

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
บริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย

Application of Geo-informatics in the Prediction of Land Use Changes
at the Phu Toei National Park

พงศ์ศิริ พูลเพิ่ม^{1,2*}

วันชัย อรุณประภารัตน์¹

ประสงค์ สวงวรรณ¹

Phongsiri Poonperm^{1,2*}

Wanchai Arunpraparut¹

Prasong Saguantam¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

*Corresponding Author, E-mail:poonperm.p74@gmail.com

รับต้นฉบับ 11 กุมภาพันธ์ 2564

รับแก้ไข 14 พฤษภาคม 2564

รับลงพิมพ์ 18 พฤษภาคม 2564

ABSTRACT

The objective of this study was to apply geo-informatics in the prediction of land use changes at the Phu Toei National Park. The visual interpretation classification technique was used to classify the land use during the years 1995, 2007, and 2019. Markov chain and Cellular Automata were then used as a tool to predict the land use in 2031.

Our results indicate that the study area covered around 864.31 km², consisting of Phu Toei National Park and a surrounding area within a radius of 3 km. from the boundary of the National Park. Land use was classified into 5 types consisting of forest land, agricultural land, urban and built-up land, water bodies, and miscellaneous. Data analysis revealed that during 1995 – 2007, land use changes occurred in an area of size 84.76 km² or 9.81% of the total area. The ratio of change in land use area indicated that the forest land had the highest change of around 42.38 km² or 50%. The area under agriculture increased by 35.17 km² or 41.49%. In 2007 – 2019, the land use change occurred in an area of around 5.96 km², which was 0.34% of the total area. The ratio of land use changes indicated that area classified as forest type changed at the highest rate by 2.98 km² or 50%.

The area under urban and built-up land increased by 1.89 km² or 31.67%. The overall accuracy of prediction using CA - Markov model was 84.55%. Cellular Automata predicted land use during 2031 under forest land, agricultural land, urban and built-up land, water bodies, and miscellaneous areas of 589.60, 257.19, 2.87, 14.64, and 0.01 km², respectively. The conversion of forest land to agricultural land needs proactive surveillance measures and appropriate land use problem solving, especially in Ban Ta Pern Kee, Ban Kluai, Ban Ong Phra, Ban Wang Nhormai, Ban Nong Eenag, Ban Huai Hindam, Ban Wangyao, Ban Wang Jorakhae, Ban Lawawangkwuai, and Ban Wang Hora.

Keywords: Geo-informatics, Land use change, CA-Markov, Phu Toei national park

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ระบบภูมิสารสนเทศในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2538, 2550 และ 2562 จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 และ 8 ด้วยเทคนิคการแปลตีความหมายด้วยสายตา ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2574

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ศึกษามีพื้นที่ทั้งหมด 864.31 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย พื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตย และพื้นที่โดยรอบรัศมี 3 กิโลเมตร มีรูปแบบการใช้ที่ดิน 5 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี 2538-2550 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 84.76 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.81 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงมากที่สุด 42.38 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 50 และพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น 35.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 41.49 ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2562 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 5.96 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงมากที่สุด 2.98 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.51 และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีการเพิ่มขึ้น 1.89 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 31.67 จากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า มีความถูกต้องร้อยละ 84.55 และจากการคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2574 พบว่า มีพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่เบ็ดเตล็ด เท่ากับ 589.60, 257.19, 2.87, 14.64 และ 0.01 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จำเป็นจะต้องมีมาตรการเฝ้าระวัง และแก้ไขปัญหาการใช้ที่ดินให้เหมาะสมต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณ บ้านตะเพินคี่ บ้านกล้วย บ้านองค์พระ บ้านวังหนองไม้ บ้านหนองอินาก บ้านห้วยหินดำ บ้านวังยาว บ้านวังจรเข้ บ้านละว้าวังควาย บ้านวังโหรา

คำสำคัญ: การประยุกต์ภูมิสารสนเทศ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA-Markov อุทยานแห่งชาติพุเตย

คำนำ

ทรัพยากรป่าไม้เป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและมีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะในสังคมชนบท ซึ่งมีการพึ่งพิงทรัพยากรเป็นอย่างมาก การเพิ่มขึ้นของประชากร ปัญหาการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร ปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจในการจัดการดินที่ถูกต้องและถูกวิธี ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง นอกจากนั้น ราคาของสินค้าเกษตรและกระแสการท่องเที่ยวธรรมชาติของคนในสังคมเมือง ล้วนส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งหากไม่สามารถควบคุมได้อาจส่งผลกระทบทำให้เกิดปัญหาการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้เพื่อนำที่ดินมาใช้ประโยชน์ แม้ในปัจจุบันมีมาตรการต่างๆ เพื่อรักษาพื้นที่ป่าไม้ไม่ให้ถูกทำลาย แต่ก็ไม่สามารถทำได้อย่างทั่วถึง เนื่องจากอัตราค่าจ้างบุคลากรและอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ไม่เพียงพอ รวมถึงข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการวางแผนจัดการพื้นที่ อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นพื้นที่ป่าที่สำคัญของภาคกลาง และเป็นพื้นที่ชายขอบของกลุ่มป่าตะวันตก (western forest complex) อยู่ติดกับผืนป่าอนุรักษ์ที่สำคัญคือ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และอุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ พื้นที่โดยรอบส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมและชุมชน ซึ่งอาจเกิดการขยายเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้ การวางแผนป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้น จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการบริหารจัดการพื้นที่ ภูมิสารสนเทศเป็นเทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน อันจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่อาจส่งผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ผนวกแบบจำลอง Cellular Automata เข้ากับแบบจำลอง Markov ให้สามารถแสดงผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตออกมาเป็นแผนที่ได้ เพื่อจะได้นำผลการศึกษาไปใช้ในการวางแผนดูแล และป้องกันพื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตย จังหวัดสุพรรณบุรี ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด $15^{\circ} 5' - 14^{\circ} 45'$ และเส้นลองจิจูด $99^{\circ} 16' - 99^{\circ} 32'$ ทิศเหนือมีอาณาเขตติดกับอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี ด้านทิศใต้มีอาณาเขตติดกับอำเภอหนองปรือ จังหวัดกาญจนบุรี ด้านทิศตะวันออกมีอาณาเขตติดกับอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี และด้านทิศตะวันตกมีอาณาเขตติดกับอำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี ประกอบด้วยป่าที่สมบูรณ์ เทือกเขาสลับซับซ้อนมีความลาดชันมาก ส่วนที่สูงที่สุดเรียกว่า “ยอดเขาเทวดา” มีระดับความสูง 1,123 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง อุทยานแห่งชาติพุเตยมีเนื้อที่ประมาณ 198,422 ไร่ หรือ 317.48 ตารางกิโลเมตร (Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, 2010) พื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ยางพารา (Figure 1)

การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM Path 130 Row 50 บันทึกข้อมูลในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2538 วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบ OIL Path 130 Row 50 บันทึกข้อมูลในวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 จากเว็บไซต์ <http://earthexplorer.usgs.gov/> ของสำนักงานสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐ (The US geological survey: USGS)

2. ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ราว 4838I 4838II 4839I 4839II 4839III 4839IV ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2562 ของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ 2561-2562 กรมป่าไม้ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากกูเกิลเอิร์ธ ปี พ.ศ. 2538 2550 2562 และข้อมูลแนวเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย จากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

การจำแนกการใช้ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ดำเนินการจำแนกรูปแบบการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2538 2550 และ 2562 โดยใช้วิธีการผสมสีเท็จ แบนด์ 453 สำหรับดาวเทียม LANDSAT 5 และแบนด์ 564 (RGB) สำหรับดาวเทียม LANDSAT 8 เพื่อให้การจำแนกการใช้ที่ดินง่ายขึ้น จากนั้นทำการแปลตีความด้วยเทคนิคการแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) ร่วมกับข้อมูลสารสนเทศอื่นๆ และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากกูเกิลเอิร์ธประกอบ การแปลตีความ โดยแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 5

ประเภท คือ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ (Land Development Department, 2003) จากนั้นคำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกสภาพการใช้ที่ดิน

ทำการประเมินความถูกต้องของการจำแนกสภาพการใช้ที่ดิน โดยเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลในปี พ.ศ. 2562 กับข้อมูลภาคพื้นดินโดยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนผิวโลก (global positioning system; GPS) โดยคำนวณค่าความถูกต้องโดยวิธี confusion matrix โดยกำหนดจุด และข้อมูลจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน กำหนดจุดตัวอย่าง ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างบนพื้นฐานทางทฤษฎีความน่าจะเป็นทวินาม (Jaynes, 2003) ซึ่งจุดที่สำรวจกำหนดความถูกต้องไว้ที่มากกว่าร้อยละ 80 (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2005) สำหรับการประเมินความถูกต้องใน ปี พ.ศ. 2538 และ 2550 เป็นข้อมูลในอดีต การประเมินความถูกต้องเป็นการประเมินด้วยสายตา เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (ปี 2550) และภาพถ่ายดาวเทียมของกูเกิลเอิร์ธ (ปี 2538 และ ปี 2550)

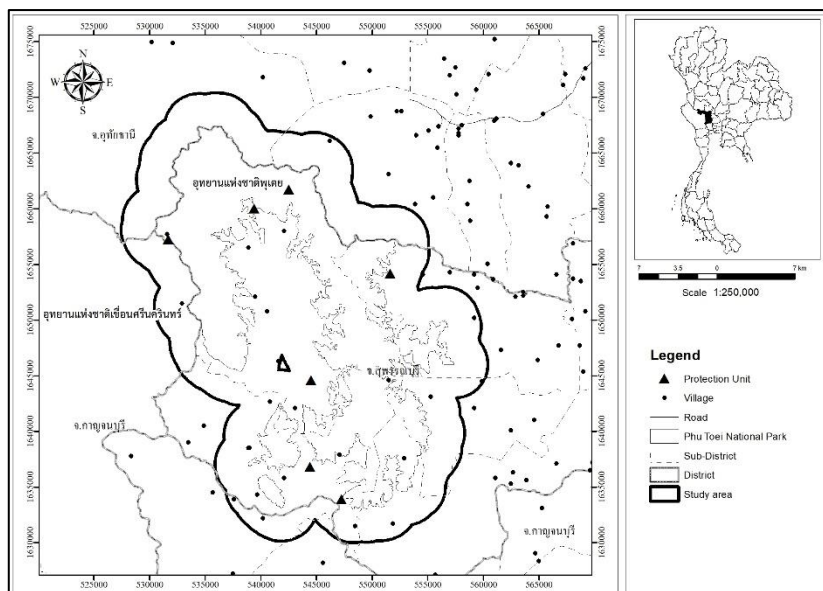


Figure 1 Phu Toei National Park located in the Suphan Buri province.

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย โดยทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2538-2550 และระหว่างปี พ.ศ. 2550-2562 โดยวิธีวิเคราะห์แบบตารางไขว้ (cross tabulation) โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ควรใช้ทั้งตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมและสภาพสังคมเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านสภาพสังคมเศรษฐกิจเป็นปัจจัยจำกัด เนื่องจากขาดข้อมูลเชิงพื้นที่ และยากต่อการบูรณาการของข้อมูลทั้งสอง (Leh *et al.*, 2011) อ้างอิงจาก (Veldkamp and Lambin, 2001) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ใช้

แบบจำลอง CA-Markov ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ผนวกแบบจำลอง Cellular Automata เข้ากับแบบจำลอง Markov ให้สามารถแสดงผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตออกมาเป็นแผนที่ได้

1) การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย ปี พ.ศ. 2562

1.1 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงด้วยแบบจำลอง Markov ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2538 และ 2550 เป็นฐานดำเนินการวิเคราะห์ค่าความน่าจะเป็น (probability) และค่าการถ่ายโอน (transition) เพื่อจำแนกข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2562

1.2 การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง Cellular Automata (CA) เป็นการนำเอาค่าความน่าจะเป็นและค่าการถ่ายโอนที่

คำนวณได้จากแบบจำลอง Markov มาจำแนกเพื่อจัดชั้นของแต่ละพิกเซล (pixel) เพื่อจัดทำแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562

2) การประเมินค่าความถูกต้อง โดยการนำข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2562 ที่ได้จากการคาดการณ์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562 ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องของแบบจำลอง

3) การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย ในปี พ.ศ. 2574 โดยนำค่าสัดส่วนการใช้ที่ดินจากการวิเคราะห์ข้างต้นมาสร้างแบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2574 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แล้ววิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2562-2574

ผลและวิจารณ์

การประยุกต์ภูมิสารสนเทศเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย มีรายละเอียด ดังนี้

การใช้ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย ปี พ.ศ. 2538, 2550 และ 2562

ผลการวิเคราะห์สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 และ LANDSAT 8 ปี พ.ศ. 2538, 2550 และ 2562 บริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย ครอบคลุมพื้นที่ ประมาณ 540,195.60 ไร่ หรือประมาณ 864.31 ตารางกิโลเมตร สามารถแบ่งประเภทการใช้ที่ดินระดับที่ 1 ได้ 5 ประเภท คือ 1) พื้นที่ป่าไม้ 2) พื้นที่เกษตรกรรม 3) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 4) พื้นที่แหล่งน้ำ 5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 2

1) พื้นที่ป่าไม้ ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าสนสองใบ พบในอุทยานแห่งชาติพุเตย ผลจากการแปลและจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในปี พ.ศ. 2538 พบว่ามีเนื้อที่ประมาณ 670.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 77.63 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีเนื้อที่ประมาณ 628.57 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 72.72 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ประมาณ 625.59 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 72.38 ของพื้นที่ศึกษา

2) พื้นที่เกษตรกรรมพบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาภายนอกแนวเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย และทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษาติดกับแนวเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย พื้นที่เกษตรกรรมเป็นพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลจากการแปลและจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในปี พ.ศ. 2538 พบว่ามีเนื้อที่ประมาณ 191.32 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.14 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีเนื้อที่ประมาณ 226.49 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.20 ของพื้นที่ศึกษาและปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ประมาณ 227.36 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 26.31 ของพื้นที่ศึกษา

3) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ประกอบด้วยสิ่งก่อสร้างที่อยู่อาศัย หมู่บ้าน สถานที่ราชการ และสิ่งก่อสร้างต่างๆ จากการสำรวจพบว่า พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างจะอยู่ทางทิศใต้ของแนวเขตอุทยานแห่งชาติพุเตย มีลักษณะตั้งอยู่ห่างๆ กัน กระจายตามแนวถนน ผลจากการแปลและจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2538 พบว่า ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีเนื้อที่ประมาณ 0.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.07 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีเนื้อที่ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.12 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ประมาณ

2.88 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.33 ของพื้นที่ศึกษา

4) พื้นที่แหล่งน้ำ เป็นแหล่งน้ำขนาดเล็กที่มนุษย์สร้างขึ้น ภายในเขตพื้นที่ศึกษามีแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่สำคัญคืออ่างเก็บน้ำลำตะเพิน ผลจากการแปลและจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2538 พบว่า พื้นที่แหล่งน้ำมีเนื้อที่ประมาณ 1.43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีเนื้อที่ประมาณ 8.26 ตารางกิโลเมตร

คิดเป็นร้อยละ 0.96 ของพื้นที่ศึกษา และปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ประมาณ 8.46 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.98 ของพื้นที่ศึกษา

5) พื้นที่เบ็ดเตล็ดเป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถจำแนกให้อยู่ในประเภทการใช้ที่ดินประเภทใดได้ ผลจากการแปล และจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมพบว่าพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีเพียงในปี พ.ศ. 2562 มีเนื้อที่ประมาณ 0.01 ตารางกิโลเมตร

Table 1 Land use classification at the Phu Toei national park during 1995, 2007, and 2019.

Land use types	Land Use 1995		Land Use 2007		Land Use 2019	
	Sq.km	%	Sq.km	%	Sq.km	%
Forest Land	670.94	77.63	628.57	72.72	625.59	72.38
Agricultural Land	191.32	22.14	226.49	26.20	227.36	26.31
Urban and Built-up Land	0.62	0.07	1.00	0.12	2.88	0.33
Water Bodies	1.43	0.16	8.26	0.96	8.46	0.98
Miscellaneous	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Total	864.31	100.00	864.31	100.00	864.31	100.00

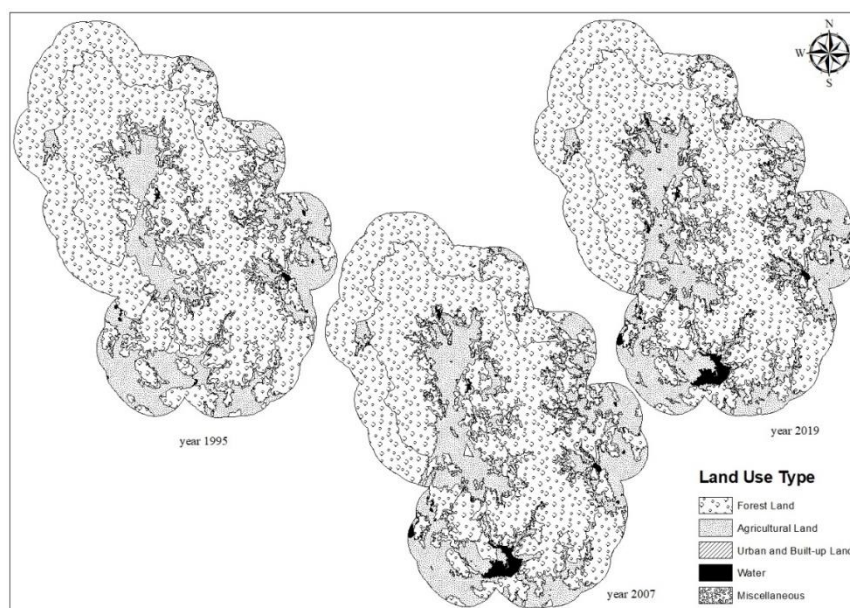


Figure 2 Land use classification at the Phu Toei national park during 1995, 2007, and 2019.

การประเมินความถูกต้องของการจำแนก สภาพการใช้ที่ดิน

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกสภาพการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเปรียบเทียบผลการจำแนกสภาพการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562 กับข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการสำรวจด้วยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (global positioning system; GPS) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่ เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเขาที่มีความชันสูง จึงได้สำรวจในบริเวณที่ถนนสามารถเข้าถึง กำหนดจุดตัวอย่างในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างบนพื้นฐานทางทฤษฎีความน่าจะเป็นทวินาม (binomial probability theory) จากสมการ

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2} = \frac{2^2(90)(10)}{4^2} = 225 \text{ จุด}$$

โดยที่ p = เปอร์เซนต์ความถูกต้องที่คาดหวัง

q = เปอร์เซนต์ความผิดพลาดในการศึกษาครั้งนี้

Z = 2 ซึ่งมาจากการเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติของ 1.96 สำหรับระดับความเชื่อมั่นทั้งสองข้างที่ 95%

E = เปอร์เซนต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้

โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดจุดที่ทำการสำรวจทั้งหมด 294 จุด แล้วคำนวณค่าความถูกต้องโดยใช้ตาราง Confusion Matrix สามารถหาความถูกต้องของการจำแนกโดยรวม (overall accuracy) ได้ร้อยละ 88.02 ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Accuracy of land use classification at the Phu Toei national park

Land use type		Reference Data						User's Accuracy (%)
		FL	AL	UBL	WB	ML	total	
Interpreted Data	FL	135	4	2	0	1	142	95.07
	AL	3	55	2	1	0	61	90.16
	UBL	0	7	43	2	0	52	82.69
	WB	0	2	0	34	0	36	94.44
	ML	0	0	0	0	3	3	100.00
total		138	68	47	37	4	294	
Producer's Accuracy (%)		97.83	80.88	91.49	91.89	75.00		88.02

Remarks: FL = Forest Land, AL = Agricultural Land, UBL = Urban and Built-up Land, WB = Water Bodies, ML = Miscellaneous

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย

1) การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2538-2550 (Figure 3 และ Table 3)

1.1 พื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ. 2538 ถึง ปี พ.ศ. 2550 พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลง โดยลดลงประมาณ 42.38 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และพบว่าพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด ถึง 47.55 ตารางกิโลเมตร เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้ต้องการพื้นที่ทำกินมากขึ้น

1.2 พื้นที่เกษตรกรรม ปี พ.ศ. 2538 ถึง ปี พ.ศ. 2550 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 35.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 41.49 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และนอกจากนั้นยังมีการพัฒนาพื้นที่เกษตรเป็นแหล่งน้ำ เพื่อตอบสนองการอุปโภคบริโภค โดยมีพื้นที่เกษตรเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นแหล่งน้ำถึง 5.98 ตารางกิโลเมตร

1.3 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ปี พ.ศ. 2538 ถึง ปี พ.ศ. 2550 พบว่าพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 0.38 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.44 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

1.4 พื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2538 ถึงปี พ.ศ. 2550 พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 6.83 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 8.06 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

1.5 พื้นที่เบ็ดเตล็ด จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เบ็ดเตล็ด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ถึงปี พ.ศ. 2550 ไม่พบพื้นที่เบ็ดเตล็ดในช่วงเวลาที่ศึกษา

2) การเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2550-2562 (Figure 4 และ Table 4)

2.1 พื้นที่ป่าไม้ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2562 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยลดลงประมาณ 2.98 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 50 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากรัฐบาลในปี 2557 (คสช.) มีนโยบายทางคืนผืนป่าตามคำสั่ง คสช. ที่ 64/2557 และ 66/2557 ส่งผลให้การบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ลดลง

2.2 พื้นที่เกษตรกรรม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2562 พบว่าพื้นที่เกษตรกรรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 0.87 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 14.67 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

2.3 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2562 พบว่าพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 1.89 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 31.67 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

2.4 พื้นที่แหล่งน้ำ ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2562 พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 0.20 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 3.41 ของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

2.5 พื้นที่เบ็ดเตล็ด ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2562 พบพื้นที่เบ็ดเตล็ดในปี พ.ศ. 2562 คิดเป็นพื้นที่ 0.01 ตารางกิโลเมตร

Land use change during 1995 - 2007

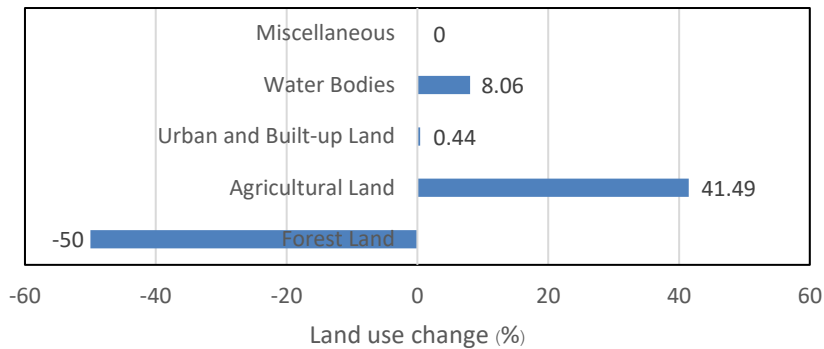


Figure 3 Land use change in Phu Toei national park during 1995 – 2007.

Table 3 Land use change in Phu Toei national park during 1995 – 2007

Land use types		Land use 2007 (Sq.km)					total
		FL	AL	UBL	WB	ML	
Land use 1995 (Sq.km)	FL	622.42	47.55	0	0.97	0	670.94
	AL	6.14	178.82	0.38	5.98	0	191.32
	UBL	0	0.01	0.61	0	0	0.62
	WB	0	0.11	0	1.31	0	1.43
	ML	0	0	0	0	0	0
total		628.57	226.49	1	8.26	0	864.31

Remarks: FL = Forest Land, AL = Agricultural Land, UBL = Urban and Built-up Land, WB = Water Bodies, ML = Miscellaneous

Land use change during 2007 - 2019

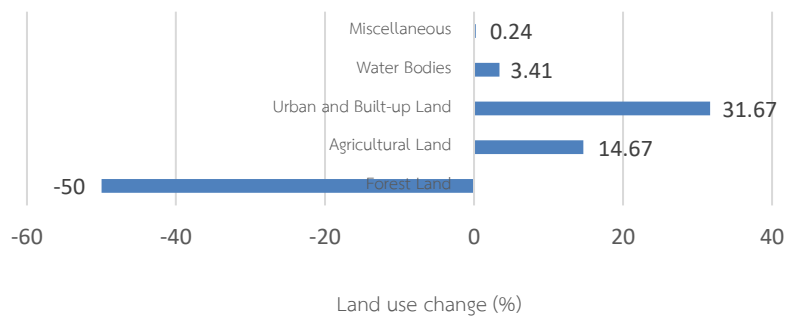


Figure 4 Land use change in Phu Toei national park during 2007 – 2019

Table 4 Land use change in Phu Toei national park during 2007 – 2019

Land use types		Land use 2019 (Sq.km)					
		FL	AL	UBL	WB	ML	total
Land use 2007 (Sq.km)	FL	617.05	11.40	0	0.11	0.01	628.57
	AL	8.48	215.48	1.89	0.64	0	226.49
	UBL	0	0	1.00	0	0	1.00
	WB	0.06	0.48	0	7.72	0	8.26
	ML	0	0	0	0	0	0
total		625.59	227.36	2.88	8.46	0.01	864.31

Remarks: FL = Forest Land, AL = Agricultural Land, UBL = Urban and Built-up Land, WB = Water Bodies, ML = Miscellaneous

การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

บริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย

1) การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2562

จากการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562 โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินของ 2 ช่วงเวลา คือ ปี พ.ศ. 2538 และปี พ.ศ. 2550 เป็นฐานดำเนินการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ความน่าจะเป็น (probability) และค่าการถ่ายโอน (transition) เพื่อใช้คาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2562 ด้วยแบบจำลอง CA – Markov พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้ 592.63 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เกษตรกรรม 257.40 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง 1 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่แหล่งน้ำ 13.29 ตารางกิโลเมตร รายละเอียดตาม Table 5

2) การประเมินความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562

ผลการศึกษาการประเมินความถูกต้องของการคาดการณ์การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562 โดยการเปรียบเทียบระหว่างแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2562 ที่

ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA - Markov และแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ.2562 ที่ได้จากการจำแนกข้อมูลดาวเทียม พบว่าค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 84.55 รายละเอียดตาม Table 6

3) การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณอุทยานแห่งชาติพุเตย ในปี พ.ศ. 2574 โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินของ 2 ช่วงเวลา คือปี พ.ศ. 2538 และปี พ.ศ. 2550 เป็นฐานดำเนินการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CA - Markov พบว่ามีพื้นที่ป่าไม้ 589.60 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เกษตรกรรม 257.19 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง 2.87 ตารางกิโลเมตร พื้นที่แหล่งน้ำ 14.64 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เบ็ดเตล็ด 0.01 ตารางกิโลเมตร นอกจากนั้นจากการศึกษารายละเอียดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินช่วงปี พ.ศ. 2562 - 2574 พบว่ามีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 72.01 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.33 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงพบว่าพื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด มีพื้นที่ลดลงทั้งหมด 35.99 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 49.98 และพื้นที่ที่มี

ขนาดเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือพื้นที่เกษตรกรรม มีการเพิ่มขึ้น 29.83 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 41.42 รายละเอียดตาม Table 7, Figure 5 และ 6

ในบริเวณที่พบการเปลี่ยนแปลงสามารถนำข้อมูลมาใช้สำหรับวางแผนและมาตรการเพื่อป้องกันการบุกรุกป่าในอนาคต โดยเน้นการจัดการอย่างมีส่วนร่วมระหว่างหน่วยงานรัฐและราษฎรในพื้นที่ เพื่อจะได้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันสามารถอยู่ร่วมกันระหว่าง

คนกับป่าได้ โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ต้องมีการเฝ้าระวังไม่ให้มีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นซึ่งต้องเน้นและทำความเข้าใจกับชุมชนในและรอบพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในพื้นที่ บ้านตะเพินคี บ้านกล้วย บ้านองค์พระ บ้านวังหน่อไม้ บ้านหนองอินาก บ้านห้วยหินดำ บ้านวังยาว บ้านวังจรเข้ บ้านละว้าวังควายบ้านวังโหรา ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่จะขยายพื้นที่เกษตรกรรมเข้าไปในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ได้ รายละเอียดตาม Figure 7

Table 5 Land use prediction in Phu Toei national park in 2019 using CA - Markov

Land use types	Land Use in 2019	
	Sq.km	%
Forest Land	592.63	68.57
Agricultural Land	257.40	29.78
Urban and Built-up Land	1.00	0.12
Water Bodies	13.29	1.54
Miscellaneous	0.00	0.00
Total	864.31	100.00

Table 6 Accuracy assessment of the predicted land use in 2019 using the CA - Markov model

Land use types		CA - Markov						User's Accuracy (%)
		FL	AL	UBL	WB	ML	total	
Interpreted Data	FL	584.20	40.97	0.00	0.41	0.00	625.59	93.38
	AL	8.32	214.26	0.00	4.77	0.00	227.36	94.24
	UBL	0.00	1.86	0.99	0.03	0.00	2.88	34.42
	WB	0.10	0.29	0.00	8.07	0.00	8.46	95.38
	ML	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Total		592.63	257.39	1.00	13.29	0.00	864.31	
Producer's Accuracy (%)		98.58	83.24	99.61	60.74			84.55

Remarks: FL = Forest Land, AL = Agricultural Land, UBL = Urban and Built-up Land, WB = Water Bodies, ML = Miscellaneous

Table 7 Land use change in Phu Toei national park during 2019 – 2074

Land use types		Land use 2031 (Sq.km)					total
		FL	AL	UBL	WB	ML	
Land use 2019 (Sq.km)	FL	589.54	35.64	0.00	0.40	0.00	625.59
	AL	0.05	221.51	0.01	5.78	0.00	227.36
	UBL	0.00	0.03	2.85	0.00	0.00	2.88
	WB	0.01	0.00	0.00	8.45	0.00	8.46
	ML	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
total		589.60	257.19	2.87	14.64	0.01	864.31

Remarks: FL = Forest Land, AL = Agricultural Land, UBL = Urban and Built-up Land, WB = Water Bodies, ML = Miscellaneous

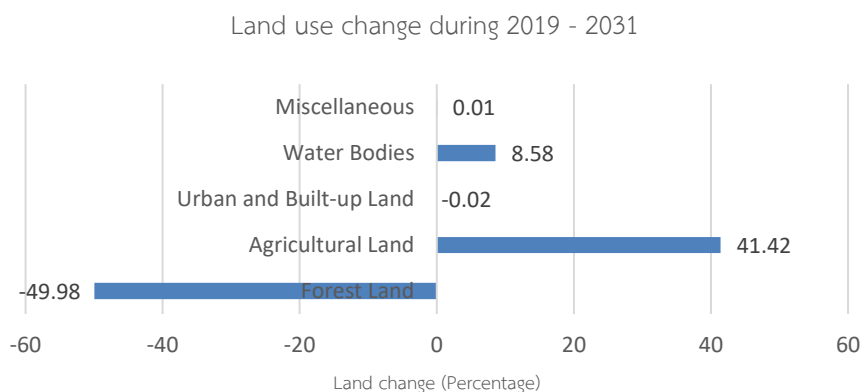


Figure 5 Land use change in Phu Toei national park during 2019 – 2031

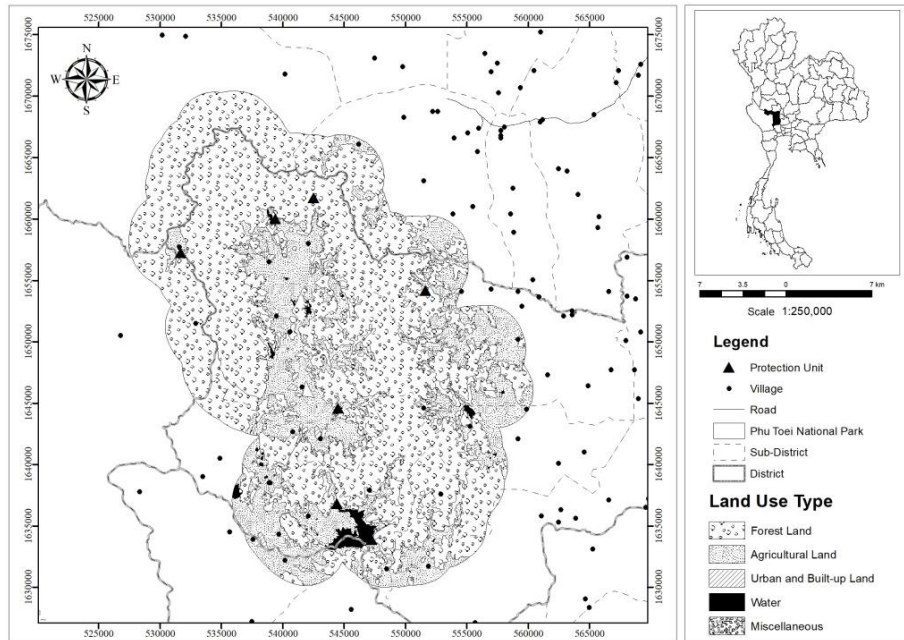


Figure 6 Prediction of land use in Phu Toei national park during 2031 using the CA - Markov model.

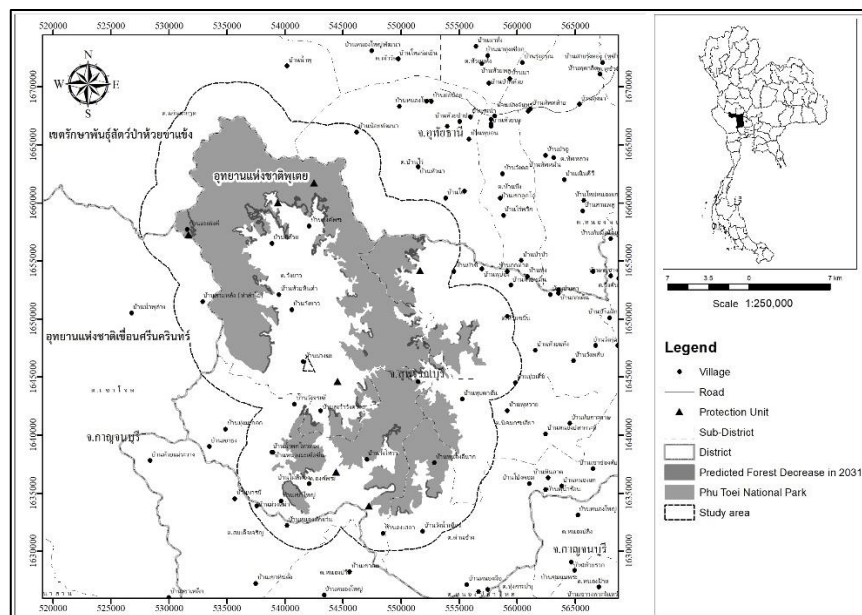


Figure 7 Predicted decrease in forest area in 2031 at Phu Toei national park

สรุป

พื้นที่ศึกษามีพื้นที่ทั้งหมด 864.31 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วยพื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตย และพื้นที่โดยรอบในรัศมี 3 กิโลเมตร มีรูปแบบการใช้ที่ดินจำนวน 5 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี 2538 - 2550 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 84.76 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.81 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงมากที่สุด 42.38 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 50 และพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นมากที่สุด 35.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 41.49 ในช่วงปี พ.ศ. 2550 - 2562 พบว่ามีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 5.96 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.34 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยพื้นที่ป่าไม้เปลี่ยนแปลงมากที่สุด 2.98 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.51 และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีการเพิ่มขึ้น 1.89 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 31.67 และจากการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่ามีความถูกต้องร้อยละ 84.55

จากการคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2574 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลง 35.99 ตารางกิโลเมตร โดยในส่วนของพื้นที่อุทยานแห่งชาติพุเตยพบว่าการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณขอบแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมทั้งจากพื้นที่เกษตรกรรมนอกเขตอุทยานแห่งชาติเข้าไปในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ และจากพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้จำเป็นต้องมีมาตรการเฝ้าระวัง และแก้ไขปัญหาการใช้ที่ดินให้เหมาะสม ในบริเวณที่พบการเปลี่ยนแปลงสามารถนำข้อมูลมาใช้สำหรับวางแผนและมาตรการเพื่อป้องกันการบุกรุกป่าในอนาคต โดยเน้นการจัดการอย่างมี

ส่วนร่วมระหว่างหน่วยงานรัฐและราษฎรในพื้นที่ เพื่อจะเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันสามารถอยู่ร่วมกันระหว่างคนกับป่าได้ โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ต้องมีการเฝ้าระวังไม่ให้มีการขยายพื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งต้องเน้นและทำความเข้าใจกับชุมชนในและรอบพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ในพื้นที่ บ้านตะเพินคี บ้านกล้วย บ้านองค์พระ บ้านวังหน่อไม้ บ้านหนองอินาก บ้านห้วยหินดำ บ้านวังยาว บ้านวังจรเข้ บ้านละว้าวังควาย บ้านวังโหรา ซึ่งมีความเสี่ยงสูงที่จะขยายพื้นที่เกษตรกรรมเข้าไปในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ได้

REFERENCES

- Department of National Park Wildlife and Plant Conservation. 2010. **The Central and Eastern National Parks**. National Park Office. Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Bangkok (in Thai)
- Jaynes, E. T. 2003. **Probability Theory the Logic of Science**. Cambridge University, USA
- Land Development Department. 2003. **The Data of Classification Land Use Type**. Ministry of Agricultural and Cooperatives, Bangkok (in Thai)
- Leh, M., S. Bajwa and Chaubey, I. 2011. **Impact of Land Use Change on Erosion Risk: An Integrated Remote Sensing, Geographic Information System and Modeling Methodology**. Available source: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/ldr.1137>, January, 2020.

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2005. **Complete Report on the Improvement of the Watershed Classification Scheme and Recommendations for Land Use Measures in the Ping-Wang River Basin According to the Cabinet Resolution on 28 May 1985.**

Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok (in Thai)

Veldkamp A. And E.F. Lambin. 2001. Predicting land-use change. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 85: 1-6.
