

การเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวระบบรอยเลื่อนตามแนวระดับ
ชายแดนประเทศไทย-พม่า
นายณฤทธิ ปานวุ่น

ธรณีวิทยา

2557

การเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวระบบรอยเลื่อนตามแนวระดับ ชายแดน
ประเทศไทย-พม่า

นายณฤทธิ ปานวุ่น

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557

SEISMICITY RATE CHANGE ALONG THE STRIKE-SLIP FAULT SYSTEM,
THAILAND-MYANMAR BORDER

MR.NARIT PANWOON

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 _____

(_____)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย: การเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวระบรอยเลื่อนตามแนวระดับ ชายแดนประเทศไทย-พม่า

นิสิตผู้ทำการวิจัย: นายณฤทธิ ปานอุ่น

ภาควิชา: ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้

ปีการศึกษา: 2557

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายที่จะประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตตามแนวรอยเลื่อนตามแนวระดับ บริเวณชายแดนประเทศไทย -พม่า โดยวิธีคำนวณ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยการศึกษาค้นคว้าจะใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว 3ชนิด ได้แก่ 1) Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) 2) The Global Centroid Moment Tensor (CMT) และ 3) กรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) ข้อมูลที่ใช้เริ่มตั้งแต่ 15 ม.ค.1964 ถึง 9 ก.พ. 2015ซึ่งหลังจากปรับปรุงคุณภาพฐานข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่ามีข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 950 เหตุการณ์และมีขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ตั้งแต่ 4.8 ริกเตอร์ขึ้นไปที่มีความสมบูรณ์และสื่อถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริงและทำการคัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาด 6.0 ริกเตอร์ขึ้นไปกำหนดเป็นกรณีศึกษาจำนวน 14เหตุการณ์ แล้วนำมาทำการทดสอบย้อนกลับ เพื่อหาค่าตัวแปรอิสระต่างๆที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมแล้ว จึงนำมาคำนวณหาค่าภาวะเงียบสงบ (Z-value) กับฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ที่ปรับปรุงคุณภาพแล้ว เพื่อสร้างแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z จากแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ในพื้นที่ศึกษาพบว่าบริเวณที่มีความผิดปกติของค่า Z และมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวในอนาคตมี 3บริเวณคือ 1) ทางด้านตะวันออกของประเทศพม่าซึ่งมีรอยเลื่อนเมย-ตองยี และรอยเลื่อนเนปิดอร์พาดผ่าน 2) ทางตอนเหนือของประเทศไทยจนถึงทางตะวันออกประเทศพม่าซึ่งมีรอยเลื่อนเมย-ตองยีรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-ตากรอยเลื่อนเนปิดอร์ และรอยเลื่อนฉานพาดผ่าน และ 3) ทางตะวันตกของประเทศไทยซึ่งมีรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์พาดผ่าน

คำสำคัญ: การทดสอบย้อนกลับ, ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว, ภาวะเงียบสงบ, อัตราการเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหว

Project title: Seismicity Rate Change along the Strike-slip Fault System, Thailand-Myanmar Border
Researcher: Mr.Narit Panwoon
Department: Geology
Advisor: Professor Assistant Dr. Santi Pailoplee
Academic Year: 2014

ABSTRACT

This research aims to study prospective areas of the upcoming moderate to large earthquake were evaluated along the Strike-slip Fault System, Thailand-Myanmar Border by statistical method that investigate the seismicity rate change for detect seismic quiescence . The main dataset are the completeness earthquake catalogue occupied by 3 data sources, 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 process, i.e., homogenizing the earthquake magnitude, earthquake declustering, eliminating the man-made seismicity and selecting magnitude of completeness, the dataset left 950 events with $M_w > 4.8$ reported during 15 January 1964- 9 February 2015.

Then, select case study 14 events which the M_w more than 6.0 Richter from the new dataset for the retrospective test. After the retrospective test, it is found 3 quiescence-anomaly areas, and the Z-value is +5.1 for $N = 25$ events and $T_w = 1.5$ years are appropriate characteristic parameter for the Strike-slip Fault System, Thailand-Myanmar Border. Consequently based mainly on the obtained suitable parameter of N and T_w and the most up-to-date seismicity data, the seismic quiescence map reveal that there are 3 prospective areas might be risk for the upcoming moderate-large earthquakes, i.e., northern, central and southern parts of the Strike-slip Fault System, Thailand-Myanmar Border.

KEYWORDS: Earthquake Catalogue, Retrospective Test, Seismicity Rate Change, Seismic Quiescence, the Strike-slip Fault System, Thailand-Myanmar Border

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

ในการศึกษาและทำวิจัยครั้งนี้มีอุปสรรคและปัญหามากมายที่ต้องแก้ไขและได้รับคำชี้แนะ แต่สุดท้ายรายงานวิจัยเล่มนี้ก็สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ผู้แนะแนวทางการศึกษา ผศ. . ดร. สันติ ภัยหลบลี้ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ข้าพเจ้าตระหนักดีว่า หากงานวิจัยชิ้นนี้ไม่ได้รับคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์จากอาจารย์ผู้มีความรู้และมากประสบการณ์รายงานวิจัยเล่มนี้คงไม่สามารถเกิดขึ้นได้

ขอขอบคุณพี่สัณทวัฒน์ สุขรังสี(พี่แป้ม) และพี่ประโยชน์ ปวงจักรทา(พี่เบส) ผู้ที่คอยให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในขั้นตอนต่างๆเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณพี่บุคลากร ภาควิชาธรณีวิทยา ผู้ที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ภายในภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยสอบถามความคืบหน้าและช่วยเหลือด้านต่างๆในงานศึกษาครั้งนี้

สุดท้ายนี้ความสำเร็จทั้งหลายคงไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากขาดคุณแม่ ผู้ที่ได้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนการศึกษาและให้กำลังใจมาโดยตลอด

สารบัญ
(CONTENT)

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ (ACKNOWLEDGEMENT)	ฉ
สารบัญรูปภาพ (FIGURE CONTENT)	ญ
สารบัญตาราง (TABLE CONTENT)	ฐ
สารบัญสมการ (EQUATION CONTENT)	ฑ
บทที่ 1 บทนำ (INTRODUCTION)	1
1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)	1
1.2. พื้นที่ศึกษา (Study Area)	2
1.3. วัตถุประสงค์ (Objectives)	2
1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of Study)	3
1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Results)	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัย (THEORY AND METHODOLOGY)	4
2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Relevant Theory)	4
2.1.1. ขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude)	4
2.1.2. แนวคิดช่องว่างแผ่นดินไหว (Seismic Gap)	6
2.2. งานศึกษาในอดีต (Literature Reviews)	7
2.2.1. งานศึกษาของ Katsumata (2011a)	7
2.2.2. งานศึกษาของ Katsumata (2011b)	7
2.2.3. งานศึกษาของ Sorbi และคณะ (2012)	8
2.3. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)	9
บทที่ 3 การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (EARTHQUAKE CATALOGUE IMPROVEMENT)	11
3.1. การรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Combination)	11

	หน้า
3.1.1. ฐานข้อมูล IRIS	12
3.1.2. ฐานข้อมูลGCMT	14
3.1.3. ฐานข้อมูล TMD	16
3.1.4. ฐานข้อมูลรวม	18
3.2. การปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude Conversion)	20
3.3. การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)	24
3.4. ตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Man-made Seismicity)	26
3.5. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)	28
บทที่ 4 การวิเคราะห์และผลการศึกษา (ANALYSIS AND RESULT)	30
4.1. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)	30
4.1.1. การคัดเลือกกรณีศึกษา (Case Study)	30
4.1.2. การคัดเลือกเงื่อนไข (Variation of Condition)	31
4.1.3. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z (Spatial Distribution of Z-Value)	33
4.1.4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมและค่า Z	35
4.2. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)	35
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล (DISCUSSION AND CONCLUSION)	37
5.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue)	37
5.2. การปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude Conversion)	37
5.3. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Improvement)	38
5.4. คัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)	38
5.5. กำหนดกรณีศึกษาและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบย้อนกลับ (Case Studies and Condition for Retrospective Test)	39

	หน้า
5.6. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)	40
5.7. การเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยในอดีต (Comparison of Result and Past Research) Prospective Area)	41
เอกสารอ้างอิง (REFERENCES)	43

สารบัญรูปร่างภาพ
(FIGURE CONTENT)

		หน้า
รูป 1.1	แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวและการวางตัวของกลุ่มรอยเลื่อน ในบริเวณชายแดนประเทศไทยและประเทศพม่า (Pailoplee et al.,2014)	2
รูป 2.1	แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงพื้นที่ภาวะเฝ้าระวังสภที่เกิดขึ้นในปี 1998.88 และใน ปี 1999.52 (Katsumata, 2011a)	7
รูป 2.2	แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงพื้นที่ภาวะเฝ้าระวังสภที่เกิดขึ้นในปี 1988และปี 1992 (Katsumata, 2011b)	8
รูป 2.3	กราฟและแผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงพื้นที่ภาวะเฝ้าระวังสภที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 ม.ค.2005 ถึง 9 ก.ย.2008 (Sorbi et al.,2012)	9
รูป 2.4	แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโครงการ	10
รูป 3.1	กราฟแสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล IRIS บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1964-2015(สิ้นเดือนกุมภาพันธ์) ในหน่วยมาตราวัด M_w	12
รูป 3.2	แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล IRIS กับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา	13
รูป 3.3	แสดงการกระจายตัวของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว IRIS	13
รูป 3.4	กราฟแสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล GCMT บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1977-2014(สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด M_w	14
รูป 3.5	แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล CMT กับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา	15
รูป 3.6	แสดงการกระจายตัวของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ CMT	15
รูป 3.7	กราฟแสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล TMD บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1998-2009(สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด M_w	16
รูป 3.8	แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลTMD กับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา	17
รูป 3.9	แสดงการกระจายตัวของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว TMD	17
รูป 3.10	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของทั้งสามฐานข้อมูลบันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1964- 2015 (สิ้นเดือนกุมภาพันธ์) ในหน่วยมาตราวัด M_w	18

	หน้า	
รูป 3.11	แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลทั้งสามฐานข้อมูลกับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา	19
รูป 3.12	แสดงการกระจายตัวของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสามฐานข้อมูล	19
รูป 3.13	รูปแสดงค่าความถี่ของขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆเมื่อเทียบกับ M_w (Kagan และ Knopoff, 1980b)	20
รูป 3.14	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวมาตรวัด M_L และ M_S	21
รูป 3.15	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวมาตรวัด M_b และ M_w	21
รูป 3.16	แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวทุกมาตรวัด	22
รูป 3.17	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)	22
รูป 3.18	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_S) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)	23
รูป 3.19	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b)	23
รูป 3.20	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_S)	24
รูป 3.21	สมมุติฐานที่ใช้ในการจัดจำแนกกลุ่มของแผ่นดินไหวของแนวคิดต่างๆ	25
รูป 3.22	แสดงผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974)	26
รูป 3.23	แสดงการเปรียบเทียบกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนดำเนินการปรับปรุงฐานข้อมูลและข้อมูลแผ่นดินไหวหลังผ่านกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก	26
รูป 3.24	แสดงการเปรียบเทียบกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหวระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวจากกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (ก) และข้อมูลแผ่นดินไหวหลังจากกำจัดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ (ข)	28
รูป 3.25	แสดงการคัดเลือกแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ของการตรวจวัดจากเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหว	29
รูป 4.1	แสดงตำแหน่งกรณีศึกษาทั้งหมด 14 เหตุการณ์	30
รูป 4.2	การเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ของเงื่อนไซที่ 1(ก) และเงื่อนไซที่ 2 (ข)	34

	หน้า	
รูป 4.3	การเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ของเงื่อนไขที่ 3(ก) และเงื่อนไขที่ 4(ข)	34
รูป 4.4	แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวสะสมกับค่า Z ในช่วงระยะเวลาทั้งหมด	35
รูป 4.5	แสดงแผนที่การกระจายตัวของค่า Z คำนวณโดยใช้เงื่อนไขที่ 3	36
รูป 5.1	แสดงแผนที่การกระจายตัวของค่า Z คำนวณโดยใช้เงื่อนไขที่ 3	41
รูป 5.2	แสดงการเปรียบเทียบงานศึกษาปัจจุบันกับงานวิจัยของ Pailoplee (2014)	42

สารบัญตาราง
(TABLE CONTENT)

		หน้า
ตาราง 3.1	ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	11
ตาราง 3.2	ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	29
ตาราง 4.1	ตารางแสดงแสดงข้อมูลของแผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา	31
ตาราง 4.2	ตารางแสดงตัวอย่างเงื่อนไขบางส่วนที่วิเคราะห์จากข้อมูลของแผ่นดินไหวด้วยสมการ 4.1	32
ตาราง 4.3	ตารางแสดงข้อมูลเงื่อนไขที่จะนำมาทดสอบย้อนกลับ	32
ตาราง 5.1	ตารางแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่างๆ	37
ตาราง 5.2	ตารางแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลแผ่นดินไหวหลังจากผ่านขั้นตอนการคัดเลือกแผ่นดินไหวต่างๆ	38
ตาราง 5.3.	ตารางแสดงกรณีศึกษาทั้งหมด 14 กรณีเพื่อจะนำไปทดสอบย้อนกลับเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม	39
ตาราง 5.4.	ตารางแสดงข้อมูลเงื่อนไขที่จะนำมาทดสอบย้อนกลับ	39
ตาราง 5.5.	ตารางแสดงเงื่อนไขและตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดในการทำทดสอบย้อนกลับเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยง	40

สารบัญสมการ
(EQUATION CONTENT)

	หน้า
สมการ 2.1 สมการคำนวณ M_L ของ Richter (1935)	4
สมการ 2.2 สมการคำนวณ M_b	5
สมการ 2.3 สมการคำนวณ M_s	5
สมการ 2.4 สมการการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Z) Wiemer (2001)	6
สมการ 3.1. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b) และ ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)	22
สมการ 3.2. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_s) และ ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)	23
สมการ 3.3. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และ ขนาด แผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b)	23
สมการ 3.4. สมการความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และ ขนาด แผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_s)	24
สมการ 3.5. สมการการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว (Z) Habermann (1983; 1987)	27
สมการ 4.1. สมการการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Z) Wiemer (2001)	31

บทที่ 1

บทนำ

(INTRODUCTION)

1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

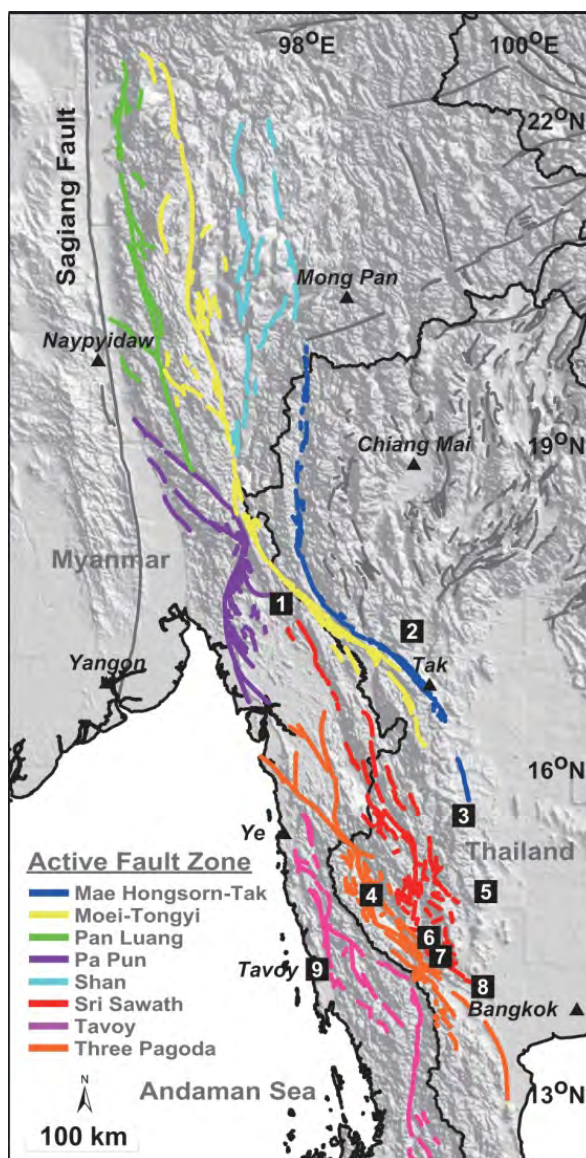
แผ่นดินไหวนับเป็นภัยพิบัติที่สามารถสร้างความเสียหายให้กับ ทรัพย์สิน อาคารบ้านเรือน และชีวิต อันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่บริเวณรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก ทำให้ชั้นหินขนาดใหญ่ใต้ผิวดินเคลื่อนที่ไปด้วย จึงเกิดการโอนถ่ายพลังงานศักย์ออกมาในรูปการไหวสะเทือน เพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ ปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีข่าวเกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหวสร้างความเสียหายมากมายในไทย ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการที่คนไทยส่วนใหญ่ยังคงคิดว่าประเทศไทยไม่ได้อยู่บริเวณที่เสี่ยงภัยต่อการเกิดแผ่นดินไหวเหมือนกับประเทศอื่นๆ ทำให้ไม่มีการเตรียมพร้อมรับมือกับการเกิดแผ่นดินไหวที่เพียงพอ

Nutalaya et al.(1985) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนมีการกระจายตัวบริเวณทางด้านตะวันตกของประเทศไทย ทางตอนเหนือของประเทศไทย และทางตอนใต้ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย และจากข้อมูลจากสำนักงานเฝ้าระวังแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่า วันที่ 5 พฤษภาคม 2557 เวลา 18:08 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.3 M_b บริเวณ ต.ดงมะตะ อ.แม่ลาว จ.เชียงราย ละติจูดที่ 19.75°N ลองจิจูดที่ 99.69°E ได้สร้างความเสียหายอย่างหนักต่อถนน อาคารและบ้านเรือน ในบริเวณใกล้เคียงจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว และมีผู้เสียชีวิต 1 คน สามารถรับรู้สึนามิไหวได้ที่ จ.เชียงรายจ.แพร่จ. แม่ฮ่องสอนจ.อุตรดิตถ์จ.พิษณุโลกจ.เชียงใหม่และตึกสูงในกรุงเทพมหานคร และจากสถิติการเกิดแผ่นดินไหว พบว่ามักจะเกิดขึ้นเหตุแผ่นดินไหวขึ้นอยู่บ่อยครั้ง ในพื้นที่ภาคเหนือ ตลอดจนตามแนวเทือกเขาตะนาวศรี ทางฝั่งตะวันตกของประเทศไทย

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ Pailoplee et al.(2014) ได้เคยทำการศึกษาและประเมินการเกิดแผ่นดินไหวด้วยวิธีวิเคราะห์จาก ความผิดปกติของค่า b ด้วยสมการของ Gutenberg-Richter (Gutenberg and Richter, 1944) ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาข้อมูลสถิติการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทยบริเวณแนวรอยเลื่อนชายแดนไทย-พม่า เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลวิจัยเก่าและประเมินการเกิดแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นด้วยวิธีวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราไหว การเกิดแผ่นดินไหว เพื่อเตรียมพร้อมแนวทางการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากผลกระทบของแผ่นดินไหว

1.2. พื้นที่ศึกษา (Study Area)

พื้นที่ศึกษาบริเวณแนวรอยเลื่อนเหลื่อมข้างบริเวณชายแดนไทย-พม่า ครอบคลุมพื้นที่
ละติจูดที่ 12.23°N – 22.96 °N ลองจิจูดที่ 95.25°E – 100.67°E (รูป 1.1)



รูป 1.1 แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวและการวางตัวของกลุ่มรอยเลื่อน ในบริเวณชายแดนประเทศไทยและประเทศพม่า Pailoplee (2014)

1.3. วัตถุประสงค์ (Objectives)

เพื่อประเมินโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่างๆในพื้นที่บริเวณแนวรอยเลื่อนชายแดนไทย-พม่า ด้วย

วิธีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว

1.4. ขอบเขตการศึกษา (Scope of Study)

วิเคราะห์ขั้นตอนด้วยวิธีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหวสะเทือน ตามแนวรอยเลื่อนเหลื่อมข้างบริเวณชายแดนไทย-พม่า ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ ละติจูดที่ $12.23^{\circ}\text{N} - 22.96^{\circ}\text{N}$ ลองจิจูดที่ $95.25^{\circ}\text{E} - 100.67^{\circ}\text{E}$ โดยใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่เคยมีการตรวจวัดและบันทึกได้จากเครื่องมือตรวจวัด (Instrumental earthquake records)

1.5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected Outputs)

แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าความผิดปกติของการเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนเหลื่อมข้างชายแดนไทย-พม่า

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 (THEORY AND LITERATURE REVIEWS)

2.1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Relevant Theory)

2.1.1. ขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude)

ชาลส์ ฟรานซิส ริคเตอร์ได้ทำการศึกษาวัดขนาดของแผ่นดินไหวและได้นำเสนอวิธีการคำนวณหาขนาดแผ่นดินไหว โดยใช้ตัวแปรจากความสูงของแอมพลิจูดคลื่นกับระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง ซึ่งสัมพันธ์กันดังสมการ 2.1(Richter, 1935)

$$M_L = \text{Log}(A)+C \qquad \text{สมการ (2.1)}$$

กำหนดให้

- M_L คือ ขนาดแผ่นดินไหวมีหน่วยเป็นริกเตอร์ เฉพาะแผ่นดินไหวไม่เกิน 650km เรียกว่าขนาดท้องถิ่น (Local Magnitude, M_L)
- A คือ ค ความสูงของแอมพลิจูดสูงสุด มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร วัดจากกราฟแผ่นดินไหวที่ตรวจด้วยเครื่อง Wood-Anderson
- C คือ ค่าปรับแก้เนื่องมาจากผลของระยะห่างระหว่างเครื่องวัดแผ่นดินไหวและจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว

จากแนวคิดของริกเตอร์ ได้มีการพัฒนาการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวออกมาอีกหลายมาตราซึ่งมาตราที่นิยมใช้กันในปัจจุบันจึงมีทั้งหมด 4 แบบคือ

1. **Local Magnitude** คือ ขนาดแผ่นดินไหวในท้องถิ่น เป็นการวัดขนาดแผ่นดินไหวระยะใกล้ที่มีความลึกของคลื่นตื้นมาก ริคเตอร์ได้ใช้ความสูงของแอมพลิจูดที่สูงที่สุดหลังจากหักแก้ความสูงของคลื่นซึ่งลดลงตามระยะทางที่เพิ่มขึ้นแล้ว กำหนดเป็นขนาดของแผ่นดินไหวในท้องถิ่น ใช้หาขนาดแผ่นดินไหวขนาดใกล้ไม่เกิน 650 กิโลเมตร

2.Body-wave Magnitude คือ ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก เป็นการวัดขนาดแผ่นดินไหวที่มีขนาดทั้งเล็กและใหญ่ โดยใช้ความสูงของคลื่น P ที่มีคาบอยู่ในช่วง 1-10 วินาทีแล้วคำนวณลงในสมการ 2.2

$$M_b = \text{Log}\left(\frac{A_g}{T}\right) + Q(D,h) \quad \text{สมการ (2.2)}$$

กำหนดให้

A_g	คือ ความสูงของคลื่นสูงสุด ในหน่วยไมครอน เป็นคลื่นสูงสุดของคลื่น P หาได้โดย $A_g = \frac{\text{ความสูงที่ปรากฏบนกระดาษ (Traceamplitude)}}{\text{ค่ากำลังขยายของเครื่องมือ (Magnification)}}$
T	คือ คาบมีหน่วยเป็นวินาที
Q	คือ ฟังก์ชันของระยะทางและความลึก

3.Surface-wave Magnitude คือ ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก เหมาะสำหรับการวัดขนาดแผ่นดินไหวระยะไกลที่มีขนาดใหญ่โดยใช้ความสูงของคลื่นพื้นผิวที่มีคาบประมาณ 20 วินาทีแล้วคำนวณลงในสมการ 2.3

$$M_s = \log\left(\frac{A_g}{T}\right) + 1.66 \log \Delta + 3.3 \quad \text{สมการ (2.3)}$$

กำหนดให้

A_g	คือ ความสูงของคลื่นสูงสุดในหน่วยไมครอน ซึ่งวัดจากคลื่นผิวพื้นในแนวตั้งและอยู่ในระหว่าง คาบ 18-22 วินาที
T	คือ คาบมีหน่วยเป็นวินาที
Δ	คือ ทางจากสถานีถึงศูนย์กลางเป็นป็นองศาและอยู่ในระหว่าง 20-160 องศา

4.Moment Magnitude คือ ขนาดแผ่นดินไหวตรวจวัดจากพื้นที่การปริแตกและเลื่อนตัวของรอยเลื่อน ซึ่งเป็นหน่วยการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวที่ใช้ตัวแปรทางกายภาพที่แสดงถึงพลังงานที่แผ่นดินไหวในแต่ละครั้งปลดปล่อยออกมาอย่างแท้จริง

2.1.2. แนวคิดช่องว่างแผ่นดินไหว (Seismic Gap)

จากการศึกษาของ Wyss และ Habermann (1988) พบว่าหลายเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น การเกิดแผ่นดินไหวจะลดลงจากอัตราปกติก่อนเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ จึงสรุปในเบื้องต้นว่าการลดลงของการเกิดแผ่นดินไหวที่ลดลงสามารถใช้เป็นสัญญาณบอกเหตุ ในประเมินการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในอนาคตได้

Sobolev (1995) ได้จำลองการเกิดแผ่นดินไหวด้วยการกดอัดแท่งหินและได้ใช้อุปกรณ์วัดพลังงานเสียงการปริแตกของหิน พบว่าเมื่อเริ่มบีบอัดแท่งหินจะมีสัญญาณเสียงจากการแตกเล็ก ๆ เกิดขึ้น และเมื่อออกแรงอัดแท่งหินไปเรื่อยๆ จนถึงระยะเวลาหนึ่งสัญญาณเสียงจากการแตกจะลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นสัญญาณเสียงจะเพิ่มขึ้นก่อนที่แท่งหินจะแตกหักจนสูญเสียรูปไป การทดลองของ Sobolev ทำให้เราทราบว่าก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ จะมีการลดลงของการเกิดแผ่นดินไหวอย่างมีนัยสำคัญเรียกว่า ภาวะเงียบสงบ (Seismic quiescence) และหลังจากนั้นจะมีการเพิ่มขึ้นของการเกิดแผ่นดินไหว(Seismic activation) ตามมา

Wiemer (2001) ใช้วิธีการทางสถิติเพื่อตรวจสอบลักษณะการลดลงของอัตราการไหวสะเทือน โดยกำหนดกรอบเวลา และทำการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในกรอบเวลา กับอัตราการไหวสะเทือนนอกกรอบเวลา ซึ่งค่าที่ได้เรียกว่าค่า Z ดังสมการ 2.4

$$Z = \frac{R_{bg} - R_w}{\sqrt{\frac{S_{bg}}{n_{bg}} + \frac{S_w}{n_w}}} \quad \text{สมการ (2.4)}$$

กำหนดให้

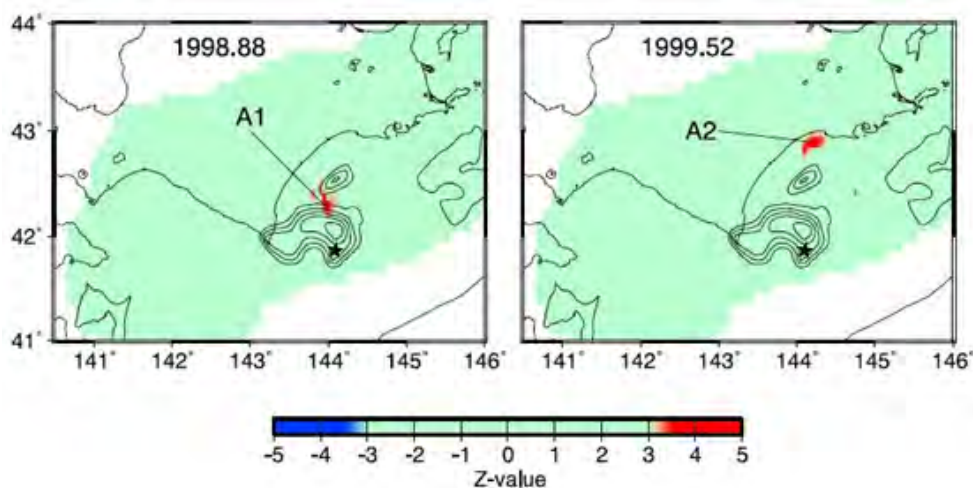
Z	คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหว
R_w	คือ อัตราการไหวสะเทือนในกรอบเวลา
R_{bg}	คือ อัตราการไหวสะเทือนนอกกรอบเวลา
S	คือ ความแปรปรวนของข้อมูล
n	คือ จำนวนข้อมูล

ค่า Z ที่มากกว่าศูนย์แสดงถึงอัตราการไหวสะเทือนในกรอบเวลาที่กำหนดน้อยกว่านอกกรอบเวลา และถ้าค่า Z มีค่าสูงมากแสดงว่าแผ่นดินไหวในช่วงกรอบเวลานั้นลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมักจะพบก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

2.2.งานศึกษาในอดีต (Literature Reviews)

2.2.1.งานศึกษาของ Katsumata (2011a)

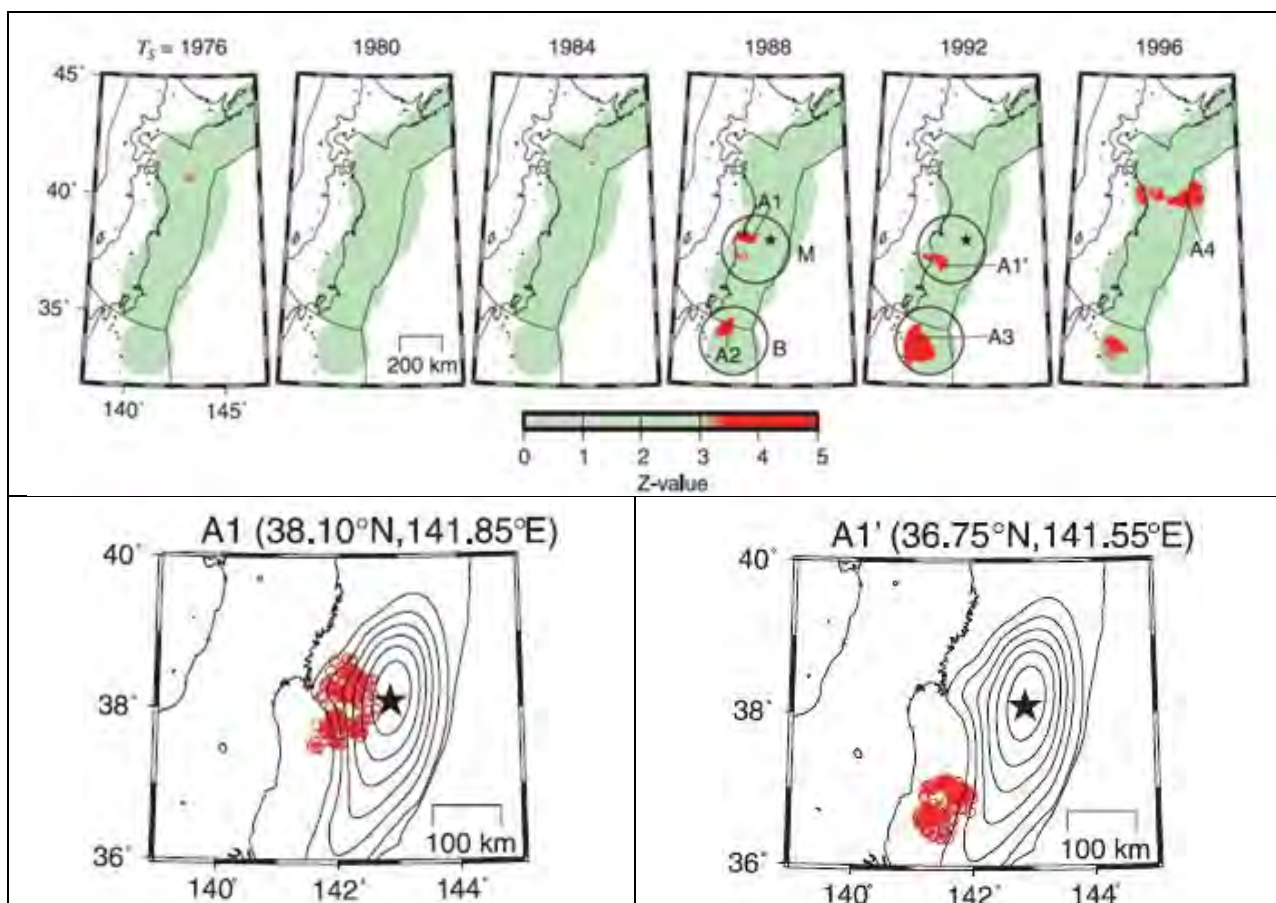
Katsumata (2011a) ศึกษาการลดลงของอัตราการไหลสะสมเทือกก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาด 8.3 บริเวณเมืองโทคาชิ โอกิ ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ. 2003 โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกไว้ในช่วงปี ค.ศ. 1994-2003 จำนวน 2,000 เหตุการณ์ มาตรวจสอบทางสถิติด้วยวิธีค่า Z พบว่าเริ่มมีการลดลงของอัตราการไหลสะสมเทือกอย่างมีนัยสำคัญ 2 บริเวณใกล้จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 โดยสังเกตจากค่า Z มีค่าสูงสุดคือ +3.9 และ +4.0 หลังจากตรวจพบค่าที่สูงสุดเป็นเวลาประมาณ 5 ปี มีเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ตามมาในบริเวณดังกล่าวดังที่แสดงในรูป 2.1



รูป 2.1. แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงพื้นที่ภาวะเสียบสงบ ที่เกิดขึ้นในปี 1998.88 และในปี 1999.52 Katsumata (2011a) ดาวแสดงจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวขนาด 8.3 ในปี 2003

2.2.1.งานศึกษาของ Katsumata (2011b)

Katsumata (2011b) ศึกษาการลดลงของอัตราการไหลสะสมเทือกก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาด 9.0 บริเวณชายฝั่งแปซิฟิกของประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ. 2011 โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกไว้ในช่วงปี ค.ศ. 1965-2010 จำนวน 5,770 เหตุการณ์ มาตรวจสอบทางสถิติด้วยวิธีค่า Z พบว่าเริ่มมีการลดลงของอัตราการไหลสะสมเทือกอย่างมีนัยสำคัญในบริเวณใกล้จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987 โดยสังเกตจากค่า Z มีค่าสูงสุดคือ +4.9 แสดงให้เห็นในรูป 2.2 และหลังจากนั้น 23.4 ปี ก็เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ตามมาในบริเวณดังกล่าว

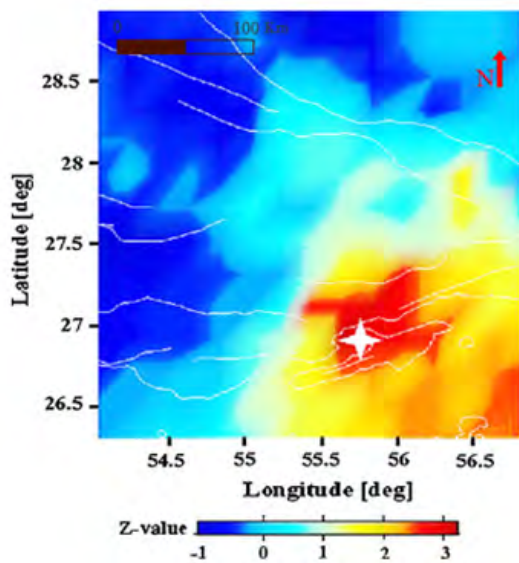


รูป 2.2. แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงพื้นที่ภาวะเงียบสงบที่เกิดขึ้นในปี 1988 (A1) และปี 1992 (A2) Katsumata (2011b) ต่างอยู่ในพื้นที่เดียวกันคือวงกลม M (Miyagi quiescence) ดาวแสดงจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหวขนาด 9.0 ในปี 2011 ระบุตำแหน่งโดย JMA

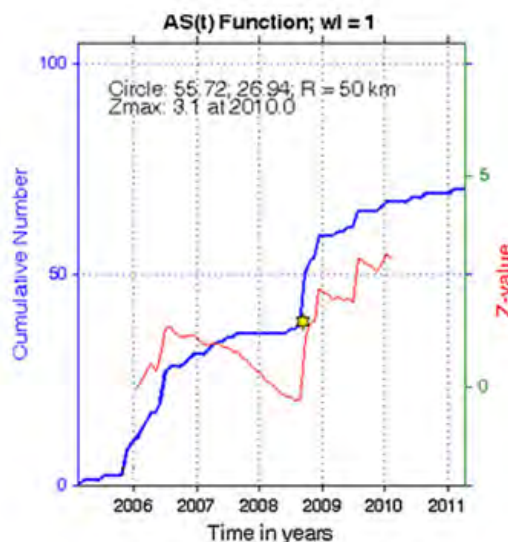
2.2.3. งานศึกษาของ Sorbi และคณะ (2012)

Sorbi และคณะ (2012) ศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหวก่อนเกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.1 ริกเตอร์ทางตอนใต้ของประเทศอิหร่าน เมื่อปี ค.ศ. 2008 โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล USGS และ IIEES ที่บันทึกไว้ในช่วงปี ค.ศ. 2005-2011 มาตรวจสอบทางสถิติด้วยวิธีค่า z พบว่าเริ่มมีการลดลงของอัตราकारไหวสะเทือนอย่างมีนัยสำคัญในบริเวณใกล้จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 โดยสังเกตจากค่า Z มีค่าสูงสุดคือ +3.0 ดังที่แสดงในรูป 2.3 และเมื่อตรวจสอบทางสถิติด้วยวิธีค่า b จากความสัมพันธ์ของ กูเตินเบิร์ก-ริกเตอร์ (Gutenberg-Richter Relationship) (Gutenberg and Richter, 1944) พบว่าค่า b ลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญในบริเวณใกล้จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวเช่นเดียวกัน หลังจากเกิดความผิดปกติทั้งสองอย่างนี้พร้อมกันประมาณ 1 ปีก็เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ตามมาในบริเวณดังกล่าว

ก)



ข)

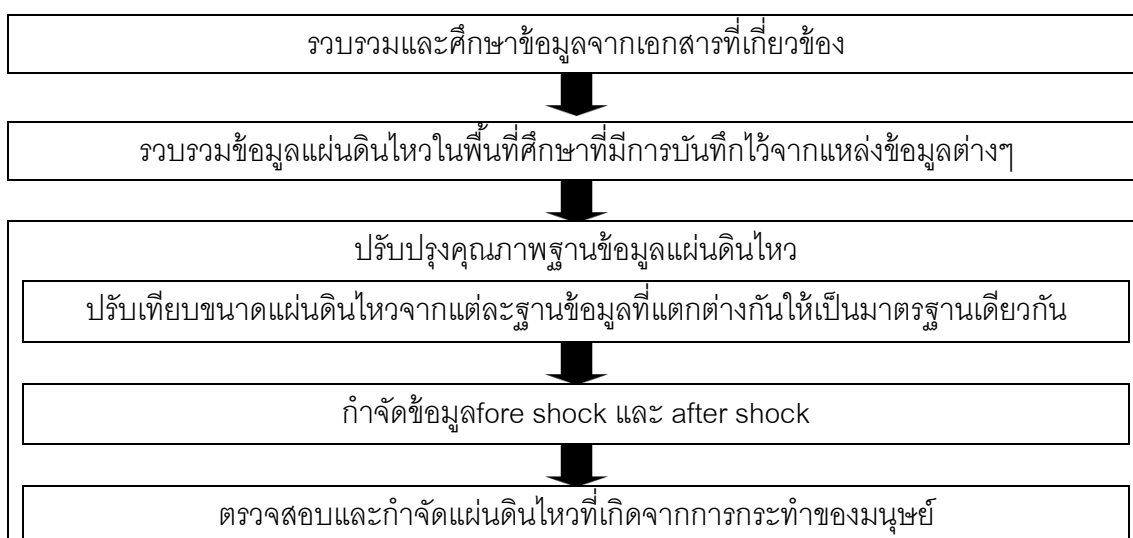


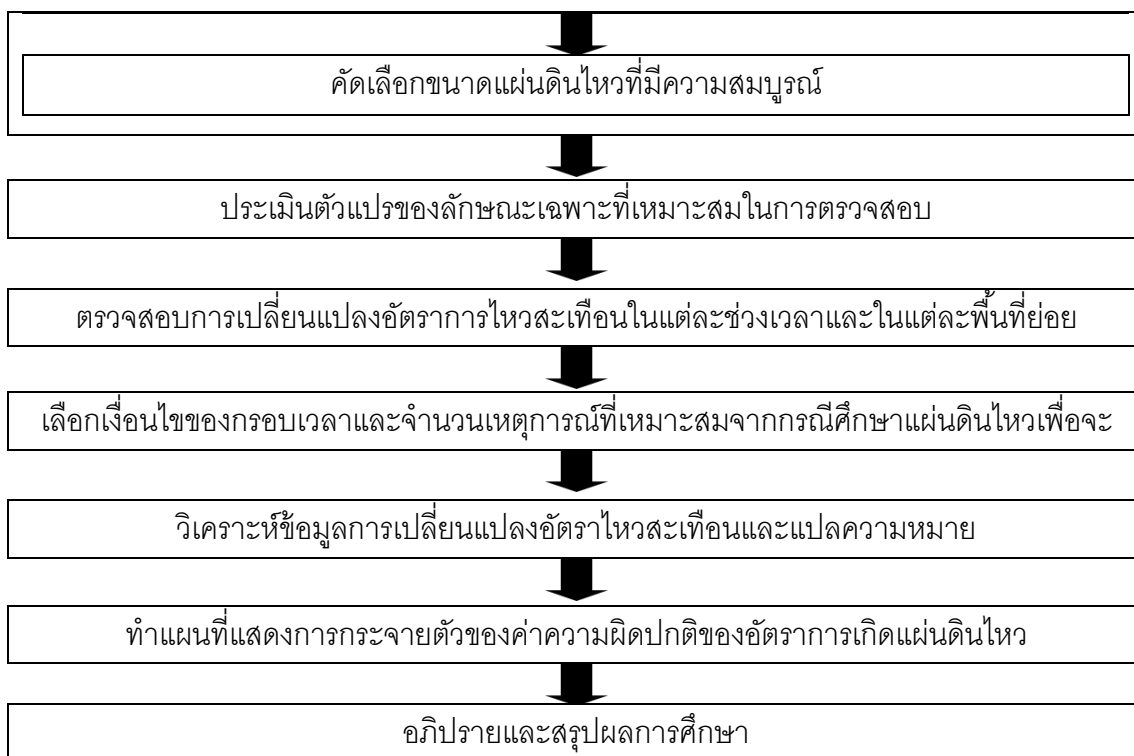
รูป 2.3 ก) แผนที่พื้นที่ศึกษา แสดงพื้นที่ภาวะภัยสงบที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 ม.ค.2005 ถึง 9 ก.ย.2008, ดาวสีขาวแสดงจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว Qeshm ขนาด 6.1 ริกเตอร์ในปี 2008

ข) กราฟความถี่สะสม (สีฟ้า) แสดงภาวะภัยสงบที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 ม.ค.2005 ถึง 9 ก.ย.2008 ดาวสีเหลืองแสดงช่วงเวลาที่เกิดแผ่นดินไหว Qeshm ขนาด 6.1 ริกเตอร์ในปี 2008

2.3. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)

ระยะเวลาการทำงานเริ่มตั้งแต่เดือนสิงหาคม ปี 2014 สิ้นสุดเดือนพฤษภาคมปี 2015 ซึ่งมีขั้นตอนดังรูป 2.4





รูป 2.4 แสดงแผนผังขั้นตอนการทำงานของโครงการ

บทที่ 3
การปรับฐานข้อมูลแผ่นดินไหว
 (Seismicity Data and Completeness)

3.1. การรวบรวมฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Combination)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในปัจจุบันมีการดูแลด้วยหน่วยงานมากมายและมีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวที่เคยเกิดทั่วโลกไว้ทางอินเทอร์เน็ต เมื่อได้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต้องการแล้ว จัดเรียงข้อมูลแผ่นดินไหวของแต่ละฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน โดยเรียงตามลำดับดังนี้ ละติจูด ลองจิจูด ปี เดือน วัน ขนาดของแผ่นดินไหวในหน่วยต่างๆ ความลึก ชั่วโมง นาที และวินาที ดังตารางด้านล่าง

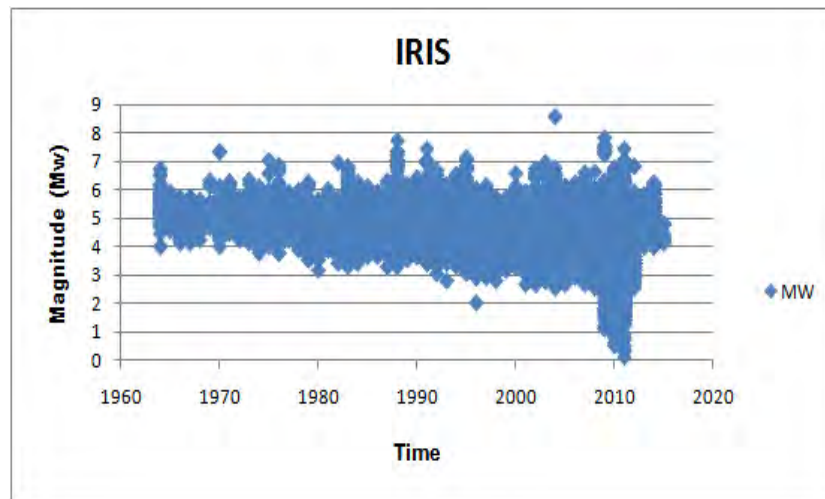
ตาราง 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างรูปแบบการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

Lon	Lat	Year	Month	Day	M_w	M_s	M_b	M_L	Depth (Km)	Hour	Minute	Second
94.10	10.62	2011	2	1	5.6	5.1	5.5	-	21.8	13	39	47
92.81	13.72	2009	1	28	5.1	4.8	5.2	-	35.0	20	29	56
95.61	19.31	2007	7	30	5.6	5.5	6.0	-	14.2	22	42	5
101.0	23.02	2007	6	2	6.1	6.3	5.7	-	5.0	21	34	57
100.7	20.50	2007	5	16	6.3	6.4	5.7	-	23.8	8	56	16
98.20	22.02	2007	1	7	4.8	4.4	4.8	-	10.0	10	47	6
100.1	11.74	2006	10	7	5.0	4.3	4.9	-	10.0	21	12	26

โดยงานศึกษาครั้งนี้อาศัยข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลจาก 3 ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวด้วยกันคือ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ The Global CMT Catalogue (GCMT) ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Thai Methodological Department (TMD) และฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) โดยสามารถคัดลอกข้อมูลได้จากอินเทอร์เน็ตมีการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณแนวรอยเลื่อนเหลื่อมข้างบริเวณชายแดนไทย-พม่า ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ ละติจูดที่ $12.23^{\circ}\text{N} - 22.96^{\circ}\text{N}$ และลองจิจูดที่ $95.25^{\circ}\text{E} - 100.67^{\circ}\text{E}$ ขนาดของข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต้องการตั้งแต่ 0.1-10.0 ริกเตอร์ ความลึกของการเกิดแผ่นดินไหว ตั้งแต่ 0-1,000 เมตร และระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964-2015 (สิ้นสุดที่เดือนกุมภาพันธ์)

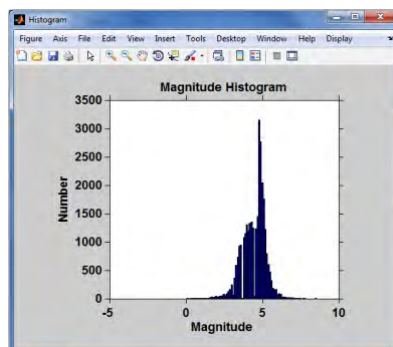
3.1.1.ฐานข้อมูลของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)

ฐานข้อมูล IRIS เป็นฐานข้อมูลที่มีการรายงานรวดเร็วที่สุดและมีข้อมูลมากที่สุด จากรูป 3.1 และ 3.2 ถึงแม้ความถูกต้องแม่นยำจะน้อยกว่าฐานข้อมูลอื่นแต่ก็เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญฐานหนึ่ง เนื่องจากจำนวนของข้อมูลที่มีมากเป็นสิ่งที่ทำให้การวิเคราะห์ที่นั่นออกมามีความน่าเชื่อถือ มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 33,662 เหตุการณ์ แสดงการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ดังรูป 3.3. มีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ วันที่ 1 ม.ค. 1964 – วันที่ 31 ม.ค. 2015 มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด M_w 3.0-7.7 ริคเตอร์ M_b 2.4-7.1 ริคเตอร์ M_s 2.7-7.0 ริคเตอร์ M_L 0.1-7.6 ริคเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 0-750 เมตร ดังรูปที่ 3.2

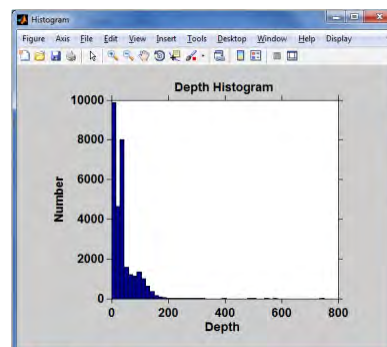


รูปที่ 3.1 กราฟแสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล IRIS บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1964-2015(สิ้นเดือนกุมภาพันธ์) ในหน่วยมาตราวัด M_w

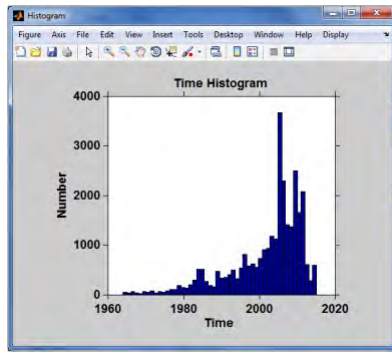
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



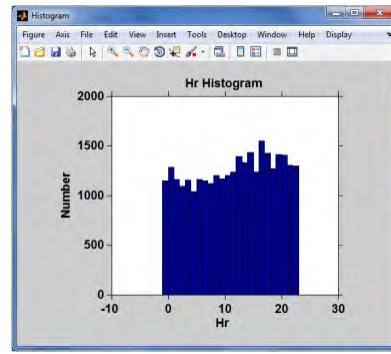
(ข) ความลึก(เมตร)-จำนวนแผ่นดินไหว



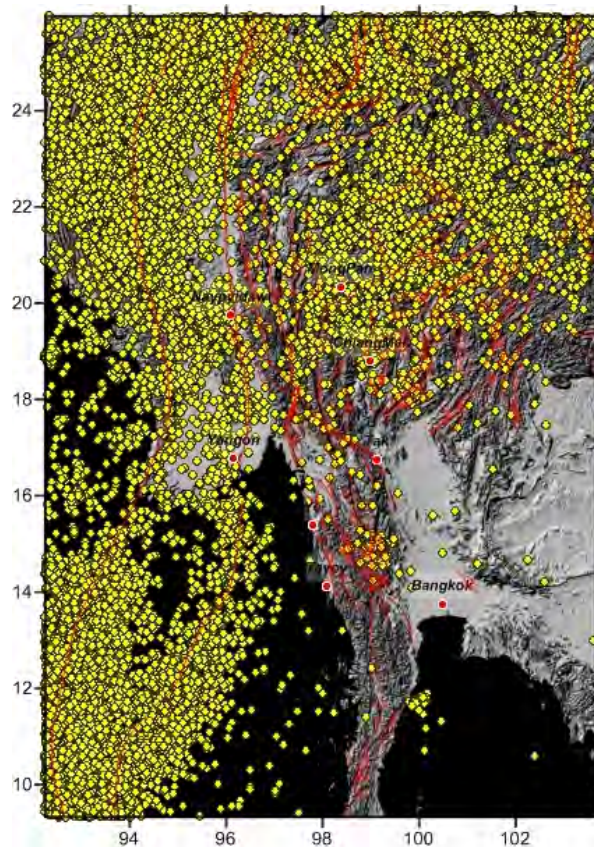
(ค) เวลา(ปี)-จำนวนแผ่นดินไหว



(ง) เวลา(ชั่วโมง)-จำนวนแผ่นดินไหว



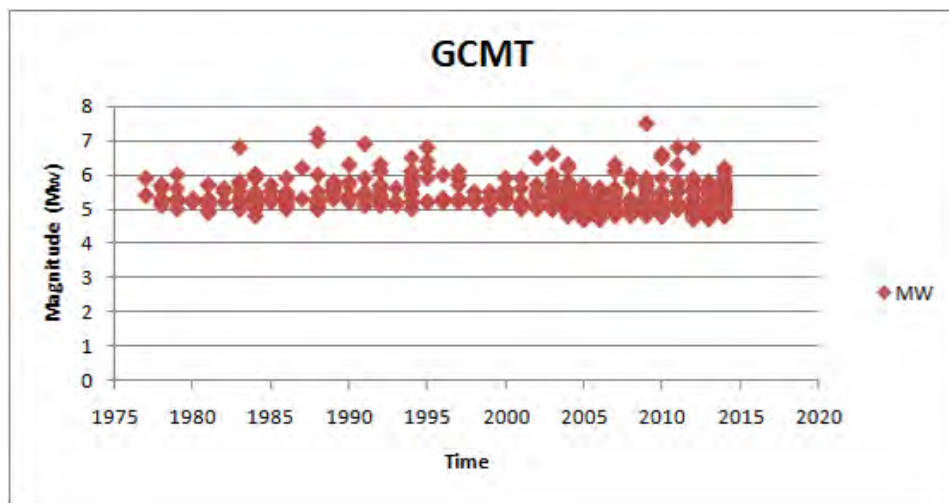
รูป 3.2. แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล IRIS กับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา



รูป 3.3. แสดงการกระจายตัวของ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว IRIS ตำแหน่งของแผ่นดินไหวจะครอบคลุมทั้งพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาและหนาแน่นเป็นกระจุก

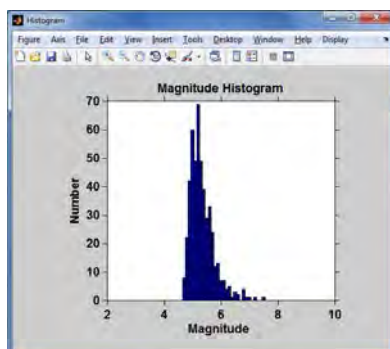
3.1.2. ฐานข้อมูลของ The Global CMT Catalogue (GCMT)

ฐานข้อมูล The Global CMT Catalogue (GCMT) หรือชื่อในอดีตคือฐานข้อมูลแผ่นดินไหว the Harvard CMT เป็นฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ อย่างละเอียด ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์แผ่นดินไหวในเชิงลึก โดยงานศึกษาครั้งนี้ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 486 เหตุการณ์ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ วันที่ 12 พฤษภาคม 1977 – วันที่ 6 ธันวาคม 2014 มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด M_w 4.7-7.5 ริคเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 10-156.7 เมตร ดังรูปที่ 3.5

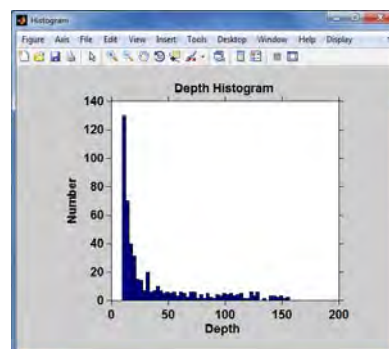


รูปที่ 3.4 กราฟแสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล GCMT บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1977-2014 (สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด M_w

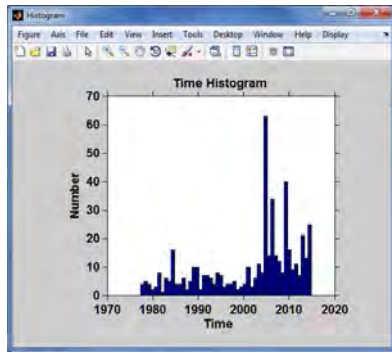
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



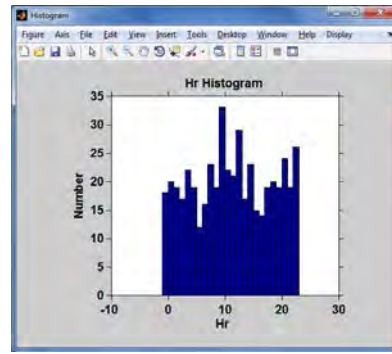
(ข) ความลึก(เมตร)-จำนวนแผ่นดินไหว



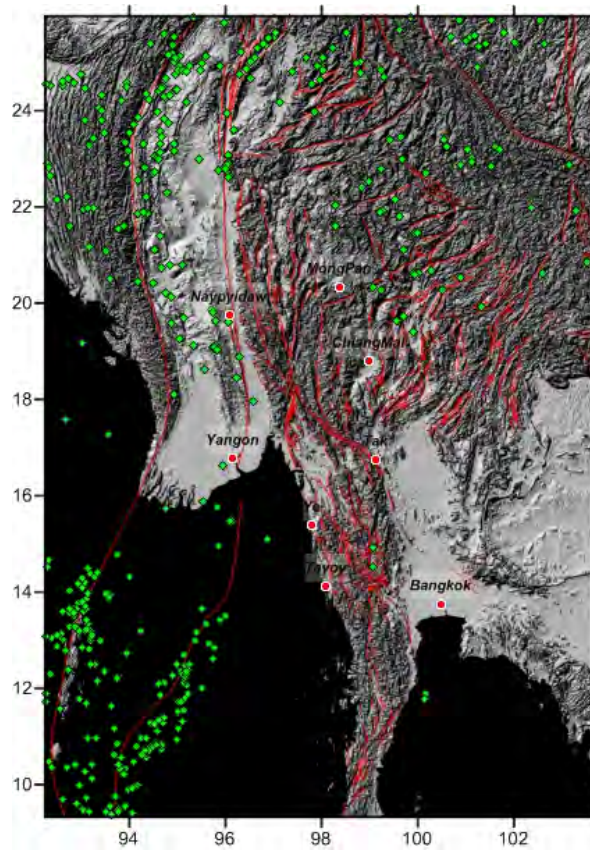
(ค) เวลา(ปี)-จำนวนแผ่นดินไหว



(ง) เวลา(ชั่วโมง)-จำนวนแผ่นดินไหว



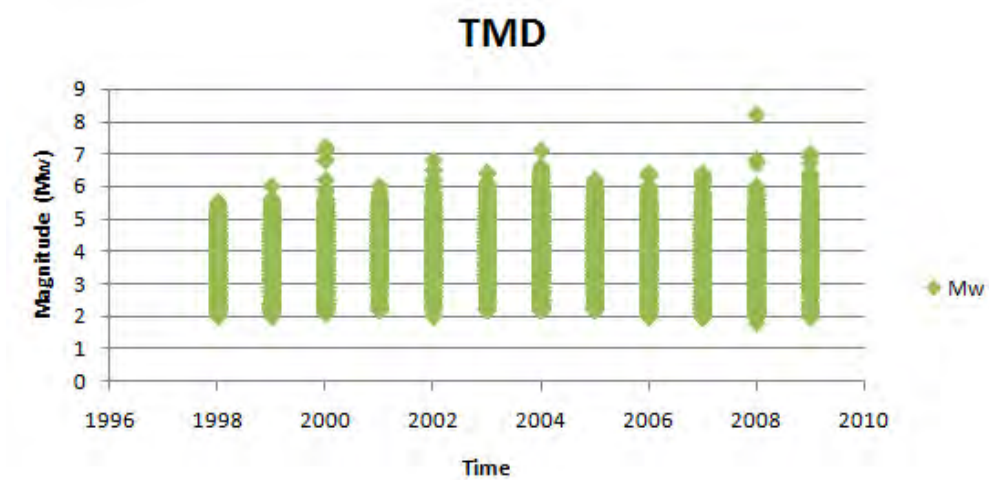
รูปที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูล CMT กับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ (ง) ช่วงระยะเวลา



รูป 3.6. แสดงการกระจายตัวของ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ CMT มีจำนวนค่อนข้างน้อยแต่กระจายตัวสม่ำเสมอ

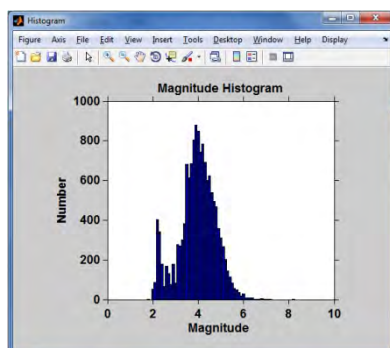
3.1.3 ฐานข้อมูลของ Thai Methodological Department (TMD)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Thai Methodological Department (TMD) เป็นฐานข้อมูลที่ตรวจวัดแผ่นดินไหวในพื้นที่ประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียงเป็นหลักและมีจำนวนสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวค่อนข้างหนาแน่น ทำให้มีจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวที่วัดได้เป็นจำนวนมากและมีการรายงานผลค่อนข้างแน่นอน แสดงการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ดังรูป 3.9 มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 14,185 เหตุการณ์ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 1998 – วันที่ 31 ธันวาคม 2009 มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด M_w 1.8-8.2 ริกเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 0-588 เมตร แสดงดังรูป 3.8

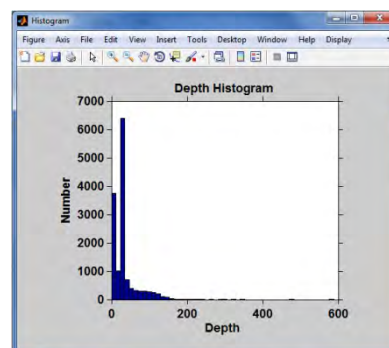


รูปที่ 3.7 กราฟแสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล TMD บันทึกตั้งแต่ ค.ศ.1998-2009(สิ้นเดือนธันวาคม) ในหน่วยมาตราวัด M_w

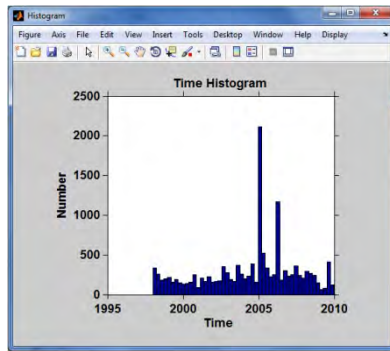
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



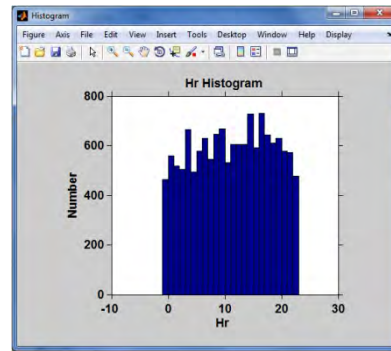
(ข) ความลึก(เมตร)-จำนวนแผ่นดินไหว



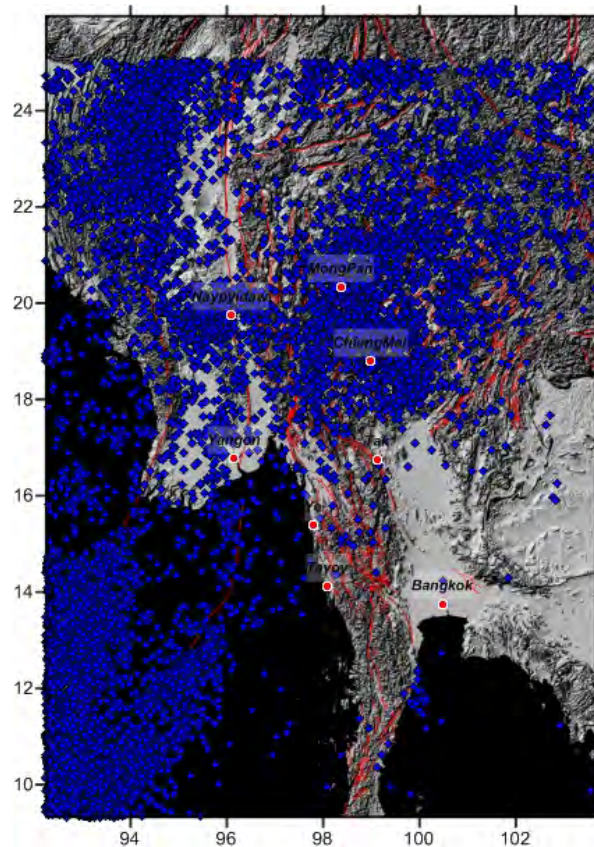
(ค) เวลา(ปี)-จำนวนแผ่นดินไหว



(ง) เวลา(ชั่วโมง)-จำนวนแผ่นดินไหว



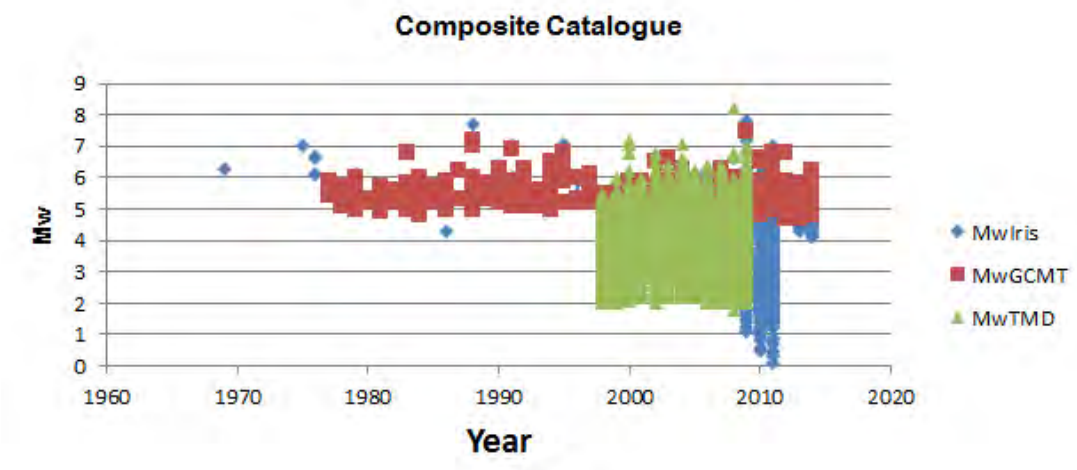
รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลTMD กับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา



รูป 3.9 แสดงการกระจายตัวของ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว TMD มีจำนวนข้อมูลปริมาณมากและมีการกระจายตัวทั่วพื้นที่โดยเฉพาะประเทศไทย แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากสถานีตรวจวัดมีแค่ในประเทศไทย

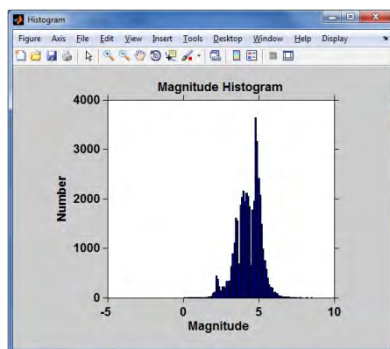
3.1.3 ฐานข้อมูลรวม

เนื่องจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละเครือข่ายการตรวจวัดมีข้อดี - ข้อด้อยแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ก่อนเริ่มกระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงสถิติ จำเป็นต้องสร้างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่โดยการรวมข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากเครือข่ายการตรวจวัดต่างๆสุดท้ายเราจะได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ที่มีระยะเวลายาวนานขึ้นและมีการกระจายตัวที่ครอบคลุมมากขึ้นดังรูป 3.12 มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 44,810 เหตุการณ์ ซึ่งมีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ วันที่ 15 มกราคม 1964 - วันที่ 9 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2015 มีขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด M_w 0.1-8.54 ริกเตอร์ และมีความลึกตั้งแต่ 0-750 เมตร ดังรูปที่ 3.11

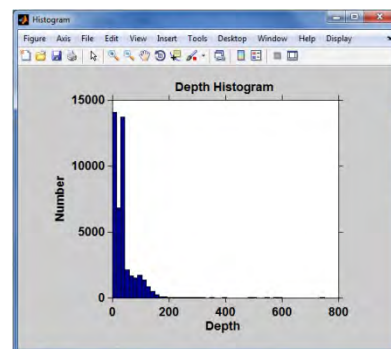


รูปที่ 3.10 แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของทั้งสามฐานข้อมูลบันทึกตั้งแต่ ค .ศ.1964-2015 (สิ้นเดือนกุมภาพันธ์) ในหน่วยมาตราวัด M_w

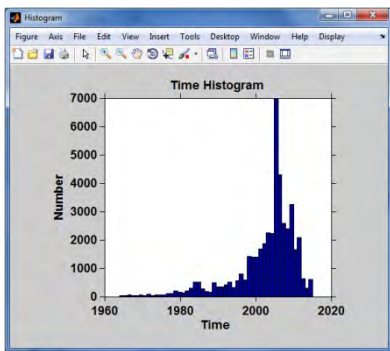
(ก) ขนาด-จำนวนแผ่นดินไหว



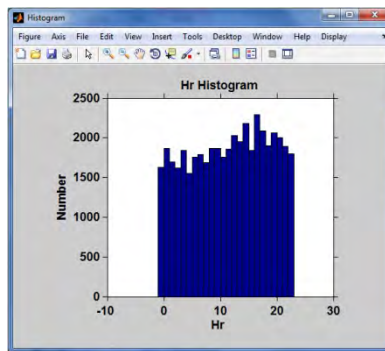
(ข) ความลึก-จำนวนแผ่นดินไหว



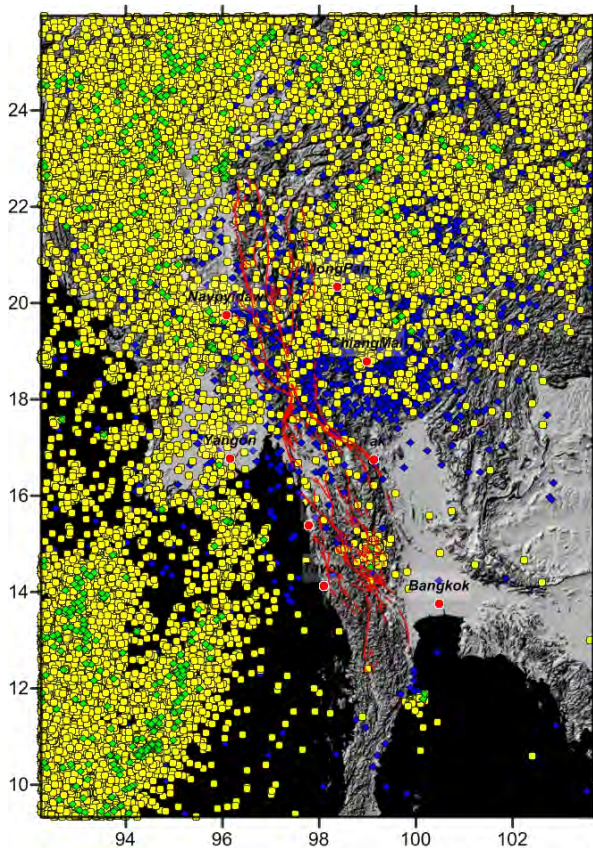
(ค) เวลา(ปี)-จำนวนแผ่นดินไหว



(ง) เวลา(ชั่วโมง)-จำนวนแผ่นดินไหว



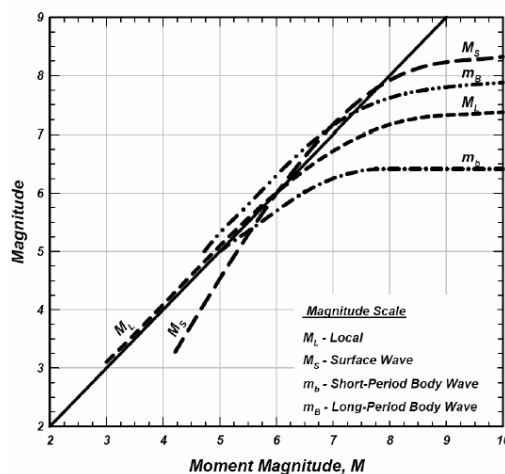
รูปที่ 3.11 แสดงความสัมพันธ์ของฐานข้อมูลทั้งสามฐานข้อมูลกับ (ก) ขนาดแผ่นดินไหว (ข) ความลึก (ค) ช่วงปี และ(ง) ช่วงระยะเวลา



รูป 3.12 แสดงการกระจายตัวของ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ทั้งสามฐานข้อมูล ที่แสดงจำนวน ข้อมูลปริมาณมากขึ้นและมีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น โดยจุดสีเหลือง แสดงข้อมูลจากฐานข้อมูล IRIS,จุดเขียวแสดงข้อมูลจากฐานข้อมูล CMT และจุดสี น้ำเงินแสดงข้อมูลจากฐานข้อมูล TMD

3.2 การเปรียบเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude Conversion)

การรวบรวมข้อมูลที่ได้มาจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต่างกัน พบว่าจะมีการรายงานขนาดของแผ่นดินไหวด้วยมาตรวัดที่แตกต่างกันไปด้วยเช่นกัน เช่น ขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (Moment Magnitude; M_w) ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Body-wave Magnitude; M_b) ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (Local Magnitude; M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (Surface-wave Magnitude; M_s) เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่ในมาตรวัดมาตรฐานเดียวกัน จึงจำเป็นต้องปรับข้อมูลแผ่นดินไหวที่รวบรวมมาให้อยู่ในมาตรวัดเดียวกันก่อนจะนำฐานข้อมูลไปดำเนินการต่อไป ซึ่งในปัจจุบันหน่วยมาตรวัดที่นิยมนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด คือ มาตรวัดขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w) เนื่องจากหน่วยวัดนี้ไม่มีการเกิดการอิ่มตัวของสัญญาณ เหมือนกับหน่วยมาตรวัดแผ่นดินไหวอื่นๆ แสดงดังรูป 3.13

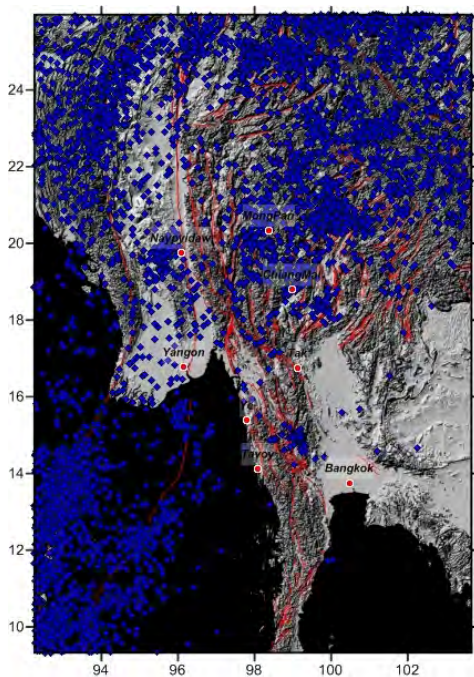


รูป 3.13 รูปแสดงค่าความอิ่มตัวของขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆเมื่อเทียบกับ M_w (Kagan และ Knopoff, 1980b)

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จะมีการปรับมาตรฐานของชนิดแผ่นดินไหวทั้งหมดให้อยู่ในมาตรวัด M_w การแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวนั้น เริ่มต้นจากการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดแผ่นดินไหวขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งความสัมพันธ์จะมีค่าเฉพาะตัวและแตกต่างกันออกไปตามพื้นที่

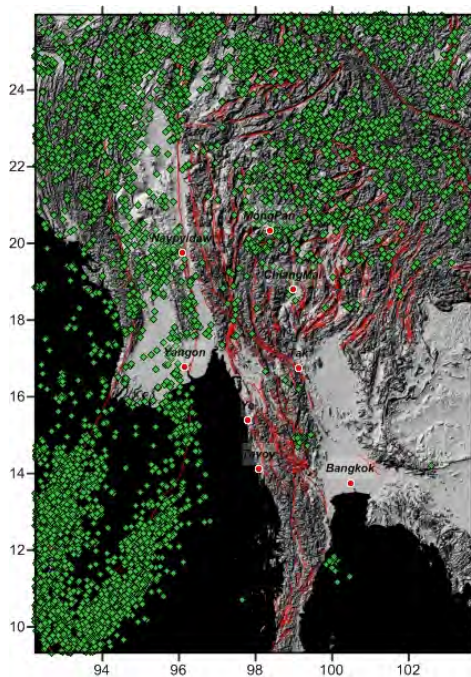
ซึ่งฐานข้อมูลที่จะนำมาสร้างสมการความสัมพันธ์ คือ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) เนื่องจากฐานข้อมูลนี้มีการบันทึกข้อมูลทุกหน่วยมาตรวัดแผ่นดินไหว ซึ่งจะเห็นได้ดังรูปที่ 3.14 3.15 และ 3.16 ที่แสดงให้เห็นถึงข้อมูลในหน่วยมาตรวัดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน

ก)



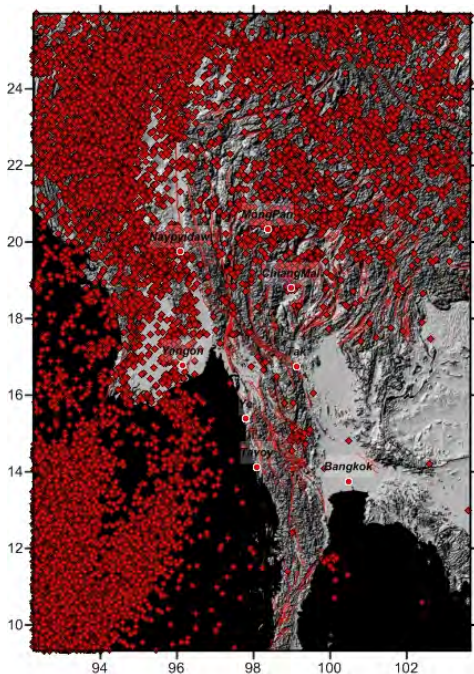
รูป 3.14(ก) แสดงการกระจายตัวของข้อมูล
แผ่นดินไหวมาตรวัด M_L

ข)



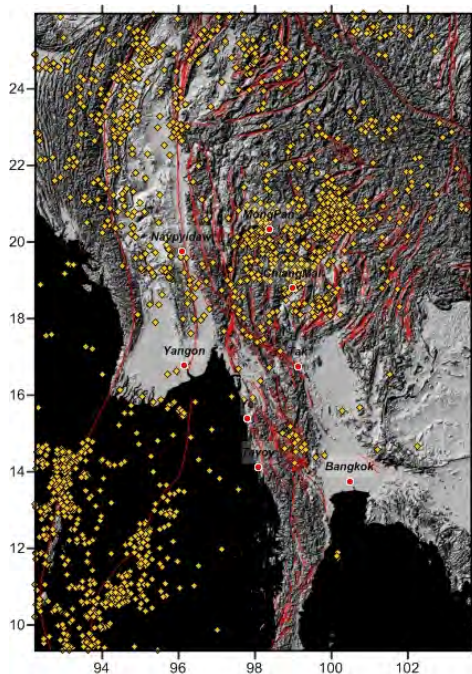
รูป 3.14(ข) แสดงการกระจายตัวของข้อมูล
แผ่นดินไหว มาตรวัด M_S

ก)

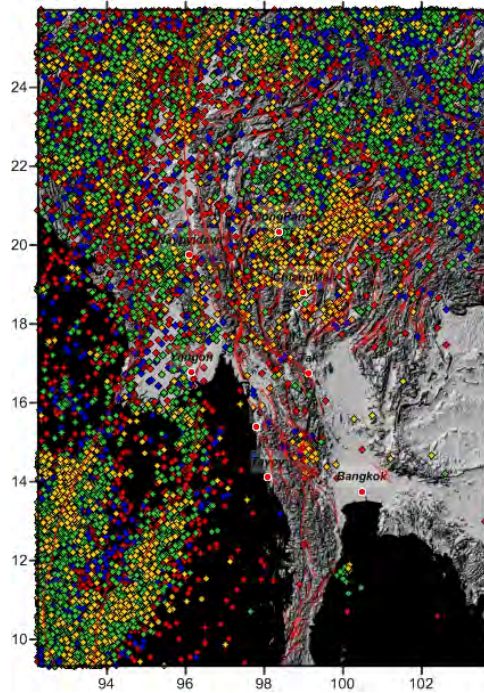


รูป 3.15(ก) แสดงการกระจายตัวของข้อมูล
แผ่นดินไหวมาตรวัด M_b

ข)

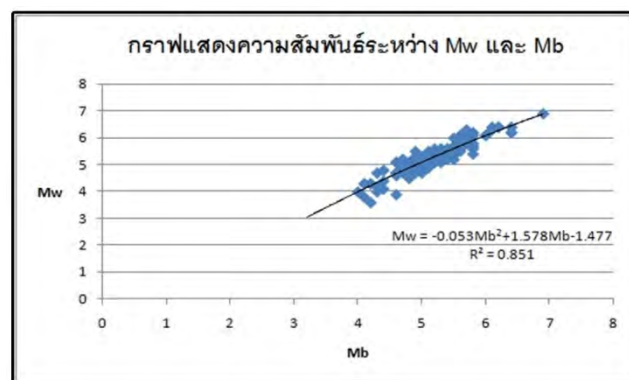


รูป 3.15(ข) แสดงการกระจายตัวของข้อมูล
แผ่นดินไหวมาตรวัด M_w



รูป 3.16 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวทุกมาตรวัด โดยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยมาตรวัดขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกันที่นำมาใช้ในการแปลงมาตรวัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ความสัมพันธ์ดังนี้

3.2.1 ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)

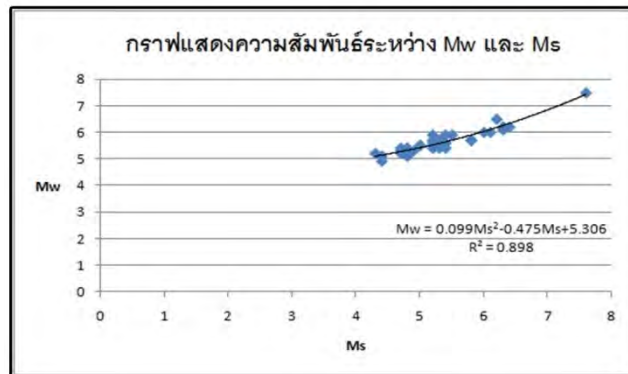


รูปที่ 3.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)

สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w) เป็นดังสมการ 3.1

$$M_w = -0.053(M_b)^2 + 1.578(M_b) - 1.477 \quad \text{สมการ (3.1)}$$

3.2.2 ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_s) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)

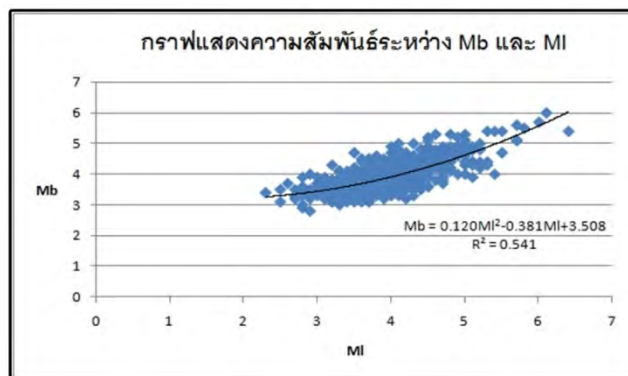


รูปที่ 3.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_s) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w)

สมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_s) และขนาดแผ่นดินไหวโมเมนต์ (M_w) เป็นดังสมการ 3.2

$$M_w = 0.099(M_s)^2 - 0.475(M_s) + 5.306 \quad \text{สมการ (3.2)}$$

3.2.1 ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b)

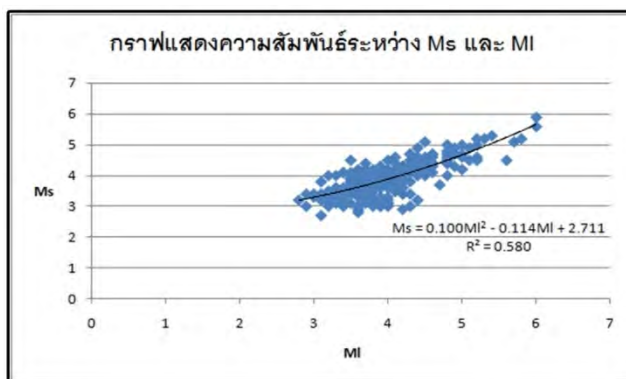


รูปที่ 3.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b)

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (M_b) เป็นดังสมการ 3.3

$$M_b = 0.120(M_L)^2 - 0.381(M_L) + 3.508 \quad \text{สมการ (3.3)}$$

3.2.1 ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_S)



รูปที่ 3.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_S)

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (M_L) และขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวโลก (M_S) เป็นดังสมการ 3.4

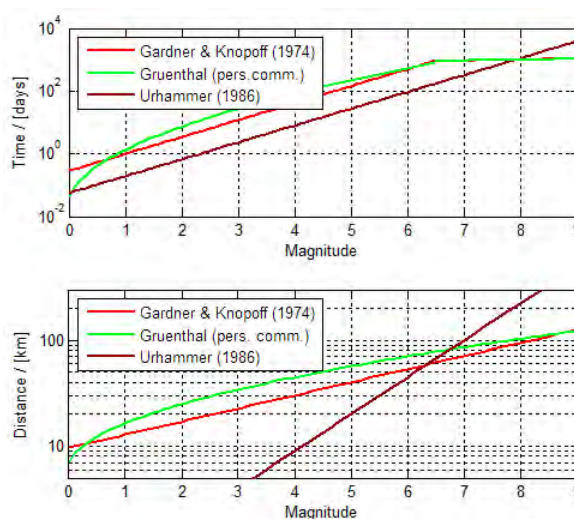
$$M_S = 0.100(M_L)^2 - 0.114(M_L) + 2.711 \quad \text{สมการ (3.4)}$$

จะเห็นได้ว่า มีขั้นตอนการแปลงมาตรวัดจาก M_L เป็น M_W ได้ 2 ทางคือ จาก M_L เปลี่ยนเป็น M_b หรือ M_S ดังนั้นในการศึกษานี้อาศัย ค่า R^2 ในการพิจารณา หากค่า R^2 ยังมีค่าใกล้เคียงกับ 1 หมายถึงความสัมพันธ์มีความน่าเชื่อถือสูง จากรูป 3.19-3.20 จะสังเกตได้ว่า คู่ความสัมพันธ์ M_L เป็น M_S มีค่า $R^2 = 0.580$ ในขณะที่คู่ความสัมพันธ์ M_L เป็น M_b มีค่า $R^2 = 0.541$ เห็นได้ว่าคู่ความสัมพันธ์ M_L เป็น M_S มีค่า R^2 เข้าใกล้ 1 มากกว่า จึงเห็นสมควรว่าควรกำหนดให้ M_L ปรับเปลี่ยนเป็น M_S แล้วจึงปรับจาก M_S เป็น M_W ต่อไป

3.3 การคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake Declustering)

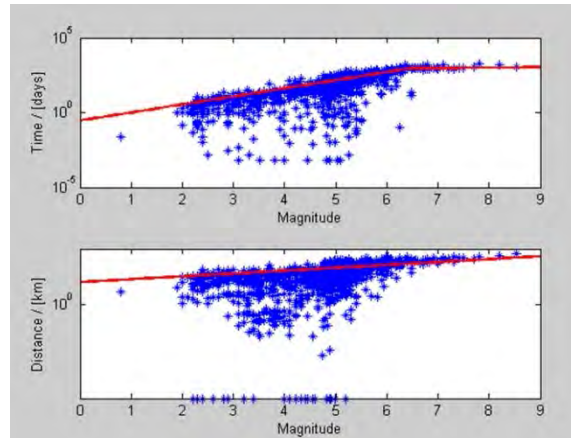
ในการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในฐานข้อมูลนั้นจะมีการบันทึกข้อมูลทั้ง แผ่นดินไหวนำ (Foreshock) แผ่นดินไหวหลัก (Mainshock) และแผ่นดินไหวตาม (Aftershock) จากข้อมูลแผ่นดินไหวทั้ง 3 ชนิดนี้มีเพียงแผ่นดินไหวหลักเท่านั้นที่เกิดจากแรงเค้น (Stress) ซึ่งมาจากการกระทำของธรณีแปรสัณฐานโดยตรง ดังนั้นในการวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมทางธรณีแปรสัณฐานนั้น ข้อมูลที่จะนำมาใช้จึงมีเพียงแผ่นดินไหวหลัก นอกจากนี้จากการที่มีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวกระจายตัวในหลายพื้นที่ ในการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวแต่ละครั้งอาจทำให้มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวซ้ำกัน

ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวเพื่อคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักและกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออก เพื่อให้เหลือเพียงข้อมูลแผ่นดินไหวที่แสดงถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง โดยอาศัยหลักการของความสัมพันธ์ระหว่าง 1.ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว 2.ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณาและ 3.ช่วงเวลาที่เกิดขึ้นซึ่งปัจจุบันมีสมมติฐานซึ่งอาศัยหลักการดังกล่าวอย่างน้อยอย่างน้อย 3 แนวคิดคือ Gardner และ Knopoff(1974); Gruenthal(ติดต่อส่วนตัว); Urhammer(1986) ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) เนื่องจากแนวคิดนี้เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันจากการศึกษางานวิจัยต่างๆในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมถึงประเทศไทยด้วย



รูป 3.21 สมมุติฐานที่ใช้ในการจัดจำแนกกลุ่มของแผ่นดินไหวของแนวคิดต่างๆ

ภาพ 3.22 แสดงผลจากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มแผ่นดินไหวเพื่อกำจัดแผ่นดินไหวนำแผ่นดินไหวตามและแผ่นดินไหวที่มีการรายงานซ้ำซ้อนกัน ตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) ในบริเวณตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนเหลื่อมข้าง ชายแดนไทย -พม่าสามารถจัดกลุ่มของแผ่นดินไหวได้ 1,727 กลุ่มแผ่นดินไหว (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวจำนวน 41,901 เหตุการณ์จากทั้งหมด 44,810 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 93.51 % จากเหตุการณ์ทั้งหมด) จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถจำแนกเป็นแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 2,909 เหตุการณ์

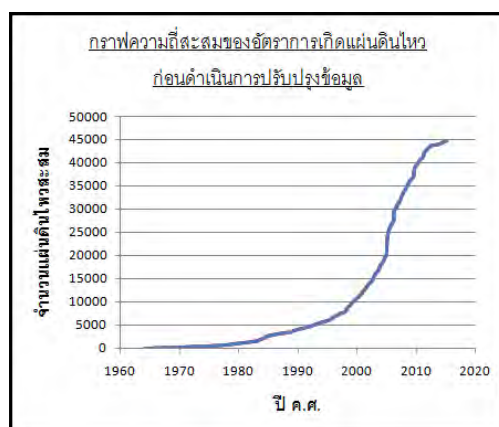


รูปที่ 3.22 แสดงผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตาม แนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) ซึ่งเส้นสีแดงแสดงถึงกรอบของเวลา (ด้านบน) และกรอบของระยะทาง (ด้านล่าง) โดยข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่เหนือเส้นสีแดง คือข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

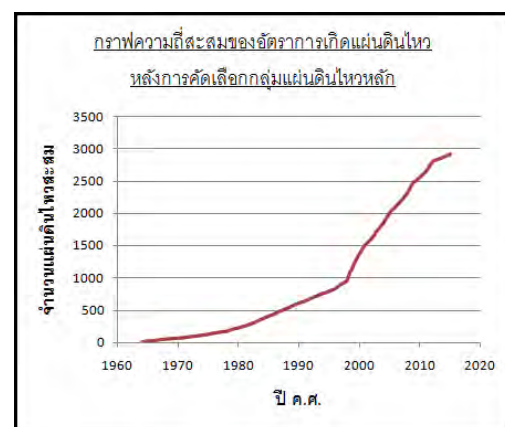
3.4. ตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ (Man-made Seismicity)

ในทางทฤษฎี นักแผ่นดินไหวเชื่อว่ากลไกหลักของการเกิดแผ่นดินไหวของกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐาน เช่น ความเร็วหรือทิศทางของการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างทันทีทันใดในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมในช่วงระยะเวลาไม่เกิน 100 ปี ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจึงควรมีอัตราการเกิดที่สม่ำเสมอ หรืออีกนัยหนึ่งหากพิจารณาในเชิงจำนวนแผ่นดินไหวตามเวลาของการบันทึกนั้นควรจะเป็นเส้นตรง

ก)



ข)



รูป 3.23 แสดงการเปรียบเทียบกราฟ ความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนดำเนินการ (ก) การปรับปรุง ฐานข้อมูล และข้อมูลแผ่นดินไหว หลังผ่านกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (ข)

อย่างไรก็ตามจากรูป 3.23(ก)และ3.23(ข) จะพบว่าข้อมูลจำนวนแผ่นดินไหวสะสมหลังการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักก็ยังไม่ถือว่าเป็นเส้นตรงอย่างสมบูรณ์นักแผ่นดินไหววิทยาจึงคาดว่าอาจจะมีปัจจัยด้านอื่นๆ ที่ทำให้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์ได้นั้นยังไม่สื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง จากการศึกษาของงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา พบว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวส่วนใหญ่ก็นั้นมักได้รับผลกระทบต่างๆ จากกระบวนการตรวจวัดของมนุษย์ เช่น การเพิ่ม/ลด สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวในเครือข่ายตรวจวัด ซึ่งจะส่งผลให้มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวมากขึ้น/น้อยลงกว่าปกติ (Kanamori, 1981; Habermannและ Wyss, 1984; Wyss, 1991) การเปลี่ยนแปลงระเบียบวิธีหรือซอฟต์แวร์ในการประมวลข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว ซึ่งทำให้การรายงานขนาดแผ่นดินไหวนั้นเปลี่ยนแปลงไปทั้งระบบ (Wyss และ Habermann, 1988b) ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงในหน่วยวัดหรือค่าจำกัดความของขนาดแผ่นดินไหว (Perez และ Scholz, 1984; Habermann, 1987) เป็นต้น

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นเพื่อให้การวิเคราะห์พฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวมีความแม่นยำที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยหลักการของ Habermann (1983; 1987) ซึ่งได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวและเสนอสมการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการบันทึกและขนาดแผ่นดินไหว ตามสมการ 3.5

$$Z = \frac{M1 - M2}{\sqrt{\frac{S1^2}{N1} + \frac{S2^2}{N2}}} \quad \text{สมการ(3.5)}$$

กำหนดให้

Z คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดและในแต่ละช่วงเวลา

M1และM2 คือ ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดแผ่นดินไหวใน 2 ช่วงเวลา

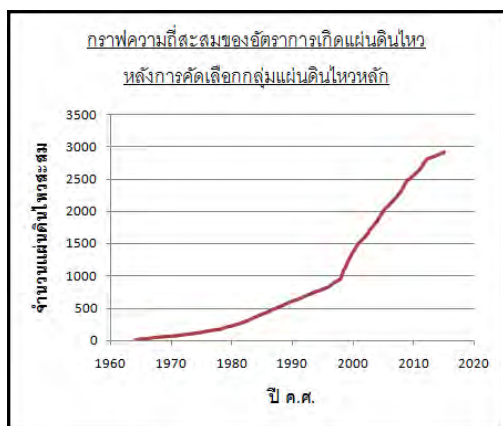
S1และS2 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N1และN2 คือ จำนวนของตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลา

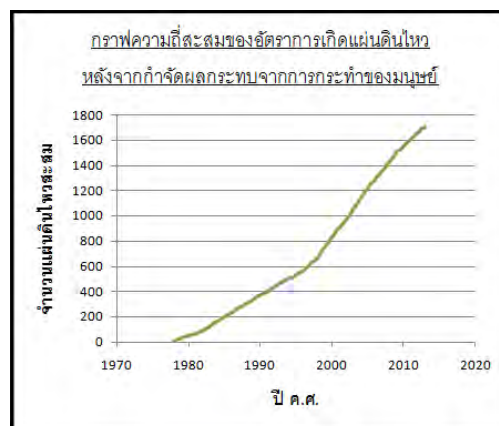
เมื่อได้ทำการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในขั้นตอนจำกัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์แล้วจะเห็นได้ว่ากราฟความถี่สะสมมีความเป็นเส้นตรงมากขึ้นดังภาพ 3.24

แสดงถึงความสมบูรณ์ของข้อมูลที่เหมาะสมแก่การนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมกาเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมธรณีแปรสัณฐาน

ก)



ข)

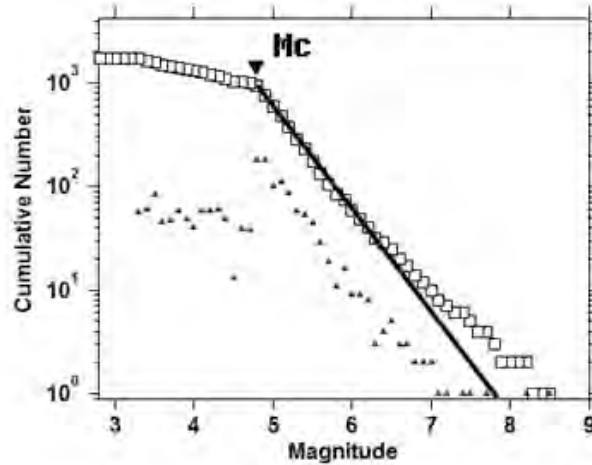


รูป 3.24 แสดงการเปรียบเทียบกราฟความถี่สะสมของข้อมูลแผ่นดินไหวระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวจากกระบวนการคัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก (ก) และข้อมูลแผ่นดินไหวหลังจากกำจัดผลกระทบจากการกระทำของมนุษย์ (ข)

3.5. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)

จากการศึกษาในอดีต นักแผ่นดินไหววิทยาพบว่ามีความไม่สมบูรณ์ของการตรวจวัดแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพและความไวต่อสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวของเครื่องมือตรวจวัด เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กแรงสั่นสะเทือนบางส่วนไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือแม้จะมีการเกิดแผ่นดินไหวขึ้นจริง

ด้วยเหตุนี้จึงมีการกำหนดขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่มีความสมบูรณ์ในการตรวจวัดได้จากเครื่องมือ เราเรียกขนาดแผ่นดินไหวนี้ว่า Magnitude of completeness หรือ M_c (Woessner และ Wiemer, 2005) โดยค่า M_c หมายถึง ระดับขนาดแผ่นดินไหวที่เครือข่ายสามารถตรวจวัดได้ทุกเหตุการณ์ที่แผ่นดินไหวเกิดขึ้น ในขณะที่แผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า M_c นั้นบางเครือข่ายไม่สามารถตรวจวัดได้ ดังนั้นการกำหนดค่า M_c ให้ถูกต้องจึงส่งผลต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมกาเกิดแผ่นดินไหวได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือยิ่งขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ได้มีการกำหนดค่า $M_c = 4.8$ ซึ่งแสดงดังรูป 3.25



รูป 3.25 แสดงการคัดเลือกแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ของการตรวจวัดจากเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวพบว่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้นั้นคือ $M_c=4.8$

ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการตรวจสอบและคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้นนี้ในทางสถิติจะถือว่าฐานข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์หาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสมและให้ความหมายถูกต้องที่สุดจากการคัดเลือกระดับของขนาดแผ่นดินไหวที่มากกว่าขนาดแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดออก ซึ่งก็คือ 4.8 ทำให้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่จะนำมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวมีทั้งสิ้น 950 เหตุการณ์ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนและหลังการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

ข้อมูลแผ่นดินไหว	ก่อนคัดเลือกข้อมูล	หลังคัดเลือกข้อมูล	หลังการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์	หลังจากคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์
แผ่นดินไหว(เหตุการณ์)	44,810	2,909	1,706	950
เวลาเริ่มต้นของข้อมูล(ปี)	1964.0403	1964.0403	1977.8983	1977-12-21
เวลาสิ้นสุดของข้อมูล(ปี)	2015.1085	2015.0649	2012.9492	2012.11.11
ขนาดของแผ่นดินไหว	0.1-8.54	0.1-8.54	3.3-8.5	4.8-8.5
ช่วงความลึก(เมตร)	0-750	0-588	0-50	0-50

บทที่ 4

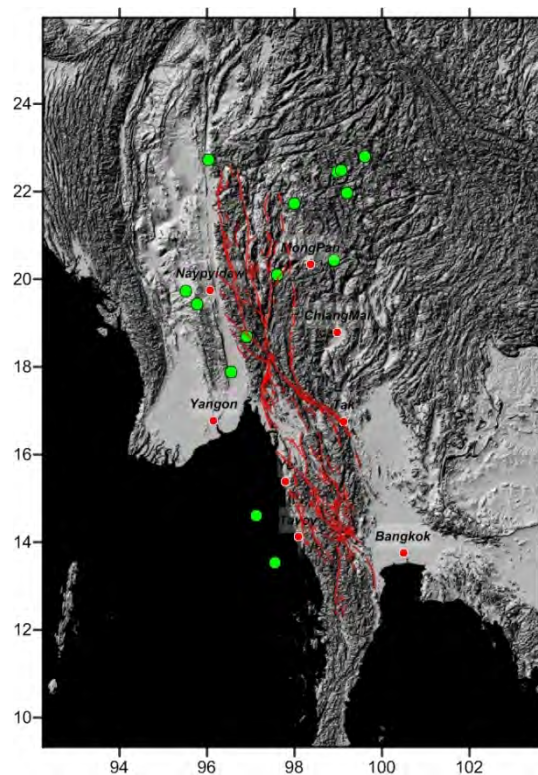
การวิเคราะห์และผลการศึกษา (ANALYSIS AND RESULT)

บทนี้จะแสดงถึงขั้นตอนการประเมิน โดยการวิเคราะห์จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวให้มีความสมบูรณ์เหมาะแก่การวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์ต่อกิจกรรมธรณีแปรสัณฐาน โดยวิธีการประเมินที่เรียกว่า การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)

4.1. การทดสอบย้อนกลับ (Retrospective Test)

4.1.1. คัดเลือกกรณีศึกษา (Case Study)

หลังจากเตรียมข้อมูลเสร็จแล้ว ขั้นแรกจะต้องเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวเพื่อนำมาเป็นกรณีศึกษาจำนวนหนึ่งดังรูป 4.1 และตาราง 4.1



รูป 4.1 แสดงตำแหน่งกรณีศึกษาทั้งหมด 14 เหตุการณ์

ตาราง 4.1 แสดงข้อมูลของแผ่นดินไหวที่นำมาเป็นกรณีศึกษา

Number of event	LONG	LAT	YEAR	MONTH	DAY	M _w	DEPTH (meters)	HOUR	MIN
1	99.611	22.789	1988	11	6	7.7	15.0	13	3
2	97.990	21.720	1989	3	1	6.0	32.0	3	25
3	98.910	20.430	1989	9	28	6.2	10.0	21	52
4	97.600	20.100	1992	4	15	6.1	33.0	1	31
5	98.970	22.440	1992	4	23	6.7	32.0	15	32
6	99.070	22.490	1992	4	23	6.5	30.0	14	18
7	96.560	17.880	1995	5	16	6.3	20.0	21	48
8	99.196	21.966	1995	7	11	7.1	12.5	21	46
9	96.900	18.700	1999	8	15	6.0	33.0	16	18
10	97.130	14.600	2000	6	18	7.2	10.0	14	44
11	95.510	19.720	2003	9	21	6.9	23.0	18	16
12	95.780	19.430	2007	7	30	6.4	33.0	22	42
13	97.560	13.530	2009	3	18	7.5	10.0	12	21
14	96.030	22.730	2012	11	11	6.8	16.8	1	12

4.1.2. การคัดเลือกเงื่อนไข (Variation of Condition)

โดยอาศัยวิธีการจำลองการเกิดแผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้นแล้วในอดีต โดยสร้างเงื่อนไขและกำหนดตัวแปรต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์ห้ำด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยวิธีการทางสถิติ Wiemer (2001) เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมและน่าเชื่อถือที่สุดในการนำมาใช้วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงแผ่นดินไหวในระยะเวลาปัจจุบัน โดยตัวแปรที่ต้องกำหนดคือ ระยะเวลาที่สนใจ, จำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อยู่ภายในขอบเขตรัศมี วิเคราะห์โดยใช้สมการ 4.1

$$Z = \frac{R_{bg} - R_w}{\sqrt{\frac{S_{bg}}{n_{bg}} + \frac{S_w}{n_w}}} \quad \text{สมการ(4.1)}$$

เมื่อวิเคราะห์อัตราการการเปลี่ยนแปลงแผ่นดินไหวด้วยสมการ 4.1 แล้ว จะได้ค่าอัตรากาเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหว (Z) ก่อนที่จะเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละพื้นที่ที่เคยเกิดแผ่นดินไหว จากนั้นจะเลือกเฉพาะเงื่อนไขที่ให้ค่า Z สูงสุดในแต่ละพื้นที่ แล้วนำมาจัดกลุ่มโดยใช้ ระยะเวลา และจำนวนเหตุการณ์ในการจัดกลุ่ม ซึ่งจะได้ข้อมูลเงื่อนไขที่เหมาะสมในเบื้องต้นดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 แสดงตัวอย่างเงื่อนไขบางส่วนที่วิเคราะห์จากข้อมูลของแผ่นดินไหวด้วยสมการ 4.1

Num Events	Tw (year)	Lon	Lat	Year	M _w	Radius (km)	Ts (year)	Zmax	Detection of Quiescence (year)
25	0.5	98.26	16.67	1982.43	6.9	454.47	1978.82	4.8	3.6
25	0.5	95.009	11.847	1984.28	6.0	268.87	1982.27	4.4	2.0
25	0.5	99.30	22.00	1984.31	6.2	252.56	1979.2	5.0	5.1
25	0.5	97.30	23.6	1988.60	7.0	180.18	1987.72	4.7	0.9
25	0.5	97.99	21.72	1989.16	6.0	179.59	1987.72	4.7	1.4
25	1.0	98.26	16.67	1982.43	6.9	454.47	1978.82	4.9	3.6
25	1.0	95.009	11.847	1984.28	6.0	268.87	1978.59	1.3	5.7
25	1.0	99.30	22.00	1984.31	6.2	252.56	1979.2	5.0	5.1
25	1.0	97.30	23.60	1988.60	7.0	180.18	1981.54	4.7	7.1
25	1.0	99.611	22.789	1988.85	7.7	172.43	1981.66	4.9	7.2
25	1.0	98.91	20.43	1989.74	6.2	166.33	1984.69	5	5.1
25	1.5	98.26	16.67	1982.43	6.9	454.47	1978.82	2.5	3.6
25	1.5	95.009	11.847	1984.28	6.0	268.87	1982.31	1.0	2.0
25	1.5	99.30	22.00	1984.31	6.2	252.56	1979.2	3.6	5.1
25	1.5	97.30	23.60	1988.60	7.0	180.18	1981.54	2.2	7.1
25	1.5	99.611	22.789	1988.85	7.7	172.43	1981.39	2.2	7.5
25	1.5	98.91	20.43	1989.74	6.2	166.33	1984.69	5.0	5.1
25	1.5	96.00	23.50	1991.01	7.4	176.27	1988.6	4.8	2.4

เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมในเบื้องต้นแล้ว เราจะนำมาพิจารณาเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อโดยพิจารณาจาก กรอบเวลา จำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อยู่ภายในขอบเขตรัศมี รัศมี, ค่า Z สูงสุดของแต่ละเหตุการณ์จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษาสุดท้ายจะได้เงื่อนไขที่เหมาะสมทั้งหมด 4 เงื่อนไข แสดงในตาราง 4.3

ตาราง 4.3 แสดงข้อมูลเงื่อนไขที่จะนำมาทดสอบย้อนกลับ

1.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25เหตุการณ์
	กรอบเวลา	0.5 ปี
	รัศมี	180กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	14เหตุการณ์
2.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25 เหตุการณ์
	กรอบเวลา	1 ปี
	รัศมี	180 กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	13เหตุการณ์

3.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25 เหตุการณ์
	กรอบเวลา	1.5 ปี
	รัศมี	180 กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	13 เหตุการณ์
4.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25 เหตุการณ์
	กรอบเวลา	1.5 ปี
	รัศมี	180 กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	10 เหตุการณ์

เริ่มทำการทดสอบย้อนกลับของกรณีศึกษาที่ละกรณีโดยคัดเลือกเหตุการณ์ของกรณีศึกษามา 1 เหตุการณ์และเลือกเฉพาะข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นก่อนเหตุการณ์ของกรณีศึกษาที่นำมาพิจารณา แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงแผ่นดินไหวด้วยสมการ 4.1 เช่นเหตุการณ์ที่ 1 จากตาราง 4.1

เหตุการณ์แผ่นดินไหวของกรณีศึกษานี้เกิดขึ้นวันที่ 6 พฤศจิกายน 1988 เพราะฉะนั้นเราก็จะนำข้อมูลแผ่นดินไหวตั้งแต่ มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวจนถึง ช่วงเวลานี้มาศึกษา โดยใช้สมการ 4.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อหาค่า Z ตามเงื่อนไขที่ 1 จากตาราง 4.3

ทำวิธีเดียวกันกับทุกกรณีศึกษาด้วยเงื่อนไขเดียวกันจากนั้น จึงเริ่มใช้เงื่อนไขที่ 2 มาพิจารณากรณีศึกษาต่อ ทำเช่นนี้ไปจนครบทุกเงื่อนไขในตาราง 4.3 สุดท้ายจะได้ข้อมูลอัตราเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหวของทั้งพื้นที่ในช่วงเวลาของเหตุการณ์ของกรณีศึกษา ซึ่งจะได้ทั้งหมด 50 กรณี

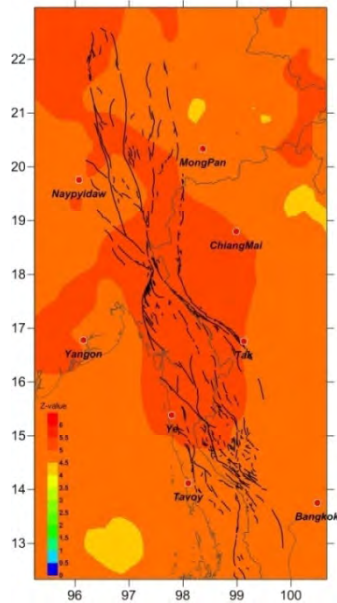
4.1.3. แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z (Spatial distribution of Z-value)

เมื่อได้ข้อมูลอัตราเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหวมาแล้ว จะ นำมาทำแผนที่ แสดงการกระจายตัวของค่า Z (spatial distribution of Z-value) ด้วยโปรแกรม Surfer v.11 โดยจะนำแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ของแต่ละเงื่อนไขมาเปรียบเทียบแต่ละกรณีศึกษา เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะแสดงค่าผิดปกติของค่า Z อย่างชัดเจน โดยจะยกตัวอย่าง แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z แต่ละเงื่อนไขของกรณีศึกษาที่ 13 จากตาราง 4.1 เพื่อนำมาเปรียบเทียบแสดงในรูป 4.2 และ 4.3

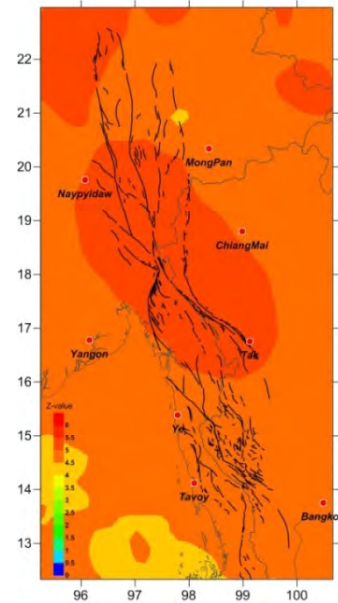
จากรูป 4.2 และ 4.3 จะเห็นได้ว่ามีเงื่อนไขที่ 1 และ 2 ไม่แสดงค่าผิดปกติที่ชัดเจน ดังนั้น จะไม่สามารถระบุพื้นที่เสี่ยงต่อเกิดเกิดแผ่นดินไหวที่มีประสิทธิภาพได้ เงื่อนไขทั้งสองจึงไม่เหมาะสมแก่การนำไปวิเคราะห์ต่อไป แต่เงื่อนไข 3 และ 4 จะแสดงค่าผิดปกติที่ชัดเจนกว่า แต่

หากพิจารณาจากข้อมูลสถิติตามตาราง 4.3 จะพบว่าเงื่อนไขที่ 3 มีจำนวนเหตุการณ์ตรงกับกรณีศึกษามากกว่าเงื่อนไขที่ 4 ดังนั้นทำให้เป็นเงื่อนไขที่ 3 มีความน่าเชื่อถือมากกว่าในการนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว สุดท้ายจึงเลือกเงื่อนไขที่ 3 เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหวต่อไป

ก)

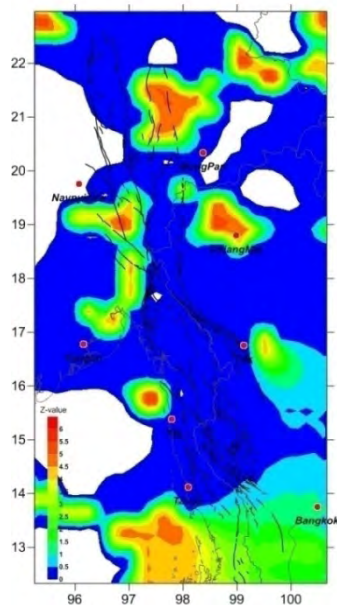


ข)

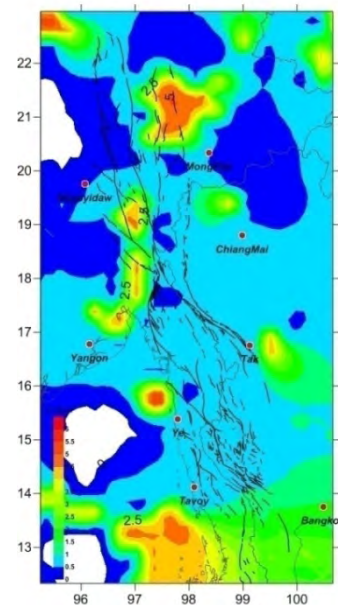


รูป 4.2 การเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ของเงื่อนไขที่ 1 (ก) และเงื่อนไขที่ 2 (ข)

ก)



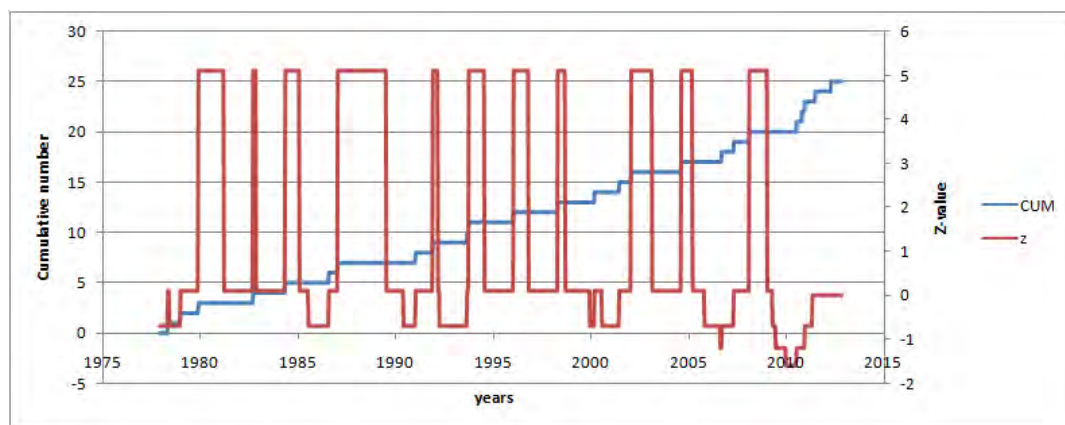
ข)



รูป 4.3 การเปรียบเทียบแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ของเงื่อนไขที่ 3 (ก) และเงื่อนไขที่ 4 (ข)

4.1.4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่สะสมและค่า Z

เมื่อได้เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดแล้ว นำมาคำนวณหาค่า Z กับข้อมูลแผ่นดินไหว เมื่อได้จัดทำกราฟความสัมพันธ์โดยมีแกน ตั้งสองแกนประกอบด้วยแกนแสดง ข้อมูลจำนวนแผ่นดินไหวสะสมและแกนแสดงค่า Z และแกนนอนแสดงระยะเวลาปี ดังรูป 4.5



รูป 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวสะสมกับค่า Z ในช่วงระยะเวลาทั้งหมด

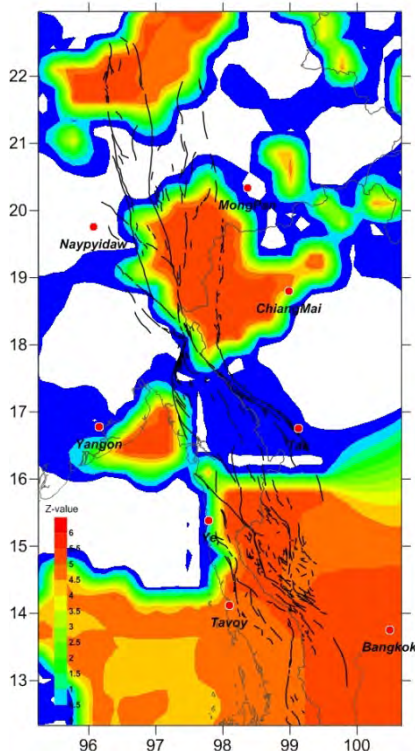
จากกราฟความสัมพันธ์จะพบว่า มีค่า Z สูงสุดปรากฏให้เห็นตลอดช่วงเวลาที่พิจารณา ซึ่งไม่เป็นไปตามทฤษฎีและงานศึกษาในอดีต เนื่องจาก มีค่า Z สูงสุดมากเกินไปจนไม่สามารถระบุเหตุการณ์ที่มีความเสี่ยงที่สัมพันธ์กับค่า Z สูงสุดได้ ซึ่งความผิดปกตินี้มีสาเหตุมาจาก 3 สาเหตุคือ

1. ข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในพื้นที่ศึกษามีจำนวนค่อนข้างน้อย
2. จำนวนแผ่นดินไหวในรัศมีมีจำนวนน้อยเกินไป
3. กรอบเวลา (Tw) ที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นมีช่วงที่สั้นเกินไป

แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า Z ก็สามารถประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยเบื้องต้นได้ระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบผลการประเมินกับงานศึกษาในอดีต หรืออนาคต ที่ศึกษาพื้นที่ศึกษาเดียวกัน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อไป

4.2 การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)

หลังจากได้เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดคือเงื่อนไขที่ 3 จะนำมาวิเคราะห์กับข้อมูลแผ่นดินไหวที่ปรับปรุงฐานข้อมูลแล้ว ช่วงระยะเวลาดังแต่ต้นจนถึงข้อมูลปัจจุบัน ด้วยสมการ 4.1 จะได้แผนที่การกระจายตัวของค่า Z ที่แสดงความผิดปกติให้เห็นดังรูป 4.4



รูป 4.5 แสดงแผนที่การกระจายตัวของค่า Z คำนวณโดยใช้เงื่อนไขที่ 3 (Num=50, Tw=1.5, Radius=180)

จากแผนที่การกระจายตัวของค่า Z คำนวณโดยใช้เงื่อนไขที่ 3 ใน รูป 4.4 โดยสีโทนร้อนจะหมายถึงค่า Z มากและสีโทนเย็นที่แสดงค่า Z น้อย จะพบว่ามีความผิดปกติของค่า Z ซึ่งสูงกว่าบริเวณรอบๆ 3 พื้นที่ คือ

1. ละติจูดที่ 22 ลองจิจูดที่ 96-98 เป็นบริเวณทางด้านตะวันออกของประเทศพม่าบริเวณเมืองมณฑลทะเลเป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 2 รอยเลื่อนคือ รอยเลื่อนเมย-ตองยี และรอยเลื่อนเนปิดอร์
2. ละติจูดที่ 18-20 ลองจิจูดที่ 97-98 เป็นบริเวณพื้นที่ทับซ้อนระหว่างตอนเหนือของประเทศไทย บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ และด้านตะวันออกของประเทศพม่า บริเวณเมืองเมิงป๋น และเมืองเน-ปิดอร์ เป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 4 รอยเลื่อน คือ 1) รอยเลื่อนเมย-ตองยี 2) รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-ตาก 3) รอยเลื่อนเนปิดอร์ 4) รอยเลื่อนฉาน
3. ละติจูดที่ 14-16 ลองจิจูดที่ 98-100 เป็นบริเวณด้านตะวันตกของประเทศไทย บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี เป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 2 รอยเลื่อนคือ รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล
(DISCUSSION AND CONCLUSION)

5.1. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่นำมาประเมินมาจาก 3 ฐานข้อมูลได้แก่ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ The Global Centroid Moment Tensor (CMT) และฐานข้อมูลแผ่นดินไหวของ Thai Meteorological Department (TMD) รายละเอียดของฐานข้อมูลต่างๆแสดงดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ตารางแสดงข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่าง

ฐานข้อมูล	เหตุการณ์	ช่วงเวลา	ขนาดแผ่นดินไหว	ความลึก(เมตร)
IRIS	30,139	11/3/1999 - 6/12/2014	0.1-8.54	0-750
GCMT	486	12/5/1977 - 6/12/2014	4.7-7.5	10-156
TMD	14,185	1/1/1998 - 31/12/2009	1.8-8.2	0-588
TOTAL	44,810	15/1/1964 - 9/12/2015	0.1-8.54	0-750

5.2. การปรับเทียบขนาดแผ่นดินไหว (Magnitude Conversion)

ความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวแต่มาตรวัดจะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

- สมการความสัมพันธ์ระหว่าง M_w และ M_b

$$M_w = -0.053(M_b)^2 + 1.578(M_b) - 1.477$$

- สมการความสัมพันธ์ระหว่าง M_w และ M_s

$$M_w = 0.099(M_s)^2 - 0.475(M_s) + 5.306$$

- สมการความสัมพันธ์ระหว่าง M_b และ M_L

$$M_b = 0.120(M_L)^2 - 0.381(M_L) + 3.508$$

- สมการความสัมพันธ์ระหว่าง M_s และ M_L

$$M_s = 0.100(M_L)^2 - 0.114(M_L) + 2.711$$

5.3. การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Improvement)

เนื่องจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่รวบรวมมานั้นมีหลายสาเหตุที่ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ทันที เพราะไม่สามารถสื่อถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง จึงต้องนำมาเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหว โดยมีขั้นตอนต่างๆคือ 1) เปรียบเทียบมาตรฐานขนาดแผ่นดินไหวให้เท่ากันทุกฐานข้อมูล 2) คัดเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวหลัก 3) กำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ และ 4) คัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ เมื่อผ่านกระบวนการเหล่านี้จะได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวใหม่ที่มีความสมบูรณ์แก่การนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจำนวนข้อมูลจะลดลงไปในแต่ละขั้นตอน แสดงในตาราง 5.2

ตาราง 5.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลแผ่นดินไหวหลังจากผ่านขั้นตอนการคัดเลือกแผ่นดินไหวต่างๆ

ข้อมูลแผ่นดินไหว	ก่อนคัดเลือกข้อมูล	หลังคัดเลือกข้อมูล	หลังการกำจัดผลจากกิจกรรมของมนุษย์	หลังจากคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหว
แผ่นดินไหว(เหตุการณ์)	44,810	2,909	1,706	950
เวลาเริ่มต้นของข้อมูล(ปี)	1964.0403	1964.0403	1977.8983	1977-12-21
เวลาสิ้นสุดของข้อมูล(ปี)	2015.1085	2015.0649	2012.9492	2012.11.11
ขนาดของแผ่นดินไหว(M_w)	0.1-8.54	0.1-8.54	3.3-8.5	4.8-8.5
ช่วงความลึก(เมตร)	0-750	0-588	0-50	0-50

5.4. การคัดเลือกระดับของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ (Magnitude of Completeness)

ระดับขนาดแผ่นดินไหวที่เครือข่ายสามารถตรวจวัดได้ทุกเหตุการณ์ที่แผ่นดินไหวเกิดขึ้น ในขณะที่แผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า M_c นั้นบางเครือข่ายไม่สามารถตรวจวัดได้ ในการศึกษานี้ $M_c = 4.8$ ริกเตอร์

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

จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่สมบูรณ์แล้วเลือกเหตุการณ์เพื่อเป็น กรณีศึกษา 14 กรณีดังตาราง 5.3. และคัดเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมขึ้นกลางได้ 4 เงื่อนไข ดังตาราง 5.4

ตาราง 5.3. แสดงกรณีศึกษาทั้งหมด 14 กรณีเพื่อจะนำไปทดสอบย้อนกลับเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

Number of event	LONG	LAT	YEAR	MONTH	DAY	M _w	DEPTH (meters)	HOUR	MIN
1	99.611	22.789	1988	11	6	7.7	15.0	13	3
2	97.990	21.720	1989	3	1	6.0	32.0	3	25
3	98.910	20.430	1989	9	28	6.2	10.0	21	52
4	97.600	20.100	1992	4	15	6.1	33.0	1	31
5	98.970	22.440	1992	4	23	6.7	32.0	15	32
6	99.070	22.490	1992	4	23	6.5	30.0	14	18
7	96.560	17.880	1995	5	16	6.3	20.0	21	48
8	99.196	21.966	1995	7	11	7.1	12.5	21	46
9	96.900	18.700	1999	8	15	6.0	33.0	16	18
10	97.130	14.600	2000	6	18	7.2	10.0	14	44
11	95.510	19.720	2003	9	21	6.9	23.0	18	16
12	95.780	19.430	2007	7	30	6.4	33.0	22	42
13	97.560	13.530	2009	3	18	7.5	10.0	12	21
14	96.030	22.730	2012	11	11	6.8	16.8	1	12

ตาราง 5.4. แสดงข้อมูลเงื่อนไขที่จะนำมาทดสอบย้อนกลับ

1.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25เหตุการณ์
	กรอบเวลา	0.5 ปี
	รัศมี	180กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	14เหตุการณ์
2.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25 เหตุการณ์
	กรอบเวลา	1 ปี
	รัศมี	180 กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	13เหตุการณ์

3.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25 เหตุการณ์
	กรอบเวลา	1.5 ปี
	รัศมี	180 กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	13 เหตุการณ์
4.	จำนวนเหตุการณ์ในรัศมี	25 เหตุการณ์
	กรอบเวลา	1.5 ปี
	รัศมี	180 กิโลเมตร
	จำนวนเหตุการณ์ที่ตรงกับกรณีศึกษา	10 เหตุการณ์

หลังจากผ่านการทดสอบย้อนกลับแล้ว เงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมกาเกิดแผ่นดินไหวที่ดีที่สุดคือเงื่อนไขที่ 3 แสดงดังตาราง 5.5

ตาราง 5.5 แสดงเงื่อนไขและตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดในการทำทดสอบย้อนกลับเพื่อประเมินพื้นที่เสี่ยง

Number of events	Radius(km)	Tw(year)	Number of events match case study	Grid spacing
75	180	2	13	0.05°x0.05°

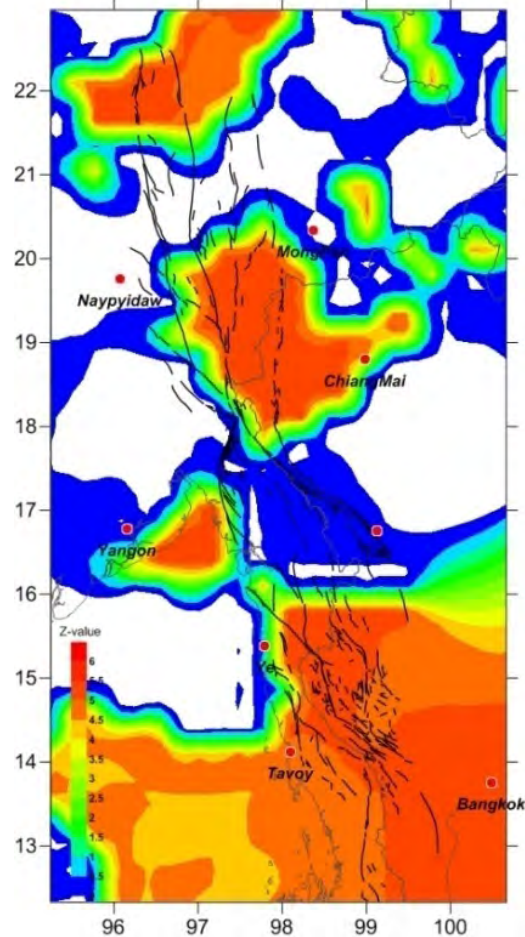
5.6. การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว (Evaluation of Prospective Area)

จากแผนที่การกระจายตัวของค่า Z คำนวณโดยใช้เงื่อนไขที่ 3 ใน รูป 5.2 โดยสีโทนร้อนจะหมายถึงค่า Z มากและสีโทนเย็นที่แสดงค่า Z น้อย จะพบว่ามีความผิดปกติของค่า Z ซึ่งสูงกว่าบริเวณรอบๆ 3 พื้นที่ คือ

1. ละติจูดที่ 22 ลองจิจูดที่ 96-98 เป็นบริเวณทางด้านตะวันออกของประเทศพม่าบริเวณเมืองมัณฑะเลย์เป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 2 รอยเลื่อนคือ รอยเลื่อนเมย-ตองยี และรอยเลื่อนเนปิดอว์

2. ละติจูดที่ 18-20 ลองจิจูดที่ 97-98 เป็นบริเวณพื้นที่ทับซ้อนระหว่างตอนเหนือของประเทศไทย บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ และด้านตะวันออกของประเทศพม่า บริเวณเมืองเมิงป๋น และเมืองเน-ปิดอว์ เป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 4 รอยเลื่อน คือ 1) รอยเลื่อนเมย-ตองยี 2) รอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-ตาก 3) รอยเลื่อนเนปิดอว์ 4) รอยเลื่อนฉาน

3. ละติจูดที่ 14-16 ลองจิจูดที่ 98-100 เป็นบริเวณด้านตะวันตกของประเทศไทย บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี เป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 2 รอยเลื่อนคือ รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

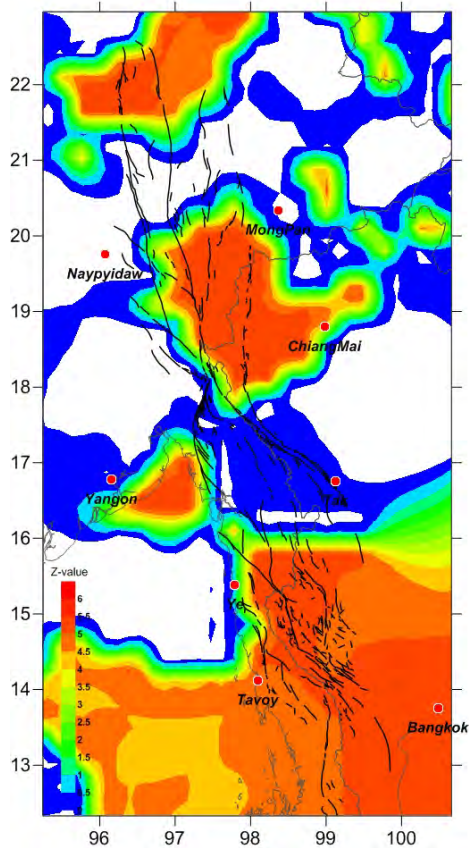


รูป 5.1 แสดงแผนที่การกระจายตัวของค่า Z จำนวนโดยใช้เงื่อนไขที่ 3 (Num=50, Tw=1.5, Radius=180)

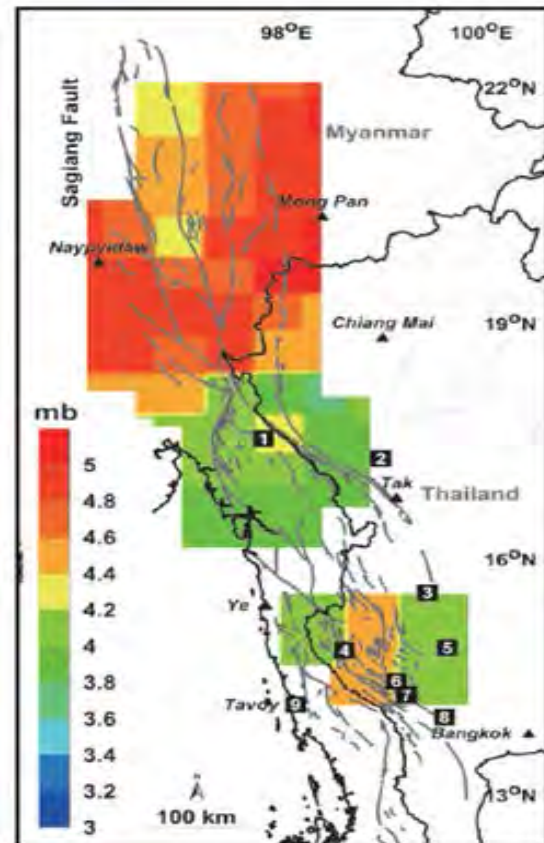
5.7. การเปรียบเทียบผลการศึกษากับงานวิจัยในอดีต (Comparison of Result and Past Research)

เมื่อได้ผลประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยจากการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงการเกิดแผ่นดินไหว แล้ว จึงได้นำมาเปรียบเทียบกับงานศึกษาที่เกี่ยวกับพฤติกรรมแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาเดียวกัน ในงานศึกษาครั้งนี้ได้นำงานศึกษาของ Pailoplee (2014) มาเปรียบเทียบ ดังภาพในรูป 5.3

ก)



ข)



รูป 5.2 แสดงการเปรียบเทียบงานศึกษาปัจจุบัน (ก) กับงานวิจัยของ Pailoplee (2014)(ข) ซึ่งบอกถึง

ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในพื้นที่ในระยะเวลา 5 ปีนับจากมีการประเมิน

จากรูป 5.3 จะเห็นได้ว่ามีพื้นที่เสี่ยงภัยเหมือนกันในงานวิจัยของ Pailoplee (2014) กับงานศึกษาครั้งนี้ 2 บริเวณคือ

1. บริเวณด้านตะวันออกของประเทศพม่า บริเวณเมืองเมิงป๋าน และเมืองเนปิดอว์ ซึ่งเป็นพื้นที่ใกล้เคียงกับประเทศไทย หากเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณนี้อาจจะมีผลกระทบต่อประเทศไทยทางภาคเหนือได้ จากการเปรียบเทียบสามารถบอกได้ว่า พื้นที่บริเวณนี้เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5 ริคเตอร์
2. ด้านตะวันตกของประเทศไทย บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี เป็นพื้นที่ที่มีรอยเลื่อนมีพลังพาดผ่าน 2 รอยเลื่อนคือ รอยเลื่อน ศรีสวัสดิ์ และรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ จากการเปรียบเทียบสามารถบอกได้ว่า พื้นที่บริเวณนี้เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุด 4.4-4.6 ริคเตอร์

เอกสารอ้างอิง
(REFERENCES)

- สันติ ภัยหลบลี้. 2555. Soft Quake : งานเขียนด้านธรณีวิทยาที่แอบนิเทศา “แผ่นดินไหว” แบบเบาๆ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุมาลี ประจวบ. 2530. ความสั่นสะเทือนของพิภพเบื้องต้น เล่ม 1. กรุงเทพฯ: กองการศึกษาและวิจัยกรมอุตุนิยมวิทยา; 2530
- Pailoplee, S., 2014. Earthquake Activities Along the Strike-Slip Fault System on the Thailand-Myanmar Border. Terr. Atmos. Ocean. Sci. Vol. 25: 483-490
- Dziewonski, A. M., T.-A. Chou and Woodhouse, J. H. 1981. Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. J. Geophys. Res. 86: 2825-2852.
- Ekström, G., Dziewonski, A. M., Maternovskaya, N. N. and Nettles, M. 2005. Global seismicity of 2003: centroid-moment-tensor solutions for 1087 earthquakes, Phys. Earth Planet. Inter. 148: 327-351.
- 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. Vol. 64:363–367.
- Habermann, R. E. 1987. Man-made changes of Seismicity rates. Bulletin of the Seismological Society of America 77: 141-159.
- Habermann, R.E. and Wyss, M. 1984. Earthquake triggering during preparation for great earthquakes. Geophysical Research Letters. 11(4): 291-294.
- Kanamori, H. 1981. The nature of seismicity patterns before large earthquakes, in Earthquake Prediction. Maurice Ewing Series. AGU, Washington D.C. IV: 1–19.
- Katsumata, K. 2011a. Precursory seismic quiescence before the Mw = 8.3 Tokachi-oki, Japan, earthquake on 26 September 2003 revealed by a re-examined earthquake catalog. Journal of Geophysical Research. Vol. 116: B10307.
- Katsumata, K. 2011b. A long-term seismic quiescence started 23 years before the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (M = 9.0). Earth Planets Space. Vol. 63: 709-712.

- Sobolev, G.A., 1995. Fundamental of Earthquake Prediction, Electromagnetic Research Centre, Moscow: 161.
- Wiemer, S. 2001. A software package to analyze seismicity: ZMAP. Seismological Research Letters. 72(3): 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. Vol. 95: 684-698.
- Wyss, M. 1991. Evaluation of Proposed Earthquake Precursors. AGU Monograph, Washington D.C. 94.
- Sorbi, R., Nilfouroushan, F., and Zamani, A. 2012. Seismicity patterns associated with the September 10th, 2008 Qeshm earthquake, South Iran. International Journal of Earth Sciences. Vol. 101: 2215-2223.