โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ การประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน

ชื่อนิสิต นางสาวพรรณราย แซ่เห้ง

ภาควิชา ธรณีวิทยา

ปีการศึกษา 2556

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน

นางสาว พรรณราย แซ่เห้ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PROBABILISTIC ANALYSIS OF EARTHQUAKES OCCURRENCE ALONG THE SUMATRA-ANDAMAN SUBDUCTION ZONE

MISS PANNARAI SAEHEANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE BACHELOR OF SCIENCE

DEPARTMENT OF GEOLOGY, CHULALONGKORN UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2013

COPYRIGHT OF CHULALONGKORN UNIVERSITY

วันที่ส่ง ...../...../.....

วันที่อนุมัติ ...../...../.....

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

การประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน

พรรณราย แซ่เห้ง

ภาควิชาธรณีวิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: +668-9812-1794, E-mail: pannarai.saeheang@gmail.com

บทคัดย่อ

สึนามิครั้งใหญ่ในประเทศไทยเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 นำความสูญเสียสู่ประเทศไทยเป็นอย่างมาก ซึ่งจากการสำรวจต่อมาบ่งชี้ว่าภัยพิบัติสึนามิดังกล่าว เกิดจากแผ่นดินไหวใต้ทะเลขนาด 9.1 ริกเตอร์ ทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนิเซีย ซึ่งอยู่ในพื้นที่เขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงมีความสนใจศึกษาทำการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบของพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลทางการศึกษาที่นำไปใช้ประโยชน์และทำให้เข้าใจถึงพฤติกรรมการเกิดของแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

การประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน คือการศึกษาพฤติกรรมของการเกิดแผ่นดินไหวจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และขนาดแผ่นดินไหว โดยนำไปประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเบื้องต้น แล้วนำไปศึกษาแสดงเป็นแผนที่การกระจายตัวของข้อมูล พบว่าบริเวณพื้นที่ทางตอนใต้ของแนวมุดตัวมีความเสี่ยงในด้านต่างๆสูงเป็นดังนี้ 1. ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ พบว่าบริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัวแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน สามารถเกิดแผ่นดินไหวได้ในขนาดใหญ่สูงสุดถึง 5.6 7.0 7.6 และ 8.4 ริกเตอร์ ในรอบ 1 5 10 และ 50 ปี ตามลำดับ 2. คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4-7 ริกเตอร์ เมื่อพิจารณาพื้นที่ทางตอนใต้ของแนวมุดตัวสุมาตรา-อันดามัน มีช่วงระยะเวลาของคาบอุบัติซ้ำส่วนใหญ่อยู่ประมาณ 0.1-0.4 0.55-1.25 1.5-7.0 และ 5-40 ปี ตามลำดับ 3.ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5-7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี บริเวณพื้นที่ทางตอนใต้ของแนวมุดตัวมีโอกาสในการเกิดเป็นส่วนใหญ่อยู่ช่วงประมาณ 40-50% 30-50% และ 10-50% ตามลำดับ

คำสำคัญ: พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว, ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว, แนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน, คาบอุบัติซ้ำการเกิดแผ่นดินไหว, ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหว

PROBABILISTIC ANALYSIS OF EARTHQUAKES OCCURRENCE ALONG THE SUMATRA-ANDAMAN SUBDUCTION ZONE

Pannarai Saeheang

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Tel: +668-9812-1794, E-mail: pannarai.saeheang@gmail.com

Abstract

According to the 2004 Tsunami hazard, the coastal communities along the Indian Ocean recognized that the Sumatra-Andaman Subduction Zone (SASZ) is one of the most hazardous seismogenic source zone. Therefore, the earthquake activities along the SASZ should be clarified. Based on the frequency-magnitude distribution model, the earthquake activities are analyzed spatially along the SASZ. The obtained results revealed that the southern part of the SASZ in the highest activities of earthquake.

The earthquake with magnitude 5.6, 7.0, 7.6 and 8.4 Mw capable to generated in the next 1, 5, 10 and 50 year, respectively along the southern part of the SASZ. Meanwhile for the return period of earthquake, the earthquake with magnitude 4.0-7.0 Mw generate along the southern part in every 0.1-0.4, 0.55-1.25, 1.5-7.0 and 5-40 year. In addition for probability of earthquake occurrence, there are around 40-50 %, 30-50 % and 10-50 %, the earthquake with magnitude 5.0-7.0 Mw might be posed along the southern part of the SASZ in the upcoming 50 year.

Keyword: Earthquake activity, Earthquake catalogue, Sumastra-Andaman subduction zone, Return period, Probability of earthquake occurrence

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ภัยหลบลี้ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่คอยสละเวลาช่วยเหลือ สอน แนะนำความรู้ในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมไปถึงทักษะกระบวนการความคิดที่จะนำไปใช้ในการนำเสนองานให้ผู้อื่นรับฟังและการทำงานต่างๆในอนาคต ทางผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย รวมทั้งขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆท่านในภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้สั่งสอน ให้ความรู้กับผู้จัดทำเป็นอย่างดีมาตลอด 4 ปีที่ผ่านมา รวมทั้งได้มอบแนวทางความคิดการดำเนินชีวิต ประสบการณ์ต่างๆที่เรียนรู้ไม่ได้จากในห้องเรียน ไม่สามารถหาอ่านได้จากตำราใดๆได้ และขอขอบคุณ น.ส.ดุจกมล วงศ์สุวพิชญ์ น.ส.อธิญาณ์ วลีอิทธิกุล และนาย ภูวนชัยขจรวัฒน์ ที่คอยช่วยเหลือ และแนะนำข้อมูลบางส่วนในการทำงาน ให้ทำงานได้อย่างราบรื่นและสำเร็จไปด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 นิยามปัญหาและสมมติฐาน	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 พื้นที่ศึกษา	2
1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
1.6 ขอบเขตงานวิจัย	9
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัยและข้อมูลธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่	11
2.1 ระเบียบวิธีวิจัย	11
2.2 ข้อมูลธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่	13
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล	14
3.1 การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว	14
3.2 การแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว	17

3.3 การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตาม และข้อมูลที่รายงานซ้ำกันออกจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก 22

3.4 การตรวจสอบและกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ 26

3.5 การกระจายตัวของแผ่นดินไหวจากภาพตัดขวาง 30

บทที่ 4 การวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดินไหวเบื้องต้น 36

4.1 การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว 36

4.2 การประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเบื้องต้น 38

4.3 การประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเชิงพื้นที่ 40

บทที่ 5 อภิปรายผลสรุปและข้อเสนอแนะ 48

5.1 อภิปรายผลสรุป 48

5.2 ข้อเสนอแนะ 50

เอกสารอ้างอิง 51

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว 14

ตาราง 3.2 ตารางแสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวภายหลังการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว 21

ตาราง 5.1 ตารางสรุปผลการศึกษาขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ในรอบ 1, 5, 10, 50 ปี 49

ตาราง 5.2 ตารางสรุปผลการศึกษาคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6 และ 7 ริกเตอร์ 49

ตาราง 5.3 ตารางสรุปผลการศึกษาความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5, 6และ7 ริกเตอร์ ในรอบ 50ปี 49

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูป 1.1 แผนที่ทะเลอันดามันและพื้นที่ข้างเคียง แสดงทิศทางการวางตัวโดยประมาณของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน 2

รูป 1.2 แผนที่แสดงจุด Epicenter ของแผ่นดินไหวขนาด M ≥3.5 จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว SSN ในช่วงปีค.ศ.1988-1998 บริเวณชายฝั่งแปซิฟิกของประเทศเม็กซิโก 3

รูป 1.3 แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 6.5 ริกเตอร์ (M≥6.5) ในช่วง ค.ศ.1891-1999 (Utsu, 1985) 4

รูป 1.4 แผนที่ของความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวท้องถิ่นที่มีขนาด $M_d \geq 7$ 4

รูป 1.5 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและจุด epicenter ของแผ่นดินไหว ระหว่าง 1 มกราคม 2000 – 25 ธันวาคม 2004 5

รูป 1.6 แผนที่การกระจายตัวของค่า b ปีค.ศ. 1995-1999 และ ปีค.ศ. 2000-2003 จากฐานข้อมูล ISC 6

รูป 1.7 การกระจายตัวของค่า b บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน โดยได้มาจากการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปีค.ศ.1980-1994 ค.ศ.1980-2003 และ ค.ศ.1980-2010 7

รูป 1.8 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้หลังจากการคัดเลือกข้อมูลและข้อมูลธรณีพิบัติแผ่นดินไหว 8

รูป 1.9 แผนที่แสดงขนาดแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้สูงสุดในช่วงเวลา 10 ปี แผนที่แสดงคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้ในขนาด 6 ริกเตอร์ (M_b level) และแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในช่วงปีค.ศ. 1984-2010 9

รูป 2.1 แผนที่ภูมิศาสตร์กายภาพบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน 13

รูป 3.1 ภาพจำนวนข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวฐานข้อมูล IRIS บันทึกจากปีค.ศ. 1990-2013 (สิ้นสุดเดือนสิงหาคม) 15

รูป 3.2 ภาพจำนวนข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวฐานข้อมูล TMD บันทึกจากปีค.ศ. 1983-2009 16

รูป 3.3 ภาพการกระจายตัวของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS และ TMD 17

รูป 3.4 ภาพแสดงตัวอย่างการหาความสัมพันธ์ในการแปลงมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหว ระหว่างข้อมูล Body-wave magnitude และ Moment magnitude 18

รูป 3.5 ภาพความสัมพันธ์ระหว่าง Body-wave magnitude และ Moment Magnitude 19

รูป 3.6 ภาพความสัมพันธ์ระหว่าง Surface-wave Magnitude และ Moment Magnitude 20

รูป 3.7 ภาพความสัมพันธ์ระหว่าง Local earthquake magnitude และ Moment Magnitude 21

รูป 3.8 กรอบเวลาและกรอบพื้นที่ แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก 23

รูป 3.9 ภาพรายละเอียดของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวก่อนการคัดเลือกข้อมูล และภาพรายละเอียดของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกข้อมูล 24

รูป 3.10 แผนที่แสดงการกระจายตัวข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา โดยเป็นข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมดก่อนการกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำแผ่นดินไหวตาม และข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก 24

รูป 3.11 ข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมก่อนการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก และข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก 26

รูป 3.12 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดและบันทึกแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ Habermann (1983; 1987) ในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละช่วงขนาดแผ่นดินไหว 28

รูป 3.13 กราฟการเปรียบเทียบจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละขั้นของกระบวนการสังเคราะห์ต่างๆ 29

รูป 3.14 ข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์แสดงในรูปแบบแผนที่ข้อมูลแผ่นดินไหวและรูปแบบกราฟที่มีความใกล้เคียงเส้นตรงมากขึ้น 30

รูป 3.15 แบบจำลองและภาพตัดขวางการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศญี่ปุ่นแสดงตำแหน่งที่สามารถเกิดแผ่นดินไหวได้ในพื้นที่ต่างๆ ของโซนการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก 31

รูป 3.16	แผนที่แสดงแนวเส้นการวิเคราะห์แผ่นดินไหวโดยภาพตัดขวางบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน	32
รูป 3.17	ภาพตัดขวางบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน ทางตอนเหนือของหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศ อินโดนีเซีย	33
รูป 3.18	ภาพตัดขวางบริเวณหมู่เกาะนิโคบาร์ตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน	34
รูป 3.19	ภาพตัดขวางบริเวณตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา – อันดามัน เข้าไปในพื้นที่ของประเทศพม่า	34
รูป 4.1	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว (M) และความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว (N_m)	37
รูป 4.2	ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่	38
รูป 4.3	แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของค่า a (annual) แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของค่า b แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายของผลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ของผลการวิเคราะห์ค่า b และแผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ G-R relationship (ความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว)	41
รูป 4.4	แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในรอบ 1 ปี 5ปี 10ปี และ 50ปี	43
รูป 4.5	แผนที่แสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (Return period, RI) ของแผ่นดินไหวขนาด 4-7 ริกเตอร์	45
รูป 4.6	แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 5-7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี	46
รูป 5.1	แผนที่แสดงพื้นที่ตอนเหนือและตอนใต้ของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน	48

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

ช่วงเวลาเกือบ 9 ปีที่เหตุการณ์ภัยพิบัติสึนามิ ครั้งใหญ่ของประเทศไทยยังคงเป็นความทรงจำที่คอยย้ำเตือนถึงความสูญเสียของผู้คนทั่วโลกต่อภัยพิบัติทางธรรมชาติ ซึ่งไม่สามารถคาดการณ์ว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้นได้ เนื่องจากในช่วงเวลาก่อนหน้านั้น ไม่ได้มีการศึกษาถึงธรณีสัณฐานของพื้นที่และปัจจัยด้านต่างๆ ดังเช่นการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหว ที่ส่งผลให้เกิดธรณีพิบัตินั้น ไม่ได้มีการศึกษาอย่างละเอียดและชัดเจน ซึ่งเหตุมาจากในระยะเวลาที่ยาวนานไม่ได้มีการเกิดภัยพิบัติธรณีต่างๆขึ้น ทำให้การศึกษาในด้านที่เกี่ยวข้องจึงมีบทบาทลดลงไป

หลังจากเหตุการณ์ภัยพิบัติสึนามิประเทศไทย ได้มีการศึกษามากมายถึงเหตุและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าเหตุสำคัญคือเกิดมาจากแผ่นดินไหวใต้ทะเลที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัว โดยเกิดจากแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรอินเดีย-ออสเตรเลียมุดตัวเข้าไปใต้แผ่นเปลือกโลก มหาทวีปยูเรเซีย (แนวมุดตัวสุมาตรา-อันดามัน) ในระดับความลึกประมาณ 30 กิโลเมตรใต้ระดับน้ำ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งอย่างทันทีภายหลังจากการมุดตัว ทำให้เกิดคลื่นสึนามิอย่างรุนแรงกระจายตัวในทุกทิศทาง (มนตรี ชูวงศ์, 2010) ทางผู้จัดทำจึงได้มีความสนใจในการศึกษาถึงการประเมินความน่าจะเป็นในเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้ในบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน โดยใช้วิธีการหาค่าความผิดปกติของค่า b จากสมการ Gutenberg-Richter (Gutenberg and Richter, 1944) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาศึกษาประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว โดยเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุภัยพิบัติต่างๆในอนาคตต่อไป

1.2 นิยามปัญหาและสมมติฐาน (Problem defined and Hypothesis)

1.2.1 นิยามปัญหา (Problem defined)

เนื่องจากแผ่นดินไหวใต้ทะเลครั้งใหญ่บริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน เป็นเหตุให้เกิดธรณีพิบัติสึนามิครั้งใหญ่ของประเทศไทย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินเพื่อเตือนภัยต่อประชากรในพื้นที่ใกล้เคียงได้ในอนาคต โดยใช้วิธีการหาค่าความผิดปกติของค่า b จากสมการ Gutenberg-Richter (Gutenberg and Richter, 1944) แล้วนำผลที่ได้ไปทำการประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งเป็นวิธีการที่น่าเชื่อถือในปัจจุบัน

1.2.2 **สมมติฐาน** (Hypothesis)

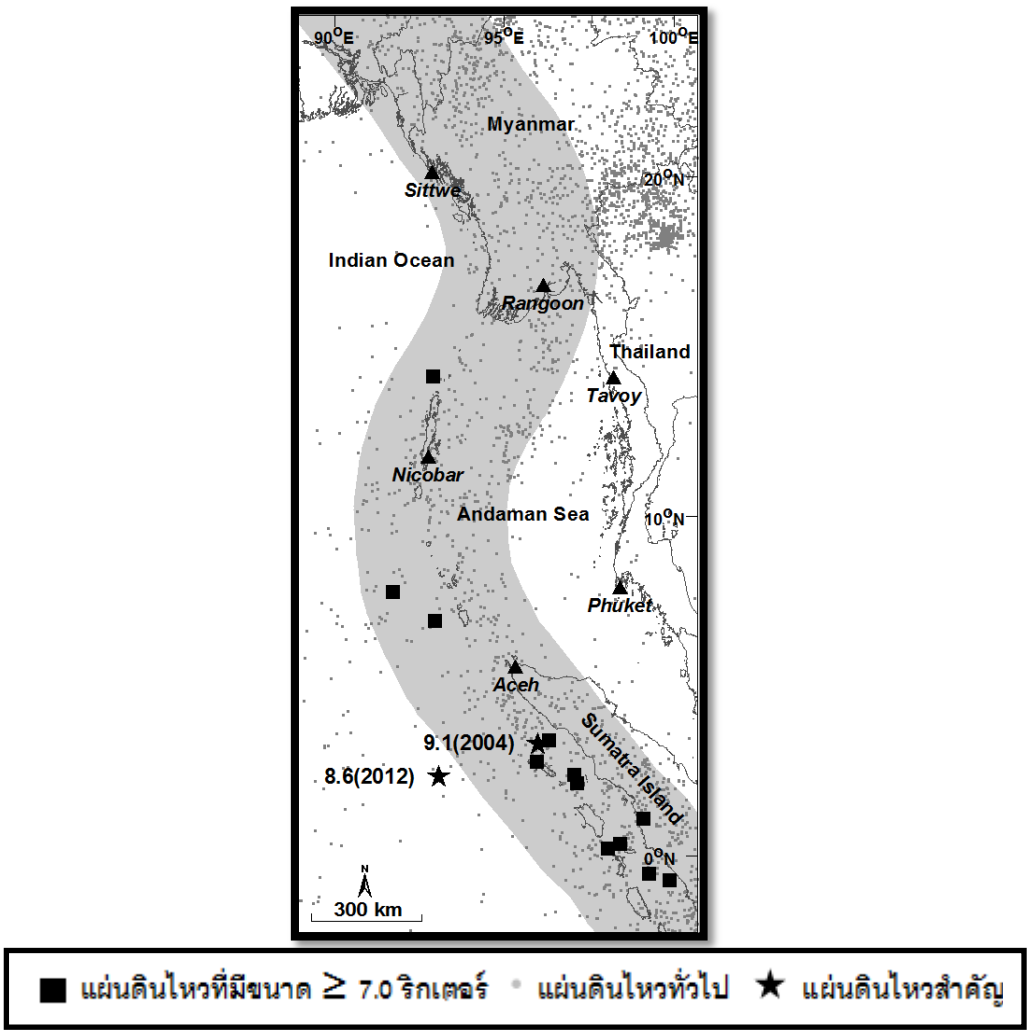
การประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน ทำให้ได้ผลของข้อมูลที่แสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างๆ ได้

1.3 วัตถุประสงค์ (Objective)

ประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวครอบคลุมบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันทั้งหมด

1.4 พื้นที่ศึกษา (Study area)

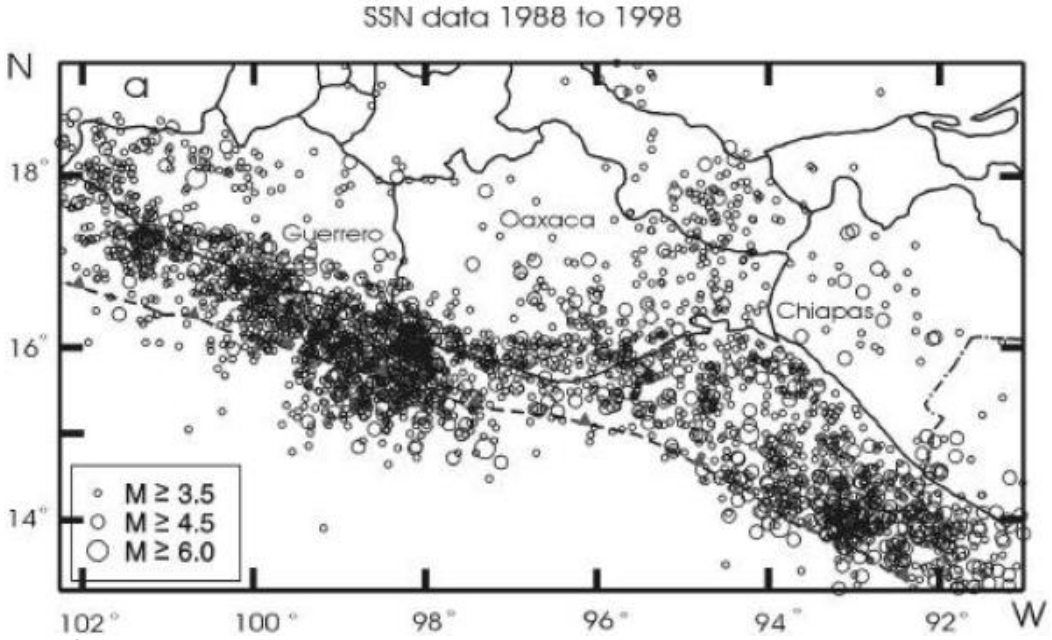
พื้นที่บริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน (Sumatra-Andaman Subduction Zone) มีแนวใกล้เคียงกับพื้นที่ของประเทศพม่า ไทย มาเลเซีย และหมู่เกาะนิโคบาร์-สุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ครอบคลุมพื้นที่ละติจูด -2◦15’6.64”E ถึง 24◦44’27.01”E และลองกิจูด 88◦56’24.88”N ถึง 100◦40’34.29N (รูป 1)



รูป 1.1: แผนที่ทะเลอันดามันและพื้นที่ข้างเคียง แสดงทิศทางการวางตัวโดยประมาณของ แนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน (สีเทาโปร่ง)

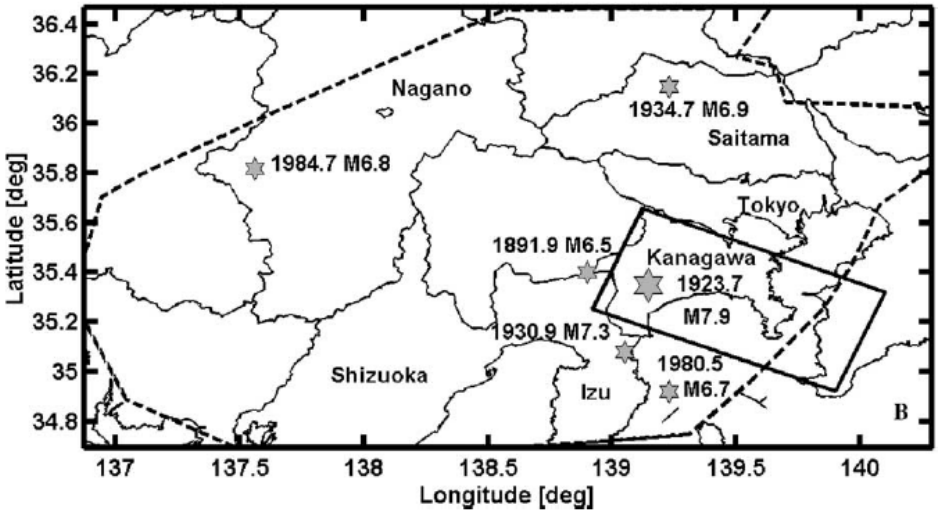
1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Relevant research)

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 ได้ประเมินว่ามีช่วงการเกิดแผ่นดินไหวภายใน40-60ปีนี้ ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการประเมินอย่างคร่าวๆ และเมื่อทำการวิเคราห์ข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันพบว่าบริเวณชายฝั่ง Chiapas สามารถเกิดแผ่นดินไหวครั้งรุนแรงได้หลังจากปี ค.ศ. 2012 โดยพื้นที่ศึกษาได้แสดงตามรูปดังต่อไปนี้

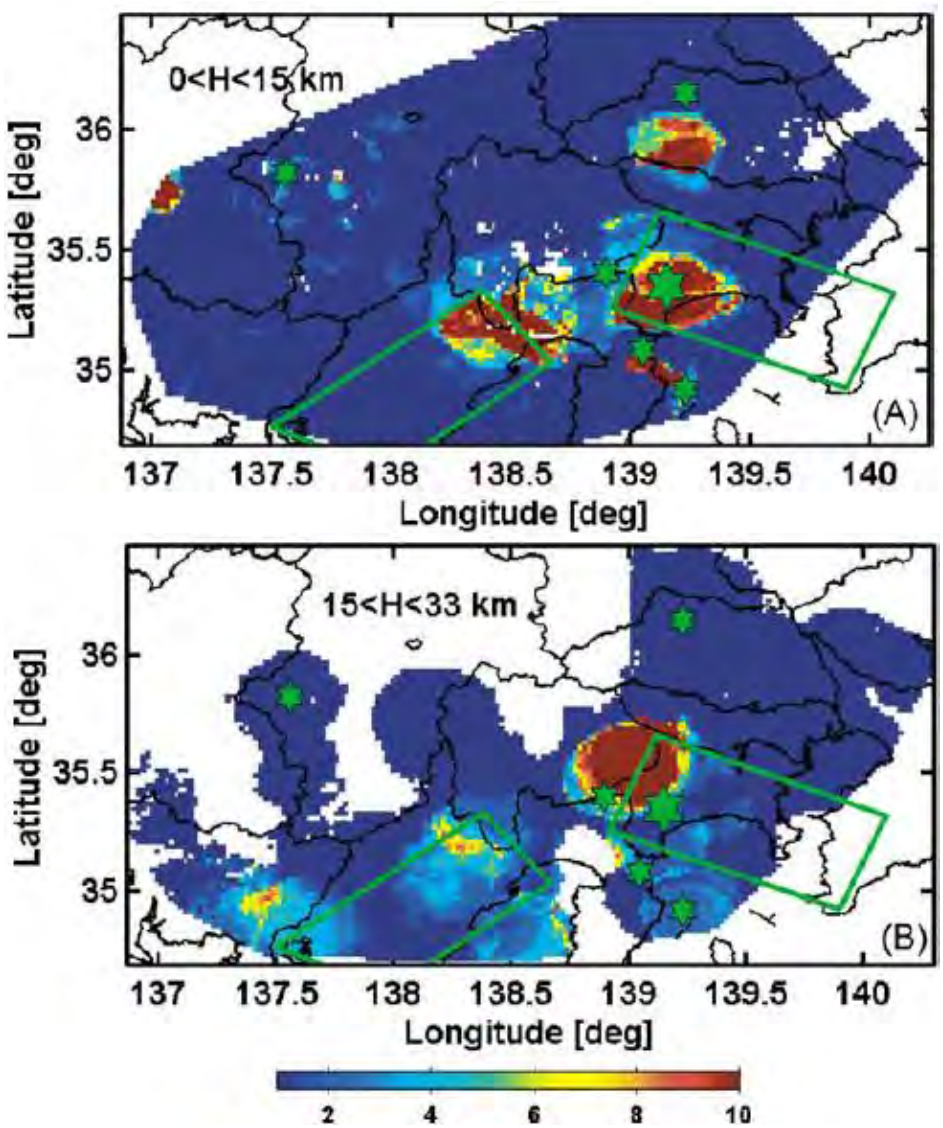


รูป 1.2: **แผนที่แสดงจุด** Epicenter **ของแผ่นดินไหวขนาด** M ≥3.5 **จากฐานข้อมูลแผ่นดินไหว** SSN **ในช่วงปี ค.ศ.**1988-1998 **บริเวณชายฝั่งแปซิฟิกของประเทศเม็กซิโก** (Mid-America trench **แสดงด้วยเส้นประ**)

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



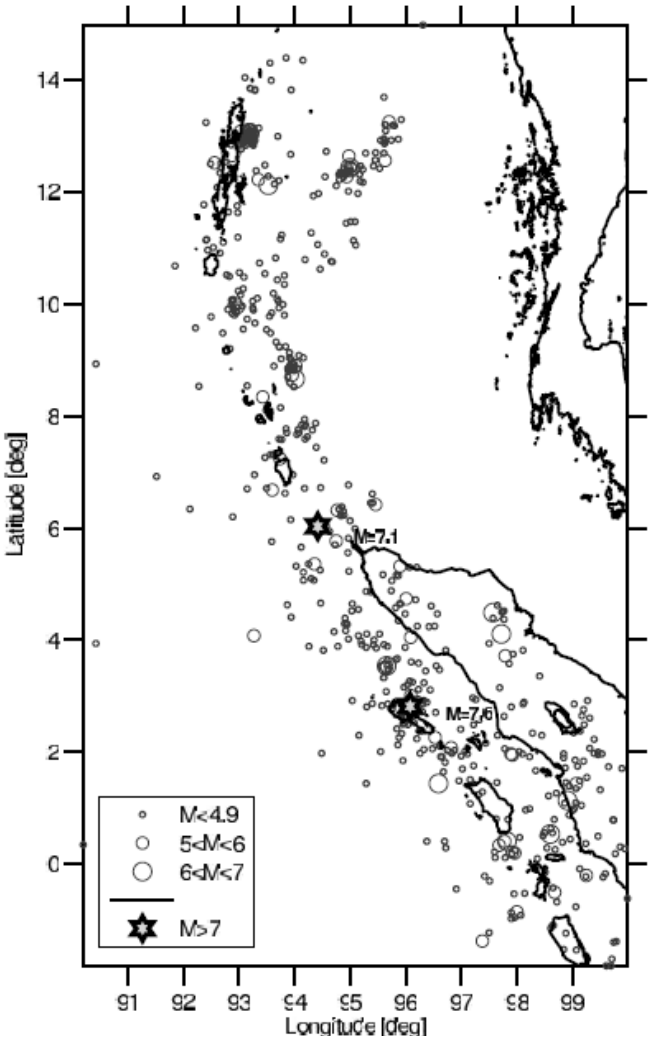
รูป 1.3: แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 6.5 ริกเตอร์ (M≥6.5) ในช่วงค.ศ.1891-1999 (Utsu, 1985) โดยกรอบสี่เหลี่ยมคือพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายจากเหตุแผ่นดินไหวคันโตเมื่อปีค.ศ. 1923



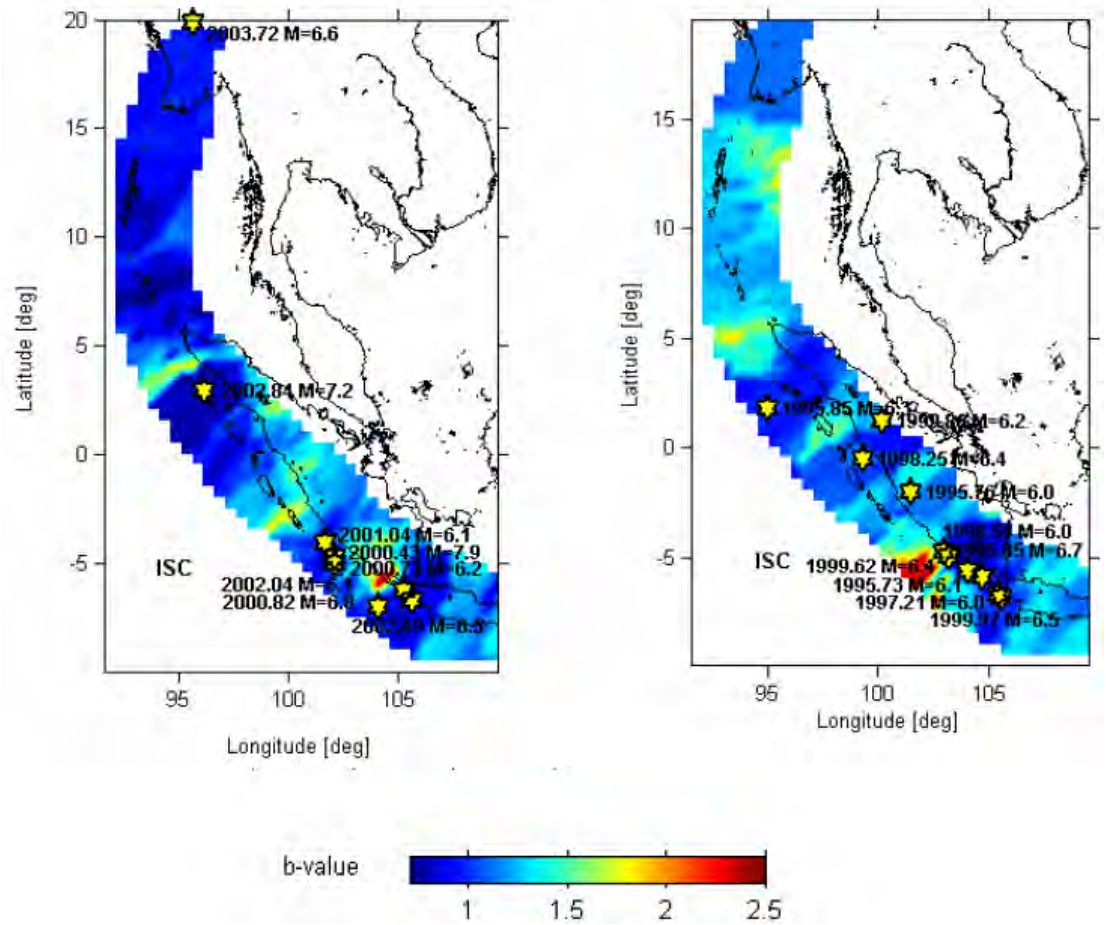
รูป 1.4: แผนที่ของความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวท้องถิ่นที่มีขนาด $M_d \geq 7$ (A) แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวระดับความลึกระหว่าง 0-15 กิโลเมตร (B) แสดงเหตุการณ์แผ่นดินไหวระดับความลึก

ระหว่าง 15-33 กิโลเมตร โดยสเกลนั้นอยู่ในหน่วย 10^{-6}/ปีxตารางกิโลเมตร (รูปดาวสีเขียว) แสดงถึงแผ่นดินไหวในระดับความลึกน้อยกว่า 33 กิโลเมตร และกรอบสีเขียวสี่เหลี่ยม (ด้านขวา) แสดงถึงพื้นที่แผ่นดินไหวคันโตเมื่อปีค.ศ. 1923 (M7.9) และ (ด้านซ้าย) แผ่นดินไหวโทไกที่คาดว่าจะเกิด

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 ($M_s \geq 7.0$) คือในปี 2002 และความเสียหายครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในปี 2004 โดยค่า b ที่ลดลง ได้บ่งชี้ถึงความเค้นที่เกิดขึ้นรอบจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ในปี 2004 ได้มีการกระจายตัวยาวถึง 450 กิโลเมตรทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือทางเหนือจนถึงทิศตะวันออกเฉียงใต้ทางใต้ และพื้นที่อื่นทางตอนเหนือของอันดามัน จากข้อมูลดังกล่าวทั้งหมดพบว่าข้อมูลความผิดปกติของค่า b มีประสิทธิภาพในการทำนายการเกิดแผ่นดินไหวได้ในช่วงระยะกลาง (ช่วงเดือน-ปี) ซึ่งพื้นที่ศึกษาแสดงตามภาพด้านล่างดังต่อไปนี้

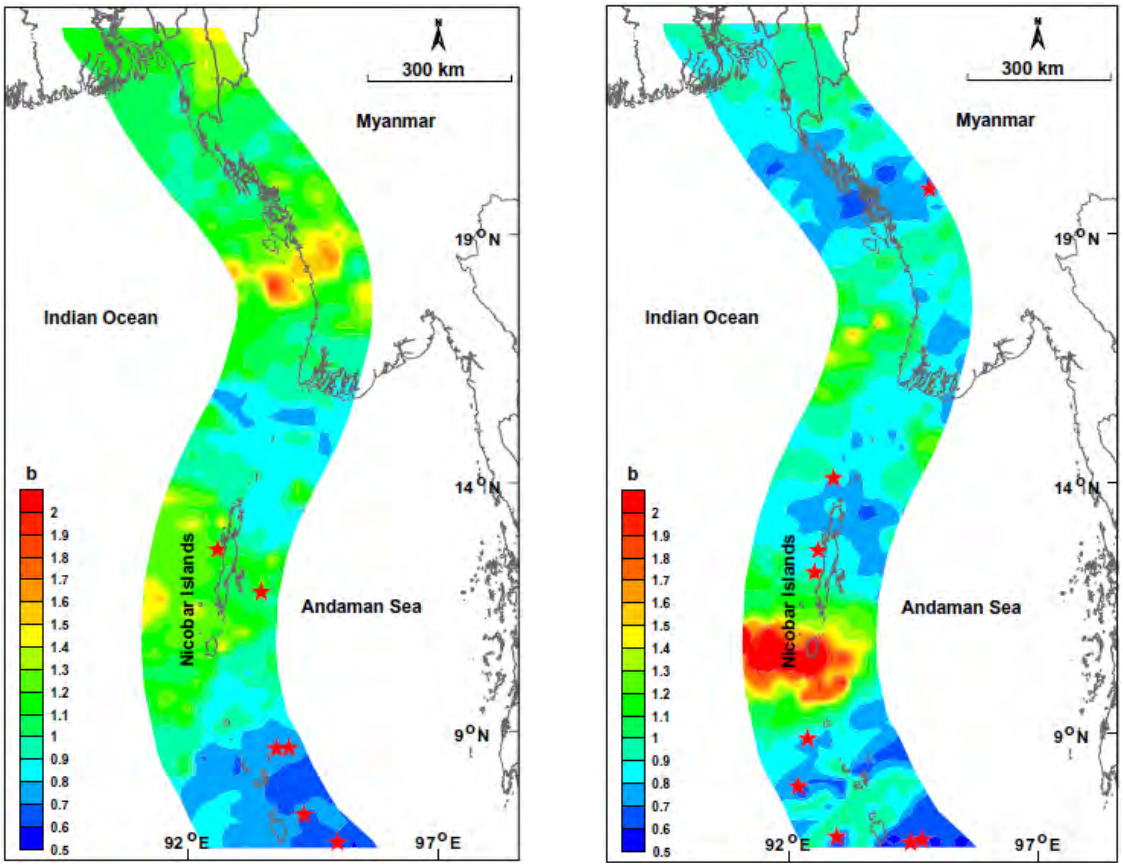


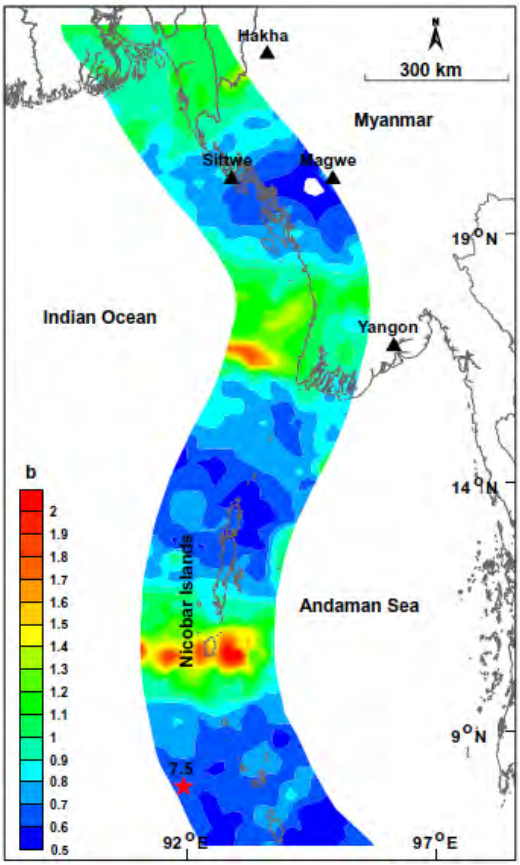
รูป 1.5: **แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและจุด** epicenter **ของแผ่นดินไหว (จุดวงกลมเปิด) ระหว่าง 1 มกราคม** 2000 – 25 **ธันวาคม** 2004 **จากรายงานของ** USGS **(รูปดาว) แสดงการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ 2 เหตุการณ์ (ก่อนเหตุการณ์วันที่** 24 **ธันวาคม** 2004) **(รูปดาวด้านบน) เหตุการณ์วันที่** 24 **ตุลาคม** 2002,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



รูป 1.6: **แผนที่การกระจายตัวของค่า b (ด้านซ้าย) ปีค.ศ.** 1995-1999 **(ด้านขวา) ปีค.ศ.** 2000-2003 **จากฐานข้อมูล** ISC **(รูปดาวสีเหลือง) แสดงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่** 10 **เหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลา บริเวณที่มีค่า** b **ต่ำเป็นพื้นที่ที่คาดการณ์ได้ว่าจะเกินแผ่นดินไหวได้ในอนาคต**

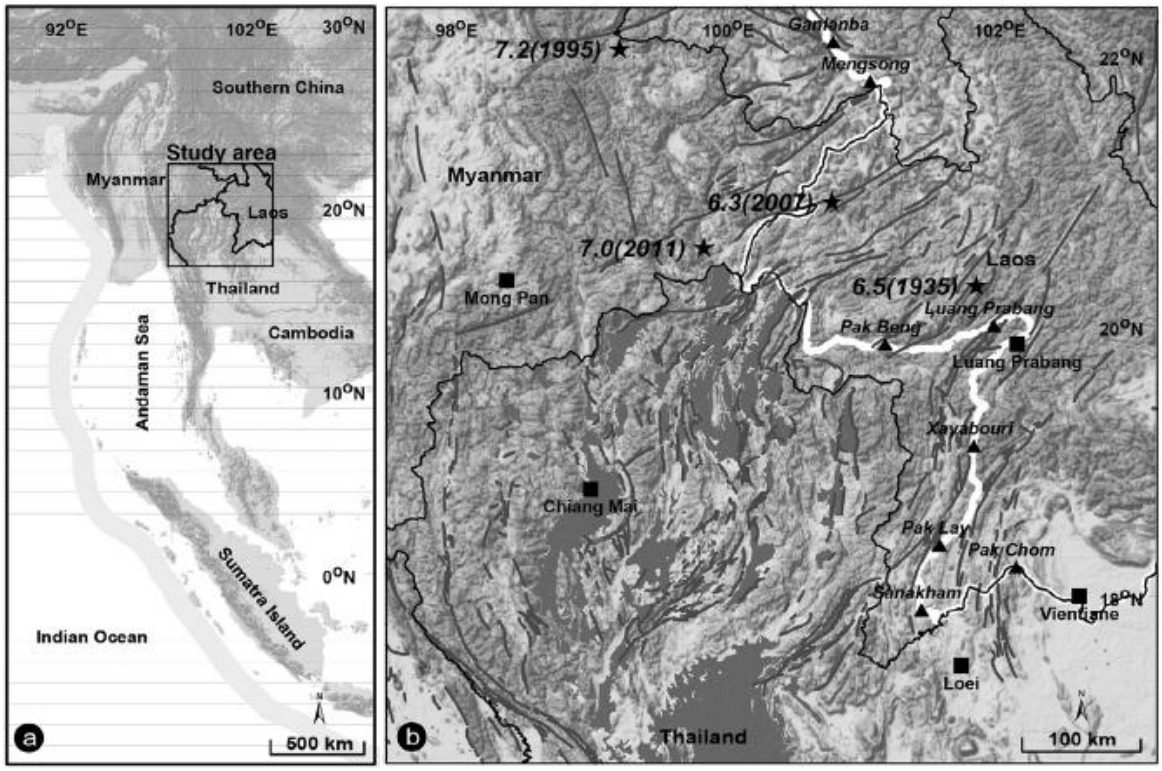
Pailoplee และคณะ (2013a) ศึกษา ความผิดปกติของค่า b ในช่วงที่ได้มีการบันทึกไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1964-2012 บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัวสุมาตรา-อันดามันเพื่อคาดการณ์ถึงความน่าจะเป็นของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งค่า b นี้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงพฤติกรรมการเกิดของแผ่นดินไหวได้โดยตรง โดยค่า b ในการศึกษานี้ประมาณที่ 0.9 ซึ่งมีค่าสูงกว่าการศึกษาของ Nuannin และคณะ (2005)ที่มีค่าประมาณ 0.7 จึงสามารถสรุปได้ว่าทางตอนใต้บริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันนั้นมีพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวสูงกว่าทางตอนเหนือที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ โดยพื้นที่ทางตอนเหนือของหมู่เกาะนิโคบาร์ พื้นที่ชายฝั่งของทะเลอันดามัน รวมทั้งบริเวณใกล้เคียงมหาสมุทรอินเดียควรระวังภัยพิบัติสึนามิที่อาจเกิดขึ้นได้ ขณะที่เมืองซิตตุ่ย (Sittwe City) ชายฝั่งทางตะวันตกของประเทศพม่าก็ควรจะระวังเช่นกัน โดยผลการศึกษาครั้งนี้ได้มีการจัดทำออกมาในรูปแบบของแผนที่ดังภาพต่อไปนี้



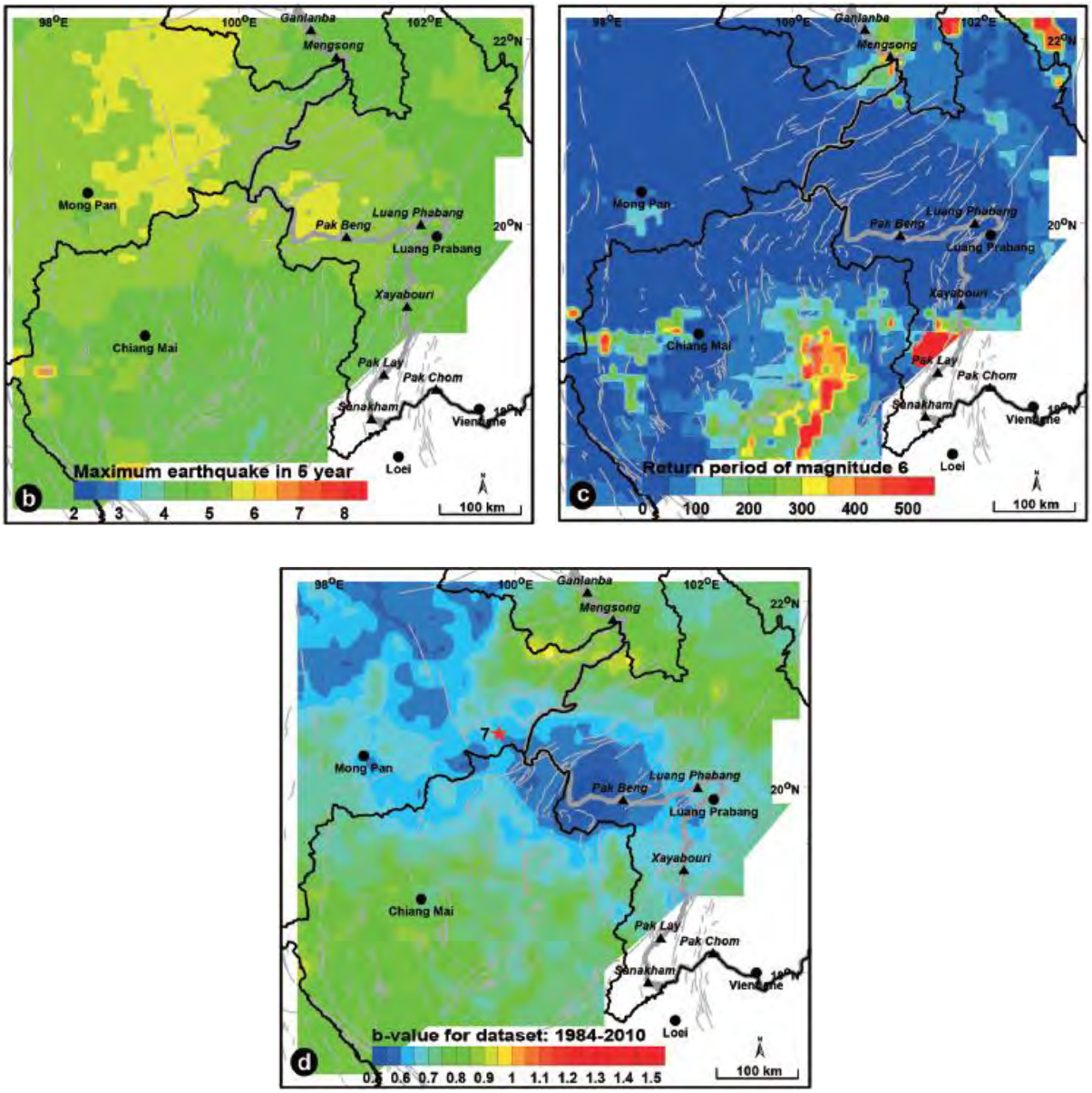


รูป 1.7: แนวแถบสี คือการกระจายตัวของค่า b บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน โดยได้มาจากการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงปีค.ศ. 1980-1994(ภาพซ้ายบน) ปีค.ศ.1980-2003 (ภาพขวาบน) และ ปีค.ศ.1980-2010 (ภาพซ้ายล่าง) โดยรูปดาวสีแดงแสดงแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 6 ริกเตอร์ ($M_b \geq 6.0$)

Pailoplee และคณะ (2013b) ศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณทางตอนเหนือของประเทศไทยและในพื้นที่ใกล้เคียงของประเทศพม่าประเทศลาว พบว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพของสถานการณ์ภัยพิบัติแผ่นดินไหวได้ เมื่อนำไปประเมินผลร่วมกับค่า a และ b ในพื้นที่ศึกษา โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะแสดงในรูปแบบของแผนที่ ที่มีการศึกษาในด้านต่างๆ เริ่มจากการศึกษาถึงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สามารถเกิดได้ในช่วงเวลา 1, 5, 10, 50 ปี และทำการประเมินแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นได้ในช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งกำหนดให้แผ่นดินไหวขนาด 4,5,6,7 ริกเตอร์จะสามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลากี่ปี รวมไปถึงศึกษาค่า b ที่ลดต่ำลงในแต่ละบริเวณในช่วงเวลาที่ต่างกันนั้นมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 5 ริกเตอร์ ($M_b \geq 5.0$) ซึ่งการศึกษาทั้งหมดนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำของการคาดการณ์การเกิดพฤติกรรมของแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างๆนั่นเอง โดยพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยและตัวอย่างของผลการศึกษาบางส่วน ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จัดแสดงในรูปแบบของแผนที่ต่างๆดังภาพด้านล่างต่อไปนี้



รูป 1.8: (a) แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษา (กรอบสีเหลี่ยมสีดำ) และแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน (แนวสีเทาอ่อนทางด้านตะวันตก) (b) แผนที่แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้หลังจากการคัดเลือกข้อมูล (รูปวงกลมเล็กสีดำ) และข้อมูลธรณีพิบัติแผ่นดินไหว (รูปดาวสีดำ) โดยรูปสามเหลี่ยมแสดงถึงตำแหน่งเขื่อนต่างๆที่อยู่ตามแนวแม่น้ำแม่โขง และรูปสี่เหลี่ยมสีดำแทนบริเวณเมืองใหญ่



รูป 1.9: (b) แผนที่แสดงขนาดแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้สูงสุดในช่วงเวลา 10 ปี (c) แผนที่แสดงคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้ในขนาด 6 ริกเตอร์ (M_b level) และ (d) แผนที่แสดงการกระจายตัวของค่า b จากข้อมูลแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ในช่วงปีค.ศ. 1984-2010 โดยรูปดาวสีแดงแทนแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าเท่ากับ 5 ริกเตอร์ ($M_b \geq 5.0$)

1.6 ขอบเขตงานวิจัย (Scope of work)

ศึกษาประเมินความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันโดยจะทำการศึกษาเพียง 3 หัวข้อหลักดังนี้ 1.ทำการประเมินวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ 2.ศึกษาประเมินคาบอุบัติซ้ำที่สามารถเกิดขึ้นได้ ในแต่ละขนาดแผ่นดินไหวที่สนใจ และ 3.ประเมินวิเคราะห์ความน่าจะเป็น ในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้ในบริเวณใด ในแต่ละช่วงเวลาที่สนใจ

1.7 **ผลที่คาดว่าจะได้รับ**(Expected results)

1) แผนที่แสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ในรอบ x ปี ในหน่วย ริกเตอร์/ปี
2) แผนที่แสดงการเกิดคาบอุบัติซ้ำในแต่ละขนาดแผ่นดินไหวที่สนใจ ในหน่วย รอบ/ปี
3) แผนที่แสดงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ตั้งแต่ 5-7 ริกเตอร์มีโอกาสเกิดขึ้นเป็นกี่ % ในรอบ x ปี

บทที่ 2
ระเบียบวิธีวิจัยและข้อมูลธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่
(Methodology and Regional tectonic)

2.1 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ในการศึกษางานวิจัยนี้ได้อ้างอิงระเบียบวิธีวิจัย จากการศึกษาของ Pailoplee และคณะ (2013b) เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณทางตอนเหนือของประเทศไทยและในพื้นที่ใกล้เคียงของประเทศพม่า ประเทศลาว ซึ่งพัฒนามาจากการศึกษาของ Yadav และคณะในปี 2009 โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษางานวิจัยและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา ได้แก่

- ข้อมูลแผนที่ ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันในช่วงปีค.ศ. 1990-2013 (สิ้นสุดเดือนสิงหาคม)
- ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษาและงานวิจัยที่ใช้วิธีการเดียวกันในการประเมินผล

1.2 เตรียมซอฟแวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลข้อมูล ประกอบด้วย

- ซอฟแวร์สำหรับการประมวลผลและจัดทำแผนที่ คือ MATLAB (ZMAP) และ Surfer

2) คัดเลือกและปรับปรุงคุณภาพข้อมูลให้มีประสิทธิภาพต่อการวิเคราะห์ผล

2.1 เปลี่ยนหน่วยของขนาดแผ่นดินไหวที่มีหน่วยวัดต่างกัน ให้เป็นหน่วย M_w เหมือนกันทุกข้อมูล

2.2 คัดเลือกข้อมูล โดยตัดข้อมูลที่ซ้ำซ้อนและคัดเลือกเพียงเฉพาะข้อมูลแผ่นดินไหวหลักเท่านั้น ด้วยวิธีการตัดข้อมูลของ Gardner และ knopoff, 1974 ในโปรแกรม ZMAPเนื่องจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลักจะบอกถึงพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกได้โดยตรง

3) นำข้อมูลแผ่นดินไหวหลักที่ได้มากำหนดขอบเขตของแต่ละจุดข้อมูลและนำไปคำนวณหาค่าต่างๆด้วยโปรแกรม ZMAP (MATHLAB)

3.1 ทำการตีกริดพื้นที่ขนาด 0.25°x 0.25° บนการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวหลักที่ได้

3.2 กำหนดค่ารัศมีจุดข้อมูล 300 กิโลเมตร ตามความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่ของจุดข้อมูล

3.3 ทำการวิเคราะห์หา ความผิดปกติของค่า a และ b จากสมการ $\log(N_m) = a - bM$ (Gutenberg and Richter, 1944) รวมไปถึงค่า α และ β เพื่อนำไปประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเบื้องต้นตามสมการ ln (N) = ln α-βM

3.4 นำข้อมูลค่าตัวแปรที่ได้ไปหาความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวในรอบ t ปี และนำไปหาคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด M ริกเตอร์ รวมไปถึงหาความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดแผ่นดินไหว และรอบปีที่สนใจ

4) นำข้อมูลทั้งหมดจากขั้นตอนที่ 3 มาจัดทำแผนที่ข้อมูลด้วยโปรแกรม Surfer

4.1 แผนที่แสดงข้อมูลของค่าความผิดปกติ a และ b

4.2 แผนที่แสดงข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความผิดปกติ b

4.3 แผนที่แสดงความน่าเชื่อถือของข้อมูลความถี่ของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวต่อปีในแต่ละขนาดแผ่นดินไหว แสดงออกมาเป็นหน่วย %

5) นำค่าข้อมูลต่างๆที่ได้จากการประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในรูปแบบต่างที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4 มาแสดงผลของข้อมูลในรูปแบบของแผนที่ด้วยโปรแกรม Surfer

5.1 แผนที่แสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวสูงสุด ที่เกิดขึ้นได้ในรอบ x ปี ในหน่วย ริกเตอร์/ปี

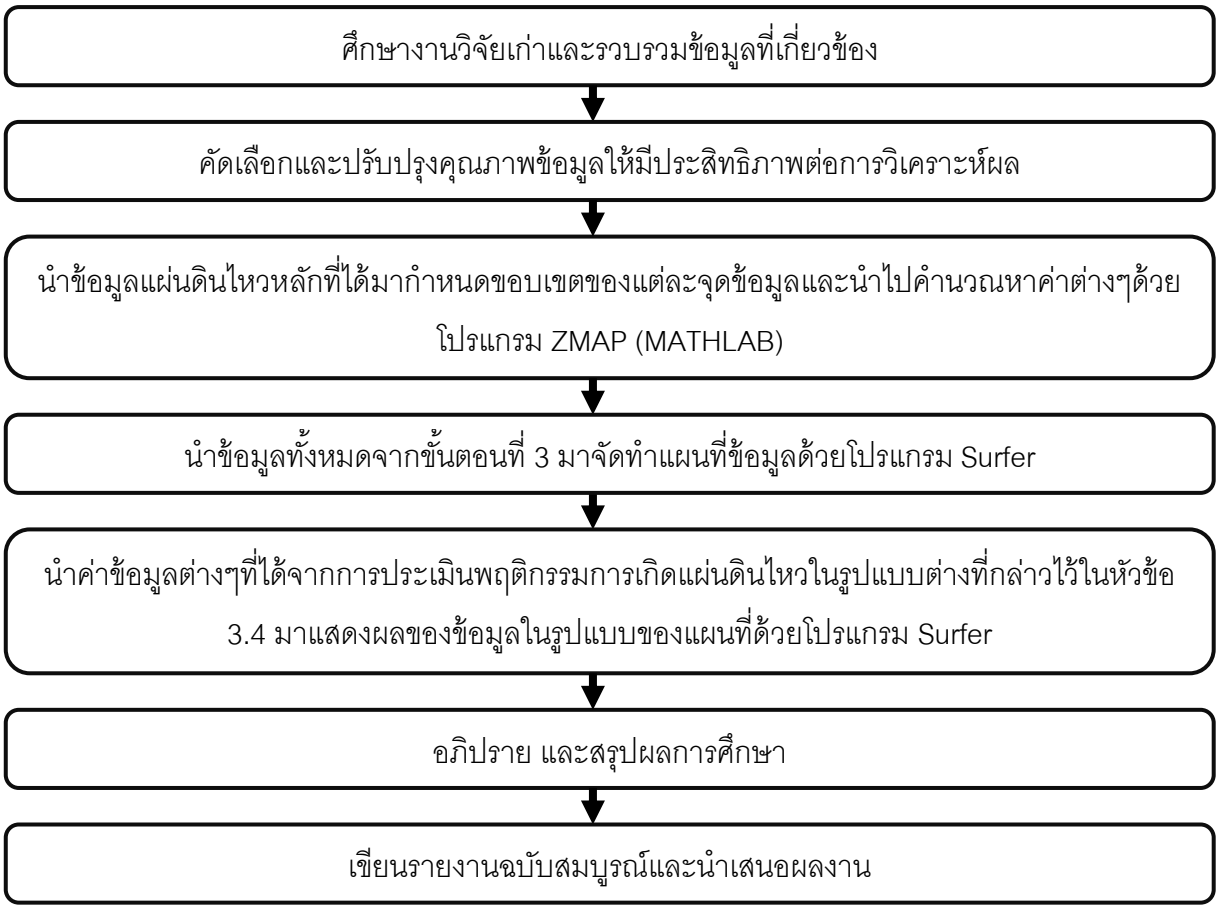
5.2 แผนที่แสดงการเกิดคาบอุบัติซ้ำในแต่ละขนาดแผ่นดินไหวที่สนใจ ในหน่วยปี

5.3 แผนที่แสดงความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวว่ามีโอกาสเกิดเป็นกี่ % ในขนาดแผ่นดินไหวที่สนใจ และในรอบ x ปี

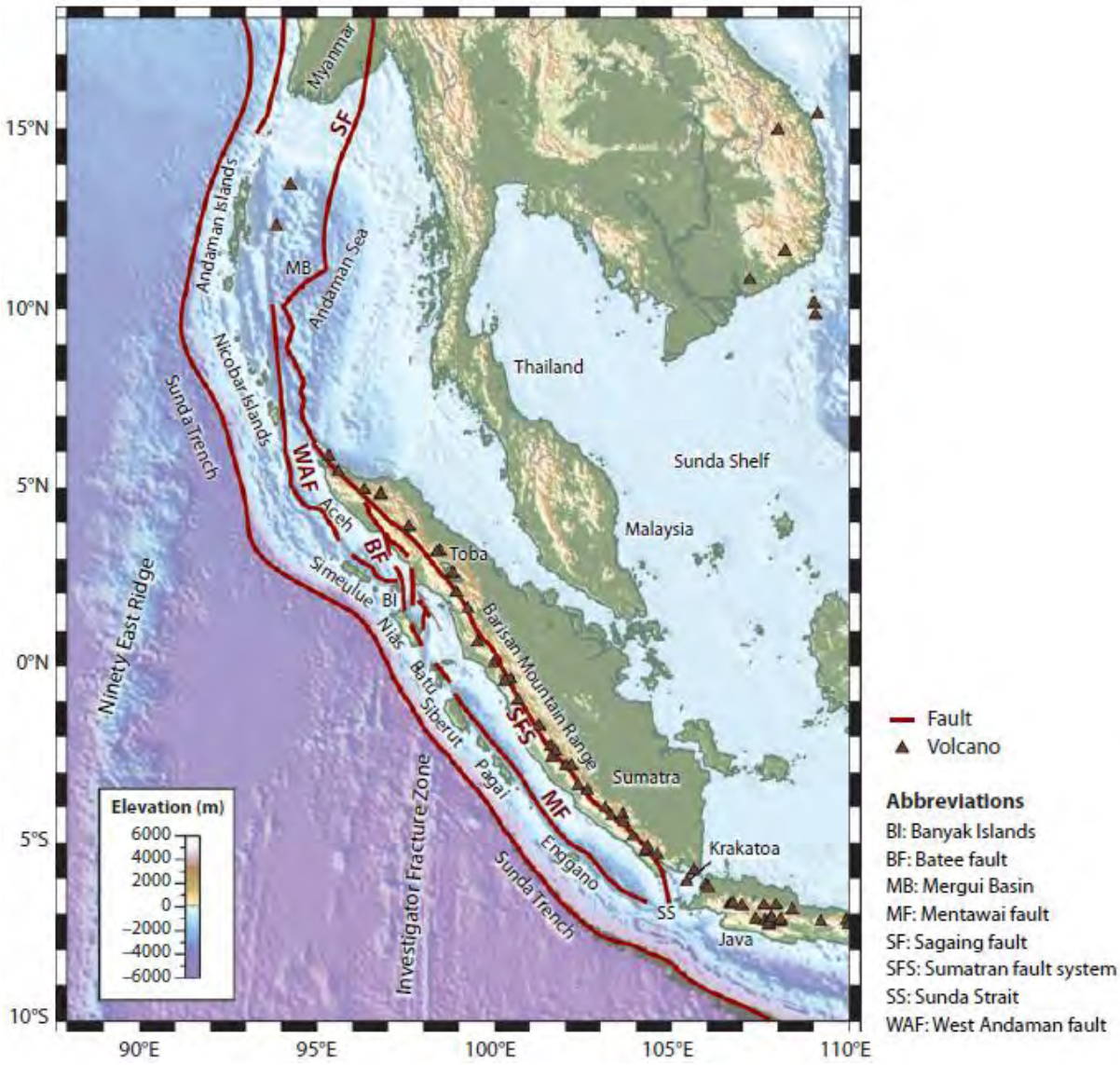
6) อภิปราย และสรุปผลการศึกษา

7) เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอผลงาน

โดยขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย 7 ขั้นตอนหลักดังนี้



2.2 ข้อมูลธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ (Regional tectonic)



รูป 2.1: **แผนที่ภูมิศาสตร์กายภาพบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน โดยรูปสามเหลี่ยมคือภูเขาไฟที่ยังมีพลัง ซึ่งเป็นข้อมูลจาก** Global Volcanism Program, www.volcano.si.edu.

พื้นที่แนวมุดตัวสุมาตรา-อันดามัน เป็นแนวมุดตัวที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรอินเดีย-ออสเตรเลียมุดตัวเข้าไปใต้แผ่นเปลือกโลกมหาทวีปยูเรเซีย ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแผ่นเปลือกโลกแสดงออกมาในรูปแบบของแผ่นดินไหวอยู่บ่อยครั้ง

บทที่ 3
การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลักสำคัญ ขั้นแรกรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว ขั้นที่สองคือ ทำการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ได้ให้มีหน่วยของขนาดแผ่นดินไหวเดียวกัน ขั้นที่สามทำการคัดเลือกข้อมูลโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตามและข้อมูลที่ซ้ำกันออกจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ถัดมาทำการตรวจสอบและกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ สุดท้ายคือ การวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหวจากภาพตัดขวาง ซึ่งต้องทำการวิเคราะห์อย่างละเอียดและรอบคอบ เพื่อให้ได้ผลของข้อมูลที่มีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

3.1 การรวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหว (Earthquake Catalogue Investigation)

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

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

Longitude	Latitude	Year	Month	Day	Mw	mb	Ms	Ml	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

ตาราง3.1: ตารางแสดงตัวอย่างการจัดเก็บฐานข้อมูลแผ่นดินไหว

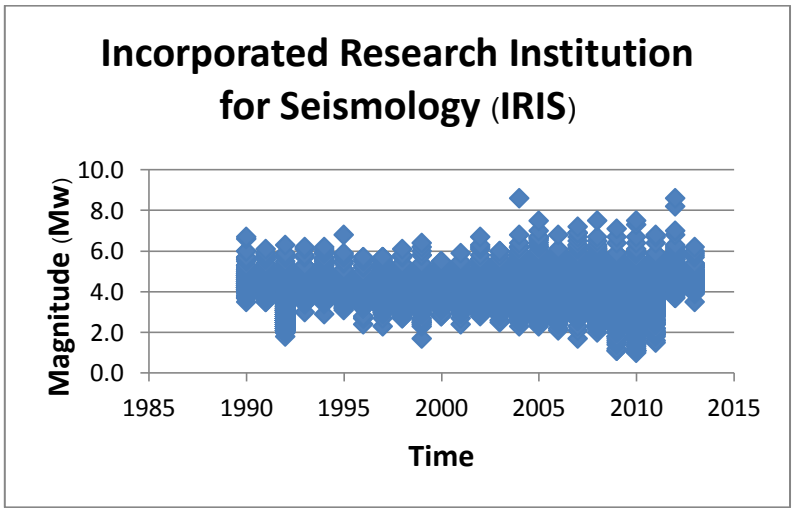
โดยขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก ต้องทำงานในส่วนของขั้นตอนนี้ให้รัดกุมและถูกต้อง เพราะเมื่อนำผลของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ได้ทำการรวบรวม มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติจะได้ผลการศึกษาที่ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือสูง

ในปัจจุบันมีการติดตั้งเครือข่ายการตรวจวัดข้อมูลแผ่นดินไหวกระจายอยู่ทั่วโลก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำฐานข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยมี 2 แหล่งฐานข้อมูลคือ Incorporated Research Institution for Seismology (IRIS) และ Thai Meteorological Department (TMD) ซึ่งมีขอบเขตของการศึกษาคือช่วงระยะเวลาของฐานข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ศึกษาตั้งแต่ปีค.ศ. 1990-2013 (สิ้นสุดเดือนสิงหาคม) ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน (Sumatra-Andaman Subduction Zone) มีแนวใกล้เคียงกับพื้นที่ของประเทศพม่า ไทย มาเลเซีย และหมู่เกาะนิโคบาร์-สุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ครอบคลุมพื้นที่ละติจูด -2◦15’6.64”E ถึง 24◦44’27.01”E และลองกิจูด 88◦56’24.88”N ถึง 100◦40’34.29N ความลึกของการเกิดแผ่นดินไหวตั้งแต่ 0-1000 เมตร และขนาดของข้อมูลแผ่นดินไหวที่ต้องการตั้งแต่ 1.0-9.9 ริกเตอร์

โดยฐานข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 77368 เหตุการณ์ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1990 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม ค.ศ. 2013 โดยมีการบันทึกข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด Mw 1.0-8.6 ริกเตอร์ mb 2.2-8.4 ริกเตอร์ Ms 1.8-8.7 ริกเตอร์ และ Ml 1.0-7.8 ริกเตอร์

3.1.1 **ฐานข้อมูล** Incorporated Research Institution for Seismology (IRIS)

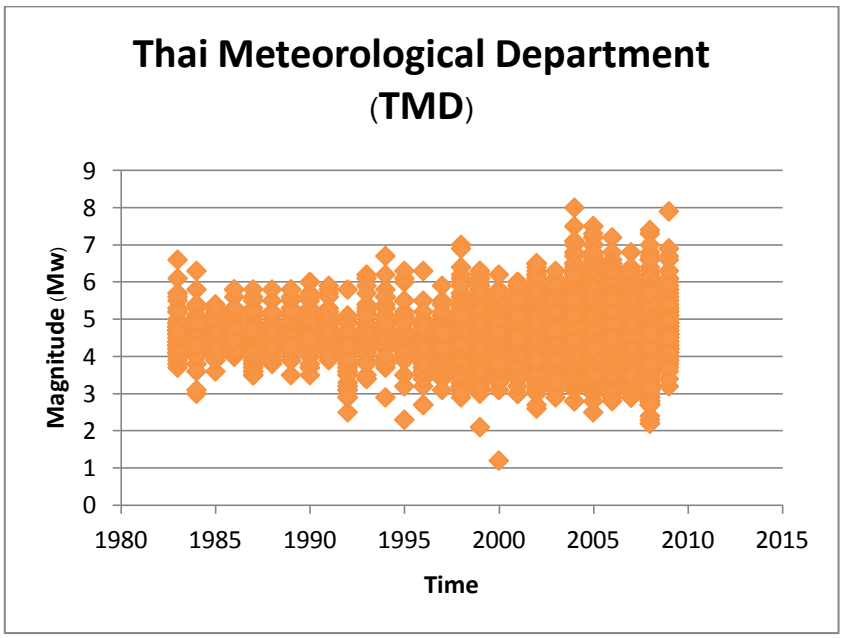
จำนวนข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว 24948 เหตุการณ์ บันทึกข้อมูลตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1990 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม ค.ศ. 2013 ขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด Mw 1.0-8.6 ริกเตอร์ mb 2.2-8.4 ริกเตอร์ Ms 1.8-8.7 ริกเตอร์ และ Ml 1.0-7.8 ริกเตอร์ มีความลึกตั้งแต่ 0-750 เมตร ดังรูป 3.1



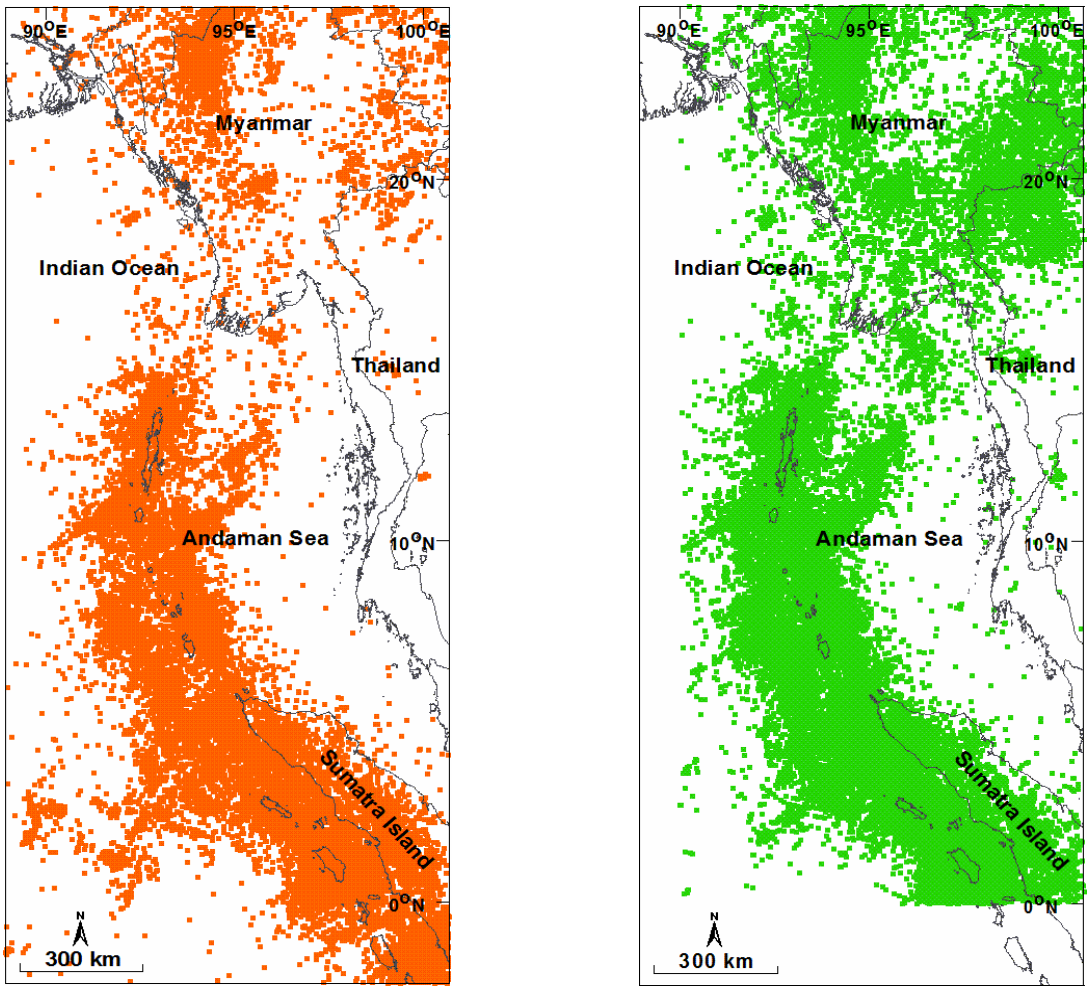
รูป 3.1: **ภาพจำนวนข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวฐานข้อมูล** IRIS **บันทึกจากปีค.ศ.** 1990-2013 **(สิ้นสุดเดือนสิงหาคม) วัดได้ตั้งแต่ขนาด** 1.0-8.6 **ริกเตอร์**

3.1.2 **ฐานข้อมูล** Thai Meteorological Department (TMD)

จำนวนข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว 52420 เหตุการณ์ บันทึกข้อมูลตั้งแต่ วันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1983 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 2009 ขนาดแผ่นดินไหวในหน่วยมาตราวัด Mw 1.0-8.8 ริกเตอร์ มีความลึกตั้งแต่ 0-750 เมตร



รูป 3.2: **ภาพจำนวนข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวฐานข้อมูล** TMD **บันทึกจากปีค.ศ.** 1983-2009 **วัดได้ตั้งแต่ขนาด** 1.0-8.8 **ริกเตอร์**



รูป 3.3: **ภาพการกระจายตัวของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล** IRIS **(ด้านซ้าย) และ** TMD **(ด้านขวา)**

3.2 การแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว (Earthquake Magnitude Conversion)

คือการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ได้จากฐานข้อมูลที่ต่างกัน ซึ่งมีหน่วยในการวัดขนาดแผ่นดินไหวที่เหมือนหรือแตกต่างกัน มาแปลงเป็นข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่อยู่ในมาตราวัดเดียวกัน โดยฐานข้อมูลแผ่นดินไหวจะมีหน่วยมาตราวัดขนาดที่แตกต่างกัน ได้แก่ Moment magnitude (Mw) Body-wave magnitude (mb) Surface-wave Magnitude (Ms) และ Local earthquake magnitude (Ml) ซึ่งในแต่ละมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวนั้นอ้างอิงมาจากสมมติฐานและวิธีการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกัน แต่ในการวิเคราะห์หาค่า b ต้องใช้ฐานข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่มีหน่วยวัดเดียวกัน ซึ่งก็คือหน่วยวัด Moment magnitude (Mw)

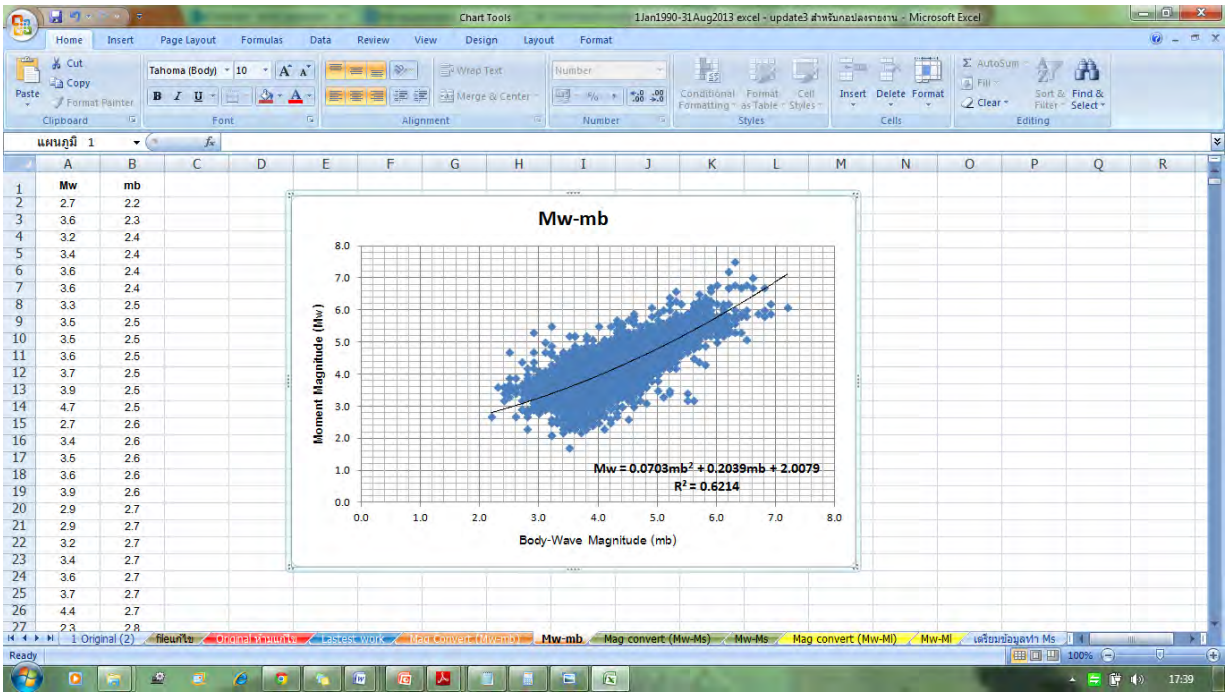
สามารถทำการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่มีหน่วยมาตราวัดของ Body-wave magnitude (mb) Surface-wave Magnitude (Ms) และ Local earthquake magnitude (Ml) มาปรับค่าให้มีหน่วยมาตราวัดเป็น Moment magnitude (Mw) ได้คือต้องหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยมาตราวัดตัวอื่น โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

1 Body-wave magnitude (mb) และ Moment magnitude (Mw)

2 Surface-wave Magnitude (Ms) และ Moment magnitude (Mw)

3 Local earthquake magnitude (Ml) และ Moment magnitude (Mw)

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

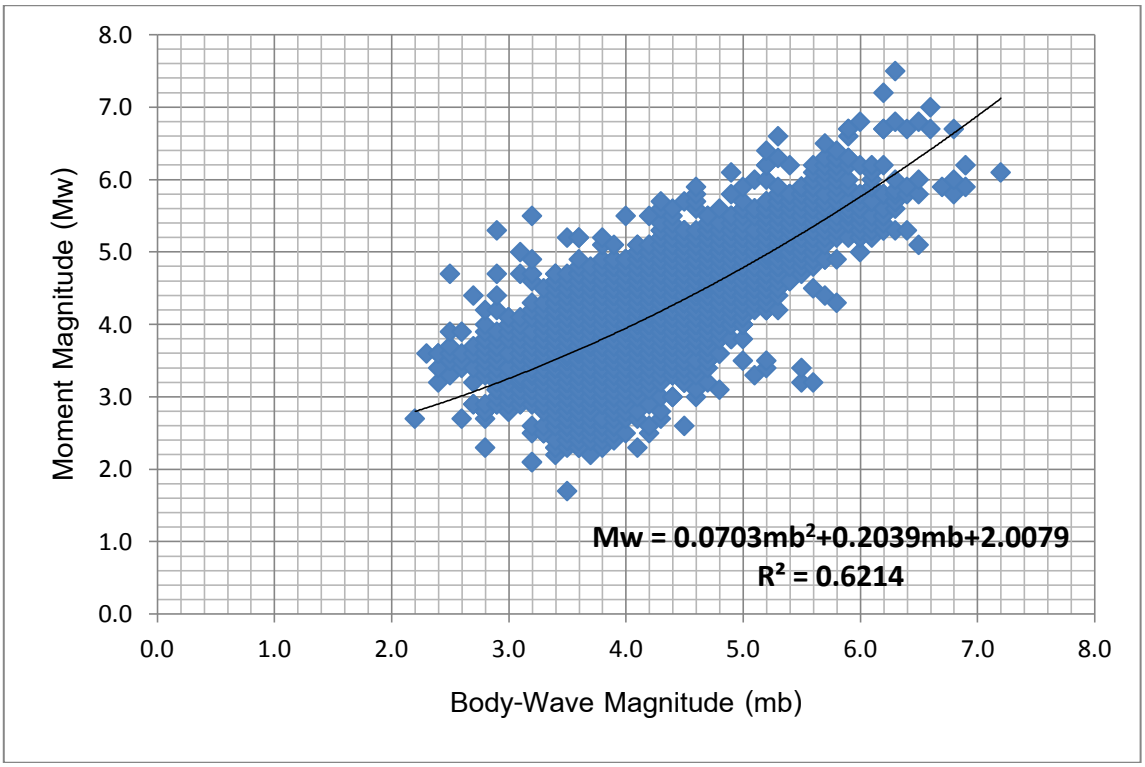


รูป 3.4: **ภาพแสดงตัวอย่างการหาความสัมพันธ์ในการแปลงมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหว ระหว่างข้อมูล** Body-wave magnitude (mb) **และ** Moment magnitude (Mw)

ซึ่งการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่ได้ให้มีหน่วยมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวเดียวกัน เพื่อให้ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิตินั้นมีความแม่นยำและถูกต้องมากที่สุด ซึ่งปัจจุบันหน่วยมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติคือ หน่วยมาตราวัด Moment Magnitude (Mw) เนื่องจากเป็นหน่วยวัดที่ไม่มีการอิ่มตัวของสัญญาณ จึงมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังนั้นขั้นตอนนี้คือการมุ่งเน้นแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่อยู่ในหน่วย Body-wave magnitude (mb) Surface-wave Magnitude (Ms) และ Local earthquake magnitude (Ml) ให้มาเป็นหน่วยมาตราวัด Moment Magnitude (Mw) โดยนำฐานข้อมูลของ Incorporated Research Institution for Seismology (IRIS) มาใช้ในการแปลงหน่วยมาตราวัดขนาดแผ่นดินไหวในครั้งนี้ เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่มาตราวัดทุกหน่วย

3.2.1 Body-wave magnitude (mb) และ Moment Magnitude (Mw)

ผลจากการศึกษาข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Body-wave magnitude (mb) และ Moment Magnitude (Mw) ดังรูป 3.5



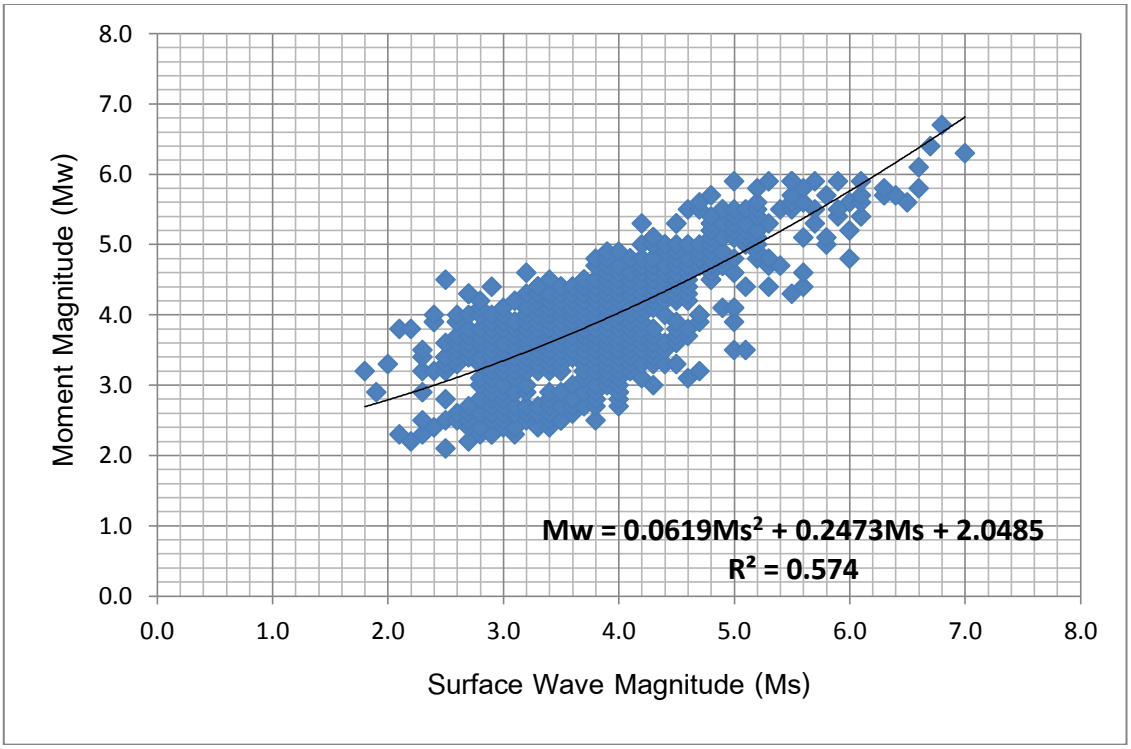
รูป 3.5: **ภาพความสัมพันธ์ระหว่าง** Body-wave magnitude (mb) **และ** Moment Magnitude (Mw)

โดยสามารถใช้ความสัมพันธ์จากสมการในการแปลงหน่วยมาตราวัดเป็น Moment Magnitude (Mw) ดังสมการ 3.1 นี้

$$Mw = 0.0703mb^2 + 0.2039mb + 2.0079$$ **สมการ** 3.1

3.2.2 Surface-wave Magnitude (Ms) และ Moment Magnitude (Mw)

ผลจากการศึกษาข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Surface-wave Magnitude (Ms) และ Moment Magnitude (Mw) ดังรูป 3.6



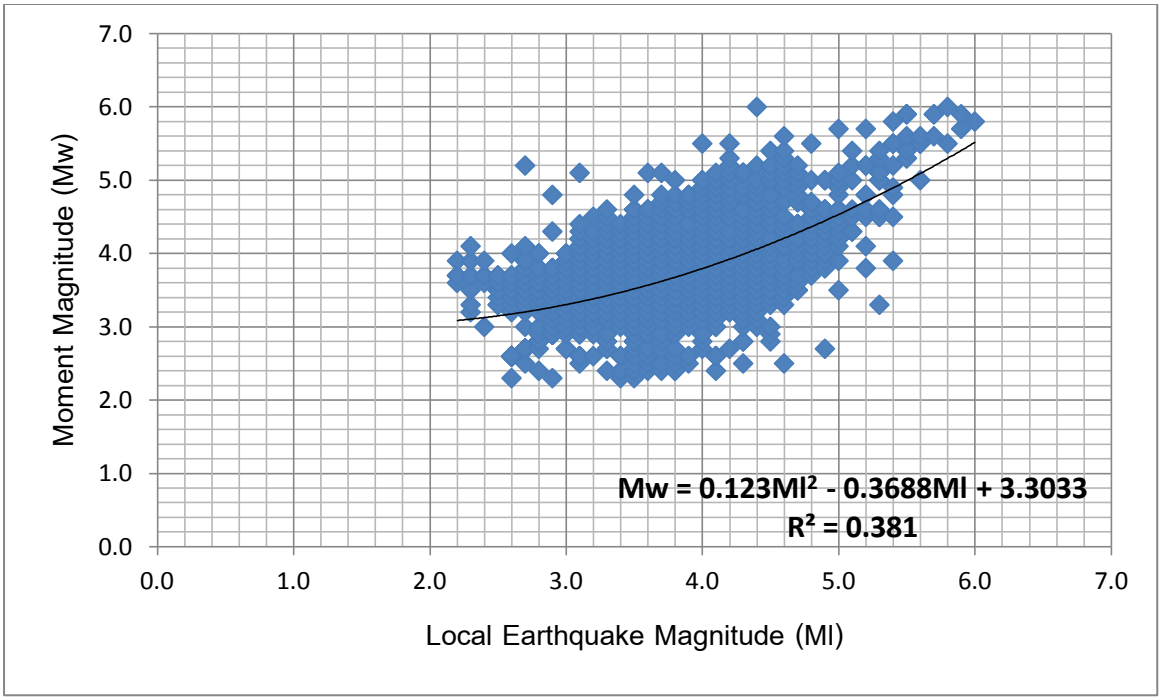
รูป 3.6: **ภาพความสัมพันธ์ระหว่าง** Surface-wave Magnitude (Ms) **และ** Moment Magnitude (Mw)

โดยสามารถใช้ความสัมพันธ์จากสมการในการแปลงหน่วยมาตราวัดเป็น Moment Magnitude (Mw) ดังสมการ 3.2 นี้

$$Mw = 0.0619Ms^2 + 0.2473Ms + 2.0485$$ **สมการ** 3.2

3.2.3 Local earthquake magnitude (Ml) และ Moment Magnitude (Mw)

ผลจากการศึกษาข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูล IRIS ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Local earthquake magnitude (Ml) และ Moment Magnitude (Mw) ดังภาพ 3.7



รูป 3.7: **ภาพความสัมพันธ์ระหว่าง** Local earthquake magnitude (Ml) **และ** Moment Magnitude (Mw)

โดยสามารถใช้ความสัมพันธ์จากสมการในการแปลงหน่วยมาตราวัดเป็น Moment Magnitude (Mw) ดังสมการ 3.3 นี้

$$Mw = 0.123Ml^2 - 0.3688Ml + 3.3033$$ **สมการ** 3.3

Longitude	Latitude	Year	Month	Day	Mw	Depth	Hour	Minute	Second
95.6634	2.5644	2008	11	17	2.8	0	18	34	4
97.05	1.51	2005	4	21	2.9	28	0	13	51
99.75	1.06	2005	4	10	3.0	700	17	2	44
93.7678	4.3115	2008	10	31	3.0	0	11	57	15
98.85	-1.88	2005	4	28	3.1	33	22	9	40
99.32	-1.84	2005	4	20	3.1	0	2	56	9
93.4876	6.3608	2009	1	9	3.1	0	6	12	20
99.57	-1.79	2005	4	11	3.2	33	4	29	12
99.75	-1.67	2005	4	10	3.2	25	16	29	54
97.2983	1.0339	2009	1	18	3.2	0	19	11	28
95.09	3.59	2005	7	30	3.3	0	19	32	4
94.21	2.58	2005	6	13	3.3	39	22	8	47

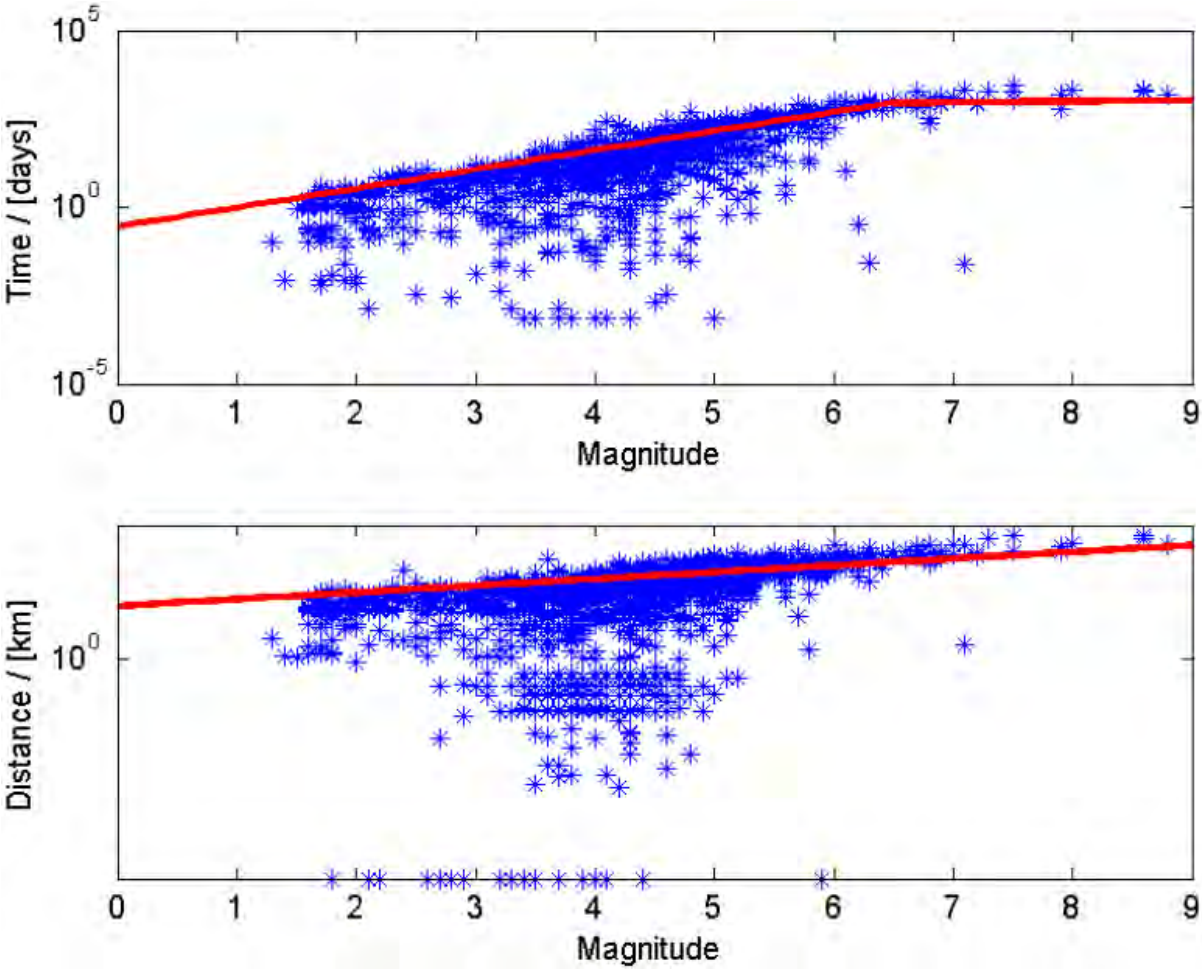
ตาราง3.2: ตารางแสดงตัวอย่างฐานข้อมูลแผ่นดินไหวภายหลังการแปลงข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว

3.3 การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตาม และข้อมูลที่รายงานซ้ำกันออกจากข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก (Earthquake De-clustering)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อนำไปประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในกรณีต่างๆที่ต้องการทราบตามข้างต้นนั้น จะต้องใช้ข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวหลักเท่านั้นเนื่องจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักเกิดจากแรงเค้น (Stress) แรงเครียด (Strain) จากการเปลี่ยนแปลงทางธรณีสัณฐาน (Tectonic activity) โดยตรง ทำให้เป็นข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงต้องมีการคัดเลือกข้อมูลโดยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ซึ่งศูนย์ตรวจวัดแผ่นดินไหวได้ทำการตรวจวัดฐานข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมด โดยไม่มีการตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นต่อการศึกษาในครั้งนี้ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงต้องทำการคัดเลือกไว้เพียงข้อมูลแผ่นดินไหวหลักตามแนวคิดสมมติฐานของ Gardner และ knopoff, 1974 ซึ่งเป็นแบบจำลองที่นิยมที่สุดในปัจจุบัน เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของผลการศึกษา

โดยใช้โปรแกรม Zmap ในการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ด้วยการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามออกจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก ตามแนวคิดสมมติฐานของ Gardner และ knopoff, 1974 ซึ่งทำการเปิดโปรแกรม Zmap นี้ผ่านโปรแกรม MATLAB R2009a แล้วทำการนำเข้าข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่มีการแปลงหน่วยให้อยู่ในหน่วยมาตราวัด Moment magnitude (Mw) และมีการจัดเรียงในรูปแบบตาราง 3.2 ในโปรแกรม Microsoft office excel ขั้นถัดมาให้ทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลนี้ในรูปของ Text file เพื่อนำมาเปิดในโปรแกรม Zmap เพื่อทำการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

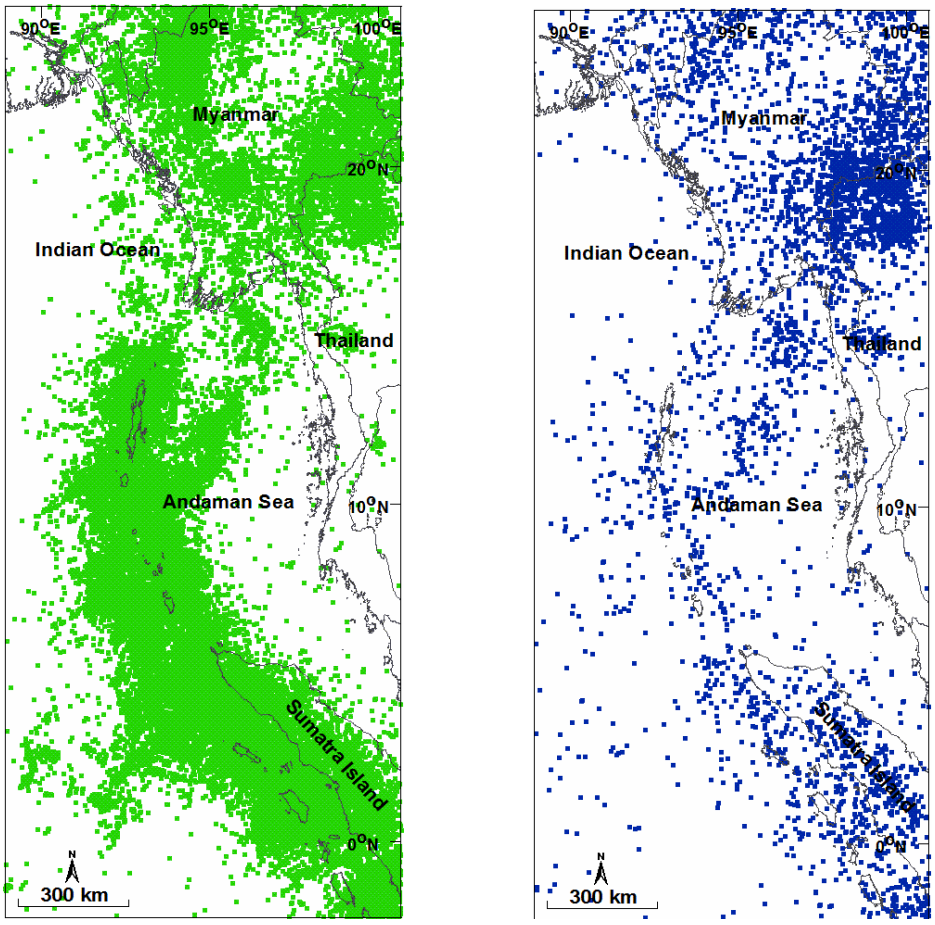
ซึ่งแนวคิดของ Gardner และ knopoff, 1974 คือการจำแนกเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลักออกจากกลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม รวมทั้งเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีการรายงานซ้ำกัน (Identical earthquake) อันเป็นผลเนื่องมาจากการรวมฐานข้อมูลจากหลายๆ ฐานข้อมูลในขั้นตอนก่อนหน้านี้ก็จะสามารถกำจัดในขั้นตอนนี้ด้วยเช่นกัน ซึ่งการกำจัดข้อมูลนั้นอาศัยความสัมพันธ์ในการจัดกลุ่มของแผ่นดินไหว คือขนาดของความรุนแรงของแผ่นดินไหว ระยะทางระหว่างเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ศึกษา และช่วงเวลาที่เกิดขึ้น โดยจะแสดงในรูปแบบของกรอบเวลา (Time window) และกรอบพื้นที่ (Space window) เป็นตัวระบุกลุ่มแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม (Cluster) ซึ่งแผ่นดินไหวที่ปรากฏในกรอบดังกล่าว (ใต้เส้นสีแดง) จะถือว่าเป็นกลุ่มแผ่นดินไหวนำและตามที่ต้องกำจัดข้อมูลออกทั้งหมด (ดังรูป3.8)



รูป 3.8: (ภาพบน) กรอบเวลา (ภาพล่าง) กรอบพื้นที่ แสดงข้อมูลแผ่นดินไหว (สีน้ำเงิน) โดยข้อมูลที่อยู่เหนือเส้นสีแดงของทั้งสองกรอบข้อมูล คือข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

ผลจากการวิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่ามีข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่จัดให้อยู่ในกลุ่มแผ่นดินไหวเดียวกัน (Cluster) รวมทั้งสิ้น 2060 กลุ่มแผ่นดินไหว โดยแต่ละกลุ่มแผ่นดินไหวนั้นจะประกอบด้วยแผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตาม และแผ่นดินไหวหลัก รวมทั้งข้อมูลแผ่นดินไหวที่รายงานซ้ำกัน ดังนั้นจากผลของการแบ่งกลุ่มแผ่นดินไหวมีข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวทั้งสิ้น 77368 เหตุการณ์ เป็นข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามไป 73083 เหตุการณ์ (ถูกคัดออก) คิดเป็น 94.46% ของข้อมูลแผ่นดินไหวทั้หมด ดังนั้นจึงมีข้อมูลแผ่นดินไหวหลักเพียง 4285 เหตุการณ์ (ดังรูป3.9) และแสดงเป็นการกระจายตัวของข้อมูลแผ่นดินไหว (ดังรูป 3.10)

รูป3.9: (ภาพซ้าย) ภาพรายละเอียดของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวก่อนการคัดเลือกข้อมูล (ภาพขวา) ภาพรายละเอียดของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวหลังการคัดเลือกข้อมูล

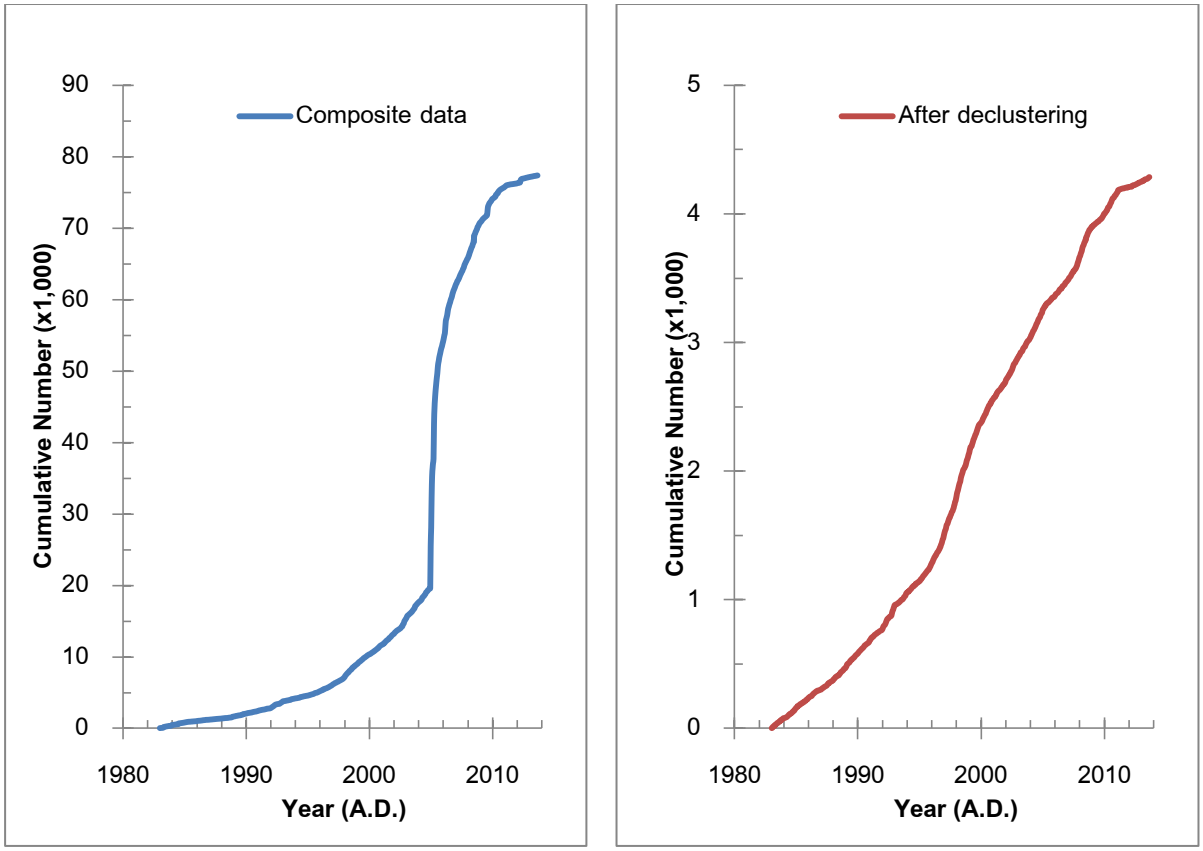


รูป 3.10: แผนที่แสดงการกระจายตัวข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา (สีเขียว) ข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งหมดก่อนการกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและตาม (สีน้ำเงิน) ข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก

นอกจากนี้ทางผู้จัดทำได้นำข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหว ทั้งก่อนและหลังการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลักมาจัดทำเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างจำนวนแผ่นดินไหวสะสม (Cumulative number of earthquake) ในแกนตั้งและแสดงข้อมูลปีที่ทำการตรวจวัดในแนวแกนนอน (รูป 3.11) พบว่าอัตราการเกิดแผ่นดินไหวสะสมที่ตรวจวัดได้ทั้งหมดก่อนการคัดเลือกข้อมูลเฉพาะข้อมูลแผ่นดินไหวหลักนั้นมีมากกว่าช่วงหลังการคัดเลือก และจำนวนแผ่นดินไหวสะสมของข้อมูลหลังจากการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลักนั้นมีความใกล้เคียงกับกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง มากกว่าข้อมูลในช่วงก่อนการคัดเลือก โดยเป็นผลอันเนื่องมาจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวนำ แผ่นดินไหวตามและเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีค่าข้อมูลซ้ำได้ถูกกำจัดออกไป

โดยหลักการในทางธรณีแปรสัณฐาน จากข้อมูลการศึกษาพบว่ากระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานซึ่งเป็นกลไกหลักของการเกิดแผ่นดินไหวนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาอันสั้น เช่น ความเร็วของการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกนั้น ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในทันทีทันใด ดังนั้นจึงคาดการณ์ได้ว่า อัตราการเกิดแผ่นดินไหวในช่วงระยะเวลาอันสั้น โดยเฉพาะในระยะ 20-50 ปีของการตรวจวัดและบันทึกแผ่นดินไหวจากเครื่องมือตรวจวัด ดังที่ได้นำมาใช้ในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ จึงควรมีอัตราการเกิดที่สม่ำเสมอหรืออีกนัยหนึ่งหากพิจารณาในเชิงจำนวนแผ่นดินไหวสะสมนั้นควรจะเป็นเส้นตรงหรือใกล้เคียงกับการเป็นเส้นตรง

ดังนั้นข้อมูลจำนวนแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการคัดเลือกข้อมูลเฉพาะข้อมูลแผ่นดินไหวหลักนั้นจะมีความใกล้เคียงความเป็นเส้นตรงมากขึ้น สื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานที่เป็นต้นเหตุของแผ่นดินไหวได้ค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้นกว่าข้อมูลแผ่นดินไหวก่อนคัดเลือกข้อมูล (ดังรูป 3.11)



รูป 3.11: **(ภาพซ้าย) ข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมก่อนการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก (ภาพขวา) ข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังการคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก**

อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผลการแสดงความสัมพันธ์ในรูปกราฟของข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลักจะแสดงให้เห็นถึงความใกล้เคียงกับกราฟเส้นตรงมากยิ่งขึ้น แต่ยังไม่ถือว่าเป็นเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าอาจมีปัจจัยด้านอื่นๆ ที่ทำให้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์ได้นั้นยังไม่สื่อถึงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง โดยปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งมาจากผลกระทบของกิจกรรมมนุษย์ ซึ่งจะแสดงและวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป

3.4 การตรวจสอบและกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

ปัจจุบันนักแผ่นดินไหววิทยาพบว่าฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้นั้น มักได้รับผลกระทบจากกิจกรรมการตรวจวัดของมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงหน่วยงานหรือระบบการดูแลจัดการเครือข่ายสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว (Habermann และ Wyss, 1984) การเปลี่ยนแปลงซอฟแวร์ในการประเมินข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (Wyss และ Habermann, 1988b) การเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องมือตรวจวัดสำหรับการวิเคราะห์แผ่นดินไหว (Wyss, 1991) การยกเลิกหรือติดตั้งสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวเพิ่มเติม (Wyss, 1991) และการเปลี่ยนแปลงในหน่วยวัดหรือคำจำกัดความของขนาดแผ่นดินไหว (Perez

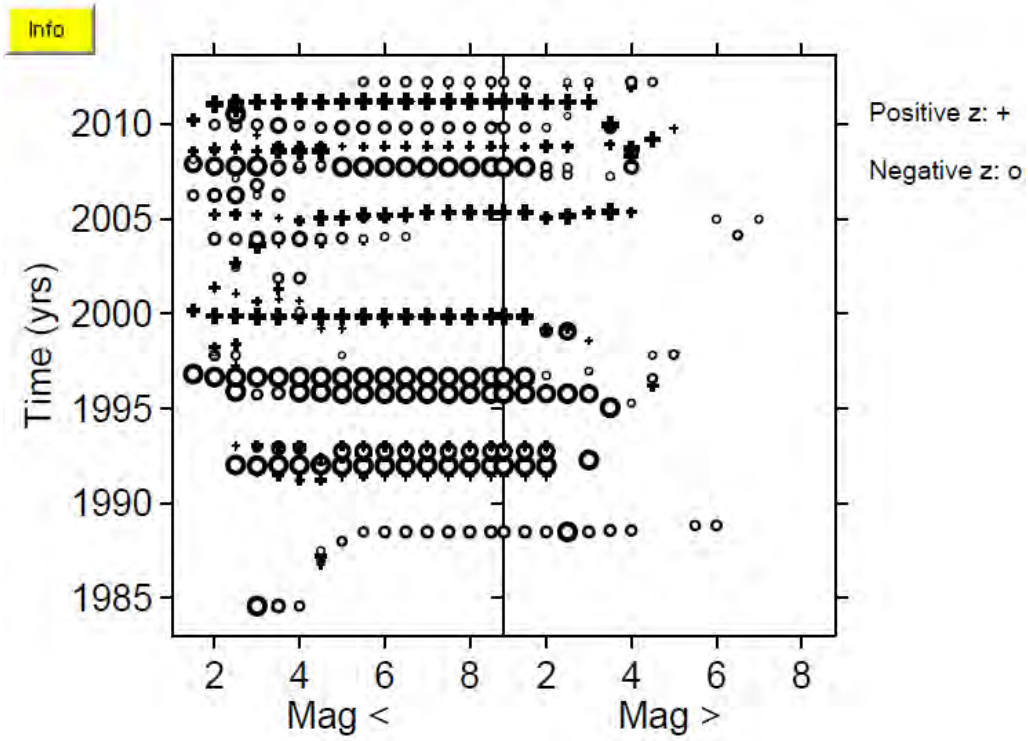
และ Scholz, 1984) ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์เหล่านี้ ส่งผลให้การตรวจวัดแผ่นดินไหวหรือการรับข่าวสารด้านแผ่นดินไหวจากโลกนั้นไม่เป็นระบบหรือต่อเนื่อง เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือวิธีการวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวของเครือข่าย ทำให้การประเมินขนาดแผ่นดินไหวนั้นเปลี่ยนแปลงไปทั้งระบบ การยกเลิกสถานีตรวจวัดอาจทำให้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้นั้นมีจำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวน้อยลง หรือการเพิ่มสถานีตรวจวัดอาจทำให้มีการตรวจจับแผ่นดินไหวได้มากขึ้น ซึ่งดังที่กล่าวในข้างต้นว่าในทางธรณีวิทยาเชื่อว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราหรือกิจกรรมทางธรณีแปรสัณฐานที่เป็นสาเหตุหลักให้เกิดแผ่นดินไหวนั้นไม่สามารถเปลี่ยนได้อย่างทันทีทันใดในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวโดยรวมจึงสื่อถึงกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งควรจะมีการปรับแก้หรือเลือกใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความต่อเนื่องมากที่สุด เพื่อให้ข้อมูลแผ่นดินไหวนั้นสื่อถึงกระบวนการทางธรณีแปรสัณฐานมากที่สุด

Habermann (1983, 1987) ได้นำเสนอหลักการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหว 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 ดังแสดงในสมการ

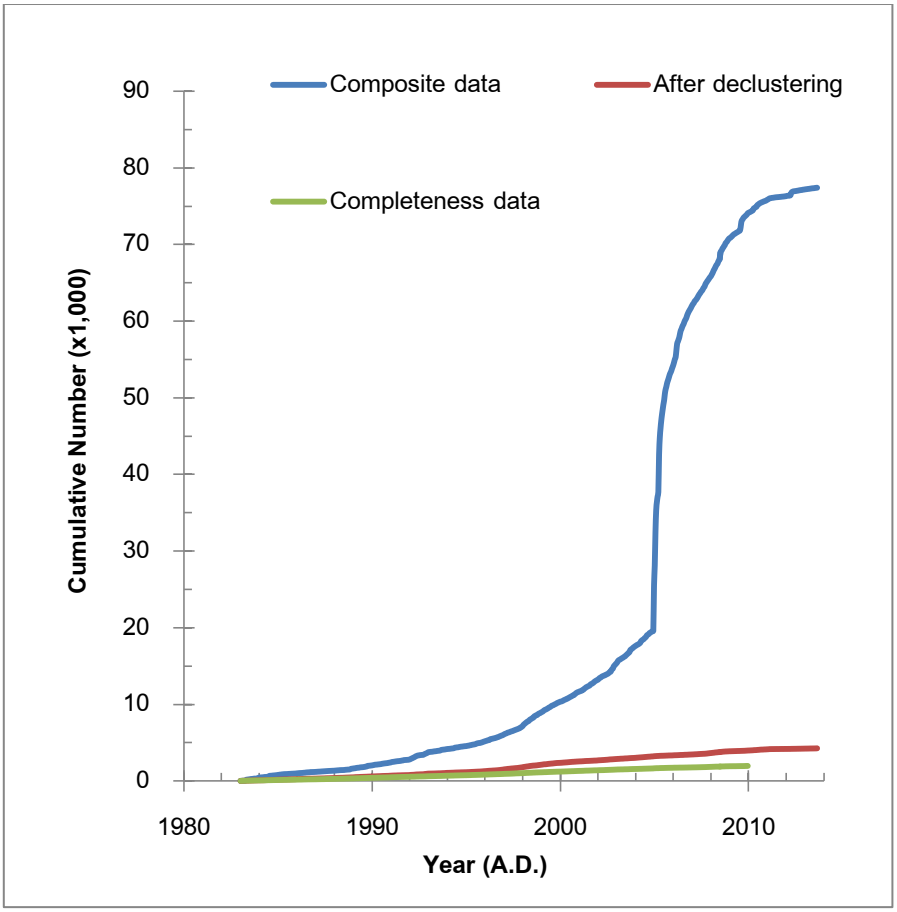
$$Z = \frac{M1 - M2}{\sqrt{\frac{S1^2}{N1} + \frac{S2^2}{N2}}}, \qquad \textbf{สมการ } 3.4$$

โดยผลการคำนวณจะแสดงอยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ขนาด และในแต่ละช่วงเวลา ดังรูป 3.12 เป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวหลัก (Main shock) ในพื้นที่ศึกษาตามแนวคิดของ Habermann (1983, 1987) โดยแสดงอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการบันทึก (แกนตั้ง) และขนาดแผ่นดินไหว (แกนนอน) ซึ่งจากกราฟด้านขวาที่แสดงผลการวิเคราะห์อัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดที่มากกว่าระดับแผ่นดินไหวที่กำหนด พบว่าข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวอยู่หลายช่วงเวลา เช่น ในช่วงปี ค.ศ. 1996-1997 พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการตรวจวัดแผ่นดินไหวตลอดช่วงขนาดแผ่นดินไหว เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อการ

วิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาได้ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ในเชิงสถิติซึ่งเป็นวิธีการหลักของการศึกษาวิจัยนี้ อย่างไรก็ตาม รูป 3.12 แสดงให้เห็นว่าในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1983-2011 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงของอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสูง โดยมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะแผ่นดินไหวที่มีขนาด $\leq$ 3.8 ริกเตอร์ ดังนั้นจึงคัดเลือกช่วงของข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่า 3.8 ริกเตอร์ในช่วงปี ค.ศ. 1983-2011 ซึ่งมีการตรวจวัดด้วยอัตราเดียวกันอย่างต่อเนื่องมาเป็นตัวแทนของพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

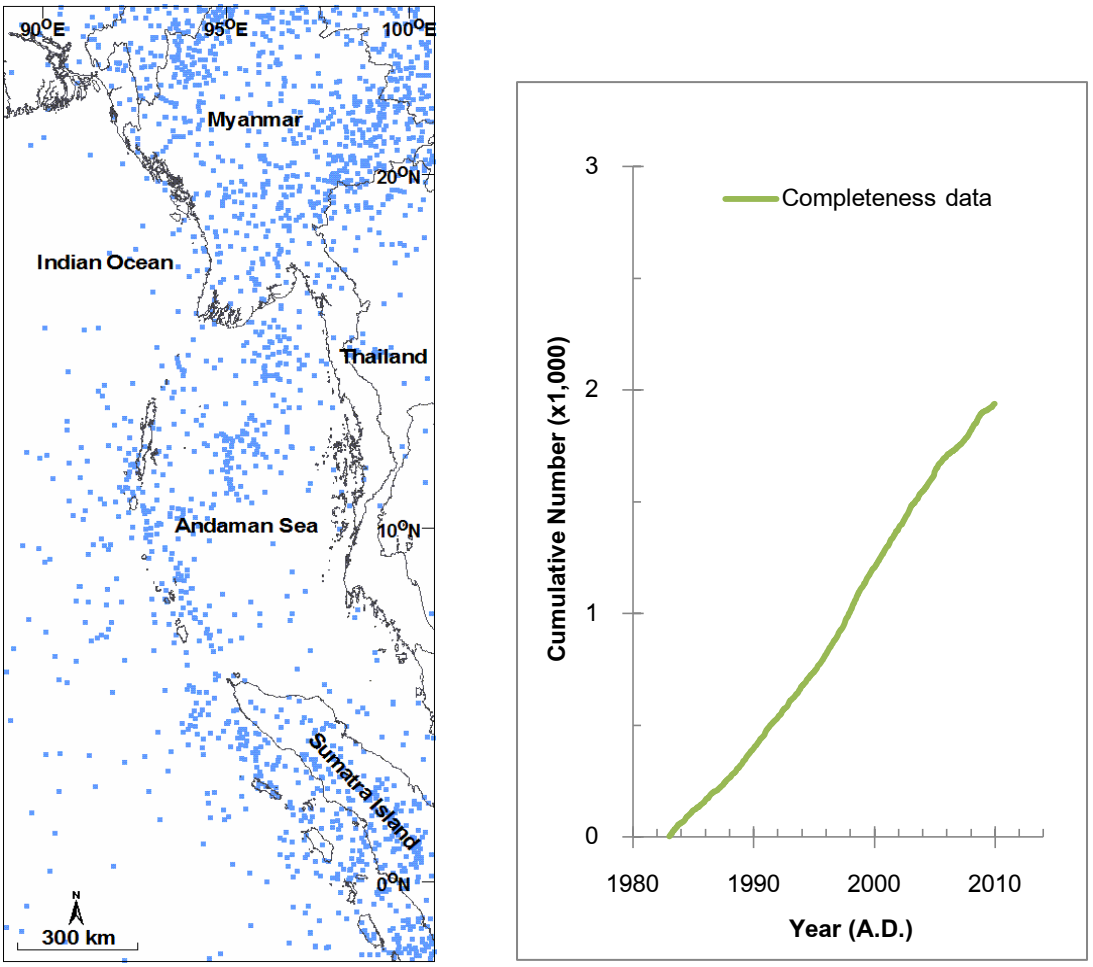


รูป 3.12: **ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตราการตรวจวัดและบันทึกแผ่นดินไหวตามแนวคิดของ** Habermann (1983; 1987) **ในแต่ละช่วงเวลาและแต่ละช่วงขนาดแผ่นดินไหว (O แสดงอัตราการตรวจวัดที่ลดลง ส่วน + แสดงอัตราการตรวจวัดที่เพิ่มขึ้น)**



รูป 3.13: **กราฟการเปรียบเทียบจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละขั้นของกระบวนการสังเคราะห์ต่าง ๆ**

โดยรูปข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ในขั้นต่างๆ โดยเส้นสีน้ำเงินแสดงอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลก่อนการคัดเลือกแผ่นดินไหวหลัก อันเกิดจากการที่มีข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตามเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงทำให้กราฟแผ่นดินไหวสะสมนั้นไม่เป็นเส้นตรงมากนัก ส่วนในกรณีของกราฟจากฐานข้อมูลที่มีการกำจัดข้อมูลแผ่นดินไหวนำและแผ่นดินไหวตาม (เส้นสีแดง) พบว่ากราฟอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมมีลักษณะที่ใกล้กับการเป็นเส้นตรงมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม หลังจากมีการวิเคราะห์ผลกระทบของอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์ และมีการคัดเลือกเฉพาะแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 3.8 ริกเตอร์ที่มีการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ. 1983-2011 และนำมาแสดงความสัมพันธ์อีกครั้งของอัตราการตรวจวัดแผ่นดินไหวสะสมของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่ามีลักษณะที่ใกล้กับเส้นตรงมากที่สุด (เส้นสีเขียว)



รูป 3.14: **ข้อมูลแผ่นดินไหวสะสมหลังจากการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์ แสดงในรูปแบบแผนที่ข้อมูลแผ่นดินไหวและรูปแบบกราฟที่มีความใกล้เคียงเส้นตรงมากขึ้น**

ซึ่งหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการตรวจสอบและคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวทั้งสิ้นนี้ ในทางสถิติจะถือว่าฐานข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์หาพฤติกรรมของแผ่นดินไหวได้อย่างเหมาะสมและให้ความหมายถูกต้องที่สุด

3.5 **การกระจายตัวของแผ่นดินไหวจากภาพตัดขวาง** (Cross Section of Earthquake Distribution)

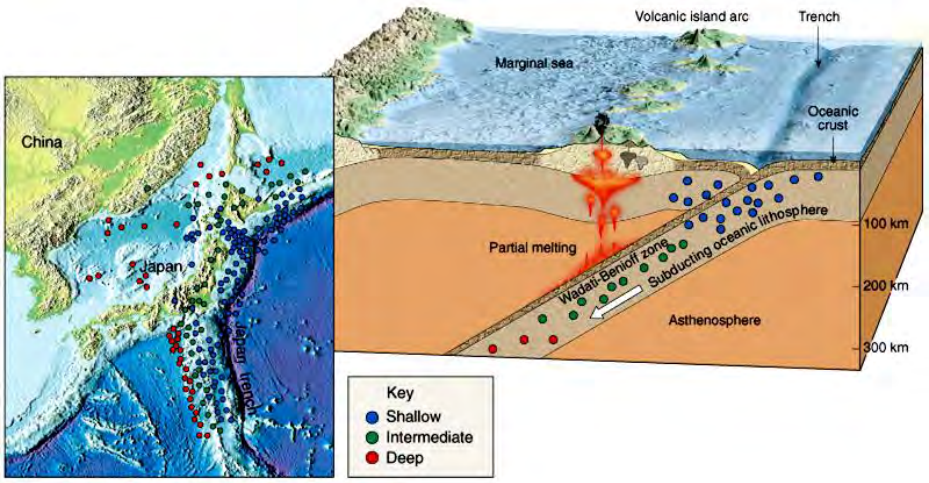
สภาพแวดล้อมการเกิดแผ่นดินไหวตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกตามพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวและความรุนแรงของพิบัติภัยออกเป็น 3 ลักษณะหลัก ได้แก่

1.**แผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก** (Interplate earthquake) คือ แผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณที่มีการขัดสีกันระหว่างแผ่นเปลือกโลก ซึ่งมักจะเป็นแผ่นดินไหวระดับตื้นไม่เกิน 60 กิโลเมตร ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นเปลือกโลก และเป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดรุนแรง เนื่องจากเป็นการขัดสีของขอบแผ่นเปลือกโลกโดยตรง เช่น เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 9.0 ริกเตอร์ เมื่อวันที่ 26

ธันวาคม พ.ศ. 2547 ที่บริเวณทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดสึนามิเข้าปะทะชายฝั่งรอบมหาสมุทรอินเดีย รวมทั้งชายฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทย

2.**แผ่นดินไหวที่เกิดภายในแผ่นเปลือกโลก** (Intraplate earthquake) คือ แผ่นดินไหวที่เกิดจากผลกระทบอันเนื่องมาจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลก ทำให้แรงของการชนกันนั้นส่งผลกระทบกระจายต่อเข้าไปภายในของแผ่นเปลือกโลก กลายเป็นรอยแตกหรือรอยเลื่อน (fault) ภายในแผ่นเปลือกโลกบนพื้นแผ่นดินเป็นส่วนใหญ่ แผ่นดินไหวประเภทนี้จะมีความลึกไม่เกินขอบเขตหรือความหนาของแผ่นเปลือกโลก เช่นเดียวกับแผ่นดินไหวที่เกิดระหว่างแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก และสามารถเกิดเป็นแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้เช่นกัน เช่น เหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7.5 ริกเตอร์ที่เมืองโกเบ ประเทศญี่ปุ่น ในปี ค.ศ. 1995 และเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 7.0 ริกเตอร์ บริเวณชายแดนระหว่างประเทศไทยและประเทศพม่าที่เกิดขึ้นล่าสุดในช่วงปี พ.ศ. 2554 เป็นต้น

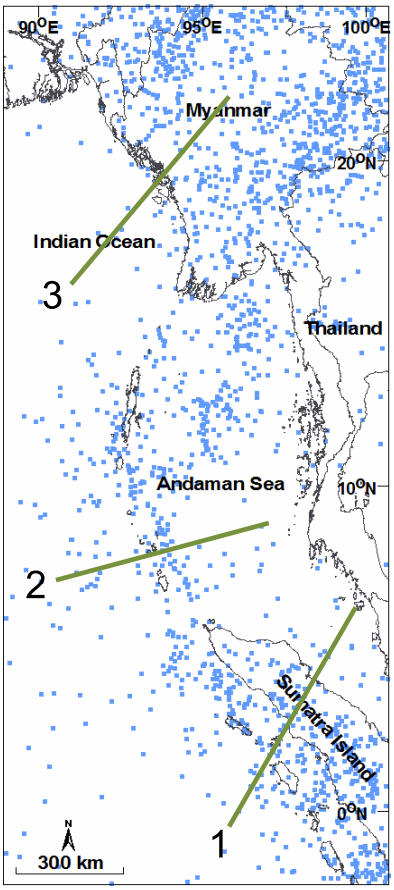
3.**แผ่นดินไหวที่เกิดบริเวณแผ่นที่มุดลงไปใต้โลก** (Intraslab earthquake) คือ แผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดลงไปใต้ ซึ่งมักเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักและเป็นแผ่นดินไหวระดับลึก ซึ่งกลไกการเกิดแผ่นดินไหวแตกต่างจากการชนกันของแบบระหว่างและภายในแผ่นเปลือกโลก เนื่องจากแผ่นดินไหวที่เกิดในบริเวณนี้เกิดจากแรงดึงของกระแสนำพาความร้อน (convection current) ของแมกมา(Magma)ใต้โลกซึ่งดึงแผ่นส่วนที่มุดให้มุดลงไปมากยิ่งขึ้น ในขณะที่ส่วนที่กำลังชนกันนั้นถูกยึดติดไว้บริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ทำให้ส่วนที่มุดลงไปนั้นถูกดึงให้ยืดยาวขึ้นและบางครั้งอาจเกิดการปริแตกกลายเป็นแผ่นดินไหวได้



รูป 3.15: **แบบจำลองและภาพตัดขวางการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศญี่ปุ่นแสดงตำแหน่งที่สามารถเกิดแผ่นดินไหวได้ในพื้นที่ต่าง ๆ ของโซนการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก**

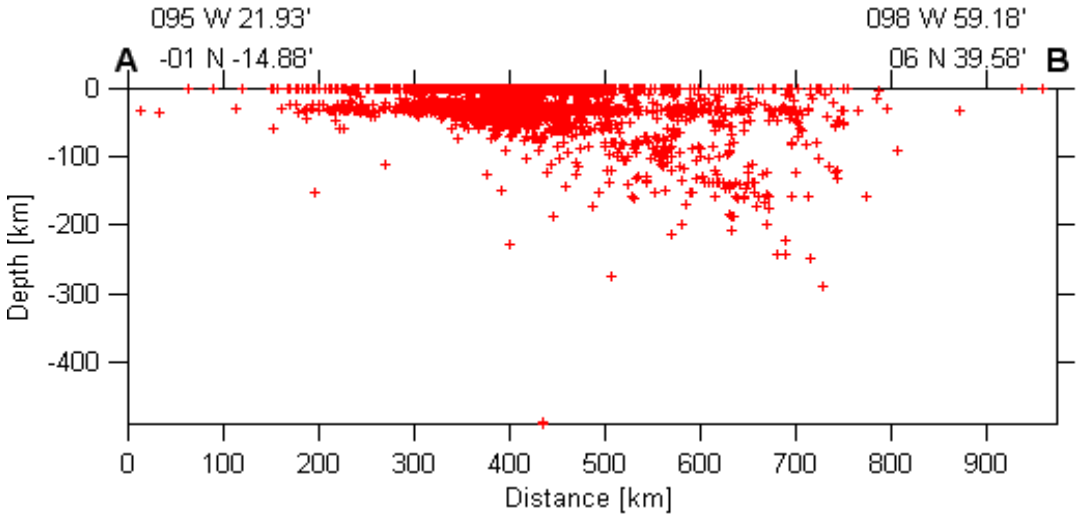
โดยจาก รูป 3.15 จุดวงกลมสีน้ำเงินแสดงแผ่นดินไหวที่เกิดจากระหว่างแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (Interplate earthquake) หรือ เกิดภายในแผ่นเปลือกโลก (Intraplate earthquake) ส่วนจุดวงกลมสีเขียวและสีแดงแสดงการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณแผ่นที่มุดลงไปใต้โลก (Intraslab earthquake) (www.geolgy.com)

ดังนั้น ก่อนการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา ในเบื้องต้น ทางผู้จัดทำได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้จากทั้ง 2 ฐานข้อมูล มาศึกษาการกระจายตัวของแผ่นดินไหวในรูปแบบของภาพตัดขวางหรือ 3 มิติ โดยมีการกำหนดพื้นที่เพื่อศึกษาการกระจายตัวของแผ่นดินไหวจากภาพตัดขวาง ซึ่งแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันนั้นมีความยาวมาก จึงได้มีการทำภาพตัดขวาง 3 แนว เพื่อยืนยันรูปร่างของการมุดตัวตลอดแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน ซึ่งการศึกษาการกระจายตัวของแผ่นดินไหวตามภาพตัดขวางนั้นช่วยในการทำความเข้าใจลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน (Tectonics) บริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งไม่สามารถตรวจวัดได้ด้วยวิธีอื่นๆ โดยมีรายละเอียดแนวภาพตัดขวางที่ได้เลือกศึกษาแสดงในรูป 3.14 และผลการศึกษาการกระจายตัวของแผ่นดินไหวตามแนวภาพตัดขวางแสดงตามรูปประกอบของแต่ละคำบรรยายภาพตัดขวาง ตามลำดับ



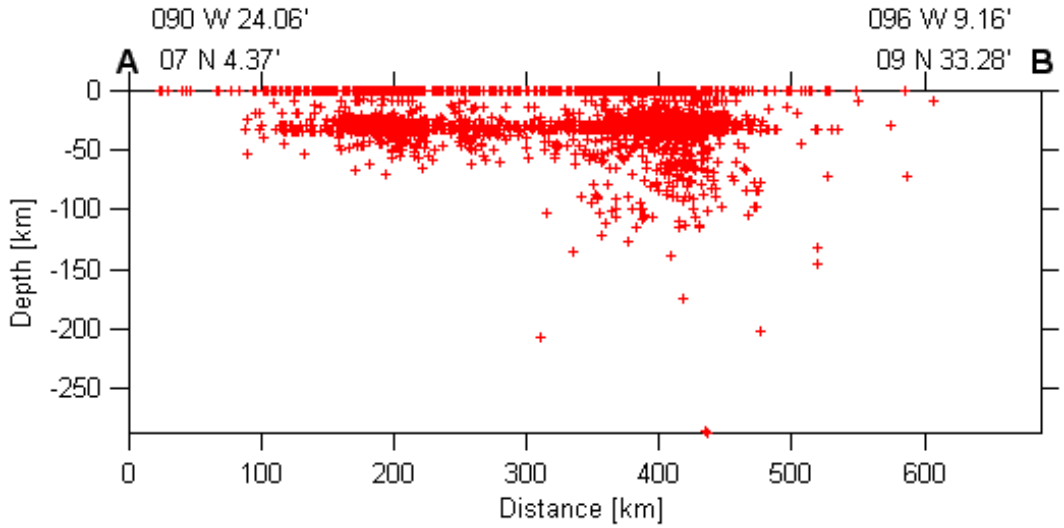
รูป 3.16: แผนที่แสดงแนวเส้นการวิเคราะห์แผ่นดินไหวโดยภาพตัดขวางบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน

<u>ภาพตัดขวางที่ 1</u> บริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก สุมาตรา-อันดามัน ทางตอนเหนือของหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย แสดงลักษณะการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยทำมุมการมุดตัวประมาณ 45° และมุดลงไปถึงระดับความลึก 250 กิโลเมตรใต้พื้นโลก โดยมีแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามแผ่นเปลือกโลกอยู่ในระดับความลึก 45 กิโลเมตรจากพื้นโลก ซึ่งมีความหนาแน่นของการเกิดแผ่นดินไหวมาก เมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ



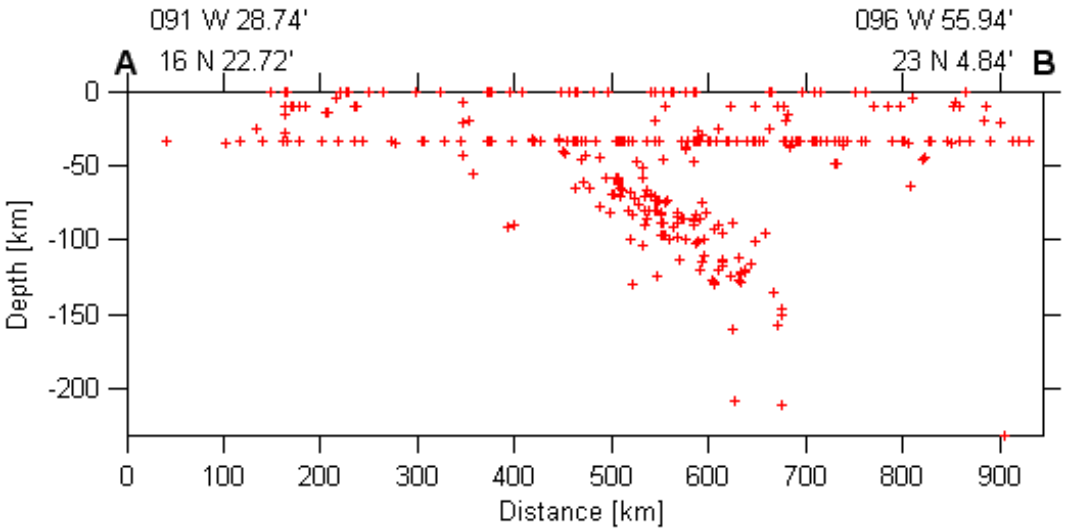
รูป 3.17: **ภาพตัดขวางบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน ทางตอนเหนือของหมู่เกาะสุมาตรา ประเทศ อินโดนีเซีย**

<u>ภาพตัดขวางที่ 2</u> บริเวณหมู่เกาะนิโคบาร์ตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน แสดงลักษณะการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกไปทางทิศตะวันออก โดยเริ่มมุดตัวในช่วงกิโลเมตรที่ 320 และทำมุมการมุดตัวประมาณ 45° และมุดลงไปถึงระดับความลึก 130 กิโลเมตรใต้พื้นโลกบริเวณกิโลเมตรที่ 430 โดยมีแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามแผ่นเปลือกโลกอยู่ในระดับความลึก 40 กิโลเมตรจากพื้นโลก ซึ่งมีความหนาแน่นของการเกิดแผ่นดินไหวมากพอสมควร เมื่อเทียบกับแนวมุดตัวบริเวณอื่นๆ



รูป 3.18: ภาพตัดขวางบริเวณหมู่เกาะนิโคบาร์ตามแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน

<u>ภาพตัดขวางที่</u> 3 บริเวณตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา – อันดามัน เข้าไปในพื้นที่ของประเทศพม่า โดยจากภาพแสดงลักษณะการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำมุมการมุดตัวประมาณ 45° โดยเริ่มมีการมุดตัวในช่วงกิโลเมตรที่ 450 และมุดลงไปถึงระดับความลึก 145 กิโลเมตรใต้พื้นโลก นอกจากนี้ยังพบว่ามีแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นตามแผ่นเปลือกโลกอยู่ในระดับความลึก 40 กิโลเมตรจากพื้นโลก และโดยรวมมีความหนาแน่นของการเกิดแผ่นดินไหวน้อยเมื่อเทียบกับบริเวณอื่นๆ



รูป 3.19: ภาพตัดขวางบริเวณตอนเหนือของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา – อันดามัน เข้าไปในพื้นที่ของประเทศพม่า

จากการประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวเพื่อสำรวจและศึกษาการกระจายตัวของแผ่นดินไหวในรูปแบบภาพตัดขวาง พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นสามารถสร้างแผ่นดินไหวได้ และที่สำคัญจากการศึกษาการกระจายตัวของแผ่นดินไหวนี้ ทำให้ทราบว่าความหนาของแผ่นเปลือกโลกในบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นอยู่ในระดับ 35-45 กิโลเมตรเป็นหลัก ซึ่งข้อมูลระดับความลึกนี้สำคัญต่อการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในขั้นต่อๆ ไป ทั้งนี้ในการศึกษาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเพื่อประเมินพิบัติภัยสึนามินั้นจำเป็นต้องใช้เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดเฉพาะในบริเวณแผ่นเปลือกโลก (0-45 กิโลเมตร) เนื่องจากสามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งได้ ส่วนในกรณีของแผ่นดินไหวที่เกิดตามส่วนของแผ่นเปลือกโลกที่มุดตัวนั้นไม่ส่งผลต่อการเกิดพิบัติต่างๆ เช่น สึนามิ เป็นต้น ดังนั้นจากผลการศึกษาภาพตัดขวางเพื่อประเมินระดับความลึกของแผ่นเปลือกโลกนั้นโดยสรุป คือ การศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกใช้แผ่นดินไหวที่ระดับความลึก ไม่เกิน 45 กิโลเมตรในการศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา เพื่อเป็นตัวแทนของพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่มีโอกาสส่งผลกระทบด้านพิบัติภัยต่างๆ ในอนาคต

บทที่ 4
การวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดินไหวเบื้องต้น
(Earthquake Activity Analysis)

ภายหลังจากการเตรียมข้อมูลตั้งแต่ การคัดลอกและสร้างฐานข้อมูลแผ่นดินไหว การปรับเทียบมาตรฐานตรวจวัดแผ่นดินไหว การจัดกลุ่มและคัดเลือกแผ่นดินไหวหลัก การกำจัดผลกระทบจากพฤติกรรมมนุษย์ และการวิเคราะห์การกระจายตัวของแผ่นดินไหวจากภาพตัดขวาง ทำให้ได้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่พร้อมต่อการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหว ในรูปแบบของความรุนแรงและค่าอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหว รวมทั้งตำแหน่งที่มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดแผ่นดินไหวแต่ละระดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลแผ่นดินไหวประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การกระจายตัวความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว (Frequency-magnitude Earthquake Distribution)

จากข้อมูลการตรวจวัดแผ่นดินไหวที่มีมากขึ้นในปัจจุบัน ทำให้นักแผ่นดินไหววิทยาสังเกตและสรุปได้ว่าในพื้นที่ใดๆ หากพิจารณาในเชิงของขนาดและอัตราการเกิดแผ่นดินไหวจะพบว่า แผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กจะมีอัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่สูงกว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจากการศึกษาในเชิงลึกของ Ishimoto และ Iida (1939) และ Gutenberg และ Richter (1944) ได้นำเสนอว่าในพื้นที่ใดๆ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวมีความสัมพันธ์กับขนาดแผ่นดินไหวดังแสดงในสมการ 4.1 หรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อของสมการ Gutenberg-Richter

สมการ Gutenberg-Richter relationship

$$\log (N) = a - bM \qquad \textbf{สมการ 4.1}$$

โดยกำหนดให้

N คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับแผ่นดินไหวที่มีขนาด M ริกเตอร์

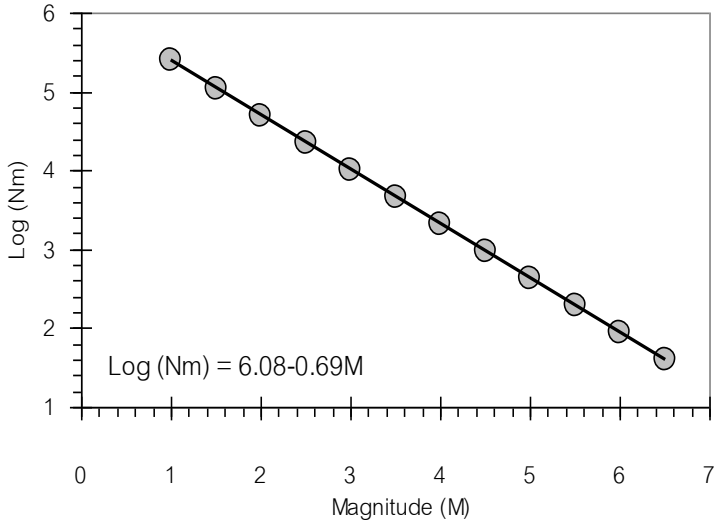
a คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวก โดยเป็นค่าที่มีนัยสำคัญถึงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Seismic activity) โดยรวมจากทุกๆขนาดแผ่นดินไหว

b คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวก โดยเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรงเมื่อเทียบกับขนาดรอบข้าง ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟ ตามสมการข้างต้น

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

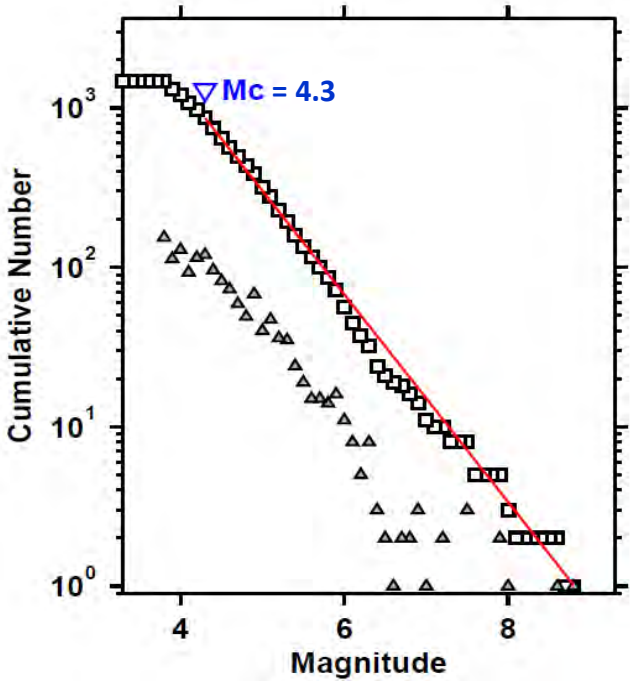
β คือ ค่าคงที่ มีความสัมพันธ์กับค่า b คือ $\beta = b \ln(10)$

โดยการวิเคราะห์ค่า a และค่า b สามารถทำได้ ด้วยการนำข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวและค่า log ของอัตราการเกิดแผ่นดินไหวแต่ละขนาดมาพล็อตลงในกราฟ เพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ (Gutenberg-Richter relationship) ซึ่งค่า a คือค่าคงที่จำนวนจริงบวกที่แสดงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Seismic activity) โดยรวมจากทุกๆขนาดแผ่นดินไหวในพื้นที่นั้น ได้มาจากค่าคงที่ในสมการเส้นตรง และค่า b คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวกที่แสดงอัตราการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรงเมื่อเทียบกับขนาดรอบข้าง ซึ่งได้มาจากความชันของกราฟในความสัมพันธ์ โดยมีลักษณะดังตัวอย่างรูป 4.1



รูป 4.1: **กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหว (M) และความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหว** (N_m)

ถัดมาได้มีการจัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และขนาดของแผ่นดินไหว พบว่าในช่วงที่ขนาดแผ่นดินไหวเล็กกว่าค่า Mc นั้น จะมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงตามความสัมพันธ์จากสมการ 4.1 ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยในอดีต สามารถสรุปได้ว่าเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของการตรวจวัดแผ่นดินไหวอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพและความไวต่อสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวของเครื่องมือตรวจวัด เช่นในกรณีของแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กแรงสั่นสะเทือนบางส่วนไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือและไม่ปรากฏในฐานข้อมูลการตรวจวัด ทั้งที่ได้เกิดแผ่นดินไหวจริง ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้มีค่า ขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดที่มีความสมบูรณ์ในการตรวจวัดได้จากเครื่องมือ เรียกว่า **Magnitude of completeness** หรือ **Mc** (Woessner and Wiemer, 2005) โดยค่า Mc หมายถึง ระดับขนาดแผ่นดินไหวที่เครือข่ายสามารถตรวจวัดได้ทุกเหตุการณ์ที่แผ่นดินไหวเกิดขึ้น ในขณะที่แผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า Mc นั้นบางเครือข่ายไม่สามารถตรวจวัดได้ ดังนั้นการกำหนดค่า Mc ให้ถูกต้องจึงส่งผลต่อการวิเคราะห์ทั้งค่า a และ b ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในเขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกต่อไป



รูป4.2: ภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวและความถี่ (รูปสามเหลี่ยมสีดำ) คือ จำนวนแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละขนาด และ (รูปสี่เหลี่ยม) คือจำนวนแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละขนาดที่เท่ากับและมากกว่า

4.2 การประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเบื้องต้น (Preliminary Evaluation of Earthquake Activities)

ในปี ค.ศ. 2009 นักแผ่นดินไหววิทยาชื่อYadav ได้ทำการศึกษาและนำเสนอสมการความสัมพันธ์ที่พัฒนามาจาก Gutenberg และ Richter (1944) และ Ishimoto และ Iida (1939) ดังสมการ 4.2

$$\ln (N) = \ln \alpha - \beta M \qquad \textbf{สมการ 4.2}$$

โดยกำหนดให้

N คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับแผ่นดินไหวที่มีขนาด M ริกเตอร์

a คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวก โดยเป็นค่าที่มีนัยสำคัญถึงอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Seismic activity) โดยรวมจากทุกๆขนาดแผ่นดินไหว

b คือ ค่าคงที่จำนวนจริงบวก โดยเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดความรุนแรงเมื่อเทียบกับขนาดรอบข้าง ซึ่งดูได้จากความชันของกราฟ ตามสมการข้างต้น

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

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

4.2.1 ความน่าจะเป็นในการเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดใน t ปี (μ_t)

โดยสามารถนำข้อมูลข้างต้นไปวิเคราะห์ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ในแต่ละปีที่พิจารณาได้ดังสมการ 4.3

มีความสัมพันธ์กับค่า α และค่า β ดังสมการ

$$\mu_t = \frac{\ln(\alpha t)}{\beta} \qquad \textbf{สมการ 4.3}$$

โดยกำหนดให้

μ_t คือ ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลา t ที่พิจารณา

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหวในสมการ Gutenberg-Richter relationship

t คือ เวลาในหน่วยปี

4.2.2 คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหว (T_M) ขนาดแผ่นดินไหว M ริกเตอร์

รวมทั้งทำการศึกษาวิเคราะห์คาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ของแต่ละขนาดแผ่นดินไหวได้จากสมการ 4.4 (Yadav, 2009)

มีความสัมพันธ์กับค่า α และค่า β ดังสมการ

$$T_M = \frac{1}{\mathrm{N}} = \frac{\exp(\beta \mathrm{M})}{\alpha} \qquad \textbf{สมการ 4.4}$$

โดยกำหนดให้

T_M คือ คาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาด M

N คือ อัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่าหรือเท่ากับแผ่นดินไหวที่มีขนาด M ริกเตอร์

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหวในสมการ Gutenberg-Richter relationship

M คือ ขนาดแผ่นดินไหว

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการประเมินในเบื้องต้น ในกรณีของเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาด 4-7 ริกเตอร์

4.2.3 **ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหว** *($P_t(M)$)*

นอกจากนี้สามารถประเมินหรือแสดงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในรูปแบบของความน่าจะเป็น(Probabilities of Earthquake Occurrences) (หน่วย %) ของการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละขนาดและปีที่พิจารณาได้ดังสมการ 4.5 (Yadav, 2009)

โดยมีความสัมพันธ์กับคาบอุบัติซ้ำ t ขนาดของแผ่นดินไหว M ค่า α และค่า β ดังสมการ

$$P_t(M) = 1\text{-}exp\ (-\alpha t \cdot (exp(-\beta M))) \qquad \textbf{สมการ 4.5}$$

โดยกำหนดให้

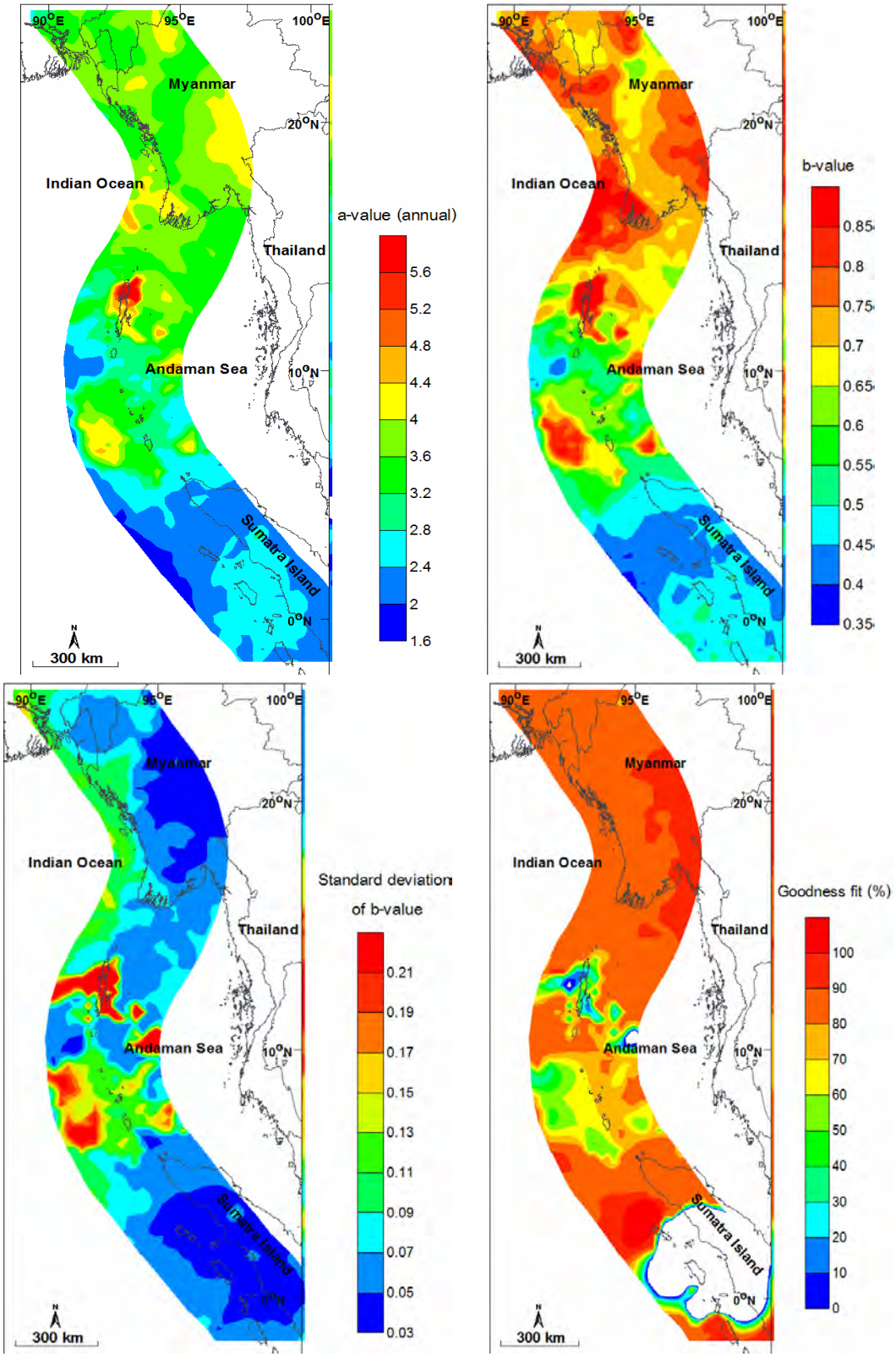
$P_t(M)$ คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด M ริกเตอร์ ในช่วงระยะการพิจารณา t

α, β คือ ค่าคงที่ที่ได้มาจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดแผ่นดินไหวกับขนาดแผ่นดินไหวในสมการ Gutenberg-Richter relationship

t คือ เวลาในหน่วยปี

4.3 **การประเมินพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวเชิงพื้นที่** (Spatial Evaluation of Earthquake Activities)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคัดเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ข้อมูลแล้วว่าแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางธรณีแปรสัณฐานอย่างแท้จริง ซึ่งขั้นถัดมาคือทำการเลือกเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่อยู่ในรัศมีคงที่ที่ 300 กิโลเมตร จากแต่ละจุดศึกษามาเป็นตัวแทนในการแสดงความสัมพันธ์ในรูป G-R relationship แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าตัวแปรต่างๆ ที่จำเป็นในการประเมินพฤติกรรมแผ่นดินไหว อ้างอิงจากสมการ 4.2-4.5 ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาในเชิงพื้นที่ขั้นรายละเอียดในแต่ละจุดย่อย และจากนั้นจึงนำผลที่ได้ในแต่ละจุดย่อยที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษามาสร้างแผนที่เส้นชั้นความสูง (contour map) ของค่าตัวแปรต่างๆ โดยผลการศึกษาแสดงในรูปของแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าต่างๆประกอบไปด้วย ค่า a (annual) ค่า b ค่าแสดงการกระจายของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ของผลการวิเคราะห์ค่า b เพื่อแสดงถึงความแม่นยำในเชิงสถิติของผลการวิเคราะห์ และค่าความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ G-R relationship (ความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว) ในพื้นที่ศึกษาหรือที่เรียกว่าค่า Goodness of fit (%)

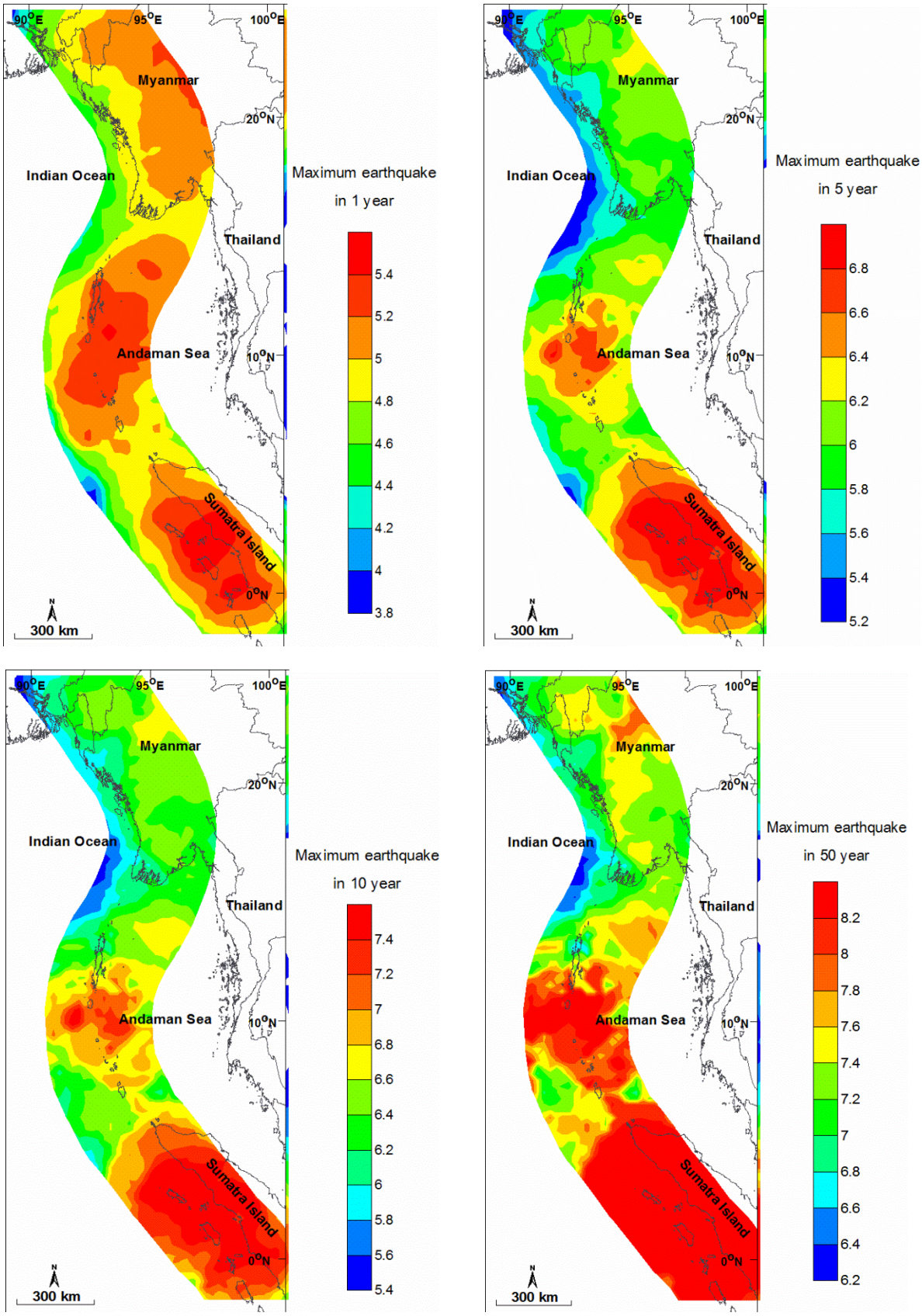


รูป4.3: (ซ้ายบน) แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของค่า a (annual) (ขวาบน) แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของค่า b (ซ้ายล่าง) แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายของผลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) ของผลการวิเคราะห์ค่า b และ (ขวาล่าง) แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ G-R relationship (ความถี่-ขนาดแผ่นดินไหว)

ผลจากการวิเคราะห์ในรูป 4.3 (ขวาบน) ค่า b ในพื้นที่ศึกษาพบว่าในทางตอนใต้ของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันนั้นมีค่า b ที่ต่ำกว่าบริเวณทางตอนเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเก่าที่แสดงข้อมูลไว้ข้างต้นของ Nuannin และคณะ (2005) และ Pailoplee และคณะ (2013a) ที่ว่าบริเวณทางตอนใต้มีพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวสูงกว่าทางตอนเหนือ ถัดมาเมื่อทำการวิเคราะห์รูป 4.3 (ซ้ายล่าง) ที่แสดงผลการประเมินค่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b ในพื้นที่ศึกษาโดยมีค่าประมาณในพื้นที่ส่วนใหญ่เป็น 0.03-0.13 ดังภาพ แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินค่า b ที่ได้นั้นมีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า b ที่ต่ำ รวมทั้งเมื่อพิจารณารูป 4.3 (ขวาล่าง) ที่แสดงความน่าเชื่อถือของสมการความสัมพันธ์ G-R relationship พบว่าในภาพรวมของพื้นที่ศึกษามีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากค่าที่แสดงออกมานั้นมี % สูงโดยเฉลี่ยประมาณ 80-90% โดยจากแผนที่แสดงการกระจายตัวของค่าต่างๆ เหล่านี้ สามารถนำไปประเมินการกระจายตัวของตัวแปรต่างๆ ที่แสดงถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษาในเชิงพื้นที่ได้ดังสมการ 4.3-4.5

4.3.1 ผลการประเมินขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้น

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการประเมินขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในรอบปีต่างๆ ที่น่าสนใจ ตามสมการ 4.3 โดยแสดงอยู่ในรูปของการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ ซึ่งแบ่งการประเมินออกเป็น 4 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีของการพิจารณาขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดในรอบ 1 ปี 5 ปี 10 ปี และ 50 ปี ตามลำดับ เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้กรณีศึกษาต่างๆ โดยหากพิจารณาในรอบ 10 ปี (รูป 4.4 ด้านซ้ายล่าง) พบว่าผลการประเมินในบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงสุดไม่เกิน 7.6 ริกเตอร์ ซึ่งได้มีส่วนของพื้นที่บริเวณเกาะสุมาตราที่แสดงโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดสูงได้ถึง 7.4 ริกเตอร์

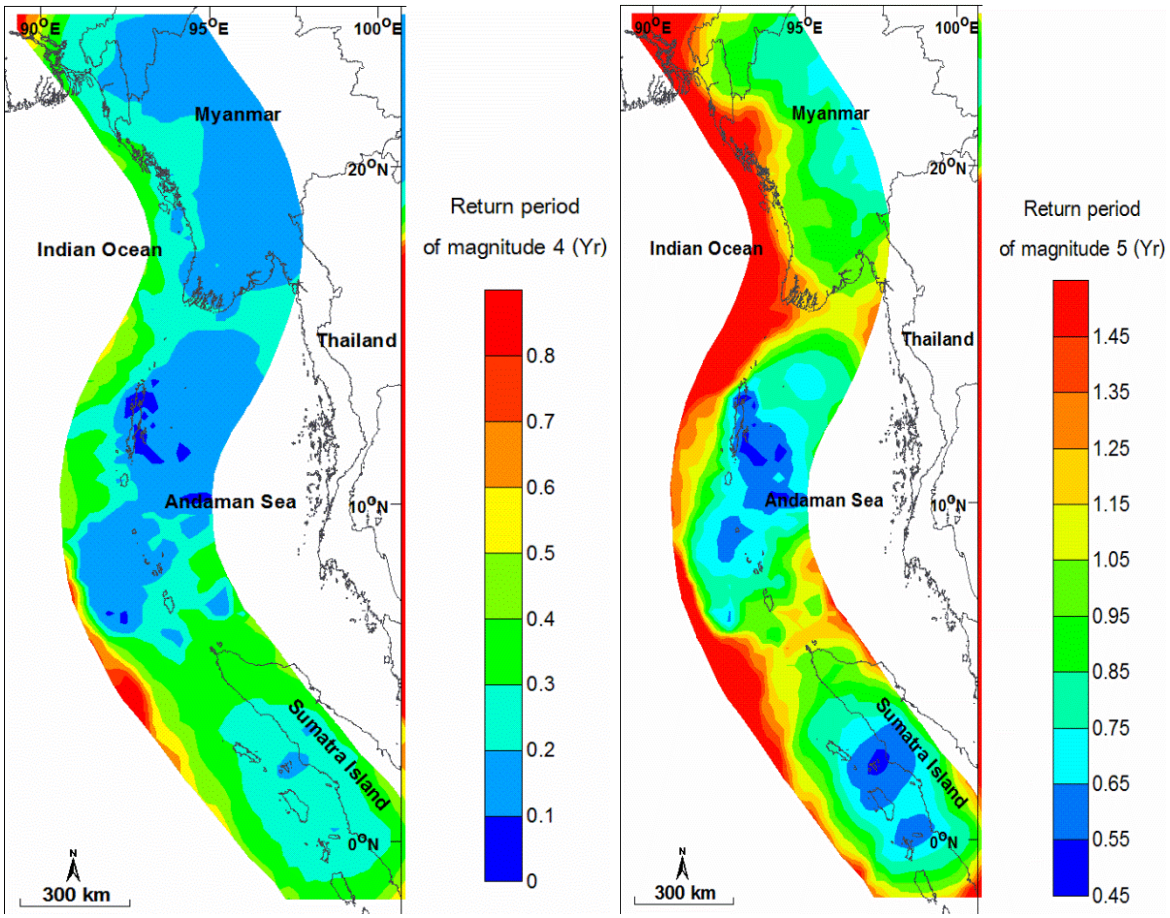


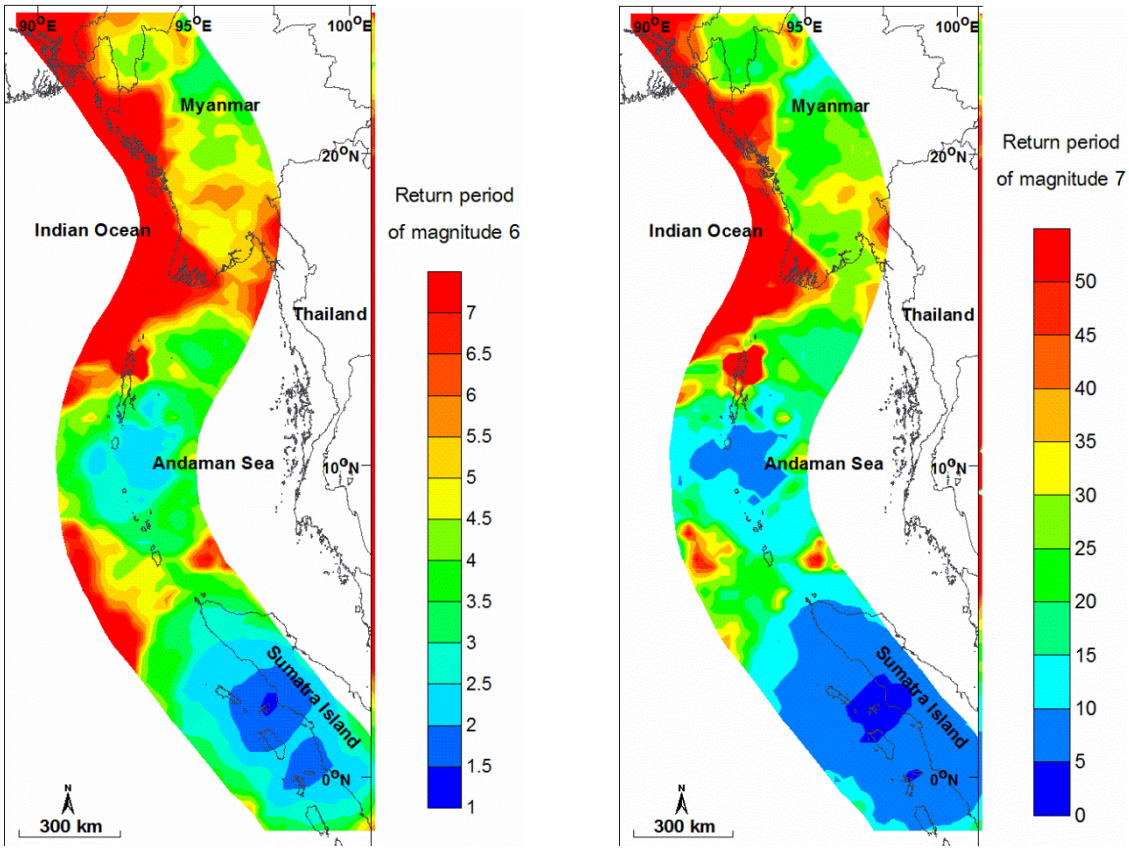
รูป4.4: แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ใน รอบ 1 ปี 5ปี 10ปี และ 50ปี

4.3.2 ผลการประเมินคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหว

การประเมินคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา อาศัยตัวแปรที่สื่อถึงพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวที่ประเมินได้ (ค่า a และ b) มาคำนวณ โดยในการศึกษานี้ได้ประเมินคาบอุบัติซ้ำแบ่งกรณีศึกษาเป็น 4 กรณี คือ คาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวที่มีขนาด 4-7 ริกเตอร์ตามลำดับ

ในกรณีของการประเมินคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวขนาด 4 ริกเตอร์ (รูป 4.5 ขวาบน) ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษานั้นมีคาบอุบัติซ้ำของแผ่นดินไหวขนาด 4 ริกเตอร์ มีค่าแตกต่างกันแล้วแต่บริเวณ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1-0.4 ปี และคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4-5 ริกเตอร์นั้นมีค่าที่ค่อนข้างกระจาย ไม่สามารถแบ่งช่วงได้ชัดเจนอยู่ทั่วบริเวณพื้นที่ศึกษา แต่ในส่วนของคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 6-7 ริกเตอร์สามารถแบ่งช่วงของผลข้อมูลได้อย่างคร่าวๆออกเป็น 2 ส่วนของพื้นที่คือ บริเวณแนวมุดตัวทางตอนเหนือและตอนใต้ โดยจะพบว่าทางตอนใต้ของแนวมุดตัวจะมีคาบอุบัติซ้ำในการเกิดแผ่นดินไหวที่มีช่วงเวลาที่สั้นกว่าทางตอนเหนือ

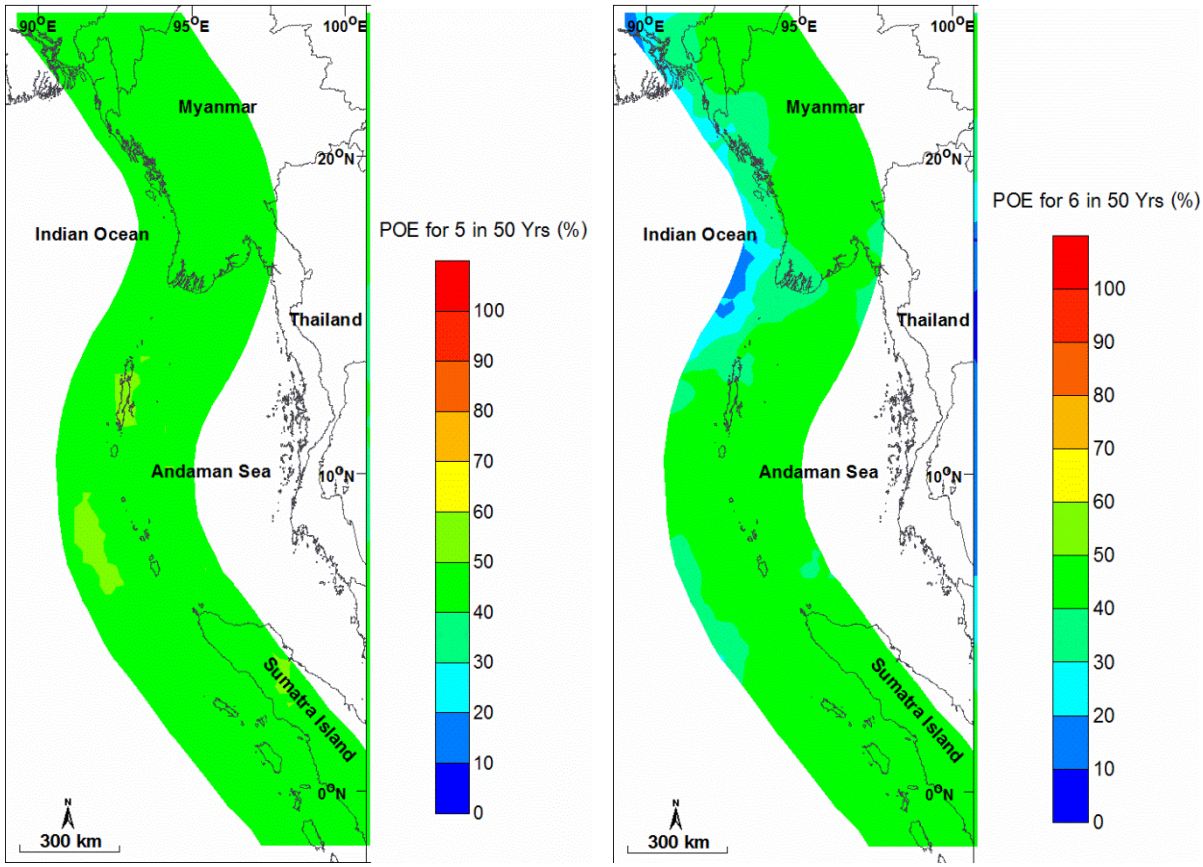




รูป4.5: แผนที่แสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของคาบอุบัติซ้ำ (Return period, RI) **ของแผ่นดินไหวขนาด** 4-7 **ริกเตอร์**

4.3.3 ผลการประเมินความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ ในรอบ 50 ปี

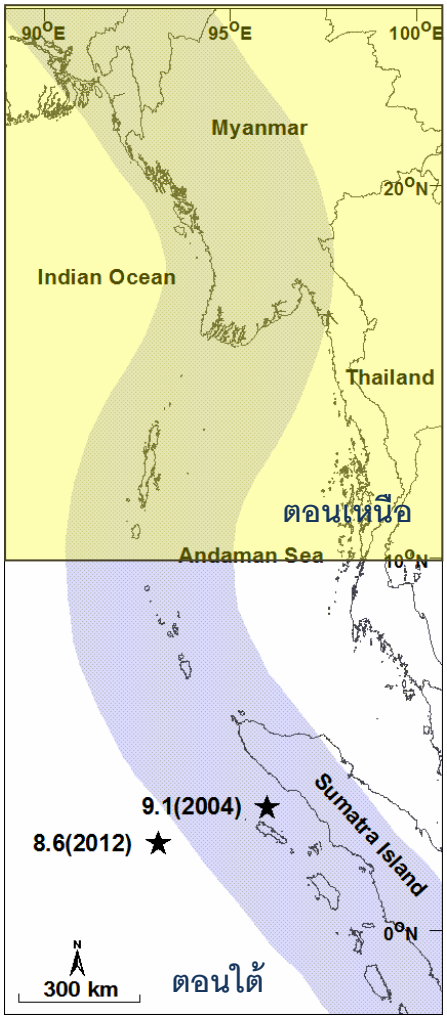
ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวยังสามารถแสดงในรูปของความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ ในรอบปีที่พิจารณา โดยในครั้งนี้ทางผู้จัดทำได้เลือกศึกษาในช่วงเวลา 50 ปี เนื่องจากเป็นช่วงอายุเฉลี่ยโดยทั่วไปของประชากรในปัจจุบัน ตลอดจนเป็นช่วงอายุการใช้งานของสิ่งปลูกสร้างหรืออาคารบ้านเรือนส่วนใหญ่ ซึ่งได้ทำการศึกษาพิจารณาความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5-7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี



รูป 4.6: แผนที่พื้นที่ศึกษาแสดงการกระจายตัวในเชิงพื้นที่ของความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 5-7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี

ผลการประเมินความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 5 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี (รูป4.6 ซ้ายบน) ตลอดแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันมีโอกาสค่อนข้างสูงตั้งแต่ 40-50%เป็นส่วนใหญ่ทั่วตลอดทั้งแนวมุดตัว ส่วนในกรณีของความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 6 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี (รูป 4.6ขวาบน) พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษานั้นมีโอกาส 40-50% เป็นส่วนใหญ่ ตลอดทั้งแนวมุดตัว ส่วนในกรณีของความน่าจะเป็น (%) ของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาด 7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี (รูป 4.6 ซ้ายล่าง) แสดงความแตกต่างของความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0-40% เป็นส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งทางตอนเหนือของแนวมุดตัวนั้นมีโอกาสเพียง 0-20% ที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี แต่ในขณะที่บริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันนั้นมีบางพื้นที่แสดงโอกาสสูงถึง 40-50 % ที่จะเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7 ริกเตอร์ในรอบ 50 ปี ซึ่งหากเกิดแผ่นดินไหวขนาด 7 ริกเตอร์ในบริเวณทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรานี้ รวมทั้งมีปัจจัยในการเลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกในแนวดิ่งร่วมด้วย ก็สามารถส่งผลให้มีโอกาสเกิดภัยพิบัติสึนามิขึ้นได้ และนำมาซึ่งผลกระทบต่อพื้นที่ตามแนวชายฝั่งอันดามันของไทยได้เช่นกัน

บทที่ 5
อภิปรายผลสรุปและข้อเสนอแนะ (Discussion and Suggestion)



รูป 5.1: แผนที่แสดงพื้นที่ตอนเหนือและตอนใต้ของแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน

5.1 อภิปรายผลสรุป (Discussion)

ผลจากการศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน พบว่าบริเวณทางตอนเหนือของเกาะสุมาตรา (ตอนใต้ของแนวมุดตัว) มีโอกาสเกิดแผ่นดินขนาดใหญ่ได้สูงกว่าบริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัว (เนื่องจากบริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัวมีค่า b แสดงค่าออกมาต่ำกว่าบริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัว) ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบด้านพิบัติภัยสึนามิต่อแนวชายฝั่งอันดามันของไทยในอนาคตได้

บริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัวแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามัน สามารถเกิดแผ่นดินไหวได้ในขนาดใหญ่สูงสุดถึง 5.6, 7.0, 7.6 และ 8.4 ริกเตอร์ หากพิจารณาในรอบ 1, 5, 10 และ 50 ปี ตามลำดับ

ในขณะที่บริเวณทางตอนเหนือนั้นมีศักยภาพในการให้กำเนิดแผ่นดินไหวที่มีแนวโน้มขนาดเล็กกว่าทางตอนใต้ของแนวมุดตัว

ในส่วนของคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4, 5, 6 และ 7 ริกเตอร์ ในพื้นที่ทางตอนใต้ของแนวมุดตัวสุมาตรา-อันดามัน มีช่วงระยะเวลาของคาบอุบัติซ้ำส่วนใหญ่อยู่ประมาณ 0.1-0.4, 0.55-1.25, 1.5-7.0 และ 5-40 ปี ตามลำดับ รวมไปถึงการศึกษาในส่วนของความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 5, 6 และ 7 ริกเตอร์ ในรอบ 50 ปี บริเวณพื้นที่ทางตอนใต้ของแนวมุดตัวมีโอกาสในการเกิดเป็นส่วนใหญ่อยู่ช่วงประมาณ 40-50%, 30-50%, และ 10-50% ตามลำดับ ซึ่งทางผู้จัดทำได้ทำการสรุปผลของการศึกษาเป็นรูปแบบของตาราง โดยแบ่งพื้นที่การสรุปผลออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

Zone	Maximum earthquake (richter)			
	1	5	10	50
1.บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัว	4.6-5.4	5.6-6.6	5.8-7.2	7.2-8.2
2.บริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัว	4.4-5.6	5.6-7.0	6.2-7.6	7.0-8.4

ตาราง 5.1: **ตารางสรุปผลการศึกษาขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ในรอบ** 1, 5, 10, 50 **ปี**

Zone	Return period of magnitude (year)			
	4	5	6	7
1.บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัว	0.1-0.4	0.55-1.55	2.5-7.5	10.0-55.0
2.บริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัว	0.1-0.4	0.55-1.25	1.5-7.0	0-50.0

ตาราง 5.2: **ตารางสรุปผลการศึกษาคาบอุบัติซ้ำของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด** 4, 5, 6 **และ** 7 **ริกเตอร์**

Zone	POE in 50 yrs (%)		
	5	6	7
1.บริเวณทางตอนเหนือของแนวมุดตัว	40-50%	10-50%	0-40%
2.บริเวณทางตอนใต้ของแนวมุดตัว	40-50%	30-50%	10-50%

ตาราง 5.3: **ตารางสรุปผลการศึกษาความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวขนาด** 5, 6**และ**7 **ริกเตอร์ ในรอบ** 50**ปี**

5.2 **ข้อเสนอแนะ** (Suggestion)

1. การศึกษาพฤติกรรมการเกิดแผ่นดินไหวในพื้นที่แนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกสุมาตรา-อันดามันได้ใช้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวเพียง 2 แหล่ง ได้แก่ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว IRIS และ TMD ซึ่งบางส่วนของพื้นที่ศึกษายังมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ไม่มาก ดังนั้นควรทำการศึกษาโดยนำฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมาจากหลายๆแหล่งฐานข้อมูล เพื่อทำให้ผลการศึกษาที่ได้มีความชัดเจนและครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น
2. จากผลข้อมูล Goodness of fit (%) ที่ในพื้นที่ของหมู่เกาะสุมาตราบางส่วน แสดงผลออกมาเป็นสีขาว เนื่องจากในพื้นที่บริเวณนั้นมีค่าข้อมูลแผ่นดินไหวในช่วงที่ต่ำกว่า 4.3 ริกเตอร์ ทำให้ผลของค่าข้อมูลไม่สามารถแสดงออกมาได้ เพราะค่าแผ่นดินไหวที่เกิดในพื้นที่บริเวณนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าแผ่นดินไหวที่เครื่องมือในเครือข่ายตรวจวัดแผ่นดินไหวจะสามารถวัดได้ ตามหลักของ Magnitude of completeness (Mc) ซึ่งเป็นการศึกษาของ Woessner and Wiemer, 2005

เอกสารอ้างอิง

มนตรี ชูวงศ์. สึนามิในประเทศไทย. ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : เอเอ็นที ออฟฟิศ เอ็กซ์เพรส, 2553

สันติ ภัยหลบลี้. ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวและการวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร. (อัดสำเนา)

Curray, J. R. (2005). Tectonics and history of the Andaman Sea region. J. Asian Earth Sci. 25 (2005) 187–232.

Nuannin, P., et al. Spatial and temporal b value anomalies preceding the devastating off coast of NW Sumatra earthquake of December 26, 2004. Geophysical Research Letters 32 (June 2005) : L11307.

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

Pailoplee, S., et al. Earthquake activities in the Thailand-Laos-Myanmar border region: a statistical approach. Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol.24 (August 2013) : 721-730

Wyss, M., and Matsumura, S. Most likely locations of large earthquakes in the Kanto and Tokai Areas, Japan, based on the local recurrence times. Physics of the Earth and Planetary Interiors 131 (May 2002) : 173-184.

Zuniga, F.R., and Wyss, M. Most and Least Likely Locations of Large to Great Earthquake Along the pacific Coast of Mexico, Estimated from Local Recurrence Times Based on b-values. Bulletin of the Seismological Society of America (June 2001)