวปฏิบัติการเชิงตรรกะที่ใช้ในการก่อรูปของนิพจน์แบบบูล (Boolean expression) ตัวปฏิบัติการแบบบูลที่ใช้เป็นแบบหรือ (OR) ซึ่งเจาะจงรายการ

เงื่อนไขทางเลือก รูปแบบการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2543, 2551 และ 2559 ต้องเป็นค่าจริง (Pathanakit, 2003) จากนั้นจึงสร้างตารางไขว้แบบไพวอท์ (pivot table) ซึ่งติดตั้งอยู่ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างตารางไขว้ เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในรอบ 8 ปี คือ ระหว่างปี พ.ศ. 2543 (อยู่ในแผนที่เป็นแถว) และปี พ.ศ. 2551 (อยู่ในแผนที่เป็นสดมภ์) และ ปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2559 ซึ่งเป็นช่วงที่ 2 ตามลำดับ จากนั้นเลือกการยืดภาพเพื่อเน้นความชัดเจน (contrast stretch type) แบบ linear with saturation point 2.5% ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบพื้นที่ศึกษาให้ทั้งสองแกนมีรูปแบบการใช้ที่ดิน 7 รูปแบบ (Table 1) ผสมกับการเข้าสำรวจพื้นที่จริง (ground-check/ground truth) ในพื้นที่ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการใช้ที่ดินนั้นๆ อนึ่งถ้ามีการปรับแก้การรูปแบบการใช้ที่ดินนั้นๆ จะทำการปรับแก้แผนที่ในปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ค่าร้อยละความถูกต้องเป็นตัวกำหนด จากการตรวจสอบภาคสนามจำนวนอย่างน้อยรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินละ 10 จุด กล่าวคือ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบเขาระดับต่ำ รูปแบบละ 20 จุด

Table 1 Land-use class definitions.

Land-use class	Code	Description
Mixed deciduous forest	MDF	Natural deciduous forest with undergrowth bamboos, elevation range 300-800 m above mean sea level
Lower montane forest	LMF	Natural evergreen forest and recovered or secondary forest with elevation higher than 1,000 m above mean sea level
Deciduous dipterocarp forest	DDF	Natural deciduous forests, comprising Dipterocarpaceae species with a pine subtype elevation range 300-950 m above mean sea level
Pine forest	PF	Natural evergreen forest, comprising <i>Pinus</i> spp. elevation range 900-1,200 m above mean sea level
Agricultural land	AG	Lychee and orange orchards, shifting cultivation, vegetable, and upland rice
Urban lands	U	Settlements and villages of local communities
Water resources	W	Natural and man-made water resources (waterfall, stream, and swamp)

ป่าสนเขา พื้นที่เกษตรกรรม รูปแบบละ 15 จุด และพื้นที่ชุมชน 12 จุด รวมเป็น 102 จุดสำรวจ และนำมาปรับแก้การวิเคราะห์ โดยจุดสำรวจทำการวางแผนขนาด 30x30 เมตร (เพื่อความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียม) เพื่อสำรวจองค์ประกอบของพรรณไม้ว่าเป็นสังคมพืชชนิดนั้นหรือไม่ ผนวกกับค่าความเชื่อมั่นตามรูปแบบของ Koppa index (Han *et al.*, 2015) ที่ได้จากการคาดการณ์แบบจำลองมาร์คอฟ (Markov model) จากช่วงเวลา 8 ปีแรก คือช่วง ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2551 เป็นแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินจากการคาดการณ์ปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจริงในปี พ.ศ. 2559

พลวัตของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างระยะเวลาศึกษาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2559 ใช้การคำนวณตามสูตรการพัฒนาของ Wang and Bao (1999) ดังนี้

$$S = \left[\sum_{ij} (\Delta Si - j/Sj) \times (1/t) \times 100 \right]$$

โดย Si and Sj คือ พื้นที่ของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปแบบที่ i และ j ในช่วงเริ่มต้นศึกษา และปัจจุบัน ตามลำดับ

$\Delta Si-j$ คือ พื้นที่รวมของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ เปลี่ยนเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินอื่นๆ

t คือ ระยะเวลาศึกษา

ในการศึกษาค้นนี้ประยุกต์แบบจำลองมาร์คอฟ (Markov model) บูรณาการกับแบบจำลองเซลล์ลูลา ออโตมาตา (cellular automata model) หรือเรียกสั้นๆ ว่า แบบจำลอง ซีเอ-มาร์คอฟ การประยุกต์แบบจำลองซีเอ-มาร์คอฟในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเชิงปริมาณที่ได้จากแบบจำลองห่วงโซ่ของมาร์คอฟ กฎการเปลี่ยนแปลงของ

แบบจำลอง ซึ่งได้จากการรวบรวมและจัดเก็บ แผนที่ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินเชิงพื้นที่แต่ละประเภทเข้าด้วยกัน ซึ่งได้จากการวิเคราะห์แบบการประเมินหลากหลายเงื่อนไข (multi criteria evaluation) และการใช้แบบจำลองเซลล์ลูลาออตมาตา โดยใช้ตัวกรองข้อมูล (CA filter) ขนาด 5x5 เมตร ซึ่งแบบจำลองเซลล์ลูลาออตมาตานั้น สามารถแสดงความน่าจะเป็นออกเป็นรูปแบบเชิงพื้นที่ได้ (Yang *et al.*, 2015) ในการกรองข้อมูลทีละเซลล์ในพื้นที่ศึกษา โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2559 เป็นฐาน เพื่อต้องการคาดการณ์การใช้ที่ดินอีก 8 ปีข้างหน้า คือ ปี พ.ศ. 2567 จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่หรือแผนที่ ทำให้สามารถระบุพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยใช้โปรแกรมทางภูมิสารสนเทศ TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling (version 9.2 software package) ในการวิเคราะห์ และจัดทำแผนที่

การวิเคราะห์ความถูกต้องของรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 โดยใช้ค่า Kappa index coefficient (Pontius *et al.*, 2001) จากภาพการคาดการณ์ช่วงที่ 1 ซ้อนทับกับการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศจริงในปี พ.ศ. 2559

ผลและวิจารณ์

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยตามแผนที่รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 7 รูปแบบ คือ ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ป่าดิบเขาระดับต่ำ (lower montane forest) ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) ป่าสนเขา (pine forest) พื้นที่เกษตรกรรม (agricultural land) เมืองหรือชุมชน (urban land) และแหล่งน้ำ (water resources) โดยค่าพลวัตของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึงปี พ.ศ. 2559 มีค่า 2.85 ซึ่งถือว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากเดิมไม่มาก (จากค่าพลวัตของการ

เปลี่ยนแปลง) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก (เนื่องจากเป็นพื้นที่อนุรักษ์) คือ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชน/เมือง มีค่า 14.70 และ 4.67 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความถูกต้องของการวิเคราะห์ตีความภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับการสำรวจพื้นที่ พบว่า พื้นที่เกษตรกรรม แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุมชนหรือเมือง มีความถูกต้องร้อยละ 100 รองลงมาได้แก่ พื้นที่ป่าดิบเขา ระดับต่ำ และป่าสนเขา มีความถูกต้องร้อยละ 84 และพื้นที่ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณมีค่าความถูกต้องน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 72 อาจสืบเนื่องมาจากโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ประกอบกับการกระจายของพื้นที่ป่าซ้อนทับกัน (Trisurat, 2010; Hermhuk *et al.*, 2019) ดังนั้นจึงอาจเกิดข้อผิดพลาดจากการตีความภาพถ่ายข้างต้น และเมื่อนำมาปรับแก้การแปลภาพถ่ายดาวเทียมของปี พ.ศ. 2559 ร่วมกับการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงช่วงแรก กล่าวคือ ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 และปี พ.ศ. 2551 เพื่อคาดการณ์ปี พ.ศ. 2559 พบว่ามีค่าความถูกต้องตามดัชนีของ Kappa index 0.92 เมื่อเทียบกับการแปลภาพถ่ายจริงปี พ.ศ. 2559 ถือได้ว่ามีความถูกต้องสูงในด้านการยอมรับของการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เมื่อพิจารณาพื้นที่ตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงปีมีรายละเอียด คือ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ปี พ.ศ. 2543 พบพื้นที่ป่าเบญจพรรณ มีพื้นที่มากที่สุด คือ 111.79 ตารางกิโลเมตร (ตร.กม.) รองลงมาได้แก่ ป่าดิบเขาระดับต่ำ ป่าเต็งรัง พื้นที่เกษตรกรรม เมืองหรือชุมชน ป่าสนเขา และแหล่งน้ำ ตามลำดับ สอดคล้องกับพื้นที่ครอบคลุมในปี พ.ศ. 2551 การใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงที่ 1 ในระหว่างปี พ.ศ. 2543-2551 ดังแสดงใน Table 2 และ Figure 2 (A, B) พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากขึ้นหรือมีการขยายพื้นที่มากขึ้น ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม

เพิ่มขึ้นมากที่สุด 1.61 ตร.กม. รองลงมาคือ ป่าสนเขา และเมืองหรือชุมชน ตามลำดับ (0.81 และ 0.10 ตร.กม.) ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลง ได้แก่ ป่าเบญจพรรณมีพื้นที่ลดลงมากที่สุด 2.62 ตร.กม. รองลงมาคือ ป่าดิบเขาระดับต่ำ ลดลง 0.80 ตร.กม. ตามลำดับ และจากข้อค้นพบของแผนที่ช่วงแรกสามารถยืนยันได้ว่าพื้นที่ป่าทั้งสองชนิดข้างต้นเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด (Table 3)

อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ช่วงที่ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2559 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในระหว่างปี พ.ศ. 2551-2559 แสดงใน Table 2 และ Figure 2 (B, C) พบว่า พื้นที่ป่าเบญจพรรณมีพื้นที่มากที่สุด แต่เมื่อเทียบกับช่วงปี พ.ศ. 2543 พบว่า มีพื้นที่ลดลง โดยประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่มากขึ้น ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม เพิ่มขึ้นมากที่สุด 3.10 ตร.กม. รองลงมาคือ เมืองหรือชุมชน ป่าเต็งรัง ป่าสนเขา และแหล่งน้ำ ตามลำดับ (1.18, 0.29 และ 0.09 ตร.กม.) ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลง ได้แก่ ป่าดิบเขาระดับต่ำ มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด 4.47 ตร.กม. รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณ ลดลง 0.85 ตร.กม. และ ป่าสนเขา ลดลง 0.24 ตร.กม. และจากข้อค้นพบของแผนที่ช่วงแรกสามารถยืนยันได้ว่าพื้นที่ป่าเกือบทุกชนิด ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าดิบเขาระดับต่ำ และป่าสนเขา มีเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 5.7 ตร.กม. (Table 4)

การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2567

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วง 8 ปี คือ พ.ศ. 2559 - พ.ศ. 2567 ตามรูปแบบ

การจำแนกประเภทการใช้ที่ดินออกได้ทั้งหมด 7 ประเภท ข้างต้น ได้แก่ พื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำ พื้นที่ป่าเต็งรัง พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่ป่าสนเขา พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนหรือเมือง และแหล่งน้ำ จาก Table 2 และ Figure 2 (C) พบว่า พื้นที่ป่าเบญจพรรณเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีพื้นที่ทั้งหมด 104.52 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 40.72 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม (52.85 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 20.59 ของพื้นที่ทั้งหมด) ป่าเต็งรัง (45.05 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.55 ของพื้นที่ทั้งหมด) ป่าดิบเขาระดับต่ำ (43.84 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.08 ของพื้นที่ทั้งหมด) ป่าสนเขา (8.19 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.19 ของพื้นที่ทั้งหมด) ชุมชนหรือเมือง (3.07 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.19 ของพื้นที่ทั้งหมด) และแหล่งน้ำ (0.16 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.06 ของพื้นที่ทั้งหมด) ตามลำดับ (Table 2)

อัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2559-2567 ในระยะเวลา 8 ปี พบว่า ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม เพิ่มขึ้นมากที่สุด 4.43 ตร.กม. รองลงมาคือ พื้นที่ชุมชน และป่าสนเขา เพิ่มขึ้น 0.90 และ 0.04 ตร.กม. ตามลำดับ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีพื้นที่ลดลงทั้งหมดเป็นพื้นที่ป่าไม้ และแหล่งน้ำตามธรรมชาติ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณมีพื้นที่ลดลงมากที่สุด 3.80 ตร.กม. รองลงมาคือ ป่าดิบเขาระดับต่ำ ป่าเต็งรัง และแหล่งน้ำ (0.70, 0.58 และ 0.06 ตร.กม.) ตามลำดับ

Table 2 Change in land-use area (square kilometers) and percentage (%) from 2000 to 2024 in Doi Suthep-Pui National Park, Thailand.

Land-use class	2000 (B.E. 2543)		2008 (B.E. 2551)		2016 (B.E. 2559)		2024 (B.E. 2567)		Area	Area	Area
	Area	%	Area	%	Area	%	Area	%	change period 1	change period 2	change period 3
MDF	111.79	43.55	109.17	42.53	108.32	42.22	104.52	40.72	-2.20	-0.85	-3.80
LMF	49.78	19.39	48.98	19.08	44.51	17.35	43.84	17.08	-0.80	-4.47	-0.70
DDF	45.23	17.62	45.22	17.62	45.51	17.74	45.05	17.55	0	+0.41	-0.58
PF	7.82	3.05	8.61	3.35	8.37	3.26	8.19	3.19	+0.81	+0.24	+0.04
AG	41.92	15.94	43.53	16.96	47.43	18.48	51.85	20.20	+2.18	+3.89	+4.43
U	0.99	0.39	1.01	0.39	2.19	0.85	3.07	1.19	+0.01	+1.16	+0.90
W	0.16	0.06	0.17	0.07	0.26	0.10	0.16	0.06	0	+0.10	-0.06
Total	256.69	100	256.69	100	256.69	100	256.69	100			

Remarks: Land-use class: MDF = Mixed deciduous forest, LMF = Lower montane forest,

DDF = Deciduous dipterocarp forest, PF = Pine forest,

AG = Agricultural land, U = Urban and W = Water

Period 1 = 2000 to 2008, period 2 = 2008 to 2016 and period 3 = 2016 to 2024

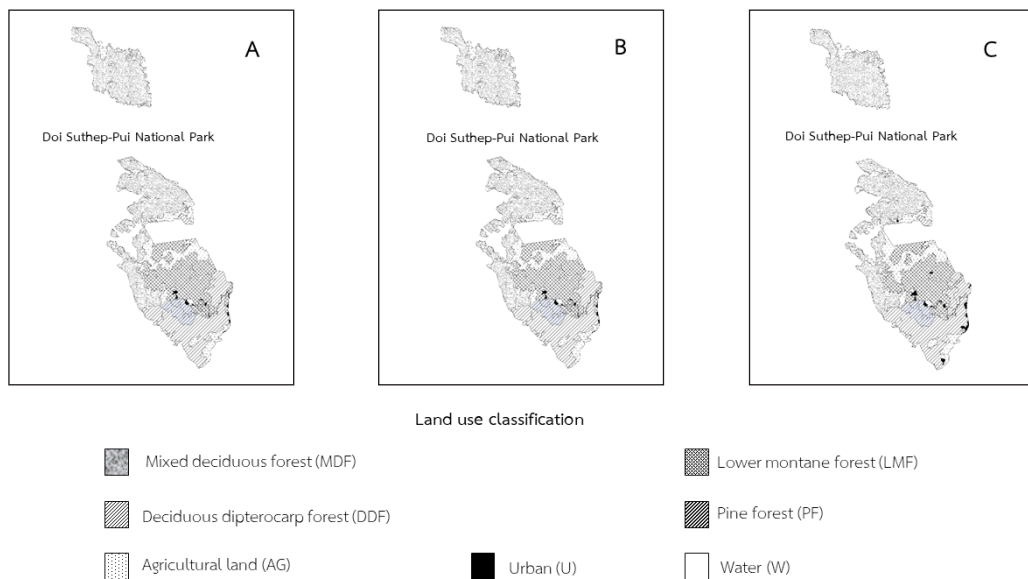


Figure 2 Simulation of land-use in Doi Suthep-Pui National Park during different years; (A) 2000, (B) 2008, and (C) 2015.

Table 3 The direction of transfer in LULC area change during 2000-2008 in Doi Suthep-Pui National Park, Thailand.

2000		Area (square kilometers)							Total
2008		LMF	DDF	MDF	PF	AG	U	W	
Area (square kilometers)	LMF	47.56	0	0.1	1.2	0.9	0.02	0	49.78
	DDF	0.01	45.22	0	0	0	0	0	45.23
	MDF	0	0	105.7	0	5.96	0.13	0	111.79
	PF	0.83	0	0	6.89	0.1	0	0	7.82
	AG	0.39	0	2.58	0.52	36.56	0.86	0.01	40.92
	U	0.1	0	0.88	0	0.01	0	0	0.99
	W	0	0	0	0	0	0	0.16	0.16
	Total	48.98	45.22	109.17	8.61	43.53	1.01	0.17	256.69

Table 4 The direction of transfer in LULC area change during 2008-2015 in Doi Suthep-Pui National Park, Thailand.

2008		Area (square kilometers)							
2015		LMF	DDF	MDF	PF	AG	U	W	Total
Area (square kilometers)	LMF	42.39	0.02	0	2.14	3.12	1.31	0	48.98
	DDF	0.21	45.01	0	0	0	0	0	45.22
	MDF	0.01	0.19	104.3	0	4.52	0.07	0	109.2
	PF	0.8	0	0	5.11	2.7	0	0	8.61
	AG	1.1	0.29	3.19	1.12	37.07	0.76	0	43.53
	U	0	0	0.84	0	0.02	0.05	0.09	1.01
	W	0	0	0	0	0	0	0.17	0.17
	Total	44.51	45.51	108.3	8.37	47.43	2.19	0.26	256.69

Remarks : Land-use class: MDF = Mixed deciduous forest, LMF = Lower montane forest, DDF = Deciduous dipterocarp forest, PF = Pine forest, AG = Agricultural land, U = Urban and W = Water

เห็นได้ว่า รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการวิเคราะห์คำนวณภาพถ่ายดาวเทียม ผนวกกับการติดตามการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินโดยการลงพื้นที่จริง มีความสอดคล้องกันถึงการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่เมืองหรือชุมชนจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งหมด โดยเฉพาะการสูญเสียพื้นที่ป่าเบญจพรรณมากที่สุดในช่วงแรก (พ.ศ. 2543-2551) อาจสืบเนื่องมาจากพื้นที่ป่าดังกล่าวมีพื้นที่ปกคลุมมากที่สุด และพื้นที่ส่วนใหญ่ติดกับพื้นที่ชุมชน ประกอบกับมีการตัดเส้นทางคมนาคมผ่าน ตลอดจนพื้นที่ป่าชนิดนี้มีโครงสร้างเป็นกลุ่มไม้เศรษฐกิจ (Marod and Kutinara, 2009; Santisuk, 2012) อาจเป็นผลให้เกิดการบุกรุกง่ายกว่าพื้นที่ป่าชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม พื้นที่ป่าเต็งรัง และป่าดิบเขาในระดับต่ำก็มีพื้นที่ลดลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในพื้นที่สูงที่มากกว่า 1,000 เมตรจากระดับทะเลเฉลี่ยปานกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปี พ.ศ. 2551-2559 พื้นที่ป่าดิบเขาในระดับต่ำลดลงอย่างมาก อาจเนื่องมาจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรมโดยเฉพาะรูปแบบการเกษตร แบบการทำไร่เลื่อนลอย (shifting cultivation) ของชาวม้งที่

อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่เรียกว่าระบบไร่ไถล่า (fallow period) (Yarnvudhi *et al.*, 2016; Charnsungnern and Tantanasarit, 2017) ที่เป็นการพักพื้นที่เมื่อได้เวลาของรอบหมุนเวียนก็จะกลับมาทำการเกษตรในพื้นที่เดิมอีกครั้งซึ่งอาจจะใช้เวลา 15-20 ปี (Boillat *et al.*, 2015) ซึ่งจากการลงพื้นที่สำรวจ พบว่า ยังมีการลักลอบขยายพื้นที่เกษตรเป็นหย่อมๆ ทำให้เกิดหย่อมป่า (forest patches) จำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันพบการเปิดพื้นที่เพื่อปลูกผักและผลไม้เมืองหนาว ได้แก่ สตอเบอร์รี่ มะเขือเทศ และกีวี่ นอกเหนือพื้นที่ที่อุทยานฯ ได้กั้นพื้นที่ไว้เพื่อการเกษตรของชุมชนดั้งเดิม ซึ่งการที่เกิดกลุ่มหย่อมของพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้นอาจเกิดความสูญเสียทางด้านความหลากหลายทางชีวภาพในระยะยาวข้างหน้า ซึ่งสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตได้

อย่างไรก็ตาม อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย ได้มีการกำหนดพื้นที่ปลูกป่าฟื้นฟูในพื้นที่ที่สามารถฟื้นฟูได้โดยใช้ไม้สนสามใบ (*Pinus kersiya*) เป็นหลักในการฟื้นฟูป่า และปล่อยให้พรรณไม้อื่นๆ เข้ามาทดแทนโดย

เฉพาะพื้นที่ไร่เลื่อนลอยเดิม หรือพื้นที่รอยต่อของป่าเต็งรังและป่าดิบเขาระดับต่ำที่ได้รับผลกระทบของไฟป่าจากป่าเต็งรัง ซึ่งอยู่ในพื้นที่สูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 1,000 เมตร จึงเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาการศึกษาช่วงที่ 1 พื้นที่ป่าสนเขา มีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากเดิมสอดคล้องกับการรายงานของ Elliott and Kuaraksa (2008) ที่ระบุว่า พื้นที่ไร่เลื่อนลอยที่มีการเลิกใช้จากกลุ่มชาติพันธุ์ท้องถิ่นในพื้นที่ดอยสุเทพ มีการฟื้นฟูด้วยสนสามใบซึ่งเป็นไม้โตเร็วเป็นหลักในอดีต

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567 พบว่า มีแนวโน้มในรูปแบบคล้ายคลึงกับที่ผ่านมา คือ มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตรกรรมมากขึ้น โดยส่วนใหญ่ขยายจากขอบพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชนเดิม ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการจัดการ หรือควบคุม ดูแลรักษาพื้นที่ดังกล่าวอย่างเข้มข้นตลอดจนการเร่งดำเนินนโยบายการฟื้นฟูป่าในพื้นที่เสื่อมโทรมเดิมเพื่อเร่งกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติผนวกกับปัจจุบันมีนโยบายของรัฐที่มีการผ่อนปรนการใช้ที่ดินในเขตป่ามากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในป่าอนุรักษ์ คือ การปรับปรุงพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติฉบับใหม่ เป็นฉบับพุทธศักราช 2562 เพื่อครอบคลุมมติคณะกรรมการนโยบายที่ดินแห่งชาติ (คทช.) เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน พุทธศักราช 2541 และ 17 มิถุนายน พุทธศักราช 2557 ที่กล่าวเกี่ยวกับการอนุญาตให้ใช้ที่ดินแก่บุคคลที่ทำการเกษตรในเขตป่าก่อนประกาศ และตรวจสอบหากมีการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงและการคาดการณ์การใช้ที่ดินผนวกเข้ากับการสำรวจพื้นที่จริงนั้น ข้อมูลรายได้ประชากร และดัชนีคุณภาพกลุ่มน้ำตามกฎหมายอาจเป็นผลดี และย่นระยะเวลาในการตรวจสอบต่อแนวทางการป้องกันได้ถูกต้องและแม่นยำในอนาคต

สรุป

กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การขยายพื้นที่การเกษตรกรรมในพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่

อนุรักษ์ต้นน้ำลำธาร เป็นสิ่งรบกวนที่สำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศป่าไม้ ซึ่งส่งผลต่อเนื่องกับการสูญเสียถิ่นอาศัยที่มีความสำคัญในการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย มีการแปรผันตามกิจกรรมของมนุษย์ตลอดระยะเวลา 16 ปี พื้นที่ป่าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะป่าเบญจพรรณ และป่าดิบเขาระดับต่ำที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม หรือเพื่อการตั้งถิ่นฐานของชุมชน นอกจากนี้ ยังมีแนวโน้มที่คล้ายกันในการคาดการณ์ในปี พ.ศ. 2567 ดังนั้น การสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จึงมีประโยชน์สำหรับนักวิชาการป่าไม้ในการสร้างแผนการจัดการเพื่อการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน และความเป็นอยู่ที่ดีของกลุ่มคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียในทรัพยากรดังกล่าวให้ดีขึ้นในอนาคต

คำนิยาม

ขอขอบคุณหัวหน้าและเจ้าหน้าที่ของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย และโครงการการบริการระบบนิเวศพื้นที่สงวนชีวมณฑลแม่สา-ห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้การสนับสนุนการวิจัยของสำนักงานเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน)

REFERENCES

- Boillat, S., C. Stich, J. Bastide, M. Epprecht, S. Thongmanivong and A. Heinimann. 2015. Do relocated villages experience more forest cover change? Resettlements, shifting cultivation and forests in the Lao PDR. *Environments* 2: 250-279.
- Boonkird, S.A., E.C.M. Fernandes and P.K.R. Nair. 1984. Forest villages: an agroforestry approach to rehabilitating forest land degraded by shifting cultivation in Thailand. *Agroforestry Systems* 2: 87-102.

- Charnsungnern, M. and S. Tantanasarit. 2017. Environmental sustainability of highland agricultural land use patterns for Mae Raem and Mae Sa watersheds, Chiang Mai province. **Kasetsart Journal of Social Sciences** 38(2): 169-174.
- Elliott, S. and C. Kuaraksa. 2008. Producing framework tree species for restoring forest ecosystems in northern Thailand. **Small-scale Forestry** 7: 403-415.
- Halmy, M.W.A., P.E. Gessler, J.A. Hicke and B.B. Salem. 2015. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. **Applied Geography** 63: 101-112.
- Han, H. C. Yang and J. Song. 2015. Scenario simulation and the prediction of land use and land cover change in Beijing, China. **Sustainability** 7(4): 4260-4279.
- Hermhuk, S., A. Chaiyes, S. Thinkampheang, N. Danrad and D. Marod. 2019. Land use and above-ground biomass changes in a mountain ecosystem, northern Thailand. **Journal of Forestry Research**. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00924-x>.
- López, E., G. Bocco, M. Mendoza and E. Duhau. 2001. Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: A case in Morelia city, Mexico. **Landscape and Urban Planning** 55(4): 271-285.
- Marod, D. and P. Duengkae. 2019. Montane forest dynamics based on long-term ecological research at Kog Ma watershed area in northern Thailand, pp. 143-156. In N. Kamata, K. Kuraji, T. Owari and B.T. Guan, eds. **Developing a Network of Long-term Research Field Stations to Monitor Environmental Changes and Ecosystem Responses in Asian Forests**. The University of Tokyo Forests Press, Bunkyo, Tokyo.
- _____ and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Aksorn Siam Publ., Bangkok. (in Thai)
- Pathanakiat, S. 2003. **Geo-informatics in Ecology and Environment**. United-production Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)
- Pontius Jr., R.G., J.D. Cornell and C.A.S. Hall. 2001. Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 85(1-3): 191-203.
- Rerkasem, K., N. Yimyam, C. Korsamphan, C. Thong-Ngam and B. Rerkasem. 2002. Agrodiversity lessons in mountain land management. **Mountain Research and Development** 22(1): 4-9.
- Sahana, M.J., J.J. Jennifer and S. Vanmathy. 2016. Land use/land cover change prediction using CLUE-S model. **International Journal of Engineering Science and Technology** 6(3): 176-182.
- Santisuk, T. 2012. **Forest of Thailand**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Trisurat, Y. 2010. Land use and forested landscape changes at Sakaerat Environmental Research Station in Nakhon Ratchasima province, Thailand. **Ekologia (Bratislava)** 29(1): 99-109.
- Wang, X. and Y. Bao. 1999. Study on the methods of land use dynamic change research. **Progress in Geography** 18(1): 81-87.

Yang, Y., S. Zhang, J. Yang, X. Xing and D. Wang. 2015. Using a cellular automata-Markov model to reconstruct spatial land-use patterns in Zhenlai County, Northeast China. **Energies** 8(5): 3882-3902.

Yarnvudhi, A., S. Sungkaew, S. Hermhuk, P. Sunthornhao and S. Onprom. 2016. Plant diversity and utilization on ethnobotany of local people at Hmong

Doi Pui village in Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry** 35(3): 136-146.

Yimyam, N., S. Lordkaew and B. Rerkasem. 2016. Carbon storage in mountain land use systems in northern Thailand. **Mountain Research and Development** 36(2): 183-192.
