

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวกลุ่มรอยเลื่อน
เหลื่อมข้าง ชายแดนไทย-พม่า

นาย อำนาจ เลิศรัตนานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

Probabilistic Analysis of Earthquake Occurrence along the Strike-slip Fault Zone,
Thailand-Myanmar Border

Mr. Amnat Lertratananon

ADVISORS

ASST. PROF. DR. Santi Pailoplee

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
CHULALONGKORN UNIVERSITY, 2013

วันที่ส่ง/...../.....

วันที่อนุมัติ/...../.....

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวกลุ่มรอยเลื่อนเหลื่อมข้าง ชายแดนไทย-พม่า

นาย อำนาจ เลิศรัตนานนท์

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์:086-808-5040, E-mail: ed_verylove_foxy@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในเชิงสถิติในบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทยและชายแดนไทย-พม่า ซึ่งในบริเวณนี้ประกอบไปด้วยกลุ่มรอยเลื่อนเหลื่อมข้างที่สำคัญมากมาย ซึ่งจากพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในปัจจุบัน พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนเหล่านี้มีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายจากการเกิดแผ่นดินไหว และพื้นที่บริเวณนี้ยังพบว่าเป็นพื้นที่เขื่อนกักเก็บน้ำทั้งในประเทศไทย และในประเทศพม่า จึงต้องการศึกษาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวในบริเวณนี้เพื่อ ทำนายความน่าจะเป็นที่จะเกิดแผ่นดินไหวในขนาดต่างๆ โดยใช้ข้อมูลทางสถิติ จากข้อมูลความถี่และขนาดของแผ่นดินไหว ในการบอกถึงพฤติกรรมของแผ่นดินไหวในบริเวณพื้นที่ศึกษานี้ เพื่อทำแผนที่แสดงลักษณะพฤติกรรมของแผ่นดินไหวในพื้นที่ ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดในพื้นที่ คาบอุบัติซ้ำ ทำนายความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่างๆในบริเวณพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษาพบว่าบริเวณทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษามีพฤติกรรมของแผ่นดินไหวที่รุนแรงที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่เกิดได้ในรอบ 50 ปี ของพื้นที่บริเวณนี้คือ 5.5 ริกเตอร์ และบริเวณตอนกลางของพื้นที่มีพฤติกรรมของแผ่นดินไหวที่น้อยที่สุด จะสังเกตได้จากคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวของขนาด 6 ริกเตอร์ที่ยาวนานถึง 500 ปี และบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษามีพฤติกรรมแผ่นดินไหวปานกลางจะพบว่าความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7 ในรอบ 50 ปี ของพื้นที่นี้คือร้อยละ 15

คำสำคัญ: แนวรอยเลื่อนเหลื่อมข้าง, พฤติกรรมของแผ่นดินไหว, Gutenberg-Richter 1942, ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหว

Probabilistic Analysis of Earthquake Occurrence along the Strike-slip Fault Zone,
Thailand-Myanmar Border

Amnat Lertratananon

Department Of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Tel: 086-808-5040, E-mail:ed_verylove_foxy@hotmail.com

Abstract

The study area is located in Western of Thailand along the Strike-slip fault zone of Thailand-Myanmar Border. Fault zone in this area has influenced from main strike-slip fault in Myanmar called the Sagiang fault zone. Therefore, the study area has a potential to generated earthquake in the future, which should be clarified carefully the earthquake activities. In order to estimate the earthquake activities, the earthquake data recorded instrumentally are utilized as the main database. The frequency-magnitude distribution model is applied in order to analyzed the earthquake parameters representing directly the earthquake activities.

The obtained results revealed that the northern segment are the most seismic-prone area capable to generate the earthquake with magnitude up to 5.5 Mw in the next 50 year. Meanwhile in the central segment, the recurrence interval of the Mw-6.0 earthquake is estimated around 500 year defining as the comparative medium hazard. For the comparative low hazard of southern segment, there is only 15% probability that the earthquake might be posed in the forthcoming 50 year.

Keywords: Seismogenic Fault, Thailand-Myanmar Border, Frequecy-magnitude distribution model; Return Period; Probability of Earthquake Occurrence.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเล่มนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนตลอดโครงการ และขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้มอบความรู้ ประสบการณ์ต่างๆตลอดการศึกษา

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและคอยสนับสนุนอยู่ตลอดเวลา ขอขอบคุณพี่ๆบุคลากร ภาควิชาธรณีวิทยา ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำโครงการวิจัย ในหลายๆด้าน ขอขอบคุณเพื่อนๆ Geo 54 ที่คอยให้กำลังใจ และ คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์เสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย	11
2.1 ทฤษฎี	11
2.2 วิธีดำเนินงานวิจัย	15
2.3 แผนผังขั้นตอนการทำงานวิจัย	16
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล	17
3.1 การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว	17
3.2 การแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว	18
3.3 การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวโดยการจัดกลุ่มแผ่นดินไหว	21
3.4 การตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์	24
บทที่ 4 การวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดินไหวเบื้องต้น	28
4.1 การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว	28

4.2 การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวเบื้องต้น	30
4.3 การประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหวเชิงพื้นที่	31
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล	34
เอกสารอ้างอิง	35

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่พื้นที่ศึกษา	2
รูปที่ 1.2 แผนที่แสดงจุด Epicenter ของแผ่นดินไหวในช่วงปี ค.ศ. 1988-1998 (Zuniga และ Wyss, 2001)	3
รูปที่ 1.3 แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวขนาดมากกว่า 6.5 ริคเตอร์ ในช่วงปี ค.ศ. 1891-1999 (Utsu,1985)	4
รูปที่ 1.4 แผนที่ของความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวท้องถิ่นที่มีขนาดมากกว่า 7 ริคเตอร์ (Zuniga และ Wyss, 2001)	5
รูปที่ 1.5 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและจุด epicenter ของแผ่นดินไหว (Nuannin และ คณะ,2005)	6
รูปที่ 1.6 แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือก โลกสุมาตรา-อินโดมาัน	7
(Pailoplee และ คณะ,2013)	
รูปที่ 1.7 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและข้อมูลแผ่นดินไหว	8
(Pailoplee และ คณะ,2013)	
รูปที่ 1.8 แผนที่แสดงขนาดแผ่นดินไหวที่จะเกิดได้สูงสุดในรอบ 10 ปี	9
(Pailoplee และ คณะ,2013)	
รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว	12
รูปที่ 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว	17
รูปที่ 3.2 ภาพแสดงตัวอย่างการแปลงความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหว	20
รูปที่ 3.3 ตารางแสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวภายหลังการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว	20

รูปที่ 3.4 ผลของการจัดกลุ่มแผ่นดินไหว (Gardner และ Knopoff, 1974)	22
รูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดและบันทึกแผ่นดินไหว (Habermann, 1983, 1987)	25
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวก่อน-หลัง การจัดข้อมูลแผ่นดินไหว	26
รูปที่ 4.1 ภาพแสดงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวทั่วโลกจำแนกตามขนาดแผ่นดินไหว	28
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว และความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว	29
รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงค่า a ค่า b และความน่าเชื่อถือของข้อมูล	32
รูปที่ 4.4 แผนที่แสดงขนาดแผ่นดินไหวในรอบ 5 ปี 10 ปี 50 ปี	32
รูปที่ 4.5 แผนที่แสดงคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5,6,7	33
รูปที่ 4.6 แผนที่แสดงค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5,6,7 ในรอบ 50 ปี	33

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)

ที่มาและความสำคัญ

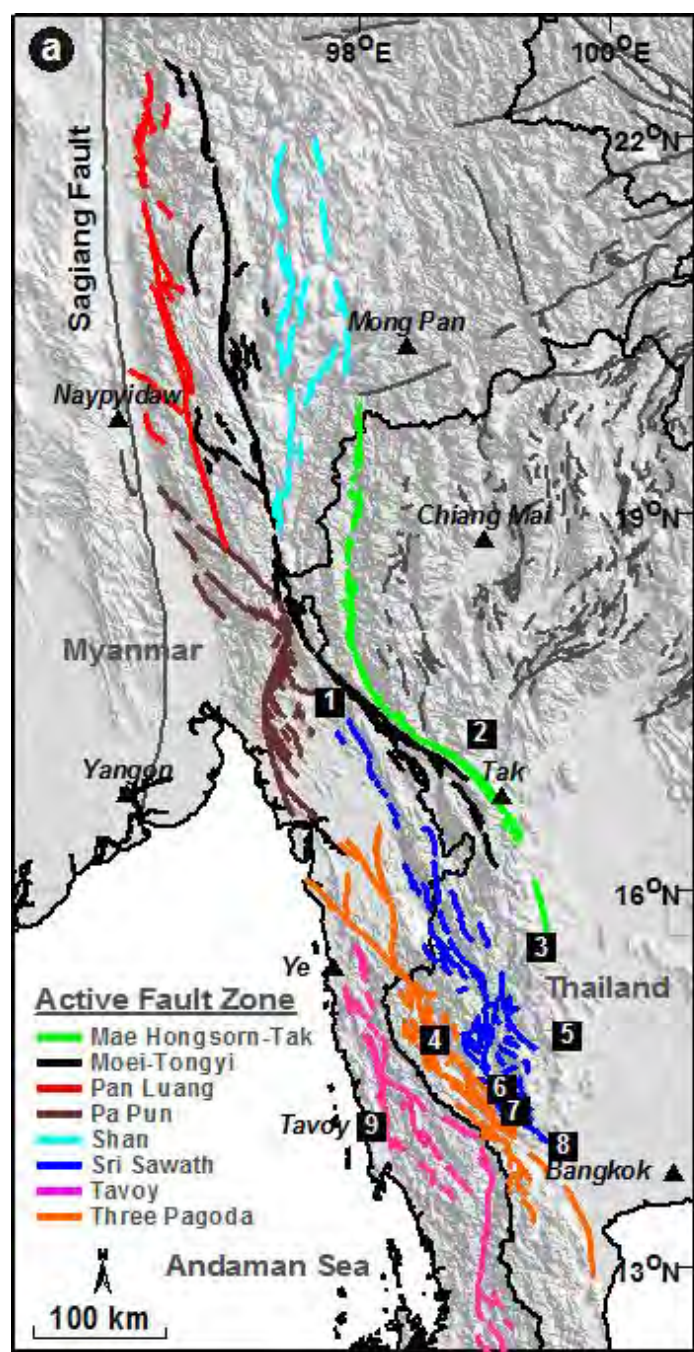
แผ่นดินไหวถือเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในโลก เพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ ซึ่งปกติจะเกิดจากการเคลื่อนที่บริเวณรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก ทำให้ชั้นหินขนาดใหญ่ใต้ผิวดินเคลื่อนที่ไปด้วย เกิดการโอนถ่ายพลังงานศักย์ จนเกิดการสั่นสะเทือนเกิดขึ้น โดยจุดที่แผ่นดินเกิดการเคลื่อนที่นั้นเรียกว่า จุดศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งแผ่นดินไหวจะสร้างความเสียหายต่อชีวิต และทรัพย์สิน โดยจากการศึกษาข้อมูลทางสถิติจะพบว่าขนาดของแผ่นดินไหวและความถี่ในการเกิดแผ่นดินไหวจะเกิดโดยมีความสัมพันธ์กัน และเนื่องจากคนไทยส่วนใหญ่ไม่ได้ตระหนักถึงอันตรายและความเสียหายที่จะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากแผ่นดินไหวเพราะเชื่อว่าประเทศไทยมีโอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวได้น้อยทางผู้จัดทำจึงต้องการศึกษาและวิเคราะห์โอกาสในการเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทยบริเวณแนวรอยเลื่อนชายแดนไทย-พม่า เพื่อประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต เพื่อหาทางป้องกันหรือลดความเสียหายของแผ่นดินไหวให้อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุด

นิยามปัญหา

การศึกษาแผ่นดินไหวในเชิงสถิติ จากการวิเคราะห์ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ สมการ Gutenberg-Richter (Gutenberg and Richter, 1942) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินตัวแปรด้านแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างๆ ได้ เช่น ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด ตลอดจนความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหว

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาบริเวณแนวรอยเลื่อนบริเวณชายแดนไทย-พม่า และครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ ละติจูดที่ $12.32^{\circ}\text{E} - 22.96^{\circ}\text{E}$ ลองจิจูดที่ $95.24^{\circ}\text{N} - 100.66^{\circ}\text{N}$ (รูป 1)



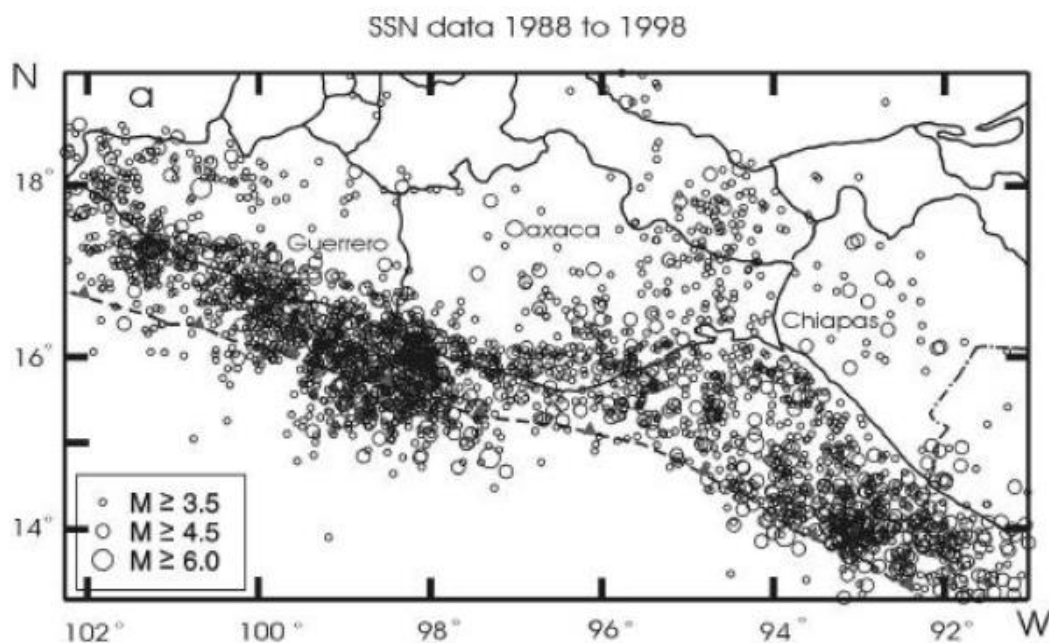
รูป 1.1 แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวและการวางตัวของกลุ่มรอยเลื่อนต่างๆ ในบริเวณชายแดนประเทศไทยและประเทศพม่า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) แผนที่แสดงพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ในรอบ x ปี ในหน่วย ริกเตอร์/ปี
- 2) แผนที่แสดงการเกิดคาบอุบัติซ้ำในแต่ละขนาดแผ่นดินไหวที่สนใจ ในหน่วย ปี
- 3) แผนที่แสดงความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด Y ริกเตอร์ ในรอบ X ปี

1.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Relevant research)

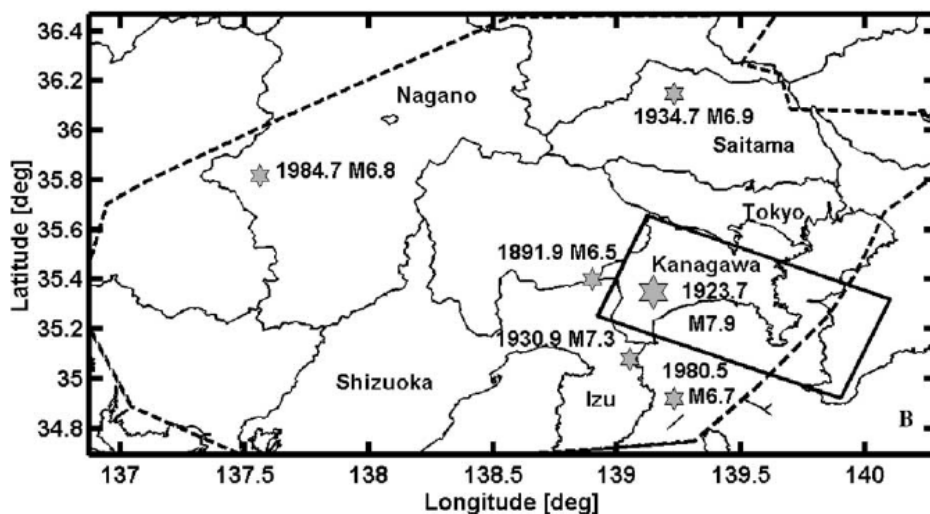
Zuniga และ Wyss (2001) ทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นโดยใช้ข้อมูล ความผิดปกติของค่า b ของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่บริเวณชายฝั่งด้านแปซิฟิกของประเทศเม็กซิโก โดยการวิเคราะห์จะใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ $M=7.2$ ซึ่งให้ค่า b ที่ลดลงในพื้นที่ต่างๆดังนี้ บริเวณชายฝั่งของ Guerrero และชายฝั่งทางใต้ของ Chiapas มีความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวได้ภายใน 20 ปี รวมทั้งพื้นที่ของ Guerrero เมือง Oaxaca ส่วนของ Ometepec ได้คาดการณ์ไว้ว่าจะเกิดแผ่นดินไหวได้ภายในช่วง 30ปี นอกจากนั้นบริเวณตามแนวยาวของชายฝั่งของ Guerrero ได้ประเมินไว้ว่าสามารถเกิดแผ่นดินไหวได้ภายใน 40 ปีนี้ และชายฝั่งเมือง Oaxaca ได้ประเมินว่ามีช่วงการเกิดแผ่นดินไหวภายใน 40-60ปีนี้ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการประเมินอย่างคร่าวๆ และเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันพบว่าบริเวณชายฝั่ง Chiapas สามารถเกิดแผ่นดินไหวครั้งรุนแรงได้หลังจากปี ค.ศ. 2012 โดยพื้นที่ศึกษาได้แสดงตามรูปดังต่อไปนี้



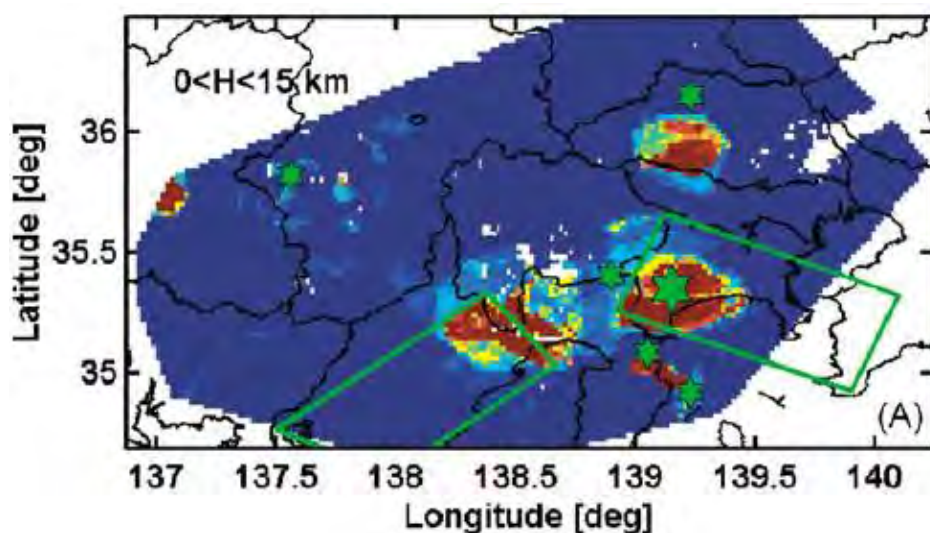
รูป 1.2: แผนที่แสดงจุด Epicenter ของแผ่นดินไหวขนาด $M \geq 3.5$ จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว SSN ในช่วงปีค.ศ. 1988-1998 บริเวณชายฝั่งแปซิฟิกของประเทศเม็กซิโก (Mid-America trench แสดงด้วยเส้นประ)

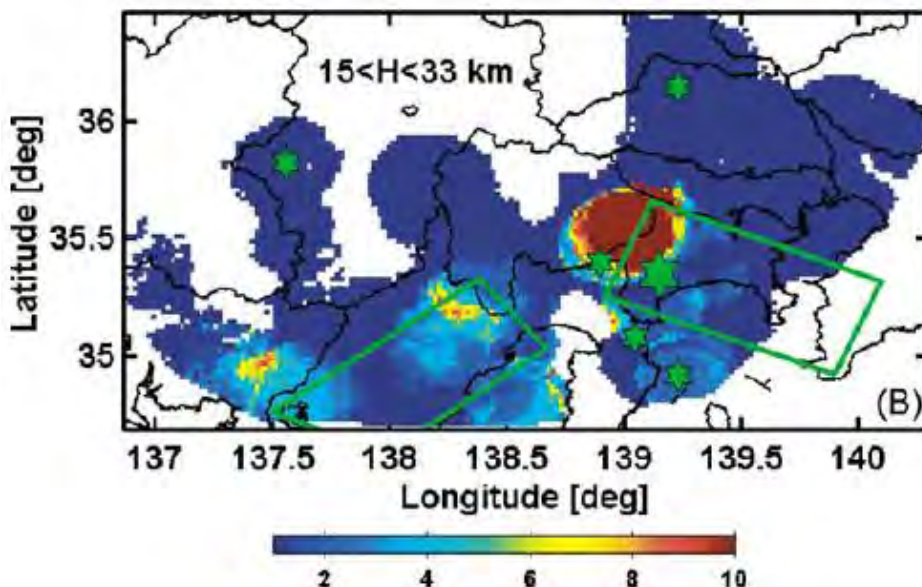
(Zuniga และ Wyss, 2001)

Wyss และ Matsumura (2002) ศึกษาการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในพื้นที่เมืองคันโต (Kanto) และเมืองโทไก (Tokai) ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้ข้อมูลคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวท้องถิ่น ซึ่งการวิเคราะห์จะใช้พื้นฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ $M \geq 6.5$ สามารถคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตจะมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่สามารถเกิดขึ้นได้ในพื้นที่โทไก ซึ่งจากงานวิจัยนี้ ทางผู้จัดทำได้คาดหวังว่าจะมีสัญญาณการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ที่คาดการณ์ไว้ โดยพื้นที่ศึกษาและตัวอย่างของผลการศึกษาบางส่วนจะแสดงดังต่อไปนี้



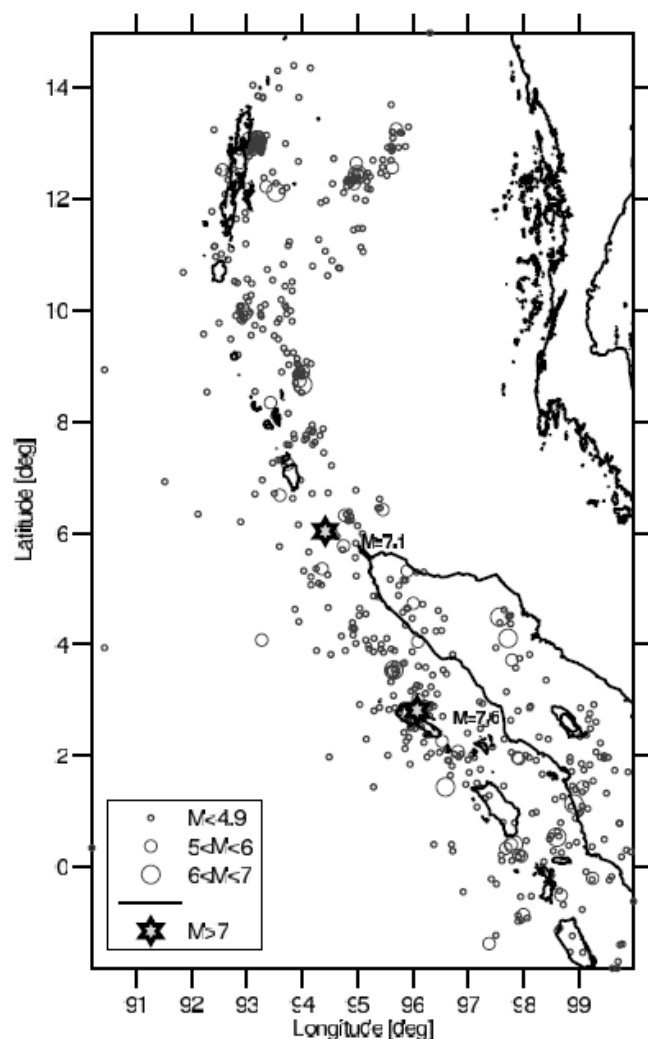
รูป 1.3: แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 6.5 ริกเตอร์ ($M \geq 6.5$) ในช่วงค.ศ.1891-1999 (Utsu, 1985) โดยกรอบสี่เหลี่ยมคือพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากเหตุแผ่นดินไหวคันโตเมื่อปีค.ศ. 1923 (M7.9)





รูป 1.4: แผนที่ของความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวท้องถิ่นที่มีขนาด $M_0 \geq 7$ (A) แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวระดับความลึกระหว่าง 0-15 กิโลเมตร (B) แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวระดับความลึกระหว่าง 15-33 กิโลเมตร โดยสเกลนั้นอยู่ในหน่วย 10^{-6} /ปีxตารางกิโลเมตร (รูปดาวสีเขียว) แสดงถึงแผ่นดินไหวในระดับความลึกน้อยกว่า 33 กิโลเมตร และกรอบสีเขียวสี่เหลี่ยม (ด้านขวา) แสดงถึงพื้นที่แผ่นดินไหวคันโตเมื่อปีค.ศ. 1923 ($M_{7.9}$) และ (ด้านซ้าย) แผ่นดินไหวโทไกที่คาดว่าจะเกิด (Zuniga และ Wyss, 2001)

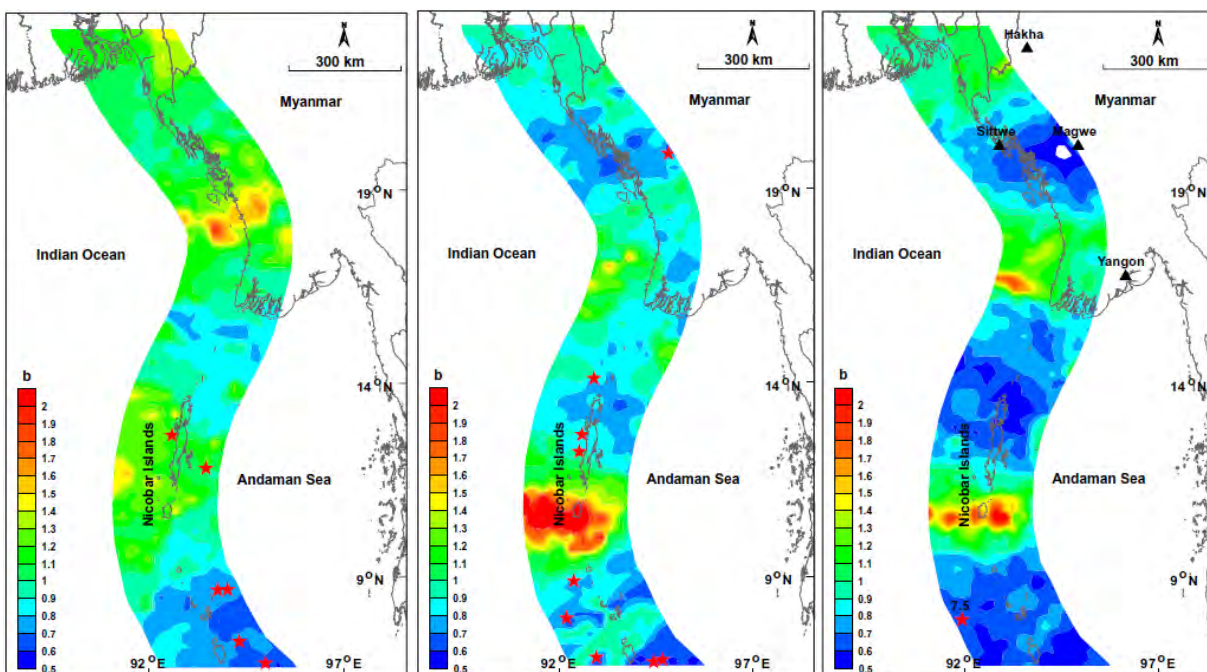
Nuannin และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวด้วยวิธีการหาความผิดปกติของค่า b (b -value anomaly) จากข้อมูลแผ่นดินไหว 624 เหตุการณ์ในภูมิภาคครอบคลุมอันดามัน-หมู่เกาะนิโคบาร์ที่สร้างความเสียหายในช่วง 5 ปีก่อนการเกิดแผ่นดินไหวสุมาตราครั้งใหญ่ ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือในวันที่ 26 ธันวาคม 2004 สรุปผลได้ดังนี้ เมื่อทำการคำนวณค่า b แล้วพบว่าเมื่อค่า b ลดลงจะมีความเกี่ยวข้องกับเวลาที่เกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว 2 ครั้งที่มีขนาดใหญ่ได้ ($M_0 \geq 7.0$) คือในปี 2002 และความเสียหายครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในปี 2004 โดยค่า b ที่ลดลง ได้บ่งชี้ถึงความเค้นที่เกิดขึ้นรอบจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ในปี 2004 ได้มีการกระจายตัวยาวถึง 450 กิโลเมตร ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือทางเหนือจนถึงทิศตะวันออกเฉียงใต้ทางใต้ และพื้นที่อื่นทางตอนเหนือของอันดามัน จากข้อมูลดังกล่าวทั้งหมดพบว่าข้อมูลความผิดปกติของค่า b มีประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดแผ่นดินไหวได้ในช่วงระยะกลาง (ช่วงเดือน-ปี) ซึ่งพื้นที่ศึกษาแสดงตามภาพด้านล่างดังต่อไปนี้



(Nuannin และ คณะ, 2005)

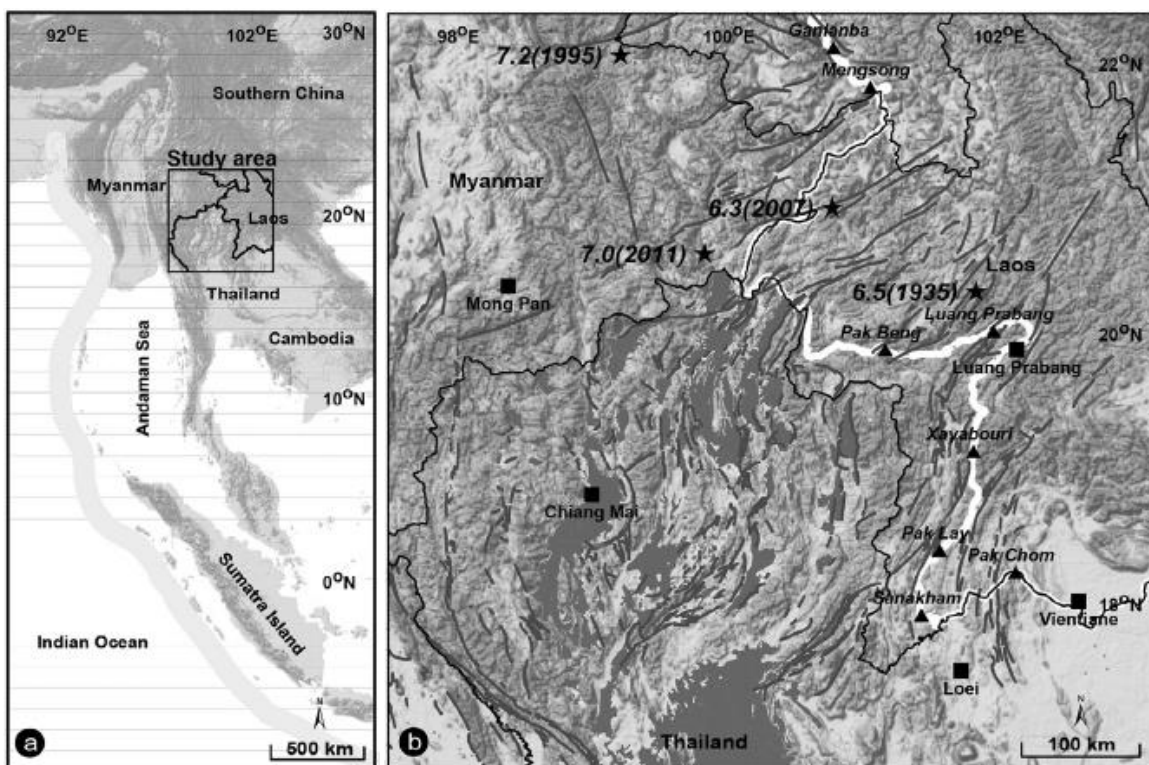
รูป 1.5: แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและจุด epicenter ของแผ่นดินไหว (จุดวงกลมเปิด) ระหว่าง 1 มกราคม 2000 – 25 ธันวาคม 2004 จากรายงานของ USGS (รูปดาว) แสดงการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ 2 เหตุการณ์ (ก่อนเหตุการณ์วันที่ 24 ธันวาคม 2004) (รูปดาวด้านบน) เหตุการณ์วันที่ 24 ตุลาคม 2002, $M_s=7.1$ และ (รูปดาวล่าง) เหตุการณ์วันที่ 2 พฤศจิกายน 2002, $M_s=7.6$

Pailoplee และคณะ (2013a) ศึกษา ความผิดปกติของค่า b ในช่วงที่ได้มีการบันทึกไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964-2012 บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัวสุมาตรา-อันดามันเพื่อคาดการณ์ถึงความเป็นของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งค่า b นี้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงพฤติกรรมของการเกิดของแผ่นดินไหวได้โดยตรง โดยค่า b ในการศึกษานี้ประมาณที่ 0.9 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Nuannin และคณะ (2005) ที่มีค่าประมาณ 0.7 จึงสามารถสรุปได้ว่าทางตอนใต้บริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน นั้นมีพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวสูงกว่าทางตอนเหนือที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ โดยพื้นที่ทางตอนเหนือของหมู่เกาะนิโคบาร์ พื้นที่ชายฝั่งของทะเลอันดามัน รวมทั้งบริเวณใกล้เคียงมหาสมุทรอินเดียควรระวังภัยพิบัติสึนามิที่อาจเกิดขึ้นได้ ขณะที่เมืองซิตต่วย (Sittwe City) ชายฝั่งทางตะวันตกของประเทศพม่าก็ควรระวังเช่นกัน โดยผลการศึกษาครั้งนี้ได้มีการจัดทำออกมาในรูปแบบของแผนที่ดังภาพต่อไปนี้

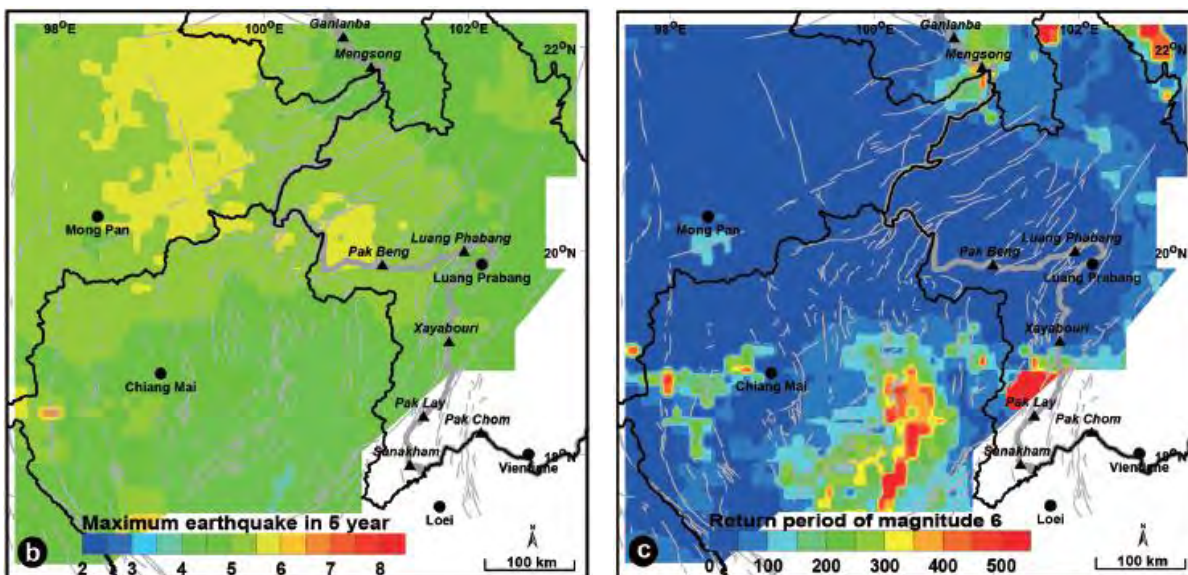


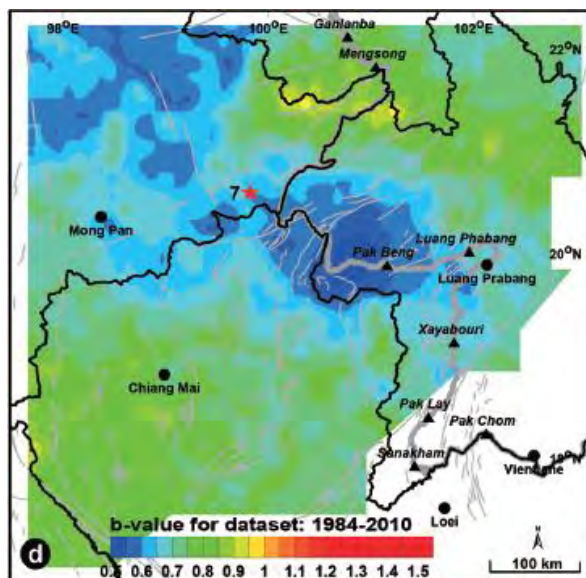
รูป 1.6: แนวแถบสี คือการกระจายตัวของค่า b บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน โดยได้มาจากการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปีค.ศ.1980-1994(ภาพซ้ายบน) ปีค.ศ.1980-2003 (ภาพขวาบน) และ ปีค.ศ.1980-2010 (ภาพล่าง) โดยรูปดาวสีแดงแสดงแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 6 ริกเตอร์ ($M_0 \geq 6.0$) (Pailoplee และ คณะ , 2013)

Pailoplee และคณะ (2013b) ศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณทางตอนเหนือของประเทศไทย และในพื้นที่ใกล้เคียงของประเทศพม่าประเทศลาว พบว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพของสถานการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวได้ เมื่อนำไปประเมินผลร่วมกับค่า a และ b ในพื้นที่ศึกษา โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะแสดงในรูปแบบของแผนที่ ที่มีการศึกษาในด้านต่างๆ เริ่มจากการศึกษาถึงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 1, 5, 10, 50 ปี และทำการประเมินแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งกำหนดให้แผ่นดินไหวขนาด 4,5,6,7 ริกเตอร์จะสามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่ปี รวมไปถึงถึงศึกษาค่า b ที่ลดต่ำลงในแต่ละบริเวณในช่วงเวลาที่ต่างกันนั้นมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 5 ริกเตอร์ ($M_0 \geq 5.0$) ซึ่งการศึกษาทั้งหมดนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของการคาดการณ์การเกิดพฤติกรรมของแผ่นดินไหวในรูปแบบต่าง ๆ นั้นเอง โดยพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยและตัวอย่างของผลการศึกษาบางส่วน ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จัดแสดงในรูปแบบของแผนที่ต่างๆดังภาพด้านล่างต่อไปนี้



รูป 1.7: (a) แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา (กรอบสี่เหลี่ยมสีดำ) และแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน (แนวสีเทาอ่อนทางด้านตะวันตก) (b) แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้หลังจากการคัดเลือกข้อมูล (รูปวงกลมเล็กสีดำ) และข้อมูลธรณีพิบัติแผ่นดินไหว (รูปดาวสีดำ) โดยรูปสามเหลี่ยมแสดงถึงตำแหน่งเขื่อนต่างๆ ที่อยู่ตามแนวแม่น้ำแม่โขง และรูปสี่เหลี่ยมสีดำแทนบริเวณเมืองใหญ่ (Pailoplee และ คณะ, 2013)





รูป 1.8: (b) แผนที่แสดงขนาดแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้สูงสุดในช่วงเวลา 10 ปี (c) แผนที่แสดงคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้ในขนาด 6 ริคเตอร์ (M_0 level) และ (d) แผนที่แสดงการกระจายของค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในช่วงปีค.ศ. 1984-2010 โดยรูปดาวสีแดงแทนแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 5 ริคเตอร์ ($M_0 \geq 5.0$) (Pailoplee และ คณะ, 2013)

Chung-Han Chan และ คณะ (2012) ได้ทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวในไต้หวัน ด้วยความผิดปกติของค่า b (b-value abnormally) จากสมการของ Gutenberg-Richter (Gutenberg and Richter, 1942) จากข้อมูลของแผ่นดินไหวในปี 1999-2009 พบว่าการเกิดแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่มีขนาดมากกว่า 6 ริคเตอร์ขึ้นไปมีความสอดคล้องกับการลดลงของค่า b จากการวิจัยพบว่ามียู 23 เหตุการณ์ของแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ที่ค่า b มีการลดลงก่อนเกิดแผ่นดินไหว Chung-Han Chan และ คณะ จึงสรุปว่า การลดลงของค่า b มีผลสอดคล้องกับการเกิดแผ่นดินไหวใหญ่

Ethem Görgün (2013) ได้ทำการวิเคราะห์ค่า b -value ก่อนและหลังการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหว 7.2 ริคเตอร์ วันที่ 23 ตุลาคม 2554 ที่ Van-Ercis, Turkey จากการศึกษพบว่าบริเวณ Eastern Turkey เป็นบริเวณที่มี tectonic activity สูง ได้รับอิทธิพลจากแรง compression จาก strike-slip และเป็นบริเวณที่เกิดรอยเลื่อนย้อน มีข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวรวม 6709 ครั้ง บริเวณ Lake Van region จากการศึกษในบริเวณ East of Lake Van region ที่เป็น main shock มีค่า b ที่ลดลง ก่อนการเกิดแผ่นดินไหว Ethem Görgün จึงสรุปผลไว้ว่าบริเวณที่มี ค่า b ที่ลดต่ำลง สามารถทำนายได้ว่าอาจเกิดแผ่นดินไหวที่รุนแรงเกิดขึ้นได้

Saurabh Baruah และคณะ (2013) ได้ทำการศึกษาค่า b (b-value abnormally) จากสมการของ Gutenberg-Richter (Gutenberg and Richter, 1942) ในบริเวณ subduction zone ของประเทศ อินโดนีเซียและพม่า ก่อนแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรง 6.3 ริคเตอร์ในปี 1995 พบว่าก่อนจะเกิดเหตุการณ์ แผ่นดินไหวในปี 1995 ที่มีความรุนแรงถึง 6.3 ริคเตอร์นั้น ค่า b มีการลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ แผ่นดินไหวในปี 1988 ที่มีความรุนแรงถึง 6.8 ริคเตอร์ที่มีค่า b value ตกลงอย่างเห็นได้ชัดก่อนการเกิด แผ่นดินไหว

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

2.1 ทฤษฎี (Theory)

การศึกษาพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบของความน่าจะเป็น สามารถศึกษาได้โดยอาศัยข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้และมีการบันทึกไว้ในอดีตจนถึงปัจจุบัน จากฐานข้อมูลของหน่วยงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานในระดับประเทศหรือหน่วยงานระดับท้องถิ่น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาประเมินความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดของแผ่นดินไหว และนำผลที่ได้จากความสัมพันธ์ข้างต้นมาวิเคราะห์ในเชิงสถิติ เพื่อประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาต่อไป

2.1.1 สมการความสัมพันธ์ขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ (Magnitude-frequency relationship)

อัตราการเกิดแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดแผ่นดินไหว ตามสมการ 2.1 ที่แสดงไว้ ซึ่งเป็นสมการ Magnitude-frequency relationship หรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อของสมการ Gutenberg-Richter

สมการ Gutenberg-Richter relationship

$$\log(N) = a - bM \quad \text{หรือ} \quad \ln(N) = \ln \alpha - \beta M \quad \text{สมการ 2.1}$$

โดยกำหนดให้

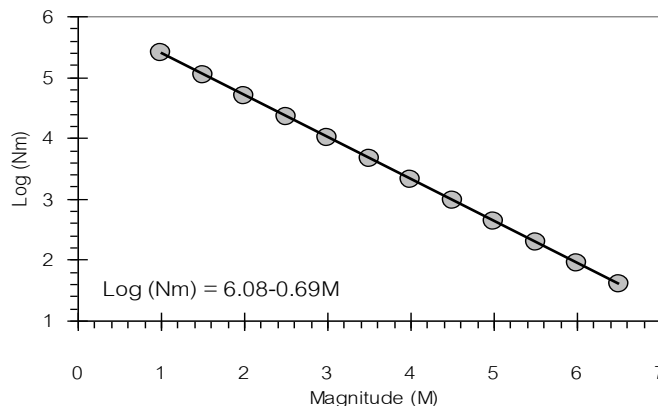
N คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่มากกว่าหรือเท่ากับแผ่นดินไหวที่มีขนาด M ริคเตอร์

a คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวก โดยเป็นค่าที่มีนัยสำคัญถึงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Seismic activity) โดยรวมจากทุกๆขนาดแผ่นดินไหว

b คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวก โดยเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด ความรุนแรงเมื่อเทียบกับขนาดรอบข้าง ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟ ตามสมการข้างต้น

α คือ ค่าคงที่ มีความสัมพันธ์กับค่า a คือ $\alpha = \exp(a \ln(10))$

β คือ ค่าคงที่ มีความสัมพันธ์กับค่า b คือ $\beta = b \ln(10)$



รูป 2.1: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว (M) และความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว (N_m)

2.1.2 การคำนวณค่าสถิติแผ่นดินไหว

เป็นการคำนวณโดยใช้ค่า α และค่า β จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหวในสมการ Gutenberg-Richter relationship มาวิเคราะห์พฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบของความน่าจะเป็นและคาบอุบัติซ้ำที่จะเกิดขึ้นได้ในขนาดแผ่นดินไหวต่างๆ

2.1.2.1 ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด M ริกเตอร์ใน 1 ปี (G(M))

มีความสัมพันธ์กับค่า α และค่า β ดังสมการ

$$G(M) = \exp(-\alpha (\exp(-\beta M))) \quad \text{สมการ 2.2}$$

โดยกำหนดให้

G(M) คือ ความน่าจะเป็นของแผ่นดินไหวขนาด M ใน 1 ปี

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหวในสมการ Gutenberg-Richter relationship

M คือ ขนาดแผ่นดินไหว

2.1.2.2 ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวหรือความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดต่อปี (μ)

มีความสัมพันธ์กับค่า α และค่า β ดังสมการ

$$\mu = \frac{\ln \alpha}{\beta} \quad \text{สมการ 2.3}$$

โดยกำหนดให้

μ คือ ความน่าจะเป็นของแผ่นดินไหวหรือความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดต่อปี

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหว
ในสมการ Gutenberg-Richter relationship

2.1.2.3 ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดใน t ปี (μ_t)

มีความสัมพันธ์กับค่า α และค่า β ดังสมการ

$$\mu_t = \frac{\ln(at)}{\beta} \quad \text{สมการ 2.4}$$

โดยกำหนดให้

μ คือ ความน่าจะเป็นของแผ่นดินไหวหรือความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดต่อปี

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหว
ในสมการ Gutenberg-Richter relationship

t คือ เวลาในหน่วยปี

2.1.2.4 คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว (T_M) ขนาดแผ่นดินไหว M ริกเตอร์

มีความสัมพันธ์กับค่า α และค่า β ดังสมการ

$$T_M = \frac{1}{N} = \frac{\exp(\beta M)}{\alpha} \quad \text{สมการ 2.5}$$

โดยกำหนดให้

T_M คือ คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด M

N คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับแผ่นดินไหวที่มีขนาด M ริกเตอร์

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหว
ในสมการ Gutenberg-Richter relationship

M คือ ขนาดแผ่นดินไหว

2.1.2.5 ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหว ($P_t(M)$)

เป็นสมการความสัมพันธ์กับคาบอุบัติซ้ำ t ขนาดของแผ่นดินไหว M ค่า α และค่า β ดังสมการ

$$P_t(M) = 1 - \exp(-\alpha t \cdot (\exp(-\beta M))) \quad \text{สมการ 2.6}$$

โดยกำหนดให้

P_M คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด M ริกเตอร์

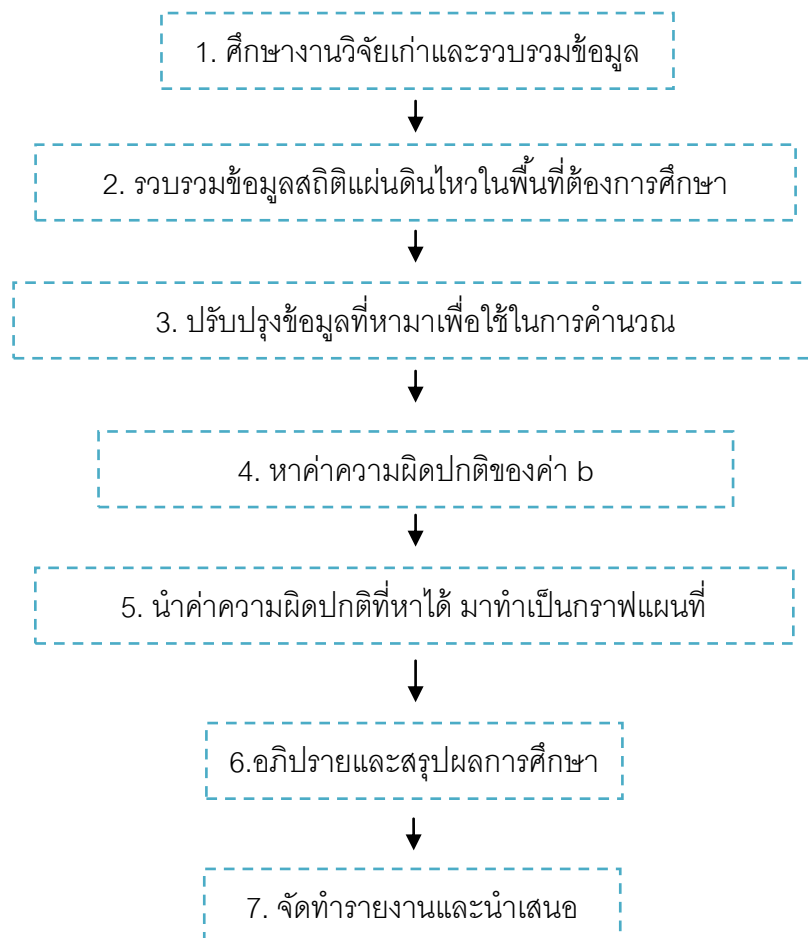
α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหว
ในสมการ Gutenberg-Richter relationship

t คือ เวลาในหน่วยปี

วิธีดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูล
 - หาข้อมูลของงานวิจัยที่วิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวโดยวิธีการหาค่าความผิดปกติของค่า b
 - เตรียมซอฟต์แวร์ที่ใช้ประมวลผลข้อมูล (MATLAB)
2. รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา โดยหาข้อมูลจาก องค์กรที่ให้ข้อมูลสถิติของแผ่นดินไหว เช่น
 - IRIS www.iris.edu/hq/
 - ISC www.isc.ac.uk
 - NEIC <http://earthquake.usgs.gov/>
3. นำข้อมูลที่ได้มาทำการปรับข้อมูลเพื่อนำไปหาค่า b
 - นำฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ทั้งหมดมากำจัดแผ่นดินไหวนำ (fore shock) และแผ่นดินไหวตาม (after shock) เพื่อนำเฉพาะแผ่นดินไหวหลัก (main shock) มาใช้ในการคำนวณ
4. ทำการวิเคราะห์หาค่าความผิดปกติของ ค่า b จากสมการ $\log(N_m) = a - bM$ (Gutenberg and Richter, 1942)
5. นำค่าความผิดปกติของ a และ b ที่หาได้มาคำนวณเพิ่มเติมและจัดทำเป็นแผนที่แสดงการกระจายตัวของตัวแปรด้านแผ่นดินไหวต่างๆ (เช่น ขนาดแผ่นดินไหว คาบอุบัติซ้ำ และความน่าจะเป็น)
6. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา
7. จัดทำรายงานและนำเสนอผลงาน

แผนผังขั้นตอนการทำงานวิจัย



บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักสำคัญ คือเริ่มจากขั้นแรกรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว ถัดมาคือทำการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ได้ให้มีหน่วยของขนาดแผ่นดินไหวเดียวกัน สุดท้ายคือการคัดเลือกข้อมูลโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ซึ่งแต่ละขั้นตอนนั้นมีความสำคัญมากต่อผลการศึกษา จึงต้องมีการทำแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดและรอบคอบ เพื่อผลของข้อมูลที่ได้นั้นมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

3.1 การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Investigation)

การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว สามารถทำการคัดลอกข้อมูลแผ่นดินไหวได้จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้มีการบันทึกข้อมูลไว้ได้จากทางอินเทอร์เน็ต โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล Incorporated Research Institution for Seismology (IRIS) และจากฐานข้อมูล Thai Meteorological Department (TMD) ซึ่งมีขั้นตอนในการดาวน์โหลดข้อมูลดังนี้ คือทำการใส่ข้อมูลช่วงขนาดแผ่นดินไหว ช่วงระยะเวลา และขอบเขต latitude longitude ของพื้นที่ศึกษาที่ต้องการ ในหน้าเว็บไซต์ที่ให้ดาวน์โหลดข้อมูล

เมื่อทำการดาวน์โหลดข้อมูลจากฐานข้อมูลทั้งสองแล้ว ในนำข้อมูลแผ่นดินไหวมาจัดเรียงในรูปแบบของตารางในโปรแกรม Microsoft office excel โดยมีข้อมูลสำคัญดังนี้ Longitude Latitude ปี เดือน วัน ขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยต่างๆ ความลึก ชั่วโมง นาที และวินาที โดยแสดงดังตารางด้านล่างนี้

Longitude	Latitude	Year	Month	Day	Mw	mb	Ms	MI	Depth	Hour	Minute	Second
96.15	5.61	2009	4	2	2.7	2.2		3.0	12	3	6	30
95.30	4.96	2009	8	19	3.6	2.3	3.3	3.3	0	19	58	3
95.66	2.56	2008	11	17		2.3	3.7	3.0	0	18	34	4
97.05	1.51	2005	4	21		2.4	4.1		28	0	13	51
91.99	11.10	2006	8	7	3.4	2.4	3.2		0	6	43	38
95.87	12.40	2001	6	27	3.6	2.4	3.2		0	10	43	0
91.82	10.81	2005	2	27	3.6	2.4	2.6	3.7	0	19	39	24
99.52	1.42	2010	1	25	3.2	2.4		2.3	540.1	20	19	21
99.75	1.06	2005	4	10		2.5	2.4		700	17	2	44
96.32	3.10	2008	2	20	3.5	2.5	3.0	2.9	0	13	24	57
92.88	10.58	2006	10	31	3.3	2.5	3.2		0	23	46	23
92.49	12.80	2004	12	29	3.9	2.5	3.1	4.2	0	4	27	57

รูปที่ 3.1: ตารางแสดงตัวอย่างการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

3.2 การแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude Conversion)

คือการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งมีหน่วยในการวัดที่เหมือนหรือแตกต่างกัน จึงนำข้อมูลที่ได้มาแปลงเป็นข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่อยู่ในมาตราวัดเดียวกัน โดยฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจะมีหน่วยมาตราวัดขนาดที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น

ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น (Local Magnitude, ML) เป็นขนาดแผ่นดินไหวรูปแบบแรกที่น่าเสนอโดย (Richter, 1935) ซึ่งเป็นวิธีคำนวณขนาดแผ่นดินไหวอย่างง่าย โดยประเมินจากความสูงของแอมพลิจูดคลื่น ร่วมกับระยะทางระหว่างสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวถึงจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว และปรับแก้ขนาดด้วยค่าสัมประสิทธิ์คงที่ใดๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว ซึ่งการประเมินขนาดแผ่นดินไหวแบบนี้ใช้ได้เฉพาะกับแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในระยะห่างจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวไม่เกิน 650 กิโลเมตร ดังนั้นนักแผ่นดินไหววิทยาจึงเรียกรวดขนาดแผ่นดินไหวแบบนี้ว่า ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่น

ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นเนื้อโลก (Body-wave Magnitude, Mb) ถูกนำเสนอในครั้งแรกโดย Gutenberg และ Richter (1956) โดยเป็นการประเมินขนาดแผ่นดินไหวโดยอ้างอิงจากความสูงแอมพลิจูดของคลื่นปฐมภูมิ (P wave)

ขนาดแผ่นดินไหวจากคลื่นผิวพื้น (Surface Wave Magnitude, MS) นิยมใช้ในกรณีของการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวที่อยู่ห่างจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวและมีขนาดแผ่นดินไหวใหญ่ จึงเหมาะสมที่จะใช้แอมพลิจูดของคลื่นพื้นผิว (Surface wave) เป็นตัวแทนในการประเมินขนาดของแผ่นดินไหว

ขนาดแผ่นดินไหวจากพลังงาน (Energy Magnitude, ME) เป็นขนาดแผ่นดินไหวที่คำนวณจากพลังงานของการเกิดแผ่นดินไหวที่ถูกปลดปล่อยออก (Choy และ Boatwright, 1995)

ขนาดแผ่นดินไหวจากความยาวนานของการสั่น (Duration Magnitude, MD) นำเสนอโดย Bisztricsany (1958) ซึ่งพิสูจน์ว่าความยาวนานของการสั่นจากแผ่นดินไหวนั้นสัมพันธ์กับขนาดแผ่นดินไหวและได้นำเสนอสมการความสัมพันธ์การประเมินขนาดแผ่นดินไหวจากความยาวนานของการสั่นแทนที่การใช้ความสูงของแอมพลิจูดจากส่วนต่างๆ ของคลื่นแผ่นดินไหวในการประเมินขนาดแผ่นดินไหว

ขนาดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศญี่ปุ่น (Japan Meteorological Department Magnitude, MJMA) คือ ขนาดแผ่นดินไหวที่ประเมินจากระเบียบวิธีคิดและสมการความสัมพันธ์ของกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศญี่ปุ่น ซึ่งแตกต่างจากมาตราตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวที่ใช้ทั่วไปในประเทศหรือเครือข่ายการตรวจวัดอื่นๆ

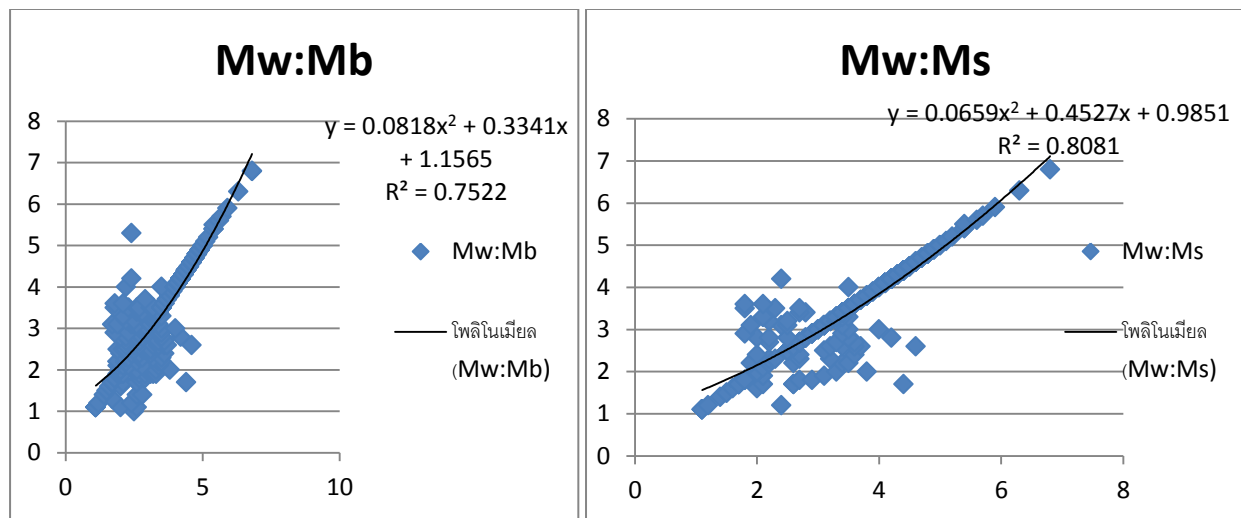
ขนาดแผ่นดินไหวจากโมเมนต์ (Moment Magnitude, Mw) นำเสนอโดย Hanks และ Kanamori (1979) เป็นการพัฒนาการประเมินขนาดแผ่นดินไหวโดยไม่ขึ้นกับชนิดของเครื่องมือตรวจวัด โดยวิเคราะห์จากโมเมนต์แผ่นดินไหว (Seismic Moment) ที่เป็นค่าความสัมพันธ์ที่ประเมินมาจากระยะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน พื้นที่การเคลื่อนตัว ตลอดจนค่าสัมประสิทธิ์ความแข็งแรงของหินในพื้นที่

ซึ่งในแต่ละมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวนั้นอ้างอิงมาจากสมมติฐานและวิธีการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน แต่ในการวิเคราะห์หาค่า b ต้องใช้ฐานข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่มีหน่วยวัดเดียวกัน ซึ่งก็คือหน่วยวัด Moment magnitude (Mw)

สามารถทำการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่มีหน่วยมาตราวัดของ Body-wave magnitude (mb) Surface-wave Magnitude (Ms) และ Local earthquake magnitude (MI) มาปรับค่าให้มีหน่วยมาตราวัดเป็น Moment magnitude (Mw) ได้คือต้องหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยมาตราวัดตัวอื่น โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

1. Body-wave magnitude (mb) และ Moment magnitude (Mw)
2. Surface-wave Magnitude (Ms) และ Moment magnitude (Mw)
3. Local earthquake magnitude (MI) และ Moment magnitude (Mw)

โดยนำข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่เป็นหน่วยมาตราวัด Moment magnitude (Mw) เป็นกราฟแกนตั้ง (แกน y) และนำข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่เป็นหน่วยมาตราวัด Body-wave magnitude (mb) Surface-wave Magnitude (Ms) และ Local earthquake magnitude (MI) เป็นกราฟแกนนอน (แกน x) รวมทั้งสร้างเส้นแนวโน้มในรูปแบบของสมการ Polynomial ก็จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ตามต้องการ



รูป 3.2: ภาพแสดงตัวอย่างการหาความสัมพันธ์ในการแปลงมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหว ระหว่างข้อมูล Body-wave magnitude (mb) และ Moment magnitude (Mw) และ Moment magnitude (Mw) และ Surface wave magnitude (Ms)

Year	Month	Day	Hour	Min	Sec	Latitude	Longitude	Mb	Mw	ML	Ms
2010	8	1	18	6	29	17.4	98.13	2.5	1	1.9	
2010	7	26	14	50	36	19.05	98.25	2	1.1	1.7	
2009	8	9	11	51	39	18.76	98.96	1.1	1.1	1.8	1.1
2010	2	1	13	59	5	18.66	98.79	1.1	1.1	3	1.1
2009	7	14	19	28	45	18.9	99.13	1.1	1.1	3.2	1.1
2010	2	8	21	21	15	18.2	98.99	1.1	1.1	3.6	1.1
2010	8	16	1	46	26	19.4	99.56	2.6	1.1	3.6	
2010	7	26	19	47	13	19.26	98.41	2.4	1.2	1.7	2.4
2009	7	8	7	21	18	18.69	98.88	1.2	1.2	2.6	1.2
2010	8	6	9	38	36	18.6	99.91	1.7	1.3	2.7	
2010	8	14	15	54	18	20	98.15	2.6	1.4	2.1	
2010	7	19	12	9	44	20.359	103.884	2.8	1.4	3.1	
2010	1	31	20	18	7	19.5	97.9	1.4	1.4	3.9	1.4
2010	4	4	9	24	29	18.31	99.67	1.5	1.5	3.7	1.5
2009	5	9	0	23	24	19.01	99.12	1.5	1.5	3.8	1.5
2010	7	26	12	39	13	19.27	98.42	2	1.6	2.5	2
2010	4	11	21	55	16	19.41	99.29	1.6	1.6	3.8	1.6
2010	8	18	17	25	47	19.92	98.36	2.6	1.7	1.7	2.6
2010	8	18	10	14	32	18.73	99.06	2.1	1.7	1.9	2.1
2010	5	2	21	26	44	19.61	99.7	1.7	1.7	2.7	1.7
2010	5	7	5	32	17	19.06	98.88	1.7	1.7	2.9	1.7

รูปที่ 3.3: ตารางแสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวภายหลังการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว

3.3 การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวโดยการจัดกลุ่มแผ่นดินไหว (Earthquake Declustering)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อนำไปหาความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวในกรณีต่างๆที่ต้องการทราบตามข้างต้นนั้น จะต้องใช้ข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวหลักเท่านั้นเนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักเกิดจากแรงเค้น (Stress) แรงเครียด (Strain) จากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีฐาน (Tectonic activity) โดยตรง ทำให้เป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงต้องมีการคัดเลือกข้อมูลโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ซึ่งศูนย์ตรวจวัดแผ่นดินไหวได้ทำการตรวจวัดฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด โดยไม่มีการตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการศึกษาในครั้งนี้ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงต้องทำการคัดเลือกไว้เพียงข้อมูลแผ่นดินไหวหลักตามแนวคิดสมมติฐานของ Gardner และ Knopoff, 1974 เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของผลการศึกษาโดยหลักการจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักออกจากกลุ่มของแผ่นดินไหวประเภทอื่นๆ นิยมใช้แนวคิดหรือสมมติฐานของ Gardner และ Knopoff (1974) (รูปที่ 3.4) โดยความสัมพันธ์ในการจัดกลุ่มของแผ่นดินไหว คือ

- 1) ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว
- 2) ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่พิจารณา และ
- 3) ช่วงเวลาที่เกิดขึ้น

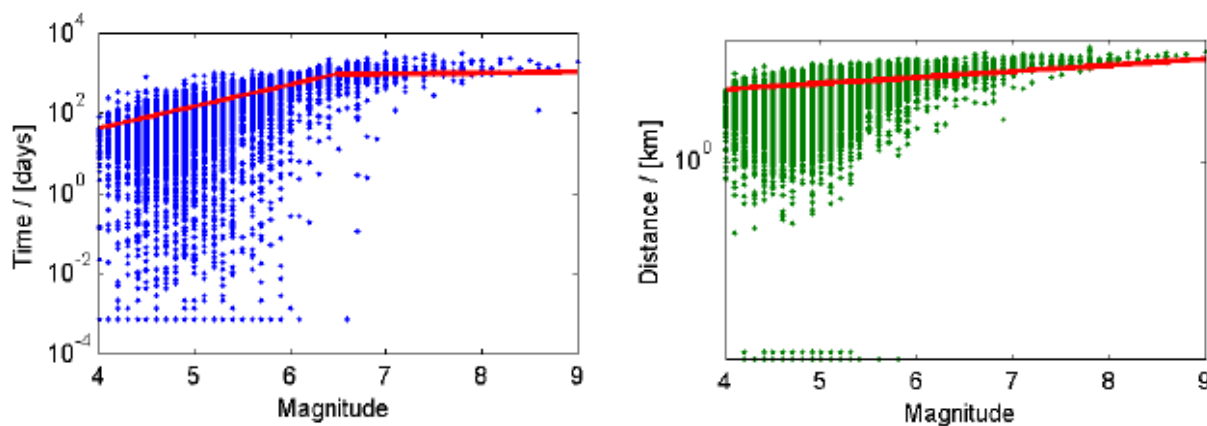
โดยหากเกิดแผ่นดินไหวหลักขนาดเล็ก โอกาสการกระจายตัวของแผ่นดินไหวนำหรือแผ่นดินไหวตามที่จะเกิดขึ้นได้ จะครอบคลุมพื้นที่เล็กๆ และระยะเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามหลังจากเกิดแผ่นดินไหวหลักจะมีช่วงระยะเวลานั้น ในขณะที่กรณีการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โอกาสการกระจายตัวของแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่เกิดขึ้นจะกินพื้นที่เป็นวงกว้างมากขึ้น ตลอดจนช่วงเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวตามหลังจากเกิดแผ่นดินไหวหลักจะมีช่วงระยะเวลายาวนานขึ้น (รูปที่ 3.4) เนื่องจากพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบอันเนื่องมาจากการขยับตัวของรอยเลื่อนในขณะที่เกิดแผ่นดินไหวหลักนั้นมีมากขึ้นทำให้พื้นที่ได้รับผลกระทบกว้างขึ้นและจำเป็นต้องใช้เวลานานขึ้นในการคลายความเครียดเหล่านั้นให้หมดไป

ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดแผ่นดินไหวหลักและแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามที่เกิดขึ้น เพื่อการกำจัดแผ่นดินไหวนำ (Foreshock) และแผ่นดินไหวตาม (Aftershock)

นอกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว ให้เหลือเพียงแผ่นดินไหวหลักที่มีนัยสำคัญจริงๆ ต่อพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานและพฤติกรรมกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

นอกจากนี้เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีการรายงานซ้ำกัน (Identical earthquake) อันเป็นผลเนื่องมาจากการรวมฐานข้อมูลจากหลายๆ ฐานข้อมูลในขั้นตอนก่อนหน้านี้นี้ก็จะสามารถกำจัดในขั้นตอนนี้ด้วยเช่นกัน เนื่องจากแผ่นดินไหวที่มีรายงานซ้ำกันนั้นโดยปกติจะมีตำแหน่งและระยะเวลาการเกิดของแผ่นดินไหวนั้นใกล้เคียงกัน และสอดคล้องกับข้อกำหนดในการจำแนกแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม ตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974)

ผลจากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มแผ่นดินไหวเพื่อกำจัดแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตามและแผ่นดินไหวที่มีการรายงานซ้ำซ้อนกันในบริเวณพื้นที่ศึกษาตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974) ผู้จัดทำสามารถจัดกลุ่มของแผ่นดินไหวได้ 18,151 กลุ่มแผ่นดินไหว (earthquake cluster) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นดินไหวจำนวน 343,955 เหตุการณ์ (ซึ่งคิดเป็น 92% จากเหตุการณ์ทั้งหมด(372,904 เหตุการณ์)) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจำแนกเป็นแผ่นดินไหวหลักทั้งสิ้น 27,270 เหตุการณ์ โดยเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1960-2012 และมีขนาดแผ่นดินไหวที่อยู่ระหว่าง 4-9 ริคเตอร์



รูปที่ 3.4 ผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Gardner และ Knopoff (1974)

(ซ้าย) เส้นสีแดงคือกรอบระยะทางและเวลาที่แสดงว่าหากพิจารณาเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดใดๆ เหตุการณ์แผ่นดินไหวอื่นๆ ที่มีระยะทางใกล้หรือต่ำกว่าเส้นสีแดงของกราฟระยะทาง และมีระยะเวลาของการเกิดขึ้นภายในหรือต่ำกว่าเส้นสีแดงของกราฟระยะเวลา ถือว่าเป็นเหตุการณ์แผ่นดินไหวกลุ่มเดียวกัน ซึ่งหลังจากจัดกลุ่มแผ่นดินไหวทั้งหมด แผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในแต่ละกลุ่มจะถูกเลือกเป็นแผ่นดินไหวหลัก (Main shock)

(ขวา) ตัวอย่างผลการจัดกลุ่มแผ่นดินไหวและกำจัดแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตามและแผ่นดินไหวเหตุการณ์เดียวกันออกจากฐานข้อมูล วงกลมสีเขียวคือข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนการวิเคราะห์ วงกลมสีแดงคือแผ่นดินไหวหลักที่ได้หลังจากการวิเคราะห์

นอกจากนี้ผู้จัดทำได้นำข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว ทั้งก่อนและหลังการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักมาจัดทำเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างจำนวนแผ่นดินไหวสะสม (Cumulative number of earthquake) ในแกนตั้งและปีของการตรวจวัดในแกนนอน (รูปที่ 3.4) ผู้จัดทำพบว่าอัตราการเกิดแผ่นดินไหวสะสมที่ตรวจวัดได้ทั้งหมดก่อนการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักนั้นมีมากกว่าหลังการคัดเลือก และที่สำคัญผู้จัดทำพบว่าจำนวนแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักนั้นมีความใกล้เคียงกับกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงมากกว่าก่อนการคัดเลือก โดยเป็นผลมาจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม ได้ถูกกำจัดออกไป

โดยหลักการในทางธรณีแปรสัณฐาน นักวิจัยเชื่อว่ากระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานซึ่งเป็นกลไกหลักของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาอันสั้น เช่น ความเร็วของการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกนั้น ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในทันทีทันใด ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่า อัตราการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงระยะเวลาอันสั้น โดยเฉพาะในระยะ 50 ปีของการตรวจวัดและบันทึกแผ่นดินไหวจากเครื่องมือตรวจวัด ดังที่ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ จึงควรมีอัตราการเกิดที่สม่ำเสมอหรืออีกนัยหนึ่งหากพิจารณาในเชิงจำนวนแผ่นดินไหวสะสมนั้นควรจะเป็นเส้นตรงหรือใกล้เคียงกับการเป็นเส้นตรง

ดังนั้นจากรูปที่ 3.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักที่มีความใกล้เคียงความเป็นเส้นตรงนั้น จึงสื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานที่เป็นต้นเหตุของแผ่นดินไหวได้ค่าใกล้เคียงมากกว่าชุดข้อมูลก่อนการเลือกแผ่นดินไหวหลัก

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผลการแสดงความสัมพันธ์ในรูปแบบกราฟของจำนวนแผ่นดินไหวสะสมจากข้อมูลหลังการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักจะแสดงให้เห็นถึงความใกล้เคียงกับกราฟเส้นตรงมากยิ่งขึ้น แต่ยังไม่ถือว่าเป็นเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าอาจมีปัจจัยด้านอื่นๆ ที่ทำให้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์ได้นั้นยังไม่สื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง ซึ่งจากประสบการณ์ของงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมา นักวิจัยด้านแผ่นดินไหวพบว่าปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งมาจากผลกระทบของกิจกรรมมนุษย์ ซึ่งผู้จัดทำจะแสดงและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป

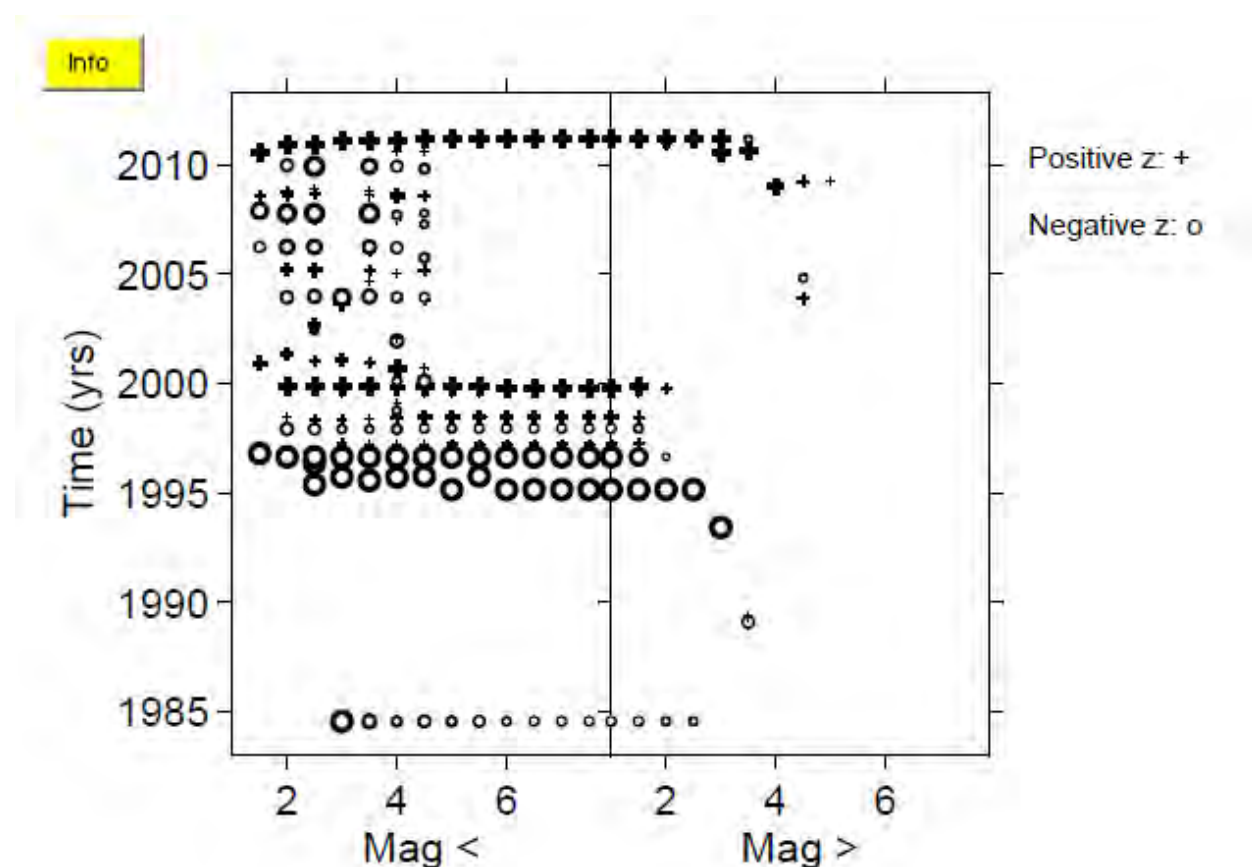
3.4 การตรวจสอบและกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ปัจจุบันนักแผ่นดินไหววิทยาพบว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้นั้น ได้รับผลกระทบจากกิจกรรมการตรวจวัดของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงหน่วยงานหรือระบบการดูแลจัดการเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว (Habermann และ Wyss, 1984) การเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์ในการประเมินข้อมูลแผ่นดินไหวในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง (Wyss และ Habermann, 1988b) การเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดสำหรับการวิเคราะห์แผ่นดินไหว (Wyss, 1991) การยกเลิกหรือติดตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวเพิ่มเติม (Wyss, 1991) และการเปลี่ยนแปลงในหน่วยวัดหรือค่าจำกัดความของขนาดแผ่นดินไหว (Perez และ Scholz, 1984) ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์เหล่านี้ ส่งผลให้การตรวจวัดแผ่นดินไหวหรือการรับข่าวสารด้านแผ่นดินไหวจากโลกนั้นไม่เป็นระบบหรือต่อเนื่อง เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือวิธีการวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวของเครือข่าย ทำให้การประเมินขนาดแผ่นดินไหวนั้นเปลี่ยนแปลงไปทั้งระบบ การยกเลิกสถานีตรวจวัดอาจทำให้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้นั้นมีจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยลง หรือการเพิ่มสถานีตรวจวัดอาจทำให้มีการตรวจจับแผ่นดินไหวได้มากขึ้น ซึ่งดังที่กล่าวในข้างต้นว่าในทางธรณีวิทยาเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราหรือกิจกรรมทางธรณีแปรสัณฐานที่เป็นสาเหตุหลักให้เกิดแผ่นดินไหวนั้นไม่สามารถเปลี่ยนได้อย่างทันทีทันใดในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นนักวิจัยด้านแผ่นดินไหวจึงเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมจึงสื่อถึงกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งควรจะมีการปรับแก้หรือเลือกใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความต่อเนื่องมากที่สุด เพื่อให้ข้อมูลแผ่นดินไหวนั้นสื่อถึงกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานมากที่สุด

Habermann (1983, 1987) ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราตรวจวัดแผ่นดินไหว โดยการพิจารณาจากอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด โดยใช้การทดสอบค่า Z สำหรับการหาการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวระหว่าง 2 ช่วงเวลา (Habermann, 1983; 1987) เพื่อที่จะเปรียบเทียบ โดยใช้ค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงระหว่าง 2 ช่วงเวลา ($M1$ และ $M2$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S1$ และ $S2$) และจำนวนของตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลา ($N1$ และ $N2$) โดยใช้สมการประเมินค่า Z ดังแสดงในสมการข้างล่าง

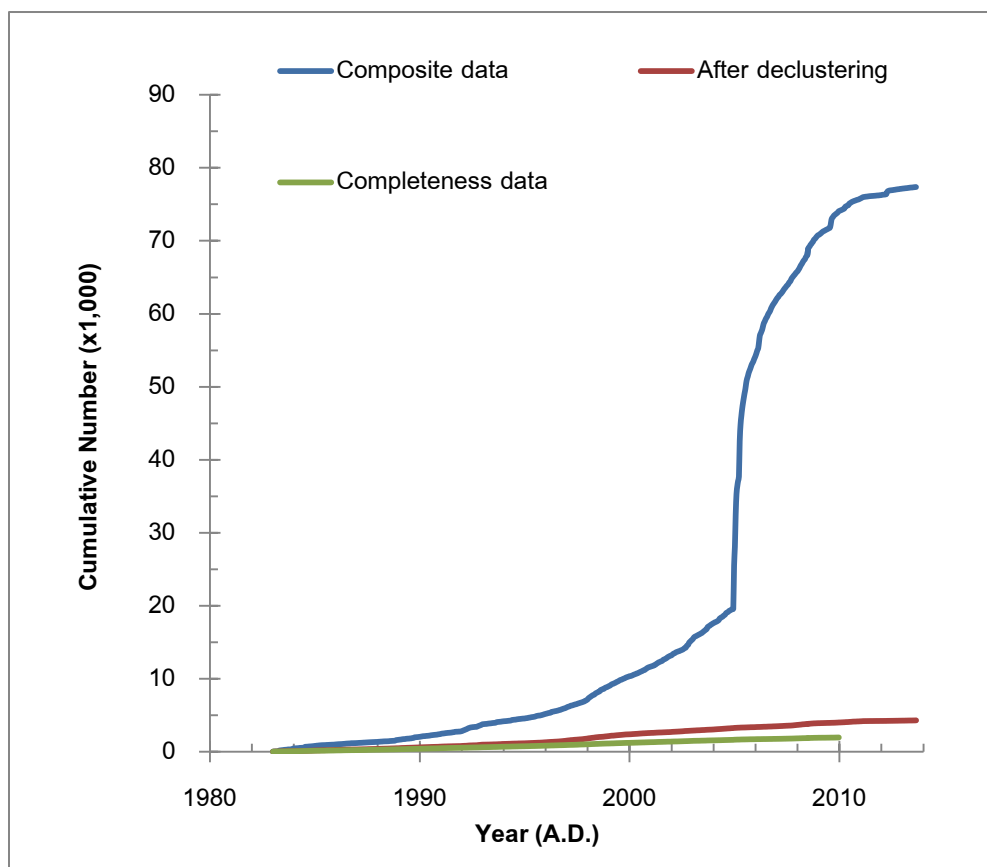
$$Z = \frac{M1 - M2}{\sqrt{\frac{S1^2}{N1} + \frac{S2^2}{N2}}}$$

โดยผลการคำนวณจะแสดงอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด และในแต่ละช่วงเวลาเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก (Main shock) ในพื้นที่ศึกษาตามแนวคิดของ Habermann (1983, 1987) โดยแสดงอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการบันทึก (แกนตั้ง) และขนาดแผ่นดินไหว (แกนนอน) ซึ่งจากกราฟด้านขวาที่แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดที่มากกว่าระดับแผ่นดินไหวที่กำหนด พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวอยู่หลายช่วงเวลา เช่นในช่วงปี ค.ศ. 1964 มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวในช่วงแผ่นดินไหวขนาด ≤ 6.7 ซึ่งแผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่า 6.7 จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงว่ามีกิจกรรมบางอย่างของการตรวจวัดหรือการวิเคราะห์แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวในช่วงปี ค.ศ. 1964 นี้ หรือในช่วงปี ค.ศ. 1977-1978 พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการตรวจวัดแผ่นดินไหวตลอดช่วงขนาดแผ่นดินไหว เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาได้ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ในเชิงสถิติซึ่งเป็นวิธีการหลักของการศึกษาวิจัยนี้



รูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดและบันทึกแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Habermann (1983; 1987) ในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละช่วงขนาดแผ่นดินไหว

โดย O แสดงอัตราการตรวจวัดที่ลดลง ส่วน + แสดงอัตราการตรวจวัดที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3.6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ในชั้นต่างๆ โดยเส้นสีน้ำเงินแสดงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลก่อนการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลัก อันเกิดจากการที่มีข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้กราฟแผ่นดินไหวสะสมนั้นไม่เป็นเส้นตรงมากนัก ส่วนในกรณีของกราฟจากฐานข้อมูลที่มีการกำจัดแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม (เส้นสีแดง) พบว่ากราฟอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับการเป็นเส้นตรงมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม หลังจากมีการวิเคราะห์ผลกระทบของอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ และมีการคัดเลือกเฉพาะแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 4.4 ริกเตอร์ที่มีการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ. 1984-2010 และนำมาแสดงความสัมพันธ์อีกครั้งของอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่ามีลักษณะที่ใกล้เคียงกับเส้นตรงมากที่สุด (เส้นสีเขียว)

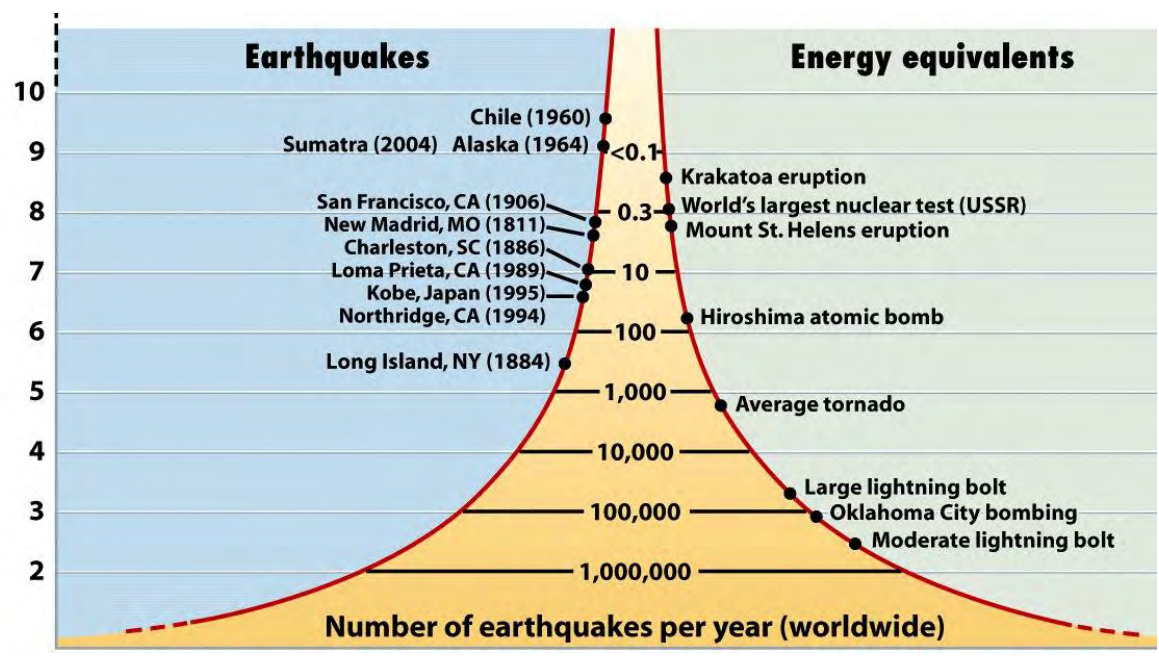
ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการตรวจสอบและคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้นนี้ ในทางสถิติจะถือว่า
ฐานข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์หาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสมและให้ความหมายถูกต้องที่สุด
ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ตามที่กล่าวข้างต้นแสดงในภาคผนวก

บทที่ 4

การวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดินไหวเบื้องต้น (Earthquake behavior Analysis)

4.1 การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (Frequency-magnitude Earthquake Distribution)

จากข้อมูลการตรวจวัดแผ่นดินไหวที่มีมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้นักแผ่นดินไหววิทยาสังเกตและสรุปได้ว่าในพื้นที่ใดๆ หากพิจารณาในเชิงของขนาดและอัตราการเกิดแผ่นดินไหว แผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่สูงกว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่นในแต่ละปี นักแผ่นดินไหววิทยาประเมินว่า แผ่นดินไหวขนาด 2 ริกเตอร์เกิดขึ้นทั่วโลกประมาณ 1,000,000 ครั้ง ในขณะที่แผ่นดินไหวขนาด 5 ริกเตอร์ เกิดขึ้นโดยเฉลี่ย 1,000 ครั้งต่อปี (รูปที่ 2.9)



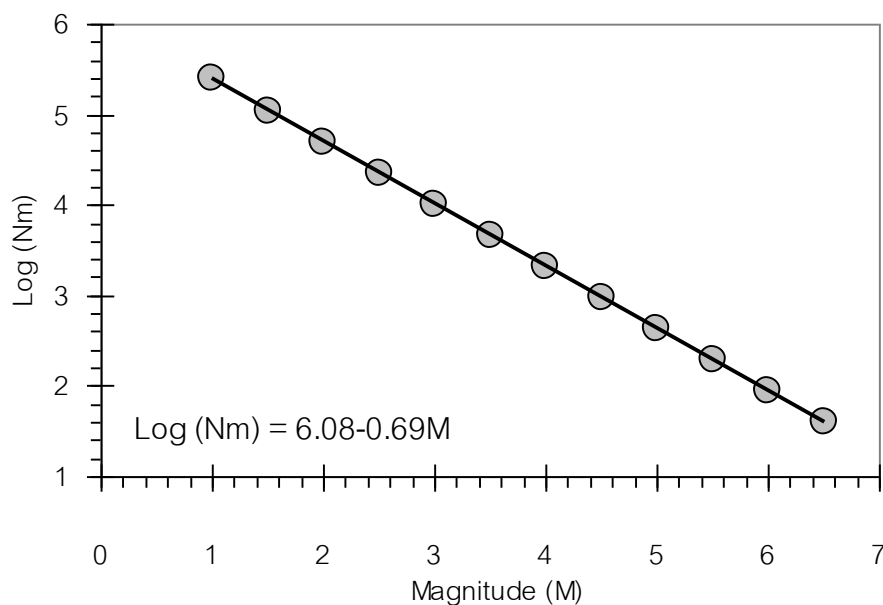
รูปที่ 4.1 สถิติอัตราการเกิดแผ่นดินไหวทั่วโลกจำแนกตามขนาดแผ่นดินไหว

ซึ่งจากการสังเกตและศึกษาในเชิงลึกของสถิติการเกิดแผ่นดินไหว นักแผ่นดินไหววิทยาโดยเฉพาะ Ishimoto และ Iida (1939) และ Gutenberg และ Richter (1944) ได้นำเสนอว่าในพื้นที่ใดๆ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดแผ่นดินไหวดังแสดงในสมการ (1) (ดูรูปที่ 2.10 ประกอบ)

$$\log(N_m) = a - bM, \quad (1)$$

ซึ่งในปัจจุบันมักนิยมเรียกสมการนี้ว่า Gutenberg-Richter relationship หรือ G-R relationship โดยกำหนดให้ N_m คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากับหรือมากกว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ M โดยค่า a และ b คือค่าคงที่ ซึ่งเป็นจำนวนจริงที่มีค่าบวก โดย a คือค่าที่แสดงหรือบอกเป็นนัยสำคัญของอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Seismic activity) โดยรวมจากทุกๆ ขนาดแผ่นดินไหว (\log ของจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่า $M=0$) ในพื้นที่นั้น ส่วน b คือ ค่าที่แสดงถึงอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรงเมื่อเทียบกับขนาดรอบข้าง ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ (รูปที่ 4.2) โดยทั้งค่า a และ b นั้นเป็นตัวแปรสำคัญที่สื่อถึงพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ใดๆ ได้โดยตรง

ด้วยเหตุนี้ หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อให้เป็นระบบและเป็นตัวแทนของลักษณะธรณีแปรสัณฐานโดยตรงของพื้นที่ศึกษา ผู้จัดทำจึงใช้ข้อมูลที่ผ่านมาการสังเคราะห์แล้วมาวิเคราะห์และประเมินผลตามสมการ (1) เพื่อประเมินค่า a และ b ในแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว และนำไปใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในการประเมินและนำเสนอพฤติกรรมด้านแผ่นดินไหวในแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว (M) และความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว (N_m) โดยจากภาพสามารถคำนวณค่า $a = 6.08$ และค่า $b = 0.69$

โดยในการศึกษาครั้งนี้ อันดับแรกผู้จัดทำได้ประเมินในเบื้องต้นถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ได้คัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลที่ผ่านการสังเคราะห์ความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว และตั้งสมมุติฐานว่าแผ่นดินไหวใดๆ ที่อยู่รัศมีไม่เกิน 150 กิโลเมตร (Gupta, 2002) จากข้อมูลของพื้นที่บริเวณที่ศึกษานั้น

ซึ่งหลังจากการคัดเลือกข้อมูลของพื้นที่ที่ต้องการศึกษา พบว่ามีเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักที่อาจเกิดจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในแต่ละแหล่งแตกต่างกันไป พบว่าจากจำนวนเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหวทั้ง 1452 เหตุการณ์ สามารถจัดได้เป็น 168 กลุ่มแผ่นดินไหว สามารถตัดแผ่นดินไหวนำ และแผ่นดินไหวตามได้ 660 เหตุการณ์ คิดเป็น 45.45% และได้คัดเลือกแต่แผ่นดินไหวหลักจำนวน 792 เหตุการณ์มาใช้ในการคำนวณ

4.2 การประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเบื้องต้น (Preliminary Evaluation of Earthquake Activities)

นักแผ่นดินไหววิทยาได้สังเกตพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากเครื่องมือตรวจวัด และมีการนำเสนอความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกัน ซึ่งในปี ค.ศ. 2009 นักแผ่นดินไหววิทยาชื่อYadav ได้ทำการศึกษาและนำเสนอสมการความสัมพันธ์ที่พัฒนามาจาก Gutenberg และ Richter (1944) และ Ishimoto และ Iida (1939) ดังแสดงในสมการ (2)

$$\ln(N_m) = \ln \alpha - \beta m \quad (2)$$

โดยกำหนดให้ N_m คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับแผ่นดินไหวที่มีขนาด M โดยค่า α และ β คือค่าคงที่และสัมพันธ์กับค่า a และ b ในรูปของ $\alpha = \exp(a \ln(10))$ และ $\beta = b \ln(10)$ ซึ่งจากค่าตัวแปรทั้งสองนี้ที่ปรึกษาสามารถวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ในแต่ละปีที่พิจารณา ดังแสดงในสมการ (3)

$$u_t = \frac{\ln(\alpha t)}{\beta} \quad (3)$$

โดยกำหนดให้ u_t คือ ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลา t ที่พิจารณา

ในกรณีของการวิเคราะห์คาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ที่ปรึกษาสามารถวิเคราะห์คาบอุบัติซ้ำของแต่ละขนาดแผ่นดินไหวได้จากสมการ (4) (Yadav, 2009) โดยกำหนดให้ค่า T_m คือ คาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด m ซึ่งเป็นส่วนกลับของจำนวนหรือความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว N_m โดยสามารถประเมินได้จากค่า α และ β ของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวหรือแต่ละเขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ดังที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น

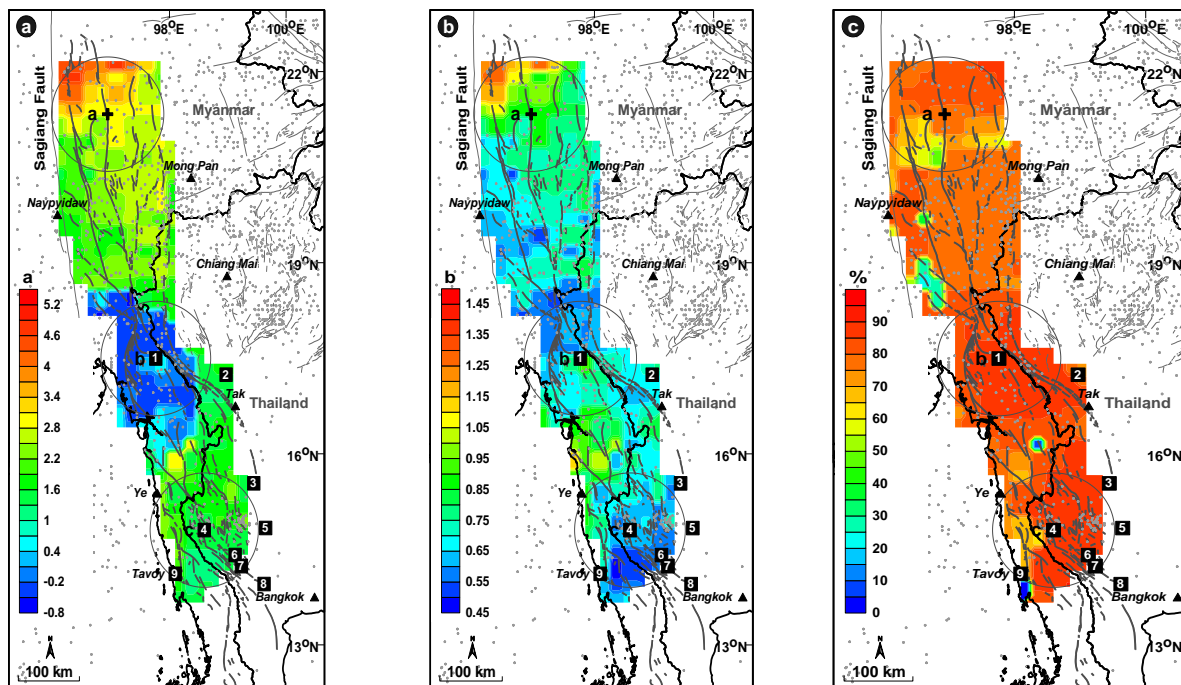
$$T_m = \frac{1}{N_m} = \frac{\exp(\beta m)}{\alpha} \quad (4)$$

4.3 การประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเชิงพื้นที่ (Spatial Evaluation of Earthquake Activities)

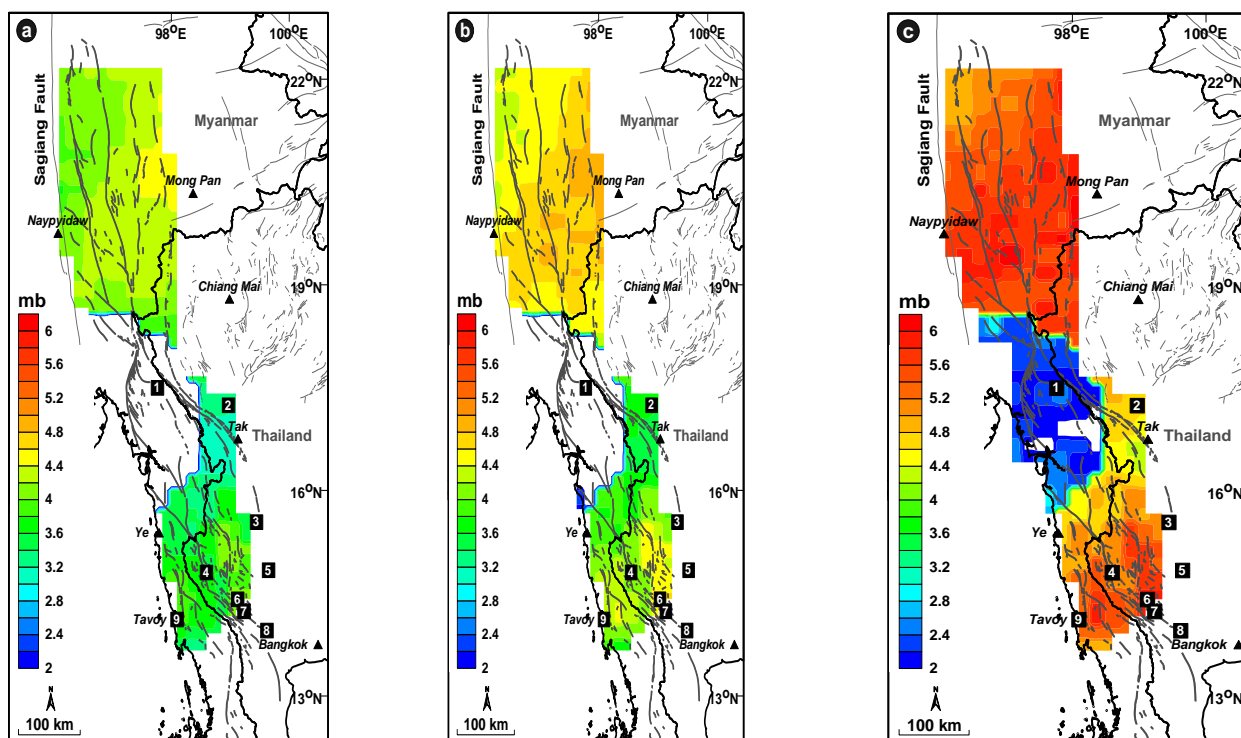
คือการนำข้อมูลในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ได้ทำการปรับปรุงแล้วดังที่กล่าวไว้ข้างต้น มาทำการใส่สมการ Gutenberg และ Richter (1944) หาค่า a และ ค่า b ต่อกันนั้นจึงนำค่า a และค่า b ที่ได้มาทำการใส่สมการของ Yadav (2011) เพื่อทำเป็นกราฟแผนที่ที่จะแสดงถึง

- 1) แผนที่แสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ในรอบ x ปี ในหน่วย ริกเตอร์/ปี
- 2) แผนที่แสดงการเกิดคาบอุบัติซ้ำในแต่ละขนาดแผ่นดินไหวที่สนใจ ในหน่วย ปี
- 3) แผนที่แสดงความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด Y ริกเตอร์ ในรอบ X ปี

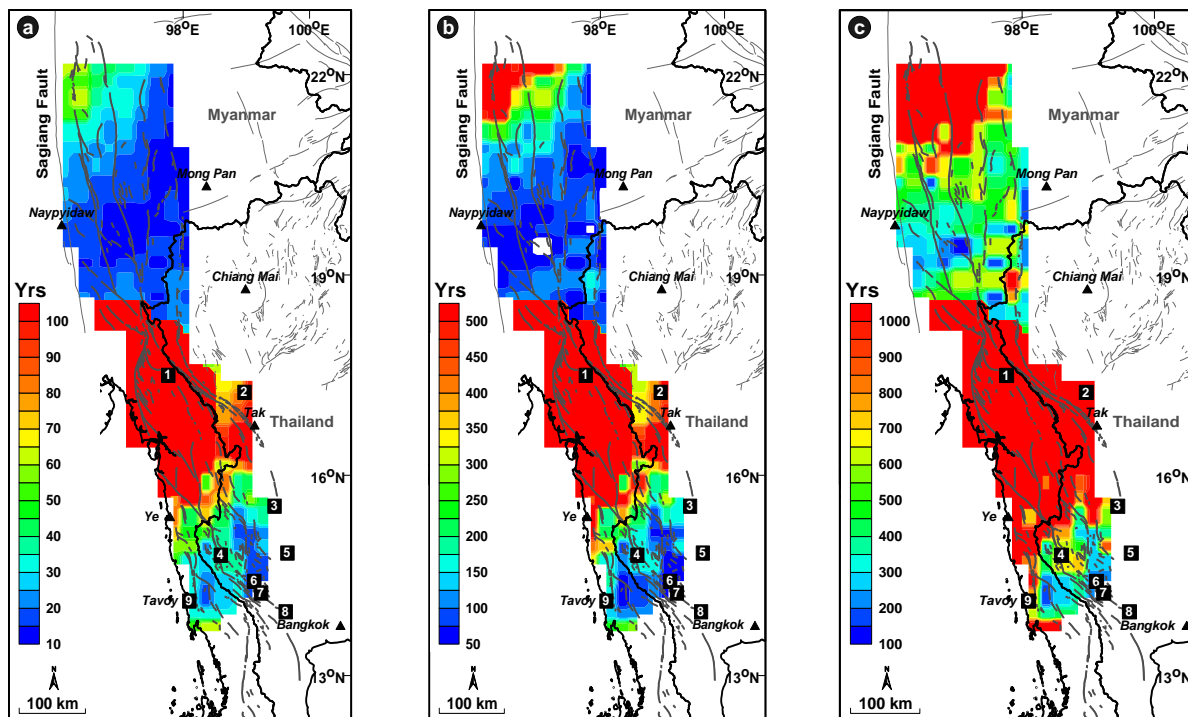
ซึ่งเมื่อได้ทำการนำข้อมูลเพื่อประมวลผลตามข้อมูลเบื้องต้นจะแสดงออกมาเป็นแผนที่ต่างๆดังนี้



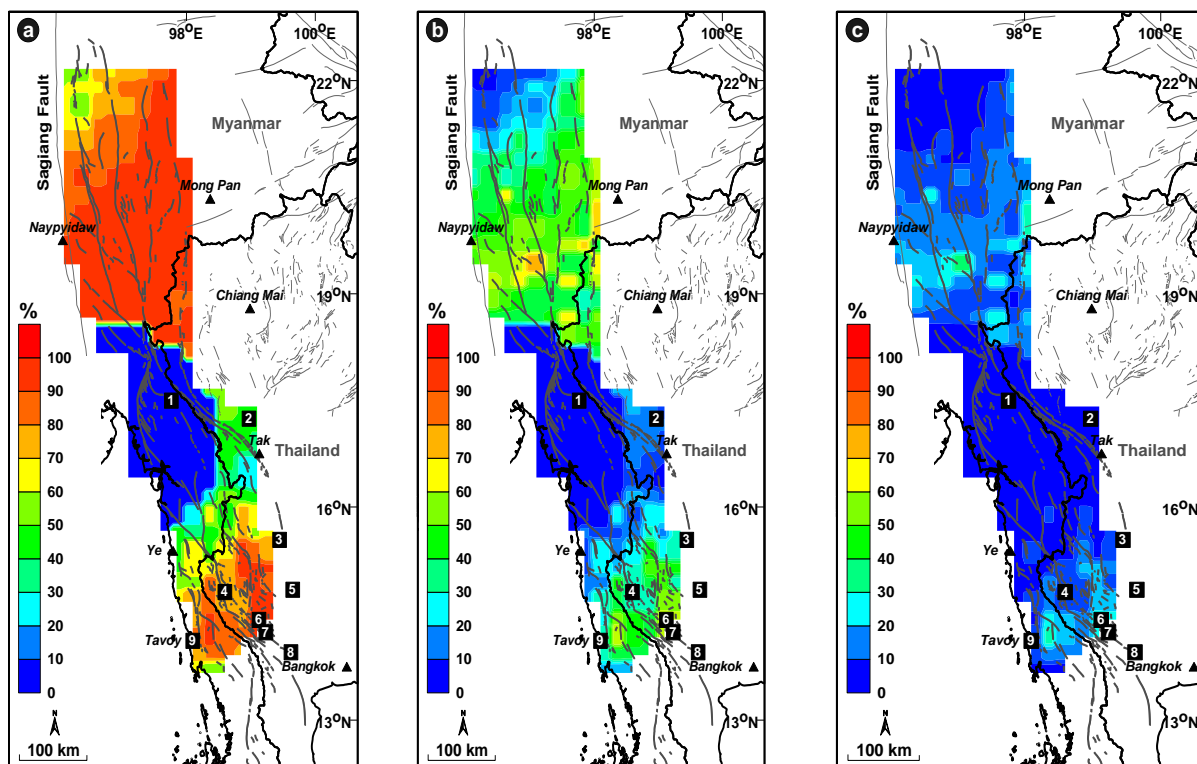
รูปที่ 4.3 : แสดงแผนที่ค่า a ค่า b และค่าความเชื่อมั่นของข้อมูล (Goodness fit)



รูปที่ 4.4 : แผนที่แสดงค่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ในรอบ 5 ปี 10 ปี 50 ปี ตามลำดับ



รูปที่ 4.5 : แผนที่แสดงคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5,6,7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 : แผนที่แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5,6,7 ในรอบ 50 ปี

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล (Discussion and Conclusion)

ซึ่งจากกราฟแผนที่ที่ได้จัดทำขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า a ค่า b และพฤติกรรมแผ่นดินไหวที่แสดงออกมาในรูปแบบของกราฟแผนที่แสดงค่าขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวในแต่ละปี และ กราฟแผนที่แสดงคาบอุบัติซ้ำ และกราฟแผนที่แสดงค่าความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ ในบริเวณพื้นที่ศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยยะสำคัญ ซึ่งผู้จัดทำสามารถแบ่งบริเวณพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ย่อยๆได้แก่ บริเวณตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา บริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และ บริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถสรุปออกมาเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ในแต่ละพื้นที่ศึกษา ย่อยๆดังนี้

บริเวณพื้นที่ศึกษา	ขนาดสูงสุดที่จะเกิด			คาบอุบัติซ้ำ			ความน่าจะเป็น		
	5ปี	10ปี	50ปี	5	6	7	5	6	7
ตอนเหนือ	3.8	4.8	5.5	12 ปี	70 ปี	700 ปี	90	60	15
ตอนกลาง	0	0	2	100 ปี	500 ปี	1000 ปี	0	5	10
ตอนล่าง	3.5	4	5.2	30 ปี	150 ปี	400 ปี	70	40	15

จากตารางเปรียบเทียบความสัมพันธ์จะพบว่าบริเวณทางตอนเหนือของบริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีพฤติกรรมแผ่นดินไหวที่รุนแรงที่สุด รองลงมาจะเป็นบริเวณตอนล่าง และบริเวณตอนกลางจะเป็นบริเวณที่มีพฤติกรรมแผ่นดินไหวน้อยที่สุด ซึ่งจากการศึกษาพบว่าบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษามีความเสี่ยงในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5,6,7 ซึ่งในบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษาจะมีเขื่อนอยู่บริเวณมากทั้งในประเทศไทยและในประเทศพม่าซึ่งทางผู้จัดทำหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะมีส่วนช่วยในการตระหนักถึงอันตรายของแผ่นดินไหวที่อาจเกิดผลกระทบต่อเขื่อน

เอกสารอ้างอิง

- Pailoplee, S., et al. b-value Anomalies along the Northern Segment of the Sumatra-Andaman Subduction Zone: Implication for Upcoming Earthquake. *Journal of Earthquake and Tsunami* 7 (June 2013) : 1350030
- Saurabh Baruah , Low b-value prior to the Indo-Myanmar subduction zone earthquakes and precursory swarm before the May 1995 M 6.3 earthquake
- Chung-Han Chan , Spatial and temporal evolution of b-values before large earthquakes in Taiwan
- Ethem Görgün , Analysis of the b-values before and after the 23 October 2011 Mw 7.2 Van-Ercis, Turkey earthquake
- Nuannin, P., Kulhanek, O., Persson, L. and Tillman, K. 2002. Forecasting of increasing induced seismicity in the Zinkgruvan mine, Sweden, by using temporal variations of b-values. *Acta Montana, Series A*, 21, 13-25.