



## การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่:

### กรณีศึกษา หมู่บ้านสกาด ตำบลสกาด อำเภอปัว จังหวัดน่าน

#### Landslide Susceptibility Assessment Using Frequency Ratio Method:

#### A Case study in Sakad village, Sakad Subdistrict, Pua District, Nan Province

จิรวัดณ์ สุขพินิจ\*, พลภัทร เหมวรรณ และ อริศรา เจริญปัญญาเนตร

Jirawat Sukpinit\*, Phonpat Hemwan and Arisara Charoenpanyanet

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Chiang Mai University

Received : 4 April 2022

Revised : 15 April 2022

Accepted : 25 April 2022

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing: RS) โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน ทิศด้านลาด ความโค้งของพื้นที่และดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล ร่วมกับตำแหน่งของพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ (frequency ratio: FR) สร้างเป็นแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยวิธีการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับใช้วิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของหมู่บ้านสกาด ตำบลสกาด อำเภอปัว จังหวัดน่าน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถจำแนกพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มออกเป็น 5 ระดับ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุดครอบคลุมพื้นที่ 197.36 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.13 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากครอบคลุมพื้นที่ 465.23 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.16 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวปานกลางครอบคลุมพื้นที่ 759.47 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.27 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวน้อยครอบคลุมพื้นที่ 730.57 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.08 และพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวน้อยที่สุดครอบคลุมพื้นที่ 275.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.36 โดยแบบจำลองเพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษานี้มีความถูกต้องของการพยากรณ์เท่ากับร้อยละ 73.80 และการใช้อัตราส่วนความถี่สามารถพยากรณ์พื้นที่ดินถล่มได้ร้อยละ 73.40

**คำสำคัญ :** ดินถล่ม ; อัตราส่วนความถี่ ; การประเมินพื้นที่อ่อนไหว ; ตำบลสกาด ; อำเภอปัว



### Abstract

The purpose of this study was to apply Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing technology (RS). This research determines physical factors related to landslides such as elevation, slope, slope direction, curvature of area and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Remote Sensing technology and field survey data of landslides. By analyzing the Frequency Ratio (FR) method, a forecast model was created by using a GIS method for analyzing areas of landslide susceptibility assessment of Sakad Village, Sakad Sub-district, Pua District, Nan. The susceptibility to landslides in areas can be classified into 5 levels. The highest level of landslide susceptibility covered an area of 197.36 rai (8.13%). The high landslide susceptibility covered an area of 465.23 rai (19.16%). The moderate landslide susceptibility covered an area of 759.47 rai (31.27%). The lower landslide susceptibility covered an area of 730.57 rai (30.08%), and the lowest landslide susceptibility covered an area of 275.98 rai (11.36%). The landslide susceptibility map in this study had a forecast accuracy of 73.80%, and the use of the frequency ratio was able to predict with an accuracy of 73.40%.

**Keywords :** landslide ; frequency ratio ; susceptibility assessment ; Sakad Subdistrict ; Pua District

## บทนำ

จังหวัดน่านได้ชื่อว่าเป็นจังหวัดแห่งการท่องเที่ยวทั้งทางด้านศิลปวัฒนธรรมที่เป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่และยังเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ จากลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงสลับซับซ้อน ร่วมกับภูมิอากาศบนดอยที่มักมีหมอกและอุณหภูมิลดลงตลอดทั้งปี ซึ่งเกิดจากความชื้นและปริมาณของน้ำฝนภายในพื้นที่ ด้วยองค์ประกอบนี้ทำให้น่านจึงเป็นจังหวัดที่มีมนต์เสน่ห์และดึงดูดนักท่องเที่ยวได้ตลอดทั้งปี ประชากรส่วนใหญ่ของน่านประกอบอาชีพเกษตรกรรมทั้งบริเวณที่ราบและบนภูเขา จึงทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตรเป็นบริเวณกว้าง ด้วยปัจจัยทางสภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศและการบุกรุกพื้นที่ป่า เป็นเหตุให้น่านเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีผลกระทบต่อปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก น้ำป่าไหลหลากและดินถล่มอยู่เป็นประจำทุกปี (Rangsiwanichpong & Ekkawatpanit, 2019) จากรายงานของกองอำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดน่านพบว่าในพื้นที่จังหวัดน่านมีรายงานสถิติผู้ประสบภัยจากสถานการณ์อุทกภัย น้ำป่าไหลหลาก และดินโคลนถล่มภายในปี พ.ศ. 2561 มากถึง 29,621 คน รวมมูลค่าความเสียหายมากกว่า 17 ล้านบาท (Disaster Prevention and Mitigation Division Nan Province, 2020)

ดินถล่ม (landslide) เกิดจากการถล่มตัวของแผ่นดินตามธรรมชาติอันเนื่องมาจาก แผ่นดินไหว อุทกภัยและลมพายุ โดยเฉพาะการที่มีฝนตกหนักบนภูเขาที่มีความลาดชันสูง ร่วมกับกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การทำลายป่าไม้ การตัดถนนและการทำเหมืองแร่ เป็นต้น ทำให้เกิดการพังทลายบริเวณผิวดินไหลสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่า จากรายงานของกรมทรัพยากรธรณีเมื่อปี พ.ศ. 2556 พบว่าจังหวัดน่านมีหมู่บ้านที่เสี่ยงภัยดินถล่มถึง 456 หมู่บ้าน อยู่ใน 84 ตำบลและ 15 อำเภอ ตำบลสกาตเป็นหนึ่งในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มโดยในอดีตตำบลสกาตมีประวัติการเกิดดินถล่มในทุกหมู่บ้าน เนื่องจากบ้านเรือนส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในหุบเขาติดกับหน้าผาสูงชัน บางส่วนตั้งอยู่ต่ำกว่าถนนที่ตัดไหลเขา หากฝนตกหนักติดต่อกันเป็นระยะเวลาอันนานจะส่งผลให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มสร้างความเสียหายต่อบ้านเรือนบางส่วน โดยเมื่อ พ.ศ.2554 เกิดดินถล่มบริเวณหมู่ที่ 1 บ้านสกาตเหนือเป็นบริเวณกว้าง (Department of Mineral Resources, 2011)

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตพบว่าได้มีนักวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (remote sensing: RS) และเทคนิควิธีการทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) เพื่อใช้ในการรับมือกับปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ (Lee, 2005; Lee & Pradhan, 2006; Khan *et al.*, 2018; Meena *et al.*, 2019; Akinci & Ozalp, 2021) ผลงานวิจัยได้ใช้วิธีการทางสถิติเป็นเครื่องมือ ได้แก่ การวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (analytical hierarchy process: AHP) (Intarawichian & Dasananda, 2010; Roccati *et al.*, 2021; Chatsudarat *et al.*, 2021) การให้ค่าถ่วงน้ำหนักและการซ้อนทับกันของชั้นข้อมูล (Pomthong & Asavasuthirakul, 2017) แบบจำลองโลจิสติก (logistic model) (Pradhan & Lee, 2009; Pradhan, 2010; Solaimani *et al.*, 2012) และการวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่ (frequency ratio: FR) (Solaimani *et al.*, 2012; Mirnazari *et al.*, 2014; Sophitthumkul, 2017; Khan *et al.*, 2018; Javier & Kumar, 2019; Chen *et al.*, 2019; Thongley & Vansarochana, 2021) เมื่อกล่าวถึงการวิเคราะห์ด้วยอัตราส่วนความถี่พบว่าปัจจัยที่นิยมใช้ในการประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ความลาดชัน ทิศด้านลาด ความโค้งของพื้นที่ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ชนิดของหินและดิน ปริมาณน้ำฝน ระยะทางจากรอยเลื่อน ระยะทางจากทางน้ำและระยะทางจากถนน ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมพื้นผิวดิน สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลองนิยมใช้วิธีการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟ (area under curve: AUC) โดยแบ่งข้อมูลพื้นที่เกิดดินถล่มออกเป็น 2 ส่วนเพื่อใช้เป็นพื้นที่

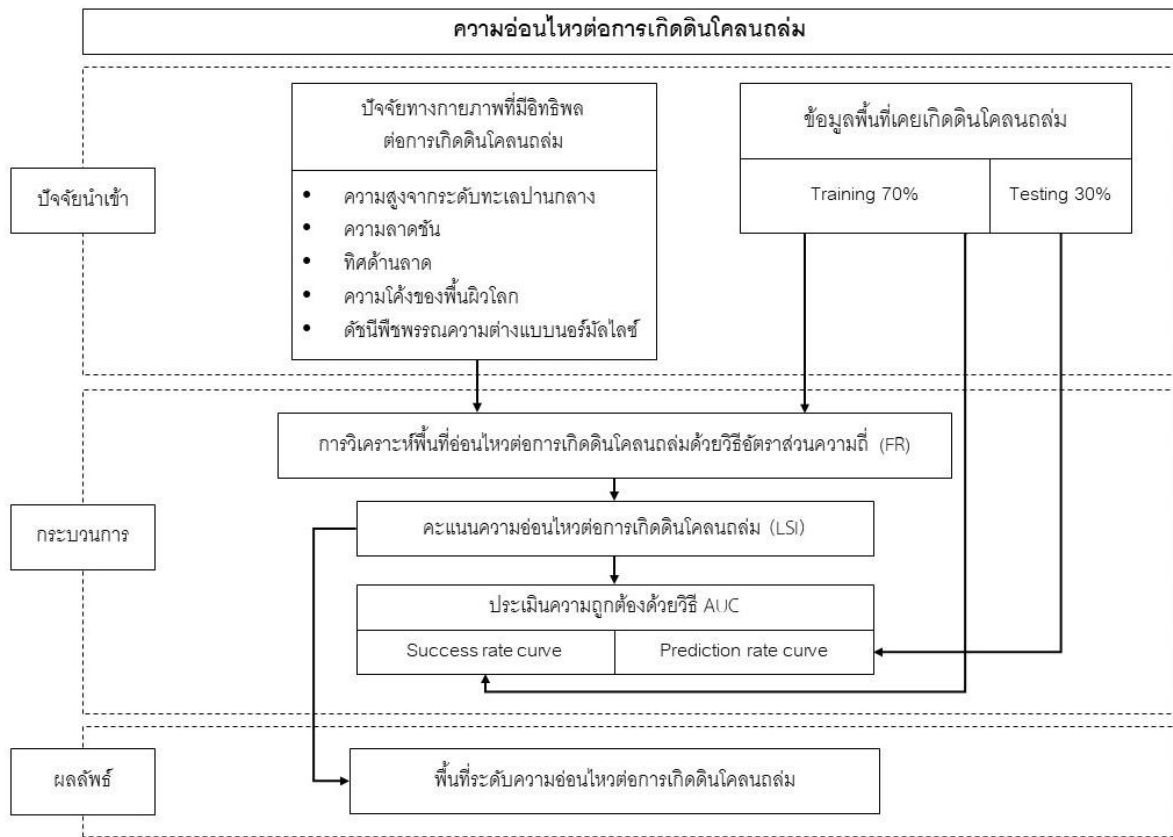


ตัวอย่างและพื้นที่สำหรับตรวจสอบความถูกต้องในอัตราส่วน 70:30 โดยผลลัพธ์ที่ได้มักมีความถูกต้องของการพยากรณ์มากกว่าร้อยละ 80 (Lee & Pradhan, 2006; Sophitthumkul, 2017; Silalahi *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020; Shano *et al.*, 2021; Akinci & Ozalp, 2021) ส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์ด้วยอัตราส่วนความถี่นี้มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน ทิศด้านลาด ความโค้งของพื้นที่และดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่สำหรับใช้ประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของหมู่บ้านสภาค ตำบลสภาค อำเภอปัว จังหวัดน่าน เพื่อเป็นแนวทางในการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย รวมถึงด้านการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม สนองต่อความต้องการของหน่วยงานในภาครัฐและเอกชน ทั้งด้านการพัฒนาศักยภาพของคน ชุมชนและพื้นที่

### วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้จะใช้ข้อมูลปัจจัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ความลาดชัน ทิศด้านลาด ความโค้งของพื้นที่และดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล (RS) ร่วมกับตำแหน่งของพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ (FR) เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองการพยากรณ์ด้วยวิธีการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ตามวิธีการดำเนินงานวิจัยในภาพที่ 1

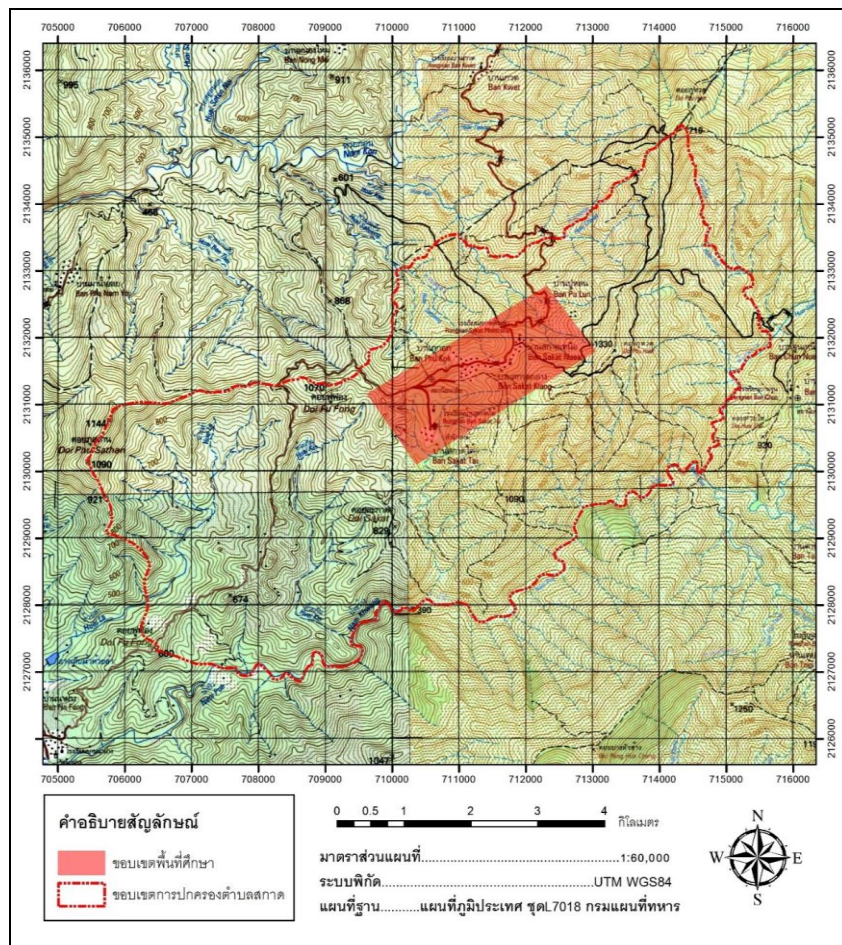


ภาพที่ 1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

### พื้นที่ศึกษา

พื้นที่สำหรับการศึกษานี้ตั้งอยู่ในตำบลสกาด ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอปัว ห่างจากอำเภอประมาณ 20 กิโลเมตรและอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของจังหวัดน่าน ห่างจากจังหวัดประมาณ 80 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 39 ตารางกิโลเมตร หรือ 24,336 ไร่ แบ่งเขตการปกครองเป็น 4 หมู่บ้าน ประกอบด้วย หมู่ 1 บ้านสกาดเหนือ หมู่ 2 บ้านสกาดกลาง หมู่ 3 บ้านสกาดใต้และหมู่ 4 บ้านภูอก ประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยภูเขาเผ่าถิ่น (ลัวะ) ประกอบอาชีพหลัก คือ เกษตรกรรม เช่น ปลูกเมี่ยง ทำไร่หมุนเวียน ปลูกข้าวไร่ ข้าวโพด สภาพภูมิประเทศของตำบลสกาด มีลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าต้นน้ำของแม่น้ำหลายสาย ภูเขาที่สำคัญได้แก่ ดอยสกาด ดอยฟูฟอง และดอยภูวด เป็นต้นกำเนิดของลำห้วยขนาดเล็กหลายสายที่ไหลลงสู่ลำน้ำปัวบริเวณทิศใต้ของตำบล

พื้นที่ในการศึกษานี้ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 4 หมู่บ้าน โดยในการศึกษานี้จะเรียกแทนว่า “หมู่บ้านสกาด” ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 3.89 ตร.กม. หรือ 2,429 ไร่ ขอบเขตนี้ระบุโดยองค์การบริหารส่วนตำบลสกาดและผู้นำชุมชน เป็นพื้นที่ที่ส่งผลกระทบต่อและสร้างความเสียหายให้กับผู้อาศัยอยู่ในพื้นที่มากที่สุดประกอบกับในอดีตพื้นที่แห่งนี้เคยเกิดน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มในทุกหมู่บ้าน เนื่องจากบ้านเรือนส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในหุบเขาติดกับหน้าผาสูงชันและบางส่วนตั้งอยู่ต่ำกว่าถนนที่ตัดไหล่เขา (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษา หมู่บ้านสกาด ตำบลสกาด อำเภอปัว จังหวัดน่าน

### ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมตามความเหมาะสมของพื้นที่เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีขนาดเล็กในบางปัจจัยไม่มีความแตกต่างกันและข้อจำกัดในการเข้าถึงผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องเลือกใช้เพียงบางปัจจัย โดยสามารถจำแนกปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มได้ 5 ประการ ได้แก่ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ความลาดชัน ทิศด้านลาด ความโค้งและสิ่งปกคลุมพื้นดิน (ภาพที่ 3)

1. ความสูงของภูมิประเทศจากระดับทะเลปานกลาง (*elevation*) ลักษณะของพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมักเป็นพื้นที่ลาดเชิงเขาหรือพื้นที่ที่อยู่ติดกับภูเขาสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่เป็นต้นน้ำที่มีการตัดไม้ทำลายป่าเป็นบริเวณกว้างและพื้นที่ภูเขาสูงที่มีชั้นดินหนาย่อยต่อการถูกชะล้างพังทลาย ข้อมูลความสูงจากระดับทะเลปานกลางของพื้นที่ศึกษาสำหรับการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) จากดาวเทียม ALOS ของ Alaska Satellite Facility จากกระบวนการ radiometric terrain correction มีความละเอียดจุดภาพ (pixel size) เท่ากับ 12.5 เมตร โดยความสูงของพื้นที่ศึกษาจะอยู่ระหว่าง 796 ถึง 1,255 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ในการศึกษาสามารถจำแนกข้อมูลแบบ equal interval ออกเป็น 9 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับความสูงที่ต่ำกว่า 850 เมตร 2) 850 - 900 เมตร 3) 900 - 950 เมตร 4) 950 - 1,000 เมตร 5) 1,000 - 1,050 เมตร 6) 1,050 - 1,100 เมตร 7) 1,100 - 1,150 เมตร 8) 1,150 - 1,200 เมตร และ 9) มากกว่า 1,200 เมตร

2. ความลาดชันของพื้นที่ (*slope*) พื้นที่ที่มีความลาดเอียงสูงมักก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินได้ง่ายกว่าพื้นที่ที่มีความลาดเอียงต่ำ หากเกิดพายุฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องก็จะทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มตามมาได้ ข้อมูลความลาดชันของพื้นที่ได้จากการนำเอาข้อมูลความสูงจากข้างต้นมาวิเคราะห์ความลาดชันด้วยวิธีการทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างเป็นข้อมูลความลาดชันของพื้นที่โดยมีหน่วยเป็นองศา ในการศึกษาสามารถจำแนกข้อมูลออกแบบ equal interval เป็น 9 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับความลาดชันที่ 0 - 5 องศา 2) 5 - 10 องศา 3) 10 - 15 องศา 4) 15 - 20 องศา 5) 20 - 25 องศา 6) 25 - 30 องศา 7) 30 - 35 องศา 8) 35 - 40 องศา และ 9) มากกว่า 40 องศา

3. ทิศด้านลาด (*aspect*) ทิศด้านลาดนั้นจะส่งผลต่อการรับแสงของพื้นที่ กล่าวคือหากพื้นที่ดังกล่าวได้รับแสงอาทิตย์น้อยจะทำให้มีความชื้นอยู่ในพื้นดินสูง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สมรรถนะในการยึดเกาะกันของดินต่ำลงต่อการถูกชะล้างพังทลาย ข้อมูลทิศด้านลาดของพื้นที่ได้จากการนำเอาข้อมูลความสูงจากข้างต้นมาวิเคราะห์ทิศด้านลาดด้วยวิธีการทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างเป็นข้อมูลทิศด้านลาดของพื้นที่ ในการศึกษาสามารถจำแนกข้อมูลออกเป็น 10 ระดับตามทิศทางการลาดเอียงของพื้นที่ ได้แก่ 1) ทิศเหนือ 2) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 3) ทิศตะวันออก 4) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ 5) ทิศใต้ 6) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ 7) ทิศตะวันตก 8) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และ 9) พื้นที่ราบเรียบ

4. ความโค้งของพื้นผิวโลก (*curvature*) ลักษณะพื้นที่ที่เป็นแอ่งเว้าและโค้งนูนจะมีโอกาสเกิดดินถล่มได้มากกว่าพื้นที่ที่มีลักษณะราบเรียบ ธรรมชาติของการเคลื่อนที่ของหน้าดินจะเคลื่อนที่จากจุดที่สูงลงไปสู่จุดที่ต่ำกว่า ดังนั้นการเกิดดินถล่มจึงเกิดในพื้นที่ที่มีลักษณะโค้งนูนเคลื่อนที่ไปสะสมยังบริเวณพื้นที่ราบเรียบที่อยู่จุดที่ต่ำกว่า เช่นเดียวกับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแอ่งเว้าการพังทลายของหน้าดินก็มักจะเกิดบริเวณขอบของแอ่งเว้าและเคลื่อนที่ไปสะสมบริเวณพื้นที่แอ่งที่อยู่ต่ำกว่า ข้อมูลความโค้งของพื้นผิวโลกของพื้นที่ได้จากการนำเอาข้อมูลความสูงของภูมิประเทศจากข้างต้นมาวิเคราะห์ความโค้งของพื้นผิวโลกด้วยวิธีการทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างเป็นข้อมูลความโค้งของพื้นผิวโลก

ของพื้นที่ศึกษา ในการศึกษาสามารถจำแนกข้อมูลออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) พื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแอ่งเว้า 2) พื้นที่ราบเรียบ และ 3) พื้นที่ที่มีลักษณะโค้งนูน

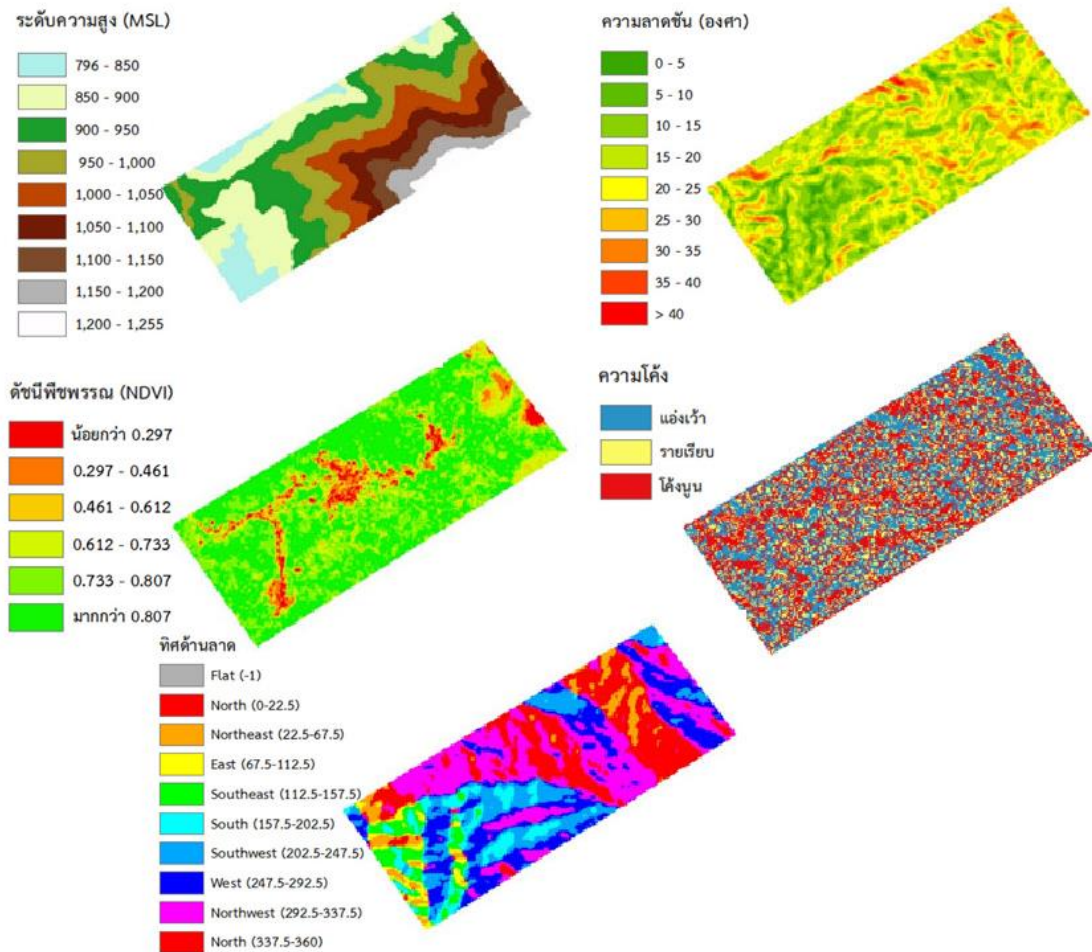
5. ดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ข้อมูลดัชนีพืชพรรณนี้เป็นตัวแทนของข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน ประเภทพืชพรรณที่จะเป็นตัวช่วยยึดเกาะและลดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ค่าดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์จะบ่งบอกถึงสัดส่วนของพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิวด้วยการคำนวณจากช่วงคลื่น near infrared (NIR) และช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (red) ดังสมการที่ (1) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ยิ่งค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าพื้นที่มีพืชพรรณใบเขียวอยู่อย่างหนาแน่น (Lee, 2005; Javier & Kumar, 2019)

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

โดย NDVI = ดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (ไม่มีหน่วย)  
NIR = การสะท้อนในช่วงคลื่น Near Infrared (%)  
RED = การสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (%)

สำหรับการศึกษาจะใช้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณที่ได้จากดาวเทียม Sentinel-2 ซึ่งเป็นดาวเทียมที่บันทึกข้อมูลค่าสะท้อนของดาวอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นผิวโลก มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 10 เมตรและทำการ resampling แบบ cubic interpolation ให้มีความละเอียดเท่ากับ 12.5 เมตร ในการศึกษาสามารถจำแนกข้อมูลแบบ natural breaks (Jenks) ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ 1) น้อยกว่า 0.297 2) 0.297 – 0.461 3) 0.461 – 0.612 4) 0.612 – 0.733 5) 0.733 – 0.807 และ 6) มากกว่า 0.807



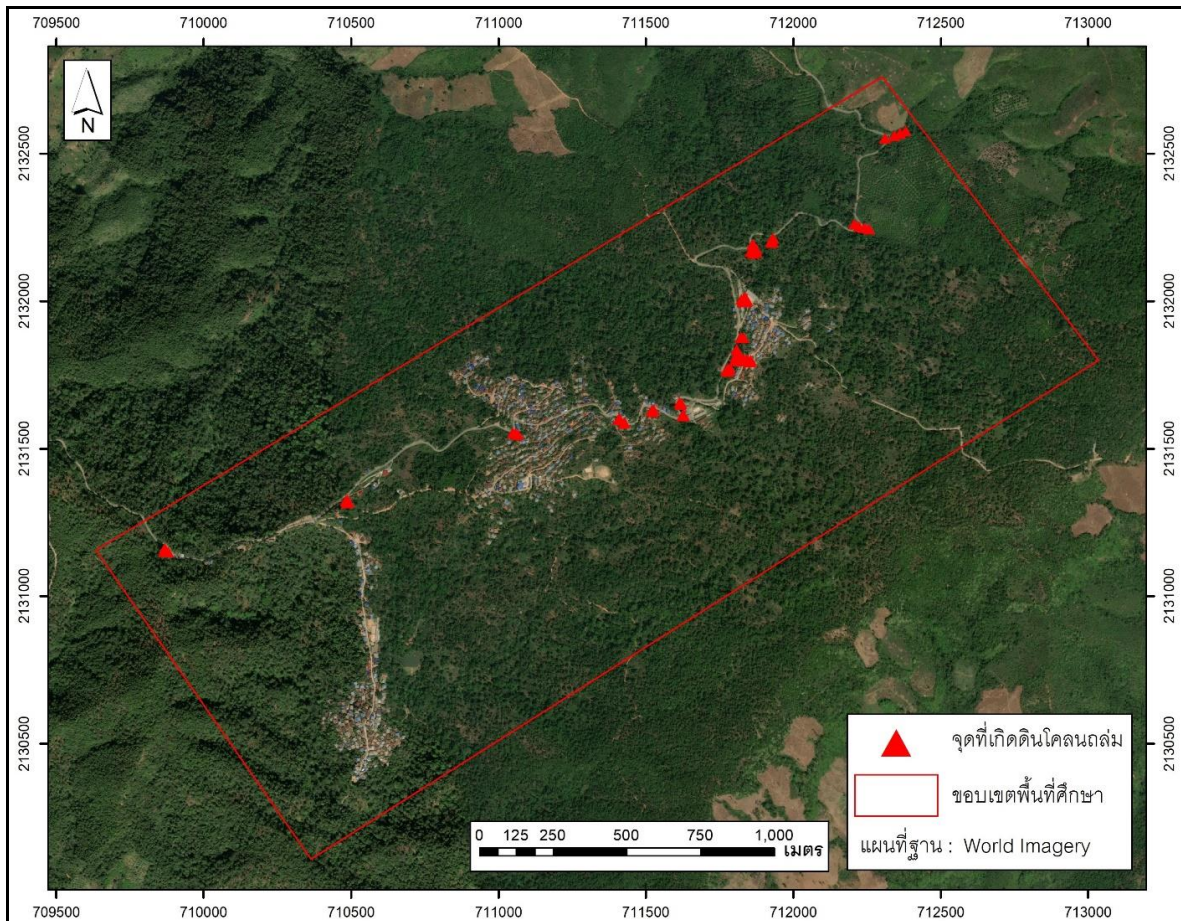


ภาพที่ 3 ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มของพื้นที่ศึกษา

ตำแหน่งของพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามที่เก็บข้อมูลในเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564 โดยการระบุตำแหน่งด้วยระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) (ภาพที่ 4) จำนวน 57 จุด และนำเข้า ข้อมูลพื้นที่เกิดดินถล่มโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในอัตราส่วน 70:30 (Lee & Pradhan, 2006; Sophitthumkul, 2017; Silalahi *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020; Shano *et al.*, 2021; Akinci & Ozalp, 2021) ด้วยวิธีการสุ่มค่าอัตโนมัติจาก ซอฟต์แวร์ประมวลผลโดยการจัดกลุ่มตามลักษณะของการเกิดดินถล่มที่คล้ายคลึงกันแล้วแบ่งข้อมูลในแต่ละกลุ่มออกเป็น ข้อมูลร้อยละ 70 นำมาใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่าง (training) สำหรับการวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่และข้อมูลร้อยละ 30 นำมาใช้เป็นพื้นที่สำหรับทดสอบ (testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 4 พื้นที่ที่เกิดดินถล่มของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 5 ตำแหน่งดินถล่มของหมู่บ้านสภาค ตำบลสภาค อำเภอปัว จังหวัดน่าน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้ได้นำข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มทั้ง 5 ปัจจัยและข้อมูลตำแหน่งที่เคยเกิดดินถล่มมาประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีการวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่ที่ความละเอียดจุดภาพ 12.5 เมตร ซึ่งมีสมการในการคำนวณ ดังนี้ (Lee & Pradhan, 2006; Sophitthumkul, 2017; Duangpiboon, 2018)

$$FR_{ij} = \frac{FD_{ij}}{FN_{ij}} \quad (2)$$

เมื่อ  $FR_{ij}$  = อัตราส่วนความถี่ของประเภทที่  $i$  ของชั้นข้อมูลปัจจัย  $j$

$FD_{ij}$  = ค่าความถี่ของการปรากฏตำแหน่งเหตุการณ์ ในประเภทที่  $i$  ของชั้นข้อมูลปัจจัย  $j$

$FN_{ij}$  = ค่าความถี่ของการไม่ปรากฏตำแหน่งเหตุการณ์ ในประเภทที่  $i$  ของชั้นข้อมูลปัจจัย  $j$

จากสมการจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการปรากฏของเหตุการณ์และประเภทของข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเหตุการณ์ ซึ่งหากอัตราส่วนความถี่ที่ได้มีค่ามาก หมายถึงการปรากฏของเหตุการณ์มีความสัมพันธ์กับประเภทของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเหตุการณ์มาก แต่ในทางกลับกันหากค่าอัตราส่วนความถี่มีค่าน้อย หมายถึงการปรากฏของเหตุการณ์มีความสัมพันธ์กับประเภทของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเหตุการณ์น้อย

โดยค่าอัตราส่วนความถี่ ( $FR_{ij}$ ) จากสมการที่ (2) จะถูกนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงภัยดินถล่ม ได้ตั้งสมการที่ (3)

$$LSI = \sum_{j=1}^n FR_{ij} \quad (3)$$

เมื่อ  $LSI$  = ค่าดัชนีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

$FR_{ij}$  = อัตราส่วนความถี่ของประเภทที่  $i$  ของชั้นข้อมูลปัจจัย  $j$  ที่ใช้ในการวิเคราะห์

$n$  = จำนวนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดภัยดินถล่มที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวัดประสิทธิภาพแบบจำลองในการจำแนกความถูกต้องสำหรับการศึกษานี้จะใช้วิธีการหาพื้นที่ได้เส้นโค้งมีหลักการทำงานที่เกิดขึ้นจากการสร้างเส้นอัตราเฉพาะกลุ่ม (specific rate curve) ที่แสดงเปอร์เซ็นต์ตำแหน่งของเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีตว่าตำแหน่งดังกล่าวตกอยู่ในระดับความเสี่ยงระดับใด (ค่า LSI) หากแบ่งระดับความเสี่ยงต่อการเกิดภัยดินถล่มด้วยวิธีการจำแนกแบบ natural breaks (Jenks) จำแนกออกเป็น 5 ระดับ (Sophitthumkul, 2017) ได้แก่ ระดับความอ่อนไหวน้อยที่สุด ระดับความอ่อนไหวน้อย ระดับความอ่อนไหวปานกลาง ระดับความอ่อนไหวมากและระดับความอ่อนไหวมากที่สุด แล้วจึงนำเอาข้อมูลมาแสดงเป็นกราฟความถี่สะสม การสร้างเส้นอัตราเฉพาะกลุ่ม ค่า LSI ของแต่ละจุดภาพทั้งหมดบนแผนที่ที่ประเมินจะถูกเรียงลำดับจากมากไปน้อยและแบ่งช่วงชั้นข้อมูลออกเป็น 100 ระดับที่มีจำนวนสมาชิกเท่ากัน โดยแกน X ที่มีค่าที่สูงกว่าหมายถึง มีค่า LSI ที่ต่ำกว่าและแกน Y คือ ร้อยละความถี่สะสมของตำแหน่งที่เคยเกิดเหตุการณ์ในแต่ละช่วงของค่า LSI (Silalahi *et al.*, 2019)

**ผลการวิจัย**

ตามวัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ผลลัพธ์จากกระบวนการเมื่อทำการวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่ร่วมกับข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มทั้ง 5 ปัจจัยและข้อมูลตำแหน่งที่เคยเกิดดินถล่มภายในพื้นที่ศึกษาได้ผลการวิจัยดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** การวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่

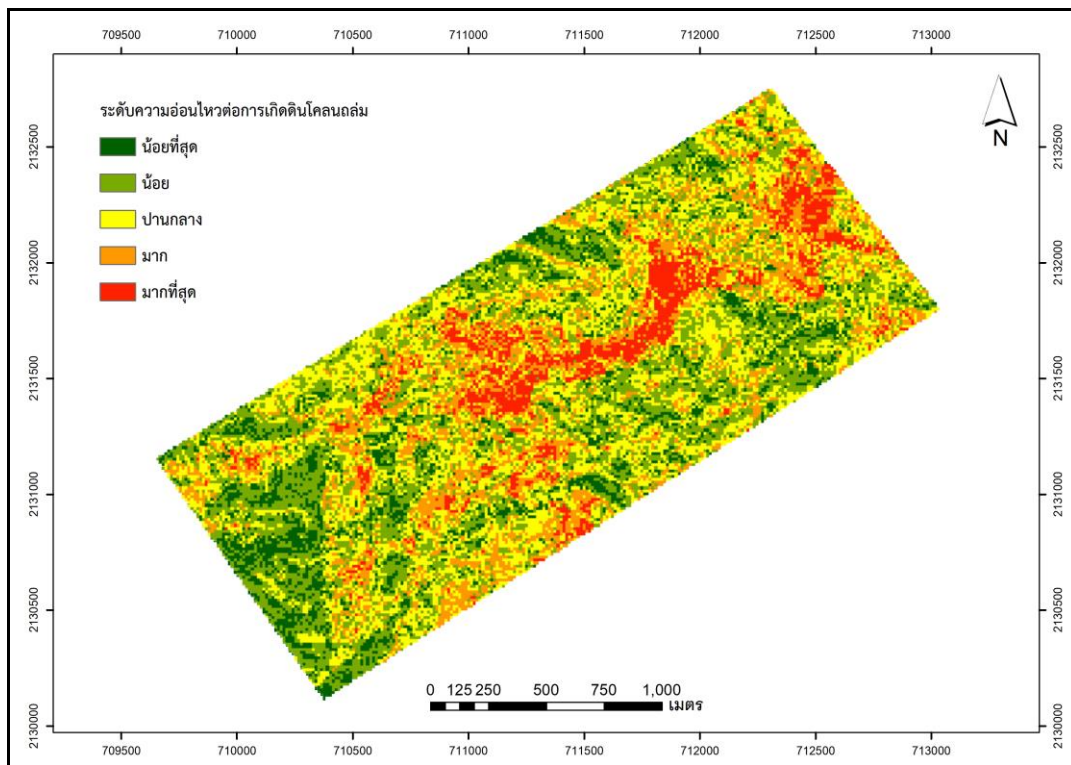
ปัจจัย	ชั้นข้อมูล	จำนวนจุดภาพของพื้นที่ศึกษา		จำนวนจุดภาพพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่ม		อัตราส่วนความถี่
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
ความสูงภูมิประเทศจากระดับทะเลปานกลาง (เมตร)	ต่ำกว่า 850	1,792	7.206	0	0	0
	850 – 900	4,771	19.185	1	2.632	0.0002
	900 – 950	5,371	21.597	10	26.316	0.0019
	950- 1,000	4,173	16.780	8	21.053	0.0019
	1,000 – 1,050	3,038	12.216	19	50.000	0.0063
	1,050 – 1,100	2,150	8.645	0	0	0
	1,100 – 1,150	1,772	7.125	0	0	0
	1,150 – 1,200	1,261	5.071	0	0	0
	มากกว่า 1,200	541	2.175	0	0	0
ความลาดชัน (องศา)	0 – 5	410	1.649	0	0	0
	5 – 10	1,753	7.049	2	5.263	0.0011
	10 – 15	4,892	19.671	11	28.947	0.0022
	15 - 20	7,533	30.291	17	44.737	0.0023
	20 – 25	6,113	24.581	4	10.526	0.0007
	25 - 30	3,135	12.606	4	10.526	0.0013
	30 – 35	841	3.382	0	0	0
	35 - 40	173	0.696	0	0	0
	มากกว่า 40	19	0.076	0	0	0
ทิศด้านลาด	ราบเรียบ	272	1.094	0	0	0
	เหนือ	5,093	20.479	9	23.684	0.0018
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	1,428	5.742	2	5.263	0.0014
	ตะวันออก	623	2.505	0	0	0
	ตะวันออกเฉียงใต้	1,198	4.817	0	0	0

ปัจจัย	ชั้นข้อมูล	จำนวนจุดภาพของพื้นที่ศึกษา		จำนวนจุดภาพพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่ม		อัตราส่วนความถี่
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	
	ได้	1,647	6.623	0	0	0
	ตะวันตกเฉียงใต้	3,452	13.881	4	10.526	0.0012
	ตะวันตก	4,569	18.372	11	28.947	0.0024
	ตะวันตกเฉียงเหนือ	6,587	26.487	12	31.579	0.0018
ความโค้งของพื้นผิวโลก	แอ่งเว้า	9,647	38.791	17	44.737	0.0018
	ราบเรียบ	5,534	22.253	6	15.789	0.0011
	สูง	9,688	38.956	15	39.474	0.0015
ดัชนีพีชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (ไม่มีหน่วย)	น้อยกว่า 0.297	671	2.698	3	7.895	0.0045
	0.297 - 0.461	1,147	4.612	4	10.526	0.0035
	0.461 - 0.612	1,289	5.183	7	18.421	0.0054
	0.612 - 0.733	2,758	11.090	12	31.579	0.0044
	0.733 - 0.807	7,187	28.899	7	18.421	0.0010
	มากกว่า 0.807	11,817	47.517	5	13.158	0.0004

ผลจากการวิเคราะห์อัตราส่วนความถี่ของปัจจัยต่างๆในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยการกำหนดช่วงชั้นแบบ natural breaks (Jenks) ได้เป็น 5 ระดับ (Sopitthumkul, 2017) ตามตารางที่ 2 พบว่าภายในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ดังนี้ 1) ระดับความอ่อนไหวมากที่สุดเท่ากับ 197.36 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.13 2) ระดับความอ่อนไหวมากเท่ากับ 465.23 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.16 3) ระดับความอ่อนไหวปานกลางเท่ากับ 759.47 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.27 4) ระดับความอ่อนไหวน้อย 730.57 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 30.08 และ 5) ระดับความอ่อนไหวน้อยที่สุดเท่ากับ 275.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.36 โดยพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมากที่สุดจะอยู่บริเวณชุมชนที่เป็นตั้งบ้านเรือนรวมถึงถนนภายในพื้นที่และพื้นที่เปิดโล่งที่เตรียมไว้สำหรับทำการเกษตร ดังตารางที่ 2 และสามารถนำเสนอเป็นแผนที่ได้ดังภาพที่ 6

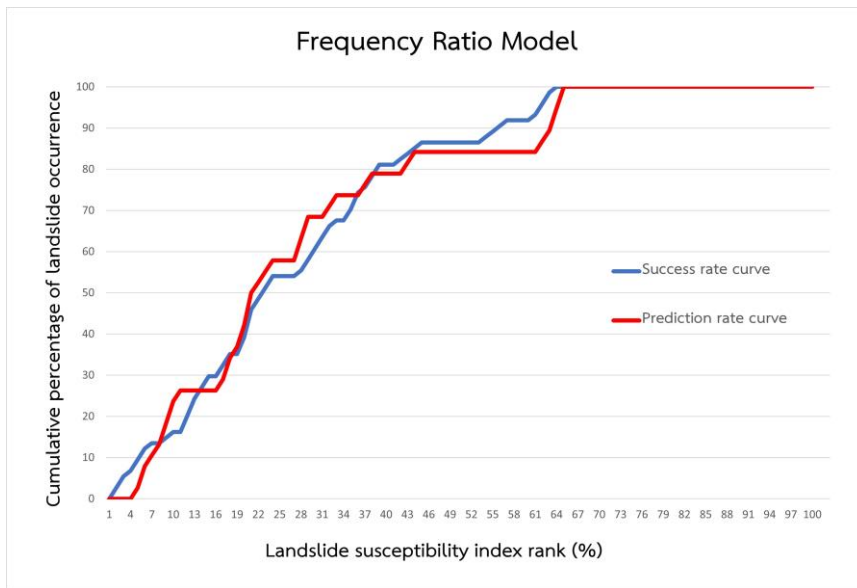
ตารางที่ 2 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มและพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่ม

ระดับความอ่อนไหว	พื้นที่ทั้งหมด		พื้นที่เคยเกิดดินถล่ม	
	ไร่	ร้อยละ	ไร่	ร้อยละ
น้อยที่สุด	275.98	11.36	0	0
น้อย	730.57	30.08	0.59	10.53
ปานกลาง	759.47	31.27	0.39	7.02
มาก	465.23	19.16	1.46	26.32
มากที่สุด	197.36	8.13	3.13	56.14



ภาพที่ 6 พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

จากการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยวิธีการหาพื้นที่ได้เส้นโค้ง โดยการนำข้อมูลจุดที่เกิดดินถล่มร้อยละ 70 มาทำการตรวจสอบเส้นโค้งของอัตราความสำเร็จของแบบจำลอง (success rate curve) พบว่ามีความถูกต้องของการพยากรณ์เท่ากับร้อยละ 73.80 และนำข้อมูลจุดที่เกิดดินถล่มที่เหลืออีกร้อยละ 30 มาตรวจสอบเส้นโค้งของอัตราการทำนายของแบบจำลอง (prediction rate curve) สามารถพยากรณ์พื้นที่ดินถล่มได้เท่ากับร้อยละ 73.40 (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของกระบวนการวิเคราะห์หาความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยใช้วิธีอัตราส่วนความถี่จากการศึกษาในครั้งนี้



ภาพที่ 7 พื้นที่ใต้เส้นโค้ง (area under curve: AUC) ของค่า success rate curve และ prediction rate curve

## วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าลักษณะของพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด คือ พื้นที่ที่มีระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลางที่ 900 เมตรขึ้นไปและเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 10 องศาสอดคล้องกับการศึกษาของ Akinci & Ozalp (2021) และเป็นพื้นที่ที่ลาดเอียงไปทางทิศเหนือ ทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากเป็นพื้นที่รับน้ำฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่ส่งผลให้เกิดพายุฝนในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคมและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ รวมถึงพื้นที่มีลักษณะเปิดโล่งหรือมีพืชปกคลุมและมีรากที่ยึดเกาะพื้นผิวดินน้อยมีกิจกรรมของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เปิดโล่งที่เตรียมไว้เพื่อการเกษตรกรรม ถนนและสันเขา ยังเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงสอดคล้องกับการศึกษาของ Sophitthumkul (2017) โดยผลลัพธ์จากการศึกษามีความสอดคล้องกับแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน ตำบลสภาพ อำเภอบัว จังหวัดน่าน ของกรมทรัพยากรธรณี (Department of Mineral Resources, 2013) ที่ปรากฏตำแหน่งพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่บริเวณชุมชนที่เป็นที่ตั้งบ้านเรือน เส้นทางคมนาคมภายในพื้นที่และพื้นที่เปิดโล่งที่เตรียมไว้สำหรับการเกษตร ซึ่งตรงกับตำแหน่งของพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มอยู่ในระดับมากและมากที่สุดในการศึกษา

การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินโคลนถล่มด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกลนั้นจำเป็นต้องดำเนินการจัดเตรียมฐานข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นกรรวบรวบข้อมูลมาจากหลายแหล่งซึ่งอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของข้อมูลได้ รวมถึงในการศึกษาดังนี้ได้ใช้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) เป็นตัวแทนของข้อมูลสิ่งปกคลุมดินประเภทพืชพรรณเพียงข้อมูลเดียว หากใช้ข้อมูลในการสำรวจภาคสนามอย่างละเอียดร่วมกับการแปลความจากภาพถ่ายดาวเทียมก็จะสามารถเพิ่มความแม่นยำให้กับข้อมูลได้มากยิ่งขึ้น หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองจะต้องเพิ่มข้อมูลจุดเกิดดินถล่มและขยายพื้นที่ศึกษาให้กว้างขึ้น รวมถึงเพิ่มปริมาณของตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม เช่น ระยะห่างจากรอยเลื่อน ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ อนุภาคของดินและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา แต่เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นพื้นที่สีแดงจึงส่งผลเกิดข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่และปริมาณของข้อมูลภายในพื้นที่ศึกษา หากเพิ่มปริมาณข้อมูลของข้อมูลที่ใช้เป็นชุดข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างและพื้นที่ทดสอบจะสามารถเพิ่มความถูกต้องและประสิทธิภาพในการพยากรณ์ได้

สำหรับการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีวิธีการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางสถิติวิธีอื่นอีกหลายวิธี ได้แก่ Logistic regression Fuzzy logic หรือ Artificial neural networks โดยเมื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกันสามารถเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดจะสามารถทำให้การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นได้ (Sophitthumkul, 2017)

## สรุปผลการวิจัย

ผลของการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มคือพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมหน้าดินค่อนข้างน้อย แม้น้ำดินจะถูกปกคลุมด้วยพืชล้มลุกขนาดเล็กทำให้มีค่าดัชนีพืชพรรณความต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ค่อนข้างสูงแต่ไม่มีต้นไม้ที่มีรากยึดเกาะขนาดใหญ่ปรากฏในพื้นที่ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุดคือพื้นที่บริเวณหมู่บ้าน ถนนและพื้นที่เปิดโล่งที่ถูกเตรียมไว้สำหรับการเกษตรกรรม โดยพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะเป็นพื้นที่ที่อยู่



ในระดับความสูงระหว่าง 900 – 1,050 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง มีความลาดชันของพื้นที่ 10 – 30 องศา พบมากในพื้นที่ที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศเหนือ ทิศตะวันตกและทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ผลจากการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่ที่ลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้เกิดดินถล่มน้อยเนื่องจากการชะล้างพังทลายของหน้าดินในอดีตไปเป็นจำนวนมากปัจจุบันพบเพียงพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นชั้นหินแข็งเท่านั้น และพบการเกิดดินถล่มมากในพื้นที่ที่มีลักษณะความโค้งของพื้นผิวโลกแบบแอ่งเว้าและโค้งนูนในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งพื้นที่ลักษณะนี้สามารถเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินจากจุดที่อยู่สูงลงสู่พื้นที่ต่ำกว่าได้โดยง่าย

พื้นที่เกิดดินถล่มในหมู่บ้านสภาคจากการวิจัยพบว่ามีความน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของพื้นที่ ซึ่งสามารถจัดให้อยู่ในกรณีที่เกิดขึ้นได้ค่อนข้างยากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของพื้นที่ศึกษา แต่สาเหตุที่จำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อใช้ในการวางแผนป้องกันการเกิดดินถล่มในระดับชุมชนเนื่องจากภัยดินถล่มเป็นไปที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลันและสามารถสร้างความเสียหายได้อย่างรุนแรงและส่งผลกระทบต่อเป็นบริเวณกว้าง โดยมาตรการของทางภาครัฐข้อหนึ่งในการเตรียมรับมือกับสถานการณ์ดินถล่มที่อาจเกิดขึ้นได้คือการสำรวจความเสี่ยงภัยของพื้นที่ เพื่อเป็นเครื่องมือในการวางแผนและบริหารสถานการณ์ทั้งในช่วงก่อนเกิดเหตุ ช่วงเกิดเหตุ และการช่วยเหลือบรรเทาหลังเกิดเหตุ (Department of Mineral Resources, 2013; Department of Disaster Prevention and Mitigation, 2017)

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำไปปรับใช้สำหรับการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับชุมชนได้เนื่องจากแบบจำลองมีความถูกต้องของการพยากรณ์เท่ากับร้อยละ 73.80 และสามารถพยากรณ์พื้นที่ดินถล่มได้ร้อยละ 73.40 สามารถใช้ในการบริหารจัดการกับภัยดินถล่มในพื้นที่ในเบื้องต้นได้ หากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของการประเมินจำเป็นต้องเพิ่มข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ชนิดหิน ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ อนุภาคของดิน ระยะห่างจากรอยเลื่อน ปริมาณน้ำฝนและลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณองค์การบริหารส่วนตำบลสภาคที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภายในบริเวณพื้นที่ศึกษา

### เอกสารอ้างอิง

Anna Roccati, Guido Paliaga, Fabio Luino, Francesco Faccini and Laura Turconi. (2021). *GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping for Land Use Planning and Risk Assessment*. Retrieved November 8, 2021, from <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/2/162/htm>

Biswajeet Pradhan. (2010). Remote sensing and GIS-based landslide hazard analysis and cross-validation using multivariate logistic regression model on three test areas in Malaysia. *Advances in Space Research*, 45, 1244 – 1256.



Biswajeet Pradhan & Saro Lee. (2009). Delineation of landslide hazard areas using frequency ratio, logistic regression and artificial neural network model at Peneang Island, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 60, 1037 – 1054.

Dymphna Nolasco Javier & Lalit Kumar. (2019). *Frequency ratio landslide susceptibility estimation in a tropical mountain region*. Retrieved November 19, 2021, from <https://pdfs.semanticscholar.org/677f/82e21e640f9e4dfba9596481e72b7ae7c9be.pdf>

Department of Disaster Prevention and Mitigation. (2017). *Learn – surveillance – prevent landslides, disaster in rainy season*. Retrieved December 10, 2020, from <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFO/CENTER11/DRAWER060/GENERAL/DATA0000/00000042.PDF> (in Thai)

Department of Mineral Resources. (2011). *Disaster Impact Reduction Guide*. Bangkok: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

Department of Mineral Resources. (2013). *Landslide risk map at community level, Sakad Subdistrict, Pua District, Nan Province*. Bangkok: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment. (in Thai)

Disaster Prevention and Mitigation Division Nan Province. (2020). *Contingency plans for floods, storms, and flash floods and landslides in Nan Province, 2020*. Retrieved December 10, 2020, from [http://direct.disaster.go.th/site9/cms-download\\_content.php?did=33613](http://direct.disaster.go.th/site9/cms-download_content.php?did=33613) (in Thai)

Florence Elfriede Sinthauli Silalahi, Pamela, Yukni Arifianti and Fahrul Hidayat. (2019). Landslide susceptibility assessment using frequency ratio model in Bogor, West Java, Indonesia. *Geoscience Letters*, 6, 10.

Halil Akinci & Ayse Yavuz Ozalp. (2021). Landslide susceptibility mapping and hazard assessment in Artvin (Turkey) using frequency ratio and modified information value model. *Acta Geophysica*, 69, 725-745.

Hawas Khan, Muhammad Shafique, Muhammad Ali Khan, Mian Ali Bacha, Safeer Ullah Shah and Chiara Calligaris. (2018). Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 22, 11 – 24.



Javad Mirzazari, Baharin Ahmad, Barat Mojaradi and Farshid Sattari. (2014). Using Frequency Ratio Method for Spatial Landslide Prediction. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(15), 3174 – 3180.

Karim Solaimani, Seyedeh Zohreh Mousavi and Ataollah Kavian. (2012). Landslide susceptibility mapping based on frequency ratio and logistic regression models. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 2557 - 2569.

Leulalem Shano, Tarun Kumar Raghuvanshi and Matebie Meten. (2021). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio model: the case of Gamo highland, South Ethiopia. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 623.

Narumon Intarawichian & Songkot Dasananda. (2010). *Analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping in lower Mae Chaem watershed*, northern Thailand. Retrieved March 10, 2021, from <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/SJST/10890515.pdf>

Phatararin Sophitthumkul. (2017). *Landslide susceptibility area analysis of Satun - Geopark Based on Frequency Ratio method*. Retrieved September 19, 2020, from <http://library.dmr.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe?op=mmvw&db=Main&sid=&skin=s&usid=&mmid=4038&bid=40361lang=1> (in Thai)

Prem Rangsiwanichpong & Chaiwat Ekkawatpanit. (2019). Assessment landslide hazard map in Nan River Basin. Retrieved December 10, 2020, from [https://www.researchgate.net/publication/334446495\\_Assessment\\_landslide\\_hazard\\_map\\_in\\_Nan\\_River\\_Basin](https://www.researchgate.net/publication/334446495_Assessment_landslide_hazard_map_in_Nan_River_Basin) (in Thai)

Sansor Raj Meena, Omid Ghorbanzadeh and Thomas Blaschke. (2019). A Comparative Study of Statistics-Based Landslide Susceptibility Models: A Case Study of the Region Affected by the Gorkha Earthquake in Nepal. *International Journal of Geo-Information*, 8(2), 94.

Saro Lee. (2005). Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(7), 1477-1491.



- Saro Lee & Biswajeet Pradhan. (2006). Probabilistic landslide hazards and risk mapping on Penang Island, Malaysia. *Journal of Earth System Science*, 115(6), 661-672.
- Sasithon Chatsudarat, Nattapon Mahavik, Sarintip Tantanee, Charatdao Kongmuang, Polpreecha Chidburee, Kamonchat Seejata and Aphittha Yodying. (2021). *Landslide susceptibility using Analytic Hierarchical Process in northern Thailand*. Retrieved December 25, 2021, from [https://www.researchgate.net/profile/Sasithon-Chatsudarat/publication/354600001\\_Landslide\\_susceptibility\\_using\\_Analytic\\_Hierarchical\\_Process\\_in\\_northern\\_Thailand/links/6141ba8c97d4d76020766ae3/Landslide-susceptibility-using-Analytic-Hierarchical-Process-in-northern-Thailand.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Sasithon-Chatsudarat/publication/354600001_Landslide_susceptibility_using_Analytic_Hierarchical_Process_in_northern_Thailand/links/6141ba8c97d4d76020766ae3/Landslide-susceptibility-using-Analytic-Hierarchical-Process-in-northern-Thailand.pdf?origin=publication_detail)
- Sirikorn Duangpi boon. (2018). *Modeling and Spatial Database for Flood and Landslide Risk Assessment : A Case Study of the Lang Suan Watershed, Southern Thailand*. Songkhla: Prince of Songkla University. (in Thai)
- Supattra Pomthong & Duangduen Asavasuthirakul. (2017). *Analysis of landslide Risk Area in Phetchabun Province*. Retrieved December 20, 2021, from <http://ojslib3.buu.in.th/index.php/jgt/article/download/4905/2107> (in Thai)
- Thongley Thongley & Chaiwiwat Vansarochana. (2021). Landslide susceptibility assessment using frequency ratio model at Ossey watershed area in Bhutan. *Engineering and Applied Science Research* 2021, 48(1), 56 – 64.
- Wei Chen, Limin Fan, Cheng Li and Binh Thai Pham. (2019). Spatial Prediction of Landslides Using Hybrid Integration of Artificial Intelligence Algorithms with Frequency Ratio and Index of Entropy in Nanzheng County, China. Retrieved December 10, 2020, from <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/1/29/htm>
- Yi-xing Zhang, Heng-xing Lan, Lang-ping Li, Yu-ming Wu, Jun-hui Chen and Nai-man Tian (2020). Optimizing the frequency ratio method for landslide susceptibility assessment: A case study of the Caiyuan Basin in the southeast mountainous area of China. *Journal of Mountain Science*, 17, 340–357.