

พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเชิงสถิติบริเวณชายแดนประเทศไทยและสหภาพพม่า

นาย ภัณฑรักษ์ ชาญณรงค์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

STATISTIC EARTHQUAKE ACTIVITIES ALONG THAI-MYANMAR BORDER

PANTARAK CHANNARONG

A REPORT IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF THE BACHERLOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOLOGY, CHULALONGKORN UNIVERSITY

2011

วันที่ส่ง/...../.....
วันที่อนุมัติ/...../.....

.....
อาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้อ(ภาษาไทย)	พฤติกรรมการณ์เกิดแผ่นดินไหวเชิงสถิติบริเวณชายแดนประเทศไทยและสหภาพพม่า
ชื่อ-สกุล	นายภักดิ์ทริภักษ์ ชาญณรงค์ 5132739023
นิสิตภาควิชา	ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้
ปีการศึกษา	2554

บทคัดย่อ

ในอดีตที่ผ่านมาพื้นที่บริเวณชายแดนประเทศไทยและสหภาพพม่ามีเหตุการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นหลายครั้ง แต่อย่างไรก็ตามแผ่นดินไหวแต่ละครั้งไม่ได้เกิดสัมพันธ์กับแนวหรือลักษณะทางธรณีสัณฐานที่บ่งบอกว่าเป็นรอยเลื่อน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งใช้ข้อมูลเชิงสถิติในการวิเคราะห์พฤติกรรมการณ์เกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า b จากความสัมพันธ์กูเต็นเบิร์ก-ริกเตอร์ ทั้งนี้จากการรวบรวมข้อมูลจากทุกฐานข้อมูลแผ่นดินไหว พบข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ทั้งหมด 7,500 ข้อมูล และมีการปรับมาตราการวัดขนาดแผ่นดินไหวให้เป็นมาตราเดียวกัน รวมทั้งการกำจัดกลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมแผ่นดินไหวโดยตรง เมื่อนำข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านการสังเคราะห์แล้วมาคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาโดยวิธีการเลื่อนของช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด อันประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 25 เหตุการณ์และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์ พบว่ามีการลดลงของค่า b ประมาณ 0.2 - 0.5 แล้วจะเกิดแผ่นดินไหวขนาดกลางตามมา (M_w 6- 7) ส่วนการคำนวณค่า b เชิงพื้นที่โดยใช้วิธีแบ่งกริด มีรัศมีของข้อมูล 100 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ พบว่าพื้นที่ที่มีค่า b ต่ำๆหรือบริเวณที่เป็นสีฟ้าเข้ม-น้ำเงิน จะเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดกลางตามมา ทั้งนี้จากแนวโน้มของแผนที่ค่า b จากรูปแบบการคำนวณดังกล่าว ทำให้สรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังสามารถนำรูปแบบการคำนวณค่า b ในเชิงเวลานี้ ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอื่นๆที่มีลักษณะของพื้นที่และขนาดแผ่นดินไหวใกล้เคียงกันได้

คำสำคัญ: ความสัมพันธ์กูเต็นเบิร์ก-ริกเตอร์; ค่า b ; ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว; ประเทศไทย; สหภาพพม่า

Project title (English)	STATISTIC EARTHQUAKE ACTIVITIES ALONG THAI-MYANMAR BORDER
Researcher	Mr. Pantarak Channarong 5132739023
Department	Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Advisor	Dr. Santi Pailoplee
ปีการศึกษา	2011

Abstract

In the region of Thai-Myanmar border, there are a large number of earthquake events recorded instrumentally in the past. However, the locations of most earthquakes are not coincide with the location of the morphological features indicated or implied the earthquake fault. Thus, statistical evaluation of earthquake records is focused in this earthquake hazard study. Variations of b -values from the Gutenberg-Richter relationship are, therefore, investigated carefully. From data acquisitions, more than 7,500 earthquakes from various earthquake catalogues are used. Magnitude conversion and earthquake de-clustering are analyzed for completeness of the earthquake activity. The temporal variations of b -value is calculated by sliding times-window method that contain 25 events with every 3 event sliding illustrate obvious b -value drops (down to 0.2-0.5) when the M_w 6-7 earthquake occurred. Furthermore, the spatial variations of b -value is calculated by separating the area to grid with radius of 100 earthquake events and 0.1° grid spacing can observe large earthquake in low b -value areas. As a result, we conclude that these analysis case studies are the efficiency conditions for predicting the upcoming earthquakes in this area. And based on these condition, the result reveal that the southwestern part of the study area have more possibility to generate the next small-to-medium earthquake in the future more than the other area.

Keywords: Gutenberg-Richter relationship; b -value; earthquake catalog; Thailand; Myanmar

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์
ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ซึ่งกรุณาให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำกรวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ขอขอบพระคุณพี่ระชาติ วิเวกวิน ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการนำเสนองานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพี่บุศลากรภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆและน้องๆ ทุกคนที่คอยแนะนำ ช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำ
การวิจัยครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ให้กำลังใจและโอกาสในการศึกษา
ครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 นิยามปัญหาและสมมติฐานการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.6 ขอบเขตงานวิจัย	8
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 ทฤษฎีและวิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 ทฤษฎี	9
2.2 นิยามศัพท์	11
2.3 ระเบียบวิธีวิจัย	11
บทที่ 3 การวิเคราะห์ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	
3.1 การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว	14
3.2 การปรับขนาดแผ่นดินไหว	21
3.3 การวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก	23
บทที่ 4 การวิเคราะห์ค่า b	
4.1 การวิเคราะห์ค่า b โดยรวมของพื้นที่	26
4.2 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา	27
4.3 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่	32
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	
5.1 ความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา	39

5.2	ความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่	40
5.3	สรุปผลการวิจัย	41

เอกสารอ้างอิง

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
รูปที่ 1.1	แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.7 ริกเตอร์บริเวณชายแดนไทย-พม่า	2
รูปที่ 1.2	แสดงพื้นที่ศึกษา	3
รูปที่ 1.3	แสดงความสัมพันธ์ภูเต็นเบิร์ก-ริกเตอร์ของเหตุการณ์แผ่นดินไหว ในพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา	4
รูปที่ 1.4	แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาของพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา	5
รูปที่ 1.5	แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่ของพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา	6
รูปที่ 1.6	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า b ในเชิงเวลาของพื้นที่บริเวณรอยเลื่อนลำปาง	7
รูปที่ 1.7	แสดงการกระจายตัวของค่า b เชิงพื้นที่บริเวณตอนกลางแนวมุดตัวอเมริกา	8
รูปที่ 2.1	แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ ของการเกิดแผ่นดินไหว	10
รูปที่ 2.2	แสดงระเบียบวิธีวิจัย	13
รูปที่ 3.1	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล CMT	14
รูปที่ 3.2	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล NEIC	15
รูปที่ 3.3	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล ISC	15
รูปที่ 3.4	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล ANSS	16
รูปที่ 3.5	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล IDC	16
รูปที่ 3.6	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล BJI	17
รูปที่ 3.7	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล MOS	17
รูปที่ 3.8	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล BKK	18
รูปที่ 3.9	แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูลทั้งหมด	18
รูปที่ 3.10	แผนที่แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวในพื้นที่ซึ่งถูกบันทึกไว้ในแต่ละฐานข้อมูล แผ่นดินไหว	19
รูปที่ 3.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง mb และ M_w	22
รูปที่ 3.12	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง MS และ M_w	23
รูปที่ 3.13	แสดงการวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก	24

ภาพที่	หน้า
รูปที่ 3.14 แผนที่แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวก่อนและหลังการวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก	25
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ยูเด็นเบิร์ก-ริกเตอร์ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา	26
รูปที่ 4.2 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาแบบ ก	29
รูปที่ 4.3 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาแบบ ข	30
รูปที่ 4.4 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาแบบ ค	31
รูปที่ 4.5 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่แบบ ก	33
รูปที่ 4.6 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่แบบ ข	35
รูปที่ 4.7 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่แบบ ค	37
รูปที่ 5.1 แสดงความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาช่วงกลางปีค.ศ.2008 ถึงกลางปีค.ศ. 2011	40

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก เช่น แผ่นดินไหวขนาด 9.3 ริกเตอร์ บริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย เมื่อปี พ.ศ. 2547 แผ่นดินไหวขนาด 9.0 ริกเตอร์ที่ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี พ.ศ. 2554 และแผ่นดินไหว 6.7 ริกเตอร์ บริเวณชายแดนไทย-พม่าช่วงเดือนมีนาคมปี พ.ศ. 2554 เป็นต้น เหตุการณ์ดังกล่าวทำให้มีนักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่มพยายามศึกษาการเกิดแผ่นดินไหวเพื่อหาวิธีการทำนายหรือคาดเดาเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนอุณหภูมิและระดับน้ำบาดาล (Contadakis และคณะ, 2001) หรือความผิดปกติของพฤติกรรมสัตว์ (Bhargav และคณะ, 2009) เป็นต้น การศึกษาแผ่นดินไหวเชิงสถิติเป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งนักวิทยาศาสตร์นิยมนำมาใช้เพื่อคาดเดาเหตุการณ์แผ่นดินไหว เช่น การศึกษาข้อมูลเชิงสถิติจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวในอดีตทั้งเชิงพื้นที่และเวลา (Nuannin, 2005) นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลเชิงสถิติมีความสัมพันธ์กับความเครียดของแนวมุดตัวที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว (Ghosh, 2007) ดังนั้นข้อมูลแผ่นดินไหวเชิงสถิติจึงเป็นข้อมูลที่น่าสนใจสำหรับการศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว

พื้นที่บริเวณชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า-ลาว เป็นพื้นที่ที่มีพลัง เกิดจากแนวมุดตัวของแผ่นทวีปอินเดียและแผ่นทวีปยูเรเชีย เป็นลักษณะเขตรอยเลื่อน (Fault zone) ทำให้เกิดแผ่นดินไหวอย่างต่อเนื่อง โดยล่าสุดเกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.7 ริกเตอร์บริเวณชายแดนไทย-พม่า (รูป 1.1) ส่งผลกระทบเป็นบริเวณกว้างทั้งพื้นที่ในภาคเหนือและกรุงเทพมหานคร (กรมทรัพยากรธรณี, 2554) ทำให้ประชากรส่วนใหญ่ตระหนักถึงความสำคัญของแผ่นดินไหว และความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งชีวิตและทรัพย์สิน งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ชายแดนไทย-พม่าจากข้อมูลสถิติแผ่นดินไหว



รูป 1.1 (ซ้าย) จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวขนาด 6.7 ริกเตอร์ เมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2554 บริเวณชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า (<http://news.mthai.com>) (ขวา) แสดงความเสียหายจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ที่จังหวัดเชียงราย (<http://www.oknation.net>)

1.2 นิยามปัญหาและสมมติฐานการวิจัย

1.2.1 นิยามปัญหา (Problem Definition)

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความซับซ้อนทางธรณีแปรสัณฐาน กล่าวคือเป็นพื้นที่ที่เกิดแผ่นดินไหว ไม่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนอย่างชัดเจน ต่างกับพื้นที่อื่น ที่จะมุ่งศึกษาเฉพาะในบริเวณรอยเลื่อนใดรอยเลื่อนหนึ่ง ดังนั้นการศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่จึงเลือกใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวเชิงสถิติครอบคลุมทั้งบริเวณ นำไปสู่การคาดการณ์เหตุการณ์แผ่นดินไหวในเชิงเวลาและพื้นที่

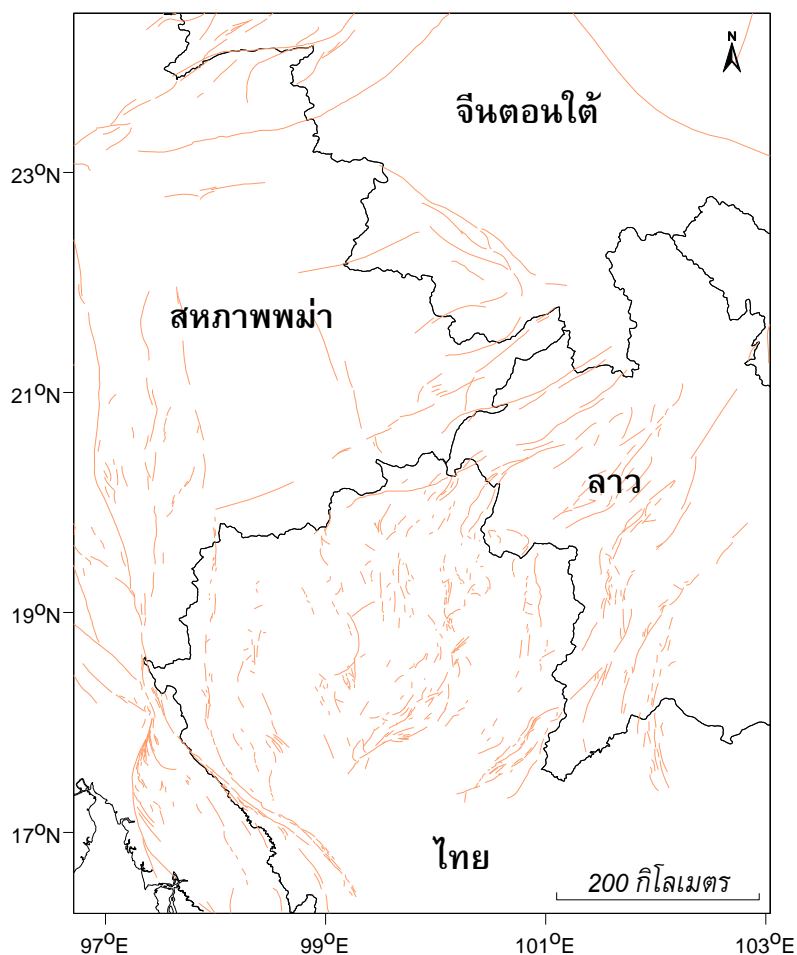
1.2.2 สมมติฐานในการวิจัย

การศึกษากิจกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในบริเวณพื้นที่ชายแดนประเทศไทยและสหภาพพม่า จากการเปลี่ยนแปลงค่าทางสถิติการเกิดแผ่นดินไหว ในเชิงเวลาและพื้นที่สามารถนำไปคาดการณ์เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

1.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาความสอดคล้องของพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวและการเปลี่ยนแปลงค่าทางสถิติการเกิดแผ่นดินไหว ในเชิงเวลาและพื้นที่ ของพื้นที่ชายแดนประเทศไทยและสหภาพพม่าในอดีต

1.4 พื้นที่ศึกษา

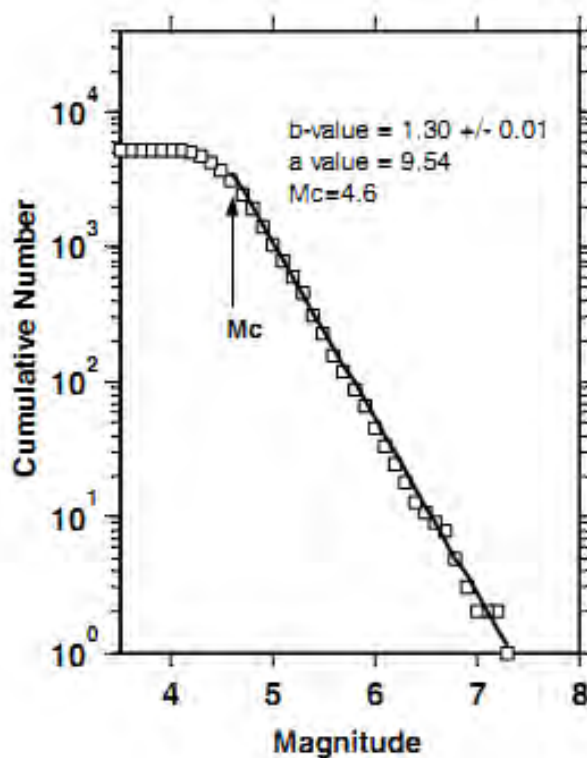


รูป 1.2 แสดงพื้นที่ศึกษา อยู่ระหว่างลองจิจูด 96.7° - 103.1° และละติจูด 16.8° - 24.5° ครอบคลุมพื้นที่ ภาคตะวันออกของพม่า ภาคตะวันตกเฉียงเหนือของลาว ตอนใต้ของจีน และภาคเหนือของประเทศไทย เส้นสีส้มแสดงกลุ่มรอยเลื่อนต่างๆ ที่แปลความหมายได้จากข้อมูลโทรสัมผัส (Pailoplee, 2009)

1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Nuannin (2006)

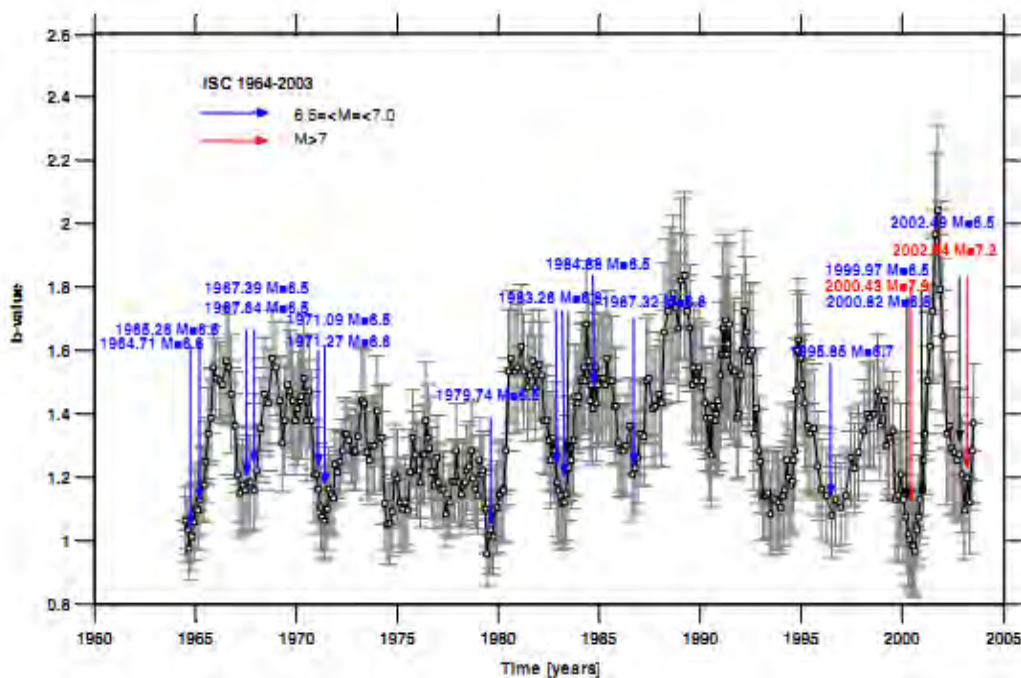
ศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหวบริเวณเกาะสุมาตรา และพบว่าการกระจายตัวของขนาดและความถี่ของแผ่นดินไหว เป็นไปตามความสัมพันธ์ของกูเตนเบิร์ก-ริกเตอร์ (Gutenberg-Richter Relationship) (รูป 1.3) โดยสามารถหาค่า b โดยรวมจากความสัมพันธ์ดังกล่าว ซึ่งโดยทั่วไปค่า b มักมีค่าใกล้เคียง 1 ในบริเวณเปลือกโลกโดยเฉพาะในกรณีของการประเมินค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่กว้างๆ เช่น ข้อมูลแผ่นดินไหวทั่วโลก และมีระยะเวลาในการตรวจวัดแผ่นดินไหวเป็นเวลายาวนาน หากมีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและกำหนดช่วงระยะเวลาของพื้นที่ศึกษา ค่า b ที่ประเมินได้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา



รูป 1.3 แสดงการกระจายตัวของขนาดและความถี่ของแผ่นดินไหวตาม (aftershock) ของเหตุการณ์วันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 พื้นที่อันดามัน-สุมาตราและเส้นความชันแสดงความสัมพันธ์ของกูเตนเบิร์ก-ริกเตอร์ ค่า M_c บอกถึงการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ได้ ซึ่งจะมีการคำนวณออกมาสำหรับทุกตัวอย่าง

การศึกษาคความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา

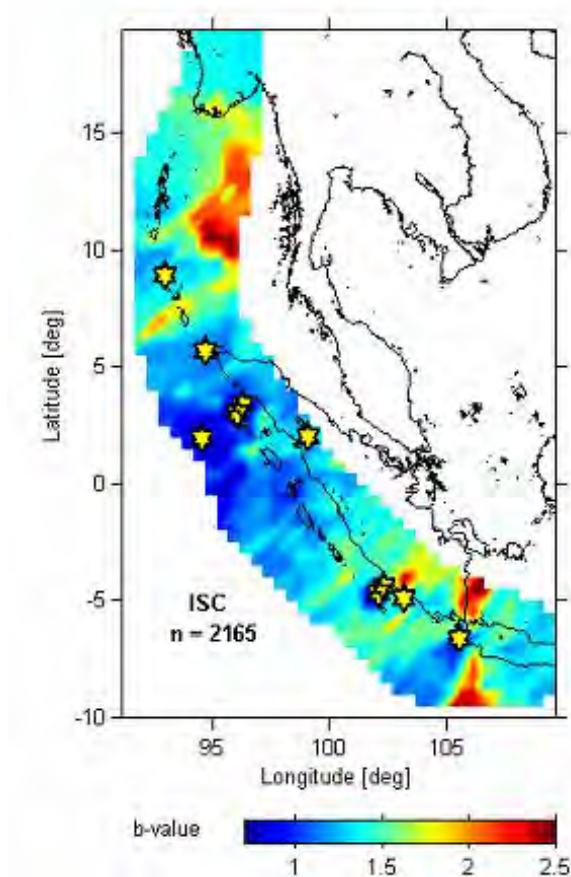
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า b ในเชิงเวลาจากพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา โดยวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด (Sliding time-window) ของโปรแกรม ZMAP (Weimer, 2001) พบว่าช่วงเวลาที่ค่า b ลดต่ำลงมากจะตามมาด้วยเหตุแผ่นดินไหวขนาดใหญ่แสดงดังรูป 1.4



รูป 1.4 แสดงค่า b ที่ถูกคำนวณจากข้อมูลแผ่นดินไหว ลูกศรคือช่วงเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ($M_w \geq 6.5$)

การศึกษาคความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่

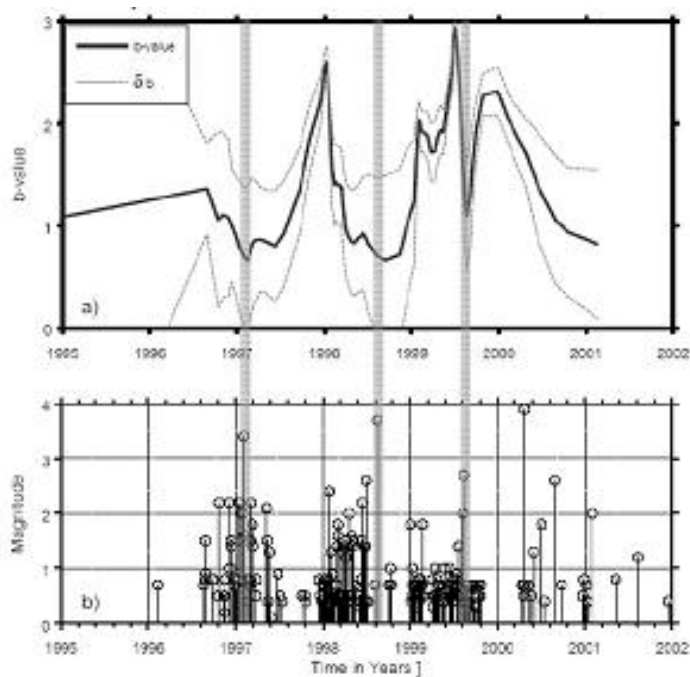
ทำการแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นช่องกริด และคำนวณค่า b ในแต่ละช่องกริดได้เป็นแผนที่ค่า b ซึ่งบริเวณที่มีค่า b ต่ำจะสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูป 1.5



รูป 1.5 แสดงการกระจายตัวของค่า b ในพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา และรูปดาวแสดงพื้นที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ($M_w \geq 6.5$) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่า b ต่ำ(สีน้ำเงิน)

Schorlemmer และคณะ (2004)

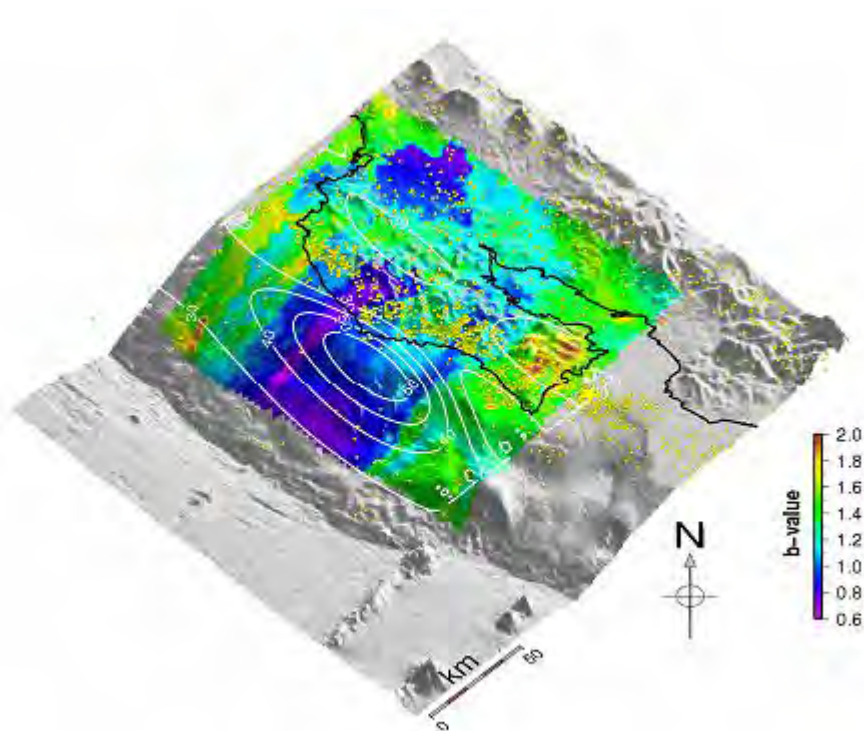
ศึกษาแผ่นดินไหว Tokachi-oki ($M_w=8$) พบว่าค่า b จะมีความสัมพันธ์กับความเครียด โดย ถ้ามีความเครียดสูง ค่า b จะต่ำ Sammond และคณะ (1992) ศึกษาค่า b พบว่าก่อนจะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ค่า b จะเพิ่มในระยะกลาง และลดลงในช่วงสัปดาห์-เดือน ก่อนเหตุการณ์แผ่นดินไหว ในขณะที่ Pailoplee และคณะ (2009) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า b เชิงเวลาในบริเวณรอยเลื่อนลำปาง พบการลดลงของค่า b มีความสอดคล้องกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่าปกติ (รูป 1.6)



รูป 1.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า b ในเชิงเวลาของพื้นที่รอยเลื่อนลำปาง จากวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิดซึ่งประกอบด้วย 30 เหตุการณ์และเลื่อนครั้งละ 5 เหตุการณ์ พบว่าแถบเส้นสีเทาแสดงความสัมพันธ์การลดลงของค่า b กับแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 4

Lombardi (2003)

ศึกษาข้อมูลความแตกต่างของค่า b ระหว่างแผ่นดินไหวหลักและแผ่นดินไหวนำกับแผ่นดินไหวตาม พบว่าเหตุการณ์จากแผ่นดินไหวนำกับแผ่นดินไหวตาม ทำให้ค่า b มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงควรขจัดออกจากรฐานข้อมูลก่อนนำมาใช้ และ Ghosh (2007) ศึกษาการกระจายตัวของขนาดและความถี่แผ่นดินไหวและการลึกลับตัวของพื้นที่บริเวณตอนกลางแนวมุดตัวอเมริกา ไกล์แหลมนิโคยา ประเทศคอซตาริกา พบว่าค่า b โดยรวมมีค่าประมาณ 1.18 ± 0.4 เป็นการแสดงให้เห็นว่าเป็นลักษณะการมุดตัวคู่ (couple subduction) และพบการลดลงของค่า b สัมพันธ์กับบริเวณที่มีความเค้นและการ ลึกลับตัวสูงในนิโคยา (รูป 1.7)



รูป 1.7 แสดงการกระจายตัวของค่า b เิงพื้นที่โดยดาวสีเหลืองแสดงจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว ของเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7 ริกเตอร์ ในปี ค.ศ.1990 บริเวณตอนกลางแนวมุดตัวอเมริกา, เส้นชั้นความสูง แสดงเปอร์เซ็นต์การ ล็อคตัว ซึ่งสัมพันธ์กับบริเวณที่มี ค่า b ต่ำ(พื้นที่สีน้ำเงิน) จะมีการล็อคตัวของแผ่นดินสูง

1.6 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวเชิงเวลาและพื้นที่จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวชุดต่างๆที่วัดได้ โดยเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวในพื้นที่บริเวณชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ไปคาดการณ์ถึงเหตุการณ์แผ่นดินไหวในอนาคต โดยสามารถกำหนดพื้นที่และช่วงเวลาที่่จะเกิดขึ้น และใช้ข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการแจ้งเหตุเตือนภัยประชาชนในพื้นที่ หรือวางแผนป้องกันล่วงหน้า เพื่อลดความสูญเสียชีวิตที่เกิดขึ้นได้

บทที่ 2

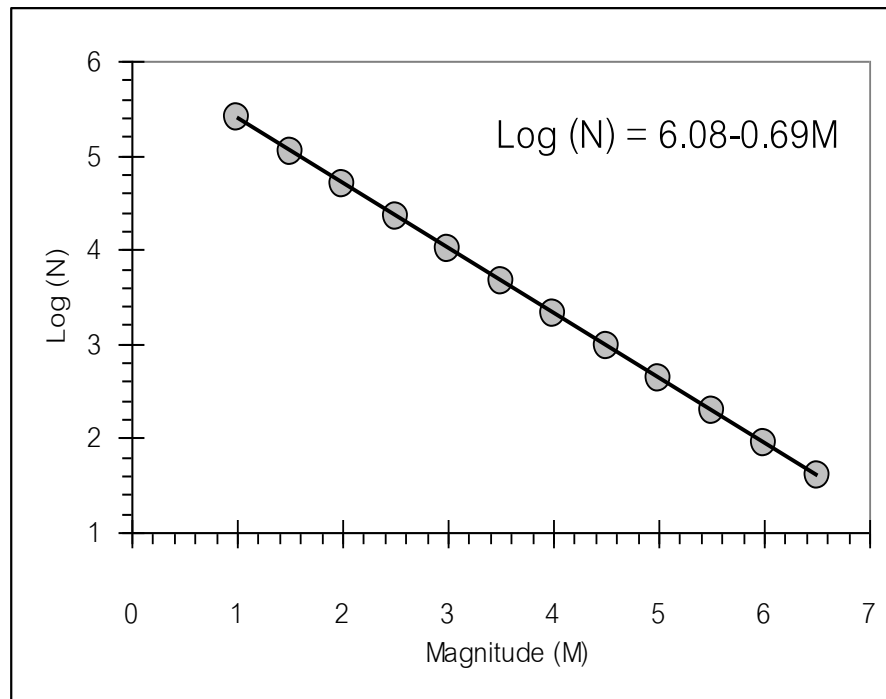
ทฤษฎีและวิธีดำเนินการวิจัย (Theory and Methodology)

2.1 ทฤษฎี (Theory)

การศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหวจากบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีมาต่อเนื่องพบว่า โดยภาพรวมทั่วโลก อัตราการเกิดแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์ในเชิงของขนาดแผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับอัตรา (ความถี่) การเกิดแผ่นดินไหว โดยแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราหรือความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวสูงกว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจากการศึกษาในเชิงลึกพบว่าในพื้นที่ใดๆ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดแผ่นดินไหว ดังแสดงในสมการ 1

$$\log(N) = a - bM \quad (1)$$

โดย N คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากับหรือมากกว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาด M โดยค่า a และ b คือค่าคงที่ ซึ่งเป็นจำนวนจริงที่มีค่าบวก โดยที่ค่า a คือค่าที่แสดงหรือบอกเป็นนัยของอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Seismic activity) โดยรวมจากทุกๆ ขนาดแผ่นดินไหว (\log ของจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า $M = 0$) ในพื้นที่นั้น ส่วนค่า b คือค่าที่แสดงถึงอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรงเมื่อเทียบกับขนาดรอบข้าง ดูจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ (รูป 2.1) สมการนี้เรียกว่า สมการความสัมพันธ์ของขนาดและความถี่การเกิดแผ่นดินไหว (magnitude-frequency relationship) หรือ ความสัมพันธ์กูเตินเบิร์ก-ริกเตอร์ (Gutenberg-Richter relationship, G-R relationship)



รูป 2.1 แสดงสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดแผ่นดินไหว (M) และความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว (N)

จากความสัมพันธ์ในสมการ (1) ถึงแม้ว่าโดยทั่วไปค่า b มักมีค่าใกล้เคียง 1 ในบริเวณเปลือกโลก โดยเฉพาะในกรณีของการประเมินค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในพื้นที่กว้างๆ เช่น ข้อมูลแผ่นดินไหวทั่วโลก และมีระยะเวลาในการตรวจวัดแผ่นดินไหวเป็นเวลายาวนาน แต่จากงานวิจัยจากหลายๆ กลุ่มวิจัยในเวลาต่อมา เช่น (Ayele และ Kulhanek, 1997), (Wiemer และคณะ, 1998) และ (Gerstenberger et al. และคณะ, 2001) พบว่าหากมีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและกำหนดช่วงระยะเวลาของพื้นที่ศึกษา ค่า b ที่ประเมินได้ จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งในเชิงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและในเชิงเวลา ดังนั้นในการศึกษาวิจัยนี้ จึงใช้หลักการของ ความสัมพันธ์กูเทนเบิร์ก-ริกเตอร์ ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร

2.2 นิยามศัพท์

ความสัมพันธ์ Gutenberg-Richter: สมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (N) กับขนาดแผ่นดินไหว (M) ดังแสดงในสมการ (1) และ (รูป 2.1)

มาตราริกเตอร์ (Richter scale): เป็นมาตราที่บ่งบอกถึงระดับพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว เมื่อมีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหว จึงนิยมใช้มาตราริกเตอร์เป็นมาตรฐานในการรายงานขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นเรื่อยมา

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue): เครือข่ายตรวจวัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีการบันทึกเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล ปัจจุบันมีหลายเครือข่ายที่ตรวจวัดแผ่นดินไหว เช่น The US National Earthquake Information Center (NEIC), the Harvard Seismology Centroid-Moment Tensor Project (CMT) และ Thai Meteorological Department (TMD) เป็นต้น

2.3 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ (ดูรูป 2.2 ประกอบ)

1. ทำการศึกษางานวิจัยเก่า ทฤษฎี และรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

1.1 ศึกษางานวิจัยที่ศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหว, การศึกษาพฤติกรรมแผ่นดินไหว และการศึกษาเกี่ยวกับค่า b

1.2 ศึกษางานวิจัยที่ศึกษาพื้นที่บริเวณชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า

2. เตรียมโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

3. รวบรวมและสังเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหว

3.1 รวบรวมและคัดลอกข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่างๆ

สำรวจฐานข้อมูลการตรวจวัดแผ่นดินไหวในเบื้องต้นพบว่า มี 8 ฐานข้อมูล ที่สามารถคัดลอกได้เช่น ISC, BKK, BJI, IDC, MOS, ANSS, NEIC, และ CMT ซึ่งในงานวิจัยนี้ สนใจในการศึกษาจากข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด เพื่อประโยชน์ และความแม่นยำสูงสุดในการศึกษาวิจัย

3.2 ปรับเทียบมาตราตรวจวัดแผ่นดินไหวให้เป็นมาตรามาตรฐานเดียวกัน

ในทางปฏิบัติการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละเครือข่ายการตรวจวัดมักจะใช้หน่วยหรือมาตราในการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน เช่น Body-wave magnitude (m_b) Surface-wave magnitude (M_S) หรือ Moment magnitude (M_w) ทั้งนี้การวิเคราะห์ค่า b ควรใช้ฐานข้อมูลที่มีหน่วยการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวเป็นมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด จึงทำการ

ปรับเปลี่ยนหน่วยมาตรการตรวจวัดแผ่นดินไหวให้เป็นหน่วยมาตรฐานเดียวกันจากความสัมพันธ์ที่ศึกษาได้

3.3 จัดกลุ่มและกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากแผ่นดินไหวหลัก

โดยปกติแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวหลักและแผ่นดินไหวตาม ในการประเมินค่า b จึงต้องมีการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวหลักและกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากกลุ่มแผ่นดินไหว เพื่อให้ข้อมูลที่ได้แสดงถึงพฤติกรรมหรือศักยภาพทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง

4. ศึกษาพฤติกรรมก่อกำเนิดแผ่นดินไหวโดยพลอตกราฟตามความสัมพันธ์กูเดินเบิร์ก-ริกเตอร์

5. ศึกษาและคำนวณความหลากหลายค่า b ในเชิงพื้นที่และเวลา

5.1 ทำการศึกษาและคำนวณค่า b ในเชิงเวลา โดยวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด (ดูรูป 1.4)

5.1.1 เลือกรุ่นแผ่นดินไหว จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

5.1.2 คำนวณค่า b จากจำนวนแผ่นดินไหว N เหตุการณ์แรก

5.1.3 กรอบการคำนวณจะเลื่อนไปคำนวณอีกชุดข้อมูลถัดไปที่สอดคล้องกับจำนวนเหตุการณ์ที่แน่นอน

5.1.4 คำนวณค่า b จากชุดข้อมูลใหม่ไปเรื่อยๆ จนถึงเหตุการณ์สุดท้าย

5.2 ทำการศึกษาและคำนวณค่า b ในเชิงพื้นที่ โดยวิธีแบ่งกริด (ดูรูป 1.5)

5.2.1 แบ่งพื้นที่ศึกษาเป็น กริด (grid) โดยมีรัศมีเป็นจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวคงที่ ขึ้นกับความหนาแน่นของแผ่นดินไหว

5.2.2 คำนวณค่า b ในแต่ละกริด

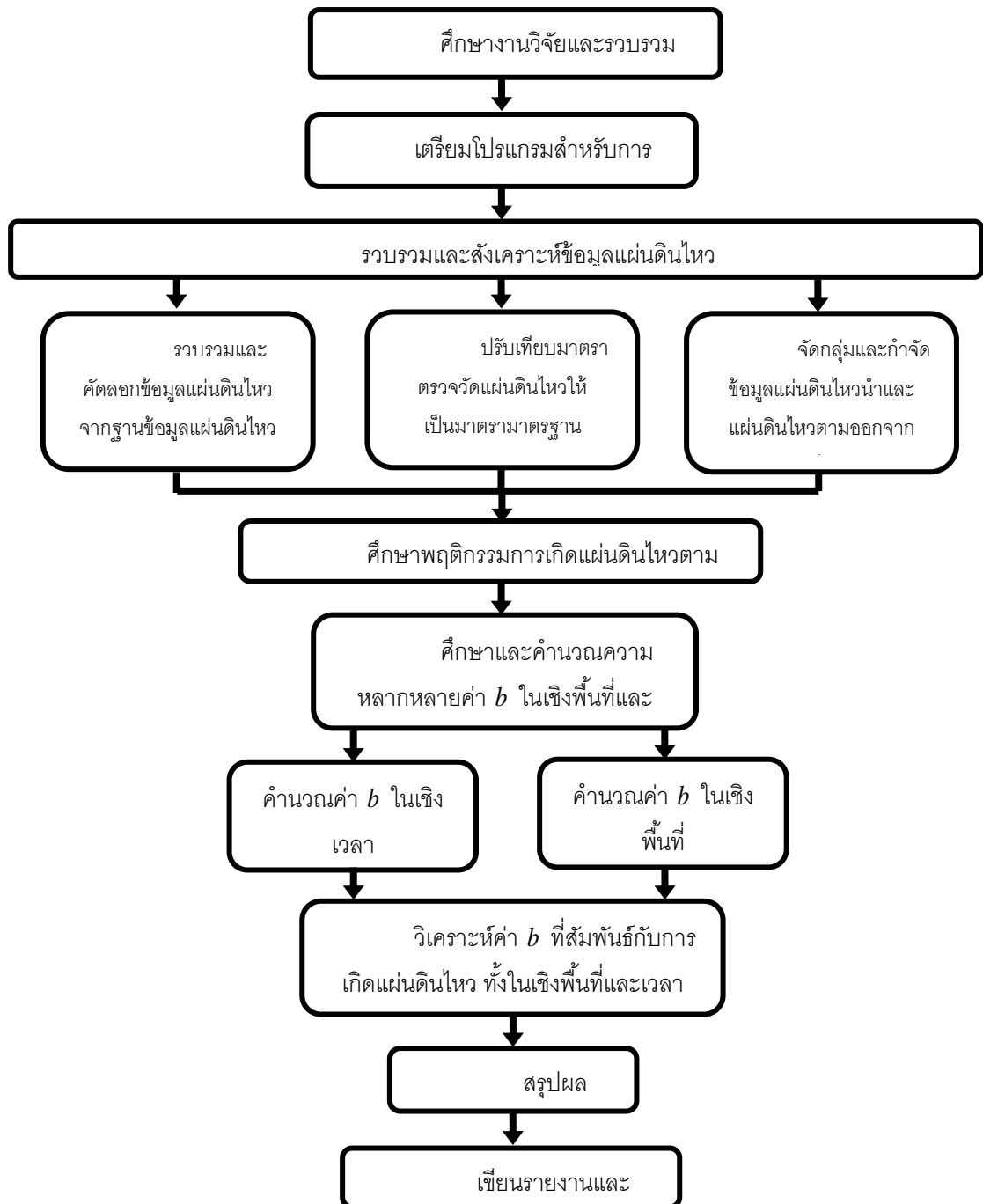
5.2.3 สร้างเป็นแผนที่ ค่า โดยมีความละเอียด ขึ้นกับความหนาแน่นแผ่นดินไหว และจุดพิกัดกริด ถ้าจุดดังกล่าว ขนาดเล็กและมีความหนาแน่นสูง แผนที่ จะมีความละเอียดสูง

6. วิเคราะห์ค่า b ที่สัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหว ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา

โดยเมื่อได้เงื่อนไขการคำนวณค่า b ที่สัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวในอดีตจากข้อ 5 จึงนำเงื่อนไขดังกล่าวมาวิเคราะห์แนวโน้มค่า b ของแผ่นดินไหว ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลาที่จะเกิดขึ้น

7. สรุปผลการศึกษา

8. จัดทำรายงาน และนำเสนอผลงาน



รูป 2.2 แผนผังแสดงระเบียบวิธีวิจัย

บทที่ 3

การวิเคราะห์ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Analysis)

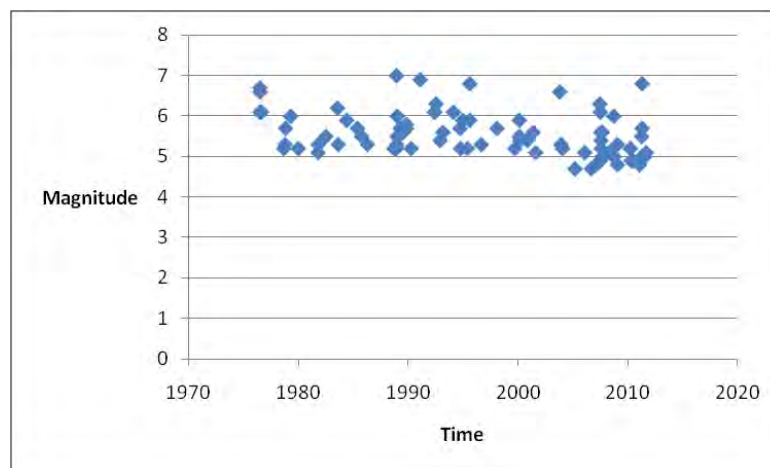
เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมแผ่นดินไหวเชิงสถิติ ซึ่งมีนัยต่อพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาในแต่ละพื้นที่และความเครียดของพื้นที่ที่สะสมไว้ ความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลนั้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ ดังนั้นก่อนการศึกษาวิจัยจึงจำเป็นต้องมีการรวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์โดยละเอียดของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีอยู่ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว

ในปัจจุบันมีการติดตั้งเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวกระจายอยู่ทั่วโลก หลากหลายเครือข่ายทั้งนี้เพื่อประโยชน์ทั้งในด้านความมั่นคง (เช่น ติดตั้งเพื่อตรวจวัดการทดลองระเบิดนิวเคลียร์) หรือเพื่อการศึกษาแผ่นดินไหวโดยตรง จากการทบทวนและสำรวจฐานข้อมูลการตรวจวัดในปัจจุบันพบว่า มี 8 ฐานข้อมูล ที่สามารถคัดลอกได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ สนใจในการศึกษาจากข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด เพื่อใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อประโยชน์ และความแม่นยำสูงสุดในการศึกษาวิจัย โดย 8 ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวประกอบด้วย

3.1.1 The Harvard Seismology Centroid-Moment Tensor Project (CMT)

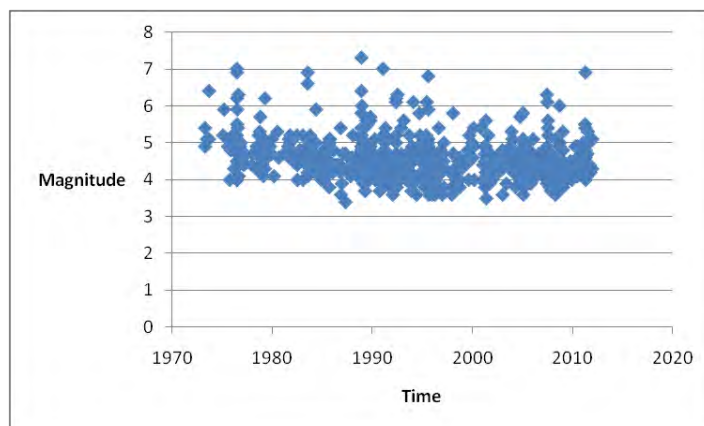
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว CMT มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976-2011 จำนวน 84 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาดตั้งแต่ 4.7 -7 ริคเตอร์ ที่ความลึก 15-30 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล CMT สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวทั้งแบบ M_w , m_b และ M_S (รูป 3.1)



รูป 3.1 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล CMT

3.1.2 The US National Earthquake Information Center (NEIC)

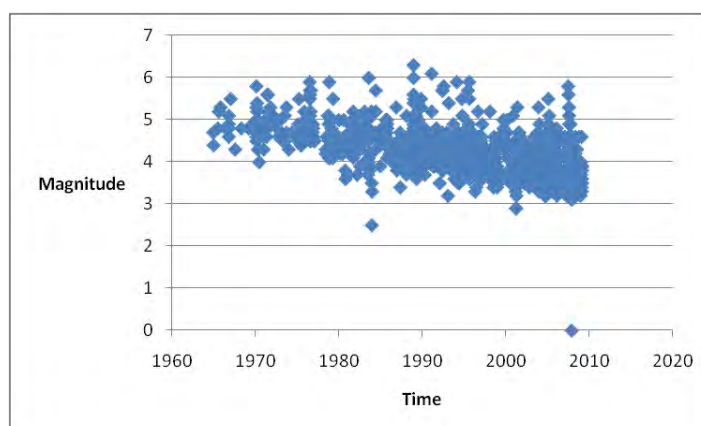
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว NEIC มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1973 - 2011 จำนวน 712 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 3.4 - 7.3 ริกเตอร์ ที่ความลึก 0-40 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล NEIC สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวแบบ *mb* เป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งแบบ *M_w* และ *M_S* บ้างเล็กน้อย (รูป 3.2)



รูป 3.2 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล NEIC

3.1.3 International Seismological Center (ISC)

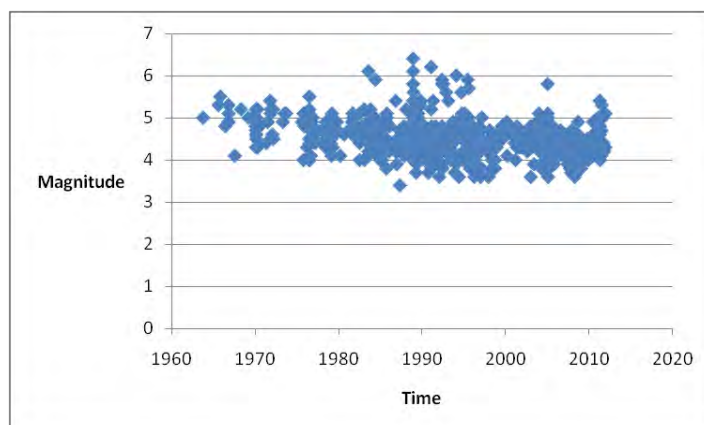
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ISC มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964-2009 จำนวน 1788 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 2.5-6.3 ริกเตอร์ ที่ความลึก 0-40 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล ISC สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวแบบ *mb* เป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งแบบ *M_w* และ *M_S* บ้างเล็กน้อย (รูป 3.3)



รูป 3.3 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล ISC

3.1.4 Advanced National Seismic System (ANSS)

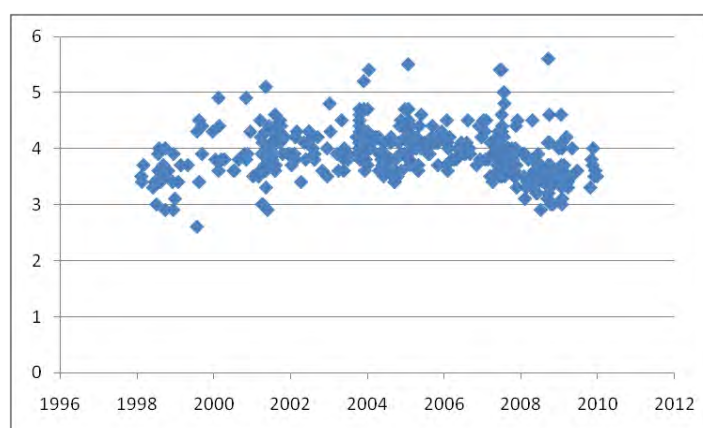
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ANSS มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1963-2011 จำนวน 758 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 3.4-7.5 ริคเตอร์ ที่ความลึก 1.1-50 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล ANSS สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวแบบ *mb* เป็นส่วนใหญ่ รวมทั้งแบบ *MS* บ้างเล็กน้อย (รูป 3.4)



รูป 3.4 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล ANSS

3.1.5 International Data Center (IDC)

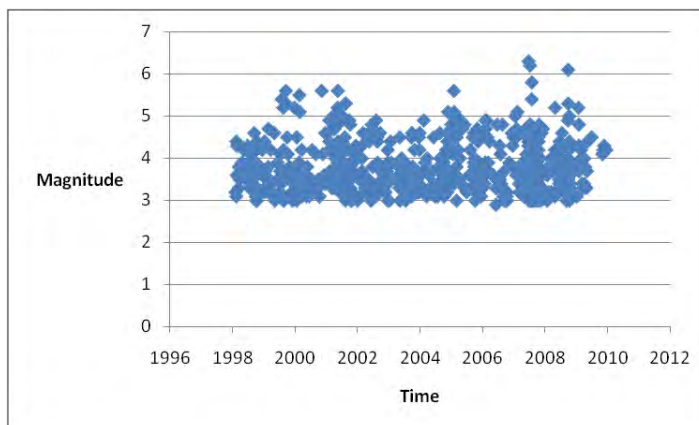
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว IDC มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998-2009 จำนวน 401 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 2.6-5.6 ริคเตอร์ ที่ความลึก 0-50 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล IDC สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวแบบ *MS* (รูป 3.5)



รูป 3.5 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล IDC

3.1.6 State Seismological Bureau, Beijing, China (BJI)

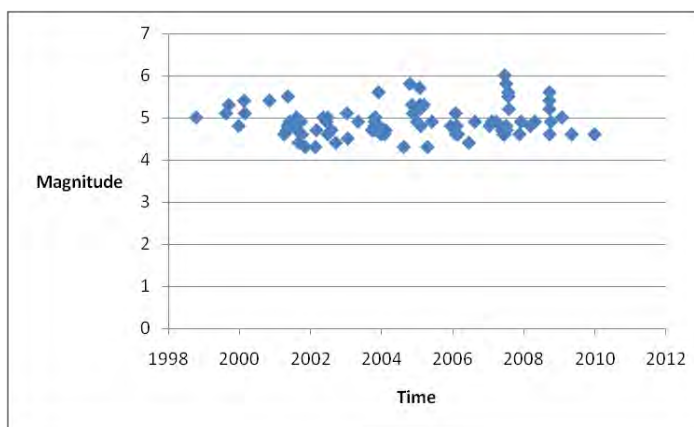
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว BJI มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998-2009 จำนวน 84 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 2.9-6.3 ริกเตอร์ ที่ความลึก 3-40 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล BJI สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวทั้งแบบ M_w , mb และ MS (รูป 3.6)



รูป 3.6 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล BJI

3.1.7 Institute of Physics of the Earth, Moscow, Russia (MOS)

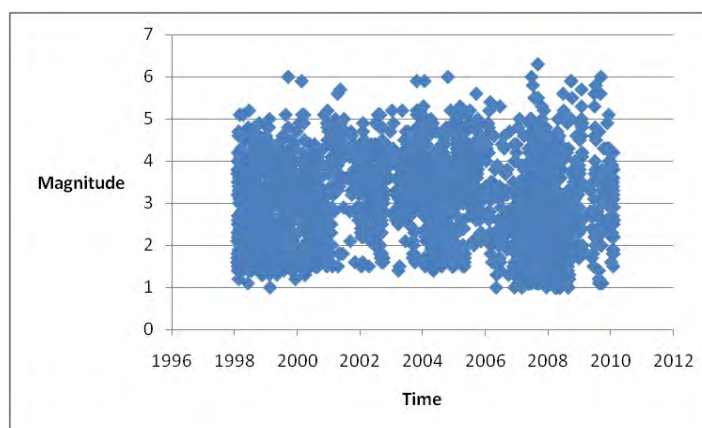
ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว MOS มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998-2009 จำนวน 88 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 4.3 -6 ริกเตอร์ ที่ความลึก 0-58 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล MOS สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวแบบ mb (รูป 3.7)



รูป 3.7 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล MOS

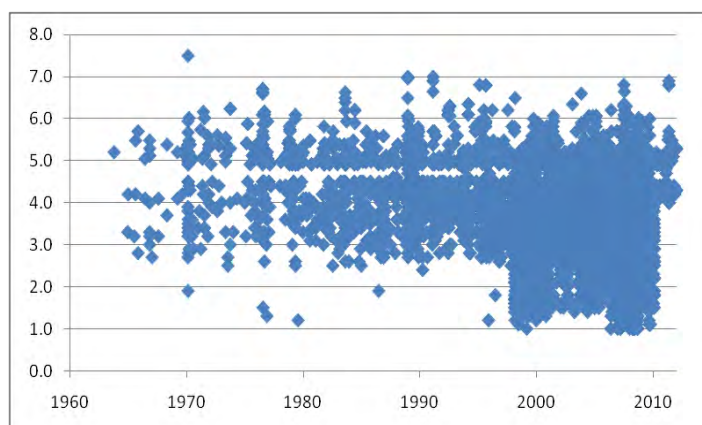
3.1.8 Thai Meteorological Department, Bangkok, Thailand (BKK)

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว BKK มีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998-2009 จำนวน 3,047 เหตุการณ์ พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 1- 6.3 ริคเตอร์ ที่ความลึก 0-30 กิโลเมตรโดยประมาณ ซึ่ง ฐานข้อมูล BKK สามารถวัดได้ขนาดแผ่นดินไหวแบบ M_w เป็นหลัก (รูป 3.8)



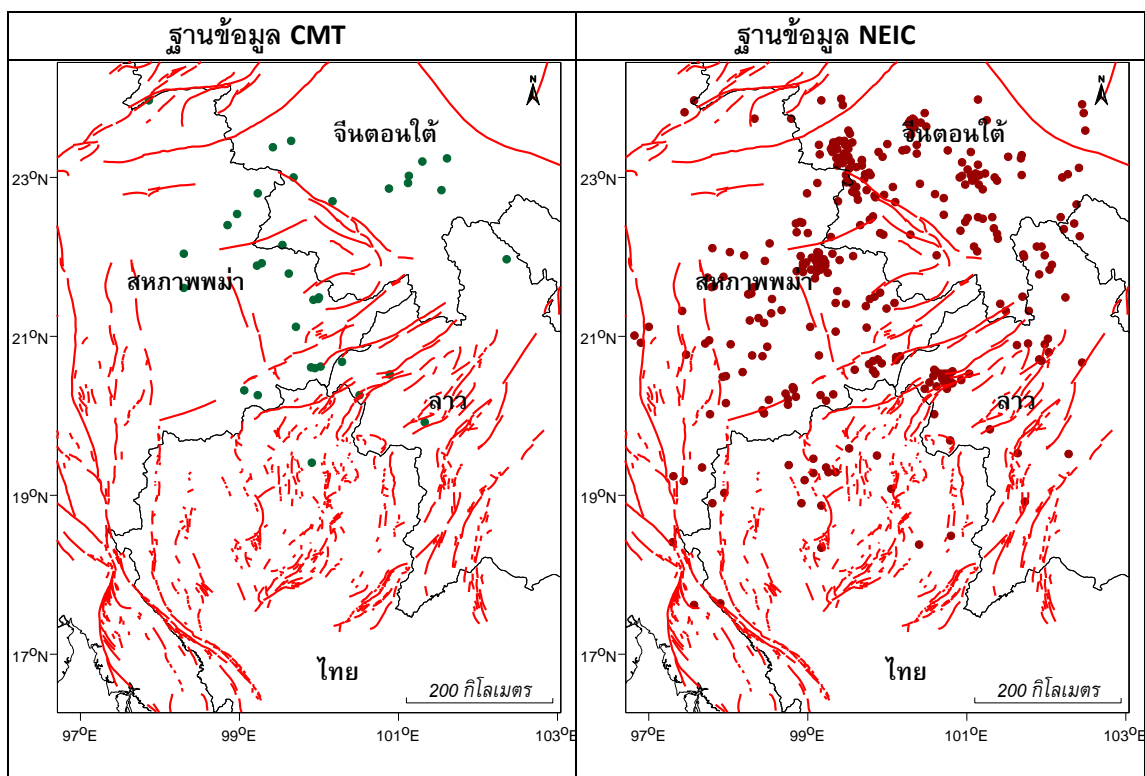
รูป 3.8 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูล BKK

จากการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด พบว่ามีการบันทึกข้อมูลในพื้นที่ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1963 - 2011 จำนวน 7,530 เหตุการณ์ และข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้มีขนาด 1- 7.5 ริคเตอร์ ที่ความลึก 0-58 กิโลเมตรโดยประมาณ ข้อมูลส่วนใหญ่มีการบันทึกตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 – 2009 เนื่องด้วยการเพิ่มของเครือข่ายตรวจวัดฐานข้อมูลแผ่นดินไหว และประสิทธิภาพของแต่ละเครือข่ายมีการพัฒนาให้ดีขึ้น (รูป 3.9)

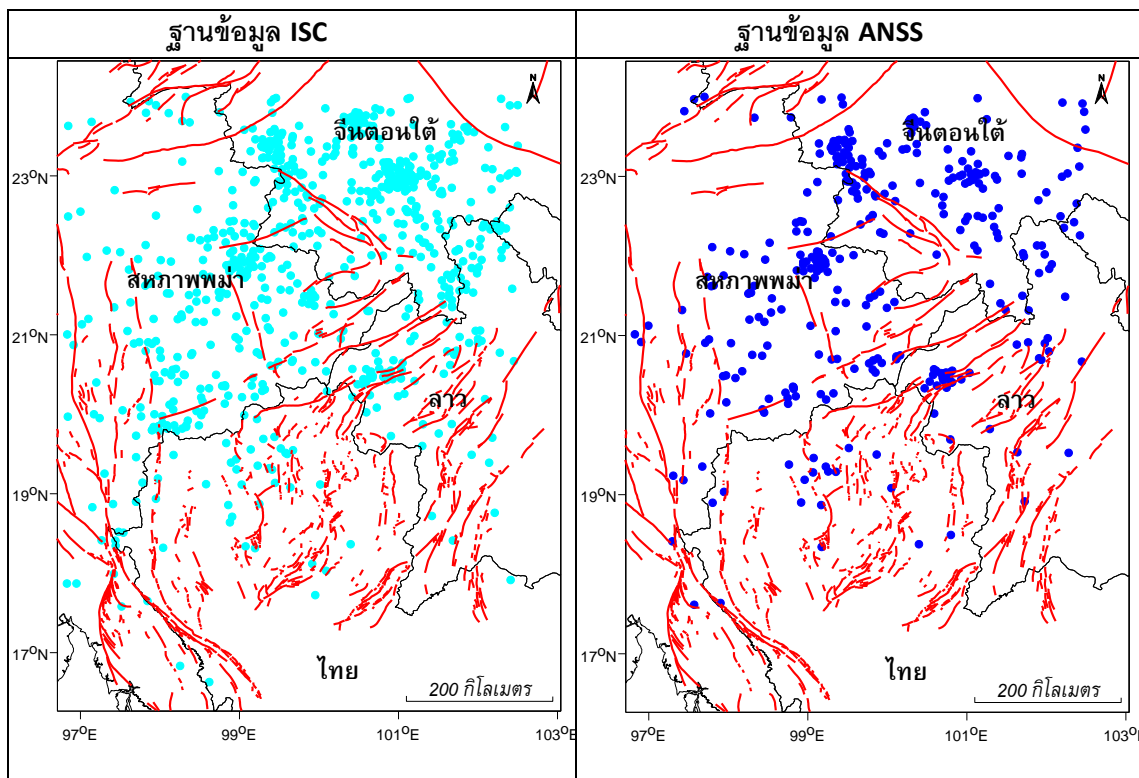


รูป 3.9 แสดงขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละเวลาที่เก็บบันทึกโดยฐานข้อมูลทั้งหมด

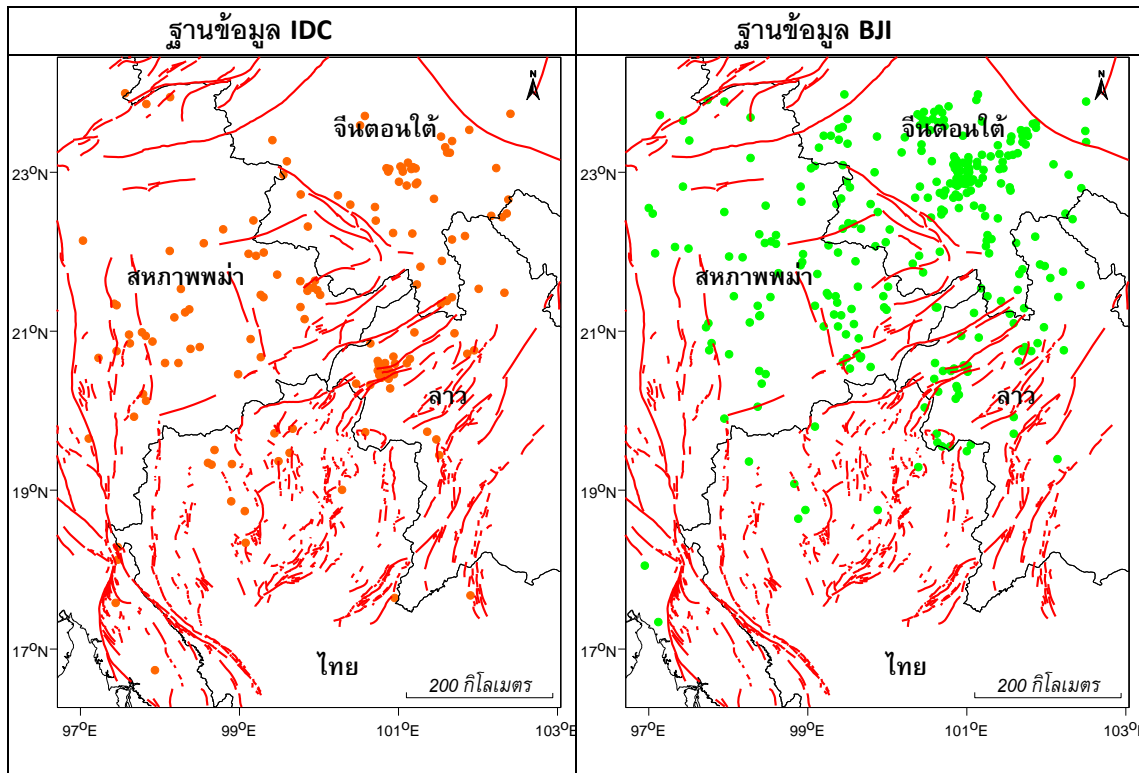
เนื่องจากแต่ละฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมีช่วงระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน, ช่วงขนาดแผ่นดินไหวที่วัดได้และมาตราที่ใช้วัดขนาดแผ่นดินไหวมีความแตกต่างกัน, จำนวนเหตุการณ์ที่บันทึกไม่เท่ากัน และขอบเขตพื้นที่ที่แต่ละฐานข้อมูลตรวจวัดได้ต่างกัน (รูป 3.10) ทำให้ต้องรวบรวมข้อมูลจากทุกฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมารวมกัน ทำให้ได้ข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่มากที่สุด ซึ่งการรวบรวมข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวแต่ละเหตุการณ์จะเก็บข้อมูลในส่วนละติจูด (Latitude), ลองจิจูด (Longitude), วันและเวลาที่เกิดขึ้น, ขนาดแผ่นดินไหว, และมาตราที่ใช้ตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหว ในรูปแบบของตาราง เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์และคำนวณในขั้นต่อไป



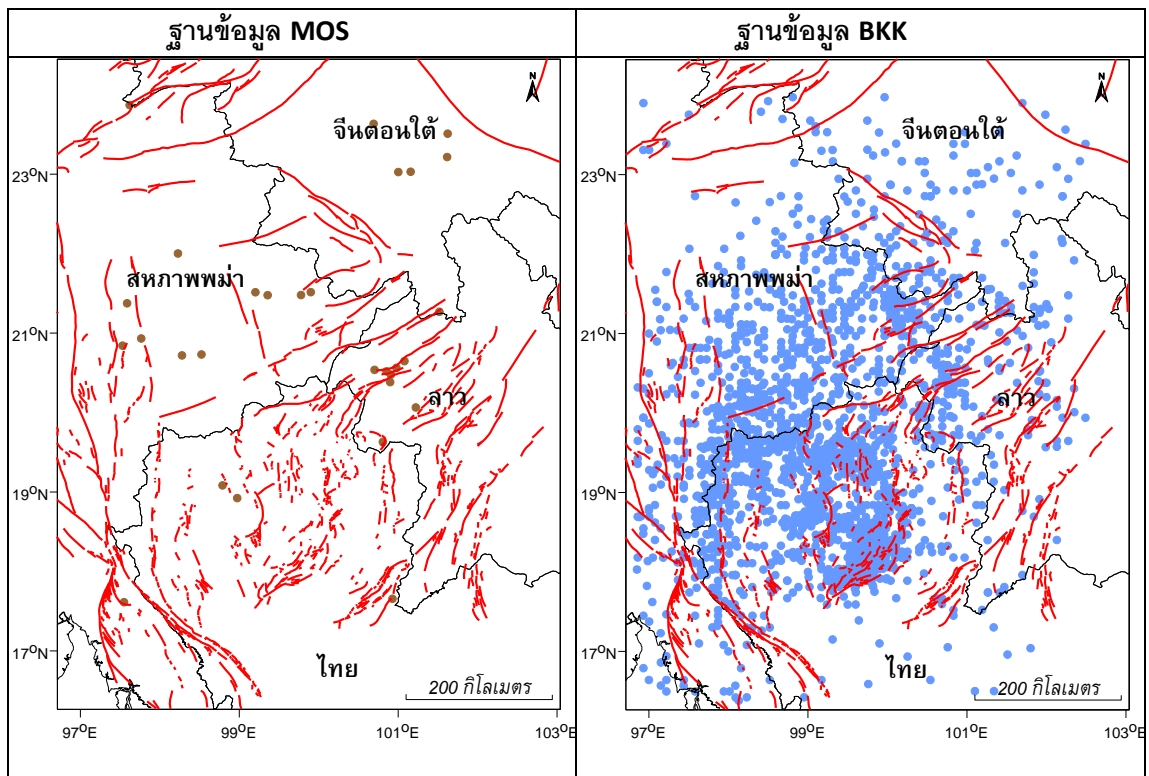
(a)



(b)



(c)



(d)

รูป 3.10 (a-d) แผนที่แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวในพื้นที่ซึ่งถูกบันทึกไว้ในแต่ละฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

3.2 การปรับขนาดแผ่นดินไหว

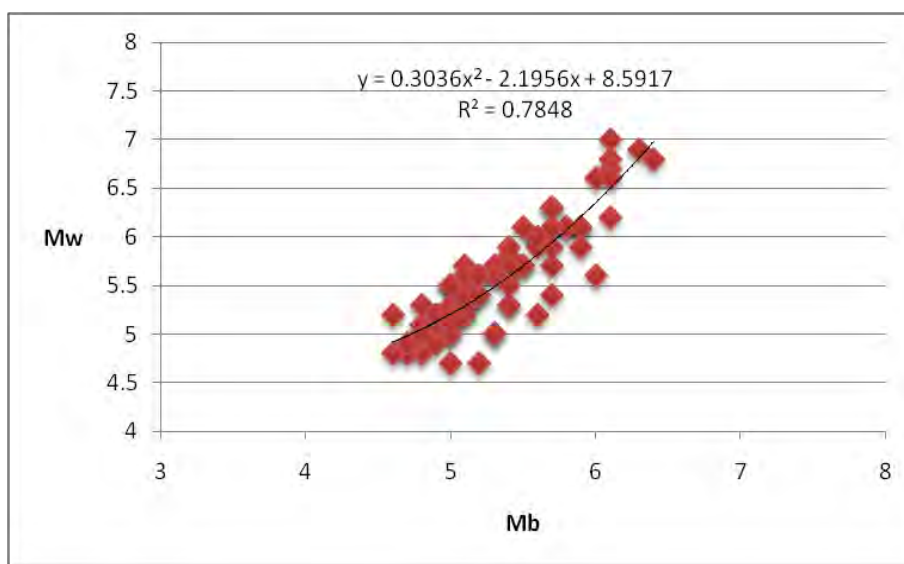
เนื่องจากการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละเครือข่ายการตรวจวัดมักจะใช้หน่วยหรือมาตราในการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน เช่น Body-wave magnitude (mb) Surface-wave magnitude (MS) Local magnitude (ML) หรือ Moment magnitude (Mw) ซึ่งในแต่ละมาตราการตรวจวัดนั้นอ้างอิงมาจากสมมติฐานวิธีการคำนวณและมีข้อดี-ข้อด้อยที่แตกต่างกัน

ในการวิเคราะห์ค่า b ฐานข้อมูลที่ใช้ควรมีหน่วยการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวที่มีมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด ดังนั้น ก่อนการศึกษาวิจัย ในขั้นตอนนี้จึงมุ่งเน้นในการเทียบเคียงความสัมพันธ์ระหว่าง mb , MS , และ Mw ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้จะมีความเฉพาะและแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และทำการปรับเปลี่ยนหน่วยมาตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวให้เป็นหน่วยมาตรฐานเดียวกันจากความสัมพันธ์ที่ศึกษาได้

ในพื้นที่ศึกษา สามารถทำการปรับหน่วยการตรวจวัดแผ่นดินไหวได้จาก ข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล CMT เนื่องจากฐานข้อมูลดังกล่าวเก็บบันทึกขนาดแผ่นดินไหวครบทั้ง mb , MS , และ Mw ของทุกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่บันทึกได้ โดยนำขนาดแผ่นดินไหว มาพล็อต

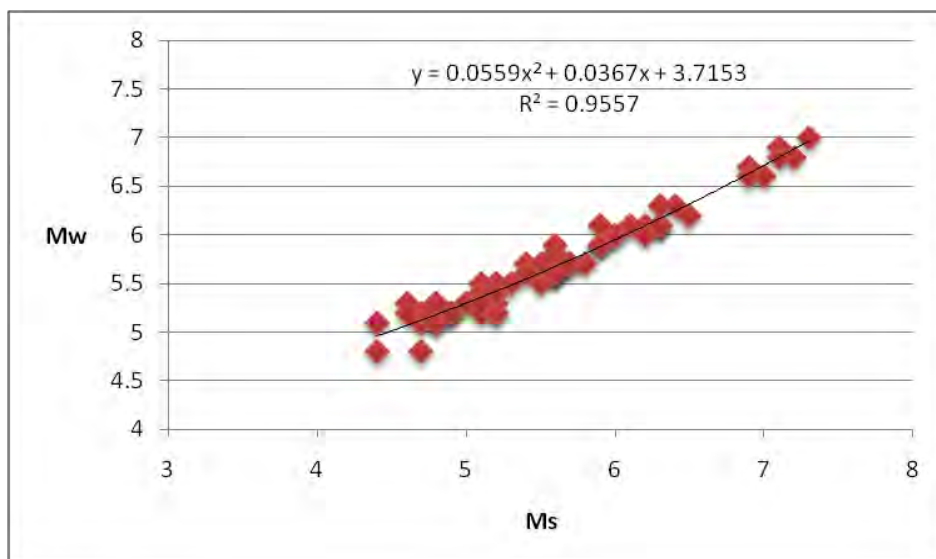
กราฟหาความสัมพันธ์ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเปลี่ยนมาตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว เป็น M_w ทั้งหมด เพราะเป็นขนาดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการปล่อยพลังความเค้นในพื้นที่โดยตรง มีความแม่นยำสูง ในเชิงเทคนิค (Hanks and Kanamori, 1979)

การปรับเปลี่ยนหน่วยมาตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวดังกล่าว ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของ ช่วงข้อมูลที่ต้องอ้างอิงจากข้อมูลในฐานข้อมูล CMT กล่าวคือการปรับจาก mb เป็น M_w สามารถทำได้ในช่วงแผ่นดินไหวขนาด 4.6 - 6.4 ริกเตอร์ (รูป 3.11) และการปรับจาก MS เป็น M_w สามารถทำได้ในช่วงแผ่นดินไหวขนาด 4.4 - 7.3 ริกเตอร์ (รูป 3.12) ทั้งนี้ขนาดแผ่นดินไหวที่อยู่ นอกเหนือช่วงดังกล่าว อนุโลมให้ใช้เป็น M_w ได้เลยเพราะจะทำให้ค่าผิดพลาดน้อยกว่าการปรับ ข้อมูลทั้งหมด เมื่อได้กราฟแล้ว สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง mb กับ M_w และ MS กับ M_w ได้ตามสมการ (2) และ(3)



รูป 3.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง mb และ M_w

$$M_w = 0.3mb^2 - 2.2mb + 8.6 \quad (2)$$



รูป 3.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง M_S และ M_w

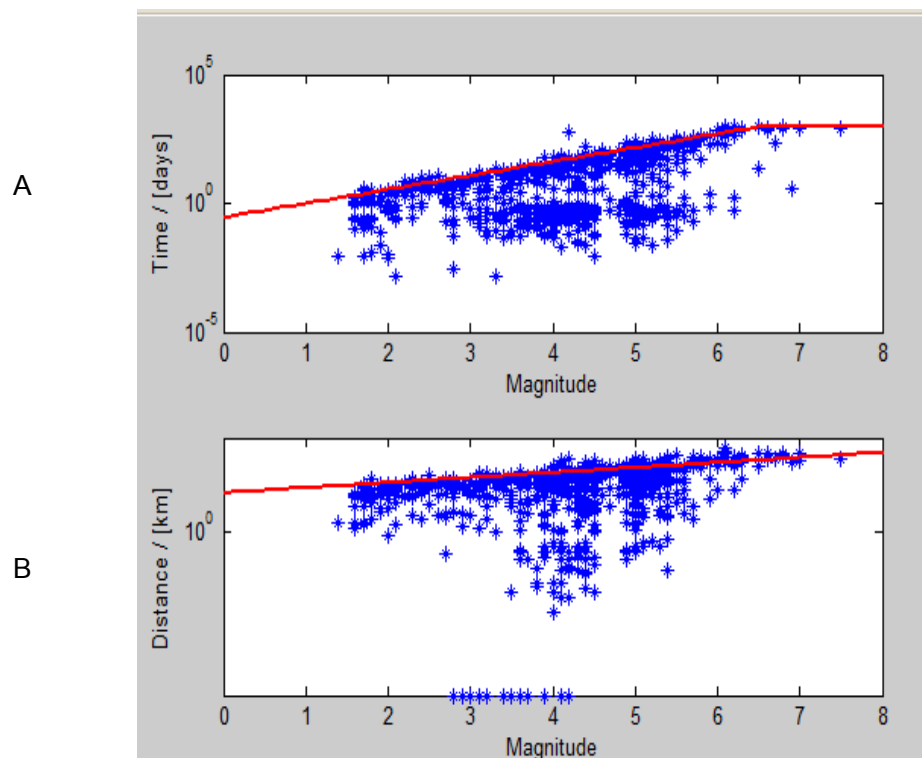
$$M_w = 0.06 M_S^2 + 0.04 M_S + 3.7 \quad (3)$$

3.3 การวิเคราะห์เหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก

โดยปกติแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวหลักและแผ่นดินไหวตาม แต่เนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักเกิดจากแรงเค้น (Stress) และแรงเครียด (Strain) อันเนื่องมาจากการกระทำทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง ดังนั้นในการประเมินค่า b จึงต้องมีการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวหลักและกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากกลุ่มแผ่นดินไหว เพื่อให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมหรือศักยภาพทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง โดยหลักการจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักออกจากกลุ่มของแผ่นดินไหวนิยมใช้แนวคิดหรือสมมุติฐานของ Gardner และ Knopoff (1974) โดยอาศัยความสัมพันธ์ในการจัดกลุ่มของแผ่นดินไหว คือ ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณา และช่วงเวลาที่เกิดขึ้น หากเกิดแผ่นดินไหวหลักขนาดเล็ก โอกาสการกระจายตัวของแผ่นดินไหวนำหรือแผ่นดินไหวตามที่จะเกิดขึ้นได้ จะครอบคลุมพื้นที่เล็กๆ และระยะเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามหลังจากเกิดแผ่นดินไหวหลักจะมีช่วงระยะเวลาสั้น ในขณะที่กรณีการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โอกาสการกระจายตัวของแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่จะเกิดขึ้นกินพื้นที่ขยายวงกว้างมากขึ้น ตลอดจนช่วงเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามหลังจากเกิดแผ่นดินไหวหลักจะมีช่วงระยะเวลายาวนานขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวหลักและแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่เกิดขึ้น เพื่อการกำจัดแผ่นดินไหว

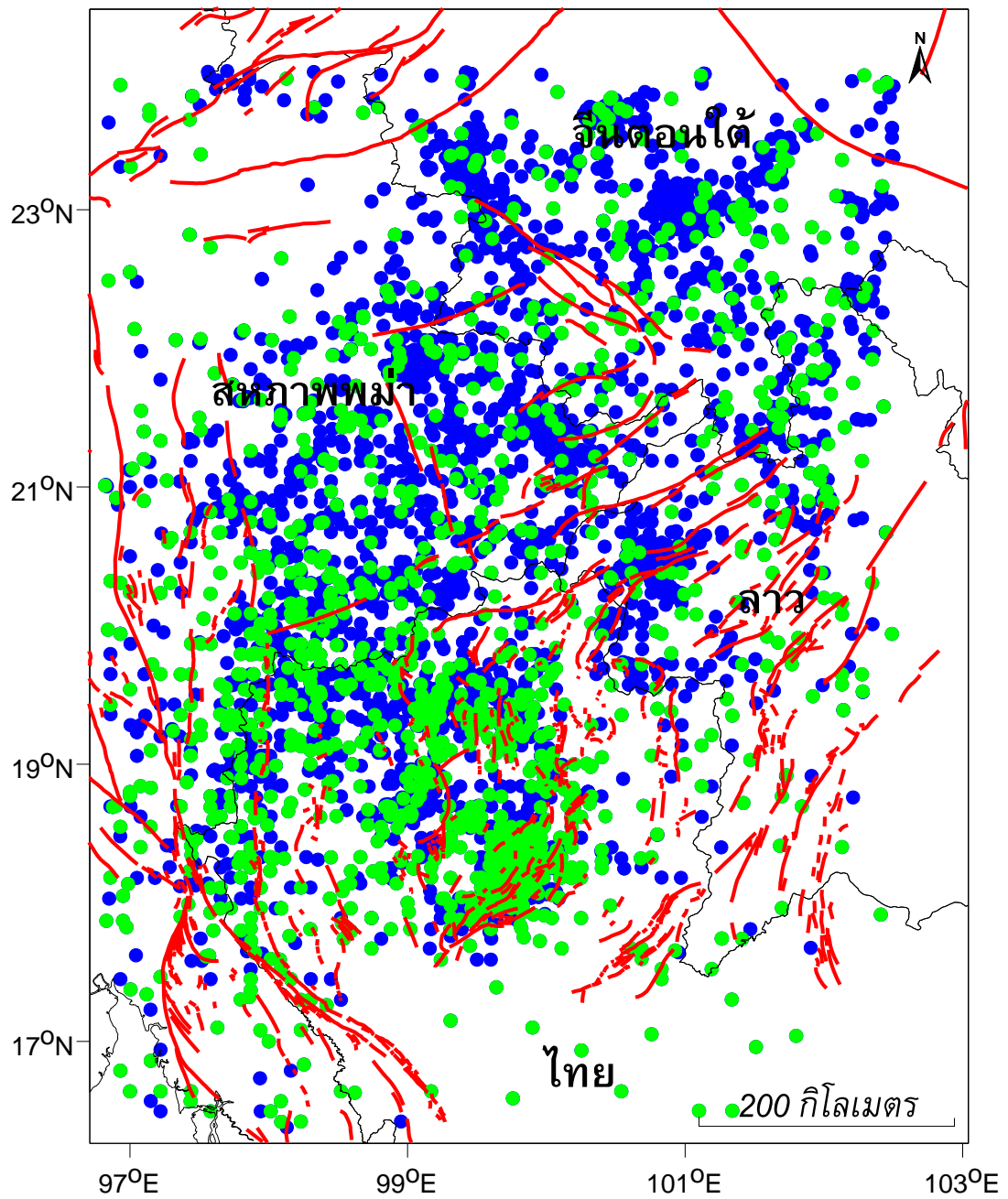
นำและแผ่นดินไหวตามออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ให้เหลือเพียงแผ่นดินไหวหลักที่มีนัยสำคัญจริงๆ ต่อพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานและพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

การกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามโดยใช้แนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) จะใช้กรอบเวลา (time window) และกรอบพื้นที่ (space window) เป็นตัวระบุกลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม (cluster) ซึ่งแผ่นดินไหวที่ปรากฏในกรอบดังกล่าวจะถือว่าเป็น กลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่ต้องกำจัดออกทั้งหมด (รูป 3.13)



รูป 3.13 แสดงค่าที่ใช้กำจัด กลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม ตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) (A) คือ กรอบเวลา และ (B) คือ กรอบพื้นที่ ส่วนเหตุการณ์แผ่นดินไหว (สีฟ้า) ที่อยู่เหนือเส้นสีแดงของทั้งสองกรอบ คือ เหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก

ผลจากจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักออกจากกลุ่มของแผ่นดินไหวตามแนวคิดหรือสมมุติฐานของ Gardner และ Knopoff (1974) สามารถกำจัดกลุ่มแผ่นดินไหว ได้ 895 กลุ่ม ซึ่งนับรวมเป็นแผ่นดินไหว 5,624 เหตุการณ์จากทั้งหมด 7,530 เหตุการณ์ หรือคิดเป็น 74.6 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เหลือเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักอยู่ 1,906 เหตุการณ์ (รูป 3.14) ที่สามารถนำไปคำนวณค่า b ต่อไป



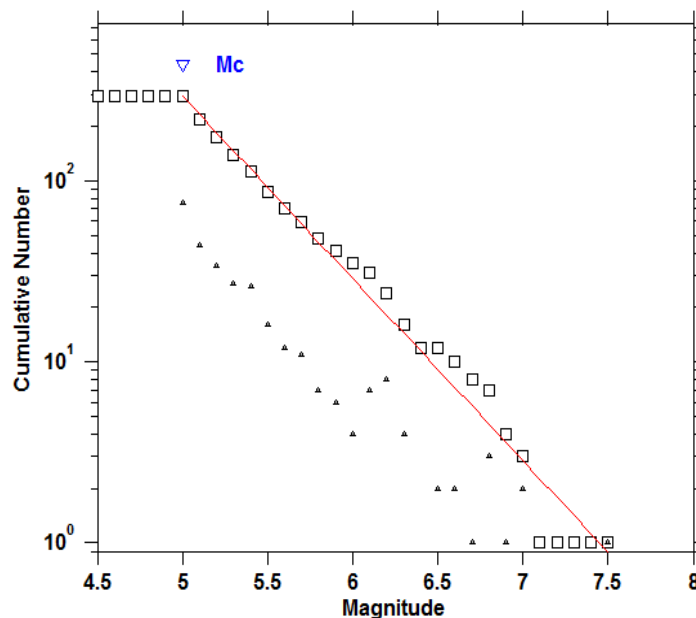
รูป 3.14 แผนที่แสดงการกระจายตัวเหตุการณ์แผ่นดินไหวในพื้นที่ซึ่งถูกบันทึกไว้ในทุกฐานข้อมูลแผ่นดินไหว โดยสีเขียว แทนเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งหมดก่อนการกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม สีเขียว แทนเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก

บทที่ 4

การวิเคราะห์ค่า b (b value Evaluation)

4.1 การวิเคราะห์ค่า b โดยรวมของพื้นที่

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวจากแต่ละฐานข้อมูลและสังเคราะห์ข้อมูลโดยการปรับมาตรา การตรวจวัดให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน รวมทั้งแยกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักออกจากกลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตการกระจายตัวของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวและขนาดแผ่นดินไหว ตามสมการ (1) เพื่อหาความสัมพันธ์ Gutenberg-Richter โดยจะพล็อตในฟังก์ชันของความถี่ $\log(N)$ และ ขนาดแผ่นดินไหว (M) เพื่อสร้างเป็นกราฟเส้นตรง และหาค่า M_c , a , และ b โดยรวมของพื้นที่ได้ ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวจำคำนวณด้วยโปรแกรม ZMAP โดยวิธี Maximum Likelihood Method (รูป 4.1)



Maximum Likelihood Solution
 b -value = 1.01 ± 0.06 , a value = 7.5, a value (annual) = 5.82
 Magnitude of Completeness = 5

รูป 4.1 แสดงความสัมพันธ์กูเตินเบิร์ก-ริกเตอร์ที่คำนวณด้วยโปรแกรม ZMAP โดยวิธี Maximum Likelihood Method ได้ $M_c = 5$, ค่า $b = 1.01 \pm 0.06$, ค่า $a = 7.5$

จากความสัมพันธ์ Gutenberg-Richter ที่หาได้จากกราฟรูป (4.1) คือ $\log(N) = 7.5 - 1.01M$ เมื่อเปรียบเทียบกับ สมการ (1) พบว่า ค่า b โดยรวมเท่ากับ 1.01 ค่า a เท่ากับ 7.5 และ $Mc = 5$ ซึ่งค่า Mc ดังกล่าว เป็นค่าที่บ่งบอกถึงขนาดแผ่นดินไหวที่ต่ำที่สุดที่ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่างๆ สามารถบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ได้เป็นระบบ และสามารถใช้นี้ในการกำหนดข้อมูลแผ่นดินไหวที่ใช้คำนวณความหลากหลายของค่า b ต่อไป นอกจากนี้ในส่วนของค่า b พบว่าหากมีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและกำหนดช่วงระยะเวลาของพื้นที่ศึกษา ค่า b ที่ประเมินได้ จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งในเชิงขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและในเชิงเวลา (Ayele และ Kulhanek, 1997), (Wiemer และคณะ, 1998) และ (Gerstenberger และคณะ, 2001) ดังนั้นการวิจัยขั้นต่อไปจึงทำการศึกษาค่า b ในเชิงเวลาและพื้นที่ดูการเปลี่ยนแปลงของค่า b ที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหว

4.2 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา

จากการทดสอบศักยภาพของการเปลี่ยนแปลงค่า b ในเชิงเวลาในงานวิจัยเก่า พบว่าค่า b สามารถใช้เป็นหนึ่งในลางบอกเหตุการณ์เกิดแผ่นดินไหว โดยที่เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ มักจะเกิดการเพิ่มขึ้นของค่า b ในช่วงเวลาระยะกลาง (เดือน - ปี) และลดลงภายในระยะเวลาสัปดาห์ - เดือน ก่อนเกิดแผ่นดินไหวดังกล่าว (Sammonds และคณะ, 1992) ซึ่งการลดลงของค่า b อาจลดลงประมาณ 50 % หรือลดลงอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับค่า b ของช่วงเวลาก่อนและหลัง (เกิดลักษณะการตกห้องข้างของ ค่า b)

การศึกษาความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา จะใช้วิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลา การเกิด (sliding time-window method) โดยการเลือกกลุ่มแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ค่า b จะถูกคำนวณในกลุ่มข้อมูลจำนวน N ข้อมูลแรก จากนั้นกรอบการเลื่อน (window) จะเลื่อนด้วยจำนวนเหตุการณ์คงที่ เช่น $N/10$ แล้วจึงทำการคำนวณค่า b ในกลุ่มข้อมูลชุดใหม่ และทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนถึงเหตุการณ์สุดท้าย ทุกๆค่า b ที่ได้ออกมาจะเป็นค่า b ของเวลาที่อยู่กลางกรอบการคำนวณนั้นๆ

จากงานวิจัยเก่า การคำนวณค่า b ใช้กรอบการเลื่อน ที่ประกอบด้วย 50 ข้อมูลแผ่นดินไหว และมีการเลื่อนครั้งละ 5 ข้อมูล (Nuannin, 2006) ในการสังเกตค่า b ที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (M_w 7-9) ของพื้นที่บริเวณแนวมุดตัวอันดามัน ได้ว่า เมื่อค่า b จะลดลงมากกว่า 0.3 - 1.0 จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ตามมา สำหรับงานวิจัยนี้ จะนำวิธีการดังกล่าวมาปรับเปลี่ยนให้อยู่ในขนาดแผ่นดินไหวระดับกลาง (M_w 5 - 7) สำหรับใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่า b กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น โดยทำการทดลอง

หลายครั้งเพื่อหารูปแบบชุดข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณ ค่า b ซึ่งในที่นี้จะยกตัวอย่างการทดลองการหารูปแบบชุดข้อมูล 3 แบบคือ

แบบ ก: ใช้กรอบการเลื่อน ที่ประกอบด้วย 20 ข้อมูลแผ่นดินไหว และเลื่อนครั้งละ 3 ข้อมูล

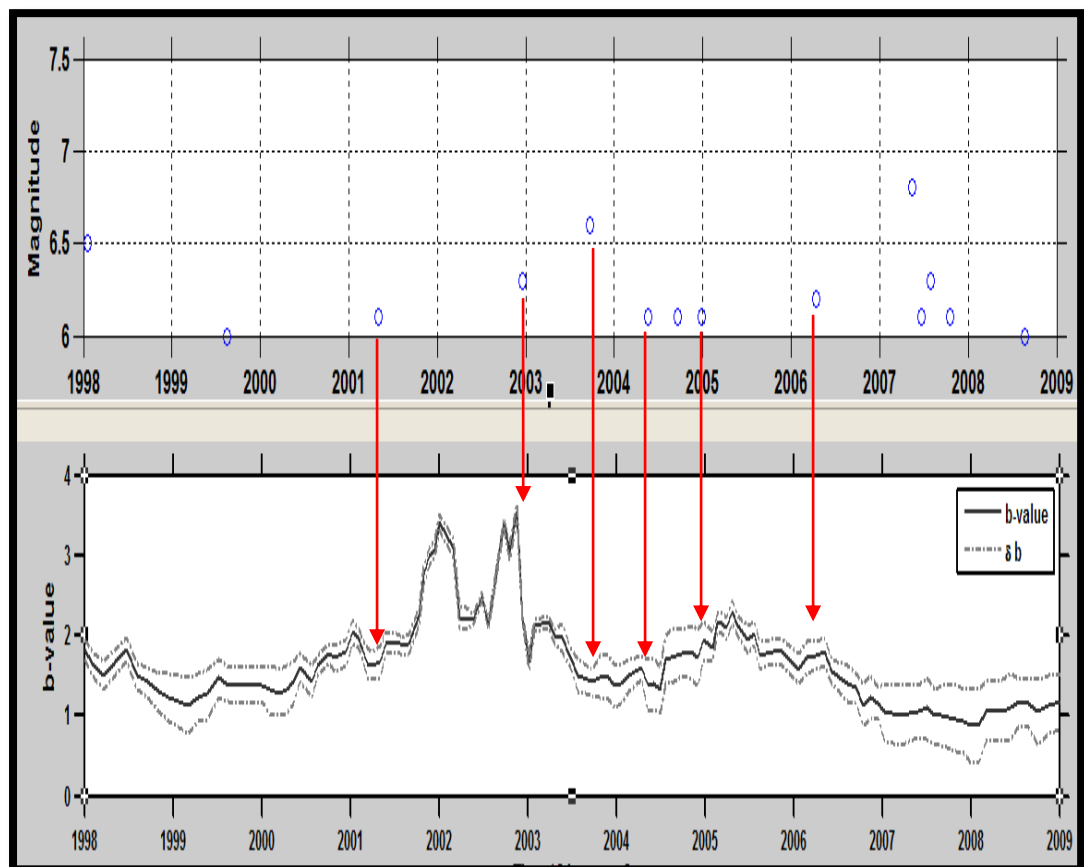
แบบ ข: ใช้กรอบการเลื่อน ที่ประกอบด้วย 25 ข้อมูลแผ่นดินไหว และเลื่อนครั้งละ 3 ข้อมูล

แบบ ค: ใช้กรอบการเลื่อน ที่ประกอบด้วย 30 ข้อมูลแผ่นดินไหว และเลื่อนครั้งละ 5 ข้อมูล

นอกจากนี้ ในการคำนวณแต่ละครั้งจะมีการปรับค่า Mc ตามค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ค่า b โดยรวม และมีการปรับความละเอียดตามความเหมาะสม

4.2.1 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาแบบ ก

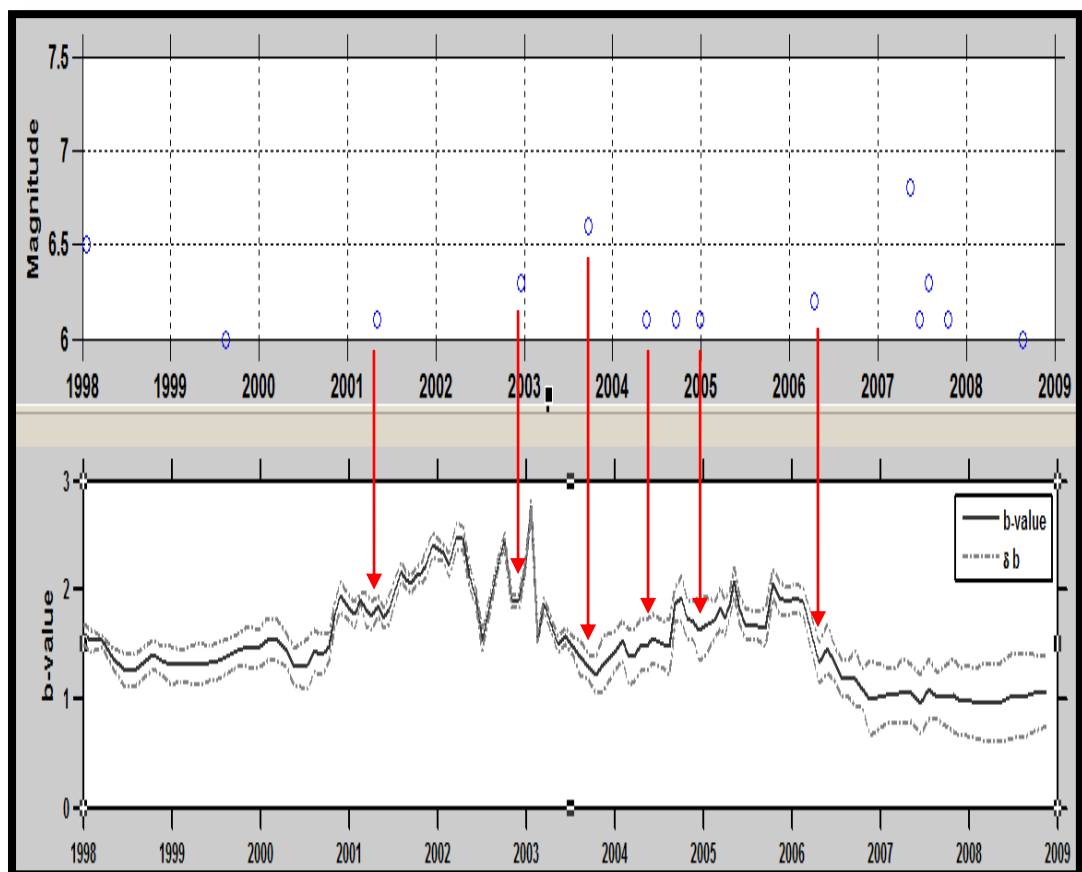
การคำนวณค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวโดยวิธีวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 20 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์ รวมทั้งมีการปรับความละเอียดของเวลาและความราบเรียบของกราฟให้มีความชัดเจน ได้กราฟแสดงดังรูป (4.2) ทั้งนี้การแสดงค่า b จะแสดงเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 – 2009 เพราะก่อนหน้าปี 1998 มีข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยจึงทำให้ ไม่ค่อยเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า b



รูป 4.2 (บน) กราฟขนาดของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแต่ละช่วงเวลาดังแต่ปี ค.ศ. 1998 -2009 (ล่าง) กราฟแสดงความหลากหลายของค่า b เชิงเวลาของพื้นที่ (เส้นสีดำทึบ) บริเวณชายแดนไทย-สหภาพพม่าเวลาดังแต่ปีค.ศ. 1998-2009 ที่คำนวณจาก Window ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 20 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์ ส่วนเส้นประแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่า b

4.2.2 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาแบบ ข

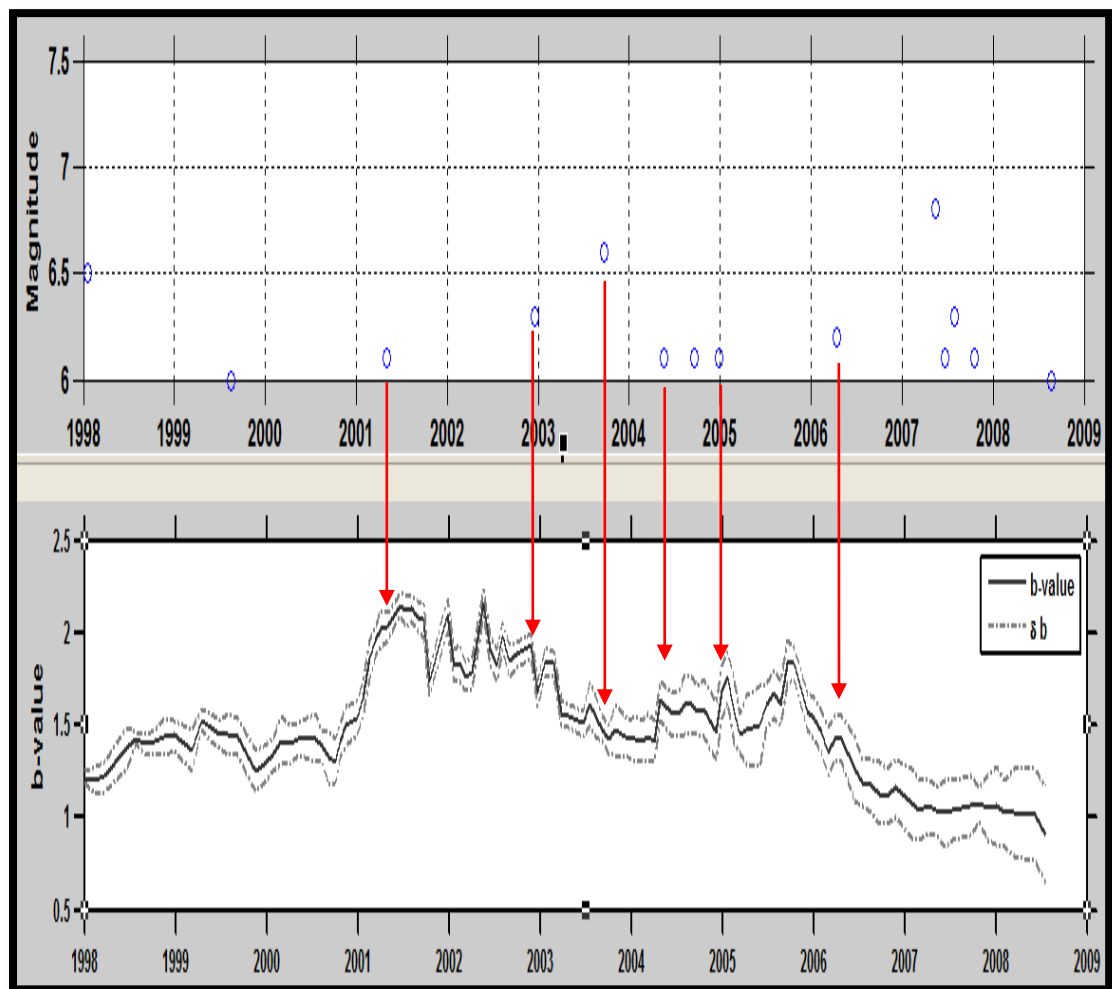
การคำนวณค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวโดยวิธีวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 25 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์ รวมทั้งมีการปรับความละเอียดของเวลาและความราบเรียบของกราฟให้มีความชัดเจน ได้กราฟแสดงดังรูป (4.3) ทั้งนี้การแสดงค่า b จะแสดงเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 – 2009 เพราะก่อนหน้าปี 1998 มีข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยจึงทำให้ ไม่ค่อยเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า b



รูป 4.3 (บน) กราฟขนาดของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1998 - 2009 (ล่าง) กราฟแสดงความหลากหลายของค่า b เชิงเวลาของพื้นที่ (เส้นสีดำที่บ) บริเวณชายแดนไทย-สหภาพพม่าเวลาตั้งแต่ปีค.ศ. 1998-2009 ที่คำนวณจาก Window ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 25 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์ ส่วนเส้นประแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่า b

4.2.3 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลาแบบ ค

การคำนวณค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวโดยวิธีวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 30 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 5 เหตุการณ์ รวมทั้งมีการปรับความละเอียดของเวลาและความราบเรียบของกราฟให้มีความชัดเจน ได้กราฟแสดงดังรูป (4.4) ทั้งนี้การแสดงค่า b จะแสดงเฉพาะช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 – 2009 เพราะก่อนหน้าปี 1998 มีข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยจึงทำให้ ไม่ค่อยเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า b



รูป 4.4 (บน) กราฟขนาดของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1998 -2009 (ล่าง) กราฟแสดงความหลากหลายของค่า b เชิงเวลาของพื้นที่ (เส้นสีดำทึบ) บริเวณชายแดนไทย-สหภาพพม่าเวลาตั้งแต่ปีค.ศ. 1998-2009 ที่คำนวณจาก Window ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 30 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 5 เหตุการณ์ ส่วนเส้นประแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ค่า b

4.3 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า b ในเชิงพื้นที่ในงานวิจัยเก่าพบว่า ค่า b จะสะท้อนถึงความเค็มในพื้นที่ เมื่อมีการทดสอบกับรอยเลื่อน พบว่าบริเวณรอยเลื่อนปกติจะพบค่า b สูงสุด, รอยเลื่อนตามแนวระดับ จะพบค่า b ในระดับกลาง และรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ จะพบค่า b ที่ต่ำที่สุด (Schorlemmer, 2004) นั่นหมายถึง ค่า b จะมีค่าน้อยมาก ในพื้นที่ที่มีความเค็มสูง (จะเห็นลักษณะสีน้ำเงินในแผนที่แสดงค่า b)

การทำแผนที่ค่า b สามารถทำได้โดยวิธีแบ่งกริด กล่าวคือการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นกริด และทำการคำนวณค่า b ของแต่ละจุดพิกัดกริดภายในรัศมีที่มีจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวคงที่ เช่น 50 เหตุการณ์ ซึ่งวิธีนี้รัศมีจะมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ความกว้างของกริดก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0.1° ถึง 1° นอกจากนี้ความละเอียดของแผนที่ค่า b ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของแผ่นดินไหวและจุดพิกัดกริด

ในงานวิจัยเก่า การคำนวณค่า b ในพื้นที่อันดามัน-เกาะสุมาตรา โดยใช้รัศมีของข้อมูลเป็นจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ประกอบด้วย 50 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ พบว่ามีเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่เกิดขึ้นสอดคล้องกับบริเวณที่มีค่า b ต่ำๆ (Nuannin, 2006) สำหรับงานวิจัยนี้ จะนำวิธีการดังกล่าวมาปรับเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลที่น่าเข้า เนื่องจากข้อมูลแผ่นดินไหวมีน้อยกว่าพื้นที่เกาะสุมาตรา โดยทำการทดลองหลายครั้งเพื่อหารูปแบบข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการคำนวณที่เหมาะสมสำหรับการคำนวณ ค่า b

นอกจากนี้ยังมีการแบ่งข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือช่วงปี ค.ศ. 1963 – 1991, ค.ศ. 1991 - 2001, และ ค.ศ. 2001 – 2011 ตามลำดับ และในที่นี้จะยกตัวอย่างการทดลองการหารูปแบบชุดข้อมูล 3 แบบคือ

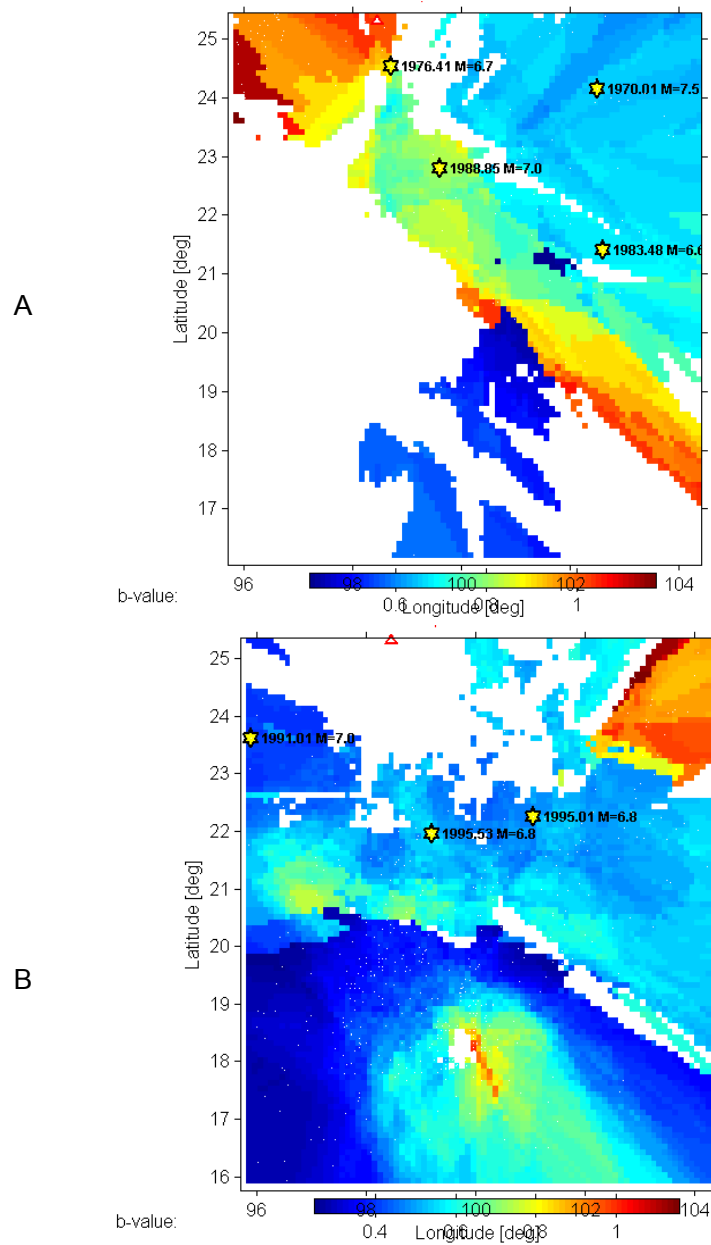
แบบ ก: กำหนดรัศมีของข้อมูล 75 เหตุการณ์ ช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$

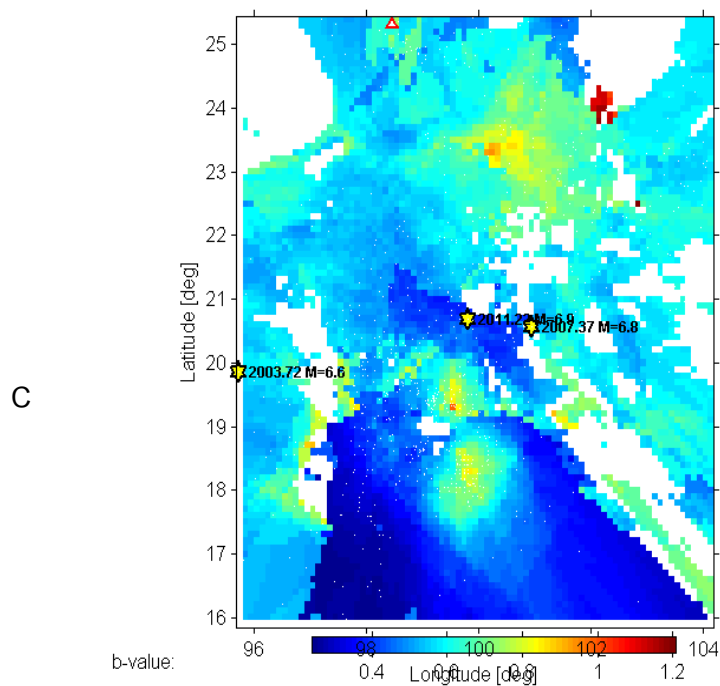
แบบ ข: กำหนดรัศมีของข้อมูล 100 เหตุการณ์ ช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$

แบบ ค: กำหนดรัศมีของข้อมูล 200 เหตุการณ์ ช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.3^\circ \times 0.3^\circ$

4.3.1 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่แบบ ก

การคำนวณความหลากหลายของค่า b เชิงพื้นที่โดยวิธีแบ่งกริด โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหว ช่วงปี ค.ศ.1963 – 1991, ค.ศ.1991 - 2001, และ ค.ศ.2001 – 2011 ตามลำดับ มาแบ่งรัศมีของ ข้อมูลที่ประกอบด้วย เหตุการณ์แผ่นดินไหว 75 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ จะได้แผนที่ค่า b ซึ่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะปรากฏในบริเวณที่มีค่า b ต่ำๆ ดังรูป (4.5)

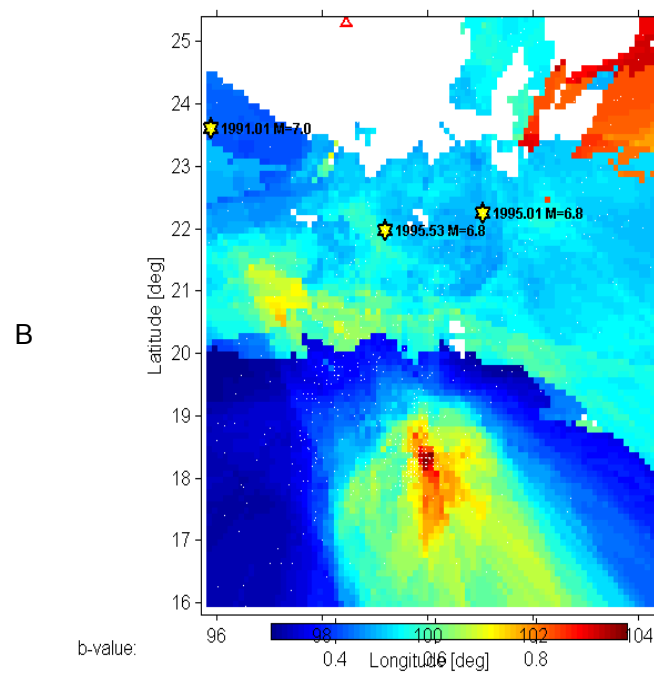
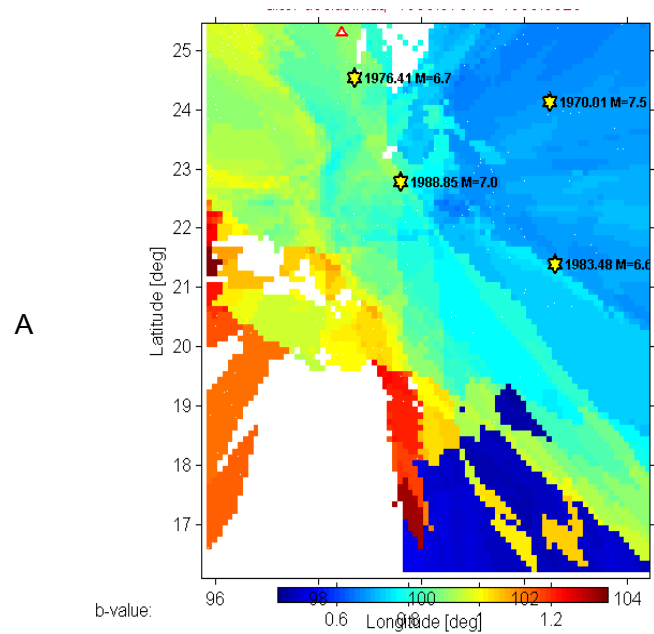


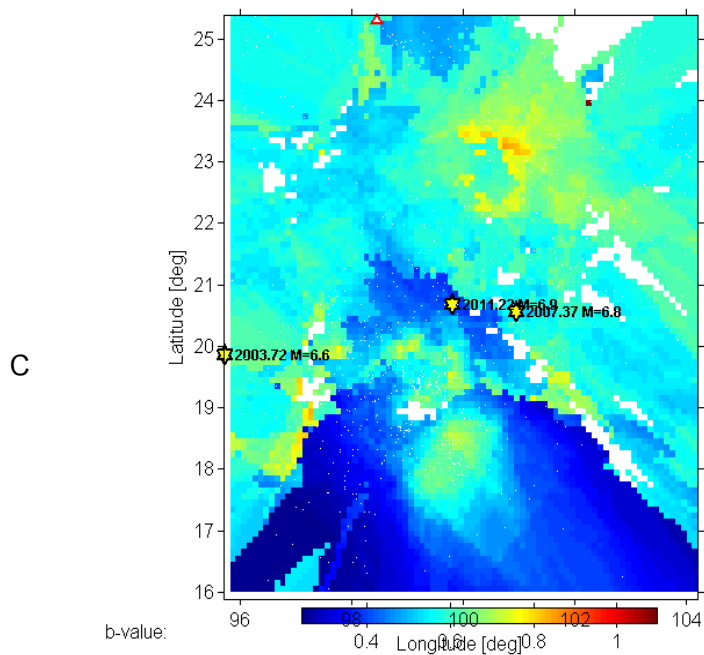


รูป 4.5 แสดงแผนที่ค่า b ในพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า ซึ่งแบ่งคำนวณในช่วงปี ค.ศ.1963 – 1991, ค.ศ.1991 - 2001, และ ค.ศ.2001 – 2011 ดังรูป A, B, และ C ตามลำดับ ค่า b คำนวณจากรหัสมีข้อมูลแผ่นดินไหว 75 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ และรูปดาวแทนเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด $M_w > 6.5$

4.3.2 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่แบบ ข

การคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่โดยวิธีแบ่งกริด โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหว ช่วงปีค.ศ.1963 – 1991, ค.ศ.1991 - 2001, และ ค.ศ.2001 – 2011 ตามลำดับ มาแบ่งรัศมีของ ข้อมูลที่ประกอบด้วย เหตุการณ์แผ่นดินไหว 100 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ จะได้แผนที่ค่า b ซึ่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะปรากฏในบริเวณที่มีค่า b ต่ำๆ ดัง รูป (4.6)

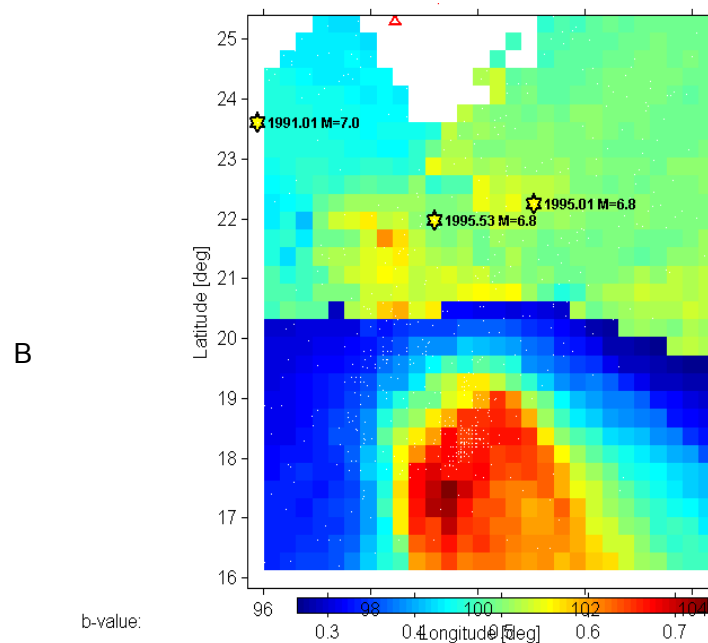
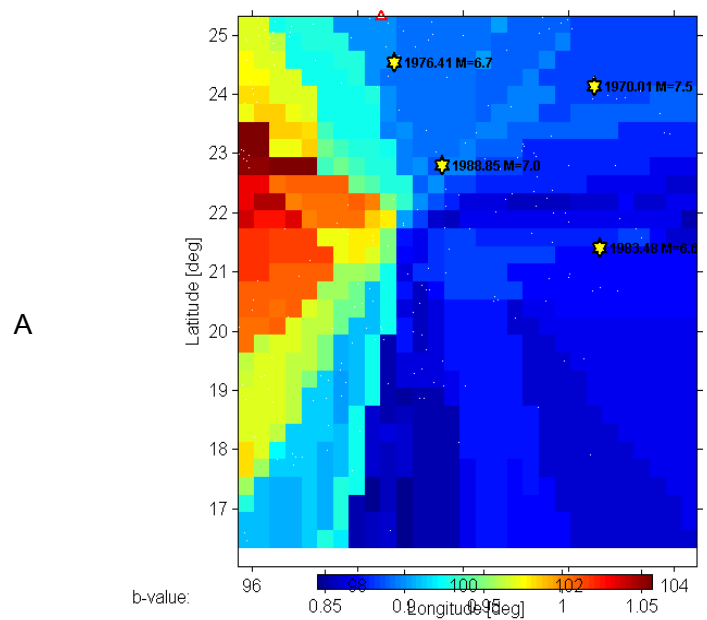


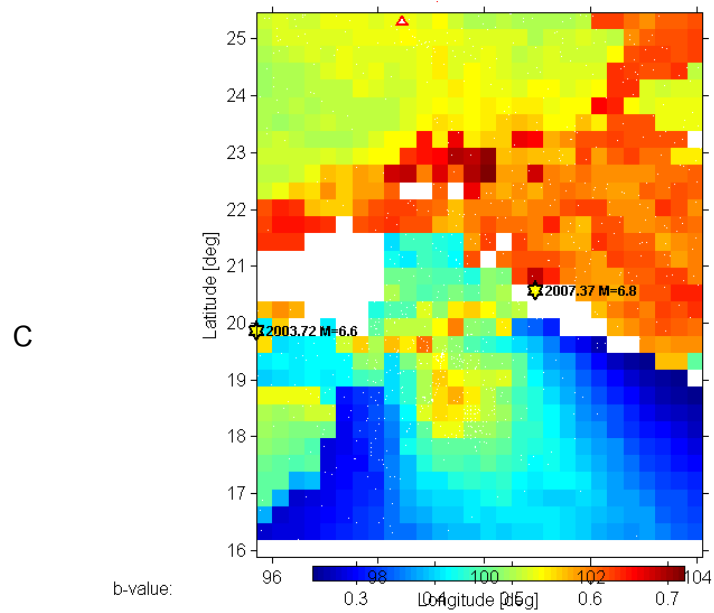


รูป 4.6 แสดงแผนที่ค่า b ในพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า ซึ่งแบ่งคำนวณในช่วงปี ค.ศ.1963 – 1991, ค.ศ.1991 - 2001, และ ค.ศ.2001 – 2011 ดังรูป A, B, และ C ตามลำดับ ค่า b คำนวณจากรัศมีข้อมูลแผ่นดินไหว 100 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ และรูปดาวแทนเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด $M_w > 6.5$

4.3.3 ผลการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่แบบ ค

การคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่โดยวิธีแบ่งกริด โดยใช้ข้อมูลแผ่นดินไหว ช่วงปีค.ศ.1963 – 1991, ค.ศ.1991 - 2001, และ ค.ศ.2001 – 2011 ตามลำดับ มาแบ่งรัศมีของ ข้อมูลที่ประกอบด้วย เหตุการณ์แผ่นดินไหว 200 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ จะได้แผนที่ค่า b ดังรูป (4.7)





รูป 4.7 แสดงแผนที่ค่า b ในพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า ซึ่งแบ่งคำนวณในช่วงปี ค.ศ.1963 – 1991, ค.ศ.1991 - 2001, และ ค.ศ.2001 – 2011 ดังรูป A, B, และ C ตามลำดับ ค่า b คำนวณจากรหัสมีข้อมูลแผ่นดินไหว 200 เหตุการณ์ มีช่องว่างระหว่าง พิกัดกริด $0.3^\circ \times 0.3^\circ$ และรูปดาวแทนเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด $M_w > 6.5$

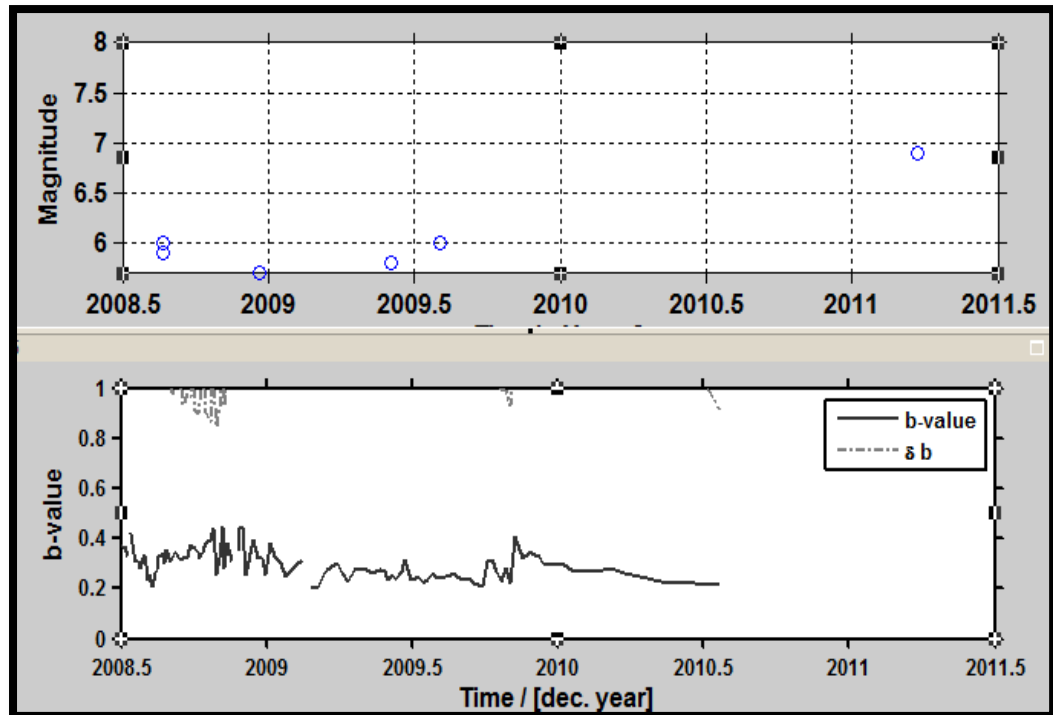
บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย (Discussion and Conclusion)

5.1 ความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา

จากการทดลองวิเคราะห์ความหลากหลายของค่า b ในเชิงเวลา พบรูปแบบการคำนวณค่า b ในเชิงเวลาโดยวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด ที่มีความใกล้เคียงกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้นจริงจำนวน 3 แบบคือแบบ ก, แบบ ข และแบบ ค ดังแสดงผลในบทที่ผ่าน มา ทั้งนี้ในแบบ ก และแบบ ค ค่า b บางค่ายังไม่มีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ($M_w = 6-7$) เช่น แบบ ก (รูป 4.3) ค่า b ในช่วงต้นปีค.ศ. 2003 และ 2005 มีค่าสูง ไม่สัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้น และ ในแบบ ค (รูป 4.5) ค่า b ในปี ค.ศ.2001 ช่วงครึ่งปีแรก มีค่าสูงขึ้นในขณะที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.1 ริกเตอร์ หรือช่วงต้นปี 2005 ที่มีเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.1 ริกเตอร์ พบกราฟค่า b เป็นจุดยอดของกราฟ ทำให้ไม่แสดงความสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เป็นต้น ส่วนในแบบ ข (รูป 4.4) พบว่าเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ($M_w = 6-7$) เกิดสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่า b ซึ่งสังเกตได้จากค่า b ที่ลดลงประมาณ 0.2 - 0.5 ดังเช่นในช่วงต้นปี ค.ศ.2003, ช่วงครึ่งปีหลังของปีค.ศ. 2003, ช่วงครึ่งปีหลังของปี ค.ศ.2005, ช่วงครึ่งปีแรกของปีค.ศ. 2006 และช่วงกลางปีค.ศ.2007 เป็นต้น การคำนวณค่า b ในรูปแบบ ข จึงจัดให้เป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในพื้นที่ชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่า และสามารถใช้ทำนายแนวโน้มของค่า b เชิงเวลาที่จะเกิดขึ้นได้

เมื่อนำรูปแบบมาตรฐานที่ได้มาคำนวณค่า b ในช่วงเวลาก่อนเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 6.7 ริกเตอร์ที่บริเวณชายแดนประเทศไทย-สหภาพพม่าเมื่อเดือนมีนาคม ปีค.ศ. 2011พบว่าก่อนมีเหตุการณ์ดังกล่าว พบค่า b มีการลดลงเรื่อยๆ จนถึงช่วงกลางปี ค.ศ.2010 และช่วงหลังจากนั้นไม่สามารถคำนวณค่า b ได้เพราะข้อจำกัดของข้อมูลที่บันทึกในฐานข้อมูลแผ่นดินไหวไม่เพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามแนวโน้มของค่า b น่าจะลดลงมาเรื่อยๆจนเกิดแผ่นดินไหวขนาด 6.7 ริกเตอร์ ขึ้นดังแสดงในรูป (5.1)



รูป 5.1 (บน) กราฟขนาดของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแต่ละช่วงเวลาดังแต่กลางปี ค.ศ.2008 –กลางปีค.ศ. 2011 (ล่าง) กราฟแสดงความหลากหลายของค่า b เชิงพื้นที่ของพื้นที่ (เส้นสีดำที่ขี้) บริเวณชายแดนไทย-สหภาพพม่าเวลาดังแต่กลางปีค.ศ. 2008 ถึงกลางปี ค.ศ. 2011 ที่คำนวณจากกรอบการเลื่อน ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 25 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์

5.2 ความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่

จากการทดลองวิเคราะห์ความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่หลายครั้ง พบรูปแบบการคำนวณค่า b โดยวิธีแบ่งกริด ที่มีความใกล้เคียงกับเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เคยเกิดขึ้นจริงจำนวน 3 แบบ คือแบบ ก, แบบ ข และแบบ ค ดังแสดงในบทที่ 4.3 ซึ่งแต่ละแบบจะคำนวณแผนที่ค่า b โดยแบ่งข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวออกเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงปีค.ศ. 1963-1991, ช่วงปีค.ศ.1991-2001, ช่วงปีค.ศ.2001-2011 เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของค่า b ในแต่ละพื้นที่ผ่านช่วงเวลาต่างๆ ดังที่กล่าวมา ทั้งนี้จากผลการทดลองจะเห็นว่า แบบ ก (รูป 4.5) ยังมีบางพื้นที่ที่ค่า b ไม่สัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ และแผนที่ที่มีช่องว่างของข้อมูลมากเกินไป ในแบบ ค (รูป 4.7) แม้ว่าจะสามารถแสดงค่า b ได้เต็มพื้นที่ศึกษาแต่ขาดความละเอียดของข้อมูล เพราะเห็นการเปลี่ยนแปลงของค่า b (หรือการเปลี่ยนแปลงของสีในพื้นที่) น้อยมาก รวมทั้งแผ่นดินไหว

ขนาดใหญ่ ($M_w > 6.5$) บางเหตุการณ์ไม่สัมพันธ์กับค่า b ที่เกิดขึ้น ส่วนในแบบ ข (รูป 4.6) จะเห็นว่า เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ จะเกิดในบริเวณที่มีค่า b ต่ำๆ หรือพื้นที่สีฟ้าเข้ม-สีน้ำเงิน เมื่อนำแผนที่ ค่า b ของทั้ง 3 ช่วงเวลา มาเปรียบเทียบจะเห็นว่า ช่วงปี ค.ศ. 1963-1991 (รูป A) ในพื้นที่สีฟ้าเข้ม จะมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่หลายครั้ง (รูปดาว) เมื่อเวลาผ่านไปเป็นช่วง ค.ศ. 1991-2001 (รูป B) พื้นที่ดังกล่าวก็มีความเสถียรมากขึ้น (สังเกตได้จากสีของพื้นที่ที่กลายเป็นสีฟ้าอ่อนและสีส้ม) และมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ (สีฟ้าเข้ม) นอกจากนี้ยังเห็นสีน้ำเงินในพื้นที่บริเวณถัดลงมา ซึ่งสัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหวในช่วง ค.ศ. 2001-2011 (รูป C) จากผลการทดลองนี้จึงจัดได้ว่า รูปแบบ ข เป็นรูปแบบมาตรฐานสำหรับการคำนวณความหลากหลายของค่า b ในเชิงพื้นที่บริเวณประเทศไทย-สหภาพพม่า และสามารถชี้แจงแผนที่ค่า b นี้ทำนายพื้นที่ที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้

จากรูป 4.6 (C) จะเห็นพื้นที่ที่เป็นสีน้ำเงินอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา จากการรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวพบว่าพื้นที่บริเวณตะวันออกเฉียงใต้ พบข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยมาก จึงทำให้แสดงค่า b ต่ำ ออกมาเป็นสีน้ำเงิน ส่วนพื้นที่บริเวณตะวันตกเฉียงใต้ มีข้อมูลแผ่นดินไหวบ้างแต่ไม่เคยเกิดขนาดใหญ่ ทั้งยังเป็นพื้นที่ที่แสดงสีน้ำเงินเข้ม (ค่า b ต่ำ) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแผ่นดินไหวบริเวณนี้ในอนาคต

5.3 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเชิงสถิติบริเวณชายแดนประเทศไทยและสหภาพพม่า โดยการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวต่างๆ อาทิ เช่น CMT, NEIC, ANSS, ISC, BKK, IDC, MOS, BJI เป็นต้น นำมาสังเคราะห์ข้อมูลโดยการเปลี่ยนมาตราการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหว เป็น M_w เพราะเป็นขนาดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการปล่อยพลังงานเค้นในพื้นที่โดยตรง มีความแม่นยำสูงในเชิงเทคนิค และทำการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวหลักและกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากกลุ่มแผ่นดินไหว เพื่อให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมหรือศักยภาพทางธรณีแปรสัณฐานโดยตรง ทำให้ได้ข้อมูลแผ่นดินไหว 1,906 เหตุการณ์ ไปใช้คำนวณค่า b ซึ่งค่า b โดยรวมของพื้นที่ศึกษาที่หาจากความสัมพันธ์กูเด็นเบิร์ก-ริกเตอร์ มีค่าประมาณ 1.01 และได้ค่า M_c ในพื้นที่เท่ากับ 5 ซึ่งเป็นขนาดแผ่นดินไหวน้อยที่สุดที่มีการบันทึกได้อย่างเป็นระบบโดยฐานข้อมูลแผ่นดินไหว อย่างไรก็ตามค่า b มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และพื้นที่ ซึ่งการคำนวณค่า b เชิงเวลาโดยวิธีการเลื่อนช่วงข้อมูลไปตามเวลาการเกิด ซึ่งประกอบด้วยเหตุการณ์แผ่นดินไหว 25 เหตุการณ์ และมีการเลื่อนครั้งละ 3 เหตุการณ์ พบว่ามีการลดลงของค่า b ประมาณ 0.2 - 0.5 แล้วจะเกิดแผ่นดินไหวขนาดกลาง ตามมา (M_w 6-7) และสามารถชี้

รูปแบบการคำนวณนี้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการทำนายเหตุการณ์แผ่นดินไหวหรือประยุกต์ใช้สำหรับการคำนวณค่า b เชิงเวลาในพื้นที่อื่นๆได้ ส่วนการคำนวณค่า b เชิงพื้นที่โดยใช้วิธีแบ่งกริด มีรัศมีของข้อมูล 100 เหตุการณ์ ช่องว่างระหว่างพิกัดกริด $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ พบว่าพื้นที่ที่มีค่า b ต่ำๆหรือบริเวณที่เป็นสีฟ้าเข้ม-น้ำเงิน จะเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดกลางตามมา และจากแนวโน้มของแผนที่ค่า b จากรูปแบบการคำนวณดังกล่าว ทำให้สรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังมาสารณำรูปแบบการคำนวณค่า b ในเชิงเวลานี้ ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอื่นๆที่มีลักษณะของพื้นที่และขนาดแผ่นดินไหวใกล้เคียงกันได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2554. แผ่นดินไหว 6.7 ริกเตอร์ 24 มีนาคม 2554 ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย. กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- Ayele, A., and O. Kulhanek. 1997. Spatial and temporal variation of seismicity in the horn of Africa from 1960 to 1993. *Geophys. J. International*. 130: 805-810.
- Bhargava, N., V. K. Katiyar, M. L. Sharma and P. Pradhan. 2009. Earthquake Prediction through Animal Behavior: A Review. *Indian J. of Biomechanics: Special Issue* (NCBM 7-8 March 2009).
- Contadakis, M. E., and G. Asteriadis. 2001. Recent results of the research for preseismic phenomena on the underground water and temperature in Pieria, northern Greece. *Nat. Hazards and Earth System. Sci.* 1: 165-170.
- Gerstenberger, M., S. Wiemer, and D. Gardini. 2001. A systematic test of the hypothesis that the b-value varies with depth in California. *Geophys. Res. Lett.*, 28: 57-60.
- Ghosh, A. 2007. *Earthquake Frequency-Magnitude Distribution and Interface Locking at the Middle America Subduction Zone near Nicoya Peninsula, Costa Rica*. M.Sc. Georgia Institute of Technology.
- Gardner, J. K., and L. Knopoff. 1974. Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed. *Poissonian, Bull. Seis. Soc. Am.* 64(5): 1363-1367.
- Hanks, T.C., and H. Kanamori. 1979. A moment magnitude scale. *J. Geo-phys. Res.* 84, 2348-2350.
- Nuannin, P., O. Kulhánek, and L. Persson. 2005. Spatial and temporal b-value anomalies preceding the devastating off coast of NW Sumatra earthquake of December 26, (2004). *Geophys. Res. Lett.*, 32.
- Nuannin, P. 2006. *The Potential of b-value Variation as Earthquake Precursors for Small and Large Events*. Ph. D. Fac. Sci. Technol. Acta Univ. Upsaliensis, Uppsala, Sweden.
- Pailoplee, S., I.Takashima, S. Kosuwan and P. Charusiri. 2009. Earthquake Activities along the Lampang-theon Fault Zone, Northern Thailand: Evidence from Paleoseismological and Seismicity Data. *J. of Applied Sci. Res.* 5(2): 168-180

- Sammonds, P.R., P.G. Meredith, and I.G. Main. 1992. Role of pore fluid in the generation of seismic precursors to shear fracture. Nature 359: 228-230.
- Schorlemmer, D., S. Wiemer, and M. Wyss. 2004. Earthquake statistics at Parkfield I: Stationarity of b-values, J. of Geophys. Res. 109.
- Wiemer, S., S.R. McNutt. and M. Wyss. 1998. Temporal and three-dimensional spatial analyses of the frequency-magnitude distribution near Long Valley Caldera, California. Geophysical Journal International. 134: 409-421.
- Wiemer, S. 2001. A software package to analyze seismicity: ZMAP. Seismol. Res. Lett., 72: 373-382.