

การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศเพื่อคาดการณ์
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอลองลาน
จังหวัดกำแพงเพชร

**APPLICATION OF MATHEMATICAL MODEL WITH GEOINFORMATICS SYSTEM
FOR PREDICTION OF LAND USE CHANGE IN PONG NAM RON SUB-WATERSHED
KHLONG LAN DISTRICT, KAMPHAENGPHET PROVINCE**

บรรจงศักดิ์ พักสมบูรณ์^{1*}, วิลัยลักษณ์ สวนมะลิ¹, นพรัตน์ ไชยวิโน¹, พิมพ์ไพ ขาวขำ¹, นเรศ ขำเจริญ¹,
ศิริประภา มีรอด², ศักดิ์ศรี แสนยาเจริญกุล², บรรจงศรี พันธุ์เหล่า³

**Banchongsak Faksomboon^{1*}, Wilailak Suanmali¹, Nopparat Chaivino¹, Pimprapai Khaokham¹,
Nares Khamcharoen¹, Siraprapa Meerod², Saksri Sanyacharemkul², Bunchongsri Phunla³**

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

¹Department of Environmental Sciences, Faculty of Science and Technology, Kamphang Phet
Rajabhat University.

²สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

²Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Kamphang Phet Rajabhat University.

³ศาลเยาวชนและครอบครัวจังหวัดขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

³Juvenile and Family Court, Mueang Khon Kaen District, Khon Kaen Province.

*Corresponding author, e-mail: banchongsakf@gmail.com

Received: 25 June 2020; **Revised:** 15 March 2021; **Accepted:** 31 March 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประเภทและขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมทั้งคาดการณ์
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร
โดยการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของชุดข้อมูล
การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยเทคนิคแผนที่การซ้อนทับเชิงสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยโปรแกรม IDRISI Taiga ในช่วงปี
พ.ศ. 2559 ปี พ.ศ. 2563 และ ปี พ.ศ. 2567 จากการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2563 ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนมีขนาด
พื้นที่ เท่ากับ 554.87 ตารางกิโลเมตร แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ พืชไร่ พื้นที่นา
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่น้ำ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ป่าไม้ ไม้ผล ไม้ยืนต้น และไร่นาส่วนอื่น ส่วนแนวโน้ม
การเพิ่มขึ้นของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึง ปี พ.ศ. 2567 ได้แก่ พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ชุมชน
และสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ไร่นาส่วนอื่น เท่ากับ 1.40, 0.16 และ 0.13 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.25, 0.03
และ 0.02 ตามลำดับ และแนวโน้มการลดลงของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ไม้ยืนต้น
และพื้นที่เบ็ดเตล็ด เท่ากับ 1.54, 0.11 และ 0.06 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.28, 0.02 และ 0.01 ตามลำดับ

เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มขึ้นรวมทั้งแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ถูกพัฒนาและส่งเสริมให้เป็นแหล่งที่ท่องเที่ยวใหม่

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ระบบภูมิสารสนเทศ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Abstract

This research aimed to study the types and sizes of land use areas including prediction of land use change in Pong Nam Ron Sub-Watershed (PNRSW), Khlong Lan District, Kamphaeng Phet Province by using mathematical model with geoinformatics system. The relationship of the land use data sets is expressed as overlay mapping under the geographical information system approach using IDRISI Taiga program during in 2016, 2020 and 2024. The results showed that PNRSW area was 554.87 square kilometers. The land use classified into 9 types were field crops, paddy fields, urban and built-up land, water bodies, miscellaneous area, forest areas, fruit trees, perennial plants and relational cultivation. The trend of land use area are increasing during in 2020 to 2024 were field crops, urban and built-up land and relational cultivation as 1.40, 0.16 and 0.13 square kilometers or 0.25, 0.03 and 0.02 percentages, respectively. In the other hand, the trend of land use area are decreasing were forest area, perennial plants and miscellaneous areas as 1.54, 0.11 and 0.06 square kilometers or 0.28, 0.02 and 0.01 percentages, respectively because of increasing the land utilization including the tourist attractions are developed and promoted into a new tourist destinations.

Keywords: Mathematical model, Geoinformatics system, Land use change

บทนำ

การใช้ที่ดินของประเทศไทยได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร รวมทั้งการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ซึ่งทำให้มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมากขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาและผลกระทบกับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เช่น ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรป่าไม้ และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่ง การเพิ่มจำนวนของที่อยู่อาศัยและการขยายตัวของชุมชนที่ขยายตัวตามเส้นทางคมนาคมเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และไม่ผลผลิต [1] นอกจากนี้ สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ การเพิ่มขึ้นของสถานประกอบการที่พักตากอากาศ รวมถึงสถานที่ท่องเที่ยว [2] การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นส่วนสำคัญของหลักการจัดการลุ่มน้ำ เป็นรากฐานเบื้องต้นของการวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมภายในระบบลุ่มน้ำ ปัจจุบันแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างแพร่หลาย สามารถคาดการณ์หรือพยากรณ์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตแสดงผลได้ทั้งในส่วนของปริมาณและเชิงพื้นที่ได้อย่างชัดเจน สอดคล้องกับบรรจงศักดิ์ พักสมบุรณ์ และคณะ [3] และชูเดช โลศิริ [4] ปัจจุบันแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินถูกนำมาใช้ในการติดตามและคาดการณ์การขยายตัวของพื้นที่อย่างแพร่หลาย ซึ่งแบบจำลองประกอบไปด้วยระบบที่มีองค์ประกอบและกระบวนการที่ซับซ้อนมีความเป็นพลวัตและประกอบด้วยปัจจัยหลายชนิด เช่น ปัจจัยทางชีวภาพ ปัจจัยทาง

กายภาพ เวลา การตัดสินใจของมนุษย์ เป็นต้น ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน ตั้งอยู่ตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร เป็นลุ่มน้ำที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายประเภท เช่น ป่าไม้ เกษตรกรรม ไม้ผล ไร่มันฝรั่ง พืชไร่ ชุมชนชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น และเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลมาจากสถานที่ท่องเที่ยว แหล่งใหม่ที่กำลังได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน เช่น แก่งเกะรอย น้ำตกวังกระสัง แก่งตาลี เป็นต้น พื้นที่ดังกล่าวเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สามารถสัมผัสธรรมชาติ สายน้ำ ลำธาร แก่งแก่ง พันทรายอันสวยงาม รวมถึงร้านค้า ร้านอาหารที่มีการจัดโต๊ะนั่งแคร่ให้นักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้าไปชื่นชมธรรมชาติได้พักผ่อนอาศัยมากมาย จากกิจกรรมดังกล่าวหากปราศจากการดูแล ควบคุม หรือวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและการขยายตัวของประเภทและขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว [5] ปัจจัยสำคัญที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ ปัจจัยทางด้านสังคม และเศรษฐกิจ ประกอบด้วย ภูมิสำเนา ระดับการศึกษา อาชีพ และขนาดพื้นที่ถือครอง ตามลำดับ ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการส่วนตำบลโป่งน้ำร้อนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมถึงประชาชนในพื้นที่สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชรให้เกิดความเหมาะสมอย่างเป็นระบบและยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ ประเภท ขนาดพื้นที่ และร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร
2. เพื่อคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์หลัก ๆ ที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Microsoft windows 10, โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ESRI ArcGIS 10.3, แบบจำลอง Markov Chain, แบบจำลอง CA_MARKOV [6-8], โปรแกรมประมวลผลภาพ IDRISI Taiga, ข้อมูลชุดดิน (Soil Data), ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use Data) และกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) โดยมีกรอบแนวคิด วิธีการ และขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษาวิจัยที่สำคัญ (แสดงดังภาพที่ 1) ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและแบบจำลองที่ใช้สำหรับคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น สถาบันการศึกษา หน่วยงานราชการ องค์กรเอกชน ข้อมูลสารสนเทศจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต งานวิจัย เป็นต้น รวมทั้งข้อมูลด้านปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น จำนวนประชากร ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม รูปแบบการใช้ที่ดิน แผนการพัฒนาพื้นที่จากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น องค์กรบริหารส่วนตำบล กรมการปกครอง สำนักงานโยธาธิการ และผังเมืองระดับจังหวัด สำนักงานสถิติจังหวัดกำแพงเพชร ที่ทำการปกครองจังหวัดกำแพงเพชร เป็นต้น

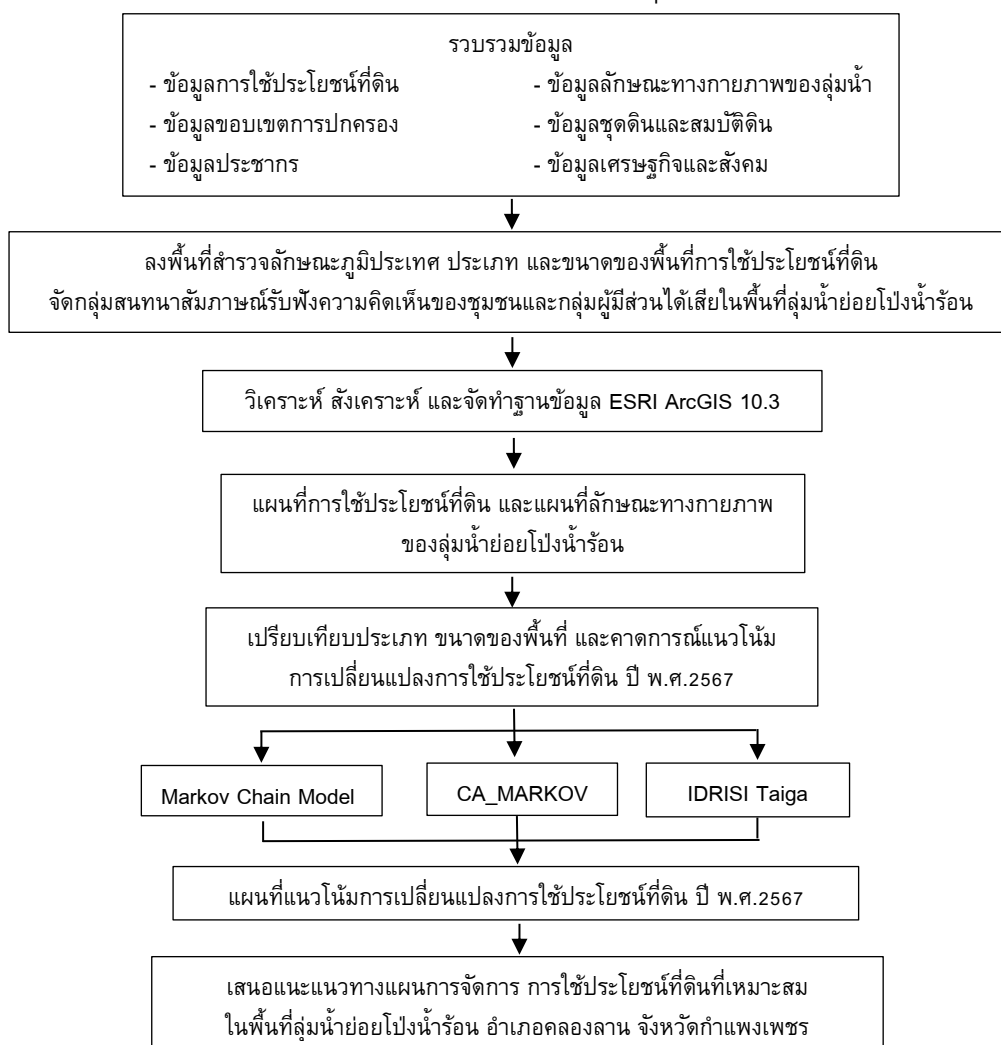
เพื่อนำไปสร้างฐานข้อมูลต่าง ๆ ในลักษณะของ จุด เส้น และพื้นที่ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จัดเก็บเป็นลักษณะชั้นข้อมูล (Layer) โดยกำหนดเป็นชื่อแฟ้มข้อมูลตามประเภทของข้อมูลนั้น ๆ

2. วิเคราะห์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.1 กำหนดขนาดของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไปป์น้ำร้อน โดยการทำหนดจุดออกของน้ำ (Outlet) เพื่อลากขอบเขตพื้นที่ (Boundary area) ตามเส้นสันปันน้ำ (Topographic divide)

2.2 ตัดข้อมูลให้เท่ากับขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไปป์น้ำร้อน โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับแผนที่ (Overlay analysis) ระหว่างข้อมูลขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยไปป์น้ำร้อนและข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 รวมถึงข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลกลุ่มชุดดิน ข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงตัวเลข เส้นทางน้ำ เป็นต้น

2.3 ลงพื้นที่สำรวจข้อมูลภาคสนาม ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2563 วิเคราะห์ จัดกลุ่มสนทนาสัมภาษณ์รับฟังความคิดเห็นของประชาชนผู้มีส่วนได้เสียทั้งสิ้น 47 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ผู้นำชุมชน จำนวน 3 คน 2) ประชาชนในพื้นที่ จำนวน 32 ราย และ 3) นักท่องเที่ยว 12 คน พร้อมทั้งจัดกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความเหมือนและคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มหรือชนิดเดียวกันตามระบบจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินด้วยวิธีการสำรวจรวมกับการประยุกต์ใช้โปรแกรม ESRI ArcGIS 10.3



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการศึกษา

2.4 วิเคราะห์ประเภท ขนาดของพื้นที่ และร้อยละของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละช่วงปี (ปี พ.ศ. 2559 และ ปี พ.ศ. 2563) โดยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ (Spatial Statistical Analysis) รวมทั้งการตีความข้อมูล (Interpretation) และการเปรียบเทียบข้อมูล (Constant Comparison)

2.5 นำรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้แล้วทั้ง 2 ช่วงเวลา (ปี พ.ศ. 2559 และปี พ.ศ. 2563) ใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov's Chain Model) เพื่อสร้างเมตริกซ์โอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และทำนายร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (ปี พ.ศ. 2567) ร่วมกับการประเมินโอกาสของการเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในระหว่างช่วงปี พ.ศ. 2559 ปี พ.ศ. 2563 และ ปี พ.ศ. 2567 โดยการวิเคราะห์ด้วยสูตรดอกเบี้ยทบต้น (Compound Interest Formula) และประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA_MARKOV จากนั้นนำเข้าข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม IDRISI Taiga ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล การวิเคราะห์ และแสดงผลเชิงสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay data) การจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปีในอนาคต (ปี พ.ศ. 2567)

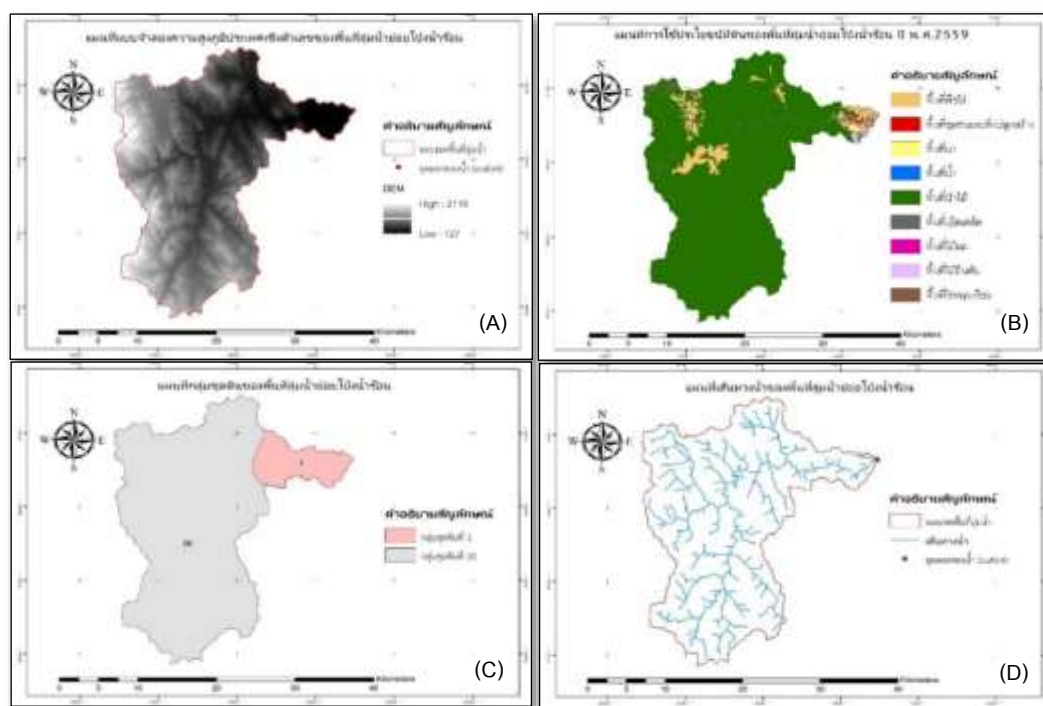
2.6 นำผลการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประกอบกับข้อมูลปฐภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการลงพื้นที่สำรวจ เก็บข้อมูล สอบถามชุมชนชาวบ้านในพื้นที่ และจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน แสดงผลการเปรียบเทียบในรูปแบบเชิงพรรณนา ตาราง และแผนที่

2.7 จัดประชุมกลุ่มผู้มีส่วนได้เสีย ได้แก่ กลุ่มผู้นำชุมชน ประชาชนในพื้นที่ และนักท่องเที่ยว เพื่อเสนอแนะแนวทางแผนการจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งประชาสัมพันธ์เสียงตามสายและวิทยุชุมชน เพื่อเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนใช้ข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) ที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 30 x 30 เมตร ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา พบว่า ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 554.87 ตารางกิโลเมตร มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเท่ากับ 2,118 เมตร และต่ำสุดซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณจุดออกของน้ำ (Outlet) เท่ากับ 127 เมตร ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ ภูเขาสูงทอดยาวตลอดทางทิศตะวันตก และเป็นพื้นที่ดอนประมาณร้อยละ 80 สลับกับที่ราบลุ่มประมาณร้อยละ 20 ซึ่งมีความลาดเทไปทางทิศตะวันออกและความลาดชันค่อนข้างสูง แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ 1) พื้นที่พืชไร่ 2) พื้นที่นา 3) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง 4) พื้นที่น้ำ 5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด 6) พื้นที่ป่าไม้ 7) พื้นที่ไม้ผล 8) พื้นที่ไม้ยืนต้น และ 9) พื้นที่ไร่มุขเนเวียน ประกอบด้วยกลุ่มชุดดิน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 2 และ กลุ่มชุดดินที่ 20 มีเส้นทางน้ำกระจายตัวทั่วพื้นที่ลุ่มน้ำและมีความยาวของเส้นทางน้ำรวมตลอดทุกเส้นลำน้ำ เท่ากับ 403.28 กิโลเมตร (แสดงดังภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 (A) แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำและจุดออกของน้ำ (Outlet) (B) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559
(C) แผนที่กลุ่มชุดดิน (D) แผนที่เส้นทางน้ำ

2. ประชากร สภาพเศรษฐกิจและสังคม

จากข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ตำบลโป่งน้ำร้อน แบ่งขอบเขตการปกครองออกเป็น 9 หมู่บ้าน 3,076 ครัวเรือน ประกอบด้วย หมู่ 1 และ หมู่ 2 บ้านโป่งน้ำร้อน หมู่ 3 บ้านคลองมดแดง หมู่ 4 บ้านคลองไพร หมู่ 5 บ้านคลองสมบูรณ์ หมู่ 6 บ้านท่ากระบาก หมู่ 7 บ้านคลองสมุย หมู่ 8 บ้านชุมชุมไพร และหมู่ 9 บ้านไพรพัฒนา มีประชากรทั้งหมด 9,243 คน แบ่งเป็นชาย 4,710 คน คิดเป็นร้อยละ 50.96 และ หญิง 4,533 คน คิดเป็น ร้อยละ 49.04 ของประชากรทั้งหมด โดยประชาชนในพื้นที่มีการดำรงชีวิตแบบวิถีชาวพุทธ มีวัดเป็นศูนย์รวมจิตใจ มีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลจำนวน 4 แห่ง และคลินิกเอกชน จำนวน 3 แห่ง มีสถาบันและองค์กรทางศาสนา จำนวน 15 แห่ง ประกอบด้วย วัด 4 แห่ง และสำนักสงฆ์ 11 แห่ง มีแหล่งเรียนรู้และสถานศึกษา จำนวน 14 แห่ง ประกอบด้วย โรงเรียนประถมศึกษาจำนวน 5 แห่ง โรงเรียนขยายโอกาส จำนวน 2 แห่ง ศูนย์การเรียนรู้ชุมชน จำนวน 5 แห่ง ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 1 แห่ง และศูนย์ กศน. ตำบล จำนวน 1 แห่ง โดยมีแผนยุทธศาสตร์ที่สำคัญหลัก คือ การพัฒนาด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ยกระดับคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวและส่งเสริมการท่องเที่ยว พัฒนาการบริหารจัดการองค์การปกครองท้องถิ่นให้มีประสิทธิภาพ

3. การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2559 และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2563

จากการศึกษาประเภทและขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน ในช่วงปี พ.ศ. 2559 พบว่า ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนมีขนาดของพื้นที่ป่าไม้สูงสุด เท่ากับ 509.23 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 91.77 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไร่นา และพื้นที่นา เท่ากับ 32.32, 3.25 และ 3.00 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.83, 0.59 และ 0.54 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนพื้นที่การใช้

ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีขนาดพื้นที่ต่ำสุด เท่ากับ 0.66 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.12 ของพื้นที่ทั้งหมด จากการลงพื้นที่สำรวจและตรวจสอบความถูกต้องของประเภทและขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม ปี พ.ศ. 2563 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Cohen's Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.73 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนไปจากเดิม โดยพื้นที่ป่าไม่มีขนาดพื้นที่สูงสุด เท่ากับ 507.76 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 91.51 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาได้แก่ พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ไร่มุขเวียน และพื้นที่นา เท่ากับ 33.82, 3.37 และ 2.93 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.09, 0.61 และ 0.53 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีขนาดพื้นที่ต่ำสุด เท่ากับ 0.59 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.11 ของพื้นที่ทั้งหมด (แสดงดังตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ประเภทและขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2559 และ ปี พ.ศ. 2563

ลำดับ	ประเภท การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ.2559		ปี พ.ศ.2563	
		ขนาดของพื้นที่	ร้อยละ	ขนาดของพื้นที่	ร้อยละ
		(ตร.กม.)	(%)	(ตร.กม.)	(%)
1	พืชไร่	32.32	5.83	33.82	6.09
2	พื้นที่นา	3.00	0.54	2.93	0.53
3	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	1.81	0.33	1.92	0.35
4	พื้นที่น้ำ	1.78	0.32	1.78	0.32
5	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	0.66	0.12	0.59	0.11
6	พื้นที่ป่าไม้	509.23	91.77	507.76	91.51
7	ไม้ผล	0.85	0.15	0.88	0.16
8	ไม้ยืนต้น	1.96	0.35	1.82	0.33
9	ไร่มุขเวียน	3.25	0.59	3.37	0.61
รวม		554.87	100.00	554.87	100.00

เมื่อเปรียบเทียบประเภทและขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน ในช่วงปี พ.ศ.2559 และ ปี พ.ศ. 2563 พบว่า พื้นที่พืชไร่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของพื้นที่เพิ่มขึ้นสูงสุด เท่ากับ 1.50 ตารางกิโลเมตร รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ไร่มุขเวียน พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ไม้ผล เท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.03 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของพื้นที่ลดลงสูงสุด เท่ากับ 1.47 ตารางกิโลเมตร รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ไม้ยืนต้น พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่นาข้าว เท่ากับ 0.14, 0.07 และ 0.07 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ

4. การคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (ปี พ.ศ. 2567)

แบบจำลอง CA_MARKOV และ IDRISI Taiga เป็นแบบจำลองที่สามารถวิเคราะห์แนวโน้มในเชิงพื้นที่และเวลา (Spatial-Transition Based Model) พร้อมทั้งสร้างแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างน้อย 2 ช่วงเวลา (อดีตและปัจจุบัน) ซึ่ง การเปลี่ยนแปลงสถานะของพื้นที่หนึ่ง ๆ ในแต่ละกริดเซลล์ (Grid Cell) ในอนาคต (ช่วงเวลา $t+1$) ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่นั้น ๆ ในช่วงเวลาปัจจุบัน (ช่วงเวลา t) โดยใช้ตารางความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่ง (Transition Probability Matrix) ซึ่งขึ้นอยู่กับกฎของการเปลี่ยนแปลง (Transition Rule) เชิงพื้นที่และเวลา (Time)

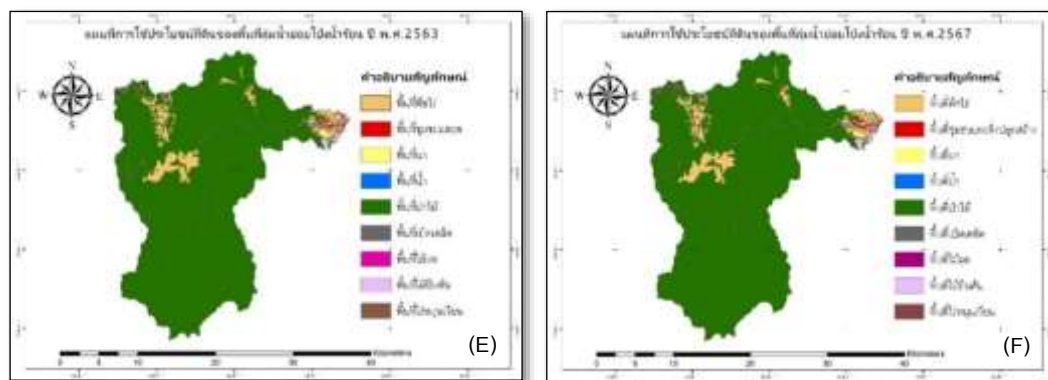
ของกริดเซลล์เพื่อนบ้านที่อยู่ข้างเคียง (Neighborhood) [4], [9-12] จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2559 และ ปี พ.ศ. 2563 ซึ่งใช้ข้อมูลเป็นฐานในการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (ปี พ.ศ. 2567) โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองห่วงโซ่มาร์คอฟ (Markov's Chain Model) และแบบจำลอง CA_MARKOV ในการหาโอกาสของการเปลี่ยนแปลงและทำนายร้อยละการเปลี่ยนแปลงขนาดของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (แสดงดังตารางที่ 2) เชื่อมโยงความสัมพันธ์ การวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลเชิงสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการนำเข้าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ปี พ.ศ. 2559 และ ปี พ.ศ. 2563) ด้วยโปรแกรม IDRISI Taiga เพื่อจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2567 (แสดงดังภาพที่ 3) จากการศึกษาพบว่า พื้นที่พืชไร่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของขนาดพื้นที่สูงสุด จากเดิมในปี พ.ศ. 2563 มีขนาดพื้นที่ เท่ากับ 33.82 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 35.22 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.26 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ไร่มุมนเวียน

ตารางที่ 2 ประเภท ขนาดของพื้นที่ และร้อยละของการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2563 และ ปี พ.ศ. 2567

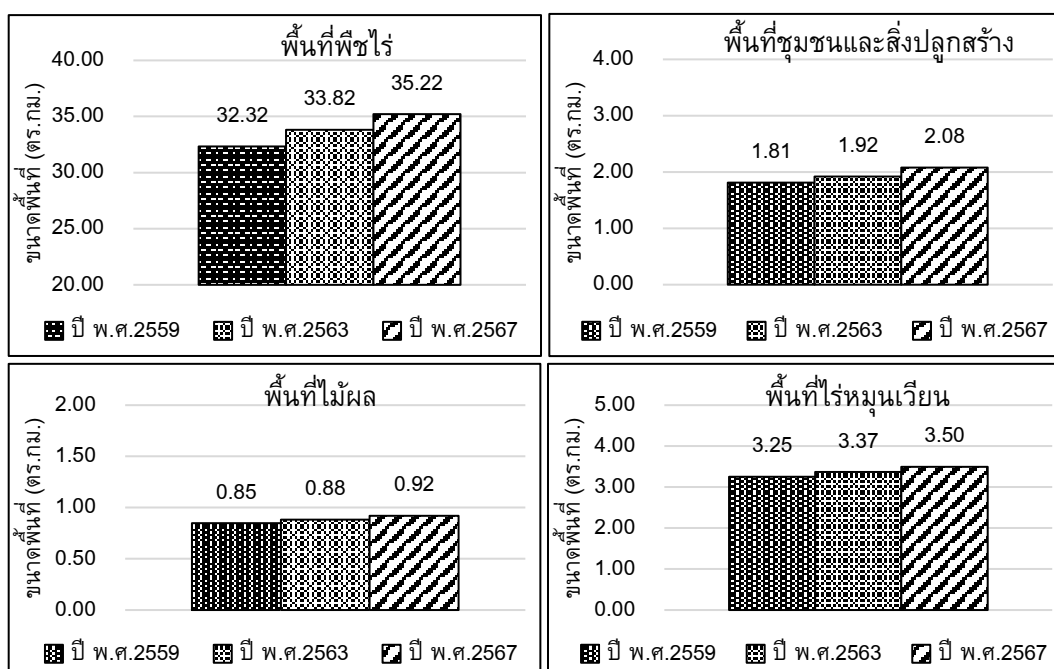
ลำดับ	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ขนาดของพื้นที่ ปี พ.ศ.2556	ขนาดของพื้นที่ ปี พ.ศ.2563	ขนาดของพื้นที่ ปี พ.ศ.2567	อัตราการเปลี่ยนแปลง
1	พืชไร่ (ตร.กม.)	32.32	33.82	35.22	+ 1.40
	ร้อยละ (%)	5.83	6.09	6.35	+ 0.26
2	พื้นที่นา (ตร.กม.)	3.00	2.93	2.91	- 0.02
	ร้อยละ (%)	0.54	0.53	0.52	- 0.01
3	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (ตร.กม.)	1.81	1.92	2.08	+ 0.16
	ร้อยละ (%)	0.33	0.35	0.37	+ 0.02
4	พื้นที่น้ำ (ตร.กม.)	1.78	1.78	1.78	0.00
	ร้อยละ (%)	0.32	0.32	0.32	0.00
5	พื้นที่เบ็ดเตล็ด (ตร.กม.)	0.66	0.59	0.53	- 0.06
	ร้อยละ (%)	0.12	0.11	0.10	- 0.01
6	พื้นที่ป่าไม้ (ตร.กม.)	509.23	507.76	506.22	- 1.54
	ร้อยละ (%)	91.77	91.51	91.23	- 0.28
7	ไม้ผล (ตร.กม.)	0.85	0.88	0.92	+ 0.04
	ร้อยละ (%)	0.15	0.16	0.17	+ 0.01
8	ไม้ยืนต้น (ตร.กม.)	1.96	1.82	1.71	- 0.11
	ร้อยละ (%)	0.35	0.33	0.31	- 0.02
9	ไร่มุมนเวียน (ตร.กม.)	3.25	3.37	3.50	+ 0.13
	ร้อยละ (%)	0.59	0.61	0.63	+ 0.02
ขนาดของพื้นที่รวม		554.87	554.87	554.87	-
ร้อยละ (%)		100.00	100.00	100.00	-

และพื้นที่ไม้ผล มีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 0.16, 0.13 และ 0.04 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.02, 0.02 และ 0.01 ตามลำดับ (แสดงดังภาพที่ 4) ส่วนพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มการลดลงของขนาดพื้นที่สูงสุด

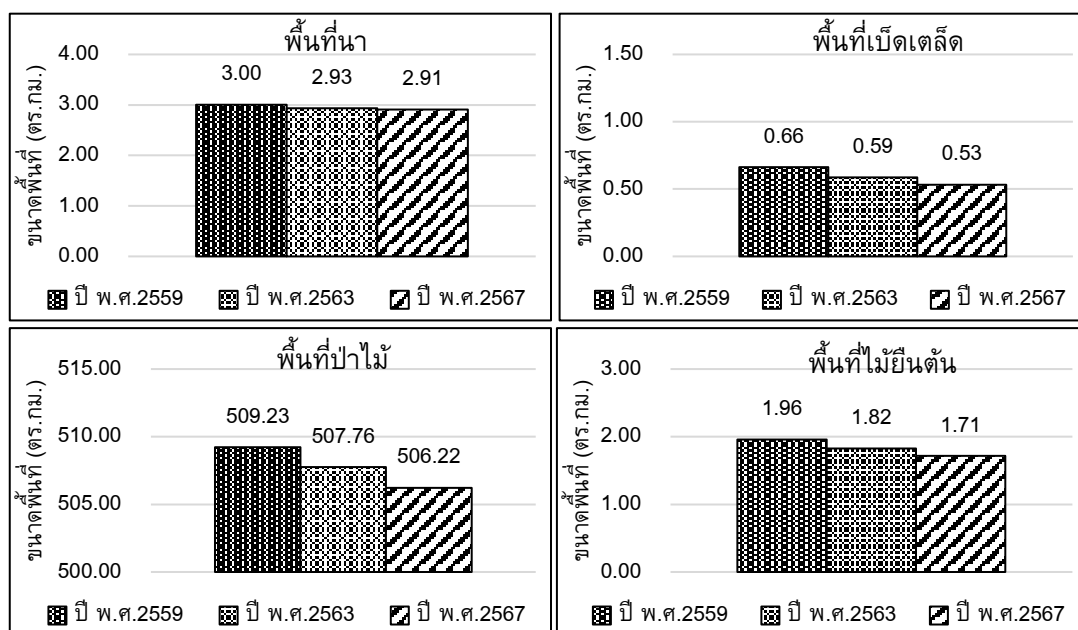
เท่ากับ 1.54 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นการลดลงร้อยละ 0.28 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ไม้ยืนต้น พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่นา เท่ากับ 0.11, 0.06 และ 0.02 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นการลดลงร้อยละ 0.02, 0.01 และ 0.01 ตามลำดับ (แสดงดังภาพที่ 5)



ภาพที่ 3 (E) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 และ (F) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ปี พ.ศ. 2567



ภาพที่ 4 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอดงลาน จังหวัดกำแพงเพชร ปี พ.ศ. 2567



ภาพที่ 5 แนวโน้มการลดลงของขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ของพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ปี พ.ศ. 2567

สรุปและอภิปรายผล

จากการประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับระบบภูมิสารสนเทศเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงปี พ.ศ. 2559, พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2567 พบว่า แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของประเภทและขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินสูงสุดในช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2567 ได้แก่ พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่ไร่นาตามฤดูกาล เทียบกับ 1.40, 0.16 และ 0.13 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นการเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.25, 0.03 และ 0.02 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนแนวโน้มการลดลงของประเภทและขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินสูงสุดในช่วงปี พ.ศ. 2563 ถึง พ.ศ. 2567 ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ไม้ยืนต้น และพื้นที่เปิดเตล็ด เทียบกับ 1.54, 0.11 และ 0.06 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นการลดลงร้อยละ 0.28, 0.02 และ 0.01 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ เนื่องจากประชาชนมีความต้องการในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ไม้ยืนต้น และพื้นที่เปิดเตล็ดอยู่ใกล้กับพื้นที่พืชไร่และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างจึงทำให้เกิดการขยายตัวของพื้นที่ดังกล่าวเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีสถานที่ท่องเที่ยวภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อนที่สำคัญเป็นที่รู้จักของนักท่องเที่ยว เช่น แก่งเกาะร้อย น้ำตกวังกะสัง แก่งตาลี น้ำตกเต่าดำ เป็นต้น และสถานที่ท่องเที่ยวที่กำลังพัฒนาและส่งเสริมให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวแหล่งใหม่ของตำบลโป่งน้ำร้อน อำเภอลองลาน จังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่ อ่าวคลองมดแดง และเส้นทางท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมของชาวกะเหรี่ยงบ้านวังกะสัง ซึ่งจะมีการประชาสัมพันธ์ผ่านทางเว็บไซต์ออนไลน์ การลงโฆษณาในรูปแบบแบนเนอร์ (ป้ายโฆษณาบนเว็บ) การเข้าถึงข้อมูลการจองสถานที่พัก การให้บริการ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้นักท่องเที่ยวรู้จัก สามารถเข้าถึงสถานที่และแหล่งท่องเที่ยวได้ง่ายมากขึ้น เป็นผลทำให้ชุมชนท้องถิ่นภายในพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยโป่งน้ำร้อน ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางเกษตร รับจ้าง และรับราชการ เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตการทำมาหากินและเริ่มเกิดการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพื่อรองรับนักท่องเที่ยวเพิ่มสูงขึ้น จากผลการศึกษาของ สนิภา บัวสรวง และคณะ [13] วทัญญูตา ไพโรจน์ [14] และณัฐกิตติ์ เสงี่ยม และคณะ [15]

พบว่า การลดลงของพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตเนื่องจากการขยายตัวของสิ่งปลูกสร้างและการเกษตรซึ่งได้รับผลมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจ และการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ยังเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหาอุทกภัย ปัญหาการพังทลายของดิน เป็นต้น จึงควรมีการวางแผนจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เกิดความเหมาะสม กำหนดขอบเขตพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินให้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่รอยต่อระหว่างพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่พืชไร่ และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง โดยภาครัฐต้องเข้ามาช่วยเหลืออย่างจริงจังในการพัฒนาพื้นที่ รณรงค์และส่งเสริมให้ชุมชนท้องถิ่นและกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียให้เข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาการท่องเที่ยวในเชิงอนุรักษ์ มีการจัดตั้งกลุ่มภาคีเครือข่ายในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รักษาและส่งเสริมความหลากหลายทางธรรมชาติ ซึ่งทำให้ชุมชนท้องถิ่นและกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียได้รับผลประโยชน์จากการท่องเที่ยวหรือสถานที่ท่องเที่ยวโดยตรง ก่อให้เกิดความรัก ความหวงแหน ความภาคภูมิใจ พร้อมทั้งสร้างจิตสำนึกในการดูแลปกป้องรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้คงอยู่อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับ กิตติพันธุ์ ประสิทธิ์ [16] พบว่า การจัดการการท่องเที่ยวในเชิงอนุรักษ์ขึ้นอยู่กับความร่วมมือของกลุ่มชมรมหรือชุมชนเป็นสำคัญรวมทั้งการส่งเสริมกระบวนการมีส่วนร่วมในการจัดการการท่องเที่ยวของชมรมท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร หากปราศจากการวางแผนการจัดการที่เหมาะสมอาจส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับผลการศึกษาของ บรรจงศักดิ์ พักสมบุญ และคณะ [3] นฤนาถ พยัคฆา และแสงดาว วงศ์สาย [17] รวมทั้ง ภัทรพร พิมดี และรัตมี สุวรรณวีระกำธร [18] พบว่า พื้นที่ป่าไม้ที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกปัจจัยหลักคือการขยายตัวของพื้นที่อยู่อาศัยเพื่อพัฒนาเป็นแหล่งที่ท่องเที่ยวและเกษตรกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

เอกสารอ้างอิง

- [1] Manthana Chamroonsiri, Onanong Phewnil, Kasem Chankao, and Surachai Rattanasampong. (2016, January-December). Land Use Change Induced Landslide Hazards in Maepul-Maeprong Watershed, Maepul Sub-District, Laplae District, Uttaradit Province. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 19(19), 186-199.
- [2] Sabaitong Kanna. (2013). *Environmental Impact of Tourism Land Use Change in Suan Phung District, Ratchaburi Province*. M.Sc. (Environmental Management). Graduate School of Social and Environmental Development, National Institute of Development Administration (NIDA).
- [3] Banchongsak Faksomboon, Wilailak Suanmali, Nopparat Chaivino, Nares Khamcharoen, and Sineepa Buasruang. (2019, May-August). Land Use Changes of Head Watershed Area on Streamflow, Suspended Sediment and Water Quality in Khlong Lan Watershed, Kamphaeng Phet Province. *Burapha Science Journal*, 24(2), 532-549.
- [4] Chudech Losiri. (2016, January-December). Land Use Change Model and Urban Area Prediction in the Future. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 19(19), 340-357.
- [5] Napasond Noofai, Alongkorn Intaraksa, and Kittichai Duangmal. (2018, January-December). The Relationship of Factors Influencing the Land Use Change in Thung Rangsit Area, Pathumthani Province. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 21(21), 120-131.

- [6] Mohammad, Rahim R. (2021, January). Forecasting Land-Use Changes in Mashhad Metropolitan Area Using Cellular Automata and Markov Chain Model for 2016-2030. *Sustainable Cities and Society*, 64, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102548>
- [7] Joakim, M; Dennis, M, and Joakim, W. (2021, January). Very Short Term Load Forecasting of Residential Electricity Consumption Using the Markov-Chain Mixture Distribution (MCM) Model. *Applied Energy*, 282, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116180>
- [8] Sonam, W; Lamchin, M, and Woo, K.L. (2021, January). Land Use and Land Cover Change Detection and Prediction in Bhutan's High Altitude City of Thimphu, Using Cellular Automata and Markov Chain. *Environmental Challenges*, 2, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100017>
- [9] Banchongsak F; Surat, B; Narouchit, D, and Nipon, T. (2017). Dynamic Modeling of Water Storage Capacity for the Dilution of Waste Water of Land Utilization in the Upper Tha Chin Watershed, Thailand. *EnvironmentAsia*, 10(2), 33-42.
- [10] Hyandye, C, and Martz, L.W. (2017). A Markovian and Cellular Automata Land-Use Change Predictive Model of the Usangu Catchment. *International Journal of Remote Sensing*, 38(1), 64-81.
- [11] Clark, L. (2013). *IDRISI Spotlight: The Land Change Modeler*. Clark University, Worcester, MA.
- [12] Eastman, R.J. (2012). *IDRISI SELVA Manual*. Clark University, Worcester, MA.
- [13] Sineepa Buasruang, Kittichai Duangmal, Alongkorn Intaraksa, and Onanong Phewnull. (2016, January-December). Land Use Change on Soil Erosion in Rain Shadow Phusawan Watershed, Phetchaburi Province. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 19(19), 244-261.
- [14] Watanyuta Pairot. (2015). Land use and Land cover Change Simulation a Case Study of Indochina Intersection Development Scenario, Phitsanulok. In *The 8th Geography and Geo-Informatics of Thailand Students Conference*. pp. 1-16. Naresuan University.
- [15] Nattakit Sa-ngiam, Narong Pleerux, Supan Karnchanasutham, and Kaew Nualchawee (2018, January-December). Application of Geoinformatics for Analysis of Flood Risk Areas in Lower Part of Prachinburi River Subbasin. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 21(21), 37-49.
- [16] Kittiphan Prasit. (2019, January- June). Sustainable Tourism Management of Kuiburi National Park, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province. *Journal of Social Sciences Srinakharinwirot University*, 22(1), 1-12.
- [17] Narunat Payakka, and Sangdao Wongsai. (2018). Effect of Land-Use Change on Deforestation in Phuket. In *The 9th National Kasetsart University Kamphaeng Saen Conference*. pp. 381-388. *Kasetsart University Kamphaeng Saen*.
- [18] Pattaraporn Pimdee, and Rasamee Suwanwerakamtorn. (2011, May- August). Application of Geoinformations Technology to Determining Areas at Risk of Encroachment of Agriculture on Forest Reserve in Phu Luang Wildlife Sanctuary, Loei Province. *Journal of Remote Sensing and GIS Association of Thailand*, 12(1), 43-68.