

การประเมินความเสี่ยงของภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในประเทศไทย

Assessing the Risk of Debris Flow Disasters in Thailand

กฤติน มณีชาติ¹ กฤษณ์ จันทุมกร² ประกฤษณ์ พิขุนทด³ และ วีรยุทธ โกมลวิลาส⁴

^{1,2,3,4} ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุมักเกิดจากการที่มีฝนตกหนักต่อเนื่องในพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง ในปี พ.ศ.2567 ได้เกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในจังหวัดเชียงรายทางภาคเหนือและจังหวัดภูเก็ตทางภาคใต้ ซึ่งเน้นย้ำถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการประเมินความเสี่ยงของภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ โดยประเทศไทยยังขาดโครงการวิจัยที่เกี่ยวกับความเสี่ยงภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ และกลไกการเกิดภัยพิบัตียังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างถ่องแท้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในประเทศไทย โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลภาคสนาม เช่น แบบจำลองความสูงเชิงดิจิทัล ความเข้มของฝน และสภาพทางธรณีวิทยา และทำการวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ RAMMS และ Morpho2DH เพื่อนำเสนอพื้นที่ความเสี่ยงภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในประเทศไทย ที่ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีต เพื่อให้มั่นใจในความแม่นยำและความน่าเชื่อถือสำหรับการใช้งานในอนาคต ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้คาดหวังว่าจะช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับกลไกการเกิดภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในประเทศไทย และนำเสนอพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในประเทศไทย

คำสำคัญ: แผนที่ความเสี่ยงภัยพิบัติการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ, แบบจำลองความสูงเชิงดิจิทัล, ปริมาณน้ำฝน, สภาพทางธรณีวิทยา, ซอฟต์แวร์ RAMMS, Morpho2DH

Abstract

Debris flows, typically triggered by prolonged rainfall on steep slopes in high mountain regions, have recently caused substantial damage in Thailand. In 2024, severe debris flow events occurred in Chiang Rai in the north and Phuket in the south, underscoring the urgent need for comprehensive risk assessment. Despite this, Thailand lacks sufficient research related to debris flow risks, and the mechanisms driving these events remain poorly understood. This research seeks to evaluate the risk associated with debris flows in Thailand by collecting field data—including digital elevation models (DEM), rainfall intensity, and geological conditions—and analyzing this data using RAMMS and Morpho2 DH software. The analysis will be validated by comparing results with historical debris flow events, ensuring its accuracy and reliability for future applications in risk mitigation. The expected outcomes of this study include a deeper understanding of debris flow mechanism and the identification of high-risk areas. These insights are intended to aid the Thai government in enhancing debris flow risk assessments and implementing effective mitigation strategies.

Keywords: Debris flow hazard map, Digital elevation models, Rainfall intensity, Geological conditions, RAMMS software, Morpho2DH software

1 บทนำ

การเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ (Debris Flow) เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งมีปริมาณน้ำฝนมาก การเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ มีลักษณะคล้ายของไหลที่ประกอบด้วยดิน หิน ตะกอน และน้ำจำนวนมากเคลื่อนที่ลงสู่พื้นที่ลุ่มด้วยความเร็วสูง ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐาน ชุมชน และทรัพยากรธรรมชาติอย่างรุนแรง

การเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ หมายถึงการเคลื่อนตัวของวัสดุสมระหว่างดิน หิน น้ำ และตะกอนที่ไหลลงจากพื้นที่สูงไปสู่พื้นที่ต่ำด้วยแรงโน้มถ่วง โดยมีความเข้มข้นของของแข็งสูง (50–90%) และความเร็วในการเคลื่อนที่อยู่ในช่วง 1 ถึง 20 เมตรต่อวินาที [1] ซึ่งแตกต่างจากน้ำป่าไหลหลากที่มีตะกอนเพียง 1–25% และจากดินถล่มทั่วไปซึ่งมักมีความเร็วต่ำกว่ามาก Takahashi [1] ได้แบ่งกลไกการเกิดออกเป็นสามประเภท ได้แก่ (1) การกัดเซาะตะกอนในลำธาร, (2) มวลดินถล่มที่เปลี่ยนสภาพเป็นการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ และ (3) การพังทลายของเขื่อนธรรมชาติ เช่น เขื่อนดินหรือเศษซากไม้

จากข้อมูลของ Pan et al. [2] พบว่าการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นบ่อยในพื้นที่ภูเขา และส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะเมื่อมีฝนตกหนักติดต่อกัน งานวิจัยดังกล่าวเสนอเกณฑ์การเตือนภัยโดยใช้ดัชนีฝนสะสมและฝนในช่วงเวลาสั้น เพื่อพัฒนาแนวทางการเฝ้าระวังในพื้นที่ซึ่งมีข้อจำกัดด้านข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับ Campbell [3] ที่ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยกระตุ้นหลักของปรากฏการณ์ดังกล่าว ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ในช่วง 27–56%, การสะสมของเศษธรณีวัตถุ และความชื้นในดินที่เกินค่าขีดจำกัดเหลว (Liquidity Limit)

Zhang et al. [4] ระบุเพิ่มเติมว่าปริมาณฝน ระยะเวลาของฝนตก และความชื้นของพื้นที่ เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อเสถียรภาพของทางลาด ขณะที่ชนิดของดินมีผลกระทบน้อยกว่า Wei et al. [5] เน้นย้ำถึงบทบาทของระดับความสูง การลำดับชั้นของหิน และความหนาแน่นของรอยเลื่อนว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อโอกาสการเกิดเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่อย่างรวดเร็ว

จากรายงานของกรมทรัพยากรธรณี [6] ระบุว่าเกิดเหตุการณ์ดินถล่มในประเทศไทยมากถึง 31 ครั้ง และในปี 2565 ก็มีรายงานมากถึง 143 ครั้ง โดยเฉพาะ “ดินไหล” ซึ่งมีลักษณะคล้ายการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ มีจำนวนมากกวาดินถล่มทั่วไปอย่างเห็นได้ชัด

โดยเฉพาะในเขตภูเขาทางภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดน่าน เชียงราย และแม่ฮ่องสอน มีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการเกิดเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ เนื่องจากมีเทือกเขาที่มีความลาดชันสูง ประกอบกับมีฝนตกชุกและดินมีความอิ่มตัวของน้ำสูง ซึ่งเป็นปัจจัยกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินและตะกอน นอกจากนี้การใช้ที่ดินโดยไม่คำนึงถึงความเสี่ยง เช่น การบุกรุกป่า หรือการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่เสี่ยง ยังเพิ่มความเปราะบางของพื้นที่ต่อภัยพิบัติประเภทนี้อีกด้วย

เหตุการณ์เคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ ที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทยที่มีการบันทึกไว้ กรณีของห้วยขาบ อำเภอปอเกือ จังหวัดน่าน ในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งเกิดจากฝนตกหนักต่อเนื่องหลายวัน ส่งผลให้เกิดการไหลของดินและเศษซากลงสู่พื้นที่อยู่อาศัย ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งต่อบ้านเรือน ถนน และพื้นที่เกษตรกรรม โดยพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะภูมิประเทศลาดชัน เป็นแนวทางการไหลของมวลดินและตะกอน เกิดความ

ไม่เสถียรในชั้นดิน ข้อมูลจากรายงานภาคสนามได้นำมาใช้เป็นฐานในการสอบเทียบพารามิเตอร์ในแบบจำลองของการศึกษาในครั้งนี้

เพื่อตอบสนองต่อความจำเป็นในการประเมินความเสี่ยงและจำลองพฤติกรรมของธรณีวัตถุ ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลอง เช่น RAMMS::Debrisflow และ Morpho2DH โดย RAMMS ใช้ Voellmy-fluid friction model ในการคำนวณแรงต้านทานการไหลจากทั้งพฤติกรรมของของแข็งและของไหล [7] ส่วน Morpho2DH ซึ่งเป็นโมดูลจาก iRIC ประเทศญี่ปุ่น เป็นแบบจำลองการไหลแบบสองมิติที่สามารถวิเคราะห์ความเร็ว ความลึก และพฤติกรรมการพัดพาตะกอนได้อย่างละเอียด

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ ผ่านการจำลองด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ได้แก่ RAMMS::Debrisflow และ Morpho2DH เพื่อวิเคราะห์แนวการไหล ความลึก และระดับความรุนแรงของ Debris Flow ในพื้นที่ศึกษา และนำไปสู่การจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยระดับหมู่บ้านในพื้นที่ภาคเหนือ

การวิจัยนี้มุ่งหวังให้เกิดการบูรณาการข้อมูลพื้นที่จริงเข้ากับแบบจำลองทางวิศวกรรม เพื่อนำไปสู่การวางแผนพัฒนา การเฝ้าระวัง และการออกแบบระบบป้องกันภัยในพื้นที่เสี่ยงอย่างมีประสิทธิภาพ

2 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ รวบรวมข้อมูล, การสอบเทียบเหตุการณ์จริง และการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย

2.1 รวบรวมข้อมูล

2.1.1 พื้นที่เสี่ยงภัย

พื้นที่ศึกษาหลักของงานวิจัยนี้อยู่ในภาคเหนือของประเทศไทยตามรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน [8]

2.1.2 แบบจำลองความสูง DEM

รวบรวมข้อมูลแบบจำลองความสูงดิจิทัล (Digital Elevation Model: DEM) จากแหล่งข้อมูล Alaska Satellite Facility ความละเอียด 12.5 เมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสูงและความลาดชันของภูมิประเทศในพื้นที่ศึกษา

2.1.3 ข้อมูลทางธรณีวิทยา

รวบรวมข้อมูลธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาจากแผนที่ธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรและแผนที่ชุดดินของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสี่ยงของการเกิดเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ

2.2 สอบเทียบกับเหตุการณ์จริง

2.2.1 โปรแกรม RAMMS

ใช้โปรแกรม Rapid Mass Movement Simulation (RAMMS) เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อจำลองการไหลของธรณีวัตถุดังแสดงในตารางที่ 1 และแสดงผลในรูปแบบแผนที่ความเสี่ยง

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรม RAMMS

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
dry-Coulomb type friction, μ	0.1 – 0.2
viscous-turbulent friction, ξ	200 – 500

2.2.2 โปรแกรม Morpho2DH

ใช้โปรแกรม Morpho2DH ในการวิเคราะห์กระบวนการไหลของน้ำและตะกอนในร่องน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ โดยกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อจำลองการไหลของวัตถุดังแสดงในตารางที่ 2 และแสดงผลในรูปแบบพื้นที่ความเสี่ยง

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรม Morpho2DH

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
Sediment concentration	Change
Original Liquid Density	1
Sediment Density	2.65
Static Deposition Sediment Concentration	0.8
Liquid Behavior Sediment Ratio	0.2
Minimum Flow Depth	0.01
Internal Friction Angle	20
Laminar Flow Depth Ratio	0.4
Resistance Coefficient	72
Fixed Bed Elevation	Disabled

2.2.3 การวิเคราะห์เทียบกับเหตุการณ์จริง

เพื่อให้ผลการจำลองมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์จากโปรแกรม RAMMS และ Morpho2DH มาสอบเทียบกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ห้วยขาบ อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เคยเกิดการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุอย่างรุนแรงในปี พ.ศ. 2561 โดยอ้างอิงข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม และรายงานสำรวจภาคสนาม อีกทั้งหากพบว่าผลการจำลองไม่สอดคล้องกับเหตุการณ์จริง จะทำการปรับปรุงพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการณ์ที่พบในเหตุการณ์จริง ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบและสรุปขอบเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ โดยพิจารณาทั้งความลึกของตะกอน การแผ่กระจาย และความเร็วของการไหล รวมถึงการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลการจำลองทั้งสองโปรแกรม

2.3 การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย

2.3.1 วิเคราะห์พื้นที่เทียบกับงานวิจัยในอดีต

หลังจากสอบเทียบแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นข้อมูลพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากการเกิดดินถล่มในประเทศไทยที่ยังไม่เคยเกิด โดยอ้างอิงจากรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน [8] ซึ่งได้ประเมินความเสี่ยง

ในการเกิดดินถล่มในระดับหมู่บ้านทั่วประเทศ และได้นำข้อมูลแบบจำลองความสูง DEM มาวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศ เช่น ความลาดชัน โดยใช้โปรแกรม QGIS เพื่อระบุจุดที่มีลักษณะเหมาะสมต่อการเกิด Debris Flow โดยเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันเฉลี่ยในช่วง 30-50 องศา เป็นเกณฑ์การคัดเลือกของ Yang et al. [9] และจากแนวทางของงานวิจัยของ Qiu et al. [10] พบว่าหากหมู่บ้านตั้งอยู่ห่างจากแนวภูเขาที่มีศักยภาพการเกิด Debris Flow ไม่เกิน 160 เมตร ดังแสดงในตารางที่ 3 จะถือว่าอยู่ในโซนที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงนำหลักเกณฑ์นี้มาใช้ร่วมกับ DEM และฐานข้อมูลพิกัดหมู่บ้าน เพื่อคัดเลือกเฉพาะพื้นที่ที่เข้าเกณฑ์เข้าสู่กระบวนการจำลอง

ตารางที่ 3 เกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่เสี่ยง [9-10]

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้
ความชันของเชิงเขา	30-50 องศา
ระยะห่างจากเชิงเขา	< 160 เมตร

2.3.2 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินระดับความรุนแรงของ Debris Flow โดยใช้พารามิเตอร์เดียวกันที่ผ่านการสอบเทียบในพื้นที่ต้นแบบ เพื่อให้ผลการจำลองมีความแม่นยำมากที่สุด ซึ่งค่าความลึกสูงสุด (h) และค่าความเร็วสูงสุด (v) ได้จากทั้งสองโปรแกรมโดยค่าทั้งสองถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อจำแนกระดับความรุนแรงตามเกณฑ์ของ Wang [11] ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 โดยดำเนินการวิเคราะห์ผ่านทั้ง 2 โปรแกรม

ตารางที่ 4 เกณฑ์จำแนกระดับความรุนแรง [11]

ระดับความรุนแรง	ความลึกการไหลสูงสุด (h)	เงื่อนไข	ความเร็วการไหล (v)
สูง	$h > 2.5$ เมตร	หรือ	$V > 2.5$ เมตร/วินาที
ปานกลาง	$0.5 \text{ เมตร} < h < 2.5$ เมตร	และ	$0.5 \text{ เมตร/วินาที} < v < 2.5 \text{ เมตร/วินาที}$
ต่ำ	$h < 0.5$ เมตร	และ	$V < 0.5 \text{ เมตร/วินาที}$

ผู้วิจัยสังเคราะห์ข้อมูลจากการวิเคราะห์ เพื่อนำไปจัดทำพื้นที่เสี่ยงภัยของการเกิดการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุโดยใช้ QGIS โดยแปลงผลลัพธ์จากแบบจำลองให้เป็นรูปแบบ Raster และนำมาเชื่อมโยงกับแผนที่ฐานของพื้นที่ศึกษา จากนั้นจึงแบ่งระดับพื้นที่ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ สูง (สีแดง), ปานกลาง (สีส้ม) และต่ำ (สีเหลือง) ตามค่าความลึกและความเร็วที่จำแนกไว้ พร้อมทั้งระบุพื้นที่ที่ควรให้ความสำคัญในการเฝ้าระวังและวางแผนการจัดการความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ การวิจัยนี้จะสามารถประเมินความเสี่ยงและจัดทำพื้นที่เสี่ยงภัยจากการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่

3 ผลการวิจัย

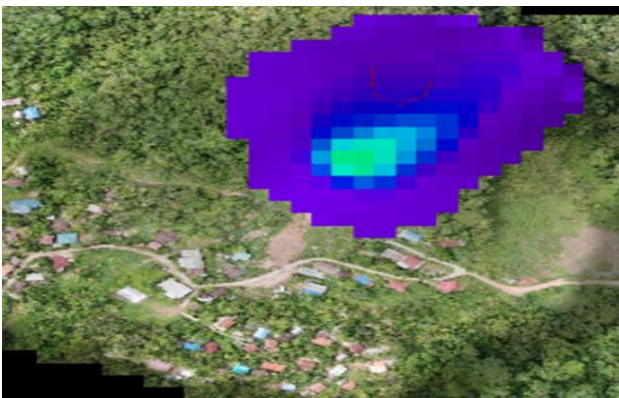
ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์และจำลองการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุจากโปรแกรม RAMMS และ Morpho2DH โดยอาศัยข้อมูลแบบจำลอง

ความสูงเชิงดิจิทัล ปริมาณน้ำฝน และข้อมูลทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา ผลลัพธ์การจำลองที่ได้นำมาสอบเทียบกับเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นจริง และประเมินความเสี่ยงในพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน พร้อมทั้งมีการอภิปรายผลเพื่อวิเคราะห์ความถูกต้องและข้อจำกัดของแบบจำลอง ผู้วิจัยจำแนกผลการวิเคราะห์ออกเป็นลำดับหัวข้อ ดังนี้

3.1 ผลการสอบเทียบโปรแกรม RAMMS และ Morpho2DH

3.1.1 สอบเทียบด้วยโปรแกรม RAMMS

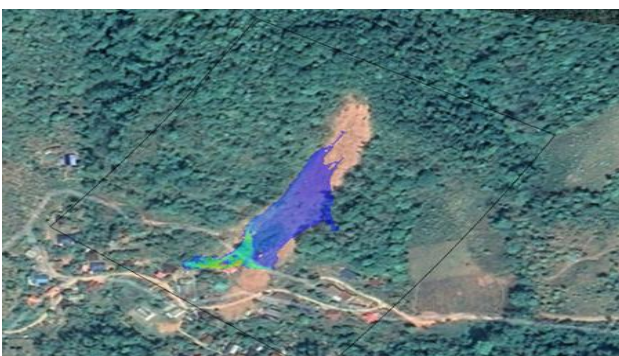
เพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลองจากการจำลองผ่านโปรแกรม RAMMS ในการจำลองพื้นที่ศึกษาบริเวณห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน ที่เกิดเหตุการณ์ debris flow ขึ้นในปี พ.ศ.2561 พบว่าแบบจำลองสามารถจำลองลักษณะการเกิด ขอบเขต และตำแหน่งของการทับถม รวมถึงความรุนแรงในการเกิดได้ใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริงดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลจำลองการเปรียบเทียบการเกิด Debris flow กับเหตุการณ์จริง ด้วยโปรแกรม RAMMS

3.1.2 สอบเทียบด้วยโปรแกรม Morpho2DH

เช่นเดียวกันเพื่อประเมินความแม่นยำของแบบจำลองจากการจำลองผ่านโปรแกรม Morpho2DH ในการจำลองพื้นที่ศึกษาบริเวณห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จังหวัดน่าน ที่เกิดเหตุการณ์ debris flow ขึ้นในปี พ.ศ. 2561 พบว่าแบบจำลองสามารถจำลองลักษณะการเกิด ขอบเขต และตำแหน่งของการทับถม รวมถึงความรุนแรงในการเกิดได้ใกล้เคียงกับเหตุการณ์จริงดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ผลจำลองการเปรียบเทียบการเกิด Debris flow กับเหตุการณ์จริง ด้วยโปรแกรม Morpho2DH

3.2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยง

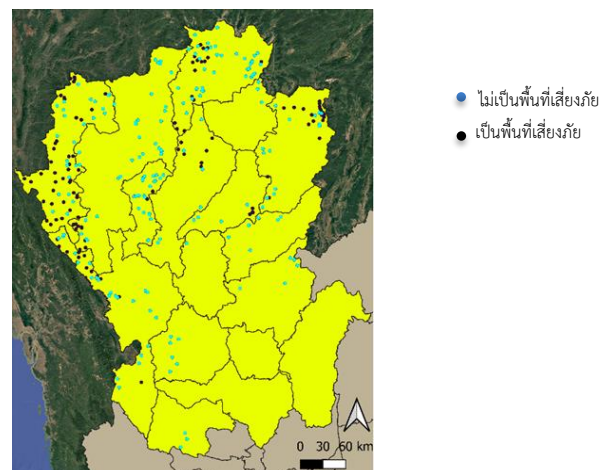
3.2.1 ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงจากกรมพัฒนาที่เทียบกับการวิจัยในอดีต

จากการสืบค้นข้อมูลพื้นที่เสี่ยงเพิ่มเติมจากรายงานของสถาบันวิจัยกรมพัฒนาที่ดิน [8] ซึ่งได้จัดทำฐานข้อมูลระดับหมู่บ้านที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินโคลนถล่ม มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูง มีความลาดชันเฉลี่ยเกิน 30 องศา ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่เสี่ยงภัย การเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ โดยผู้ศึกษาได้ทำการคัดเลือกพื้นที่จากภาคเหนือเป็นพื้นที่ศึกษาเพิ่มเติมในขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง ซึ่งมีทั้งหมด 312 หมู่บ้าน โดยแสดงผลผ่านแผนที่ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยทั้งหมดจากรายงานของสถาบันวิจัยกรมพัฒนาที่ดิน

ผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมทั้งสองโปรแกรมไปใช้กับพื้นที่อื่นที่ยังไม่เคยเกิดเหตุการณ์ แต่มีปัจจัยเสี่ยงที่เอื้อต่อการเกิด debris flow โดยใช้เกณฑ์ของลักษณะภูมิประเทศ และธรณีวิทยา รวมทั้งใช้เกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่จาก [9-10] มาใช้คัดเลือกทั้ง 312 หมู่บ้านดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่ามีหมู่บ้านที่เข้าเกณฑ์ความเสี่ยงข้างต้นทั้งหมดจำนวน 115 หมู่บ้าน โดยจะแสดงผลผ่านแผนที่ดังรูปที่ 4

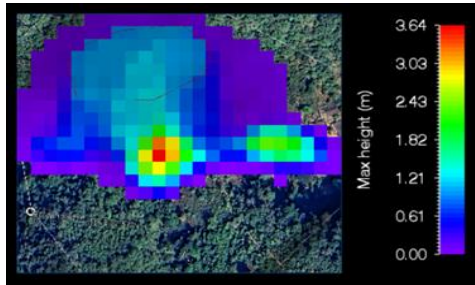


รูปที่ 4 แผนที่หมู่บ้านเสี่ยงภัยที่เข้าเกณฑ์คัดเลือก

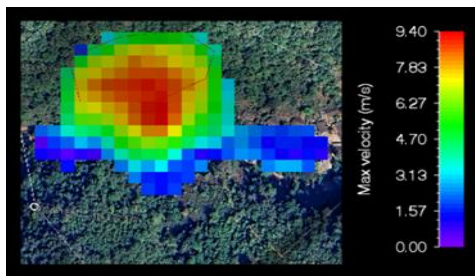
3.2.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RAMMS

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการเคลื่อนที่ของธารน้ำถกในพื้นที่ที่คัดเลือกมาประเมินระดับความรุนแรง และนำไปจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัย (Hazard Map) โดยในงานวิจัยนี้ได้แบ่งความรุนแรงออกเป็น 3 ระดับตามเกณฑ์ในตารางที่ 4 ได้ผลลัพธ์ดังนี้

- ระดับความรุนแรงสูง ทั้งหมด 41 หมู่บ้าน โดยมีตัวอย่างการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม RAMMS ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6
- ระดับความรุนแรงปานกลาง ทั้งหมด 8 หมู่บ้าน
- ระดับความรุนแรงต่ำ ทั้งหมด 6 หมู่บ้าน
- ระดับปลอดภัย ทั้งหมด 39 หมู่บ้าน

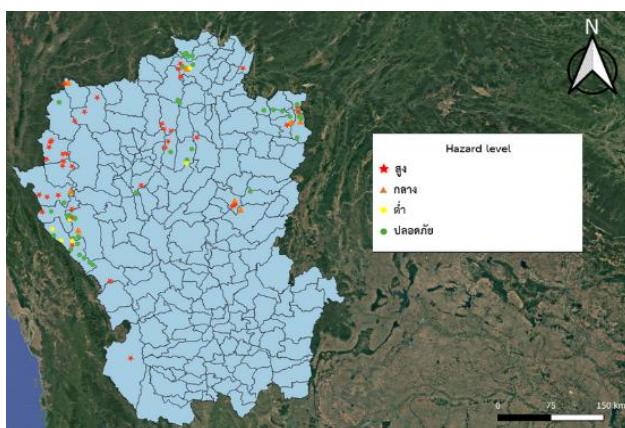


รูปที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความลึกการไหลในพื้นที่เสี่ยงระดับความรุนแรงสูง



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความเร็วการไหลในพื้นที่เสี่ยงระดับความรุนแรงสูง

โดยในบางพื้นที่ เมื่อเกิดการเคลื่อนที่ของธารน้ำถกการไหลมีการเบนหนีออกจากหมู่บ้าน จึงจัดว่าไม่มีความอันตรายหรือ มีระยะให้เกิดการทับถมก่อนจะถึงหมู่บ้านจึงจัดได้ว่าไม่อันตราย และผู้วิจัยนำผลลัพธ์ที่ได้มาจัดทำเป็นแผนที่ความเสี่ยงของภาคเหนือดังแสดงในรูปที่ 7

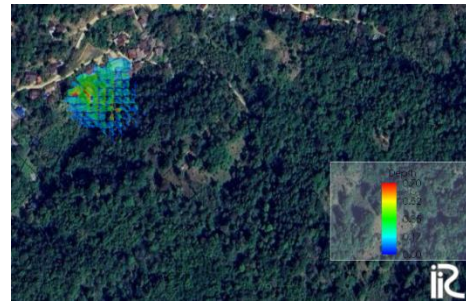


รูปที่ 7 แผนที่ความเสี่ยงของภาคเหนือด้วยโปรแกรม RAMMS

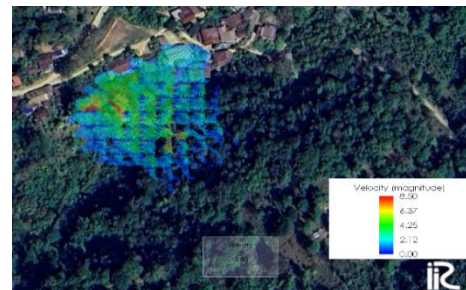
3.2.3 ผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Morpho2DH

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงของการเคลื่อนที่ของธารน้ำถกในพื้นที่ที่คัดเลือกมาประเมินระดับความรุนแรง และนำไปจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัย (Hazard Map) เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3.4.2 ได้ผลลัพธ์ดังนี้

- ระดับความรุนแรงสูง ทั้งหมด 22 หมู่บ้าน โดยมีตัวอย่างการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม RAMMS ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9
- ระดับความรุนแรงปานกลาง ทั้งหมด 10 หมู่บ้าน
- ระดับความรุนแรงต่ำ ทั้งหมด 12 หมู่บ้าน
- ระดับปลอดภัย ทั้งหมด 50 หมู่บ้าน

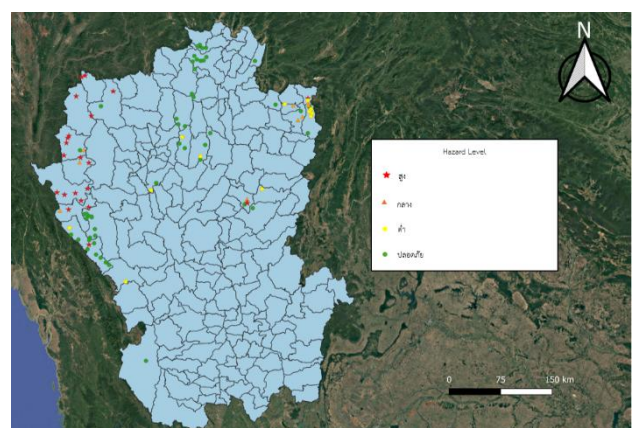


รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความลึกการไหลในพื้นที่เสี่ยงระดับความรุนแรงสูง



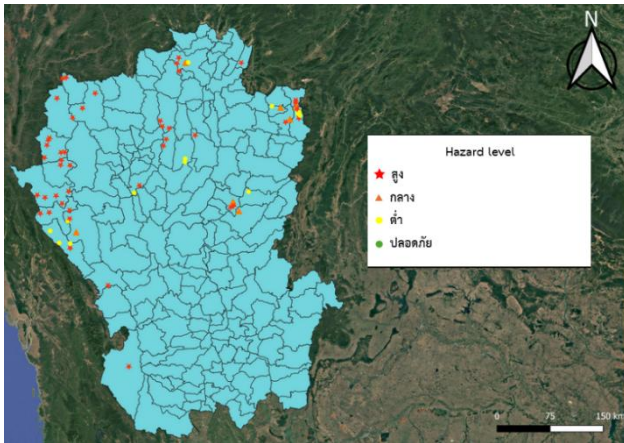
รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความเร็วการไหลในพื้นที่เสี่ยงระดับความรุนแรงสูง

โดยในบางพื้นที่ เมื่อเกิดการเคลื่อนที่ของธารน้ำถกการไหลมีการเบนหนีออกจากหมู่บ้าน จึงจัดว่าไม่มีความอันตรายหรือ มีระยะให้เกิดการทับถมก่อนจะถึงหมู่บ้านจึงจัดได้ว่าไม่อันตราย และผู้วิจัยนำผลลัพธ์ที่ได้มาจัดทำเป็นแผนที่ความเสี่ยงของภาคเหนือดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แผนที่ความเสี่ยงของภาคเหนือด้วยโปรแกรม Morpho2DH

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการจัดลำดับความอันตรายโดยการนำแผนที่ความเสี่ยงของภาคเหนือจากโปรแกรม RAMMS และ Morpho2DH มาซ้อนและให้ระดับความอันตรายใหม่ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แผนที่ความเสี่ยงของภาคเหนือจากทั้ง 2 โปรแกรม

4 อภิปรายผลการวิจัย

การจำลองการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุโดยใช้โปรแกรม RAMMS และ Morpho2DH ในพื้นที่เป้าหมายให้ผลที่สอดคล้องกัน โดย RAMMS แสดงให้เห็นแนวการไหลของมวลธรณีวัตถุที่มีความลึกเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.6–2.8 เมตร โดยเฉพาะบริเวณปลายน้ำใกล้ชุมชนมีค่าความลึกสูงที่สุดเกิน 2.5 เมตร ซึ่งจัดอยู่ในระดับความรุนแรงสูง ขณะที่ผลจาก Morpho2DH แสดงให้เห็นค่าความเร็วของการไหลอยู่ในช่วง 1.2–4.5 m/s ซึ่งจุดสูงสุดสอดคล้องกับแนวทางการไหลของ RAMMS

พื้นที่หมู่บ้านที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินพบว่า มีหลายจุดที่แสดงระดับความเสี่ยงสูงตามการจำแนกจากผลการจำลอง โดยเฉพาะในพื้นที่จังหวัดน่านและแม่ฮ่องสอนที่มีภูมิประเทศลาดชันและปริมาณน้ำฝนสะสมสูงในอดีต

นอกจากนี้ ได้มีการเปรียบเทียบผลจากทั้งสองโปรแกรมกับเหตุการณ์จริงในพื้นที่บ้านห้วยขาบ จังหวัดน่าน โดย RAMMS สามารถจำลองแนวการไหลและระดับการทับถมได้สอดคล้องกับขอบเขตความเสียหายที่พบในภาคสนาม ในขณะที่ Morpho2DH ให้ผลละเอียดในระดับความเร็วการไหลและผลกระทบในร่องน้ำที่แม่นยำมากขึ้น การใช้งานจริงของ RAMMS มีจุดเด่นด้านความหลากหลายในการจำลองสถานการณ์และอินเทอร์เน็ตที่ใช้ทำงานง่าย แต่ต้องอาศัยการเตรียมข้อมูล DEM และพารามิเตอร์ μ และ ξ อย่างรอบคอบ ส่วน Morpho2DH มีความยืดหยุ่นในการตั้งค่าหลากหลาย เหมาะสำหรับพื้นที่ขนาดเล็กและร่องน้ำ แต่ใช้เวลาประมวลผลมากกว่า และต้องอาศัยการสอบเทียบเชิงลึก โดยสรุป การใช้ทั้งสองโปรแกรมร่วมกันสามารถเสริมจุดแข็งซึ่งกันและกัน และเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตาม ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ของทั้งสองโปรแกรมนั้นเป็นค่าที่ได้จากงานวิจัย หากต้องการให้การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยมีความแม่นยำมากขึ้น ต้องอาศัยการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลจริง

5 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการจำลองการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุในพื้นที่บ้านห้วยขาบ จังหวัดน่าน โดยใช้โปรแกรม RAMMS และ Morpho2DH พบว่า

แต่ละโปรแกรมมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ที่ต่างกัน RAMMS เหมาะสมกับการประเมินแนวการไหลในระดับภูมิประเทศขนาดใหญ่ โดยให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำเมื่อมีการจัดเตรียมข้อมูล DEM ที่เพียงพอ และสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ Voellmy-fluid ได้อย่างเหมาะสม ขณะที่ Morpho2DH มีความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์เชิงลึก เหมาะสำหรับพื้นที่เฉพาะจุดหรือพื้นที่ที่มีลักษณะทางกายภาพซับซ้อน โดยสามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากสิ่งกีดขวางหรือความแปรผันของร่องน้ำได้อย่างละเอียด

นอกจากนี้ การศึกษาได้วิเคราะห์หลักการเกิดการเคลื่อนที่ของธรณีวัตถุ โดยคำนึงถึงปัจจัยกระตุ้น เช่น ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณฝนสะสม และการสะสมของตะกอนในร่องน้ำ การจำลองด้วยแบบจำลองทั้งสองช่วยให้สามารถวิเคราะห์จุดเริ่มต้นของการไหลและพฤติกรรมของมวลไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการศึกษานำไปสู่การจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยพิบัติในระดับหมู่บ้าน โดยจำแนกระดับความรุนแรงออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ความเสี่ยงสูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาเชิงลึกเพิ่มเติม ใช้เป็นแผนที่เบื้องต้นเพื่อให้คนตระหนักถึงความสำคัญของ Debris flow รวมถึงใช้ประกอบการวางแผนจัดการพื้นที่เสี่ยงภัยในระดับชุมชนได้อย่างเป็นระบบและเชื่อถือได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โกมลวิลาศ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำชี้แนะแนวทาง ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ และให้คำปรึกษาในปัญญานิพนธ์เล่มนี้ ด้วยความเอาใจใส่ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านจากภาควิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ทางวิศวกรรมโยธา และการสนับสนุนตลอด ระยะเวลาที่ศึกษา และทำปัญญานิพนธ์นี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Takahashi, T. (2007). Debris Flow: Mechanics, Prediction and Countermeasures (1st ed.). Taylor & Francis.
- [2] Pan, Huali & Jiang, Yuan-Jun & Wang, Jun & Ou, Guo-Qiang. (2018). Rainfall threshold calculation for debris flow early warning in areas with scarcity of data. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2018. 1395-1409.
- [3] Campbell, R. H. (1975). Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California (Vol. 851). US Government Takebayashi
- [4] Zhang, K., Wang, S., Bao, H., & Zhao, X. (2019). Characteristics and influencing factors of rainfall-induced landslide and debris flow hazards in Shaanxi Province, China. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(1), 93-105.

- [5] Wei, F., Gao, K., Hu, K., Li, Y., & Gardner, J. S. (2008). Relationships between debris flows and earth surface factors in Southwest China. *Environmental Geology*, 55, 619-627.
- [6] กรมทรัพยากรธรณี. (2566). รายงานสถานการณ์ธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2566. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ISBN 978-616-316-750-7.
- [7] Bezak, Nejc. (2021). Debris Flow Modelling Using RAMMS Model in the Alpine Environment with Focus on the Model Parameters and Main Characteristics. *Frontiers in Earth Science*. 8.
- [8] สุรินทร์ไวเจริญ. (2549). การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่มในประเทศไทย. เอกสารวิชาการเลขที่ 02-05-49. สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเคลื่อนถ้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน.
- [9] Yang, W., Wu, S., Zhang, Y., Shi, J., & Xiang, L. (2007). Research on formation mechanism of the debris flow on slope induced by rainfall. *Earth Science Frontiers*, 14(6), 197-204.
- [10] Qiu, C., Su, B., Pasuto, A., Yin, S., Zhang, J., & Wang, G. (2025). An integrated method for assessing vulnerability of buildings caused by debris flows in mountainous areas. *Landslides*, 22(1), 55-72.
- [11] Wang, Z. F. (2023). Hazard assessment of potential debris flow: A case study of Shaling Gully, Lingshou County, Hebei Province, China. *Natural Hazards*, 117(2), 1205-1226