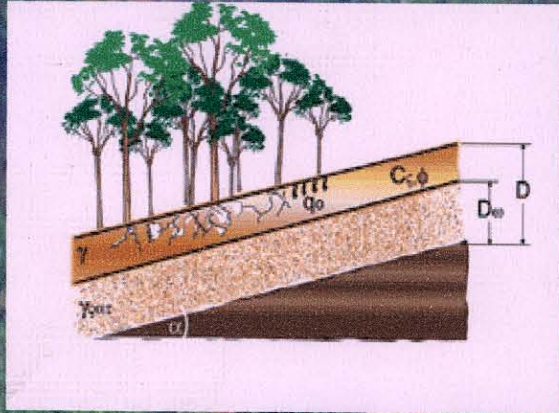


การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม ในประเทศไทย



สุรินทร์ ไวยเจริญ

เอกสารวิชาการเลขที่ 02-05-49

สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทราย

และการเตือนภัย

กรมพัฒนาที่ดิน มิถุนายน 2549

การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม ในประเทศไทย

โดย

นายสุรินทร์ ไวยเจริญ

เอกสารวิชาการเลขที่ 02-05-49

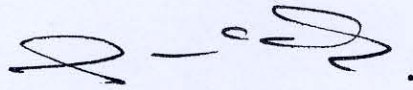
สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย

กรมพัฒนาที่ดิน มิถุนายน 2549

คำนำ

สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย ได้จัดตั้งขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัย ด้านความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทราย และศึกษาวิจัยด้านการเตือนภัยจากปัญหาน้ำท่วม ดินถล่ม ภัยแล้ง ซึ่งดินถล่มก็เป็นภัยที่สร้างความเสียหายให้กับประเทศไทยมากขึ้นเรื่อยๆ การศึกษาวิจัยด้านดินถล่มในประเทศไทยก็ยังมีอยู่น้อย ทางสถาบันฯ จึงได้จัดตั้งหน่วยงานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย เพื่อจัดการภัยด้านดินถล่มโดยเฉพาะ และทำให้จัดการภัยด้านดินถล่มเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกันการเป็นทะเลทรายและการเตือนภัยหวังว่าเอกสารวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ปฏิบัติงานด้านการเตือนภัยและประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม จะได้หาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาดินถล่มได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น



(นายไพฑูรย์ คดีธรรม)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยพัฒนาเพื่อป้องกัน
การเป็นทะเลทรายและการเตือนภัย

สารบัญ

1. บทนำ	1
2. วัตถุประสงค์	1
3. การตรวจเอกสาร	2
3.1 ลักษณะและการเกิดดินถล่ม	2
3.1.1 ดินถล่ม (Landslide)	2
3.1.2 การเกิดดินถล่ม	3
3.1.3 การเกิดดินถล่มในประเทศไทย	4
3.2 การวิเคราะห์และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม	9
3.2.1 วิธีทางธรณีพื้นฐาน	9
3.2.2 วิธีดัชนีปัจจัยร่วม	9
3.2.3 วิธีทางธรณีเทคนิค	9
3.2.4 วิธีวิเคราะห์ความเสี่ยง	12
3.3 การวิเคราะห์และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในประเทศไทย	12
3.3.1 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยโดยวิธีดัชนีปัจจัยร่วม	12
3.3.2 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยโดยวิธีทางธรณีเทคนิค	15
4. อุปกรณ์และวิธีการ	15
4.1 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	15
4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม	16
4.3 ขั้นตอนการกำหนดหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก	18
5. ผลการศึกษา	18
5.1 การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม	18
5.2 การแสดงพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในภาพรวมของประเทศ	19
5.3 การกำหนดหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก	29
6. แนวทางการป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากดินถล่ม	53
6.1 การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้	53
6.1.1 การทำโซนนิ่ง (Zoning)	53
6.1.2 กำหนดมาตรการทางกฎหมาย	53
6.1.3 การรณรงค์ให้ประชาชนรักป่า	53

สารบัญ(ต่อ)

6.2 การปลูกป่า	54
6.2.1 การปลูกป่า 3 อย่าง ให้ประโยชน์ 4 อย่าง	54
6.2.2 การปลูกป่าทดแทน	54
6.2.3 การปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูก	55
6.2.4 การปลูกป่าในที่สูง	56
6.2.5 ปลูกป่าในใจ คือ การปลูกป่าลงบนแผ่นดิน	56
6.3 การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	57
6.3.1 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีทางวิศวกรรม	57
6.3.2 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีทางพืช	60
6.4 การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ หรือฝายคัดตะกอน	62
6.5 การติดตั้งระบบเตือนภัย	62
6.6 การอพยพชุมชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย	64
7. สรุปผล	65
8. เอกสารอ้างอิง	67

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ปัจจัย ประเภทข้อมูล ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนที่ใช้ในการศึกษา	13
ตารางที่ 2	ตัวอย่างค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักรวมต่ำสุด	14
ตารางที่ 3	ค่าปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลอง	17
ตารางที่ 4	แสดงรายชื่อหมู่บ้านที่เสี่ยงจากเกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ในภาคกลางและภาคตะวันตก	31
ตารางที่ 5	แสดงรายชื่อหมู่บ้านที่เสี่ยงจากเกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ในภาคตะวันออก	32
ตารางที่ 6	แสดงรายชื่อหมู่บ้านที่เสี่ยงจากเกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	33
ตารางที่ 7	แสดงรายชื่อหมู่บ้านที่เสี่ยงจากเกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ในภาคใต้	34
ตารางที่ 8	แสดงรายชื่อหมู่บ้านที่เสี่ยงจากเกิดดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ในภาคเหนือ	38
ตารางที่ 9	แสดงทางเลือกของการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการ ใช้ประโยชน์ที่ดิน สมรรถนะที่ดิน ลักษณะของภูมิประเทศ ดิน ที่ดินและเครื่องจักรกลที่มีอยู่	59

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ลักษณะดินถล่มแบบ Shallow Landslides ที่เกิดบริเวณเทือกเขา	2
รูปที่ 2 ลักษณะ Debris flow	3
รูปที่ 3 ลักษณะของการเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ (การคืบตัว: Creep)	4
รูปที่ 4 ดินถล่มแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่	5
รูปที่ 5 พื้นที่ที่เกิดดินถล่มบริเวณ อ.พิปูน จ.นครศรีธรรมราช	6
รูปที่ 6 สภาพปัจจุบันพื้นที่ที่เคยถูกตะกอนทรายทับถมจากดินถล่ม อ.พิปูน	6
รูปที่ 7 พื้นที่ที่เกิดดินถล่มบริเวณ อ.วังชัน จ.แพร่	7
รูปที่ 8 พื้นที่ที่เกิดดินถล่มบริเวณเทือกเขา อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	8
รูปที่ 9 พื้นที่หมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากดินถล่มบริเวณเทือกเขา อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	8
รูปที่ 10 แสดง infinite slope stability model	10
รูปที่ 11 การคำนวณพื้นที่รับน้ำจากแบบจำลอง	11
รูปที่ 12 ตัวอย่าง แผนที่ดิน ชนิดพืชและข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	20
รูปที่ 13 โปรแกรม ArcView Spatial Analysis ร่วมกับแบบจำลองของ Pack ชื่อ SINMAP	21
รูปที่ 14 ตัวอย่าง DEM กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	22
รูปที่ 15 ตัวอย่าง ค่าความลาดเท (Slope) กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	23
รูปที่ 16 ตัวอย่าง ทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	24
รูปที่ 17 ตัวอย่าง พื้นที่รับน้ำย่อย (Contributing area) กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	25
รูปที่ 18 ตัวอย่าง พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	26
รูปที่ 19 ตัวอย่าง แบบขยายมาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน	27
รูปที่ 20 แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย	28
รูปที่ 21 การกำหนดหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก	29
รูปที่ 22 ดิคป้ายเตือนหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก	30
รูปที่ 23 สภาพป่าที่สมบูรณ์	53
รูปที่ 24 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีต่างๆ	58
รูปที่ 25 แสดงการสร้างขั้นบันไดดินบนพื้นที่ลาดชัน	60
รูปที่ 26 ในพื้นที่สูงชันมีทำขั้นบันไดดิน ร่วมกับการปลูกไม้ผลและหญ้าแฝก	61
รูปที่ 27 แสดงการปลูกหญ้าแฝกบนพื้นที่ลาดชันบนไหล่ถนน	61
รูปที่ 28 อ่างเก็บน้ำบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัย	62
รูปที่ 29 ฝ่ายชะลอความชุ่มชื้น (Check Dam)	63
รูปที่ 30 สถานีวัดอากาศแบบอัตโนมัติ	63
รูปที่ 31 เครื่องวัดปริมาณฝนอย่างง่าย	64
รูปที่ 32 ชุมชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย	64

การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่มในประเทศไทย

1. บทนำ

ปัจจุบันภัยพิบัติตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วโลก เช่น ภัยแล้ง น้ำท่วม ดินถล่ม แผ่นดินไหว พายุ เป็นต้น ได้สร้างความเสียหายให้กับชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนจำนวนมาก และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมโลก จากปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้สภาพอากาศแปรปรวน จากการเปลี่ยนแปลงของพื้นโลกจากธรรมชาติและการทำงานของมนุษย์ เช่น ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินเพราะขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทรัพยากรป่าไม้มีการทำลายป่าจำนวนมาก และแหล่งน้ำ แม่น้ำลำธารตื้นเขิน

ดินถล่มเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ขาดต่อการเตือนภัยหรือหลบหนีได้ทัน การป้องกันหรือหลีกเลี่ยงน่าจะเป็นหนทางที่ดีกว่า ฉะนั้นการศึกษาพื้นที่ดินถล่ม ทำให้ทราบสาเหตุและปัจจัยต่างๆ ของการเกิดดินถล่ม และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงจากดินถล่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนป้องกัน และประยุกต์ใช้ในบริเวณอื่นๆ ต่อไป

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงจากดินถล่มในประเทศไทย มีหลายหน่วยงานด้วยกัน เช่น กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรธรณี และหน่วยงานของมหาวิทยาลัยต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ระบบระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองต่างๆ ในการศึกษาวิเคราะห์ เนื่องจากเทคโนโลยีด้านนี้พัฒนาให้ก้าวหน้าอย่างมากสามารถนำเสนอ วิเคราะห์ข้อมูลทั้งด้านพื้นที่และฐานข้อมูล สร้างแบบจำลองเสมือนจริง และอีกหลายๆ ด้าน ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและทันต่อสถานการณ์ ทำให้สามารถติดตามความเปลี่ยนแปลง ใช้งานแผนและแก้ไขปัญหาดินถล่มได้ดียิ่งขึ้น กรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่มมาตั้งแต่ปี 2545 2546 ตามลำดับ เนื่องจากพบว่าประเทศไทยมีเหตุการณ์ดินถล่มบ่อยครั้งขึ้น แต่เนื่องจากการจัดทำโดยทีมงานเฉพาะกิจ และไม่มีผู้รับผิดชอบโดยตรง ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปี 2548 ได้มีการจัดตั้งหน่วยงานรับผิดชอบโดยตรง จึงจำเป็นต้องศึกษาและปรับปรุงแผนที่ดินถล่มให้ถูกต้องมากขึ้น ในมาตราส่วน 1:50,000 และใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลข แบบจำลองด้านดินถล่ม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทันสมัยในการศึกษา

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยจากดินถล่ม
- 2.2 เพื่อกำหนดพื้นที่หมู่บ้านที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม
- 2.3 เพื่อกำหนดแนวทางวางแผนป้องกันพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

3. การตรวจเอกสาร

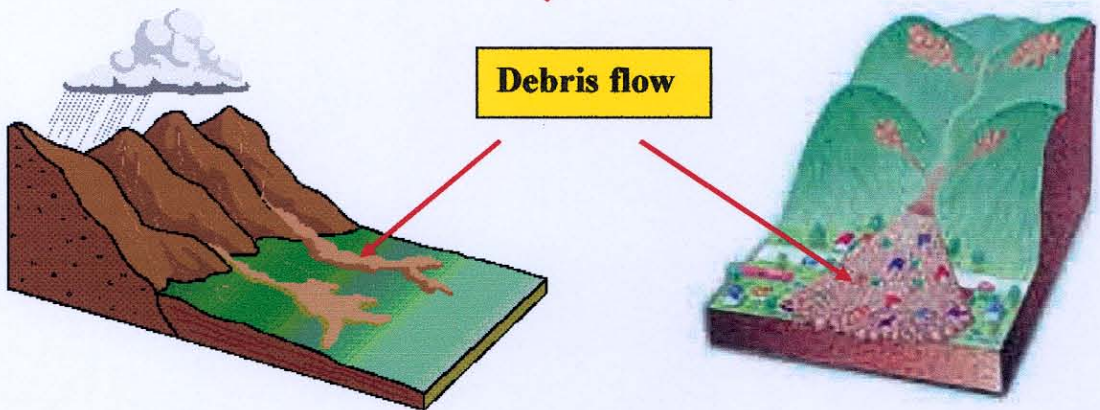
3.1 ลักษณะและการเกิดดินถล่ม

3.1.1 ดินถล่ม (Landslide) หมายถึง การเคลื่อนที่ของแผ่นดินและขบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแผ่นดิน หิน ตามแนวลาดชัน เนื่องจากแรงดึงดูดของโลก การเคลื่อนที่ของมวลเหล่านี้มีความเร็วปานกลางถึงเร็วมาก (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541 และ คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530) ในประเทศไทยดินถล่มโดยส่วนใหญ่ เกิดจากฝนตกหนักมากบริเวณเทือกเขาที่เรียกว่า Shallow Landslides (Piersson et al., 1991) ตามรูปที่ 1 และมักเกิดพร้อมกับน้ำป่าไหลหลาก ทำให้มีการพัดพาหิน หิน ทรายและเศษซากไม้ต่างๆ ไปกับน้ำด้วย เรียกว่า Debris flow (รูปที่ 2) ซึ่งจะต่างจาก Mud flow ที่มีเฉพาะดิน โคลนที่จะไหลไปกับน้ำ (Church and Miles, 1987)



รูปที่ 1 ลักษณะดินถล่มแบบ Shallow Landslides ที่เกิดบริเวณเทือกเขา

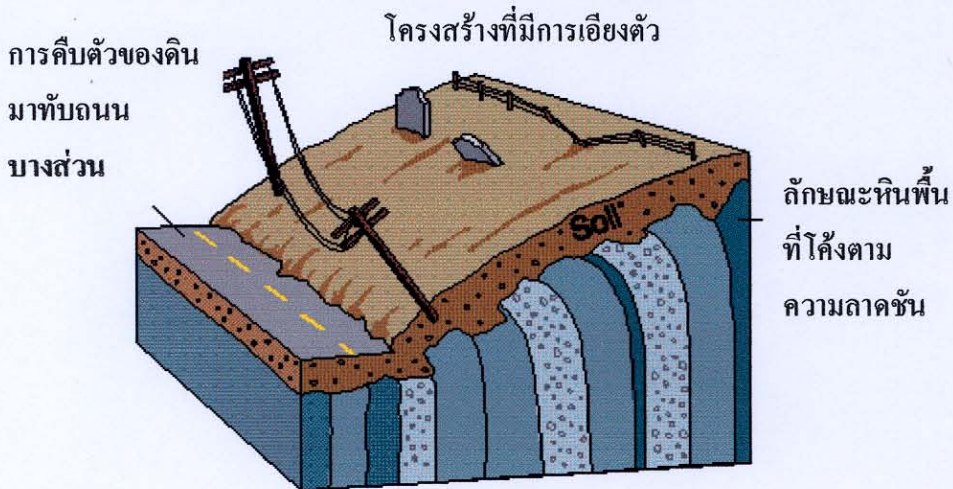
(บ้านน้ำต๊ะ น้ำลี ต.น้ำหมัน อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์ เมื่อวันที่ 22-23 พ.ค. 2549)



รูปที่ 2 ลักษณะ Debris flow (จาก BC Geological Survey 2006; International Sabo Association 2004 และ บริเวณบ้านน้ำต๊ะ ต.น้ำหมัน อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์ เมื่อวันที่ 22-23 พ.ค. 2549)

3.1.2 การเกิดดินถล่ม มีหลายสาเหตุด้วยกัน กรณีเกิดจากธรรมชาติ เช่น แผ่นดินไหว คลื่นยักษ์ ภูเขาไฟระเบิด หิมะถล่ม ฝนตกหนัก หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การตัดถนนบริเวณภูเขา การขุดอุโมงค์ เป็นต้น การเกิดดินถล่ม มีหลายลักษณะ แบ่งตามลักษณะต่างๆ (BC Geological Survey, 2006) ได้ดังนี้

3.1.2.1 แบ่งตามอัตราการเคลื่อนที่ (rate of movement) โดยมีช่วงตั้งแต่ อัตราการเคลื่อนที่อย่างช้าๆ (มม./ปี) ซึ่งเรียกว่า การคืบตัว (Creep) (รูปที่ 3) ถึงอัตราการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว (ม./วินาที)



รูปที่ 3 ลักษณะของการเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ (การคืบตัว: Creep) (BC Geological Survey, 2006)

3.1.2.2 แบ่งตามลักษณะของวัตถุ โดยดินถล่มที่เกิดมีส่วนประกอบของ หินพื้นหรือดิน ดินผสมกับหิน หรือ หิมะหรือเศษซากของต้นไม้ สิ่งมีชีวิตต่างๆ

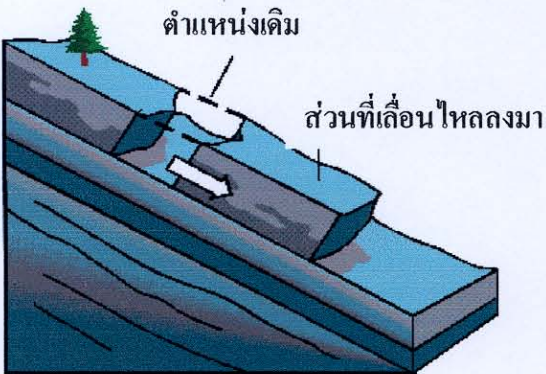
3.1.2.3 แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ของหินพื้นหรือดิน ดินผสมกับหิน หรือ เศษซากของต้นไม้ สิ่งมีชีวิตต่างๆ มีหลายลักษณะ เช่น การเลื่อนไหล (slide) การถล่ม (slump) การไหล (flow) การร่วง (fall) ตามรูปที่ 4

3.1.3 การเกิดดินถล่มในประเทศไทย ที่ทำให้เกิดความเสียหายรุนแรงเป็นลักษณะ Debris flow เกิดจากน้ำฝนเป็นปัจจัยหลัก เช่น

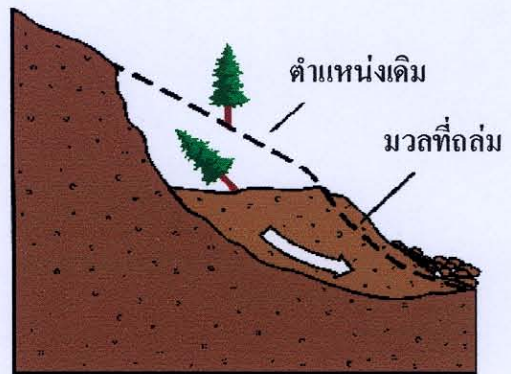
3.1.3.1 เหตุการณ์ดินถล่มที่ อ.พิปูนและอ.ลานสกา จ.นครศรีธรรมราช (รูปที่ 5 และ 6) ในวันที่ 21-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 เนื่องจากฝนตกหนักติดต่อกัน รวมปริมาณฝน 447 มม. (วุฒิชัย และคณะ 2532; สุรพล และคณะ 2532) ในบริเวณเทือกเขาหลวง ซึ่งลักษณะดิน ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหยาบ ถึงดินเหนียวปนทรายหยาบปะปนอยู่กับหิน จากการสลายตัวผุพังของหินแกรนิต (พิสุทธ์ และคณะ 2533; สุรพล และคณะ 2532) พืชพรรณเป็นยางพารา ไม้ผลผสมป่าไม้ และป่าดิบชื้น

3.1.3.2 เหตุการณ์ดินถล่มที่ อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี ในวันที่ 28 กรกฎาคม ถึง 1 สิงหาคม

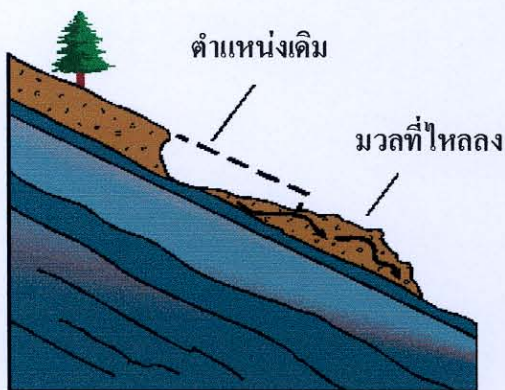
2542 ฝนตกหนักในลุ่มน้ำจันทบุรี ลักษณะดินมาจากการสลายตัวของหินแกรนิตเช่นกัน (วรากร และคณะ 2546)



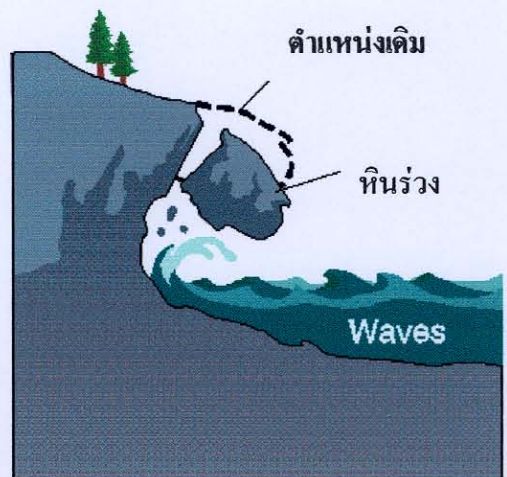
การเลื่อนไหล (Slide)



การถล่ม (Slump)



การไหล (Flow)



การร่วง (Fall)

รูปที่ 4 ดินถล่มแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ (BC Geological Survey, 2006)



รูปที่ 5 พื้นที่เกิดดินถล่มบริเวณ อ.พิปูน จ.นครศรีธรรมราช (จาก กรมทรัพยากรธรณี)



รูปที่ 6 สภาพปัจจุบันพื้นที่ที่เคยถูกตะกอนทรายทับถมจากดินถล่ม อ.พิปูน

3.1.3.3 เหตุการณ์ดินถล่มที่ อ.วังจั่น จ.แพร่ (รูปที่ 7) ในวันที่ 3-4 พฤษภาคม 2544 เนื่องจากฝนตกหนัก วันที่ 2-3 พฤษภาคม 2544 โดยมีปริมาณฝน 68 มม. และ 285 มม. ตามลำดับ ลักษณะดิน เป็นดินเหนียว และดินเหนียวปนลูกรัง จากการสลายตัวของหินดินดาน หินทรายแป้งหินกรวดมน (คณะทำงานเฉพาะกิจในการวิเคราะห์สภาพปัญหาอุทกภัย 2544)



รูปที่ 7 พื้นที่เกิดดินถล่มบริเวณ อ.วังจั่น จ.แพร่ (จาก กรมอุตุนิยมวิทยาและกรมทรัพยากรธรณี)

3.1.3.4 เหตุการณ์ดินถล่มที่ อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ในวันที่ 11 สิงหาคม 2544 (รูปที่ 8 และ 9) ลักษณะดิน เป็นดินเหนียว ทรายแป้งและก้อนกรวดหรือหินขนาดใหญ่ (วรากร และคณะ 2546) พื้นที่ส่วนใหญ่ ไร่ปลูกข้าวโพด ขิง และป่าเสื่อมโทรม



รูปที่ 8 พื้นที่ที่เกิดดินถล่มบริเวณเทือกเขา อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 9 พื้นที่หมู่บ้านที่ได้รับผลกระทบจากดินถล่มบริเวณเทือกเขา อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

3.2 การวิเคราะห์และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

วิธีวิเคราะห์และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม มี 4 วิธีหลักๆ เรียงลำดับจากง่ายไปยาก และมีความถูกต้องมากขึ้นด้วย ดังนี้

3.2.1 วิธีทางธรณีสัณฐาน (Geomorphology method) โดยวิเคราะห์จากลักษณะภูมิประเทศ ร่องน้ำและลาดเขา เช่น มี ลักษณะของ ตะกอนรูปพัดเก่า (alluvium fan) ซึ่งอาจแสดงว่าเคยเกิดการพัดพาตะกอนดินถล่มมาก่อน หรือ ลักษณะไหล่เขา มีโอกาสเกิดดินถล่มมากกว่าบริเวณเชิงเขาหรือ ยอดเขา นอกจากนี้ Westen (2003) พบว่าบริเวณที่มักเกิดดินถล่มจะมีค่าความลาดชัน ที่ 20-30 องศา และมีเกิดดินถล่มมากที่สุด ที่ความลาดชัน 50-60 องศา ส่วนที่ความลาดชันมากกว่า 70 องศา จะไม่เกิดดินถล่ม เป็นต้น

3.2.2 วิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted factor index method) โดยนำปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์มาจัดจำแนกความรุนแรง และให้น้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย แล้วคิดออกมาเป็นคะแนนรวม เพื่อจัดลำดับความรุนแรงในแต่ละพื้นที่ วิธีนี้ต้องปรับแก้ความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น วิเคราะห์โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (Ranking Weighting) ของแต่ละปัจจัย (Malczewski, 1999 และ Eastman, 1999) ตามสมการ (1) โดยได้แสดงตัวอย่างในการศึกษาของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในหัวข้อ 3.3.1.1 และตารางที่ 1

$$W_t = (M_1W_1) + (M_2W_2) + (M_3W_3) + \dots + (M_nW_n) \quad \text{สมการ(1)}$$

โดย W_t =ระดับ โอกาสที่จะเกิด

โดยเป็นค่าคะแนนรวมของแต่ละปัจจัย

$M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ = ค่าคะแนนของปัจจัยที่ 1, 2, 3,ถึง n

$W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ = ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยที่ 1, 2, 3,ถึง n

3.2.3 วิธีทางธรณีเทคนิค (Geotechnical engineering method) โดยสำรวจและทดสอบคุณสมบัติทางธรณีวิทยาและวิศวกรรมปฐพีของชั้นดินและหิน ร่วมกับอิทธิพลของความชื้นที่เปลี่ยนแปลงแล้ววิเคราะห์ความมั่นคงของพื้นที่ลาดเท

แบบจำลองวิเคราะห์ความมั่นคงของพื้นที่ลาดเท (The infinite slope stability model factor of safety:FS) ของ Pack et al. (1998a) ซึ่งปรับปรุงจาก Hammond et al. (1992) ตามสมการที่ 2 โดยใช้ค่าความหนาของชั้นดิน (h) แทนความลึกของดิน ตามสมการที่ 3 และรูปที่ 10 จะนั้นจะได้ค่า FS ตามสมการที่ 4

$$FS = \frac{C_r + C_s + c \cos^2 \theta [\rho_s g (D - D_w) + (\rho_s g - \rho_w g) D_w] \tan \phi}{D \rho_s g \sin \theta \cos \theta} \quad \text{สมการ (2)}$$

C_r = root cohesion [N/m^2], C_s = soil cohesion [N/m^2],

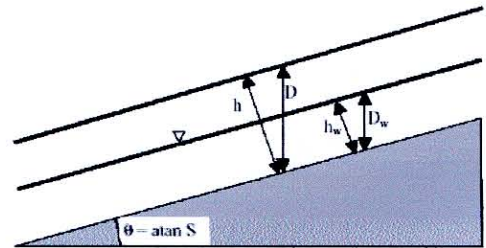
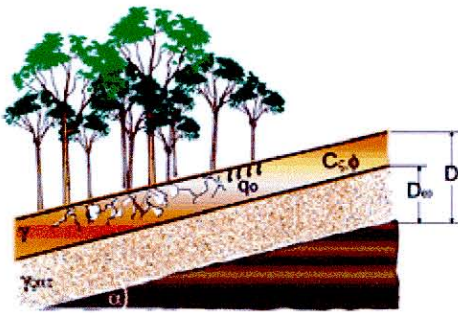
θ = slope angle, ρ_s = wet soil density [kg/m^3],

ρ_w = the density of water [kg/m^3], g = gravitational acceleration (9.81 m/s^2),

D = the vertical soil depth [m],

D_w = the vertical height of the water table within the soil layer [m],

ϕ = the internal friction angle of the soil



รูปที่ 10 แสดง infinite slope stability model

$$h = D \cos \theta$$

สมการ (3)

$$FS = \frac{C + \cos \theta [1 - wr] \tan \phi}{\sin \theta}$$

สมการ (4)

C = สัดส่วนแรงยึดของดินและรากพืชกับน้ำหนักถ่วงของดิน ตามสมการที่ 5

$$C = (C_r + C_s) / (h \rho_s g)$$

สมการ (5)

r = สัดส่วนความหนาแน่นของน้ำกับดิน ตามสมการที่ 6

$$r = \rho_w / \rho_s$$

สมการ (6)

w = สัดส่วนของระดับน้ำใต้ดินกับความหนาของชั้นดิน ตามสมการที่ 7

$$w = D_w / D = h_w / h$$

สมการ (7)

เนื่องจากค่าระดับน้ำใต้ดินกับความหนาของชั้นดิน วัดได้ยากในสนาม จึงต้องอาศัยแบบจำลองคำนวณ ตามสมการที่ 8

$$w = \text{Min} \left(\frac{R a}{T \sin \theta}, 1 \right)$$

สมการ (8)

R = ค่าการไหลของน้ำผิวดิน

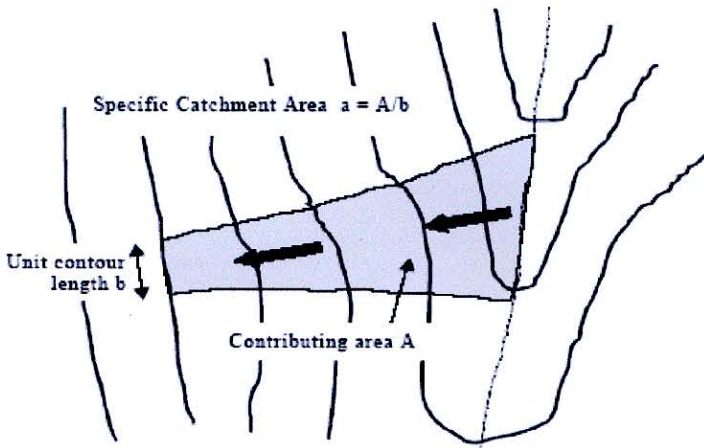
T = ค่าการไหลของน้ำซึมผ่านดิน

a = พื้นที่รับน้ำ (รูปที่ 11)

จากสมการที่ 4 และแทนค่า w ตามสมการที่ 8 ก็สามารถหาค่า FS ได้ตามสมการที่ 9

$$FS = \frac{C + \cos \theta \left[1 - \min \left(\frac{R a}{T \sin \theta}, 1 \right) r \right] \tan \phi}{\sin \theta}$$

สมการ (9)



รูปที่ 11 การคำนวณพื้นที่รับน้ำจากแบบจำลอง

ค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (FS) ที่คำนวณ สามารถแบ่งได้ดังนี้

$FS > 1$ หมายถึง มีความมั่นคง (Stable)

$FS < 1$ หมายถึง ไม่มั่นคง (Unstable)

$FS = 1$ หมายถึง จุดวิกฤต (Critical)

3.2.4 วิธีวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk analysis method) โดยการวิเคราะห์ต่อจากวิธีที่ 2 และ 3 โดย

การศึกษาทางสถิติของโอกาสที่จะเกิดภัยพิบัติและผลเสียหายทางด้านเศรษฐกิจและสังคมที่จะเกิดตามมา

3.3 การวิเคราะห์และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในประเทศไทย

การวิเคราะห์และทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในประเทศไทย ที่จัดทำกันอยู่ มี 2 วิธี คือ

3.3.1 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยโดยวิธีดัชนีปัจจัยรวม (Weighted factor index method) ซึ่ง

หน่วยงานส่วนใหญ่ใช้วิธีนี้ในการทำแผนที่ เช่น

3.3.1.1 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศึกษาและทำแผนที่เสี่ยงดินถล่ม โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เฉพาะพื้นที่ภาคใต้ ใช้วิธีการให้ค่าคะแนนน้ำหนักจากปัจจัย 5 ปัจจัย เรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย ได้แก่ ชนิดของดินและหิน ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณฝน สภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุม ระดับความสูงของพื้นที่ ตามตารางที่ 1 และในตารางที่ 2 ได้แสดงตัวอย่างค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักรวมค่าสุดของข้อมูลที่ได้ศึกษา จากค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ รวมกันมาจัดระดับความรุนแรงของโอกาสที่จะเกิดดินถล่มเป็น 5 ชั้น

ชั้น	ระดับความรุนแรง	ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก
1	ต่ำมาก	40-72
2	ต่ำ	73-104
3	ปานกลาง	105-136
4	สูง	137-168
5	สูงมาก	169-200

ตารางที่ 1 ปัจจัย ประเภทข้อมูล ค่าถ่วงน้ำหนัก และค่าคะแนนที่ใช้ในการศึกษา

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ประเภทข้อมูล	ค่าถ่วงน้ำหนัก ของปัจจัย (a)	ค่าคะแนน ประเภทข้อมูล (b)	ค่าคะแนน ถ่วงน้ำหนัก (a X b)
1.ชนิดดินและ หิน	ตะกอนน้ำพาทับถมเก่า	10	1	10
	หินทราย/หินดินดาน		2	20
	หินปูน/โดโลไมต์/ฟิลโลส		3	30
	หินแปรของหินอัคนี/ควอร์ตไซต์		4	40
	หินแกรนิต/หินชนวน		5	50
2.ความลาดชันของพื้นที่ (%)	0-3	9	1	9
	3-8		2	18
	8-15		3	27
	15-35		4	36
	>35		5	45
3.ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม. / ปี)	1,000-1,800	8	1	8
	1,801-2,100		2	16
	2,101-2,400		3	24
	2,401-3,200		4	32
	3,201-4,000		5	40
4.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์	7	1	7
	พื้นที่ทุ่งหญ้าและป่าสมบูรณ์		2	14
	พื้นที่สวนผลไม้ผสม		3	21
	พืชไร่/นา		4	28
	พื้นที่เปิดโล่ง		5	35
5.ระดับความสูงของพื้นที่	<100	6	1	6
	100-300		1.5	9
	300-500		2	12
	500-800		3	18
	800-1,200		4	24
	>1,200		5	30

ตารางที่ 2 ตัวอย่างค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักรวมต่ำสุด

ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา	ประเภทข้อมูล	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย (a)	ค่าคะแนนประเภทข้อมูล (b)	ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก (a X b)
1.ชนิดดินและหิน	ตะกอนน้ำพาทับถมเก่า	10	1	10
2.ความลาดชันของพื้นที่ (%)	0-3	9	1	9
3.ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มม. / ปี)	1,000-1,800	8	1	8
4.การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ป่าไม้สมบูรณ์	7	1	7
5.ระดับความสูงของพื้นที่	<100	6	1	6
รวมค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก				40

3.3.1.2 กรมพัฒนาที่ดิน ศึกษาทั่วประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน 2545) โดยปรับปรุงจากของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ใช้วิธีการให้คะแนนน้ำหนักจากปัจจัย 5 ปัจจัย เรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย คือ ชนิดของหิน ความลาดชันของพื้นที่ สภาพการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุม ลักษณะและสมบัติบางประการของดินและ ปริมาณฝน ในการจัดทำแผนที่เสี่ยงดินถล่ม ซึ่งต่อมาในปี 2546 ได้จัดทำแผนที่เสี่ยงดินถล่มขึ้นใหม่ โดย ประทุมพร (2548) และ สมพร (2548) ใช้วิธีการประเมินดินถล่มจากโอกาสอมน้ำของชั้นดินบน ลึก 30 ซม. จากผิวดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติด้านความยากง่ายในการไหลตัวของดิน และปริมาณน้ำฝนที่ไหลซึมผ่านลงไปในดิน ตามสมการ 10 ร่วมกับโอกาสเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินชั้นบนหนา 30 ซม. ในการประเมินใช้ข้อมูลพื้นที่ลาดชันเชิงชัน (ความลาดชันมากกว่า 35%) เป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินและโอกาสเกิดดินถล่ม

$$R_t = M \times I$$

สมการ (10)

R_t คือ โอกาสอิ่มน้ำของดิน (Liqucfaction) คิดเป็นปริมาณฝนที่ตกติดต่อกันในช่วงเวลาหนึ่ง มีหน่วยวัดเป็น มม.ต่อวัน

M คือ ปริมาณความชื้นที่ทำให้มวลดินร้อยละ 63 ของหน้าตัดดิน ซึ่งมีความลึก 50 ซม. เกิดการเหลวและเคลื่อนตัว มีหน่วยเป็น มม. ความชื้นที่ทำให้ดินถึงจุดเหลวและเคลื่อนที่มีค่าเท่ากับ 0.9 เท่าของความชื้น ณ จุดเหลวของดิน (Liquid Limit, LL)

I คือ ปริมาณฝนที่ไหลซึมลงไปในดิน (Infiltration Rainfall) มีหน่วยเป็น มม.

3.3.1.3 กรมทรัพยากรธรณี ศึกษาทั่วประเทศ (กรมทรัพยากรธรณี 2548) ใช้วิธี

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Landslide predictive model) ปัจจัยที่ใช้คำนวณ ได้แก่ ระดับความสูง หน้ารับน้ำฝน ความลาดชัน ทิศทางการไหลของน้ำ การไหลรวมของน้ำ พืชพรรณ คุณลักษณะของดิน และความชื้นของพื้นที่

3.3.2 การจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยโดยวิธีทางธรณีเทคนิค (Geotechnical engineering method)

ซึ่งหน่วยงานที่ใช้วิธีนี้ในการทำแผนที่ คือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยเป็นการศึกษาเฉพาะพื้นที่ เช่น การศึกษาเสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่กลุ่มน้ำก้อ (นงลักษณ์ 2546) การศึกษาพฤติกรรมของดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต (ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก 2548)

4. อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากเป็นข้อมูลจำนวนมากทั้งประเทศ พร้อมด้วยโปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลแผนที่ต่างๆ ในรูป digital โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

1) โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView (ESRI) ทำงานร่วมกับแบบจำลองวิเคราะห์ความมั่นคงของพื้นที่ลาดเท ของ Pack et al. (1998a, b)

2) ข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน กรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1:50,000

3) ข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1:50,000

4) ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี มาตรฐาน 1:250,000

5) ข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM : Digital Elevation Model) ESRI ประเทศไทย ที่ความละเอียด 30 ม.

6) ข้อมูลแผนที่ลุ่มน้ำ มาตราส่วน 1:50,000

7) ข้อมูลแผนที่หมู่บ้าน กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม

สำหรับวิธีการวิเคราะห์ที่ได้ใช้วิธีทางธรณีเทคนิค (Geotechnical engineering method) ของ Pack et al. (1998a, b) และการเตรียมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView สามารถลำดับรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 นำข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน มาตราส่วน 1:50,000 จำนวน 62 กลุ่มชุดดิน มาจำแนก เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มดินลึก กับ กลุ่มดินตื้น (ผสมก้อนหิน) โดยกลุ่มดินตื้นได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25 45 46 47 48 49 51 52 และ 61 ส่วนกลุ่มชุดดินที่เหลือให้เป็นกลุ่มดินลึก ยกเว้นกลุ่มชุดดินที่ 62 ซึ่งเป็น ดินบน พื้นที่ลาดชันเกิน 35 % (slope complex soils) ซึ่งยังไม่มี การจัดแบ่งเป็นกลุ่มชุดดินให้สมบูรณ์ จึงต้องใช้ ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 มาจัดกลุ่มดินลึกและดินตื้น โดยใช้ชนิดของหิน ซึ่งเป็น วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตัวแบ่งแทน ก็จะได้แผนที่ดินลึกและดินตื้น เพื่อใช้วิเคราะห์ต่อไป

4.2.2 นำข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000 มาจัดกลุ่มเป็นพื้นที่ป่าไม้ สมบูรณ์และสวนป่ากับพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม พื้นที่เกษตร พืชไร่และพื้นที่อื่นๆ ก็จะได้แผนที่ชนิดพืช

4.2.3 นำแผนที่ดินลึกและดินตื้นมาซ้อนทับ (overlay) กับแผนที่ชนิดพืช ก็จะได้แผนที่ใหม่ ของลักษณะดินและพืชในแต่ละพื้นที่ จากนั้นนำแผนที่ลุ่มน้ำมาซ้อนทับกับแผนที่ใหม่ที่ได้ เพื่อแบ่ง พื้นที่ทั้งประเทศออกเป็นลุ่มน้ำย่อย 255 ลุ่มน้ำ (จากลุ่มน้ำหลัก 25 ลุ่มน้ำ) เนื่องจากไม่สามารถวิเคราะห์ ข้อมูลพร้อมกันทั้งประเทศได้ เพราะข้อมูลแผนที่มีขนาดใหญ่มาก ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีไม่สามารถ วิเคราะห์ได้ ต้องแบ่งวิเคราะห์เป็นส่วนๆ ตามลักษณะของลุ่มน้ำย่อยต่างๆ

4.2.4 นำแผนที่ที่ได้จาก ข้อ 4.2.3 แบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยแล้ว ซึ่งเป็นแผนที่แบบเส้น (vector) มาแปลงให้เป็นแบบ raster (เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส) ความละเอียด 30 ม. เพราะแบบจำลองและ DEM ที่ ใช้วิเคราะห์เป็นแบบ raster พร้อมทั้งใส่ข้อมูลตามตารางที่ 3 ซึ่ง Pack et al. (1998a, b) ได้ศึกษาไว้ จาก ข้อมูลพืชและลักษณะดิน ทำให้ทราบ ค่าแรงยึดของรากพืชกับดิน (C) มุมของดินที่ทำกับชั้นหินพื้น (Phi, ϕ) ส่วนปริมาณน้ำและการไหลของน้ำ จากลักษณะดินและชนิดพืชแตกต่างกันทำให้ค่าการไหล ชี้นผ่านดิน ค่าการไหลผ่านผิวดินแตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่

ตารางที่ 3 ค่าปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์ในแบบจำลอง (Pack et al., 1998a, b)

ลักษณะดิน	ชนิดพืช	สัดส่วนแรงยึดของดิน และรากพืชกับน้ำหนัก ถ่วงของดิน (C)		มุมของดินที่ทำกับชั้น หินพื้น (Φ , ϕ)		สัดส่วนการไหลของ น้ำลงใต้ดินกับไหล ผ่านผิวดิน (T/R)	
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ดินดินผสม ก้อนหิน	ป่าไม้	0.0	0.1	39	45	2000	3000
ดินดินผสม ก้อนหิน	ป่าเสื่อมโทรม พื้นที่เกษตร ทุ่งหญ้า	0.0	0.0	39	45	2000	3000
ดินลึก	ป่าไม้	0.0	0.35	35	39	1500	2000
ดินลึก	ป่าเสื่อมโทรม พื้นที่เกษตร ทุ่งหญ้า	0.0	0.25	35	39	1500	2000

4.2.5 นำข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM : Digital Elevation Model) ที่ความละเอียด 30 ม. มาตัดแบ่งตามกลุ่มน้ำย่อย 255 กลุ่มน้ำ เพื่อแบ่งวิเคราะห์ร่วมกับแผนที่ดินและชนิดพืชที่เตรียมไว้

4.2.6 โดยใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView Spatial Analysis (ESRI) ร่วมกับแบบจำลองของ Pack et al. (1998a, b) ที่ชื่อ SINMAP วิเคราะห์ DEM (Digital Elevation Model) ตามลักษณะกลุ่มน้ำย่อยทีละกลุ่มน้ำ จนครบ 255 กลุ่มน้ำ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ในกลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน โดยเลือก DEM ที่จะวิเคราะห์ เพื่อหาค่าความลาดเท (Slope) และทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) และพื้นที่รับน้ำย่อย (contributing area)

4.2.7 นำข้อมูลแผนที่ที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาค่า Stability index และแบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงดินถล่มได้ 3 ระดับ ดังนี้

Stability Index (SI) ระดับชั้นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่ม

> 1	พื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มหรือเกิดน้อย
1.0-0.5	พื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มปานกลาง
< 0.5	พื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มสูง

4.3 ขั้นตอนการกำหนดหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

สำหรับหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่ม ได้จากการหาระยะห่างจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่ม ประมาณ 2 กม. และอยู่ใกล้ลำน้ำรัศมี 200 เมตร เนื่องจากน้ำจะเป็นตัวพาหินและต้นไม้มาด้วย

4.3.1 การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม ArcView ร่วมกับแผนที่เส้นทางน้ำ เพื่อหาหมู่บ้านที่อยู่ใกล้ลำน้ำในรัศมี 200 ม. โดยใช้คำสั่ง buffer จากเส้นทางน้ำ 200 เมตร

4.3.2 นำแผนที่พื้นที่เสี่ยงดินถล่มที่ได้จากการวิเคราะห์ เพื่อหาหมู่บ้านที่อยู่ในรัศมี 2 กม. โดยใช้คำสั่ง buffer 2 กิโลเมตร จากบริเวณเสี่ยงดินถล่ม

4.3.3 นำแผนที่ที่ได้จากข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 ซ้อนทับกับแผนที่ตำแหน่งหมู่บ้านก็จะได้หมู่บ้านที่เสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

4.3.4 เข้าตรวจสอบหมู่บ้านในพื้นที่จริง พร้อมทั้งติดป้ายเตือนดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก ในบริเวณหมู่บ้าน

5. ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ จะได้แผนที่เสี่ยงดินถล่มและหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่ม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม

เป็นการวิเคราะห์รายลุ่มน้ำ 255 ลุ่มน้ำย่อย ในมาตราส่วน 1:50,000 โดยได้ใช้ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน เป็นตัวอย่างในการเสนอรายงาน ดังนี้

5.1.1 นำแผนที่ดินและพืชที่ได้แบ่งเป็นลุ่มน้ำย่อยแล้ว ซึ่งเป็นแผนที่แบบเส้น (vector) มาแปลงให้เป็นแบบ raster (เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส) ความละเอียด 30 ม. เพราะแบบจำลองและ DEM ที่ใช้วิเคราะห์เป็นแบบ raster จากข้อมูลพืชและลักษณะดิน ซึ่ง Pack et al. (1998a, b) ได้ศึกษาไว้ ทำให้ทราบ ค่าแรงยึดของรากพืชกับดิน (C) มุมของดินที่ทำกับชั้นหินพื้น (Phi, ϕ) ส่วนปริมาณน้ำและการไหลของน้ำ จากลักษณะดินและชนิดพืชแตกต่างกันทำให้ค่าการไหลซึมผ่านดิน ค่าการไหลผ่านผิวดิน แตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่ รูปที่ 12 ได้แสดงตัวอย่างข้อมูลลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน

5.1.2 ใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView Spatial Analysis (ESRI) ร่วมกับแบบจำลอง ที่ชื่อ SINMAP (รูปที่ 13) วิเคราะห์ DEM ตามลักษณะลุ่มน้ำย่อยที่ละลุ่มน้ำ จนครบ 255 ลุ่มน้ำ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน โดยเลือก DEM ที่จะวิเคราะห์ (รูปที่

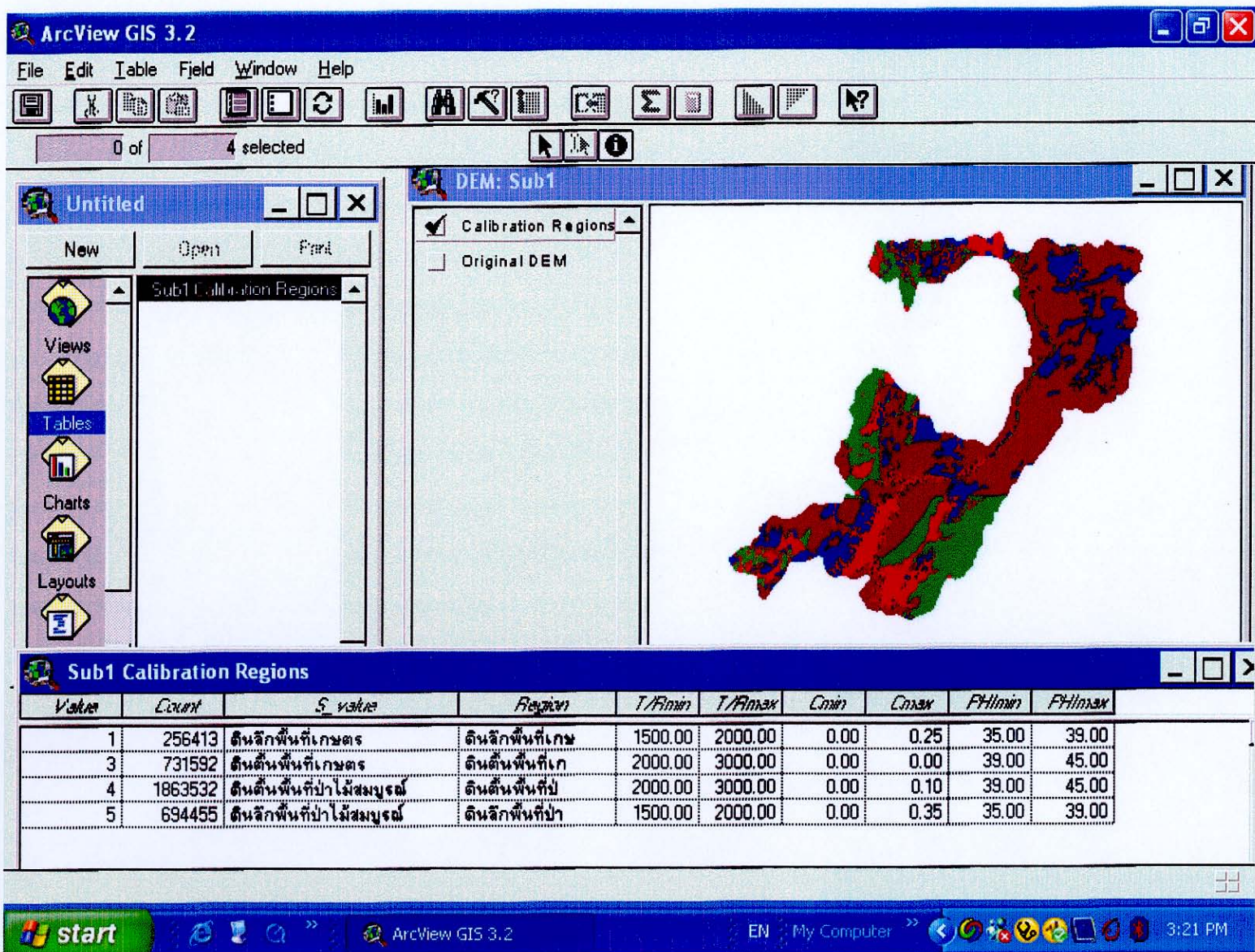
14) เพื่อหาค่าความลาดเท (Slope) (รูปที่ 15) และทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) (รูปที่ 16) และพื้นที่รับน้ำย่อย (contributing area) (รูปที่ 17)

5.1.3 นำข้อมูลแผนที่ที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาค่า Stability index และแบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงดินถล่มได้ 3 ระดับ คือ พื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มหรือเกิดน้อย พื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มปานกลาง และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มสูง ตามรูปที่ 18 และ ขยายให้เห็นบางส่วนในมาตราส่วน 1:50,000 ในรูปที่ 19

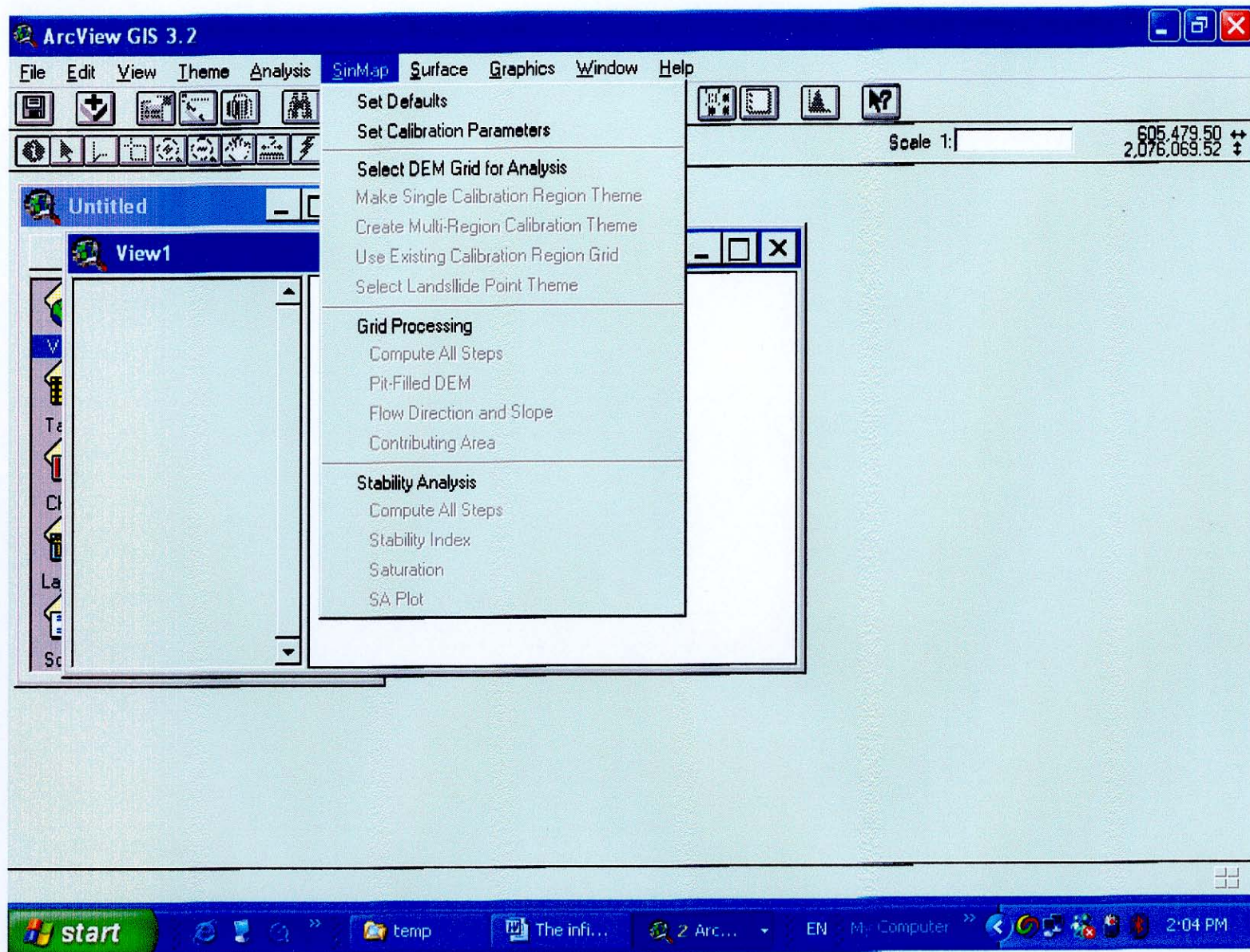
ข้อจำกัดในการศึกษา เนื่องจากข้อมูล DEM ที่ใช้มีความละเอียดที่ 30 ม. ต่อ จุด ซึ่งเป็นข้อมูลที่หายาก ถ้าต้องการให้แผนที่มีความถูกต้องมากขึ้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูล DEM ที่ละเอียดขึ้น เช่น ที่ความละเอียด 5 ถึง 10 ม. ในบริเวณพื้นที่ภูเขา ส่วนค่าของปัจจัยที่ใช้วิเคราะห์ เช่น ข้อมูลดิน พืช ข้อมูลน้ำ เป็นค่ากว้างๆ ไม่สามารถเจาะจงพื้นที่ได้ เนื่องจากการศึกษาระดับทั้งประเทศ ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องสูง จำเป็นต้องวิเคราะห์หรือเก็บตัวอย่างในพื้นที่จริง และทำได้เฉพาะจุด ซึ่งต้องใช้เวลาและงบประมาณจำนวนมาก นอกจากนี้การวิเคราะห์แบบจำลองยังขาดการตรวจสอบในสนามที่เพียงพอ เนื่องจากขาดงบประมาณและเวลาจำกัด จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและปรับปรุงในโอกาสต่อไป

5.2 การแสดงพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในภาพรวมของประเทศ

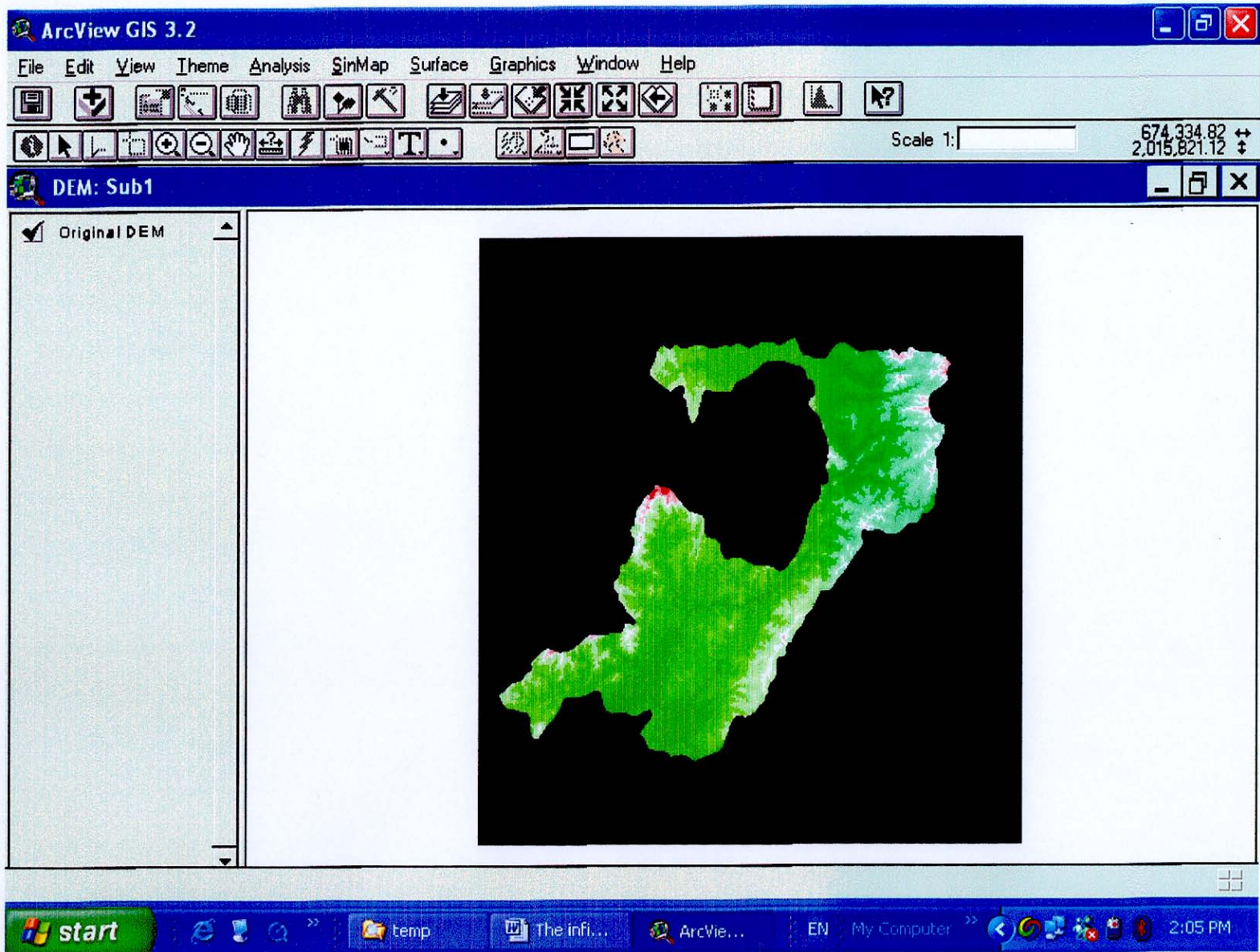
เมื่อนำข้อมูลจากการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงดินถล่มเป็นรายลุ่มน้ำทั้ง 255 ลุ่มน้ำ มาเชื่อมต่อกันทั้งประเทศ ก็จะได้แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงดินถล่มของประเทศไทย ดังรูปที่ 20



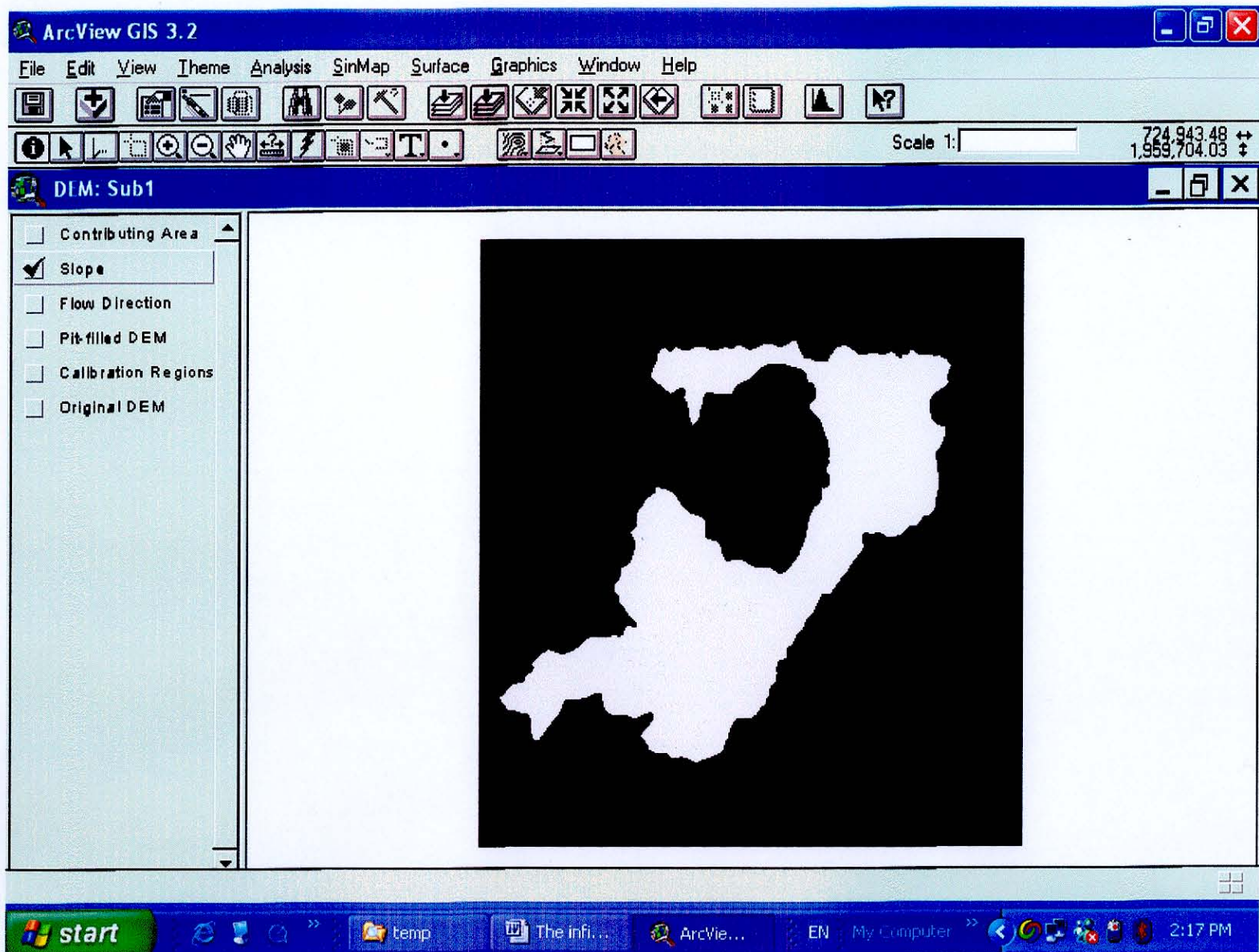
รูปที่ 12 ตัวอย่าง แผนที่ดิน ชนิดพืชและข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน



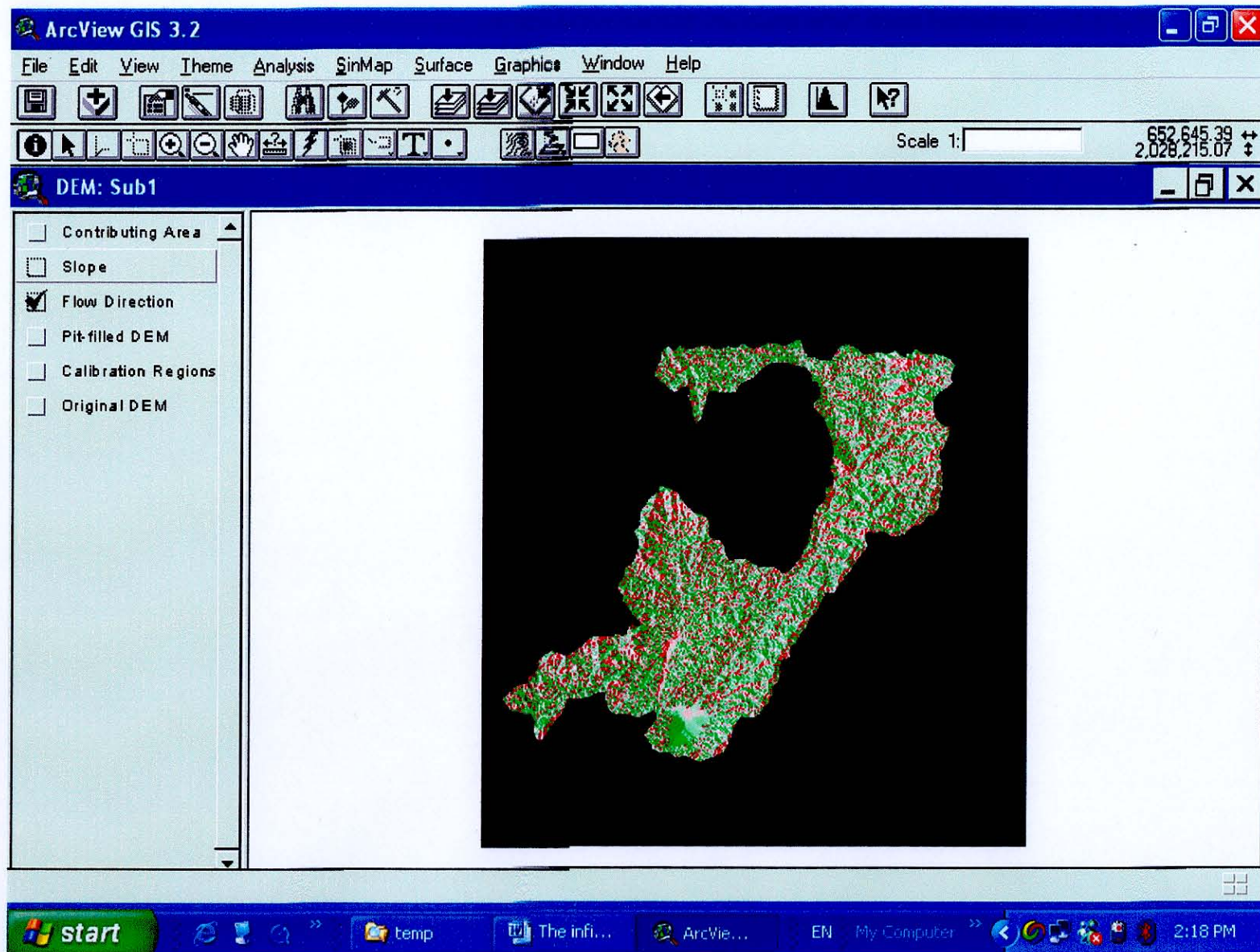
รูปที่ 13 โปรแกรม ArcView Spatial Analysis ร่วมกับแบบจำลองของ Pack ชื่อ SINMAP



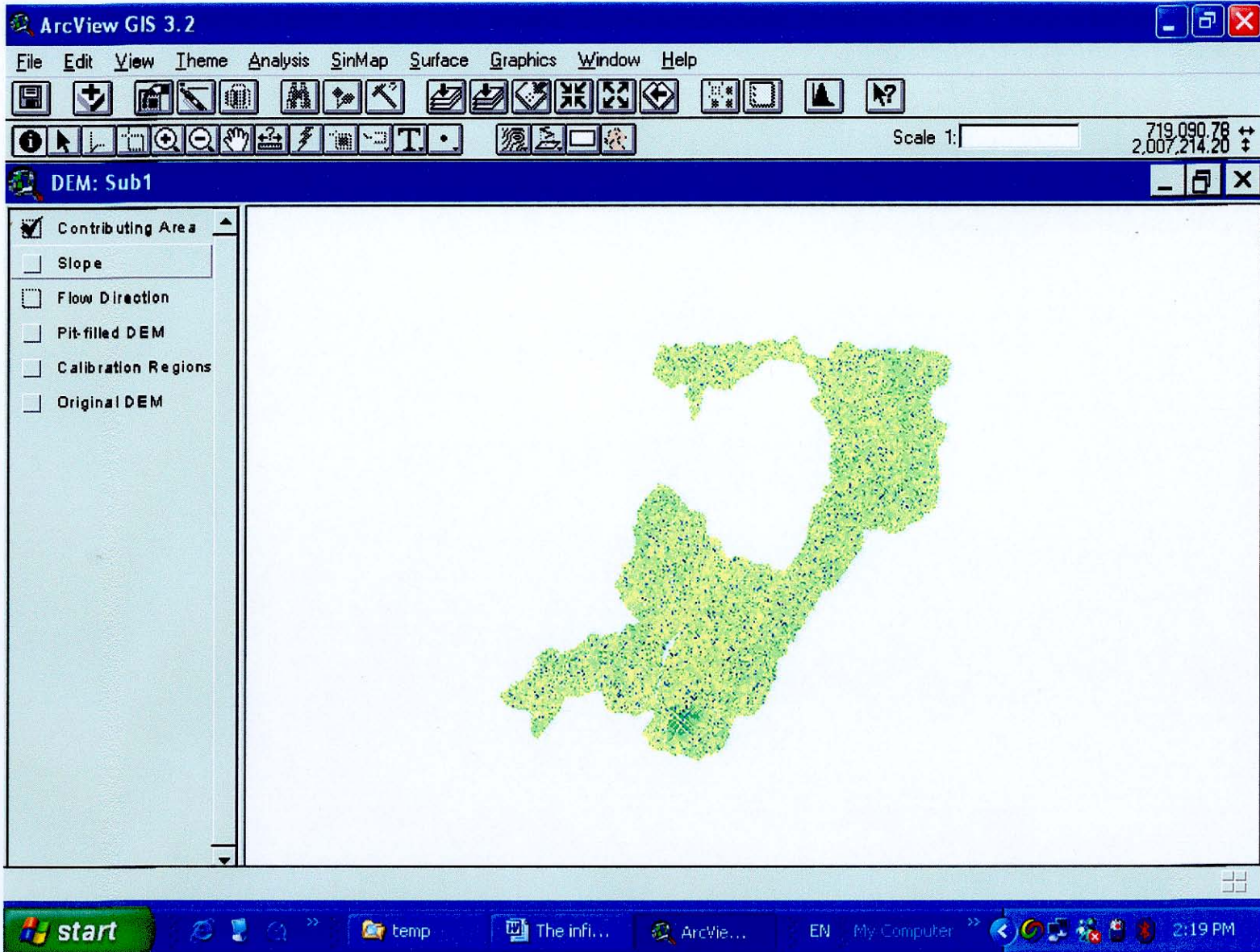
รูปที่ 14 ตัวอย่าง DEM ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน



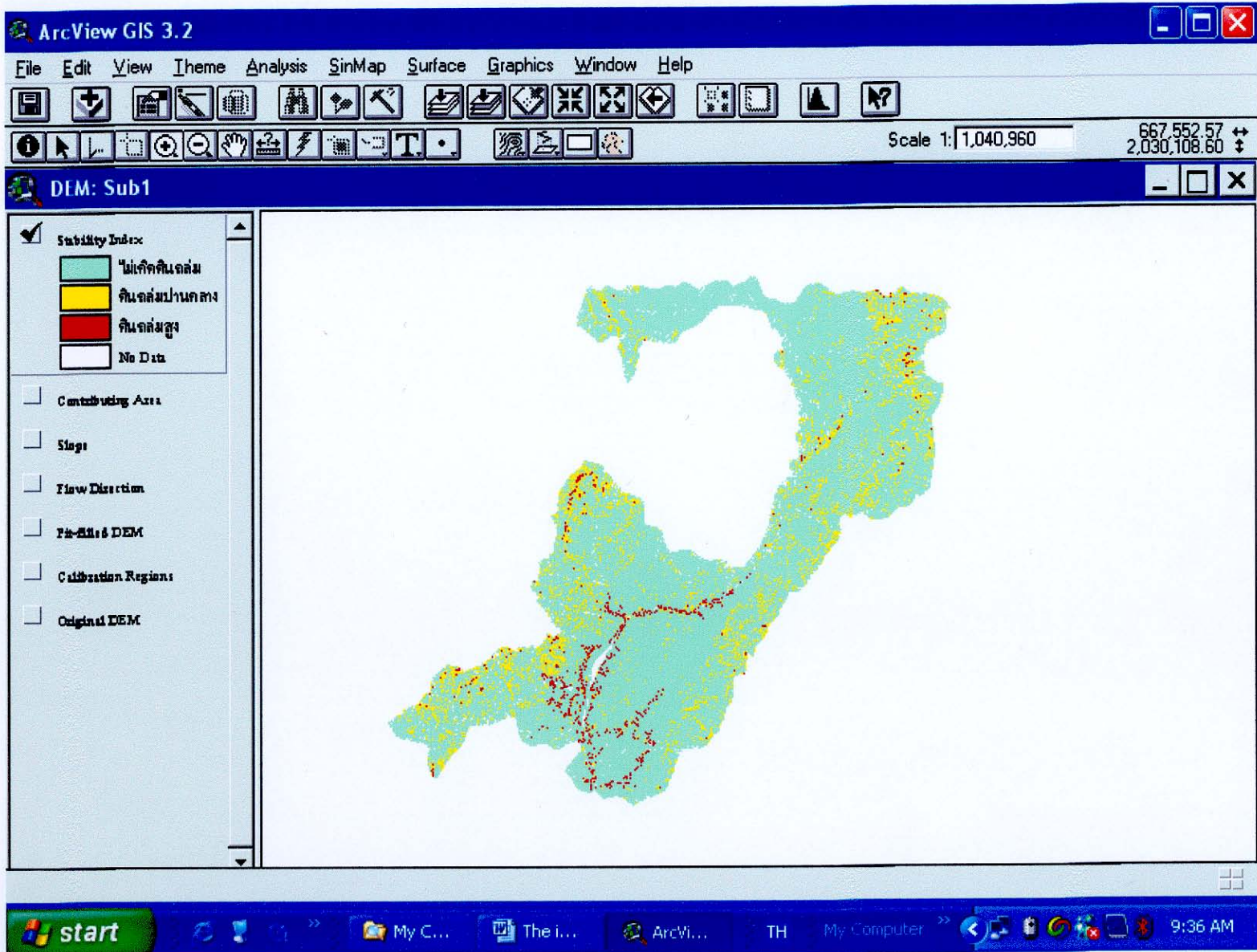
รูปที่ 15 ตัวอย่าง ค่าความลาดเท (Slope) ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน



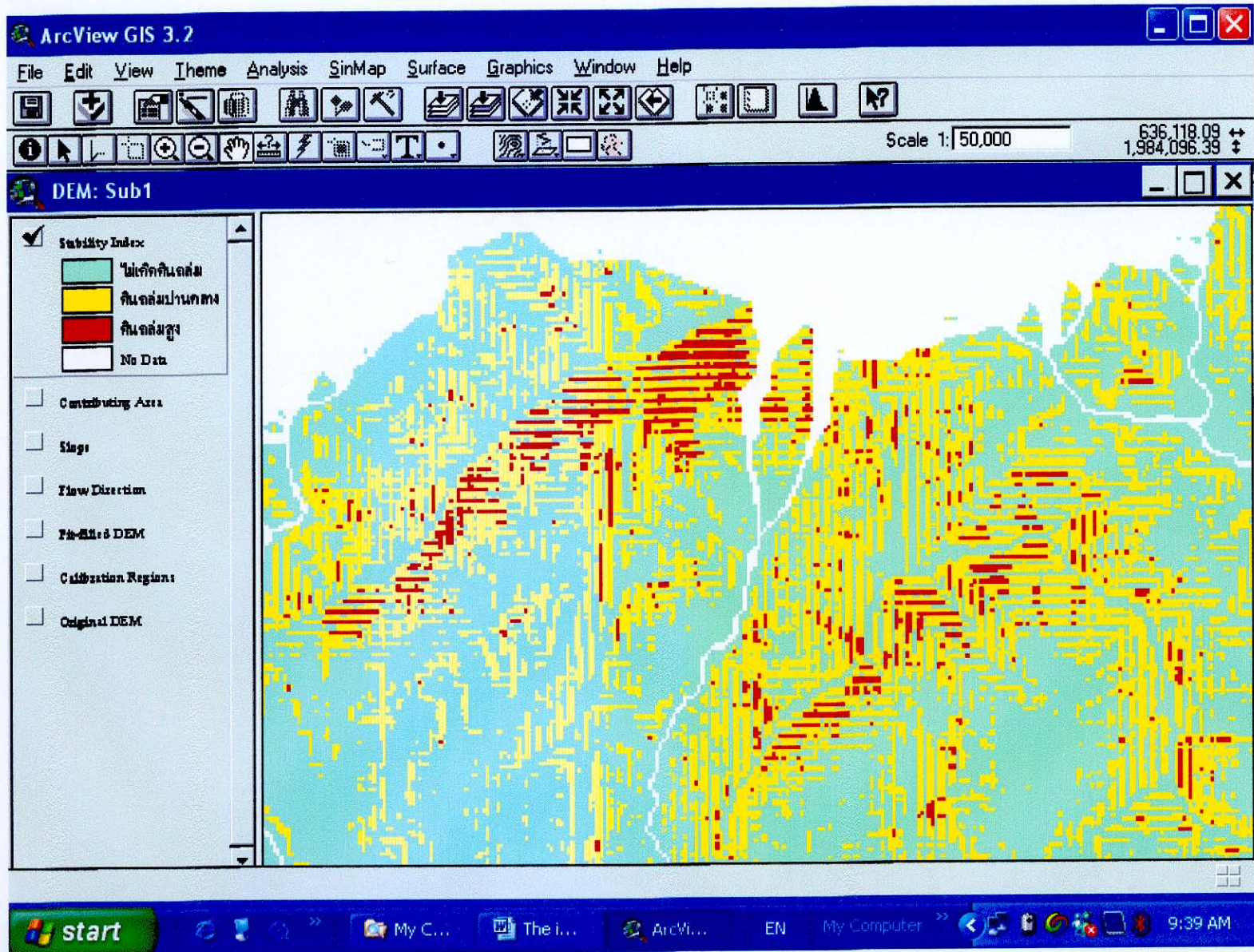
รูปที่ 16 ตัวอย่าง ทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน



รูปที่ 17 ตัวอย่าง พื้นที่รับน้ำย่อย (Contributing area) กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำนาน



รูปที่ 18 ตัวอย่าง พื้นที่ เสี่ยงดินถล่ม ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน



รูปที่ 19 ตัวอย่าง แบบขยายมาตราส่วน 1:50,000 พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม กลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน

**พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม
ในประเทศไทย**



สถาบันวิจัย พัฒนาเพื่อป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติและภัยพิบัติทางธรณีวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน 2548

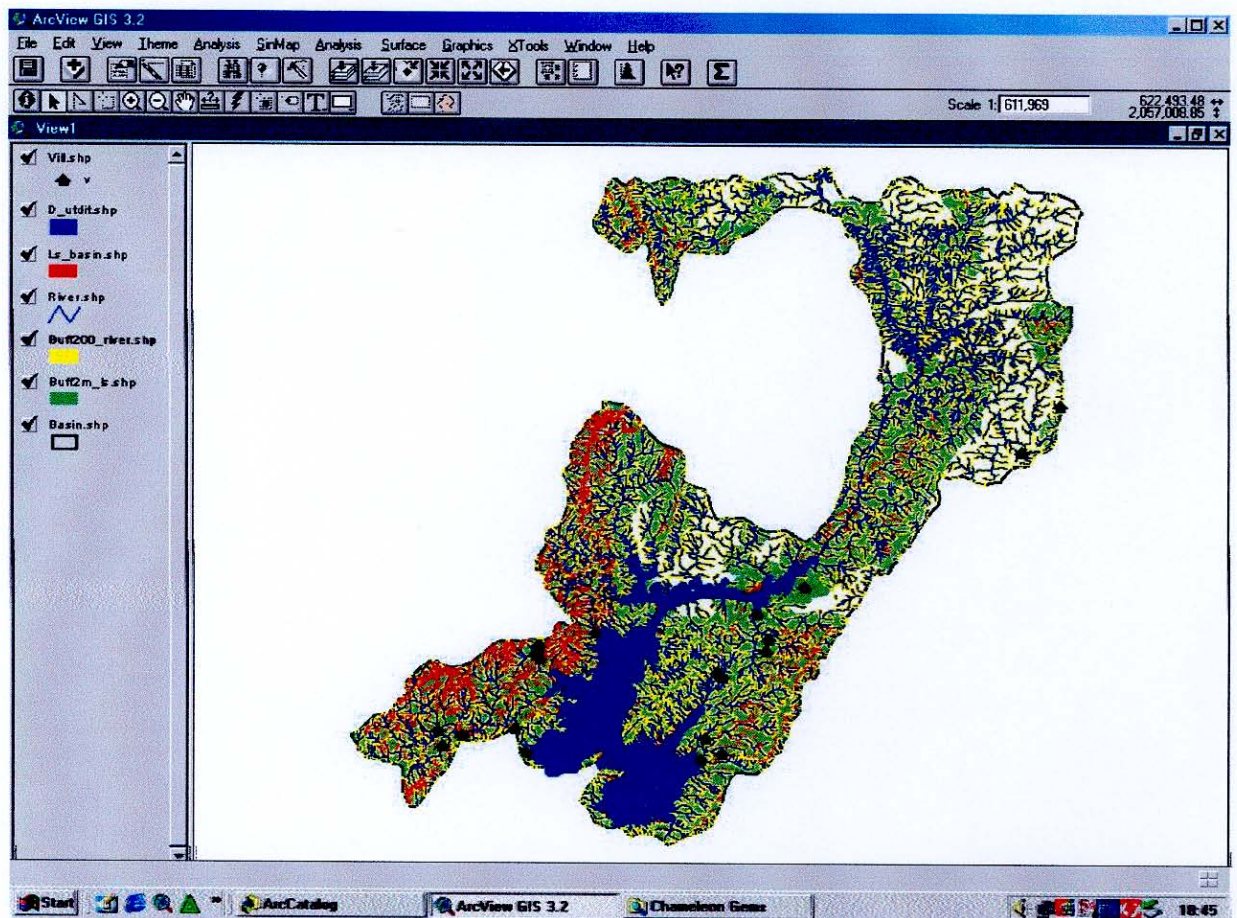
<http://www.ldd.go.th>

ที่ 20 แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย

5.3 การกำหนดหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

สำหรับหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่ม ได้จากการหาระยะห่างจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่ม ประมาณ 2 กม. และอยู่ใกล้ลำน้ำรัศมี 200 เมตร เนื่องจากน้ำจะเป็นตัวพาหิน หินและต้นไม้มาด้วย

5.3.1 การวิเคราะห์ได้แบ่งวิเคราะห์ตามลุ่มน้ำย่อย 255 ลุ่มน้ำ เช่นกัน ในที่นี้ก็ใช้ลุ่มน้ำย่อยของกลุ่มน้ำน่าน เป็นตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม ArcView ร่วมกับแผนที่เส้นทางน้ำ ที่ใช้ คำสั่ง buffer 200 เมตร ซ้อนทับกับแผนที่ตำแหน่งหมู่บ้านและแผนที่เสี่ยงดินถล่มที่ใช้ คำสั่ง buffer 2 กิโลเมตร (รูปที่ 21) ก็จะได้หมู่บ้านที่เสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากของกลุ่มน้ำ



รูปที่ 21 การกำหนดหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก

5.3.2 เมื่อนำหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากของแต่ละลุ่มน้ำย่อยมารวมกัน ก็จะได้หมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากของทั้งประเทศ จำนวน 581 หมู่บ้าน 42 จังหวัด พร้อมทั้งเข้าตรวจสอบหมู่บ้านในพื้นที่จริง และติดป้ายเตือนดินถล่มในบริเวณหมู่บ้าน (รูปที่ 22)

โดยมีรายละเอียด แบ่งเป็นภาคต่างๆ ดังนี้ ภาคกลางและภาคตะวันตก (ตารางที่ 4) ภาคตะวันออก (ตารางที่ 5) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตารางที่ 6) ภาคใต้ (ตารางที่ 7) และภาคเหนือ (ตารางที่ 8)



รูปที่ 22 ติดป้ายเตือนหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลาก
(บ้านน้ำลี ต.น้ำหมัน อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์)

ตารางที่ 4 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคกลางและภาคตะวันตก

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
ภาคกลางและ	กาญจนบุรี	ทองผาภูมิ	ชะแล	บ้านภูเตย(อพป.)
ภาคตะวันตก			ท่าขนุน	บ้านไร่ป่า
			ดั้นถิ่น	บ้านหนองบาง(อพป.)
		ศรีสวัสดิ์	เขาโจด	บ้านดินตก
			นาสวน	บ้านน้อย
				บ้านเนินขาม
				บ้านปลาขนาสวน
				บ้านรังกระโดน
				บ้านหนองศาลา
				บ้านหนองแห้ว
				บ้านหัวตอ
				บ้านองหลู
	ประจวบคีรีขันธ์	ทับสะแก	แสงอรุณ	บ้านหินเทิน
			อ่างทอง	บ้านตะแบกโพรง
		เมืองประจวบคีรีขันธ์	บ่อนอก	บ้านเข็ดกา
	เพชรบุรี	แก่งกระจาน	ป่าเต็ง	บ้านห้วยสัตว์ใหญ่
			ห้วยแม่เพรียง	บ้านบางกลอย
				บ้านพุไทร
	ราชบุรี	สวนผึ้ง	สวนผึ้ง	บ้านตะโกกลาง
				บ้านถ้ำหิน
	สุพรรณบุรี	ด่านช้าง	องค์พระ	บ้านท่าทุ่งนา

ตารางที่ 5 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคตะวันออก

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
ภาคตะวันออก	จันทบุรี	แก่งหางแมว	พวา	บ้านตรอกด่านภาษี
				บ้านท่าภาณุรังษี
				บ้านท่าวัง
		ขลุง	แกวียนหัก	บ้านกงสีไร่
				บ้านแกวียนหัก
				บ้านคานรูด
			ตรอกนอง	บ้านตรอกนองกลาง
				บ้านตรอกนองบน
				บ้านตรอกนองกลาง
		เขาชีชมภู(กิ่งอ.)	ตะเคียนทอง	บ้านตลิ่งชัน
				บ้านตะเคียนทอง
			พลวง	บ้านปากพลวง
				บ้านพลวง
		ท่าใหม่	เขาบายศรี	บ้านคลองกะพง
		โป่งน้ำร้อน	ทับไทร	บ้านทุ่งกร่าง
		มะขาม	ฉมับ	บ้านทุ่งเพล
		เมืองจันทบุรี	คลองนารายณ์	บ้านคลองนารายณ์
				บ้านสระบาป
			พลับพลา	บ้านทุ่งวานเหลียง
				บ้านบ่อลึก
		สอยดาว	ทรายขาว	บ้านตามูล
	ชลบุรี	บ่อทอง	พลวงทอง	บ้านเขาพริก
	ตราด	เกาะช้าง(กิ่งอ.)	เกาะช้าง	บ้านคลองสน
		บ่อไร่	นนทรีย์	บ้านคลองโตน
			บ่อพลอย	บ้านหมื่นด่าน
	ระยอง	เขาชะเมา(กิ่งอ.)	ห้วยทับมอญ	บ้านเขาจันทร์
				บ้านเขาพัง

ตารางที่ 6 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ชัยภูมิ	ภักดีชุมพล	เจาทอง	บ้านราษฎร์พัฒนา
			แหลมทอง	บ้านชัยภูทอง
				บ้านคงสวรรค์
				บ้านวังตะกู
	เลย	คำชะอี	กกสะทอน	บ้านป่าขาม (ร้าง)
			โป่ง	บ้านวังกุ่ม
			วังยาว	บ้านนาถวย
				บ้านปากแดง
				บ้านโพนสว่าง
			อิปุม	บ้านถ้ำพระ
			นาเห้ว	บ้านนาเชือก
				บ้านนาถิ่ง
			ปากชม	บ้านเชียงกลม สข.
			ห้วยพิชัย	บ้านปากปัด
		ภูเรือ	ท่าศาลา	บ้านแก่งม่วง
			ปลาบ่า	บ้านโป่งกวาง
				บ้านหินสอ
	หนองคาย	สังคม	แก่งไก่อ	บ้านหนองแสง
			สังคม	บ้านม่วงน้ำไพร
	อุดรธานี	นาูง	นาแก	บ้านคิริวงกต

ตารางที่ 7 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคใต้

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
ภาคใต้	กระบี่	อ่าวลึก	บ้านกลาง	บ้านเหนือคลอง
			อ่าวลึกใต้	บ้านอ่าวลึกเหนือ
			อ่าวลึกน้อย	บ้านบากัน
	ชุมพร	ทุ่งตะโก	ตะโก	บ้านทรัพย์สมบูรณ์
		เมือง	บ้านนา	บ้านท่ามะปริง
		หลังสวน	ท่ามะปลา	บ้านนกยาง
	ตรัง	นาโยง	ช่อง	บ้านช่อง
				บ้านไสท่อน
				บ้านนารรา
		ปะเหลียน	ทุ่งยาว	บ้านโหละจอมออก
			ลิพัง	บ้านท่าเขา
		เมือง	น้ำผุด	บ้านด่าน
		ห้วยยอด	นาง	บ้านเขาปิยะ
			บางกุ้ง	บ้านทุ่งแคด
	นครศรีธรรมราช	ทุ่งสง	นาหลวงเสน	บ้านประคู้
		นบพิตำ(กิ่งอ.)	กรุงชิง	บ้านนบ
				บ้านพิตำ
				บ้านมุด
				บ้านหนองนูด
				บ้านห้วยพาน
			นบพิตำ	บ้านสองแพรก
		พรหมคีรี	ทอนหงส์	บ้านในเขียว 2
			บ้านเกาะ	บ้านเขาขุนพนม
		พิปูน	กระทูน	บ้านกะทูนใต้
				บ้านกะทูนเหนือ
				บ้านห้วยโกเหนือ
			เขาพระ	บ้านห้วยไทร
				บ้านห้วยใหม่

ตารางที่ 7 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคใต้ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
		เมือง	ท่าจั่ว	บ้านกลาง
		ร่อนพิบูลย์	ร่อนพิบูลย์	บ้านร่อนนา
		ลานสกา	คำโลน	บ้านย่านขาว
				บ้านวัดโคก
			เขาแก้ว	บ้านอ่างอ้ายไทร (सानขุน)
			ลานสกา	บ้านน้ำรอบ
				บ้านในปุด
				บ้านสายเงิน
		สิชล	เขาน้อย	บ้านสำนักเนียน
			เทพราช	บ้านวังสำน
	นราธิวาส	เจาะไอร้อง	บุกิด	บ้านใหญ่
		แว้ง	ไล่จูด	บ้านวังกระบือ
		ศรีสาคร	ศรีสาคร	บ้านไอร้งูไจ๊ะ
		สุคีริน	ร่มไทร	บ้านกูยิ
	ปัตตานี	มายอ	สุโละฮิไร	บ้านโคกกอก
	พังงา	กะปง	รมณีย์	บ้านท่าหัน
				บ้านรมณีย์
			เหล	บ้านช้างเชื้อ
				บ้านนกสูก
		ตะกั่วป่า	คึกคัก	บ้านบางเนียง
			บางนาขลิ	บ้านบางนาขสังข์
		ท้ายเหมือง	ลำภี	บ้านทับเหวียง
		เมือง	ทุ่งคาโงก	บ้านดินเขา
				บ้านบางมา
			สองแพรก	บ้านทับเหวน
				บ้านสองแพรก
	พัทลุง	ตะโหมด	ตะโหมด	บ้านโคกมะม่วง
				บ้านหนองจิก

ตารางที่ 7 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคใต้ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
	ภูเก็ต	กะทู้	กมลา	บ้านบางหวาน
			ป่าตอง	บ้านมอญ (ชายวัด)
		เมือง	ฉลอง	บ้านบ่อไทร
	ยะลา	กาบัง	บาละ	บ้านคลองปุด
		ธารโต	คีรีเขต	บ้านผ่านศึก
			ธารโต	บ้านนังกระแจะ
			บ้านแห	บ้านฉลองชัย
				บ้านซาไก
				บ้านปูโล๊ะสนิแย
				บ้านวังศิลา
			แม่หวาด	บ้านควนดินดำ
				บ้านคอกช้าง
		บันนังสตา	เขื่อนบางลาง	บ้านตาเอี้ยด
			คลังชัน	บ้านตลาดนิคม
				บ้านลิเะ
				บ้านหาดทราย
			ตานะปูเต๊ะ	บ้านกาสังใน
			ถ้ำทะลุ	บ้านดงกะเค็ง
				บ้านบันนังบูโย
			บาเจาะ	บ้านกอลอกาเอ
		เบตง	ตะเนาะแมเราะ	บ้านกม.19
			เบตง	บ้านราโมง
		ยะหา	ตาฮี	บ้านแค
				บ้านนอก
			สะแอ	บ้านกียา
	ระนอง	กระบุรี	จ.ป.ร.	บ้านในกรัง
			ถ้ำเลียง	บ้านห้วยไทรงาม
		กะเปอร์	กะเปอร์	บ้านบางปรูเหนือ

ตารางที่ 7 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคใต้ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			บ้านนา	บ้านกลาง
		ละอุ่น	ละอุ่นใต้	บ้านบางเกาะ
			ละอุ่นเหนือ	บ้านบางสังไต้
				บ้านผาพิง
				บ้านวังลุ่ม
				บ้านหมอลำ
	สงขลา	คลองหอยโข่ง	คลองหอยโข่ง	บ้านดีหลวง
				บ้านวัดกระ
		สะบ้าย้อย	บาโหย	บ้านคลองตาหา
	สตูล	มะนัง(กิ่งอ.)	ปาล์มพัฒนา	บ้านป่าพน (ปากคอก)
	สุราษฎร์ธานี	กาญจนดิษฐ์	คลองสระ	บ้านน้ำร้อน
				บ้านไสฝ้าย
			ช้างซ้าย	บ้านบางจันสี
		คีรีรัฐนิคม	น้ำหัก	บ้านไทรงาม
				บ้านหินลาด
		ไชยา	ปากหมาก	บ้านเขาหลัก
		คอนสัก	ปากแพรก	บ้านลำพระหอย
		ท่าฉาง	ปากฉลุย	บ้านเทพนิมิตร
				บ้านบางจำ
		บ้านนาสาร	ทุ่งเตา	บ้านบางปริก
			พรุพี	บ้านมหาราช
			เพิ่มพูนทรัพย์	บ้านวังหิน
			ลำพูน	บ้านนิคม
		วิภาวดี(กิ่งอ.)	ตะกุกใต้	บ้านคลองปาว
			ตะกุกเหนือ	บ้านคลองมูย
		เวียงสระ	บ้านส้อง	บ้านสวนกล้วย
				บ้านส้องเหนือ
				บ้านเหนือคลอง

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
เหนือ	กำแพงเพชร	คลองลาน	คลองน้ำไหล	บ้านท่าข้ามสามัคคี
			คลองลานพัฒนา	บ้านคลองน้ำไหลใต้
			โป่งน้ำร้อน	บ้านคลองสมุย
		ปางศิลาทอง	ปางตาไว	บ้านคลองปลาสร้อย
				บ้านแคน
				บ้านวังค้อยาง
		เมืองกำแพงเพชร	นาบ่อคำ	บ้านนาบ่อคำ
				บ้านหนองกองเหนือ
เหนือ	เชียงราย	ขุนตาล	ป่าตาล	บ้านเจดีย์
				บ้านป่าตาล
				บ้านป่าตาลกลาง
				บ้านป่าตาลค้อย
			ขางสอม	บ้านชมภู
				บ้านบ้านทุ่ง
				บ้านป่าบง
				บ้านขางสอม
				บ้านห้วยหลวงใต้
				บ้านห้วยหลวงเหนือ
		เชียงของ	ศรี่ง	บ้านหลวงใหม่พัฒนา
				บ้านชาววา
			บุญเรือง	บ้านป่าเกาะ
		เทิง	ด้ายเต่า	บ้านด้ายเจียง
				บ้านดินเป็ด
				บ้านทรายภาค
				บ้านปางคำ
			เวียง	บ้านห้วยไคร้

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
		พญาเม็งราย	ตาดควัน	บ้านแม่ต๋ำน้ำตก
		พาน	ทรายขาว	บ้านใหม่พัฒนา
			ป่าหุ่ง	บ้านปางเกาะทราย
				บ้านป่าหุ่ง
				บ้านศาลาเหมืองหิน
			สันกลาง	บ้านป่าเหียง
				บ้านผาจ้อ
		เมืองเชียงราช	คอยสาข	บ้านโป่งน้ำร้อน
				บ้านยางค้ำนุ
			ท่าสาย	บ้านเขื่อนแก้ว
			นางแล	บ้านป่ารวก
			แม่กรณ์	บ้านเมืองหลวง
			แม่ข้าวต้ม	บ้านใหม่บัวแดง
			แม่ยาว	บ้านแคววัวคำ
				บ้านพนาสวรรค์
				บ้านห้วยขมใน
			ห้วยขมภู	บ้านกกน้อย
				บ้านผาลั้ง
				บ้านห้วยแก้ว
				บ้านห้วยส้าน
		แม่จัน	ป่าซาง	บ้านปวงญoley
			ป่าตึง	บ้านทุ่งตาง
				บ้านปางสา
				บ้านห้วยตาง
			แม่จัน	บ้านสันมงคล
				บ้านห้วยก้างปลา
				บ้านห้วยขาโน

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
		แม่ฟ้าหลวง	เทอดไทย	บ้านแสนเมืองโก
			แม่สลองนอก	บ้านธาตุ
				บ้านป่าคงสุขใจ
		แม่สรวย	ท่าก้อ	บ้านท่าก้อหลวง
				บ้านปางน้ำส้าย
			แม่พริก	บ้านปางต้นฝิ่ง
				บ้านปางอาณาเขต
			ศรีถ้อย	บ้านแม่ขามัน
		แม่สาย	โป่งผา	บ้านจ้องวัด
		เวียงแก่น	ปอ	บ้านผาแล
				บ้านหนองเตา
		เวียงเชียงรุ้ง(กิ่งอ.)	ป่าซาง	บ้านห้วยขี้เหล็กกลาง
		เวียงป่าเป้า	ป่าจั่ว	บ้านขุนเมืองงาม
			แม่เจดีย์	บ้านห้วยทราย
			แม่เจดีย์ใหม่	บ้านขุนลาว
				บ้านคอนสลิ
				บ้านเมืองน้อย
				บ้านห้วยม่วงแสนเจริญ
			เวียง	บ้านแม่ปูล่าง
			สันสลิ	บ้านปางมะขามป้อม
				บ้านแม่ตะละ
	เชียงใหม่	จอมทอง	บ้านหลวง	บ้านดาคมื่น
				บ้านแม่หอย
		เชียงดาว	ปิงโค้ง	บ้านห้วยลึก
		ดอยสะเก็ด	ป่าป้อง	บ้านป่าขางาม
			แม่โป่ง	บ้านต้นฝิ่ง
				บ้านแม่โป่ง

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
		ฝาง	โป่งน้ำร้อน	บ้านม่อนปิ่น
			ม่อนปิ่น	บ้านเปียงกอก (โป่งน้ำร้อน)
				บ้านลาน (ต้นผึ้ง)
				บ้านห้วยนา
				บ้านห้วยฝาย
			แม่คะ	บ้านปางปอย
				บ้านโป่งใน
		พร้าว	ป่าดู้ม	บ้านทุ่งห้า
			แม่ปิ้ง	บ้านห้วยทราย
			แม่แวน	บ้านลือ
		เมืองเชียงใหม่	สุเทพ	บ้านโป่งน้อย
		แม่แจ่ม	แม่ศึก	บ้านปางเกี้ยว
				บ้านพะแอดู
		แม่แตง	กีดช้าง	บ้านแม่คะมาน
			บ้านช้าง	บ้านช้างใน
				บ้านต้นลุง
		แม่ริม	ห้วยทราย	บ้านห้วยฝาย (ต้นม่วง, เหล่า)
		แม่อาข	ท่าตอน	บ้านหัวเมืองงาม
			แม่อาข	บ้านดอนงาม
				บ้านแม่บง
		สันกำแพง	ห้วยทราย	บ้านคอยชีว
		สันทราย	หนองแห้ง	บ้านหนองบัว
		สันป่าตอง	น้ำบ่อหลวง	บ้านห้วยไทรง
		หางดง	หนองควาย	บ้านฟ่อน
		อมก๋อย	นาเกียน	บ้านก้องปือเหนือ
				บ้านทีลอง
				บ้านโบหนา

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
				บ้านแม่โจง
				บ้านแม่ลอก
				บ้านแม่สอง
				บ้านหนองอึ่ง
				บ้านห้วยบง
				บ้านท่าหลวง
			สบโขง	บ้านตะกอกตะ
				บ้านพะเยี๊ว
				บ้านแม่เงา
				บ้านแม่หลวงน้อย
				บ้านแม่หลวงหลวง
			อมก๋อย	บ้านแม่ต๋อม
				บ้านแม่อกสู
ตาก		ท่าสองยาง	ท่าสองยาง	บ้านปางทอง
				บ้านแม่จะวาง
				บ้านแม่คีน
				บ้านแม่เหว่ย
				บ้านแม่อมกิ
			แม่ต้าน	บ้านขุนห้วยแม่ชะโหมะ
				บ้านห้วยปู่แกง
			แม่วะหลวง	บ้านขุนแม่เหว่ย
			แม่สอง	บ้านทิโป๊ะคี
				บ้านบอโป๊ะคี
				บ้านแม่ระเมิง
				บ้านแม่สอง
				บ้านรห่อไกร
				บ้านห้วยมะโหนก

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			แม่หละ	บ้านกามาผาไค้
				บ้านขุนห้วยนกกก
				บ้านขุนห้วยแม่หละ
				บ้านที่จื้อหล่อคิ
			แม่อุสุ	บ้านจะเนจื้อ
				บ้านด๊ะโก๊ะคิ
				บ้านแม่สองน้อย
		บ้านดาก	ท้องฟ้า	บ้านดอนใหญ่ (ฉลอม)
				บ้านท้องฟ้า
				บ้านทุ่งกระเซาะ
				บ้านใหม่
		เมืองดาก	แม่ท้อ	บ้านลานสาาง
		แม่ระมาด	จะเนจื้อ	บ้านทุ่งผู้เมีย
				บ้านพะตะบุ (พะละ)
			พระราชตุ	บ้านดินธาตุ
				บ้านป่าไร่เหนือ
				บ้านหนองหลวง
				บ้านห้วยสลุ
			แม่ระมาด	บ้านแม่ระมาด
				บ้านห้วยนกแล (หลายท่า)
		แม่สอ	พะวอ	บ้านสามหมื่นทุ่ง
		วังเจ้า(กิ่งอ.)	นาโบสถ์	บ้านเพชรขมภู
		อุ้มผาง	แม่จัน	บ้านกฤษ์เล่อต่อ
				บ้านที่จื้อชี
				บ้านเป็งเคิ้ลิ่ง
			แม่ละมั่ง	บ้านนาหลวงขมพู
				บ้านป่าพู

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			โมโกร	บ้านเกาะ
				บ้านเนินเพิ่ม
				บ้านแม่กลองคี
				บ้านแม่กลองน้อย
				บ้านยะมะละคี
				บ้านวังพลับ
				บ้านหนองจิกยาว
				บ้านหนองโมก
				บ้านหนองสรวง
				บ้านหนองหมอ
				บ้านหินโจน
			อุ่มผาง	บ้านเขาน้อย
				บ้านคลองตะเคียนเตี้ย
				บ้านทับดาเบา
				บ้านประดาก
	น่าน	เฉลิมพระเกียรติ	ขุนน่าน	บ้านค่าน
				บ้านนาตุ
				บ้านเปียงก่อ
		เชียงกลาง	เปือ	บ้านห้วยพ่าน
			พระธาตุ	บ้านหนองปลา
		ท่าวังผา	ศรีภูมิ	บ้านภูเขาก้าว
		ทุ่งช้าง	ทุ่งช้าง	บ้านป่าไค้
		นาน้อย	บัวใหญ่	บ้านทัพม่าน
			สันทะ	บ้านเขตวัน
		นาหมื่น	ปิงหลวง	บ้านน้ำเคิม
				บ้านน้ำทา
				บ้านห้วยฮั่น

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			เมืองลี	บ้านน้ำแขวง
				บ้านวังน้ำเย็น
		บ่อเกลือ	คงพญา	บ้านสบัน
				บ้านห้วยหมี
			บ่อเกลือใต้	บ้านนาคอก
				บ้านบ่อหลวง
				บ้านผาคับ
			บ่อเกลือเหนือ	บ้านนากัน
				บ้านน้ำแคะ
				บ้านน้ำว้า
				บ้านบ่อห้วยก
				บ้านบ่อห้วยกใต้
				บ้านเวร
				บ้านสะละ
				บ้านห้วยปอ
			ภูฟ้า	บ้านห้วยลอย
		บ้านหลวง	บ้านฟ้า	บ้านฟ้า
			สวด	บ้านเจริญราษฎร์
		ปัว	ภูคา	บ้านกอก
				บ้านขุนกุน
				บ้านตาน้อย
				บ้านคาหลวง
		เวียงสา	แม่ชะนิง	บ้านห้วยห้วยก
			อำนาโหลย	บ้านปางมอญ
		สองแคว	นาไร่หลวง	บ้านปางไฮ
			ยอด	บ้านน้ำเกาะ
	พะเยา	เชียงคำ	แม่ลาว	บ้านน้ำมินเหนือ

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
		ภูซาง(กิ่งอ.)	ทุ่งกล้วย	บ้านลา
			ภูซาง	บ้านห้วยसान
	พิษณุโลก	ชาติตระการ	บ่อภาค	บ้านลาดเรือ
		นครไทย	นครชุม	บ้านทุ่งมหาชัย
				บ้านห้วยก้านเหลือง
			น้ำกุ่ม	บ้านนาแฝก
				บ้านนุ่งผ้า
			บ้านพร้าว	บ้านห้วยทราย
		เนินมะปราง	วังยาง	บ้านมะดอง
	เพชรบูรณ์	เขาค้อ	แคมป์สน	บ้านทางแดง
				บ้านห้วยไผ่
			ทุ่งสมอ	บ้านแก่งออย
			ริมสีม่วง	บ้านจะวะสิต
		ชนแดน	ซับพุทรา	บ้านซับเจริญ
		เมืองเพชรบูรณ์	ตะเภา	บ้านหัวนาเลา
			นาป่า	บ้านนาเจริญ
			บ้านโตก	บ้านบ่อโพธิ์
				บ้านห้วยตุม
			วังชมภู	บ้านน้อยนาสวรรค์
				บ้านป่ารวก
			ห้วยสะแก	บ้านเนินสมบูรณ์
			ห้วยใหญ่	บ้านน้ำเคือเหนือ
		หล่มเก่า	ตาดกลอย	บ้านตาดกลอยเหนือ
			บ้านเนิน	บ้านน้ำเพียงดิน
			วังบาล	บ้านภูปูน
				บ้านห้วยหอย
				บ้านเหมืองแบ่ง

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			ศิลา	บ้านวังเวินพัฒนา
				บ้านอุมกะทาด
		หล่มสัก	น้ำก้อ	บ้านน้ำก้อ
				บ้านห้วยปูน
			น้ำซุน	บ้านน้ำซุน
			บึงน้ำเต้า	บ้านถ้ำสมบัติ
			ปากช่อง	บ้านน้ำคุดเหนือ
			ห้วยไร่	บ้านวังซอนคู่
	แพร่	เมืองแพร่	ปายคง	บ้านท่าฟ้าใหม่
				บ้านน้ำกลาย
				บ้านน้ำจ้อม
				บ้านปากกลาย
				บ้านฟ้าสีทอง
				บ้านแม่ลัว
				บ้านห้วยหยวก
			สวนเขื่อน	บ้านแม่แคม
				บ้านหล่าย
		ลอง	หัวทุ่ง	บ้านน้ำพร้าว
		วังชิ้น	แม่เก้ง	บ้านปิ่นเงิน
			แม่ป้าก	บ้านแม่จอกนอก
			แม่พุง	บ้านขุนห้วย
		สูงเม่น	หัวฝาย	บ้านคำงาม
	แม่ฮ่องสอน	ขุนยวม	ขุนยวม	บ้านแม่สะเป
				บ้านแม่สะเปเหนือ
			แม่กี้	บ้านพะไท
			แม่เงา	บ้านสวนอ้อย
			แม่ขวมน้อย	บ้านบวกครกน้อย

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
				บ้านมะหินหลวง
				บ้านแม่แจ๊ะ
				บ้านแม่ลาเกะ
				บ้านหนองป่าครั่ง
				บ้านหัวแม่ลาเกะ
			แม่อุคอ	บ้านพัฒนา
				บ้านห้วยฟาน
				บ้านหัวแม่สุริน
		ปางมะผ้า	นาปู่ป้อม	บ้านซอเบะ
				บ้านโง้งหลวง
				บ้านปางตอง
				บ้านป่าไหล
				บ้านปงยาม
			สบป่อง	บ้านน้ำริน
		ปาย	ทุ่งยาว	บ้านแม่อีแลบ
			เมืองแปง	บ้านคอยหมากพริก
				บ้านห้วยผักห้า
			แม่นาแดง	บ้านปางแปก
			แม่สี	บ้านแม่สี
				บ้านห้วยแก้ว
			เวียงเหนือ	บ้านกัวหน่อ
				บ้านเมืองน้อย
				บ้านห้วยหก
				บ้านหัวแม่เมือง
		เมืองแม่ฮ่องสอน	จองคำ	บ้านจองคำ
			ปางหมู	บ้านทุ่งกองมู
				บ้านในสอย

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			ผาป่อง	บ้านหัวน้ำแม่สะกิด
			หมอกจำแป้	บ้านทบศอก
				บ้านหมอกจำแป้
				บ้านห้วยขาน
				บ้านห้วยมะเขือส้ม
			ห้วยปูลิง	บ้านหนองขาว
				บ้านห้วยปูเลย
				บ้านห้วยไม้ดำ
				บ้านห้วยยา
			ห้วยโป่ง	บ้านร้องกู่
			ห้วยผา	บ้านนาปลาจาด
		แม่ลาน้อย	ขุนแม่ลาน้อย	บ้านขุนแม่ลาน้อย
				บ้านแม่ลาผาไหว
			แม่โถ	บ้านผาแดงหลวง
				บ้านแม่จ่อ
				บ้านแม่โถใต้
			แม่ลาน้อย	บ้านขุนแม่ลำจั่ว
				บ้านแม่สะปังกกลาง
				บ้านแม่สะปังกเหนือ
			แม่ลาหลวง	บ้านห้วยกองเป้าะ
			สันติคีรี	บ้านแม่ปาง
				บ้านแม่สุ
		แม่สะเรียง	บ้านกาศ	บ้านขุนแม่ต๊อบ (ดินดอย)
				บ้านแม่ต๊อบเหนือ
			ป่าแป๋	บ้านป่าแป๋
				บ้านแม่ปุ่น
				บ้านแม่ละ
				บ้านแม่อุ้มสองหลวง

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
			แม่คง	บ้านจอท่า
				บ้านจอสิเคอร์ (ห้วยเหี้ยะ)
				บ้านแม่ก้อนใต้
				บ้านห้วยกองแป
				บ้านห้วยห้อม
			แม่ยวม	บ้านแม่กองคา
			แม่สะเรียง	บ้านปากกล้วย
			แม่เหาะ	บ้านแม่สวรรค์
				บ้านห้วยปลาถ้ำ
			เสาหิน	บ้านสลาเชียงคอง
		สบเมย	กองก่อย	บ้านแม่สะเต
				บ้านห้วยเกียง
			แม่คะตวน	บ้านแม่ออกกลาง
			แม่สวด	บ้านแม่สวดใหม่
			แม่สามแลบ	บ้านกอมูเดอ
				บ้านแม่ลามาน้อย
			สบเมย	บ้านขุนแม่คะตวน
	ลำปาง	งาว	บ้านร้อง	บ้านแม่งาวใต้
			แม่ต๊ิบ	บ้านดงพัฒนา
		แจ้ห่ม	ปงคอน	บ้านเปียงใจ (เลาสุ)
			เมืองมาย	บ้านนางาม
				บ้านแม่เบิน
		เถิน	นาโป่ง	บ้านปากกอง
			แม่ถอด	บ้านแม่แก่ง
		เมืองปาน	แจ้ซ้อน	บ้านป่าหม้าย
				บ้านแม่แจ่ม
			เมืองปาน	บ้านคอนไชย
				บ้านปางอ้าย

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
		เมืองลำปาง	บ้านแลง	บ้านปู่จ้อย
		แม่ทะ	คอนไฟ	บ้านเอี้ยก
		แม่พริก	ผาปึง	บ้านป่ายางตก
				บ้านห้วยบ่อทอง
			แม่พริก	บ้านด่านแม่คำมันกลาง
				บ้านด่านแม่คำมันใต้
				บ้านด่านแม่คำมันเหนือ
		วังเหนือ	ทุ่งฮั่ว	บ้านผาแดง
	ลำพูน	ทุ่งหัวช้าง	ทุ่งหัวช้าง	บ้านทุ่งเป็ด
				บ้านแม่บันแดง
				บ้านหนองป่าตึง
		บ้านโฮ้ง	ป่าพลู	บ้านป่าพลู
				บ้านแม่ลอบ
				บ้านห้วยกองเลาะ
		ป่าซาง	ม่วงน้อย	บ้านกอม่วง
			มะกอก	บ้านหนองสร้อย
		เมืองลำพูน	ศรีบัวบาน	บ้านจำขี้มด
				บ้านทุ่งยาว
			เหมืองจี	บ้านหนองจาง (ป่าตอง)
		แม่ทา	ทากาศ	บ้านปงผาง
				บ้านผาด่าน
			ทาบลาดูก	บ้านหน้าสถานี
			ทาแม่ลอบ	บ้านต้นผึ้ง
				บ้านห้วยส้มนอก
				บ้านห้วยส้มใน
			ทาสบเส้า	บ้านดง
				บ้านคอยสารภี

ตารางที่ 8 แสดงรายชื่อหมู่บ้าน ที่เสี่ยงจากดินถล่ม และน้ำป่าไหลหลากในภาคเหนือ (ต่อ)

ภาค	จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน
				บ้านผาดัง
				บ้านสบแม่สะปัวด (สบสะปัวด)
		ดง	นาทราย	บ้านแม่หว่างลุ่ม
				บ้านแม่หว่างห้วยรินเสรีธรรม
			ศรีวิชัย	บ้านแม่จ้อง
				บ้านใหม่สุขสันต์
	สุโขทัย	ศรีสัชนาลัย	แม่สำ	บ้านแม่सान
		ศรีสำโรง	นาขุนไกร	บ้านนาคตแพะ
	อุตรดิตถ์	ทองแสนขัน	บ่อทอง	บ้านน้ำพี
		ท่าปลา	ท่าแฝก	ท่าแฝก
				บ้านงอมสัก
			นางพญา	นางพญา
				บ้านน้ำพร้าว
			น้ำหมัน	น้ำหมัน
				บ้านน้ำต๊ะ
				บ้านน้ำลี
		ลับแล	แม่พูล	บ้านแวนนาริน
	อุทัยธานี	บ้านไร่	คอกควาย	บ้านน้ำพุ
				บ้านใหม่ลำปาง
			บ้านไร่	บ้านพุดอน
		ลานสัก	ระบำ	บ้านท่าเสากระโดง
				บ้านหนองหญ้าไทร
				วังทอง

6. แนวทางการป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากดินถล่ม

เมื่อได้ทราบพื้นที่ที่เกิดดินถล่ม ก็ทำให้สามารถวางแผนป้องกันผลกระทบจากดินถล่มคือพื้นที่ชุมชนได้ ซึ่งมีมาตรการต่างๆ ดังนี้

6.1 การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ไม่ตัดไม้ทำลายป่า รัฐมีมาตรการดูแลป่าอย่างเข้มงวด รวมทั้งชี้ให้ชุมชนเห็นประโยชน์ของป่า ให้อยู่ร่วมกับป่าและช่วยกันดูแลรักษาป่า (รูปที่ 23) ในสภาพป่าที่สมบูรณ์ นอกจากจะสามารถดูดซับน้ำ ได้มากกว่าพื้นที่อื่น ระบบรากยังสามารถยึดกับดินได้มากและมั่นคงมากกว่า 20 % (Wu et al., 1996)

6.1.1 การทำโซนนิ่ง (Zoning) เพื่อใช้วางแผนจัดการพื้นที่สูงชันอย่างเป็นระบบ เช่น การทำแผนการใช้ที่ดินหรือแผนแม่บทด้านวางแผนการใช้ที่ดิน

6.1.2 กำหนดมาตรการทางกฎหมาย โดยการออกกฎหมายบังคับใช้พื้นที่อนุรักษ์ต่างๆ เช่น กฎหมายเกี่ยวกับลุ่มน้ำ ได้กำหนดให้พื้นที่ลุ่มน้ำชั้นหนึ่งเอ เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำไม่สามารถทำอย่างอื่นได้และต้องอพยพชุมชนออก กฎหมายเขตป่าถาวร อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เป็นต้น หรือการห้ามใช้ประโยชน์และออกเอกสารสิทธิในพื้นที่ที่มีความลาดชันเกิน 35 %

6.1.3 การรณรงค์ให้ประชาชนรักป่า เห็นประโยชน์ของป่าไม้ เช่น โครงการป่าชุมชนให้คนอยู่ร่วมกับป่า โครงการป่ารักษน้ำ



รูปที่ 23 สภาพป่าที่สมบูรณ์

6.2 การปลูกป่า ในบริเวณเทือกเขา ซึ่งป่าต้นน้ำถูกทำลาย เช่น ปลูกสัก สนสองใบ สนสามใบ หรือไม้ในป่าดิบชื้นต่างๆ เป็นต้น เนื่องจากป่าไม้เป็นเขื่อนธรรมชาติ ที่ช่วยชะลอความแรงของน้ำ เก็บกักน้ำ และระบบรากของป่าไม้จะช่วยยึดดินให้มีความมั่นคงมากขึ้นด้วย ดังพระราชดำรัสในสมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชินีนาถ ความว่า “...พระเจ้าอยู่หัวเป็นน้ำ ฉันจะเป็นป่า ป่าที่ถวายเป็นความรักกตัญญู...” ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงให้แนวทาง การรักษาป่าที่เหมาะสมกับสภาพของท้องถิ่นเรียบง่ายและประหยัดที่สุด ดังนี้ (สำนักงาน กปร. 2547)

6.2.1 การปลูกป่า 3 อย่าง ให้ประโยชน์ 4 อย่าง

ทรงมีพระราชดำรัสว่า “...การปลูกป่า 3 อย่าง แต่ให้ประโยชน์ 4 อย่าง ซึ่งได้ไม้ ผล ไม้สร้างบ้านและไม้ฟืนนั้น สามารถให้ประโยชน์ถึง 4 อย่าง คือ นอกจากประโยชน์ในตัวเองตามชื่อแล้วยังสามารถใช้ประโยชน์อื่นที่ 4 ซึ่งเป็นข้อสำคัญ คือ สามารถช่วยอนุรักษ์ดินและต้นน้ำลำธารด้วย...” และได้ทรงอธิบายเพิ่มเติมว่า “...การปลูกป่า ถ้าให้ราษฎรมีประโยชน์ให้เขาอยู่ได้ให้วิธีปลูกไม้ 3 อย่าง แต่มีประโยชน์ 4 อย่าง คือ ไม้ใช้สอย ไม้กินได้ ไม้เศรษฐกิจ โดยปลูกรองรับการชลประทาน ปลูกรับซบ น้ำและปลูกอุกช่องไหลตามร่องห้วย โดยรับน้ำฝนอย่างเดียว ประโยชน์ที่ 4 คือ ได้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ...” เช่นตัวอย่าง โครงการพัฒนากลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ฯ ซึ่งมีการปลูกไม้เพื่อใช้สอยและเศรษฐกิจ เช่น ไม้สัก ไม้แดง ไม้ไผ่ หวาย ไม้พินเชื้อเพลิง เช่น ไม้กระถินยักษ์ ไม้กินได้ เช่น สะเดา แคน จั๊กเหล็ก มะไฟ มะขามป้อม มะเก้ง ซึ่งล้วนก่อประโยชน์ต่อชุมชนและให้ประโยชน์ คือ ช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

6.2.2 การปลูกป่าทดแทน การปลูกไม้ตามแนวพระราชดำริ จะต้องศึกษาถึงสภาพพื้นที่เสียก่อน ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะดิน ลักษณะต้นไม้ม ของบริเวณพื้นที่นั้น สามารถจำแนกตามสภาพพื้นที่ได้ดังนี้

6.2.2.1 การปลูกป่าทดแทนบริเวณไหล่เขา

พระราชดำรัส วันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2520 ณ โครงการจัดการลุ่มน้ำแม่สา อำเภอมะแมร์ม จังหวัดเชียงใหม่ “...การปลูกป่าทดแทนตามไหล่เขาจะต้องปลูกต้นไม้หลายๆ ชนิด เพื่อให้ได้ประโยชน์นอกประสงค์ คือ มีทั้งไม้ผล ไม้สำหรับก่อสร้าง และไม้สำหรับทำฟืน ซึ่งราษฎรจำเป็นต้องใช้ประจำ ซึ่งเมื่อตัดไปใช้แล้วก็ปลูกทดแทนเพื่อหมุนเวียนทันที...”

ตัวอย่างโครงการพัฒนาคลองขุด จังหวัดเชียงราย ได้ดำเนินการเชิญชวนให้ราษฎรเข้าร่วมกันปลูกเพื่อฟื้นฟูป่าตามไหล่เขา โดยการปลูกไม้สนสามใบ ไม้ประดู่ และหญ้าแฝก เพื่อป้องกันการพังทลายของดิน

6.2.2.2 การปลูกป่าทดแทนในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม

พระราชดำรัส วันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2520 ณ โครงการพัฒนาและปรับปรุงพื้นที่เกษตรกรรม ชาวเขาบ้านป่าเลา อำเภอเสมิง จังหวัดเชียงใหม่ “...ปลูกต้นไม้ชนิดโตเร็วคลุมแนวร่องน้ำเสียก่อน เพื่อให้ความชุ่มชื้นค่อยๆ ทวีขึ้น และแผ่ขยายกว้างออกไปทั้งสองข้างร่องน้ำ อันจะทำให้ดินไม่งอกงามขึ้นและจะมีส่วนช่วยป้องกันไฟป่า ซึ่งจะเกิดขึ้นง่ายหากป่าขาดความชุ่มชื้น ส่วนต้นไม้ที่จะปลูกจะต้องมีทั้งต้นไม้คลุมแหล่งน้ำ ต้นไม้ยึดดินไม่ผล ต้นไม้ใช้ทำฟืน ต้นไม้ใช้ในการก่อสร้างตลอดจนต้นไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ประโยชน์ได้อย่างอเนกประสงค์...”

โครงการหนึ่งที่เห็นผลชัดเจน คือ สภาพป่าของกลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ฯ เมื่อ 20 ปีที่ผ่านมา จะมีสภาพเสื่อมโทรม อากาศร้อนฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ต่อมาได้มีการพัฒนาพื้นที่ป่าด้วยการปลูกป่าในพื้นที่ 8,500 ไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณร่องน้ำ ร่องน้ำห้วยสาขาต่างๆ ของห้วยฮ่องไคร้ฯ ได้ดำเนินการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นการฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรมได้รวดเร็วเป็นผลให้สภาพป่ามีความสมบูรณ์และคืนสู่ธรรมชาติต่อไป

6.2.2.3 การปลูกป่าต้นน้ำ

พระราชดำรัส วันที่ 14 เมษายน พ.ศ. 2520 ณ พื้นที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี “...การที่จะมีต้นน้ำลำธารไปชั่วกาลนานนั้นสำคัญอยู่ที่การรักษาป่าและปลูกป่าบริเวณต้นน้ำ ซึ่งเป็นยอดเขาและเนินสูงชัน ต้องมีการปลูกป่าโดยไม่ย่นต้น และปลูกไม้พุ่ม ซึ่งไม้พุ่มนั้นราษฎรสามารถตัดไปใช้ได้ แต่ต้องมีการปลูกป่าทดแทนเป็นระยะ ส่วนไม้ย่นต้นนั้นจะช่วยให้อากาศมีความชุ่มชื้น เป็นขั้นตอนหนึ่งของระบบการให้ฝนตกแบบธรรมชาติ ทั้งยังช่วยยึดดินบนเขาไม่ให้พังทลายเมื่อเกิดฝนตกอีกด้วย ซึ่งถ้ารักษาสภาพป่าไม้ไว้ให้ดีแล้ว ท้องถิ่นก็จะมีน้ำไว้ใช้ชั่วกาลนาน...”

ตัวอย่างโครงการพัฒนาพื้นที่กลุ่มน้ำแม่กวัง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นการปลูกป่าหรือพืชพรรณธรรมชาติเดิม ได้แก่ ไม้เต็ง ไม้รัง เพื่อรักษาความชุ่มชื้นให้ป่าค่อยๆ ฟื้นตัวเองตามธรรมชาติ

6.2.3 การปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูก

พระราชดำรัส วันที่ 4 ธันวาคม พ.ศ. 2537 “...ถึงป่านั้นไว้ 5 ปี ครานั้น ไม่ต้องทำอะไรเลย แต่ป่าเจริญเติบโตเป็นป่าสมบูรณ์ โดยไม่ต้องปลูกสักต้นเดียว...คือการปลูกป่านั้น สำคัญอยู่ที่ปล่อยให้เขาขึ้นเอง...”

กลยุทธ์การปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูกเป็นไปตามหลักการกฎธรรมชาติ (Natural Succession) คือ การปรับสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเติบโตของต้นไม้และควบคุมไม่ให้มีคนเข้าไปตัดไม้ไม่มีการรบกวนเหยียบย่ำต้นไม้เล็กๆ เมื่อถึงไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง พืช ไม้ พืชพันธุ์ไม้ต่างๆ จะสามารถ

ค่อยๆ เจริญเติบโต แดกหน้อย แดกกอ และขยายพันธุ์พื้นด้วขึ้น ทำให้ระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตเริ่มเกิดขึ้น และเกื้อกูลกัน ต้นไม้เล็กๆ สามารถคลุมดินไว้ให้เกิดความชุ่มชื้น ไม้ยืนต้นก็สามารถเติบโตให้ร่มเงาช่วยปกป้องชะลอการระเหยอย่างรวดเร็วของน้ำในคอน พืชเล็กและไม้ใหญ่ก็สามารถเจริญเติบโตควบคู่กันไปได้

กลยุทธ์ของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวนี้เป็นวิธีที่แยบยล ง่าย ประหยัดที่สุด ไม่ต้องเสียอะไร แต่ผลที่ได้กลับมามีคุณค่ามหาศาล

ตัวอย่าง โครงการปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูก ที่ดำเนินการมาเป็นเวลานานและเห็นผลชัดเจน คือ โครงการศึกษาวิธีการฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้มอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวมีพระราชดำริ “...ให้ช่วยดูแลรักษาป่าอย่าไปรังแกป่าถ้าปล่อยทิ้งไว้ไม่ให้ใครไปรบกวน ระยะเวลา 30-40 ปี ป่าแห่งนี้จะฟื้นคืนสภาพจากป่าเต็งรังเป็นป่าเบญจพรรณ...” พระราชดำริ 15 กรกฎาคม 2539

6.2.4 การปลูกป่าในที่สูง

พระองค์ทรงให้ใช้ไม้ประเภทที่มีเมล็ดทั้งหลายขึ้นไปปลูกบนยอดเขาที่สูง เมื่อโตแล้ว ออกฝักออกเมล็ดก็จะลอยตกลงมาแล้วงอกขึ้นเองในที่ต่ำต่อไป เป็นการขยายพันธุ์โดยธรรมชาติ เป็นการปลูกป่าที่อาศัยหลักธรรมชาติพลังแรงโน้มถ่วงของโลก คือ สิ่งที่อยู่พื้นที่สูงย่อมตกลงสู่ที่ต่ำกว่าเสมอ ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายในการปลูกป่า

ตัวอย่าง โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ งานพัฒนาป่าไม้ ซึ่งดำเนินการปลูกป่าในที่สูง โดยการพัฒนาแมกไม้ธรรมชาติที่มีอยู่ให้สามารถเจริญเติบโตกระจายเมล็ดพันธุ์ตามธรรมชาติ รวมทั้งการปลูกไม้ในที่สูง เช่น ไม้กระถินยักษ์ ให้โปรยเมล็ดพันธุ์ลงสู่ด้านล่างเพื่อให้เจริญเติบโตได้เองตามธรรมชาติ หรือโครงการพัฒนาพื้นที่ดินน้ำหนาว อำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีพื้นที่ป่า 147,000 ไร่ และมีการปลูกไม้ยืนต้นคืนสู่ธรรมชาติ ทำให้ป่าบริเวณน้ำหนาวเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ

6.2.5 ปลูกป่าในใจ คือ การปลูกป่าลงบนแผ่นดิน

ความต้องการอยู่รอดของมนุษย์ ทำให้ประชากรมนุษย์บริโภคและใช้สอยทรัพยากรธรรมชาติ อย่างสิ้นเปลือง มนุษย์หรือคนจึงเป็นทรัพยากรเดียวในโลกที่ธรรมชาติที่กอบโกยผลประโยชน์จากทรัพยากรอื่นๆ เพื่อประโยชน์แก่กลุ่มชนของตนเอง และสร้างความเสียหายแก่สิ่งแวดล้อม ดังเช่น พระราชนิพนธ์พระมหากษัตริย์ได้ตรัสว่า “...นับแต่อุปราชจนถึงคนรักษาช้าง คนรักษาม้า และนับแต่คนรักษาม้าจนถึงอุปราช และโดยเฉพาะเหล่าอมาตย์ ถ้วนจาริกในโมหภูมิทั้งนั้น ... พวกนี้ขาดทั้งความรู้

วิชาการ ทั้งความรู้ทั่วไป คือความสำนึกธรรมชาติ พวกนี้ไม่รู้แม้แต่ประโยชน์ส่วนตน พวกนี้ชอบผลมะม่วง แต่ก็ทำลายต้นมะม่วง...”

ฉะนั้น หากคนอีกนับร้อยนับพันล้าน ยังคงใช้ปัจจัยความจำเป็นขั้นพื้นฐานของชีวิตแบบไม่รู้จักพอปัญหาความไร้สมดุลของธรรมชาติจะเกิดขึ้นวนเวียนอย่างไม่สิ้นสุด

“...เจ้าหน้าที่ป่าไม้ควรจะปลูกต้นไม้ลงในใจคนเสียก่อน แล้วคนเหล่านั้นก็จะพากันปลูกต้นไม้ลงบนแผ่นดิน และรักษาต้นไม้ด้วยตนเอง...”

ตัวอย่าง โครงการปลูกป่าในใจคนแห่งหนึ่ง ซึ่งทรงถึงเห็นและรับสั่งไว้เมื่อวันที่ 5 เมษายน พ.ศ. 2526 ว่า “...หากปล่อยทิ้งไว้จะกลายเป็นทะเลทรายในที่สุด...” ก็คือ ที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยทรายฯ ทรงมีพระราชประสงค์ให้พัฒนาพื้นที่แห่งนี้ เป็นศูนย์ศึกษาการพัฒนาด้านป่าไม้ อเนกประสงค์ โดยให้ราษฎรที่เข้าทำกินอยู่เดิมได้มีส่วนร่วมในการดูแลรักษาป่าไม้ได้ประโยชน์จากป่าไม้และไม่ทำลายป่าไม้อีกต่อไป

6.3 การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้พื้นที่ลาดชัน เช่น การตัดถนนผ่านภูเขาสูงชันต่างๆ การทำการเกษตรในพื้นที่สูง การดำเนินงานของโครงการหลวง (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548) ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานพระราชดำริ และพระราชทานทรัพย์ส่วนพระองค์ ให้ดำเนินงานโครงการหลวงมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2512 เพื่อพัฒนาการเกษตรในพื้นที่สูง ลดการปลูกพืชเสพติดและการอนุรักษ์ป่าต้นน้ำลำธาร โดยมีพระราชประสงค์จะทรงช่วยเหลือราษฎรชาวไทยภูเขาในท้องถิ่นทุรกันดาร ซึ่งมีชีวิตความเป็นอยู่ยากจน อาศัยการปลูกฝิ่นและทำไร่เลื่อนลอย ให้มีชีวิตความเป็นอยู่ดีขึ้น นับตั้งแต่โปรดเกล้าฯ จัดตั้งโครงการหลวงขึ้นมา เริ่มจากงานวิจัยพืชเมืองหนาว ส่งเสริมพัฒนาอาชีพควบคู่กันไป เพื่อให้เกษตรกรชาวเขาเลิกปลูกฝิ่น ปัจจุบันมีโครงการหลวงรวม 36 ศูนย์ในพื้นที่ 5 จังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน แม่ฮ่องสอน และพะเยา สำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมีหลายวิธี (กองแผนงาน 2539 , พิพัฒน์ และคณะ 2548) ตามรูปที่ 24 ซึ่งการจะใช้วิธีไหนให้เหมาะสมขึ้นกับสภาพพื้นที่และความลาดชัน (ตารางที่ 9) ส่วนมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำสามารถแบ่งเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

6.3.1 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีทางวิศวกรรม เช่น การสร้างขั้นบันไดดิน (Bench terraces) ตามรูปที่ 24 และ 25 เป็นการปรับพื้นที่ลาดชันให้เป็นขั้นบันไดดินต่อเนื่องตามความลาดเทของพื้นที่ เป็นวิธีการที่สามารถลดการสูญเสียดินและน้ำได้ดิบพื้นที่สูง เหมาะสมสำหรับปรับพื้นที่เพื่อปลูกพืชให้ผลตอบแทนสูงในระยะยาว เช่น พืชผักและไม้ผลเมืองหนาว โดยกรมพัฒนาที่ดิน ได้ดำเนินการจัดทำคันดินในบริเวณพื้นที่สูงชันมาเป็นเวลานาน และยังคงดำเนินการต่อไป ส่วนการสร้างคูรับน้ำชายเขา (Hillside ditches) ตามรูปที่ 24 ทำได้โดยการขุดคูลักษณะเป็นร่องน้ำขนาดเล็กขวางความ

ลาดเทของพื้นที่เป็นช่วงๆ เพื่อลดปริมาณน้ำไหลบ่า การวางแผนเพื่อขุดร่องมีการลดระดับเล็กน้อย เพื่อระบายน้ำลงสู่แนวชายป่าหรือร่องน้ำธรรมชาติ



AC ย่อมาจาก Agronomic Conservation measure หมายถึง มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช



AF ย่อมาจาก Agro-forestry หมายถึง วนเกษตร



CD ย่อมาจาก Conservation ditch หมายถึง คันดินกั้นน้ำ หรือขั้นบันไดดินธรรมชาติ



CT ย่อมาจาก Convertible terraces หมายถึง ขั้นบันไดอาจเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างคือ ตอนแรกสร้างเป็นคันหรือกำแพงกันไว้เป็นระยะๆ หลังจากนั้นเมื่อไถพรวนดินและเกิดการสะสมของตะกอนดิน พื้นที่ระหว่างคันจะกลายเป็นขั้นบันไดดิน



HD ย่อมาจาก Hillside ditches หมายถึง คูรับน้ำชายเขา



BT ย่อมาจาก Bench terraces หมายถึง ขั้นบันไดดิน



IT ย่อมาจาก Intermittent terraces หมายถึง ขั้นบันไดดินแบบเว้นระยะไม่ต่อเนื่อง อาทิเช่น สร้าง 1 ขั้นแล้วเว้นไว้ 3 ขั้น ใช้ในกรณีที่ดินบประมาณสำหรับก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องมีไม่เพียงพอ เมื่อมีงบประมาณจึงมาสร้างตรงที่เว้นไว้ ก็จะได้ขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องนั่นเอง



OT ย่อมาจาก Orchard Terraces หมายถึง ขั้นบันไดดินสำหรับไม้ผล



DD ย่อมาจาก Diversion ditches หมายถึง คูเบนน้ำ

รูปที่ 24 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีต่างๆ (พิพัฒน์ และคณะ 2548)

ตารางที่ 9 แสดงทางเลือกของการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการ ใช้ประโยชน์ที่ดิน สมรรถนะที่ดิน ลักษณะของภูมิประเทศ ดิน ที่ดินและเครื่องจักรกลที่มีอยู่

ความลาดชัน	ความลึกของดิน (ซม.)	ชั้นสมรรถนะที่ดิน (Land capability)	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้เป็นหลัก	เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการ	ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ชั้นความลาดชันของพื้นที่	- องศา - % Slope				
1.	0 – 7 ° หรือเท่ากับ 0 – 12 %	มากกว่า 15 ซม.	C ₁ เหมาะสมสำหรับ ทำการเพาะปลูก อันดับ 1	- วิธีการเพาะปลูกพืช แบบอนุรักษ์และวัสดุ คลุมดิน - คันดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ	เครื่องจักรขนาด ใหญ่ หรือแรงคน ปลูกพืชได้ทุกชนิด
		ต่ำกว่า 15 ซม.	P	ปลูกหญ้าคลุมดิน	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
2.	7 – 15 ° หรือเท่ากับ 12 – 27 %	มากกว่า 30 ซม.	C ₂ เหมาะสมสำหรับ ทำการเพาะปลูก อันดับ 2	- ขึ้นบัน ไคคินหรือคัน ดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ	เครื่องจักรขนาด กลาง หรือแรงคน ปลูกพืชได้ทุกชนิด
		ต่ำกว่า 30 ซม.	P	คูรับน้ำชายเขา	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
3.	15 – 20 ° หรือเท่ากับ 27 – 36 %	มากกว่า 45 ซม.	C ₃ เหมาะสมสำหรับ ทำการเพาะปลูก อันดับ 3	- ขึ้นบัน ไคคินและคัน ดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ	เครื่องจักรขนาด เล็ก หรือแรงคน ปลูกพืชได้ทุกชนิด
		ต่ำกว่า 45 ซม.	P	- คูรับน้ำชายเขา - ทุ่งหญ้าที่ไม่ปล่อยให้ สัตว์เข้าไปเหยียบย่ำ	แรงคน หรือ ไถ เดินตาม พืชล้มลุกที่ต้องปลูก ทุกปีและอายุ 2-3 ปี
4.	20 – 25 ° หรือเท่ากับ 36 – 47 %	มากกว่า 55 ซม.	C ₄ เหมาะสมสำหรับ ทำการเพาะปลูก อันดับ 4	คันดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ และขึ้นบัน ไคคินบาง ประเภท	แรงคน หรือ ไถ เดินตาม พืชล้มลุกอายุปี หรือ 2-3 ปี
		ต่ำกว่า 55 ซม.	P เหมาะสำหรับ ทุ่งหญ้าเลี้ยง สัตว์	- คูรับน้ำชายเขา - ทุ่งหญ้าที่ไม่ปล่อยให้ สัตว์เข้าไปเหยียบย่ำ	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
5.	25 – 30 ° หรือเท่ากับ 47 – 58 %	มากกว่า 60 ซม.	FT	- ขึ้นบัน ไคสำหรับปลูก ไม้ผล	แรงคน ไม้ผล ไม้ยืนต้น
		ต่ำกว่า 60 ซม.	F or AF	- ป่าไม้หรือสวนป่า	ไม้ยืนต้น
6.	มากกว่า 30 ° หรือ มากกว่า 58 %	ทุกความลึกของ ดิน	F	- ปล่อยเป็นพื้นที่ป่าไม้	ปล่อยเป็นป่าไม้

ที่มา : พัทธน์และคณะ (2548)

หมายเหตุ C ย่อมาจาก Cultivable land, P ย่อมาจาก Pasture, FT ย่อมาจาก Land for food trees, fruit trees or tree crop,
F ย่อมาจาก Forest land, AF ย่อมาจาก Land for agro – forestry



รูปที่ 25 แสดงการสร้างชั้นบันไดดินบนพื้นที่ลาดชัน

6.3.2 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีทางพืช เช่น การใช้แถบไม้พุ่มบำรุงดินและการใช้แถบหญ้าเลี้ยงสัตว์ปลูกขวางความลาดชันของพื้นที่ สำหรับชนิดของไม้พุ่มบำรุงดินที่แนะนำบนพื้นที่ลาดชันทางภาคเหนือตอนบน มีหลายชนิดที่เหมาะสมและเจริญได้ดี ได้แก่ กระถินเปรู ถั่วมะแฮะ แคลฝรั่ง ถั่วมะแฮะนก และครามป่า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชตระกูลถั่ว มีปริมาณธาตุไนโตรเจนปริมาณสูง สามารถใช้ทำเป็นปุ๋ยพืชสดได้ ส่วนการใช้แถบหญ้า จะคล้ายคลึงกับการใช้ไม้พุ่มบำรุงดิน ทำการปลูกหญ้าขวางความลาดชันของพื้นที่ให้มีความกว้างของแถบหญ้าประมาณ 1 เมตร และระยะห่างระหว่างแถบหญ้าขึ้นอยู่กับความลาดชันของพื้นที่ สำหรับพืชหญ้าที่แนะนำ เช่น หญ้ารูซี่ หญ้าเซทาเรียเรีย หญ้าเนเปีย หญ้าบาเซีย และหญ้าแฝก ซึ่งการปลูกหญ้าแฝก กรมพัฒนาที่ดินได้ร่วมกับหลายหน่วยงานส่งเสริมการปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในพื้นที่สูงชันมีทำชั้นบันไดดิน ร่วมกับการปลูกไม้ผลและหญ้าแฝก (รูปที่ 26) ส่วนบริเวณไหล่ทางและหน้าผาชันที่มีการตัดถนน ควรมีการปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับ (รูปที่ 27) หรือใช้การปลูกหญ้าแฝกร่วมกับระบบวิศวกรรม เช่น การใช้ตะแกรงคาย้ำร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก เนื่องจากหญ้าแฝกมีระบบรากลึกและสามารถยึดกับดินได้อย่างดี (ดิถี 2541, วราธร 2543, ชัชวาล 2545) ส่วนกอดันหญ้าแฝกจะอัดกันแน่น ช่วยชะลอความเร็วน้ำ



รูปที่ 26 ในพื้นที่สูงชันมีทำขั้นบันไดดิน ร่วมกับการปลูกไม้ผลและหญ้าแฝก



รูปที่ 27 แสดงการปลูกหญ้าแฝกบนพื้นที่ลาดชันบนไหล่ถนน

6.4 การสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ หรือฝายดักตะกอน (ฝายชะลอความชุ่มชื้นหรือ Check Dam) โดยเขื่อนมีขนาดใหญ่จะสร้างบนบริเวณที่ราบใกล้หุบเขา ส่วนอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กความจุ้นน้อยกว่า จะสร้างบริเวณหุบเขา (รูปที่ 28) สำหรับฝายดักตะกอน จะอยู่บริเวณภูเขาหรือร่องน้ำ (รูปที่ 29) ซึ่งเป็นด่านแรกที่จะช่วยเก็บกักน้ำและลดความรุนแรงของน้ำ

6.5 การติดตั้งระบบเตือนภัย เช่น ติดตั้งสถานีวัดอากาศแบบอัตโนมัติในบริเวณเทือกเขา (รูปที่ 30) ที่สามารถส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา (realtime) สามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการได้รวดเร็ว และทันต่อสถานการณ์ เช่น ข้อมูลปริมาณฝน ระดับน้ำในห้วย ระดับน้ำใต้ดิน ความชื้นดิน เป็นต้น ว่าค่าที่ได้ถึงจุดวิกฤตหรือไม่ หรือใช้เครื่องวัดปริมาณฝนอย่างง่าย (รูปที่ 31) สำหรับประชาชนในหมู่บ้านเสี่ยงภัยสามารถตรวจสอบปริมาณฝนว่าถึงจุดอันตราย จำเป็นต้องอพยพไปอยู่ในที่ปลอดภัยชั่วคราว และติดตั้งระบบส่งสัญญาณเสียงสำหรับเตือนและกระจายข่าว



รูปที่ 28 อ่างเก็บน้ำบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัย



รูปที่ 29 ฝายชะลอความชุ่มชื้น (Check Dam)



รูปที่ 30 สถานีวัดอากาศแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 31 เครื่องวัดปริมาณฝนอย่างง่าย (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย และกรมอุตุนิยมวิทยา)

6.6 การอพยพชุมชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย โดยเฉพาะบ้านเรือนที่อยู่ใกล้ลำน้ำ มีการกำหนดเขตปลอดภัยสำหรับการตั้งบ้านเรือนในพื้นที่เสี่ยง (รูปที่32)



รูปที่32 ชุมชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย

7. สรุปผล

จากข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView (ESRI) ทำงานร่วมกับแบบจำลองวิเคราะห์ความมั่นคงของพื้นที่ลาดเท ของ Pack et al. (1998a, b) ข้อมูลแผนที่กลุ่มชุดดิน ข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดิน ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยา ข้อมูลความสูงเชิงเลข (DEM : Digital Elevation Model) ที่ความละเอียด 30 ม. ข้อมูลแผนที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลแผนที่หมู่บ้าน วิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากดินถล่ม โดยวิธีการวิเคราะห์ที่ได้ใช้วิธีทางธรณีเทคนิค (Geotechnical engineering method) ของ Pack et al. (1998a, b) เป็นการวิเคราะห์รายลุ่มน้ำ 255 ลุ่มน้ำย่อย ในมาตราส่วน 1:50,000 โดยได้ใช้ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน เป็นตัวอย่างในการเสนอรายงาน ที่ใช้วิเคราะห์เป็นแบบ raster จากข้อมูลพืชและลักษณะดิน ซึ่ง Pack et al. (1998a, b) ได้ศึกษาไว้ ทำให้ทราบค่าแรงยึดของรากพืชกับดิน (C) มุมของดินที่ทำกับชั้นหินพื้น (Phi) ส่วนปริมาณน้ำและการไหลของน้ำ จากลักษณะดินและชนิดพืชแตกต่างกันทำให้ค่าการไหลซึมผ่านดิน ค่าการไหลผ่านผิวดินแตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่ ใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView Spatial Analysis (ESRI) ร่วมกับแบบจำลองของ Pack et al. (1998a, b) ที่ชื่อ SINMAP วิเคราะห์ DEM (Digital Elevation Model) ตามลักษณะลุ่มน้ำย่อยที่ละลุ่มน้ำ จนครบ 255 ลุ่มน้ำ ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน โดยเลือก DEM ที่จะวิเคราะห์ เพื่อหาค่าความลาดเท (Slope) และทิศทางการไหลของน้ำ (Flow direction) และพื้นที่รับน้ำย่อย (contributing area) นำข้อมูลแผนที่ที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาค่า Stability index และแบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงดินถล่มได้ 3 ระดับ คือ พื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มหรือเกิดน้อย พื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มปานกลาง และพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่มสูง เมื่อนำข้อมูลจากการวิเคราะห์พื้นที่ที่มีความเสี่ยงดินถล่มเป็นรายลุ่มน้ำทั้ง 255 ลุ่มน้ำ มาเชื่อมต่อกันทั้งประเทศ ก็จะได้แผนที่แสดงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงดินถล่มของประเทศไทย

สำหรับหมู่บ้านเสี่ยงภัยจากดินถล่ม ได้จากการหาระยะห่างจากพื้นที่ที่มีความเสี่ยงเกิดดินถล่ม ประมาณ 2 กม. และอยู่ใกล้ลำน้ำรัศมี 200 เมตร เนื่องจากน้ำจะเป็นตัวพาหิน หินและต้นไม้มาด้วย การวิเคราะห์ได้แบ่งวิเคราะห์ตามลุ่มน้ำย่อย 255 ลุ่มน้ำ เช่นกัน ในที่นี้ก็ได้ใช้ลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำน่าน เป็นตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม ArcView ร่วมกับแผนที่เส้นทางน้ำ ที่ใช้ คำสั่ง buffer 200 เมตร ซ้อนทับกับแผนที่ตำแหน่งหมู่บ้านและแผนที่เสี่ยงดินถล่มที่ใช้ คำสั่ง buffer 2 กิโลเมตร ก็จะได้หมู่บ้านที่เสี่ยงภัยจากดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากของลุ่มน้ำ เมื่อนำหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากของแต่ละลุ่มน้ำย่อยมารวมกัน ก็จะได้หมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากของทั้งประเทศ จำนวน 581 หมู่บ้าน 42 จังหวัด พร้อมทั้งเข้าตรวจสอบหมู่บ้านในพื้นที่จริง และติดป้ายเตือนดินถล่มในบริเวณหมู่บ้าน

แนวทางการป้องกันแลบรรเทาผลกระทบจากดินถล่ม เช่น การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ไม่ตัดไม้ทำลายป่า รัฐมีมาตรการดูแลป่าอย่างเข้มงวด รวมทั้งชี้ให้ชุมชนเห็นประโยชน์ของป่า ให้อยู่ร่วมกับป่า และช่วยกันดูแลรักษาป่า การทำโซนนิ่ง (Zoning) เพื่อใช้วางแผนจัดการพื้นที่สูงชันอย่างเป็นระบบ กำหนดมาตรการทางกฎหมาย โดยการออกกฎหมายบังคับใช้พื้นที่อนุรักษ์ต่างๆ การรณรงค์ให้ประชาชนรักป่า การปลูกป่า ในบริเวณเทือกเขา การปลูกป่า 3 อย่าง ให้ประโยชน์ 4 อย่าง การปลูกป่าทดแทน การปลูกป่าทดแทนบริเวณไหล่เขา การปลูกป่าทดแทนในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม การปลูกป่าต้นน้ำ การปลูกป่าโดยไม่ต้องปลูก การปลูกป่าในที่สูง ปลูกป่าในใจ คือ การปลูกป่าลงบนแผ่นดิน การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากมีความจำเป็นต้องใช้พื้นที่ลาดชัน เช่น การตัดถนนผ่านภูเขาสูงชันต่างๆ การทำ การเกษตรในพื้นที่สูง สำหรับการสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ หรือฝายคักตะกอน จะช่วยลดความเร็วของน้ำ และกักดิน หินและเศษซากต่างๆก่อนจะกระทบหมู่บ้าน ส่วนการติดตั้งระบบเตือนภัยช่วยให้ประชาชนสามารถหลบหนีได้ทัน หรืออพยพไปอยู่ในที่ปลอดภัยชั่วคราว หรืออพยพชุมชนที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยอย่างถาวร เป็นต้น

8. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2548. www.dmr.go.th

กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยต่อดินถล่มของประเทศไทย.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2548. www.tmd.go.th

กองแผนงาน. 2539. รายงานการจัดการดินกลุ่มชุดดินที่ 62. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 62 หน้า.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. ปทานุกรมปฐพีวิทยา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 169 หน้า.

คณะทำงานเฉพาะกิจในการวิเคราะห์สภาพปัญหาอุทกภัย. 2544. ปัญหาวิกฤติอุทกภัย ที่อำเภอวังจั่น จังหวัดแพร่. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 47 หน้า.

คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา. 2530. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 161 หน้า.

ชัชวาล ตั้งวัฒนสุวรรณ. 2545. การเสริมกำลังดินทรายด้วยรากหญ้าแฝกคอน กลุ่มพันธุ์ราชบุรี. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8 เล่มที่ 2 GTE 423-428.

ดิถี แห่งชวนิช. 2541. Vetiver Grass for Slope Stabilization and Erosion Control. in Pacific Rim Vetiver Network Technical Bulletin. No. 1998/2 pp. 4-16.

นงลักษณ์ ไทยเจียมอารีย์. 2546. เสถียรภาพของลาดดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก้อ โดยใช้คุณสมบัติทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 196 หน้า.

ประทุมพร พันเพ็ง. 2548. พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มและอุทกภัยภาคเหนือของประเทศไทย. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 82 หน้า.

พิพัฒน์ ไทยกล้า วินัย อักษรพันธ์ สมล ไสภากร ชาติชาย พูนพาณิชย์ ปัญญา เจริญยุทธ และ สุวิมล พุทธจรรยาเวส. 2548. ดันแบบการเตรียมพื้นที่เพื่อป้องกันการเสื่อมและเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจของดินและที่ดินรวมทั้งการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 116 หน้า.

พิสุทธิ วิจารณ์ สุรินทร์ ไวยเจริญ สติระ อุดมศรี อนุวัตร โพธิ์นาม และสุพร บุญประคับ 2533. สาเหตุและประเมินผลความเสียหายบริเวณพื้นที่อุทกภัยของจังหวัดนครศรีธรรมราช และ สุราษฎร์ธานี ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับดินและธรณีวิทยา. กรมพัฒนาที่ดิน 34 หน้า.

- วรกร ไม้เรียง วรณี สุขสาคร สุนันท์ कुमारณ์ วรวิดิ ดันตวันิช และ บุญชัย เชิญเกียรติประดับ. 2546. ร่าง รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการ “การพัฒนาแผนหลักการจัดการภัยธรรมชาติที่เกี่ยวกับดินถล่ม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
- วราธร แก้วแสง 2543. คุณสมบัติด้านวิศวกรรมของดินร่วนเหนียวผสมรากหญ้าแฝกคอนกลุ่มพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์สำหรับงานป้องกันลาดดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วุฒิชัย สิริช่วยชู ไมตรี สิงหะวาระ และสุชาติ นาควิทยา. 2532. รายงานการสำรวจพื้นที่น้ำท่วม อ.บ้านนาสาร จ.สุราษฎร์ธานี. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน 29 หน้า.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2548. การศึกษาพฤติกรรมของดินถล่มในจังหวัดภูเก็ต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (www.ku.ac.th).
- สมพร ผาดินาวิน. 2548. พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มและอุทกภัยภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคกลางของประเทศไทย. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 79 หน้า.
- สำนักงาน กปร. 2547. อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ บริษัททุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977) จำกัด 217 หน้า.
- สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. คู่มือการจัดการดินสำหรับการปลูกพืชในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอ่างขาง. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 123 หน้า.
- สุรพล เจริญพงศ์ ณรงค์ ตรีสุวรรณ เดชา วิเศษสินธุ์ วุฒิชัย สิริช่วยชู กิติ มาลัยโรจน์ศิริ ชัชวาล โชคบัณฑิต และชุมพล คงอินทร์. 2532. รายงานการสำรวจพื้นที่ตะกอนทับถม บริเวณพื้นที่น้ำท่วม อ.พิปูน อ.ฉวาง อ.พหลมคีรี อ.ท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน 98 หน้า.
- BC Geological Survey. 2006. Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. <http://www.em.gov.bc.ca/Mining/Geolsurv/Surficial/landslid/default.htm>
- Church, M. and M.J. Miles. 1987. Meteorological antecedents to debris flow in southwestern British Columbia; Some case studies. Reviews in Engineering Geology, Vol. VII. Geological Society of America. pp. 63-78.
- Eastman, J.R., 1999. idrisi32 : Guide to GIS and Image Processing. Vol. 2. Clark University, Graduate School of Geography, Worcester, Massachusetts.

- Hammond, C., D. Hall, S. Miller and P. Swetik. (1992). "Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0," General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- International Sabo Association. 2004. <http://www.sabo-int.org>
- Malczewski, Jacek. 1999. GIS and multicriteria decision analysis. Department of Geography. University of Western Ontario. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Pack, R. T., D. G. Tarboton and C. N. Goodwin, (1998b). "Terrain Stability Mapping with SINMAP, technical description and users guide for version 1.00," Report Number 4114-0, Terratech Consulting Ltd., Salmon Arm, B.C., Canada (www.tclbc.com).
- Pack, R.T., D.G. Tarboton and C.N. Goodwin. (1998a). The SINMAP approach to terrain stability mapping. p. 1157–1165. In D.P. Moore and O. Hungr (ed.) *Proceedings—International Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment 8*, Vol. 2. 21–25 Sept. 1998. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Pierson, T.C., R.M. Iverson and S.D. Ellen. 1991. Spatial and temporal distribution of shallow landsliding during intense rainfall, southeastern Oahu, Hawaii., *Landslides*. Balkema, Rotterdam, Netherlands.
- Tarboton, D. G., (1997). "A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models," *Water Resources Research*, 33(2): 309-319.
- Westen, C.J.V. 2003. Statistical landslide hazard analysis. Department of Earth Resources Surveys, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands. <http://www.itc.nl/ilwis/applications/application05.asp>.
- Wu, W., M.A Abdel-Latiff and G.F. Wieczorek. 1996. Landslide hazard prediction. In *Proc. Of the 7th Int. Symp. On landslides, Trondheim*, Vol 1 pp. 423-428.

