

臺中市政府 103 年度市政建設研究論文獎助計畫
實務工作研究論文

建置臺中市三維數位防災避難之研究-以臺中市南區為例
A Study of Taichung Three-Dimensional Digital Disaster Evacuation
- A Case Study of South District, Taichung City

研究人員：高書屏、林皇慧
學 校：國立中興大學
系 所：土木工程學系

中華民國 103 年 8 月

一、摘要

台灣是個地震頻繁的國家，常因地震災後逃生疏散動線不明確或是大地震後所帶來的餘震造成人員恐慌。鑒於 921 集集大地震所發生嚴重的傷害損失，為了能減少災害時造成的傷害與恐慌，需要一套完整的避難疏散策略，而避難路徑選擇與疏散規劃就成為重要的研究課題。而以往防災規劃路線都是以二維方式呈現，若能將三維數位城市功能的防災避難功能與路線規劃結合，將可實現虛擬實境三維數位智慧城市的防災應用面，進一步真正落實台中三維數位智慧城市的美名。同時本研究也希望未來能發展成數位智慧城市與智慧型手機 4G 上網相結合，讓台中市市民能夠即時掌握最新動態消息與三維數位智慧城市的防災避難功能與避難路線規劃。

二、研究目錄

1. 研究論文名稱	1
2. 研究摘要	2
3. 研究目錄	2
4. 研究主旨	2
5. 文獻探討	5
6. 研究設計、研究架構及分析方法	6
7. 資料分析結果與研究發現	12
8. 結論及建議	26
9. 參考文獻	28

三、研究主旨

近年來，隨著測量技術的進步，遙測、航測、資訊、網路普及空間資訊技術也漸漸從二維平面的地理資訊系統發展為三維立體空間資訊。而隨都市社會經濟發展，傳統二維數據已不能滿足各部門日常生活所需，迫切需要更全面性的城市三維數據，三維數據可視化已經成為現在城市基礎建設、規劃、環境保護、交通及通訊等方面的重要環節，是目前三維數位城市的重要表現手段，也是當今智慧城市發展的重要基礎數據設施。隨著數位地球的概念提出，數位化的理念逐漸被人們接受，數位城市是以網路為基礎，利用電腦設備之技術，實現環境、資源及活動的數字化，利用虛擬現實技術發展出了虛擬城市系統，實現了城市及周邊環境的地圖顯示、3D 城市導

覽、城市防災避難路線規劃、基本訊息瀏覽查詢及路徑分析等功能，人們可瀏覽虛擬城市環境，實現場景三維之可視化漫遊、檢索以及動態交互管理。

由於台灣每年發生地震次數頻，民國 88 年 9 月 21 日大地震造成全台灣 51711 間房屋全倒，53768 間房屋半倒，在台中市各區更造成了多人死亡，其中台中市南區五權南路上的德昌新世界大樓整棟下陷傾倒。在這幾年中台中地區又發生不少中規模的地震，如民國 102 年 3 月 29 日又發生了芮氏規模 6.1 級的地震，使得南區中興大學土木系館、綜合大樓、圖書館、學生宿舍等校舍發生書架倒塌與牆壁龜裂等狀況。在快速城市化和地震災害發生頻率高的背景下，如何建置台中市三維數位防災智慧城市防災規劃將成為當前防災研究的一個重要課題。

本研究以校園、空地、活動中心作為大量開放空間的公共機構的防災避難場所，提出城市防災避難場所三維模型之避難路線規劃概念，結合人們發生地震時的避難行為，綜合運用 GIS 空間分析技術，以台中市南區為例繪製避難場所之三維模型圖，並從建築分佈、人口分佈、避難場地服務半徑分析、避難場所位置及最佳避難路徑的選擇等五個方面對城市抗震防災性規劃的空間格局進行研究，並找出適合的避難場所，在此基礎上提出規劃改造的建議與策略，從而為建設安全和諧的防災性城市提供科學依據。

傳統 2D 平面運用於防災由於少了樓高與樓層的垂直面，而運用 3D 除了淺顯易懂可視化佳，也能夠計算出建物由高樓層跑到避難場所所需要的時間。二維平面與三維模型示意圖如圖 1-1 與圖 1-2。

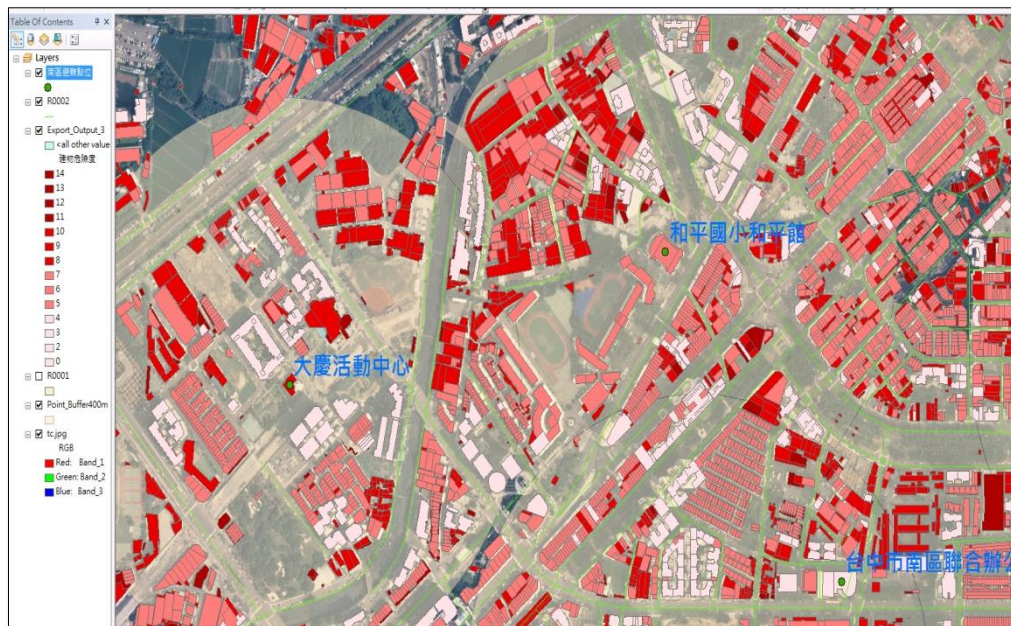


圖 1- 1 傳統二維平面圖

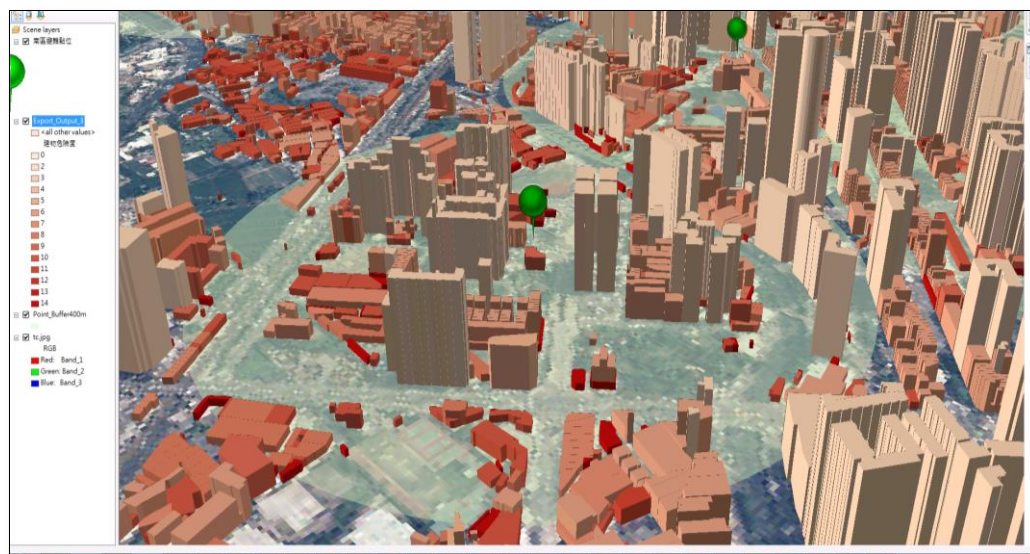


圖 1- 2 三維模型示意圖

四、文獻探討

袁飛等(2012)於三維 GIS 技術在城市景觀規劃設計中的應用一文中，指出以廣西防城港市中心規劃區為物件，應用三維 GIS 技術輔助景觀規劃，建立規劃區的虛擬三維環境，實現全方位、多視角的互動式與動態式的城市景觀方案顯示，並對景觀要素進行視域、地形、空間佈局等相關分析，從而使城市景觀規劃設計建立在全面直觀的空間模型之上，為制定合理的防城港規劃區景觀方案提供參考依據。

梁維琳(2010)則以虛擬實境來探討地下街空間緊急避難出口之選擇，利用三維虛擬實境模擬方式建立一條地下街模擬火災。災情中，煙物所造成視線不良之情況以及警報聲響，讓受測者找尋通往地面的安全出口。

包昇平(2004)於都市防災避難據點適宜性評估之研究一文中，指出對於避難據點規劃，綜合日本經驗與逼近法，每人避難面積最少 1m^2 ，最佳 2m^2 ，若為臨時收容所最少 2.1m^2 ，最佳 3.6m^2 。有效服務範圍方面，以日本經驗與 921 避難調查，圈域服務半徑為 500-700m。

李威儀(2000)於台北市實質防災機能之研究一文中指出災難發生時，依避難民眾停留時間長短及災害發生之時序，避難據點可居分為緊急避難場所、臨時避難場所、臨時收容場所及中長期收容場所等。

陳亮全等(1994)於都市地震災害危險度簡易評估法之研擬一文中，指出考量都市或地區整體的評估，以構造類別、建物形式、平面或立面規則、屋頂構造、老舊程度（含完工年數、有無震災或火災受損記錄、有無龜裂、剝落或漏水現象）等指標加以評估，危險度評估得點點超過 13 點以上之危險等級為 4，10~12 點危險等級為 3；7~9 點危險等級為 2；4~6 點危險等級為 1；0~3 點危險等級為 0。此評估建物震度方法權重因子評點法，較為主觀但可快速評估建物之抗震能力，可適用於大規模建物評估，故本研究利用”構造類別”及”建物型式”作為 3D 建模之建物危險度影響因子。

經由上述可發現，評點法的優點是可利用建物屬性資料庫快速的分析出房屋的抗震能力，可適用於大規模區域之房屋抗震性問題評估。但是在個別項目的得分部分，是屬於比較主觀的給分方式，且將得分之結果進行分級確認建物的危險程度時，分數門檻亦是主觀的認定，並非利用客觀方式產生，此為評點法之缺點之一。

本研究以台中市南區為例，利用 ArcGIS 進行建築物空間位置控制或利用

ArcGIS 建模並在 SketchUp 中進行細化處理，或直接將建築平面圖導入平台中，將兩類數據在 ArcGIS 加以融合，使三維數位城市建模變的快速、高效，降低數位城市建設的成本。

五、研究設計、研究架構及分析方法

本節針對研究設計、研究架構及分析方法等分述如下：

1. 震災建物損害評估模式

評估建物在地震中損害因子有許多種方法，本研究收集國內外相關文獻後經歸納可分成三大方向：首先是「因子狀態評估法」，其次是「數理模式評估法」，最後是「系統模式評估法」三類。本研究利用權重因子評點法作為 3D 建模之建物危險度因子。

2. 調查方法

選擇台中市南區作為研究範圍，調查南區的人口數量、人口分布、建築分佈、道路系統的分佈及避難場所的現狀並獲得所需要的圖資，採用文字和圖表的形式進行記錄，為避難路徑和避難場地的規劃設計提供可靠的參考和科學的依據。

3. 分析方法

Arc GIS（地理資訊系統）是一個分析和空間物件的分析工具，其作為災害資訊獲取、處理和多元資訊整合的重要工具，在緊急避難疏散規劃研究中已得到一定的應用。在本研究中，運用地理資訊系統 GIS 技術(如圖 5-1)，對台中市南區防災性規劃的空間格局進行分析，如圖 5-1 所示。

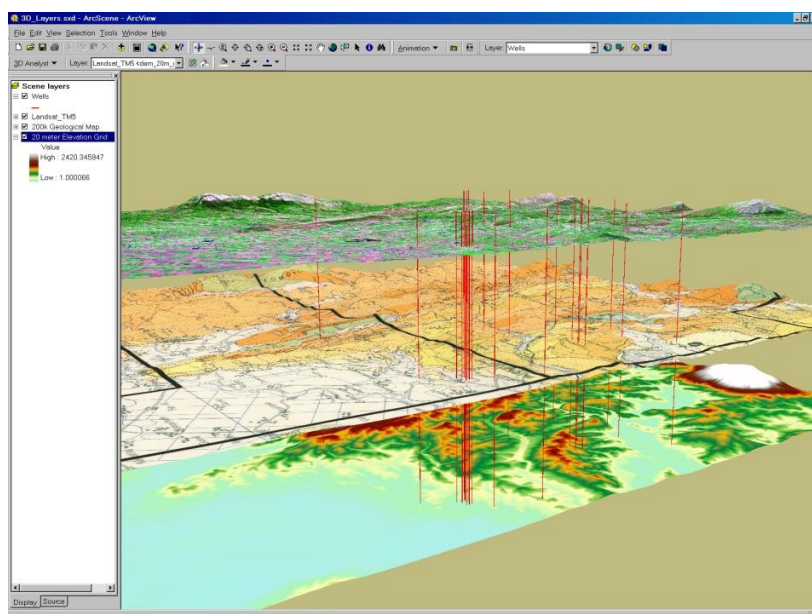


圖 5- 1 ArcGIS10 套疊示意圖

4. 建模工具

4.1. 三維建模軟體比較

國內外常見的主流三維建模軟體主要有：Sketch Up、3DSMAX、MAYA、XSI 等，綜合比較這幾種常用的三維建模軟體(如表 5-1)。

表 5- 1 建模工具比較表

軟體名稱	Sketch Up	3DSMAX	MAYA	XSI
功能簡易度	容易	一般	難	較難
模型精細度	普通	較好	較好	很好
模型大小	較小	一般	較大	龐大
建模時間	短	中等	中等	長
渲染效果	普通	較好	普通	非常好
操作性	簡單	較複雜	複雜	非常複雜
通用性	好	較好	一般	較差
價格	便宜	貴	貴	昂貴
功能強項	快速大量建模	渲染效果 物體細節 精細建模	三維動畫 人物場景 建模	電影特效 遊戲建模

本研究整理由表 5-1 可知，功能簡易度、模型精細度、模型大小、建模時間、渲染效果、操作性、通用性、價格及功能強項等方面之對比可以看出各建模軟體各有所長，各有優缺。在實際建模工作中，可以根據具體情況和業務的需求進行權重選擇。

由上可知 MAYA 主要是做三維動畫人物場景建模，通用性一般操作複雜及渲染效果一般，較不符合本研究需求效益；另外 XSI 雖然功能非常強大，但建模時間長，模型龐大價格也相當昂貴，操作複雜且通用性差，適用於較耗費成本的電影特效建模。故本研究利用 Sketch Up 操作簡單且通用性好等優勢作為主要建模。

4.2. Sketch Up

2006 年 4 月 27 日，Google 發布 Google Sketch Up，一個可以允許自由下載的 Sketch Up 版本。其主要優點為有開啟速度快、工作不耗資源、

建模簡單、支援多種格式等等。它可上傳模型至 Google Earth 和 Google 3D Warehouse (Sketch Up 創建的模型的倉庫)。Sketch Up 是用來產生、檢視與修改 3D 概念(idea)的工具(Sketch Up 操作界面示意圖如圖 5-2)。

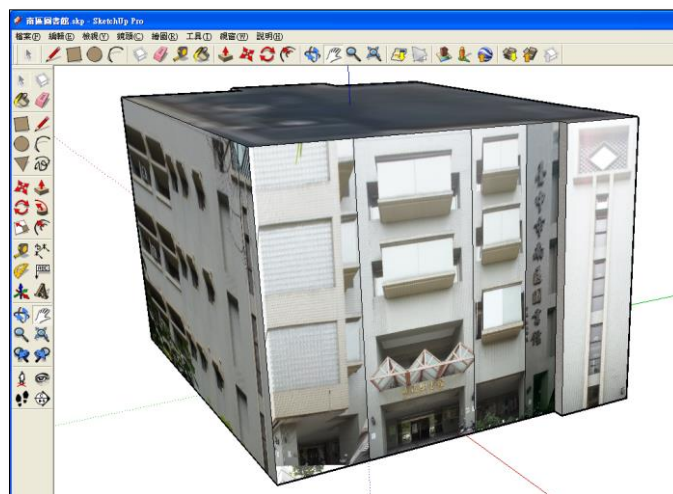


圖 5- 2 Sketch Up 操作界面示意圖

4.3 展示平台

4.3.1. Arc scene

Sketch Up 能自由地創造三維場景和物體，其生成 Multipatch 資料格式檔，可以直接導入 Arc GIS 的 Geodatabase 資料庫中。並利用 Arc Scene 平臺展示模型。三維建模平台 Arc Scene 支援 TIN 資料顯示，細節部分避難場所三維場景建模主要使用 Sketch Up 6 軟體，其餘建物是以帶有屬性樓層之建物圖給予權重生成建物模型，並且可將不同樓高做分層歸類分析，如下圖 5-3 為南區建物圖拉成的 3D 建物圖。

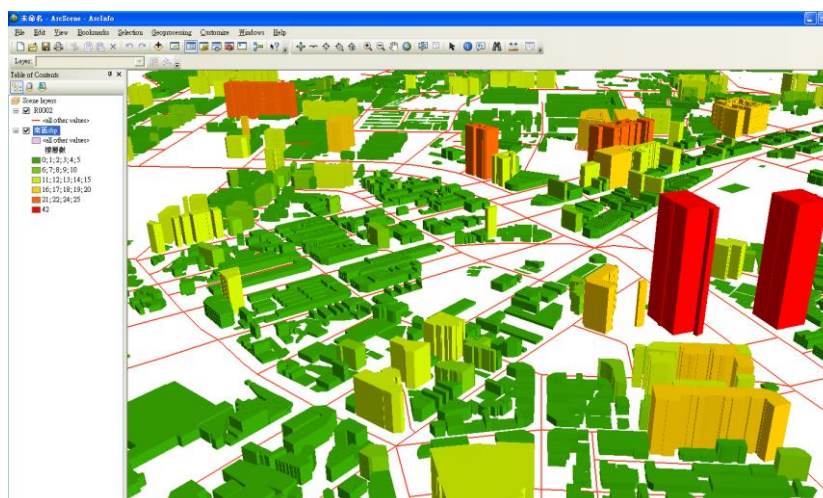


圖 5- 3 Arc Scene 操作界面示意圖

4.3.2. 3D 0' View

3D 0' View 是高度擬真的三維 GIS 平台，利用幾何演算法與資料壓縮技術，將龐大的 3D 影像、高程、向量、建物模型、地景、Lidar 點雲資料等快速虛擬實境化，也可利用多樣的空間例子特效，將自然界的雲雨霧至入場景內，產生真實三維虛擬效果，並配合影像與高程資料，Server 端的圖資容納量與發佈處理量可達到 TB 等級以上，在建置虛擬智慧城市中，於大規模建模時可呈現精細海量三維資料，其操作模式如圖 5-4 所示。在本次研究中，是以台中市南區做三維建模，資料量比較小，精細程度要求比較高，並且能夠處理大規模建物，所以選擇 3D 0' View 作為展示三維場景的平臺。

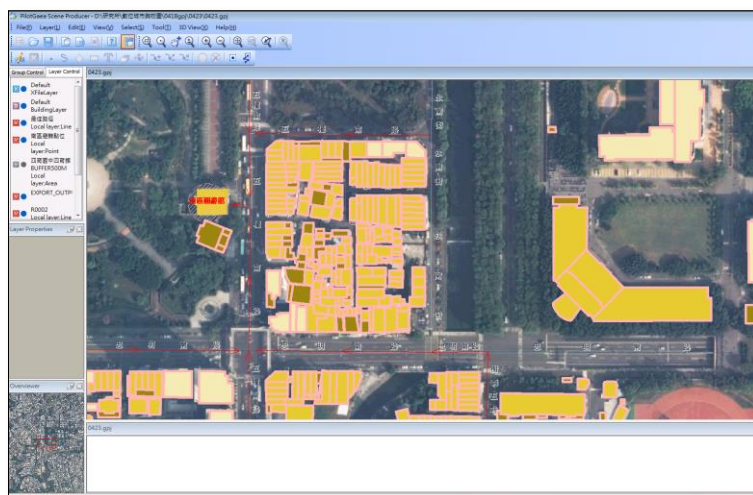


圖 5-4 3D 0' View 操作模式

5. 研究架構與設計流程

本研究架構圖及設計流程圖分別如圖 5-5 與圖 5-6。



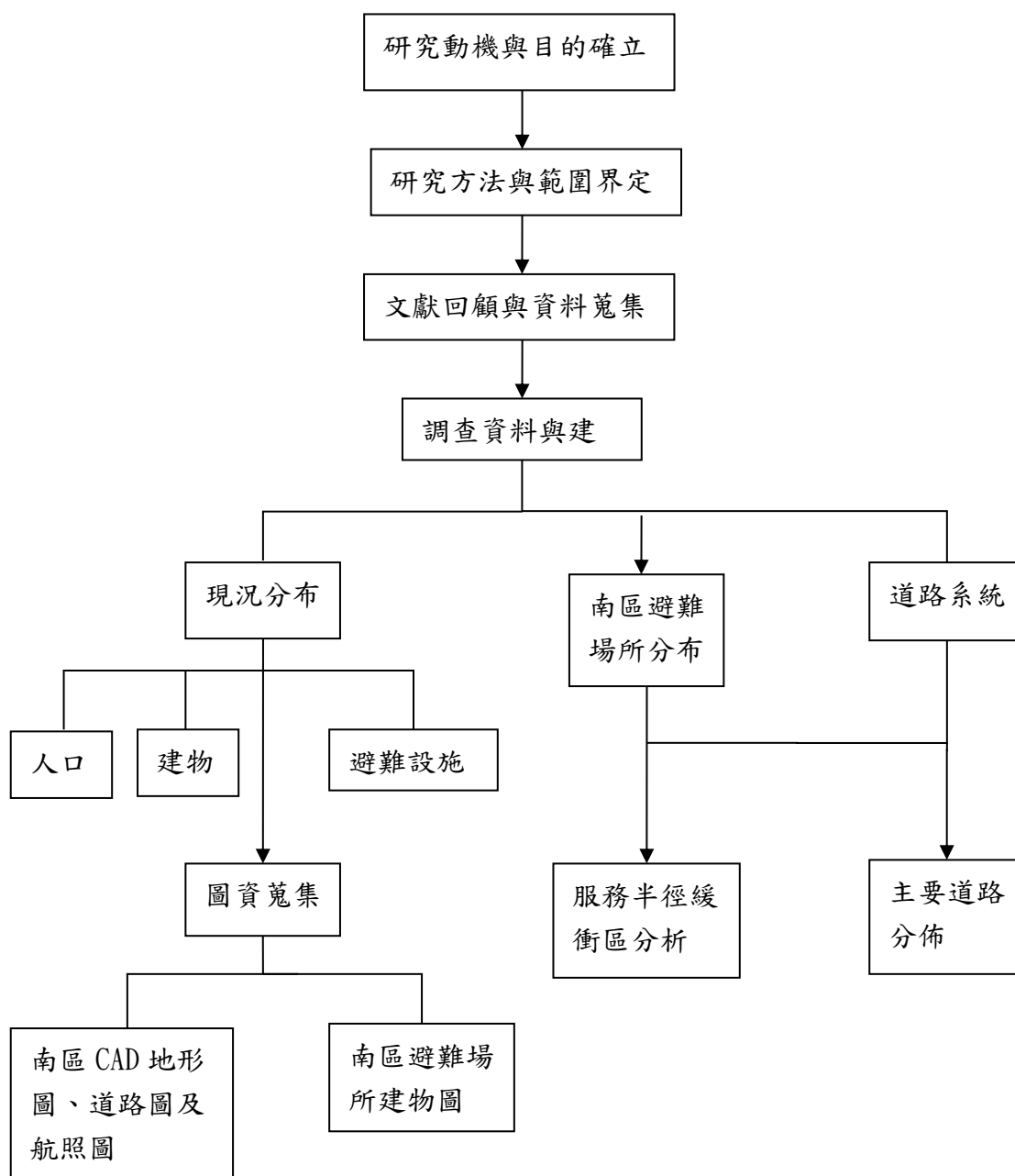


圖 5- 5 研究架構流程圖

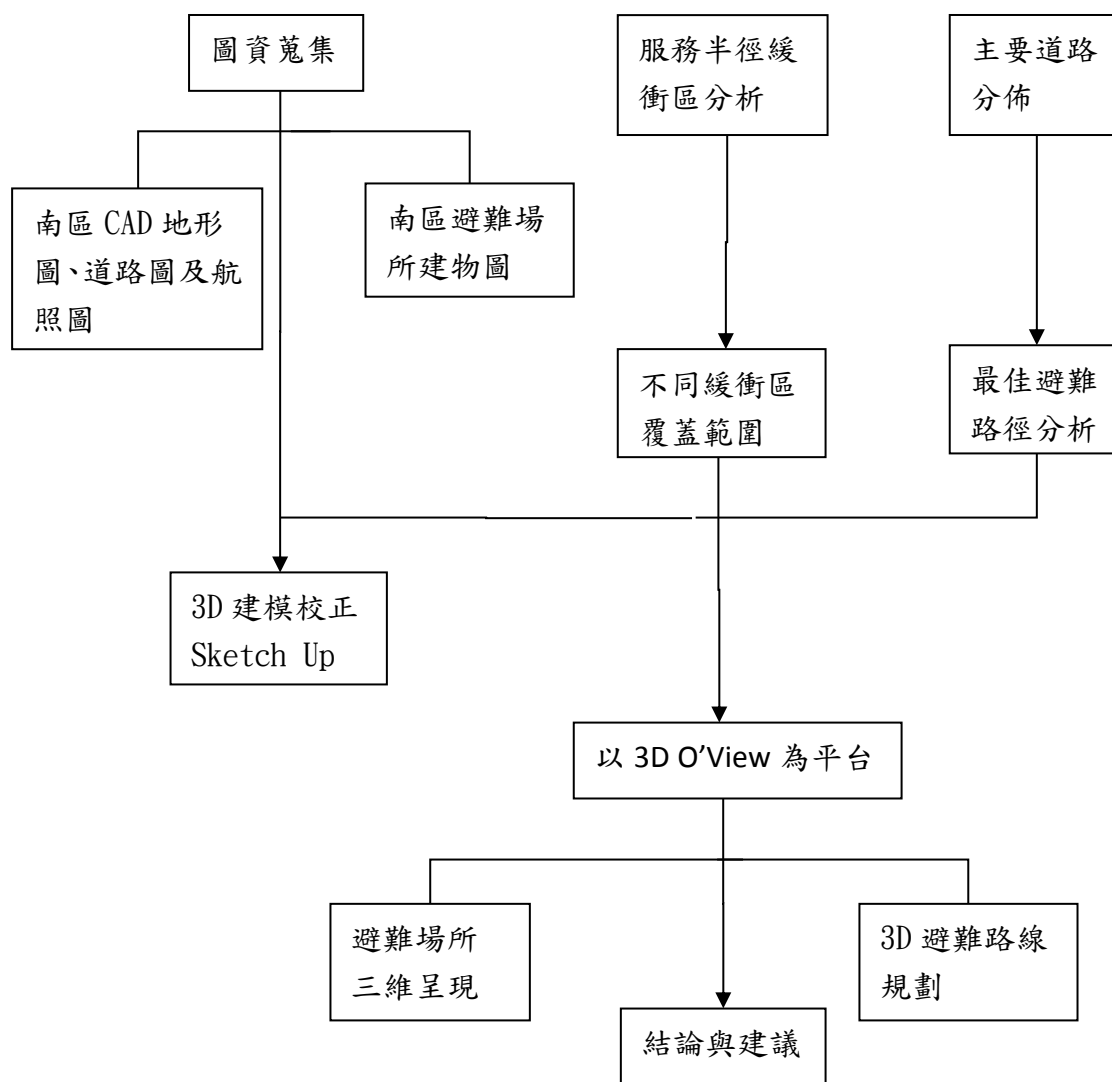


圖 5- 6 研究設計流程圖

6. 研究範圍概況

南區為台中市最早成立的市轄區之一。此區設有國立中興大學與中山醫學大學，重要的政府機關台灣高等法院台中分院、台中高等行政法院、文化部文資局與國立公共資訊圖書館亦設立於此區，塑造出文風鼎盛的生活圈。

6.1. 南區地理位置介紹

本研究範圍台中市南區位於台灣原台中市最南邊，是台中市最早成立的市轄區之一，其北邊以 136 號縣道(南屯路一段)為界與西區、中區接壤，比臨南屯區、烏日區、大里區等。

6.2. 南區人口現況調查分析

台中市總面積為 2214.8968 平方公里，而南區總面積為 6.8101 平方公里，總里數為 22 里，南區之面積約占台中市 0.31%；由台中市南區區公所之 102 年 12 月人口資料統計可得知，台中市總人口為 2,701,661，南區之人口為 118,349 人約佔 4.38%，人口粗密度為 17,378.45(人/km²)，與台中市相比其人口粗密度比為 14.25（台中市人口粗密度為 1219.77 人/km²）為台中市密度第四高之行政區域。

6.3. 南區主要道路現況

台中市南區之主要道路有台一乙線(復興路)，省道台 63 線(中投公路)、縣道 136 號，其中台 63 線是聯絡台中市與南投縣之主要道路，起點位於台中市南區；另外北邊以 136 縣道為界，又將南區與西區、中區接壤，南區道路分級示意圖如圖 5-7。

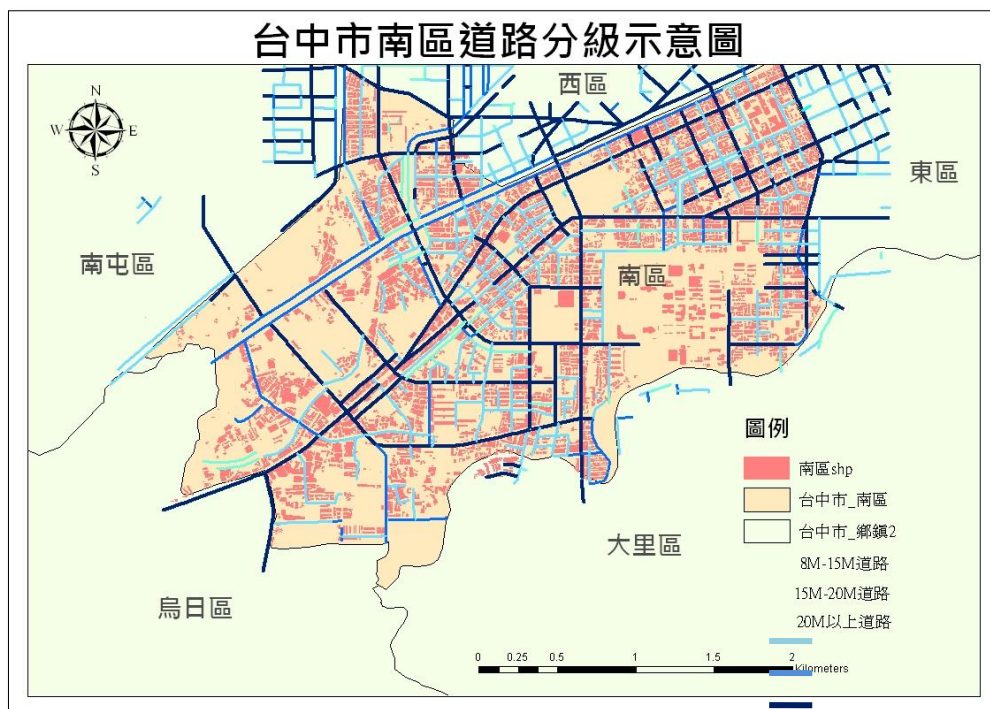


圖 5- 7 道路分級示意圖

六、資料分析結果與研究發現

6.1. 建物危險度計算

在進行地震建物損害模式建立之前，首先必須建立完整的建物資料庫，本研究以台中市南區千分之一地形圖提取建物圖，將之轉為 polygon 之

shpfile 檔。而建物圖資料中提供本研究之建物屬性相關資料，包含建物構造類別、建物樓層高、建物型態(獨戶、雙併、連棟式透天厝、連棟式公寓、獨棟式公寓、大廈)等型態。

根據陳亮全、邱昌平(1989)利用權重因子評點法將建物影響因子賦予權重，並利用地理資訊系統(GIS)的 Field Calculator 計算功能(圖 6-1 所示)將兩萬六千多棟房屋得到建物危險度，得到的結果數值越高即該棟樓越危險。

台中市南區總建物共有 26726 棟，由權重因子結果法計算出建物危險等級共分為三級，得到結果為 0~14 分，第一級評點分數為 0~4 分，屬於低度危險建物，共有 1923 棟，佔全區百分比為 7.2%；第二級評點分數為 5~9 分，屬於中度危險建物，共有 19681 棟，中度危險建物佔了南區大部分的建物比例，約佔 73.6%；高度危險建物則屬於第三級，評點分數為 10~14 分，共有 5122 棟，約佔 19.2%，詳見表 6-1。

表 6- 1 建物危險等級百分比

建物危險等級	評點分數	危險程度	棟數	百分比
1	0~4	低危險	1923	7.2%
2	5~9	中危險	19681	73.6%
3	10~14	高危險	5122	19.2%
-	-	總和	26726	100%

將建物危險等級計算出後，利用 Arc Scene 三維建模套疊航照圖所呈現狀態如圖 6-1，圖中顏色越淺則代表低度危險及中度危險建物，顏色較深的建物則為高危險建物；也可將避難點位做 500 公尺環域範圍分析(buffer)透過環域分析呈現該避難場所之服務範圍(如圖 6-2、6-3)。

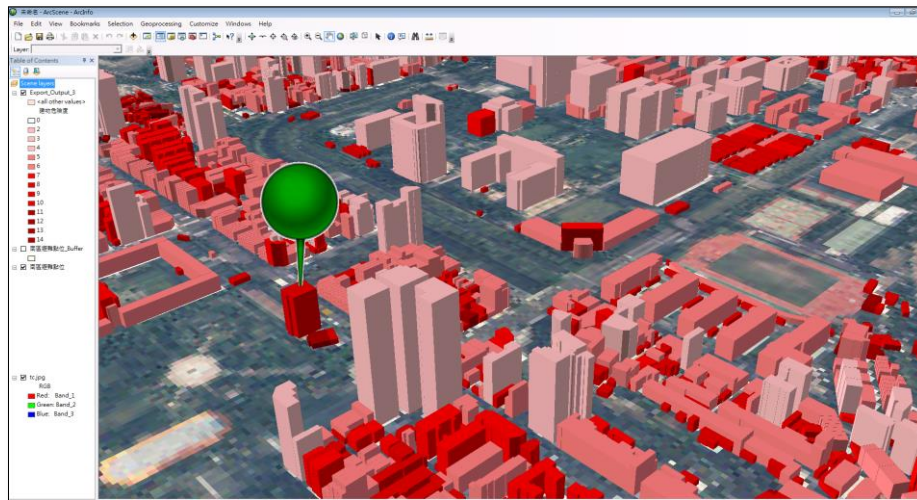


圖 6- 1 台中市南區 Arc Scene 三維建模套疊圖一

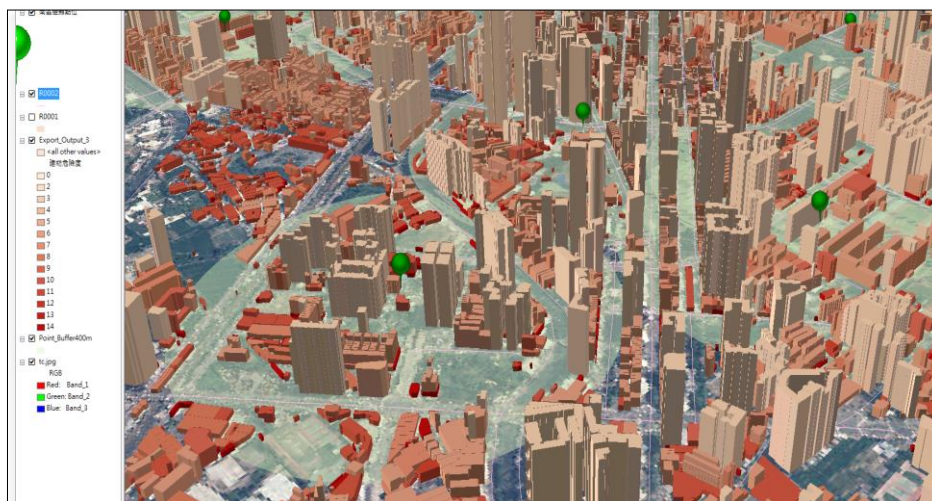


圖 6-2 台中市南區 Arc Scene 三維建模套疊圖二

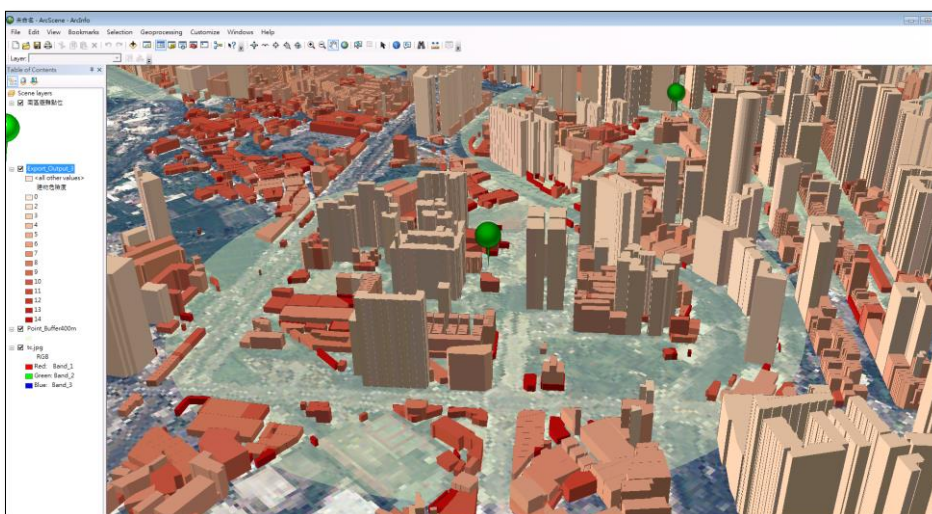


圖 6- 3 台中市南區 Arc Scene 三維建模套疊圖三

6.2. 建置避難點位資料與環域範圍

本研究以避難點位作為建模故需要調查點位正確位置，將外調結果配合建物圖數化建置避難點位 point 圖層，避難場所共有 12 所，並計算出容納面積，以文獻中(包昇平，2004)，收容所一人 $3.6m^2$ 為標準算出南區每個避難場所容納人數(如表 6-2 所示) 並依文獻將點位 buffer 出 500m 環域範圍(圖 6-4)。

表 6- 2 台中市南區收容所容納人數表

災民收容 所編號	收容所名稱	收容所 村里	服務里別	面積 m^2	容納 人數 $m^2/3.6$
SB402-00 01	台中市南區聯合辦公大樓	南和里	南和	1854.94	515
SB402-00 02	崇仁活動中心	西川里	西川	389.17	130
SB402-00 03	中興活動中心	積善里	德義江川 積善	422.93	117
SB402-00 04	南區圖書館	平和里	平和永和	446.70	124
SB402-00 05	台中市南區舊公所	平和里	長春長榮	702.58	195
SB402-00 06	四育國中 四育館	福平里	福平福興 新榮	1506.13	418
SB402-00 07	和平國小 和平館	和平里	和平福順	788.94	219
SB402-00 08	台中高工 集賢堂	永興里	工學永興	989.69	275
SB402-00 09	台中市立崇倫 國中崇倫堂	崇倫里	崇倫	1763.23	490

SB402-00 10	大慶活動中心	樹德里	樹德	418.53	116
SB402-00 11	國光國小 國光堂	國光里	國光城隍 南門	1920.45	533
SB402-00 12	樹義國小 樂群樓	樹義里	樹義	1005.5	335

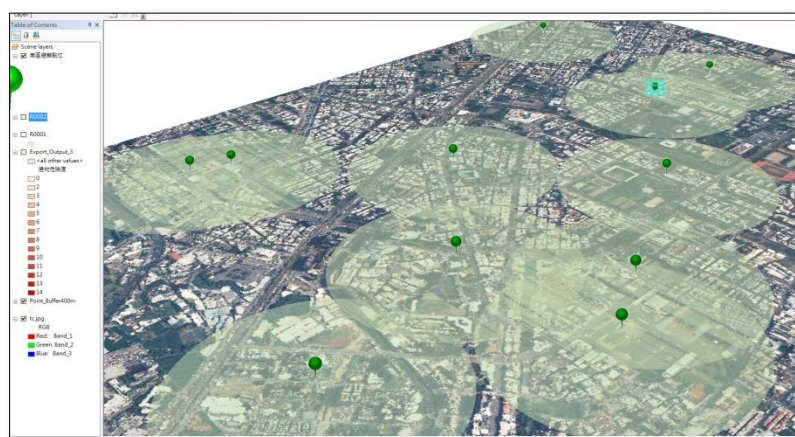


圖 6- 4 避難場所 500 公尺環域範圍

6.3. 危險建物人口分配至建物

6.3.1. 建物危險人口

本研究將人口平均分配至建物，利用每人分配至樓地板面積方式，平均樓地板面積分派，計算出每棟危險建物裡面的人口數，以便計算出避難場所 500 公尺範圍內之危險人口共有多少人，見圖 6-5、圖 6-6。

LANDMARK_1	ADDRESS	房屋結構	floor	SHAPE_AREA	建物樓層數	bui_con	bui_type	建物危險度	AREA flo_1	people2
			2	90.801589	3	1	6	9	272.4047	3
			1	90.810604	14	1	3	1271.3512	14	5
			2	90.810826	5	1	4	7	454.0543	5
			2	90.814491	3	1	3	6	272.4434	3
			2	90.826471	3	1	3	6	272.4794	3
			2	90.834039	1	1	3	6	90.8340	1
			2	90.837671	2	1	3	6	181.6755	2
			1	90.83965	7	1	1	3	635.8789	7
			2	90.845022	2	1	3	6	181.6900	2
			2	90.878071	1	3	6	11	90.8780	1
			2	90.878491	1	5	7	14	90.8784	1
			2	90.882492	3	1	3	6	272.6475	3
			2	90.89213	5	1	3	6	454.4600	5
			2	90.893388	2	1	6	9	181.7867	2
			2	90.908112	2	1	3	6	181.8162	2
			1	90.91128	12	1	1	3	1091.1746	12
			2	90.91314	4	1	4	7	363.7252	4
			2	90.93809	4	1	3	6	363.7522	4
			2	90.949036	1	3	3	8	90.9490	1
			2	90.966192	1	2	6	10	90.9661	1
			2	90.980303	2	3	2	7	181.5966	2
			2	90.974666	1	2	6	10	90.9746	1
			2	90.981902	3	1	3	6	272.9457	3
			2	90.992647	2	1	3	6	181.9852	2
			2	90.99496	5	1	4	7	454.9719	5
			2	91.004681	2	1	3	6	182.0025	2
			2	91.033239	4	1	3	6	364.1322	4
			1	91.02986	13	1	1	3	1183.5186	13
			2	91.043583	5	1	3	6	455.2178	5
			2	91.054446	4	1	3	6	364.2178	4
			2	91.057553	3	1	3	6	273.1724	3
			2	91.060073	1	3	3	8	91.0600	1
			2	91.063801	5	1	4	7	455.3015	5

圖 6- 5 危險建物人口數屬性

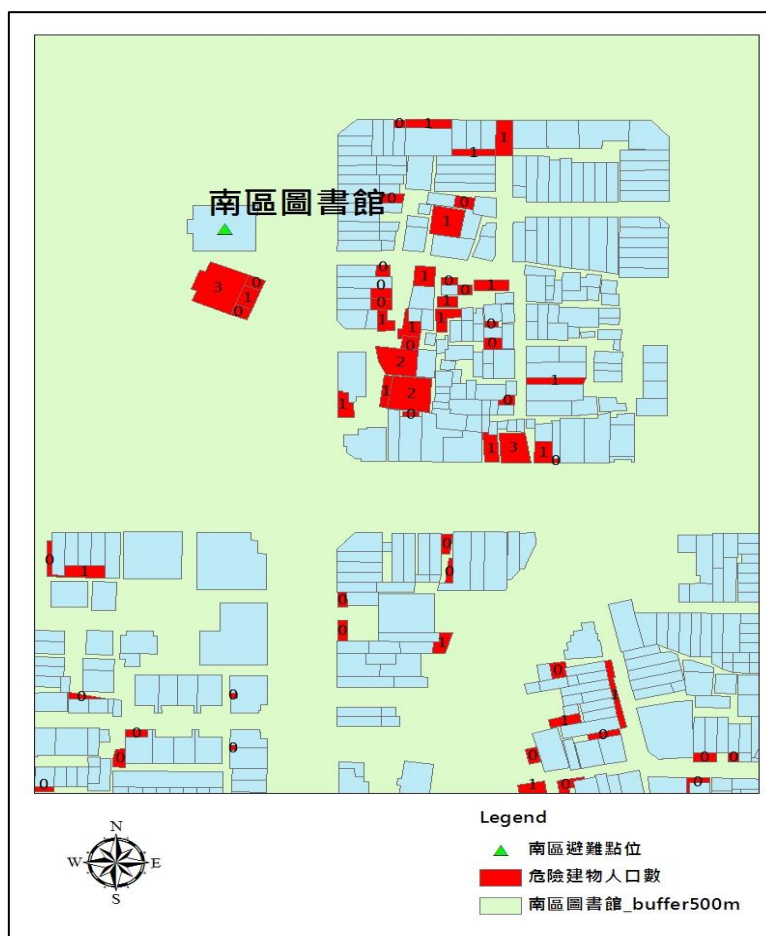


圖 6- 6 危險建物人口數

6.3.2. 避難場所 500 公尺內危險人口數與不足人數

本研究計算該避難場所之最大高危險人口數量，以 500 公尺進行環域分析，進而分析出該點位是否能夠容納最大高危險人口數量，其中大慶活動中心及群義國小樂群樓可容納人數較為不足。

由表 6-3 可得知大慶活動中心的避難收容所面積為 $418.53m^2$ ，可容納人口為 116 人，但其 500 公尺環域分析範圍內高危險人口卻達 636 人，收容所人口不足 520 人；而樹義國小樂群樓面積約為 $1005.5m^2$ 能夠容納人口為 335 人，其高危險人口卻高達 781 人，不足 446 人，由 12 所避難場所計算出不足收納人口之避難場所共有 8 所，可見是否加設避難場所之議題有待探討。

表 6- 3 避難場所 500 公尺範圍內最大高危險人口數

收容所名稱	收容所 村里	服務里 別	面積 m^2	容納 人數 $m^2/3.6$	環域範圍內最 大高危險人口 數	不足人 口數量
南區聯合辦公大樓	南和里	南和	1854.9 4	515	483	+32
崇仁活動中心	西川里	西川	389.17	130	273	-143
中興活動中心	積善里	德義江 川積善	422.93	117	275	-158
南區圖書館	平和里	平和永 和	446.70	124	380	-256
台中市南區舊公所	平和里	長春長 榮	702.58	195	470	-275
四育國中四育館	福平里	福平福 興 新榮	1506.1 3	418	410	+10
和平國小和平館	和平里	和平福 順	788.94	219	518	-299
台中高工集賢堂	永興里	工學永 興	989.69	275	466	-191
崇倫國中崇倫堂	崇倫里	崇倫	1763.2 3	490	300	+190
大慶活動中心	樹德里	樹德	418.53	116	636	-520

國光國小國光堂	國光里	國光城隍南門	1920.4 5	533	371	+162
樹義國小樂群樓	樹義里	樹義	1005.5 0	335	781	-446

6.4. 避難疏散最適路徑分析

本研究選定台中市南區作為實例探討應用分析，包括蒐集研究區的人口資料、路網、街道實質狀況以及避難據點等相關資料，並透過地理資訊系統之路網分析功能，構建避難最適路徑選擇模式，進行實例分析，並且利用第五章所構建之 3D 0' view 虛擬實境模式來呈現危險建物逃生至避難場所之三維空間避難路線。

基本資料路網圖層為南區千分之一地形圖提取道路圖，經過篩檢、現地場勘建置，並以八米以上道路路口作為道路節點，共計 448 個路口節點(詳見圖 6-7 與圖 6-8 所示)。

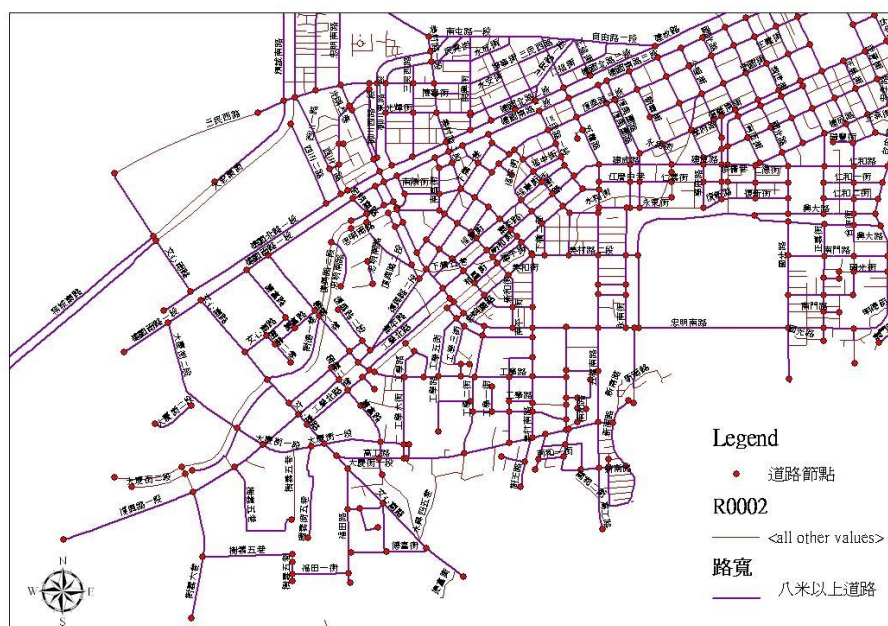


圖 6- 7 台中市南區研究範圍基本路網

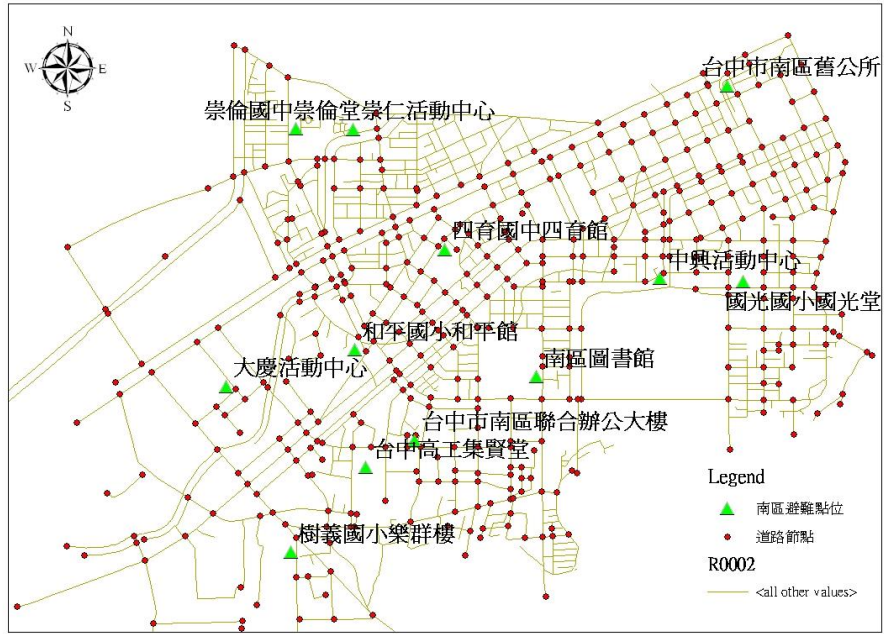


圖 6- 8 台中市南區研究範圍現況避難據點位置圖

最佳避難路徑成果圖如圖 6-9 與圖 6-10 所示，利用完成的路徑圖套疊至 3D 虛擬實境中。



圖 6- 9 台中市南區防災避難最佳路徑圖一

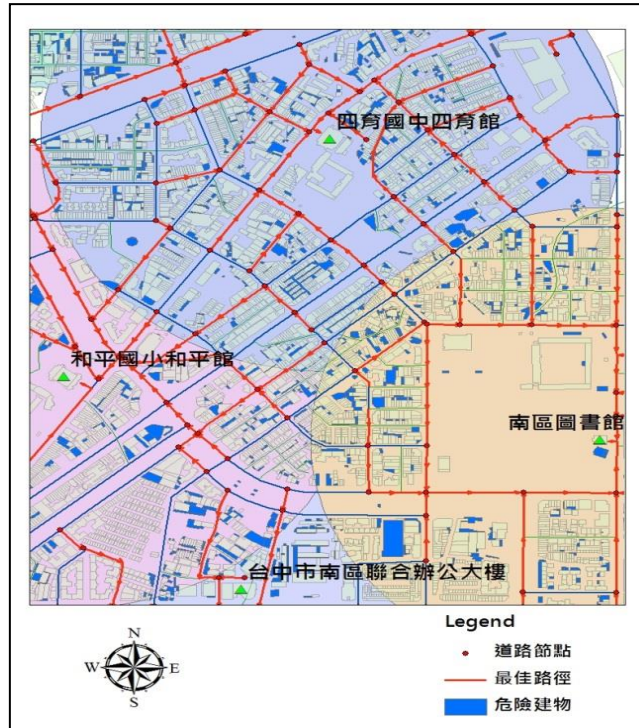


圖 6- 10 台中市南區防災避難最佳路徑圖二

6.5 細緻建模

要大規模將城市建物 3D 模型是相當大的工程，本研究利用 Arc GIS 結合 3D 建模軟體(Sketch Up)達到快速建模目的。此方法由原本的數值地形圖獲得地理坐標的空間資料，快速轉換到 Sketch Up 軟體中做 3D 模型編修，賦予建物材質、高度、方位、環境規劃設計等作業，然後輸出具有地理坐標之 3D 模型。在做避難場所細緻建模時，需要將地形圖 shp 檔轉換至 Sketch Up 成為 skp 檔，而轉換過程需要加入 Sketch Up ESRI Plugin 6 之外掛程式，利用外掛程式轉換過程可將原有的地理座標轉為 skp 檔成為具有原始坐標之三維模型。由於原始地形圖為二維資料，轉換好後利用 Sketch Up 拉出樓高，利用平均一層樓為 3 公尺作為權重建出樓高，並將 3D 圖做細緻建模，圖形貼面、校正、方位校正、貼面誤差校正，最後再轉為 3ds 檔以匯入 3D 0' View 做出 3D 虛擬實境。

6.5.1 3D 0' View 模型呈現

在 3D 0' View 中，需要將前述建置的 shp 等地形圖、建物圖都轉為 GDB 檔，以符合程式格式需求，而細緻建模之 skp 檔也需轉為 3ds 檔，其他粗部房屋模型則透過批次轉檔，將建物圖轉檔成 Advbuilding 格式檔。在編輯平台下也能做虛擬動畫，例如人在行走的過程與河川流動、也能利用多

樣的空間例子特效，產生模擬火、煙、雲霧等等，虛擬實境場景如圖 6-11 與圖 6-12。



圖 6-11 南區圖書館虛擬實境圖

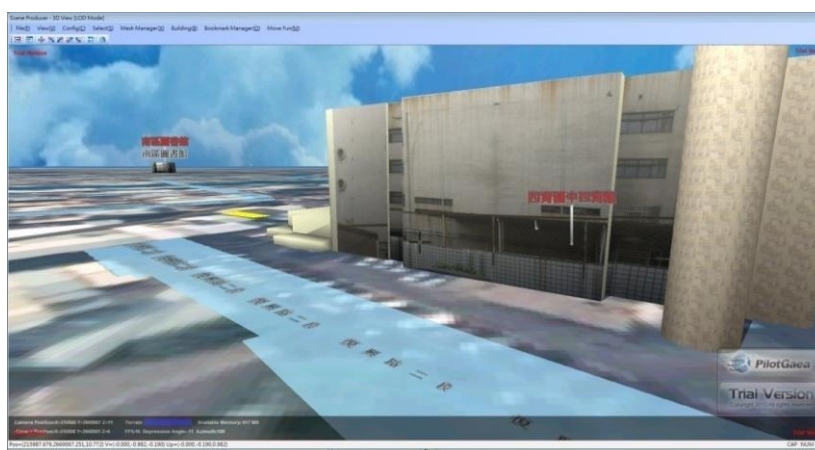


圖 6-12 四育國中四育館虛擬實境圖

根據先前文獻設定參數，路寬道路顏色顏色越深路寬越大(何明錦、黃智彥、楊龍士，2008)，將路寬分別為三級，緊急道路(路寬 $\geq 20\text{m}$)、輸送、救援道路($20\text{m} > \text{路寬} \geq 15\text{m}$)、避難道路($15\text{m} > \text{路寬} \geq 8\text{m}$)。其餘小於 8m 的道路設定為灰色，可清楚看出該避難場所環境是否路寬足夠，再選擇該地點是否為適當的避難場所也作為重要考量因子(如圖 6-13)。

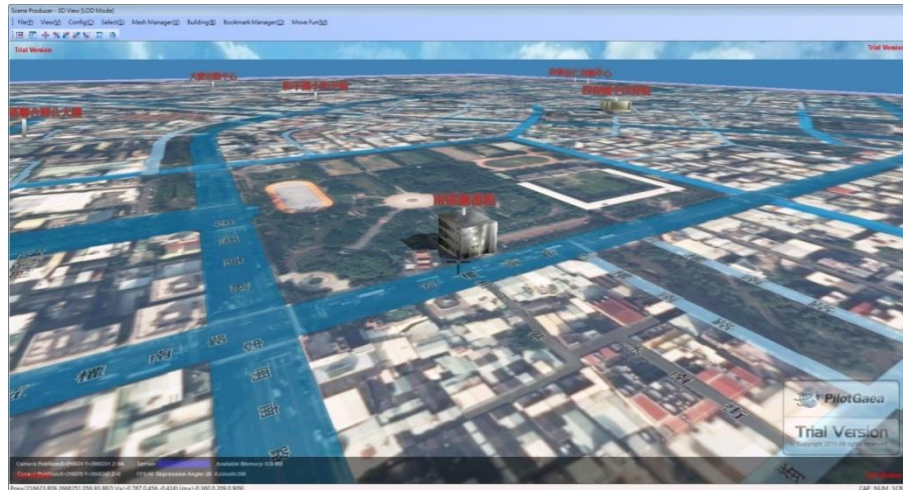


圖 6-13 以 3D 0' View 呈現虛擬實境之道路

在三維虛擬實境中，本研究設定高危險、中危險與低危險度的顏色分層，圖 6-14 黃色分層中，建物顏色較深的建物則為前述高危險建物，顏色較淺的建物則為低危險；而當利用飛行模擬拉近至建物時，則會顯現出該棟樓層高，如圖 6-15；並且利用虛擬實境也可呈現前述 500 公尺環域範圍，如圖 6-16。

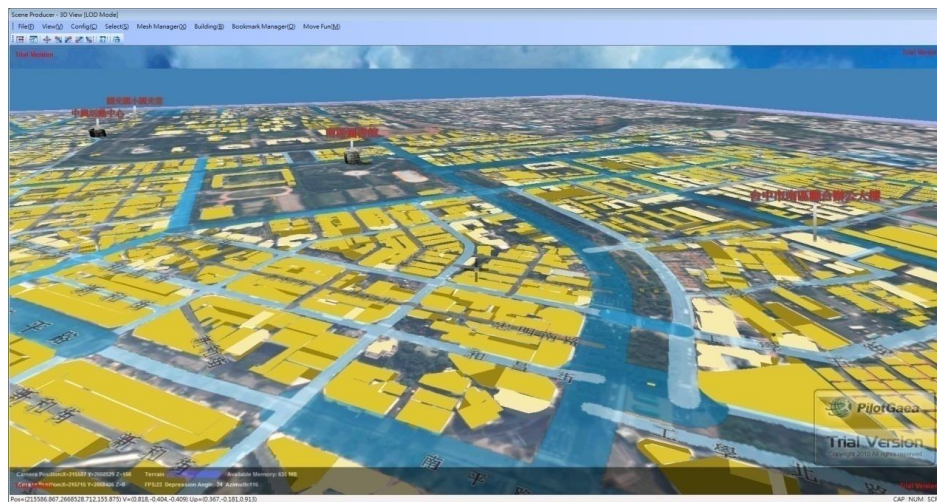


圖 6- 14 以 3D 0' View 呈現虛擬實境危險度

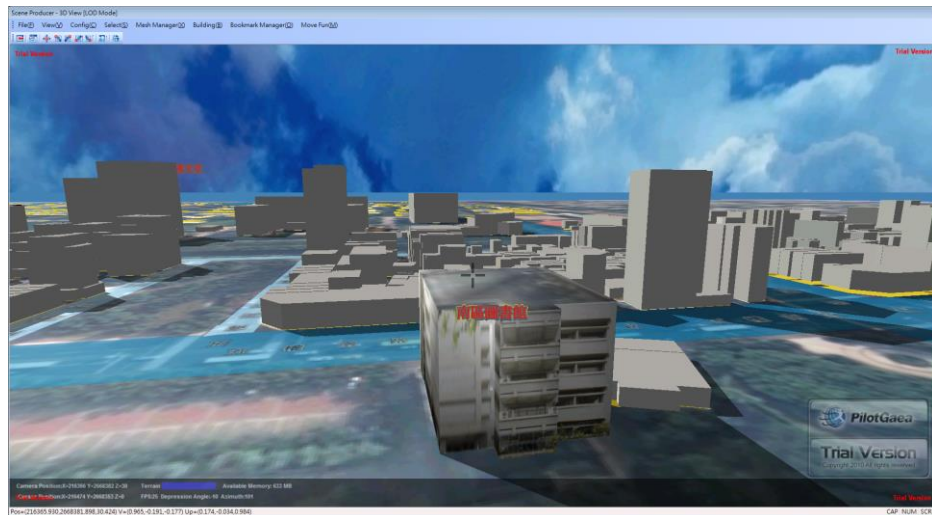


圖 6- 15 以 3D 0' View 呈現虛擬實境之建物

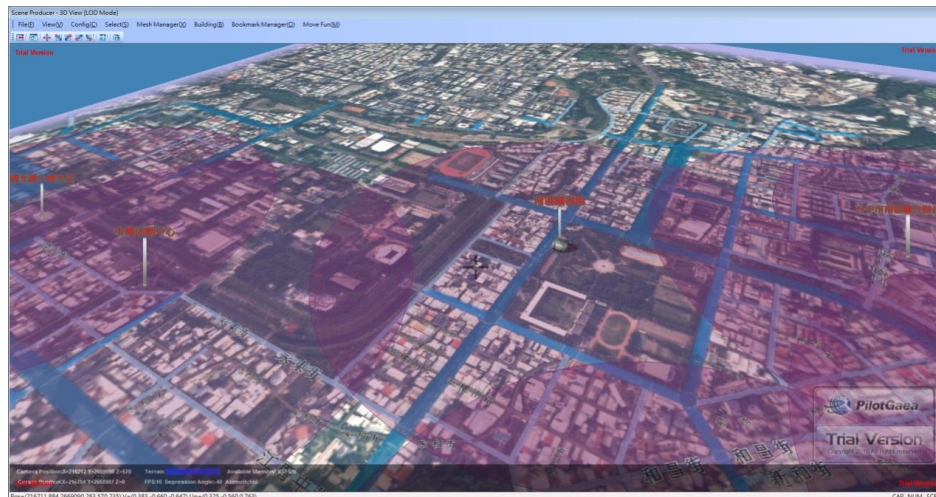


圖 6- 16 以 3D 0' View 呈現 500 公尺環域範圍

利用資料庫建置路網分析圖規劃好的路線圖轉檔並套疊至 3D 虛擬實境模擬場景裡面，並且可利用 3D 場景模擬來呈現避難場所 500 公尺內，危險人口災民疏散至避難場所可能的路徑(圖 6-17、圖 6-18)。



圖 6- 22 以 3D 0' View 呈現避難路徑一

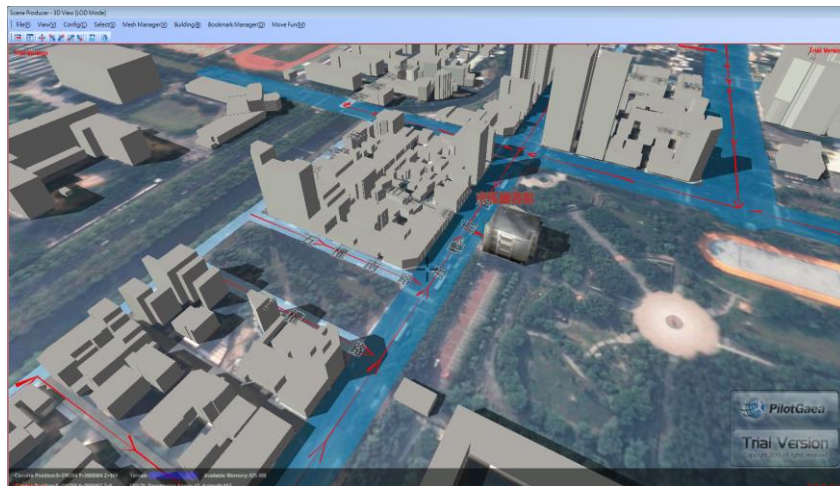


圖 6- 23 以 3D 0' View 呈現避難路徑二

七、結論及政策建議

7.1 結論

本研究主要目的，是針對台中市在於地震後的人員疏散，結合避難場所之區位容量、避難人口之數量與分布、危險建物分布、路網、路寬結構，透過地理資訊系統路網分析路徑模擬，以構建選擇並數化合適的路線，進行避難至安全的避難場所，並以台中市南區為例。在這個系統中，使用者可以設定，根據使用者所配置的周邊環境，運行系統模擬分析，綜合歸納結論如下：

- 一、 將台中市南區危險等級分為三級以計算出台中市各級危險人口數量，其中南區高危險建物占了南區所有建物的 19.2%，且不均勻的分布在台中市南區各地。
- 二、 以台中市南區為例，本研究分析出南區 12 個所避難場所共有 8 個避難場所會有收納人口收容不足的情況，南區避難場所總收納人數為 3467 人，高危險人口居民為 5122 人，可見南區是否增加避難場所的議題值得探討，由實驗區研究成果可推估出全台中市針對防災避難的課題還有進一步探討的空間。
- 三、 本研究利用 Arc GIS10 建置出南區避難點位、建物危險度分析、環域範圍，以及避難最適路徑。再利用 Sketch Up 細緻建模，將避難場所做貼面校正、誤差校正。最後以 3D 0' View 三維虛擬實境方式呈現危險建物人口疏散至避難場所之路徑規劃，此種做法可擴充至全台中市。

7.2 政策建議

由本研究數據顯示實驗區台中市南區避難場所總收納人數為 3467 人，高危險人口居民為 5122 人，收容人數大約不足 1655 人，假設平均每所避難場所收容人口為 289 人，則建議台中市南區再增加 6~8 所避難場所。倘利用本研究提出之方法與步驟，將可針對台中市每個行政區逐區分析與彙整統計出全台中市避難場所總收納人數為多少人，高危險人口居民為多少人，收容人數大約不足多少人，假設平均每所避難場所收容人口為多少人，則可得出現有台中市之避難場所是足夠，倘不足夠各行政區又須再增加幾個所避難場所，花費少許經費，先期規劃預作準備，雖不討喜民眾，但發生不可預期的緊急災害時，就能充分展現台中市不負三維數位防災智慧城市的美名。

現今智慧型手機與 3G 網路發展迅速，4G 網路也正開始蓬勃發展。若在震災發生時能夠結合智慧型手機上網與 4G 快速飆網，能發揮地震時即時避難功能最大效用，後續建議可發展成數位智慧城市與防災路線規劃輕鬆掌握在手中，即時掌握最新動態消息與台中市三維數位智慧防災城市之避難路線，如圖 7-1 及圖 7-2 所示。



圖 7- 1 智慧型手機與數位智慧城市結合示意圖一

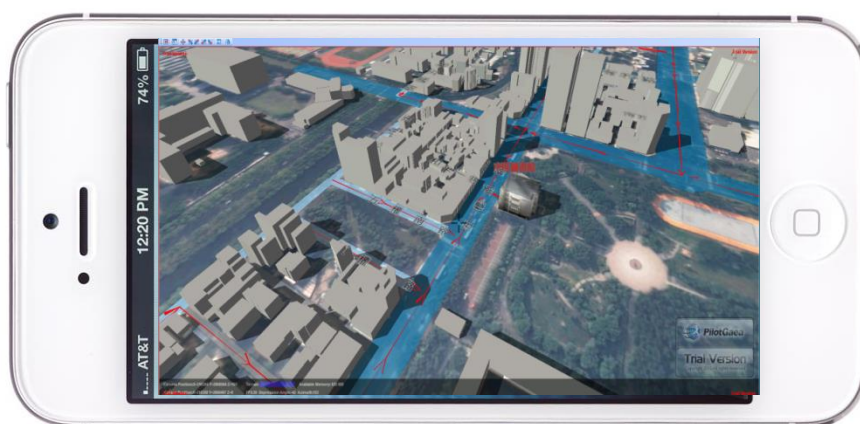


圖 7- 2 智慧型手機與數位智慧城市結合示意圖二

八、參考文獻

1. 陳亮全、邱昌平(1994)，都市地震防災體系之基礎研究(一)：都市地震災害危險度簡易評估法之研擬，內政部營建署建築研究所籌備小組。
2. 李威儀，何明錦(1999)，台北市實質防災機能之研究，內政部建築研究所。
3. 李潔明(2000)，以都市防災規劃觀點探討建物震害危險度評估模式與應用之研究，國立成功大學都市計畫研究所碩士論文。
4. 許立(2001)，《建築物震害損失評估分析—以基隆港建築物為例》，國立海洋大學河海工程學系碩士論文論。
5. 陳詩蘋(2001)，《以都市防災觀點探討危險據點設置之適宜性評估模式》，國立成功大學都市計畫研究所碩論。
6. 蔡柏全(2002)，都市災害防救管理體系及避難圈域適宜規模之探究—以嘉義市為例，國立成功大學都市計畫學系碩論。
7. 江柏助(2003)，建築物避難設計先期評估研究，國立交通大學產業安全與防災學程碩士論文。
8. 戴瑞文(2006)，地震災害之防災系統空間規劃及災害潛勢風險評估之研究：以彰化縣員林鎮為例，國立成功大學都市計劃研究所碩士論文
9. 何明錦、黃智彥、楊龍士(2008) 台中縣太平與中平地區都市防災空間系統規劃示範計畫，內政部建築研究所。
10. 梁維琳(2010)，以虛擬實境探討地下街空間緊急避難出口之選擇，國立台灣科技大學建築系碩士論文。
11. 黃志翔(2012)，4D動態模擬應用於災害疏散路徑規劃之研究，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所碩士論文。
12. 袁飛，趙鵬祥，楊延征(2012)，三維GIS技術在城市景觀規劃設計中的應用，北方園藝，2012(14)，92-95。
13. 弭珊，朴永吉，劉偉(2012)，高校校園的抗震防災性規劃-基於GIS的空間格局研究，山東農業大學學報(自然科學)，43(2)，292-298。
14. 陳心怡(2012)，高校校園防災避難功能探析-以四川農業大學成都校區為例，農業與技術，32(7)，180-182。

15. 牛利斌，劉濤，香玫元(2013)，基於 ArcScene 的 3 維數字校園開發，測繪與空間地理信息，36(5)，41-44
16. 呂獎慧(2000)，都市震災救災路線選擇模式之構建。碩士論文，土木工程研究所，國立台灣大學。
17. 曾明遜、詹士樑(2000)，都市地區避難救災路徑評估方法之研究II—路徑與據點之配合，內政部建築研究所專題研究計畫成果報告。
18. Pelechano, N. and Malkawia, A. (2008) ,Evacuation Simulation Models: Challenges in Modeling High Rise Building Evacuation with Cellular Automata Approaches, Automation in Construction ,17(4), 377-385.
19. Vorst, H. C. M. (2009) ,Evacuation Models and Disaster Psychology, Proceedings of the 1st International Conference on Evacuation Modeling and Management, September 23-25th, Hague, Netherlands.

網路資源：

1. 中央大學應用地質研究所全球資訊網 <http://www.geo.ncu.edu.tw/>
2. 經濟部中央地質調查所 <http://www.moeacgs.gov.tw/>
3. 國家地震工程研究中心全球資訊網 <http://www.ncree.gov.tw/>
4. 台中市南區區公所 <http://www.south.taichung.gov.tw/>
5. 台中市南區戶政事務所 <http://www.hsouth.taichung.gov.tw/>
6. 維基百科(2014) <http://zh.wikipedia.org/wiki/>