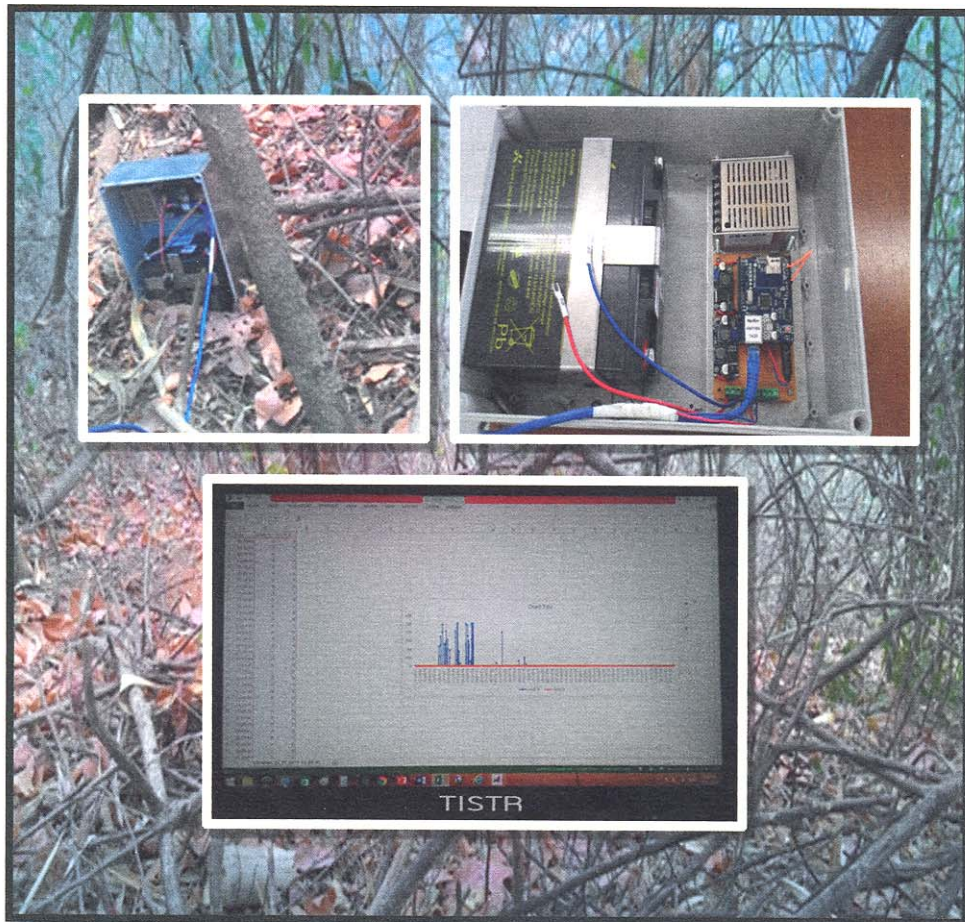




โครงการวิจัยที่ ภ.56-08/ย.6/รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

พัฒนาเครื่องเตือนอุบัติภัยน้ำป่า และแผ่นดินถล่ม แบบส่งสัญญาณออนไลน์



สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ.56-08

การพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
และสถานศึกษา

โครงการย่อยที่ 6

พัฒนาเครื่องเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและแผ่นดินถล่ม แบบส่งสัญญาณออนไลน์

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

พัฒนาเครื่องเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและแผ่นดินถล่ม
แบบส่งสัญญาณออนไลน์

โดย

ศรีวิชัย คู่สุข	ดิเชลล์ สวนบุรี
บุญชู ลีลาขจรจิต	ทรงเกียรติ รอดแดง
บุญเตือน มงคลถาวร	สุพัฒน์ นวลโกฏ
สายชล เสถียรดี	นภาพร คล้ายเจียม
นภัสวรรณ อุทัยธีรนนท์	อรณัชชา อุทัยธีรนนท์
แสวง เกิดประทุม	ยุทธนา ตันติวิวัฒน์

บรรณาธิการ
นฤมล รื่นไวย์
บุญเรียม น้อยชุมแพ
สลิลดา พัฒนศิริ

วว., ปทุมธานี 2559
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



(นางลักขมี ปลั่งแสงมาศ)

ผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ อาจารย์สมชาย เปี่ยมสูงเนิน และ ผศ.ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ให้ความกรุณาเป็นที่ปรึกษาในการจัดทำชุดเครื่องมือและโปรแกรมต่างๆ ที่ใช้ในโครงการนี้.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญรูป	ง
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	8
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์	30
4. สรุปผลการวิจัย	34
5. แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	37
6. ข้อเสนอแนะ	39
7. เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก	43

สารบัญตาราง

		หน้า	
ตารางที่	1.1	สถิติการเกิดดินถล่มและสภาพความเสียหายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545	3
ตารางที่	2.1	มาตรการตรวจวัดคลื่นความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว	16
ตารางที่	2.2	บัญชีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ความจุ 100 ล้านลูกบาศก์เมตร ขึ้นไปของประเทศไทย	21
ตารางที่	2.3	ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงโคลนถล่มจังหวัดภาคเหนือ	22
ตารางที่	3.2	การทดสอบปริมาตรน้ำ	31

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 1.1	ลักษณะการถล่มของดินและหิน	7
รูปที่ 2.1	ภูมิประเทศภาคเหนือของประเทศไทย	10
รูปที่ 2.2	การกร่อนของดิน	13
รูปที่ 2.3	ลักษณะการยุบตัวของดิน	14
รูปที่ 2.4	กระบวนการยุบตัวของดิน	15
รูปที่ 2.5	ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม	20
รูปที่ 2.6	ไดอะแกรมอุปกรณ์ระบบตรวจวัดดินถล่ม	23
รูปที่ 2.7	การเชื่อมต่อของระบบเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและดินถล่มแบบสัญญาณออนไลน์	24
รูปที่ 2.8	เซนเซอร์วัดการสั่นรุ่น 801S	24
รูปที่ 2.9	ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมระบบ LAN	25
รูปที่ 2.10	ตัวสัญญาณไร้สายความแรงสูง	26
รูปที่ 2.11	เซนเซอร์วัดอัตราการไหลและชุดวัดปริมาตรน้ำฝน	26
รูปที่ 2.12	เซนเซอร์วัดความเอียง GY-25 และลักษณะมุมเอียง	27
รูปที่ 2.13	คอมพิวเตอร์แบบพกพา	27
รูปที่ 2.14	แผนผังการทำงานของระบบเครื่องเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและดินถล่มแบบสัญญาณออนไลน์	28
รูปที่ 3.1	ทดสอบเซนเซอร์วัดการสั่น	30
รูปที่ 3.2	ทดสอบเซนเซอร์วัดปริมาตรน้ำ	30
รูปที่ 3.3	ทดสอบเซนเซอร์วัดเอียง	31
รูปที่ 3.4	การจำลองสถานการณ์ตรวจวัดค่าต่างๆ	33
รูปที่ 3.5	หน้าจอแสดงผลในระหว่างการทดสอบ	33
รูปที่ 4.1	หน้าจอแสดงผล 1	35
รูปที่ 4.2	หน้าจอแสดงผล 2	35
รูปที่ 4.3	ข้อมูลที่เก็บแบบ .csv	36

DEVELOPMENT OF ONLINE EARLY WARNING OF FLASH FLOOD AND LANDSLIDE

Sriwichai Susuk, Desell Suanburi, Boonchu Leelakajohnjit, Songkiat Roddeang,
Boonturun Mongcontalang, Suphat Noulgod, Saichon Satiendee,
Napaporn Klaijeam, Napatsawan Uthaiteranan,
Onnatcha Uthaiteranan, Sawaeng Gerdpratoom and Yutthana Tantiwivat

ABSTRACT

This study aimed to develop online early warning of flash flood and landslide using microcontroller system based on low cost Wi-Fi sensor networks. Due to the fact that landslides warning system could be damaged or destroyed after flash flood and landslides hazards, the warning system should be developed with low-cost, but effective and precise. In this study, debris flows detector and tilting sensors were used to detect the occurrences of debris flows and tilting and then used the low cost Wi-Fi module transmitted the data to the server system. The results showed that the system could transmit data via Wi-Fi network automatically when there were changes from the threshold value.

พัฒนาเครื่องเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและแผ่นดินถล่ม

แบบส่งสัญญาณออนไลน์

ศรัวิชัย สุธุข¹, ดีเซลล์ สนวนบุรี², บุญชู ลีลาขจรจิต³, ทรงเกียรติ รอดแดง³, บุญเตือน มงคลแดง³,
สุพัฒน์ นवलโกฏ³, สายชล เสถียรดี³, นภาพร คล้ายเจียม³, นภัสวรรณ อุทัยธีรนนท์³,
อรณัชชาย์ อุทัยธีรนนท์³, แสงว เกิดประทุม³, และ ยุทธนา ตันติวิวัฒน์⁴

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (microcontroller) ส่งสัญญาณเตือนภัย ด้วยระบบเครือข่ายสัญญาณ WIFI ต้นทุนต่ำ เพราะหลังจากเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม เครื่องมือและอุปกรณ์เตือนภัยเหล่านั้นจะเสียหายไปด้วย จึงต้องใช้ระบบต้นทุนต่ำและเตือนภัยได้ ดังนั้น โครงการวิจัยนี้เลือกใช้ ระบบการเตือนด้วยเสียง เตือนด้วยอัตราการไหลของน้ำฝน และเตือนความเอียงของพื้นผิวดิน ทั้งสามระบบถูกใช้เพื่อตรวจจับความเปลี่ยนแปลงในพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ข้อมูลที่ตรวจวัดได้ถูกส่งด้วยระบบไวไฟ (WIFI) โดยระบบอัตโนมัติ (automation) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม.

¹ ฝ่ายบริการกลาง, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

² คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ ฝ่ายวิศวกรรม, วว.

⁴ ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ, วว.

1. บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มาของการวิจัย

ดินถล่ม (landslide) เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบ่อยในพื้นที่ดินน้ำที่มีภูเขาสูงชันและที่ราบเชิงเขา โดยมีสถิติการเกิดดินถล่มและความเสียหาย ดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อบรรเทาความเสียหายที่เกิดจากดินถล่ม จึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาระบบเตือนภัยล่วงหน้า โดยตรวจวัดค่าต่างๆ ที่เป็นตัวชี้วัดว่าจะเกิดดินถล่ม ก่อนที่จะเกิดการเคลื่อนของดินตามแนวเขาจะเกิดการสั่นหรือเกิดเสียงที่ได้ดิน ดังนั้น ในโครงการวิจัยนี้จึงทำการวิเคราะห์การสั่นที่เกิดขึ้นว่าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ก่อนการเกิดดินถล่ม แล้วแจ้งเตือนล่วงหน้า.

ตารางที่ 1.1 สถิติการเกิดดินถล่มและสภาพความเสียหายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545

สถานที่	วันที่เกิดเหตุ	สภาพความเสียหาย
บ้านน้ำแม่แรก อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่	15 กันยายน 2545	มีการอพยพชาวบ้านออกจากพื้นที่ก่อนเกิดเหตุจำนวน 180 ครัวเรือน เส้นทางแม่แจ่ม-ฮอด ได้รับความเสียหาย
ตำบลแม่ระมาด แม่ต๋น ชะเนจื้อ และตำบลจะเรอ อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก	20 พฤษภาคม 2547	4 ตำบล 16 หมู่บ้าน เตือดร้อน 8,846 คน 2,135 ครัวเรือน เสียชีวิต 5 ราย บาดเจ็บ 391 ราย
ตำบลดาเนาะปุเต๊ะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา	20 ธันวาคม 2548	ดินถล่มร่วมกับน้ำป่าไหลหลากจากเทือกเขา ทำความเสียหาย 3 หมู่บ้าน บ้านเรือนเสียหายทั้งสิ้น 18 หลัง เสียหายบางส่วน 55 หลัง
บ้านยาง หมู่ 12 ตำบลแม่ฮ่องสอน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่	8 สิงหาคม 2549	ผู้เสียชีวิต 8 คน บ้านปางควาย 2 คน บ้านยาง 6 คน บ้านเรือนเสียหายทั้งสิ้น 9 หลัง เสียหายบางส่วน 24 หลัง
บ้านป่าก๊วย หมู่ที่ 6 ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	3 สิงหาคม 2554	เกิดดินถล่มลงมาปิดทับบ้านเรือนประชาชน ทำให้มีผู้เสียชีวิต 9 ราย ผู้ได้รับบาดเจ็บ 12 คน และบ้านเรือนเสียหายทั้งสิ้น 1 หลัง และเสียหายบางส่วน 9 หลัง
บ้านปากกล้วย หมู่ที่ 7 ตำบลฉลุง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	1-5 มกราคม 2555	เขาแก้ว ในแนวเทือกเขาบรรทัด บริเวณน้ำตกโดนปลิว ซึ่งอยู่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโดนงาช้าง ทำให้ชุมชนอาหารพังเสียหายจำนวน 4 หลัง และบ้านเรือน 1 หลัง

ที่มา: บันทึกเหตุการณ์ดินถล่ม (2555)

ข้อสังเกตหรือสิ่งบอกเหตุ

- มีฝนตกหนักมากกว่า 100 มิลลิเมตร/วัน (ใช้การวัดปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลประกอบ).
- ระดับน้ำในห้วยสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว.
- สีของน้ำเปลี่ยนเป็นสีของดินบนภูเขา.
- มีเสียงดัง, อื้ออึงผิดปกติ ดังมาจากภูเขาและลำห้วย (ใช้การวัดการสั่น วัดการเอียงเป็น

ข้อมูลประกอบ).

- น้ำท่วมหมู่บ้าน และเพิ่มระดับขึ้นอย่างรวดเร็ว.

ชนิดของการพังทลาย

ชนิดของมวลดินซึ่งเป็นสาเหตุของดินถล่มแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะการกำเนิด, ลักษณะของโครงสร้าง และการยึดเกาะกันของดินและหินแตกต่างกัน การเคลื่อนตัวลงสู่ที่ต่ำของมวลดินและหินตามไหล่เขา หรือไหลถล่มอย่างทันทีทันใดในช่วงเวลาสั้นๆ ในเชิงวิศวกรรมเรียกว่า ดินถล่ม (landslide) หรือหินถล่ม (landslide) การเคลื่อนตัวของดินและหินมีความแตกต่างทั้งขนาด, ปริมาณ และระดับความลึกของการเคลื่อนตัว.

ชนิดของการพังทลายของดินบนความลาด (soil slope failure)

ความไม่เสถียรภาพของมวลดินบนความลาด มีได้หลายรูปแบบยกเว้นการคืบของมวลดิน ปรากฏการณ์ทั้งหมดจัดอยู่ในข่ายดินถล่ม.

การคืบ (creep) เป็นลักษณะของมวลดินหรือหิน ที่มีการเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ (น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร/ปี) ลงไปตามลาดเขาโดยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก, ความชื้นในบรรยากาศ และน้ำฝนเป็นตัวการณที่สำคัญ.

การไหล (flow) เป็นกระบวนการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของดินชุ่มน้ำ, เศษหิน หรือโคลน ตามความลาดชันของภูเขา หลังจากมีฝนตกติดต่อกันมาเป็นระยะเวลายาวนาน ดินและวัสดุจะไม่เสถียร.

การเลื่อนหลุดเป็นกะปิ (slump) เป็นการเคลื่อนตัวอย่างช้าๆ (แต่เร็วกว่าการคืบ) ของมวลดิน ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการเลื่อนบิดโค้งของหิน และการที่หินแยกหลุดออกทำให้มวลดินเกิดการหมุนตัวเลื่อนลง เป็นพื้นผิวรอยโค้งเว้า เรียกว่า สลิปของการหมุนตัวโค้ง (rotational slip) ลักษณะการเลื่อนหลุดของมวลดินแบบนี้พบได้บริเวณตามแนวผาริมทะเลหรือผาชัน ซึ่งมีเนื้อหินสมานแน่นซ้อนทับอยู่บนชั้นดินเหนียวหรือดินดานเหนียว นอกจากนี้ อาจพบในชั้นดินที่มีค่าการยึดเกาะดินเหนียวสลับกับชั้นที่ไม่มีค่าการยึดเกาะกัน (ดินทราย).

การเลื่อนถล่มตามระนาบ (translational Slide) เป็นลักษณะเคลื่อนตัวตามแนวระนาบที่มีการยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ ในดินบนความลาด ได้แก่ ชั้นโชนดินเหนียวที่อยู่สลับกับชั้นโชนดินทราย การเสื่อมสภาพของดินเหนียวตามกระบวนการทางธรรมชาติทำให้ดินเหนียวมีค่ากำลังเฉือนต่ำลง, ซึ่งทำให้การยึดเกาะกันลดต่ำลง การเคลื่อนตัวของชั้นดินนี้ม (ดินเหนียว) ไปบนระนาบของชั้นดินแข็ง (ดินทราย) ตามรอยต่อของระนาบก็อาจเกิดขึ้นได้ การพังทลายของความลาดลักษณะนี้อาจเกิดขึ้นได้แม้ว่าค่ามุมลาดเอียงต่ำเพียง 6 องศา.

การพังทลายของหินบนความลาด (rock slope failure)

ความไม่เสถียรของมวลหินบนความลาด มีได้หลายแบบเช่นเดียวกับมวลดิน ลักษณะที่สำคัญของการพังทลายของชั้นหิน มีดังต่อไปนี้:

หินหล่น (rock fall) เป็นการหลุดออกจากชั้นส่วนหิน ในลักษณะของชั้นส่วนอิสระเมื่อมีการผุพังหรือร่อน มักพบตามบริเวณหน้าผา หรือที่ลาดที่ชัน ตามปกติหินหล่นไม่จัดเป็นปรากฏการณ์หินถล่ม.

การเลื่อนถล่มของลานหินผา (screen or talus slide) เป็นการหักพังตามธรรมชาติของหินลงมาอยู่ชั้นล่างของผา หรือกองตามลาดเขา เป็นหินถล่มแบบหนึ่ง เป็นกระบวนการทางกายภาพของธรรมชาติ หรือจากกิจกรรมที่มนุษย์ทำขึ้น เช่น การขุดเจาะหินบริเวณตีนเขา, การระบายน้ำออกจากความลาดชันไม่เพียงพอ, การเพิ่มความดันน้ำในมวลหิน ตัวการเหล่านี้ก่อให้เกิดการเลื่อนถล่มของลานหินผา.

การถล่มของชั้นหินอย่างรวดเร็ว (rock avalanche) เป็นลักษณะของการเลื่อนถล่มของหินแบบหินถล่มลงจากที่ลาดชันอย่างรวดเร็ว ตามแรงโน้มถ่วงของโลก (อัตราความเร็วอาจถึง 320 กิโลเมตร/ชั่วโมง) ตามปกติเกิดเป็นมวลหินปริมาณมหาศาล และเลื่อนถล่มเป็นระยะทางไกล สามารถทำลายสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในทางผ่านได้.

การเฝ้าสังเกตการณ์ความลาด การที่ความลาดมีการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลสารขนาดใหญ่ได้ถ้าหากกระยะแรกของการเคลื่อนที่สามารถตรวจสอบได้จากการเฝ้าสังเกตการณ์ (monitor). การแก้ไขก็อาจสามารถกระทำได้เพื่อให้ความลาดเอียงเสถียรภาพเพียงพอ ทั้งนี้จะช่วยสร้างความเชื่อมั่นในระหว่างการทำงานบริเวณใกล้เคียงความลาด ระบบตรวจสอบการเคลื่อนที่ของความลาดจะช่วยเตือนภัยล่วงหน้าด้วยเครื่องมือที่มีสภาพไว (sensitive) ต่อการเคลื่อนที่

ของของมวลสาร. สภาวะอื่นนอกเหนือจากการเคลื่อนที่ของมวลสาร เช่น มีความดันน้ำในโพรง ช่องว่างมากเกินไป, การที่หินฐานรากรับโหลดในภาวะที่เกินปกติ การเฝ้าสังเกตการณ์นี้จำเป็นต้อง ออกแบบทำการบันทึกตรวจสอบโดยเฉพาะในกรณีไม่มีข้อมูลยืนยันเพียงพอเกี่ยวกับค่าความ ปลดปล่อยอยู่ในระดับที่น่าไว้วางใจ. ข้อควรคำนึงอีกประการหนึ่ง คือ ค่าใช้จ่ายในการเฝ้าสังเกตการณ์ ต้องคุ้มค่าต่อการปฏิบัติการ, การเฝ้าสังเกตการณ์มีหลายรูปแบบ เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องเสถียรภาพของ ความลาดและเป็นสิ่งที่จะช่วยในการติดตั้งอุปกรณ์วัดในภาคสนาม ตลอดจนช่วยในการตัดสินใจกำหนด ตำแหน่งของความลาด.

การเฝ้าสังเกตการณ์การเคลื่อนที่เล็กน้อย (monitoring for small movement)

การตรวจสอบการเคลื่อนที่เล็กน้อย เป็นการตรวจสอบโดยตรงต่อเสถียรภาพของความลาด เป็นการวัดเพื่อหาตำแหน่ง, ทิศทาง และระดับความลึกสูงสุดของการเคลื่อนที่ เพื่อออกแบบแนวทาง ป้องกันและควบคุมเสถียรภาพของความลาดนั้น อุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการเฝ้าสังเกตการณ์ ได้แก่ มิเตอร์วัดการยืดขยาย (sensor head) และอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงในแนวตั้งของหลุมเจาะ นอกจากนี้ การเคลื่อนที่เล็กน้อยตามแนวตั้งแล้ว ความลาดก็มีโอกาสที่จะเกิดการเบี่ยงเบนเอียงตัว (tilt or inclination) ในหลุมเจาะสำรวจ การบันทึกผลการเคลื่อนที่เพื่อหาค่าผลต่างการเอียงตัวของความ ลาด สามารถวัดค่าได้ตั้งแต่ 0.17 ถึง 3.4 มิลลิเมตร ต่อระยะความลึก 10 เมตร ของหลุมเจาะสำรวจ.

การเฝ้าสังเกตการณ์การโหลด (monitoring load)

การเฝ้าสังเกตการณ์การโหลดหรือความดัน เป็นการช่วยระบุว่าการค้ำยันมีประสิทธิภาพหรือ ปลดปล่อยเพียงพอหรือไม่ การค้ำยันมีหลายรูปแบบ เช่น สมอยึด (anchor) หรือกำแพงกันดิน (retaining wall and sheet pile).

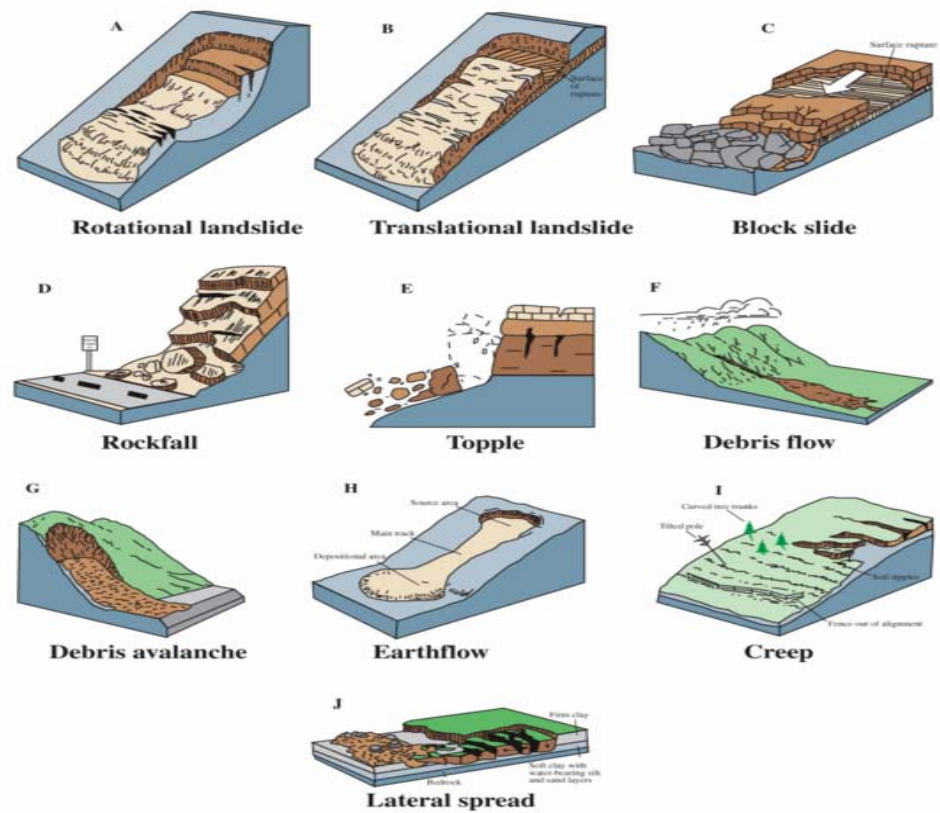
การเฝ้าสังเกตการณ์น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (monitoring ground water)

น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อเสถียรภาพของพื้นลาดเอียง ความไม่มี เสถียรภาพอาจเกิดขึ้นหากการระบายน้ำออกเร็วเกินไป หรือมีความดันน้ำในโพรงสูงเกินไป.

การเฝ้าสังเกตการณ์เสียง (monitoring noise)

ในขณะที่มวลดินเกิดการเคลื่อนที่หรือแตกหักจะมีเสียงเกิดขึ้น ช่วงที่พื้นลาดเอียงเกิดการ พังทลายจะมีเสียงดังพอถึงระดับที่หูคนธรรมดาได้ยิน แต่เสียงที่เกิดขึ้นอาจดังในระดับต่ำกว่าปกติ เกิดขึ้นก่อนการพังทลาย เสียงระดับต่ำสามารถตรวจสอบได้โดยอาศัยจีไอโฟนที่วางเป็นแนวนบนความ

ลาดเอียง ที่มีแนวโน้มเกิดความไม่เสถียรภาพ เสี่ยงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลสารนี้เกิดไถลหรือตามระนาบของการแตกหัก.



ที่มา: Eoearth (2014)

รูปที่ 1.1 ลักษณะการถล่มของดินและหิน.

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อพัฒนาเครื่องมือเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและแผ่นดินถล่ม แบบส่งสัญญาณออนไลน์ จำนวน 1 เครื่อง.
- เพื่อพัฒนาเครื่องมืออุบัติเหตุภัยน้ำป่าและแผ่นดินถล่ม ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเตือนอุบัติเหตุภัยให้กับประชากร และภูมิประเทศได้.

2.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ลักษณะภูมิประเทศเป็นคาบสมุทร มีแนวทิวเขาทางด้านตะวันตกของประเทศที่ทอดยาวจากด้านเหนือสุดของประเทศ ตอนกลางของประเทศเป็นที่ราบ มีภูเขาล้อมเกือบรอบ ด้านตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบสูง ลักษณะทางธรณีวิทยาของประเทศไทยตลอดจนซากดึกดำบรรพ์มีอยู่ในหินมีลักษณะใกล้เคียงกับหินที่พบในประเทศไทย. หินเหล่านี้ปรากฏแผ่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ ของประเทศ หินในบางบริเวณถูกอิทธิพลการเคลื่อนไหวของเปลือกโลก ก่อให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สลับซับซ้อน, มีชั้นหินคดโค้ง, มีการเลื่อน, การแทรกดันของหินอัคนี และการแปรสภาพ.

2.3 ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ลักษณะภูมิอากาศตามประเภทอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน (climate classification based on temperature and annual rain fall).

ลักษณะภูมิอากาศของประเทศไทย ถ้าพิจารณาโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเป็นส่วนสำคัญ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 บริเวณ เท่านั้น คือ

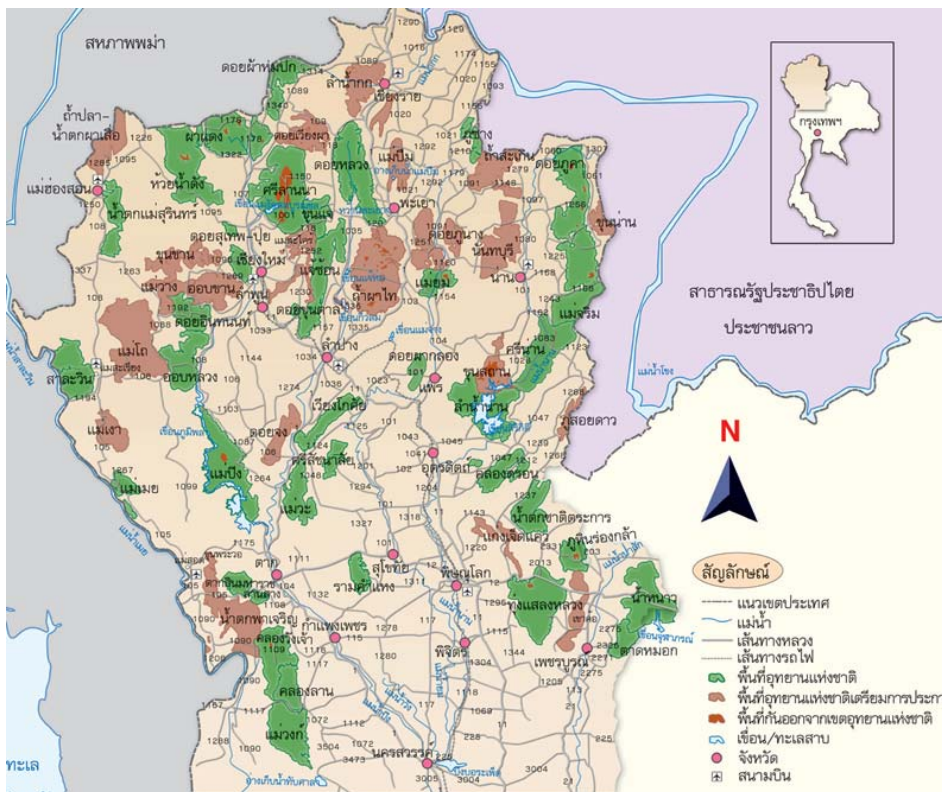
บริเวณประเทศไทยตอนบน (upper part of Thailand) ได้แก่ บริเวณภูมิภาคต่างๆ ของประเทศทั้งหมดยกเว้นบริเวณแหลมไทย หรือตั้งแต่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ขึ้นไป บริเวณนี้มีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี ยกเว้นบริเวณที่อยู่ใกล้ทะเลมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 33-38 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีของประเทศไทยตอนบนไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร/ปี บริเวณที่มีฝนค่อนข้างน้อย (ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร/ปี) คือ ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของทิวเขาตะนาวศรี.

บริเวณประเทศไทยตอนล่าง (lower part of Thailand) ได้แก่ บริเวณแหลมไทยทั้งหมด มีอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกันเกือบตลอดทั้งปี ประมาณ 22-23 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของบริเวณนี้ไม่ต่ำกว่า 2,000 มิลลิเมตร/ปี.

บริเวณประเทศไทยที่มีแนวโน้มน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม

บริเวณพื้นที่ภูเขาภาคเหนือ (northern Thailand) หมายถึง บริเวณตั้งแต่ประมาณละติจูดที่ 18 องศาเหนือขึ้นไป ประกอบด้วยพื้นที่ภาคเหนือตอนบน 9 จังหวัด สภาพภูมิประเทศเป็นที่สูงหรือเทือกเขาสูง ประกอบด้วยหินตะกอนและหินแปรที่มีแนวคดโค้ง (folded belt) เทือกเขาสูงทางภาคเหนือนี้เป็นต้นกำเนิดแม่น้ำลำธารที่ไหลลงสู่ที่ราบลุ่มแม่น้ำหลายสาย ประกอบด้วยทิวเขาต่างๆ เช่น ทิวเขาแดนลาว, ทิวเขาถนนธงชัย, ทิวเขาฝิ่บ้นน้ำ และทิวเขาหลวงพระบาง เป็นต้น. ภูมิประเทศของบริเวณภูเขาสูงภาคเหนือ นอกจากเป็นทิวเขาต่างๆ แล้ว ยังมีหุบเขา (valley) และแอ่งดิน หรือเรียกสั้นๆ ว่าแอ่ง (basin) อีกหลายแห่ง เช่น หุบเขาแม่น้ำสาละวินทางชายแดนไทยกับพม่า, หุบเขาแม่ฮ่องสอนของทิวเขาถนนธงชัย, แอ่งลำปางของบริเวณจังหวัดลำปาง, แอ่งแม่ฝางระหว่างทิวเขาแดนลาวและตอนเหนือของทิวเขาฝิ่บ้นน้ำ, หุบเขาแคบๆ เกิดจากการกัดเซาะทางน้ำและแอ่งดินต่างๆ เชื่อว่าเกิดจากการทรุดตัว สืบเนื่องมาจากแนวรอยเลื่อนที่เกิดในยุคเทอร์เชียรี (tertiary period) และมีโครงสร้างหินที่รองรับข้างล่างเป็นชั้นหินคดโค้งแบบประทุนหางาน (plunging syncline).

รอยเลื่อน (fault) ที่สำคัญมีหลายสายและมีหลายรูปแบบ เช่น รอยเลื่อนย้อนมุมต่ำหรือรอยเลื่อนทรัสต์ (thrust fault), รอยเลื่อนแนวระดับ (strike-slip fault) และรอยเลื่อนปกติ (normal fault) รอยเลื่อนที่สำคัญ ได้แก่ รอยเลื่อนทรัสต์ขุนยวม รอยเลื่อนแนวระดับ จากอุตรดิตถ์ขึ้นไปถึงเขตประเทศลาว รอยเลื่อนทำให้เกิดแอ่งฝาง, แอ่งลี่ และแอ่งลำปาง เป็นต้น.



ที่มา: ภูมิประเทศภาคเหนือ (2558)

รูปที่ 2.1 ภูมิประเทศภาคเหนือของประเทศไทย.

ธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ

ความรู้ทางด้านธรณีวิทยาของแหล่งน้ำ มีส่วนช่วยในการวางแผน, ดำเนินการทางสภาพทางธรณีวิทยา, การแผ่กระจาย, การเคลื่อนที่, ทิศทางการไหลและปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บ ตลอดจนปริมาณน้ำที่สามารถนำขึ้นมาใช้ โดยเฉพาะความเข้าใจถึงสภาพทางธรณีวิทยาของน้ำบาดาลจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาทางด้านวิศวกรรมต่างๆ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากน้ำบาดาลได้ เช่น การขุดเจาะ, การป้องกันดินถล่ม, แผ่นดินทรุดตัวหรือยุบตัว แหล่งน้ำ (water resources) ที่มีอยู่ตามสภาพธรรมชาติแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

น้ำในบรรยากาศ (atmospheric or meteoric water) หมายถึง น้ำที่อยู่ในบรรยากาศหรือที่สูงกว่าระดับผิวดินขึ้นไป ประกอบด้วยน้ำที่อยู่ในสถานะเป็นไอ เช่น หมอกและเมฆ น้ำที่อยู่ในสถานะเป็นของเหลว เช่น ฝนและน้ำค้าง และน้ำที่อยู่ในสถานะที่เป็นของแข็ง เช่น ลูกเห็บและหิมะ

น้ำในบรรยากาศเหล่านี้ถ้าไม่ตกลงมาสู่ผิวโลกโดยตรงก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกลงภายหลัง จากนั้น ถูกเก็บหรือกักขังเป็นน้ำในแม่น้ำ, ลำคลอง, หนอง, บึง, บ่อ และสระ.

น้ำผิวดิน (surface water) หมายถึง น้ำที่ถูกกักเก็บบนผิวดินในลักษณะของน้ำจืด หรือน้ำเค็มไหลซึมผ่านชั้นผิวดิน น้ำผิวดิน ได้แก่ น้ำในแม่น้ำลำคลอง, ทะเลสาบและในพื้นที่ชุ่มน้ำที่เป็นน้ำจืด ปกติน้ำผิวดินจะได้รับการเติมจากฝนหรือหิมะ และจะหายไปตามธรรมชาติด้วยการระเหย การไหลออกสู่ทะเลและการซึมลงไปได้ดิน แม้ว่าการเติมน้ำจืดโดยธรรมชาติของระบบน้ำผิวดินจะได้รับการตกของฝนหรือหิมะลงเฉพาะบนบริเวณลุ่มน้ำนั้นๆ ณ เวลาหนึ่งก็ตาม แต่ปริมาณรวมของน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลายปัจจัย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้รวมถึงปริมาณความจุของทะเลสาบ, พื้นที่ชุ่มน้ำและอ่างเก็บน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น, อัตราการซึมของดินในพื้นที่กักเก็บต่างๆ ดังกล่าว, ลักษณะของการไหลตามผิวพื้นของลุ่มน้ำ, ช่วงเวลาการตกของฝนหรือหิมะและอัตราการระเหยของพื้นที่นั้นๆ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อสัดส่วนของน้ำที่ไหลออกสู่ทะเลระเหยและซึมลงใต้ดิน. กิจกรรมของมนุษย์สามารถสร้างผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวได้มาก มนุษย์มักเพิ่มความจุน้ำเก็บกักด้วยการสร้างอ่างเก็บน้ำและลดความจุน้ำเก็บกักด้วยการระบายพื้นที่ชุ่มน้ำให้แห้ง มนุษย์เพิ่มปริมาณและความเร็วไหลตามผิวของน้ำด้วยการตัดผิวพื้นต่างๆ ให้แข็ง รวมทั้งการทำทางให้น้ำไหลทิ้งไปรวดเร็วขึ้น. ปริมาณโดยรวมของน้ำที่มีให้ใช้ ณ เวลาหนึ่งนับเป็นข้อพิจารณาที่มีความสำคัญมาก การใช้น้ำบางประเภทของมนุษย์เป็นการใช้แบบหยุดๆเดินๆ ตัวอย่างเช่น การทำเกษตรกรรมหลายแห่งต้องการน้ำเป็นปริมาณมากในช่วงฤดูเพาะปลูก และไม่ใช้น้ำอีกเลยหลังฤดูเก็บเกี่ยว การจ่ายน้ำให้พื้นที่เกษตรกรรมประเภทดังกล่าว ระบบน้ำผิวดินเพื่อการนี้อาจต้องมีขนาดการเก็บกักที่ใหญ่เพื่อให้สามารถเก็บกักน้ำฝนที่ตกลงมาทั้งปีไว้ สำหรับปล่อยมาใช้ภายหลังเวลาที่สั้น เป็นต้น การใช้น้ำประเภทที่ค่อยๆ ใช้ในปริมาณครั้งละไม่มากแต่สม่ำเสมอทั้งปี เช่น น้ำสำหรับหล่อเย็นในโรงผลิตไฟฟ้า การจ่ายน้ำในกรณีนี้ระบบน้ำผิวดินต้องการเพียงอ่างหรือแหล่งกักเก็บที่มีความจุให้พอสำหรับไว้ชดเชยน้ำในลำธารที่มีอัตราการไหลเข้าอ่างในฤดูแล้งต่ำกว่าอัตราการใช้น้ำในการหล่อเย็นน้ำผิวดินตามธรรมชาติ สามารถเพิ่มพูนได้โดยการนำน้ำเข้ามาจากแหล่งในลุ่มน้ำอื่นด้วยการขุดคลองส่งน้ำหรือวางท่อส่งน้ำ หรืออาจทำด้วยวิธีอื่นๆ แต่ก็ได้ไม่มาก มนุษย์เรามีส่วนทำให้ระบบน้ำผิวดินไม่มั่นคงหรือ "หายไป" จากการสร้างมลพิษ.

น้ำใต้พื้นดิน (subsurface water) หมายถึง น้ำจืดที่ขังอยู่ในช่องว่างของดินหรือหิน และยังหมายถึงน้ำที่ไหลอยู่ภายในชั้นหินอุ้มน้ำ หรือชั้นน้ำ (aquifer) ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน (water table) ในบางครั้งก็มีประโยชน์ที่จะแยกให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างน้ำใต้ผิวดินที่อยู่ใกล้และสัมพันธ์กับน้ำผิวดินกับน้ำผิวดินที่สัมพันธ์กับน้ำใต้ผิวดินที่อยู่ลึกมากในชั้นหินอุ้มน้ำ. บางครั้งก็เรียก

น้ำชนิดนี้ว่า "น้ำซากตึกดำบรรพ์" (fossil water) น้ำใต้ผิวดินอาจคิดเชิงคำศัพท์ให้เหมือนน้ำผิวดินก็ได้ นั่นคือ การรับเข้า (inputs), การปล่อยออก (outputs) และการเก็บกัก (storage) นัยสำคัญของความแตกต่างก็คือ ในแง่ของน้ำใต้ผิวดิน ที่เก็บกักมักมีขนาดใหญ่มากเมื่อเปรียบเทียบกับ การรับเข้า ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำผิวดินที่มีขนาดเก็บกักเล็กแต่มีขนาดการรับเข้ามากกว่า ข้อแตกต่างนี้เองที่ทำให้มนุษย์สามารถใช้น้ำใต้ดินได้มากมาย (แบบไม่ยั่งยืน) ได้เป็นเวลานานโดยไม่รู้ถึงผลกระทบที่รุนแรง แต่ถึงกระนั้น ในระยะยาว ในที่สุดอัตราเฉลี่ยของการซึมซับของแหล่งน้ำผิวดินที่ไหลลงใต้ดินย่อมจะต้องช้ากว่าอัตราการสูญออกไปใช้โดยมนุษย์. การรับเข้าตามธรรมชาติของน้ำใต้ดินเกิดจากการไหลซึมลงชั้นใต้ดินของน้ำผิวดิน การปล่อยออกตามธรรมชาติของน้ำใต้ดินที่เกินขนาดที่เก็บกักคือ น้ำพุธรรมชาติและการไหลซึมออกสู่ทะเล ถ้าแหล่งน้ำผิวดินมีปัญหาด้านอัตราการระเหย แหล่งน้ำใต้ดินอาจกลายเป็นน้ำเค็มได้ สถานการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการไหลลงแอ่งต่ำใต้ดินเองหรือเกิดจากฝีมือการชลประทานเพื่อการเกษตรกรรมของมนุษย์. ในพื้นที่แถบชายฝั่งทะเล การใช้แหล่งน้ำใต้ดินของมนุษย์เองอาจเป็นเหตุให้การไหลออกทะเลโดยธรรมชาติของน้ำใต้ดินที่เป็นน้ำจืดหยุดลงและเกิดการไหลย้อนของน้ำเค็มสวนเข้าตามทางน้ำจืดเดิมก่อให้เกิดน้ำใต้ดินที่มีความเค็มได้. มนุษย์สามารถทำให้น้ำใต้ดิน "หาย" ไปได้ (เช่น การขาดเสถียรภาพ) เนื่องจากมลพิษ ในขณะเดียวกันมนุษย์ก็สามารถเพิ่มการรับเข้าของน้ำใต้ดินได้ด้วยการสร้างอ่างเก็บน้ำหรือกักน้ำในดินมีลักษณะเป็นส่วนๆ เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำ หรือชั้นน้ำ น้ำฝนที่ตกลงมาจะถูกซึมซับและไหลมารวมกันที่นี้ ปกติองค์ประกอบของน้ำในชั้นหินอุ้มน้ำจะอยู่ในสภาวะที่เกือบเป็นการ "สมดุลอุทกสถิต" (hydrostatic equilibrium).

ความซึมผ่านของหินและดิน (rock and soil permeability) หมายถึง ความสามารถของผนังชั้นหินหรือดินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านไปได้ ภายใต้ความดันที่เกิดจากความต่างศักย์ของน้ำ นั่นคือ

$$K = Q / (i \times A \times t)$$

โดยที่

K = ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมผ่าน หรือสภาพให้ซึมผ่านได้

Q = จำนวนปริมาตรที่น้ำซึมผ่านออกมา ในระยะเวลา t

i = ศักย์ของน้ำมีค่าเท่ากับความแตกต่างของ head ต่อความยาวที่น้ำซึมผ่าน (ชั่วโมง/ลิตร)

ความซึมผ่านมีส่วนสัมพันธ์กับขนาดการเรียงตัวและคลุกเคล้าของวัสดุ กล่าวคือ วัสดุที่มีขนาดใหญ่ปรับตัวและคลุกเคล้ากันอย่างมีระเบียบจะมีความซึมผ่านสูงกว่าวัสดุที่มีขนาดเล็กและปรับตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ.

การแทรกซึม (infiltration) คือ การที่ของเหลวแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างหรือรูพรุน เช่น น้ำบนผิวดินไหลแทรกซึมผ่านชั้นดินด้วยแรงดึงดูดของโลก ทำให้น้ำแทรกอยู่ในอนุภาคของดินหรือหิน.



ที่มา: การปรับสภาพดินเสื่อมโทรม (2558)

รูปที่ 2.2 การกร่อนของดิน.

การแทรกซึมซึ่งแตกต่างกับการไหลซึมผ่าน (percolation) เพราะการไหลซึมผ่านของของเหลวจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างที่มีช่องว่างหรือรูพรุนแล้วผ่านออกไปอีกด้านหนึ่ง การแทรกซึมของน้ำผ่านโซนที่ไม่อิ่มตัวไปสู่ระดับน้ำบาดาล ถูกควบคุมโดยองค์ประกอบเหล่านี้ คือ ปริมาณน้ำฝน (amount of rainfall) ถ้ามีมากสามารถแทรกซึมได้มาก. สภาพภูมิประเทศ (topography) ถ้าพื้นที่ที่ลาดเอียง น้ำแทรกซึมผ่านพื้นที่ลาดเอียงลงสู่ด้านล่างได้มากกว่าบนพื้นที่ราบ ความพรุนและความซึมผ่านของหินและดิน (porosity and permeability of rock and soil) คุณสมบัติของหินและดินมีค่าความพรุนและความซึมผ่านแตกต่างกัน หินและดินที่มีค่าความพรุนและความซึมผ่านได้สูง น้ำจะแทรกซึมได้มาก และพืช (plant) ถ้าในบริเวณนั้นพืชสามารถดูดซึมน้ำได้ดี ทำให้การแทรกซึมลงสู่ชั้นหินและดินข้างล่างได้น้อยลง.

ผลกระทบของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล

น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลเป็นส่วนหนึ่งของการหมุนเวียนของน้ำตามธรรมชาติ หากระบบการหมุนเวียนของน้ำเกิดความเสียหายหรือไม่เป็นไปตามธรรมชาติ เช่น มีการใช้น้ำใต้ดินโดยสูบน้ำขึ้นมา มากกว่าปริมาณน้ำที่จะไหลมาเพิ่มในบ่อ จะทำให้ปริมาณน้ำใต้ดินที่เคยมีอยู่นั้นลดลง ความดันของ

น้ำใต้ดินก็ลดลงตามไปด้วย การสร้างสิ่งก่อสร้างมากก็เป็น การเพิ่มน้ำหนักของพื้นดิน ทำให้เกิดการหดตัวของชั้นดินที่เป็นฐานราก ผลกระทบหลายอย่างของน้ำ คือ

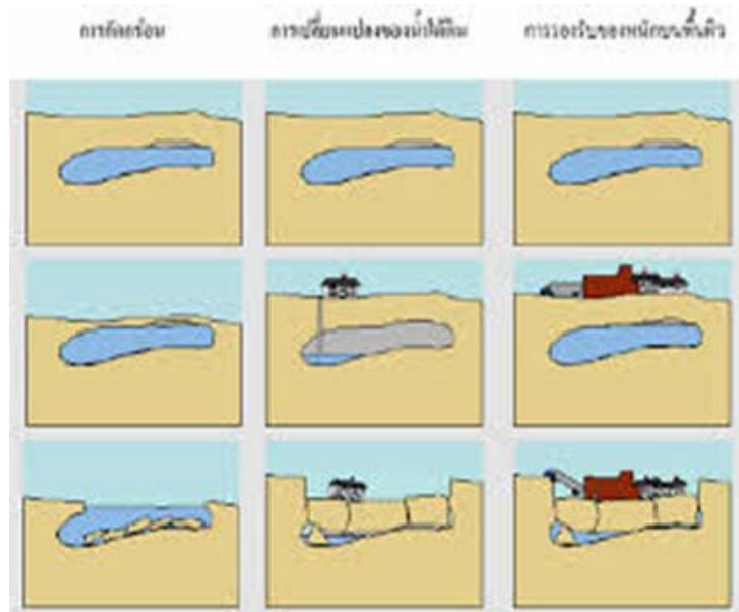
การกร่อนของดิน (soil erosion) การกระทำของแม่น้ำลำธารหรือการกัดเซาะตะกอนจากชั้นผิวของดิน รวมถึงดินและอนุภาคของดินถูกพัดพาไปโดยน้ำฝน และน้ำที่ไหลเชี่ยว จะทำให้เกิดการสึกกร่อนของดินหรือเกิดการสูญเสียน้ำดินอันสมบูรณ์ไปด้วยแร่ธาตุและปุ๋ย อีกทั้งทำให้มีการสูญเสียน้ำและต้นไม้ที่ทำหน้าที่ในการขวางกั้นหรือขัดขวางและช่วยลดอัตราการไหลของน้ำ ส่งผลให้อัตราการเคลื่อนย้ายที่ของดินช้าลง การสึกกร่อนของดินอาจควบคุมด้วยการปลูกต้นไม้คลุมไปกับการสงวนป่า เพราะว่าต้นไม้จะช่วยในการลดอัตราการไหลของน้ำ หรืออาจจะใช้วิธีในการปลูกต้นไม้, หญ้า, พืช และผัก เป็นต้น เพราะว่าพืชเหล่านี้จะช่วยในการทำให้ฝนที่ตกลงมาสามารถดูดซึมลึกเข้าไปในดินได้.



ที่มา: ชาวเนินมะปราง พิษณุโลกผวาหลุมยุบ 6 เมตร (2558)

รูปที่ 2.3 ลักษณะการยุบตัวของดิน.

แผ่นดินทรุดหรือยุบตัว (land subsidence) สาเหตุสำคัญที่ทำให้แผ่นดินทรุด คือ ข้างบนและข้างล่างของชั้นหินเปิดซึ่งมีน้ำบาดาลกักเก็บอยู่ นั้น มีชั้นดินยุบตัวเนื่องจากน้ำในดินถูกความเค้นกดอัดทะลักออกไป ตัวอย่างเช่น ชั้นดินเหนียวเนื้อนึ่มเมื่อมีการสูบน้ำบาดาลมาใช้มานานๆ ระดับน้ำบาดาลลดลงเป็นเวลานาน ชั้นดินเหนียวมีการหดตัวของประมาณดิน เนื่องจากไม่มีความดันของน้ำช่วยต้านความดันจากการกดอัด. จากการวิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับการทรุดตัวของแผ่นดินมากมายหลายทฤษฎีมาเป็นเวลานาน พอสรุปได้ว่าอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์นั้นมีมากกว่าการทรุดตัวตามธรรมชาติถึง 10-100 เท่า และพบว่า การทรุดตัวของแผ่นดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสูบน้ำบาดาล.



ที่มา: หลุมยุบ หลุมยักษ์ (2553)

รูป 2.4 กระบวนการยุบตัวของดิน.

มาตรวัดที่ทางธรณีวิทยา

มาตราเมอร์คัลลี (Mercalli Scale) โดย เมอร์คัลลี ชาวอิตาลี ได้กำหนดขึ้น ในปี ค.ศ. 1902 จากความรู้สึกที่รับรู้ได้จากการเกิดแผ่นดินไหว และความกระทบกระเทือนต่ออาคารสิ่งก่อสร้าง ซึ่งจะทำให้การตรวจวัดได้เฉพาะในบริเวณที่ผู้พักอาศัยอยู่ในสถานที่เกิดเหตุ และยังขึ้นอยู่กับชนิดของอาคารและสิ่งก่อสร้างที่ต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น. ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเรื่อยมาจนแบ่งเป็น 12 อันดับ โดยเครื่องมือที่เรียกว่า "ไซโมกราฟ" (Seismograph) สามารถตรวจวัดคลื่นความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ตลอดเวลาโดยมาตรวัดเรียกว่า "ริกเตอร์" โดยชาร์ลส์ เอฟ ริดเตอร์ เป็นผู้คิดค้นเมื่อปี ค.ศ. 1935 สำหรับการตรวจวัดคลื่นความสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวในประเทศไทย ได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแผ่นดินไหว เป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2506 บริเวณเชิงดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับตรวจวัดคลื่นความสั่นสะเทือนใต้ดิน.

ตารางที่ 2.1 มาตรการตรวจวัดคลื่นความสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ความรุนแรง	มาตราเมอร์แคลลี	มาตราริกเตอร์
1	ไม่รู้สึกรู้สีก เครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนตรวจวัดได้	น้อยกว่า 3.5
2	อ่อน ผู้มีความรู้สึกไวสามารถรู้สึกได้	3.5
3	เบา ผู้ที่อยู่อย่างสงบรู้สึกได้	4.2
4	พอประมาณ วัตถุเล็กเคลื่อนที่ วัตถุโตกว่าเอียงไปมา	4.3
5	ค่อนข้างแรง ผู้ที่หลับตกใจตื่น จาน, กระจกแตก, ลูกตุ้มนาฬิกาหยุดเดิน	4.8
6	แรง เครื่องเรือนขนาดใหญ่เคลื่อนที่ รูปภาพหลุดจากผนัง	4.9-5.4
7	แรงมาก ฝาห้องแยกร้าว ผู้ขับขี่ยวดยานรู้สึก	5.5-6.1
8	ทำลาย ตึกร้าว เครื่องเรือนหนักพลิกคว่ำ	6.2
9	ทำลายสูญเสียชีวิตเคลื่อนจากรูานราก พื้นดินแตก ท่อใต้ดินเสียหาย	6.9
10	วินาศภัย ตึกถล่ม พื้นดินแตก แผ่นดินถล่ม	7.0-7.3
11	วินาศภัยใหญ่ ตึก/ดิน ถล่ม สะพานขาด พื้นดินแตกแยก ท่อใต้ดินเสียหาย	7.4-8.1
12	มหาวินาศ ทุกสิ่งทุกอย่างถูกทำลาย วัตถุกระเด็นขึ้นไปในอากาศ	มากกว่า 8.1

ดินถล่มหรือโคลนถล่ม

ดินถล่มหรือโคลนถล่ม คือ การเคลื่อนตัวของมวลดินและหินภายใต้อิทธิพลแรงโน้มถ่วงของโลก สาเหตุหลักของดินถล่มหรือโคลนถล่ม คือ ดินบริเวณนั้นไม่สามารถรับน้ำหนักของตัวเองได้อีกต่อไป ดินถล่มมักเกิดพร้อมกับหรือตามมาหลังจากน้ำป่าไหลหลาก เกิดขึ้นในขณะที่หรือภายหลังจากพายุฝนที่ทำให้เกิดฝนตกหนักต่อเนื่องอย่างรุนแรง กล่าวคือ เมื่อฝนตกต่อเนื่องน้ำซึมลงในดินอย่างรวดเร็ว เมื่อถึงจุดหนึ่งดินจะอิ่มตัวชุ่มด้วยน้ำยิ่งผลให้น้ำหนักของมวลดินเพิ่มขึ้นและแรงยึดเกาะระหว่างมวลดินลดลง ระดับน้ำใต้ผิวดินเพิ่มสูงขึ้นทำให้แรงต้านทานการเลื่อนไหลของดินลดลง จึงเกิดการเลื่อนไหลของตะกอนมวลดินและหิน. ดังนั้น โอกาสที่เกิดดินถล่มหรือโคลนถล่มจึงมีมากยิ่งขึ้นการเคลื่อนตัวของดินอาจเกิดอย่างช้าๆ หรืออย่างฉับพลัน น้ำหนักของมวลดินที่ถล่มลงมามีกำลังมหาศาลที่ทำลายสิ่งต่างๆ ที่ขวางทางและก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินการเกิดดินถล่มเกิดขึ้นได้หลายลักษณะ.

สาเหตุของดินถล่ม/โคลนถล่ม จำแนกได้ ดังต่อไปนี้

1) สาเหตุจากมนุษย์ (manmade causes) กิจกรรมที่มนุษย์ทำในบริเวณที่ลาดชัน เป็น

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดดินถล่มหรือโคลนถล่ม เช่น

- การก่อสร้างในบริเวณเชิงเขาที่ลาดชัน โดยไม่มีการคำนวณด้านวิศวกรรมที่ดีพอ.
- การเกษตรในพื้นที่ลาดชันเชิงเขา.
- การกำจัดพืชที่ปกคลุมดินและการตัดไม้ทำลายป่า.

กิจกรรมเหล่านี้ส่งผลให้พื้นที่ดังกล่าวมีความลาดชันเพิ่มขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำผิวดินและเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาล ซึ่งอาจก่อให้เกิดดินถล่มหรือโคลนถล่ม การขุดหรือตัดถนนในบริเวณที่ลาดเชิงเขาอาจก่อให้เกิดความชันของพื้นที่มากขึ้น การขุดเหมืองและการระเบิดหินมักจะทำให้ดินมีความลาดชันเพิ่มขึ้น การทำการเกษตรในบริเวณที่ลาดชัน เกษตรกรก็จำเป็นที่จะต้องกำจัดวัชพืชและอาจปรับพื้นที่ให้มีลักษณะขั้นบันไดหรือธุรกิจการตัดไม้ทำลายป่า. กิจกรรมเหล่านี้ล้วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบริเวณผิวดินกล่าวคือ น้ำจะไหลผ่านหน้าดินอย่างรวดเร็ว และก่อให้เกิดการชะล้างหน้าดินเนื่องจากป่าถูกทำลาย ดินขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว. นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการไหลของน้ำบริเวณผิวดินยังส่งผลต่อระดับน้ำบาดาลอีกด้วย ในการทำชลประทาน จะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ซึมออกจากคลองชลประทานและไหลซึมลงไปใต้ดิน ทำให้ระดับน้ำบาดาลเพิ่มสูงขึ้น มวลดินมีน้ำหนักมากขึ้นและอาจเป็นสาเหตุให้เกิดดินถล่มในที่สุด การเพิ่มระดับน้ำบาดาลอาจมีสาเหตุมาจากการรั่วของท่อน้ำ บ่อหรืออ่างเก็บน้ำ หรือการปล่อยน้ำทิ้งจากที่ต่างๆ.

2) สาเหตุจากธรรมชาติ (natural factors) เหตุการณ์ทางธรรมชาติก็เป็นสาเหตุให้เกิดดินถล่มหรือโคลนถล่มได้เช่นกัน เช่น

- ฝนตกหนัก การเกิดดินถล่มในประเทศไทยส่วนใหญ่มักจะมีฝนเป็นปัจจัยเร่งที่สำคัญเสมอ.
- การละลายของหิมะจะไปเพิ่มระดับน้ำใต้ผิวดิน และน้ำหนักของดินอย่างรวดเร็ว.
- การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลง การลดระดับน้ำในแม่น้ำและอ่างเก็บน้ำ.
- การกัดเซาะของดินจากกระแสน้ำในแม่น้ำ, ลำธาร หรือจากคลื่นซัดทำให้ความหนาแน่นของมวลดินลดลง.
- การผุพังของมวลดินและหิน.
- การสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว.
- ภูเขาไฟระเบิดในบริเวณที่ภูเขาไฟยังไม่สงบ ถ้าภูเขาไฟหรือลาวาจะเคลื่อนตัวเป็นมวลดินขนาดใหญ่ที่มีความหนาแน่นต่ำเมื่อเกิดฝนตกหนัก จึงมีโอกาสดินถล่มหรือโคลนถล่ม. นอกจากนี้ การเกิดดินถล่มอาจมีสาเหตุจากการเกิดภัยธรรมชาติหลายๆ อย่างในเวลาเดียวกัน ในบาง

กรณี ภัยธรรมชาติเพียงภัยหนึ่งอาจส่งผลให้เกิดภัยต่างๆ ตามมาได้ ตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวซึ่งทำให้เกิดดินถล่มและเขื่อนแตก ส่งผลให้เกิดน้ำท่วมอย่างรุนแรงในพื้นที่ท้ายน้ำที่มีระดับต่ำกว่า เหตุการณ์ลักษณะเช่นนี้อาจส่งผลกระทบต่อแตกต่างกันไป จากที่มีสาเหตุการเกิดจากภัยพิบัติเพียงภัยเดียว.

ลักษณะพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยโคลนถล่มและสัญญาณเตือนภัย

1) พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดภัยโคลนถล่ม หมายถึง พื้นที่และบริเวณที่อาจจะเริ่มเกิดการเลื่อนไหลของตะกอนมวลดินและหินที่อยู่บนภูเขาสูงที่ต่ำในลำห้วยและทางน้ำขณะเมื่อมีฝนตกหนักอย่างต่อเนื่อง ลักษณะของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม มีข้อสังเกต ดังนี้:

- พื้นที่ตามลาดเชิงเขาหรือบริเวณที่ลุ่มใกล้เชิงเขาที่มีการพังทลายของดินสูง.
- พื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันหรือหน้าผาที่เป็นหินผุพังง่ายและมีชั้นดินหนาจากการผุร่อนของหิน.
- พื้นที่ที่เป็นทางลาดชัน เช่น บริเวณถนนที่ตัดผ่านหุบเขา บริเวณลำห้วย บริเวณเหมืองใต้ดินและเหมืองบนดิน.
- บริเวณที่ดินลาดชันมากและมีหินก้อนใหญ่ฝังอยู่ในดิน โดยเฉพาะบริเวณที่ใกล้ทางน้ำ เช่น ห้วย คลองแม่น้ำ.
- ที่ลาดเชิงเขาที่มีการขุดหรือถม.
- สภาพพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่มีการทำลายป่าไม้สูง ชั้นดินขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว.
- เป็นพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มมาก่อน.
- พื้นที่สูงชันไม่มีพืชปกคลุม.
- บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันของชั้นดินอย่างรวดเร็วซึ่งมีสาเหตุมาจากการก่อสร้าง.
- บริเวณพื้นที่ลาดต่ำแต่ชั้นดินหนาและชั้นดินอึดตัวด้วยน้ำมาก.

2) หมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่ม หมายถึง หมู่บ้านหรือชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้เชิงลำห้วยตามลาดเชิงเขา และที่ลุ่มที่อยู่ติดหรือใกล้เขาสูง อาจจะได้ผลกระทบจากการเลื่อนไหลของตะกอนมวลดินและหินปริมาณมากที่มาพร้อมกับน้ำตามลำห้วยจากที่สูงชันลงมาสู่หมู่บ้านหรือชุมชนที่ตั้งอยู่ โดยลักษณะที่ตั้งของหมู่บ้านเสี่ยงภัยดินถล่ม มีข้อสังเกตได้ ดังนี้:

- อยู่ติดภูเขาและใกล้ลำห้วย.
- มีร่องรอยดินไหลหรือเลื่อนบนภูเขา.
- มีรอยแยกของพื้นดินบนภูเขา.

- อยู่บนเนินหน้าหุบเขาและเคยมีโคลนถล่มมาก่อน.
- มีน้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมบ่อย.
- มีกองหิน เนินทรายปนโคลนและต้นไม้ในห้วยหรือใกล้หมู่บ้าน.
- พื้นห้วยจะมีก้อนหินขนาดเล็กและใหญ่ปนกันตลอดท้องน้ำ.

3) สัญญาณเตือนภัยบอกเหตุดินถล่มในบริเวณพื้นที่ลาดชัน ได้แก่

- มีฝนตกหนักถึงหนักมากตลอดทั้งวัน.
- มีน้ำไหลซึมหรือน้ำพุพุ่งขึ้นมาจากใต้ดิน นอกจากนี้ อาจสังเกตจากลักษณะการอุ้มน้ำของชั้นดิน เนื่องจากเกิดดินถล่ม ดินจะอึดตัวด้วยน้ำหรือชุ่มน้ำมากกว่าปกติ.
- ระดับน้ำในแม่น้ำลำห้วยเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วผิดปกติ.
- สีของน้ำมีสีขุ่นมากกว่าปกติ เปลี่ยนเป็นเหมือนสีดินภูเขา.
- มีกิ่งไม้หรือท่อนไม้ไหลมากับกระแสน้ำ.
- เกิดช่องทางเดินน้ำแยกขึ้นใหม่หรือหายไปจากเดิมอย่างรวดเร็ว.
- เกิดรอยแตกบนถนนหรือพื้นดินอย่างรวดเร็ว.
- ดินบริเวณฐานรากของตึก หรือสิ่งก่อสร้างเกิดการเคลื่อนตัวอย่างกะทันหัน.
- โครงสร้างต่างๆ เกิดการเคลื่อนหรือดันตัวขึ้น เช่น ถนน กำแพง.
- ต้นไม้, เสาไฟ, รั้ว หรือกำแพง เอียงหรือล้มลง.
- ท่อน้ำใต้ดินแตกหรือหักอย่างฉับพลัน.
- ถนนยุบตัวลงอย่างรวดเร็ว.
- เกิดรอยแตกร้าวขึ้นที่โครงสร้างต่างๆ เช่น รอยแตกที่กำแพง.
- เห็นรอยแยกระหว่างวงกบกับประตู หรือระหว่างวงกบกับหน้าต่างขยายใหญ่ขึ้น.

ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม



พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม อันดับ 1

ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 100 มิลลิเมตร ต่อวัน

หน้าดินหนาขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา



พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม อันดับ 2

ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 200 มิลลิเมตร ต่อวัน

หน้าดินหนาขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา



พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม อันดับ 3

ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 300 มิลลิเมตร ต่อวัน

หน้าดินหนาขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา

ที่มา: ความรู้เบื้องต้นและนิยามอุทกภัย วาตภัย และดินถล่ม (2558)

รูปที่ 2.5 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม.

ตารางที่ 2.2 บัญชีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ความจุ 100 ล้านลูกบาศก์เมตร ขึ้นไปของประเทศไทย

บัญชี อ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ ความจุ 100 ล้าน ลบ.ม. ขึ้นไป ของประเทศไทย

ที่	อ่างเก็บน้ำ	จังหวัด	เก็บกักสูงสุด		เก็บกักปกติ		เก็บกักต่ำสุด		พื้นที่ ชลประทาน (ไร่)
			ระดับน้ำ	ปริมาณน้ำ	ระดับน้ำ	ปริมาณน้ำ	ระดับน้ำ	ปริมาณน้ำ	
			ม. (รทก.)	ล้าน ลบ.ม.	ม. (รทก.)	ล้าน ลบ.ม.	ม. (รทก.)	ล้าน ลบ.ม.	
1	เขื่อนภูมิพล	ตาก	260.00	13,462	260.00	13,462	213.00	3,800	-
2	เขื่อนสิริกิติ์	อุตรดิตถ์	166.00	10,640	162.00	9,510	128.00	2,850	-
3	เขื่อนแม่จัด	เชียงใหม่	400.00	325	396.00	265	385.10	22	30,000
4	เขื่อนกิ่วลม	ลำปาง	285.00	112	285.00	112	288.40	4	53,000
5	เขื่อนแม่กวง	เชียงใหม่	385.00	263	385.00	263	350.00	14	175,000
6	เขื่อนอุบลรัตน์	ขอนแก่น	182.00	2,264	182.00	2,264	174.00	410	264,000
7	เขื่อนสิรินธร	อุบลราชธานี	142.20	1,966	142.20	1,966	137.20	831	150,000
8	เขื่อนจุฬาภรณ์	ชัยภูมิ	760.50	207	759.00	188	739.00	44	-
9	เขื่อนน้ำพุง	สกลนคร	286.50	166	284.00	165	270.00	9	-
10	เขื่อนลำปาว	กาฬสินธุ์	165.70	2,510	162.00	1,430	151.00	85	315,098
11	เขื่อนลำตะคอง	นครราชสีมา	280.30	445	277.00	324	261.00	27	123,125
12	เขื่อนลำพระเพลิง	นครราชสีมา	273.00	215	263.00	110	240.00	1	63,100
13	เขื่อนน้ำอูน	สกลนคร	187.60	780	185.00	520	175.00	43	185,800
14	เขื่อนห้วยหลวง	อุดรธานี	201.00	113	201.00	113	194.80	5	80,000
15	เขื่อนลำนางรอง	บุรีรัมย์	242.50	182	240.00	121	229.00	3	5,000
16	เขื่อนลำแซะ	นครราชสีมา	228.50	325	227.00	275	213.00	7	80,600
17	เขื่อนมูลบน	นครราชสีมา	228.90	350	221.00	141	208.00	7	41,400
18	เขื่อนลำปลายมาศ	นครราชสีมา	259.25		256.50	98			60,000
19	เขื่อนป่าสักชลสิทธิ์	ลพบุรี	43.00	960	42.00	785	32.00	3	
20	เขื่อนศรีนครินทร์	กาญจนบุรี	182.40	18,850	180.00	17,745	159.00	10,265	-
21	เขื่อนเขาแหลม	กาญจนบุรี	160.50	11,000	155.00	8,860	135.00	3,012	-
22	เขื่อนท่าทุ่งนา	กาญจนบุรี			59.70	55	55.50	29	-
23	เขื่อนแก่งกระจาน	เพชรบุรี	102.70	930	99.00	710	75.00	67	336,000
24	เขื่อนป่าสักบุรี	ประจวบคีรีขันธ์	58.10	650	55.00	445	37.00	60	220,000
25	เขื่อนกระเสียว	สุพรรณบุรี	90.64	363	87.00	240	78.00	40	130,000
26	เขื่อนทับเสลา	อุทัยธานี	159.00	198	157.00	160	142.00	8	143,500
27	เขื่อนบางพระ	ชลบุรี	30.60	120	30.00	110	16.00	15	8,500
28	เขื่อนมกประจัน	ชลบุรี	45.70	17	45.00	15	36.00	1	-
29	เขื่อนหนองค้อ	ชลบุรี	66.85	28	65.60	21	57.50	1	-
30	เขื่อนดอกกราย	ระยอง	53.30	82	52.60	73	40.00	3	-
31	เขื่อนหนองปลาไหล	ระยอง	40.70	187	45.00	165	33.30	14	30,000
32	เขื่อนรัชชประภา	สุราษฎร์ธานี	100.00	6,620	95.00	5,639	62.00	1,352	-
33	เขื่อนบางลาง	ยะลา	120.00	1,674	115.00	1,404	83.00	260	-

ที่มา : ข้อมูลจากการไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงโคลนถล่มจังหวัดภาคเหนือ

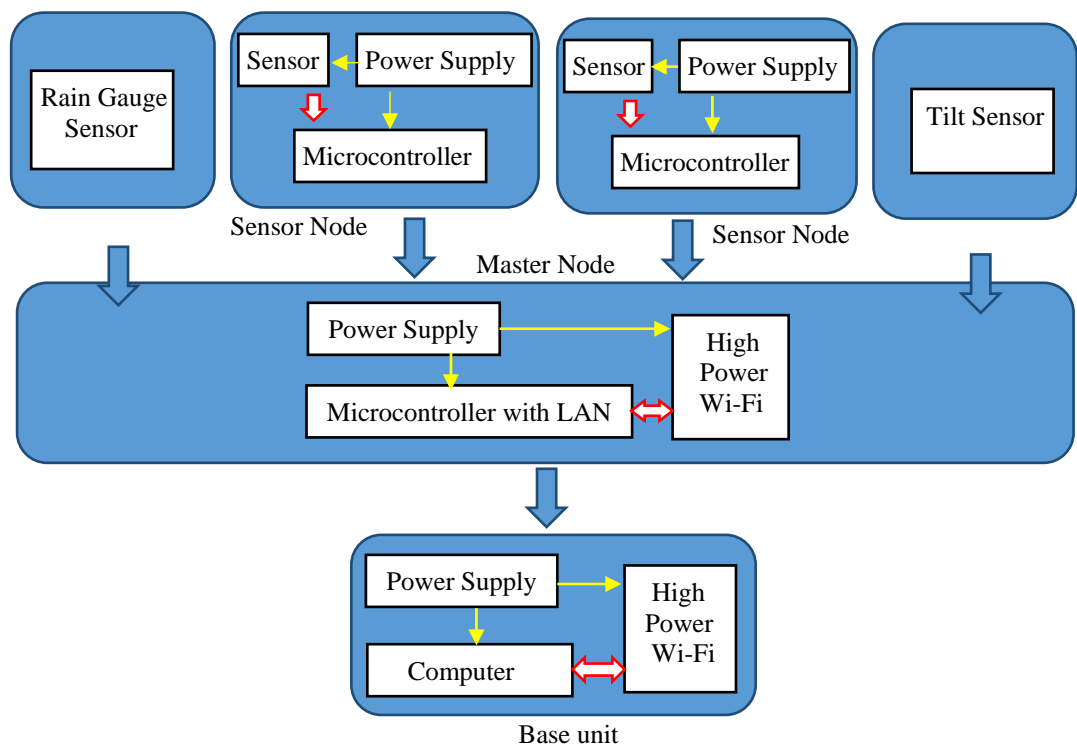
ลำดับที่	จังหวัด	จำนวนพื้นที่เสี่ยงภัย			จำนวน		ระดับความรุนแรง			ลักษณะที่ตั้ง				ลักษณะของภัย				ความเสียหายที่อาจได้รับ		หมายเหตุ	
		อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ประชากร (คน)	ครัวเรือน (หลัง)	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	พื้นที่ชุมชนแออัด	ที่อยู่ริมลำน้ำ	ที่ราบลุ่มเชิงเขา	ที่เนินเขา/ภูเขา	น้ำท่วมซ้ำ	น้ำขึ้นฉัตร	น้ำป่าไหลหลาก	ดิน/โคลนถล่ม	อื่นๆ	จำนวน ประชากร (คน)		บ้านเรือน ราษฎร (หลัง)
	ภาคเหนือ																				
1	เชียงใหม่	24	178	918	545,366	176,169	582	329	7	137	499	270	115	240	439	340	218	19	912	914	
2	เชียงราย	18	128	1,499	899,102	275,589	542	877	80	196	701	484	331	481	516	541	222	132	313,309	92,621	
3	น่าน	15	97	659	315,207	87,039	436	223	0	118	362	325	261	99	302	436	274	126	156,591	46,713	
4	พะเยา	10	60	401	220,510	67,321	193	208	0	53	158	74	37	180	153	206	75	0	187,385	56,479	
5	แพร่	8	49	321	193,394	53,291	293	28	0	13	241	146	14	11	180	180	161	0	193,394	53,291	
6	แม่ฮ่องสอน	7	40	234	128,906	38,313	234	0	0	3	110	141	43	13	79	163	62	0	29,840	9,083	
7	ลำปาง	12	59	322	225,495	67,911	224	98	0	45	187	124	58	94	151	197	100	51	81,942	24,767	
8	ลำพูน	8	47	328	223,755	82,835	183	145	0	88	217	100	36	126	196	166	44	14	80,485	27,762	
9	สุโขทัย	8	69	375	240,195	61,323	330	45	0	180	140	27	31	99	124	154	32	1	121,011	28,512	
10	อุตรดิตถ์	9	63	426	284,516	88,553	228	92	106	129	229	145	20	165	202	230	99	0	113,694	34,993	
	รวม	119	790	5,483	3,276,446	998,344	3,248	2,048	193	962	1,844	1,834	946	1,511	1,342	2,613	1,287	343	1,278,563	375,138	

ที่มา: ความรู้เบื้องต้นและนิยามอุทกภัย วาดภัย และดินถล่ม (2558)

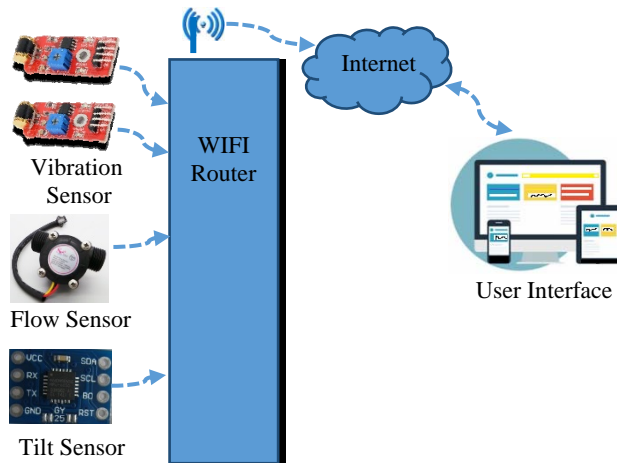
2.4 วัสดุ อุปกรณ์

แบบสัญญาณออนไลน์แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนตรวจวัด, ส่วนส่งข้อมูล และส่วนแสดงผล ดังแสดงในรูปที่ 2.6 และการเชื่อมต่อของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 มีรายละเอียดของอุปกรณ์ในแต่ละส่วน ดังนี้ ส่วนประกอบของเครื่องเตือนอุบัติน้ำป่าและดินถล่ม

การพัฒนาเครื่องเตือนอุบัติน้ำป่าและดินถล่ม



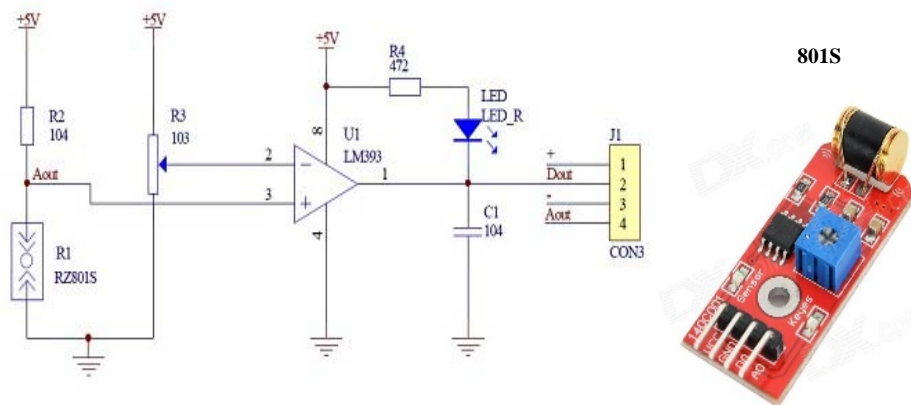
รูปที่ 2.6 ไตอะแกรมอุปกรณ์ระบบตรวจวัดดินถล่ม.



รูปที่ 2.7 การเชื่อมต่อของระบบเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและดินถล่มแบบสัญญาณออนไลน์.

2.4.1 เซนเซอร์ตรวจวัดการสั่น (Vibration sensor)

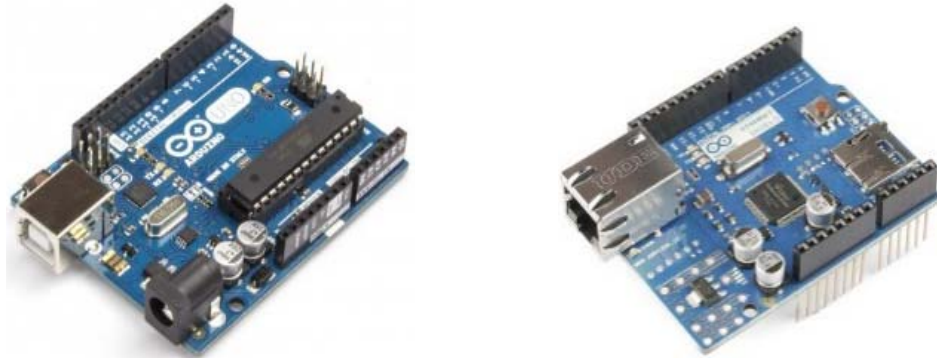
เลือกใช้เซนเซอร์วัดการสั่นรุ่น 801S ซึ่งให้สัญญาณเอาต์พุตเป็นแรงดัน 0-5 โวลต์ ตามความแรงของการสั่น แสดงวงจรและรูปอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.8.



รูปที่ 2.8 เซนเซอร์วัดการสั่นรุ่น 801S.

2.4.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) พร้อมระบบ LAN

เลือกใช้แผงวงจร arduino UNO ที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega328 เป็นตัวประมวลผลมีขารองรับสัญญาณแรงดันจากเซนเซอร์ได้สูงสุด 6 ขา และสามารถเชื่อมต่อกับเชื่อมต่อ กับแผงวงจร LAN ได้ ใช้ตัวประมวลผลเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตรุ่น Wiznet W100 ดังแสดงในรูปที่ 2.9.



ก) arduino UNO

ข) internet shield Wiznet W100

รูปที่ 2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมระบบ LAN.

2.4.3 ตัวส่งสัญญาณไร้สายความแรงสูง (wireless)

การส่งข้อมูลเตือนอุบัติเหตุ น้ำป่าและดินถล่มในพื้นที่เสี่ยงภัยเพื่อแสดงผลอยู่ระยะไกลต้องใช้การส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยเลือกใช้ตัวส่งสัญญาณไร้สายความแรงสูงที่ส่งสัญญาณตามมาตรฐาน WIFI 802.11b/g/n ที่ความถี่ 5 จิกะเฮิรตซ์ ส่งได้ระยะมากกว่า 5 กิโลเมตร ในที่โล่ง โดยใช้รุ่น NSW5 จำนวน 2 ตัว สำหรับส่งข้อมูลจากภาคสนามเข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10.



รูปที่ 2.10 ตัวสัญญาณไร้สายความแรงสูง.

2.4.4 เซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge flow rate sensor) YF-S201

ใช้สำหรับวัดปริมาณน้ำฝนจากอัตราการไหลโดยการนับความถี่ของสัญญาณพัลส์ ย่านการวัดอัตราการไหล 1-30 ลิตร/นาที่ ค่าความผิดพลาด 2% ให้สัญญาณพัลส์ขอบขาขึ้นแรงดันตั้งแต่ >4.6 โวลต์ สัญญาณพัลส์ขอบขาลงน้อยกว่า <0.5โวลต์ ที่อัตรา 45 พัลส์ ต่อ 1,000 มิลลิลิตร (1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร) ใช้กรวยรับน้ำฝนขนาด 18.45 เซนติเมตร คำนวณเป็นปริมาณน้ำฝนในหน่วย มิลลิเมตร จากสมการ

$$h = V/(\pi \cdot r^2) = V/(3.142 \cdot 9.2252) = V/267.4 \text{ เซนติเมตร} = V/26.74 \text{ มิลลิเมตร}$$

เมื่อ h = ความสูงของน้ำ หน่วยมิลลิเมตร

V = ปริมาณน้ำ หน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร

R = รัศมี กรวยรับน้ำ หน่วยเซนติเมตร



ก) เซนเซอร์วัดการไหลรุ่น YF-S201

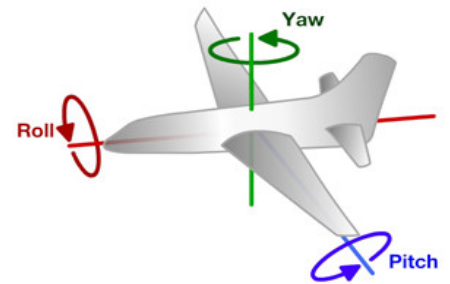
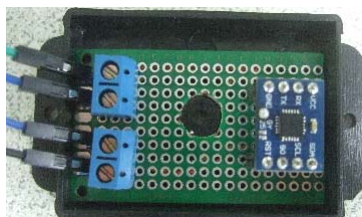
ข) ชุดวัดปริมาณน้ำฝน

รูปที่ 2.11 เซนเซอร์วัดอัตราการไหลและชุดวัดปริมาณน้ำฝน.

2.4.5 เซนเซอร์วัดความเอียง (tilt sensor) GY-25 เซนเซอร์ GY-25

ใช้ Module MPU-6050 โดยมี MCU STM32 เพื่อแปลงค่าได้อ่านได้ออกเป็นสัญญาณแบบอนุกรมเพื่อนำไปใช้งานได้ง่าย ใช้แหล่งจ่าย 3-5 โวลต์ สื่อสารแบบอนุกรมด้วยอัตราการส่งข้อมูล 9600 และ 115200 บิต/วินาที ความละเอียด 0.01 ° ย่านการวัดมี ดังนี้:

- Heading angle (YAW) $\pm 180^\circ$
- Roll angle (ROLL) $\pm 180^\circ$
- Pitch angle (PITCH) $\pm 180^\circ$



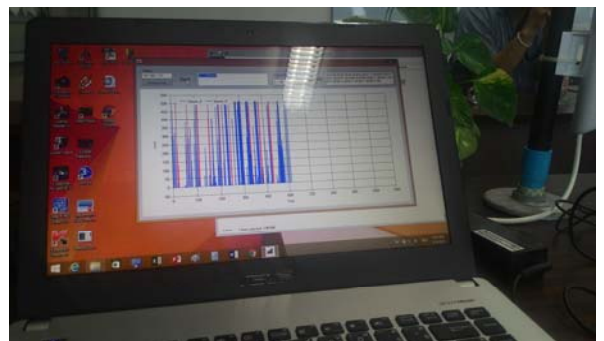
ก) เซนเซอร์วัดความเอียง GY-25

ข) ลักษณะมุมเอียง

รูปที่ 2.12 เซนเซอร์วัดความเอียง GY-25 และลักษณะมุมเอียง.

2.4.6 คอมพิวเตอร์ (Computer)

คอมพิวเตอร์ใช้แบบพกพาเพื่อให้สะดวกในการเคลื่อนย้ายและสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.13.

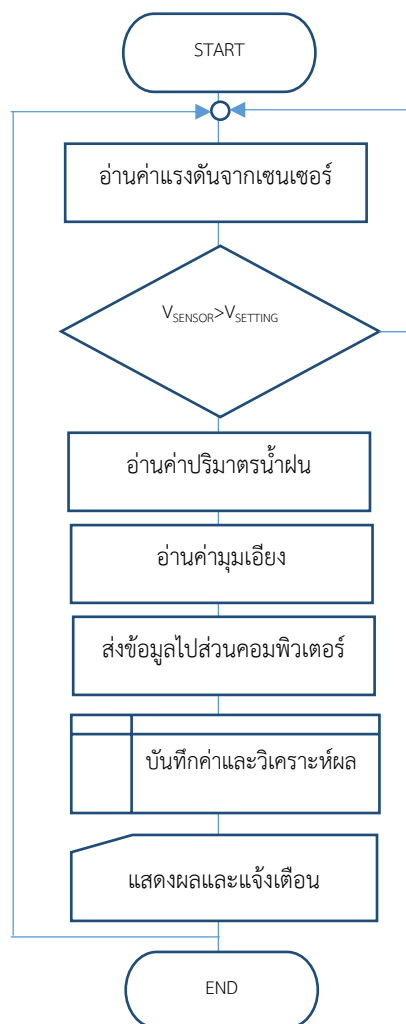


รูปที่ 2.13 คอมพิวเตอร์แบบพกพา.

คอมพิวเตอร์แบบพกพาใช้เก็บข้อมูลและแสดงผลข้อมูลที่ได้รับ จากระบบเตือนอุบัติน้ำป่าและดินถล่มแบบสัญญาณออนไลน์ จากเซนเซอร์ตรวจวัดการสั่น (Vibration sensor) เซ็นเซอร์วัดปริมาณน้ำฝน (Rain gauge flow rate sensor) และเซ็นเซอร์วัดความเอียง (Tilt sensor).

2.5 วิธีการทดลอง

การทำงานสรุปเป็นขั้นตอนตามผัง ดังแสดงในรูปที่ 2.14 และอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้:



รูปที่ 2.14 แพนผังการทำงานของระบบเครื่องเตือนอุบัติน้ำป่าและดินถล่มแบบสัญญาณออนไลน์.

ขั้นตอนการทำงาน

1. อ่านค่าแรงดันจากเซนเซอร์วัดการสั่น.
2. ตรวจสอบระดับแรงดันว่าสูงกว่าค่าปรับตั้งหรือไม่ ถ้าสูงกว่าให้ทำงานในลำดับต่อไป.
3. อ่านค่าเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำฝน.
4. อ่านค่าเซนเซอร์วัดมุมเอียง.
5. ส่งข้อมูลไปแสดงผลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g/n.
6. โปรแกรมทำการบันทึกค่าและวิเคราะห์ผลที่ได้.
7. โปรแกรมแสดงค่าความแรงของการสั่น, ปริมาณน้ำฝน และมุมเอียง พร้อมแสดงสถานะข้อมูลทีวิเคราะห์.

การเก็บรวบรวมข้อมูลอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและดินถล่มที่ถูกต้องช่วยให้นักวิทยาศาสตร์, วิศวกร, นักธรณีวิทยา ได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวทางธรณีวิทยา, อุบัติภัยน้ำป่าและดินถล่มได้ดีขึ้น เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับเหตุการณ์ในอนาคต ลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้อาศัยในเขตพื้นที่เสี่ยงภัย.

ข้อมูลที่แจ้งเตือนในโครงการวิจัยนี้ ใช้การส่งสัญญาณแบบออนไลน์ระยะไกล ด้วยอุปกรณ์ตรวจวัด 3 ระบบ

1. วัดอัตราการไหลของปริมาณน้ำฝน (Rain gauge flow meter sensor).
2. อุปกรณ์ตรวจวัดความเอียง (Tilt sensor) ของพื้นที่เสี่ยงภัย (กรณีเกิดการเคลื่อนที่ของมวลดิน อุปกรณ์ตรวจวัดจะแสดงค่าที่เปลี่ยนแปลง).
3. เครื่องมือวัดการสั่นสะเทือน (Vibration sensor).

เครื่องมือเตือนอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและดินถล่มแบบสัญญาณออนไลน์ ทั้ง 3 นี้ส่งข้อมูลจากพื้นที่เสี่ยงเกิดอุบัติเหตุภัยน้ำป่าและดินถล่ม ด้วยเวลาจริง (real time) ทั้งนี้เพื่อแจ้งเตือนผู้อาศัยในเขตพื้นที่เสี่ยงภัย ให้รับรู้ถึงเหตุการณ์จริงที่เกิดขึ้น ณ บริเวณจุดเสี่ยงภัยมีเหตุการณ์, ปริมาณน้ำฝน, การเคลื่อนที่ของมวลดิน และมีการสั่นสะเทือนในพื้นที่เสี่ยงภัย.

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 การทดสอบเซนเซอร์การวัดการสั่น

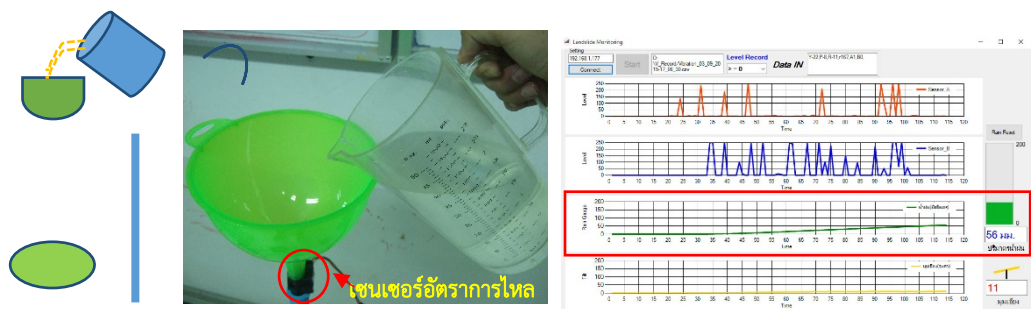
ทดสอบโดยวางเซนเซอร์วัดการสั่น 2 ตัว บนโต๊ะ จากนั้นใช้มือเคาะไปที่โต๊ะที่ระยะห่างต่างๆ วางอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 จากผลการทดสอบเซนเซอร์สามารถตรวจวัดการสั่นได้ดี โดยดูจากสัญญาณที่ส่งมาที่โปรแกรมในทุกครั้งที่มีการเคาะ.



รูปที่ 3.1 ทดสอบเซนเซอร์วัดการสั่น.

3.2 การทดสอบค่าความถูกต้องของการวัดปริมาตรน้ำฝน

ทดสอบโดยการเทน้ำจากเหยือกที่มีมาตรวัดปริมาตรน้ำในหน่วยมิลลิลิตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เพิ่มครั้งละ 400 มิลลิลิตร ตั้งแต่ 400 มิลลิลิตร ถึง 4,000 มิลลิลิตร เมื่อคำนวณตามรัศมีของกรวย ได้ปริมาตรน้ำในหน่วยมิลลิเมตร ถึง 149.59 มิลลิเมตร จากนั้นบันทึกค่าที่ระบบส่งมาแสดงผลได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.2.



รูปที่ 3.2 ทดสอบเซนเซอร์วัดปริมาตรน้ำ.

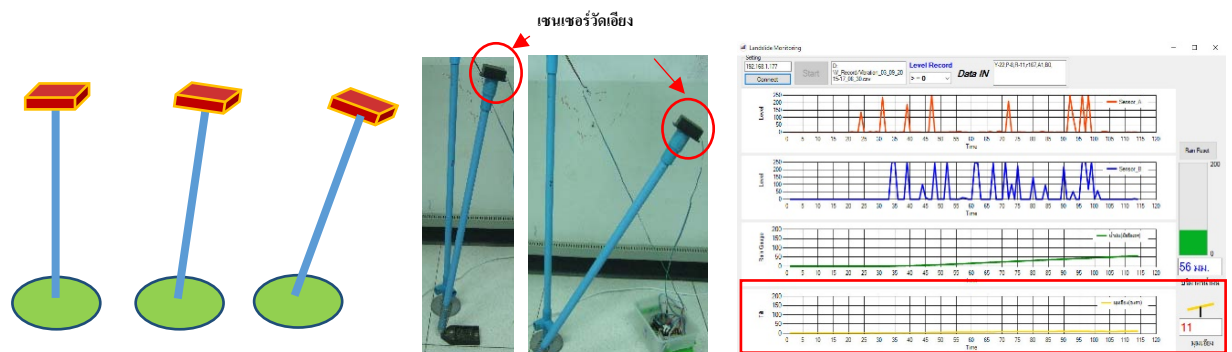
ตารางที่ 3.2 การทดสอบปริมาตรน้ำ

ลำดับ	ปริมาตรน้ำที่ทดสอบ (มิลลิลิตร)	ปริมาตรน้ำที่คำนวณ (มิลลิเมตร)	ปริมาตรน้ำที่วัด (มิลลิเมตร)	ค่าผิดพลาด (%)
1	400	14.96	16	6.95
2	800	29.92	30	0.27
3	1200	44.88	44	1.96
4	1600	59.84	60	0.27
5	2000	74.79	77	2.95
6	2400	89.75	87	3.06
7	2800	104.67	100	4.46
8	3200	119.67	115	3.9
9	3600	134.63	125	7.15
10	4000	149.59	148	1.06

จากการทดสอบใช้เซนเซอร์วัดอัตราการไหลวัดปริมาตรน้ำฝนเพื่อปล่อยให้น้ำไหลออกตลอดเวลา โดยโปรแกรมจะส่งคำสั่งไปรีเซ็ตค่าทุก 24 ชั่วโมง เพื่อวัดค่าปริมาตรน้ำฝนต่อวัน ผลการทดสอบมีค่าความผิดพลาดอยู่ในระดับที่ใช้แจ้งเตือนได้.

3.3 การทดสอบค่าความถูกต้องของการวัดมุมเอียง

การทดสอบนี้ใช้การเอียงเสาที่ติดเซนเซอร์วัดมุมเอียงไปที่มุมต่างๆ ครั้งละ 10 องศา ตั้งแต่ 0 (เสาอยู่แนวตั้ง) ถึง 90 องศา (เสาอยู่ตามแนวราบ) รูปที่ 3.3 ใช้ไม้บรรทัดวัดมุมเปรียบเทียบ จากนั้นบันทึกค่าที่ระบบส่งมาแสดงผลได้ ดังแสดงในตารางที่ 3.3.



รูปที่ 3.3 ทดสอบเซนเซอร์วัดเอียง.

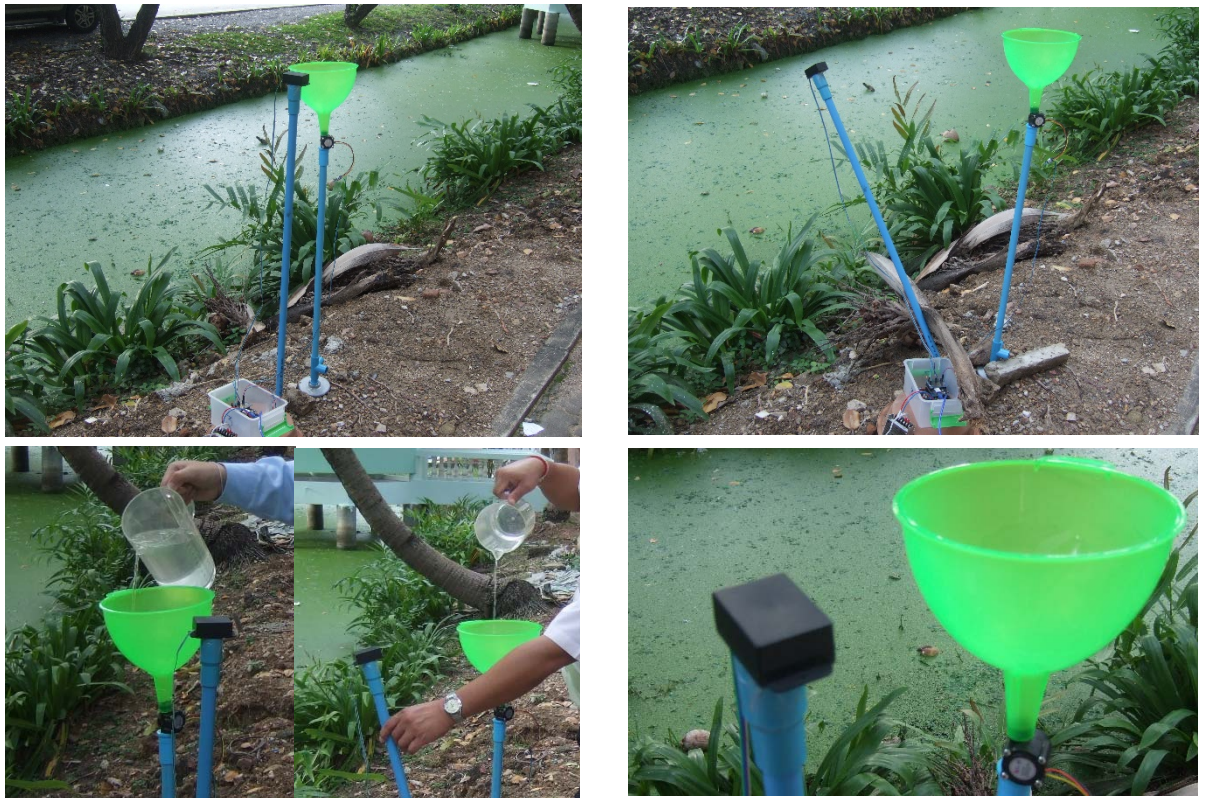
ตารางที่ 3.3 การทดสอบมุมเอียง

ลำดับ	มุมเอียง (องศา)	มุมที่วัดได้ (องศา)	ค่าผิดพลาด (%)
1	0	0	0
2	10	10	0
3	20	20	0
4	30	29	3.0
5	40	40	0
6	50	49	2.0
7	60	61	1.7
8	70	70	0
9	80	81	1.3
10	90	90	0

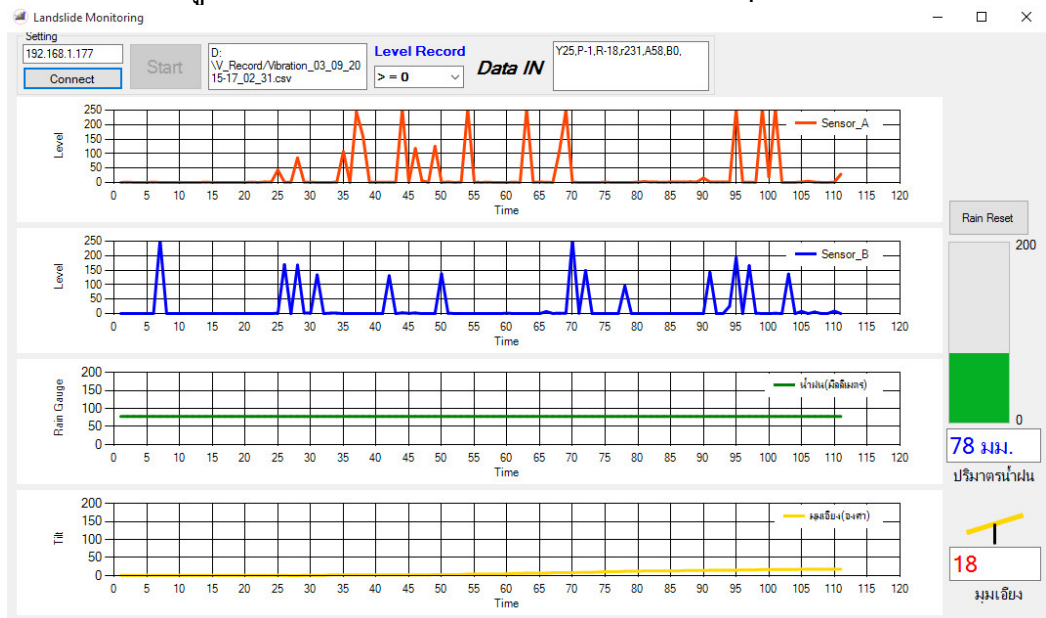
จากผลการทดสอบมุมเอียงที่วัดได้มีค่าความผิดพลาดน้อย และเซนเซอร์ที่ใช้มีราคาไม่แพงจึงเหมาะกับการใช้พร้อมให้เกิดความเสียหายกับตัวอุปกรณ์เมื่อเกิดเหตุดินถล่มจริง.

3.4 การทดสอบกลางแจ้ง

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบการส่งข้อมูลกลางแจ้งโดยยังคงจำลองการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ได้แก่การใช้เอือกแทนน้ำแทนน้ำฝน, ใช้การดันเสาให้เอียง, การเคาะที่พื้นเพื่อตรวจสอบการสั่น ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และ 3.5 เป็นหน้าจอบ่งชี้ผลในระหว่างการทดสอบ ผลการทดสอบระบบสามารถส่งค่ามาแสดงที่คอมพิวเตอร์ได้.



รูปที่ 3.4 การจำลองสถานการณ์ตรวจวัดค่าต่างๆ.



รูปที่ 3.5 หน้าจอแสดงผลในระหว่างการทดสอบ.

4. สรุปผลการวิจัย

แม้ว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการ ระบบส่งสัญญาณแรงดันจะทำงานได้ดี เนื่องจากการเชื่อมโยงอินเทอร์เน็ตและแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าทำงานได้ดีในห้องปฏิบัติการ แต่เครื่องเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ต้องประยุกต์ใช้ในพื้นที่เสี่ยงภัยจริง. ดังนั้น ความเสถียรภาพของข้อมูลและการส่งสัญญาณจึงมีความสำคัญมาก เพราะการส่งสัญญาณระยะไกลอาจมีคลื่นสัญญาณรบกวนส่งผลทำให้ข้อเตือนภัยผิดพลาดหรือช้าเกินไป ข้อผิดพลาดเหล่านี้ อาจส่งผลให้ผู้อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยไม่ปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สิน จากการทดลองของโครงการวิจัยเครื่องเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ได้ข้อสรุปสามส่วนที่มีความสำคัญ คือ

1. ชุดเตือนภัยที่ติดตั้งบริเวณที่มีแนวโน้มเกิดน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มส่งสัญญาณได้ดี.
2. พลังงาน ในที่นี้ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานใช้งานได้ดี.
3. ระบบรับ-ส่งสัญญาณ ข้อมูลเตือนภัยเวลาจริง (real time) ส่งสัญญาณได้ดี ดังรายละเอียดตามข้อมูลที่แสดงในส่วนของการแสดงผลและเก็บข้อมูล.

การแสดงผลและเก็บข้อมูล

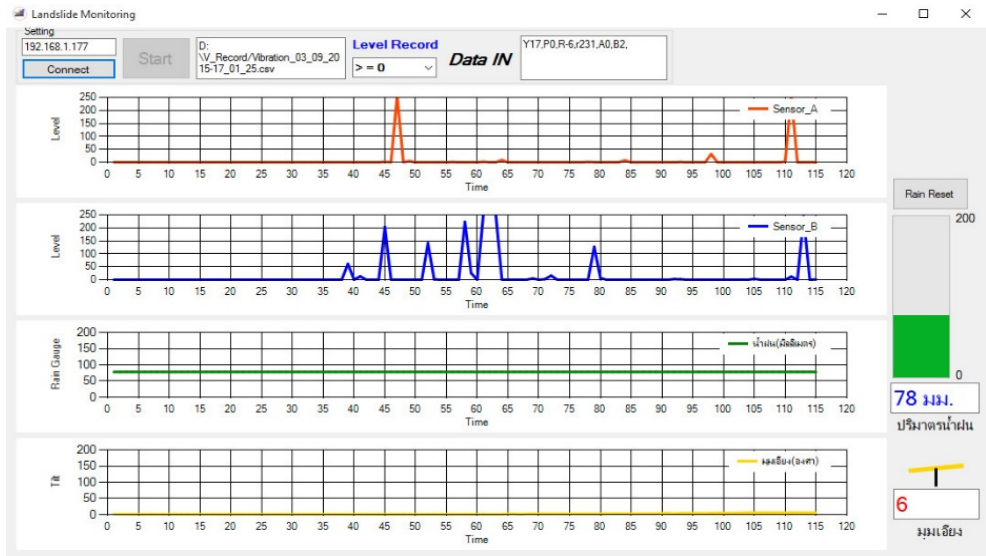
ส่วนการแสดงผลและเก็บข้อมูลสามารถรับข้อมูลผ่านการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b/g/n โดยใช้เขียนโปรแกรมบน Microsoft Visual Basic 2010 Express เพื่อแสดงผลที่ส่งมาจากเซนเซอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลแบบ .csv ดังแสดงในรูปที่ 4.3 เพื่อนำไปเปิดกับโปรแกรม Excel และส่งข้อมูลจากบริเวณจุดเสี่ยงภัยมายังสถานีรับข้อมูลได้อย่างถูกต้องไม่แตกต่างจากในห้องทดลอง.

กราฟชุด 1 ด้านล่างสุด แสดงการสั่นสะเทือนของจุดตรวจวัดที่ฝังในพื้นดิน การทดลองสร้างแรงสั่นสะเทือนด้วยการเคาะพื้นดิน กราฟจะแสดงด้วยเส้นสีแดง.

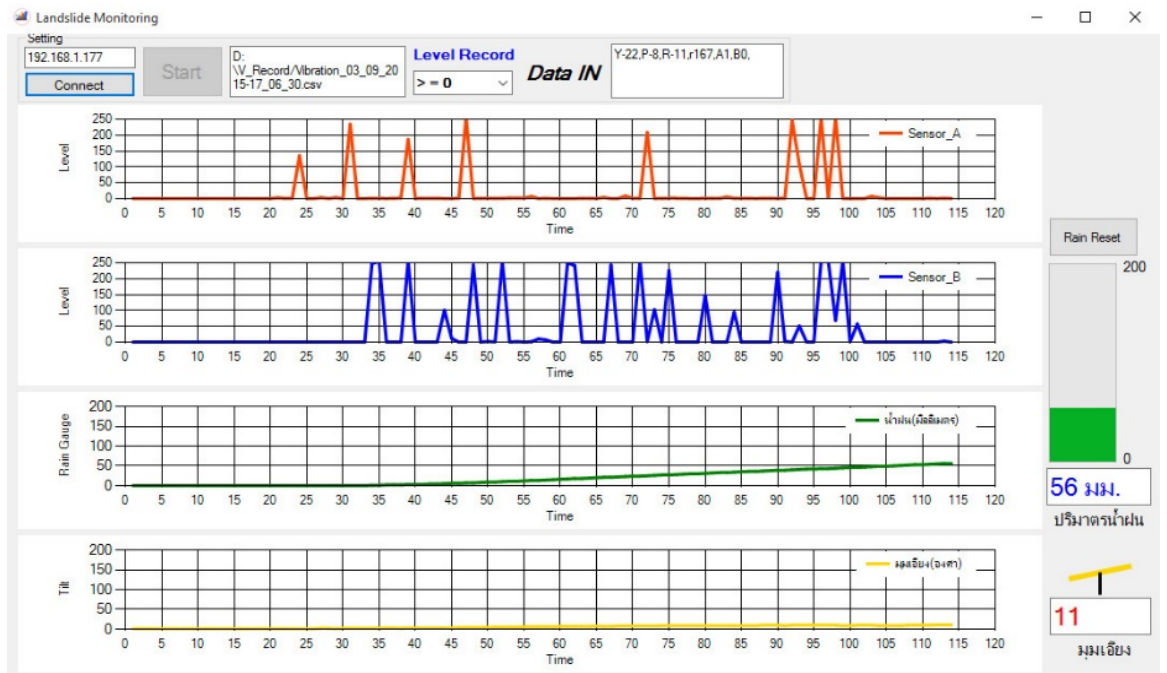
กราฟชุด 2 ด้านบนสุด แสดงการสั่นสะเทือนของจุดตรวจวัดที่บนพื้นผิวดิน การทดลองสร้างแรงสั่นสะเทือนด้วยการเคาะพื้นดิน กราฟจะแสดงด้วยเส้นสีน้ำเงิน.

กราฟชุด 3 แสดงปริมาณน้ำฝน ด้วยการวัดปริมาณอัตราการไหลของน้ำ กราฟจะแสดงด้วยเส้นสีเขียว และแสดงค่าเป็นตัวเลข.

กราฟชุด 4 อยู่ล่างสุด แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวดิน ตรวจวัดความเอียง กราฟจะแสดงด้วยเส้นสีเหลือง และแสดงค่าเป็นตัวเลข.



รูปที่ 4.1 หน้าจอแสดงผล 1.



รูปที่ 4.2 หน้าจอแสดงผล 2.

	A	B	C	D	E
1	Time	Level_A	Level_B	มุมเอียง	ปริมาตรน้ำฝน
2	23:03:09	13	12	12	64
3	23:03:09	13	11	19	64
4	23:03:09	13	11.5	19	64
5	23:03:09	13	11.5	19	64
6	23:03:09	13.5	12	19	64
7	23:03:09	14.5	12.5	19	64
8	23:03:10	15.5	13.5	19	64
9	23:03:10	15.5	14	19	64
10	23:03:10	16.5	15	19	64
11	23:03:10	16.5	15	19	64
12	23:03:10	17	15.5	19	64
13	23:03:10	17.5	16	19	64
14	23:03:10	18.5	16.5	19	64
15	23:03:10	20	17	19	64

รูปที่ 4.3 ข้อมูลที่เก็บแบบ .csv.

5. แนวทางการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

5.1 การนำไปใช้งาน

ภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มสร้างความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมากทั่วโลก หรือแม้แต่กระทั่งการทำลายระบบนิเวศในบริเวณที่ภูเขาน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มไปอย่างถาวร ดังนั้น พื้นที่จึงเสี่ยงภัยต่อน้ำป่าไหล.

งานวิจัยนี้ได้ตระหนักถึงความสูญเสียดังกล่าว จึงได้ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการแจ้งเตือนภัยที่ได้ผลทั้งในประเทศและต่างประเทศ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด (แจ้งเตือนได้ถูกต้อง ส่งข้อมูลรวดเร็วที่สุด ประชาชนที่ผู้อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็วเพื่อป้องกันการเสียชีวิต, การบาดเจ็บ และขนย้ายทรัพย์สินได้ทันเวลา) และระบบเตือนภัยดังกล่าว นอกจากมีคุณภาพสูงตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อุปกรณ์เครื่องมือเตือนภัยต้องราคาไม่แพง, ใช้งานง่าย, การบำรุงรักษาน้อย, ใช้พลังงานน้อย, ทนทาน และสามารถปรับใช้ได้หลายพื้นที่ทุกฤดูกาล.

5.2 กลุ่มเป้าหมายการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ประชาชนหรือชุมชนที่อาศัยในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม บริเวณทางภาคเหนือ, ภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วน, หน่วยงานรัฐ, หน่วยงานเอกชน ฯลฯ.

5.3 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรมทรัพยากรธรณี, กรมทรัพยากรน้ำ, กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ฯลฯ รวมทั้งภาคเอกชนที่ประกอบธุรกิจเกี่ยวกับที่อยู่อาศัยที่ตั้งในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากดินถล่ม และหน่วยงานองค์กรบริหารส่วนตำบลต่างๆ ในพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม เพื่อแจ้งเตือนให้เกิดความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สินของผู้อาศัยในเขตพื้นที่เสี่ยงลาดเอียง เป็นต้น.

5.4 รูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์/การนำไปต่อยอดให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

- สามารถติดตั้งเครื่องเตือนภัยพิบัติและน้ำป่าไหลหลาก ดินถล่มได้ง่าย ในบริเวณจุดหลากหลายและดินถล่มในประเทศไทย ควรมีระบบการจัดการเตือนภัยก่อนที่ภัยพิบัติจะสร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สิน.

- สามารถนำไปต่อยอดสร้างมูลค่าเพิ่ม จำหน่ายให้กับภาคเอกชนที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับที่พักอาศัย ใกล้กับภูเขา, น้ำตก, บ้านพักบนเกาะต่างๆ หรือสิ่งปลูกสร้างบนพื้นลาดเอียง.

- สามารถนำไปต่อยอดร่วมมือกับกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อแจ้งเตือนครอบคลุมทุกพื้นที่ที่เสี่ยงภัยแก่ประชาชนที่อาศัยในบริเวณเสี่ยงภัยและผู้ที่เดินทางผ่านบริเวณเสี่ยงภัยสามารถเข้าข้อมูลได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลวางแผนการอพยพเคลื่อนย้ายผู้ประสบภัยได้อย่างเป็นระบบ.

5.5 ผลลัพธ์จากการนำไปใช้ประโยชน์

- สามารถป้องกันการสูญเสียชีวิต, การบาดเจ็บ และทรัพย์สินของประชาชนที่อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัย.

- สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผู้ประกอบการเกี่ยวกับธุรกิจก่อสร้างที่อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยดังกล่าว.

- ได้สร้างเครือข่ายป้องกันภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มทั้งในประเทศและต่างประเทศ.

5.6 ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทางสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม

- การติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ชนิดนี้ เพื่อป้องกันชีวิตและทรัพย์สินของผู้อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยตลอดจนสิ่งแวดล้อมซึ่งไม่สามารถประเมินค่าทางเศรษฐกิจได้.

- การติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ชนิดนี้สร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัย และผู้ที่ทำธุรกิจบริเวณในพื้นที่เสี่ยงภัย.

- ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือดังกล่าว สามารถใช้เป็นฐานองค์ความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในอนาคต.

6. ข้อเสนอแนะ

การใช้ระบบส่งสัญญาณแจ้งเตือนภัยน้ำป่าไหลหลาก นอกจากข้อโดดเด่นด้านการแจ้งเตือน เหตุการณ์รวดเร็วแล้ว ยังมีข้อดีด้านความปลอดภัยของผู้เฝ้าระวังภัยของชุมชนอีกด้วย กล่าวคือ ผู้ดูแลระบบไม่ต้องขึ้นไปสำรวจบริเวณจุดเสี่ยงน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มบ่อยครั้ง เพื่อดูลักษณะทางกายภาพของพื้นที่บริเวณนั้น ผู้เฝ้าระวังภัยสามารถดูความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เสี่ยงภัยผ่านจอคอมพิวเตอร์ได้ทุกเวลา.

จากหลายงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับธรณีวิทยา พบว่า น้ำป่าไหลหลากและดินถล่มเป็นภัยพิบัติที่สามารถทำลายได้ทุกอย่างที่ขวางเส้นทาง ดังนั้น เครื่องมือเตือนภัยที่ดี นอกจากต้องมีประสิทธิภาพสูงเตือนภัยได้ทันทีที่ต้องรวดเร็วแล้ว ต้องมีราคาไม่สูงด้วย เพราะถ้าเกิดภัยพิบัติขึ้น เครื่องมือหรืออุปกรณ์ทุกอย่างจะถูกทำลายไปพร้อมกับภัยพิบัติ.

จากการทดลองใช้งาน เครื่องมือเตือนภัยน้ำป่าไหลหลากควรมีคุณลักษณะ ดังต่อไปนี้

- ควรมีแหล่งพลังงานที่สามารถให้พลังงานได้อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันนิยมใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์.
- ควรติดตั้งให้อยู่ในบริเวณที่เป็นจุดเสี่ยงภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มให้มากที่สุด.
- เครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มต้องมีความแข็งแรง, ทนทาน, ติดตั้งง่าย, น้ำหนักเบา, การบำรุงรักษาบ่อย, มีอะไหล่ที่ไม่จำเพาะ, หาซื้อง่าย และราคาถูก.
- เครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มควรออกแบบโปรแกรมการจับเก็บข้อมูลและการแจ้งเตือนตรงกับเวลาเกิดเหตุภัยพิบัติให้มากที่สุด.
- ชุดส่งสัญญาณ (WiFi) ของเครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มควรมีสัญญาณ (WiFi) ครอบคลุมบริเวณเสี่ยงภัยและจุดรับสัญญาณ.
- เครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ควรปรับเปลี่ยนโปรแกรมที่ทันสมัยอยู่เสมอ ทั้งนี้เพื่อการแจ้งเตือนที่รวดเร็วถูกต้องที่สุด.
- เครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ควรเพิ่มกล้องและส่งสัญญาณภาพออนไลน์มาที่ชุมชน เพื่อให้อาศัยในบริเวณเสี่ยงได้ประเมิน คาดการณ์ได้ถูกต้องถึงความรุนแรง เพื่อวางแผนอพยพได้อย่างปลอดภัยมากขึ้น.
- เครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม ควรเพิ่มอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ, ความชื้น และอุปกรณ์ตรวจวัดความดันระดับน้ำใต้ดินที่จุดบริเวณเสี่ยงภัย ทั้งนี้เพื่อให้

นักวิทยาศาสตร์, นักธรณีวิทยา, วิศวกร ได้มีข้อมูล เพื่อใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลก่อนเกิดเหตุภัยพิบัติ มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ความชื้น, ความดันน้ำใต้ดิน เป็นอย่างไร และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เขียนโปรแกรมแจ้งเหตุเตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทุกพื้นที่ทั่วโลกที่มีแนวโน้มเกิดภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่ม.

- เครื่องมือ อุปกรณ์เตือนภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มต้องใช้งานง่าย ผู้อาศัยในพื้นที่เสี่ยงภัยสามารถเข้าใจ และใช้เครื่องมือเตือนภัยได้อย่างถูกต้อง.

การนำไปใช้งาน

ภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มสร้างความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมากทั่วโลก หรือแม้แต่กระทั่งการทำลายระบบนิเวศในบริเวณที่ถูกน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มไปอย่างถาวร. ดังนั้น พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มในประเทศไทยควรติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ชนิดนี้ เพื่อป้องกันชีวิตและทรัพย์สินของผู้อาศัยในพื้นที่เสี่ยงพร้อมด้วย ให้การอบรมการใช้งาน การบำรุงรักษา หรืออาจติดตั้งให้กับประเทศเพื่อนบ้านที่เสี่ยงภัยในลักษณะเดียวกัน เพื่อเป็นการช่วยเหลือสร้างเครือข่ายเฝ้าระวังภัยพิบัติน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มร่วมกัน (เครื่องเตือนภัยชนิดนี้ราคาถูก, ใช้งานง่าย และการบำรุงรักษาน้อย).

7. เอกสารอ้างอิง

- การปรับสภาพดินเสื่อมโทรม. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter4/chapter4_soil11.htm, [เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2558].
- ความรู้เบื้องต้นและนิยามอุทกภัย วาตภัย และดินถล่ม. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://cendru.eng.cmu.ac.th/web/13-2.htm>, [เข้าถึงเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558].
- ชาวนินมะปราง พิษณุโลกพวาหลุมยุบ 6 เมตร. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.tnnthailand.com/news_detail.php?id=71165&t=news, [เข้าถึงเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558].
- ตั้งชวาล, สง่า. 2555. ธรณีวิศวกรรมขั้นพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บันทึกเหตุการณ์ดินถล่ม. 2555. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.dmr.go.th/download/Landslide/event_landslide1.htm, [เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2558].
- ภูมิประเทศภาคเหนือ. 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.pua108.com/main/?p=316>, [เข้าถึงเมื่อ 5 สิงหาคม 2558].
- หลุมยุบ หลุมยักษ์. 2553. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.sahavicha.com/?name=knowledge&file=readknowledge&id=2668>, [เข้าถึงเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558].
- Eoearth. 2014. Landslide. [online]. Available at: <http://www.eoearth.org/view/article/154157/>, [accessed 5 August 2015].
- Intrieri, E., Gigli, G., Casagli, N. and Nadim, F., 2013. Landslide early warning system: toolbox and general concepts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. **13**(1), pp. 85-90.
- Keith, A., Robert, Turner and Schuster, L., 1996. Landslides Investigation And Mitigation Spacial Report 247. Washington, D.C.: National Academy Press.

- Kiyoshi, Honda, Shrestha, Aadit, Chinnachodteeranun, Rassarin, Hung, Nguyen Duy, Shimamura, Hiroshi, Fathani, Teuku Faisal, Karnawati, Dwikorita and Sassa, Kyoji, 2008. Landslide early warning system for rural community as an application of sensor Asia. *In: IAALD AFITA WCCA 2008 World Conference on Agricultural and It.* Tokyo: Tokyo University of Agriculture.
- Reid, M.E., Baum, R.L., LaHusen, R.G. and Ellis, W.L., 2008. Capturing landslide dynamics and hydrologic triggers using near-real-time monitoring. *In: Chen et al., eds. Landslides and Engineered Slopes-Chen.* London: Taylor & Francis Group.
- Srinivas, Y. and Raghava Rao, K., 2014. Landslide warning system using zigbee and GPS. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*. **4(7)**, pp. 1-6.

ภาคผนวก









