

臺中市政府 104 年度市政發展研究論文獎助計畫
論文節錄重點

防災公園區位選址指標評估-以臺中市為例
Disaster Prevention Parks Location Indicators-A Case Study
of the Taichung City



研 究 生：王乃皜

指 導 教 授：王大立

學 校：逢甲大學

系 所：都市計畫與空間資訊學系

中華民國 104 年 1 月

摘要

本研究探討防災公園區位之劃設，並針對地震災害影響，建立防災公園規劃與區位評估準則，研究首先回顧都市災害特性、台灣重大地震災害及國內外相關防災公園之規劃原則，認為在防災公園建設尚須考量四大面向因素之考量，再運用灰色關聯分析和熵值權重法，得出防災公園區位選址評估指標相對權重與排序。

利用因素分析與群落分析，找出台中市地震災害風險性高的地區做為實證地區，再透過 ArcGIS 中的環域分析與路網分析，和 TELES 模擬系統建立評估資料庫，評估結果發現防災公園之服務能力和可及性相當重要；在風險潛勢中，火災危險性影響最高。實證研究部分，選擇以實證地區內之都市公園為對象進行分析與探討，並提出相關建議與檢討。

關鍵字：防災公園、區位選擇評估、灰關聯分析法



目錄

第一章	緒論	6
第一節	研究動機及目的	6
第二節	研究方法	7
第二章	文獻探討	8
第一節	都市災害特性及都市防救	8
第二節	避難行為及避難據點選擇	9
第三節	防災公園區位規劃探討	12
第三章	研究設計	14
第一節	研究流程	14
第二節	防災公園區位選址指標之考量方向	16
第三節	防災公園區位評估準則架構建立	20
第四節	研究方法	21
第四章	實證分析—以台中市為例	22
第一節	高脆弱度地區分析	22
第二節	實證地區地理資訊建立	28
第三節	防災公園區位評估	41
第五章	結論與建議	46
第一節	結論	46
第二節	建議	48
	參考文獻	49

圖目錄

圖 2-3-1	都市計畫防災空間體系	-----	12
圖 3-1-1	研究設計流程圖	-----	15
圖 3-3-1	防災公園區位評估準則架構圖	-----	20
圖 4-1-1	分群結果圖	-----	24
圖 4-1-2	實證地區圖	-----	25
圖 4-1-3	台中市斷層分布圖	-----	26
圖 4-1-4	PGA 之空間分布推估結果	-----	27
圖 4-2-1	台中市實證地區待選公園據點分布圖	-----	28
圖 4-2-2	實證區液化潛能分布圖	-----	30
圖 4-2-3	每百萬樓地板面積起火率圖	-----	31
圖 4-2-4	危險據點分布圖	-----	32
圖 4-2-5	公園鄰接 12 公尺以上道路圖	-----	35
圖 4-2-6	公園半徑 100 公尺道路圖	-----	36
圖 4-2-7	消防據點最短路徑分析圖	-----	37
圖 4-2-8	醫療據點最短路徑分析圖	-----	38
圖 4-2-9	警察據點最短路徑分析圖	-----	39
圖 4-3-1	實證地區防災公園灰關聯度分布圖	-----	43
圖 4-3-2	實證地區防災公園區位評估結果圖	-----	44

表目錄

表 2-2-1	921 地震避難與空間關係表	10
表 2-2-2	各類避難據點類型相對面積比	10
表 3-2-1	避難據點指標因子整合表	16
表 3-2-2	防災公園區位評估指標文獻整理表	16
表 3-2-3	防災公園影響因子相關文獻綜理表	19
表 4-1-1	地震評估指標	22
表 4-2-1	公園面積表	29
表 4-2-2	實證區可容納人口表	33
表 4-2-3	實證區公園可服務人口表	34
表 4-2-4	實證區消防單位資料表	37
表 4-2-5	實證區醫療單位資料表	38
表 4-2-6	實證區警察單位資料表	39
表 4-2-7	指標資料型態表	40
表 4-3-1	各項指標權重表	41
表 4-3-2	各避難據點灰關聯分析結果	42
表 4-3-3	各防災公園適宜公園類別	45

第一章 緒論

第一節 研究動機及目的

九二一集集大地震（1999），使中部（南投、台中等）鄉鎮市遭受重大災害，房屋全倒約 51,711 棟，半倒約 34,095 棟，傷亡人數共計 3,168 人，其中死亡 2,440 人，重傷 728 人；在災害期間超過 10 萬人搭帳棚宿於公園綠地、學校操場及其他開放空間內，於是公園綠地兼做為防災避難空間之規劃，成為重要課題。

現行都市計畫對於公園綠地、廣場的劃設，多以人口規模做為主要劃設依據，且多未將防災機能納為劃設考量；廣義而論，「防災公園」即是在都市災害發生時能發揮各種防災機能的公園，即地震發生時在一定時間內有關人命的救助和滅火活動、延燒的遮斷等防火措施及火災二次災害時能確保安全的避難、災民生活的確保、救援受災居民、復原活動、重建活動之據點，為此多樣性目的和任務所投資建設的公園綠地（防災公園技術手冊，2000）。

本研究希望透過國內外對於建構防災公園綠地中防災公園的規劃現況瞭解並透過實證調查研究，運用分析方法，藉廣泛蒐集相關文獻及實際資料的套疊分析，建立適合台中市防災公園之評估基準與指標，供為國內相關機構規劃防災公園之參考。

本研究希望可達到下列目的：

1. 建構防災公園評估準則項目
2. 瞭解台中市既有公園之空間資訊調查及區位評估
3. 找出適宜建置為防災公園之區位與功能劃分

第二節 研究方法

一、文獻分析法：

透過檢討過去重大災害經驗，以及國內外對於防災公園的劃設評估準則，透過文獻蒐集法將發散的防災公園評估準則項目歸納完整，研擬出一套具體的防災公園之準則。

二、多準則決策法：

由於防災公園的選擇問題是屬於規劃決策上的問題，因此本研究試以多準則決策中的灰關聯分析，來進行防災公園區位之評估，而在指標之權重選擇上，本研究利用客觀權重法中的熵值權重法來求取。

三、地理資訊系統分析：

透過地理資訊系統當中的環域分析 (Buffer Analysis)，針對本研究構想可以推估出其服務範圍的指標，進行點向量的操作；運用路網分析 (Network Analysis) 針對本研究據點做路徑分析，接著，根據資料庫之防災公園屬性做指標評估，並加入地震災害潛勢，並做圖面上展示，提供決策者對於圖層進行空間上套疊分析，選定適宜建置防災公園的區位。

第二章 文獻探討

第一節 都市災害特性及都市防救

一、都市災害

環境問題的產生從人類利用自然資源以滿足需求就已經存在，只是隨著都市化的發展，人口往都市周圍的邊際土地進行大肆開發之後，自然環境災害變得更加嚴重；而由於都市活動的聚集、分化與頻繁，外部性的人為災害也愈加嚴重。這種都市災害的產生，不僅直接破壞生態系統的平衡，且間接影響人類生理與心理的健康，並威脅居住安全的基本需求(施鴻志，1997)。災害主要可分為自然災害兩大類型與特性分述如下：

(一)災害類型：

災害的類型主要可分為自然因素及人為因素兩種。自然災害：地震、海嘯、風災、水災、旱災、土石流等人為災害：主要可區分為以下四大種類，都市火災與爆炸災害、地質災害、產業公害、交通災害等。

(二)災害特性：

1. 都市災害與都市活動之關聯性
2. 災害預測之不確定性
3. 災害發生之連鎖性
4. 災害重建之困難性

二、地震災害的破壞現象

地震發生時不同時段內都市災害有不同的關聯性，破壞的現象大致可分為直接災害、間接災害及後續災害三類，以三類關聯性分類說明如下：

(一)直接災害：

在地震發生的同時引起的災害，稱為直接災害，如地盤隆起、陷落、土壤液化、建築物崩壞、橋樑斷落、瓦斯管破裂、建築物火災等。

(二)間接災害：

由於直接災害的擴大、波及，而造成之災害，稱為間接災害。例如由於建造物倒塌、殘礫阻塞道路，以致影響交通，造成避難及救災的困難。另外，如初期建築個體的火災發生延燒而形成市區大火等。

(三)後續災害：

直接災害或間接災害，經過一段長時間仍無法解除或因這些災害的破壞而醞釀形成大範圍、長期性、複合性的災害，諸如都市機能的低下而導致經濟衰微、社會不安，或大量人畜傷亡不理而發傳染病。

第二節 避難行為及避難據點選擇

根據內政部消防署統計，921 集集地震使我國蒙受重大災害，共造成 2,412 人死亡，一萬人受傷，房屋全倒 26,831 棟，半倒 24,495 棟，災害期間超過十萬人露宿避難。

一、避難階段及空間關係

1999 年 9 月 21 日凌晨一點四十七分規模 7.3 的集集大地震發生後，瞬間造成房屋損害及人員傷亡。從最初的避難、救援、緊急應變作業到災後重建，都突顯了整體防救災機能之需求及都市防災的重要性。如表 2-2-1 乃針對 921 集集大地震發生其避難階段及空間關係，以了解整體防救災之概況。

根據消防署統計可發現，921 地震發生時間、地點影響避難階段與空間關係甚大，影響說明如下：

- (一)必須臨時避難人口：預估約有十萬人
- (二)發生時間：凌晨 1 時 47 分（少用火、活動行為）
- (三)發生地點：多為鄉村區（無瓦斯等易致災管線）
- (四)台灣建築特性：鋼筋混凝土或加強磚造

依據內政部建築研究所整理之統計資料，921 地震所產生避難階段及空間關係如表 2-2-2 所示：

表 2-2-1 921 地震避難與空間關係表

時序	第一階段 (發生～災後半日內)	第二階段 (災後半日～二週內)	第三階段 (二至三週以上)
現象與對策	主要避難行為以躲避建築物倒塌掩埋及找尋受困親人為主，大部分以面前道路為緊急避難道路。	主要為臨時安置階段；超過二週無法回到自宅，進行臨時安置，仍以帳棚為臨時安置，但易對往後重建工作造成影響。	成立中長期居民收容所，即進行長期安置或搭建臨時住宅安置階段。

資料來源：921 集集震災都市防災調查研究報告，1999

表 2-2-2 各類避難據點類型相對面積比

場所	校園	公園	機關及軍事用地	停車場	市場	體育場	其他
使用比例	56.80%	19.73%	5.23%	2.78%	2.74%	1.16%	9.28%

資料來源：921 集集震災都市防災調查研究報告，1999

921 震災因災區的特性，位於非人口密集之鄉鎮地區，農地廣場等私人開放空間足以彌補公共設施開放空間的不足，因此開放空間不足課題在本次災區並不顯著。從表 2-2-2 中可發現各類避難據點類型相對面積比，以學校 (56.89%) 及公園綠地廣場 (19.73%) 為主要避難據點，其他項目佔有 9.28%，其包含了住宅周邊道路、空荒地及田地等，佔第三高之比例亦是重要的避難空間。

二、避難行為及路徑

在 921 震災中，由於我國事先指定避難據點，避難據點多由居民自行前往自宅附近開放空間聚集而成，由行政單位設立之臨時避難據點共有 237 個避難據點，不包括居民於住宅附近私有空地及路邊搭設帳棚，總計臨時避難人數超過十萬人。

(一) 集集震災避難行為特性

根據 921 集集震災都市防災調查研究報告調查顯示，一般居民多數於地震發生後 3 分鐘逃離自宅，大樓則因逃生困難需花費 10 分鐘以上，76% 居民等待家人集合後再一起前往避難據點。

(二) 避難據點選擇特性

1. 靠近自宅，可以就近處理救援及賠償事宜
2. 地勢空曠、有安全感
3. 環境熟悉，有歸屬感，互相認識互相照應
4. 有人管理，相關設施尚可，治安良好

(三) 避難據點型態及收容人數分析

各類避難據點類型面積比，依次為學校 (56.89%)、公園綠地廣場 (19.74%)、機關及軍事用地 (5.33%)、其餘為停車場、市集夜市、體育場、車站、道路、寺廟等之開放空間、活動中心室內空間及其他。

(四) 避難據點區位、規模與服務範圍

1. 就據點規模而言，學校是運動場以外較大型的避難據點，平均 2~3 公頃，大約可以容納兩個里的居民避難 (約 6000-8000 人)。
2. 整體而言，大多數的避難據點均在災區居民步行可及範圍內，約為 500-600m。由此可以發現多數人之避難半徑仍以 500m 避難據點距離上的境界範圍，在未來規劃避難據點服務半徑之決策上，可做為重要參考依據。

第三節 防災公園區位規劃探討

一、都市計畫防災空間系統

都市計畫防災空間系統劃設大致可分為三個方向 1. 防災避難圈 2. 防災據點 3. 防災動線系統。而針對此三點又可細分如下圖 2-3-1 所示：

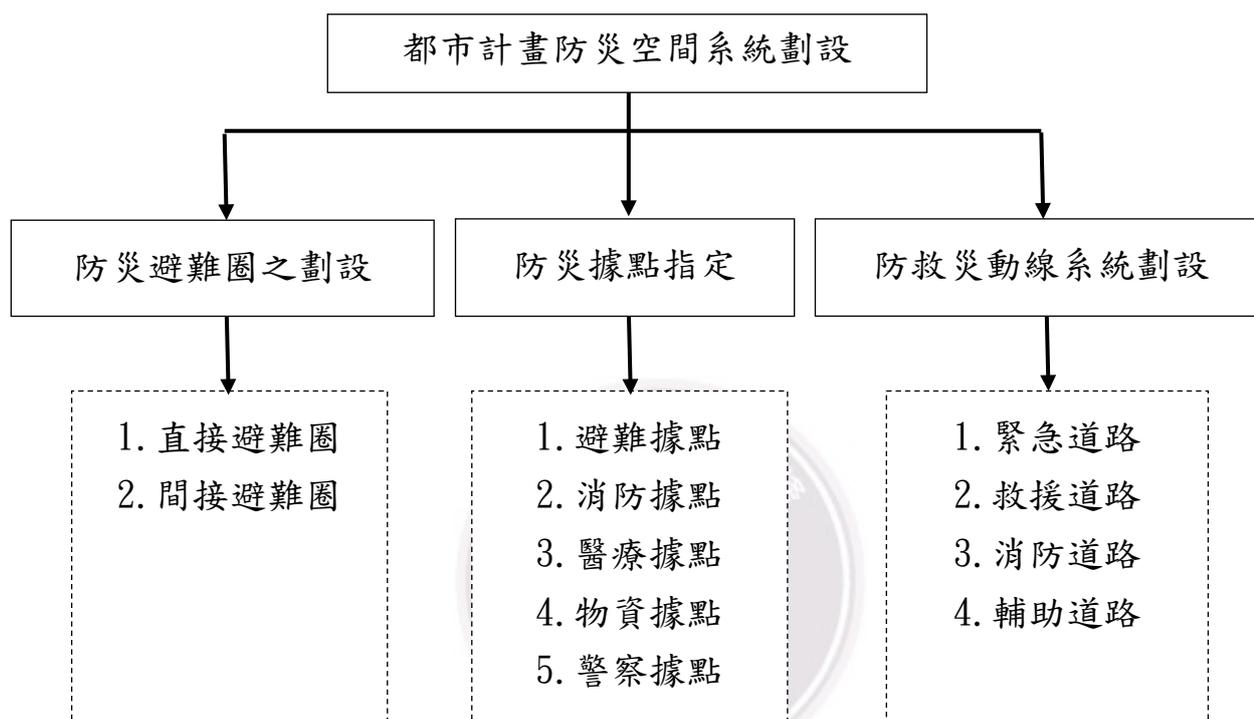


圖 2-3-1 都市計畫防災空間體系

資料來源：都市計畫防災規劃手冊彙編

二、公園綠地系統之定義與防救災功能

以都市實質空間層面之探討，可依照現行法定名稱及形式將廣義公園綠地資源建構為自然公園綠地、區域公園綠地及都市公園綠地等三個層級之完整公園綠地系統。

(一)都市公園綠地的功能

公園綠地廣義的定義則為，「指的是位於都市發展地區內，經都市計畫指定或依建築、道路建設取得之公園綠地或綠帶。整合各種公園綠地系統，主要的機能有生態、景觀、遊憩、防災等，其中就防災的機能而言，公園綠地可產生之功能如下（郭瓊瑩，2003）：

1. 城鄉綠地中各種類型的公園與綠地，可提供人員集中與避難的空間以及災後清理廢棄物時的蒐集轉運場所。
2. 藉由公園、綠地與綠帶的設置所增加的綠覆率，可降低都市地表於降雨時所發生的瞬間表面逕流量。
3. 公園、綠地與綠帶中的帶狀與帶狀水體不但可做為防範都市火災時的消防水源，經由適切的設計，也可以賦予其阻擋表面逕流的泥沙與廢棄物直接流入河川的緩衝功能。
4. 間隔建築物的都市公園與寬廣的景觀道路與林蔭道路，可提供都市大火發生阻斷延燒的防火阻斷帶。
5. 妥善規劃城鄉山坡地與環境敏感地、地質脆弱處等之空間發展，可降低山坡地與區域、自然地區災害的風險。

第三章 研究設計

第一節 研究流程

本研究之防災公園區位評估主要是針對公園是否適宜做為防災公園之優劣進行評估，透過指標的建立輔助未來進行防災公園區位選擇之指定。本研究主要應用都市公園據點之相關空間屬性，以評估公園區位是否可做為防災公園，針對各公園屬性資料，利用指標群權重及地理資訊資料做為運算之基礎。步驟如下：

一、防災公園區位規劃準則建立

在防災公園規劃中，主要考量防救災資源支援距離遠近與公園條件之特性，因此建立避難據點之相關規劃標準，並加入災害潛勢的考量，由於許多災害仍為不可抗拒之因素，這對於公園安全性有著高風險性；加入道路可及性的考量，若避難人員無法有效到達公園避難，將影響公園在災害發生時所發揮之功能，以上在本研究中將建立相關評估準則來進行篩選。

二、防災公園區位影響指標建立

綜合文獻回顧中有關避難據點與防災公園之規劃理念，因子對於據點之適宜性有相當程度的影響，本研究將其歸納為支援性、有效性、可及性及風險性等特性，並依照指標對於公園適宜性影響特性，設定各個指標對於防災公園適宜性之影響向量，進而評估防災公園區位之適宜性。

三、防災公園區位評估體系建構

在區位評估體系建構中，將利用前步驟所界定出之都市防災公園據點影響指標來進行體系建構。

四、地理資訊資料庫建構

利用 ArcGIS 10.2 之空間分析與路網分析模組，來建立各樣本公園之空間資料，與計算影響因子空間資料，包含距離、潛勢程度與面積等，進而建構各防災公園之空間屬性，做為模式配置的基礎。

五、熵值權重計算

運用地理資訊系統所求得的空間資料來進行統計分析，運用各公園據點之屬性資料進行熵權重之計算，計算出各個因子之權重。

六、灰關聯分析

利用灰關聯分析與熵權重結合，進行各公園之適宜性決策，排列出各據點之適宜程度。

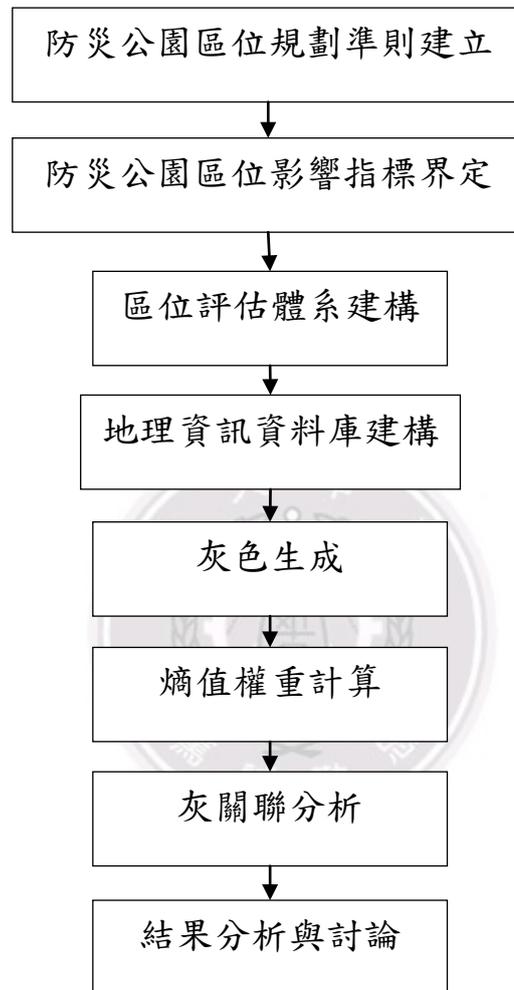


圖 3-1-1 研究設計流程圖

資料來源：本研究繪製

第二節 防災公園區位選址指標之考量方向

一、避難據點區位評估因子

本研究針對下列避難據點指標因子做整合分析與歸納，詳表 3-2-1。

表 3-2-1 避難據點指標因子整合表

防災據點選址準則項目		出處
<ul style="list-style-type: none"> • 救難道路系統完整性 • 救難道路系統替代性 • 救難道路系統連結性 	—	包昇平 2004
<ul style="list-style-type: none"> • 與消防設施最小距離 • 與醫療設施最小距離 • 可容納避難人數 • 開放空間比 	<ul style="list-style-type: none"> • 維生管線系統之健全性 • 防災相關設備合理性 • 與避難據點最小距離 • 與避難路線最小距離 	辜智彥 2007
<ul style="list-style-type: none"> • 可服務人口數 • 土壤液化潛勢 • 淹水潛勢 • 災後火災潛勢 • 危險據點距離 	<ul style="list-style-type: none"> • 毒化災潛勢 • 警政據點 • 物資據點 • 延燒遮斷帶 • 危害據點影響範圍 	李佩蓉 2011

資料來源：本研究繪製

二、防災公園區位評估因子

下列相關研究對防災公園規劃指標因子做分析與歸納，詳表 3-2-2。

表 3-2-2 防災公園區位評估指標文獻整理表

作者	研究名稱	指標群	次級指標因子
潘國雄 2001	大規模地震災害時防災公園	臨時緊急避難	避難時之到達性
			避難圈域之人口密度
			公園之有效避難面積
		中、長期收容	飲用水等儲水設施
			物資、裝備之儲藏
			情報之傳播、誘導避難設施
			盥洗如廁之支援設施
			緊急照明及電力設置
			無障礙空間設置情形
		街廓之危險性	避難困難區域之面積

	評估基準之研究		不燃區域面積比率
		公園之安全性	公園基地之安全性
			防止延燒功能
		都市之規模	都市（行政區）的總人口數
		公園之接近性	救援、救災、救護道路寬度
			替代道路
		緊急應變計畫之完整性	制定緊急應變計畫
			公園設施管理單位人員之防災訓練
		空地之容納性	直升機起降、緊急車輛停放空間
			設置防救災指揮所之空間
置放救災物質、復舊器材空間			
與鄰近設施之整合性	鄰近設施之接近性		
	合作運作分工狀況		
葉偉傑 2004	都市公園防災效益評估之研究	公園之可及性	臨近綠地可及性
			替代道路數量
			救災單位可及性
		緊急之避難性	公園之安全性
			季風之影響性
			避難時之可及性
			緩衝隔離帶設置
		救災機能性	設置救災指揮場所
			緊急水電供應設備
			消防水域
		景觀綠化之防災性	建築物綠化
			公園有效避難面積
			避難廣場設置
		空間設施之活用性	運動設施活用性
			休閒設施戶外空間
			人口廣場空間設置
		環境機能之發揮	地標功能性
			支援避難效果
心靈治療效果			
林書存 2006	都市防災公園設施	基地與地區之調查分析	該地區防災計畫之整合
			周邊都市街區之條件
			公園本身腹地條件
		避難圈域、避難人口之檢討	公園可容納人口
			地區人口分布、人口密度
		公園開放空間、動線計畫	內部動線規劃；安全開放空間、有效避難面積；汽機車停放空間、動線

	細部設計準則之研究	公園規劃之計畫	公園出入口設置或開口大小；危險設施改善；空間區域、設施耐震不燃化；無障礙空間化
		防火植栽設置	防火植栽
		災害對應設施設置之計畫	避難對應之設備設施
			收容安置對應之設備設施
公園管理、營運計畫	公園設施管理單位防災訓練；防災指揮中心		
李世恭 2013	新竹市防災公園規劃建置與運作機制之探討	安全性	公園座落於坡地災害、土壤液化、土石流災害潛勢或斷層帶經過
			周邊半徑距離 150 公尺內設有危險設施（包含加油站、儲油槽、煉油廠、瓦斯分裝場、核能發電廠、傳統工業區等）
		可及性	公園應至少面臨一條寬度 8 公尺以上之道路
			公園應位於都市計畫區內或鄰近人口密集區
		適宜性	過去曾做為垃圾傾倒或掩埋區域
			公園臨近之工業區或商業區
		空間大小	公園面積在 0.6 公頃以上
		有效腹地	公園具備完整大面積連結綠地，無太多大型植栽或設施切割
			公園基地形狀為狹長型，不利於使用與連結
		內部設施	公園植栽過多，投影面積所佔比例過高，或植栽、水池等設施佔用大部分面積
公園內具有可遮蔽之頂棚或建物，以提供物資儲存			
面臨大規模降雨時，公園用地仍有足夠空間，且收容空間與滯洪空間有明顯區隔			
		公園內部或鄰近位置是否具備既有建物可做為管理中心	

資料來源：本研究整理

三、防災公園區位影響因子

透過第二章對於避難據點及防災公園規劃之相關文獻回顧後，發現在防災公園區位的考量上，多著重在避難據點的服務、災害潛勢、道路可及性與防救據點的配合上，因此歸納影響避難據點規劃之因子主要分成四類，包含災害風險性、據點有效性、道路性及支援據點鄰近性。

表 3-2-3 防災公園影響因子相關文獻綜理表

分類	指標層級	文獻依據	因子層
災害風險性	土壤液化潛勢	包昇平(2004)；辜智彥(2007)；李佩蓉(2011)；李世恭(2013)	土壤液化潛能指數
	震後火災危險度	李達志(2002)；包昇平(2004)；辜智彥(2007)；李世恭(2013)	每百萬平方公尺樓地板面積起火率
	危險據點潛勢	包昇平(2004)；辜智彥(2007)；李佩蓉(2011)；李世恭(2013)	依據避難空間與危害點之距離遠近進行評分
據點有效性	容納避難人數	李威儀、錢學陶、李咸亨(1997)；李威儀、何明錦(2000)；林書存(2006)	每人最小需求避難面積為 2 平方公尺
	開放空間比	葉偉傑(2004)；林書存(2006)；李世恭(2013)	開放空間比為公園總面積與有效面積之比率
	服務人口數	包昇平(2004)；林書存(2006)；辜智彥(2007)	可服務人口數為避難據點之服務範圍內之人口數，採用 500 公尺之服務半徑
道路可及性	道路便捷性	張益三、蕭江碧(2001)；潘國雄(2001)；包昇平(2004)；葉偉傑(2004)；辜智彥(2007)；李佩蓉(2011)；李世恭(2013)	避難據點至少應接臨一條 12 公尺以上道路
	道路替代性		每個避難據點至少應該都有二條以上避難道路連接
支援據點臨近性	消防據點	李威儀、何明錦(2000)；潘國雄(2001)；李佩蓉(2011)	依防災公園與消防據點之最短距離
	醫療據點	李威儀、何明錦(2000)；張益三、蕭江碧(2001)；潘國雄(2001)；李佩蓉(2011)	依防災公園與醫療據點之最短距離
	警察據點	李威儀、何明錦(2000)；潘國雄(2001)；李佩蓉(2011)	依防災公園與警察據點之最短距離

資料來源：本研究整理

第三節 防災公園區位評估準則架構建立

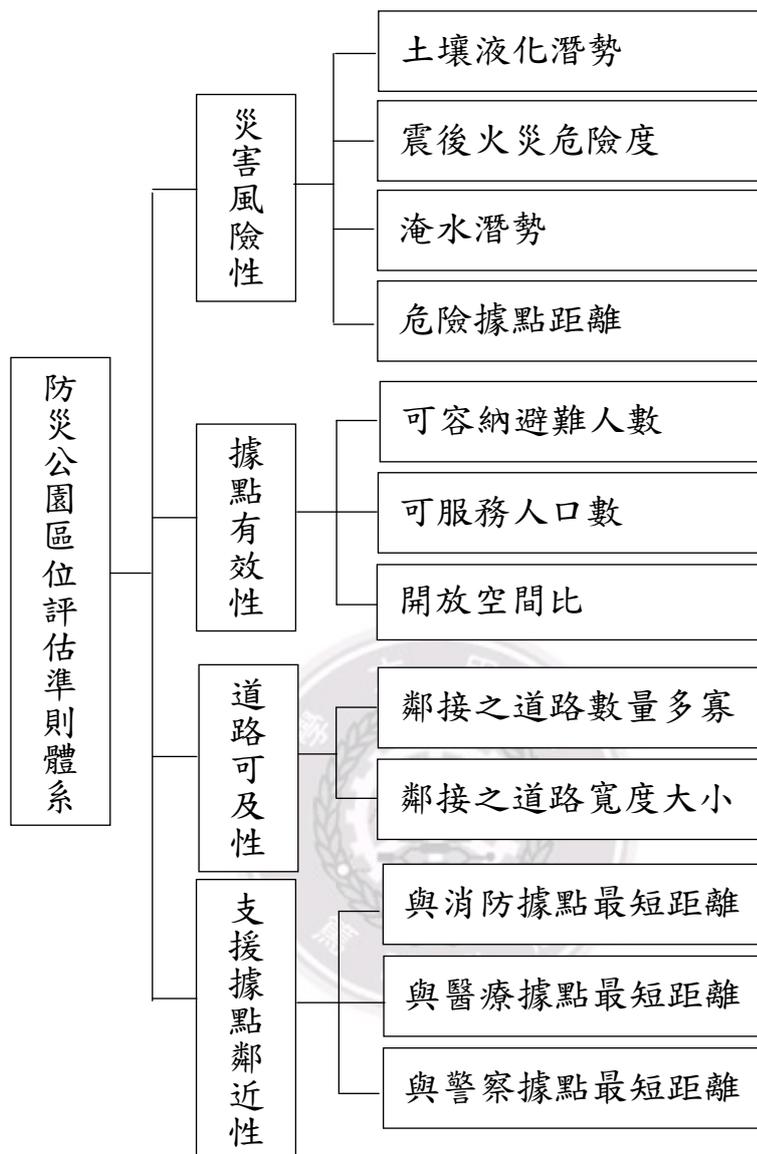


圖 3-3-1 防災公園區位評估準則架構圖

資料來源：本研究繪製

第四節 研究方法

一、灰色系統理論

灰色生成即為補充訊息之數據處理，這是一種以數找數的規律方法，利用此種方法，在一些雜亂無章的數據中，設法將其被掩蓋的規律及特徵浮現出來。換句話說，可以利用灰色生成的方式降低數據的隨機性，並提升其規律性。由於傳統的灰關聯生成不能滿足同構性，因此夏郭賢(1998)提出修飾的灰關聯生成。灰色關聯分析(Grey Relational Analysis)這是在灰色系統理論中分析離散(discrete)序列間相關程度的一種測度方法。

二、熵值權重法

有鑒於防災公園區位的影響指標面向及層面有所不同，若以專家問卷(如 AHP 專家問卷法)取得權重，容易因為各專家專長領域不同，而對於非專長領域之指標了解不足，影響評估之權重大小。以熵值觀念來求取各屬性間的相對權重。首先經由每一屬性對各替選方案之衡量值所求算出的熵值，來說明該屬性對整個決策狀況所能傳遞之決策資訊的程度，此程度表示決策資訊傳遞的不確定性。然後再比較各準則的熵值，計算出彼此間的相對重要性，即相對權重。由於熵值權重是利用評估矩陣表中的資訊求得，故屬於客觀權重。熵值愈大即代表出現此事件的不確定性越高。

第四章 實證分析—以台中市為例

第一節 高脆弱度地區分析

由於政府資源有限的條件下，各行政區之防災公園區位選址應以高風險性、高脆弱之災害潛勢地區進行優先建立，本研究首先回顧有關地震災害及脆弱度評估指標，並利用多變量分析法，探討台中市地區脆弱度程度與特性，並藉由分析結果得出本研究實證地區。

地震脆弱度與暴露評估體系的建立，其中暴露是指系統或地區受到潛在環境危險或災害影響的程度與特性 (Adger, 2006; 吳杰穎等人, 2007)。研究何錦明等人 (2009) 評估指標建立方式須考慮兩個面向：(1)「有」或「無」暴露在地震威脅 (潛勢) 中，與(2)暴露程度，由於台中市皆會暴露在此地震的威脅之下，故真正須考慮的面向為暴露程度問題，暴露程度可透過脆弱度評估反映其程度。災害潛勢考慮的指標包含地震強度與可能損害；脆弱度與暴露指標則包含人口、社會經濟、相關公共設施與土地使用等社會因子要素。令指標向度有一致性，將其化為倒數，指標向度改為負，則該區此 10 項指標如越大表示該區之脆弱度越大，反之則越小。選取評估指標如表 4-1-1 所列之評估指標與定義。

表 4-1-1 地震評估指標

構面	指標	說明	向度
地震脆弱度與暴露	老年人口	65歲以上老年人口數 (人)	負
	嬰幼兒人口	5歲以下嬰幼兒數 (人)	負
	人口密度	各區之人口密度(人/每平方公尺)	負
	工業面積比	工業總面積/地區總面積(平方公尺)	負
	商業面積比	商業總面積/地區總面積(平方公尺)	負
	住宅面積比	住宅總面積/地區總面積(平方公尺)	負
	公園綠地面積比	公園綠地總面積/地區總面積(平方公尺)	正
	醫療設施	醫療設施之病床數(床)	正
	警察設施	警察局數(間)	正
	消防設施	消防局數(間)	正

資料來源：何錦明等人，2009；本研究整理

一、因子分析

「因素分析法」主要是希望能夠降低變數的數目，藉由萃取出公因子，來代表不同因子的特性和取向。本研究蒐集 10 項台中市共 29 區之指標，並由於評估指標架構包含不同空間性質、數值單位，因此將原始資料數據進行標準化 (standardizing) 處理，以消除不同屬性或樣方間的不齊性，使同一樣方內的不同屬性間或同一屬性在不同樣方內的方差減小。

依上述因子分析步驟所得之結果，所選取之 4 個因子分別敘述如下：

1. 第一個因子

第一因子解釋量為 35.845%，與第一因子有高度正關聯的指標有人口密度、住宅面積比、商業面積比，由於土地使用強度與人口密度皆與都市化程度有關，因子反映都市化與高使用強度的特徵，故本研究命名為「都市化因子」。

2. 第二個因子

第二因子解釋量為 25.918%，與第二因子有高度正關聯的指標有嬰幼兒人口、老年人口數，對於警察、消防設施為負關聯。由於嬰幼兒人口及老年人口數均高度正關聯，因子反映人口數較多，且警察消防因子為倒數的負關聯，說明該因子警察及消防設施數量較多，因子反映人口數及警消設施數較多的特徵，故本研究命名為「郊區化與防災因子」。

3. 第三個因子

第三因子解釋量為 13.538，與第三因子有高度正關聯的指標有工業面積比，因子反映工業土地使用面積較多的狀態，故本研究命名為「工業發展因子」。

4. 第四個因子

第四因子解釋量為 12.025，與第四因子有高度正關聯的指標有醫療設施 (床)，公園綠地面積比為負關聯，因子反映醫療設施不足與公園綠地面積較多的特徵，故本研究命名為「偏遠地區因子」。

二、群落分析

完成指標簡化並彼此獨立後，並再透過集群分析將四項因子進行台中市地區分群找出高度脆弱地區，其目的在辨認某些特性相似的事物，並將這些事物按照不同特性劃分成幾個集群，使在同一集群內的事物具有高度同質性，而不同集群間的事物則具有高度異質性。

本研究使用非層次集群方法 (non-hierarchical methods) 的 K 平均數法 (k-means methods) 做為分類方法，表分群之結果。

分群結果 (圖 4-1-1) 為第一群 (都市化因子) 為中區、南區、西區、北區；第二群 (郊區化與防災因子) 為豐原區、大里區、太平區、沙鹿區、潭子區、龍井區、西屯區、南屯區、北屯區；第三群 (工業發展因子) 為東勢區、大甲區、清水區、梧棲區、后里區、神岡區、大雅區、石岡區、烏日區、大肚區、霧峰區、東區；第四群 (偏遠地區因子) 為新社區、外埔區、大安區、和平區。

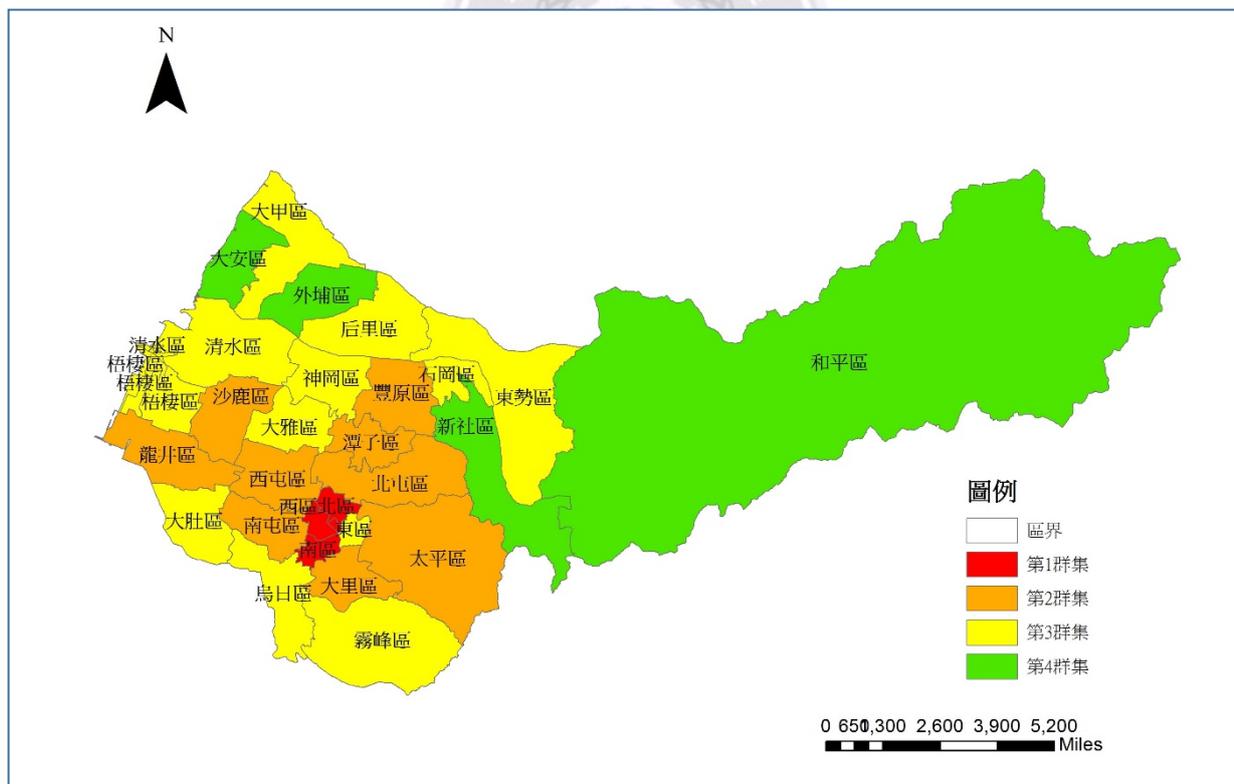


圖 4-1-1 分群結果圖

資料來源：本研究繪製

三、地區選定

由於第 1 群集主要與人口密度、土地使用強度有關，皆屬易增加災害風險性之因子，因此本研究選定位於第一群集地區（南、西、北、中區）為地震高脆弱度地區。東區與中區是屬於台中開發較早之舊市區，因其空間屬性與中區相近，本研究亦納入做為實證地區。



圖 4-1-2 實證地區圖

資料來源：本研究繪製

四、實證地區地震災害特性介紹

臺中市位處於臺灣中部中心位置，鄰近斷層分布極多，分布於臺中市轄內之主要活斷層共有 7 條，包括三義斷層、大甲斷層、鐵砧山斷層、屯子腳斷層、彰化斷層、車籠埔斷層及大茅埔-雙冬斷層等，實證地區內雖無斷層直接經過，但東邊鄰近車籠埔斷層。

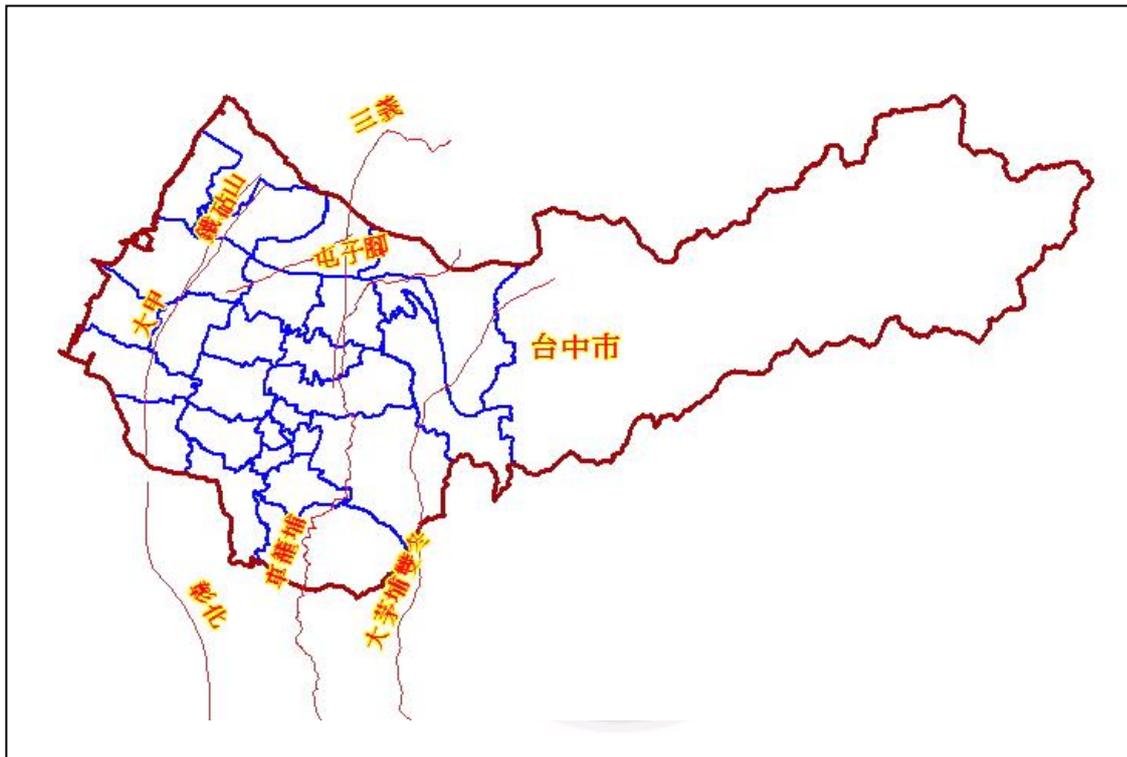


圖 4-1-3 台中市斷層分布圖

資料來源：台灣地震損失評估系統(TELSE)

五、災害設定

根據台中市防救災害深耕計畫，台中市係屬中度地震區域，發生頻率較少，本研究根據臺中市東區地區災害防救計畫中提到考量斷層錯動引致之危害遠大於由遠處地震傳至此行政區之影響，因此設定一地震事件，選定車籠埔斷層事件進行分析，並考量地震時飽和土壤之液化為工程結構物受損之主要原因之一，做為地震二次災害事件的評估因子。

本研究利用 TELES 進行最大地表加速度 (PGA) 之空間分布推估，其地震事件參數方式為根據已知活動斷層與相關屬性資料，即車籠埔斷層，以芮氏規模 7.3 進行地震模擬如下圖所示。

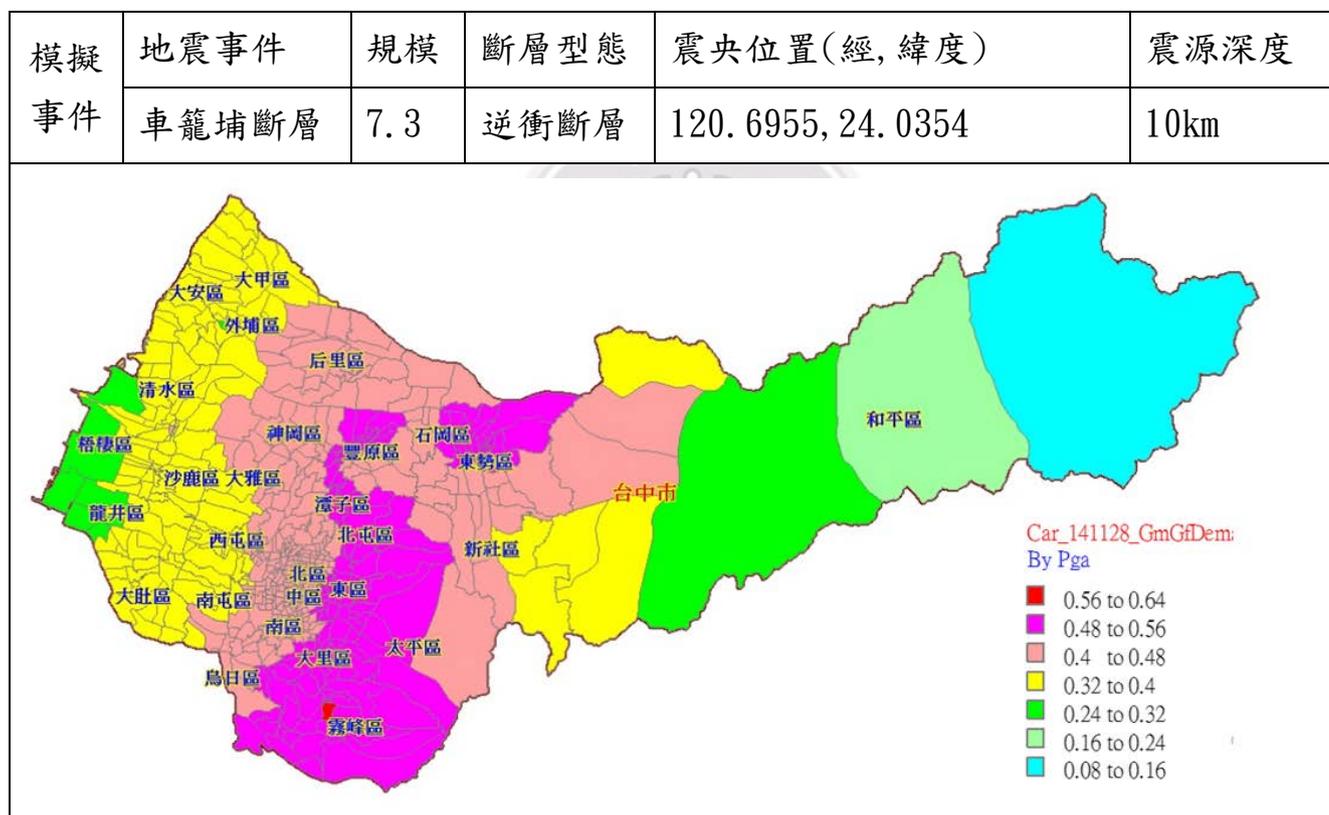


圖 4-1-4 PGA 之空間分布推估結果

資料來源：台灣地震損失評估系統 (TELES)

第二節 實證地區地理資訊建立

在實證區內五個行政區之待選防災公園據點的篩選上，主要以已開闢之都市計畫公園用地（不包含細部計畫）進行選取，共 34 個據點，選取公園分布如圖所示，公園基本屬性如表所示：

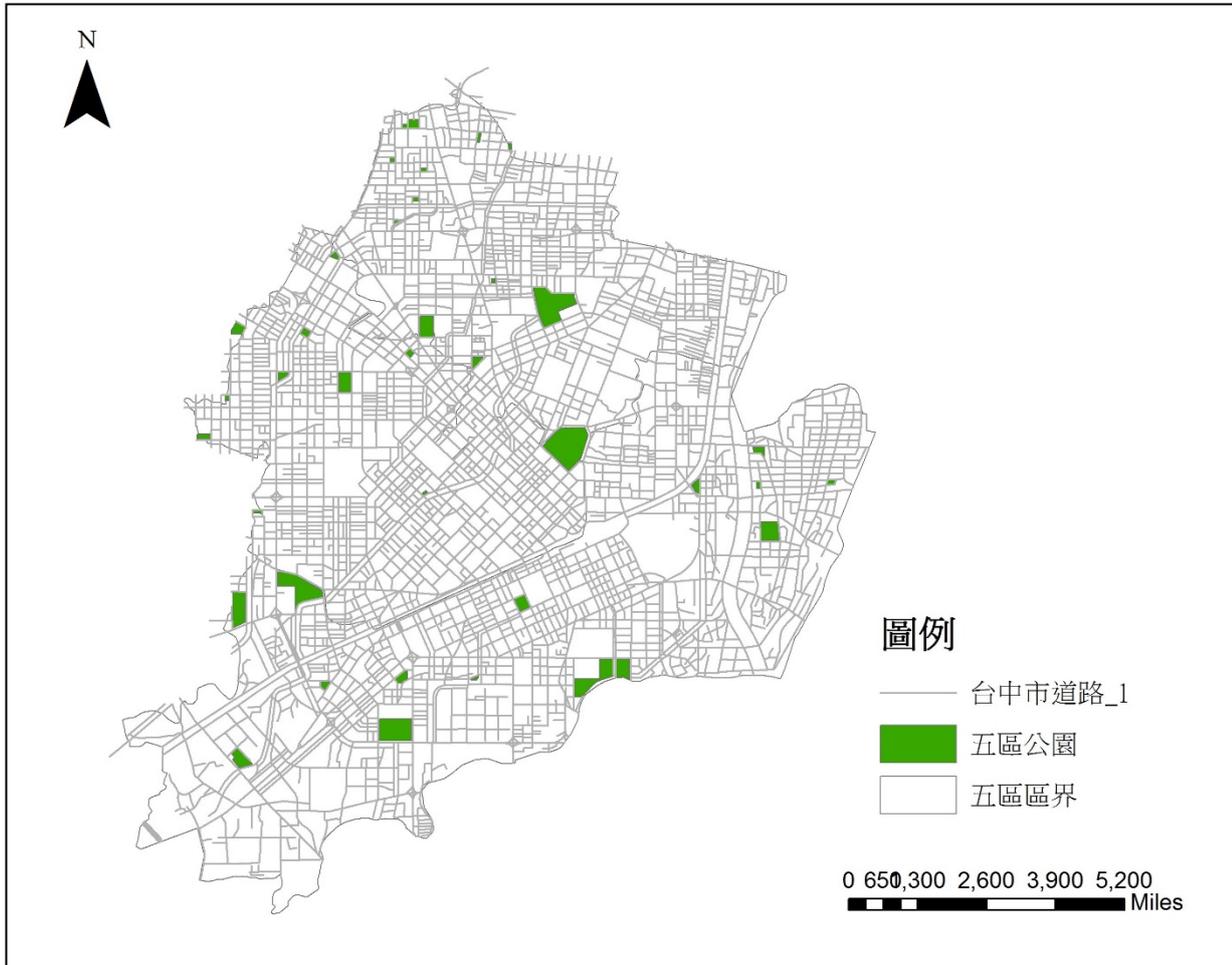


圖 4-2-1 台中市實證地區待選公園據點分布圖

資料來源：國土測繪中心（公園），2007；本研究繪製

表 4-2-1 公園面積表

編號	公園名稱	面積 (公頃)	編號	公園名稱	面積 (公頃)
0	英才兒童公園	2.57	17	東峰公園	2.57
1	曉明公園	0.2	18	長春公園	4.84
2	武昌公園	0.2	19	中正公園	1.42
3	中清公園	0.2	20	尚德公園	8.87
4	長青公園	0.84	21	民龍公園	0.13
5	山西公園	0.25	22	英士公園	0.4
6	忠明公園	0.5	23	樂成公園	0.69
7	公益公園	0.53	24	樂明公園	3.04
8	東興公園	1.14	25	長福公園	0.23
9	大益公園	0.18	26	早平公園	0.68
10	光明公園	0.29	27	梅川公園	0.31
11	崇倫公園	6.47	28	忠誠公園	0.1
12	樹德公園	1.89	29	市民廣場	0.32
13	健康公園	6.33	30	祖聖公園	2.2
14	福平公園	0.5	31	中山公園	0.67
15	南平公園	0.86	32	復興公園	11.04
16	自立公園	0.14	33	萬壽公園	0.15

資料來源：台中市政府建設局，2010

在評估指標選取方面，在風險性指標中，淹水潛勢因子由於台中市東、南、西、北、中區地理位置接近，皆位於同一淹水潛勢地區，若納入評估項目中將無法辨別各區之差異性，故將其因子剔除；在有效性指標中，開放空間比項目由於資料取得困難，目前並無公園有效面積之調查，因此無法計算該項目，故不予以納入評估因子中。

一、災害風險性指標

(一)土壤液化潛能指數

在實證地區土壤液化潛能指標上，本研究透過前述地震災害的設定，採用 TELSE 地震評估模擬系統中的土壤液化敏感地區的模擬，該系統採用的土壤液化評估模式，將液化發生機率視為液化潛能指數 P_L 的線性函數，利用全國各地所收集整理到的工程地質鑽孔資料庫，以統計回歸方法求得，結果為各里之土壤液化潛能指數如圖所示。

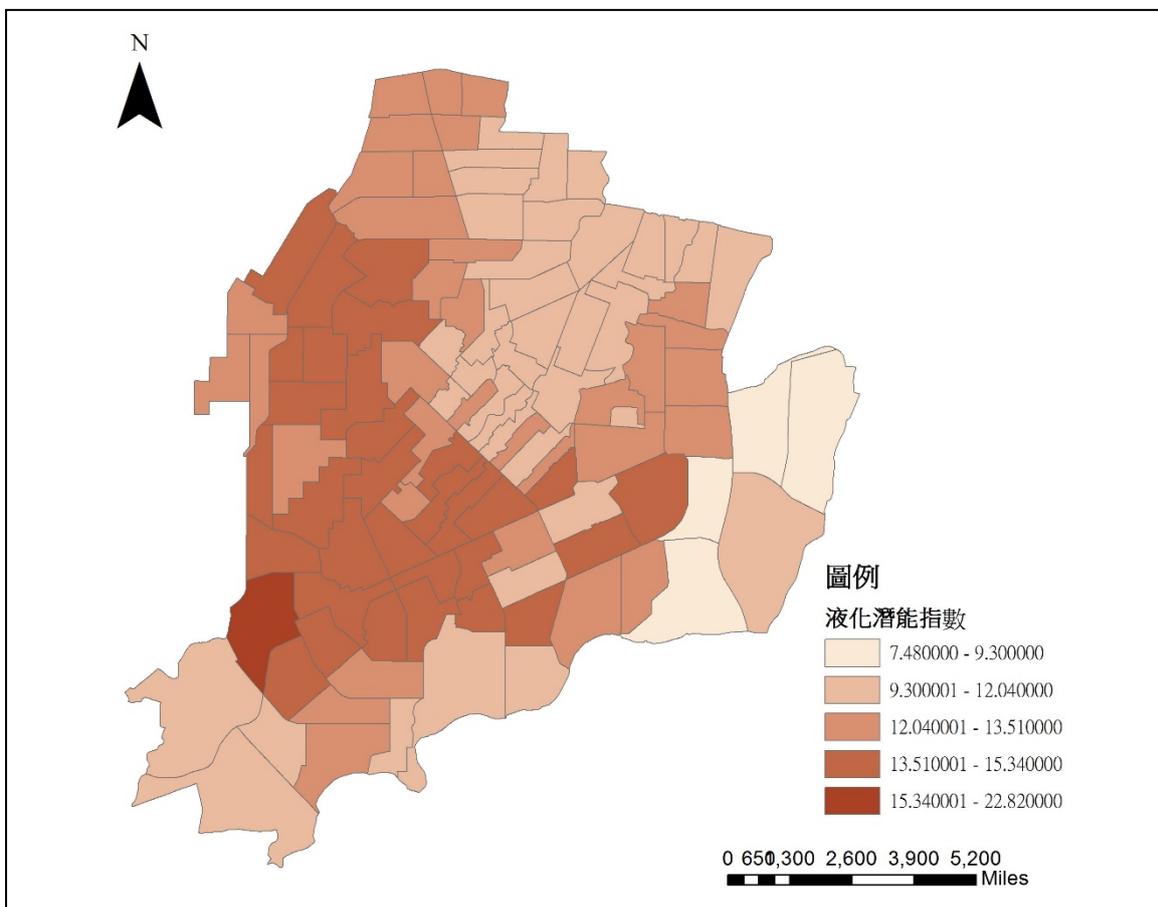


圖 4-2-2 實證區液化潛能分布圖

資料來源：台灣地震損失評估系統 (TELES)；本研究繪製

(二)震後火災危險度

研究參考李達志(2002)在「震後火災起火危險度評估之研究」上，推導出火災預測迴歸公式：

$$\text{每百萬平方公尺樓地板面積起火率} = 0.0029 * (\text{gal}) - 0.0047。$$

在火災危險度上採用尺度為 100M*100M 的網格，並與實證區建物樓地板面積做套疊，算出各網格之樓地板總面積，之後代入火災預測公式後，計算出震後所在危險度，並根據各公園所在網格位置進行火災危險度之採計。

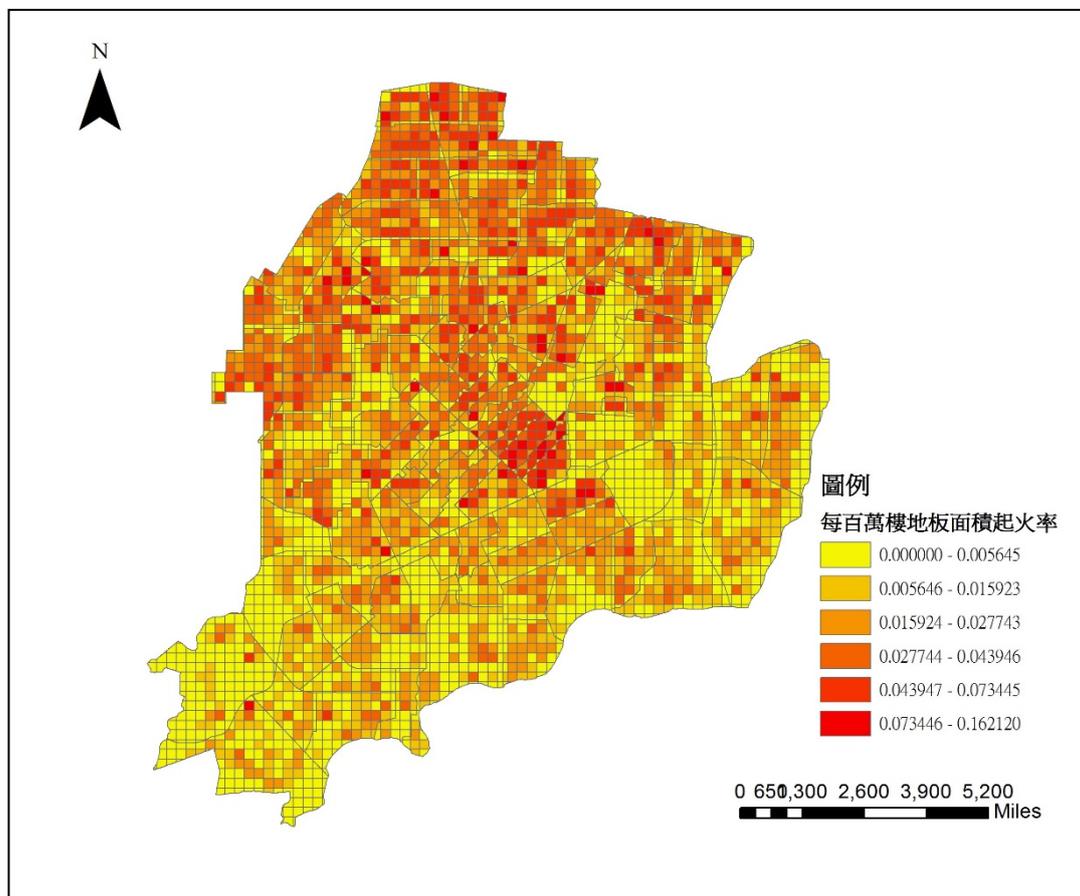


圖 4-2-3 每百萬樓地板面積起火率圖

資料來源：國土測繪中心 2007 (樓地板面積)；本研究繪製

(三)危險據點潛勢

在危險據點影響潛勢方面，由於資料取得之限制，僅以加油站做為危險據點之考量，並利用 ArcGIS 中的 Buffer 環域分析（半徑設定為 150 公尺），得知其影響範圍內的公園，並以 ArcGIS 中的 Network Analyst，以各公園點位尋找鄰近設施（加油站），以得出各公園離最近加油站之距離。

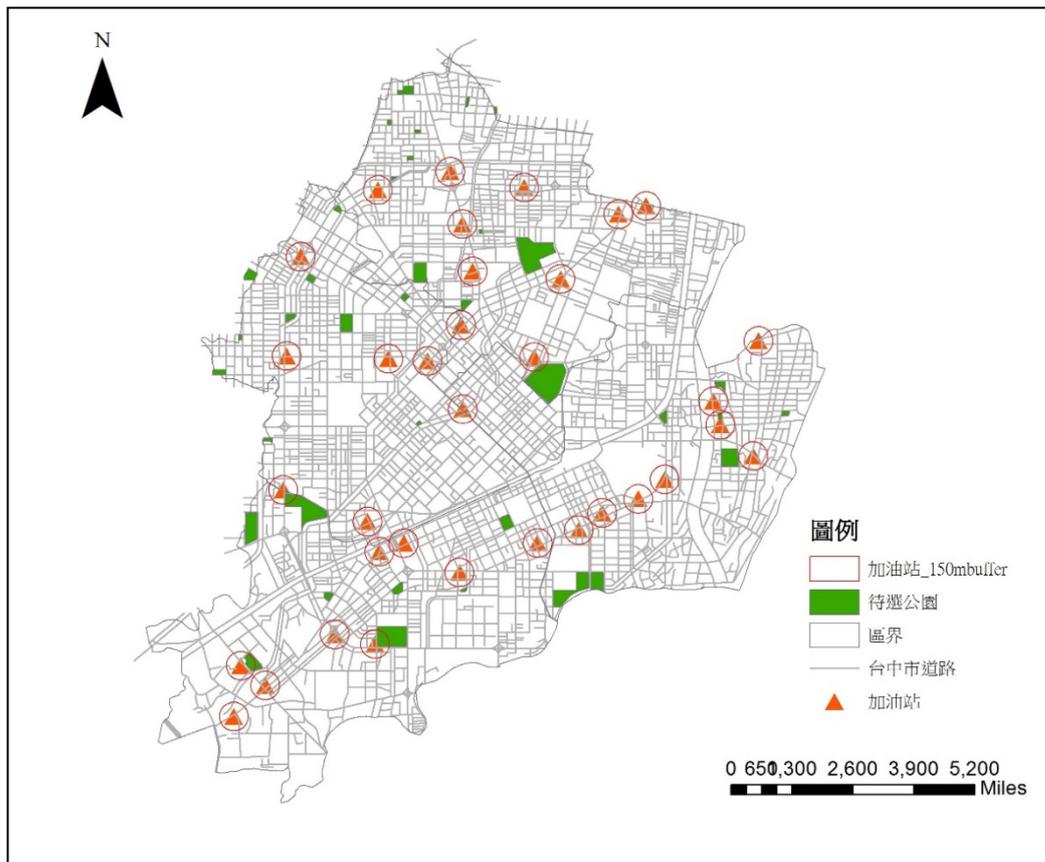


圖 4-2-4 危險據點分布圖

資料來源：本研究繪製

二、據點有效性指標

(一)容納避難人數

可容納人口方面，可容納人口計算方式應以公園有效開放空間面積，除以每人最小需求避難面積求得，但由於台中市目前並無公園有效面積調查統計資料，因此本研究開放空間面積計算採據點乘上法定建蔽率來計算，並參考「台北市都市計畫防災系統之規劃」，以每人最小需求避難面積為2平方公尺，計算結果如表4-2-2。

表 4-2-2 實證區可容納人口表

編號	公園名稱	可容納人口數	編號	公園名稱	可容納人口數
0	英才兒童公園	11329	17	東峰公園	21310
1	曉明公園	830	18	長春公園	6267
2	武昌公園	847	19	中正公園	39009
3	中清公園	855	20	尚德公園	553
4	長青公園	3695	21	民龍公園	1692
5	山西公園	1054	22	英士公園	3041
6	忠明公園	2115	23	樂成公園	13354
7	公益公園	2340	24	樂明公園	963
8	東興公園	5026	25	長福公園	2985
9	大益公園	770	26	早平公園	1298
10	光明公園	1238	27	梅川公園	662
11	崇倫公園	27509	28	忠誠公園	1344
12	樹德公園	8320	29	市民廣場	9686
13	健康公園	27861	30	祖聖公園	2937
14	福平公園	2212	31	中山公園	48555
15	南平公園	3793	32	復興公園	653
16	自立公園	581	33	萬壽公園	2697

資料來源：台中市政府建設局，2010；本研究整理

(二)可服務人口數

可服務人口數為防災公園之服務範圍內之人口數，本研究首先利用台中市民政局 2014 年台中市各里人口數、各里樓地板面積及各建築物樓地板面積做人口分布的推估，即「里人口×建物樓地板面積／里總樓地板面積」得出各里人口的分布情形，再利用 ArcGIS 中做各公園 500 公尺服務半徑之 Buffer 分析，擷取各公園服務範圍內之人口，其結果如下表：

表 4-2-3 實證區公園可服務人口表

編號	公園名稱	可服務人口數	編號	公園名稱	可服務人口數
0	英才兒童公園	12398	17	東峰公園	5856
1	曉明公園	23926	18	長春公園	13305
2	武昌公園	15387	19	中正公園	11290
3	中清公園	17311	20	尚德公園	15345
4	長青公園	17892	21	民龍公園	12464
5	山西公園	22075	22	英士公園	14381
6	忠明公園	15028	23	樂成公園	8557
7	公益公園	19256	24	樂明公園	8072
8	東興公園	21713	25	長福公園	12723
9	大益公園	21758	26	早平公園	7360
10	光明公園	21758	27	梅川公園	19158
11	崇倫公園	17216	28	忠誠公園	10828
12	樹德公園	11035	39	市民廣場	14903
13	健康公園	10757	30	祖聖公園	7111
14	福平公園	13010	31	中山公園	11041
15	南平公園	10296	32	復興公園	9014
16	自立公園	11360	33	萬壽公園	21941

資料來源：國土測繪中心（樓地板面積），2007；台中市民政局（人口），2014；本研究整理

三、道路可及性指標

(一)道路便捷性

道路便捷性部分，本研究參考「都市計劃防災規劃標準及管理體系之建構－以嘉義市為例研究」中，避難據點至少應鄰接一條 12 公尺以上道路，本研究利用 ArcGIS 中台中市路網圖，篩選 12 公尺以上道路，並與公園套疊得出公園鄰接 12 公尺以上道路數量，結果如圖 4-2-5。

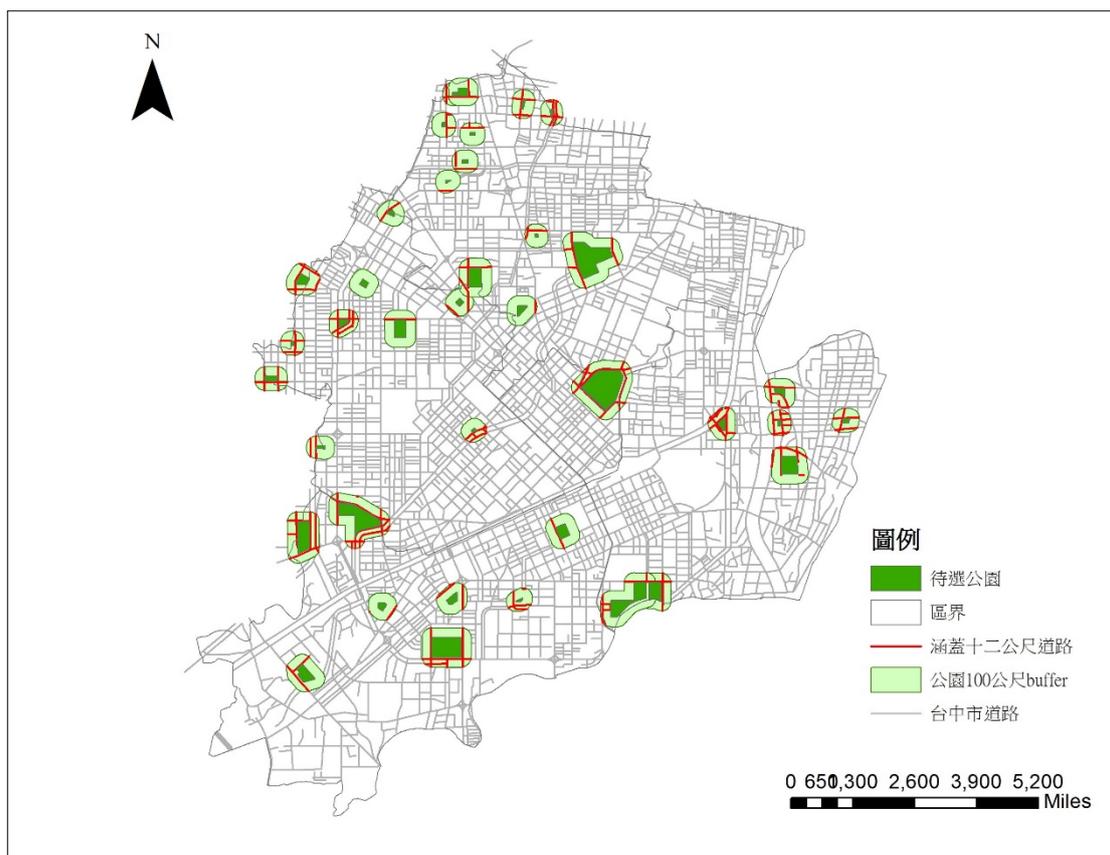


圖 4-2-5 公園鄰接 12 公尺以上道路圖

資料來源：國土測繪中心（道路），2007；本研究繪製

(二)道路替代性

災害發生時，建築物倒塌及道路損毀都將影響道路之可及性，因此若防災公園能鄰接越多條道路，表示道路替代性越高，到達防災公園之可能性越高，本研究利用 ArcGIS 以半徑 100 公尺做 Buffer 分析，並套疊台中市路網圖，得出公園周邊鄰接道路數量，其結果如圖 4-2-6。

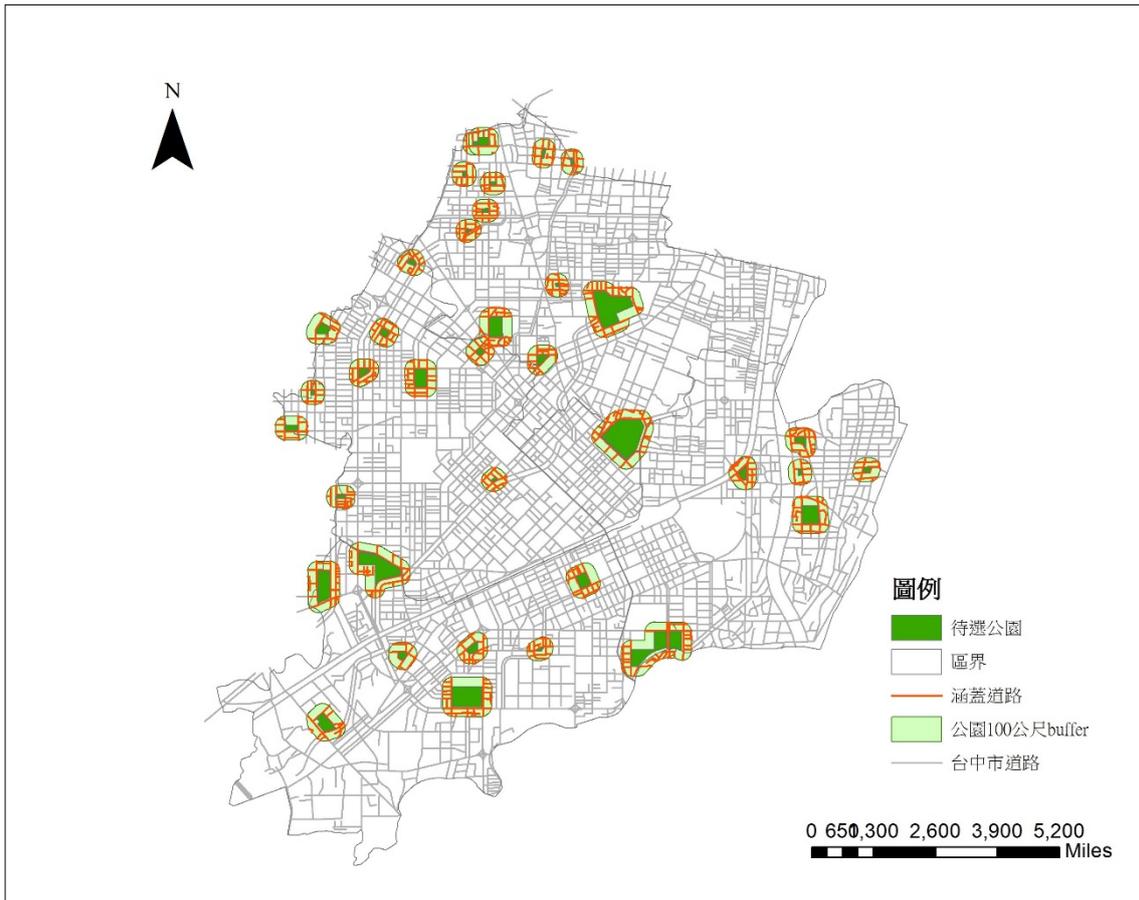


圖 4-2-6 公園半徑 100 公尺道路圖

資料來源：國土測繪中心（道路），2007；本研究繪製

四、支援據點鄰近性指標

(一)公園據點與消防據點之最近距離

實證地區內之消防據點共有 7 處，其相關資料如表 4-2-4，並利用 ArcGIS Network Analyst 中最短路徑分析，以 15 公尺以上避難道路為基準，計算各防災公園至最近消防據點之距離，如圖 4-2-7 所示。

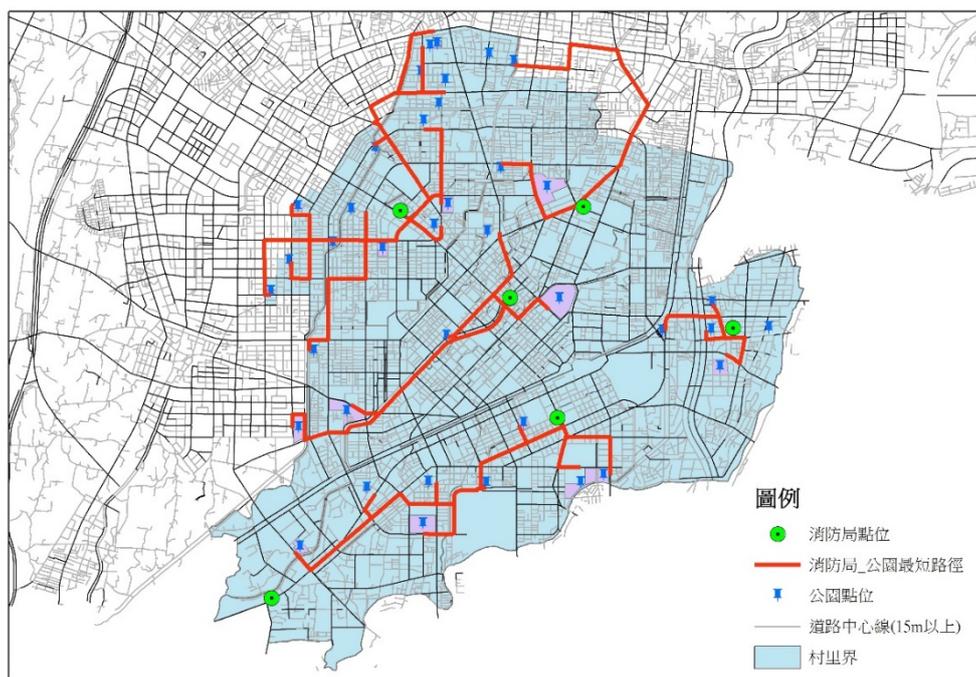


圖 4-2-7 消防據點最短路徑分析圖

資料來源：國土測繪中心（道路），2007；本研究繪製

表 4-2-4 實證區消防單位資料表

區名	單位名稱
北區	第七大隊中港分隊
北區	第七大隊專責救護隊
北區	特搜大隊大誠分隊
中區	第七大隊中區分隊
東區	第七大隊東英分隊
南區	第七大隊勤工分隊
南區	第七大隊信義分隊

資料來源：本研究整理

(二)公園據點與醫療據點之最近距離

實證地區內之醫療據點共有 18 處，其相關資料如表 4-2-5，並利用 ArcGIS Network Analyst 中最短路徑分析，以 15 公尺以上避難道路為基準，計算各防災公園至最近消防據點之距離，如圖 4-2-8 所示。

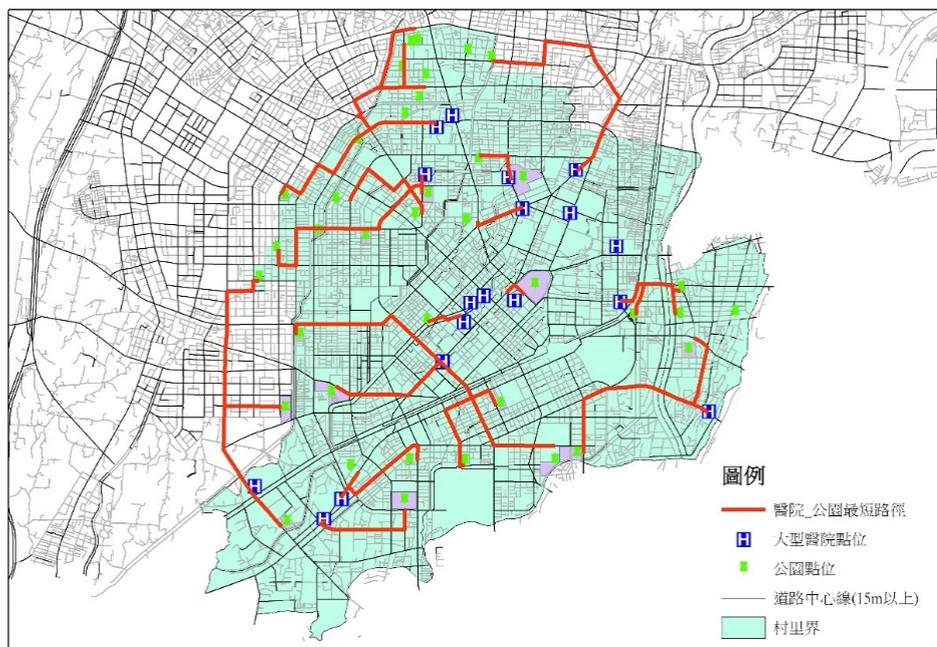


圖 4-2-8 醫療據點最短路徑分析圖

資料來源：國土測繪中心（道路），2007；本研究繪製

表 4-2-5 實證區醫療單位資料表

區名	單位名稱	區名	單位名稱
西區	衛生福利部臺中醫院	中區	澄清綜合醫院平等院區
西區	林森醫院	中區	仁愛醫院台中院區
北區	中國醫藥大學附設醫院	中區	第一醫院
北區	新亞東婦產科醫院	東區	臺新醫院
北區	順天醫院	東區	臺安醫院進化總院
北區	國軍臺中總醫院中清分院	東區	中國醫藥大學附設醫院 臺中東區分院
北區	勝美醫院	南區	中山醫學大學附設醫院

資料來源：本研究整理

(三)公園據點與警察據點之最近距離

實證地區內之消防據點共有 16 處，其相關資料如表 4-2-6，並利用 ArcGIS Network Analyst 中最短路徑分析，以 15 公尺以上避難道路為基準，計算各防災公園至最近消防據點之距離，如圖 4-2-9 所示。

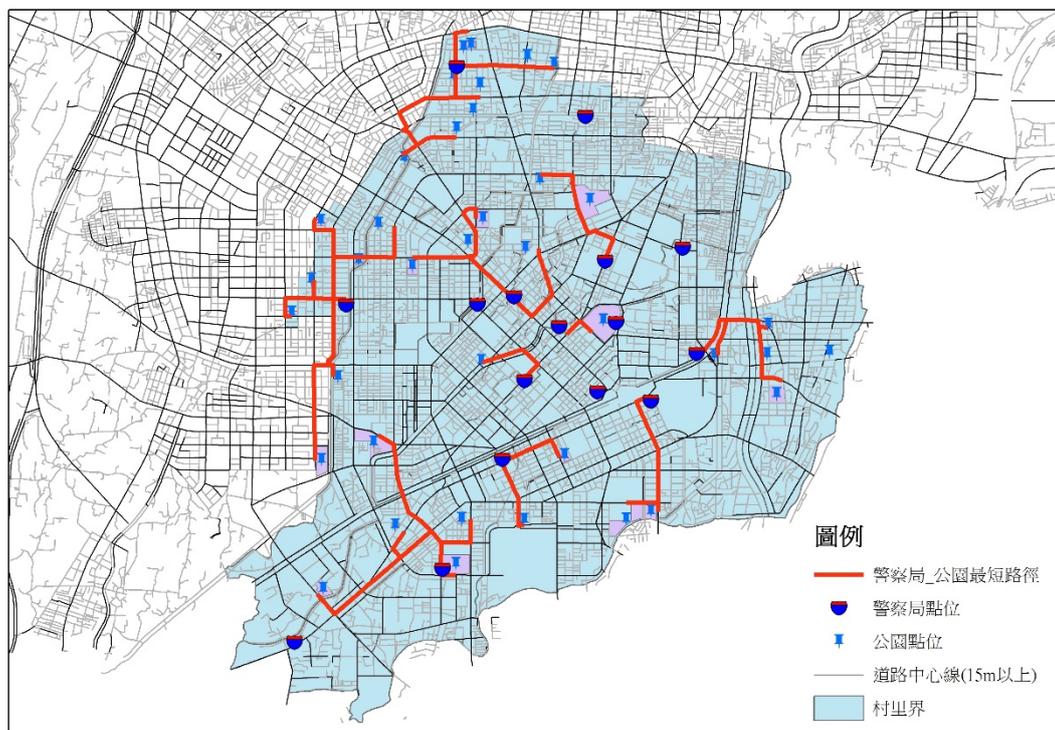


圖 4-2-9 警察據點最短路徑分析圖

資料來源：國土測繪中心(道路)，2007；本研究繪製

表 4-2-6 實證區警察單位資料表

區名	單位名稱	區名	單位名稱
西區	西區派出所	中區	大誠分駐所
西區	民權派出所	中區	繼中派出所
西區	公益派出所	東區	東區分駐所
北區	文正派出所	東區	合作派出所
北區	台中公園駐在所	東區	立德派出所
北區	立人派出所	南區	正義派出所
北區	永興派出所	南區	健康派出所
北區	育才派出所	南區	勤功派出所

資料來源：本研究整理

五、小結

本研究以地震災害潛勢、防災公園及各類據點之空間屬性資料進行評估，處理分析應用 ArcGIS 10.2 及 TELES 系統取得相關數據，配合 EXCEL 表格運算，建置實證地區防災公園之空間資料庫。本研究中所建立之各項指標結果說明如下：

表 4-2-7 指標資料型態表

指標群	指數	指標說明	變數型態	目標向量
災害風險性	土壤液化潛能指數	土壤液化潛能值 (SPT)	連續變數	望小
	震後火災危險度	每百萬樓地板面積起火率	名目變數	望小
	危險據點潛勢	避難據點與危險據點距離	連續變數	望小
據點有效性	容納避難人數	開放空間面積除以 2 平方公尺	連續變數	望大
	可服務人數	避難據點 500 公尺內之人口數	連續變數	望大
道路可及性	道路便捷性	公園鄰接大於 12 公尺道路數	連續變數	望大
	道路替代性	公園 100 公尺範圍內道路數	連續變數	望大
支援據點鄰近性	消防據點	避難據點與消防據點最短路徑之距離	連續變數	望小
	醫療據點	避難據點與消防據點最短路徑之距離	連續變數	望小
	警察據點	避難據點與警察據點最短路徑之距離	連續變數	望小

資料來源：本研究整理

第三節 防災公園區位評估

為了解防災公園區位之評估因子關係，本研究建立實證區空間資料庫後，利用灰關聯分析及熵值權重法來進行評估，推估各個公園做為防災公園之適宜情形。

一、灰關聯生成

如果數據為非可比性，但是在可比性的原則下，為了達到灰關聯分析之目的，則必須做數據處理，此種方式稱為灰關聯生成(溫坤禮等,2003)。由於各因子指標空間資料單位、向度及屬性皆不同，數字大小也有相當差異，因此，藉由灰色生成的手段，可以降低數據中的隨機性，並提升數據的規律性。由於傳統的灰關聯生成不能滿足同構性，因此，本研究採用夏郭賢(1998)提出修飾的灰關聯生成。

二、熵值權重

在熵值權重求取的部分，是將 10 項指標與 34 個據點之灰色生成結果來計算 10 項指標之熵值權重，其結果如下表 4-3-1。

表 4-3-1 各項指標權重表

指標群	指數	熵值權重	權重排序
災害風險性	土壤液化潛能指數	0.087412	7
	震後火災危險度	0.102388	4
	危險據點潛勢	0.084566	9
據點有效性	容納避難人數	0.161813	1
	可服務人數	0.094959	5
道路可及性	道路便捷性	0.103358	3
	道路替代性	0.107826	2
支援據點鄰近性	消防據點	0.088032	6
	醫療據點	0.084304	10
	警察據點	0.085342	8

資料來源：本研究整理

由熵值權重法的結果發現，防災公園區位評估指標中，權重值較高、影響性較大之指標分別為容納避難人數（0.161813）、道路替代性（0.107826）、道路便捷性（0.103358）與震後火災危險度（0.102388）。

若以指標群之總權重而言，災害風險性之權重較高，支援據點鄰近性及據點有效性次之，最後為道路可及性，這顯示出雖然風險性指標群各指標若單獨檢視，皆非為主要影響因素，但以指標群來看，風險性在公園區位的選擇上具有相當重要性，顯示在區位的考量上應考量相關災害潛勢，以確保防災公園為安全有效之據點。

三、公園灰關聯分析

利用灰色生成結果求得灰關聯係數，其中之辨識係數設定為 0.5，之後再配合上一步驟求得知各項指標之權重來求得各防災公園之灰關聯度，其結果如下表。

表 4-3-2 各避難據點灰關聯分析結果

編號	公園名稱	個別灰關聯度	排序
0	英才兒童公園	0.5459	12
1	曉明公園	0.4809	28
2	武昌公園	0.4879	26
3	中清公園	0.4912	25
4	長青公園	0.4456	34
5	山西公園	0.4583	33
6	忠明公園	0.4632	32
7	公益公園	0.5498	11
8	東興公園	0.4728	31
9	大益公園	0.5710	8
10	光明公園	0.4793	29
11	崇倫公園	0.6103	5
12	樹德公園	0.5600	9
13	健康公園	0.6235	2
14	福平公園	0.5096	20
15	南平公園	0.4844	27
16	自立公園	0.5371	15

編號	公園名稱	個別灰關聯度	排序
17	東峰公園	0.5236	17
18	長春公園	0.5274	16
19	中正公園	0.5992	7
20	尚德公園	0.4987	22
21	民龍公園	0.5382	14
22	英士公園	0.5147	19
23	樂成公園	0.5499	10
24	樂明公園	0.6201	3
25	長福公園	0.6162	4
26	早平公園	0.5407	13
27	梅川公園	0.4745	30
28	忠誠公園	0.4934	23
29	市民廣場	0.4920	24
30	祖聖公園	0.6062	6
31	中山公園	0.7213	1
32	復興公園	0.5203	18
33	萬壽公園	0.5028	21

資料來源：本研究整理

根據所計算出之防災公園灰關聯度結果，將各灰關聯度之分佈情形以下圖表示。為了區別各防災公園之優劣程度，本研究參考張恆維（2007）的劃分灰關聯度的方式，利用 Quantile 將各灰關聯度以 0.49 與 0.56 來劃分群落（圖 4-3-1），決定公園是否適宜做為防災公園之區位，關聯度大於 0.56 者屬於較適宜之防災公園區位，介於 0.49 至 0.56 之間則屬於次適宜之區位，而關聯度小於 0.49 之公園則屬於較不適宜之公園區位，結果如圖 4-3-2。

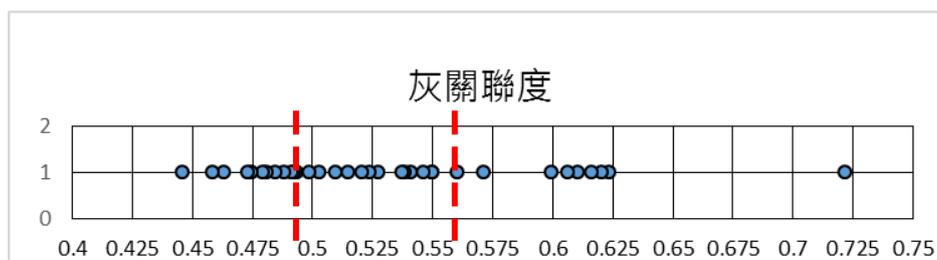


圖 4-3-1 實證地區防災公園灰關聯度分布圖

資料來源：本研究繪製

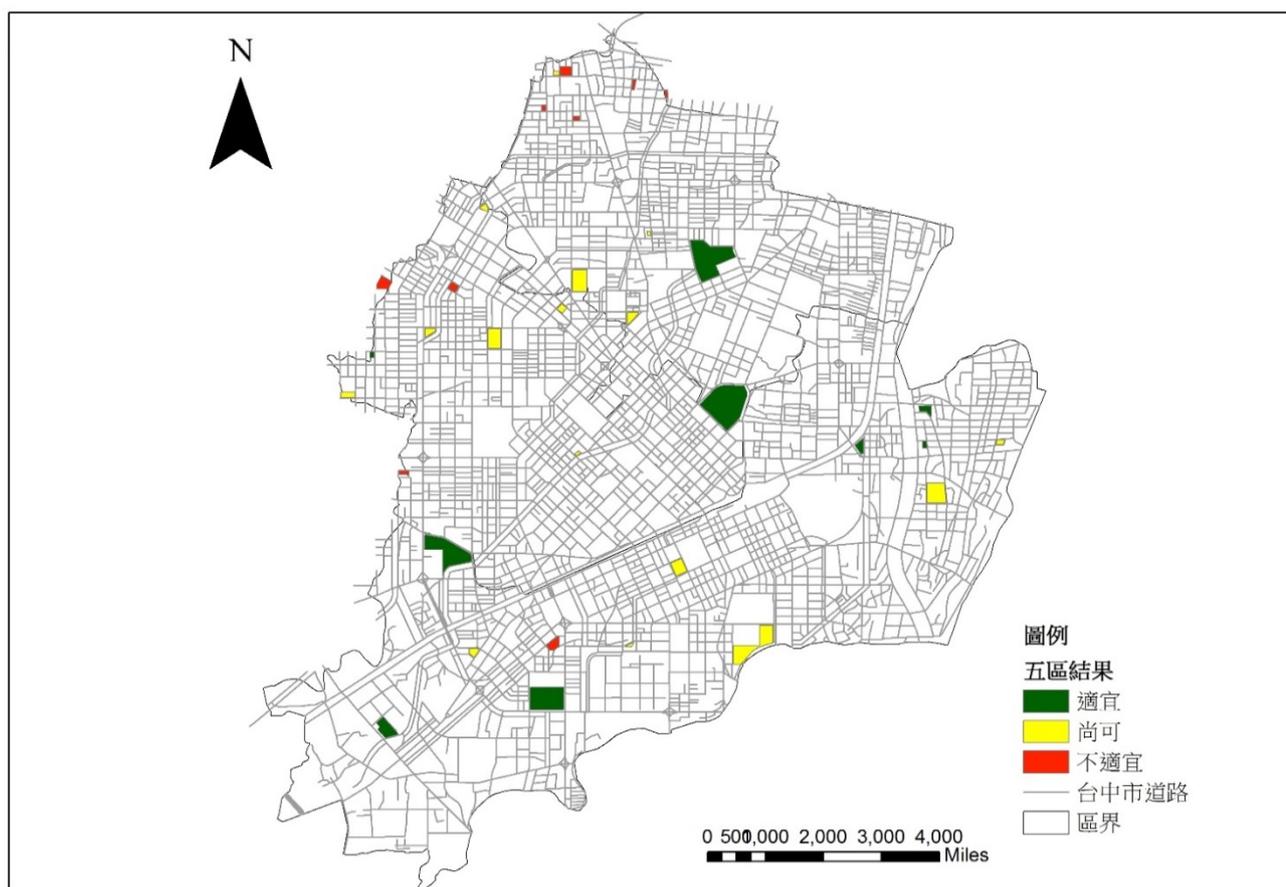


圖 4-3-2 實證地區防災公園區位評估結果圖

資料來源：本研究繪製

本研究首先對於避難據點之劃設準則做相關文獻回顧，並針對地震災害指標因子的評估篩選，藉由評估的方式了解各因子間的重要程度，用以檢視各待選公園區位的優劣狀況，以及若未來當作防災公園時所可能產生的問題，幫助日後做為防災公園劃設之依據，與未來防災避難據點檢討的方向。由分析的結果得知，多數待選公園關聯度多介於 0.45 至 0.55 區間，說明實證區內多數公園不適合做為防災公園，原因可能是台中市舊市區在規劃時市街道路狹小，街廓的劃設面積亦較小，因此多數公園面積不大，道路無法符合防災避難道路之需求；在危險因子的部分，因土地使用強度及人口稠密的關係，未來在考量防災據點時，應考量都市火災的發生，避免二次災害加劇造成的傷亡。結果也顯示較適宜做為防災公園之據點，多以腹地面積大且具有良好交通功能者關聯度較高，說明據點的劃設不僅考量本身條件，公園之可及性亦是考量重點。

根據區位分析結果並根據郭香吟(2000)參照日本防災公園之劃分，並依照其公園面積建議、整理出各防災公園適宜公園類別、功能功效與設施需求，結果如下表所示。

表 4-3-3 各防災公園適宜公園類別

公園名稱	面積(公頃)	種類	功能效用	公園類別	設施需求
中山公園	11.04	廣域避難地機能的都市公園	地震火災發生時，提供廣域避難功能之都市公園	都市基幹公園、廣域公園	直生機降落場、通訊設施、儲備倉庫及耐震水槽
健康公園	6.33	一次避難地機能的都市公園	地震火災發生時，主要附近居民得一時避難場所的都市公園	近鄰公園、地區公園綠道等	儲備倉庫、耐震水槽
樂明公園	0.23	避難綠機能的都市公園	廣域避難地或通至安全場所的避難路、綠道	近鄰公園綠地	—
長福公園	0.68	避難綠機能的都市公園	廣域避難地或通至安全場所的避難路、綠道	近鄰公園綠地	—
崇倫公園	6.47	一次避難地機能的都市公園	地震火災發生時，主要附近居民得一時避難場所的都市公園	近鄰公園、地區公園綠道等	儲備倉庫、耐震水槽
祖聖公園	0.67	避難綠機能的都市公園	廣域避難地或通至安全場所的避難路、綠道	近鄰公園綠地	—
中正公園	8.87	一次避難地機能的都市公園	地震火災發生時，主要附近居民得一時避難場所的都市公園	近鄰公園、地區公園綠道等	儲備倉庫、耐震水槽
大益公園	0.18	避難綠機能的都市公園	廣域避難地或通至安全場所的避難路、綠道	近鄰公園綠地	—

資料來源：本研究整理

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究首先對於台灣過去發生重大之地震災害事件進行探討，發現過去台灣的防災體系尚未健全的情況下，地震災害對於都市破壞影響層面廣泛，不論人為受害、交通阻斷、建築破壞到後續災害等，透過檢討九二一地震災害的經驗，可以了解地震發生時避難行為的特性，如避難據點的選擇以住宅外道路為第一階段，第二階段再往開放空間移動，其中學校及公園綠地為主要避難場所，說明此類據點在災害發生時所扮演之重要角色。

檢視台灣目前對於防災公園劃設之原則與相關法令後，發現目前台灣並無具體對於防災公園規劃之流程，僅是原則性指導及公園內部需求的規定，因此本研究參考日本防災公園劃設流程及國內相關研究，認為公園區位方面的選擇應以該地區之災害潛勢、公園本身條件與區位之各項條件（如：鄰接道路及防災據點等）進行評估，而在公園建置的優先順序上應以地震災害風險度較高之地區，做為優先建置之考量，故研究根據 10 項脆弱度與暴露指標，利用多變量分析找出台中市高脆弱度地區，分析結果為台中市西、南、北與中區為高脆弱度地區。

本研究以台中市五區（東、南、西、北、中區）做為實證地區，分析各區公園之災害潛勢、區位條件及服務能力等數據，針對研究建立之防災公園區位評估指標，透過地理資訊系統建立資料庫，做為求算各因子之權重以及各防災公園之灰關聯度原始數值。本研究的操作方式主要分為兩步驟，第一步驟是評估因子，先藉由前人的研究來建立風險性、有效性、可及性及鄰近性之評估指標系統，再篩選待評估公園；第二階段則運用多準則決策方法中的灰關聯分析與熵值權重法，來進行防災公園之區位評估，將待選公園進行適宜性排序，探討防災公園的優劣情形。以下將本研究之研究結果與發現歸納如下：

一、整合防災公園區位規劃因素

本研究認為防災公園區位之劃設，應是兼具安全、有效、可及與支援性之地點，除了考量計畫區公園綠地面積是否滿足、內部設施是否符合規定以外，針對區位的考量，應注重災害潛勢的風險性以確保據點之安全，

避免設置於危險性過於嚴重且難以改善之地區；在有效性方面，由於防災公園為兼具休憩與避難之開放空間，因此必須考慮公園對於避難需求是否能夠滿足地區之需求；在可及性方面，若防災公園位於可及性較差之地區，將無法達到其防災據點的功能發揮；在支援性方面，防災公園鄰近相關防災據點、設施，將提高災害防救的效率，並以公園為據點做相關災害的應對措施。

二、防災公園區位評估指標體系

本研究利用防災公園與避難據點規劃相關文獻之歸納，建立防災公園區位評估指標，利用灰關聯分析與熵值權重來進行防災公園區位評估。在對於台中市五區之防災公園區位評估時，發現實證地區之防災公園指標中，公園的可容納避難人數權重最高，這說明適宜做為防災公園之服務能力仍是重要考量依據；其次，可及性指標中的道路便捷性與替代性，佔第二、三重要的權重，說明公園的區位在規劃時須考量周邊道路的通達狀況，而在代表災害潛勢的風險性指標群中，火災危險度指標，佔有相當的權重，這顯示在防災公園規劃之時，對於都市火災與火災影響範圍的防範，應是未來的重點工作項目。

三、實證地區

在台中市防災公園之區位評估結果中，顯示出台中市舊市區之公園區位，其適合做為防災公園之區位較差，灰關聯度超過 0.7 者僅中山公園一處，分析其原因主要為公園面積多數較小，其可容納人口數低、市區道路狹窄未符合防災道路需求，以及建物密集其受火災危險影響較為嚴重，在未來台中市五區之防災公園設置規劃中，應劃設適當避難圈域，規劃避難動線與可做為通往安全避難所據點之配合，來抒解地區之避難人口，另外在火災與爆炸潛勢的影響，未來應該進行相關檢討，如老舊建築、違規建造物與易起火設施的管理，以減緩震後都市火災造成之二次災害。

第二節 建議

一、其他評估指標考量

都市災害影響層面廣泛，災害防救為一綜合考量問題，本研究受限於資料取得不易及資料年份等問題，例如在有效性部分，可服務範圍人口分布難以估計，目前台中市尚未對各公園做有效面積之調查，故本研究以樓地板面積推估人口分布，有效面積部分扣除建蔽率做為估算方式。建議未來除了提高資料的精度外，在地區層面，應隨地區差異考量不同之災害潛勢；在危險度推估方面，可考量建築、道路之易損程度，做為災害可能阻斷的因子；在社會層面，可考量土地使用現況、人口活動特性等，來評估更為客觀且精確的指標結果。

二、配合都市計畫做檢討

由於多數評估因子多以行政村里界做為資料劃分，故本研究實證範圍透過分析後以行政區做為研究地區，但由於目前防救災計畫多附於地區都市計畫內，故建議可以都市計畫範圍做為評估範圍，配合未來都市計畫內防災計畫的檢討，提出適宜的防災公園和防災據點之區位。

三、與其他方法做比較

本研究在研究方法上，採用灰關聯分析，將多項評估因子以考量權重的方式轉換為單一目標，並進行評估，而權重求法則是屬於客觀權重，在灰關聯度選取以 Quantile 做為適宜性選取門檻，而門檻值的選定方式仍有討論的空間。未來可嘗試其他方法做為評估比較，並分析其結果之品質與差異性。

四、其他避難據點的影響性

本研究僅探討都市內公園綠地做為避難據點時，其區位應考量與評估的方向，但避難據點又包含學校、機關及軍事用地、停車場和體育場等等，除各據點自身特性的考量外，據點之間是否存在影響性，影響層面包含哪些，據點間能否相互輔助或者有排斥的特性，都是建議未來可以繼續深入研究的方向。

參考文獻

書籍：

1. 江金山、吳佩玲、蔣祥第、張廷政、詹福賜、張軒庭、溫坤禮(1998)，灰色理論入門，台北市：高立。
2. 林傑斌、林川雄、劉明德、飛捷工作室(2004)，SPSS 12 統計建模與應用實務，台北縣汐止市：博碩文化。
3. 吳漢雄、鄧聚龍、溫坤禮(1996)，灰色分析入門，台北市：高立。
4. 施鴻志(1997)，都市規劃，新竹市：建都出版。
5. 溫坤禮、黃宜豐、張偉哲、張廷政、游美利、賴家瑞(2003)，灰關聯模型方法與應用，台北市：高立。
6. 溫坤禮、張簡士琨、葉鎮愷、王建文、林慧珊(2007)，MATLAB 在灰色系統理論的應用，臺北縣土城市：全華。
7. 郭瓊瑩(2003)，水與綠網絡規劃：理論與實務，臺北市：詹氏。
8. 柏原士郎、上野淳、森田孝夫(1998)，阪神・淡路大震災における避難所の研究，大阪大学出版会。
9. 都市綠化技術開發機構(1999)，防災公園計畫・設計，日本：大藏省印刷局。
10. 都市綠化技術開發機構 公園綠地防災技術共同研究会(2000)，防災公園技術ハンドブック，公害対策技術同友会。

期刊論文：

1. 王秀娟(2000)，都市防災公園綠地系統建立之探討，公園綠地季刊 3(2)：4~14，台灣公園綠地協會。
2. 何明錦、洪鴻智、陳建忠、陳令韓、簡長毅、陳素櫻、王暉堯(2009)，綜合性地震脆弱度與風險評估：以新竹市為例，建築學報 70 (增刊)：111~126，中華民國建築學會。

3. 郭香吟(2000)，都市防災公園空間建構之實踐與省思，公園綠地季刊 3(4)：24~29，台灣公園綠地協會。
4. 黃定國(2000)，公園應用於都市安全防災規劃理念之探討，公園綠地季刊 3(3)：18~22，台灣公園綠地協會。

專題研討會論文：

1. 江崇誠(2003)，中華大學建築與都市計畫學系，台北市大規模地震時活動人群避難行為特性之調查研究，出自「基隆市共同管道系統整體規劃案-防災道路研討會論文集」，IV-1~IV-14，內政部營建署。
2. 李威儀、錢學陶、李咸亨(1997)，台北市都市計畫防災系統之規劃，中華民國都市計畫學會。
3. 李威儀(1999)，從都市防災系統中實質空間防災功能檢討：(二)學校、公園及大型公共設施等防救據點，出自「內政部建築研究所專題研究計畫成果報告」，內政部建築研究所。
4. 何明錦(1998)，從都市防災系統檢討實質空間之防災功能—(一)防救災交通動線系統及防救據點，出自「內政部建築研究所專題研究計畫成果報告」，內政部建築研究所。
5. 何明錦(2000)，都市計畫防災規劃手冊彙編，內政部建築研究所。
6. 吳水成、陳大中、賴建宇、陽耀楨(2003)，國立交通大學運輸科技與管理學系暨研究所，都市震災道路系統緊急應變搶通計畫之研究，出自「基隆市共同管道系統整體規劃案-防災道路研討會論文集」，I-1~I-15，內政部營建署。
7. 唐鎮宇(2003)，基隆市政府消防局，基隆市地震後消防搶救應變對策之研究，出自「基隆市共同管道系統整體規劃案-防災道路研討會論文集」，II-1~ II-22，內政部營建署。
8. 陳亮全、邱昌平(1988)，：有關台灣都市地震災害及其成因之初步探討，出自「都市地震防災體系之基礎研究(一)」，內政部建築研究所籌備處。

9. 陳建忠(1999),都市計畫通盤檢討有關防災規劃作業程序及設計準則之研究,出自「內政部建築研究所專題研究計畫成果報告」,都市及建築安全防災科技計畫,內政部建築研究所。
10. 陳建忠、蔡綽芳、陳伯勳、梁漢溪(1999),921集集震災都市防災調查研究報告,內政部建築研究所。
11. 張益三、蕭江碧(2001),都市計畫防災規劃標準及管理體系之建構—以嘉義市為例研究,內政部建築研究所。
12. 詹士樑(2003),國立台北大學地政學系,都市地區避難救災路徑有效性評估之研究,出自「基隆市共同管道系統整體規劃案-防災道路研討會論文集」,VIII-1~ VIII-12,內政部營建署。
13. 蕭江碧(1996),都市與建築防災整體研究架構之規劃,出自「內政部建築研究所籌備專題研究計畫成果報告」,內政部建築研究所籌備處。
14. 蕭江碧(2001),集集大地震罹難者居住建築物特性調查及統分析,出自「內政部建築研究所研究計畫成果報告」,內政部建築研究所。

學位論文：

1. 王清銀(2012),台北市防災公園災時安全管理之研究—以青年公園為例,中華科技大學土木防災工程研究所,碩士論文。
2. 包昇平(2004),都市防災避難據點適宜性評估之研究—以嘉義市為例,國立成功大學都市計劃研究所,碩士論文。
3. 李世恭(2013),新竹市防災公園規劃建置與運作機制之探討,國立中央大學土木工程學系,碩士論文。
4. 李佩蓉(2011),新竹科學工業園區防災避難據點區位選擇評估之研究,中華大學建築與都市計畫學系碩士班,碩士論文。
5. 邱紹維(2003),灰關聯分析於水庫水質綜合評判之研究—以翡翠及石門水庫為例,國立中央大學應用地質研究所,碩士論文。

6. 林佑澤(2012), 應用多評準決策於水質測站適宜性分析—以臺北水源特定區為例, 逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士班, 碩士論文。
7. 林奕萱(2012), 都市公園到空間轉化之研究—以臺灣五個城市為例, 逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士班, 碩士論文。
8. 林書存(2006), 都市防災公園設施細部設計準則之研究, 中華大學建築與都市計畫學系碩士班, 碩士論文。
9. 洪敏維(2011), 從防災觀點探討都市公園之規劃設計—以屏東縣立運動公園為例, 國立屏東科技大學景觀暨遊憩管理研究所, 碩士論文。
10. 徐方繹(2009), 建物易損性應用於地震路段阻塞風險分析, 逢甲大學環境資訊科技碩士學位學程, 碩士論文。
11. 高國元(2012), 山坡地土石流避難區位評估之研究—南投信義鄉望美村為例, 中國文化大學環境設計學院建築及都市設計學系, 碩士論文。
12. 張文候(1997), 台北市防災避難場所之區位決策分析, 國立台灣大學建築與城鄉研究所, 碩士論文。
13. 張恆維(2007), 以多屬性決策選擇都市最適避難路徑之研究, 逢甲大學都市計畫學系碩士班, 碩士論文。
14. 陳玉霜(2012), 台北市都市防災公園基地保水設施設置之研究, 國立台北科技大學建築與都市設計研究所, 碩士論文。
15. 陳育瑛(2004), 台中市火災發生潛勢分析之研究, 逢甲大學都市計畫碩士班, 碩士論文。
16. 陳柏仲(2010), 探討避難圈域劃設方式對防災據點服務範圍影響之研究—以新竹縣竹北市為例, 中華大學建築與都市計畫學系碩士班, 碩士論文。
17. 陳協勝(2002), 模糊多準則決策應用在都市公車民營化方案評估之研究, 國立成功大學交通工程研究所, 碩士論文。
18. 陳錦芬(2003), 台灣地區銀行業經營績效評估—熵權重方法與灰色關聯度分析法之應用, 銘傳大學財務金融學系碩士在職專班, 碩士論文。

19. 辜智彥(2007)，都市防災避難據點適宜性評估之研究—以嘉義縣民雄鄉為例，逢甲大學建築學系碩士班，碩士論文。
20. 黃昭雄(2003)，以服務水準及空間結構特性探討台中市鄰里公園網絡系統，逢甲大學建築及都市計畫碩士班，碩士論文。
21. 葉偉傑(2004)，都市公園防災效益評估之研究，朝陽科技大學建築及都市設計研究所，碩士論文。
22. 詹明錦(2003)，台中市公園對緊急救難應變的基本功能調查及臨時避難使用評估之研究，朝陽科技大學營建工程研究院，碩士論文。
23. 蔡柏全(2002)，都市災害防救管理體系及避難圈域事宜規模之探究—以嘉義市為例，國立成功大學都市計劃研究所，碩士論文。
24. 蔡政勳(2013)，都市更新防救災系統及避難空間設施規劃之研究，逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士在職專班，碩士論文。
25. 蔡琳秋(2013)，永續校園之環境美學評估準則建立之探討—以中華大學為例，中華大學建築與都市計畫學系碩士班，碩士論文。
26. 蔡照華(2004)，台北市南區防災主題公園規劃，國立台北科技大學建築與都市設計研究所，碩士論文。
27. 潘國雄(2001)，大規模地震災害時防災公園評估基準之研究，中央警察大學消防科學研究所，碩士論文。
28. 劉書綺(2001)，都市地區地震災害避難據點與避難路徑擇定之研究，國立交通大學土木工程學系碩士班，碩士論文。
29. 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。
30. 謝玫桂(2005)，航空公司財務風險因素之探討，國立成功大學交通管理科學研究所，碩士論文。
31. 李達志(2002)，震後火災起火危險度評估之研究，中央警察大學消防科學研究所，碩士論文。

政府部門或其他單位資料：

1. 大台中公園綠地景觀建設願景計畫，台中市政府建設局，2010。
2. 內政部國土測繪中心，2007。
3. 災害防救深耕5年中程計畫（核訂本），內政部消防署，2007。
4. 財團法人住宅地震保險基金網站，1999。

法規：

1. 災害防救法，修正日期：2012/11/28
2. 災害防救法施行細則，修正日期：2011/2/21
3. 建築法，修正日期：2011/1/5
4. 消防法，修正日期：2011/12/21
5. 消防法施行細則，修正日期：2012/6/4

