

วันที่ส่ง

วันที่อนุมัติ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงานวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย

นายสุรพงษ์ เลิศฤทธิพงศ์

เลขประจำตัวนิต 5332732723

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พุทธศักราช 2556

SEISMIC HAZARD ANALYSIS IN LAOS

MR.SURAPONG LERDRITTIPONG

ID : 5332732723

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIRMENTS

FOR THE BACHELOR OF SCIENCE, DEPARTMENT OG GEOLOGY,

CHULALONGKORN UNIVERSITY, AND ACADEMIC YEAR 2013

บทคัดย่อ

ประเทศลาวเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวกระจายอยู่ทางด้านตอนเหนือของประเทศ จึงจัดเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากแผ่นดินไหว ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว ในพื้นที่ประเทศลาว ครอบคลุม ละติจูด $14^{\circ} \text{ N} - 23^{\circ} \text{ N}$ และ ลองจิจูดที่ $100^{\circ} \text{ E} - 108^{\circ} \text{ E}$ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนและป้องกันพิบัติภัยที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต โดยการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวมุ่งเน้นประเมินแรงสั่นสะเทือนสูงสุดบนพื้นดินจาก 2 แนวคิดที่แตกต่างกัน คือ แนวคิดกำหนดค่าและแนวคิดความน่าจะเป็น

ผลจากการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวตามแนวคิดกำหนดค่า แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินในอัตราสูงที่สุดคือ ทางด้านตอนเหนือของประเทศลาว ซึ่งอยู่ในเขตของแขวงพงสาดี หลวงน้ำทา หลวงพระบาง ไชยบุรี และเมืองหลวงเวียงจันทน์ มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ประมาณ $0.55 - 0.65g$ จากการวิเคราะห์ด้วยแนวคิดความน่าจะเป็นที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปีพื้นที่ที่มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินในอัตราสูงที่สุดคือ ทางด้านตอนเหนือของประเทศลาวเช่นกัน โดยมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ประมาณ $0.3 - 0.45g$ ในขณะที่อัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 50 ปี มีอัตราสูงสุดของพื้นดินประมาณ $0.2 - 0.35g$ ส่วนอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปี มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันกับผลการวิเคราะห์กรณีที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 100 ปี แต่ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปีมีค่าสูงขึ้น 1.5 เท่าโดยประมาณ

Abstract

According to the present-day activities of the Indian-Eurasian plate collision, Laos and the adjacent areas dominated by a large number of seismic source zones, in particular for the northern part. Based mainly on the epicentral distribution of instrumental earthquake records, it is indicated that most of seismic source zone mentioned above are active. Therefore, Seismic Hazard Analysis (SHA) in Laos is necessary for mitigation planning of the forthcoming earthquake hazards. In this study both deterministic (DSHA) and probabilistic (PSHA) scenarios of SHA are analyzed covering the whole country of Laos, i.e., Latitude of 14° N - 23° N and Longitude of 100° E - 108° E.

The results obtained from this SHA are present in terms of maps showing distribution of the peak ground acceleration (PGA). DSHA results reveal that the seismic-prone areas of Laos are located in the northern part with the PGA ranges 0.55 – 0.65g. Meanwhile for 2% probability of exceedance for a 50 year period of the PSHA, the PGA of the northern part are around 0.3 – 0.45 g covering a number of major cities of Laos, i.e., Phongsali, Louang Namtha, Louangphrabang, Xaignbouli, and Vientiane. For 10% probability of exceedance for a 50 year period, the PGA are estimated about 0.2 – 0.35 g. Whilst, PGA maps for 2% probability of exceedance for a 50 year period also has the similar hazard distribution of the 10% exceedance for a 50 year. However, the ground shaking has increased over 1.5 levels approximately.

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การทำโครงการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด แนวทาง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆมาโดยตลอด จนโครงการวิจัยในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาในการทำโครงการวิจัย รวมทั้งบุคลากร ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งบุคคลต่างๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ ประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

ชื่อเรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
- ที่มาและความสำคัญ	1
- นิยามปัญหา	1
- วัตถุประสงค์	1
- พื้นที่ศึกษา	2
- ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
- เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
- ทฤษฎีการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว	7
บทที่ 2 การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย	13
- แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว	13
- พฤติกรรมแผ่นดินไหว	17
- การลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว	27
- วิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหว	29
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย	31
- ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย	31
- ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยด้วยวิธีการกำหนดค่า	32
- ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยด้วยวิธีความน่าจะเป็น	33
บทที่ 4 อภิปรายและสรุปผล	43
เอกสารอ้างอิง	44

สารบัญรูปภาพ

ชื่อ	หน้า
รูป 1.1. แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่บริเวณข้างเคียง	2
รูป 1.2. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน จากโอกาสความเป็นไปได้ ก) 2% และ ข) 10% ในช่วงเวลา 50 ปี	3
รูป 1.3. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุด ของพื้นดิน ก) โอกาสความเป็นไปได้ 10% ข) โอกาสความเป็นไปได้ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี	4
รูป 1.4. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยแสดงแรงสั่นสะเทือนในรูปของอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน โอกาสความเป็นไปได้ 10% ในช่วงเวลา 50 ปี	5
รูป 1.5. แสดงโอกาสของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่สามารถเกิดขึ้นได้สูงสุด ในรอบ 1 ปี, 5 ปี, 10 ปี และ 50 ปี	6
รูป 1.6. วิธีการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า	9
รูป 1.7. วิธีการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็น	12
รูป 2.1. แสดงแผนที่รอยเลื่อนบริเวณประเทศลาวและบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษา จากการนำเข้าข้อมูลผ่านโปรแกรม Surfer	14
รูป 2.2. แบบจำลองการแบ่งเขตแผ่นดินไหว	15
รูป 2.3. กลุ่มรอยเลื่อน จำแนกตามเขตแผ่นดินไหว และใช้ค่า a, b ในพื้นที่ศึกษามาช่วยในการจัดกลุ่มรอยเลื่อน	16
รูป 2.4. แสดงแผนที่การกระจายตัวของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS และ TMD	19
รูป 2.5. แสดงกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาสมการในการแปลงหน่วยขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวให้อยู่ในรูปของขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น	21
รูป 2.6. ผลการวิเคราะห์การคัดแยกแผ่นดินไหวหลัก ออกจากแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม	22
รูป 2.7. แผนที่แสดงการกระจายตัวของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวก่อนและหลังกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม	23

รูป 2.8.	ภาพแสดงการกระจายตัวของ การเปลี่ยนแปลงอัตรา การเกิดแผ่นดินไหว	24
รูป 2.9.	แสดงผลการวิเคราะห์ค่า a และ b จากสมการความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (G-R)	26
รูป 2.10.	แผนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอยเลื่อนกับค่า a และค่า b ในพื้นที่ศึกษา	27
รูป 2.11.	แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว	29
รูป 3.1.	แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวในประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน ด้วยวิธีการกำหนดค่า	32
รูป 3.2.	แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปี	34
รูป 3.3.	แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปี	35
รูป 3.4.	แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 50 ปี	36
รูป 3.5.	แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 100 ปี	37
รูป 3.6.	แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ IV ในรอบ 50 ปี	38
รูป 3.7.	แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ V ในรอบ 50 ปี	39
รูป 3.8.	แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VI ในรอบ 50 ปี	40
รูป 3.9.	แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VII ในรอบ 50 ปี	41
รูป 3.10.	แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VIII ในรอบ 50 ปี	42

สารบัญตาราง

ชื่อ	หน้า
ตาราง 2.1. แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS	18
ตาราง 2.2. แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล TMD	18

บทที่ 1 บทนำ

(Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

สืบเนื่องจาก Pailoplee และคณะ (2009) ได้ทำการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในบริเวณประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง แต่เนื่องจากข้อมูลที่ได้เกี่ยวกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวนั้นยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งประเทศ โดยมีข้อมูลเพียงแค่บางส่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม จากสถิติเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้นมาในอดีตพบว่า ประเทศลาวเป็นอีกประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากพิบัติภัยแผ่นดินไหวอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่นเหตุการณ์แผ่นดินไหวครั้งล่าสุดเมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2556 เกิดแผ่นดินไหวที่ แขวงไชยะบุรี ประเทศลาว มีความรุนแรง 4.7 ริกเตอร์ ซึ่งถึงแม้ว่าจะมีขนาดความรุนแรงไม่สูงมากนัก แต่เนื่องจากเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบนแผ่นดิน (inland earthquake) ซึ่งส่วนใหญ่มักจะมีระดับความลึกของแผ่นดินไหวไม่มากนักเมื่อเทียบกับแผ่นดินไหวที่เกิดตามแนวมุดตัว ทำให้เหตุการณ์แผ่นดินไหวในครั้งนี้นี้ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ประเทศลาวและยังส่งผลกระทบต่อบางส่วนของบริเวณ ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือน สิ่งปลูกสร้างที่สำคัญ เกิดรอยแตกร้าวที่ผนัง ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในประเทศลาวใหม่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์ในการวางแผนรับมือในระยะยาวต่อไปในอนาคต

1.2 นิยามปัญหา (Problem Defined)

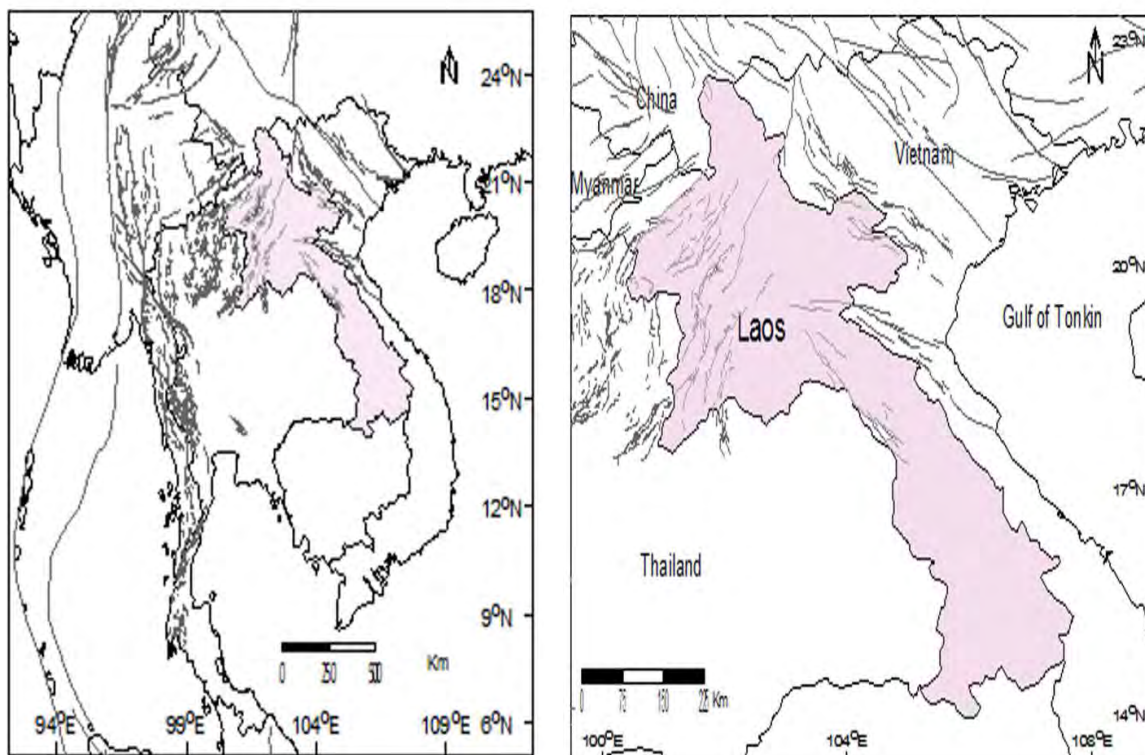
ประเทศลาวนั้นมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวและรอยเลื่อนในพื้นที่ข้างเคียงอาจก่อให้เกิดความเสียหาย อันตรายได้ ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาศักยภาพในการเกิดแผ่นดินไหวและระดับอันตรายว่ามากน้อยเพียงใด ในพื้นที่ประเทศลาวเพื่อให้มีข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้นและครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งประเทศ

1.3 วัตถุประสงค์ (Objectives)

วิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis) และจัดทำแผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหว (Seismic Hazard map) ในบริเวณประเทศลาวและพื้นที่ข้างเคียง

1.4 พื้นที่ศึกษา (Study area)

พื้นที่ศึกษารอบคลุมพื้นที่ประเทศลาว ในละติจูดที่ 14° N ถึง 23° N และลองจิจูดที่ 100° E ถึง 108° E



รูป 1.1. แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่บริเวณข้างเคียง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Outputs)

แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic map) บริเวณสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่มาจากการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis) โดยแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวนั้นสามารถเป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันจากเหตุแผ่นดินไหวและเป็นข้อมูลแก่ประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัยเพื่อช่วยลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

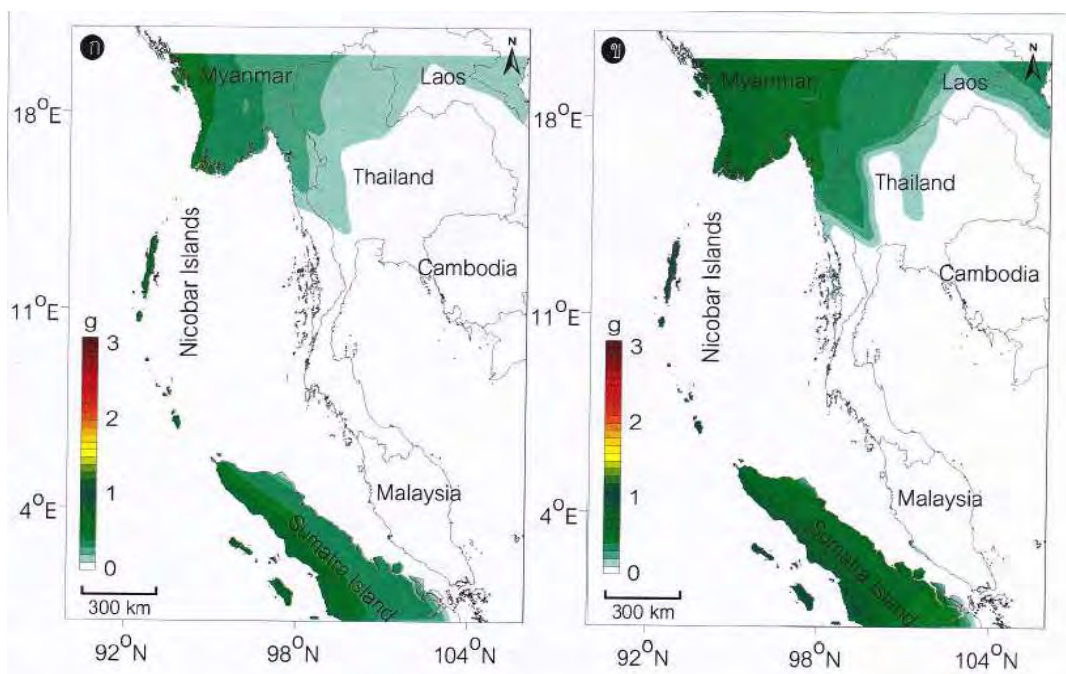
1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Relevant Research)

การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis) คือ การวิเคราะห์แผ่นดินไหวในเชิงปริมาณ ในรูปของแรงสั่นสะเทือนสูงสุดบนพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) มาจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาหรือบริเวณข้างเคียงของพื้นที่ศึกษา (Kramer,

1996) โดยผลที่ได้จากการศึกษาแรงสั่นสะเทือนสูงสุดบนแผ่นดินจะแสดงออกมาในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของอัตราเร่งอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) โดยที่ $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$ การทบทวนงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษางานวิจัยเพื่อนำมากำหนดแนวทางการเลือกใช้แบบจำลองต่างๆ ซึ่งการสำรวจเชิงเอกสารเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว สามารถสรุปได้ดังนี้

1.6.1 งานวิจัยของ Pailoplee และคณะ (2009)

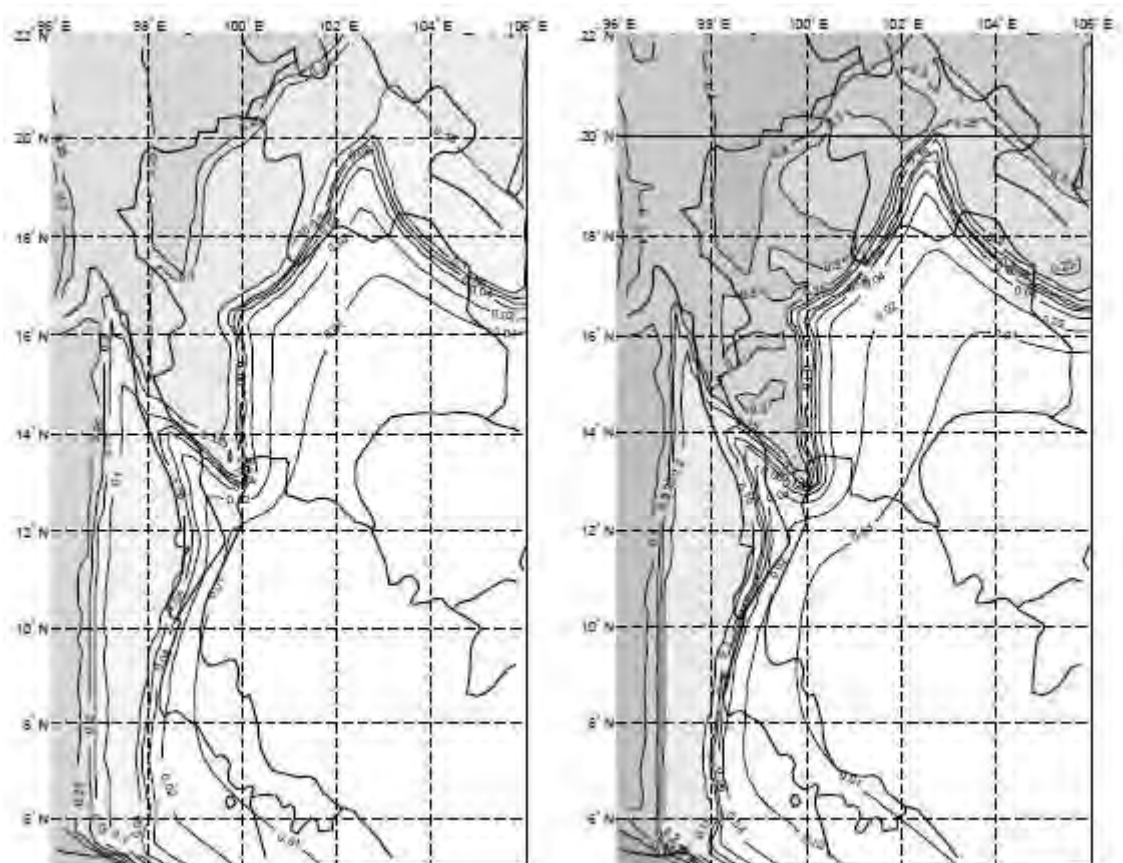
Pailoplee และคณะ (2009) วิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวจากแนวคิดของ Cornell (1968) เหมือนกับที่ Wanitchai และ Lisantono (1996) และ Palasri (2006) ประยุกต์ใช้โดยเน้นหนักในเรื่องของรอยเลื่อนมีพลังและข้อมูลการศึกษาแผ่นดินไหวโบราณ (Paleo-earthquakes) เป็นหลักในการพิจารณาศักยภาพของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโดยในการศึกษานี้ Pailoplee และคณะ (2009) ได้วิเคราะห์แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งจากเขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Charusiri et al., 2005) ร่วมกับกลุ่มรอยเลื่อนที่มีโอกาสเป็นรอยเลื่อนมีพลังทั้งในพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียงของพื้นที่ศึกษาโดยใช้แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจาก Idriss และคณะ (1993) สำหรับกรณีแผ่นดินไหวที่เกิดระดับต้นจากแนวรอยเลื่อนในแผ่นเปลือกโลกและแบบจำลองของ Crouse (1991) สำหรับแผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก



รูป 1.2. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (หน่วย g) จากโอกาสความเป็นไปได้ ก) 2% และ ข) 10% ในช่วงเวลา 50 ปี (Pailoplee และคณะ, 2009)

1.6.2 งานวิจัยของ Palasri และ Ruangrassamee (2010)

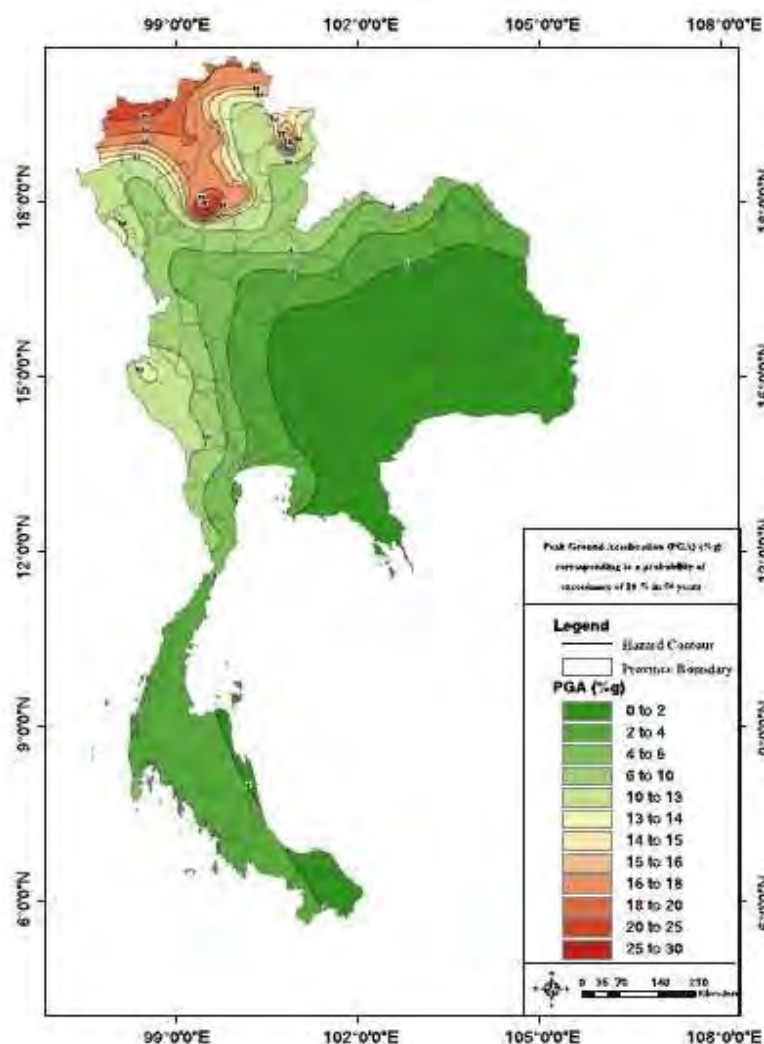
Palasri และ Ruangrassamee (2010) วิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวโดยใช้การวิเคราะห์ในเชิงความน่าจะเป็นบริเวณประเทศไทยและบริเวณประเทศเพื่อนบ้านของประเทศไทย โดยนำข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ (Instrumental record) ตั้งแต่ ค.ศ. 1912 ถึง ค.ศ. 2006 โดยได้จัดทำแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวแรงสั่นสะเทือนในรูปของอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 2% และ 10% ในรอบ 50 ปี จากการศึกษาสรุปได้ว่า อัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 50 ปี (รูป 1.3) บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินประมาณ 0.25 g และบริเวณกรุงเทพมหานครมีค่าประมาณ 0.02g ส่วนอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปี มีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับการวิเคราะห์ผลในกรณีของ ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปี โดยที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินประมาณ 0.4 g และบริเวณกรุงเทพมหานครมีค่าประมาณ 0.04 g โดยสังเกตได้ว่าค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินนั้นสูงขึ้นเป็น 2 เท่าจากโอกาสที่เกิด 10% โดยประมาณ



รูป 1.3. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุด ของพื้นดิน (หน่วย g) ก) โอกาสความเป็นไปได้ 10% ข) โอกาสความเป็นไปได้ 2% ในช่วงเวลา 50 ปี (Palasri และ Ruangrassamee, 2010)

1.6.3 งานวิจัยของ Wanitchai และ คณะ (2010)

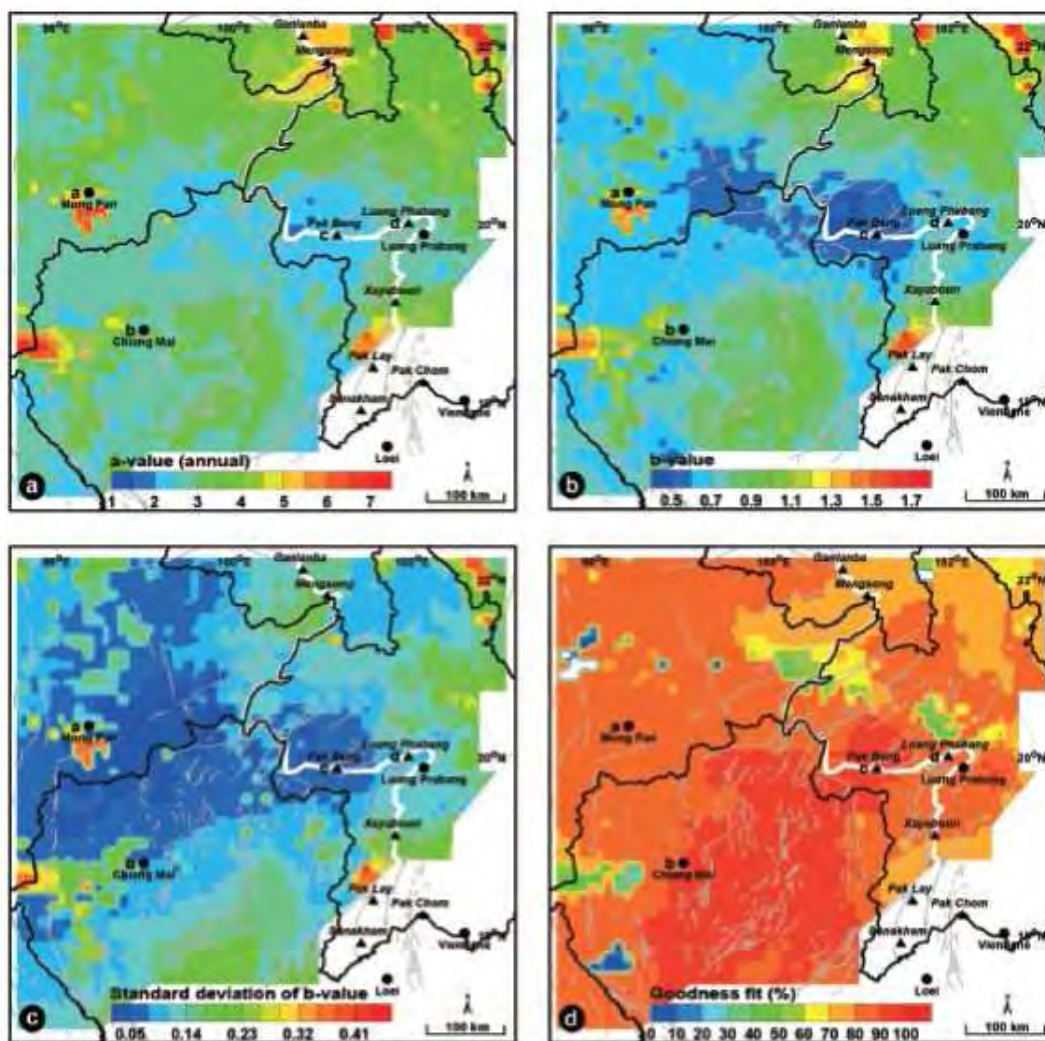
Wanitchai และ คณะ (2010) วิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในประเทศไทยด้วยแนวคิดเชิงความน่าจะเป็น โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวในระยะเวลา 95 ปี ตั้งแต่ ค.ศ.1912 ถึง ค.ศ. 2007 โดยครอบคลุมบริเวณประเทศไทยตั้งแต่ละติจูดที่ 0° ถึง 30°N และลองจิจูดที่ 88°E ถึง 110°E โดยได้จัดทำแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวแรงสั่นสะเทือนในรูปของอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินและอัตราเร่งในธรรมชาติ 0.2, 1.0 และ 2.0 และอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ที่มีโอกาสเกิด 2% และ 10% ในรอบ 50 ปี จากการศึกษาสรุปได้ว่าบริเวณในแผ่นดินบริเวณภาคเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทยเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงสูงสุดและบริเวณกรุงเทพมหานครนั้นได้รับผลกระทบในระยะสั้นและระยะยาว จากพื้นที่ข้างเคียงที่มีรอยเลื่อนมีพลังอยู่และมาจากบริเวณมุดตัวของเปลือกโลก (รูป 1.4)



รูป 1.4. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยแสดงแรงสั่นสะเทือนในรูปของอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (หน่วย g) โอกาสความเป็นไปได้ 10% ในช่วงเวลา 50 ปี (Wanitchai และ คณะ, 2010)

1.6.4. งานวิจัยของ Pailoplee และคณะ (2013)

Pailoplee และคณะ (2013) ได้จัดทำแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Map) บริเวณพรมแดนระหว่างประเทศไทย ลาวและพม่าโดยใช้ข้อมูลทางสถิติมาเชิงลึกจากข้อมูลที่บ้านทีกได้จากเครื่องมือตรวจวัด (Instrument records) โดยใช้การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวจากความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis - PSHA) ซึ่งประยุกต์รวมกับการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (Frequency-magnitude Earthquake Distribution - FMD) บริเวณพรมแดนระหว่างประเทศไทย ลาวและพม่าแล้วสรุปผลออกมาในรูปแบบของแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว จากแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (รูป 1.5) แสดงโอกาสของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่สามารถเกิดขึ้นได้สูงสุด (Maximum Earthquake Magnitude) ในรอบ 1 ปี, 5 ปี, 10 ปี และ 50 ปี



รูป 1.5. แสดงโอกาสของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่สามารถเกิดขึ้นได้สูงสุด (Maximum Earthquake Magnitude) ในรอบ 1 ปี, 5 ปี, 10 ปี และ 50 ปี (Pailoplee และคณะ, 2013)

1.8 ทฤษฎีการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis)

การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis) คือ การวิเคราะห์แผ่นดินไหวในเชิงปริมาณ ในรูปของแรงสั่นสะเทือนสูงสุดบนพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) มาจากแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาหรือบริเวณข้างเคียงของพื้นที่ศึกษา (Kramer, 1996) โดยผลที่ได้จากการศึกษาแรงสั่นสะเทือนสูงสุดบนแผ่นดินจะแสดงออกมาในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของอัตราเร่งอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) โดยที่ $1g = 9.81 \text{ m/s}^2$

ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว โดยใช้การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว อันเป็นผลมาจากตำแหน่งที่ตั้งและศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในแต่ละเขต ผนวกกับลักษณะการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว อันเนื่องมาจากระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา ซึ่งในปัจจุบันแนวคิดในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวที่สำคัญ นำเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายมี 2 แนวคิด คือ 1) การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) (Hull และคณะ, 2003) และ 2) การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวจากความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) (Cornell, 1968) ซึ่งทั้งสองวิธีนี้วิเคราะห์จากตัวแปรนำเข้า (Input parameters) ที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันทั้งกระบวนการวิเคราะห์ และผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ ตลอดจนจุดประสงค์ของการใช้ผลการวิเคราะห์ในงานด้านต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

1.8.1 การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA)

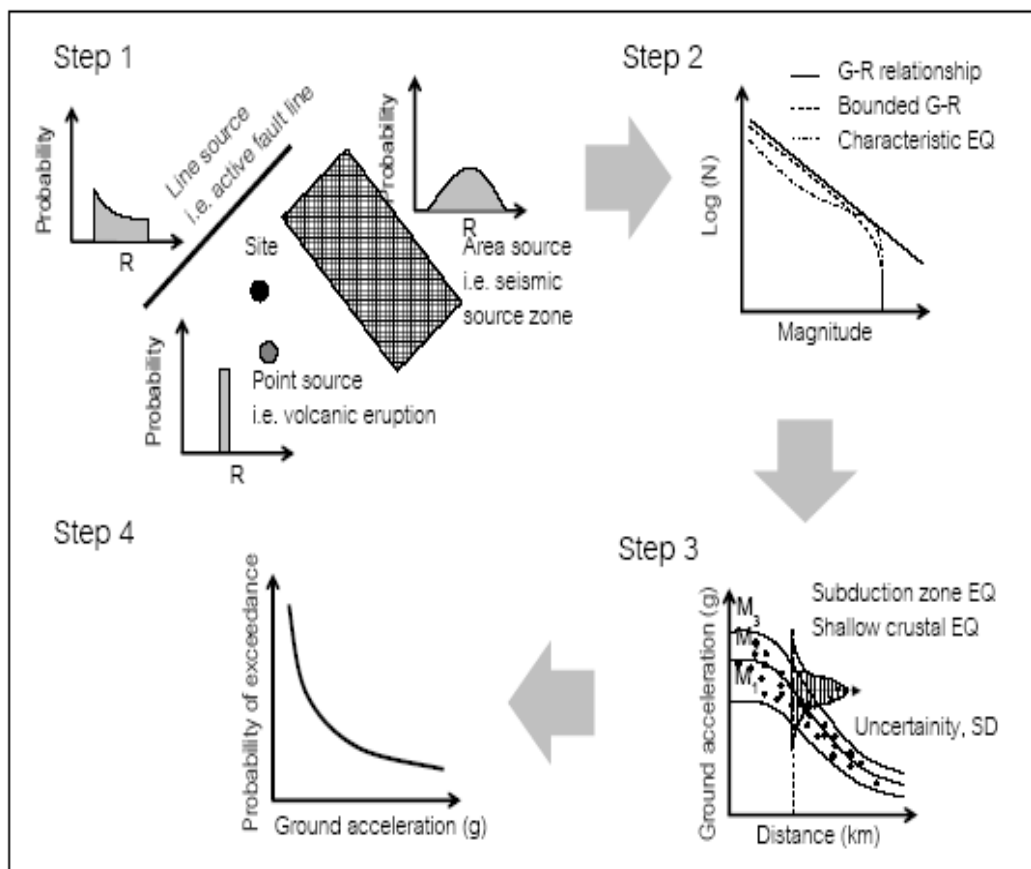
แนวคิดการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า เป็นการพิจารณาระดับอันตรายสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ศึกษา (Worst case) โดยวิเคราะห์ศักยภาพสูงสุดของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่สามารถเกิดขึ้นได้ (Maximum credible earthquake, MCE) มาเป็นกรณีศึกษาในการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของแรงสั่นสะเทือนเมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น ซึ่งแนวคิดนี้เป็นที่ยอมรับในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในพื้นที่เฉพาะจุด (Source-to-site analysis) ในกรณีที่พื้นที่ศึกษามีความสำคัญมากทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เช่น เขื่อน โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ อาคารหรือสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะการวิเคราะห์ด้วยแนวคิดนี้ จะให้ค่าระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวที่มากเกินไปกว่าความเป็นจริง (Over-estimate) แต่จะมีค่าความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Hull และคณะ, 2003) ประกอบด้วย

1) กำหนดตำแหน่งที่ตั้ง จำแนกรูปทรง (Geometry) ของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว และวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งตำแหน่งหรือรูปทรงมักขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน (Tectonic setting) ของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนั้นๆ เช่น ภูเขาไฟที่ยังมีพลัง (Active volcanoes) มักจะมีตำแหน่งการเกิดแรงสั่นสะเทือนในวงแคบใกล้กับตำแหน่งภูเขาไฟ จึงถือว่าแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบนี้ เป็นแบบจุด (Point source) หรือแนวรอยเลื่อนแผ่นดินไหว จัดเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบเส้น (Line source) ส่วนในบางกรณี แผ่นดินไหวอาจเกิดขึ้นในบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งอาจจะไม่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนหรือแนวภูเขาไฟ ในกรณีเช่นนี้อาจวิเคราะห์ว่าแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนี้เป็นแบบเชิงพื้นที่ (Area source) เป็นต้น

2) วิเคราะห์ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา และคัดเลือกระยะทางที่สั้นที่สุดเป็นตัวแทนของระยะทางจากพื้นที่ศึกษาถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

3) นำค่าตัวแปรที่ได้จาก ข้อ 1) และ 2) มาวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว โดยใช้แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4) เปรียบเทียบขนาดของแรงสั่นสะเทือนที่จะกระทบต่อพื้นที่ศึกษา จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ และคัดเลือกระดับความรุนแรงสูงสุด (ในรูปแบบของอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน) จากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวใดๆ เป็นตัวแทนของแรงสั่นสะเทือนที่พื้นที่ศึกษามีโอกาสได้รับ ผลกระทบดังรูป 1.6



รูป 1.6. วิธีการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis-DSHA) (Hull et al., 2003)

1.8.2 การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวจากความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA)

ในกรณีของการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวจากความน่าจะเป็น เป็นวิธีการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวโดยใช้แนวคิดของโอกาสที่จะเกิดขึ้นเข้าช่วยในการวิเคราะห์ผล โดยพิจารณาความน่าจะเป็นจากข้อมูลที่มีอยู่ในหลายๆด้าน เช่น ความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรง ความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษาและความน่าจะเป็นอันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยแนวคิดความน่าจะเป็น ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน เช่นเดียวกับการวิเคราะห์อันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า แต่ใน

รายละเอียดมีความซับซ้อนและยุ่งยากมากกว่า ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์ด้วยแนวคิดความน่าจะเป็น (Kramer, 1996) มีดังต่อไปนี้

1) จำแนกลักษณะ รูปร่างของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า และวิเคราะห์ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษาโดยอยู่ในรูปของความน่าจะเป็นในแต่ละระยะทาง เช่น ในกรณีของแหล่งกำเนิดเชิงพื้นที่สามารถทำได้โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยๆ (Gridding) จากนั้นวิเคราะห์ระยะทางจากแต่ละส่วนย่อยถึงพื้นที่ศึกษา และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ (Probability) ในแต่ละระยะห่าง (รูป 1.7 ขั้นตอนที่ 1)

2) พิจารณาความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรง โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการความหนาแน่น (หรือความถี่) ของจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละระดับความรุนแรง (Probability Density Function, PDF) ซึ่งโดยพื้นฐานอย่างง่ายสามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์ Gutenberg-Richter (G-R) (Gutenberg และ Richter, 1954) ดังแสดงในสมการ (1.1)

$$\log \lambda_m = a - bm \quad (1.1)$$

กำหนดให้

- λ_m คือ อัตราการเกิด (Mean of annual rates of exceedance) ของแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า m ในรอบ 1 ปี
- m คือ ขนาดแผ่นดินไหวที่ต้องการหาความน่าจะเป็นของการเกิด (หน่วยโมเมนต์- M_w)
- a และ b คือ ค่าคงที่ สามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \lambda_m$ และ m

3) จากนั้นจึงนำค่าระยะทางและขนาดแผ่นดินไหวที่กำหนดไว้เป็นช่วงย่อย (ซึ่งแต่ละระยะทางย่อยและขนาดแผ่นดินไหวย่อยจะมีค่าความน่าจะเป็นกำกับอยู่) นำเข้าวิเคราะห์กับแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่และเหมาะสมกับลักษณะเฉพาะทางธรณีแปรสัณฐานของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว เช่น แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกหรือแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบรอยเลื่อนที่อยู่ภายในแผ่นเปลือกโลกซึ่งในส่วนของแบบจำลองเองก็มีความไม่แน่นอน หรือโอกาสความน่าจะเป็นไม่เท่ากันเช่นกัน โดยทุกแบบจำลองจะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, SD) ที่แตกต่างกัน

ดังนั้นค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ที่ได้จากการคำนวณถือได้ว่าเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) โดยกำหนดให้มีการกระจายความเป็นไปได้แบบปัวซอง (Poisson distribution) ดังนั้นหลังจากขั้นตอนนี้ จะได้ผลของค่าความเร่งสูงสุดบนพื้นดินซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย และความเป็นไปได้ (Probability) ที่ขนาดแรงสั่นสะเทือนจะมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่าค่าเฉลี่ย (รูป 1.7 ขั้นตอนที่ 3)

4) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว คือ การสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเป็นไปได้ของการเกิดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวเท่ากับหรือมากกว่าค่าความเร่งสูงสุดบนพื้นดินที่กำหนดและค่าความเร่งสูงสุดบนพื้นดิน (รูป 1.7 ขั้นตอนที่ 4 ประกอบ) ซึ่งความเป็นไปได้รวมได้จากสมการ (1.2-1.3)

$$y^* = \sum_{i=1}^{N_s} v_i \iint P[Y > y^* | m, r] f_{M_i}(m) f_{R_i}(r) dm dr \quad (1.2)$$

$$v_i = \exp(\alpha_i - \beta_i m_0) \quad (1.3)$$

กำหนดให้

y^* คือ โอกาส (Probability) ที่แรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน

N_s คือ จำนวนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งหมด

$f_M(m)$ คือ โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาด m

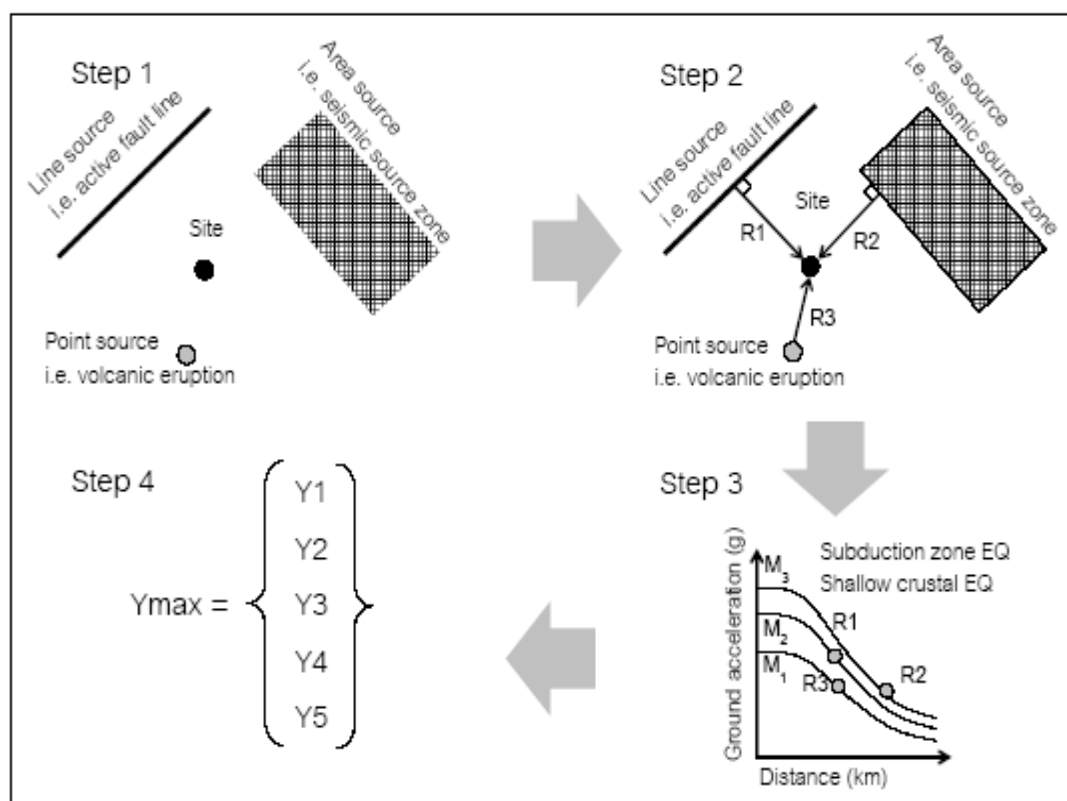
$f_R(r)$ คือ โอกาสที่ตำแหน่งศึกษาจะมีระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเป็นระยะทาง r

$P[Y > y^* | m, r]$ คือ โอกาสที่แรงสั่นสะเทือนจะเท่ากับหรือมากกว่าค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่คำนวณได้จากขนาดแผ่นดินไหว m และมีระยะทางห่างจากตำแหน่งศึกษา r

α คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ $2.303a$

จากนั้นสรุป ปัจจัย ตัวแปร และข้อมูลพื้นฐาน ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหว ได้แก่ ข้อมูลจากการศึกษาแผ่นดินไหวโบราณ (Paleo-seismological data) เช่น ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว อัตราการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน หรือข้อมูลพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว เช่น ค่า a และ b จากสมการความสัมพันธ์ G-R ซึ่ง

จะบ่งบอกถึงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมและคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละระดับความรุนแรงเป็นต้น



รูป 1.7. วิธีการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis - PSHA) (Kramer, 1996)

บทที่ 2

การวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาว (Methodology and Analysis)

2.1 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Earthquake Sources)

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว แบ่งได้เป็นสามชนิดตามลักษณะของแหล่งที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว ได้แก่ 1) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีลักษณะเป็นจุด เช่น การเกิดแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากการปะทุของภูเขาไฟ (Volcanic Eruption) 2) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีลักษณะเป็นเส้น เช่น รอยเลื่อนพลัง (Active Fault) 3) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ เช่น เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zone) โดยเมื่อทำการศึกษากการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาว และจำแนกแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา พบว่าบริเวณพื้นที่ประเทศลาวมีแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 2 ชนิด คือ แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีลักษณะเป็นเส้น คือ รอยเลื่อนพลัง (Active Fault) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ คือ เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zone)

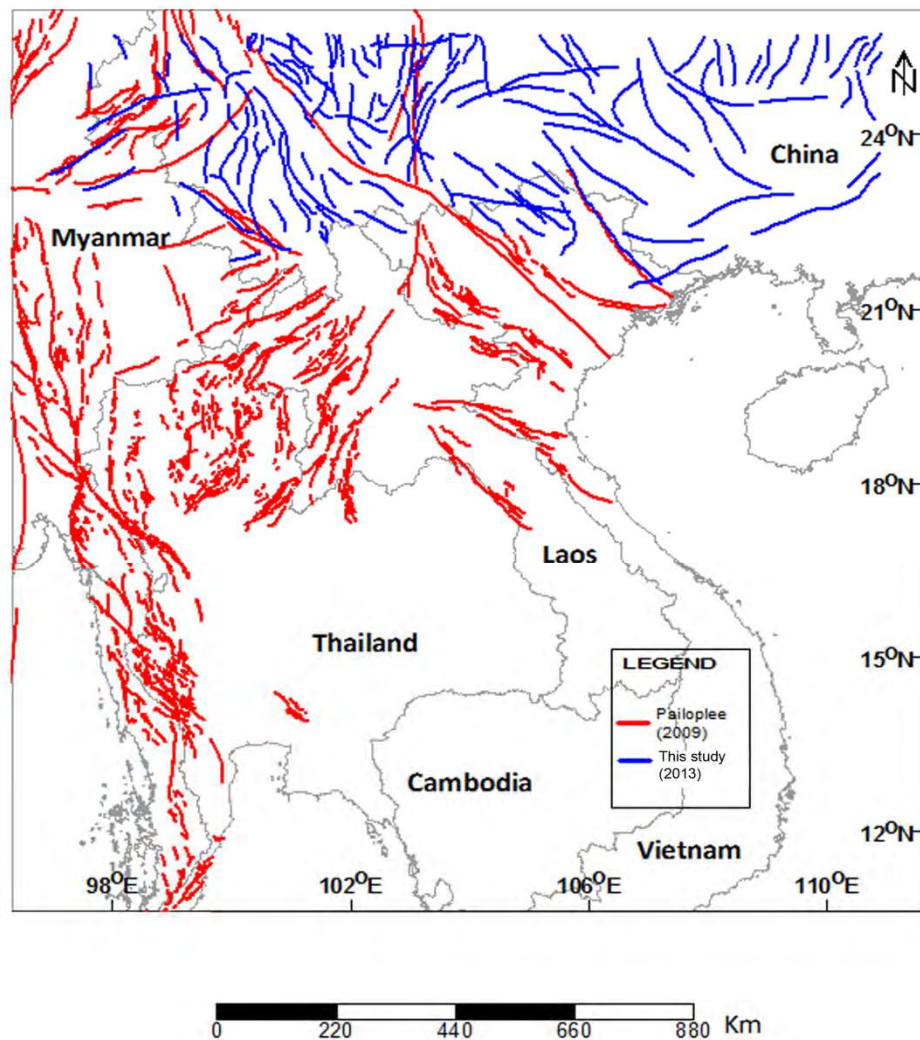
โดยขั้นตอนในการศึกษาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาว มีขั้นตอนและวิธีการดังต่อไปนี้

2.1.1 การแปลความหมายภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Image Interpretation)

ในการศึกษาและกำหนดแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีลักษณะเป็นเส้น อย่างรอยเลื่อนมีพลัง (Active Fault) ในมีความชัดเจนและแม่นยำนั้น สามารถทำได้โดยการแปลความหมายจากภาพถ่ายทางดาวเทียม ซึ่งจากการกำหนดแนวรอยเลื่อนนั้นจะต้องทำการกำหนดรอยเลื่อนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ศึกษา รวมไปถึงรอยเลื่อนในบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษาที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาด้วย จึงจะทำให้ได้ผลการศึกษาที่ถูกต้องแม่นยำที่สุด

การกำหนดแนวรอยเลื่อนในขอบเขตพื้นที่บริเวณประเทศลาวรวมทั้งบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษาโดยการแปลความหมายจากภาพถ่ายทางดาวเทียม ทำได้โดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียมผ่านโปรแกรม Google Earth ร่วมกับ DEM 90 ซึ่งจะทำการกำหนดรอยเลื่อนโดยพิจารณาจากลักษณะธรณีสัณฐาน (Geomorphology) ที่น่าจะเป็นลักษณะของรอยเลื่อนมีพลัง เช่น เนินเขาขวาง (Shutter Ridge) หน้าผาสามเหลี่ยม (Triangular Facet) ทางน้ำหักงอ (Offset Stream) เป็นต้น และพิจารณากำหนดเขตรอยเลื่อนประกอบกับฐานข้อมูลรอยเลื่อนที่มีอยู่ โดยที่พิจารณารอยเลื่อนที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ประเทศลาว และบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษา จากนั้นจึงนำข้อมูลเข้าสู่

โปรแกรม Surfer เพื่อแสดงข้อมูลรอยเลื่อนออกมาในรูปแบบของแผนที่รอยเลื่อนมีพลังบริเวณประเทศลาวและบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษา

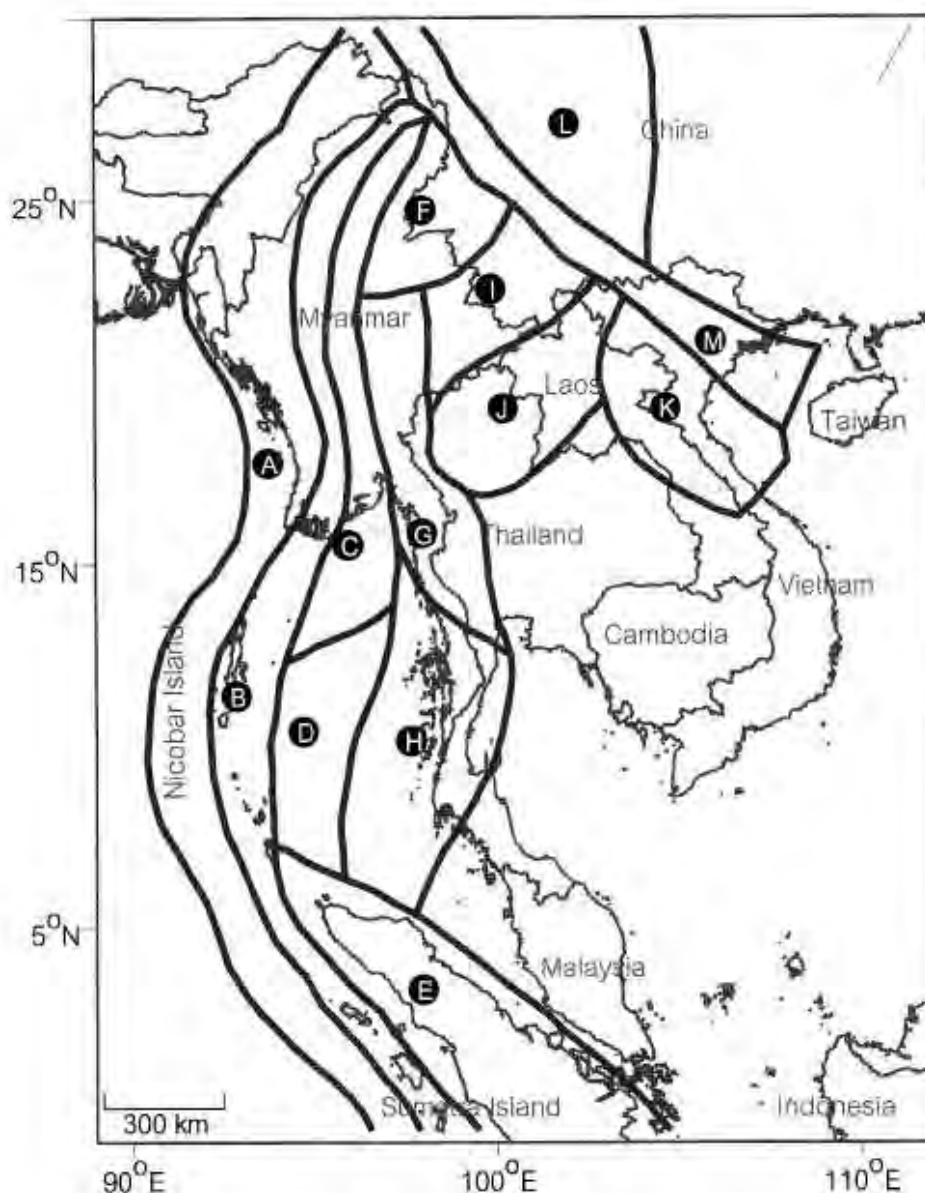


รูป 2.1. แสดงแผนที่รอยเลื่อนบริเวณประเทศลาวและบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษาจากการนำเข้าสู่ข้อมูลผ่านโปรแกรม Surfer

2.1.2 จัดกลุ่มรอยเลื่อน (Fault Zone) ตามเขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source Zone)

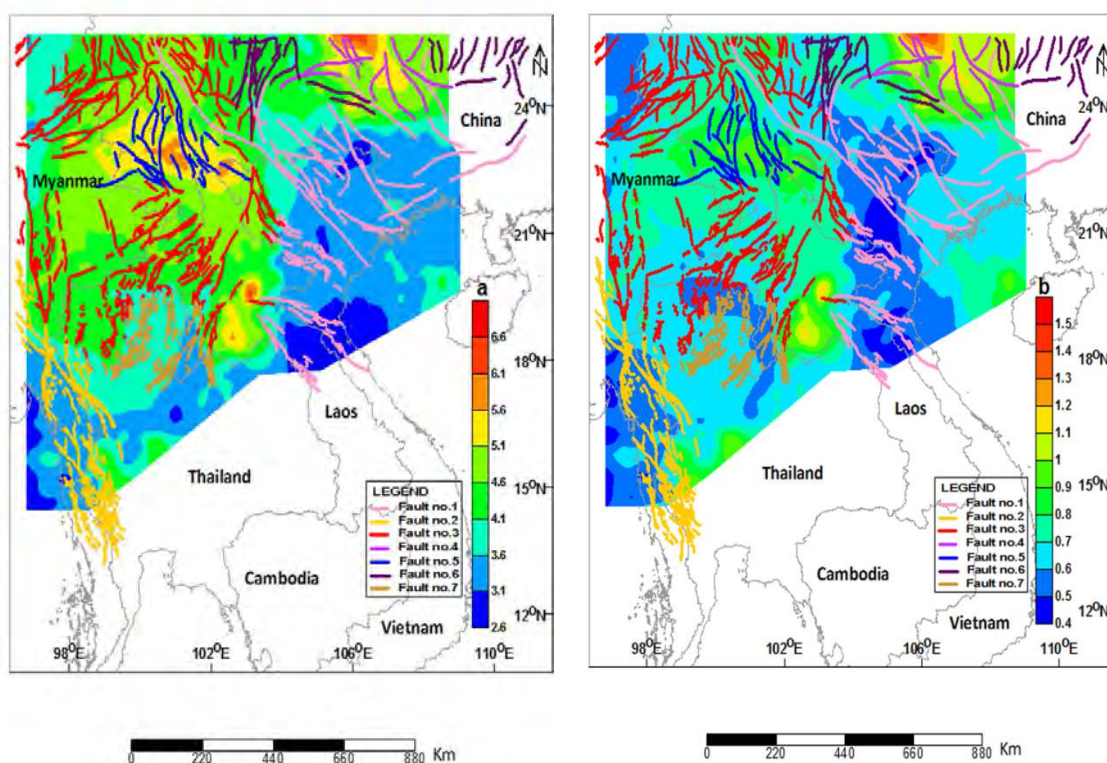
เมื่อได้ข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในบริเวณประเทศลาวและบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ศึกษาแล้ว จากนั้นทำการจัดกลุ่มรอยเลื่อนที่เกิดจากเขตรอยเลื่อนที่เกิดจากเขตรอยเลื่อนเดียวกัน โดยจะ

พิจารณาจากรอยเลื่อนที่มีพฤติกรรมเดียวกันซึ่งสามารถจัดให้อยู่ในเขตรอยเลื่อนในเขตเดียวกันได้ ซึ่งในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาว ได้ใช้แบบจำลองการแบ่งเขตแผ่นดินไหว (Seismic source zone model) ของ Pailoplee (2009) (รูป 2.2) ซึ่งแบบจำลองนี้ได้ทำการปรับปรุงมาจากแบบจำลองของ Charusiri และคณะ (2005) มาใช้เป็นต้นแบบในการจัดกลุ่มรอยเลื่อน (Fault zone) เพื่อกำหนดเขตกำเนิดแผ่นดินไหว เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา



รูป 2.2. แบบจำลองการแบ่งเขตแผ่นดินไหว (Seismic source zone model) ของ Pailoplee และ Choowong (2013)

เนื่องจากในพื้นที่ศึกษามีรอยเลื่อนที่สำคัญในพื้นที่ 5 รอยเลื่อน คือ Mae Chan Fault, Dein Bein Fu Fault, Song Ma Fault, Nam Ma Fault ซึ่งเป็นรอยเลื่อนที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาโดยตรงเนื่องจากเป็นรอยเลื่อนที่พาดผ่านพื้นที่ศึกษาเกือบทั้งพื้นที่ ดังนั้นในการแบ่งเขตกำเนิดแผ่นดินไหวจึงทำการแบ่งรอยเลื่อน Dein Bein Fu Fault, Song Ma Fault, Nam Ma Fault โดยละเอียด ซึ่งใช้แบบจำลองการแบ่งเขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone model) ของ Pailoplee (2009) มาเป็นต้นแบบในการจัดกลุ่มรอยเลื่อน ซึ่งการจัดกลุ่มรอยเลื่อน (Fault zone) ตามเขตกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone) ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาว สามารถจัดกลุ่มรอยเลื่อน (Fault zone) ได้จำนวน เขตรอยเลื่อน (Fault zone) ซึ่งได้ตั้งชื่อตามพื้นที่ที่กลุ่มรอยเลื่อนนั้นพาดผ่าน ได้แก่ (รูป 2.3)



รูป 2.3. กลุ่มรอยเลื่อน (Fault zone) จำแนกตามเขตแผ่นดินไหว (Seismic source zone) และใช้ค่า a, b ในพื้นที่ศึกษามาช่วยในการจัดกลุ่มรอยเลื่อน

2.2 พฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake Characteristic)

การศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake Characteristic) เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจวัด (Instrumental Earthquake Record) ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

สิ่งที่ได้จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัด (Instrumental Earthquake Record) คือ ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว ที่มีการรวบรวมของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดต่างๆทั่วโลก ข้อมูลที่ได้จากสถานีคือ ขนาดความรุนแรงแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ตั้งแต่อดีตย้อนหลังได้ถึง 100 ปี ซึ่งข้อมูลที่ได้มีจำนวนมากจึงเรียกว่า ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue) โดยแต่ละสถานีตรวจวัดนั้นอาจมีค่าที่วัดได้แตกต่างกัน หรือใช้หน่วยมาตราความรุนแรงแผ่นดินไหวที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับเครื่องมือและมาตรฐานในการตรวจวัด ซึ่งขั้นตอนการศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหวมีดังนี้

2.2.1 คัดลอกข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล (Earthquake Catalogue)

ทำการคัดลอกข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล (Earthquake Catalogue) ต่างๆโดยรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลหลายฐานข้อมูล ซึ่งเป็นฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับทั่วโลก ซึ่งฐานข้อมูลที่ได้มาจากเว็บไซต์ของฐานข้อมูลต่างๆที่มีการเก็บรวบรวมไว้เป็นจำนวนมากซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้มีการบันทึกตั้งแต่อดีตเป็นเวลานาน โดยสามารถค้นหาข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ต้องการได้โดย ค้นหาตามปี ค.ศ. (Year) ที่เกิดแผ่นดินไหว ค้นหาจากตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหว (Latitude and Longitude) ค้นหาจากระดับความลึก (Depth) ที่เกิดแผ่นดินไหว หรือค้นหาจากขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Magnitude) ที่ต้องการ ซึ่งในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยนี้ได้เลือกใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ในการวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา ดังนี้

1. ฐานข้อมูล Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)
2. ฐานข้อมูล Thai Meteorological Department (TMD)

ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยนี้ได้กำหนดขอบเขตในการค้นหาข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลโดยการกำหนดดังนี้

- ฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1900 – 2013
- ฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ที่ ละติจูด (Latitude) ที่ $10.833^{\circ}\text{N} - 25.878^{\circ}\text{N}$ และ ลองจิจูด (Longitude) ที่ $96.723^{\circ}\text{E} - 110.961^{\circ}\text{E}$

โดยเป็นข้อมูลขนาดความรุนแรงแผ่นดินไหวที่มีระดับความลึก (Depth) ทุกระดับความลึก และเป็นฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีขนาดความรุนแรงแผ่นดินไหวท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ (Local Magnitude, ML)

ฐานข้อมูล Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)

Long	Lat	Year	Month	Day	Magnitude	Depth	Hour	Min	Sec
103.06	24.91	2004	9	17	3.5	18	17	10	31
102.63	24.52	2004	8	13	3.5	17	7	28	44
100.48	23.65	2002	11	18	3.6	8	8	27	25
98.91	22.82	1998	5	15	3.6	30	15	11	32
98.92	24.62	1996	7	25	3.7	15	13	43	7
100.41	23.59	2002	11	18	3.8	27	10	39	2
99.44	23.59	1996	2	10	3.8	23	9	2	9

ตาราง 2.1. แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS

เมื่อนำข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) เข้าสู่โปรแกรม Matlab เพื่อศึกษาข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวพบว่า ฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS เป็นฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 – 2013 โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 2,457 ข้อมูล พบเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดความรุนแรงมากที่สุด 7.0 ริกเตอร์ และน้อยที่สุด 1.0 ริกเตอร์ เกิดแผ่นดินไหวในระดับลึกที่สุด 350 กิโลเมตร

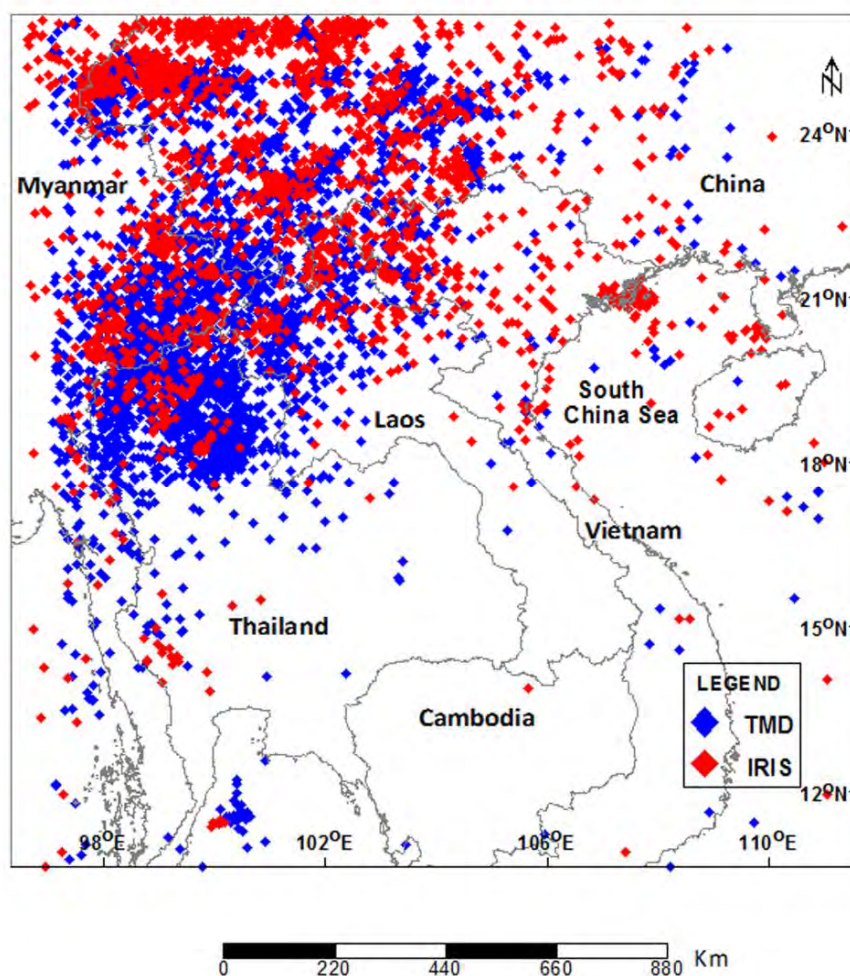
ฐานข้อมูล Thai Meteorological Department (TMD)

Long	Lat	Year	Month	Day	Magnitude	Depth	Hour	Min	Sec
107.15	25.42	2008	9	8	3.5	13	4	56	2
100.02	19.23	2006	2	20	3.5	35	18	34	4
99.24	21.92	1998	2	23	3.6	33	14	30	2
97.58	22.73	2002	1	11	3.7	33	11	51	6
100.41	23.59	2002	11	18	3.8	12	10	39	2
98.28	23.69	2008	4	24	3.8	15	14	13	2
105.12	17.67	1999	8	22	3.9	33	16	22	7

ตาราง 2.2. แสดงตัวอย่างฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล TMD

เมื่อนำข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล Thai Meteorological Department (TMD) เข้าสู่โปรแกรม Matlab เพื่อศึกษาข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว พบว่า ฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล TMD เป็นฐานข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1990 - 2013 โดยมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 4,367 ข้อมูล พบเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดความรุนแรงมากที่สุด 7.2 ริกเตอร์ และน้อยที่สุด 1.0 ริกเตอร์ เกิดแผ่นดินไหวในระดับลึกที่สุด 300 กิโลเมตร

จากข้อมูลขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) และฐานข้อมูล Thai Meteorological Department (TMD) สามารถนำมาสร้างแผนที่การกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Distribution) ได้ดังนี้



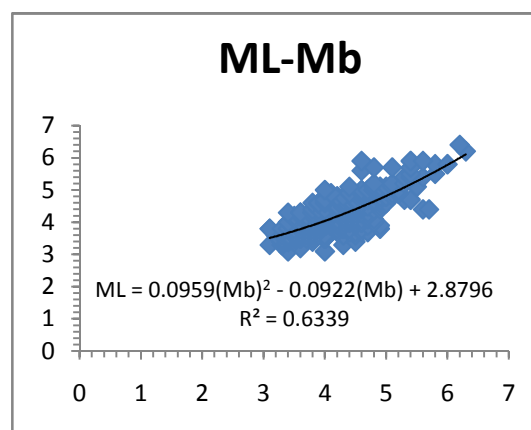
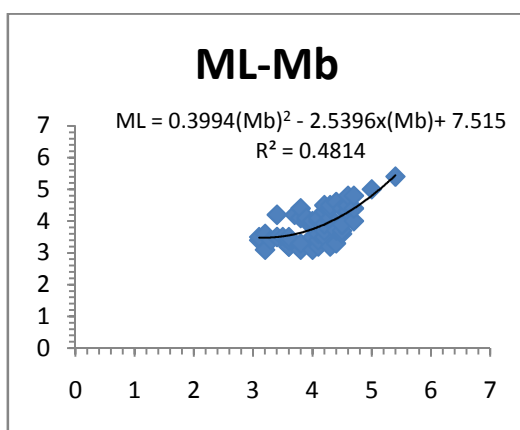
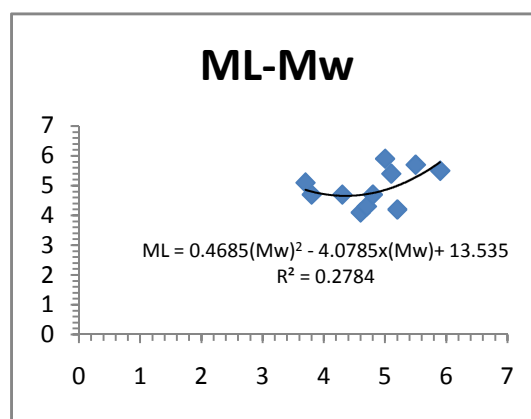
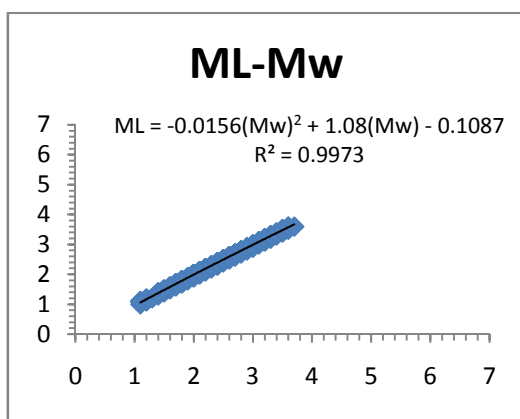
รูป 2.4. แสดงแผนที่การกระจายตัวของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS และ TMD

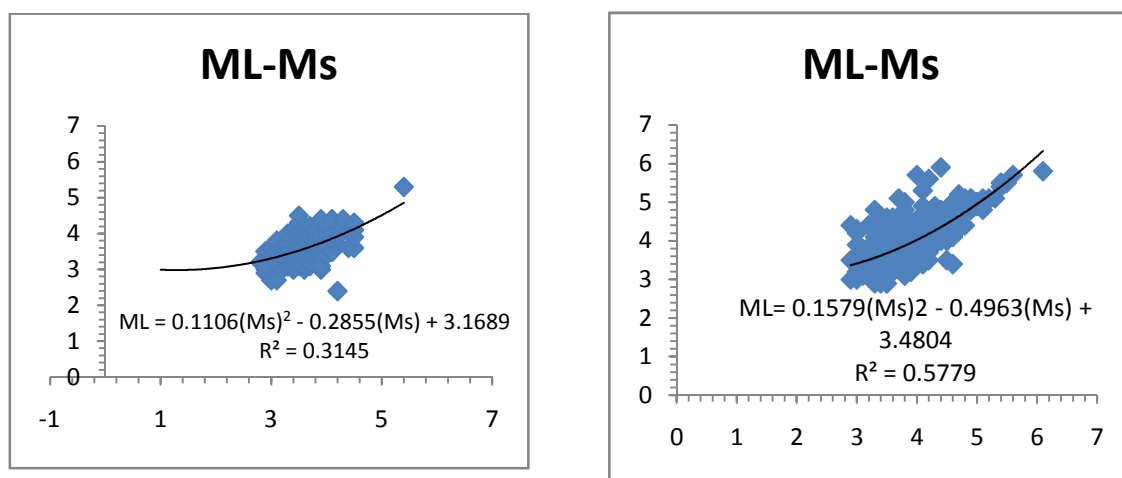
2.2.2 ปรับเทียบและแปลงมาตราตรวจวัดแผ่นดินไหว (Magnitude Scale)

ในการรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูลต่างๆประกอบไปด้วย หน่วยวัดขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน เช่น Body-wave magnitude (mb), Surface-wave magnitude (M_s), Local magnitude (ML) และ Moment magnitude (M_w) จึงต้องแปลงหน่วยขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวให้อยู่ในหน่วยมาตรฐาน ซึ่งในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว โดยในงานวิจัยนี้ใช้ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวเป็นหน่วย ML เนื่องจากหน่วย ML เป็นหน่วยวัดขนาดความรุนแรงแผ่นดินไหวที่มีข้อมูลรายงานออกมากที่สุดจากฐานข้อมูลของแผ่นดินไหวทั้งสอง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแปลงหน่วยความรุนแรงของแผ่นดินไหวแบบต่างๆ เช่น mb , M_s และ M_w ให้อยู่ในรูปของหน่วยมาตรฐานเดียวกัน คือ ML โดยใช้สมการความสัมพันธ์จากการสร้างกราฟต่างๆ ดังนี้

Incorporated Research Institutions
Department for Seismology (IRIS)

Thai Meteorological
(TMD)





รูป 2.5. แสดงกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาสมการในการแปลงหน่วยขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวให้อยู่ในรูปของขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML)

จากฐานข้อมูล Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)

แปลงขนาดแผ่นดินไหวต่างๆ เป็นขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML)

$$ML = -0.0156 Mw^2 + 1.08 Mw - 0.1087 \quad (2.1)$$

$$ML = 0.3994 mb^2 - 2.5396 mb + 7.515 \quad (2.2)$$

$$ML = 0.1106 Ms^2 - 0.2855 Ms + 3.1689 \quad (2.3)$$

จากฐานข้อมูล Thai Meteorological Department (TMD)

แปลงขนาดแผ่นดินไหวต่างๆ เป็นขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML)

$$ML = 0.4685 Mw^2 - 4.0785 Mw + 13.535 \quad (2.4)$$

$$ML = 0.0959 mb^2 - 0.0922 mb + 2.8796 \quad (2.5)$$

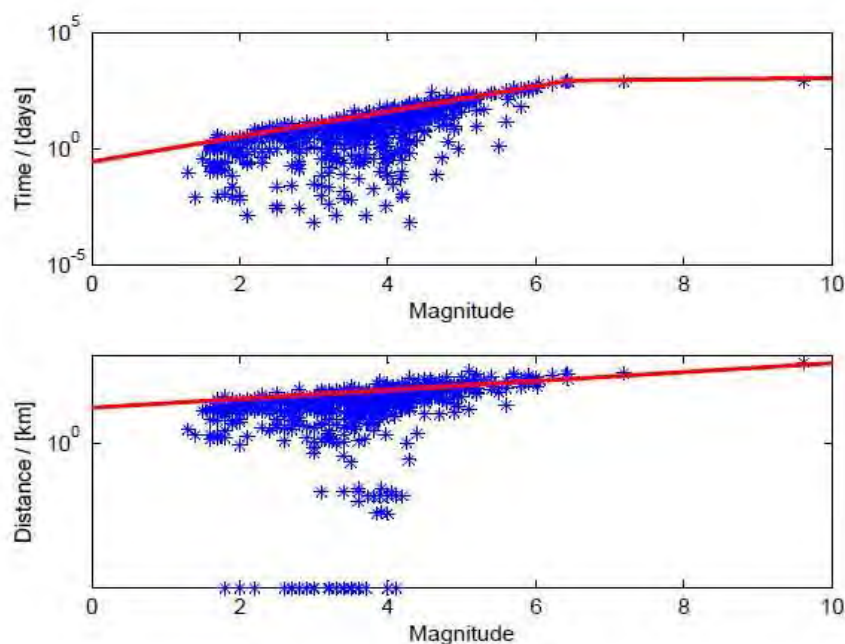
$$ML = 0.1579 Ms^2 - 0.4963 Ms + 3.4804 \quad (2.6)$$

2.2.3 จัดกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) และกำจัดแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) และแผ่นดินไหวตาม (Aftershock)

ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เชื่อว่าเป็นเหตุการณ์ที่แสดงถึงศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว คือเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) เท่านั้น (Kramer, 1996) เพราะเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักเกิดจากแรงเค้น (Stress) แรงเครียด

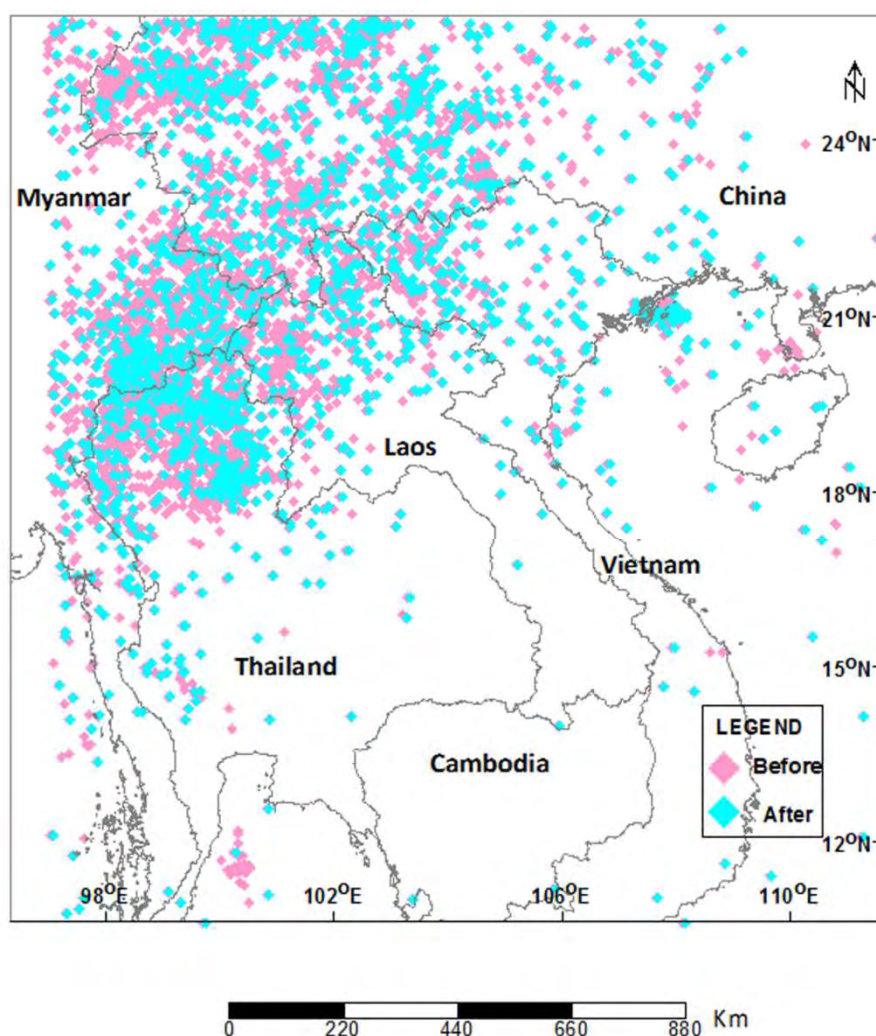
(Strain) อันเนื่องมาจากการกระทำทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง ดังนั้นในการวิเคราะห์ศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้มาจากเครื่องมือตรวจวัด จึงจำเป็นต้องมีการกำจัดกลุ่มแผ่นดินไหวหน้า (Foreshock) และแผ่นดินไหวตาม (Aftershock) ออกจากแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) เพื่อนำแต่ข้อมูลแผ่นดินไหวหลักไปใช้ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวต่อไป การวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวนี้ ใช้หลักการจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก แผ่นดินไหวหน้าและแผ่นดินไหวตาม ตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) โดยความสัมพันธ์ในการจัดกลุ่มของแผ่นดินไหว คือ ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหว และช่วงเวลาที่เกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากเกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็ก โอกาสการกระจายตัวของแผ่นดินไหวตามที่จะเกิดขึ้นได้จะครอบคลุมพื้นที่เล็กๆ และระยะเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามหลังจากเกิดแผ่นดินไหวหลักจะมีช่วงเวลาน้อย ในขณะที่หากเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะตรงกันข้าม โดยโอกาสการกระจายตัวของแผ่นดินไหวตามที่จะเกิดขึ้นได้จะครอบคลุมพื้นที่เป็นวงกว้างมากขึ้น และระยะเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามหลังจากเกิดแผ่นดินไหวหลักจะมีช่วงเวลายาวนานขึ้น

ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวนี้ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา มีกลุ่มของที่ประกอบด้วยแผ่นดินไหวหน้า (Foreshock) แผ่นดินไหวตาม (Aftershock) และแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) อยู่หลายกลุ่มด้วยกัน ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ดังนี้



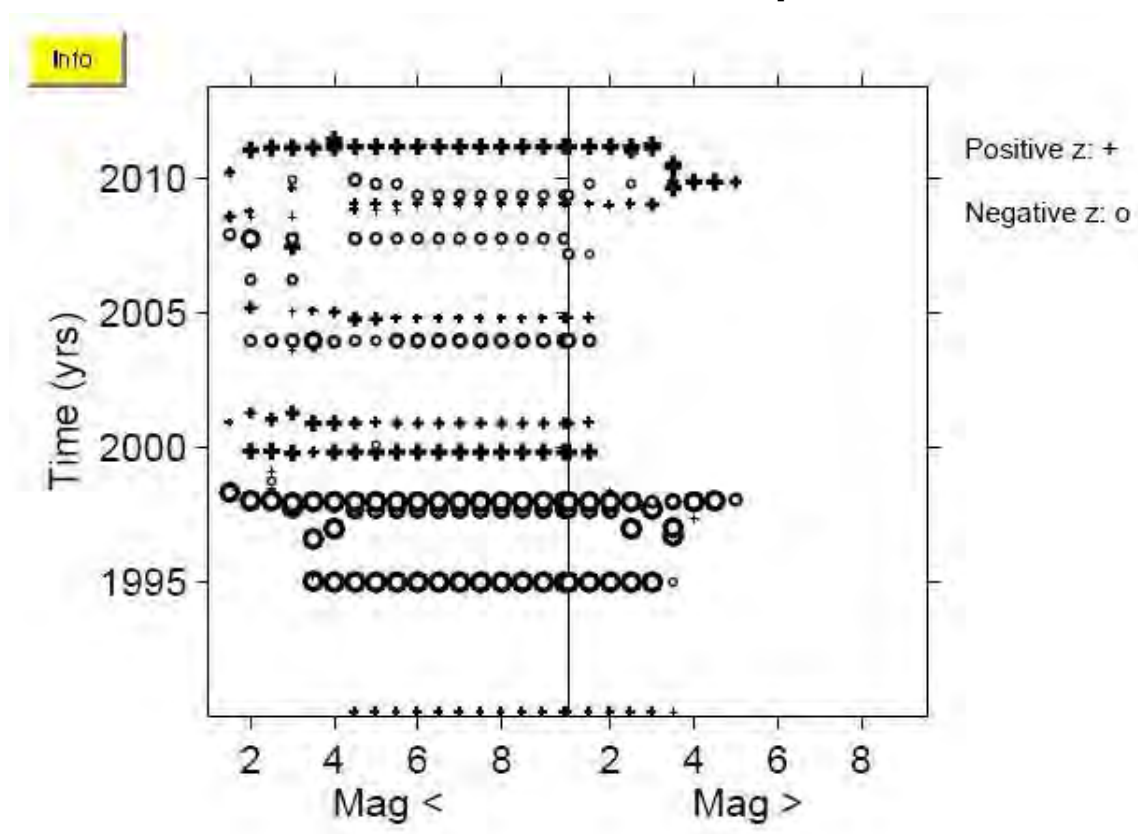
รูป 2.6. ผลการวิเคราะห์การคัดแยกแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) ออกจากแผ่นดินไหวหน้า (Foreshock) แผ่นดินไหวตาม (Aftershock) โดยใช้แบบจำลองของ Gardner และ Knopoff (1974)

จากการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) และกำจัดแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) แผ่นดินไหวตาม (Aftershock) พบว่ามีกลุ่มแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) และแผ่นดินไหวตาม (Aftershock) จำนวน 926 ข้อมูล โดยมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ซ้ำกัน 4,301 ข้อมูลจากข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด 6,824 ข้อมูล คิดเป็น 63.03% ของข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด ดังนั้นจึงเหลือข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) จำนวนทั้งหมด 2,523 ข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ขั้นต่อไป และจากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Main Shock) และกำจัดแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) แผ่นดินไหวตาม (Aftershock) สามารถนำมาสร้างแผนที่การกระจายตัวของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Earthquake Distribution) ได้ดังนี้



รูป 2.7. แผนที่แสดงการกระจายตัวของขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหวก่อนและหลังกำจัดแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) แผ่นดินไหวตาม (Aftershock)

แผ่นดินไหวหลัก (Main shock) ที่เหลืออยู่อาจจะเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือระบบการตรวจวัดของฐานข้อมูลอาจจะทำงานได้ไม่ครบทั้งระบบ จึงจำเป็นต้องมีการตัดสิ่งเหล่านี้ออกไปเพื่อให้ได้ แผ่นดินไหวหลัก (Main shock) ที่แท้จริง โดยใช้วิธี Genas โดยที่เลือกใช้ช่วงเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงปี ค.ศ.2000 ดังรูป 2.8



รูป 2.8. ภาพแสดงการกระจายตัวของการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว ในแต่ละขนาดแผ่นดินไหว (แกนนอน) ในแต่ละช่วงเวลา (แกนตั้ง) โดยกำหนดให้เครื่องหมาย + หมายถึงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้น ในขณะที่เครื่องหมาย o หมายถึงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่ลดลง

2.2.4 วิเคราะห์ค่าปัจจัยต่างๆ ที่จำเป็นต่อการประเมินศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

ปัจจัยด้านแผ่นดินไหวที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว ได้แก่ ค่าตัวแปร a หรือค่าอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวและ b ที่บ่งบอกถึงคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว ซึ่ง ค่า a และ b สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (G-R) (Gutenberg และ Richter, 1954) นอกจากนี้ยังมีตัวแปร Magnitude of completeness (M_c) ซึ่งหมายถึงค่าขนาดแผ่นดินไหว

ต่ำสุดที่เครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวสามารถตรวจจับได้สมบูรณ์ทุกเหตุการณ์หรือเกือบทุกเหตุการณ์ ซึ่งสมการความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (G-R) (สมการ 1.1) มีดังนี้

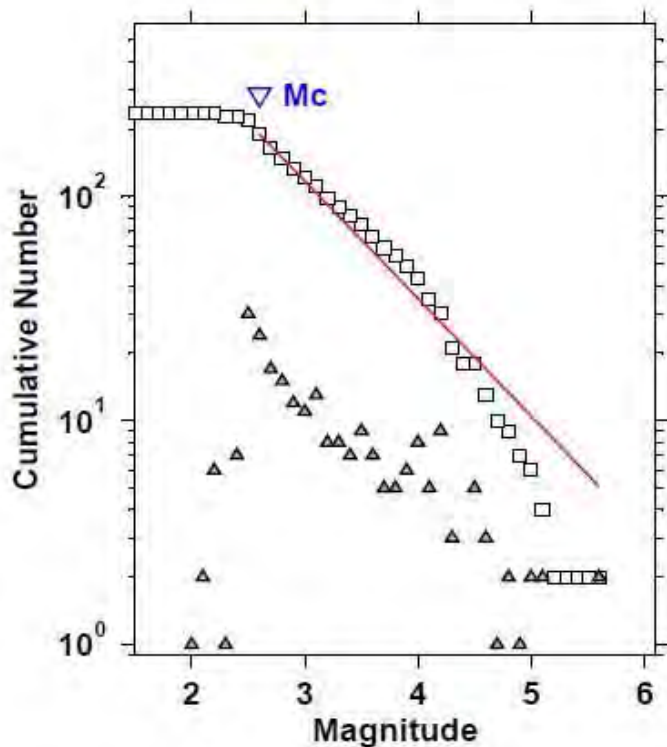
$$\log \lambda_m = a - bm \quad (1.1)$$

กำหนดให้

- λ_m คือ อัตราการเกิด (Mean of annual rates of exceedance) ของแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า m ในรอบ 1 ปี
- m คือ ขนาดแผ่นดินไหวที่ต้องการหาความน่าจะเป็นของการเกิด (หน่วยโมเมนต์- M_w)
- a และ b คือ ค่าคงที่ สามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\log \lambda_m$ และ m

สืบเนื่องจากการกระจายตัวของสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวนั้นมีความหนาแน่นไม่เท่ากันในแต่ละพื้นที่ ดังนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็ก ซึ่งจะส่งคลื่นแผ่นดินไหวที่มีความสูงของคลื่น (Amplitude) ต่ำ ดังนั้นเมื่อคลื่นเดินทางผ่านชั้นดินและชั้นหินเป็นระยะทางไกล คลื่นแผ่นดินไหวจะมีการลดทอนของความสูงหรือขนาดของคลื่นจนในบางครั้ง เครื่องมือตรวจวัดที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมากๆ จะไม่สามารถตรวจวัดคลื่นและบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวนั้นๆ ได้ ซึ่งหากมีสถานีตรวจวัดที่กระจายตัวหนาแน่นและเป็นระบบก็จะสามารถตรวจวัดเหตุการณ์แผ่นดินไหวอย่างสมบูรณ์ในระดับขนาดแผ่นดินไหวที่เล็กลง ซึ่งจากข้อมูลการตรวจวัดแผ่นดินไหวที่ไม่สมบูรณ์นี้อาจส่งผลให้การพิจารณาศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (ค่า a และ b) ผิดพลาดไป

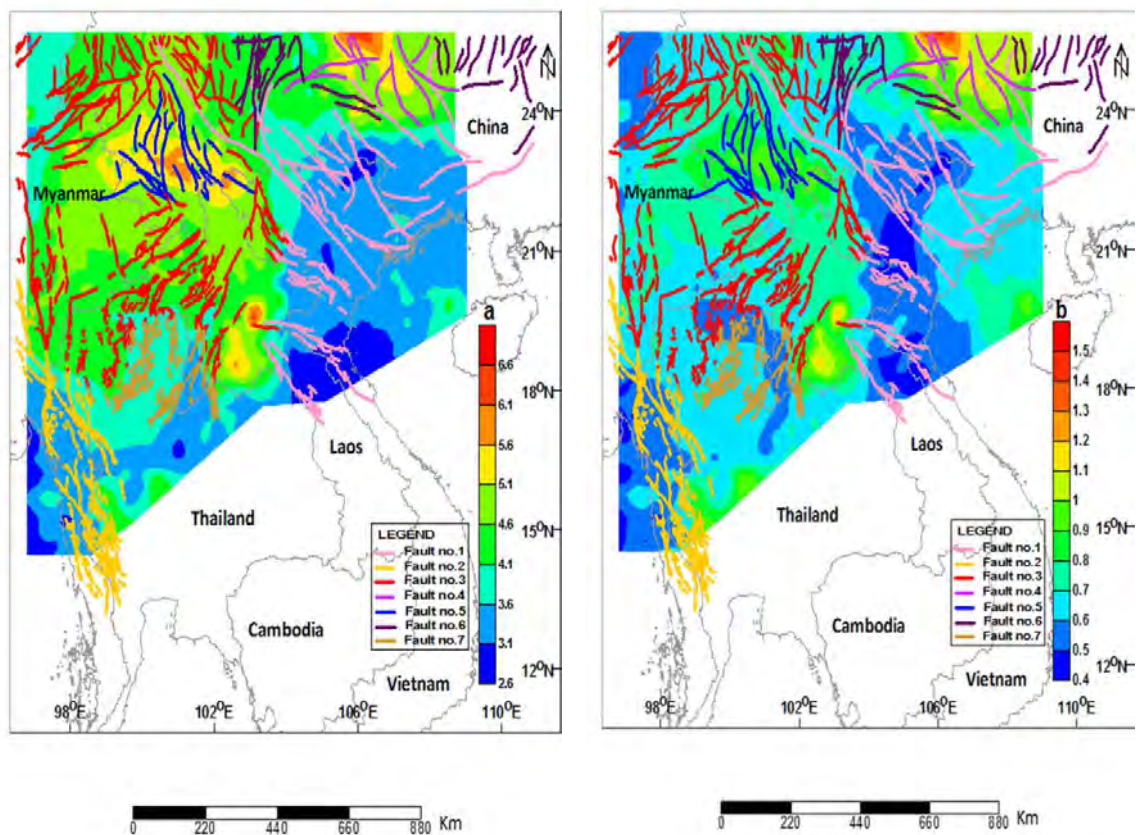
ดังนั้นในการประเมินศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว นอกจากการกำหนดขอบเขตของข้อมูลสูงสุด (m_{\max}) ควรมีการกำหนดขอบเขตของข้อมูลต่ำสุด (m_0) ของข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์มาใช้ในการพิจารณา เพื่อให้การประเมินศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด การวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวนี้ใช้ค่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุด (m_0) มีค่าเท่ากับ 4 ริกเตอร์ เนื่องจากเป็นขนาดแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดที่สามารถส่งผลกระทบต่อด้านแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวต่อพื้นที่ศึกษาได้ (Kramer, 1996) โดยใช้โปรแกรม zmap (Wiemer, 2001) ผลจากการวิเคราะห์ค่า a และ b จากสมการความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (G-R) ได้ดังนี้



Maximum Likelihood Solution
 b -value = 0.524 ± 0.03 , a value = 3.64 , a vs
 Magnitude of Completeness = 2.6

รูป 2.9. แสดงผลการวิเคราะห์ค่า a และ b จากสมการความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (G-R)

และนำ ค่า a และค่า b ที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ของ Gutenberg – Richter (G-R) นั้นนำมาเทียบความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนในพื้นที่ศึกษา ว่ามีพฤติกรรมที่คล้ายกันและค่า a และค่า b มีค่าใกล้เคียงกัน นำมาช่วยแบ่งรอยเลื่อนเป็นโซนๆ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 7 โซนด้วยกัน ดังรูป 2.10.



รูป 2.10. แผนที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรอยเลื่อนกับค่า a และค่า b ในพื้นที่ศึกษา

2.3 การลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (Characteristic of Strong ground motion attenuation relationship)

การลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ต้องทำการวิเคราะห์ เทียบความสัมพันธ์และคัดเลือกแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เหมาะสม โดยเลือกแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ต่อระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงพื้นที่ศึกษา ซึ่งในแต่ละพื้นที่จะมีลักษณะการลดทอนที่แตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่มักขึ้นอยู่กับขนาดความรุนแรงและลักษณะเฉพาะทางธรณีแปรสัณฐานของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว เช่น แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบรอยเลื่อนที่อยู่ภายในแผ่นเปลือกโลกหรือแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบแนวการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา

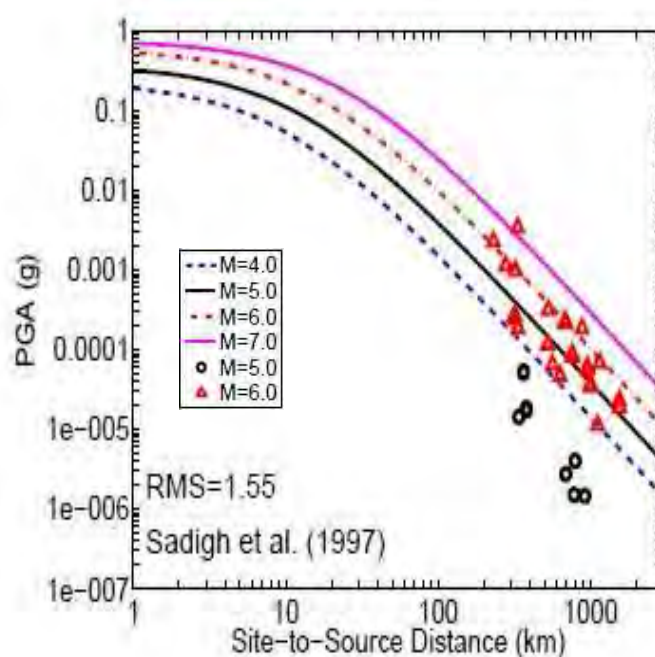
ลักษณะการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว แบ่งตามลักษณะการลดทอนเป็นสองชนิดตามระดับความลึก ได้แก่

1) แผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณเขตการมุดตัว (Subduction zone earthquake) ซึ่งมักเกิดแผ่นดินไหวในระดับลึกมีความลึกมากกว่า 30 กิโลเมตรเป็นส่วนใหญ่ เช่น เขตการมุดตัวอันดามัน ตัวอย่างแบบจำลองการลดทอนแผ่นดินไหวจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก เช่น Young และคณะ (1997) และแบบจำลองของ Atkinson (1997)

2) แผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณแนวรอยเลื่อนหรือแนวรอยแตกบนพื้นทวีป (Shallow crustal earthquake) ซึ่งมักจะเกิดแผ่นดินไหวในระดับตื้นเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างแบบจำลองการลดทอนแผ่นดินไหวจากแนวรอยเลื่อนหรือแนวรอยแตกบนพื้นทวีป เช่น Sadigh และคณะ (1997) และ Kobayashi และคณะ (2000)

Chintanapakdee และคณะ (2008) ได้ศึกษาแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (Characteristic of Strong ground motion attenuation relationship) อันเนื่องมาจากระยะทางในแต่ละพื้นที่ซึ่งแตกต่างกัน พบว่า แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (Characteristic of Strong ground motion attenuation relationship) ที่น่าเชื่อถือและมีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวมากที่สุด คือแบบจำลองของ Sadigh และคณะ (1997) ที่สัมพันธ์กับขนาดความรุนแรงที่ลดลงของการสั่นสะเทือน อันเนื่องมาจากเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดระดับตื้นจากแนวรอยเลื่อนในแผ่นเปลือกโลก (Shallow crustal earthquake) เนื่องจากแผ่นดินไหวกับข้อมูลแรงสั่นสะเทือนแผ่นดินไหว (Strong ground motion data) ที่อยู่ในรูปอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ในหน่วย g (g คือ อัตราเร่งเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s^2)

แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เกิดระดับตื้นจากแนวรอยเลื่อนในแผ่นเปลือกโลก (Shallow crustal earthquake) ของ Sadigh และคณะ (1997) (รูป 2.11)



รูป 2.11. แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ของ Sadigh และคณะ (1997)

2.4 วิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis, SHA)

ทำการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic Hazard Analysis, SHA) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยกัน 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) และการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวจากความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) โดยวิเคราะห์อัตราเร่งสูงสุดบนพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) อันเนื่องมาจากปัจจัยด้านศักยภาพของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาหรือพื้นที่ข้างเคียง และแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว

ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย การวิเคราะห์อัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินในพื้นที่ศึกษาได้ใช้โปรแกรม Matlab ในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล ซึ่งจะนำข้อมูลตัวแปรต่างๆ จากตารางค่าตัวแปรที่ได้ทำการวิเคราะห์แล้วและแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่เลือกก็คือ แบบจำลองของ Sadigh และคณะ (1997) มาวิเคราะห์อัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน

ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยต้องทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone) ออกเป็นจุดย่อยๆ สำหรับการประมวลผล ซึ่ง

จะทำการวิเคราะห์แต่ละจุดในพื้นที่ศึกษาต่อแต่ละจุดของแหล่งกำเนิด (Seismic source zone) โดยในพื้นที่ศึกษาได้แบ่งพื้นที่ศึกษาและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone) เป็นดังนี้

1) แบ่งพื้นที่ศึกษา ออกเป็นจุดย่อยๆ โดยใช้รายละเอียด 30 ตารางกิโลเมตรต่อ 1 จุด

2) แบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic source zone) ทั้งเขตรอยเลื่อน (Fault zone)

และเขตแผ่นดินไหว (Seismic zone) ออกเป็นจุดย่อยๆ โดยใช้ความละเอียด 20 ตารางกิโลเมตรต่อ 1

จุด

บทที่ 3

ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย

(Result and Interpretation)

3.1 ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหว

ในการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผลที่ได้นั้นจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic hazard map) เป็นแผนที่ซึ่งอธิบายระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยทำการประมวลผลออกเป็น 2 ชุดแผนที่ ที่มีความแตกต่างกันในเรื่องการนำไปประยุกต์ใช้งาน แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic hazard map) 2 ชุดแผนที่ที่กล่าวถึง ได้แก่

3.1.1 แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวสำหรับนักวิชาการหรือวิศวกร (PGA map)

เป็นการกำหนดระดับความรุนแรงในแต่ละพื้นที่ให้อยู่ในรูปแบบของอัตราเร่งสูงสุด (PGA) ในช่วงรอบปีต่างๆ มาตรฐานการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างมีความแตกต่างกันในเชิงรอบปีที่พิจารณา เช่น การก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ มักพิจารณาระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในรอบ 100 – 1,000 ปี ในขณะที่อาคาร บ้านเรือนต่างๆ นิยมพิจารณาระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นในรอบ 50 ปี เช่น แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในกรณีที่มีโอกาส 10% เกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับ (g) ในรอบ 50 ปี

3.1.2 แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง (Ground shaking map)

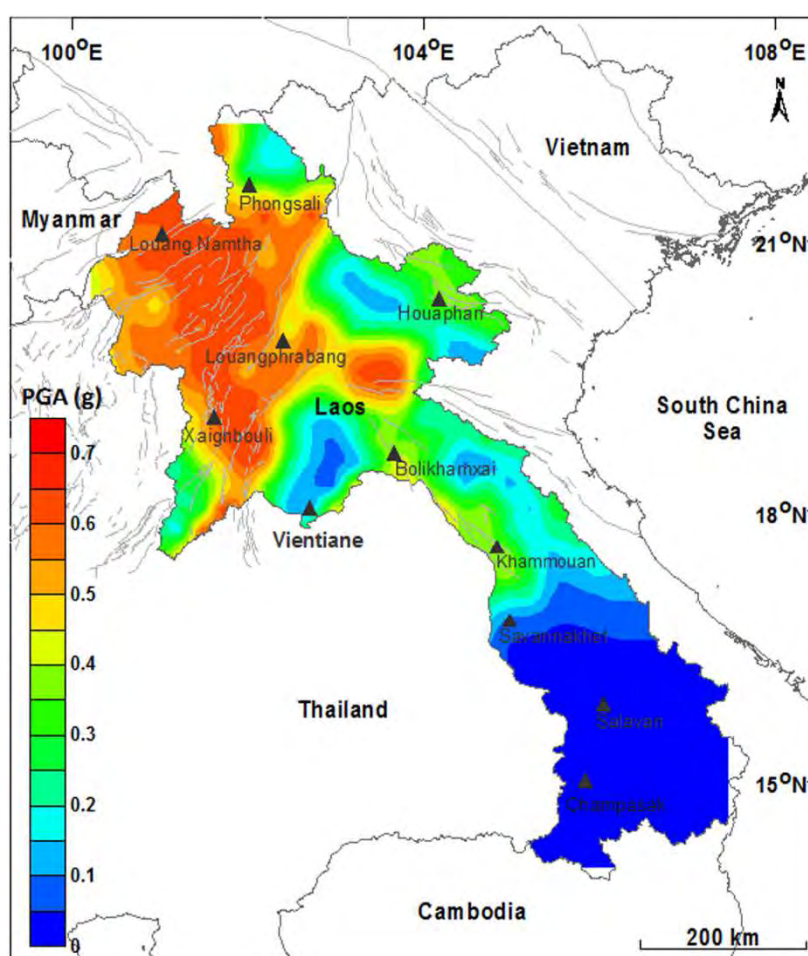
เป็นการมุ่งเน้นไปที่การให้ความรู้ต่อประชาชนในพื้นที่เพื่อการประชาสัมพันธ์เป็นหลัก ซึ่งเป็นแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวที่เข้าใจง่ายและอธิบายในเชิงบรรยายมากกว่าตัวเลขทางคณิตศาสตร์หรือสมการทางวิชาการ เช่น แผนที่แสดงโอกาสเกิดความรุนแรงแผ่นดินไหว ระดับ V (ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง) ในรอบ 50 ปี ซึ่งสามารถบรรยายเป็นคำพูดอย่างง่ายได้ เช่น ระดับ V หมายถึง ระดับความรุนแรงจากแผ่นดินไหวที่ทำให้รู้สึกเกือบทุกคน คนที่นอนหลับก็ตื่นตกใจ ของในบ้านเริ่มแกว่งไหว

3.2 ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทย

3.2.1 ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยด้วยวิธีการกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA)

จากผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวในบริเวณประเทศลาวด้วยวิธีการกำหนดค่า (DSHA) ซึ่งแสดงในรูปของแรงสั่นสะเทือน ได้ประมวลผลข้อมูลออกมาในรูปของแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic hazard map) ได้แก่ แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวสำหรับนักวิชาการหรือวิศวกร (PGA map) จำนวนทั้งสิ้น 1 แผนที่ ได้แก่

3.2.1.1 แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุด พื้นดิน (หน่วย g) ด้วยวิธีการกำหนดค่า (DSHA)



รูป 3.1. แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวในประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ด้วยวิธีการกำหนดค่า (DSHA)

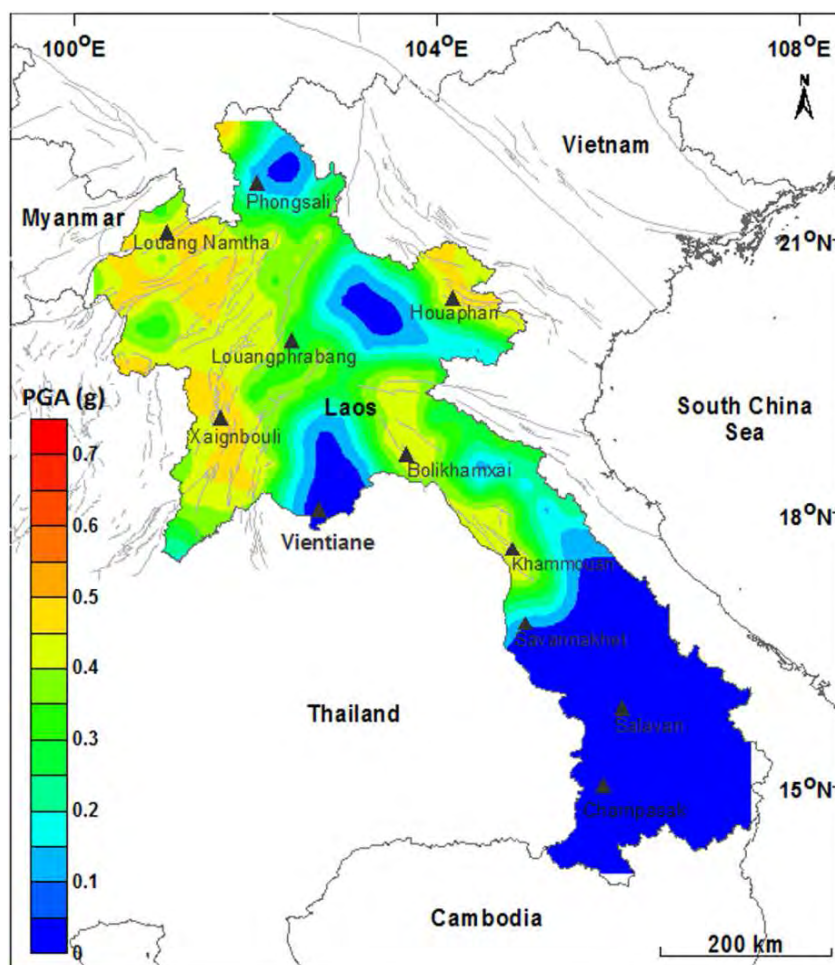
จากแผนที่ในรูป 3.1 จะเห็นว่าในพื้นที่ศึกษา มีโอกาสได้รับแรงสั่นสะเทือนซึ่งมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ประมาณ 0.55 – 0.65 g โดยบริเวณที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือบริเวณทางด้านตอนเหนือของภาคประเทศลาว ซึ่งอยู่ในเขตของแขวงพง

สาละยี้ หลวงพระบาง หลวงน้ำทา ไชยบุรีและเมืองหลวงเวียงจันทน์ ทางด้านตอนกลางของประเทศลาวซึ่งมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ประมาณ 0.25 – 0.45 g ส่วนทางตอนใต้ของประเทศลาว มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ประมาณ 0 – 0.2 g ดังนั้นพื้นที่ ทางด้านจอนเหนือของประเทศลาวจึงมีโอกาสได้รับอันตรายมากกว่าบริเวณอื่น

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวด้วยความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA)

จากผลการวิเคราะห์ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวประเทศลาวด้วยความน่าจะเป็น (PSHA) ซึ่งแสดงในรูปของแรงสั่นสะเทือน ได้ประมวลผลข้อมูลออกมาในรูปของแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว (Seismic hazard map) ได้แก่ แผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวสำหรับนักวิชาการหรือวิศวกร (PGA map) และแผนที่ระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง (Ground shaking map) จำนวนทั้งสิ้น 9 แผนที่ ได้แก่

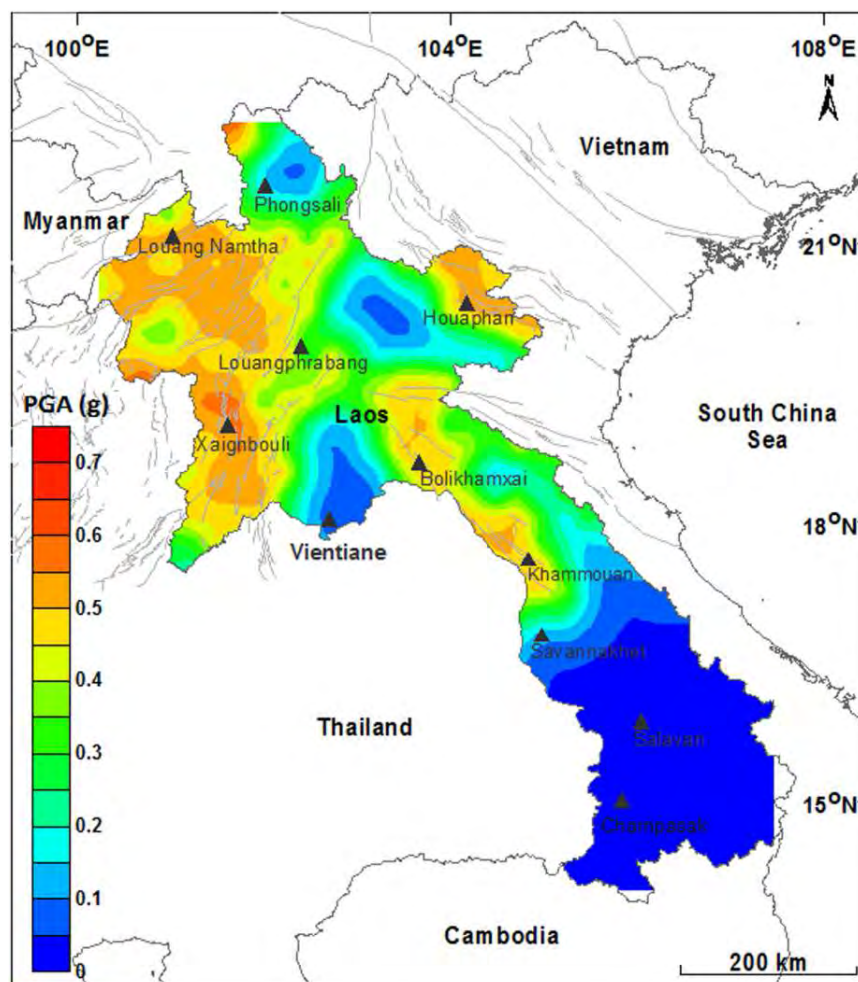
3.2.2.1 แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ด้วยวิธีความน่าจะเป็น (PSHA) ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปี (2% probability of exceedance in 50 years)



รูป 3.2. แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.2 เป็นแผนที่ที่แสดงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสเกิด 2% ที่จะเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับในรอบ 50 ปี โดยมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) โดยบริเวณที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือบริเวณตอนเหนือของประเทศลาว มีค่าประมาณ 0.3 – 0.45 g และทางด้านตอนใต้ของประเทศลาวนั้นมีค่าประมาณ 0 - 0.15 g ดังนั้นพื้นที่ตอนเหนือของประเทศลาวนี้จึงมีโอกาสได้รับอันตรายมากกว่าบริเวณอื่น

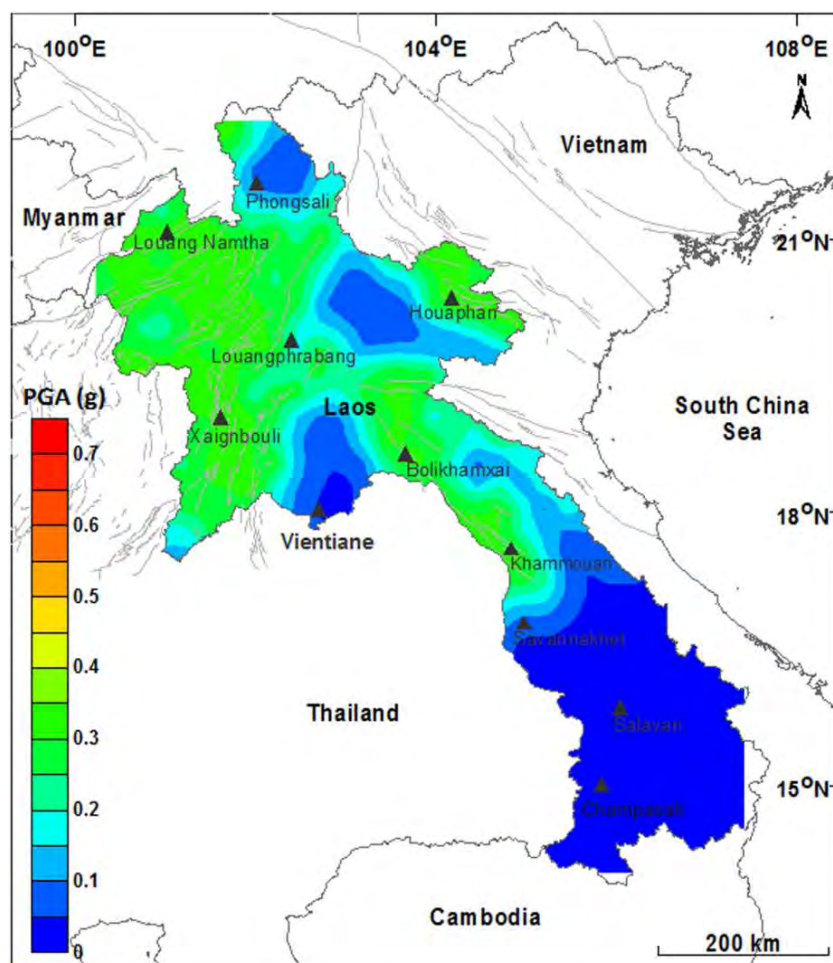
3.2.2.2 แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ด้วยวิธีความน่าจะเป็น (PSHA) ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปี (2% probability of exceedance in 100 years)



รูป 3.3. แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.3 เป็นแผนที่ที่แสดงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสเกิด 2% ที่จะเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับในรอบ 100 ปี โดยมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) โดยบริเวณที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือบริเวณตอนเหนือของประเทศลาว มีค่าประมาณ 0.25 – 0.55 g และทางด้านตอนใต้ของประเทศลาวนั้นมีค่าประมาณ 0 - 0.25 g ดังนั้นพื้นที่ตอนเหนือของประเทศลาวนี้จึงมีโอกาสได้รับอันตรายมากกว่าบริเวณอื่น

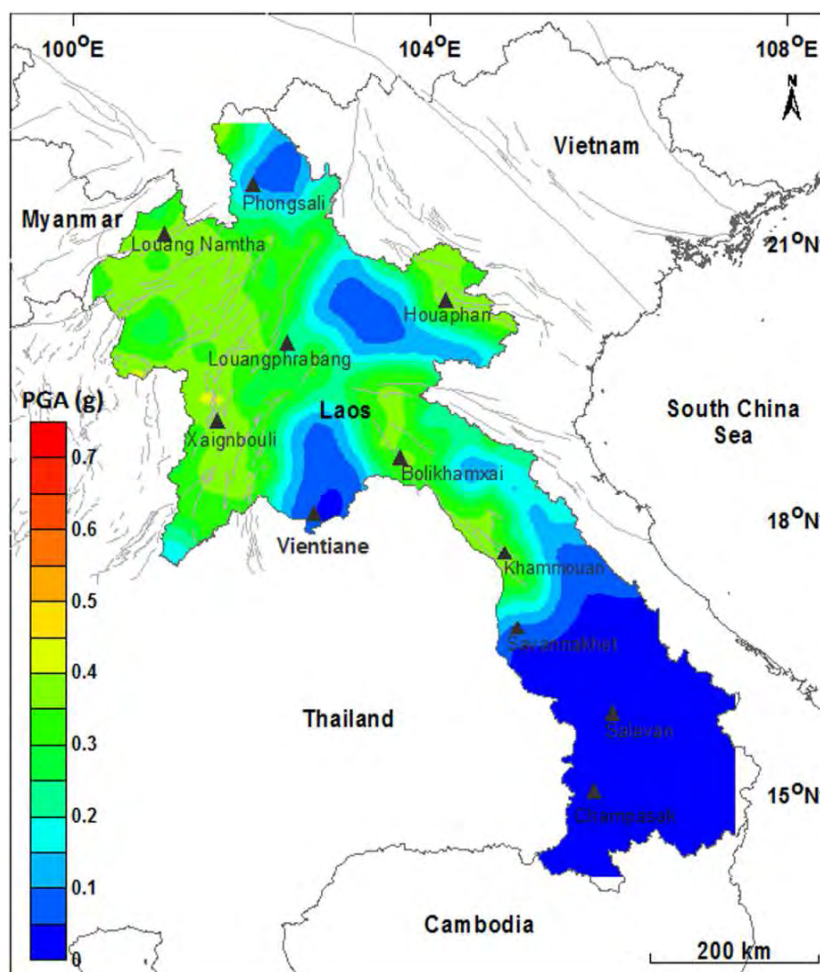
3.2.2.4 แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ด้วยวิธีความน่าจะเป็น (PSHA) ที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 50 ปี (10% probability of exceedance in 50 years)



รูป 3.4. แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 50 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.4 เป็นแผนที่ที่แสดงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสเกิด 10% ที่จะเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับในรอบ 50 ปี โดยมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ในพื้นที่ประมาณ 0 – 0.3 g โดยบริเวณทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาแทบไม่ได้รับแรงสั่นสะเทือนเลย ส่วนทางด้านตอนเหนือของประเทศลาว มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ประมาณ 0.2 – 0.35 g ดังนั้นพื้นที่นี้จึงมีโอกาสได้รับอันตรายมากกว่าบริเวณอื่น

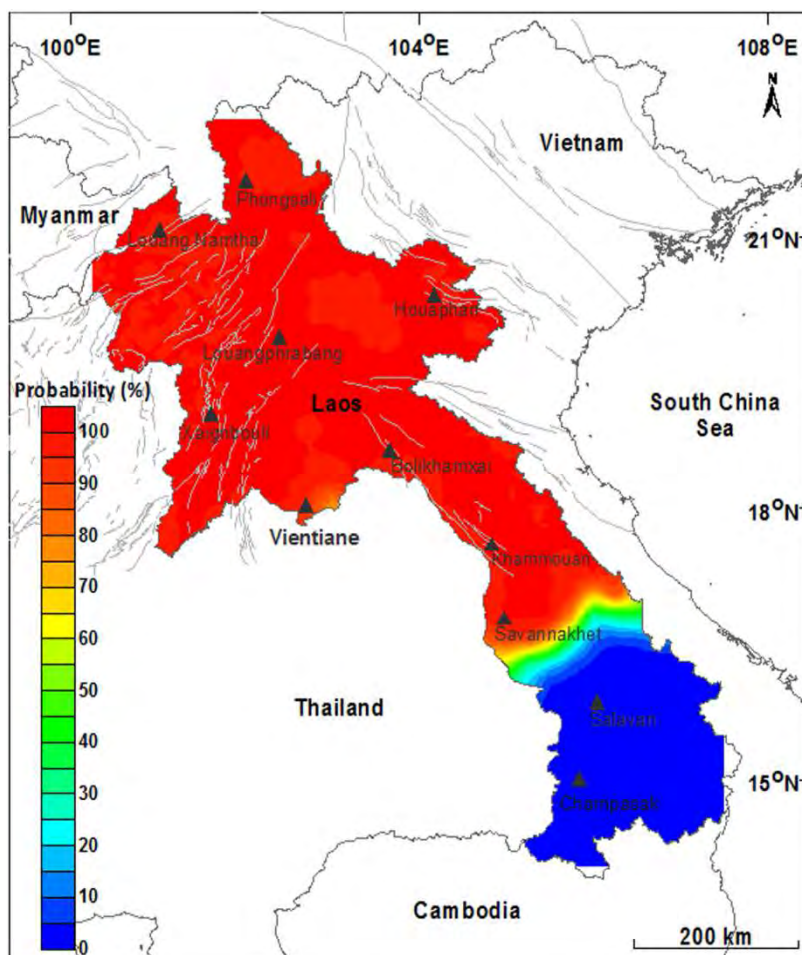
3.2.2.5 แผนที่ระดับอันตรายแผ่นดินไหวประเทศลาวแสดงแรงสั่นสะเทือนที่มีโอกาสมากกว่าหรือเท่ากับในรูปของอัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ด้วยวิธีความน่าจะเป็น (PSHA) ที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 100 ปี (10% probability of exceedance in 100 years)



รูป 3.5. แผนที่อัตราเร่งสูงสุดพื้นดิน (PGA) (หน่วย g) ที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 100 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.5 เป็นแผนที่ที่แสดงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสเกิด 10% ที่จะเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับในรอบ 100 ปี โดยมีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) โดยบริเวณที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือบริเวณตอนเหนือของประเทศลาว มีค่าประมาณ 0.2 – 0.35 g และทางด้านตอนใต้ของประเทศลาวนั้นมีค่าประมาณ 0 - 0.25 g ดังนั้นพื้นที่ตอนเหนือของประเทศลาวนี้จึงมีโอกาสได้รับอันตรายมากกว่าบริเวณอื่น

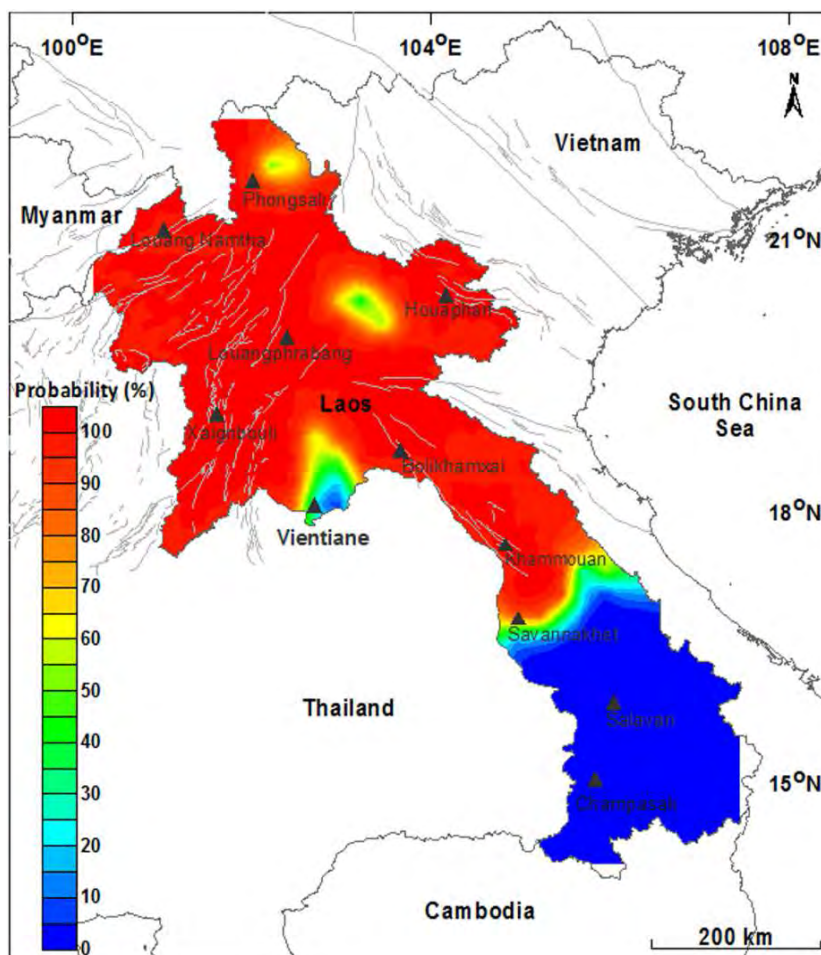
3.2.2.6 แผนที่โอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ IV ในรอบ 50 ปี (% of ground shaking equal or larger than level 4 in 50 years)



รูป 3.6. แผนที่โอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ IV ในรอบ 50 ปี (% of ground shaking equal or larger than level 4 in 50 years)

จากแผนที่ในรูป 3.6 แสดงถึงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสถึง 100% ในรอบ 50 ปีที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ IV ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลงซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศลาว โดยแรงสั่นสะเทือนระดับ IV หมายถึง ระดับความรุนแรงที่คนสัญจรไปมา รู้สึกได้ ผู้อยู่ในบ้าน รู้สึกว่าของในบ้าน สั่นไหว

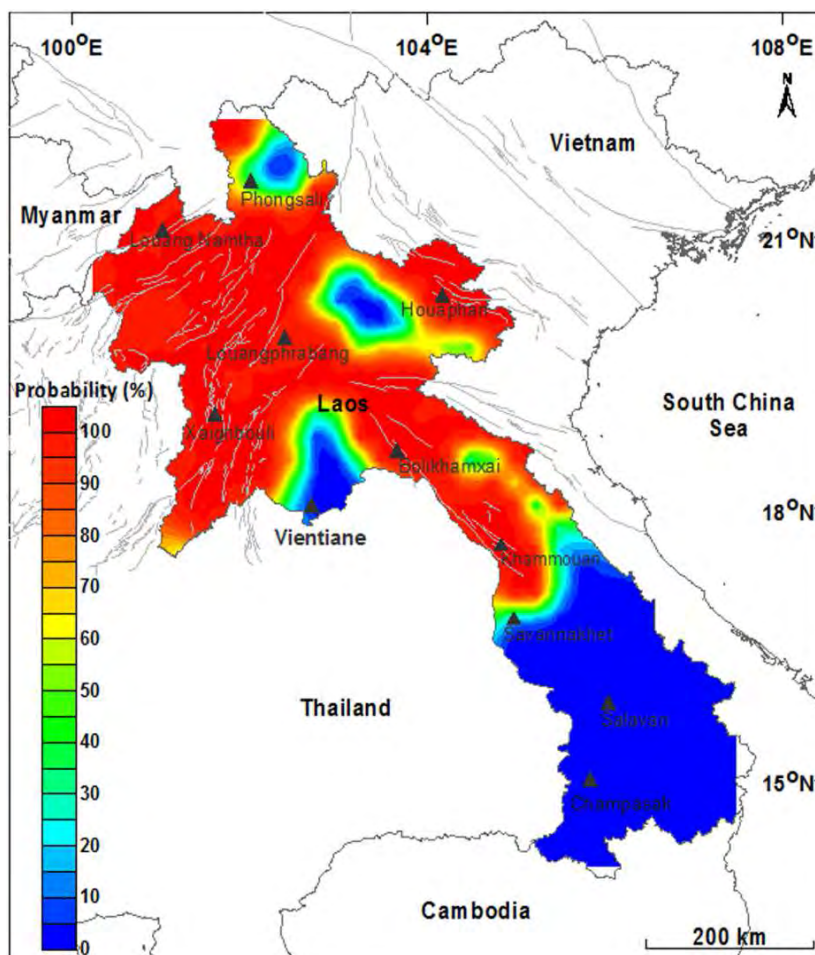
3.2.2.7 แผนที่ที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ V ในรอบ 50 ปี
(% of ground shaking equal or larger than level 5 in 50 years)



รูป 3.7. แผนที่ที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ v ในรอบ 50 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.7 แสดงถึงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสสูงสุดประมาณ 80 - 100% ในรอบ 50 ปีที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ V ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลงซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศลาว โดยแรงสั่นสะเทือนระดับ V หมายถึง ระดับความรุนแรงที่ทำให้รู้สึกเกือบทุกคน คนที่นอนหลับก็ตื่นตกใจของในบ้านเริ่มแกว่งไหว

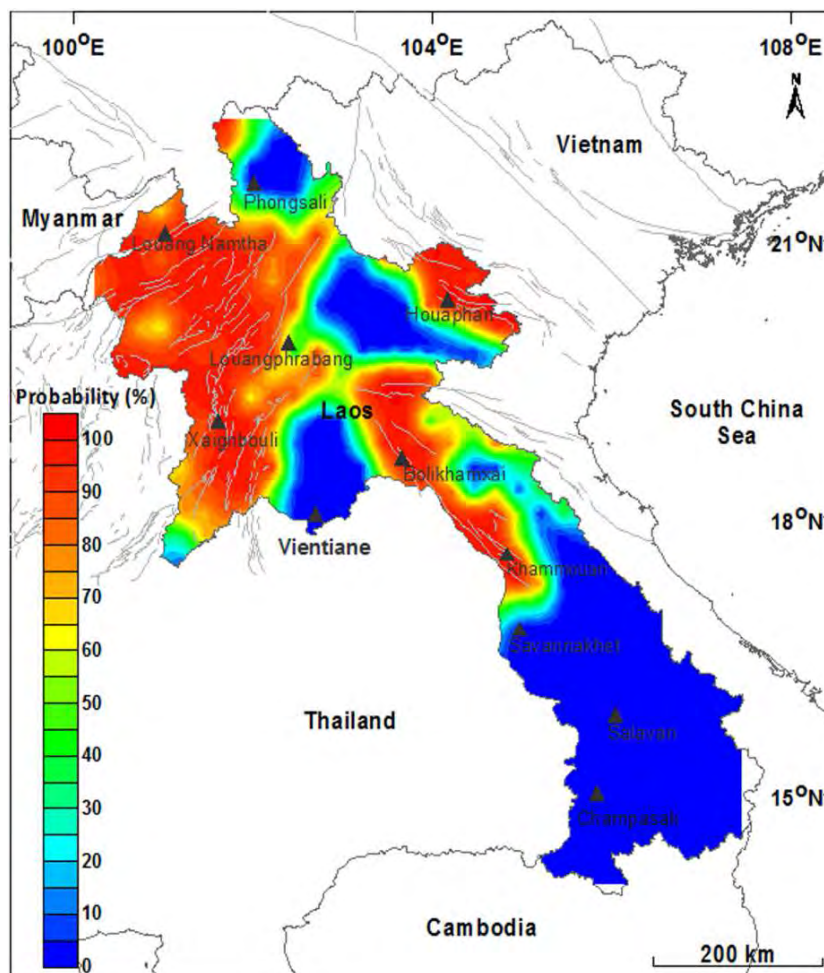
3.2.2.8 แผนที่โอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VI ในรอบ 50 ปี (% of ground shaking equal or larger than level 6 in 50 years)



รูป 3.8. แผนที่โอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VI ในรอบ 50 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.8 แสดงถึงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสสูงสุดประมาณ 70 - 90% ในรอบ 50 ปีที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ VI ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลงซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศลาว โดยแรงสั่นสะเทือนระดับ VI หมายถึง ระดับความรุนแรงที่ทำให้รู้สึกได้กับทุกคน ของหนักนั้นเริ่มเคลื่อนไหวต้นไม้สั่น บ้านแกว่ง สิ่งปลูกสร้างบางชนิดพัง

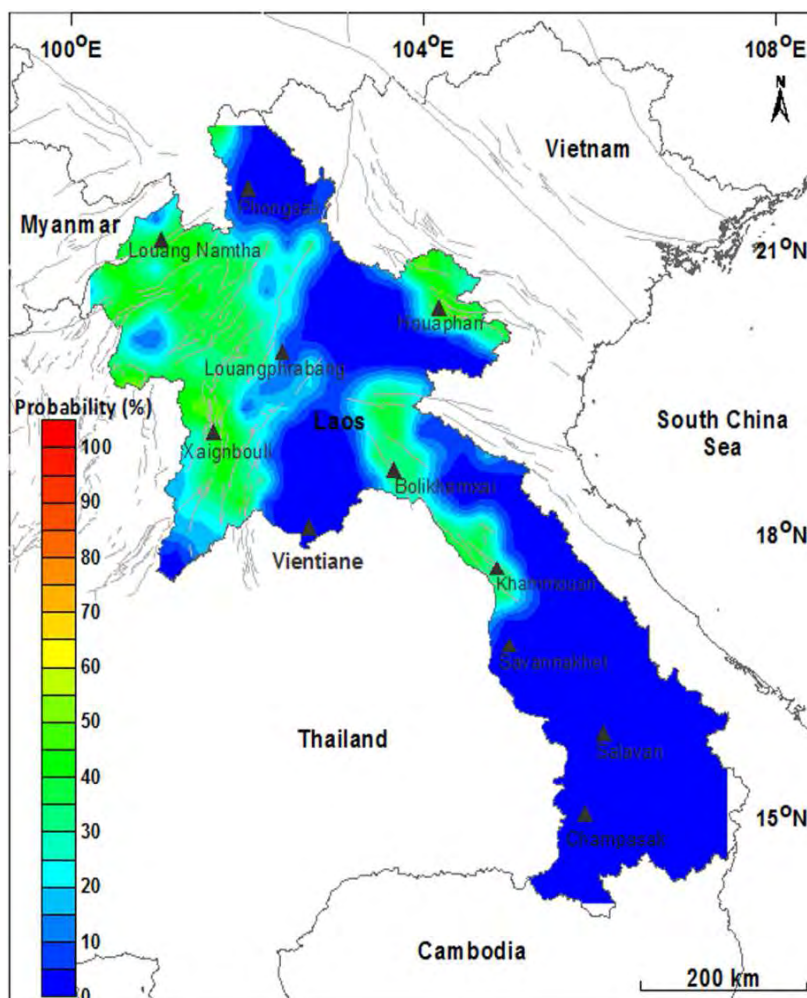
3.2.2.9 แผนที่โอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VII ในรอบ 50 ปี (% of ground shaking equal or larger than level 7 in 50 years)



รูป 3.9. แผนที่โอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VII ในรอบ 50 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.9 แสดงถึงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสสูงสุดประมาณ 60 - 80% ในรอบ 50 ปีที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ VII ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลงซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศลาว โดยแรงสั่นสะเทือนระดับ VII หมายถึง ระดับความรุนแรงที่ทำให้ทุกคนต่างตกใจ สิ่งก่อสร้างเริ่มปรากฏความเสียหาย ฝาห้องแยก ร้าว กรุเพดานร่วง

3.2.2.10 แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VIII ในรอบ 50 ปี (% of ground shaking equal or larger than level 8 in 50 years)



รูป 3.10. แผนที่มีโอกาสเกิดแรงสั่นสะเทือนมากกว่าหรือเท่ากับระดับ VIII ในรอบ 50 ปี

จากแผนที่ในรูป 3.10 แสดงถึงพื้นที่ศึกษา มีโอกาสสูงสุดประมาณ 0 - 45% ในรอบ 50 ปีที่ได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ VIII ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลงซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศลาว โดยแรงสั่นสะเทือนระดับ VIII หมายถึง ระดับความรุนแรงที่ทำให้ต้องหยุดขับรถยนต์ ตีกร้าว ปล่องไฟพัง เกิดความเสียหายค่อนข้างมากในตึกธรรมดา

บทที่ 4

อภิปรายและสรุปผล

(Discussion and Conclusion)

4.1 สรุปการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาว

จากการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวจากวิธีการกำหนดค่า (Deterministic Seismic Hazard Analysis, DSHA) พื้นที่ที่มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินในอัตราสูงที่สุดคือ ทางด้านตอนเหนือของประเทศลาว ซึ่งอยู่ในเขตของแขวงพงสาลี หลวงน้ำทา หลวงพระบาง ไชยบุรี และเมืองหลวงเวียงจันทน์ มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ประมาณ 0.55 – 0.65 g

จากการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวจากวิธีความน่าจะเป็น (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) ที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 50 ปีพื้นที่ที่มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินในอัตราสูงที่สุดคือ ทางด้านตอนเหนือของประเทศลาว ซึ่งอยู่ในเขตของแขวงพงสาลี หลวงน้ำทา หลวงพระบาง ไชยบุรี และเมืองหลวงเวียงจันทน์ มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน ประมาณ 0.3 – 0.45 g ส่วนอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 50 ปี มีอัตราสูงสุดในบริเวณทางด้านตอนเหนือของประเทศลาวซึ่งอยู่ในเขตของแขวงหลวงน้ำทา หลวงพระบาง ไชยบุรี และเมืองหลวงเวียงจันทน์ มีค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) ประมาณ 0.2 – 0.35 g ส่วนอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปี มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันกับผลการวิเคราะห์กรณีที่มีโอกาสเกิด 10% ในรอบ 100 ปี แต่ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดินที่มีโอกาสเกิด 2% ในรอบ 100 ปีมีค่าสูงขึ้น 1.5 เท่าโดยประมาณ

ในรอบ 50 ปี พบว่าทางตอนเหนือของประเทศลาวมีโอกาส 100% ที่จะได้รับแรงสั่นสะเทือนในระดับ IV ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง และมีโอกาสสูงสุดประมาณ 80 – 100% ที่จะได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ V ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง และมีโอกาสสูงสุดประมาณ 70 – 90% ที่จะได้รับแรงสั่นสะเทือนระดับ VI ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลง และแรงสั่นสะเทือนระดับ VII ตามมาตราเมอร์คัลลีแปลงมีโอกาสสูงสุดประมาณ 60 – 80% ส่วนแรงสั่นสะเทือนในระดับ VIII ในพื้นที่ศึกษามีโอกาสได้รับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดประมาณ 0-40%

ดังนั้นจากการวิเคราะห์ระดับอันตรายแผ่นดินไหวบริเวณประเทศลาวสรุปได้ว่า บริเวณด้านตอนเหนือของประเทศลาว ซึ่งอยู่ในเขตของแขวงพงสาลี หลวงน้ำทา หลวงพระบาง ไชยบุรี และเมืองหลวงเวียงจันทน์ มีโอกาสได้รับแรงสั่นสะเทือนและได้รับผลกระทบมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง (References)

- Chintanapakdee, C., Naguit, M.E., and Charoenyuth, M. 2008. Suitable Attenuation Model For Thailand. Proceedings, 14th World Conference on Earthquake Engineering. Beijing, China.
- Cornell, C.A. 1968. Engineering seismic risk analysis. Bulletin of the Seismological Society of America 58: pp. 1583-1606.
- Gardner, J.K., and Knopoff, L. 1974. Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bulletin of the Seismological Society of America 64(1): 363–367.
- Gutenberg, B., and Richter, C.F. 1954. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Hull, A.G., Augello, A., and Yeats, R.S. 2003. Deterministic seismic hazard analysis in northwest Oregon, U.S.A. Pacific Conference on Earthquake Engineering. 9p.
- Kramer, S.L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 653 pp.
- McGuire, R.K., Arabasz, W.J. 1990. An introduction to probabilistic seismic hazard analysis. Geotechnical and Environmental Geophysics 1(5): 333–353
- Nutalaya, P., Sodsri, S., and Arnold, E.P. 1985. Series on Seismology-Volume II-Thailand. In E.P Arnold (ed.), Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering: 1-402 p.
- Pailoplee, S., Sugiyama, Y., and Charusiri, P. 2008. Probabilistic Seismic Hazard Analysis in Thailand and adjacent areas by using regional seismic source zones. Geoscience Resources and Environments Of Asia Terranes : pp. 405–409.
- Pailoplee, S., Sugiyama, Y., and Charusiri, P. 2009. Deterministic and probabilistic seismic hazard analyses in Thailand and adjacent areas using active fault data. Earth Planets Space 61: pp. 1313–1325.

- Pailoplee, S., and Choowong, M. 2013. Probabilities of earthquake occurrences in Mainland. *Arabian Journal of Geosciences* 6: pp. 4993-5007.
- Pailoplee, S., and Palasri, C. (in press). CU-PSHA : A Matlab Software For Probabilistic Seismic Hazard Analysis. *Journal of Earthquake and Tsunami (JET)*
- Palasri, C. 2006. Probabilistic seismic hazard map of Thailand. Master's thesis, Chulalongkorn University. 143 p.
- Sadigh, K., Chang, C., Egan, J., Makdisi, F. and Youngs, R. (1997). Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data. *Seismological Research Letters* 68:1 : pp. 180-189.
- Wanitchai, P., and Lisantono, A. 1996. Probabilistic Seismic Risk Mapping for Thailand. *Proceedings, 11th World Conference on Earthquake Engineering*. Acapulco Mexico.
- Wiemer, S. 2001. "A software package to analyze seismicity: ZMAP," *Seismological Research* 72 : pp. 373-382
- Department of Mineral Resources (Available from <http://www.dmr.go.th>)