

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูน และตาดกวางซี
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Assessment of the Risk of Invasion in Phouphueng-Phouphathoun and Tadkuangsi
National Protection Forest Areas, Lao People's Democratic Republic,
Using Geographic Information System Data

วีระภาส คุณรัตนสิริ¹ห่อ มณีทอง^{1,2*}ปัสสิ ประสมสินธ์¹Weeraphart Khunrattanasiri¹Hor Manythong^{1,2*}Patsi Prasomsin¹¹ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900¹Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand²ภาควิชาทรัพยากรป่าไม้ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรป่าไม้ มหาวิทยาลัยสุพานวง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว²Department of Forest Resource, Faculty of Agriculture and Forest Resources, Souphanouvong University, Lao People's Democratic Republic

*Corresponding Author, E-mail: hor.ma@ku.th

รับต้นฉบับ 18 เมษายน 2567

รับแก้ไข 12 มิถุนายน 2567

รับลงพิมพ์ 24 มิถุนายน 2567

ABSTRACT

The land use changes were studied in forest land use in the Phouphueng Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests and a geo-information system was used to assess the risk of forest invasions. Land use was classified into five categories: agricultural; forest; road; urban and built-up; and water body. Visual interpretation methods were applied to identify the areas at risk of forest invasion using geographic information system data.

Based on the results, the visual interpretation of land use in 2015 and 2023 had overall accuracy levels of only 79.55% and 90.91%, respectively, with Kappa statistics of 0.58 and 0.83, respectively. Deforestation caused the greatest change in land use between 2015 and 2023, while agriculture had the greatest increase of 2,959.10 ha. The analysis of forest infestation risk areas using the geographic information system data identified the most influential factors were the average income per village per year (0.32), followed by the population of the village, distance from the community, distance from the road, distance from the water source, percentage of area slope and digital elevation models, with their weight levels of importance being 0.23, 0.15, 0.12, 0.10, 0.05 and 0.03, respectively. There were 6 risk levels identified: not at risk, very low risk, low risk, moderate risk, high risk and very high risk, covering 0.00%, 16.63%, 22.49%, 16.34%, 26.68% and 17.86%, respectively, of the total area. Thus, substantial forest areas were identified that were highly vulnerable to invasion. These results could be applied to develop operational support.

Keyword: Geographic information systems; Risk assessment; National Protection Forest; Lao People's Democratic Republic

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ ในบริเวณป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ในปี พ.ศ. 2558-2566 และเพื่อใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ โดยแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยใช้วิธีการแปลตีความด้วยสายตาและวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2558-2566 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุด จำนวน 2,965.81 เฮกตาร์ ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 2,959.10 เฮกตาร์ และปัจจัยที่มีผลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด คือ รายได้เฉลี่ยรายหมู่บ้านต่อปี มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.32 รองลงมาคือ จำนวนประชากรรายหมู่บ้าน ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ร้อยละความลาดชันของพื้นที่และความสูงจากน้ำทะเล ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.23 0.15 0.12 0.10 0.05 และ 0.03 ตามลำดับ แบ่งระดับความเสี่ยงออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ไม่มีความเสี่ยง ความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก ความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ ความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลาง ความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง และความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก มีคิดเป็นร้อยละเท่ากับ 0.00 16.63 22.49 16.34 26.68 และ 17.86 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้มีโอกาสเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกสูง ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปสนับสนุนการปฏิบัติงาน และการวางแผนป้องกันพื้นที่เสี่ยงได้

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การประเมินพื้นที่เสี่ยง ป่าป้องกันแห่งชาติ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

คำนำ

ปัจจุบันการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มีอัตราที่สูงทำให้การสูญเสียทรัพยากรป่าไม้ตามธรรมชาติและมีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จากการขยายตัวของระบบเกษตรกรรมสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมโทรมของป่าและการทำลายป่าไม้ (Fox and Vogler, 2005; Kummer and Turner, 1994) การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมโลก ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการพัฒนาภูมิภาค และการจัดการ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นหนึ่งในประเทศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Phompila *et al.*, 2017) ถึงแม้ว่าสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวยังคงมีทรัพยากรป่าไม้อยู่เป็นจำนวนมาก แต่การตัดไม้ทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในช่วง 40 ปีที่ผ่านมาเห็นได้จากการลดลงอย่างมากในขอบเขตของป่าธรรมชาติ (Thomas, 2015) และมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการขยายตัวของการลงทุนด้านการเกษตรขนาดใหญ่ (Nanhthavong *et al.*, 2020) จากอัตราการตัดไม้ทำลายป่าที่เพิ่มขึ้นอย่างน่าตกใจนับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2523 (Robichaud *et al.*, 2009) ในปี พ.ศ. 2525 พื้นที่ป่าไม้ครอบคลุมร้อยละ 49 ของพื้นที่ป่าทั่วประเทศ แต่เมื่อถึงปี พ.ศ. 2545 พื้นที่ดังกล่าวก็ลดลงเหลือร้อยละ 41.5 ภายในปี พ.ศ. 2553 ก็ลดลงอย่างต่อเนื่องเหลือร้อยละ 40.3 ของพื้นที่ มาถึงปี พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 58 และปี พ.ศ. 2562 มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 62 ของพื้นที่ป่าทั่วประเทศ มีพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มของพื้นที่ป่าไม้เป็น

การเพิ่มบางพื้นที่เท่านั้น ยังมีพื้นที่อื่น ๆ หลายพื้นที่ที่มีป่าไม้ลดลง (Department of Forestry, 2021) การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ทุก ๆ ปีมีสาเหตุหลายประการ เช่น การขยายพื้นที่เกษตรกรรม การพัฒนาตัวเมือง ไฟป่า การตัดไม้เพื่อการค้า การลักลอบตัดไม้ การเลี้ยงสัตว์ การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ และการสร้างเส้นทางคมนาคม เป็นต้น (Department of Forestry, 2005)

ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ถูกประกาศเป็นป่าป้องกันแห่งชาติเมื่อวันที่ 19 มีนาคม พ.ศ. 2557 ตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 1171 มีพื้นที่ทั้งหมด 36,542.99 เฮกตาร์ ครอบคลุม 3 เมืองได้แก่ เมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงินและเมืองน่าน พื้นที่ป่ามีความสำคัญอย่างมากในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และความหลากหลายทางชีวภาพ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการป้องกันแหล่งน้ำและช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ และยังมีมีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ใกล้เคียงด้วย นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำที่สำคัญสำหรับเมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงินและเมืองน่าน อย่างไรก็ตาม การลดลงของพื้นที่ป่าและการเปลี่ยนแปลงป่าธรรมชาติให้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินการที่ไม่มีการวางแผนให้เหมาะสมสำหรับการพัฒนา และการคุ้มครองป่าไม้ อาจมีความเสี่ยงต่อการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ และมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของชุมชนในระยะยาว เพื่อให้การจัดการทรัพยากรป่าไม้มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและปฏิบัติให้เหมาะสม (Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province, 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการป้องกัน และ

ควบคุมดูแลการลดลงของพื้นที่ป่าไม้จำเป็นต้องมีการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ และเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนป้องกันการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ให้ทันต่อสถานการณ์

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2566 และเพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศศาสตร์ที่สามารถประหยัดเวลาและงบประมาณ มาช่วยสนับสนุนการปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกัน การวางแผน แก้ไขปัญหาด้านการบุกรุกพื้นที่ป่าให้ทันไปอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ตลอดจนการจัดการพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี ได้สร้างตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2557 โดยมีการกำหนดขอบเขตชายแดนป่าป้องกันแห่งชาติ ภูฝิง-ภูผาทุนและตาดกวางซี เพื่อรักษาพื้นที่ป่า (National Assembly, 2019a) ตามกฎหมายว่าด้วย ป่าไม้ มีพื้นที่ทั้งหมด 36,542.99 เฮกตาร์ ครอบคลุมพื้นที่ 3 เมือง และ 42 หมู่บ้าน คือ เมืองหลวงพระบางจำนวน 18 หมู่บ้าน เมืองเชียงเงินจำนวน 7 หมู่บ้าน และเมืองน่านจำนวน 17 หมู่บ้าน ทิศเหนือติดกับเมืองหลวงพระบาง ทิศใต้และทิศตะวันตกติดกับเมืองน่าน ทิศตะวันออกติดกับเมืองเชียงเงิน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นภูเขาสูงครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด มีป่าผลัดใบผสมคิดเป็นร้อยละ 55 ของพื้นที่ทั้งหมด ความสูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 500–1,558 เมตร (Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province, 2020)

การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดเตรียมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 ระบบบันทึกข้อมูล OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร Path 129 Row 46 โดยใช้เทคนิคการแปลตีความข้อมูลจากภาพถ่ายด้วยสายตา พิจารณาจาก รูปร่าง (shape) ขนาด (size) สี (tone) เนื้อภาพ (texture) เงา (shadow) รูปแบบ (pattern) สิ่งแวดล้อม (environment) ที่ตั้งและความเกี่ยวพัน (site and association) ซึ่งจำแนกข้อมูลที่มาตราส่วนของการแสดงผลข้อมูล 1:15,000 ด้วยโปรแกรม Quantum GIS การศึกษาครั้งนี้ได้อ้างอิงตาม

การจัดแบ่งประเภทของการใช้ที่ดินของ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (National Assembly, 2019b) ได้ระบุไว้ในกฎหมายว่าด้วยการนำใช้ที่ดิน โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ พร้อมสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (accuracy assessment) โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) กำหนดให้โอกาสที่จะเกิดความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85 (Anderson, 1971) และความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มที่ยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 10 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 อ้างอิงจากการศึกษาของ (KanIn and Khunrattanasiri, 2020) ซึ่งอิงตามหลักการทฤษฎีความน่าจะเป็นแบบทวินาม (binomial probability theory) ตามแนวคิดของ (Congalton and Green, 1999) ผลจากการคำนวณจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมีจำนวน 35 จุด เมื่อคำนวณจุดตรวจสอบภาคสนามตามสัดส่วนของพื้นที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ จำนวน 28 จุด พื้นที่เกษตรกรรม จำนวน 10 จุด พื้นที่เส้นทางคมนาคม จำนวน 2 จุด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวน 2 จุด และพื้นที่แหล่งน้ำ จำนวน 2 จุด รวมทั้งหมด จำนวน 44 จุด ตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2558 กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2558 ของแผนกป่าสงวนแขวงหลวงพระบาง และปี พ.ศ. 2566 กับข้อมูลจุดตรวจสอบความถูกต้องภาคสนามปี พ.ศ. 2566 ซึ่งจุดตรวจสอบความถูกต้องสามารถคำนวณได้จากสมการของ (Congalton and Green, 1999) (สมการที่ 1) ดังนี้

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

โดย n คือ จำนวนจุดสำรวจ

p คือ ร้อยละความถูกต้องที่คาดหวัง (0-100)

q คือ ร้อยละความผิดพลาดที่อาจเกิด (1-p)

z คือ ค่าพื้นที่จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน z (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.1 มีค่าเท่ากับ 1.645)

e คือ ร้อยละความผิดพลาดโดยสุ่มที่ยอมรับได้

การกำหนดปัจจัยสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ พิจารณาจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่า โดยพิจารณาจากปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพบางประการ และคาดว่าจะมีผลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้มากที่สุดจำนวน 7 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ร้อยละความลาดชันของพื้นที่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากชุมชน

ระยะห่างจากแหล่งน้ำ จำนวนประชากรของหมู่บ้าน และรายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี และทำการแบ่งระดับชั้นข้อมูลแต่ละปัจจัยออกเป็น 6 ระดับ (Table 1) (Klinthong, 2018; Sonsab, 2018; Thongsangiam *et al.*, 2018)

การให้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย (weighting value) และค่าระดับคะแนน (rating value) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านทรัพยากรป่าไม้จำนวน 5 ท่าน ทำการกำหนดค่าน้ำหนักให้โดยวิธีการเปรียบเทียบความสำคัญ

ทั้ง 7 ปัจจัย ซึ่งค่าน้ำหนักอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ส่วนการให้ค่าคะแนนระดับของปัจจัยแบ่งเป็น 6 ระดับ ดังนี้ 0 คือ ไม่มีความเสี่ยง 1 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก 2 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ 3 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลาง 4 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง และ 5 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก (Table 1)

Table 1 Factors and weighted scores of areas under risk of encroachment

Factors	Category	Weighted Score
Digital elevation (m)	≤300	5
	300–≤600	4
	600–≤900	3
	900–≤1,200	2
	1,200–≤1,500	1
	>1,500	0
Slope area (%)	≤10	5
	10–≤20	4
	20–≤30	3
	30–≤40	2
	40–≤50	1
	>50	0
Distance from road (m)	≤1,500	5
	1,500–≤3,000	4
	3,000–≤4,500	3
	4,500–≤6,000	2
	6,000–≤7,500	1
	>7,500	0
Distance from village (m)	≤1,500	5
	1,500–≤3,000	4
	3,000–≤4,500	3
	4,500–≤6,000	2
	6,000–≤7,500	1
	>7,500	0

Table 1 (continued)

Factors	Category	Weighted Score
Distance from water (m)	≤ 500	5
	500–≤1,000	4
	1,000–≤1,500	3
	1,500–≤2,000	2
	2,000–≤2,500	1
	> 2,500	0
Population of village (inhabitants)	≤1	0
	1–≤200	1
	200–≤400	2
	400–≤600	3
	600–≤800	4
	>800	5
Average income per village per year (kip)	≤40,000,000	5
	40,000,000–≤50,000,000	4
	50,000,000–≤60,000,000	3
	60,000,000–≤70,000,000	2
	70,000,001–≤80,000,000	1
	>80,000,000	0

Sources: Klinthong (2018); Sonsab (2018); Thongsangiam *et al.* (2018)

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวปี พ.ศ. 2558 และปี พ.ศ. 2566 ที่ได้จากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา ในรูปแบบข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlay) มาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้

กำหนดค่าคะแนนแต่ละปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ และกำหนดค่าน้ำหนักของทุกปัจจัยโดยการถ่วงน้ำหนักแบบง่าย (simple additive weighting, SAW) ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ใช้วิธี Weight sum โดยคำสั่ง Raster calculator ที่คำนวณจากสมการอ้างอิงจากการศึกษาของ (Wangkeeree *et al.*, 2021) (สมการที่ 2)

$$\text{Suitability (S)} = (W_1 R_1) + (W_2 R_2) + \dots + (W_n R_n) \quad (2)$$

S หมายถึง ระดับความเสี่ยงรวมต่อการบุกรุก

W หมายถึง ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยเสี่ยงที่ 1-n

R หมายถึง ค่าคะแนนของปัจจัยย่อยของปัจจัยที่ 1-n

n หมายถึง จำนวนปัจจัยเสี่ยงที่ใช้ในการศึกษา

ผลและวิจารณ์

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในพื้นที่ป่าป้องกันแห่งชาติภูพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี ได้ผลการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เส้นทางคมนาคม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ โดยใช้เทคนิคการแปลตีความด้วยสายตา จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 ระบบ

บันทึกข้อมูล OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร Path 129 Row 46 (Table 2 และ Figure 1)

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยจุดตรวจสอบความถูกต้องทั้งหมด 44 จุด อ้างอิงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากแผนป่าสงวนแขวงหลวงพระบาง ปี พ.ศ. 2558 และลงพื้นที่สำรวจภาคสนาม ปี พ.ศ. 2566 พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 79.55 และ 90.91 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.58 และ 0.83 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ค่าความถูกต้องและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เป็นไปตามเกณฑ์ (Landis and Koch, 1977) แสดงรายละเอียดค่าร้อยละความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ในปี พ.ศ. 2558 และ 2566 ดัง Table 2

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ในช่วงปี พ.ศ. 2558-2566 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุดจำนวน 2,965.81 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 50.000 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 2,959.10 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 49.887 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจำนวน 6.42 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.108 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นจำนวน 0.29 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 0.005 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ส่วนพื้นที่เส้นทางคมนาคม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงดัง (Table 2)

Table 2 Land use changes in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests during 2015–2023

Land use type	In 2015		In 2023		Land use change	
	Area(ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Agricultural land	5,671.04	15.52	8,630.14	23.62	2,959.10	49.887
Forest land	30,744.13	84.13	27,778.32	76.02	-2,965.81	50.000
Road	24.27	0.07	24.27	0.07	0.00	0.000
Urban and built-up	87.01	0.24	93.43	0.26	6.42	0.108
Water body	16.54	0.05	16.83	0.05	0.29	0.005
Total	36,542.99	100.00	36,542.99	100.00	5,927.57	100.000
Overall accuracy (%)	79.55		90.91			
Kappa statistic	0.58		0.83			

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ปี พ.ศ. 2558–2566 ดัง (Table 3) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุดจำนวน 4,867.75 เฮกตาร์ มีลักษณะการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อขยายพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณใกล้เคียงกับหมู่บ้าน เส้นทางคมนาคมและรอบ ๆ ขอบเขตป่าป้องกัน เช่น การถางป่าทำไร่แบบเลื่อนลอย การขยายพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ จึงทำให้เกิดการบุกรุกเพิ่มขึ้น และในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่าไม้จำนวน 1,908.36 เฮกตาร์ อยู่ใกล้กับแนวขอบเขตพื้นที่ป่าป้องกันและขอบเขตหมู่บ้าน เนื่องจากใน ปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมาได้มีการปรับแก้ไขขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินใหม่ โดยแบ่งพื้นที่ป่าไม้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ป่าสงวน ป่าป้องกัน และป่าผลิต ตามกฎหมายป่าไม้ของ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และแบ่งเขตป่าป้องกันออกเป็น 2 เขต คือ เขตหวงห้าม (totally protected zone) และเขตคุ้มครอง

เพื่อการใช้ประโยชน์ (controlled use zone) เพื่อลดการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการประเมินการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผิง-ภูผาทูนและตาดกวางซีระหว่างปี พ.ศ. 2558-2563 (Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province, 2020) พบว่า พื้นที่ป่าไม้มีการเปลี่ยนแปลงและลดลงอย่างต่อเนื่องจำนวน 855 เฮกตาร์ สาเหตุหลักของการบุกรุกคือ ขยายพื้นที่ทำการผลิตเขตสูง พร้อมทั้งมีการลักลอบตัดไม้ ล่าสัตว์ และการเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตรกรรม นอกจากนี้ยังสอดคล้อง และแตกต่างเล็กน้อยกับ (Sayavong *et al.*, 2020) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินสิ่งปกคลุมที่ดินในแขวงหลวงน้ำทา สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่าพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นจำนวน 5,038 เฮกตาร์ พื้นที่แหล่งน้ำเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจำนวน 20 เฮกตาร์ แต่พื้นที่เกษตรกรรมลดลงจำนวน 224 เฮกตาร์ และพื้นที่ป่าไม้ลดลงจำนวน 21,129 เฮกตาร์ และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ

(Paphaphanh *et al.*, 2024) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าพรุ: กรณีหมู่บ้านนาทอง และหมู่บ้านสมิง เมืองจำปอน แขวงจำปาสัก สปป.ลาว พบว่าพื้นที่ป่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงและลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2554–2559 และ ปี พ.ศ. 2559–2564 จำนวน 523.44

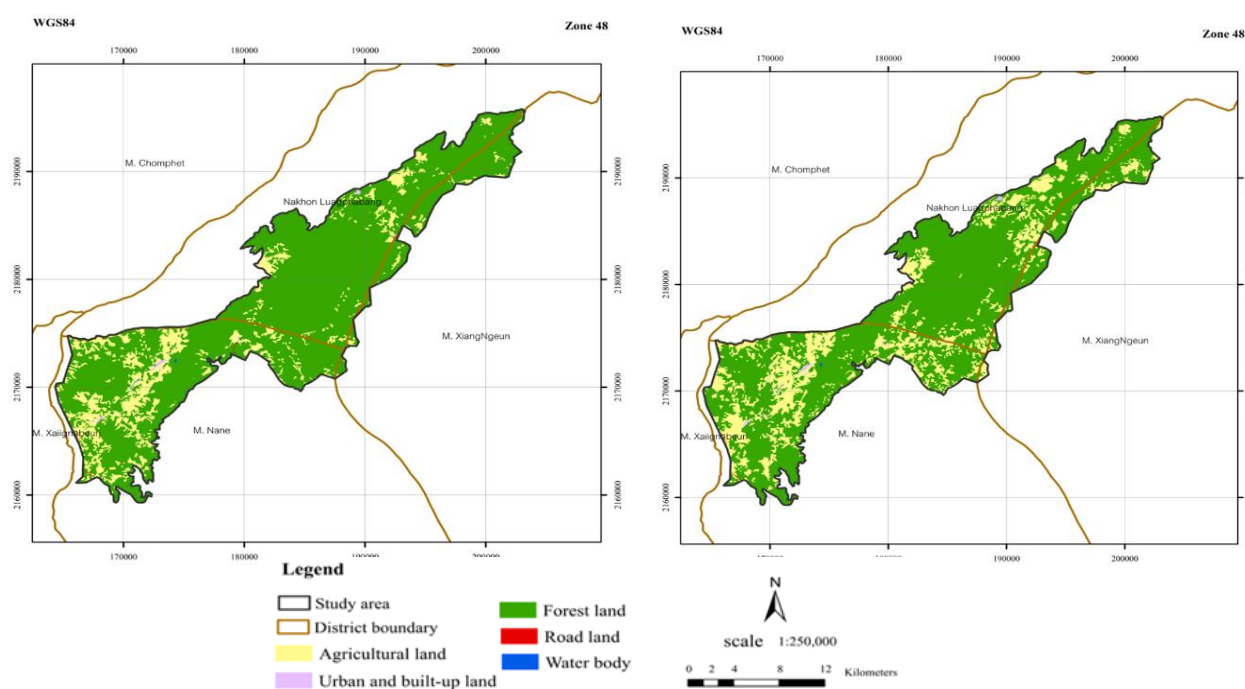
เฮกตาร์ และ 607.05 เฮกตาร์ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น 138.24 เฮกตาร์ และ 386.10 เฮกตาร์ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าไม่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากการขยายพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นในแต่ละช่วงปี พ.ศ. 2554–2559 และ ปี พ.ศ. 2559–2564

Table 3 Land use changes in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests during 2015–2023

Unit: Hectares

Land use type		In 2023					Total
		A	F	R	U	W	
In 2015	A	3,755.77	1,908.36	0.00	6.91	0.00	5,671.04
	F	4,867.75	25,869.27	0.00	4.42	2.69	30,744.13
	R	0.00	0.00	24.27	0.00	0.00	24.27
	U	4.22	0.69	0.00	82.10	0.00	87.01
	W	2.40	0.00	0.00	0.00	14.14	16.54
Total		8,630.14	27,778.32	24.27	93.43	16.83	36,542.99

Remarks: A = Agricultural land, F=Forest land, R=Road, U= Urban and built-up, W = Water body.



(a) Land use map in 2015

(b) Land use map in 2023

Figure 1 Map of land use changes in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests during 2015–2023

การกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

การกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน เป็นผู้ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของทั้งหมด 7 ปัจจัย พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุด คือ รายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี

จำนวนประชากรของหมู่บ้าน ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ร้อยละความลาดชันของพื้นที่ และความสูงจากระดับน้ำทะเล โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสำคัญเท่ากับ 0.32 0.23 0.15 0.12 0.10 0.05 และ 0.03 ตามลำดับ แสดงใน (Table 4)

Table 4 Weighted mean from forestry specialists

Factor	Forestry expert					Weighted mean
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	
Digital elevation	0.02	0.02	0.05	0.03	0.05	0.03
Percentage of area slope	0.03	0.03	0.05	0.05	0.07	0.05
Distance from road	0.15	0.25	0.05	0.05	0.09	0.12
Distance from village	0.06	0.41	0.06	0.12	0.12	0.15
Distance from water	0.10	0.05	0.06	0.13	0.16	0.10
Population of village	0.24	0.15	0.28	0.26	0.21	0.23
Average income per village per year	0.41	0.09	0.44	0.36	0.29	0.32
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตป่าป้องกัน แห่งชาติภูผาพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี

จากข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 เพื่อจัดทำแผนการเปลี่ยนแปลงและนำไปวิเคราะห์ร่วมกับตัวแปรอื่น ๆ ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งมีค่าคะแนนและค่าน้ำหนัก ที่ได้จากการคำนวณของผู้เชี่ยวชาญนั้น โดยใช้วิธีการซ้อนทับกับแผนที่ปัจจัยสำหรับการศึกษาทั้งหมด 7 ปัจจัย ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ร้อยละความลาดชันของพื้นที่ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ จำนวนประชากรของหมู่บ้าน และรายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี นำผลจากการวิเคราะห์มาทำการจัดชั้นระดับความเสี่ยงใหม่เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกด้วยเทคนิคการแบ่งกลุ่มแบบ Equal interval ซึ่งมีค่าความถี่เท่ากัน โดยแบ่งระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ 0 คือ ไม่มีความเสี่ยง 1 คือ ความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก 2 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ 3 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลาง 4 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง และ 5 คือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก ตามสมการของ (Ketsingha,1987) (สมการที่ 3)

ความกว้างของอันตรภาคชั้น

$$= \frac{\text{ค่าคะแนนสูงสุด}-\text{ค่าคะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับชั้นที่ต้องการ}} \quad (3)$$

โดยพบว่า ค่าความเสี่ยงสูงสุด = 9.91

ค่าความเสี่ยงต่ำสุด = 0.00

จำนวนระดับความเหมาะสมที่ต้องการ = (9.91-0.00)/6

ดังนั้น ช่วงห่างของชั้นความเหมาะสม = 1.65

ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในเขตป่าป้องกันแห่งชาติภูผาพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซีพบว่า พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมีขนาดพื้นที่มากที่สุด จำนวน 9,750.90 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 26.68 รองลงมาคือ ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำ มีพื้นที่ 8,217.76 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 22.49 ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก มีพื้นที่ 6,527.35 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 17.86 ระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก มีพื้นที่ 6,077.49 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 16.63 และระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลางมีน้อยที่สุด มีพื้นที่ 5,969.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 16.34 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกไม่พบพื้นที่ในเขต ป่าป้องกันแห่งชาติภูผาพิง-ภูผาพูนและตาดกวางซี (Table 5 และ Figure 2)

Table 5 Score range and invasive risk level in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests

Score range	Area (ha)	Area (%)	Risk level
0.00-1.65	0.00	0.00	Not at risk
1.66-3.31	6,077.49	16.63	Very low risk
3.32-4.97	8,217.76	22.49	Low risk
4.98-6.63	5,969.48	16.34	Moderate risk
6.63-8.28	9,750.91	26.68	High risk
>8.28	6,527.35	17.86	Very high risk
Total	36,542.99	100.00	

เมื่อนำแผนที่เสี่ยงต่อการบุกรุกในเขตป่าป้องกันแห่งชาติภูผาผึ้ง-ภูผาทูนและดาดกวางซีมาซ้อนทับกับแผนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2558-2566 พบว่า พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากครอบคลุมพื้นที่ 1,299.19 เฮกตาร์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมีจำนวน 2,475.41 เฮกตาร์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกปานกลางครอบคลุมพื้นที่ 591.22 เฮกตาร์ พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำครอบคลุมพื้นที่ 1,476.48 เฮกตาร์

และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกต่ำมาก ครอบคลุมพื้นที่ 980.04 เฮกตาร์ ทั้งนี้เห็นได้ว่าบริเวณที่มีพื้นที่เกษตรกรรมมาก มีอิทธิพลและส่งผลให้พื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ใกล้เคียงมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกมากกว่าพื้นที่ป่าไม้ที่อยู่ห่างจากพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ส่วนใหญ่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าไม้ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่ยังไม่มีการครอบครองเพื่อการใช้ประโยชน์มีโอกาสถูกบุกรุกและเปลี่ยนแปลงพื้นที่ได้ง่าย (Table 6)

Table 6 Classification of land use change during 2015–2023, based on level of risk of forest invasion in Phouphueng-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests

Land use type	Very low	Low	Moderate	High	Very high	Total
	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)	Area (ha)
A change to F	182.04	440.53	88.07	712.80	473.24	1,896.68
A change to U	-	-	-	3.06	3.41	6.47
F change to A	798.01	1,035.95	503.16	1,753.65	744.32	4,835.09
F change to U	-	-	-	2.39	2.03	4.42
F change to W	-	-	-	-	2.37	2.37
U change to A	-	-	-	0.52	3.70	4.22
U change to F	-	-	-	0.69	-	0.69
W change to A	-	-	-	2.29	0.11	2.40
Total	980.04	1,476.48	591.22	2,475.41	1,229.19	6,752.35

Remarks: A = Agricultural land, F=Forest land, U= Urban and built-up, W = Water body

ผลของการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกยังชี้ให้เห็นว่าในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูผาผึ้ง-ภูผาทูนและดาดกวางซีปัจจุบันมีพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมีพื้นที่ 9,750.90 เฮกตาร์ และพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากมีพื้นที่ 6,527.35 เฮกตาร์ เนื่องจากประชาชนต้องการขยายพื้นที่สำหรับการเกษตร โดยมีการขยายพื้นที่เข้าไปในเขตป่าป้องกัน ซึ่งเมื่อนานและเมืองหลวงพระบางเป็นพื้นที่ที่ควรจะต้องนำมาพิจารณาในการป้องกันการบุกรุกในพื้นที่ โดยเฉพาะปัจจัยเกี่ยวกับรายได้เฉลี่ยรายหมู่บ้านต่อปี ซึ่งรายได้ส่วนใหญ่ของประชาชนมาจากการทำเกษตรกรรม การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร พื้นที่ใกล้หมู่บ้าน พื้นที่ใกล้เส้นทางคมนาคม พื้นที่ตามเขตชายแดน

เขตป่าป้องกันรวมทั้งในพื้นที่อื่น ๆ ด้วย ซึ่งสอดคล้องและแตกต่างกันเล็กน้อยกับการศึกษาของ (Klinthong, 2018) ได้ศึกษาการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกเข้าใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าไม้ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่ามวกเหล็ก-ป่าทับกวาง แปลงที่ 2 จังหวัดสระบุรี พบว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมาก พบกระจายอยู่บริเวณตอนกลางและแนวขอบของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่ามวกเหล็ก-ป่าทับกวาง แปลงที่ 2 มีพื้นที่ 52.46 ตารางกิโลเมตร ปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากคือ ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหมู่บ้าน และระดับความสูงจากน้ำทะเล

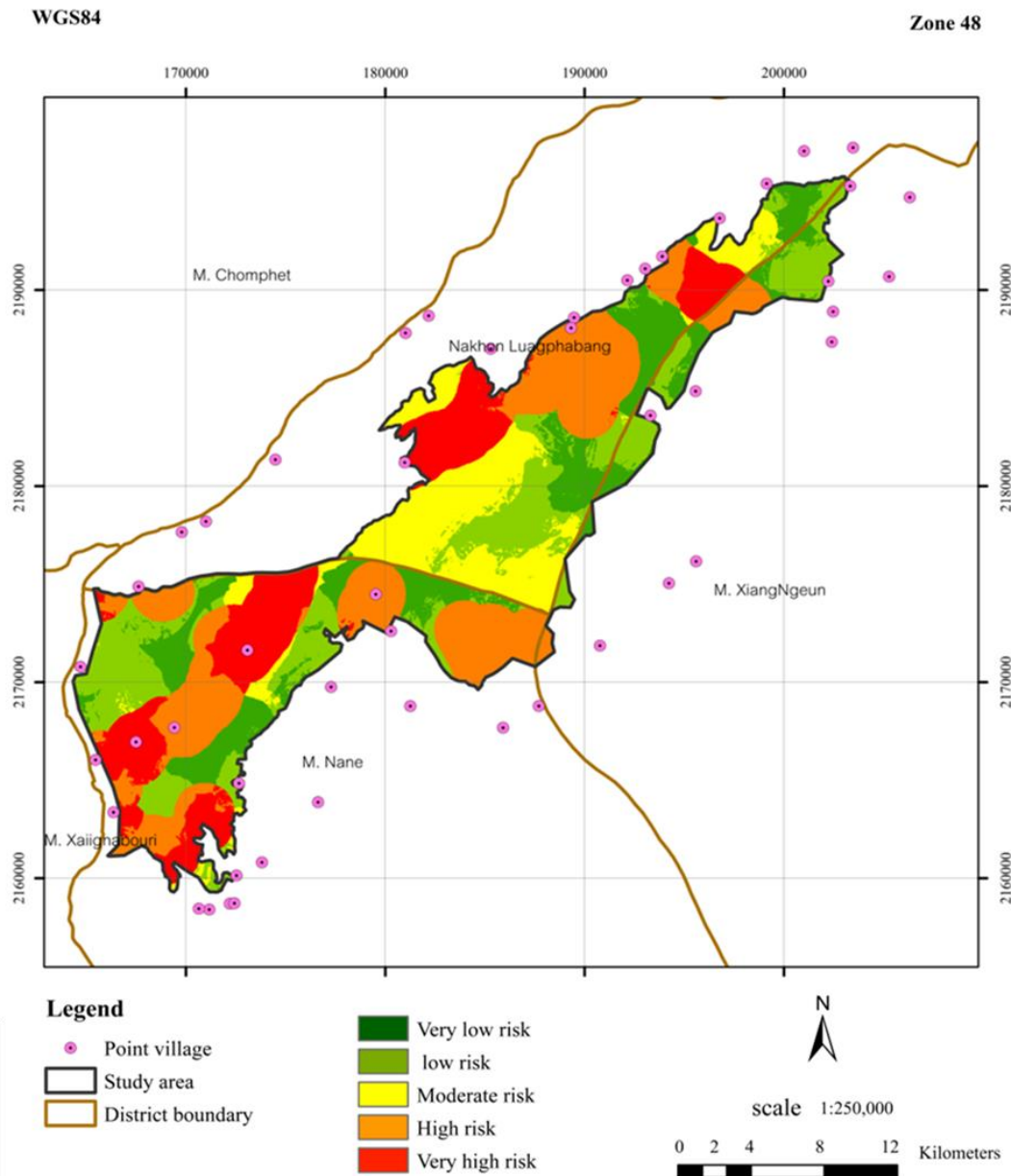


Figure 2 Encroachment risk area map in the Phouphuang-Phouphatoun and Tadkuangsi National Protection Forests

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี ระหว่างปี พ.ศ.2558-2566 โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ระบบบันทึกภาพ OLI ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร Path 129 Row 46 ด้วยวิธีการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา พบว่า ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2566 มีค่าความถูกต้องโดยรวม คิดเป็นร้อยละ 79.55 และ 90.91 ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.58 และ 0.83 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่ป่าไม้มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งในปี พ.ศ. 2566 พบ พื้นที่ป่าไม้ ลดลงจาก ปี พ.ศ. 2558 ในขณะที่พื้นที่

เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ เพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2558 ส่วนพื้นที่เส้นทางคมนาคมไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ผลการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าป้องกันแห่งชาติ ภูพิง-ภูผาทูนและตาดกวางซี พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าไม้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ รายได้เฉลี่ยของหมู่บ้านต่อปี จำนวนประชากร และระยะห่างจากชุมชน การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้พบพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากที่สุดพบมากในเมืองหลวงพระบาง และเมืองน่าน รองลงมาคือ พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกบุกรุกต่ำพบมากในเมืองหลวงพระบาง เมืองเชียงเงิน และเมืองน่าน และพื้นที่

เสี่ยงต่อการบุกรุกสูงมากพบมากในเมืองหลวงพระบาง และ
เมืองน่าน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 8 ความละเอียด 30 เมตร แนะนำให้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมความละเอียดสูง เช่น Sentinel-2 ความละเอียด 10 เมตร ซึ่งจะช่วยให้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงได้ละเอียดและแม่นยำยิ่งขึ้น และการศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพเพียงบางประการเท่านั้นถ้าหากนำไปศึกษาในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันจำเป็นต้องปรับปรุงปัจจัยที่ใช้ให้เหมาะสม ควรเพิ่มเติมปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการบุกรุกป่า เช่น การบังคับใช้กฎหมายนโยบายการอนุญาตให้มีสิทธิทำกินในพื้นที่ป่าไม้ ราคาผลผลิตทางการเกษตร กำลังรองรับผลผลิตของตลาดนอกจากนี้ควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการบุกรุกทั้งทางตรงและทางอ้อม

คำนิยม

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์ทุนการศึกษาจากกรมร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Development Cooperation Agency, TICA) ขอขอบพระคุณหัวหน้าห้องกรรณกรรม และป่าไม้แขวงหลวงพระบาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ศึกษา และขอขอบคุณ ทุก ๆ คนให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล

REFERENCES

- Agriculture and Forestry Office of Luang Prabang Province. 2020. **PhouPheung-PhouPhaThoun-TadKuangSi Provincial Protection Forest Management Plan, Luang Prabang Province Year 2020-2025**. Luang Prabang, Lao PDR.
- Anderson, J.R. 1971. Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing. **Photogrammetric Engineering**, 37(4): 379-387.
- Congalton, R.G., Green, K. 1999. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**, 2nd ed. Lewis Publishers, Boca Raton, CRC Press, USA.
- Department of Forestry. 2005. **Report on the Assessment of Forest Cover and Land Use During 1992 and 2000**. Retrieved from the Ministry of Agriculture and Forestry, Lao PDR.
- Department of Forestry. 2021. **Report on the Assessment of Forest Cover During 2015 and 2019**. Retrieved from the Ministry of Agriculture and Forestry, Lao PDR.
- Fox, J., Vogler, J.B.J.E.M. 2005. Land-use and land-cover change in montane mainland southeast Asia. **Environmental Management**, 36: 394-403.
- KanIn, K., Khunrattanasiri, W. 2020. Comparative study on CA-Markov model and CLUE-S model for land use changed prediction in National Reserved Forest, Nan province. **Journal of Applied Science**, 19(2): 87-100.
- Ketsingha, W. 1987. **Principles of Creating and Analyzing Research Tools**, 4th ed. Thai Wattana Panich, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Klinthong, S. 2018. **Assessment the Risk of Intrusion into the Forest Areas in Pa Muaklek-Pa Tupkwang Plaeng 2 National Reserve Forest, Saraburi Province**. M.S. Thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kummer, D.M., Turner, B.L.J.B. 1994. The human causes of deforestation in Southeast Asia. **Bioscience**, 44(5): 323-328.
- Landis, J.R., Koch, G.G.J.b. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1): 159-174.
- Nanhthavong, V., Epprecht, M., Hett, C., Zaehring, J.G., Messerli, P.J.A.g. 2020. Poverty trends in villages affected by land-based investments in rural Laos. **Applied Geography**, 124: 102-298.
- National Assembly. 2019a. **Law on Forests (Revised)**. Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic, Lao PDR.
- National Assembly. 2019b. **Land Law (Amended)**. Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic, Lao PDR.
- Paphaphanh, P., Chanthalonnavong, S., Phengsisomboun, S., Southommavong, L., Mangnomek, V., Sodahuk, V. 2024. The Impact of land use change on peatland degradation: A case Nathong and Saming Village, Champhone district, Champasack Province, Lao PDR. **Sujournal**, 10(1): 130-139.

- Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B., Clarke, K.J.L. 2017. Forest cover changes in Lao tropical forests: physical and socio-economic factors are the most important drivers. **Land**, 6(2): 23-37.
- Robichaud, W.G., Sinclair, A.R.E., Odarkor-Languaye, N., Klinkenberg, B. 2009. Stable forest cover under increasing populations of swidden cultivators in central Laos: the roles of intrinsic culture and extrinsic wildlife trade. **Ecology and Society**, 14(1): 33-60.
- Sayavong, S., Kaewjampa, N., Katawatin, R., Boonthai Iwai, C., Moukomla, S., Oszwald, J., Pierret, A. 2020. Recent co-occurring expansion of rubber tree plantations and land use/land cover change in Luangnamtha district, Northern Laos. **International Journal of Geoinformatics**, 16(1): 85-101.
- Sonsab, T. 2018. **Determining Risk Area for Encroachment of Forest in Head Watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thomas, I.L. 2015. **Drivers of Forest Change in the Greater Mekong Subregion-Lao PDR Country Report**. USAID-LEAF and FAO, 232, Washington, D.C., United States.
- Thongsangiam, A., Chuchip, K., Pothitan, R. 2018. Assessment of forest encroachment in the lower Mae Cheam watershed, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 37(2): 108-117. (in Thai)
- Wangkeeree, P., Rianthakool, L., Arunpraparut, W. 2021. Application of geographic information system in the analysis of areas at risk from encroachment at the Phu Koh-Phu Kratae Wildlife Sanctuary, Loei province. **Thai Journal of Forestry**, 40(1): 34-49. (in Thai)
-