

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และ เป็นหนึ่ง วานิชชัย. 2538. ความเสียหายจากแผ่นดินไหวที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. โยธาสาร. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1, หน้า 9-16.

ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ และ นภดล คูหาทสนะดีกุล. 2536. เขตแผ่นดินไหวและสัณนิษฐานแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทย. เอกสารการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2536. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, หน้า 268-287.

ปริญญา นุตาลัย และ ประกาศ มานเศรษฐา. 2533. ความสั่นสะเทือนและความเสี่ยงภัยเนื่องจากแผ่นดินไหวในประเทศไทย. เอกสารการประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2533. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, หน้า 57-77.

ปัญญา จารุศิริ, สุวิทย์ โคสุวรรณ, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, บุรินทร์ เวชบันเทิง, และ สุทธิพันธ์ ชูทรานนท์. 2543. รายงานวิจัย (ฉบับสมบูรณ์)แผ่นดินไหวในประเทศไทย และ พื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.): 171 หน้า.

ปัญญา จารุศิริ, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, เป็นหนึ่ง วานิชชัย, มนต์รี ชูวงษ์, รัชชัช นัทธี, สาโรจน์ สุระโคตร, รัฐกร สองเมือง, เครือวัลย์ จำปาเงิน และกรกฎ ชูสุทธิสกุล. 2547. โครงการสำรวจศึกษารอยเลื่อนมีพลังเบื้องต้นในโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำสาละวิน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: 305 หน้า.

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2548. การประเมินผลกระทบทางธรณีวิทยาและกายภาพในพื้นที่ประสบพิบัติภัยเพื่อการฟื้นฟูและการเฝ้าระวังเตือนภัย. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมและกรมทรัพยากรธรณี: 477 หน้า.

รัชชัช นัทธี, ปัญญา จารุศิริ และวิโรจน์ ดาวฤกษ์. 2544. การศึกษาวิจัยความปลอกภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนเขาแหลม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย: 127 หน้า.

ภาษาอังกฤษ

Abrahamson, N.A. and Silva, W.J. 1997. Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes. Seismological Research Letters. 68(1): 94-127.

Algermissen, S.T., Perkins, D.M., Thenhaus, P.C., Hanson, S.L. and Bender, B.L. 1982. Probabilistic Estimates of Maximum Acceleration and Velocity in Rock in the Contiguous United States. U.S. Geological Survey. Open-File Report 1982-1033.

Atkinson, G.M. and Boore, D.M. 1995. New ground motion relations for eastern North America. Bulletin of the Seismological Society of America. 85:17-30.

Atkinson, G.M. and Boore, D.M. 1997. Some comparisons between recent ground motion relations, Seismological Research Letters. 68(1):24-40.

Boore, D.M., Joyner, W.B. and Fumal, T.E. 1997. Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes: A summary of recent work. Seismological Research Letters. 68(1):128-153.

Campbell, K.W. 1985. Strong motion attenuation relations: a ten-year perspective. Earthquake Spectra. 1(4): 759-804.

Campbell, K.W. 1997. Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo-absolute acceleration response spectra. Seismological Research Letters. 68(1):154-179.

Cornell, C.A. 1968. Engineering seismic risk analysis. Bulletin of the Seismological Society of America. 58: 1583-1606.

- Curray, J.P. 2005. Tectonics and history of the Andaman Sea region. Journal of Asian Earth Sciences. 25: 187-232.
- Douglas, J. 2001. A Comprehensive Worldwide Summary of Strong-Motion Attenuation Relationships for Peak Ground Acceleration and Spectral Ordinates (1969 to 2000), Engineering Seismology and Earthquake Engineering, Report No. 01-1.
- Fenton, C. H., Charusiri, P., Hinthong, C., Lumjuan, A. and Mangkonkarn, B. 1997. Late Quaternary faulting in northern Thailand. In Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and Tectonic Evolution of Southeast Asia and the South Pacific. Bangkok Department of Mineral Resources (August): 436-452.
- Fenton, C. H., Charusiri, P. and Wood, S.H. 2003 .Recent paleoseismic investigations in Northern and Western Thailand. Annals of Geophysics. 46(5): 957-980.
- Frankel, A.D., Mueller, C.S., Barnhard, T., Perkins, D., Leyendecker, E.V., Dickman, N., Hanson, S. and Hopper, M. 1996. National Seismic Hazard Map. U.S. Geological Survey. Open-File Report 1996-532.
- Frankel, A.D., Petersen, M.D., Mueller, C.S., Haller, K.M., Wheeler, R.L., Leyendecker, E.V., Wesson, R.L., Harmsen, S.C., Cramer, C.H., Perkins, D.M., and Rukstales, K.S. 2002. Update of the National Seismic Hazard Maps. U.S. Geological Survey. Open-File Report 2002-420.
- Gardner, J. K. and Knopoff , L. 1974. Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian? Bulletin of the Seismological Society of America. 64: 1363-1367.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F. 1954. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena. Princeton Univ. Press. Princeton: NJ
- Gutenberg, B. and Richter, C.F. 1956. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. Bulletin of the Seismological Society of America. 46: 105-145.

- Hanks, T. C. and Kanamori, H. 1979. A moment magnitude scale. Journal of Geophysical Research. 84: 2348-2350.
- Heaton, T.H., Tajima, F. and Mori, A.W. 1986. Estimating ground motions using recorded accelerograms. Survey in Geophysics. 8: 25-83.
- Idriss, I.M. and Archuleta, R.J. 2005. Evaluation of Earthquake Ground Motions, Draft Report for Division of Dam Safety and Inspections, Office of Energy Projects and Federal Energy Regulatory Commission, Washington, D.C.
- Idriss, I.M. 1993. Procedures for Selecting Earthquake Ground Motions at Rock Sites, Report No. NIST GCR 93-625, Report to National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California at Davis.
- Kanamori, H. 1977. The energy release of great earthquakes. Journal of Geophysical Research. 82: 2981-2987.
- Kramer, S.L. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics.
- Lukkunaprasit, P. 2006. Earthquake-related Disaster Mitigation – The Thailand Experience, Symposium on Recent Advances in Structural Engineering, Mechanics and Materials, In Honor of Professor Pisidhi Karasudhi, 33:44.
- McGuire, R.K. and W. J. Arabasz. 1990. An introduction to probabilistic seismic hazard analysis. In S. H. Ward ed. Geotechnical and Environmental Geophysics. Review and Tutorial, SEG, I: 333-352.
- Megawati, K., Pan, T-C. and Koketsu, K. 2005. Response Spectral Attenuation Relationships for Sumatran-Subduction Earthquakes and the Seismic Hazard Implications to Singapore and Kuala Lumpur. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 25:11-25.

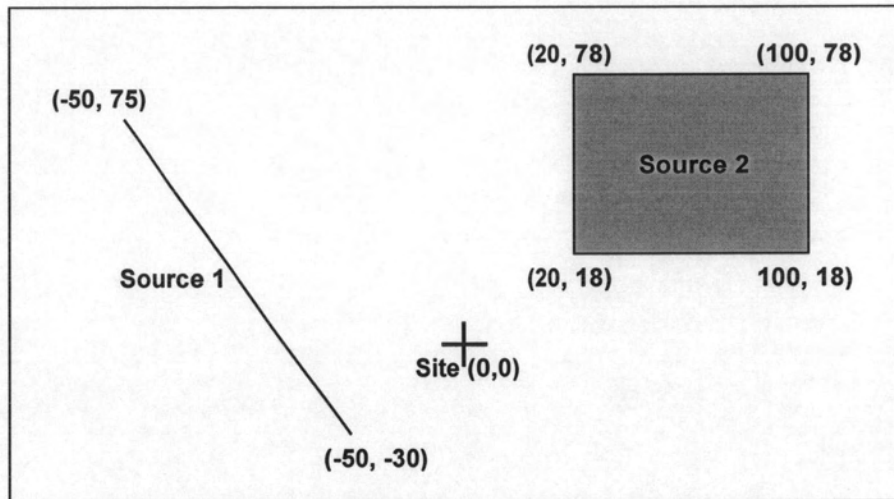
- Megawati, K., Pan, T-C. and Koketsu, K. 2003. Response spectral attenuation relationships for Singapore and the Malay Peninsula due to distant Sumatran-fault earthquakes. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 32(14): 2241-65.
- Mueller, C., Hopper, M. and Frankel, A. 1997. Preparation of Earthquake Catalogs for the National Seismic-Hazard Maps: Contiguous 48 States. U.S. Geological Survey. Open-File Report 97-464.
- Nutalaya, P., Sodsri, S. and Arnold, E.P. 1985. Series on Seismology-Volume II-Thailand. In E.P. Arnold (ed.). Southeast Asia Association of Seismology and Earthquake Engineering: 1-402.
- Petersen, M.D., Dewey, J., Hartzell, S., Mueller, C., Harmsen, S., Frankel, A.D. and Rukstales, K. 2004. Probabilistic Seismic Hazard Analysis for Sumatra, Indonesia and Across the Southern Malaysian Peninsula. Tectonophysics. 390:141-158.
- Sadigh, K., Chang, C.-Y., Egan, J.A., Makdisi, F. and Youngs, R.R. 1997. Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data. Seismological Research Letters. 68: 180-189.
- Sipkin, S.A. 2003. A correction to body-wave magnitude m_b based on moment magnitude M_w . Seismological Research Letters. 74(6): 739-742.
- Songmuang, R. 2001. The use of remote-sensing technique for detecting quaternary fault in the southern part of Srisawat fault segment, Kanchanaburi. Bachelor of science, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- Stepp, J.C. 1972. Analysis of completeness in the earthquake sample in the Puget Sound area and its effect on statistical estimates of earthquake hazard. Proceedings, International Conference on Microzonation, Seattle, Washington, 2: 897-910.

- Toro, G.R., Abrahamson, N.A. and Schneider, J.F. 1997. Model of strong ground motions from earthquakes in Central and Eastern North America: best estimates and uncertainties. Seismological Research Letters. 68: 41-57.
- Vigny, C., Socquet, A., Rangin, C., Chamot-Rooke, N., Pubellier, M., Bouin, M.-N., Bertrand, G. and Becker, M. 2003. Present-day crustal deformation around Sagaing Fault, Myanmar. Journal of Geophysical Research 108: ETG 6-1-10.
- Wanitchai, P., and Lisantono, A. 1996. Probabilistic Seismic Risk Mapping for Thailand. Proceedings, 11th World Conference on Earthquake Engineering. Acapulco Mexico.
- Wells, D.L. and Coppersmith, K.J. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. Bulletin of the Seismological Society of America. 84(4):974-1002.
- Woodward-Clyde Consultants. 1979. Development of seismic exposure model. Report to Woodward-Clyde Consultants Professional Development Committee by R. Kulkarni, K. Sadigh and I.M. Idriss.
- Youngs, R.R., Chiou, S.J., Silva, W.J. and Humphrey, J.R. 1997. Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes. Seismological Research Letters. 68: 58-73.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็น



รูปที่ ก.1 ตัวอย่างแผนที่สำหรับวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

จากรูปที่ ก.1 เป็นตัวอย่างแผนที่ซึ่งมีคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวดังนี้

$$\text{โซน 1: } \log \lambda_M = 4.4 - 1.0M$$

$$\text{โซน 2: } \log \lambda_M = 3.5 - 0.8M$$

โดยที่ λ_M คืออัตราการเกิดแผ่นดินไหว (mean rates of exceedance) ที่มีขนาดเกินกว่า M

ขนาดแผ่นดินไหวสูงสุด

$$\text{โซน 1: } M_w = 7.3$$

$$\text{โซน 2: } M_w = 7.7$$

อัตราการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 4.0

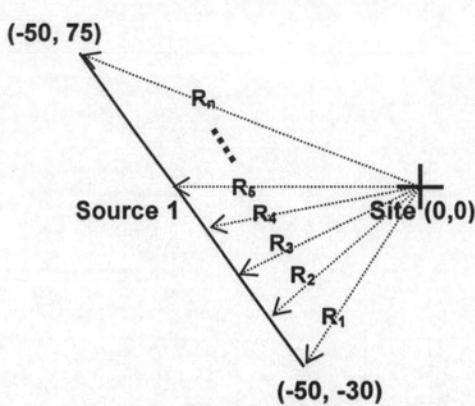
$$\text{โซน 1: } v_1 = \exp(4.4 - 1.0(4.0)) = 2.512$$

$$\text{โซน 2: } v_2 = \exp(3.5 - 0.8(4.0)) = 1.995$$

โดยที่ v_1 คืออัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดเกินกว่า 4 ของโซน 1 v_2 คืออัตราการเกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดเกินกว่า 4 ของโซน 2

โดยวิธีการวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1) หาความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิด

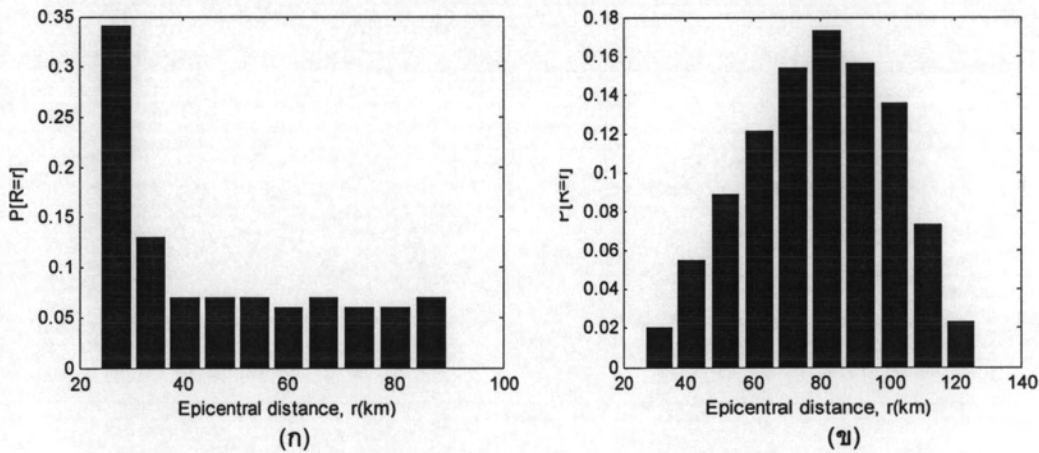


แบ่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวออกเป็นจุดย่อยๆ จำนวน n แล้วหาระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิดทุกๆ จุด ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) จากนั้นจัดช่วงความถี่ของข้อมูลระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิดจาก R_{min} ถึง R_{max} จำนวน 10 ช่วง ($N_1, N_2, N_3, \dots, N_{10}$)

ความน่าจะเป็นแต่ละช่วงเป็น $P(R = r) = N(r) / n$

รูปที่ ก.2 แสดงการหาความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิด

จากการวิเคราะห์หาความน่าจะเป็นเนื่องจากระยะทาง จะได้ความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิดที่ 1 และ 2 ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 ความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึง (ก) แหล่งกำเนิดที่ 1 และ (ข) แหล่งกำเนิดที่ 2

ซึ่งจากรูปที่ ก.3 (ก) จะได้ความน่าจะเป็นของระยะทางจากสถานีวัดถึงแหล่งกำเนิดที่ 1

$$P [R = r_1] = P [R = 27.04 \text{ km}] = 0.34$$

2) หาความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวขนาด M

จากสมการ
$$P[m_1 < m < m_u] = \int_{M=m_1}^{M=m_u} f_M(m) dm \approx f_M \left(\frac{m_l + m_u}{2} \right) (m_u - m_l)$$

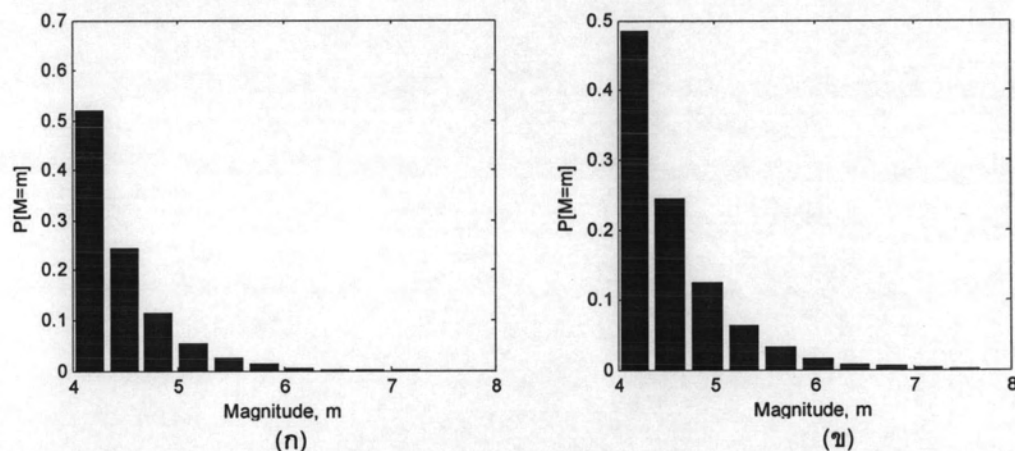
และจากสมการ $f_M(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \beta \exp[-\beta(m_{\max} - m_0)]}$

จะได้ $P[m_1 < m < m_2] = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \beta \exp[-\beta(m_{\max} - m_0)]} (m_2 - m_1)$

ดังนั้นสำหรับแหล่งกำเนิดที่ 1 ที่มีค่า a และ b ของสมการ Gutenberg-Richter เท่ากับ 4.4 และ 1.0 ตามลำดับ และค่า $M = 4.165$ จะมีความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวเป็น

$$P[4.0 < M < 4.33] = \frac{2.303 \exp[-2.303(4.165 - 4.0)]}{1 - 2.303 \exp[-2.303(7.3 - 4.0)]} (4.33 - 4.0) = 0.52$$

โดยสามารถแสดงค่าความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวของแหล่งกำเนิดที่ 1 และ 2 ได้ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ ก.4 ค่าความน่าจะเป็นของอัตราการเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวของ (ก) แหล่งกำเนิดที่ 1 และ (ข) แหล่งกำเนิดที่ 2

3) หาค่าความน่าจะเป็นของค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบจากสมการลดทอนแผ่นดินไหว

จากสมการลดทอนแผ่นดินไหวของ Cornell et al. (1979)

$$\ln \text{PHA (gals)} = 6.74 + 0.859M - 1.80 \ln (R + 25), \sigma_{\ln y} = 0.57$$

ที่ $M = 4.165$ และ $R = 27.04 \text{ km}$ จะได้ $\ln \text{PHA} = 3.204$

หาค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ค่าความเร่งสูงสุดในแนวราบ a มากกว่า 0.01g (9.81 gals) จากวิธีแจกแจงปกติจะได้

$$z = \frac{\ln a - \ln PHA}{\sigma_{\ln y}} = \frac{\ln(9.81) - 3.204}{0.57} = -1.63$$

$$\begin{aligned} P [PHA > 0.01g | M = 4.165, R = 27.04 \text{ km}] &= P [z > -1.63] \\ &= 1 - P [z < -1.63] \\ &= 0.9469 \end{aligned}$$

4) รวมผลของความน่าจะเป็นเพื่อหาค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุด

โอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.01g โดยมีแผ่นดินไหวขนาด 4.165 ที่ระยะห่าง 27.04 km ของแหล่งกำเนิดที่ 1 เป็น

$$\begin{aligned} \lambda_{0.01g} &= \nu_1 * P [PHA > 0.01g | M = 4.165, R = 27.04 \text{ km}] \\ &\quad * P [R = 27.04 \text{ km}] * P [M = 4.165] \\ &= 2.512 (0.9469) (0.34) (0.52) = 0.4205 \end{aligned}$$

ตารางที่ ก.1 สรุปค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.01g ของแหล่งกำเนิดที่ 1

Magnitude	Distance (km)										SUM λ
	27.04	33.68	40.32	46.96	53.60	60.24	66.88	73.52	80.16	86.80	
4.165	0.4205	0.1514	0.0745	0.0661	0.0569	0.0410	0.0392	0.0270	0.0213	0.0194	0.9172
4.495	0.2041	0.0761	0.0393	0.0369	0.0338	0.0260	0.0267	0.0197	0.0167	0.0163	0.4957
4.825	0.0967	0.0367	0.0194	0.0189	0.0181	0.0146	0.0158	0.0124	0.0112	0.0115	0.2553
5.155	0.0454	0.0173	0.0093	0.0092	0.0090	0.0075	0.0085	0.0069	0.0065	0.0071	0.1267
5.485	0.0212	0.0081	0.0044	0.0044	0.0043	0.0037	0.0042	0.0035	0.0034	0.0039	0.0612
5.815	0.0099	0.0038	0.0020	0.0020	0.0020	0.0017	0.0020	0.0017	0.0017	0.0020	0.0290
6.145	0.0046	0.0018	0.0010	0.0010	0.0010	0.0008	0.0010	0.0008	0.0008	0.0009	0.0136
6.475	0.0022	0.0008	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0064
6.805	0.0010	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0030
7.135	0.0005	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0014
λ _{0.01g} (zone 1) =											1.9095

ตารางที่ ก.2 สรุปค่าโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.01g ของแหล่งกำเนิดที่ 2

Magnitude	Distance (km)										SUM λ
	31.90	41.90	51.89	61.88	71.87	81.86	91.85	101.84	111.84	121.83	
4.185	0.0180	0.0428	0.0566	0.0599	0.0560	0.0445	0.0274	0.0159	0.0056	0.0012	0.3279
4.555	0.0097	0.0248	0.0362	0.0428	0.0449	0.0401	0.0277	0.0180	0.0071	0.0016	0.2527
4.925	0.0050	0.0133	0.0205	0.0262	0.0300	0.0295	0.0224	0.0161	0.0070	0.0018	0.1718
5.295	0.0026	0.0069	0.0109	0.0145	0.0176	0.0185	0.0152	0.0118	0.0055	0.0015	0.1049
5.665	0.0013	0.0035	0.0056	0.0076	0.0095	0.0104	0.0089	0.0074	0.0037	0.0011	0.0589
6.035	0.0007	0.0018	0.0028	0.0039	0.0049	0.0055	0.0048	0.0041	0.0021	0.0007	0.0313
6.405	0.0003	0.0009	0.0014	0.0020	0.0025	0.0028	0.0025	0.0022	0.0012	0.0004	0.0161
6.775	0.0002	0.0005	0.0007	0.0010	0.0013	0.0014	0.0013	0.0011	0.0006	0.0002	0.0082
7.145	0.0001	0.0002	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.0003	0.0001	0.0041
7.515	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.0000	0.0021
λ _{0.01g} (zone 2) =											0.9781

รวมโอกาสที่จะเกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.01g ของทั้ง 2 แหล่งกำเนิดเป็น

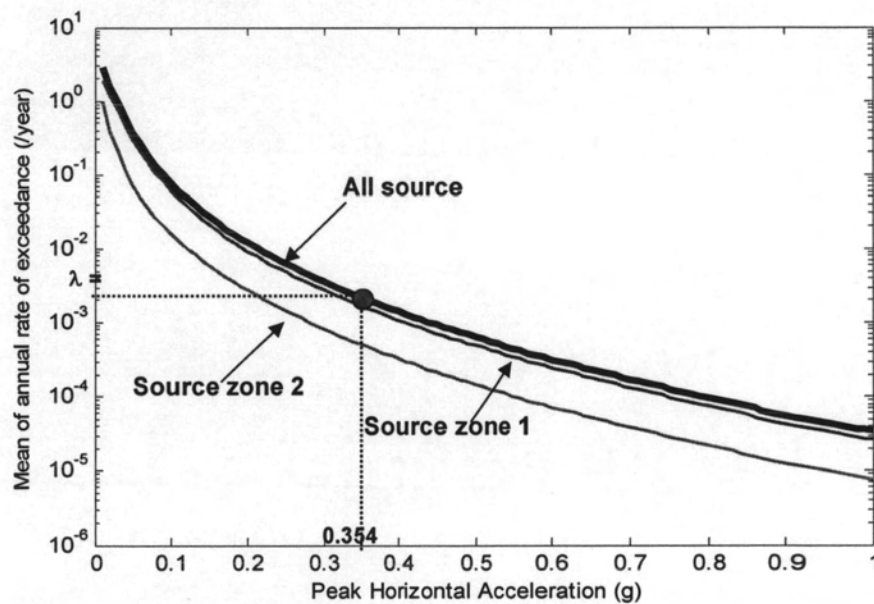
$$\lambda_{0.01g} = \lambda_{0.01g \text{ (zone 1)}} + \lambda_{0.01g \text{ (zone 2)}} = 1.9095 + 0.9781 = 2.8876$$

ซึ่งบ่งบอกว่า โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวที่ทำให้เกิดความเร่งในแนวราบสูงสุดเกินกว่า 0.01g บริเวณสถานีวัดมี 2.8876 ครั้งต่อปี หรือคิดเป็นรอบการเกิดเท่ากับ $1/2.8876 = 0.346$ ปี

โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวขึ้น 10% ในรอบ 50 ปี สามารถคำนวณได้จากสมการ

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

จากรูปที่ ก.5 โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวขึ้น 10% ในรอบ 50 ปีจะทำให้ได้ค่าความเร่งในแนวราบสูงสุดบริเวณสถานีวัดจากทั้ง 2 แหล่งกำเนิดเท่ากับ 0.354g



รูปที่ ก.5 กราฟความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสำหรับแหล่งกำเนิดที่ 1 แหล่งกำเนิดที่ 2 และรวมทั้ง 2 แหล่งกำเนิด

ภาคผนวก ข
โปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์

ข.1 โปรแกรมจัดการข้อมูลแผ่นดินไหว

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%% Select Repeat Data Program %% By Palasri Ch. %%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%% Last changed -- 07/11/2006 %%
clc
clear all
format long g
%%%%%%%%
%%% Input Data %%%
%%%%%%%%
%%% Earthquake Data file %%%
fid1=fopen('1964_2002_arrangedata1.txt','r');
n=14545;
for i=1:n
    No(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    YY(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    mm(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    dd(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    hr(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    mi(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    se(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    lat(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    lon(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    dep(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    mb(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    ML(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    Ms(i)=fscanf(fid1,'%f',[1 1]);
    Source(i,:)=fscanf(fid1,'%s',[1 1]);
end
% lat = Latitude (decimal degree)
% lon = Longitude (decimal degree)
% Mw = Magnitude of Earthquake
fclose(fid1);

%%% Change Source to Number %%%
nSource=zeros(n,1);
for i=1:n
    if Source(i,:)=='USG'
        nSource(i)=1;
    elseif Source(i,:)=='ISC'
        nSource(i)=2;
    elseif Source(i,:)=='BKK'
        nSource(i)=3;
    elseif Source(i,:)=='MOS'
        nSource(i)=4;
    elseif Source(i,:)=='BJI' | Source(i,:)=='PEK'
        nSource(i)=5;
    end
end

```

```

        else
            nSource(i)=6;
        end
    end
end

%%% Change Time unit %%%
day(1)=datenum(yy(1),mm(1),dd(1),hr(1),mi(1),se(1));
for i=2:n
    day(i)=datenum(yy(i),mm(i),dd(i),hr(i),mi(i),se(i));
    day(i)=day(i)-day(1);
end
day(1)=0;

%%% Check repeat data %%%
check=zeros(n,1);
for i=1:n
    if check(i)==0
        for j=1:n
            if j~=i & check(j)==0
                cday=abs(day(j)-day(i));
                if cday<=0.000405092592586698 & nSource(j)>nSource(i)
                    check(j)=1;
                end
            end
        end
    end
end

No2=zeros(n,1);
No2(1)=1;
k=1;
for i=2:n
    cday=abs(day(i)-day(i-1));
    if cday<=0.000405092592586698
        No2(i)=No2(i-1);
    else
        No2(i)=No2(i-1)+1;
        k=k+1;
    end
end

%%% Arrange Data %%%

yy2=zeros(k,1);
mm2=zeros(k,1);
dd2=zeros(k,1);
hr2=zeros(k,1);
mi2=zeros(k,1);
se2=zeros(k,1);
lat2=zeros(k,1);
lon2=zeros(k,1);
dep2=zeros(k,1);
mb1=zeros(k,1);
mb2=zeros(k,1);
mb3=zeros(k,1);
mb4=zeros(k,1);
mb5=zeros(k,1);

```



```
*** Output Data ***
*****

out_pt=fopen('1964_2002_arrangedata(out).txt','w');
for i=1:k
    fprintf(out_pt,'%d\t%d\t%d\t%d\t%d\t%.1f\t%.3f\t%.3f\t%.0f\t%.
1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.
1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\t%.1f\n',No3(i),yy2(i),mm2(i),dd2(i),hr2(i),m
i2(i),se2(i),lat2(i),lon2(i),dep2(i),mb1(i),ML1(i),Ms1(i),mb2(i),ML2(i),
Ms2(i),mb3(i),ML3(i),Ms3(i),mb4(i),ML4(i),Ms4(i),mb5(i),ML5(i),Ms5(i),mb
6(i),ML6(i),Ms6(i));
end
fclose(out_pt);

disp('Finish')
```


ข.2 โปรแกรมกำจัดแผ่นดินไหวที่เกิดก่อนหรือหลังแผ่นดินไหวหลัก

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% Eliminated Aftershock & Foreshock Program %% By Palasri Ch. %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Last changed -- 18/10/2006 %
clc
clear all
format long g
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Input Data %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Earthquake Data file %%%
fidl=fopen('test_AF4(in).txt','r');
[A1,count1]=fscanf(fidl,'%f',[11 inf]);
n=count1/11;
A1=A1';
No=A1(:,1);
yy=A1(:,2);
mm=A1(:,3);
dd=A1(:,4);
hr=A1(:,5);
mi=A1(:,6);
se=A1(:,7);
lat=A1(:,8);
lon=A1(:,9);
dep=A1(:,10);
Mw=A1(:,11);
check=zeros(n,1);

% lat = Latitude (decimal degree)
% lon = Longitude (decimal degree)
% Mw = Magnitude of Earthquake

%%% Change Time unit %%%
day(1)=datenum(yy(1),mm(1),dd(1),hr(1),mi(1),se(1));
for i=2:n
    day(i)=datenum(yy(i),mm(i),dd(i),hr(i),mi(i),se(i));
    day(i)=day(i)-day(1);
end
day(1)=0;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Eliminate Aftershock %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%% Boundary Condition ***
for i=1:n
    if check(i)==0
        Ldist=10^(0.1238*Mw(i)+0.983);
        if Mw(i)<6.4
            Tday=10^(0.556*Mw(i)-0.6027);
        else
            Tday=10^(0.0617*Mw(i)+2.5117);
        end
    end
end

```

```

%%% Check Condition %%%
Numm=No(i)
    for j=1:n
        Numm2=No(j)
        if j~=i & check(j)~=1

cosdist=sin(lat(i)*pi/180)*sin(lat(j)*pi/180)+cos(lat(i)*pi/180)*cos(lat
(j)*pi/180)*cos(abs(lon(j)*pi/180-lon(i)*pi/180));
        cdist=111.23*(180/pi)*acos(cosdist);
        cday=abs(day(j)-day(i));
        if Mw(j)<=Mw(i) & cday<=Tday & cdist<=Ldist
            check(j)=1
        end
    end
end
end
step=i
end

%%% Cut Data %%%
k=0;
for i=1:n
    if check(i)==0
        k=k+1;
    end
end

No2=zeros(k,1);
yy2=zeros(k,1);
mm2=zeros(k,1);
dd2=zeros(k,1);
hr2=zeros(k,1);
mi2=zeros(k,1);
se2=zeros(k,1);
lat2=zeros(k,1);
lon2=zeros(k,1);
dep2=zeros(k,1);
Mw2=zeros(k,1);
m=0;

for i=1:n
    if check(i)==0
        m=m+1;
        No2(m)=No(i);
        yy2(m)=yy(i);
        mm2(m)=mm(i);
        dd2(m)=dd(i);
        hr2(m)=hr(i);
        mi2(m)=mi(i);
        se2(m)=se(i);
        lat2(m)=lat(i);
        lon2(m)=lon(i);
        dep2(m)=dep(i);
        Mw2(m)=Mw(i);
    end
end
end

```

```
fclose(fid1);

#####
%% Output Data %%
#####

out_pt=fopen('test_AF4(out).txt','w');
for i=1:k
    fprintf(out_pt,'%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%.1f\t%.3f\t%.
3f\t%.0f\t%.1f\n',[No2(i);yy2(i);mm2(i);dd2(i);hr2(i);mi2(i);se2(i);lat2
(i);lon2(i);dep2(i);Mw2(i)]);
end
fclose(out_pt);

disp('Finish')
```

ข.3 โปรแกรมแบ่งเหตุการณ์แผ่นดินไหวไปตามแหล่งกำเนิดต่างๆ

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Divide Data into Zones Program %%%% By Palasri Ch. %%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Last changed -- 22/11/2006 %%%

clc
clear all
format long g

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Input Data %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%% Earthquake Data file %%%
fid1=fopen('EQDATA(in_A).txt','r');
[A1,count1]=fscanf(fid1,'%f',[11 inf]);
n1=count1/11;
A1=A1';
No=A1(:,1);
yy=A1(:,2);
mm=A1(:,3);
dd=A1(:,4);
hr=A1(:,5);
mi=A1(:,6);
se=A1(:,7);
lat=A1(:,8);
lon=A1(:,9);
dep=A1(:,10);
Mw=A1(:,11);
check=zeros(n1,1);

% lat = Latitude (decimal degree)
% lon = Longitude (decimal degree)
% Mw = Moment Magnitude of Earthquake

%%% Zones Position file %%%

fid2=fopen('Zone_A.txt','r');
[A2,count2]=fscanf(fid2,'%f',[2 inf]);
n2=count2/2;
A2=A2';
latv=A2(:,1);
lonv=A2(:,2);
fclose(fid2);

check=inpolygon(lon,lat,lonv,latv);

%%% Cut Data %%%
k=0;
k2=0;
for i=1:n1
    if check(i)>0
        k=k+1;
    end
end

```

```

    else
        k2=k2+1;
    end
end

No2=zeros(k,1);
yy2=zeros(k,1);
mm2=zeros(k,1);
dd2=zeros(k,1);
hr2=zeros(k,1);
mi2=zeros(k,1);
se2=zeros(k,1);
lat2=zeros(k,1);
lon2=zeros(k,1);
dep2=zeros(k,1);
Mw2=zeros(k,1);

No3=zeros(k2,1);
yy3=zeros(k2,1);
mm3=zeros(k2,1);
dd3=zeros(k2,1);
hr3=zeros(k2,1);
mi3=zeros(k2,1);
se3=zeros(k2,1);
lat3=zeros(k2,1);
lon3=zeros(k2,1);
dep3=zeros(k2,1);
Mw3=zeros(k2,1);
m=0;
m2=0;

for i=1:n1
    if check(i)>0
        m=m+1;
        No2(m)=No(i);
        yy2(m)=yy(i);
        mm2(m)=mm(i);
        dd2(m)=dd(i);
        hr2(m)=hr(i);
        mi2(m)=mi(i);
        se2(m)=se(i);
        lat2(m)=lat(i);
        lon2(m)=lon(i);
        dep2(m)=dep(i);
        Mw2(m)=Mw(i);
    else
        m2=m2+1;
        No3(m2)=No(i);
        yy3(m2)=yy(i);
        mm3(m2)=mm(i);
        dd3(m2)=dd(i);
        hr3(m2)=hr(i);
        mi3(m2)=mi(i);
        se3(m2)=se(i);
        lat3(m2)=lat(i);
        lon3(m2)=lon(i);
        dep3(m2)=dep(i);
    end
end

```

```
        Mw3(m2)=Mw(i);
    end
end
fclose(fid1);

#####
%% Output Data %%
#####

out_pt=fopen('EQDATA_Zone_A.txt','w');
for i=1:k
    fprintf(out_pt,'%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%.1f\t%.3f\t%.
3f\t%.0f\t%.1f\n',[No2(i);yy2(i);mm2(i);dd2(i);hr2(i);mi2(i);se2(i);lat2
(i);lon2(i);dep2(i);Mw2(i)]);
end
fclose(out_pt);

out_pt2=fopen('EQDATA(in_B).txt','w');
for i=1:k2
    fprintf(out_pt2,'%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%0f\t%.1f\t%.3f\t%.
3f\t%.0f\t%.1f\n',[No3(i);yy3(i);mm3(i);dd3(i);hr3(i);mi3(i);se3(i);lat
3(i);lon3(i);dep3(i);Mw3(i)]);
end
fclose(out_pt2);
```

ข.4 โปรแกรมตรวจสอบเหตุการณ์แผ่นดินไหวในแต่ละโซน

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Plot Data in Source Zone Program %%%% By Palasri Ch. %%%%
%%% and find a,b-value of G-R equation %%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Last changed -- 22/11/2006 %

clc
clear all
format long g

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Input Data %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%% Earthquake Data file %%%
fid1=fopen('EQDATA(in_A).txt','r');
[A1,count1]=fscanf(fid1,'%f',[11 inf]);
n1=count1/11;
A1=A1';
No=A1(:,1);
yy=A1(:,2);
mm=A1(:,3);
dd=A1(:,4);
hr=A1(:,5);
mi=A1(:,6);
se=A1(:,7);
lat1=A1(:,8);
lon1=A1(:,9);
dep=A1(:,10);
Mw=A1(:,11);
check=zeros(n1,1);
fclose(fid1);

% lat = Latitude (decimal degree)
% lon = Longitude (decimal degree)
% Mw = Moment Magnitude of Earthquake

%%% Zones Position file %%%

fid2=fopen('Zone_X.txt','r');
[A2,count2]=fscanf(fid2,'%f',[2 inf]);
n2=count2/2;
A2=A2';
latv=A2(:,1);
lonv=A2(:,2);
fclose(fid2);

check=inpolygon(lon1,lat1,lonv,latv);

%%% Cut Data %%%
k=0;
k2=0;

```

```

for i=1:n1
    if check(i)>0
        k=k+1;
    else
        k2=k2+1;
    end
end

No2=zeros(k,1);
yy2=zeros(k,1);
mm2=zeros(k,1);
dd2=zeros(k,1);
hr2=zeros(k,1);
mi2=zeros(k,1);
se2=zeros(k,1);
lat2=zeros(k,1);
lon2=zeros(k,1);
dep2=zeros(k,1);
Mw2=zeros(k,1);

No3=zeros(k2,1);
yy3=zeros(k2,1);
mm3=zeros(k2,1);
dd3=zeros(k2,1);
hr3=zeros(k2,1);
mi3=zeros(k2,1);
se3=zeros(k2,1);
lat3=zeros(k2,1);
lon3=zeros(k2,1);
dep3=zeros(k2,1);
Mw3=zeros(k2,1);
m=0;
m2=0;

for i=1:n1
    if check(i)>0
        m=m+1;
        No2(m)=No(i);
        yy2(m)=yy(i);
        mm2(m)=mm(i);
        dd2(m)=dd(i);
        hr2(m)=hr(i);
        mi2(m)=mi(i);
        se2(m)=se(i);
        lat2(m)=lat1(i);
        lon2(m)=lon1(i);
        dep2(m)=dep(i);
        Mw2(m)=Mw(i);
    else
        m2=m2+1;
        No3(m2)=No(i);
        yy3(m2)=yy(i);
        mm3(m2)=mm(i);
        dd3(m2)=dd(i);
        hr3(m2)=hr(i);
        mi3(m2)=mi(i);
        se3(m2)=se(i);
    end
end

```



```

        lat3(m2)=lat1(i);
        lon3(m2)=lon1(i);
        dep3(m2)=dep(i);
        Mw3(m2)=Mw(i);
    end
end
m
maxMw=max(Mw2)
%%% Find period of data %%%
periodEQ=max(yy2(:,1))-min(yy2(:,1))+1;

%%% Find a,b-value of G-R equation %%%

range=0.25:0.5:9.75;
noMw=histc(Mw2,range);
Mwfit=range+0.25;
cumMw=zeros(20,1);
for i=2:20
    cumMw(21-i)=cumMw(22-i)+noMw(21-i);
end

check2=zeros(20,1);
for i=1:20
    if noMw(i)~=0
        check2(i)=1;
    end
end
L=0;
for i=1:20
    if check2(i)==1
        L=L+1;
    end
end

Mwfit2=zeros(L,1);
cumMw2=zeros(L,1);
L2=0;
for i=1:20
    if check2(i)==1
        L2=L2+1;
        Mwfit2(L2)=Mwfit(i);
        cumMw2(L2)=cumMw(i);
    end
end
L3=0;
%%% Fit range %%%
%aaa=4;
%bbb=6.5;

for i=1:L2
    if Mwfit2(i)>=4
%        if Mwfit2(i)>=aaa & Mwfit2(i)<=bbb
            L3=L3+1;
            Mwfit3(L3)=Mwfit2(i);
            cumMw3(L3)=cumMw2(i);
        end
    end
end

```

```

end

lamda=cumMw/periodEQ;
lamda3=cumMw3/periodEQ;
loglamda=log10(lamda);
loglamda3=log10(lamda3);
fitGR=polyfit(Mwfit3,loglamda3,1);
a_value=fitGR(2)
b_value=-fitGR(1)

maxM=max(Mwfit2);
Mfit=4:0.5:maxM;
%Mfit=aaa:0.5:bbb;
nm=(maxM-4)/.5+1
%nm=(bbb-aaa)/.5+1;

for i=1:nm
    loglamdafit(i)=(a_value-b_value*Mfit(i));
    lamdafit(i)=10^loglamdafit(i);
end

figure;
load coast
axesm('MapProjection','mercator','MapLatLimit',[0 25],'MapLonLimit',[92
106])
framem
gridm('MLineLocation',5,'PLineLocation',5);
mlabel('MLabelLocation',5)
plabel('PLabelLocation',5)
patchesm(lat,long,'FaceColor',0.8*[1 1 1])
linem(latv,lonv,'b-','LineWidth',2)
plotm(lat2,lon2,'k.')
plotm(lat3,lon3,'g.')
%latmid=(max(latv)+min(latv))/2;
%lonmid=(max(lonv)+min(lonv))/2;
textm(9,101,'Zone A','FontSize',14)
textm(8,101,[num2str(m),' events'],'FontSize',14)

figure;
semilogy(Mwfit,lamda,'b*')
%title('The mean of annual rate of exceedance');
xlabel('Moment magnitude');
ylabel('Mean of annual rate of exceedance (/year)');
%L22=round(L2/2);
text(Mfit(round(nm/2)),lamdafit(round(nm/2)),['log(\lambda) =
',num2str(a_value,'%3f'),' - ',num2str(b_value,'%3f'),'M
\rightarrow'],'HorizontalAlignment','right','FontSize',14)
hold on;
plot(Mfit,lamdafit,'r-','LineWidth',3)

disp('Finish')

```

ข.5 โปรแกรมวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย

ประกอบด้วยส่วนโปรแกรมหลัก mainPSHA.m สำหรับวิเคราะห์หาความเร่งทุกๆ จุดในแผนที่ และฟังก์ชันย่อยได้แก่ sumThaiPSHA.m สำหรับรวมโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวทุกๆ โชน ในแต่ละจุดในแผนที่ และ ThaiPSHA_A.m, ThaiPSHA_B.m, ..., ThaiPSHA_X.m สำหรับการวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวของจุดหนึ่งในแผนที่ ในแต่ละโชน ซึ่งจะใช้ฟังก์ชันย่อยๆ att_sadigh.m, att_youngs.m สำหรับการคำนวณหาความเร่งในแนวราบจากสมการลดทอนแผ่นดินไหว

จะได้ Output file เป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ผลรวมของโอกาสการเกิดค่าความเร่งในระดับต่างๆ ของทุกๆ โชนแผ่นดินไหว กับค่าความเร่งในแนวราบของแผ่นดินไหว ในแต่ละจุดบนแผนที่

mainPSHA.m

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Probabilistic Seismic Hazard Analysis %% By Chitti Palasri%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Last changed -- 27/11/2006 %%

clear all;
clc;
format long g;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% Map Boundary %%
latmax=25;
latmin=0;
lonmax=106;
lonmin=92;
dl=0.25;

%% Arrange Grid %%
nlat=(latmax-latmin)/dl+1;
nlon=(lonmax-lonmin)/dl+1;
nll=nlat*nlon;
lat01=zeros(nlat,nlon);
lon01=zeros(nlat,nlon);
lat02=zeros(nll,1);
lon02=zeros(nll,1);
for i=1:nlat
    lat01(i,:)=latmin+(i-1)*dl;
end
for i=1:nlon
    lon01(:,i)=lonmin+(i-1)*dl;
end
latsite=reshape(lat01,nll,1);
lonsite=reshape(lon01,nll,1);

```

```

out_pt=fopen('PSHA(Sadigh).txt','w');

for i=1:nll
    disp(['running...step = ' num2str(i) ' of ' num2str(nll)])
    PHA10p50y(i)=sumThaiPSHA(latsite(i),lonsite(i));

fprintf(out_pt,'% .3f\t%.3f\t%.6f\n',[latsite(i);lonsite(i);PHA10p50y(i)]
);
end
fclose(out_pt);
disp('Finish')

```

sumThaiPSHA.m

```

function PHA10p50y=sumThaiPSHA(latsite,lonsite)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Probabilistic Seismic Hazard Analysis %% By Chitti Palasri%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Last changed -- 27/11/2006 %%
%clear all;
%clc;
format long g;

%latsite=14;
%lonsite=97;

annualrate=zeros(200,18);
sumrate=zeros(200,1);
annualrate(:,1)=ThaiPSHA_A(latsite,lonsite);
annualrate(:,2)=ThaiPSHA_B(latsite,lonsite);
annualrate(:,3)=ThaiPSHA_C(latsite,lonsite);
annualrate(:,4)=ThaiPSHA_D(latsite,lonsite);
annualrate(:,5)=ThaiPSHA_E(latsite,lonsite);
annualrate(:,6)=ThaiPSHA_F(latsite,lonsite);
annualrate(:,7)=ThaiPSHA_H(latsite,lonsite);
annualrate(:,8)=ThaiPSHA_J(latsite,lonsite);
annualrate(:,9)=ThaiPSHA_K(latsite,lonsite);
annualrate(:,10)=ThaiPSHA_M(latsite,lonsite);
annualrate(:,11)=ThaiPSHA_N(latsite,lonsite);
annualrate(:,12)=ThaiPSHA_O(latsite,lonsite);
annualrate(:,13)=ThaiPSHA_P(latsite,lonsite);
annualrate(:,14)=ThaiPSHA_T(latsite,lonsite);
annualrate(:,15)=ThaiPSHA_U(latsite,lonsite);
annualrate(:,16)=ThaiPSHA_V(latsite,lonsite);
annualrate(:,17)=ThaiPSHA_W(latsite,lonsite);
annualrate(:,18)=ThaiPSHA_X(latsite,lonsite);
for i=1:200
    sumrate(i)=sum(annualrate(i,:));
    if sumrate(i)>0
        logsumrate(i)=log10(sumrate(i));
    else
        logsumrate(i)=-19.3920890976347;
    end
end

```


ThaiPSHA_A.m

```

function annualrate=ThaiPSHA_A(latsite,lonsite)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Probabilistic Seismic Hazard Analysis %% By Chitti Palasri%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Last changed -- 27/11/2006 %%

%clear all;
%clc;
%format long g;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Input Data %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%% Site Position %%%
%latsite=0;
%lonsite=0;

%%% Zone Boundary %%%
fid2=fopen('Zone_A.txt','r');
[A2,count2]=fscanf(fid2,'%f',[2 inf]);
n2=count2/2;
A2=A2';
latv1=A2(:,1);
lonv1=A2(:,2);
fclose(fid2);

%%% Map Boundary %%%
latmax=25;
latmin=0;
lonmax=106;
lonmin=92;
dl=0.05;

%%% a & b values of G-R equation %%%
a_value1=3.187;
b_value1=0.491;
Mmax1=7.5;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Analysis %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% 1. Approximations to source-to-site probability distribution %

%%% Arrange Grid %%%
nlat=(latmax-latmin)/dl+1;
nlon=(lonmax-lonmin)/dl+1;
nll=nlat*nlon;
lat01=zeros(nlat,nlon);
lon01=zeros(nlat,nlon);
lat02=zeros(nll,1);
lon02=zeros(nll,1);
for i=1:nlat

```

```

        lat01(i,:) = latmin + (i-1)*dl;
    end
    for i=1:nlon
        lon01(:,i) = lonmin + (i-1)*dl;
    end
    lat02 = reshape(lat01, nll, 1);
    lon02 = reshape(lon01, nll, 1);

    %%% Grid in Zone %%%
    check = inpolygon(lon02, lat02, lonv1, latv1);
    k1 = 0;
    k2 = 0;
    for i=1:nll
        if check(i) > 0
            k1 = k1 + 1;
        %   else
        %       k2 = k2 + 1;
        end
    end
    latzone = zeros(k1, 1);
    lonzone = zeros(k1, 1);
    m1 = 0;
    m2 = 0;
    for i=1:nll
        if check(i) > 0
            m1 = m1 + 1;
            latzone(m1) = lat02(i);
            lonzone(m1) = lon02(i);
        %   else
        %       m2 = m2 + 1;
        %       latnozone(m2) = lat02(i);
        %       lonnozone(m2) = lon02(i);
        end
    end
    npoly = m1;

    %%% Find Distance & source-to-site probability distribution %%%
    Rdist = zeros(npoly, 1);
    for i=1:npoly
        cosdist = sin(latzone(i)*pi/180)*sin(latsite*pi/180) + cos(latzone(i)*pi/180)
        *cos(latsite*pi/180)*cos(abs(lonsite*pi/180 - lonzone(i)*pi/180));
        Rdist(i) = 111.23*(180/pi)*acos(cosdist);
        %   Rdist(i) = ((latzone(i) - latsite)^2 + (lonzone(i) - lonsite)^2)^0.5;
    end
    distmax = max(Rdist);
    distmin = min(Rdist);
    Dist = distmin + (distmax - distmin)/80 : (distmax - distmin)/40 : distmax - (distmax -
    distmin)/80;
    hisdist = hist(Rdist, Dist);
    probbdist = hisdist/sum(hisdist);

    %figure
    %bar(Dist, probbdist)

```

```

% 2. Probability of Recurrence Rate in each Mw %

Mw=4+(Mmax1-4)/20:(Mmax1-4)/10:Mmax1-(Mmax1-4)/20;
probrec=zeros(10,1);
beta=2.3026*b_value1;
for i=1:10
    probrec(i)=(beta*exp(-beta*(Mw(i)-4)))/(1-exp(-beta*(Mmax1-4)))* (Mmax1-4)/10;
end

%figure
%bar(Mw,probrec)

% 3. Probability of PGA from Attenuation Model %

% i for loop of Mw
% j for loop of Distance
% k for loop of PHA

%%% ln(PHA) (Mw,Dist) from attenuation model %%%
lnPHA=zeros(10,40);
SDPHA=zeros(10,40);
for i=1:10
    for j=1:40
        aa=att_youngs(Mw(i),Dist(j));
        lnPHA(i,j)=aa(1);
        SDPHA(i,j)=aa(2);
    end
end

%%% Probability of PHA in each (%g) %%%
PHA=0.005:0.01:1.995;
for k=1:200
    ln_a(k)=log(PHA(k)*981); % unit (gal)
    for i=1:10
        for j=1:40
            probPHA(k,i,j)=1-normcdf(ln_a(k),lnPHA(i,j),SDPHA(i,j));
        end
    end
end

% 4. Annual Rate of Exceedance of each PHA %
nul=10^(a_value1-b_value1*4.0);
lambdasum1=zeros(200,10,1);
lambdasum2=zeros(200,1);
for k=1:200
    for i=1:10
        for j=1:40
            lambda(k,i,j)=nul*probrec(i)*probdist(j)*probPHA(k,i,j);
        end
        lambdasum1(k,i)=sum(lambda(k,i,:));
    end
    lambdasum2(k)=sum(lambdasum1(k,:));
end

```



```

latv1=A2(:,1);
lonv1=A2(:,2);
fclose(fid2);

%%% Map Boundary %%%
latmax=25;
latmin=0;
lonmax=106;
lonmin=92;
dl=0.05;

%%% a & b values of G-R equation %%%
a_value1=3.818;
b_value1=0.700;
Mmax1=7.4;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Analysis %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% 1. Approximations to source-to-site probability distribution %

%%% Arrange Grid %%%
nlat=(latmax-latmin)/dl+1;
nlon=(lonmax-lonmin)/dl+1;
nll=nlat*nlon;
lat01=zeros(nlat,nlon);
lon01=zeros(nlat,nlon);
lat02=zeros(nll,1);
lon02=zeros(nll,1);
for i=1:nlat
    lat01(i,:)=latmin+(i-1)*dl;
end
for i=1:nlon
    lon01(:,i)=lonmin+(i-1)*dl;
end
lat02=reshape(lat01,nll,1);
lon02=reshape(lon01,nll,1);

%%% Grid in Zone %%%
check=inpolygon(lon02,lat02,lonv1,latv1);
k1=0;
k2=0;
for i=1:nll
    if check(i)>0
        k1=k1+1;
%    else
%        k2=k2+1;
    end
end
latzone=zeros(k1,1);
lonzone=zeros(k1,1);
m1=0;
m2=0;
for i=1:nll
    if check(i)>0
        m1=m1+1;

```

```

        latzone(m1)=lat02(i);
        lonzone(m1)=lon02(i);
%   else
%       m2=m2+1;
%       latnozone(m2)=lat02(i);
%       lonnozone(m2)=lon02(i);
    end
end
npoly=m1;

%%% Find Distance & source-to-site probability distribution %%%
Rdist=zeros(npoly,1);
for i=1:npoly

    cosdist=sin(latzone(i)*pi/180)*sin(latsite*pi/180)+cos(latzone(i)*pi/180
    )*cos(latsite*pi/180)*cos(abs(lonsite*pi/180-lonzone(i)*pi/180));
    Rdist(i)=111.23*(180/pi)*acos(cosdist);
%   Rdist(i)=((latzone(i)-latsite)^2+(lonzone(i)-lonsite)^2)^0.5;
end
distmax=max(Rdist);
distmin=min(Rdist);
Dist=distmin+(distmax-distmin)/80:(distmax-distmin)/40:distmax-(distmax-
distmin)/80;
hisdist=hist(Rdist,Dist);
probdist=hisdist/sum(hisdist);

%figure
%bar(Dist,probdist)

% 2. Probability of Recurrence Rate in each Mw %

Mw=4+(Mmax1-4)/20:(Mmax1-4)/10:Mmax1-(Mmax1-4)/20;
probrec=zeros(10,1);
beta=2.3026*b_value1;
for i=1:10
    probrec(i)=(beta*exp(-beta*(Mw(i)-4)))/(1-exp(-beta*(Mmax1-
4)))*(Mmax1-4)/10;
end

%figure
%bar(Mw,probrec)

% 3. Probability of PGA from Attenuation Model %

% i for loop of Mw
% j for loop of Distance
% k for loop of PHA

%%% ln(PHA) (Mw,Dist) from attenuation model %%%
lnPHA=zeros(40,10);
SDPHA=zeros(40,10);
for i=1:10
    for j=1:40
        aa=att_sadigh(Mw(i),Dist(j));
        lnPHA(i,j)=aa(1);
    end
end

```


att_sadigh.m

```

function lnPHAandSD=att_sadigh(M,R)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Attenuation Model-Sadigh et al.(1997) %% By Chitti Palasri%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Last changed -- 27/11/2006 %%

%clear all;
%clc;
%format long g;
h=10;
c11=-0.624;
c12=1;
c13=0;
c14=-2.1;
c15=1.29649;
c16=0.25;
c17=0;

c21=-1.274;
c22=1.1;
c23=0;
c24=-2.1;
c25=-0.48451;
c26=0.524;
c27=0;

Rhypo=sqrt(R^2+h^2);
if M<=6.5
    lnPHA=c11+c12*M+c13*(8.5-
M)^2.5+c14*log(Rhypo+exp(c15+c16*M))+c17*log(Rhypo+2);
elseif M>6.5
    lnPHA=c21+c22*M+c23*(8.5-
M)^2.5+c24*log(Rhypo+exp(c25+c26*M))+c27*log(Rhypo+2);
end
lnPHA=log(exp(lnPHA)*981); %change g into gals

if M<7.2
    sd=1.39-0.14*M;
elseif M>=7.2
    sd=0.38;
end

lnPHAandSD=[lnPHA sd];

```

att_youngs.m

```

function lnPHAandSD=att_youngs(M,R)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Attenuation Model-Youngs et al.(1997) %% By Chitti Palasri%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Last changed -- 27/11/2006 %%

%clear all;
%clc;
%format long g;
h=33;
c1=0.2418;
c2=1.414;
c3=0;
c4=-2.552;
c5=0.00617;
c6=0.3846;
c7=1.7818;
c8=0.554;

Rhypo=sqrt(R^2+h^2);
lnPHA=c1+c2*M+c3*(10-M)^3+c4*log(Rhypo+c7*exp(c8*M))+0.00607*h;

if Rhypo>200
    lnPHA=lnPHA+(-0.0038*(Rhypo-200));
end

lnPHA=log(exp(lnPHA)*981); %change g into gals

if M<=8
    sd=1.45-0.1*M;
elseif M>8
    sd=0.65;
end

lnPHAandSD=[lnPHA sd];

```

ข.6 โปรแกรมวาดแผนที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวในประเทศไทย

เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับอ่าน Output file ที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว และหาค่าความเร่งในแนวนอนของแต่ละจุดบนแผนที่โดยคิดโอกาสเป็นเปอร์เซ็นต์ ในรอบการเกิด 50 ปี

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Probabilistic Seismic Hazard Analysis %% By Chitti Palasri%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%% Last changed -- 27/11/2006 %%

clear all;
clc;
format long g;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%% Map Boundary %%%
latmax=22;
latmin=4;
lonmax=106;
lonmin=96;
dl=1;
Percent_year=10;      % Percent Probability of Exceedance
Year_period=50;      % in years

%%% Arrange Grid %%%
nlat=(latmax-latmin)/dl+1;
nlon=(lonmax-lonmin)/dl+1;
nll=nlat*nlon;
lat01=zeros(nlat,nlon);
lon01=zeros(nlat,nlon);
lat02=zeros(nll,1);
lon02=zeros(nll,1);
for i=1:nlat
    lat01(i,:)=latmin+(i-1)*dl;
end
for i=1:nlon
    lon01(:,i)=lonmin+(i-1)*dl;
end
latsite=reshape(lat01,nll,1);
lonsite=reshape(lon01,nll,1);

out_pt=fopen('PSHA(10P50Y)_Sadigh-Youngs_grid1.txt','w');
for i=1:nll
    disp(['running...step = ' num2str(i) ' of ' num2str(nll)])

    PHA10p50y(i)=Probexceed(latsite(i),lonsite(i),Percent_year,Year_period);

    fprintf(out_pt,'% .3f\t%.3f\t%.6f\n', [latsite(i);lonsite(i);PHA10p50y(i)]
    );
end
fclose(out_pt);

```

Probexceed.m

```

function PHA10p50y=Probexceed(latsite,lonsite,Percent_year,Year_period)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%clear all;
%clc;
%format long g;
%latsite=4;
%lonsite=96;

latname=num2str(latsite*100);
lonname=num2str(lonsite*100);
iname=strcat('PHA_Lambda_',latname,'-',lonname,'.txt');
in_pt=fopen(iname,'r');
latsitel=fscanf(in_pt,'%f',[1 1]);
lonsitel=fscanf(in_pt,'%f',[1 1]);
[A count]=fscanf(in_pt,'%f',[20 inf]);
A=A';
rangePHA=A(:,1);
sumrate=A(:,2);
fclose(in_pt);

for i=1:200
    if sumrate(i)>0
        logsumrate(i)=log10(sumrate(i));
    else
        logsumrate(i)=-19.3920890976347;
    end
end

%Percent_year=10;      % Percent Probability of Exceedance
%Year_period=50;      % in years
lamda10p50y=(-log(1-Percent_year/100))/Year_period;
log_lamda10p50y=log10(lamda10p50y);
for i=2:200
    if log_lamda10p50y>logsumrate(i) & log_lamda10p50y<logsumrate(i-1)
        PHA10p50y=interp1(logsumrate(i-1:i+5),rangePHA(i-
1:i+5),log_lamda10p50y,'spline');
    elseif log_lamda10p50y==logsumrate(i)
        PHA10p50y=rangePHA(i);
    end
end
if log_lamda10p50y>logsumrate(1)
    PHA10p50y=0.004;
elseif log_lamda10p50y==logsumrate(1)
    PHA10p50y=0.005;
elseif log_lamda10p50y<logsumrate(200)
    PHA10p50y=2.000;
End

```


contourthai.m

```

clc
clear all
format long g

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%% Input Data %%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

latmin=5;
latmax=22;
lonmin=96;
lonmax=106;

%%% Earthquake Data file %%%
fid1=fopen('PSHA(10P50Y)_Sadigh(new)_grid025.txt','r');
[A1,count1]=fscanf(fid1,'%f',[3 inf]);
A1=A1';
lat1=A1(:,1);
lon1=A1(:,2);
PHA1=A1(:,3);

fclose(fid1);

latmax1=max(lat1);
latmin1=min(lat1);
lonmax1=max(lon1);
lonmin1=min(lon1);
dl=round((lat1(2)-lat1(1))*100)/100;
%dl=0.1;
nlat=(latmax1-latmin1)/dl+1;
nlon=(lonmax1-lonmin1)/dl+1;
nll=nlat*nlon;

PHA2=reshape(PHA1,nlat,nlon);
lat2=reshape(lat1,nlat,nlon);
lon2=reshape(lon1,nlat,nlon);
PHAmax=max(max(PHA2));
cax1=[0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0];
figure
load worldlo
%load coast
axesm('MapProjection','mercator','MapLatLimit',[latmin
latmax],'MapLonLimit',[lonmin lonmax])
framem
gridm('MLineLocation',2,'PLineLocation',2);
[latpo,longpo]=extractm(POline);
plotm(latpo,longpo,'k','linewidth',2)
mlabel('MLabelLocation',2,'FontSize',8)
plabel('PLabelLocation',2,'FontSize',8)
%patchesm(lat,long,'FaceColor',0.8*[1 1 1])
%caxis ([0 0.3]);colormap(flipud(hsv(15)));colorbar
caxis ([0 1.5]);colormap(flipud(gray(25)));%colorbar
%caxis ([0 0.6]);colormap(flipud(hot(30)));%colorbar
%caxis ([0 0.3]);colormap(hsv(15));colorbar

```

```
%caxis ([0 0.6]);colormap(hsv(30));
colorbar(...
'YTick',[0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7
0.8 0.9 1.0 1.5]...
,'YTickLabel',[0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.4 0.5
0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.5]);
[c,h] = contourfm(lat2,lon2,PHA2,[0.01 0.02:0.02:0.1 0.15 0.2 0.25 0.3
0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.5]);
[c1,h1] = contourm(lat2,lon2,PHA2,[0.01 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.15 0.2
0.25 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.5],'k');
%[c1,h1] = contourm(lat2,lon2,PHA2,[0.025:0.025:2.000],'k');
%[c2,h2] = contourm(lat2,lon2,PHA2,[0.000:0.005:0.020],'g');
%[c,h] = contourm(lat2,lon2,PHA2,[0 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07
0.08 0.09 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8],'b');
%[c,h] = contourfm(lat2,lon2,PHA2,[0 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07
0.08 0.09 0.1 0.15 0.2 0.25 0.3 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8],'b');
ht = clabelm(c1,h1); set(ht,'color','k','FontSize',6);
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายจิตติ ปาลศรี เกิดวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนวัดสุทธิวราราม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547