

**การประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์
และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหว
ต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จ.แพร่
และลุ่มน้ำคลองท่าหน จ.นครศรีธรรมราช**

**Application Techniques Analytic Hierarchy Process and
Geographic Information System Comparison Susceptible
Landslide area in Huai Mae Saroi Watershed, Phrae Province
and Khlong Tha Thon Watershed, Nakhon Si Thammarat Province**

ภาณุวัฒน์ เขียวสลับ (Phanuwat Khiaosalab)^{1*} ดร.ปิยพงษ์ ทองดีนอก (Dr.Piyapong Tongdeenok)**

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอยจังหวัดแพร่และลุ่มน้ำคลองท่าหนจังหวัดนครศรีธรรมราชโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ Analytic Hierarchy Process (AHP) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอยมีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับต่ำ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน ชนิดของหิน ลักษณะของดิน ปริมาณน้ำฝน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ในระดับปานกลาง และค่า Kappa statistic มีความสอดคล้องของพื้นที่อ่อนไหวในระดับน้อย ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าหนพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ได้แก่ ความลาดชัน และปริมาณน้ำฝน มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ในระดับค่อนข้างสูง และค่า Kappa statistic มีความสอดคล้องของพื้นที่อ่อนไหวในระดับพอใช้

ABSTRACT

Comparison of areas susceptible to landslides in Huai Mae Saroi Watershed, Phrae Province and Khlong Tha Thon Watershed, Nakhon Si Thammarat Province by the Application Techniques Analytic Hierarchy Process and Geographic Information System. This study found that in Huai Mae Saroi Watershed were found as level is low susceptible to

¹Correspondent author: chyjoonsforest73@gmail.com

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

** อาจารย์ ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

landslides. The results indicated that the most influence factors of susceptible to landslides as follows; elevation, slope, geology, rainfall amount, and soil texture. The overall accuracy in the medium and the Kappa statistic has the consistency of a less susceptible area. Khlong Tha Thon Watershed were found as level is moderate susceptible to landslides. The results indicated that the most influence factors of susceptible to landslides as follows; slope and rainfall amount. The overall accuracy in the high and the Kappa statistic has the consistency of a poor susceptible area

คำสำคัญ : กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Keywords : Analytic hierarchy process, Landslide risky area, Geographic information system

บทนำ

ดินถล่มเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่นับวันเกิดขึ้นบ่อยครั้ง และมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคม และชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน โดยดินถล่มเป็นภัยพิบัติที่เกิดจากมวลดินและหินที่ไหลมาตามลาดเขาที่ขาดเสถียรภาพเกิดการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลกโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ซึ่งเหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในประเทศไทยส่วนใหญ่มักเกิดหลังจากเกิดพายุฝนที่ตกหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน น้ำฝนที่มีปริมาณมากซึมลงไปดินปริมาณน้ำในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อถึงจุดอิ่มตัวส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน แรงยึดเกาะระหว่างมวลดินลดลง และน้ำหนักของดินเพิ่มขึ้นเร่งต้านทานการเคลื่อนไหลของดิน จึงลดลงตามไปด้วย จึงเกิดการเคลื่อนไหลของมวลดินและหิน ทำให้เกิดดินถล่ม โดยพื้นที่เสี่ยงภัยมักเป็นพื้นที่ที่อยู่ตามพื้นที่ลาดเชิงเขาหรือที่ลุ่มติดกับภูเขา

การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดเหตุการณ์ดินถล่ม เป็นแนวทางหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการจัดการปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้ทราบถึงความน่าจะเป็นของพื้นที่เสี่ยง ที่จะได้รับผลกระทบ ความถี่ของการเกิดดินถล่ม รวมไปถึงโอกาสในการเกิดดินถล่ม ที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต สามารถวางแผนหาแนวทางแก้ไขเพื่อบรรเทาความรุนแรงของเหตุการณ์

ที่เกิดขึ้นได้ โดยวิธีการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในปัจจุบันมีวิธีการในการประเมินได้หลากหลายวิธี ซึ่งค่าความถูกต้องขึ้นอยู่กับข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process ; AHP) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นวิธีที่มีค่าความถูกต้องสูงและสามารถประยุกต์ใช้ได้ในทุกพื้นที่ลุ่มน้ำ และสามารถเพิ่มหรือลดปัจจัยได้ตามความเหมาะสมของข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มน้ำในแต่ละแห่ง ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม และเปรียบเทียบระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มรวมถึงเปรียบเทียบปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวที่แตกต่างกัน ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย จังหวัดแพร่กับลุ่มน้ำคลองท่าพาน จังหวัดนครศรีธรรมราช พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของการประเมิน

วัสดุ

1. โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Arc GIS Version 9.3
2. โปรแกรม Microsoft office
3. แผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) ลำดับชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000 ราว 4844

I, 4844 II และ 4944 IV ของกรมแผนที่ทหาร

4. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (land use map) ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2552 มาตราส่วน 1:50,000

5. แผนที่ธรณีวิทยา ของกรมทรัพยากรธรณี มาตราส่วน 1:50,000

6. แผนที่ชุดดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000

7. ข้อมูลตำแหน่งที่เกิดดินถล่ม ปี พ.ศ. 2554 ของกรมทรัพยากรธรณี

8. ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วย ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน ปริมาณน้ำฝนรายวัน ของกรมอุตุนิยมวิทยา

9. ข้อมูลแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน ปี พ.ศ. 2554 มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมทรัพยากรธรณี

วิธีการวิจัย

การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย จังหวัดแพร่ และลุ่มน้ำคลองท่าทน จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ทั้งหมด 6 ปัจจัย ประกอบด้วย ความลาดชัน ระดับความสูง ชนิดของหิน ลักษณะเนื้อดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำฝนประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ Analytic Hierarchy Process (AHP) เพื่อหาค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม หาผลรวมของค่าน้ำหนักเพื่อใช้ในการแบ่งระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม จัดทำแผนที่พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินโดยการซ้อนทับแผนที่ที่ได้จากการประเมินกับรอยดินถล่มปี พ.ศ. 2554 สามารถอธิบายขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

1. พื้นที่ศึกษา

1.1 ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อยจังหวัดแพร่

ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย อยู่ในเขตการปกครองตำบลสร้อย อำเภอลำดวน จังหวัดแพร่ มีพื้นที่ประมาณ 151.95 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 94,968.75 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างพิกัด 1955622N ถึง 1976006N และพิกัด 539008E ถึง 552267E โดยมีขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำดังภาพที่ 1

1.2 ลุ่มน้ำคลองท่าทน จังหวัดนครศรีธรรมราช

ลุ่มน้ำคลองท่าทน อยู่ในเขตการปกครองตำบลเทพราช อำเภอลิขิต จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ประมาณ 78.88 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 49,300.00 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างพิกัด 974507N ถึง 984856N และ 974507E ถึง 984856E โดยมีขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 2

2. การรวบรวมข้อมูล

2.1 การรวบรวมข้อมูลและกำหนดปัจจัยที่นำมาใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัย รวบรวมข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม โดย Research Council of Thailand [1] ได้รวบรวมปัจจัยจำนวนมากที่ถูกนำมาใช้ในการพิจารณาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดดินถล่ม และเมื่อนำปัจจัยที่รวบรวมได้มาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่นิยมนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 29 ปัจจัย (ภาพที่ 3) ซึ่งในการศึกษานี้เลือกปัจจัยที่ใช้สำหรับการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด ถูกเลือกมาใช้ในการศึกษาทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน ความสูง ชนิดของหิน ลักษณะเนื้อดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และปริมาณน้ำฝนส่วนปัจจัยอื่น ๆ มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มน้อยและบางปัจจัยไม่มีข้อมูลการตรวจวัดที่เป็นประจำและสม่ำเสมอ

2.2 การเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษา เป็นข้อมูลที่เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์ดินถล่มซึ่งต้องจัดรูปแบบของข้อมูลให้อยู่

ในรูปแบบเดียวกัน โดยทำการแปลงข้อมูลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มให้เป็นข้อมูลในแบบแรสเตอร์ (raster) ที่มีความละเอียดข้อมูลเท่ากับ 10x10 โดยกำหนดข้อมูลแต่ละปัจจัยเป็นชั้นข้อมูลปัจจัยย่อยตามอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม นำเข้าข้อมูลด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.3 จากนั้นแบ่งชั้นข้อมูลของปัจจัยทั้งหมดที่จัดเตรียมไว้และทำการตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขปรับปรุง ให้อยู่ในรูปแบบและมาตรฐานเดียวกัน โดยใช้พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 1984 UTM zone 47Q

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process ; AHP)

กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process; AHP) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการวัดค่าระดับของการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ผลการตัดสินใจที่ถูกต้องตรงกับเป้าหมายของการตัดสินใจได้มากที่สุด กระบวนการนี้ถูกคิดค้นเมื่อปลายทศวรรษที่ 1970 โดยศาสตราจารย์ Thomas Saaty โดยขั้นตอนกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์เริ่มต้นด้วยการเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ จากนั้นนำทางเลือกที่มีทั้งหมดมาประเมินผ่านเกณฑ์ที่ได้เพื่อจัดลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือก โดยปัจจุบันได้มีการนำกระบวนการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ มากมายรวมไปถึงการประยุกต์ใช้ในการหาพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญโดยการให้ผู้เชี่ยวชาญในหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีองค์ความรู้เพียงพอ รวมถึงผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับดินถล่มเป็นผู้ให้ค่าคะแนนน้ำหนักของปัจจัย เพราะจำเป็นต้องมีการตัดสินใจเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่มให้ได้คำตอบที่น่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งผู้เชี่ยวชาญ

แต่ละท่านจะทำการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาน้ำหนักของเกณฑ์ของแต่ละปัจจัยและทำการให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ (pairwise comparison) ให้ครบทุกคู่และทุกปัจจัย ซึ่งจำนวนระดับความสำคัญในการเปรียบเทียบนี้จะแบ่งระดับออกเป็น 9 ระดับ

2) การคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ (weight) หรือลำดับความสำคัญสัมพัทธ์ (relative priority) ของในแต่ละชั้นโดยการคำนวณหาราคารวมของทุกสดมภ์ และนำค่าที่เป็นผลการเปรียบเทียบแต่ละคู่มาหารด้วยค่ารวมของแต่ละสดมภ์ เพื่อการปรับค่าของแต่ละสดมภ์ โดยผลรวมของแต่ละสดมภ์ต้องเท่ากับ 1 จากนั้นคำนวณผลรวมของแต่ละแถวและหารด้วยจำนวนปัจจัย จึงได้คำตอบออกมาเป็นค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก และเมื่อเรียงลำดับผลลัพธ์ของน้ำหนักแต่ละปัจจัยตามคะแนนจากมากไปน้อย ปัจจัยที่มีคะแนนมากที่สุดจะเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด

3) วิเคราะห์ความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มเชิงพื้นที่โดยใช้ค่าดัชนีปัจจัยร่วม ซึ่งสามารถกำหนดได้จากผลรวมของค่าน้ำหนักคูณกับคะแนนปัจจัยหลักนำผลรวมของคะแนนค่าความสำคัญของปัจจัยร่วมมาแบ่งช่วงตามระดับพื้นที่อ่อนไหวดินถล่มโดยนำคะแนนสูงสุดและต่ำสุดที่เป็นไปได้มาจัดชั้นข้อมูลใหม่ ให้มีความกว้างของอันตรภาคชั้นที่เท่ากัน 5 ระดับคือ พื้นที่อ่อนไหวสูงมากพื้นที่อ่อนไหวสูงพื้นที่อ่อนไหวปานกลางพื้นที่อ่อนไหวต่ำและพื้นที่อ่อนไหวต่ำมาก แสดงดังสมการที่ 1

$$S = (W_1 R_1) + (W_2 R_2) + (W_3 R_3) + \dots + (W_n R_n) \quad (1)$$

เมื่อ S = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

W = น้ำหนักของปัจจัยหลัก

R = คะแนนตามลำดับความสำคัญของรายละเอียดปัจจัยย่อย

N = จำนวนปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

4. การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

โดยการนำค่าลำดับความสำคัญของรายละเอียดปัจจัยย่อยทำการแทรกค่าคะแนนลงในตารางข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (attribute data) ของแต่ละกริด ทำการคูณค่าลำดับความสำคัญกับค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย จะได้ผลรวมของคะแนนแต่ละปัจจัยในแต่ละกริด จากนั้นนำผลรวมของคะแนนแต่ละปัจจัยนำมาซ้อนทับ (overlay) ด้วยวิธี weight sum จะได้แผนที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มซึ่งมีค่าผลรวมของคะแนนทั้งหมดในแต่ละกริด ทำการจัดชั้นข้อมูลใหม่ (reclassify) ตามระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ทำการเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มทั้ง 2 กลุ่มนี้

5. การทดสอบความคลาดเคลื่อนและสอบเทียบความถูกต้อง

การประเมินค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำทั้ง 2 ลุ่มน้ำด้วยการเปรียบเทียบพื้นที่เสี่ยงภัยที่คำนวณได้กับพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มในปี พ.ศ. 2554 ของกรมทรัพยากรธรณี เปรียบเทียบค่าความถูกต้องด้วยวิธีการทางสถิติโดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และหาความสอดคล้องของพื้นที่ที่ได้จากการประเมินกับร่องรอยการเกิดดินถล่มโดยใช้ค่า Kappa statistic

ผลการวิจัย

1. กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (Analysis Hierarchy Process ; AHP)

1) การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ

โดยผู้เชี่ยวชาญจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มีผลงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับดินถล่ม เพราะจำเป็นต้องมีการตัดสินใจเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่มทั้ง 6 ปัจจัย ทำการ

เปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาน้ำหนักของเกณฑ์ของแต่ละปัจจัยและทำการให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบปัจจัยทีละคู่ให้ครบทุกปัจจัยโดยให้ค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 9 และค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1 ตามวิธีการของกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

2) การคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ (weight)

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีค่าคะแนนมากที่สุด คือ ปริมาณน้ำฝนมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.42 จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปัจจัยหลักโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ชนิดของหิน ความลาดชัน ลักษณะเนื้อดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินและระดับความสูงมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.21, 0.18, 0.07, 0.06 และ 0.05 ตามลำดับดังตารางที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลหลักในการเพิ่มโอกาสในการเกิดดินถล่มโดยปกติแล้วจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดแผ่นดินถล่มเสมอ โดยเป็นตัวลดแรงต้านทานต่อการเคลื่อนตัวของมวลดินทำให้สมบัติของดินที่เป็นของแข็งเปลี่ยนไปเป็นของเหลว และเกิดการไหลดินถล่มเกิดขึ้นเพราะพื้นที่ลาดชันบริเวณพื้นที่ภูเขาความสมดุลในการทรงตัวเนื่องจากเมื่อฝนตกหนักจนดินอิ่มตัวด้วยน้ำแรงยึดเหนี่ยวระหว่างมวลดินน้อยลง ประกอบกับน้ำหนักของน้ำที่เพิ่มขึ้นในมวลดินทำให้เกิดการถล่มลงมาโดยปกติเกี่ยวข้องกับปัจจัย 3 อย่าง คือ พื้นที่ต้องมีความลาดชันสูงพอสมควร ดินหรือหินชั้นล่างมีการไหลซึมของน้ำเข้ามา และดินชั้นบนไม่เกาะกันเพราะอิ่มตัวด้วยน้ำ Department of Mineral Resources [2] และ Department of Soil Science [3]

3) ค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยย่อยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

การให้ค่าลำดับความสำคัญของรายละเอียดปัจจัยย่อยพิจารณาจากความสำคัญ ระดับอิทธิพล และความเกี่ยวข้องต่อการเกิดดินถล่มโดยอาศัยแนวทางจากงานวิจัยของ Research Council of Thailand [1] Thassanapak [4] และ Forestry Research Center [5] ซึ่งประเภทของปัจจัยที่มีค่าคะแนนลำดับความสำคัญมากแสดงว่าปัจจัยนั้น ๆ มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมาก ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มน้อยค่าคะแนนลำดับความสำคัญจะมีค่าน้อย ตามลำดับ โดยค่าคะแนนลำดับความสำคัญอยู่ในช่วงระหว่าง 1 – 7 คะแนน ดังตารางที่ 2

4) ค่าคะแนนระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

จากผลรวมของค่าน้ำหนักคูณกับคะแนนปัจจัยหลักนำผลรวมของคะแนนค่าความสำคัญของปัจจัยมาแบ่งช่วงตามระดับพื้นที่อ่อนไหวดินถล่มโดยนำมาจัดชั้นข้อมูลใหม่ ให้มีความกว้างของอันตรภาคชั้นที่เท่ากัน จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย แบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงภัยออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่อ่อนไหวระดับสูงมาก (3.61 – 4.03 คะแนน) พื้นที่อ่อนไหวระดับสูง (3.19 – 3.61 คะแนน) พื้นที่อ่อนไหวระดับปานกลาง (2.78 – 3.19 คะแนน) พื้นที่อ่อนไหวระดับต่ำ (2.36 – 2.78 คะแนน) และพื้นที่อ่อนไหวระดับต่ำมาก (1.94 – 2.36 คะแนน) ส่วนพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทอน พบว่า แบ่งระดับพื้นที่เสี่ยงภัยออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูงมาก (3.68 – 4.03 คะแนน) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูง (3.32 – 3.68 คะแนน) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับปานกลาง (2.97 – 3.32 คะแนน) พื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำ (2.61 – 2.97 คะแนน) และ พื้นที่เสี่ยงภัยระดับต่ำมาก (2.26 – 2.61 คะแนน)(ตารางที่ 3)

2. การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

1) ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย จังหวัดแพร่

จากการศึกษาพบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อยมีพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับต่ำ มีพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 25.92 รองลงมาคือพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลาง พื้นที่อ่อนไหวระดับสูง พื้นที่อ่อนไหวระดับสูงมาก และพื้นที่อ่อนไหวต่ำมาก คิดเป็นร้อยละ 23.81, 22.87, 14.67 และ 12.73 ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางที่ 4) เนื่องจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในระดับพื้นที่อ่อนไหวต่ำอยู่ในพื้นที่ราบลุ่ม มีความลาดชันน้อยกว่า 30 องศา มีความสูงน้อยกว่า 400 เมตร ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดและมีค่าลำดับความสำคัญน้อย การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่เป็นนาข้าว ชุมชน และไม้ผลผสม ซึ่งอยู่ในพื้นที่ราบลุ่มไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม ปัจจัยเหล่านี้ทำให้ผลการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อยมีพื้นที่ส่วนใหญ่ในระดับต่ำ ส่วนพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับสูงและสูงมาก ได้แก่ พื้นที่มีความลาดชัน มากกว่า 20 องศา ระดับความสูงมากกว่า 400 เมตร ได้รับอิทธิพลของลักษณะดินอยู่ในชุดดินที่ 62 ซึ่งเป็นชุดดินลาดเชิงชันมีความลาดชันสูง ซึ่งง่ายต่อการชะล้างพังทลาย รวมถึงชนิดของหินเป็นหินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินอัคนี หินไรโอไลต์ มีอัตราการผุพังสลายตัวสูง และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบและป่าผสมผลัดใบที่มีการใช้ประโยชน์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยมาก เป็นผลทำให้ปัจจัยดังกล่าวช่วยเสริมให้โอกาสการเกิดดินถล่มมากขึ้น

2) ลุ่มน้ำคลองท่าทอน จังหวัดนครศรีธรรมราช

จากการศึกษาพบว่า ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทอนมีพื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลาง มีพื้นที่มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.25 รองลงมาคือ พื้นที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดดินถล่มในระดับต่ำ พื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูง พื้นที่เสี่ยงภัยระดับสูงมาก และพื้นที่เสี่ยงต่ำมาก คิดเป็นร้อยละ 26.52, 19.91, 6.39 และ 4.93 ตามลำดับ (ภาพที่ 5 และตาราง

ที่ 5) เนื่องจากปัจจัยที่ส่งมอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลางอยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 10 – 30 องศา มีพื้นที่มากที่สุดในพื้นที่ลุ่มน้ำมีค่าคะแนนความสำคัญเท่ากับ 2 และ 3 ความลาดชันในช่วงนี้มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในระดับปานกลางทำให้ระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่จะขึ้นอยู่กับปัจจัยความลาดชัน เนื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มสูง ได้แก่ ชนิดของหินส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มของหินหินอัคนีหินบะโอบีแกรนิต ที่มีการผุพังสลายตัวได้ง่าย ชุดดินเป็นชุดดินที่ 62 ซึ่งเป็นชุดดินลาดเชิงซ้อนมีความลาดชันสูงซึ่งง่ายต่อการชะล้างพังทลาย ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ทำให้ผลรวมของค่าคะแนนความอ่อนไหวไม่ต่างกันมาก รวมถึงพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบชื้นที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มต่ำ ทำให้ความลาดชันเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระดับพื้นที่อ่อนไหว และในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 218.92 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งเป็นปัจจัยที่เพิ่มโอกาสในการเกิดดินถล่มทำให้การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางส่วนพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในระดับสูงและสูงมาก ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชัน มากกว่า 30 องศา ระดับความสูงมากกว่า 700 เมตร ลักษณะดินอยู่ในชุดดินที่ 62 ซึ่งเป็นชุดดินลาดเชิงซ้อนมีความลาดชันมากกว่า 35 องศา ชนิดของหินกลุ่มของหินอัคนี หินบะโอบีแกรนิต หินทิวมารินแกรนิต การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าดิบชื้น ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่เกิดดินถล่มเกิดขึ้นกับพื้นที่ที่มีลักษณะของหินเป็นหินในกลุ่มของหินแกรนิต หินอัคนีที่มีการผุพังสลายตัวได้ง่าย รวมถึงพื้นที่ที่มีความสูงและความลาดชันมาก มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 120 มิลลิเมตรต่อวัน ดังนั้นในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนจึงได้รับอิทธิพลจากปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการเกิดดินถล่มสูง

3. การเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อยและลุ่มน้ำคลองท่าทน

จากการศึกษาพบว่า ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อยมีระดับพื้นที่อ่อนไหวสูงมาก อ่อนไหวสูง และอ่อนไหวต่ำ

มาก มีพื้นที่มากกว่าลุ่มน้ำคลองท่าทน ส่วนระดับพื้นที่อ่อนไหวปานกลาง และอ่อนไหวต่ำ ลุ่มน้ำคลองท่าทนมีพื้นที่มากกว่าลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย (ภาพที่ 6 และตารางที่ 6) เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อยพบว่าพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับสูงและสูงมาก ได้แก่ พื้นที่ที่มีความลาดชัน มากกว่า 20 องศา ระดับความสูงมากกว่า 400 เมตร ลักษณะดินอยู่ในชุดดินที่ 62 ซึ่งเป็นชุดดินลาดเชิงซ้อนมีความลาดชันมากกว่า 35 องศา ชนิดของหินเป็นหินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินอัคนี หินไรโอไลต์ การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าดิบแล้ง และป่าผสมผลัดใบ ส่วนในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนจากการให้ค่าคะแนนของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มสูง และมีค่าคะแนนความสำคัญสูง ได้แก่ ปัจจัยของหินในกลุ่มของหินอัคนี หินบะโอบีแกรนิต หินทิวมารินแกรนิต และชุดดินที่ 62 ซึ่งเป็นชุดดินลาดเชิงซ้อนที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มสูง กระจายอยู่ในพื้นที่ป่าดิบชื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ ที่อยู่ในพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งพื้นที่ป่าดิบชื้นช่วยลดอิทธิพลของปริมาณน้ำฝน ลดปริมาณน้ำไหลบ่าหน้าดินตามกระบวนการทางอุทกวิทยา และระบบรากของป่าดิบชื้นยังช่วยในการยึดเกาะมวลดิน ส่งผลให้อิทธิพลของชนิดหินที่มีอิทธิพลมากต่อการเกิดดินถล่มน้อยลงที่มีปัจจัยที่ช่วยลดอิทธิพลที่ทำให้เกิดดินถล่ม ทำให้การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มอยู่ในช่วงระดับต่ำถึงปานกลางมีพื้นที่มากที่สุด โดยในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย พบว่า พื้นที่อ่อนไหวระดับปานกลาง สูง และน้อยมีโอกาสดังกล่าวเท่า ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยปริมาณน้ำฝนที่ตกในพื้นที่เป็นปัจจัยเสริมด้านกายภาพที่มีอิทธิพลมากที่สุดโดยพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ ซึ่งความแตกต่างของระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจะขึ้นอยู่กับ ระดับความสูง ความลาดชัน ชนิดของหิน ลักษณะของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีความแตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำส่วนลุ่มน้ำคลองท่าทนมีการกระจายแบบสม่ำเสมอโดยพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวระดับปานกลางมีค่ามากที่สุด

ส่วนพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมาก และน้อยมีโอกาสดังกล่าวเกิดขึ้นได้เท่า ๆ กัน เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบชื้นที่อยู่ในปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน และปริมาณน้ำฝน มีผลทำให้ระดับความอ่อนไหวแตกต่างกันตามปัจจัยดังกล่าว

4. การตรวจสอบความถูกต้อง

โดยการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลจากการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่มใน ปี พ.ศ. 2554 จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี โดยทำการซ้อนทับ (overly) แผนที่ที่ได้จากการประเมินกับรอยดินถล่ม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินว่าพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มที่ได้ซ้อนทับกับรอยดินถล่มมีความถูกต้องในระดับใด โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และ ค่า Kappa statistic สามารถแยกอธิบายรายลุ่มน้ำได้ดังนี้

1) ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย

จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย มีความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 62.08 แสดงว่า การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีปัจจัยร่วมมีความถูกต้องในระดับปานกลาง และค่า Kappa statistic เท่ากับ 0.01 หมายถึงความสอดคล้องของพื้นที่อ่อนไหวสูงที่ได้จากการประเมินกับร่องรอยการเกิดดินถล่มมีความสอดคล้องของพื้นที่ในระดับน้อย ความถูกต้องของการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่ม มีความถูกต้องเท่ากับ 0.22 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มทั้งหมด 1.29 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 17.05 ของพื้นที่รอยดินถล่มทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอยดังภาพที่ 7 และตารางที่ 7 เนื่องจากค่าความถูกต้องที่ได้อยู่ในระดับปานกลาง เพราะการเกิดดินถล่มนอกจากปัจจัยหลักดังกล่าวแล้ว ค่า shear strength และค่าแรงเฉือน shear stress จะเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนแปลง

เสถียรภาพของความลาดชัน โดยค่าอัตราส่วนความปลอดภัยดังกล่าวยังขึ้นกับปัจจัยเสริมอีกหลายดัชนีที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่ม

2) ลุ่มน้ำคลองท่าทน

จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทน มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.59 แสดงว่า การประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มด้วยวิธีปัจจัยร่วมมีความถูกต้องในระดับค่อนข้างสูง และค่า Kappa statistic เท่ากับ 0.23 หมายถึงความสอดคล้องของพื้นที่อ่อนไหวสูงที่ได้จากการประเมินกับร่องรอยการเกิดดินถล่มมีความสอดคล้องของพื้นที่ในระดับพอใช้ เนื่องจากความถูกต้องของการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่มมีความถูกต้องเท่ากับ 0.48 ตารางกิโลเมตร จากพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มทั้งหมด 1.87 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 25.50 ของพื้นที่รอยดินถล่มทั้งหมดในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนดังภาพที่ 8 และตารางที่ 8 เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าทนเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงทางกายภาพสูงอยู่แล้ว เมื่อมีปริมาณน้ำฝนที่มากพอ ประกอบกับอิทธิพลพรรณพืชและรากไม้ลดน้อยลง จะมีโอกาสเกิดดินถล่มได้ง่ายค่าความถูกต้องจึงมีความคล้ายกันในระดับปานกลางถึงสูง ประเมินร้อยละ 73 ส่วนปัจจัยเสริมอื่น พบว่ามีอิทธิพลน้อยประมาณร้อยละ 25

สรุป และอภิปรายผล

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม

ปัจจัยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ได้แก่ ความสูง ชนิดของหิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน และลักษณะเนื้อดิน จากการให้ค่าคะแนนโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากที่สุด คือ ปริมาณน้ำฝน รองลงมาคือ ชนิดของหิน ความลาดชัน ลักษณะเนื้อดินการใช้ประโยชน์ที่ดิน และความสูง

2. พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

2.1 กลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย

จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมแบ่งผลรวมของค่าคะแนนพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ เสี่ยงภัยระดับสูงมาก เสี่ยงภัยระดับสูง เสี่ยงภัยระดับปานกลาง และเสี่ยงภัยระดับต่ำ และเสี่ยงภัยระดับต่ำมากโดยมีพื้นที่เท่ากับ 22.25, 34.68, 36.11, 39.32 และ 19.31 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับคิดเป็นร้อยละ 14.67, 22.87, 23.81, 25.92 และ 12.73 ตามลำดับ ในพื้นที่กลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย มีพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับต่ำมีพื้นที่มากที่สุด และพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับต่ำมากมีพื้นที่น้อยที่สุด

2.2 กลุ่มน้ำคลองท่าหน

จากการศึกษาพบว่า การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วมแบ่งผลรวมของค่าคะแนนพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ เสี่ยงภัยระดับสูงมาก เสี่ยงภัยระดับสูง เสี่ยงภัยระดับปานกลาง และเสี่ยงภัยระดับต่ำ และเสี่ยงภัยระดับต่ำมากโดยมีพื้นที่เท่ากับ 5.04, 15.69, 33.31, 20.91 และ 3.89 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับคิดเป็นร้อยละ 6.39, 19.91, 42.25, 26.52 และ 4.93 ตามลำดับ ในพื้นที่กลุ่มน้ำคลองท่าหนมีพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับปานกลางมีพื้นที่มากที่สุด และพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับต่ำมากมีพื้นที่น้อยที่สุด

3. การเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

จากการศึกษาพบว่า กลุ่มน้ำห้วยแม่สรอยมีระดับพื้นที่อ่อนไหวสูงมาก อ่อนไหวสูง และอ่อนไหวต่ำมาก มีพื้นที่มากกว่ากลุ่มน้ำคลองท่าหน ส่วนระดับพื้นที่อ่อนไหวปานกลาง และอ่อนไหวต่ำ กลุ่มน้ำคลองท่าหนมีพื้นที่มากกว่ากลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย

4. การตรวจสอบความถูกต้องของการประเมิน

การตรวจสอบความถูกต้องระหว่างการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับพื้นที่ที่

เคยเกิดดินถล่มจากร่องรอยดินถล่ม จากการศึกษาพบว่า ในห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 62.08 อยู่ในระดับปานกลางและความสอดคล้องกันของพื้นที่โดยใช้ค่า Kappa statistic มีค่าเท่ากับ 0.01 มีความสอดคล้องกันของพื้นที่ในระดับน้อย ส่วนกลุ่มน้ำคลองท่าหน จังหวัดนครศรีธรรมราช ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.59 อยู่ในระดับค่อนข้างสูง และความสอดคล้องกันของพื้นที่โดยใช้ค่า Kappa statistic มีค่าเท่ากับ 0.23 มีความสอดคล้องกันของพื้นที่ในระดับพอใช้

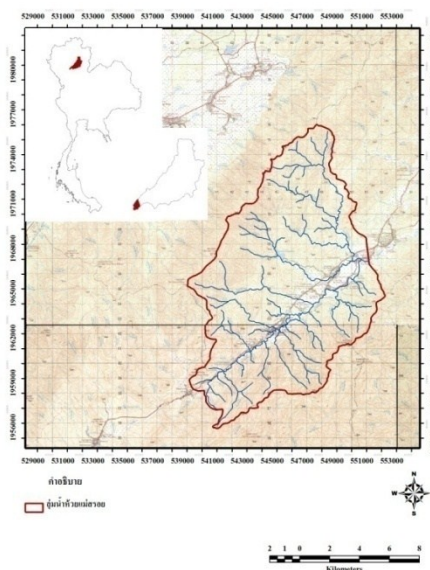
5. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.1 จากผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยทางธรณีวิทยามีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มมากรองจากปริมาณน้ำฝน โดยมีค่าคะแนนสูงทั้ง 2 พื้นที่ลุ่มน้ำจึงควรลดผลกระทบของการเกิดภัยพิบัติด้วยการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่ตอนบนที่มีความลาดชัน 10-20 องศา เนื่องจากปัจจัยทางธรณีวิทยามีการเปลี่ยนแปลงยากและใช้เวลานานจึงควรลดผลกระทบของปัจจัยดังกล่าวโดยเพิ่มพื้นที่ป่าป่าไม้ในกลุ่มหินทราย หินทรายแป้ง หินอัคนี ที่ง่ายต่อการพังทลาย รวมถึงการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติ

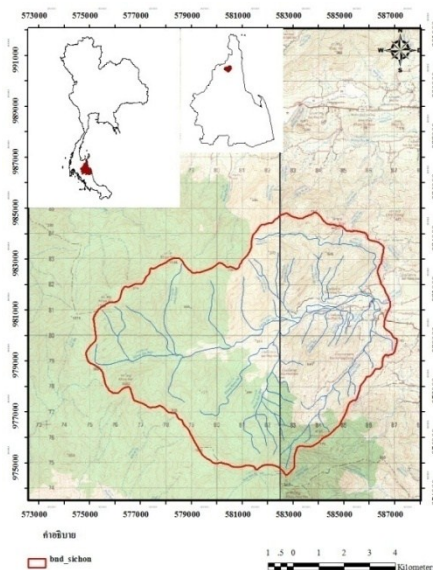
5.2 การเกิดดินถล่มในพื้นที่จริงนั้น เป็นเหตุการณ์ที่ค่อนข้างซับซ้อน และมีความต่อเนื่องกันของปัจจัย จึงยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัยทั้งที่มีผลทางตรงและทางอ้อม ที่ควรนำมาวิเคราะห์เพิ่มเติม เช่น ดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) จำนวนวันที่ฝนตก ความหนักเบาของฝน และความลึกของดินเป็นต้น และควรรวบรวมข้อมูลของแต่ละปัจจัยต่อเนื่องเพื่อความต้องการของข้อมูล เช่น รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน การตรวจวัดค่าทางอุตุนิยมวิทยาแบบต่อเนื่องเพื่อทราบพฤติกรรมของน้ำ เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการจัดการน้ำและภัยพิบัติทางธรรมชาติในพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

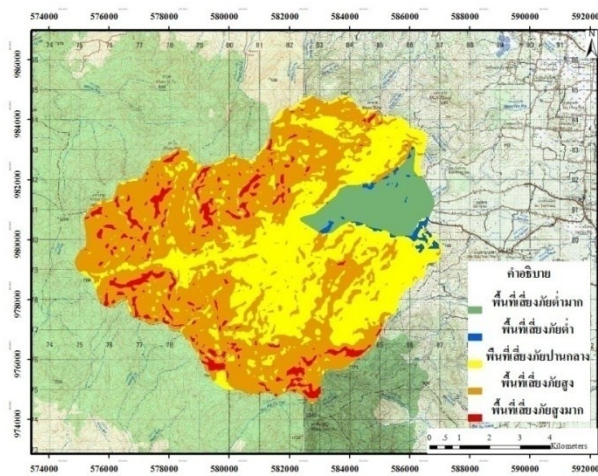
1. National Research Council of Thailand. Final Report Study of Landslide-Flood Behavior in the Selected Area for Developing of Warning Method and Criteria. National Research Council of Thailand, Bangkok. 2009. Thai.
2. Department of Mineral Resources. Report fundamentals that made landslide in Tambon NamKor Tambon Nam Choon Amphoe Lom Sak Phetchabun Province Geohazards and Flood and flash flood and the mountains collapse in Amphoe Wang Chin Phrae Province. Bangkok, 2011. Thai.
3. Department of Soil Science. Principles of Soil Science. Department of Soil Science Faculty Agriculture Kasetsart University. 2001. 547 p.
4. Thassanapak H. Potential Landslide Assessment of Changwat PHUKET [MSs thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2001. Thai.
5. Forestry Research Center. Study to determine risky areas to flooding and natural disasters in the south Watershed. Kasetsart University. 1944. Thai



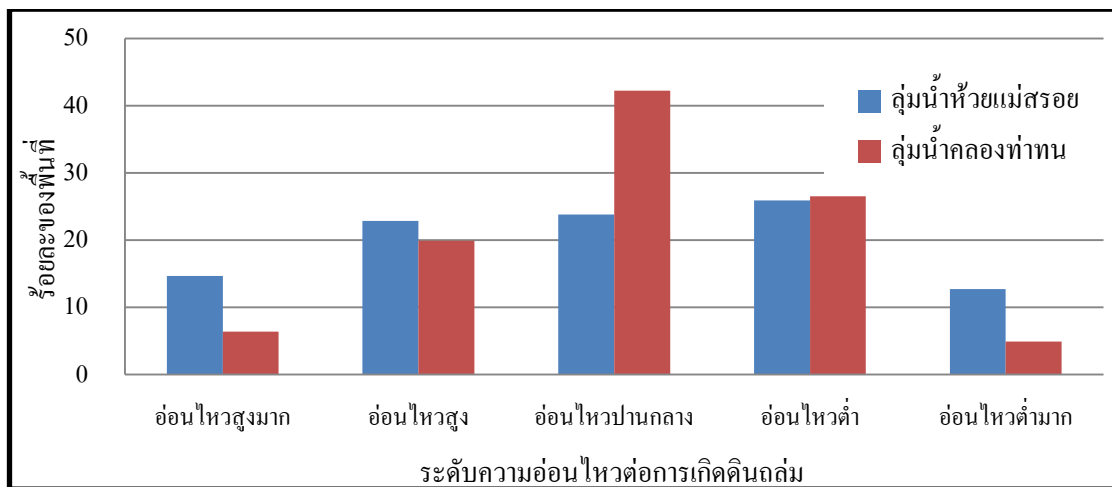
ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแม่สร้อย



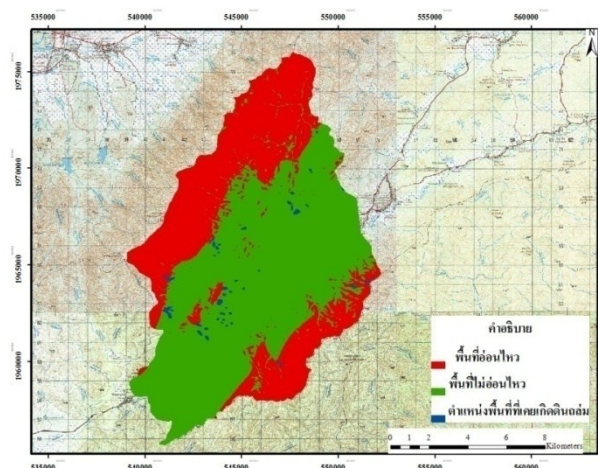
ภาพที่ 2 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำคลองท่าหน



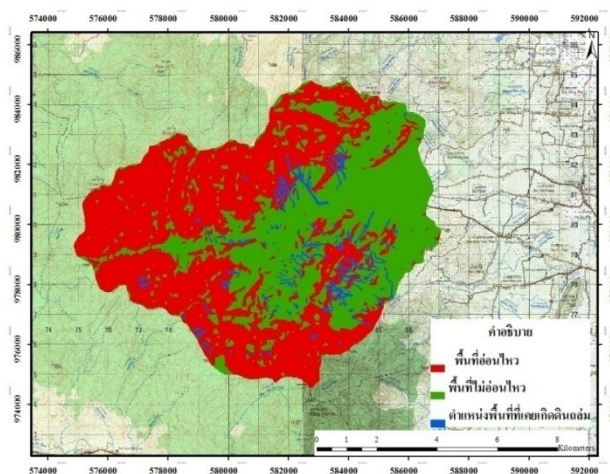
ภาพที่ 5 พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มลุ่มน้ำคลองท่าหน จังหวัดนครศรีธรรมราช



ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มลุ่มน้ำห้วยแม่สรอยกับลุ่มน้ำคลองท่าหน



ภาพที่ 7 การตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่ม



ภาพที่ 8 การตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่ม

ตารางที่ 1 คะแนนค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยหลักในการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ปัจจัย	ความ ลาดชัน	ชนิด ของหิน	การใช้ ประโยชน์ ที่ดิน	ความสูง	ลักษณะ เนื้อดิน	ปริมาณ น้ำฝน	ค่าน้ำหนัก
ความลาดชัน	0.13	0.11	0.31	0.20	0.22	0.11	0.18
ชนิดของหิน	0.26	0.22	0.13	0.29	0.15	0.22	0.21
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.03	0.11	0.06	0.02	0.07	0.09	0.06
ความสูง	0.03	0.03	0.13	0.04	0.04	0.05	0.05
ลักษณะเนื้อดิน	0.04	0.11	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07
ปริมาณน้ำฝน	0.52	0.43	0.31	0.37	0.44	0.45	0.42

ตารางที่ 2 ค่าลำดับความสำคัญรายละเอียดปัจจัยย่อยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ลำดับความสำคัญ	
		รายละเอียด	ค่าลำดับ
ความลาดชัน (องศา)	0.18	< 10	1
		10 - 20	2
		20 - 30	3
		30 - 40	4
		> 40	5
ชนิดของหิน	0.21	หินดินดานและหินโคลน	1
		ตะกอนเศษหินเชิงเขา	1
		ตะกอนตะกั่ว	2
		หินทราย และหินทรายแป้ง	3
		หินทรายเนื้อภูเขาไฟ	4
		หินอัคนี หินไรโอไลต์แอนดิไซด์	5
		หินอัคนี หินไบโอไทต์แกรนิต	5
ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	0.42	< 90	1
		91 - 120	2
		> 120	3
การใช้ประโยชน์ที่ดิน	0.06	ชุมชน	1
		แหล่งน้ำ	1
		ไม้ละเมาะ	2
		ยางพารา	2
		ป่าดิบแล้ง	2
		ป่าผสมผลัดใบ	2
		ทุ่งหญ้า	3
		ไม้ยืนต้นผสม	3
		ไม้ผลผสม	3
		ป่าผสมผลัดใบที่มีการใช้ประโยชน์	4
		ป่าสนน้ำมัน	4
		นาข้าว	4
		ไร่ร้าง	5

ตารางที่ 2 ค่าลำดับความสำคัญรายละเอียดปัจจัยย่อยที่ใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม (ต่อ)

ปัจจัย	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ลำดับความสำคัญ	
		รายละเอียด	ค่าลำดับ
ความสูง	0.05	ข้าวโพด	5
		< 200	1
		200 – 300	2
		300 – 400	3
		400 – 500	4
		500 – 600	5
		600 – 700	6
ลักษณะเนื้อดิน	0.07	> 700	7
		ชุดดิน 15	1
		ชุดดิน 39	1
		ชุดดิน 47	2
		ชุดดิน 61	3
		ชุดดิน 59	4
		ชุดดิน 62	5

ตารางที่ 3 คะแนนระดับความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม

ระดับพื้นที่อ่อนไหว	คะแนนความอ่อนไหว	
	ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย	ลุ่มน้ำคลองท่าหน
อ่อนไหวสูงมาก	3.61 – 4.03	3.68 – 4.03
อ่อนไหวสูง	3.19 – 3.61	3.32 – 2.68
อ่อนไหวปานกลาง	2.78 – 3.19	2.97 – 3.32
อ่อนไหวต่ำ	2.36 – 2.78	2.61 – 2.97
อ่อนไหวต่ำมาก	1.94 – 2.36	2.26 – 2.61

ตารางที่ 4 พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่

ระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
อ่อนไหวสูงมาก	22.25	14.67
อ่อนไหวสูง	34.68	22.87
อ่อนไหวปานกลาง	36.11	23.81
อ่อนไหวต่ำ	39.32	25.92
อ่อนไหวต่ำมาก	19.31	12.73
รวม	151.67	100.00

ตารางที่ 5 พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มลุ่มน้ำคลองท่าหน จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	ร้อยละ
อ่อนไหวสูงมาก	5.04	6.39
อ่อนไหวสูง	15.69	19.91
อ่อนไหวปานกลาง	33.31	42.25
อ่อนไหวต่ำ	20.91	26.52
อ่อนไหวต่ำมาก	3.89	4.93
รวม	78.84	100.00

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มลุ่มน้ำห้วยแม่สรอยกับลุ่มน้ำคลองท่าหน

ระดับพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่ม	ร้อยละของพื้นที่	
	ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย	ลุ่มน้ำคลองท่าหน
อ่อนไหวสูงมาก	14.67	6.39
อ่อนไหวสูง	22.87	19.91
อ่อนไหวปานกลาง	23.81	42.25
อ่อนไหวต่ำ	25.92	26.52
อ่อนไหวต่ำมาก	12.73	4.93
รวม	100	100

ตารางที่ 7 การตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่ม
ลุ่มน้ำห้วยแม่สรอย จังหวัดแพร่

วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (ตารางกิโลเมตร)	รอยดินถล่ม 2554 (ตารางกิโลเมตร)		
	พื้นที่รอยดินถล่ม	พื้นที่ไม่ใช่รอยดินถล่ม	รวม
	พื้นที่อ่อนไหว	พื้นที่ไม่อ่อนไหว	
	0.22	56.93	57.15
	1.07	94.74	95.81
รวม	1.29	151.67	152.70

ตารางที่ 8 การตรวจสอบความถูกต้องของการประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มกับรอยดินถล่ม
ลุ่มน้ำคลองท่าหน จังหวัดนครศรีธรรมราช

วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (ตารางกิโลเมตร)	รอยดินถล่มปี พ.ศ. 2554 (ตารางกิโลเมตร)		
	พื้นที่รอยดินถล่ม	พื้นที่ไม่ใช่รอยดินถล่ม	รวม
	พื้นที่อ่อนไหว	พื้นที่ไม่อ่อนไหว	
	0.48	20.73	21.21
	1.39	58.10	59.49
รวม	1.87	78.84	152.70