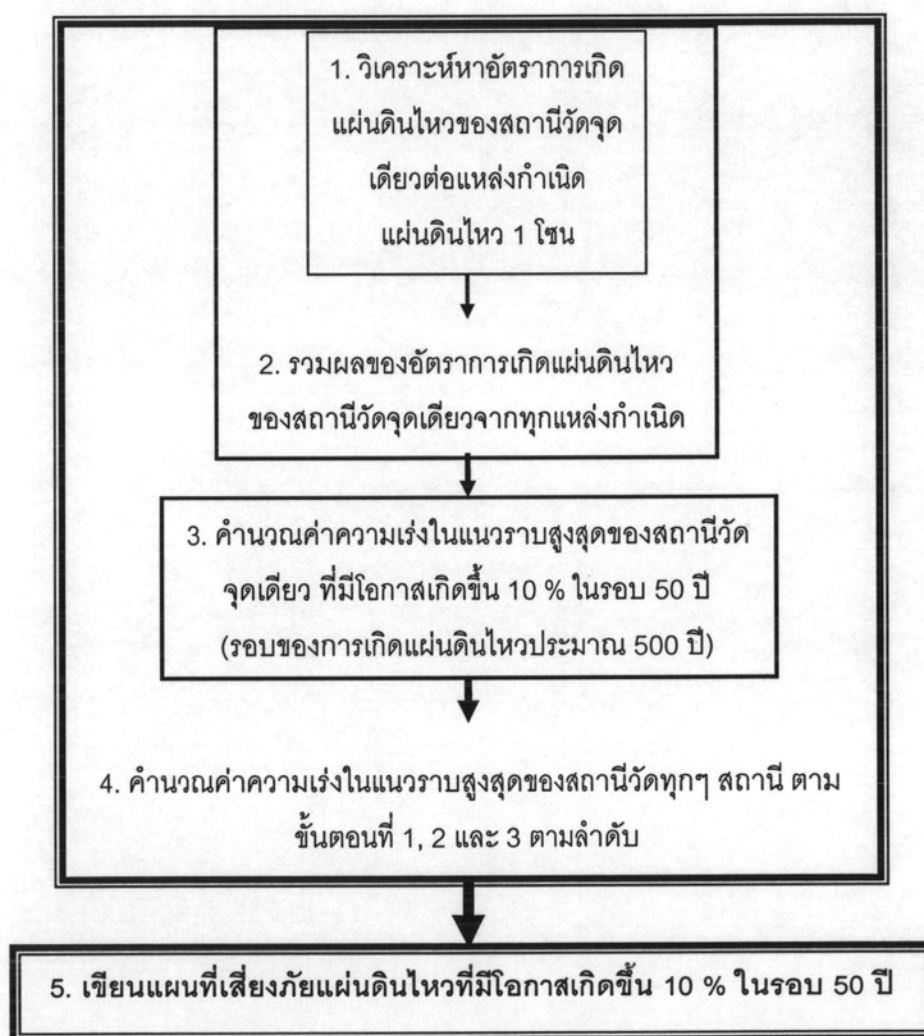


บทที่ 5

แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็นของประเทศไทย

จากวิธีการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวด้วยวิธีความน่าจะเป็นของ Cornell (1968) และ Algermissen และคณะ (1982) ในบทที่ 2 สามารถนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทยได้ตามขั้นตอนดังนี้



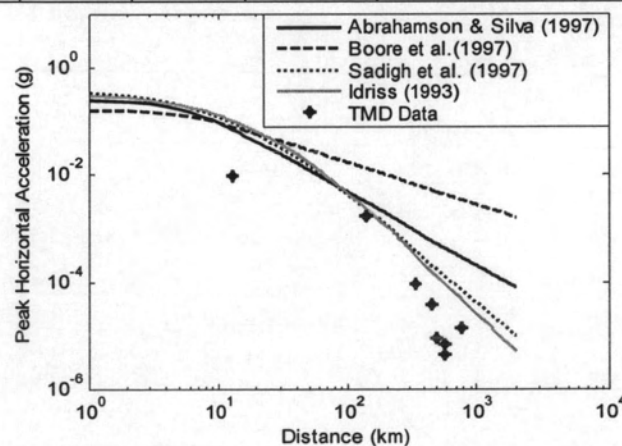
รูปที่ 5.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำแผนที่ภัยแผ่นดินไหว

5.1 การคำนวณหาค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดในประเทศไทย

ในการวิเคราะห์ภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย จะพิจารณาสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่ใช้ในแถบตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แก่ สมการของ Sadigh และคณะ (1997) สมการของ Abrahamson และ Silva (1997) สมการของ Boore และคณะ (1997) และสมการของ Idriss (1993) โดยนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดที่วัดจากสถานีวัดต่างๆ ของกรมอุตุนิยมวิทยา จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2549 ขนาด 5.1 ที่อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ดังตารางที่ 5.1 และรูปที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่าความเร่งในแนวราบจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2549 ซึ่งมีขนาด 5.1 กับค่าความเร่งในแนวราบที่ได้จากสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่ใช้ในแถบตะวันตกของสหรัฐอเมริกา

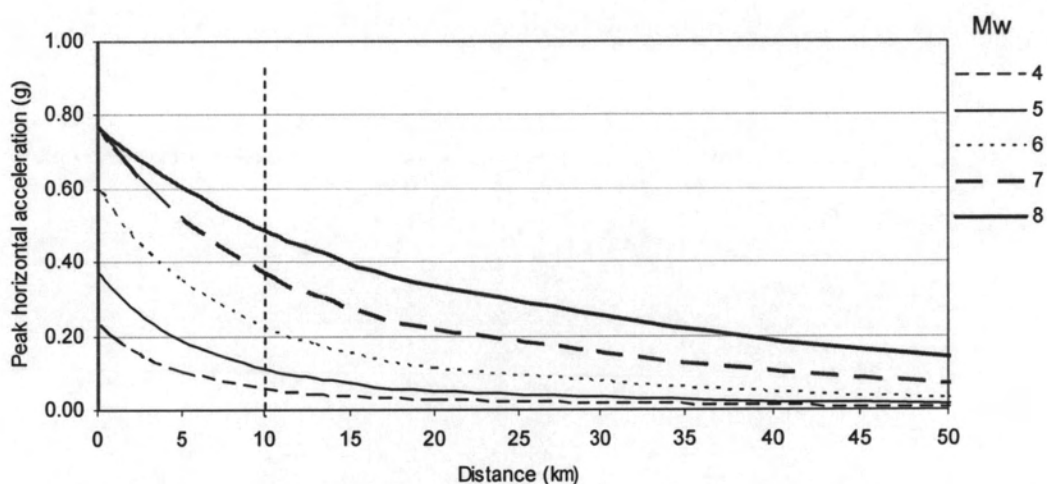
สถานี	จังหวัด	ละติจูด (°N)	ลองจิจูด (°E)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ค่าความเร่งสูงสุด (g)		
					ตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา	Sadigh et al. (1997)	Idriss (1993)
CMMT	เชียงใหม่	18.813	98.948	13	0.010620	0.093212	0.102373
MHMT	แม่ฮ่องสอน	18.176	97.931	138	0.001987	0.002331	0.002366
PBKT	เพชรบูรณ์	16.573	100.969	337	0.000117	0.000399	0.000333
KRDT	นครราชสีมา	14.591	101.844	572	0.000009	0.000136	0.000099
KHLT	กาญจนบุรี	14.797	98.589	461	0.000044	0.000211	0.000163
SRDT	กาญจนบุรี	14.395	99.121	505	0.000018	0.000175	0.000132
CHBT	จันทบุรี	12.753	102.330	775	0.000017	0.000073	0.000049
SKNT	สกลนคร	16.974	103.982	573	0.000007	0.000135	0.000098



รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบค่าความเร่งในแนวราบจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2549 ซึ่งมีขนาด 5.1 กับสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่ใช้ในแถบตะวันตกของสหรัฐอเมริกา

จากรูปที่ 5.2 พบว่าสมการของ Sadigh และคณะ (1997) และสมการของ Idriss และคณะ (1993) ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดที่สุด ดังนั้นสมการทั้ง 2 นี้ จึงมีความเหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการวิเคราะห์ โดยจะทำการถ่วงน้ำหนักอัตราการเกิดค่าความเร่งสูงสุดจากการวิเคราะห์เชิงความน่าจะเป็นของทั้ง 2 สมการเท่าๆ กันคือ 0.5

เมื่อลองพิจารณาผลจากสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) ดังรูปที่ 5.3 พบว่าค่าความเร่งสูงสุดในช่วง 10 กิโลเมตรแรกมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งหากเป็นจุดที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมากกว่า 10 กิโลเมตร ค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดที่ได้ก็จะมีค่าคลาดเคลื่อนน้อย แต่ถ้าเป็นจุดที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวน้อยกว่า 10 กิโลเมตร การแบ่งช่วงของระยะห่างจากแหล่งกำเนิดถึงจุดที่จะวิเคราะห์ ก็จะมีผลทำให้ค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดคลาดเคลื่อนไปมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแบ่งช่วงของระยะห่างจากแหล่งกำเนิดถึงจุดที่จะวิเคราะห์ให้มากพอสำหรับระยะทางน้อยกว่า 10 กิโลเมตร เพื่อให้การวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนลดลง สำหรับบริเวณที่อยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวมากๆ โดยในการวิเคราะห์นี้จะทำการแบ่งช่วงของระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวถึงจุดที่จะวิเคราะห์เป็น 40 ช่วง

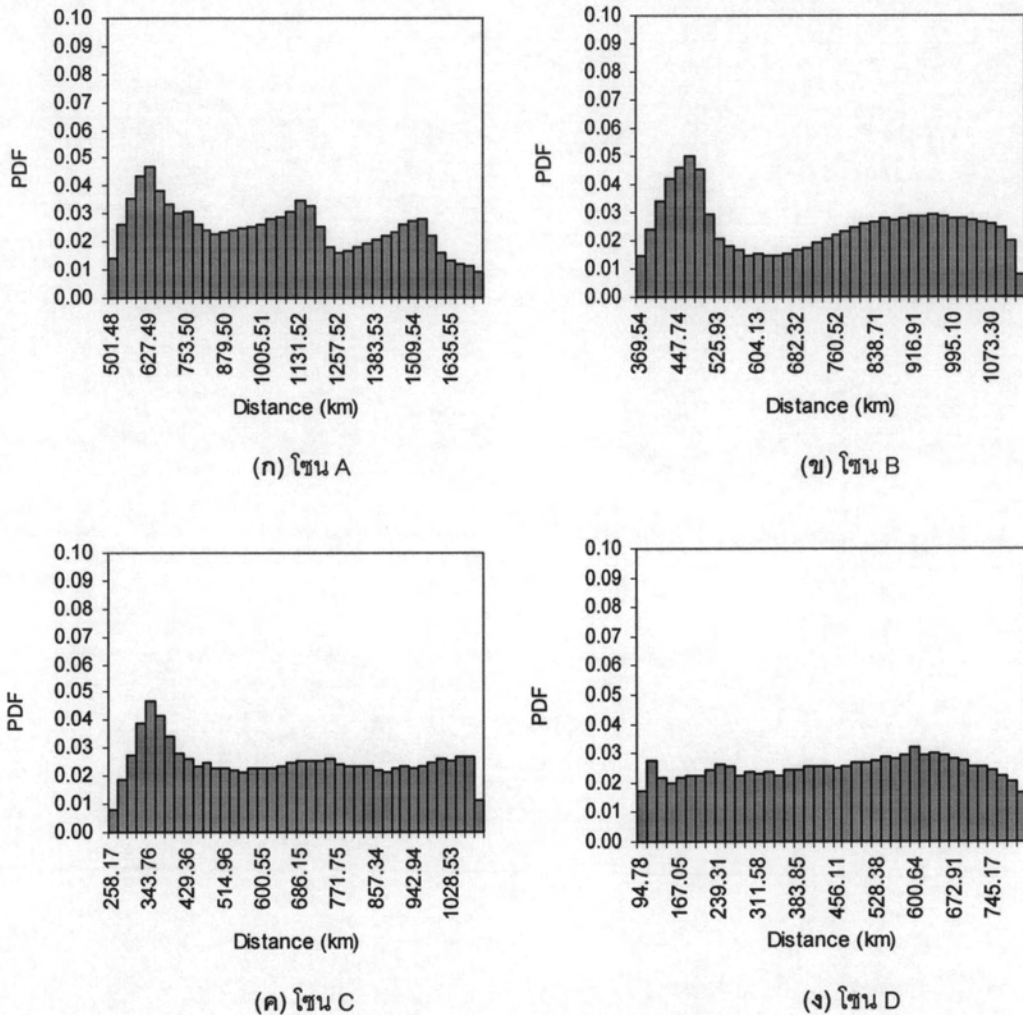


รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งในแนวราบสูงสุดกับระยะทางเนื่องจากสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997)

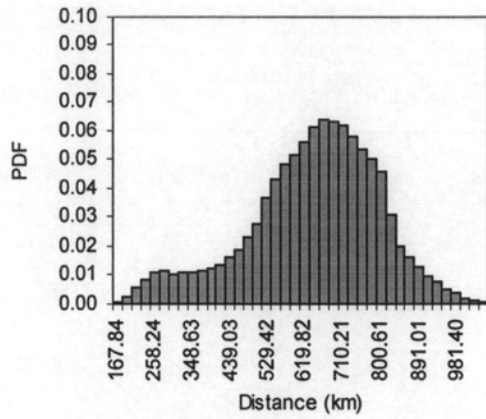
จากนี้ไปจะแสดงการคำนวณหาค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดเชิงความน่าจะเป็นที่ตำแหน่งละติจูดที่ 15.50 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก (กาญจนบุรี) โดยใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) โดยเริ่มจาก

5.1.1) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิด

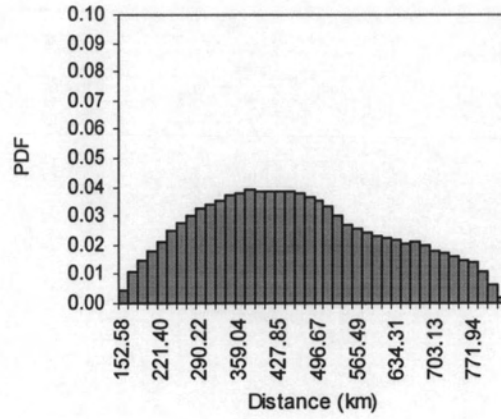
จากการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย ได้ผลการวิเคราะห์หาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function; PDF) ของระยะทางในแต่ละโซน ดังรูปที่ 5.4



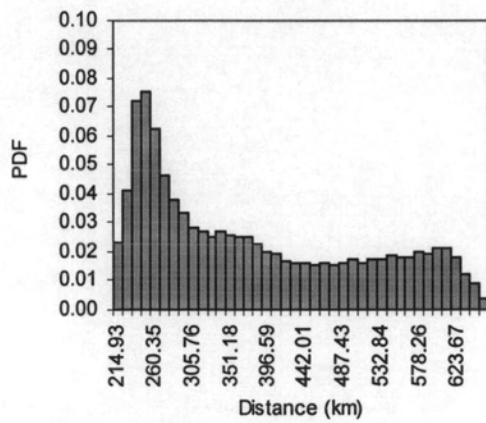
รูปที่ 5.4(1) ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงละติจูดที่ 15.5 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก



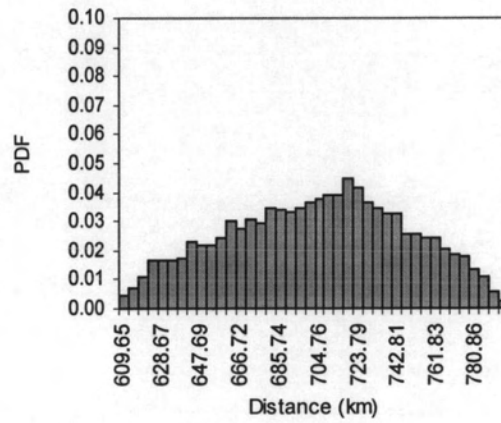
(จ) โซน E



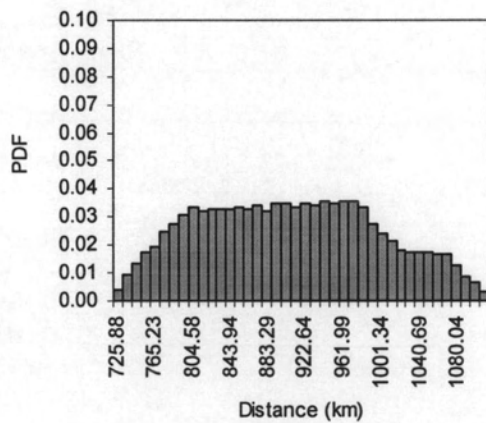
(ฉ) โซน F



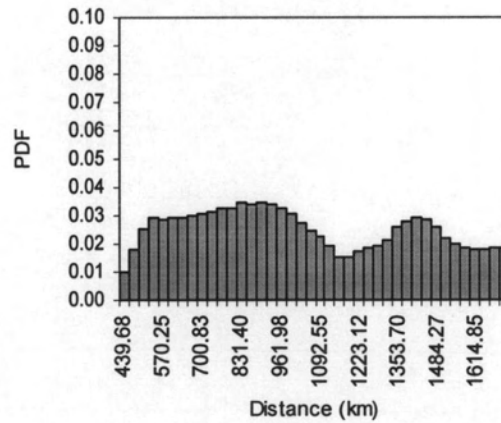
(ช) โซน H



(ซ) โซน J

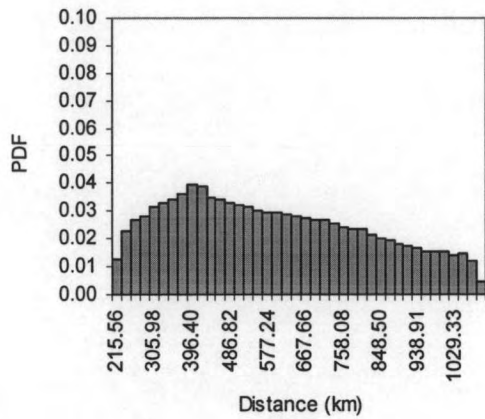


(ฅ) โซน K

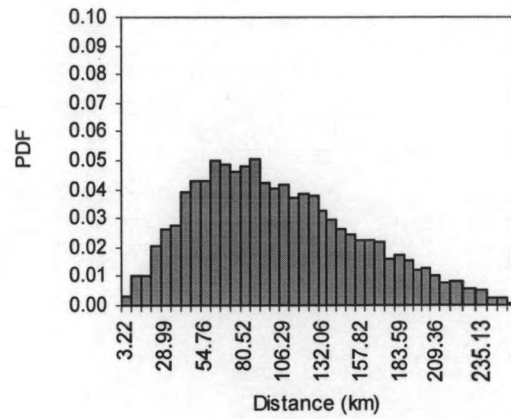


(ณ) โซน M

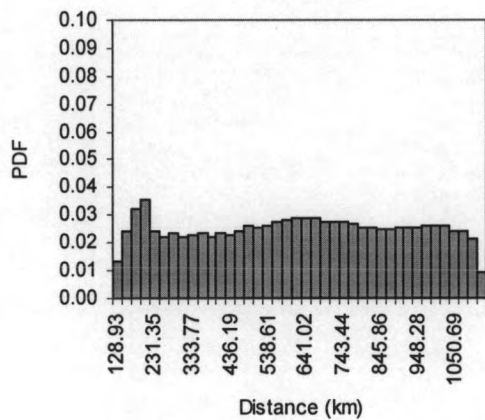
รูปที่ 5.4(2) ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงละติจูดที่ 15.5 องศาเหนือ และ ลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก



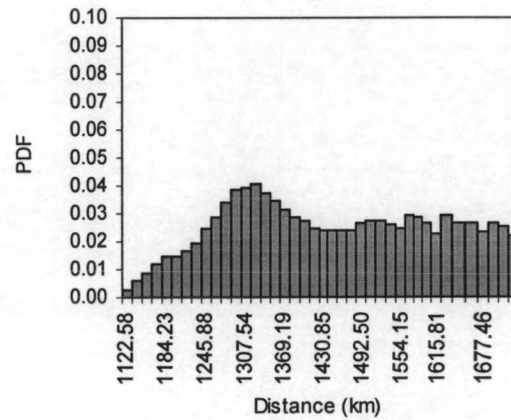
(ง) โชน N



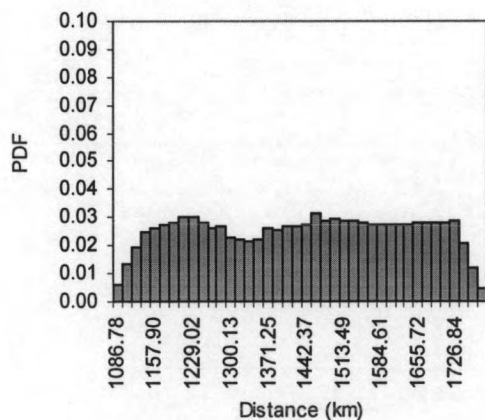
(ฉ) โชน O



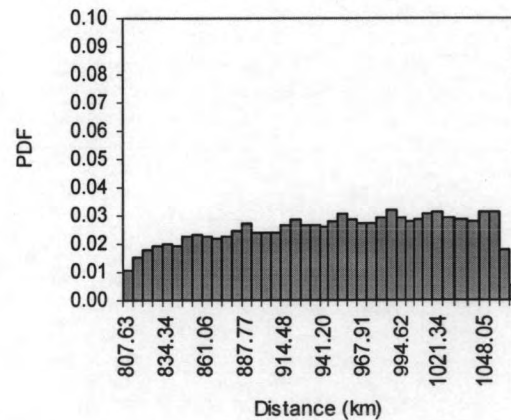
(ฐ) โชน P



(ฑ) โชน T

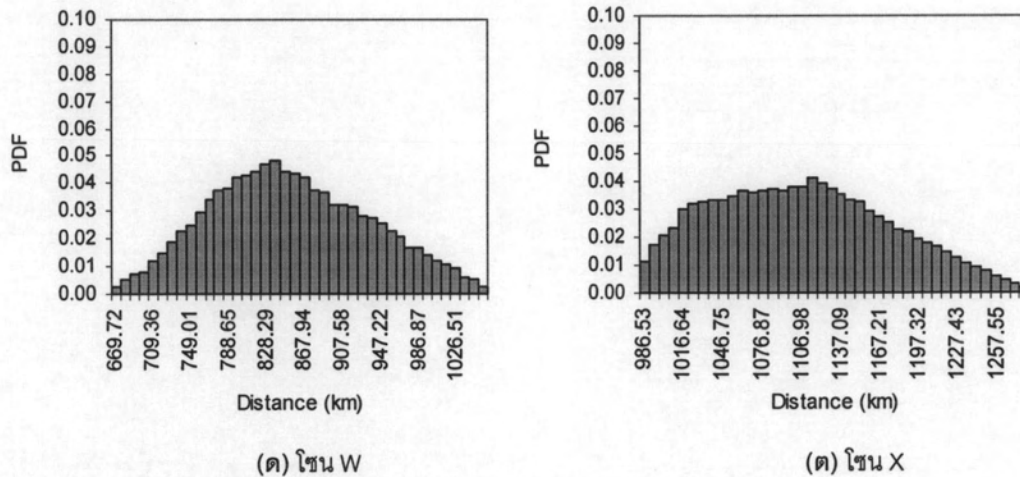


(ฒ) โชน U



(ณ) โชน V

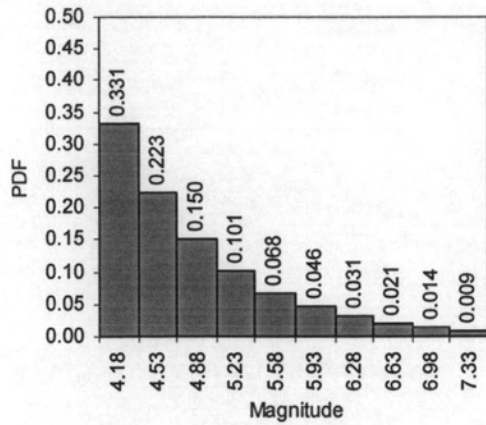
รูปที่ 5.4(3) ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงละติจูดที่ 15.5 องศาเหนือ และ
ลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก



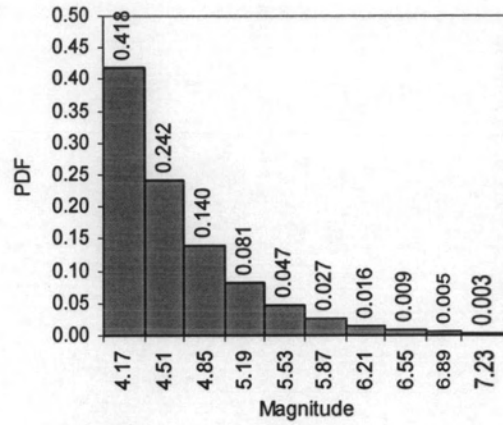
รูปที่ 5.4(4) ความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของระยะทางจากแหล่งกำเนิดถึงสถานีที่ 15.5 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก

5.1.2) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหว

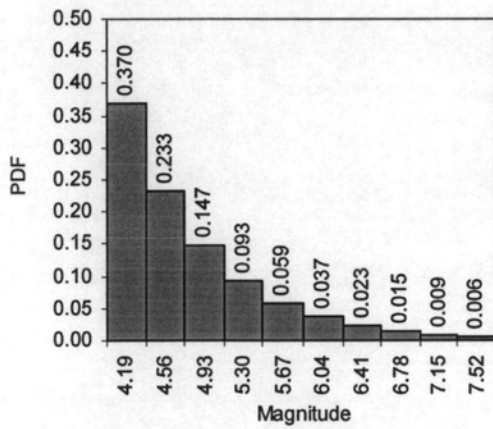
เนื่องจากขนาดของแผ่นดินไหวขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้แก่ ค่า a และ b ในสมการของ Gutenberg-Richter ดังนั้นในแผนที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเดียวกัน จะมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหว ไม่ว่าจะวิเคราะห์จากจุดใดก็ตาม บนแผนที่เดียวกันจะมีค่าเท่ากันในโซนเดียวกัน ซึ่งจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย ได้ผลการวิเคราะห์หาฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function; PDF) ของขนาดแผ่นดินไหวในแต่ละโซน ดังรูปที่ 5.5



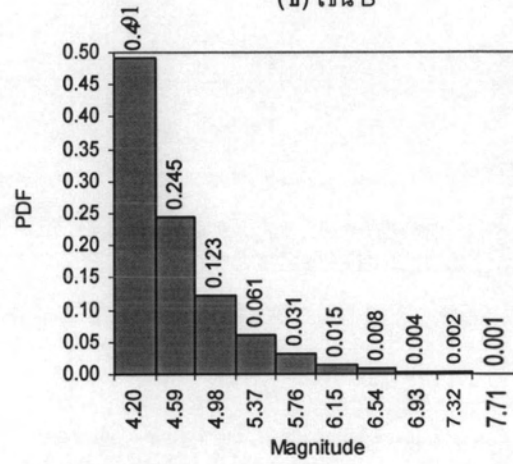
(ก) โซน A



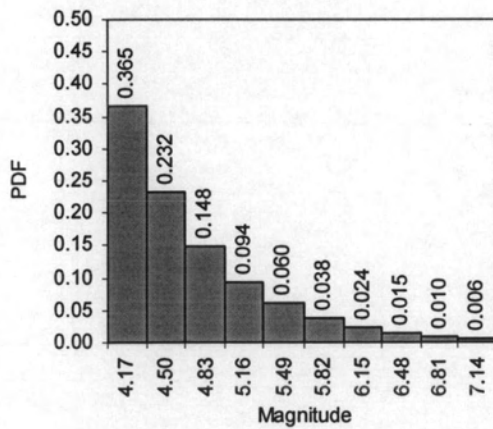
(ข) โซน B



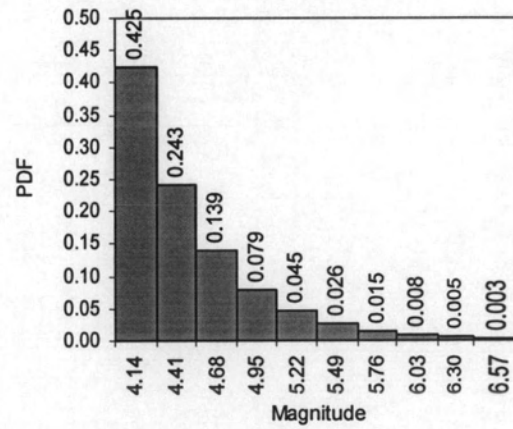
(ค) โซน C



(ง) โซน D

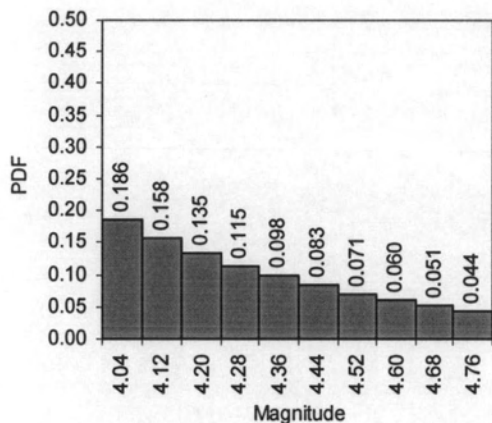


(จ) โซน E

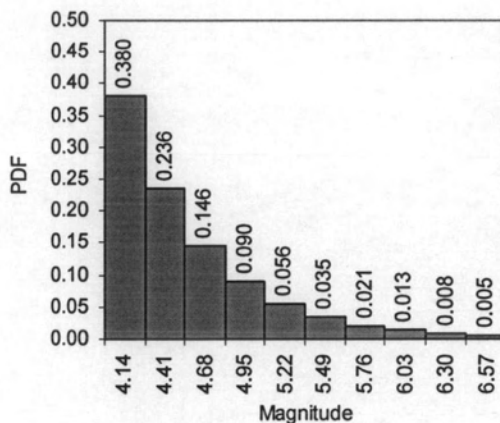


(ฉ) โซน F

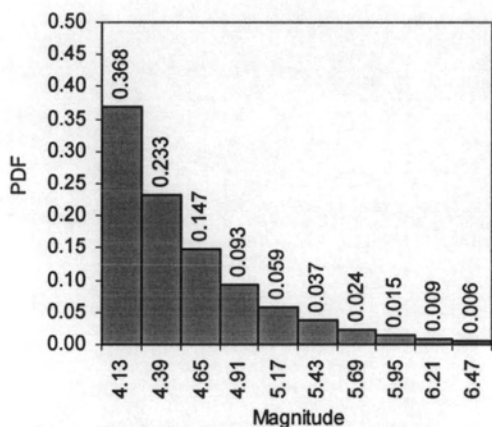
รูปที่ 5.5(1) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหว



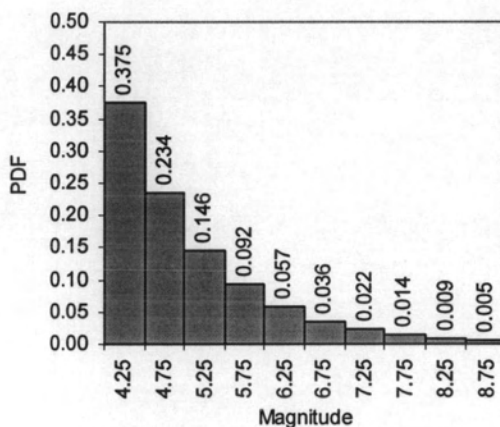
(ข) โซน H



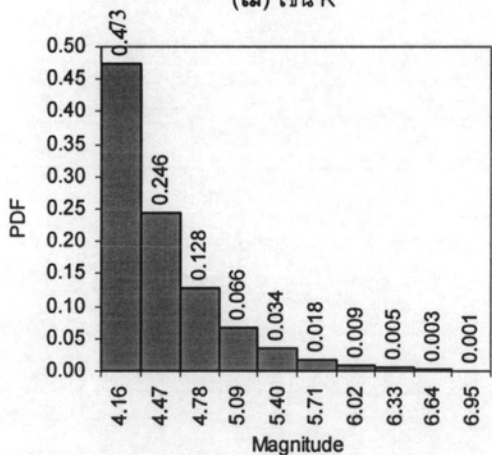
(ข) โซน J



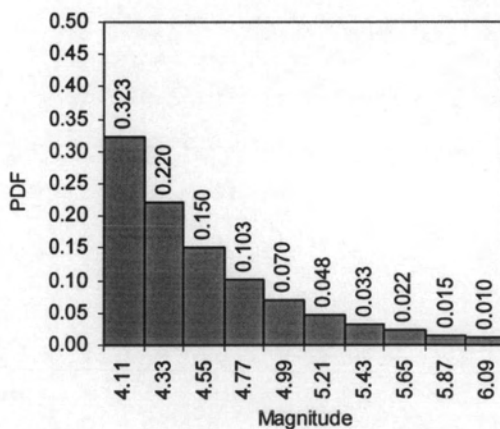
(ค) โซน K



(ค) โซน M

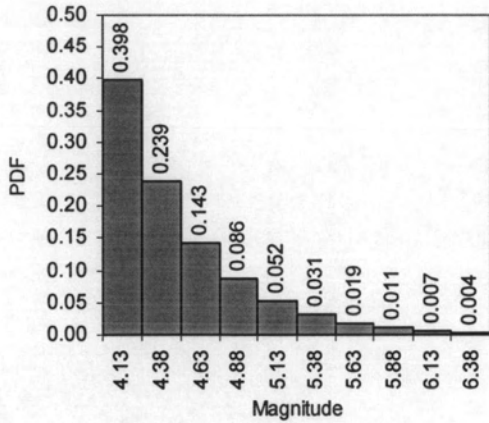


(ง) โซน N

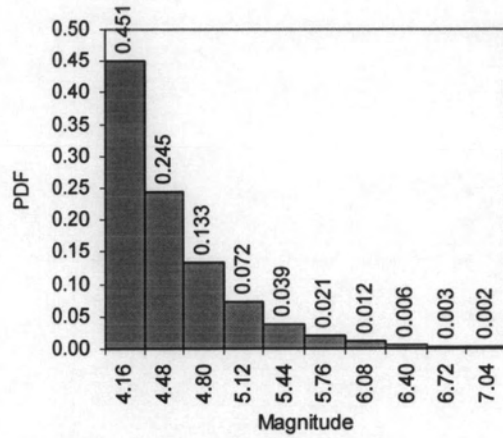


(ง) โซน O

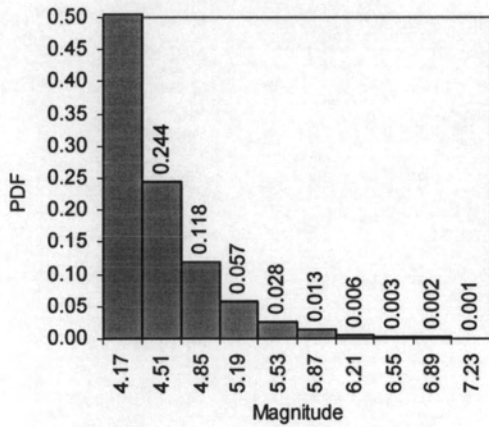
รูปที่ 5.5(2) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหว



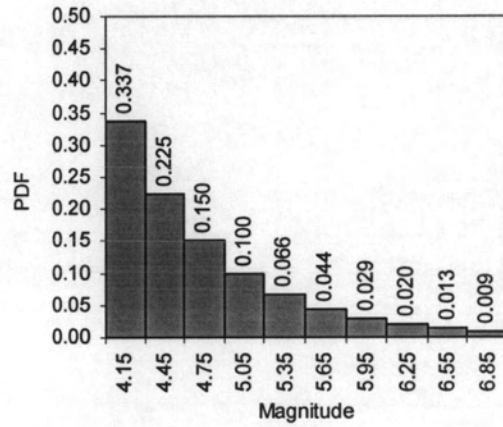
(ฐ) โซน P



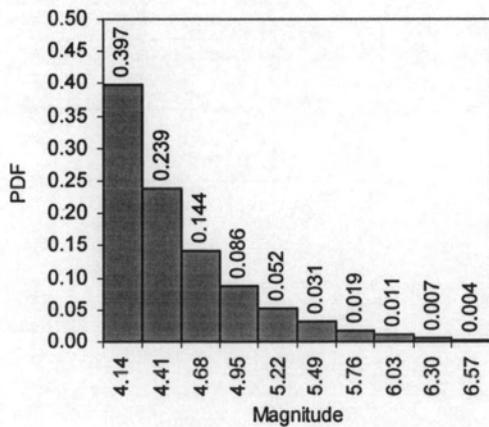
(ท) โซน T



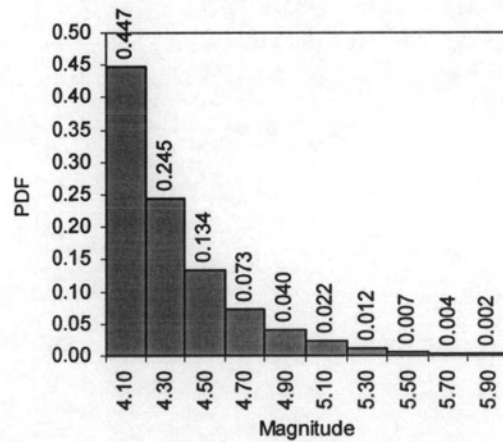
(ค) โซน U



(ณ) โซน V



(ด) โซน W



(ต) โซน X

รูปที่ 5.5(3) ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของขนาดแผ่นดินไหว

5.1.3) หาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบจากสมการลดทอนแผ่นดินไหว

ในส่วนนี้เป็นการหาความน่าจะเป็นเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของสมการลดทอนแผ่นดินไหว ซึ่งมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) โดยสามารถใช้หลักการทางสถิติที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ในการหาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบจากสมการลดทอนแผ่นดินไหว ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

สำหรับโซน A ที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่เกิดจากการการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก จะใช้สมการการลดทอนแผ่นดินไหวของ Youngs และคณะ (1997) ในการคำนวณหาค่าความเร่งในแนวราบสูงสุด

ที่ระยะทาง 501.48 กิโลเมตร และแผ่นดินไหวขนาด 4.175 จะได้ $\ln PHA = -2.66$

หาค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบ a มากกว่า 0.005g จากวิธีแจกแจงปกติจะได้

$$P_A [PHA > 0.005g | M = 4.175, R = 501.48 \text{ km}] = 6.58 \times 10^{-8}$$

สำหรับโซน B ที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนที่ยังมีการเคลื่อนตัวอยู่ จะใช้สมการการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) ในการคำนวณหาค่าความเร่งในแนวราบสูงสุด

ที่ระยะทาง 369.54 กิโลเมตร และแผ่นดินไหวขนาด 4.17 จะได้ $\ln PHA = -2.04$

หาค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบ a มากกว่า 0.005g จากวิธีแจกแจงปกติจะได้

$$P_B [PHA > 0.005g | M = 4.17, R = 369.54 \text{ km}] = 3.37 \times 10^{-6}$$

5.1.4) รวมผลของความน่าจะเป็นเพื่อหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุด

สำหรับโซน A โอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.005g โดยมีแผ่นดินไหวขนาด 4.175 ที่ระยะห่าง 501.48 กิโลเมตรเป็น

$$\begin{aligned} \lambda_{A0.005g} &= \nu_A * P_A [PHA > 0.005g | M = 4.175, R = 501.48 \text{ km}] \\ &\quad * P_A [R = 501.48 \text{ km}] * P_A [M = 4.175] \\ &= (16.711) (6.58 \times 10^{-8}) (1.386 \times 10^{-2}) (0.331) = 5.041 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

$$\sum \lambda_{0.005g(\text{zoneA})} = 1.051 \times 10^{-4}$$

สำหรับโซน B โอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.005g โดยมีแผ่นดินไหวขนาด 4.17 ที่ระยะห่าง 369.54 กิโลเมตรเป็น

$$\begin{aligned}\lambda_{0.005g} &= \nu_B * P_B [\text{PHA} > 0.005g | M = 4.17, R = 369.54 \text{ km}] \\ &= P_B [R = 369.54 \text{ km}] * P_B [M = 4.17] \\ &= (10.423) (3.37 \times 10^{-6}) (3.695 \times 10^{-2}) (0.418) = 5.425 \times 10^{-7} \\ \sum \lambda_{0.005g(\text{zoneB})} &= 1.715 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

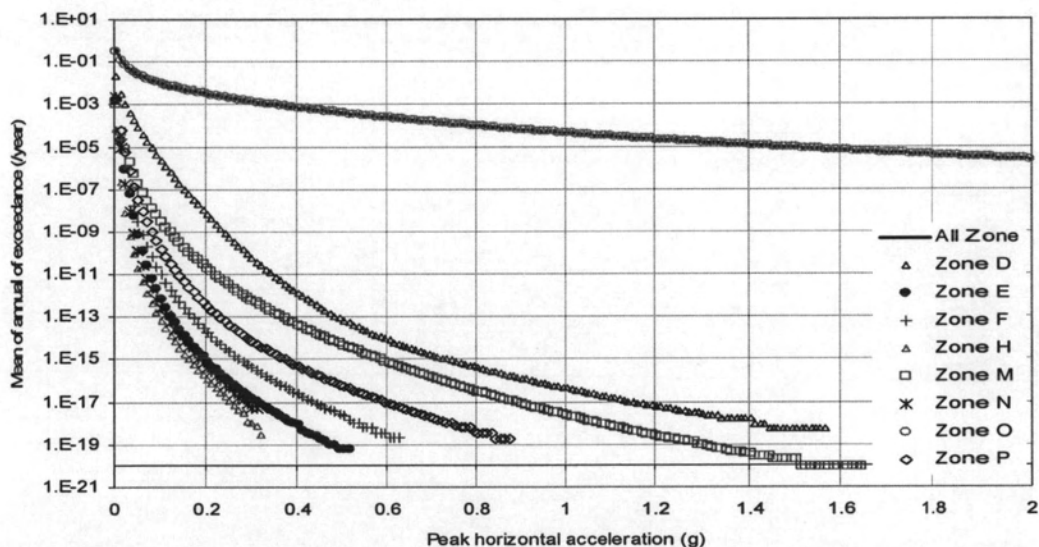
รวมโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.005g ของทั้ง 18 แหล่งกำเนิดเป็น

$$\lambda_{0.005g} = \lambda_{0.005g(\text{zoneA})} + \lambda_{0.005g(\text{zoneB})} + \dots + \lambda_{0.005g(\text{zoneX})} = 0.349$$

ซึ่งบ่งบอกว่า โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวที่ทำให้เกิดความเร่งในแนวราบสูงสุด 0.005g บริเวณสถานีวัดมี 0.349 ครั้งต่อปี หรือคิดเป็นรอบการเกิดเท่ากับ $1/0.349 = 2.865$ ปี

โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวขึ้น 10% ในรอบ 50 ปี สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\lambda_y = \frac{\ln(1 - P[10\%])}{T} = \frac{\ln(1 - 0.1)}{50} = 0.00211$$



รูปที่ 5.6 กราฟความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวทั้ง 18 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวที่ตำแหน่ง ละติจูด 15.5 องศาเหนือ และลองจิจูด 99 องศาตะวันออก

รูปที่ 5.6 แสดงให้เห็นว่าแผ่นดินไหวจากโซน O จะมีผลต่อจุดละติจูดที่ 15.5 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 99 องศาตะวันออก ซึ่งเป็นบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี มากที่สุดโดยหากเกิดแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้น 10% ในรอบ 50 ปี จะทำให้บริเวณนี้มีค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดขนาด 0.22g

5.2 การศึกษาความไวของพารามิเตอร์ต่างๆ

การศึกษาความไว (sensitivity) ของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวนั้น เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณา ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ 1) ระยะเวลาของข้อมูลแผ่นดินไหวที่พิจารณาคความสมบูรณ์ (completeness of data) 2) ขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวที่ทำการพิจารณา และ 3) ระยะทางของแผ่นดินไหว ในการพิจารณาสืบเหล่านี้ จะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยการควบคุมตัวแปรทั้ง 3 นี้สำหรับทำแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหว ดังแสดงในรูปที่ 5.7

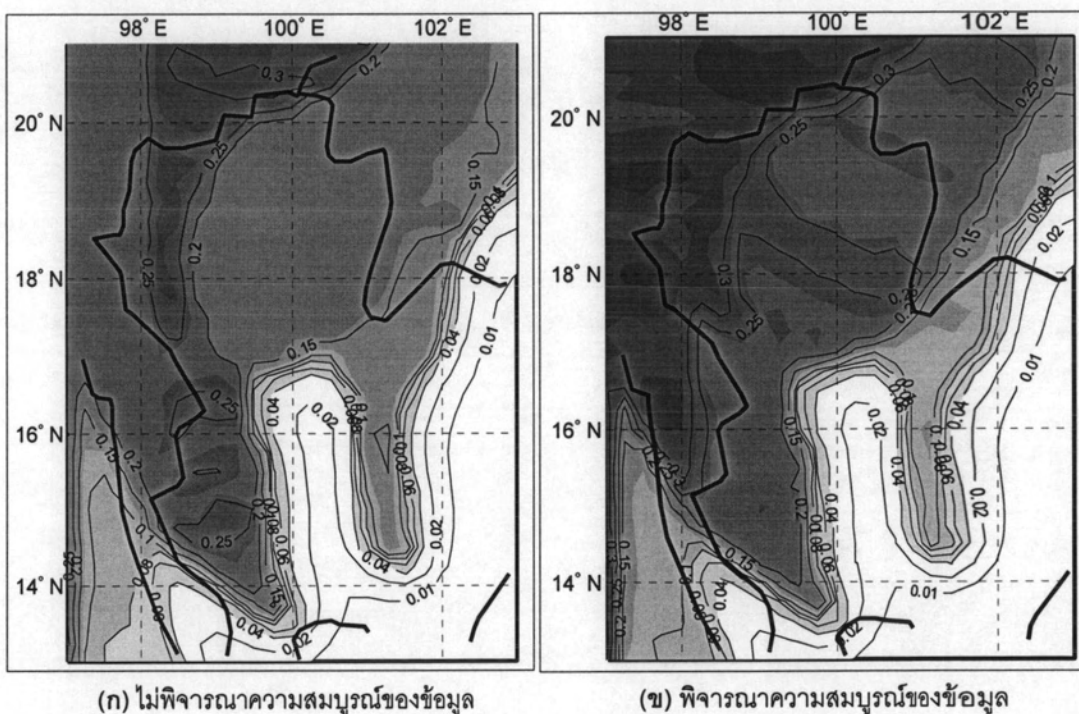


หมายเหตุ: บริเวณส่วนที่แรเงาเป็นตัวแปรที่ศึกษาความไวในหัวข้อนั้น

รูปที่ 5.7 แผนผังแสดงตัวแปรควบคุมที่ใช้ในการศึกษาความไวตามหัวข้อต่างๆ

5.2.1 การพิจารณาความสมบูรณ์ของข้อมูล

หากไม่พิจารณาเรื่องความสมบูรณ์ของข้อมูล โดยใช้ช่วงเวลาในการวิเคราะห์ถึงปีที่เก่าที่สุดที่มีการบันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวไว้ จะได้แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์โดยใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) ดังรูปที่ 5.8(ก) และหากพิจารณาเรื่องความสมบูรณ์ของข้อมูล จะได้แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่วิเคราะห์โดยใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) ดังรูปที่ 5.8(ข)



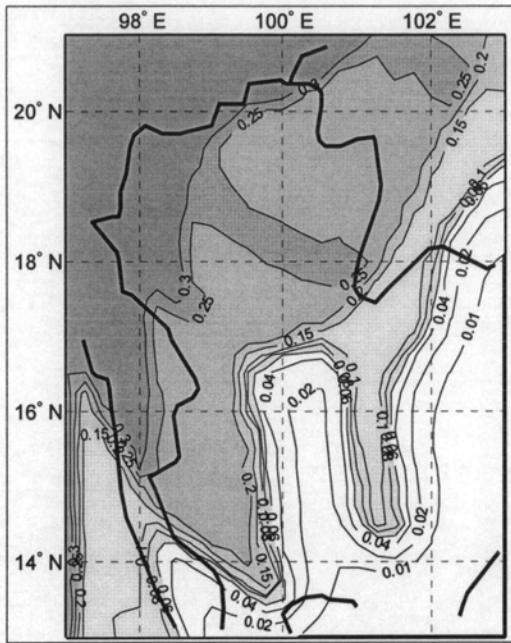
รูปที่ 5.8 เปรียบเทียบแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่พิจารณาความสมบูรณ์ของข้อมูล แสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี โดยสมการลดทอนของ Sadigh และคณะ (1997)

จากรูปที่ 5.8 (ก) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับรูปที่ 5.8 (ข) พบว่า เมื่อไม่พิจารณาเรื่องความสมบูรณ์ของข้อมูลแผ่นดินไหว บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยจะมีค่าความเร่งสูงสุดที่ชั้นดินน้อยกว่าแบบที่พิจารณาความสมบูรณ์ของข้อมูลประมาณ 10% ส่วนบริเวณภาคตะวันตกของประเทศไทยจะมีค่าความเร่งสูงสุดที่ชั้นดินมากกว่าแบบที่คิดความสมบูรณ์ของข้อมูลประมาณ 10% ส่วนบริเวณกรุงเทพมหานครได้ค่าความเร่งสูงสุดที่ชั้นดินจากทั้ง 2 แบบใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากการคิดความสมบูรณ์ของข้อมูลนั้น จะส่งผลต่อ ค่า a และ b ของสมการ Gutenberg-Richter ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งอาจจะมากขึ้นหรือน้อยลง ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ใช้ในการหาอัตราการเกิดซ้ำแผ่นดินไหว

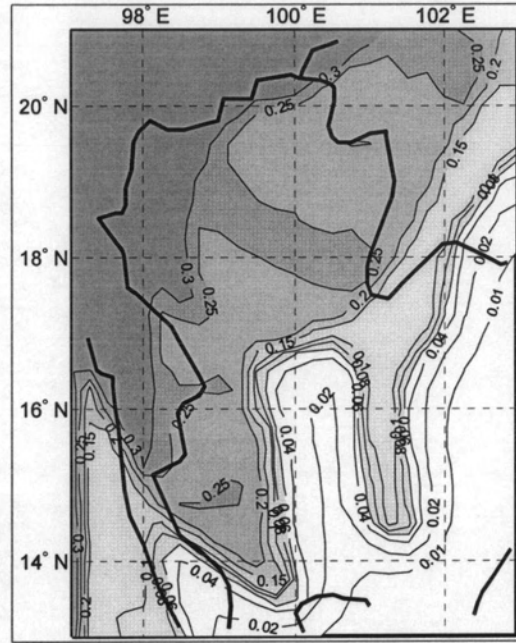
5.2.2 ผลของขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดที่พิจารณา

ในปัจจุบันของมูลจากการสำรวจทางธรณีวิทยามีมากขึ้น ทำให้ทราบขนาดของแผ่นดินไหวสูงสุดที่มีโอกาสเกิดขึ้นในบริเวณรอยเลื่อนต่างๆ ในประเทศไทย ซึ่งตรงกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว 3 โซนได้แก่ โซน E F และ O มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวสูงสุดขนาด 7.5 (Fenton และคณะ 2003) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดแผ่นดินไหวสูงสุดจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีอยู่ ดังนั้นจึงต้องทำการเปรียบเทียบผลระหว่างแบบกำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีอยู่ กับขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูลของรอยเลื่อนมีพลัง และแบบไม่กำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหว ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

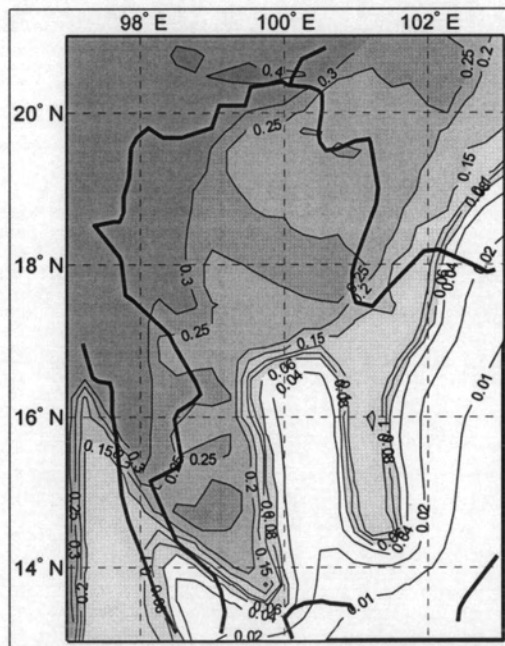
ซึ่งในการวิเคราะห์ทั้ง 3 กรณี จะกำหนดให้ใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่พิจารณามีความสมบูรณ์ (completeness of data) และใช้ระยะทางจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวแผ่นดินไหว (epicentral distance) ในการพิจารณาเหมือนกัน และใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) สำหรับบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนมีพลัง ได้ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.9



(ก) แบบกำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูล
แผ่นดินไหวที่มีอยู่



(ข) แบบกำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูล
รอยเลื่อนมีพลัง



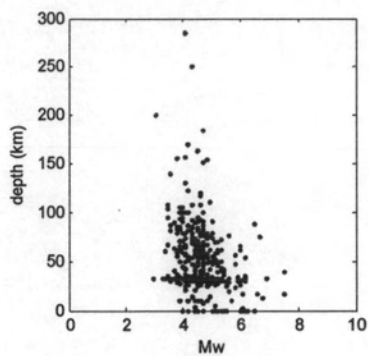
(ค) แบบไม่กำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหว

รูปที่ 5.9 เปรียบเทียบแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่พิจารณาขนาดสูงสุดกรณีต่างๆ แสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี โดยสมการลดทอนของ Sadigh และคณะ (1997)

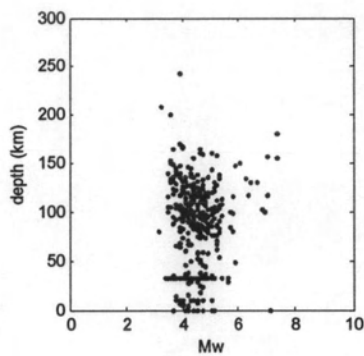
จากรูปที่ 5.9 พบว่า ค่าความเร่งในแนวราบที่มีโอกาสเกิน 10% ใน 50 ปี ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบกำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูลของรอยเลื่อนมีพลังตามรูปที่ 5.9(ข) จะมีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบกำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูลแผ่นดินไหวที่มีอยู่ตามรูปที่ 5.9(ก) ประมาณ 5% ในบริเวณแถบตะวันตกและภาคเหนือของประเทศไทย แต่น้อยกว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบไม่กำหนดขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวตามรูปที่ 5.9(ค) ประมาณ 5%

5.2.3 ผลของระยะทางของแผ่นดินไหว

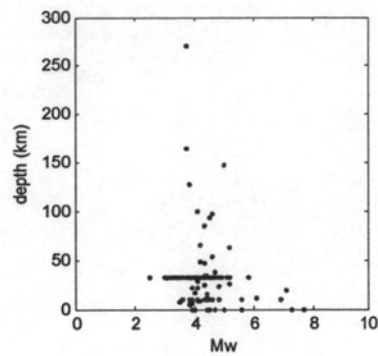
ในการหาความเร่งในแนวราบสูงสุดจากสมการลดทอนแผ่นดินไหว จำเป็นต้องใช้ระยะทางของแผ่นดินไหวให้เหมาะสมกับสมการลดทอนแผ่นดินไหว ซึ่งสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่นำมาพิจารณาได้แก่ สมการลดทอนของ Sadigh และคณะ (1997) สมการลดทอนของ Idriss (1993) และสมการลดทอนของ Youngs และคณะ (1997) ต่างก็กำหนดให้ใช้ระยะทางที่ใกล้ที่สุดถึงรอยเลื่อนที่เกิดแผ่นดินไหว แต่ในการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น ได้ทำการแบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวให้ครอบคลุมพื้นที่ของรอยเลื่อนต่างๆ จึงไม่สามารถกำหนดระยะทางที่ใกล้ที่สุดถึงรอยเลื่อนที่เกิดแผ่นดินไหวได้ชัดเจนได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาความลึกของจุดกำเนิดแผ่นดินไหว และใช้ระยะทางจากจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (hypocentral distance) ในการวิเคราะห์กับสมการลดทอนแผ่นดินไหว ซึ่งสามารถแสดงความลึกของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ ได้ดังรูปที่ 5.10



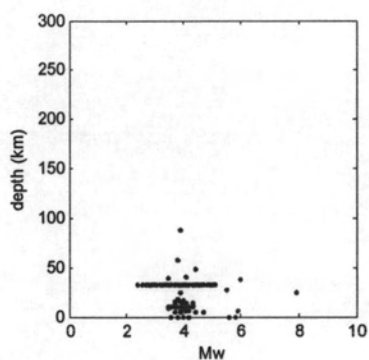
(ก) โซน A



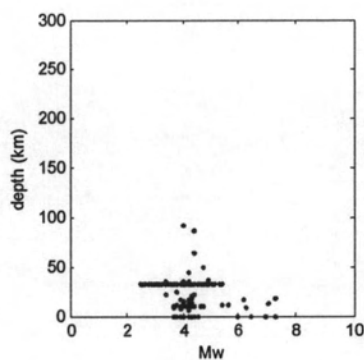
(ข) โซน B



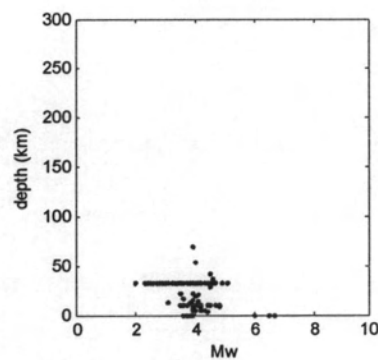
(ค) โซน C



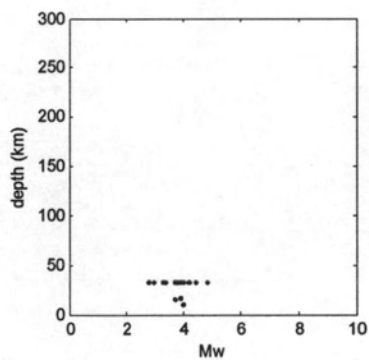
(ง) โซน D



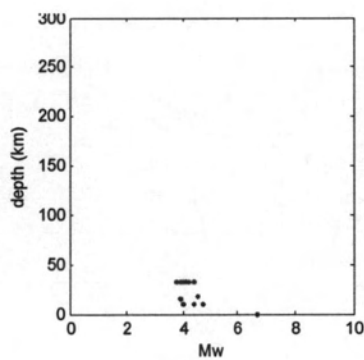
(จ) โซน E



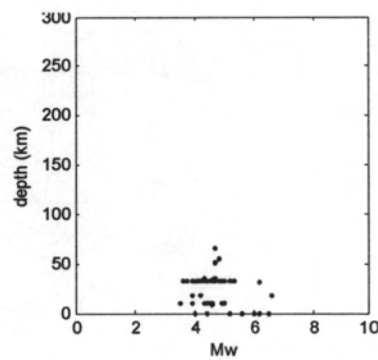
(ฉ) โซน F



(ช) โซน H

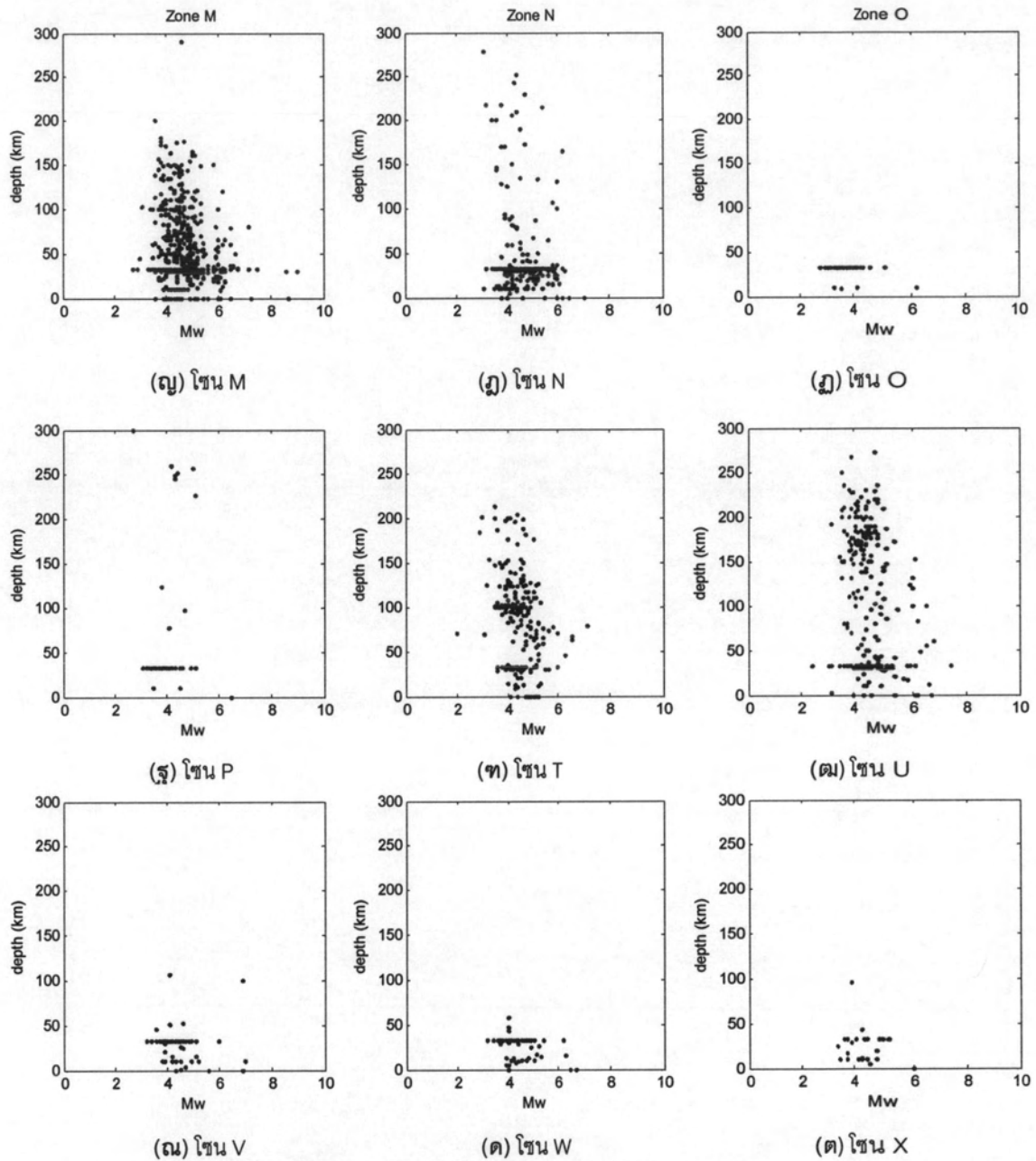


(ซ) โซน J



(ฌ) โซน K

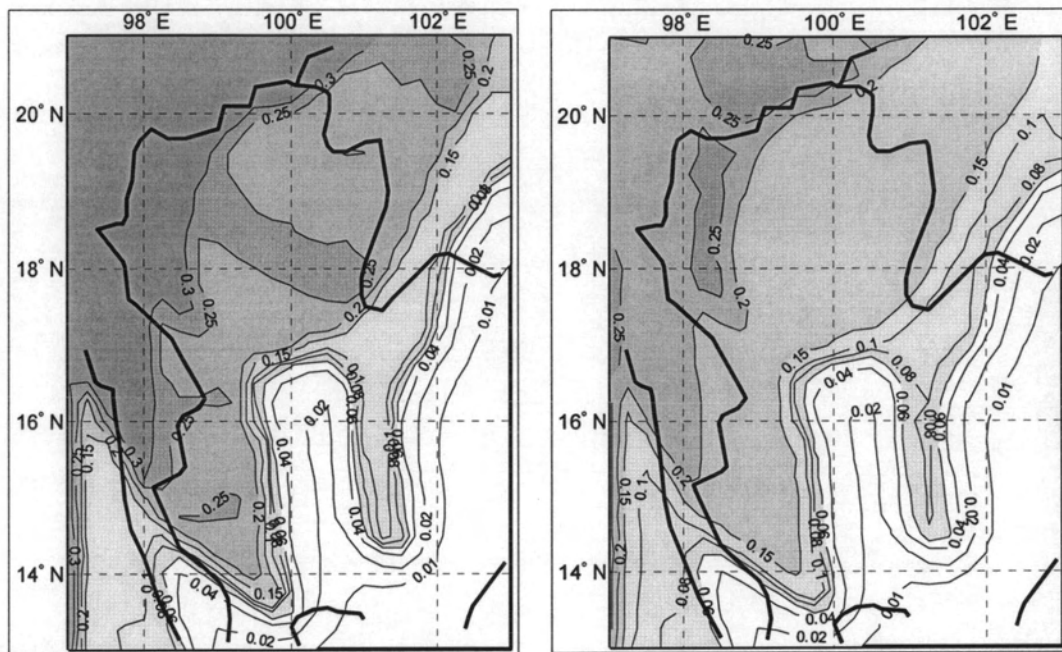
รูปที่ 5.10(1) ความลึกของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ



รูปที่ 5.10(2) ความลึกของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวขนาดต่างๆ

จากรูปที่ 5.10 พบว่าความลึกต่ำสุดของแผ่นดินไหวที่สามารถบันทึกได้ในโซน BCDEFHJ KNO PUVW และ X มีค่าประมาณ 10 กิโลเมตร และความลึกต่ำสุดของแผ่นดินไหวที่สามารถบันทึกได้บริเวณที่เกิดจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งเป็นแผ่นดินไหวระดับลึก ได้แก่ โซน AM

และ T มีค่าประมาณ 33 กิโลเมตร ในการวิเคราะห์นี้ โดยใช้ความลึกข้างต้นในการหาระยะทางจากจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (hypocentral distance) เทียบกับระยะทางจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicentral distance) ใช้ข้อมูลแผ่นดินไหวที่คิดผลของระยะเวลาที่มีความสมบูรณ์ (completeness of data) ขนาดสูงสุดของแผ่นดินไหวจากข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในการพิจารณาเหมือนกัน และใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) สำหรับบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวจากรอยเลื่อนมีพลังได้ดังรูปที่ 5.11



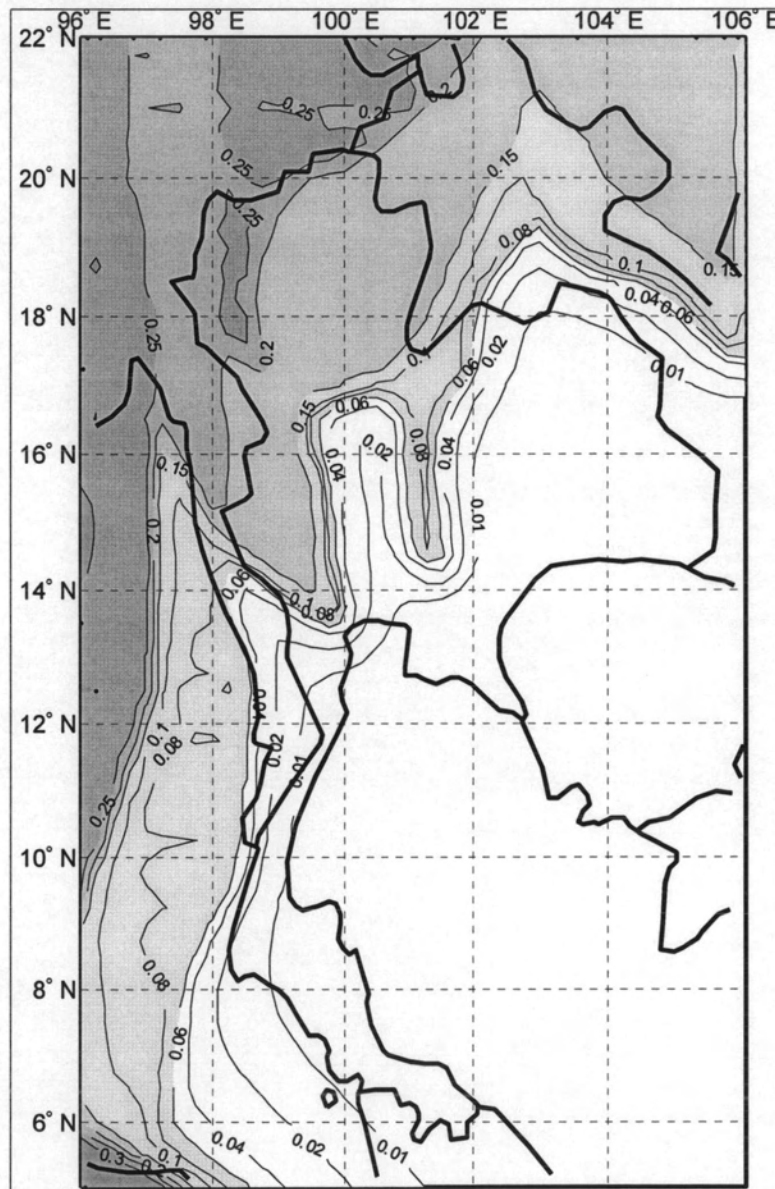
(ก) ใช้ระยะจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) (ข) ใช้ระยะจากจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (hypocenter)

รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่พิจารณาระยะจากแผ่นดินไหว แสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี โดยสมการลดทอนของ Sadigh และคณะ (1997)

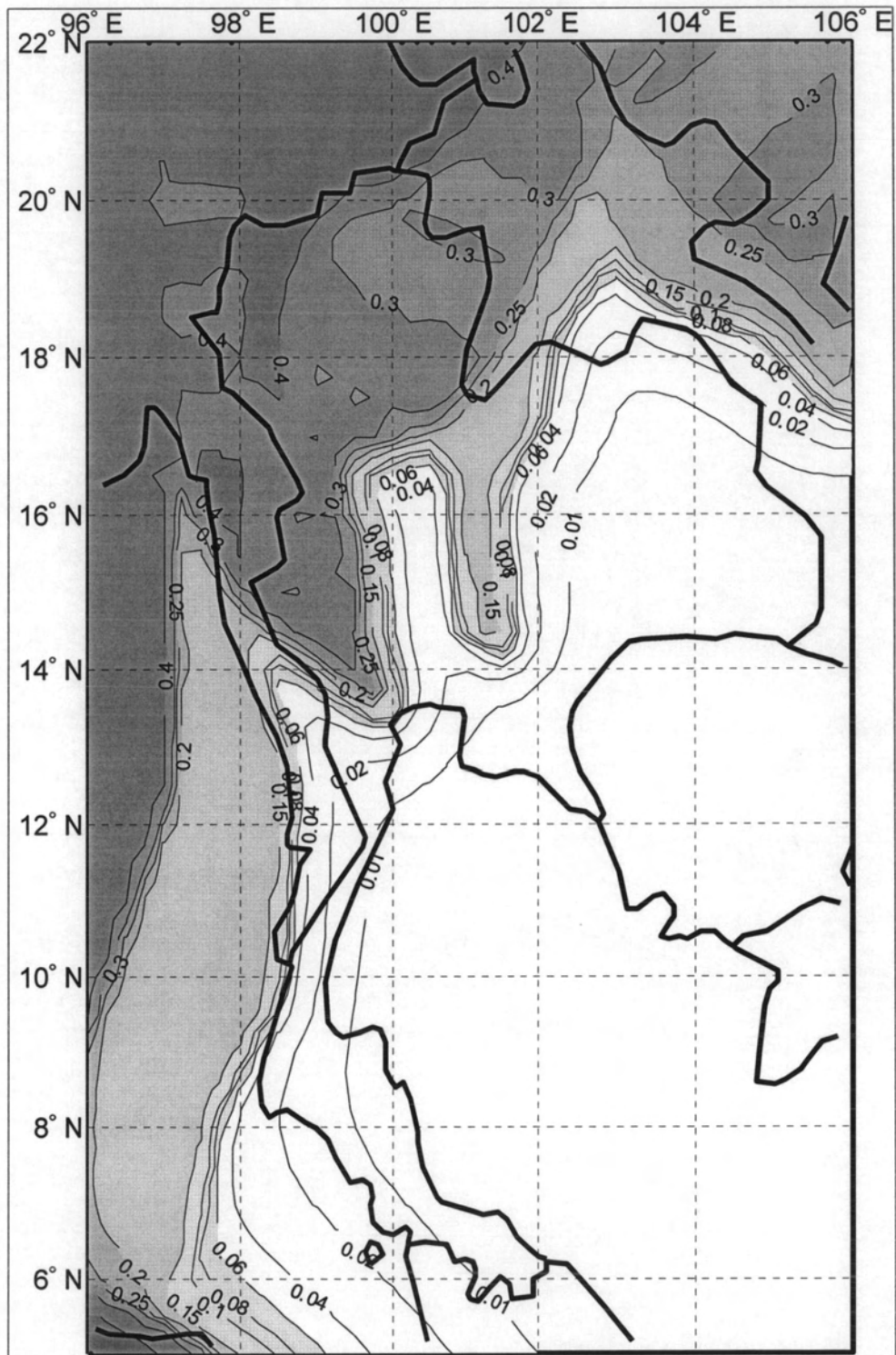
จากรูปที่ 5.11 พบว่าค่าความเร่งในแนวราบ จากการวิเคราะห์แบบใช้ระยะทางจากจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหวจะมีค่าน้อยกว่าแบบใช้ระยะทางจากจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวประมาณ 20 % ที่บริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแถบภาคภาคเหนือและประมาณ 30 % ในบริเวณใกล้กับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแถบภาคตะวันตก ซึ่งในความเป็นจริง แผ่นดินไหวส่วนใหญ่เกิดลึกลงไปใต้ดินมากกว่า 10 กิโลเมตร ดังนั้นในการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว จึงใช้ระยะทางจากจุดศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (Hypocenter) โดยกำหนดความลึกของแผ่นดินไหวที่ 10 กิโลเมตร เพื่อความปลอดภัย

5.3 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย

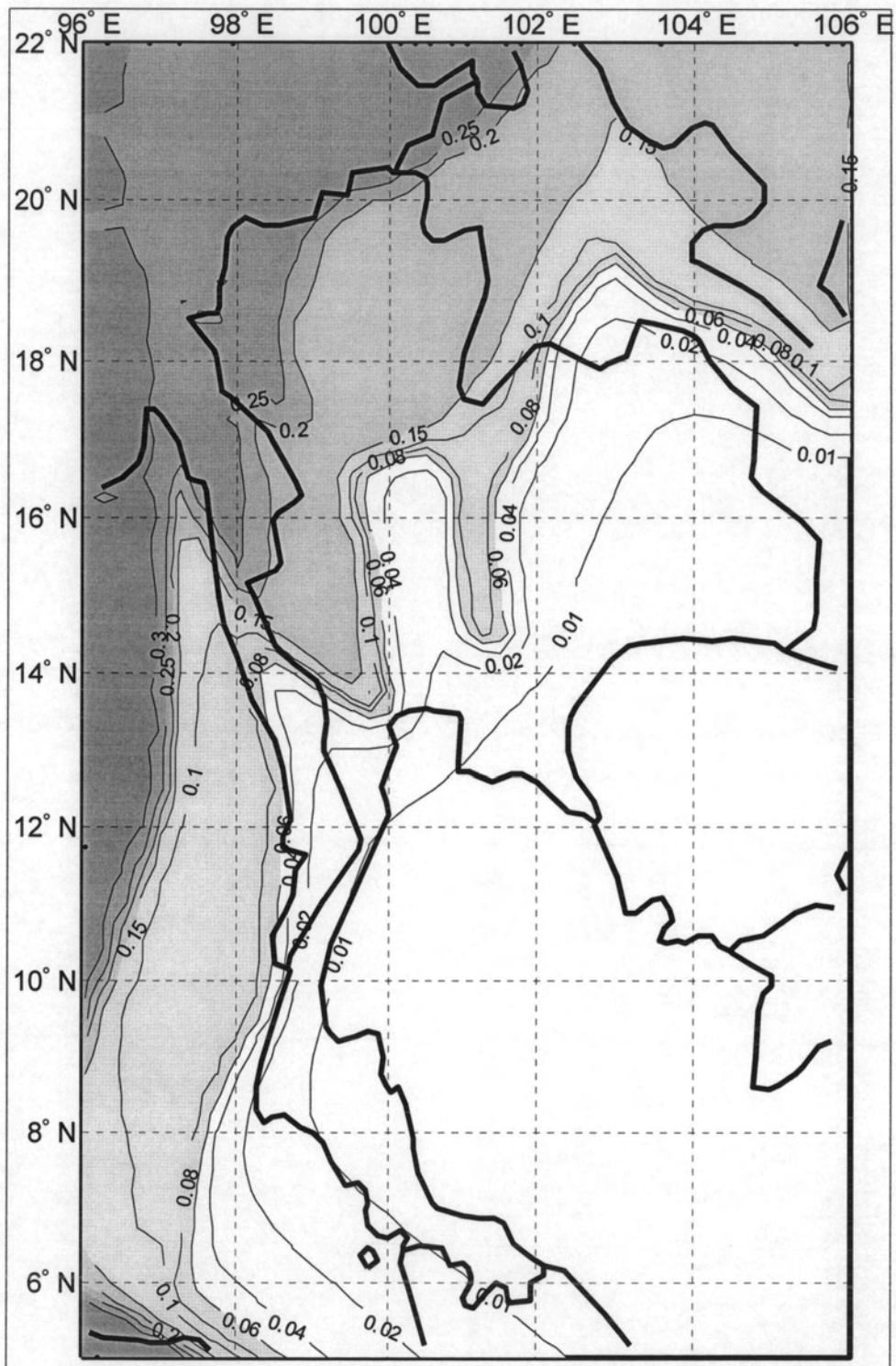
ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดของแผ่นดินไหวโดยการกำหนดขอบเขตที่จะวิเคราะห์ตั้งแต่ละติจูดที่ 0 องศาเหนือถึง 25 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 92 องศาตะวันออกถึง 106 องศาตะวันออก และแบ่งจุดในแผนที่ทุกๆ 0.25 องศาของละติจูดและลองจิจูด จะได้ผลการวิเคราะห์ออกมาดังรูปที่ 5.12 ถึง 5.17



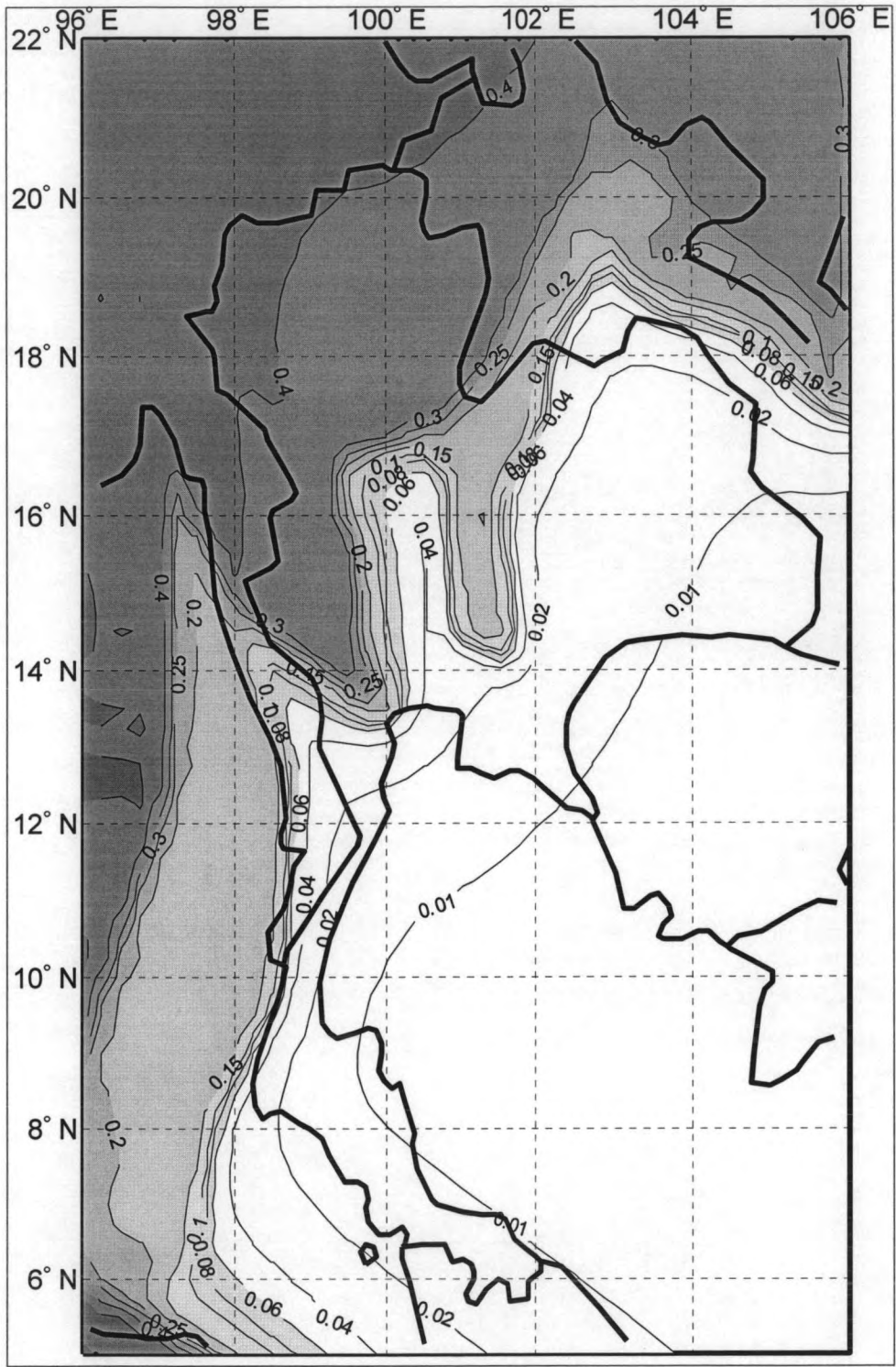
รูปที่ 5.12 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี ที่วิเคราะห์โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997)



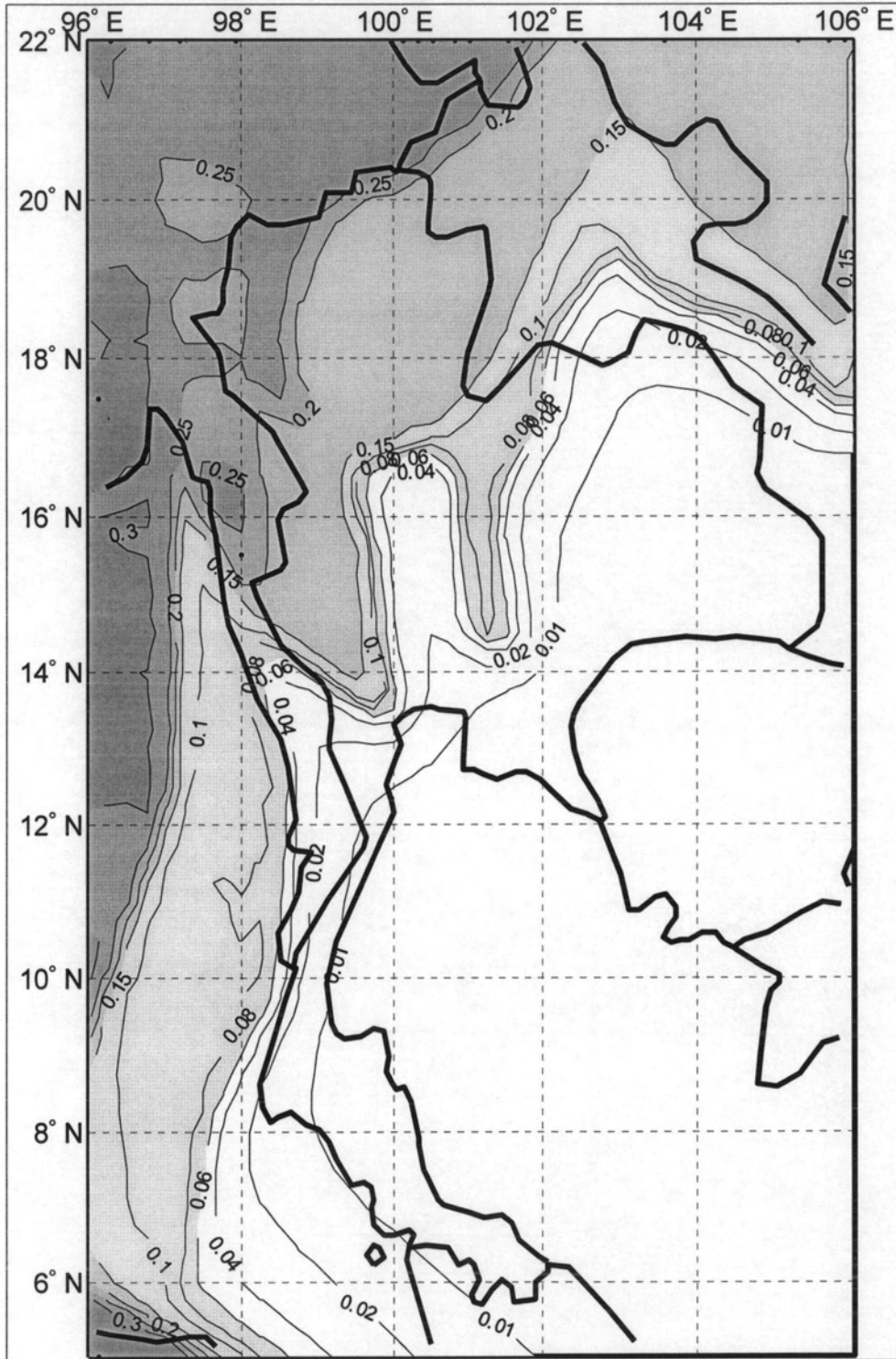
รูปที่ 5.13 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 2% ในรอบ 50 ปี ที่วิเคราะห์โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997)



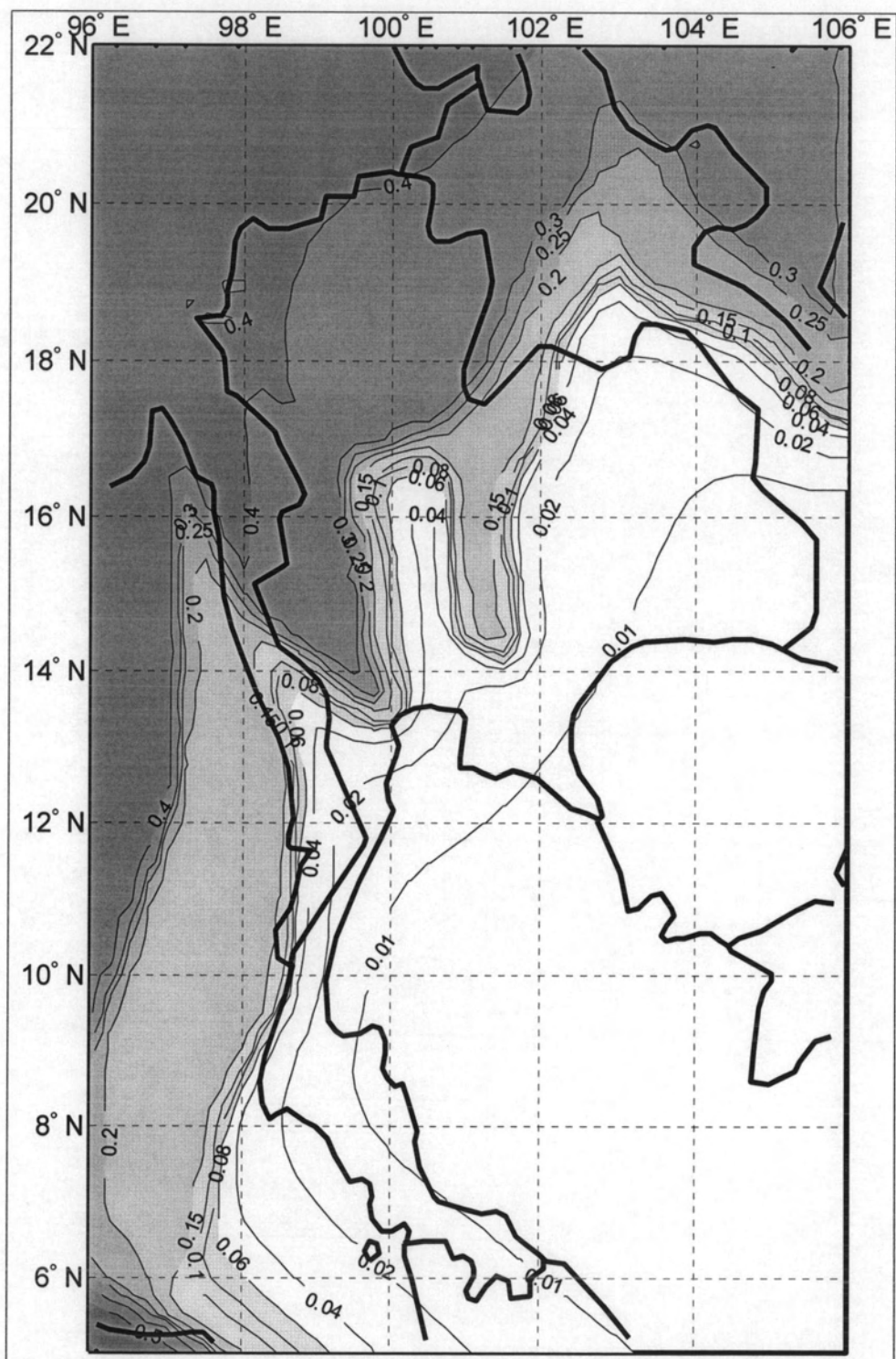
รูปที่ 5.14 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี ที่วิเคราะห์โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Idriss (1993)



รูปที่ 5.15 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 2% ในรอบ 50 ปี ที่วิเคราะห์โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Idriss (1993)



รูปที่ 5.16 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี ที่วิเคราะห์โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) และสมการของ Idriss (1993)



รูปที่ 5.17 แผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวแสดงเป็นความเร่งในแนวราบสูงสุด (g) ที่มีโอกาสเกิน 2% ในรอบ 50 ปี ที่วิเคราะห์โดยสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) และสมการของ Idriss (1993)

รูปที่ 5.12 และ 5.14 แสดงค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดสำหรับชั้นหินที่มีโอกาสเกิดขึ้น 10 % ในรอบ 50 ปี จากการวิเคราะห์โดยใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) และสมการของ Idriss (1993) ตามลำดับ พบว่าค่าความเร่งในแนวราบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการทั้ง 2 ใกล้เคียงกัน โดยที่ในประเทศไทยมีค่าความเร่งที่ชั้นหินสูงบริเวณภาคตะวันตกแถบจังหวัดกาญจนบุรีและตาก ซึ่งมีค่าความเร่งสูงสุดประมาณ 0.15g ถึง 0.20g บริเวณภาคเหนือแถบจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่และเชียงราย ซึ่งมีค่าความเร่งสูงสุดประมาณ 0.25g และในบริเวณกรุงเทพมหานครมีค่าประมาณ 0.02g

รูปที่ 5.13 และ 5.15 แสดงให้เห็นค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดสำหรับชั้นหินที่มีโอกาสเกิดขึ้น 2 % ในรอบ 50 ปี จากการวิเคราะห์โดยใช้สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) และสมการของ Idriss (1993) ตามลำดับ พบว่าแผนที่เส้นชั้นความเร่งมีลักษณะคล้ายกับแบบ 10% ใน 50 ปี แต่ได้ค่าความเร่งสูงขึ้น โดยที่ในประเทศไทยมีค่าความเร่งที่ชั้นหินสูงบริเวณภาคตะวันตกแถบจังหวัดกาญจนบุรีและตาก ซึ่งมีค่าความเร่งสูงสุดประมาณ 0.30g บริเวณภาคเหนือแถบจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่และเชียงราย ซึ่งมีค่าความเร่งสูงสุดประมาณ 0.40g และในบริเวณกรุงเทพมหานครมีค่าประมาณ 0.04g

รูปที่ 5.16 แสดงให้เห็นค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดสำหรับชั้นหินที่มีโอกาสเกิดขึ้น 10 % ในรอบ 50 ปี จากการเฉลี่ยอัตราการเกิดซ้ำที่จะเกิดความเร่งสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากสมการลดทอนแผ่นดินไหวที่ใช้ในแถบตะวันตกของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งได้แก่ สมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Sadigh และคณะ (1997) และสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Idriss (1993) โดยแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวที่ได้ มีลักษณะคล้ายคลึงกับแผนที่เดิม โดยมีค่าสูงบริเวณภาคเหนือแถบจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่และเชียงราย ซึ่งมีค่าความเร่งสูงสุดประมาณ 0.25g บริเวณภาคตะวันตกแถบจังหวัดกาญจนบุรีและตาก มีค่าความเร่งสูงสุดประมาณ 0.15g ถึง 0.20g และในบริเวณกรุงเทพมหานครมีค่าประมาณ 0.02g ส่วนบริเวณภาคใต้และอ่าวไทยได้ค่าความเร่งสูงสุดต่ำกว่า 0.02g

5.4 การเปรียบเทียบกับข้อมูลในอดีต

เมื่อทำการเปรียบเทียบความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวที่ชั้นหินที่มีโอกาสเกิดขึ้น 10 % ในรอบ 50 ปี ณ ตำแหน่งสถานีวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา กับความเร่งที่วัดได้จากเหตุการณ์

แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2549 ขนาด 5.1 ที่อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ และเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2549 ขนาด 5.6 ที่บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าความเร่งสูงสุดของแผ่นดินไหวที่มีโอกาสเกิดขึ้น 10 % ในรอบ 50 ปี กับความเร่งที่วัดได้จากเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 13 ธันวาคม 2549 ขนาด 5.1 ที่อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ และเหตุการณ์แผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2549 ขนาด 5.6 ที่บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สถานี	จังหวัด	ละติจูด (°N)	ลองจิจูด (°E)	ค่าความเร่งสูงสุด (g) โอกาสเกิน 10 % ใน 50 ปี		ค่าความเร่งสูงสุด (g) จากกรมอุตุนิยมวิทยา	
				Sadigh et al. (1997)	Idriss (1993)	13 ธ.ค. 49	8 ต.ค. 49
CMMT	เชียงใหม่	18.813	98.948	0.172	0.192	0.010620	-
PBKT	เพชรบูรณ์	16.573	100.969	0.078	0.087	0.000117	0.000038
KRDT	นครราชสีมา	14.591	101.844	0.018	0.019	0.000009	-
SRDT	กาญจนบุรี	14.395	99.121	0.168	0.186	0.000018	0.000174
CHBT	จันทบุรี	12.753	102.330	<0.005	0.007	0.000017	-
SKNT	สกลนคร	16.974	103.982	<0.005	0.009	0.000007	-
-	กรุงเทพมหานคร	13.958	100.325	0.022	0.028	-	-

จากตารางที่ 5.2 พบว่า ค่าความเร่งสูงสุดที่วัดได้จากสถานีวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา มีค่าน้อยกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากวิธีเชิงความน่าจะเป็น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกค่าความเร่งที่เหมาะสมสำหรับออกแบบโครงสร้างด้านทานแผ่นดินไหวได้ในอนาคต หากกรมอุตุนิยมวิทยามีข้อมูลแผ่นดินไหวที่สมบูรณ์มากขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบผลกับการศึกษาของ Warnitchai และ Lisantono (1996) พบว่าค่าความเร่งสูงสุดในประเทศไทยมีขนาดไม่ต่างจากเดิมคือ 0.20g - 0.25g แต่บริเวณที่ครอบคลุมแตกต่างกัน เนื่องจากได้พิจารณาแหล่งแผ่นดินไหวที่ได้ศึกษาในภายหลัง ที่บริเวณกรุงเทพมหานครพบว่า การศึกษานี้ได้ค่าที่ต่ำกว่า (คือประมาณ 0.02g) โดย Warnitchai และ Lisantono (1996) ได้ความเร่งในบริเวณกรุงเทพมหานครประมาณ 0.05g ที่เป็นเช่นนี้เพราะสมการลดทอนที่ใช้ในการศึกษานี้ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจวัด ที่พบว่าการลดทอนของความเร่งจากจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยมีลักษณะคล้ายกับทางตะวันตกของสหรัฐอเมริกา ซึ่งความเร่งจะลดลงมากเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น