

การประเมินพื้นที่อ่อนไหว ต่อการเกิดดินถล่มในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

นครินทร์ ชัยแก้ว¹ Nitin Kumar Tripathi² ชนาภานต์ วุฒิสักดิ์การุณ³
และ ศิริลักษณ์ พิมมะสาร^{4*}

วันที่รับ 18 สิงหาคม 2565 วันที่แก้ไข 19 กันยายน 2565 วันตอบรับ 20 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จากผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุดคือ ความลาดชัน รองลงมา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างจากถนน ความสูงภูมิประเทศ ระยะห่างจากทางน้ำ ชั้นหิน ทิศทางของพื้นผิวลาดชัน สิ่งปกคลุมดิน ความโค้งของผิวน้ำภูมิประเทศ และดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ ตามลำดับ และเมื่อนำปัจจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 5 ระดับ คือ อ่อนไหวสูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก พบว่ามีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเท่ากับ 0.31, 15.23, 218.36, 1,681.07 และ 269.89 ตร.ม. ตามลำดับ โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ของการประเมิน ร้อยละ 85.37 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาอยู่ที่ 0.71 แสดงถึงระดับความถูกต้องของแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและการตัดสินใจในการเฝ้าระวังและเตรียมการรับมือสำหรับเหตุการณ์ดินถล่มเพื่อลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

คำสำคัญ : กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, ภาพถ่ายจากดาวเทียม, การสำรวจระยะไกล, ดินถล่ม

¹ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, มหาวิทยาลัยพะเยา

² คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

³ บริษัท จีไอเอส จำกัด

⁴ กองบริหารงานวิจัย, มหาวิทยาลัยพะเยา

* ผู้แต่ง, อีเมล: Siriruk.pim@gmail.com

Landslide Susceptibility Assessment in Khao Yai National Park.

Nakarin Chaikaew¹ Nitin Kumar Tripathi² Chanakan Wuthisakkaroon³
and Siriruk Pimmasarn^{4*}

Received 18 August 2022, Revised 19 September 2022, Accepted 20 September 2022

Abstract

This study aims to create landslide susceptibility map using the integration of Remote Sensing (RS) data, Geographical Information Systems (GIS), and Analytical Hierarchy Process (AHP) at Khao Yai National Park. The results were found that the most factor influencing to landslide activities was slope, followed by precipitation, distance from road, elevation, distance from drainage, lithology, aspect, curvature and Topographic Wetness Index (TWI) respectively. With the consideration of these influenced factors, the susceptibility landslide area was classed into 5 classes as very high (0.31 km²), high (15.23 km²), moderate (218.36 km²), low (1,681.07 km²) and lowest (269.89 km²) respectively with the overall accuracy of 85.37% and Kappa coefficient of 0.71. This accuracy assessment revealed the level of landslide susceptibility map accuracy is useful for planning and decision-making in order to monitor and cope with landslide occurrence in the future at Khao Yai National Park.

Keywords : Analytical hierarchical process (AHP), Geographic Information System (GIS), Satellite image, Remote sensing, Landslide

¹ School of Information and Communication Technology, University of Phayao

² School of Engineering and Technology, Asian Institute of Technology

³ GIS Co., Ltd.

⁴ Division of Research Administration, University of Phayao

* Corresponding author, E-mail: Siriruk.pim@gmail.com

1. บทนำ

เหตุการณ์ดินถล่มเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่ทั่วโลกตระหนักและให้ความสนใจเนื่องจากสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินประเทศไทยเองก็เป็นประเทศหนึ่งที่ประสบปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขา ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันที่มีการขยายพื้นที่เมืองเพิ่มมากขึ้นและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้แนวโน้มในการเกิดพิบัติภัยดินถล่มเพิ่มสูงขึ้น เพื่อลดการสูญเสียชีวิตและมูลค่าความเสียหายจากการเกิดดินถล่ม การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจึงเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นในการติดตามเฝ้าระวังและวางแผนเพื่อป้องกันและหาแนวทางแก้ไขเพื่อลดความรุนแรงที่อาจเกิดขึ้นจากการเกิดแผ่นดินถล่มในอนาคต [1]-[3] การจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide susceptibility mapping) ถือเป็นขั้นตอนแรกในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเพื่อช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้มีหน้าที่ตัดสินใจใช้ในการจัดการเบื้องต้นได้อย่างเหมาะสม ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาวิธีการในการจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มถูกพัฒนาขึ้นอย่างมากมายและมีการประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ พื้นที่ [4]-[8]

จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีตได้มีการระบุว่าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเป็นข้อมูลที่สำคัญที่สุดที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม เนื่องจากข้อมูลนี้มีความเชื่อมโยงกับข้อมูลอื่น ๆ ที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ กล่าวคือข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขถูกใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการสร้างข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลทิศทางของพื้นผิวลาดชัน และข้อมูลความโค้งของผิวน้ำภูมิประเทศ [9]-[11] ซึ่งในปัจจุบันข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขถูกนำมาใช้วิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดแผ่นดินถล่มค่อนข้างหลากหลาย เช่น ASTER-DEM (The Advanced Spaceborne

Thermal Emission and Reflection Radiometer), SRTM-DEM (Shuttle Radar Topography Mission) และ ALOS DEM (Advanced Land Observation Satellite) [12]-[14] สำหรับวิธีการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในปัจจุบันได้มีการจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative methods) การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative methods) และการวิเคราะห์เชิงกึ่งคุณภาพ (Semi-quantitative methods) และวิธีการจัดลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) ถือเป็นวิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งจากกลุ่มวิธีวิเคราะห์เชิงกึ่งคุณภาพ [4], [15] ที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม [4], [13]

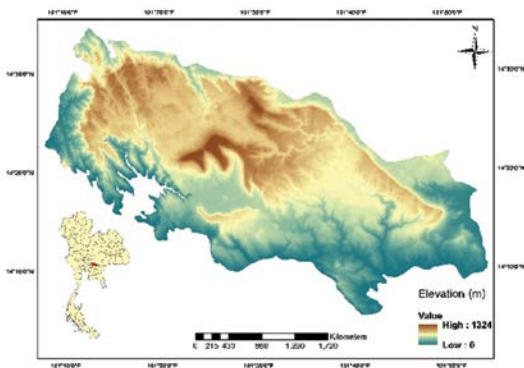
ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้มีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดแผ่นดินถล่มในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยทำการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ เพื่อสร้างแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดแผ่นดินถล่มเพื่อใช้เป็นข้อมูลช่วยในการตัดสินใจในการวางแผนป้องกันและลดความรุนแรงของเหตุการณ์ดินถล่มในอนาคต

2. ข้อมูลพื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ $14^{\circ}5' - 14^{\circ}35'$ เหนือ และลองจิจูด $101^{\circ}5' - 101^{\circ}55'$ ตะวันออก มีพื้นที่ทั้งหมด 2,168 ตร.กม. มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน และมีขอบเขตพื้นที่ศึกษาดังแสดงในรูปที่ 1

3. ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษานี้มีทั้งหมด



รูปที่ ๑ ที่ตั้งพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

10 ปัจจัย คือ ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ข้อมูลความลาดชัน ข้อมูลทิศทางของพื้นผิวลาดชัน ข้อมูลความโค้งของผิวน้ำภูมิประเทศ ข้อมูลดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน ข้อมูลชั้นหิน ข้อมูลระยะห่างจากทางน้ำ ข้อมูลระยะห่างจากถนน และข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ QGIS (2) โปรแกรมระบบสารสนเทศศาสตร์ SAGA GIS (3) Google Earth Pro (4) โปรแกรม R (5) เครื่องบันทึกตำแหน่งพิกัดเชิงภูมิศาสตร์บนโลก (Handheld GPS)

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1 การเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนแรก ข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มถูกเก็บรวบรวมโดยอาศัยการทบทวน การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตจนถึงปัจจุบัน รวมถึง การตรวจสอบข้อมูลที่มีให้บริการในเขตพื้นที่การศึกษา โดยในการศึกษานี้มีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิด ดินถล่มที่ถูกเลือกใช้ทั้งหมด 10 ปัจจัย จากนั้นข้อมูล ปัจจัยทั้งหมดจะถูกนำเข้าและจัดเตรียมในระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจัดทำให้อยู่ในรูปแบบ ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบราสเตอร์ (Raster) ที่มีความ

ละเอียดของจุดภาพอยู่ที่ 12.5 ม. โดยการจัดเตรียม ข้อมูลแต่ละปัจจัยมีการดำเนินการดังนี้

1. ความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์โดยการจัดกลุ่มความสูงของพื้นที่ศึกษา จากข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ALOS PALSAR DEM 12.5 ม. ดังแสดงในตารางที่ 1
2. ความลาดชัน เป็นการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าความสูงจากข้อมูล ALOS PALSAR DEM จากจุดภาพหนึ่งไปยังจุดภาพข้างเคียง โดยในการศึกษาครั้งนี้ความลาดชันอยู่ที่ 0-90°

3. ทิศทางของพื้นผิวลาดชัน ถูกวิเคราะห์ ขึ้นจากข้อมูล ALOS PALSAR DEM โดยพื้นที่ราบ จะไม่มีทิศทางความลาดชันและมีค่าข้อมูลเท่ากับ -1 ในการศึกษาครั้งนี้ข้อมูลทิศทางของพื้นผิวลาดชันถูก แบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม คือ พื้นที่ราบ ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก และ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

4. ความโค้งของผิวน้ำภูมิประเทศ ถูกคำนวณ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของพื้นผิวทางลาดและจัดเตรียม ขึ้นจากข้อมูล ALOS PALSAR DEM เช่นกัน โดยข้อมูล จะถูกแบ่งเป็นพื้นผิวแบบโค้งเว้า (Concave) พื้นผิว แบบราบ (Flat) และพื้นผิวแบบโค้งนูน (Convex)

5. ดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพ ภูมิประเทศ เป็นข้อมูลปัจจัยที่วิเคราะห์ลักษณะ ภูมิประเทศกับอัตราการไหลสะสม แสดงถึงแนวโน้ม ของการเกิดการไหลของน้ำลงสู่พื้นที่ที่ลาดเอียงต่ำ ข้อมูลนี้ถูกวิเคราะห์และจัดเตรียมขึ้นจากข้อมูล ALOS PALSAR DEM

6. ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน เป็นข้อมูลตัวแทน ลักษณะสิ่งปกคลุมพื้นผิว ได้จากการแปลภาพถ่าย จากดาวเทียม Sentinel-2 และนำมาจำแนกข้อมูล ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยวิธีการ Supervised Classification-Maximum Likelihood

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าถ่วงน้ำหนักปัจจัยย่อยสำหรับการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษาและค่าสัดส่วนความสอดคล้องกันของปัจจัย

ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ค่าลำดับ	CR	ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ค่าลำดับ	CR
ความลาดชัน (องศา)	0.294	1	0.054	ความโค้งผิวภูมิประเทศ	0.035	9	0.070
0-10	0.035	1		โค้งเว้า	0.649	1	
10-20	0.068	2		ที่ราบ	0.057	3	
20-30	0.134	3		โค้งนูน	0.295	2	
30-40	0.260	4					
>40	0.503	5					
ทิศทางพื้นผิวลาดชัน	0.045	7	0.066	ความสูง (ม.)	0.075	4	0.069
ที่ราบ	0.024	9		<700	0.045	7	
เหนือ	0.030	8		700-800	0.061	6	
ตะวันออกเฉียงเหนือ	0.048	7		800-900	0.070	5	
ตะวันออก	0.056	6		900-1000	0.215	2	
ตะวันออกเฉียงใต้	0.098	4		1000-1100	0.134	4	
ใต้	0.269	1		1100-1200	0.163	3	
ตะวันตกเฉียงใต้	0.240	2		>1200	0.311	1	
ตะวันตก	0.142	3					
ตะวันตกเฉียงเหนือ	0.094	5					
ชุดหิน	0.059	6	0.080	สิ่งปกคลุมดิน	0.040	8	0.056
JKpw	0.173	3		ป่าสมบูรณ์, พื้นที่เกษตรกรรม	0.074	3	
Jpk	0.237	2					
PTrv	0.452	1		ป่าโปร่ง, สิ่งก่อสร้าง	0.283	2	
อื่นๆ	0.138	4		พื้นที่รกร้าง, พุ่มหญ้า	0.643	1	
ระยะห่างจากทางน้ำ (ม.)	0.064	5	0.052	ระยะห่างจากถนน (ม.)	0.165	3	0.038
เหนือ 0-200	0.435	1		0-200	0.436	1	
200-400	0.224	2		200-400	0.237	2	
400-600	0.117	3		400-600	0.124	3	
600-800	0.088	4		600-800	0.083	4	
800-1000	0.076	5		800-1000	0.072	5	
> 1000	0.059	6		> 1000	0.048	6	
ปริมาณน้ำฝน (มม./ปี)	0.195	2	0.012	ดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ	0.027	10	0.057
< 1200	0.056	1		ต่ำ (< 5)	0.083	1	
1200-1400	0.092	2		ปานกลาง (5-10)	0.193	2	
1400-1600	0.114	3		สูง (> 10)	0.724	3	
1600-1800	0.139	4					
1800-2000	0.233	5					
> 2000	0.366	6					
CR = ๐.๐๒๐							

7. ข้อมูลชุดหิน เป็นข้อมูลราสเตอร์ที่แสดงชนิดหิน คุณลักษณะและคุณสมบัติของหินในพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลชั้นหินถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ PTrv, Jpk, JKpw และอื่น ๆ

8. ข้อมูลระยะห่างจากทางน้ำ จัดทำขึ้นจากข้อมูลเวกเตอร์ของแม่น้ำในประเทศไทยและนำมาจัดกลุ่มใหม่ตามระยะบัฟเฟอร์ (Buffer) ครอบคลุมข้อมูลเส้นแม่น้ำ

9. ข้อมูลระยะห่างจากถนน จัดทำขึ้นจากข้อมูลเวกเตอร์ของเส้นถนนและนำมาจัดกลุ่มใหม่ตามระยะบัฟเฟอร์ (Buffer) เพื่อสร้างพื้นที่ตัวแทนความใกล้เคียงจากแนวเส้นถนน

10. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ถูกคำนวณขึ้นจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรวมต่อปี โดยชั้นข้อมูลปัจจัยปริมาณน้ำฝนจะใช้การประมาณค่าช่วงแบบ IDW (Inverse Distance Weight)

4.2 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ในการศึกษานี้ได้มีการประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) โดยปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยที่ถูกคัดเลือกเพื่อใช้ในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษาจะถูกนำมาเปรียบเทียบความสำคัญเป็นรายคู่ (Pairwise comparison) ในตารางเมตริกซ์ตามวิธีการของ Saaty (1980) [16] โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 10 ท่าน ประกอบไปด้วยนักวิจัยที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับดินถล่ม และนักวิชาการที่มีหน้าที่ดูแลกำกับติดตามเกี่ยวกับดินถล่มในพื้นที่ จากนั้นค่าคะแนนจะถูกนำมาคำนวณหาค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยเพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย และมีการคำนวณหาค่าความสอดคล้องกัน (Consistency Ratio; CR) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกันของปัจจัยที่ถูกเปรียบเทียบเป็นคู่โดยผู้เชี่ยวชาญว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่

หาค่า CR มีค่ามากกว่า 10 % แสดงว่าไม่มีความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบเชิงคู่ของแต่ละปัจจัย ต้องมีการทบทวนและปรับแก้ใหม่

4.3 การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสามารถทำได้โดยคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide Susceptibility Index) โดยใช้สมการที่ 1 ซึ่งคำนวณได้จากการนำผลรวมของแต่ละปัจจัยที่ได้จากการคูณค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยหลักกับปัจจัยย่อยในแต่ละชั้นข้อมูลราสเตอร์มาซ้อนทับกัน (Overlay) จากนั้นทำการจัดกลุ่มข้อมูลดัชนีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงเท่า ๆ กันตามจำนวนระดับของพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งในการศึกษานี้ได้แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ พื้นที่อ่อนไหวสูงสุด สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำสุด

$$LSI = \sum_{i=1}^n (Wi \times Ri) \quad (1)$$

เมื่อ LSI = ดัชนีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

W = ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก

R = ค่าน้ำหนักของปัจจัยย่อย (หรือค่าคะแนนลำดับความสำคัญของปัจจัยย่อย)

n = จำนวนปัจจัยทั้งหมด

4.4 การประเมินความถูกต้อง

แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะถูกตรวจสอบกับตำแหน่งหรือบริเวณที่เคยเกิดดินถล่ม ซึ่งส่วนใหญ่จะได้จากการสำรวจข้อมูลภาคสนามและการสำรวจพื้นที่ผ่านภาพถ่ายจากดาวเทียมความละเอียดสูง ในการศึกษานี้ได้มีการประเมินโดยการซ้อนทับแผนที่กับตำแหน่งของพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มในบริเวณพื้นที่ศึกษาว่ามีความถูกต้องหรือไม่และ

คำนวณหาค่าความถูกต้องโดยใช้การตรวจสอบแบบ Confusion matrix เพื่อหาค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) และใช้ Kappa coefficient เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในการแสดงระดับความถูกต้องระหว่างข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงบริเวณพื้นที่เคยเกิดดินถล่มในอดีตและข้อมูลที่ได้จากการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

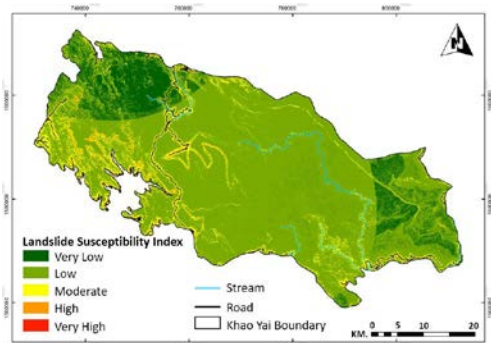
5. ผลการศึกษาและวิจารณ์

5.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม

ผลการวิเคราะห์ความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษา พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษามากที่สุดคือ ความลาดชัน รองลงมา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างจากถนน ความสูงภูมิประเทศ ระยะห่างจากทางน้ำ ชุดหิน ทิศทางของพื้นผิวลาดชัน สิ่งปกคลุมดิน ความโค้งของผิวหน้าภูมิประเทศ และดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ โดยมีค่าถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 0.294, 0.195, 0.165, 0.075, 0.064, 0.059, 0.045, 0.040, 0.035 และ 0.027 ตามลำดับ เมื่อตรวจสอบอัตราส่วนความสอดคล้องกันของการเปรียบเทียบเชิงคู่ของแต่ละปัจจัยกับค่าน้ำหนัก พบว่า ค่า CR ของทุกปัจจัยหลักและปัจจัยย่อยมีค่าน้อยกว่า 0.10 (ตารางที่ 1) แสดงว่าค่าปัจจัยทั้งหมดมีความสอดคล้องกันและเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

5.2 พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

จากการศึกษาพบว่าดัชนีความอ่อนไหวต่อการเกิดแผ่นดินถล่มในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อยู่ในช่วง 0.05-0.37 และเมื่อนำช่วงค่าดังกล่าวมาแบ่งช่วงตามระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ดังแสดงในรูปที่ 2 พบว่าพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มต่ำสุดมีจำนวนพื้นที่ทั้งหมด 269.89



รูปที่ ๒ แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 12.35 พบกระจายอยู่เฉพาะในบริเวณทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันออก โดยมีลักษณะภูมิประเทศที่มีความลาดชันต่ำ (<20°) มีระยะห่างออกไปจากเส้นทางถนนและเส้นทางเดินน้ำ (>1000 ม.) ความสูงของภูมิประเทศอยู่ที่ <700 ม. และมีปริมาณฝนต่ำที่สุด (<2000 มม./ปี) พื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มต่ำเป็นพื้นที่ที่พบมากที่สุด มีจำนวนพื้นที่ 1681.07 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 76.94 พบกระจายอยู่ทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา พื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะภูมิประเทศที่มีความลาดชันต่ำ (<20°) มีระยะห่างจากเส้นทางถนนและเส้นทางน้ำมากกว่า 1000 ม. ความสูงของภูมิประเทศอยู่ที่ <700 ม. มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่มากกว่า 1800 มม. และเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับปานกลางมีจำนวนพื้นที่ทั้งหมด 218.36 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.99 ซึ่งจะพบหนาแน่นในพื้นที่รอบ ๆ เส้นทางถนนและเส้นทางน้ำ ในระยะห่างมากกว่า 200 ม. และมีความลาดชันสูง ความสูงของภูมิประเทศ ไม่เกิน 800 ม. มีปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่มากกว่า 2000 มม./ปี สำหรับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มระดับสูงสุดและระดับสูง มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 0.31 ตร.กม. และ 15.23 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.01 และ 0.70 ตามลำดับ พื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่รอบ ๆ บริเวณเส้นทางถนนและ

เส้นทางน้ำ (≤ 200 ม.) มีลักษณะภูมิประเทศที่มีความลาดชันสูง (>40 องศา) ความสูงภูมิประเทศต่ำกว่า 800 ม. และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยค่อนข้างมากในพื้นที่ (>2000 มม./ปี) และพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งหรือสันเขา มีต้นไม้ปกคลุมน้อย

5.3 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้มีการประยุกต์ใช้ Confusion matrix เพื่อคำนวณหาค่าความถูกต้องโดยรวม และสัมประสิทธิ์แคปปา โดยการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มในอดีตและพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้จากการประเมินครั้งนี้พบว่า การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 85.37 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.71 แสดงว่าพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้จากการประเมินมีความถูกต้องอยู่ในระดับสูง และมีความสอดคล้องกันของข้อมูลพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้จากการประเมินและพื้นที่ที่เคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในอดีตอยู่ในระดับปานกลาง ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

Predicted data	Reference data	
	Non-Landslide areas	Landslide areas
No susceptible areas	18	4
Susceptible areas	2	17
Total	20	21
Overall accuracy	85.37%	
Kappa coefficient	0.71	

6. สรุปและอภิปรายผล

ดินถล่มนับเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่สร้างความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และการจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวหรือเสี่ยงภัยดินถล่มยังคงเป็นที่ต้องการของหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการวางแผนหาแนวทางแก้ไขเพื่อลดความรุนแรงของเหตุการณ์มาอย่างต่อเนื่อง รวมถึงยังคงเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจในกลุ่มนักวิจัยที่พยายามพัฒนางานวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง

ในการศึกษาวิธี AHP ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ประเมินและจัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ร่วมกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ ความลาดชัน ปัจจัยรองลงมา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ระยะห่างจากถนน ความสูงภูมิประเทศ ระยะห่างจากทางน้ำ ชั้นหิน ทิศทางของพื้นผิวลาดชัน สิ่งปกคลุมดิน ความโค้งของผิวน้ำภูมิประเทศ และดัชนีความชื้นที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องกับการศึกษาในอดีตในหลาย ๆ พื้นที่ทั้งในและต่างประเทศ โดยปัจจัยความลาดชัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ระยะห่างจากถนน และความสูงภูมิประเทศ ถือเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม [17]-[20] โดยพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงเมื่อได้รับน้ำฝนในปริมาณมากอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะทำให้ดินบริเวณดังกล่าวอิ่มตัวและมีน้ำหนักมากขึ้นจนขาดความสมดุลจนก่อให้เกิดการไหลหรือถล่มของดินจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ และเมื่อประเมินหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่การศึกษาพบว่า พื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มระดับสูงส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่มีความลาดชันสูงและมี

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยค่อนข้างสูงในพื้นที่ อยู่รอบ ๆ บริเวณเส้นทางถนน/ทางน้ำ สำหรับความถูกต้องของการประเมินพื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในการศึกษานี้มีความถูกต้องโดยรวมของการประเมินร้อยละ 85.37 ซึ่งแสดงถึงความถูกต้องของแผนที่พื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและการตัดสินใจในการเฝ้าระวังและเตรียมการรับมือสำหรับเหตุการณ์ดินถล่มที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ สำหรับการสนับสนุนทุนวิจัย รวมถึงอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และกรมทรัพยากรธรณีในการให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ จนทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วง

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] H. Shahabi and M. Hashim, "Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-based Statistical Models and Remote Sensing Data in Tropical Environment," *Sci. Rep.*, vol. 5, no. 9899, pp. 1 - 15, 2015.
- [2] A. Wubalem, "Landslide Susceptibility Mapping Using Statistical Methods in Uatzau Catchment Area, Northwestern Ethiopia," *Geoenvironmental Disasters*, vol. 8, no. 1, pp. 1 - 21, 2021.
- [3] K. Suk-ueng, B. Phommarat, S. Nanglae, T. Changruengnam, and S. Sudsanit, "Mapping of Landslide Susceptibility Area Using Geographic Information System and Logistic Regression Model with Environmental Factors: A Case Study of Ban Nanglae Nai, Muang District, Chiang Rai Province," *Veridian E-J. Sci. Technol. Silpakorn Univ.*, vol. 4, no. 6, pp. 1 - 10, 2017.
- [4] A. Abay, G. Barbieri, and K. Woldearegay, "GIS-based Landslide Susceptibility Evaluation Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach: The Case of Tarmaber District, Ethiopia," *Momona Ethiop. J. Sci.*, vol. 11, no. 1, p. 14, 2019.
- [5] Y. Achour, A. Boumezbeur, R. Hadji, A. Chouabbi, V. Cavaleiro, and E. A. Bendaoud, "Landslide Susceptibility Mapping Using Analytic Hierarchy Process and Information Value Methods Along a Highway Road Section in Constantine, Algeria," *Arab. J. Geosci.*, vol. 10, pp. 1 - 16, 2017.
- [6] N. Rakkapao, P. Plodpai, K. Boonma, and P. Wimonson, "Landslide Risk Assessment Using Geographic Information System: A Case Study of Phanom District, Surat Thani Province, Thailand," *J. Spat. Innov. Dev.*, vol. 1, no. 1, pp. 74 - 82, 2020.
- [7] M. Mehrabi and H. Moayed, "Landslide Susceptibility Mapping Using Artificial Neural Network Tuned by Metaheuristic Algorithms," *Environ. Earth Sci.*, vol. 80, no. 804, pp. 1-20, 2021.
- [8] D. Schulz, H. Yin, B. Tischbein, S. Verleysdonk, R. Adamou, and N. Kumar, "Land Use Mapping Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Time Series in a Heterogeneous Landscape in Niger, Sahel," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 178, pp. 97 - 111, 2021.
- [9] C. J. van Westen, E. Castellanos, and S. L. Kuriakose, "Spatial Data for Landslide Susceptibility, Hazard, and Vulnerability

- Assessment: An Overview,” *Eng. Geol.*, vol. 102, no. 3 - 4, pp. 112 - 131, 2008.
- [10] P. Pradabmook and T. Laosuwan, “The Integration of Geo-informatics Technology with Universal Soil Loss Equation to Analyze Areas Prone to Soil Erosion in Nan province,” *ARPN J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 16, no. 8, pp. 823 - 830, 2021.
- [11] E. Psomiadis, A. Papazachariou, K. X. Soulis, D. S. Alexiou, and I. Charalampopoulos, “Landslide Mapping and Susceptibility Assessment Using Geospatial Analysis and Earth Observation Data,” *Land*, vol. 9, p. 133, 2020.
- [12] J. Brock, P. Schratz, H. Petschko, J. Muenchow, M. Micu, and A. Brenning, “The Performance of Landslide Susceptibility Models Critically Depends on the Quality of Digital Elevation Models,” *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, vol. 11, no. 1, pp. 1075 – 1092, 2020.
- [13] Z. Chen, F. Ye, W. Fu, Y. Ke, and H. Hong, “The Influence of DEM Spatial Resolution on Landslide Susceptibility Mapping in the Baxie River Basin, NW China,” *Nat. Hazards*, vol. 101, pp. 853 - 877, 2020.
- [14] J. Roy and S. Saha, “Landslide Susceptibility Mapping Using Knowledge Driven Statistical Models in Darjeeling District, West Bengal, India,” *Geoenvironmental Disasters*, vol. 6, no. 11, pp. 1–18, 2019.
- [15] P. Jeefoo, N. Sangnoppakun, and R. Thongouam, “Assessment of Wildfire Risk Zonation Using Analytical Hierarchical Process in Phayao Province,” *J. Spat. Innov. Dev.*, vol. 2, no. 2, pp. 52-64, 2021.
- [16] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, Ed., New York, NY, USA: Scientific Research Publishing, 1980.
- [17] A. E. Jazouli, A. Barakat, and R. Khellouk, “GIS-multicriteria Evaluation Using AHP for Landslide Susceptibility Mapping in Oum Er Rbia High Basin (Morocco),” *Geoenvironmental Disasters*, vol. 6, no. 3, pp. 1 - 12, 2019.
- [18] N. Yossanthia, A. Tangsiriwattanawong, A. Thamboon, K. Khluabsungnoen, and J. Som-ard, “Analyzing the Villages into Landslide Risk Area in Loei Province,” in *The 13th Mahasarakham Univ. Res. Conf.*, 2017, pp. 598 – 609.
- [19] I. Sonker, J. N. Tripathi, and A. K. Singh, “Landslide Susceptibility Zonation Using Geospatial Technique and Analytical Hierarchy Process in Sikkim Himalaya,” *Quat. Sci. Adv.*, vol. 4, pp. 1 - 17, 2021.
- [20] P. Khiaosalab and P. Tongdeenok, “Application Techniques Analytic Hierarchy Process and Geographic Information System Comparison Susceptible Landslide Area in Huai Mae Saroi Watershed, Phrae Province and Khlong Tha Thon Watershed, Nakhon Si Thammarat Province,” *KKU Res. J. Grad. Stud.*, vol. 15, no. 1, pp. 63 – 79, 2015.