

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประเทศไทยได้เผชิญกับภัยพิบัติทางธรรมชาติต่างๆ มากมาย เช่น น้ำท่วม ดินถล่ม แผ่นดินไหว สึนามิ ฯลฯ ซึ่งสาเหตุของภัยพิบัติเหล่านี้ล้วนเกิดมาจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่มีส่วนทำให้สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไป โดยภัยพิบัติที่เกิดขึ้นได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอย่างมาก เนื่องจากภัยธรรมชาติส่วนใหญ่ เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นรวดเร็วและรุนแรง ทำให้ประชาชนไม่สามารถเตรียมการรับมือกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ทันทั่วถึง

ดินถล่มนับเป็นภัยธรรมชาติอีกประเภทหนึ่งสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างมาก เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มมากถึง 51 จังหวัด โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณที่ลาดเชิงเขาหรือบริเวณที่ลุ่มที่อยู่ติดกับภูเขาสูง สภาพพื้นที่ต้นน้ำที่มีการทำลายป่าไม้สูง สภาพพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ผิดประเภทและขาดความระมัดระวัง หรือสภาพพื้นที่บริเวณที่เป็นภูเขาเมื่อมีพายุฝนตกหนักต่อเนื่องทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินถล่มตามมา โดยพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในระดับความเสี่ยงสูง พบว่าส่วนใหญ่จะเกิดในพื้นที่ป่าไม้เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงและเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตพื้นที่ชุมชน (กรมทรัพยากรธรณี, 2547)

ในช่วงปี พ.ศ. 2531 – 2555 ได้เกิดเหตุการณ์ดินถล่มขึ้นในหลายจังหวัดของประเทศไทย รวมทั้งสิ้น 35 ครั้ง โดยเหตุการณ์ดินถล่มครั้งรุนแรงที่สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินมากที่สุด 5 อันดับแรก ซึ่งพิจารณาจากจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 เหตุการณ์ดินถล่มครั้งรุนแรงในปี 2531 - 2555

อันดับที่	สถานที่	วันเกิดเหตุ	ความเสียหาย
1	ตำบลน้ำก้อ อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์	11 สิงหาคม 2544	ผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 245 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 188 หลัง คิดเป็นมูลค่าประมาณ 645 ล้านบาท
2	ตำบลกระทุง อำเภอพิบูลย์ จังหวัดนครราชสีมา	22 พฤศจิกายน 2531	ผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 230 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 1,500 หลัง พื้นที่การเกษตรเสียหาย 6,150 ไร่ คิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,000 ล้านบาท
3	อำเภอท่าปลา อำเภอลับแล อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์	22 พฤษภาคม 2549	ผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 75 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 483 หลัง เสียหายบางส่วน 3,478 หลัง
4	อำเภอวังจั่น จังหวัดแพร่	4 พฤษภาคม 2544	ผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 43 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 18 หลัง คิดเป็นมูลค่าประมาณ 100 ล้านบาท
5	ตำบลแม่สามแลบ อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน	3 สิงหาคม 2554	ผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 21 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 10 หลัง

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี, 2555

จากตารางที่ 1.1 จังหวัดอุตรดิตถ์เป็นจังหวัดเดียวในภาคเหนือที่เกิดดินถล่มครั้งรุนแรงที่สุดติดอันดับ 1 ใน 3 ของประเทศ ซึ่งเหตุการณ์ดินถล่มครั้งนั้นมีสาเหตุเกิดจากฝนตกหนักติดต่อกันถึง 3 วัน โดยวัดปริมาณน้ำฝนได้มากกว่า 300 มิลลิเมตรในวันที่ 22 พฤษภาคม ทำให้เกิดน้ำป่าไหลหลากและดินโคลนถล่มอย่างรุนแรงในพื้นที่อำเภอลับแล อำเภอท่าปลา และอำเภอเมือง (รวมพื้นที่ 27 ตำบล 219 หมู่บ้าน) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนจำนวนมาก รวมถึงก่อให้เกิดความเสียหายด้านโครงสร้างพื้นฐาน ระบบสาธารณสุข โภคสาธารณสุข สถานบริการ สถานศึกษา มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 75 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 483 หลัง เสียหายบางส่วน 3,478 หลัง พื้นที่การเกษตรใน 7 อำเภอเสียหายประมาณ 211,906 ไร่ คิดเป็นมูลค่าความเสียหายรวมมากกว่า 2,000 ล้านบาท นอกจากเหตุการณ์ดินถล่มปี 2549 จังหวัดอุตรดิตถ์ได้เกิดดินถล่มและทำให้มีผู้เสียชีวิตขึ้นอีก 1 ครั้ง คือวันที่ 9 กันยายน 2554 เกิดดินถล่มในหมู่บ้านต้นขนุนและบ้านห้วยเตือ ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด เหตุการณ์ดังกล่าว ส่งผลให้มีประชาชนเสียชีวิต 6 ราย สูญหาย 1 ราย

บ้านเรือนเสียหายทั้งหลัง 41 หลัง เสียหายบางส่วน 50 หลัง (กรมทรัพยากรธรณี, 2555) พื้นที่การเกษตรเสียหาย 4,197 ไร่ มูลค่าความเสียหายกว่า 263 ล้านบาท (สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดอุดรธานี, 2554) อย่างไรก็ตามความเสียหายทั้งหมดที่เกิดขึ้นนอกจากจะให้ความสำคัญกับความเสียหายในด้านทรัพย์สิน และจำนวนผู้ประสบภัยแล้ว ควรจะพิจารณาถึงความเสียหายที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมด้วย เช่น การสูญเสียดินชั้นหน้าผา ไม้ การชะล้างพังทลายของหน้าดิน เป็นต้น

ภัยจากดินถล่ม เป็นภัยที่สามารถศึกษา คาดการณ์ และเตือนภัยล่วงหน้าได้ เพื่อลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น ถ้ามีการศึกษาและเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ซึ่งการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มของไทยในปัจจุบัน เป็นการคาดการณ์พื้นที่บริเวณที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม โดยการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ด้วยการกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม เช่น ความลาดชัน ทิศทางการไหลของน้ำ การไหลสะสมของน้ำ ลักษณะพืชพรรณ คุณลักษณะของดิน ความชื้นของพื้นที่ และทำการศึกษาในมาตราส่วน 1: 250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2547) จากการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มที่กล่าวมานั้น พบว่าเป็นการกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มในภาพรวมระดับประเทศ และทำการศึกษาในมาตราส่วนขนาดเล็ก ดังนั้นการนำข้อมูลพื้นที่เสี่ยงดินถล่มไปใช้ในการวางแผนเพื่อเตรียมการรับมือกับเหตุการณ์ดินถล่มที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ระดับจังหวัด ในส่วนระดับอำเภอยังไม่สามารถนำข้อมูลพื้นที่เสี่ยงดินถล่มไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงสามารถเฝ้าระวังและเตรียมการรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทันเพื่อลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเพื่อคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มกันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีที่นิยมใช้กันมากคือการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก (weighting) และการให้ค่าคะแนนข้อมูล (rating) แต่ในปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้วิธีการต่างๆ ในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยวิธีการหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) ร่วมกับเทคโนโลยี ภูมิสารสนเทศ (Geo-Information Technology) ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ซึ่งจากการสืบค้นฐานข้อมูลงานวิจัยต่างประเทศ จากฐานข้อมูล Science Direct (<http://www.sciencedirect.com/>) และฐานข้อมูล Springer Link (<http://link.springer.com>) เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2556 โดยใช้คำค้น “GIS ANN landslide” พบว่าในช่วงปี 2537 - 2555 มีบทความเกี่ยวกับการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มโดยใช้โครงข่าย

ประสาทเทียมและเทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มจำนวนมากขึ้น จากฐานข้อมูล Science Direct ปี 2537 มี 3 บทความ ปี 2555 เพิ่มขึ้นเป็น 52 บทความ และฐานข้อมูล Springer Link ปี 2537 มี 2 บทความ ปี 2555 เพิ่มขึ้นเป็น 22 บทความ

ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและเทคโนโลยี ฐานสารสนเทศในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในหลายประเทศ เช่น ประเทศมาเลเซีย (Pradhan *et al.*, 2010) ประเทศเวียดนาม (Bui *et al.*, 2012) ประเทศอินเดีย (Chauhan *et al.*, 2010) ประเทศเกาหลี (Choi *et al.*, 2012) ประเทศอิหร่าน (Farrokhzad *et al.*, 2011) ประเทศจีน (Song *et al.*, 2012) ประเทศอิตาลี (Ermini *et al.*, 2005) ประเทศญี่ปุ่น (Kawabata and Bandibas, 2009) ประเทศเวเนซุเอลา (Gomez and Kavzoglu, 2005) ประเทศเซอร์เบีย (Marjanovi *et al.*, 2011) ประเทศตุรกี (Sutcu, 2012) ประเทศคิวบา (Melchiorre *et al.*, 2011) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Vorpahl *et al.*, 2012) เป็นต้น

จากการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม โดยการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมและเทคโนโลยีสารสนเทศในหลายประเทศที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจและต้องการประยุกต์ใช้วิธีการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยวิธีดังกล่าวในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมเป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการคาดการณ์เหตุการณ์ต่างๆ ได้ค่อนข้างแม่นยำ โดยใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีตในการเรียนรู้เพื่อคาดการณ์เหตุการณ์ในอนาคต ซึ่งมีหลักการทำงานคล้ายกับระบบประสาทในสมองของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำและประสิทธิภาพของการคาดการณ์นั้นขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ การคัดเลือกข้อมูล การออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมของโครงข่ายอีกด้วย ส่วนเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจระยะไกล ฯลฯ สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน และยังสามารถจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย ดังนั้นการนำวิธีโครงข่ายประสาทเทียมและเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ร่วมกันจะทำให้มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มมากขึ้น โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและโครงข่ายประสาทเทียมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม และเพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุดรดิตถ์ ให้เกิดประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูงสุด เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้กลับคืนสู่หน่วยงานท้องถิ่นและประชาชนในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงได้รับรู้และสามารถวางแผนเพื่อเตรียมการรับมือกับภัยดินถล่มได้อย่างทันท่วงที

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

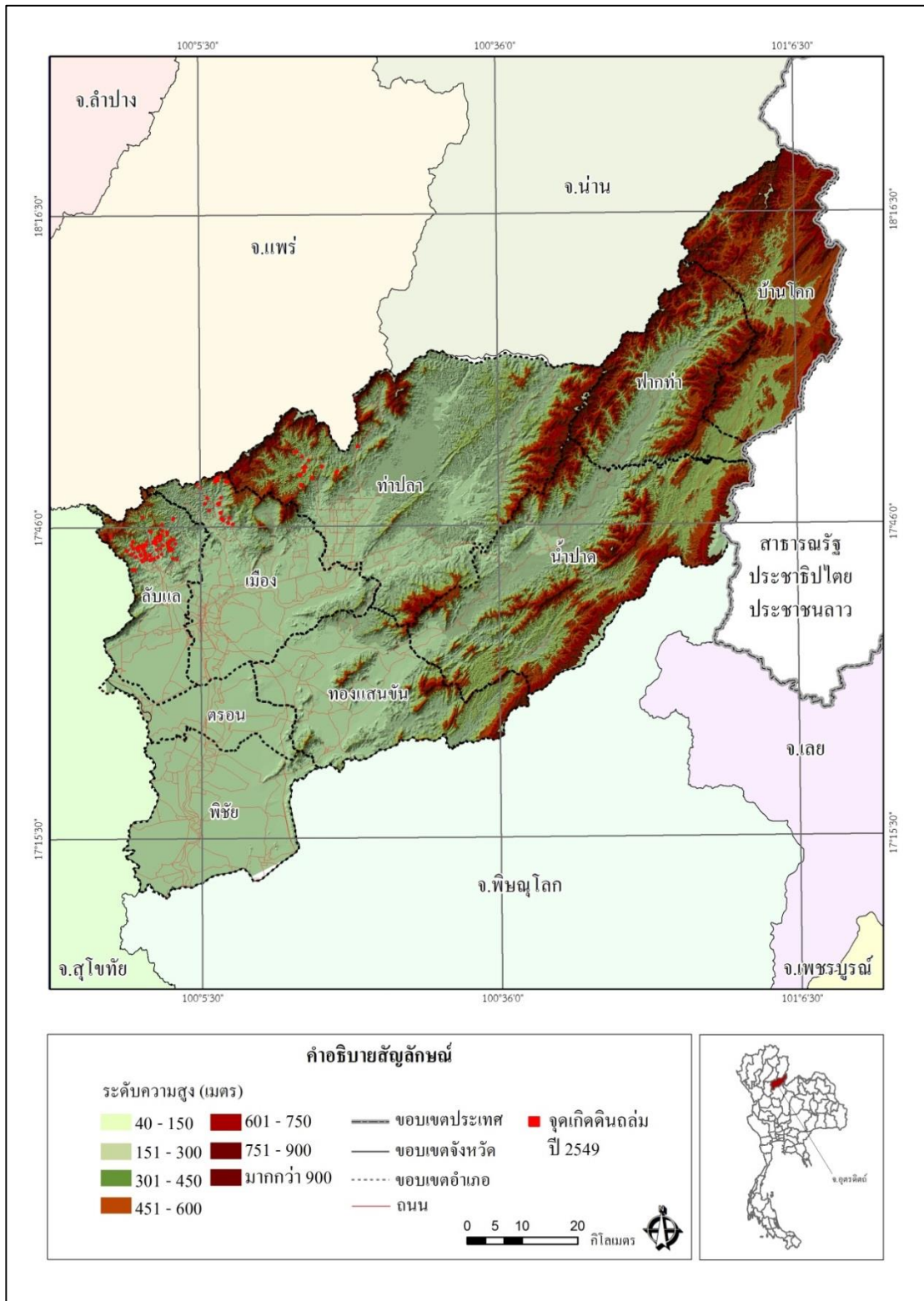
- 1.2.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์
- 1.2.2 เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและโครงข่ายประสาทเทียมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ (ภาพที่ 1.1) มีพื้นที่ประมาณ 7,854 ตารางกิโลเมตร จังหวัดอุตรดิตถ์มีลักษณะภูมิประเทศที่หลากหลาย คือ มีที่ราบลุ่มแม่น้ำ ที่ราบระหว่างหุบเขา เขตภูเขาและที่สูง โดยเขตภูเขาและที่สูงเป็นภูมิประเทศที่พบมากประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่ มีความสูงของพื้นที่ระหว่าง 400-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ในบริเวณด้านเหนือและด้านตะวันออกของจังหวัด โดยเฉพาะในเขตอำเภอบ้านโคก อำเภอปากท่า อำเภอน้ำปาด อำเภอท่าปลา อำเภอลับแล และบางส่วนของอำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์แบ่งการปกครองออกเป็น 9 อำเภอ 67 ตำบล 562 หมู่บ้าน มีประชากรทั้งสิ้น 465,277 คน (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) และมีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่อื่นๆ ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	จังหวัดแพร่และจังหวัดน่าน
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ทิศใต้	ติดต่อกับ	จังหวัดพิษณุโลก
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	จังหวัดสุโขทัย



ภาพที่ 1.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ที่มา: คัดแปลงมาจากฐานข้อมูลของศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) ปี 2545.

1.3.2 ขอบเขตด้านเวลา

จากข้อมูลสถิติกรมทรัพยากรธรณี (2549) พบว่าจังหวัดอุตรดิตถ์ได้เกิดเหตุการณ์ดินถล่มครั้งรุนแรง คือ ปี 2549 ซึ่งเหตุการณ์เกิดขึ้นในวันที่ 22 พฤษภาคม 2549 ได้เกิดดินถล่มในพื้นที่ 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอลับแล และอำเภอท่าปลา รวมทั้งสิ้น 33 หมู่บ้าน มีผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ 75 คน บ้านเรือนเสียหายประมาณ 483 หลัง เสียหายบางส่วน 3,478 หลัง มีพื้นที่ได้รับความเสียหายประมาณ 2.03 ตร.กม.

จากการที่เหตุการณ์ดินถล่มปี 2549 เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นรุนแรง มีพื้นที่ได้รับผลกระทบหลายพื้นที่และสร้างความเสียหายจำนวนมาก ดังนั้นในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ครั้งนี้ ผู้ศึกษาจึงใช้ข้อมูลตำแหน่งที่เกิดดินถล่มและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มในปี 2549 สำหรับประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากเหตุการณ์ดินถล่มได้สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก

1.3.3 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ครั้งนี้ เพื่อต้องการทำความเข้าใจถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม และพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีเนื้อหาในการศึกษาดังนี้

- 1) การศึกษาสถานการณ์การเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ปี 2549 เพื่อประเมินขนาดพื้นที่เกิดดินถล่ม และกำหนดปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และการทดสอบในโครงข่ายประสาทเทียม
- 2) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2549
- 3) การทดสอบกระบวนการเรียนรู้ 2 ประเภท ระหว่างแบบที่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ (validation) คือ Levenberg Marquardt (LM) และไม่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ คือ Bayesian regularized (BR)
- 4) ทดสอบจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น (hidden node) ที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มต้นทดสอบตั้งแต่ 1 จนถึง $2n+1$ เซลล์ ในกระบวนการเรียนรู้ แต่ละประเภท เพื่อให้ได้โครงสร้างสถาปัตยกรรมแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด

- 5) นำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบแบบจำลอง เช่น บึงจัยน้ำเข้า กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสม จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น ฯลฯ มาใช้คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มให้ครอบคลุมทั้งจังหวัดและแสดงเป็นแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide Risk Area)
- 6) เปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างผลการศึกษากับงานวิจัยที่ใช้วิธีที่แตกต่างกันในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์

1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการศึกษา

- 1.4.1 ดินถล่ม (landslide) หมายถึง ลักษณะของดินที่เลื่อนหรือไหลด้วยปัจจัยกระตุ้นต่างๆซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของแต่ละพื้นที่ โดยลักษณะของดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ จะเป็นแบบไหล (Flows) โดยมีน้ำเป็นปัจจัยกระตุ้นที่สำคัญที่สุด
- 1.4.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network : ANN) หมายถึง ระบบการคำนวณที่สร้างเลียนแบบการทำงานของระบบสมองมนุษย์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนเหตุการณ์จากข้อมูลที่มีอยู่
- 1.4.3 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics Technology) หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้ในการบริหารจัดการและติดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม ทั้งทางธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น โดยใช้เครื่องมือทางภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ปรากฏอยู่บนพื้นโลก เช่น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system) การสำรวจระยะไกล (remote sensing) และการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (global positioning system) เป็นต้น
- 1.4.4 จุดเกิดดินถล่ม หมายถึง พื้นที่ที่มีร่องรอยการเกิดดินถล่มซึ่งได้มาจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อระบุบริเวณที่เกิดดินถล่ม ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะประกอบไปด้วยพิกเซลที่เกิดดินถล่มและพิกเซลที่ไม่เกิดดินถล่มรวมกัน โดยมีขนาดใหญ่กว่าพิกเซล
- 1.4.5 พิกเซล (Pixel) หมายถึง ตำแหน่งที่เกิดดินถล่มและไม่เกิดดินถล่ม ซึ่งได้มาจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อระบุบริเวณที่เกิดดินถล่ม โดยที่แต่ละพิกเซลมีขนาด 30 x 30 เมตร

- 1.4.6 Input layer หมายถึง ชั้นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์
- 1.4.7 Output layer หมายถึง ชั้นแสดงผลในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมโดยมีค่าความน่าจะเป็นของการเกิดดินถล่มซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1
- 1.4.8 Hidden layer หมายถึง ชั้นซ่อนเร้นในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
- 1.4.9 Node หมายถึง จำนวนเซลล์ในแต่ละชั้นของโครงสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม
- 1.4.10 Levenberg Marquardt (LM) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบ LM
- 1.4.11 Bayesian regularized (BR) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BR
- 1.4.12 Training Data หรือ Learning Data หมายถึง ข้อมูลสำหรับกระบวนการเรียนรู้
- 1.4.13 Validation Data หมายถึง ข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้
- 1.4.14 Testing Data หมายถึง ข้อมูลสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

1.5 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ ผู้ศึกษาได้ใช้แนวคิดและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมาใช้เป็นแนวทางในการทำความเข้าใจ โดยแบ่งออกเป็น 3 แนวคิดหลักๆ คือ (1) แนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม (2) แนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม และ (3) แนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.5.1 แนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม

การเกิดดินถล่มขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ความลาดชันเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่มีส่วนสนับสนุนการเกิดดินถล่ม เนื่องจากดินถล่มเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหิน จากที่สูงเคลื่อนตัวลงมาตามลาดเขา ด้วยอิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งโดยส่วนมากแล้วการเกิดดินโคลนถล่มจะเกิดบริเวณพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดชันสูง ความลาดชันยังส่งผลต่อความเร็วในการเคลื่อนตัวของมวลดินหรือหิน กล่าวคือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงจะส่งผลต่อการเกิดดินถล่มมากยิ่งขึ้น (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2552)
- 2) ระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม โดยพื้นที่ที่มีความสูงมากจะส่งผลให้มีโอกาสเกิดดินถล่มมากขึ้น นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศที่มีระดับความสูงมากและมีความลาดชันมาก จะส่งผลให้เกิดดินถล่มมากขึ้นด้วย (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)
- 3) ปริมาณน้ำฝน ดินถล่มจะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกหนักหรือตกติดต่อกันเป็นเวลานาน วัดปริมาณน้ำฝนได้มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณสะสมเกิน 300 มิลลิเมตรต่อสามวัน น้ำฝนจะไหลซึมลงไปในพื้นที่ดิน จนกระทั่งชั้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ความดันของน้ำในดินเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มความดันในช่องว่างของเม็ดดิน โดยน้ำจะเข้าไปแทนที่ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทำให้แรงยึดเหนี่ยว ระหว่างเม็ดดินลดน้อยลง ส่งผลให้ชั้นดินมีกำลังรับแรงเฉือนลดลง ถ้าหากปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นจนระดับน้ำในชั้นดินสูงขึ้นมาที่ระดับผิวดิน จะเกิดการไหลบนผิวดิน และกัดเซาะหน้าดินทำให้ลาดดินเริ่มมีการเคลื่อนตัวและเกิดการถล่มในที่สุด (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)
- 4) การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม ส่วนใหญ่คือพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลาย รากต้นไม้ใหญ่ที่เคยทำหน้าที่ยึดชั้นดินและดูดซับน้ำฝนไว้จะพินาศ เมื่อน้ำในดินมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ น้ำหนักของมวลดินเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่ชั้นหินฐานที่รองรับหน้าดินรับน้ำหนักไว้ไม่ไหวเกิดการพังทลาย ทำให้มวลดินที่อุ้มน้ำเคลื่อนที่ไหลลงสู่ที่ต่ำตามแรงโน้มถ่วงของโลก นอกจากนี้ในการศึกษาของ กรมทรัพยากรธรณี (2554) พบว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติในบริเวณภูเขาสูงชันจะมีการบุกรุกทำลายป่า โดยทำการเกษตรในพื้นที่สูงหรือบริเวณเชิงเขา มีการตัดถนนผ่านไหล่เขาเพื่อสร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือการปลูกสร้างสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางน้ำ เป็นต้น จังหวัดอุดรธานีได้มีการทำลายป่าธรรมชาติและเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เพื่อทำสวนผลไม้และพืชไร่ เช่น ทูเรียน ลางสาด เงาะ ข้าวโพด และกล้วย เป็นต้น

ในบริเวณลาดเชิงเขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำสวนผลไม้โดยวิธีการตอนกิ่งปักชำ ทำให้ไม่มีระบบรากแก้วไว้ยึดเหนี่ยวดิน

- 5) **ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ** ในการศึกษาของศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552) ได้จำแนกชั้นคุณภาพลุ่มน้ำออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้
 - 5.1) **ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1A** หมายถึง พื้นที่อนุรักษ์ มีระดับความสูงและความลาดชันมาก เป็นป่าไม้สมบูรณ์ จึงกำหนดให้เป็นรักษาเก็บไว้เป็นป่าต้นน้ำลำธารถาวร ไม่ให้มีการตัดไม้ หรือไม่ให้มีกิจกรรมอื่นๆ นอกจากการอนุรักษ์
 - 5.2) **ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1B** หมายถึง พื้นที่อนุรักษ์เช่นเดียวกับ ชั้น 1A แต่เคยมีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้จึงต้องมีการฟื้นฟูสภาพป่า มีระดับความสูงและความลาดชันอย่างมาก มีเงื่อนไขการใช้ประโยชน์เช่นเดียวกับชั้น 1A และให้มีการปลูกป่าทดแทน
 - 5.3) **ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2** หมายถึง พื้นที่ป่าเศรษฐกิจ มีระดับความสูงและความลาดชันมาก กำหนดให้เป็นป่าทางเศรษฐกิจ การทำไม้หรือการทำเหมืองแร่ ต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวด โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ไม่ให้ทำการเกษตร แต่อนุญาตให้มีการปลูกป่าทดแทนได้
 - 5.4) **ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3** หมายถึง พื้นที่ปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้น เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันมากแต่มีภูมิประเทศที่ทำให้เกิดการพังทลายไม่มากนัก อนุญาตให้มีการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ การทำเหมืองแร่ และการเกษตร หรือกิจกรรมอื่นๆ โดยต้องทำควบคู่ไปกับการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างเข้มงวด พื้นที่ซึ่งหน้าดินมีความลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร อาจให้ปลูกไม้ผล หรือ ไม้ยืนต้นที่เป็นพืชเศรษฐกิจ
 - 5.5) **ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4** หมายถึง เขตเพาะปลูกในที่ดอน มีความลาดชันน้อย การทำไม้ ทำเหมืองแร่ และการใช้ที่ดินอื่นสามารถทำได้ภายใต้การควบคุมอย่างเข้มงวดของรัฐ สำหรับพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันระหว่างร้อยละ 18-25 และหน้าดินลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร สามารถปลูกไม้ผลและสวนป่าได้ ส่วนพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันอยู่ระหว่างร้อยละ 6-18 สามารถทำการเกษตรอื่นได้หากมีการอนุรักษ์ดินที่มีความเหมาะสม

- 5.6) ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 หมายถึง พื้นที่เพาะปลูกในเขตที่ราบ มีความลาดชันน้อยหรือเป็นที่ราบ สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้ทุกประเภท พื้นที่ซึ่งหน้าดินมีความลึกน้อยกว่า 50 เซนติเมตร ควรทำปลูกพืชสวน ไม้ยืนต้น ไม้ผล และใช้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ พื้นที่ซึ่งหน้าดินมีความลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร ควรทำนาข้าว พืชไร่ และพืชสวน

โดยปัจจัยด้านคุณภาพลุ่มน้ำมีความสำคัญในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม เนื่องจากการจำแนกชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ จะจำแนกตามคุณภาพของที่ดินต่อสมรรถนะการพังทลาย และความแปรปรวนทางสิ่งแวดล้อม โดยเกณฑ์การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำของประเทศไทย จะใช้ปัจจัยทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงยากประกอบด้วย ลักษณะดิน (Soils) ลักษณะหิน (Geology) ความลาดชัน (Slope) ลักษณะแผ่นดิน (Landform) และความสูง (Elevation) และให้นำปัจจัยป่าไม้ (forest) และ แห้งแร่ (minerals) มาร่วมพิจารณาด้วย โดยใช้เพื่อการจำแนกชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 1 (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2551) จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่ใช้ในการกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำส่วนใหญ่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินถล่มดังนั้นจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการนำมาใช้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

- 6) ระยะห่างจากทางน้ำ ในการศึกษาของศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552), กนกพร เปรมภูติ (2551) และ สัมพันธ์ สิงหาราชวรพันธ์ และคณะ (2552) พบว่าพื้นที่ที่มีระยะใกล้กับทางน้ำมีโอกาสเกิดดินถล่มได้มากกว่าพื้นที่ที่ไกลออกไป
- 7) แนวกันชนจากรอยเลื่อน โดยทั่วไปบริเวณที่มักเกิดดินถล่ม คือบริเวณที่ใกล้กับแนวรอยเลื่อน ทั้งที่เป็นแนวรอยเลื่อนไม่มีพลังและแนวรอยเลื่อนที่มีพลัง รวมทั้งมีการยกตัวของแผ่นดินขึ้นเป็นภูเขาสูง (วรวิทย์ ตันตวินิช, 2548)

1.5.2 แนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

1) ข้อควรคำนึงในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552) ได้ระบุข้อควรคำนึงในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้ 3 ประการ คือ แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ มาตรฐานของข้อมูล และความสามารถของโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์

1.1) แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยนั้นอาจแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แบบจำลองแบบวิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted Factors Index) และแบบจำลองเชิงกายภาพ (Physical Based) สำหรับแบบจำลองแบบวิธีดัชนีปัจจัยร่วม (Weighted Factors Index) เป็นแบบจำลองที่ใช้กันมาก เนื่องจากระดับฐานของข้อมูลที่เป็นปัจจัยในแบบจำลองในปัจจุบันอยู่ในระดับที่มีความพร้อม สามารถนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการเตือนภัยแบบกว้างๆ ในระดับลุ่มน้ำได้ดี แต่สำหรับแบบจำลองเชิงกายภาพ เป็นแบบจำลองที่มีพื้นฐานจากการทำนายพฤติกรรมของธรรมชาติให้ใกล้เคียงมากขึ้น ให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับธรรมชาติจริง แต่มีความต้องการของฐานข้อมูลจำนวนมากและต้องมีการวิจัยรองรับ ซึ่งในปัจจุบันนี้รายละเอียดของฐานข้อมูลที่มีอยู่ในประเทศไทย อาจกล่าวได้ว่ายังไม่พอเพียง จำเป็นต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการตามแบบจำลองอีกมาก

1.2) ในส่วนของรายละเอียดของข้อมูลหรือมาตรฐาน นับว่ามีความสำคัญต่อผลการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยเช่นกัน มาตรฐานเล็ก เช่น 1:250,000 นั้นจะให้ผลการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยที่สามารถนำไปใช้ในการวางแผนหรือกำหนดนโยบายเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติการหรือแจ้งเตือนภัยไปสู่พื้นที่เป้าหมายได้ สำหรับข้อมูลมาตรฐาน 1:50,000 ซึ่งมีความละเอียดสูงขึ้น ผลการวิเคราะห์สามารถนำไปใช้ในระดับลุ่มน้ำระดับจังหวัด ระดับการศึกษาความเหมาะสมของโครงการ สำหรับมาตรฐาน 1:4,000 ซึ่งมีความละเอียดมากขึ้น มีความถูกต้องมากขึ้น อาจนำไปใช้ในระดัเมือง แต่อย่างไรก็ตามการจัดเตรียมข้อมูลก็จำเป็นต้องใช้งบประมาณ ระยะเวลา และผู้เชี่ยวชาญมากขึ้นตามลำดับ

1.3) ความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยที่พัฒนาขึ้นมา นั้นมีความสำคัญ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นความสะดวกในการใช้โปรแกรมในการใช้งาน ความสามารถในการรองรับปริมาณข้อมูลในอนาคตหรือความสามารถในการปรับปรุงข้อมูลที่เป็นปัจจัยในแบบจำลอง ไม่ว่าจะ เป็นข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลภูมิอากาศ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ดังนั้น การออกแบบ โปรแกรมให้สอดคล้องกับ ความต้องการดังกล่าว จึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน

2) ขั้นตอนในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552) ได้กำหนด ขั้นตอนในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้ดังนี้

2.1) การศึกษาและกำหนดปัจจัยทางกายภาพ โดยศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม ทำการนำเข้าและปรับปรุงฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีอยู่ให้ทันสมัยและปัจจุบันมากขึ้น ซึ่งการกำหนดปัจจัยทางกายภาพที่มีต่อการเกิดดินถล่ม โดยพิจารณาจากภาพรวมของลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่มมาก่อน และประกอบกับการพิจารณาปัจจัยทางกายภาพที่คาดคิดว่าน่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดดินถล่มในเขตพื้นที่ศึกษา

2.2) การปรับปรุงและจัดทำฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นการจัดทำฐานข้อมูลทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ตามปัจจัยที่ได้กำหนดมาข้างต้น เพื่อไปทำการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ซึ่งใช้วิธีซ้อนทับข้อมูลเพื่อค้นหาพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงภัย ให้ออกมาในรูปแบบที่ ข้อมูลต่างๆ ประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

2.3) การวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัย ได้กำหนดเงื่อนไขจุดพื้นที่เสี่ยงภัยดินโคลนถล่ม โดยใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก และการกำหนดค่าคะแนน ที่แตกต่างกันออกไปตามระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดดินถล่ม และนำปัจจัยมาซ้อนทับ เพื่อวิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

- 2.4) การนำเสนอผลการวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ นำเสนอในรูปแบบของแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มในระดับต่างๆ ประกอบกับตารางสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น จำนวนพื้นที่เสี่ยงภัย จำนวนหมู่บ้านที่เสี่ยงภัย อำเภอที่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยในระดับต่าง ๆ และอุปกรณ์/เครื่องมือเตือนภัยอยู่ในรูปของแผนการดำเนินการป้องกันภัย จากดินถล่ม ในแต่ละแผนย่อย คือ แผนการเตือนภัย แผนการเตรียมพร้อม และแผนบรรเทาความเสี่ยง ซึ่งจะมีการจัดทำประชาพิจารณ์ในแต่ละแผนย่อย

1.5.3 แนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นวิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อเตรียมข้อมูลนำเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ในโครงข่ายประสาทเทียม โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการคาดการณ์เหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม มีรายละเอียดดังนี้

1) การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียม

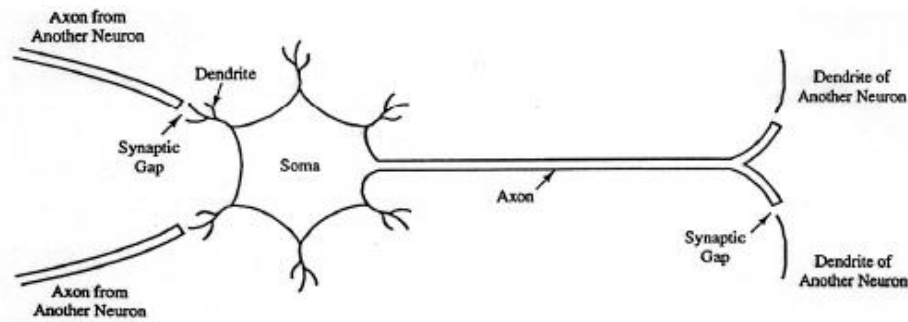
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นวิธีการสำคัญในการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งในขั้นตอนก่อนการประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ต้องมีการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งในส่วนนี้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน เนื่องจากความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างเป็นระบบ รวมทั้งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ สำหรับการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม จะใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการระบุตำแหน่งที่เกิดดินถล่ม และจัดทำฐานข้อมูลการเกิดดินถล่ม การสร้างแผนที่แต่ละปัจจัยให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด การแปลงข้อมูลจากรูปแบบตาราง กริดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียมได้ และภายหลังจากการประมวลผลด้วย

โครงข่ายประสาทเทียมแล้ว จะใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการสร้างแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ทั้งนี้การจัดการฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนในการจัดเตรียมข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งถ้าการจัดเตรียมข้อมูลยังมีความถูกต้อง ก็จะส่งผลให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าข้อมูลมีความถูกต้องน้อย จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองลดลงตามไปด้วย

2) พื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks)

โครงข่ายประสาทเทียมมีเริ่มเป็นที่รู้จักเมื่อประมาณ 60 ปีที่แล้ว โดย McCulloch และ Pitts แห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอบทความวิชาการชื่อ “Boolean brain” ซึ่งได้กลายเป็นจุดกำเนิดของการจัดรูปแบบคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประสาทเทียม ต่อมาได้มีนักวิจัยได้คิดค้นรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น (พยุง มีสัจ, 2551)

Fausett (1994) อ้างใน รศกร ด้านกุล (2546) อธิบายว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีรูปแบบโครงสร้างมาจากแนวคิดของโครงสร้างในระบบประสาทของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Neuron) เชื่อมโยงกันจำนวนมาก ซึ่งใน 1 เซลล์ประสาทประกอบด้วยเดนไดรต์ (Dendrite) ตัวเซลล์ (Soma) และแอกซอน (Axon) โดยที่ เดนไดรต์และตัวเซลล์ทำหน้าที่รวบรวมสัญญาณต่างๆ (Input) มาทำการประมวลผลและส่งผลลัพธ์ (Output) ออกมาทางด้านแอกซอน โดยที่การเชื่อมโยงของเซลล์ประสาท นี้มีลักษณะเป็นโครงข่ายที่เรียกว่าไซแนปส์ (Synapse) ดังแสดงในภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 ความสัมพันธ์ของระบบประสาท

ที่มา: L. Fausett. *Fundamental of Neural Networks*. New jersey: Prentice Hall, 1994, p.461.

จากภาพที่ 1.2 สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทของมนุษย์ (Biological Neuron) และเซลล์ประสาทเทียม (Artificial Neural) ได้ดังตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทของมนุษย์และเซลล์ประสาทเทียม

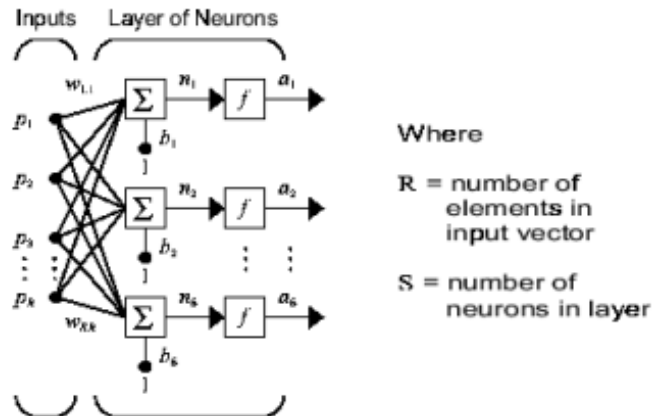
เซลล์ประสาทของมนุษย์	ฟังก์ชันการทำงาน	เซลล์ประสาทเทียม
ตัวเซลล์ (Soma)	ส่วนที่ประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น (Process inputs)	โหนดหรือจำนวนเซลล์
เดนไดรต์ (Dendrite)	ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูล (Accept Inputs)	ชั้นข้อมูลนำเข้า
แอกซอน (Axon)	ส่วนที่แปลงข้อมูลที่ได้ประมวลเบื้องต้นเป็นผลลัพธ์ที่ต้องการ (Turn the processed input into outputs)	ชั้นแสดงผล
ไซแนปส์ (Synapse)	เส้นประสาทที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเพื่อการสื่อสารกับ Neurons อื่นในระบบสมอง (Electrochemical contact between neurons)	ค่าถ่วงน้ำหนัก

ที่มา: พยุง มีสัจ, 2551

3) ลักษณะสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

ในส่วนนี้เป็นการอธิบายถึงลักษณะโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งประกอบไปด้วย 2 รูปแบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว (One Layer of neurons) และโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi Layers of neurons)

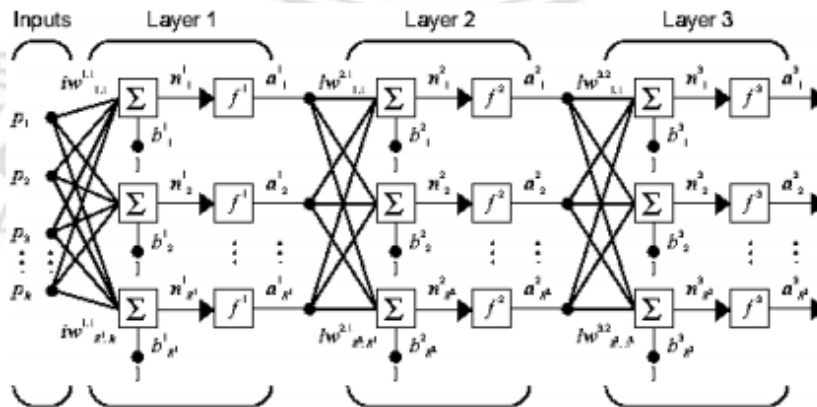
- 3.1) โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว จะประกอบด้วยเซลล์ประสาท ซึ่งจำลองมาจากการทำงานของระบบสมองมนุษย์ โดยใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function, f) ค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight, w) และค่าไบแอส (Bias, b) เป็นเครื่องมือจำลองคุณสมบัติของเซลล์ประสาทดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นเดียว

ที่มา: Beale, M. H., Hagan, M. T. and Demuth, H. B. *Neural Network Toolbox™ 7 User's Guide*: Massachusetts, United States: The MathWorks, 2002, p.1-10.

- 3.2) โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ประกอบไปด้วยชั้นข้อมูลนำเข้า ชั้นซ่อนเร้น และชั้นแสดงผล ดังภาพที่ 1.4



ภาพที่ 1.4 โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น

ที่มา: Beale, M. H., Hagan, M. T. and Demuth, H. B. *Neural Network Toolbox™ 7 User's Guide*: Massachusetts, United States: The MathWorks, 2002, p.1-13.

จากภาพที่ 1.4 กำหนดให้

W^1 คือค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมระหว่างชั้นข้อมูลนำเข้าและชั้นซ่อนเร้นที่ 1

W^2 คือค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมระหว่างชั้นซ่อนเร้นที่ 1 และชั้นซ่อนเร้นที่ 2

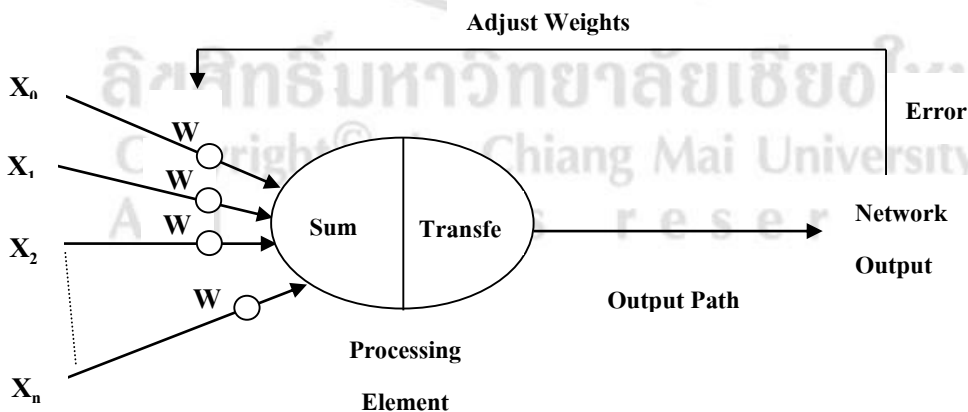
W^3 คือค่าถ่วงน้ำหนักที่เชื่อมระหว่างชั้นซ่อนเร้นที่ 2 และชั้นแสดงผล

B^1 คือค่าไบแอสในชั้นซ่อนเร้นที่ 1

B^2 คือค่าไบแอสในชั้นซ่อนเร้นที่ 2

4) กระบวนการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมนั้น ได้ถูกจำลองขึ้นมาตามหน้าที่พื้นฐานทั้ง 4 ของเซลล์ประสาทธรรมชาติดังแสดงในภาพที่ 1.2 โดยมีหลักการทำงานคือโครงข่ายประสาทเทียมจะมีข้อมูลนำเข้าหลายค่าเข้ามาในโครงข่าย โดยจะถูกแทนด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ $X(n)$ และแต่ละข้อมูลนำเข้านั้นจะถูกคูณด้วยค่าความรู้หรือเป็นค่าน้ำหนัก ซึ่งแทนด้วย $W(n)$ โดยที่ปกติผลคูณของค่าน้ำหนักและข้อมูลนำเข้าที่เข้าสู่โครงข่ายนั้นจะถูกนำมารวมกันและส่งผ่านเข้าไปในฟังก์ชันถ่ายโอนเพื่อที่จะหาผลลัพธ์ออกมา โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมจะมีคำตอบ (Target output) ไว้คอยตรวจดูว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องโครงข่ายประสาทเทียมจะมีกระบวนการปรับค่าน้ำหนักแล้วทำการประมวลผลใหม่จนได้คำตอบที่ถูกต้อง ดังแสดงในภาพที่ 1.5



ภาพที่ 1.5 การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา: Dave. A and Georg. M. อ้างใน พยุง มีสัจ. ระบบพีซีและโครงข่ายประสาทเทียม.

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551, หน้า. 56.

จากภาพที่ 1.5 สามารถสรุปขั้นตอนการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 4.1) จำแนกสัดส่วนข้อมูล และป้อนข้อมูลเข้าไปในโครงข่ายประสาทเทียม รวมทั้งค่าที่ได้จากการจำแนกได้แล้ว (Target Output)
- 4.2) คำนวณค่าผ่านทางฟังก์ชันผลรวม (Summation Function)
- 4.3) คำนวณค่าความผิดพลาด (Error) โดยการหาความแตกต่างระหว่าง ค่าที่ได้จากการจำแนกแล้ว (Target Output) กับค่าที่ได้จากฟังก์ชันผลรวม (Network Output)
- 4.4) ปรับค่าน้ำหนักทุกค่า (Weight) และค่าของ Bias
- 4.5) ทำซ้ำข้อ 1-4 จนกว่าค่าความผิดพลาดจะน้อยกว่าค่าที่กำหนด

5) กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ (Backpropagation Algorithm)

กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมใช้กันมากที่สุด ซึ่งในกระบวนการเรียนรู้จะมีการปรับค่าน้ำหนักของแต่ละการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ให้เหมาะสม โดยการปรับค่าน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่าผลลัพธ์ที่คำนวณได้กับค่าผลลัพธ์ที่ต้องการ (สุรเชษฐ์ เกื้อนแก้วสิงห์, 2552) โดยขั้นตอนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับมีดังนี้

- 5.1) กำหนดจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลนำเข้า จำนวนเซลล์ในชั้นแสดงผล จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น และกำหนดจำนวนข้อมูลนำเข้าและข้อมูลแสดงผล ต่อจากนั้นจะทำการกำหนดจำนวนรอบสูงสุดที่จะทำการเรียนรู้ รวมถึงค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้
- 5.2) กำหนดค่าพารามิเตอร์ของอัตราการเรียนรู้
- 5.3) การสุ่มน้ำหนักเริ่มต้นให้กับทุกๆเส้นเชื่อมโยงภายในโครงข่ายประสาทเทียม
- 5.4) รับค่าข้อมูลนำเข้าของข้อมูลชุดแรกหรือข้อมูลแถวแรก เพื่อใช้ในการคำนวณหาผลลัพธ์ของโครงข่ายประสาทเทียม
- 5.5) คำนวณค่าผลรวมของจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น ก่อนทำการปรับค่ารวมด้วยฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งจะได้ค่าของจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น

- 5.6) กำหนดค่าข้อมูลผลลัพธ์ของจำนวนเซลล์ในชั้นแสดงผล จากนั้นทำการปรับค่าผลรวมด้วยฟังก์ชันกระตุ้น ซึ่งจะได้อำนาจของจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลผลลัพธ์
- 5.7) การหาค่าความผิดพลาดของจำนวนเซลล์ในชั้นแสดงผล และทำการปรับน้ำหนักนั้น โดยการนำผลลัพธ์ที่คำนวณได้จริงเปรียบเทียบกับข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้กำหนดไว้ เพื่อหาค่าความผิดพลาดของข้อมูล โดยถ้าค่าผิดพลาดของข้อมูลน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้แล้วนั้น โครงข่ายประสาทเทียมก็จะทำการรับข้อมูลชุดต่อไปเข้าสู่โครงข่าย โดยถ้าไม่ได้ทำการปรับน้ำหนักแล้วนั้น โครงข่ายประสาทเทียมจะทำการรับข้อมูลแถวถัดไป และจะกลับไปทำในขั้นตอนที่ 5 แต่ถ้าเป็นข้อมูลชุดสุดท้ายของข้อมูลแล้วนั้น จะไปทำในขั้นตอนที่ 8
- 5.8) กำหนดค่าผิดพลาดรวมเฉลี่ย (Mean Squared Error : MSE) ในทุกแถวข้อมูล โดยนำค่าผิดพลาดของแต่ละแถวของชุดข้อมูลมารวมกัน แล้วทำการหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าผลลัพธ์ของทุกข้อมูลในแต่ละรอบนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้ในทุกแถวข้อมูล โดยถ้าค่าความผิดพลาดยอมรับได้ให้จบการเรียนรู้ แต่ถ้าค่าความผิดพลาดเฉลี่ยมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ให้ตรวจสอบว่าได้ทำการเรียนรู้ครบตามจำนวนรอบที่กำหนดไว้ ถ้าครบแล้วให้จบการเรียนรู้ แต่ถ้ายังไม่ครบให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 4 อีกครั้ง ซึ่งก็คือเริ่มต้นการเรียนรู้รอบใหม่

6) การกำหนดโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

การประมวลผลด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม มีการกำหนดโครงสร้างของแบบจำลอง ดังนี้

- 6.1) กระบวนการเรียนรู้ที่ใช้เรียนรู้ในแบบจำลอง Beale *et al.* (2002) ได้รวบรวมกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถใช้เรียนรู้ใน Neural Network Toolbox software ได้จำนวน 12 กระบวนการเรียนรู้ ซึ่งแต่ละวิธีมีความสามารถในการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 กระบวนการเรียนรู้ที่สามารถใช้เรียนรู้ใน Neural Network Toolbox software

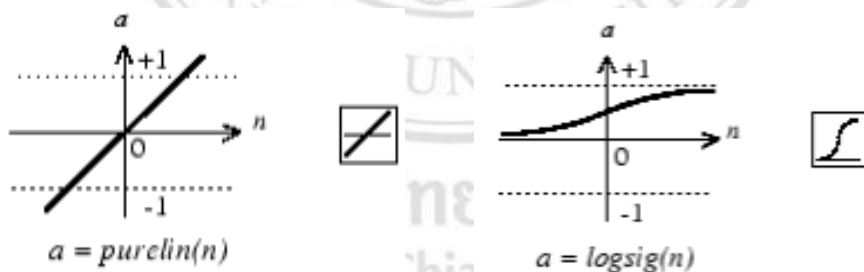
กระบวนการเรียนรู้	ข้อดี/ข้อเสีย ของกระบวนการเรียนรู้	หมายเหตุ
Levenberg-Marquardt (LM)	ใช้เวลาประมวลผลน้อยที่สุด	- ประสิทธิภาพของการประมวลผลยังขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ความซับซ้อนของปัญหา จำนวนข้อมูลในกระบวนการเรียนรู้ จำนวนของค่าน้ำหนักและไบแอสในโครงข่ายเป็นต้น - ในกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ ยังมีการเรียนรู้แบบ gradient descent algorithm ที่สามารถประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น และลักษณะสถาปัตยกรรม
Bayesian Regularization (BR)	เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบอัตโนมัติ เหมาะกับกรณีที่มีข้อมูลจำกัด	
BFGS Quasi-Newton (BFG)	ประมวลผลค่อนข้างเร็ว	
Resilient Backpropagation (RP)	ประมวลผลค่อนข้างเร็วเมื่อโครงข่ายมีความซับซ้อน	
Scaled Conjugate Gradient (SCG)	ประมวลผลค่อนข้างเร็วเมื่อโครงข่ายมีความซับซ้อน	
Conjugate Gradient with Powell/Beale Restarts (CGB)	ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก	
Fletcher-Powell Conjugate Gradient (CGF)	ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก	
Polak-Ribière Conjugate Gradient (CGP)	ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก	
One Step Secant (OSS)	ใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก	
Variable Learning Rate Gradient Descent (GDX)	ใช้เวลาในการประมวลผลมากที่สุด	
Gradient Descent with Momentum (GDM)	-	
Gradient Descent (GD)	-	

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Beale, M. H., Hagan, M. T. and Demuth, H. B., 2002

- 6.2) การแบ่งสัดส่วนข้อมูล สามารถแบ่งเป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ ข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ และข้อมูลสำหรับการทดสอบ โดยที่ถ้าข้อมูลสำหรับการเรียนรู้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมดที่ไม่ดีก็จะส่งผลให้โครงข่ายประสาทเทียมคาดการณ์ผิดพลาด แต่ถ้าโครงข่ายประสาทเทียม

เรียนรู้ดีขึ้นจะไปส่งผลให้ประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีกลุ่มข้อมูลสำหรับการตรวจสอบการเรียนรู้ เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ดีขึ้น ดังนั้นการคัดเลือกข้อมูลในแต่ละกลุ่มต่างๆจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญมากต่อประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม (ทวิ ชัยพิมลพลิน, 2555)

- 6.3) การกำหนดฟังก์ชันถ่ายโอน โดยทั่วไปฟังก์ชันถ่ายโอนมีหลายประเภท เช่น ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบปิด (closed - loop transfer function) ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเปิด (open - loop transfer function) ฟังก์ชันถ่ายโอนป้อนไปหน้า (feedforward transfer function) โดยในแต่ละประเภทของฟังก์ชันถ่ายโอนจะมีจุดเด่น จุดด้อยที่แตกต่างกัน โดย Beale *et al.* (2002) กล่าวว่า ฟังก์ชันถ่ายโอนที่นิยมใช้มากที่สุดมี 2 ประเภทคือ ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (linear transfer function) และฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (log-sigmoid transfer function) โดยฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้นจะถูกใช้ในชั้นสุดท้ายของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ส่วนฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์จะถูกใช้ในชั้นซ่อนเร้นของโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น ดังภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบเชิงเส้น (ซ้าย) ฟังก์ชันถ่ายโอนแบบลอจิสติกมอยด์ (ขวา)
ที่มา: Beale, M. H., Hagan, M. T. and Demuth, H. B. *Neural Network Toolbox™ 7 User's*

Guide: Massachusetts, United States: The MathWorks, 2002, p.1-5.

1.6 ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและโครงข่ายประสาทเทียมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทบทวนวรรณกรรมโดยแบ่งออกเป็น 2 ประเด็นหลัก คือ การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม และการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.6.1 ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

1) การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในประเทศไทย พบว่าส่วนใหญ่จะทำการศึกษาพื้นที่ในระดับจังหวัด ระดับลุ่มน้ำ หรือศึกษาเฉพาะในเขตภูเขา เช่น การศึกษาของ บุญชู บึงทอง (2544) ศึกษาในจังหวัดจันทบุรี พื้นที่ประมาณ 6,338 ตารางกิโลเมตร สุเทพ จันทร์เขียว (2546) ศึกษาในจังหวัดภูเก็ต พื้นที่ประมาณ 550 ตารางกิโลเมตร สรรค์ใจ กลิ่นดาว (2550) ศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำของจังหวัดเพชรบูรณ์ พื้นที่ประมาณ 12,403 ตารางกิโลเมตร ธนิตย์ อินทร์ตัน (2550) และ สิทธิกุล เอนกสัมพันธ์ (2547) ศึกษาบริเวณเทือกเขาภิรมย์ภู จังหวัดจันทบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 4 อำเภอ พื้นที่ประมาณ 600 ตารางกิโลเมตร

2) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มและเกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม พบว่าวิธีที่นิยมใช้กันมากคือการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนัก หรือการให้ค่าคะแนนในแต่ละปัจจัย และจำแนกระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มของพื้นที่ได้จากผลรวมของค่าคะแนนในแต่ละปัจจัย และการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยวิธีการซ้อนทับ (overlay) เช่นการศึกษาของ พรชัย สุตันไชยนนท์ (2541) ประสิทธิ์ เมฆอรุณ (2544) สุพิชฌาย์ ธนารุณ (2553) ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกระดับความเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มนั้น ขึ้นอยู่กับผู้ศึกษาเป็นผู้กำหนด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2549) ศึกษาพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือ กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 7 ปัจจัย ดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือ

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก	ค่าถ่วงน้ำหนัก	ค่าคะแนน
1. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย	(1) มากกว่า 1150 มม. (2) 650 – 1,150 มม. (3) น้อยกว่า 650 มม	6	3 2 1
2. ชั้นหินพื้นฐาน	(1) หินแกรนิต หินไนส์ (2) หินปูน ตะกอนไม่แข็งตัว (3) หินทราย หินชั้น หินชนวน (4) หินตะกอน (5) หินตะกอนคาร์บอนเนต (6) หินภูเขาไฟ	5	6 5 4 3 2 1
3. ความลาดชัน	(1) มากกว่า 45% (2) 15 – 45% (3) น้อยกว่า 15%	4	3 2 1
4. สภาพป่าไม้	(1) ไม่ใช่พื้นที่ป่า (2) ป่าเสื่อมโทรม (3) ป่าสมบูรณ์	3	3 2 1
5. แนวกันชนรอยเลื่อน	(1) น้อยกว่า 1,000 เมตร (2) 1,000 – 2,000 เมตร	2	3 2
6. ทิศทางการรับน้ำฝน	(1) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (2) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (3) ทิศทางอื่นๆ	1	3 2 1
7. ระดับความสูงจากน้ำทะเล	(1) สูงกว่าหรือเท่ากับ 500 เมตร (2) ต่ำกว่าระดับ 500 เมตร	1	1 0

ที่มา: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2549

สำหรับการจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลตามปัจจัยที่กำหนดไว้โดยคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{Landslide Index} = [(R_r R_w) + (RU_r RU_w) + (S_r S_w) + (F_r F_w) + (BF_r BF_w) + (W_r W_w)] (H_r)$$

โดยที่ Landslide Index = ระดับโอกาสที่จะเกิดดินถล่ม โดยเป็นค่าคะแนนรวมของแต่ละปัจจัยและ

R = ปัจจัยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

RU = ปัจจัยชั้นหินพื้นฐาน

S = ปัจจัยความลาดชันของพื้นที่

F = ปัจจัยสภาพป่าไม้

BF = ปัจจัยแนวกันชนจากรอยเลื่อน

W = ปัจจัยทิศทางการรับน้ำฝน

H = ปัจจัยระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเล

r = ค่าคะแนนของปัจจัยต่างๆ

w = ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยต่างๆ

จากสมการข้างต้น จะได้ข้อมูลพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม ซึ่งได้นำเอาปัจจัยระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 500 เมตรขึ้นไปเป็นตัวตัดพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่มในระดับน้อยมากที่สุดออกไปก่อนจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการจัดกลุ่มค่าคะแนน โดยอาศัยค่าเฉลี่ย (Mean) แล้วนำค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation) มากำหนดค่าพิสัย (Rang) การแบ่งค่าเป็นแบบ Equal Interval เป็นการแบ่งค่าทางสถิติที่ได้ให้มีค่าพิสัยที่เท่ากันในแต่ละชั้นข้อมูล ซึ่งค่าข้อมูลสูงสุดคือ 74 และค่าข้อมูลต่ำสุดคือ 0 ซึ่งเกิดจากการคูณค่าปัจจัยระดับความสูงของพื้นที่ โดยแบ่งระดับของพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มออกเป็น 3 ระดับ ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 เกณฑ์การจำแนกการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือ

ระดับความเสี่ยง	คะแนนรวม
พื้นที่มีความเสี่ยงมาก	50-74
พื้นที่เสี่ยงน้อย	25-49
พื้นที่ไม่เสี่ยง	0-24

ที่มา: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2549

Gyeltshen (2007) ศึกษาพื้นที่บริเวณดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และมีการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยโดยวิธีการ Analysis Hierarchy Process (AHP) โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 4 ปัจจัย ดังตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มบริเวณดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก	ค่าถ่วงน้ำหนัก	คะแนน
1. ความลาดชัน	(1) มากกว่า 30 องศา	44	5
	(2) ระหว่าง 15 - 30 องศา		2
	(3) น้อยกว่า 30 องศา		1
2. ลักษณะทางธรณีวิทยา	(1) หินแกรนิต หินไนส์	30	5
	(2) ตะกอนร่วน		5
	(3) หินภูเขาไฟ		3
	(4) หินคาร์บอนเนต		2
3. การใช้ประโยชน์ที่ดิน	(1) พื้นที่เกษตรกรรม	17	5
	(2) ที่อยู่อาศัย		4
	(3) พื้นที่ป่า		2
	(4) แหล่งน้ำ		1
4. ระยะห่างจากทางน้ำ	(1) น้อยกว่า 50 เมตร	9	5
	(2) มากกว่า 50 เมตร		1

ที่มา: Gyeltshen, 2007

สำหรับการจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลตามปัจจัยที่กำหนดไว้โดยคำนวณตามสมการดังนี้

$$\text{Landslide Hazard Index (LHI)} = \sum_{i=1}^n (w_i x_{ij})$$

โดยที่ w_i = ค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

x_{ij} = ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย

จากสมการข้างต้นจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มออกเป็น 3 ระดับดังตารางที่ 1.7

ตารางที่ 1.7 เกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงดินถล่มบริเวณคอกยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

ระดับความเสี่ยง	เกณฑ์ LHI
เสี่ยงสูง	310-394
เสี่ยงปานกลาง	250-310
เสี่ยงต่ำ	147-250

ที่มา: Gyeltshen, 2007

สิทธิกุล เอนกสัมพันธ์ (2547) ได้ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูลและการแสดงผลของค่าปัจจัยต่างๆที่ส่งผลให้เกิดดินถล่ม กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 8 ปัจจัย ดังตารางที่ 1.8

ตารางที่ 1.8 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มบริเวณเทือกเขาศิขณภู จังหวัดจันทบุรี

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก	
1. ระดับความสูง	(1) มากกว่า 900 เมตร (2) 200 - 900 เมตร (3) น้อยกว่า 200 เมตร	
2. ความลาดชัน	(1) มากกว่า 60 % (2) 30 - 60% (3) น้อยกว่า 30%	
3. ทิศทางลาด	(1) 271 - 360 องศา (3) 91 - 180 องศา	(2) 181 - 270 องศา (4) 1 - 90 องศา

ตารางที่ 1.8 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มบริเวณเทือกเขาภิชมภู จังหวัดจันทบุรี (ต่อ)

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก
4. ชนิดหิน	(1) หินแกรนิต ไนส์ igneourock (2) หินดินดาน หินชนวน ฟิลไลต์ หินปูน โลโลไมต์ (3) หินทราย ซีสต์หินควอร์ตไซต์ ตะกอนน้ำพาทับถมเก่า และ coars grain sedimentary
5. การใช้ประโยชน์ที่ดิน	(1) พืชไร่ล้มลุก ที่โล่ง ไม้พุ่ม ทุ่งหญ้า (2) สวนผลไม้ พารา (3) ป่าเสื่อมโทรม (4) ป่าไม้สมบูรณ์
6. ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ	(1) มากกว่า 60,000 ไร่ (2) 40,000 - 60,000 ไร่ (3) น้อยกว่า 40,000 ไร่
7. ความเสถียรของความลาดชันจากคุณสมบัติดิน (ความหนาของชั้นดิน)	(1) น้อยกว่า 50 (2) 50 – 150 (3) มากกว่า 500
8. ความเสถียรของความลาดชันจากคุณสมบัติดิน	(1) ดินทราย (2) ดินตะกอน (3) ดินร่วน (4) ดินเหนียว

ที่มา: สิทธิกุล เอนกสัมพันธ์, 2547

สำหรับการจำแนกระดับความเสี่ยงจากคะแนนรวมของระดับความรุนแรง มีค่าระหว่าง 8 - 24 คะแนน ซึ่งเมื่อนำค่าคะแนนรวมมาจัดระดับความรุนแรง สามารถจำแนกได้เป็น 3 ระดับ ดังตารางที่ 1.9

ตารางที่ 1.9 เกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงดินถล่มบริเวณเทือกเขาภิชมภู จังหวัดจันทบุรี

ระดับความรุนแรง	เกณฑ์ LHI
สูง	18.67-24.00
ปานกลาง	13.34-18.66
ต่ำ	8.00-13.33

ที่มา: สิทธิกุล เอนกสัมพันธ์, 2547

กรมทรัพยากรธรณี (2554) ศึกษาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชนในจังหวัดอุดรดิตถ์ โดยกำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 4 ปัจจัย ซึ่งในรายงานการวิจัยไม่ได้ระบุค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนในแต่ละปัจจัย รวมทั้งเกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ดังตารางที่ 1.10 และตารางที่ 1.11

ตารางที่ 1.10 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุดรดิตถ์

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก
1. ลักษณะทางธรณีวิทยา	(1) หินดินดาน หินทราย หินแกรนิต
2. สภาพภูมิประเทศ	(1) พื้นที่มีความสูงระหว่าง 400-1,000 เมตร
3. ปริมาณน้ำฝน	(1) มีปริมาณน้ำฝน 300 มิลลิเมตรต่อวัน
4. การเปลี่ยนแปลงสภาพ สิ่งแวดล้อม	(1) การทำสวนผลไม้โดยวิธีการตอนกิ่งปักชำ ทำให้ไม่มีระบบรากแก้วไว้ยึดเหนี่ยวดิน

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี, 2554

ตารางที่ 1.11 เกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุดรดิตถ์

โอกาสเกิดดินถล่ม	เกณฑ์
พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม อันดับ 1	- ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 100 มิลลิเมตรต่อวัน - หน้าดินหนาขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา
พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม อันดับ 2	- ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 200 มิลลิเมตรต่อวัน - หน้าดินหนาขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา
พื้นที่ที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม อันดับ 3	- ดินมีโอกาสถล่มเมื่อมีปริมาณน้ำฝน 300 มิลลิเมตรต่อวัน - หน้าดินหนาขาดรากไม้ยึดเหนี่ยว และความลาดเอียงของพื้นที่มากกว่า 30 องศา

ที่มา: กรมทรัพยากรธรณี, 2554

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2550) ศึกษาในพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 6 ปัจจัย ซึ่งในรายงานการวิจัยไม่ได้ระบุค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนในแต่ละปัจจัย รวมทั้งเกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ดังตารางที่ 1.12

ตารางที่ 1.12 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในพื้นที่อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก
1. ลักษณะทางธรณีวิทยา	(1) มีโครงสร้างของชั้นหินแบบ Conglomerate Sandstone Limestone และ Shale
2. ความลาดชัน	(1) ความลาดชันของพื้นที่มากกว่า 50 องศา
3. การใช้ประโยชน์ที่ดิน	(1) พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตรกรรม
4. สภาพภูมิประเทศ	(1) ลักษณะทางกายภาพเป็นที่ราบหุบเขา หรือมีความลาดชัน 0-10 องศา
5. แม่น้ำ	(1) พื้นที่ที่มีระยะห่างจากทางน้ำสายหลัก 200 เมตร สายรอง 100 เมตร
6. การตั้งถิ่นฐาน	(1) เป็นพื้นที่ที่มีระยะห่างโดยคำนวณจากห่อมบ้านที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ โดยสร้างขอบเขตห่อมบ้าน

ที่มา: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2550

ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552) ศึกษาในจังหวัดอุดรดิตถ์ กำหนดปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มจำนวน 3 ปัจจัย ซึ่งในรายงานการวิจัยไม่ได้ระบุค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนในแต่ละปัจจัย รวมทั้งเกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม ดังตารางที่ 1.13

ตารางที่ 1.13 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุดรดิตถ์

ปัจจัยหลัก	เกณฑ์การจำแนก
1. ลักษณะทางธรณีวิทยา	(1) หินทราย หินดินดาน หินกรวด หินปูน
2. ความลาดชัน	(1) ความลาดชันของพื้นที่มากกว่า 50 องศา
3. การใช้ประโยชน์ที่ดิน	(1) พื้นที่ป่าไม้

ที่มา: ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2552

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มและเกณฑ์การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม พบว่าปัจจัยที่นำมาใช้ในการจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มนั้นขึ้นอยู่กับการศึกษาของพื้นที่ สำหรับพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ได้มีการศึกษาของศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552) และกรมทรัพยากรธรณี (2554) ได้ศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุดรดิตถ์ไว้ โดยปัจจัยที่

เหมือนกันในการนำมาใช้วิเคราะห์คือ ลักษณะทางธรณีวิทยา การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม

1.6.2 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม

1) การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การเก็บรวบรวมจำนวนจุดที่เกิดดินถล่มในแต่ละพื้นที่พบว่า Bui *et al.* (2012) ได้ประเมินพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดฮัวบิन्ह ประเทศเวียดนาม โดยพื้นที่ศึกษามีขนาด 4,660 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่เกิดดินถล่มโดยเฉลี่ยในแต่ละบริเวณจะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3,440 ตารางเมตร และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตำแหน่งที่เกิดดินถล่มโดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี รวบรวมตำแหน่งที่เกิดดินถล่มได้ทั้งหมด 118 บริเวณ และการศึกษาของ Pradhan *et al.* (2010) ศึกษาในมาเลเซีย ใน 3 พื้นที่ และเก็บรวบรวมข้อมูลตำแหน่งที่เกิดดินถล่มโดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 25 ปี โดยแต่ละพื้นที่ศึกษาพบจุดที่เกิดดินถล่มดังนี้ (1) เกาะปีนัง พื้นที่ 285 ตารางกิโลเมตรพบดินถล่ม 579 จุด (2) พื้นที่สูงแกเมอรูน พื้นที่ 265 ตารางกิโลเมตรพบดินถล่ม 405 จุด และ (3) รัฐสลังงอร์ พื้นที่ 8,179 ตารางกิโลเมตรพบดินถล่ม 409 จุด

2) การกำหนดประเภทของกระบวนการเรียนรู้ (Learning Algorithms)

การกำหนดกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการเรียนรู้ พบว่าการศึกษาล้วนใหญ่นิยมใช้กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการเรียนรู้หลายรูปแบบ ในการทบทวนวรรณกรรมได้แบ่งออกเป็นการเปรียบเทียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการอื่นๆ การศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมโดยเปรียบเทียบหลายกระบวนการเรียนรู้ การศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมโดยศึกษากระบวนการเรียนรู้เดียว และการศึกษากระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับในด้านอื่น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1) การเปรียบเทียบวิธีโครงข่ายประสาทเทียมกับวิธีการอื่น เช่นการศึกษาของ Gupta *et al.* (2008) ศึกษาพื้นที่เกิดดินถล่มบริเวณเทือกเขาจารย์จิลิงห์มาลา ยัน ประเทศอินเดีย โดยใช้ ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและข้อมูล

สารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบ 4 วิธีการคือ 1) วิธีการถ่วงน้ำหนัก 2) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ LM 3) วิธีพีชชีเซต และ 4) การผสมผสานระหว่างโครงข่ายประสาทเทียม โดยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ LM และวิธีพีชชีเซต โดยผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การวิเคราะห์ความหนาแน่นของดินถล่ม (Landslide density analysis) การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดแบบเมทริกซ์ (Error matrix analysis) การวิเคราะห์ความต่างของภาพ (Difference image analysis) ผลการศึกษาพบว่า การผสมผสานระหว่างวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ LM และวิธีพีชชีเซต ให้ผลการจำแนกพื้นที่เกิดดินถล่มที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีอื่นๆ Choi *et al.* (2012) ศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในประเทศเกาหลี โดยเปรียบเทียบ 3 วิธีการ ระหว่างวิธีอัตราส่วนความถี่ (Frequency ratio : FR) วิธีการถดถอยโลจิสติก (Logistic regression : LR) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ LM ผลการศึกษาพบว่าวิธี FR วิธี LR และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม มีความถูกต้องในการคาดการณ์เท่ากับร้อยละ 87.00 , 88.21, และ 86.51 ตามลำดับ Melchiorre *et al.* (2006) ได้จำแนกโซนพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มในประเทศสเปน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่เรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ LM และการวิเคราะห์ความทนทาน (Robustness Analysis) ผลการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ส่วนการวิเคราะห์ความทนทานเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการคัดเลือกตัวแปร Melchiorre *et al.* (2008) ได้จำแนกโซนพื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มบริเวณตอนใต้ของเทือกเขาแอลป์ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่เรียนรู้ด้วยกระบวนการเรียนรู้ LM และการวิเคราะห์กลุ่ม (cluster analysis) ผลการศึกษาพบว่าการใช้วิธีวิเคราะห์ทางในการสร้างข้อมูลกลุ่ม จะทำให้ความสามารถในการคาดการณ์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มมีประสิทธิภาพมากขึ้น

- 2.2) การศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมโดยเปรียบเทียบหลายกระบวนการเรียนรู้ เช่นการศึกษาของ Das *et al.* (2011) ได้วิเคราะห์เสถียรภาพของความลาดชัน (slope stability) และคาดการณ์ปัจจัยของความปลอดภัย (factor of

safety) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและเปรียบเทียบระหว่างกระบวนการเรียนรู้ LM กระบวนการเรียนรู้ BR และ Differential Evolution (DE) ผลการศึกษาพบว่า DE มีประสิทธิภาพในการจำแนกความลาดชันมากกว่า LM และ BR Bui *et al.* (2012) ได้ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในประเทศเวียดนาม โดยเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้ระหว่าง BR และ LM ผลการศึกษาพบว่า BR มีความถูกต้องในการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มมากกว่า LM โดยมีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90.3 และ 86.1 ตามลำดับ

- 2.3) การศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมโดยศึกษากระบวนการเรียนรู้ เช่น การศึกษาของ Haiming and Jun (2009) ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการวิเคราะห์เสถียรภาพของความลาดชันในประเทศจีน โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ BR ผลการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนมาก รวมทั้งมีความสามารถในการจดจำรูปแบบและการคาดการณ์
- 2.4) การศึกษาในด้านอื่นที่ใช้กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กลับ เช่น การศึกษาของ จักรกฤษ ตรีนาจ (2555) ได้คาดการณ์ระดับน้ำหลากที่สถานีวัดระดับน้ำ M.7 โดยใช้ข้อมูลภาพเรดาร์ในแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้ระหว่าง LM และ BR ผลการศึกษาพบว่า LM ให้ผลการคาดการณ์ที่ดีกว่า BR ทวี ชัยพิมลผลิน (2555) ได้พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการคาดการณ์น้ำท่วมในลุ่มน้ำปิงตอนบน โดยใช้ภาพเรดาร์และข้อมูลอุทกวิทยา โดยเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้ระหว่าง BR และ LM ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่เรียนรู้แบบ LM จะมีการเรียนรู้ที่เร็วและให้ผลการคาดการณ์ที่ดีกว่า BR เชาว์ หิรัญติยะกุล (2549) ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายค่าอัตราการไหลในลำน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำ M.7 เพื่อการเตือนภัยน้ำท่วม โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ LM ผลการศึกษาพบว่าสามารถทำนายค่าอัตราการไหลที่ดีที่สุดด้วยค่า $R^2 = 0.9780$ สมยศ ตั้งเจริญจิตกุล (2547) ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายระดับน้ำในแม่น้ำปิงอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้ระหว่าง LM และวิธีลดระดับเกรเดียนต์ (Gradient descent) ผลการศึกษาพบว่า LM

มีประสิทธิภาพในการทำนายสูงกว่าและใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าวิธีลดระดับเกรเดียนต์

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการเลือกกระบวนการเรียนรู้เพื่อประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการเรียนรู้จำนวน 2 กระบวนการเรียนรู้คือ LM และ BR เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย LM ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุดสำหรับ BR เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบอัตโนมัติและเหมาะสมกับกรณีข้อมูลที่มีย่านจำกัด

3) การแบ่งสัดส่วนข้อมูล

การแบ่งสัดส่วนข้อมูลในการเรียนรู้ การตรวจสอบการเรียนรู้ และการทดสอบพบว่าส่วนใหญ่มีการแบ่งข้อมูลเป็น 2 รูปแบบ คือ (1) แบ่งสัดส่วนข้อมูลเป็นร้อยละ 70 : 30 คือ ข้อมูลในการเรียนรู้ 70 เปอร์เซ็นต์และข้อมูลสำหรับการทดสอบ 30 เปอร์เซ็นต์ (Choi *et al.*,2012) และ (Bui *et al.*,2012) (2) แบ่งสัดส่วนข้อมูลเป็นร้อยละ 80 : 20 คือ ข้อมูลในการเรียนรู้ 80 เปอร์เซ็นต์ และข้อมูลสำหรับการทดสอบ 20 เปอร์เซ็นต์ (Pradhan *et al.*,2010) และ (Chauhan *et al.*,2010) นอกจากนี้ยังมีการแบ่งข้อมูลแบบอื่น เช่น ข้อมูลในการเรียนรู้ 50 เปอร์เซ็นต์ ข้อมูลสำหรับการตรวจสอบการเรียนรู้ 20 เปอร์เซ็นต์ และข้อมูลสำหรับการทดสอบ 30 เปอร์เซ็นต์ (Farrokhzad *et al.*,2011)

4) การกำหนดโครงสร้างสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม

การกำหนดโครงสร้างสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม พบว่าโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ชั้นข้อมูลนำเข้า ชั้นซ่อนเร้น และชั้นแสดงผล โดยการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม จะมีการกำหนดชั้นซ่อนเร้นที่แตกต่างกัน คือการกำหนดให้มีชั้นซ่อนเร้นจำนวน 1 ชั้น เช่น Lee *et al.* (2003), Bui *et al.* (2012), Pradhan *et al.* (2010), Choi *et al.* (2012) และ Farrokhzad *et al.* (2011) นอกจากนี้ยังมีการกำหนดชั้นซ่อนเร้นแบบ 2 ชั้น เช่นในการศึกษาของ Chauhan *et al.* (2010)

สำหรับการกำหนดจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นในการศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่เสี่ยงดินถล่มโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าโดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ คือ (1) รูปแบบ $2n$ (n หมายถึงจำนวนปีจัยนำเข้า) เช่น Choi *et al.* (2012) กำหนดโครงสร้างแบบ $6 \times 12 \times 2$ และ $3 \times 6 \times 2$ (2) รูปแบบ $2n+1$ เช่น Lee *et al.* (2003) กำหนดโครงสร้างแบบ $7 \times 15 \times 2$ (3) รูปแบบ $2n+2$ เช่น Pradhan *et al.* (2010) กำหนดโครงสร้างแบบ $15 \times 32 \times 2$ (4) รูปแบบ $2n-2$ เช่น Bui, *et al.* (2012) กำหนดโครงสร้างแบบ $10 \times 18 \times 1$ โดยเริ่มต้นการคำนวณจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น ตั้งแต่ 1-21 ซึ่งในการศึกษาพบว่าจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น ที่ 18 มีความเหมาะสมมากที่สุด Farrokhzad *et al.* (2011) กำหนดโครงสร้างแบบ $6 \times 10 \times 1$

นอกจากนี้ในการศึกษาด้านอื่น เช่น การพยากรณ์น้ำท่วมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม Chaipimonplin (2010) ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการกำหนดจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นและสามารถจัดกลุ่มของจำนวนชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมที่สุด โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ (1) จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นจะต้องมีจำนวนร้อยละ 50 ของจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลนำเข้า (2) จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น จะต้องมีจำนวนร้อยละ 75 ของจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลนำเข้า (3) จำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นจะต้องมีจำนวนมากกว่า 2 เท่า บวก 1 ($2n+1$) ของจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลนำเข้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นในการศึกษาครั้งนี้ ตั้งแต่ 1 จนถึง $2n+1$ เพื่อพิจารณาแนวโน้มว่าจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นตั้งแต่น้อยไปมาก จำนวนเซลล์ใดจะเหมาะสมและส่งผลให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพมากที่สุด

5) การกำหนดค่าผลลัพธ์

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าส่วนใหญ่มีการกำหนดค่าผลลัพธ์แบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือการกำหนดค่าผลลัพธ์ 1 ค่า และ 2 ค่า โดยที่การกำหนดค่าผลลัพธ์จำนวน 1 ค่า จะกำหนดให้พื้นที่ที่เกิดดินถล่ม (landslide presence) มีค่าเท่ากับ 1 และพื้นที่ที่ไม่เกิดดินถล่ม (landslide absence) มีค่าเท่ากับ 0 เช่นการศึกษาของ Bui *et al.* (2012), Chauhan *et al.* (2010), Song *et al.* (2012) และ Farrokhzad *et al.* (2011) สำหรับการกำหนดค่าผลลัพธ์ จำนวน 2 ค่า จะกำหนดให้ค่าแรกเป็นตำแหน่งที่มีโอกาสเกิดดินถล่ม (landslide-prone locations) กำหนดให้ผลลัพธ์

เป็น (0.1, 0.9) ส่วนค่าที่สองคือตำแหน่งที่ไม่มีโอกาสเกิดดินถล่ม (non-landslide-prone locations) กำหนดให้ผลลัพธ์เป็น (0.9, 0.1) เช่นการศึกษาของ Lee *et al.* (2003), Pradhan *et al.* (2010) และ Choi *et al.* (2012) จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการกำหนดค่าผลลัพธ์จำนวน 1 ค่า จะใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าการกำหนดค่าผลลัพธ์จำนวน 2 ค่า

6) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม พบว่าปัจจัยที่นำมาใช้ในการศึกษาส่วนใหญ่เหมือนกับปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีบางปัจจัยที่แตกต่างกัน เช่น ปัจจัยด้านดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เป็นต้น ซึ่งการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม พบว่าปัจจัยส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการศึกษา ได้แก่

- 6.1) ปัจจัยด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น Bui *et al.* (2012) จำแนกเป็น พื้นที่เมือง สวนผลไม้ พื้นที่ปลูกข้าว ป่าอนุรักษ์ ป่าธรรมชาติ ป่าเพื่อใช้ผลิตไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่ภูเขาไม่มีต้นไม้ พื้นที่แห้งแล้ง พื้นที่ป่าไม้ที่ใช้เป็นพิเศษ พื้นที่ปลูกหญ้า Choi *et al.* (2012) จำแนกเป็น พื้นที่เมือง พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ป่า พื้นที่ปลูกหญ้า พื้นที่แห้งแล้ง พื้นที่น้ำท่วมถึง Chauhan *et al.* (2010) จำแนกเป็น ป่าเรือนยอดห่าง ป่าทึบหิมะ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่แห้งแล้ง พื้นที่รกร้าง และพื้นที่เกษตรกรรม Pradhan *et al.* (2010) จำแนกเป็น พื้นที่โล่ง พื้นที่ปลูกต้นโกศกวาง พื้นที่หิน พื้นที่ป่าดั้งเดิม พื้นที่ปลูกหญ้า พื้นที่ปลูกมะพร้าว พื้นที่ปลูกยาง หมือ้งดิบูก พื้นที่โคลน พื้นที่ป่าชั้นที่สอง พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่อยู่อาศัย
- 6.2) ปัจจัยด้านความลาดชัน พบว่าโดยส่วนใหญ่จะจำแนกความลาดชันออกเป็น 2 รูปแบบ คือ ความลาดชันเพิ่มขึ้นครั้งละไม่เกิน 10 องศา เช่น Lee *et al.* (2003) จำแนกเป็น 0-5 องศา 6-9 องศา 10-13 องศา 14-17 องศา 18-23 องศา 24-29 องศา 30-37 องศา และ 38-86 องศา Choi *et al.* (2012) จำแนกเป็น 0-2 องศา 3-4 องศา 5-6 องศา 7-8 องศา 9-11 องศา 12-14 องศา

- 15-17 องศา 18-20 องศา 21-24 องศา และ 25-66 องศา และความลาดชันเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 - 15 องศา เช่น Bui *et al.* (2012) จำแนกเป็น 0-10 องศา 10-20 องศา 20-30 องศา 30-40 องศา 40-50 องศา และมากกว่า 50 องศา Chauhan *et al.* (2010) จำแนกเป็น 0-15 องศา 15-25 องศา 25-35 องศา 35-45 องศาและมากกว่า 45 องศา Pradhan *et al.* (2010) จำแนกเป็น 0-15 องศา 16-25 องศา 26-35 องศา และมากกว่า 35 องศา
- 6.3) ปัจจัยด้านลักษณะธรณีสัณฐาน หรือข้อมูลชุดหิน ส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นชุดหินที่พบในแต่ละพื้นที่ศึกษาโดยเกณฑ์คะแนนจะอ้างอิงตามศักยภาพหรือลักษณะของหินที่ส่งผลให้เกิดดินถล่ม เช่น Bui *et al.* (2012), Liang *et al.* (2012), Song *et al.* (2012), Chauhan *et al.* (2010) และ Pradhan *et al.* (2010)
- 6.4) ปัจจัยด้านทิศทางการลาดเอียงหรือทิศทางการรับน้ำฝนโดยจะพิจารณาถึงพื้นที่ด้านที่รับน้ำฝนในช่วงฤดูฝนหรือช่วงฝนหนักจนส่งผลให้เกิดน้ำหลากและดินถล่ม เช่น Bui *et al.* (2012), Choi *et al.* (2012), Chauhan *et al.* (2010) และ Pradhan *et al.* (2010)
- 6.5) ปัจจัยด้านลักษณะธรณีวิทยา หรือข้อมูลชุดดิน ส่วนใหญ่จะกำหนดเป็นชุดดินที่พบในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยจะพิจารณาถึงลักษณะของเนื้อดิน เช่น เนื้อดินหยาบ เนื้อดินละเอียด ความสามารถในการซึมน้ำของดินซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม เช่น Bui *et al.* (2012), Lee *et al.* (2003) และ Pradhan *et al.* (2010)
- 6.6) ปัจจัยด้านระยะห่างจากรอยเลื่อน เช่น Bui *et al.* (2012) จำแนกเป็น 0-200 เมตร 200-400 เมตร 400-700 เมตร 700-1,000 เมตร และมากกว่า 1,000 เมตร Pradhan *et al.* (2010) จำแนกเป็น 0-200 เมตร 201-500 เมตร 501-1,000 เมตร 1,001-2,000 เมตร 2,001-4,000 เมตร และมากกว่า 4,001 เมตร Choi *et al.* (2012) จำแนกเป็น 0-15 เมตร 16-42 เมตร 43-61 เมตร 62-90 เมตร 91-120 เมตร 121-165 เมตร 166-225 เมตร 226-318 เมตร 319-483 เมตร และ 484-1,408 เมตร
- 6.7) ปัจจัยด้านดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เช่น Choi *et al.* (2012) จำแนกเป็น 0.33-0.25 0.26-0.33 0.34-0.38 0.39-0.44 0.45-0.50 0.51-0.54 0.55-0.57

0.58-0.60 0.61-0.63 และ 0.64-6.47 Pradhan *et al.* (2010) จำแนกเป็น 100 ถึง -50 -50 ถึง -0 0-50 และ 500 ถึง -100

6.8) ปัจจัยด้านความสูงของภูมิประเทศ เช่น Pradhan *et al.* (2010) แบ่งช่วงชั้นความสูงออกเป็น 0-50 เมตร 51-100 เมตร 101-200 เมตร 201-500 เมตร และมากกว่า 501 เมตร

6.9) ปัจจัยด้านระยะห่างจากทางน้ำ เช่น Bui *et al.* (2012) แบ่งระยะห่างจากทางน้ำออกเป็น 0-40 เมตร 40-80 เมตร 80-120 และมากกว่า 120 เมตร

6.10) ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝน เช่น Bui *et al.* (2012) จำแนกปริมาณน้ำฝนออกเป็น 362-470 มิลลิเมตร 470-540 มิลลิเมตร 540-610 มิลลิเมตร และ 610-950 มิลลิเมตร

7) การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม

การจำแนกพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide Risk Areas) มีการจำแนกหลายระดับทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ศึกษาเป็นผู้กำหนด เช่น Lee and Evangelista (2006) จำแนกออกเป็น 4 ระดับคือ พื้นที่เสี่ยงดินถล่มอันดับที่ 1 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 0.7496-0.9971 พื้นที่เสี่ยงดินถล่มอันดับที่ 2 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 0.6264-0.7495 พื้นที่เสี่ยงดินถล่มอันดับที่ 3 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 0.4381-0.6263 พื้นที่เสี่ยงดินถล่มอันดับที่ 4 คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมด มีค่าระหว่าง 0.0092-0.4380 Pradhan and Lee (2009) จำแนกออกเป็น 4 ระดับคือ พื้นที่เสี่ยงดินถล่มสูงมาก คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เสี่ยงดินถล่มสูง คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่เสี่ยงดินถล่มปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ไม่เสี่ยงต่อดินถล่ม คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 60 ของพื้นที่ทั้งหมด Melchiorre *et al.* (2008) จำแนกออกเป็น 10 โชนคือ 0-0.1, 0.1-0.2, 0.2-0.3, 0.3-0.4, 0.4-0.5, 0.5-0.6, 0.6-0.7, 0.7-0.8, 0.8-0.9 และ 0.9-1 เป็นต้น

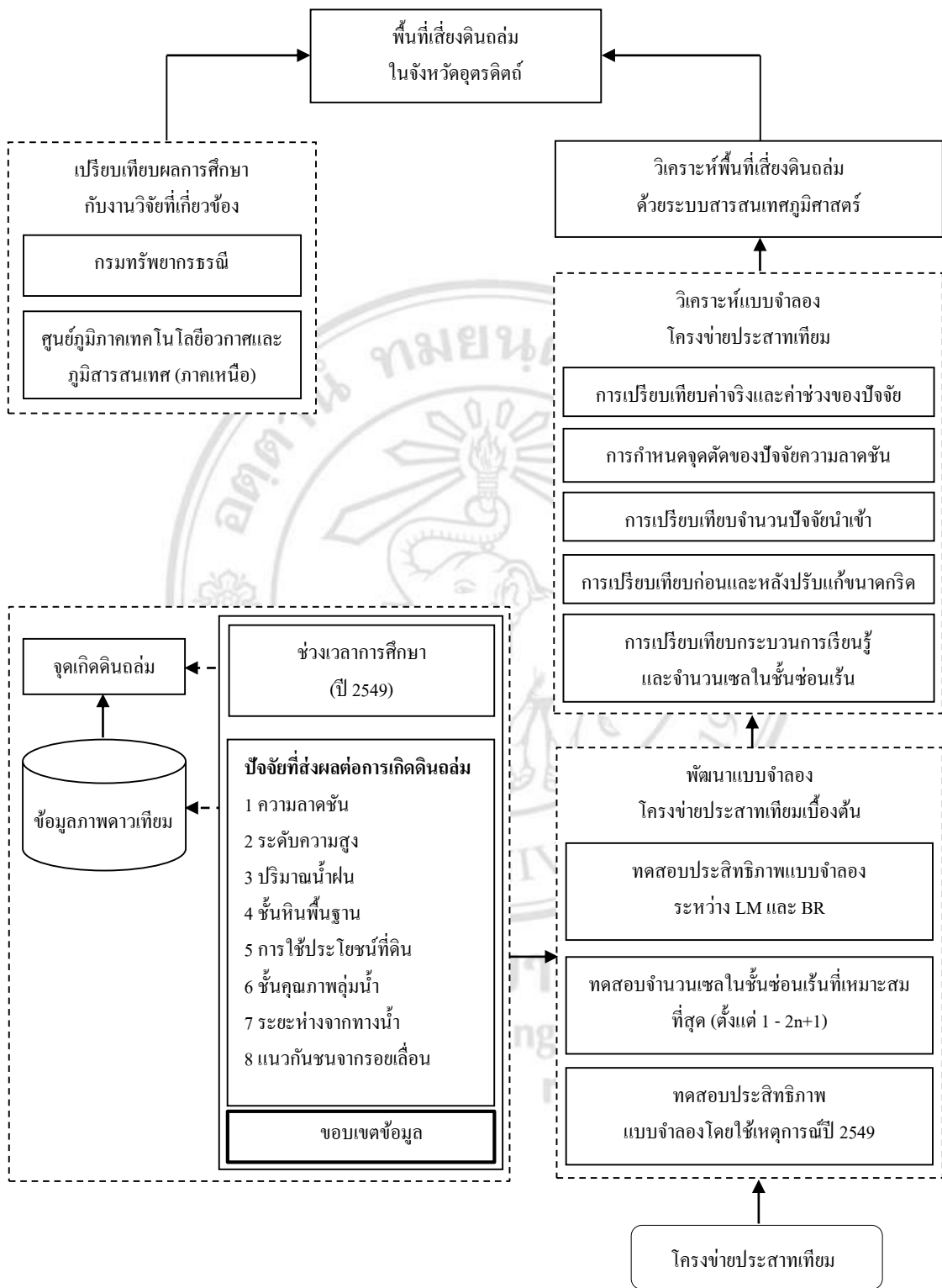
จากการทบทวนวรรณกรรมทั้งหมดที่กล่าวมา ทั้งการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม และการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่ม พบว่าเคยมีการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุดรดิถล่มมาแล้ว คือ กรม

ทรัพยากรธรณี (2554) ศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มระดับชุมชนใน 3 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอท่าปลา และอำเภอลับแล ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ) (2552) ศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มทั้งจังหวัดและจำแนกเป็นรายอำเภอ ดังนั้นผลการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในการศึกษารั้งนี้ ผู้ศึกษาจะนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับผลการศึกษาในงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อเปรียบเทียบว่าการศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มวิธีใดมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.7 กรอบแนวคิดในการศึกษา

การคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม มีแนวคิดมาจากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียม และแนวคิดโครงข่ายประสาทเทียม การศึกษารั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นคือ การจัดเตรียมข้อมูลเพื่อประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียม เป็นการเตรียมข้อมูลตามปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่ม และจุดที่เกิดดินถล่มซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายเทียม ปี 2549 และประเด็นที่สองคือการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยมีการทดสอบ 3 ส่วนคือ ทดสอบกระบวนการเรียนรู้ระหว่าง LM และ BR ทดสอบโดยใช้เหตุการณ์ปี 2549 และทดสอบจำนวนชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมที่สุด โดยผลจากการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลองจะถูกนำมาใช้ในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่ม และมีการเปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างผลการศึกษากับงานวิจัยที่เคยศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 1.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1.7 กรอบแนวคิดในการศึกษา

1.8 ระเบียบวิธีวิจัย

1.8.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลปฐมภูมิ ประกอบด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5TM บันทึกเมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2549 และเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จากศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์ (ภาคเหนือ) คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5TM ทั้ง 2 ปี มีจุดประสงค์ในการใช้เพื่อจำแนกพื้นที่เกิดดินถล่มในแต่ละปี แล้วนำมาเปรียบเทียบโดยวิธีการซ้อนทับ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เกิดดินถล่มเบื้องต้นจากการใช้ข้อมูลดาวเทียม และนำข้อมูลพื้นที่เกิดดินถล่มมาใช้สำหรับเรียนรู้และทดสอบในโครงข่ายประสาทเทียม โดยช่วงเวลาที่เกิดดินถล่มคือวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2549

ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดอุตรดิตถ์และข้อมูลที่ใช้สร้างปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ในรูปแบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 1.14

ตารางที่ 1.14 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

ที่	ข้อมูล	ประเภทข้อมูล			แหล่งข้อมูล
		point	line	polygon	
ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์พื้นฐานของจังหวัดอุตรดิตถ์					
1	ข้อมูลขอบเขตการปกครอง			✓	กรมแผนที่ทหาร กระทรวงมหาดไทย
2	ข้อมูลเส้นชั้นความสูง		✓		ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและ ภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ)
3	ข้อมูลเส้นทางถนน		✓		กระทรวงคมนาคม
ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้สร้างปัจจัยการเกิดดินถล่ม					
1	ความลาดชัน			✓	สร้างจากเส้นชั้นความสูง
2	ระดับความสูง		✓		สร้างจากเส้นชั้นความสูง
3	ข้อมูลปริมาณน้ำฝนปี 2549	✓			กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 1.14 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา (ต่อ)

ที่	ข้อมูล	ประเภทข้อมูล			แหล่งข้อมูล
		point	line	polygon	
5	การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2549			✓	แปลจากข้อมูลภาพถ่ายเทียม
6	ข้อมูลชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ		✓		ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ)
7	ข้อมูลเส้นทางน้ำ		✓		กระทรวงคมนาคม
8	ข้อมูลแนวรอยเลื่อน (fault)		✓		ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ)

สำหรับข้อมูลปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม ที่ได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเฉพาะการศึกษาในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายคลึงกับพื้นที่ศึกษา กล่าวคือจังหวัดอุตรดิตถ์ มีลักษณะภูมิประเทศที่พบมากประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่จังหวัด เป็นเขตภูเขาและที่สูง โดยมีความสูงของพื้นที่ระหว่าง 400-1,000 เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ผู้วิจัยสามารถกำหนดปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ได้ดังนี้

- 1) ข้อมูลด้านความลาดชัน เนื่องจากพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ส่วนใหญ่จะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและมีความลาดชันสูง โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์พื้นที่ส่วนใหญ่จะมีความลาดชันประมาณ 50-60 องศา โดยระดับความรุนแรงของดินถล่มจะสัมพันธ์กับความลาดชันของพื้นที่
- 2) ข้อมูลด้านระดับความสูง เนื่องจากจังหวัดอุตรดิตถ์มีลักษณะภูมิประเทศที่พบมากประมาณร้อยละ 50 ของพื้นที่จังหวัดเป็นเขตภูเขาสูงโดยมีความสูงระหว่าง 400-1,000 เมตร(กรมทรัพยากรธรณี, 2554)
- 3) ข้อมูลด้านปริมาณน้ำฝน เนื่องจากดินถล่มจะเกิดขึ้นเมื่อฝนตกหนักหรือตกติดต่อกันเป็นเวลานาน วัดปริมาณน้ำฝนได้มากกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณสะสมเกิน 300 มิลลิเมตรต่อสามวัน น้ำฝนจะไหลซึมลงไปในชั้นดินจนกระทั่งชั้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ถ้าหากปริมาณน้ำในมวลดินเพิ่มขึ้นจนระดับน้ำในชั้นดินสูงขึ้นมาที่ระดับผิวดิน จะเกิดการไหลบนผิวดิน และกัดเซาะหน้าดินทำให้

ลาดดินเริ่มมีการเคลื่อนตัวและเกิดการถล่มในที่สุด (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) เช่น เหตุการณ์ดินโคลนถล่มครั้งรุนแรงในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ เกิดขึ้นในวันที่ 22 พฤษภาคม 2549 มีสาเหตุมาจากเกิดฝนตกหนักติดต่อกันถึง 3 วัน โดยวัดปริมาณน้ำฝนได้มากกว่า 300 มิลลิเมตร (สำนักงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดอุตรดิตถ์, 2549)

- 4) ข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเกิดดินถล่ม เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภทเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดดินถล่มได้ปัจจุบันจังหวัดอุตรดิตถ์มีการทำลายป่าธรรมชาติและเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่เพื่อทำสวนผลไม้และพืชไร่ เช่น ทูเรียน ลงสาด เงาะ ข้าวโพด และกล้วย เป็นต้น ในบริเวณลาดเชิงเขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำสวนผลไม้โดยวิธีการตอนกิ่งปักชำ ทำให้ไม่มีระบบรากแก้วไว้ยึดเหนี่ยวดิน เมื่อเกิดฝนตกหนักจึงเกิดดินถล่มได้ง่าย (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)
- 5) ข้อมูลด้านชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ เนื่องจากชั้นคุณภาพลุ่มน้ำแต่ละชั้น จะมีลักษณะการใช้ที่ดิน ระดับความสูงและความลาดชันที่แตกต่างกัน โดยชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ชั้น 1A มีลักษณะภูมิประเทศและความลาดชันที่ทำให้เกิดการพังทลายสูงสุด รองลงมาคือ ชั้น 1B ชั้น 2 ชั้น 3 ชั้น 4 และ ชั้น 5 ตามลำดับ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2552)
- 6) ข้อมูลด้านระยะห่างจากทางน้ำ จากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2552) พบว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดดินถล่ม บริเวณที่มีทางน้ำไหลผ่านที่จะได้รับผลกระทบคือระยะห่างจากทางน้ำสายหลัก 200 เมตร และสายรอง 100 เมตร
- 7) ข้อมูลด้านแนวกันชนจากรอยเลื่อน เนื่องจากรอยเลื่อนมีผลต่อการผุพังของหิน โดยหินที่มีรอยแตกมาก และอยู่ในเขตรอยเลื่อน โดยเฉพาะรอยเลื่อนมีพลังจะมีอัตราการผุพังสูง เนื่องจากมีช่องว่างให้น้ำและอากาศผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยาทางเคมีได้ง่าย ชั้นหินจึงผุพังเร็วกว่าบริเวณอื่น ชั้นหินที่ถูกแทรกคั้นด้วยหินอัคนีหรือบริเวณที่มีน้ำพุร้อนและแหล่งแร่จากสายน้ำแร่ร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในเนื้อหินจะทำให้ชั้นหินมีอัตราการผุพังสูงยิ่งขึ้น จ.อุตรดิตถ์มีกลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ที่เป็นรอยเลื่อนมีพลังและมีโอกาสเคลื่อนตัวอีกครั้งพาดผ่านในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตั้งแต่ตอนเหนือลงมาจรดถึงตอนใต้ของจังหวัด (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)

โดยปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มทั้ง 7 ปัจจัย มีเกณฑ์ในการจำแนกแต่ละปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 1.15

ตารางที่ 1.15 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์

ที่	ข้อมูล (ปัจจัย)	เงื่อนไข	ที่มา
1	ความลาดชัน	1. มากกว่า 45% 2. 15 – 45% 3. น้อยกว่า 15%	อ้างอิงจากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2549)
2	ระดับความสูง	1. มากกว่า 1,000 ม. 2. 500 - 1,000 ม. 3. น้อยกว่า 500 ม.	อ้างอิงจากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2549)
3	ปริมาณน้ำฝน	1. มากกว่า 100 ม.ม./วัน 2. 51 - 100 ม.ม./วัน 3. 0 - 50 ม.ม./วัน	อ้างอิงจากการศึกษาของ (กรมทรัพยากรธรณี, 2554)
4	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	1. ป่าเสื่อมโทรม 2. ป่าสมบูรณ์ 3. พืชไร่ พืชสวน 4. การเกษตรอื่นๆ 5. พื้นที่ชุมชน 6. พื้นที่แหล่งน้ำ	อ้างอิงจากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2549)
5	ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	1. ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1A 2. ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1B 3. ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 4. ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 5. ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 4 6. ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5	อ้างอิงจากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2552)

ตารางที่ 1.15 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ (ต่อ)

ที่	ข้อมูล (ปัจจัย)	เงื่อนไข	ที่มา
6	ระยะห่างจากทางน้ำ (พิจารณาจากทางน้ำที่อยู่ใกล้ตำแหน่งที่เกิดดินถล่มมากที่สุด)	1. 100 เมตร 2. 200 เมตร 3. 300 เมตร 4. 400 เมตร 5. 500 เมตร 6. มากกว่า 500 เมตร	อ้างอิงจากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2552)
7	แนวกันชนจากรอยเลื่อน (พิจารณาจากแนวรอยเลื่อนที่อยู่ใกล้ตำแหน่งที่เกิดดินถล่มมากที่สุด)	1. 1,000 เมตร 2. 2,000 เมตร 3. 3,000 เมตร 4. 4,000 เมตร 5. 5,000 เมตร 6. มากกว่า 5,000 เมตร	อ้างอิงจากการศึกษาของ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคเหนือ), 2549)

1.8.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องคอมพิวเตอร์ notebook CPU Corei5 หน่วยความจำ 4 GB หน่วยเก็บข้อมูลขนาด 750 GB จำนวน 1 เครื่อง

1.8.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ มีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งตามเนื้อหาในการศึกษา ดังนี้

- 1) การศึกษาเหตุการณ์การเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ปี 2549 เพื่อประเมินว่าควรนำเหตุการณ์ดินถล่มบริเวณใดมาใช้ในการเรียนรู้และการทดสอบในโครงข่ายประสาทเทียม
- 2) การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2549 เนื่องจากเหตุการณ์ดินถล่มที่เกิดขึ้นในปี 2549 มีความรุนแรงและสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินมากที่สุด โดยการศึกษาจากเอกสารงานวิจัยต่างๆที่เคยศึกษาเกี่ยวกับดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์และพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพคล้าย

กับจังหวัดอุตรดิตถ์ และทำการสร้างแผนที่แต่ละปัจจัยให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถประมวลผลในโครงข่ายประสาทเทียมได้

- 3) การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์เบื้องต้น โดยมีรายละเอียดในการทดสอบแบบจำลองดังนี้
 - ทดสอบกระบวนการเรียนรู้ 2 ประเภท ระหว่างแบบที่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ (validation) และไม่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการทดสอบคือ LM มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ และ BR ไม่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้
 - ทดสอบจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มต้นทดสอบตั้งแต่ 1 จนถึง $2n+1$ ในแต่ละกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้ได้โครงสร้างสถาปัตยกรรมแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด
 - เมื่อได้จำนวนชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมที่สุด และทราบขนาดเหตุการณ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการเรียนรู้และการทดสอบระหว่างกระบวนการเรียนรู้ LM และ BR แล้ว จึงทำการเปรียบเทียบผลการคาดการณ์ระหว่าง LM และ BR ว่ากระบวนการเรียนรู้ใดให้ผลการคาดการณ์ที่แม่นยำมากที่สุด
- 4) การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์เพิ่มเติม จำนวน 5 ประเด็น ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าช่วงของปัจจัย 2) การกำหนดจุดตัดของปัจจัยความลาดชัน 3) การเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยนำเข้า 4) การเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนและหลังการปรับแก้ข้อมูลดาวเทียม และ 5) การเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้และจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น
- 5) นำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบแบบจำลอง เช่น การทดสอบโดยใช้ค่าจริง การทดสอบหลังกำหนดจุดตัดของปัจจัยความลาดชัน การทดสอบหลังปรับแก้ขนาดกริดของข้อมูล ฯลฯ มาใช้คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มโดยประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจะคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มให้ครอบคลุมทั้งจังหวัดและแสดงเป็นแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม (Landslide Risk Areas)

- 6) เปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างผลการศึกษากับงานวิจัยที่เคยศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์

1.9 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียม มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 1) ศึกษาเหตุการณ์การเกิดดินถล่มที่เคยเกิดขึ้นในจังหวัดอุตรดิตถ์ ปี 2549
- 2) จำแนกข้อมูลตำแหน่งที่เกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อประเมินว่าจะใช้ข้อมูลดินถล่มในบริเวณใดสำหรับการเรียนรู้และการทดสอบในโครงข่ายประสาทเทียม โดยใช้ข้อมูลปี 2549 เนื่องจากเป็นปีที่เกิดดินถล่มครั้งรุนแรงและสร้างความเสียหายให้กับชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก
- 3) รวบรวมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มได้ 8 ปัจจัยจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (แสดงในตารางที่ 1.17) และสร้างแผนที่แต่ละปัจจัยให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด ที่มีขนาด 30x30 เมตร
- 4) แปลงข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดดินถล่มในแต่ละปีให้อยู่ในรูปแบบ ASCII หรือ Excel file เพื่อนำเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม โดยกำหนดให้จุดที่เกิดดินถล่มมีค่าเท่ากับ 1 และจุดที่ไม่เกิดดินถล่มมีค่าเท่ากับ 0
- 5) เริ่มต้นการประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยการกำหนดโครงสร้างของโมเดล โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ (1) ข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (2) ข้อมูลสำหรับการทดสอบ (3) ข้อมูลสำหรับการตรวจสอบการเรียนรู้ และ (4) ข้อมูลผลลัพธ์
- 6) การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีรายละเอียดในการทดสอบแบบจำลองดังนี้
 - ทดสอบกระบวนการเรียนรู้ 2 ประเภท ระหว่างแบบที่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ (validation) และไม่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ ซึ่งกระบวนการเรียนรู้ที่ใช้ในการทดสอบคือ LM มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้ และ BR ไม่มีข้อมูลสำหรับตรวจสอบการเรียนรู้
 - ทดสอบจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มต้นทดสอบตั้งแต่ 1 จนถึง $2n+1$ ในแต่ละกระบวนการเรียนรู้

- เมื่อได้จำนวนชั้นซ่อนเร้นที่เหมาะสมที่สุด และทราบขนาดเหตุการณ์ที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการเรียนรู้และการทดสอบระหว่างกระบวนการเรียนรู้ LM และ BR แล้ว จึงทำการเปรียบเทียบผลการคาดการณ์ระหว่าง LM และ BR ว่ากระบวนการเรียนรู้ใดให้ผลการคาดการณ์ที่แม่นยำมากที่สุด
- 7) การพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์เพิ่มเติม จำนวน 5 ประเด็น ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าช่วงของปัจจัย 2) การกำหนดจุดตัดของปัจจัยความลาดชัน 3) การเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยนำเข้า 4) การเปรียบเทียบผลการทดสอบก่อนและหลังการปรับแก้ข้อมูลดาวเทียม และ 5) การเปรียบเทียบกระบวนการเรียนรู้และจำนวนเซลล์ในชั้นซ่อนเร้น
- 8) นำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากการทดสอบแบบจำลองมาใช้คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยคาดการณ์พื้นที่เสี่ยงดินถล่มให้ครอบคลุมทั้งจังหวัด
- 9) สร้างแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์
- 10) เปรียบเทียบผลและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างผลการศึกษากับงานวิจัยที่เคยศึกษาพื้นที่เสี่ยงดินถล่มในจังหวัดอุตรดิตถ์