



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การกระจายตัวของความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและ
พื้นที่ข้างเคียง

โดย

นางสาวเบญญา เลิศจันทิก

เลขประจำตัวนิสิต 5832722923

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561

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.

การกระจายตัวของความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทย
และพื้นที่ข้างเคียง

นางสาวเบญญา เลิศจันทิก

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561

TECTONIC STRESS DISTRIBUTION OF THE NORTHERN, THAILAND AND
THE ADJACENT AREA

MISS BENYA LERDJUNTUEK

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 2018

หัวข้อโครงการ

การกระจายตัวของความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณ

ภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง

โดย

นางสาวเบญญา เลิศจันทิก

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ร.ศ. ดร. สันติ ภัยหลบลี้

วันที่ส่ง 13/05/62

วันที่อนุมัติ 13/05/62



(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

Project Title TECTONIC STRESS DISTRIBUTION OF THE NORTHERN
 THAILAND AND THE ADJACENT AREA
By Miss Benya Lerdjuntuek
Field of Study Geology
Project Advisor Associate Professor Santi Pailoplee, Ph.D.

Submitted date 13/05/2019

Approval date 13/05/2019



.....

Project Advisor
(Associate Professor Santi Pailoplee)

5832722923: ภาควิชาธรณีวิทยา

คำสำคัญ : พื้นที่เสี่ยง / รอยเลื่อนภาคเหนือ ประเทศไทย / การเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว/ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว / การทดสอบย้อนกลับ / ภาวะเจียบสงบ / การปรับปรุงคุณภาพฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

เบญญา เลิศจันทิก : การกระจายตัวของความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง (TECTONIC STRESS DISTRIBUTION OF THE NORTHERN, THAILAND AND THE ADJACENT AREA) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.สันติภย หลบลี้, 46 หน้า

เนื่องด้วยในปัจจุบันในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงยังคงมีแนวรอยเลื่อนมีพลังอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น แนวรอยเลื่อนแม่ทา แนวรอยเลื่อนพะเยา โดยแนวรอยเลื่อนเหล่านี้ยังพาดผ่านไปยังเมืองสำคัญและแหล่งชุมชนอีกด้วย ซึ่งมีโอกาสเลื่อนตัวทำให้เกิดแผ่นดินไหวและสร้างความเสียหายให้เกิดขึ้นได้ โดยจากการศึกษาของกูเทนเบิร์กและริกเตอร์ทำให้ทราบว่าพฤติกรรมแผ่นดินไหวในอดีตจะสามารถทำนายพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตได้ ซึ่งสามารถที่จะเตรียมการเฝ้าระวัง ป้องกัน และลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นได้ โดยแผ่นดินไหวที่มีสาเหตุจากธรรมชาติ จะเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานเพื่อลดความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกมาเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ โดยถ้าพื้นที่ใดที่มีความเค้นสะสมตัวสูง จะมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวในเวลาต่อมา จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ โดยทำการศึกษาค่าคงที่ b ในสมการกูเทนเบิร์กและริกเตอร์ ซึ่งค่าคงที่ b มีความสัมพันธ์เชิงแปรผกผันกับความเค้น หมายความว่า พื้นที่ใดมีค่า b ต่ำพื้นที่นั้นมีความเค้นสูง ซึ่งมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวได้ในอนาคต หากมีการปล่อยพลังงานจากความเค้นจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่คัดกรอกแล้วนำมาศึกษาค่า b แต่ละพื้นที่จะมีตัวแปรของจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาใช้การวิเคราะห์ที่เหมาะสมแตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบย้อนกลับ โดยจากการศึกษาย้อนกลับพบว่า หากกวาดรัศมีใด ๆ ออกไปจากพื้นที่ตามจำนวนแผ่นดินไหว 35 เหตุการณ์ จะทำให้ค่าที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์ค่า b ของบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทย และพื้นที่ข้างเคียง เมื่อนำค่าดังกล่าวมาศึกษาต่อจะได้แผนที่การกระจายตัวค่า b ในปัจจุบัน พบว่ามี 3 พื้นที่ที่มีค่า b ต่ำลงอย่างต่อเนื่อง บ่งชี้ว่าพื้นที่เหล่านี้มีการสะสมความเค้นเพิ่มมากขึ้น จึงมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตได้

ภาควิชา : ธรณีวิทยา

สาขาวิชา : ธรณีวิทยา

ปีการศึกษา : 2561

ลายมือชื่อ นิสิต 

ลายมือ อ. ที่ปรึกษาหลัก 

KEYWORDS: THE NORTHERN OF THAILAND / FREQUENCY MAGNITUDE
DISTRIBUTION / b VALUE / EARTHQUAKE

BENYA LERDJUNTUEK: TECTONIC STRESS DISTRIBUTION OF THE
NORTHERN, THAILAND AND THE ADJACENT AREA

ADVISOR: ASSOC. PROF. SANTI PAILOPLEE, Ph.D., 46 p

Abstract:

As the northern of Thailand and the adjacent area has many well-known active Faults, for example, Mae Tha Fault, Mae Chun Fault which cross the important area and community area. So it can move to make earthquakes and damage to the area. From the study of Gutenberg-Richter showing activity of earthquake in the past can predict activity of earthquake in the future including the earthquake hazardous area by analyst b values of frequency-magnitude earthquake distribution because there have been several observations that indicate that changing in b value is inversely related to changes in the stress level For example low b-value area represent the high-stress area that can become the earthquake hazardous area. Hence, this study was conducted to evaluate the spatial distribution of the b value of northern Thailand and the adjacent area. By the retrospective test, the appropriate parameter to calculate the b value was 35 fixed earthquake events. After we got the suitable condition for b-value calculation, we analyzed the most recent earthquake data (A.D. 1912–2018) and mapped the spatial distribution of the b value of northern Thailand and the adjacent area. The result revealed that there are 3 local areas showing the anomalous low b-value such as 1) the boundary between Thailand and Laos 2) along the Sagaing Fault 3) Kanchanaburi Thailand

Department : Geology

Field of Study : Geology

Academic Year : 2018

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....




กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำ แนวคิด วิธีการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดจนโครงการเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านในภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้สั่งสอน และให้ความรู้กับผู้จัดทำตลอด 4 ปีที่ผ่านมา รวมทั้งให้แนวทางในการดำเนินชีวิต และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้จากใน และนอกห้องเรียน ที่ไม่สามารถหาได้จากការอ่านหนังสือทั่วไป ขอขอบคุณ นางสาวมัญญา จงสุตทวิวงศ์ ที่คอยช่วยเหลือ และแนะนำข้อมูลบางส่วนในการทำงาน ให้ทำงานได้อย่างราบรื่นและสำเร็จไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณครอบครัวที่เปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนถึงคำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ (CONTENT)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (ABSTRACT)	ข
กิตติกรรมประกาศ (ACKNOWLEDGEMENT)	ค
สารบัญ (CONTENT)	ง
สารบัญรูปภาพ (FIGURE CONTENT)	ฉ
สารบัญตาราง (TABLE CONTENT)	ณ
สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)	ญ
บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION)	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)	1
1.2. พื้นที่ศึกษา (Study Area)	2
1.3. วัตถุประสงค์ (Objective)	2
1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of Study)	3
1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Result)	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย (THEORY AND METHODOLOGY)	4
2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Relevant Theory)	4
2.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)	5
2.2.1. งานวิจัยของ Nuanin และคณะ (2005)	5
2.2.2. งานวิจัยของ Piloplee (2013)	5
2.2.3. งานวิจัยของ Piloplee et.al (2013)	6
2.3. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)	7
บทที่ 3 การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (EARTHQUAKE CATALOGUE IMPROVEMENT)	9
3.1. การรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Combination)	9
3.1.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว National Earthquake Information (NEIC)	10
3.1.2. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว Thai Meteorological Department (TMD)	10
3.1.4. ผลการรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	10
3.2. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)	12
3.3. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)	16
บทที่ 4 การวิเคราะห์และผลการศึกษา (ANALYSIS AND RESULT)	19

4.1. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)	19
4.1.1. การคัดเลือกกรณีศึกษา (Case study)	19
4.1.2. การทำแผนที่ของค่า b (Mapping b value)	22
4.2. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)	30
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (DISCUSSION AND CONCLUSION)	31
5.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue)	31
5.2. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Improvement)	31
5.2.1. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake declustering)	31
5.2.2. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of completeness)	31
5.3. กรณีศึกษาและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบย้อนกลับ (Case Studies and Condition for Retrospective Test)	32
5.4. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)	32
เอกสารอ้างอิง (REFERENCES)	ฎ

สารบัญญรูปภาพ (FIGURE CONTENT)

		หน้า
รูป 1.1.	แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและบางส่วนของประเทศพม่าและลาว	2
รูป 2.1.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b ในแต่ละพื้นที่ตามแนวเขตมุดตัวสุมาตรา-อันดามันกลุ่มข้อมูลตรวจวัด ในช่วงปี ค.ศ. 1995-1999 (ซ้าย) และ 2000-2003 (ขวา)	5
รูป 2.2.	แสดงการกระจายตัวของค่า b ตามแนวรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางของประเทศพม่า โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านการปรับปรุงความสมบูรณ์ที่บันทึกไว้ในช่วง (ข) ค.ศ. 1980-2010	6
รูป 2.3.	แผนที่กลุ่มรอยเลื่อนบริเวณชายแดนภาคเหนือของประเทศไทย-ลาว-พม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของ ค่า b วิเคราะห์จากข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี (ก) ค.ศ. 1984-1995 (ข) ค.ศ. 1984-2000 (ค) ค.ศ. 1984 - 2005 และ (ง) ค.ศ. 1984-2010	7
รูป 3.1.	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ (ก) ขนาด (m_b) (ข) ความลึก (กิโลเมตร) และ (ค) เวลา (ปี)	11
รูป 3.2.	แผนที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงแสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล	12
รูป 3.3.	แสดงสมมติฐานการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักออกจากแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามสมมติฐานของ Gardner and Knopoff (1974)	13
รูป 3.4.	แสดงผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner and Knopoff (1974) ซึ่งเส้นสีแดงแสดงถึงกรอบของเวลา (ด้านบน) และกรอบของระยะทาง (ด้านล่าง)	14
รูป 3.5.	แผนที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงแสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก	15
รูป 3.6.	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหว (ก) ก่อนดำเนินการปรับปรุงฐานข้อมูล และ (ข) ข้อมูลแผ่นดินไหวหลังผ่านกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก	16
รูป 3.7.	กราฟแสดงการคัดเลือกแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์จากเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหว โดยมี $M_c = 4.5$	17

รูป 3.8.	แผนที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงแสดงการกระจายตัวของ แผ่นดินไหวหลังคัดเลือกระดับแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์หลัก	18
รูป 3.9.	แสดงการเปรียบเทียบกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหวระหว่างข้อมูล แผ่นดินไหว (ก) ข้อมูลแผ่นดินไหวหลังผ่านกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว หลักและ (ข) หลังจากคัดเลือกระดับแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์	18
รูป 4.1.	แผนที่แสดงตำแหน่งของกรณีศึกษาทั้งหมด 6 กรณีศึกษาในช่วงปี.ศ. 1990-2000	19
รูป 4.2.	แผนที่แสดงตำแหน่งของกรณีศึกษาทั้งหมด 2 กรณีศึกษาในช่วงปี.ศ.2000-2010	20
รูป 4.3.	แผนที่แสดงตำแหน่งของกรณีศึกษาทั้งหมด 3 กรณีศึกษาในช่วงปี.ศ.2010-2018	21
รูป 4.4.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b ของทั้ง 11 กรณีศึกษาจากการทดสอบ ย้อนกลับ	22
รูป 4.5.	แผนที่แสดงพื้นที่จุดเสี่ยงที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ในอนาคตทั้งหมด 3 จุด	30
รูป 5.1.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ ข้างเคียง(ด้านซ้าย)แผนที่แสดงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในอีก 10 ปี บริเวณรอยต่อระหว่างไทย พม่า และลาว(ด้านขวา)	33
รูป 5.2.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ ข้างเคียง(ด้านซ้าย)แผนที่แสดงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในอีก 10 ปี บริเวณรอยต่อระหว่างไทย พม่า(ด้านขวา)	33

สารบัญตาราง (TABLE CONTENT)

	หน้า
ตาราง 3.1. แสดงตัวอย่างรายละเอียดการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูล	9
ตาราง 4.1. แสดงข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา 6 เหตุการณ์ในช่วงปี ค.ศ. 1990-2000	20
ตาราง 4.2. แสดงข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา 2 เหตุการณ์ในช่วงปี ค.ศ. 2000-2010	21
ตาราง 4.3. แสดงข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา 3 เหตุการณ์ในช่วงปี ค.ศ. 2010-2018	21
ตาราง 5.1. แสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวหลังจากผ่านขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูลแต่ละขั้นตอน	32

สารบัญสมการ
(EQUATION CONTENT)

	หน้า
สมการ 2.1. สมการการความสัมพันธ์ frequency-magnitude distribution (Gutenberg and Richter, 1984)	4

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

เนื่องด้วยในปัจจุบันในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงยังคงมีแนวรอยเลื่อนมีพลังอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น แนวรอยเลื่อนแม่ทา แนวรอยเลื่อนพะเยา โดยแนวรอยเลื่อนเหล่านี้ยังพาดผ่านไปยังเมืองสำคัญและแหล่งชุมชนอีกด้วย ซึ่งมีโอกาสเลื่อนตัวทำให้เกิดแผ่นดินไหวและสร้างความเสียหายให้เกิดขึ้นได้

โดยในปัจจุบันได้มีการนำการวิเคราะห์ค่าตัวแปร b ซึ่งเป็นตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดแผ่นดินไหว (frequency-magnitude distribution model) มาใช้ในการประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติอย่างแพร่หลาย โดยวิธีดังกล่าวมีความแม่นยำและความน่าเชื่อถือ จากการศึกษาของ Mogi (1962) Scholz (1968) และ Wyss (1973) บ่งชี้ว่าค่าการกระจายตัวของตัวแปร b สามารถนำมาใช้บอกถึงบริเวณที่มีโอกาสเกิดภัยพิบัติได้โดยพบว่าจากการกระจายตัวของความเค้นบริเวณที่มีความเค้นสูงจะสัมพันธ์อย่างมีนัยยะกับบริเวณที่มีค่า b ต่ำ

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวของ Pailoplee et.al (2013) บริเวณแนวรอยต่อระหว่างไทย ลาว และพม่าและการวิเคราะห์ค่า b เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยพิบัติของ Pailoplee (2016) บริเวณรอยต่อระหว่างไทยและพม่าซึ่งครอบคลุมไปยังบางส่วนของภาคเหนือประเทศไทย บ่งบอกว่ามีหลายบริเวณในภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหว แต่เนื่องด้วยในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2013-2018 มีเหตุการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นหลายเหตุการณ์ ยกตัวอย่างเช่น เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.3 บริเวณอำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงราย ซึ่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวเหล่านี้มีผลทำให้ความเค้นสะสมในพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจจะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวด้วย ซึ่งต้องมีการประเมินความเสี่ยงในบริเวณดังกล่าวซ้ำอีกครั้ง

ดังนั้น บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำการศึกษาด้านแผ่นดินไหว ประเมินหาพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต เพื่อเตรียมการป้องกันและรับมือสำหรับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้นในอนาคต

1.2. พื้นที่ศึกษา (Study Area)

บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงโดยครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดที่ 14.48 ถึง 22.87 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 94.69 ถึง 104.19 องศาตะวันออก



รูป 1.1. แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและบางส่วนของประเทศพม่าและลาว

1.3. วัตถุประสงค์ (Objectives)

เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงโดยใช้ตัวแปรวิเคราะห์ค่า b ซึ่งเป็นตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดแผ่นดินไหว (frequency-magnitude distribution model)

1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of Study)

วิเคราะห์และประเมินการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของความเค้นทางธรณีแปรสัณฐานจากการวิเคราะห์ค่า b บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงโดยครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดที่ 14.48 ถึง 22.87 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 94.69 ถึง 104.19 องศาตะวันออกโดยใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่เคยมีการตรวจวัดและบันทึกได้จากเครื่องมือตรวจวัด (Instrumental Earthquake Records)

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Output)

แผนที่การกระจายตัวของค่า b บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งจะช่วยให้ทราบพื้นที่ที่มีโอกาสสูงในการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการเตรียมพร้อมเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้น ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสร้างสิ่งปลูกสร้างที่ปลอดภัยและเหมาะสมทนต่อแผ่นดินไหว โดยเฉพาะในบริเวณแหล่งชุมชนและสถานที่ราชการที่สำคัญต่างๆ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(THEORY AND LITERATURE REVIEW)

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Relevant Theory)

Gutenberg และ Richter (1954) ได้นำเสนอว่าการกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหวสามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์ของสมการเส้นตรง นั่นคือ Gutenberg-Richter relationship หรือ the frequency-magnitude distribution (FMD) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการแผ่นดินไหวสะสมและขนาดของแผ่นดินไหวดังแสดงในสมการ (2.1.)

$$\text{Log}_{10}N = a - bM$$

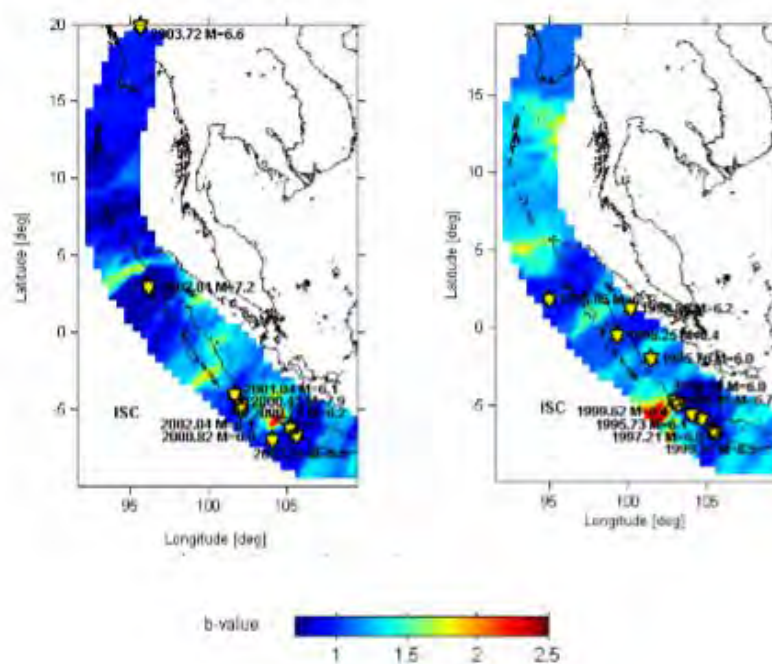
สมการที่ (2.1.)

ซึ่งค่า N คือ อัตราการเกิดสะสมของแผ่นดินไหวที่มีขนาด $\geq M$ ซึ่งค่า a และ b เป็นค่าคงที่ ค่า a คือจุดตัดแกนตั้งหรือแกน Y ของสมการ FMD แสดงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวทุก ๆ ขนาดแผ่นดินไหว ค่า b คือความชันของสมการ FMD แสดงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ต่อแผ่นดินไหวขนาดเล็ก หลังจากการค้นพบและนำเสนอสมการความสัมพันธ์ FMD (สมการ 2.1) Mogi (1962) Scholz (1968) และ Wyss (1973) พบว่าความแตกต่างของค่า b ในแต่ละพื้นที่มีความเกี่ยวข้องกับแรงเค้นทางธรณีแปรสัณฐานที่สะสมอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ โดยค่า b ลดลง/เพิ่มขึ้น หมายถึงความเค้นเพิ่มขึ้น/ลดลง ซึ่งบริเวณที่มีการสะสมความเค้นสูงมักสัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามมาในภายหลัง และจากความสัมพันธ์ดังกล่าว นักแผ่นดินไหววิทยานำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินหาสัญญาณบอกเหตุแผ่นดินไหวในหลากหลายแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั่วโลกมีการศึกษาจำนวนมากพบว่าค่า b ต่ำสื่อถึงจุดเริ่มการปริแตกหรือจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ส่วน Ogata and Katsura (1993) และ Papadopoulos et.al (2010) นำเสนอว่าค่า b สามารถใช้เป็นสัญญาณบอกเหตุก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้ Main et.al (1989) บ่งชี้ว่าค่า b มักมีแตกต่างกันระหว่าง 0.5-1.5 ในระหว่างรอบของกระบวนการเกิดแผ่นดินไหวและเสนอว่าก่อนที่จะเกิดแผ่นดินไหวนั้นค่า b มักมีค่า ≤ 0.5 ซึ่ง Main et.al (1989) และ Henderson et.al (1994) ก็พบลักษณะแบบนี้ที่เมืองนาโงยา ประเทศญี่ปุ่น และรัฐแคลิฟอร์เนียร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา เช่นกัน

2.2. งานศึกษาในอดีต (Literature Review)

2.2.1. Nuannin et.al (2005)

Nuannin et.al (2005) ได้ศึกษาการกระจายตัวของค่า b ในเชิงพื้นที่ โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ย่อยขนาด $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ และประเมินค่า b ในแต่ละจุดจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่ใกล้จุดศึกษามากที่สุด 50 เหตุการณ์ ดังนั้นในการคำนวณจะต้องขยายกรอบการคัดเลือกข้อมูลออกไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะมีข้อมูลแผ่นดินไหวครบ 50 เหตุการณ์ ซึ่งจะแตกต่างจากวิธีการประเมินค่า b เพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมด้านแผ่นดินไหวที่ใช้วิธีกำหนดรัศมีการพิจารณาเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่แน่นอน ทำให้จำนวนแผ่นดินไหวที่นำมาใช้ประเมินค่า b ในแต่ละจุดศึกษานั้นไม่เท่ากัน

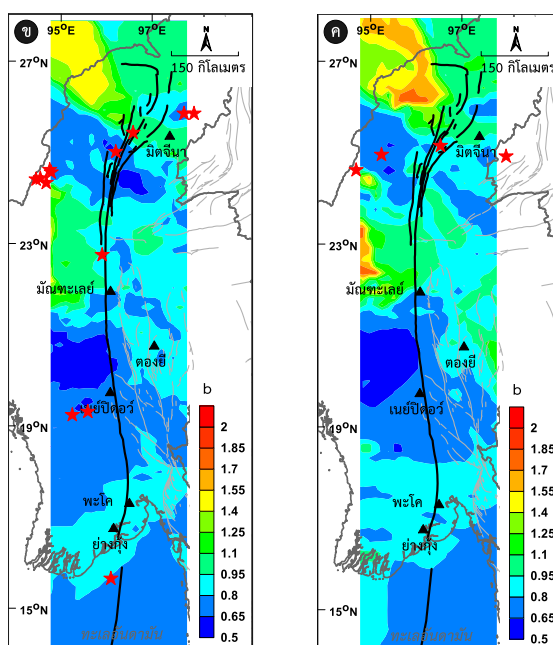


รูป 2.1. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b ในแต่ละพื้นที่ตามแนวเขตมุดตัวสุมาตรา-อันดามันกลุ่มข้อมูลตรวจวัด ในช่วงปี ค.ศ. 1995-1999 (ซ้าย) และ 2000-2003 (ขวา) สีฟ้าแสดงถึงบริเวณที่มีค่า b ต่ำซึ่งตรงกลับดาวสีเหลืองซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Nuannin et.al ,2005)

2.2.2 Piloplee (2013)

Piloplee (2013) ประเมินพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตตามแนวรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางของประเทศพม่าจากการวิเคราะห์การกระจายตัวของค่า b โดยแบ่งข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตเป็น 3 ชุด เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของการใช้สมมุติฐานและตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการประเมินพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหว พบว่าหากใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี ค.ศ. 1980-2005 มาวิเคราะห์ค่า b พบว่าจุดศูนย์กลางเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด $\geq 6.0 M_w$ ที่เกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 2005-

2010 นั้นสอดคล้องกับบริเวณที่ประเมินว่ามีค่า b ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณทางตอนใต้ของเมืองมิดจีนนา พบเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด $\geq 6.0 M_w$ อย่างน้อย 7 เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในบริเวณค่า b ต่ำดังกล่าว (รูป 2.2.ข.) ซึ่งบ่งชี้ว่าสมมติฐานของ Nuannin et.al (2005) นั้นสามารถประเมินค่า b ซึ่งมีนัยสำคัญถึงพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตได้ และตลอดแนวของรอยเลื่อนสะกายมี 2 พื้นที่ที่มีค่า b ที่ต่ำกว่าพื้นที่ข้างเคียงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจจะเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในอนาคต (รูป 2.2. ค) ได้แก่ รอยเลื่อนสะกายที่พาดผ่านช่วงระหว่าง 1) เมืองเนย์บิตอว์-เมืองมันทะเลย์ และ 2) พื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของเมืองมิดจีนนาทางตอนเหนือของรอยเลื่อนสะกาย

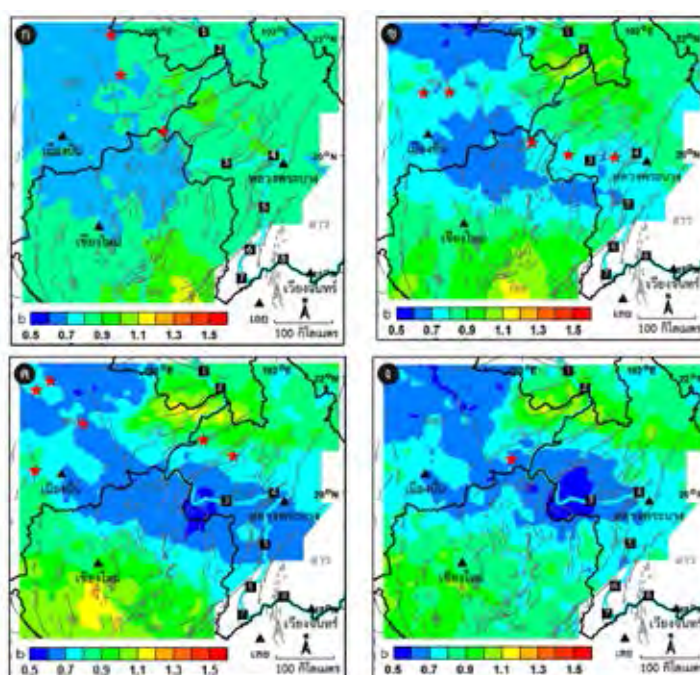


รูปที่ 2.2. แสดงการกระจายตัวของค่า b ตามแนวรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางของประเทศพม่า โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านการปรับปรุงความสมบูรณ์ที่บันทึกไว้ในช่วง (ข) ค.ศ. 1980-2005 (ค) ค.ศ. 1980-2010 ดาวสีแดง หมายถึง แผ่นดินไหวที่มีขนาด $\geq 6.0 M_w$ ซึ่งเกิดขึ้นภายใน 5 ปี หลังจากชุดข้อมูลแผ่นดินไหวที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่า b (Piloplee, 2013)

2.2.3 Piloplee et.al (2013)

Piloplee et.al (2013) ประเมินพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตและพฤติกรรมแผ่นดินไหวบริเวณรอยต่อระหว่าง ไทย ลาว และพม่าจากการวิเคราะห์การกระจายตัวของค่า b โดยแบ่งข้อมูลแผ่นดินไหวเป็น 3 ชุด ได้แก่ 1) ค.ศ. 1984-1995 2) ค.ศ. 1984-2000 และ 3) ค.ศ.1984-2005 เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของการใช้สมมติฐานและตัวแปรนำเข้าที่เหมาะสมในการประเมินพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งผลการวิเคราะห์โดยข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่ใกล้พื้นที่ที่ยอมมากที่สุด

จำนวน 50 เหตุการณ์ (Nuannin et.al, 2005) พบว่ามีพื้นที่ซึ่งแสดงค่า b ต่ำกว่าพื้นที่ที่ข้างเคียงอย่างชัดเจนวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษานับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984-2005 ซึ่งหากพิจารณาแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นภายใน 5 ปี หลังจากช่วงเวลาของแต่ละฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ใช้ในการวิเคราะห์ พบว่าแผ่นดินไหวขนาดใหญ่เกิดในบริเวณที่มี ค่า b ต่ำดังกล่าว และมีบางเหตุการณ์ที่เกิดในบริเวณขอบของพื้นที่ซึ่งประเมินว่ามีค่า b ต่ำ จากสมมุติฐานของ Nuannin et.al (2005) Pailoplee et.al (2013) วิเคราะห์การกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี ค.ศ. 1984-2010 ผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอนาคต คือ 1) ตอนเหนือของเมืองปน ทางตะวันออกเฉียงของประเทศพม่า และ 2) บริเวณเขื่อนปากบง และเขื่อนหลวงพระบาง ในประเทศลาว



รูป 2.3. แผนที่บริเวณชายแดนภาคเหนือของประเทศไทย-ลาว-พม่าแสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b วิเคราะห์จากข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปี (ก) ค.ศ. 1984-1995 (ข) ค.ศ. 1984-2000 (ค) ค.ศ. 1984 - 2005 และ (ง) ค.ศ. 1984-2010 ดาวสีแดง คือ แผ่นดินไหวขนาด ≥ 5.0 Mw ที่เกิดขึ้นหลังจากการวิเคราะห์ สีเหลี่ยมสีดำ คือ เขื่อนขนาดใหญ่ (Piloplee et.al, 2013)

2.3. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)

เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของงานวิจัยดังกล่าวในข้างต้น งานวิจัยนี้ได้จัดระเบียบวิธีการออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. รวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณพื้นที่ศึกษาให้ได้ข้อมูลทางสถิติจำนวนมากที่สุด
3. คัดเลือกและปรับปรุงคุณภาพฐานข้อมูลแผ่นดินไหว
 - a. ปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว ปรับขนาดแผ่นดินไหวจากแต่ละฐานข้อมูลที่แตกต่างกันให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหว
 - b. คัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว กำจัดข้อมูลของแผ่นดินไหวตามและแผ่นดินไหวนำ และเลือกใช้เฉพาะแผ่นดินไหวหลักในการคำนวณ เนื่องจากแผ่นดินไหวหลักแสดงถึงการเกิดแผ่นดินไหวจากธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่
 - c. ตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่ เกิดจากความผิดพลาดของเครื่องมือและมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงสถานีในการรับข้อมูล โดยเลือกช่วงของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีอัตราการเกิดแผ่นดินไหวคงที่
4. การทดสอบย้อนกลับ
 - a. คัดเลือกกรณีศึกษา
 - b. กำหนดเงื่อนไขของตัวแปรที่จะมาวิเคราะห์
 - c. เลือกเงื่อนไขตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์แผ่นดินไหว และนำตัวแปรดังกล่าวมาใช้เพื่อประเมิน พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต
5. ประเมินค่า b ในพื้นที่ศึกษา และแปลความหมายพื้นที่ที่อาจก่อให้เกิดแผ่นดินไหวในอนาคต
6. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
7. นำเสนอและจัดทำรูปเล่มรายการวิจัย

บทที่ 3

การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

(EARTHQUAKE CATALOGUE IMPROVEMENT)

3.1. การรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Combination)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั่วโลกปัจจุบันถูกควบคุมและดูแลโดยหลากหลายหน่วยงาน ซึ่งมีการเผยแพร่ข้อมูลให้คนทั่วไปเข้าถึงได้อย่างอิสระบนระบบฐานข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่าง ๆ จะถูกบันทึกด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้และแสดงตัวอย่างรายละเอียดการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหว ดังตาราง 3.1

ตารางที่ 3.1. แสดงตัวอย่างรายละเอียดการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูล

Long	Lat	Year	Month	Day	Mag	Depth	Hour	Min	Sec
96.510	16.098	2018	8	16	4.3	10	6	50	12
96.011	16.139	2014	8	4	2.9	10	9	11	51
101.000	22.239	2018	5	22	3.4	10	16	58	31
95.689	16.149	2018	4	16	3.4	10	13	32	34
95.714	16.171	2018	4	15	3.4	10	14	27	50
96.170	16.780	2013	1	30	3.4	10	13	37	2
96.582	14.607	1983	11	3	3.4	33	9	30	3
94.866	17.041	1998	9	6	3.5	33	21	35	39
97.470	20.774	2005	1	9	3.6	10	17	42	18
94.989	22.078	2001	3	30	3.6	152	6	8	14
94.778	22.227	2001	1	14	3.6	132	9	55	46

การบันทึกรายละเอียด

1. ระบบพิกัดแสดงเป็นระบบ Latitude/Longitude ของจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว (epicenter)
2. วันที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว รายงานในระบบ Year, Month, Day
3. เวลาที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว รายงานในระบบ Hour, Min, Second

ขนาดและมาตราตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหว (magnitude and magnitude scale) ตัวแปรที่บ่งบอกว่าเครื่องตรวจรับแผ่นดินไหวนั้นตรวจรับคลื่นแผ่นดินไหวประเภทไหนเพราะเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวนั้นสามารถวัดประเภทของคลื่นได้มากกว่าหนึ่งประเภท

โดยโครงการวิจัยนี้ใช้ข้อมูลจาก 2 ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ได้แก่ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดย National Earthquake Information (NEIC) และฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดย Thai Meteorological Department (TMD) โดยมีการกำหนดข้อมูลในการคัดลอกฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ดังนี้

- กรอบละติจูดที่ 14.48 ถึง 22.87 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 94.69 ถึง 104.19 องศาตะวันออก ขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและบางส่วนของประเทศพม่า ลาว

3.1.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว National Earthquake Information (NEIC)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว National Earthquake Information (NEIC) จัดตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1940 ซึ่งอยู่ในการกำกับดูแลของกรมทรัพยากรธรณี ประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Geological Survey, USGS) โดยเป็นเครือข่ายตรวจวัดแบบอัตโนมัติ และสามารถรายงานแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นทั่วโลกได้อย่างทันทีทันใดหลังจากเกิดแผ่นดินไหว (Sipkin และคณะ, 2000) ถึงแม้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอยู่บ้างจากระบบการประมวลผลแบบอัตโนมัติ แต่เมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่น ๆ ฐานข้อมูล NEIC ถือเป็นฐานข้อมูลที่มีการรายงานข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวทันสมัยตลอดเวลา

3.1.2. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว Thai Meteorological Department (TMD)

เป็นฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่ในความดูแลของสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย มีหน้าที่ตรวจวัดและบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงนับตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1963 ซึ่งเนื่องจากหน่วยงาน TMD มีเครือข่าย ตรวจวัดแผ่นดินไหวที่กระจายตัวอยู่อย่างหนาแน่น โดยเฉพาะในพื้นที่ประเทศไทย ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจากหน่วยงาน TMD จึงมีข้อดี คือ สามารถตรวจวัดและบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในประเทศไทย หรือพื้นที่ข้างเคียงอย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวอื่นๆ

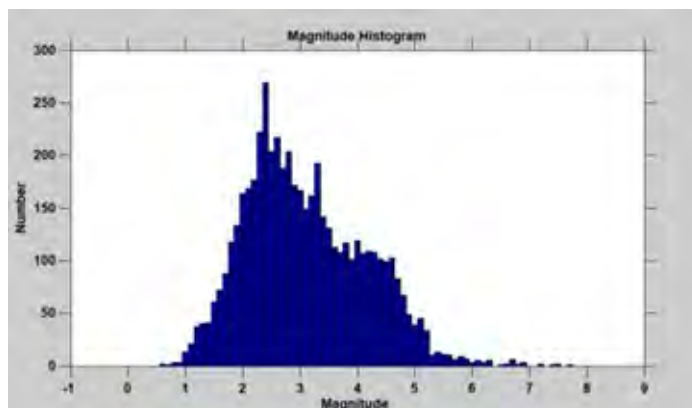
3.1.3. ผลการรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

เนื่องจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละเครือข่ายการตรวจวัดมีข้อดี-ข้อด้อยแตกต่างกันออกไป ถึงแม้เครือข่ายการตรวจวัดจากต่างประเทศนั้นมีระบบการจัดการที่ดี มีการตรวจวัดต่อเนื่อง ในระยะเวลาที่ยาวนานกว่า แต่เนื่องจากเครือข่ายการตรวจวัดกระจายอยู่ทั่วโลกอย่างห่างๆ ทำให้ตรวจวัดได้เฉพาะขนาดแผ่นดินไหวระดับปานกลาง ($> 4.0-5.0 M_w$) ขึ้นไป แต่เครือข่ายการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยานั้นถึงแม้ว่าจะไม่มีการตรวจวัดอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องมากนักเมื่อเทียบกับเครือข่ายจากต่างประเทศแต่เนื่องจากการติดตั้งสถานีตรวจวัดที่หนาแน่นครอบคลุมประเทศไทย และประเทศเพื่อนบ้านจึงทำให้เป็นเครือข่ายที่มีศักยภาพมากกว่าสำหรับแผ่นดินไหวขนาดเล็กที่เกิดขึ้นในบริเวณประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน

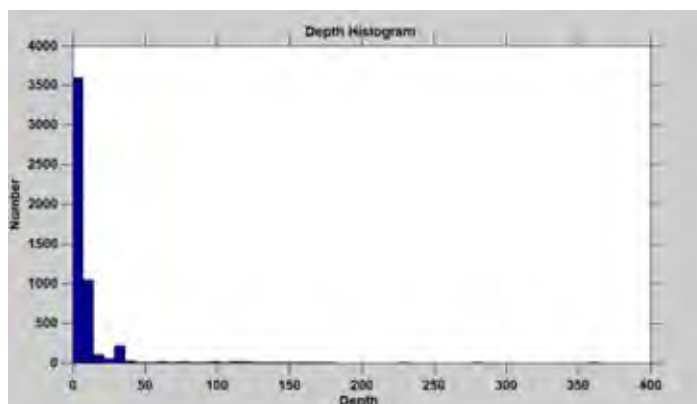
ด้วยเหตุนี้ก่อนเริ่มกระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติจำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่โดยรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากเครือข่ายการตรวจวัดต่าง ๆ ทำให้ได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ที่มีการกระจายตัวครอบคลุมมากขึ้น เมื่อรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดย National Earthquake Information (NEIC) และฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดย Thai Meteorological Department (TMD) พบว่ามีจำนวน

ข้อมูลแผ่นดินไหวรวมทั้งสิ้น 5,166 เหตุการณ์ ในช่วงปี ค.ศ. 1912-2018 โดยสามารถสรุปเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ ได้ดังแสดงในรูป 3.1.

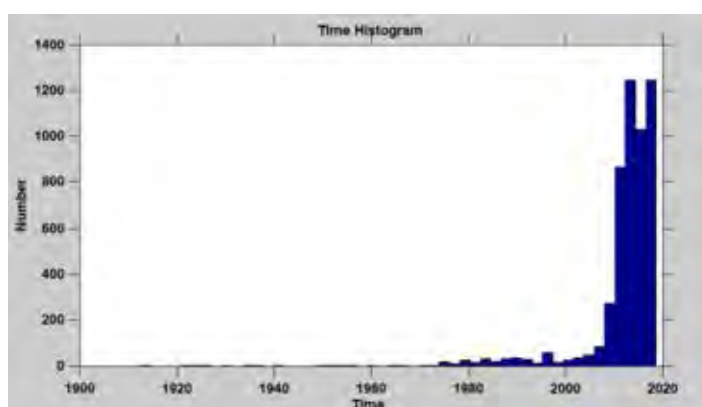
(ก) ขนาด-จำนวน แผ่นดินไหว



(ข) ความลึก-จำนวนแผ่นดินไหว

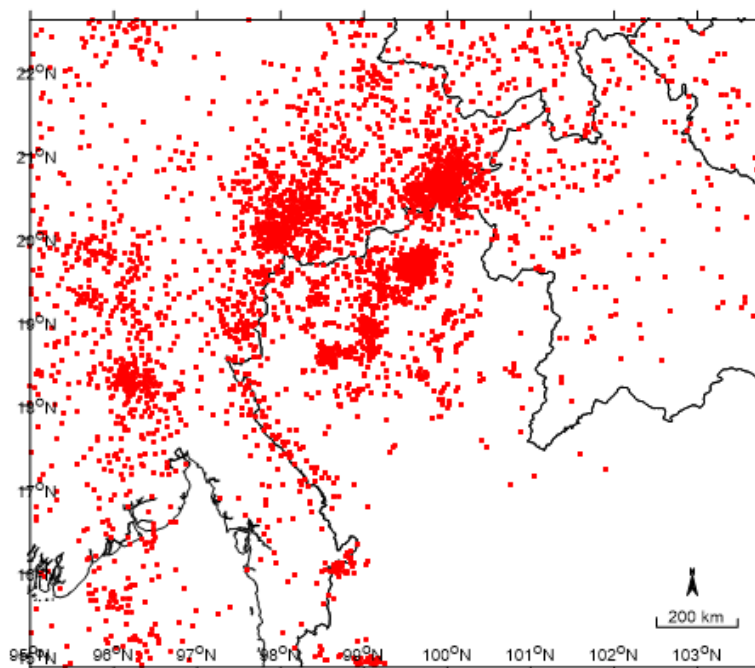


(ค) เวลา(ปี)-จำนวนแผ่นดินไหว



รูป 3.1. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวกับ (ก) ขนาด (m_b) (ข) ความลึก (กิโลเมตร) และ (ค) เวลา (ปี)

จากนั้นนำจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด 5,166 เหตุการณ์ ในช่วงปี ค.ศ. 1912-2018 ซึ่งมีขนาดแผ่นดินไหวตั้งแต่ 0.6-7.7 แมกนิจูด และมีความลึกตั้งแต่ 0-364 กิโลเมตร มาสร้างแผนที่แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล ดังแสดงในรูป 3.2.



รูป 3.2. แผนที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงแสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนการปรับปรุงคุณภาพข้อมูล (จุดสีแดง)

3.2. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)

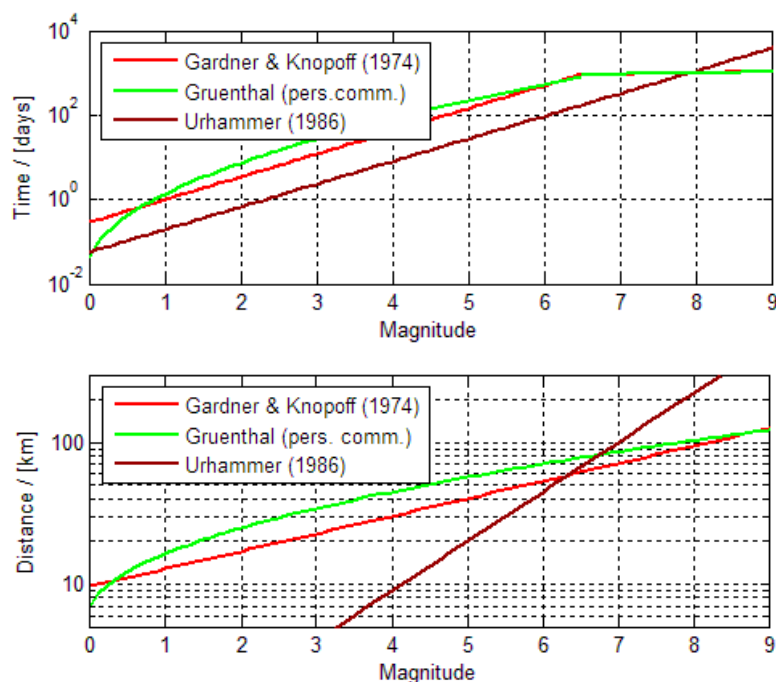
ในการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อนำไปประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในกรณีต่าง ๆ จะต้องใช้ข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวหลักเท่านั้นเนื่องจาก เหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักเกิดจากแรงเค้น (stress) แรงเครียด (strain) จากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีสัณฐาน (tectonic activity) โดยตรง ทำให้เป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากที่สุด จึงต้องมีการคัดเลือกข้อมูลโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำ และแผ่นดินไหวตามออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ซึ่งศูนย์ตรวจแผ่นดินไหวได้ทำการวัดฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด โดยไม่มีการตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นจึงต้องทำการคัดเลือกไว้เพียงข้อมูลแผ่นดินไหวหลักตามสมมติฐานของ Gardner and Knopoff (1947)

ดังนั้นหากต้องการเหตุการณ์ที่สื่อถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวโดยแท้จริงที่เกี่ยวข้องกับธรณีแปรสัณฐาน จะต้องเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก แต่จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้มานั้นจะมีการบันทึกทั้งแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวหลัก และแผ่นดินไหวตาม ดังนั้นขั้นตอนการคัดเลือกแผ่นดินไหวนี้จึงมีขึ้นเพื่อตัดแผ่นดินไหวนำ และแผ่นดินไหวตามออกไป โดยอาศัยหลักการของความสัมพันธ์ระหว่าง

1. ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว
2. ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณา
3. ช่วงเวลาที่เกิดขึ้น

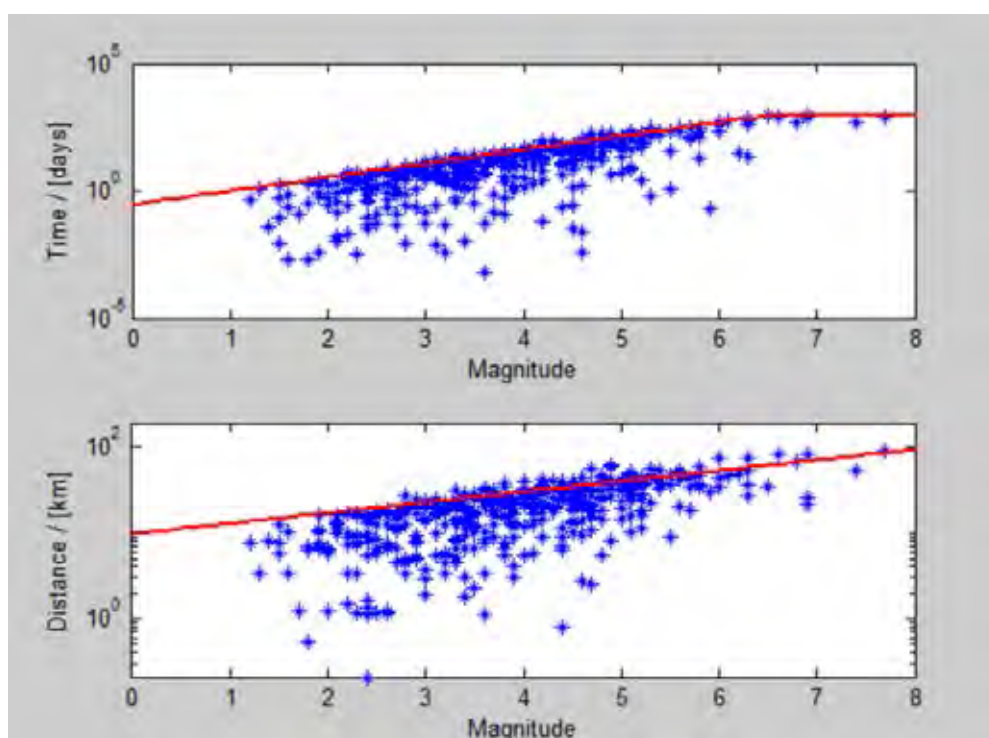
โดยวิธีการคัดเลือกแผ่นดินไหวถูกนำเสนอด้วยกัน 3 แนวคิด ได้แก่ Gardner and Knopoff (1974) Grunenthal and Urhammer (1986) ดังแสดงในรูป 3.3. ซึ่งในโครงการนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) โดยมีใจความสำคัญของแนวคิดที่ว่าหากเกิดแผ่นดินไหวหลักขนาดเล็ก พื้นที่ความเสียหายที่เกิดจากแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามจะไม่กว้างหรือจะครอบคลุมเพียงพื้นที่เล็ก ๆ และระยะเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามนั้นก็สั้น ในทางตรงกันข้ามการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ พื้นที่ความเสียหายที่เกิดจากแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามก็จะกว้างขึ้น ระยะเวลาของการปรับตัวของแผ่นดินไหวตามก็จะยาวนานขึ้น เนื่องจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเคลื่อนตัวของแผ่นดินไหวมีพื้นที่กว้างขึ้น จึงต้องใช้เวลาในการปรับให้เข้าสู่สมดุลเป็นเวลานานมากขึ้นนั่นเอง

ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน จึงเป็นหนึ่งเหตุผลในการเลือกแนวคิดดังกล่าว



รูป 3.3. แสดงสมมติฐานการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักออกจากแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม สมมติฐานของ Gardner and Knopoff (1974)

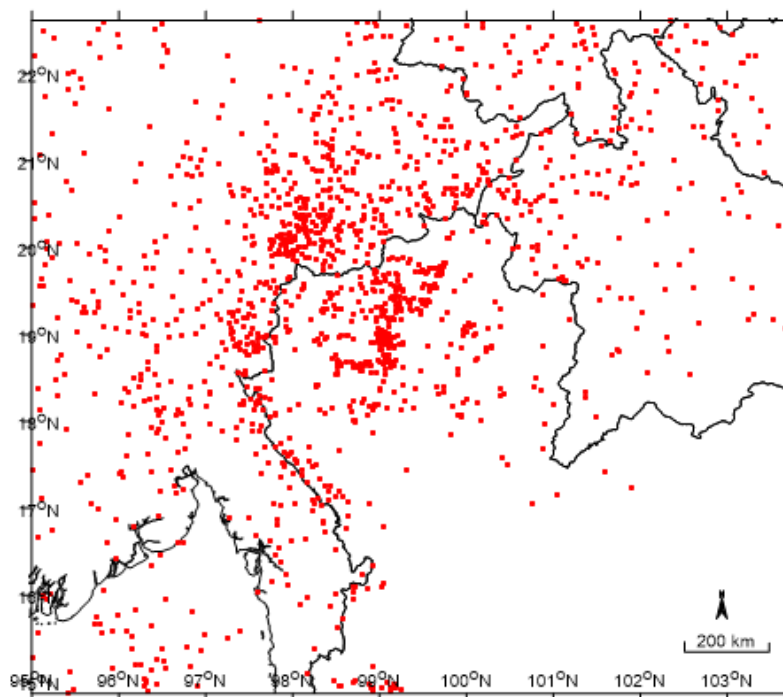
การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ด้วยการเลือกกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม ออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก โดยใช้โปรแกรม ZMAP (Wiemer, 2001) เปิดผ่านโปรแกรม MATLAB ในการทำงาน ซึ่งในการจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักนั้นจะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ศึกษา และช่วงเวลาที่เกิดขึ้น โดยที่แสดงอยู่ในรูปของกรอบของเวลา (time window) และกรอบของระยะทาง (space window) ซึ่งจะให้เห็นถึงการจัดกลุ่มกันของแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม โดยที่จะอยู่ภายใต้กรอบของเวลาและกรอบของระยะทางหรืออยู่ภายใต้เส้นสีแดง ดังรูป 3.4 ซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มของแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่ต้องกำจัดออก



รูป 3.4. แสดงผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner and Knopoff (1974) ซึ่งเส้นสีแดงแสดงถึงกรอบของเวลา (ด้านบน) และกรอบของระยะทาง (ด้านล่าง) โดยข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่เหนือเส้นสีแดง คือข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

ผลจากการจัดกลุ่มข้อมูลแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner and Knopoff (1974) พบว่า สามารถจัดกลุ่มของแผ่นดินไหวให้อยู่ในกลุ่มแผ่นดินไหวเดียวกัน (earthquake cluster) ได้ 447 กลุ่มแผ่นดินไหว และจากการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวนั้นประกอบด้วยข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 5,166 เหตุการณ์ เป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม 3,575 เหตุการณ์ ซึ่งคิดเป็น 69.20% ของเหตุการณ์ทั้งหมด จากการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้สามารถกำจัดเหตุการณ์แผ่นดินไหว

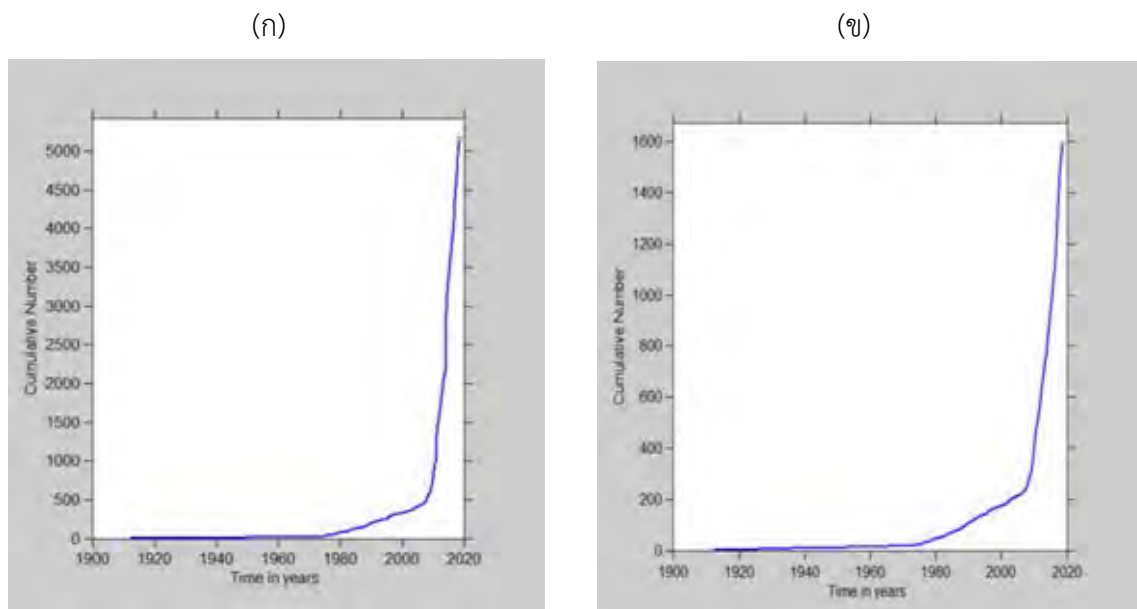
หลักได้ทั้งสิ้น 1,591 เหตุการณ์ ซึ่งแสดงแผนที่แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก ดังแสดงในรูป 3.5.



รูป 3.5. แผนที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงแสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (จุดสีแดง)

นักแผ่นดินไหววิทยาเชื่อว่ากลไกหลักของการเกิดแผ่นดินไหวของกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐาน เช่น ความเร็วหรือทิศทางของการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างทันทีทันใดในระยะเวลายันสั้น ดังนั้นอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 100 ปีของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจึงควรมีอัตราการเกิดที่สม่ำเสมอ หรืออีกนัยหนึ่งหากพิจารณาในเชิงจำนวนแผ่นดินไหวตามเวลาของการบันทึกในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ควรให้ผลเป็นกราฟเส้นตรง

ดังนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้หลังจากการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (earthquake decluttering) มาพิจารณาในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ข้างต้น ผลปรากฏดังแสดงในรูป 3.6. ซึ่งพบว่ากราฟความสัมพันธ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก มีความเป็นเส้นตรงมากขึ้นกว่าข้อมูลแผ่นดินไหวเดิมที่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุงข้อมูล แต่ก็ยังไม่ถือว่าเป็นเส้นตรงสมบูรณ์ตามหลักการ จึงเป็นผลว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลักนี้ก็ยังไม่สมบูรณ์ 100% จึงต้องนำข้อมูลแผ่นดินไหวไปปรับปรุงคุณภาพอีกในขั้นตอนถัดไป

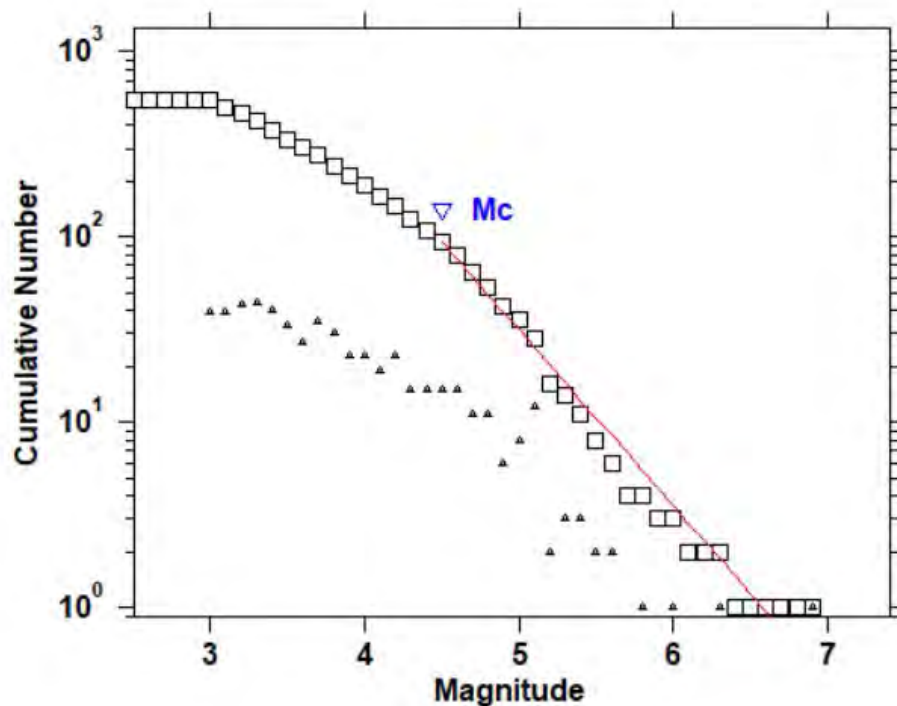


รูป 3.6. แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหว (ก) ก่อนดำเนินการปรับปรุงฐานข้อมูล และ (ข) ข้อมูลแผ่นดินไหวหลังผ่านกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก

3.4. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)

จากการศึกษาในอดีต นักแผ่นดินไหววิทยาพบมีความไม่สมบูรณ์ของการตรวจวัดแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพและความไวต่อสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวของเครื่องมือตรวจวัด เช่น ในกรณีแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็ก แรงสั่นสะเทือนบางส่วนไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือทั้งที่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นจริง ด้วยเหตุนี้จึงมีการกำหนดขนาดแผ่นดินไหวต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์ที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือเรียกขนาดแผ่นดินไหวนี้ว่า Magnitude of completeness หรือ Mc Woessner and Wiemer (2005) แผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า Mc นั้นบางเครือข่ายไม่สามารถตรวจวัดได้ ดังนั้นการกำหนดค่า Mc ให้ถูกต้องจึงส่งผลต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวได้อย่างถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

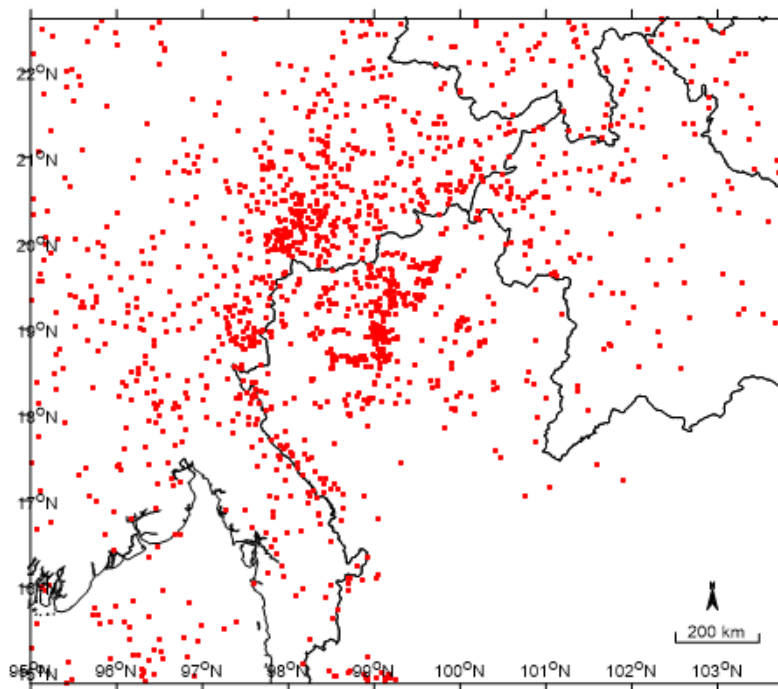
เมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อคัดเลือกขนาดแผ่นดินไหวต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์ในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมของการเกิดแผ่นดินไหวและขนาดแผ่นดินไหว จึงมีการกำหนดค่า $M_c = 4.5$ ดังแสดงในรูป 3.7. ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลแผ่นดินไหวต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์คือ แผ่นดินไหวที่มีขนาด $4.5 m_b$ ขึ้นไป



รูป 3.7. กราฟแสดงการคัดเลือกแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์จากเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหว โดยเครื่องหมายสามเหลี่ยมแสดงจำนวนแผ่นดินไหวที่พบในแต่ละขนาด ส่วนเครื่องหมายสี่เหลี่ยมแสดงจำนวนแผ่นดินไหวสะสมพบว่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่มีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้นั้นคือ $M_c = 4.5$ (จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมของการเกิดแผ่นดินไหวและขนาดแผ่นดินไหวจะเป็นเส้นตรงสมบูรณ์ตั้งแต่ $M_c = 4.5$ ขึ้นไป ดังเส้นกราฟสีแดง)

หลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลแผ่นดินไหวผ่านกระบวนการทางสถิติทั้งหมดข้างต้น ถือว่าฐานข้อมูลที่ได้นั้นมีคุณภาพและมีความสมบูรณ์มากพอที่สามารถนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งข้อมูลแผ่นดินไหวสุทธิที่ได้ มีจำนวนทั้งหมด 1,575 เหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 2000-2018 โดยมีขนาดแผ่นดินไหวตั้งแต่ 0.6-7.7 m_b ขึ้นไป ด้วยความลึก 0-364 กิโลเมตร ซึ่งแสดงแผนที่แสดงการกระจายตัวของแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ ดังแสดงในรูป 3.8.

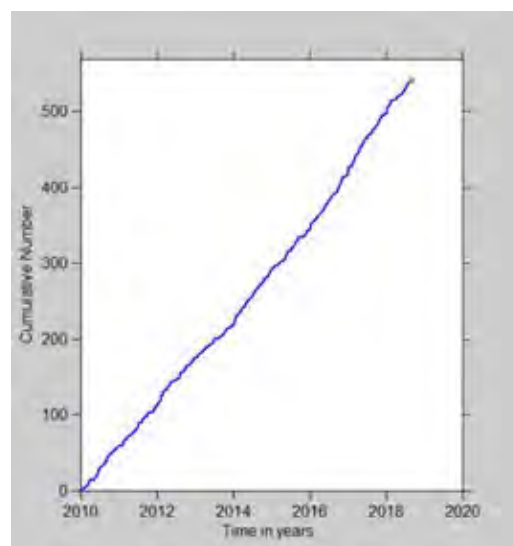
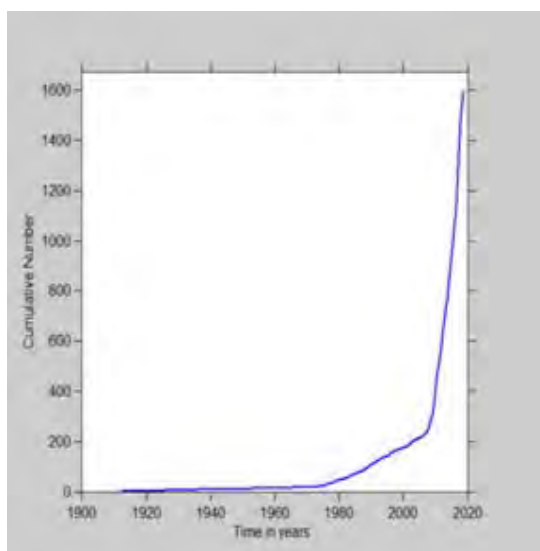
หากพิจารณาที่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมของการเกิดแผ่นดินไหวกับปีที่เกิดแผ่นดินไหว หลังผ่านกระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลแล้วจะพบว่า กราฟมีความเป็นเส้นตรงมากขึ้นจนเกือบจะเป็นเส้นตรงเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลก่อนที่จะได้รับการปรับปรุงหรือข้อมูลที่ยังอยู่ในกระบวนการปรับปรุงขั้นตอนก่อนหน้า แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้หลังจากปรับปรุงแล้วจะมีความใกล้เคียงกับการเกิดแผ่นดินไหวตามธรรมชาติที่มีอัตราการเกิดแบบคงที่ ซึ่งจะเป็นฐานข้อมูลที่มีคุณภาพเหมาะแก่การนำไปวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงในรูป 3.9.



รูป 3.8. แผนที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียงแสดงการกระจายตัวของแผ่นดินไหวหลังคัดเลือกระดับแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์หลัก (จุดสีแดง)

(ก)

(ข)



รูป 3.9. แสดงการเปรียบเทียบกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหวระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหว (ก) ข้อมูลแผ่นดินไหวหลังผ่านกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลักและ (ข) หลังจากคัดเลือกระดับแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์

บทที่ 4

การวิเคราะห์และผลการศึกษา

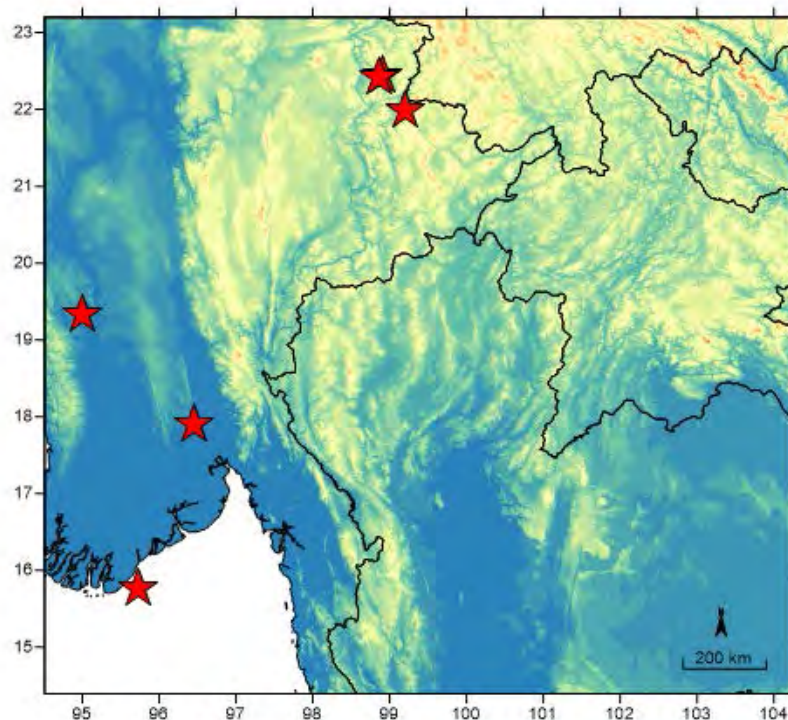
(ANALYSIS AND RESULT)

4.1. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)

การทดสอบย้อนกลับคือการย้อนกลับไปเหตุการณ์และพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ ซึ่งทำการวิเคราะห์ค่า b เริ่มจากการหาเงื่อนไขของการเกิดแผ่นดินไหวจากกรณีศึกษาที่เลือกมา โดยนำตัวแปรต่าง ๆ ที่สนใจมาวิเคราะห์ซ้ำหลายครั้งเพื่อหาพื้นที่เสี่ยงภัยก่อนการเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ในอดีต ที่ได้คัดเลือกมาเป็นกรณีศึกษาจนครบ จะนำตัวแปรที่ให้ผลแม่นยำที่สุดมาใช้ในการหาพื้นที่เสี่ยงในอนาคตต่อไป

4.1.1. คัดเลือกกรณีศึกษา (Case Study)

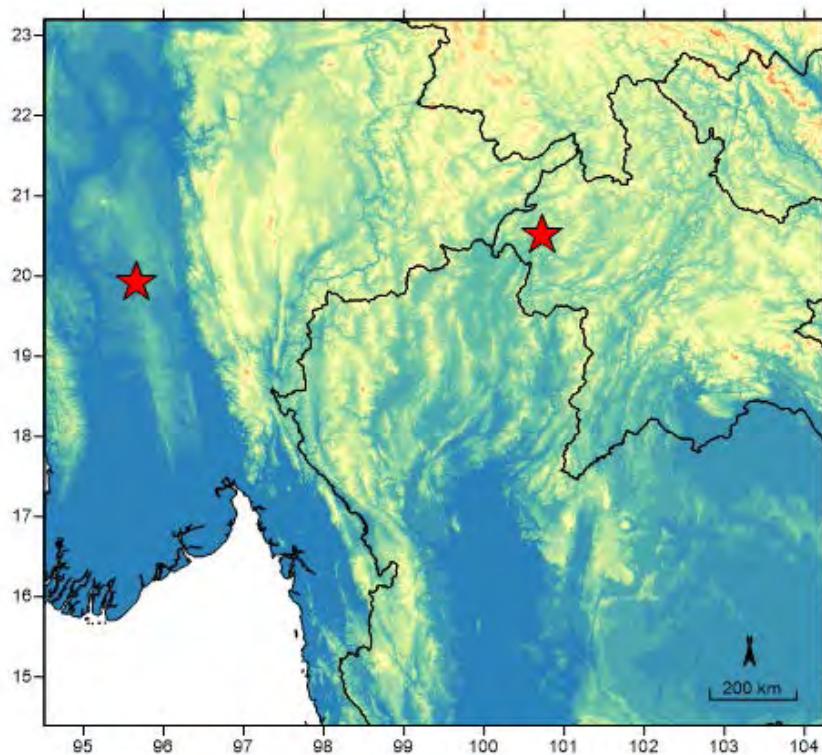
ในการศึกษานี้สนใจกรณีศึกษาที่มีขนาดมากกว่า $6.0 m_b$ ขึ้นไปซึ่งมีทั้งหมด 11 กรณีศึกษา โดยแบ่งตามปีค.ศ. ได้เป็น 3 ชุดข้อมูลดังนี้ 1) ค.ศ.1990-2000 จำนวนทั้งสิ้น 6 เหตุการณ์ ดังภาพที่ 4.1 และข้อมูลตารางที่ 4.1. 2) ค.ศ. 2000-2010 จำนวนทั้งสิ้น 2 เหตุการณ์ ดังภาพที่ 4.2. และข้อมูลตารางที่ 4.2. 3) ค.ศ. 2010-2018 จำนวนทั้งสิ้น 3 เหตุการณ์ ดังภาพที่ 4.3. และข้อมูลตารางที่ 4.3.



รูป 4.1. แผนที่แสดงตำแหน่งของกรณีศึกษาทั้งหมด 6 กรณีศึกษา แสดงด้วยสัญลักษณ์รูปดาวสีแดง

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา 6 เหตุการณ์

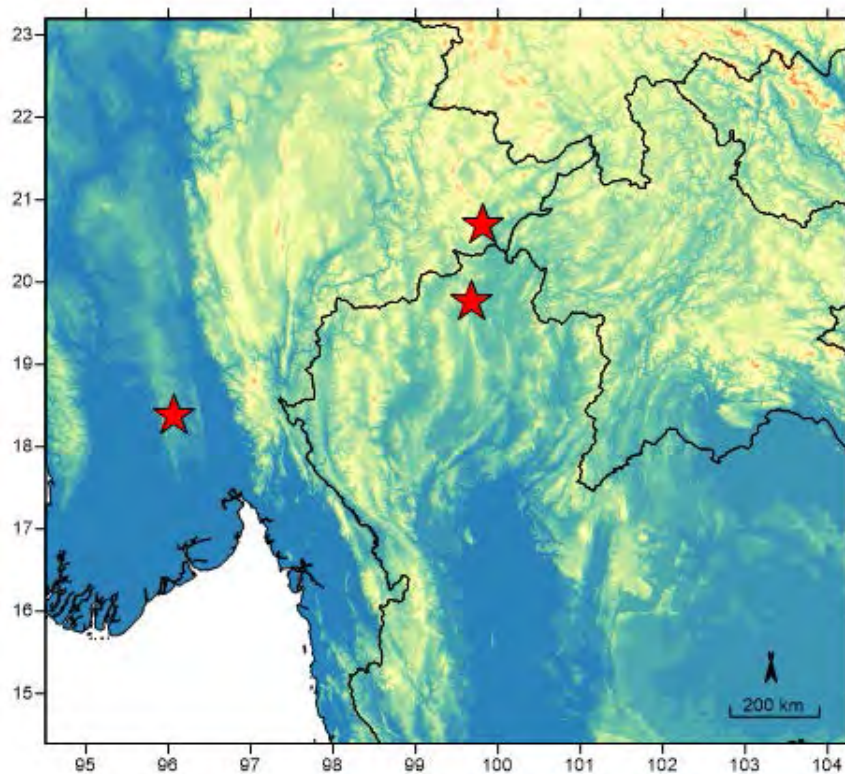
Long	Lat	Year	Month	Day	Mag	Depth	Hour	Min
95.738	15.746	1991	4	1	6	15	3	53
98.904	22.437	1992	4	23	6.1	12	14	18
98.852	22.418	1992	4	23	6.2	10	15	32
96.457	17.899	1995	5	16	6.1	11	21	48
99.196	21.966	1995	7	11	6.8	13	21	46
95.013	19.33	1996	11	11	6	80	9	22



รูป 4.2. แผนที่แสดงตำแหน่งของกรณีศึกษาทั้งหมด 2 กรณีศึกษา แสดงด้วยสัญลักษณ์รูปดาวสีแดง

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา 2 เหตุการณ์

Long	Lat	Year	Month	Day	Mag	Depth	Hour	Min
95.672	19.917	2003	9	21	6.6	10	18	16
100.732	20.503	2007	5	16	6.3	9	8	56



รูป 4.3. แผนที่แสดงตำแหน่งของกรณีศึกษาทั้งหมด 3 กรณีศึกษา แสดงด้วยสัญลักษณ์รูปดาวสีแดง

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา 3 เหตุการณ์

Long	Lat	Year	Month	Day	Mag	Depth	Hour	Min
99.822	20.687	2011	3	24	6.9	8	13	55
99.692	19.748	2014	5	5	6.3	7	11	8
96.072	18.372	2018	1	11	6	9	18	26

4.1.2. การทำแผนที่ของค่า b (Mapping b value)

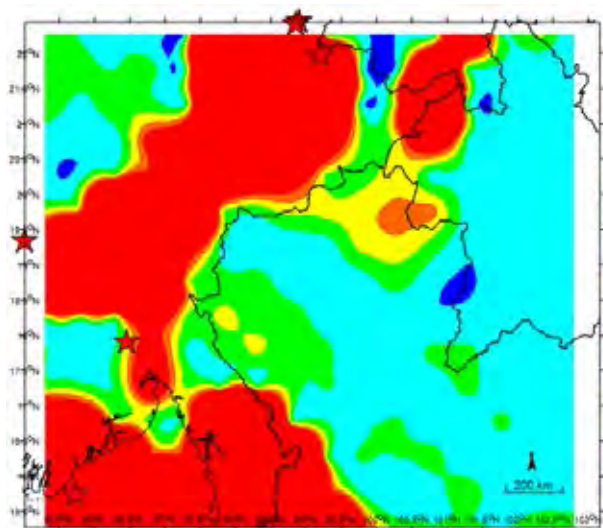
เมื่อเราได้รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่สามารถสื่อถึงพฤติกรรมแผ่นดินไหว เราสามารถคำนวณค่า b โดยใช้ ZMAP ที่ถูกพัฒนาโดย Wiemer (2001) ZMAP ถูกเขียนให้ใช้งานบนโปรแกรม MATLAB ต้องแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นตาราง ที่แต่ละจุด ค่า M_c และ b จะถูกคำนวณจากเหตุการณ์ N เหตุการณ์ ซึ่ง N เป็นค่าที่ถูกกำหนดไว้ หลังจากนั้นคำนวณค่า b ซึ่งใช้วิธีความเป็นไปได้สูงสุดของ Aki (1965) ในการคำนวณค่า b ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงตามเวลา เราต้องหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการคำนวณค่า b ของพื้นที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทย และพื้นที่ข้างเคียง ซึ่งเราได้กำหนดจำนวนตัวอย่างเหตุการณ์ของรัศมีใด ๆ ซึ่งจำนวนของตัวอย่างจะมีทั้งหมด 14 ค่าได้แก่ 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 ละ 80 เหตุการณ์ ตามลำดับเพื่อหาจำนวนที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับความเสถียรของผลลัพธ์ ด้วยวิธีการกวาดรัศมีของพื้นที่เพื่อให้ได้ข้อมูลแผ่นดินไหว ตามจำนวนเหตุการณ์ถูกที่กำหนดไว้

ความละเอียดของแผนที่ขึ้นอยู่กับตารางและความหนาแน่นของแผ่นดินไหว Nuanin และคณะ (2006) โดยแผนที่ ภูมิความหนาแน่นของแผ่นดินไหวสูง มีขนาดของตารางเล็ก จะแสดงความละเอียดสูง ดังนั้นในพื้นที่ศึกษาเราจึงแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นตาราง $0.50 \times 0.50^\circ$ โดยเราจะคำนวณค่าต่าง ๆ โดยการกวาดรัศมีใด ๆ จนครบตามค่าเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่กำหนดไว้

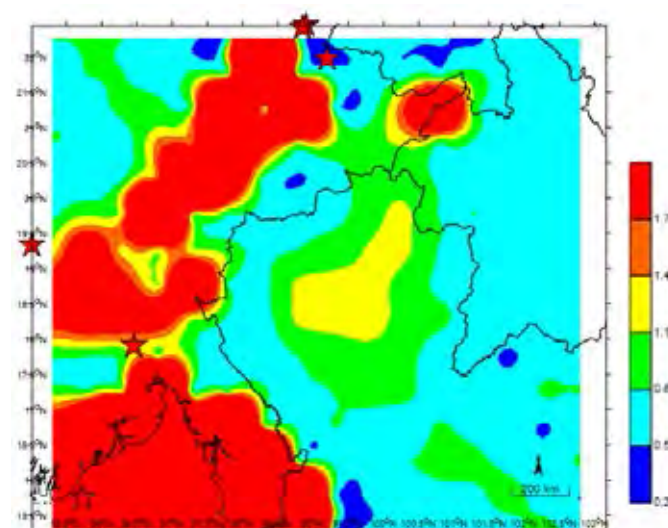
จากนั้นเมื่อได้จำนวนของแผ่นดินไหวและขนาดแล้วนำมาหาความสัมพันธ์ของ frequency-magnitude distribution โดยจะได้กราฟเส้นตรงของ Gutenberg และ Richter ได้ค่า b จากความชัน จากนั้นค่า b ในแต่ละพื้นที่จะถูกแปลเป็นรหัสสีเพื่อหาค่าความผิดปกติ (ค่า b ต่ำ) สุดท้ายเราจะได้แผนที่การกระจายตัวของค่า b รูป 4.2.

กรณีศึกษาทั้งสิ้น 6 เหตุการณ์ในช่วงปีค.ศ. 1990-2000

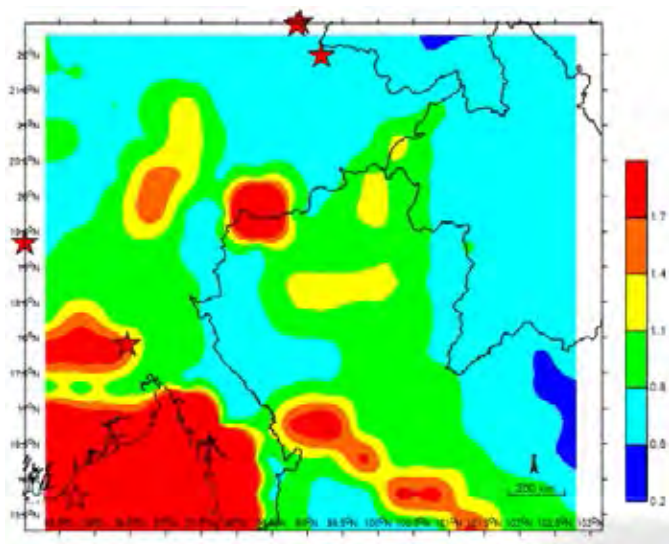
(ก.1) ตัวแปรที่ใช้ 15 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



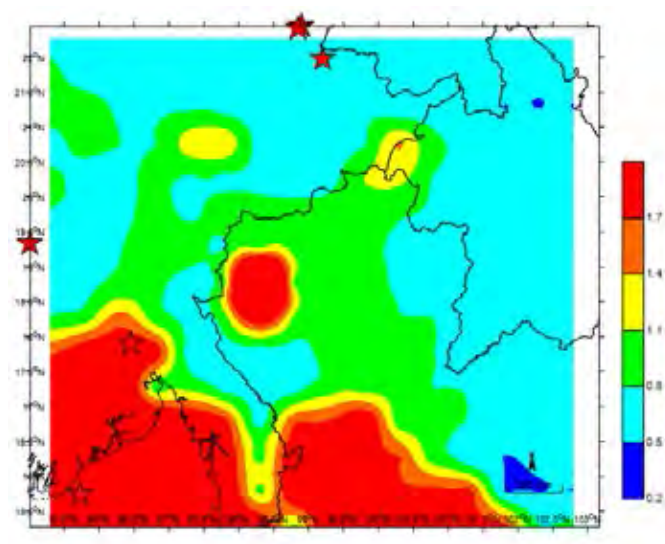
(ก.2) ตัวแปรที่ใช้ 20 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



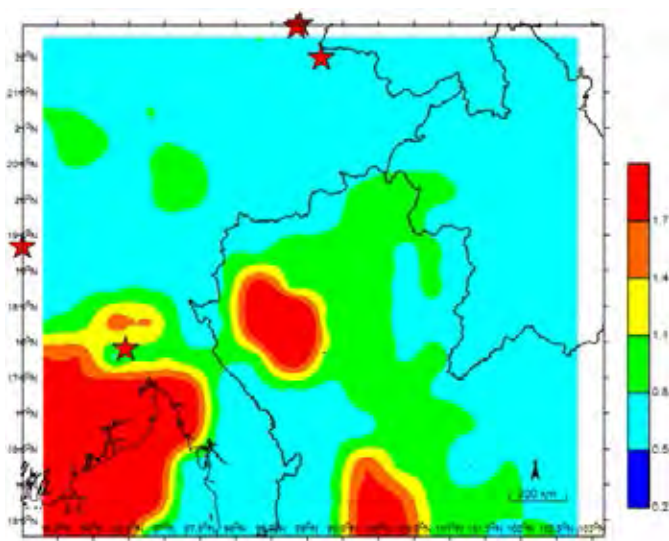
(ก.3) ตัวแปรที่ใช้ 25 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



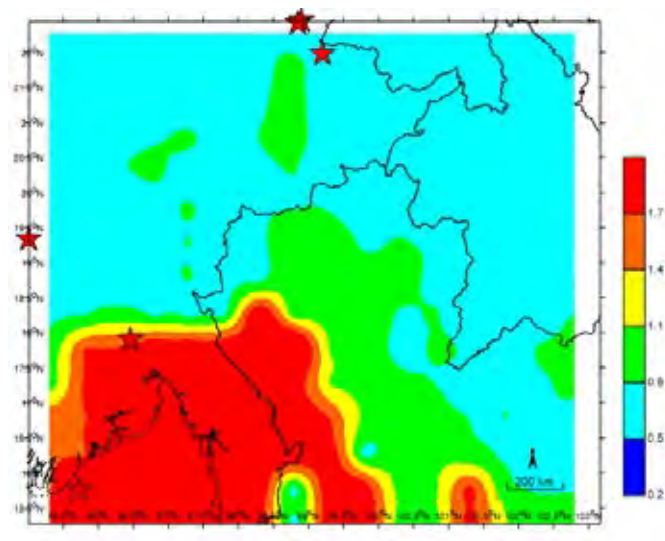
(ก.4) ตัวแปรที่ใช้ 30 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



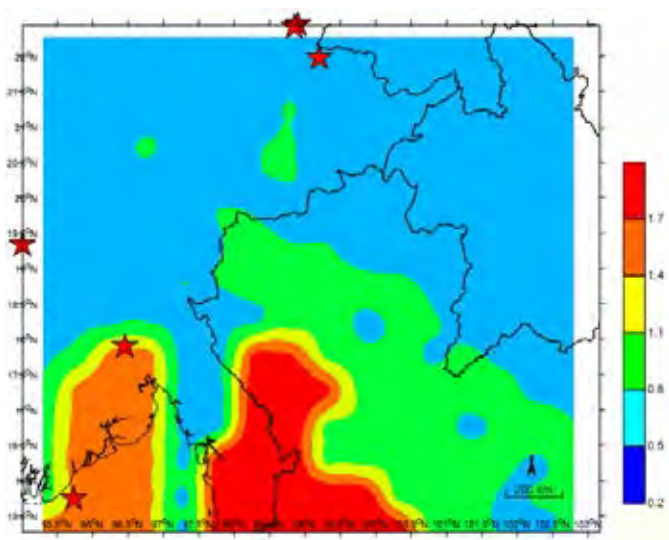
(ก.5) ตัวแปรที่ใช้ 35 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



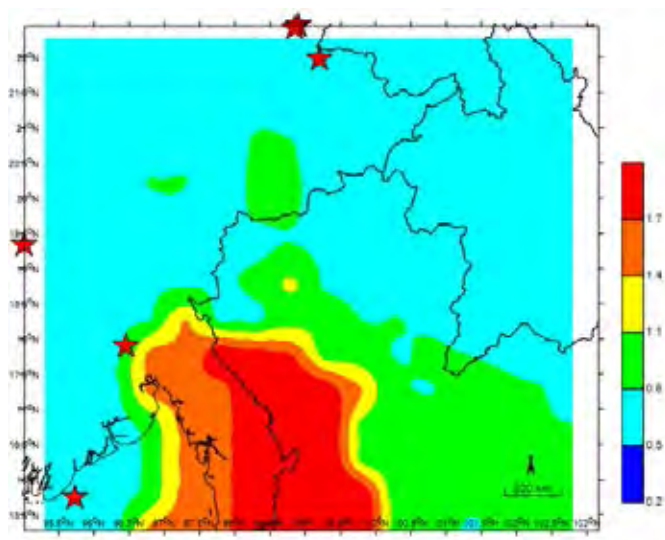
(ก.6) ตัวแปรที่ใช้ 40 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



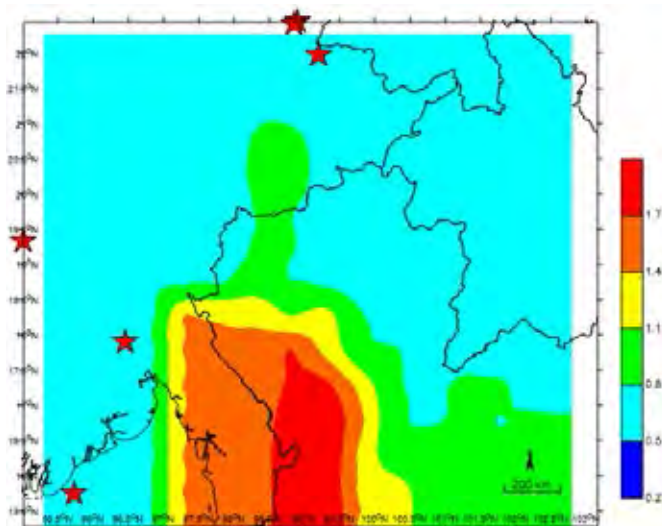
(ก.7) ตัวแปรที่ใช้ 45 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



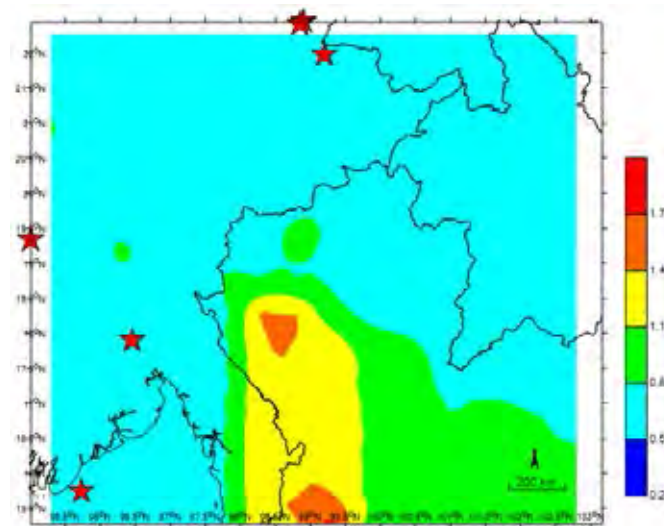
(ก.8) ตัวแปรที่ใช้ 50 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



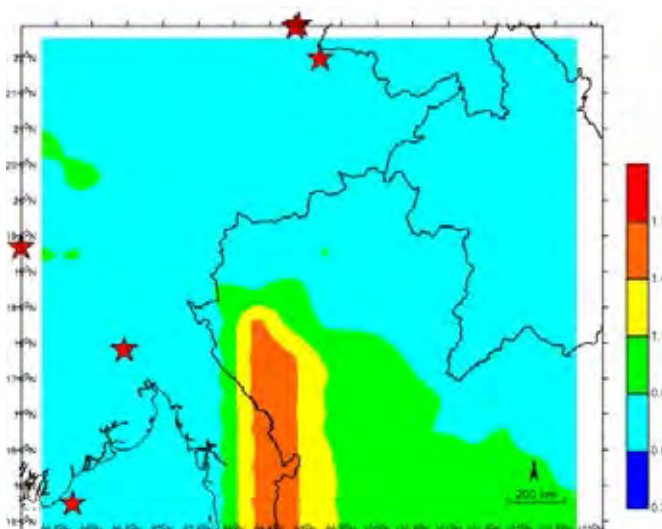
(ก.9) ตัวแปรที่ใช้ 55 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



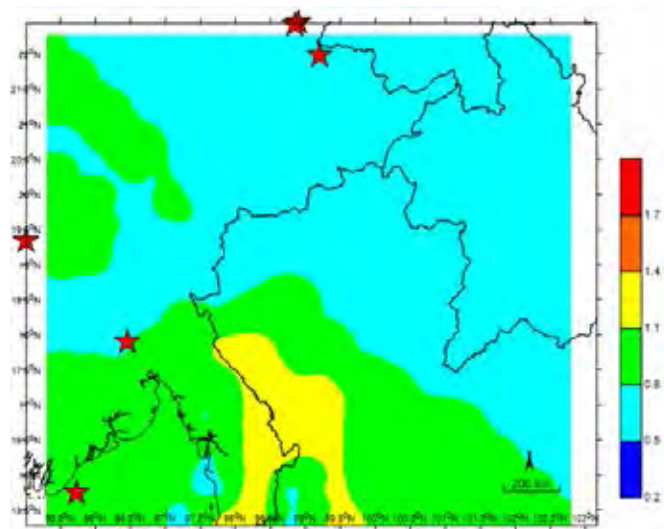
(ก.10) ตัวแปรที่ใช้ 60 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



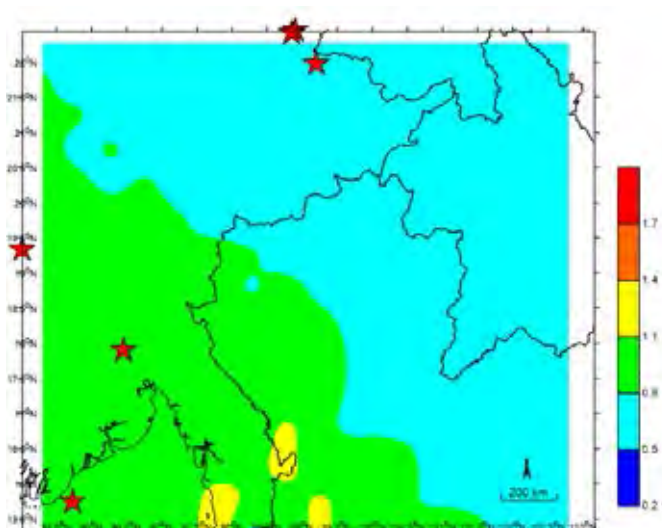
(ก.11) ตัวแปรที่ใช้ 65 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



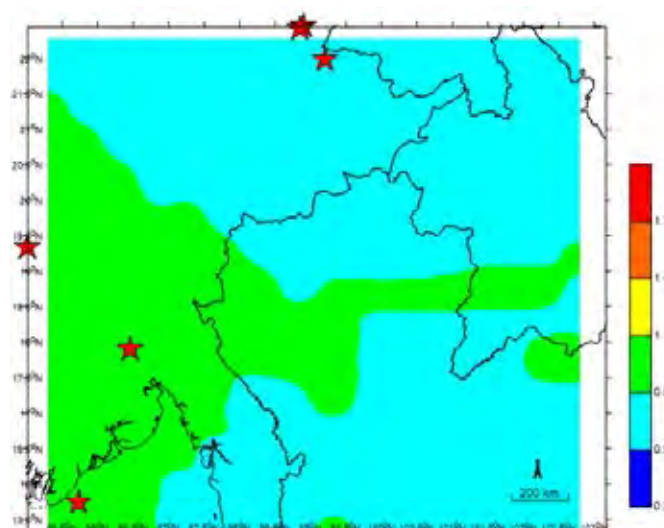
(ก.12) ตัวแปรที่ใช้ 70 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



(ก.13) ตัวแปรที่ใช้ 75 เหตุการณ์แผ่นดินไหว

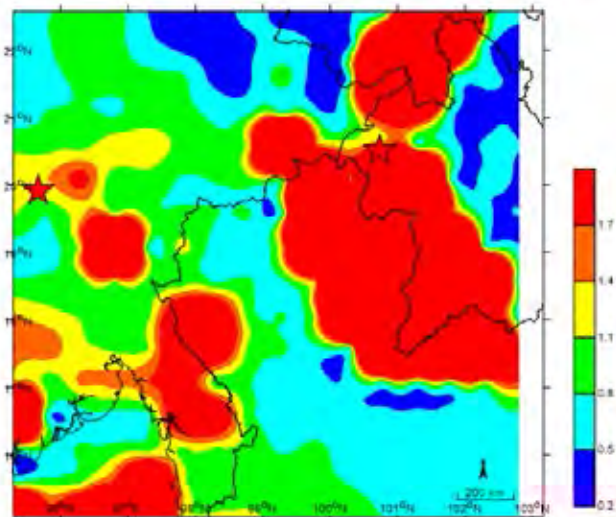


(ก.14) ตัวแปรที่ใช้ 80 เหตุการณ์แผ่นดินไหว

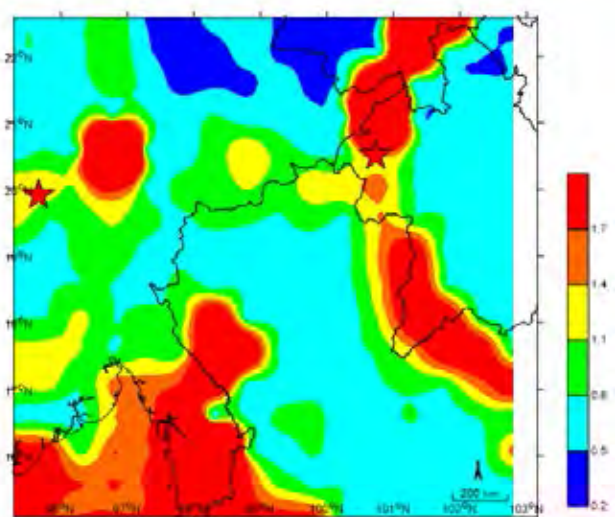


กรณีศึกษาทั้งสิ้น 2 เหตุการณ์ในช่วงปีค.ศ. 2000-2010

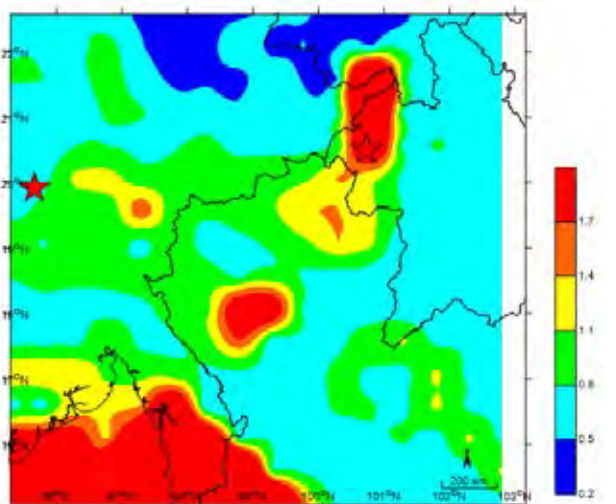
(ข.1) ตัวแปรที่ใช้ 15 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



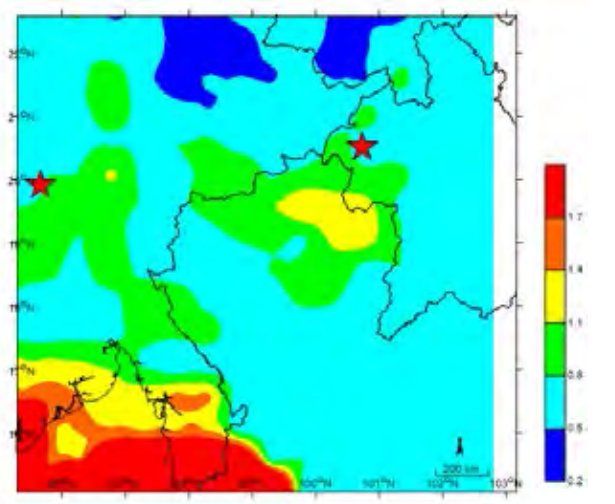
(ข.2) ตัวแปรที่ใช้ 20 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



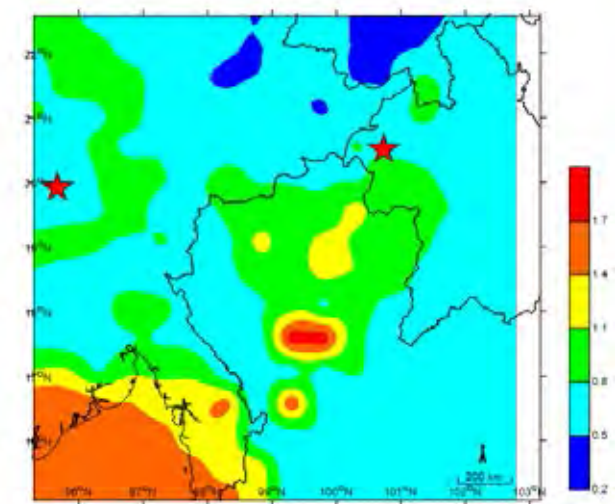
(ข.3) ตัวแปรที่ใช้ 25 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



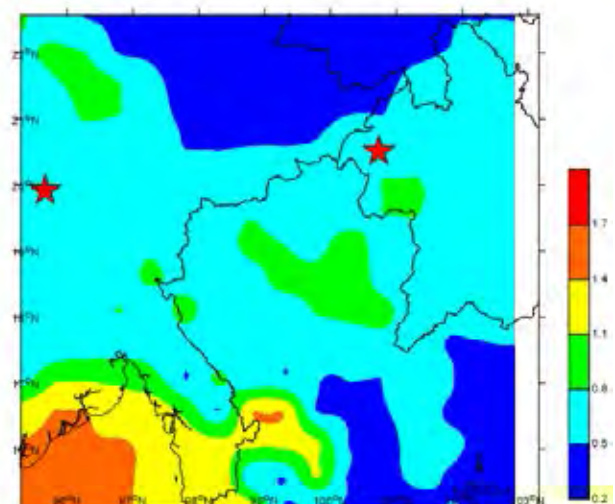
(ข.4) ตัวแปรที่ใช้ 30 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



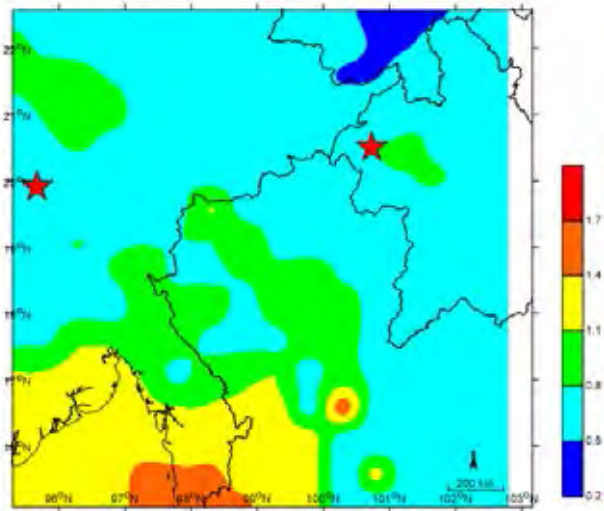
(ข.5) ตัวแปรที่ใช้ 35 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



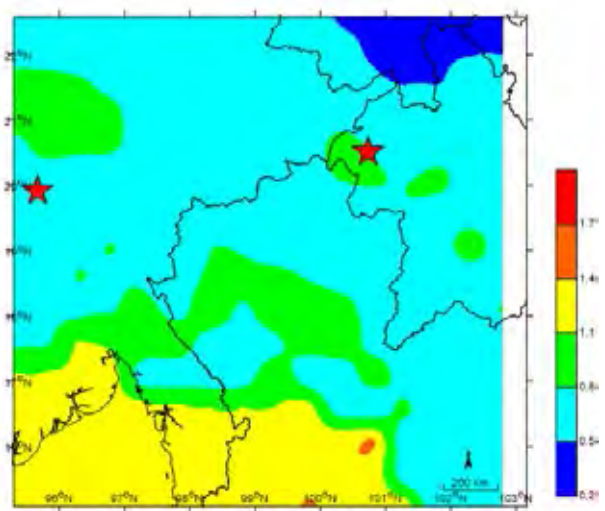
(ข.6) ตัวแปรที่ใช้ 40 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



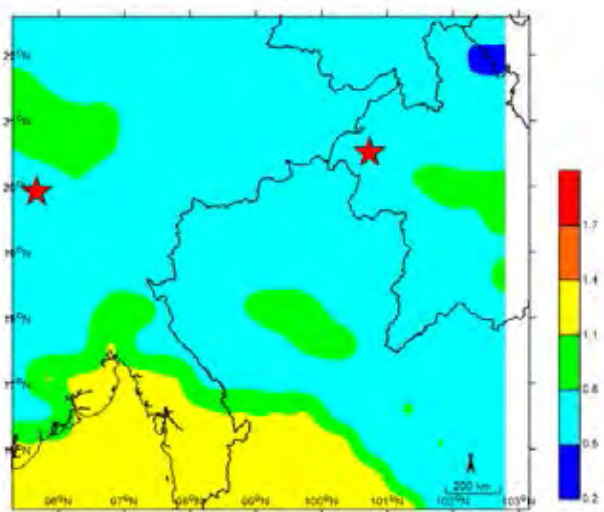
(ข.7) ตัวแปรที่ใช้ 45 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



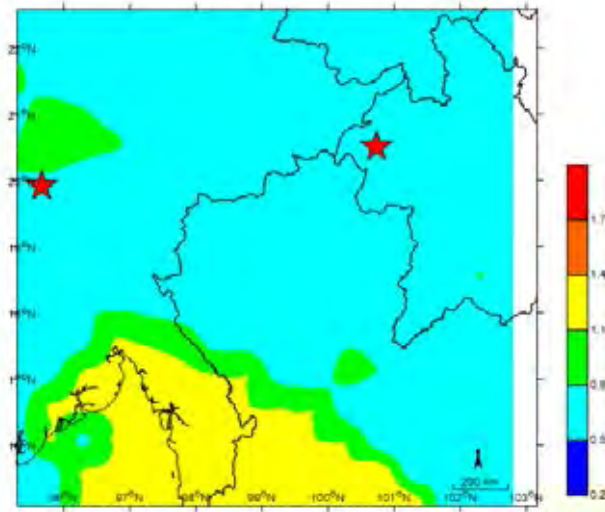
(ข.8) ตัวแปรที่ใช้ 50 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



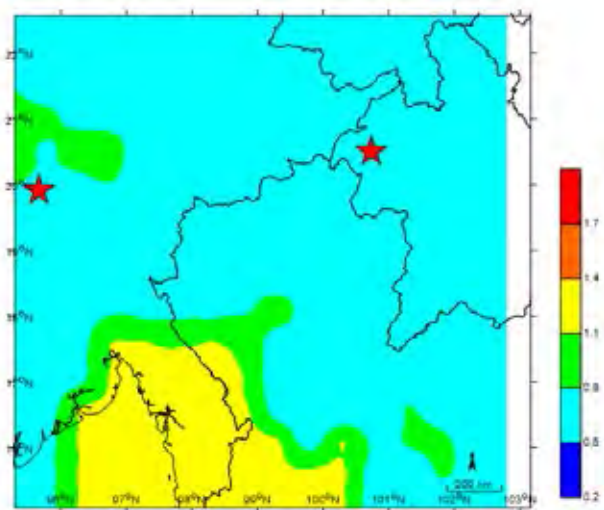
(ข.9) ตัวแปรที่ใช้ 55 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



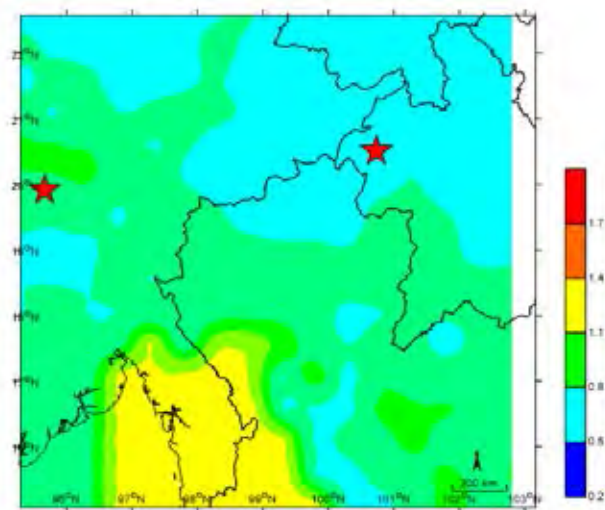
(ข.10) ตัวแปรที่ใช้ 60 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



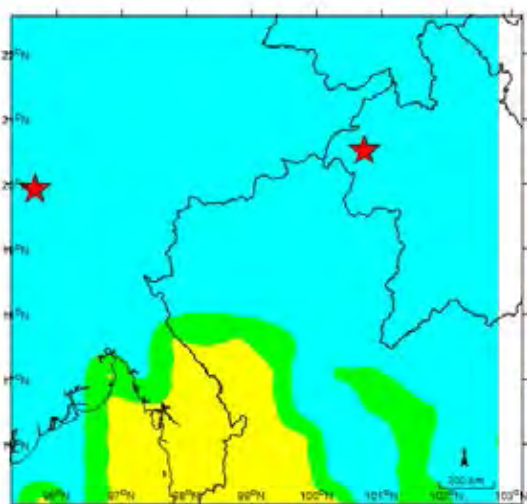
(ข.11) ตัวแปรที่ใช้ 65 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



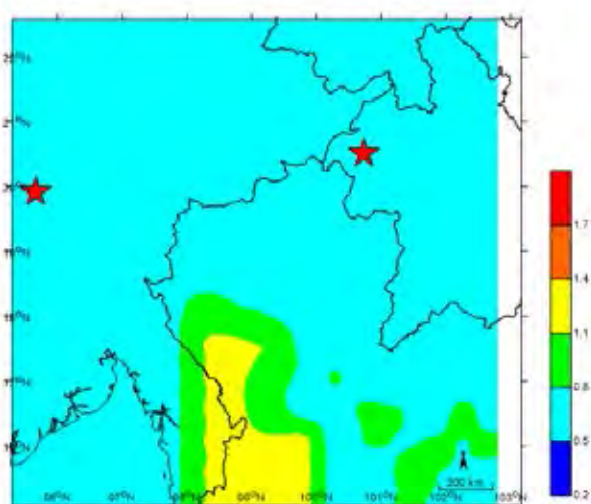
(ข.12) ตัวแปรที่ใช้ 70 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



(ข.13) ตัวแปรที่ใช้ 75 เหตุการณ์แผ่นดินไหว

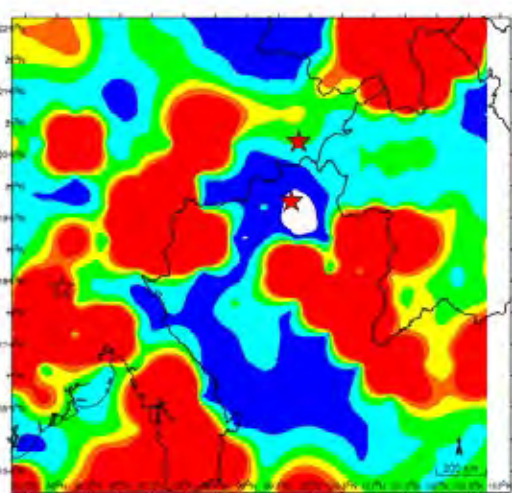


(ข.14) ตัวแปรที่ใช้ 80 เหตุการณ์แผ่นดินไหว

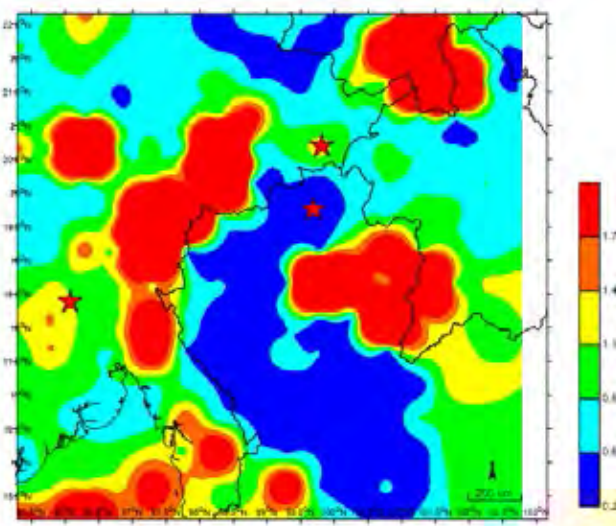


กรณีศึกษาทั้งสิ้น 3 เหตุการณ์ในช่วงปีค.ศ. 2010-2018

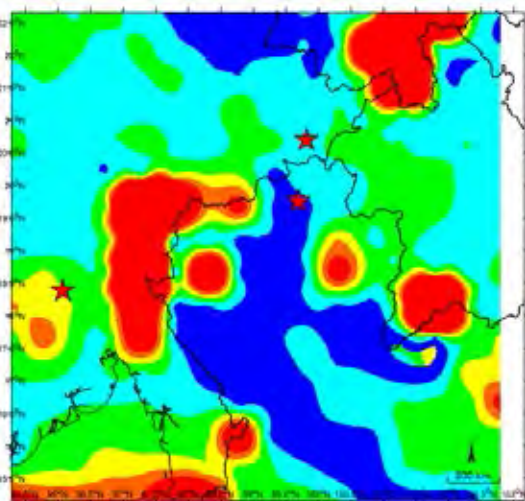
(ค.1) ตัวแปรที่ใช้ 15 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



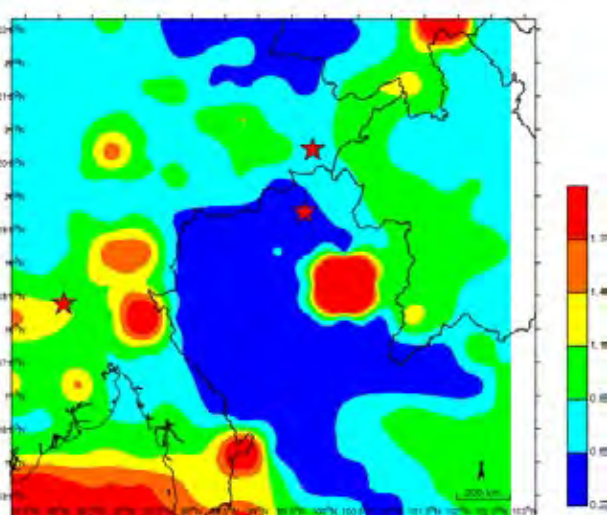
(ค.2) ตัวแปรที่ใช้ 20 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



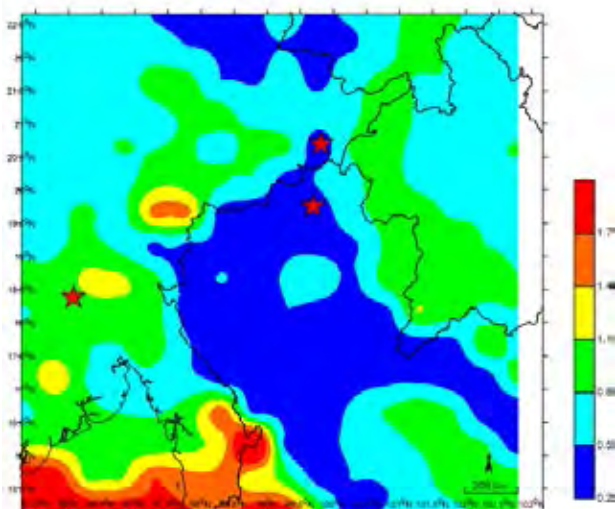
(ค.3) ตัวแปรที่ใช้ 25 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



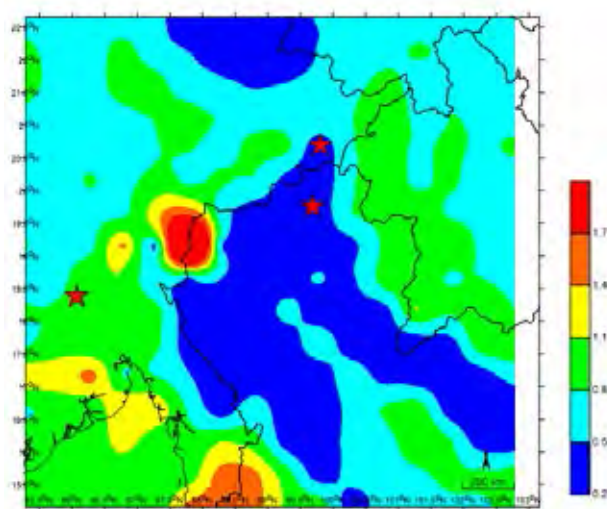
(ค.4) ตัวแปรที่ใช้ 30 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



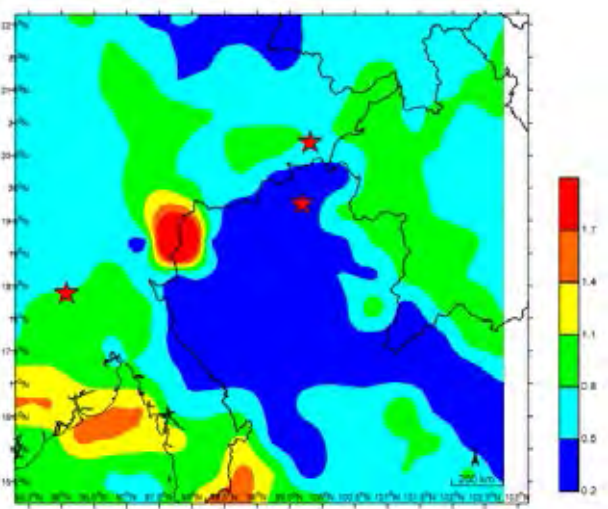
(ค.5) ตัวแปรที่ใช้ 35 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



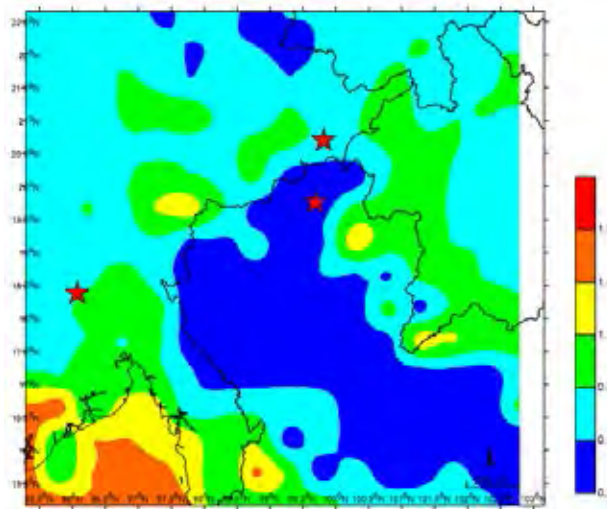
(ค.6) ตัวแปรที่ใช้ 40 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



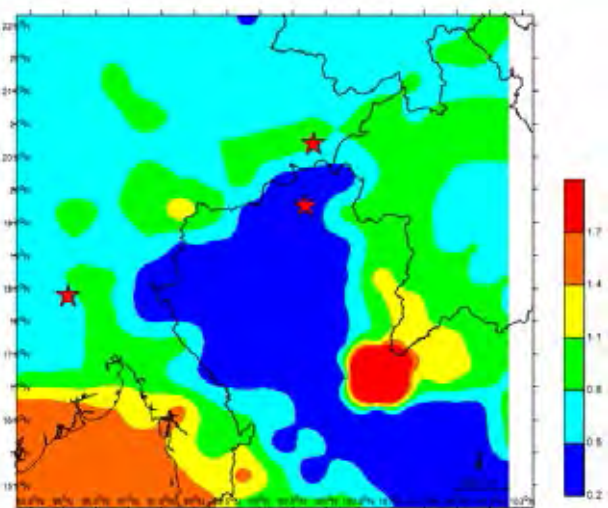
(ค.7) ตัวแปรที่ใช้ 45 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



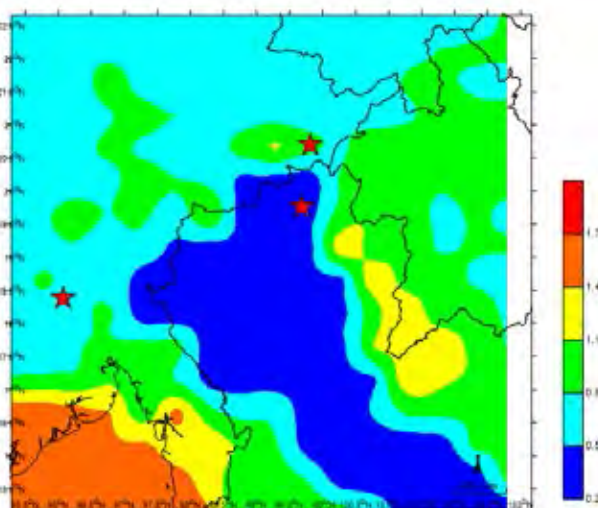
(ค.8) ตัวแปรที่ใช้ 50 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



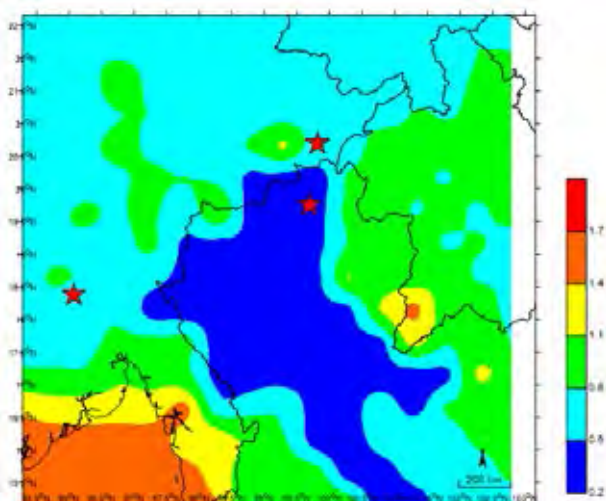
(ค.9) ตัวแปรที่ใช้ 55 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



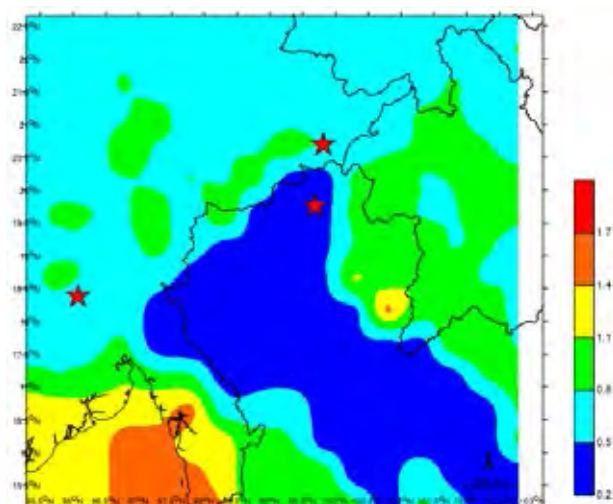
(ค.10) ตัวแปรที่ใช้ 60 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



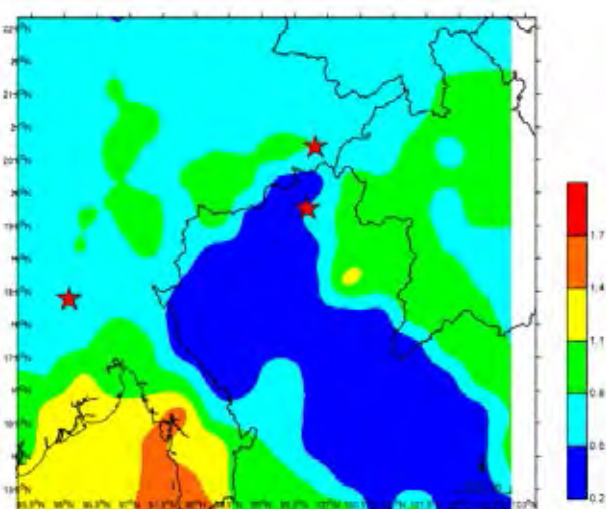
(ค.11) ตัวแปรที่ใช้ 65 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



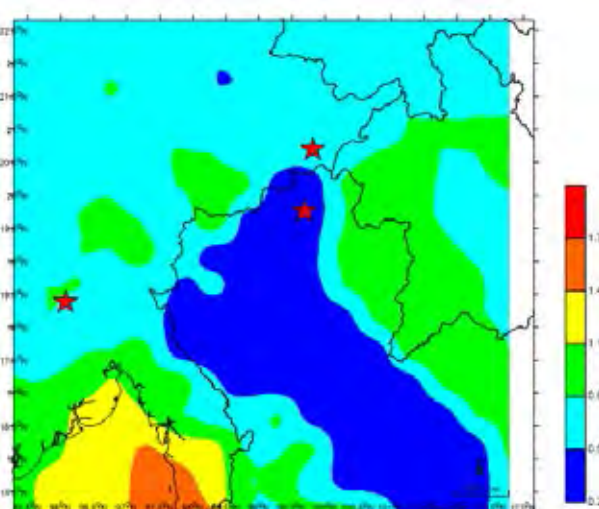
(ค.12) ตัวแปรที่ใช้ 70 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



(ค.13) ตัวแปรที่ใช้ 75 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



(ค.14) ตัวแปรที่ใช้ 80 เหตุการณ์แผ่นดินไหว



รูป 4.4. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b ของทั้ง 11 กรณีศึกษา จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวคือดาวสีแดง และ พื้นที่สีฟ้า คือ บริเวณที่มีค่า b ต่ำ แต่ละกรณีแสดงด้วยรูป (ก.14) - (ค.14)

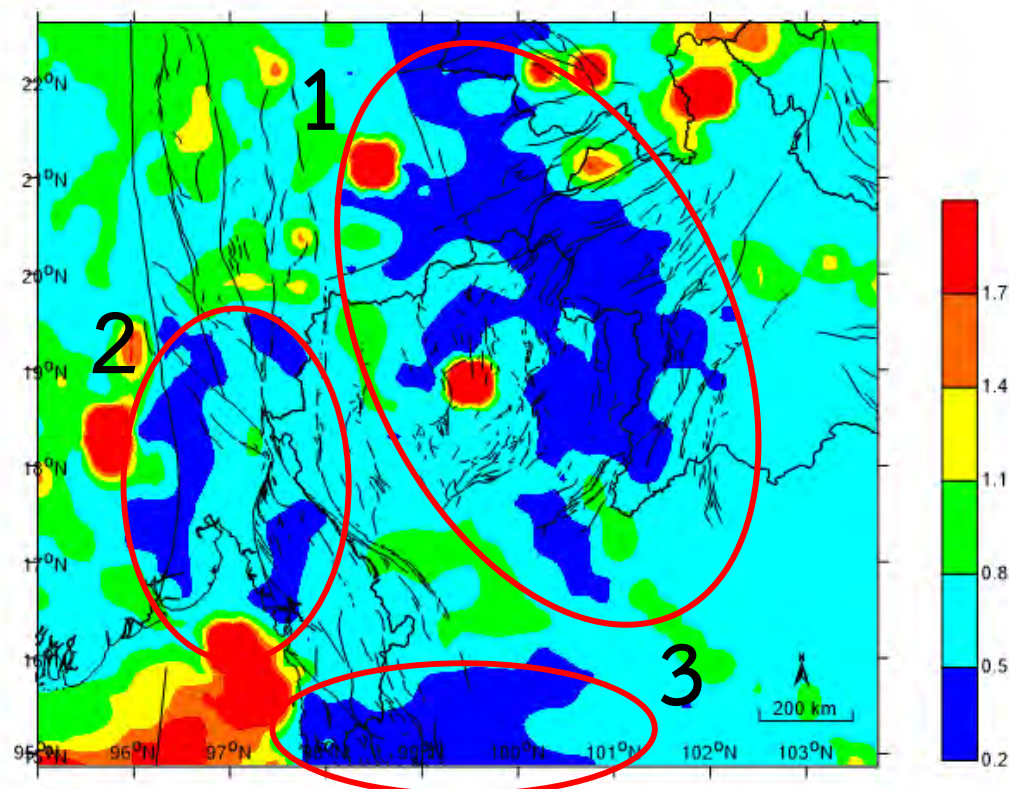
จากการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b ในแต่ละกรณีศึกษา ผู้จัดทำมีความเห็นว่าการใช้เหตุการณ์แผ่นดินไหว 35 เหตุการณ์เหมาะสมที่สุดในการนำมาหาการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่า b เนื่องจากมีการกระจายตัวของค่า b ตรงกับศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวมากที่สุดแต่อย่างไรก็ตามยังมีความไม่แม่นยำในหลายกรณีศึกษาเนื่องจากข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่น้อย

4.2. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต (Evaluation of Prospective Area)

จากการศึกษาพบว่าจำนวน 35 เหตุการณ์ให้ผลอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเราจึงเลือก 35 เหตุการณ์สำหรับพื้นที่ $0.50 \times 0.50^\circ$ ที่ครอบคลุมพื้นที่บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง ค่า b ซึ่งคำนวณโดยใช้เฉพาะแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่า M_c ซึ่งมีขนาด 4.5 m_b ขึ้นไป สุดท้ายการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของค่า b ถือเป็นลักษณะสำคัญของพื้นที่นี้ ดังนั้นเราสามารถระบุพื้นที่ผิดปกติของค่า b ได้

จากการศึกษาพบว่ามี 3 บริเวณ ที่มีการแสดงความผิดปกติของค่า b (ค่า b ต่ำ) ดังที่แสดงในรูป 4.3. จากผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่ามีจุดเสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด 3 จุดเสี่ยง ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดสอบย้อนกลับเชิงพื้นที่ ดังแสดงในรูป 4.3. ได้แก่

- 1) บริเวณรอยต่อระหว่างประเทศไทยและประเทศลาว ซึ่งจะครอบคลุมจังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน อุดรดิตถ์ ในประเทศไทย และครอบคลุมบ่อแก้ว ไชยบุรี ในประเทศลาว
- 2) ตามแนวรอยเลื่อนสะกาย ประเทศพม่า ครอบคลุมกะเหรี่ยง ย่างกุ้ง หงสาวดี เนปยีดอ
- 3) จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย



รูป 4.5. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง

วงสีแดงแสดงบริเวณที่มีค่า b ผิดปกติ

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

(DISCUSSION AND CONCLUSION)

5.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่นำมาประเมินมาจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดย National Earthquake Information (NEIC) และฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดย Thai Meteorological Department (TMD) พบว่ามีจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 5,166 เหตุการณ์ ในช่วงปี ค.ศ. 1912-2018 ซึ่งมีขนาดแผ่นดินไหวตั้งแต่ 0.6-7.7 m_b ความลึกของการเกิดแผ่นดินไหว 0-364 กิโลเมตร

5.2. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Improvement)

เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิด ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวส่งผลให้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวไม่สื่อถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวจากธรรมชาติอย่างแท้จริง ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลแผ่นดินไหวเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ในเชิงสถิติ นักแผ่นดินไหววิทยาจำเป็นต้องปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีอยู่ให้สมบูรณ์ตามขั้นตอนทางสถิติตามลำดับ

5.2.1. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake De-clustering)

กำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามในพื้นที่ ตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด 5166 เหตุการณ์ สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวได้ 447 กลุ่มแผ่นดินไหว และคัดกรองแผ่นดินไหวนำหรือแผ่นดินไหวตามได้ทั้งสิ้น 3575 เหตุการณ์ และประเมินว่ามีเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก 1591 เหตุการณ์

5.2.2. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)

ขนาดแผ่นดินไหวที่เครือข่ายสามารถตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์ทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น คือแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 4.5 m_b ขึ้นไป หรือ มีค่า $M_c = 4.5$ พบว่าเหลือข้อมูลแผ่นดินไหวที่เหมาะสมจำนวน 1,575 เหตุการณ์ ที่เกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1972-2018 มีขนาดตั้งแต่ 0.6-7.7 m_b ด้วยความลึก 0-364 กิโลเมตร

เมื่อทำการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นครบทุกขั้นตอน สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงของจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวและรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 5.1.

ตาราง 5.1. แสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวหลังจากผ่านขั้นตอนการปรับปรุงข้อมูล

ข้อมูลแผ่นดินไหว	จำนวน (เหตุการณ์)	ช่วงเวลาที่เกิด (ปี)	ขนาด (m_b)	ความลึก (กิโลเมตร)
1) ข้อมูลหลังปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว	5,166	1912-2018	0.6-7.7	0-364
2) หลังคัดเลือกรวมข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก	1,591	1912-2018	0.6-7.7	0-364
3) หลังจากคัดเลือก Mc	1,575	2000-2018	0.6-7.7	0-364

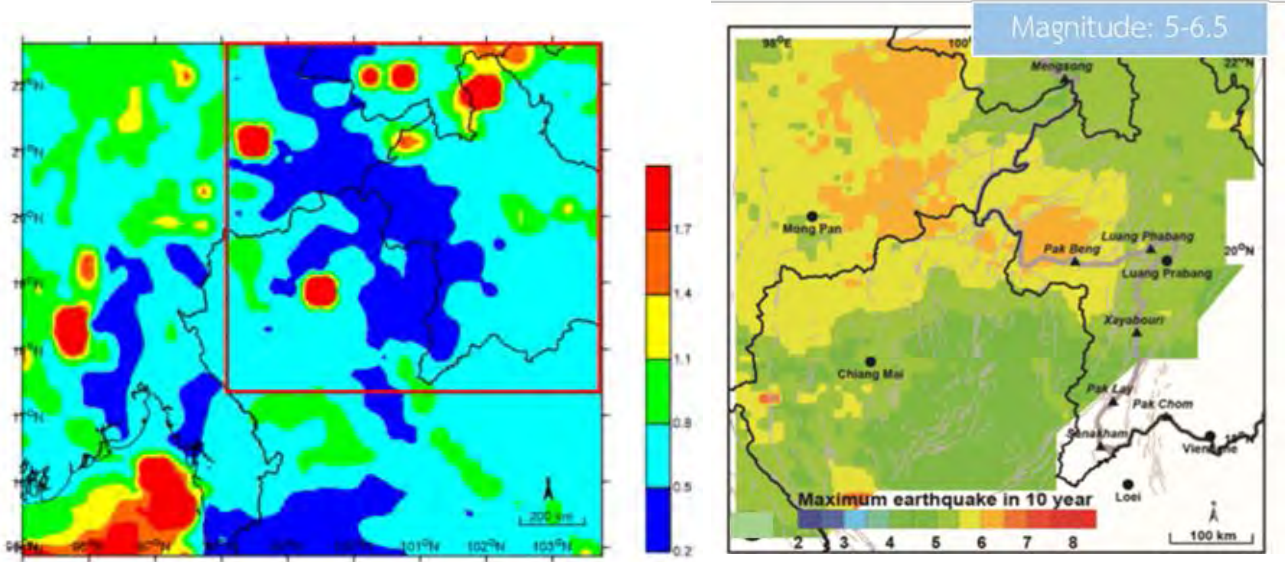
5.3. กำหนดกรณีศึกษาและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบย้อนกลับ (Case Studies and Conditions for Retrospective Test)

ในการศึกษานี้ได้เลือก 11 กรณีศึกษา (ตาราง 4.1. 4.2. 4.3.) เมื่อทำการทดสอบย้อนกลับพบว่าจำนวนเหตุการณ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมแผ่นดินไหวคือ 35 เหตุการณ์ สำหรับพื้นที่ $0.50 \times 0.50^\circ$

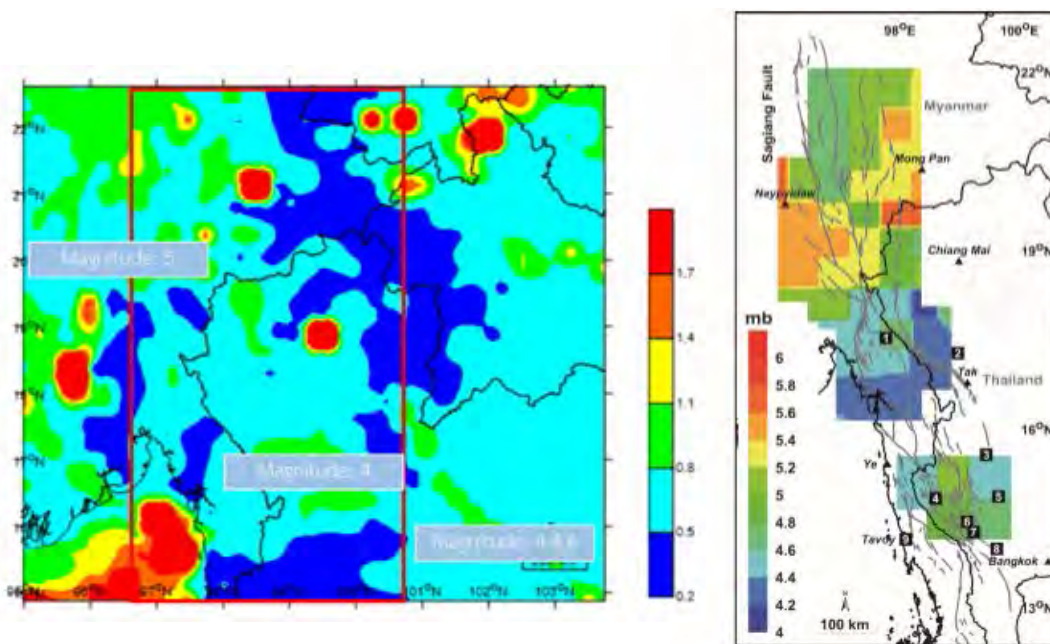
5.4. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)

จากการทดสอบย้อนหลังพบว่า 35 เหตุการณ์เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดในการเป็นพารามิเตอร์ของพื้นที่ศึกษาซึ่งให้ผลที่ศูนย์กลางของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอดีตตรงกับพื้นที่ค่า b ต่ำ (สีฟ้า) มากที่สุด ซึ่งหลังจากวิเคราะห์ค่า b มีค่า b ต่ำทั้งหมด 3 บริเวณ ได้แก่ บริเวณรอยต่อระหว่างประเทศไทยและประเทศลาว ตามแนวรอยเลื่อนสะกาย จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย การศึกษาพบว่าค่า b ของบริเวณดังกล่าวมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับบริเวณโดยรอบเมื่อเกิดแผ่นดินไหวหลังจากที่พลังงานถูกปลดปล่อยออกมาเป็นคลื่นไหวสะเทือนแล้วทำให้เกิดการสะสมของความเครียดลดลง ทำให้ค่า b เพิ่มขึ้นยกเว้นบริเวณที่ได้รับการสะสมความเครียดอีกครั้ง ค่า b บริเวณดังกล่าวจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งบริเวณนั้นกลายเป็นบริเวณที่ค่า b ต่ำผิดปกติซึ่งหมายถึงความเครียดเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ดังนั้นพื้นที่เหล่านี้อาจก่อให้เกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่อีกครั้ง ดังแสดงในรูป 4.3.

ในบริเวณที่มีค่า b ต่ำทั้ง 3 บริเวณเมื่อนำไปเทียบ Pailoplee et.al (2013) ซึ่งทำการศึกษาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวในบริเวณรอยต่อระหว่าง ไทย ลาว และพม่า คาดการณ์ถึงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในอีก 10 ปีข้างหน้า จะคาดการณ์ว่าบริเวณ 1) รอยต่อระหว่างไทยและลาวมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5-6.5 2) ตามแนวรอยเลื่อนสะกายมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4-5 3) จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย มีโอกาสเกิด 4-4.6 ดังแสดงในภาพ 5.1. และ 5.2. ตามลำดับ



รูป 5.1. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง (ด้านซ้าย)
แผนที่แสดงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในอีก 10 ปีบริเวณรอยต่อระหว่างไทย
พม่า และลาว (ด้านขวา) (Pailoplee et.al, 2013)



รูป 5.2. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b บริเวณภาคเหนือ ประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง (ด้านซ้าย)
แผนที่แสดงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในอีก 10 ปีบริเวณรอยต่อระหว่างไทย
พม่า (ด้านขวา) (Pailoplee et.al, 2013)

บรรณานุกรม

(REFERENCES)

- Gardner, J. K. and Knopoff, L. (1974) "Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian?" *Bulletin Seismol. Soc. Am.* 64(1), 363–367.
- Gutenberg, B., and Richter C. (1944) "Frequency of earthquakes in California" *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 34, 185-188.
- Nuannin, P., Kulhánek, O. and Persson, L. (2005) "Spatial and temporal b-value anomalies preceding the devastating off coast of NW Sumatra earthquake of December 26, 2004," *Geophys. Res. Lett.* 32, L11307.
- Nuannin, P. (2006) "The potential of b-value variations as earthquake precursors for small and large events" *Acta Universitatis Upsaliensis. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 183. 46 pp. Uppsala.
- Pailoplee, S. (2013) "Mapping asperities along the sagaing fault zone, myanmar using b-value anomalies" *Journal of Earthquake and Tsunami* Vol. 7, No. 5 (2013) 1371001 (12 pages).
- Pailoplee, S., Channarong, P., and Chutakositkanon, V. (2013) "Earthquake activities in the Thailand-Laos-Myanmar border region: a statistical approach" *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, Vol. 24, No. 4, Part II, 721-730, August 2013.
- Pailoplee, S., and Boonchaluy N. (2016) "Earthquake activities in the Philippines Islands and the adjacent areas" *Geosciences Journal* DOI 10.1007/s12303-016-0017-x.
- Pailoplee, S., Surakiatchai, P., and Charusiri P. (2013) "b-value anomalies along the northern segment of the sumatra-andaman subduction zone: implications for upcoming earthquakes" *Journal of Earthquake and Tsunami* Vol. 7, No. 4 (2013) 1350030 (8 pages)
- Woessner, J. and S. Wiemer 2005: Assessing the Quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 95, 684-698, doi: 10.1785/0120040007.