



# โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

กลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า

โดย

นายเชาว์วรรณ สิงห์ทอง

เลขประจำตัวนิสิต 5732716023

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

เสนาบดีจรัสโรจน์ สุขหม่อมง

ปีการรศักราช 2560



กลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า

นายเชาว์วรรณ สิงห์ทอง

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2560

SMALL EARTHQUAKE CLUSTERS ALONG  
THAILAND-LAOS-MYANMAR BORDERS

Mr.CHAOWAT SINGTHONG

A project submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology  
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University  
Academic Year 2017

หัวข้อโครงการ	กลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า
โดย	เชาว์วรรณ สิंहทอง
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

---

วันที่ส่ง.....  
วันที่อนุมัติ.....

---

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก  
(รศ.ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

## 5632740023 : ภาควิชาธรณีวิทยา

คำสำคัญ : แผ่นดินไหว, พายุทอร์นาโด, พายุไต้ฝุ่น

เชาว์วรรณ สิทธิทอง : กลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า  
(SMALL EARTHQUAKE CLUSTERS ALONG THAILAND-LAOS-MYANMAR BORDERS)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สันติ ภัยหลบลี้, 53 หน้า.

พื้นที่ตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า มีปรากฏการณ์การเกิดแผ่นดินไหวของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กจำนวนมากภายในเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา ถึงแม้ว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจะเป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็ก แต่มีอัตราการเกิดที่สูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ ทำให้ประชาชนตื่นตระหนกถึงผลที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ประกอบไปด้วยการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวเพื่อประเมิน 1) ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต 2) คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว 3) ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ 4) พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยจากแผ่นดินไหว 5) รูปแบบของการเกิดแผ่นดินไหว และ 6) ภัยพิบัติแผ่นดินไหวเพื่อเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยประเมินภัยพิบัติและลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นขณะเกิดแผ่นดินไหว โดยผลการประเมินขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคตที่บริเวณชายแดนระหว่างตะวันออกของประเทศพม่าและตะวันตกของประเทศลาว มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวใหญ่สุดขนาด 5.9, 6.2, 6.9, 7.2 แมกนิจูด ในอีก 5, 10, 30 และ 50 ปีในอนาคต ตามลำดับ มีคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว 0 ปี, 1 ปี, 6 ปี และ 34 ปี ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6 และ 7 แมกนิจูดตามลำดับ และแผ่นดินไหวกลุ่มนี้มีโอกาส 100% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4.0, 5.0, และ 6.0 แมกนิจูด ในอีก 50 ปี มีโอกาส 70-77% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.0 แมกนิจูด ในอีก 50 ปี และบริเวณชายแดนระหว่างตะวันออกของประเทศพม่าและตะวันตกของประเทศลาว ยังมีแรงเค้นรวมสูงสุดที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นดินไหวมีค่า  $17.5 \times 10^{25}$  นิวตันเมตร หรือเปรียบเทียบกับแผ่นดินไหวขนาดประมาณ 6.8 แมกนิจูด ค่ามิติแฟร็กทัลสามารถแปลความไปในทางรูปแบบการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาได้โดยค่า Dc อยู่ในช่วง 2.18-2.79 แสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมีลักษณะเป็นปริมาตรไม่มีการรวมกลุ่มกันหรือกระจุกตัวกันของแผ่นดินไหว ส่วนการประเมินแรงสั่นสะเทือนสูงสุดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.58 g บริเวณที่มีแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือที่บริเวณอำเภอแม่สรวย, อำเภอแม่ลาวและอำเภอพาน จังหวัดเชียงราย (กลุ่มที่ 1) มีระดับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดมีค่า 0.58 g ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่และปรับปรุงคุณภาพของสิ่งก่อสร้างให้เหมาะสมเพื่อรับมือกับแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

ภาควิชา \_\_\_\_\_ ธรณีวิทยา \_\_\_\_\_ ลายมือชื่อนิสิต \_\_\_\_\_

สาขาวิชา \_\_\_\_\_ ธรณีวิทยา \_\_\_\_\_ ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาหลัก \_\_\_\_\_

ปีการศึกษา \_\_\_\_\_ 2560 \_\_\_\_\_

## 5732716023 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : EARTHQUAKE, EARTHQUAKE ACTIVITIES, SEISMIC HAZARD ANALYSIS

CHAOWAT SINGTHONG : SMALL EARTHQUAKE CLUSTERS ALONG THAILAND-LAOS-MYANMAR BORDERS. ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. SANTI PAILOPLEE, 53 pp.

Thailand-Laos-Myanmar borders have small earthquakes occurred. then many people concerned about impact from a large number of the small earthquakes. This study investigates earthquake activities of small earthquakes along Thailand-Laos-Myanmar borders. Using the earthquake catalogue, the earthquake parameters representing seismic activities were evaluated in terms of i) possible maximum magnitude, ii) return period, iii) earthquake occurrence probabilities, iv) seismic moment, and v) fractal dimension. In addition in order to clarify the level of ground shaking according to those earthquake clusters, the seismic hazard were also estimated using deterministic approach. Analyses of the possible maximum magnitude earthquakes derived from the a and b values indicate that eastern Myanmar–Western Laos borders are capable to generate an earthquake annually with a mb 5.9, 6.2, 6.9, and 7.2 might be generated every 5, 10, 30 and 50 years, respectively. And in this area can generate an earthquake within a short period with the return periods of the earthquake with mb of 4.0, 5.0, 6.0 and 7.0 were 0, 1, 6 and 34 years, respectively and there were an around 100% probability of an earthquake with magnitude 4.0, 5.0 and 6.0 mb in the next 50 years and 77 % probability of an earthquake with magnitude 7 mb. For the Myanmar-Laos borders area have maximum seismic moment energy that releasing from the small earthquake. The pattern of a small earthquakes along Thailand-Laos-Myanmar borders is a volume source (based on the  $D_c = 2.18-2.79$ ). Analyses of seismic hazard that the maximum accelerations are about 0.58 g in Mae Saruai, Mae Loa, Phan district Chiang Rai province, which is necessary to evaluate risks of the area and properly adjust quality of buildings to reduce damages from earthquake, which may occur in future.

Department \_\_\_\_\_ GEOLOGY \_\_\_\_\_ Student's Signature \_\_\_\_\_

Field of Study \_\_\_\_\_ GEOLOGY \_\_\_\_\_ Geology Advisor's Signature \_\_\_\_\_

Academic Year \_\_\_\_\_ 2017 \_\_\_\_\_



## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิจัยนี้จะไม่สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดบุคคลดังต่อไปนี้

กราบขอบพระคุณ รศ.ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และเป็นพี่ปรึกษาที่ดีมาตลอดมาตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัย แม้ว่าจะเกิดปัญหาระหว่างการทำงาน หรืออุปสรรคใด ๆ ก็ได้ท่านอาจารย์คอยให้คำแนะนำให้กำลังใจ จนทำให้โครงการนี้สำเร็จล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ประจำภาควิชาธรณีวิทยาทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทางด้านธรณีวิทยา ช่วยแนะนำสั่งสอนและบ่มเพาะให้ผู้วิจัยมีความเป็นนักวิทยาศาสตร์และนักธรณีวิทยาที่ดีตลอดการศึกษา

กราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และขอบคุณน้องสาว สำหรับทุกการสนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีที่สุดเสมอมา

ขอขอบคุณพี่บุคลากรประจำภาควิชาธรณีวิทยาทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ หรือติดต่อธุระในด้านต่าง ๆ

และขอขอบคุณเพื่อนร่วมรุ่น Geo 58 ทุกคนที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขและช่วยเหลือกันตลอดมา

## สารบัญ (CONTENT)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ABSTRACT)	ง
กิตติกรรมประกาศ (ACKNOWLEDGEMENT)	จ
สารบัญ (CONTENT)	ฉ
สารบัญรูปภาพ (FIGURE CONTENT)	ช
สารบัญตาราง (TABLE CONTENT)	ฎ
สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)	ฏ
บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION)	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Theme and background)	1
1.2 พื้นที่ศึกษา (Study area)	2
1.3 วัตถุประสงค์ (Objectives)	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected outputs)	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย (THEORY AND METHODOLOGY)	4
2.1. การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)	4
2.1.1. ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (Maximum magnitude)	5
2.1.2. คาบอับูดซ้ำ (Return period)	5
2.1.3. ความน่าจะเป็นของการเกิด (Probability of occurrence)	5
2.1.4. พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาของแผ่นดินไหว (Seismic moment)	6
2.1.5. แฟร็กทัลและการประยุกต์ใช้ (Fractal and application)	6
2.2. การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (Seismic hazard analysis)	7
2.2.1. การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic seismic hazard analysis, DSHA)	8
2.3. งานศึกษาในอดีต (Literature reviews)	10
2.4. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)	16
บทที่ 3 การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)	17
3.1. รวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Collecting earthquake data)	17

3.2. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake catalogue improvement)	25
3.2.1. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake declustering)	25
3.2.2. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of completeness)	31
3.3. การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)	33
3.3.1. ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (Maximum magnitude)	34
3.3.2. คาบอุบัติซ้ำ (Return Period)	35
3.3.3. ความน่าจะเป็นของการเกิด (Probability of occurrence)	36
3.3.4. พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นดินไหว (Seismic moment)	39
3.3.5. แฟร็กทัลและการประยุกต์ใช้ (Fractal and application)	42
บทที่ 4 พหุบัติภัยแผ่นดินไหว (SEISMIC HAZARD)	45
4.1. การประเมินพหุบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic seismic hazard analysis,DSHA)	45
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (DISCUSSION AND CONCLUSION)	49
5.1. รวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Collecting earthquake data)	49
5.2. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake catalogue improvement)	49
5.2.1. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake declustering)	49
5.2.2. คัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of completeness)	50
5.3. การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)	50
5.3.1. ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (Maximum magnitude)	51
5.3.2. คาบอุบัติซ้ำ (Return period)	51
5.3.3. ความน่าจะเป็นของการเกิด (Probability of occurrence)	51
5.3.4. พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นดินไหว (Seismic moment)	51
5.3.5. แฟร็กทัลและการประยุกต์ใช้ (Fractal and application)	52
5.4. การประเมินพหุบัติภัยแผ่นดินไหว (Seismic hazard analysis, SHA)	52
เอกสารอ้างอิง (REFERENCES)	53

**สารบัญรูปร่างภาพ**  
**(FIGURE CONTENT)**

		หน้า
รูปที่ 1.1.	แสดงภาพข่าวการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวปี ค.ศ.2017	1
รูปที่ 1.2.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า ค.ศ.2007-2017 (10ปี)	2
รูปที่ 1.3.	แสดงพื้นที่ศึกษาตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า	2
รูปที่ 2.1.	แสดงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวทั่วโลกจำแนกตามขนาดแผ่นดินไหว	4
รูปที่ 2.2.	แผนที่โลกแสดงระดับพิบัติภัยแผ่นดินไหวในพื้นที่ต่าง ๆ (USGS, 2010)	7
รูปที่ 2.3.	แสดงตัวแปรสำคัญที่จำเป็นสำหรับการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (Kramer, 1996)	8
รูปที่ 2.4.	แสดงขั้นตอนการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Hull และคณะ, 2003)	9
รูปที่ 2.5.	แผนที่ชายแดนประเทศไทยลาวพม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของ (Pailoplee, 2013)	10
รูปที่ 2.6.	แผนที่ชายแดนประเทศไทยลาวพม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (หน่วย $m_b$ ) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในรอบปีต่าง ๆ	11
รูปที่ 2.7.	แผนที่ชายแดนประเทศไทยลาวพม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วยปี) ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด ( $m_b$ ) (Pailoplee, 2013)	11
รูปที่ 2.8.	แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ (Pailoplee, 2014)	12
รูปที่ 2.9.	แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (หน่วย $m_b$ ) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในรอบปีต่าง ๆ (Pailoplee, 2014)	13
รูปที่ 2.10.	แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วยปี) ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด ( $m_b$ ) (Pailoplee, 2013)	13
รูปที่ 2.11.	แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาส (หน่วย %) (Pailoplee, 2014)	14
รูปที่ 2.12.	แผนที่แสดงการกระจายของค่า (ก) b และ (ข) Dc สำหรับเขตกำเนิดแผ่นดินไหว 13 เขต ในภูมิภาคอาเซียนบนแผ่นดินใหญ่ (Pailoplee และ Choowong, 2014)	15



รูปที่ 3.20.	แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 7	29
รูปที่ 3.21.	แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 8	30
รูปที่ 3.22.	แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 9	30
รูปที่ 3.23.	แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 10	30
รูปที่ 3.24.	แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 11	31
รูปที่ 3.25.	แสดงค่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่ตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์จาก เครื่องมือ (Mc) ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม	33
รูปที่ 3.26.	แสดงผลการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6, และ 7 Mw ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม	38
รูปที่ 3.27.	แสดงผลการประเมินพลังงานความเครียดรวมที่แผ่นดินไหว แต่ละกลุ่มปลดปล่อยออกมา	41
รูปที่ 3.28.	แสดงผลการประเมินค่ามิติแฟร็กทัล (Dc) ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม	44
รูปที่ 4.1.	แสดงแผนที่ระดับแรงสั่นสะเทือนสูงสุด (หน่วย g) ที่เกิดขึ้น ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม	48
รูปที่ 5.1.	แสดงแผนที่ระดับแรงสั่นสะเทือนของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็ก ตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า ด้วยวิธีกำหนดค่า (DSHA)	53

**สารบัญตาราง**  
**(TABLE CONTENT)**

	หน้า
ตารางที่ 3.1. แสดงตัวอย่างรายละเอียดการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูล	17
ตารางที่ 3.2. แสดงรายละเอียดข้อมูลแผนที่ไหวของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม	18
ตารางที่ 3.3. แสดงรายละเอียดตำแหน่งพื้นที่ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม	19
ตารางที่ 3.4. แสดงตัวแปรในการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว	34
ตารางที่ 3.5. แสดงขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ	35
ตารางที่ 3.6. แสดงคาบอุบัติซ้ำ(ปี)ของแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ	36
ตารางที่ 3.7. แสดงความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ (%) ในรอบ 50 ปี	39
ตารางที่ 3.8. แสดงค่าพลังงานความเครียดที่แผ่นดินไหวแต่ละกลุ่มปลดปล่อยออกมา	42
ตารางที่ 3.9. แสดงค่ามิติแฟร็กทัล (Dc)	44
ตารางที่ 5.1. แสดงการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974)	50

## สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)

	หน้า
สมการ 2.1. สมการ Gutenberg-Richter relationship (G-R relationship)	4
สมการ 2.2. สมการความสัมพันธ์ FMD	
สมการ 2.3. สมการหาขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลา $t$	5
สมการ 2.4. สมการประเมินคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหว	5
สมการ 2.5. สมการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดและปี	5
สมการ 2.6. สมการประเมินพลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน	6
สมการ 2.7. สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดโมเมนต์และพลังงานความเครียด	6
สมการ 2.8. สมการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างมิติแฟร็กทัลและลักษณะการเกิดแผ่นดินไหว	
สมการ 2.9. สมการประเมินค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ (correlation function)	7
สมการ 2.10 สมการประเมินระยะห่างของเหตุการณ์แผ่นดินไหว 2 เหตุการณ์ที่พิจารณา	7



# บทที่ 1

## บทนำ

### (INTRODUCTION)

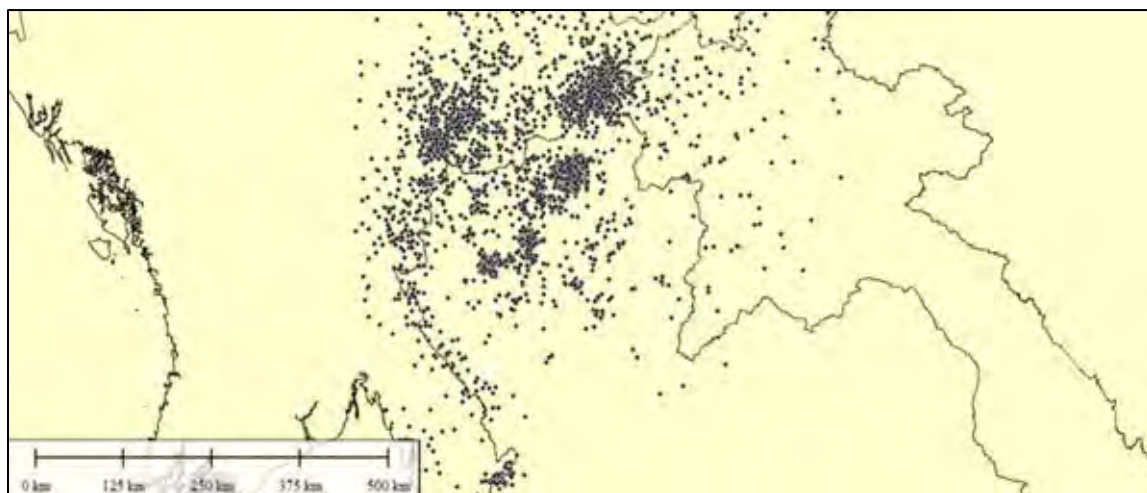
#### 1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and background)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แม้ว่ากาที่ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณนี้จะไม่ใช่บริเวณที่เป็นศูนย์กลางของการเกิดแผ่นดินไหว แต่จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์และหลักฐานทางเครื่องบันทึกแผ่นดินไหวทำให้ทราบว่าประเทศไทยเคยเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่และเล็กหลายครั้งแล้วในประเทศไทย ดังตัวอย่างเช่น เมื่อระหว่างวันที่ 21 ธันวาคม 2559 ถึง 4 มกราคม 2560 เกิดแผ่นดินไหวถึง 72 เหตุการณ์ที่อำเภอแม่วางและอำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ และเมื่อดูภาพรวมของเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมดที่เกิดขึ้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย และบริเวณชายแดนที่ติดกับประเทศลาวและประเทศพม่า ตั้งแต่ ตั้งแต่ พ.ศ. 2550–2560 พบว่า มีถึง 3,609 เหตุการณ์ โดยมีทั้งหมด 11 กลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กที่เกิดขึ้น และแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่เกิดขึ้นคือที่บริเวณเมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่ามีขนาด 6.7 mb

ซึ่งถึงแม้ว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะเป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็กที่มีขนาด 2.0–5.0 mb แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในกรณีของจำนวนการเกิดแผ่นดินไหวนั้นถือว่ามีอัตราการเกิดแผ่นดินไหวสูงมาก หากเปรียบเทียบกับอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่อื่น ๆ ทำให้ประชาชนทั่วไปนั้นมีความกังวลต่อแผ่นดินไหวดังกล่าวว่า จำนวนการเกิดแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นมากมายขนาดนี้เป็นสัญญาณของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอนาคตหรือไม่ ดังนั้น พื้นที่บริเวณชายแดนของประเทศไทย-ลาว-พม่า จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำการศึกษากลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กที่เกิดขึ้น โดยงานวิจัยนี้จะประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (earthquake activity) ในรูปแบบการศึกษาแผ่นดินไหววิทยาเชิงสถิติต่าง ๆ (statistical seismology) และประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (deterministic seismic hazard analysis, DSHA)



รูปที่ 1.1. แสดงภาพข่าวการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวปี ค.ศ.2017



รูปที่ 1.2. แผนที่แสดงการกระจายตัวของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า ค.ศ.2007-2017 (10ปี)

### 1.2. พื้นที่ศึกษา (Study area)

ทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า ตั้งแต่ละติจูดที่ 15 ถึง 22 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 ถึง 102 องศาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 264,879 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 1.3. แสดงพื้นที่ศึกษาตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า

### 1.3. วัตถุประสงค์ (Objectives)

เพื่อประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า วิเคราะห์สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวขนาดเล็กจำนวนมาก และประเมินระดับพิบัติภัยเมื่อเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้วิธีการประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหว

### 1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)

ทำการศึกษาวิจัยโดยประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า โดยใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่เคยมีการตรวจวัดและบันทึกได้จากเครื่องมือตรวจวัด (instrumental earthquake records) และประเมินระดับพิบัติภัยเมื่อเกิดแผ่นดินไหว โดยใช้วิธีการประเมินระดับอันตรายจากแผ่นดินไหวบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า

### 1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected outputs)

ผลการประเมินพฤติกรรมการของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็ก ผลการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว และสามารถประเมินแรงสั่นสะเทือนที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า ในกรณีที่เกิดแผ่นดินไหวได้



### 2.1.1. ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (Maximum magnitude)

จากสมการที่ 2.1 นำเสนอโดย Ishimoto และ Iida (1939) และ Gutenberg และ Richter (1944) นักแผ่นดินไหววิทยาต่อมาได้นำมาพัฒนาและต่อยอดแนวความคิดเพื่อประยุกต์ใช้ในการประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบต่าง ๆ เช่น Yadav และคณะ (2011) แปลงสมการความสัมพันธ์ FMD ให้อยู่ในรูปสมการ (2.2)

$$\ln(N_m) = \ln \alpha - \beta m \quad (\text{สมการ 2.2})$$

โดยค่า  $\alpha$  และ  $\beta$  คือ ค่าคงที่และสัมพันธ์กับค่า  $a$  และค่า  $b$  ในรูปของ  $\alpha = \exp(a \ln(10))$  และ  $\beta = b \ln(10)$  ซึ่งจากค่าตัวแปรดังกล่าว Yadav และคณะ (2011) ได้นำเสนอการประเมินขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด ( $u_t$ ) ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลา  $t$  ที่พิจารณา ดังแสดงในสมการ (2.3)

$$u_t = \frac{\ln(\alpha t)}{\beta} \quad (\text{สมการ 2.3})$$

### 2.1.2. คาบอุบัติซ้ำ (Return period)

นอกจากนี้ นักแผ่นดินไหววิทยาสามารถประเมินคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดได้จากสมการ (2.4) (Yadav และคณะ, 2011)

$$T_M = \frac{1}{N_M} = \frac{\exp(\beta M)}{\alpha} \quad (\text{สมการ 2.4})$$

กำหนดให้  $T_M$  คือ คาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด  $M$  ซึ่งเป็นส่วนกลับของจำนวนหรือความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว  $N_M$  โดยสามารถประเมินได้จากค่า  $\alpha$  และ  $\beta$  ของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ดังที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น

### 2.1.3. ความน่าจะเป็นของการเกิด (Probability of occurrence)

นอกจากขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้และคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว นักแผ่นดินไหววิทยายังสามารถประเมินและแสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวใด ๆ ในรูปแบบของความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหว (probability of occurrence) ในแต่ละขนาดและปีที่พิจารณาดังสมการ (2.5) (Yadav และคณะ, 2011)

$$P_t(M) = 1 - \exp(-\alpha t \exp(-\beta M)) \quad (\text{สมการ 2.5})$$

โดยค่า  $P_t(M)$  คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด  $M$  ในช่วงเวลา  $t$  ปี ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแสดงอยู่ในรูปของกราฟความสัมพันธ์

#### 2.1.4. พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาของแผ่นดินไหว (Seismic moment)

โมเมนต์แผ่นดินไหว ( $M_0$ ) เป็นการบอกปริมาณของพลังงานความเครียด (strain energy) ที่ปลดปล่อยจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน คำนวณจาก

$$M_0 = \mu Ad \quad (\text{สมการ 2.6})$$

$M_0$  คือ พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (Seismic Moment)

$\mu$  คือ ค่ามอดูลัสเฉือน (rock rigidity)

A คือ พื้นที่บริเวณพังทลาย (fault area)

d คือ ระยะการเลื่อนตัว (slip distance)

หลังจากนั้นทำการคำนวณเป็นขนาดโมเมนต์ (moment magnitude,  $M_w$ ) จากสมการ (2.7) คิดค้นและนำเสนอโดย Hiroo Kanamori (1979) เป็นการบอกขนาดของแผ่นดินไหวโดยไม่ขึ้นกับชนิดของเครื่องมือตรวจวัด และแสดงถึงปริมาณพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหวได้ดีกว่าขนาดชนิดอื่น วิเคราะห์ได้จากโมเมนต์แผ่นดินไหว (seismic moment,  $M_0$ )

$$M_w = \frac{2}{3} \log_{10}(M_0) - 10.7 \quad (\text{สมการ 2.7})$$

ซึ่งขนาด  $M_w$  ถือเป็นหน่วยวัดขนาดแผ่นดินไหวที่น่าเชื่อถือที่สุดในปัจจุบันโดยเฉพาะกับกรณีแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ เพราะไม่มีปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การอิ่มตัวของขนาดแผ่นดินไหว (saturation of magnitude)

#### 2.1.5. แฟร็กทัลและการประยุกต์ใช้ (Fractal and application)

แฟร็กทัล (fractal) เป็นคำนิยามในเชิงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง วัตถุทางเรขาคณิตที่มีคุณสมบัติเหมือนกันในตัวเอง (self-similar) คือ ดูเหมือนกันไปหมดไม่ว่าจะดูที่ระดับความละเอียด (scale) ใดก็ตาม โดยจากการสังเกตและศึกษาในอดีต นักวิทยาศาสตร์พบว่า ความเป็นแฟร็กทัลจะพบมากที่สุดกับวัตถุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เช่น ก้อนเมฆ เกร็ดหิมะ ไม้ ชายฝั่งทะเล เป็นต้น ซึ่งหากมองโดยทั่วไปวัตถุเหล่านี้อาจจะไม่แสดงความเหมือนกันในตัวเอง แต่ถ้าหากมองเข้าไปในระดับความละเอียดสูง ๆ นักวิทยาศาสตร์พบว่าในบางครั้งวัตถุในธรรมชาติดังกล่าวจะเกิดจากรูปแบบย่อยที่ซ้ำ ๆ กัน หรือที่เรียกว่า มิติแฟร็กทัล (fractal dimension)

ในทางแผ่นดินไหววิทยา มิติแฟร็กทัล สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและจำแนกความเหมือนกันหรือรูปแบบของการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์จากระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เคยเกิดขึ้นในอดีต เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างมิติแฟร็กทัล ( $D_c$ ) และลักษณะการเกิดแผ่นดินไหว ดังแสดงในสมการ (2.8)-(2.9) (Bhattacharya และ Kayal, 2003)

$$C_r \approx r^{D_c} \quad (\text{สมการ 2.8})$$

กำหนดให้  $C_r$  คือ ฟังก์ชันสหสัมพันธ์ (correlation function) ซึ่งประเมินได้จากสมการ (2.9)

$$C_r = \frac{2}{N(N-1)} N_{(R < r)} \quad (\text{สมการ 2.9})$$

กำหนดให้

$N$  คือ จำนวนแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์

$N(R < r)$  คือ จำนวนแผ่นดินไหวที่ระยะทาง  $R < r$

$R$  คือ ระยะห่างของเหตุการณ์แผ่นดินไหว 2 เหตุการณ์ที่พิจารณาซึ่งประเมินได้จากสมการ (2.10)

กำหนดให้  $\theta_1$  และ  $\theta_2$  คือ ละติจูดของคู่เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่สนใจพิจารณาและ  $\phi_1$  และ

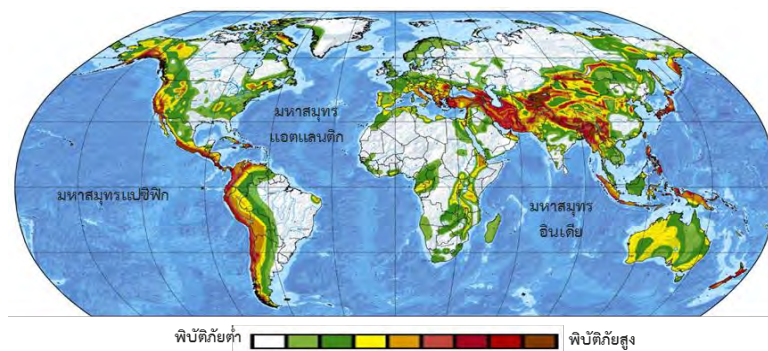
$\phi_2$  คือ ลองจิจูดของคู่เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่สนใจพิจารณา

$$R = \cos^{-1}[\cos \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_1 \sin \theta_2 \cos(\phi_1 - \phi_2)] \quad (\text{สมการ 2.10})$$

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ในเชิงสถิติ Aki (1981) พบว่าค่า  $D_c$  สามารถแปลความไปในทางรูปแบบการเกิดแผ่นดินไหว (earthquake pattern) ในพื้นที่ศึกษาได้ โดยหากค่า  $D_c$  อยู่ในช่วง 0-1 แสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนั้นมีลักษณะเป็นแนวเส้น (line source) หากค่า  $D_c$  อยู่ในช่วง 1-2 แสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมีลักษณะเป็นระนาบ (area source) และค่า  $D_c$  อยู่ในช่วง 2-3 แสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมีลักษณะเป็นปริมาตร (volume source) ตามลำดับ

## 2.2. การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (Seismic hazard analysis)

การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (seismic hazard Analysis, SHA) (Kramer, 1996) คือ การประเมินระดับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว (ground shaking) ซึ่งมักแสดงอยู่ในรูปของอัตราเร่งสูงสุดบนพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA) และมีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ของอัตราเร่งอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก (g) โดย  $1 \text{ g} = 9.81 \text{ เมตร/วินาที}^2$  หรือ gal โดย  $1 \text{ gal} = 1 \text{ เซนติเมตร/วินาที}^2 = 1/981 \text{ g}$



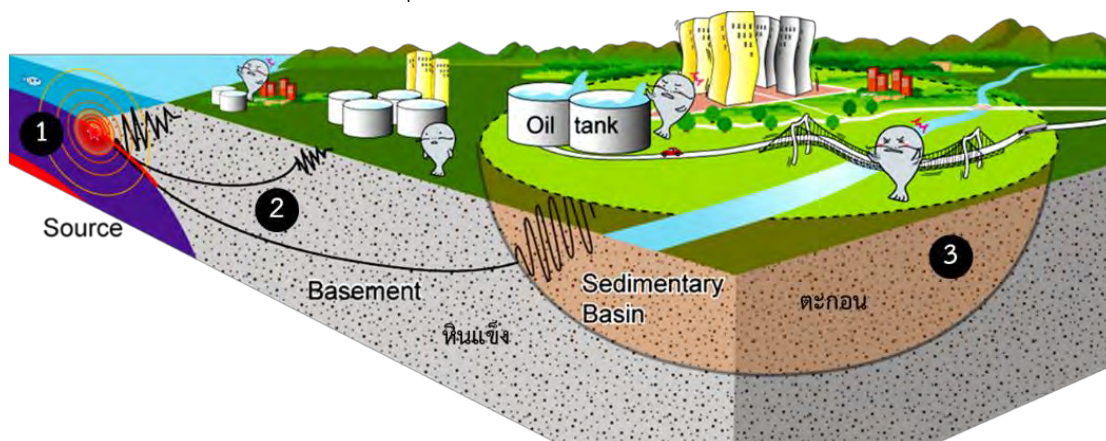
รูปที่ 2.2. แผนที่โลกแสดงระดับพิบัติภัยแผ่นดินไหวในพื้นที่ต่าง ๆ (USGS, 2010)

โดยหลักการในการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว ตัวแปรสำคัญที่จำเป็นสำหรับการประเมินประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ (รูปที่ 2.3)

1) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (earthquake source) โดยพิจารณาทั้งรูปร่างและพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งในการพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่อาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาใด ๆ นักแผ่นดินไหววิทยาจะต้องขยายพื้นที่กว้างออกไปอย่างน้อย 300 กิโลเมตร (Gupta และคณะ 2002) จึงจะถือว่าพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้ครอบคลุม เช่น หากต้องการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย ควรขยายการพิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวออกไปครอบคลุมถึงประเทศพม่า อินโดนีเซียและประเทศลาว เป็นต้น

2) ลักษณะการลดทอนแรงสั่นสะเทือน (attenuation characteristic) โดยปกติแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว จะลดทอนลงเมื่อเดินทางออกจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ผ่านตัวกลางต่าง ๆ ด้วยระยะทางที่มากขึ้น ซึ่งการลดทอนของแรงสั่นสะเทือนจะลดลงอย่างรวดเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะทางธรณีวิทยาใต้ดินของแต่ละพื้นที่ ซึ่งปัจจุบันมีการนำเสนอสมการหรือแบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนที่แตกต่างกันมากมายในแต่ละพื้นที่ของโลก ดังนั้นในการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว นักแผ่นดินไหวจะต้องเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสม

3) การตอบสนองแรงสั่นสะเทือนในพื้นที่ (site respond) ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้คลื่นไหวสะเทือนมีความแปรผันคือ คุณลักษณะต่าง ๆ ของดินหรือตะกอนที่ปกคลุมในแต่ละพื้นที่ เช่น ความเหนียว โครงสร้างและความลึกของชั้นดิน โดยจากกรณีศึกษาในหลายพื้นที่บ่งชี้ว่า พื้นที่ที่มีชั้นดินอ่อนที่หนา จะทำให้แรงสั่นสะเทือนขยายตัวรุนแรงขึ้น 2-3 เท่า



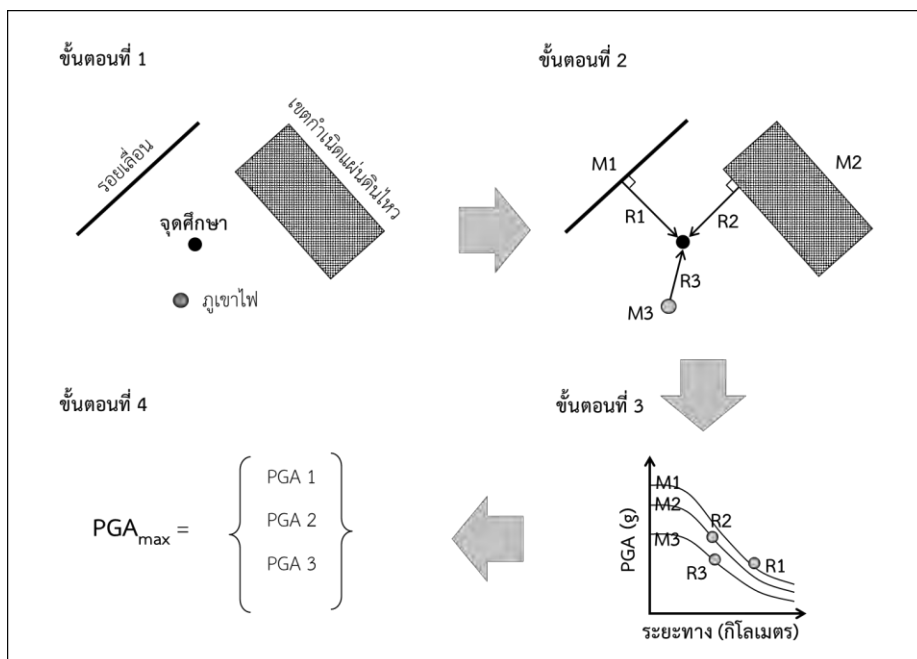
รูปที่ 2.3. แสดงตัวแปรสำคัญที่จำเป็นสำหรับการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (Kramer, 1996)

### 2.2.1. การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic seismic hazard analysis, DSHA)

(Hull และคณะ, 2003) เป็นแนวคิดการประเมินอันตรายสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (worse-case scenario) โดยพิจารณาจาก 1) แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ และ 2) เกิดได้ใกล้ที่สุดเท่าที่จะเกิดได้ โดยผลการประเมินมักจะแสดงระดับแรงสั่นสะเทือนที่สูงมาก ซึ่งแนวคิดนี้เป็นที่นิยมใน



การประเมินในพื้นที่ที่มีความสำคัญ เช่น โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เขื่อน หรืออาคารสูง ซึ่งขั้นตอนการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า ประกอบด้วย (รูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4. แสดงขั้นตอนการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Hull และคณะ, 2003)

1) กำหนดตำแหน่งและจำแนกรูปร่างของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ตลอดจนประเมินขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในแต่ละแหล่งกำเนิดดังกล่าว (รูปที่ 2.4 ขั้นตอน 1) ซึ่งตำแหน่งหรือรูปร่างของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จะขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน (tectonic setting) ได้แก่ แผ่นดินไหวที่เกิดจากการประทุของภูเขาไฟ จะมีตำแหน่งการเกิดแรงสั่นสะเทือนในวงแคบใกล้กับตำแหน่งภูเขาไฟ จึงถือว่าแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบนี้ เป็นแบบจุด (point source) หากแผ่นดินไหวเกิดตามแนวรอยเลื่อน นักแผ่นดินไหววิทยาจะจัดเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบเส้น (line source) ส่วนในบางกรณี แผ่นดินไหวอาจเกิดขึ้นในบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ซึ่งอาจจะไม่สัมพันธ์อย่างชัดเจนกับตำแหน่งรอยเลื่อนหรือแนวภูเขาไฟ ในกรณีเช่นนี้นักแผ่นดินไหววิทยาอาจประเมินว่าแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนี้เป็นแบบเชิงพื้นที่ (area source) เรียกว่า เขตกำเนิดแผ่นดินไหว (seismic source zone) ซึ่งหมายถึง กรอบพื้นที่ที่เชื่อว่าภายในกรอบนั้นมีพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเหมือนหรือคล้ายกันและมีโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวได้เท่าเทียมกันในทุกที่ภายในกรอบหรือเขตกำเนิดแผ่นดินไหวนั้น ๆ

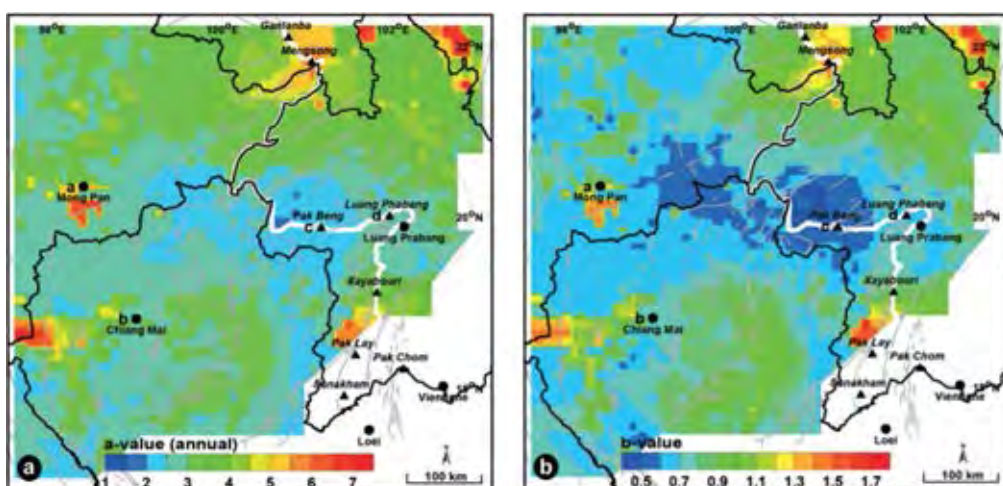
2) ประเมินระยะทางจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงจุดศึกษา (รูปที่ 2.4 ขั้นตอน 2) โดยในกรณีของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบจุด นักแผ่นดินไหววิทยาวัดระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวและจุดศึกษาได้โดยตรง ในขณะที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบเส้นหรือแบบพื้นที่ ให้แบ่งเส้นหรือพื้นที่นั้น ๆ ออกเป็นจุดย่อยและตรวจวัดระยะทางจากจุดศึกษาถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวย่อยแต่ละจุด จากนั้นเลือกระยะทางที่ใกล้ที่สุดเป็นตัวแทนของระยะทางจากพื้นที่ศึกษาถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

3) นำตัวแปรที่ได้จาก ข้อ 1 ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ และ ข้อ 2 ระยะทางไกลที่สุดระหว่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงจุดศึกษา มาประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (รูปที่ 2.4 ขั้นตอน 3) โดยใช้แบบจำลองการลดทอนแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งโดยทั่วไปลักษณะการลดทอนจะขึ้นอยู่กับลักษณะธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่นั้น เช่นแบบจำลองสำหรับแผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณเขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ได้แก่ Atkinson และ Boore (1997) Youngs และคณะ (1997) Crouse และคณะ (1991) และ Megawati (2005) เป็นต้น หรือแบบจำลองสำหรับแผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณแนวรอยเลื่อน ได้แก่ Esteva และ Villaverde (1973) Idriss (1993) Abrahamson และ Silva (1997) Boore และคณะ (1997) และ Sadigh และคณะ (1997) เป็นต้น

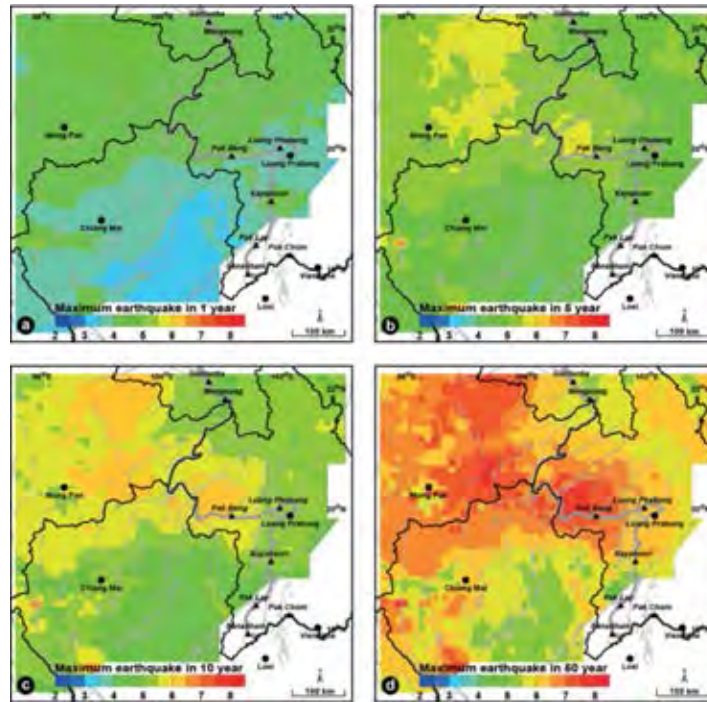
4) เปรียบเทียบระดับแรงสั่นสะเทือน ที่ประเมินจากจุดศึกษา เมื่อพิจารณาจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่าง ๆ และคัดเลือกระดับแรงสั่นสะเทือนสูงสุดมาเป็นตัวแทนของพิบัติภัยหรือระดับแรงสั่นสะเทือนที่จุดศึกษามีโอกาสได้รับผลกระทบ (รูปที่ 2.4 ขั้นตอน 4)

### 2.3. งานศึกษาในอดีต (Literature reviews)

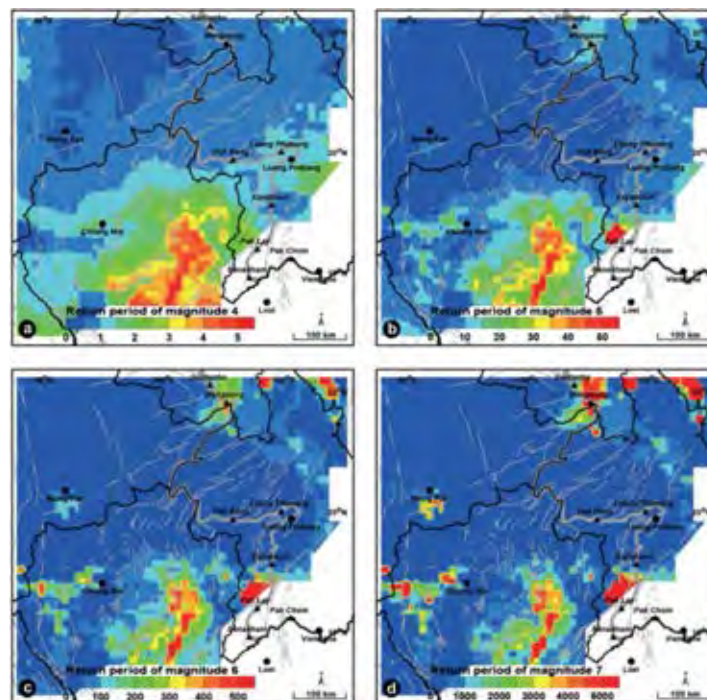
Santi Pailoplee (2013) ได้ศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหวชายแดนประเทศไทยลาวพม่า โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวจาก IRIS NEIC และ TMD ตั้งแต่ปี ค.ศ.1984 – 2010 วิเคราะห์ค่า  $a$  และ  $b$  จากสมการความสัมพันธ์ของการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (FMD) ซึ่งผลการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวพบว่า ขนาดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ที่บริเวณตอนเหนือของเมืองบั้นประเทศพม่าและที่บริเวณเมืองหลวงพระบางประเทศลาวมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4-7  $m_b$  ในอีก 50 ปี และผลการประเมินคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวขนาด 4-7  $m_b$  ที่ตอนเหนือของเมืองบั้นประเทศพม่าและบริเวณทิศตะวันตกของจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวที่ประมาณ 1-5,000 ปี



รูปที่ 2.5. แผนที่ชายแดนประเทศไทยลาวพม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของ (a) ค่า  $a$  (b) ค่า  $b$  (Pailoplee, 2013)

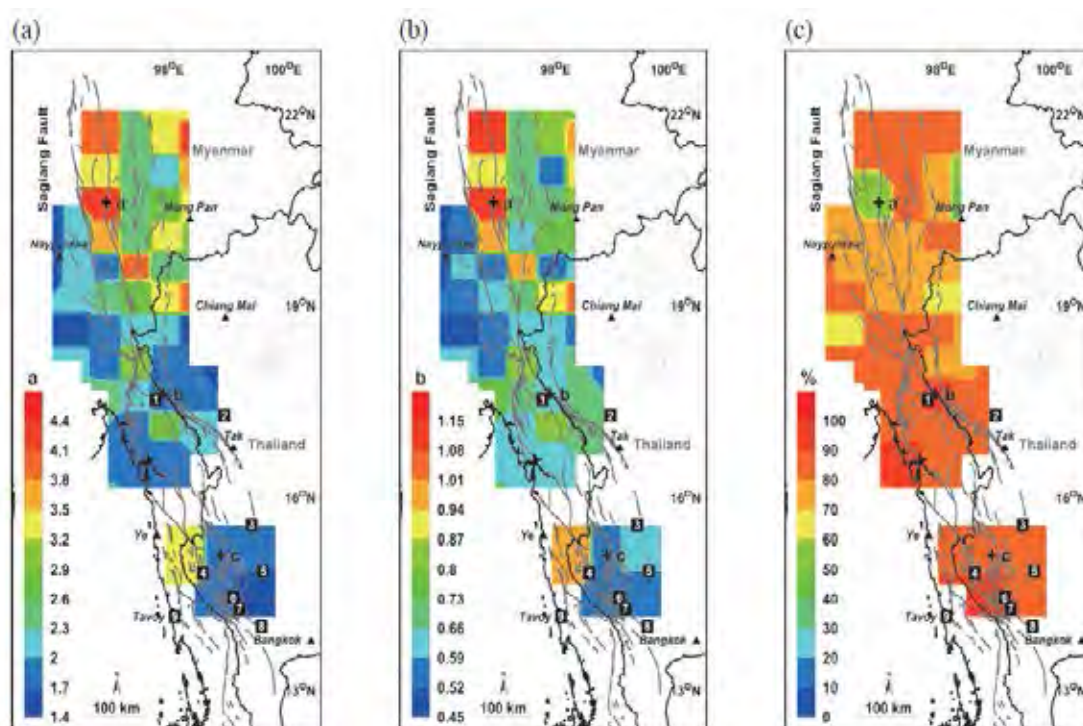


รูปที่ 2.6. แผนที่ชายแดนประเทศไทยลาวพม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (หน่วย  $m_b$ ) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในรอบปีต่าง ๆ (a) 1 ปี, (b) 5 ปี, (c) 10 ปี และ (d) 50 ปี (Pailoplee, 2013)

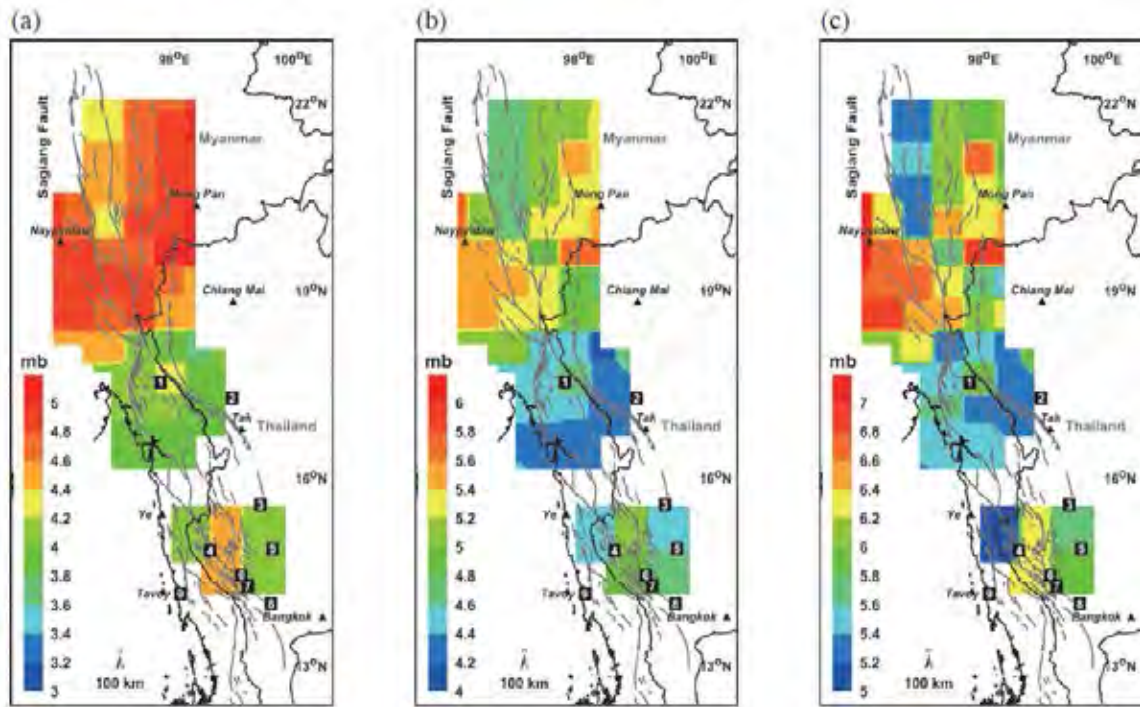


รูปที่ 2.7. แผนที่ชายแดนประเทศไทยลาวพม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วยปี) ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด ( $m_b$ ) (a) 4.0, (b) 5.0, (c) 6.0, และ (d) 7.0 (Pailoplee, 2013)

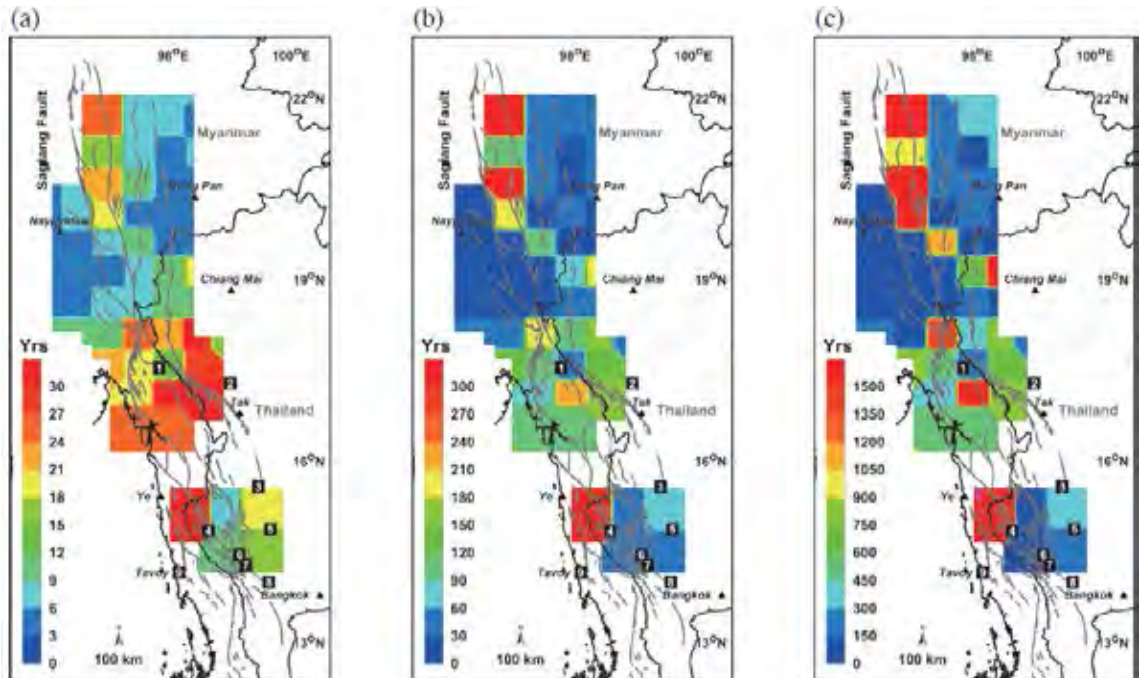
Santi Pailoplee (2014) ได้ประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวของรอยเลื่อนตามแนวระดับบริเวณชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของพม่า โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวจาก NEIC และ TMD ตั้งแต่ปี ค.ศ.1964 – 2013 วิเคราะห์ค่า a และ b จากสมการความสัมพันธ์ของการกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (FMD) ซึ่งผลการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวพบว่า แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ที่บริเวณรอยเลื่อนแนวระดับที่อยู่ทางบริเวณทิศเหนือของพื้นที่ศึกษามีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.0, 5.8 และ 6.8  $m_b$  มีโอกาสขึ้นได้ในอีก 5, 10 และ 50 ปีตามลำดับ (รูปที่ 2.9) และแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ที่บริเวณรอยเลื่อนแนวระดับที่อยู่ทางบริเวณทิศใต้ของพื้นที่ศึกษามีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.0, 6.0 และ 7.0  $m_b$  มีโอกาสขึ้นได้ในอีก 18, 60 และ 300 ปีตามลำดับ (รูปที่ 2.10) รอยเลื่อนแนวระดับบริเวณตอนกลางของพื้นที่มีความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวน้อยกว่า 30% และ 10% ของแผ่นดินไหวขนาด 6.0 และ 7.0  $m_b$  ตามลำดับ ในอีก 50 ปีข้างหน้า (รูปที่ 2.11)



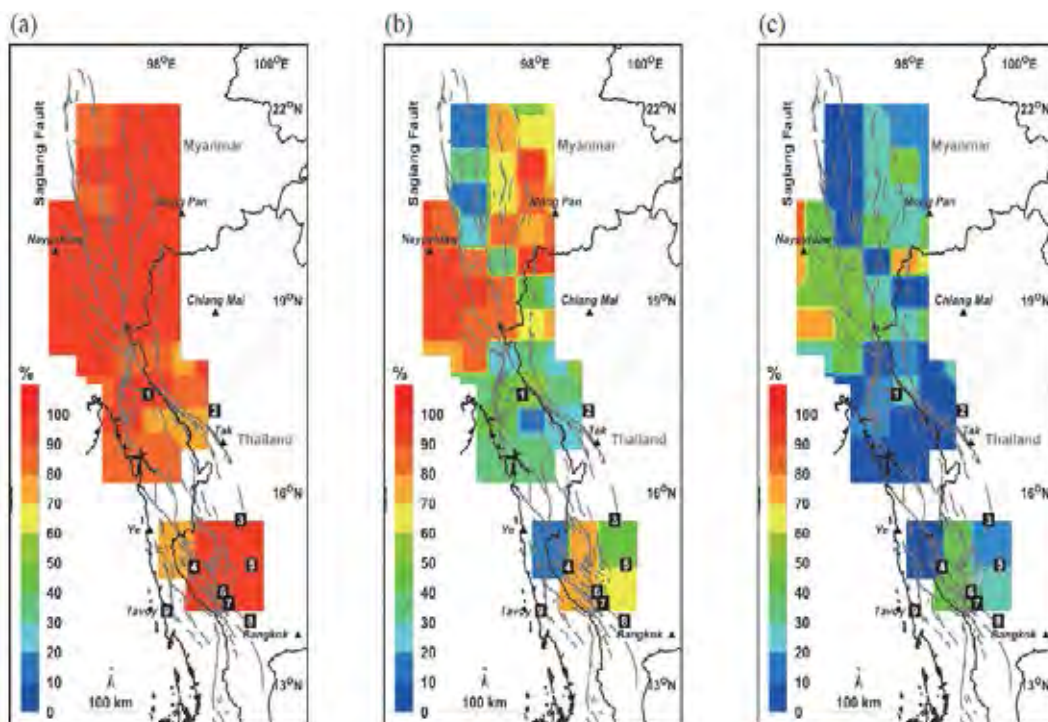
รูปที่ 2.8. แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของพม่า แสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของ (a) ค่า a (b) ค่า b และ (c) เปอร์เซ็นต์ความสอดคล้องระหว่างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และข้อมูลจริงของสมการความสัมพันธ์ FMD (Pailoplee, 2014)



รูปที่ 2.9. แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ที่สุด (หน่วย mb) ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในรอบปีต่าง ๆ (a) 5 ปี, (b) 10 ปี, (c) 50 ปี (Pailoplee, 2014)



รูปที่ 2.10. แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (หน่วยปี) ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด ( $m_b$ ) (a) 5.0, (b) 6.0, และ (c) 7.0 (Pailoplee, 2013)

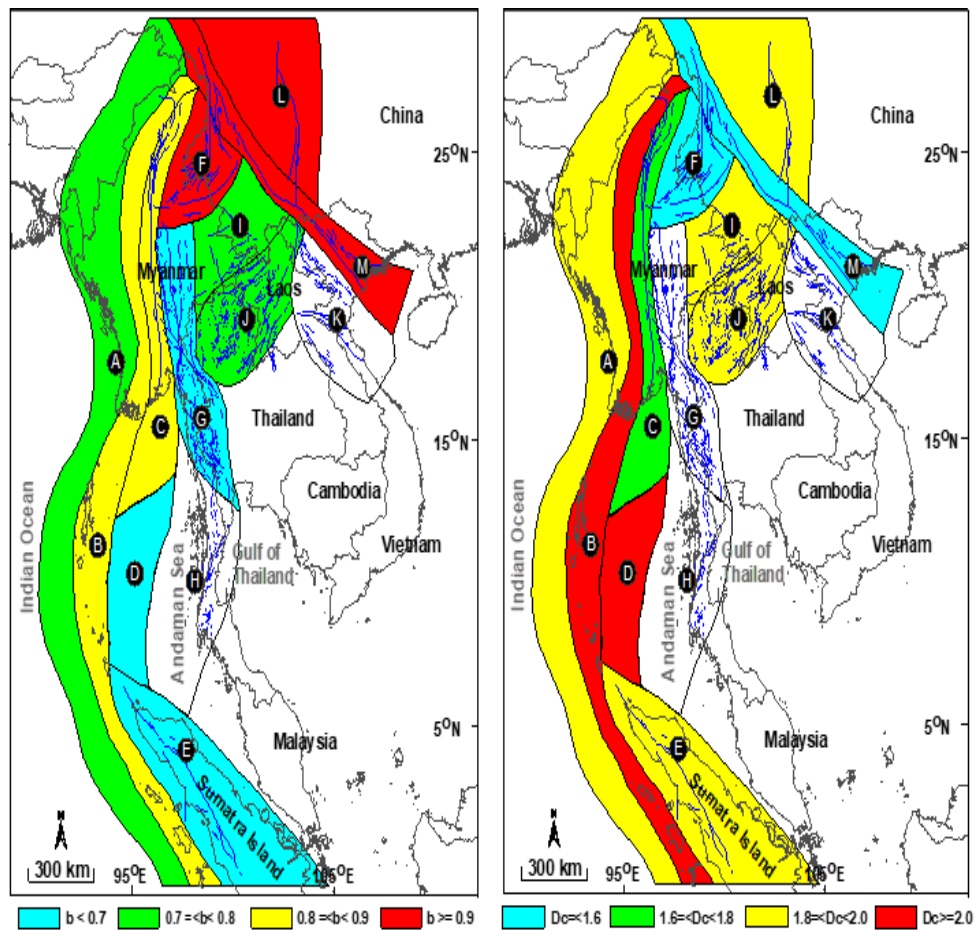


รูปที่ 2.11. แผนที่ชายแดนภาคตะวันตกของประเทศไทยและภาคตะวันออกของประเทศพม่า แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของโอกาส (หน่วย %) เกิดแผ่นดินไหวขนาด(ก) 5.0  $M_w$  (ข) 6.0  $M_w$  และ (ค) 7.0  $M_w$  ในอีก 50 ปี (Pailoplee, 2014)

Pailoplee และ Choowong (2014) ได้วิเคราะห์และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $D_c$  และค่า  $b$  ในภูมิภาคอาเซียนบนแผ่นดินใหญ่ โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกไว้ในช่วงปี ค.ศ. 1974-2010 ได้จำแนกเขตกำเนิดแผ่นดินไหวในภูมิภาคอาเซียนบนแผ่นดินใหญ่ออกเป็น 13 เขต (โซน A-M) โดยเชื่อว่าในแต่ละเขตกำเนิดแผ่นดินไหวดังกล่าวนั้นมีลักษณะทางธรณีแปรสัณฐานที่ส่งผลให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีพฤติกรรมเฉพาะในแต่ละเขต และมีความคล้ายกันภายในเขตกำเนิดแผ่นดินไหว โดยในขั้นแรก Pailoplee และ Choowong (2014) ได้จัดกลุ่มข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกไว้ในช่วงปี ค.ศ. 1974-2010 ออกตามเขตกำเนิดแผ่นดินไหวดังกล่าว จากนั้นนำข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละเขตมาวิเคราะห์และสร้างกราฟความสัมพันธ์ FMD เพื่อประเมินค่า  $b$  จากสมการความสัมพันธ์ FMD ซึ่งจากนิยามและค่าจำกัดความที่นำเสนอโดย Tosi (1998) ที่ระบุว่าเขตกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีพลังจะมีค่า  $D_c$  อยู่ระหว่าง 0-2 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าภูมิภาคอาเซียนบนแผ่นดินใหญ่ เป็นเขตกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีพลังในปัจจุบัน ซึ่งผลจากการแบ่งโซน พบว่าโซนที่มีค่า  $D_c$  สูงสุดได้แก่โซน A B D และ E ส่วนที่มีค่า  $D_c$  สูงเป็นอันดับสองได้แก่โซน I J และ L ส่วนในกรณีของค่า  $1.5 \leq D_c < 1.7$  พบเฉพาะในโซน C เท่านั้น

ดังนั้นจากผลการประเมินค่า  $D_c$  ที่ได้ Pailoplee และ Choowong (2014) สรุปว่าแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวส่วนใหญ่ในภูมิภาคอาเซียนบนแผ่นดินใหญ่นั้นเกิดแผ่นดินไหวอยู่ตามระนาบรอยเลื่อน (รูปแบบพื้นที่) ยกเว้นเขตกำเนิดแผ่นดินไหวที่มีค่า  $D_c < 1.5$  ได้แก่ โซน F และ M บ่งชี้ว่าแผ่นดินไหวเกิด

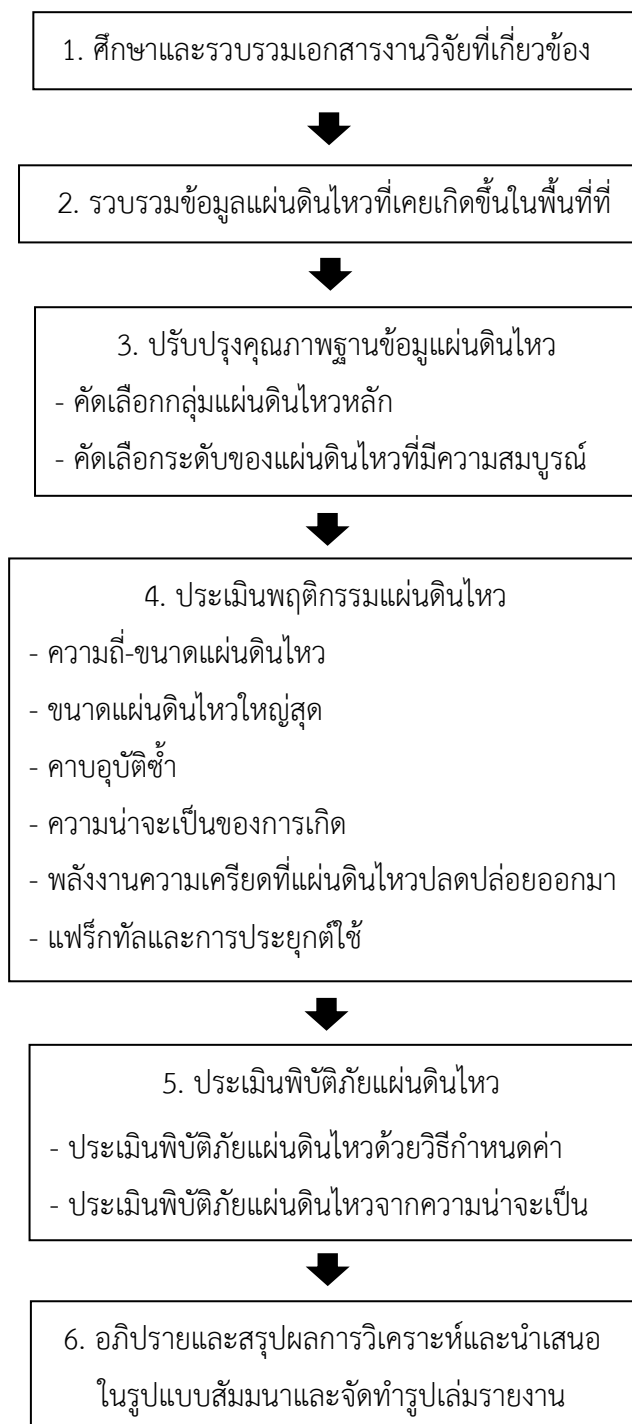
บนรอยเลื่อนเป็นหลัก และจากค่า  $b$  และค่า  $D_c$  ที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $D_c$ - $b$  จัดอยู่ในรูปของความสัมพันธ์แบบผกผัน โดยมีสมการความสัมพันธ์  $D_c = 2.80 - 1.22b$



รูปที่ 2.12. แผนที่แสดงการกระจายของค่า (ก)  $b$  และ (ข)  $D_c$  สำหรับเขตกำเนิดแผ่นดินไหว 13 เขต ในภูมิภาคอาเซียนบนแผ่นดินใหญ่ (Pailoplee และ Choowong, 2014)

## 2.4. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)

เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัยดังกล่าวในข้างต้น งานวิจัยนี้ได้จัดระเบียบวิธีการวิจัยออกเป็น 6 ขั้นตอน (รูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13. แสดงขั้นตอนระเบียบวิธีการวิจัย



### บทที่ 3

#### การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)

#### 3.1. รวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Collecting earthquake data)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (earthquake catalogue) คือ ข้อมูลแสดงรายละเอียดการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละเหตุการณ์ ซึ่งจะถูกรวบรวมและควบคุมโดยหลากหลายหน่วยงาน และจะเผยแพร่ข้อมูลให้บุคคลทั่วไปได้เข้าถึงข้อมูลได้อย่างอิสระบนฐานข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งฐานข้อมูลของแต่ละหน่วยงานจะมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูล และวัตถุประสงค์ของผู้ใช้

**ตารางที่ 3.1.** แสดงตัวอย่างรายละเอียดการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูล

LONG	LAT	YEAR	MONTH	DAY	MAG	DEPTH	HOUR	MIN	SEC
99.56	19.63	2008	1	17	3.1	0	3	37	0
99.37	19.62	2009	12	22	2.2	27	2	3	0
99.49	19.53	2009	3	1	2.6	37	15	22	0
99.57	19.51	2009	6	25	2.7	43	0	8	0
99.50	19.56	2010	8	30	1.6	9	7	15	0
99.58	19.50	2010	2	23	2.3	49	18	23	0
99.58	19.54	2010	7	16	2.4	15	0	5	0
99.65	19.53	2010	7	15	2.6	45	13	2	0
99.41	19.72	2010	4	22	2.6	4	21	34	0
99.63	19.57	2010	8	29	3.3	4	8	19	0
99.57	19.52	2011	7	17	2.0	0	7	42	0
99.58	19.51	2011	7	17	2.2	10	7	40	0
99.70	19.74	2011	8	8	2.3	42	9	41	0
99.55	19.74	2011	8	17	2.4	0	23	20	0
99.69	19.76	2011	7	26	2.8	28	5	26	0
99.86	19.84	2011	7	25	3.1	15	10	56	0
99.59	19.55	2011	3	28	3.4	0	20	47	0
99.54	19.55	2012	10	4	1.7	27	16	56	0
99.71	19.47	2012	5	12	2.4	21	9	57	0

### การบันทึกรายละเอียด

1. ระบบพิกัดแสดงเป็นระบบ Latitude/Longitude ของจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว
2. วันที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว รายงานในระบบ Year, Month, Day
3. เวลาที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว รายงานในระบบ Hour, Min
4. ขนาดและมาตราตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude and magnitude scale) ตัวแปรที่บ่งบอกว่าเครื่องตรวจรับแผ่นดินไหวนั้นตรวจรับคลื่นแผ่นดินไหวประเภทไหนเพราะเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวนั้นสามารถวัดประเภทของคลื่นได้มากกว่าหนึ่งประเภท

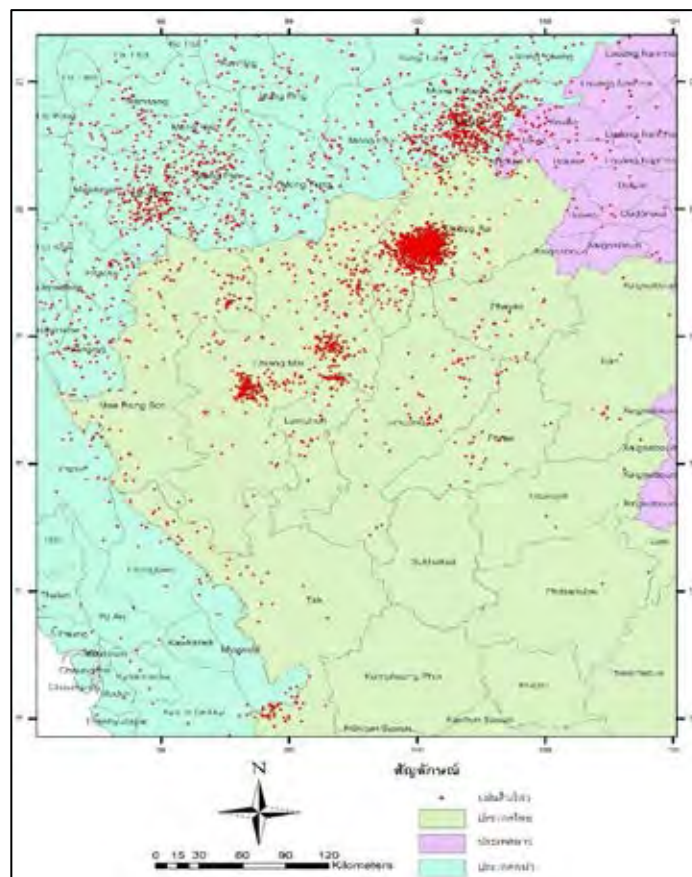
โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่ในความดูแลของสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย Thai Meteorological Department (TMD) ซึ่งหน่วยงานของกรมอุตุนิยมวิทยา มีความหนาแน่นของเครือข่ายการตรวจวัดครอบคลุมทั่วประเทศ ทำให้มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดแผ่นดินไหวขนาดเล็กได้มีประสิทธิภาพ และได้ทำการจัดกลุ่มข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวได้ทั้งหมด 11 กลุ่มแผ่นดินไหว (ตารางที่ 3.2) 1 และรูปที่ (3.2-3.12) แสดงกราฟรายละเอียดของแต่ละกลุ่มแผ่นดินไหวแสดงในรูปความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกับขนาด, ความลึก และเวลา

ตารางที่ 3.2. แสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวของแต่ละกลุ่ม

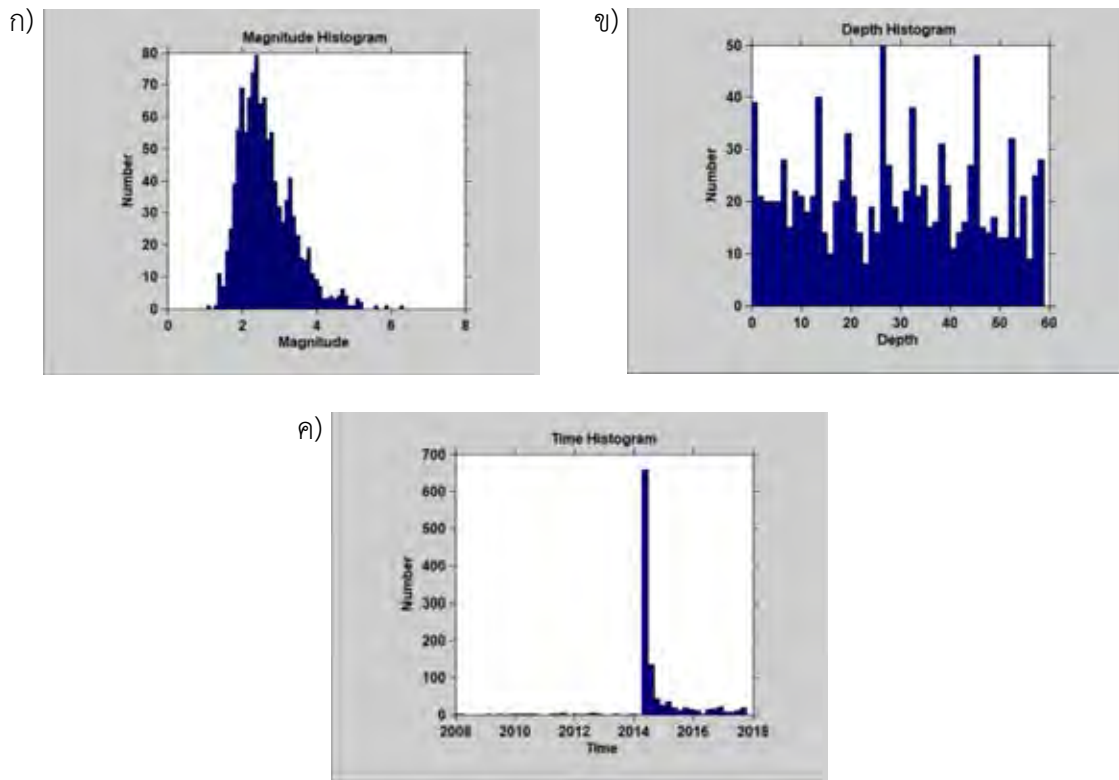
Group	EQs in catalog	Beginning year	Ending year	Minimum magnitude	Maximum magnitude	Min depth	Max depth
1	1079	2008.04	2017.79	1.1	6.3	0	59
2	100	2007.01	2017.73	0.6	4.5	0	59
3	39	2007.94	2017.79	1	2.6	0	59
4	28	2008.60	2017.10	0.6	3.1	0	59
5	148	2008.89	2017.40	1	4.2	0	59
6	40	2007.03	2017.13	1.1	3.9	0	59
7	144	2008.09	2017.84	1.6	4.6	0	58
8	97	2007.95	2017.80	1.9	4.6	0	59
9	577	2007.37	2017.79	1.1	6.7	0	59
10	46	2009.37	2016.43	1.6	4.1	0	59
11	59	2207.30	2017.80	1.4	4.5	0	58

ตารางที่ 3.3. แสดงรายละเอียดตำแหน่งพื้นที่ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม

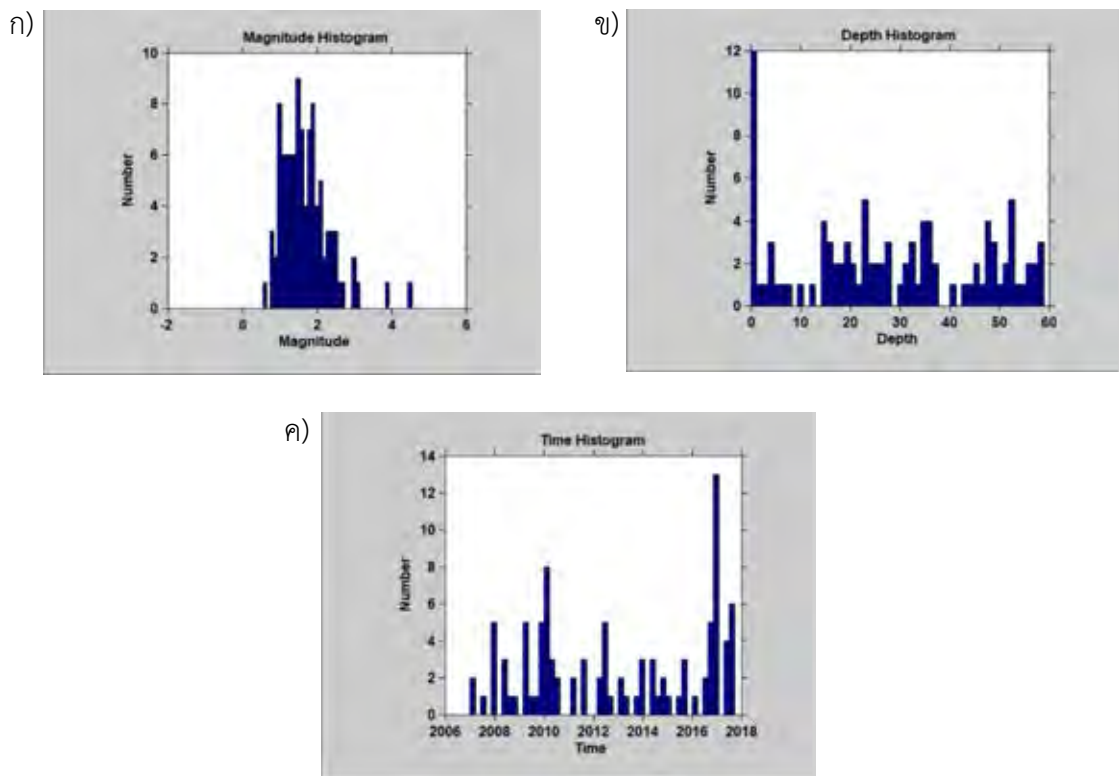
กลุ่มที่	พื้นที่
1	อำเภอแม่สรวย อำเภอแม่ลาว อำเภอกวน จังหวัดเชียงราย
2	อำเภอสันทราย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
3	อำเภอสารภีจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน
4	อำเภอแม่วาง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่
5	อำเภอแม่วาง อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่
6	อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก เมืองเมียวดี (Myawaddy) ประเทศพม่า
7	เมืองกลางเคอ (Langkho) ประเทศพม่า
8	เมืองป๋น (Mong pan) ประเทศพม่า
9	เมืองท่าขี้เหล็ก (Tachileik) เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเมิง (Meung) เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว
10	เมืองป๋น (Mong pan) ประเทศพม่า
11	อำเภอพร้าว อำเภอชัยปราการ จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย



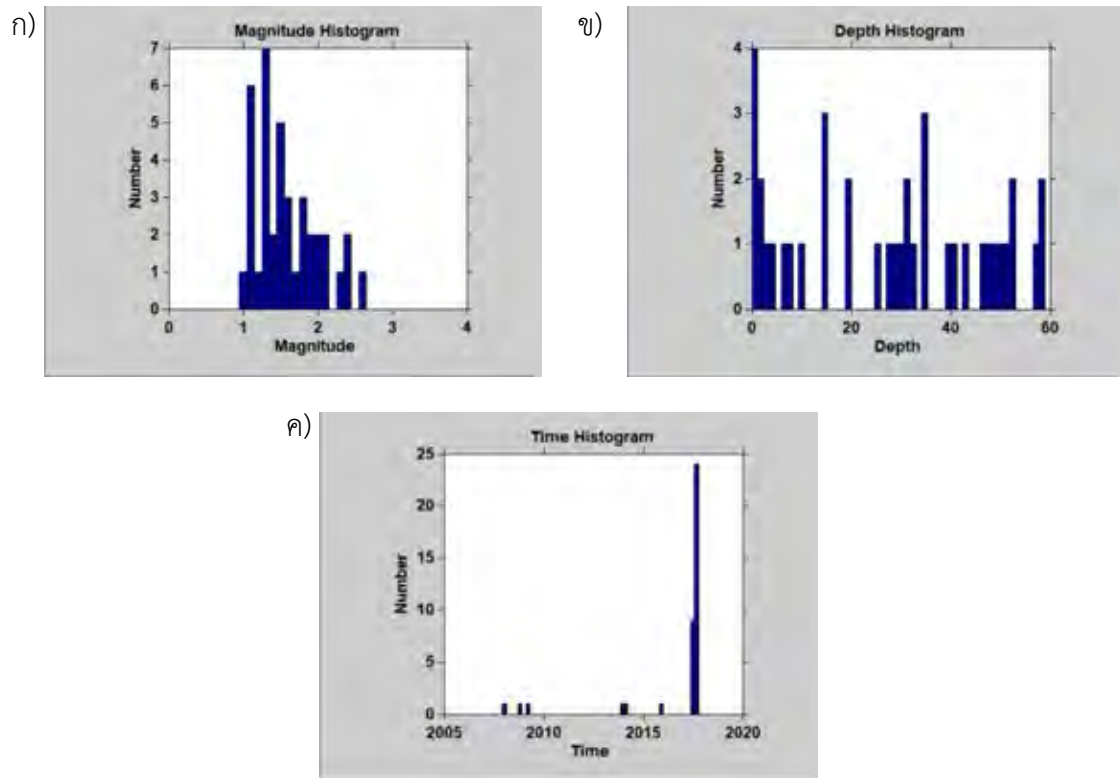
รูปที่ 3.1. แผนที่แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหว



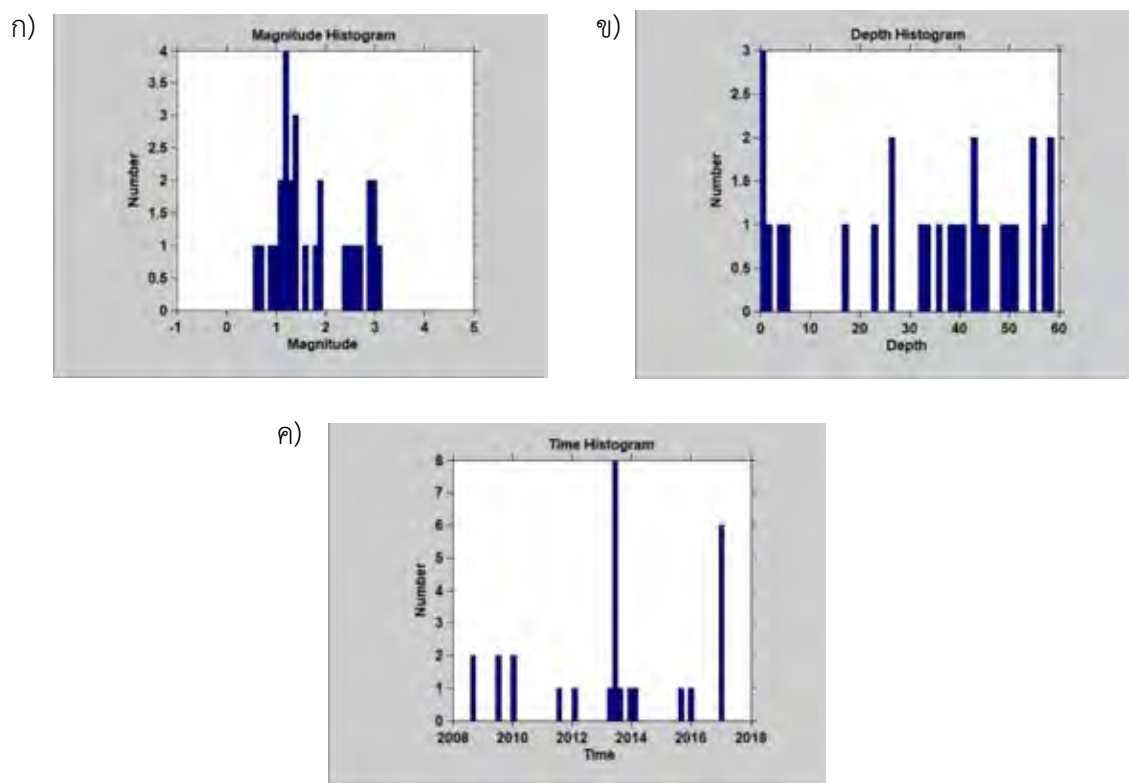
รูปที่ 3.2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 1



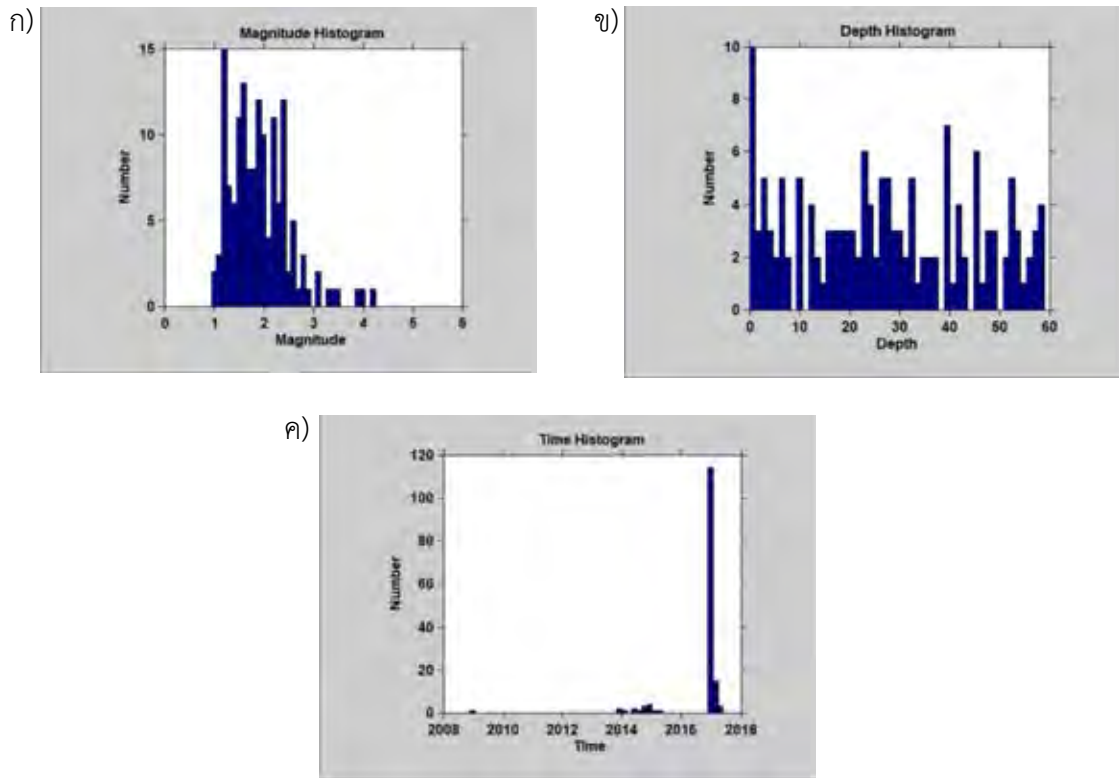
รูปที่ 3.3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 2



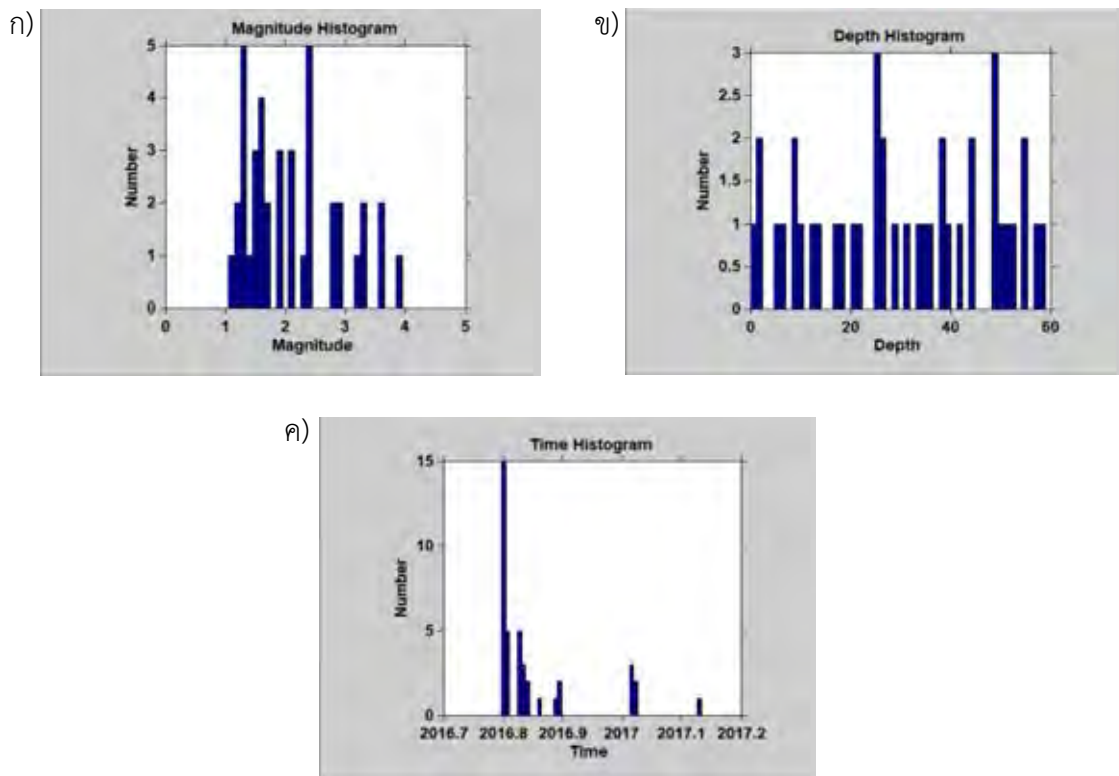
รูปที่ 3.4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 3



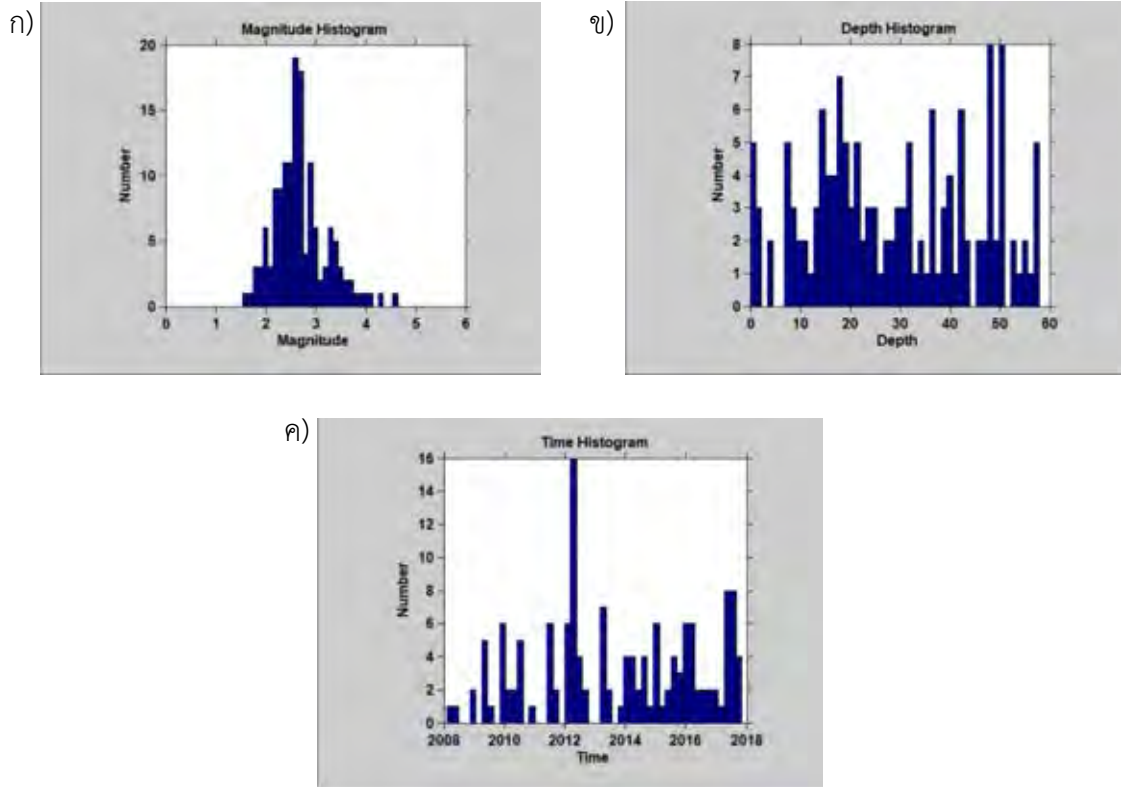
รูปที่ 3.5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 4



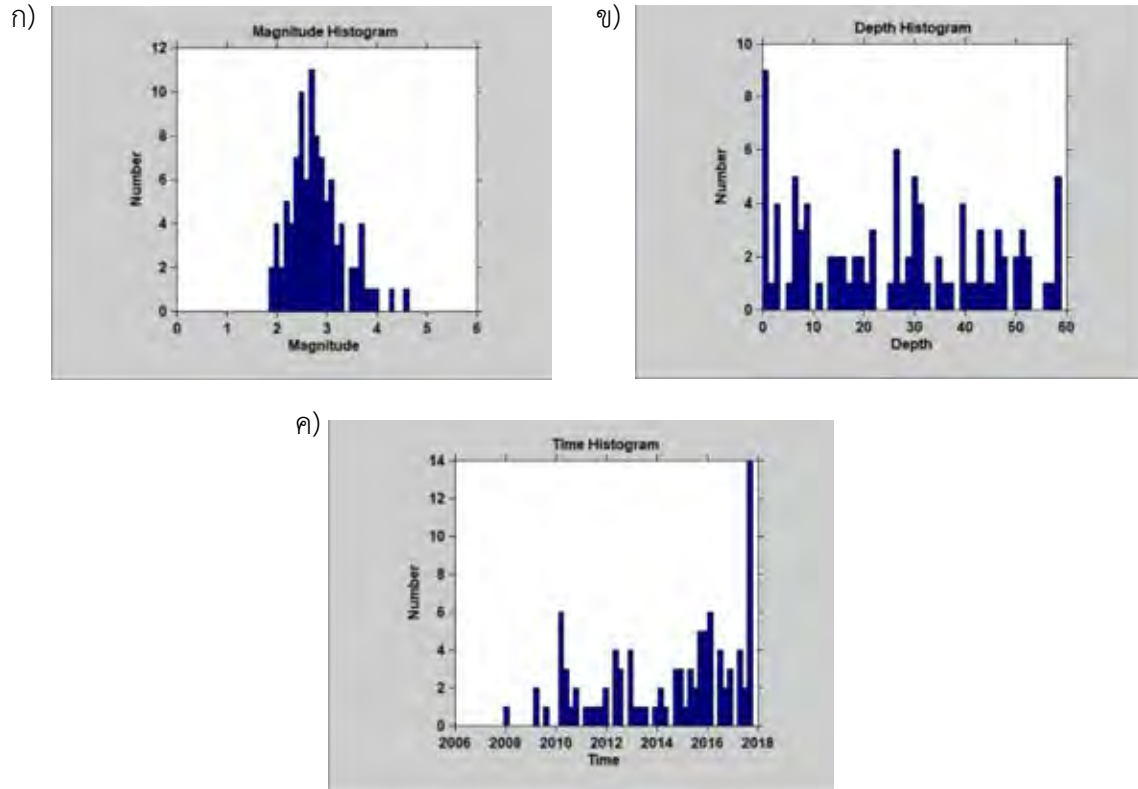
รูปที่ 3.6. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 5



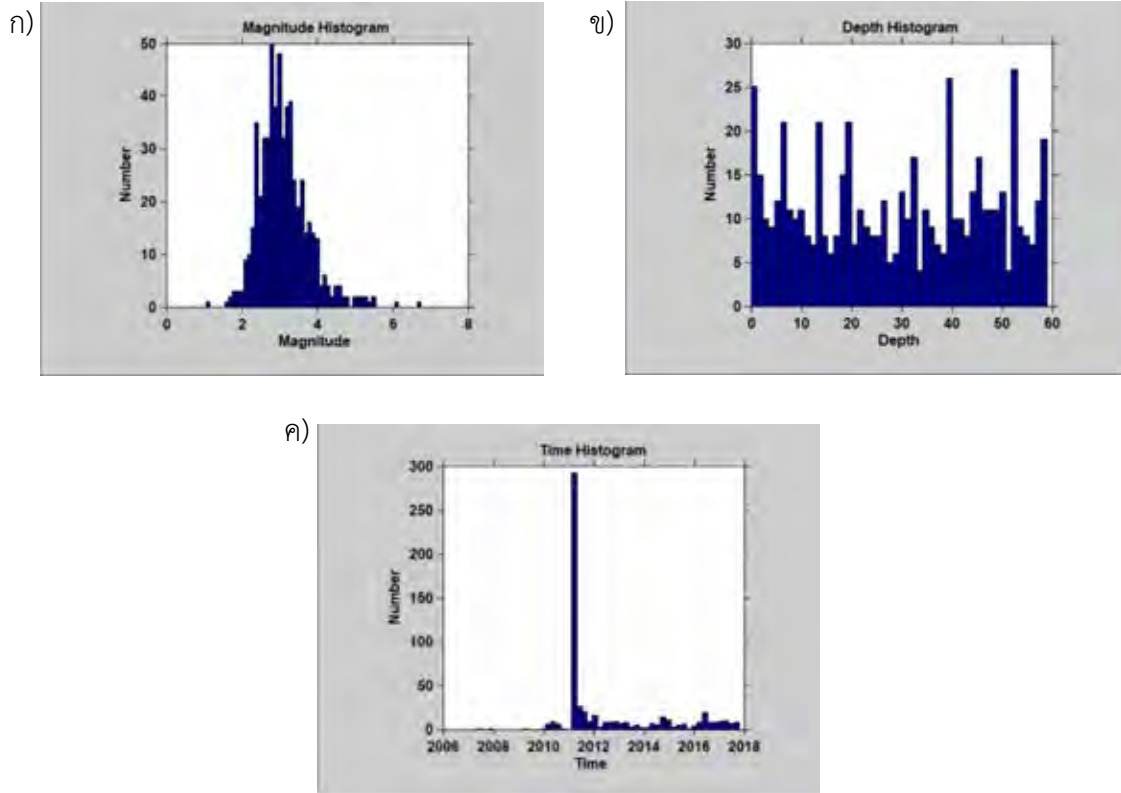
รูปที่ 3.7. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 6



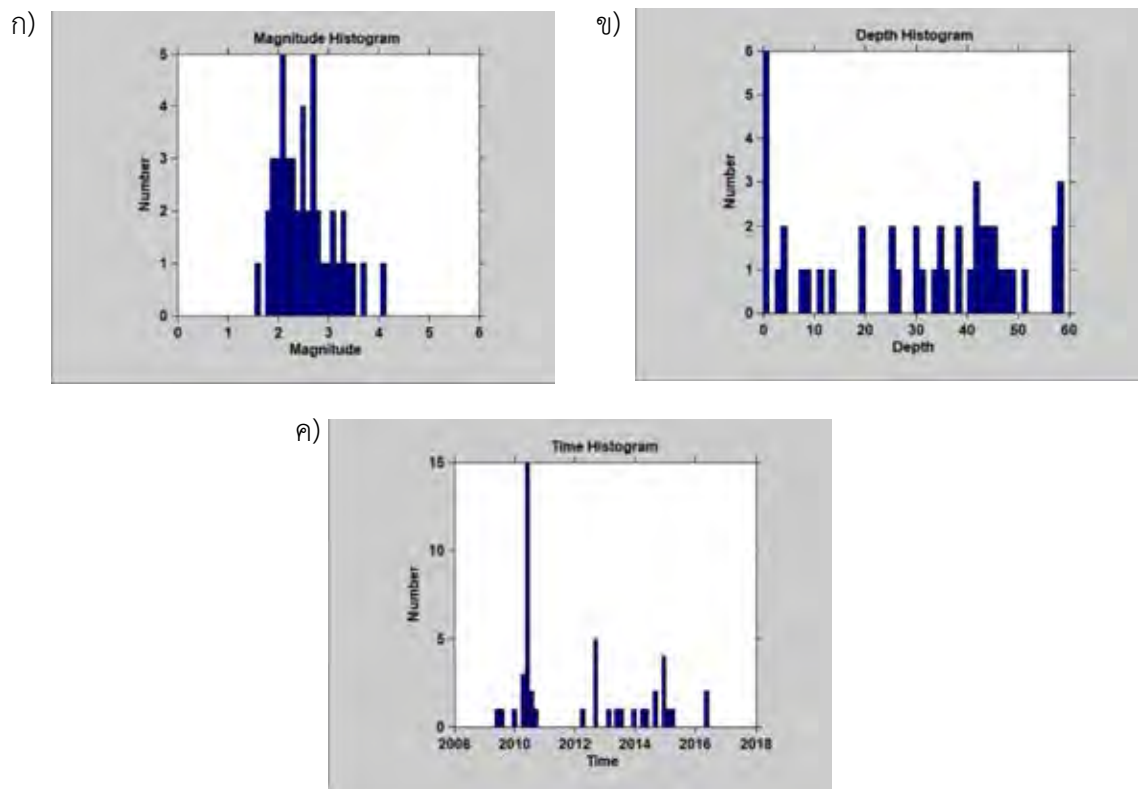
รูปที่ 3.8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 7



รูปที่ 3.9. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 8

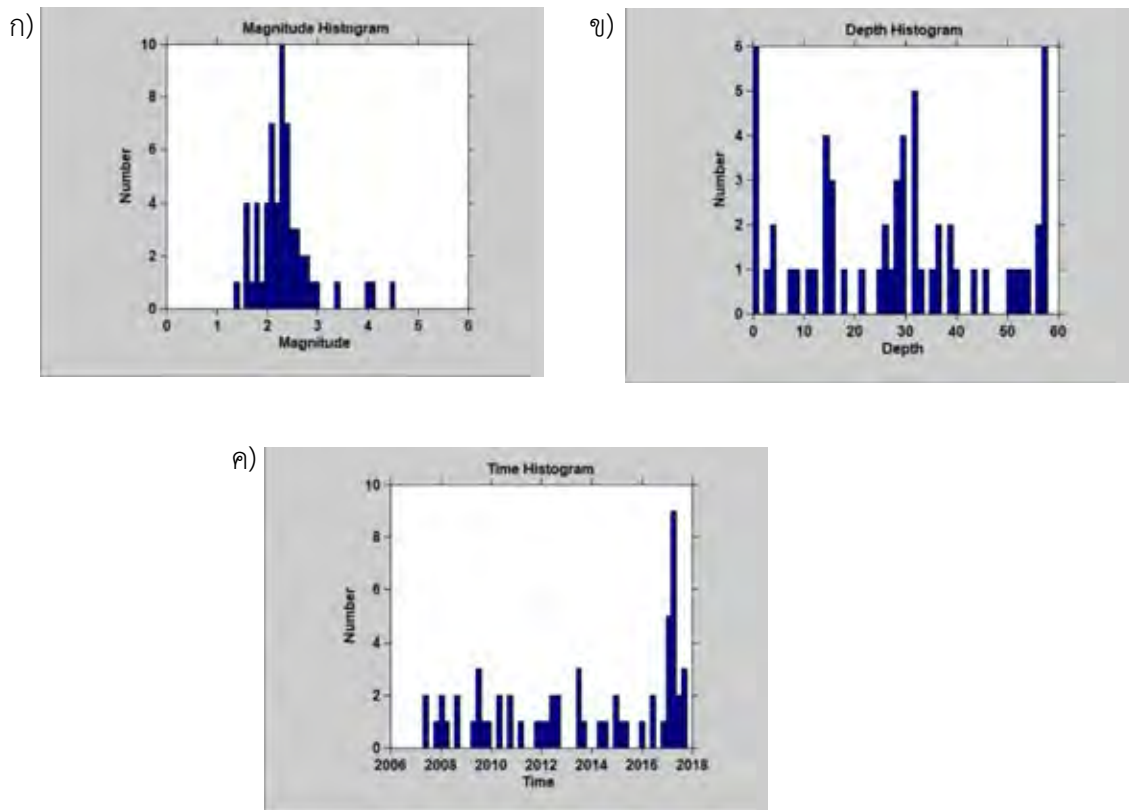


รูปที่ 3.10. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
 ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 9



รูปที่ 3.11. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
 ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 10





รูปที่ 3.12. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ ก) ขนาด ( $m_b$ )  
 ข) ความลึก (กิโลเมตร) ค) เวลา (ปี) ของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 11

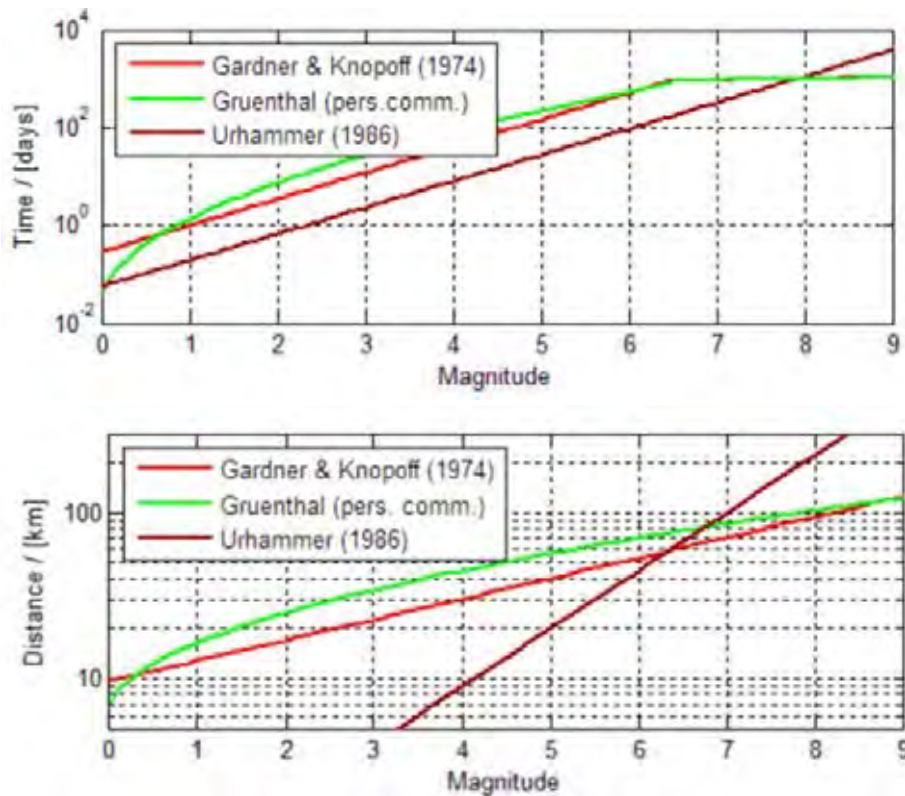
### 3.2. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake catalogue improvement)

#### 3.2.1. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake declustering)

จากการศึกษาแผ่นดินไหวระดับโลก (Aki, 1956) และระดับท้องถิ่น (Knopoff, 1964) แผ่นดินไหวจะประกอบด้วยกลุ่มแผ่นดินไหว (earthquake cluster) ของแผ่นดินไหวนำ, แผ่นดินไหวหลัก และแผ่นดินไหวตาม ซึ่งมีเฉพาะแผ่นดินไหวหลักที่เกิดมาจากความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรงเท่านั้น ในขณะที่แผ่นดินไหวนำเกิดจากการเตรียมตัวก่อนแผ่นดินไหวหลัก และแผ่นดินไหวตามจะเกิดจากความเค้นที่ถ่ายทอดมาจากการเลื่อนตัวของพื้นที่หรือรอยเลื่อนเมื่อเกิดแผ่นดินไหวหลัก ดังนั้นในการนำข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวไปใช้ในการประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐาน ต้องทำการจัดกลุ่มแผ่นดินไหว โดยการกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม เพื่อที่จะได้แผ่นดินไหวหลักที่สื่อถึงพฤติกรรมที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง ซึ่งนักแผ่นดินไหวจึงสามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวในทางสถิติโดยพิจารณาจาก 3 เงื่อนไข คือ

1. ขนาดแผ่นดินไหว
2. ระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว
3. ความแตกต่างของเวลาเกิดแผ่นดินไหว

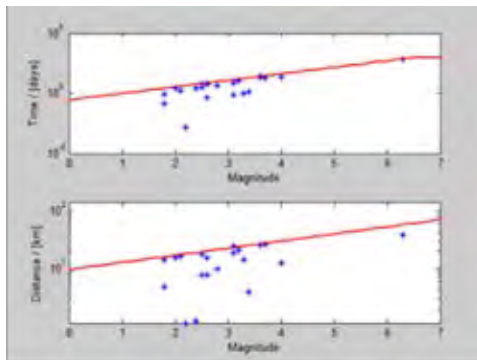
โดยปัจจุบันแบบจำลองการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวด้วยเงื่อนไขขนาด ระยะทาง และช่วงเวลา มีการนำเสนอ 3 แบบจำลอง คือ 1) Gardner และ Knopoff (1974) 2) Gruenthal และ 3) Uhrhammer (1986) (รูปที่ 3.13) โดยเส้นสีต่าง ๆ คือ กรอบระยะทาง (หน่วยกิโลเมตร) และกรอบเวลา (หน่วยวัน) ของแต่ละแบบจำลอง ซึ่งหากแผ่นดินไหว 2 เหตุการณ์ ที่พิจารณามีความแตกต่างของระยะทางใกล้กว่าหรือต่ำกว่าเส้นสีที่กำหนดของกราฟแสดงระยะทาง และมีความแตกต่างของช่วงเวลาเกิดแผ่นดินไหวสั้นหรือต่ำกว่าเส้นสีที่กำหนดของกราฟแสดงเวลา นักแผ่นดินไหวประเมินว่าเป็นแผ่นดินไหวกลุ่มเดียวกัน และแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดในแต่ละกลุ่มจะถูกคัดเลือกเป็นแผ่นดินไหวหลัก ซึ่งจากการศึกษาวิจัยในอดีตเกี่ยวกับการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวในภูมิภาคอาเซียน พบว่าแบบจำลองที่นาเชื่อถือที่สุด คือ Gardner และ Knopoff (1974)



**รูปที่ 3.13.** แสดงสมมติฐานการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักออกจากแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม ตามสมมติฐานของ Gardner และ Knopoff (1974)

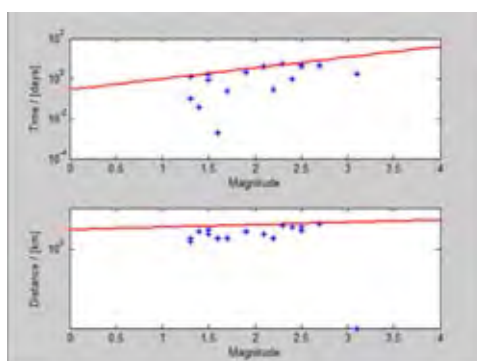
ซึ่งจากการวิเคราะห์จะแสดงผลวิเคราะห์ที่ได้จากการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามสมมติฐานของ Gardner และ Knopoff (1974) เส้นสีแดงคือกรอบเวลาและระยะทางของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ขนาดใด ๆ จุดสีฟ้าแสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวแต่ละเหตุการณ์ โดยแผ่นดินไหวที่มีระยะเวลาการเกิดต่ำกว่ากรอบเวลา (ต่ำกว่าเส้นสีแดงในกราฟระยะเวลา) และแผ่นดินไหวที่มีระยะทางน้อยกว่ากรอบระยะทาง (ต่ำกว่าเส้นสีแดงในกราฟระยะทาง) ถือเป็นแผ่นดินไหวที่อยู่ในclusterเดียวกัน

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 1 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 22 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 1,017 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 1,079 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 94.25 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 62 เหตุการณ์)



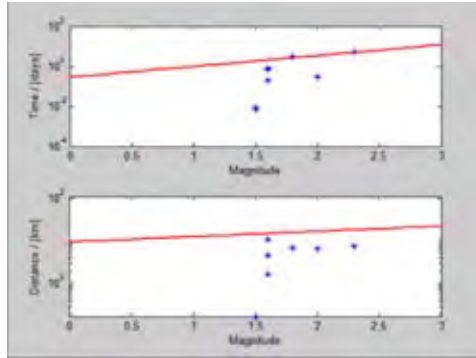
รูปที่ 3.14. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 1

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 2 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 16 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 22 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 100 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 22 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 78 เหตุการณ์)



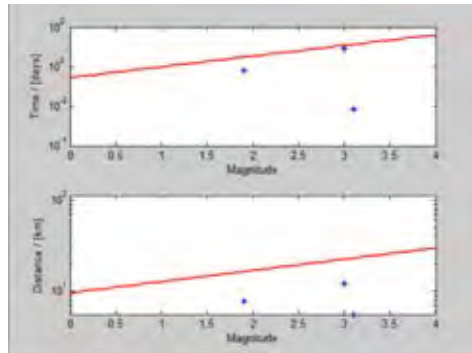
รูปที่ 3.15. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 2

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 3 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 8 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 17 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 39 เหตุการณ์ (ซึ่งคิด 43.59 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 22 เหตุการณ์)



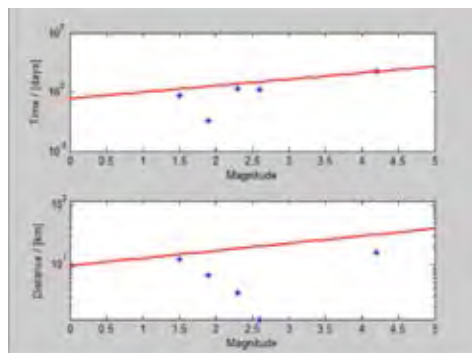
รูปที่ 3.16. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 3

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 4 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 3 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 7 เหตุการณ์จากทั้งหมด 28 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 25 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 21 เหตุการณ์)



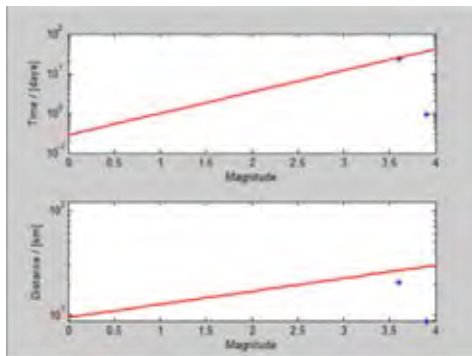
รูปที่ 3.17. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 4

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 5 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 8 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 134 เหตุการณ์จากทั้งหมด 148 เหตุการณ์ (ซึ่งคิด 90.54 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 14 เหตุการณ์)



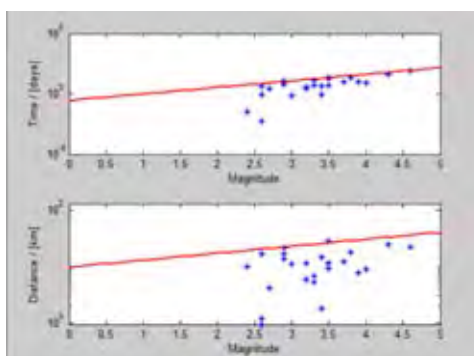
รูปที่ 3.18. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 5

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 6 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 2 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 34 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 40 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 85 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 6 เหตุการณ์)



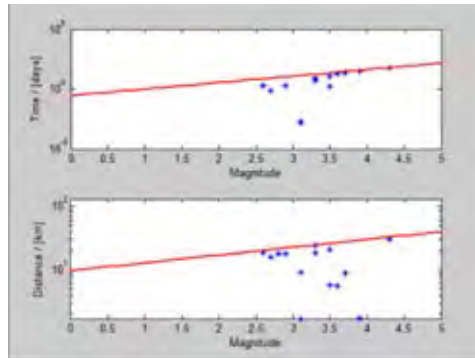
รูปที่ 3.19. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 6

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 7 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 24 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 68 เหตุการณ์จากทั้งหมด 144 เหตุการณ์ (ซึ่งคิด 47.22 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 76 เหตุการณ์)



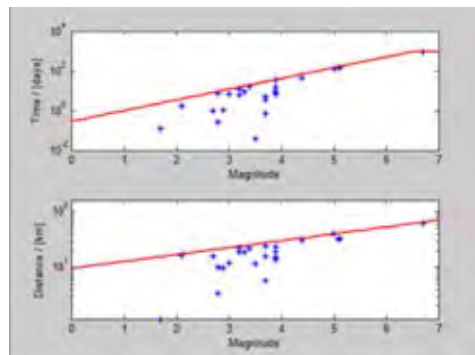
รูปที่ 3.20. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 7

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 8 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 14 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 33 เหตุการณ์จากทั้งหมด 97 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 34.02 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 64 เหตุการณ์)



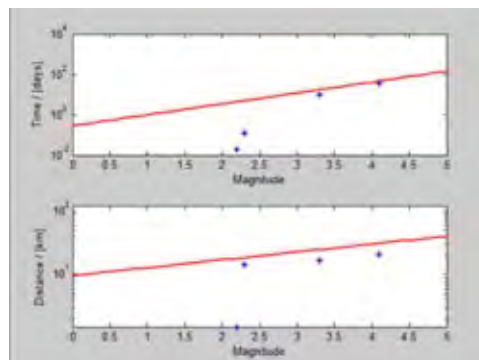
รูปที่ 3.21. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 8

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 9 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 24 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 494 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 577 เหตุการณ์ (ซึ่งคิด 85.62 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 83 เหตุการณ์)



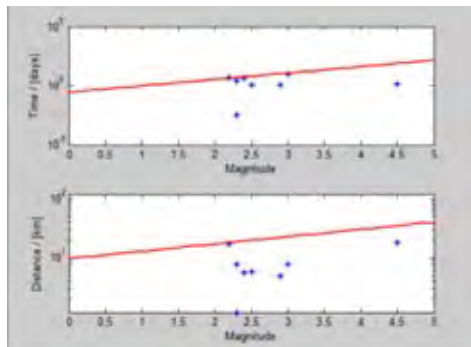
รูปที่ 3.22. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 9

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 10 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 4 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 23 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 46 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 50 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 23 เหตุการณ์)



รูปที่ 3.23. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 10

ผลจากการวิเคราะห์ของกลุ่มแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 11 สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 8 กลุ่ม (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจำนวน 12 เหตุการณ์ จากทั้งหมด 59 เหตุการณ์ (ซึ่งคิด 20.34 % จากทั้งหมด) และประกอบด้วยแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 47 เหตุการณ์)



รูปที่ 3.24. แสดงผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวของแผ่นดินไหวกลุ่มที่ 11

### 3.2.2. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of completeness)

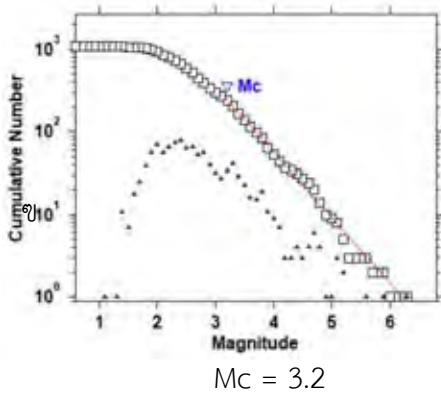
จากการศึกษาของนักแผ่นดินไหววิทยาในอดีตพบว่ามีความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวและไม่เป็นไปตามทฤษฎี อันเนื่องมาจากความไวต่อสัญญาณของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว, ประสิทธิภาพของเครื่องมือ และความหนาแน่นของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว เช่น ในกรณีของเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวกระจายไม่หนาแน่นเพียงพอในพื้นที่ศึกษา คลื่นไหวสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กจะไม่สามารถตรวจจับได้และไม่ปรากฏในฐานข้อมูลการตรวจวัด ด้วยเหตุนี้จึงมีการกำหนดค่า  $M_c$  หรือ magnitude of completeness (Woessner และ Wiemer, 2005) โดยค่า  $M_c$  หมายถึง แผ่นดินไหวขนาดต่ำที่สุดที่สามารถตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์จากเครื่องมือ ดังนั้นก่อนที่จะประเมินค่า  $a$  และค่า  $b$  ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการนำไปประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว นักแผ่นดินไหววิทยาให้ความสำคัญอย่างยิ่งกับการประเมินค่า  $M_c$  ดังกล่าว ปัจจุบันมีการนำเสนอแนวคิดทางสถิติเพื่อใช้ในการประเมินค่า  $M_c$  หลากหลายแนวคิด เช่น วิธีความโค้งสูงสุด (Maximum Curvature; Wiemer และ Wyss, 2000) วิธีทดสอบค่าความเข้ากันได้ (Goodness Fit Test; Wiemer และ Wyss, 2000) และวิธีช่วงขนาดแผ่นดินไหวทั้งหมด (Entire Magnitude Range; Woessner และ Wiemer, 2005) เป็นต้น ซึ่งจากการทดลองใช้ของกลุ่มวิจัยหลาย ๆ กลุ่มกับการประเมินแผ่นดินไหวในหลากหลายพื้นที่ Woessner และ Wiemer (2005) สรุปว่า วิธีช่วงขนาดแผ่นดินไหวทั้งหมด เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดในการประเมิน  $M_c$  เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีความเสถียรและใช้ข้อมูลส่วนใหญ่ในการวิเคราะห์ค่า  $M_c$

เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อคัดเลือกค่าแผ่นดินไหวต่ำที่สุดที่สามารถตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์จากเครื่องมือ ( $M_c$ ) แล้วจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมของการเกิด

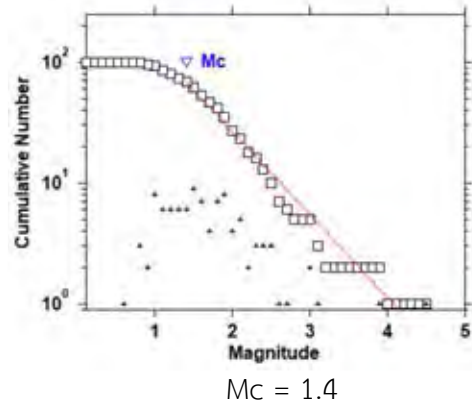
แผ่นดินไหวและขนาดแผ่นดินไหว ที่จะบอกถึงค่า  $M_c$  ของแต่ละกลุ่มแผ่นดินไหวดัง(รูปที่ 3.25) โดยเครื่องหมายสามเหลี่ยมแสดงจำนวนแผ่นดินไหวที่พบในแต่ละขนาด ส่วนเครื่องหมายสี่เหลี่ยมแสดงจำนวนแผ่นดินไหวสะสม

ผลการประเมินค่า  $M_c$  พบว่าค่า  $M_c$  มีค่าระหว่าง 1.2-3.2 โดยกลุ่มที่มีค่า  $M_c$  สูงที่สุดคือกลุ่มที่ 1 มีค่า  $M_c = 3.2$  (รูปที่ 3.25ก) ส่วนกลุ่มที่มีค่า  $M_c$  ต่ำสุดคือกลุ่มที่ 4 มีค่า  $M_c = 1.2$  (รูปที่ 3.25ง)

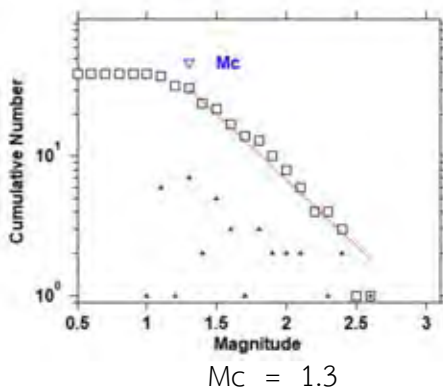
(ก) กลุ่มที่ 1



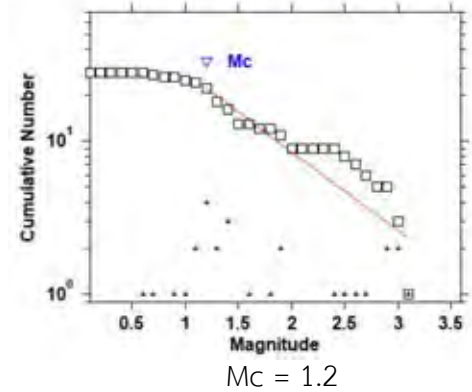
(ข) กลุ่มที่ 2



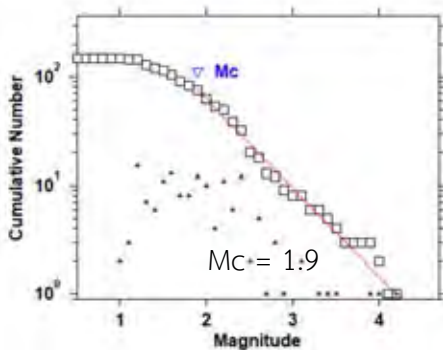
(ค) กลุ่มที่ 3



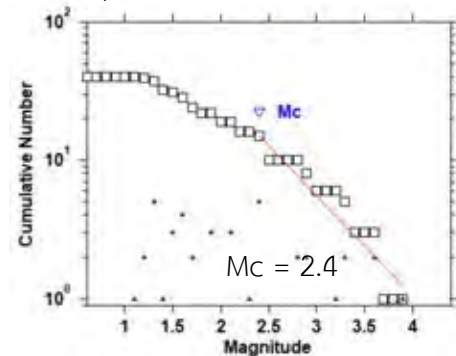
(ง) กลุ่มที่ 4



(จ) กลุ่มที่ 5

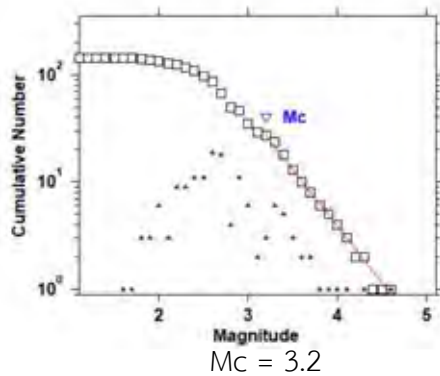


(ฉ) กลุ่มที่ 6

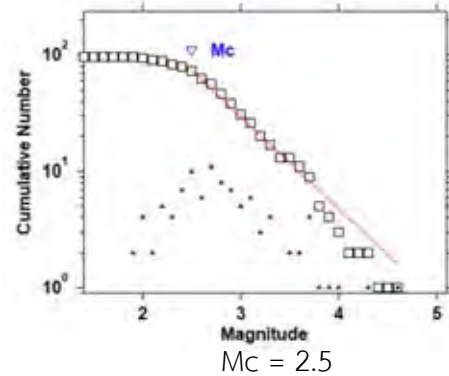




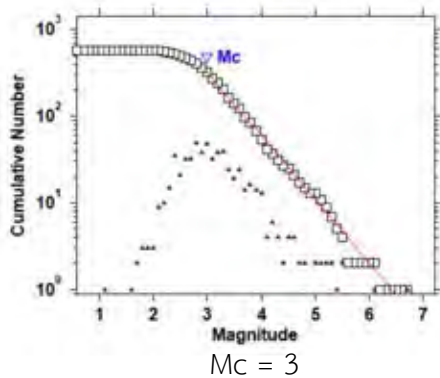
(ข) กลุ่มที่ 7



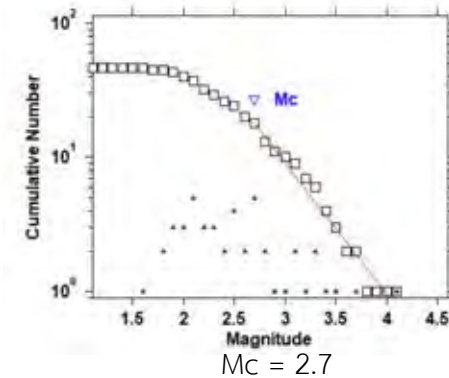
(ค) กลุ่มที่ 8



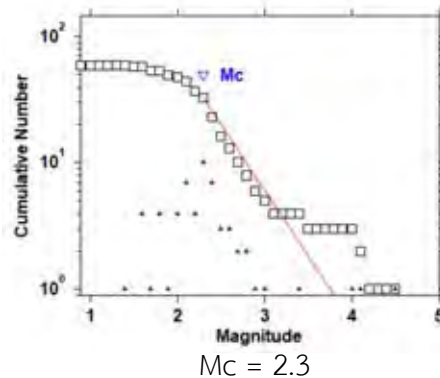
(ง) กลุ่มที่ 9



(จ) กลุ่มที่ 10



(ฉ) กลุ่มที่ 11



รูปที่ 3.25. แสดงค่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่ตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์จากเครื่องมือ (Mc) ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม

### 3.3. การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)

การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวเป็นการหาขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ (maximum magnitude), คาบอุบัติซ้ำ (return period), ความน่าจะเป็นของการเกิด (probability of occurrence), พลังงานความเครียดของแผ่นดินไหว (seismic moment) และ มิติแฟร็กทัล (fractal dimension) ด้วยวิธีการประเมินด้วยวิธีทางสถิติจากสมการความสัมพันธ์ที่นำเสนอโดย Ishimoto และ Iida (1939) และ Gutenberg และ Richter (1944) (สมการ 2.1) มาใช้ในการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว

ค่า a คืออัตราการผลิตแผ่นดินไหวโดยรวมจากทุกขนาดแผ่นดินไหว ผลการประเมินค่า a มีค่าอยู่ระหว่าง 1.96-4.91 บริเวณที่มีค่า a สูงสุดคือที่อำเภอแม่สรวย อำเภอแม่ลาว อำเภอกวน จังหวัดเชียงราย (กลุ่มที่ 1) และบริเวณที่มีค่า a ต่ำสุดคือที่อำเภอแม่วาง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ (กลุ่มที่ 4) (ตารางที่ 3.4)

ค่า b คืออัตราส่วนแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ต่อแผ่นดินไหวขนาดเล็ก โดยค่า b มีค่าระหว่าง 0.51-1.05 บริเวณที่มีค่า b สูงสุดคือที่เมืองกลางเคอ (Langkho) ประเทศพม่า และบริเวณที่มีค่า b ต่ำที่สุดคือที่อำเภอแม่วาง อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ (กลุ่มที่ 4)

ตารางที่ 3.4. แสดงตัวแปรในการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว

กลุ่มที่	ค่า a	ค่า a (annual)	ค่า b	ค่า Mc	ค่า Alpha	ค่า Beta
1	4.91	3.90	0.79	3.2	7943.28	1.81
2	2.79	1.70	0.68	1.4	50.12	1.57
3	2.72	1.73	0.95	1.3	53.70	2.18
4	1.96	1.00	0.51	1.2	10.00	1.18
5	3.43	2.50	0.82	1.9	316.23	1.89
6	2.90	3.38	0.72	2.4	2398.83	1.66
7	4.80	3.81	1.05	3.2	6456.54	2.42
8	3.84	2.84	0.79	2.5	691.83	1.82
9	4.71	3.60	0.73	3.0	3981.07	1.69
10	3.89	3.04	0.98	2.7	1096.48	2.25
11	3.92	2.89	1.04	2.3	776.25	2.39

### 3.3.1. ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (Maximum magnitude)

Yadav และคณะ (2011) ได้นำเสนอการประเมินขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด จากการนำสมการที่ 2.3 มาประเมินขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามแนวชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่าได้ ผลการประเมินดังที่แสดงใน (ตารางที่ 3.5)

จากผลการประเมินแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคต กลุ่มแผ่นดินไหวที่มีขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดมีค่า 5.9  $m_b$  ในอีก 5 ปี, 6.3  $m_b$  ในอีก 10 ปี, 6.9  $m_b$  ในอีก 30 ปี และ 7.2  $m_b$  ในอีก 50 ปี คือที่เมืองท่าชีเหล็ก (Tachileik) เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า และ เมืองเมิง (Meung) เมืองตันผั่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9)

ตารางที่ 3.5. แสดงขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดในรอบปีต่าง ๆ

กลุ่มที่	ขนาดแผ่นดินไหว สูงสุดในรอบ 5 ปี	ขนาดแผ่นดินไหว สูงสุดในรอบ 10 ปี	ขนาดแผ่นดินไหว สูงสุดในรอบ 30 ปี	ขนาดแผ่นดินไหว สูงสุดในรอบ 10 ปี
1	5.8	6.2	6.8	7.1
2	3.5	3.9	4.6	5.0
3	2.6	2.9	3.4	3.6
4	3.3	3.9	4.8	5.3
5	3.9	4.3	4.9	5.1
6	5.7	6.1	6.7	7.1
7	4.3	4.6	5.0	5.2
8	4.5	4.9	5.5	5.7
9	5.9	6.3	6.9	7.2
10	3.8	4.1	4.6	4.9
11	3.5	3.7	4.2	4.4

### 3.3.2. คาบอุบัติซ้ำ (Return Period)

นักแผ่นดินไหววิทยาสามารถประเมินคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดได้จาก (สมการ 2.4) (Yadav และคณะ, 2011) โดยผลการประเมินคาบอุบัติซ้ำ (ตารางที่ 3.6)

จากผลการประเมินคาบอุบัติซ้ำพื้นที่ที่มีคาบอุบัติซ้ำที่สั้นที่สุดคือที่เมืองทาชึเหล็ก (Tachileik) เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า และ เมืองเม็ง (Meung) เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9) มีคาบอุบัติซ้ำ 0 ปี, 1 ปี, 6 ปี และ 34 ปี ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6 และ 7  $m_b$  ตามลำดับ

ตารางที่ 3.6. แสดงคาบอุบัติซ้ำ (ปี) ของแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ

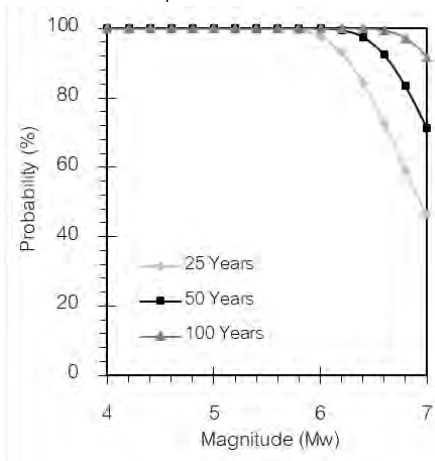
กลุ่ม	คาบอุบัติซ้ำของ แผ่นดินไหวขนาด4	คาบอุบัติซ้ำของ แผ่นดินไหวขนาด5	คาบอุบัติซ้ำของ แผ่นดินไหวขนาด6	คาบอุบัติซ้ำของ แผ่นดินไหวขนาด7
1	0	1	7	41
2	11	52	254	1225
3	112	989	8710	76736
4	11	37	121	396
5	6	39	259	1710
6	0	2	9	46
7	2	28	309	3467
8	2	13	79	490
9	0	1	6	34
10	7	70	664	6295
11	19	204	2239	24547

### 3.3.3. ความน่าจะเป็นของการเกิด (Probability of occurrence)

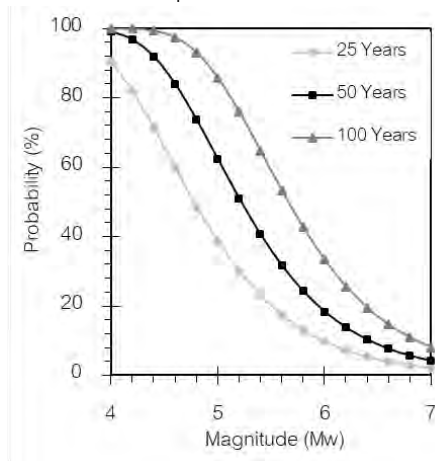
นอกจากขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้และคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไวนักแผ่นดินไหววิทยายังสามารถประเมินและแสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวใด ๆ ในรูปแบบของความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหว (probability of occurrence) ในแต่ละขนาดและปีที่พิจารณา (สมการ 2.5) (Yadav และคณะ, 2011)

ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ ที่เมืองท่าชีเหล็ก (Tachileik), เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเมิง (Meung), เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9) มีโอกาส 100% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, และ 6  $m_b$  ในอีก 50 ปี และมีโอกาส 70-77% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7  $m_b$  ในอีก 50 ปี (รูปที่ 3.26ฉ)

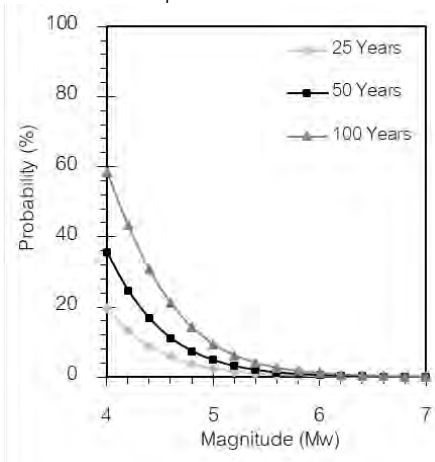
(ก) กลุ่มที่ 1



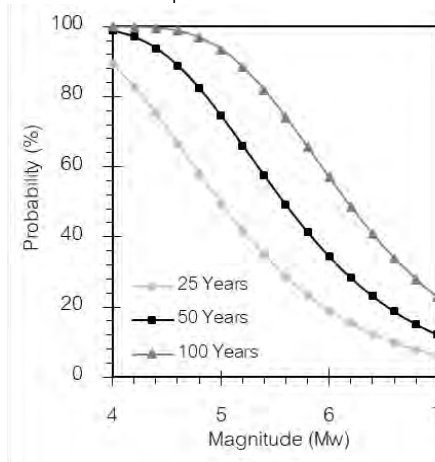
(ข) กลุ่มที่ 2



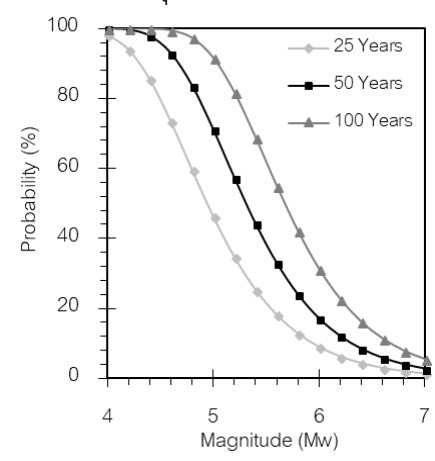
(ค) กลุ่มที่ 3



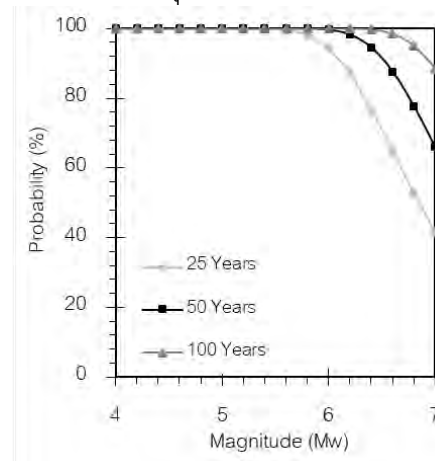
(ง) กลุ่มที่ 4

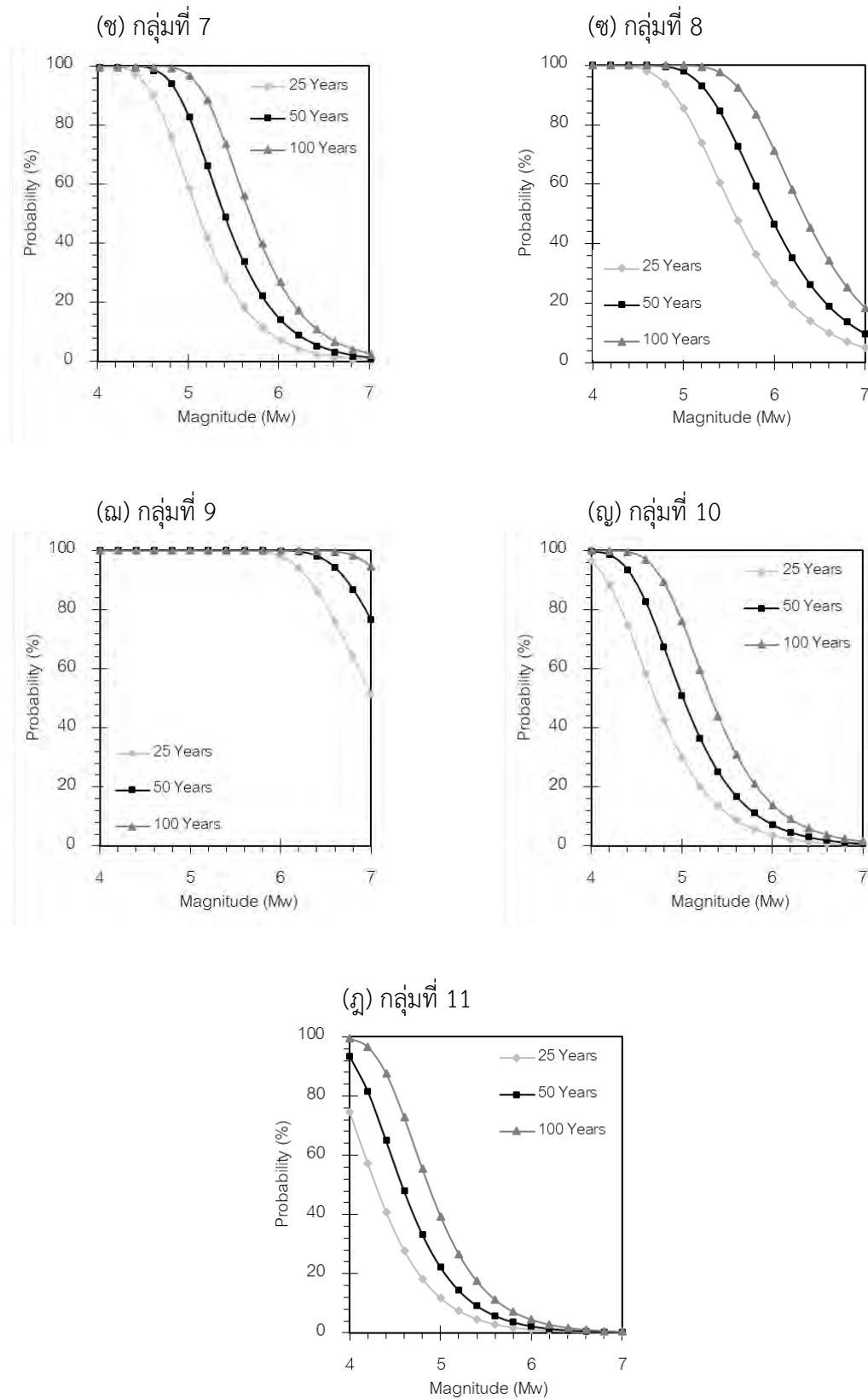


(จ) กลุ่มที่ 5



(ฉ) กลุ่มที่ 6





รูปที่ 3.26. แสดงผลการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6, และ 7  $M_w$  ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม

ตารางที่ 3.7. แสดงความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ (%) ในรอบ 50 ปี

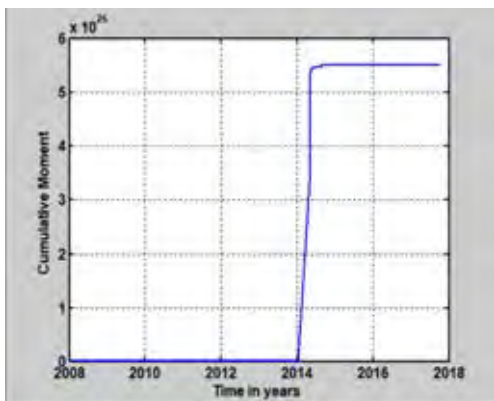
กลุ่มที่	ความน่าจะเป็นของ	ความน่าจะเป็นของ	ความน่าจะเป็นของ	ความน่าจะเป็นของ
	การเกิดแผ่นดินไหว	การเกิดแผ่นดินไหว	การเกิดแผ่นดินไหว	การเกิดแผ่นดินไหว
	ขนาด 4 ในรอบ	ขนาด 5 ในรอบ	ขนาด 6 ในรอบ	ขนาด 7 ในรอบ
	50 ปี	50 ปี	50 ปี	50 ปี
1	100	100	100	70
2	99	61	18	4
3	36	5	1	0
4	99	74	34	12
5	100	72	18	3
6	100	100	100	67
7	100	84	15	1
8	100	98	47	10
9	100	100	100	77
10	100	51	7	1
11	93	22	2	0

### 3.3.4. พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นดินไหว (Seismic moment)

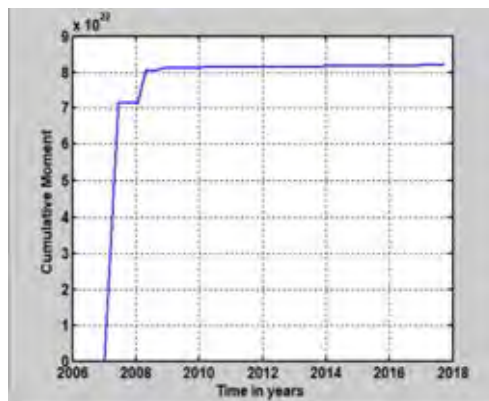
เป็นการวัดขนาดพลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นดินไหว โดยทั่วไปเวลาเกิดแผ่นดินไหวจะมีการส่งพลังงานไปรอบทิศ ซึ่งแผ่นดินไหวขนาดเล็กจะมีพลังงานที่ส่งผ่านออกมาน้อยมาก เมื่อเทียบกับแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยประเมินได้จากสมการของ Hiroo Kanamori (1979) (สมการ 2.6) ขึ้นกับตัวแปร 3 ตัวแปร คือ 1) ค่ามอดูลัสเฉือน 2) พื้นที่บริเวณพังทลาย และ 3) ระยะการเลื่อนตัว

จากผลการประเมินบริเวณที่มีการปลดปล่อยพลังงานความเครียดสูงสุดคือที่เมืองท่าซี้เหล็ก (Tachileik) เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเม็ง (Meung) เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9) (รูปที่ 3.27ฉ) ส่วนบริเวณที่มีการปลดปล่อยพลังงานความเครียดน้อยที่สุดคือ อำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน (กลุ่มที่ 3) (รูปที่ 3.27ค)

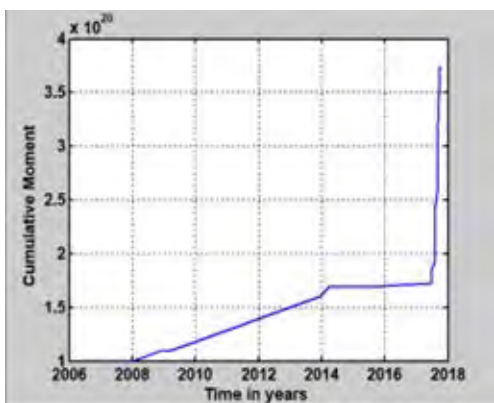
(ก) กลุ่มที่ 1



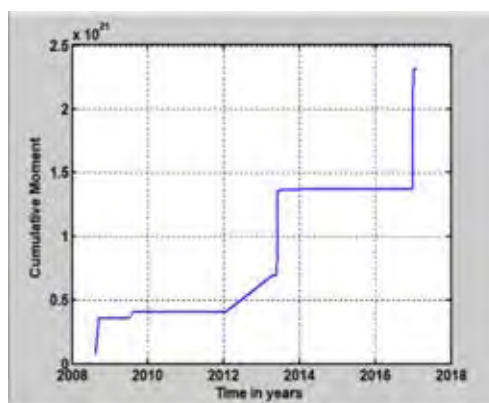
(ข) กลุ่มที่ 2



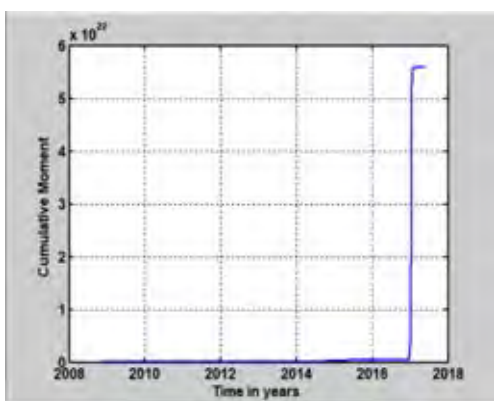
(ค) กลุ่มที่ 3



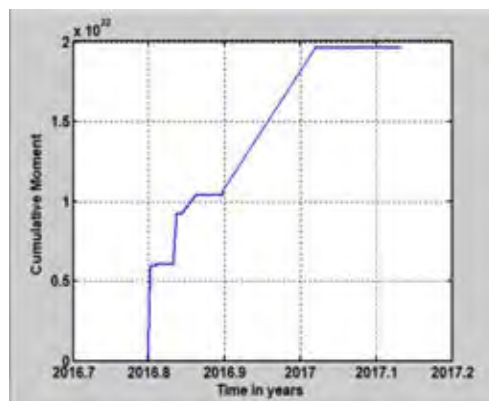
(ง) กลุ่มที่ 4



(จ) กลุ่มที่ 5

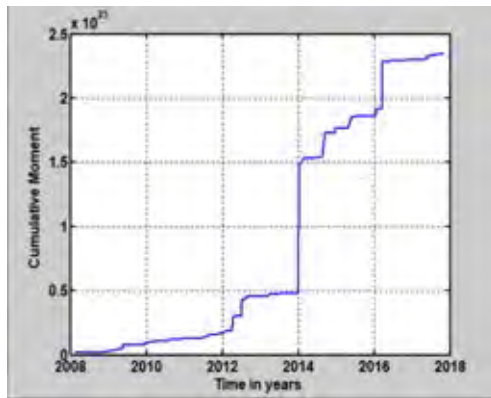


(ฉ) กลุ่มที่ 6

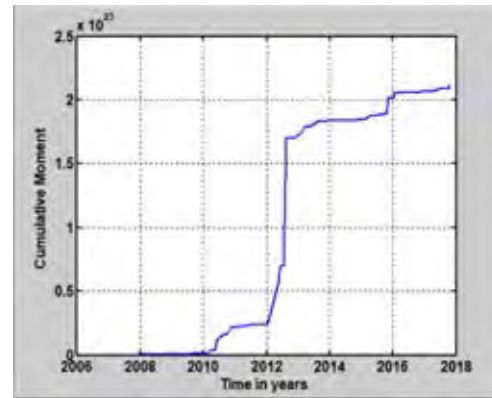




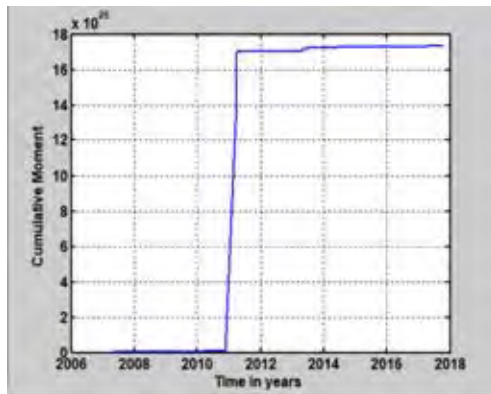
(ข) กลุ่มที่ 7



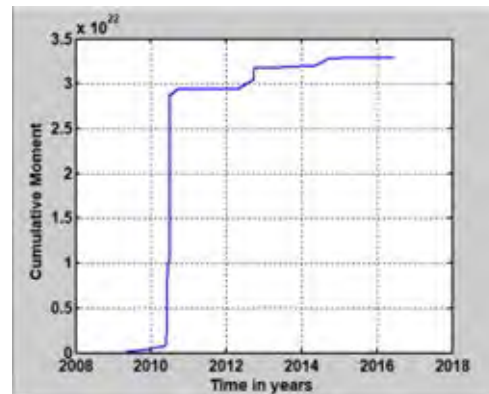
(จ) กลุ่มที่ 8



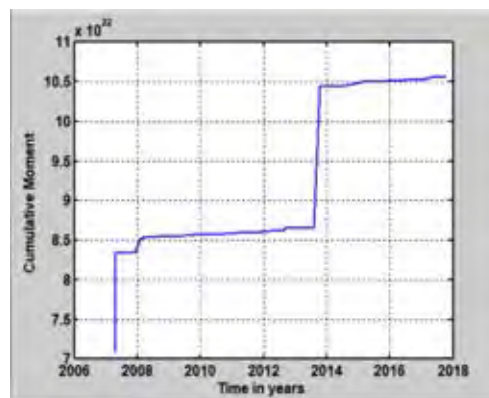
(ฉ) กลุ่มที่ 9



(ฎ) กลุ่มที่ 10



(ฏ) กลุ่มที่ 11



รูปที่ 3.27. แสดงผลการประเมินพลังงานความเครียดรวมที่แผ่นดินไหวแต่ละกลุ่มปลดปล่อยออกมา

ตารางที่ 3.8. แสดงค่าพลังงานความเครียดที่แผ่นดินไหวแต่ละกลุ่มปลดปล่อยออกมา

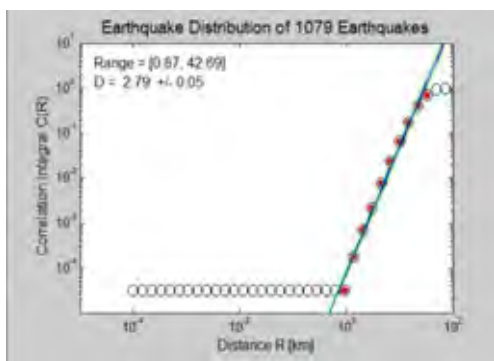
Group	Cumulative Moment	Magnitude
1	$5.5 \times 10^{25}$	6.5
2	$8.2 \times 10^{22}$	4.6
3	$3.5 \times 10^{20}$	3.0
4	$2.3 \times 10^{21}$	3.5
5	$5.6 \times 10^{22}$	4.5
6	$1.59 \times 10^{22}$	4.1
7	$2.3 \times 10^{23}$	4.9
8	$2.1 \times 10^{23}$	4.8
9	$17.5 \times 10^{25}$	6.8
10	$3.3 \times 10^{22}$	4.3
11	$10.51 \times 10^{22}$	4.6

### 3.3.5. แฟร็กทัลและการประยุกต์ใช้ (Fractal and application)

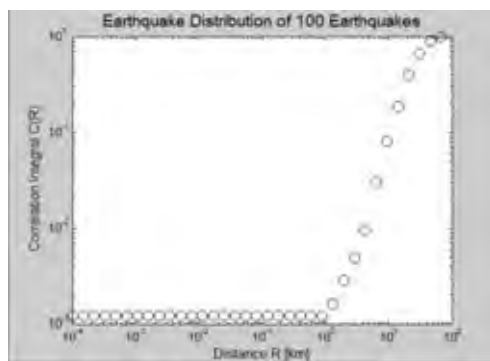
แฟร็กทัล (fractal) เป็นคำนิยามในเชิงวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง วัตถุทางเรขาคณิตที่มีคุณสมบัติเหมือนกันในตัวเอง (self-similar) โดยจากการสังเกตและศึกษาในอดีต นักวิทยาศาสตร์พบว่า ความเป็นแฟร็กทัลจะพบมากที่สุดกับวัตถุต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติ เช่น ก้อนเมฆ เกร็ดหิมะ ใบไม้ ชายฝั่งทะเล เป็นต้น โดยหากถ้าหากมองเข้าไปในระดับความละเอียดสูง ๆ นักวิทยาศาสตร์พบว่าในบางครั้ง วัตถุในธรรมชาติดังกล่าวจะเกิดจากรูปแบบย่อยที่ซ้ำ ๆ กัน หรือที่เรียกว่า มิติแฟร็กทัล (fractal dimension)

ซึ่งในทางแผ่นดินไหววิทยาได้มีการนำมิติแฟร็กทัลมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและจำแนกรูปแบบของการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์จากระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เคยเกิดขึ้นในอดีต ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพยากรณ์พื้นที่เสี่ยงที่มีโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตได้ โดยผลการประเมินค่า  $D_c$  มีค่าอยู่ระหว่าง 2.18-2.79 (รูปที่ 3.28)

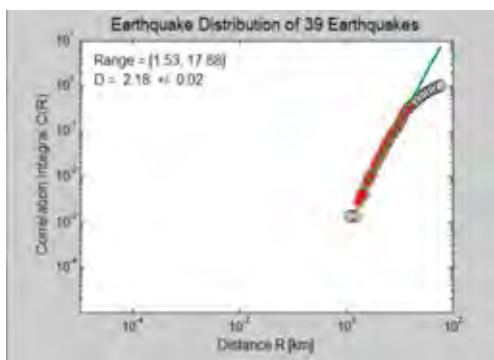
(ก) กลุ่มที่ 1



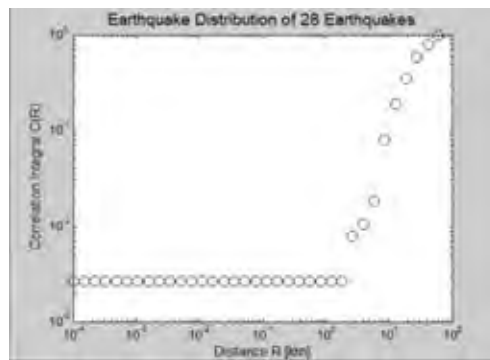
(ข) กลุ่มที่ 2



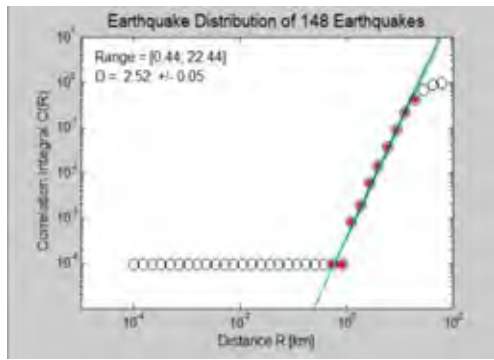
(ค) กลุ่มที่ 3



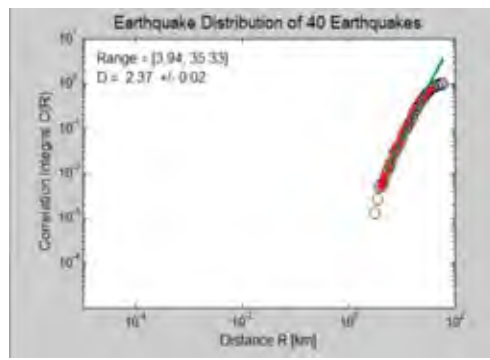
(ง) กลุ่มที่ 4



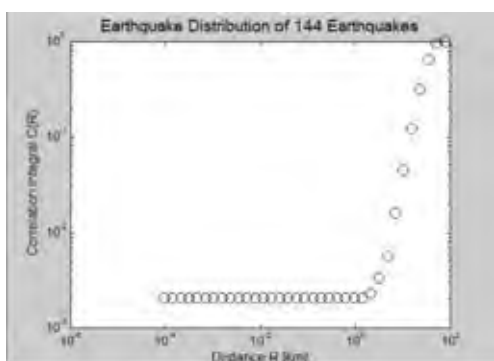
(จ) กลุ่มที่ 5



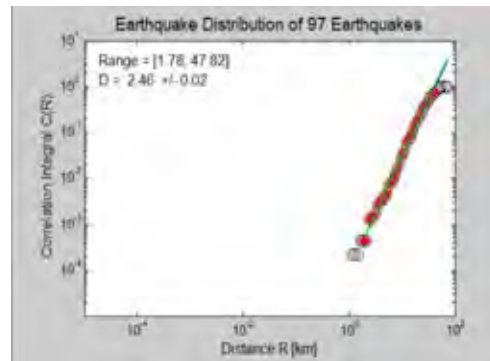
(ฉ) กลุ่มที่ 6



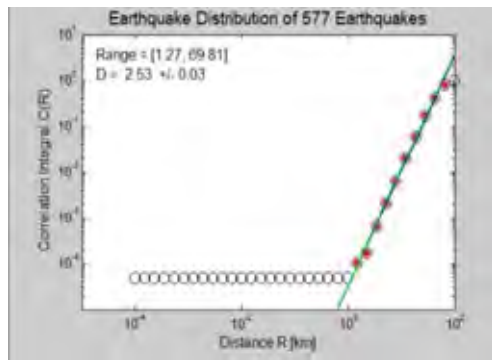
(ช) กลุ่มที่ 7



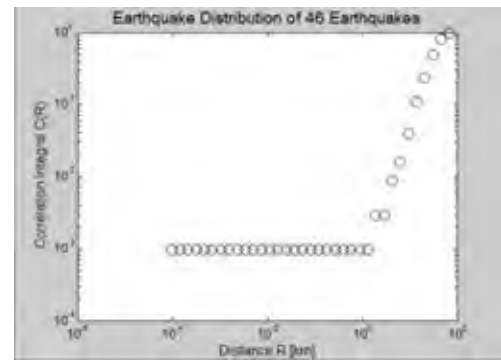
(ซ) กลุ่มที่ 8



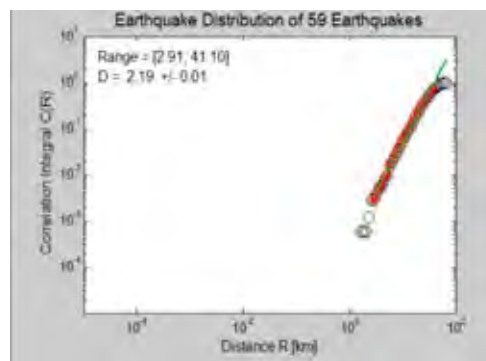
(ฉ) กลุ่มที่ 9)



(ญ) กลุ่มที่ 10



(ฎ) กลุ่มที่ 11

รูปที่ 3.28. แสดงผลการประเมินค่ามิติแฟร็กทัล ( $D_c$ ) ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่มตารางที่ 3.9. แสดงค่ามิติแฟร็กทัล ( $D_c$ )

กลุ่มที่	ค่ามิติแฟร็กทัล ( $D_c$ )
1	$2.79 \pm 0.05$
2	-
3	$2.18 \pm 0.02$
4	-
5	$2.52 \pm 0.05$
6	$2.37 \pm 0.02$
7	-
8	$2.46 \pm 0.02$
9	$2.53 \pm 0.03$
10	-
11	$2.19 \pm 0.01$

## บทที่ 4

### พิบัติภัยแผ่นดินไหว

#### (SEISMIC HAZARD)

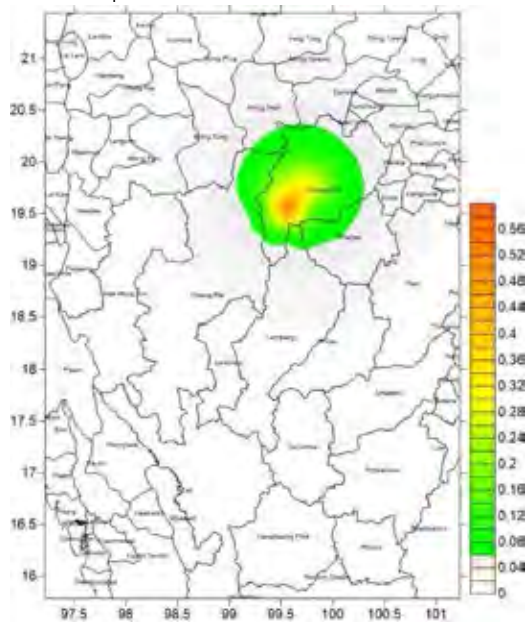
การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวเป็นการประเมินระดับแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ซึ่งมักจะแสดงอยู่ในรูปอัตราเร่งสูงสุดบนพื้นดิน (peak ground acceleration, PGA) โดยหลักการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวจะมีตัวแปรที่สำคัญในการประเมินอยู่ 3 ตัวแปร ได้แก่ 1) แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 2) ลักษณะการลดทอนแรงสั่นสะเทือน และ 3) การตอบสนองแรงสั่นสะเทือนในที่ ในการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวสามารถทำได้โดยนำข้อมูลทั้งหมดเข้าโปรแกรม CU-PSHA (Pailoplee, 2014) ผ่านโปรแกรม MATLAB และผลจากการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่าสามารถนำไปประเมินหาค่าแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่าได้

#### 4.1. การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีกำหนดค่า (Deterministic seismic hazard analysis, DSHA)

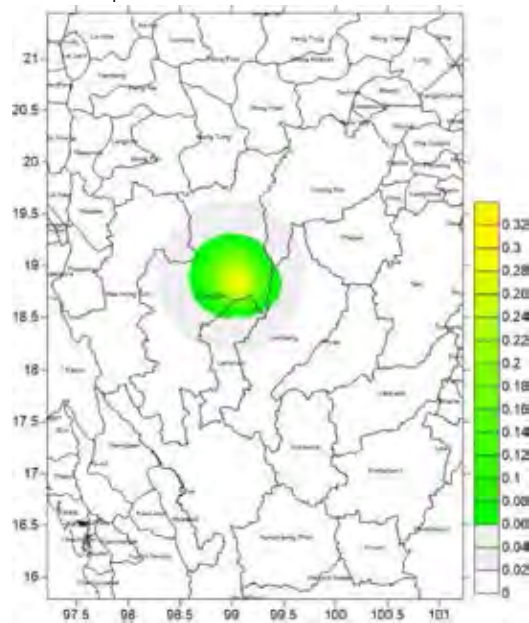
เป็นแนวคิดการประเมินระดับอันตรายสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ (worse-case scenario) โดยพิจารณาจาก 1) แผ่นดินไหวใหญ่สุดที่เกิดขึ้นได้ (maximum credible earthquake, MCE) และ 2) ระยะทางที่ใกล้ที่สุดระหว่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงพื้นที่ศึกษา (shortest source-to-site distance)

ผลการประเมินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.03-0.56 g โดยแรงสั่นสะเทือนสูงสุดของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กมีค่าระหว่าง 0.03-0.58 g และบริเวณที่มีแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือที่บริเวณอำเภอแม่สรวย, อำเภอแม่ลาวและอำเภอนาน จังหวัดเชียงราย (กลุ่มที่ 1) (รูปที่ 4.1ก) ส่วนบริเวณที่มีแรงสั่นสะเทือนต่ำที่สุดคือที่อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก (กลุ่มที่ 6) (รูปที่ 4.1ข)

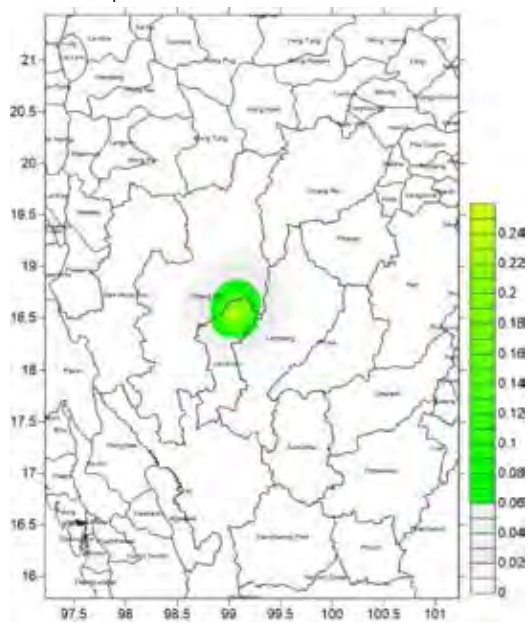
(ก) กลุ่มที่ 1



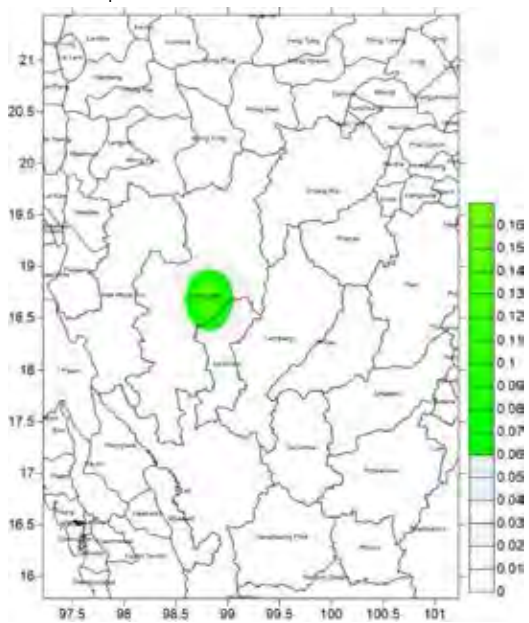
(ข) กลุ่มที่ 2



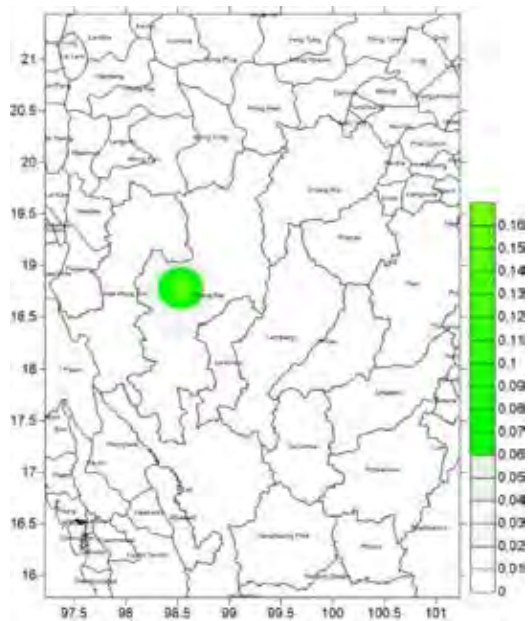
(ค) กลุ่มที่ 3



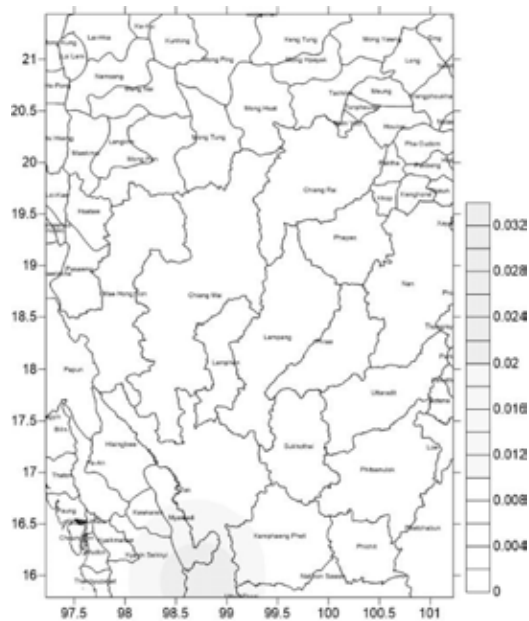
(ง) กลุ่มที่ 4



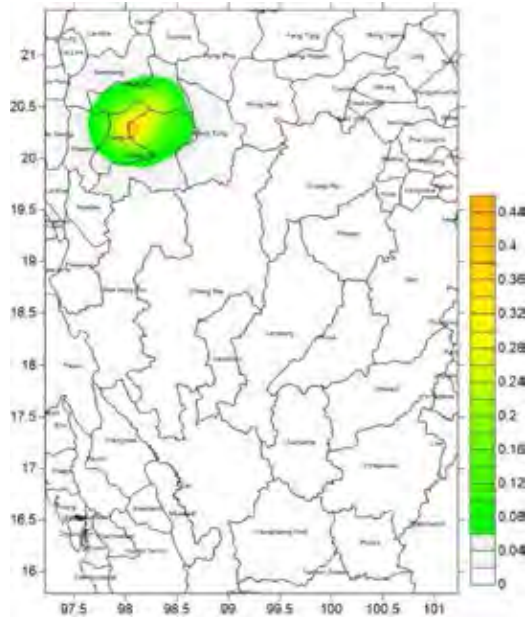
(จ) กลุ่มที่ 5



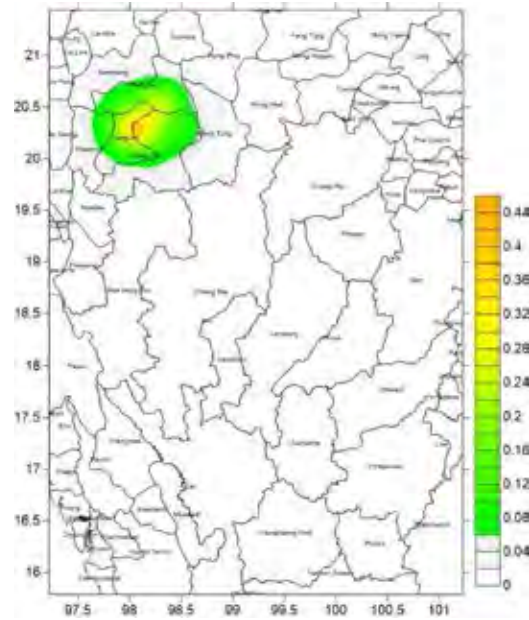
(ฉ) กลุ่มที่ 6



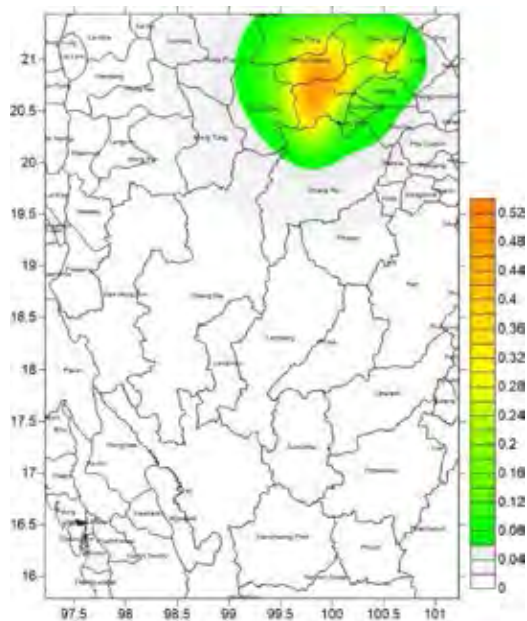
(ช) กลุ่มที่ 7



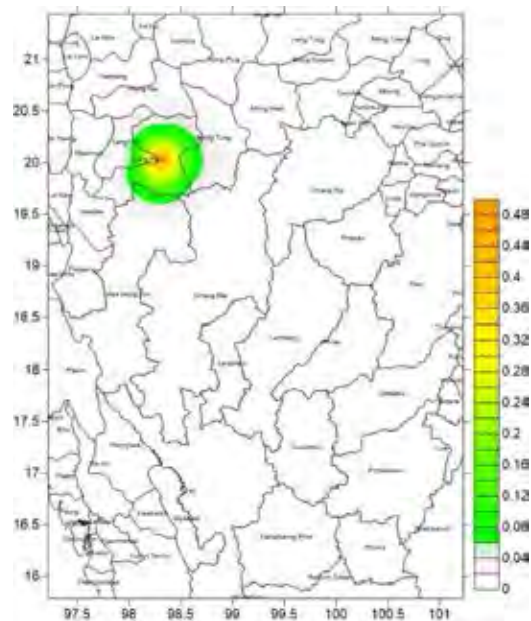
(ซ) กลุ่มที่ 8



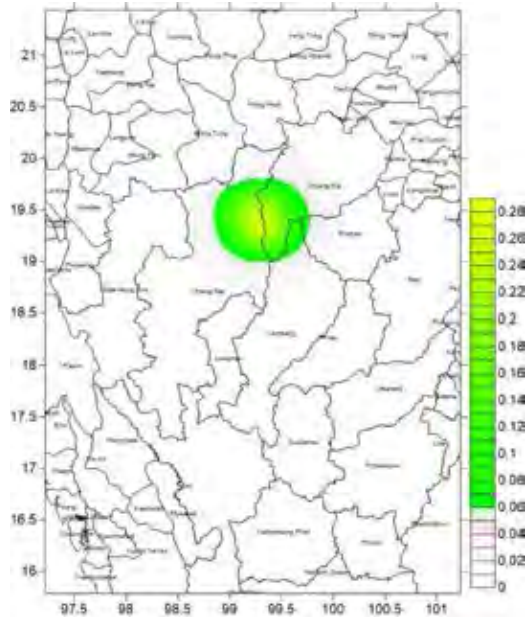
(ฉ) กลุ่มที่ 9



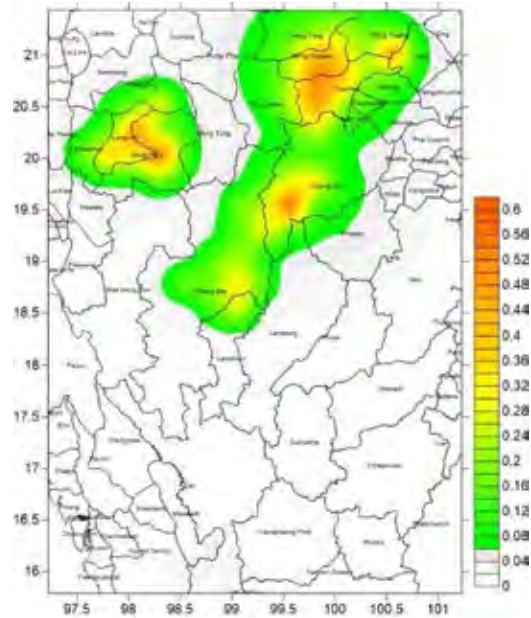
(ญ) กลุ่มที่ 10



(ฎ) กลุ่มที่ 11



(ฏ) รวมทุกกลุ่ม



รูปที่ 4.1. แสดงแผนที่ระดับแรงสั่นสะเทือนสูงสุด (หน่วย g) ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม



## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล

#### (DISCUSSION AND CONCLUSION)

##### 5.1. รวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Collecting earthquake data)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่นำมาประเมินมาจากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย Thai Meteorological Department (TMD) ซึ่งหน่วยงานของกรมอุตุนิยมวิทยามีความหนาแน่นของเครือข่ายการตรวจวัดครอบคลุมทั่วประเทศ ทำให้มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดแผ่นดินไหวขนาดเล็กได้มีประสิทธิภาพ ซึ่งเมื่อทำการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด พบว่ามีจำนวนทั้งสิ้น 3,608 เหตุการณ์ โดยทำการบันทึกตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 2007 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2017 มีขนาดแผ่นดินไหวในช่วง 0.6-6.7  $m_b$  และมีความลึก 0-59 กิโลเมตร และมีแผ่นดินไหวทั้งหมด 11 กลุ่มที่เกิดขึ้นบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่า

##### 5.2. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake catalogue improvement)

เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้ข้อมูลแผ่นดินไหวมีความไม่สมบูรณ์และถูกต้องมากนักจึงไม่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทันทีเพราะจะไม่สามารถสื่อถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมธรณีแปรสัณฐานได้อย่างแท้จริง ดังนั้นจึงต้องนำข้อมูลเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดยมีขั้นตอนดังนี้

###### 5.2.1. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake declustering)

จากผลการวิเคราะห์จัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) สามารถจำแนกเป็นแผ่นดินไหวได้ดัง(ตารางที่ 5.1) โดยแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มแผ่นดินไหวส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามคิดเป็น 80.4% ส่วนแผ่นดินไหวหลักที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานหรือแผ่นดินไหวหลักมีเพียง 19.6% เท่านั้น

ตารางที่ 5.1. แสดงการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974)

กลุ่มที่	แผ่นดินไหวทั้งหมด	แผ่นดินไหวนำ และแผ่นดินไหวตาม	แผ่นดินไหวหลัก
1	1,079	1,017	62
2	100	22	78
3	39	17	22
4	28	7	21
5	148	134	14
6	40	34	6
7	144	68	76
8	97	33	64
9	577	494	83
10	46	23	23
11	59	42	17

### 5.2.2. คัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of completeness)

ขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่ตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์จากเครื่องมือทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น หรือ  $M_c$  (Woessner และ Wiemer, 2005) ผลการวิเคราะห์พบว่ามีความ  $M_c$  อยู่ระหว่าง 1.2-3.2 และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในอดีตของ (Pailoplee, 2014) ที่บริเวณชายแดนประเทศไทยลาวพม่าที่มีความ  $M_c$  อยู่ระหว่าง 3-5 พบว่าค่า  $M_c$  มีค่าลดลง ซึ่งการที่ค่า  $M_c$  ลดลงเป็นผลมาจากประสิทธิภาพการตรวจวัดแผ่นดินไหวที่ดีขึ้น และมีการตรวจวัดบ่อยขึ้นของกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย Thai Meteorological Department (TMD) ทำให้สามารถตรวจวัดแผ่นดินไหวขนาดเล็กได้ดีขึ้นจากเมื่อก่อน ส่งผลให้มีรายงานเกี่ยวกับแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจำนวนมากนั่นเอง

### 5.3. การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake activity)

ในปัจจุบันบริเวณชายแดนประเทศไทย-ลาว-พม่ามีเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหวของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กมากมาย และมีอัตราการเกิดที่สูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ จึงต้องมีการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวเพื่อประเมิน 1) ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต 2) คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว 3) ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ จากสมการของ Gutenberg-Richter relationship (G-R relationship) (Gutenberg และ Richter, 1944) 4) พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยจากแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่ม และ 5) รูปแบบและการกระจายตัวของการเกิดแผ่นดินไหว

จากการหาค่า  $a$  และ  $b$  จากสมการของ Gutenberg-Richter relationship (G-R relationship) (Gutenberg และ Richter, 1944) พบว่าค่า  $a$  คืออัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมทุกขนาดแผ่นดินไหว

ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.96–4.91 โดยค่า  $a$  สูงแสดงถึงบริเวณนั้นมีจำนวนแผ่นดินไหวสะสมมาก บริเวณที่ค่า  $a$  สูงสุด ( $a = 4.91$ ) อยู่ที่อำเภอแม่สรวย อำเภอแม่ลาว และอำเภอกวน จังหวัดเชียงราย (กลุ่มที่ 1) ส่วนบริเวณที่มีค่า  $a$  ต่ำแสดงถึงบริเวณนั้นมีจำนวนแผ่นดินไหวสะสมน้อย ซึ่งบริเวณที่มีค่า  $a$  ต่ำที่สุด ( $a = 1.96$ ) อยู่ที่อำเภอแม่วางและอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ (กลุ่มที่ 4) สำหรับค่า  $b$  คืออัตราส่วนของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ต่อแผ่นดินไหวขนาดเล็ก บริเวณที่มีค่า  $b$  สูงแสดงถึงมีช่วงของขนาดแผ่นดินไหวกว้างมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นหลายขนาด โดย  $b$  สูงสุด ( $b = 1.05$ ) อยู่ที่เมืองกลางเคอ (Langkho) ประเทศพม่า (กลุ่มที่ 7) ส่วนบริเวณที่มีค่า  $b$  ต่ำที่สุด ( $b = 0.51$ ) แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นมีขนาดใกล้เคียงกันที่สุดคือที่อำเภอแม่วางและอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ (กลุ่มที่ 4)

### 5.3.1. ขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุด (Maximum magnitude)

สำหรับผลการประเมินขนาดแผ่นดินไหวใหญ่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอนาคต กลุ่มแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดมีค่า  $5.9 m_b$  ในอีก 5 ปี,  $6.3 m_b$  ในอีก 10 ปี,  $6.9 m_b$  ในอีก 30 ปี และ  $7.2 m_b$  ในอีก 50 ปี คือที่เมืองท่าชีเหล็ก (Tachileik), เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเมิง (Meung), เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9)

### 5.3.2. คาบอุบัติซ้ำ (Return period)

คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวที่เมืองท่าชีเหล็ก (Tachileik), เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเมิง (Meung), เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9) มีคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวที่สั้นที่สุด มีคาบอุบัติซ้ำ 0 ปี, 1 ปี, 6 ปี และ 34 ปี ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6 และ  $7 m_b$  ตามลำดับ

### 5.3.3. ความน่าจะเป็นของการเกิด (Probability of occurrence)

ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ ที่เมืองท่าชีเหล็ก (Tachileik), เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเมิง (Meung), เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9) มีความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวที่สูงที่สุด โดยมีโอกาส 100% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, และ  $6 m_b$  ในอีก 50 ปี และมีโอกาส 77% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด  $7 m_b$  ในอีก 50 ปี ส่วนที่อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน (กลุ่มที่ 3) มีโอกาสแค่ 35% และ 5% ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด  $5 m_b$  และ  $6 m_b$  ตามลำดับ ไม่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า  $6 m_b$  ในอีก 50 ปี

### 5.3.4. พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยออกมาจากแผ่นดินไหว (Seismic moment)

พลังงานความเครียดที่ปลดปล่อยจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน ( $M_0$ ) Hiroo Kanamori (1979) จากการประเมินแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่มพบว่า มีพลังงานรวมประมาณ  $3.5 \times 10^{20}$ – $17.5 \times 10^{25}$  นิวตันเมตร หรือประมาณ 3.0–6.8  $M_w$  โดยบริเวณที่มีพลังงานรวมสูงสุดคือที่เมืองท่าชีเหล็ก (Tachileik),

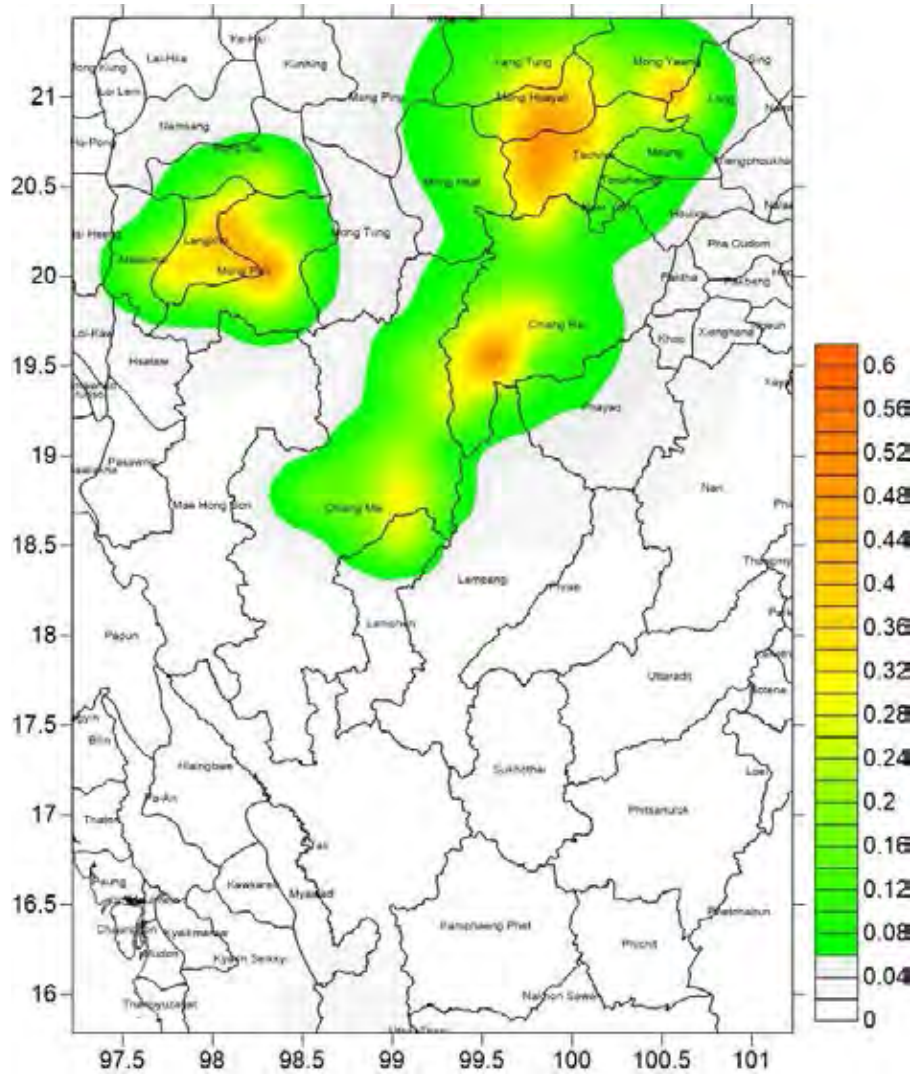
เมืองพยาก (Mong hpyak) ประเทศพม่า เมืองเมิง (Meung), เมืองตันผึ่ง (Tonpheung) ประเทศลาว (กลุ่มที่ 9) มีพลังงานรวมประมาณ  $6.8 M_w$  ส่วนบริเวณที่มีพลังงานรวมน้อยที่สุดคือที่อำเภอสารภี จังหวัด เชียงใหม่ และอำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน (กลุ่มที่ 3) มีพลังงานรวมประมาณ  $3.0 M_w$

### 5.3.5. แฟร็กทัลและการประยุกต์ใช้ (Fractal and application)

การวิเคราะห์ในเชิงสถิติ Aki (1981) พบว่าค่ามิติแฟร็กทัล ( $D_c$ ) สามารถแปลความไปในทาง รูปแบบการเกิดแผ่นดินไหว (earthquake pattern) ในพื้นที่ศึกษาได้ โดยหากค่า  $D_c$  อยู่ในช่วง 0-1 แสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนั้นมีลักษณะเป็นแนวเส้น (line source) หากค่า  $D_c$  อยู่ในช่วง 1-2 แสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมีลักษณะเป็นระนาบ (area source) และค่า  $D_c$  อยู่ในช่วง 2-3 แสดงถึง แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมีลักษณะเป็นปริมาตร (volume source) ตามลำดับ และจากการประเมินพบว่า ค่า  $D_c$  ของแผ่นดินไหวแต่ละกลุ่มมีค่าอยู่ระหว่าง 2.18-2.79 ซึ่งแสดงถึงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมี ลักษณะเป็นปริมาตร (volume source) นั่นคือแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นกระจายตัวทั่วปริมาตร ไม่มีการ รวมตัวกันหรือกระจุกตัวกันของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มแผ่นดินไหว

### 5.4. การประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหว (Seismic hazard analysis, SHA)

การประเมินการประเมินพิบัติภัยแผ่นดินไหวเป็นการประเมินแรงสั่นสะเทือนสูงสุดที่เกิดขึ้น จาก ผลการประเมินพบว่าแรงสั่นสะเทือนสูงสุดของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กบริเวณชายแดนประเทศไทย- ลาว-พม่ามีค่าระหว่าง 0.03-0.58 g และบริเวณที่มีแรงสั่นสะเทือนสูงสุดคือที่บริเวณอำเภอแม่สรวย, อำเภอแม่ลาวและอำเภอพวน จังหวัดเชียงราย (กลุ่มที่ 1) มีระดับแรงสั่นสะเทือนสูงถึง 0.58 g (รูปที่ 5.1) ดังนั้นพื้นที่นี้จึงจำเป็นต้องมีการประเมินความเสี่ยงของพื้นที่และปรับปรุงคุณภาพของสิ่งก่อสร้างให้ เหมาะสมเพื่อรับมือกับแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต



รูปที่ 5.1. แสดงแผนที่ระดับแรงสั่นสะเทือนของกลุ่มแผ่นดินไหวขนาดเล็กตามแนวชายแดน ประเทศไทย-ลาว-พม่า ด้วยวิธีกำหนดค่า (DSHA)

## บรรณานุกรม

- Donald L, Wells and Kevin J. Coppersmith. (1994). New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 84, No. 4 (August 1994): 974- 1002.
- 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): pp.363–367.
- Gutenberg, B. and C. F. Richter, 1944: Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 34, 185-188.
- Habermann, R. E. and Wyss, M. 1984. Earthquake triggering during preparation for great earthquakes. *Geophysical Research Letters* 11: pp.291-294.
- Habermann, R. E. 1987. Man-made changes of Seismicity rates. *Bulletin of the Seismological Society of America* 77: pp.141-159.
- Idriss, I.M. (1993). Procedures for selecting earthquake ground motions at rock sites. Technical report NIST GCR 93-625, U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.
- Kramer SL (1996) *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall Inc, Upper Saddle River, New Jersey
- Pailoplee S, Sugiyama Y, Charusiri P (2009) Deterministic and probabilistic seismic hazard analyses in Thailand and adjacent areas using active fault data. *Earth Planets Space* 61:1313–1325
- Pailoplee S, Choowong M (2013) Probabilities of earthquake occurrences in Mainland South East Asia. *Arab J Geosci* 6:4993–5006
- Pailoplee, S. (2014). Earthquake hazard of dams along the Mekong mainstream. *Nat Hazards Natural Hazards*: 1813-1827.
- Pailoplee, S, Palasri C. (2014). CU-PSHA: A MATLAB Software for Probabilistic Seismic Hazard Analysis. *Journal of Earthquake and Tsunami*: Vol. 8, No. 4 (July 12014)
- Pailoplee, S. and Charusiri, P. 2015a. Probabilistic Analysis of the Seismic Activity and Hazard in Northern Thailand. *Geosciences Journal*, 19(4):731-740.

- Perez, O. J., and Scholz, C. H. 1984. Heterogeneities of the instrumental seismicity catalog (1904-1980) for strong shallow earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America* 74: pp.669-686.
- Soralump, Suttisak et al. Impacts of 2014 Chiangrai Earthquake from Geotechnical Perspectives. EIT-JSCE (2014)
- Stirling et al. (2012). National seismic hazard model for New Zealand. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 102, No. 4, pp. 1514–1542, August 2012, doi: 10.1785/0120110170.
- Wiemer, S. 2001. A software package to analyze seismicity: ZMAP. *Seismological Research Letters* 72(2): pp.373-382.
- Woessner, J., and Wiemer, S. 2005. Assessing the quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty. *Bulletin of the Seismological Society of America* 95: pp.684-698.
- Yadav, R. B. S., J. N. Tripathi, D. Shanker, B. K. Rastogi, M. C. Das, and V. Kumar, 2011: Probabilities for the occurrences of medium to large earthquakes in northeast India and adjoining region. *Nat. Hazards.*, 56, 145-167, doi: 10.1007/s11069- 010-9557-y.
- Youngs R, and Coppersmith K. (1985). Implications of fault slip rates and earthquake recurrence models to probabilistic seismic hazard estimates. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 75, No. 4 (August 1985): 939-964.