



การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัย
ด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น:
วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา



สมรภัท สิริพันธ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาภูมิศาสตร์

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัย
ด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น:
วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา



ลิขสิทธ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University
วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาภูมิศาสตร์

ปีการศึกษา 2568

ลิขสิทธ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร


อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ และหัวหน้า
ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าเรื่อง
การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น
เป็น: วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา เห็นสมควรรับเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร



.....
(รองศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร. ชัยวิวัฒน์ วงศาโรจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี



.....
(อาจารย์ธัญญาลักษณ์ จันทน์สมบัติ)
ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์



.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รังสรรค์ เกตุอืด)
หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น: วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา
ผู้วิจัย	นายสมรค์ สิทธิผิน
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ร.อ.ดร.ชัยวิวัฒน์ วงศาโรจน์
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2568
คำสำคัญ	แผ่นดินไหว, พื้นที่เสี่ยง, ความรุนแรงแผ่นดินไหว, การประมาณค่าแบบ Kriging

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) วิเคราะห์เปรียบเทียบความรุนแรงของแผ่นดินไหวระหว่างประเทศไทยกับประเทศเมียนมา และ (2) ประเมินประสิทธิภาพของการประมาณค่าในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยเทคนิค Kriging ต่อการจำลองความรุนแรงของแผ่นดินไหว ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ได้มาจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลพะเยา ประเทศเมียนมา

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพบว่า แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีค่าความรุนแรงสูงสุดระดับ 7 ที่บริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหว และความรุนแรงส่วนใหญ่เป็นระดับ 3 มีค่าพิสัย (Range) ประมาณ 40 กิโลเมตร แสดงว่าอิทธิพลของแผ่นดินไหวจำกัดอยู่ในบริเวณรอบศูนย์กลาง ขณะที่แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลพะเยา ประเทศเมียนมา มีค่าความรุนแรงสูงสุดระดับ 8 ที่บริเวณจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศเมียนมา แต่เมื่อแผ่เข้ามาถึงประเทศไทยพบว่ามีค่าความรุนแรงสูงสุดเพียงระดับ 4 และความรุนแรงส่วนใหญ่เป็นระดับ 3 มีค่า Range ประมาณ 420 กิโลเมตร แสดงว่าแผ่นดินไหวกระจายครอบคลุมพื้นที่กว้าง และพื้นที่ประเทศไทยส่วนใหญ่มีระดับความรุนแรงต่ำถึงปานกลาง

สำหรับประสิทธิภาพของเทคนิค Kriging พบว่าการประมาณค่าพื้นผิวสถิติสามารถจำลองการกระจายตัวของความรุนแรงได้อย่างแม่นยำ โดยเหตุการณ์แผ่นดินไหวจังหวัดเชียงรายมีค่า Nugget Ratio เท่ากับ 0.0991% และเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมืองมณฑลพะเยามีค่า Nugget Ratio เท่ากับ 11.0538% ซึ่งทั้งสองค่าจัดอยู่ในช่วงมาตรฐานที่ดี (0-25%) ตามหลักการภูมิสถิติ (Geo-statistics) ของ Goovaerts (1997) ที่ระบุว่าอัตราส่วน Nugget ต่อ Sill ต่ำกว่า 25% แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ Kriging เพราะความแตกต่างของค่าส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างเชิงพื้นที่จริง ทำให้ผลการประมาณค่ามีความน่าเชื่อถือและสามารถอธิบายการกระจายของแรงสั่นสะเทือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อรองศาสตราจารย์ ร้อยเอก ดร. ชัยวิวัฒน์ วงศาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการทำงาน และให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำเชิงวิชาการ ช่วยตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาอย่างละเอียด รวมถึงให้ข้อเสนอแนะในทุกขั้นตอนของการทำงาน ทั้งนี้ท่านอาจารย์ยังมอบกำลังใจ จนทำให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณแหล่งข้อมูลทุกแห่ง ทั้งงานวิจัย เอกสารวิชาการ หนังสือ และสิ่งพิมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งจากภายในและภายนอกประเทศ ที่ได้ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการเข้าถึงฐานข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัว โดยเฉพาะ บิดา มารดา และพี่ชาย สำหรับการสนับสนุนในทุกด้าน ทั้งทางจิตใจและความเป็นอยู่ การให้กำลังใจ ความเข้าใจ เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินงานอย่างเต็มที่ตลอดการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่าน ทั้งผู้ให้ความรู้ ผู้ให้คำปรึกษา ผู้ให้ข้อมูล และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกด้านของการวิจัย ไม่ว่าจะโดยตรงหรือโดยอ้อม การสนับสนุน ความช่วยเหลือ และแรงใจจากทุกท่าน ถือเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำงานนี้สำเร็จลุล่วง และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องต่อไป

สมรภัค สิทธิผิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ประกาศศัญญาการ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 คำถามการวิจัย	3
1.4 สมมติฐาน	3
1.5 ขอบเขตการศึกษา	3
1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว	7
2.2 ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีภาคและกลไกที่เกี่ยวข้อง	20
2.3 แผ่นดินไหวในกรณีศึกษา	25
2.4 แนวคิดการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว	27
2.5 ภูมิสถิติ	27
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	32
3.1 วิธีการศึกษา	32
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	32
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล	32
3.4 การเตรียมข้อมูล	32
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	33
บทที่ 4 ผลการศึกษา	34
4.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Epicenter)	35
4.2 กราฟพารีโอแกรม	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหว	41
4.4 การเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวที่ความรุนแรงระดับต่าง ๆ	43
4.5 พื้นที่ซ้อนทับของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว	46
4.6 ผลการวิเคราะห์ความเปราะบางต่อแผ่นดินไหว	50
บทที่ 5 บทสรุป	57
5.1 บทสรุป	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม	62
ประวัติผู้วิจัย	65



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แผ่นดินไหวจำแนกตามระดับขนาด	10
ตารางที่ 2 แผ่นดินไหวจำแนกตามระดับความรุนแรง (Modified Mercalli Intensity Scale)	12
ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบกราฟวาริโอแกรม	40
ตารางที่ 4 หลักการวิเคราะห์หัตถตราส่วน Nugget Ratio	43
ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	44
ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลพิษณุโลก ประเทศเมียนมา	45
ตารางที่ 7 พื้นที่ซ้อนทับระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวทั้งสองเหตุการณ์	47
ตารางที่ 8 พื้นที่ซ้อนทับระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวรายจังหวัด	48
ตารางที่ 9 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง	51
ตารางที่ 10 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง	53
ตารางที่ 11 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ	56

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว	9
ภาพที่ 2 การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน	13
ภาพที่ 3 รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย	19
ภาพที่ 4 แผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน	20
ภาพที่ 5 แผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่ออกจากกัน	21
ภาพที่ 6 แผ่นธรณีมหาสมุทรเคลื่อนที่ออกจากกัน	21
ภาพที่ 7 แผ่นธรณีมหาสมุทรปะทะกัน	22
ภาพที่ 8 แผ่นธรณีทวีปชนกัน	22
ภาพที่ 9 แผ่นธรณีมหาสมุทรชนกับแผ่นธรณีทวีป	23
ภาพที่ 10 รอยเลื่อนทรานส์ฟอร์ม	23
ภาพที่ 11 การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก	24
ภาพที่ 12 Range, Sill และ Nugget ของแบบจำลองวาริโอแกรม	29
ภาพที่ 13 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	35
ภาพที่ 14 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว เมืองมัญทะเลย์ ประเทศเมียนมา	36
ภาพที่ 15 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	37
ภาพที่ 16 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมัญทะเลย์ ประเทศเมียนมา	38
ภาพที่ 17 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	41
ภาพที่ 18 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมัญทะเลย์ ประเทศเมียนมา	42
ภาพที่ 19 พื้นที่ซ้อนทับความรุนแรงแผ่นดินไหวทั้งสองเหตุการณ์	46
ภาพที่ 20 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง	50
ภาพที่ 21 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง	52
ภาพที่ 22 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ	55
ภาพที่ 23 กราฟพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง	58
ภาพที่ 24 กราฟพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง	59
ภาพที่ 25 กราฟพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ	60
ภาพที่ 26 ตำแหน่งอาคารสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน และพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง	61

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยเรื่อง “การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น: วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา” เพื่อให้ได้แบบจำลองแสดงระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวเชิงพื้นที่ และแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย ในส่วนของบทที่ 1 ซึ่งเป็นบทนำ จะประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญ วัตถุประสงค์ คำถามงานวิจัย สมมติฐาน ขอบเขตงานวิจัย กรอบแนวคิดในการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และนิยามศัพท์เฉพาะ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แผ่นดินไหว เป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าอย่างแน่นอน เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดินจากการปรับสมดุลตามธรรมชาติของเปลือกโลก เพื่อการปลดปล่อยความเครียดที่ถูกสะสมไว้อย่างฉับพลัน ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของพื้นดิน ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์แผ่นดินไหว ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน และโครงสร้างพื้นฐาน สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นจัดแบ่งได้ 2 ประเภท ประเภทที่หนึ่ง เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การทดลองระเบิดปรมาณู การกักเก็บน้ำในเขื่อนและแรงระเบิดของการทำเหมืองแร่ เป็นต้น ชนิดที่สองเป็นแผ่นดินไหวจากธรรมชาติ ได้แก่การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน การเคลื่อนที่ของหินหลอมเหลวใต้ภูเขาไฟที่ใกล้ระเบิด และการตกกระทบผิวโลกของลูกอุกกาบาต (กรมทรัพยากรธรณี, ม.ป.ป.) แม้ว่าประเทศไทยจะไม่ได้อยู่ในแนวรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกที่สำคัญ แต่จากสถิติและเหตุการณ์ที่ผ่านมา ประเทศไทยโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันตก มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จากภายนอกประเทศที่ส่งแรงสั่นสะเทือนมายังประเทศไทย และแผ่นดินไหวที่เกิดจากจากรอยเลื่อนมีพลังภายในประเทศ

ผลกระทบจากแผ่นดินไหวมีทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น พื้นดินแยก ภูเขาไฟระเบิด อาคารสิ่งก่อสร้างพังทลายเนื่องจากแรงสั่นไหว ไฟไหม้ ก๊าซรั่ว คลื่นสึนามิ แผ่นดินถล่ม เส้นทางคมนาคมเสียหาย เกิดโรคระบาด ปัญหาด้านสุขภาพจิตของผู้ประสบภัย ความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สิน เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคมขาดช่วง การคมนาคมทางบก ทางอากาศ ชะงัก ประชาชนตื่นตระหนก มีผลต่อการลงทุนและการประกันภัย เป็นต้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2565) ที่ผ่านมานี้ ประเทศไทยประสบกับแผ่นดินไหวหลายเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน และโครงสร้างพื้นฐานในหลายพื้นที่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 17 กุมภาพันธ์ 2518 อ.ท่าสองยาง จ.ตาก ขนาด 5.6 ริกเตอร์
- 15 เมษายน 2526 อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี ขนาด 5.5 ริกเตอร์
- 22 เมษายน 2526 อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี ขนาด 5.9 ริกเตอร์
- 22 เมษายน 2526 อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี ขนาด 5.2 ริกเตอร์

- 11 กันยายน 2537 อ.พาน จ.เชียงราย ขนาด 5.1 ริกเตอร์
- 9 ธันวาคม 2538 อ.ร้องกวาง จ.แพร่ ขนาด 5.1 ริกเตอร์
- 21 ธันวาคม 2538 อ.พร้าว จ.เชียงราย ขนาด 5.2 ริกเตอร์
- 22 ธันวาคม 2539 พรมแดนไทย-ลาว-เมียนมา ขนาด 5.5 ริกเตอร์
- 16 พฤษภาคม 2550 ประเทศลาว ไกล่ จ.เชียงราย ขนาด 6.3 ริกเตอร์
- 24 มีนาคม 2554 ประเทศเมียนมา ไกล่ จ.เชียงราย ขนาด 6.8 ริกเตอร์
- 5 พฤษภาคม 2557 เกิดแผ่นดินไหว อ.พาน จ.เชียงราย ขนาด 6.3 ริกเตอร์
- 28 มีนาคม 2568 เกิดแผ่นดินไหว ประเทศเมียนมา ขนาด 8.2 ริกเตอร์

แม้ว่าปัจจุบันประเทศไทยจะมีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวกระจายอยู่หลายจุด แต่ในพื้นที่ห่างไกลระบบเตือนภัยยังไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ และรวมถึงขาดการสื่อสารเตือนภัยแผ่นดินไหวที่รวดเร็ว ส่งผลให้ประชาชนไม่สามารถเตรียมการรับมืออย่างทันท่วงที ดังนั้นการเข้าใจและตระหนักรับมือกับเหตุการณ์อย่างมีสติ เช่น มีการเตรียมพร้อม การรับมือ การฝึกซ้อมหลักภัย และการสื่อสารเตือนภัยอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ประชาชนรับรู้และสามารถรับมือกับเหตุการณ์ได้อย่างทันท่วงที จึงเป็นส่วนสำคัญในการช่วยลดความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สินของผู้คนได้เป็นอย่างมาก เช่น แผ่นดินไหวที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 เกิดจากรอยเลื่อนพะเยา ขนาด 6.3 ริกเตอร์ สร้างความเสียหายต่ออาคาร บ้านเรือน และสิ่งปลูกสร้างจำนวนมาก รวมถึงส่งผลกระทบต่อจิตใจต่อประชาชน ขณะที่แผ่นดินไหวจากประเทศเมียนมาเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2568 ขนาด 8.2 ริกเตอร์ ก็ส่งแรงสั่นสะเทือนมาถึงประเทศไทย และเกิดอาฟเตอร์ช็อกตามมาอีกหลายครั้ง จนต้องมีการอพยพจากอาคารสูงเป็นการชั่วคราว จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ที่รอยเลื่อนสกาย ไกล่เมืองม้งตะเอย์ ประเทศเมียนมา ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของ อ.ปางมะผ้า จ.แม่ฮ่องสอน ประมาณ 326 กม. ความลึก 10 กิโลเมตร รับรู้ถึงแรงสั่นสะเทือนอย่างชัดเจนในหลายจังหวัด เช่น เชียงราย, เชียงใหม่, แม่ฮ่องสอน, ตาก, พะเยา, และบางพื้นที่ในพิษณุโลก รวมถึงกรุงเทพมหานคร ประชาชนรับรู้แรงสั่นสะเทือนนานหลายวินาทีแรงสั่นสะเทือนก่อให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะอาคารสูงในกรุงเทพมหานครสั่นไหวและปรากฏรอยร้าว และตึกสำนักงานการตรวจการแผ่นดิน (สตง.) ที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้างพังถล่ม ระบบคมนาคมและการสื่อสาร อาทิ รถไฟฟ้าและถนนบางสายประสบภาวะหยุดชะงัก นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชน เกิดความตื่นตระหนกและการอพยพในวงกว้าง การศึกษาเรื่อง “การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น: วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา” จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจความรุนแรงแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการระบุพื้นที่เสี่ยงภัยในประเทศไทย โดยอาศัยเทคนิคการประมาณค่าแบบ Kriging เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหว รวมถึงการวิเคราะห์เปรียบเทียบศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างประเทศไทยและเมียนมา และระบุพื้นที่ที่มีการซ้อนทับความรุนแรงแผ่นดินไหวจากทั้งสองจุดศูนย์กลาง ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยที่ควรได้รับการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวระหว่างจุดศูนย์กลางประเทศไทยกับเมียนมา
- 1.2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการประมาณค่าในระบบ GIS ด้วยเทคนิค Kriging ต่อการจำลองความรุนแรงแผ่นดินไหว

1.3 คำถามการวิจัย

- 1.3.1 ความรุนแรงแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางในเมียนมา แตกต่างจากความรุนแรงแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางในประเทศไทยอย่างไร
- 1.3.2 การประมาณค่าพื้นผิวสถิติแบบ Kriging มีประสิทธิภาพต่อการศึกษาความรุนแรงแผ่นดินไหวได้ดีหรือไม่

1.4 สมมติฐาน

- 1.4.1 ความรุนแรงแผ่นดินไหว ซึ่งประเมินด้วยพื้นผิวสถิติแบบ kriging ที่มีจุดกำเนิดในประเทศเมียนมาและจุดกำเนิดในประเทศไทย จะมีความแตกต่างกัน

1.5 ขอบเขตการศึกษา

- 1.5.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา
การวิจัยครั้งนี้ศึกษาการประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัยในประเทศไทย มีพื้นที่ครอบคลุมทั้งหมด 513,120 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 321 ล้านไร่
- 1.5.2 ขอบเขตเวลาที่ศึกษา
เหตุการณ์แผ่นดินไหว อ.พาน จ.เชียงราย วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 และเหตุการณ์แผ่นดินไหว ประเทศเมียนมา วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2568

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

1.6.1 แนวคิดความเปราะบางของภัยธรรมชาติ (Natural Hazard Vulnerability)

ความเปราะบางของภัยธรรมชาติ มีหลักการจำแนกอยู่ใน 4 ประเด็นหลัก คือ 1) ความเปราะบางเชิงกายภาพ (Physical vulnerability) 2) ความเปราะบางเชิงสังคม (Social Vulnerability) 3) ความเปราะบางเชิงเศรษฐกิจ (Economic vulnerability) และ 4) ความเปราะบางเชิงสิ่งแวดล้อม (Environmental vulnerability)

1) ความเปราะบางเชิงกายภาพ (Physical Vulnerability) หมายถึง “ภาวะเชิงทรัพยากรธรรมชาติที่มีต่อความเสียหายหรือการทำลายทางกายภาพ” โดยมุ่งเน้นไปที่ตำแหน่งที่ตั้ง ความใกล้ - ไกลกับพื้นที่เสี่ยงภัย อีกกรณีหนึ่งคือ ความอ่อนไหวของสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น (โครงสร้างพื้นฐาน อาคาร และสินทรัพย์) โดยมุ่งเน้นไปที่ การออกแบบ และวัสดุของโครงสร้าง กล่าวโดยสรุปคือ ทำเลที่ตั้งของชุมชนที่มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบจากภัยอันตราย อีกทั้งลักษณะรูปแบบโครงสร้างทางกายภาพ ตลอดจนโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น

2) ความเปราะบางเชิงสังคม (Social Vulnerability) เป็นการมุ่งเน้นไปที่ลักษณะของบุคคล ชุมชน และสังคมที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการเตรียมตัว รับมือ ตอบสนอง และฟื้นตัวจากอันตราย ซึ่งมักเป็นผลมาจากความไม่เท่าเทียมและโครงสร้างทางสังคมที่มีอยู่ กล่าวโดยสรุปคือ ความไม่สามารถของบุคคล องค์กร และสังคมในการรับมือกับผลกระทบด้านลบจากอันตรายอันเนื่องมาจากสภาวะที่มีอยู่ก่อนและปัจจัยทางสังคมประชากร

3) ความเปราะบางเชิงเศรษฐกิจ (Economic vulnerability) หมายถึง ความอ่อนไหวของบุคคล ชุมชน หรือประเทศชาติ ต่อความสูญเสียทางการเงินหรือการหยุดชะงักอันเป็นผลมาจากภัยพิบัติหรือผลกระทบจากภายนอก เกี่ยวข้องกับเสถียรภาพทางการเงินและแหล่งรายได้ กล่าวโดยสรุปคือ ความเปราะบางในระดับที่บุคคล ชุมชน หรือประเทศ เผชิญและไม่สามารถทนต่อผลกระทบของภัยพิบัติที่มีต่อสินทรัพย์ทางเศรษฐกิจและกระแสรายได้ที่ตนมีอยู่

4) ความเปราะบางเชิงสิ่งแวดล้อม (Environmental vulnerability) หมายถึง ความอ่อนไหวที่มาจากสภาพสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่เสื่อมโทรมลง โดยภาวะเช่นนี้สามารถเพิ่มความเปราะบางของชุมชนมนุษย์ได้ กล่าวโดยสรุปคือ ระดับที่ทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศมีแนวโน้มที่จะเกิดความเสียหายหรือถูกทำลาย อย่างรุนแรงจากกิจกรรมของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำให้ความสามารถในการรองรับภัยอันตรายจากธรรมชาติลดลงจากที่เป็นอยู่

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.7.1 ได้แบบจำลองที่แสดงระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค Kriging
- 1.7.2 ได้แผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว เพื่อการวางแผนพัฒนาเมืองและเตรียมพร้อมรับมือภัยพิบัติ การฝึกซ้อมหลักภัยในพื้นที่เสี่ยง
- 1.7.3 ได้ข้อมูลเปรียบเทียบเกี่ยวกับลักษณะความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางในประเทศไทยและประเทศเมียนมา และสามารถระบุพื้นที่ที่มีการซ้อนทับของความรุนแรงแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยที่ควรได้รับการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ

1.8 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1) แผ่นดินไหว (Earthquake) หมายถึง การสั่นสะเทือนของพื้นผิวโลกที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณรอยเลื่อน ซึ่งเป็นผลจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ใต้เปลือกโลกอย่างฉับพลัน มักวัดระดับความรุนแรงได้ด้วยค่าแมกนิจูด (Magnitude) โดยสาเหตุของแผ่นดินไหวสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) แผ่นดินไหวที่เกิดจากมนุษย์ เช่น การระเบิดในเหมืองแร่ หรือการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ และ 2) แผ่นดินไหวตามธรรมชาติ ซึ่งมักเกิดจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนหรือการเคลื่อนที่ของหินหนืดภายใต้ภูเขาไฟ
- 2) จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Hypocenter) หมายถึง เป็นจุดที่อยู่ลึกลงไปใต้พื้นผิวโลกในตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหว และเป็นศูนย์กลางที่เกิดการปลดปล่อยความเครียดและพลังงานซึ่งถูกกักเก็บไว้ในชั้นหิน เป็นจุดเดียวกับที่รอยเลื่อนเริ่มต้นการเคลื่อนที่
- 3) จุดเหนือศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหว (Epicenter) จุดบนผิวโลกที่อยู่เหนือจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว หรือจุดโฟกัส
- 4) พื้นที่เสี่ยงภัย (Risk Area) หมายถึง พื้นที่ที่มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติทั้งในด้านชีวิต ทรัพย์สิน เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม
- 5) Kriging หมายถึง เทคนิคการประมาณค่าทางสถิติแบบภูมิศาสตร์ (Geostatistics) ที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรในจุดที่ไม่มีข้อมูล โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูลเดิมที่มีอยู่ ใช้หลักการของกระบวนการสุ่มเชิงสถิติ (Stochastic Process) โดยสมมติให้ค่าของตัวแปร ที่สนใจมีการกระจายเชิงพื้นที่และมีโครงสร้างความสัมพันธ์ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยฟังก์ชัน Variogram หรือ Semivariogram ที่แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของข้อมูลตามระยะห่างของจุดต่าง ๆ
- 6) ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) หมายถึง ระดับผลกระทบจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เช่น ความสั่นสะเทือนที่รู้สึกได้ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเรื่อง “การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหวและพื้นที่เสี่ยงภัยด้วยเทคนิคการประมาณค่าแบบความน่าจะเป็น: วิเคราะห์เปรียบเทียบจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวระหว่างไทยและเมียนมา” ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

- 2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว
- 2.2 ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีภาคและกลไกที่เกี่ยวข้อง
- 2.3 แผ่นดินไหวในกรณีศึกษา
- 2.4 แนวคิดการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
- 2.5 ภูมิสถิติ (Geostatistics)
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

2.1.1 การเกิดแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหว (Earthquake) คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกหรือการเคลื่อนตัวของหินใต้ผิวโลกอย่างฉับพลัน ส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนที่สามารถรับรู้ได้บนผิวโลก สามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุดังนี้

1) แผ่นดินไหวที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ รอยเลื่อนระเบิดใต้ดิน, การไหลหมุนเวียนของน้ำใต้ดิน, การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลาย, การเปลี่ยนแปลงสถานะใต้ดิน, การยุบตัวใต้ดิน, ลม ความดันบรรยากาศ, คลื่นในทะเล น้ำขึ้นหรือลง, การชนของอุกกาบาต, การระเบิดของภูเขาไฟ และแผ่นดินถล่ม ตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวเกิดจากแรงภายในเปลือกโลก, แผ่นดินไหวเกิดจากภูเขาไฟระเบิด, แผ่นดินไหวเกิดจากการยุบตัวหรือพังทลายของโพรงใต้ดิน, ความสั่นสะเทือนของคลื่นใต้ดิน

2) แผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ การระเบิด การทำเหมือง การสร้างอ่างเก็บน้ำใกล้รอยเลื่อน หรือการทำงานของเครื่องจักรกล ตัวอย่างเช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำ การระเบิดพื้นผิวหรือใต้ดิน การฉีดของเหลวลงใต้ดิน

2.1.2 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

ความสั่นสะเทือนที่เกิดจากแผ่นดินไหวมีลักษณะเป็นการเคลื่อนตัวของอนุภาคหินหรือดินในรูปแบบสามมิติ ซึ่งสามารถวัดการเคลื่อนที่ได้ทั้งในแนวระนาบ (ทิศเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก) และในแนวตั้ง คลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องมือสองประเภทหลัก ได้แก่ เครื่องวัดความเร็วของอนุภาคดินหรือหิน (Seismograph) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวเพื่อระบุตำแหน่งศูนย์กลาง ขนาด และเวลาที่เกิดแผ่นดินไหว รวมถึงใช้ในการศึกษาลักษณะของแนวรอยเลื่อน กลไกการเกิดแผ่นดินไหว ตลอดจนโครงสร้างภายในของโลก และเครื่องวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerograph) ใช้สำหรับวัดอัตราเร่งที่พื้นดินได้รับจากแรงสั่นสะเทือน เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับงานด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง

คลื่นแผ่นดินไหวสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่ คลื่นภายในโลก (Body Waves) และคลื่นผิวโลก (Surface Waves) โดยมีลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแตกต่างกันตามตำแหน่งและรูปแบบของการส่งผ่านพลังงาน

1) คลื่นภายในโลก (Body Waves) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นต่าง ๆ ภายในโลก มีความเร็วสูง และสามารถตรวจวัดได้ก่อนคลื่นประเภทอื่น มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.01–50 วินาที แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

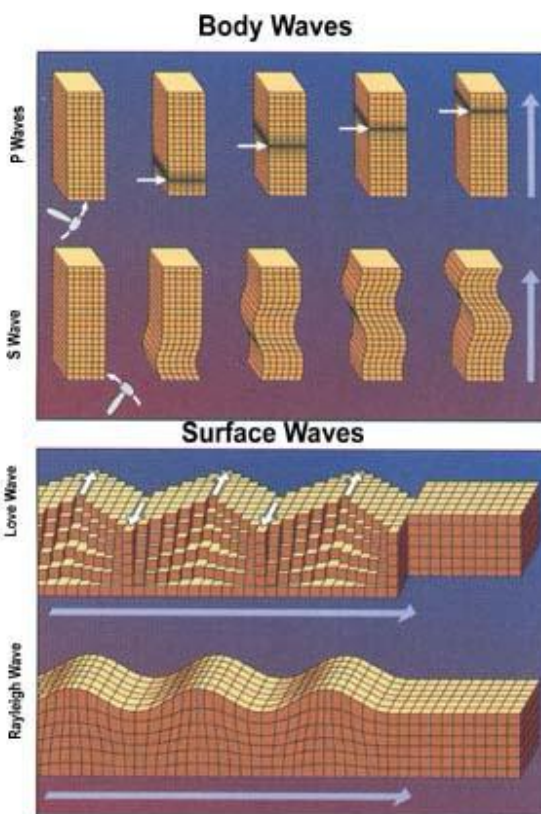
(1) คลื่นปฐมภูมิ (Primary Waves: P-Waves) หรือ คลื่นตามยาว เป็นคลื่นที่ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นไปมาในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เกิดจากแรงอัดและการขยายตัวของอนุภาค ถือเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดและตรวจพบได้ก่อนเสมอ

(2) คลื่นทุติยภูมิ (Secondary Waves: S-Waves) หรือ คลื่นตามขวาง เป็นคลื่นที่ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น ในแนวเหนือ-ใต้ หรือตะวันออก-ตะวันตก มีความเร็วต่ำกว่าคลื่น P และไม่สามารถเคลื่อนผ่านของเหลวได้

2) คลื่นผิวโลก (Surface Waves) เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ตามแนวผิวโลกหรือขนานไปกับผิวโลก มักก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงเนื่องจากมีความสั่นสะเทือนที่รุนแรงและต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างพื้นผิวมากที่สุด มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 10–350 วินาที แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

(1) คลื่นเลิฟ (Love Waves: LQ) เป็นคลื่นตามขวางที่เคลื่อนที่ในแนวราบ ทำให้อนุภาคของพื้นดินสั่นในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ลักษณะคล้ายงูเลื้อยบนผิวดิน

(2) คลื่นเรย์เลห์ (Rayleigh Waves: LR) เป็นคลื่นที่ทำให้อนุภาคของดินเคลื่อนที่เป็นวงรีในแนวตั้ง ลักษณะคล้ายการเคลื่อนที่ของคลื่นในน้ำ โดยค้นพบโดย Lord Rayleigh นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ



ภาพที่ 1 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

2.2.3 มาตรวัดแผ่นดินไหว

หน่วยวัดแผ่นดินไหวที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มหลัก โดยพิจารณาจากสิ่งที่ต้องการจะวัด ได้แก่ วัดขนาด (Magnitude) ของแผ่นดินไหว และวัดความรุนแรง (Intensity) ของผลกระทบที่เกิดขึ้น

1. ขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude)

ขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude) หมายถึง ปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของแรงสั่นสะเทือนซึ่งส่งผ่านมายังผิวโลก โดยสามารถคำนวณได้จากค่าความสูงของคลื่นแผ่นดินไหว (แอมพลิจูด) ที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ขนาดของแผ่นดินไหว ณ บริเวณศูนย์เกิดแผ่นดินไหว หน่วยที่ใช้วัดคือ "ริกเตอร์" ซึ่งได้รับการพัฒนาโดยชาลส์ ฟรานซิส ริกเตอร์ (Charles F. Richter) นักแผ่นดินไหวชาวเยอรมัน แห่งสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา เมื่อปี พ.ศ. 2478 (ค.ศ. 1935) ริกเตอร์ค้นพบว่า แม้จะเป็นแผ่นดินไหวเหตุการณ์เดียวกัน แต่ค่าความสูงของแอมพลิจูดที่วัดได้ในแต่ละพื้นที่กลับแตกต่างกัน เนื่องจากแรงสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับทั้งขนาดของแผ่นดินไหวและระยะห่างจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว

ตารางที่ 1 แผ่นดินไหวจำแนกตามระดับขนาด

ประเภท	ขนาดแผ่นดินไหว
เล็กมาก (micro)	< 3.0
เล็ก (minor)	3.0-3.9
ค่อนข้างเล็ก (light)	4.0-4.9
ปานกลาง (moderate)	5.0-5.9
ค่อนข้างใหญ่ (strong)	6.0-6.9
ใหญ่ (major)	7.0-7.9
ใหญ่มาก (great)	> 8.0

ที่มา: ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์

จากแนวคิดริเริ่มของริกเตอร์ที่พัฒนามาตราขนาดแผ่นดินไหวเบื้องต้น ปัจจุบันนักแผ่นดินไหวได้พัฒนารูปแบบการประเมินขนาดแผ่นดินไหวเพิ่มเติมหลายมาตรา เพื่อให้สามารถประเมินระดับพลังงานที่ถูกปลดปล่อยได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น โดยสามารถจำแนกออกเป็น 7 รูปแบบหลัก ดังนี้ (สันติ ภัยหลบลี, 2563)

1) ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (Local Magnitude, ML) เป็นมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวรูปแบบแรกที่น่าเสนอโดย ริกเตอร์ เป็นการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวอย่างง่าย โดยประเมินจากความสูงของแอมพลิจูด (amplitude) ของคลื่นแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ ร่วมกับระยะทางระหว่างสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวถึงจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว และมีการปรับแก้ขนาดด้วยค่าสัมประสิทธิ์คงที่เฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวแต่ละชนิด วิธีนี้มีข้อจำกัดคือเหมาะสมสำหรับใช้กับแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในระยะห่างจากสถานีตรวจวัดไม่เกินประมาณ 650 กิโลเมตร นักแผ่นดินไหวจึงเรียกการวัดขนาดรูปแบบนี้ว่า "ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น"

2) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Body-wave Magnitude, Mb) ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย กูเทนเบิร์ก และ ริกเตอร์ (Gutenberg and Richter) เป็นวิธีการประเมินขนาดแผ่นดินไหวโดยอ้างอิงจากความสูงของแอมพลิจูดของคลื่นปฐมภูมิ (P-wave) ซึ่งเป็นคลื่นที่เดินทางผ่านทะลุเข้าไปในเนื้อโลก

3) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวพื้น (Surface Wave Magnitude, MS) นิยมใช้ในกรณีของการตรวจวัดแผ่นดินไหวที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีศูนย์กลางอยู่ห่างไกลจากสถานีตรวจวัด เนื่องจากคลื่นพื้นผิว (Surface wave) ซึ่งเดินทางไปตามผิวโลก จะมีเหมาะสมที่จะนำแอมพลิจูดของคลื่นประเภทนี้มาใช้เป็นตัวแทนในการประเมินขนาดของแผ่นดินไหว

4) ขนาดแผ่นดินไหวจากพลังงาน (Energy Magnitude, ME) เป็นขนาดแผ่นดินไหวที่คำนวณจากปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากการเกิดแผ่นดินไหว พัฒนาโดย ชอย และ โบทไวท์ (Choy and Boatwright)

5) ขนาดแผ่นดินไหวจากความยาวนานของการสั่น (Duration Magnitude, MD) นำเสนอโดย บิสซทริกซานี (Bisztricsany) ซึ่งได้พิสูจน์ให้เห็นว่าระยะเวลาความยาวนานของการสั่นสะท้อนจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวนั้นมีความสัมพันธ์กับขนาดของแผ่นดินไหว

6) ขนาดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศญี่ปุ่น (Japan Meteorological Agency Magnitude, MJMA) เป็นขนาดแผ่นดินไหวที่ประเมินขึ้นตามระเบียบวิธีคิดและสมการความสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นโดยกรมอุตุนิยมวิทยาแห่งประเทศญี่ปุ่น (JMA) โดยเฉพาะ มีความแตกต่างจากมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวที่ใช้กันโดยทั่วไปในประเทศอื่น ๆ

7) ขนาดแผ่นดินไหวจากโมเมนต์ (Moment Magnitude, Mw) นำเสนอโดย แองค์ส และคานาโมริ (Hanks and Kanamori) เป็นการพัฒนาการประเมินขนาดแผ่นดินไหวที่ไม่ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือตรวจวัด การวิเคราะห์ขนาดจะพิจารณาจาก "โมเมนต์แผ่นดินไหว" (seismic moment) ซึ่งเป็นค่าที่ประเมินมาจากปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) ระยะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (displacement) 2) พื้นที่การเคลื่อนตัว (rupture area) และ 3) ค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งของหินในพื้นที่



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

2. ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity)

ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) แสดงถึงระดับความรุนแรงของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น วัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของผู้คน ลักษณะที่วัตถุ หรืออาคารเสียหายหรือสภาพภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น มาตราวัดความรุนแรงแผ่นดินไหว มีการพัฒนาขึ้นมาใช้กันหลายมาตรา แต่ที่นิยมใช้กันที่สุดในสหรัฐอเมริกาในปัจจุบันนี้คือ มาตราเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงแล้ว (Modified Mercalli Intensity Scale: MMI scale) ผู้พัฒนาคือ Harry Wood และ Frank Neumann ได้ปรับปรุงขึ้นในปี ค.ศ. 1931 ในประเทศไทยได้ใช้ มาตราเมอร์คัลลีนี้ ซึ่งมีทั้งหมด 12 อันดับ เรียงลำดับความรุนแรงแผ่นดินไหวจากน้อยไปมาก

ตารางที่ 2 แผ่นดินไหวจำแนกตามระดับความรุนแรง (Modified Mercalli Intensity Scale)

ระดับ	ผลกระทบ
I	คนไม่รู้สึก ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดเท่านั้น
II	รู้สึกบางคนที่อยู่ในที่สงบนิ่ง โดยเฉพาะในอาคารสูง
III	คนอยู่บนอาคารสูงรู้สึกชัดขึ้น เหมือนรถบรรทุกวิ่งผ่าน
IV	รู้สึกได้ถึงการสั่นสะเทือนเหมือนมีรถวิ่งผ่านหน้าบ้าน
V	เกือบทุกคนรู้สึก ถ้วยชามตกแตก ของในบ้านแกว่ง หน้าต่างพัง ของที่ตั้งไม่มั่นคงล้ม นาฬิกา ลูกตุ้มหยุดเดิน
VI	รู้สึกทุกคน บางคนตกใจวิ่งออกจากบ้าน ของหนักในบ้านบางชิ้นเคลื่อนไหว ปูนฉาบผนังร่วง หล่นเล็กน้อย
VII	สิ่งก่อสร้างเริ่มเสียหาย อาคารปกติเสียหายปานกลาง อาคารราคาต่ำเสียหายมาก
VIII	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้ดีเป็นพิเศษเสียหายเล็กน้อย อาคารที่ออกแบบไว้ดีเสียหายค่อนข้างมาก บ้าน และกำแพงหักพัง
IX	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบดีเป็นพิเศษ เสียหายมาก ตัวอาคารเคลื่อนออกจากฐานรากเดิม
X	โครงสร้างอาคารพังพลาญ พื้นดินแตก แผ่นดินถล่มหลายแห่ง เกิดทรายพุ
XI	สิ่งก่อสร้างส่วนใหญ่พัง สะพาน รางรถไฟบิดเบี้ยวมาก
XII	เสียหายทั้งหมด แนวพื้นดินเดิมบิดเบี้ยว วัตถุกระเด็นกระดอน มองเห็นเป็นคลื่นบนแผ่นดิน

ที่มา: สันติ ภัยหลบลี้

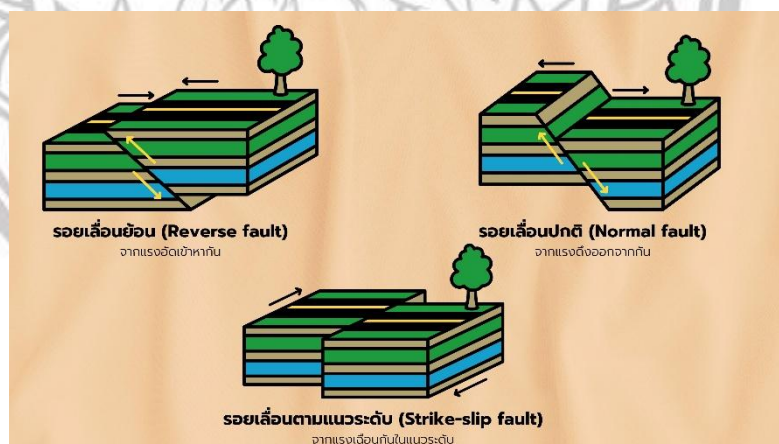
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

2.1.4 รอยเลื่อน

รอยเลื่อน (fault) คือ รอยแตกหรือรอยแยกของหินสองฟากที่มีการเคลื่อนตัวเนื่องจากแรงที่เข้ามากระทำ ซึ่งเคลื่อนตัวสัมพันธ์และขนานไปกับแนวรอยแตก รอยเลื่อนมักจะเคลื่อนตัวจากการขยับตัวของแผ่นเปลือกโลกด้วยพลังงานที่สะสมไว้ภายในโลกในทิศทางต่างๆ ก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศ เช่น ผารอยเลื่อน ผาสามเหลี่ยม หุบเขาเส้นตรง เป็นต้น การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนบนเปลือกโลกต่าง ๆ จำแนกตามลักษณะการเคลื่อนตัวได้ 3 แบบ คือ

1. รอยเลื่อนปกติ (normal fault) เกิดจากแรงเค้นดึงที่พยายามทำให้แผ่นเปลือกโลกเกิดการแยกตัวออกจากกัน
2. รอยเลื่อนย้อน (reverse fault) เกิดจากแรงเค้นบีบอัดซึ่งตรงกันข้ามกับรอยเลื่อนปกติ ทำให้ชั้นหินหดสั้นลง ผนังด้านบนเลื่อนขึ้นและผนังด้านล่างเลื่อนลงและมีความหนามากขึ้น รอยเลื่อนย้อนทำให้หินที่มีอายุแก่กว่าเลื่อนตัวมาปิดทับหิน ที่มีอายุน้อยกว่าได้ ในกรณีของรอยเลื่อนย้อนที่ระนาบการเคลื่อนตัว เอียงเทเป็นมุม < 45 องศา เรียกรอยเลื่อนชนิดนี้ว่า รอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (thrust fault)
3. รอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault) เกิดจากแผ่นเปลือกโลกเคลื่อนที่ผ่านกันในแนวราบ



ภาพที่ 2 การเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน

ที่มา : <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/44944>

Copyright by Naresuan University

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในระดับปานกลางถึงสูง โดยมีการกระจายตัวของรอยเลื่อนมีพลังโดยเฉพาะในภาคเหนือ เป็นรอยต่อสำคัญของแผ่นเปลือกโลกย่อยสูมาตรา (Sunda Plate) และแผ่นเปลือกโลกพม่า (Burma Plate) เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเคลื่อนที่และการปรับตัวของแผ่นเปลือกโลกอินเดียที่มุดตัวลงใต้แผ่นยูเรเชียอย่างต่อเนื่อง การที่แผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่ก่อให้เกิดแรงเค้นทางธรณีแปรสัณฐาน (tectonic stress) สะสมในเปลือกโลก ซึ่งเมื่อถึงจุดวิกฤต แรงเค้นจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของแผ่นดินไหวตามแนวรอยเลื่อนบนบก กลุ่มรอยเลื่อนมีพลังที่สำคัญของประเทศไทย 16 กลุ่มรอยเลื่อน ประกอบด้วย (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป)

1. กลุ่มรอยเลื่อนแม่จัน

รอยเลื่อนแม่จันเป็นหนึ่งในรอยเลื่อนที่สำคัญและยังมีพลังในภาคเหนือของประเทศไทย มีแนววางตัวในทิศตะวันตก-ตะวันออก ความยาวประมาณ 150 กิโลเมตร พาดผ่านจังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย และต่อเนื่องไปในประเทศลาว ลักษณะการเลื่อนเป็นแบบแนวระนาบเหลี่ยมซ้าย โดยมีมุมเอียงเทค่อนข้างชันไปทางทิศเหนือ รอยเลื่อนแม่จันตัดผ่านหินแกรนิตเนื้อดอก และพบแหล่งพุน้ำร้อนจำนวนสามแห่งตามแนวรอยเลื่อน ซึ่งได้แก่ พุบน้ำร้อนแม่จัน บ้านห้วยยาโน ตำบลป่าตึง อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย ลักษณะธรณีสัณฐานเด่นของรอยเลื่อนแม่จัน ได้แก่ ธารเกลือ สันเขาเกลือ ผาสามเหลี่ยม และธารหัวขาด

2. กลุ่มรอยเลื่อนแม่อิง

กลุ่มรอยเลื่อนแม่อิงมีแนวการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ พาดผ่านพื้นที่ของจังหวัดเชียงราย ได้แก่ อำเภอเทิง ขุนตาล เชียงของ และเวียงแก่น และต่อเนื่องเข้าไปในเขตสปป.ลาว มีความยาวประมาณ 70 กิโลเมตร ลักษณะทางธรณีวิทยาของรอยเลื่อนนี้ประกอบด้วยหินภูเขาไฟ เช่น หินโรโอไรต์ หินแอนดีไซต์ และหินทัฟฟ์ รวมถึงตะกอนตะพักลำน้ำ เลื่อนในลักษณะแนวระนาบเหลี่ยมซ้าย โดยมีหลักฐานจากการเบี่ยงตัวของลำน้ำโขงและลำธารบริเวณใกล้บ้านห้วยลึก อำเภอเวียงแก่น ที่มีการเบี่ยงของธารน้ำยาวถึง 5 กิโลเมตร ลักษณะธรณีสัณฐานที่สำคัญของรอยเลื่อนแม่อิงประกอบด้วย ธารเกลือ ผาสามเหลี่ยม และตะพักชั้นบันได

3. กลุ่มรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน

รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอนมีแนววางตัวในทิศเหนือ-ใต้ ความยาวรวมประมาณ 200 กิโลเมตร พาดผ่านอำเภอเมืองแม่ฮ่องสอน ขุนยวม แม่ลาน้อย และแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ต่อเนื่องลงมายังอำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก ลักษณะของรอยเลื่อนไม่ต่อเนื่องเป็นเส้นตรงยาวเดียว แต่ประกอบด้วยท่อนย่อยหลายท่อน โดยส่วนใหญ่ตัดผ่านหินตะกอน เช่น หินดินดาน หินทราย หินปูน และชั้นกรวดทรายยุคควอเทอร์นารี ลักษณะเด่นของธรณีสัณฐานในพื้นที่รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน ได้แก่ ตะพักรอยเลื่อนสองข้างลำน้ำในแอ่งแม่สะเรียง ซึ่งพบในระดับ 4 ชั้น นอกจากนี้ยังพบผาสามเหลี่ยมหลายระดับและหุบเขารูปแก้วไวน์ในพื้นที่อำเภอแม่สะเรียง ซึ่งเกิดจากการกัดเซาะในแนวตั้งของลำน้ำหลังการยกตัวของพื้นที่จากการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนแบบปกติ

4. กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา

กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทาเป็นรอยเลื่อนที่มีความซับซ้อนและประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยหลายแนว มีการวางตัวโดยรวมคล้ายอักษรตัว “S” เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายดาวเทียมและแผนที่โครงสร้างธรณีวิทยา รอยเลื่อนกลุ่มนี้เริ่มจากบริเวณอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ เคลื่อนตัวผ่านอำเภอดอยสะเก็ด สันกำแพง และเข้าสู่พื้นที่อำเภอแม่ทา จังหวัดลำพูน โดยมีความยาวรวมประมาณ 100 กิโลเมตร ลักษณะของการเลื่อนในแต่ละช่วงของรอยเลื่อนแม่ทามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยส่วนต้นของรอยเลื่อนทางตอนเหนือแสดงการเลื่อนแบบปกติ ส่วนกลางมีลักษณะเป็นรอยเลื่อนแนวระนาบเหลี่ยมขวา และส่วนล่างทางตอนใต้ของรอยเลื่อนแสดงพฤติกรรมแบบรอยเลื่อนแนวระนาบเหลี่ยมซ้าย ซึ่งสะท้อนถึงแรงเค้นที่ซับซ้อนในเปลือกโลกบริเวณนี้ รอยเลื่อนแม่ทาดัดผ่านหินตะกอนหนาแน่น เช่น หินทราย หินดินดาน และหินแกรนิต โดยพบลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับการเลื่อนตัวอย่าง เช่น ผาสามเหลี่ยม ตะพักรอยเลื่อน และธารเกลือ นอกจากนี้ยังพบพุน้ำร้อน

หลายแห่งในแนวรอยเลื่อน เช่น พุน้ำร้อนสันกำแพง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์กับกระแสความร้อนใต้พิภพและกิจกรรมการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

5. กลุ่มรอยเลื่อนเถิน

กลุ่มรอยเลื่อนเถินเป็นหนึ่งในกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังที่สำคัญของภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยมีแนวการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ พาดผ่านพื้นที่จากจังหวัดแพร่เข้าสู่จังหวัดลำปาง ครอบคลุมพื้นที่อำเภอเมืองแพร่ อำเภอลอง อำเภอวังชิ้น จังหวัดแพร่ และอำเภอแม่ทะ อำเภอสบปราบ อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง มีความยาวรวมประมาณ 180 กิโลเมตร มีลักษณะประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยอย่างน้อย 12 แนว ซึ่งได้แก่ รอยเลื่อนเถิน รอยเลื่อนแพร่ตะวันออกและตะวันตก รอยเลื่อนลอง รอยเลื่อนแม่เมาะ รอยเลื่อนแม่จาง และรอยเลื่อนอื่น ๆ มีลักษณะทางธรณีสังฐาน เช่น ผาสามเหลี่ยม หน้าผาชัน สันกัน และการเบี่ยงตัวของลำน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอสบปราบที่พบแนวหน้าผาเรียงต่อเนื่องกันอย่างชัดเจน ลักษณะการเลื่อนของกลุ่มรอยเลื่อนเถินเป็นการเลื่อนตามแนวระนาบเหลื่อมซ้ายเป็นหลัก โดยมีการเปลี่ยนระดับพื้นที่ทำให้เกิดธารเหลื่อมและหน้าตัดทางน้ำชัดเจน เช่น ที่บ้านมาย อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง ซึ่งพบการเลื่อนของทางน้ำไปในแนวเหลื่อมซ้ายเป็นระยะทางประมาณ 500 เมตร

6. กลุ่มรอยเลื่อนปัว

กลุ่มรอยเลื่อนปัวมีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ความยาวประมาณ 110 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่บริเวณแนวทิศตะวันออกของแอ่งปัวในจังหวัดน่าน ได้แก่ อำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอปัว และอำเภอสันติสุข โดยรอยเลื่อนมีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตก จัดเป็นรอยเลื่อนแบบปกติที่มีการเลื่อนในแนวตั้ง กลุ่มรอยเลื่อนนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ รอยเลื่อนทุ่งช้าง รอยเลื่อนปัว และรอยเลื่อนสันติสุข บริเวณทิศใต้ของอำเภอทุ่งช้าง พบเนินตะกอนน้ำพารูปพัดที่ถูกตัดโดยแนวรอยเลื่อนอย่างเด่นชัด มีผารอยเลื่อนหันหน้าไปทางทิศตะวันตกหลายแห่ง ในพื้นที่ส่วนรอยเลื่อนทุ่งช้างยังพบผารอยเลื่อนสองระดับ ความสูงระหว่าง 6-10 เมตร และในพื้นที่สันติสุขมีการตัดผ่านของชั้นตะกอนดินที่เกิดจากน้ำพา นอกจากนี้ยังพบหุบเขารูปแก้วไวน์และผาสามเหลี่ยม ซึ่งเป็นลักษณะธรณีสัณฐานที่สัมพันธ์กับการยกตัวซ้ำ ๆ

7. กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์

กลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์มีแนววางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ความยาวประมาณ 130 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่อำเภอปากท่า น้ำปาด ทองแสนขัน และพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ มีลักษณะเป็นแนวยาวแคบไม่เกิน 4 กิโลเมตร โดยตัดผ่านแอ่งตะกอนที่กลายเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในปัจจุบัน โครงสร้างรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ รอยเลื่อนอุตรดิตถ์ รอยเลื่อนน้ำปาด รอยเลื่อนปากท่า รอยเลื่อนทองแสนขัน รอยเลื่อนน้ำน่าน และรอยเลื่อนท่าปลา ลักษณะการเลื่อนคือ เลื่อนทั้งในแนวระนาบเหลื่อมซ้ายและแนวตั้งแบบย้อน ส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของลักษณะภูมิประเทศที่ชัดเจน เช่น ผารอยเลื่อน และธารเหลื่อมที่เบี่ยงตัวไปตามแนวรอยเลื่อน บริเวณอำเภอปากท่า พบแนวผารอยเลื่อนที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะที่บ้านปากนา มีผาสามเหลี่ยมปรากฏอย่างเด่นชัด ในขณะที่บริเวณปากห้วยไพร มีเนินตะกอนน้ำพารูปพัดที่ถูกรอยเลื่อนตัดออกจากกัน ส่วนพื้นที่บ้านปางหมื่น อำเภอทองแสนขัน พบระดับของพื้นที่ต่างกัน ลักษณะผารอยเลื่อนสูงถึง 2 เมตร

8. กลุ่มรอยเลื่อนพะเยา

กลุ่มรอยเลื่อนพะเยาเป็นรอยเลื่อนที่มีความสำคัญในภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีแนววางตัวในทิศเกือบเหนือ-ใต้ ก่อนมาทางตะวันตกเฉียงเหนือ พาดผ่านพื้นที่เขตรอยต่อของอำเภอกวน จังหวัดเชียงราย อำเภอมือง จังหวัดพะเยา และอำเภอลำปาง รวมความยาวประมาณ 120 กิโลเมตร ประกอบด้วย 7 ส่วนย่อย ได้แก่ รอยเลื่อนพะเยา รอยเลื่อนพาน รอยเลื่อนแม่ใจ รอยเลื่อนแจ้ห่ม รอยเลื่อนเมืองปาน รอยเลื่อนแจ้ซ้อน และรอยเลื่อนเวียงป่าเป้า ซึ่งตัดผ่านหินหลากหลายชนิด เช่น หินแปร หินตะกอน และหินอัคนี โดยเฉพาะหินแกรนิตและหินทราย ซึ่งมีความแข็งแรงและแสดงร่องรอยการเลื่อนอย่างชัดเจน ลักษณะธรณีสัณฐานที่สำคัญในกลุ่มรอยเลื่อนนี้คือ ฝารอยเลื่อนที่มีระดับความสูงถึง 200 เมตร และลำธารที่กัดเซาะลงลึกจนถึงหินฐาน แสดงให้เห็นถึงการยกตัวซ้ำๆ ของพื้นดินในแนวรอยเลื่อน

9. กลุ่มรอยเลื่อนแม่ลาว

กลุ่มรอยเลื่อนแม่ลาวมีแนววางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ความยาวประมาณ 80 กิโลเมตร พาดผ่านพื้นที่อำเภอแม่สรวย แม่ลาว และอำเภอมือง จังหวัดเชียงราย ประกอบด้วยรอยเลื่อนย่อยสำคัญ 2 แนว ได้แก่ รอยเลื่อนแม่ลาว และรอยเลื่อนแม่กรณ์ ซึ่งทั้งสองแนวแสดงพฤติกรรมเคลื่อนตัวตามแนวระนาบ และส่งผลให้เกิดลักษณะธรณีสัณฐาน เช่น ธารเหลื่อม และแนวหุบเขาตรง เหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อปี พ.ศ. 2557 สร้างความเสียหายอย่างรุนแรงต่อบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้าง โรงเรียน วัด และโรงพยาบาล ในพื้นที่อำเภอแม่ลาว แม่สรวย และพาน อีกทั้งยังสามารถรับรู้แรงสั่นสะเทือนได้ไกลถึงกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้ยังมีแผ่นดินไหวตาม (aftershocks) มากกว่าร้อยครั้งภายหลังเหตุการณ์ใหญ่ นอกเหนือจากเหตุการณ์ปี พ.ศ. 2557 แล้ว ยังมีรายงานแผ่นดินไหวขนาดเล็กถึงปานกลางในพื้นที่รอยเลื่อนแม่ลาวอย่างต่อเนื่องในช่วงปี พ.ศ. 2558-2559 ซึ่งยืนยันว่ารอยเลื่อนนี้ยังคงมีพลังและเคลื่อนไหวอยู่ในปัจจุบัน

10. กลุ่มรอยเลื่อนเมย

กลุ่มรอยเลื่อนเมยมีแนววางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ความยาวรวมประมาณ 260 กิโลเมตร เริ่มต้นจากชายแดนประเทศเมียนมา ต่อเนื่องเข้าสู่ประเทศไทยบริเวณลำน้ำเมย ผ่านอำเภอสองยาง แม่ระมาด แม่สอด พบพระ เมืองตาก วังเจ้า จังหวัดตาก และเข้าเขตจังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่ อำเภอกอสัมพินคร และคลองลาน รอยเลื่อนตัดผ่านชั้นหินหลายชนิด เช่น หินไนส์ หินทราย หินปูน หินดินดาน และหินแกรนิต ลักษณะการเคลื่อนของรอยเลื่อนเมยเป็นแบบแนวระนาบเหลื่อมขวา โดยมีธรณีสัณฐานที่พบ คือ ธารเหลื่อม หุบเขาเส้นตรง สันกัน และฝารอยเลื่อน โดยเฉพาะในพื้นที่บ้านท่าสองยาง ลำห้วยขนาดเล็กที่ไหลผ่านแนวรอยเลื่อนถูกตัดและเลื่อนจากกันเป็นระยะทางประมาณ 500 เมตร

11. กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์

กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์เป็นรอยเลื่อนที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พาดผ่านด้านตะวันตกของประเทศไทย โดยเริ่มต้นจากเขตชายแดนในสหภาพเมียนมา ผ่านอำเภอดู่ฝาง จังหวัดตาก อำเภอลองพญาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่อุทยานแห่งชาติห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี และเข้าสู่อำเภอศรีสวัสดิ์ หนองปรือ และบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี รวมถึงอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี ความยาวรวมของรอยเลื่อนประมาณ 220 กิโลเมตร รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ตัดผ่านชั้น

หินตะกอนเป็นส่วนใหญ่ เช่น หินดินดาน หินทราย และหินปูน ลักษณะธรณีสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับแนวรอยเลื่อนนี้ ได้แก่ ธารเกลือ ธารห้วยขาด ฝารอยเลื่อน ผาสามเหลี่ยม และหุบเขาเส้นตรง โดยเฉพาะที่บริเวณบ้านแก่งแคบ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ มีแนวรอยเลื่อนย่อยยาวประมาณ 15 กิโลเมตร ซึ่งแสดงผาสามเหลี่ยมจำนวนมากถึง 20 แห่ง และมีลักษณะธารเกลือในลำห้วยตะเคียน ห้วยฝาง และห้วยสะตอง แสดงการเกลือหมาในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ 100 เมตร, 50 เมตร และ 250 เมตร ตามลำดับ

12. กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

กลุ่มรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยเริ่มต้นจากเขตสหภาพเมียนมา พาดผ่านด่านเจดีย์สามองค์เข้าสู่ประเทศไทยบริเวณอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และต่อเนื่องผ่านอำเภอทองผาภูมิ อำเภอศรีสวัสดิ์ อำเภอเมืองกาญจนบุรี ไปจนถึงอำเภอด่านมะขามเตี้ย จังหวัดกาญจนบุรี ความยาวรวมของรอยเลื่อนประมาณ 200 กิโลเมตร แนวรอยเลื่อนวางตัวขนานกับลำน้ำแควน้อย ตัดผ่านชั้นหินหลากชนิด เช่น หินปูน หินทราย และหินดินดาน ลักษณะธรณีสัณฐาน ได้แก่ ธารเกลือ ฝารอยเลื่อน ผาสามเหลี่ยม สันกัน หนองหล่ม และพุน้ำร้อน

13. กลุ่มรอยเลื่อนระนอง

กลุ่มรอยเลื่อนระนองวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวรวมประมาณ 300 กิโลเมตร โดยเริ่มต้นจากบริเวณใต้ทะเลอันดามัน ขึ้นบกบริเวณจังหวัดพังงา และพาดผ่านจังหวัดระนอง ชุมพร จนถึงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ แล้วจบลงที่อำเภอไทยบริเวณอำเภอสามร้อยยอด รอยเลื่อนนี้ถือเป็นหนึ่งในรอยเลื่อนที่ยาวที่สุดในประเทศไทยและมีความต่อเนื่องทั้งในแผ่นดินและใต้ทะเล หินที่ถูกรอยเลื่อนตัดผ่านประกอบด้วยหินโคลนปนกรวด หินทราย หินดินดาน หินปูน และหินแกรนิต โดยเฉพาะในบริเวณที่มีหินแกรนิตและหินปูนหนาแน่น ลักษณะธรณีสัณฐานที่พบ ได้แก่ ธารเกลือ พุน้ำร้อน และผาสามเหลี่ยม ซึ่งบ่งชี้ว่ารอยเลื่อนมีการเลื่อนตัวในแนวระนาบเกลือซ้าย

14. กลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย

กลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยเป็นรอยเลื่อนตามแนวระนาบที่สำคัญในภาคใต้ของประเทศไทย โดยวางตัวขนานกับกลุ่มรอยเลื่อนระนองและมีลักษณะการเลื่อนตัวในแนวตั้งแบบรอยเลื่อนย้อน ควบคู่กับการเลื่อนในแนวระนาบเกลือซ้าย แนวรอยเลื่อนเริ่มจากบริเวณทะเลอันดามัน ทางตะวันออกเฉียงของเกาะภูเก็ตและเกาะยาว จากนั้นเข้าสู่แผ่นดินที่อำเภอทับปุด ตะกั่วทุ่ง และท้ายเหมือง จังหวัดพังงา แล้วพาดผ่านเข้าสู่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้แก่ อำเภอพนม คีรีรัฐนิคม บ้านตาขุน วิภาวดีท่าฉาง และไชยา ความยาวของแนวรอยเลื่อนเฉพาะบนแผ่นดินประมาณ 140 กิโลเมตร รอยเลื่อนตัดผ่านหินโคลนปนกรวด หินทราย หินดินดาน หินปูน และหินแกรนิต ลักษณะธรณีสัณฐานที่พบได้แก่ ฝารอยเลื่อน ผาสามเหลี่ยม ธารเกลือ และสันกัน

15. กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์

กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ หนาอยู่ทั้งสองด้านของแอ่งเพชรบูรณ์ โดยมีแนวโน้มเอียงเข้าหากึ่งกลางแอ่งทั้งสองด้าน ความยาวรวมของแนวรอยเลื่อนประมาณ 150 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ในอำเภอหล่มเก่า อำเภอหล่มสัก และอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จากการศึกษาภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ พบว่าแนวรอยเลื่อนด้านตะวันออกเฉียงของแอ่งเพชรบูรณ์มี

มากกว่าด้านตะวันตก ลักษณะการเลื่อนของรอยเลื่อนเพชรบูรณ์เป็นแบบรอยเลื่อนปกติ (normal fault) โดยพบลักษณะธรณีสัณฐาน เช่น ผารอยเลื่อน ผาสามเหลี่ยมที่เรียงซ้อนกันไม่น้อยกว่า 5 ระดับ ซึ่งเป็นหลักฐานถึงการเลื่อนตัวซ้ำหลายครั้งในอดีต

16. กลุ่มรอยเลื่อนเวียงแหง

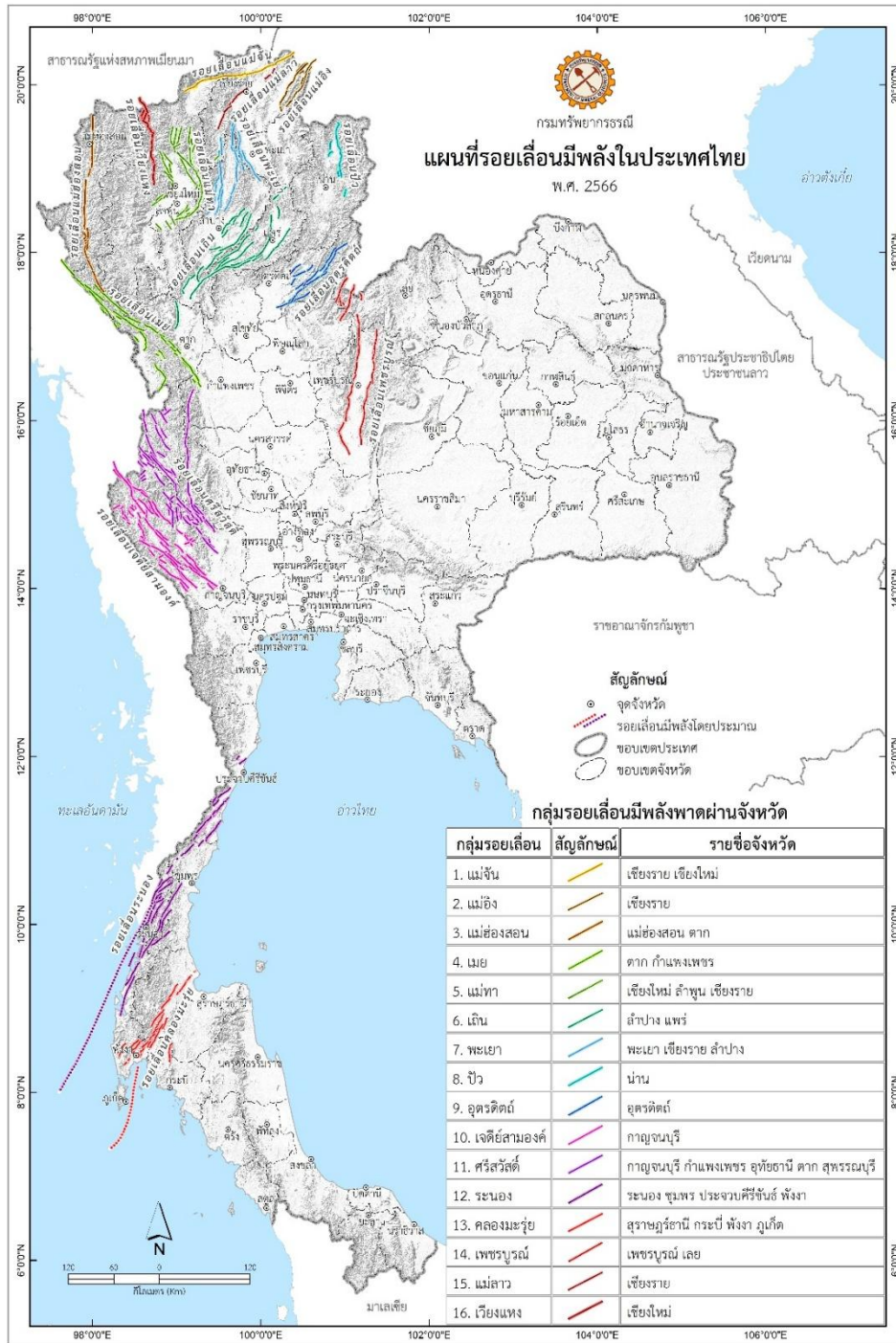
กลุ่มรอยเลื่อนเวียงแหงเป็นรอยเลื่อนมีพลังในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยวางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้ มีความยาวรวมประมาณ 100 กิโลเมตร พาดผ่านพื้นที่อำเภอเวียงแหง และต่อเนื่องถึงอำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนนี้จัดเป็นรอยเลื่อนปกติ ซึ่งเป็นการเลื่อนในแนวตั้งเป็นหลัก ข้อมูลจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและผลการสำรวจภาคสนามแสดงให้เห็นธรณีสัณฐานที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของรอยเลื่อนเวียงแหง ได้แก่ ผารอยเลื่อน ผาสามเหลี่ยม และหุบเขาเส้นตรง



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



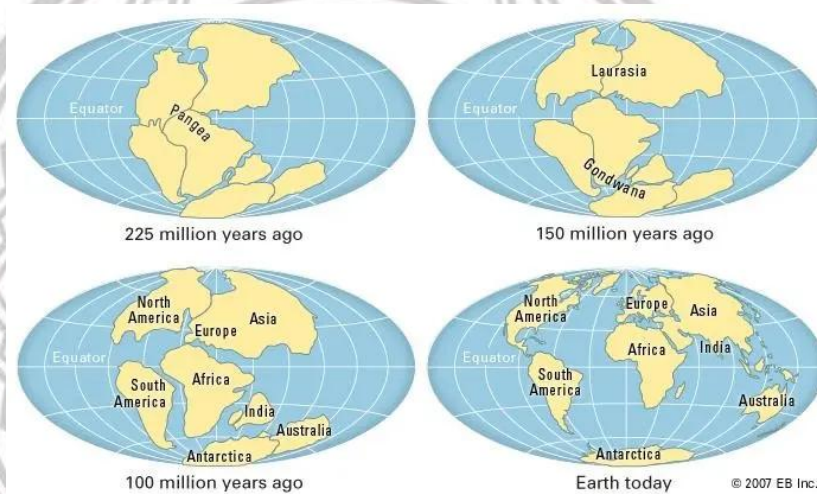
ภาพที่ 3 รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย

ที่มา : https://www.dmr.go.th/แผนที่รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย-16-กลุ่มรอยเลื่อน_
ปรับปรุง-มีนาคม-2563/

2.2 ทฤษฎีการแปรสัณฐานของแผ่นธรณีภาคและกลไกที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ทฤษฎีทวีปเลื่อน (theory of continental drift)

ทฤษฎีทวีปเลื่อน (theory of continental drift) เป็นสมมติฐานทางธรณีวิทยาที่เสนอโดย อัลเฟรด เวเกเนอร์ (Alfred Wegener) นักอุตุนิยมวิทยา นักธรณีฟิสิกส์ และนักสำรวจขั้วโลกชาวเยอรมัน ตีพิมพ์ผลงานชิ้นสำคัญชื่อ “The Origin of Continents and Oceans” ในปี ค.ศ. 1915 ซึ่งนำเสนอแนวคิดนี้ไว้อย่างละเอียด โดยมีใจความสำคัญว่า ทวีปต่าง ๆ บนโลกมิได้ดำรงอยู่ ณ ตำแหน่งปัจจุบันมาโดยตลอด หากแต่เคยเชื่อมต่อกันเป็นผืนแผ่นดินขนาดใหญ่เพียงผืนเดียวในอดีต ซึ่งเวเกเนอร์เรียกว่าพันเจีย (Pangaea) ก่อนที่จะค่อย ๆ แยกแยกและเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งปัจจุบัน



ภาพที่ 4 แผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน

ที่มา : <https://www.iok2u.com/variety/geology/001-lithosphere-continental-drift>

2.2.2 การแปรสัณฐานแผ่นธรณีภาค

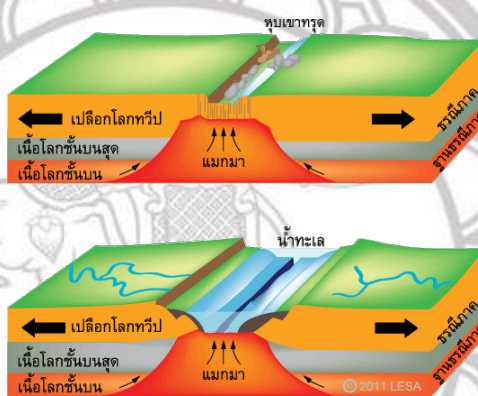
โลกของเรามีได้เป็นแผ่นดินผืนเดียว หากแต่ประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลก (tectonic plates) ทั้งที่เป็นส่วนของทวีป (Continental plates) และมหาสมุทร (Oceanic plates) ซึ่งมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กันอยู่ตลอดเวลา การเคลื่อนที่เป็นปัจจัยสำคัญในการก่อกำเนิดลักษณะภูมิประเทศบนโลก เช่น เทือกเขาสูง ที่ราบลุ่ม ทะเล และมหาสมุทร แรงขับเคลื่อนแผ่นเปลือกโลกมาจาก ทฤษฎีการพาความร้อน (Convection Current Theory) โดยความร้อนจากแกนโลกทำให้แมกมาในชั้นแมนเทิลเกิดการไหลเวียนในลักษณะของการพาความร้อน แมกมาที่ร้อนกว่าจะลอยตัวสูงขึ้น และเมื่อเย็นตัวลงก็จะจมตัวลง ส่งผลให้แผ่นเปลือกโลกที่อยู่ด้านบนเคลื่อนที่ตามไปด้วย เป็นผลให้ทวีปต่างๆ บนโลกมีการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาทางธรณีวิทยา จนกระทั่งกลายเป็นแผนที่โลกที่เราเห็นในปัจจุบัน

การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะหลัก ดังนี้

1) แผ่นธรณีเคลื่อนที่ออกจากกัน (Divergent plate boundaries)

เกิดขึ้นเมื่อแผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ทำให้เกิดรอยแตกในเปลือกโลก และแมกมาใต้เปลือกโลกจะแทรกตัวขึ้นมาตามรอยแตกนั้น ก่อให้เกิดลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันไปตามประเภทของแผ่นเปลือกโลก ดังนี้

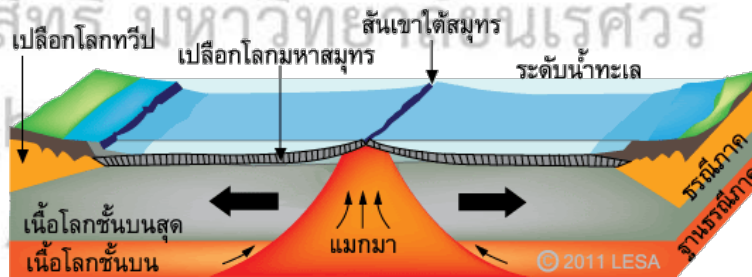
(1) การเคลื่อนที่แยกออกจากกันของแผ่นเปลือกโลกทวีป นำไปสู่การเกิดหุบเขาทรุด (Rift Valley) เป็นลักษณะของแผ่นดินที่ทรุดต่ำลงเป็นแนวยาว และเมื่อเวลาผ่านไป อาจกลายเป็นทะเลขนาดเล็กได้ ตัวอย่างเช่น ทะเลแดง และทะเลสาบมาลาवी



ภาพที่ 5 แผ่นธรณีทวีปเคลื่อนที่ออกจากกัน

ที่มา : <https://www.lesa.biz/โลก/ธรณีภาค-geosphere/ธรณแปรสณฐาน/แผ่นธรณ/แผ่นธรณเคลื่อนที่ออกจากกัน>

(2) แผ่นธรณีมหาสมุทรเคลื่อนที่ออกจากกัน แรงดันในชั้นฐานธรณีภาคดันให้แผ่นธรณีมหาสมุทรยกตัวขึ้นเป็นสันเขาใต้สมุทร (Mid oceanic ridge) ซึ่งเป็นแนวเทือกเขาสูงทอดยาวอยู่ใต้ทะเลอันเกิดจากการดันตัวของแมกมา ทำให้พื้นมหาสมุทรมีการขยายตัว สามารถเกิดแผ่นดินไหวได้



ภาพที่ 6 แผ่นธรณีมหาสมุทรเคลื่อนที่ออกจากกัน

ที่มา : <https://www.lesa.biz/โลก/ธรณีภาค-geosphere/ธรณแปรสณฐาน/แผ่นธรณ/แผ่นธรณเคลื่อนที่ออกจากกัน>

2) แผ่นธรณีเคลื่อนที่เข้าหากัน (Convergent plate Boundary)

เกิดขึ้นเมื่อแผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่เข้าชนกัน นำไปสู่การเกิดแผ่นดินไหวอย่างรุนแรง และหากเกิดขึ้นในมหาสมุทร อาจเป็นสาเหตุของการเกิดสึนามิได้ ลักษณะของการชนกันขึ้นอยู่กับประเภทของแผ่นเปลือกโลกที่เข้าปะทะกัน ดังนี้

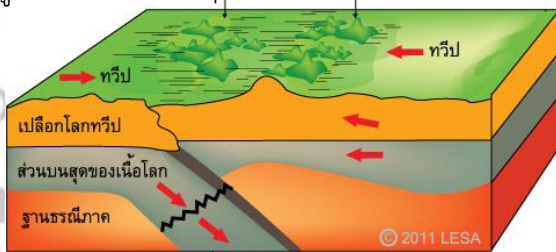
(1) แผ่นธรณีมหาสมุทรชนกัน แผ่นธรณีมหาสมุทรที่มีอายุมากกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าจะมุดตัว (subduction) ลงใต้แผ่นเปลือกโลกอีกแผ่น บริเวณที่เกิดการมุดตัวนี้จะเกิดร่องลึกก้นสมุทร (Mid oceanic trench) ส่วนแผ่นเปลือกโลกที่อยู่ด้านบนจะหลอมละลายกลายเป็นหินหนืดและดันตัวขึ้นมา เกิดเป็นหมู่เกาะภูเขาไฟรูปโค้งเรียงตัวขนานกับแนวร่องลึกก้นสมุทร ตัวอย่างเช่น ประเทศญี่ปุ่นและประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกที่มีการชนกันอยู่เสมอ ทำให้เกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง



ภาพที่ 7 แผ่นธรณีมหาสมุทรปะทะกัน

ที่มา : <https://www.lesa.biz/โลก/ธรณีภาค-geosphere/ธรณแปรสณฐาน/แผ่นธรณ/แผ่นธรณเคลื่อนที่เข้าหากัน>

(2) แผ่นธรณีทวีปชนกัน เมื่อแผ่นธรณีทวีปชนกันสองแผ่นชนกัน เนื่องจากมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน จะเกิดการโค้งตัว (collision) และดันตัวขึ้นทั้งสองด้าน ก่อให้เกิดเทือกเขาสูงขนาดใหญ่ ตัวอย่างที่ชัดเจนคือ เทือกเขาหิมาลัย ซึ่งเกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกอินเดียและแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย และยังคงมีการเคลื่อนที่ชนกันอยู่ ทำให้เทือกเขานี้มีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในแต่ละปี



ภาพที่ 8 แผ่นธรณีทวีปชนกัน

ที่มา : <https://www.lesa.biz/โลก/ธรณีภาค-geosphere/ธรณแปรสณฐาน/แผ่นธรณ/แผ่นธรณเคลื่อนที่เข้าหากัน>

(3) แผ่นธรณีมหาสมุทรชนกับแผ่นธรณีทวีป เนื่องจากแผ่นธรณีมหาสมุทรมีความหนาแน่นมากกว่าจะมุดตัว (subduction) ลงใต้แผ่นเปลือกโลกทวีป ส่วนแผ่นเปลือกโลกทวีปจะถูกดันให้ยกตัวขึ้น ก่อให้เกิดเทือกเขาสูง ขนานไปกับชายฝั่งทะเล ตัวอย่างเช่น เทือกเขาแอนดีส ที่ทอดตัวยาวตามชายฝั่งตะวันตกของทวีปอเมริกาใต้

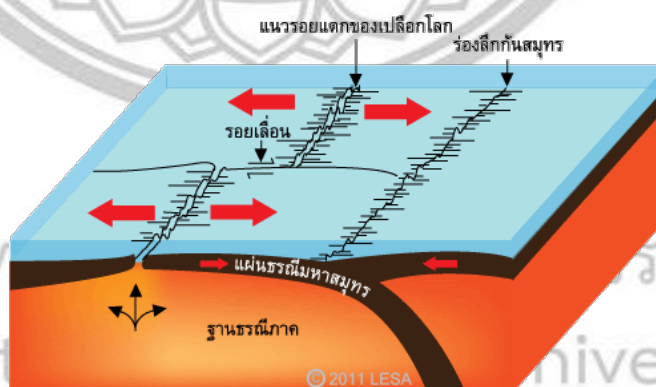


ภาพที่ 9 แผ่นธรณีมหาสมุทรชนกับแผ่นธรณีทวีป

ที่มา : <https://www.lesa.biz/โลก/ธรณีภาค-geosphere/ธรณแปรสณฐาน/แผนธรณ/แผนธรณเคลอนทเขาหากน>

3) แผ่นธรณีเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform Boundary)

เกิดขึ้นเมื่อแผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่สวนกันในแนวราบ การเคลื่อนที่นี้มักไม่ก่อให้เกิดการสร้างหรือทำลายแผ่นเปลือกโลก แต่จะทำให้เกิดรอยเลื่อนขนาดใหญ่ และเป็นสาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงได้ ตัวอย่างที่เป็นที่รู้จักคือ รอยเลื่อนซานแอนเดรียส ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา



ภาพที่ 10 รอยเลื่อนทรานส์ฟอร์ม

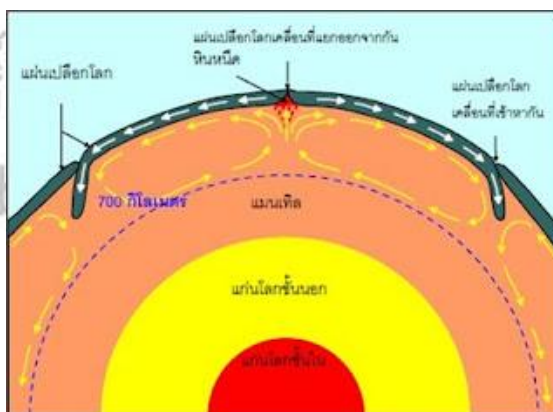
ที่มา : <https://www.lesa.biz/โลก/ธรณีภาค-geosphere/ธรณแปรสณฐาน/แผนธรณ/แผนธรณเคลอนทผานกน>

2.2.3 ทฤษฎีวงจรกิจการพาความร้อน (Convection current theory)

แผ่นดินไหวที่ก่อให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินส่วนใหญ่มักเกิดจากแรงเทคโทนิคในเปลือกโลก โดยมีปัจจัยสำคัญดังนี้

1. โครงสร้างภายในของโลก ประกอบด้วย 3 ชั้นหลัก ได้แก่
 - (1) แกนโลก (Core) อยู่ลึกที่สุด มีอุณหภูมิสูงมาก เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่ทำให้ชั้นหินหลอมละลายและเคลื่อนที่
 - (2) แมนเทิล (Mantle) ชั้นหินหลอมละลายที่มีลักษณะเป็นของแข็งแต่สามารถไหลตัวได้ช้าในระดับเซนติเมตรต่อปี
 - (3) เปลือกโลก (Crust) ชั้นนอกสุดของโลกที่บางมากเมื่อเทียบกับขนาดของโลกทั้งหมด และแบ่งออกเป็นแผ่นเปลือกโลกขนาดใหญ่ประมาณ 10 แผ่น
2. การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกเกิดจากพลังงานความร้อนจากแกนโลก ซึ่งทำให้ชั้นหินหลอมละลายในแมนเทิลลอยตัวขึ้นและผลักดันแผ่นเปลือกโลกให้เคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา แผ่นเปลือกโลกแต่ละชั้นจึงมีทิศทางการเคลื่อนที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดแรงชนกัน เสียดสีกัน หรือแยกออกจากกัน เมื่อแรงสะสมมากขึ้นจนเปลือกโลกไม่สามารถรับแรงได้ ก็จะเกิดการแตกหักหรือเคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน บางครั้งอาจทำให้เปลือกโลกอีกแผ่นคดโค้ง ก่อนจะตีตัวกลับเพื่อปรับสมดุล ซึ่งเป็นต้นเหตุของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยบริเวณขอบแผ่นเปลือกโลกเหล่านี้จึงเป็นแนวแผ่นดินไหวของโลก หากแนวนี้พาดผ่านหรืออยู่ใกล้ประเทศใด ประเทศนั้นย่อมมีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวสูง เช่น ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ชิลี และสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้แรงที่สะสมยังสามารถส่งผ่านเข้าไปยังภายในพื้นทวีปผ่านรอยเลื่อน หากรอยเลื่อนไม่สามารถทนต่อแรงที่กดทับได้ ก็จะเกิดการเคลื่อนตัวฉับพลันเช่นกัน ทำให้เกิดแผ่นดินไหวและกระจายคลื่นสั่นสะเทือนไปในทุกทิศทาง โดยจุดที่เกิดการเคลื่อนตัวในชั้นใต้ดินเรียกว่า “ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่แท้จริง” (Hypocenter) ส่วนจุดบนพื้นผิวโลกที่อยู่เหนือศูนย์กลางใต้ดิน เรียกว่า “ศูนย์กลางแผ่นดินไหวบนผิวพื้น” (Epicenter) ซึ่งสามารถระบุตำแหน่งพิกัดได้ตามละติจูดและลองจิจูด



ภาพที่ 11 การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก

ที่มา : https://ketmanee18.blogspot.com/2017/03/2_67.html

2.3 แผ่นดินไหวในกรณีศึกษา

2.3.1 แผ่นดินไหว วันที่ 5 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย

ต้นกำเนิดของแผ่นดินไหวครั้งนี้คือรอยเลื่อนพะเยา เป็นหนึ่งในกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังทางตอนเหนือของประเทศไทย วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวประมาณ 30-40 กิโลเมตร พาดผ่านจังหวัดพะเยาและจังหวัดเชียงราย ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนที่รุนแรงและเป็นวงกว้าง

เหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งนี้เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 5 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 จังหวัดเชียงราย ประเทศไทย เวลา 18.09 น. ตามเวลาประเทศไทย ด้วยขนาด 6.3 แมกนิจูด มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่บริเวณตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย ที่ความลึก 7 กิโลเมตรจากผิวดิน และมีแผ่นดินไหวตาม (Aftershock) รวมทั้งสิ้น 1,254 ครั้ง กระจายตัวหลายบริเวณ ในเขตอำเภอแม่ลาว อำเภอพาน อำเภอแม่สรวย และอำเภอเมือง เป็นบริเวณกว้างตลอดแนวกลุ่มรอยเลื่อนพะเยา เนื่องจากแผ่นดินไหวนี้อยู่ในระดับตื้น ทำให้เกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ประชาชนสามารถรู้สึกถึงแรงสั่นสะเทือนในหลายพื้นที่ของภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงรายและจังหวัดใกล้เคียง เช่น เชียงใหม่ ลำปาง ลำพูน น่าน พะเยา เลย และหนองคาย และยังแผ่ไปไกลถึงกรุงเทพมหานคร อาคารสูงรู้สึกสั่นไหวหลายแห่งเนื่องจากกรุงเทพมหานครตั้งอยู่บนชั้นดินอ่อนซึ่งมีคุณลักษณะในการขยายแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวได้ 3-4 เท่า จากเหตุการณ์ มีผู้เสียชีวิต 1 ราย สาเหตุจากผนังบ้านพังทับร่าง บาดเจ็บมากกว่า 100 ราย เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือนตั้งแต่รอยแตกร้าวไปจนถึงการพังถล่มจำนวน 11,173 หลัง โบสถ์คริสต์ วัด โบราณสถาน และสิ่งปลูกสร้างสาธารณะ ได้แก่ สถานศึกษา สถานบริการสาธารณสุขและสถานที่ราชการได้รับความเสียหาย ถนนและสะพานลอยบางส่วนเกิดการทรุดตัว ประชาชนจำนวนมากต้องอพยพออกจากที่อยู่อาศัย เหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งนี้ทำให้เกิดแผ่นดินไหวตามกระจายตัวหลายบริเวณในเขตอำเภอแม่ลาว อำเภอพาน อำเภอแม่สรวย และอำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างตลอดแนวรอยเลื่อนพะเยา สถิติแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณจังหวัดเชียงราย สรุปรายละเอียดของแผ่นดินไหวตามรวมทั้งสิ้น 1,254 ครั้ง (รายงานจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2557) ขนาด 5.0 - 5.9 จำนวน 8 ครั้ง ขนาด 4.0 - 4.9 จำนวน 43 ครั้ง ขนาด 3.0 - 3.9 จำนวน 225 ครั้ง ขนาดน้อยกว่า 3.0 จำนวนมากกว่า 978 ครั้ง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

2.3.2 แผ่นดินไหว วันที่ 28 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2568 เมืองมันทะเลย์ ประเทศเมียนมา

ประเทศเมียนมา เป็นประเทศเพื่อนบ้านทางทิศตะวันตกของไทย จัดเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวบนบกสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สาเหตุหลักมาจากรอยเลื่อนสะกาย ซึ่งเป็นรอยต่อสำคัญระหว่างแผ่นเปลือกโลกย่อยในอดีตรองแผ่นคือแผ่นซุนดา และแผ่นพม่า ซึ่งปัจจุบันถือเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย อย่างไรก็ตาม อิทธิพลจากการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องของแผ่นเปลือกโลกอินเดียที่เข้าชนและมุดตัวลงไปได้แผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย ในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้รอยเลื่อนสะกายซึ่งเป็นรอยต่อที่ยังคงมีการเคลื่อนที่อยู่ เกิดการขยับและเลื่อนตัวตามไป (สันติ ภัยหลบลี้, ม.ป.ป.) และก่อให้เกิดแผ่นดินไหวบ่อยครั้ง

รอยเลื่อนสะกายพาดตัวในแนวเหนือ-ใต้ เริ่มจากบริเวณชายแดนด้านตะวันออกเฉียงเหนือของเมียนมาใกล้ประเทศจีน ผ่านเมืองสำคัญหลายแห่ง เช่น มันทะเลย์ พะโค จนถึงบริเวณใกล้กรุงย่างกุ้ง และสิ้นสุดใกล้ชายฝั่งทะเลอันดามัน มีความยาวรวมประมาณ 1,200 กิโลเมตร ถือเป็นหนึ่งในรอยเลื่อนตามแนวยาวที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รอยเลื่อนสะกายเกิดจากแรงผลึกของแผ่นเปลือกโลกอินเดีย ที่เคลื่อนตัวด้วยความเร็วประมาณ 40-50 มิลลิเมตรต่อปี เข้าชนแผ่นยูเรเชียและมุดตัวลงไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ส่งผลให้พลังงานสะสมบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นเปลือกโลก โดยเฉพาะระหว่างแผ่นพม่ากับแผ่นซุนดา เมื่อพลังงานที่สะสมไว้ในชั้นหินนั้นมากพอก็จะปลดปล่อยออกมาเป็นแรงสั่นสะเทือนหรือแผ่นดินไหว มีอัตราการเลื่อนสูง โดยมีการวัดว่าเกิดการเลื่อนตัวเฉลี่ยปีละประมาณ 18-20 มิลลิเมตร แม้ว่ารอยเลื่อนสะกายจะอยู่ในประเทศเมียนมา แต่มีระยะห่างจากภาคเหนือของไทย เช่น เชียงราย หรือแม่ฮ่องสอน เพียงประมาณ 200-300 กิโลเมตรเท่านั้น แผ่นดินไหวขนาด 6.5-7.0 แมกนิจูดจึงสามารถส่งแรงสั่นสะเทือนได้ไกลถึงไทย โดยเฉพาะหากจุดศูนย์กลางอยู่ทางตอนใต้ของแนวรอยเลื่อนซึ่งใกล้เขตชายแดนมากยิ่งขึ้น แผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนสะกายสามารถกระตุ้นให้รอยเลื่อนอื่น ๆ ที่มีพลังในฝั่งไทยขยับตัวตามไปด้วย เช่น รอยเลื่อนแม่จัน รอยเลื่อนพะเยา หรือรอยเลื่อนแม่ทา ซึ่งเป็นรอยเลื่อนภายในประเทศไทย ในอดีต แถบภาคเหนือลามไปถึงกรุงเทพฯ เคยได้รับแรงสั่นสะเทือนจากรอยเลื่อนสะกายนี้ในระดับ 3 (จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 8.0 เมื่อ 23 พฤษภาคม พ.ศ. 2455 และ 7.0 เมื่อ 3-4 ธันวาคม พ.ศ. 2473) (กรุงเทพธุรกิจ, 2568)

แผ่นดินไหวในกรณีศึกษาเกิดขึ้นเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2568 ณ เมืองมันทะเลย์ ประเทศเมียนมา เกิดขึ้นเมื่อเวลาประมาณ 12.51 น. ตามเวลาท้องถิ่นเมียนมา หรือ 13.20 น. ตามเวลาประเทศไทย ขนาด 8.2 แมกนิจูด ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่ละติจูด 21.682 องศาเหนือ ลองจิจูด 96.121 องศาตะวันออก ที่ระดับความลึก 10 กิโลเมตร มีรายงานการสั่นสะเทือนจากอินเดียไปทางตะวันตกและจีนไปทางตะวันออก รวมถึงกัมพูชาและลาวด้วย ในเมียนมา มีผู้บาดเจ็บเสียชีวิตจากเหตุแผ่นดินไหวและอาฟเตอร์ช็อก (แผ่นดินไหวตาม) โครงสร้างพื้นฐาน โทรศัพท ไฟฟ้า และอินเทอร์เน็ตทั่วประเทศได้รับความเสียหาย อาคารใน 5 เมืองพังถล่มลงมา รวมถึงสะพานรถไฟและสะพานถนนบนทางด่วนสายย่างกุ้ง-มันทะเลย์ ความเสียหายแผ่ขยายไปทั่วเมือง และย่านหนึ่งคือย่านเซนปานก็เกิดไฟไหม้ ในประเทศไทย มีผู้เสียชีวิตในกรุงเทพฯ โดยส่วนใหญ่เสียชีวิตจากเหตุตึกที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างถล่ม (เอสบีเอส, 2568) ประชาชนรับรู้แรงสั่นสะเทือนทุกพื้นที่ อาคารและสิ่งปลูกสร้างหลายแห่งเกิดรอยร้าวแตกหักเสียหาย เศษวัสดุของอาคารบางสวนตกหล่นใส่รถยนต์ เคนบนอาคารที่กำลัง

ก่อสร้างหักพับลงมา และส่งผลกระทบต่อหลายจังหวัดในประเทศไทยได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แม่ฮ่องสอน ลำพูน พะเยา กำแพงเพชร น่าน แพร่ ตาก พิษณุโลก สุโขทัย เพชรบูรณ์ พิจิตร อุตรดิตถ์ โดยมีอาคารและสิ่งปลูกสร้างหลายแห่งเกิดรอยร้าว (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2568) หลังเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว มีเหตุการณ์แผ่นดินไหวตาม (Aftershocks) ทั้งหมด 225 เหตุการณ์ แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย

2.4 แนวคิดการจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Zoning) คือการแบ่งพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ออกเป็นโซนตามระดับความเสี่ยงหรือความรุนแรงที่คาดว่าจะเกิดจากแผ่นดินไหวในอนาคต โดยอิงจากข้อมูลทางธรณีวิทยา ประวัติการณ์ของแผ่นดินไหว และรูปแบบโครงสร้างทางธรณีเทคนิคของพื้นที่ ตัวอย่างเช่น สหรัฐอเมริกาได้จัดทำแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวโดยอิงค่าความเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration: PGA) ที่มีโอกาสเกิด 2% ในช่วงเวลา 50 ปี ซึ่งคำนวณจากโมเดลความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวร่วมกับข้อมูลการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (USGS, 2024) ในประเทศอินเดีย การจำแนกพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแบ่งออกเป็น 4 โซน ตามมาตรฐานการก่อสร้างของประเทศ โดยโซน 5 เป็นเขตที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดจากสถิติการเกิดแผ่นดินไหวย้อนหลัง และโซน 2 เป็นเขตที่มีความเสี่ยงต่ำที่สุด (Wikipedia, 2025) การจำแนกพื้นที่เสี่ยงช่วยให้หน่วยงานด้านการวางแผนและออกแบบโครงสร้างพื้นฐานสามารถออกแบบสิ่งปลูกสร้างให้สอดคล้องกับความเสี่ยงในแต่ละพื้นที่

2.5 ภูมิสถิติ (Geostatistics)

ภูมิสถิติ (Geostatistics) เป็นสาขาหนึ่งของสถิติที่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และการประมาณค่าตามพื้นที่ ที่พบได้ทั่วไปในวิทยาศาสตร์โลก เช่น ธรณีวิทยา อุทกวิทยา อุตุนิยมวิทยา เป็นต้น พัฒนาขึ้นในค.ศ. 1950–1960 โดยใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่เป็นหลัก และขยายไปใช้กับสาขาอื่น ๆ ในการตีความข้อมูลพื้นที่จากจุดตัวอย่างที่กระจุกกระจาย (Zhang, 2011) หนึ่งในปัญหาพื้นฐานที่ Geostatistics ช่วยแก้ไขคือการประมาณค่าที่ตำแหน่งที่ยังไม่มีการวัด โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ฝังอยู่ในข้อมูลเรียกว่าการประมาณค่าเชิงพื้นที่ เพื่อทำนายค่าของตัวแปรต่อเนื่องในบริเวณที่ยังไม่มีการวัดค่าตัวแปรดังกล่าว ด้วยการใช้ข้อมูลค่าที่วัดได้จากพื้นที่อื่น

ภูมิสถิติ แตกต่างจากสถิติแบบดั้งเดิมตรงที่ไม่ได้มองข้อมูลแต่ละจุดเป็นอิสระต่อกัน แต่พิจารณาว่าค่าของตัวแปร ณ ตำแหน่งหนึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าของตัวแปร ณ ตำแหน่งใกล้เคียง โดยความสัมพันธ์นี้จะลดลงเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้น แนวคิดหลักคือ "สิ่งของที่อยู่ใกล้กันมักมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าสิ่งของที่อยู่ไกลกัน" (Tobler's First Law of Geography) ช่วยให้สามารถประมาณค่าความรุนแรงแผ่นดินไหวในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดหรือข้อมูลสำรวจได้ โดยอิงจากความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูลความรุนแรงที่ทราบค่า

2.5.1 Variogram และ Semi-variogram

Variogram และ Semi-variogram เป็นฟังก์ชันที่ใช้วัดและอธิบายความแปรปรวนหรือความคล้ายคลึงกันของข้อมูล แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของค่าข้อมูลระหว่างจุดสองจุดเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อระยะห่างระหว่างจุดทั้งสองเพิ่มขึ้น วัตถุประสงค์หลักคือการวิเคราะห์และหาโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของข้อมูล เพื่อนำไปใช้กำหนดน้ำหนักในการประมาณค่า

Variogram คือฟังก์ชันที่อธิบายระดับของความไม่เหมือนกัน (dis-similarity) หรือความแปรปรวนของค่าที่อยู่ห่างกันด้วยระยะทาง h โดยมีสูตรดังนี้

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

โดยที่ $2\gamma(h)$ คือค่า Variogram ที่ระยะทาง h

$N(h)$ คือจำนวนคู่ของจุดข้อมูลที่อยู่ห่างกันด้วยระยะทาง h

$Z(x_i)$ คือค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่ง (x_i)

$Z(x_i) + h$ คือค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ห่างจาก (x_i) ด้วยระยะทาง h

h หมายถึง Lag Distance หรือ ระยะห่าง ระหว่างจุดข้อมูลสองจุด

ในขณะที่ Semi-variogram เป็นฟังก์ชันที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้แสดงระดับของความแปรผันของข้อมูลระหว่างตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีระยะห่าง (Lag Distance) แตกต่างกัน มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของ Variogram โดยมีสูตรดังนี้

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

โดยที่ $\gamma(h)$ คือค่า Semi-variogram ที่ระยะทาง h

$N(h)$ คือจำนวนคู่ของจุดข้อมูลที่อยู่ห่างกันด้วยระยะทาง h

$Z(x_i)$ คือค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่ง (x_i)

$Z(x_i) + h$ คือค่าของข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ห่างจาก (x_i) ด้วยระยะทาง h

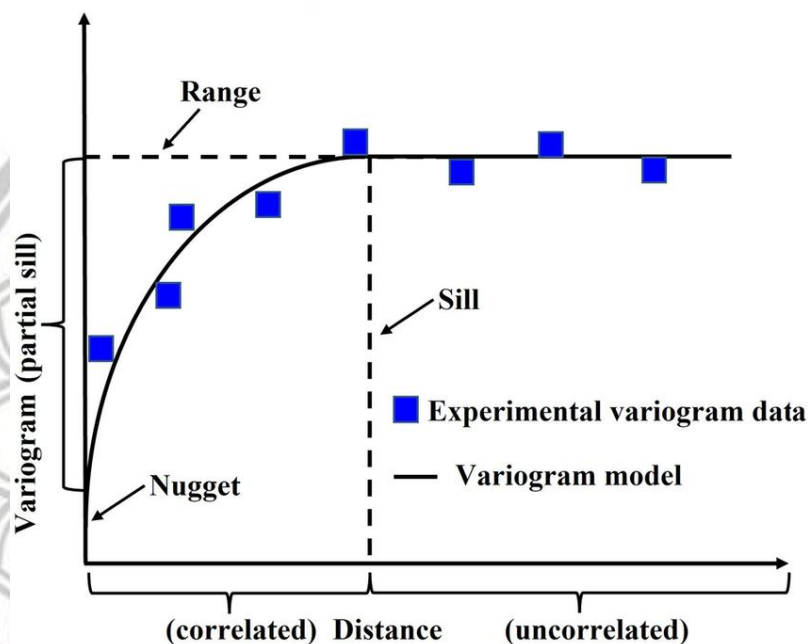
h หมายถึง Lag Distance หรือ ระยะห่าง ระหว่างจุดข้อมูลสองจุด

Semi-variogram จะมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ Range, Sill และ Nugget แต่ละองค์ประกอบมีบทบาทในการอธิบายโครงสร้างของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างจุดข้อมูล

1. Range (ช่วง) คือระยะทางที่ Semi-variogram มีค่าเข้าใกล้และเริ่มคงที่ที่ค่า Sill Range เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการบ่งบอกขอบเขตของอิทธิพลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลที่อยู่ภายในระยะ Range จะยังมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างกัน ในขณะที่ข้อมูลที่อยู่ห่างกันมากกว่าระยะ Range จะถือว่าไม่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อีกต่อไป

2. Sill (ค่าคงที่) คือค่าความแปรปรวนสูงสุดที่กราฟ Semi-variogram เข้าถึงและคงที่ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่า Sill จะใกล้เคียงกับความแปรปรวนโดยรวมของข้อมูลทั้งหมด เมื่อระยะทางระหว่างจุดข้อมูลเพิ่มขึ้นจนถึงจุด Sill นั้นหมายความว่าจุดข้อมูลเหล่านั้นอยู่ห่างกันมากพอที่จะไม่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างกันอีกต่อไป

3. Nugget คือค่าของ Semi-variogram ที่ระยะห่างเข้าใกล้ศูนย์ ($h=0$) ซึ่งในทางทฤษฎีควรมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติมักพบค่าที่สูงกว่าศูนย์เสมอ ค่านี้เรียกว่า Nugget Effect ซึ่งเป็นผลรวมของความแปรปรวนที่เกิดจากสาเหตุสองประการหลัก ได้แก่ 1) ข้อผิดพลาดในการวัด ที่เกิดจากความไม่แม่นยำของอุปกรณ์ และ 2) ความผันแปรเชิงพื้นที่ในระดับจุลภาค ที่มีขนาดเล็กกว่าระยะการเก็บตัวอย่างซึ่งไม่สามารถตรวจวัดได้ (Esri, n.d.)



ภาพที่ 12 Range, Sill และ Nugget ของแบบจำลองวาริโอแกรม

ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/illustration-of-the-range-sill-and-nugget-components-of-a-variogram-model_fig3_364953040

2.5.2 Kriging

Kriging (ครีกกิง) เป็นวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ทางสถิติขั้นสูง พัฒนาขึ้นโดย Danie G. Krige วิศวกรเหมืองแร่ชาวแอฟริกาใต้ เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณแร่ในแหล่งเหมือง หลักการของ Kriging คือการผสมผสานแนวคิดทาง Geostatistics กับทฤษฎีการถดถอยเชิงเส้น เพื่อให้ได้ค่าประมาณเชิงพื้นที่ที่แม่นยำสูงสุดภายใต้เงื่อนไขของการเป็นตัวประมาณเชิงเส้นที่ดีที่สุดแบบไม่มีอคติ (Best Linear Unbiased Predictor: BLUP)

กระบวนการของ Kriging ประกอบด้วยการคำนวณน้ำหนักของค่าข้อมูลจากจุดที่อยู่รอบตำแหน่งที่ต้องการประมาณ และพิจารณาโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งอธิบายผ่าน Semi-variogram ที่แสดงระดับความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามระยะทาง (Journel & Huijbregts, 1978) Kriging มีจุดเด่นเหนือวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่แบบดั้งเดิม เช่น Inverse Distance Weighting (IDW) ตรงที่สามารถประเมินค่าความแปรปรวนของการประมาณค่า (estimation variance) ณ จุดที่ไม่มีข้อมูลจริงได้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหว (earthquake intensity) และการทำแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัย (hazard mapping) เป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากสำคัญต่อการวางแผนการจัดการภัยพิบัติและการเตรียมความพร้อมของสังคมและเมืองในพื้นที่เสี่ยง อย่างไรก็ตามวิธีการประเมินแบบดั้งเดิมมักพึ่งพาข้อมูลจากเครือข่ายเครื่องวัดแผ่นดินไหวซึ่งมีความแม่นยำสูง แต่ข้อจำกัดสำคัญคือการกระจายตัวของสถานีวัดซึ่งไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีเครือข่ายเครื่องมือยังไม่ครอบคลุม (Atkinson & Wald, 2007) ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลรายงานจากประชาชนหรือ “Did You Feel It?” (DYFI) ซึ่งถูกพัฒนาโดย USGS จึงถูกนำมาใช้แพร่หลายเนื่องจากสามารถสร้างฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่กว้างขวางและได้ผลลัพธ์รวดเร็วในระดับแทบเรียลไทม์ แม้จะมีข้อถกเถียงเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือ แต่มีหลักฐานจำนวนมากที่ชี้ให้เห็นว่า DYFI สามารถสะท้อนรูปแบบความรุนแรงที่สอดคล้องกับข้อมูลจากเครื่องวัดการสั่นสะเทือนในหลายกรณีศึกษา (Atkinson & Wald, 2007; Wald et al., 2012; Quitoriano & Wald, 2020)

อย่างไรก็ตาม ในบริบทของประเทศไทย งานวิจัยของ Pailoplee, Sugiyama และ Charusiri (2022) เรื่อง การประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในประเทศไทยจากแนวคิดความน่าจะเป็นศึกษาการประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในประเทศไทยโดยใช้ Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) ซึ่งประเมินความน่าจะเป็นที่แผ่นดินไหวระดับต่าง ๆ จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง โดยรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว ได้แก่ ข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต รอยเลื่อนมีพลัง และสมการทำนายอัตราการสั่นไหวของพื้นดิน เพื่อสร้างแบบจำลองความเสี่ยงในเชิงพื้นที่และจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย งานวิจัยชี้ว่าข้อมูลแผ่นดินไหวในประเทศไทยยังมีจำกัดและไม่ครอบคลุมทั่วประเทศ ทำให้มีความไม่แน่นอนสูง ส่งผลต่อความแม่นยำของการประเมิน ดังนั้น การใช้ข้อมูลรายงานจากประชาชนผ่านระบบ “Did You Feel It?” (DYFI) จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเติมเต็มช่องว่างของเครือข่ายเครื่องมือวัด โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว

เมื่อข้อมูลความรู้สึกของประชาชนถูกแปลงเป็นค่าตามมาตราส่วน Modified Mercalli Intensity (MMI) ทำให้สามารถใช้เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) เพื่อสร้าง hazard map ได้หลายรูปแบบ ประเด็นสำคัญคือการเลือกเทคนิคการประมาณค่าให้เหมาะสมกับการกระจายของข้อมูล โดยเฉพาะเมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ วิธีที่ใช้แพร่หลายคือ Inverse Distance Weighting (IDW) และ Kriging โดย IDW เป็นวิธีที่เรียบง่ายและให้ผลลัพธ์รวดเร็ว แต่ไม่สามารถสะท้อนโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ซับซ้อนได้ ในขณะที่ Kriging ซึ่งอยู่บนฐานของ Geostatistics สามารถจัดการกับ spatial autocorrelation สะท้อนความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ดีกว่า และให้ค่าประมาณที่เหมาะสมในพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูล (Goovaerts, 1997; Li & Heap, 2014) หลักฐานเชิงประจักษ์ชี้ว่า Kriging สามารถสะท้อนความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ดีกว่าเมื่อจำนวนและการกระจายตัวของข้อมูลเพียงพอ แต่ก็มีข้อจำกัดด้านความซับซ้อนและการใช้สมมติฐานทางสถิติที่เข้มงวด (Johnston et al., 2001)

การเปรียบเทียบระหว่าง Kriging, IDW และวิธีอื่น ๆ เช่น Radial Basis Function (RBF) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในทศวรรษที่ผ่านมา ตัวอย่างเช่น Alavi, Bahrami, Mashayekhi และ Zolfaghari (2024) ในงานวิจัยเรื่อง Optimizing Interpolation Methods and Point Distances

for Accurate Earthquake Hazard Mapping ได้ศึกษาการเลือกวิธีการ Interpolation และ ระยะห่างระหว่างจุดเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจัดทำแผนที่ภัยแผ่นดินไหว โดยทำการเปรียบเทียบ เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ เช่น Kriging, Inverse Distance Weighting (IDW) และ Radial Basis Function (RBF) เพื่อประเมินความแม่นยำ โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวจริงจากพื้นที่ตัวอย่างในประเทศอิหร่าน ผลการวิจัยพบว่าเทคนิค Kriging ให้ความแม่นยำสูงที่สุดในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และสามารถจับลักษณะของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ดีกว่าวิธีอื่น นอกจากนี้ยังพบว่า การกำหนดระยะห่างระหว่างจุดข้อมูลมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพของแผนที่ โดยระยะที่เหมาะสมสามารถช่วยลดค่าความคลาดเคลื่อน (RMSE) ได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ De Rubeis, Tosi, Calvino และ Solipaca (2005) ในงานวิจัยเรื่อง Application of kriging technique to seismic intensity data ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Kriging กับข้อมูลความรุนแรงแผ่นดินไหว เพื่อตีความการกระจายของความรุนแรงในเชิงพื้นที่ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศอิตาลี เพื่อสร้างแผนที่แสดงระดับความรุนแรงที่ได้รับรายงานจากประชาชนและสถานีตรวจวัดหลายแห่ง ผลการศึกษาพบว่า เทคนิค Kriging สามารถจับรูปแบบความเปลี่ยนแปลงของความเข้มแผ่นดินไหวได้อย่างแม่นยำ และช่วยให้เข้าใจลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนที่กระจายตัวออกจากศูนย์กลางแผ่นดินไหว (epicenter) ได้ดี และพารามิเตอร์ของ Semi-variogram ที่เหมาะสม เช่น รูปแบบ (model type), ค่า nugget และ range ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลการประมาณค่าอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัย ตั้งแต่วิธีการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การเตรียมข้อมูล ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในการศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อประเมินความรุนแรงแผ่นดินไหว ตรวจสอบประสิทธิภาพของเทคนิคการประมาณค่าพื้นที่เชิงสถิติแบบ Kriging ในการศึกษาความรุนแรงแผ่นดินไหว

3.1 วิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Research)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS Desktop ในการจัดทำแผนที่ และประมาณค่าพื้นที่เชิงสถิติแบบ Kriging

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลแผ่นดินไหวจาก USGS จุดข้อมูล 1 จุดต่อรัศมี 10 กิโลเมตร เพื่อลดการซ้ำซ้อนและลดความหนาแน่นของข้อมูลในพื้นที่เดียวกัน

3.4 การเตรียมข้อมูล

1. ดาวน์โหลด shapefile ขอบเขตประเทศ แปลงระบบพิกัดเป็น WGS 84 / UTM zone 47N
2. ดาวน์โหลดไฟล์ GEOJSON (DYFI Geospatial Data, UTM aggregated (10km spacing)) ของแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 และเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา วันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2568
3. แปลงไฟล์ GEOJSON ให้เป็น Shapefile ในโปรแกรม QGIS
4. นำ Shapefile ที่ได้จากข้อ 2 เปิดในโปรแกรม ArcGIS
5. ใช้เครื่องมือ Feature To Point (Data Management > Features > Feature To Point) เพื่อแปลง Shapefile ให้เป็นประเภท Points สำหรับการประมวลผล
6. เพื่อเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหว จำนวนจุดข้อมูลของเมียนมาถูกปรับให้

เท่ากับเชิงราย โดยเลือกจุดที่พิกัดใกล้เคียงกับเหตุการณ์ใกล้เชิงรายมากที่สุด เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความรุนแรงในพื้นที่ได้ตรงกัน

7. นำ Shapefile ที่เตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้วเข้าสู่กระบวนการประมวลผล Kriging

3.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ดาวน์โหลดข้อมูลความรุนแรงแผ่นดินไหว (MMI) และพิกัดจุดศูนย์กลาง
2. วิเคราะห์กราฟารีโอแกรม
3. ประมาณค่าความรุนแรงแผ่นดินไหวโดยใช้เทคนิคการประมาณค่าพื้นที่เชิงสถิติแบบ Kriging
4. สร้างแผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา
5. ตรวจสอบประสิทธิภาพของ Kriging จาก Nugget Ratio
6. วิเคราะห์ความรุนแรงแผ่นดินไหวระหว่างจุดศูนย์กลางในประเทศไทยและเมียนมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ความรุนแรงแผ่นดินไหวสองเหตุการณ์ ได้แก่ แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางจากอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางจากเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา โดยใช้เทคนิคการประมาณค่าพื้นที่เชิงสถิติแบบ Kriging ผลการศึกษาถูกจัดเป็นหัวข้อย่อยดังนี้

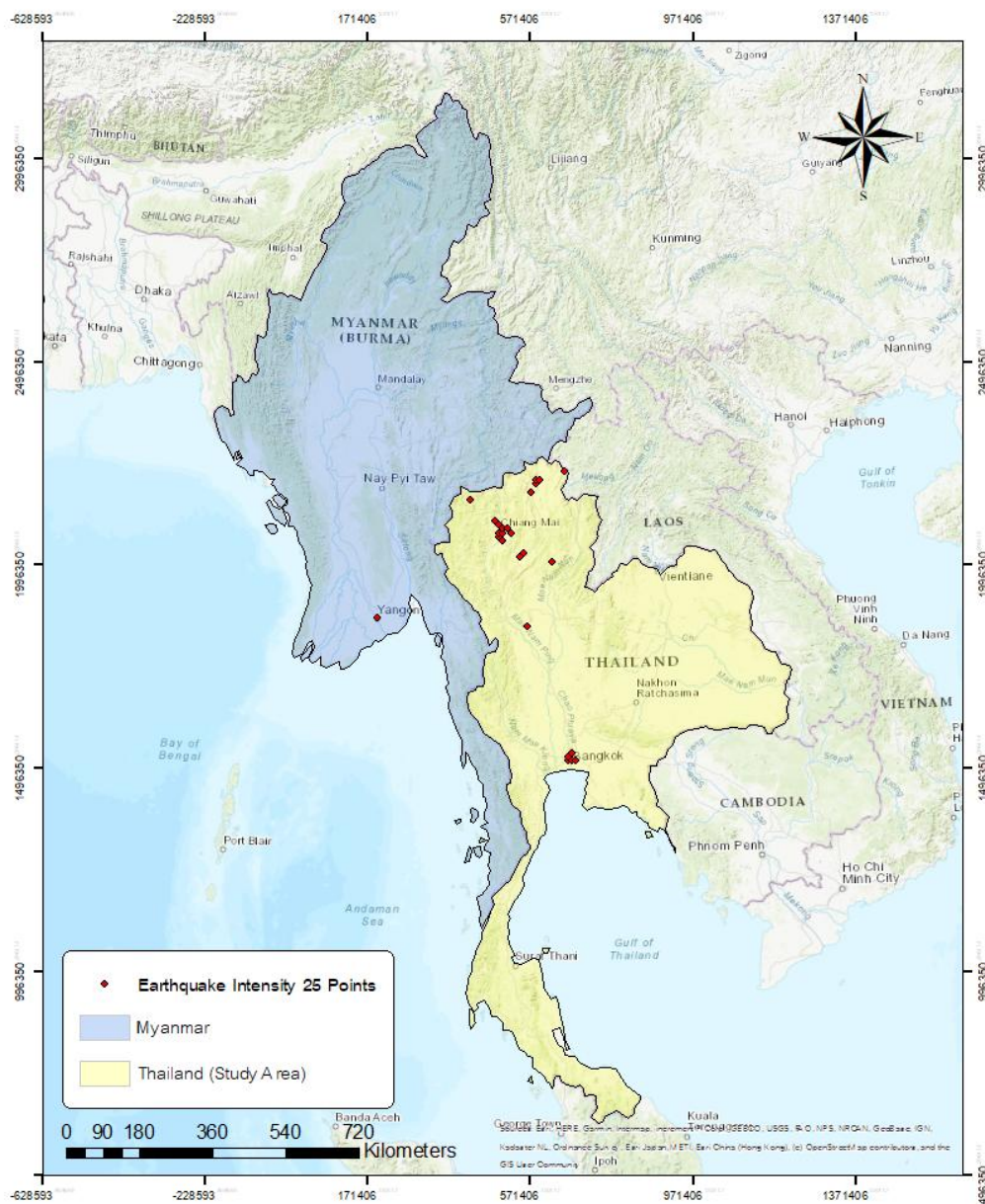
- 4.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Epicenter)
 - 4.1.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
 - 4.1.2 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว เมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา
- 4.2 กราฟวาริโอแกรม
 - 4.2.1 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
 - 4.2.2 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา
 - 4.2.3 การเปรียบเทียบกราฟวาริโอแกรม
- 4.3 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหว
 - 4.3.1 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
 - 4.3.2 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา
- 4.4 การเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวที่ความรุนแรงระดับต่าง ๆ
 - 4.4.1 ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย
 - 4.4.2 ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา
- 4.5 พื้นที่ซ้อนทับของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวทั้งสองเหตุการณ์
 - 4.5.1 เปรียบเทียบพื้นที่ซ้อนทับของความรุนแรงแผ่นดินไหว
- 4.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนต่อแผ่นดินไหว
 - 4.6.1 พื้นที่แปรปรวนต่อแผ่นดินไหวสูง
 - 4.6.1 พื้นที่แปรปรวนต่อแผ่นดินไหวปานกลาง
 - 4.6.1 พื้นที่แปรปรวนต่อแผ่นดินไหวต่ำ

4.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Epicenter)

ในการวิเคราะห์ ใช้จำนวนจุดตัวอย่าง (sampling points) เท่ากัน จำนวน 25 จุดในทั้งสองเหตุการณ์ เพื่อให้เปรียบเทียบกันได้ชัดเจน

4.1.1 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

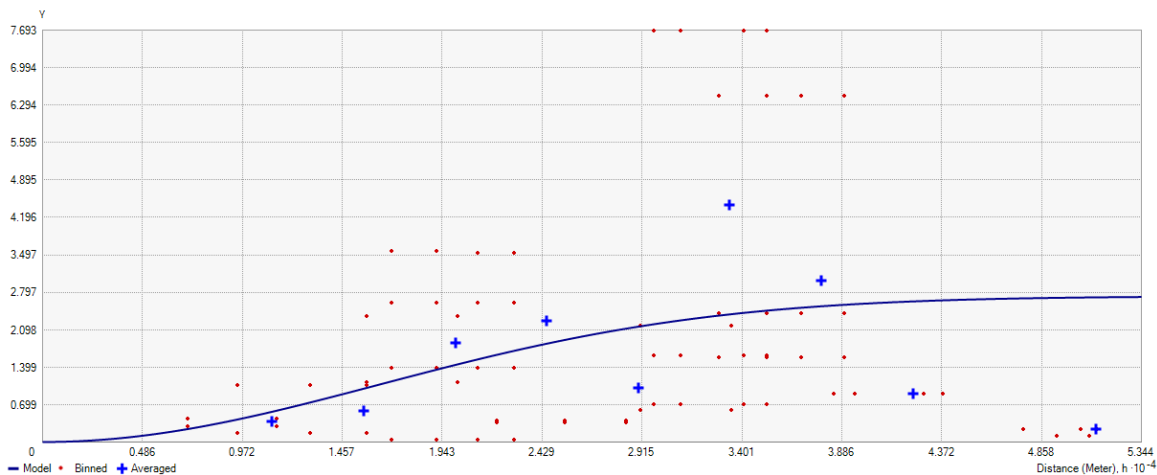
Epicenter: Phan District, Chiang Rai, Thailand



ภาพที่ 13 ตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

4.2 กราฟวาริโอแกรม

4.2.1 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย



ภาพที่ 15 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

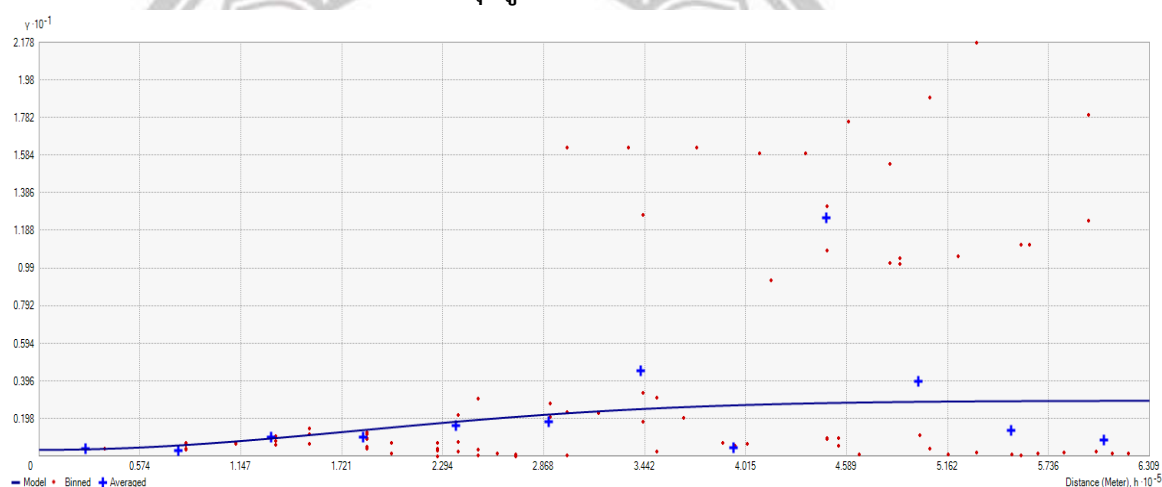
แกน X (Distance, $h \times 10^{-4}$ m)	คือ ระยะทางเชิงพื้นที่
แกน Y (Y)	คือ ค่าความแปรปรวน (semivariance)
จุดสีแดง	คือ ค่าที่คำนวณจากข้อมูลจริง
จุดสีน้ำเงิน	คือ ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงระยะทาง
เส้นสีน้ำเงิน	คือ แนวโน้มโดยรวม
Nugget:	0.0027
Partial Sill:	2.7212
Total Sill:	2.7239
Range:	4.0×10^4 m ~ 40 km
Nugget Ratio	$\frac{Nugget}{Total\ Sill} = \frac{0.0027}{2.7239} \times 100 = 0.0991\%$

จากการวิเคราะห์วาริโอแกรม พบว่า

1. Range กราฟเข้าสู่ภาวะอิ่มตัวที่ระยะประมาณ 40,000 เมตร หรือประมาณ 40 กิโลเมตร หมายความว่า ความรุนแรงแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในระยะ 40 กิโลเมตร แต่เมื่อเกิน 40 กิโลเมตร ความสัมพันธ์จะหมดลง
2. Nugget มีค่าเพียง 0.0027 ถือว่าต่ำมาก บ่งบอกว่าข้อมูลในตำแหน่งที่ใกล้กันหรือซ้อนกันแทบจะไม่มี ความแตกต่างกันเลย
3. Nugget Ratio = 0.0991% อยู่ในระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าพื้นผิวสถิติแบบ Kriging ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. Partial Sill แสดงถึงความแปรปรวน โดยมีค่า 2.7212 ซึ่งสูงเมื่อเทียบกับ Nugget แสดงว่า ความแปรปรวนของข้อมูลส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยเชิงพื้นที่ ไม่ใช่จากความผิดพลาดในการวัดหรือความแปรปรวนเฉพาะที่

ผลการวิเคราะห์วาริโอแกรมของแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัด เชียงราย แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความต่อเนื่องเชิงพื้นที่สูง จากค่า Nugget และสัดส่วน Nugget Ratio ที่อยู่ในระดับต่ำมาก ในขณะที่ความแปรปรวนโดยรวมส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างเชิงพื้นที่ (Partial Sill สูง) ทั้งนี้ ระยะของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Range) ครอบคลุมเพียงประมาณ 40 กิโลเมตร แสดงว่าอิทธิพลของแผ่นดินไหวความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในระยะใกล้ และจำกัดอยู่ในพื้นที่ใกล้ ศูนย์กลาง

4.2.2 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา



ภาพที่ 16 กราฟวาริโอแกรมแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา

แกน X (Distance, $h \times 10^{-5}$ m)

คือ ระยะทางเชิงพื้นที่

แกน Y ($\gamma \times 10^{-1}$)

คือ ค่าความแปรปรวน (semivariance)

จุดสีแดง

คือ ค่าที่คำนวณจากข้อมูลจริง

จุดสีน้ำเงิน

คือ ค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงระยะทาง

เส้นสีน้ำเงิน

คือ แนวโน้มโดยรวม

Nugget:

0.3217

Partial Sill:

2.5886

Total Sill:

2.9103

Range:

4.45×10^5 m \sim 445 km

Nugget Ratio

$\frac{Nugget}{Total\ Sill} = \frac{0.3217}{2.9103} \times 100 = 11.0538\%$

จากการวิเคราะห์วาริโอแกรม พบว่า

1. Range กราฟเข้าสู่ภาวะอิ่มตัวที่ระยะประมาณ 445,000 เมตร หรือประมาณ 445 กิโลเมตร ถือว่ากว้างมากเมื่อเทียบกับกรณีแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย แสดงว่าความรุนแรงแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระยะไกล ส่งผลกระทบในวงกว้าง

2. Nugget เท่ากับ 0.3217 ถือว่าต่ำ บ่งบอกว่าข้อมูลในตำแหน่งที่ใกล้กันหรือซ้อนกันแทบจะไม่มี ความแตกต่างกันเลย

3. Nugget Ratio = 11.0538% อยู่ในระดับความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าพื้นผิวสถิติแบบ Kriging ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. Partial Sill เท่ากับ 2.5886 ซึ่งสูงเมื่อเทียบกับ Nugget แสดงว่า ความแปรปรวนของข้อมูลส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยเชิงพื้นที่ ไม่ใช่จากความผิดพลาดในการวัดหรือความแปรปรวนเฉพาะที่

ผลการวิเคราะห์วาริโอแกรมของแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลทะเลย์ ประเทศเมียนมา แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากมี Nugget ในระดับต่ำ และ Nugget Ratio เพียง 11.0538% ความแปรปรวนส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างเชิงพื้นที่ (Partial Sill สูง) ขณะที่ระยะของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Range) อยู่ที่ประมาณ 445 กิโลเมตร แสดงว่าแผ่นดินไหวสามารถส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์กลางได้



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.2.3 การเปรียบเทียบกราฟวาริโอแกรม

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบกราฟวาริโอแกรม

คุณสมบัติเปรียบเทียบ	แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา	ความแตกต่าง
Nugget	0.0027	0.3217	0.319
Partial Sill	2.7212	2.5886	0.1326
Total Sill	2.7239	2.9103	0.1864
Range	40 กิโลเมตร	ประมาณ 445 กิโลเมตร	405 กิโลเมตร
Nugget Ratio	0.0991%	11.0538%	10.9547

จากการเปรียบเทียบกราฟวาริโอแกรมของเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา พบว่าแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีค่า Nugget ต่ำมาก (0.0027) และค่า Nugget Ratio เพียง 0.0991% แสดงว่าข้อมูลมีความต่อเนื่องเชิงพื้นที่สูง และโครงสร้างเชิงพื้นที่เป็นตัวอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ สอดคล้องกับค่า Partial Sill ที่สูง (2.7212) อย่างไรก็ตาม ระยะความสัมพันธ์เชิงพื้นที่มีเพียงประมาณ 40 กิโลเมตร แสดงว่าความรุนแรงแผ่นดินไหวจำกัดอยู่ในพื้นที่ใกล้ศูนย์กลาง

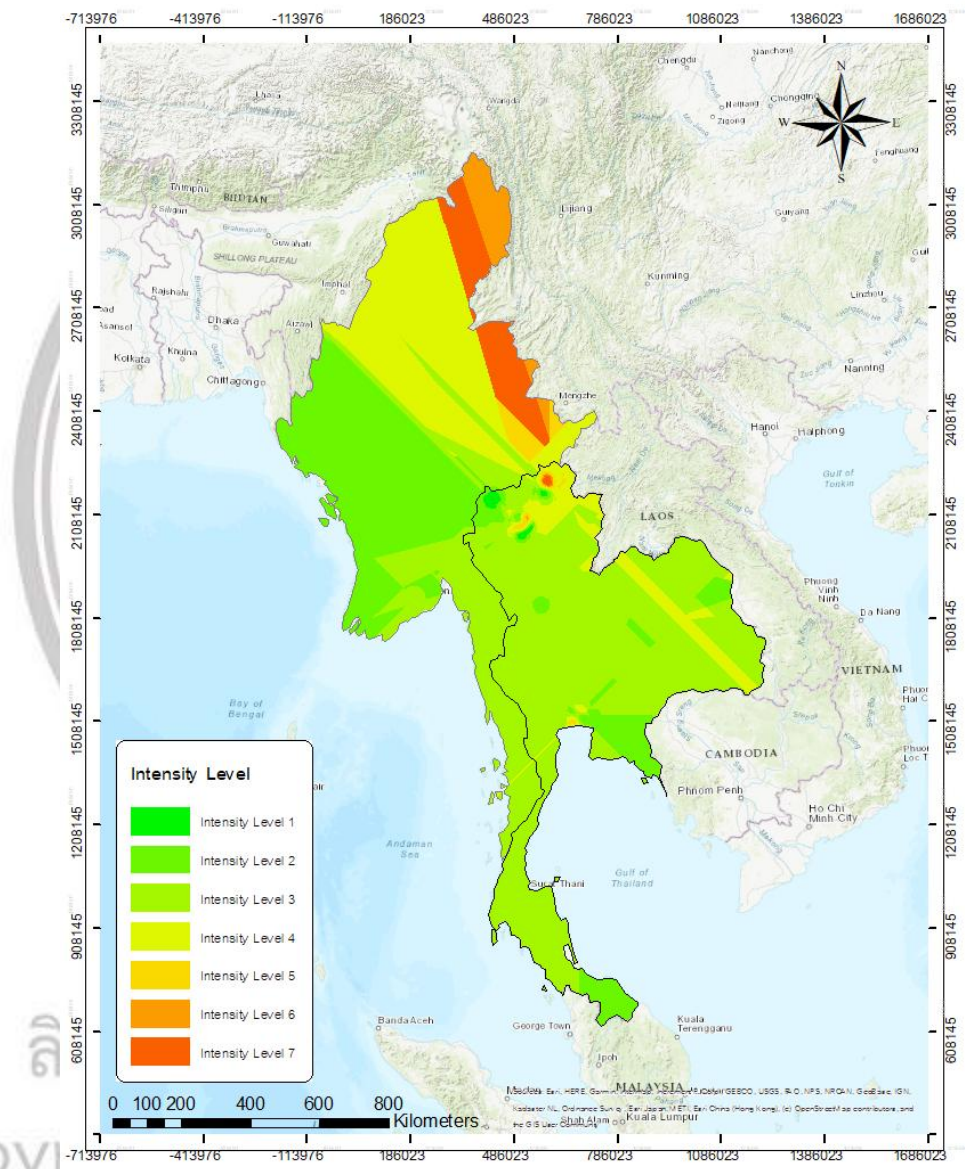
ในทางกลับกัน แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา มีค่า Nugget สูงกว่า (0.3217) และค่า Nugget Ratio 11.0538% แสดงว่ามีความไม่ต่อเนื่องเชิงพื้นที่มากกว่า ค่า Partial Sill (2.5886) และ Total Sill (2.9103) แสดงว่าโครงสร้างเชิงพื้นที่เป็นตัวอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ มีระยะความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ประมาณ 445 กิโลเมตร แสดงว่าแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา ส่งผลกระทบต่อในวงกว้าง

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่าง พบว่าค่า Nugget ต่างกัน 0.319 แสดงถึงความไม่ต่อเนื่องเชิงพื้นที่ของแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมาที่สูงกว่า ขณะที่ค่า Partial Sill และ Total Sill ต่างกันเพียงเล็กน้อย (0.1326 และ 0.1864 ตามลำดับ) แสดงว่าทั้งสองเหตุการณ์มีความแปรปรวนเชิงพื้นที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ ค่า Nugget Ratio ของทั้งสองเหตุการณ์อยู่ในช่วง 0–25% ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีมาก มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง ส่งผลให้การประมาณค่าด้วย Kriging มีความน่าเชื่อถือสูง ส่วนค่า Range ที่แตกต่างกันประมาณ 405 กิโลเมตร แสดงให้เห็นว่าแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมาสั้นสะเทือนกว้างกว่าแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย โดยสรุป ข้อมูลทั้งสองเหตุการณ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีต่อการประมาณค่าด้วยวิธี Kriging มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูงตามทฤษฎีของ Nugget Ratio

4.3 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหว

4.3.1 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

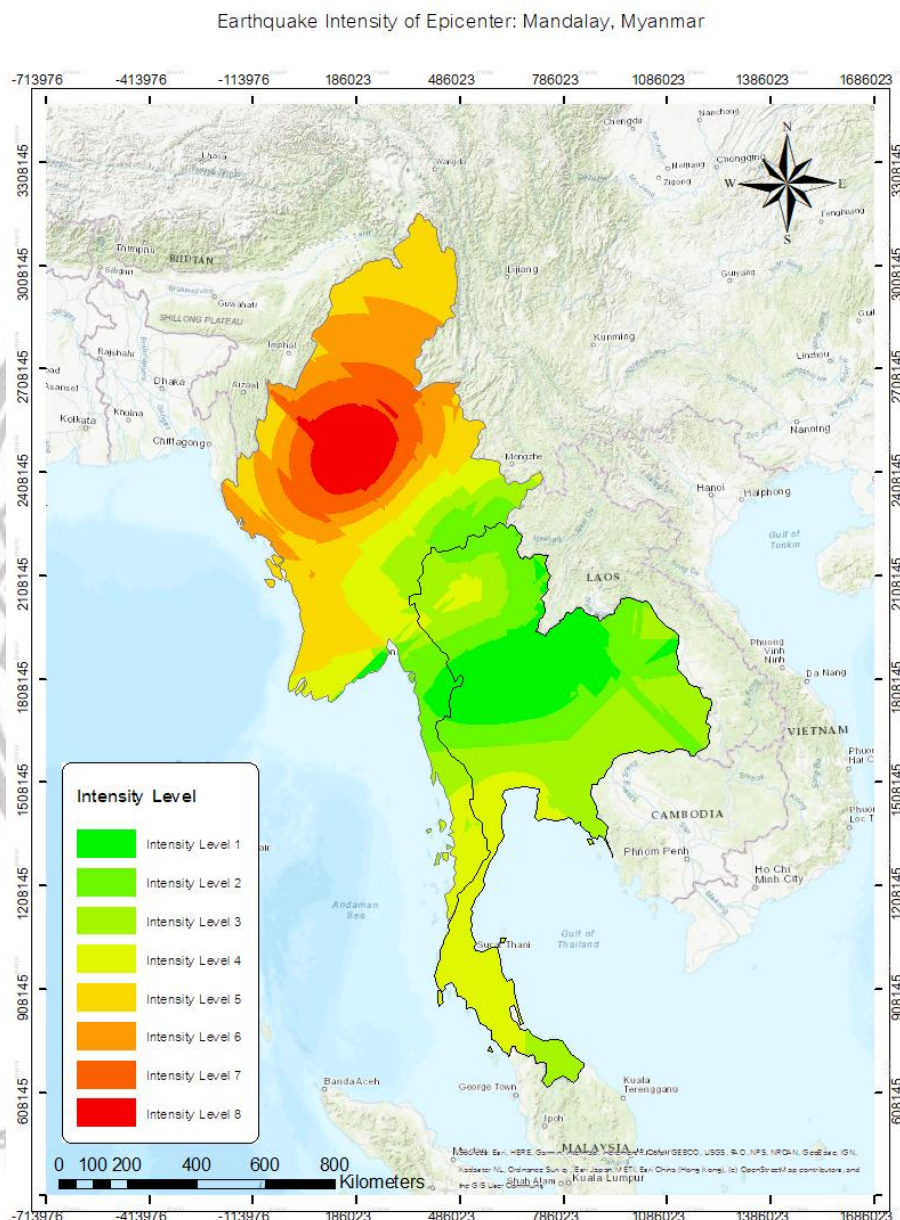
Earthquake Intensity of Epicenter: Phan District, Chiang Rai Province, Thailand



ภาพที่ 17 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

จากการประมวลผลด้วยเทคนิค kriging แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย พบว่ามีค่าความรุนแรงระดับ 7 ในบริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหว และพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีค่าความรุนแรงระดับ 4

4.3.2 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมัณฑะเลย์ ประเทศเมียนมา



ภาพที่ 18 แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมัณฑะเลย์ ประเทศเมียนมา

จากการประมวลผลด้วยเทคนิค kriging แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมัณฑะเลย์ ประเทศเมียนมา พบว่า มีค่าความรุนแรงระดับ 8 ในบริเวณจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว และพื้นที่ส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีค่าความรุนแรงระดับ 3 ความรุนแรงสูงสุดในประเทศไทยระดับ 4

4.4 การเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวที่ความรุนแรงระดับต่าง ๆ

Goovaerts p. (1997). ได้สรุปหลักการภูมิสถิติ (Geo-statistics) สำหรับวิเคราะห์อัตราส่วน Nugget ratio ไว้ดังนี้

$$\text{Nugget Ratio} = \frac{\text{Nugget}}{\text{Sill}}$$

ตารางที่ 4 หลักการวิเคราะห์อัตราส่วน Nugget Ratio

อัตราส่วน Nugget ต่อ sill	การตีความความสัมพันธ์เชิงพื้นที่	ความหมาย
0% - 25% (น้อย)	ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง	ดีที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ Kriging เพราะความแตกต่างของค่าส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างเชิงพื้นที่จริงที่สามารถอธิบายได้
25% - 75% (ปานกลาง)	ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ปานกลาง	พอใช้ แต่ควรรระมัดระวังในการตีความผลลัพธ์
มากกว่า 75% (มาก)	ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่ำ	ไม่ดี ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นความแปรปรวนแบบสุ่ม (Noise) ทำให้ผลการวิเคราะห์ Kriging ไม่น่าเชื่อถือ

ซึ่งในการวิเคราะห์ความรุนแรงแผ่นดินไหว จะใช้หลักการนี้เป็นหลักในการวิเคราะห์ผลที่ได้การคำนวณวาริโอแกรมต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.4.1 ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ระดับความรุนแรง	พื้นที่ที่ได้รับความรุนแรง (ตร.กม)	ร้อยละ
1	3,047.68	0.60
2	55,499.90	10.88
3	401,019.08	78.61
4	47,246.76	9.26
5	2,240.62	0.44
6	491.74	0.10
7	572.51	0.11
รวม	510,118.29	100

จากผลการวิเคราะห์ความรุนแรงจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงรายที่มีต่อประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีระดับความรุนแรง ระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 78.61 ของพื้นที่ประเทศไทย รองลงมาคือระดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 10.88 และระดับ 4 มีพื้นที่ร้อยละ 9.26 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับความรุนแรงในระดับความรุนแรงปานกลางถึงต่ำ ในขณะที่พื้นที่ที่มีความรุนแรงสูง ระดับ 7 6 และ 5 มีเพียงร้อยละ 0.11, 0.10 และ 0.44 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.4.2 ความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเฉย ประเทศเมียนมา

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเฉย ประเทศเมียนมา

ระดับความรุนแรง	พื้นที่ที่ได้รับความรุนแรง (ตร.กม)	ร้อยละ
1	115,484.57	22.64
2	127,374.11	24.97
3	176,061.56	34.52
4	91,130.09	17.87
5	-	-
6	-	-
7	-	-
8	-	-
รวม	510,050.32	100.00

จากผลการวิเคราะห์ความรุนแรงของเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเฉย ประเทศเมียนมาที่มีต่อประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีระดับความรุนแรง ระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 34.52 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือระดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 24.97 และระดับ 1 มีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 22.64 ระดับ 4 มีเพียงร้อยละ 17.87 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับความรุนแรงระดับปานกลางถึงต่ำ

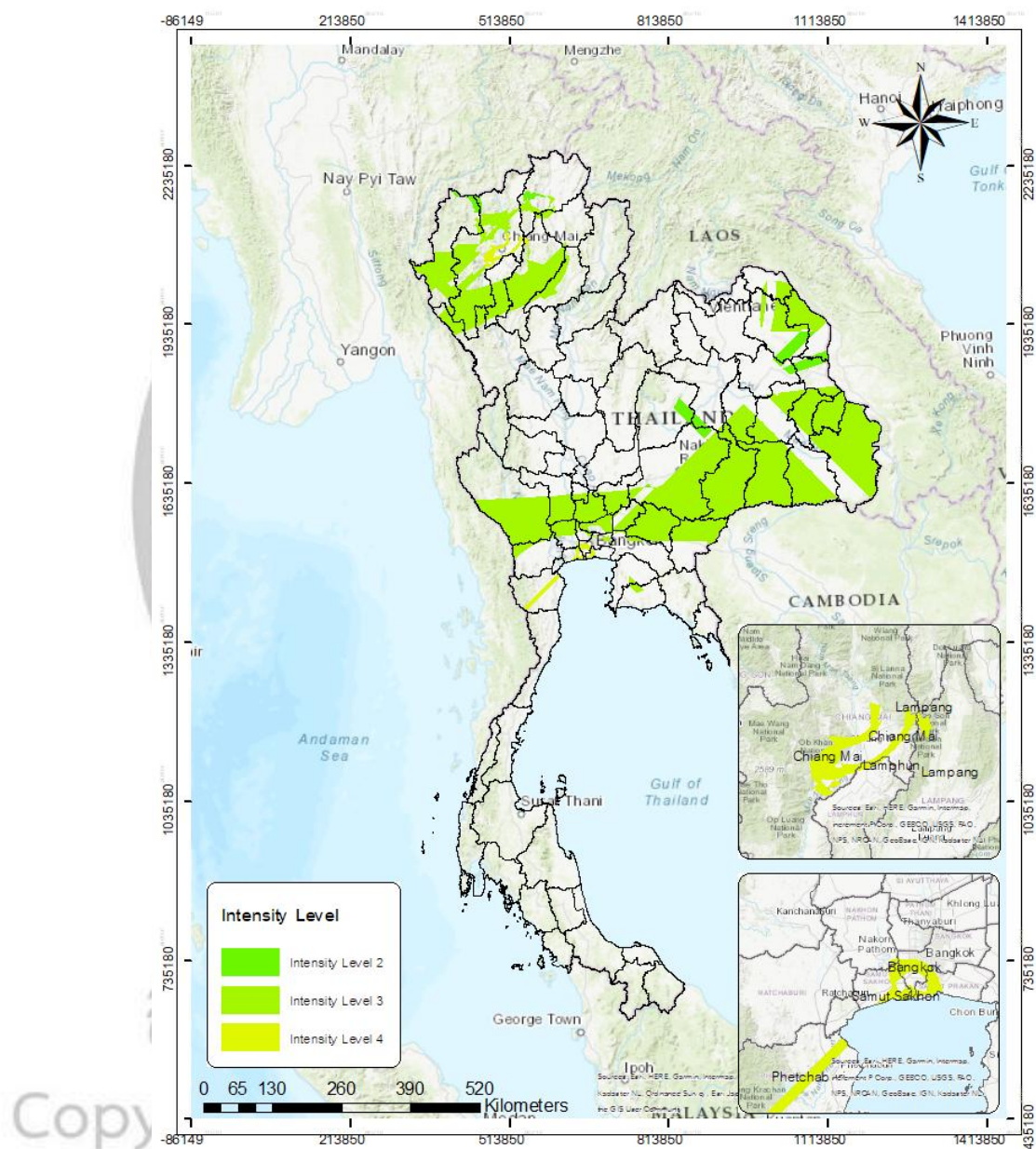
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.5 พื้นที่ซ้อนทับของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว

Overlapping Area of Seismic Intensity Level



ภาพที่ 19 พื้นที่ซ้อนทับของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวทั้งสองเหตุการณ์

จากแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา พบพื้นที่ซ้อนทับของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวระดับ 2 ถึงระดับ 4

ตารางที่ 7 พื้นที่ซ้อนทับ*ของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวทั้งสองเหตุการณ์

ระดับความรุนแรง	พื้นที่ทั้งหมด (ตร.กม)		พื้นที่ซ้อนทับ* (ตร.กม.)	ร้อยละ
	แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย	แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา		
1	3,047.68	115,484.57	-	-
2	55,499.90	127,374.11	6,220.81	4.70
3	401,019.08	176,061.56	123,477.67	93.26
4	47,246.76	91,130.09	2,704.86	2.04
5	2,240.62	-	-	-
6	491.74	-	-	-
7	572.51	-	-	-
รวม	510,118.29	510,050.32	132,403.67	100.00

*พื้นที่ซ้อนทับ หมายถึงพื้นที่ที่มีความรุนแรงเท่ากันซ้อนทับกัน

จากผลการวิเคราะห์การซ้อนทับของพื้นที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวระหว่างแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมาพบว่าพื้นที่ซ้อนทับทั้งหมดมีขนาดประมาณ 132,403.67 ตารางกิโลเมตร โดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 93.26 ของพื้นที่ซ้อนทั้งหมด รองลงมาคือ ระดับ 2 คิดเป็นร้อยละ 4.70 และระดับ 4 มีพื้นที่ซ้อนทับเพียงร้อยละ 2.04 แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับความรุนแรงจากทั้งสองเหตุการณ์ในระดับความรุนแรงปานกลางถึงต่ำ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบความรุนแรงสูงสุดของทั้งสองเหตุการณ์ พบว่าแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางจากอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีความรุนแรงสูงสุดอยู่ที่ระดับ 7 ในขณะที่แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางจากเมืองมณฑลเลย ประเทศเมียนมา มีความรุนแรงในประเทศไทยสูงสุดเพียงระดับ 4 แสดงให้เห็นว่า แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นภายในประเทศมีความรุนแรงกว่าแผ่นดินไหวที่เกิดนอกประเทศ แม้ว่าจะมีค่าความรุนแรงที่จุดศูนย์กลางต่ำกว่าก็ตาม

ตารางที่ 8 พื้นที่ซ้อนทับของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวรายจังหวัด

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 2 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 3 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 4 (ตร.กม.)	รวมพื้นที่ ความรุนแรง (ตร.กม.)	ร้อยละ ต่อพื้นที่ จังหวัด
กรุงเทพมหานคร	1,566.63	-	182.93	249.53	432.46	27.60
เชียงใหม่	22,041.11	261.66	8,750.83	1,180.96	10,193.45	46.25
สมุทรปราการ	967.12	-	-	184.09	184.09	19.04
สมุทรสาคร	870.63	-	-	229.69	229.69	26.38
นครปฐม	2,139.66	-	1,285.21	17.32	1,302.54	60.88
ลำปาง	12,488.30	-	5,963.65	111.66	6,075.31	48.65
ลำพูน	4,478.42	-	2,171.56	65.42	2,236.98	49.95
เพชรบุรี	6,171.90	-	-	666.18	666.18	10.79
สุพรรณบุรี	5,403.62	-	2,329.18	-	2,329.18	43.10
ฉะเชิงเทรา	5,169.86	-	391.43	-	391.43	7.57
ปทุมธานี	1,520.81	-	1,161.11	-	1,161.11	76.35
เชียงราย	11,577.60	393.33	703.36	-	1,096.68	9.47
แม่ฮ่องสอน	12,780.58	507.56	4,869.43	-	5,376.99	42.07
กาญจนบุรี	19,391.27	-	8,819.52	-	8,819.52	45.48
ชลบุรี	4,507.81	-	99.47	-	99.47	2.21
ตาก	17,303.89	-	1,779.13	-	1,779.13	10.28
นนทบุรี	636.40	-	247.65	-	247.65	38.91
ประจวบคีรีขันธ์	6,413.26	-	0.64	-	0.64	0.01
พระนครศรีอยุธยา	2,547.36	-	2,491.37	-	2,491.37	97.80
พะเยา	6,140.10	-	335.10	-	335.10	5.46
ระยอง	3,665.31	-	333.73	-	333.73	9.11
ราชบุรี	5,190.01	-	898.23	-	898.23	17.31
แพร่	6,483.10	-	1,752.55	-	1,752.55	27.03
บุรีรัมย์	10,079.37	-	10,060.81	-	10,060.81	99.82
มหาสารคาม	5,608.27	-	2,447.06	-	2,447.06	43.63
ยโสธร	4,129.39	-	3,336.78	-	3,336.78	80.81

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 2 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 3 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 4 (ตร.กม.)	รวมพื้นที่ ความรุนแรง (ตร.กม.)	ร้อยละ ต่อพื้นที่ จังหวัด
ร้อยเอ็ด	7,872.04	-	3,086.41	-	3,086.41	39.21
ศรีสะเกษ	8,935.14	-	5,198.96	-	5,198.96	58.19
สุรินทร์	8,854.33	-	8,680.64	-	8,680.64	98.04
หนองคาย	3,275.92	-	0.000001	-	0.000001	0.00000003
อำนาจเจริญ	3,292.01	-	3,288.27	-	3,288.27	99.89
อุบลราชธานี	15,627.28	-	11,899.05	-	11,899.05	76.14
อ่างทอง	950.50	-	393.28	-	393.28	41.38
บึงกาฬ	4,001.75	-	1,061.84	-	1,061.84	26.53
กาฬสินธุ์	6,936.35	442.25	24.63	-	466.88	6.73
ขอนแก่น	10,659.55	474.76	75.90	-	550.65	5.17
ตราด	2,867.29	-	16.02	-	16.02	0.56
นครนายก	2,141.30	-	1,314.26	-	1,314.26	61.38
นครพนม	5,634.84	398.77	3,045.41	-	3,444.18	61.12
นครราชสีมา	20,735.12	500.60	11,705.85	-	12,206.45	58.87
ปราจีนบุรี	5,032.26	-	4,694.55	-	4,694.55	93.29
มุกดาหาร	4,126.16	897.39	608.22	-	1,505.60	36.49
สกลนคร	9,579.83	1,485.74	2,348.25	-	3,833.99	40.02
สระบุรี	3,488.20	-	1,749.35	-	1,749.35	50.15
สระแก้ว	6,864.60	-	3,876.01	-	3,876.01	56.46
ชัยภูมิ	12,699.38	858.77	-	-	858.77	6.76
รวม		6,220.81	123,477.67	2,704.86	132,403.34	-

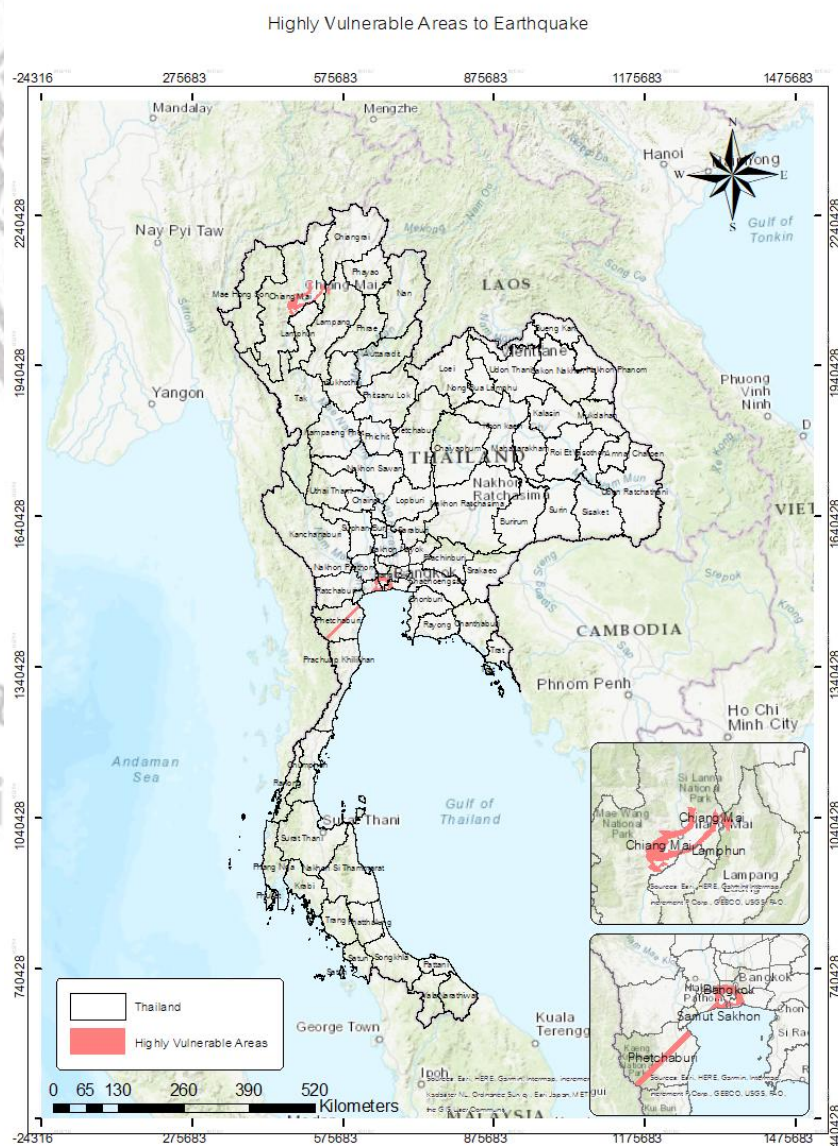
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.6 ผลการวิเคราะห์ความเปราะบางต่อแผ่นดินไหว

การจำแนกระดับความเปราะบางของแต่ละจังหวัดในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการพิจารณาจากความเปราะบางเชิงกายภาพ (Physical Vulnerability) โดยพิจารณาจากความรุนแรงสูงสุดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่ของแต่ละจังหวัด กล่าวคือ หากจังหวัดใดมีค่าความรุนแรงสูงสุดอยู่ที่ระดับ 3 จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวระดับปานกลาง แม้ว่าพื้นที่ในจังหวัดนั้นจะมีระดับความรุนแรงที่ต่ำ เพื่อให้เห็นความเป็นไปได้สูงสุดของความรุนแรงแผ่นดินไหวในแต่ละจังหวัด ทั้งนี้ สอดคล้องกับหลักการประเมินความเปราะบางทางภัยพิบัติที่ให้ความสำคัญกับระดับความรุนแรงสูงสุด หรือจุดที่มีความเสี่ยงมากที่สุดภายในพื้นที่ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการแสดงระดับความเปราะบางโดยรวมของจังหวัดนั้น ๆ

4.6.1 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง



ภาพที่ 20 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง

ตารางที่ 9 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 2 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 3 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 4 (ตร.กม.)	รวมพื้นที่ ความรุนแรง (ตร.กม.)	ร้อยละต่อ พื้นที่ จังหวัด
กรุงเทพมหานคร	1,566.63	-	182.93	249.53	432.46	27.60
เชียงใหม่	22,041.11	261.66	8,750.83	1,180.96	10,193.45	46.25
สมุทรปราการ	967.12	-	-	184.09	184.09	19.04
สมุทรสาคร	870.63	-	-	229.69	229.69	26.38
นครปฐม	2,139.66	-	1,285.21	17.32	1,302.54	60.88
ลำปาง	12,488.30	-	5,963.65	111.66	6,075.31	48.65
ลำพูน	4,478.42	-	2,171.56	65.42	2,236.98	49.95
เพชรบุรี	6,171.90	-	-	666.18	666.18	10.79
รวม		261.66	18,354.19	2,704.86	21,320.70	-

จากผลการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง กระจายอยู่บริเวณ
ภาคกลาง ได้แก่ กรุงเทพมหานครสมุทรปราการ สมุทรสาคร และนครปฐม
ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง และลำพูน
ภาคตะวันตก ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี

เมื่อพิจารณาตามระดับความรุนแรง พบว่า พื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 2 มีขนาดรวม
ประมาณ 261.66 ตารางกิโลเมตร ขณะที่พื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 3 มีขนาดรวมประมาณ
18,354.19 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 4 มีขนาดรวมประมาณ 2,704.86 ตาราง
กิโลเมตร รวมพื้นที่ที่ได้รับความรุนแรงจากแผ่นดินไหวทั้งหมดประมาณ 21,320.70 ตารางกิโลเมตร

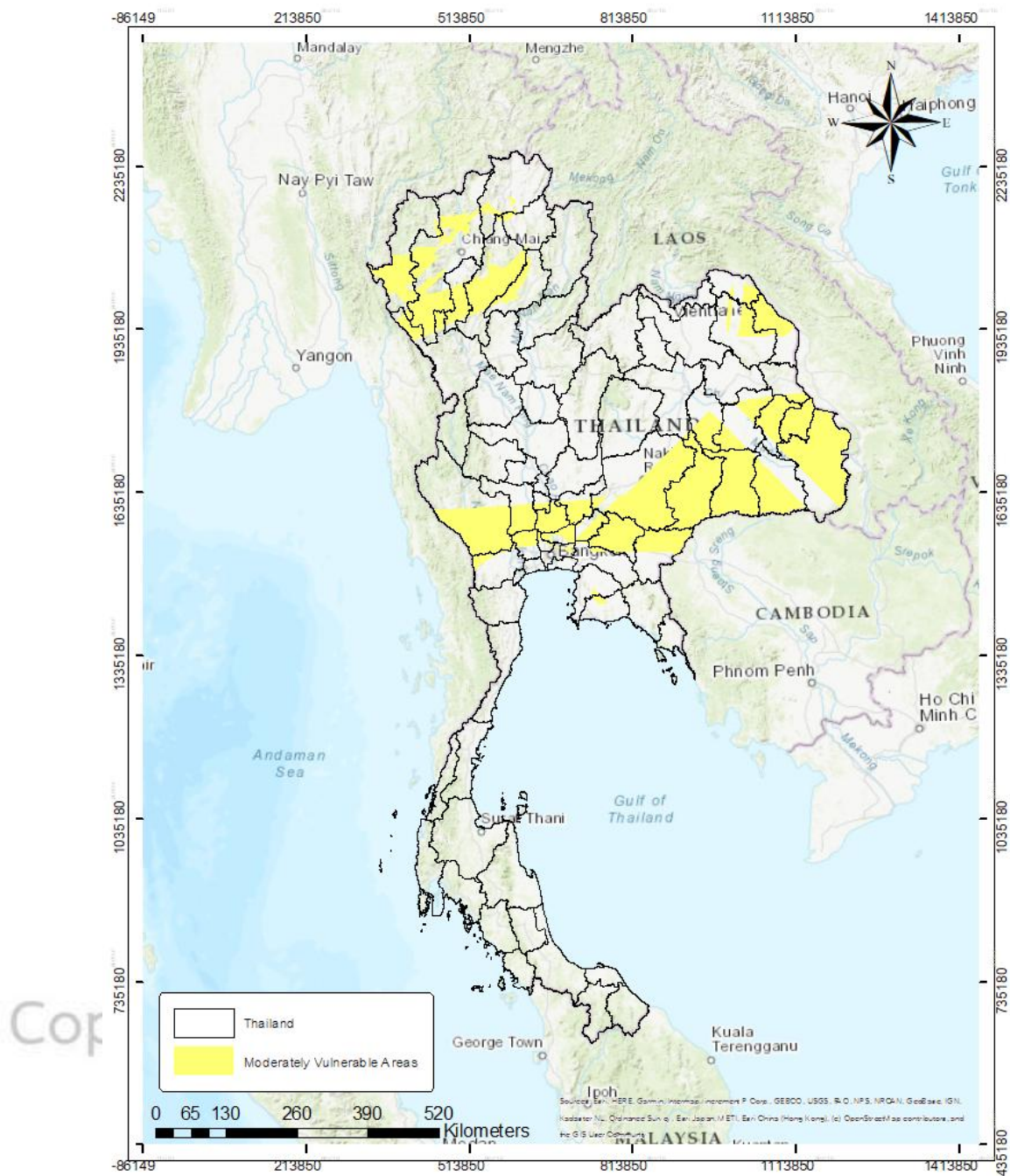
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.6.2 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง

Moderately Vulnerable Areas to Earthquake



ภาพที่ 21 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง

ตารางที่ 10 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 2 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 3 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 4 (ตร.กม.)	รวมพื้นที่ ความรุนแรง (ตร.กม.)	ร้อยละต่อ พื้นที่จังหวัด
สุพรรณบุรี	5,403.62	-	2,329.18	-	2,329.18	43.10
ฉะเชิงเทรา	5,169.86	-	391.43	-	391.43	7.57
ปทุมธานี	1,520.81	-	1,161.11	-	1,161.11	76.35
เชียงใหม่	11,577.60	393.33	703.36	-	1,096.68	9.47
แม่ฮ่องสอน	12,780.58	507.56	4,869.43	-	5,376.99	42.07
กาญจนบุรี	19,391.27	-	8,819.52	-	8,819.52	45.48
ชลบุรี	4,507.81	-	99.47	-	99.47	2.21
ตาก	17,303.89	-	1,779.13	-	1,779.13	10.28
นนทบุรี	636.40	-	247.65	-	247.65	38.91
ประจวบคีรีขันธ์	6,413.26	-	0.64	-	0.64	0.01
พระนครศรีอยุธยา	2,547.36	-	2,491.37	-	2,491.37	97.80
พะเยา	6,140.10	-	335.10	-	335.10	5.46
ระยอง	3,665.31	-	333.73	-	333.73	9.11
ราชบุรี	5,190.01	-	898.23	-	898.23	17.31
แพร่	6,483.10	-	1,752.55	-	1,752.55	27.03
บุรีรัมย์	10,079.37	-	10,060.81	-	10,060.81	99.82
มหาสารคาม	5,608.27	-	2,447.06	-	2,447.06	43.63
ยโสธร	4,129.39	-	3,336.78	-	3,336.78	80.81
ร้อยเอ็ด	7,872.04	-	3,086.41	-	3,086.41	39.21
ศรีสะเกษ	8,935.14	-	5,198.96	-	5,198.96	58.19
สุรินทร์	8,854.33	-	8,680.64	-	8,680.64	98.04
หนองคาย	3,275.92	-	0.000001	-	0.000001	0.00000003
อำนาจเจริญ	3,292.01	-	3,288.27	-	3,288.27	99.89
อุบลราชธานี	15,627.28	-	11,899.05	-	11,899.05	76.14
อ่างทอง	950.50	-	393.28	-	393.28	41.38
บึงกาฬ	4,001.75	-	1,061.84	-	1,061.84	26.53
กาฬสินธุ์	6,936.35	442.25	24.63	-	466.88	6.73
ขอนแก่น	10,659.55	474.76	75.90	-	550.65	5.17
ตราด	2,867.29	-	16.02	-	16.02	0.56
นครนายก	2,141.30	-	1,314.26	-	1,314.26	61.38
นครพนม	5,634.84	398.77	3,045.41	-	3,444.18	61.12
นครราชสีมา	20,735.12	500.60	11,705.85	-	12,206.45	58.87
ปราจีนบุรี	5,032.26	-	4,694.55	-	4,694.55	93.29

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 2 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 3 (ตร.กม.)	ความรุนแรง ระดับ 4 (ตร.กม.)	รวมพื้นที่ ความรุนแรง (ตร.กม.)	ร้อยละต่อ พื้นที่จังหวัด
มุกดาหาร	4,126.16	897.39	608.22	-	1,505.60	36.49
สกลนคร	9,579.83	1,485.74	2,348.25	-	3,833.99	40.02
สระบุรี	3,488.20	-	1,749.35	-	1,749.35	50.15
สระแก้ว	6,864.60	-	3,876.01	-	3,876.01	56.46
รวม		5,100.39	105,123.48	-	110,223.87	-

จากผลการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลางกระจายตัวในหลายภูมิภาคของประเทศ ได้แก่

ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง

ภาคตะวันตก พบในจังหวัดกาญจนบุรีและราชบุรี

ภาคตะวันออก ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี ระยอง และสระแก้ว

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบมากในจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น นครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ สกลนคร สุรินทร์ หนองคาย อำนาจเจริญ อุบลราชธานี และบึงกาฬ

ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดตาก พะเยา เชียงราย แพร่ และแม่ฮ่องสอน

ภาคใต้ พบในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

เมื่อพิจารณาตามระดับความรุนแรง พบว่า พื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 2 มีขนาดรวมประมาณ 5,100.39 ตารางกิโลเมตร ขณะที่พื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 3 มีขนาดรวมประมาณ 105,123.48 ตารางกิโลเมตร รวมพื้นที่ที่ได้รับความรุนแรงจากแผ่นดินไหวทั้งหมดประมาณ 110,223.87 ตารางกิโลเมตร เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับพื้นที่ประเทศทั้งหมด แสดงว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีระดับความเปราะบางต่อแผ่นดินไหวอยู่ในระดับปานกลาง

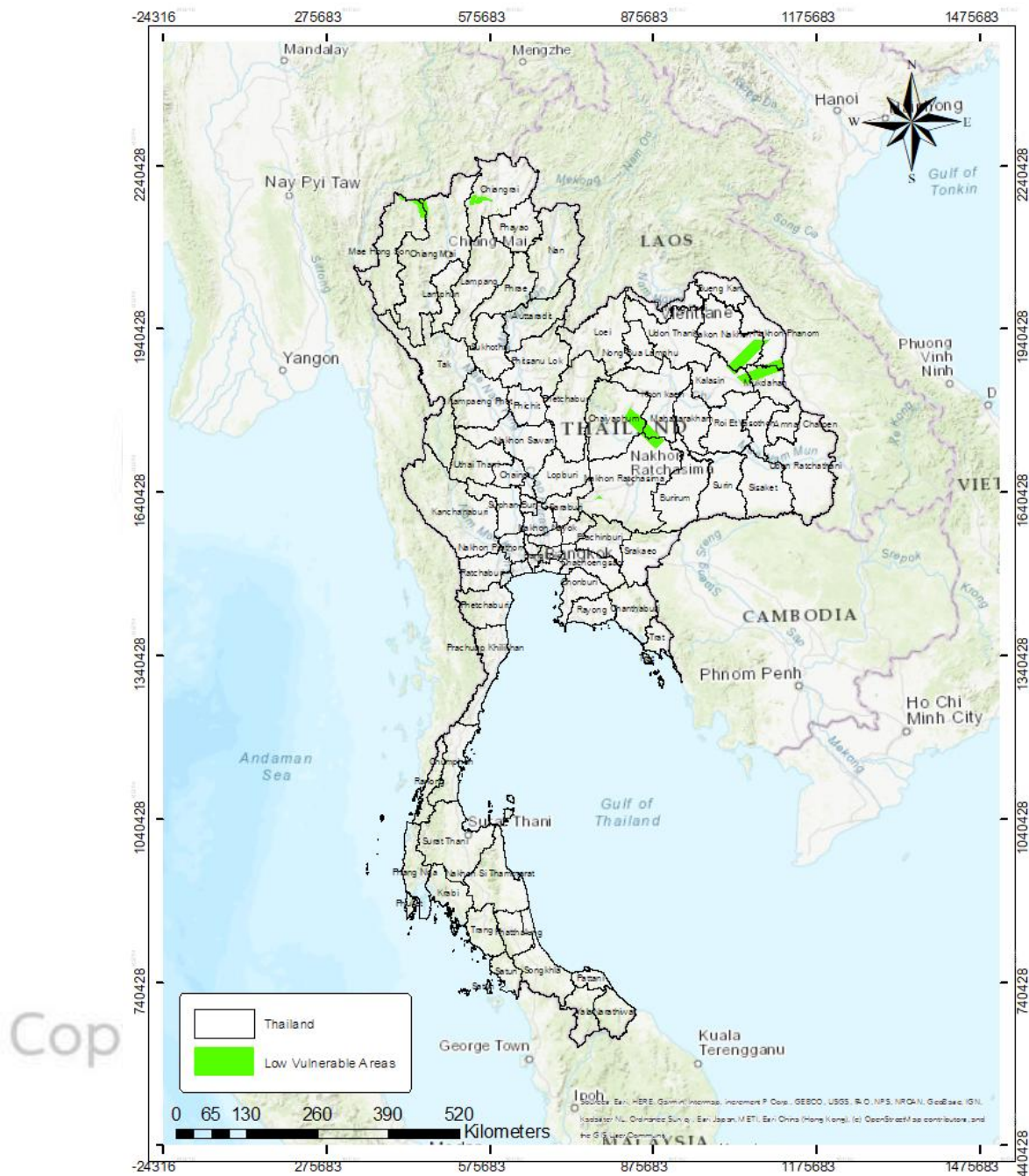
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.6.3 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ

Low Vulnerable Areas to Earthquake



ภาพที่ 22 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ

ตารางที่ 11 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ

จังหวัด	พื้นที่จังหวัด (ตร.กม.)	ความ รุนแรง ระดับ 2 (ตร.กม.)	ความ รุนแรง ระดับ 3 (ตร.กม.)	ความ รุนแรง ระดับ 4 (ตร.กม.)	รวมพื้นที่ ความรุนแรง (ตร.กม.)	ร้อยละต่อ พื้นที่ จังหวัด
ชัยภูมิ	12,699.38	858.77	-	-	858.77	6.76
รวม		858.77	-	-	858.77	6.76

ผลการวิเคราะห์พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ มีเพียงจังหวัดชัยภูมิ ความรุนแรงแผ่นดินไหวระดับ 2 จำนวน 858.77 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.76 ของพื้นที่จังหวัดทั้งหมด



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 5

บทสรุป

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบความรุนแรงแผ่นดินไหวสองเหตุการณ์ ได้แก่ แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางจากอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย และแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางจากเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา และประเมินประสิทธิภาพของ Kriging ในการศึกษาความรุนแรงแผ่นดินไหว สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 บทสรุป

5.1.1 การกระจายตัวของความรุนแรงแผ่นดินไหว

ผลการศึกษาพบว่า แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีค่าความรุนแรงสูงสุดระดับ 7 ที่บริเวณศูนย์กลางแผ่นดินไหว และความรุนแรงส่วนใหญ่เป็นระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 78.61 ของพื้นที่ประเทศไทย ขณะที่แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมา มีค่าความรุนแรงสูงสุดระดับ 8 ที่บริเวณจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศเมียนมา แต่เมื่อแผ่เข้ามาถึงประเทศไทยพบว่ามีค่าความรุนแรงสูงสุดเพียงระดับ 4 คิดเป็นร้อยละ 2.04 ของพื้นที่ประเทศไทย และความรุนแรงส่วนใหญ่เป็นระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 93.26 แสดงว่าพื้นที่ประเทศไทยส่วนใหญ่มีระดับความรุนแรงต่ำถึงปานกลาง

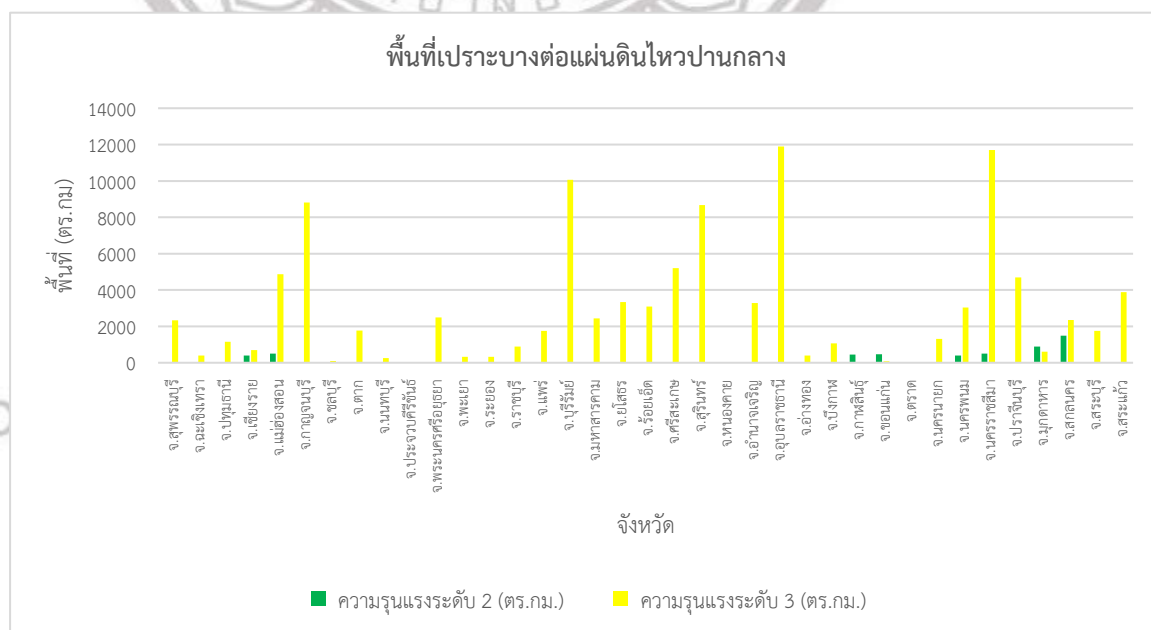
ผลการวิเคราะห์กราฟวารีโอแกรมพบว่า เหตุการณ์แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีค่า Nugget ต่ำมาก (0.0027) และ Nugget Ratio เพียง 0.0991% แสดงว่าความต่อเนื่องเชิงพื้นที่สูง มีค่า Range ประมาณ 40 กิโลเมตร แสดงว่าอิทธิพลของแผ่นดินไหวจำกัดอยู่ในบริเวณรอบศูนย์กลางและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อห่างออกไป ในทางกลับกัน แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเลย์ ประเทศเมียนมามีค่า Range ประมาณ 420 กิโลเมตร แสดงว่าแผ่นดินไหวกระจายครอบคลุมพื้นที่กว้าง แม้ค่า Nugget Ratio จะสูงกว่า (12.77%) แต่ยังอยู่ในระดับที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ดี ทั้งนี้ค่าความแปรปรวนโดยรวม (Sill) ของทั้งสองเหตุการณ์ใกล้เคียงกัน ยืนยันสมมติฐานที่ว่า ความรุนแรงแผ่นดินไหว ซึ่งประเมินด้วยพื้นผิวสถิติแบบ kriging ที่มีจุดกำเนิดในประเทศเมียนมาและจุดกำเนิดในประเทศไทย จะมีความแตกต่างกัน

5.1.2 พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหว

จากแผ่นดินไหวทั้งสองเหตุการณ์ พบพื้นที่ที่ซ้อนทับที่มีความรุนแรงเท่ากันประมาณ 132,403.34 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 3 คิดเป็นร้อยละ 93.26 ของพื้นที่ซ้อนทับทั้งหมด รองลงมาคือระดับ 2 ร้อยละ 4.70 และระดับ 4 ร้อยละ 2.04 แสดงว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับความรุนแรงในระดับปานกลางถึงต่ำทั้งสองเหตุการณ์ เมื่อเปรียบเทียบค่าความรุนแรงสูงสุดพบว่า แผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มีค่าความรุนแรงสูงสุดมากกว่าแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมัญทะเลย์ ประเทศเมียนมา

พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีความเปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง กระจายตัวในหลายภูมิภาคของประเทศ โดยในภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา สระบุรี สุพรรณบุรี และอ่างทอง ภาคตะวันตก ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรีและราชบุรี ภาคตะวันออก ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ตราด นครนายก ปราจีนบุรี ระยอง และสระแก้ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบมากในจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น นครพนม นครราชสีมา บุรีรัมย์ มหาสารคาม มุกดาหาร ยโสธร ร้อยเอ็ด ศรีสะเกษ สกลนคร สุรินทร์ หนองคาย อำนาจเจริญ อุบลราชธานี และบึงกาฬ ส่วนภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดตาก พะเยา เชียงราย แพร่ และแม่ฮ่องสอน และภาคใต้ พบในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

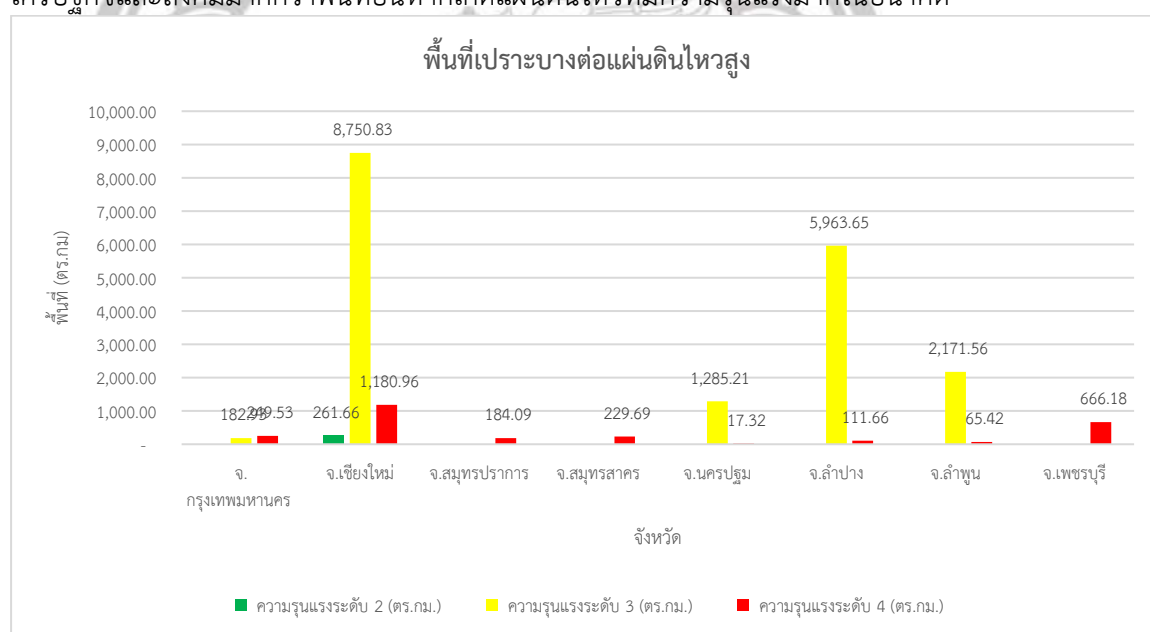
เมื่อพิจารณาตามระดับความรุนแรง พบว่าพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 2 มีขนาดรวมประมาณ 5,100.39 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 3 มีขนาดรวมประมาณ 105,123.48 ตารางกิโลเมตร รวมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 110,223.87 ตารางกิโลเมตร แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีความเปราะบางต่อแผ่นดินไหวระดับปานกลาง



ภาพที่ 23 กราฟพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวปานกลาง

พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูงพบในภาคกลาง ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสาคร และนครปฐม ภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง และลำพูน ส่วนภาคตะวันตก ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี เมื่อพิจารณาตามระดับความรุนแรง พบว่าพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 2 มีขนาดรวมประมาณ 261.66 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 3 มีขนาดรวมประมาณ 18,354.19 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีความรุนแรงระดับ 4 มีขนาดรวมประมาณ 2,704.86 ตารางกิโลเมตร รวมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 21,320.70 ตารางกิโลเมตร

แม้ว่าพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูงจะมีพื้นที่ 2,704.86 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีขนาดเล็ก แต่กระจุกตัวอยู่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและสังคม การที่เขตเมืองซึ่งมีประชากรและโครงสร้างพื้นฐานหนาแน่นเป็นพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูงเป็นประเด็นที่น่ากังวล เนื่องจากมีโอกาสที่จะเกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคมมากกว่าพื้นที่อื่นหากเกิดแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงมากในอนาคต



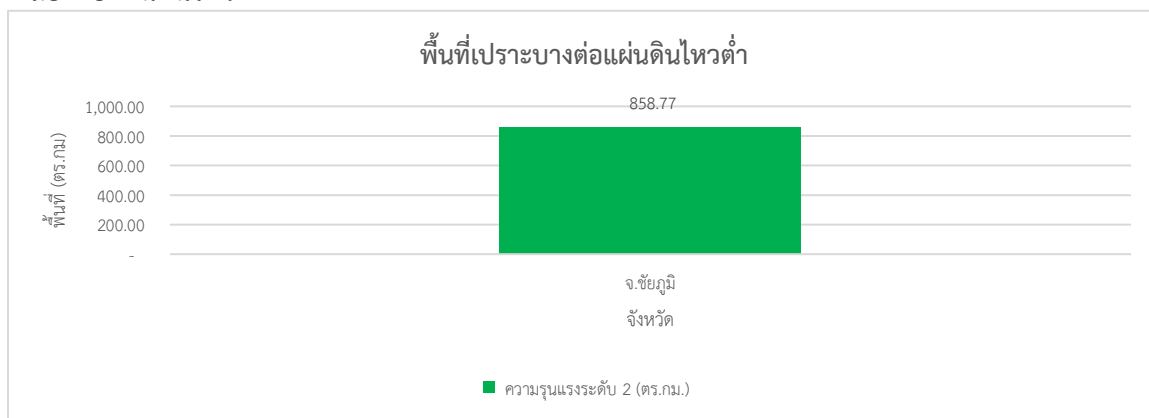
ภาพที่ 24 กราฟพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

พื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำมีเพียงจังหวัดชัยภูมิ มีความรุนแรงแผ่นดินไหวระดับ 2 จำนวน 858.77 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.76 ของพื้นที่จังหวัดทั้งหมด จังหวัดชัยภูมิมีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวต่ำ



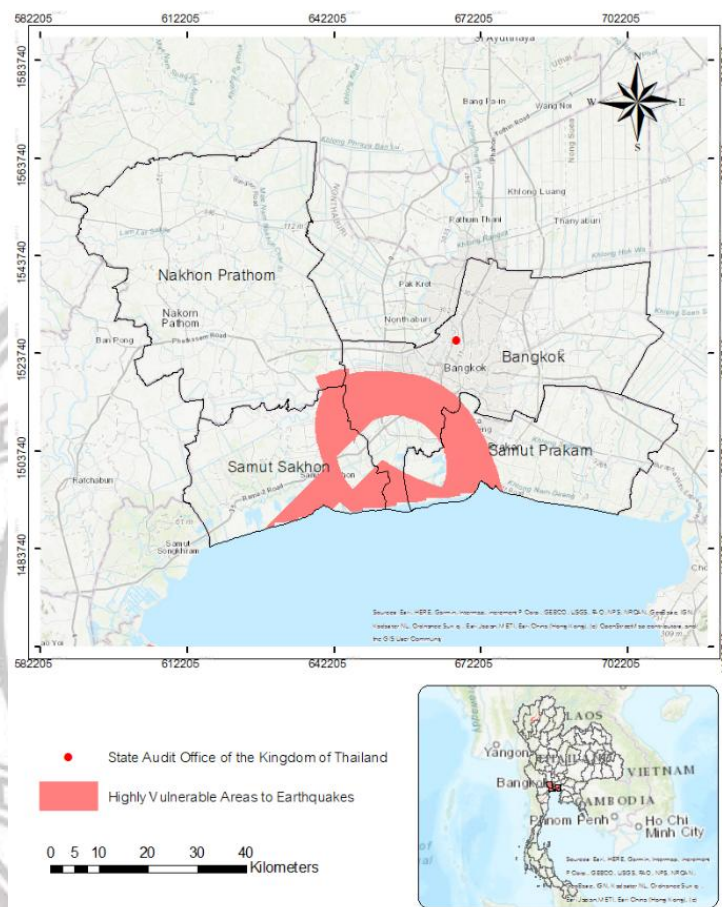
ภาพที่ 25 กราฟพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวต่ำ

5.1.3 ประสิทธิภาพของ Kriging ในการศึกษาความรุนแรงแผ่นดินไหว

จากการวิเคราะห์ความรุนแรงแผ่นดินไหวโดยใช้เทคนิค Kriging พบว่าสามารถประมาณค่าความรุนแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย มี Nugget Ratio 0.0991% และแผ่นดินไหวจากจุดศูนย์กลางเมืองมณฑลเสเลย์ ประเทศเมียนมา มี Nugget Ratio 11.0538% ซึ่งทั้งสองค่าจัดอยู่ในช่วงมาตรฐานที่ดี (0–25%) ตามหลักการภูมิสถิติ (Geo-statistics) ของ Goovaerts (1997) ที่ระบุว่าอัตราส่วน Nugget ต่อ Sill ต่ำกว่า 25% แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ Kriging เพราะความแตกต่างของค่าส่วนใหญ่เกิดจากโครงสร้างเชิงพื้นที่จริง ทำให้ผลการประมาณค่ามีความน่าเชื่อถือและสามารถอธิบายการกระจายของแรงสั่นสะเทือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงสามารถตอบคำถามงานวิจัยได้ว่า เทคนิคการประมาณค่าพื้นผิวสถิติแบบ Kriging มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว

จากการตรวจสอบข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่าอาคารสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน (สตง.) กรุงเทพมหานคร (จุดสีแดงในแผนที่) ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงจากแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่เมืองมณฑลเสเลย์ ประเทศเมียนมา มีตำแหน่งอยู่ห่างจากพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูงประมาณ 9.48 กิโลเมตร แสดงว่าการประมาณค่าพื้นผิวสถิติแบบ Kriging ที่ได้จากการศึกษามีความสอดคล้องกับความเป็นจริงในพื้นที่ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นที่อยู่ในพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง พบว่าไม่ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง จึงสามารถสรุปตามผลการสอบสวน กรมโยธาธิการและผังเมือง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ได้ว่า ความเสียหายของอาคารสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน (สตง.) เกิดจาก 1) การออกแบบและวิธีการก่อสร้างผิด 2) การทำผนังคอนกรีตไม่ได้มาตรฐาน 3) แบบไม่ตรงตามข้อกำหนด 4) ระยะเวลาเหล็กเสริมไม่ได้มาตรฐาน (ไทยรัฐออนไลน์, 2568)

Location of the Office of the Auditor General (OAG) and Areas Highly Vulnerable to Earthquake



ภาพที่ 26 ตำแหน่งอาคารสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน และพื้นที่เปราะบางต่อแผ่นดินไหวสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. จังหวัดที่มีความเปราะบางสูงควรมีมาตรการป้องกันและเตรียมพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐาน อาคาร และระบบสาธารณูปโภค
2. พัฒนาระบบตรวจจับแผ่นดินไหวล่วงหน้าเพื่อแจ้งเตือนประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
3. ฝึกซ้อมรับมือภัยแผ่นดินไหว และจัดทำแผนปฏิบัติการในภาวะฉุกเฉิน
4. ควรเพิ่มจำนวนจุดตัวอย่าง (Sampling Points) เพื่อให้ข้อมูลมีความละเอียดขึ้นและเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง Kriging
5. ควรศึกษากับเหตุการณ์แผ่นดินไหวอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของ Kriging ในพื้นที่ต่าง ๆ
6. ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรกับระดับความรุนแรง เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน



บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บรรณานุกรม

- กรุงเทพธุรกิจ. (2568). รู้จัก 'รอยเลื่อนสะกาย' ในเมียนมา ที่มาแผ่นดินไหว 8.2 แมกนิจูด. ค้นจาก <https://www.bangkokbiznews.com/world/1173297>
- กรมทรัพยากรธรณี. (ม.ป.ป.). สาเหตุที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว. ค้นจาก <https://www.dmr.go.th/%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%95%E0%B8%B8%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%97%E0%B8%B3%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B9%81%E0%B8%9C%E0%B9%88%E0%B8%99%E0%B8%94%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A7/>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2558). รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง พ.ศ. 2557. ค้นจาก <https://earthquake.tmd.go.th/report/file/seismo-report-1467368354.pdf>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2565). แผ่นดินไหว (Earthquake). ค้นจาก <https://tmd.go.th/info/แผ่นดินไหว>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2568). รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย และพื้นที่ใกล้เคียง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2568 กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว. ค้นจาก <https://earthquake.tmd.go.th/report/file/seismo-report-1747216670.pdf>
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). กลุ่มรอยเลื่อนมีพลังที่สำคัญของประเทศไทย 16 กลุ่มรอยเลื่อน. ค้นจาก https://earthquake.tmd.go.th/documents/station_doc/sta-doc-1589249730.pdf
- ไทยรัฐออนไลน์. (2568). นายกฯ เผยผลสอบตึก สตง. ถล่ม ออกแบบ-ก่อสร้างไม่ถูกกฎหมาย คอนกรีตไม่ได้มาตรฐาน. ค้นจาก <http://https://www.thairath.co.th/news/politic/2867608>
- ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. (ม.ป.ป.). ความรุนแรงของแผ่นดินไหว. ค้นจาก <http://https://www.lesa.biz/โลก/ธรณภาค-geosphere/ปรากฏการณ์ทางธรณวิทยา/แผ่นดินไหว/ความรุนแรงของแผ่นดินไหว>
- สันติ ภัยหลบลี้. (2563). ขนาดแผ่นดินไหว : ความหลากหลาย และการเปรียบเทียบ. ค้นจาก <https://www.mitrearth.org/4-45-earthquake-magnitude-and-conversion/>
- สันติ ภัยหลบลี้. (2564). สรุปหน่วยวัดแผ่นดินไหว กับข้อคิดการดับทุกข์. ค้นจาก <http://https://www.mitrearth.org/4-169-measurement-of-earthquake/>
- สันติ ภัยหลบลี้. (ม.ป.ป.). รอยเลื่อนสะกาย: พุทธิกรรมและพิบัติภัยต่อประเทศไทย.

เอสบีเอส. (2568). *สรุปเหตุแผ่นดินไหวในเมียนมาร์และกรุงเทพฯที่คร่าชีวิตผู้คนไปอย่างน้อย 150 คน นี่คือนี่สิ่งที่เรารู้จนถึงตอนนี้*. ค้นจาก

<https://www.sbs.com.au/language/thai/th/article/myanmar-earthquake-kills-over-140-people-with-death-toll-likely-to-rise/k5n1lp8mb>

Alavi, S. H., Bahrami, A., Mashayekhi, M., & Zolfaghari, M. (2024). *Optimizing Interpolation Methods and Point Distances for Accurate Earthquake Hazard Mapping*. *Buildings*, 14(6), 1823. <https://doi.org/10.3390/buildings14061823>

Application of predictor variables to support regression kriging for the spatial distribution of soil organic carbon stocks in native temperate grasslands – Scientific Figure on ResearchGate. (2025). *Illustration of the range, sill and nugget components of a variogram model*. Available from https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-the-range-sill-and-nugget-components-of-a-variogram-model_fig3_364953040 [Accessed 29 Aug 2025]

Atkinson, G. M., & Wald, D. J. (2007). “*Did You Feel It?*” *intensity data: A surprisingly good measure of earthquake ground motion*. *Seismological Research Letters*, 78(3), 362–368. <https://doi.org/10.1785/gssrl.78.3.362>

De Rubeis, Valerio & Tosi, Patrizia & Calvino, Gasparini & Solipaca, Alessandro. (2005). *Application of kriging technique to seismic intensity data*. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 95. 540-548.

Esri. (n.d.). *Understanding a semivariogram: The range, sill, and nugget*. *ArcGIS Pro 3.5*. Retrieved July 16, 2025, from <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/understanding-a-semivariogram-the-range-sill-and-nugget.htm>

Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press.

Journel, A. G., & Huijbregts, C. J. (1978). *Mining geostatistics*. Academic Press. Retrieved July 16, 2025, from <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-mininggeostatistics.pdf>

Li, Jin & Heap, Andrew. (2014). *Spatial interpolation methods applied in the environmental sciences: A review*. *Environmental Modelling & Software*. 53. 173–189. 10.1016/j.envsoft.2013.12.008.

- Lloyd, Christopher & Pawlowsky-Glahn, Vera & Egozcue, Juan Jose. (2012). *Compositional Data Analysis in Population Studies*. Annals of the Association of American Geographers. 102. 1-16. 10.1080/00045608.2011.652855.
- Pailoplee, Santi & Sugiyama, Yuichi & Charusiri, Punya. (2022). การประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในประเทศไทยจากแนวคิดความน่าจะเป็น. 35. 730-741.
- Quitoriano, Vincent & Wald, David. (2020). USGS “Did You Feel It?”—Science and Lessons From 20 Years of Citizen Science-Based Macroseismology. *Frontiers in Earth Science*. 8. 10.3389/feart.2020.00120.
- USGS. (2024). Hazards. from <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/hazards#:~:text=Earthquake%20hazard%20map%20showing%20peak,Locally%2C%20the>
- Wald, D. J.; Quitoriano, V.; Worden, C. B.; Hopper, M.; Dewey, J. W. USGS “Did You Feel It?” *Internet-Based Macroseismic Intensity Maps*. *Ann. Geophys.* 2012, 54 (6). <https://doi.org/10.4401/ag-5354>.
- Wikipedia. (2025). *Earthquake zones of India*. from https://en.wikipedia.org/wiki/Earthquake_zones_of_India#:~:text=India%20divides%20India%20into%204,the%20lowest%20level%20of%20seismicity
- Zhang, Y. (2011). Introduction to Geostatistics. From https://www.uwyo.edu/geolgeophys/people/faculty/yzhang/_files/docs/geosta1.pdf

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ- ชื่อสกุล สมรัก สิทธิผิน
 ที่อยู่ปัจจุบัน 19 หมู่ 8 ตำบลซับพุทรา อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ 67150
 ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2568 วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร (กำลังศึกษา)

พ.ศ. 2563 โรงเรียนชนแดนวิทยาคม



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

