

การประเมินเสถียรภาพของลาดดิน จากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝนโดยการตรวจวัดแรงดันน้ำช่องว่างในสนามและ
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

Evaluation of Slope stability with influence of rainfall
using pore water pressure monitoring and artificial neural network modeling

พรตะวัน เสาพันธ์ธร, วริศา บริราช, วิมลณัฐ ศรีสุรินทร์

ผศ. ดร. อภินิติ โชติสังกาศ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 0-2942-8555 กด 7 ต่อ 1302-1304 โทรสาร 0-2579-7565 E-mail : fengsak@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เสนอผลงานงานการศึกษา ด้านวิศวกรรมปฐพี โดยการใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการประเมินเสถียรภาพของลาดดิน โดยใช้โปรแกรมสามารถพยากรณ์ค่าแรงดันน้ำจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในพื้นที่ศึกษาลาดดินบริเวณเขื่อนขุนด่านปราการชล จ.นครนายก โดยความแม่นยำของการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ชนิดของตัวแปร จำนวนตัวแปร การปรับค่าต่ำสุดและสูงสุดของชุดข้อมูล จำนวนปีที่ใช้สอนโปรแกรม และอื่นๆ โดยความแม่นยำของการพยากรณ์สามารถแสดงได้ในรูปแบบค่าเปอร์เซ็นต์ความเหมาะสมจากการทดสอบข้อมูลในโปรแกรมและค่าของกำลังสองน้อยสุดซึ่งเป็นค่าทางสถิติ ค่าดังกล่าวถือเป็นค่าบ่งชี้ถึงแบบจำลองที่มีความแม่นยำมากที่สุด นอกจากนี้ยังนำแบบจำลองที่ได้มาพยากรณ์ค่าแรงดันน้ำในพื้นที่ศึกษาดอยอินทนนท์ และวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดิน

คำสำคัญ : เสถียรภาพของลาดดินอนันต์, โครงข่ายประสาทเทียม

Abstract

This project present using artificial neuron network to evaluate slope stability . This program can predict pore water pressure by input precipitation value but precision of prediction depend on varies factor such as type of input, changing of maximum and minimum value , number of year ect. Precision of prediction can show in percent fitness by testing in program and root mean square error. There can tell about the best model , so we use it to predict pore water pressure and slope stability for other site. The result of this study, can show the best model

that using all of data and 2 input : 1 day precipitation and cumulative 3 day precipitation. Testing by pore water ratio is general form to use because it doesn't depend on depth and can use for other site that has different depth

keywords : infinite slope stabilization, artificial neural network

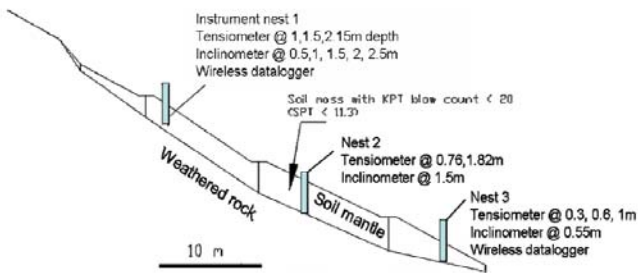
1. บทนำ

เนื่องจากภัยพิบัติที่เกิดจากดินถล่ม สามารถเกิดขึ้นได้และในบางครั้งก็มีการเตือนภัยที่ไม่ทันทั่วถึงซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อบุคคลและทรัพย์สินจึงควรหาวิธีการในการป้องกันและแก้ไขเพื่อบรรเทาความเสียหายให้ลดลง ในปัจจุบันเครื่องมือวัดแรงดันน้ำยังราคาค่อนข้างสูงจึงได้ทดลองใช้โปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาทำนายค่าแรงดันน้ำ เพื่อเป็นการประมาณค่าแรงดันน้ำที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง เพราะในการออกแบบทั่วไปมักจะประมาณค่าแรงดันน้ำซึ่งในบางครั้งอาจจะไม่ตรงกับสถานการณ์เป็นจริงในสนาม

ระบบโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมเป็น โปรแกรมที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าต่างๆ โดยการป้อนค่าตัวแปรนำ input และตัวแปร output ที่ทราบค่าที่แท้จริง นำมาทำการสอนเพื่อให้โปรแกรมจดจำกระบวนการทำนายค่า และผลที่ได้จะออกมาในรูปแบบของค่าถ่วงน้ำหนัก และนำค่าเหล่านี้ไปพยากรณ์ค่าแรงดันน้ำ ความแม่นยำของการพยากรณ์ค่าขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างที่จะต้องมีการทดสอบต่อไป

2. พื้นที่ทดสอบและเครื่องมือตรวจวัด

ใช้ข้อมูลจากเขื่อนขุนด่านปราการชล (เขื่อนคลองท่าด่าน) ตั้งอยู่ที่บ้านท่าด่าน ตำบลหินตั้ง อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก โดยค่าแรงดันน้ำได้มาจาก KU-tensiometer ซึ่งมีเครื่องมือติดตั้งอยู่ที่ 3 ตำแหน่งบนทางลาดที่ทดสอบ คือ ส่วนบน ส่วนกลาง และตีนลาดดิน โดยส่วนบนติดตั้งที่ 3 ความลึก คือ 2.15 ม., 1.5 ม. และ 1.0 ม. จากผิวดิน ส่วนกลางติดตั้งที่ 2 ความลึก คือ 0.76 ม. และ 1.82 ม. จากผิวดิน และส่วนตีนลาด ติดตั้งที่ 3 ความลึก คือ 0.3 ม, 0.6 ม. และ 1 ม.



รูปที่ 1 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าแรงดันน้ำ

Effective cohesion ,c'	12.8 kPa
Effective angle of shearing resistance, ϕ'	33.1 degree
Saturated unit weight , γ sat	17.61 kN/cu.m
Gradient , β	24 degree

ตารางที่ 1 ค่าต่างๆของลาดดินบริเวณเขื่อนขุนด่านปราการชล

จากข้อมูลภาคสนามจะได้ค่าปริมาณน้ำฝน และค่าแรงดันน้ำ ซึ่งจะนำข้อมูลเหล่านี้มาทดสอบสอนโปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม ให้จดจำการพยากรณ์ค่าแรงดันน้ำ โดยใช้ตัวแปรปริมาณน้ำฝน เป็นปัจจัยเริ่มต้นที่มีส่งผลต่อค่าความแม่นยำ

3. การวิเคราะห์โดยวิธีลาดดินอนันต์

วิเคราะห์เสถียรภาพของลาดดินแบบลาดดินอนันต์ ซึ่งบอกความสามารถในการรับแรงทางด้านปฐพีกลศาสตร์ โดยเสถียรภาพของลาดดินแบบลาดดินอนันต์ จะขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนปลอดภัย”(Factor of Safety, F.S.) ซึ่ง“อัตราส่วนปลอดภัย”(Factor of Safety, F.S.) คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังของดินต่อหน่วยแรงต้านทาน หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$FS = \frac{c' + (\gamma \cdot z \cdot \cos^2 \beta) \cdot \tan \phi' - (U_w \cdot \tan \phi')}{\gamma_c \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta} \quad (1)$$

จากสมการจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันน้ำมีผลต่ออัตราส่วนความปลอดภัย ถ้าแรงดันน้ำมีค่าสูง โดยไม่มีการระบายออก จะทำให้เสถียรภาพของลาดดินลดลง

4. ผลจากการสอนโปรแกรม

ขั้นตอนแรก เป็นการทดสอบโปรแกรมด้วยค่าปริมาณน้ำฝน และค่าแรงดันน้ำที่มีข้อมูล โดยกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ คือ จำนวน input จำนวนปีที่ใช้ในการทดสอบ โดยเริ่มตั้งแต่ 1 ปี จนถึงจำนวนปีที่มากที่สุดของชุดข้อมูล และประเภทของข้อมูลที่น่ามาทดสอบ โดยสามารถแบ่งออกเป็น ค่าแรงดันน้ำ (Pore water pressure, pwp) และ ค่าอัตราส่วนความดันน้ำ (Pore water ratio, Ru)

จากผลการทดสอบค่า RMSE ของข้อมูลจำนวนปีทั้งหมดนั้น มีค่าน้อยที่สุด ซึ่งก็เป็นไปตามหลักเหตุผล ที่การทดสอบสอนโปรแกรมด้วยข้อมูลทั้งหมดทุกปี จะสามารถทำให้โปรแกรมพยากรณ์ค่าแรงดันน้ำทั้งหมดได้แม่นยำว่าการทดสอบสอนโปรแกรมเพียงบางปี แต่นำมาใช้พยากรณ์ค่าแรงดันน้ำทั้งหมด

ขั้นตอนที่สอง เป็นการทดสอบโปรแกรมด้วยข้อมูลที่มีจำนวนปีทั้งหมด แต่เลือกใช้ข้อมูลแรงดันน้ำที่มีค่ามากกว่า -10 kPa เพราะการทำนายข้อมูลที่มีช่วงพิสัยกว้างนั้นมักจะมีการแกว่งของข้อมูลที่มาก และการทำนายค่าแรงดันน้ำที่เป็นค่าติดลบมากนั้นไม่นิยมให้ความสำคัญในงานทางวิศวกรรมปฐพีเพราะลาดดินมีเสถียรภาพสูงอยู่แล้ว จึงไม่ใช่ช่วงวิกฤติ เนื่องจากที่ได้จากขั้นตอนแรก แสดงให้เห็นค่าการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนสูง โดยในขั้นตอนนี้จะกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ คือ การปรับค่าสูงสุดของค่าแรงดันน้ำ เท่ากับ ค่าแรงดันน้ำที่วิกฤติที่มากที่สุดของชุดข้อมูล และการปรับค่าอัตราส่วนความดันน้ำ เท่ากับ ค่าอัตราส่วนความดันน้ำที่วิกฤติที่มากที่สุดของชุดข้อมูลและเท่ากับ 1 เนื่องจากในความเป็นจริงค่า Ru สูงสุดจะอยู่ประมาณ 0.5-0.7 แต่ในการพยากรณ์อาจจะต้องมีส่วนเผื่อ ในกรณีที่บางพื้นที่มีค่า อัตราส่วนแรงดันน้ำมากกว่าปกติ เนื่องจากข้อมูลตารางด้านบนเป็นค่า

max. value of Ru	No. of input	upper station	middle station	lower station	All station
max. Ru	2	3.7303	4.4466	4.8755	4.7061
	3	6.2538	4.1089	8.1268	8.9951
	4	7.6954	8.1584	7.5346	14.6779
1	2	4.6122	6.7681	4.2579	7.1377
	3	3.9834	3.8794	5.1531	8.7527
	4	5.279	4.7511	5.7332	10.4368

ตารางที่ 2 ค่า RMSE แบบรวม station

RMSE ที่แยกตามความลึก และแยกตามสถานี จึงได้รวมค่า RMSE ในแต่ละ station เข้าด้วยกัน ได้เป็นตารางดังต่อไปนี้

- สำหรับ upper station เมื่อนำค่า weight ไปทดสอบกับข้อมูล Ru รวมทุก station จะได้ค่า RMSE = 13.12 kPa
- สำหรับ middle station เมื่อนำค่า weight ไปทดสอบกับข้อมูล Ru รวมทุก station จะได้ค่า RMSE = 16.17 kPa
- สำหรับ lower station เมื่อนำค่า weight ไปทดสอบกับข้อมูล Ru รวมทุก station จะได้ค่า RMSE = 7.85 kPa

จากผลการทดสอบ จะเห็นได้ว่า การใช้ค่า Ru นั้นสะดวกต่อการทดสอบ ในกรณีที่มีพื้นที่ที่มีค่าความลึกที่แตกต่างกัน การใช้ค่า Ru จะถือว่าเป็นค่ากลางที่ไม่ขึ้นกับค่าความลึกแต่อย่างใด ง่ายต่อการใช้ในโปรแกรมวิเคราะห์ลาดดินต่างๆ นอกจากนี้ค่า Ru ยังสามารถบ่งบอกลักษณะการไหลของน้ำใต้ดิน (flow net) ได้อีกด้วย แต่ในกรณีศึกษาที่มีการทดสอบค่า Ru ชนิดที่ 1 ที่รวมข้อมูลที่สถานีเดียวกันเป็นหนึ่งชุดข้อมูล ดังนั้นจะมีค่า Ru ที่สามสถานี หรือทั้งหมดแบบจำลอง และการทดสอบค่า Ru ชนิดที่ 2 ที่รวมข้อมูลทุกสถานี อีกหนึ่งแบบจำลอง ดังนั้นเมื่อมีการเปรียบเทียบจะไม่สามารถทำได้ เนื่องจากข้อมูลมีความต่างในด้านของที่มา ดังนั้นจึงนำข้อมูล Ru ชนิดแรก มาทดสอบกับข้อมูลชนิดที่สอง หรือ ข้อมูล Ru รวมทุกสถานีหรือ ทุกค่าความลึก จากนั้นนำค่า RMSE ของแบบจำลองดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองชนิดที่ 2 จะได้แบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับขั้นตอนนี้

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่า RMSE น้อยสุดของข้อมูลชุดที่ 2 จะได้ว่าแบบจำลองที่ดีที่สุดของขั้นตอนนี้ คือ แบบจำลองที่ใช้จำนวน

input เท่ากับ 2 โดยที่ไม่ต้องมีการปรับค่าสูงสุดของค่าอัตราส่วนแรงดันน้ำ และชนิดของข้อมูลเป็น Ru รวมทุก station

ผลสรุปที่ได้นอกจากนี้ คือ จำนวนตัวแปรที่มีผลกระทบต่อพยากรณ์ เท่ากับ 2 ตัวแปร ซึ่งได้แก่ ค่าปริมาณน้ำฝน 1 วัน และปริมาณน้ำฝนสะสมก่อนหน้า 3 วัน จากค่าดังกล่าวจะนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

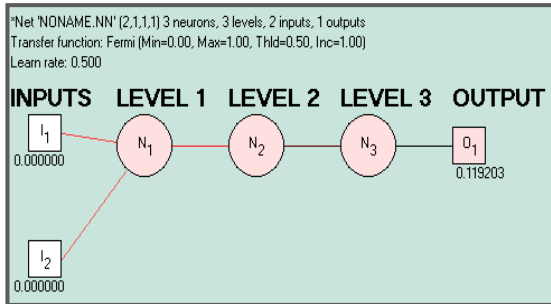
ขั้นตอนสุดท้าย เป็นการทดสอบโปรแกรมด้วยค่า Ru จำนวนปีทดสอบทั้งหมด และเริ่มด้วยจำนวนตัวแปรที่เป็นปริมาณน้ำฝน เท่ากับสองตัวแปร โดยกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ คือ การเพิ่มจำนวน input ที่เป็น ค่าความลึกและค่าระยะทางในแนวราบจากดินของลาดดิน นอกจากนี้ยังมีการปรับค่าสูงสุดของ Ru เท่ากับค่า Ru critical ที่น้อยที่สุดของชุดข้อมูล และการปรับค่าสูงสุดของปริมาณน้ำฝนหนึ่งวัน เท่ากับ 300 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนสะสมก่อนหน้าสามวันสูงสุด เท่ากับ 900 มิลลิเมตร

จำนวน input	ไม่เปลี่ยนแปลง	เปลี่ยน max. ru ไม่เปลี่ยนแปลง max.ฝน	เปลี่ยน max.ru เปลี่ยน max.ฝน	ไม่เปลี่ยนแปลง max.ru เปลี่ยน max.ฝน
3 (เพิ่มความลึก)	6.638781586	6.03119009	5.679363269	5.155043154
3 (เพิ่มระยะจากดินเขา)	32.41541139	17.12906806	5.312097892	31.69100591
4	11.09263266	6.027461709	13.64080283	7.124378794

ตารางที่ 3 ค่า RMSE โดยการเพิ่ม ความลึก ระยะจากดินเขาเป็น input

จากการทดสอบในขั้นตอนสุดท้ายนั้น แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มปัจจัย หรือการเพิ่มจำนวนตัวแปร ไม่มีผลต่อการพยากรณ์ค่าอัตราส่วนความดันน้ำ จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับพื้นที่โครงการเขื่อนขุนด่านปราการชล ได้แก่ มีจำนวน input 2 ค่า คือ ปริมาณน้ำฝนหนึ่งวัน และปริมาณน้ำฝนสะสมสามวันก่อน

หน้า การใช้ชนิดของข้อมูลเป็น Ru รวมทุกสถานีและทุกความลึก โดยใช้จำนวนปีที่มากที่สุดของชุดข้อมูลในการทดสอบ



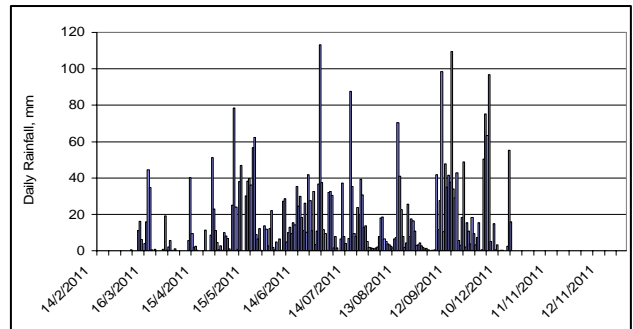
รูปที่ 2 รูปแบบของ node สำหรับแบบจำลองที่ดีที่สุด

Level 1	Level 2	Level 3
N1	N2	N3
-0.470147	-0.527865	7.830307
-1.394675		

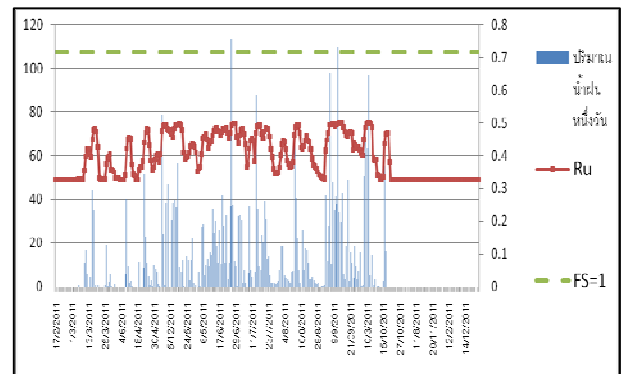
ตารางที่ 4 ค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละ node

γ_i	c'	ϕ'	r_u
(kN/m ³)	(kPa)	degree	$u/(\gamma H)$
18	10	40	0.55

ตารางที่ 5 ค่าต่างๆ ของลาดดิน ที่คอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่



รูปที่ 4 กราฟค่าปริมาณน้ำฝนรายวัน



รูปที่ 5 ค่าแรงดันน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ ลาดดินศึกษาคอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าแรงดันน้ำที่ได้จากสนามและได้จากการพยากรณ์ โดยใช้แบบจำลองที่ดีที่สุด

5. ผลจากการพยากรณ์ค่าแรงดันน้ำ site ที่คอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่ทดสอบอยู่บนทางหลวงหมายเลข 1009 ตอนแยกทางหลวงหมายเลข 108 (จอมทอง) – คอยอินทนนท์ กม.41+945 – กม.42+715

จากผลการทดสอบดังกล่าวปรากฏให้เห็นว่า ค่าอัตราส่วนแรงดันน้ำที่ได้จากการพยากรณ์ต่ำกว่าค่าจริงที่เกิดขึ้น สังเกตได้จากเส้นกราฟ Ru วิกฤต (คำนวณจากสมการ (1) โดยใช้ค่าอัตราส่วนความปลอดภัยเท่ากับหนึ่ง) ที่อยู่สูงกว่าค่าอัตราส่วนแรงดันน้ำ ซึ่งในความเป็นจริง ลาดดินที่บริเวณนี้ได้มีการพังลงมาแล้ว เพราะฉะนั้นกราฟค่าอัตราส่วนแรงดันน้ำควรมีค่าสูงกว่าเส้นวิกฤต จึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้แบบจำลองที่ดีที่สุดจากเขื่อนขุนด่านปราการชล ไม่

สามารถใช้พยากรณ์ค่าแรงดันน้ำที่คอยอินทนนท์ ได้ อาจเป็นผลจากความแตกต่างด้านภูมิประเทศ หรือสภาพทางธรณีวิทยา ซึ่งหากใช้ข้อมูลในบริเวณใกล้เคียงในการพยากรณ์ค่า อาจมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้นการใช้แบบจำลองในการพยากรณ์ค่าจะต้องใช้ข้อมูลในบริเวณเดียวกันหรือบริเวณใกล้เคียง

6. สรุปผลการวิเคราะห์

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ดีที่สุดคือ แบบจำลองที่ใช้ข้อมูลทุกปี ด้วยค่า R_u จำนวน 2 input ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน หนึ่งวันและปริมาณน้ำฝนสะสมก่อนหน้าสามวัน โดยไม่มีการปรับค่าสูงสุดของตัวแปร

จากการนำแบบจำลองมาพยากรณ์อัตราส่วนแรงดันน้ำที่พื้นที่ site อื่นๆนั้น ไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากพื้นที่ศึกษาคอยอินทนนท์ มีการพังของลาดดินไปแล้ว แต่การพยากรณ์แสดงให้เห็นว่าลาดดินยังไม่มีการพัง เนื่องจากความต่างของลักษณะทางธรณีวิทยา ภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน และสิ่งแวดล้อม แต่การพยากรณ์ค่าอัตราส่วนแรงดันน้ำของพื้นที่เดียวกันหรือในบริเวณใกล้เคียงอาจมีความแม่นยำ

นอกจากนี้ความสามารถในการทำนายของแบบจำลองในพื้นที่ที่เขื่อนขุนด่านปราการชล อาจมีความแม่นยำมากกว่านี้ ถ้าหากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนและจุดที่วัดค่าแรงดันน้ำเป็นตำแหน่งเดียวกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการทำโครงการนิสิต ปีการศึกษา 2554 และได้รับความอนุเคราะห์จากคุณชัชระชัย ชากัน , คุณ นรินทร์ ทรัพย์นันทน์ , ดร. ณัฐวุฒิ ชินธเนศ และ ผศ. ดร. อภินิติ โชติสังกัส ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านทฤษฎี โปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียม จัดหาข้อมูลและบทความต่างๆ มาประกอบในการทำโครงการนี้และแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน

8. เอกสารอ้างอิง

สมหวัง วิทยาปัญญาพันธ์(2550). *การออกแบบความลาดเอียง*. วันที่ค้นข้อมูล 7 ตุลาคม 2554, ดึงค้นข้อมูลจาก : <http://www.budmgt.com/quarry/qua01/slope-design.html>.

อภินิติ โชติสังกัสและคณะ. “A study of deformation behavior of an instrumented slope subject to rainfall near Thadan dam Thailand.” การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 2552.

อภินิติ โชติสังกัสและคณะ. “ Development of a wireless landslide monitoring system.”

อภินิติ โชติสังกัสและวิษณุพงศ์ ฟอร์ดิละ. “การพัฒนาระบบตรวจวัดพฤติกรรมดินถล่ม.” การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรม สำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.