

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลต่าง ๆ มากมาย ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลบางส่วนจากหน่วยงานต่างๆ ของภาครัฐที่ให้การสนับสนุนข้อมูลทั้งในรูปแบบของฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) หรือแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมในเขตพื้นที่ตัวเมืองเชียงใหม่ (ภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ปี 2547) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลด้านวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหว และการจัดการความเสี่ยงจากภัยแผ่นดินไหวต่าง ๆ ที่ต้องใช้ โดยข้อมูลที่ต้องใช้ประกอบการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. ข้อมูลอาคารในพื้นที่เทศบาลเชียงใหม่ (Building Inventory) ได้แก่ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของอาคารในเขตเมืองเชียงใหม่ และข้อมูลมูลค่าของอาคารเป็นบาทต่อตารางเมตร ซึ่งต้องใช้ในการประเมินมูลค่าของอาคาร

2. ภัยแผ่นดินไหวของเชียงใหม่ (Seismic Hazard) การประเมินภัยแผ่นดินไหวเกี่ยวข้องกับการอธิบายตำแหน่งและระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว ทั้งนี้อาจมีการประเมินได้ 2 แนวทาง

- 2.1 ภัยแผ่นดินไหวในระดับความรุนแรงสูงสุด จะทำการคาดการณ์ว่าในพื้นที่ทำการศึกษาก็จะเกิดความรุนแรงมากที่สุดเท่าไร โดยอาศัยข้อมูลในอดีตร่วมกับการศึกษาร่องรอยทางธรณีวิทยาที่อธิบายระดับความรุนแรงได้ การระบุภัยแผ่นดินไหวประเภทนี้จะไม่พิจารณาความไม่แน่นอนหรือโอกาสว่าจะมีเพียงใด

- 2.2 ภัยแผ่นดินไหวที่พิจารณาโอกาสการเกิดจะอาศัยข้อมูลในอดีตและทำการวิเคราะห์เชิงสถิติ เป็นการระบุระดับภัยแผ่นดินไหวที่ใช้กันทั่วไป โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีระยะเวลาของการเกิดซ้ำยาวนาน (Return Period)

3. ความอ่อนแอ (Vulnerability)

เป็นการระบุระดับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในระดับความรุนแรงระดับหนึ่ง เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ที่มีรายละเอียดมาก ใช้เวลานาน และมีค่าใช้จ่ายสูงที่สุดในขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงมี 2 แนวทางในการประเมินความอ่อนแอ คือ (1) การประเมินโดยอาศัยข้อมูลความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวในอดีต และ (2) การประเมินโดยอาศัยการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและพิจารณาแบบก่อสร้างประกอบการประเมินในแนวทางนี้เหมาะกับเขตแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรงไม่มาก และไม่มีข้อมูลในอดีต ข้อมูลทั้งหมดจะนำมาพิจารณาระดับความเสี่ยง และแสดงผลเชิงพื้นที่ผ่านโปรแกรม ArcView อีกด้วย

เพื่อที่จะดำเนินการศึกษาภายหลังจากที่ได้มาซึ่งข้อมูลต่าง ๆ แล้ว ได้ดำเนินการเตรียมข้อมูล และศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 การสำรวจและการจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

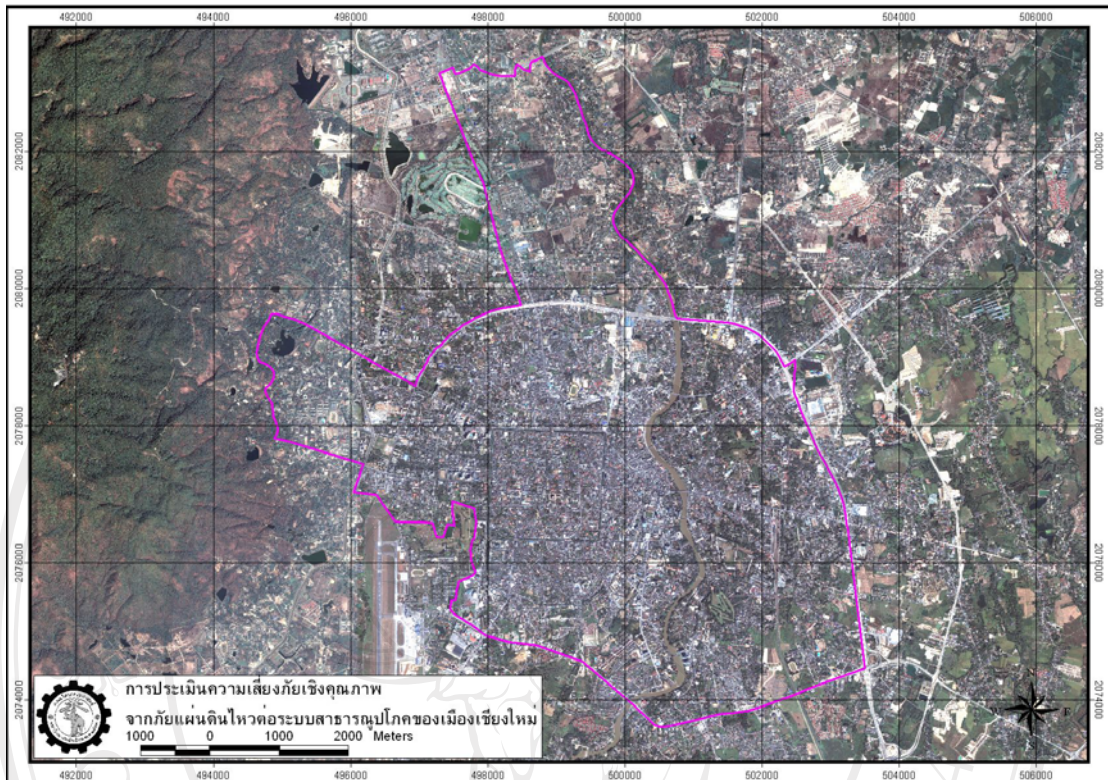
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ได้ใช้ในกระบวนการทางสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ GIS โดยทำการสำรวจ และจัดเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการศึกษา ซึ่งข้อมูลที่จัดเก็บนั้นสามารถทำการแบ่งชนิดข้อมูลที่จัดเก็บออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. ข้อมูลเชิงภาพ (Spatial data) ข้อมูลที่ใช้แสดงรูปภาพ หรือภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อใช้แสดงขอบเขตของพื้นที่ที่ศึกษา และข้อมูลเกี่ยวกับสภาพลักษณะของอาคาร ประเภทลักษณะการใช้ที่ดิน โครงข่ายของถนน เพื่อสามารถนำเข้าสู่กระบวนการ GIS ซึ่งจะทำการจะจำแนกชนิดของข้อมูลออกเป็นชั้นข้อมูล (Layer) ต่าง ๆ
2. ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data) เป็นข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปของฐานข้อมูล (Database) เพื่อให้มีความสะดวกในการใช้งาน และประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดนั้น ได้จากการเก็บรวบรวม และการออกสำรวจเพิ่มเติม เช่น สภาพลักษณะการใช้งานของอาคารแต่ละหลัง มีจำนวนความสูงกี่ชั้น พื้นที่เท่าไร ปีที่ทำการก่อสร้าง หรือปีที่ได้รับอนุญาตก่อสร้าง เป็นต้น

3.2 การคัดแยกข้อมูลและการนำเข้าข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

การคัดแยก และการนำเข้าสู่ระบบในรูปแบบเชิงภาพ (Raster) ซึ่งเป็นการเรียกใช้ของข้อมูลที่อยู่ในรูปของการ Scan เข้าไปสู่ระบบแล้ว ก่อนที่จะทำการ Digitize โดยการกำหนดจุดค่าที่พิกัดทางภูมิศาสตร์ (Ground Control Point) ตาม Projection ต่าง ๆ ที่มีอยู่ส่วนมากมักจะใช้ค่า Latitude, Longitude และระบบ UTM จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้เป็นข้อมูลที่มีอยู่แล้ว และเพื่อนำไปทำการปรับแก้ไข แล้วนำข้อมูลมาทำการซ้อนทับกันของข้อมูลในแต่ละชั้นในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงได้ทำการนำข้อมูลที่ได้นั้นเพื่อมาทำการคัดแยกข้อมูลของระบบ GIS ดังแสดงต่อไปนี้

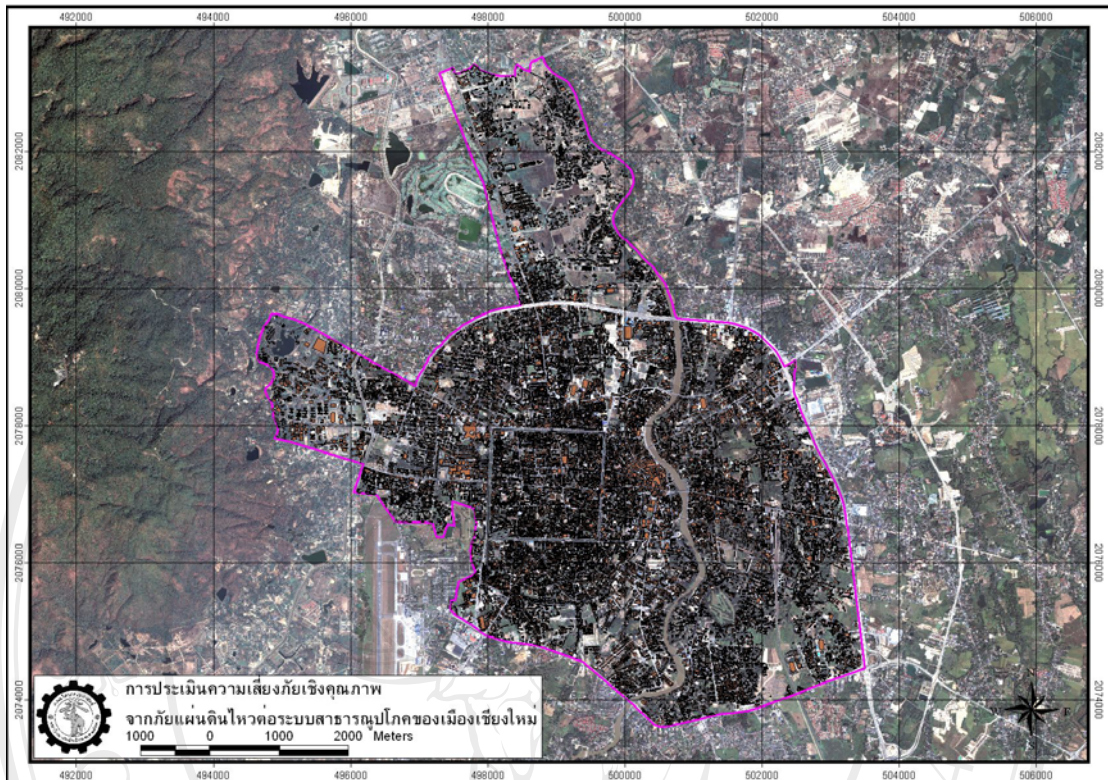
3.2.1 ทำการเรียกใช้ข้อมูลของตำแหน่งภาพถ่ายดาวเทียมตามตำแหน่งที่ได้มีการนำเข้า และจัดวางตำแหน่งของภาพถ่ายตามค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ เพื่อสามารถนำภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้ทำการจัดวางตำแหน่งเป็นตัวแทนแสดงลักษณะสภาพของพื้นที่ศึกษาในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ดังรูป 21



รูป 21 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณตัวเมืองเชียงใหม่ และขอบเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

3.2.2 ทำการเรียกใช้ข้อมูลเชิงภาพ และข้อมูลเชิงบรรยายตามของกลุ่มศึกษา โดยทำการแยกข้อมูลออกเป็นแต่ละหมวดได้ 3 กลุ่มข้อมูล ได้แก่

1) กลุ่มข้อมูลชื่อ Bldg.shp ข้อมูลเชิงภาพมีลักษณะเป็นรูปปิด (Polygon) เป็นชั้นข้อมูลที่แสดงลักษณะที่ตั้ง ตำแหน่ง รูปร่างของอาคาร และสำหรับข้อมูลเชิงบรรยายด้วยตารางข้อมูลชื่อ Attribute of Bldg.shp เป็นตารางข้อมูลที่แสดงรายละเอียดต่างๆ ของข้อมูลอาคาร โดยเรียกใช้เฉพาะข้อมูลในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ดังรูป 22 และรูป 23

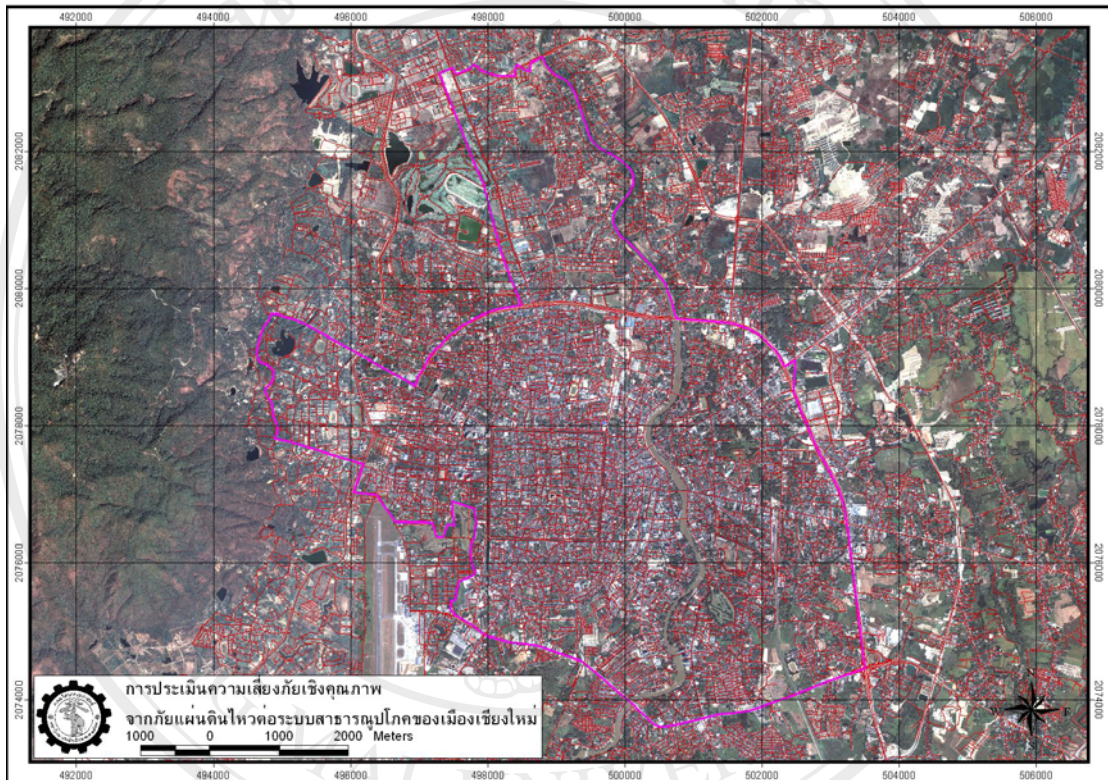


รูป 22 แสดงฐานข้อมูลอาคารในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่



รูป 23 แสดงการซ้อนทับกันของข้อมูลอาคารในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่กับภาพถ่ายดาวเทียม

2) กลุ่มข้อมูลชื่อ Roadline.shp ข้อมูลเชิงภาพมีลักษณะเป็นเส้น (Line) เพื่อใช้แสดงลักษณะโครงข่ายของถนนที่ใช้เป็นเส้นทางการจราจร และข้อมูลเชิงบรรยายมีตารางข้อมูลชื่อ Attribute of Roadline.shp เป็นตารางข้อมูลที่แสดงรายละเอียดต่างๆ ของโครงข่ายของแนวถนนที่ใช้ในการจราจรของตัวเมืองเชียงใหม่ ดังรูป 24



รูป 24 แสดงฐานข้อมูลถนนในเขตตัวเมืองเชียงใหม่

3.2.3 การปรับแก้ไขข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

เมื่อได้ทำการนำข้อมูลตามข้อ 3.2.1 และ 3.2.2 แล้วนั้น จึงได้ทำการปรับแก้ไขข้อมูลให้ทันสมัย โดยการ Digitize เพิ่มเติม และปรับปรุงข้อมูลให้สะดวกต่อการวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนี้ได้ทำการปรับแก้ไขข้อมูลเพื่อเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป โดยเพิ่มข้อมูลเชิงบรรยายในตาราง Attribute ต่าง ๆ ดังนี้

3.2.3.1 เพิ่มตารางข้อมูลพื้นที่ใช้สอยของอาคารในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ (Field sum_area) มีหน่วยของข้อมูลเป็น ตารางเมตร

3.2.3.2 เพิ่มตารางข้อมูลรหัสการคิดมูลค่าของอาคาร (Field Value_code) ซึ่งรายละเอียดการวิเคราะห์มูลค่าของอาคารได้แสดงในหัวข้อ 3.3 ถัดไป

3.2.3.3 เพิ่มตารางข้อมูลมูลค่าของอาคารต่าง ๆ (Field Value) มีหน่วยของข้อมูลเป็น บาท

3.2.3.4 เพิ่มตารางข้อมูลมูลค่าความเสียหายของอาคาร หากเกิดเหตุแผ่นดินไหว (Field L1 และ Field L2) มีหน่วยของข้อมูลเป็น บาท

3.3 การวิเคราะห์มูลค่าของอาคารในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

ในการประเมินมูลค่าของอาคาร และสิ่งก่อสร้างในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ นั้น ได้ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Field bl_area) มาเป็นข้อมูลพื้นที่ใช้สอยของอาคารในหน่วยเป็นตารางเมตรนำไปคูณกับจำนวนชั้น (Field bl_nstorey) ของอาคารดังกล่าว ได้เป็นพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคารนั้น ๆ (Field sum_area) แล้วนำไปคูณกับราคาประเมินของอาคารประเภทต่าง ๆ ในหน่วย บาท / ตารางเมตร ที่จัดทำโดยสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย ซึ่งประเมินจากข้อมูลราคาวัสดุก่อสร้างเดือน มิถุนายน ปี 2550 (www.thaiappraisal.org) ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งออกไว้เป็นกลุ่ม ๆ ให้สอดคล้องกับอาคารในพื้นที่เขตเทศบาลนครเชียงใหม่ (Field Value_code) ได้เป็นมูลค่าของอาคารนั้น ๆ (Field Value) โดยข้อมูลราคาประเมินของอาคารประเภทต่าง ๆ ของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทยซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกมาใช้เฉพาะรูปแบบอาคารที่มีอยู่ในเมืองเชียงใหม่ มีดังตาราง 7

ตาราง 7 ราคาประเมินมูลค่าทรัพย์สินของอาคารประเภทต่าง ๆ โดยสมาคมผู้ประเมิน
ค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย (มิถุนายน 2550)

Value Code	ประเภทอาคาร	ราคาประมาณต่อตารางเมตร (บาท / ตารางเมตร)		
		ต่ำ	ปานกลาง	สูง
0	ไม่นำมาคิดมูลค่า	-	-	-
1	บ้านเดี่ยวไม้ชั้นเดียว	7,400	8,600	9,600
2	บ้านเดี่ยวไม้ 2 ชั้น	6,400	8,100	9,300
3	บ้านครึ่งตึกครึ่งไม้	7,400	8,900	10,100
4	บ้านเดี่ยวตึกชั้นเดียว	9,900	11,300	12,800
5	บ้านเดี่ยวตึก 2 – 3 ชั้น	9,000	10,500	12,800
6	บ้านแฝดชั้นเดียว	8,300	9,900	11,300
7	บ้านแฝด 2 – 3 ชั้น	7,600	8,700	9,900
8	ทาวน์เฮาส์ชั้นเดียว	6,700	8,200	8,800
9	ทาวน์เฮาส์ 2 – 3 ชั้น กว้าง 4 เมตร	6,600	8,000	9,400
10	ห้องแถวไม้ 1 – 2 ชั้น	4,300	5,300	-
11	อาคารพาณิชย์ชั้นเดียว	5,100	5,700	6,600
12	อาคารพาณิชย์ 2 – 3 ชั้น	5,800	6,900	8,000
13	อาคารพาณิชย์ 4 – 5 ชั้น	5,600	6,600	7,500
14	อาคารพักอาศัยไม่เกิน 5 ชั้น	9,200	11,600	13,100
15	อาคารพักอาศัย 6 – 15 ชั้น	11,100	14,800	17,700
16	อาคารพักอาศัย 16 – 25 ชั้น	14,800	18,500	23,800
17	อาคารพักอาศัย 26 – 35 ชั้น	16,400	20,800	26,700
18	อาคารธุรกิจไม่เกิน 9 ชั้น	-	14,900	17,900
19	อาคารธุรกิจ 10 – 20 ชั้น	-	17,100	21,500
20	อาคารธุรกิจ 21 – 35 ชั้น	-	22,100	29,600
21	อาคารสรรพสินค้าสูงไม่เกิน 3 ชั้น	-	14,200	16,500
22	ศูนย์การค้าสูง 4 ชั้นขึ้นไป	-	19,500	24,000
23	โกดัง – โรงงานทั่วไป	5,400	6,600	-
24	อาคารจอดรถ (ส่วนบนดิน)	8,400	9,100	-
25	สนามเทนนิส, สนามกีฬาต่าง ๆ	-	2,820	-

สำหรับการพิจารณาเลือกประเภทระดับราคา ต่ำ กลาง และสูง ในตาราง 7 นั้น มีเกณฑ์การพิจารณาเลือกระดับราคาของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทย ซึ่งจากการพิจารณาวิเคราะห์เปรียบเทียบของผู้วิจัย พบว่าเห็นสมควรให้ใช้ระดับราคาปานกลางกับอาคารในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ และสำหรับเกณฑ์การพิจารณาระดับราคาของสมาคมผู้ประเมินค่าทรัพย์สินแห่งประเทศไทยนั้น สามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ www.thaiappraisal.org

3.4 การวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของแผ่นดินไหวที่ระดับความรุนแรงต่าง ๆ ในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่

จากข้อ 2.5.2 ได้กล่าวถึงการศึกษาจัดทำแผนที่ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวเชิงความน่าจะเป็นของประเทศไทย (จิตติ ปาลศรี, อาณัติ เรืองรัมย์, 2549) มีผลการศึกษาความน่าจะเป็นของความเร่งสูงสุด (Peak Ground Acceleration, PGA.) ที่มีโอกาสเกิน 10% ในรอบ 50 ปี พบว่าความเร่งสูงสุดในเขตภาคเหนือมีค่าประมาณ 0.30 g ส่วนความเร่งในแนวราบสูงสุดสำหรับชั้นหินที่มีโอกาสเกิน 2 % ในรอบ 50 ปี มีค่าความเร่งสูงขึ้นประมาณ 1.5 ถึง 2 เท่า การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงสรุปใช้ค่าความน่าจะเป็นของความเร่งสูงสุดดังนี้

$$PGA. \geq 0.30g; P = 0.10$$

$$PGA. \geq 0.50g; P = 0.02$$

และเพื่อให้สามารถประเมินความเสียหายจากแผ่นดินไหวต่ออาคารได้ จำเป็นจะต้องมีการแปลงค่าความเร่งสูงสุด (Peak Ground Acceleration, PGA) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวที่สามารถก่อให้เกิดค่าความเร่งสูงสุดต่าง ๆ ไปเป็นค่าความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตรามาเอร์คัลลีที่ปรับปรุงใหม่ (Modified Mercalli Intensity, MMI) โดยใช้สมการของ Zhang, P. et al. (1999) ในการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในทวีปเอเชีย (Global Seismic Hazard Assessment Program, GSHAP in Continental Asia, Annali di Geofisica) ปี 1999 เป็นสมการความสัมพันธ์ในการแปลงค่าดังตาราง 8

ตาราง 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราของเมอร์คัลลีที่ปรับปรุงใหม่ (Modified Mercalli Intensity, MMI) กับค่าความเร่งสูงสุด (PGA)

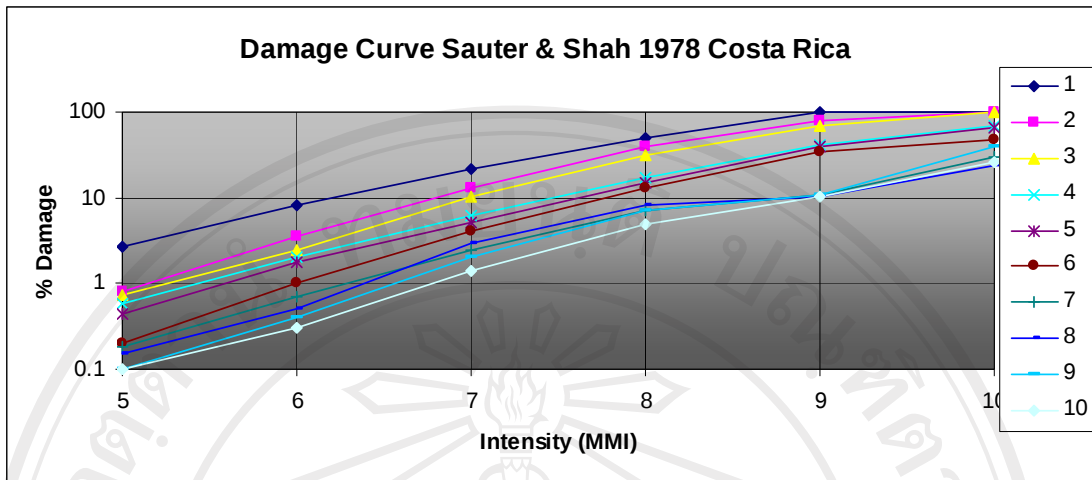
Modified Mercalli Intensity	Peak Ground Acceleration
VI	0.219g – 0.308g
VII	0.309g – 0.436g
VIII	0.437g – 0.616g
IX	0.617g – 0.870g
X	> 0.871g

3.5 การประเมินความเสี่ยงต่อการเสียหายจากแผ่นดินไหวด้านราคา ของอาคารในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่

และเพื่อที่จะทราบถึงร้อยละของความเสียหายของอาคารประเภทต่าง ๆ ที่ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวขนาดต่าง ๆ ได้ใช้ผลการศึกษาความอ่อนไหว (Vulnerability Function) ของอาคารประเภทต่าง ๆ ของ Sauter and Shah 1978 ซึ่งศึกษาไว้ที่ประเทศอิตาลี มาปรับใช้กับฐานข้อมูลอาคารในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยร้อยละของความเสียหายของอาคารประเภทต่าง ๆ ดังกล่าว แสดงดังตาราง 9 และกราฟความสัมพันธ์ของร้อยละความเสียหายกับระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว (Vulnerability Curve) แสดงดังรูป 25

ตาราง 9 แสดงร้อยละของความเสียหายของอาคารประเภทต่าง ๆ ที่แผ่นดินไหวขนาดความรุนแรงต่าง ๆ

Intensity (MMI)	% Damage									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	2.7	0.8	0.75	0.57	0.45	0.2	0.18	0.15	0.1	0.1
6	8	3.5	2.5	2	1.75	1	0.7	0.5	0.4	0.3
7	22	13	10.5	6.2	5.1	4	2.5	2.9	2	1.4
8	50	40	32	17	15	13	7	8	7	5
9	100	80	70	42	40	34	10.8	10.5	11	10.5
10	100	100	100	70	65	48	30	24	40	26



รูป 25 กราฟแสดงความเสียหายของอาคารประเภทต่าง ๆ ที่แผ่นดินไหวขนาดความรุนแรงต่าง ๆ

โดยที่รายละเอียดของประเภทวัสดุก่อสร้างอาคารต่าง ๆ ที่ได้แสดงในตาราง 9 และกราฟในรูป 25 มีดังต่อไปนี้

- 1 = Adobe, อิฐตากแห้ง
- 2 = Low Quality, คุณภาพต่ำ
- 3 = Reinforced concrete without seismic design, คอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว
- 4 = Steel frame without seismic design, โครงเหล็กที่ไม่มีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว
- 5 = Reinforced masonry med. Quality without seismic design, อิฐก่อเสริมเหล็กคุณภาพปานกลางที่ไม่มีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว
- 6 = Reinforced concrete frames with seismic design, คอนกรีตเสริมเหล็กที่มีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว
- 7 = Shear walls with seismic design, อาคารมี Shear walls และมีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว
- 8 = Wooden frames dwellings, อาคารที่อยู่อาศัยทำด้วยไม้
- 9 = Steel frames with seismic design, โครงเหล็กที่มีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว

10 = Reinforced masonry high quality with seismic design, อิฐก่อเสริมเหล็ก
คุณภาพสูงมีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว

ในการศึกษาครั้งนี้ ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์อาคารในเขตพื้นที่เทศบาลนครเชียงใหม่ ได้จัดแบ่งประเภทของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างอาคารออกเป็น 3 ประเภทได้แก่ คอนกรีต ไม้ และไม้และคอนกรีต ดังนั้น ในการวิเคราะห์ความเสียหายของอาคารจากแผ่นดินไหวโดยกราฟในรูป 25 นั้น จะเลือกใช้เส้นกราฟของวัสดุก่อสร้าง 2 ประเภทคือ ประเภทที่ 3 (Reinforced concrete without seismic design, คอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่มีการออกแบบเพื่อรองรับแผ่นดินไหว) และประเภทที่ 8 (Wooden frames dwellings, อาคารที่อยู่อาศัยทำด้วยไม้) มาทำการวิเคราะห์

การประเมินมูลค่าความเสียหายของอาคารในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ ได้ใช้สมการซึ่งประยุกต์มาจากสมการของ Chan, L.S. et al. (1998) ในการศึกษาเกี่ยวกับความสูญเสียจากแผ่นดินไหวของโลก โดยใช้ตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์มหภาค (Assessment of Global Seismic Loss Based on Macroeconomic Indicators) ในปี ค.ศ. 1998 ดังนี้

$$L = \sum [P(I) \times F(I) \times \text{Cost}] \quad \text{สมการ (3.1)}$$

โดยที่

L	คือ	มูลค่าความเสียหาย
I	คือ	ความรุนแรงของแผ่นดินไหว
P(I)	คือ	โอกาส หรือความน่าจะเป็นของการเกิดแผ่นดินไหวที่มีระดับความรุนแรง I (Intensity)
F(I)	คือ	ความอ่อนแอ (Vulnerability) ของอาคาร, สิ่งก่อสร้างในพื้นที่ศึกษา
Cost	คือ	มูลค่าของอาคาร