โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศในลุ่มน้ำน่าน: การประยุกต์สำหรับภัยพิบัติดินถล่ม

โดย

นางสาวพัชริดา อุดมเวช

เลขประจำตัวนิสิต 5832726423

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศในลุ่มน้ำน่าน :

การประยุกต์ใช้สำหรับภัยพิบัติดินถล่ม

นางสาวพัชริดา อุดมเวช

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

TERRAIN ANALYSIS IN NAN WATERSHED:APPLICATION FOR LANDSLIDE HAZARD

MISS PATCHARIDA UDOMWET

A project submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science in Geology

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2018

หัวข้อโครงงาน	การวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศในลุ่มน้ำน่าน :
	การประยุกต์ใช้สำหรับภัยพิบัติดินถล่ม
โดย	นางสาวพัชริดา อุดมเวช
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง.....13 **พฤษภาคม** 2562.....

วันที่อนุมัติ.....13 **พฤษภาคม** 2562.....

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

พัชริดา อุดมเวช : การวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศในลุ่มน้ำน่าน: การประยุกต์ใช้สำหรับภัยพิบัติดินถล่ม

TERRAIN ANALYSIS IN NAN WATERSHED: APPLICATION FOR LANDSLIDE HAZARD

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้, 30 หน้า

บริเวณลุ่มน้ำน่านเป็นบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศแบบเทือกเขา และมีที่ราบระหว่างหุบเขา ทำให้บริเวณนี้มีโอกาสเกิดดินถล่มได้บ่อยครั้ง ซึ่งการเกิดดินถล่มแต่ละครั้งได้สร้างความเสียหายให้แก่ชีวิตและทรัพย์สิน ดังนั้นงานศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการจัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำน่าน โดยใช้วิธีการทางสถิติ 2 ตัว แปร ซึ่งเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างร่องรอยดินถล่มที่เคยเกิดในอดีตกับช่วงของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม โดยปัจจัยที่ได้เลือกนำมาวิเคราะห์มีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน ด้านรับน้ำฝน ความโค้งตามความลาด ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ ดัชนีพลังงานการไหล โดยจากการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงจะเป็นบริเวณที่มีค่าความลาดชันสูง (40-90 องศา) มีด้านรับน้ำฝนทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะการโค้งแบบโค้งเว้า มีค่าดัชนีความชื้นของภูมิประเทศต่ำ และมีค่าดัชนีพลังงานนการไหลที่สูง ซึ่งเมื่อนำค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของทุกปัจจัยมารวมกันพบว่า ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีค่า -4.39 – 4.42 ซึ่งหลังจากทำการแบ่งระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มออกเป็น 5 ช่วงแล้ว พบว่าบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงอยู่ทางตอนเหนือของลุ่มน้ำ ซึ่งครอบคลุมบริเวณ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอบ่อเกลือ และอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ส่วนบริเวณทางตอนใต้ของลุ่มน้ำน่าน ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ จังหวัดพิจิตร กำแพงเพชร นครสวรรค์ และพิษณุโลก มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ต่ำกว่ามาก

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....พัชริดา อุดมเวช.....

สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2561.....

 # # 5832726423 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : TERRAIN ANALYSIS IN NAN WATERSHED: APPLICATION FOR LANDSLIDE HAZARD

ADVISOR : ASSOCIATE PROF. SANTI PAILOPLEE

Nan Watershed has terrain with range mountain that has a chance to make landslides. As you know landslide make a lot of damage to people who live in the area. So the purpose of this project is create landslide susceptibility map in Nan Watershed by using statistical method that select six factor in order to analysis including slope, aspect, profile curvature, plan curvature, topographic wetness index and stream power index. From this project we can conclude that high susceptibility relates to high slope (40-90). Aspect is Northeast. Curvature is convex. Low topographic wetness index and high stream power index. After that we combine all of factor value and receives statistical index is -4.39-4.42. After we divided the area into five ranges, we found that high susceptibility is the north of nan watershed covering Chalerm Prakiat, Song Khwae, and Mae Charim Districts moreover the south of nan watershed covering Phichit Phitsanulok Kampangphet Nakhorn Sawan has less susceptibility than the north of nan watershed.

Department.....Geology.....Student's Signature.....

Field of Study.....Geology.....Advisor's Signature.....

Academic Year.....2561.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่กรุณาสละเวลามาให้ความรู้ คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือมากมายตลอดระยะเวลาของการทำโครงงานเพื่อให้โรงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งคอยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ประสาทประสิทธิ์วิชาความรู้ รวมทั้งประสบการณ์ต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา ขอขอบคุณพระคุณพี่บุคลากรทุกท่านที่ช่วยดูแลและคอยประสานงานต่าง ๆ ในภาควิชาธรณีวิทยา ขอบคุณเพื่อนรวมโครงการทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และสุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่ง ที่คอยให้กำลังใจ เลี้ยงดูและให้โอกาสในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

สารบัญ

(Content)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)	ค
สารบัญรูปภาพ (Figure content)	ฉ
สารบัญตาราง (Table content)	ช
สารบัญสมการ (Equation content)	ฌ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and background)	2
1.2. วัตถุประสงค์ (Objective)	2
1.3. พื้นที่ศึกษา (Study area)	2
1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)	2
1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ **(Expected result)**	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1. ทฤษฎี (Theory)	3
2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน (Methodology)	11
3.1. ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Study and Literature Review)	12
3.2. จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา (Data Acquisition)	12

หน้า

3.3. วิเคราะห์ข้อมูล 12

3.4. หาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 21

3.5. จัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 21

บทที่ 4 ผลการศึกษา (result) 22

4.1. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม 22

4.2. แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 25

บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (Discussion and conclusion) 27

5.1. การเปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 27

5.2. การเปรียบเทียบแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 29

5.3. สรุปผลการศึกษา 30

5.4. ข้อเสนอแนะ 30

เอกสารอ้างอิง (Reference) 31

สารบัญรูปภาพ

(Figure content)

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงกาคำนวณหาค่าความลาดชัน 3

รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการโค้ง 4

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะความโค้งตามความลาด 4

รูปที่ 2.4แสดงลักษณะความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง 5

รูปที่ 2.5 แผนที่แสดดงอันตรายจากดินถล่ม จังหวัดน่าน 9

รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในเวียดนามกลาง 10

รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงร่อยรอยดินถล่ม 14

รูปที่ 3.2 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ความลาดชัน 15

รูปที่ 3.3 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ด้านรับน้ำฝน 16

รูปที่ 3.4 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง 17

รูปที่ 3.5 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ความโค้งตามความลาด 18

รูปที่ 3.6 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ดัชนีความชื้นของภูมิประเทศ 19

รูปที่ 3.7 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ดัชนีพลังงานการไหล 20

รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำน่าน 26

รูปที่ 5.1แสดงการเปรียบแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณจังหวัดน่าน 29

สารบัญตาราง

(Table content)

หน้า

ตารางที่ 4.1. แสดงค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ปัจจัย 24

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในแต่ละช่วง 25

ตารางที่ 5.1. การเปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 28

สารบัญสมการ

(Equation content)

หน้า

สมการ 2.1 สมการความลาดชัน 3

สมการ 2.2 ค่าดัชนีความชื้นของภูมิประเทศ (Topographic wetness Index) 5

สมาการ 2.3 ค่าดัชนีพลังงานการไหล (Stream power Index) 6

สมการ 3.1 การหาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม 21

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and background)

ดินถล่ม (Landslide) เป็นหนึ่งในภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ทำให้ลักษณะภูมิประเทศมีการเปลี่ยนแปลง โดยเกิดจากการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วถึงช้ามากของเศษหินหรือดินลงมาตามความลาดชันของภูเขา โดยมีแรงโน้มถ่วงเป็นตัวการหลัก (Varnes, 1984 and Turner & Jayaprakash, 1996) รวมไปถึงปัจจัยพื้นฐาน เช่น ความลาดชัน ความสูง หน้ารับน้ำฝน ชนิดหิน และโครงสร้างทางธรณีวิทยา ซึ่งในบริเวณลุ่มน้ำน่าน มีลักษณะภูมิประเทศที่เป็นเทือกเขา และมีที่ราบระหว่างหุบเขาจึงทำให้บริเวณนี้มีโอกาสเกิดดินถล่มได้บ่อยครั้ง และการเกิดดินถล่มแต่ละครั้งได้สร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ยกตัวอย่างเหตุการณ์ดินถล่ม ซึ่งเกิดขึ้นที่ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน เมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2561 ส่งผลให้บ้านเรือนประชาชนเสียหายจำนวน 4 หลังคาเรือน และส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตทั้งหมด 8 ราย ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการศึกษาและวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของพื้นที่ในบริเวณนี้ เพื่อเป็นแนวทางในการเตรียมตัวและรับมือกับเหตุการณ์ดินถล่มที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

จากการศึกษางานวิจัย สันนิษฐานว่าดินถล่มในอนาคตจะเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่คล้ายคลึงกับในอดีต (Guzzetti et al., 1999) ดังนั้นจึงมีการประเมินความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยใช้วิธีทางสถิติ ซึ่งการใช้แบบจำลองทางสถิติสำหรับการวิเคราะห์ 2 ตัวแปร (Bivariate statistical analysis) เหมาะกับการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่และมีความจำกัดของข้อมูล (Meinhardt et al., 2015) โดยเป็นการคำนวนโดยใช้ความสัมพันธ์ของข้อมูลดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นในแต่ละช่วงของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักและนำไปสู่การระบุความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในบริเวณลุ่มน้ำน่าน ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดดินถล่มบ่อยครั้ง เพื่อเตรียมตัวป้องกัน และลดความเสียหายที่จะเกิดจากดินถล่มในอนาคต

1.2. วัตถุประสงค์ (Objective)

เพื่อจัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำน่าน

1.3. พื้นที่ศึกษา (Study area)

พื้นที่ศึกษาบริเวณลุ่มน้ำน่าน ตั้งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย มีพื้นที่ลุ่มน้ำรวมทั้งสิ้น 34,682 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ละติจูดที่ 15-19 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99-101 องศาตะวันออก (กรมทรพยากรน้ำ, 2548)

1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

วิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยใช่วิธีทางสถิติ 2 ตัวแปร (Bivariate statistical) และใช้ปัจจัยที่วิเคราะห์ 6 ปัจจัย คือ ความลาดชัน (slope) หน้ารับน้ำฝน (aspect) ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (topographic wetness index) และดัชนีพลังงานไหล (stream power index)

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Outputs)

แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถบอกระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้

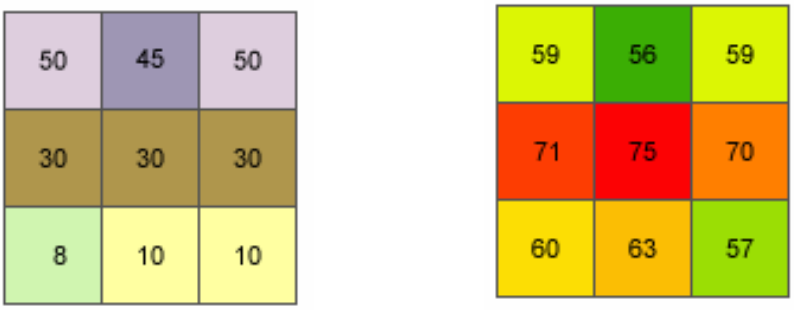
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
(THEORY AND LITERATURE REVIEW)

2.1 ทฤษฎี (Theory)

ความลาดชัน (Slope) คือการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงจากเซลล์หนึ่งไปยังเซลล์ใกล้เคียง โดยทั่วไปวัดในหน่วยองศา ซึ่งใช้อัลกอริทึมดังสมการ (2.1)

$$lope_degrees = Atan (\sqrt{([dz/dx]2 + [dz/dy]2)} * 57.29578 \quad \textbf{(2.1)}$$

หมายเหตุ ค่า 57.29578 เป็นค่าที่ได้จากการตัดทอน 180/พิกเซล

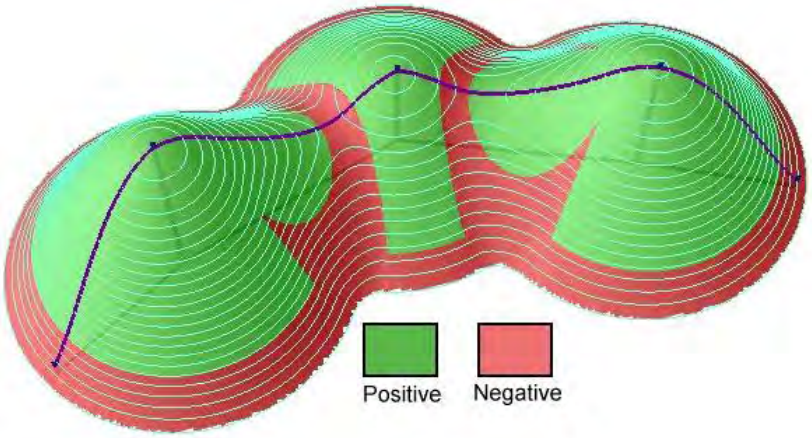


รูปที่ 2.1 แสดงกาคำนวณหาค่าความลาดชัน

(http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox)

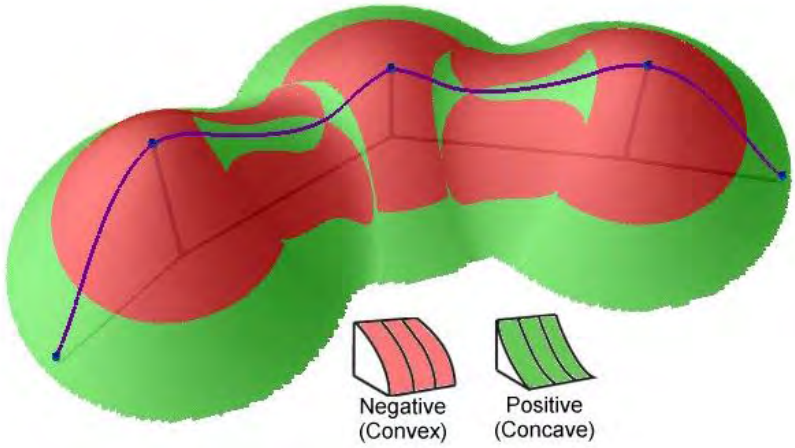
หน้ารับน้ำฝน (Aspect) คือ ทิศทางของหน้าความลาดชัน โดยอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุดของค่าของแต่ละเซลล์ไปยังเซลล์รอบ ๆ โดยค่าของแต่ละเซลล์ในข้อมูลราสเตอร์จะบ่งชี้ทิศทางที่พื้นผิวหันหน้าเข้าหาตำแหน่งนั้น และจะวัดตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือที่ 0 องศา ถึง 360 ทิศเหนืออีกครั้ง และสามารถแบ่งออกเป็น 8 ทิศทาง คือ เหนือ (337.5–22.5 °) ตะวันออกเฉียงเหนือ (22.5–67.5 °) ตะวันออก (67.5-112.5.5 °) ตะวันออกเฉียงใต้ (67.5–157.5 °) ใต้ (157.5 –202.5 °) ตะวันตกเฉียงใต้ (202.5–247.5 °) ตะวันตก (247.5–292.5 °) ตะวันตกเฉียงเหนือ (292.5–337.5 °)

ความโค้ง (Curvature) คือเส้นที่เกิดจากการตัดกันระหว่างพื้นผิวกับระนาบแบบสุ่ม (Ramesh and Anbazhagan, 2015) โดยทั่วไปแล้วความโค้งของพื้นที่สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะ คือโค้งนูน (Convex) แสดงค่าดัชนีความโค้งมากกว่าศูนย์ โค้งเว้า (Concave) แสดงค่าดัชนีความโค้งน้อยกว่าศูนย์ และเส้นตรงหรือพื้นที่ราบ (Flat) ที่แสดงค่าดัชนีความโค้งเท่ากับศูนย์ (รูปที่ 2.2)



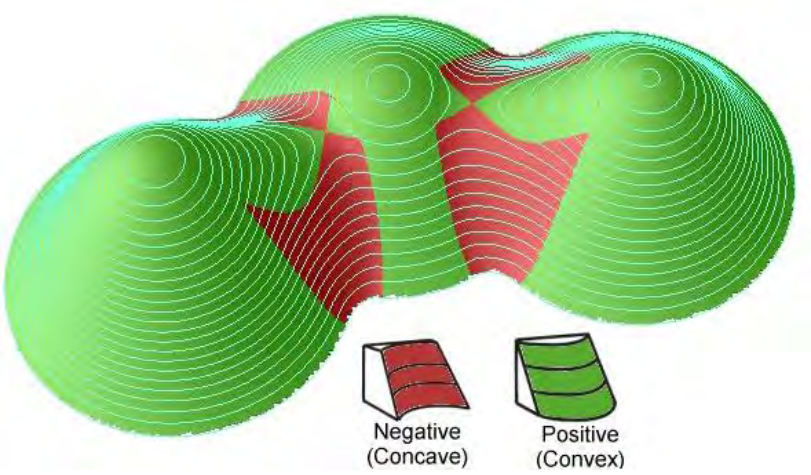
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการโค้ง (Zevenbergen et al, 1987)

ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) คือเส้นที่ขนาดกับเส้นความชันมีการระบุทิศทางของค่าความชันสูงสุด โดยส่งผลต่อความเร็วและการชะลอตัวของการไหลของน้ำที่ไหลผ่านพื้นผิว เชื่อมโยงไปถึงการแสดงการสึกกร่อนและการทับถมในพื้นที่อีกด้วย ซึ่งในพื้นที่ที่แสดงค่าลบแสดงถึงพื้นที่ลักษณะโค้งนูนที่บ่งชี้การชะลอของการไหล ค่าบวกแสดงถึงพื้นที่ลักษณะโค้งเว้าที่บ่งชี้การไหลแบบเพิ่มความเร็ว และค่าใกล้เคียงศูนย์แสดงถึงพื้นที่ผิวลักษณะเส้นตรง (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะความโค้งตามความลาด (Zevenbergen et al, 1987)

ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) คือเส้นตั้งฉากกับทิศทางกับค่าความชันสูงสุด โดยดัชนีความโค้งของลาดเขาตามแนวขวางสัมพันธ์กับการไหลเข้าและไหลออกของการไหลของน้ำที่ไหลผ่านพื้นผิว ที่อธิบายความโค้งของเส้นสมมติของเส้นชันความสูงที่ลากผ่านเซลล์นั้น ซึ่งค่าดัชนีความโค้งของลาดเขาตามแนวขวางที่มากกว่าศูนย์แสดงลักษณะพื้นที่ที่มีเส้นชันความสูงรูปทรงโค้งเว้า ค่าดัชนีความโค้งของลาดเขาตามแนวขวางที่น้อยกว่าศูนย์แสดงลักษณะพื้นที่ที่มีเส้นชันความสูงรูปทรงโค้งนูน (รูปที่ 2.4) นอกจากนี้ค่าดัชนีความโค้งของลาดเขาตามแนวขวางช่วยในการจำแนกความแตกต่างระหว่างแนวสันเขากับแนวหุบเขาได้อีกด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Zevenbergen et al, 1987)

ดัชนีความชื้นของภูมิประเทศ (Topographic Wetness Index)

เป็นการวัดปริมาณความชื้นในดินที่ควบคุมโดยภูมิประเทศ ซึ่งค่าดังกล่าวจะควบคุมทิศทางการไหลของดินและน้ำใต้ดิน (Rodhe และ Seibert, 1999) ซึ่งสามารถคำนวณได้ในสมการที่ 2.2

$$TWI = \ln \frac{a}{\tan B} \qquad 2.2$$

โดย A คือพื้นที่รับน้ำ (Catchment area) และ B คือค่าความลาดชัน (Slope gradient) ซึ่งจากสมการจะเห็นได้ว่า ค่า TWI จะลดลง เมื่อค่าความชันสูงขึ้น

ดัชนีพลังงานการไหล (Stream Power Index)

ดัชนีพลังพลังงานการไหล ใช้อธิบายการพังทลายของการไหลที่อาจเกิดขึ้น ณ จุดที่กำหนดของพื้นผิวภูมิประเทศ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3.

$$SPI = In\ (A^* \tan B) \qquad 2.3$$

โดย A คือพื้นที่รับน้ำ (Catchment area) และ B คือค่าความลาดชัน (Slope gradient) ซึ่งเมื่อพื้นที่รับน้ำและพื้นที่ลาดชันเพิ่มขึ้น ความเร็วของการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้นดัชนีพลังน้ำและความเสี่ยงการกัดเซาะจะเพิ่มขึ้นและอาจส่งผลให้พื้นที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดนถล่มมากขึ้น

2.2. วิธีการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

วิธีในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเพื่อจัดทำเป็นแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสามารถจำแนกได้เป็น 2 วิธี (Turner & Jayaprakash, 1996; Lee andJones, 2004; Kumar and Anbalagan, 2015) คือ วิธีการประเมินเชิงคุณภาพ (Qualitative method) และ วิธีการประเมินเชิงปริมาณ (Quantitative method)

1. วิธีการประเมินเชิงคุณภาพ (Qualitative method) ประกอบด้วย

1.1 แผนที่ร่องรอยดินถล่ม (Landslide inventory) เป็นการแปลความหมายพื้นที่ดินถล่มจากภาพถ่ายต่างๆ ร่วมกับการสำรวจภาคสนาม โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ในการแสดงผล แปลความหมายและจัดเก็บรายละเอียดของข้อมูล ทำให้สามารถเข้าใจลักษณะเบื้องต้นของการเคลื่อนที่ของดินถล่มและอาจจะคาดการณ์แนวโน้มของการเกิดดินถล่มในอนาคตได้

1.2 วิธีฮิวริสติก (Heuristic methods) เป็นการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ โดยให้คะแนนน้ำหนักของแต่ละตัวแปรของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มและจำแนกพื้นที่ของความรุนแรงจากการเก็บข้อมูลในภาคสนาม โดยใช้ความรู้ความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้คะแนน เพื่อประเมินศักยภาพของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม ดังนั้นผู้ประเมินจึงจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานของความน่าจะเป็นของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม รวมไปถึงกระบวนการทางธรณีสัณฐานในพื้นที่นั้น ๆ และการตัดสินใจเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของแต่ละพื้นที่ (Turner & Jayaprakash, 1996)

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

2.1 วิธีทางสถิติ (Statistic Methods) เป็นการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางสถิติ ได้แก่

2.1.1 สถิติสำหรับการวิเคราะห์สองตัวแปร (Bivariate statistical analysis) เป็นการคำนวนความหนาแน่นของดินถล่มในแต่ละช่วงของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่มนั้นๆ เพื่อให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละช่วง นำาไปสู่การระบุพื้นที่อ่อนไหวต่อดินถล่ม เช่น วิธี weights of evidence และวิธี information value เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีวิธีการทางสถิติที่ใช้ความน่าจะเป็นเข้ามาวิเคราะห์ ได้แก่ วิธีอัตราส่วนความถี่ หรือ frequencyratio (eg. Avinash & Ashamanjari, 2010; Kumar & Anbalagan,2015; Shahabi et al., 2015) ซึ่งเป็นการประยุกต์ความสัมพันธ์ของดินถล่มในอดีตกับปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม เพื่อคำนวนหาอัตราส่วนความถี่ของดินถล่มในแต่ละช่วงของปัจจัยที่ทำให้เกิดดินถล่ม ถ้าผลการคำนวณที่ได้มีค่ามากกว่า 1 แปลว่า มีโอกาสในการเกิดดินถล่มสูง และหากมีค่าน้อยกว่า 1 แปลว่าโอกาสจะเกิดดินถล่มก็ต่ำ (Shahabi et al., 2015) จากนั้นเมื่อนำค่าอัตราส่วนความถี่ของทุกปัจจัยมาบวกกัน ก็จะได้ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide susceptibility
index) ซึ่งจะถูกน าไปใช้ในการสร้างแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่อไป

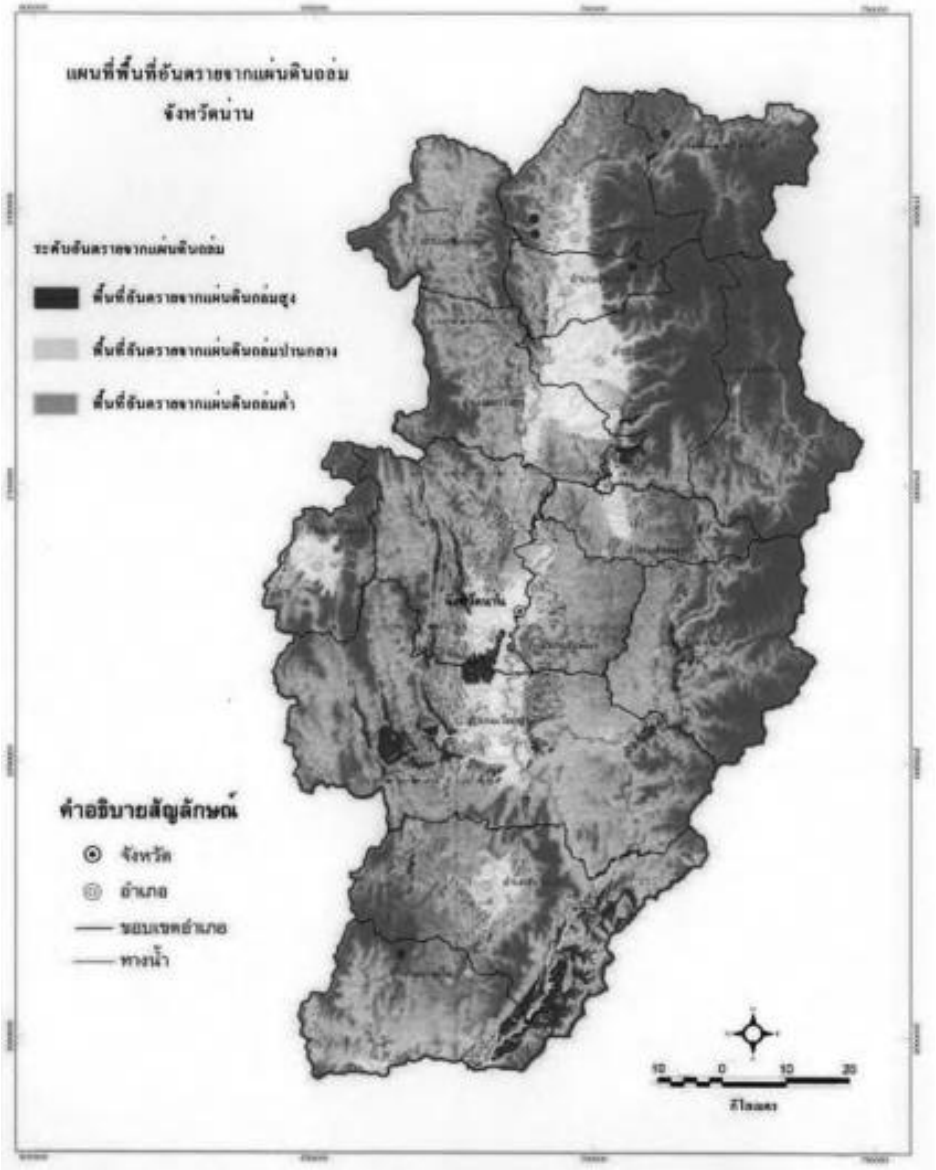
2.1.2 สถิติสำหรับการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate statistical analysis) เป็นการคำนวณผลกระทบรวมของปัจจัยที่มีต่อตัวแปรอิสระ ท าให้ได้ค่าน้ำหนักของแต่ละตัวแปร (Kumar and Anbalagan, 2015) จึงสามารถทำนายบริเวณที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในอนาคตได้ ซึ่งเทคนิคนี้มักใช้เวลาในการเก็บข้อมูลและดำเนินการค่อนข้างนาน ตัวอย่างของวิธีนี้ ได้แก่ multiple regression, logistic regression, discriminant analysis, fuzzy logic, relativeeffect และ artificial neural networks (ANNs)

2.2. วิธีMechanistic approaches หรือ Deterministic approach มักถูกประยุกต์ใช้ในการศึกษาที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ มีข้อมูลจำนวนมาก (Turner & Jayaprakash,1996) เป็นการคำนวณทางวิศวกรรมโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกลไกกายภาพที่อาจท าให้ชั้นหินหรือดินเกิดการถล่ม เพื่อวิเคราะห์ความไม่เสถียรของความลาดชัน ทำให้สามารถประเมินค่าความปลอดภัยได้ (Factor of safety) ส่วนใหญ่มักจะใช้กับดินถล่มแบบไถล (Translational landslide)

2.3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

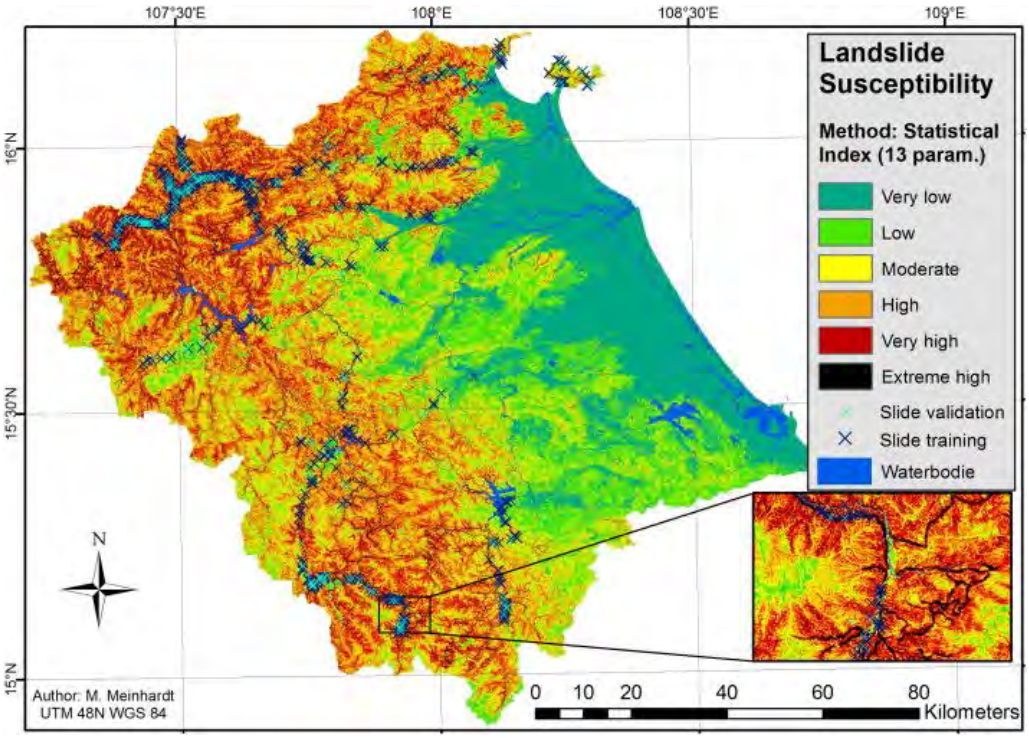
Akkarawintawong (2008) จัดทำแผนที่อันตรายจากแผ่นดินถล่มในพื้นที่ศึกษาจังหวัดน่านโดยสร้างแผนที่รอยดินถล่ม จากภาพถ่ายทางอากาศ, ภาพจากดาวเทียม Landsat 7 ETM และ IKONOS และวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มทั้งหมด 5 ตัวแปร คือ ชั้นความสูง ความลาดเอียง การใช้ประโยชน์พื้นที่ แนวเส้นโครงสร้าง และสภาพทางธรณีวิทยา จากนั้นจึงหาความสัมพันธ์ของร่องรอยดินถล่มและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นแบบคู่ควบ (bivariate probability) และทำการให้ค่าน้ำหนักของปัจจัยต่าง ๆ โดยจากการศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความลาดเอียงสูง เป็นหินทรายและหินเถ้าภูเขาไฟ และอยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนเป็นบริเวณที่อันตรายต่อดินถล่ม นอกจากนี้บริเวณที่เป็นเทือกเขาสูงชันซึ่งตั้งอยู่ในเขตอำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอสองแคว อำเภอเชียงกลาง และอำเภอปัว มีโอกาสในการเกิดดินถล่มสูงกว่าบริเวณตอนใต้ของจังหวัด เช่น อำเภอนาน้อย อำเภอเวียงสา และอำเภอน่าน

กรมทรัพยากรธรณี (2560) ได้จัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม อุทยานธรณีสตูล โดยนำข้อมูลจาก GDEM ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 8 แผนที่ธรณีวิทยา และแผนที่ภูมิประเทศ มาจัดทำเป็นแผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม 9 ปัจจัย คือ ความลาดชัน หน้ารับน้ำฝน ความโค้งของพื้นที่ ความสูง ชนิดหิน สิ่งปกคลุมพื้นที่ ระยะห่างจากธรณีวิทยาโครงสร้าง ระยะห่างจากทางน้ำ และระยะห่างจากถนน และนำมาหาความสัมพันธ์กับร่องรอยดินถล่มจำนวน 166 จุด โดยใช้วิธีอัตราส่วนความถี่ (Frequency ratio) ในการวิเคราะห์หาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าดินถล่มมักมีแนวโน้มเกิดในบริเวณที่เป็นหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน และบริเวณที่เป็นหินปูนเนื้อดินและหินปูนที่ระดับความสูง 300-400 เมตร และ 14-100 เมตร และมักเกิดบริเวณที่มีกิจกรรมของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้อง โดยเฉพาะในพื้นที่รอการเพาะปลูก สันเขา/หน้าผาหินปูน และแหล่งน้ำ หรือพื้นที่ป่าที่มีต้นไม้ปกคลุมน้อย ถนน และพื้นที่รอการเพาะปลูก อีกทั้งยังพบว่าดินถล่มมักเกิดบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง (40-50 องศา) บริเวณด้านหน้ารับน้ำฝนฝั่งทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ใกล้ทางน้ำและธรณีวิทยาโครงสร้าง และไกลจาก



รูปที่ 2.5 แผนที่แสดงอันตรายจากดินถล่ม จังหวัดน่าน (Akkarawintawong, 2008)

Meinhardt และคณะ (2015) วิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในเวียดนามกลาง โดยใช้ปัจจัยในการวิเคราะห์ 13 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน (slope) ด้านรับน้ำฝน (aspect) ความลึกของหุบเขา (valley depth) ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (topographic wetness index) ดัชนีพลังงานการไหล (stream power index) ระยะห่างจากถนน ระห่างจากลำน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชนิดของดิน ชนิดของหิน และปริมาณน้ำฝน และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีสถิติ 2 ตัวแปร (Bivariate statistical analysis) ซึ่งใช้ดัชนีทางสถิติ (Statistical Index, SI) ในการหาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดย SI หาได้จากลอการิทึมธรรมชาติของความหนาแน่นของดินถล่มในแต่ละช่วงของปัจจัยหารด้วยความหนาแน่นของดินถล่มในพื้นที่ (Pourghasemi et al., 2013a) ดังแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในเวียดนามกลางแสดงในรูปที่ 2.6



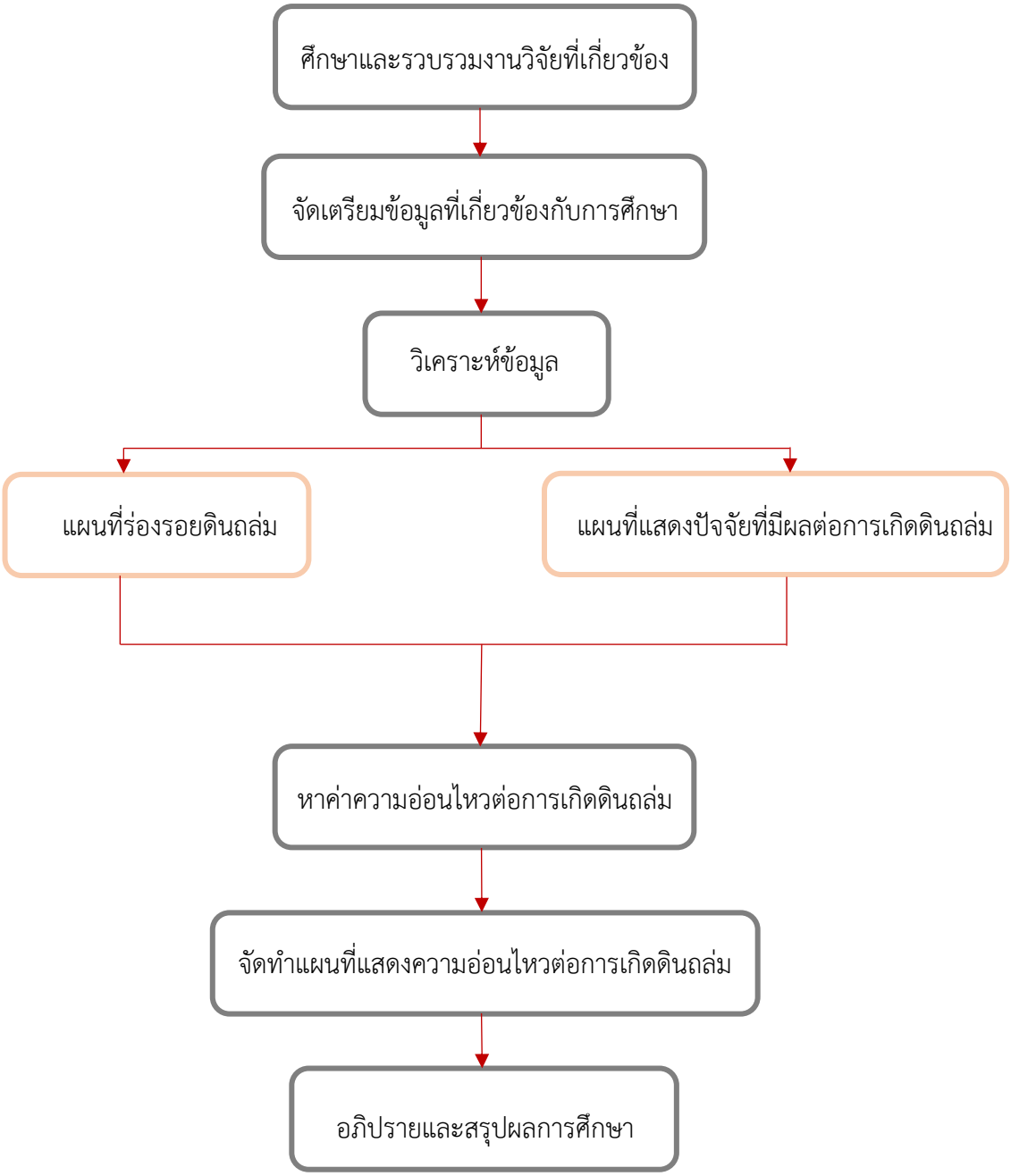
รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในเวียดนามกลาง (Meinhardt และคณะ, 2015)

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

(Methodology)

การศึกษาระเบียบวิธีการวิจัยครั้งนี้อ้างอิงจากวิธีการศึกษาของ Meinhardt และคณะ (2013) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ สามารถแบ่งได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3.1



3.1 ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Study and Literature Review)

- ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งทางทฤษฎีและพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลและเป็นแนวทางในการศึกษา

3.2.จัดเตรียมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา (Data Acquisition)

- ดาวน์โหลดข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขแบบดิจิตอล บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน (รูปที่ 3.2.1) จากเว็บไซต์ www.global.jaxa.jp โดยมีค่าความละเอียดที่ 30 x 30 เมตร
- รวบรวมข้อมูลดินถล่มซึ่งเคยเกิดในพื้นที่ศึกษา โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของคุณ Akkarawintawong (2008)
- เตรียมโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลและแสดงผลคือโปรแกรม ArcSAGA และ โปรแกรม ArcMap 10.5

3.3. วิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากการเตรียมข้อมูลที่ต้องใช้ในการศึกษาแล้วจะจัดทำข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยจะจัดทำแผนที่ร่องรอยดินถล่มในพื้นที่ศึกษา และแผนที่แสดงข้อมูลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ดังกล่าวไปหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน

3.3.1. แผนที่ร่องรอยดินถล่ม

แผนที่ร่องรอยดินถล่ม (รูปที่ 3.1) เป็นการแสดงลักษณะและการกระจายตัวของดินถล่มในพื้นที่ โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ระบุตำแหน่งดินถล่มในจังหวัดน่านโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Akkarawintawong (2008) ซึ่งทำการระบุร่องรอยดินถล่มจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศ, ภาพจากดาวเทียม Landsat 7 ETM และ IKONOS

3.3.2. แผนที่แสดงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มสามารถมีได้หลายปัจจัย เช่น ลักษณะทางภูมิประเทศ ธรณีสัณฐาน ธรณีวิทยา และการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่การศึกษาในครั้งนี้จะมุ่งเน้น การศึกษาลักษณะทางภูมิประเทศที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม โดยการเลือกใช้ปัจจัยต่าง ๆ จะต้องมีความเข้าใจถึงเงื่อนไขกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความไม่เสถียรของตัวการแต่ละตัวการเพื่อเป็นการเพิ่มความเข้าใจในการแปลความหมายและคาดการณ์เหตุการณ์ดินถล่มที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตได้ (Ramesh and Anbazhagan, 2015) โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความชัน (slope) หน้ารับน้ำฝน (aspect) ความโค้ง

ตามความลาด (Profile Curvature) ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (topographic wetness index) และดัชนีพลังงานการไหล (stream power index)

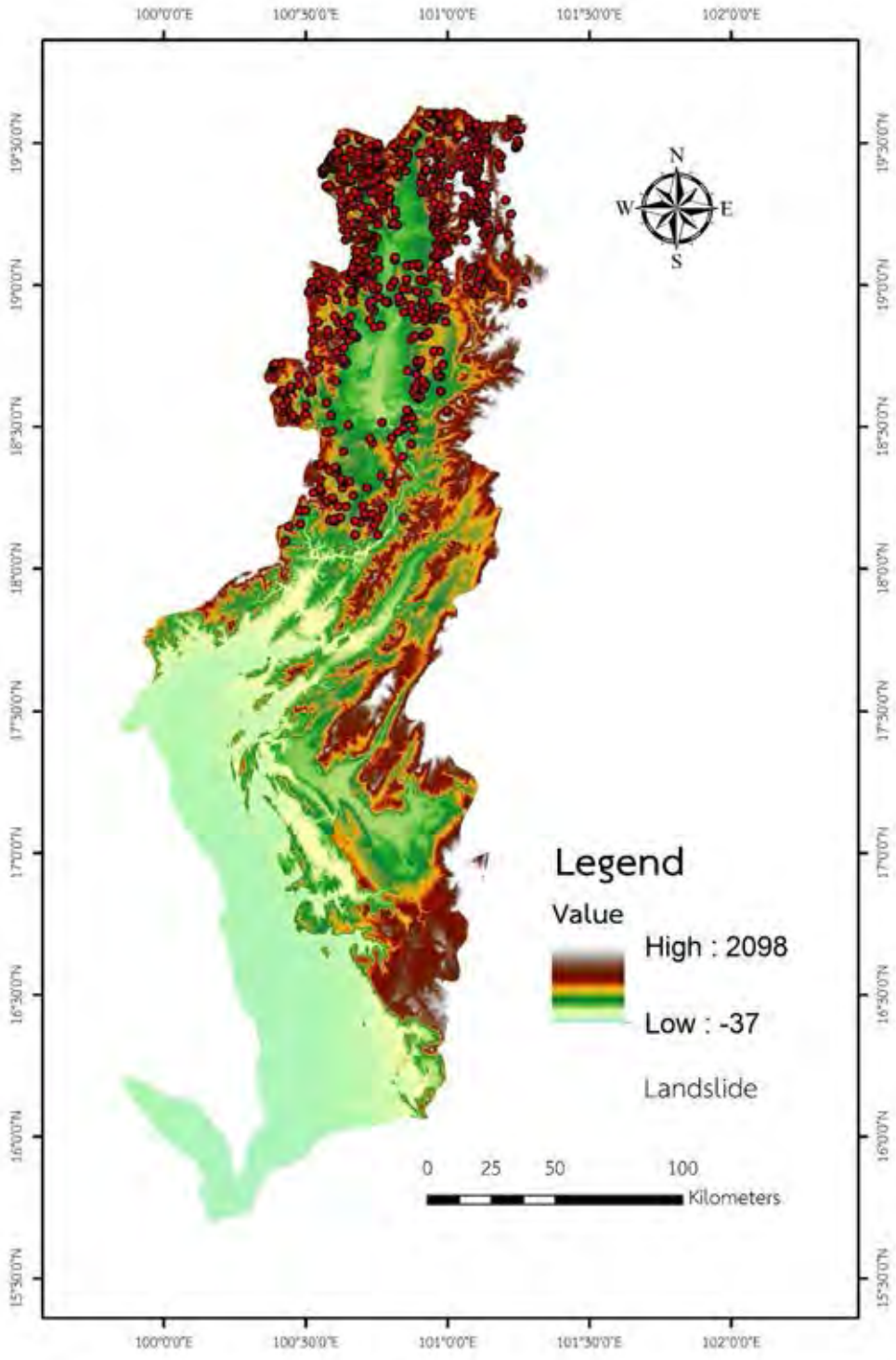
ความลาดชัน (Slope gradient) เป็นตัวแปรที่สำคัญในการวิเคราะห์ความไม่เสถียรของพื้นที่ เมื่อมีความลาดชันมีค่าเพิ่มขึ้น แรงโน้มถ่วงโลกจะเข้ามามีบทบาทในการควบคุมทิศทางการไหลของน้ำและวัตถุต่าง ๆ (Ramesh and Anbazhagan, 2015) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะธรณีสัณฐานและอุทกวิทยา และส่งผลให้เกิดดินถล่มได้ โดยทั่วไปพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมักจะมีโอกาสเกิดดินถล่มได้มากกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ สำหรับในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีความลาดชันตั้งแต่ 0-70 องศา โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้ 0°-10°, 10°-20°, 20°-30°, 30°-40°, 40°-90° ดังแสดงในรูปที่ 3.2

หน้ารับน้ำฝน (Slope aspect) คือ ทิศทางของหน้าความลาดชัน โดยทิศทางที่แตกต่างจะบอกถึงอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของชั้นหินหรือดิน เช่น ทิศทางการรับแสงแดด หรือการเจริญเติบโตและการคายน้ำของพืชที่อยู่บนชั้นหินหรือดิน (Ramesh and Anbazhagan,2015) ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศและอุณหภูมิ ดังนั้นหน้ารับน้ำฝนจึงเป็นหนึ่งในสาเหตุที่อาจทำให้เกิดดินถล่มได้ (รูปที่ 3.3)

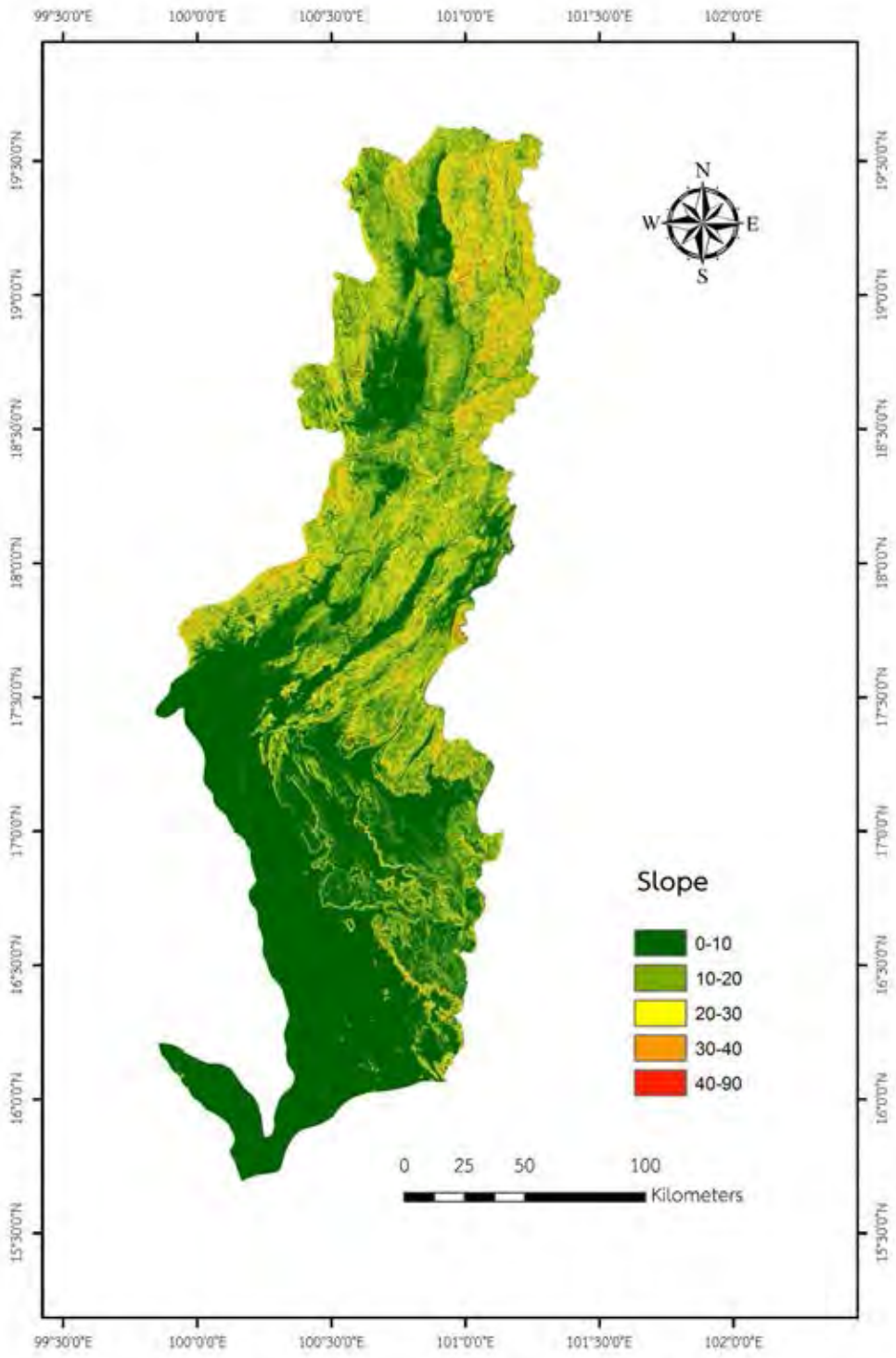
ความโค้ง (Curvature) จะแสดงลักษณะของภูมิประเทศ โดยจะแบ่งออกเป็นความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) (รูปที่3.4) และความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) (รูปที่3.5) ซึ่งค่าความโค้งของทั้งสองแบบสามารถจำแนกพื้นที่ได้ 3 ลักษณะ คือ โค้งนูน (Convex) โค้งเว้า (Concave) และ เส้นตรงหรือพื้นที่ราบ (Flat) ซึ่งลักษณะของการโค้งจะอธิบายลักษณะของสัณฐานวิทยาของความลาดชันและการไหลของน้ำ (Akinci et al., 2011) โดยลักษณะแบบโค้งเว้าจะทำให้แรงดันน้ำเกิดการสะสมและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อถึงจุดสะสม ในทางตรงกันข้ามลักษณะการโค้งแบบนูนจะกระจายน้ำไปยังพื้นที่ใกล้เคียงได้ดีกว่า

ดัชนีความชื้นของภูมิประเทศ (Topographic wetness index) เป็นตัววัดความชื้นในดินที่ควบคุมโดยสภาพภูมิประเทศ และเป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลของดิน (Rodhe and Seibert, 1999) ซึ่งเมื่อดูจากสมการการคำนวณจะพบว่า ค่าดัชนีความชื้นของภูมิประเทศ มีความสัมพันธ์กับความลาดชัน ดังนั้นค่าดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์กับร่องรอยดินถล่ม (รูปที่ 3.6)

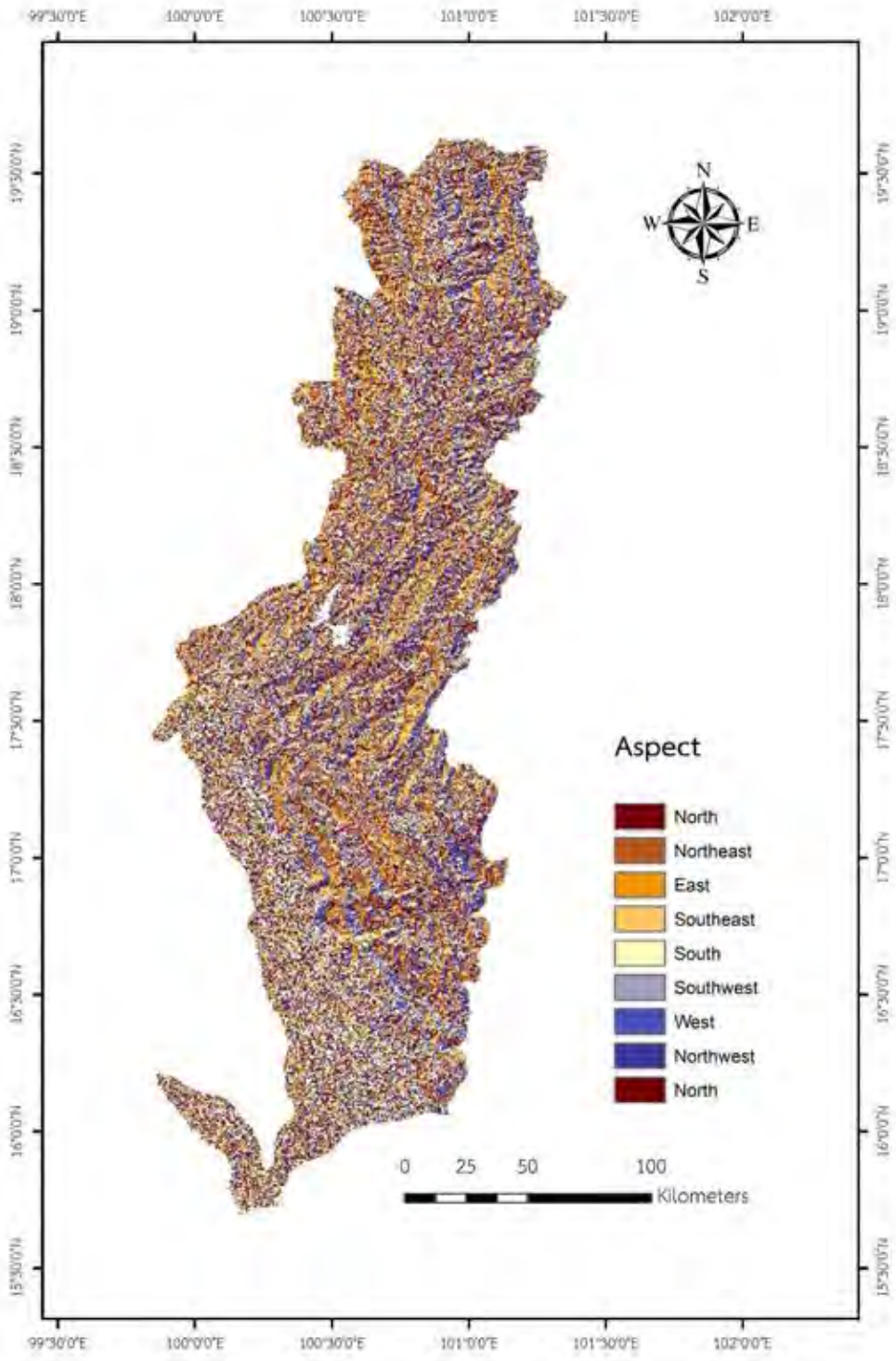
ดัชนีพลังงานการไหล (Stream Power Index) จะอธิบายถึงความเร็วในการไหล และเป็นการวัดพลังงานในการกัดกร่อน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสถานที่ที่มีแนวโน้มที่จะเกิดการกัดเซาะของดินและอาจทำให้เกิดดินถล่มได้ (รูปที่ 3.7)



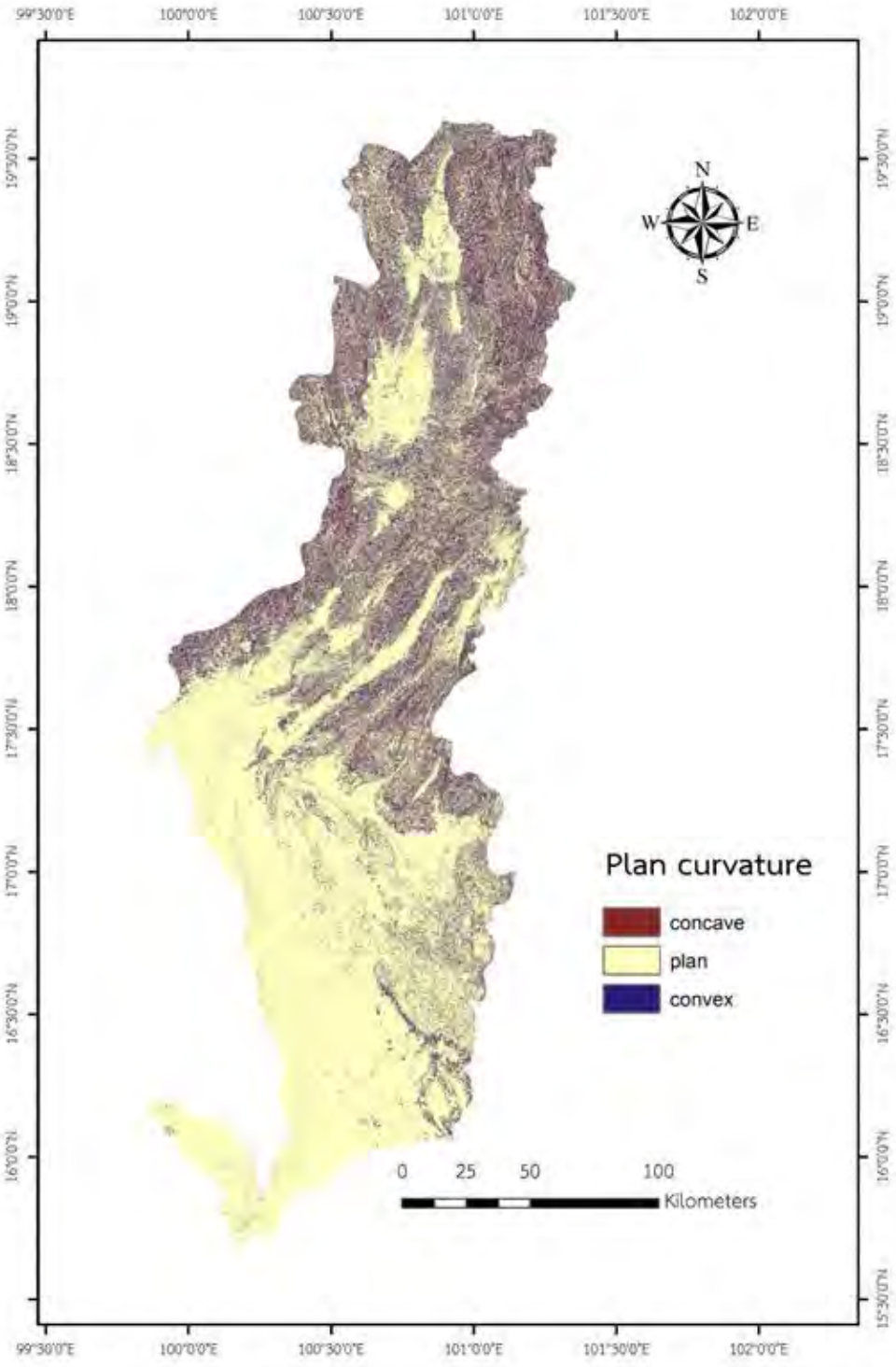
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงร่อยรอยดินถล่ม



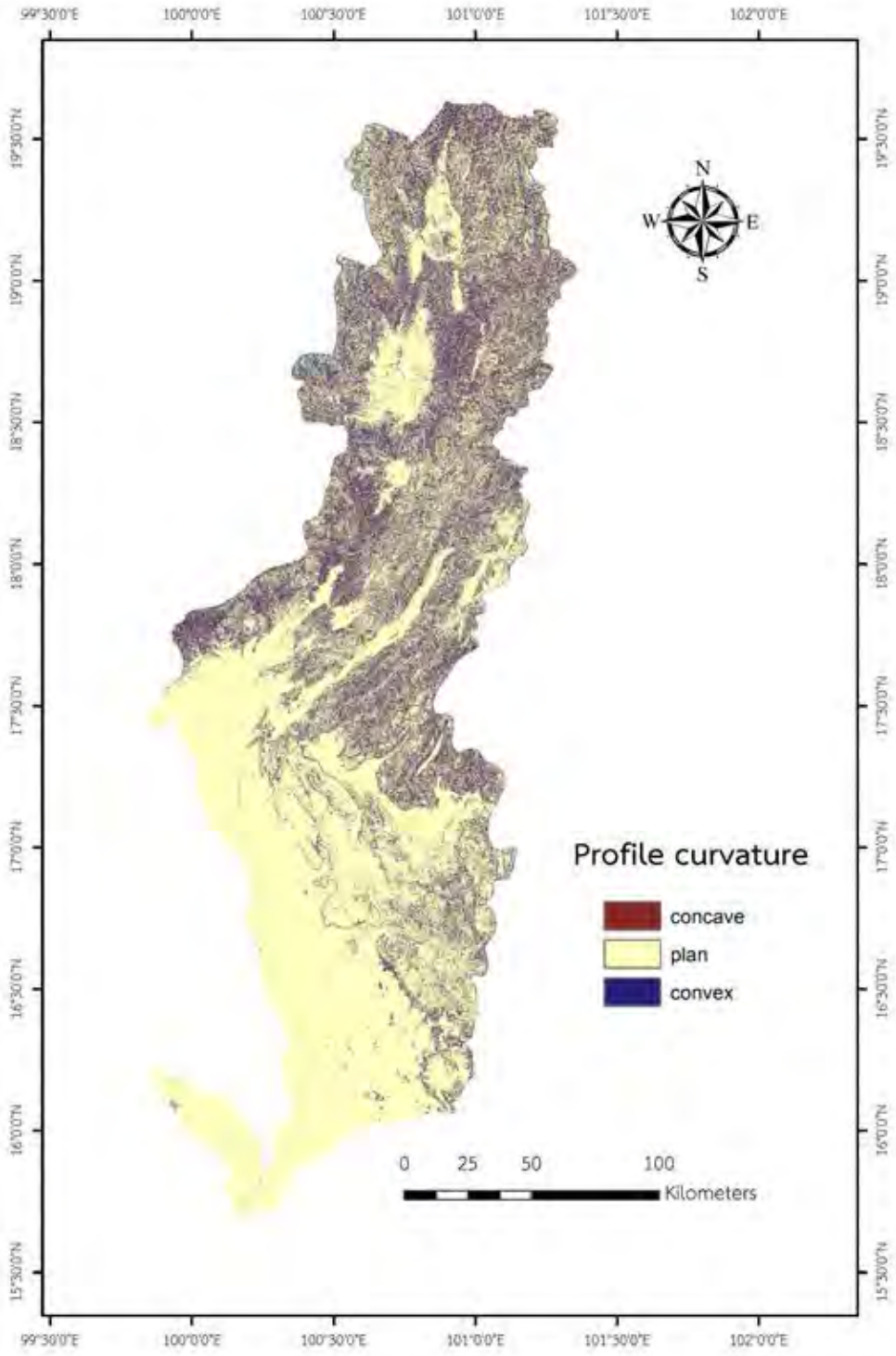
รูปที่ 3.2 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ความลาดชัน



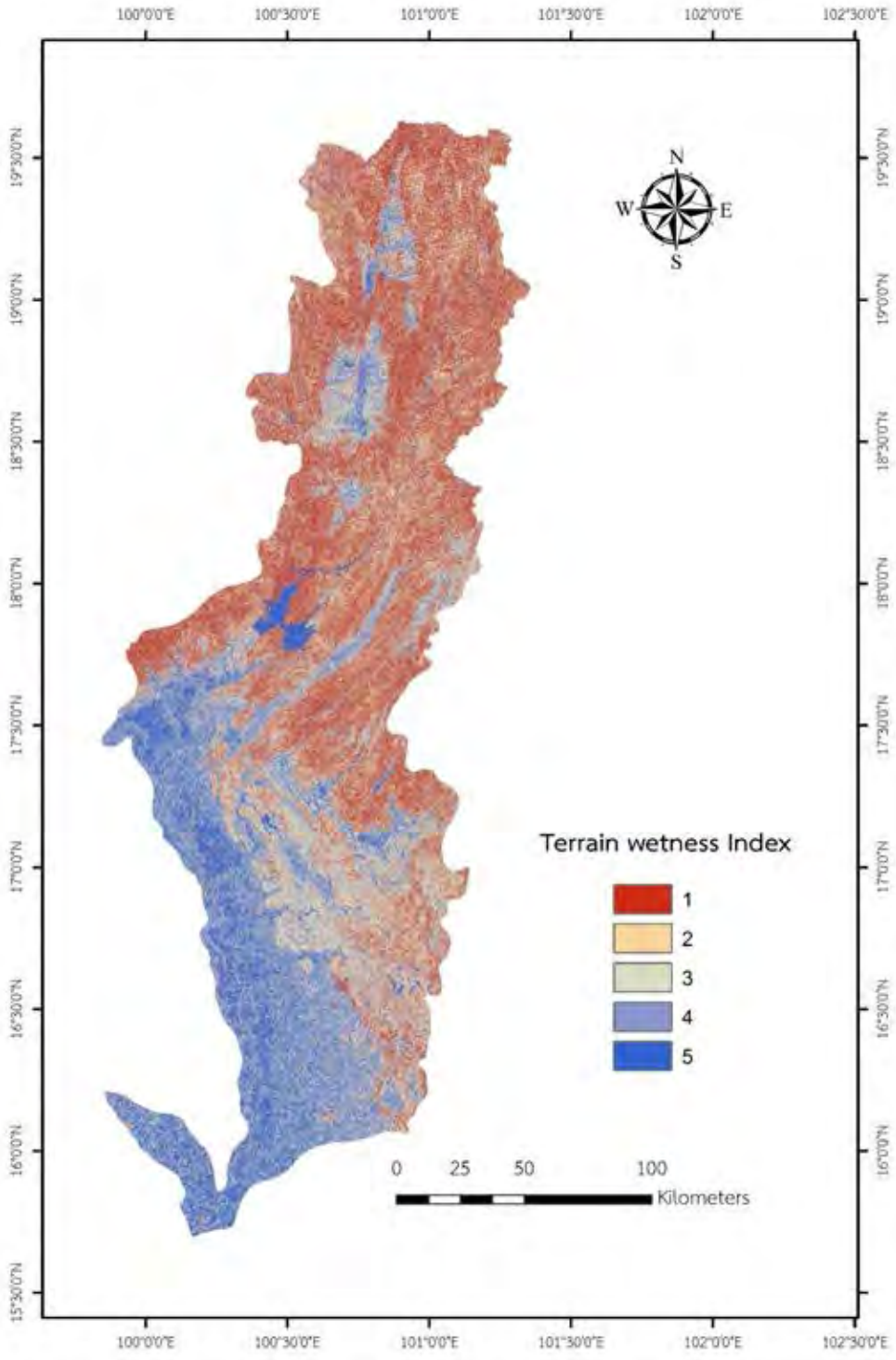
รูปที่ 3.3 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ด้านรับน้ำฝน



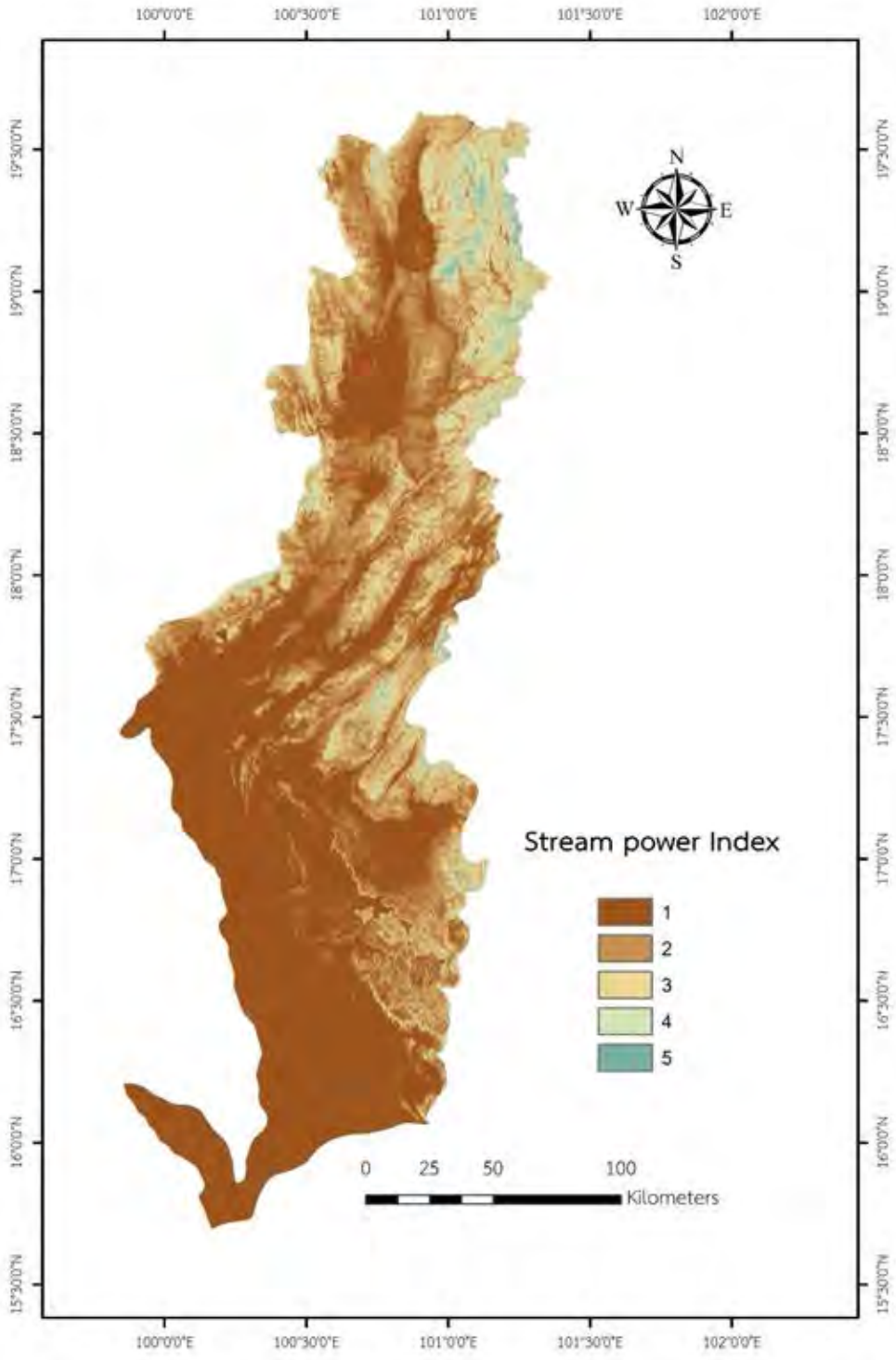
รูปที่ 3.4 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง



รูปที่ 3.5 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ความโค้งตามความลาด



รูปที่ 3.6 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ดัชนีความชื้นของภูมิประเทศ



รูปที่ 3.7 แผนที่ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม : ดัชนีพลังงานในการไหล

3.4. หาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

เมื่อได้แผนที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มแล้ว ก็จะทราบจำนวนพิกเซลของแต่ละช่วงของแต่ละปัจจัย (ตารางที่ 4.1) จากนั้นจะทำการหาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยนำแผนที่ร่องรอยดินถล่มซ้อนทับกับแผนที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม เพื่อดูร่องรอยดินถล่มในแต่ละช่วงของแต่ละปัจจัย แล้วจึงคำนวณออกเป็นค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มดังสมการที่ 3.1 โดยขั้นตอนการคำนวณทั้งหมดจัดทำโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

$$S_i = \ln[(\frac{\mathrm{Npix(L}i)}{\mathrm{Npix(N}i)}) / (\frac{\Sigma\mathrm{Npix(L}i)}{\Sigma\mathrm{Npix(N}i)})] \qquad 3.1$$

S_i = ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

$Npix(L_i)$ = จำนวนพิกเซลของดินถล่มในแต่ละช่วงของปัจจัย

$Npix(N_i)$ = จำนวนพิกเซลในแต่ละช่วงของปัจจัย

$\Sigma Npix(L_i)$ = จำนวนพิกเซลของดินถล่มทั้งหมดในพื้นที่

$\Sigma Npix(N_i)$ = จำนวนพิกเซลทั้งหมดของพื้นที่ศึกษา

3.5. จัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

หลังจากได้ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ละปัจจัยแล้ว จะแทนค่าดังกล่าวของทั้ง 6 ปัจจัยลงในโปรแกรม ArcMap 10.5 และค่าของแต่ละปัจจัยจะถูกนำมารวมกันเป็นค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดถล่มรวม เพื่อจัดทำเป็นแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม และเมื่อได้แผนที่ออกมาแล้ว จะทำการจัดลำดับระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม โดยมีการแบ่งระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ ระดับต่ำมาก (Very low) ระดับต่ำ(Low) ระดับปานกลาง (Moderate) ระดับสูง (High) และระดับสูงมาก (Very high) โดยใช้วิธี Natural breaks ในการจำแนก เนื่องจากเป็นวิธีที่แบ่งข้อมูลตามลักษณะของช่วงห่างของข้อมูล ทำให้มีการจับกลุ่มของข้อมูลแบบธรรมชาติ และช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างแต่ละช่วงชั้น โดยความถี่ของข้อมูลหรือระยะห่างระหว่างชั้นไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน

บทที่ 4
ผลการศึกษา
(Result)

4.1. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม

ปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งก็คือ ความลาดชัน (slope) ด้านรับน้ำฝน (aspect) ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (topographic wetness index) ดัชนีพลังงานการไหล (stream power index) จะให้ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ต่างกัน และมีค่าที่ต่างกันในแต่ละช่วงของแต่ละปัจจัย โดยค่าความอ่อนไหวที่มากกว่าจะหมายถึงบริเวณนั้นมีมีโอกาสในการเกิดดินถล่มได้สูงกว่าค่าความอ่อนไหวที่น้อยกว่า โดยผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละปัจจัย (ตารางที่ 4.1) มีข้อมูลดังนี้

ความลาดชัน (Slope) เมื่อทำการเปรียบเทียบร่องรอยดินถล่มกับความลาดชันที่ถูกแบ่งออกเป็น 5 ช่วง พบว่าร่องรอยดินถล่มส่วนมากอยู่ในค่าความชันระหว่าง 10 -20 องศา (269 จุด) แต่เมื่อคำนวณค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มพบว่าเมื่อความลาดชันมีค่ามากขึ้น ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะสูงขึ้น โดยบริเวณความลาดชันที่ 0-10 องศา มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำมากที่สุด คือ -1.105 และบริเวณความลาดชันที่ 40-90 องศามีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงสุด คือ 1.274

หน้ารับน้ำฝน (Aspect) ได้ถูกจำแนกออกเป็น 8 ทิศทาง โดยจากการเปรียบเทียบกับข้อมูลร่องรอยดินถล่ม พบว่าร่องรอยดินถล่มมีค่าการกระจายตัวที่ใกล้เคียงกันในแต่ละทิศทาง แต่เมื่อคำนวณค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มพบว่าบริเวณหน้ารับน้ำฝนด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงที่สุดคือ 0.219 รองลงมาเป็น ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกตามลำดับ ส่วนด้านรับน้ำฝนทางทิศตะวันตก มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำสุด คือ - 0.226

ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับร่องรอยดินถล่ม พบว่าบริเวณที่มีลักษณะการโค้งแบบที่ราบมีการกระจายตัวของดินถล่มสูงถึง 310 จุด แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มพบว่าบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง คือบริเวณที่มีลักษณะการโค้งแบบโค้งเว้า รองลงมาเป็นโค้งนูน และที่ราบตามลำดับ

ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับร่องรอยดินถล่มมีลักษณะการกระจายตัวที่คล้ายกับความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง คือมีการกระจายตัวสูงในบริเวณที่มีลักษณะการโค้งแบบที่ราบ แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มพบว่าบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง คือบริเวณที่มีลักษณะการโค้งแบบโค้งเว้า ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับลักษณะการโค้งแบบโค้งนูน ส่วนบริเวณที่ราบมีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำสุด

ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (Topographic Wetness Index) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับร่องรอยดินถล่มพบว่า ส่วนมากดินถล่มมีการกระจายตัวในบริเวณที่มีค่าดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศที่ต่ำ และเมื่อทำการค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มพบว่าบริเวณดังกล่าวมีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงด้วย ซึ่งค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะต่ำลงเมื่อค่าดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศเพิ่มขึ้น

ดัชนีพลังงานการไหล (Stream Power Index) เมื่อทำการเปรียบเทียบกับร่องรอยดินถล่มพบว่าร่องรอยของดินถล่มส่วนมากกระจายตัวในช่วงที่ดัชนีพลังงานการไหลต่ำแต่จากกการคำนวณค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มพบว่า ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะสูงขึ้น เมื่อค่าดัชนีพลังงานการไหลมากขึ้น

ตารางที่ 4.1. แสดงค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ปัจจัย

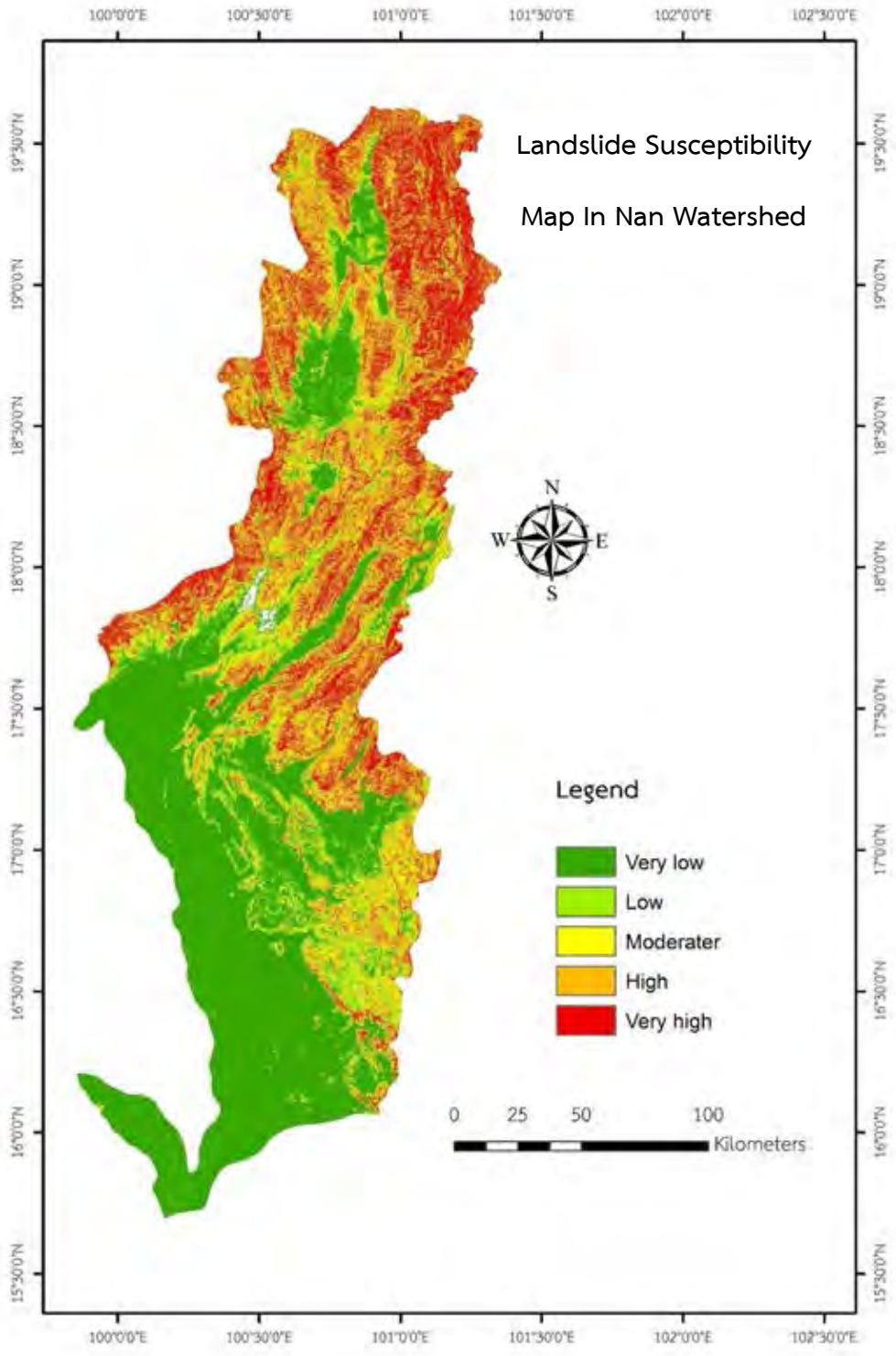
ปัจจัย	ช่วง	พื้นที่ (pixel)	จำนวนดินถล่ม (pixel)	ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม
ความลาดชัน (Slope)	0°-10°	20,254,267	109	- 1.105
	10°-20°	9,941,124	269	0.509
	20°-30°	6,398,586	190	0.603
	30°-40°	1,458,230	46	0.663
	40°-90°	103,243	5	1.274
หน้ารับน้ำฝน (Aspect)	เหนือ	4,570,334	69	- 0.116
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	4,213,656	89	0.219
	ตะวันออก	4,390,016	80	0.071
	ตะวันออกเฉียงใต้	4,319,957	86	0.160
	ใต้	4,880,480	81	- 0.022
	ตะวันตกเฉียงใต้	4,713,147	73	- 0.091
	ตะวันตก	4,951,320	67	- 0.226
	ตะวันตกเฉียงเหนือ	4,519,958	75	- 0.022
ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature)	โค้งเว้า	4,052,684	175	0.983
	ที่ราบ	27,676,793	310	- 0.372
	โค้งนูน	6,662,736	135	0.221
ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature)	โค้งเว้า	3,666,582	108	0.594
	ที่ราบ	27,873,568	313	- 0.369
	โค้งนูน	6,852,063	199	0.581
ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (Topographic wetness index)	1	9,339,711	257	0.519
	2	7,702,599	151	0.179
	3	8,837,310	110	- 0.274
	4	4,858,901	63	- 0.233
	5	7,124,586	39	- 1.095
ดัชนีพลังงานการไหล (Stream power index)	1	20790407	99	- 1.227
	2	9889973	274	0.533
	3	5113764	152	0.604
	4	19294380	76	0.885
	5	431868	19	0.996

4.2. แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

หลังจากนำค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ละปัจจัยทั้ง 6 ปัจจัยมารวมกันโดยใช้โปรแกรม ArcMap 10.5 พบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีค่าตั้งแต่ -4.39 – 4.42 ซึ่งได้นำมาแบ่งช่วงระดับความอ่อนไหวต่อการเกินถล่มออกเป็น 5 ช่วง แสดงใน ตารางที่ 4.2 โดยหลังจากนำค่าที่ได้ดังกล่าวมาทำจัดแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (รูปที่ 4.1) จะได้ขอบเขตของบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง ซึ่งส่วนมากเป็นพื้นที่บริเวณตอนเหนือของลุ่มน้ำน่าน ครอบคลุมพื้นที่บริเวณอำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอบ่อเกลือ อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ส่วนบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มระดับปานกลาง ได้แก่ อำเภอปัว อำเภอท่าวังน้อย อำเภอสองแคว อำเภอนาน้อย อำเภอนาหมื่น จังหวัดน่าน และบริเวณทางตอนใต้ของลุ่มน้ำน่า ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ จังหวัดพิจิตร กำแพงเพชร นครสวรรค์ และพิษณุโลก มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ต่ำกว่ามาก

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในแต่ละช่วง

ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม
ต่ำมาก	-4.39 - -2.69
ต่ำ	-2.69 - -1.04
ปานกลาง	-1.04 – 0.38
สูง	0.38 – 1.49
สูงมาก	1.49 – 4.42



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณลุ่มน้ำน่าน

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล
(Discussion and conclusion)

5.1. การเปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

จากการเปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับงานศึกษาของ Meinhardt และคณะ (2015) พบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 5.1 โดย

ความลาดชัน จะมีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำสุดและติดลบในช่วง 0-10 องศา และจะมีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเพิ่มขึ้นเมื่อความลาดชันมากขึ้น

หน้ารับน้ำฝน พบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากการศึกษาไม่สัมพันธ์กับงานศึกษาเก่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากลักษณะภูมิประเทศ การวางตัวและเอียงเทของแนวเขาที่ต่างกัน จึงทำให้ในแต่ละทิศมีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ต่างกัน

ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature) พบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีค่าสูงสุดในบริเวณที่มีลักษณะการโค้งแบบโค้งเว้า ตามด้วยโค้งนูน และที่ราบ เหมือนกัน

ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature) พบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีค่าสูงสุดในบริเวณที่มีลักษณะการโค้งแบบโค้งเว้า ตามด้วยโค้งนูน และที่ราบ เหมือนกัน

ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (Topographic wetness index) จากการเปรียบเทียบพบว่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศต่ำลง

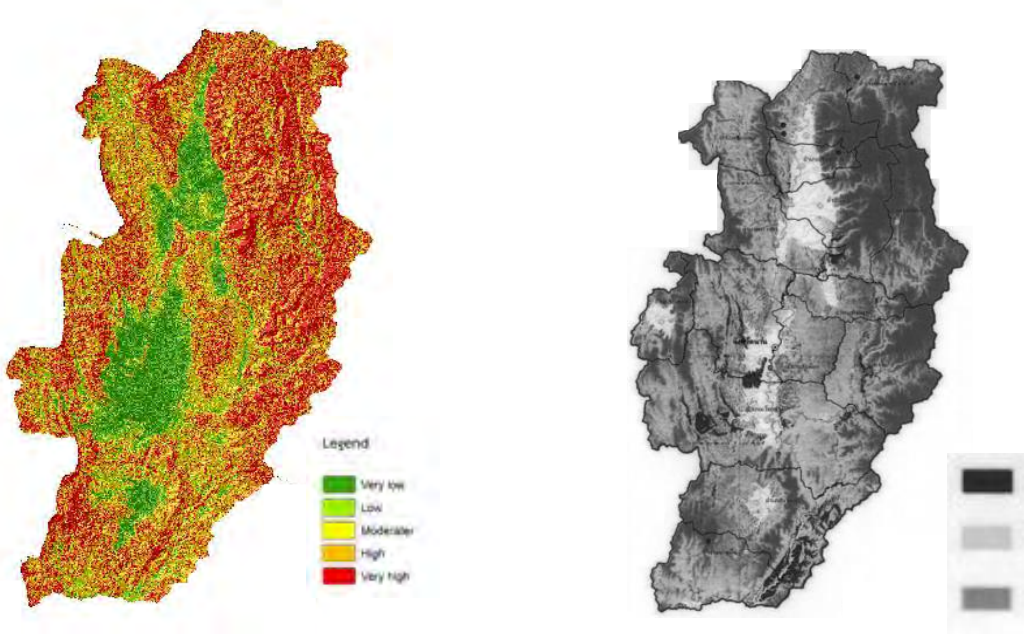
ดัชนีพลังงานการไหล (Stream power index) จากการศึกษาค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะสูงขึ้น เมื่อค่าดัชนีพลังงานการไหลมากขึ้น แต่จากงานศึกษาของ Meinhardt และคณะ (2015) พบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะมีค่ามากในช่วง 2 และ 3 และในช่วง 5 มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำ

ตารางที่ 5.1. การเปรียบเทียบค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ปัจจัย	ช่วง	ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	ค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม (Meinhardt และคณะ,2015)
ความลาดชัน (Slope)	0°-10°	- 1.105	-1.16
	10°-20°	0.509	0.23
	20°-30°	0.603	0.61
	30°-40°	0.663	0.76
	40°-90°	1.274	0.26
หน้ารับน้ำฝน (Aspect)	เหนือ	- 0.116	-0.30
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	0.219	0.07
	ตะวันออก	0.071	0.11
	ตะวันออกเฉียงใต้	0.160	-0.10
	ใต้	- 0.022	0.22
	ตะวันตกเฉียงใต้	- 0.091	0.14
	ตะวันตก	- 0.226	-0.12
	ตะวันตกเฉียงเหนือ	- 0.022	-0.12
ความโค้งของลาดเขาตามแนวขวาง (Plan Curvature)	โค้งเว้า	0.983	0.43
	ที่ราบ	- 0.372	-0.97
	โค้งนูน	0.221	0.14
ความโค้งตามความลาด (Profile Curvature)	โค้งเว้า	0.594	0.39
	ที่ราบ	- 0.369	-1.02
	โค้งนูน	0.581	0.00
ดัชนีความชุ่มชื้นภูมิประเทศ (Topographic wetness index)	1	0.519	0.58
	2	0.179	0.54
	3	- 0.274	0.12
	4	- 0.233	-0.85
	5	- 1.095	-0.82
ดัชนีพลังงานการไหล (Stream power index)	1	- 1.227	-0.33
	2	0.533	0.68
	3	0.604	0.39
	4	0.885	0.05
	5	0.996	-0.96

5.2. การเปรียบเทียบแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

จากแผนที่แสดงค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจังหวัดน่าน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการงานศึกษาของ Akkarawintawong (2008) ซึ่งใช้ปัจจัยในการวิเคราะห์ที่ต่างกันพบว่าระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน โดยทางทิศตะวันออกของจังหวัดหรือบริเวณอำเภอบ่อเกลือ และอำเภอเฉลิมพระเกียรติจะมีระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูง และจะมีระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำบริเวณตอนกลางของจังหวัด ส่วนทางด้านทิศตะวันตกมีระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลาง ซึ่งจากการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์เพียงลักษณะทางภูมิประเทศอาจพอเป็นแนวทางในการจัดทำแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้ โดยไม่ต้องใช้ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องมีการการออกภาคสนาม เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นวิธีการนี้อาจได้ค่าความถูกต้องที่ต่ำกว่า เนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม



Akkarawintawong (2008)

รูปที่ 5.1แสดงการเปรียบแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณจังหวัดน่าน

5.3. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำน่านที่มีความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงจะเป็นบริเวณที่มีค่าความลาดชันสูง (40-90 องศา) มีด้านรับน้ำฝนในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะการโค้งแบบโค้งเว้า มีค่าดัชนีความชื้นของภูมิประเทศต่ำ และมีค่าดัชนีพลังการไหลที่สูง โดยบริเวณที่มีความลาดชัน 40- 90 จะเป็นบริเวณที่มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสูงสุด (Si = 1.274) และบริเวณที่มีความลาดชัน 0-10 จะเป็นบริเวณที่มีค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มต่ำมาก (Si = - 1.105) ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้จากความลาดชัน อาจมีผลต่อค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่มากที่สุด

5.4. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเป็นการวิเคราะห์ลักษณะทางภูมิประเทศปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม 6 ปัจจัย ซึ่งหากมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตอาจทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มเพิ่ม โดยอาจเป็นการวิเคราะห์ลักษณะทางภูมิประเทศอื่น ๆ เพิ่มเติม หรืออาจวิเคราะห์ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม เช่น ปริมาณน้ำฝน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะห่างจากถนน เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่มมีหลายปัจจัย ดังนั้นหากทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่เพิ่มมากขึ้น อาจช่วยเพิ่มความถูกต้องของแผนที่มากขึ้น นอกจากนี้ยังอาจเพิ่มความถูกต้องของแผนที่ได้อีกโดยการให้ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

จากการเปรียบเทียบกับงานศึกษาเก่าพบว่าค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ละช่วงในปัจจัยบางค่ามีค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในอนาคตอาจทำการหาค่าเฉลี่ยค่าความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของแต่ละช่วงของปัจจัย ซึ่งจะสามารถนำค่านี้ไปวิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มได้ โดยไม่ต้องใช้ข้อมูลร่องรอยดินถล่ม

เอกสารอ้างอิง

(Reference)

กรมทรัพยากรธรณี, 2550, แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย: กรมทรัพยากรธรณี.

สำนักธรณีวิทยา กรมทรัยากรธรณี, การวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มของอุทยานธรณีสตูล โดยวิธีอัตราส่วนความถี่ [online]: แหล่งที่มา:http://library.dmr.go.th/Document/DMR_Technical_Reports /2560/40361.pdf [1 มกราคม 2562]

Akkrawintawong, Krittapob. "Landslide Hazard Investigation in Changwat Nan." CUIR at Chulalongkorn University: Home. January 01, 1970. http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/53398?src=/simple-search?query=Landslide&rpp=10&sort_by=score&order=desc&brw_total=11&brw_pos=1&query=Landslide&fbclid=IwAR2hNHZJpRBNebZVbp9UvKhn4sDhNuI6awRlBwrwQc2Bl8uKK6oifYmfVK8.

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

Meinhardt, Markus, Manfred Fink, and Hannes Tünschel. "Landslide Susceptibility Analysis in Central Vietnam Based on an Incomplete Landslide Inventory: Comparison of a New Method to Calculate Weighting Factors by Means of Bivariate Statistics." Geomorphology 234 (04 2015): 80-97. doi:10.1016/j.geomorph.2014.12.042.

Ramesh, V. and Anbazhagan, S. (2 0 1 5) . Landslide susceptibility mapping along Kolli hills Ghat road section (India) using frequency ratio, relative effect and fuzzy logic models. Environmental Earth Sciences, vol.73, pp.8009-8021.