

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ
ที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน

**Determination of Forest Encroachment Risk in Head Watershed at
Doi Phu Kha National Park, Nan Province**

ทิพย์กมล สอนสัย^{1,2*}

วันชัย อรุณประภารัตน์¹

นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์¹

Thipkamol Sonsab^{1,2*}

Wanchai Arunpraparut¹

Nantachai Pongpatttanurak¹

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

Protected Area Regional Office 13, Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation

*Corresponding Author, E-mail: thipkamol.e@gmail.com

รับต้นฉบับ 25 พฤษภาคม 2561

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2561

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the forest Encroachment risk in head watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan Province. By using Geographic Information System, physical factors of land were statistically analyzed to find the correlation with forest Encroachment area. Logistics model was used to analyze the forest Encroachment risk within Doi Phu Kha National Park boundary. As the results, it was found that the physical factors of head watershed area related to the forest Encroachment was distance from own lands, distance from community, slope, aspect, distance from transportation, distance from national park protection unit, elevation and distance from water sources. The forest Encroachment risk area with high and very high level of risk and total area 145.97 square kilometers or 8.58% of Doi Phu Kha National Park were distributed in District Bo Kluea, District Pua, District Mae Charim and District Thung Chang at proportion of 85.28%, 33.18%, 16.04% and 11.46 respectively. The accuracy assessment of forest Encroachment risk map generated with logistic model was carried out and found that its accuracy was 80.00% and Area Under the Curve (AUC) 0.88 ($\pm$ 0.045) at the confidence level 95 %

Keywords: Head Watershed, Encroachment Risk area, logistic regression, Doi Phu Kha National Park

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่บางประการกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ และใช้แบบจำลองโลจิสติก (logistic model) ในการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ได้แก่ ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ระยะห่างจากชุมชน ความลาดชัน ทิศด้านลาด ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระดับความสูง และระยะห่างจากแหล่งน้ำ และพบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำในระดับสูงและสูงมากคิดเป็นเนื้อที่รวม 145.97 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 8.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา โดยกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ อำเภอบัว อำเภอมะจิม และอำเภอทุ่งช้าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.28, 33.18, 16.04 และ 11.46 ตามลำดับ มีผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่สร้างขึ้นด้วยแบบจำลองโลจิสติก มีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 80.00 และมีค่าพื้นที่ใต้กราฟ AUC (Area Under the Curve) เท่ากับ 0.88 (± 0.045) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำสำคัญ: ป่าต้นน้ำ พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุก การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก อุทยานแห่งชาติดอยภูคา

คำนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและความสำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะชุมชนที่พึ่งพาอาศัยทรัพยากรป่าไม้ในการดำรงชีพ ในปี พ.ศ. 2516 จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้มากถึงร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ประเทศ ภายในระยะเวลา 20 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539-2559 พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 11.64 ของพื้นที่ประเทศ และในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งสิ้นร้อยละ 31.58 ของพื้นที่ประเทศ (ศูนย์สารสนเทศ กรมป่าไม้, 2559) จากการสำรวจในพ.ศ. 2557 พบว่าพื้นที่ป่าไม้รวมทั้งป่าอนุรักษ์ถูกบุกรุกเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำ ก่อให้เกิดการเสื่อมโทรม ส่งผลกระทบให้เกิดอุทกภัยและภัยแล้ง ปัญหาเหล่านี้ยังมีอย่างต่อเนื่องและทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะในภาคเหนือลุ่มน้ำน่านที่มีระดับความรุนแรงสูงสุด ซึ่งมีความสำคัญและเป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ทั้งนี้รัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึง

ได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2558-2569 ภายใต้ยุทธศาสตร์การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน มีเป้าประสงค์ในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรม ป้องกันการสูญเสียหน้าดินและพื้นที่ดินถล่มในพื้นที่เกษตรลาดชันเพื่อการชะลอน้ำในลุ่มน้ำสาขาที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558) นอกจากนี้ยังได้ดำเนินโครงการระบบการจัดเก็บข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานระดับพื้นที่เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในลุ่มน้ำทั่วประเทศ จำนวน 25 ลุ่มน้ำ เพื่อรวบรวมข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ และสร้างดัชนีชี้วัดต้นแบบการจัดการน้ำ ทั้งนี้ เพื่อให้ประเทศมีฐานข้อมูลประกอบในการตัดสินใจด้านการบริหารทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

จังหวัดน่านอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดของการทำลายพื้นที่ป่าต้นน้ำและเป็นพื้นที่นำร่องในการดำเนินการให้เป็นไปตาม มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 7 กรกฎาคม 2558 เรื่อง การจัดการ

ป่าต้นน้ำเสื่อมสภาพบนพื้นที่สูงชัน (เขาหัวโล้น) พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดน่าน ประกอบด้วยภูเขาและป่าไม้ ซึ่งมีพื้นที่ป่าต้นน้ำร้อยละ 72.48 ของพื้นที่จังหวัด แต่ในปัจจุบันพื้นที่ ป่าไม้ของจังหวัดน่านถูกบุกรุกอย่างรุนแรง อันเนื่องมาจากการทำไร่เลื่อนลอย การบุกรุกแผ้วถางป่าหรือถูกบุกเบิกเพื่อปลูกพืชเกษตรเชิงเดี่ยวเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่สูงชันที่เป็นป่าต้นน้ำ (จริญธร และ กัญจนัญญา, 2560) ข้อมูลสถิติป่าไม้ พบว่าพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี 2547 - 2559 ลดลงถึงร้อยละ 12.62 ของพื้นที่จังหวัด (ศูนย์สารสนเทศกรมป่าไม้, 2559) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าต้นน้ำที่สำคัญยังคงถูกทำลาย

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ได้รับการประกาศจัดตั้งให้เป็นอุทยานแห่งชาติ เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2542 มีพื้นที่ประมาณ 1,704 ตารางกิโลเมตร (อุทยานแห่งชาติดอยภูคา, 2558) เป็นอุทยานแห่งชาติที่มีทรัพยากรธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพ มีวัฒนธรรมชาติสวยงาม และมีพื้นที่ป่าต้นน้ำตามมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2530 มีพื้นที่มากถึงร้อยละ 99.57 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำน่าน พื้นที่โดยรอบบางส่วนในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคาเป็นที่ตั้งของชุมชนดั้งเดิมจำนวนมาก ทั้งนี้ปัญหาความต้องการใช้ทรัพยากรและที่ดินป่าไม้ในทางที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมได้ก่อให้เกิดปัญหาการบุกรุกและแผ้วถางที่ทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เป็นการกระทำที่ผิดกฎหมาย ตาม พรบ. อุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 พื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำเป็นภูเขาหัวโล้น

ดังนั้น การอนุรักษ์พื้นที่ป่าต้นน้ำให้มีสภาพอุดมสมบูรณ์ ตลอดจนฟื้นฟูป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมให้เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำที่มีสภาพป่าที่สมบูรณ์ และลดการกระทำใดๆ ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพต่อป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคาจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต้องดำเนินการการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการ

บุกรุกของป่าต้นน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ จากนั้นจึงกำหนดพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแบบจำลองโลจิสติก (logistic model) จากนั้นจึงสร้างแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ สำหรับใช้ประโยชน์ในการวางแผนฟื้นฟู รักษา และป้องกันการกระทำผิดว่าด้วยกฎหมายป่าไม้ในพื้นที่ป่าต้นน้ำของอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การรวบรวมและการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่

รวบรวมและสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบราสเตอร์ (raster format) กำหนดขนาดกริด 30 เมตร × 30 เมตร ประกอบด้วย ความสูงจากระดับน้ำทะเล ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ความลาดชัน ทิศด้านลาด แนวเขตอุทยานแห่งชาติ ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ขอบเขตการปกครอง ตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำ และตำแหน่งไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ

Table 1 แสดงรายการปัจจัยแวดล้อมและเกณฑ์การพิจารณากำหนดความเสี่ยง (จริญธร, 2547; ไกรภพ, 2540; นิรันดร์, 2551; พรพรรณ, 2554; สมนิมิตร และคณะ, 2560) ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ มีหน่วยเป็นเมตร ความลาดชันของพื้นที่ที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ทิศด้านลาดของพื้นที่แสดงค่าทิศด้านลาด ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากชุมชน มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากแหล่งน้ำ มีหน่วยเป็นเมตร ดังแสดงใน Figure 1

Table 1 Surrogate variables for the Predictive Model of Risk Assessment.

factors	criteria of Forest Encroachment Risk in Head Watershed
elevation of land (x_1)	low elevation
slope of land (x_2)	low slope
aspect of land (x_3)	east or west
distance from land holdings (x_4)	close to own land
distance from the community (x_5)	close to community
distance from transportation (x_6)	close to transportation
distance from national park protection unit (x_7)	close to national park protection unit
distance from water source (x_8)	close to water source

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำของปี พ.ศ. 2560 จากการตรวจสอบภาคสนามร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งแบ่งข้อมูลออกเป็นร้อยละ 80 จำนวน 200 จุด มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ (training data) อีกร้อยละ 20 จำนวน 50 จุด นำมาทดสอบความถูกต้อง (test data) ของแบบจำลองความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ

2. นำเข้าข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 80 ประกอบด้วยตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 100 จุด และไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 100 จุด มาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติโดยการสร้างสมการความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ แล้วใช้หลักการซ้อนทับ (overlay) เพื่อสร้างแบบจำลองความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบสมการการถดถอยโลจิสติก ดังสมการ (1) และ (2)

สมการ P (เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ)

$$= \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}} \quad (1)$$

P (ไม่เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ)

$$= 1 - P (\text{เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ}) \quad (2)$$

กำหนดให้ตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ เป็นตัวแปรตาม (P) คือ ความ

น่าจะเป็นของการบุกรุกของป่าต้นน้ำหรือไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ณ จุดภาพ (pixel) นั้นๆ ซึ่งมีค่าได้เพียง 2 ค่า จึงทำให้ค่าประมาณของ P มีค่าระหว่าง 0–1 และข้อมูลปัจจัยแวดล้อมที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ จำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ ระดับความสูง (x_1) ความลาดชัน (x_2) ทิศด้านลาด (x_3) ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง (x_4) ระยะห่างจากชุมชน (x_5) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (x_6) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ฯ (x_7) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ (x_8) เป็นตัวแปรอิสระ (x) สำหรับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ $\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$ ของตัวแปรอิสระ (x) ในสมการ (3) จะใช้สถิติ likelihood-ratio test ซึ่งสามารถประมาณค่าว่าแบบจำลองที่ได้จะดีขึ้นหรือเลวลง เมื่อมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรอิสระ (x) ออกจากแบบจำลอง

3. การคำนวณค่า Pseudo- R^2 ตามแนวทางของ Nagelkerke (Nagelkerke, 1991) ในสมการ (3) คือการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกไม่มีค่าสถิติที่แท้จริง มีแต่สถิติที่สร้างขึ้นมาเทียบเคียงกัน (Hosmer and Lemeshow, 2000; Hosmer *et al.*, 2013) เพื่อใช้เป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงความสามารถของแบบจำลองที่อธิบายถึงโอกาสเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ จากปัจจัยแวดล้อมหรือกลุ่มตัวแปรอิสระ (x) ต่างๆ เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่สร้างมาจากค่าคงที่เพียงอย่างเดียว

$$\text{สมการ } R^2 = \frac{1 - \left[\frac{L(0)}{L(B)} \right]^{2/N}}{R^2_{MAX}} \quad (3)$$

โดยที่ $L(0)$ คือ log likelihood สำหรับแบบจำลองที่มีเพียงค่าคงที่

$L(B)$ คือ log likelihood สำหรับแบบจำลองที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระที่สนใจ

R^2MAX คือ $1 - [L(0)]^{2/N}$

N คือ ขนาดตัวอย่างของข้อมูล

การสร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ

ทำการสร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.00 – 1.00 มากำหนดระดับความเสี่ยงโดยวิธี Equal Interval เป็น 4 ระดับ คือ

ระดับความเสี่ยงต่ำ

$$\text{มีค่า } P(x) = 0.000 - 0.249$$

ระดับความเสี่ยงปานกลาง

$$\text{มีค่า } P(x) = 0.250 - 0.499$$

ระดับความเสี่ยงสูง

$$\text{มีค่า } P(x) = 0.500 - 0.749$$

ระดับความเสี่ยงสูงมาก

$$\text{มีค่า } P(x) = 0.750 - 1.000$$

การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยง

ตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยการนำข้อมูลตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำอีกร้อยละ 20 ประกอบด้วยตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 25 จุด และไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 25 จุด ทำการทดสอบความถูกต้องโดยทำการซ้อนทับ (Overlay) กับแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ ณ จุดที่เส้นกราฟ ROC (Receiver Operating Characteristic) เกิดจุดตัดที่มีความสมดุลระหว่างค่า sensitivity (true positive หรือค่าความถูกต้องของการปรากฏการบุกรุกของป่าต้นน้ำ) กับค่า specificity

(true negative หรือค่าความถูกต้องของการไม่ปรากฏการบุกรุกป่าต้นน้ำ) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าระหว่าง 0 กับ 1 (Hosmer and Lemeshow, 2000; Hosmer *et al.*, 2013) ถ้าค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าจุดตัด (Cut off หมายถึงจุดที่แยก ระหว่างค่าเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและค่าที่ไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ) แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำแล้วทำการเปรียบเทียบและคำนวณหาร้อยละความถูกต้อง

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก

การหาความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ โดยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก เลือกวิธีการคำนวณแบบ Backward Stepwise: Wald คือการทดสอบตัวแปรของสมการการถดถอยโลจิสติกที่ขึ้นกับความน่าจะเป็นของ wald statistic ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและทำนายโอกาสเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ โดยกำหนดให้ตัวแปรตาม (P) คือ โอกาสการบุกรุกของป่าต้นน้ำมีได้เพียง 2 ค่า คือ มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึงเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ และมีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงไม่เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ตัวแปรอิสระ (x) คือ ปัจจัยแวดล้อม 8 ปัจจัย

นำเข้าข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำร้อยละ 80 จำนวน 100 จุด โดยกำหนดให้ค่าเท่ากับ 1 และตำแหน่งไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำร้อยละ 80 จำนวน 100 จุด โดยกำหนดค่า เท่ากับ 0 นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม 8 ปัจจัย จากการศึกษาผลปรากฏว่า ค่า Pseudo- R^2 ได้ค่า Cox & Snell R^2 เท่ากับ 0.55 ในขณะที่ ค่า Nagelkerke R^2 เท่ากับ 0.73 นั่นคือตัวแปรอิสระ 8 ค่า สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามหรือโอกาสเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำได้ ร้อยละ 73 ค่า Wald ค่า Sig. หรือ P-value และสัมประสิทธิ์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งทำให้ -2LL

likelihood เท่ากับ 117.79 จะทำให้สมการ P (เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ) เท่ากับ $\frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n}}$ หรือ $\frac{e^z}{1 + e^z}$ โดยที่ $z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$ ดังแสดงใน Table 2 และพบว่าค่า area under the curve (AUC) ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก มีค่าเท่ากับ 0.88 (± 0.045) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Hosmer and Lemeshow ใช้ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยมีสมมติฐานของการทดสอบคือ H_0 คือแบบจำลองมีความเหมาะสม H_1 คือแบบจำลองไม่มีความเหมาะสม จากค่าทดสอบ Chi-square มีเท่ากับ 5.63 ค่า significance เท่ากับ 0.69 นั่นคือ

ยอมรับ H_0 แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม

พบว่ามีการปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 8 ปัจจัย ที่มีผลต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ ระดับความสูง (x_1) ความลาดชัน (x_2) ทิศด้านลาด (x_3) ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง (x_4) ระยะห่างจากชุมชน (x_5) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม (x_6) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ฯ (x_7) และระยะห่างจากแหล่งน้ำ (x_8) ดังแสดงใน Table ตัวอย่างเช่น $e = -0.0019(x_2)$ เท่ากับ 0.98 หมายความว่าความลาดชันของพื้นที่ลดลง จะมีโอกาสเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำลดลง 0.98 เท่าของระดับความสูงพื้นที่ เป็นต้น ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Variables in the Equation.

Variable	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
elevation of land (x_1)	-0.001	0.001	3.135	1	0.047	0.99919
slope of land (x_2)	-0.0019	0.008	4.328	1	0.022	0.98149
aspect of land (x_3)	-0.0029	0.002	3.401	1	0.040	0.99971
distance to own land (x_4)	-0.0002	0.000	12.338	1	0.000	1.00002
distance from the community (x_5)	-0.0019	0.000	8.703	1	0.002	0.99981
distance from transportation (x_6)	-0.0006	0.000	3.376	1	0.040	0.99994
distance from national park protection unit (x_7)	-0.00005	0.000	3.345	1	0.041	0.99995
distance from water source (x_8)	-0.0007	0.002	3.064	1	0.049	1.00068
Constant	2.4421	3.366	3.135	1	0.047	11.49541

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ สามารถสร้างเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 z = & 2.4421 - 0.001 (x_1) - 0.0019 (x_2) \\
 & - 0.0029 (x_3) - 0.0002 (x_4) \\
 & - 0.0019 (x_5) - 0.0006 (x_6) \\
 & - 0.00005 (x_7) - 0.0007 (x_8) \quad (4)
 \end{aligned}$$

สมการ (4) ใช้พยากรณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ มีการพยากรณ์ถูกต้องโดยรวม ทั้งในกรณีการเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำได้ร้อยละ 86.50 โดยการพยากรณ์เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำถูกต้องร้อยละ 79.00 และการพยากรณ์ไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำถูกต้องร้อยละ 94.00 ของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Classification Table

		predicted		
observed		y		percentage correct
		0	1	
y	0	94	6	94.00
	1	21	79	79.00
overall percentage				86.50

ใช้สมการ (4) ที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก ร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน จากวิธี Equal interval พบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำในระดับสูงและสูงมาก การบุกรุกเกิดได้ทุกทิศด้านลาด โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ไร่ร้าง ไกล่ที่ดินที่ถือครองที่มีระดับต่ำ ความลาดชันต่ำ มีเส้นทางคมนาคมเข้าถึงพื้นที่สะดวก ไกล่แหล่งชุมชนและแหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่รวม 145.97 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 8.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ดังแสดงใน Figure 2 และ 3 โดยกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ อำเภอปัว อำเภอแม่จริม และอำเภอทุ่งช้าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.28, 33.18, 16.04 และ 11.46 ตามลำดับ

การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยง

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยนำข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 20 จำนวน 25 จุด และตำแหน่งไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 20 จำนวน 25 จุด ทำการซ้อนทับกับแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า จุดตัด (cut off) เท่ากับ 0.5 แสดงว่า ณ จุดนั้นมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำ แล้วทำการเปรียบเทียบและคำนวณหาร้อยละความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยง จากการตรวจสอบพบว่าแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก จุดความถูกต้องมีจำนวน 41 จุด คิดเป็นร้อยละ 80 ของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Classification Table.

actual	predicted		percent accuracy
	yes	no	
yes	16	9	64
no	1	24	96
overall percentage	-	-	80

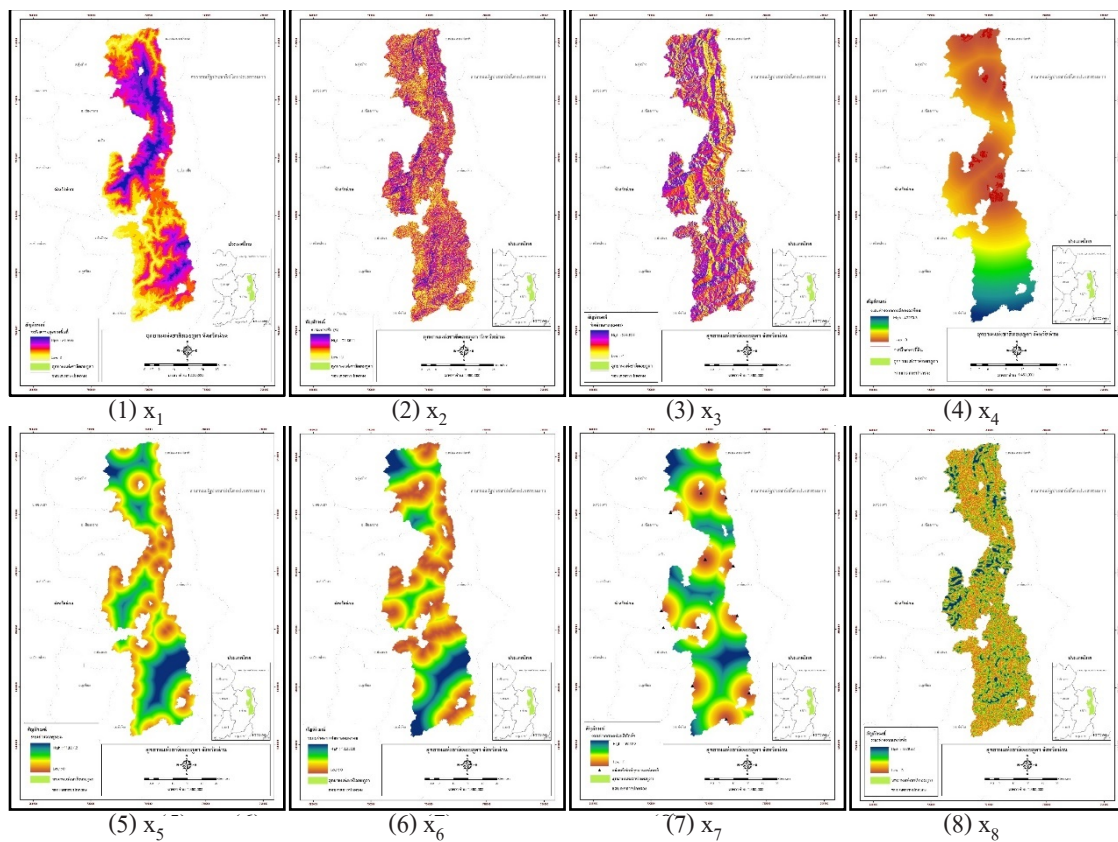


Figure 1 Factor of the Predictive Model of Risk Assessment at Doi Phu Kha National Park.

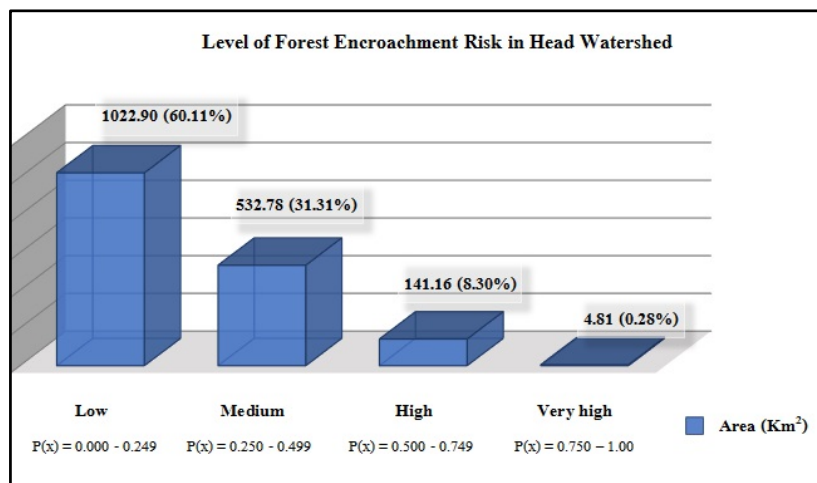


Figure 2 Level of the Predictive Model of Risk Assessment.

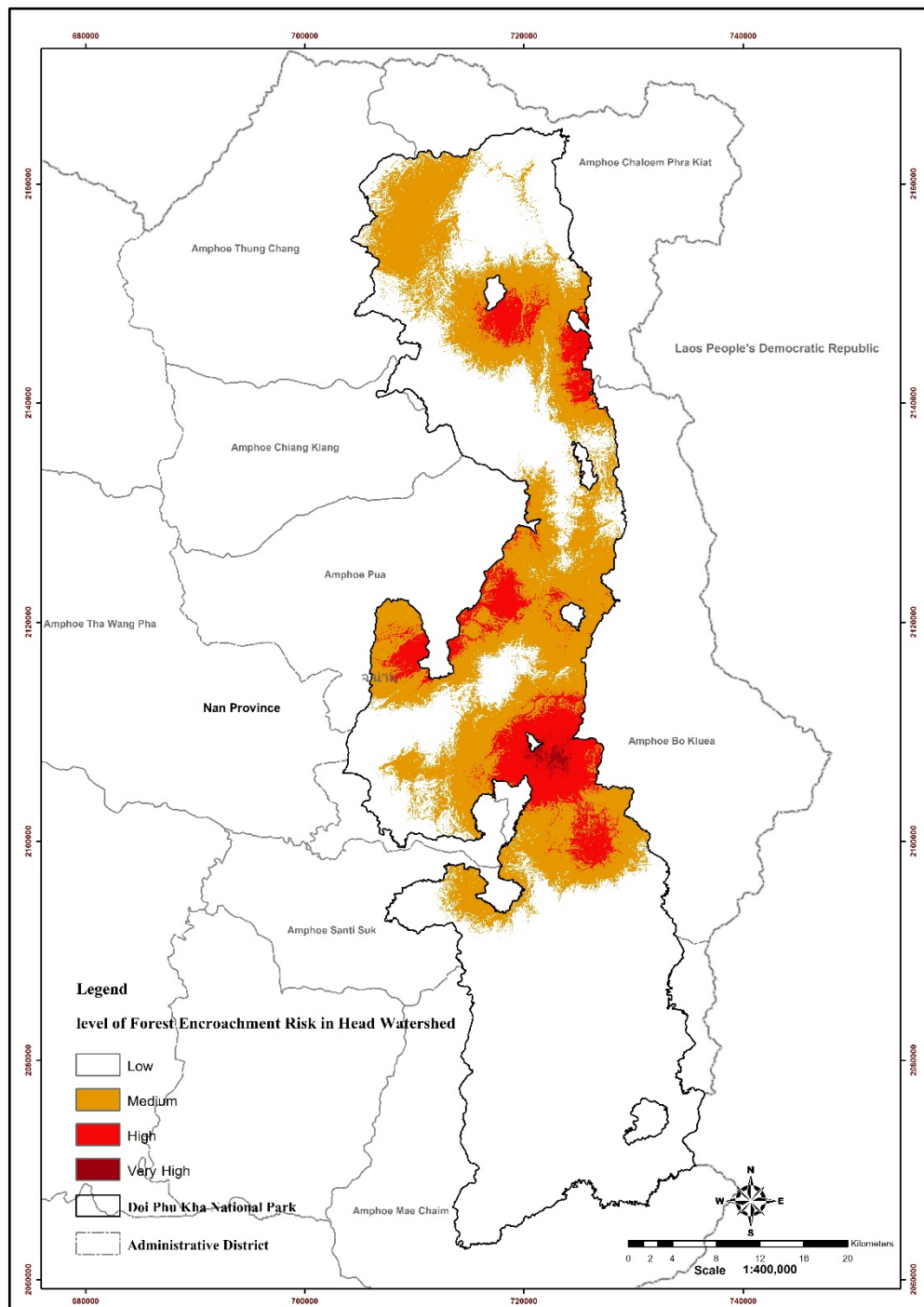


Figure 3 Map of the Predictive Model of Risk Assessment at Doi Phu Kha National Park.

สรุป

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำโดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ได้แก่ ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ระยะห่างจากชุมชน ความลาดชัน ทิศด้านลาด ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระดับความสูง และระยะห่างจากแหล่งน้ำ และพบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำในระดับสูงและสูงมาก มาก คิดเป็นเนื้อที่รวม 145.97 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 8.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา โดยกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ อำเภอบัว อำเภอมะจิม และอำเภอทุ่งช้าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.28, 33.18, 16.04 และ 11.46 ตามลำดับ มีค่าพื้นที่ใต้กราฟ AUC (Area Under the Curve) เท่ากับ 0.88 (± 0.045) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองยังมีค่ามากยังมีประสิทธิภาพดี โดยมีค่าระหว่าง 0 - 1 และผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่สร้างขึ้นด้วยแบบจำลองโลจิสติก จุดความถูกต้องมีจำนวน 41 จุด คิดเป็นร้อยละ 80.00 ของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ

ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกับอุทยานแห่งชาติดอยภูคา อาจเป็นพื้นที่อนุรักษ์ที่อยู่บริเวณเดียวกันและมีปัญหาการบุกรุกของป่าต้นน้ำ เหล่านี้เป็นต้น โดยสามารถอ้างอิงข้อมูลและผลจากการศึกษาครั้งนี้ การกำหนดพื้นที่เสี่ยงเป็นการคาดการณ์พื้นที่ที่จะเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจะทำให้ทราบทิศทางและแนวทางการติดตามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังพื้นที่ป่าต้นน้ำบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกมากยิ่งขึ้น การเพิ่มมาตรการการป้องกันของเจ้าหน้าที่ สร้างความรู้และความเข้าใจเรื่องความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้แก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ภายในและโดยรอบพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพเพียงบางส่วน หากนำไปศึกษาในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไป ควรปรับปรุงข้อมูลใหม่เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การบุกรุกของป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ส่วนใหญ่เกิดจากประชาชนในพื้นที่ใช้พื้นที่ป่าในการทำเกษตรกรรม ไร่เลื่อนลอย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ซับซ้อน ขาดต่อการคาดการณ์ การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกซึ่งใช้ปัจจัยแวดล้อมเพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีอีกหลายปัจจัยที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การบังคับใช้กฎหมาย จำนวนเจ้าหน้าที่ดูแลพื้นที่อาศัยของประชาชน เศรษฐกิจของชุมชน เป็นต้น เป็นปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วยต่อไป

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายจักรชัย โยธาธร หัวหน้าอุทยานแห่งชาติดอยภูคา นางสาววิภาภรณ์ ไบยา ผู้ช่วยหัวหน้าอุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเพื่อนสาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- ไกรรพ พงศ์พิบูลเกียรติ. 2549. การศึกษาการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำของกลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. 2558. แผนยุทธศาสตร์บริหารจัดการน้ำ. คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.
- จริญธร บุญญาภาพ. 2541. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยง

- ต่อการอนุรักษ์ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____ และกัญจน์ชญา เมาส์. 2557. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สาเหตุและผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำสาขาสมนตอนล่าง จังหวัดน่าน. วารสารวนศาสตร์. 33 (2), 131-148.
- นิรันดร์ มรกตเขียว. 2551. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกบริเวณอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรพรรณ เจิดอัสวสิน. 2554. การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดคดีป่าไม้โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมนิมิตร พุกงาม, ประสงค์ สงวนธรรม และสุภาภรณ์ ผ่องศาลา. 2560. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ป่าแม่ยาวฝั่งขวา จังหวัดลำปาง. วารสารวนศาสตร์. 36 (1), 123-128.
- ศูนย์สารสนเทศกรมป่าไม้. 2559. ข้อมูลสารสนเทศกรมป่าไม้. แหล่งที่มา <http://www.forestinfo.forest.go.th/Default.aspx>, 18 พฤศจิกายน 2559.
- อุทยานแห่งชาติดอยภูคา. 2558. แผนการจัดการเบื้องต้น อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 – 2562. สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์, กรุงเทพฯ.
- Hosmer, D.W. and S. Lemeshow. 2000. **Applied Logistic Regression Second Edition.** Amherst Massachusetts. University of Massachusetts, U.S.A.
- _____, _____. and R.X. Sturdivant. 2013. **Applied Logistic Regression, Third Edition.** John Wiley and sons, Inc, USA.
- Nagelkerke, J.D. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. **Biometrika.** 78: 691-692.
- Witten, Ian H, Eibe F., Mark A. H. and Christopher J. P.. 2011. **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques .** Third Edition. , Morgan Kaufmann Publishers, Burlington.