



สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

รายงานโครงการฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการปรับปรุงแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวประเทศไทยแบบบูรณาการข้อมูล

มหาวิทยาลัยมหิดล

มกราคม 2561

ข้อเสนอโครงการวิจัย

โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย (ระยะที่ 4)

1. ชื่อโครงการ

โครงการปรับปรุงแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวประเทศไทยแบบบูรณาการข้อมูล

Updating Seismic Hazard Map of Thailand by Integrated Seismic Source Data

2. ชื่อนักวิจัย หน่วยงานที่สังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

1. ผศ. ดร. อีรพันธ์ อรรถรรณรัตน์ หัวหน้าโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

25/25 พุทธรณีสาย 4 ศาลายา พุทธรณีสาย นครปฐม 73170

โทรศัพท์: 02-889-2138 (6283) โทรสาร: 02-889-2138 (6388)

Email: teraphan.orn@mahidol.edu

3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย

วิศวกรรมแผ่นดินไหว (Earthquake Engineering)

วิศวกรรมโครงสร้าง (Structural Engineering)

พลศาสตร์ของโครงสร้าง (Structural Dynamics)

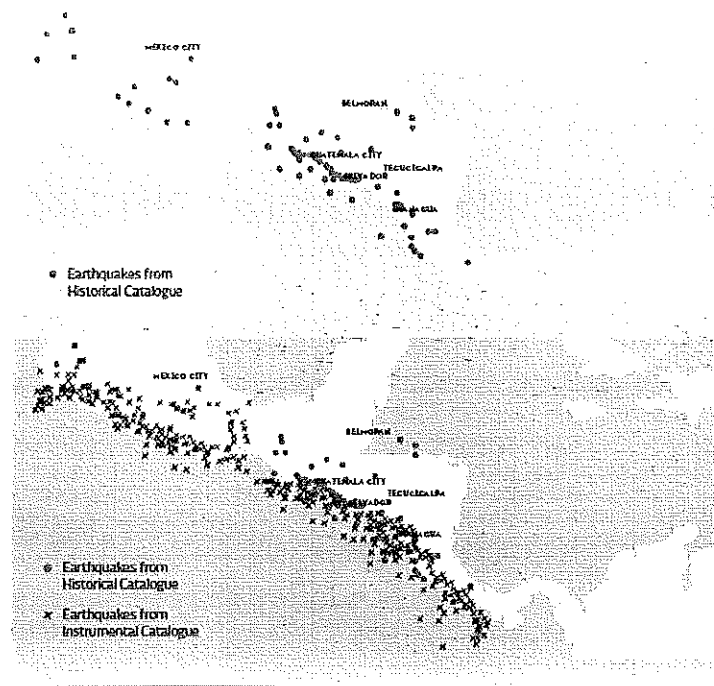
4. หลักการและเหตุผล / ที่มาของปัญหาที่จะทำวิจัย

สืบเนื่องจากที่กรมโยธาธิการและผังเมืองได้ประกาศมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302 - 52) เมื่อปี พ.ศ. 2552 เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ปฏิบัติให้การก่อสร้างอาคารในพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีความปลอดภัย โดยในมาตรฐาน มยผ.1302-52 นั้นได้มีการกำหนดค่าการออกแบบแรงกระทำด้านข้างต่อโครงสร้างเนื่องจากแผ่นดินไหวที่น่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้เป็นรายอำเภอ (รูปที่ 1) สำหรับทั้งประเทศไทย โดยค่าเหล่านี้ได้มาจากผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงแผ่นดินไหวโดย Ornthammarath et al. (2011) โดยจากผลการวิเคราะห์ของแบบจำลองแผ่นดินไหวนี้ได้ใช้สถิติแผ่นดินไหวที่วัดได้และข้อมูลทางธรณีวิทยาเพื่อนำมากำหนดค่าเหล่านี้

หลังจากได้มีการประกาศมาตรฐานดังกล่าวแล้ว ปรากฏว่า มีเหตุแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของประชาชนในพื้นที่ต่าง ๆ หลายครั้ง เช่น เหตุแผ่นดินไหวในสหภาพเมียนมาร์ เมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2554 แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ อ.มณฑล จังหวัดภูเก็ต เมื่อวันที่ 16 เมษายน 2555 และแผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ อำเภอแม่ลาว จังหวัดเชียงรายเมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2557 ที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก ประกอบกับมีข้อมูลแผ่นดินไหวและผลการศึกษา

เพิ่มเติม ได้แก่ ผลการตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวทั้งในประเทศและประเทศเพื่อนบ้าน และผล การศึกษาเกี่ยวกับรอยเลื่อนเพิ่มเติมของกรมทรัพยากรธรณีและผลงานวิจัยจากต่างประเทศ ซึ่งการจัดทำ มาตรฐาน มยผ. 1302 - 52 ไม่ได้ครอบคลุมข้อมูลดังกล่าวข้างต้น รวมทั้งหลังจากการที่ได้มีการประกาศใช้ มาตรฐาน มยผ. 1302 - 52 ได้มีการศึกษาวิจัยต่าง ๆ ด้านวิศวกรรมโครงสร้างและแผ่นดินไหว ทั้งในและ ต่างประเทศ จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวประเทศไทยแบบ บูรณาการข้อมูลให้สอดคล้องกับสภาพการณ์และข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในปัจจุบันต่อไป

อีกทั้งตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009 ได้มีการดำเนินการโครงการ Global Earthquake Model (GEM) ที่เมือง Pavia ประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นการลงทุนของหลายภาคส่วนเช่น รัฐบาล เอกชน เพื่อทำการพัฒนาและปรับปรุง ข้อมูลและวิธีการลดความเสี่ยงแผ่นดินไหวอย่างเป็นระบบและให้ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาทำการพัฒนา ฐานข้อมูลหรือ Software เพื่อให้ทุกภาคส่วนสามารถทำการประเมินผลกระทบจากแผ่นดินไหวได้อย่าง ถูกต้อง ในช่วงการดำเนินงาน 5 ปี แรกคือตั้งแต่ปี ค.ศ. 2009-2013 เป็นการพัฒนาฐานข้อมูลในระดับโลก (รูปที่ 1) และพัฒนา Software แต่ทว่าการที่จะพัฒนาให้เหมาะสมตามแต่ละพื้นที่เช่นในย่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นจำเป็นที่จะต้องให้นักวิจัยในแต่ละพื้นที่นั้นเป็นผู้ดำเนินการเนื่องมาจากว่ามีความเข้าใจในพื้นที่ และมีการรวบรวมฐานข้อมูลมาก่อนอยู่บ้างแล้ว



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลแผ่นดินไหวก่อน (จุดสีเขียว) และ หลัง (จุดสีแดง) การ ปรับปรุงข้อมูลโดยโครงการ GEM ซึ่งตำแหน่งแผ่นดินไหวสีแดงเป็นแผ่นดินไหวที่ทำการหาศูนย์กลางขึ้นมา ใหม่และทำให้นักวิจัยทราบถึงตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวและคาบการเกิดซ้ำที่ถูกต้องมากขึ้น

ในย่านเอเชียตะวันออกเฉียงใต้นั้นเป็นย่านเดียวที่ยังไม่ได้มีการพัฒนาการลดความเสี่ยงของแผ่นดินไหวโดย ใช้ฐานข้อมูลของ GEM และ Software ที่พัฒนาขึ้นมา ดังนั้นการเรียนรู้ ฐานข้อมูลที่ได้มีการพัฒนาและ Software ที่พัฒนาขึ้นจากโครงการ GEM จึงเป็นโอกาสอันดีที่จะทำให้การดำเนินการจัดทำแผนที่ความ เสี่ยงของแผ่นดินไหวในประเทศไทยนั้นมีการจัดการอย่างเป็นระบบมากขึ้นโดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับ

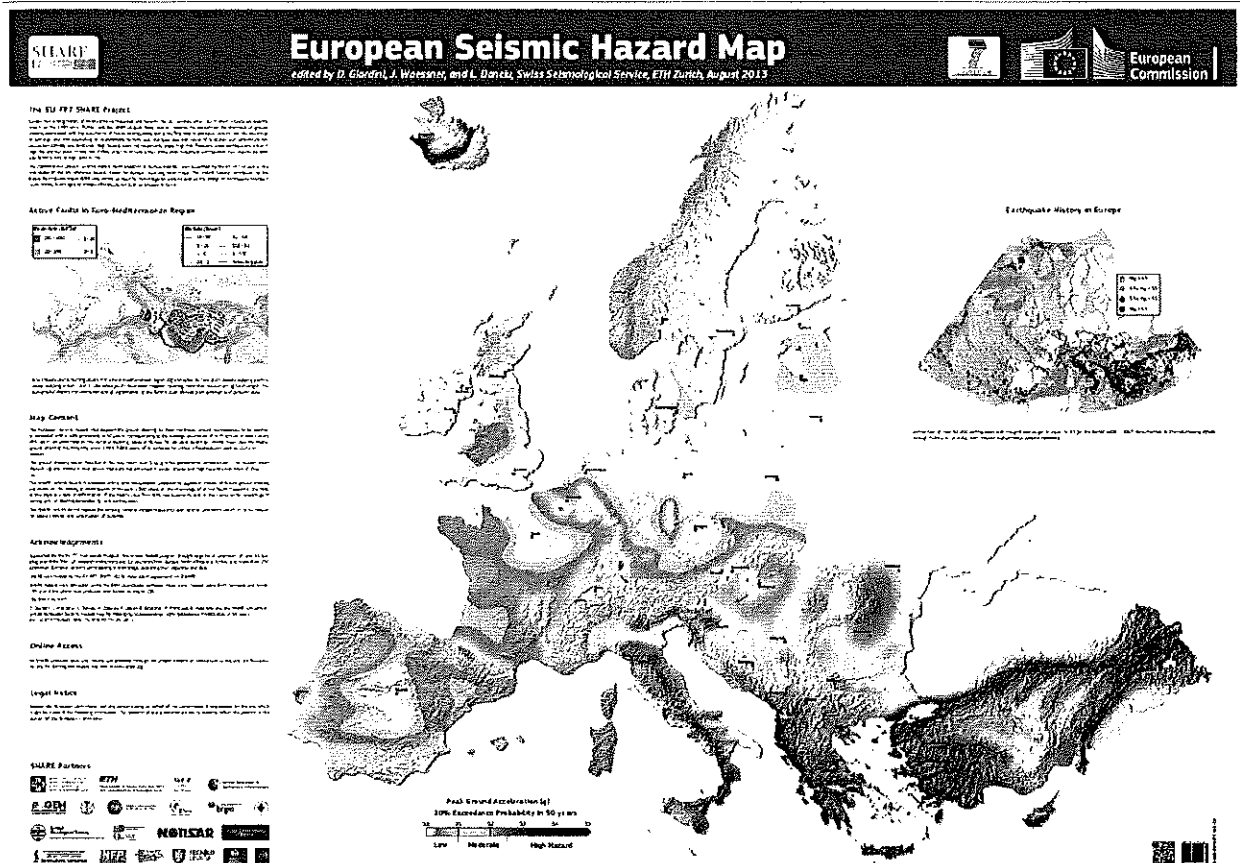
ประเทศใกล้เคียงเช่นพม่าและเวียดนามเนื่องมาจากว่ารอยเลื่อนหลายๆรอยเลื่อนในประเทศเหล่านี้มีตำแหน่งอยู่ใกล้ประเทศไทยซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบขึ้นได้ในอนาคต การแลกเปลี่ยนข้อมูลและการดำเนินการร่วมกันจึงจะทำให้การจัดการภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทยในภาพรวมดีขึ้น

นอกจากนี้ในช่วงเวลาดังกล่าว ยังได้มีการพัฒนาความรู้ ความเข้าใจใหม่ๆ ในต่างประเทศเกี่ยวกับแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย ตัวอย่างเช่น

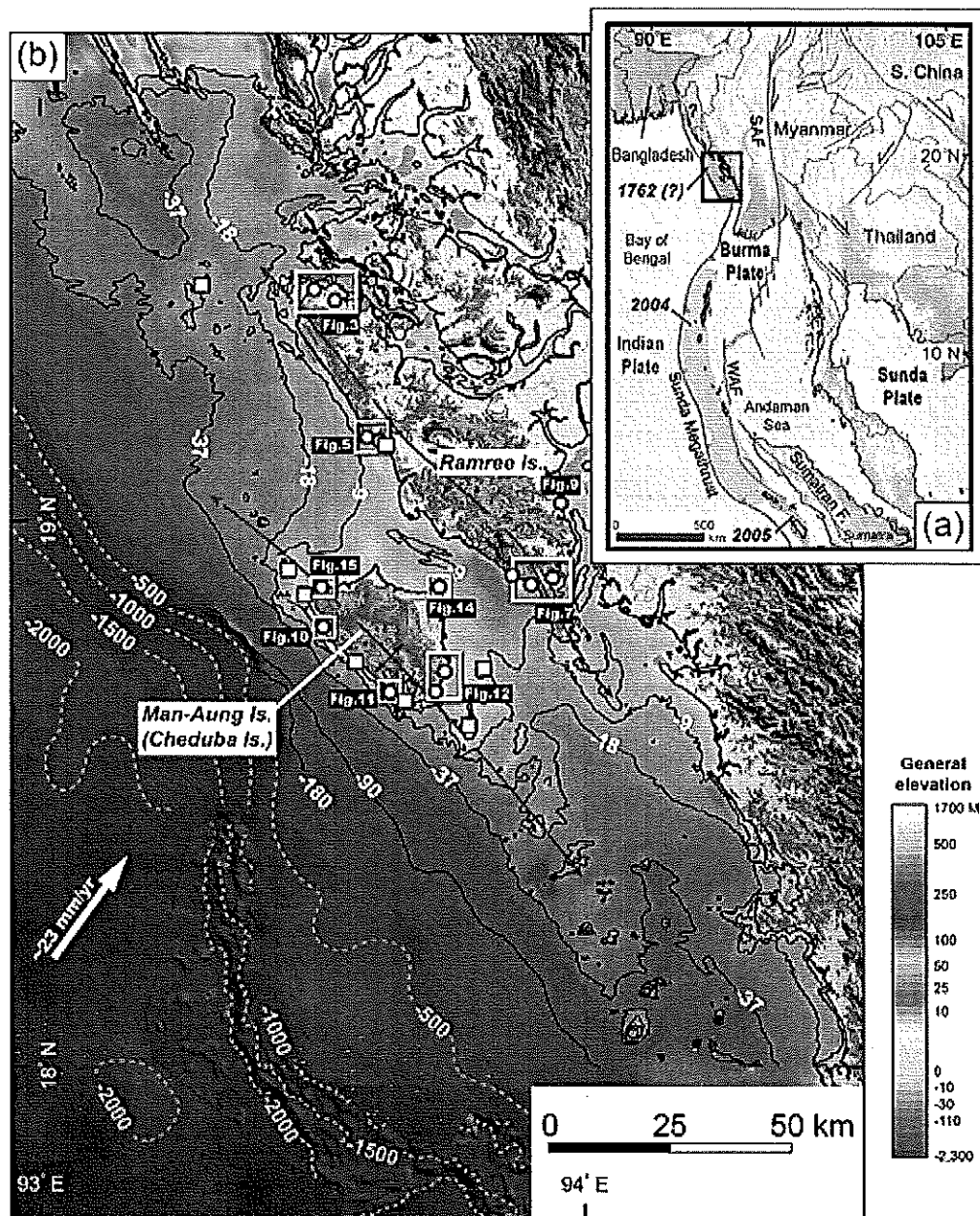
- Documentation for the 2014 update of the United States national seismic hazard maps: U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1091
- การพัฒนาแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวในยุโรปโดยใช้ฐานข้อมูลของ GEM และ Software ที่พัฒนาขึ้นมาจากโครงการ GEM Woessner, J et al. (2015), The 2013 European Seismic Hazard Model: key components and results, (รูปที่ 2)
- การปรับปรุงสมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหวสำหรับแผ่นดินไหวลักษณะต่างๆ เช่น แผ่นดินไหวบริเวณเปลือกโลกที่มีพลัง และ แผ่นดินไหวบริเวณแนวมุดตัวของเปลือกโลก เช่น Atkinson and Macias (2009); Boore et al. (2014); Abrahamson et al. (2013) เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาผลตอบสนอง/ผลกระทบต่ออาคารได้อย่างถูกต้อง
- โครงการนี้ จะเป็นการนำข้อมูลจากการศึกษาใน โครงการลดภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย (ระยะที่ 4) ซึ่งสนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มาต่อยอดด้วย

โครงการวิจัยนี้ จะนำงานวิจัยใหม่ๆ ความรู้ ความเข้าใจใหม่ๆ เหล่านี้มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เราสามารถ

ปรับปรุงแผนที่ความเสี่ยงของประเทศไทยได้อย่างถูกต้องดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลของรอยเลื่อนหรือแนวมุดตัวของเปลือกโลกซึ่งมีผลต่อประเทศไทย (รูปที่ 3) แล้วนำความเข้าใจนี้ไปปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบอาคารใหม่และการประเมินความเสี่ยงของอาคารที่มีอยู่เดิมให้มีความสมบูรณ์ถูกต้อง ซึ่งจะนำไปสู่การลดความเสี่ยงของอาคารในประเทศไทยในอนาคต



รูปที่ 2. แผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวของยุโรปภายใต้โครงการ SHARE ซึ่งใช้ข้อมูลและ Software ภายใต้โครงการ GEM



รูปที่ 3 เขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ในบริเวณหมู่เกาะทางด้านตะวันตกของประเทศพม่า เป็นบริเวณที่มีข้อมูลทางธรณีวิทยาบ่งชี้ว่าเคยเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่กว่า 8.0 ริคเตอร์ เมื่อปี ค.ศ. 1762 (Wang et al., 2013) บริเวณนี้มีระยะห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 750 กม. อาจเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่ออาคารสูงในกรุงเทพฯ ในอนาคต

5. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากโครงการ GEM และ ข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย เพื่อทำการปรับปรุงแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย
2. ทำการจัดประชุมผู้เชี่ยวชาญจากประเทศ พม่า และ เวียดนาม เพื่อทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลรอยเลื่อนและแผ่นดินไหวที่อาจส่งผลต่อประเทศไทย
3. ทำการปรับปรุงแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทยจากการใช้ข้อมูลในโครงการ GEM
4. นำผลการศึกษาวิจัยไปใช้ในการปรับปรุงมาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานแผ่นดินไหว (มยผ. 1302) โดยจะเป็นการพิจารณาปรับปรุงระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวในรูปของความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมของพื้นที่เสี่ยงภัยที่สอดคล้องกับสภาพเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในปัจจุบัน

6. ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

การดำเนินงานวิจัยในโครงการนี้ แบ่งออกเป็น 2 งานย่อย ดังนี้

งานย่อยที่ 1 เน้นการศึกษา Software ที่พัฒนาจากโครงการ GEM เพื่อทำการประเมินความเสี่ยง และ รวบรวมข้อมูลที่พัฒนาจากโครงการ GEM เพื่อการนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทยมี ขั้นตอนหลักดังนี้

1. ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้รับการปรับแก้จากโครงการ GEM ข้อมูลรอยเลื่อน มีพลัง ข้อมูล Strain Rate ข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตซึ่งอาจจะมีผลต่อโครงสร้างในประเทศไทย

ผู้วิจัยจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลและปรับปรุงข้อมูลแผ่นดินไหวจากฐานข้อมูลของการศึกษาวิจัย ที่ได้มีการดำเนินงานไว้ก่อนหน้านี้ ข้อมูลแผ่นดินไหวตั้งแต่ พ.ศ. 2455 ถึง พ.ศ. 2552 ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ขนาด หรือความรุนแรง ความลึก แผ่นดินไหวทั้งในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียง รายงานเหตุการณ์ ความเสียหายซึ่งบันทึกและปรากฏในเอกสารต่างๆ ในประวัติศาสตร์ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงรายงานการตรวจวัดและวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวที่วัดได้จากหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ เพื่อทำการกำหนดแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว โดยครอบคลุมละติจูดที่ 5 องศาใต้ ถึง 25 องศาเหนือ ลองจิจูด 90 ถึง 130 องศาตะวันออก ตั้งแต่ พ.ศ. 2455 ถึง พ.ศ. 2560 โดยจะมีการตรวจสอบข้อมูล และทำการปรับแก้ฐานข้อมูลแผ่นดินไหว เช่น ตำแหน่ง ความลึก และ ขนาด ของแผ่นดินไหว สืบเนื่องมาจากความผิดพลาดที่อาจจะมีขึ้นในฐานข้อมูลเก่าซึ่งจะสามารถบ่งบอกข้อมูลแผ่นดินไหวได้ถูกต้องมากขึ้น ในส่วนของข้อมูลรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) ที่อยู่ทั้งในประเทศไทยและประเทศข้างเคียงผู้วิจัยจะดำเนินการรวบรวมข้อมูลและปรับปรุง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ชื่อของรอยเลื่อน ตำแหน่ง ลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน ความยาวรอยเลื่อน การให้กำเนิดแผ่นดินไหวใหญ่ในอดีต และอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนซึ่งได้มาจากรายงานการศึกษาทางธรณีวิทยา เพื่อนำมาทำการกำหนด ตำแหน่ง ขนาดแผ่นดินไหวที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้จากรอยเลื่อนนั้นๆ และ คาบการเกิดของแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนเหล่านี้

2. ทำการศึกษาการใช้งาน Software ประเมินความเสี่ยงแผ่นดินไหวที่พัฒนาโดยโครงการ GEM และ เปรียบเทียบกับ Software เดิมที่ได้ทำการพัฒนามาก่อนหน้าเพื่อปรับใช้ให้เหมาะสมกับประเทศไทย

โดยเนื่องจากว่าเป็นโครงการระยะสั้นผู้วิจัยจำเป็นที่จะต้องเข้าร่วมอบรมการใช้งานโปรแกรมที่จัดขึ้นที่เมือง Pavia ประเทศอิตาลี เป็นระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้ผลการดำเนินการเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสามารถนำข้อมูลเข้าระบบได้อย่างถูกต้อง และ เข้าใจถึงข้อเด่นและข้อจำกัดในการพัฒนาครั้งนี้ โดยจะมีการเดินทาง 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะเป็นการเดินทางในช่วงกลางเดือนมีนาคม 2560 เพื่อใช้โปรแกรมและนำเข้าข้อมูล และ ครั้งที่สองเพื่อทำการดำเนินการ

กับนักวิจัยต่างประเทศเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลและแผนที่ฉบับปรับปรุงที่ได้เทียบกับโครงการในย่านอื่นที่ใกล้เคียงกัน

3. จัดเตรียมข้อมูลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทยที่ได้รับการปรับปรุงใหม่เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาในการปรับปรุง มยผ 1302-52

จากข้อมูลที่ได้รับรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้องดังที่อธิบายไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจะนำมาข้อมูลที่ปรับปรุงมาประมวลและแสดงผลในรูปแบบแผนที่ความเสี่ยงภัยจากแผ่นดินไหวที่ได้รับทำการปรับปรุงใหม่ ซึ่งจะเป็นแผนที่ที่แสดงระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในบริเวณที่สนใจ โดยแสดงในรูปของแผนที่แสดงค่าสูงสุดของอัตราเร่งในแนวราบของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration, PGA) และ สเปกตรัมการตอบสนองที่ 0.2 และ 1.0 วินาที (Spectral Acceleration) ที่อาจเกิดขึ้นด้วยความความน่าจะเป็นที่ถูกกำหนดไว้ในระดับต่างๆกัน เพื่อให้วิศวกรได้นำค่าไปออกแบบอาคารให้มีความสามารถในการต้านทานแรงเนื่องจากการสั่นไหวจากแผ่นดินไหวได้ การสร้างแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวที่มีความน่าเชื่อถือนั้นจะต้องมีแบบจำลองการกำเนิดแผ่นดินไหวที่สมเหตุสมผล และต้องเลือกใช้ สมการลดทอนคลื่นแผ่นดินไหว (Ground Motion Prediction Equations, GMPEs) ที่เหมาะสม ในการสร้างแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวที่ปรึกษาจะปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและเป็นที่ยอมรับทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ โดยจะมีการนำผลการปรับปรุงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปรับปรุง มยผ 1302-52 เป็นหัวข้อหนึ่งในการประชาสัมพันธ์ที่จัดขึ้นโดยทีมปรับปรุง มยผ 1302-52 ที่ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือ กรมโยธาธิการและผังเมือง

งานย่อยที่ 2 ทำการจัดประชุมผู้เชี่ยวชาญจากประเทศ พม่า และ เวียดนาม เพื่อทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลรอยเลื่อนและแผ่นดินไหวที่อาจส่งผลกระทบต่อประเทศไทย งานย่อยที่ 2 มีขั้นตอนหลักดังนี้

1. ทำการจัดประชุมกลุ่มย่อยโดยเชิญผู้เชี่ยวชาญจาก พม่า และ เวียดนามเพื่อทำการใช้ Software และ เลือกข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวที่ถูกต้องจากข้อมูลที่มีอยู่ และเชิญผู้เชี่ยวชาญจากกรมทรัพยากรธรณีและกรมโยธาธิการและผังเมืองเพื่อมาร่วมพิจารณาขั้นตอนการปรับปรุง
2. ทำการพัฒนาสเปกตรัมสำหรับการออกแบบโครงสร้าง และจากผลการศึกษาข้อมูลและ Software ดังกล่าวข้างต้น
3. จัดเตรียมข้อมูลความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทยที่ได้รับการปรับปรุงใหม่เพื่อนำไปประกอบการพิจารณาในการปรับปรุง มยผ 1302-52

บทที่ 2

การจัดทำแผนที่และพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

จากข้อมูลที่ได้รวบรวม คณะวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวเพื่อจัดเตรียมข้อมูลที่ได้มาให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมจะนำไปใช้ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงภัยของประเทศไทย และจัดทำเป็นแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของประเทศไทย ดังต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว และการสร้างแผนที่ความเสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหว

แผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว หมายถึง แผนที่แสดงระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ในรูปของตัวแปรที่บ่งบอกถึงระดับความรุนแรงแผ่นดินไหว เช่น ค่าสูงสุดในแนวราบของอัตราเร่งบนพื้นดิน (PGA: Peak Ground Acceleration) หรือ ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัม (Spectral Acceleration) ที่ความถี่ต่างๆ เป็นต้น โดยทั่วไป แผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวจะแสดงระดับความเสี่ยงแผ่นดินไหวในรูปของระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้นด้วยความน่าจะเป็นมากกว่าค่าหนึ่งๆ ในช่วงระยะเวลาที่กำหนด

แผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวมีบทบาทสำคัญในการลดภัยพิบัติจากอาคารถล่มโดยเป็นแผนที่ซึ่งกำหนดค่าระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบอาคารในแต่ละพื้นที่ การออกแบบอาคารด้วยค่า PGA ที่ต่ำเกินไปย่อมทำให้อาคารไม่สามารถต้านทานแรงแผ่นดินไหวได้ ในขณะเดียวกัน การออกแบบอาคารด้วยค่า PGA ที่สูงเกินไปนั้นเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากจะทำให้เกิดการลงทุนที่เกินความจำเป็นซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวม นอกจากนี้แผนที่ดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อื่นๆ ได้อีก เช่น ใช้ในการกำหนดเบี้ยประกันสำหรับแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่ และช่วยในการกำหนดมาตรการเตรียมพร้อม และการตระเตรียมบุคลากร และอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากแผ่นดินไหว

วิธีการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวมีอยู่สองวิธีหลัก ได้แก่ วิธีวิเคราะห์หาค่าความรุนแรงแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแต่ละแหล่ง (Deterministic approach) และวิธีการวิเคราะห์ความรุนแรงแผ่นดินไหวโดยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probabilistic approach) ในวิธีการแรกจะทำการวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาแยกจากกัน โดยทั่วไป วิธีการนี้จะต้องทำการวิเคราะห์หลายครั้ง และสร้างแผนที่หลายชุดสำหรับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวต่างๆ กัน โดยผู้ใช้จะต้องพิจารณาค่าระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวที่เหมาะสมจากแผนที่เหล่านี้

วิธีที่สองเป็นการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาทั้งหมดพร้อมกันโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นในการพิจารณาระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดต่างๆ โดยรวมผลของความไม่แน่นอนของแหล่งกำเนิดแต่ละแหล่งด้วย

วิธีการทั้งสองนี้มีข้อดีข้อเสียและการใช้งานแตกต่างกันไป เมื่อพิจารณาถึงการใช้งานแผนที่ได้จากโครงการนี้ คณะวิจัยได้ตัดสินใจเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์โดยทฤษฎีความน่าจะเป็น เนื่องจากวิธีการดังกล่าวสามารถกำหนดค่าความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวได้อย่างเป็นระบบ และสามารถลดความไม่แน่นอนอันเกิดจากการเลือกค่าระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวของผู้ที่จะนำแผนที่ดังกล่าวไปใช้ นอกจากนี้ วิธีการดังกล่าวยังทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกระดับความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ต่างกันสำหรับโครงสร้างที่มีความสำคัญต่างๆ กันได้อีกด้วย

การประเมินระดับความรุนแรงแผ่นดินไหวโดยใช้วิธีการทฤษฎีความน่าจะเป็นนี้สามารถทำได้หลายวิธี วิธีการหนึ่งที่สามารถนำเอาข้อมูล ความรู้ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของแผ่นดินไหว มาประมวลร่วมกันในการวิเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม และมีการยอมรับใช้กันแพร่หลายได้แก่วิธีของ Cornell ที่พัฒนาขึ้นในปี 1976 ซึ่งต่อมา Algermissen และคณะ (1976) ได้นำวิธีนี้มาปรับปรุงให้ดีขึ้น ที่ผ่านมานักวิจัยในประเทศไทยและต่างชาติได้จัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยขึ้น (ยกตัวอย่างเช่น เป็นหนึ่ง วานิชชัย, 2537) อย่างไรก็ตาม แผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ผ่านมามีการสร้างขึ้นโดยวิธีการกำหนดโซนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเป็นหลักเนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในขณะนั้นยังไม่สมบูรณ์เหมือนในปัจจุบัน

ในวิธีการดังกล่าว แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวจะถูกแบ่งออกเป็นโซนโดยอาศัยความเชี่ยวชาญและพิจารณาของนักธรณีวิทยาประกอบกับข้อมูลสภาพเทคโนโลยีของพื้นที่ โดยแบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแต่ละโซนสามารถจากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตด้วยความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและความถี่เฉลี่ยของเกิดของแผ่นดินไหว เช่น สมการ Gutenberg-Richter (G-R) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากพิจารณาของนักธรณีวิทยาแต่ละท่านอาจไม่ตรงกันทำให้ไม่สามารถหาข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับโซนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเหล่านี้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีข้อมูลสภาพเทคโนโลยีนั้นยังไม่สมบูรณ์ เช่น บริเวณตอนเหนือและภาคตะวันตกของประเทศไทย เป็นต้น

เพื่อลดความไม่แน่นอนจากการแบ่งแหล่งกำเนิดออกเป็นโซน คณะวิจัยได้นำเอาวิธีการเฉลี่ยความถี่แผ่นดินไหว (Seismicity smoothing) โดยวิธีดังกล่าวเป็นวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวซึ่งสามารถวิเคราะห์แผ่นดินไหวจากแต่ละแหล่งพร้อมๆ กัน และไม่จำเป็นต้องแบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวออกเป็นโซน วิธีการนี้เป็นที่ยอมรับ และถูกนำไปใช้ในการประเมินความเสี่ยงแผ่นดินไหวในพื้นที่ต่างๆ ที่มีข้อมูลสภาพเทคโนโลยีไม่สมบูรณ์ในหลายๆ ประเทศ เช่น ประเทศอเมริกาฝั่งตะวันออก (Frankel, 1995) ประเทศอังกฤษ (Woo, 1996), ประเทศสโลวีเนีย (Lapajne, 1997 และ 2003) ประเทศคิวบา Garcia (2008) หรือแม้แต่การประมาณความเสี่ยงแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ไม่สามารถระบุแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้ชัดเจน (Background Seismicity) ในเขตที่มีแผ่นดินไหวรุนแรงในรัฐแคลิฟอร์เนียตอนใต้ (Cao et. al., 1996)

เนื่องจากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่มีการตรวจสอบได้อย่างเป็นระบบในบริเวณศึกษาเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2455 มีช่วงระยะเวลาเพียงแค่ 105 ปีเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อการทำนายแผ่นดินไหวรุนแรงที่อาจเกิดจากรอยเลื่อนที่มีคาบการเกิดในระดับพันปีได้ ประกอบกับในปัจจุบัน ความรู้ความเข้าใจ และข้อมูลเกี่ยวกับรอยเลื่อนในประเทศไทยมีมากขึ้น ดังนั้น คณะวิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์โดยรวมผลกระทบต่อความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนต่างๆ เข้าไว้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วยเพื่อยกระดับความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวด้วยข้อมูลที่มีอยู่ให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.1.1 การปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต

ฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่รวบรวมมาในข้อ 3.2 เป็นฐานข้อมูลที่เกิดจากการรวบรวมข้อมูลมาจากหลายแหล่ง โดยก่อนที่จะนำฐานข้อมูลแผ่นดินไหวดังกล่าวไปใช้ คณะวิจัยได้ปรับปรุงฐานข้อมูลแผ่นดินไหวที่รวบรวมมาให้พร้อมสำหรับการนำไปใช้ และให้สอดคล้องกับสมมติฐานของแบบจำลองแผ่นดินไหวที่ระบุว่าเหตุการณ์แผ่นดินไหวแต่ละเหตุการณ์ต้องเป็นอิสระต่อกัน (Poisson distribution)

2.1.1.1 การคัดเลือกข้อมูลแผ่นดินไหวที่ซ้ำกันออก

เนื่องจากข้อมูลแผ่นดินไหวเดียวกันอาจถูกบันทึกอยู่ในแหล่งข้อมูลหลายแหล่ง คณะวิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อมูลเวลาการเกิด และขนาดของแผ่นดินไหวจากแหล่งข้อมูลแผ่นดินไหวแต่ละแหล่ง และได้ตัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่ซ้ำออกไป

2.1.1.2 การแปลงขนาดแผ่นดินไหว

ข้อมูลแผ่นดินไหวที่รวบรวมมาได้จากแต่ละแหล่งถูกรายงานด้วยขนาดของแผ่นดินไหวในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป เช่น M_b (Body Wave Magnitude), M_s (Surface Wave Magnitude), M_L (Local Magnitude) และ M_w (Moment magnitude) ค่าขนาดเหล่านี้จะถูกนำมาแปลงให้อยู่ในรูป M_w ทั้งหมดเพื่อนำไปใช้ในแบบจำลองแผ่นดินไหวโดยใช้สมการที่แสดงอยู่ในตารางดังรูปที่ 2.1-1 นอกจากนี้ ในบางครั้งแผ่นดินไหวหนึ่งๆ อาจถูกรายงานด้วยขนาดแผ่นดินไหวมากกว่าหนึ่งชนิด ดังนั้น คณะวิจัยได้ทำการคัดเลือก และแปลงขนาดแผ่นดินไหวตามที่ถูกรายงานในกรณีต่างๆ กัน ดังนี้

- 1) กรณีข้อมูลรายงานทั้งในรูป M_b และ M_s เลือกเอาเฉพาะข้อมูล M_s ก่อน และนำมาแปลงเป็น M_w การระบุขนาดแผ่นดินไหวด้วย M_b มีโอกาสคลาดเคลื่อนได้มากกว่า M_s เนื่องจากข้อมูล M_b เป็นข้อมูลที่ได้จากการประเมินคลื่นปฐมภูมิ (P-wave) ในช่วงหัววินาทีแรกของการบันทึกคลื่นแผ่นดินไหวที่ความถี่สูง ซึ่งบ่อยครั้ง คลื่นแผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่กว่าซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ขนาดแผ่นดินไหวที่แท้จริงจะเกิดขึ้นในภายหลัง
- 2) กรณีข้อมูลรายงานทั้งในรูป M_L และ M_b เลือกเอาเฉพาะข้อมูล M_b ก่อน และนำมาแปลงเป็น M_w เนื่องจากข้อมูล M_L ที่รายงานจากสถานีในภูมิภาคต่างๆ กันไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ และต้องใช้สูตรการแปลงเฉพาะสำหรับภูมิภาคในบริเวณนั้น
- 3) กรณีข้อมูลรายงานทั้งในรูป M_L และ M_s เลือกเอาเฉพาะข้อมูล M_s ก่อน และนำมาแปลงเป็น M_w ด้วยเหตุผลเดียวกันกับข้อ 2)

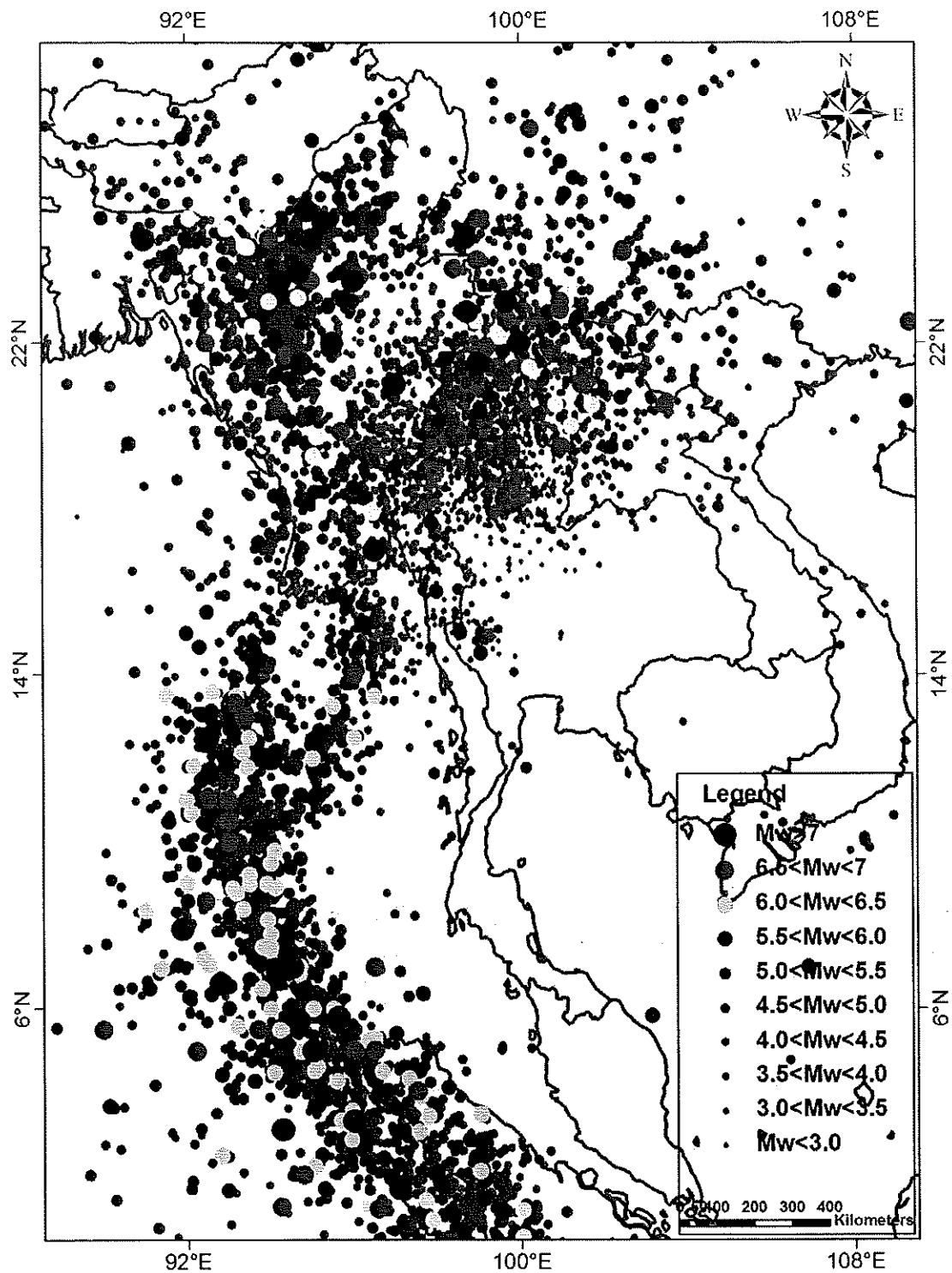
รูป 2.1-1 ตารางแสดงสูตรการคำนวณเพื่อแปลงค่าขนาดแผ่นดินไหว

ชนิดของ ขนาด แผ่นดินไหว	ช่วงขนาด แผ่นดินไหว	สูตรที่ใช้ในการแปลงขนาดแผ่นดินไหว	แหล่งอ้างอิง
M_s	$3.0 \leq M_s \leq 6.1$	$M_w = 0.67 M_s + 2.07$	Scordilis (2006)
	$6.2 \leq M_s \leq 8.2$	$M_w = 0.99 M_s + 0.08$	Scordilis (2006)
M_b	$3.5 \leq M_b \leq 6.2$	$M_w = 0.85 M_b + 1.03$	Scordilis (2006)
	$5.5 \leq M_b \leq 7.3$	$M_w = 1.46 M_b - 2.42$	Sipkin (2003)
M_L	$M_L \leq 6$	$M_w = M_L$	Heaton (1986)

2.1.1.3 การแยกเอาเฉพาะเหตุการณ์แผ่นดินไหวหลัก (Declustering)

เพื่อให้สอดคล้องกับสมมติฐานสำหรับแบบจำลองแผ่นดินไหวดังที่ได้กล่าวมาแล้วตอนต้น เหตุการณ์แผ่นดินไหวแต่ละเหตุการณ์จะต้องเป็นอิสระต่อกัน คณะวิจัยได้ทำการตัดข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดก่อนเหตุการณ์หลัก (foreshock) และข้อมูลแผ่นดินไหวที่เกิดหลังเหตุการณ์หลัก (aftershock) ออกจากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมาให้เหลือแผ่นดินไหวหลักเพียงเหตุการณ์เดียว คณะวิจัยได้เลือกใช้วิธีการที่เสนอโดย Knopoff และ Gardner (1969) โดยวิธีการนี้ดังกล่าว Knopoff และ Gardner ได้เลือกให้เวลา T และระยะทาง L ให้เป็นฟังก์ชันของขนาดแผ่นดินไหวหลัก M โดยฟังก์ชันดังกล่าวสามารถจัดในรูปแบบสมการ $\log L = a M + b$ และ $\log T = a M + b$ ซึ่งค่า a และ b เป็นค่าคงที่สามารถหาคำนวณหาได้ข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต หากมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวขนาดเล็กกว่า M เกิดขึ้นในช่วงระยะ $L(M)$ และช่วงระยะเวลา $T(M)$ หลังจากเหตุการณ์นี้ จะถือว่าเหตุการณ์ดังกล่าวนี้เป็น aftershock อย่างไรก็ตาม หากมีเหตุการณ์ใหญ่กว่า M เกิดขึ้นจะถือว่าเหตุการณ์แรกเป็น foreshock และจะถูกลบทิ้งไป

หลังจากทำการแยกเอาเฉพาะเหตุการณ์แผ่นดินไหวออกมา จำนวนข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีลดลงเหลือ 62 เปอร์เซนต์ของเหตุการณ์ทั้งหมด และมีจำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ M_w มากกว่า 5 ทั้งหมดเหลืออยู่ 6,136 เหตุการณ์ และข้อมูลแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในอดีตดังกล่าวถูกแสดงในแผนที่ดังรูปที่ 2.1-

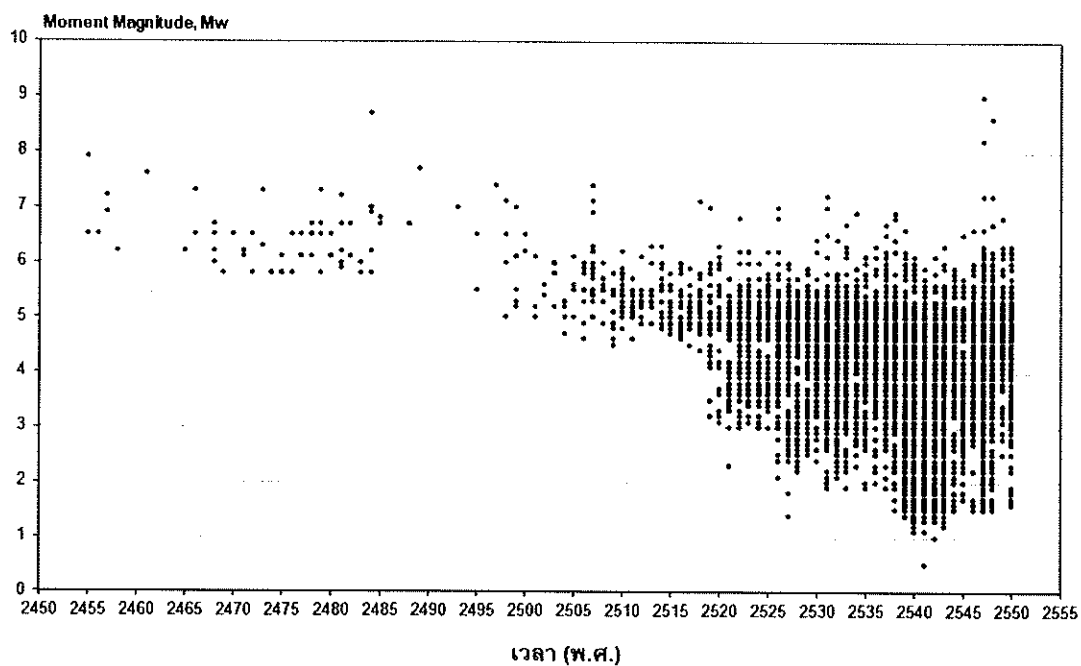


รูป 2.1-1 แผนที่แสดงจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหวในอดีตตั้งแต่ปี 2443-2560
หลังจากที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

2.1.1.4 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว (Catalog Completeness)

ความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหว หมายถึง ช่วงระยะเวลาที่แผ่นดินไหวขนาดหนึ่งๆ ที่ถูกตรวจวัดได้อย่างสมบูรณ์ ความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวมีความสำคัญในกระบวนการวางแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในโครงการนี้ เนื่องจากแบบจำลองแผ่นดินไหวที่เลือกใช้มีสมมติฐานของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีการกระจายตัวแบบ Poisson ซึ่งจะเป็นจริงได้ในช่วงที่ข้อมูลแผ่นดินไหวมีความสมบูรณ์เท่านั้น

ความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวนั้นจะไม่เท่ากันทั้งสำหรับช่วงขนาดแผ่นดินไหว และพื้นที่ที่แตกต่างกันออกไป ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากความสามารถในการตรวจจับการเกิดแผ่นดินไหวในแต่ละพื้นที่นั้นได้รับการพัฒนาขึ้นไม่พร้อมกัน โดยเครือข่ายตรวจสอบแผ่นดินไหวนั้นที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจะสามารถตรวจสอบข้อมูลแผ่นดินไหวขนาดเล็กๆ ได้ดีขึ้นและทำให้ช่วงขนาดแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์นั้นกว้างขึ้น รูปที่ 2.1-2 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว (Moment Magnitude, M_w) กับปีที่เกิดแผ่นดินไหวในบริเวณพื้นที่ศึกษา จากรูปเห็นได้ว่าสถานีตรวจวัดสามารถตรวจสอบแผ่นดินไหวขนาดเล็กได้มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งแสดงถึงพัฒนาการของเครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหว นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเริ่มมีการตรวจวัดแผ่นดินไหวขนาดต่ำกว่า 5.0 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2505 ซึ่งเป็นปีที่เริ่มมีการพัฒนาขีดความสามารถของการตรวจวัดของสถานีตรวจวัด

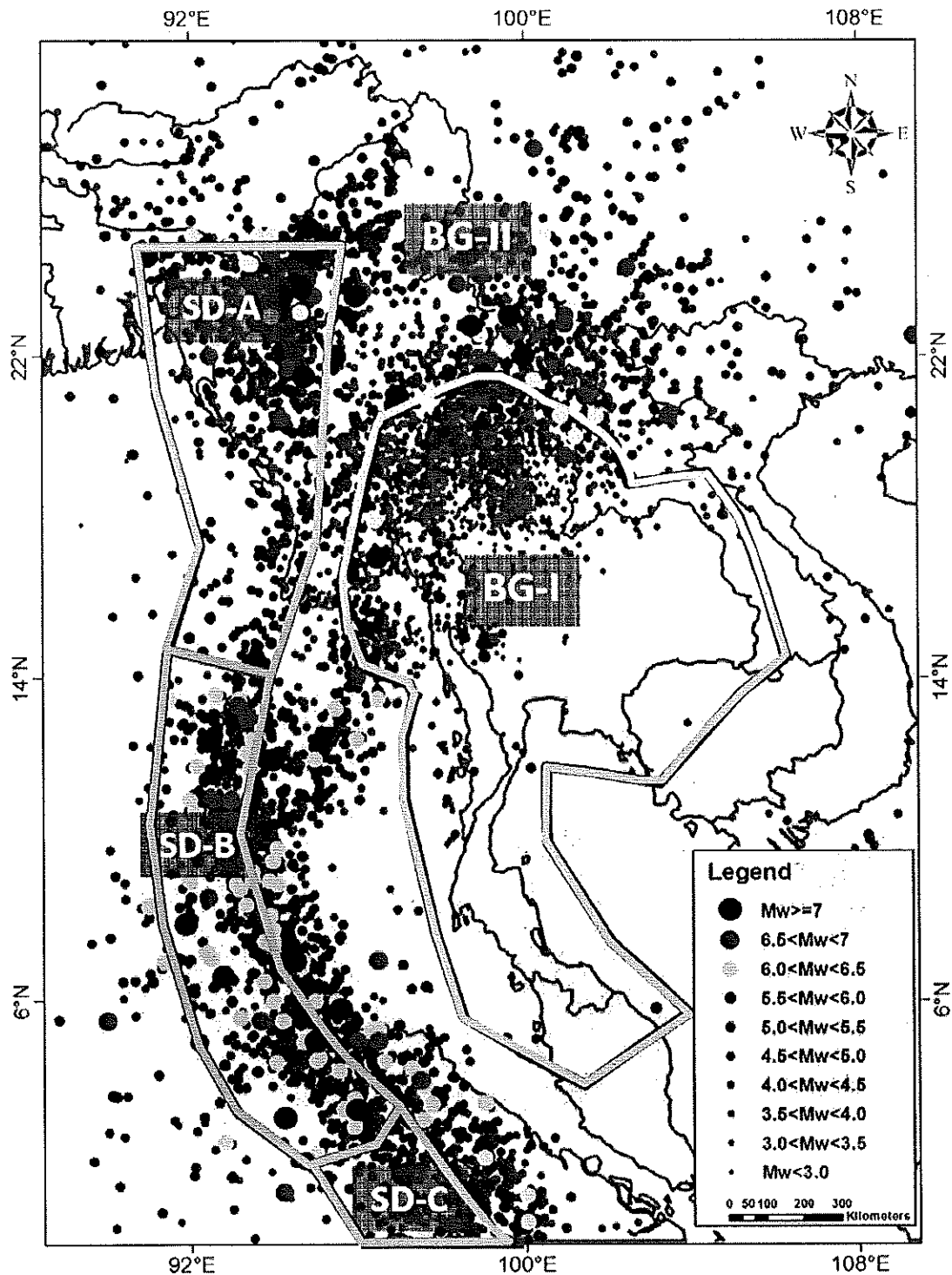


รูป 2.1-2 ความกระจายตัวของข้อมูลขนาดแผ่นดินไหว (Moment Magnitude, M_w)

กับปีที่เกิดแผ่นดินไหวในบริเวณพื้นที่ศึกษา

เราได้เลือกใช้วิธีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวสองวิธี ได้แก่ Stepp (Stepp, 1973) และ Visual cumulative method (CUVI) (Tinti and Mulargia, 1985) นอกจากนั้น เรายังได้แบ่งการตรวจสอบความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวตามพื้นที่การศึกษาออกเป็นห้าส่วน ซึ่งประกอบด้วย

โซนเปลือกโลกมุดตัว 3 โซน (SD-A, SD-B และ SD-C) โซนประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง (BG-I) และโซนที่เหลือน (BG-II) ดังแสดงในรูปที่ 2.1-3 ตามแบบจำลองแผ่นดินไหวซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป



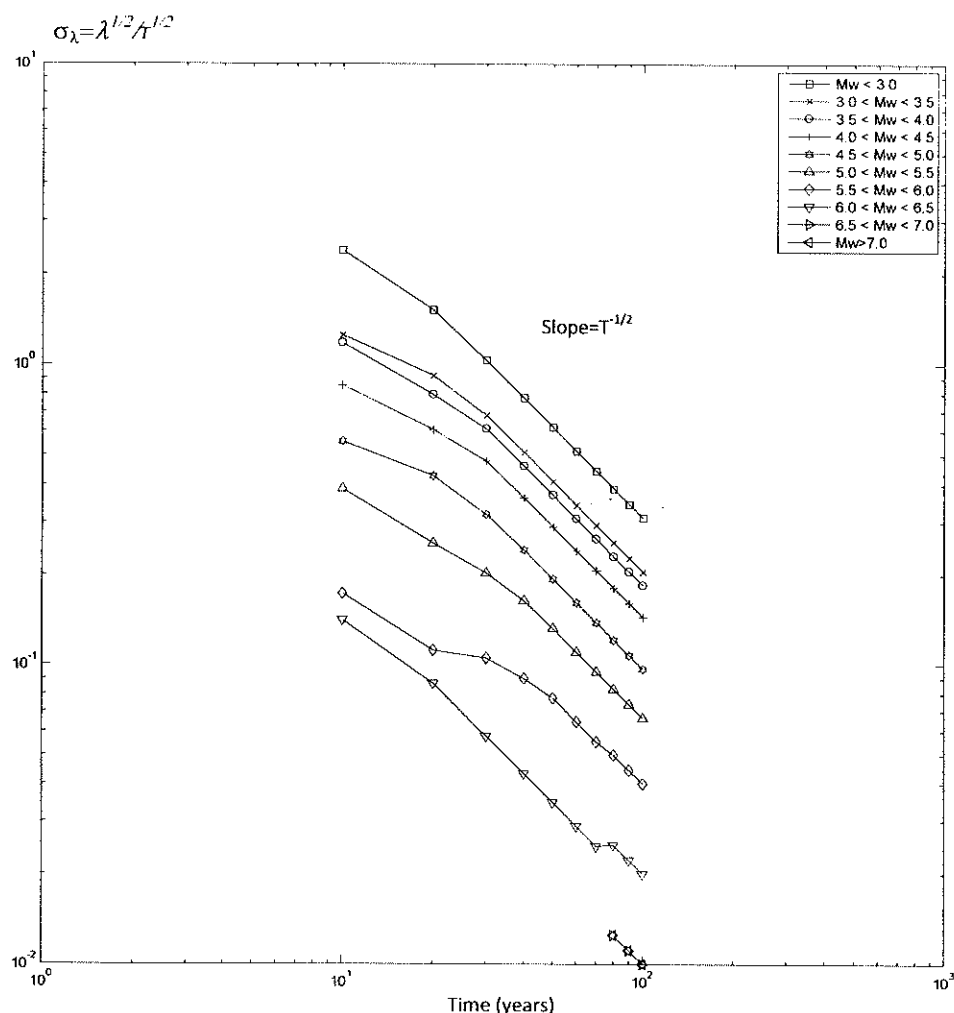
รูป 2.1-3 การแบ่งโซนสำหรับแบบจำลองแผ่นดินไหว

วิธีการของ Stepp เป็นวิธีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวโดยอาศัยหลักการทางสถิติที่สร้างขึ้นโดยสมมติลำดับการเกิดแผ่นดินไหวสามารถแทนได้ด้วยแบบ Poisson Distribution ใน

วิธีการนี้ ซึ่งถ้า ค่า $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ หมายถึง จำนวนเหตุการณ์ในช่วงเวลา i ต่างๆ ค่า λ จะถูกคำนวณจากสมการ

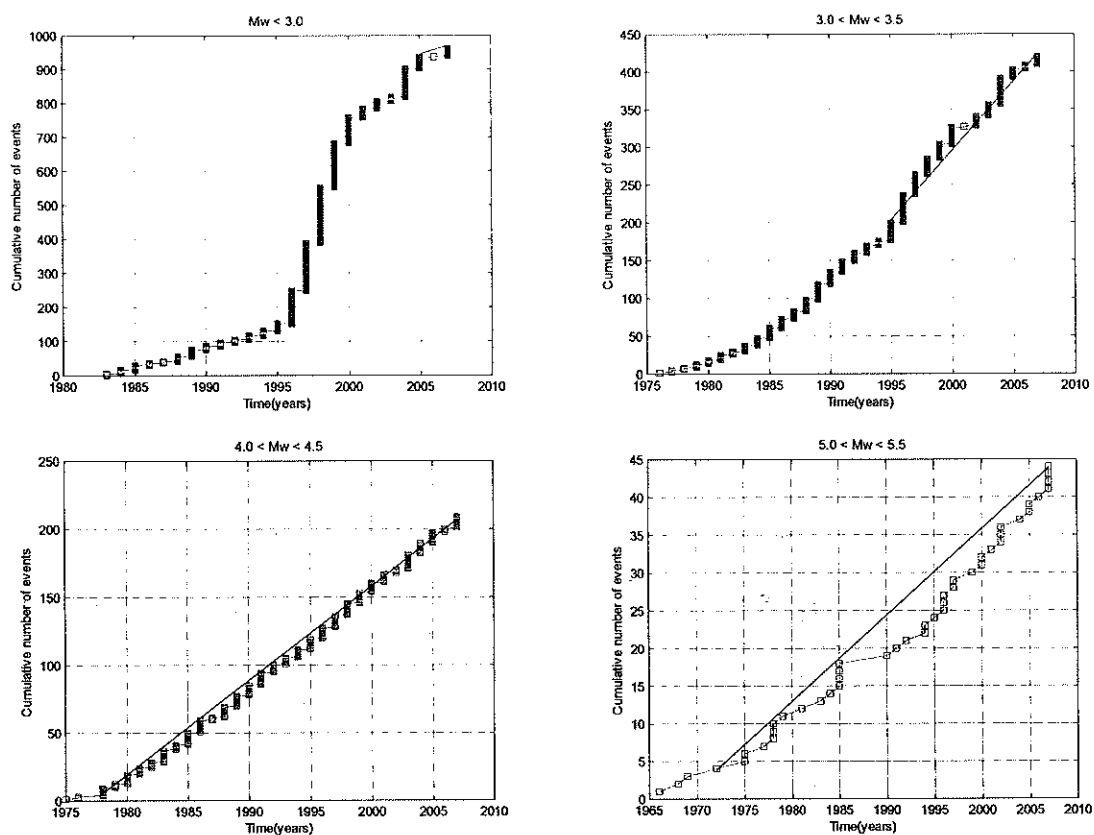
$$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i$$

ค่าความแปรปรวน (variance) ของ λ มีค่าเท่ากับ $\sigma^2 = \lambda/n$ โดย n แทนจำนวนช่วงเวลาจากช่วงแรกของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวไปถึงช่วงเวลา i ถ้าหน่วยของเวลาระบุเป็นปี ค่า n จะหมายถึงจำนวนปี และได้ว่า $\sigma_\lambda = \lambda^{1/2}/n^{1/2}$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ในหน่วยปี ค่า $\log(\sigma_\lambda)$ และ $\log(T)$ จะถูกนำมาพล็อต และเปรียบเทียบกับเส้นตรงที่มีความชันคงที่เท่ากับ $T^{-1/2}$ ซึ่งเป็นเส้นตรงที่แสดงการกระจายตัวของการเกิดแผ่นดินไหวแบบ Poisson distribution ดังนั้น เราสามารถพิจารณาช่วงของแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์ได้จากช่วงของข้อมูลแผ่นดินไหวที่ค่า σ_λ ขนานกับเส้นตรงดังกล่าว ผลที่ได้รับจากการนำเอาฐานข้อมูลที่ได้มาพล็อตด้วยวิธีการของ Stepp ถูกแสดงอยู่ในรูป 2.1-4

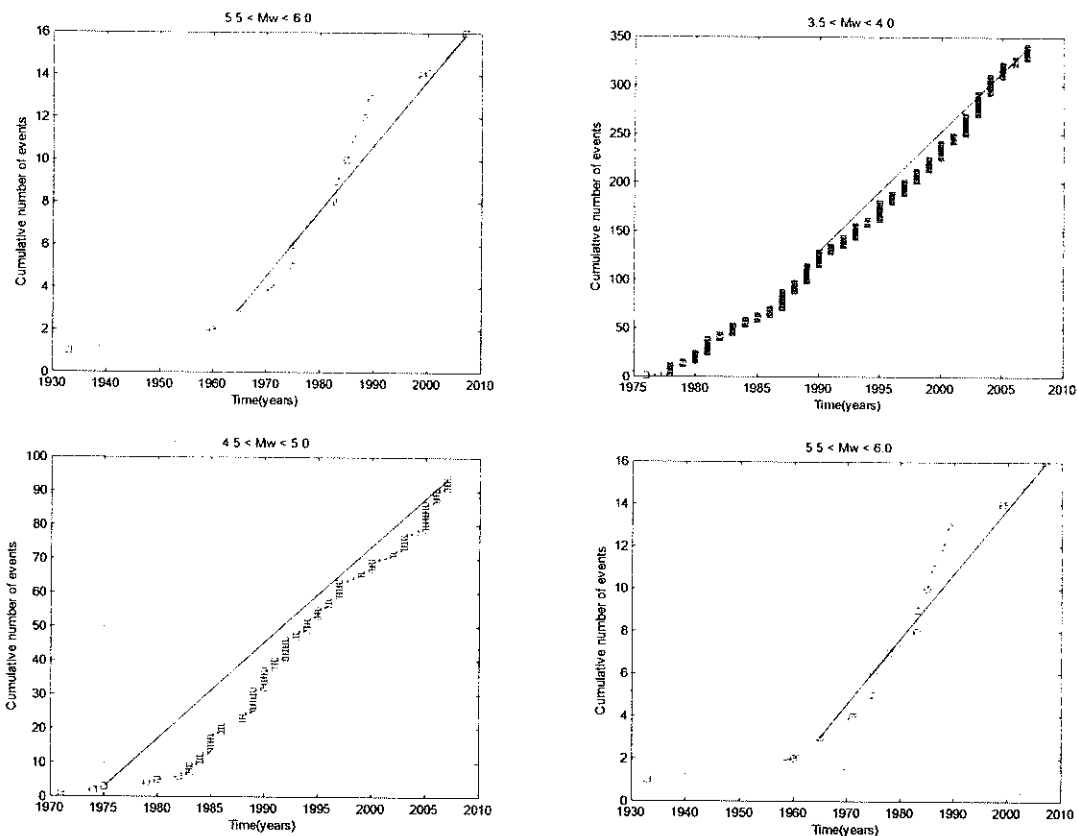


รูป 2.1-4 ตัวอย่างกราฟแสดงความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวโดยวิธีการของ Stepp
ในโซน BG-I

ในวิธีการ CUVI ช่วงข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์จะพิจารณาจากกราฟที่ได้จากพล็อตข้อมูลจำนวนแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นสะสม (แกน y) เทียบกับเวลาสำหรับเหตุการณ์ที่แผ่นดินไหวที่มีขนาดตั้งแต่ M_{wref} ตั้งแต่ $M_{wref} + 0.5$ (แกน x) (รูปที่ 2.1-5) โดยช่วงข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีความสมบูรณ์จะได้รับการตรวจสอบกราฟดังกล่าวช่วงที่มีความชันของกราฟคงที่ (เส้นตรงสีดำในแต่ละกราฟ) ซึ่งแสดงถึงช่วงที่มีอัตราการเกิดของแผ่นดินไหวในช่วงขนาดหนึ่ง ๆ อย่างสม่ำเสมอ ผลลัพธ์ของการตรวจสอบถูกแสดงในตารางดังรูปที่ 2.1-5 จากผลการตรวจสอบพบว่าช่วงเวลาของความสมบูรณ์ของฐานข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้จากวิธีการ CUVI ที่ได้ในขั้นตอนนี้สอดคล้องกับวิธีการของ Stepp อย่างไรก็ดี คณะวิจัยได้เลือกใช้ค่าจากวิธีการ CUVI ในการทำแบบจำลองแผ่นดินไหวต่อไป เนื่องจากคณะวิจัยมีความเห็นว่าค่าที่ได้การสังเกตช่วงความสมบูรณ์จากวิธีการ CUVI ทำได้ง่ายกว่าและการคาดเคลื่อนในการประมาณน้อยกว่า



รูป 2.1-5 ตัวอย่างกราฟแสดงความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตโดยวิธีการของ CUVI
ในโซน BG-I



รูป 2.1-5 (ต่อ) กราฟแสดงความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตโดยวิธีการของ CUVI
ในโซน BG-I

Magnitude Range	Zone BG-I			Zone BG-II		
	Years of complete data	Time period of complete data (years)	Number of Earthquakes (events)	Years of complete data	Time period of complete data (years)	Number of Earthquakes (events)
$M < 3.0$	2005-2007	2	60	2005-2007	2	3
$3.0 < M < 3.5$	1995-2007	12	245	1995-2007	12	87
$3.5 < M < 4.0$	1990-2007	17	226	1995-2007	12	163
$4.0 < M < 4.5$	1977-2007	30	206	1990-2007	17	375
$4.5 < M < 5.0$	1975-2007	32	91	1982-2007	25	709
$5.0 < M < 5.5$	1972-2007	35	41	1972-2007	35	453
$5.5 < M < 6.0$	1964-2007	43	15	1964-2007	43	135
$6.0 < M < 6.5$	1930-2007	77	4	1930-2007	77	53
$6.5 < M < 7.0$	1912-2007	95	1	1912-2007	95	24
$M \geq 7.0$	1912-2007	95	1	1912-2007	95	12

รูป 2.1-6 ตารางแสดงช่วงเวลาที่มีความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต
ในโซน BG-I และ BG-II

2.1.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในที่ศึกษาถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ตามลักษณะของแหล่งกำเนิด ได้แก่ แบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลัง (Background seismicity), แบบจำลองรอยเลื่อนแผ่นดินไหว (Crustal fault) และแบบจำลองแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (Subduction zone) รายละเอียดของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยแสดงในรูปที่ 2.1-7

	ขนาด แผ่นดินไหว ต่ำสุด*	ขนาด แผ่นดินไหว สูงสุด	คาบการเกิด (Cumulative a-value)	b- Value
1. แบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลัง				
ในประเทศไทย (BG-I)	5.0	6.5	Smoothed seismicity	0.9
นอกประเทศไทย (BG-II)	5.0	7.5	Smoothed seismicity	0.9
2. แบบจำลองรอยเลื่อนแผ่นดินไหว			ดูตาราง 5.1-9	
3. แบบจำลองเปลือกโลกมุดตัว				
โซนพม่า (SD-A)	6.5	8.5	5.854	1.020
โซนสุมาตราตอนเหนือ (SD-B)	6.5	9.2	5.488	0.954
โซนสุมาตราตอนใต้ (SD-C)	6.5	9.2	5.519	1.077

รูป 2.1-7 ตารางแสดงแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษา

2.1.2.1 ขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหว (Maximum magnitude)

ในแบบจำลองแผ่นดินไหวแบบ G-R ดังเดิมนั้นไม่ได้จำกัดค่าสูงสุดของขนาดแผ่นดินไหวเอาไว้ อย่างไรก็ตาม การรวบรวมข้อมูลและการวิจัยในปัจจุบันพบว่าขนาดของแผ่นดินไหวสูงสุดจากแหล่งกำเนิดหนึ่งๆ จะถูกจำกัดด้วยลักษณะแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวนั้นๆ โดยทั่วไป ขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจะถูกจำกัดด้วยความยาวของรอยเลื่อน โดยรอยเลื่อนที่มีความยาวพอเพียงเท่านั้นจึงจะสามารถให้กำเนิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ได้ ในโครงการนี้ ขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจะถูกนำมาใช้สำหรับแบบจำลองแผ่นดินไหวโดยเป็นตัวกำหนดค่าสูงสุดของขนาดแผ่นดินไหวที่ใช้ในการคำนวณค่าอัตราการเกิดแผ่นดินไหวเฉลี่ยต่อปี คณะวิจัยได้เลือกใช้สมมติฐานเพื่อกำหนดค่าขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากสมมติฐาน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่าขนาดสูงสุดเท่ากับค่าสูงสุดของขนาดแผ่นดินไหวที่ได้จากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต หากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่รวบรวมมาได้มีช่วงระยะเวลายาวนานกว่าคาบการเกิดของแผ่นดินไหวที่มีขนาดสูงสุดที่สามารถเกิดได้ในบริเวณนั้น

2. กำหนดจากค่าที่คำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างขนาดแผ่นดินไหวกับความยาวรอยเลื่อน และอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน
3. หากมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะระบุขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวในข้อ 1 และ 2 สามารถกำหนดจากค่าสูงสุดจากค่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดจากฐานข้อมูลแผ่นดินไหวเท่าที่มีบวก 0.5 ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่เสนอโดย USGS

คำอธิบายค่าขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวนี้ใช้สำหรับแบบจำลองประเภทรอยเลื่อน และแบบจำลองแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกเท่านั้น ส่วนค่าขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวในแบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลังเป็นค่าที่เลือกขึ้นเพื่อความสะดวกในการสร้างแบบจำลองแผ่นดินไหว และไม่ได้เกี่ยวข้องกับขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่ตามที่ได้กล่าวโดยตรง ส่วนวิธีการเลือกค่าขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวในแบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลังได้อธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

2.1.2.2 แบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลัง (Background seismicity model)

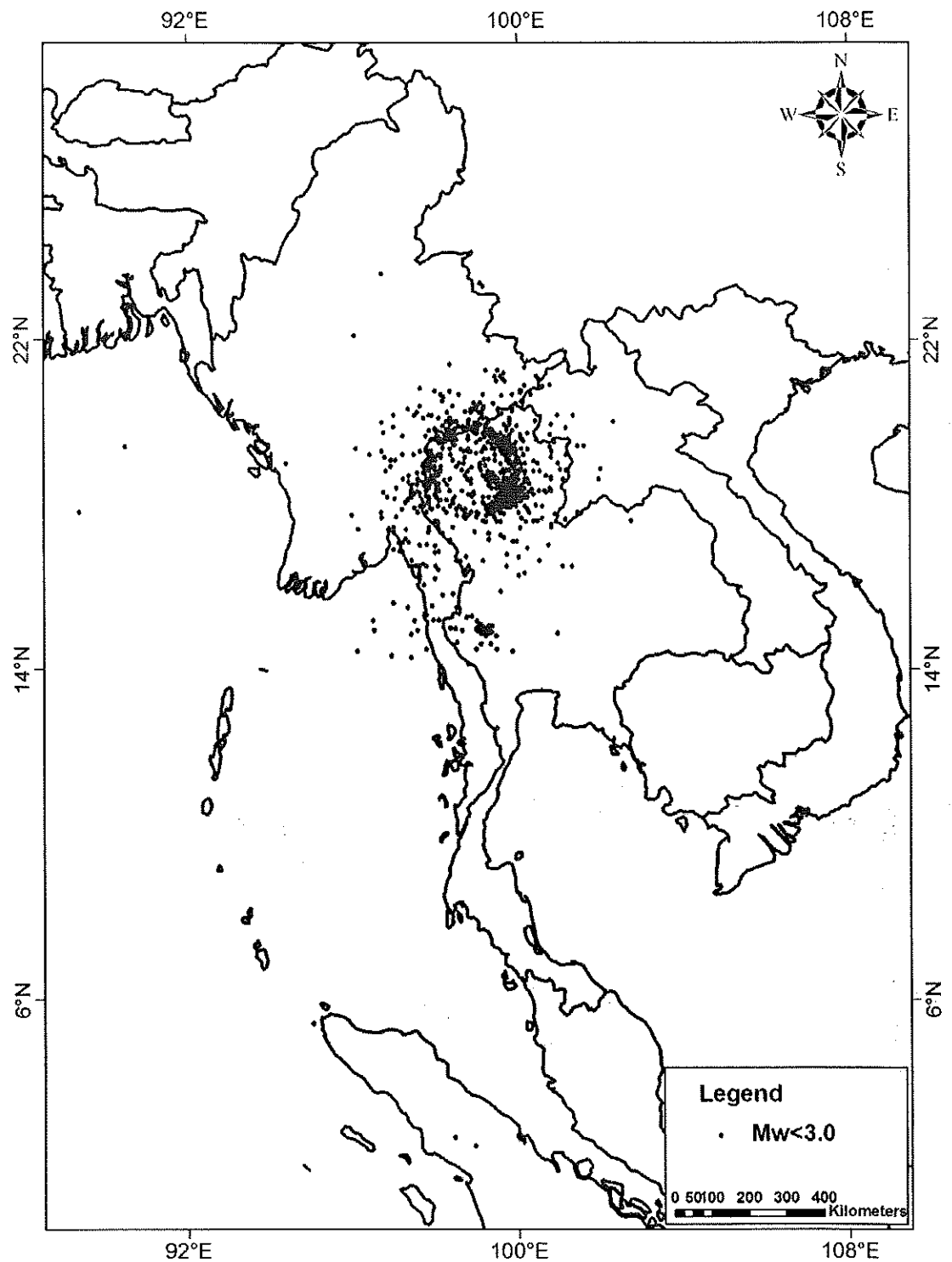
ในปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า แผ่นดินไหวเกิดขึ้นจากการปลดปล่อยพลังงานที่สะสมตัวอยู่ในแผ่นเปลือกโลก อย่างไรก็ตาม โครงสร้างทางธรณีวิทยาของแผ่นเปลือกโลกนั้นซับซ้อนมาก และบ่อยครั้ง เราไม่มีข้อมูลหรือไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวใด แบบจำลองแผ่นดินไหวพื้นหลังจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อจำลองผลกระทบของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเหล่านี้โดยอาศัยข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในอดีตเท่านั้น ข้อมูลแผ่นดินไหวที่ถูกนำมาใช้ในแบบจำลองนี้ครอบคลุมแผ่นดินไหวในอดีตทั้งหมดที่ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าเกิดจากรอยเลื่อน หรือเขตมุดตัวใดๆ

คณะวิจัยได้ทำการแบ่งโซนแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลังออกเป็นสองส่วน ได้แก่ พื้นที่ในประเทศไทย (BG-I) และพื้นที่นอกประเทศไทย (BG-II) (รูปที่ 2.1-3) สาเหตุที่เราแบ่งโซนแผ่นดินไหวออกเป็นสองส่วนนี้ เนื่องจาก ข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมามีช่วงความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในบริเวณประเทศไทยมากกว่าที่อื่นๆ ดังรูปที่ 2.1-8 ถึง 2.1-11 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมามีข้อมูลแผ่นดินไหวขนาด Mw3.0 และ Mw4.0 ในเฉพาะเขตประเทศไทยตอนเหนือและตะวันตก ลักษณะของข้อมูลดังกล่าวไม่ได้ส่งผลเสียต่อความถูกต้องต่อการคำนวณความเสี่ยงภัยของประเทศไทย และการแบ่งโซนออกเป็นสองส่วนข้างต้นจะช่วยให้สามารถนำเอาข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

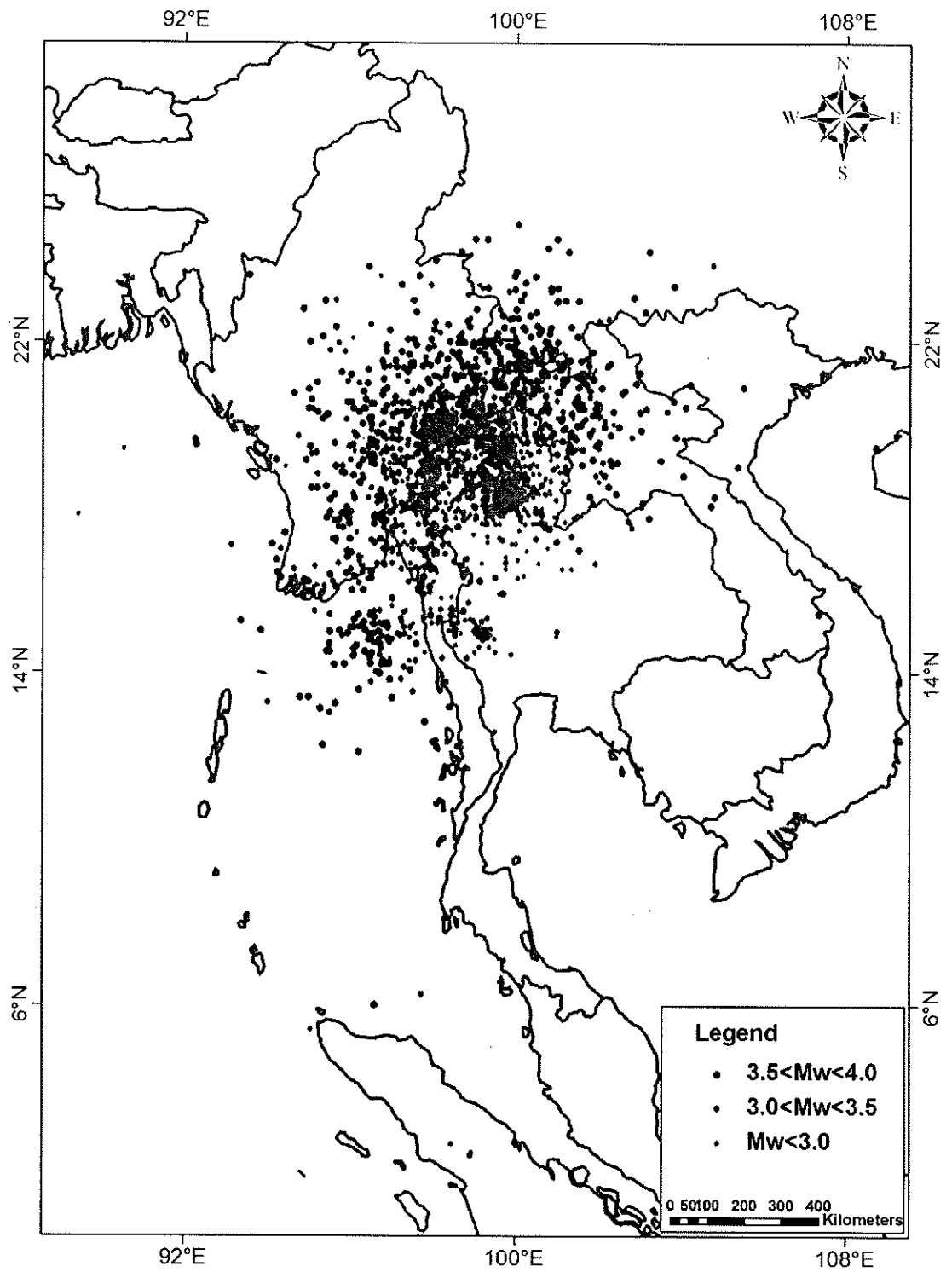
ในโครงการนี้ การประเมินค่าพารามิเตอร์แผ่นดินไหวจากแบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลังทำขึ้นโดยวิธีการ Seismicity smoothing ซึ่งสาเหตุที่เลือกใช้วิธีการนี้ได้อธิบายมาแล้วในเบื้องต้น โดยวิธีการดังกล่าวมีรายละเอียดของวิธีการ ดังต่อไปนี้

- 1) กำหนดช่วงข้อมูลแผ่นดินไหว (Subcatalog) ที่ใช้สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากช่วงเวลาความสมบูรณ์ของแผ่นดินไหวที่คำนวณได้ในหัวข้อ 2.1.1.4 โดยเลือกข้อมูลแผ่นดินไหว (Mw) ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 3.0 ขึ้นไปสำหรับพื้นที่ BG-I และเลือกแผ่นดินไหว (Mw) ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 5.0 ขึ้นไปสำหรับพื้นที่ BG-II
- 2) เลือกค่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดโดย เลือกค่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดเท่ากับ 6.5 ในโซน BG-I และ 7.0 ในโซน BG-II เพื่อป้องกันผลซ้ำซ้อนระหว่างแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวพื้นหลัง กับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบบรอยเลื่อน ค่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดเท่ากับ 6.5 ในโซน BG-I

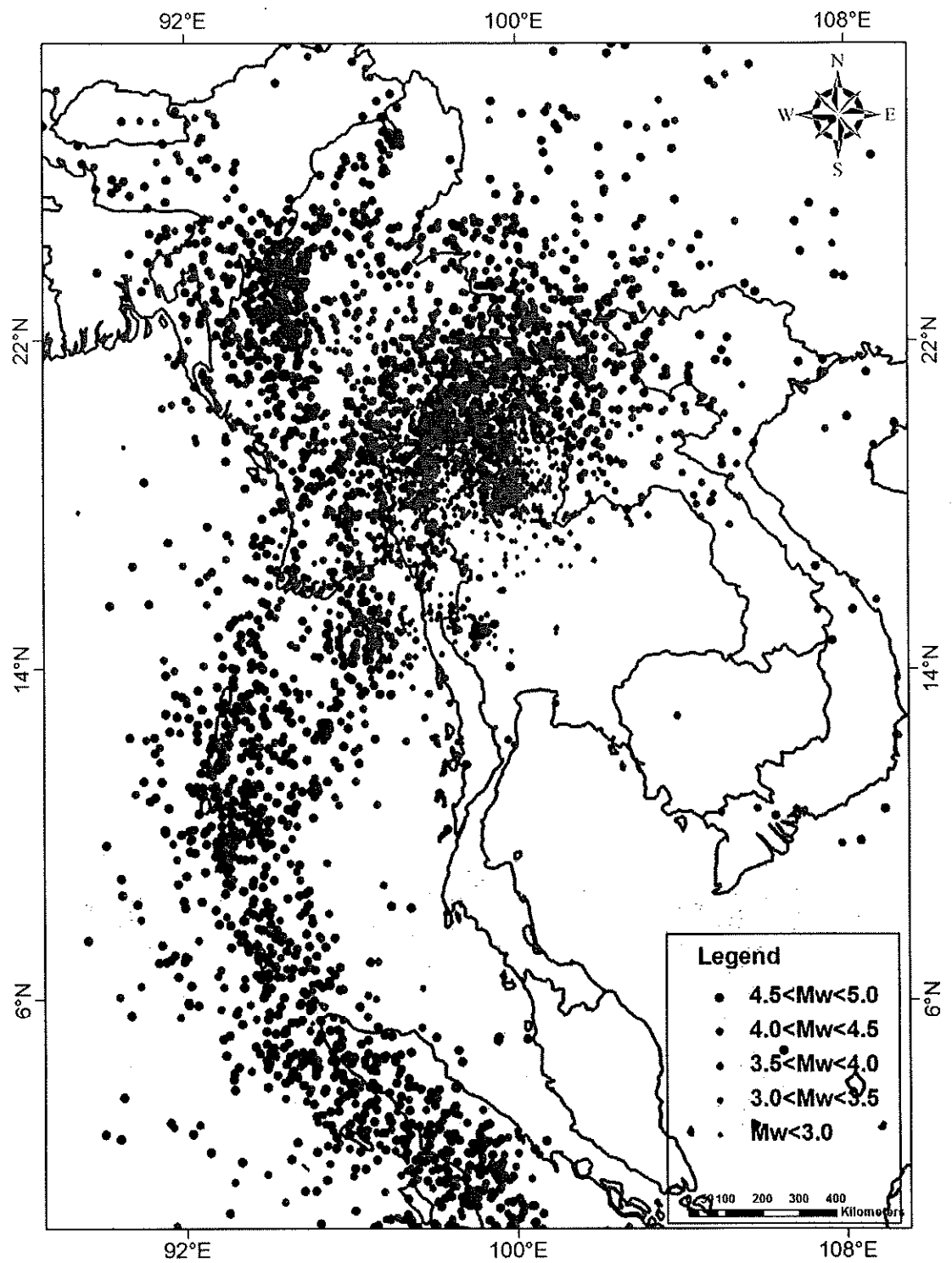
ถูกกำหนดโดยค่าขนาดต่ำสุดของของแบบจำลองแผ่นดินไหวแบบรอยเลื่อนที่แนะนำโดย USGS ส่วนสาเหตุที่เลือกค่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดเท่ากับ 7.0 ในโซน BG-II นั้นเป็นเพราะ



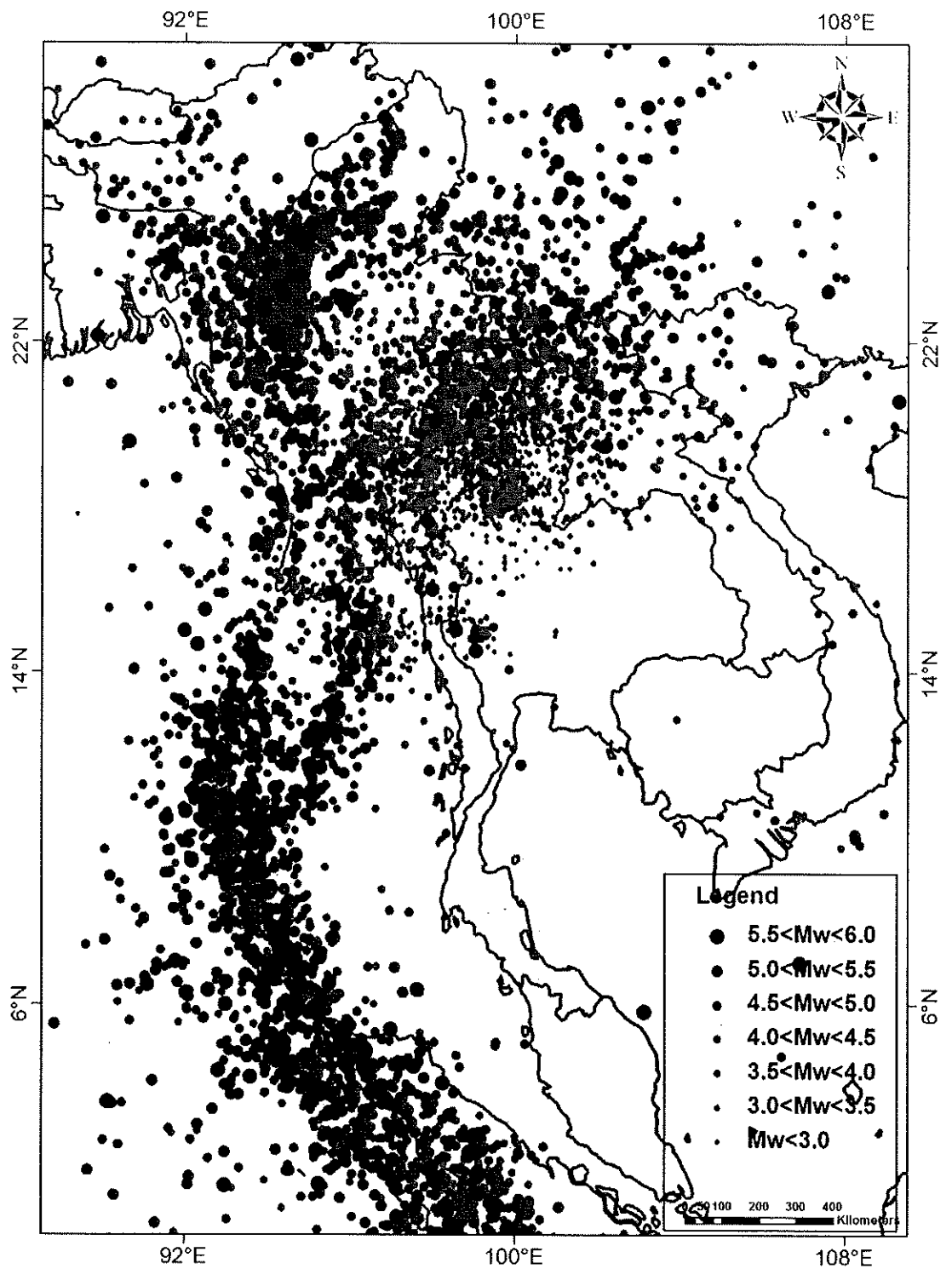
รูปที่ 2.1-8 แผนที่แสดงแผ่นดินไหวในอดีตขนาดเล็กกว่า Mw 3.0
จากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมา



รูปที่ 2.1-9 แผนที่แสดงแผ่นดินไหวในอดีตขนาดเล็กกว่า M_w 4.0
จากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมา



รูปที่ 2.1-10 แผนที่แสดงแผ่นดินไหวในอดีตขนาดเล็กกว่า Mw 5.0
จากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมา



รูปที่ 2.1-11 แผนที่แสดงแผ่นดินไหวในอดีตขนาดเล็กกว่า M_w 6.0
จากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีตที่ได้รวบรวมมา

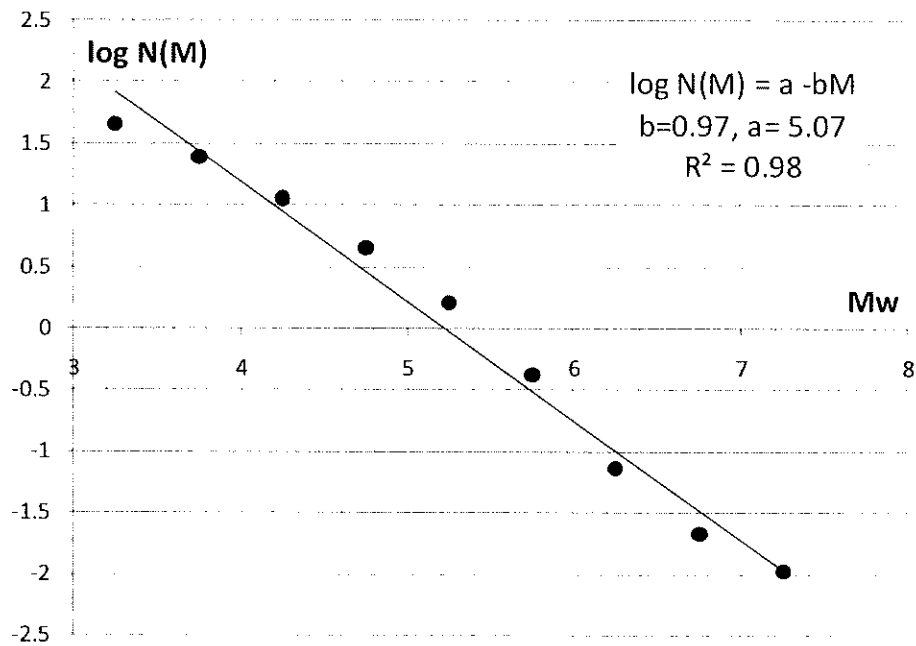
เรายังมีข้อมูลรอยเลื่อนไม่ละเอียดพอที่จะสร้างแบบจำลองรอยเลื่อนที่มีขนาดแผ่นดินไหวน้อยกว่า 7.0 อย่างไรก็ดีเนื่องจากโซนดังกล่าวอยู่ห่างจากประเทศจึงไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ศึกษาไม่มาก

- 2) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวโดยประเมินค่าสัมประสิทธิ์ในความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของและความถี่เฉลี่ยการเกิดของแผ่นดินไหว โดยแบบจำลอง G-R: $\log N(M) = a - bM$ ถูกเลือกใช้ในโครงการนี้ โดย $N(M)$ หมายถึง จำนวนทั้งหมดของแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ M ซึ่งได้รับจากข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต และ a, b คือสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง G-R
- 3) คำนวณสัมประสิทธิ์ a โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาทั้งหมดออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square grid) ขนาด 0.1 องศา ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะทางตามพื้นผิวโลกประมาณสิบกิโลเมตร ทำการนับจำนวนแผ่นดินไหวในแต่ละตารางที่แบ่งไว้ และคำนวณค่าความถี่เฉลี่ยของการเกิดแผ่นดินไหว $\tilde{n}_i$ ณ แต่ละตำแหน่งในตารางโดยใช้สมการ Gaussian moving average (Frankel, 1995):

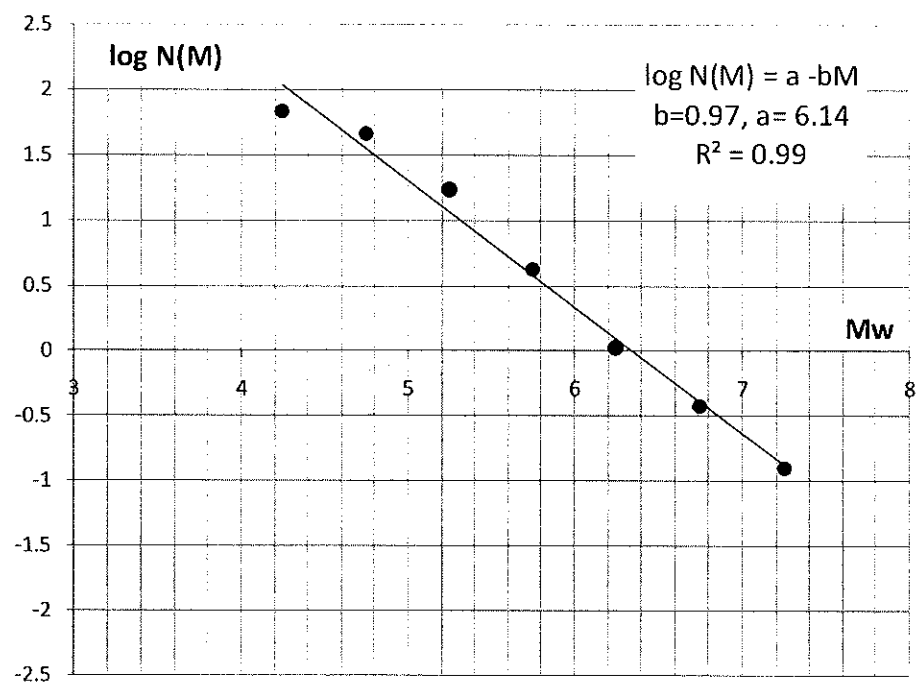
$$\tilde{n}_i = \frac{\sum_j n_j e^{-\Delta_{ij}^2/c^2}}{\sum_j e^{-\Delta_{ij}^2/c^2}}$$

โดย Δ แทนระยะห่างจากตารางที่คำนวณ (i) กับตารางรอบๆ (j) และ c แทนระยะทางที่ใช้ในการเฉลี่ยจำนวนแผ่นดินไหวในแต่ละตาราง ในโครงการนี้เราได้เลือกใช้ค่า c เท่ากับ 50 กิโลเมตร สำหรับ BG-I และ 75 กิโลเมตร สำหรับ BG-II ค่า $\tilde{n}_i$ ที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับ 10^0 โดยค่า 10^0 ที่คำนวณได้ใน BG-I และ BG-II ถูกแสดงในรูปที่ 2.1-? และ 2.1-? ตามลำดับ

- 4) คำนวณสัมประสิทธิ์ b โดยใช้วิธีประมาณความชันของค่า $\log N(M)$ และ M ที่คำนวณได้จากรูปที่ 2.1-8 ค่า b ของโซน BG-I และ BG-II นี้คำนวณจากข้อมูลแผ่นดินไหวในแต่ละโซนตามลำดับ



1) BG-I



2) BG-II

รูป 2.1-12 ค่า b ที่ได้จากความสัมพันธ์ Gutenberg-Richter

2.1.2.3 แบบจำลองรอยเลื่อนแผ่นดินไหว (Crustal fault model)

แบบจำลองรอยเลื่อนแผ่นดินไหวสร้างขึ้นจากข้อมูลรอยเลื่อนที่รวบรวมมาในหัวข้อ 3.2.3 คณะวิจัยได้เลือกเฉพาะรอยเลื่อนแผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยทั้งหมด 400 รอยเลื่อนโดยเป็นทั้งรอยเลื่อนในประเทศไทยและนอกประเทศไทย ดังแสดงในตารางในรูปที่ 2.1-9 และแผนภาพกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree diagram) ในรูปที่ 2.1-15 ถึง 2.1-35 แบบจำลองรอยเลื่อนแผ่นดินไหว ประกอบด้วย

ลักษณะทางเรขาคณิตของรอยเลื่อน และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและความถี่เฉลี่ยของเกิดของแผ่นดินไหว ข้อมูลที่ได้นำมาใช้สร้างลักษณะทางเรขาคณิตของแบบจำลองของรอยเลื่อน ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งรอยเลื่อน มุมเอียงเท (Dip angle) ความกว้าง โดยรอยเลื่อนถูกแทนด้วยเส้นซึ่งแทนผิวของรอยเลื่อน (fault surface) ความกว้างของรอยเลื่อนถูกสมมติให้มีค่าคงที่

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและความถี่เฉลี่ยของเกิดแผ่นดินไหวถูกสร้างขึ้นจาก ขนาดแผ่นดินไหว ลักษณะเฉพาะ (Characteristic magnitude) และอัตราการเคลื่อนตัว ในโครงการนี้ คณะวิจัยได้เลือกใช้ความสัมพันธ์ทั้งแบบ G-R และ Characteristic สำหรับแบบจำลองแผ่นดินไหวในแต่ละรอยเลื่อน โดยแบบจำลอง G-R ใช้สำหรับจำลองเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนเพียงบางส่วน และแบบจำลอง Characteristic เป็นตัวแทนเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มักจะเกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน หรือส่วนของรอยเลื่อนทั้งหมด

ในแบบจำลอง G-R คณะวิจัยได้เลือกใช้ขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดเท่ากับ 6.5 เพื่อไม่ให้เกิดการซ้อนทับกับ Background seismicity และขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดเลือกจากค่าขนาดแผ่นดินไหวเฉพาะสำหรับรอยเลื่อน (Characteristic earthquake, M_c) ขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดเท่ากับ 6.5 ที่เลือกใช้ ในโครงการนี้ได้กำหนดตาม USGS Open file report 96-032 ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวพบว่า หากเลือกค่าขนาดแผ่นดินไหวต่ำสุดต่ำกว่าค่า 6.5 จะทำให้จำนวนความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวที่คำนวณได้ช่วงขนาด 4 ถึง 5 มีปริมาณที่มากเกินไปเมื่อเทียบกับสถิติของการเกิดแผ่นดินไหวจริง ค่า Characteristic earthquake ที่ใช้เป็นไปตามข้อมูลที่ได้รับรวบรวมมาได้ ในกรณีที่รอยเลื่อนไม่มีข้อมูลดังกล่าว คณะวิจัยได้ทำการคำนวณค่า Characteristic earthquake จากความสัมพันธ์ที่ให้ไว้โดย Wells and Coppersmith (1994) ดังต่อไปนี้

$$M_c = 1.16 \log (SRL) + 5.08 \quad (1)$$

โดย SRL หมายถึง Surface Rupture Length (กิโลเมตร) ซึ่งคำนวณได้จากความยาวรอยเลื่อนที่ปรากฏบนพื้นดินทั้งหมดของรอยเลื่อน

ค่า a ของรอยเลื่อนจะถูกคำนวณจากอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน และ M_c ดังสมการต่อไปนี้

$$\dot{M}_0 = \mu \dot{u} LW = \sum_{M=6.5}^{M=M_c} N(M) M_0 = \sum_{M=6.5}^{M=M_c} 10^{a-bM} 10^{1.5M+16.1} \quad (2)$$

โดย μ หมายถึง shear modulus,

$N(M)$ หมายถึง อัตราการเกิดแผ่นดินไหวต่อปีของแผ่นดินไหวขนาด $M-0.5$ ถึง $M+0.5$

L หมายถึง ความยาวรอยเลื่อน และ

W หมายถึง ความกว้างรอยเลื่อน

ส่วนค่า b กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.9 เท่ากันทั้งหมดสำหรับทุกรอยเลื่อน

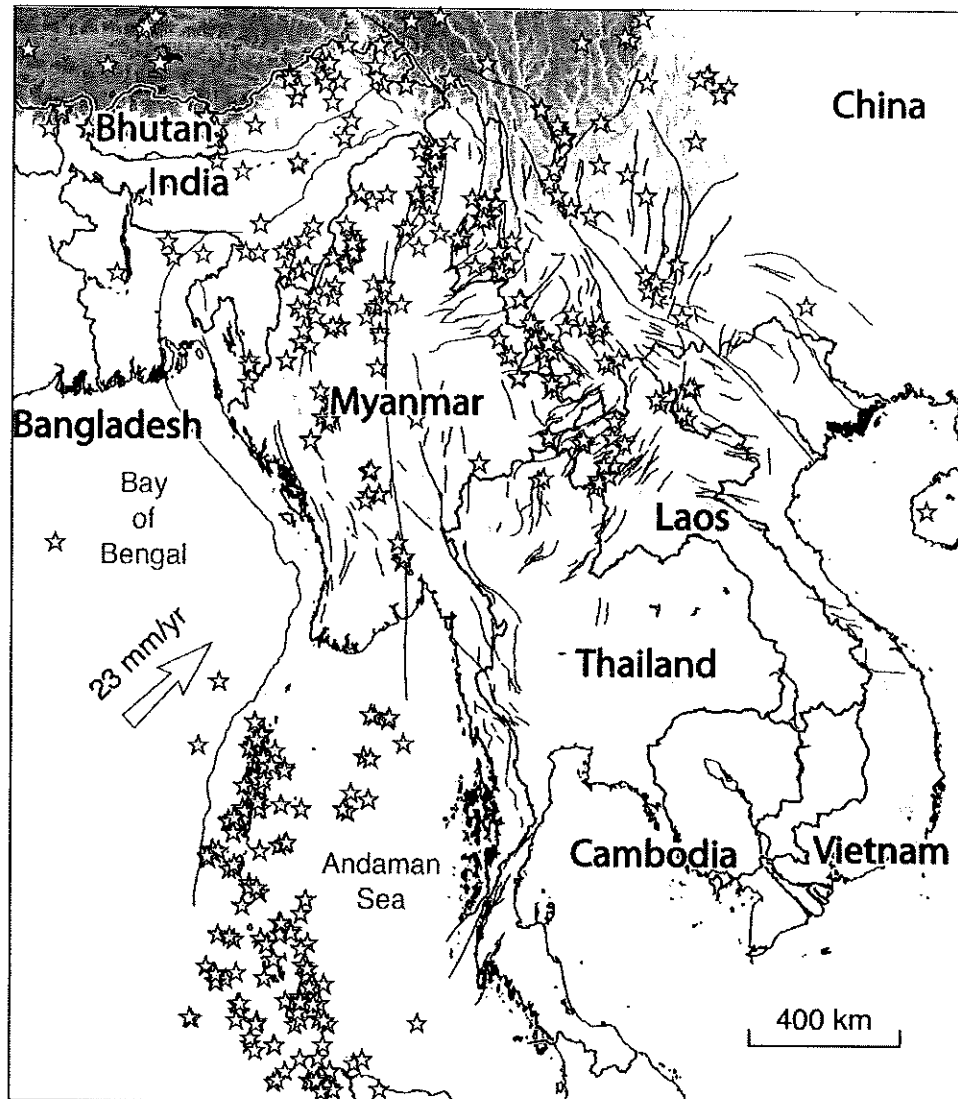
สำหรับแบบจำลองแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวลักษณะเฉพาะ (Characteristic earthquake) คณะวิจัยได้คำนวณอัตราการเกิดแผ่นดินไหว (Recurrence rate) ที่ขนาดแผ่นดินไหวเฉพาะรอยเลื่อนสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{Recurrence Rate} = \mu \dot{u} LW / M_{oc} \quad (3)$$

โดยขนาดของโมเมนต์แผ่นดินไหวลักษณะเฉพาะ (Characteristic earthquake moment, M_{oc})
คำนวณจากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์แผ่นดินไหวและขนาดแผ่นดินไหวลักษณะเฉพาะ

$$\log(M_{oc}) = 1.5M_c + 16.05 \quad (4)$$

เพื่อรวมผลของความไม่แน่นอนในการกำหนดค่า M_c ค่าขนาดแผ่นดินไหวเฉพาะนี้ถูกกำหนดไว้
สามกรณี ได้แก่ M_c , $M_c - 0.2$ และ $M_c + 0.2$ โดยให้น้ำหนักแก่กรณีเท่ากับ 0.6, 0.2 และ 0.2
ตามลำดับ โดยในแต่ละกรณีขนาดของแผ่นดินถูกสมมติให้มีการกระจายตัวรอบขนาดที่กำหนดโดยมีค่า
เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.12



รูป 2.1-13 แผนที่แสดงตำแหน่งรอยเลื่อนที่ใช้ในโครงการนี้

ชื่อรวมเงื่อนไข	ความยาว (mm.)	มุมเงย (Dip Angle, °)	ความกว้าง	ขนาดแผ่นหินเฉพาะ (Characteristic Eq.)	อัตราการเคลื่อนตัว (mm/yr)			น้ำหนักที่ใช้คำนวณแบบจำลอง (probabilistic weight)			ค่าการคืนตัว (Return Period)			แหล่งอ้างอิง
					ค่าเฉลี่ยสูงสุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงสุด	ค่ามากที่สุด	ค่าเฉลี่ยสูงสุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงสุด	ค่ามากที่สุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงสุด	ค่ามากที่สุด	ค่ามากที่สุด	
ด้านเจดีย์สามองค์	165	90	15	7.5	0.01	0.2	0.4	0.2	0.6	26,872	1,344	672	WCFS 2541	
		90	15	6.8	0.01	0.05	0.2	0.2	0.6	13,172	2,634	659		
		90	15	6.5	0.01	0.05	0.2	0.2	0.6	8,763	1,753	438		
		90	15	6.8	0.01	0.05	0.2	0.2	0.6	13,172	2,634	659		
Kungyaungale	55	90	15	7.0	0.01	0.2	0.4	0.3	0.4	14,336	717	358	WCFS 2541 Panya and P&C 2549	
		90	15	7.5	0.1	0.4	1	0.3	0.6	3,695	924	369		WCFS 2541
ดงมาตย์	80	90	15	7.2	0.01	0.2	0.4	0.3	0.4	19,665	983	492	WCFS 2541 Panya and P&C 2549	
		90	15	7.3	0.01	0.2	0.4	0.3	0.4	22,222	1,111	556		
		90	15	7.0	0.01	0.2	0.4	0.3	0.4	14,336	717	358		
		70	17.32	7.3	0.005	0.01	0.1	0.3	0.5	54,987	27,484	2,749		WCFS 2541
ดงมะขาม	200	90	15	7.6	0.001	0.01	0.05	0.3	0.5	313,154	31,315	6,263	Panya and P&C 2549	
		90	15	7.4	0.001	0.01	0.05	0.3	0.5	241,459	24,146	4,829		
		90	15	7.5	0.0001	0.001	0.01	0.3	0.4	3,167,083	316,708	31,671		Panya and P&C 2549 USGS 2550
		20	17.32	6.6	0.0001	0.001	0.01	0.3	0.4	857,632	85,763	8,576		Panya and P&C 2549
ดงพรหม	10	60	17.32	6.3	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	11,360	5,680	568	GMT et al. 2539	
		60	17.32	6.7	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	21,399	10,699	1,070		
		60	17.32	6.5	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	14,597	7,299	730		
		17.5	17.32	6.6	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	16,494	8,247	825		GMT et al. 2539
พญา	26	60	17.32	6.7	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	21,399	10,699	1,070	GMT et al. 2539	
		60	17.32	6.5	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	14,597	7,299	730		
		60	17.32	6.8	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	22,879	11,439	1,144		GMT et al. 2539
		13	17.32	6.4	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	13,578	6,789	679		

รูป 2.1-14 ตารางแสดงพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อน

ชื่อรอยเส้น	ความยาว (nm.)	มุมเงี้ยว (Op Angle, °)	ความกว้าง	ขนาดแผนผังในภาพเฉพาะ (Characteristic Eq.)	วิธีการเคลื่อนตัว (mm/ft)				น้ำหนักใช้สำหรับและแบบจำลอง (probabilistic weight)				ตามการคิด (II) Return Period				แหล่งอ้างอิง
					ค่าเฉลี่ยที่สุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงสุด	ค่าที่เป็นไปได้ต่ำสุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงที่สุด	ค่าเฉลี่ยที่สุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงสุด	ค่าที่เป็นไปได้ต่ำสุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงที่สุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงสุด	ค่าที่เป็นไปได้ต่ำสุด	ค่าที่เป็นไปได้สูงที่สุด	ค่าที่เป็นไปได้ต่ำสุด	
ปากใบ ออกด้วย แม่เหล็ก	35	60	17.32	6.9	0.01	0.06	0.2	0.3	0.4	0.3	12,890	2,148	645				GMT et al. 2539 USGS 2550
	25	60	17.32	6.7	0.01	0.06	0.2	0.3	0.4	0.3	10,385	1,731	519				
	40	60	17.32	7.0	0.01	0.06	0.2	0.3	0.4	0.3	14,364	2,394	718				
ช่อง ส่วนเหนือ ส่วนใต้	31	60	17.32	6.8	0.005	0.01	0.2	0.3	0.4	0.3	24,491	12,245	612				GMT et al. 2539 USGS 2550
	20.41	60	17.32	6.6	0.005	0.01	0.2	0.3	0.4	0.3	18,010	9,005	450				
บัว ท่ง บัว สันติสุข	38.09	60	17.32	6.9	0.01	0.06	0.2	0.3	0.4	0.3	14,077	2,346	704				GMT et al. 2539 USGS 2550
	24.88	60	17.32	6.7	0.01	0.06	0.2	0.3	0.4	0.3	10,162	1,694	508				
	12.55	60	17.32	6.4	0.01	0.06	0.2	0.3	0.4	0.3	6,565	1,094	328				
ปากใบ ส่วนเหนือ ส่วนใต้	20	60	17.32	6.6	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	0.3	17,755	8,878	888				GMT et al. 2539 USGS 2550
	15	60	17.32	6.5	0.005	0.01	0.1	0.3	0.4	0.3	14,597	7,299	730				
ศรีสวัสดิ์ ส่วนกลาง	180	90	15	7.5	0.01	0.05	0.2	0.3	0.4	0.3	24,633	4,927	1,232				USGS 2550
	118	90	15	7.5	0.006	0.018	0.18	0.3	0.4	0.3	59,133	19,711	1,971				
ปรางค์ ส่วนกลาง	38.47	90	15	6.9	0.01	0.05	0.2	0.3	0.4	0.3	-	3,096	-				USGS 2550
	35.14	90	15	6.9	-	0.043	-	-	1	-	-	3,367	-				
แม่ทอง แม่	226	90	15	7.5	-	0.036	-	-	1	-	-	5,450	-				USGS 2550
ระนอง ส่วนเหนือ ส่วนใต้	346	90	15	7.9	-	1.8	-	-	1	-	-	283	-				USGS 2550
	563	90	15	7.9	-	1.8	-	-	1	-	-	174	-				
	482	90	15	7.9	-	1.8	-	-	1	-	-	203	-				

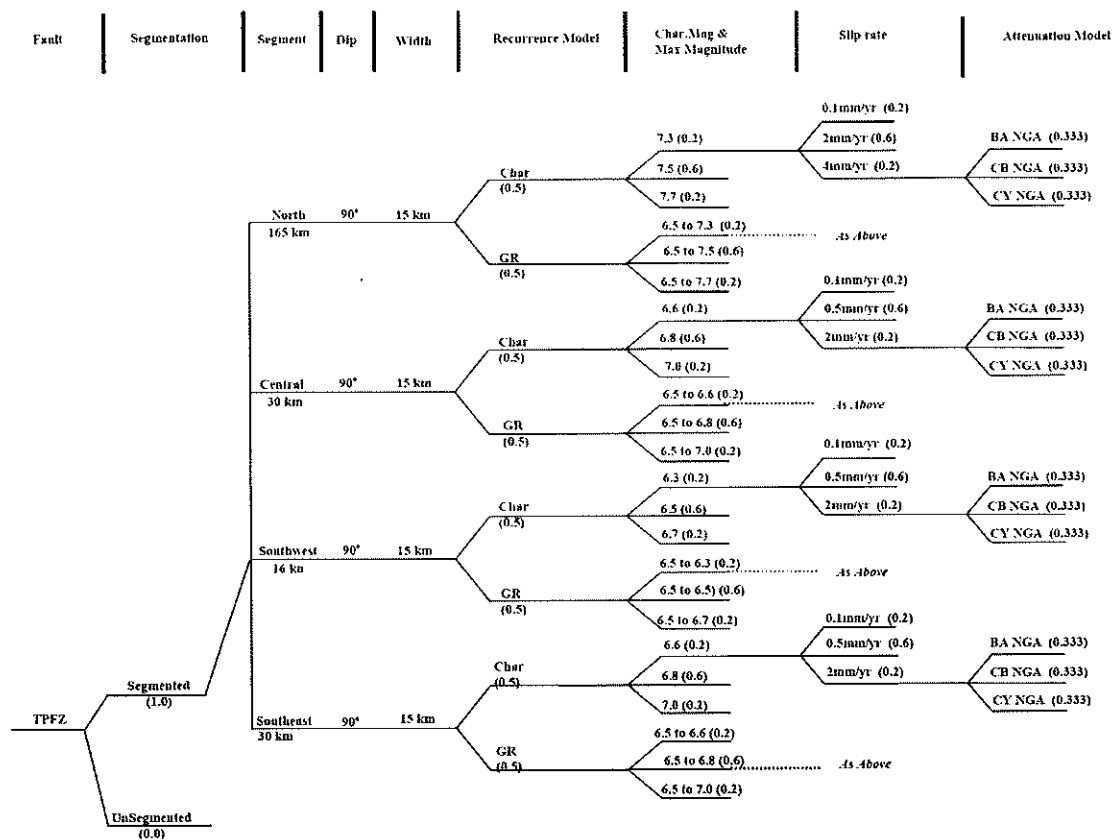
รูป 2.1-14 (ต่อ) ตารางแสดงพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อน

ID	Slip rate (mm/yr)	Dip	Mmax	Upper depth	Lower depth	Type	Area (km ²)	Length	Fault_name	Length (km)	M _{char}
0	2.0	90	8.1	0	0	15 RL	6924.62098	461.641399	Red River Fault	462	8.14
1	4.2	90	6.9	0	0	15 LL	508.251107	33.8834071	Nanting He Fault	34	6.87
2	3.0	90	7.4	0	0	15 LL	1499.88285	99.9921898	Nanting He Fault	100	7.40
3	1.2	90	6.8	0	0	15 LL	475.0172	31.6678133	Nanting He Fault	32	6.84
4	4.2	90	7.9	0	0	15 LL	3976.22168	265.081445	Nanting He Fault	265	7.87
5	1.3	90	7.3	0	0	15 LL	1282.6526	85.5101735	Lashio Fault	86	7.32
6	0.5	90	6.9	0	0	15 LL	560.607902	37.3738601	Kyaukme Fault	37	6.92
7	0.5	90	7.5	0	0	15 LL	1944.68706	129.645804	Kyaukme Fault	130	7.53
8	0.5	90	7.0	0	0	15 LL	665.864796	44.3909864	Kyaukme Fault	44	7.00
9	1.3	90	6.8	0	0	15 LL	440.678203	29.3785469	Lashio South Fault	29	6.80
10	4.0	90	8.1	0	0	15 RL	6527.02193	435.134795	Red River Fault	435	8.12
11	2.0	90	7.0	0	0	15 N	641.726687	42.7817791	Ke Jie	43	6.99
12	2.0	90	7.3	0	0	15 LL	1210.59218	80.7061455	Wanding Fault	81	7.30
13	2.0	90	7.3	0	0	15 LL	1338.23831	89.2158873	Wanding Fault	89	7.34
14	2.0	90	7.4	0	0	10 LL	963.921426	96.3921426	Ruili Fault	96	7.38
15	2.0	90	7.3	0	0	15 LL	1189.41049	79.2940327	Namkhan Fault	79	7.29
16	2.0	90	7.3	0	0	10 LL	899.036195	89.9036195	Ruili Fault	90	7.35
17	1.4	90	7.6	0	0	10 LL	1398.00132	139.800132	Dayingjiang Fault	140	7.56
18	0.9	90	6.8	0	0	10 LL	264.658705	26.4658705	Manda Fault	26	6.75
19	1.0	90	7.2	0	0	10 LL	598.29636	59.829636	Huna Fault	60	7.15
20	1.0	90	7.2	0	0	15 RL	998.397131	66.5598088	Nam Hpat Kar Fault	67	7.20
21	1.0	90	7.1	0	0	15 RL	798.705123	53.2470082	Nam Hpat Kar Fault	53	7.09
22	0.1	90	7.3	0	0	15 LL	1143.87469	76.2583125	Meibin Fault	76	7.27
23	1.2	80	7.1	0	0	15 LL	908.93002	59.6747553	Nabang Fault	60	7.15
24	0.5	90	6.9	0	0	15 RL	523.189441	34.8792961	Sudian Fault	35	6.89
25	0.5	90	7.2	0	0	15 RL	965.392	64.3594667	Sudian Fault	64	7.19
26	0.3	70	6.9	0	0	15 LL	580.644997	36.3751879	Guanyinka Fault	36	6.91
27	0.1	70	6.7	0	0	15 LL	416.942521	26.119854	Xima Fault	26	6.75

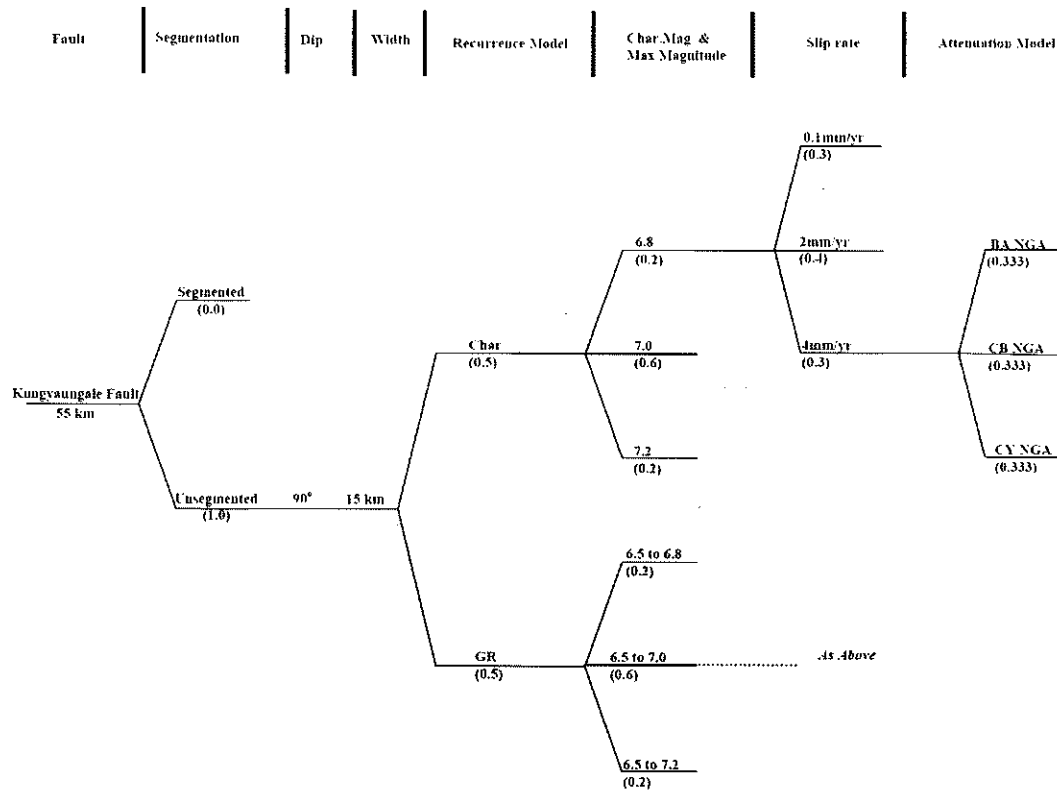
รูป 2.1-14 (ต่อ) ตารางแสดงพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อน

ID	Slip rate (mm/yr)	Dip	Mmax	Upper depth	Lower depth	Type	Area (km^2)	Length	Fault_name	Length (km)	M _{char}
28	0.2	70	6.8	0	15 LL		473.540989	29.6655315	Kamkham Fault-2	30	6.81
29	2.0	90	6.9	0	10 LL		366.347316	36.6347316	Ruili Fault	37	6.91
30	0.2	90	6.8	0	15 RL		481.241766	32.0827844	Diantan Fault	32	6.85
31	0.5	90	7.1	0	15 RL		877.126704	58.4751136	Diantan Fault	58	7.14
32	1.0	90	7.6	0	15 RL		2433.48973	162.232648	Kyaukkan Fault	162	7.64
33	4.2	90	7.1	0	15 LL		852.353707	56.8235805	Nanting He Fault	57	7.13
34	4.2	90	6.8	0	15 LL		464.42547	30.961698	Nanting He Fault	31	6.83
35	4.2	90	7.1	0	15 LL		766.009887	51.0673258	Nanting He Fault	51	7.07
36	0.3	90	7.0	0	15 RL		643.764965	42.9176643	Qiaotoucun Fault	43	6.99
37	0.2	90	7.1	0	15 LL		783.150898	52.2100599	Luolian Fault	52	7.08
38	0.2	90	7.1	0	15 LL		876.914331	58.4609554	Luolian Fault	58	7.14
39	0.2	70	6.7	0	15 RF		425.458006	26.6533166	Shidian Fault	27	6.76
40	0.2	90	7.0	0	15 RF		666.171409	44.4114273	Shidian He Fault	44	7.01
41	5.0	90	7.5	0	15 RF		1638.86855	109.257903	Nujiang west Fault	109	7.44
42	0.4	90	7.3	0	15 RF		1133.03233	75.5354885	Gaoligong west Fault	76	7.26
43	0.1	90	6.9	0	15 N		541.434869	36.095658	Mangla Fault	36	6.90
44	0.8	90	7.1	0	15 RF		719.658739	47.9772493	Loi Kwi Fault	48	7.04
45	1.0	90	7.5	0	15 LL		1848.25468	123.216978	Menglian Fault	123	7.50
46	0.7	90	7.4	0	15 LL		1653.76878	110.251252	Loi Lung Fault	110	7.45
47	0.3	60	7.4	0	15 N		1353.701	78.1559639	Mong Kung Fault	78	7.28
48	3.0	90	7.5	0	15 RL		1794.17436	119.611624	Lancang Fault	120	7.49
49	0.4	90	7.2	0	15 RL		1081.81009	72.1206728	Lancang Fault	72	7.24
50	0.4	90	7.0	0	15 RL		704.020602	46.9347068	Lancang Fault	47	7.03
51	1.4	90	7.0	0	15 RL		613.933577	40.9289051	Lancang Fault	41	6.97
52	1.4	90	6.8	0	15 RL		417.022744	27.8015163	Lancang Fault	28	6.78
53	1.2	90	7.0	0	15 RL		650.95903	43.3972687	Lancang Fault	43	6.99
54	1.2	90	7.1	0	15 RL		831.035704	55.4023803	Lancang Fault	55	7.11
55	1.0	90	6.6	0	15 LL		299.674331	19.9782888	Wan Ha Fault	20	6.62
56	2.2	90	7.5	0	15 LL		1702.28265	113.48551	Jinghong Fault	113	7.46

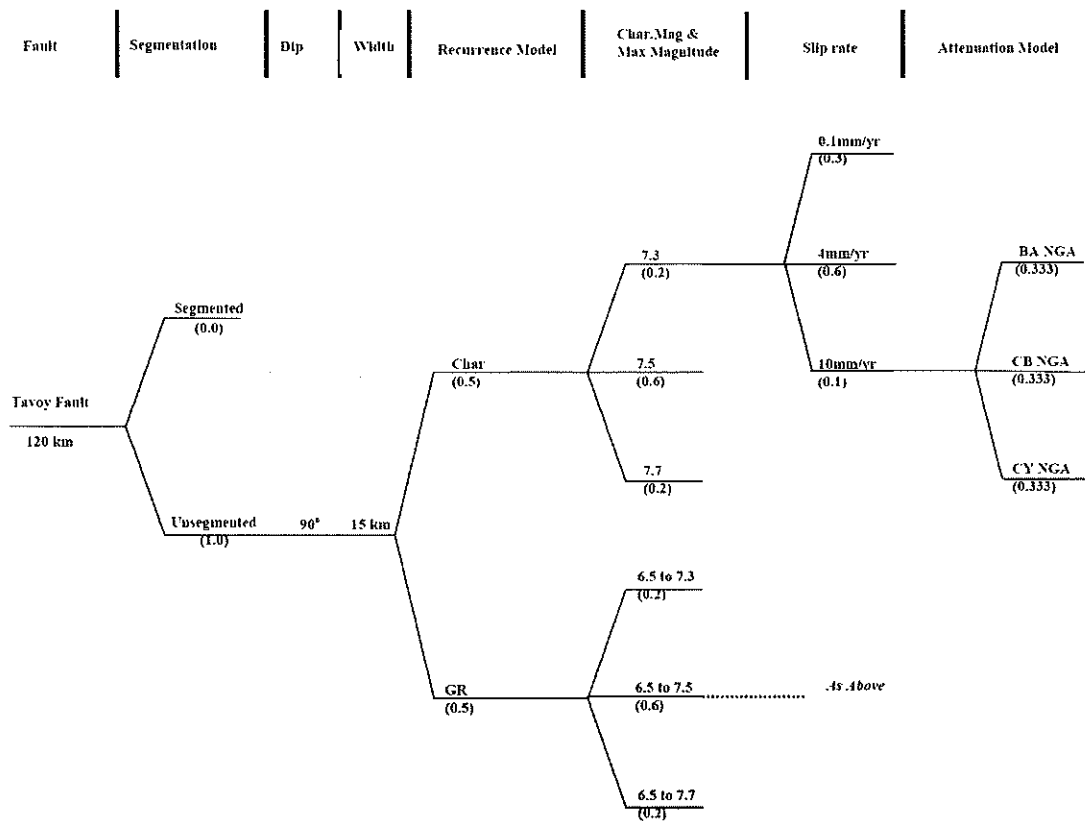
รูป 2.1-14 (ต่อ) ตารางแสดงพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อน



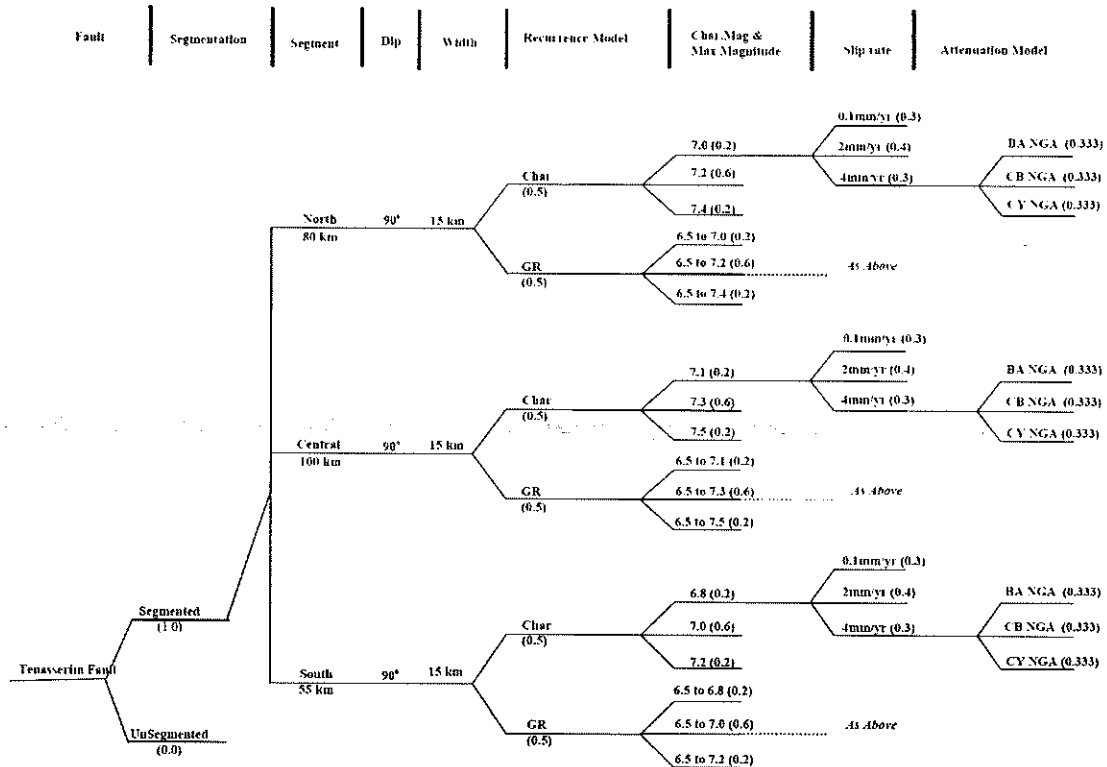
รูป 2.1-15 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกะ (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์



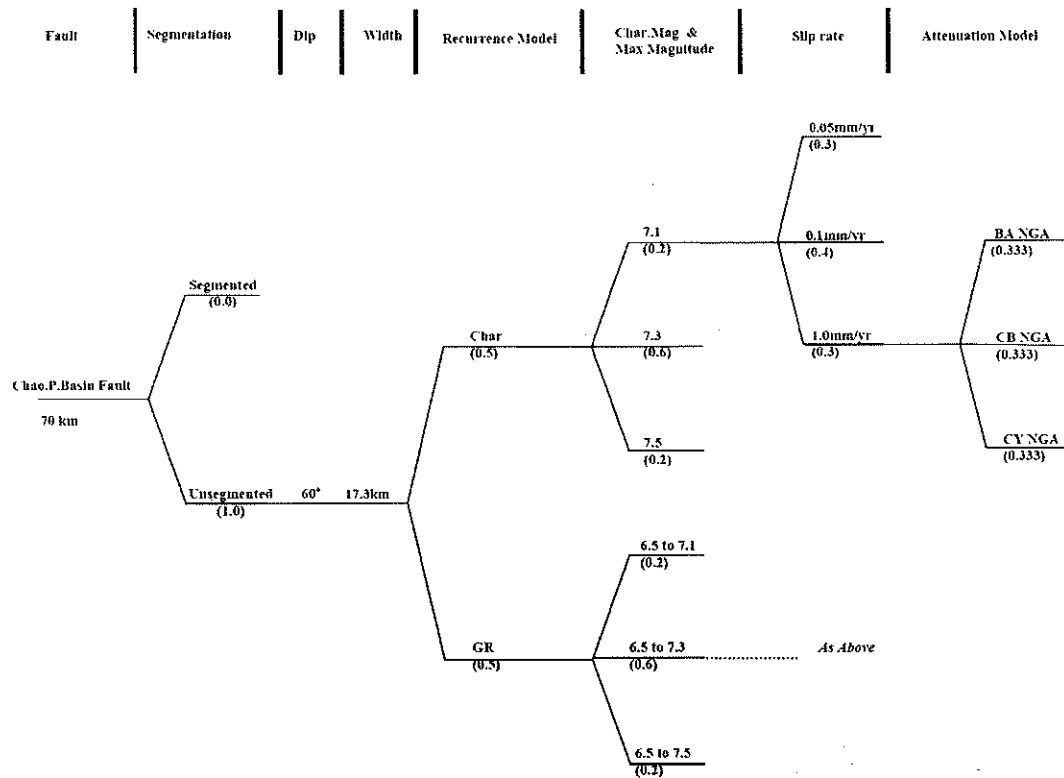
รูป 2.1-16 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อน Kungyaungale



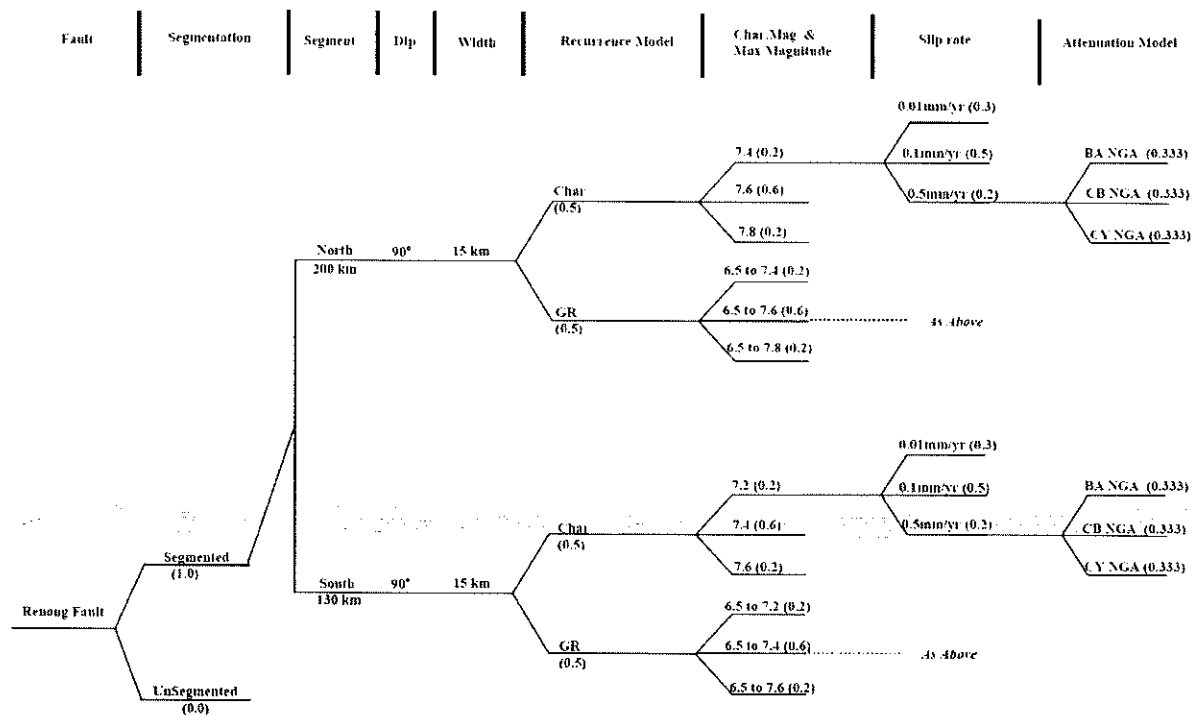
รูป 2.1-17 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนทวาย



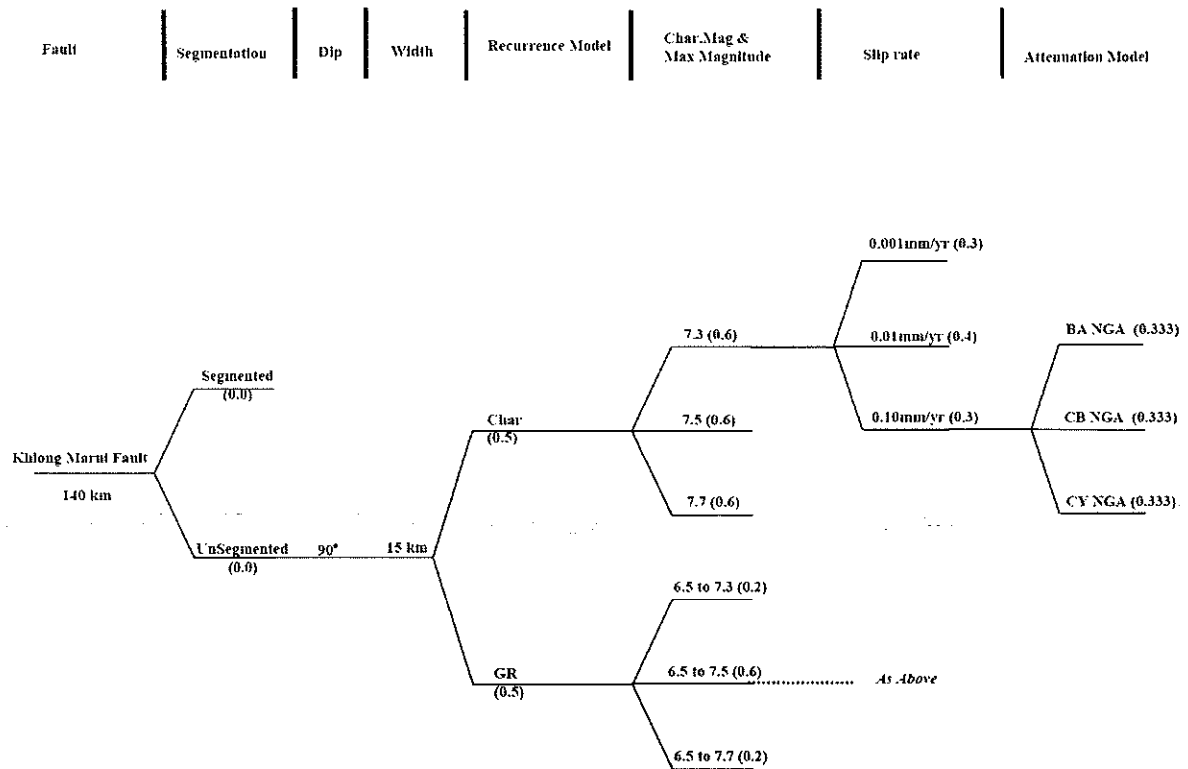
รูป 2.1-18 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนตะนาวศรี



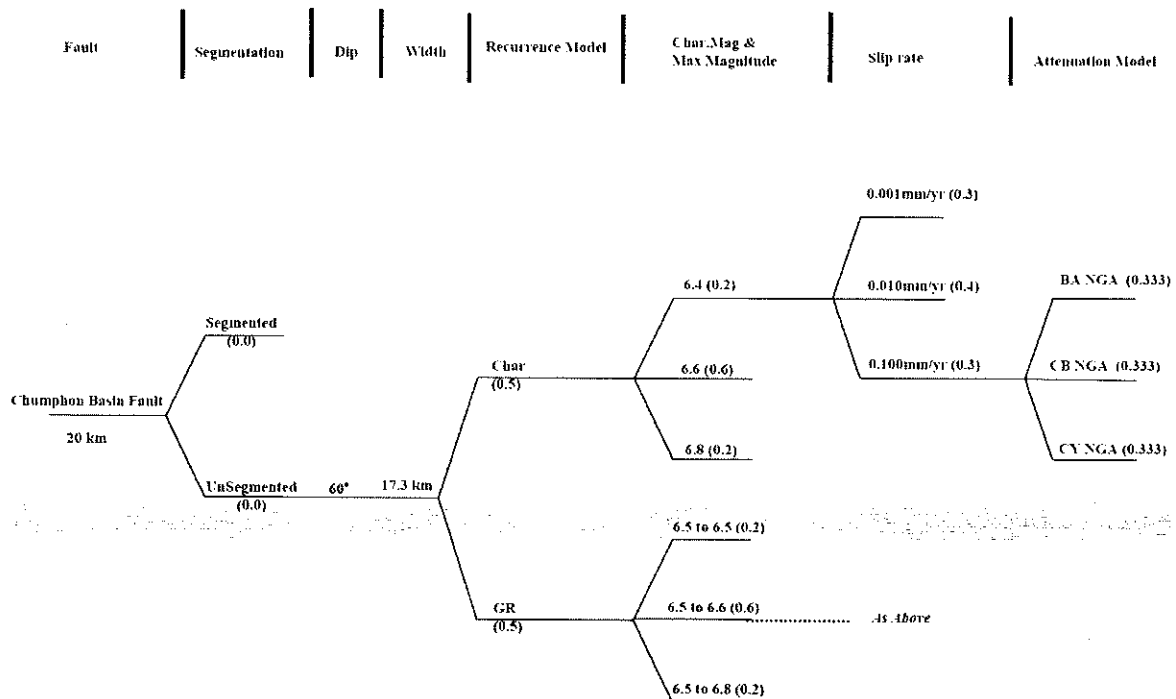
รูป 2.1-19 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนอ่างเจ้าพระยา



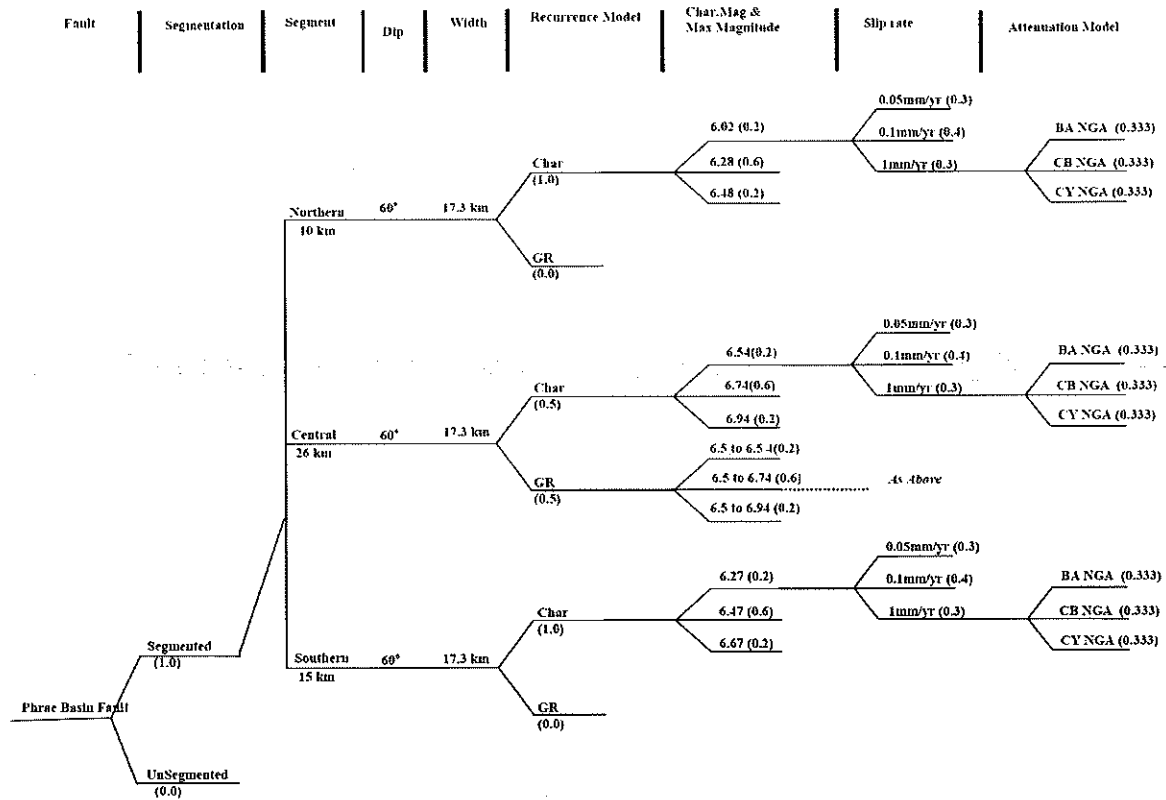
รูป 2.1-20 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนระนอง



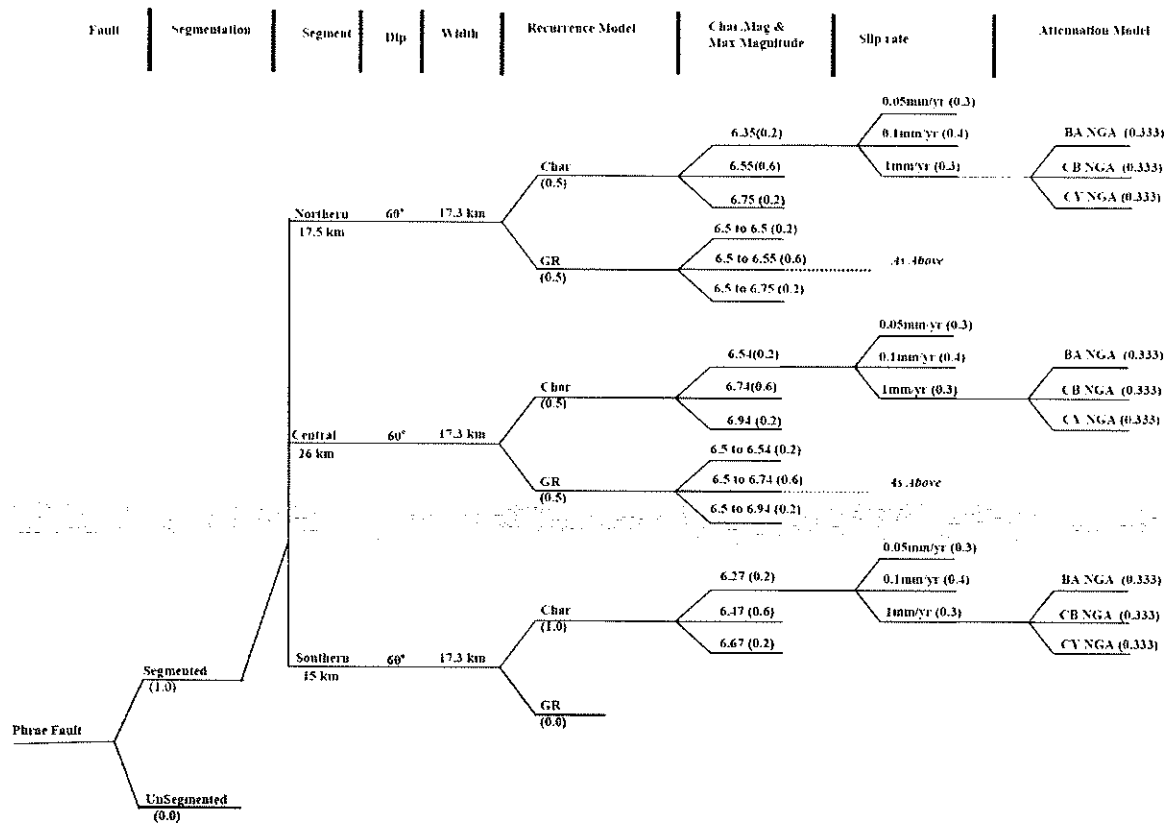
รูป 2.1-21 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนคลองมะรุย



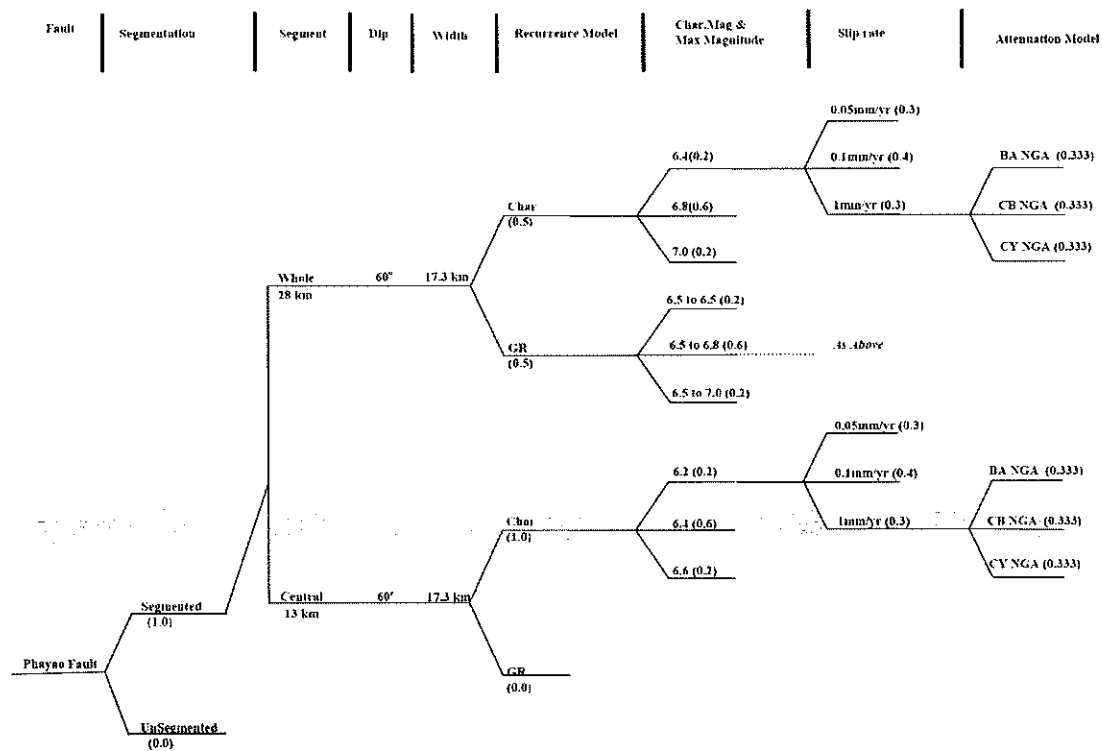
รูป 2.1-22 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนชุมพร



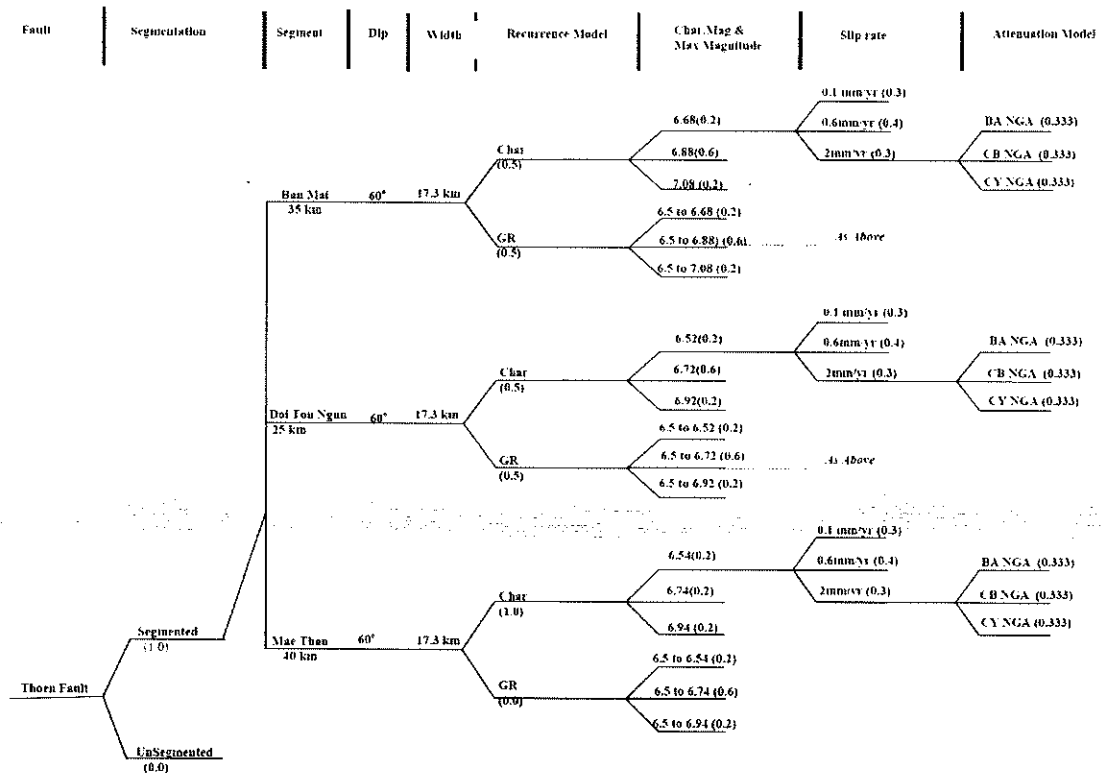
รูป 2.1-23 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนอ่างแพร่



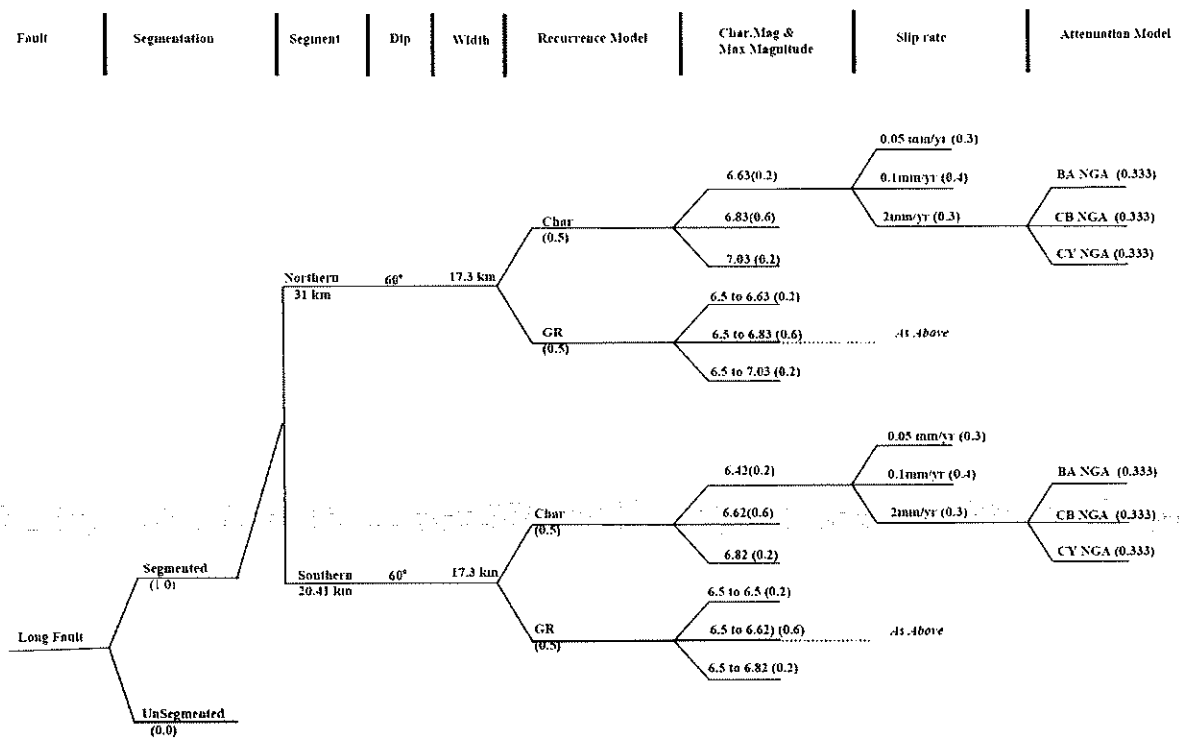
รูป 2.1-24 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนแพร่



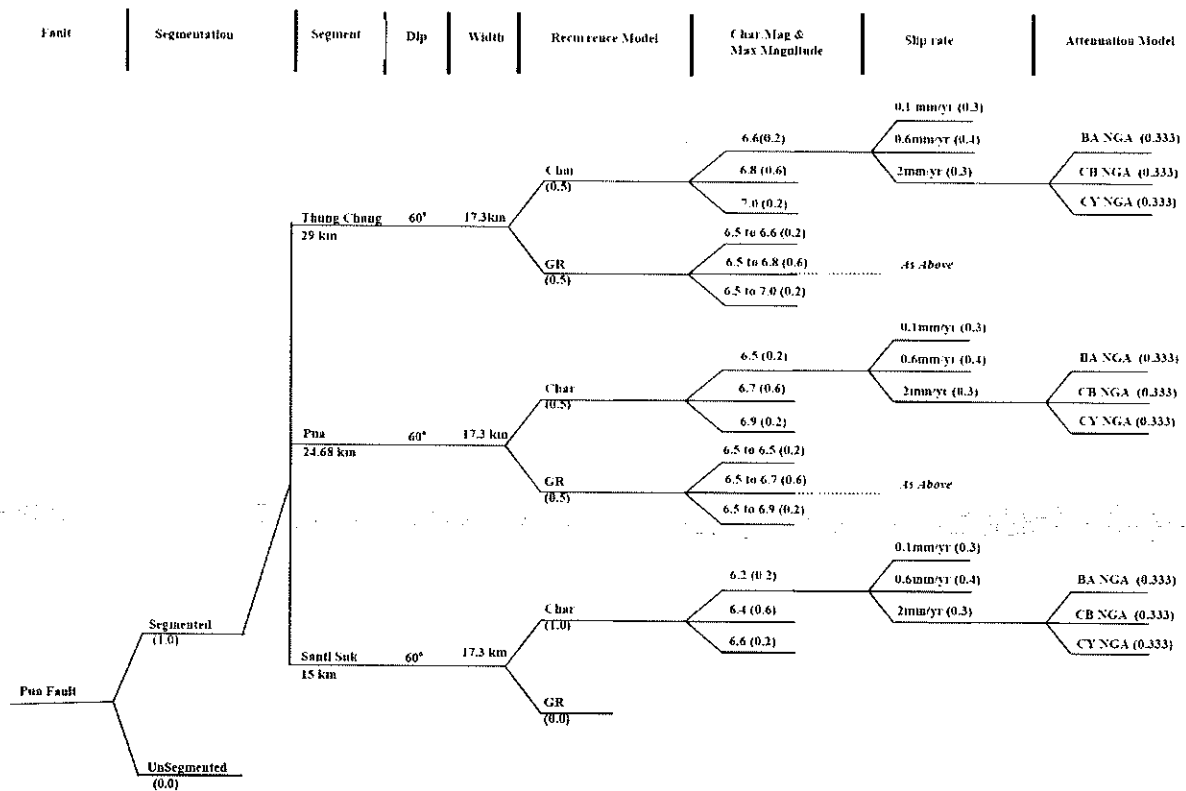
รูป 2.1-25 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนพะเยา



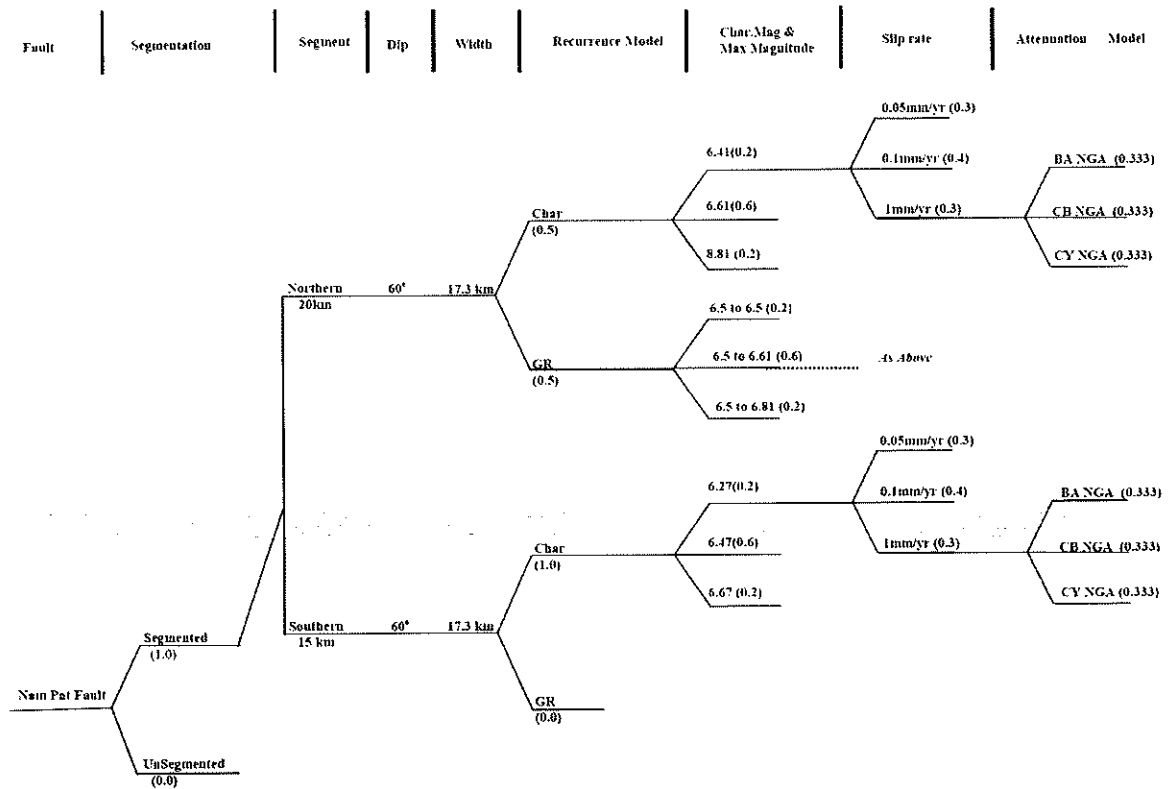
รูป 2.1-26 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนแม่เถิน



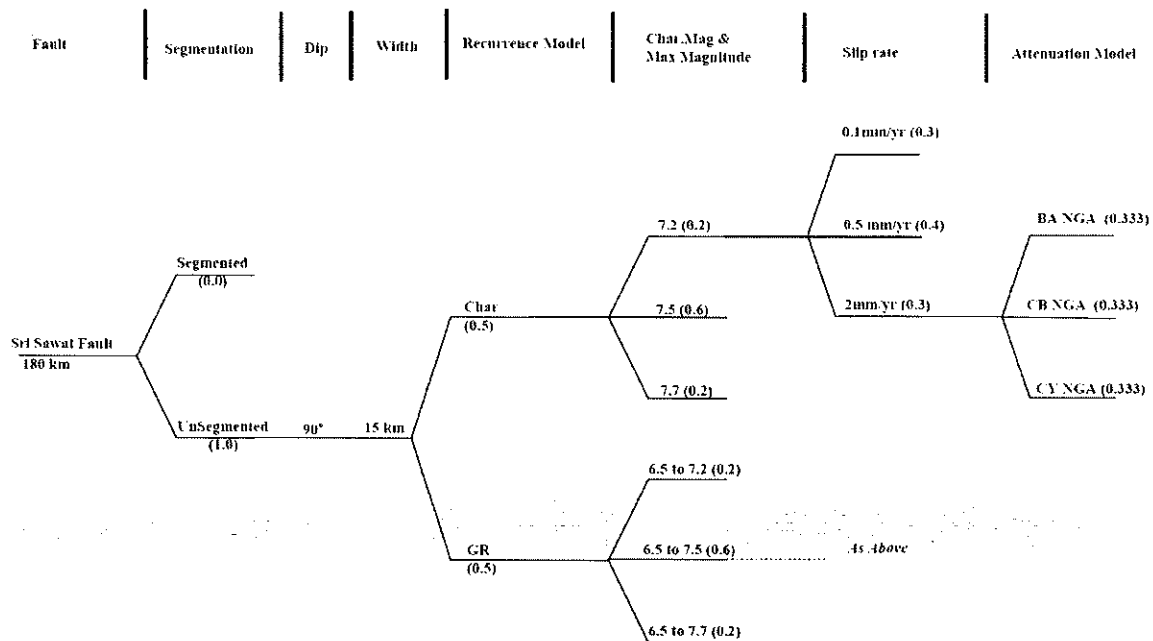
รูป 2.1-27 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนลอง



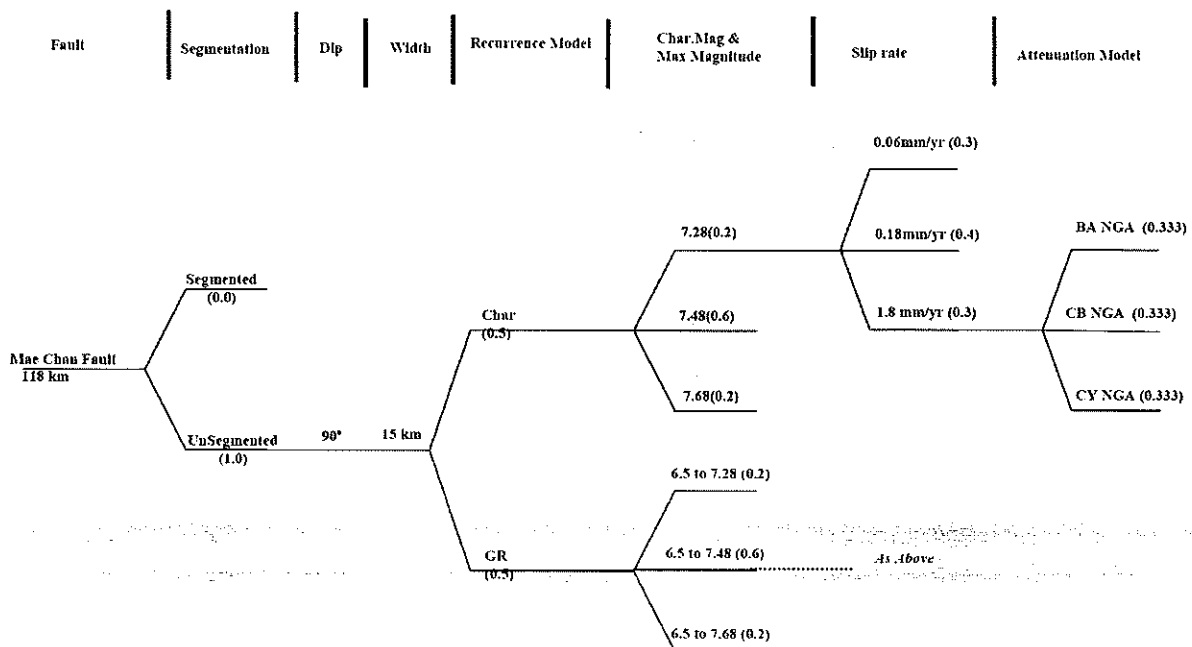
รูป 2.1-28 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนปัว



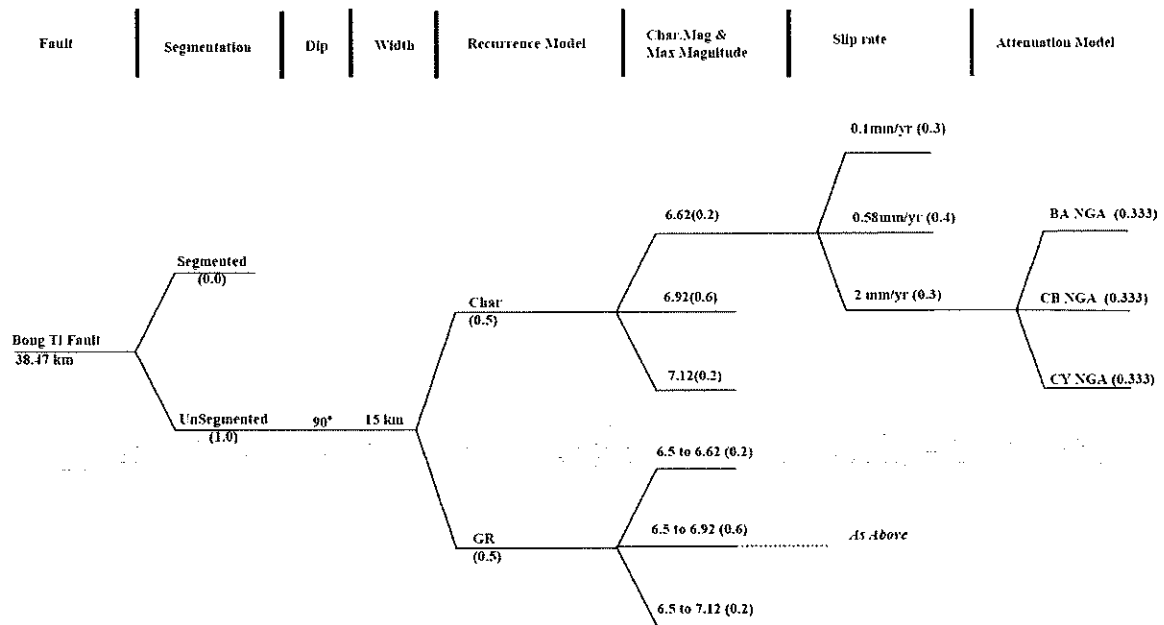
รูป 2.1-29 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนน้ำปาด



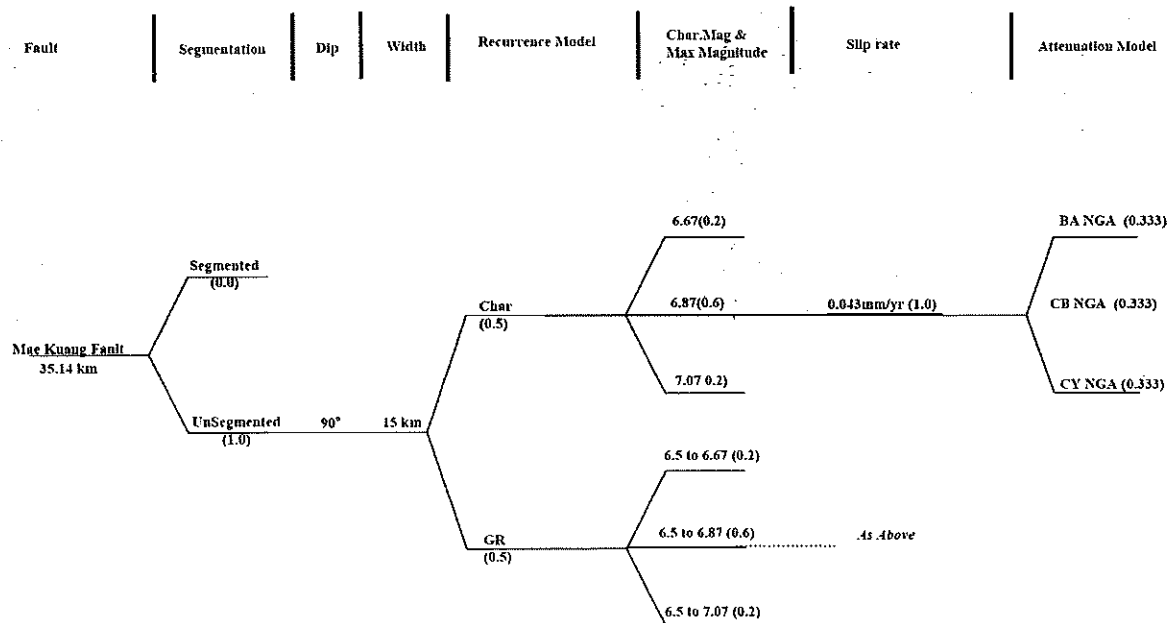
รูป 2.1-30 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์



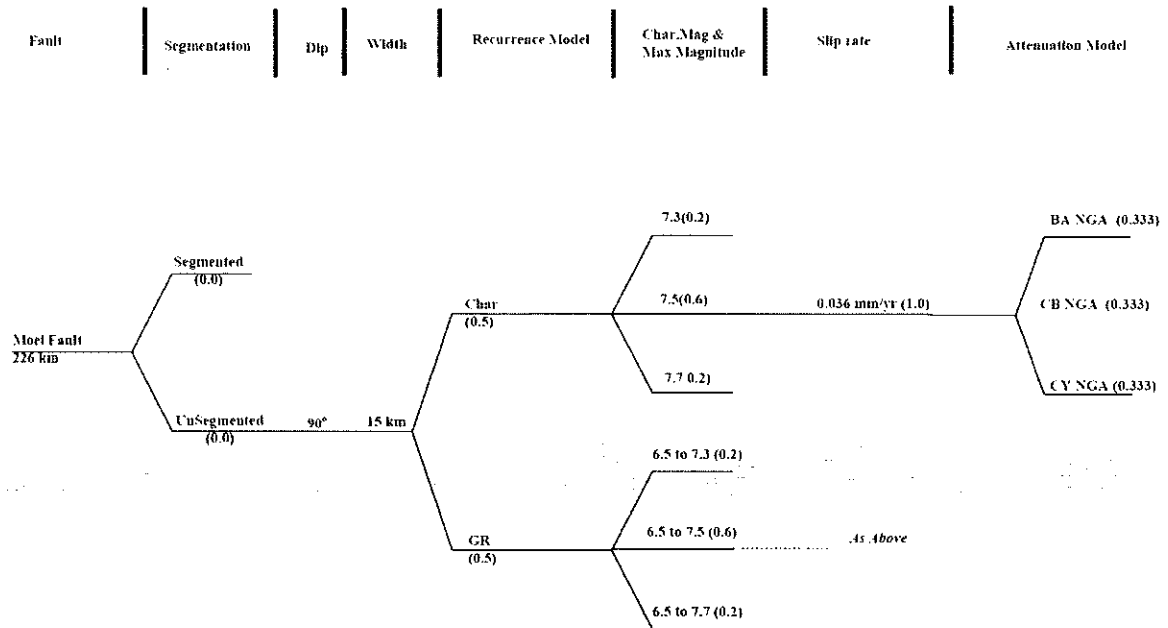
รูป 2.1-31 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนแม่จัน



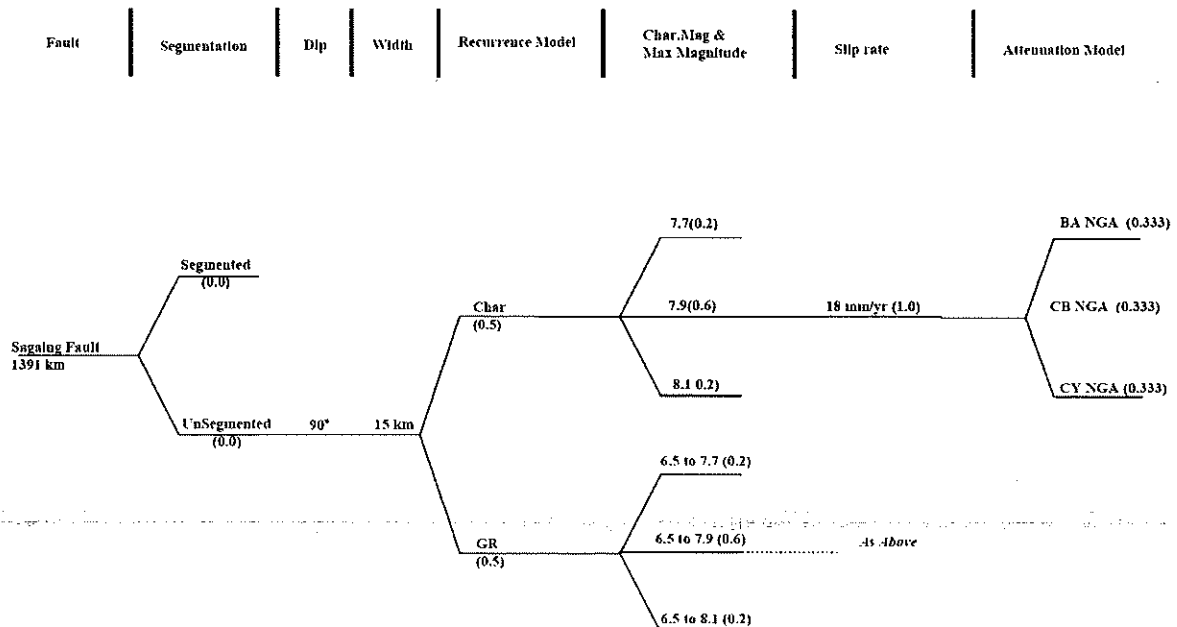
รูป 2.1-32 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนเบื้องต้น



รูป 2.1-33 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนแม่กวัง



รูป 2.1-34 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนเมย



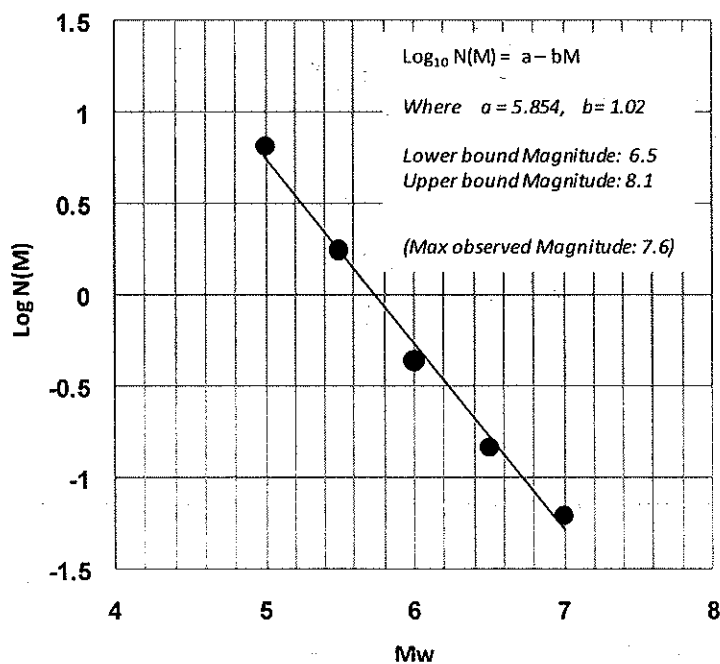
รูป 2.1-35 แผนภูมิกิ่งไม้ตรรกนิยม (Logic tree) สำหรับแบบจำลองรอยเลื่อนสะแกง

2.1.2.4 แบบจำลองแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัว (Subduction zone)

แบบจำลอง Subduction zone ที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ โซนพม่า โซนสุมาตราตอนเหนือ และโซนสุมาตราตอนใต้ ดังแสดงในรูปที่ (2.1-3) ค่าแผ่นดินไหวสูงสุดที่ใช้เลือกจากข้อกำหนดในข้อ 2.1.3.1 โดยมีค่าเท่ากับ 8.9, 9.2 และ 9.2 ตามลำดับ ส่วนค่าแผ่นดินไหวต่ำสุดของแต่ละโซนเท่ากับ 6.5 เช่นเดียวกับแบบจำลองรอยเลื่อนในหัวข้อ 2.1.3.3 ในการศึกษาครั้งนี้ คณะวิจัยได้เลือกใช้แบบจำลองแบบ G-R ในการจำลองแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวทั้งสามโซน ค่า a และ b สำหรับสำหรับแต่ละโซนคำนวณจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่อยู่ในโซนนั้นๆ ซึ่ง ความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหว ค่า a และ b ที่คำนวณได้ในแต่ละโซนแสดงอยู่ในตาราง 2.1-36 ถึง 2.1-41

Magnitude range	Years of complete data	Time period of complete data (years)	Number of Earthquakes (events)
5.00 - 5.49	1964-2007	43	203
5.50 - 5.99	1962-2007	45	60
6.00 - 6.49	1955-2007	52	15
6.50 - 6.99	1925-2007	82	7
> 7.00	1912-2007	95	6

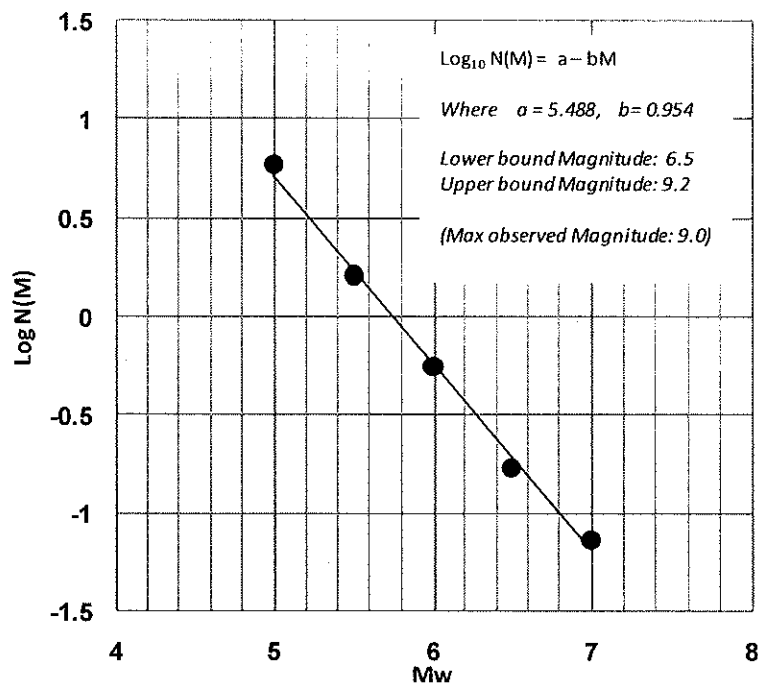
รูป 2.1-36 ตารางแสดงช่วงเวลาความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต
ในโซนแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวพม่า



รูป 2.1-37 ค่า a และ b ที่ได้จากการ Gutenberg-Richter ในโซนแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวพม่า

Magnitude range	Years of complete data	Time period of complete data (years)	Number of Earthquakes (events)
5.00 - 5.49	1960-2007	47	198
5.50 - 5.99	1950-2007	57	60
6.00 - 6.49	1930-2007	77	30
6.50 - 6.99	1925-2007	82	8
> 7.00	1912-2007	95	7

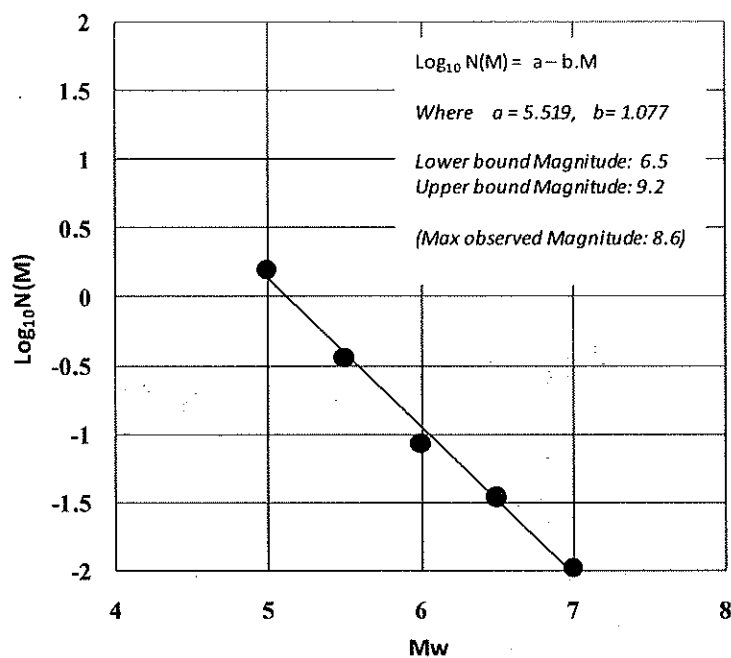
รูป 2.1-38 ตารางแสดงช่วงเวลาความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต
ในโซนแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวโซนสุมาตราตอนเหนือ



รูป 2.1-39 ค่า a และ b ที่ได้จากสมการ Gutenberg-Richter
ในโซนแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวสุมาตราตอนเหนือ

Magnitude range	Years of complete data	Time period of complete data (years)	Number of Earthquakes (events)
5.00 - 5.49	1960-2007	47	58
5.50 - 5.99	1950-2007	57	16
6.00 - 6.49	1930-2007	77	4
6.50 - 6.99	1925-2007	82	2
> 7.00	1912-2007	95	1

รูป 2.1-40 ตารางแสดงช่วงเวลาความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต
ในโซนแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวโซนสมุทรราตอนใต้



รูป 2.1-41 ตารางแสดงช่วงเวลาความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหวในอดีต
ในโซนแผ่นเปลือกโลกแบบมุดตัวโซนสมุทรราตอนใต้

2.1.4 สมการลดทอนแผ่นดินไหว

คลื่นแผ่นดินไหวที่แผ่ออกจากจุดศูนย์กลางไปยังผิวโลกจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาด และระยะห่างจากจุดกำเนิด ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชั้นหินและดินที่เป็นตัวกลางในการส่งผ่านคลื่นไปยัง

บริเวณนั้นๆ ดังนั้นการที่จะสร้างแบบจำลองแผ่นดินไหวที่ถูกต้องจึงจำเป็นต้องใช้สมการลดทอนที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ศึกษานั้นๆ

ปัจจุบัน เครือข่ายแผ่นดินไหวที่มีอยู่ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับซึ่งทำให้สามารถบันทึกคลื่นแผ่นดินไหวมากขึ้นเป็นจำนวนมาก ข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวเหล่านี้ได้ช่วยให้นักวิจัยเข้าใจถึงลักษณะการคลื่นแผ่นดินไหว และสามารถสร้างสมการลดทอนที่มีความเหมือนจริงมากขึ้นกว่าในอดีต เพื่อยกระดับความถูกต้องในการสร้างแบบจำลองแผ่นดินไหว นักวิจัยจากกลุ่มต่างๆ ในประเทศที่มีระบบเครือข่ายแผ่นดินไหวที่ดีได้พยายามที่จะเสนอสมการลดทอนจากข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวเหล่านี้ หนึ่งในโครงการเหล่านี้ ได้แก่ โครงการ Next Generation of Ground-Motion Attenuation Models (NGA) ในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ได้นำเสนอสมการลดทอนที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุดโครงการหนึ่งในปัจจุบัน

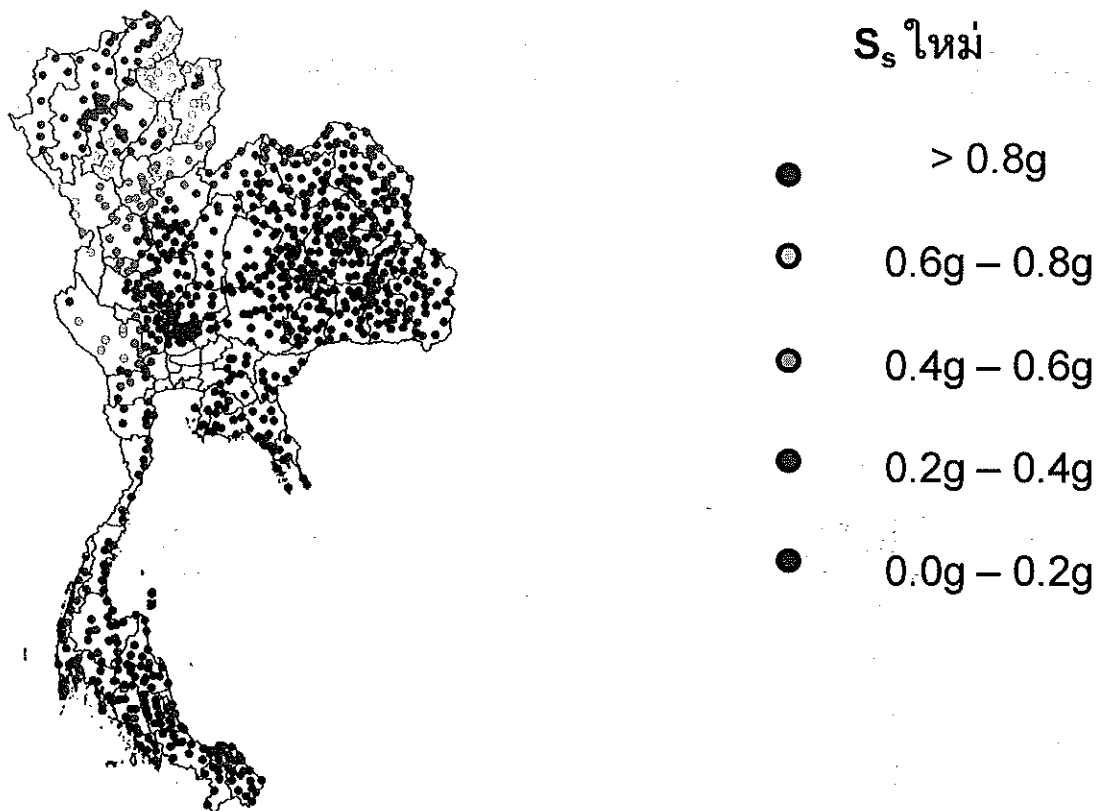
อย่างไรก็ดี แม้เครือข่ายแผ่นดินไหวในประเทศไทยจะถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง การสร้างสมการลดทอนสำหรับประเทศไทยยังเป็นเรื่องที่ยาก เนื่องจากจำนวนข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวที่บันทึกได้ยังไม่เพียงพอ นอกจากนี้ ความหนาแน่นของเครือข่ายแผ่นดินไหวที่ยังไม่เพียงพอที่จะเห็นแนวโน้มการลดทอนของคลื่นแผ่นดินไหวได้อย่างชัดเจน วิธีการหนึ่งที่ดีที่สุดสำหรับคัดเลือกสมการลดทอนในกรณีนี้ก็คือการนำเอาข้อมูลคลื่นแผ่นดินไหวเท่าที่มีอยู่ในประเทศไทยมาใช้ เพื่อคัดเลือกสมการลดทอนจากประเทศที่มีความน่าเชื่อถือ และมีความเหมาะสมมาใช้แทน คณะวิจัยได้รวบรวมผลการศึกษาจากโครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม ด้านธรณีวิทยา โครงการก่อสร้างเขื่อนแก่งเสือเต้น จังหวัดแพร่ (GMT, 2539) การศึกษาคลื่นแผ่นดินไหวในเขตประเทศไทย (มานพ, 2550) และ Documentation for the Southeast Asia Seismic Hazard Maps (USGS, 2550) จากรายงานทั้งสาม พบว่า สมการลดทอนประเภท Active tectonic ซึ่งใช้ในเขตประเทศอเมริกาตะวันตกมีแนวโน้มที่จะจำลองคลื่นแผ่นดินไหวในประเทศไทยได้อย่างใกล้เคียงที่สุด

ในโครงการนี้ คณะวิจัยได้คัดเลือกสมการลดทอนประเภท Active tectonic จากโครงการ NGA มาใช้สำหรับแบบจำลองแผ่นดินไหวทั้งสามชนิด โดยได้เลือกสมการลดทอน 3 สมการ ได้แก่ สมการ Boore and Atkinson (2550) Campbell and Bozorgnia (2549) และ Chiou-Youngs (2549) สำหรับ แบบจำลอง Background seismicity และแบบจำลองแผ่นดินไหวแบบรอยเลื่อนโดยให้น้ำหนักแต่ละสมการเท่าๆ กัน และได้เลือกสมการลดทอนอีก 3 สมการ ได้แก่ Youngs et. al. (2540) Atkinson and Boore (2546) และ Zhao et al. (2549) สำหรับแบบจำลองแผ่นเปลือกโลกโซนมุดตัวโดยให้น้ำหนักแต่ละสมการเท่ากับ 0.00 0.10 และ 0.90 ตามลำดับ

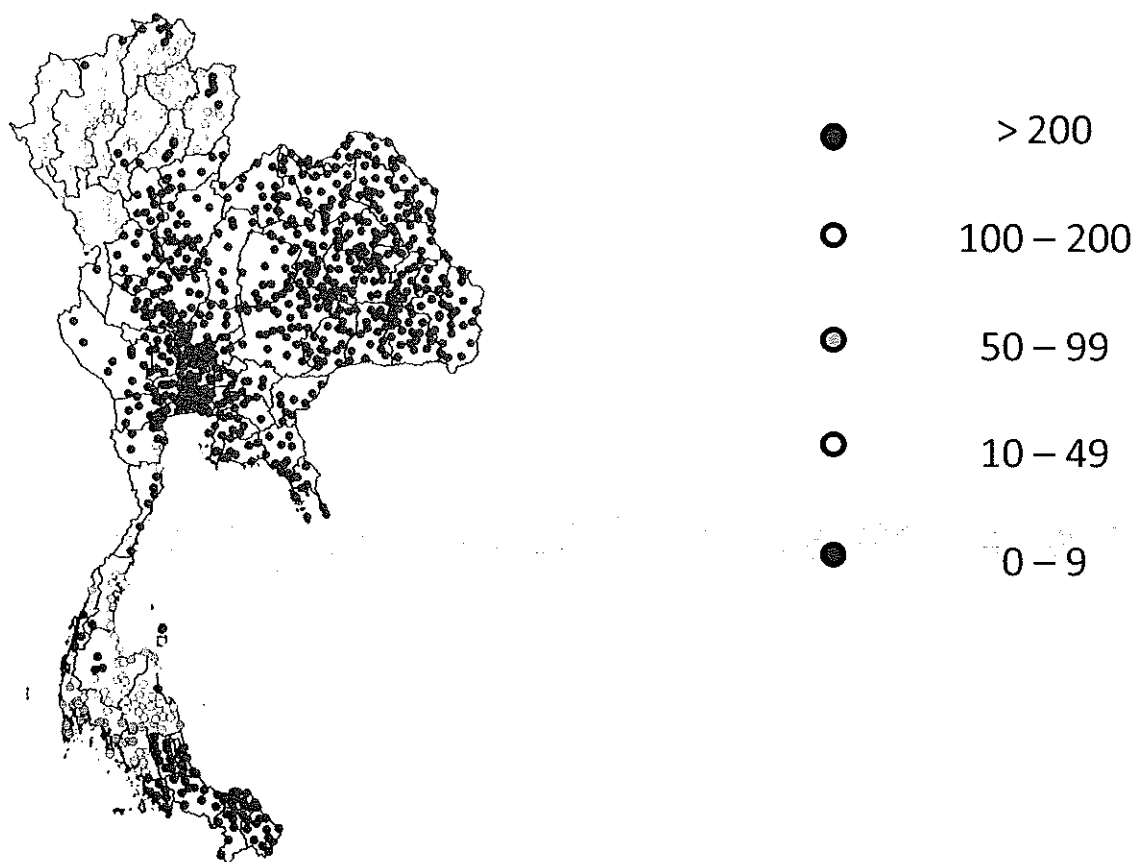
2.1.5 แผนที่ความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหว

คณะวิจัยได้คำนวณความรุนแรงแผ่นดินไหวจากแบบจำลองแผ่นดินไหวที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 2.1.3 เพื่อจัดทำเป็นแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหว แผนที่แผ่นดินไหวที่จัดทำขึ้นประกอบด้วยแผนที่ที่แสดงพารามิเตอร์แผ่นดินไหวที่คาบการเกิดแผ่นดินไหวที่ 2475 ปี ได้แก่ ความเร่งสูงสุด PGA และ Spectral acceleration ที่คาบการสั่นที่ 0.2 และ 1.0 วินาที โดยได้แสดงค่าเปรียบเทียบกับ มยผ 1302-52ดังในรูปที่ 2.1-42 ถึง 2.1-44 ตามลำดับ โดยทั้งประเทศไทยนั้นค่าสเปกตรัมสูงที่สุดยังคงเป็นในทางภาคเหนือแต่สำหรับภาคใต้ค่าสเปกตรัมที่ 0.2 วินาที ซึ่งสูงขึ้นจากเดิมประมาณ 200 % รูปที่ 2.1-43 ในแผนที่ใหม่หากเทียบกับแผนที่เก่าโดยทั่วไปไม่ได้มีค่าที่

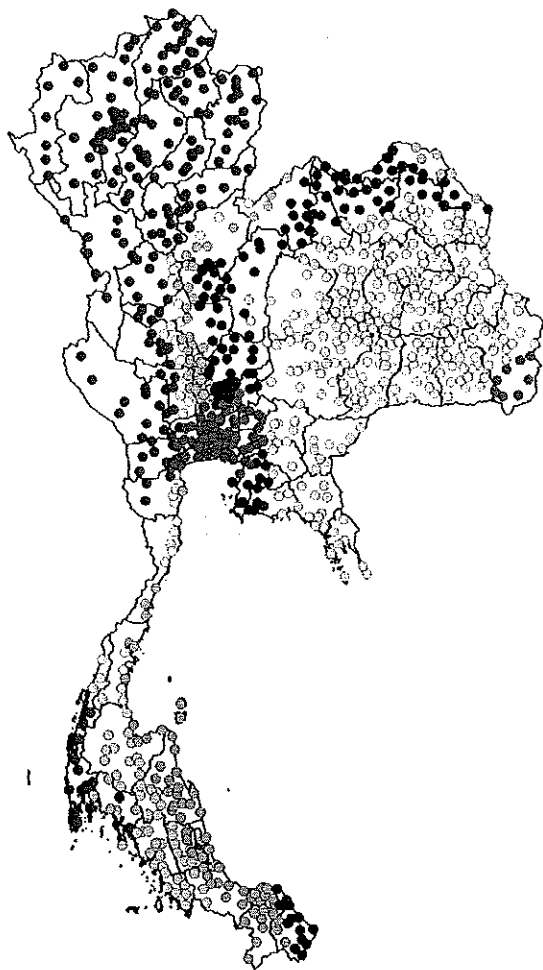
สูงจนเกินไปโดยค่า S_s นี้ใกล้เคียงกับบริเวณ เลย หนองคาย และ บึงกาฬ เนื่องจากแผ่นดินไหวขนาด 4.0 ที่ตรวจพบมากขึ้นในระยะหลังจากปรับปรุงมยผ1302-52 โดยเหตุผลเนื่องมาจากว่า เครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวสำนักเฝ้าระวังแผ่นดินไหวเพิ่งมีการติดตั้งครอบคลุมภายหลังสึนามิปี 2547 (กรมอุตุนิยมวิทยาเครื่องตรวจวัดครอบคลุมทั้งประเทศตั้งแต่ปี 2549) โดยในภาคเหนือค่า S_s ที่เพิ่มขึ้นนั้นมีประมาณ 10-49 % เนื่องจากแผ่นดินไหวขนาดเล็กและแผ่นดินไหวขนาดกลางเช่น แผ่นดินไหวแม่ลาว ปี 2557 แต่โดยภาพรวมทั้งประเทศนั้นค่า S_s ไม่ได้เพิ่มมากอย่างมีนัยสำคัญในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนค่าสเปกตรัมที่ 1.0 วินาที รูปที่ 2.1-44 ที่มวิจัยไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญจาก มยผ1302-52



รูป 2.1-42 ค่า S_s ในร่างปรับปรุง มยผ ใหม่



รูป 2.1-43 เปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างค่า Ss ใน มยผ เก่า และใหม่



S1 2016

- > 0.1g
- 0.08g – 0.1g
- 0.06g – 0.08g
- 0.04g – 0.06g
- 0.02g – 0.04g
- 0.00g – 0.02g

รูป 2.1-44 ค่า S1 ในร่างปรับปรุง มยผ ใหม่

7. แผนการดำเนินงานตลอดระยะเวลาโครงการ 8 เดือน

ระยะเวลา		กิจกรรม	ผลงานวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ
ปี ที่	เดือน ที่		
1	1-8	- รวบรวมข้อมูลแผ่นดินไหวจากโครงการ GEM - ศึกษา Software จากโครงการ GEM - จัดประชุมผู้เชี่ยวชาญและรวบรวมข้อมูล ที่จำเป็นในการพัฒนาแผนที่ความเสี่ยง แผ่นดินไหว - ทำแบบจำลองความเสี่ยงแผ่นดินไหว - เตรียมแผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหว	- ข้อมูลข้อมูลแผ่นดินไหวจากโครงการ GEM ที่ เหมาะสมสำหรับประเทศไทย - ข้อมูลที่พื้นฐานจากรอยเลื่อนรอบประเทศ ไทยจำเป็นในการพัฒนาแผนที่ความเสี่ยง แผ่นดินไหวของไทย - แผนที่ความเสี่ยงแผ่นดินไหวของประเทศไทย แบบบูรณาการข้อมูล

8. เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

โยธาธิการและผังเมือง, กรม. 2552. มาตรฐานการออกแบบอาคารต้านทานการสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (มยผ. 1302). กรุงเทพมหานคร: กระทรวงมหาดไทย.

ภาษาอังกฤษ

Abrahamson, N.A., Silva W.J., and Kamai, Ronnie, 2013, Update of the AS08 ground-motion prediction equations based on the NGA-West2 data set: Berkeley, University of California, Pacific Earthquake Engineering Research Center PEER Report 2013/04, 143 p.

Atkinson, G.M., and Macias, M., 2009, Predicted ground motions for great interface earthquakes in the Cascadia subduction zone: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 99, p. 1,552–1,578.

Boore, D.M., Stewart, J.P., Seyhan, Emel, and Atkinson, G.A., 2013, NGA-West2 equations for predicting response spectral accelerations for shallow crustal earthquakes: University of California, Berkeley, Pacific Earthquake Engineering Research Center PEER Report 2013/05, 134 p.

Ornthammarath, T., Warnitchai, P., Worakanchana, K., Zaman, S., Sigbjörnsson, R., & Lai, C.G. (2011) Probabilistic seismic hazard assessment for Thailand. Bulletin of Earthquake Engineering, 9(2), 367–394.

Petersen, M.D., Moschetti, M.P., Powers, P.M., Mueller, C.S., Haller, K.M., Frankel, A.D., Zeng, Yuehua, Rezaeian, Sanaz, Harmsen, S.C., Boyd, O.S., Field, Ned, Chen, Rui, Rukstales, K.S., Luco,

Nico, Wheeler, R.L., Williams, R.A., and Olsen, A.H., 2014, Documentation for the 2014 update of the United States national seismic hazard maps: U.S. Geological Survey Open-File Report 2014-1091, 243 p., <https://dx.doi.org/10.3133/ofr20141091>.

Woessner, J., L. Danciu, D. Giardini, H. Crowley, F. Cotton, G. Grünthal, G. Valensise, R. Arvidsson, R. Basili, M. N. Demircioglu, S. Hiemer, C. Meletti, R. W. Musson, A. N. Rovida, K. Sesetyan, M. Stucchi, and the SHARE consortium (2015), The 2013 European Seismic Hazard Model: key components and results, Bull. Earthq. Eng., doi:10.1007/s10518-015-9795-1.