อัตราส่วนความถี่ของปัจจัยเสี่ยง เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหว
ต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

จิราพร ปักเขตานัง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564

อัตราส่วนความถี่ของปัจจัยเสี่ยง เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหว
ต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

จิราพร ปักเขตานัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

อัตราส่วนความถี่ของปัจจัยเสี่ยง เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหว
ต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

จิราพร ปักเขตานัง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อลาภ คำโย)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(อาจารย์ ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่น)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา พงษ์การัณยภาส)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ)

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว ....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)

รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน

อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วันที่...................เดือน..................พ.ศ. ....

ชื่อเรื่อง อัตราส่วนความถี่ของปัจจัยเสี่ยง เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ชื่อผู้เขียน นางสาวจิราพร ปักเขตานัง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อลาภ คำโย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม จัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหว และระบุพื้นที่ต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่ จากการศึกษาการเกิดดินถล่มด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ ระหว่างจุดที่เคยเกิดดินถล่มจำนวน 15 จุด กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ความลาดชัน ระยะทางจากถนน ระยะทางจากทางน้ำ ความโค้ง และทิศด้านลาด พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด คือ ระยะห่างจากเส้นถนนและระยะห่างจากเส้นทางน้ำ โดยแบ่งระดับความอ่อนไหวออกเป็น 5 ระดับ พบว่า พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก สูง ปานกลาง น้อย และน้อยมาก คิดเป็นร้อยละ 15.91, 27.68, 29.72, 22.40 และ 4.29 ของพื้นที่ ตามลำดับ ซึ่งจุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง ได้แก่ อำเภอลองและอำเภอร้องกวาง พบทั้งสิ้น 6 จุด จุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง คือ อำเภอวังชิ้นและอำเภอเด่นชัย พบทั้งสิ้น 5 จุด และจุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อย คือ อำเภอเมืองแพร่ พบทั้งสิ้น 4 จุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในเทคนิคอัตราส่วนความถี่เพื่อพัฒนาแผนที่ความอ่อนไหวของดินถล่ม และลดความรุนแรงของดินถล่มในพื้นที่ ทำให้สามารถแสดงพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินถล่มได้

คำสำคัญ : อัตราส่วนความถี่, ดินถล่ม, จังหวัดแพร่

Title	FREQUENCY RATIO OF RISK FACTORS TO ASSESS LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY IN PHRAE PROVINCE
Author	Miss Jiraporn Pakketanang
Degree	Master of Science in Forest Management
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Torlarp Kamyo

ABSTRACT

This study aims to studied factors influencing landslides to created a sensitive map and identified the area of landslide in Phrae Province. The study of landslides with frequency ratios between the 15 avalanches and factors associated with landslides, including slopes, distance from roads, distance from water, caverture, aspect and rainfall. It was found that the factors of landslide influence were road path the distance and water path the distance. The risks were divided into five levels, including very high, high, medium, low and very small, equivalent to 15.91, 27.68, 29.72, 22.40 and 4.29% of the area, respectively. The areas with a high risk of landslides were Long district and Rongkwang district have found 6 points. The area with a moderate landslide risk is Wangchin district and Denchai district, 5 spots found. The area with low risk of landslides is Muangphrae district, 4 spots found. This can be used in frequency ratio techniques to develop a map of landslide sensitivity and reduce the severity of landslides in the area, enabling the risk of landslides.

Keywords : frequency ratio, Landslide, Phrae province

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ต่อลาภ คำโย ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร. กฤษดา พงษ์การัณยภาส และอาจารย์ ดร.ปิยะพิศ ขอนแก่น รวมถึงคณาจารย์และบุคลากร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการดำเนินการทำการศึกษาวิจัย กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย จังหวัดแพร่ ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้

จิราพร ปักเขตานัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร 3
อัตราส่วนความถี่ (frequency ratio) 3
ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) 4
ดินถล่ม (Landslide) 12
ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดดินถล่มและผลกระทบจากดินถล่ม 19
วิธีการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 22
ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดดินถล่ม 24
จังหวัดแพร่ 34
ประวัติการเกิดดินถล่ม 36
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 43

อุปกรณ์ 43

พื้นที่ศึกษา 43

วิธีการศึกษา 45

การวิเคราะห์ข้อมูล 46

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 49

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 77

สรุป 77

ข้อเสนอแนะ 78

บรรณานุกรม 2

ประวัติผู้วิจัย 11

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ประวัติเหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่จังหวัดแพร่ 39

ตารางที่ 3 การแบ่งช่วงชั้นของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่......... 56

ตารางที่ 4 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 59

ตารางที่ 5 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชนและ
ที่อยู่อาศัย จังหวัดแพร่ 63

ตารางที่ 6 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่นาข้าวและพืชไร่
จังหวัดแพร่........ 65

ตารางที่ 7 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่สวนป่าและพืชสวน
จังหวัดแพร่........ 67

ตารางที่ 8 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินของแหล่งน้ำ จังหวัดแพร่.. 69

ตารางที่ 9 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เหมืองแร่ จังหวัดแพร่ 71

ตารางที่ 10 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้ จังหวัดแพร่ 73

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 รูปแบบจำลองลักษณะของ Rock Fall 13

ภาพที่ 2 รูปแบบจำลองลักษณะของ Topples 13

ภาพที่ 3 รูปแบบจำลองลักษณะของ Rotational Slide 14

ภาพที่ 4 รูปแบบจำลองลักษณะของ Translational Slide 14

ภาพที่ 5 รูปแบบจำลองลักษณะของ Lateral Spread 15

ภาพที่ 6 รูปแบบจำลองลักษณะของ Debris Flow 15

ภาพที่ 7 รูปแบบจำลองลักษณะของ Debris Avalanche 16

ภาพที่ 8 รูปแบบจำลองลักษณะของ Earth Flow 16

ภาพที่ 9 รูปแบบจำลองลักษณะของ Soil Creep 17

ภาพที่ 10 แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ 27

ภาพที่ 11 แบบรูปทางน้ำตั้งฉาก 28

ภาพที่ 12 แบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่น 28

ภาพที่ 13 แบบรูปทางน้ำขนาน 29

ภาพที่ 14 แบบรูปทางน้ำรัศมี 29

ภาพที่ 15 แบบรูปทางน้ำวงแหวน 30

ภาพที่ 16 แบบรูปทางน้ำที่พบเห็นบ่อยบนพื้นผิวโลก 31

ภาพที่ 17 แผนที่จังหวัดแพร่ 44

ภาพที่ 18 ร่องรอยการเกิดดินถล่มในพื้นที่จังหวัดแพร่ 45

ภาพที่ 19 สรุปกรอบแนวคิดในการทำงานวิจัย 48

ภาพที่ 20 แผนที่ความลาดชัน ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 50

ภาพที่ 21 แผนที่แสดงช่วงชั้นของระยะห่างจากเส้นทางน้ำ ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 51

ภาพที่ 22 แผนที่แสดงช่วงชั้นของระยะห่างจากเส้นถนน ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 52

ภาพที่ 23 แผนที่แสดงช่วงชั้นของความโค้ง ในพื้นที่จังหวัดแพร่.. 53

ภาพที่ 24 แผนที่แสดงช่วงชั้นของทิศด้านลาด ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 54

ภาพที่ 25 แผนที่แสดงช่วงชั้นของปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 55

ภาพที่ 26 แผนที่แสดงระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 59

ภาพที่ 27 แผนที่แสดงช่วงชั้นของชนิดหิน ในพื้นที่จังหวัดแพร่.. 60

ภาพที่ 28 แผนที่แสดงช่วงชั้นของชนิดดิน ในพื้นที่จังหวัดแพร่.. 61

ภาพที่ 29 แผนที่แสดงช่วงชั้นของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 62

ภาพที่ 30 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ชุมชนและ ที่อยู่อาศัย จังหวัดแพร่ 64

ภาพที่ 31 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ จังหวัดแพร่.. 66

ภาพที่ 32 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่สวนป่าและ พืชสวน จังหวัดแพร่.. 68

ภาพที่ 33 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่แหล่งน้ำ จังหวัดแพร่... 70

ภาพที่ 34 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เหมืองแร่ จังหวัดแพร่... 72

ภาพที่ 35 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ป่าไม้ ในจังหวัดแพร่... 74

ภาพที่ 36 แผนที่แสดงระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มรายอำเภอ ในจังหวัดแพร่ 76

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยประสบปัญหาภัยพิบัติที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นและบ่อยครั้งขึ้น ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สุขภาพ และความปลอดภัย ภัยพิบัติทางธรรมชาติบางครั้งเป็นเรื่องที่ยากในการเตรียมแผนป้องกัน การนำความรู้ ในหลาย ๆ ด้านมาใช้ในการจัดการปัญหา จึงมีความจำเป็นอย่างมาก ซึ่งเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับปัญหาภัยพิบัติได้ ในประเทศไทยมีการใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาภัยพิบัติทางธรรมชาติในด้านต่าง ๆ เช่น แผ่นดินไหว อุทกภัย แผ่นดินถล่ม คลื่นพายุซัดฝั่ง ไฟป่า และภัยแล้ง (ลิขิต, 2557) แต่ปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อประชาชนในประเทศไทย คือ ดินถล่ม พบว่า มีพื้นที่ที่จัดอยู่ในความรุนแรงมาก คิดเป็น 6.05 ล้านไร่ หรือร้อยละ 1.88 ของพื้นที่ประเทศไทย (ยุทธชัย และพงศ์ธร, 2562)

ภาคเหนือ ประกอบด้วยพื้นที่ 9 จังหวัด ได้แก่ แม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน และอุตรดิตถ์ มีลักษณะภูมิประเทศที่มีพื้นที่เป็นภูเขามากกว่าทุกภาค ซึ่งเป็นร้อยละ 78 ของพื้นที่ทั้งหมด จึงมีเหตุการณ์ดินโคลนถล่มเกิดขึ้นอยู่บ่อยครั้ง ทำให้พื้นที่ดังกล่าวตกอยู่ในสภาวะเสี่ยงอย่างเลี่ยงไม่ได้ (ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย, 2562) โดยจังหวัดแพร่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 155 เมตร มีลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งคล้ายก้นกระทะ ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบระหว่างภูเขา โดยมีภูเขาล้อมรอบทั้งสี่ทิศ ซึ่งมีพื้นที่ป่าไม้ 2,766,938 ไร่ หรือร้อยละ 68.29 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000 - 1,500 มิลลิเมตรต่อปี (สถานีอุตุวิทยาจังหวัดแพร่, 2559) ซึ่งพบว่าป่าไม้มีแนวโน้มลดลงทุกปี ในปี พ.ศ. 2547 มีเนื้อที่ป่าไม้ จำนวน 2,647,119 ไร่ หรือร้อยละ 65.33 สาเหตุสำคัญที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลง เนื่องจากประชากรของจังหวัดมีสัดส่วนจำนวนผู้ยากจนสูง โดยสาเหตุของความยากจนเกิดจากข้อจำกัดเรื่องที่ดินทำกินตามสภาพลักษณะภูมิประเทศที่มีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูงและมีพื้นที่ราบจำนวนน้อย จึงเป็นสาเหตุให้มีการบุกรุกแผ้วถางป่าในพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อเพิ่มพื้นที่กิจกรรมทางการเกษตรหรืออื่น ๆ และสาเหตุดังกล่าวจึงทำให้พื้นที่จังหวัดแพร่มีความเสี่ยงในการเกิดดินถล่ม

ดังนั้น การศึกษาอัตราส่วนความถี่ของปัจจัยเสี่ยง เพื่อทำแผนที่แสดงพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อการวิเคราะห์ผลให้เกิดประโยชน์สูงสุด ตลอดจนสามารถนำฐานข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ระดับความเสี่ยงการเกิดดินถล่ม การเตรียมความพร้อมรับมือในการเกิดดินถล่ม การวางแผน แนวทางแก้ไข

ในด้านต่าง ๆ การจัดการความเสี่ยงของการเกิดดินถล่ม การป้องกันและลดความเสียหายต่อชีวิตทรัพย์สิน และเศรษฐกิจของจังหวัดแพร่ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่
2. เพื่อจัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่
3. เพื่อระบุพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่
2. จัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่
3. ทราบถึงพื้นที่ในจังหวัดแพร่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร

อัตราส่วนความถี่ (frequency ratio)

เป็นวิธีการที่เชื่อถือได้ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในการสร้างแผนที่ความว่องไวของดินถล่มที่มีความแม่นยำสูงมาวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม เพื่อคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของดินถล่มกับปัจจัยต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษา โดยค่าอัตราส่วนความถี่นี้เป็นอัตราส่วนของดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นทั้งหมดในพื้นที่ศึกษากับค่าในแต่ละช่วงของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม (Intarawichian, 2011) เมื่อได้แผนที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มจะทำให้ทราบจำนวนพิกเซลของแต่ละช่วงชั้น จากนั้นใช้สมการที่ 1 ในการคำนวณหาค่าของพื้นที่ออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ จึงนำแผนที่ร่องรอยดินถล่มซ้อนทับบนแผนที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มจะทำให้ทราบพื้นที่ของดินถล่มในแต่ละช่วงของแต่ละปัจจัย เช่น นำแผนที่ร่องรอยดินถล่มซ้อนทับกับแผนที่กลุ่มชนิดหิน จากนั้นค่าพื้นที่ของดินถล่มที่ได้ในแต่ละช่วงจะถูกหารด้วย 900 (เพราะ 1 พิกเซล เท่ากับ 30 เมตร x 30 เมตร) เพื่อให้ได้จำนวนพิกเซลของดินถล่มในแต่ละช่วง แล้วจึงคำนวณเปอร์เซ็นต์ของดินถล่มในแต่ละช่วงของพื้นที่ทั้งหมดโดยใช้สมการที่ 2 จากนั้นคำนวณหาค่าอัตราส่วนความถี่ของแต่ละช่วงในแต่ละปัจจัย โดยการหาอัตราส่วนของเปอร์เซ็นต์ของดินถล่มในแต่ละช่วงกับเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ในแต่ละช่วงตามสมการที่ 3 (Lee, 2007) ถ้าค่าอัตราส่วนความถี่มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่าพื้นที่นั้นหรือช่วงนั้นมีโอกาสในการเกิดดินถล่มสูง ในขณะที่ค่าอัตราส่วนความถี่น้อยกว่า 1 แปลว่ามีโอกาสในการเกิดดินถล่มต่ำ (Shahabi, 2015) แล้วจึงคำนวณผลรวมของค่าอัตราส่วนความถี่ของทั้ง 6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม (สมการที่ 4) เพื่อให้ได้ค่าดัชนีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่สามารถบ่งบอกขอบเขตของพื้นที่ที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้ โดยขั้นตอนการคำนวณทั้งหมดจัดทำโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้ไปจัดทำเป็นแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในโปรแกรม ArcGIS เมื่อได้แผนที่พื้นที่ออกมาแล้ว จำเป็นต้องทำการกำหนดค่าและจัดลำดับของระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มใหม่

Class ratio = Number of landslide grids in individual class total number of grids in whole class x 100 (สมการที่ 1)

Slide ratio = Number of landslide grids in class total number of landslide grids x 100 (สมการที่ 2)

FR = Slide ratio class ratio (สมการที่ 3)

$LSI = \Sigma FR_n$ (สมการที่ 4)

เมื่อ FR คือ ค่าอัตราส่วนความถี่ของแต่ละช่วงชั้นของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม
LSI คือ ค่าดัชนีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม
n คือ จำนวนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ เครื่องมือที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการนำเข้า จัดเก็บ จัดเตรียม ดัดแปลง แก้ไข จัดการ และวิเคราะห์ พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลพื้นที่ตามวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ประโยชน์เพื่อใช้ในการจัดการและบริหารการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้านพื้นที่ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเป็นระบบเกี่ยวข้องกับระบบการไหลเวียนของข้อมูลและการผสานข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) หรือข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เพื่อให้เป็นข่าวสารที่มีคุณค่า (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2541) หรือระบบสำหรับการนำเข้า การเก็บ การเปลี่ยนแปลงการวิเคราะห์ และการแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลเหล่านี้จะแสดงในลักษณะของจุด เส้น และพื้นที่รูปปิดที่ควบคู่ไปกับข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute Data) ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะตัวของข้อมูลแต่ละรูปแบบ (สุวิทย์, 2542)

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มี 5 องค์ประกอบ (วิเชียร, 2550 ; สุเพชร, 2556) ได้แก่

1) บุคลากร (People) คือ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยจัดการให้องค์ประกอบทั้ง 5 ส่วน สามารถทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในรูปแบบของข้อมูลและผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนงานที่จำเป็นในหน่วยงาน

2) ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นหรือสถิติที่จัดเก็บบันทึกที่ได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิหรือทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ทั้งในรูปแบบแผนที่และข้อมูลสถิติ จากนั้นนำมาจัดเป็นระบบฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์และประมวลผลเป็นผลลัพธ์ออกมา ข้อมูลควรมีความถูกต้องซึ่งความถูกต้องของข้อมูลจะมีผลต่อการสืบค้นข้อมูลหรือการวิเคราะห์ข้อมูล

3) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เป็นองค์ประกอบสนับสนุนกระบวนการจัดการฐานข้อมูลระบบสารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ จีพีเอส และจอภาพ เป็นต้น

4) ซอฟต์แวร์ (Software) คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่งที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามรูปแบบระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อจัดการข้อมูลในระบบให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ได้แก่ โปรแกรมระบบปฏิบัติการ (เช่น Windows 10) โปรแกรมเฉพาะทางด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (เช่น ArcGIS และ Quantum GIS)

5) วิธีการหรือขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure) คือ ขั้นตอนการทำงานในด้านระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวิธีการในการจัดเตรียมฐานข้อมูล การนำเข้าสู่ระบบ การจัดเก็บบันทึกข้อมูล การแสดงผลแผนที่ และการวิเคราะห์ข้อมูลโดยผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดการปฏิบัติการเพื่อให้ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของการทำงาน

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท (สุเพชร, 2556) ได้แก่

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนวัตถุ ปรากฏการณ์และสถานการณ์บนพื้นผิวโลก เช่น ทรัพยากรสิ่งแวดล้อม และภัยพิบัติ โดยกำหนดตัวแทนเป็นจุด เส้น หรือพื้นที่ โดยสามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Georeferenced) ทางภาคพื้นดิน ข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงลักษณะได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

1.1) จุด (Point) ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน ที่ตั้งสถานที่สำคัญ และจุดตัดของถนน เป็นต้น

1.2) เส้น (Line) ได้แก่ ถนน ลำคลอง และแม่น้ำ เป็นต้น

1.3) พื้นที่หรือรูปปิด (Area or Polygon) ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกพืช พื้นที่ป่า และขอบเขตตำบล เป็นต้น

2) ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่หรือข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-spatial Data หรือ Attribute Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ และแสดงออกมาเป็นข้อมูลตาราง โดยอาจจะเป็นข้อมูลระดับคุณภาพหรือข้อมูลระดับปริมาณที่สามารถคำนวณในทางสถิติพื้นฐานจนถึงขั้นประยุกต์ ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ได้แก่ ข้อมูลการถือครองที่ดิน และข้อมูลเกี่ยวกับเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบตารางข้อมูลเพื่อเชื่อมโยงกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Characteristics) ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบ่งเป็น 2 ประเภท (สุเพชร, 2556) ดังนี้

1) รูปแบบราสเตอร์ (Raster or Grid Representation) คือ จุดของเซลล์ที่อยู่ในแต่ละช่องสี่เหลี่ยม (Grid) ข้อมูลแบบราสเตอร์เป็นข้อมูลที่อยู่บนพิกัดรูปตารางแนวนอนและแนวตั้งในแต่ละช่องตัวอย่างข้อมูลราสเตอร์ เช่น ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลราสเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของช่องกริด ณ จุดพิกัดที่เป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น ถ้าขนาดของช่องกริดมีขนาดใหญ่รายละเอียดข้อมูลที่แสดงจะหยาบ ในทางตรงกันข้ามถ้าขนาดของช่องกริด

มีขนาดเล็ก รายละเอียดของข้อมูลที่แสดงจะมีความละเอียดมากขึ้น ข้อมูลแบบราสเตอร์มีข้อได้เปรียบ คือ ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว โดยเฉพาะกรณีการวางซ้อนทับกริดเซลล์ที่มีขนาดเท่ากัน

2) รูปแบบเวกเตอร์ (Vector Representation) อาจแสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัด ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวกันจะเป็นค่าของจุด หากจุดพิกัดมี 2 จุดหรือมากกว่า 2 จุดที่ต่อเนื่องกันก็จะเป็นเส้น ส่วนพื้นที่ปิดนั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 2 จุด และจุดพิกัดเริ่มต้นกับจุดพิกัดสุดท้ายจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกัน ข้อมูลเวกเตอร์ ได้แก่ จุดหมู่บ้าน เส้นถนน แม่น้ำ และขอบเขตการปกครอง เป็นต้น

ความสามารถในการทำงานพื้นฐานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาจากพื้นโลกจริงประกอบด้วย 6 ข้อ (วิเชียร, 2550; สุเพชร, 2556) ดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูล (Collecting Data) ทางภูมิศาสตร์ให้มีทั้งค่าพิกัดและข้อมูลเชิงตาราง สามารถทำได้หลายทางเพื่อรวบรวมข้อมูลทางภูมิศาสตร์ให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์

2) การจัดเก็บข้อมูล (Storing Data) ทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มี 2 ประเภท ได้แก่ เวกเตอร์ (Vector) และราสเตอร์ (Raster) โดยโปรแกรมสามารถจัดการกับข้อมูลได้ทั้ง 2 ประเภท

3) การสืบค้นข้อมูล (Querying Data) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จะมีเครื่องมือเพื่อค้นหาบริเวณที่สนใจตามตำแหน่งและข้อมูลเชิงบรรยาย การสืบค้นข้อมูลสามารถสร้างเงื่อนไขสำหรับการสืบค้นหรือแบบเลือกโดยตรง ทั้งเลือกจากแผนที่และเลือกจากฐานข้อมูล

4) การวิเคราะห์ข้อมูล (Analyzing Data) ส่วนมากจะใช้มากกว่า 1 ชุดข้อมูล และวิเคราะห์ตามขั้นตอนไปจนถึงผลสุดท้ายที่ต้องการ ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ต้องวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามและแก้ไขปัญหาที่กำหนดขึ้นไว้ การวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์มี 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

4.1) การวิเคราะห์สิ่งใกล้เคียง (Proximity Analysis) ใช้สำหรับหาสิ่งที่ต้องการภายในระยะของบริเวณที่ตั้งคำถาม เช่น พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกถั่วภายใน 500 เมตร

4.2) การวิเคราะห์การซ้อนทับ (Overlay Analysis) เป็นการวิเคราะห์โดยการนำข้อมูลที่ต่างชั้นข้อมูลมาประมวลผลโดยการซ้อนทับกัน การวิเคราะห์การซ้อนทับจำเป็นต้องใช้หลายชั้นข้อมูลมาวิเคราะห์จนได้ผลที่ต้องการเป็นชั้นข้อมูลหนึ่ง

5) การแสดงผลข้อมูล (Displaying Data) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มีเครื่องมือในการแสดงข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ โดยการให้สัญลักษณ์ที่แตกต่างกัน กระบวนการวิเคราะห์จะได้ผลลัพธ์ที่สามารถสร้างเป็นแผนที่ กราฟ หรือรายงาน เพื่อให้ดูเข้าใจได้ง่ายขึ้น

6) การสร้างผลงานจากข้อมูล (Outputting Data) การสร้างผลงานจากข้อมูลอาจอยู่ในรูปของแผนที่ กราฟหรือรายงาน เมื่อมีการเผยแพร่มากขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มศักยภาพของงานด้านนี้มากขึ้น รวมทั้งทำให้ผู้ที่สนใจได้รับข้อมูลที่ถูกต้องมากขึ้น

หลักการทำงานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มี 4 หลักการ (พรนุช, 2543); (มรุพงศ์ , 2543); สุเพชร, 2544) ดังนี้

1) การนำเข้าข้อมูล (Data Input) ข้อมูลแผนที่และส่วนประกอบอื่น ๆ ต้องนำข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ นิยมใช้เครื่องมือดิจิไทเซอร์ (Digitizer) หรือแปลงรูปภาพแผนที่ให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล (Digital)

2) การเก็บบันทึก และการเรียกค้นข้อมูล (Data Storage and Retrieval) ข้อมูลที่เก็บบันทึกในระบบฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ถูกเก็บในลักษณะข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital format) ซึ่งข้อมูลแผนที่ที่ถูกดิจิไทซ์ (Digitize) เข้ามาในระบบจะเก็บไว้ในฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Database) โดยมีข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง และขอบเขตของพื้นที่ตามรายละเอียดที่นำเข้า ส่วนข้อมูลแสดงคุณสมบัติ และลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูลเชิงพื้นที่จะเก็บไว้ในตารางความสัมพันธ์ (Attributes Table) ซึ่งใช้เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่โดยอาศัยพิกัดทางภูมิศาสตร์ภายในโครงสร้างของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงข้อมูล และข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถที่จะเรียกค้น (Retrieval) และแก้ไขข้อมูล (transformation) ได้สะดวกและรวดเร็ว นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถป้อนคำถาม (Query) ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อขอทราบรายละเอียดของข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้ในฐานข้อมูลของระบบได้

3) การวิเคราะห์และการประมวลผลข้อมูล (Data Analysis and Manipulation) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่นำเข้า (Input) ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จะถูกจัดระบบฐานข้อมูลและผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อแสดงผล (Output) ตามวัตถุประสงค์และเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด ความสามารถในการประมวลผลของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ คือ การสร้างแผนที่ใหม่จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงซ้อนของแผนที่ฐาน (Base Maps) หลาย ๆ จุด พร้อมกันได้ โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับแผนที่ (Map Overlaying) รวมทั้งการสร้างแผนที่ใหม่จากข้อมูลในตารางความสัมพันธ์ (Attributes Table) โดยการคำนวณหรือสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้คำตอบที่ต้องการแล้วนำไปสร้างแผนที่ ซึ่งแผนที่ที่สร้างขึ้นใหม่นี้แตกต่างไปจากแผนที่ฐานที่นำมาซ้อนทับกัน

4) การแสดงผลและรายงานผล (Data Output and Reporting) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ ทั้งในรูปของแผนที่กราฟิก แผนภูมิ และตารางข้อมูล โดยสามารถนำเสนอบนจอคอมพิวเตอร์ และผลิตเป็นเอกสารแผนที่ที่สามารถกำหนดสี และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ได้

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing: RS) เป็นการสำรวจจากระยะไกล โดยเครื่องมือวัดไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง ทำการสำรวจโดยให้เครื่องวัดอยู่ห่างจากสิ่งที่ต้องการตรวจวัด โดยอาจติดตั้งเครื่องวัด เช่น กล้องถ่ายภาพไว้ยังที่สูง บนบอลลูน บนเครื่องบิน ยานอวกาศ หรือดาวเทียม โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่หรือสะท้อนมาจากสิ่งที่ต้องการสำรวจเป็นสื่อในการวัดและการสำรวจ โดยใช้วิธีนี้เป็นการเก็บข้อมูลที่ได้ข้อมูลจำนวนมากในบริเวณกว้างกว่าการสำรวจภาคสนาม จากการใช้เครื่องมือสำรวจระยะไกล โดยเครื่องมือสำรวจไม่จำเป็นที่ต้องสัมผัสกับวัตถุตัวอย่าง เช่น เครื่องบินสำรวจเพื่อถ่ายภาพในระยะไกล การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรทำการเก็บข้อมูลพื้นผิวโลกในระยะไกล

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ ได้ให้ความหมายคำนิยามของการสำรวจจากระยะไกล หรือรีโมตเซนซิง หมายถึง ขบวนการที่เป็นทั้งศิลป์และศาสตร์ในการทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลและข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุหรือเหตุการณ์ที่อยู่ในระยะไกลออกไป จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรงระหว่างเครื่องมือบันทึกข้อมูลกับวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ๆ การที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลและข่าวสารดังกล่าว จะต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์หลายอย่างประกอบ เพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเครื่องมือหรืออุปกรณ์เหล่านั้น ได้แก่ เครื่องบันทึกข้อมูล (Sensors) กรรมวิธีข้อมูล (Data Processing) วิธีการ และกรรมวิธีสนเทศ การสื่อสาร อากาศยาน และยานอวกาศที่เหมาะสม รวมไปถึงระบบการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพจากอากาศยานและยานอวกาศ ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้รวมกันเข้าเป็นวิธีการของเทคโนโลยีการสำรวจทรัพยากรจากระยะไกลด้วยดาวเทียม

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและเทคโนโลยีสารสนเทศ (Remote Sensing Techniques and Geographic Information System) ได้เริ่มเข้ามามีบทบาทและถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาดินถล่มอย่างแพร่หลาย โดยเป็นเครื่องมือที่สามารถบริหารจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ช่วยลดระยะเวลาและจำนวนคนที่ใช้ในการประมวลผล (Chacon *et al.*, 2006)

การประยุกต์ใช้ข้อมูลรีโมทเซนซิงในประเทศไทย (คณะทำงานพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการเตือนภัยจังหวัดแพร่, 2562)

1. ป่าไม้ การติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศพบว่า ในปี พ.ศ. 2516 มีพื้นที่ป่าไม้ร้อยละ 43.20 ของประเทศ และในปี พ.ศ. 2543 เหลือเพียงร้อยละ 33.33 โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ป่าต้นน้ำ และลำธาร นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาประยุกต์ใช้ในด้านการจำแนกชนิดของป่า สำรวจหาพื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์ และป่าเสื่อมโทรมทั่วประเทศ การศึกษาด้านไฟป่า การหาพื้นที่ที่เหมาะสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าทดแทนบริเวณพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกบุกรุก

2. การเกษตร ส่วนใหญ่จะใช้ศึกษาหาพื้นที่เพาะปลูกของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าวนาปี ข้าวนาปัง สวนยางพารา สับปะรด อ้อย และข้าวโพด การสำรวจตรวจสอบสภาพของพืชที่ปลูก และการเปลี่ยนแปลงบริเวณเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ ตลอดจนการกำหนดพื้นที่ที่มีศักยภาพทางการเกษตร

3. การใช้ที่ดิน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทำเกษตรกรรม เหมืองแร่ การก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย สำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน การจำแนกความเหมาะสมดิน (Land Suitability) ตลอดจนการจัดทำแผนที่แสดงขอบเขตการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วตามฤดูกาลและสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

4. ธรณีวิทยาและธรณีสัณฐาน การจัดทำแผนที่ภูมิสัณฐานวิทยาและแผนที่ภูมิพฤกษศาสตร์ (Mapping Geomorphology and Gebtany) แผนที่ธรณีวิทยา (Geology Map) ตรวจสอบภาวะธรรมชาติของดิน หิน และบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหว การวิเคราะห์ธรณีสัณฐานและการระบายน้ำ (Landform and Drainage Analysis) โครงสร้างทางธรณีวิทยาของประเทศไทย ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนในการพัฒนาประเทศด้านอื่น ๆ เช่น การหาแหล่งแร่ แหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติ แหล่งน้ำบาดาล การสร้างเขื่อน เป็นต้น

5. อุทกวิทยา การศึกษาในด้านอุทกวิทยาอาจรวมถึงการศึกษาเกี่ยวกับอุทกภาพ หมายถึง แหล่งน้ำ ทั้งบนบก ในทะเล น้ำบนดิน และน้ำใต้ผิวดิน รวมไปถึงแหล่งน้ำ ปริมาณ คุณภาพ ทิศทางการไหล และการหมุนเวียน ตลอดจนองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับทรัพยากรน้ำ ภาพถ่ายดาวเทียมจะให้ข้อมูลแหล่งที่ตั้ง รูปร่าง และขนาดของแหล่งน้ำผิวดินเป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลดาวเทียมสำหรับติดตาม ประเมินผล การบำรุงรักษาระบบ และการจัดสรรน้ำของโครงการชลประทานต่าง ๆ การศึกษาด้านการใช้น้ำและการบำรุงรักษาเขื่อน รวมทั้งการสำรวจบริเวณที่ราบที่จะเกิดน้ำท่วมและสภาวะน้ำท่วม

6. สมุทรศาสตร์ ศึกษาเกี่ยวกับการไหลเวียนของน้ำทะเล ตะกอนในทะเล และคุณภาพของน้ำบริเวณชายฝั่ง เช่น การแพร่กระจายของตะกอนแขวนลอยที่เกิดจากกิจกรรมเหมืองแร่ในทะเล นอกจากนี้ได้ศึกษาการแพร่กระจายของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำต่าง ๆ ของอ่าวไทย รวมทั้งการติดตามการพังทลายของชายฝั่งทะเล

7. ภัยพิบัติธรรมชาติ ประเทศไทยมักประสบปัญหาเกี่ยวกับอุบัติภัยทางธรรมชาติ เช่น อุทกภัย วาตภัย และแผ่นดินถล่ม เป็นต้น ซึ่งภาพจากดาวเทียมทำให้ทราบขอบเขตบริเวณที่เกิดอุบัติภัยได้รวดเร็ว รวมทั้งช่วยในการติดตามและประเมินผลเสียหายเบื้องต้นเกี่ยวกับอุบัติภัยต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการช่วยเหลือและฟื้นฟูต่อไปได้ ตัวอย่างเช่น อุทกภัยที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อปี พ.ศ. 2531 วาตภัยที่จังหวัดชุมพร เมื่อปี พ.ศ. 2532 และแผ่นดินถล่มบริเวณตำบลน้ำก้อและน้ำชุน จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อปี พ.ศ. 2543

8. วางผังเมือง ปัจจุบันภาพถ่ายดาวเทียมมีความละเอียดเชิงพื้นที่เทียบเท่ากับภาพถ่ายทางอากาศ เช่น ภาพจากดาวเทียม IKONOS ที่มีความละเอียด 1 เมตร ซึ่งเหมาะสมในการประยุกต์ใช้ในการวางผังเมืองของชุมชนที่อยู่ในเมืองขนาดใหญ่ และการเคลื่อนย้ายเมืองที่มีความแออัดไปอยู่ในที่แห่งใหม่ ตลอดจนการออกแบบถนนหลวง ไฟฟ้า ประปา และระบบสาธารณูปโภคต่าง ๆ ให้เหมาะสม

9. การประมง ใช้ในการสำรวจหาพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำประเภทต่าง ๆ รวมถึงการหาแหล่งที่อยู่อาศัยของปะการังใต้ทะเล และการกระจายตัวของแพลงตอนพืชและสัตว์

10. สิ่งแวดล้อม ใช้ในการตรวจสอบน้ำเสียที่ไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง ตรวจสอบบริเวณที่ครอบคลุมด้วยควันพิษ ตรวจดูผลเสียที่เกิดจากสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ หรือตรวจสอบสภาวะความเข้มข้นของแก๊สต่าง ๆ ในชั้นบรรยากาศ

11. การทำแผนที่ ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นภาพที่ทันสมัยที่สุดสามารถนำไปแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศได้อย่างรวดเร็ว มีความถูกต้องและเป็นที่ยอมรับ เช่น ภาพจากดาวเทียม Quick Bird ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 61 เซนติเมตร ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องทางตำแหน่งและรูปทรงเรขาคณิตในระดับสูง นอกจากนี้ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถแสดงลักษณะภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนเส้นทางคมนาคม หรือสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ ทำให้ได้แผนที่ที่ทันสมัยเพื่อการวางแผนที่รวดเร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น

ประโยชน์ของรีโมทเซนซิง

1. การเกษตร ภาพถ่ายจากดาวเทียมใช้สำรวจบริเวณพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น พื้นที่ปลูกข้าว ปาล์มน้ำมัน ยางพารา สับปะรด อ้อย ข้าวโพด ฯลฯ ผลลัพธ์จากการแปลภาพใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในแง่ปริมาณ ราคา ช่วงเวลา ฯลฯ ติดตามขอบเขตและความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ป่าและเขตอนุรักษ์พันธุ์ไม้ ประเมินบริเวณพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกพืชต่าง ๆ เช่น ข้าว ปาล์มน้ำมัน มันสำปะหลัง เป็นต้น

2. การใช้ที่ดิน รีโมทเซนซิงสามารถใช้แปลงรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาจัดทำแผนที่การใช้ที่ดิน สนับสนุน ติดตาม และประเมินแนวโน้มการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ เช่น ด้านการเกษตร พื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น

3. ป่าไม้ ติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียม เช่น ป่าดงดิบ ป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง ป่าชายเลน เป็นต้น ผลลัพธ์จากการแปลสภาพพื้นที่ป่า เพื่อสำรวจพื้นที่ป่าอุดมสมบูรณ์และป่าเสื่อมโทรม นอกจากนี้ยังใช้สำหรับติดตามพื้นที่ไฟป่าและความเสียหายจากไฟป่า และประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกป่าทดแทนบริเวณที่ถูกบุกรุกหรือโดนไฟป่า

4. ธรณีวิทยา การใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมแปลสภาพพื้นที่เพื่อจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาและโครงสร้างทางธรณีวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลที่ต้องใช้เวลาและงบประมาณในการสำรวจ และนำมาสนับสนุนในการพัฒนาประเทศ เช่น เพื่อการประเมินหาแหล่งแร่ แหล่งเชื้อเพลิงธรรมชาติ แหล่งน้ำบาดาล การสร้างเขื่อน เป็นต้น การใช้รีโมทเซนซิงมาสนับสนุนการจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ

5. ทรัพยากรน้ำหรืออุทกวิทยา รีโมทเซนซิงใช้ศึกษาแหล่งน้ำทั้งบนบก ในทะเล น้ำบนดินและใต้ผิวดินศึกษาองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับน้ำ เช่น ปริมาณ คุณภาพ การไหล การหมุนเวียน เป็นต้น การทำแผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ทันสมัยนำมาปรับปรุงแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ได้อย่างรวดเร็วทันสมัย ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางด้านภูมิประเทศ เส้นทางการคมนาคม หรือสิ่งก่อสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ ใช้ในการวางแผนหรือการมองภาพรวมที่รวดเร็วและถูกต้อง เพื่อจัดทำภาพสามมิติ

6. อุตุนิยมวิทยาหรืออุบัติภัย ภาพถ่ายจากดาวเทียม สามารถใช้ถ่ายพื้นที่ที่ได้รับเหตุอุบัติภัยและกำหนดขอบเขตบริเวณที่เกิดอุบัติภัยได้ ติดตามและประเมินผลเสียหายเบื้องต้น นำมาใช้ศึกษาลักษณะการเกิดและประเมินความรุนแรง และผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลพื้นที่ได้รับผลกระทบเพื่อการวางแผนช่วยเหลือและฟื้นฟู

7. สมุทรศาสตร์และการประมง รีโมทเซนซิงใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการไหลเวียนของน้ำในท้องทะเล ศึกษาตะกอนในทะเลและคุณภาพของน้ำบริเวณชายฝั่ง เช่น การแพร่ของตะกอนแขวนลอยจากการทำเหมืองแร่ในทะเล ศึกษาการประมงด้วยภาพดาวเทียมเรดาร์ที่เห็นพื้นที่ประมงน้ำเค็ม

8. โบราณคดี ภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูง ใช้ติดตามพื้นที่ แหล่งชุมชนโบราณหรือพื้นที่โบราณสถาน ช่วยติดตามเพื่อการบำรุงรักษา คู คันดินรอบชุมชน สระน้ำหรือบาดาล และเขื่อน

9. การวางผังเมือง ใช้รีโมทเซนซิง ภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูง เพื่อใช้ติดตามการขยายตัวของเมือง ช่วยให้ติดตามการเปลี่ยนแปลงลักษณะ รูปแบบ ประเภทการใช้ที่ดิน ติดตามระบบสาธารณูปโภค เช่น ระบบคมนาคมขนส่งทางบก ทางน้ำ รถไฟฟ้า เป็นต้น ผลลัพธ์จากการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมนำมาใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์การพัฒนาสาธารณูปการ เช่น การจัดสร้างและปรับปรุงสถานศึกษา โรงพยาบาล สถานีตำรวจ สถานีดับเพลิง ไปรษณีย์ ห้องสมุด สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ เป็นต้น

10. สิ่งแวดล้อม รีโมทเซนซิงได้ใช้แปลสภาพทรัพยากรชายฝั่งที่เปลี่ยนแปลงเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิเคราะห์การจัดการทรัพยากรชายฝั่ง เช่น การพังทลายของดินชายฝั่ง การทำลายป่าชายเลน การทำนากุ้ง การอนุรักษ์ปะการัง เป็นต้น ภาพถ่ายจากดาวเทียมในช่วงคลื่น Visible

ช่วยในการศึกษา ติดตาม และตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ผลลัพธ์จากการแปลภาพนำมาประกอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิเคราะห์ความรุนแรงของปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางด้านน้ำ อากาศ เสียง ขยะ และสารพิษ รีโมทเซนซิง จึงช่วยสนับสนุนการวางแผนพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

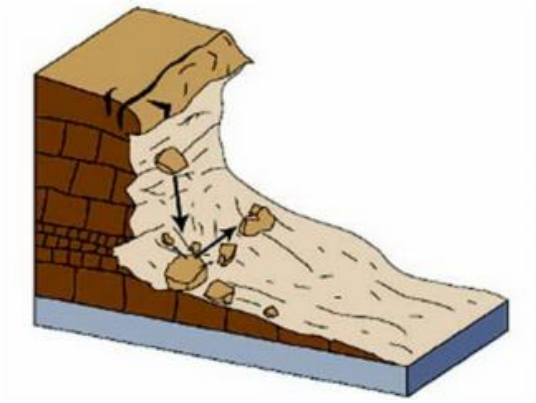
ดินถล่ม (Landslide)

ดินถล่ม เป็นการเคลื่อนที่จากด้านบนลงสู่พื้นล่างอย่างรวดเร็วตามแนวความลาดชัน ซึ่งในบางครั้งอาจรวมถึงปรากฏการณ์การตกและการลื่นไถลเข้าด้วยกัน เพราะการถล่มที่สมบูรณ์จะเกิดขึ้นบริเวณที่มีความลาดชันที่มีพื้นเรียบ แต่ในการถล่มตามธรรมชาติจะเกิดบริเวณที่มีความลาดชันสูง และถล่มลงมาหยุดบริเวณที่มีความลาดชันน้อยกว่า (Bonham-Carter, 1994) ในขณะเดียวกัน (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) ได้กล่าวว่า ดินถล่ม (Landslide) เป็นธรณีพิบัติภัยที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลดิน และหินลงมาตามความลาดชันด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก อาจจะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะการลื่นไถล การไหล และการคืบ

ภาควิชาปฐพีวิทยา (2526) ได้ให้นิยามไว้ว่า แผ่นดินถล่ม (landslide) คือ การถล่มตัวของแผ่นดินจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติของการสึกกร่อนทางธรณีชนิดหนึ่งซึ่งมักเกิดบริเวณภูเขา โดยเฉพาะภูเขาหินแกรนิตที่มีความลาดชันสูง แผ่นดินถล่มเกิดขึ้นเพราะพื้นที่ลาดเขาขาดความสมดุลในการทรงตัว เนื่องจากเมื่อฝนตกหนักจนดินอิ่มตัวด้วยน้ำแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลดินจะลดน้อยลง ดังนั้น ดินถล่ม คือ การเคลื่อนที่ของหิน ดิน ทราย โคลน หรือเศษดินลงมาตามความลาดชัน ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยความเร็ว โดยเคลื่อนที่ในลักษณะการลื่นไถล การคืบ และการไหล

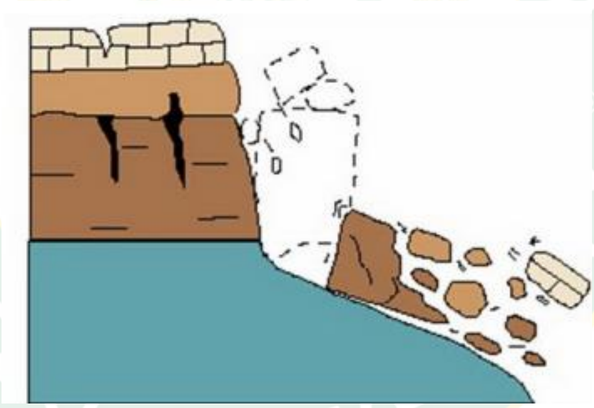
ประเภทของดินถล่มจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุที่พังทลายลงมา (คณะทำงานพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการเตือนภัยจังหวัดแพร่, 2562) ได้แก่

1. การร่วงหล่น (Falls) เป็นการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วลงมาตามลาดเขาหรือหน้าผาสูงชันโดยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก อาจเกิดการตกอย่างอิสระหรือมีการกลิ้งลงมาตามแนวลาดเขาร่วมด้วย โดยมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยหรือไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนั้น ตะกอนดินหรือหินที่พังทลายลงมาจะกองสะสมกันอยู่บริเวณเชิงเขาหรือหน้าผา ถ้าเป็นหน้าผาหินและตะกอนที่ตกลงมาส่วนมากเป็นหิน เรียกว่า “Rock fall” ส่วนถ้าเป็นหน้าผาดินและตะกอนที่ตกลงมาเป็นดินเม็ดหยาบ เรียกว่า “Debris fall” และถ้าตะกอนที่ตกลงมาเป็นดินเม็ดละเอียด เรียกว่า “Earth fall”



ภาพที่ 1 รูปแบบจำลองลักษณะของ Rock Fall

2. การล้มคว่ำ (Topples) เป็นการเคลื่อนที่โดยมีการหมุน หรือล้มคว่ำลงมาตามลาดเขา มักพบว่าเกิดขึ้นบริเวณเชิงหน้าผาดินหรือหินที่มีรอยแตก รอยแยกมาก โดยกระบวนการเกิดดินถล่มดังกล่าวมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยหรือไม่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง

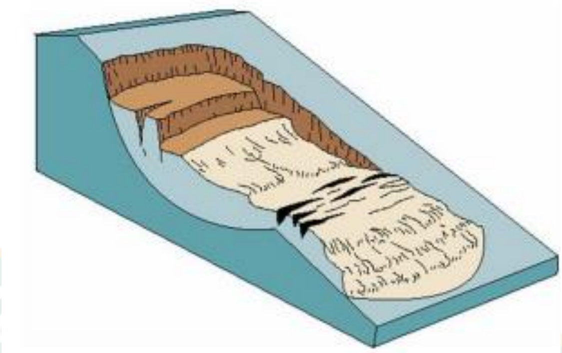


ภาพที่ 2 รูปแบบจำลองลักษณะของ Topples

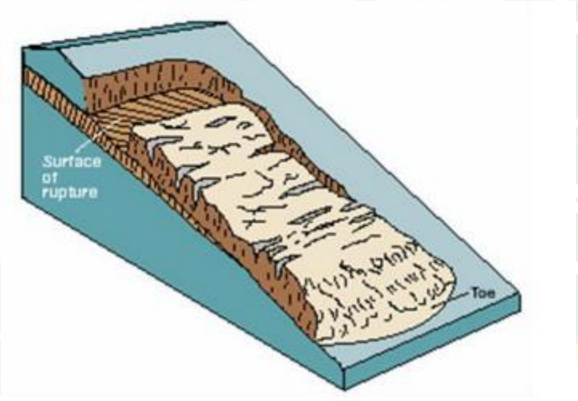
3. การลื่นไถล (Slides) การเกิดดินถล่มชนิดดินมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ สามารถจำแนกตามลักษณะของระนาบการเคลื่อนที่ได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1) Rotational Slide เป็นการลื่นไถล ของวัตถุลงมาตามระนาบของการเคลื่อนที่ที่มีลักษณะโค้งตรงวงกลมคล้ายช้อน (Spoon-Shaped) ทำให้มีการหมุนตัวของวัตถุขณะเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนที่จะเป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวมักเกิดขึ้นในบริเวณที่ดินมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous Material) เช่น บริเวณที่ชั้นดินหนามากหรือดินที่ถูกนำมาถม เป็นต้น

2) Translational Slide เป็นการลื่นไถลลงมาตามระนาบการเคลื่อนที่ มีลักษณะค่อนข้างตรง ส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนที่ตามระนาบของโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น ตามระนาบรอยแตก (Joint) ระนาบทิศทางการวางตัวของชั้นหิน (Bed) รอยต่อระหว่างชั้นดินและหิน

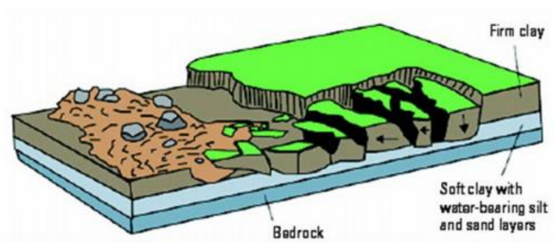


ภาพที่ 3 รูปแบบจำลองลักษณะของ Rotational Slide



ภาพที่ 4 รูปแบบจำลองลักษณะของ Translational Slide

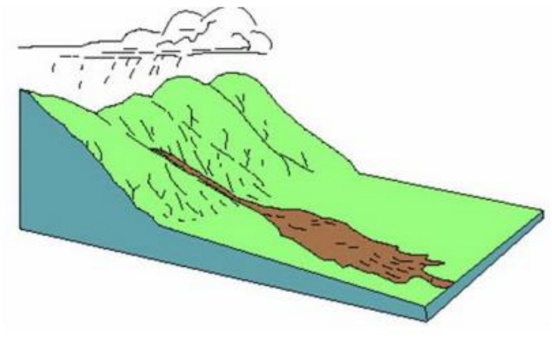
4. การแผ่ออกทางด้านข้าง (Lateral Spread) ส่วนใหญ่จะเกิดบนพื้นราบหรือพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย โดยชั้นดินจะประกอบด้วยตะกอนขนาดละเอียดมาก การเกิดส่วนมากเกี่ยวข้องกับกระบวนการ Liquefaction เมื่อชั้นตะกอนละเอียดที่อิ่มตัวด้วยน้ำมีพฤติกรรมเหมือนของไหล เนื่องจากอิทธิพลของแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวหรือจากการที่มีหินหรือดินที่แข็งและไม่อุ้มน้ำวางตัวทับอยู่บนชั้นดินที่อุ้มน้ำ เมื่อชั้นดินที่อุ้มน้ำถูกทับด้วยน้ำหนักที่มากก็จะไหลออกด้านข้าง ทำให้ชั้นดิน ชั้นหินที่อยู่ด้านบนแตกออกและยุบตัว



ภาพที่ 5 รูปแบบจำลองลักษณะของ Lateral Spread

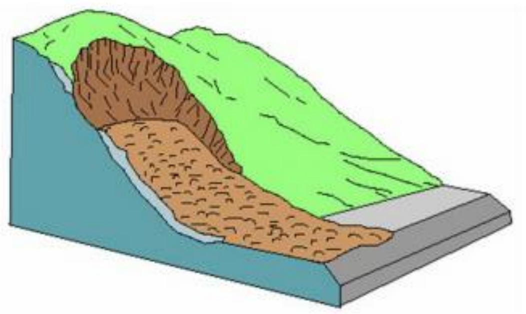
5. การไหล (Flows) กระบวนการเกิดดินถล่มที่มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องมากที่สุด น้ำทำให้ตะกอนมีลักษณะเป็นของไหลและเคลื่อนที่ไปบนพื้นระนาบลาดเขาลงไปกองทับถมกันที่ช่วงล่างของพื้นที่ลาดเขาหรือเชิงเขา ตะกอนอาจเคลื่อนที่ไปได้เป็นระยะทางไกลและความเร็วในการเคลื่อนที่อาจสูงมาก ถ้าบริเวณพื้นที่ลาดเขามีความชันสูง ดินถล่มชนิดนี้ยังแบ่งตามชนิดของตะกอนได้เป็น 5 ชนิด คือ

1) Debris Flow ตะกอนที่ไหลลงมาจะมีหลายขนาดปะปนกัน ทั้งตะกอนดิน หิน และซากต้นไม้ และมักเกิดขึ้นตามทางน้ำเดิมที่มีอยู่แล้วหรือบนร่องเล็ก ๆ บนลาดเขา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำฝนที่ตกลงมาอย่างหนักในช่วงฤดูฝนของแต่ละพื้นที่เป็นตัวกลางพัดพาเอาตะกอนดินและหินรวมถึงซากต้นไม้ ต้นหญ้าไหลมารวมกันก่อนที่จะไหลลงมากองทับถมกันบริเวณที่ราบเชิงเขาในลักษณะของเนินตะกอนรูปพัดหน้าหุบเขา



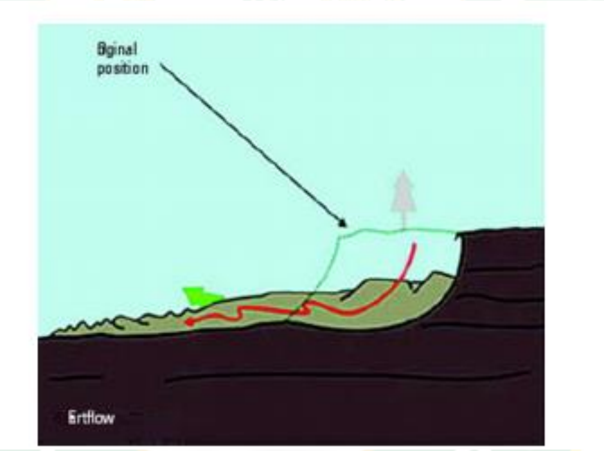
ภาพที่ 6 รูปแบบจำลองลักษณะของ Debris Flow

2) Debris Avalanche เป็นการเคลื่อนที่ลงมาตามลาดเขาของมวลดินที่ประกอบด้วยตะกอนหลายขนาดปนกันและมีขนาดร่องรอยของดินถล่มที่ใหญ่ บางแห่งมีขนาดความกว้างมากกว่า 3 กิโลเมตร



ภาพที่ 7 รูปแบบจำลองลักษณะของ Debris Avalanche

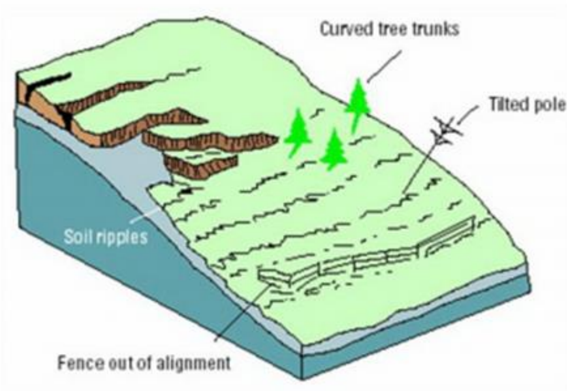
3) Earth Flow เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินที่ประกอบด้วย ตะกอนขนาดละเอียดจำพวกดินเหนียวและดินทรายแป้งตามพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มากนัก



ภาพที่ 8 รูปแบบจำลองลักษณะของ Earth Flow

4) Mud Flow มีกระบวนการเกิดเช่นเดียวกับ Debris Flow แตกต่างกันที่ขนาดของตะกอน แบบ Mud Flow จะมีขนาดเล็กกว่าตะกอน Debris flow คือ ประกอบไปด้วยตะกอนดินและมีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ อาจสูงถึงร้อยละ 60

5) Soil Creep (Slow Earthflow) เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินอย่างช้า ๆ เนื่องจากกระบวนการสูญเสียแรงต้านทานการไหลของชั้นดินส่งผลให้เกิดแรงผลักดันให้ชั้นดินมีการเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ แต่ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการพังทลายของมวลดิน ซึ่งหลักฐานที่ใช้ในการสังเกต คือ แนวรั้วหรือกำแพง และหรือต้นไม้ที่ขึ้นในบริเวณนั้นมีการเอียงตัวหรือบิดเบี้ยวไปจากเดิม



ภาพที่ 9 รูปแบบจำลองลักษณะของ Soil Creep

ชนิดของแผ่นดินถล่มสามารถแบ่งได้หลากหลายรูปแบบ ดังนี้

1. แบ่งตามความเร็วในการเคลื่อนตัว ซึ่งมีช่วงตั้งแต่การเคลื่อนตัวอย่างช้า ๆ เรียกว่า การไหลคลาน เช่น การไหลคลานของผิวหน้าดิน การไหลคลานของวัตถุที่ยังไม่แข็งตัว และการไหลคลานของหินสัณฐาน เป็นต้น การเคลื่อนตัวอย่างรวดเร็ว เรียกว่า การเลื่อนไหล หรือ การไหล เช่น การเลื่อนไหลของผิวหน้าดิน การเลื่อนไหลของวัตถุที่ยังไม่แข็งตัว การเลื่อนไหลของหินสัณฐาน ดินเลื่อนไหล โคลนไหล และหินไหล เป็นต้น การเคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน เรียกว่า การหล่น เช่น หินหล่น (สมิทธ, 2534)

2. แบ่งตามชนิดของวัตถุที่เคลื่อนตัว เช่น หินสัณฐาน (bedrock) การเคลื่อนตัวของชั้นหินตะกอน และ Organic Debris (The Province of British Columbia, 1997) ซึ่ง สมิทธ (2534) ได้แบ่งชนิดของแผ่นดินถล่มตามชนิดของวัตถุที่เคลื่อนที่ออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1) แผ่นดินถล่มที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของผิวหน้าดินของภูเขา เรียกกว่า Surficial เช่น การไหลคลานของผิวหน้าดิน และการเลื่อนไหลของผิวหน้าดิน

2) แผ่นดินถล่มที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ยังไม่แข็งตัว เช่น เศษกรวด ดินทราย โดยเฉพาะเศษหินโคลน เรียกว่า Unconsolidated Material 2068

3) แผ่นดินถล่มที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของชั้นหิน ที่เรียกว่า หินสัณฐาน มีลักษณะคล้ายกับการเกิดแผ่นดินไหวตื้น แต่เป็นการเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณและไม่ได้เกิดการสั่นสะเทือน

3. แบ่งตามลักษณะของการเคลื่อนตัว เช่น การเลื่อนไหล การทรุดตัว การไหล และการหล่น (The Province of British Columbia, 1997) ซึ่ง นิพนธ์ และปรีชา (2516) แบ่งชนิดของแผ่นดินถล่ม อย่างกว้าง ๆ ไว้ 5 ประเภทด้วยกัน คือ

1) การหล่น (Falls) จะเกิดขึ้นเมื่อมวลดินเคลื่อนที่ไปในอากาศโดยอิสระ อาจจะโดยการตก กระโดดหรือกลิ้งไป โดยไม่มีการกระทำระหว่างสิ่งที่เคลื่อนที่ไปกับสิ่งอื่น การเคลื่อนที่

เกิดขึ้นรวดเร็วมาก ซึ่งอาจมีการเคลื่อนที่อย่างช้า ๆ มาก่อน หรืออาจไม่มีการเคลื่อนที่มาก่อนก็ได้ การหล่นมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ หินหล่นและดินหล่น

2) การเลื่อนไหล (Slides) ใช้เฉพาะในกรณีที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของกลุ่มมวลวัตถุ ที่เคลื่อนที่ไปบนผิวราบ ซึ่งอาจแบ่งย่อยออกได้เป็น การเลื่อนไหลจากมวลดินและหินทรุดตัว หินเลื่อนไหล ซึ่งการเลื่อนไหลจะมีลักษณะ คือ การเลื่อนไหลทั้งหมดจะมีผิวที่เกิดเลื่อนไหลแตกต่างหรือไม่สม่ำเสมอกันและการเลื่อนไหลจะเกี่ยวกับการแตกต่างของสาร เช่น หินและดิน

3) การไหล (Flow) หมายถึง การเคลื่อนที่ในมวลดินที่ถูกทำให้เคลื่อนที่ ซึ่งอาจถูกพาไปโดยวัตถุที่เคลื่อนที่หรือของเหลวที่มีความหนืด การไหลแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การไหลแบบแห้งกับการไหลแบบเปียก สำหรับการไหลแบบแห้ง แบ่งย่อยออกอีก 3 อย่าง คือ เศษหินไหล เศษหินกลิ้ง และดินเหลืองไหล ส่วนการไหลแบบเปียก แบ่งย่อยอีก 6 อย่าง คือ มวลดินหินไหล มวลดินหินไหลอย่างช้า ๆ ดินเลื่อนไหลฉับพลัน โคลนไหล ทรายไหล และตะกอนไหล

4) การไหลคลาน (Creeps) หมายถึง การเคลื่อนที่ของมวลสารอย่างช้า ๆ ลงข้างล่างของดินหรือเศษหินที่ถูกน้ำซัดจนเป็นโคลนลงสู่ที่ต่ำตามความลาดเทด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แต่เนื่องจากมีแรงเสียดทานของชั้นดินที่ต่างกัน ดินจะค่อย ๆ เลื่อนลงมา โดยปกติแล้วดินที่เลื่อนลงมาจะหนาไม่เกิน 3 ฟุต

5) การไหลเลื่อน (Subsidence Solifluction) เป็นการก่อตัวของวัตถุในทางตั้งที่มีการเคลื่อนที่ไปตามแนวนอนเล็กน้อย ซึ่งมักจะเกิดเนื่องจากการขุดบ่อถ่านหิน น้ำหนักบรรทุกมากเกินไปหรือแผ่นดินไหว การอัดตัวกันแน่นของตะกอน และสารละลายของเกลือและยิปซัม นอกจากนี้อาจเกิดการเคลื่อนย้ายแบบ (Solifluction) มักเกิดในแถบอากาศหนาวเป็นผลของการรวมของน้ำแข็ง โดยน้ำแข็งที่กำลังละลายมีการเคลื่อนที่ช้า แต่ติดต่อกันไปเรื่อย ๆ ไม่มีขอบเขต

มักเป็นพื้นที่ที่อยู่ตามลาดเชิงเขา หรือบริเวณที่ลุ่มที่ติดอยู่กับภูเขาสูงที่มีการพังทลายของดินสูงหรือสภาพพื้นที่ต้นน้ำที่มีการทำลายป่าไม้สูง นอกจากนั้นในบางพื้นที่อาจเป็นบริเวณภูเขาหรือหน้าผาที่เป็นหินผุพังง่าย ซึ่งมักก่อให้เกิดเป็นชั้นดินหนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่หินรองรับชั้นดินนั้นมีความเอียงสูง และเป็นชั้นหินที่ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้สะดวก ลักษณะดังกล่าวทั้งหมดพบได้ทั่วไปในประเทศไทย ซึ่งขณะนี้กรมทรัพยากรธรณีกำลังทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูล สำรวจเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาและสภาพแวดล้อมของพื้นที่เบื้องต้น และรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นพบว่าใน 51 จังหวัดทั่วประเทศ ซึ่งมีลักษณะพื้นที่เสี่ยงภัยต่อดินถล่มอยู่บริเวณลาดเชิงเขาและที่ลุ่มใกล้เขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ในบริเวณดังกล่าวมีความเสี่ยงภัยต่อดินถล่มมาก เนื่องจากเมื่อมีพายุฝนตกหนักต่อเนื่องจะทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำป่าไหลหลาก และดินถล่มตามมาได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ดังนั้นประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่

ดังกล่าวจึงควรให้ความสนใจและระมัดระวังเป็นพิเศษ ลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มมีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

1) อยู่ติดภูเขาและใกล้ลำห้วย
2) มีร่องรอยดินไหลหรือดินเลื่อนบนภูเขา
3) มีรอยแยกของพื้นดินบนภูเขา
4) อยู่บนเนินหน้าหุบเขาและเคยมีโคลนถล่มมาบ้าง
5) ถูกน้ำป่าไหลหลากและท่วมบ่อย
6) มีกองหิน เนินทรายปนโคลนและต้นไม้ ในห้วยใกล้หมู่บ้าน
7) พื้นห้วยจะมีก้อนหินขนาดเล็กใหญ่อยู่ปนกันตลอดท้องน้ำ

ข้อสังเกตหรือสิ่งบอกเหตุ

1) มีฝนตกหนักถึงหนักมาก (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน)
2) ระดับน้ำในห้วยสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
3) สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีของดินบนภูเขา
4) มีเสียงดัง อื้ออึง ผิดปกติดังมาจากภูเขาและลำห้วย
5) น้ำท่วมหมู่บ้าน และเพิ่มระดับขึ้นอย่างรวดเร็ว
6) มีปัจจัยที่สำคัญของการเกิดแผ่นดินถล่ม

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดดินถล่มและผลกระทบจากดินถล่ม

ความไม่เสถียรของความลาดชันที่ก่อให้เกิดดินถล่มเกิดได้จาก 4 ปัจจัย (Glade *et al*., 2004) ได้แก่

1. ปัจจัยเบื้องต้น (Precondition Factors) เป็นปัจจัยธรรมชาติที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อความไม่เสถียรของความลาดชัน ได้แก่ ชนิดหิน ลักษณะทางธรณีวิทยา โครงสร้างและสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น

2. ปัจจัยทางพลวัตที่สามารถพัฒนาทำให้เกิดดินถล่ม (Preparatory Factors) เช่น การผุพังของชั้นหิน การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเมื่อปัจจัยเบื้องต้นเกิดพร้อมกันปัจจัยทางพลวัตจะทำให้ความเสถียรของความลาดชันลดลง และนำไปสู่ความเสถียรแบบวิกฤต (Marginally Stable)

3. ปัจจัยกระตุ้น (Triggering Factors) เป็นปัจจัยที่เกิดจากภายนอก เช่น แผ่นดินไหว ฝนตกหนัก การสร้างถนนผ่านพื้นที่ลาดชัน และการละลายอย่างรวดเร็วของหิมะ

4. ปัจจัยสนับสนุน (Sustaining Factors) ได้แก่ ช่วงเวลา อัตราและรูปแบบของการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นตัวการผลักดันให้ความลาดเอียงไม่เสถียร (Actively Unstable) และเกิดดินถล่มในที่สุด โดยความคิดนี้คล้ายคลึงกับ (Avinash and Ashamanjari, 2010) ที่สรุปว่าตัวการหลักที่ทำให้เกิดดินถล่มมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ปัจจัยกึ่งคงที่ (Quasi-static Factors) เช่น ลักษณะธรณีสัณฐาน โครงสร้าง ชนิดหิน ลักษณะทางธรณีวิทยา และพืชพรรณ

2. ปัจจัยกระตุ้น (Triggering Factors) ได้แก่ ลักษณะอุทกวิทยา เช่น ฝนตก น้ำใต้ดิน หรือตัวแปรพลวัต เช่น แผ่นดินไหว

ผลกระทบจากดินถล่มเมื่อคำนึงถึงมนุษย์เป็นหลักสามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ (Glade *et al.*, 2004) ดังนี้

1. ผลกระทบโดยตรง (Direct Impacts) มักทำให้เกิดความเสียหายแก่อาคารและโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การถล่ม การชนกัน การเคลื่อนที่หรือการบิดเบือนของโครงสร้างต่าง ๆ จากการที่ดินถล่มลงมาตามความลาดชัน ต้นไม้บนภูเขาจะถูกถอนรากและพัดพาลงมาด้านล่าง พื้นที่การเกษตรอาจโดนดินถล่มปิดทับ จึงทำให้ผลผลิตในช่วงเวลาที่เกิดดินถล่มมีปริมาณน้อยกว่าในเวลาปกติ และจากการที่ดินถล่มเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงสามารถก่อให้เกิดความสูญเสียของชีวิตและทรัพย์สิน รวมทั้งการบาดเจ็บจากการที่โครงสร้างของอาคารหล่นใส่

2. ผลกระทบทางอ้อม (Indirect Impacts) เป็นผลกระทบที่เกิดจากการที่ดินถล่มเกิดร่วมกับกระบวนการอื่น ๆ เช่น ทะเลสาบ เขื่อน หรือระบบทางน้ำ ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์ไปถึงการเกิดดินยุบ การกัดเซาะของชายฝั่ง และสึนามิ โดยทั่วไปผลกระทบที่เกิดจากดินถล่มร่วมกับระบบทางน้ำจะมีความเสียหายค่อนข้างสูง เช่น ทางน้ำถูกตัดขาด หรือเกิดเขื่อนที่เกิดจากการสะสมตัวของดินถล่มขวางทางน้ำ โดยเขื่อนนี้อาจจะแตกเมื่อไรก็ได้ ส่งผลให้พื้นที่ปลายน้ำเกิดความเสียหายตามมา ยิ่งไปกว่านั้นดินถล่มที่เกิดบริเวณริมพื้นที่กักเก็บน้ำ เช่น เขื่อน อ่างเก็บน้ำ หรือทะเลสาบ สามารถทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่และอาจทำลายเขื่อน หรือทำให้น้ำหลากออกมายังพื้นที่ปลายน้ำหรือหมู่บ้านที่อยู่รอบ ๆ แหล่งน้ำ (Glade *et al.*, 2004) ดังนั้น การที่ผลกระทบทางอ้อมเป็นผลที่เกิดหลังจากการเกิดดินถล่มในช่วงระยะเวลาค่อนข้างยาวนาน จึงอาจทำให้เป็นการเพิ่มระดับความอันตรายและขยายพื้นที่เสี่ยงภัยให้กว้างขึ้นได้

การจำแนกพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

เป็นการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในอนาคต โดยการจำแนกออกเป็นพื้นที่ที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่ที่มีความเสถียร พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่ำ หรือพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวสูง ซึ่งไม่มีการนำข้อมูลของช่วงเวลาการเกิด (Period of Time) และองค์ประกอบที่ทำให้เกิดความเสี่ยง (Elements at Risk) เช่น ทรัพย์สิน กิจกรรมทางเศรษฐกิจ และประชาชน เป็นต้น มาร่วมใช้ในการวิเคราะห์ สำหรับการจำแนกพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสามารถเริ่มทำได้จากการจำแนกพื้นที่ดินถล่ม (Landslide Inventory) โดยการใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลหรือการสำรวจในภาคสนาม เพื่อระบุตำแหน่งของดินถล่มที่เคยเกิดขึ้น ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการที่จะช่วยเพิ่มความเข้าใจและสามารถทำนายกระบวนการการเกิดดินถล่มในอนาคตได้ (Varnes, 1984)

Varnes (1984) ได้กำหนดกฎในการจำแนกพื้นที่ดินถล่มออกเป็น 3 ข้อ ดังนี้

1. ดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นในอดีตและปัจจุบันเป็นกุญแจไปสู่อนาคต หมายถึง ดินถล่มมีโอกาสที่จะเกิดในพื้นที่เดิมหรือในพื้นที่ที่มีลักษณะธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยา สภาพอุทกวิทยาที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นแล้ว จึงทำให้สามารถทำนายพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในอนาคตได้ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าพื้นที่ที่ยังไม่เคยเกิดดินถล่มจะไม่มีโอกาสเกิดดินถล่มในอนาคต อีกทั้งกิจกรรมของมนุษย์ในปัจจุบันก็อาจเป็นตัวเร่งให้มีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเพิ่มขึ้นได้

2. ตัวการหลักของการเกิดดินถล่มสามารถระบุได้ เช่น ความลาดชัน องค์ประกอบหรือโครงสร้างของชั้นหินหรือดิน ระดับน้ำใต้ดิน เป็นต้น โดยผลของตัวการเหล่านี้สามารถให้คะแนนน้ำหนักเปรียบเทียบกับดินถล่มที่เคยเกิดขึ้น เพื่อสร้างความเข้าใจในกระบวนการการเกิดดินถล่มในแต่ละพื้นที่และทำนายพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้

3. ระดับของความเสี่ยงภัยสามารถกำหนดได้โดยการใช้ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณในการวัดปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม โดยกระบวนการนี้มีทั้งวิธีที่สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วจนถึงวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องมือหรือโปรแกรมที่ซับซ้อน ซึ่งมักจะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ ชนิดของข้อมูลและวิธีการคำนวณที่ต้องการนำมาใช้ในการวิเคราะห์

แผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มหรือการจำแนกพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลดินถล่มในอดีตร่วมกับข้อมูลปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดดินถล่ม เช่น กลุ่มหิน ความลาดชัน สิ่งปกคลุมพื้นที่หรือการใช้ประโยชน์พื้นที่ ระยะห่างจากธรณีวิทยาโครงสร้าง ถนน หรือทางน้ำ เป็นต้น แล้วทำการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดดินถล่มด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Varnes, 1984); (Lee and Jones, 2004)

ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาวิธีการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีการพัฒนาแบบจำลองในการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มรูปแบบใหม่ออกมาตลอดเวลา อีกทั้งในปัจจุบันเทคนิคการสำรวจระยะไกลและข้อมูลดิจิทัลได้เข้ามา

มีบทบาทในกระบวนการทำแผนที่ รวมไปถึงการศึกษาในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก (Varnes, 1984); (Chacon *et al*., 2006) ซึ่งนอกจากจะช่วยในงานสำรวจพื้นที่ดินถล่มในอดีตแล้ว ยังสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่สามารถทำงานกับชั้นข้อมูลจำนวนมาก เพื่อทำการเตรียมข้อมูลปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม (Gupta *et al*., 2008) ส่งผลให้ความแม่นยำของผลการศึกษาเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่การใช้กำลังคนในการดำเนินการลดลง ดังนั้น เทคนิคการสำรวจระยะไกลและเทคโนโลยีสารสนเทศจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการศึกษาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Chacon *et al*., 2006)

วิธีการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

เพื่อจัดทำเป็นแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสามารถจำแนกได้เป็น 2 วิธี (Schuster and Kockelman, 1996); (Lee and Jones, 2004); (Kumar and Anbalagan, 2015) คือ

1. วิธีการประเมินเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) ประกอบด้วย

1.1 แผนที่ร่องรอยดินถล่ม (Landslide Inventory) เป็นการแปลความหมายพื้นที่ดินถล่มจากภาพถ่ายต่าง ๆ ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ในการแสดงผล แปลความหมาย และจัดเก็บรายละเอียดของข้อมูล ทำให้สามารถเข้าใจลักษณะเบื้องต้นของการเคลื่อนที่ของดินถล่มและอาจจะคาดการณ์แนวโน้มของการเกิดดินถล่มในอนาคตได้

1.2 วิธีฮิวริสติก (Heuristic Methods) เป็นการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ โดยให้คะแนนน้ำหนักของแต่ละตัวแปรของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มและจำแนกพื้นที่ของความรุนแรงจากการเก็บข้อมูลในภาคสนาม โดยใช้ความรู้ ความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้คะแนนเพื่อประเมินศักยภาพของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม ดังนั้น ผู้ประเมินจึงจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานของความน่าจะเป็นของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม รวมไปถึงกระบวนการทางธรณีสัณฐานในพื้นที่นั้น ๆ และการตัดสินใจเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของแต่ละพื้นที่ (Schuster and Kockelman, 1996)

2. วิธีการประเมินเชิงปริมาณ (Quantitative Method) เป็นวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อเพิ่มความแม่นยำของการประเมิน และขจัดข้อด้อยของวิธีฮิวริสติกที่ขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญของผู้ประเมิน โดยวิธีการนี้พยายามที่จะประเมินข้อมูลเชิงพื้นที่ของดินถล่มร่วมกับความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม (Raghuvanshi et al., 2015) สามารถจำแนกย่อยได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีทางสถิติ (Statistic Methods) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางสถิติ ได้แก่

1.1 สถิติสำหรับการวิเคราะห์สองตัวแปร (Bivariate statistical analysis) เป็นการคำนวณความหนาแน่นของดินถล่มในแต่ละช่วงของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มนั้น ๆ เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละช่วง นำไปสู่การระบุพื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม เช่น วิธี Weights of Evidence และวิธี Information Value เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการทางสถิติที่ใช้ความน่าจะเป็นเข้ามาวิเคราะห์ ได้แก่ วิธีอัตราส่วนความถี่ หรือ Frequency Ratio (Avinash and Ashamanjari, 2010); (Kumar and Anbalagan, 2015); (Shahabi *et al.*, 2015) ซึ่งเป็นการประยุกต์ความสัมพันธ์ของดินถล่มในอดีตกับปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม เพื่อคำนวณหาอัตราส่วนความถี่ของดินถล่มในแต่ละช่วงของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม ถ้าผลการคำนวณที่ได้มีค่ามากกว่า 1 แปลว่ามีโอกาสในการเกิดดินถล่มสูง และหากมีค่าน้อยกว่า 1 แปลว่าโอกาสจะเกิดดินถล่มต่ำ (Shahabi *et al.*, 2015) จากนั้นเมื่อนำค่าอัตราส่วนความถี่ของทุกปัจจัยมาบวกกันก็จะได้ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide Susceptibility Index) ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสร้างแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อ การเกิดดินถล่มต่อไป

1.2 สถิติสำหรับการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate Statistical Analysis) เป็นการคำนวณผลกระทบรวมของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรอิสระทำให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร (Kumar and Anbalagan, 2015) จึงสามารถทำนายบริเวณที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในอนาคตได้ ซึ่งเทคนิคนี้มักใช้เวลาในการเก็บข้อมูลและดำเนินการค่อนข้างนาน ตัวอย่างของวิธีนี้ ได้แก่ Multiple Regression, Logistic Regression, Discriminant Analysis, Fuzzy Logic, Relative Effect และ Artificial Neural Networks (ANNs)

2. วิธี Mechanistic Approaches หรือ Deterministic Approach มักถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ มีข้อมูลจำนวนมาก (Schuster and Kockelman, 1996) เป็นการคำนวณทางวิศวกรรม โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกลไกกายภาพที่อาจทำให้ชั้นหินหรือดินเกิดการถล่ม เพื่อวิเคราะห์ความไม่เสถียรของความลาดชัน ทำให้สามารถประเมินค่าความปลอดภัยได้ (Factor of Safety) ส่วนใหญ่มักจะใช้กับดินถล่มแบบไถล (Translational Landslide) โดยทั่วไปการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีการประเมินเชิงปริมาณสามารถสรุปได้ 4 ขั้นตอน (Shahabi *et al.*, 2015) ดังนี้

1. แปลความหมายพื้นที่ดินถล่ม โดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกล เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม หรือการเก็บข้อมูลในภาคสนามเพื่อให้ได้แผนที่ร่องรอยดินถล่ม

2. จัดทำข้อมูลปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม โดยใช้ข้อมูลจากเทคนิคการสำรวจระยะไกล เช่น ข้อมูล Digital Elevation Model (Dem) ภาพดาวเทียม แผนที่ภูมิประเทศ หรือแผนที่ธรณีวิทยา จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ (GIS)

3. ค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ จะถูกกำหนดจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแบบจำลองที่นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อจัดทำเป็นแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่อไป

4. นำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้มาตรวจสอบหาค่าความถูกต้อง ซึ่งมีหลายวิธีที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบ เช่น Receiver Operating Characteristic Curve หรือ Area Under Curve โดยค่าที่ได้จากการตรวจสอบนี้ จะเป็นตัวช่วยสำหรับคนทั่วไปในการตัดสินใจที่จะนำแผนที่นี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปหรือไม่ (Chung and Fabbri, 2003)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดดินถล่ม

พื้นที่เป็นหินแข็งเนื้อแน่น แต่ผุง่าย มีชั้นดินสะสมตัวหนาบนภูเขา ภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงชัน ที่ลาดเชิงเขา หุบเขา และหน้าผา ป่าไม้ถูกทำลาย มีฝนตกหนักต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน (มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน) และภัยธรรมชาติอื่น ๆ เช่น พายุ แผ่นดินไหว และไฟป่า ซึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญอันดับต้น ๆ ของการเกิดดินถล่ม ได้แก่

1. ความลาดชัน ส่วนใหญ่มีผลต่อการกระจายพื้นที่ และความรุนแรงของดินถล่ม (Shafique, 2016) เนื่องจากดินถล่มเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหิน จากที่สูงเคลื่อนตัวลงมาตามลาดเขา ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งโดยส่วนมากการเกิดดินโคลนถล่มจะเกิดบริเวณพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง อีกทั้งยังส่งผลต่อความเร็วในการเคลื่อนตัวของมวลดินหรือหิน กล่าวคือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะส่งผลต่อการเกิดดินถล่มมากยิ่งขึ้น (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือ, 2552)

2. ลักษณะดิน อยู่ในพื้นที่ภูเขาและเทือกเขา ซึ่งมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 ลักษณะและสมบัติของดินที่พบไม่แน่นอน มีทั้งดินลึกและดินตื้น ลักษณะของเนื้อดินและความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดในบริเวณนั้น มักมีเศษหิน ก้อนหิน หรือหินโผล่กระจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ประเภทต่าง ๆ เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังหรือป่าดงดิบชื้น หลายแห่งมีการทำไร่เลื่อนลอยโดยปราศจากมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน จนบางแห่งเหลือแต่หินโผล่ การสูญเสียมวลดินจากการชะล้างพังทลาย โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ที่มีความลาดชัน ทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินที่มีธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุในดิน ตลอดจนโครงสร้างของดินส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์และความสามารถในการให้ผลผลิตของดินลดลงถึงระดับที่ไม่สามารถทำการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งปัญหาการจัดการที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับสมรรถนะที่ดิน การใช้ที่ดินโดยปราศจากการบำรุงรักษา รวมถึงการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อขยายพื้นที่การเกษตรโดยไม่มี

การควบคุม ล้วนแต่ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินและที่ดินอย่างรวดเร็ว และส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ

สำหรับการสูญเสียดินจากกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน พบว่าเกิดขึ้นอยู่ทั่วไปในทุกประเทศ ทั้งในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ต้นน้ำ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดชันและไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปัญหาการชะล้างพังทลายของหน้าดินนี้เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง สำหรับอัตราการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินรายงานว่ามีอัตราการสูญเสียดินสูงสุดในช่วง 20 - 40 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในทางพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายจะเกิดการสูญเสียดินที่รุนแรงทั้งอัตราและปริมาณ ซึ่งมีการประเมินการสูญเสียดินในรูปของมูลค่าธาตุพืชในตะกอนดินที่ถูกชะล้างไปทั่วประเทศในรูปของปุ๋ยจะมีมูลค่าสูงถึง 8,468 ล้านบาทต่อปี แสดงให้เห็นมูลค่าของทรัพยากรดินที่สูญเสียไปจากพื้นที่อย่างต่อเนื่อง เมื่อไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังนั้นการใช้เลือกใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ให้เหมาะสมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง (กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำ กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าลักษณะของดินมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ความแข็ง การซึมผ่าน จึงมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม (Chen, 2012 ; Faraji Sabokbar, 2014)

กลุ่มชุดดิน เป็นหน่วยของแผนที่ดินที่กรมพัฒนาที่ดินพัฒนาขึ้นมา โดยการรวมชุดดินที่มีลักษณะ สมบัติ และศักยภาพในการเพาะปลูก รวมถึงการจัดการดินที่คล้ายคลึงกันมาไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน เพื่อประโยชน์ในการให้คำแนะนำ การตรวจสอบลักษณะดิน การใช้ที่ดิน และการจัดการดินที่เหมาะสมให้แก่เกษตรกร กลุ่มชุดดินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่ม พบได้ทุกภาคในบริเวณที่ลุ่ม การระบายน้ำของดินไม่ดีมักมีน้ำแช่ขังในฤดูฝน ไม่เหมาะสำหรับเพาะปลูกพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น และกลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอน ดินบนพื้นที่ดอน หมายถึง ดินที่ไม่มีน้ำขังบริเวณที่เป็นเนิน มีการระบายน้ำดี สภาพพื้นที่อาจเป็นที่ราบเรียบ เป็นลูกคลื่น หรือเนินเขา ใช้ปลูกพืชไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น ซึ่งต้องการน้ำน้อย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย คือ ดินในพื้นที่ดอนเขตดินแห้ง ดินในพื้นที่ดอนในเขตดินชื้น และดินบนพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนหรือพื้นที่ภูเขา (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548) กลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่จังหวัดแพร่ ประกอบไปด้วย 5 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 15 ชุดที่ 39 ชุดที่ 47 ชุดที่ 61 และ ชุดที่ 62 มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มชุดที่ 15 ชุดดินหล่มสัก (La) ชุดดินแม่สาย (Ms) และชุดดินแม่ทะ (Mta) กลุ่มดินทรายแป้งลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำน้ำ ปฏิกิริยาดินเป็นกลางหรือเป็นด่าง การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง ปัญหาที่พบ ได้แก่ หน้าดินแน่นทึบ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ บางพื้นที่ขาดแคลนน้ำ และน้ำท่วมขังในฤดูฝน ทำความเสียหายกับพืชที่ไม่ชอบน้ำ

กลุ่มชุดดินที่ 39 ชุดดินคอหงษ์ (Kh) ชุดดินนาทวี (Nat) ชุดดินสะเดา (Sd) และชุดดินทุ่งหว้า (Tg) ลักษณะเด่น กลุ่มดินร่วนหยาบลึกถึงลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำน้ำหรือวัตถุต้นกำเนิดดินเนื้อหยาบ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาที่พบ คือ มีลักษณะเป็นดินปนทรายมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดแคลนน้ำในระยะที่ฝนทิ้งช่วงนาน และในพื้นที่ที่มีความลาดชัน ดินง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดิน แนวทางการจัดการ ปลูกพืชไร่หรือพืชผัก เลือกพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ จัดระบบการปลูกพืชหมุนเวียนตลอดทั้งปี ให้มีการปลูกพืชบำรุงดินร่วมอยู่ด้วย มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น ปลูกพืชคลุมดิน มีวัสดุคลุมดิน ปลูกพืชแซมขั้นบันได คันดิน ทำแนวรั้วหญ้าแฝกหรือทำฐานเฉพาะต้นในช่วงการเจริญเติบโต ก่อนเก็บผลผลิตและภายหลังเก็บผลผลิต ใช้ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ตามชนิดพืชที่ปลูก พัฒนาแหล่งน้ำและจัดระบบการให้น้ำในแปลงปลูก

กลุ่มชุดดินที่ 47 ชุดดินลี้ (Li) ชุดดินมวกเหล็ก (Ml) ชุดดินนครสวรรค์ (Ns) ชุดดินโป่งน้ำร้อน (Pon) ชุดดินสบปราบ (So) และชุดดินท่าลี่ (Tl) ลักษณะเด่น กลุ่มดินตื้นถึงชั้นหินพื้น ปฏิกิริยาดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง มีการระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาที่พบ คือ ขาดแคลนน้ำและเกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน บางพื้นที่มีเศษหินหรือหินพื้นที่โผล่บริเวณหน้าดิน แนวทางการจัดการ พื้นที่ที่เป็นดินตื้นมาก มีเศษหินหรือหินพื้นโผล่มาก ไม่เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตร ควรปล่อยไว้ให้เป็นป่า หรือปลูกไม้ใช้สอยโตเร็ว

กลุ่มชุดดินที่ 61 ลักษณะเด่น กลุ่มดินเศษหินเชิงเขาที่เกิดจากการแตกผุพังสลายตัวของหินเชิงเขา พบเศษหินหรือก้อนหินร่วงลงมาทับถมบริเวณเชิงเขากระจัดกระจายทั่วไป ลักษณะและสมบัติดินไม่แน่นอน การระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาที่พบ คือ ดินตื้นที่มีก้อนหินหรือเศษหินกระจัดกระจายทั่วไป ในพื้นที่ลาดชันเกิดการชะล้างพังทลายและขาดแคลนน้ำ แนวทางการจัดการ พื้นที่ที่เป็นดินตื้นมาก มีก้อนหิน หรือเศษหินกระจัดกระจายทั่วไป ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร ควรปล่อยไว้ให้เป็นป่า

กลุ่มชุดดินที่ 62 พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope Complex: SC) ลักษณะเด่น เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่บริเวณนี้ยังไม่มีการศึกษา สำรวจและจำแนกดิน เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง ซึ่งถือว่ายากต่อการจัดการดูแลรักษาสำหรับการเกษตรปัญหาที่พบ คือ มีความลาดชันสูงมาก ในพื้นที่ทำการเกษตรจะเกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินอย่างรุนแรง ขาดแคลนน้ำและบางพื้นที่อาจพบชั้นหินพื้นหรือเศษหินกระจัดกระจายอยู่บริเวณหน้าดิน แนวทางการจัดการ คือ ควรปล่อยไว้ให้เป็นป่าตามธรรมชาติ เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า แหล่งต้นน้ำลำธาร ในกรณีที่จำเป็นต้องนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จำเป็นต้องมีการศึกษาดิน เพื่อให้ทราบถึงความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืช โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในเชิงอนุรักษ์หรือวนเกษตร ในบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินลึกและสามารถพัฒนาแหล่งน้ำได้ มีระบบอนุรักษ์

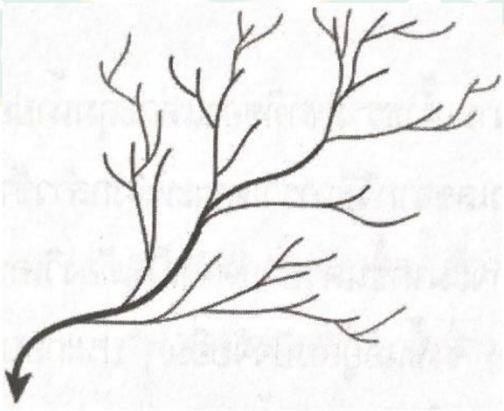
ดินและน้ำ เช่น ปลูกพืชคลุมดิน ทำแนวรั้วหญ้าแฝกและขุดหลุมปลูกเฉพาะต้น โดยไม่มีการทำลายไม้พื้นล่าง สำหรับในพื้นที่ที่ไม่มีศักยภาพทางการเกษตร ควรรักษาไว้ให้เป็นสวนป่า สร้างสวนป่าหรือใช้ปลูกไม้ใช้สอยโตเร็ว

3. เส้นทางถนน การสร้างถนนในพื้นที่ที่เป็นภูเขา มักจะนำไปสู่ความไม่มั่นคงของความลาดชันและนำไปสู่การเกิดดินถล่มในที่สุด (Shafique, 2016) เพื่อประเมินผลกระทบจากเส้นทางถนนในพื้นที่ศึกษาจะใช้ภาพจากดาวเทียม และตรวจสอบจากการลงพื้นที่ ต่อจากนั้นระยะทางจากถนนนำไปคำนวณโดยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4. เส้นทางน้ำ น้ำจะกัดเซาะเพื่อประเมินผลกระทบของเส้นทางน้ำ (Gorum, 2011) ในพื้นที่ศึกษาจะคำนวณได้จาก Dam โดยระยะห่างจากเส้นทางน้ำเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำในดิน ซึ่งเป็นบทบาทสำคัญต่อการเกิดดินถล่ม ในการศึกษาของ ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือ (2552) กนกพร (2551) และ สัมพันธ์ และคณะ (2552) พบว่าพื้นที่ที่มีระยะใกล้กับทางน้ำมีโอกาส เกิดดินถล่มได้มากกว่าพื้นที่ที่ไกลออกไป

แบบรูปทางน้ำที่พบเห็นบนพื้นผิวโลก (มนตรี, 2554)

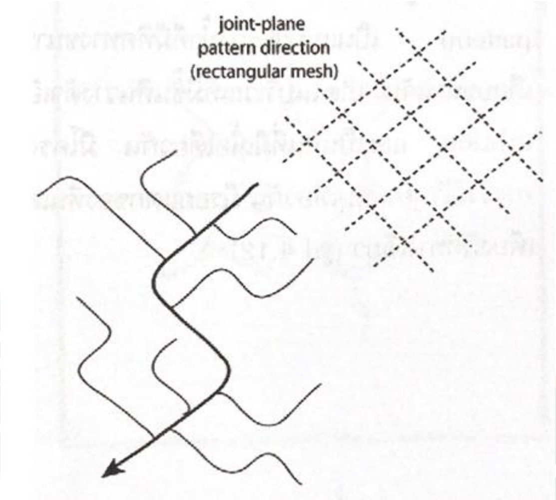
1. แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (Dendritic Drainage Pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่แสดงสาขาของลำธารมีลักษณะคล้ายกับการแผ่กิ่งก้านสาขาของต้นไม้ เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีสาขาหลายสายไหลมาลงทางน้ำสายใหญ่ มีความทนทานต่อการกร่อนใกล้เคียงกัน เช่น หินทราย หินแกรนิต หรือหินไนส์ และไม่ขึ้นกับอิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีวิทยา



ภาพที่ 10 แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้

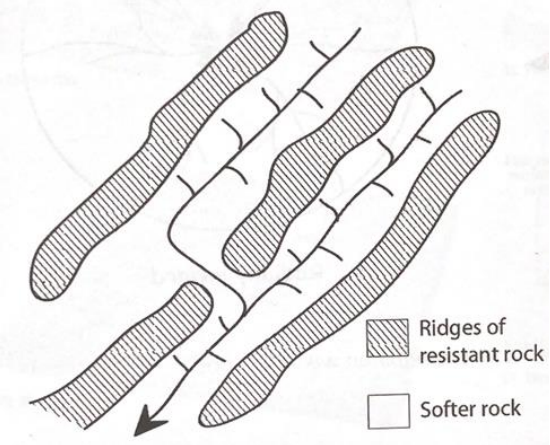
ที่มา: http;//en.wikipedia.org

2. แบบรูปทางน้ำตั้งฉาก (Rectangular Drainage Pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่มักพบในบริเวณพื้นที่ที่มีรอยแตกของหินตัดกันเป็นมุมเกือบตั้งฉากหรือตั้งฉากซึ่งกันและกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวน่าจะมีรอยแตกที่เป็นระบบ



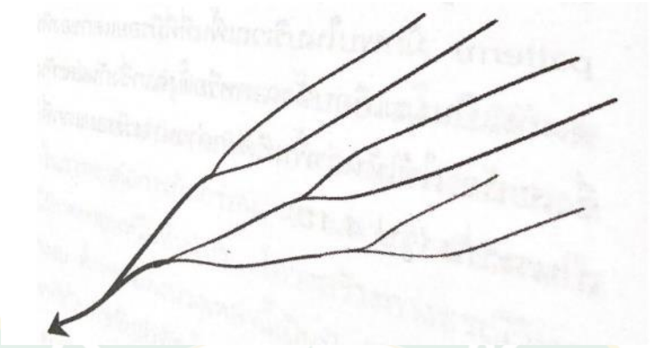
ภาพที่ 11 แบบรูปทางน้ำตั้งฉาก
ที่มา: http;//en.wikipedia.org

3. แบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่น (Trellis Drainage Pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีทางน้ำหลายสายไหลขนานกัน โดยมีลำน้ำสาขาไหลมาบรรจบในแนวตั้งฉากกับลำน้ำสายใหญ่ ณ จุดต่าง ๆ และลำน้ำสาขานั้น ๆ ยังแตกแนวออกไปในแนวตั้งฉาก ซึ่งไหลขนานกับทางน้ำสายใหญ่ ด้วยทางน้ำเหล่านี้จะเกิดในบริเวณที่มีชั้นหินเนื้อแข็งสลับชั้นหินเนื้ออ่อน



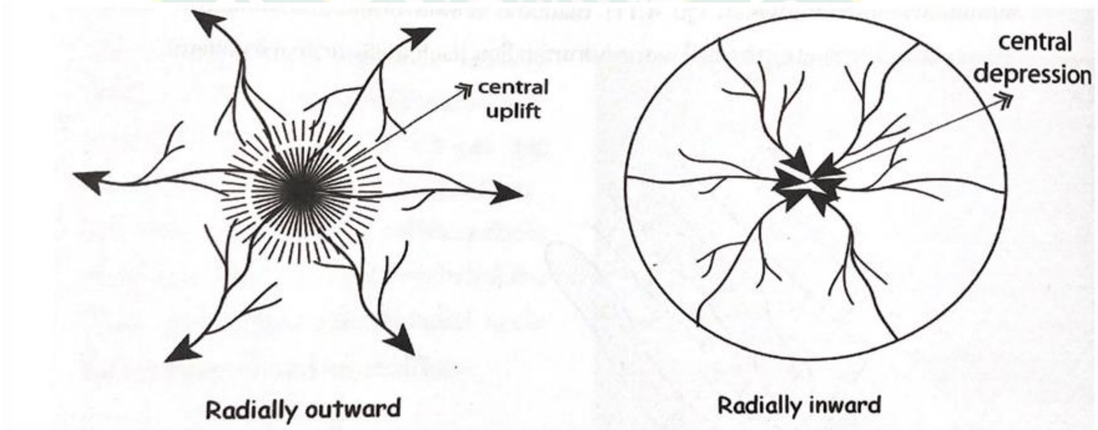
ภาพที่ 12 แบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่น
ที่มา: http;//en.wikipedia.org

4. แบบรูปทางน้ำขนาน (Parallel Drainage Pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีทิศทางขนานหรือเกือบขนานกัน เกิดในบริเวณที่มีชั้นหินวางตัวเอียงเทสม่ำเสมอ และเป็นหินที่มีเนื้อเดียวกันมีโครงสร้างทางธรณีแบบเดียวกัน มีรอยแตกของหินเด่นชัดเพียงทิศทางเดียว



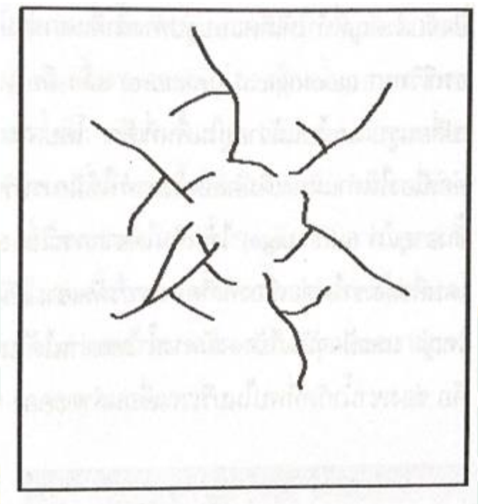
ภาพที่ 13 แบบรูปทางน้ำขนาน
ที่มา: http;//en.wikipedia.org

5. แบบรูปทางน้ำรัศมี (Radical Drainage Pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีทิศทางการไหลของน้ำออกจากศูนย์กลางมีลักษณะเป็นรูปรัศมี มักเกิดในบริเวณพื้นที่ตรงกลางสูง โดยเฉพาะพื้นที่โครงสร้างรูปโดมที่เกิดใหม่ ๆ ยังไม่มีการกร่อนหรือพื้นที่กรวยภูเขาไฟ หากเป็นพื้นที่รูปโดมที่มีการกร่อนจนเป็นแอ่งบนโดมจะเกิดทางน้ำเป็นแบบรูทางน้ำสู่ศูนย์กลาง



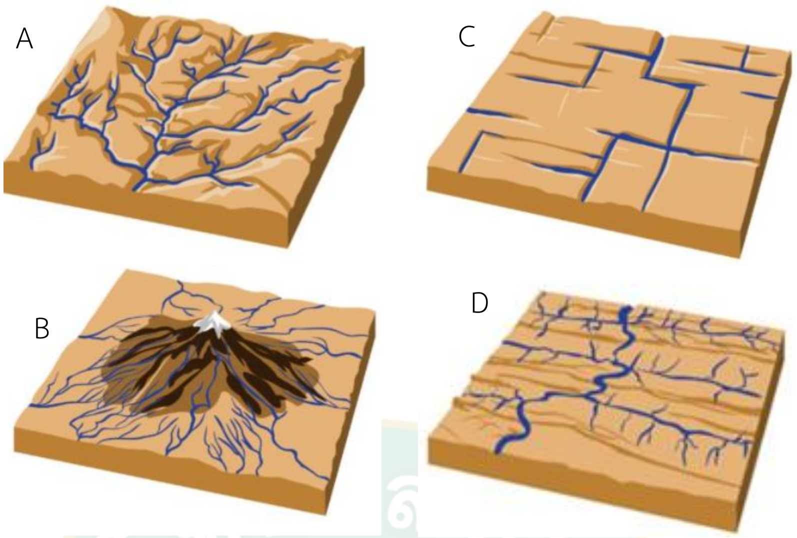
ภาพที่ 14 แบบรูปทางน้ำรัศมี
ที่มา: http;//en.wikipedia.org

6. แบบรูปทางน้ำวงแหวน (Annular Drainage Pattern) เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีรูปร่างคล้ายวงแหวนขนาดต่าง ๆ ซ้อนกัน เกิดจากกระแสน้ำในแควและลำธารกัดเซาะชั้นหินที่มีเนื้ออ่อนกว่า ซึ่งแทรกสลับอยู่กับหินชั้นที่มีเนื้อแข็งกว่าในบริเวณที่มีโครงสร้างรูปโดม



ภาพที่ 15 แบบรูปทางน้ำวงแหวน
ที่มา: http;//en.wikipedia.org

แบบรูปทางน้ำที่พบเห็นบ่อยบนพื้นโลก มักเป็นแบบรูปกิ่งไม้มักพบในหินที่มีเนื้อเดียวกัน แบบรัศมีมักพบในบริเวณภูเขาไฟ แบบตั้งฉากที่มักพบในบริเวณที่มีรอยแตกที่เป็นระบบ และแบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่นมักพบที่สะท้อนความแตกต่างของความแข็งและความอ่อนของชั้นหินที่สลับกัน (มนตรี, 2554)



ภาพที่ 16 แบบรูปทางน้ำที่พบเห็นบ่อยบนพื้นผิวโลก
แบบรูปกิ่งไม้ (A), แบบรูปรัศมี (B), แบบรูปตั้งฉาก (C) และแบบรูปทางน้ำร้านเถาองุ่น (D)
ที่มา: http://www.mitrearth.org/8-4-drainage-system/

5. ปริมาณน้ำฝน ดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นในประเทศไทย จะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกหนักเป็นเวลานาน โดยน้ำฝนจะไหลซึมลงไปในชั้นดินจนกระทั่งชั้นดินชุ่มน้ำไม่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้ เนื่องจากความดันของน้ำในดินเพิ่มขึ้น (Piezometric Head) เป็นการเพิ่มความดันในช่องว่างของเม็ดดิน (Pore Pressure) ดันให้ดินมีการเคลื่อนที่ลงมาตามที่ลาดเขาได้ง่าย และนอกจากนี้แล้วน้ำที่เข้าไปแทนที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินลดน้อยลง ส่งผลให้ดินมีกำลังรับแรงต้านทานการไหลลดลง ทำให้ความปลอดภัยของที่ลาดดินลดลงไปด้วย (วรากร และคณะ, 2546) และถ้าหากปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นจนมวลดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำ และระดับน้ำในชั้นดินสูงขึ้นมาที่ระดับผิวดินจะเกิดการไหลบนผิวดินและกัดเซาะหน้าดินความปลอดภัยของที่ลาดดินจะลดลงไปครึ่งหนึ่งของสภาวะปกติ (Glawe, 2004) หมายความว่าที่ลาดดินเริ่มมีการเคลื่อนตัวตามระนาบของการเคลื่อนตัวของดิน และถ้าฝนตกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานออกไป น้ำจะไหลลงไปในระนาบของรอยการเคลื่อนตัวและชะล้างเม็ดดินที่เป็นดินเหนียวออกไปตามแนวระนาบ ทำให้ค่าแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดดินบริเวณระนาบการเคลื่อนตัวลดลงไปอย่างมาก ก่อให้เกิดดินถล่มลงมาตามความลาดชันของไหล่เขา

การวัดปริมาณน้ำฝน ระดับความลึกของน้ำฝนในภาชนะที่รองรับน้ำฝน ทั้งนี้ภาชนะที่รองรับน้ำฝนจะต้องตั้งอยู่ในแนวระดับ และวัดในช่วงเวลาที่กำหนด หน่วยที่ใช้วัดปริมาณน้ำฝนนิยมใช้ในหน่วยของมิลลิเมตร การวัดปริมาณน้ำฝนจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) ซึ่งจะตั้งไว้กลางแจ้งเพื่อรับน้ำฝนที่ตกลงมา มีหลายแบบ ปริมาณน้ำฝนเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง

สิ่งหนึ่งในอุตุนิยมวิทยา เพราะฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการกสิกรรมและอื่น ๆ การวัดปริมาณน้ำฝนใช้วัดความสูงของจำนวนฝนที่ตกลงมาจากท้องฟ้า โดยให้น้ำฝนตกลงในภาชนะโลหะซึ่งส่วนมากทำเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 เซนติเมตร ฝนจะตกผ่านปากกระบอกลงไปตามท่อกรวยสู่ภาชนะรองรับน้ำฝนไว้ เมื่อต้องการทราบปริมาณน้ำฝน ใช้แก้วตวงที่มีมาตราส่วนแบ่งไว้สำหรับอ่านปริมาณน้ำฝนเป็นมิลลิเมตรหรือเป็นนิ้ว ในการรายงานปริมาณน้ำฝนนั้นจะรายงานว่าฝนตกเล็กน้อย ฝนตกปานกลาง ฝนตกหนัก หรือฝนตกหนักมาก แต่การที่จะตั้งเกณฑ์สากลไม่อาจทำได้ เพราะสภาพของฝนในแต่ละประเทศมีปริมาณไม่เหมือนกัน เฉพาะประเทศไทยใช้รายงานเป็นจำนวนมิลลิเมตร ต่อ 24 ชั่วโมง โดยมีหลักเกณฑ์ในการรายงาน ดังนี้

ปริมาณฝนต่อ 24 ชั่วโมง

ฝนตกเล็กน้อย	0.1-10.0	มิลลิเมตร
ฝนตกปานกลาง	10.1-35.0	มิลลิเมตร
ฝนตกหนัก	35.1-90.0	มิลลิเมตร
ฝนตกหนักมาก	90.1	มิลลิเมตร ขึ้นไป

ถ้ามีฝนน้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร จะรายงานว่า มีฝนตกเล็กน้อยวัดปริมาณไม่ได้

6. การใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าส่วนใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การทำการเกษตรบนพื้นที่สูงหรือบริเวณเชิงเขา การปลูกสร้าง สิ่งก่อสร้างกีดขวางทางน้ำ เป็นต้น มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม (ไตรภพ, 2555) ส่วนใหญ่ คือ พื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายรากต้นไม้ใหญ่ที่เคยทำหน้าที่ยึดชั้นดินและดูดซับน้ำฝนไว้จะผุสลายเมื่อน้ำในดินมีปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ น้ำหนักของมวลดินเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่ชั้นหินฐานที่รองรับหน้าดินรับน้ำหนักไว้ไม่ไหวเกิดการพังทลาย ทำให้มวลดินที่อุ้มน้ำเคลื่อนที่ไหลลงสู่ที่ต่ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้ในการศึกษาของ (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) พบว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติในบริเวณภูเขาสูงชันจะมีการบุกรุกทำลายป่าโดยทำการเกษตรในพื้นที่สูงหรือบริเวณเชิงเขา มีการตัดถนนผ่านไหล่เขาเพื่อสร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือการปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางน้ำ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์ที่ดินหรือลักษณะของสิ่งปกคลุมดินมีผลต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งในบริเวณพื้นที่ที่มีการทำเกษตรในพื้นที่ลาดเชิงเขาหรือการกำจัดพืชที่ปกคลุมดินและการตัดไม้ทำลายป่า การกระทำเหล่านี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบริเวณผิวดินหรือทำให้น้ำไหลผ่านหน้าดินได้อย่างรวดเร็ว และดินขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดดินถล่มในที่สุด (สุภัทรา และดวงเดือน, 2560)

7. ชนิดของหิน หินต่างชนิดกันจะมีอัตราการผุพังต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ต่างกัน หินต่างชนิดกันเมื่อผุพังกลายเป็นดินที่แตกต่างกัน หินแกรนิตจะมีอัตราการผุพังสูง เมื่อผุพังแล้วจะให้ชั้นดินทรายร่วน หรือดินทรายปนดินเหนียวและให้ชั้นดินหนา หินภูเขาไฟ

มีอัตราการผุพังใกล้เคียงกับหินแกรนิต เมื่อผุพังจะให้ชั้นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว และให้ชั้นดินหนา และหินดินดาน-หินโคลน เมื่อผุพังจะให้ชั้นดินเป็นดินเหนียวปนทราย และมีความหนาแน่นน้อยกว่าหินแกรนิต

นอกจากชนิดของหินแล้ว อายุของหินก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการผุพังของดิน (สุทธิศักดิ์, 2551) ได้ทำการประเมินพื้นที่โอกาสดินถล่มตามคุณสมบัติของดินที่ผุสลายมา จากหินในแต่ละยุคตามลักษณะธรณีวิทยาของประเทศไทย เพื่อนำคุณสมบัติที่ได้มาทำการจัดกลุ่มชุดหินที่มีความหมายทางวิศวกรรม พบว่า กลุ่มหินที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มแบ่งได้เป็น 10 กลุ่ม

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยหินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัส-ยุคเพอร์เมียน (Carboniferous-Permian) มีการกระจายตัวส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศ ไทยและบางส่วนมีการกระจายตัวอยู่บริเวณภาคตะวันออกกำหนดให้เป็นกลุ่มหินที่เป็นตัวแทนของหินแกรนิตในภาคเหนือครอบคลุมร้อยละ 0.74 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยหินแกรนิตยุคจูแรสสิก-ครีเทเชียส (Jurassic-Cretaceous) มีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคใต้ จึงกำหนดให้เป็นกลุ่มที่เป็นตัวแทนของหินแกรนิตในภาคใต้ครอบคลุมร้อยละ 1.84 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยหินแกรนิตยุคจูแรสสิก (Jurassic) มีการกระจายตัวค่อนข้างกระจัดกระจาย โดยครอบคลุมพื้นที่ภาคเหนือของประเทศเป็นส่วนใหญ่ รองลงมา ได้แก่ พื้นที่ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามลำดับ ครอบคลุมร้อยละ 4.55 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยหินภูเขาไฟและหินอัคนีอื่น ๆ ได้แก่ หินบะซอลท์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์หินทัฟฟ์ หินฮอร์นเบลนไดต์ หินเซอร์เพนทิไนต์ และหินไพรอกซีไนต์ ครอบคลุมร้อยละ 3.04 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยหินทรายและหินทรายแป้ง มีการกระจายตัวครอบคลุม พื้นที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมร้อยละ 17.55 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 6 ประกอบด้วยหินดินดานและหินโคลน มีการกระจายตัวครอบคลุม พื้นที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ ครอบคลุมร้อยละ 18.79 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 7 ประกอบด้วยหินตะกอนหลายชนิดแทรกสลับชั้นกัน มีการกระจายตัว ครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกครอบคลุมร้อยละ 7.17 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 8 ประกอบด้วยหินแปร เช่น หินไนส์ หินชีสต์ หินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ หินอ่อน หินเชิร์ต และหินทัฟฟ์ ถูกแปรสภาพ ครอบคลุมร้อยละ 6.12 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 9 ประกอบด้วยตะกอนยุคควอเทอร์นารี คือ ตะกอนน้ำพา และตะกอน ตะพักลำน้ำ ครอบคลุมร้อยละ 32.89 ของพื้นที่ทั้งประเทศ

กลุ่มที่ 10 ประกอบด้วยหินปูนในยุคออร์โดวิเชียนและเพอร์เมียนครอบคลุม ร้อยละ 7.13

8. ความโค้ง (Curvature) คือ เส้นที่เกิดจากการตัดกันระหว่างพื้นผิวกับระนาบแบบสุ่ม (Ramesh and Anbazhagan, 2015) ซึ่งมีผลกับความเร่งและการชะลอตัวของวัตถุที่ไหลบนพื้นผิว เชื่อมโยงไปถึงกระบวนการเคลื่อนที่ของวัตถุ (Mass Movement) หรือกระบวนการผุพัง (Erosion Processes) (Kumar and Anbalagan, 2015) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะทางลาดของลักษณะภูมิประเทศและการไหลได้ โดยทั่วไปแล้วความโค้งของพื้นที่สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือ โค้งนูน (Convex) โค้งเว้า (Concave) และเส้นตรงหรือพื้นที่ราบ (flat) (ภัทรรินทร์, 2560)

9. ทิศด้านลาด สามารถบ่งบอกถึงโครงสร้างของชั้นหินและมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นหินหรือดิน เช่น ทิศทางการรับแสงแดดของชั้นหิน หรือการเจริญเติบโตและการคายน้ำของพืชที่อยู่บนชั้นหินหรือดิน (Ramesh and Anbazhagan, 2015) ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและอุณหภูมิ ดังนั้นทิศด้านลาดหรือหน้ารับน้ำฝนจึงเป็นหนึ่งในสาเหตุที่อาจทำให้เกิดดินถล่มได้ โดยทั่วไปทิศด้านลาดหรือหน้ารับน้ำฝนจะมีทิศทางตั้งแต่ 1-360 องศา โดยที่หน้ารับน้ำฝนที่เป็นที่ราบจะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ -1

จังหวัดแพร่

จังหวัดแพร่เป็น 1 ใน 17 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งเหนือที่ 14.70 ถึง 18.44 องศา กับเส้นแวงที่ 99.58 ถึง 100.32 องศา อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 155 เมตร อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครตามทางหลวงหมายเลข 11 และ 101 ประมาณ 555 กิโลเมตร และทางรถไฟ 550 กิโลเมตร (ถึงสถานีรถไฟเด่นชัย) มีเนื้อที่ประมาณ 6,538.59 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4,086,625 ไร่ และมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดพะเยาและจังหวัดลำปาง ทิศตะวันออก ติดต่อกับจังหวัดน่าน ทิศใต้ ติดต่อกับจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดสุโขทัย และทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดลำปางและจังหวัดสุโขทัย

สภาพทางภูมิศาสตร์ พื้นที่จังหวัดแพร่ล้อมรอบด้วยภูเขาทั้งสี่ทิศ พื้นที่ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 80 เป็นภูเขา มีพื้นที่ราบเพียงร้อยละ 20 โดยลาดเอียงไปทางทิศใต้ตามแนวไหลของแม่น้ำยมคล้ายก้นกระทะ พื้นที่ราบของจังหวัดจะอยู่ระหว่างหุบเขา มี 2 แปลงใหญ่ คือ ที่ราบบริเวณพื้นที่อำเภอร้องกวาง อำเภอเมือง อำเภอสูงเม่น และอำเภอเด่นชัย ซึ่งเป็นที่ราบแปลงใหญ่ และอีกหนึ่งแปลง คือ บริเวณที่ตั้งอำเภอลอง และอำเภอวังชิ้น ซึ่งที่ราบดังกล่าวใช้เป็นที่อยู่อาศัยและทำการเกษตร

ฤดูกาล ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดแพร่ จัดอยู่ในลักษณะแบบฝนเมืองร้อน เฉพาะฤดูฝนหรือแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อน (Tropical Savanna) บริเวณดังกล่าวอยู่ในเขตร่องอากาศเขตร้อน (Intertropical Convergence Zone) ปริมาณและการกระจายของฝนจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุม 2 ประเภท คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุก และลมตะวันออกเฉียงเหนือที่นำเอาอากาศหนาวและแห้งแล้ง จากประเทศจีนมาปกคลุมทั่วบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องมาจากลักษณะพื้นที่ของจังหวัดแพร่ที่เป็นแอ่งคล้ายก้นกระทะลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขา จึงทำให้สภาพอากาศแตกต่างกันมาก ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดแพร่ แบ่งเป็น 3 ฤดูกาล ฤดูหนาว เริ่มในเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อน เริ่มประมาณเดือนมีนาคม ถึง เดือนพฤษภาคม และฤดูฝน เริ่มประมาณเดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม

ปริมาณน้ำฝนจากสถิติภูมิอากาศของจังหวัดแพร่ในคาบ 5 ปี ระหว่างปี 2548 - 2552 จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,226.94 ม.ม. ฝนตกมากที่สุด ในปี 2549 วัดได้ 1,398.7 ม.ม. จำนวนวันที่ฝนตก 137 วัน ฝนตกน้อยที่สุด ในปี 2550 วัดได้ 1,046.1 ม.ม. จำนวนวันที่ฝนตก 132 วัน อุณหภูมิของจังหวัดแพร่ในคาบ 5 ปี ระหว่างปี 2550 – 2554 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยประมาณ 26.49 - 18.86 องศาเซลเซียส

ลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำฝน 23,616 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 11 จังหวัด ประกอบด้วย พะเยา น่าน ลำปาง แพร่ ตาก กำแพงเพชร สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ ลุ่มน้ำยมมีปริมาณฝนเฉลี่ยปีละ 1,143 ม.ม. มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยปีละ 4,143 ล้าน ลบม. เนื่องจากสภาพคอขวดของลำน้ำ ทำให้การระบายน้ำในฤดูฝนทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร และมักประสบปัญหาเรื่องอุทกภัย อีกทั้งมีลักษณะคดเคี้ยวไปมาทำให้ในฤดูฝนมีน้ำไหลบ่าอย่างแรง มักเกิดอุทกภัยในพื้นที่ราบลุ่มสองริมฝั่งแม่น้ำยม

ปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านจังหวัดแพร่ 2,690.48 ล้าน ลบม.ลำน้ำสาขา จำนวน 16 สาขา ที่ไหลลงแม่น้ำยม ได้แก่ ลำน้ำงาว ลำน้ำแม่สอง ลำน้ำแม่ยางหลวง ลำน้ำแม่คำมี ลำน้ำแม่หล่าย ลำน้ำแม่แคม ลำน้ำแม่สาย ลำน้ำแม่มาน ลำน้ำแม่พวก ลำน้ำแม่จอก ลำน้ำแม่ต้า ลำน้ำแม่ลาน ลำน้ำแม่ถาง ลำน้ำแม่เก๋ง ลำน้ำแม่พุง และลำน้ำแม่สรอย

มีพื้นที่ป่าไม้ 2,603,324.7 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 64.25 ของพื้นที่จังหวัดแพร่ จำแนกเขตการใช้ประโยชน์ ที่ดินออกเป็น 3 เขต ดังนี้

1. ป่าเพื่อการอนุรักษ์ (โซน C) เนื้อที่ 2,033,314 ไร่
2. ป่าเพื่อเศรษฐกิจ (โซน E) เนื้อที่ 1,082,889 ไร่
3. ป่าเพื่อการเกษตร (โซน A) เนื้อที่ 57,334 ไร่

การคมนาคมขนส่ง จังหวัดแพร่มีโครงข่ายทางหลวงสายหลักที่เชื่อมโยงยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศและความร่วมมือระหว่างประเทศ ตามแนวเขตเศรษฐกิจเหนือ – ใต้

(North South Economic Corridor : NSEC) รองรับโครงการสะพานข้ามแม่น้ำโขงแห่งที่ 4 ที่อำเภอเชียงของ จังหวัดเชียงราย และด่านห้วยโก๋น จังหวัดน่าน จำนวน 3 เส้นทาง คือ ทางหลวงหมายเลข 11, 101 และ 103 ซึ่งทั้ง 3 เส้นทางนี้เป็นโครงข่ายทางหลวงสายหลักตามแผนพัฒนาจังหวัดแพร่และกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนบน เพื่อสนับสนุนการพัฒนาและส่งเสริมด้านการผลิต การค้า การลงทุนอุตสาหกรรม การท่องเที่ยว การคมนาคมขนส่ง และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ขณะนี้ทั้ง 3 เส้นทางส่วนใหญ่ได้ก่อสร้างเป็น 4 ช่องจราจร เหลือเพียงบางช่วงที่ยังเป็นทางขนาด 2 ช่องจราจร ซึ่งเป็นลักษณะคอขวด ประกอบกับสภาพเส้นทางช่วงดังกล่าวมีความคดเคี้ยว ความลาดชันสูง ทำให้เกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้งและมีความรุนแรง จึงจำเป็นจะต้องดำเนินการก่อสร้างเพิ่มมาตรฐานทางให้เป็น 4 ช่องจราจรโดยด่วน ดังนี้

ทางหลวงหมายเลข 11 ระยะทาง 57 กม. งบประมาณ 2,600 ล้านบาท

ทางหลวงหมายเลข 101 ระยะทาง 16 กม. งบประมาณ 650 ล้านบาท

ทางหลวงหมายเลข 103 ระยะทาง 35 กม. งบประมาณ 1,700 ล้านบาท

ประชากร มีทั้งสิ้น 462,654 คน แบ่งเป็นชายจำนวน 225,956 คน และเป็นหญิงจำนวน 236,698 คน มีจำนวนบ้าน 158,010 หลังคาเรือน

แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 8 อำเภอ 78 ตำบล 708 หมู่บ้าน 1 องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 เทศบาลเมือง 23 เทศบาลตำบล และ 59 องค์การบริหารส่วนตำบล

ประวัติการเกิดดินถล่ม

วันที่ 4 พฤษภาคม 2544 เกิดดินถล่ม อำเภอวังชิ้น เนื่องจากฝนตกหนักมากเป็นเหตุให้เกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก มีผู้เสียชีวิต 47 คน บ้านเรือนเสียหาย 18 หลัง คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 100 ล้านบาท

วันที่ 22 พฤษภาคม 2549 เกิดดินถล่ม บ้านนาจอง บ้านน้ำจ้อม บ้านปากกลาย และบ้านผาตรึม ตำบลช่อแฮ อำเภอเมือง เนื่องจากฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน จึงทำให้สภาพพื้นที่ที่เป็นป่าสมบูรณ์ มีความลาดชันสูงและเป็นหุบเขา เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมพื้นที่อย่างรวดเร็ว จากการตรวจสอบพบร่องรอยดินถล่มตามแนวภูเขาในพื้นที่มากกว่า 200 แห่ง และทำให้มีผู้เสียชีวิต 5 คน

วันที่ 23 พฤษภาคม 2549 เกิดดินถล่ม อำเภอลับแล อำเภอท่าปลา อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย และอำเภอเมือง จังหวัดแพร่ มีผู้เสียชีวิต 83 คน สูญหาย 33 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 673 หลัง พื้นที่การเกษตร 481,830 ไร่ มูลค่าความเสียหาย 308.6 ล้านบาท

วันที่ 7 กันยายน 2549 เกิดหินถล่ม บ้านแก่งหลวง ตำบลแม่ปาน อำเภอลอง เนื่องจากพื้นที่มีความลาดชันสูงและมีเส้นทางรถไฟตัดผ่าน เมื่อมีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ประกอบกับแรงสั่นสะเทือนในขณะที่รถไฟวิ่งผ่าน จึงทำให้เกิดหินถล่มในบริเวณดังกล่าว

วันที่ 18 มิถุนายน 2552 เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบริเวณพื้นที่ตำบลนาพูน อำเภอวังชิ้น ตำบลห้วยไร่ อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ ตำบลบ้านตึก และตำบลดงคู่ รวมทั้งน้ำป่าไหลเข้าท่วมทางรถไฟสถานีห้วยไร่ อำเภอเด่นชัย จังหวัดแพร่ เนื่องจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ประกอบกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังแรงที่พัดปกคลุมทะเลอันดามันตอนบนและอ่าวไทยตอนบน รวมทั้งบริเวณชายฝั่งของภาคตะวันออกทำให้เกิดฝนตกหนัก

วันที่ 3 สิงหาคม 2553 เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบ้านน้ำแรม หมู่ 4 ตำบลห้วยไร่ อำเภอเด่นชัย บริเวณถนนทางหลวงหมายเลข 11 ระหว่างสามแยกปากจั๊วะ อำเภอเด่นชัยถึงเขาพลึง อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ ช่วงกิโลเมตรที่ 151 ถนนทางเบี่ยงถูกน้ำพัดขาด รถยนต์ไม่สามารถสัญจรได้ชั่วคราว เนื่องจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ (ร่องฝน) พาดผ่านภาคเหนือภาคกลางตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมทะเลอันดามัน ภาคใต้และอ่าวไทยมีกำลังแรง ทำให้เกิดฝนตกหนักและตกต่อเนื่อง

วันที่ 17 สิงหาคม 2553 เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมบ้านเรือนราษฎร บริเวณหมู่ 2, หมู่ 3, หมู่ 6 และหมู่ 7 ตำบลหัวทุ่ง และหมู่ 1 ถึงหมู่ที่ 9 ตำบลบ่อเหล็กลอง อำเภอลอง ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 800 หลังคาเรือน เนื่องจากอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กำลังปานกลางถึงค่อนข้างแรงพัดปกคลุมทะเลอันดามัน และอ่าวไทย ประกอบกับร่องมรสุมพาดผ่านบริเวณประเทศไทยตอนบน ทำให้มีฝนตกหนาแน่นและตกต่อเนื่อง

วันที่ 22 สิงหาคม 2553 เกิดน้ำป่าไหลหลากเข้าท่วมในพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอร้องกวาง ตำบลแม่ยางตาล อำเภอเมือง ตำบลวังธง อำเภอลอง ตำบลบ้านปิ่น และอำเภอวังชิ้น ตำบลวังชิ้น ตำบลป่าสัก ตำบลแม่พุง ตำบลแม่เกิ๋ง และตำบลสรอย น้ำป่าจากห้วยแม่หละไหลทะลักเข้าท่วมบ้านกว่า 300 หลังคาเรือน บ่อปลา 40 บ่อ และพื้นที่การเกษตรเสียหายประมาณ 1,500 ไร่ เนื่องจากอิทธิพลของพายุโซนร้อน “มินดอนเล” บริเวณทะเลจีนใต้ตอนกลางส่งผลให้ร่องมรสุมที่พาดผ่านภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังแรงขึ้น ทำให้เกิดฝนตกหนักและตกต่อเนื่อง

วันที่ 10 มิถุนายน 2555 เวลาประมาณ 04.00 น. น้ำป่าจากห้วยหก ห้วยหนองหอย ตำบลบ้านปิน อำเภอลอง จังหวัดแพร่ น้ำไหลบ่าเข้าท่วมเขตเทศบาลบ้านปิน ระดับน้ำในชุมชนมีระดับสูงถึง 1 เมตร สร้างความเสียหายให้กับชาวบ้านนับ 100 หลังคาเรือน นอกจากนั้นน้ำป่ายังเข้าท่วมหมู่ 1, หมู่ 2, หมู่ 3, หมู่ 7, หมู่ 8 และหมู่ 10 ตำบลหัวทุ่ง อำเภอลอง จังหวัดแพร่ ระดับ

น้ำสูงถึง 1.50 เมตร นอกจากทำให้บ้านเรือนประชาชนได้รับความเสียหายแล้วยังทำให้พืชผลเกษตร นาข้าว และไร่ข้าวโพด ได้รับความเสียหายกว่า 1,000 ไร่

วันที่ 15 กรกฎาคม 2558 เวลา 10.00 น. นายศักดิ์ สมบุญโต ผู้ว่าราชการจังหวัดแพร่ สั่งการให้ นายทรงฤทธิ์ แก้วสุทธิ นายอำเภอเมืองแพร่ เข้าไปให้ความช่วยเหลือราษฎร หมู่ 5 บ้านนาคูหา ตำบลสวนเขื่อน ที่ประสบภัยจากฝนตกหนัก เป็นเหตุให้ฝายชะลอน้ำนากุ่มที่ชาวบ้านได้ร่วมกันสร้างเพื่อเก็บน้ำไว้ในฤดูแล้งพังลงมาจนน้ำไหลทะลักพัดเอาดินโคลนเข้าท่วมหมู่บ้านเสียหาย จำนวน 10 หลังคาเรือน

วันที่ 2 กรกฎาคม 2559 ผู้สื่อข่าวรายงานว่า ตำรวจภูธรเมืองแพร่จังหวัดแพร่ เข้าตรวจสอบจุดเกิดเหตุบริเวณจุดก่อสร้างประปา บ้านหนองแขม หมู่ 10 ตำบลป่าแดง อำเภอเมืองแพร่ หลังเกิดอุบัติเหตุดินถล่มทับ นางศิริขวัญ วันติ อายุ 33 ปี เสียชีวิตและมีผู้บาดเจ็บ 1 คน สอบสวนทราบว่าก่อนเกิดเหตุมีคนงาน 8 คน กำลังลงไปมัดเหล็กในหลุมที่กำลังก่อสร้าง ส่วนสาเหตุเกิดจากในช่วงหลายวันที่ผ่านมาฝนตกต่อเนื่อง ทำให้ดินอุ้มน้ำไม่ไหวจึงถล่มลงมา เบื้องต้นผู้รับเหมาจะให้การช่วยเหลือครอบครัวและชดใช้ค่าเสียหายให้ทั้งหมด

วันที่ 12 ตุลาคม 2559 เกิดฝนตกหนักใน จังหวัดแพร่ โดยเฉพาะในเขต อำเภอเมืองแพร่ และทำให้เกิดน้ำป่าจากห้วยแม่แคม ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมืองแพร่ ไหลทะลักลงมาท่วมพื้นที่การเกษตร บ้านเรือนและวัดในพื้นที่บ้านนาคูหา หมู่ 5 ตำบลสวนเขื่อน พบว่า มีดินโคลนถล่มลงมาปิดเส้นทางนับสิบจุด ส่วนที่หนักที่สุดและไม่สามารถใช้ถนนเส้นนี้ได้คือ สะพานคอนกรีตหน้าวัดนาคูหา เกิดดินโคลนไหลลงมาปิดถนน ทำให้กลายสภาพเป็นคลองที่มีหินและน้ำสูงกว่า 50 เซนติเมตร ยาวประมาณ 100 เมตร ก็ทำให้ทั้งรถเล็กรถใหญ่ไม่สามารถใช้การได้ อีกทั้งบ้านนาแคม หมู่ 6 มีบ้านเรือนร้อยกว่าหลังคาเรือนต้องถูกตัดขาด ขณะที่ห่างจากจุดนี้ประมาณ 50 เมตร เกิดกอไผ่ขนาดใหญ่พร้อมดินถล่มลงมาปิดเส้นทาง โดยกอไผ่ไหลลงมาตั้งกลางถนน จนชาวบ้านตื่นตระหนกตกใจไปตาม ๆ กัน

ตารางที่ 1 ประวัติเหตุการณ์ดินถล่มในพื้นที่จังหวัดแพร่

ลำดับที่	สถานที่	วันที่	หมายเหตุ
1	บ้านแม่ป้าก อำเภอวังชิ้น	4 พฤษภาคม 2544	(สันติ และสุธรรม, 2556)
2	บ้านห้วยอ้อ อำเภอลอง	กันยายน 2547	
3	บ้านนาจอง บ้านน้ำจ้อม บ้านปากกลาย และบ้านผาตรึม ตำบลช่อแฮ อำเภอเมือง	22 พฤษภาคม 2549	
4	อำเภอเมือง	23 พฤษภาคม 2549	(ธรณีไทย, 2551)
5	บ้านแม่ปาน อำเภอลอง	31 สิงหาคม 2549	
6	บ้านปิน อำเภอลอง	22 กันยายน 2549	
7	บ้านบ่อเหล็กลอง อำเภอลอง	16 ตุลาคม 2549	
8	บ้านห้วยไร่ อำเภอเด่นชัย	18 มิถุนายน 2552	
9	บ้านห้วยไร่ อำเภอเด่นชัย	3 สิงหาคม 2553	
10	บ้านห้วยโรง อำเภอร้องกวาง	27 มิถุนายน 2554	
11	บ้านบ่อเหล็กลอง อำเภอลอง	18 สิงหาคม 2554	
12	บ้านแม่ปาน อำเภอลอง	3 ตุลาคม 2554	
13	บ้านนาคูหา หมู่ 5 ตำบลสวนเขื่อน อำเภอเมือง	12 ตุลาคม 2559	
14	บ้านนาคูหา อำเภอเมือง	2563	

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Khan *et al*. (2019) ได้ทำการศึกษาการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ถูกนำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพในการพัฒนาตำแหน่งการเกิดดินถล่ม วิเคราะห์จากการกระจายเชิงพื้นที่ และมีการพัฒนาแผนที่ความอ่อนไหวของแผ่นดินถล่ม จากการตีความของภาพ SPOT-5 ตำแหน่งการเกิดดินถล่มมีการถูกพัฒนาขึ้น ซึ่งได้รับการยืนยันจากการสำรวจภาคสนามในภายหลัง การเปรียบเทียบตำแหน่งการเกิดดินถล่มกับปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม แสดงให้เห็นว่าระยะห่างจากถนนและความลาดชันเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด และรองลงมา คือ ธรณีวิทยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติความสัมพันธ์ที่ได้จากตำแหน่งการเกิดดินถล่มและปัจจัยที่ถูกนำมาใช้ในเทคนิคอัตราส่วน

ความถี่เพื่อพัฒนาแผนที่ความไวของดินถล่ม แสดงให้เห็นว่า 17.31 % ของพื้นที่ศึกษาถูกระบุว่ามีความไวสูงถึงสูงมากต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม โดยแผนที่ดังกล่าวสามารถพัฒนาและนำไปใช้ในหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อบรรเทาผลกระทบที่เกิดจากดินถล่มได้ในอนาคต

กรมทรัพยากรธรณี (2556) ได้ทำการศึกษาการทำแผนที่แสดงพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม จังหวัดเชียงราย พบว่า มีพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูงอยู่บริเวณภูเขา เนื่องจากประกอบด้วยหินแกรนิตที่มีอัตราการผุพังสูง ชั้นดินหนา และอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ลักษณะทางธรณีวิทยา ความลาดชัน และพืชพรรณที่ปกคลุม เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม (Landslide Hazard Map) โดยสามารถแบ่งพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มเป็น 3 อันดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มอันดับ 1 (ดินมีโอกาสถล่ม เมื่อมีปริมาณฝนมากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน หน้าดินหนา ขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา) พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มอันดับ 2 (ดินมีโอกาสถล่ม เมื่อมีปริมาณฝนมากกว่า 200 มิลลิเมตรต่อวัน หน้าดินหนา ขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา) และพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มอันดับ 3 (ดินมีโอกาสถล่ม เมื่อมีปริมาณฝนมากกว่า 300 มิลลิเมตรต่อวัน หน้าดินหนา ขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา)

ฟองสวาท (2550) ได้ทำการศึกษาการจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าเรื่องดินถล่มในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มีการวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีการนำปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม (Land Slide Factors) ซึ่งเป็นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์มาทำดัชนีดินถล่ม (Landslide index) ในเชิงพื้นที่แล้ววิเคราะห์ในลักษณะ Raster Format ที่มีขนาดกริด 30 เมตร x 30 เมตร และกำหนดการถ่วงน้ำหนักของปัจจัยอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มทั้งห้าประการนั้นได้เรียงตามลดับความสำคัญตามหลักของการวิเคราะห์เสถียรภาพของพื้นที่ลาด (Slope Stability analysis)

Thongkhao (2012) ได้ทำการศึกษาการจัดโซนพื้นที่อันตรายจากการเกิดดินถล่ม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่บนปัจจัยพื้นฐานต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินมุม ความชันของลาดดินธรรมชาติ ปริมาณน้ำฝนที่มากเกินกว่าปกติ ฯลฯ ดังนั้น งานวิจัยจึงตั้งวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการข้อมูลทางธรณีวิทยา การทดสอบ และผลการศึกษาสมบัติทางวิศวกรรมของดินที่ผุพังมาจากหินต้นกำเนิด ซึ่งประกอบไปด้วยสมบัติทางกายภาพของดิน สมบัติทางด้านกำลังรับแรงเฉือนของดินที่ลดลงตามการเพิ่มขึ้นของความชื้นในดิน พื้นที่ศึกษาบ้านหนองปลา อำเภอเชียงกลาง จังหวัดน่าน พบหินตะกอนเนื้อเม็ดที่เป็นหินต้นกำเนิด ได้แก่ หินดินดาน หินทราย และหินทรายแป้ง ดิน และหินผุเหล่านี้มีอัตราการผุพังสลายตัวสูง จึงทำให้มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยความชื้นในดิน ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของดิน ค่าเฉลี่ยขีดจำกัดเหลวและค่าเฉลี่ยขีดจำกัดพลาสติก มีค่าเท่ากับ 24.83 %, 2.68 %, 44.93 % และ 29.35 % ตามลำดับ ดัชนีพลาสติกมีค่าเท่ากับ 15.58 % ค่าความซึมน้ำของดินอยู่ระหว่าง 9.36E-06 ถึง

6.81E-07 เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดินในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกโดยใช้ระบบการจำแนกดินทางวิศวกรรมแบบเอกภาพ (USCS) ได้เป็น ML-CL, CL-ML, ML-OL, SC และ SM ค่าแรงยึดเหนี่ยวของดินอยู่ระหว่าง 0.096 ถึง 1.196 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่ามุมเสียดทานภายในของดินอยู่ระหว่าง 11.51 ถึง 35.78 องศา ตามลำดับจากข้อมูลการสำรวจความต้านทานไฟฟ้า (สามแนวสำรวจ) ดินมีความลึกอยู่ในช่วงระหว่าง 2 ถึง 9 เมตร ความหนาของดินที่วางอยู่บนหินเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการคำนวณปริมาตรของดินที่จะพังทลายลงมา ผลการวิจัยโดยสรุปพบว่า พื้นที่ที่เกิดการพิบัติของลาดดินมีความชันเท่ากับหรือมากกว่า 25 องศา โดยลักษณะของชั้นดินเกิดจากหินตะกอนเนื้อเม็ดที่ผุพังและมีความชื้นในดินสูง การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราของความปลอดภัยของลาดดินจะเกิดขึ้นสูงที่ระดับความลึกของดินระหว่าง 2-5 เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับความลึกของการพิบัติในธรรมชาติ

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือ (2547) ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Rating Weighting) ของแต่ละปัจจัยจากระดับ 1 ถึง 6 ประกอบด้วยปัจจัยปริมาณน้ำฝน ปัจจัยชั้นหินพื้นฐาน ปัจจัยความลาดชัน ปัจจัยสภาพป่าไม้ ปัจจัยแนวกันชนจากรอยเลื่อน ปัจจัยทิศทางการรับน้ำฝน และปัจจัยความสูงของพื้นที่

มัณฑนา และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม ศึกษาปัจจัยการเกิดดินถล่มจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พูล และแม่พร่อง ตำบลแม่พลู อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากภัยพิบัติดินถล่ม ใน พ.ศ. 2549 ผลการศึกษา จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมใน พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2557 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงจำนวนมาก คือ ลดลง 34.73 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 32.76 โดยพื้นที่ป่าไม้ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ไม้ผลผสมเป็นจำนวนมาก และในปี พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2557 มีการเพิ่มขึ้นของที่อยู่อาศัย การขยายตัวของชุมชนที่ขยายตัวตามเส้นทางคมนาคมที่เข้าไปในพื้นที่เกษตรกรรมและไม้ผลผสม พื้นที่เกษตรกรรมลดน้อยลง มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ไม้ผลผสมเช่นเดียวกับพื้นที่ป่าไม้ โดยพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงมากที่สุด และพื้นที่ไม้ผลผสมมีพื้นที่เพิ่มมากที่สุด พื้นที่แหล่งน้ำมีปริมาณลดลงใน พ.ศ. 2549 โดยจากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม พบว่าพื้นที่เสี่ยงภัยสูงมาก พบมากที่สุดมีพื้นที่ 43.16 ตารางกิโลเมตร มักอยู่ในพื้นที่มีความลาดชันสูงมากกว่าร้อยละ 70 ได้แก่ พื้นที่สันเขาหน้าผา เป็นต้น และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท ไม้ผลผสมและป่าไม้ ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดดินถล่ม

ภาณุวัสน์ และปิยพงษ์ (2558) ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่ ด้วยเทคนิคการประยุกต์ใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted Factor Index Method) โดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ได้แก่ ความสูง ชนิดของ

หิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน และลักษณะเนื้อดิน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ เสี่ยงภัยระดับสูงมาก เสี่ยงภัยระดับสูง เสี่ยงภัยระดับปานกลาง เสี่ยงภัยระดับต่ำ และเสี่ยงภัยระดับต่ำมาก คิดเป็นร้อยละ 14.67, 22.87, 23.81, 25.92 และ 12.73 ตามลำดับ การตรวจสอบความถูกต้องระหว่างการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มจากร่องรอยดินถล่ม ปี พ.ศ. 2554 จากการศึกษา พบว่า ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 62.08 อยู่ในระดับปานกลาง พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่ ในระดับสูงและสูงมากมีพื้นที่เท่ากับ 56.93 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.54

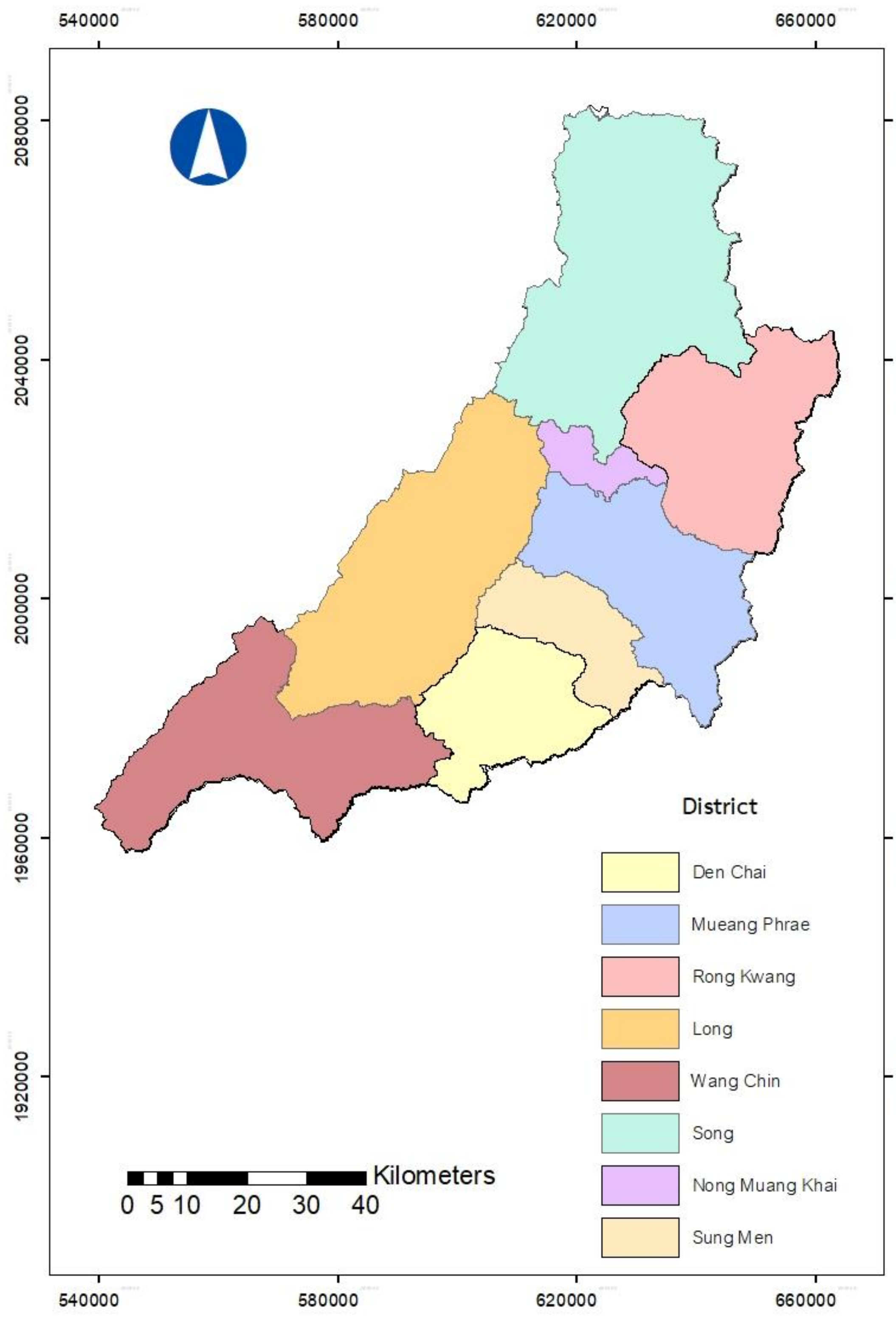
บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) มาตราส่วน 1: 50,000
2. เครื่องบอกพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geographic Positioning system: GPS)
3. โปรแกรม Microsoft Excel
4. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS
5. คอมพิวเตอร์
6. กล้องถ่ายภาพ
7. แบบบันทึกข้อมูล
8. อุปกรณ์เครื่องเขียน

พื้นที่ศึกษา

จังหวัดแพร่ เป็นจังหวัดในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 155 เมตร มีลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งคล้ายก้นกระทะ ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบระหว่างภูเขา โดยมีภูเขาล้อมรอบทั้งสี่ทิศ และมีแม่น้ำสายสำคัญไหลผ่าน คือ แม่น้ำยม ลักษณะภูมิอากาศจัดอยู่ในลักษณะแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดูหรือแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อน (Tropical Savanna) น้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,000 - 1,500 มิลลิเมตร การปกครองแบ่งออกเป็น 8 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสูงเม่น อำเภอร้องกวาง อำเภอลอง อำเภอสอง อำเภอวังชิ้น อำเภอหนองม่วงไข่ และอำเภอเด่นชัย

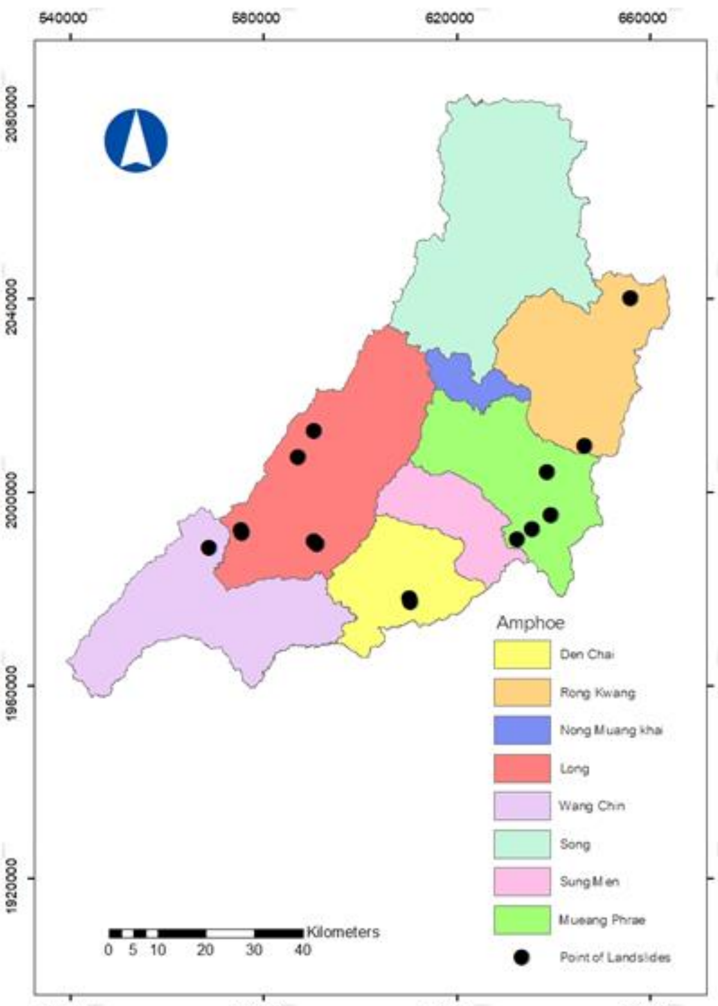


ภาพที่ 17 แผนที่จังหวัดแพร่

วิธีการศึกษา

การศึกษาปัจจัยเสี่ยงที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม พื้นที่ที่มีความอ่อนไหว พื้นที่เสี่ยงภัยและร่องรอยการเกิดดินถล่ม ในจังหวัดแพร่ ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์ในรูปดิจิตอลที่เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ ข้อมูลเชิงคุณลักษณะและพิกัดที่ตั้ง เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม และจัดทำแผนที่แสดงระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม รวมถึงสามารถประเมินพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม มีขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูล ข่าว ร่องรอยการเกิดเกิดถล่ม และฐานข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยและดินถล่ม ของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดแพร่ พบ 15 จุด (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 18 ร่องรอยการเกิดดินถล่มในพื้นที่จังหวัดแพร่

2. การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษาในการวิเคราะห์ดินถล่ม โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2533 ถึง ปี พ.ศ. 2553 ของจังหวัดแพร่ และจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดสุโขทัย จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดลำปาง และจังหวัดพะเยา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการ Inverse Distance Weight: IDW

3. ทำการแปลงข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มทั้ง 9 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน เส้นทางน้ำ เส้นทางถนน ความโค้ง ทิศด้านลาด ปริมาณน้ำฝน ชนิดหิน ชนิดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เป็นข้อมูลในแบบราสเตอร์ (Raster) ความละเอียดภาพ ขนาด 30 เมตร x 30 เมตร

4. กำหนดข้อมูลแต่ละปัจจัยเป็นชั้นข้อมูลย่อย

5. นำเข้าข้อมูลด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศ เพื่อจัดทำแผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการซ้อนทับ (Overlay) โดยแบ่งความอ่อนไหวออกเป็น 5 ระดับ คือ

1) พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก
2) พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง
3) พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง
4) พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อย
5) พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อยมาก

6. นำแผนที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งมีค่าผลรวมของคะแนนทั้งหมดในแต่ละกริด ทำการจัดชั้นข้อมูลใหม่ (Reclassify) ตามระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยรวมกับชั้นข้อมูลขอบเขตอำเภอ ในพื้นที่จังหวัดแพร่

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. อัตราส่วนความถี่

เป็นเทคนิคเชิงปริมาณเพื่อประเมินความอ่อนไหวของแผ่นดินถล่มตามระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เทคโนโลยีและข้อมูลเชิงพื้นที่ (Bonham-Carter, 1994); (Lee, 2005); (Chen, 2016); (Ding, 2017) การใช้เทคนิคอัตราส่วนความถี่มักจะใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yilmaz, 2009); (Reis, 2012); (Umar, 2014); (Chen, 2016); (Wu, 2016); (Wang, 2017) โดยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างตำแหน่งการเกิดดินถล่มและปัจจัยที่ก่อให้เกิดดินถล่ม (Reis, 2012) ที่จะได้รับอัตราส่วนความถี่ (Fr) ในแต่ละชั้น โดยใช้สูตร Mondal (2013)

$$Fr = \frac{N\ pix\ (1)\ /\ N\ pix\ (1)}{\sum N\ pix\ (3)\ /\ \sum N\ pix\ (4)}$$

กำหนดให้ N pix (1) = จำนวนพิกเซลในชั้นที่มีดินถล่ม

N pix (2) = จำนวนพิกเซลของแต่ละชั้นในพื้นที่ทั้งหมด

$\sum$ N pix (3) = จำนวนพิกเซลที่เกิดดินถล่ม

$\sum$ N pix (4) = จำนวนพิกเซลในพื้นที่ศึกษา

2. การทำแผนที่ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

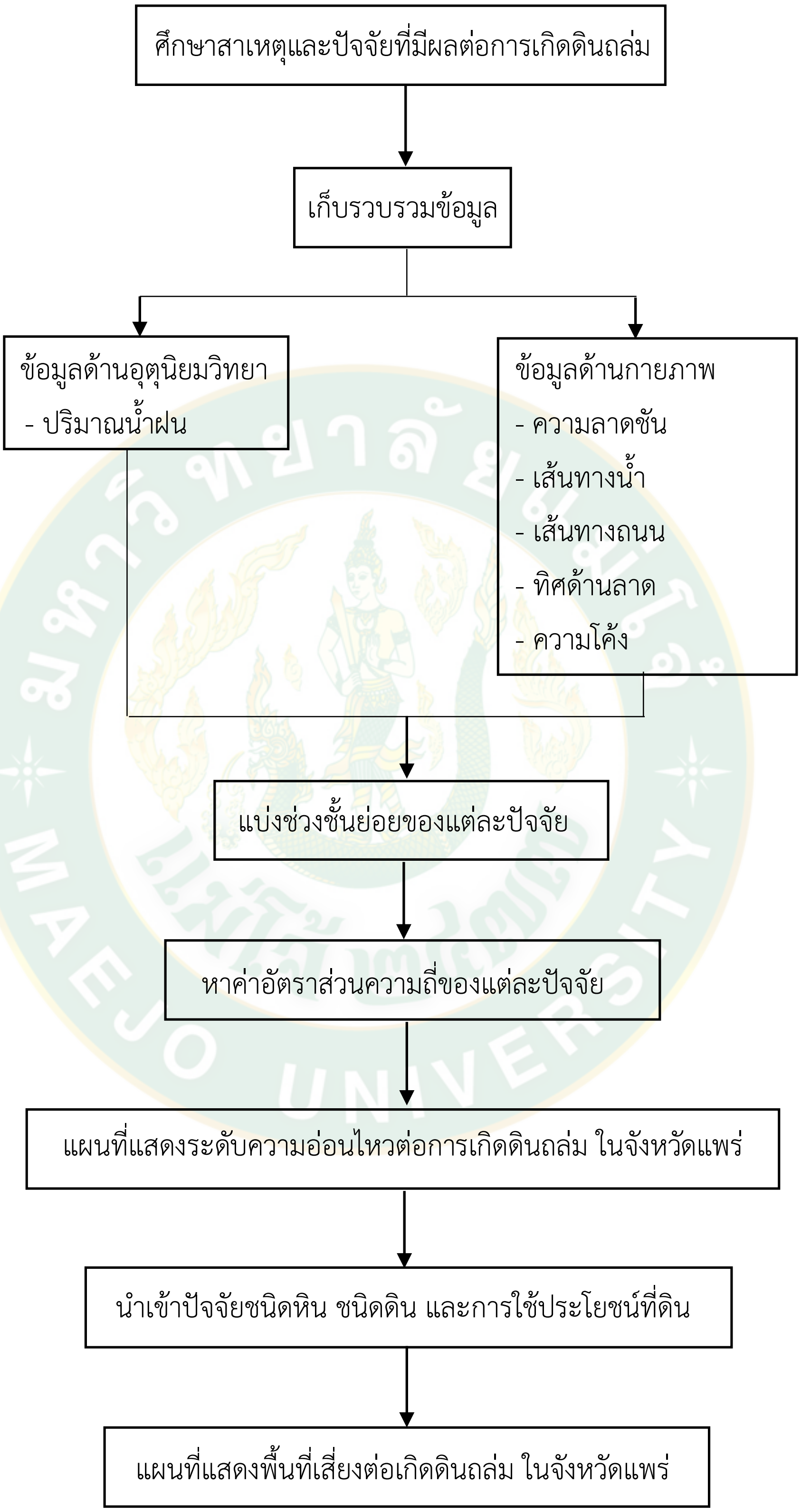
สำหรับการทำแผนที่ความอ่อนไหวของดินถล่ม เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องสมมติว่าการกระจายตัวของดินถล่มเป็นผลมาจากปัจจัยเชิงสาเหตุของดินถล่มและดินถล่มในอนาคตจะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขเดียวกับดินถล่มในอดีต แผนที่ดัชนีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (LSI) โดยใช้สูตร Lee (2005)

$$LSI = Fr_1 + Fr_2 + Fr_3 + ... + Fr_n$$

เมื่อ FR คือ ค่าอัตราส่วนความถี่ของแต่ละช่วงของแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม

LSI คือ ค่าดัชนีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

n คือ จำนวนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม

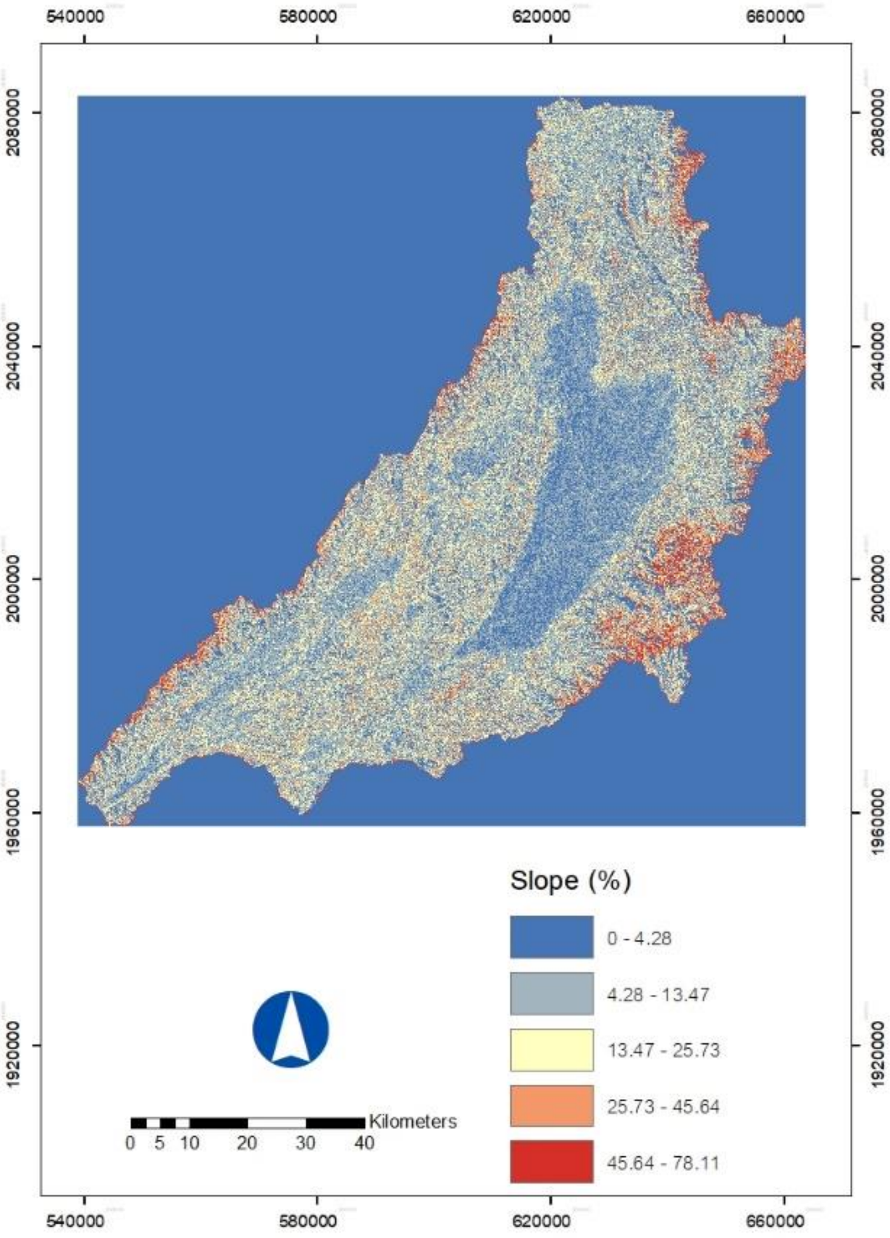


ภาพที่ 19 สรุปกรอบแนวคิดในการทำงานวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

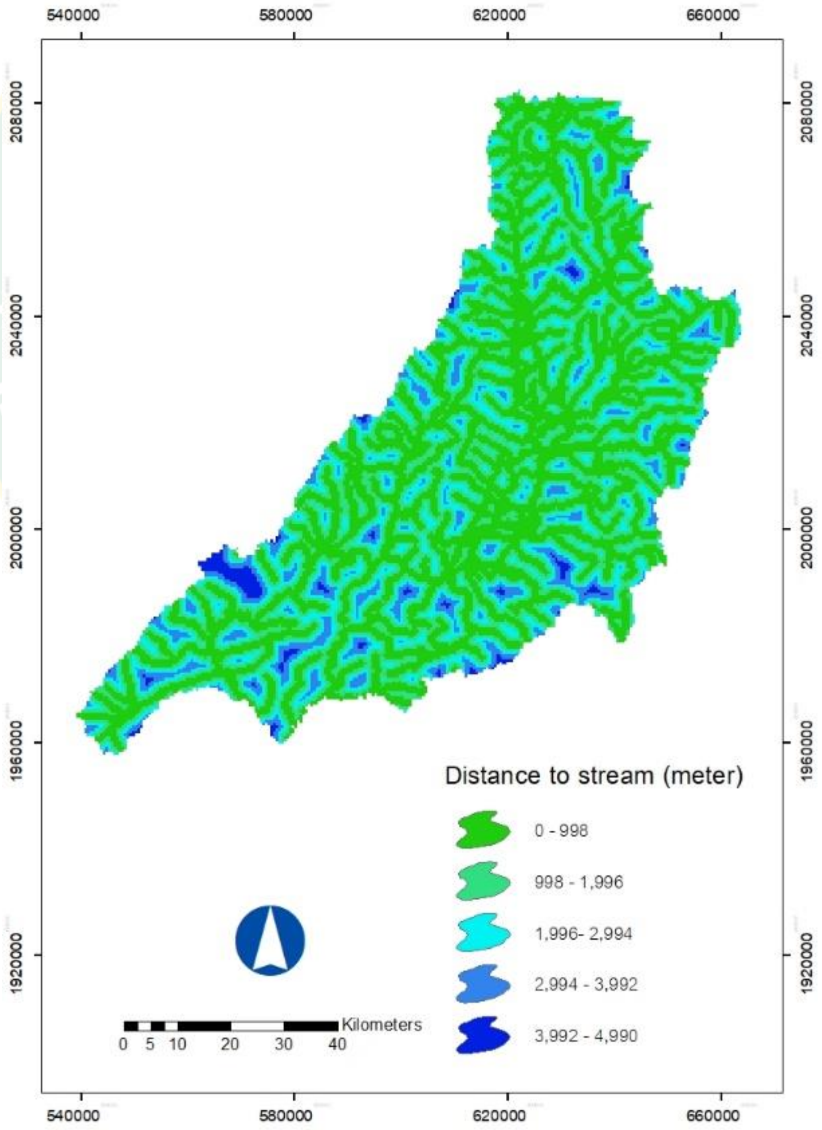
การวิเคราะห์เพื่อประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่ ด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ สามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบอัตราส่วนความน่าจะเป็นระหว่าง ร่องรอยที่เคยเกิดดินถล่ม จำนวน 15 จุด ร่วมกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ซึ่งก็คือ ความลาดชัน เส้นทางถนน เส้นทางน้ำ ความโค้ง ทิศด้านลาด และปริมาณน้ำฝน (ตารางที่ 2) ค่าอัตราส่วนความถี่ (Fr) ที่มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า ช่วงชั้นนั้นของปัจจัยมีโอกาสเกิดดินถล่มได้สูงกว่าค่าอัตราส่วนความถี่ที่มีค่าน้อยกว่า 1 จากนั้น นำค่าอัตราส่วนความถี่มา Reclassify ในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS เพื่อจัดทำแผนที่ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดแพร่ (ภาพที่ 26) และแผนที่ระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ในจังหวัดแพร่ (ภาพที่ 36)

ความลาดชัน ได้ทำการแบ่งเปอร์เซ็นต์ความลาดชัน ออกเป็น 5 ช่วงชั้น ดังนี้ 0 ถึง 4.28, 4.28 ถึง 13.47, 13.47 ถึง 25.73, 25.73 ถึง 45.64 และ 45.64 ถึง 78.11 เปอร์เซ็นต์ พบว่า โดยรอบขอบพื้นที่จังหวัดมีเปอร์เซ็นต์ความลาดชันสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางตะวันออก ประกอบด้วย อำเภอเมืองแพร่และอำเภอร้องกวาง และทางตะวันตก ประกอบด้วย อำเภอลองและอำเภอวังชิ้น ซึ่งเปรียบเทียบกับตอนกลางของจังหวัดที่มีความลาดชันค่อนข้างต่ำ ร่องรอยการเกิดดินถล่มมีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นบริเวณความลาดชันตั้งแต่ 0 ถึง 4.28 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ อำเภอหนองม่วงไข่ และอำเภอสูงเม่นบางพื้นที่ แต่เมื่อทำการคำนวณหาค่าอัตราส่วนความถี่ พบว่า บริเวณที่มีโอกาสเกิดดินถล่มได้สูง คือ ที่ความลาดชันระหว่าง 4.28 ถึง 13.47 เปอร์เซ็นต์ (Fr = 2.58) (ภาพที่ 20)



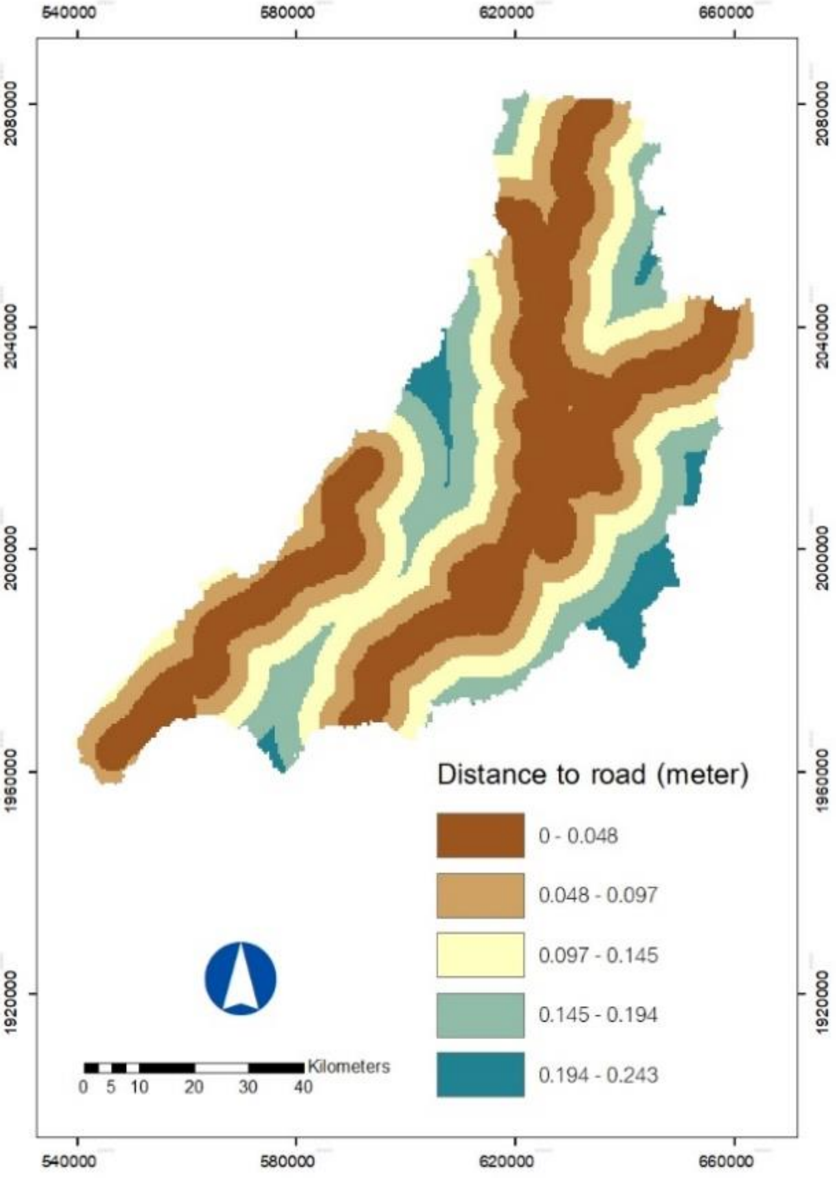
ภาพที่ 20 แผนที่ความลาดชัน ในพื้นที่จังหวัดแพร่

เส้นทางน้ำ ได้ทำการแบ่งระยะห่างจากเส้นทางน้ำออกเป็น 5 ช่วงชั้น ดังนี้ 0 ถึง 998, 998 ถึง 1,996, 1,996 ถึง 2,994, 2,994 ถึง 3,992 และ 3,992 ถึง 4,990 เมตร จากการศึกษาพบว่า เส้นทางน้ำ มีลักษณะคล้ายกับแบบรูปการแผ่กิ่งก้านสาขาของต้นไม้ เป็นแบบรูปทางน้ำที่มีสาขาหลายสายไหลมาลงทางน้ำสายใหญ่ ช่วง 0 ถึง 998 เมตร มีค่าอัตราส่วนความถี่สูงสุด คือ 3.57 โดยยิ่งระยะห่างจากเส้นทางน้ำเพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วนความถี่จะลดลง (ภาพที่ 21) มีความสอดคล้องกับข้อมูลของ กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดแพร่ (2552) ระบุว่า ลักษณะพื้นที่ที่อยู่ใกล้ลำห้วยมีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม และ Malaysian-Thai Working Group (2016) ระบุว่า ดินถล่มมีแนวโน้มในการเกิดบริเวณพื้นที่ที่ใกล้ทางน้ำมากกว่าไกลทางน้ำ



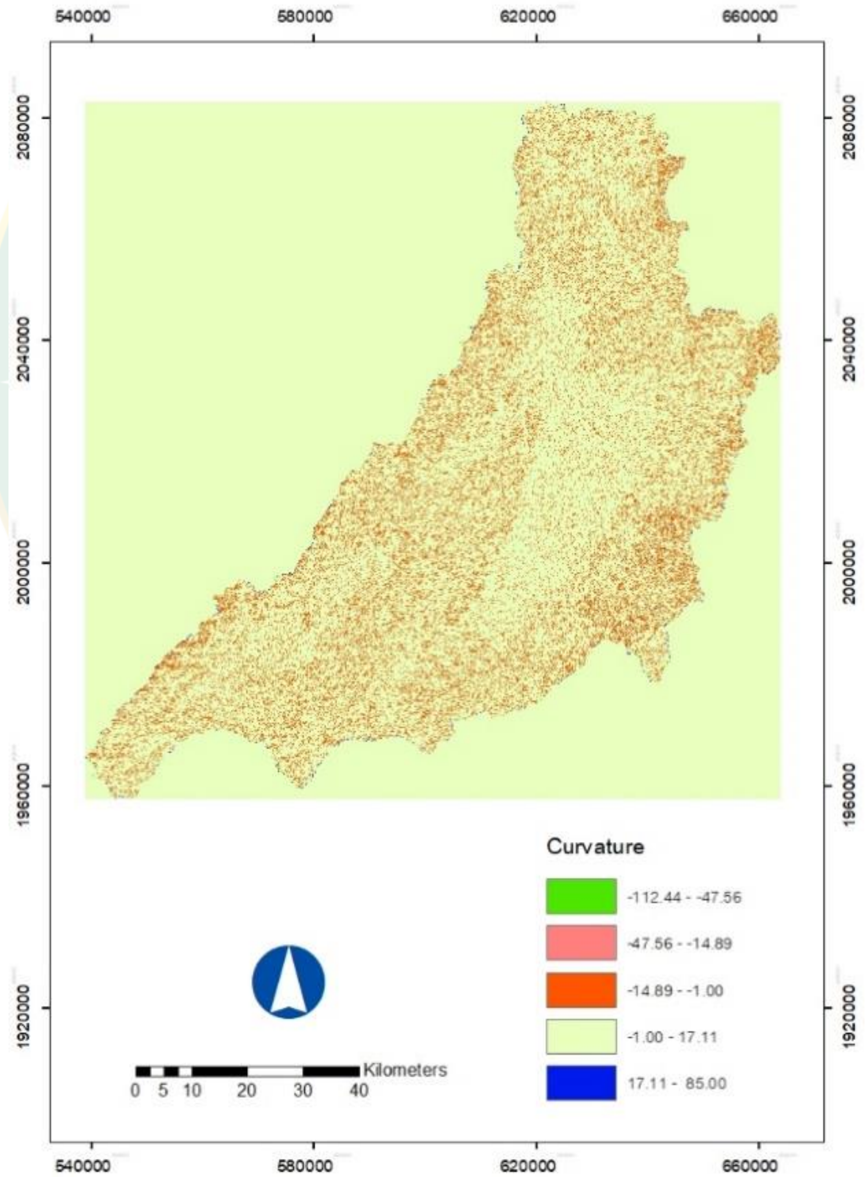
ภาพที่ 21 แผนที่แสดงช่วงชั้นของระยะห่างจากเส้นทางน้ำ ในพื้นที่จังหวัดแพร่

เส้นทางถนน ได้ทำการแบ่งระยะห่างจากถนนออกเป็น 5 ช่วงชั้น ดังนี้ 0 ถึง 0.04, 0.04 ถึง 0.09, 0.09 ถึง 0.14, 0.14 ถึง 0.19 และ 0.19 ถึง 0.24 เมตร พบว่า ร่องรอยการเกิดดินถล่มมีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นของระยะห่างจากถนน ตั้งแต่ 0 ถึง 0.04 เมตร แต่เมื่อทำการคำนวณหาค่าอัตราส่วนความถี่ออกมาพบว่า บริเวณที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูง คือ ที่ระยะห่างจากถนนระหว่าง 0.04 ถึง 0.09 เมตร (Fr = 1.51) (ภาพที่ 22)



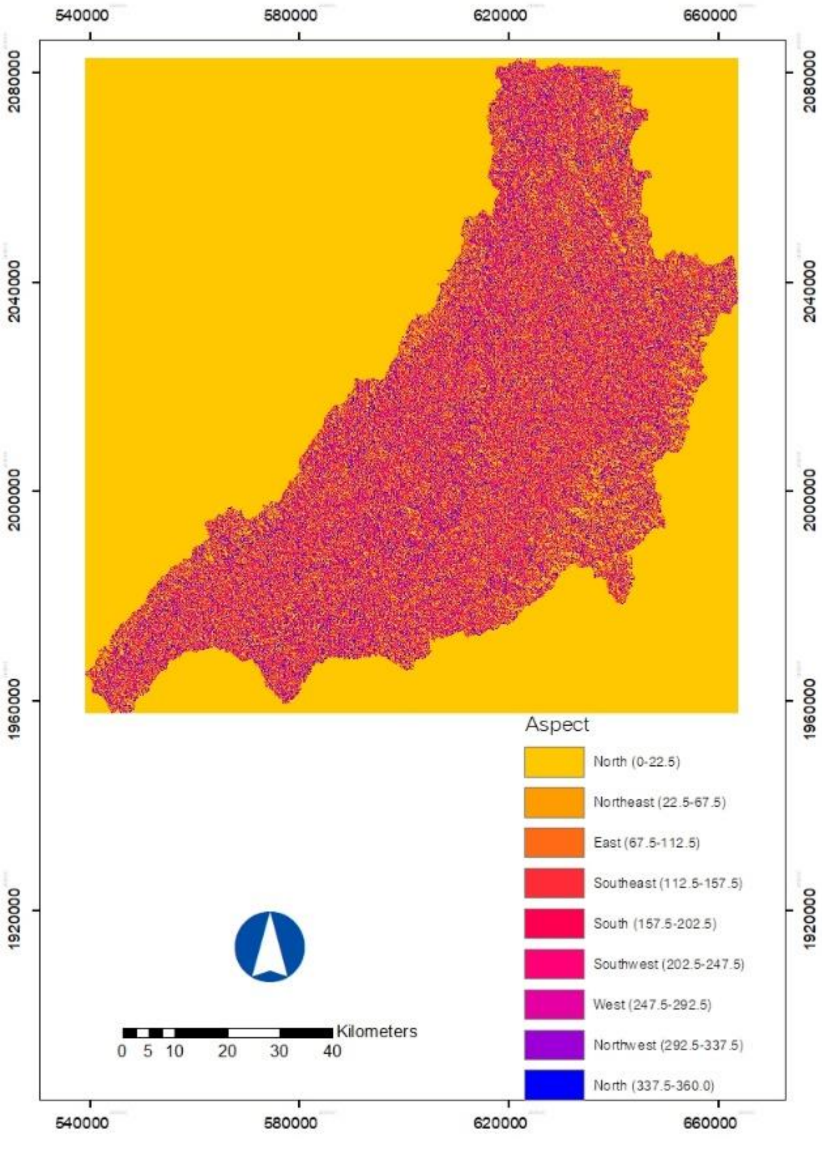
ภาพที่ 22 แผนที่แสดงช่วงชั้นของระยะห่างจากเส้นถนน ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ความโค้ง ได้ทำการแบ่งช่วงชั้นความโค้งออกเป็น 5 ช่วงชั้น ดังนี้ -112.44 ถึง -47.56, -47.56 ถึง -14.89, -14.89 ถึง -1.00, -1.00 ถึง 17.11 และ 17.11 ถึง 85.00 พบว่า ร่องรอยการเกิดดินถล่มมีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นบริเวณพื้นที่ที่มีความโค้งเว้าและโค้งนูน ตั้งแต่ -1.00 ถึง 17.11 แต่เมื่อทำการคำนวณหาค่าอัตราส่วนความถี่ พบว่า บริเวณที่มีโอกาสเกิดดินถล่มสูง คือที่ความโค้งเว้า ตั้งแต่ -14.89 ถึง -1.00 (Fr = 1.94) เนื่องจากมีค่าอัตราส่วนของพื้นที่มากกว่าพื้นที่ของดินถล่ม (ภาพที่ 23) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กรมทรัพยากรธรณี (2552) ระบุว่า ร่องรอยของดินถล่มจะเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีความโค้งเว้าและโค้งนูน



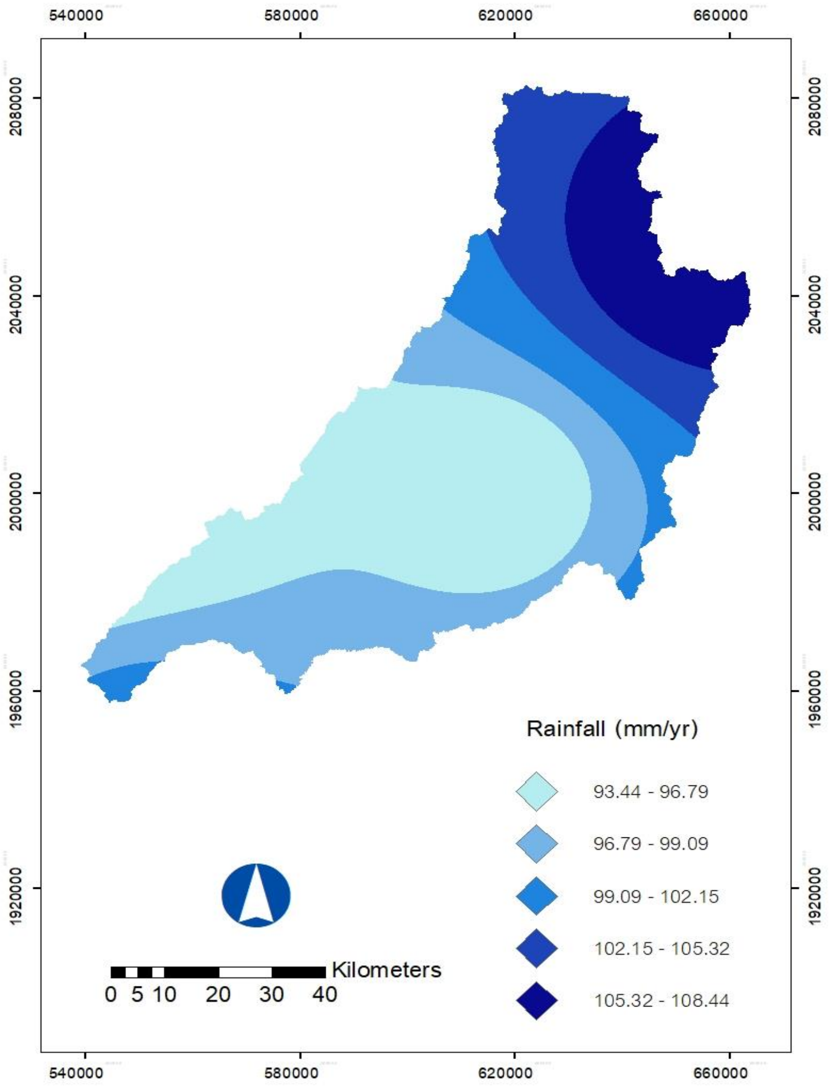
ภาพที่ 23 แผนที่แสดงช่วงชั้นของความโค้ง ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ทิศด้านลาด ในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 9 ช่วงชั้น ดังนี้ 0 ถึง 22.5, 22.5 ถึง 67.5, 67.5 ถึง 112.5, 112.5 ถึง 157.5, 157.5 ถึง 202.5, 202.5 ถึง 247.5, 247.5 ถึง 292.5, 292.5 ถึง 337.5 และ 337.5 ถึง 360.0 พบว่า ร่องรอยการเกิดดินถล่มมีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นมากที่สุดบริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่ 202.5 ถึง 247.5 เมตร และมีความหนาแน่นของร่องรอยดินถล่มถึง 25.32 % (Fr = 8.65) รองลงมา คือ บริเวณทิศใต้ ตั้งแต่ 157.5 ถึง 202.5 มีความหนาแน่นของร่องรอยดินถล่มถึง 24.08 % (ภาพที่ 24) ซึ่งสภาพภูมิประเทศของจังหวัดแพร่ที่มีความลาดเอียงไปทางทิศใต้ตามแนวไหลของแม่น้ำยม สอดคล้องกับการศึกษาของ Malaysian-Thai Working Group (2016) และ ภัทรรินทร์ (2560) ระบุว่า น้ำรับน้ำฝนด้านทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้มีค่าอัตราส่วนความถี่สูงที่สุด



ภาพที่ 24 แผนที่แสดงช่วงชั้นของทิศด้านลาด ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งปริมาณน้ำฝนออกได้เป็น 5 ช่วงชั้น ดังนี้ 93.44 ถึง 96.79, 96.79 ถึง 99.09, 99.09 ถึง 102.15, 102.15 ถึง 105.32 และ 105.32 ถึง 108.44 มิลลิเมตรต่อปี พบว่า ทางตอนเหนือของจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย อำเภอสองและอำเภอร้องกวาง มีปริมาณน้ำฝนอยู่เป็นปริมาณมากถึงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทางตอนกลางของจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย อำเภอเมืองแพร่ อำเภอลอง อำเภอสูงเม่น อำเภอเด่นชัย และอำเภอวังชิ้น ที่มีปริมาณน้ำฝนอยู่ค่อนข้างน้อย จากการนำเข้าข้อมูลร่องรอยการเกิดดินถล่ม พบว่า มีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นมากที่สุดและมาก ตั้งแต่ 96.79 ถึง 99.09 มิลลิเมตรต่อปี และ 93.44 ถึง 96.79 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ และมีความหนาแน่นของร่องรอยดินถล่ม เท่ากับ 44.75 % และ 44.09 % ตามลำดับ และมีค่าอัตราส่วนความถี่ เท่ากับ 1.77 และ 1.24 ตามลำดับ (ภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 แผนที่แสดงช่วงชั้นของปริมาณน้ำฝน ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ตารางที่ 2 การแบ่งช่วงชั้นของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ปัจจัย	ช่วงชั้น	จำนวนพิกเซลในชั้น	จำนวนพิกเซลในชั้น (%)	จำนวนพิกเซลดินถล่มในชั้น	จำนวนพิกเซลดินถล่มในชั้น (%)	อัตราส่วนความถี่
ความลาดชัน	0 - 4.28	118070	7.50	231326	19.35	2.58
(%)	4.28 - 13.47	286543	18.21	527415	44.11	2.42
	13.47 - 25.73	168648	10.72	295774	24.74	2.31
	25.73 - 45.64	792588	50.36	141155	11.81	0.23
	45.64 - 78.11	208083	13.22	0	0	0
ระยะห่างจาก						
เส้นทางน้ำ	0 - 998	4445	17.24	25283	61.47	3.57
(เมตร)	998 - 1,996	12707	49.28	15845	38.53	0.78
	1,996 - 2,994	5474	21.23	0	0	0
	2,994 - 3,992	2721	10.55	0	0	0
	3,992 - 4,990	438	1.70	0	0	0
ระยะห่างจาก						
เส้นถนน	0 - 0.04	8538	32.06	4173	43.13	1.35
(เมตร)	0.04 - 0.09	7054	26.49	3866	39.96	1.51
	0.09 - 0.14	5631	21.14	1636	16.91	0.80
	0.14 - 0.19	4205	15.79	0	0	0
	0.19 - 0.24	1203	4.52	0	0	0
ความโค้ง						
	-112.44 - -47.56	6266	0.04	0	0	0
	-47.56 - -14.89	8469	0.05	0	0	0
	-14.89 - -1.00	1465746	8.44	460377	16.38	1.94
	-1.00 - 17.11	15876506	91.37	2350345	83.62	0.92
	17.11 - 85.00	19375	0.11	0	0	0

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัย	ช่วงชั้น	จำนวนพิกเซลในชั้น	จำนวนพิกเซลในชั้น (%)	จำนวนพิกเซลดินถล่มในชั้น	จำนวนพิกเซลดินถล่มในชั้น (%)	อัตราส่วนความถี่
ทิศด้านลาด	North (0-22.5)	114636	2.86	28683	12.95	4.52
	Northeast (22.5-67.5)	105924	2.65	14388	6.50	2.45
	East (67.5-112.5)	615124	15.37	7629	3.44	0.22
	Southeast (112.5-157.5)	495595	12.38	26265	11.86	0.96
	South (157.5-202.5)	727663	18.18	53343	24.08	1.32
	Southwest (202.5-247.5)	117203	2.93	56080	25.32	8.65
	West (247.5-292.5)	772684	19.30	14961	6.75	0.35
	Northwest (292.5-337.5)	504022	12.59	20133	9.09	0.72
	North (337.5-360.0)	549660	13.73	0	0	0
ปริมาณน้ำฝน (ม.ม./ปี)	93.44 - 96.79	2560078	35.59	1673741	44.09	1.24
	96.79 - 99.09	1817449	25.27	1698801	44.75	1.77
	99.09 - 102.15	788866	10.97	352893	9.30	0.85
	102.15 - 105.32	1075789	14.96	0	0	0
	105.32 - 108.44	950458	13.21	71104	1.87	0.14

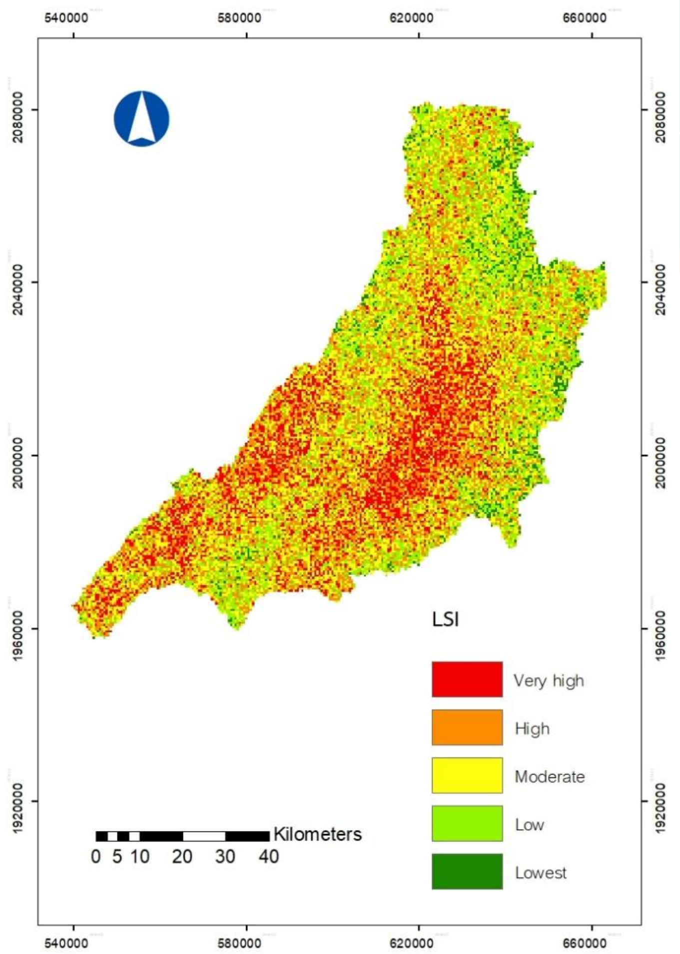
จากการศึกษาการเกิดดินถล่มด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ ระหว่างจุดที่เคยเกิดดินถล่มจำนวน 15 จุด กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ความลาดชัน ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ ระยะห่างจากเส้นถนน ความโค้ง ทิศด้านลาด และปริมาณน้ำฝน พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด คือ ระยะห่างจากเส้นถนนและระยะห่างจากเส้นทางน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือ, 2552) (กนกพร เปรมภูติ, 2551) (สัมพันธ์ สิงหราชวราพันธ์ et al., 2552) พบว่า พื้นที่ที่มีระยะใกล้กับทางน้ำมีโอกาสเกิดดินถล่มได้มากกว่าพื้นที่ที่ไกลออกไป ระยะห่างจากเส้นทางน้ำเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำในดิน ซึ่งเป็นบทบาทสำคัญต่อการเกิดดินถล่ม และสอดคล้องกับการศึกษาของ Khan *et al*. (2019) ได้ทำการศึกษาการใช้วิธีวิเคราะห์จากการกระจายเชิงพื้นที่ เพื่อประเมินแผนที่ความอ่อนไหวของแผ่นดินถล่ม พบว่า ระยะห่างจากเส้นถนน และความลาดชันเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด

แผนที่ดัชนีความไวของดินถล่ม โดยการนำค่าอัตราส่วนความถี่ที่ได้ในช่วงชั้นของปัจจัยที่ศึกษานำมารวมกัน โดยแบ่งพื้นที่อ่อนไหวออกเป็น 5 ระดับ ผลการวิจัย พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแพร่มีระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง สอดคล้องกับ Malaysian-Thai Working Group (2016) และ ภัทรรินทร์ (2560) โดยพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 104,042.97 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 15.91 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง มีพื้นที่เท่ากับ 180,967.68 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 27.68 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 194,309.14 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.72 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 146,474.47 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 22.40 และพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 28,065.74 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.29 (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับการศึกษาของ ภาณุวัสน์ และปิยพงษ์ (2558) ได้ทำการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่ ด้วยเทคนิคการประยุกต์ใช้วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (weighted factor index method) พบว่า พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่ ในระดับสูงและสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 5,693 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 37.54 และการศึกษาของมนันยา (2555) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่พูล จังหวัดอุตรดิตถ์ ด้วยวิธีปัจจัยร่วม พบว่า ในระดับพื้นที่อ่อนไหวสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 8,620 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 81.22

ร่องรอยการเกิดดินถล่มในอดีต ในจังหวัดแพร่ จำนวนทั้งสิ้น 15 จุด พบว่า จุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง มี 6 จุด ได้แก่ อำเภอลองและอำเภอร้องกวาง รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง มี 5 จุด อำเภอวังชิ้นและอำเภอเด่นชัย และจุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อย คือ อำเภอเมืองแพร่ พบทั้งสิ้น 4 จุด

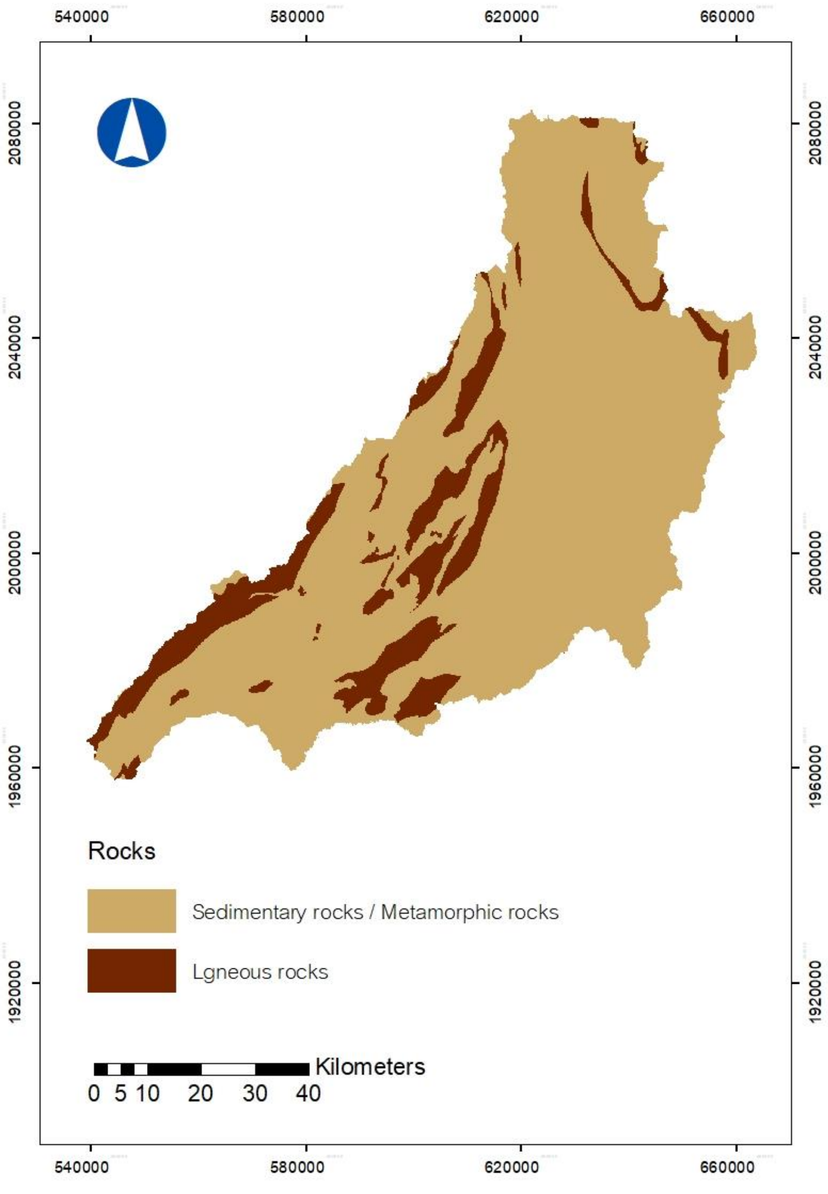
ตารางที่ 3 ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	พื้นที่ (เฮกตาร์)	ร้อยละ
สูงมาก	104,042.97	15.91
สูง	180,967.68	27.68
ปานกลาง	194,309.14	29.72
น้อย	146,474.47	22.40
น้อยมาก	28,065.74	4.29
รวม	**653,860.00**	**100.00**



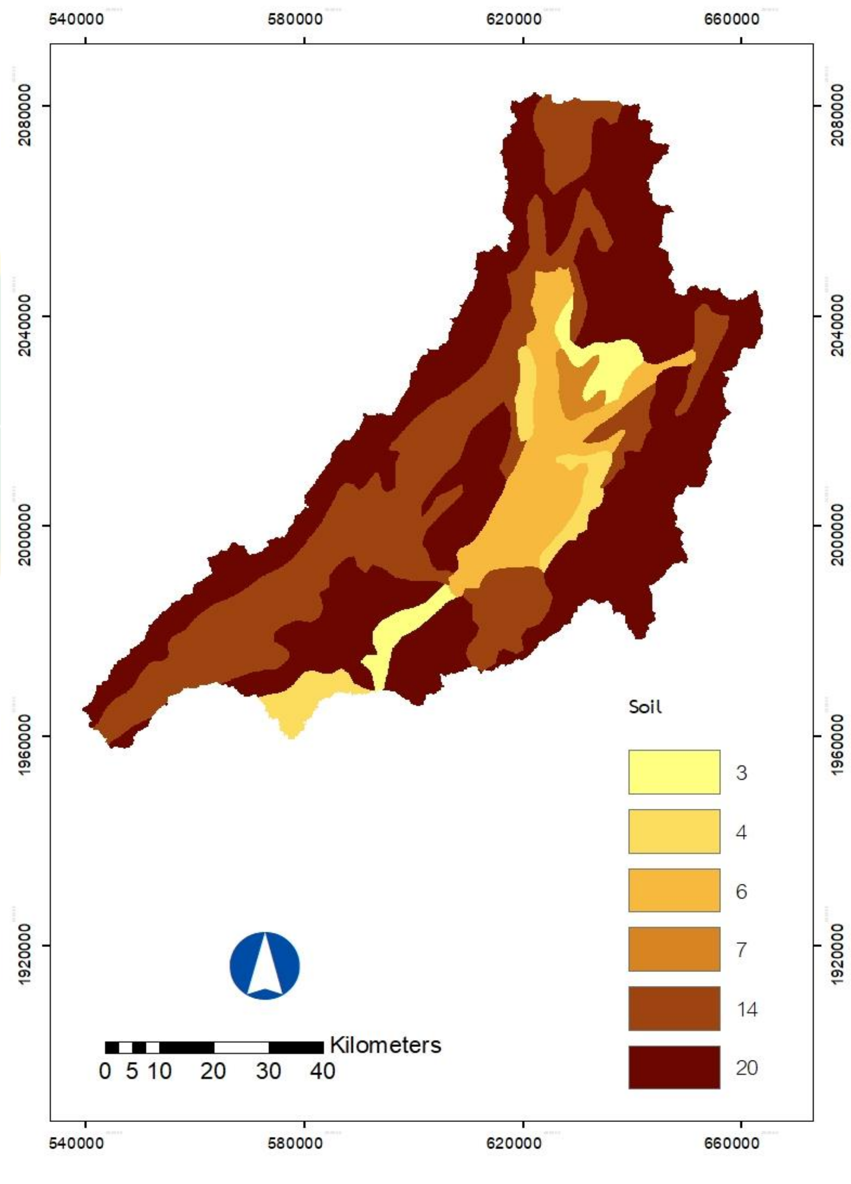
ภาพที่ 26 แผนที่แสดงระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ชนิดหิน ในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ หินตะกอนและหินแปร มีลักษณะความทนทานค่อนข้างต่ำ ทำให้ผุพังได้ง่าย (เนติพงษ์ และคณะ, 2558) และหินอัคนี มีอัตราการผุพังสลายตัวสูง (ภาณุวัสน์ และปิยพงษ์, 2558) พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแพร่มีชนิดหินตะกอนและหินแปรครอบคลุมอยู่ทั่วทั้งบริเวณพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย อำเภอหนองม่วงไข่ อำเภอเมืองแพร่ อำเภอสูงเม่น และอำเภอเด่นชัย และพื้นที่ที่พบชนิดหินทั้งสองกลุ่ม (หินตะกอนกับหินแปร และหินอัคนี) ประกอบด้วย อำเภอเมืองแพร่ อำเภอลอง อำเภอร้องกวาง อำเภอสอง และอำเภอวังชิ้น (ภาพที่ 27)



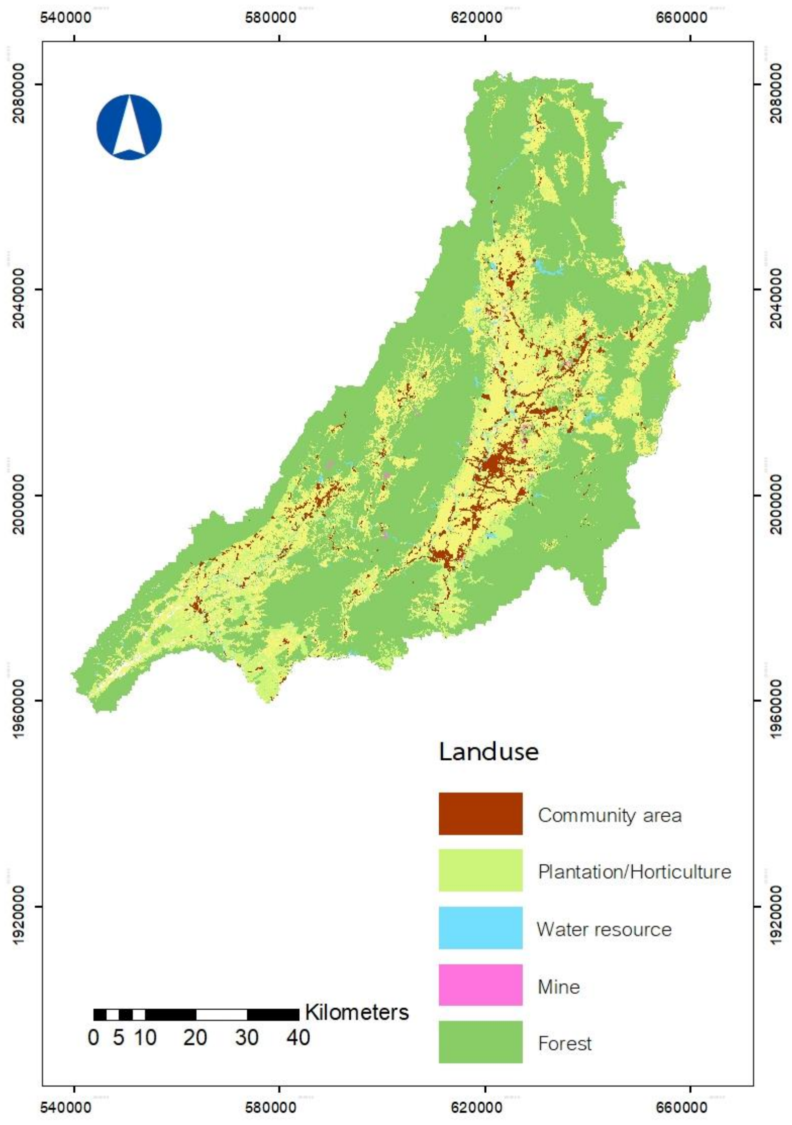
ภาพที่ 27 แผนที่แสดงช่วงชั้นของชนิดหิน ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ชนิดดิน ในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่ม คือ ดินกลุ่มที่ 3 ดินกลุ่มที่ 4 ดินกลุ่มที่ 6 ดินกลุ่มที่ 7 ดินกลุ่มที่ 14 และดินกลุ่มที่ 20 พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแพร่มีเป็นดินกลุ่มที่ 20 ครอบคลุมอยู่บริเวณโดยรอบของพื้นที่จังหวัดแพร่และพบได้ในทุก ๆ รายอำเภอ แต่พบมากที่สุดในอำเภอสองและอำเภอร้องกวาง ดินกลุ่มที่ 14 พบมากที่อำเภอลอง อำเภอเด่นชัย และอำเภอวังชิ้น ดินกลุ่มที่ 7 พบมากที่อำเภอร้องกวาง ดินกลุ่มที่ 6 มีการกระจายอยู่ในบางพื้นที่ของอำเภอวังชิ้นและอำเภอหนองม่วงไข่ ดินกลุ่มที่ 4 มีการกระจายอยู่ในบางพื้นที่ของอำเภอวังชิ้น และอำเภอสูงเม่น และกลุ่มที่ 3 มีการกระจายอยู่ในบางพื้นที่ของอำเภอร้องกวางและอำเภอสูงเม่น (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 28 แผนที่แสดงช่วงชั้นของชนิดดิน ในพื้นที่จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม คือ พื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย พื้นที่นาข้าวและพืชไร่ พื้นที่สวนป่าและพืชสวน พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เหมืองแร่และบ่อขุด และพื้นที่ป่าไม้ พบว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแพร่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด คือ พื้นที่นาข้าวและพืชไร่ มีพื้นที่เท่ากับ 116,841.24 เฮกตาร์ รองลงมา คือ พื้นที่สวนป่าและพืชสวน พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย พื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่เหมืองแร่ มีพื้นที่เท่ากับ 51,821.35, 33,8057.72, 19,828.93, 5,808.88 และ 997.20 เฮกตาร์ ตามลำดับ (ภาพที่ 29)

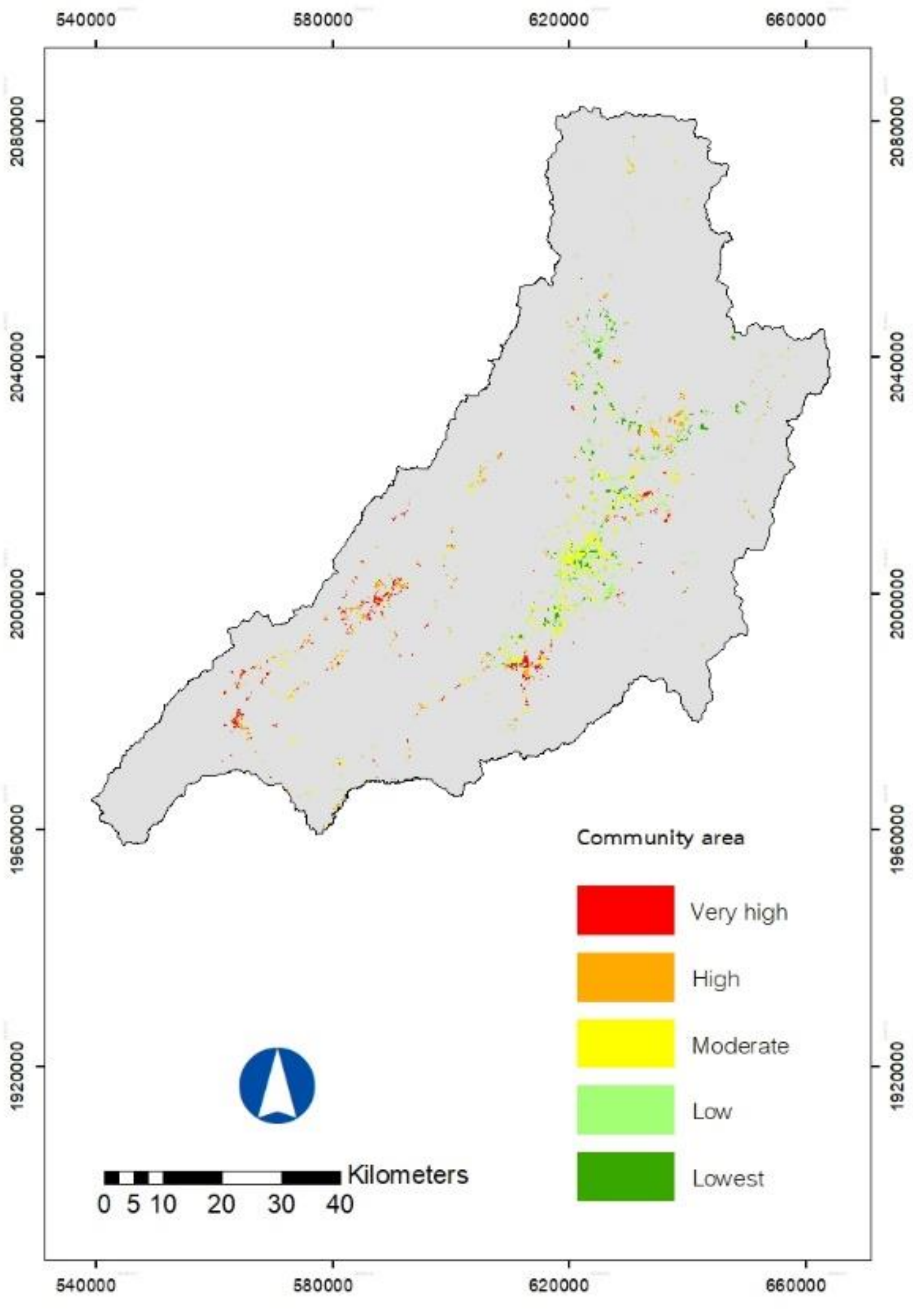


ภาพที่ 29 แผนที่แสดงช่วงชั้นของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินชุมชนและที่อยู่อาศัย ในจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย หมู่บ้าน ตัวเมือง สถานที่ราชการ สถานีคมนาคม ย่านการค้า โรงงานอุตสาหกรรม สนามกอล์ฟ สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ สิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัยของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับเสี่ยงปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 6,606.16 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 33.32 ของพื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย รองลงมา คือ ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 4,617.33 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 23.29 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูง มีพื้นที่เท่ากับ 3,249.53 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 16.39 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 2,688.89 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 13.56 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 2,667.02 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 13.45 ของพื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย จังหวัดแพร่

ระดับความเสี่ยง	**ชุมชนและที่อยู่อาศัย**	
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	**ร้อยละ**
สูงมาก	2,667.02	13.45
สูง	3,249.53	16.39
ปานกลาง	6,606.16	33.32
น้อย	4,617.33	23.29
น้อยมาก	2,688.89	13.56
รวม	**19,828.93**	**100.00**

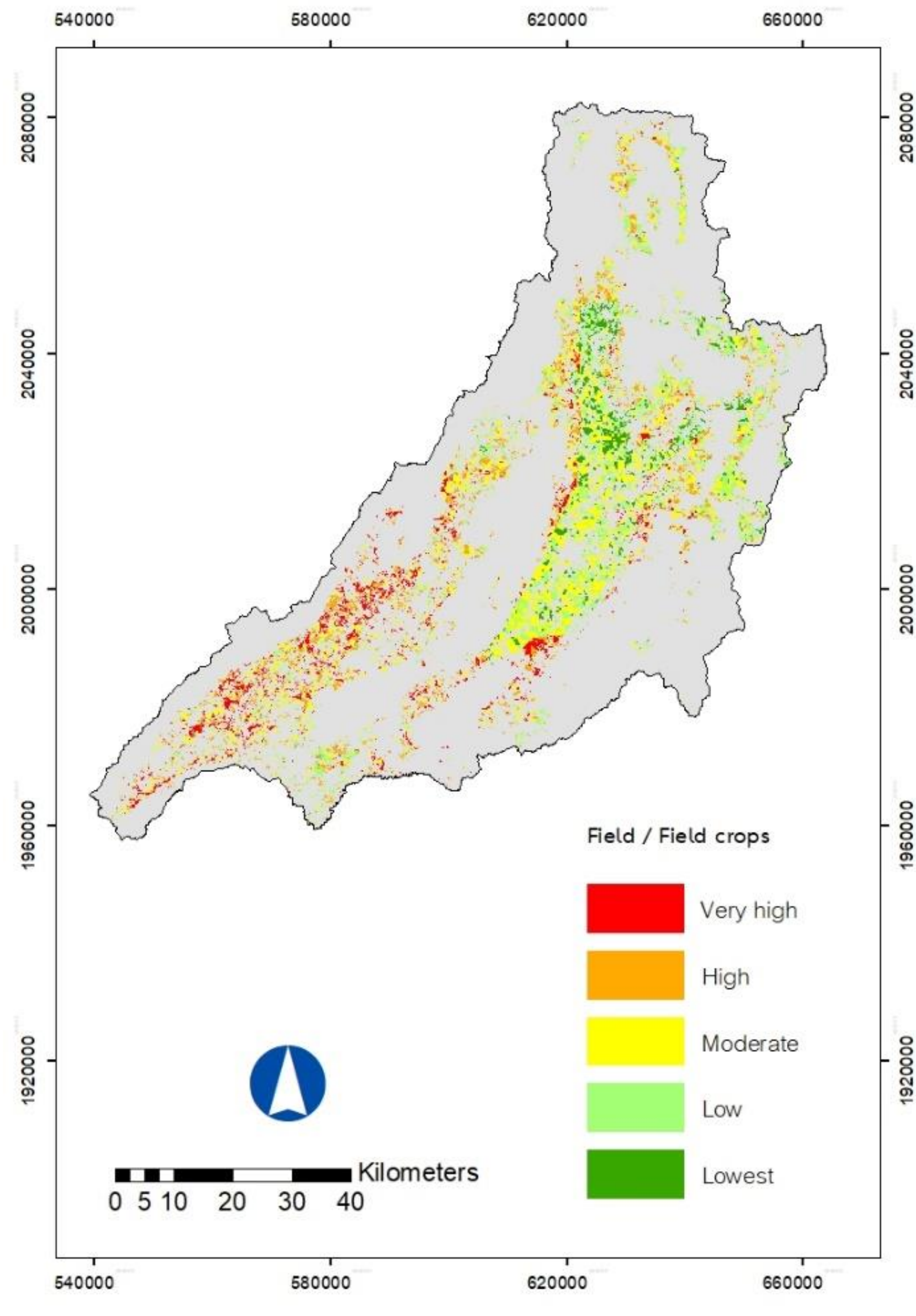


ภาพที่ 30 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ ในจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไม้ผล ไร่หมุนเวียน ไร่นาสวนผสมและเกษตรผสมผสาน พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับเสี่ยงปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 40,411.88 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 34.59 ของพื้นที่สวนป่าและพืชสวน รองลงมา คือ ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 28,921.82 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 24.75 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูง มีพื้นที่เท่ากับ 22,554.48 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 19.30 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 13,507.59 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 11.56 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 11,445.47 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 9.80 ของพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ จังหวัดแพร่

ระดับความเสี่ยง	**นาข้าวและพืชไร่**	
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	**ร้อยละ**
สูงมาก	13,507.59	11.56
สูง	22,554.48	19.30
ปานกลาง	40,411.88	34.59
น้อย	28,921.82	24.75
น้อยมาก	11,445.47	9.80
รวม	**116,841.24**	**100.00**

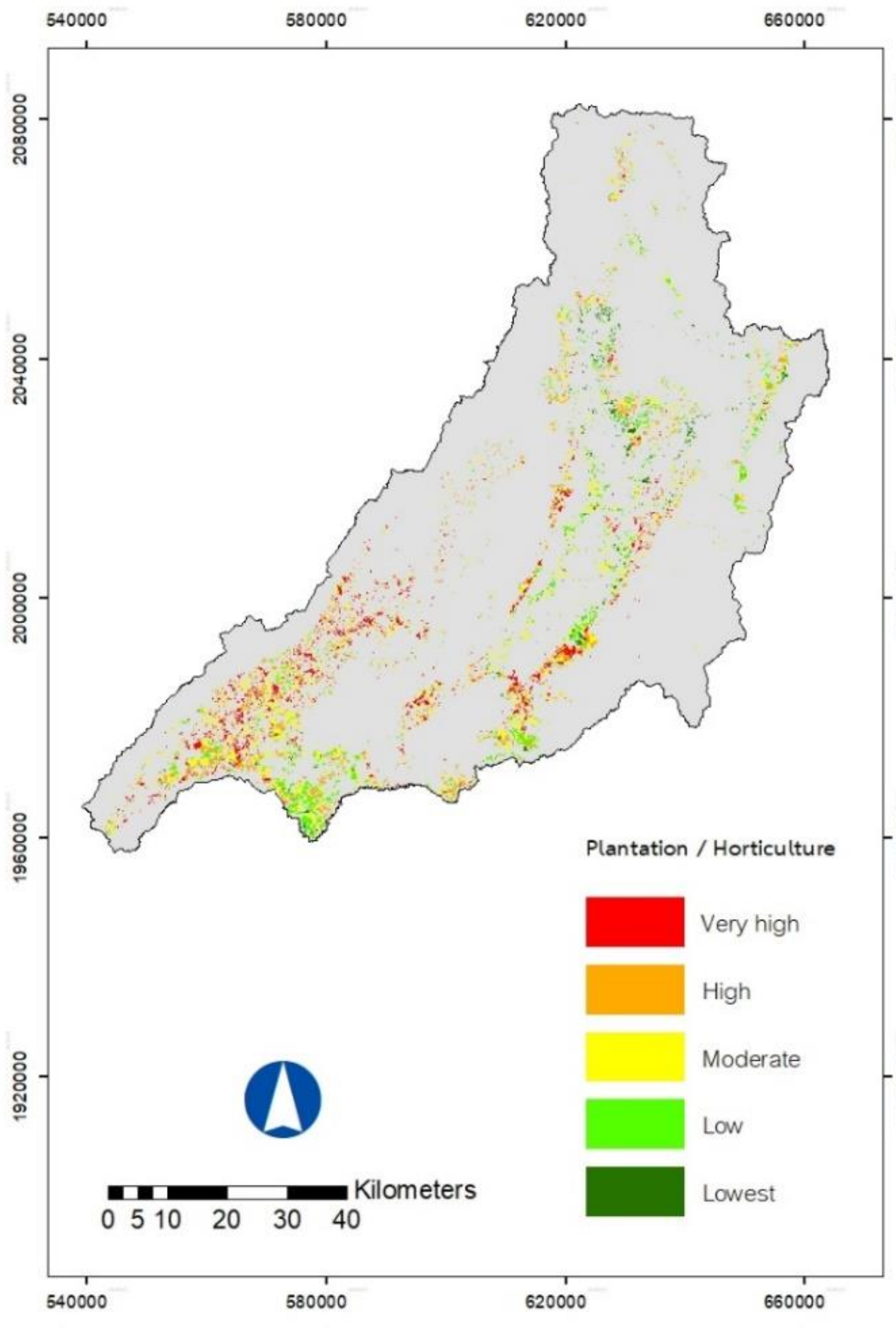


ภาพที่ 31 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่นาข้าวและพืชไร่ จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่สวนป่าและพืชสวน ในจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย ไม้ยืนต้นและไม้ผล พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เหมืองแร่ของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับเสี่ยงปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 16,257.23 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 31.37 ของพื้นที่สวนป่าและพืชสวน รองลงมา คือ ระดับพื้นที่เสี่ยงสูง มีพื้นที่เท่ากับ 13,225.25 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 25.52 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 11,245.88 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 21.70 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 8,292.35 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 16.00 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 2,800.64 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 5.40 ของพื้นที่สวนป่าและพืชสวน ตามลำดับ(ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่สวนป่าและพืชสวน จังหวัดแพร่

ระดับความเสี่ยง	**สวนป่าและพืชสวน**	
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	**ร้อยละ**
สูงมาก	8,292.35	16.00
สูง	13,225.25	25.52
ปานกลาง	16,257.23	31.37
น้อย	11,245.88	21.70
น้อยมาก	2,800.64	5.40
รวม	**51,821.35**	**100.00**



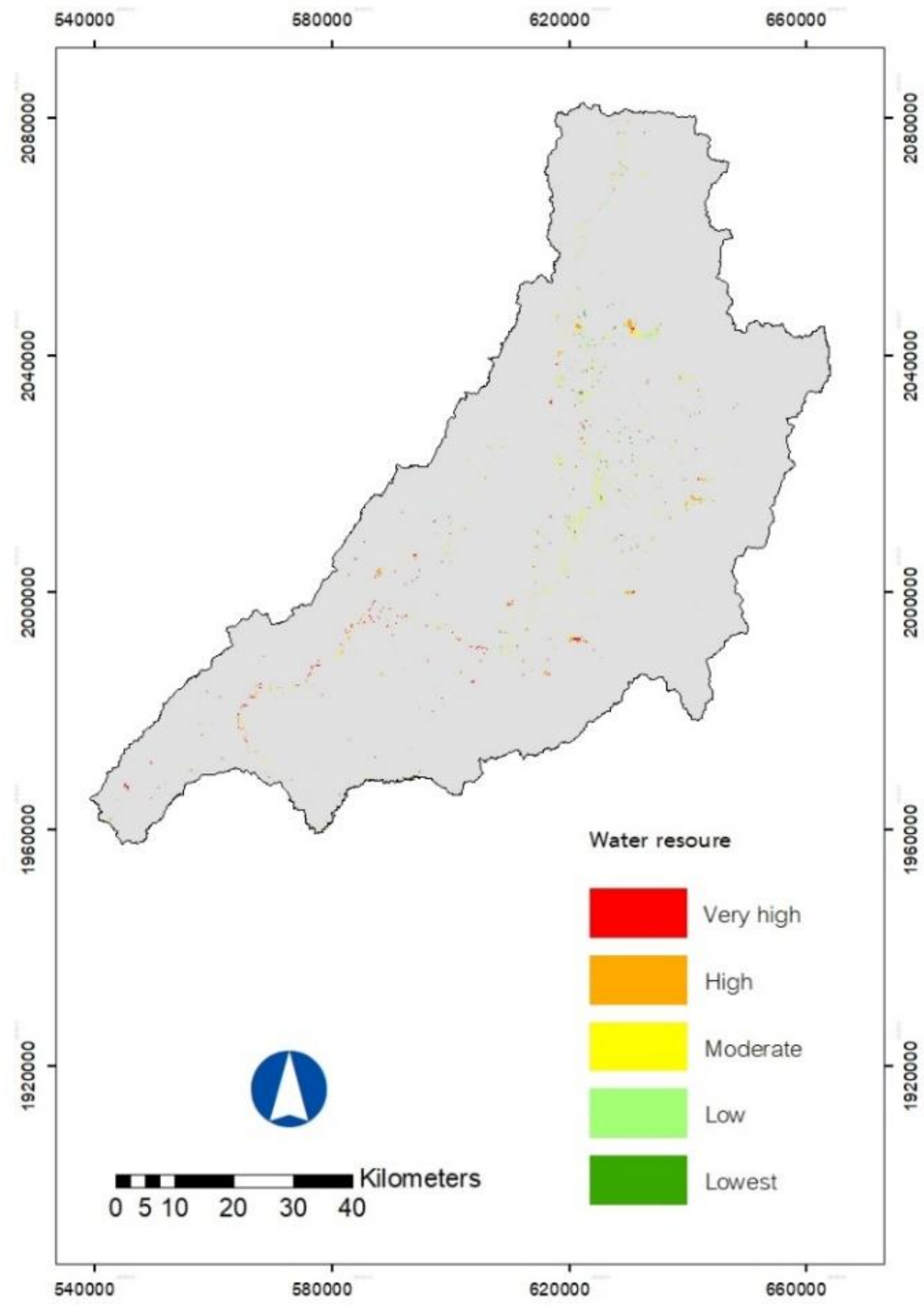
ภาพที่ 32 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่สวนป่าและพืชสวน จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่แหล่งน้ำ ในจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่สร้างขึ้น พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่แหล่งน้ำของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับเสี่ยงปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 1,994.33 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 34.33 ของพื้นที่แหล่งน้ำ รองลงมาคือ ระดับพื้นที่เสี่ยงสูง มีพื้นที่เท่ากับ 1,376.30 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 23.69 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 1,157.82 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 19.93 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 828.05 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 14.25 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 452.38 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 7.79 ของพื้นที่แหล่งน้ำ ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินของแหล่งน้ำ จังหวัดแพร่

ระดับความเสี่ยง	**แหล่งน้ำ**	
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	**ร้อยละ**
สูงมาก	828.05	14.25
สูง	1,376.30	23.69
ปานกลาง	1,994.33	34.33
น้อย	1,157.82	19.93
น้อยมาก	452.38	7.79
รวม	**5,808.88**	**100.00**

MAEJO UNIVERSITY

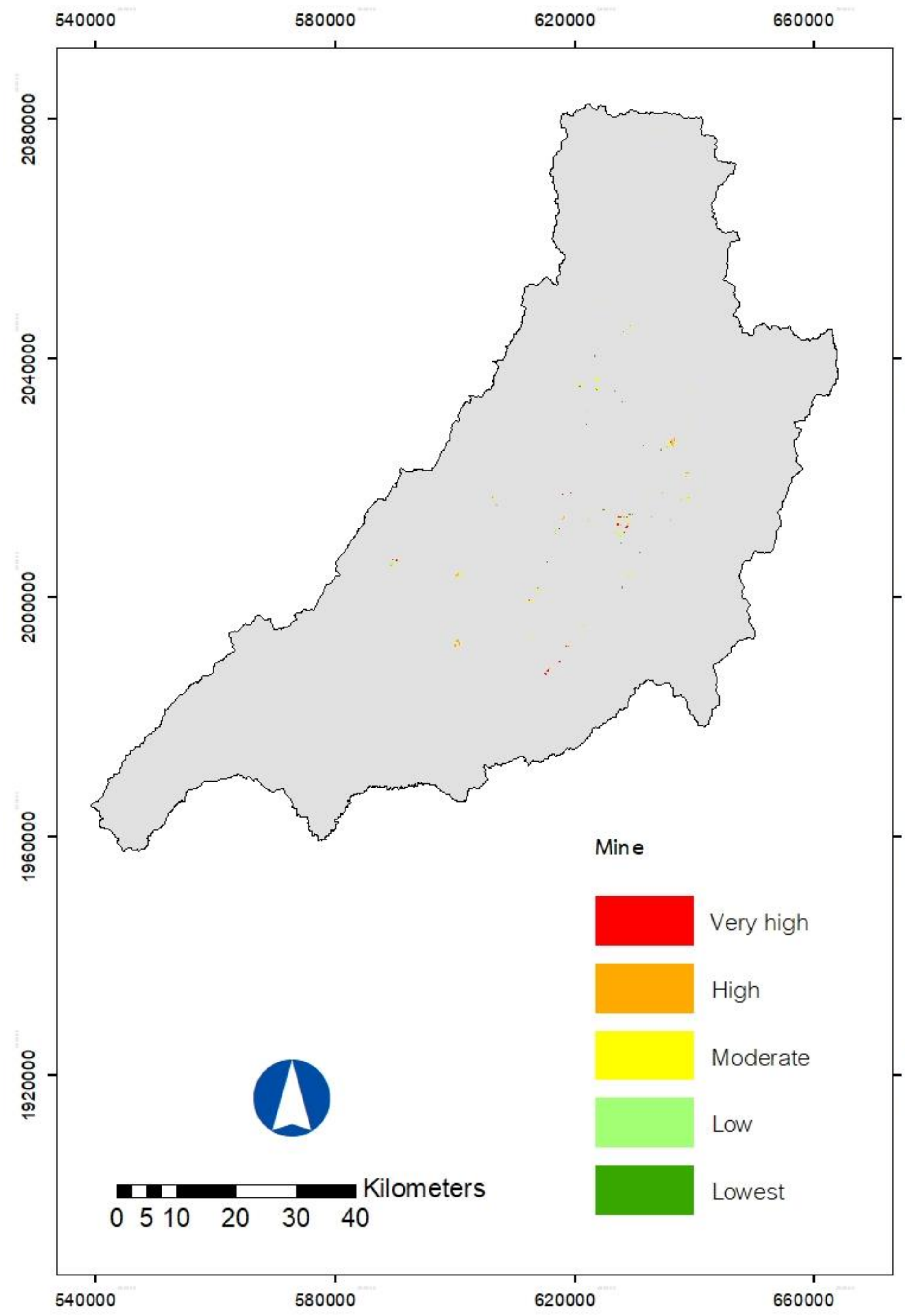


ภาพที่ 33 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่แหล่งน้ำ จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เหมืองแร่ ในจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย เหมืองแร่และบ่อขุด พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เหมืองแร่ของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับเสี่ยงปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 325.21 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 32.61 ของพื้นที่เหมืองแร่ รองลงมา คือ ระดับพื้นที่เสี่ยงสูง มีพื้นที่เท่ากับ 250.84 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 25.15 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 195.42 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 19.60 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 136.92 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 13.73 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 88.81 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 8.91 ของพื้นที่เหมืองแร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เหมืองแร่ จังหวัดแพร่

ระดับความเสี่ยง	**เหมืองแร่**	
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	**ร้อยละ**
สูงมาก	136.92	13.73
สูง	250.84	25.15
ปานกลาง	325.21	32.61
น้อย	195.42	19.60
น้อยมาก	88.81	8.91
รวม	**997.20**	**100.00**

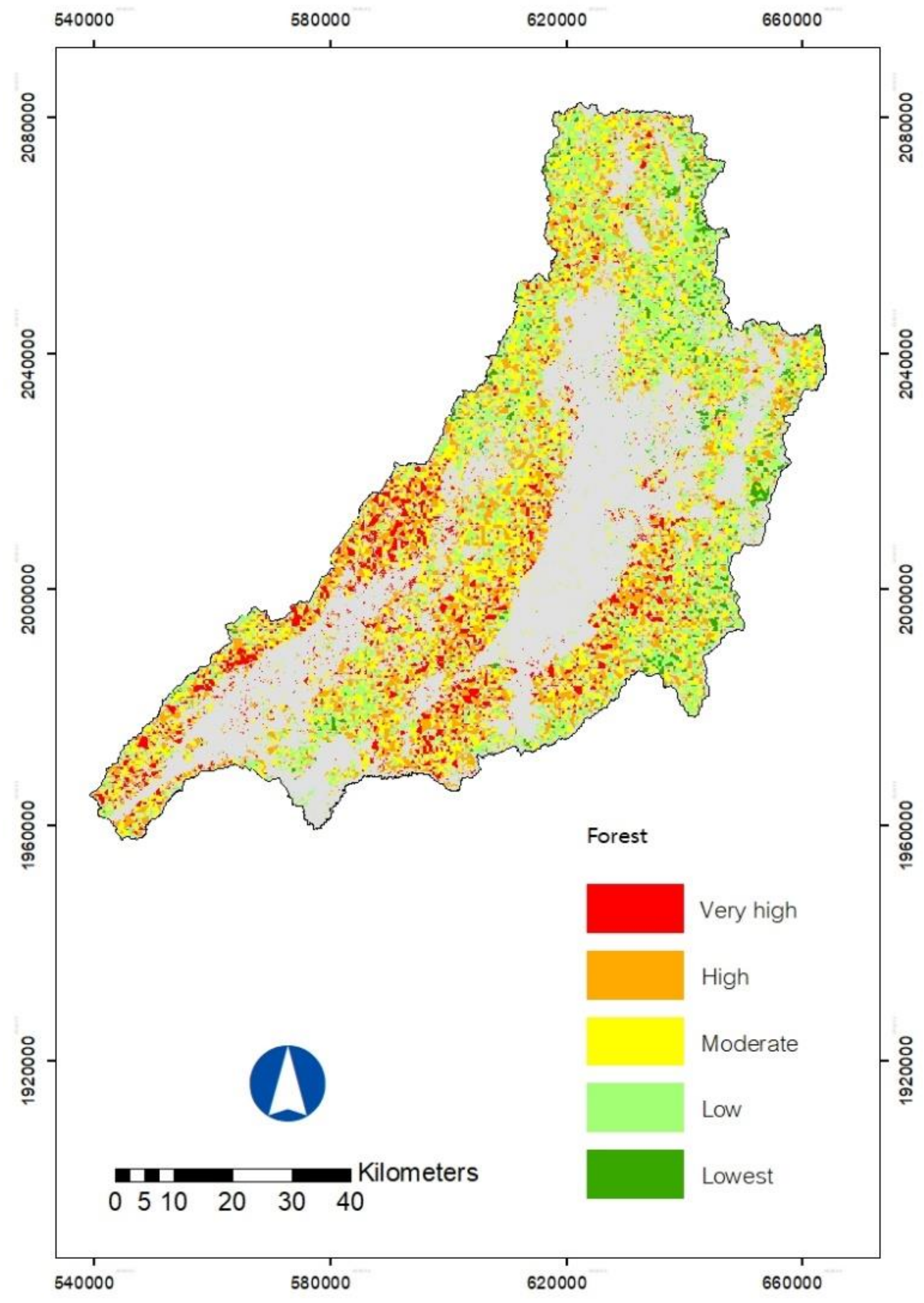


ภาพที่ 34 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เหมืองแร่ จังหวัดแพร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าไม้ ในจังหวัดแพร่ ประกอบด้วย ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ ป่าเลาะเมาะและทุ่งหญ้า พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้ของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ใน ระดับเสี่ยงปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 10,3627.49 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 30.65 ของพื้นที่ป่าไม้ รองลงมา คือ ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 93,055.08 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 27.53 ระดับพื้นที่เสี่ยงสูง มีพื้นที่เท่ากับ 86,362.56 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 25.55 ไม้ ระดับพื้นที่เสี่ยงสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 35,879.95 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 10.61 ระดับพื้นที่เสี่ยงน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 19,132.64 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 5.66 ของพื้นที่ป่าไม้ ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้ จังหวัดแพร่

ระดับความเสี่ยง	**ป่าไม้**	
	พื้นที่ (เฮกตาร์)	**ร้อยละ**
สูงมาก	35,879.95	10.61
สูง	86,362.56	25.55
ปานกลาง	10,3627.49	30.65
น้อย	93,055.08	27.53
น้อยมาก	19,132.64	5.66
รวม	**33,8057.72**	**100.00**



ภาพที่ 35 แผนที่ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม: การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ป่าไม้ในจังหวัดแพร่

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ในจังหวัดแพร่ โดยการนำเข้าของปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดหิน ชนิดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน สามารถจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก สูง ปานกลาง น้อย และน้อยมาก ประกอบด้วย 8 อำเภอ ดังนี้

อำเภอเด่นชัย จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 14.71 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 10.75 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 8.48 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 5.43 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 1.16 ตามลำดับ

อำเภอลอง จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 34.15 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 25.65 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 18.91 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 12.04 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 4.66 ตามลำดับ

อำเภอสูงเม่น จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 5.93 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 4.58 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 7.32 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 5.73 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 4.94 ตามลำดับ

อำเภอหนองม่วงไข่ จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 1.15 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 1.12 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 2.94 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 2.02 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 3.30 ตามลำดับ

อำเภอเมืองแพร่ จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 11.38 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 10.18 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 13.02 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 12.91 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 15.60 ตามลำดับ

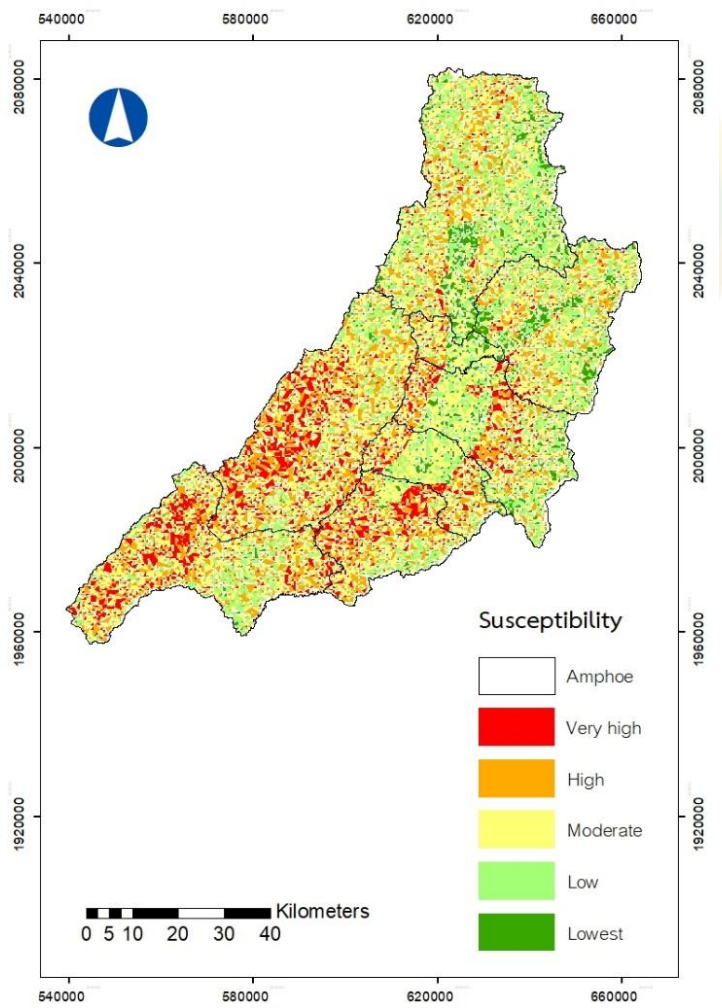
อำเภอร้องกวาง จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 3.34 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 11.89 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 12.47 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 17.47 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 23.27 ตามลำดับ

อำเภอสอง จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 6.11 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 18.04 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง

ร้อยละ 22.11 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 32.37 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 42.92 ตามลำดับ

อำเภอวังชิ้น จำแนกระดับความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูงมาก ร้อยละ 23.22 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงสูง ร้อยละ 17.75 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ร้อยละ 14.75 พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อย ร้อยละ 12.01 และ พื้นที่อยู่ในระดับความเสี่ยงน้อยมาก ร้อยละ 4.16 ตามลำดับ

พบว่า พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก คือ อำเภอลองและอำเภอวังชิ้น พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูง คือ อำเภอเด่นชัยและอำเภอสูงเม่น พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง คือ อำเภอสอง พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มน้อย คือ อำเภอร้องกวาง และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มน้อยมาก คือ อำเภอหนองม่วงไข่



ภาพที่ 36 แผนที่แสดงระดับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มรายอำเภอ ในจังหวัดแพร่

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การเกิดดินถล่มด้วยวิธีอัตราส่วนความถี่ ระหว่างจุดที่เคยเกิดดินถล่มจำนวน 15 จุด กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ความลาดชัน ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ ระยะห่างจากเส้นถนน ความโค้ง ทิศด้านลาด และปริมาณน้ำฝน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มกับร่องรอยดินถล่มในอดีตจึงสามารถสรุปได้ว่า ดินถล่มในพื้นที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับบริเวณที่ความลาดชัน ระหว่าง 4.28 ถึง 13.47 เปอร์เซ็นต์ ระยะห่างจากถนน ระหว่าง 0.04 ถึง 0.09 เมตร ระยะห่างจากเส้นทางน้ำ ช่วง 0 ถึง 998 เมตร บริเวณที่ความโค้งเว้า ทิศด้านลาดหรือหน้ารับน้ำฝนทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และปริมาณน้ำฝน ตั้งแต่ 96.79 ถึง 99.09 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด คือ ระยะห่างจากเส้นถนนและเส้นทางน้ำ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดแพร่มีระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง โดยพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก มีพื้นที่เท่ากับ 104,042.97 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 15.91 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง มีพื้นที่เท่ากับ 180,967.68 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 27.68 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง มีพื้นที่เท่ากับ 194,309.14 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 29.72 พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อย มีพื้นที่เท่ากับ 146,474.47 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 22.40 และพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อยมาก มีพื้นที่เท่ากับ 28,065.74 เฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 4.29 ร่องรอยการเกิดดินถล่มในอดีต ในจังหวัดแพร่ จำนวนทั้งสิ้น 15 จุด พบว่า จุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง มี 6 จุด ได้แก่ อำเภอลองและอำเภอร้องกวาง รองลงมาคือ พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง มี 5 จุด อำเภอวังชิ้นและอำเภอเด่นชัย และจุดพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มน้อย คือ อำเภอเมืองแพร่ พบทั้งสิ้น 4 จุด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในเทคนิคอัตราส่วนความถี่เพื่อพัฒนาแผนที่ความอ่อนไหวของดินถล่มและลดความรุนแรงของดินถล่มในพื้นที่ ทำให้สามารถการจัดการความเสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินถล่มได้

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ในจังหวัดแพร่ โดยการนำเข้าของปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่ ชนิดหิน ชนิดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน สามารถจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก สูง ปานกลาง น้อย และน้อยมาก พบว่า พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูงมาก คือ อำเภอลองและอำเภอวังชิ้น พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มสูง คือ อำเภอเด่นชัยและอำเภอสูงเม่น พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มปานกลาง คือ

อำเภอสอง พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มน้อย คือ อำเภอร้องกวาง และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มน้อยมาก คือ อำเภอหนองม่วงไข่

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กำหนดบริเวณที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในจังหวัดแพร่ มีการใช้ข้อมูลอย่างจำกัด ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ควรเป็นข้อมูลที่มีความทันสมัย เพื่อความสมบูรณ์ และความเป็นจริงของข้อมูลจะได้มีความน่าเชื่อถือและชัดเจนมากยิ่งขึ้น
2. ควรให้ความสำคัญทางด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น เนื่องจากในพื้นที่จังหวัดแพร่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน ตลอดจนให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการร่วมกำหนดปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดดินถล่ม โดยศึกษาพฤติกรรมของคนในชุมชนถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้ชุมชนเล็งเห็นความสำคัญของการปลูกพืชคลุมดินในพื้นที่เกษตร เป็นการช่วยยึดหน้าดิน ทำให้สามารถป้องกัน และลดผลกระทบของดินถล่ม
3. รัฐบายควรเพิ่มการสนับสนุนการใช้เทคโนโลยีและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการเตือนภัยที่เหมาะสมกับประเทศไทย รวมถึงการฝึกซ้อมให้เกิดความคุ้นเคยและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องกับประชาชนและเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน
4. รัฐบาลควรมีการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดแผ่นดินถล่มเพื่อเตือนภัยให้ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยได้มีการรับรู้ถึงโอกาสที่อาจจะได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติในระดับต่าง ๆ ซึ่งถือเป็นการป้องกันภัยในระยะยาว ช่วยในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อการป้องกัน และลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นต่อชีวิตและทรัพย์สินในอนาคต

บรรณานุกรม

Avinash, K. and Ashamanjari, K. 2010. A GIS and frequency ratio based landslide susceptibility mapping: Aghnashini river catchment, Uttara Kannada, India. **International journal of geomatics and geosciences**, 1(3), 343.

Bonham-Carter, G. F. 1994. Geographic information systems for geoscientists-Modeling with GIS. **Computer methods in the geoscientists**, 13(398.

Chacon J., Irigaray C., Fernandez T. and El Hamdouni, R. 2006. Engineering geology maps: landslides and geographical information systems. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, 65(4), 341-411.

Chen W., Wang J., Xie X., Hong H., Van Trung N., Bui D.T., Wang G. and Li X. 2016. Spatial prediction of landslide susceptibility using integrated frequency ratio with entropy and support vector machines by different kernel functions. **Environ. Earth Sci**, 75 (20) 1344.

Chen X., Ran H.L. and Yang W.T. . 2012 Evaluation of factors controlling large earthquake-induced landslides by the Wenchuan earthquake **Hazards Earth Syst. Sci.** , 12 (12) 3645-3657.

Chung, C.-J. F. and Fabbri, A. G. 2003. Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. **Natural Hazards**, 30(3), 451-472.

Ding Q., Chen W. and Hong, H. 2017. Application of frequency ratio, weights of evidence and evidential belief function models in landslide susceptibility mapping. **Geocarto International**, 32 (6) 619–639.

Faraji Sabokbar, H., Shadman Roodposhi, M., Tazik, E., . 2014. Landslide susceptibility mapping using geographically-weighted principal component analysis. **Geomorphology** 226 15-24.

Glade T., Anderson M. and Crozier J. 2004. Landslide hazard and risk., London: Wiley).

Gorum T., Fan X., van Westen C., Huang R., Xu Q., Tang C. and Wang G. 2011. Distribution pattern of earthquake-induced landslides triggered by the 12 May 2008 Wenchuan earthquake. **Geomorphology** 133 (3–4) 152–167.

Gupta R. P., Kanungo D. P., Arora M. K. and Sarkar S. 2008. Approaches for comparative evaluation of raster GIS-based landslide susceptibility zonation maps. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 10(3), 330-341.

Intarawichian, N. and D., S. . 2011. Frequency ratio model based landslide susceptibility mapping in lower Mae Chaem watershed, Northern Thailand. **Environmental Earth Sciences**, 64(2271-2285.

Khan H., Shafique M., Khan M. A., Bacha M. A., Shah S. U. and Calligaris C. 2019. Landslide susceptibility assessment using Frequency Ratio, a case study of northern Pakistan. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 22(1), 11-24.

Kumar R. and Anbalagan R. 2015. Landslide susceptibility zonation in part of Tehri reservoir region using frequency ratio, fuzzy logic and GIS. **Journal of Earth System Science**, 124(2), 431-448.

Lee, E. M. and Jones, D. K. 2004. **Landslide risk assessment**. Thomas Telford London.

Lee S. and Talib J.A. 2005. Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. **Environ. Geol.**, 47 (7) 982–990.

Lee S. and P. B. 2007. Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. **Landslides**, 4 33-41.

Mondal, S., Maiti, R. 2013. Integrating the analytical hierarchy process (AHP) and the frequency ratio (FR) model in landslide susceptibility mapping of Shivkhola watershed. **Int. J. of Dis. Risk Sci.**, 4 (4) 200–212.

Raghuvanshi T. K., Negassa L. and Kala P. 2015. GIS based Grid overlay method versus modeling approach–A comparative study for landslide hazard zonation (LHZ) in Meta Robi District of West Showa Zone in Ethiopia. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, 18(2), 235-250.

Ramesh V. and Anbazhagan S. 2015. Landslide susceptibility mapping along Kolli hills Ghat road section (India) using frequency ratio, relative effect and fuzzy logic models. **Environmental Earth Sciences**, 73(12), 8009-8021.

Reis S., Yalcin A., Atasoy M., Nisanci R., Bayrak T., Erduran M., Sancar C. and Ekercin, S. 2012. Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio and analytical hierarchy methods in Rize province (NE Turkey). **Environ. Earth Sci**, 66 (7) 2063–2073.

Schuster R. and Kockelman W. 1996. Principles of landslide hazard reduction. **Landslides Investigation and Mitigation, edited by: Turner, AK and Schuster, RL, Washington, DC, National Academy Press**, 91-105.

Shafique M., van der Meijde M. and Khan M.A. 2016. A review of the 2005 Kashmir earthquake-induced landslides; from a remote sensing prospective. **J. Asian Earth Sci.**, 118 68–80.

Shahabi H., Hashim M. and Ahmad, B. B. 2015. Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, and fuzzy logic methods at the central Zab basin, Iran. **Environmental Earth Sciences**, 73(12), 8647-8668.

Shahabi H., Hashim M. and Ahmad B. B. 2015. Remote sensing and GIS-based landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, and fuzzy logic methods at the central Zab basin, Iran. **Environmental Earth Sciences**, 73(8647-8668.

Thongkhao T. 2012. **Engineering and physical properties of residual soil from landslide hazard area in Amphoe Chiang Klang, Changwat Nan, Thailand.** Chulalongkorn University.

Umar Z., Pradhan B., Ahmad A., Jebur M.N. and Tehrany M.S. 2014. Earthquake induced landslide susceptibility mapping using an integrated ensemble frequency ratio and logistic regression models in West Sumatera Province, Indonesia. **CATENA**, 118 124-135.

Varnes D. J. and I. A. o. E. G. C. o. L. a. O. M. M. o. S. 1984. Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Natural hazards. (3), 63.

Wang Q. and Li W. 2017. A GIS-based comparative evaluation of analytical hierarchy process and frequency ratio models for landslide susceptibility mapping. **Phys. Geogr**, 38 (4) 318–337.

Wu Y., Li W., Wang Q., Liu Q., Yang D., Xing M., Pei Y. and Yan S. 2016. Landslide

susceptibility assessment using frequency ratio, statistical index and certainty factor models for the Gangu County. **China. Arab. J. Geosci.**, 9 (2) 1–16.

Yilmaz I. 2009. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat—Turkey). **Comput. Geosci**, 35 (6) 1125–1138.

กนกพร เปรมภูติ. 2551. ศึกษาการวิเคราะห์พิบัติภัยดินถล่มในพื้นที่ตำบลยางเปียง อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่.

กรมทรัพยากรธรณี. 2554. แผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชนจังหวัดแพร่.

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำ กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2562. ข้อมูลการจัดการดิน.

คณะทำงานพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการเตือนภัยจังหวัดแพร่. 2562. ความรู้เกี่ยวกับดินถล่ม. [Online] .http://www.phrae.go.th/Disaster_phrae/doc/Landslide001.pdf

นิพนธ์ ตั้งธรรม และ ปรีชา คูรัตน์. 2516. ดินเลื่อนไหลในป่าดิบเขาดอยเชียงใหม่. p. In การวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า.

เนติพงษ์ ยศสันเทียะ, อดิรุจ ตั้งศิริวัฒนวงศ์, อภิศักดิ์ ทำบุญ, กันยา เคลือบสูงเนิน และ จตุรงค์ สมอาจ. 2558. การวิเคราะห์หมู่บ้านเสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มจังหวัดเลย.

พรนุช ภาสุรวงศ์. 2543. การเกษตรผสมผสานตามแนวทฤษฎีใหม่ที่เหมาะสมกับระบบนิเวศของจังหวัดราชบุรีโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบหลายปัจจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ฟองสวาท สุวคนธ์. 2550. การจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังการแจ้งเตือนภัยล่วงหน้าเรื่องดินถล่มในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักวิจัยและความร่วมมือระหว่างประเทศ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ.

ภัทรรินทร์ โศภิษฐ์ธรรมกุล. (2560). การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของอุทยานธรณีสตูลโดยวิธีอัตราส่วนความถี่. (ก. สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. Document Number)

ภาณุวัสน์ เขียวสลับ และ ปิยพงษ์ ทองดีนอก. 2558. การประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่ และลุ่มน้ำคลองท่าทน จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), 15 (1) 63-79.

มนตรี ชูวงษ์. 2554. ธรณีสัณฐานวิทยาพื้นฐาน = Basic geomorphology. เทียนวัฒนาพริ้นท์ติ้ง, 16/7 ถนนเดชาวุธ ตำบลหอรัตนไตย อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

มรุพงศ์ ตันสัจจา. 2543. การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์และพยากรณ์เสี่ยงที่เกิดจากการจราจร. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มัณฑนา จำรูญศิริ, อรอนงค์ ผิวนิล, เกษม จันทร์แก้ว และ สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. 2559. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ทำให้เกิดภัยพิบัติดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่พูลและแม่พร่อง ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 19 (19) 186-199.

บัณฑิต อนุรักษ์,. 2562. การศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมและดินถล่มของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ลิขิต น้อยจ่ายสิน. 2557. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาภัยพิบัติทางธรรมชาติในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 19 (2)179-188

วรากร ไม้เรียง, ฐิรวัตร บุญญะฐี, สุสิทธิ์ ฉายประกายแก้ว, สุริยน เปรมปราโมทย์, จักรพันธ์ เทือกต๊ะ และ สุรชัย พรภัทรกุล. 2546. ความรู้เกี่ยวกับดินถล่ม. (Publication. Available http://www.dmr.go.th/download/Landslide/what_landslide1.htm

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2550 การจัดการการข้อมูลพื้นที่ด้วระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. นครราชสีมา: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัpราชภัฏนครราชสีมา.

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศภาคเหนือ. 2547. โครงการประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในเขตภาคเหนือตอนบน ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

---. 2552. โครงการศึกษาวิจัยการ ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวิเคราะห์และวางแผนจัดการพื้นที่เสี่ยงภัย ดินถล่ม ในจังหวัดอุตรดิตถ์.

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์วิทยาลัย. 2562. การศึกษาบทบาทระดับภาคและจังหวัด. [Online]. Available http://cuir.car.chula.ac.th/dspace/bitstream/.pdf.

สมิทธ ธรรมสโรช. 2534. ภัยธรรมชาติในประเทศไทย: ภัยธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์กรมอุตุนิยมวิทยา.

สันติ ไทยยืนวงษ์ และ สุธรรม โรจนเมฆา. 2556. การกำหนดขอบเขตน้ำฝนวิกฤตเพื่อการเตือนภัยดินถล่ม.

สัมพันธ์ สิงหราชวราพันธ์, ฟองสวาท สุวคนธ์ และ ศตวรรษ แสนทน. 2552. การทำนายการเกิดดินถล่มโดยวิธีวิเคราะห์เสถียรภาพของที่ลาดและการจำลองทางอุทกวิทยา กรณีศึกษาของพื้นที่ต้นน้ำในจังหวัดเชียงใหม่.

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. มหัศจรรย์พันธุ์ดิน. [Online]. Available

http://oss101.ldd.go.th/thaisoils_museum/62soilgroup/main62soilgroup.htm.

สุทธิศักดิ์ ศรลัมพ์. 2551. การประเมินพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม. ใน การประชุมสัมมนาเรื่อง สถานการณ์และการป้องกันภัยพิบัติจากดินถล่มในประเทศไทย,. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2556. เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตด้วยโปรแกรม ArcGIS 10.1 for Desktop. นนทบุรี: เอ.พี. กราฟิคดีไซน์และการพิมพ์.

สุภัทรา ผมทอง และ ดวงเดือน อัศวสุธีรกุล. 2560. การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยจากดินถล่ม ในจังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา, 2 (3).

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าจุดร่องรอยที่เคยเกิดดินถล่ม แบ่งตามช่วงชั้นของแต่ละปัจจัย ในจังหวัดแพร่

จุดที่	ความลาดชัน (%)	เส้นทางน้ำ (เมตร)	เส้นถนน (เมตร)	ความโค้ง	ทิศด้านลาด	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/ปี)
1	8.544	1799.40	0.005	1.889	273.180	95.290
2	8.380	0.00	0.005	-0.111	188.130	95.938
3	30.279	499.08	0.109	-3.778	92.454	97.291
4	26.509	0.00	0.126	-3.222	59.365	97.955
5	23.432	1115.90	0.110	-1.667	232.028	96.906
6	9.520	499.08	0.086	-0.444	206.565	96.447
7	15.332	499.08	0.000	-0.667	323.653	96.119
8	4.169	0.00	0.005	0.444	329.036	95.620
9	7.660	0.00	0.085	0.444	196.189	97.020
10	22.218	0.00	0.090	0.000	198.435	97.120
11	8.220	499.08	0.013	0.000	146.768	108.059
12	11.386	0.00	0.000	-1.111	155.556	95.696
13	28.293	705.81	0.080	-0.889	3.106	96.419
14	36.482	0.00	0.079	-0.111	4.201	97.971
15	6.926	499.98	0.096	-1.222	149.036	100.464

ตารางผนวกที่ 2 ค่าความหนาแน่นของจุดร่องรอยที่เคยเกิดดินถล่ม ในจังหวัดแพร่

จุดที่	ความลาดชัน (%)	เส้นทางน้ำ (เมตร)	เส้นถนน (เมตร)	ความโค้ง	ทิศด้านลาด	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/ปี)
1	15290	916	1391	113428	14961	339100
2	76940	0	1391	112099	23444	392873
3	39990	4445	32	8828	7629	623649
4	37871	0	24	15629	14388	12384
5	52342	14929	1580	170061	27243	120177
6	124633	4445	169	489769	28837	400902
7	117866	4445	0	218168	8209	43933
8	231326	0	1391	235866	11924	94010
9	113544	0	205	235866	16665	104635
10	125566	0	151	224032	13234	174729
11	39324	4445	2487	224032	2042	71104
12	150944	0	0	140124	6944	366352
13	46001	7058	683	356961	16759	36571
14	17293	0	45	140124	11924	663227
15	6740	445	126	125735	17279	352893

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในคาบ 20 ปี (พ.ศ. 2533 – พ.ศ. 2553)

จังหวัด	x	y	โซน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร/ปี)
แพร่	616388	2001596	47N	94.76
น่าน	653057	2048333	47N	108.48
พะเยา	556558	2189439	47N	95.76
สุโขทัย	550927	1945996	47N	100.99
ลำปาง	532785	2009021	47N	86.60
อุตรดิตถ์	669989	1921195	47N	116.07

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	จิราพร ปักเขตานัง
เกิดเมื่อ	17 เมษายน 2540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2562 วิทยาศาสตรบัณฑิต เกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่
	พ.ศ. 2558 โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า กรุงเทพมหานคร