



# โครงการ การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ ระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนตามแนวเขตรอยเลื่อน  
สะกาย ตอนกลางประเทศพม่า

ชื่อนิสิต นางสาวเปรมวดี ไตรตั้งวงศ์

ภาควิชา ธรณีวิทยา

ปีการศึกษา 2557

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนตามแนวเขตรอยเลื่อนสะกาย  
ตอนกลางประเทศพม่า

นางสาวเปรมวดี ไตรตั้งวงศ์  
เลขประจำตัวนิต 543 27219 23

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2557

REGION-TIME-LENGTH ALGORITHM ALONG THE SAGAING FAULT ZONE, CENTRAL  
MYANMAR

Miss PremwadeeTraitangwong

ID 543 27219 23

A report 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 2014

วันที่ส่ง

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

วันที่อนุมัติ

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ลงชื่อ \_\_\_\_\_

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย: ระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน ตามแนวเขตรอยเลื่อนสะกาย  
ตอนกลางประเทศพม่า  
นิสิตผู้ทำการวิจัย: นางสาวเปรมวดี ไตรตั้งวงศ์  
ภาควิชา: ธรณีวิทยา  
อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้  
ปีการศึกษา: 2557

---

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต ตามแนวรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า ด้วยวิธีทางสถิติที่เรียกว่า ระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน ซึ่งวิธีนี้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เพื่อประเมินหาภาวะเสี่ยงสงบของกิจกรรมแผ่นดินไหว ก่อนที่จะเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ โดยในการประเมินจะใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมาจาก 3 แหล่ง คือ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), The Global Centroid Moment Tensor (CMT) และกรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) ซึ่งข้อมูลอยู่ในช่วงปี ค.ศ.1977-2014 หลังจากการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว มีข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 3,781 เหตุการณ์และมีขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ตั้งแต่ 3.5 ริกเตอร์ขึ้นไป พื้นที่ศึกษาครอบคลุมระหว่างละติจูด  $14^{\circ}04'48.0000''\text{N}$  ถึง  $28^{\circ}01'48.0000''\text{N}$  และลองจิจูดที่  $093^{\circ}49'48.0000''\text{E}$  ถึง  $099^{\circ}12'00.0000''\text{E}$  โดยทำการคัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่สำคัญที่มีขนาด 6.0 ริกเตอร์ขึ้นไป มาเป็นกรณีศึกษา 8 เหตุการณ์ หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบย้อนกลับ เพื่อประเมินและกำหนดตัวแปรอิสระต่างๆ ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถใช้เป็นสัญญาณบอกเหตุถึงเหตุการณ์แผ่นดินไหวได้ เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมแล้ว จึงนำมาคำนวณกับฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการบันทึกไว้จนถึงปัจจุบัน ทำให้ได้แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติของภาวะเสี่ยงสงบในช่วงเวลาปัจจุบัน ซึ่งพบว่าบริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวมี 2 บริเวณหลักคือทางตอนเหนือและทางตอนกลางของรอยเลื่อนสะกาย ซึ่งใกล้กับเมืองมิตจินาและเมืองเนปิดอว์ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** การทดสอบย้อนกลับ, ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว, ภาวะเสี่ยงสงบ, ระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน, สัญญาณบอกเหตุ

Project title: REGION-TIME-LENGTH ALGORITHM ALONG THE SAGAING FAULT  
ZONE, CENTRAL MYANMAR

Researcher: Miss Premwadee Traitangwong

Department: Geology

Advisor: Professor Assistant Dr. Santi Pailoplee

Academic Year: 2557

---

## ABSTRACT

In this study, the prospective areas of the upcoming large earthquake were evaluated along the Sagaing Fault Zone (SF), Central of Myanmar. In order to find out the precursory seismic quiescence of earthquake, a statistical method, called the Region-Time-Length (RTL) algorithm were, therefore, utilized in this analysis. The main dataset are the completeness earthquake catalogue occupied by 3 data source, i.e., i) Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), ii) The Global Centroid Moment Tensor (CMT) and iii) Thai Meteorological Department (TMD). After improving the earthquake catalogue, i.e., homogenizing the earthquake magnitude, earthquake declustering of foreshock and aftershock, including eliminating the man-made seismicity, 3,781 events with  $M_w > 3.5$  reported during 1977-2014 were defined as the completeness data meaningful for any seismicity investigation.

Thereafter, 8 available events of the  $M_w > 3.5$  earthquakes were considered for the retrospective test. According to iterative test, it is reveal that  $r_0 = 75$  km and  $t_0 = 1.5$  years are suitable characteristic parameter for the SFZ. As a result according to the suitable characteristic parameters mentioned above and the present-day seismicity data, it is revealed that there are 2 prospective areas might be generated by the upcoming large earthquakes, i.e., Myitkyina in the north and Naypyidaw in the central parts of SFZ.

**KEYWORDS:** Myanmar, Precursory Seismic Quiescence, Region-Time-Length (RTL) algorithm, Sagaing Fault Zone, Seismicity

## กิตติกรรมประกาศ

### (ACKNOWLEDGEMENT)

การทำโครงการวิจัยครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งเป็นที่ปรึกษาและคอยให้คำแนะนำ ชี้แจงข้อบกพร่อง รวมถึงการแก้ปัญหาในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ ตั้งแต่เริ่มจนโครงการวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ และ นายสัตววัฒน์ สุขรังษี และนายประโยชน์ ปวงจักร์ทา รุ่นพี่ปริญญาโทที่คอยให้คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษา และคอยช่วยเหลือในเวลาที่อาจารย์ที่ปรึกษาไม่สะดวก ตั้งแต่เริ่มจนโครงการวิจัยนี้สำเร็จ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงคณะอาจารย์และบุคลากร ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำโครงการวิจัยเล่มนี้จนสำเร็จลุล่วง ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้ด้วย



**สารบัญ**  
**(CONTENT)**

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ(ACKNOWLEDGEMENT)	ฉ
สารบัญรูปภาพ(FIGURE CONTENT)	ช
สารบัญตาราง (TABLE CONTENT)	ญ
สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)	ฎ
บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION)	
1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)	1
1.2. วัตถุประสงค์ (Objective)	2
1.3. พื้นที่ศึกษา (Study Area)	2
1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)	3
1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Results)	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย (THEORY AND METHODOLOGY)	
2.1. ทฤษฎีแนวคิดระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน	4
2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)	5
2.3. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)	9
บทที่ 3 การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (SEISMICITY DATA AND COMPLETENESS)	
3.1.การรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Combination)	12
3.2. การปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude Conversion)	22
3.3. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)	28
3.4. ตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Seismicity)	31
3.5. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)	33

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา (RESULT)	
4.1. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)	36
4.2. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)	43
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (DISCUSSION AND CONCLUSION)	
5.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด (Earthquake Catalogue)	46
5.2. การปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude Conversion)	46
5.3. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)	47
5.4. การตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Seismicity)	47
5.5. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)	48
5.6. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)	49
5.7. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)	50
เอกสารอ้างอิง (REFERENCES)	51

**สารบัญรูปลภาพ**  
(FIGURE CONTENT)

		หน้า
รูป 1.1.	แผนที่พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลาง ประเทศพม่า	2
รูป 2.1.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTL กับเวลา(ปี) ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 1995 (Huang et al., 2001)	6
รูป 2.2.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับจุดที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้นใน ค.ศ. 1995 (Huang et al., 2001)	6
รูป 2.3.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTL กับเวลา(ปี) ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 2008 (Shashidhar et al., 2010)	7
รูป 2.4.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติในพื้นที่ซึ่งเกิดขึ้นใกล้เคียงกับจุดที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้นใน ค.ศ. 2008 (Shashidhar et al., 2010)	8
รูป 2.5.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTL กับเวลา(ปี) ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 2010 (Gambino et al., 2014)	8
รูป 2.6.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติในพื้นที่ซึ่งเกิดขึ้นใกล้เคียงกับจุดที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้นใน ค.ศ. 2010 (Gambino et al., 2014)	9
รูป 2.7.	แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา	11
รูป 3.1.	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล IRIS บันทึกตั้งแต่ ค.ศ. 1964-2015 (สิ้นเดือนมกราคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw	13
รูป 3.2.	แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูล IRIS กับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ	14
รูป 3.3.	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล GCMT บันทึกตั้งแต่ ค.ศ. 1964-2014 (สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw	15
รูป 3.4.	แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูล GCMT กับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ	16
รูป 3.5.	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล TMD บันทึกตั้งแต่ ค.ศ. 1998-2009(สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw	17
รูป 3.6.	แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูล TMD กับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ	18

	หน้า	
รูป 3.7.	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของทั้งสามฐานข้อมูล บันทึกตั้งแต่ ค.ศ. 1984-2015(สิ้นเดือนมกราคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw	19
รูป 3.8.	แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูลทั้งสามฐานกับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ	20
รูป 3.9.	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลต่างๆ	21
รูป 3.10.	แสดงการกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละหน่วยมาตราวัด	24
รูป 3.11.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)	25
รูป 3.12.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)	26
รูป 3.13.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms)	27
รูป 3.14.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb)	28
รูป 3.15.	แสดงผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) ซึ่งเส้นสีแดงแสดงถึงกรอบของเวลา(ด้านบน) และกรอบของระยะทาง(ด้านล่าง) โดยข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่เหนือเส้นสีแดง คือข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก	29
รูป 3.16.	(ด้านซ้าย) แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (ด้านขวา) แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก	30
รูป 3.17.	แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละช่วงเวลา โดยเส้นสีแดง คือ ก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัง เส้นสีน้ำเงิน คือ หลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก และเส้นสีม่วง คือ หลังจากการกำจัดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์	32
รูป 3.18.	แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการกำจัดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์	33
รูป 3.19.	แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ โดยที่มีขนาดแผ่นดินไหวต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์คือ $M_c = 4.3$	34
รูป 3.20.	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละขั้นตอนการปรับปรุงฐานข้อมูล	35

รูป 4.1.	แสดงการกระจายตัวของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	37
รูป 4.2.	แสดงการเปรียบเทียบเหตุการณ์กรณีศึกษาที่ 4 ของทั้ง 4 เpsilon	42
รูป 4.3.	แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติของภาวะเสียบสงบที่ได้จาก epsilon ที่กำหนด	44
รูป 5.1.	แสดงการเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติที่ได้จากวิธี $b$ -value ในงานวิจัยของ Pailoplee (2013) และจากวิธี RTL ที่ใช้ epsilon ที่กำหนด	50

**สารบัญตาราง**  
(TABLE CONTENT)

	หน้า
ตาราง 3.1. ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	12
ตาราง 4.1. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เลือกมาเป็นกรณีศึกษา	36
ตาราง 4.2. ตารางแสดงตัวอย่างเงื่อนไขค่า Rmax และTmax ในหลายกรณี	38
ตาราง 4.3. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของ 4 เงื่อนไขที่สนใจรวมถึงเหตุการณ์กรณีศึกษาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ด้วย	39
ตาราง 4.4. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของเงื่อนไขที่นำมาใช้เป็นตัวแทน	40
ตาราง 5.1. ตารางแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่างๆ	46
ตาราง 5.2. ตารางแสดงถึงสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวแต่ละประเภท	46
ตาราง 5.3. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว	47
ตาราง 5.4. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว และหลักการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์	48
ตาราง 5.5. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว หลังการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์ รวมถึงหลังจากคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์	48
ตาราง 5.6. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้ง 8 เหตุการณ์ที่เลือกมาเป็นกรณีศึกษา	49
ตาราง 5.7. ตารางแสดงเงื่อนไขค่า Rmax และTmax ที่สนใจ และเหตุการณ์กรณีศึกษาที่พบ	49

**สารบัญสมการ**  
(EQUATION CONTENT)

	หน้า
สมการ 2.1. สมการฟังก์ชันของระยะห่างจากจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงจุดศึกษา	4
สมการ 2.2. สมการฟังก์ชันของระยะเวลาในการเกิดแผ่นดินไหวถึงเวลาที่จะพิจารณา	4
สมการ 2.3. สมการฟังก์ชันของความยาวของรอยเลื่อน	4
สมการ 2.4. สมการของ Wells และ Coppersmith (1994)	5
สมการ 2.5. สมการของภาวะเงียบสงบ หรือ Q-parameter	5
สมการ 2.6. สมการของภาวะกระตุ้น หรือ S-parameter	5
สมการ 3.1. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)	25
สมการ 3.2. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)	26
สมการ 3.3. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms)	27
สมการ 3.4. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (MI) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb)	28
สมการ 3.5. สมการการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว (Z)	31
สมการ 5.1. สมการฟังก์ชันของระยะห่างจากจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงจุดศึกษา	37
สมการ 5.2. สมการฟังก์ชันของระยะเวลาในการเกิดแผ่นดินไหวถึงเวลาที่จะพิจารณา	37
สมการ 5.3. สมการฟังก์ชันของความยาวของรอยเลื่อน	37

## บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION)

### 1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2555 เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประเทศพม่า ขนาด 6.8 ริกเตอร์ ซึ่งเกิดจากรอยเลื่อนสาขาย่อยของ “รอยเลื่อนสะกาย (Sagaing Fault)” ที่วางตัวพาดผ่านชายแดนไทย-พม่า ด้านจังหวัดกาญจนบุรี ถึง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ห่างจาก อำเภอปางมะผ้า จังหวัดแม่ฮ่องสอน ประเทศไทย 442 กิโลเมตร ซึ่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวในครั้งนั้นส่งผลกระทบต่อประเทศไทยในบริเวณภาคเหนือ รวมถึงผู้ที่อาศัยอยู่บนตึกสูงย่านคลองเตยและรัชดาภิเษก รับรู้ได้ถึงแรงสั่นสะเทือน และยังส่งผลกระทบต่อประเทศลาว จีนและเวียดนามด้วย นอกจากนี้ในวันที่ 24 มีนาคม 2554 เกิดแผ่นดินไหวที่พม่าเช่นกัน ขนาด 6.7 ริกเตอร์ ซึ่งสร้างความเสียหายมาถึงประเทศไทยในบริเวณภาคเหนือ อาคารโรงพยาบาลเกิดรอยร้าว บ้านเรือน โบราณสถานได้รับความเสียหายบางส่วน รวมถึงเกิดรอยแยกที่ถนนลาดยางเป็นทางยาว และยังส่งแรงสั่นไหวสะเทือนถึงกรุงเทพมหานครอีกด้วย ดังนั้นบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนสะกายซึ่งพาดผ่านตอนกลางของประเทศพม่า จึงมีความจำเป็นที่จะศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวและประเมินพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวขึ้นในอนาคต เพื่อช่วยในการวางแผนรับมือพิบัติภัยแผ่นดินไหว

ปัจจุบันนักแผ่นดินไหววิทยาได้วิเคราะห์แผ่นดินไหวเชิงสถิติ (statistical seismology) โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการบันทึกสะสมไว้ ซึ่งมีหลากหลายแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหวและประเมินพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหว เช่น ขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน (Region-Time-Length, RTL; Huang และคณะ, 2001) การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหวสะเทือน (seismicity rate change; Wyss และ Habermann, 1988) เป็นต้น โดยจากการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตพบว่า ก่อนการเกิดแผ่นดินไหวขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ในหลายเหตุการณ์ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณใกล้เคียงกับจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวจะลดลงหรือเรียกว่าภาวะเงียบสงบ (seismic quiescence) (Wyss และ Habermann, 1988) จึงสามารถสรุปได้เบื้องต้นว่าการลดลงของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวสามารถใช้เป็นสัญญาณบอกเหตุ (precursor) ในการพยากรณ์การเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอนาคตได้ ซึ่งจากการศึกษานี้เอง ทำให้มีการนำค่าความผิดปกติ (anomalies) ของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวทั้งในกรณีที่มีค่าลดลง ที่เรียกว่าภาวะเงียบสงบและกรณีที่มีค่าเพิ่มขึ้น ที่เรียกว่าภาวะกระตุ้น (seismic activation) มาใช้ในการประเมินเหตุการณ์



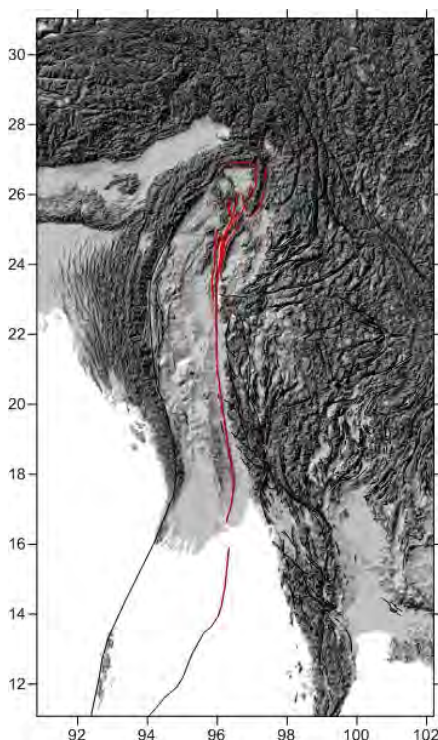
ก่อนที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ได้ ซึ่งค่าความผิดปกติของอัตราการผลิตแผ่นดินไหวนี้ สามารถหาได้จากแนวคิดขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนนั่นเอง จากเหตุทั้งหมดที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นที่จะวิเคราะห์ระเบียบขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน เพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต โดยให้ความสนใจในพื้นที่แนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า เนื่องด้วยแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้สามารถส่งผลกระทบต่อประเทศไทยได้

## 1.2. วัตถุประสงค์ (Objective)

ประเมินพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในอนาคตตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า ด้วยขั้นตอนระเบียบวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน

## 1.3. พื้นที่ศึกษา (Study Area)

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่บริเวณตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า (รูป 1.1) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูด  $14^{\circ}04'48.0000''\text{N}$  ถึง  $28^{\circ}01'48.0000''\text{N}$  และลองจิจูดที่  $093^{\circ}49'48.0000''\text{E}$  ถึง  $099^{\circ}12'00.0000''\text{E}$



รูป 1.1. แผนที่พื้นที่ศึกษาครอบคลุมบริเวณแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า

#### 1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)

วิเคราะห์ระเบียบวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน ตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่าโดยใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่เคยมีการตรวจวัดและบันทึกได้จากเครื่องมือตรวจวัด (instrumental earthquake records)

#### 1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Results)

แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติของภาวะเงียบสงบตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า จากแนวคิดระเบียบชั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน

## บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย (THEORY AND METHODOLOGY)

### 2.1. ทฤษฎีแนวคิดระบบวิธีคำนวณพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน

Sobolev (1995) จำลองการเกิดแผ่นดินไหว โดยทดลองกดอัดแท่งหินและใช้อุปกรณ์ในการวัดพลังงานเสียงจากการปริแตกของหิน ซึ่งผลการทดลองบ่งชี้ว่าเมื่อเริ่มบีบอัดหิน จะเริ่มมีสัญญาณเสียงเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากการปริแตกขนาดเล็กของแท่งหิน และเมื่อบีบอัดด้วยแรงที่เพิ่มขึ้น สัญญาณเสียงจะเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นสัญญาณเสียงจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งก่อนที่แท่งหินจะเกิดการแตกหักและเปลี่ยนรูปร่างไปซึ่งจากการทดลองสรุปว่า ก่อนที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ จะมีการลดลงของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวอย่างมีนัยสำคัญเรียกว่า ภาวะสงบเงียบ (seismic quiescence) และหลังจากนั้นจะมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเกิดแผ่นดินไหว เรียกว่า ภาวะกระตุ้น (seismic activation) ตามมา

Sobolev และ Tyupkin (1997) พัฒนาขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนขึ้น หลังจาก Sobolev (1995) ทดลองกดอัดแท่งหิน ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติที่ใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมแผ่นดินไหวก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (Huang, 2004) โดยคำนึงถึงตัวแปรระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวทั้ง 3 ตัวแปรดังนี้ พื้นที่ เวลา และความยาวรอยเลื่อน ซึ่งแสดงได้ดังสมการ (2.1.)- (2.3.)

$$R(x, y, z, t) = \left[ \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{r_i}{r_0}\right) \right] - R_{bg}(x, y, z, t) \quad \text{สมการ (2.1.)}$$

$$T(x, y, z, t) = \left[ \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{t-t_i}{t_0}\right) \right] - T_{bg}(x, y, z, t) \quad \text{สมการ (2.2.)}$$

$$L(x, y, z, t) = \left[ \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{l_i}{l_0}\right) \right] - L_{bg}(x, y, z, t) \quad \text{สมการ (2.3.)}$$

จากสมการ (2.1.) - (2.3.) สามารถอธิบายตัวแปรในแต่ละฟังก์ชันได้ดังนี้

$R$	คือฟังก์ชันของระยะห่างจากจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวถึงจุดศึกษา
$T$	คือฟังก์ชันของระยะเวลาในการเกิดแผ่นดินไหวถึงเวลาที่พิจารณา
$L$	คือ ฟังก์ชันของความยาวของรอยเลื่อน
$r_i$	คือระยะห่างจากจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่พิจารณาถึงจุดศึกษา
$t_i$	คือเวลาของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละครั้ง

$l_i$	คือความยาวของรอยเลื่อน
$t$	คือ ช่วงเวลาที่ต้องการพิจารณา
$r_o, t_o$	คือค่าลักษณะเฉพาะที่ได้จากการเปรียบเทียบในพื้นที่ศึกษา
$n$	คือจำนวนเหตุการณ์
$R_{bg}, T_{bg}, L_{bg}$	คือแนวโน้มของ $R, T, L$ ตามลำดับ

โดยค่า  $l_i$  หาได้จากสมการของ Wells และ Coppersmith (1994) ดังสมการ (2.4.)

$$\log(SRL) = a + b * M \quad \text{สมการ (2.4.)}$$

ซึ่งตัวแปร  $M$  คือ ขนาดของแผ่นดินไหว (magnitude) โดยที่สมการที่ได้ในแต่ละพื้นที่จะมีค่าที่ไม่เท่ากันซึ่งเป็นค่าเฉพาะของแต่ละพื้นที่

จากที่ได้กล่าววิธีข้างต้นมาสามารถแสดงค่าความผิดปกติของทั้งภาวะเงียบสงบและภาวะกระตุ้นก่อนที่สัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในเวลาต่อมาได้ (Huang, 2004) โดยที่ภาวะเงียบสงบ และภาวะกระตุ้นมีสมการดังนี้

ภาวะเงียบสงบหรือ Q-parameter

$$Q(x, y, z, t_1, t_2) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m RTL(x, y, z, t_i) \quad \text{สมการ (2.5.)}$$

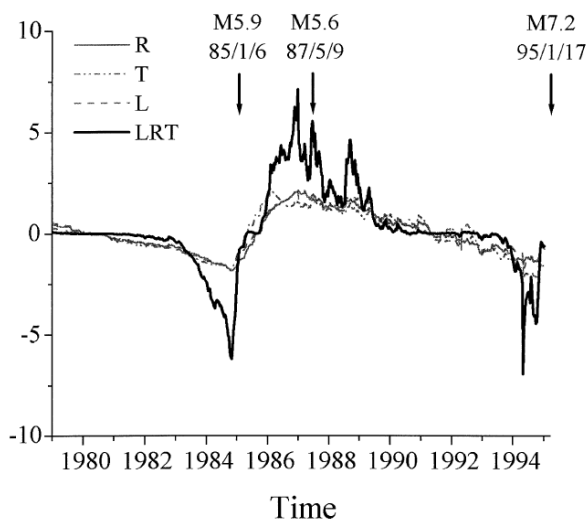
ภาวะกระตุ้น หรือ S-parameter

$$S_{eff} = \frac{1}{\Delta T} \sum_i \frac{S_i}{S_{ref}} = \frac{1}{\Delta T} \sum_i 10^{(M_i - M_{ref})} \quad \text{สมการ (2.6.)}$$

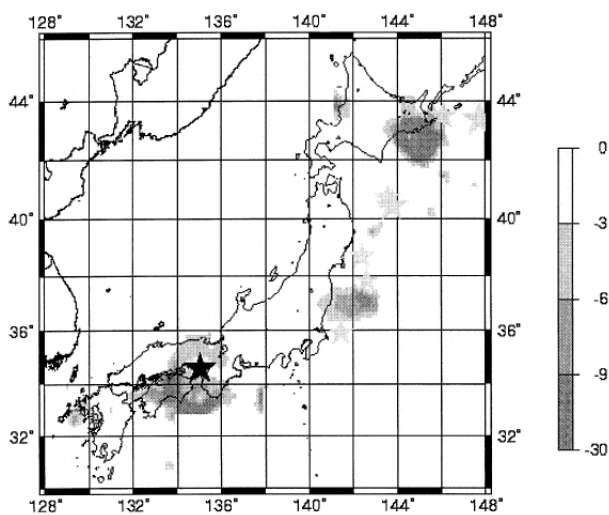
## 2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)

Huang และคณะ (2001) อธิบายขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนว่าเป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่งที่น่าข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว เวลาและสถานที่ที่เกิดแผ่นดินไหว มาประยุกต์ใช้กับการสำรวจรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผิวเปลือกโลกก่อนการเกิดแผ่นดินไหวที่เมืองโกเบ (Kobe) ประเทศญี่ปุ่นขนาด 7.2 ริกเตอร์ เมื่อปี ค.ศ. 1995 ซึ่งจากการศึกษา พบว่ามีการเกิดภาวะเงียบสงบขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1993 จนถึงเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1994 และเริ่มเข้าสู่ช่วงภาวะกระตุ้นนาน 8 เดือนที่บริเวณรอบจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7.2 ริก

เตอร์ ซึ่งจะแสดงดังรูป 2.1. และรูป 2.2. จึงสรุปผลได้ว่าขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวก่อนเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ได้

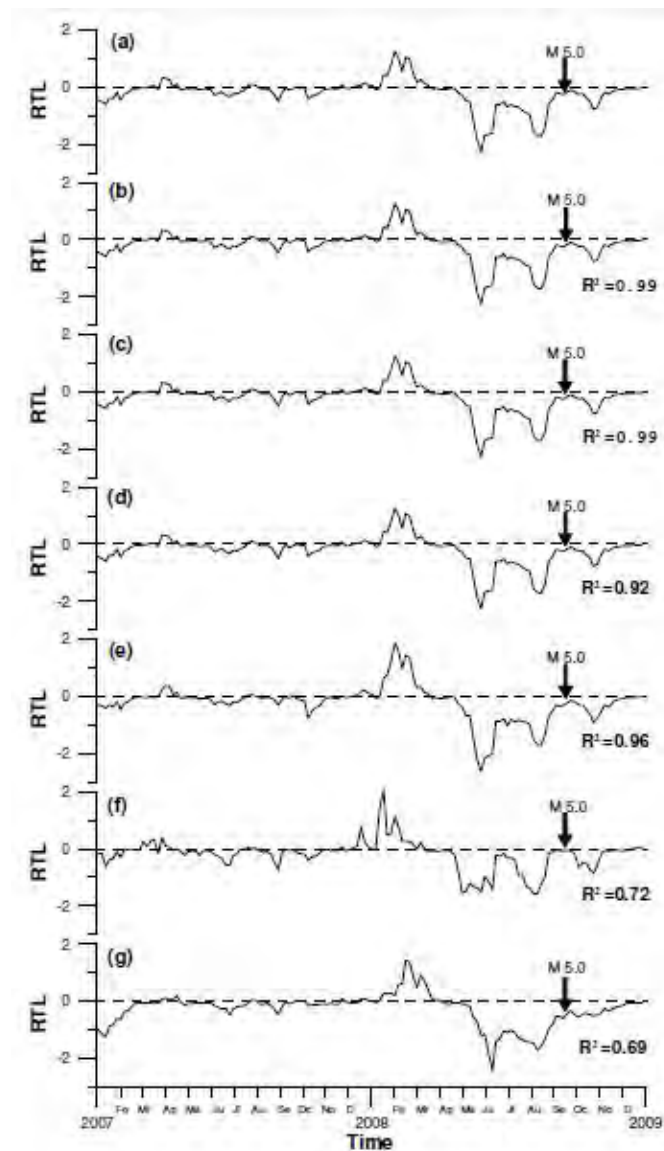


รูป 2.1. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTL กับเวลา(ปี) ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 1995 (Huang et al., 2001)

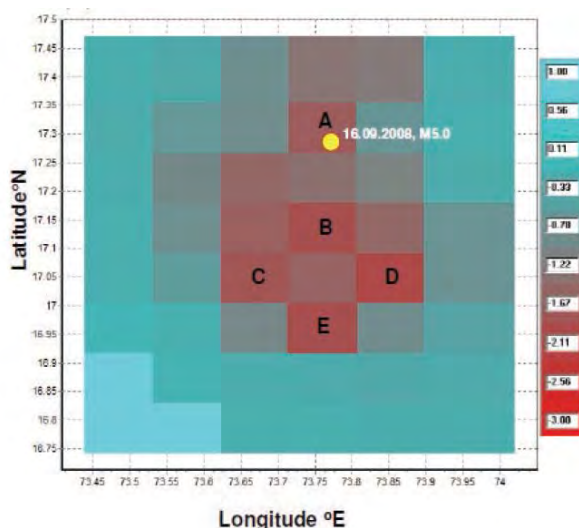


รูป 2.2. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติซึ่งเกิดขึ้นใกล้เคียงกับจุดที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้นใน ค.ศ. 1995 (Huang et al., 2001)

Shashidhar และคณะ (2010) ประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมแผ่นดินไหวทางตะวันตกของประเทศอินเดียซึ่งพบว่าก่อนการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.0 ริกเตอร์นั้น จะสามารถพบได้กับลักษณะของภาวะเงียบสงบและภาวะกระตุ้นได้ด้วยเช่นกัน ดังรูป 2.3. และรูป 2.4. ดังนั้น จึงได้สรุปและนำเสนอว่านอกจากการประเมินพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (มากกว่า 6.0 ริกเตอร์) แล้วขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนยังสามารถประเมินพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหวระดับปานกลาง (5.0-6.0 ริกเตอร์) ได้เช่นกัน

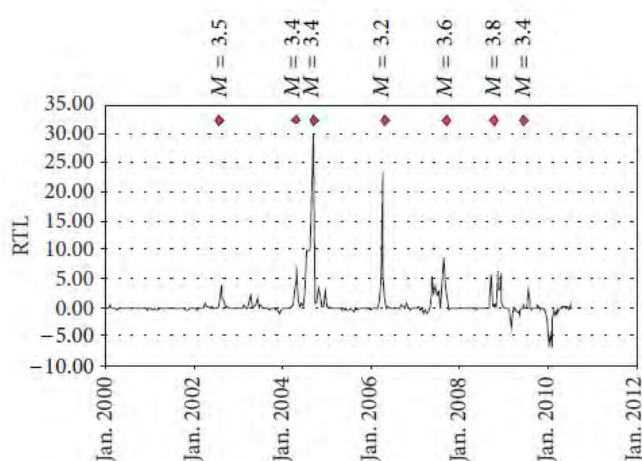


รูป 2.3. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTL กับเวลา(ปี) ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 2008 (Shashidhar et al., 2010)

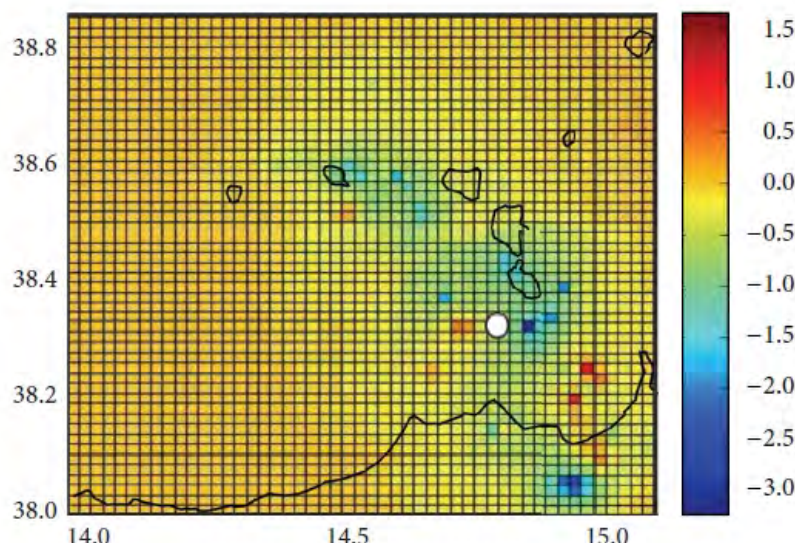


รูป 2.4. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติในพื้นที่ซึ่งเกิดขึ้นใกล้เคียงกับจุดที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้นใน ค.ศ. 2008 (Shashidhar et al., 2010)

Gambino และคณะ (2014) ประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน มาวิเคราะห์พฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณกลุ่มเกาะเอโอเลียน ทางตอนใต้ของภูเขาไฟในทะเลไทรเร-เนียน ประเทศอิตาลี ซึ่งพบว่า เกิดภาวะเจียบสงบในช่วงเดือนมิถุนายนถึงธันวาคม 2552 ก่อนจะมีการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4.8 ริกเตอร์ ขึ้นในวันที่ 16 สิงหาคม 2553 ซึ่งจะแสดงดังรูป 2.5. และรูป 2.6. จึงสรุปผลได้ว่าขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อนสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวก่อนเกิดแผ่นดินไหวระดับปานกลาง



รูป 2.5. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า RTL กับเวลา(ปี) ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปี ค.ศ. 2010 (Gambino et al., 2014)



รูป 2.6. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติในพื้นที่ซึ่งเกิดขึ้นใกล้เคียงกับจุดที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้นใน ค.ศ. 2010 (Gambino et al., 2014)

### 2.3. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

#### 1. ศึกษาวิจัยและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.1. ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งทางทฤษฎีและพื้นที่ศึกษา

1.2. รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาที่มีการบันทึกข้อมูลไว้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่มีการบันทึกย้อนหลังไปตั้งแต่ช่วง ค.ศ.1964 – 2015 (สิ้นสุดเดือนมกราคม)

- ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)

- ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว The Global CMT Catalogue (GCMT)

- ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทย หรือ Thai Methodological Department (TMD)

1.3 เตรียมซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลและแสดงผล คือ ZMAP (Wiemer, 2001) และ

Golden Software Surfer 10

#### 2. คัดเลือกและปรับปรุงคุณภาพฐานข้อมูลแผ่นดินไหวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.1 รวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (earthquake catalogue combination)

- ได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ที่มีระยะเวลาในการตรวจวัดยาวนานขึ้นและมีการกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดกว้างมากขึ้น



## 2.2 ปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (earthquake magnitude conversion)

- เปลี่ยนมาตการตรวจวัดแผ่นดินไหวให้เป็นหน่วยมาตรฐานเดียวกัน(Mw) จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างมาตการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวแบบต่างๆ

## 2.3 คัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (earthquake declustering)

- คัดเลือกข้อมูลเฉพาะข้อมูลแผ่นดินไหวหลักเท่านั้น ด้วยแนวคิด Gardner และ Knopoff (1974) เนื่องจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลักแสดงถึงพฤติกรรมหรือศักยภาพทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรงในพื้นที่

## 2.4 ตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Seismicity)

- ปรับแก้หรือเลือกใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการต่อเนื่องของข้อมูลมากที่สุด โดยตรวจสอบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมจาก Habermann (1983; 1987) เพื่อให้ได้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่สื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรงในพื้นที่ศึกษา

## 2.5 คัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (magnitude of completeness)

- ทำเพื่อหาข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่มีค่าต่ำที่สุด ที่สามารถนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดของแผ่นดินไหว

## 3. นำข้อมูลแผ่นดินไหวที่คัดเลือกและปรับปรุงแล้ว มากำหนดและประเมินตัวแปรของลักษณะเฉพาะในพื้นที่ศึกษาที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์

3.1 กำหนดรัศมีในการพิจารณาข้อมูลในตำแหน่งวิเคราะห์ใดๆ (space window)

3.2 กำหนดกรอบเวลาการเลือกข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาวิเคราะห์ใดๆ (time window)

3.3 ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแปรที่กำหนดจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

## 4. วิเคราะห์ระเบียบวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน ในแต่ละพื้นที่ย่อยและในแต่ละช่วงเวลา

4.1 วิเคราะห์หาค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้น จากข้อมูลแผ่นดินไหวหลักและตัวแปรเฉพาะที่เหมาะสมในพื้นที่

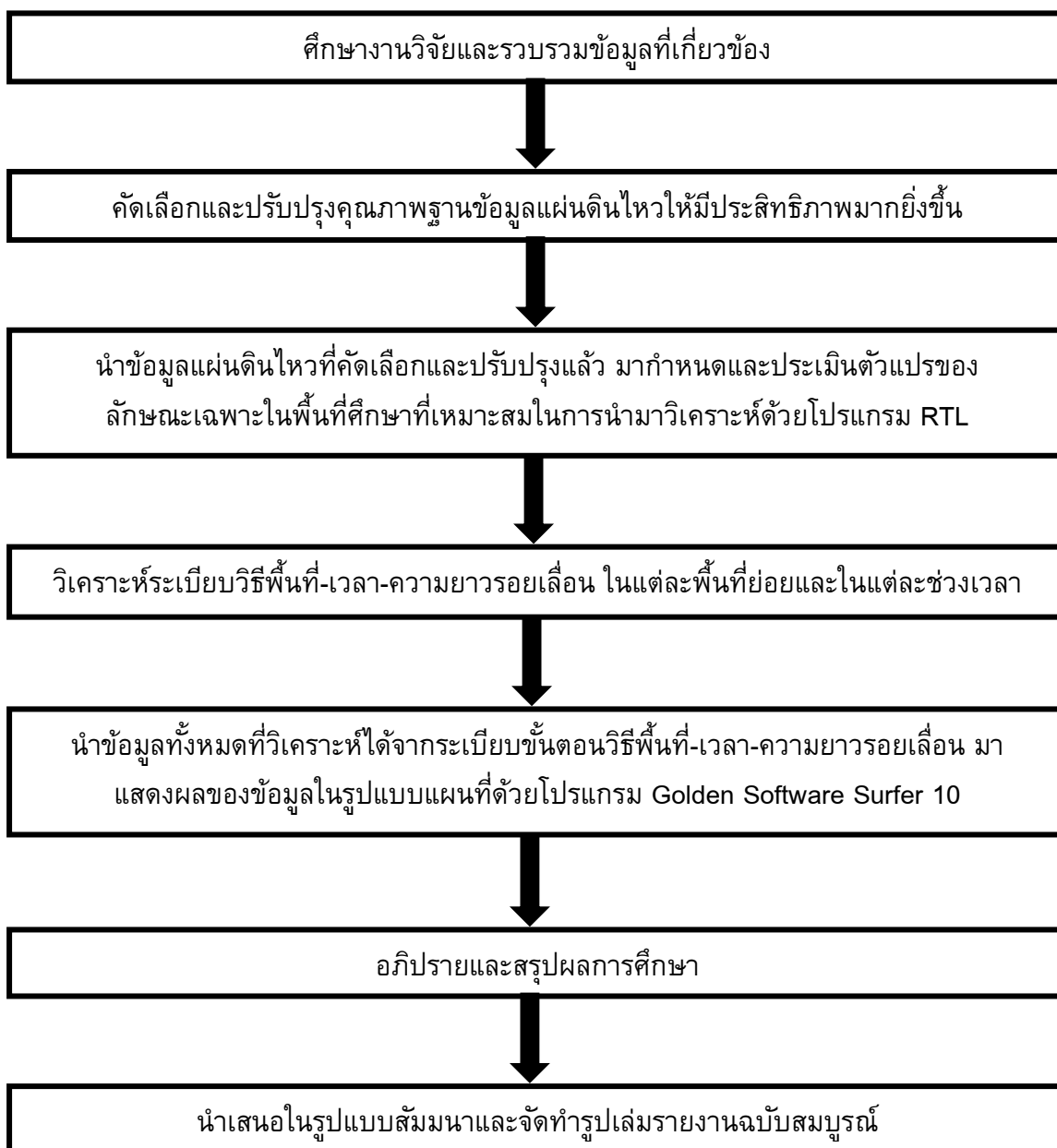
## 5. นำข้อมูลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากระเบียบขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน มาแสดงผลของข้อมูลในรูปแบบแผนที่ด้วยโปรแกรม Golden Software Surfer 10

5.1 แผนที่พื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต

## 6. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

## 7. นำเสนอในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์

โดยมีแผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย 7 ขั้นตอนหลักดังนี้ (รูป 2.7.)



รูป 2.7. แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

### บทที่ 3 การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (SEISMICITY DATA AND COMPLETENESS)

การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองฐานข้อมูลแผ่นดินไหวเฉพาะช่วงข้อมูลที่เกี่ยวข้องถึงพฤติกรรมธรณีแปรสัณฐาน (tectonic activities) ของพื้นที่ศึกษาอย่างแท้จริง ซึ่งในทางแผ่นดินไหววิทยาเชิงสถิติ (statistical seismology) มีระเบียบวิธีทางสถิติในการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว 5 ขั้นตอน คือ

#### 3.1. การรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Combination)

ข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาที่จะนำมาวิเคราะห์ สามารถรวบรวมคัดลอกได้มาจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการบันทึกไว้ทางอินเทอร์เน็ต โดยที่งานวิจัยนี้จะรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวมาจาก 3 ฐานข้อมูลหลักคือ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ The Global CMT Catalogue (GCMT) และฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Thai Methodological Department (TMD) ซึ่งแต่ละฐานข้อมูลสามารถนำข้อมูลมาจากอินเทอร์เน็ตได้โดยเลือกขอบเขตละติจูด ลองจิจูดของพื้นที่ศึกษา ช่วงของขนาดแผ่นดินไหว และช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา

เมื่อได้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต้องการแล้ว จัดเรียงข้อมูลแผ่นดินไหวของแต่ละฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน โดยเรียงตามลำดับดังนี้ ละติจูด ลองจิจูด ปี เดือน วัน ขนาดของแผ่นดินไหว ในหน่วยต่างๆ ความลึก ชั่วโมง นาที และวินาที ดังตาราง 3.1.

ตาราง 3.1. ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

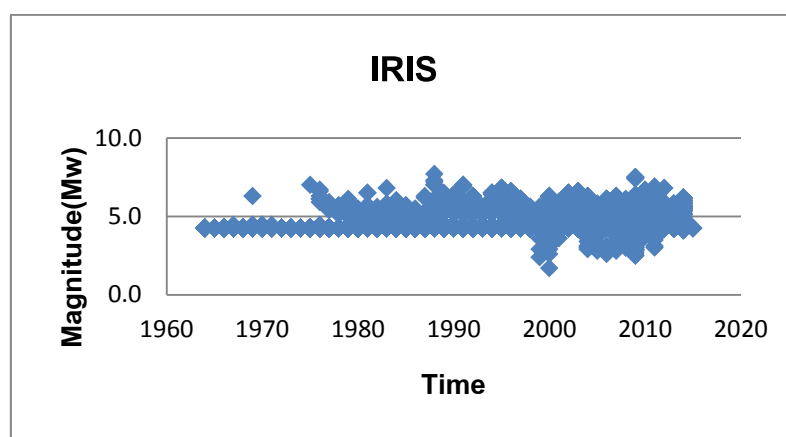
Longitude	Latitude	Year	Month	Day	Mw	Mb	Ms	ML	Depth	Hour	Minute	Second
94.18	25.26	1987	5	18	6.3	5.6	5.9	-	50	1	53	51
99.48	30.07	1989	5	3	6.1	6	6.1	-	10	5	53	0
92.371	27.635	1995	2	17	5.4	5.2	5.1	5.4	39.3	2	44	25
99.637	30.704	1996	12	21	5.4	5.2	5	-	10	8	39	39
92.4314	22.4056	2000	11	9		4.4	3.3	4.1	13.5	8	37	52
99.26	21.45	2001	1	4	4.4	4.3	4.4	4.8	33	4	2	57
95.93	24.3	2002	5	26		4.6	4.1	4.3	33	6	9	30
95.672	19.917	2003	9	21	6.6		6.9		10	18	16	13

หลังจากจัดเรียงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวแต่ละเครือข่ายแล้ว จะต้องสร้างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ขึ้น โดยการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวจากทุกเครือข่าย เนื่องจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวแต่ละเครือข่ายจะมีข้อดี-ข้อดีจากการตรวจวัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นเมื่อนำฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจากหลายเครือข่ายมารวมกัน จึงทำให้ได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ที่มีการกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหวได้กว้างขึ้นและมีระยะเวลาในการตรวจวัดยาวนานขึ้นด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจาก 3 แหล่งมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งมีการกำหนดขอบเขตระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964-2015 (สิ้นสุดที่เดือนมกราคม) ขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ตอนกลางประเทศพม่า ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดที่  $14^{\circ}04'48.0000''$  N ถึง  $28^{\circ}01'48.0000''$  N และลองจิจูดที่  $093^{\circ}49'48.0000''$  E ถึง  $099^{\circ}12'00.0000''$  E ขนาดของข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต้องการตั้งแต่ 0.1-8.2 ริกเตอร์ และความลึกของการเกิดแผ่นดินไหวตั้งแต่ 0-750 เมตร จากการรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่า มีข้อมูลทั้งหมด 46,135 เหตุการณ์ โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1964 – วันที่ 31 มกราคม ค.ศ. 2015

### 3.1.1. ฐานข้อมูลของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)

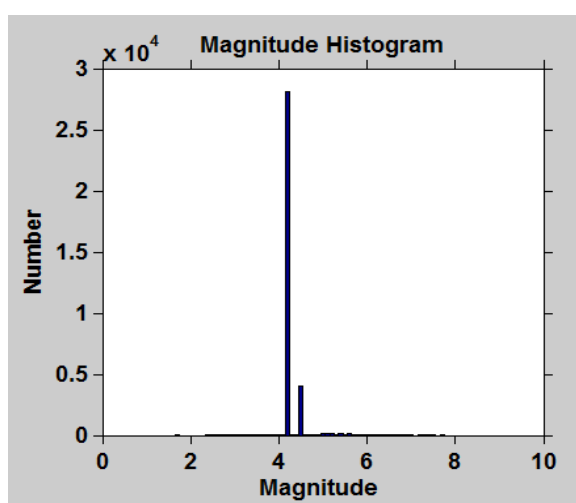
ฐานข้อมูล IRIS เป็นฐานข้อมูลที่มีการรายงานรวดเร็วที่สุด และมีข้อมูลมากที่สุด ถึงแม้ความถูกต้องแม่นยำจะน้อยกว่าฐานข้อมูลอื่นก็ตาม แต่ก็ยังเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญฐานหนึ่ง ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวนี้มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 33,662 เหตุการณ์ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1964 – วันที่ 31 มกราคม ค.ศ. 2015 มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด Mw 3.0-7.7 ริกเตอร์ Mb 2.4-7.1 ริกเตอร์ Ms 2.7-7.0 ริกเตอร์ ML 0.1-7.6 ริกเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 0-750 เมตร ดังรูป 3.1.



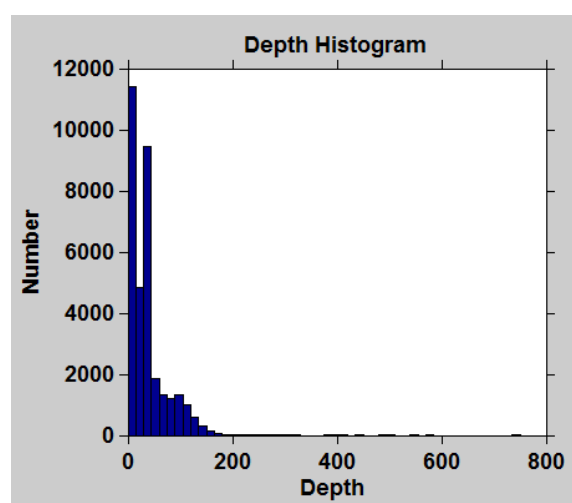
รูป 3.1. แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล IRIS บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1964-2015 (สิ้นเดือนมกราคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw

ข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS มีรายละเอียดดังนี้ ขนาดของแผ่นดินไหวโมเมนต์เริ่มตั้งแต่ 1.7-7.7 ริคเตอร์ โดยแสดงการกระจายตัวมากในช่วง 4.0-5.0 ริคเตอร์ ดังรูป 3.2.(ก) ความลึกมีค่าตั้งแต่ 0-750 เมตร โดยแสดงการกระจายตัวมากในช่วง 0-100 เมตร ดังรูป 3.2.(ข) ปีที่มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1964 - 31 มกราคม ค.ศ. 2015 โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วง ปีค.ศ. 2004-2005 ดังรูปที่ 3.2.(ค) ระยะเวลา (ชั่วโมง)ที่มีการบันทึกข้อมูลเริ่มตั้งแต่ 0:00-23:59 น. โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วงเวลา 15:00-18:00 น. ดังรูป 3.2.(ง)

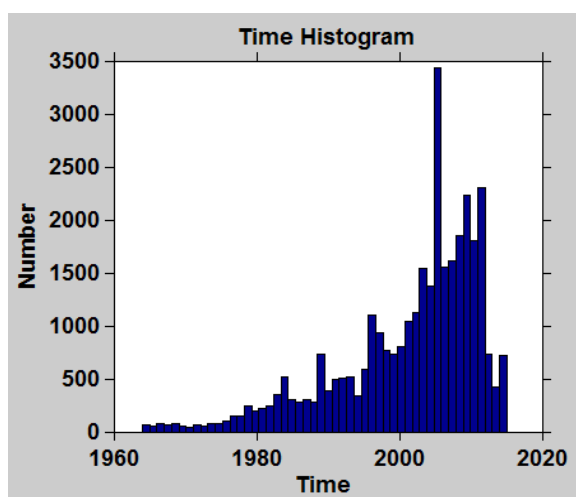
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



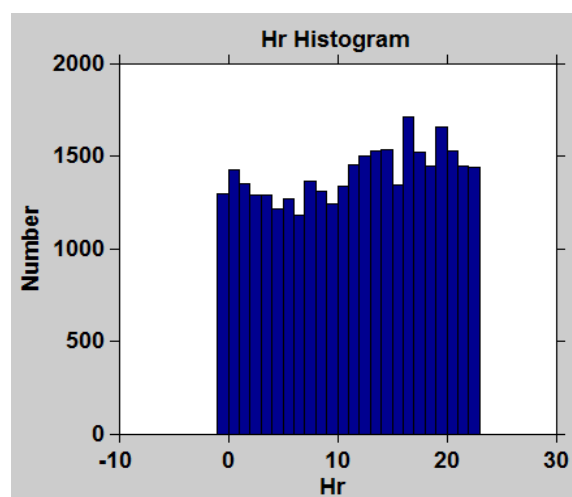
(ข) ความลึก-จำนวนแผ่นดินไหว



(ค) ช่วงปี-จำนวนแผ่นดินไหว



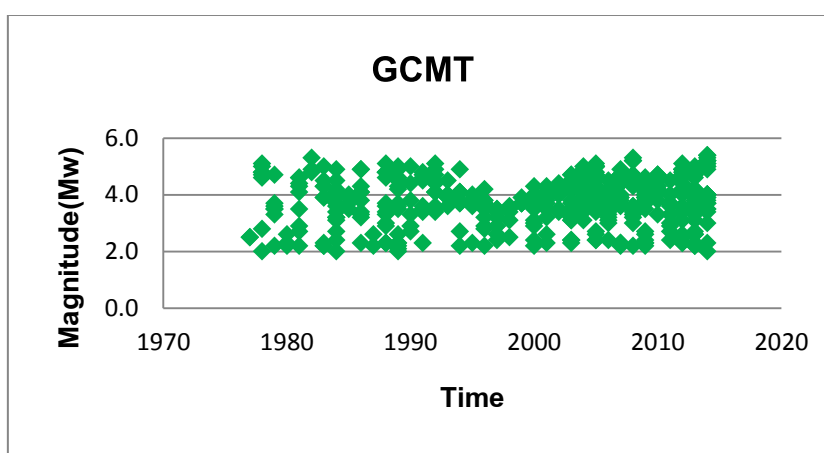
(ง) เวลา-จำนวนแผ่นดินไหว



รูป 3.2. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูล IRIS กับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ

### 3.1.2. ฐานข้อมูลของ The Global CMT Catalogue (GCMT)

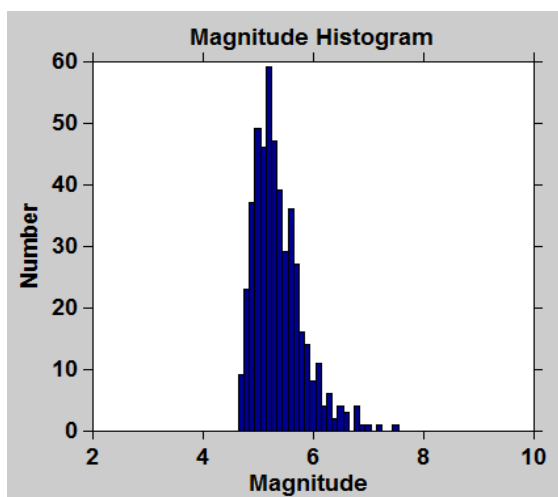
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ The Global CMT Catalogue (GCMT) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว the Harvard CMT (HRV) เป็นฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ด้านแผ่นดินไหวอย่างละเอียด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์แผ่นดินไหวในเชิงลึกอย่างมาก โดยที่ในงานวิจัยครั้งนี้ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 477 เหตุการณ์ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 12 พฤษภาคม ค.ศ. 1977 – วันที่ 6 ธันวาคม ค.ศ. 2014 มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด Mw 4.7-7.5 ริกเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 10-156 เมตร ดังรูป 3.3.



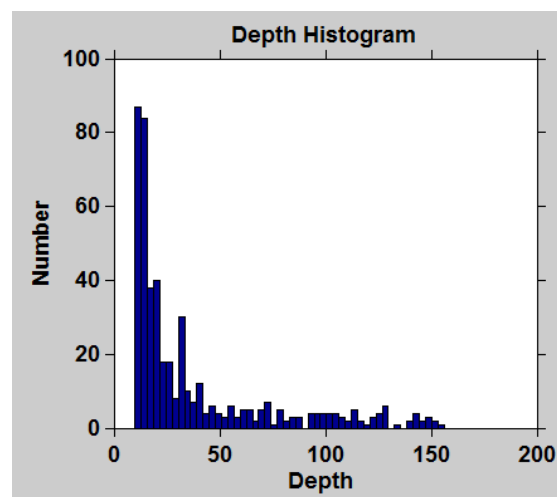
รูป 3.3. แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล GCMT บันทึกตั้งแต่ ค.ศ. 1964-2014 (สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw

ข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล GCMT มีรายละเอียดดังนี้ ขนาดของแผ่นดินไหวโมเมนต์เริ่มตั้งแต่ 4.7-7.5 ริกเตอร์ โดยแสดงการกระจายตัวมากในช่วง 4.0-5.0 ริกเตอร์ ดังรูป 3.4.(ก) ความลึกมีค่าตั้งแต่ 10-156 เมตร โดยแสดงการกระจายตัวมากในช่วง 10-15 เมตร ดังรูป 3.4.(ข) ปีที่มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวเริ่มตั้งแต่วันที่ 12 พฤษภาคม ค.ศ. 1977 – วันที่ 6 ธันวาคม ค.ศ. 2014 โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วง ปีค.ศ. 2004-2005 ดังรูปที่ 3.4.(ค) ระยะเวลา(ชั่วโมง)ที่มีการบันทึกข้อมูลเริ่มตั้งแต่ 0:04-23:58 น. โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วงเวลา 8:00-11:00 น. ดังรูป 3.4.(ง)

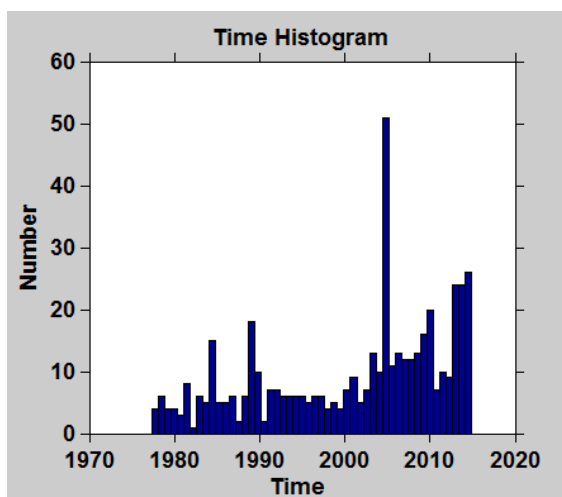
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



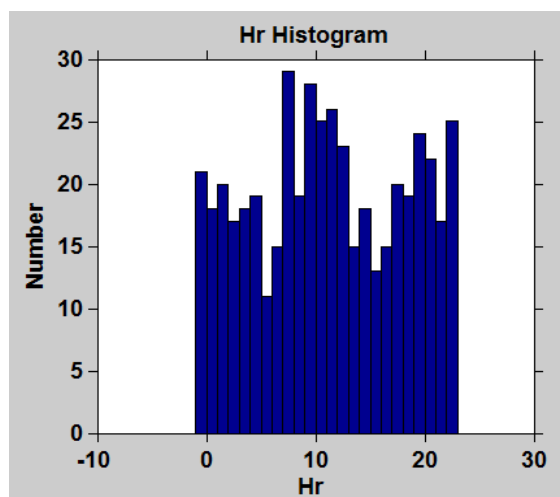
(ข) ความลึก-จำนวนแผ่นดินไหว



(ค) ช่วงปี-จำนวนแผ่นดินไหว



(ง) เวลา-จำนวนแผ่นดินไหว

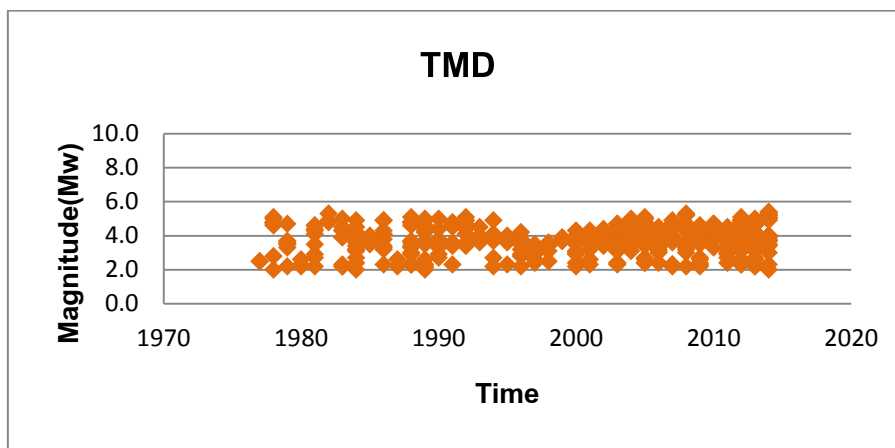


รูป 3.4. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูล GCMT กับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ

### 3.1.3 ฐานข้อมูลของ Thai Methodological Department (TMD)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Thai Methodological Department (TMD) เป็นฐานข้อมูลที่ตรวจวัดแผ่นดินไหวในพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียงเป็นหลัก โดยมีระบบตรวจวัดแผ่นดินไหว 2 ชนิด คือ สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบ I และ II มีทั้งหมด 41 แห่ง (ระบบ I 15 แห่ง และระบบ II 25 แห่ง) โดยที่ในงานวิจัยครั้งนี้ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 11,996 เหตุการณ์ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1998 – วันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2009

มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด Mw 1.8-8.2 ริคเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 0-588 เมตร ดังรูป 3.5.

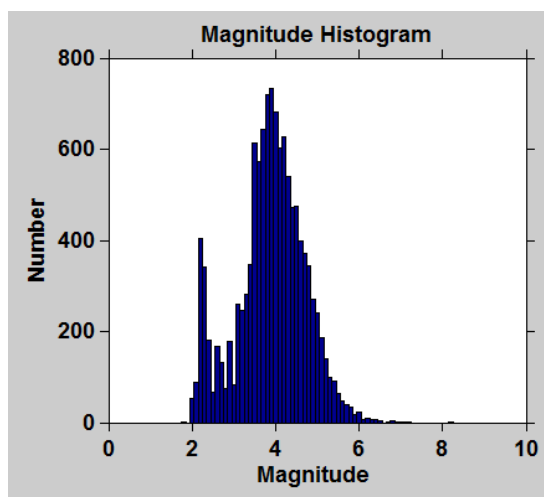


รูป 3.5. แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล TMD บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1998-2009(สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด Mw

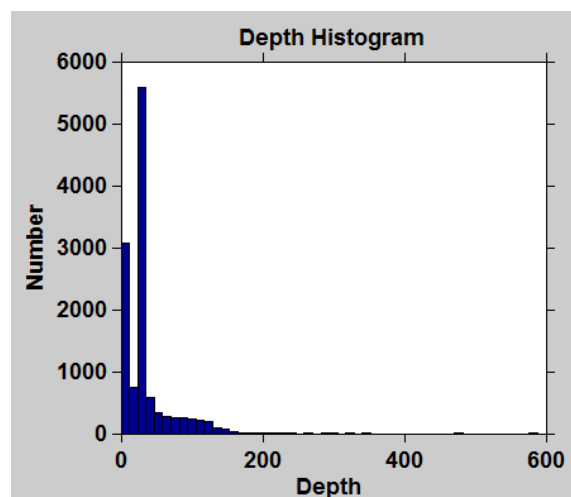
ข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล TMD มีรายละเอียดดังนี้ ขนาดของแผ่นดินไหวโมเมนต์เริ่มตั้งแต่ 1.8-8.2 ริคเตอร์ โดยแสดงการกระจายตัวมากในช่วง 4.0-4.3 ริคเตอร์ ดังรูป 3.6.(ก) ความลึกมีค่าตั้งแต่ 0-588 เมตร โดยแสดงการกระจายตัวมากในช่วง 0-33 เมตร ดังรูป 3.6.(ข) ปีที่มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1998 – วันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2009 โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วง ปีค.ศ. 2005-2006 ดังรูปที่ 3.6.(ค) ระยะเวลา(ชั่วโมง)ที่มีการบันทึกข้อมูลเริ่มตั้งแต่ 0:00-23:59 น. โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลไม่แตกต่างกันมากนัก ดังรูป 3.6.(ง)



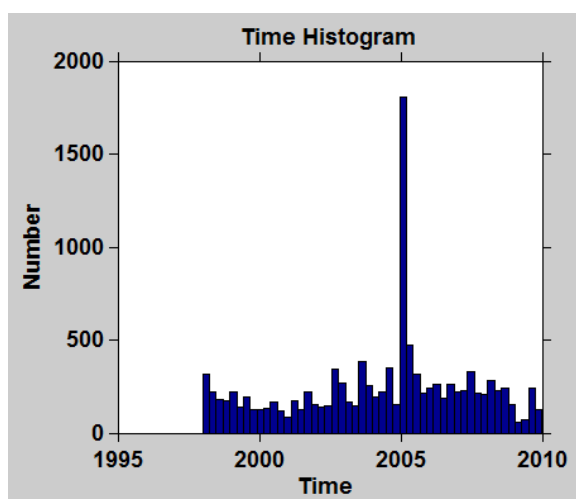
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



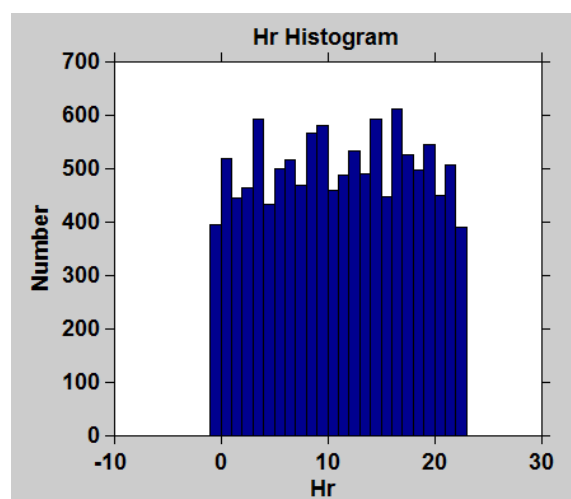
(ข) ความลึก-จำนวนแผ่นดินไหว



(ค) ช่วงปี-จำนวนแผ่นดินไหว



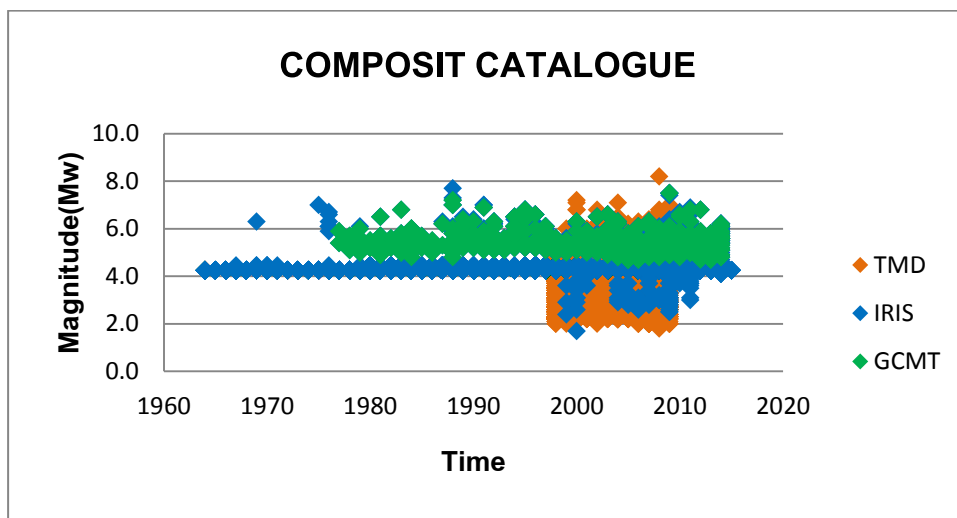
(ง) เวลา-จำนวนแผ่นดินไหว



รูป 3.6. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูล TMD กับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ

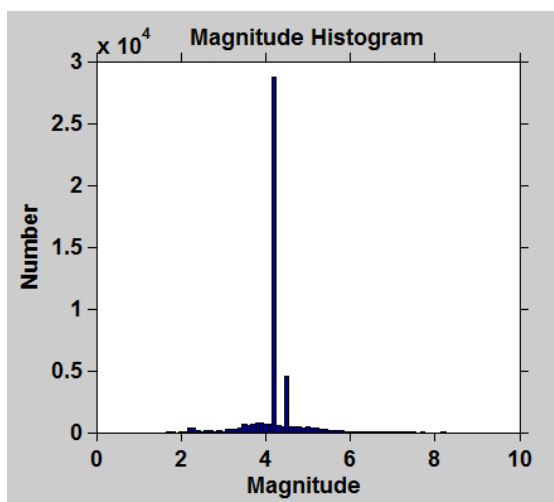
จากการรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจาก 3 ฐานข้อมูลแล้ว พบว่า มีข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด 46,135 เหตุการณ์ โดยเริ่มมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม ค.ศ. 1964 - 31 มกราคม ค.ศ. 2015 ซึ่งมีขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ตั้งแต่ 1.7-8.2 ริคเตอร์ (รูป 3.7.) โดยขนาดแผ่นดินไหวมีการกระจายตัวมากในช่วง 4.2-4.8 ริคเตอร์ ดังรูป 3.8.(ก) และช่วงปีค.ศ.ที่มีการบันทึกข้อมูล มีการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วงปีค.ศ. 2004-2006 ดังรูป 3.8.(ค) มีความลึกตั้งแต่ 0-750 เมตร โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วง 0-33 เมตร ดังรูป -3.8.(ข) ช่วงเวลาที่มีการ

บันทึกข้อมูลเริ่มตั้งแต่ 0:00-23:59 น. โดยแสดงการกระจายตัวของข้อมูลมากในช่วงเวลา 15:00-18:00 น. ดังรูป 3.8.(ง)

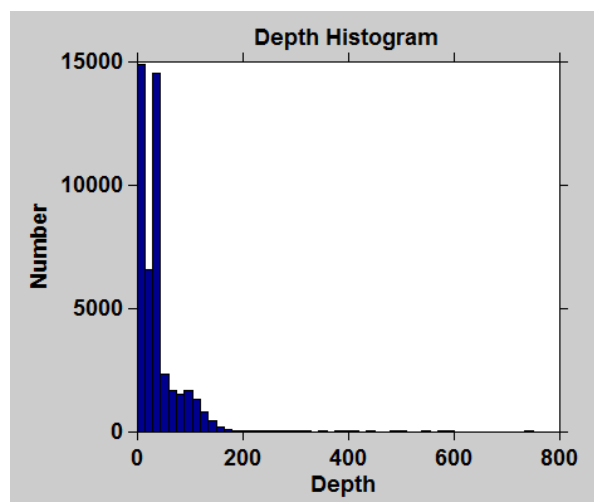


รูป 3.7. แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของทั้งสามฐานข้อมูล บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1984-2015(สิ้นเดือนมกราคม) ในหน่วยมาตรวัด Mw

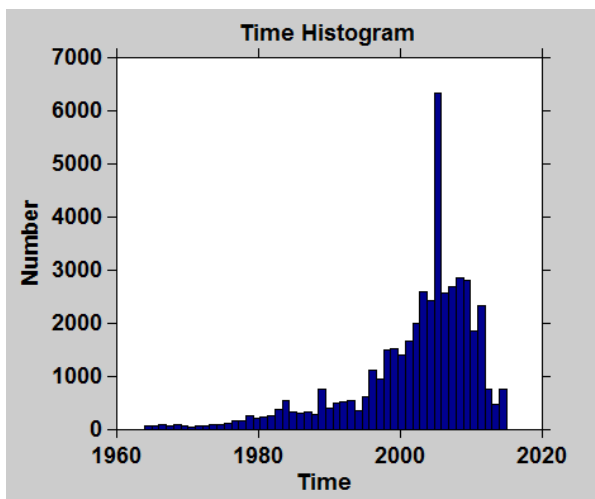
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



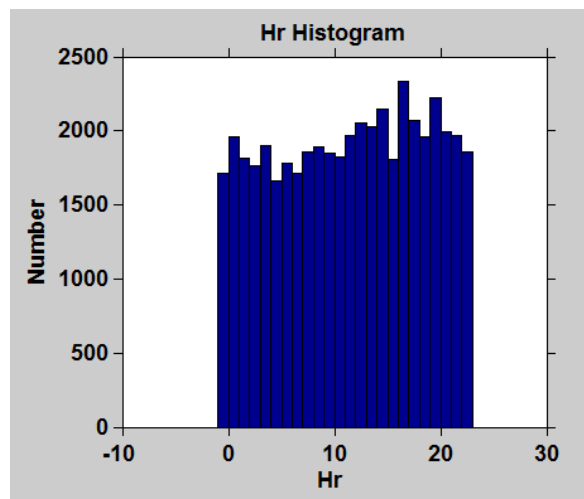
(ข) ความลึก-จำนวนแผ่นดินไหว



(ค) ช่วงปี-จำนวนแผ่นดินไหว



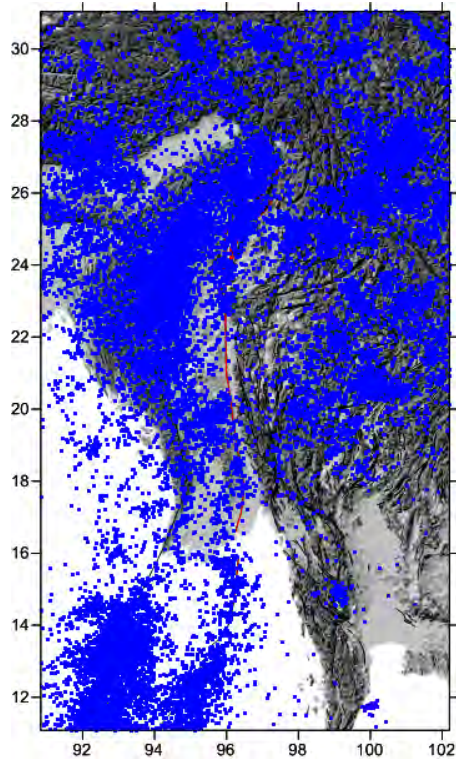
(ง) เวลา-จำนวนแผ่นดินไหว



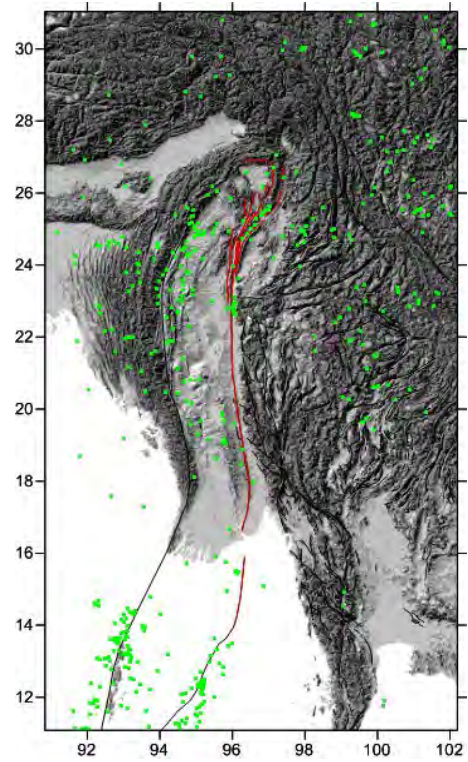
รูป 3.8. แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวของฐานข้อมูลทั้งสามฐานกับรายละเอียดข้อมูลต่างๆ

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวแต่ละฐานมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป คือ ฐานข้อมูล IRIS จะมีจำนวนมากที่สุดและพบการกระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ดังรูป 3.9.(ก) ฐานข้อมูลGCMT จะมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับฐานข้อมูลอื่นๆดังรูป 3.9.(ข)ฐานข้อมูล TMD การกระจายไม่ครอบคลุมทั้งพื้นที่ แต่มีความหนาแน่น และเป็นฐานข้อมูลท้องถิ่นที่มีการบันทึกแผ่นดินไหวที่มีช่วงขนาดกว้าง เลยไม่ตัดทิ้งดังรูป 3.9.(ข)จึงจำเป็นต้องรวบรวมเข้าด้วยกันเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีการกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหวได้กว้างขึ้น กระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และมีระยะเวลาในการตรวจวัดยาวนานขึ้นด้วย ดังรูป 3.9.(ง)

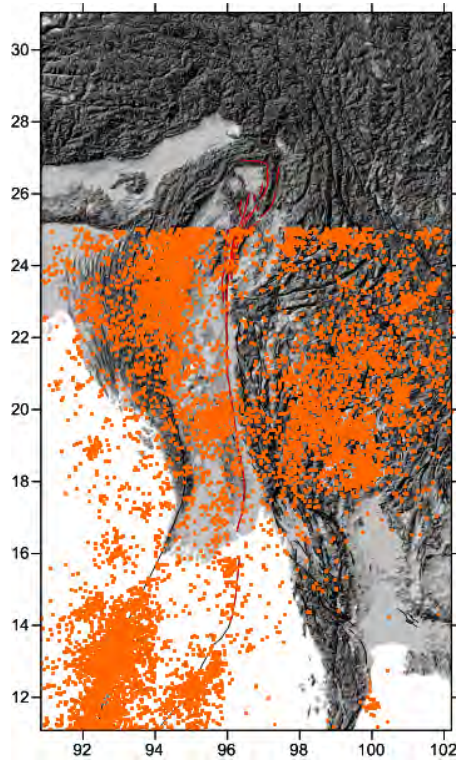
(ก)ฐานข้อมูล IRIS



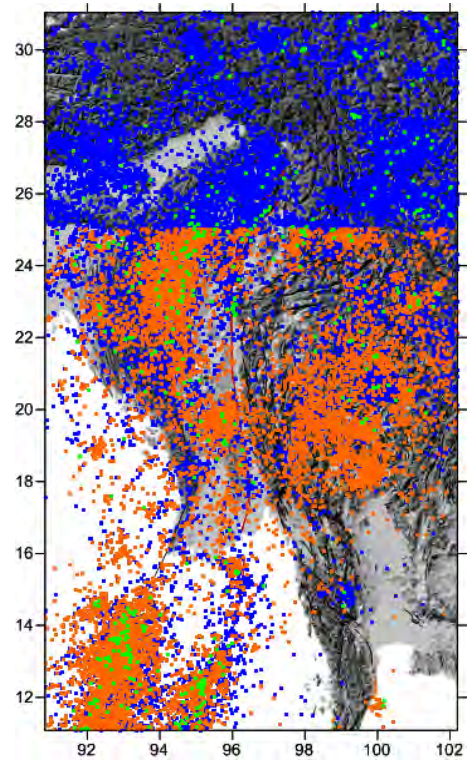
(ข)ฐานข้อมูล GCMT



(ค) ฐานข้อมูล TMD



(ง)ผลรวมของทุกฐานข้อมูล



รูป 3.9. แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลต่างๆ

### 3.2. การเปรียบเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude Conversion)

ข้อมูลที่ได้จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต่างกันจะมีการรายงานขนาดของแผ่นดินไหวด้วยหน่วยที่แตกต่างกันไป ได้แก่ ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Moment Magnitude; Mw) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Body-wave Magnitude; Mb) ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (Local Magnitude; ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Surface-wave Magnitude; Ms) ซึ่งจะนำข้อมูลแผ่นดินไหวไปใช้ในการวิเคราะห์ได้นั้น ต้องปรับเปลี่ยนเป็นข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน โดยแต่ละหน่วยขนาดแผ่นดินไหวนั้นอ้างอิงมาจากสมมติฐานและวิธีการคำนวณที่แตกต่างกันไป แต่สำหรับการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวหน่วยเดียวกันคือ ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Moment Magnitude; Mw)

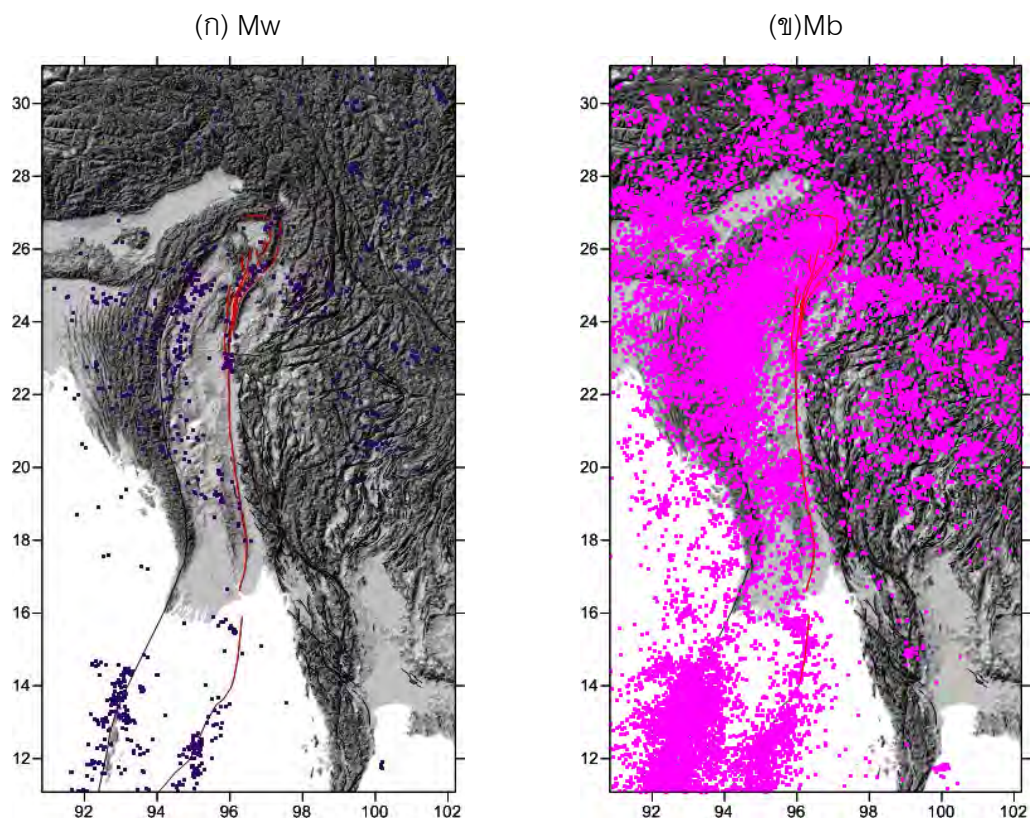
การเปรียบเทียบหรือการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวสามารถทำได้โดยการปรับข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Body-wave Magnitude; Mb) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) และขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (Local Magnitude; ML) ให้มีหน่วยมาตรฐานเดียวกันคือ ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Moment Magnitude; Mw) โดยเริ่มจากการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยมาตรวัดขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกันซึ่งมีความเฉพาะและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ความสัมพันธ์ดังนี้

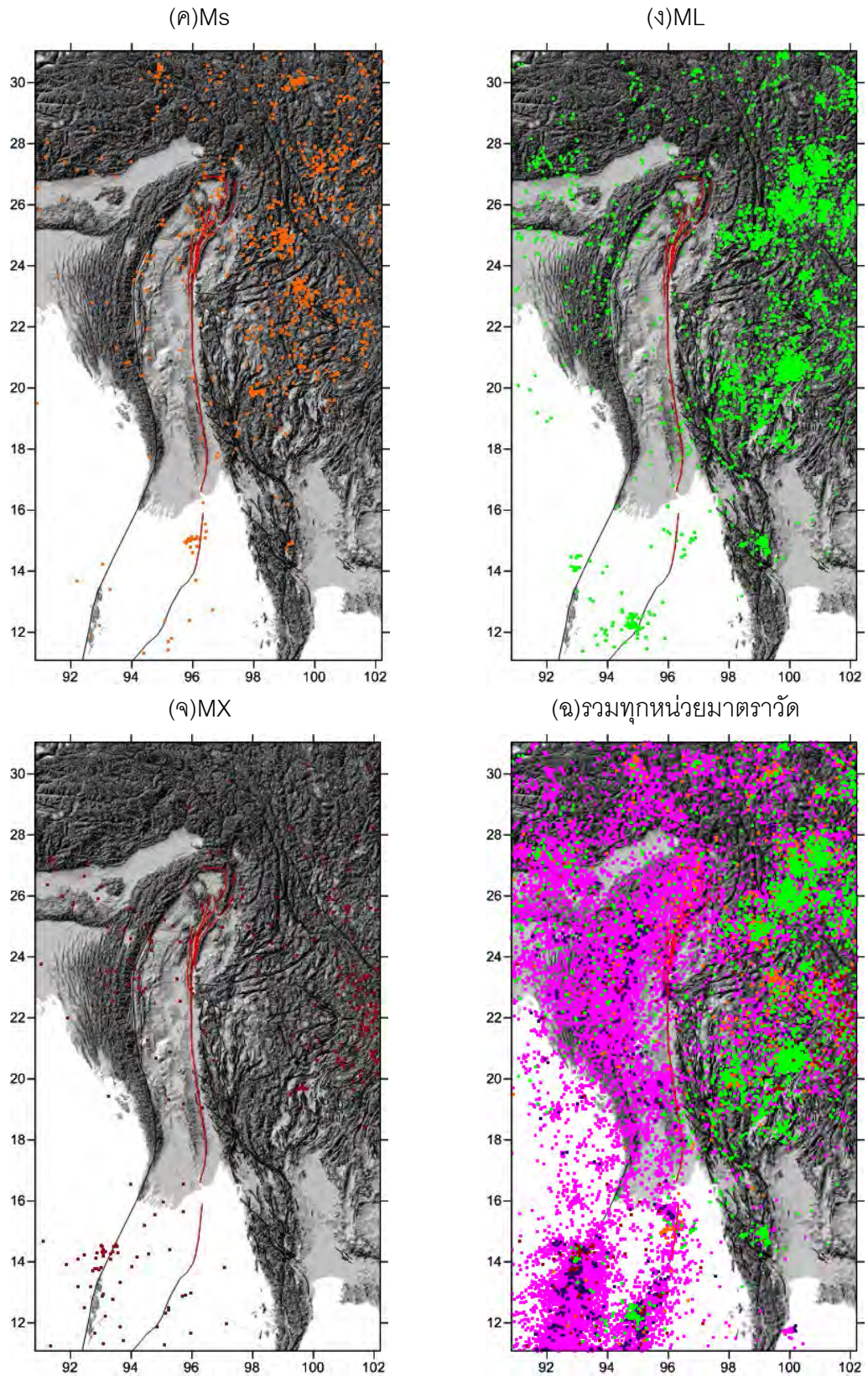
- (1) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)
- (2) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)
- (3) ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms)
- (4) ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb)

การหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง Mb, Ms และ Mw เริ่มจากการนำข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw) มาสร้างเป็นกราฟในแกนแนวตั้งหรือแกน y ส่วนขนาดของแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และ ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) มาสร้างเป็นกราฟในแกนแนวนอนหรือแกน x หลังจากนั้นก็สร้างเส้นแนวโน้มในรูปแบบของสมการ Polynomial จึงได้สมการความสัมพันธ์ที่ต้องการ ส่วนการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ML และ Mb, Ms กำหนดขนาดของแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และ ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) ให้เป็นแกนแนวตั้ง ส่วนขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) ให้เป็นแกนแนวนอน ก็จะได้เป็นสมการความสัมพันธ์เช่นเดียวกัน

ข้อมูลแผ่นดินไหวที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิตินั้นจำเป็นต้องมีความแม่นยำและถูกต้องมากที่สุด จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวให้อยู่ในหน่วยมาตรวัดขนาดแผ่นดินไหวเดียวกัน ซึ่งในปัจจุบัน หน่วยมาตรวัดขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw) เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เนื่องจาก หน่วยวัดนี้ไม่

มีการเกิดการฉีกตัวของสัญญาณ เหมือนกับหน่วยมาตราวัดแผ่นดินไหวอื่นๆ ซึ่งฐานข้อมูลที่จะนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์ คือ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) เนื่องจากฐานข้อมูลนี้มีการบันทึกข้อมูลในทุกหน่วยมาตราวัดแผ่นดินไหว ซึ่งจะเห็นได้ดังรูป 3.10. ที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลในหน่วยมาตราวัดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน

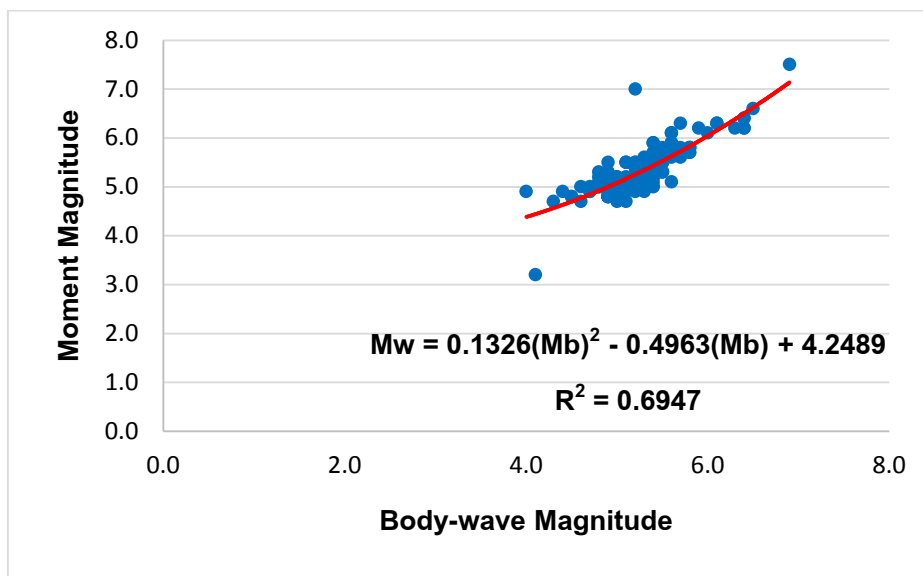




รูป 3.10. แสดงการกระจายตัวของขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละหน่วยมาตราวัด

### 3.2.1. ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)

จากการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ IRIS ทำให้ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw) ดังรูป 3.11.



รูป 3.11. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)

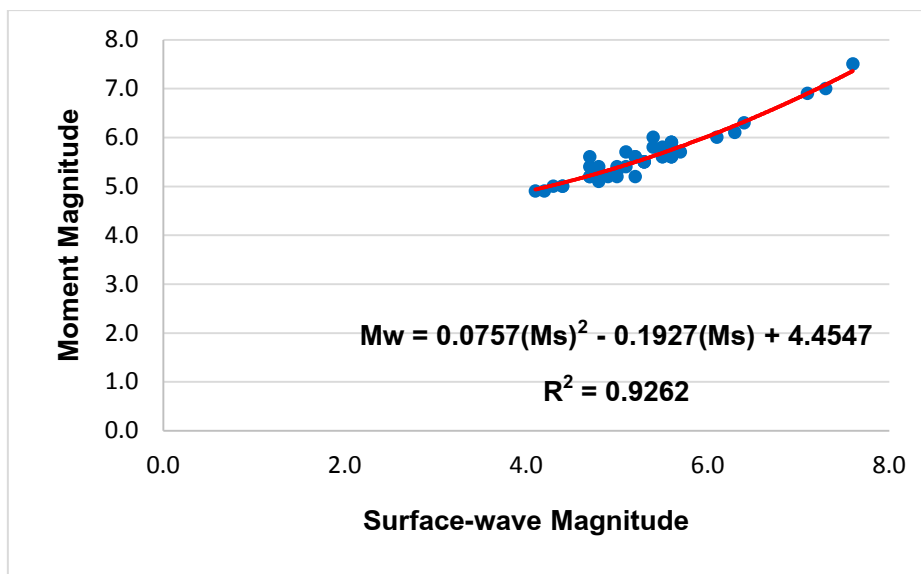
สมการความสัมพันธ์ในการใช้แปลงจากขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) ไปเป็นขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw) เป็นดังสมการ (3.1.)

$$Mw = 0.1326(Mb)^2 - 0.4963(Mb) + 4.2489 \quad \text{สมการ (3.1.)}$$

### 3.2.2. ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw)

จากการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ IRIS ทำให้ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw) ดังรูป 3.12.





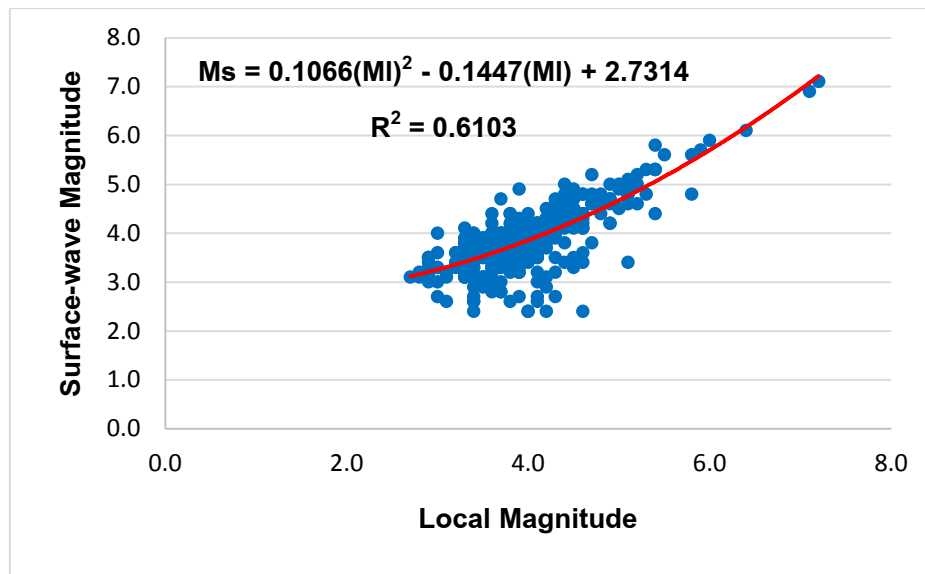
รูป 3.12. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก ( $M_s$ ) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ ( $M_w$ )

สมการความสัมพันธ์ในการใช้แปลงจากขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก ( $M_s$ ) ไปเป็นขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ ( $M_w$ ) เป็นดังสมการ(3.2.)

$$M_w = 0.0757(M_s)^2 - 0.1927(M_s) + 4.4547 \quad \text{สมการ(3.2.)}$$

### 3.2.3. ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น ( $M_L$ ) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก ( $M_s$ )

จากการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ IRIS ทำให้ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น ( $M_L$ ) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก ( $M_s$ ) ดังรูป 3.13.



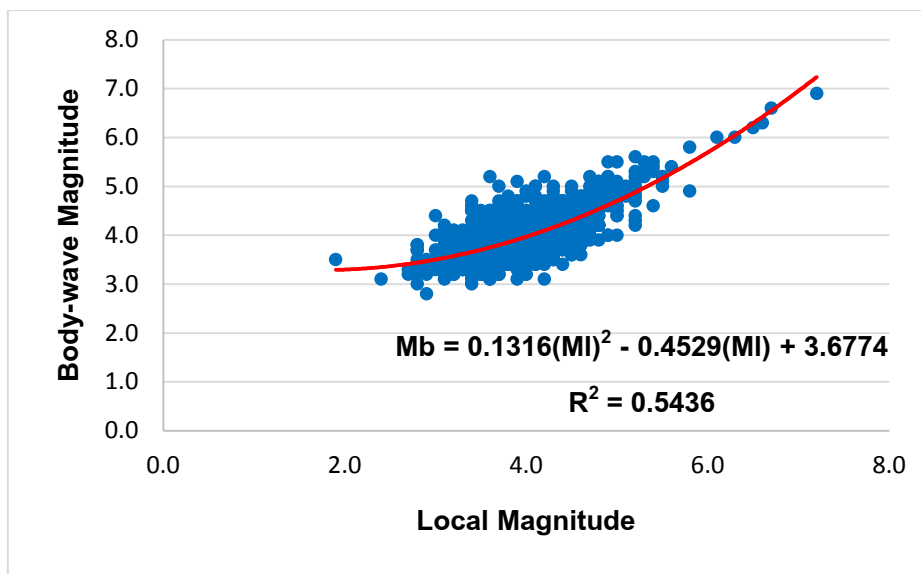
รูป 3.13. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms)

สมการความสัมพันธ์ในการใช้แปลงจากขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) ไปเป็นขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) เป็นดังสมการ(3.3.)

$$M_s = 0.1066(MI)^2 - 0.1447(MI) + 2.7314 \quad \text{สมการ(3.3.)}$$

### 3.2.4. ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms)

จากการศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ IRIS ทำให้ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) ดังรูป 3.14.



รูป 3.14. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb)

สมการความสัมพันธ์ในการใช้แปลงจากขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (MI) ไปเป็นขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) เป็นดังสมการ(3.4.)

$$Mb = 0.1316(MI)^2 - 0.4529(MI) + 3.6774 \quad \text{สมการ(3.4.)}$$

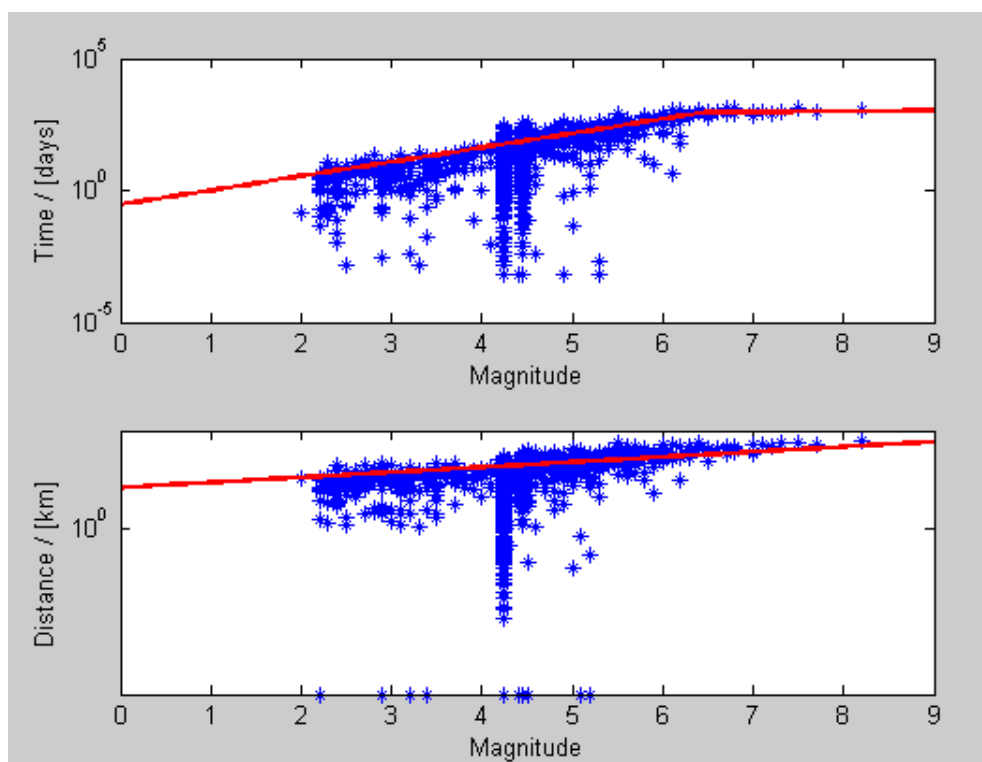
เมื่อได้สมการความสัมพันธ์ทั้งหมดแล้ว ปรับเทียบฐานข้อมูลแผ่นดินไหวให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด เพื่อให้ได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่สมบูรณ์และถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

### 3.3 การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)

ข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกในฐานข้อมูลแต่ละฐานประกอบด้วย 3 ประเภท คือ แผ่นดินไหวนำ (foreshock) แผ่นดินไหวหลัก (mainshock) และแผ่นดินไหวตาม (aftershock) ซึ่งในการวิเคราะห์เชิงสถิติฐานข้อมูลที่จะนำมาใช้จะต้องเลือกเพียงแค่แผ่นดินไหวหลัก เนื่องจากแผ่นดินไหวหลักเกิดจากแรงเค้น (stress) ที่มาจากการเปลี่ยนแปลงธรณีแปรสัณฐาน (tectonic activity) โดยตรง แต่แผ่นดินไหวนำเกิดจากการเตรียมพร้อมก่อนการเกิดแผ่นดินไหวหลัก และแผ่นดินไหวตามเกิดจากแรงเครียด (strain) ซึ่งเกิดมาจากกระบวนการการเคลื่อนตัวของพื้นที่หรือรอยเลื่อนในบริเวณ เมื่อเกิดแผ่นดินไหวหลัก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวเพื่อคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักและกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออก เพื่อให้ได้ข้อมูล

แผ่นดินไหวที่แสดงถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง โดยแนวคิดที่จะนำมาใช้ในการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก และกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม รวมถึงเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีการรายงานซ้ำซ้อนในพื้นที่นั้นๆ ไว้ ก็คือ แนวคิดของ Gardner และKnopoff (1974) ซึ่งแนวคิดนี้เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมถึงประเทศไทยด้วย

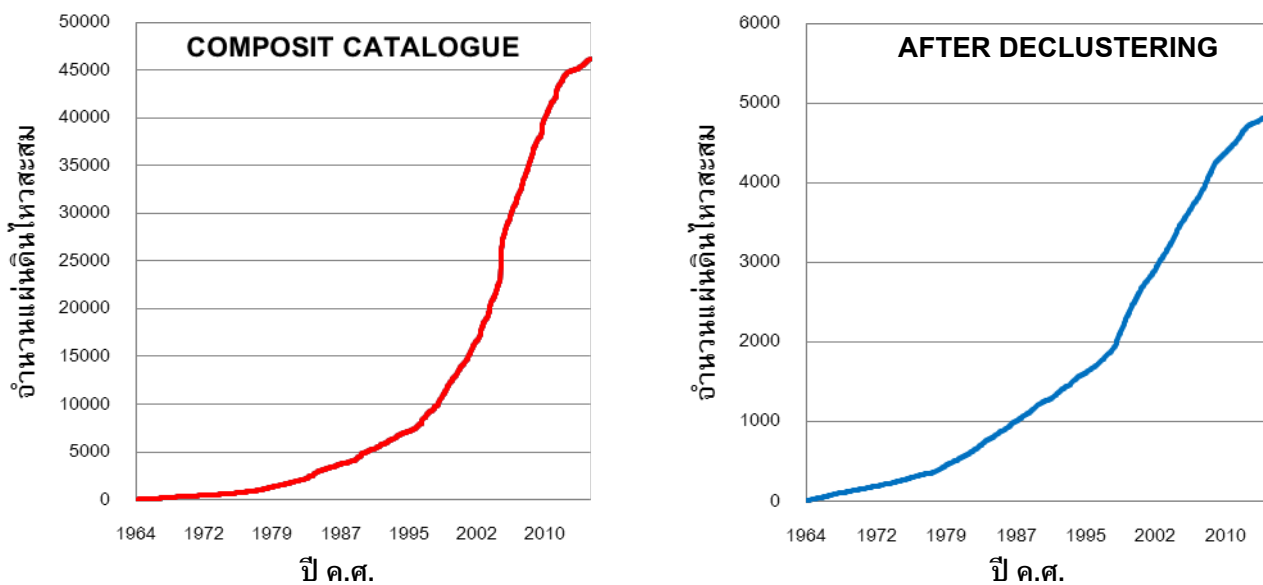
การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ด้วยการเลือกกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก โดยใช้โปรแกรม ZMAP (Wiemer, 2001) เปิดผ่านโปรแกรม MATLAB ในการทำงาน ซึ่งในการจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักนั้นจะอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ศึกษา และช่วงเวลาที่เกิดขึ้น โดยที่แสดงอยู่ในรูปของกรอบของเวลา (time window) และกรอบของระยะทาง (space window) ซึ่งจะทำให้เห็นถึงการจับกลุ่มกันของแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม โดยที่จะอยู่ภายใต้กรอบของเวลาและกรอบของระยะทางหรืออยู่ภายใต้เส้นสีแดง ดังรูป 3.15. ซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มของแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่ต้องกำจัดออก



รูป 3.15. แสดงผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และKnopoff (1974) ซึ่งเส้นสีแดงแสดงถึงกรอบของเวลา(ด้านบน) และกรอบของระยะทาง(ด้านล่าง) โดยข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่เหนือเส้นสีแดง คือข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

ผลจากการจัดกลุ่มข้อมูลแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) พบว่า สามารถจัดกลุ่มของแผ่นดินไหวให้อยู่ในกลุ่มแผ่นดินไหวเดียวกัน (Earthquake cluster) ได้ 3,135 กลุ่มแผ่นดินไหว และจากการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวนั้นประกอบด้วยข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 46,138 เหตุการณ์ เป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม 41,272 เหตุการณ์ ซึ่งคิดเป็น 87% ของเหตุการณ์ทั้งหมด จากการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้สามารถจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักได้ทั้งสิ้น 4,863 เหตุการณ์

จากการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลักแล้ว ผู้จัดทำได้นำข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว ทั้งก่อนและหลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Cumulative number of earthquake) และช่วงเวลาในแต่ละปี ดังรูป 3.16. ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในส่วนของการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก จำนวนแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลจะมีจำนวนข้อมูลทั้งแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามมาเกี่ยวข้องด้วย จึงทำให้ลักษณะของกราฟไม่เป็นเส้นตรงมากนัก ในขณะที่กราฟของฐานข้อมูลที่มีการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวแล้วจะมีลักษณะที่ค่อนข้างเป็นเส้นตรงมากขึ้น แต่ก็ยังไม่ถือว่าเป็นเส้นตรงสมบูรณ์ เนื่องจากอาจจะมีปัจจัยด้านอื่นที่ทำให้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์ได้ ยังไม่ได้สื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง โดยปัจจัยอีกประการหนึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Seismicity) ซึ่งจะพูดถึงในหัวข้อถัดไป



รูป 3.16. (ด้านซ้าย) แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (ด้านขวา) แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก

### 3.4. การตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Seismicity)

ในปัจจุบันจากการศึกษาทางวิจัยที่ผ่านมา พบว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการบันทึกไว้ มักจะได้รับผลกระทบมาจากกิจกรรมของมนุษย์ไม่ว่าจะเป็น การเพิ่มหรือลดของจำนวนสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวในเครือข่ายตรวจวัด ซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ไม่คงที่ (Wyss, 1991) การเปลี่ยนแปลงระบบการดูแลเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว จะทำให้มีการประเมินขนาดแผ่นดินไหวที่เปลี่ยนไปจากเดิม (Habermann และ Wyss, 1984) การเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ในการประมวลผลข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแต่ละช่วงเวลา (Wyss และ Habermann, 1988b) การเปลี่ยนแปลงในหน่วยวัดและคำจำกัดความของขนาดแผ่นดินไหว (Perez และ Scholz, 1984) จากการศึกษาในทางทฤษฎีพบว่า กระบวนการทางธรณีแปรสัณฐาน เป็นกลไกหลักของการเกิดแผ่นดินไหว ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างกะทันหันหรือทันทีทันใด ภายในระยะเวลาอันสั้น เพราะฉะนั้นการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวจึงสื่อถึงกิจกรรมของมนุษย์อย่างแท้จริง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการปรับแก้ข้อมูลหรือเลือกใช้ข้อมูลที่มีความต่อเนื่องและค่อนข้างคงที่มากที่สุด

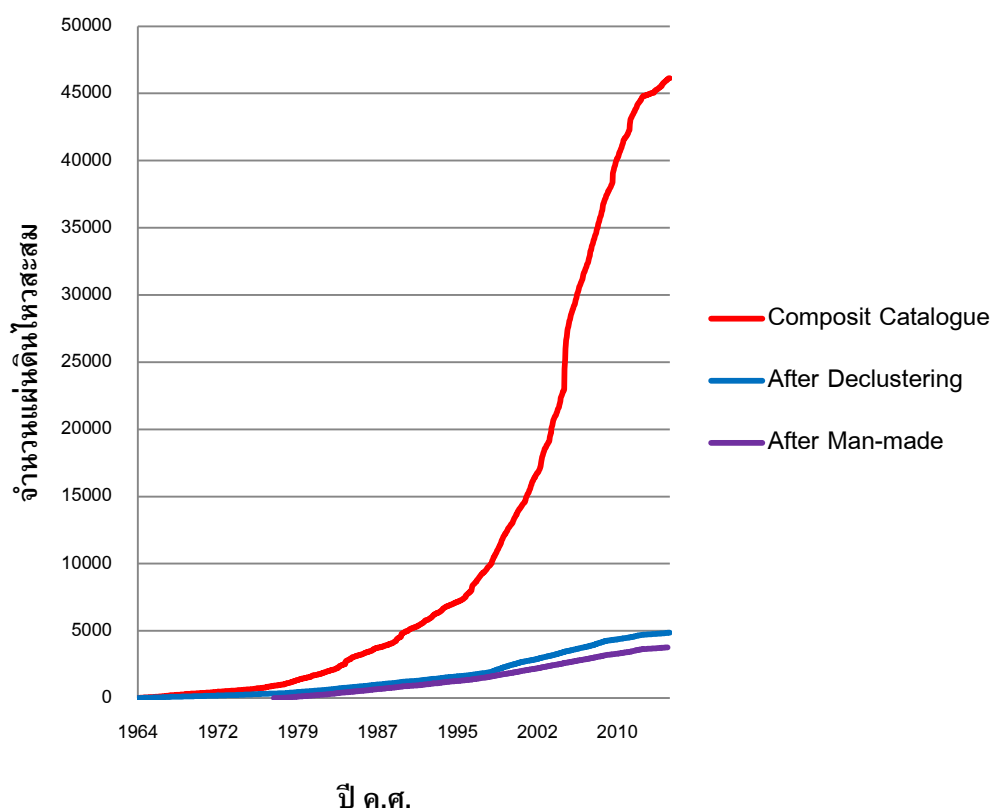
เนื่องจากข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้มีการเปลี่ยนแปลงจากกิจกรรมของมนุษย์ จึงทำให้ Habermann (1983; 1987) ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว ( $Z$ ) ซึ่งการวิเคราะห์ค่า  $Z$  ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวใน 2 ช่วงเวลา คือ  $M_1$  และ  $M_2$  ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือ  $S_1$  และ  $S_2$  และสุดท้ายคือจำนวนตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาหรือ  $N_1$  และ  $N_2$  ซึ่งจะแสดงดังสมการ (3.5.) เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า  $Z$  และจะแสดงผลการคำนวณในรูปของการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด แต่ละช่วงเวลา

$$Z = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}, \quad \text{สมการ(3.5.)}$$

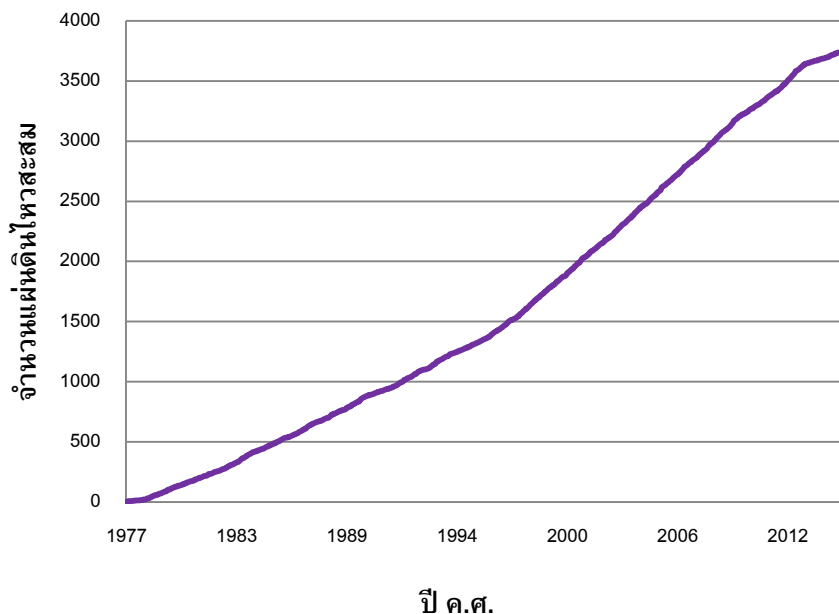
จากการวิเคราะห์พบว่า คัดเลือกช่วงของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่า 3.4 ริกเตอร์ ในช่วงปี ค.ศ. 1977-2014 ซึ่งมีการตรวจวัดด้วยอัตราเดียวกันอย่างต่อเนื่องมาเป็นตัวแทนของพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวได้ ทำให้หลังจากผ่านกระบวนการนี้แล้ว เหลือข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 3,790 เหตุการณ์ จาก 4,863 เหตุการณ์

หลังจากนั้นได้สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (cumulative number of earthquake) และช่วงเวลาในแต่ละปี โดยที่จะ

นำข้อมูลจำนวนแผ่นดินไหวทั้งก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก หลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก รวมถึงหลังจากการกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์แล้ว เพื่อเปรียบเทียบลักษณะของเส้นกราฟ จากรูป 3.17. จะแสดงให้เห็นว่า ยิ่งเส้นกราฟมีลักษณะที่ใกล้เส้นตรงมากเท่าไร แสดงว่า ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้สามารถสื่อถึงพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวได้อย่างแท้จริง และข้อมูลนี้จะนำไปวิเคราะห์หาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องมากที่สุดและจะเห็นได้ว่า ลักษณะของเส้นกราฟหลังจากการกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์แล้ว จะมีลักษณะที่ใกล้เส้นตรงมาก จากรูป 3.18.



รูป 3.17. แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละช่วงเวลา โดยเส้นสีแดง คือ ก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลังเส้นสีน้ำเงิน คือ หลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก และเส้นสีม่วง คือ หลังจากการกำจัดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์



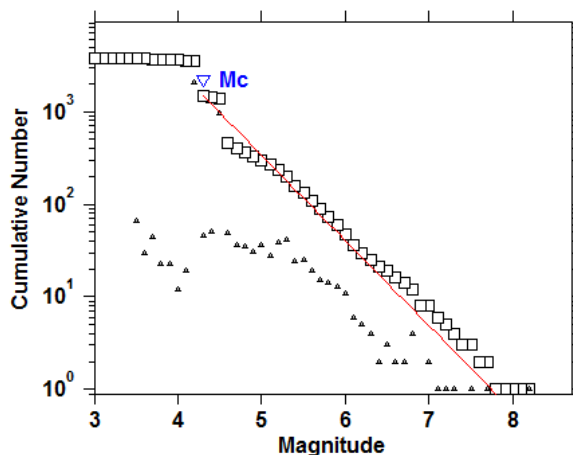
รูป 3.18. แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการกำจัดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์

### 3.5. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และขนาดของแผ่นดินไหว ดังรูป 3.19. แสดงให้เห็นว่า ช่วงที่ขนาดแผ่นดินไหวมีค่าน้อยกว่าค่า  $M_c$  จะมีลักษณะของเส้นกราฟไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ทำให้ทราบว่า เป็นผลอันเนื่องมาจากความไม่สมบูรณ์ของการตรวจวัดแผ่นดินไหว เนื่องจากความไวต่อสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวของเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหว รวมถึงประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวด้วย ยกตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวขนาดเล็ก ซึ่งจะมีบางส่วนของแรงสั่นสะเทือนที่เครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวไม่สามารถตรวจวัดและบันทึกข้อมูลลงในฐานะข้อมูลแผ่นดินไหวได้ แม้จะเกิดแผ่นดินไหวขึ้นจริงก็ตาม

จากเหตุนี้เองจึงทำให้มีการกำหนดค่าขนาดแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์ในการตรวจวัดแผ่นดินไหวจากเครื่องมือ โดยเรียกว่า Magnitude of completeness ( $M_c$ ) (Woessner และ Wiemer, 2005) ซึ่งค่า  $M_c$  หมายถึง ระดับขนาดแผ่นดินไหวที่เครือข่ายตรวจวัดสามารถตรวจวัดได้ทุกเหตุการณ์ที่เกิดแผ่นดินไหวขึ้น ในขณะที่แผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า  $M_c$  บางเครือข่ายไม่สามารถตรวจวัดได้ เพราะฉะนั้น การกำหนดค่า  $M_c$  ให้ถูกต้อง จึงเป็นผลที่ดีที่จะนำฐานข้อมูลไปวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเกิดแผ่นดินไหวได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น



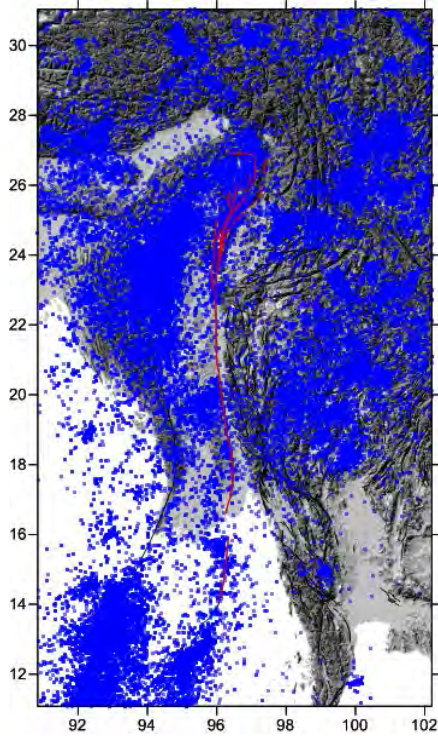


รูป 3.19. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ โดยที่มีขนาดแผ่นดินไหวต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์คือ  $M_c = 4.3$

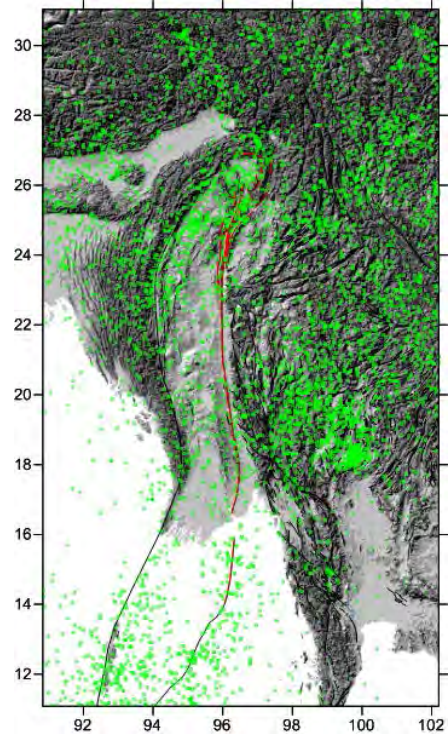
จากการคัดเลือกระดับของขนาดแผ่นดินไหวที่มากกว่าขนาดแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดออก ซึ่งก็คือ 4.3 ทำให้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่จะนำมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวมีทั้งสิ้น 3,781 เหตุการณ์

จากกระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลทั้งหมดที่ได้กล่าวมา ทำให้ทราบว่าแต่ละขั้นตอนในการปรับปรุงฐานข้อมูลนั้นจะทำให้ข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวสมบูรณ์ ถูกต้องและสื่อถึงพฤติกรรมธรณีแปรสัณฐาน (tectonic activities) ของพื้นที่ศึกษาอย่างแท้จริง โดยก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหว จะพบว่าข้อมูลมีจำนวนมากและกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา ดังรูป 3.20.(ก) และเมื่อทำการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวทำให้พบว่า ข้อมูลมีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ยังคงมีการกระจายตัวทั่วพื้นที่เช่นเดิมดังรูป 3.20.(ข) หลังจากแยกกลุ่มแผ่นดินไหวแล้ว ทำการกำจัดผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์พบว่า ข้อมูลมีจำนวนลดลงไม่มากนัก และพบว่ายังคงกระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ศึกษาเช่นกันดังรูป 3.20.(ค) และหลังจากนั้นทำการคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ พบว่า ข้อมูลลดลงเพียงเล็กน้อย และกระจายตัวทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา และกระจายตัวใกล้กับบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนสะกายด้วยดังรูป 3.20.(ง)

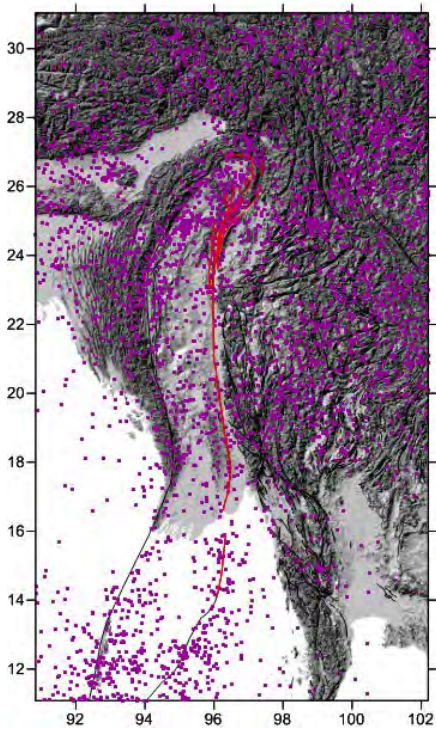
(ก) ก่อนการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก



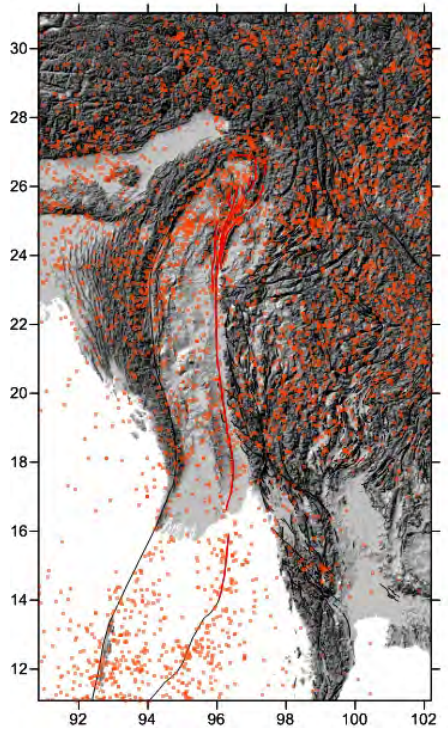
(ข) หลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก



(ค) หลังจากการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์



(ง) หลังจากคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์



รูป 3.20. แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละขั้นตอนการปรับปรุงฐานข้อมูล

## บทที่ 4 ผลการศึกษา (RESULT)

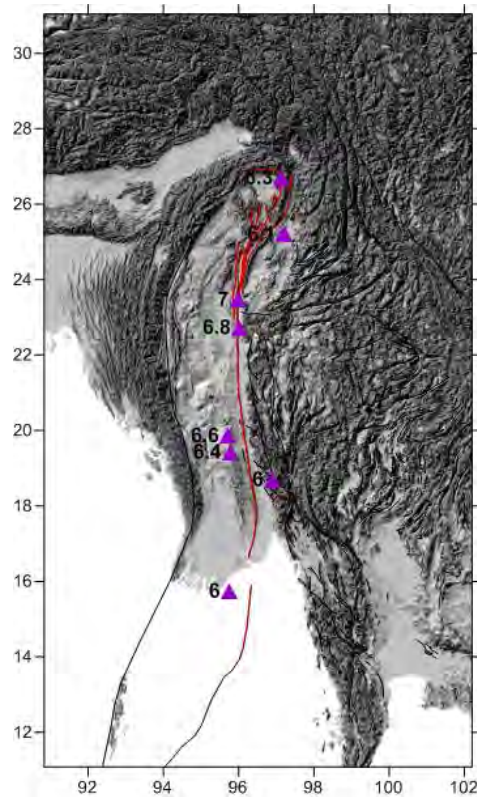
### 4.1. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)

หลังจากได้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านการปรับปรุงฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการคัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่สนใจเพื่อมาใช้เป็นกรณีศึกษา โดยได้ทำการคัดเลือกมาทั้งหมด 8 เหตุการณ์ดังตาราง 4.1.

ตาราง 4.1. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เลือกมาเป็นกรณีศึกษา

Longitude	Latitude	Year	Month	Day	MW	Depth	Hour	Min
95.98	23.48	1991	1	5	7	20	14	57
95.738	15.746	1991	4	1	6	15	3	53
97.22	25.2	1994	1	11	6.1	33	0	51
96.9	18.7	1999	8	15	6	33	16	18
97.15	26.7	2000	6	7	6.3	37	21	46
95.72	19.86	2003	9	21	6.6	15.8	18	16
95.78	19.43	2007	7	30	6.4	33	22	42
96.03	22.73	2012	11	11	6.8	16.8	1	12

หลักการที่นำมาใช้คัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวมาเป็นกรณีศึกษาคือ เลือกเหตุการณ์ที่มีขนาดแผ่นดินไหวในมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ตั้งแต่ 6 ริกเตอร์ขึ้นไป หลังจากนั้นทำการพิจารณาจากบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย โดยเลือกเหตุการณ์ที่อยู่ในขอบเขตระยะไม่ห่างนักจากกลุ่มรอยเลื่อนที่ศึกษา จากการคัดเลือกทำให้ได้เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่จะนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาทั้งหมด 8 เหตุการณ์จากเหตุการณ์ทั้งหมด ซึ่งแสดงการกระจายตัวตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย ดังรูป 4.1.



รูป 4.1. แสดงการกระจายตัวของเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

การทดสอบย้อนกลับ เพื่อทำการหาค่าตัวแปร รัศมี ( $R_{max}$ ) และกรอบเวลา ( $T_{max}$ ) ที่เหมาะสม โดยหาจาก ขั้นตอนวิธีพื้นที่-เวลา-ความยาวรอยเลื่อน (RTL) โดยคำนึงถึงตัวแปรระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวทั้ง 3 ตัวแปรดังนี้ พื้นที่ เวลา และความยาวรอยเลื่อน ซึ่งแสดงได้ดังสมการ (5.1.) - (5.3.)

$$R(x, y, z, t) = \left[ \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{r_i}{r_0}\right) \right] - R_{bg}(x, y, z, t) \quad \text{สมการ (5.1.)}$$

$$T(x, y, z, t) = \left[ \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{t-t_i}{t_0}\right) \right] - T_{bg}(x, y, z, t) \quad \text{สมการ (5.2.)}$$

$$L(x, y, z, t) = \left[ \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{l_i}{r_i}\right) \right] - L_{bg}(x, y, z, t) \quad \text{สมการ (5.3.)}$$

โดยกำหนดค่า Rmax เริ่มตั้งแต่ 50 – 250 กิโลเมตร และขยับไปทุกๆ 10 กิโลเมตร ส่วนค่า Tmax เริ่มตั้งแต่ 1 – 5 ปี และขยับไปทุกๆ 0.5 ปี ซึ่งจากการกำหนดค่าดังกล่าว ทำให้ได้เงื่อนไขของค่า Rmax และTmax หลากหลายกรณี แสดงตัวอย่างดังตาราง 4.2.

ตาราง 4.2. ตารางแสดงตัวอย่างเงื่อนไขค่า Rmax และTmax ในหลายกรณี

เงื่อนไข	Rmax (กม.)	Tmax (ปี)	จำนวนเหตุการณ์กรณีศึกษาที่พบ
1	80	2	2 เหตุการณ์
2	90	1.5	3 เหตุการณ์
2	100	1.5	4 เหตุการณ์
3	100	5	4 เหตุการณ์
4	110	1	4 เหตุการณ์
5	120	2	5 เหตุการณ์
6	120	3	5 เหตุการณ์
7	130	1.5	6 เหตุการณ์
8	140	1.5	6 เหตุการณ์
9	150	2	6 เหตุการณ์
10	150	3	7 เหตุการณ์
11	160	2	7 เหตุการณ์
12	160	3.5	7 เหตุการณ์
13	170	2	7 เหตุการณ์
14	170	3	7 เหตุการณ์
15	170	4.5	6 เหตุการณ์
16	180	2	7 เหตุการณ์
17	190	1	6 เหตุการณ์
18	200	2	5 เหตุการณ์
19	210	2	7 เหตุการณ์
20	220	2	7 เหตุการณ์

จากเงื่อนไขของค่า Rmax และ Tmax หลากหลายกรณี ที่ยกตัวอย่างมาแสดงดังตาราง 4.2. ได้ทำการคัดเลือก เงื่อนไขมาทั้งหมด 4 เงื่อนไข แสดงดังตาราง 4.3. โดยหลักการในการคัดเลือกคือ เลือกค่า Rmax และ Tmax ที่ไม่มากเกินไป ซึ่งจะต้องเป็นเงื่อนไขที่พบเหตุการณ์กรณีศึกษามากที่สุดจาก 8 เหตุการณ์ โดยพบว่า ค่า Rmax ที่เลือกมานั้นอยู่ในช่วง 150 – 170 กิโลเมตร และค่า Tmax อยู่ในช่วง 2 – 3 ปี นอกจากนี้ทั้ง 4 เงื่อนไขยังพบเหตุการณ์กรณีศึกษาทั้งสิ้น 7 เหตุการณ์ จาก 8 เหตุการณ์ด้วย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีการคัดเลือกเงื่อนไขทั้ง 4 นี้มาเพื่อทำการทดสอบย้อนกลับนั่นเอง

ตาราง 4.3. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของ 4 เงื่อนไขที่สนใจรวมถึงเหตุการณ์กรณีศึกษาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ด้วย

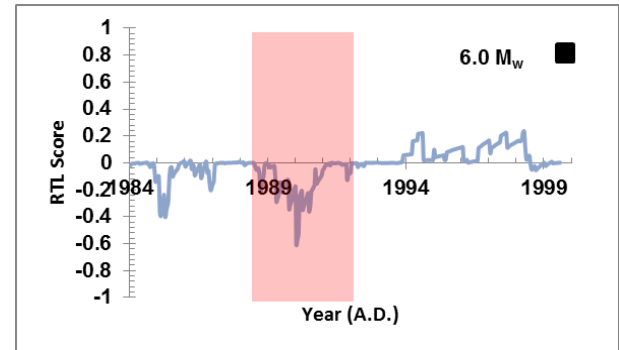
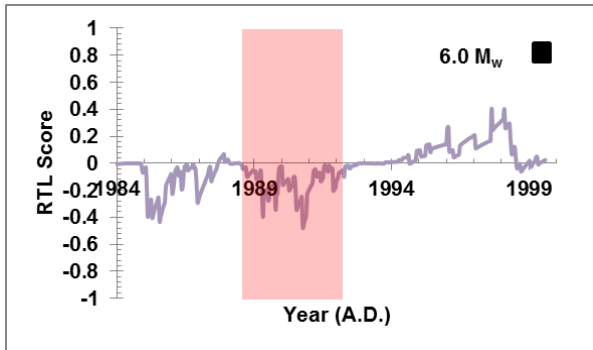
เงื่อนไข	Rmax (กม.)	Tmax (ปี)	เหตุการณ์	Lon	Lat	Year	MW
1	150	3	1	95.98	23.48	1991.01	7
			2	95.738	15.746	1991.25	6
			3	97.22	25.2	1994.03	6.1
			4	96.9	18.7	1999.62	6
			5	97.15	26.7	2000.43	6.3
			6	95.72	19.86	2003.72	6.6
			7	95.78	19.43	2007.58	6.4
2	160	2	1	95.98	23.48	1991.01	7
			2	95.738	15.746	1991.25	6
			3	97.22	25.2	1994.03	6.1
			4	96.9	18.7	1999.62	6
			5	97.15	26.7	2000.43	6.3
			6	95.72	19.86	2003.72	6.6
			7	95.78	19.43	2007.58	6.4

เงื่อนไข	Rmax (กม.)	Tmax (ปี)	เหตุการณ์	Lon	Lat	Year	MW
3	170	2	1	95.98	23.48	1991.01	7
			2	95.738	15.746	1991.25	6
			3	97.22	25.2	1994.03	6.1
			4	96.9	18.7	1999.62	6
			5	97.15	26.7	2000.43	6.3
			6	95.72	19.86	2003.72	6.6
			7	95.78	19.43	2007.58	6.4
4	170	3	1	95.98	23.48	1991.01	7
			2	95.738	15.746	1991.25	6
			3	97.22	25.2	1994.03	6.1
			4	96.9	18.7	1999.62	6
			5	97.15	26.7	2000.43	6.3
			6	95.72	19.86	2003.72	6.6
			7	95.78	19.43	2007.58	6.4

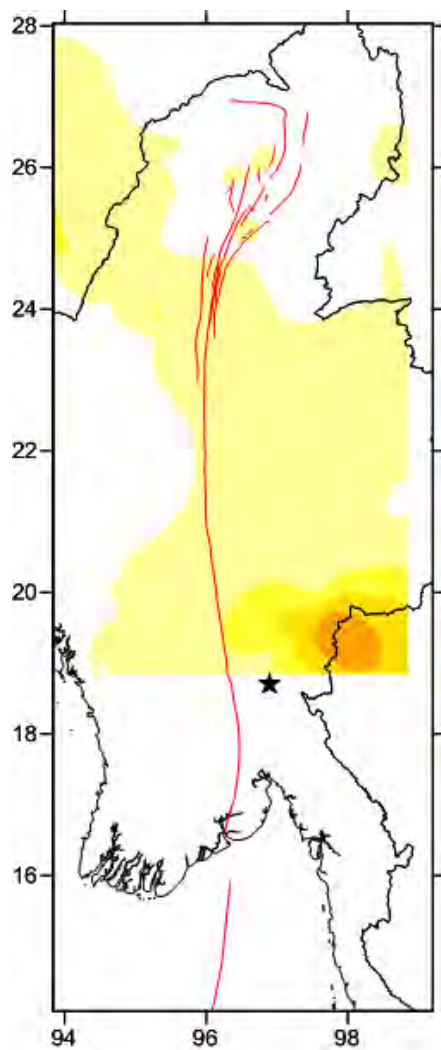
จากตาราง 4.3. พบว่ามีเงื่อนไขที่จะนำมาพิจารณาทั้งหมด 4 เงื่อนไข เมื่อทำการพิจารณาเบื้องต้น โดยการสร้างแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติในทุกกรณีศึกษาของแต่ละเงื่อนไข ซึ่งจะแสดงอยู่ในลักษณะของการเปรียบเทียบเหตุการณ์กรณีศึกษาแต่ละกรณี ในทุกเงื่อนไข โดยยกตัวอย่างเหตุการณ์กรณีศึกษาที่ 4 ในทุกเงื่อนไขมาแสดงดังรูป 4.2. โดยพบว่าการกระจายตัวของค่าความผิดปกติในแต่ละเงื่อนไขไม่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงเลือกที่จะใช้เงื่อนไขที่ 1 คือ Rmax = 150 กิโลเมตร และ Tmax = 3 ปี ซึ่งเป็นค่า Rmax และ Tmax ที่น้อยที่สุด ที่ทำให้ความละเอียดในการตีวงรัศมีและเวลาที่พิจารณาในพื้นที่แสดงได้ละเอียดกว่า มาเป็นตัวแทนในการศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อไป โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลของเงื่อนไขที่ 1 ดังตาราง 4.4.

ตาราง 4.4. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของเงื่อนไขที่นำมาใช้เป็นตัวแทน

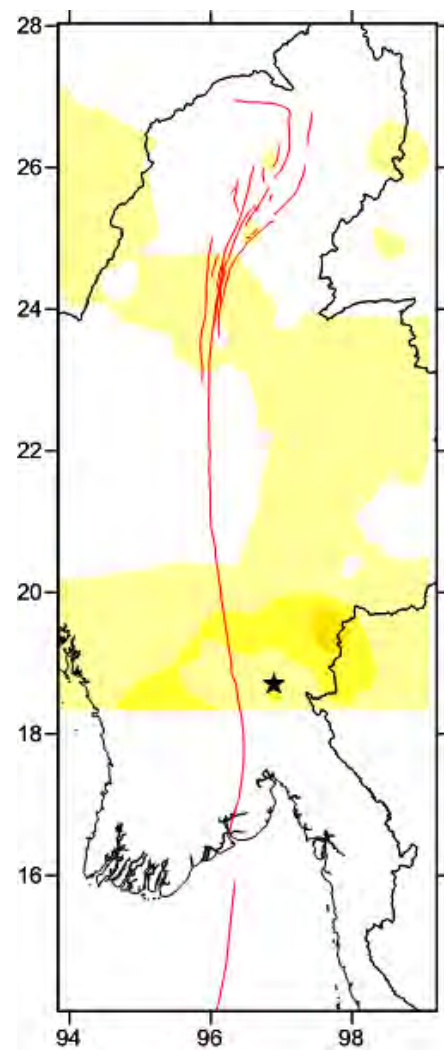
Rmax	Tmax	ระยะห่างของการตีช่องกริดย่อย	จำนวนเหตุการณ์กรณีศึกษาที่พบ
150 กิโลเมตร	3 ปี	0.05x0.05 องศา	7 เหตุการณ์



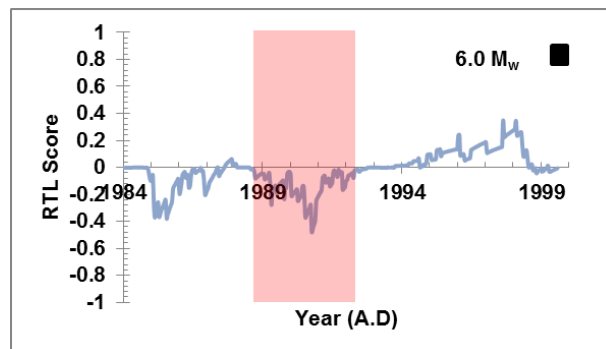
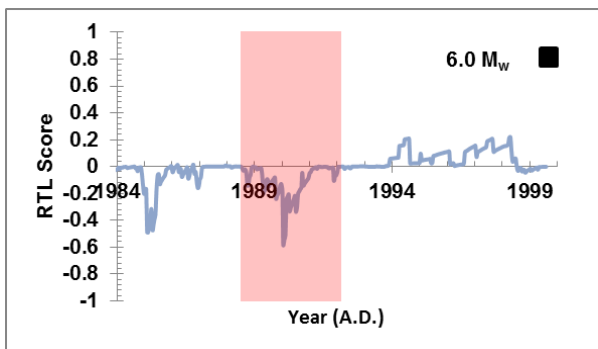
เงื่อนไซท์ที่ 1



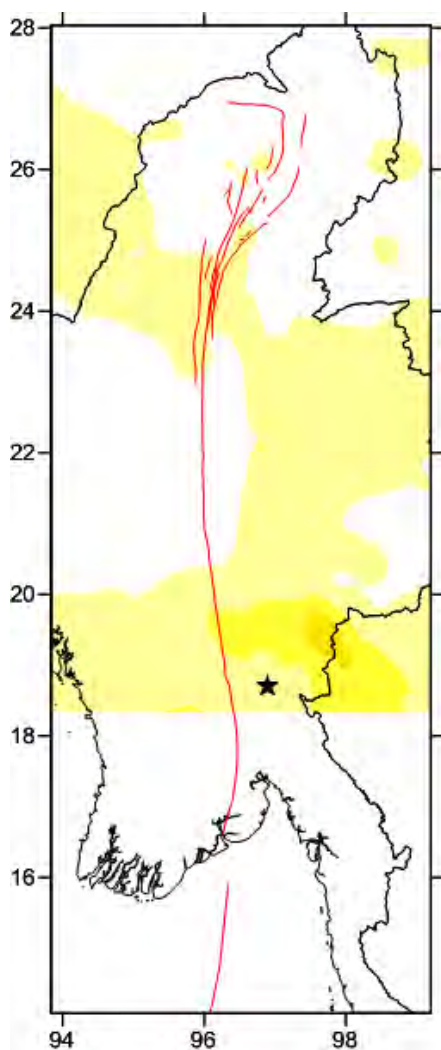
เงื่อนไซท์ที่ 2



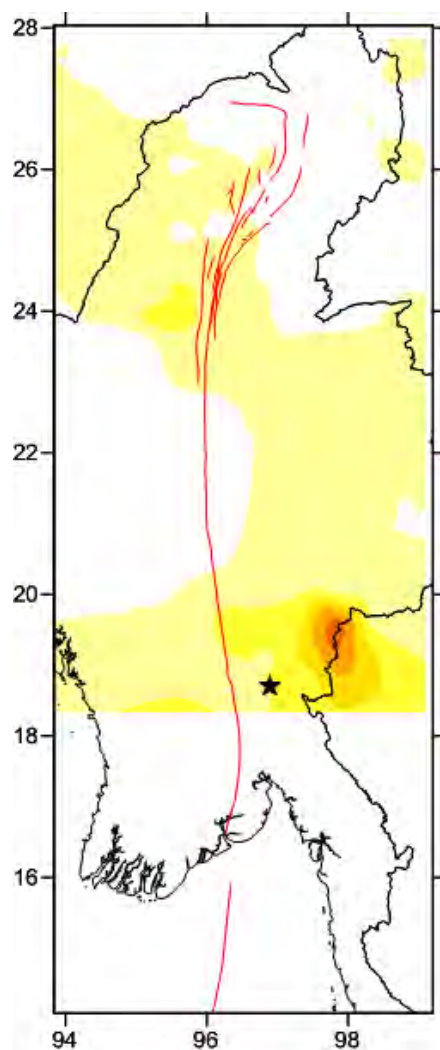




เงื่อนไขที่ 3



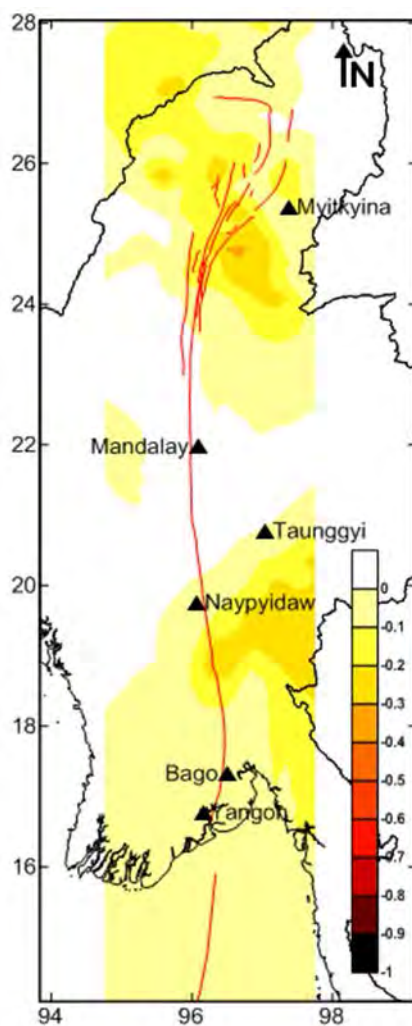
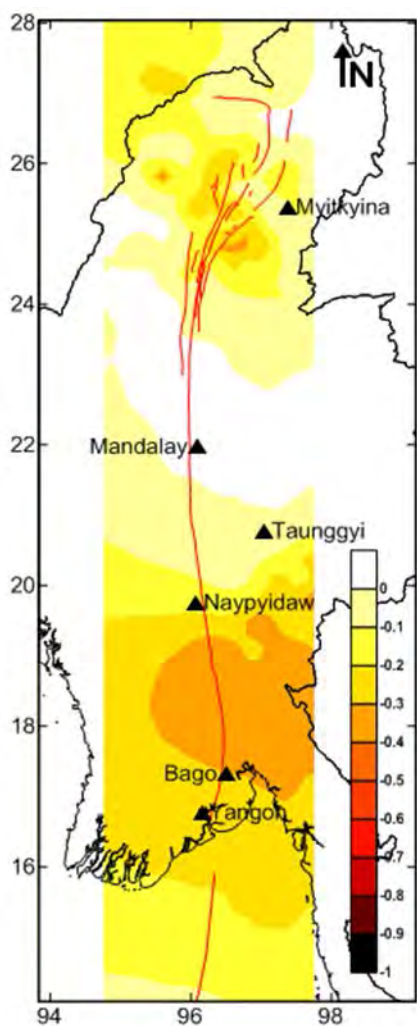
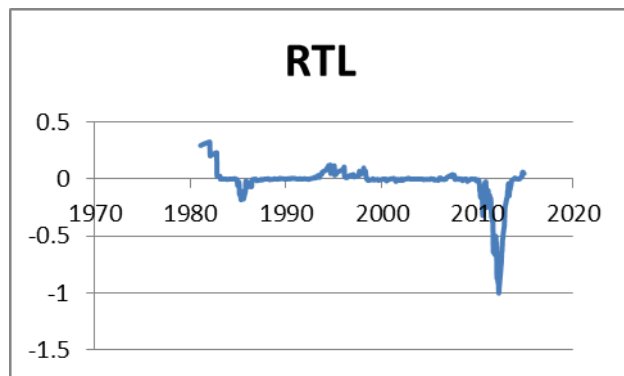
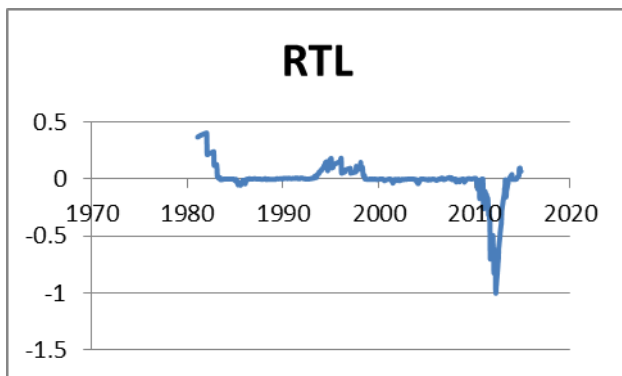
เงื่อนไขที่ 4

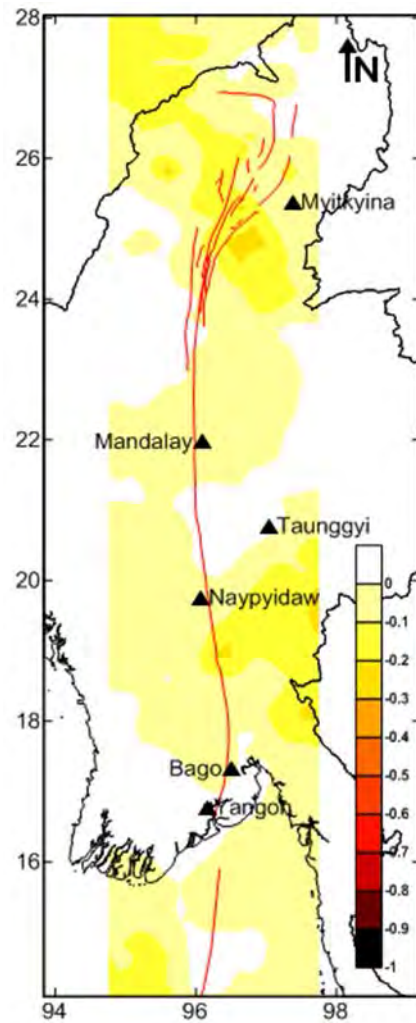
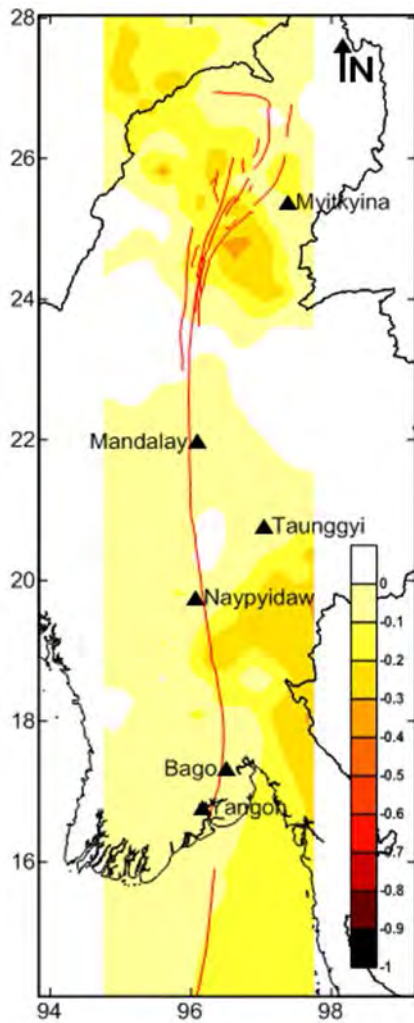
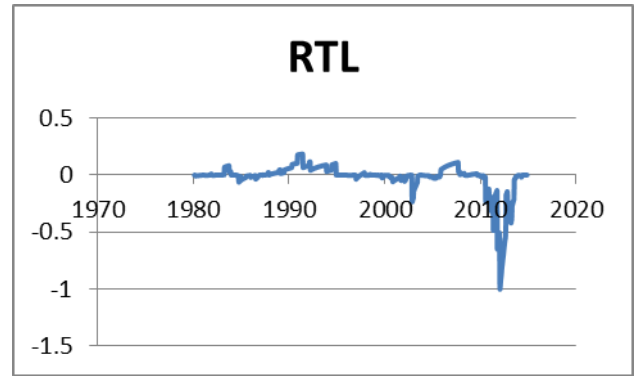
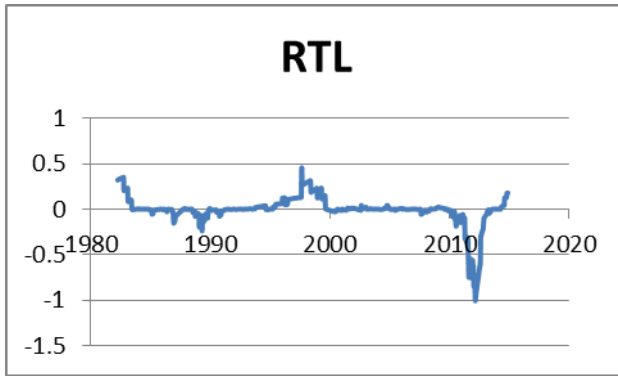


รูป 4.2. แสดงการเปรียบเทียบเหตุการณ์กรณีสึกษาที่ 4 ของทั้ง 4 เงื่อนไข

#### 4.2. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)

จากการคำนวณค่าต่างๆตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว จะทำให้ได้แผนที่ที่แสดงถึงค่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา หรือก็คือค่า RTL ดังรูป 4.3. ซึ่งจะสามารถนำมาใช้ประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวได้นั่นเอง





รูป 4.3. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติของภาวะเย็บสงบที่ได้จากเงื่อนไขที่กำหนด

จากแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติ โดยมีการกำหนดโทนสีเทียบกับค่า RTL ดังนี้ โทนสีเข้มแสดงถึงค่า RTL ที่มีค่าน้อย ซึ่งก็คือ มีอัตราการเกิดแผ่นดินไหวน้อยเมื่อเทียบกับ ค่า RTL ที่มีค่ามาก ที่แสดงในโทนสีอ่อน โดยที่พื้นที่ที่มีอัตราการเกิดแผ่นดินไหวน้อยนั้นสามารถบ่งบอกได้ว่าในบริเวณนี้จะเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตได้ เนื่องจากเป็นช่วงที่กำลังสะสมพลังงานเอาไว้มากนั่นเอง ซึ่งจากรูปที่ 4.3. แสดงให้เห็นถึงบริเวณที่มีค่า RTL ต่ำมาก ๆ อยู่ ซึ่งจะแสดงในโทนของสีส้มอ่อนถึงสีส้มเข้ม คือ บริเวณตอนบนของกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย และบริเวณตอนกลางของกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย และจากแผนที่นี้ในบริเวณที่มีค่า RTL น้อยที่สุดจะอยู่ในช่วง  $(-0.4) - (-0.6)$  โดยอยู่ในช่วงละติจูดที่ 96-98 องศา ลองจิจูดที่ 19-20 องศา ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทางตอนเหนือของประเทศไทยได้ เนื่องจากบริเวณพื้นที่เสี่ยงอยู่ใกล้กับตอนเหนือของประเทศไทย

## บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (DISCUSSION AND CONCLUSION)

### 5.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด (Earthquake Catalogue)

จากการรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจากทั้ง 3 ฐาน ได้แก่ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) , ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ The Global CMT Catalogue (GCMT) , ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Thai Methodological Department (TMD) พบว่า ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลทั้งหมดมีทั้งสิ้น 46,135 เหตุการณ์ แสดงดังตาราง 5.1.

ตาราง 5.1. ตารางแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่างๆ

ฐานข้อมูล	เหตุการณ์	ช่วงเวลา(ปี)	ขนาดแผ่นดินไหว	ความลึก(เมตร)
IRIS	33,662	1964.0169-2015.0706	1.7-7.7	0-750
GCMT	477	1977.3603-2014.9299	4.7-7.5	10-156
TMD	11,996	1998.0023-2009.9973	1.8-8.2	0-588
TOTAL	46,135	1964.0169-2015.0706	1.7-8.2	0-750

### 5.2. การปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude Conversion)

ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว IRIS มาปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหวโดยแปลงจากขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (ML) ไปเป็น ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) หรือ ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) หลังจากนั้นแปลงจาก ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Ms) หรือ ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Mb) ไปเป็น ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Mw) โดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ดังตาราง 5.2.

ตาราง 5.2. ตารางแสดงถึงสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวแต่ละประเภท

Mb-Mw	$Mw = 0.1326(Mb)^2 - 0.4963(Mb) + 4.2489$
Ms-Mw	$Mw = 0.0757(Ms)^2 - 0.1927(Ms) + 4.4547$
ML-Ms	$Ms = 0.1066(ML)^2 - 0.1447(ML) + 2.7314$
ML-Mb	$Mb = 0.1316(ML)^2 - 0.4529(ML) + 3.6774$

### 5.3. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)

จากการนำแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) มาใช้ในการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก และกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม รวมถึงเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีการรายงานซ้ำซ้อนในพื้นที่นั้นๆไว้ สามารถจัดกลุ่มแผ่นดินไหวเดียวกันได้ทั้งสิ้น 3,135 กลุ่มแผ่นดินไหว และประกอบด้วยข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 46,138 เหตุการณ์ โดยเป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม 41,272 เหตุการณ์ ซึ่งคิดเป็น 87% ของเหตุการณ์ทั้งหมด จึงสามารถจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักได้ทั้งสิ้น 4,863 เหตุการณ์ โดยจะแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการแยกกลุ่มแผ่นดินไหวดังในตาราง 5.3.

ตาราง 5.3. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว

ข้อมูลแผ่นดินไหว	ก่อนการคัดเลือกข้อมูล	หลังการคัดเลือกข้อมูล
แผ่นดินไหว(เหตุการณ์)	46,135	4863
ช่วงเวลาเริ่มต้นของข้อมูล(ปี)	1964.0169	1964.0169
ช่วงเวลาสิ้นสุดของข้อมูล	2015.0706	2015.0706
ขนาดของแผ่นดินไหว	1.7-8.2	2-8.2
ช่วงความลึก(เมตร)	0-750	0-588

### 5.4. การตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Seismicity)

จากการคัดเลือกเฉพาะข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการตรวจวัดด้วยอัตราเดียวกันอย่างต่อเนื่อง และค่อนข้างคงที่มากที่สุด โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว (Z) ของ Habermann (1983; 1987) พบได้ว่า คัดเลือกช่วงของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่า 3.4 ริกเตอร์ในช่วงปี ค.ศ. 1977-2014 ซึ่งมีการตรวจวัดด้วยอัตราเดียวกันอย่างต่อเนื่องมาเป็นตัวแทนของพฤติกรรมที่เกิดแผ่นดินไหวได้ ทำให้หลังจากผ่านกระบวนการนี้แล้ว เหลือข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 3,790 เหตุการณ์ จาก 4,863 เหตุการณ์ โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวในตาราง 5.4.

ตาราง 5.4. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว และหลักการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์

ข้อมูลแผ่นดินไหว	ก่อนการคัดเลือก ข้อมูล	หลังการคัดเลือก ข้อมูล	หลังการกำจัดผลจาก กิจกรรมของมนุษย์
แผ่นดินไหว(เหตุการณ์)	46,135	4,863	3,790
เวลาเริ่มต้นของข้อมูล(ปี)	1964.0169	1964.0169	1977.0773
เวลาสิ้นสุดของข้อมูล(ปี)	2015.0706	2015.0706	2014.8901
ขนาดของแผ่นดินไหว	1.7-8.2	2-8.2	3.5-8.2
ช่วงความลึก(เมตร)	0-750	0-588	0-588

#### 5.5. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)

จากการกำหนดค่าขนาดแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดที่มีความสมบูรณ์ในการตรวจวัดแผ่นดินไหวจากเครื่องมือ หรือ Magnitude of completeness (Mc) (Woessner และ Wiemer, 2005) พบว่า Mc มีค่าอยู่ที่ 4.3 และหลังจากการทำกระบวนการนี้ ทำให้ได้ข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 3,781 เหตุการณ์จากทั้งหมด 3,790 เหตุการณ์ โดยแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวในตาราง 5.5.

ตาราง 5.5. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหว หลังการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์ รวมถึงหลังจากคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์

ข้อมูลแผ่นดินไหว	ก่อนคัดเลือก ข้อมูล	หลังคัดเลือก ข้อมูล	หลังการกำจัด ผลจากกิจกรรม ของมนุษย์	หลังจากคัดเลือกระดับ ของแผ่นดินไหวที่มี ความสมบูรณ์
แผ่นดินไหว(เหตุการณ์)	46,135	4,863	3,790	3,781
เวลาเริ่มต้นของข้อมูล(ปี)	1964.0169	1964.0169	1977.0773	1977.0773
เวลาสิ้นสุดของข้อมูล(ปี)	2015.0706	2015.0706	2014.8901	2014.8901
ขนาดของแผ่นดินไหว	1.7-8.2	2-8.2	3.5-8.2	4.3-8.2
ช่วงความลึก(เมตร)	0-750	0-588	0-588	0-588

## 5.6. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)

จากการคัดเลือกเหตุการณ์ที่จะนำมาใช้เป็นกรณีศึกษา พบว่า คัดเลือกมาทั้งหมด 8 เหตุการณ์ โดยแต่ละเหตุการณ์มีขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ตั้งแต่ 6 ริกเตอร์ขึ้นไป และอยู่ไม่ไกลจากบริเวณรอยเลื่อนสะกายมากนัก ซึ่งแสดงดังตาราง 5.6.

ตาราง 5.6. ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้ง 8 เหตุการณ์ที่เลือกมาเป็นกรณีศึกษา

Event	Longitude	Latitude	Year	Month	Day	MW	Depth	Hour	Min
1	95.98	23.48	1991	1	5	7	20	14	57
2	95.738	15.746	1991	4	1	6	15	3	53
3	97.22	25.2	1994	1	11	6.1	33	0	51
4	96.9	18.7	1999	8	15	6	33	16	18
5	97.15	26.7	2000	6	7	6.3	37	21	46
6	95.72	19.86	2003	9	21	6.6	15.8	18	16
7	95.78	19.43	2007	7	30	6.4	33	22	42
8	96.03	22.73	2012	11	11	6.8	16.8	1	12

เมื่อทำการกำหนดค่า Rmax และTmax แล้ว ทำการคัดเลือกเงื่อนไขที่สนใจมาทั้งหมด 4 เงื่อนไขดังตาราง 5.7.

ตาราง 5.7. ตารางแสดงเงื่อนไขค่า Rmax และTmax ที่สนใจ และเหตุการณ์กรณีศึกษาที่พบ

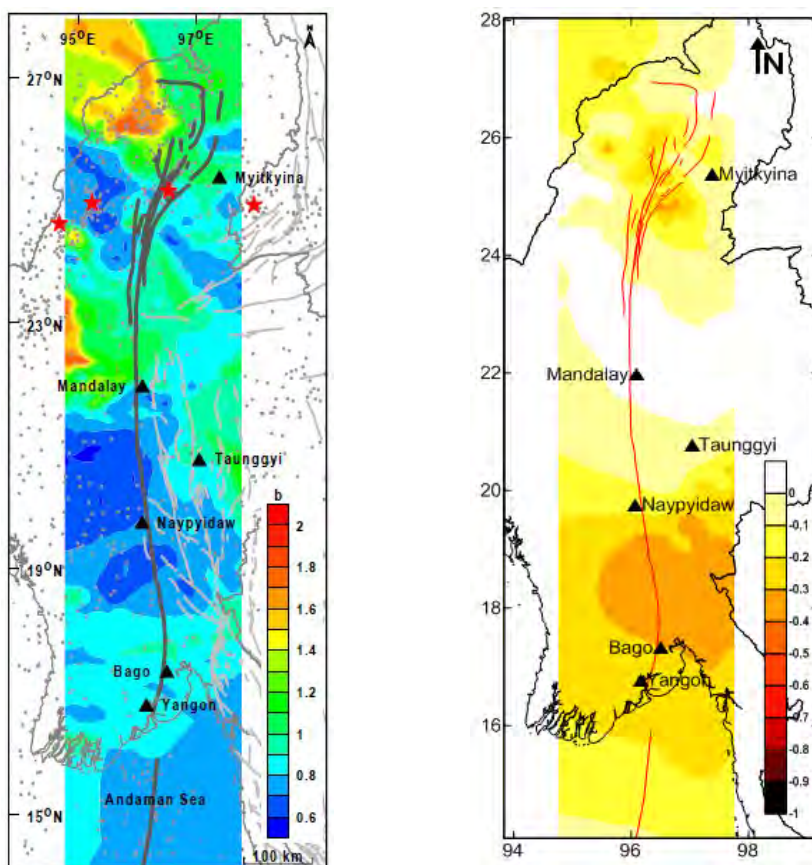
เงื่อนไข	Rmax (กม.)	Tmax (ปี)	จำนวนเหตุการณ์กรณีศึกษาที่พบ
1	150	3	7 เหตุการณ์
2	160	2	7 เหตุการณ์
3	170	2	7 เหตุการณ์
4	170	3	7 เหตุการณ์

จากตาราง 5.7. ทำให้ตัดสินใจเลือกเงื่อนไขมา 1 เงื่อนไขที่จะมาเป็นตัวแทนในการศึกษาพื้นที่เสี่ยง นั่นก็คือ เงื่อนไขที่ 1 ซึ่งมีค่า Rmax = 150 กิโลเมตร และTmax = 3 ปี



### 5.7. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)

เมื่อทำการกำหนดเงื่อนไขค่า  $R_{max}$  และ  $T_{max}$  และคำนวณหาค่าต่างๆ ทำให้ได้แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติจากค่า RTL เพื่อนำมาประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคต ซึ่งสามารถประเมินได้ดังนี้ บริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตอยู่บริเวณตอนบนของกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย หรือบริเวณเมือง Myitkyina และบริเวณตอนกลางของกลุ่มรอยเลื่อนสะกาย หรือบริเวณเมือง Naypyidaw และจากแผนที่นี้ในบริเวณที่มีค่า RTL น้อยที่สุดจะอยู่ในช่วงละติจูดที่ 96-98 องศา ลองจิจูดที่ 19-20 องศา ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทางตอนเหนือของประเทศไทยได้ เนื่องจากบริเวณพื้นที่เสี่ยงอยู่ใกล้กับตอนเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการวิจัยงานนี้กับผลการวิจัยของ Pailoplee (2013) ที่ทำการประเมินแผ่นดินไหวจากค่า  $b$ -value ในพื้นที่เดียวกัน แสดงดังรูป 5.1. พบว่า บริเวณพื้นที่ที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันคือ ตอนกลางของกลุ่มรอยเลื่อนสะกายนั่นเอง จากเหตุนี้เอง ทำให้ผลการวิจัยในครั้งนี้มีความน่าเชื่อถือและถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น



รูป 5.1. แสดงการเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติที่ได้จากวิธี  $b$ -value ในงานวิจัยของ Pailoplee (2013) และจากวิธี RTL ที่ใช้เงื่อนไขที่กำหนด

**เอกสารอ้างอิง**  
(REFERENCES)

- Gambino, S., Laudani, A., and Mangiagli, S. 2014. Seismicity Pattern Changes before the M=4.8 Aeolian Archipelago (Italy) Earthquake of August 16, 2010. The Scientific World Journal 2014: 8 p.
- 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.
- Habermann, R. E. 1987. Man-made changes of Seismicity rates. Bulletin of the Seismological Society of America 77: pp.141-159.
- Habermann, R. E. and Wyss, M. 1984. Earthquake triggering during preparation for great earthquakes. Geophysical Research Letters 11: pp.291-294.
- Huang, Q. 2004. Seismicity Pattern Changes Prior to Large Earthquakes-An approach of the RTL algorithm. TAO 15: pp.461-491.
- Huang, Q., Sobolev, G. A., and Nagao, T. 2001. Characteristics of the seismic quiescence and activation patterns before the M = 7.2 Kobe earthquake, January 17, 1995. Tectonophysics 337: pp.99-116.
- Pailoplee, S. 2013. Mapping Asperities along the Sagaing Fault Zone, Myanmar Using b-value anomalies. Journal of Earthquake and Tsunami 7: 12 p.
- 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.
- Shashidhar, D., Kumar, N., Mallika, K., and Gupta, H. 2010. Characteristics of seismicity patterns prior to the M~5 earthquakes in the Koyna Region, Western India – application of the RTL algorithm. Episodes 33: pp.83 - 89.
- Sobolev, G. A., 1995. Fundamental of Earthquake Prediction. Electromagnetic Research Centre, Moscow: 161 p.
- Sobolev, G. A., and Tyupkin, Y. S. 1997. Low-seismicity precursors of large earthquake in Kamchatka. Volcanology and Seismology 18: pp.433-446.

- Well, D. L., and Coppersmith, K. J. 1994. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America* 84: pp.974-1002.
- 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.
- Wyss, M. 1991. Reporting history of the central Aleutians Seismograph network and the quiescence preceding the 1986 Andreanof Island earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America* 81: pp.1231-1254.
- Wyss, M., and Habermann, R. E. 1988. Precursory seismic quiescence. *Pure and Applied Geophysics* 126: pp319-332.