

都市防災空間系統避難據 點區位評估與最佳化配置



內政部建築研究所研究報告

中華民國 97 年 12 月



都市防災空間系統避難據 點區位評估與最佳化配置

研究主持人：何明錦所長

協同主持人：李泳龍教授

研 究 員：戴政安

研究助理：李善將

戴銘均

內政部建築研究所研究報告

中華民國 97 年 12 月



目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	VII
ABSTRACT	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與目的.....	1
第二節 研究範圍.....	3
第三節 研究方法與流程.....	6
第二章 文獻回顧.....	13
第一節 都市災害與防災計畫.....	13
第二節 居民避難行為特性.....	25
第三節 公共設施區位分析.....	35
第四節 國內外相關文獻回顧.....	47
第三章 避難據點最適區位模式建構.....	53
第一節 避難據點之定義與規劃指標.....	53
第二節 避難據點區位選擇考量因素.....	57
第三節 避難據點區位評估指標建立.....	63
第四節 避難據點最適區位模式建立.....	65
第五節 GIS 與區位選擇模型之應用.....	69
第四章 個案地區實證分析.....	75
第一節 避難據點服務能力評估.....	75
第二節 避難據點最佳化區位配置.....	80
第三節 災害風險圖製作—TELES 應用與結果.....	91
第四節 應用 Google Earth 繪製防災地圖.....	106
第五章 結論與建議.....	113
第一節 結論.....	113
第二節 建議.....	117
附錄一 期初簡報會議紀錄.....	121
附錄二 期中簡報會議紀錄.....	125
附錄三 期末簡報會議紀錄.....	129
附錄四 第一次專家學者座談會會議紀錄.....	135
附錄五 第二次專家學者座談會會議紀錄.....	137
附錄六 第一次工作會議紀錄.....	141

附錄七 第一類活動斷層帶通過之都市防災規劃示範計畫地區衛星影像圖	143
附錄八 新化鎮都市防災空間系統規劃示範計畫問卷調查表	145
附錄九 避難據點基本資料彙整	151
附錄十 災害防救據點基本資料彙整	153
附錄十一 各分區活動人口數	155
附錄十二 都市防災空間避難據點最佳化配置操作手冊	159
參考書目	171



表次

表 1-2-1 選擇示範計畫區為實際案例準則表.....	4
表 2-1-1 防災避難圈劃設標準表.....	16
表 2-1-2 國內防災避難圈相關研究之彙整表.....	17
表 2-1-3 避難據點種類特性表.....	19
表 2-1-4 防救災據點劃設標準表.....	20
表 2-2-1 神戶市避難所數目與避難人數表.....	27
表 2-3-1 設施區位問題分類表.....	36
表 2-3-2 設施區位模式分類表.....	39
表 2-3-3 國內設施區位研究整理表.....	46
表 3-2-1 避難據點類型與各類型避難階段對照表.....	60
表 4-1-1 因素成份分析矩陣表.....	77
表 4-1-2 因素特徵值與累積變異量.....	77
表 4-1-3 因素命名表.....	78
表 4-2-1 各土地使用活動之活動人口率.....	84
表 4-2-2 新化鎮都市計畫區避難據點可提供避難面積估算表.....	86
表 4-2-3 現有避難據點效率值表.....	88
表 4-2-4 新化鎮都市計畫區可提供增設避難據點基本資料.....	89
表 4-2-5 增設避難據點前後之績效比較.....	89
表 4-3-1 台灣西南地區有史料記載以來推估規模 6 以上之地震一覽表.....	94
表 4-3-2 新化地震境況模擬相關基本假設條件.....	95
表 4-3-3 交通部中央氣象局地震震度分級表.....	96
表 4-3-4 TELES 依房屋稅籍資料用途歸納一般建築物用途分類表..	99
表 4-3-5 以新化斷層境況模擬各用途建物損害估計成果.....	99
表 4-3-6 以新化斷層境況模擬人員傷亡評估結果.....	103



圖次

圖 1-3-1 研究流程圖	11
圖 2-1-1 都市防災空間系統圖	15
圖 2-1-2 防災計畫的評價空間	22
圖 2-1-3 不同提案組合的變化圖	23
圖 2-1-4 各方案優勢比較圖	24
圖 2-2-1 避難據點與避難行為關係圖	25
圖 2-2-2 居民分派到最近避難據點境況模擬圖	31
圖 3-2-1 環域劃設之服務範圍圖	59
圖 3-2-2 路網劃設之服務範圍圖	59
圖 3-5-1 區位選擇分析模式圖	70
圖 3-5-2 SITATION 軟體區位評估圖	70
圖 3-5-3 避難據點區位配置評估流程圖	73
圖 4-1-1 新化鎮都市計畫區避難據點 Voronoi 服務範圍圖	76
圖 4-1-2 新化鎮都市計畫區避難據點服務範圍評估指標圖	79
圖 4-2-1 土地使用分區圖	81
圖 4-2-2 路寬 8 公尺以上路網分布圖	82
圖 4-2-3 避難分區圖	82
圖 4-2-4 避難分區之使用分區分布圖	83
圖 4-2-5 街廓人口分派方式圖	84
圖 4-2-6 避難人口分派至避難據點流程圖	85
圖 4-2-7 避難據點分布圖	87
圖 4-2-8 現有避難據點服務範圍圖	88
圖 4-2-9 增設避難據點區位圖	90
圖 4-3-1 TELES 的分析流程與架構	92
圖 4-3-2 以新化斷層境況模擬之 PGA 空間分布圖	98
圖 4-3-3 以新化斷層境況模擬一般建物結構至少嚴重損害棟數分布圖	100
圖 4-3-4 以新化斷層境況模擬住宅建物結構至少嚴重損害機率分布圖	101
圖 4-3-5 以新化斷層境況模擬商業建物結構至少嚴重損害機率分布圖	101
圖 4-3-6 以新化斷層境況模擬日間時段人員傷亡分布圖	104
圖 4-3-7 以新化斷層境況模擬夜間時段人員傷亡分布圖	104
圖 4-3-8 以新化斷層境況模擬假日或通勤時段人員傷亡分布圖	105

圖 4-4-1 推動公眾參與都市防災規劃構想圖	107
圖 4-4-2 Google Earth 中文介面圖	108
圖 4-4-3 應用 Google Earth 繪製災害潛勢模擬地圖	109
圖 4-4-4 應用 Google Earth 繪製都市防災六大空間系統	110



摘要

關鍵詞：都市防災、避難據點區位配置、台灣地震損失評估、災害風險圖、Google Earth

壹、研究緣起

內政部建築研究所於 1995 年起，推動都市防災工作迄今已具初步成效，但避難據點規劃涉及避難疏散與避難安全，為都市防災空間系統中重要一環，於 921 大地震之經驗，暴露出避難據點安全性問題，許多避難據點皆因為地震造成損害，導致其防災避難功能無法有效發揮，因此在避難據點的區位評估上，宜謹慎評估。緣此，本計畫應用簡易避難據點安全評估指標，藉由地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 空間分析與展示功能，建立屬性與圖面資料，以符合都市動態發展所需，同時整合台灣地震損失評估系統 (Taiwan Earthquake Loss Estimate System, TELES)，並以過往之示範計畫成果，選擇新化鎮為代表案例，將其結果運用 Google Earth 進行展示、驗證並建立實際作業準則，結果可提供都市計畫防災規劃之考量。

貳、研究方法及過程

針對新化鎮之都市特色，以道路網特徵觀點，考量各項可及性因素與服務人口規模，建立衡量避難據點服務範圍的簡易評估指標，方便地方政府可以省時與省力，評估避難據點服務的安全性；並運用最大覆蓋區位法，以 SITATION 與 LINGO 軟體進行求解，建立避難據點配置規劃分析方法與共同條件，包括分析模式與評估程序，提供平常時防災規劃使用。

參、重要發現

一、透過文獻分析修正所建構之 6 個個別評估指標變項進行因素分析，共可萃取兩個因素，分別為因素一：道路防災機能特性，因素

二：地震災害的危險性，累積解釋變異量達 59.421%。並運用群落分析，將其分類結果結合 GIS 屬性與圖面資料展示，俾使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現，顯示（一）新化高中與大新國小避難據點範圍北面相對危險之主要原因為鄰近斷層帶（新化斷層），且遠離消防設施，因此其相對危險性高，較不建議列為避難設施。（二）正新國小與運動公園避難據點範圍大部份相對危險地區，主要原因為此區避難行為相對弱勢群較多。（三）新化國中與新化國小避難據點範圍大部份為相對安全地區，主要原因為鄰近消防分隊，遠離斷層帶，且此區住宅區街廓大都位於緊急通道旁，因此相對較為安全。

二、由避難據點區位配置現況分析發現，新化鎮都市計畫區現有避難據點服務效能僅達到 73.1%。由於新化都市計畫區內的避難據點，位置相鄰且多半位在都市計畫區邊緣，造成居民距離避難據點均有一定距離。為了確保地區居民的避難需求，避難據點效率值是地方政府應加以考慮的迫切問題。考量既有避難據點與服務容量下，需增設 3 處避難據點才能達到 100% 服務效能，建議為公園、廣停二及廣停五等設施用地，以增加有效避難面積，達到新化鎮都市計畫區避難據點理想配置。未來相關單位在避難據點選址上，除可參考設置區位，亦可充份考量投資成本與績效提升率，作為決策之依據。

三、本計畫依據 TELES 系統模擬一般建築物損害估計與震災傷亡人口估計，結果如下：

（一）建築物損害估計

藉由新化斷層模擬結果，新化斷層所通過之里行政分區，包括那拔里、護國里、太平里、協興里、啖口里、北勢里及東榮里等均有 20 棟以上的建築物受損，且接近斷層附近的各里行政分區

損害棟數更亦高達 10~20 棟以上。

住宅建築物結構至少嚴重損害機率，以護國里、太平里、啞口里及北勢里有關住宅用建築物之損害機率較高，約在 0.05~0.1%；商業建築物結構至少嚴重損害機率分布，則以竹林里、觀音里、清水里與中央里商業區較為嚴重，損害機率約在 0.02~0.05%。

(二) 震災傷亡人口估計

依傷亡狀態總和探討，在各種不同時段新化鎮之不同傷害人口數推估，就時段別分析，以夜間時段傷害總人數最高（64.15 人）；其次則為假日或通勤時段（56.10 人），由於新化鎮內有新化老街、虎頭埤及中興大學新化林場等觀光景點，假日時段均吸引大量觀光客到訪，因此對於假日時的防災計畫應有特殊的考量準則。

四、整合運用 TELES 與網路技術（Google Earth 4.3 版）所提供的地理資訊展示平台，繪製都市防災地圖（包括災害風險圖、都市防災六大空間系統等資料），可以改善傳統都市防災地圖，僅能展現平面資訊，許多防救災設施詳細資訊礙於紙張圖幅限制反而被捨棄；運用網路技術可以在設施點位上加入相關資訊（照片、描述及相關網址等），防災地圖可隨時更新資訊，一改傳統耗時與更新不便等缺乏效率的缺點。特別是運用 Google Earth 所使用的 KMZ 檔，可以有效將都市防災地圖之重要資訊整合為檔案小且可攜性的方式，透過網路平台或行動資訊平台，可以簡單而迅速送達居民手中，提高參與效率及防災資訊更新的能力，進而實現公眾參與之精神，落實都市防災規劃永續發展之理念。

肆、主要建議

一、立即可行建議

建議一：新化鎮避難據點服務範圍防災能力

主辦機關：台南縣政府、新化鎮公所

協辦機關：行政院災害防救委員會、國家災害防救科技中心

運用因素分析與群落分析，將研究分區分類結果結合 GIS 屬性與圖面資料展示，俾使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現。結果顯示 1.新化高中與大新國小避難據點範圍北面相對危險之主要原因為鄰近斷層帶（新化斷層），且遠離消防設施，因此其相對危險性高，較不建議列為避難設施。2.正新國小與運動公園避難據點範圍大部份相對危險地區，主要原因為此區避難行為相對弱勢群較多。3.新化國中與新化國小避難據點範圍大部份為相對安全地區，主要原因為鄰近消防設施，遠離斷層帶，且此區住宅區街廓大都位於緊急通道旁，因此相對較為安全。

建議二：新化鎮避難據點之配置

主辦機關：台南縣政府、新化鎮公所

協辦機關：行政院災害防救委員會、國家災害防救科技中心

藉由避難據點區位配置現況分析發現，新化鎮都市計畫區現有避難據點服務效能僅達到 73.1%，為了確保地區居民的避難需求，避難據點效率值是地方政府應加以考慮的迫切問題，考量既有避難據點與服務容量下，需增設 3 處避難據點才能達到 100% 服務效能，建議為公園、廣停二及廣停五等設施用地，以增加有效避難面積，達到新化鎮都市計畫區避難據點理想配置。

建議三：假日之防災計畫應有特殊的考量準則

主辦機關：台南縣政府、新化鎮公所

協辦機關：行政院災害防救委員會、國家災害防救科技中心

依傷亡狀態總和探討，在各種不同時段新化鎮之不同傷害人口

數推估，就時段別分析，以夜間時段傷害總人數最高（64.15 人）；其次則為假日或通勤時段（56.10 人），由於新化鎮內有新化老街、虎頭埤及中興大學新化林場等觀光景點，假日時段均吸引大量觀光客到訪，因此對於假日時的防災計畫應有特殊的考量準則。

二、中長期建議

建議一：減少地震災害損失的相關措施

主辦機關：台南縣政府

協辦機關：新化鎮公所

建議台南縣政府與新化鎮公所以減少地震災害損失為前提，優先針對耐震能力不足之公共建築物，限期完成耐震補強設計施工。對於新化鎮案例所提之避難據點檢討，可依效率高與財政面考慮長期開發的優先順序。此外，針對 TELES 模擬結果危險度較高之轄區，運用都市計畫定期通盤檢討，加強限制土地使用條件降低開發容量，以減少地震災損，對於較可能出現災害之地區，也應於平日透過各種管道，有效宣導與進行防災練習以提高防災警覺意識。

建議二：簡易評估法於避難據點服務範圍區位評估之運用

主辦機關：內政部建築研究所

受限於時間與資料限制，建議未來避難據點區位評估尚可加入建築物結構、住宅區街廓建築物密度、避難據點到緊急通道（20 公尺以上）最短距離等指標，同時進一步針對避難據點所在內部環境進行整備檢討，使能合乎類似防災公園基本建設之需求，以提高避難據點服務範圍區位之評估能力。

建議三：運用 SITUATION 軟體考量投資成本與績效提升率進行避難據點最適分析

主辦機關：內政部建築研究所

避難據點最適區位配置之相關變項可依據地區特色修正，例如：1.道路通行能力判定方法，僅以路寬作為判別道路在災害時是否產生阻絕率的影響，但災後道路通行能力的判別，需要更進一步的探討，建議未來可進一步探討道路之淨路寬，並依此針對該道路之通行能力進行評估，將可使避難據點之最適區位配置更符合現實情況；2.避難據點服務容量的計算，依據文獻回顧之整理，但會因為地區特性而產生誤差，建議可針對容量部份進行現況調查，將所得結果帶入模式中計算；3.未來避難據點最適區位配置模式中，可考量各分區需求點之避難行為相對弱勢群（12歲以下與65歲以上）之習慣性或偏好，以改進避難行為相對弱勢群之避難據點評估方式。



ABSTRACT

Keywords: Urban disaster prevention, Shelter location and allocation, Taiwan Earthquake Loss Estimate System, Hazard map, Google Earth

1. Introduction

Due to the experiences of 921 Great Earthquake urban disasters prevention system has considered the evacuation routes and shelters location in the plan. This study tries to propose a simplified shelter location evaluation process in terms of safety. In addition effectively integrated the simulated results of TELES with GIS and Google Earth residents demand can be well reflected in optimum shelter location via public participation.

2. Method

Firstly considering road network characteristics of case study area Shin-hua Township Tainan the simplified evaluation indexes are constructed and then multivariate analysis is applied for the common factors extraction for the easy display in GIS system. Next SITATION and LINGO are used for modeling optimum shelter location and alternative places review. Finally Google Earth is selected for the comprehensive information display for the public participation.

3. Conclusion

- (1) Location evaluation of shelter service ability consider a. Residential zone to nearest emergent routes, fire station, police station and shelter nearest routes; b. Residential zone quantity; c. Evacuation weakness group. And then we apply GIS spatial analysis to explain shelter vulnerability.
- (2) Optimum shelter location consider the ratio of evacuation population after disaster, shelter service range, and shelter capacity. We further apply SITATION and LINGO for optimization process. Then shelter alternative decision is considered in terms of equity and efficiency.
- (3) TELES (Taiwan Earthquake Loss Estimate System) provides an efficient simulation technique and the results can be displayed in GIS format. The contents include PGA spatial distribution, collapsed structures in spaces, daytime and nighttime casualties. The output results can be well considered and discussed in disaster prevention plan designed and reviewed in normal time. The output can be made a hazard map for the purpose of public participation.
- (4) Integrated with TELES and Google Earth an urban disaster prevention map (including hazard map and spatial elements) can be maintained effectively through

internet and telecommunication. The benefits of the integration can be easily updated with related information ex. facility photos and descriptions. Especially Google earth offer KMZ file that is a small size and portable. Besides the interactive platform also give a quick and through communication from public participation.

4. Suggestions

(1) Immediate actions

- a. Shin-hua Township shelters disaster prevention service availability. (Responsible by Tainan County Government and Shin-hua Township Office, Assisted by National Disaster Prevention Protection Commission, National Science and Technology Center Disaster Reduction)

The results applied with Factor analysis show the most loading factors as two factor dimensions: Factor 1 (Road mechanism disaster prevention) and Factor 2 (Earthquake disaster risks) account for 59.421% explainable variances. Next step we reduced the 6 factors as two dimensions. Then using cluster analysis with these two dimension as external criteria for classifying the total surveyed 119 residential area as risky and safety. Therefore Arc GIS is applied for the evaluation results in visualized map. The results can find (a) Shin-hua Senior high school and Da-sin elementary school locate in the risky area close to the fault line (in the north boundary 900 meters away) and far away from fire station (located in the south part) cause the north parts relatively risky. (b) The south west parts near two shelters (Chen-sin elementary school and Athletic park) concentrated with evacuation weakness caused this area relatively risky. (c) Shin-hua junior high school and elementary school located in relatively safety area due to closer to fire station and emergent road and distant away from fault line.

- b. Shin-hua Township shelters allocation (Responsible by Tainan County Government and Shin-hua Township Office, Assisted by National Disaster Prevention Protection Commission, National Science and Technology Center Disaster Reduction)

According to the location analysis the existing performance of shelter services can only reach 73.1%. The fact is most shelters locating in the outskirts and causes the evacuation more distance away. The simulation results account for additional 3 shelters developed to reach 100% level. The priority will be park, parking lot no.2 and no.5. The shelters location decisions consider not only location but also cost performances of shelters.

- c. Weekend consideration principle of disaster prevention (Responsible by Tainan County Government and Shin-hua Township Office, Assisted by National Disaster Prevention Protection Commission, National Science and Technology Center Disaster Reduction)

Refer the TELES simulation results the casualties appears the highest numbers 64.15 persons in the nights and the second 56.1 persons in the weekend and commuting time. Due to many touring spots there are many visitors in weekend and holiday. The special considerations of weekend disaster prevention are required.

(2)Mid and long term suggestions

a. The loss reduction measures (Responsible by Tainan County Government, Assisted by Shin-hua Township Office)

Considering earthquake loss reduction the public buildings with weak structure should be strengthening in the first priority. However the proposed shelters development alternative can be decided by efficiency and finance. Besides the TELES simulation risky potential areas are suggested to limit the land use and development under urban planning periodic review. The simulated vulnerable areas are suggested for communication and practical exercises to stay alert.

b. Application of the simplified method of shelters services (Responsible by Architecture and Building Research Institute)

Location evaluation of shelter service ability consider (a) residential zone to nearest emergent routes, fire station, police station and shelter nearest routes, (b) residential zone quantity, (c) Evacuation weakness group. And the then we apply GIS spatial analysis to explain shelter vulnerability. However the limit of time and data the further study can consider architecture structure, density of residential blocks, the nearest distance of shelters to emergent routes (width >20 M). And the review of the interior of shelters can be enhanced to similar requirement of disaster prevention parks.

c. Application of SITATION software consider investment cost and performance to evaluate the location optimality (Responsible by Architecture and Building Research Institute)

The shelters optimum allocation consider disaster evacuation ratio, routes availability, shelters service range, and shelter capacity and apply SITATION software to find the optimum analysis. The related variables can be modified according to local characteristics, for example (a) Routes availability can further consider the net road width to reflect the realistic condition. (b) Shelter capacity estimate could be modified by field survey record to reduce the possible bias of direct estimates. (c) The evacuation weakness (age <12 and >65) should be further studied for their preferences and habits and be well reflected in the decision model.



第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

壹、研究緣起

都市安全為近年來都市防災規劃的重要目標之一，期望透過規劃的手法創造安全、舒適之生活環境。透過都市計畫書圖，加入防災計畫等攸關居民安全之規劃理念，以達到預防與減輕災害之目標。目前防災體系係由中央、縣（市）及鄉（鎮、市區）三級防災會報組成，並於災害發生時設立對應的救災指揮組織，且依各階層訂定各種防災計畫，在組織體系上已近完備。然而涉及各層級防救災規劃內容，包括各項實質作業內容，則尚待完備。其中關於避難據點之配置，目前已有諸多文獻，但多半由供給面觀點，針對實際可規劃為避難據點之區位（地點）進行調查分析；反之，有關居民對避難據點需求不足處，則尚難提出完整解決方案，若發生類似 921 大地震規模之天然災害時，極可能產生前往避難據點道路阻塞或避難空間資源嚴重不足之衝擊，將使居民於面對地震或相關都市災害時，無法迅速有效進行避難，尤其是高度發展與人口密集的都市地區，更易因二次災害造成生命財產的損失。

國內都市防災規劃推動多年，除於平時建立完善的防災體系，更藉由重大災害發生後之相關經驗累積，以有效達成防範之目標。自 1999 年 921 大地震後，政府已積極推動「平常時」建立完善的防災體系，與「異常時」的救災機制，俾加強人們面對災害時的應變能力。內政部建築研究所於 1995 年起，推動都市防災工作迄今已具初步成效，但避難據點規劃涉及避難疏散與避難安全，為都市防災空間系統中重要一環，然而由 921 大地震之經驗中，發現許多可作為避難據點之公共設施皆因地震造成損害或道路中斷無法抵達，導致其防災避難功能無法有效發揮，因此在避難據點的區位評估上，宜謹慎評估。

避難據點是在地震災害發生 3 至 5 小時，也就是在災害應變與復原

階段中，能提供居民避難生活與救助等之安全場所，然而以往有關防災避難據點規劃多半僅以服務半徑 500 公尺原則性說明，必須進一步提出系統性規劃方法，有效確認避難據點服務範圍（例如服務半徑 500 公尺為直線距離，並不代表步行距離，步行距離將超過 500 公尺），以使都市防災空間系統規劃達到更能符合現實的需求。

緣此，本計畫應用簡易避難據點安全評估指標，運由地理資訊系統空間分析與展示功能，建立屬性與圖面資料，以符合都市動態發展所需；藉由居民需求觀點，同時整合避難據點之區位配置因素，探討避難據點配置相關問題，並以過往之示範計畫成果，選擇代表之案例，驗證並建立實際作業準則，結果可提供都市計畫防災規劃之考量。

貳、研究目的

本計畫就選定之個案地區，針對地震災害類型之可能影響範圍，檢討並規劃能有效對應之避難據點區位評估與最佳化配置，作為未來進行都市防災空間系統有關避難據點區位評估與最佳化配置規劃之實際應用操作參考。本計畫之目的如下：

- (一) 以道路網特徵觀點，考量各項可及性因素與服務人口規模，建立衡量避難據點服務範圍的簡易評估指標，方便地方政府可以省時與省力，評估避難據點服務的安全性。
- (二) 運用數量分析方法，歸納有關都市防災避難據點配置共同考量之因素，建立避難據點配置規劃分析方法與共同條件，包括分析模式與評估程序，提供平常時防災規劃準備使用。
- (三) 整合避難據點配置與服務範圍決策分析模式，經評估歷年實施示範計畫後選定新化鎮為案例，驗證所建構分析方法之績效。
- (四) 以 Google Earth 為地理資訊系統公用平台，落實都市防災規劃永續發展之理念，建議可作為都市避難據點規劃修訂之參考依據，並提供各級地方政府規劃避難據點之參考。

第二節 研究範圍

內政部建築研究所自 1995 年起即由建立都市防災體系的角度，進行多項基礎研究並逐年累積研究成果，由地震災害之緊急應變對策思維中，架構初步的都市防災空間系統，防災機能之檢測與操作方法等，並彙整規劃一套作業程序，供選定台灣之數個都市已開發地區，於建構完整都市計畫防災系統的操作過程上，逐年落實於優先選定的示範地區中。考量都市規模特性，有關都市防災所需考量的課題如下：

壹、大型都會區

由於都會區人口稠密，各型公共設施普遍存在各地區之密集市街地區（必須考量火災延燒的阻斷與確保廣域的避難據點）；具有中心商業區功能的地區（必須考量正常都市機能的中斷，與災害後無法順利返回住宅時的安置策略）；此外隨著都會區擴張與蔓延情形，在都會區周圍所形成的郊區域鎮（必須考慮防災社區營造計畫與新開發住宅用地的防災對策準備）。

貳、地方都市

扮演城鄉發展的中介角色為地方都市，有關負擔地方中心都市功能，則須能確保都市機能正常運作，以減少震災引發火災時的衝擊。同時，若中心都市範圍外仍有郊區域鎮，則須保持災害生活的維持，以避免因受災而產生孤立的情形。

參、其他類型都市

除了大型都會區與地方都市以外，尚包括其他類型都市，例如歷史都市（注重市街地文化遺產的保存）、自然條件不佳都市（地震、土石流、水災及海嘯，需注意到自然災害等相關問題）、及新市鎮（開發計畫需納入防災計畫）。

從 2002 年開始，內政部建築研究所率先以嘉義市、南投市、斗六

市、大里市及台中市等地區優先進行都市防災空間系統規劃示範計畫，並自 2002~2007 年間總共選取了 23 個示範計畫區，進行都市防災空間系統規劃之實際應用操作。本計畫採下列準則作為實際案例選取的依據；準則一：人口密度高；準則二：密集中心市街區；準則三：需更新之市街地；準則四：道路密度低；準則五：鄰近斷層帶，參見表 1-2-1 與附錄七（第一類活動斷層帶通過之都市防災規劃示範計畫地區衛星影像圖）。考量時間與人力，並經專家學者合議決定（參見附錄六），最後選擇資料收集較完整之台南縣新化鎮作為先期測試地區，並建立相關標準作業流程。

表 1-2-1 選擇示範計畫區為實際案例準則表

都市防災空間示範計畫地區名稱	人口數 (96 年 12 月底)	準則一 人口 密度高	準則二 密集中 心市街 區	準則三 需更新 之市街 地	準則四 道路密 度低	準則五 鄰近斷 層帶
嘉義市	273,075	4,549	○	○		梅山 斷層
南投縣南投市	105,671	1,476			○	車籠埔 斷層
雲林縣斗六市	105,574	1,127		○		大尖山 斷層
台中縣大里市	192,437	6,664	○	○	○	車籠埔 斷層
台中市	1,055,898	6,461	○	○	○	車籠埔 斷層
苗栗縣苗栗市	91,082	2,404		○		獅潭 斷層
台北縣中和市	410,183	20,363	○	○	○	山腳 斷層
宜蘭縣礁溪鄉	35,900	354		○		—
嘉義縣太保市朴子市	79,891	713	○			梅山 斷層
台南市	764,658	4,353	○	○		後甲里 斷層

都市防災空間示範計畫地區名稱	人口數(96年12月底)	準則一 人口 密度高	準則二 密集中 心市街 區	準則三 需更新 之市街 地	準則四 道路密 度低	準則五 鄰近斷 層帶
高雄縣鳳山市	338,900	12,665	○	○	○	鳳山 斷層
新竹市	399,035	3,831	○	○		新城 斷層
台南縣永康市	210,585	5,229	○	○		後甲里 斷層
高雄縣岡山镇	96,138	2,005				小崗山 斷層
桃園縣龍潭石門地區	112,758	1,499	○			獅潭 斷層
台北縣新莊市	396,337	20,080	○	○	○	山腳 斷層
台東縣台東市	110,204	1,004	○			鹿野 斷層
嘉義縣民雄鄉	72,762	851		○		梅山 斷層
苗栗縣頭份鎮竹南鎮	169,771	1,888		○		新城 斷層
台南縣新化鎮	44,500	717		○	○	新化 斷層
台北市內湖區	265,518	8,408	○	○	○	山腳 斷層
彰化縣鹿港福興地區	164,179	1,571			○	彰化 斷層
高雄市鼓山地區	151,186	14,266	○	○	○	旗山 斷層

註：本計畫彙整，○表示符合。

資料來源：本計畫彙整。

第三節 研究方法與流程

壹、研究方法

本計畫所使用的方法包括：避難據點規劃分析方法、台灣地震損失評估系統、地理資訊系統路網分析及災害風險圖製作等四種分析方法，分述如下：

一、避難據點規劃分析方法

本計畫嘗試以居民觀點探討居民遭遇災害時的避難行為，再藉由居民觀點結合避難據點之區位配置考量因素，包括：(一)災害避難人口比率；(二)道路通行能力判定；(三)避難據點服務範圍；(四)避難據點服務容量。有效考量四項因素並配合設施區位模型，配置避難據點，並能有效利用過去研究經驗，以都市防災的角度得到確切的規劃成果，建立震災避難據點規劃分析方法，以效率性（最快到達）、公平性（覆蓋率）及安全性等觀點對避難據點最適區位配置進行評估與比較分析，進而對避難據點之區位配置提出檢討與建議。

二、台灣地震損失評估系統(Taiwan Earthquake Loss Estimate System, TELES)

本計畫透過「TELES」軟體的應用，進行地震災害境況模擬，並將所得到的結果予以整理，有效降低研究地區受災之風險。有關地震災害境況模擬，可分為下列四個步驟：

(一) 第一步驟，輸入地震災害模擬事件：依據選定之震災模擬事件，定義地震事件。輸入該模擬事件芮氏規模、震央經度、震央緯度、震央深度、斷層線走向、開裂面傾角、開裂面長度及開裂面寬度等資料，即可執行評估。

(二) 第二步驟，估計地表震動與大地破壞情形：依據系統內建立之山崩潛感、場址土壤及地下水位圖等資料，進行地震災害潛勢分

析。此步驟之輸出，將可展示個案地區之地震強度等值圖與地層破壞分布圖。

(三) 第三步驟，評估建築物、重要設施及維生管線損壞機率：依據所估計之地震災害潛勢成果進行模擬，以估計地震危險度。其中包含建築物、重要設施、維生管線之損壞機率評估及地理位置分布，相關圖層可作為地震災害潛勢評估之基礎。

(四) 第四步驟，估計經濟與社會損失：依據危險度估計成果，可估計直接經濟損失與社會損害。估計內容包含建築物損壞引發之直接經濟損失、交通設施損害成本、人員傷亡及避難據點之需求。

透過地震災害境況模擬結果，協助提出一般建築物與重要設施之建築物減災計畫，以降低人員傷亡與經濟損失。此外，運用地震災害境況模擬，則可瞭解地震發生時一般建築物與重要設施之建築物損害情形，利於救災行動的執行。

三、地理資訊系統應用 (Geographic Information System, GIS)

本計畫藉由：(一) 地理資訊系統路網分析 (Network Analyst) 之 1. 尋找最佳服務範圍 (Find Service Area)：避難據點於合理服務範圍內進行避難據點有效容量與需求量之比對，若有效容量低於需求量時，便縮小服務範圍，反覆進行此動作，以求出最適之服務範圍為止；2. 尋找最佳路徑 (Find Best Route)：透過路網找尋最短路徑，最短路徑主要於災變點與避難據點兩點之間，在有效避難時間內尋找花費時間最少與距離最短之路徑。(二) 透過都市防災空間相關理論與研究的劃設標準，配合既有災害潛勢資料，運用疊圖分析，將各空間資料，例如、都市地震災害敏感地 (圖面資料)、建築物結構至少嚴重損害棟數分布圖 (圖面資料)、人員傷亡分布圖 (圖面資料) 及避難據點之有效服務範圍 (圖面資料) 等資料，透過交集與聯集等方式，以圖形套疊的方式產生各類空間與屬性資料。藉此可

對各個圖層彼此間進行關聯性比對，檢討地區服務效能並瞭解其差異，藉以修正避難據點服務範圍，以提供都市計畫通盤檢討之參考。

四、災害風險圖製作

有關避難據點的區位配置，必考慮由救災的觀點，考量救災路線的計畫，特別必須進一步以空間對應圖（Spatial Interaction Map）來說明救災單元與需求者（居民）的空間關係，運用 TELES 完成個案地區老舊磚造房屋，於發生可能的震災規模設定、完成耐震評估、危害分析及境況模擬，對都市計畫之防災計畫提出對策建議。

更結合運用地址對位（Address Matching），針對災害發生位置進行座標定位，以瞭解災害發生的實際區位，而此空間分析方法比傳統的統計分析更具效益（Harada, 2006）。同時可隨著不同的土地使用類型，分析災害發生點彼此之相關性的影響在空間上呈現聚集或分散的效果，有效改善災害空間特性之分析。同時應用 Google Earth（4.3 版）繪製防災地圖，可以改善傳統都市防災地圖，需要耗時投入繪製紙張地圖；Google Earth 可以在設施點位上加入相關資訊（照片、描述及相關網址等），防災地圖可隨時更新資訊，一改傳統耗時與更新不便等缺乏效率的缺點。同時透過 Google Earth 一個免費、開放且具有高解析度影像的 GIS 平台，作為考量救災的觀點與救災路線，說明救災單元與需求者（居民）的空間關係，透過資訊科技的普及性與工具輔助，落實都市防災規劃永續發展之理念。

參、研究流程

本計畫之研究流程，參見圖 1-3-1 所示，各步驟之研究內容說明如下：

一、研究範圍確認

本計畫自內政部建築研究所於 2002~2007 年完成之 23 個都市防災規劃示範計畫區，挑選個案地區進行都市防災空間系統規劃之實

際應用操作。本計畫採下列準則作為實際案例選取的依據；準則一：人口密度高；準則二：密集中心市街區；準則三：需更新之市街地；準則四：道路密度低；準則五：鄰近斷層帶。經 97 年 4 月 18 日第一次工作會議之會議結論（參見附錄六），考量時間與人力，最後選擇資料較收集較完整之台南縣新化鎮作為先期測試地區，並建立相關標準作業流程。

二、相關文獻回顧

蒐集國內外相關文獻資料，並進一步整合文獻研究成果為本計畫建立分析方法之基礎。

三、避難據點區位選擇考量因素

依據相關文獻資料，建立避難據點區位選擇考量因素，包括：
（一）災害避難人口比率；（二）道路通行能力判定方法；（三）避難據點服務範圍；（四）避難據點服務容量。

四、避難據點最適區位模式建構

本計畫運用 SITUATION 區位評估軟體，運用數學規劃法（最大覆蓋區位問題模式）建構避難據點最適區位模式。

五、災害風險圖製作

有關避難據點的區位配置，必考慮由救災的觀點，考量救災路線的計畫，特別必須進一步以空間對應圖來說明救災單元與需求者（居民）的空間關係，運用 TELES 完成個案地區耐震評估、危害分析及境況模擬，對都市計畫之防災計畫提出對策建議。

六、避難據點區位配置規劃分析

以效率性、公平性及安全性為規劃指標，透過避難據點區位模擬分析，瞭解避難據點原有空間分布，與增設避難據點最適空間分布，進行避難據點之最適區位配置。

七、結論與建議

將本計畫的研究成果，提出結論與建議，並透過 Google Earth 繪製防災地圖，未來可將成果製於網站，同時輔以防災社區規劃(營造)之過程，逐步建立居民參與機制，落實都市防災規劃永續發展之理念。



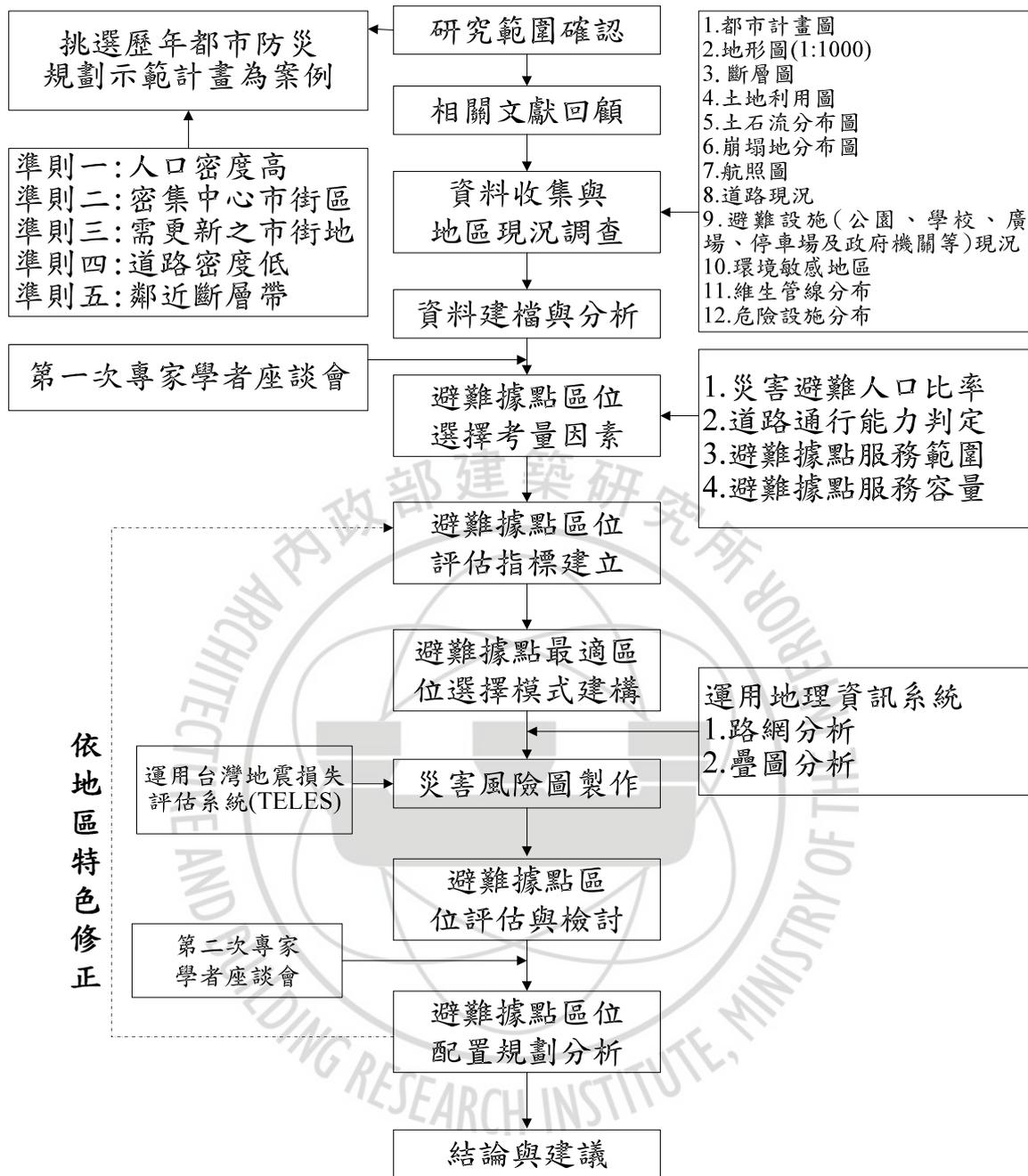


圖 1-3-1 研究流程圖

資料來源：本計畫繪製。



第二章 文獻回顧

第一節 都市災害與防災計畫

壹、都市災害

「都市災害」主要是指原來的自然災害，由於人為因素與都市結構使其內容變質，造成受害規模擴大；抑或，人為因素、都市結構及自然災害(條件)互相組合而造成新的複合型災害。都市災害類型種類繁多，主要可分為以下三種：

一、自然災害：都市自然災害主要指自然發生於都市中，且非人為所能產生的災害型態，例如：地震、海嘯、颱風、水災、旱災及土石流等。

二、人為災害：都市人為災害主要指經人為而發生於都市中的災害型態，例如：都市火災、產業公害、交通事故或由人為造成之地質災害等。

三、複合性災害：都市複合性災害包含了人為因素影響的自然災害，及受自然災害影響的人為災害。複合性災害對都市環境的破壞程度最為嚴重，通常因為不同的因素加入，而使原災害內容變質，並加強原有的破壞性，造成都市受害規模的擴大。

貳、都市防災定義

一、狹義觀點

從狹義觀點而言，都市防災主要為「建築防災」，其應建立在都市計畫區內之有關都市空間、公共設施、公用設備及建築物等；包含對風災、水災、震災、火災及危險物災害等所有災害之預防、災害搶救及重建之工作（蕭江碧、黃定國，1995）。

二、廣義觀點

從廣義觀點而言，都市防災之層面應擴及至國土保全，依日本建設行政規劃，主要涵蓋都市行政、河川行政（河川整備、砂防、山坡地崩塌、海岸等災害防治及復舊）及道路行政（各種層級道路規劃、道路設施及防震災之整備）等三大項。這三大項之防災規劃理應涵蓋在總體防災規劃架構內，同時應做到一貫性、全面性的思考，使防災能面面俱到發揮最佳功效，並能與日常生活結合資源不重覆浪費的有效利用（蕭江碧、黃定國，1995）。

何明錦、蔡綽芳（2000）於 921 大地震後，認為一般的「都市防災」是指應對廣域性重大災害，在災前預防、災害搶救應變及災後復建各階段中，應進行各項「都市計畫防災規劃」、「都市基盤防災建設」及「都市防救災管理工作」。

參、都市防災規劃

依據何明錦、李威儀（2000）都市計畫防災規劃手冊彙編，將都市防災空間系統分為三種次系統(見圖 2-1-1)，分別為防災避難圈之劃設、防災據點指定及防救災動線系統規劃，茲分述如下：

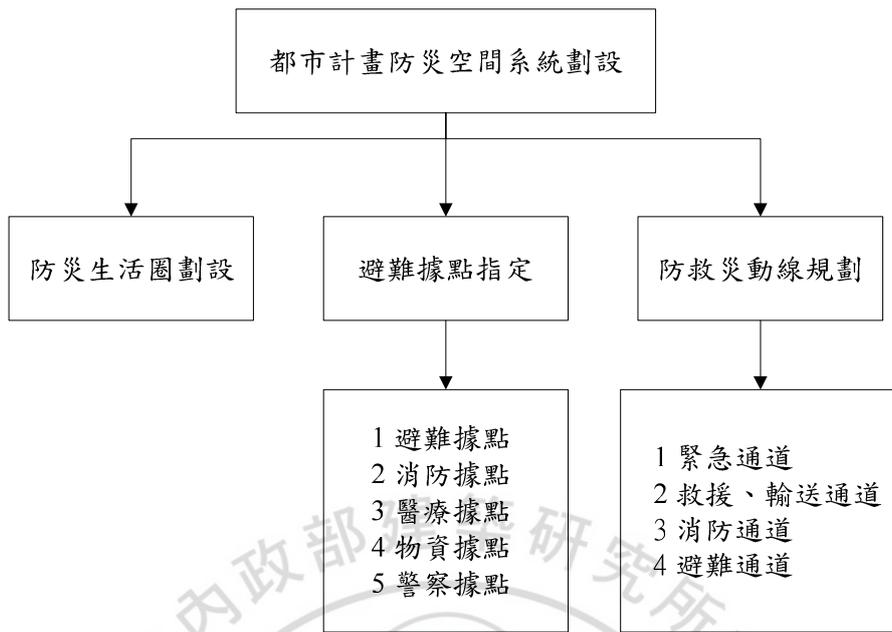


圖 2-1-1 都市防災空間系統圖

資料來源：何明錦、李威儀（2000），都市計畫防災規劃手冊彙編。

一、防災避難圈之劃設

防災避難圈的劃設，除了做為居民避難與救災的行政管理依據外，也需反映都市居民的避難需求。同時，各圈域內也可以根據本身的地理區位及空間設施條件，分別訂定適合的避難行動。此外，防災避難圈也是消防、醫療、物資及警察等其他救災空間系統的基本運作單元。

防災避難圈之圈域內避難人數設計，基本以涵蓋 3 萬~4 萬 5 千人為原則，目的在具體掌握可能實現的避難人數；同時居民自發性避難範圍，盡可能以步行 300 公尺範圍以內，亦或所有需要避難之人員在 5~10 分鐘內可以步行至避難場所。防災避難圈之劃設應考量都市的人口分布、學區、鄰里組織、道路系統及避難空間分布等相關資料。

防災避難圈依不同距離之劃設指標，區分為三個層級之防災避難圈域：（一）「鄰里防災避難圈」為發生災害剛開始，最短步行距

離所能接觸到最近避難據點的服務範圍；因此，劃設單元必須以一般居民所熟悉的避難據點為圈域中心，例如國小或派出所。(二)「地區防災避難圈」與(三)「全市防災避難圈」負責在重大災害發生後第一時間內，配合災害發生時序就有關收容、救災等問題處理所需要之場所，都需要預先加以指定。因此，防災避難圈劃設可以以消防、警察據點或國、高中為圈域中心，劃設地區與全市防災避難圈，以因應災害發生後相關問題處理(何明錦、李威儀 2000)。回顧國內有關防災避難圈域之「區域服務半徑、圈域中心及每人避難面積」等相關文獻，參見表 2-1-2。

表 2-1-1 防災避難圈劃設標準表

避難圈層級	空間名稱	劃設指標	防災必要設施及設備
全市防災避難圈	學校	以全市為單位	1.提供避難居民中長期居住之空間。 2.提供避難居民所需糧食生活必需品儲存。 3.緊急醫療器材與藥品。 4.區域間資料蒐集與建立。
	全市型公園		
	醫學中心		
	消防隊		
	警察局		
	倉庫批發業		
地區防災避難圈	車站	步行距離 1500~1800 公尺 約三個鄰里單元	1.區域內居民間情報聯絡與對外聯絡之設備。 2.消防相關器材與緊急用車輛器材。
	國中		
	社區性公園		
	地區醫院		
	消防分隊		
鄰里防災避難圈	警察分局	步行距離 500~700 公尺 約一個鄰里單元	1.居民進行災害因應活動所需之空間及器材。 2.區域內居民間情報聯絡與對外聯絡之設備。
	國小		
	診所或衛生所		
	派出所		

資料來源：何明錦、李威儀 (2000)，都市計畫防災規劃手冊彙編。

表 2-1-2 國內防災避難圈相關研究之彙整表

研究者	時間	研究名稱	區域服務半徑	圈域中心	每人避難面積	研究依據
李威儀 錢學陶 李咸亨	1997	台北市都市計畫防災系統之規劃	700m	避難據點	1~2m ²	日本避難經驗
張文侯	1997	台北市防災避難場所之區位決策分析	863.76m	避難據點	1m ²	P 中位數數學模式，54 座避難據點涵蓋範圍平均值
張益三	1999	都市防災規劃之研究	500m ~700m	國小	最少 1m ² 最佳 2m ²	日本相關研究
何明錦 李威儀	2000	都市計畫防災規劃手冊彙編	500m ~600m	避難據點	3.3~4 m ²	日本避難經驗、921 大地震避難調查
簡甫任 周天穎	2000	都市地震災害避難場所區位選派模式建立之研究	500m ~700m	避難據點	—	日本避難經驗、921 大地震避難調查
何明錦 蔡綽芳	2000	921 集集震災都市防災調查分析與改善對策	500m	學校 大型公園	3.3~4m ²	921 大地震避難調查
潘國雄	2001	大規模地震災害時防災公園評估基準之研究	500m ~700m	避難據點	2.67m ²	問卷調查法
張益三 葉柏全	2003	建立都市防災規劃中基礎避難圈域之服務規模推估模式	600m	國小	1~3.6 m ²	多目標數學模式
何明錦 李泳龍 陳建忠	2005	永康市都市防災空間系統規劃示範計畫	500m	學校 公園	2m ²	居民參與（問卷調查法）、國內外相關研究
戴政安	2006	永康市居民避難行為特性與緊急避難據點配置之研究	200m ~800 m	緊急避難據點	2m ²	問卷調查、避難需求線
何明錦 洪鴻智	2007	都市防災空間系統手冊彙編增修	500m ~600 m	學校 公園	1~4m ²	文獻回顧法

資料來源：本計畫整理。

二、防災據點指定

都市防災空間系統規劃係以都市空間為對象，以滿足災害發生時居民防災避難之最低生活機能需求，實務作法則可以依據內政部建築研究所「都市計畫防災規劃手冊彙編」。有關都市公共空間可分為避難據點、消防、醫療、物資及警察等五大空間系統為主，分別

依空間層級訂定相關防災設施劃設指標，藉此做為各項防災據點之基本組成結構。對於防災據點的指定，依各避難據點有效避難面積至各層級道路的可及性、人員疏散可能性及避難圈之最短距離進行考慮。各防災據點分述如下：

(一) 避難據點

對應不同避難人員分別可停留時間的長短，也對應災害發生不同時序列中所扮演的角色，避難據點之劃設可分為以下四個層級，有關避難據點其種類特性的差異與比較，參見表 2-1-3。

1. 緊急避難據點：指震災發生後 3 分鐘之內，避難居民尋求緊急躲避的場所，屬於個人的自發性避難行為，在對策上並無特別指定之場所，完全視當時狀況加以運用。
2. 臨時避難據點：以收容暫時無法直接進入安全避難場所（臨時收容場所與中長期收容場所）的避難居民為主，其服務範圍是以居民步行距離為界線，並以待援的方式，經由引導進入層級較高的收容場所，或待餘震結束後，視情況決定下一步行動之場所，指定的對象以鄰里公園與綠地為主。
3. 臨時收容場所：此一層級是以較大面積之區域性公園或全市性公園為指定對象，目的為提供大面積的開放空間作為安全停留的處所。
4. 中長期收容場所：此一避難場所的設置目的，在於提供能夠進行災後都市復建完成前避難生活所需設施，並且是當地避難居民獲得各種情報資訊的場所，因此必須擁有較完善的設施與可供防護的場所。

表 2-1-3 避難據點種類特性表

避難據點 \ 特性	防護程度	收容人數	具備功能	存在時間	成立時間	使用空間
緊急避難據點	簡陋	少	少	短	最快	狹小
臨時避難據點	簡單	稍多	稍多	較長	快	小
臨時收容場所	完整	多	完備	長	慢	尚可
中長期收容場所	最完整	最多	最完備	最長	最慢	較大

資料來源：蔡育丞（2002），大規模地震災害發生時都會區避難所規劃設計初探。

（二）消防據點

消防資源之運用，主要以各消防分隊為指揮場所，配合防災避難圈劃設，分派每一消防分隊之服務範圍，以達到最短救災路徑之要求。

（三）醫療據點

醫療據點分為兩大部分：1.為發揮機動醫療設施緊急機動功能，僅可能於災區設置臨時醫療場所；2.為收容傷病避難居民之中長期收容場所，以因應臨時醫療轉診之傷患。

（四）物資據點

物資支援運送地點可分為：1.發送；及2.接收兩大體系。為求避難時生活物資能有效運抵災區供災民領用，有關發送據點將以各防災避難圈所劃設之中長期收容場所為對象；接收據點可分為「全市」與「區域」兩個層級。前者在於接收外援物資與分派各受災區域所需支援物資；而後者應考慮交通運輸之便利性，於每個避難圈域要選定至少一處交通便利、區位適當且聯外交通方便，車輛進出容易之大型公園或綠地為據點。

（五）警察據點

警察據點之設置，主要目的為進行情報資訊的收集與災後的秩序維護，便於災害指揮中心下達正確的行動指令。

上述消防、醫療、物資及警察等防救災據點規劃，應依其不同的劃設標準、對應的指定空間名稱及層級作規劃與檢討，相關劃設標準，參見表 2-1-4。

表 2-1-4 防救災據點劃設標準表

防災據點	層級	空間名稱	劃設指標
消防	指揮所	消防隊	鄰接輸送、救援以上道路
	臨時觀哨所	學校	
醫療	臨時醫療場所	全市型公園	鄰接輸送、救援以上道路
		體育場所	
		兒童遊樂場	
		廣場	
	中長期收容場	醫療衛生機構	鄰接輸送、救援以上道路
物資	接收場所	航空站	鄰接輸送、救援以上道路
		市場	
		港埠	
	發送場所	學校	
		體育場所	
		兒童遊樂場	
		全市型公園	
警察	指揮中心	市政府	鄰接輸送、救援以上道路
		警察局	
	情報收集站	派出所	

資料來源：何明錦、李威儀（2000），都市計畫防災規劃手冊彙編。

三、防救災動線系統規劃

防救災道路的劃設，常視各防災避難圈內道路狀況、都市層級及人口密度不同等因素差異，而有不同的指定方式，一般可區分為以下 4 種：

（一）緊急通道

指定路寬 20 公尺以上之主要聯外道路為第一層級之緊急通

道，災害發生後，為使搶救工作順利進行，應對緊急通道之人員及車輛實施通行管制，以使實施救災物資運送及支援救災之人力及物資，能在最短時間內抵達災區或避難據點。

(二) 救援、輸送通道

救援及輸送通道必須維持 15 公尺以上，配合緊急通道架構成完整之交通路網。此層級道路主要提供避難人員通往避難區路徑，及車輛運送物資至各防災據點之機能。

(三) 消防通道

消防避難通道應盡可能連接到每一個街廓，因此以防災避難圈域內 8 公尺以上之道路為指定對象。其中更要保持消防車輛進行暢通與確保消防機具操作基本空間，並且滿足有效消防半徑 280 公尺的要件，以避免街廓內之路網產生消防死角。

(四) 避難通道

以防災避難圈域內 8 公尺以下道路為指定對象，此道路層級的劃設原則，為輔助性的路徑，以連絡其他避難空間、據點或前三個層級道路【(一)~(三)】。

參、都市防災最適化計畫

都市防災計畫之目的主要在確保都市環境於遭受自然或人為侵襲時(後)，仍能達到都市安全的最高目的。然而受限於政府財政的負擔能力，必須進一步針對安全目標的經濟效益進行有效的評估。對於防災計畫的最適化評估，首先必須考量評價的基準，由於災害的發生直接對生命與財產造成威脅，而對於財產的損失估計，可以藉由建設成本損失額加上一定的利率還原因子，可以金錢損失方式做為估計結果。有關生命安全的估算，特別是人命損失的估計，尚須以可能發生的機率進行概估。如此，都市防災計畫制定時，涉及市街地的狀態評估就十分重要。

對於防災計畫的評估，必須建立對於實際空間的二次元評價基準，茲將人命安全（反之為損失）的尺度定為人 L ，而經濟性定為 U 。就評估開始的狀況設定為 h 與 u （空間上的原點位置）。在所建構的市街地二維空間中的座標點，即代表防災計畫的提案所期望達到的目的，參見圖 2-1-2。

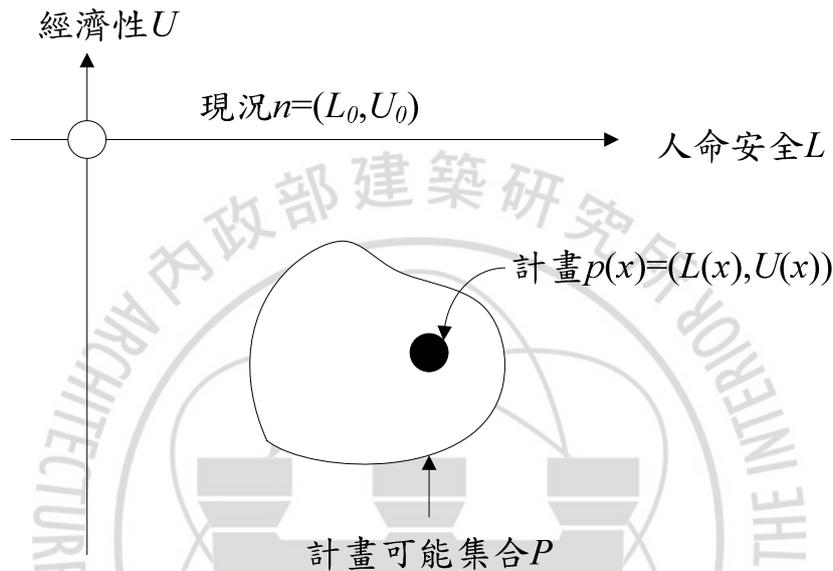


圖 2-1-2 防災計畫的評價空間

註：有關 x 的定義可以為各種改善安全之措施，例如拓寬 $4m$ 以下之道路，或加強避難據點等。

資料來源：青木義次（2006），建築計畫・都市計畫の數學。

針對計畫提出 $p(x)$ ，可以進一步就技術面或制度面進行分析。茲定義 $p(x) \in P$ ----- (2.1.1)

在 1 對 1 的計畫可能提案集合 P 中，如何選擇可能的計畫 $p(x)$ 。由於評價的過程中充滿著不確定狀態，參見圖 2-1-3。假設 $p(x)$ 代表計畫提案中必須處理既有都市發展中產生的兩個課題，課題一為新的計畫，所有道路路寬 100% 為 $6m$ 以上計畫道路；課題二為建成區的計畫道路上存有 $4m$ 以下道路。因此，就道路寬度的比例問題，可以下式表示：

$$a = tP(x) + (1-t)n \text{-----} (2.2.2)$$

由此假設，進一步推導生命安全的經濟利益為

$$tL(x)+(1-t)L^0, tU(x)+(1-t)U_0 \text{-----} (2.2.3)$$

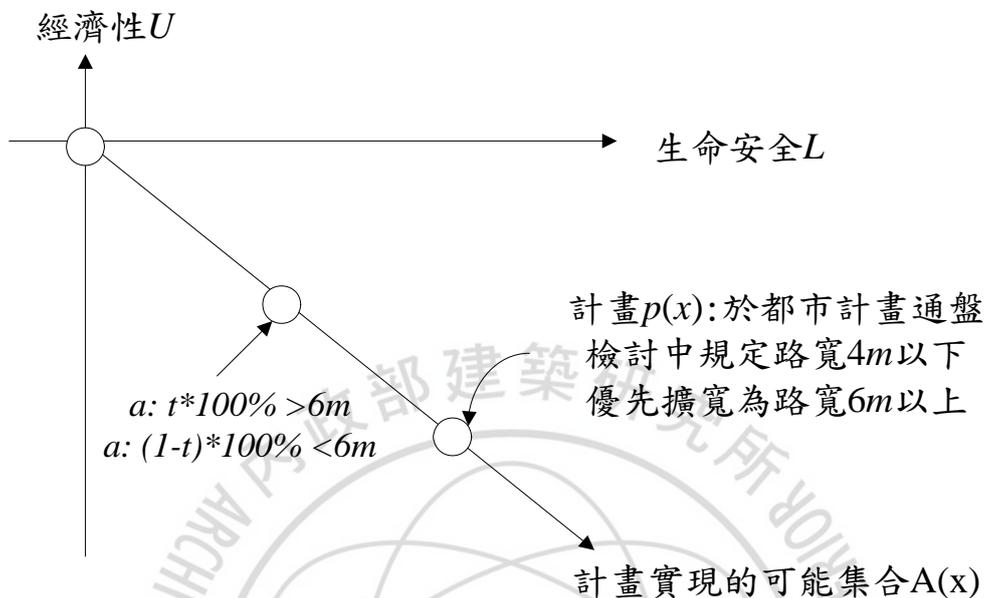


圖 2-1-3 不同提案組合的變化圖

資料來源：青木義次（2006），建築計畫・都市計畫の數學。

如此，面對諸可能提案的變化，可以綜合整理出計畫能實現的可能集合為 $A(x)$ 。由於各項改善計畫的提出，必須同時能反映二個象限的指標意義，因此，再進一步假設更積極落實計畫目標所採取的各項正面作法， $t > 0$ ，因此， $A(x)$ 可以進一步定義為

$$A(x) = \{a | a = tp(x) + (1-t)n, (t > 0)\} \text{-----} (2.2.3)$$

而以圖 2-1-3 的說明可以發現長期的計畫的目標實踐上，各項計畫的考量，皆十分均衡的考慮經濟性與生命安全。

由於防災計畫地實施屬於多面向（multi-dimension），因此，近代也逐漸發展多次元的方法，嘗試可以將金錢量化評估，與數化生命值或文化財等不能以計之考量條件整合進行評價。由於各種計畫方案提出，受到規劃者與決策者價值觀因素的影響很深，參見圖 2-1-4。

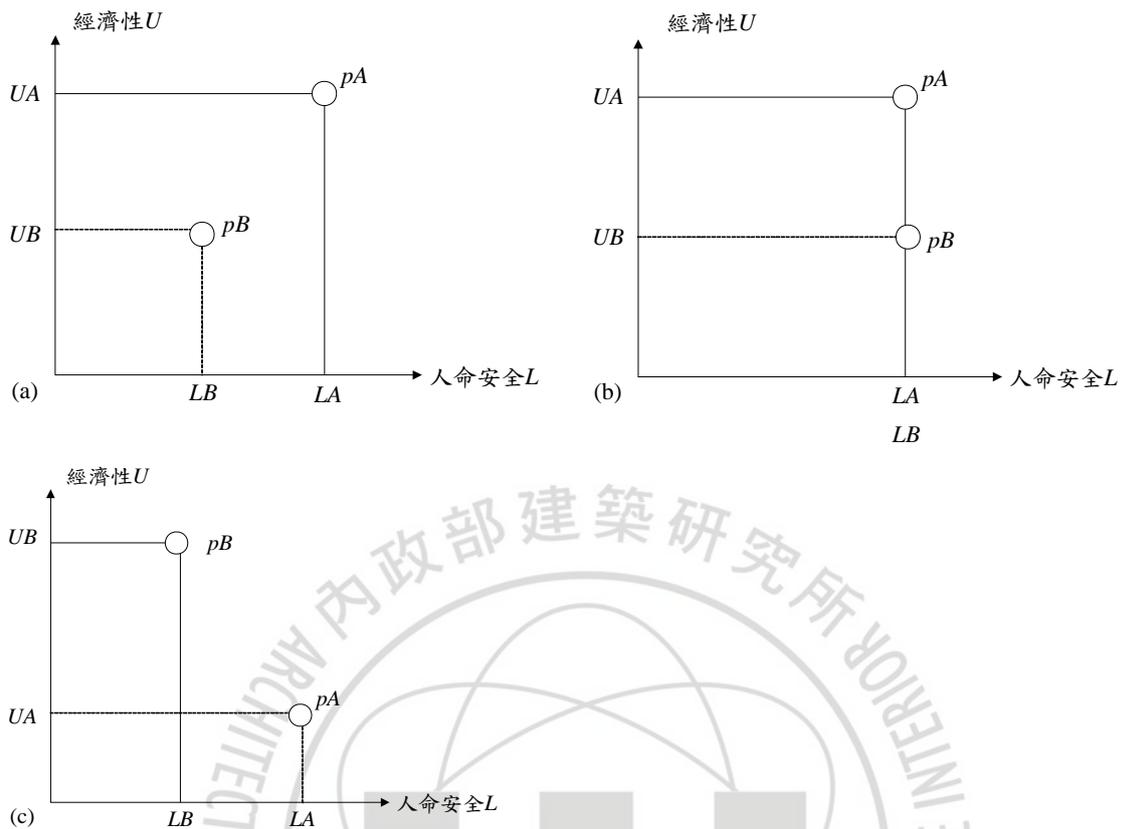


圖 2-1-4 各方案優勢比較圖

資料來源：青木義次（2006），建築計畫・都市計畫の數學。

由圖 2-1-4 (a) 可以發現，A 案在經濟性與人命安全的考量遠勝於 B 案，(b) 可以發現 A 案在經濟性優於 B 案，同時在人命安全部份又等同；最後 (c) 發現 A 案人命安全優於 B 案，而 B 案的經濟性又優於 A 案。因此，方案選擇較難成立絕對的優勢關係，必須進一步分析（青木義次，2006）。

面對災害的不確定性與有限的政府財政能力，攸關人民安全的防災計畫，必須同時考量經濟性與人命安全兩大目標，同時在計畫最佳的集合中，慎選可能的方案。此外，當決策者面對不同提案組合的變化時，會出現計畫的多面向課題，特別在評估過程中，所面對有形與無形策略目標的實現，所使用的方法與手段皆有所不同。因此，方案間的比較，相互間所產生的競爭優勢關係，也是值得本計畫考量。

第二節 居民避難行為特性

壹、避難行為

居民避難行為與受災地區內有無指定避難據點、避難據點的數量與面積及避難據點的周圍道路情況有關，因此會產生不同的避難方式，其目的為當災害發生時，避免居民因避難行為的混亂而造成更大的傷亡。

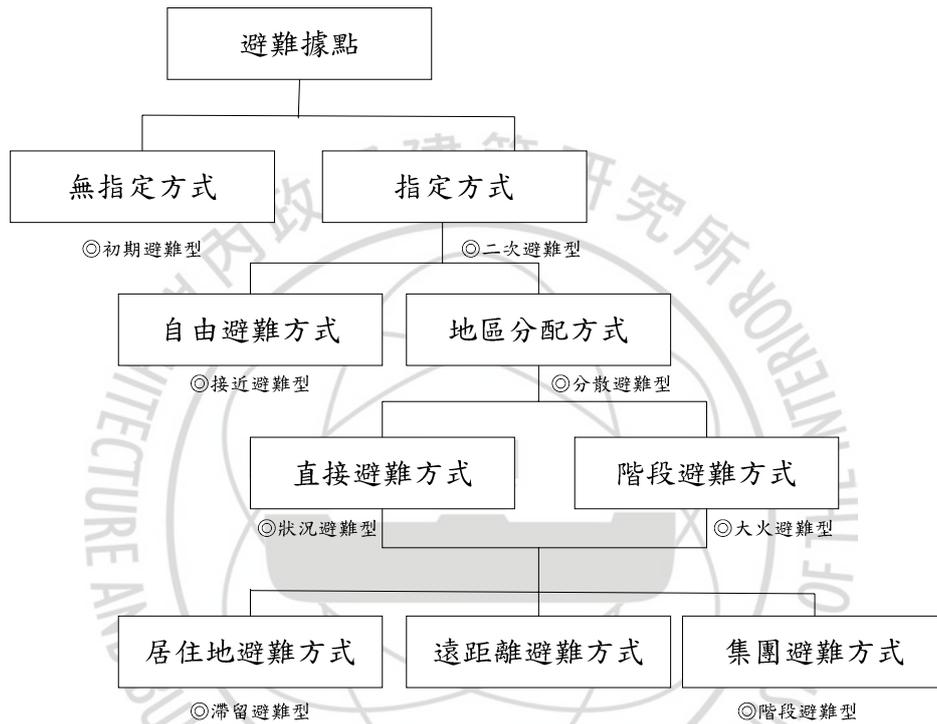


圖 2-2-1 避難據點與避難行為關係圖

資料來源：江崇誠等人（2001），社區救災避難據點與救災避難路徑之調查與設置原則之研究。

在避難行為上，對於不同環境條件之地區也會有不同的避難方式，為求取避難者在遭遇最小障礙而能安全抵達避難據點，針對避難行為與受災區域內之避難據點的情形，而有不同的指定方式，參見圖 2-2-1：

- 一、初期避難型：地震發生初期，短時間內進入避難據點完成避難行為的避難類型。
- 二、二次避難型：地震過後，居民無法回其居住地而必須移往指定避難據點做二次避難。

三、接近避難型：此類型因避難路徑的危險而無法進行遠距離的避難行為。

四、分散避難型：避難時，依照避難據點容量限制，將居民採地區分配的方式進行避難。

五、狀況避難型：一般避難類型，先確認災情狀況，在進行避難。

六、大火避難型：地震後發生嚴重火災，此時因路徑的危險而無法進行遠距離的避難。

七、滯留避難型：以居住地附近的避難據點為選擇，必須對災區之受災狀況與安全性做充份的考量，且必須顧及避難行為相對弱勢群（12歲以下與65歲以上的居民）的需求。

八、階段避難型：一般較常見的避難類型，初期是因應狀況至緊急避難據點進行避難，待災情穩定後，在前往臨時收容所或中長期收容所進行避難。

貳、地震災害居民避難行為與避難所¹選擇之特性

一、阪神、淡路大震災居民避難所選擇及避難行動

都市型地震的特徵是由於生活維生管線停止中斷所造成的生活障礙，避難所收容的居民不僅為房屋倒塌及受火災延燒採取避難行動的受災者，亦包括因生活維生管線停止而無法生活的受災者，因此在考量避難所的功能上，藉由柏原士郎等人（1998）所作問卷調查，結果分析如下：

（一）避難所選擇的型態

受訪者避難所的選擇，並不限於地方政府所指定災害時的避難所，如國小、國中及高中等學校，反而公共設施、公園、停車

¹避難所（shelter）為室內場所。

場、空地及旅館等類似未被指定的避難場所²，也成為此次震災大多數受災者自主性避難所。表 2-2-1 為避難所數及避難人數，避難所的型態，大致可分為三類：1.廣場型：公園、綠地及停車場等公共用地。2.學校型：類似學校等公共建築物。3.設施型：鄉鎮公所、機關設施及軍事用地等建築物。

表 2-2-1 神戶市避難所數目與避難人數表

種類	避難所數目 (比率)	避難人數 (比率)
廣場型	44 (38%)	2,000 (7%)
學校型	27 (24%)	24,000 (80%)
設施型	43 (38%)	4,000 (13%)

資料來源：柏原士郎等人 (1998)，阪神・淡路大震災における避難所の研究。

(二) 避難行動與其影響要因

1. 有無避難行為的關鍵因素

- (1) 震度的大小。
- (2) 被害程度的嚴重大小。

2. 決定避難的理由

- (1) 擔心餘震。
- (2) 水、電及瓦斯無法使用致不能居住。
- (3) 認為在室內會有危險。

3. 開始避難的時間

- (1) 第一階段地震後馬上避難。
- (2) 第二階段地震後數小時。

4. 最初考慮的避難所

- (1) 小學。
- (2) 國中。
- (3) 其他場所。

5. 選擇避難所的理由

- (1) 認為安全的場所。

²避難場所 (evacuation site) 為開放空間。

- (2) 離住家較近的地方。
- (3) 指定為避難所的地方。
- (4) 公共設施。
- (5) 附近的人都往該處避難。

6. 決定避難方向之原因

- (1) 預先考慮的避難所之路徑（安全性）。
- (2) 平時最容易通往的道路（日常動線性）。

二、921 大地震居民避難行為及避難據點選擇之特性

(一) 921 大地震居民避難行為特性

921 大地震發生於 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 時 47 分，後續大規模餘震不斷，根據陳建忠（2000）所作調查發現，一般居民多數於地震發生後 3 分鐘內逃離自家，但是大樓居民則花費 10 分鐘以上逃離自家。因為沒有發生大火，居民逃離自家後，以住家附近空地或面前道路作為第一階段避難地，76% 居民等待家人集合後再一起就近尋找大型空地或廣場等地作為第二階段避難地（臨時收容場所）。

(二) 避難據點選擇之特性

1. 靠近自宅，可以就近救援及處理賠償事宜。
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) 避難據點區位、規模與服務範圍

依據陳建忠（2000）所作調查發現，就避難據點規模而言，學校是屬於較大型的避難據點，平均 2~3 公頃，大約可以容納兩個里的居民避難（6,000~8,000 人）。整體而言，大多數的避難據點均位在災區居民步行可及範圍內，約為 500~600 公尺。且竹山災區避難據點調查，避難據點服務半徑最大為 1,000 公尺，最小為 200 公尺，

其中服務範圍在 500 公尺的避難據點佔所有據點的 55%，500 公尺以上的避難據點有 39%。由此可以發現多數人之避難行為仍以 500 公尺距離為範圍，在未來規劃避難據點之服務半徑上，可作為重要參考依據。

由上述相關文獻可以發現：

- 1.居民對避難據點的選擇會因教育程度、避難經驗及是否擁有住宅的不同而具有顯著差異。
- 2.地震災害發生時，居民選擇的避難據點大都以學校型避難場所為主。
- 3.從台灣與日本避難行為比較，可以發現台灣：(1) 第一階段避難是以住家附近空地或面前道路為避難據點；(2) 第二階段避難則就近尋找大型空地或廣場等地作為臨時安置地點；日本則是：(1) 第一階段地震後馬上避難，避難所的選擇，並不限於政府所指定災害時的避難所，反而公共設施也成為此次震災大多受災者自主性避難所；(2) 第二階段則在地震後數小時開始避難，選擇避難所則以認為安全的場所為第一考量。由台日間之避難行為差異發現，大地震後可能引發的火災影響因建築物構造型態而有不同，台灣以鋼筋混泥土構造為主，因此，較不易造成震災後的大火延燒情形；反之日本地區的建築物以木構造為主，震災後的大火延燒可能性較高，也致使日本居民第一階段避難先逃離大火到安全避難所，第二階段才移動到可防止都市大火延燒的大型避難所。

貳、避難行為相關文獻

面對災害發生時，剛開始的避難行為，必須要考慮前往鄰里、全市或區域的避難據點。錯誤的選擇或未經事前統籌規劃的目的地，將使避難據點的服務能力大打折扣；訊息的不充份與瞬間個別的不同決策都可

能導致原先的規劃與避難者選擇不搭配的現象。然而在真實的世界，若遭遇緊急避難需要時，最重要指導原則，就是如何快速地掌握避難的人群，透過簡單而直覺的方式，將人群引導到避難據點。Carpenter et al. (2007)發展出一套簡易的工具與技術，藉以協助災害指揮中心確實掌握與分享現地的情況，做出正確的指示，協助避難人群正確且有效的回應指揮中心的指引，順利完成避難。參見圖 2-2-2，表示鄰里地區所產生的避難需求，分別以 group 及避難人數表示，同時在鄰里範圍中，也同時表示規劃的避難據點 (designate shelter)，以及其他可充當暫時性避難 (Temporary shelter)。由此觀察，如何能正確而有效的將所需要分派的人口數，以全區最佳 (globally optimal) 的方式分派到所有各據點。換言之，各據點間不會出現過度分派的擁擠現象，或者浪費了醫療或物資的資源。

就未來的輔助系統發展而言，在模型的演算法係考量分散式限制最佳化 (distributed constraint optimization)，同時必須結合無線網路功能 (例如：3G)。系統功能的目標如下：1.持續保持現況資料的更新通知，例如避難據點、人群及分布位置；2.分享最新現況消息，包括所需注意的人群數量與需求，以即時滿足或不能使用的避難據點；3.協助使用者的最佳決策，係將與其他群體同時考量選擇下的最佳選擇；4.協助使用者執行及管控所有的決策。藉此，最終若能發展出一套緊急的導航系統 (Emergency Navigation System, ENS)，才能完美落實目標。

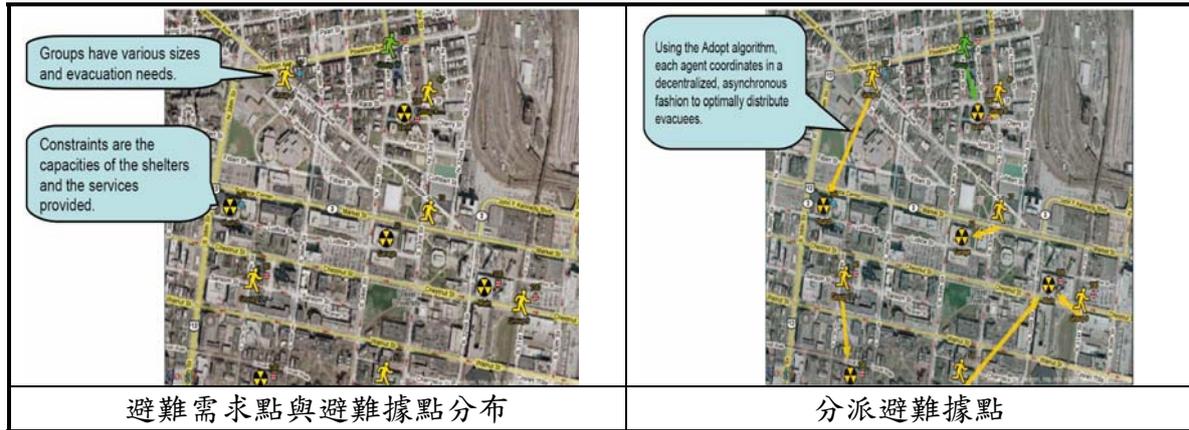


圖 2-2-2 居民分派到最近避難據點境況模擬圖

資料來源：Carpenter et al.,(2007)

由於大地震發生後，可能造成建築物倒塌、橋樑斷裂及道路破壞，使居民無法快速移動至緊急避難據點，無形中提高居民在避難過程中的危險性。Kates (1971) 發現災害的類型、規模、頻率、空間分布及發生時間，配合個人遭受災害經驗、次數及損失情況，會影響個人的災害調整行為。並認為個人的受災經驗愈多，愈相信災害事件會再次發生。Løvås (1998) 則提出 9 種避難路徑選擇模式，分別為正確的選擇、習慣左轉、隨意選擇、跟著指標路徑、方向的選擇、最短路徑、常用路徑、模式參數及群眾的選擇。許明禎與林晏州 (2001) 以環境心理學與社會學的角度，探討居民對公園綠地防災機能認知與避難行為傾向，透過實地調查，包括台北市大同區、中山區、松山區、信義區、大安區、中正區及萬華區等七個行政區，結果發現居民對避難據點的選擇會因教育程度、避難經驗及是否擁有住宅等因素具有顯著影響差異。Kimura et al. (2004) 針對都市震災避難據點的避難人數進行各種方法的推估比較，發現於地震規模 6.7 以上時，約有 30% 的人會到避難據點進行避難。

許銘顯等人 (2004) 依據 921 大地震時，避難者數量的推移與避難的行動特性，從實際調查結果中推演因受災區之特性影響避難者的行動特性等要因，在城、鎮、鄉、村等為單位的範圍地域，分析避難圈與中、長期避難所所呈現範圍與距離的關係，以建立大規模地震後居民避難逃生可及性的地方性資料，並依據避難逃生可及性的資料來建構於該地方

的避難範圍。Ayis et al. (2006) 則針對 999 位 65 歲以上的老年人進行行動力減少之研究，發現老年人行動力大幅減弱，對於健康狀況的察覺能力較差，並指出其行動力大幅減弱與年齡大於 70 歲這兩項因素有強烈的相關。

Song (2006) 認為避難行為在日常生活中是重要的，但是現有的避難模型計算大都無效率，且避難人群大都有從眾性，因此運用細胞自動機模型與社會力模型針對逃生避難時所產生的擁擠、碰撞、跌倒等妨礙避難逃生行為進行比較，結果顯示細胞自動機運算法則簡單速度較快，且對避難行為的應用非常有幫助。何明錦等人 (2006) 以永康市為研究地區，針對居民進行問卷調查，發現居民對於：①緊急避難據點的選擇，以「容易取得生活所需物資的地方」為主要考量的原因；②選擇緊急避難據點的類型以「學校型」設施為主。Yi and Özadmar (2007) 討論避難逃生事件的後勤計畫，包含物資支援，因此考量後勤支援與疏散行為，提出路徑區位選擇模型應用在地震災害後的逃生行為。李泳龍等人 (2007) 考量新化鎮地震防災空間系統架構，居民觀點與地區特色是建構都市防災系統之基礎環節，強化面對地震發生時的防範與救援能力，可以提供居民安全無虞之避難據點，藉由二元羅吉斯分析瞭解居民避難行為，問卷調查結果發現房屋傾毀程度、聯外道路毀壞程度、停留原居住地可能有危險、水、電及瓦斯等維生管線無法使用導致居住不便及容易取得生活所需物資的地方等變數，會影響居民遭遇災害時決定避難意願高或低。

吳杰穎、曾志雄 (2008) 對於土石流潛勢區居民疏散避難之預期認知與實際避難行為，運用獨立樣本 T 檢定，瞭解居民對於「土石流災害認知」一項之態度並無顯著的不同；然而在「土石流消息來源」、「避難因素考量的重要性」、「避難地點的選擇」及「撤離所需之準備時間」等三項，卻均呈現顯著的差異，可見災害之預期認知與災時實際行為兩者並非是全然相等。白仁德、黃冠華 (2008) 亦運用獨立樣本 T 檢定，瞭

解避難行為相對弱勢群對於避難的認知情形與疏散避難之決策行為特性，在「土石流消息來源」、「土石流災害認知」、「避難因素考量的重要性」、「避難地點的選擇」及「撤離所需之準備時間」等四項，卻均呈現顯著的差異，可見避難行為相對弱勢群對於土石流災害之預期認知與災時實際行為兩者並非是全然相等。李泳龍等人（2008）運用居民問卷調查，並以過去常發生地震的災害假設性問題，以羅吉斯迴歸模型分析發生地震災害時，影響居民避難行為之重要因素，以提供都市防災計畫訂定時之參考。研究發現：1.永康市避難行為相對弱勢群的家戶單位高達67.3%，需要謹慎考慮其避難問題，避免導致避難需求無法有效滿足；2.居民對於緊急避難據點選擇類型大多以「學校型」設施為主；3.藉由羅吉斯迴歸模型發現地區避難交通計畫的接受意願、教育程度及居住年數等3個變數，為影響居民遭遇地震時，是否避難的顯著因素。

詹士樑（2002）以台北市大安區大安國宅與信義區世貿新城為調查區域，進行居民問卷調查，藉以瞭解居民對遭遇災害時進行之避難方式，結果發現社區居民與商業區活動者間之避難特性最大區別為社區居民於遭遇災害時大多會集結在原社區附近，而商業區活動者則因歸巢性而會選擇往住家方向移動。

室崎益輝（1993），對於避難路徑選擇的心理特性分述如下：

- 一、歸巢性：從進入的路徑進行避難。
- 二、日常動線性：往經常使用或熟悉使用的出入口方向避難。
- 三、向光性：向明亮的地方避難。
- 四、向開放性：與向光性類似，愈開闊愈有逃生方向之可能性。
- 五、易視路徑選擇性：常向最先看到的路徑或是容易看到的樓梯避難。
- 六、直進性：選擇筆直的樓梯或路徑避難。

- 七、最近距離選擇性：選擇最近的樓梯避難，但與直進性衝突者，就無此特性。
- 八、本能危險迴避性：遇到危險時立刻遠離危險狀況，向安全的地方避難。
- 九、安全性：考量安全，選擇一條符合安全的路徑。
- 十、從眾性：選擇追隨多數人避難的方向避難。

一般來說，避難據點會隨著面積大小，時間的不同而有不同的對應功能。就避難據點選擇而言，一般居民大部份選擇「學校」作為避難據點，其次為公園、綠地及廣場。影響其避難據點選擇的原因，包括實質環境因素：距離的遠近、場所的熟悉程度、避難面積大小及逃生路徑是否易阻絕；個人特性：日常動線性、直進性、最近距離選擇性、本能危險迴避性、安全性及從眾性 (Chien et al. 2002)；影響居民避難行為特性則以地區避難交通計畫的接受意願、教育程度及居住年數等 3 個變數，為影響居民遭遇地震時，是否避難的顯著因素(李泳龍等人, 2008)。本計畫運用 2006 年建築研究所問卷調查資料(何明錦、李泳龍, 2006)，藉以瞭解居民避難意願特性。

第三節 公共設施區位分析

壹、設施區位理論

Weber 於 1909 年提出工業區位問題後，區位理論開始蓬勃發展。一般而言，區位分析問題可以歸納三種型態：①韋伯區位問題，假設需求的空間分布為已知，用以決定一個設施的最佳區位。②運輸問題，假設需求的空間分布為已知，且兩個以上的設施地點為固定，各設施劃分服務範圍以求取某特定目標之最佳化配置。③區位分派問題，是①與②兩種問題之集合，此問題針對已知空間分布的需求，決定所需的設施數目（二個以上）及其最佳空間分布（林建元等人，1990）。

區位理論的主要目的在於解釋生產活動在空間分布的情形，為區域科學中重要的一環；迨至 1960 年代，區位理論的發展更為迅速，且延伸至不同的研究領域。為了能更符合實際問題的需要，後續研究者發展了適用於一般問題的區位模型，不僅能處理較為複雜的情況且也不侷限於單一設施的區位問題。此類區位模型不僅決定設施的最佳區位，同時也決定了各設施服務範圍，其區位研究為區位分派模型（Location Allocation Model），若設施服務由公部門提供，例如公園、學校及警察局等，其假設需求由最近的設施提供服務，且目標函數以效率性、公平性為考量，不同於私人設施區位以利潤最大化為考量（Schilling, 1980）。此類設施區位問題可分為有容量限制、無容量限制、競爭性及非競爭性等，參見表 2-3-1。

表 2-3-1 設施區位問題分類表

分類指標	類型
空間結構	平面、網路
供應者	私部門、公部門
設施性質	非緊急設施、緊急設施、鄰避設施
設施關係	層級關係、非層級關係
設施型態	路線規劃設施、定點設施
設施數目	單一設施、多個設施
設施容量	有限容量制、無容量限制
需求型態	彈性需求、非彈性需求、固定需求、變動需求
市場狀況	競爭性設施、非競爭性設施
目標個數	單目標、多目標
模式分類	動態區位問題、靜態區位問題、隨機區位問題

資料來源：蕭再安、曾國雄（1992），競爭性設施理論的回顧與展望。

區位分派模型因求解空間處理方式的不同，可分為連續性模型（Continuous model）與不連續模型（Discrete model）兩大類。連續模型即假設平面上任一點皆可作為設施的候選區位，而平面上兩點之間的距離即假設直線距離計算即可。不連續模型則假設兩點間運輸路線必須沿著既有道路路網進行，而兩點之間的距離為實際行駛道路的距離，且設施的候選區位只侷限在某些地點。

區位分派模型在 1960 年代開始引起廣泛研究與應用，1980 年代以不連續的路網（Discrete Network）替代了傳統的連續空間（Continuous Space）方式來分析問題，使得設施區位更合乎效率（Efficiency）、公平（Equity）及經濟（Economy）三類的準則（Flynn and Ratick, 1988）。

以設施性質來說，大致可區分為以下三類（林宏晉，2004）：

一、非緊急性設施：泛指較無時效性限制的設施，通常也較具有大眾生活化及普及性。此類設施目標通常是：1.求取最小化的設置成本；2.最小化的總加權旅行距離，並將結果作為最適設施數量與區位考量。一般而言增設該項設施主要目的為擴大設施的服務範圍或

強化設施效用，常見的設施包括公園、郵局、加油站、行政中心及圖書館等。

二、緊急性設施：通常都以時效性為主要考量，由於該設施服務品質與人民生命財產密不可分，所以該設施則必須有效地顧及到服務範圍內的每個需求點。設施增設的目的，一方面是為了提升設施服務效率性與達到各需求點的基本需求；另一方面則是為了將災害所衍生的各項衝擊或損失降到最低，藉以保障該服務區內的人民生命財產，常見的設施包括緊急避難據點、消防隊、醫院及警察局等。

三、鄰避設施：通常為讓人感到厭惡、避諱、排擠甚至引發居民抗爭的設施，目前設置的區位儘可能在都市邊緣或特定區位內，其設施周圍則採綠美化甚至隔離，使該設施與都市活動空間作有效的區隔。常見的設施包括火葬場、核電廠、焚化爐及垃圾掩埋場等。

此外，針對設施區位問題，依模式與理論特性大致分為以下三類(衛萬明、林千琪，2004)：

一、靜態性區位問題：通常指區位問題狀況較為單純且確定性較高，設施符合最小範圍或最小距離要求即可，尚無考慮時間序列或突發性問題。

二、動態性區位問題：比較符合現實狀況，該問題考慮設施服務需求會依時間序列增長或突發性變化導致不確定性的動態模式。

三、隨機性區位問題：影響該區位問題不易掌控且參數較不明確，因此具有隨機性質的設施該區位比較沒有固定場所可言。

設施區位模型之目標函數，在追求社會福利最大化，而針對不同的區位問題型態，所使用的績效指標不同，典型的區位模式可分為四類：P 中位問題、P 中心問題、區位覆蓋問題及最大覆蓋區位問題(Toregas et al. 1971; ReVelle et al. 1977; Hodgart, 1978; Hillsman, 1984)。Daskin (1995) 提出常見的指標如下，常見設施區位問題，相互之間的比較與

差異，參見表 2-3-2：

一、P 中位問題 (P-median Problem) 在滿足各需求點之需求量之條件下，考慮所有需求點至最近設施之加權距離總和最小化 (minimum)。此模式應用範圍以非緊急設施 (一般設施) 區位問題求解，例如公園、學校及圖書館等設施區位；這些設施所提供的服務較無時效性或迫切性，需求點設施的遠近，僅代表服務水準感受的差異，對生命或財產不會有明顯的影響。

二、P 中心問題 (P-center Problem) 在尋找已知配置設施數目的最適區位配置，目標是求所有需求點至最近設施中最大服務距離最小化，此模式應用範圍在緊急設施區位問題，例如醫院、消防局及警察局等設施區位；這些設施所提供的服務具有時效性或迫切性，較重視設施是否能及時提供所有需求點的必要服務，故會注意到最困難提供服務的需求點。

三、區位覆蓋問題 (Location Set Covering Problem, LSCP) 在最大服務距離限制的條件下，尋找服務設施數目最少之區位配置，並使所有的需求點均能在設施最大服務距離範圍內獲得服務。區位覆蓋問題基於公平原則考慮之最佳區位配置，也是最早被應用於緊急設施區位問題；此模式適用於建設經費充裕，並可將設施數目開放由模式分析決定的區位配置問題。

四、最大覆蓋區位問題 (Maximal Covering Location Problem, MCLP) 在限定的服務距離內，並同時在期望的距離內決定 P 個設施的區位配置，使所覆蓋的區域內需求量为最大。主要運用在具時效性的緊急性服務設施，例如醫院、消防隊及警察局等設施區位，使居民能在合理有效的時間內接受服務，但不能保證服務到每一個需求點此模式適用於如何讓有限的經費發揮最大效果的區位配置問題。

表 2-3-2 設施區位模式分類表

區位模式	績效指標	適用設施
P 中位問題	目的在尋求設施與需求點間加權距離總和最小。	非緊急設施 (一般設施)
P 中心問題	目的在尋求設施與需求點之間最大服務距離最小化。	緊急設施
區位覆蓋問題	目的在所有需求點均被涵蓋於服務設施合理服務範圍之限制下，尋找設施配置成本最小化。	非緊急設施 緊急設施
最大覆蓋區位問題	目的在求取設施服務最大範圍內的需求點數量最大化。	非緊急設施 緊急設施

資料來源：林千琪（2003），都市地區國民中學學校設施區位選擇之研究。

貳、設施區位服務範圍問題

應用設施區位模型應先建立目標函數，追求最大之社會福利，而後依各項限制條件求得最佳解，惟因區位問題型態之不同，所建立之區位模式亦有所不同，一般來說，典型的設施區位分派問題包括四大類：P 中位問題、P 中心問題、區位覆蓋問題及最大覆蓋區位問題，其他分析模式大多以這四類典型為基礎予以變化，或依據問題特性而另外建置特殊的模式，以下將四種典型模式簡述如下：

一、P 中位問題 (P-median Problem)

在滿足各需求點需求量之條件下，考慮所有需求點至最近設施之加權距離總和最小化 (minimum)。基本的模式型態如下 (Owen and Daskin, 1998)：

$$\text{Minimize } \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij} \text{ ----- (2.3.1)}$$

$$\text{Subject to : } \sum_j X_j = P \text{ ----- (2.3.2)}$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1, \forall i \text{ ----- (2.3.3)}$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0, \forall i, j \text{ ----- (2.3.4)}$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j \text{ ----- (2.3.5)}$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \text{ ----- (2.3.6)}$$

變數說明：

i ：需求點位置。

h_i ：需求點 i 的需求量。

j ：設施可能配置位置。

d_{ij} ：需求點與設施位置間的距離。

Y_{ij} ：設施服務範圍，二元決策變數。

X_j ：預配置設施數，二元決策變數。

P ：設施數目。

(2.3.1) 式為目標式，計算需求點到最近設施間最小化距離。

(2.3.2) 式限制配置設施的數量。

(2.3.3) 式限制需求點僅被一處距離最近的設施所服務。

(2.3.4) 式限制需求點只能分派到有設置設施之位置接受服務。

(2.3.5) 式表示在可能的設施位置上配置 (=1) 或其他不可能配置的區位 (=0)。

(2.3.6) 式表示需求點在設施服務範圍內 (=1) 或其他不在設施服務範圍內 (=0)。

此模式應用範圍以求解非緊急設施（一般設施）區位問題，例如公園、學校及圖書館等設施區位；這些設施所提供的服務較無時效性或迫切性，需求點設施的遠近，僅代表服務水準感受的差異，對生命或財產不會有明顯的影響。

二、P 中心問題 (P-center Problem)

在尋找已知配置設施數目的最適區位配置，目標是求所有需求點至最近設施中最大服務距離最小化，基本的模式型態如下 (Owen and Daskin, 1998)：

$$\text{Minimize } D \text{ ----- (2.3.7)}$$

$$\text{Subject to : } \sum_j X_j = P \text{ ----- (2.3.8)}$$

$$\sum_j Y_{ij} = 1, \forall i \text{ ----- (2.3.9)}$$

$$Y_{ij} - X_j \leq 0, \forall i, j \text{ ----- (2.3.10)}$$

$$D \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij}, \forall i \text{ ----- (2.3.11)}$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j \text{ ----- (2.3.12)}$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\}, \forall i, j \text{ ----- (2.3.13)}$$

變數說明：

D ：代表各需求點與最近設施間距離的最大值。其餘變數說明之意義相同。

(2.3.7)式為目標式，計算需求點到最近設施間距離最大值極小化。

(2.3.8)式限制配置設施的數量。

(2.3.9)式限制需求點僅被一處距離最近的設施所服務。

(2.3.10)式限制需求點只能分派到有設施之位置接受服務。

(2.3.11)式為目標值之規範，此式會自動使每個需求點對應到距離最近的設施，而 D 會成為這些距離值中最大者。

(2.3.12)式表示在可能的設施位置上配置 (=1) 或其他不可能配置的區位 (=0)。

(2.3.13)式表示需求點在設施服務範圍內 (=1) 或其他不在設施服務範圍內 (=0)。

此模式應用範圍在緊急設施區位問題，例如醫院、消防局及警察局等設施區位；這些設施所提供的服務具有時效性或迫切性，較重視設施是否能及時提供所有需求點的必要服務，故特別注意到最難以提供服務的需求點。

三、區位覆蓋問題 (Location Set Covering Problem, LSCP)

在最大服務距離限制的條件下，尋找設施數目最少之區位配置，並使所有的需求點均能在設施最大服務距離範圍內獲得服務。此模式是 Toregas et al. (1971) 所提出，主要以服務範圍的觀點來

求解緊急設施區位問題，此模式有四大假設：1.所有節點之間的距離為已知，且成本是確定的；2.需求僅產生在節點之上；3.各需求點僅被一個設施所服務；4.每一個節點最多只有一個設施所服務。其主要數學模式如下：

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^n C_j X_j \text{ ----- (2.3.14)}$$

$$\text{Subject to : } \sum_{j=1}^n A_{ij} X_{ij} \geq 1, \forall_i \text{ ----- (2.3.15)}$$

$$X_j \in \{0,1\} \text{ ----- (2.3.16)}$$

$$A_{ij} \begin{cases} 1, d_{ij} \leq S \\ 0, d_{ij} > S \end{cases}, \forall_{ij} \text{ ----- (2.3.17)}$$

變數說明：

C_j ：設施設置於 j 之設置成本。

A_{ij} ：服務距離條件為虛擬變數。

X_{ij} ：代表分區的需求點被設施所服務的比率。

S ：設施服務距離。其餘變數說明之意義相同。

(2.3.14) 式表示最小配置設施數。

(2.3.15) 式表示所有需求點至少有一個位在設施服務距離內。

(2.3.16) 式表示在可能的設施位置上配置 (=1) 或其他不可能配置的區位 (=0)。

(2.3.17) 式表示需求點在設施服務範圍內 (=1) 或其他不在設施服務範圍內 (=0)。

區位覆蓋問題基於公平原則考慮之最佳區位配置，也是最早被應用於緊急設施區位問題；此模式適用於建設經費充裕，並可將設施數目開放由數學模式分析決定的區位配置問題。

四、最大覆蓋區位問題(Maximal Covering Location Problem, MCLP)

在限定的服務距離內，同時在期望的距離內決定 P 個設施的區

位配置，使所覆蓋的區域內需求量為最大。此模式是 Church and ReVelle (1974) 以服務最大化的目標所提出的，基本假設與區位覆蓋問題大致相同，同時考慮在固定設施數的情況下，使設施服務範圍最大化。其主要數學模式如下：

$$\text{Maximize } \sum_j h_i z_i \text{ ----- (2.3.18)}$$

$$\text{Subject to : } z_i \leq \sum_{j \in N_i} X_j, \forall i \text{ ----- (2.3.19)}$$

$$\sum_j X_j \leq P \text{ ----- (2.3.20)}$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j \text{ ----- (2.3.21)}$$

$$z_i \in \{0,1\}, \forall i \text{ ----- (2.3.22)}$$

變數說明：

z_i ：需求點 i 在設施服務範圍內，二元決策變數。其餘變數說明之意義相同。

(2.3.18) 式表示被涵蓋在避難據點服務範圍內之需求點數量極大化。

(2.3.19) 式檢測需求點是否涵蓋在避難據點服務範圍內。

(2.3.20) 式待配置設施總數量之限制。

(2.3.21) 表示在可能的設施位置 j 上配置 (=1) 或其他不可能配置的區位 (=0)。

(2.3.22) 式表示需求點在設施服務範圍內 (=1) 或其他不在設施服務範圍內 (=0)。

主要運用在具時效性的緊急性服務設施，例如醫院、消防隊及警察局等設施區位，使居民能在合理有效的時間內接受服務，但不能保證每一個需求點均能接受服務；此模式適用於如何讓有限的經費發揮最大效果的區位配置問題。

最大覆蓋區位問題與區位覆蓋問題均以服務範圍考量，但不同點如下：

(一) 目標函數不同：區位覆蓋問題是建設經費充裕條件下尋求最少設施數量為目標；最大覆蓋區位問題則是已知欲配置設施數量，而尋求設施涵蓋範圍內之需求點數量為最大。

(二) 需求量要求不同：區位覆蓋問題是要求每個需求點至少要有一個服務設施；最大覆蓋區位問題則無要求每個需求點需接受服務。

(三) 配置設施數量限制條件不同：區位覆蓋問題是要找出能涵蓋整個需求點的最少設施數量；最大覆蓋區位問題則是限制設施數量（預先設定配置的設施數量）。

參、緊急設施區位研究回顧

區位設施理論各有其適用對象，於進行分析時應考慮研究設定的目的，張文侯（1997）以台北市為實證對象，利用設施區位模式，檢討現行都市避難空間之區位，作為防災避難設施區位配置之基礎，其內容包括台北市之防災空間系統、台北市緊急避難道路系統、避難行為特性及時間分析及備選防災避難場所之適宜性分析。曾國雄、林楨家（1997）分析淡海新市鎮消防隊最佳區位，利用 TOPSIS 多目標規劃法求解，依據對最小設施數目目標之重視程度改變權重值，並研擬五個不同的設施數與最佳設施之替選方案。

簡甫任、周天穎（2000）建立「本土化」防災避難場所的基準參數與最適避難場所區位為探討對象，提出避難場所無法使用或民眾到達時之緊急替代方案，以 P 中位模式求出總加權旅行距離和最小之 P 個設施點位置，並採用 Maximal Covering with Mandatory Closeness Constraint 修正模式，以符合偏遠位置避難場所之需求，建立都市地區層級防災避難區位選派模式。林楨家、謝瓊慧（2003）以設施區位分析之數學規劃模型，建立避難場所配置規劃模式，同時考量服務範圍、道路通行能力、

場所容量及活動人口分布等，採用地理資訊系統進行資料管理、參數估計及成果展示，建立震災臨時避難場所配置規劃方法，作為災前地區防災規劃之輔助分析工具。

林千琪（2003）透過 P 中位模式加入時間變化因素，運用數學迴歸模式導出人口預測模式，將人口預測模式整合於 P 中位數多元迴歸數學模式中，推導出學校動態選擇基本數學模式，再利用學校動態選擇基本數學模式找出最佳學校設施區位。鍾佳欣（2004）探討緊急性避難據點是災後能提供災民第一時間避難的場所，但是目前國內相關法令對於緊急避難據點的設置標準大多僅止於規範避難據點的數量和範圍，因此收集各里人口資料、路網資料及緊急避難據點分布資料，再利用數學規劃法找出避難據點最適區位。張學聖、黃輝林（2007）結合地理資訊系統，運用空間地址對位技術，透過空間自我相關分析，針對台南市現有救災資源區位分析，以救災績效標準為規範，運用最大覆蓋區位問題模式進行救災設施之區位模擬分析與檢討。

由上述相關研究發現，區位設施理論以數學規劃法為理論基礎建構區位選擇模式，其目的在於幫助本計畫避難據點有限資源的配置，設施區位過去研究之相關文獻，參見表 2-3-3，並發現 2000 年後多半採數學規劃法探討緊急避難設施。

表 2-3-3 國內設施區位研究整理表

作者	研究設施	設施特性	研究方法
馮正民、解鴻年 (1989)	緊急設施	緊急性	數學規劃法
林建元等人 (1990)	消防設施	緊急性	多準則評估
張文侯 (1997)	緊急避難場所	緊急性	P 中位模式
曾國雄、林楨家 (1997)	消防隊	緊急性	TOPSIS 多目標規劃法
謝嘉鴻 (1999)	避難場所	緊急性	模糊多目標規劃法
李國正 (2000)	公共設施	非緊急性	P 中位修正模式
馮正民、林楨家 (2000)	公共設施	非緊急性	數學規劃法、基因演算法
簡甫任、周天穎 (2000)	避難場所	緊急性	數學規劃法
林楨家、謝瓊慧 (2003)	臨時避難場所	緊急性	數學規劃法
吳華權 (2003)	緊急避難場所	緊急性	P 中位模式
林千琪 (2003)	國民中學	非緊急性	P 中位模式
鍾佳欣 (2004)	緊急避難據點	緊急性	數學規劃法
戴政安 (2006)	緊急避難據點	緊急性	優先等候區位覆蓋問題模式
杜建宏等人 (2007)	避難據點	緊急性	熵值權重法、微關聯分析
張學聖、黃輝林 (2007)	消防設施	緊急性	數學規劃法

資料來源：本計畫整理。

第四節 國內外相關文獻回顧

壹、國外文獻

國外諸多防災研究中，Wang et al. (1996) 以模糊集合建立地震災害的預測方式，對於地震的不可測性提供簡易數學評估方法。Song et al. (1996) 應用模糊理論建立地震災害評估方法，並以日本地震災害歷史資料驗證模式的應用可能性，結果顯示受災地點會因為距離的不同而呈現對建築物結構不同程度的破壞。Bahrainy (1998) 認為單純由建築技術的進步與建築結構工程的補強，仍不足以解決地震災害造成人類生命財產的損失，須同時藉由都市計畫與都市設計的輔助手段來減輕地震災害所形成的直接衝擊。

Chang and Nojima (2001) 針對阪神大地震後主要聯絡道路與高速公路的交通功能進行評估，並藉由與美國災後影響進行比較分析，以歷史為借鏡，可以增強人類面對地震災害的能力。Olshansky (2001) 以美國洛杉磯地區，1971-1994 年的震災經驗，建立透過土地使用計畫減少地震損失的危險。同時，藉由各項地震災害資訊的提供，使人們更能利用工程技術減少地震危害的可靠性。Nelson and French (2002) 由於美國 Northridge 的地震災害經驗，必須於土地使用計畫中加入地震安全管理因素以降低地震所導致的災害。Cutter (2003) 強調地理資訊與空間決策系統對於災害預防與緊急救援管理的影響，特別於備災、回應、救援及減災等工作的確保。

Haghani (1995) 針對有容量限制覆蓋問題模式之文獻進行整理，並介紹模式發展方向、如何解決問題與公式各項參數值表現之意義等，並指出避難設施與需求點距離過遠時，可能降低設施服務水準，應考慮增設設施，使設施服務距離合理化。Berman et al. (2003) 認為最大覆蓋區位問題係假定設施的需求點在特定半徑距離覆蓋範圍中可以完全滿足其需求，研究中特別加入兩種距離作探討，在最小距離範圍中所有

需求點均被覆蓋，但在最大距離範圍內，則完全不被覆蓋（無法提供服務）。因此，這兩者距離間之地區，是由最近的距離逐漸向最遠的距離遞減的覆蓋過程。Farhan and Murray (2006) 則針對距離與避難設施區位服務範圍的相關問題，利用 Spatial Interaction Coverage (SIC) 與 Maximal/Minimal Coverage Distance Decay Problem (MCDDP) 兩種整數規劃模式作為避難設施區位選擇的決定，結果顯示避難設施的種類選擇與設施吸引力有關，例如公園與學校是吸引力較好的避難設施。

本鄉伸和等人 (2006) 為了減輕京都市文化資產受到地震災害的威脅，同時又顧慮都市地區的防災計畫，故以路網信賴度的觀點，建立三項綜合指標，估算文化資產受災的風險性。此外，研擬路網的改善措施，並估算改善後對京都市歷史文化資產的減災效果。中村真幸等人 (2006) 分析文化資產與消防單位之間的最短距離與其道路信賴度，就道路阻絕而無法到達文化資產的道路，進行改善建議或建築構造的補強，同時透過 3D-GIS 呈現京都市街道情況，利用監控系統於第一時間掌握受災時道路阻絕狀況。

貳、國內文獻

國內諸多研究中，葉光毅、吳永隆 (1998) 由日本阪神大地震經驗分析結果，發現道路機能受損與道路寬度密切相關，都市地區若缺少中街路 (8-12 公尺) 的規劃，在遭遇重大災害時，將無法有效滿足防災之使用。李泳龍等人 (2001) 對於台灣 921 大地震災後交通狀況與道路受損程度，於調查災區內道路實際受阻情形，建立影響地區道路阻斷原因之判別模型，發現街道寬度 (4 公尺以下) 對於道路阻絕有顯著影響。經由不同路網替代方案的評估，有效開闢 8 公尺計畫道路可以降低地區道路因震災所形成的孤立據點。惟即使以最小間隔配置，對於車輛不能到達之節點數也無法全部改善。單由街道整建，即使將全部道路開闢為 8 公尺以上也無法完全滿足道路防災機能的要求，必須輔以其他的措施，例如交通管理、加強臨街路建築的結構強度或退縮建築的認知。

為因應震災發生時，能迅速展開避難救災等工作，平常時先行掌握道路之防災機能，具有相當程度的重要性，李泳龍等人（2002）針對道路機能進行分類，並將災害特性納入評估，分別設定不同機能的整建預期效果，並以台南市為實證地點，採問卷調查方式決定道路網整建評估機能的權重，經由定量評估方法，建構道路網整建的基本參考依據。葉光毅等人（2002）以問卷調查法與判別分析法，探討 921 大地震發生後三天內，相關交通行為及其對於管制措施之反映，結果顯示南投市與草屯鎮之受訪者在地震發生前後，其所使用的交通運具並無明顯改變，對於影響災後三天內使用汽車之原因，主要為：①工作；②運送傷患病人；③購買儲備品。陳亮全等人（2004）對於避難救災動線系統評估，考慮道路與活動因素；對於路線則需考慮建築物高度、高架道路等易形成路段封閉之因素。而對於路網之評估則可透過連續性變動指標與最短路徑變動成本進行比較分析。

馮正民、王在莒（2005）利用簡易災害路網進行分析，以傳統一般重大災害公路緊急搶修排成 72 小時之緊急搶修績效為基礎，結果顯示路網愈綿密，可增加工作隊繞境之選擇，會縮小責任區與不分區間在搶修績效上之差距；相對的當路網愈稀疏，工作隊繞境的選擇將受到限制，會拉大責任區與不分區間在搶修績效上之差距。王中允、嚴國基（2006）運用路網信賴度與雙層規劃模型建立一套災害路網評估方法，以瞭解路網是否滿足災害的運輸需求，並針對路段容量退化的關鍵路段進行修復，進而提供災害應變單位有效的決策支援。

林楨家、謝瓊慧（2003）採用地理資訊系統進行資料管理、參數估計及成果展示，分析結果可提供台中市北屯區大德里與陳平里地區現有服務效能之檢討、增設避難場所配置區位規劃及未來對避難場所進行調整與改善的建議。蕭素月（2003）針對都市地區在地震災害後之人員疏散，結合地區避難據點之區位與容量、避難人口之數量與分布及路網結構之綜合考量，透過地理資訊系統網路分析模擬，以建構選擇適合路線

進行避難至安全據點。藉由模式分析，取得避難人口至避難場所之旅行時間分布與服務範圍涵蓋之分布，作為規劃闢建避難場所順序策略之參考依據。李泳龍、戴政安（2007）結合等候理論與區位理論，以優先等候區位覆蓋問題模型應用於永康市六甲頂市地重劃區，結果顯示永康市六甲頂市地重劃區現有 5 個緊急避難據點可服務優先層級一達 93.6%，優先層級二達 100%，然而只要多增加一個緊急避難據點（公四）時，即可同時滿足優先層級一與優先層級二合計服務需求。

陳昭蓉（2004）透過都市計量方法、類神經網路及地理資訊系統，建構震災災民避難疏散模式，最終目的是為了使防災避難疏散系統能在多方面的規劃下，提升都市地區居民的安全性，使都市生活能得到更高的保障，因此除了在規劃技術上不斷提升，更應考量設施區位的地理性與交通特性。蔡光榮等人（2006）選定高雄市壽山里與高雄縣旗山鎮等二處具代表性之中型坡地社區進行現地調查與潛勢環境災害危險評估，運用相關致災因子進行各因子間之相依性、獨立性及交互性統計檢定分析，再結合倒傳遞類神經網路與 GIS 技術，進行各因子間之複相關非線性迴歸分析，評估災害風險模式之推導與實證地區驗證，進而建立高雄坡地社區環境潛勢災害風險評估模式。鄒克萬等人（2006）以倒傳遞類神經網路 MATLAB 6.5 軟體，利用其具有學習與記憶能力加以訓練、測試及驗證，建立中低層建築物震害毀損度預測模式，應用於嘉義市部份舊市區，並以地理資訊系統予以空間化，將建築物毀損度分為安全、危險及倒塌三種層級，結果證明類神經網路具有預測建築物震害毀損度之能力，且誤差率較低，是為都市防災規劃值得推廣與應用的方法。

熊光華（2001）從日本與美國發生震後火災案例中分析討論相關影響要因，並相對探討我國 921 集集地震與 1022 嘉義地震的相關性，瞭解面對都會地區震後火災問題，應事先做好防災規劃與防制對策準備。王威仁、賴榮平（2005）以高雄市為範圍，利用迴歸分析、羅吉斯分析及區別分析建立都市避難空間、建築物使用類別對於火災傷亡事件之預

測模式，探討都市不同之使用分區平均每年起火數、都市中火災避難空間（停車用地、公綠地、學校及道路等）與建築物火災傷亡人數之預測，結果顯示以都市因子與建築物使用類別進行火災傷亡之區別預測，乃過去沒有進行之研究，對未來火災問題有限度之單純化與適用性而言，將有助於此類研究之發展。

鄭欣蓉、曾國雄（2003）認為「防災」、「救災」及「重建」是防救災體系的三大系統，救災的部份是指災難發生後所採取的措施，而緊急物資的配送是救災系統中重要的一個子項。以統籌運用各地救援物資的觀點，設計一個整合的配送系統，避免各區自行運送救援物資反而造成資源分配不當，或因運送車輛過多造成災區交通癱瘓，而延緩救援物資送達時間。由於救災物資配送所需考量的目標兼具效率性與公平性，因此採用多目標構建模式，並利用模糊多目標線性規劃進行求解，以期在最短的時間內將物資作公平分配，並快速地送達災區。曾憲雲等人（2006）分析城市公共安全的現狀與主要災害種類，指出當前防災減災的問題，提出確實可行的防災減災對策措施，從而提升大陸城市公共安全管理水準。陶翼煌等人（2006）以大型災害的特性與困境說明災害管理的重要性，繼以易經哲學為原則，結合專案管理理論，提出災害管理合作網路之概念，據以設計整合災害管理之資訊架構，並以台北縣消防局颱風災害應變業務為例，驗證此系統架構之實用性，結果顯示此資訊系統架構能有效整合防救災業務與對應之災害管理決策資訊，故能有效改善補強目前地方政府面對災害時管理層面的不足。

彭光輝、林淑鎡（2005）以自然與人文活動環境評估群體，藉由群體專家問卷與模糊德爾菲層級分析，求得各評估因子間的權重分配，作為檢視都市化地區環境防救災計畫執行之依據。汪明生等人（2005）針對都市空地具地震防災之功能，利用指標建構方式歸納出空地之屬性，並依據都市空地災害發生前後之實際狀況，運用數量化 III 類模型有效區分空地之類型：A. 散布市區範圍外，開發程度遲緩，不具地震防災與

綠地性質的較小面積空地；B.主要分布市區範圍內，開發程度較快速，兼具地震防災與綠地性質的較大面積空地；C.分布於市區範圍邊緣一角，開發程度遲緩，不具地震防災與綠地性質的較小面積空地；D.環繞分布市區範圍內、外，開發程度較快速，地震防災與綠地性質低的較小面積空地。並藉此針對都市空間內之空地，提出活用策略，逐步改善都市防災相關問題，俾提供都市發展與都市計畫通盤檢討時之參考。

吳杰穎等人（2006）利用「減災」之概念，以「脆弱度分析」（Vulnerability Analysis）之方法，運用地理資訊系統的技術與分析功能，以淡海新市鎮特定區計畫第二次通盤檢討作為實證對象，運用危害認定的方法，發現颱風、坡地、地震及海嘯等災害是地區之主要危害因子；透過危害評估，建立空間規劃之原則，並將規劃原則回饋至土地使用計畫、公共設施計畫及交通計畫等。王敏順（2006）藉由 GT、AHP 及 MAUT 等三種方法加以模擬分析，經由模擬分析結果顯示加強防災教育宣導工作與成立災害地區自救組織，是超高建築地區防災策略之必備工作。杜建宏等人（2007）針對避難據點規劃整備，建立避難據點規劃準則與適宜性評估，考量災害潛勢之影響，運用灰關聯分析與熵值權重法，評估避難據點適宜性，以改善目前避難據點之規劃方式。

第三章 避難據點最適區位模式建構

本章主要探討避難據點區位模式之規劃指標，作為避難據點區位衡量標準。良好的都市規劃指標可以有效的將地區基礎資料篩選並轉化為有用的數據，同時，針對各類型區位模式之特性與適用情形，在予以分析歸納後，並配合最適避難據點的區位與數量，建立避難據點區位配置模式，以及其模式結果之評估與分析方法，以作為都市發展、環境偵測及規劃的依據，供規劃者進行分析與決策，同時可作為日後預測與評估之用。

第一節 避難據點之定義與規劃指標

壹、避難據點之定義

本計畫針對避難據點的層級、功能、服務範圍及軟硬體設施等特性，回顧國內相關研究歸納如下：

一、依據避難據點之機能與服務範圍做分類，將都市避難據點區分為緊急避難據點、臨時避難據點、臨時收容場所及中、長期收容場所等四種不同機能或服務範圍之避難據點。其中緊急避難據點指的是鄰近住家之道路、空地或其他開放空間，為震災發生後第一時間內，居民自主性地離開住家，至最近的避難據點進行避難行為；臨時避難據點則是指如鄰里公園、大型公園及國小等避難據點，為當居民因震災發生而自行至緊急避難場所集合後，再理性地依平時之防災演練，或政府之防災宣導，而前往避難據點；臨時收容場所與中、長期收容場所，差別只在於收容災民之規模與期限（李威儀等人，1997、何明錦等人，2005）。都市中之各種避難據點，應包含鄰里公園及國小等，其劃設之標準如下：

（一）周邊具有防火安全植栽。

（二）至少鄰接一條輸送、救援道路（15m 以上）。

(三) 平均每人 $2m^2$ 的安全面積。

(四) 至少需具備兩個方向以上之出入口。

避難據點除了應確保開放空間規模外，其他軟硬體設施具有下列之功能：

(一) 緊急水電、衛生及盥洗設施。

(二) 消防用水。

(三) 廣播設備與緊急發電設備。

(四) 接受災區外救援資訊，瞭解救援進度與救援政策之收音機、電視、通訊用之公用電話、傳真及網際網路等。

二、以都市防災生活圈為基礎觀念，並以當地居民步行至避難據點之距離（該據點之服務範圍）與鄰里單元之概念為劃設基準，歸納出全市防災生活圈（服務範圍以全市為單位）、地區防災生活圈（居民至該據點之步行距離約 1500~1800m，服務範圍約三個鄰里單元）及鄰里防災生活圈（居民至該據點之步行距離約 500~700 m，服務範圍約一個鄰里單元）等三種不同等級之都市防災生活圈。其中，都市之鄰里防災生活圈內其主要的緊急避難據點應以國小與鄰里公園為主，距住家之步行距離應為 500~700m，約為一個鄰里單元大小，並應具備居民進行災害因應活動所需之空間與器材，及區域內居民間情報聯絡與對外聯絡之設備（張益三，1999）。

三、利用居民參與的概念，依據問卷調查結果，發現（一）居民對於避難據點的優先需求選擇類型，以學校型避難設施為主；（二）避難據點服務範圍以 500m 以內為理想服務範圍；（三）避難據點選擇求以容易取得生活物資的地方為主。可以發現居民大都希望以學校型避難設施為主，因為學校的位置居民認知最高，並且學校設有大量廁所、教室、廚房為較容易取得生活物資的地方，並且在合

理服務範圍 500m 以內，居民可以在 5~15 分鐘內步行至緊急避難據點進行避難行為（何明錦等人，2005）。

綜合上述文獻，本計畫依避難時間長短將避難據點層級分成三層級，說明如下：

一、緊急避難據點：震災發生第一時間至半日內，居民因察覺到災害而自主性地離開住家，至最近的任何開放空間中進行避難行為。由於此階段中的居民避難行為屬遭遇地震後的即時反應，因此該階段之避難行為應為慌張、混亂且不理智的。故本計畫將該階段之避難行為定義為：居民將理性地依平時之防災演練，或政府之防災宣導，結伴前往具有安全設施，可使居民安心進行緊急避難行為之避難據點，該類型避難據點即為緊急避難據點。此階段之避難據點類型為住家鄰近道路或住家鄰近之任何開放空間，如鄰里公園與國小為主。

二、臨時收容場所：為震災發生後半日至二週時間內，當居民因住家直接遭受地震損壞或因地震所引起之二次災害（例如火災延燒或餘震）而損壞，因而自緊急避難據點遷移至臨時收容場所進行避難行為。該類型據點以國中與社區公園等為主。

三、中長期收容場所：為震災發生後二週時間以上，當居民住家因受地震影響全毀而確實無法於短期內修復時，則由政府出面搭建組合屋，以提供災民作長時間生活安置。該階段據點類型包含全市性公園、國中以上學校、大型體育場（或棒球場）及軍方若干營區等。

本計畫有關避難據點區位評估，主要係以緊急避難據點為評估目標，至於有關臨時收容所與中長期收容所可就第一層級所提出之避難據點進一步選擇適當場所建立之。

貳、避難據點規劃指標

避難據點規劃通常都要考慮時效性的問題，為能有效地照顧到服務

範圍內的需求點，避難據點的合理服務範圍必須涵蓋到所有需求點，茲說明避難據點區位配置效率性與公平性規劃指標如下：

一、效率性：使固定數目的設施，在特定服務範圍(距離或時間)內，能獲得的效益最大，或是系統的總成本最少。本計畫係以最短路徑(時間)來衡量。

二、公平性：指所有需求點均能獲得避難據點合理程度(指特定的距離或時間內)的服務，其目標為合理服務範圍內，需求量为最大，並提供均等的服務。本計畫以需求點距離最近避難據點的服務範圍來衡量。

有關避難據點效率性與公平性之規劃指標，其評估準則如下：

一、效率性

(一) 距離避難據點之道路距離(愈短愈好)。

(二) 合理服務範圍內之服務人數(愈多愈好)，效率性 = (避難據點服務人口數/研究範圍避難人口數) * 100。

二、公平性

(一) 避難據點覆蓋率(愈高愈好)，服務範圍覆蓋率 = (避難據點服務範圍/研究範圍總面積) * 100。

(二) 避難據點的容量(愈大愈好)。

配合效率性與公平性之驗證，可針對實證地區之現有避難據點進行最適區位配置評估。

第二節 避難據點區位選擇考量因素

一般而言進行避難據點區位配置時，會有許多主要的考量因素。例如明錦等人（2006）利用問卷調查法，瞭解地區居民避難特性，以作為配置避難據點的重要因素；李泳龍等人（2001）利用現況調查與判別分析針對 921 大地震災情嚴重地區道路作檢討，可參考其結果作為配置避難據點的考量；張益三（1999）以步行距離作為各避難據點合理服務範圍之劃定標準；李威儀等人（1997）根據日本避難經驗，訂出每人最小避難面積，作為避難據點的配置參考。而在歸納上述各學者之研究成果後，本計畫訂定出以下對避難據點最適區位配置影響最大之數項主要因素：

壹、區位配置考量因素

一、災害避難人口比率

避難活動人口是指在某一地區及某時間點下，災害發生後進行避難行為的人口數，因此可能包括就業人口與外地學生等，非僅指一般的戶籍人口（黃台生、馮正民，2000）。由於在各時段、各地點中的人口，會因不同的時間與地點而產生人口變化，故較能符合地區實際活動人口之特性，在震災發生後，規劃者與決策者亦較能依此掌握避難救災時之需求。因為實際活動人口與當地活動特性有關，因此，將活動人口定義如下：

（一）日間避難活動人口：如工業區與商業區等活動性質複雜地區，其活動人口最密集時間為日間，故以法定規定之工、商樓地板面積對應員工數而得。

（二）夜間避難活動人口：如住宅區，由於其活動人口最密集時間為夜間，故以當地之戶籍資料進行估算。

國內諸多學者運用資料調查與迴歸分析建立不同行業別日間駐留活動人口數的推算方法，作為日間活動人口推估方法的基礎，以

彌補戶籍資料只能提供夜間人口數的不足(馮正民、林楨家,2001;陳建忠、林峰田,2003)。因此本計畫將參照相關文獻推估避難活動人口,並以建築研究所2006年問卷資料瞭解居民意願,進行推估避難活動人口數。

二、道路通行能力判定

由於避難道路是都市防災規劃中最重要的一环之一,其牽涉到居民居住地避難據點之間的可及性。動線系統的有效性,更是直接影響避難成效能否發揮之主要關鍵,但當較強烈之震災發生後,通常會引起道路損毀或中斷之情形,而改變需求點至避難據點之通行距離。因此,為有效掌握在最短時間內,使居民可以儘速進入避難據點進行避難行為,必須事先推斷出道路在震災發生後的通行能力。

三、避難據點服務範圍

合理服務範圍必須根據一定的服務半徑,計算一個或是群集設施之服務可及範圍,作為範圍之劃定,而其劃設方法有兩種:(一)以有效旅程距離界定範圍,以避難據點為中心,有效旅程為半徑,所劃出之圓型面積,即為避難據點之有效服務範圍,參見圖3-2-1;(二)採用路網界定範圍,依據避難據點向外擴散有效時間內所能行走最短路徑所劃定服務範圍,該服務範圍劃設結果呈多邊形參見圖3-2-2,假設路網方格整齊,單位距離皆等於 a , $3a$ 為最大服務距離。

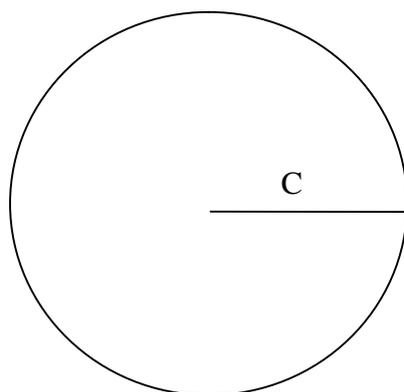


圖 3-2-1 環域劃設之服務範圍圖

資料來源：本計畫繪製。

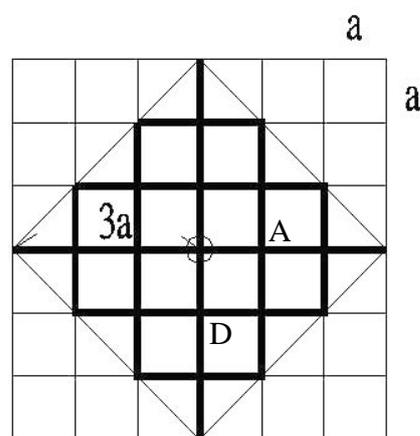


圖 3-2-2 路網劃設之服務範圍圖

資料來源：本計畫繪製。

四、避難據點服務容量

就避難據點而言，避難據點本身之規模著重於該避難據點本身之收容能力。在前述所整理的相關國內研究中（參見表 2-1-2），可從三個方面進行探討：（一）依據 921 大地震避難調查，將避難據點規模訂定為最佳為 $4.4m^2/\text{人}$ ，最小避難面積應為 $3.3m^2/\text{人}$ （何明錦、李威儀，2000；何明錦、蔡綽芳，2000）；（二）依據日本避難經驗與相關研究，將避難據點規模訂定為最佳為 $2m^2/\text{人}$ ，最小避難面積應為 $1m^2/\text{人}$ ，才足以使避難行為得以繼續進行（李威儀等人，1997；張益三，1999）；（三）依據文獻回顧與問卷調查，避難據點避難面積最小應為 $2m^2/\text{人}$ ，最大應為 $2.67m^2/\text{人}$ （潘國雄，2001；何明錦等

人，2005；戴政安，2006；何明錦、洪鴻智，2007)。而在本計畫中，則將整合上述國內眾學者所提出之重點，亦即以文獻回顧與問卷調查結果 $2m^2$ /人為本計畫中每人最小的避難面積。

貳、區位配置模式假設

整合國內眾學者對避難據點之定義，一般而言都市中的各級避難據點可細分為緊急避難據點、臨時收容場所及中長期收容場所等三大類（參見表 3-2-1）。其中緊急性避難據點之定義一般皆以國小、兒童遊戲場、公園、平面停車場、空地及廣場等六種類型之公共設施或是開放空間為主。而在該六種類型之開放空間中，目前僅有國小、兒童遊戲場、公園及平面停車場等四項公共設施，在都市計畫相關法規中有訂定公共設施設置標準，但由於綠地與停車面積之有效避難面積狹小，故不列入考量，主要以現有之國小與公園用地為主列為研究地區緊急避難據點規劃種類。

表 3-2-1 避難據點類型與各類型避難階段對照表

避難階段	據點類型	據點名稱	避難行發生時間
第一階段	緊急避難據點	公園（鄰里公園）	地震發生後至半日內
		空地、平面停車場	
		住家附近道路	
		國小	
第二階段	臨時收容場所	公園（社區公園）	地震發生後半日至兩週內
		體育場所	
		國中	
第三階段	中長期收容所	公園（全市型公園）	地震發生後兩週以上
		大型體育場	
		高中、大學	
		軍方營區	

資料來源：本計畫整理。

經由文獻回顧對一般公共設施區位配置分析模式的比較後顯示，具有緊急性公共設施之配置，適合採用「P 中心問題 (P-center problem)」、 「覆蓋問題 (Covering Problem)」。以往國內對緊急性設施的配置，通

常採用 P 中心問題，但由於 P 中心問題未考量到區位配置模式主要影響因素中的合理服務範圍與容量限制，因此將可能影響模式結果的正確性與可行性，所以本計畫將以覆蓋問題為主要研究模式。

覆蓋問題又可分成兩大類，即「區位覆蓋問題(Location Set Covering Problem, LSCP)」與「最大覆蓋區位問題 (Maximal Covering Location Problem, MCLP)」。其中區位覆蓋問題與最大覆蓋區位問題最大不同處，主要在於區位覆蓋問題預算上較不受限制，最大覆蓋區位問題則是考量到政府設置據點時的預算限制。由於公園配置的主管機關為地方縣市政府，就目前國內各地方政府之財政預算現況而言，無論在進行何種公共設施之設置，一般來說多少都會受到本身預算上的限制。因此本計畫將以最大覆蓋區位問題 (MCLP) 進行公園及國小之最適區位配置。

模式因素與構想確定的同時，本計畫基本假設如下：

一、針對研究地區之活動人口，假設已進行相關資訊之教育或宣導，有充份瞭解避難資訊，即知道本計畫區內避難據點所在位置，並皆會選擇最短距離之避難據點進行避難。

二、由於考量到 8m 道路，是目前國內都市計畫中，道路劃設之最小寬度。因此，本計畫以 8m 以上道路之交會節點同時為需求點與避難據點可能配置點，同時以節點間之實際長度為最短可行距離，以使整個模式結果更能符合實際現況。

三、所有道路節點之間的最短距離為已知，且災害發生後的各項救援或避難活動是不計成本，同時需求和設施配置點僅產生在道路節點之上；另外，各節點之需求僅被一個避難據點所服務，同時每個道路節點最多僅能有一個避難據點設置。

四、假設研究地區為一封閉地區，亦即不受區外各種因素之影響；同時研究範圍內之避難據點，亦不受其他不同層級之避難據點所影響（即不違背基本假設三，進行緊急避難行為時需為理性，且依照

政府平時之宣導或教育進行)。

五、避難據點的配置必須考量經費預算上的限制，亦即避難據點的數量除需考量現況外，亦需由規劃者做理性思考，進行規劃。



第三節 避難據點區位評估指標建立

本計畫以考量道路網特徵建構整體的評估系統為前提，對於避難據點周圍所形成之道路動線，參考 Tsukaguchi and Li (1999)、Odani and Uranaka (1999) 及 Lee and Yeh (2003) 之諸相關研究，係將道路之服務功能受害情形分為下列四等級：等級①完全暢通；等級②行人通行，車輛稍通；等級③行人稍通，車輛受阻；等級④完全不通行等。整體而言，道路寬度愈小，在寬度 8 公尺以下之道路，其道路阻絕數目會較多，建築物因地震倒塌所造成之破碎瓦礫，可能會散布至道路路面上，導致道路的阻塞，建築物傾覆程度，對於行人與車輛能否通行有顯著影響。

緣此，對於避難據點服務能力評估，本計畫參考高塚 尊文 (2000) 對於避難據點服務範圍的評估指標，依本計畫實證地區特性與資料方便性修正指標內容，評估準則說明如下：

- X_1 ：住宅區街廓到緊急通道 (20 公尺以上) 最短路徑。
- X_2 ：住宅區街廓到消防設施最短路徑 (8 公尺以上)。
- X_3 ：住宅區街廓到派出所最短路徑 (8 公尺以上)。
- X_4 ：住宅區街廓到避難據點 (學校與公園) 最短路徑 (8 公尺以上)。
- X_5 ：斷層帶範圍內住宅區街廓數量。
- X_6 ：避難據點服務範圍內，避難行為相對弱勢群 (12 歲以下年幼者與 65 歲以上年長者) 人口量。

首先配合實證地區資料運用因素分析方法，對 6 項指標並予以分析，萃取出可代表反映 6 項指標之重要因素，俾能針對避難據點服務範圍現況，有效進行整體評估。透過 6 項指標變項實施資料縮減，達到以較少構面解釋分析之目的。本計畫為能順利對於共同因素適切完成命名，故對於 6 項指標內容，選擇採用正交轉軸法中之「最大變異法」來萃取共同因素。其目的在使轉軸後，每一項共同因素本身之內的因素負

荷量，其高低相差程度能夠儘量達到最大，以利於共同因素辨認與解釋，換言之，亦即希望能夠達到「簡單結構」的因素分析要求。

最後藉由群落分析，將因素分析所得因素類別，按各因素之負荷加以分類，並分群解釋分析內容所受到的不同因素影響程度。而群落分析屬一般邏輯程序，依據相似性與相異性，客觀地將相似者歸集至同一群落內。所謂「群落」就是相似事物的集合，群落分析之目的，在於辨認某些特性上相似的事物，並且將這些事物按照特性劃分成幾個群落，使同一集群內之事物具有高度同質性，而不同群落間的事物則具有高度異質性。藉此瞭解避難據點服務範圍結合指標後之各類型的特色，並藉由其分類結果結合 GIS 屬性與圖面資料展示，俾使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現。



第四節 避難據點最適區位模式建立

避難據點之配置應以多目標使用為主，在平常時，為居民遊憩休閒的使用空間，在異常時，則可作為居民避難之場所。因此，避難據點區位配置應追求合理服務範圍必需涵蓋到所有需求點，同時在設施數目一定條件下，與限定服務範圍內，使所覆蓋的需求量為最大。

壹、模式建立

避難據點必需考慮時效性 (response time) 的問題，為能有效服務範圍內各需求點的需求，避難據點的合理服務範圍必須儘可能涵蓋所有的需求點。本計畫考量：①效率性：使固定數目的避難據點，在特定服務範圍內，能獲得最大效益；②公平性：指所有需求點均能位於避難據點合理的服務範圍內，並提供等質的服務；③安全性：避難據點所在位置，可以在災害發生時，提供居民安全進行避難。本計畫依據最大覆蓋區位問題 (Maximal Covering Location Problem, MCLP) 考慮固定避難據點數量的情況下，使避難據點服務範圍最大化 (Church and ReVelle, 1974)，其主要數學模式如下：

目標函數：

$$\text{Maximize } \sum_j h_i z_i \text{ ----- (3.4.1)}$$

限制式：

$$z_i \leq \sum_{j \in N_i} X_j, \forall i \text{ ----- (3.4.2)}$$

$$\sum_j X_j \leq P \text{ ----- (3.4.3)}$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j \text{ ----- (3.4.4)}$$

$$z_i \in \{0,1\}, \forall i \text{ ----- (3.4.5)}$$

變數說明：

i ：需求點編號。

h_i ：需求點 i 的需求量。

z_i ：需求點在避難據點服務範圍內，二元決策變數。

N_i ：以需求點為中心，周圍合理範圍距離內之避難據點可能配置之集合。

j ：避難據點可能配置點的編號。

X_j ：避難據點服務範圍，二元決策變數。

P ：表示欲配置的避難據點數量。

(3.4.1)式表示被涵蓋在避難據點服務範圍內之需求點數量極大化。

(3.4.2)式檢測需求點是否涵蓋在避難據點服務範圍內。

(3.4.3)式待配置避難據點總數量之限制。

(3.4.4)式二元決策變數，代表避難據點服務範圍內有(=1)或內無(=0)涵蓋需求點。

(3.4.5)式二元決策變數，代表需求點被(=1)或不被(=0)涵蓋在避難據點服務範圍內。

貳、變數資料內容

一、災害避難人口比率

本計畫以當地之戶籍資料為基礎，並以2006年內政部建築研究所對台南縣新化鎮所作之問卷調查，同時考慮地震災害發生後居民避難意願進行推估，將採取避難行為居民之比率(69%)，計算出避難據點應分派的避難人口數為30,705人(44,500*0.69)。

二、道路通行能力判定

道路寬度則對於避難道路的影響具有相當的影響，葉光毅、吳永隆(1998)分析日本阪神大地震後「交通阻塞狀況」與「道路寬度」之彼此關係，發現(一)路寬12m以上之住宅區道路，震災時可發揮道路機能；(二)路寬為10~12m時，信賴度略微下降，但道路機能仍可發揮出來；(三)未滿8m的道路，震災時道路阻塞可能

性極大。因此，道路機能受損與道路寬度密切相關。Odani et al. (1999) 則於日本阪神大地震後，針對道路阻斷及交通流量之影響進行實地考察，結果發現 12m（或以上）路寬之道路，在震災之後仍能維持基本功能，8m（含以下）則會形成不同程度的阻斷現象。

李泳龍等人（2001）對於台灣 921 大地震災後交通狀況及道路受損程度，發現街道寬度 1~4m 的道路容易被阻絕，街道寬度 8m 以下在地震災害發生時也有可能產生阻絕情形。由於考量到 8m 道路，亦是目前國內都市計畫中，道路劃設之最小寬度。因此，本計畫以 8m 以上道路之交會節點為避難據點可能配置點，同時以節點間之實際長度為最短可行距離，以使整個模式結果更能符合實際現況。

三、避難據點服務範圍

避難據點的服務範圍劃設過程中，最主要的假設就是「居民會選擇前往離其所在位置最接近的避難據點進行避難」，因此，依據新化鎮都市計畫區現有避難據點所在位置，即可劃設出各個避難據點之服務範圍圖。因為傳統的環域分析，可在都市中找出無法被設施所服務的範圍，但這種方法並有考慮到人口分派的問題，所以利用 Voronoi 分析的概念，以避難據點為中心，將人口分派到最近的避難據點。對於避難據點服務範圍的覆蓋率是以避難據點與其所能服務範圍總面積與計畫範圍總面積之比率，數學式如下：

$$P = \frac{\sum SA}{A} \times 100\% \quad (3.4.6)$$

P ：服務範圍覆蓋率。

$\sum SA$ ：避難據點與其所能服務範圍涵蓋總面積。

A ：計畫範圍總面積。

合理服務範圍重疊率係指一個避難據點服務範圍與其他避難據點服務範圍重疊部分，佔全部避難據點服務範圍總面積的比率，即

$$O = \frac{\sum CO - \sum SA}{\sum CO} \times 100\% \quad (3.4.7)$$

O ：服務範圍重疊率。

$\sum SA$ ：避難據點與其所服務範圍涵蓋總面積。

$\sum CO$ ：全部避難據點服務總面積。

四、避難據點服務容量

避難據點的指派多半以具有較大型開放空間的學校與公園為主，有關有效避難空間之計算，應將總土地面積扣除地震災害發生時，建築物可能倒塌之危險區域面積（估計為建築物週邊 5m 範圍內之土地），並扣除水池與遊戲設施等無法作為避難使用之面積。

整合國內眾學者對於避難據點所應提供之避難面積（參見表 2-1-2），以 $2m^2$ /人為本計畫中每人最小的避難面積。因此，本計畫避難據點有效服務容量（有效人口數）計算如下：

$$M_j = \frac{R_j}{G} \quad (3.4.8)$$

M_j ：避難據點 j 之服務容量（人）。

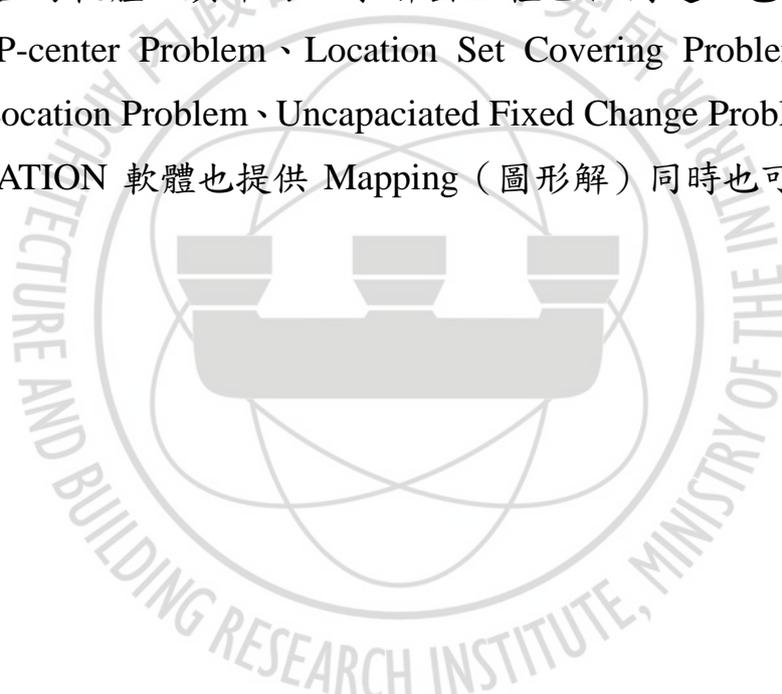
R_j ：避難據點 j 扣除地震災害發生後，建築物可能倒塌之危險區域範圍面積的有效避難土地面積（ m^2 ）。

G ：避難需求面積為 $2m^2$ /人。

(3.4.8) 式為避難據點可服務之有效人口數。

第五節 GIS 與區位選擇模型之應用

本計畫採用最大覆蓋區位問題模式，有關各項變數間的關係，係透過 GIS 建立各項空間資料，將其轉換為區位分析軟體所需資料格式，以利進行設施區位分析，最後將分析結果透過 GIS 進行展圖。有關變項資料採用 Arc GIS9.2 作為資料檔案建置，區位分析則使用 LINGO 軟體進行最適分析，兩種軟體間之交互使用參見圖 3-5-1；並透過 SITUATION 軟體進行區位評估，參見圖 3-5-2，SITUATION 軟體為 Daskin (1995) 配合 Network and Discrete Location: Models, Algorithm, and Application 教科書所配合的軟體，其中可以求解出五種區位問題，包括 P-median Problem、P-center Problem、Location Set Covering Problem、Maximal Covering Location Problem、Uncapacitated Fixed Charge Problem 等問題。此外，SITUATION 軟體也提供 Mapping (圖形解) 同時也可以於節點命名。



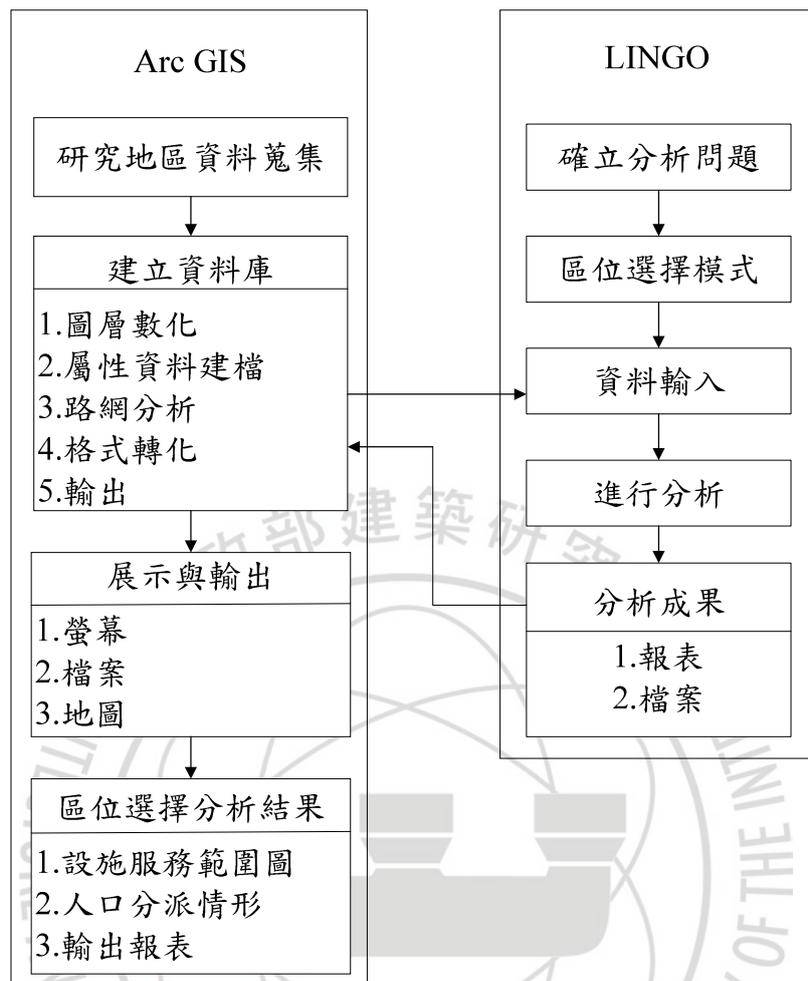


圖 3-5-1 區位選擇分析模式圖

資料來源：本計畫繪製。

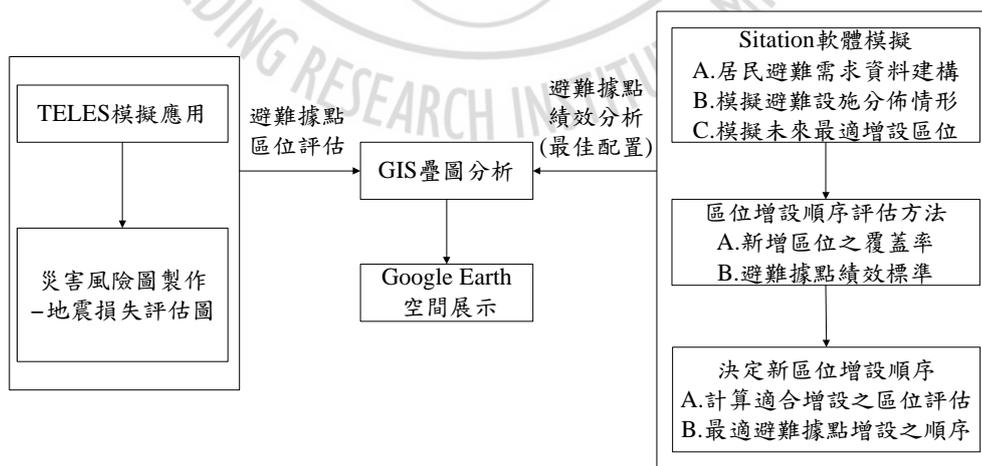


圖 3-5-2 SITUATION 軟體區位評估圖

資料來源：本計畫繪製。

為使本計畫所建立的區位選擇模式與分析工具（Arc GIS9.2 與 LINGO）間能有效運用，並提出符合實際需求的避難據點區位配置，本計畫依據區位選擇分析模式，結合二手問卷資料，研擬避難據點區位配置流程，參見圖 3-5-3，針對各階段進行說明如下：

壹、研究地區現況資料調查

將研究所需資料（包括道路圖、都市計畫圖、學校及公園等）進行資料收集的工作，以便提供各項參數與分析模式所需的資料。

貳、建立資料庫

資料庫圖層主要分為道路圖層、問卷調查受訪者所在位置及避難據點圖層等三類，並以 GIS 分別建立資料庫，其詳細內容如下：

一、道路圖層

依據李泳龍等人（2001）對於台灣 921 大地震災後交通狀況及道路受損程度，發現街道寬度 1~4m 的道路容易被阻絕，街道寬度 6~8m 在地震災害發生時也有可能產生阻絕情形。因此運用道路寬度作為避難據點配置的首要考量因素，並且讓居民可以在災後以最短時間內安全抵達避難據點，道路長度則是測量需求點至避難據點之距離，檢視是否在避難據點合理服務範圍之內。

二、二手問卷資料

將問卷調查受訪者所在位置與屬性資料建檔，並利用 GIS 疊圖分析，瞭解新化鎮居民避難意願比率。

三、避難據點圖層

避難據點圖層分為「既有」避難據點與「增設」避難據點圖層兩種。「既有」避難據點以現有國小為主，「增設」避難據點則以新化鎮都市計畫通盤檢討劃定為文小、公園用地為主，並訂定每人最小避難面積為 $2 m^2$ ，以計算避難據點服務容量。

參、路網分析 (Network Analysis)

針對避難據點之服務效能，採 GIS 路網分析進行以下兩種功能：

一、尋找最佳服務範圍 (Find Best Service Area)

運用尋找最佳服務範圍求取避難據點在合理服務範圍最大值 (本計畫設定值 400m) 下之服務範圍，在合理服務範圍內進行避難據點有效容量與人口需求量之比對，若有效容量低於需求量時，便縮小尋找最佳服務範圍之範圍值，反覆進行此動作，直至求出最適之服務範圍。

二、尋找最短路徑 (Find Best Route)

進一步運用尋找最短路徑功能，計算每個避難據點服務範圍內至避難據點之最短路徑。最短路徑是指各需求點與避難據點兩點之間，在有效避難時間內花費時間最少與距離最短之路徑。

肆、轉換為 LINGO 軟體所需資料格式

將路網分析所得結果 (最適服務範圍與路網矩陣) 連同需求點與避難據點 (現有與可能劃設位置) 進行數化作業，包括各需求點活動人口數 (h_i) 與避難據點有效服務容量 (M_j) 轉化為 LINGO 軟體所需資料格式。

伍、LINGO 分析

運用最大覆蓋區位問題模式，進行分析計算，以找出無法服務需求點的範圍，並針對此範圍內尚未開闢之文小與公園用地，列為「增設」避難據點之地區。

陸、成果分析與圖面展示

將分析結果進行彙整，並以 GIS 展示「既有」避難據點位置與「增設」避難據點後服務範圍的改變。

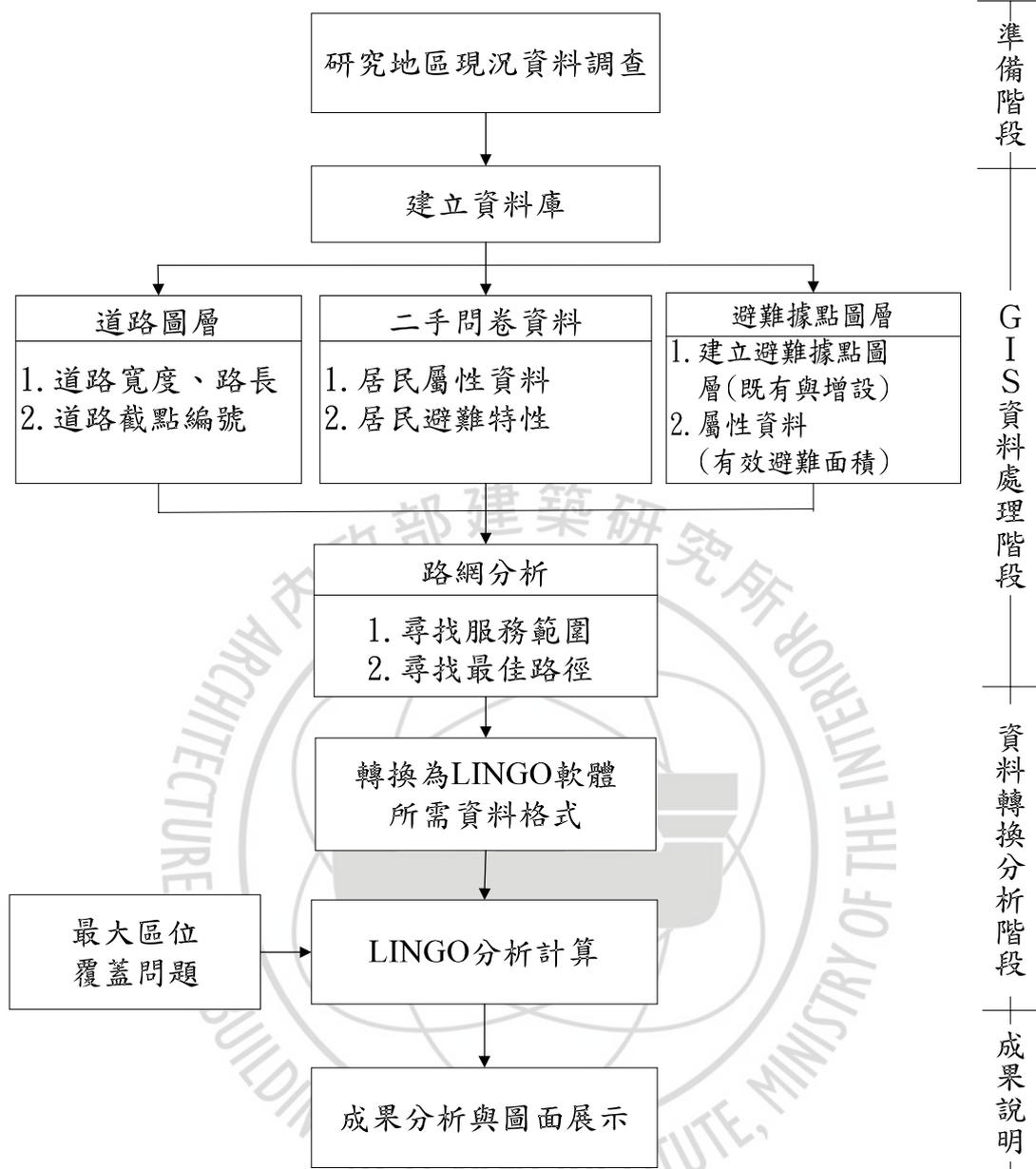


圖 3-5-3 避難據點區位配置評估流程图

資料來源：本計畫繪製。



第四章 個案地區實證分析

第一節 避難據點服務能力評估

壹、避難據點服務範圍劃定

避難據點服務範圍多以使用者的便利性、避難據點服務容量及社會的公平性為考量設置，若假設居民使用避難據點的選擇採最近原則，則避難據點與居民在空間上將形成 Voronoi 切割範圍。令 $p(i,j)$ 與 $q(m,n)$ 為兩個空間點，在向量系統中， i,j,m,n 分別為兩點之座標。此兩點的空間距離可以有兩種定義：曼哈頓距離 D_1 (Manhattan distance) 與歐幾里得距離 D_2 (Euclidean distance)。

$$D_1(p,q) = |i-m| + |j-n| \text{-----} \quad (4.1.1)$$

$$D_2(p,q) = \left((i-m)^2 + (j-n)^2 \right)^{1/2} \text{-----} \quad (4.1.2)$$

曼哈頓距離相當於在棋盤式街道系統中兩點之間所行走的距離（實際路網距離），而歐幾里得乃是兩點之間的直線距離。然而，就本計畫內容之都市防災生活圈所指係避難據點之服務半徑，故採歐幾里得距離。藉此，本計畫以新化鎮都市計畫區避難據點為服務中心劃設 Voronoi 圖形，進一步計算避難據點服務範圍，並盡量使每個避難據點負擔相同的服務量，讓避難據點提供均質服務，居民選擇避難據點的依據是以最短距離為主，其領域分隔線恰為相鄰兩個避難據點之垂直平分線，任何需求點至其所屬領域之避難據點均較其他避難據點為近（參見圖 4-1-1）。新化鎮都市計畫區避難據點多半位於都市邊緣，因此明顯發現中心區範圍區缺少服務據點，特別在未考量避難據點服務容量與服務人口數時，即可發現空間上之不均衡現象。

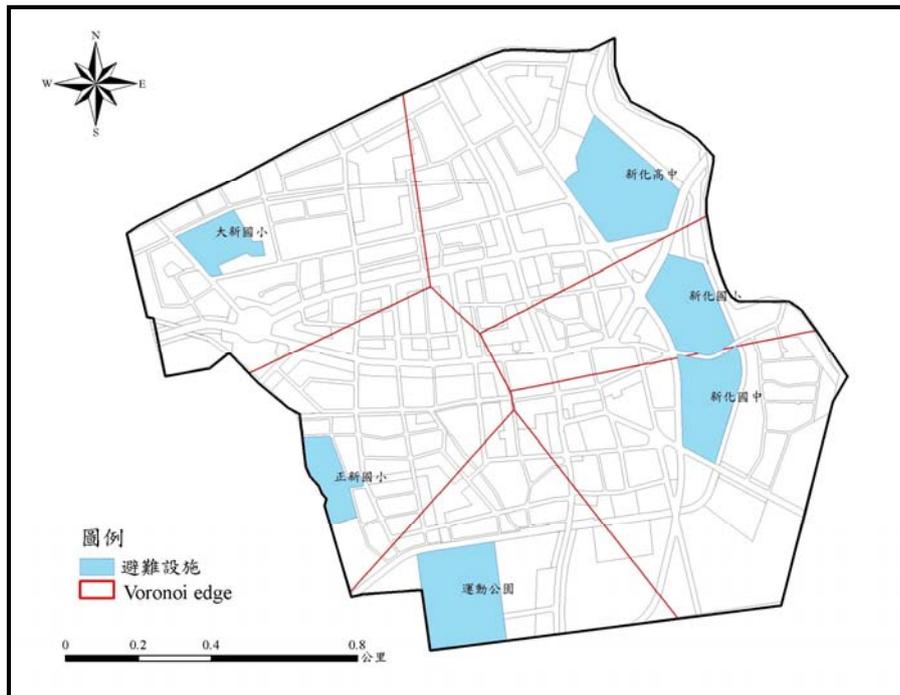


圖 4-1-1 新化鎮都市計畫區避難據點 Voronoi 服務範圍圖

資料來源：本計畫繪製。

貳、因素分析

本計畫依據李泳龍等人(2008)將 6 項個別評估指標變項 ($X_1 \sim X_6$) 進行因素分析，藉由主成份分析法 (Principal Components Analysis) 抽取共同因素，並根據特徵值 (Eigenvalue) 大於 1 的因素，做為抽取個數的原則，轉軸方式則利用正交轉軸法中之「最大變異法」來萃取避難據點服務範圍評估準則的因素構面。

在確認本計畫之變項皆適合進行因素分析後，採 Kaiser 法選取特徵值大於 1 以上的因素，經由特徵值判斷本計畫共萃取二個因素，以 0.4 作為轉軸後因素負荷量絕對值之選擇標準 (參見表 4-1-1)，共可取得 2 個因素，各因素的特徵值與累積變異量，參見表 4-1-2，結果發現可縮減為 2 個因素構面，其中累積解釋變異量可以達到 59.421%，具解釋代表性。

表 4-1-1 因素成份分析矩陣表

變項	因素	轉軸後成份矩陣	
		1	2
住宅區街廓到緊急通道（20 公尺以上）最短路徑		0.681	-0.493
住宅區街廓到消防設施最短路徑（8 公尺以上）		0.635	0.594
住宅區街廓到派出所最短路徑（8 公尺以上）		0.715	0.047
住宅區街廓到避難據點（學校與公園等）最短路徑（8 公尺以上）		0.576	-0.744
斷層帶範圍內住宅區街廓數量		0.407	0.653
避難據點服務範圍內，避難行為相對弱勢群（12 歲以下年幼者與 65 歲以上年長者）人口量		-0.557	0.443

資料來源：本計畫整理。

表 4-1-2 因素特徵值與累積變異量

因素	特徵值	累積%
1	1.929	32.150
2	1.636	59.421

資料來源：本計畫整理。

進一步依所涵蓋之內容將因素分析結果命名如下（參見表 4-1-3）：因素一所選取之因素構面命名為「道路防災機能特性」，該因素構面所包含的變項有住宅區街廓到緊急通道（20 公尺以上）最短路徑、住宅區街廓到消防設施最短路徑（8 公尺以上）、住宅區街廓到派出所最短路徑（8 公尺以上）及住宅區街廓到避難據點（學校與公園等）最短路徑（8 公尺以上），其中以住宅區街廓到派出所最短路徑（8 公尺以上）之因素負荷量最高（0.715），此因素構面解釋變異量最高 32.150%。

因素二命名為「地震災害的危險性」，該因素構面所包含的變項有斷層帶範圍內住宅區街廓數量、避難據點服務範圍內，避難行為相對弱勢群（12 歲以下年幼者與 65 歲以上年長者）人口量，其中斷層帶範圍內住宅區街廓數量之因素負荷量最高（0.653），而該因素解釋變異量 27.271%。

表 4-1-3 因素命名表

因素	命名	解釋變異量
因素一	道路防災機能特性	32.150
因素二	地震災害的危險性	27.271

資料來源：本計畫整理。

參、群落分析

為能進一步檢視6項個別評估指標經由因素分析所萃取出之兩項重要因素的影響程度，茲將新化鎮都市計畫區內共 119 個住宅區街廓³，按評估指標與內容相類似程度，將因素分析所得因素類別，藉由群落分析結果，分別得到以因素一與因素二為外在基準條件對 119 個住宅區街廓所作之分群，並將分群所代表之意義（相對危險與相對安全），運用 GIS 進行圖面展示（參見圖 4-1-2），結果發現：1.新化高中與大新國小避難據點範圍北面相對危險之主要原因為鄰近斷層帶（新化斷層），且遠離消防設施，因此其相對危險性高。2.正新國小與運動公園避難據點範圍大部分為相對危險地區，主要原因為此區避難行為相對弱勢群較多。3.新化國中與新化國小避難據點範圍大部分為相對安全地區，主要原因為鄰近消防分隊，遠離斷層帶，且此區住宅區街廓大都位於緊急通道旁，因此相對較為安全。

由於避難據點服務範圍應該在災害發生前後都盡量保持安全之狀態，讓居民能安全的進行避難行動，因此在進行避難據點規劃時，應謹慎考量道路防災機能、斷層帶、避難行為相對弱勢群等危險因素之影響，劃設最安全的避難據點。透過 GIS 屬性與圖面資料展示，可使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現，但影響程度的多寡與後續應進行何種程度的補強措施，仍需要進行更深入的評估。

³因素分析之樣本數，至少必須是變項的 10 倍，如變項數目太少，則至少要 100 個樣本數才足以得到穩定的結構（邱浩正，2005）。

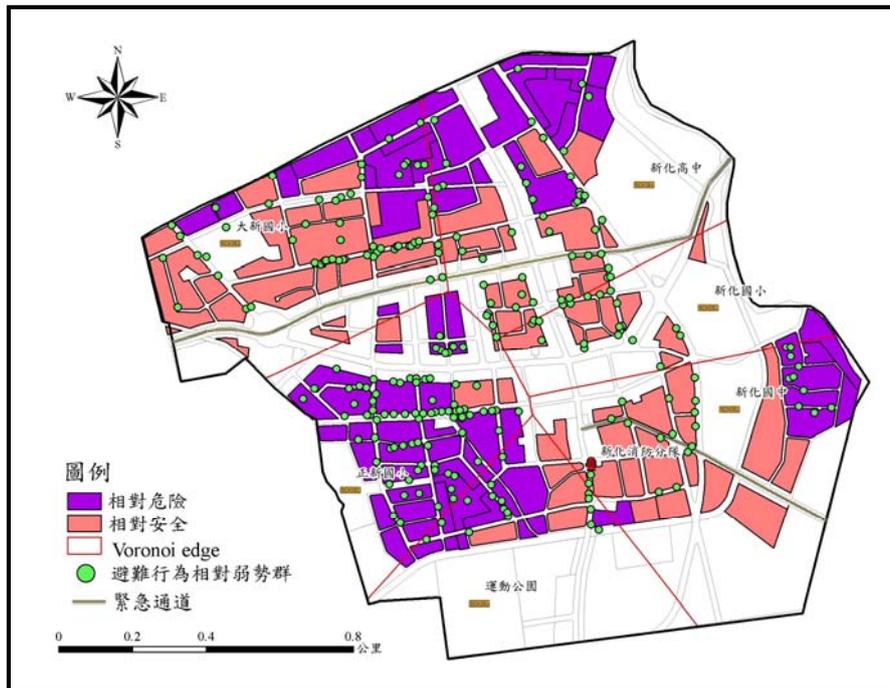


圖 4-1-2 新化鎮都市計畫區避難據點服務範圍評估指標圖

資料來源：本計畫繪製。

第二節 避難據點最佳化區位配置

壹、避難據點區位模式建構

避難據點配置必需考慮有效性，為能有效滿足服務範圍內各需求點的需求，避難據點的合理服務範圍必須儘可能涵蓋所有的需求點。本計畫依據最大覆蓋區位問題 (Maximal Covering Location Problem, MCLP) 考量：一、效率性：使固定數目的避難據點，在特定服務範圍內，能獲得最大效益；二、公平性：指所有需求點均能位於避難據點合理的服務範圍內，並提供等質的服務。其主要數學模式如下：

$$\text{Maximize } \sum_j h_i z_i \text{ ----- (4.2.1)}$$

$$\text{Subject to : } z_i \leq \sum_{j \in N_i} X_j, \forall i \text{ ----- (4.2.2)}$$

$$\sum_j X_j \leq P \text{ ----- (4.2.3)}$$

$$X_j \in \{0,1\}, \forall j \text{ ----- (4.2.4)}$$

$$z_i \in \{0,1\}, \forall i \text{ ----- (4.2.5)}$$

變數說明：

i ：需求點編號。

h_i ：需求點 i 的需求量。

z_i ：需求點在避難據點服務範圍內，二元決策變數。

N_i ：以需求點 i 為中心，周圍合理範圍距離內之避難據點可能配置之集合。

j ：避難據點可能配置點的編號。

X_j ：避難據點服務範圍，二元決策變數。

P ：表示欲配置的避難據點數量。

(4.2.1)式表示被涵蓋在避難據點服務範圍內之需求點數量極大化。

(4.2.2)式檢測需求點是否涵蓋在避難據點服務範圍內。

(4.2.3)式待配置避難據點總數量之限制。

(4.2.4)式二元決策變數，代表避難據點服務範圍內有(=1)或內

無 (=0) 涵蓋需求點。

(4.2.5) 式二元決策變數，代表需求點被 (=1) 或不被 (=0) 涵蓋在避難據點服務範圍內。

貳、避難據點分析方法

避難據點的配置規劃，一般可採用數學規劃模型，並依均衡的人口分派決定適當避難據點區位配置，本計畫初步仍以數學規劃方式，建立理想的避難據點配置，並考量效率性與公平性（覆蓋率）兩大原則，檢討可能的避難據點增減配置結果。

一、劃定避難分區

新化鎮之避難分區，係採用土地使用分區圖（參見圖 4-2-1）與路寬 8 公尺以上路網分布圖（參見圖 4-2-2），以新化鎮 8 公尺道路為分區邊界，進行分區圖層建立，結果參見圖 4-2-3，共 48 個避難分區。

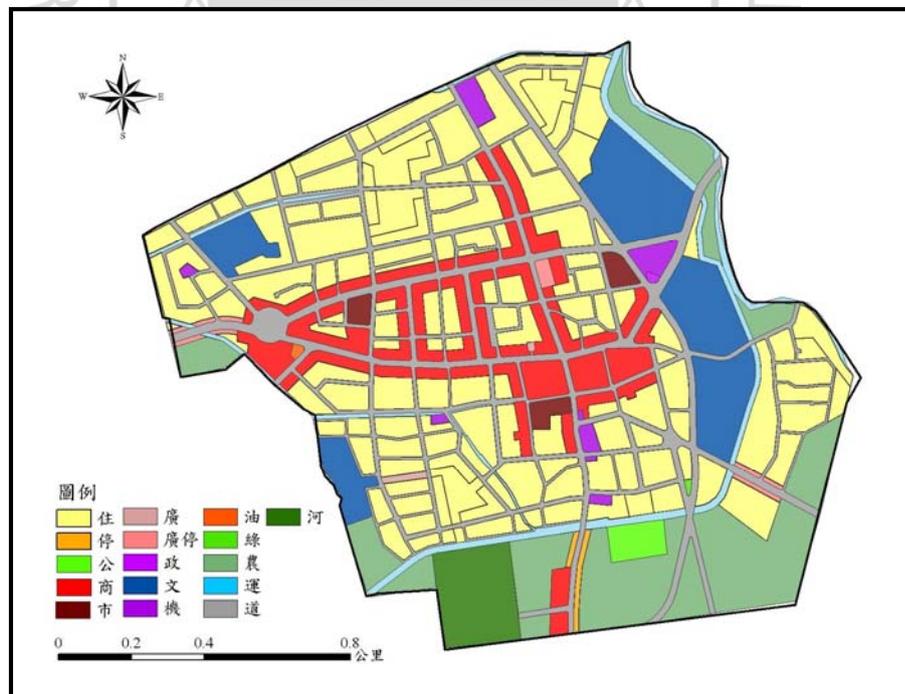


圖 4-2-1 土地使用分區圖

資料來源：本計畫繪製。



圖 4-2-2 路寬 8 公尺以上路網分布圖

資料來源：本計畫繪製。



圖 4-2-3 避難分區圖

資料來源：本計畫繪製。

二、避難分區人口推估

各避難分區人口係採用「活動人口率」估算，本計畫主要利用

各種土地使用分區規劃上可提供之容量或吸引之人潮多寡，利用適當的社會經濟指標，進行各種土地使用分區「活動人口率（活動人口數/樓地板面積）」推估，以推估避難分區之最大活動人口數，估算方法如下（林楨家、謝瓊慧，2003）：

$$a_i = \sum_{l \in L_i} F_{il} T_l \text{ ----- (4.2.6)}$$

a_i ：某分區 i 之日間活動最大人口數。

F_{il} ：某分區 i 之土地使用之樓地板面積。

T_l ：土地使用 l 活動人口率之尖峰值（活動人口數/樓地板面積）。

L_i ：分區 i 之使用土地種類集合。

(4.2.6) 式為某一分區之活動人口評估：某分區內之各土地使用分區之樓地板面積乘上各分區尖峰活動人口之總和。

新化都市計畫區共有市場、商業區、住宅區、公園、綠地及學校用地等（參見圖 4-2-4），其他各使用分區則以江崇誠（2002）各類用途建築物收容人數為換算值（參見表 4-2-1）。

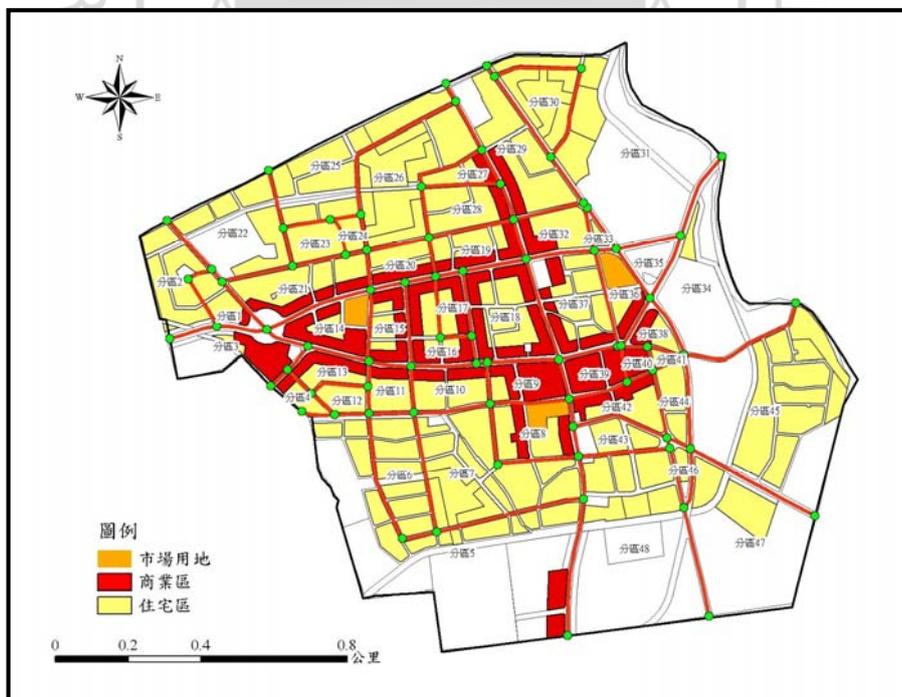


圖 4-2-4 避難分區之使用分區分布圖

資料來源：本計畫繪製。

表 4-2-1 各土地使用活動之活動人口率

土地使用分區種類	活動人口率	備註（換算準則）
土地使用分區 1 住宅區	0.034 (人/m ²)	都市計畫之居住密度。
土地使用分區 2 商業區	0.1 (人/m ²)	江崇誠（2002）實際調查兩個商場以總樓地板面積為分母積計算之人口密度，假日 0.12 人/m ² 、0.11 人/m ² 、與平日數值 0.08 人/m ² 、0.09 人/m ² ，四項數值平均。
土地使用分區 3 市場用地	0.08 (人/m ²)	江崇誠（2002）實際調查兩個超級市場以總樓地板面積為分母計算之人口密度，假日 0.07 人/m ² 、0.08 人/m ² 、與平日數值 0.08 人/m ² 、0.09 人/m ² ，四項數值平均。

資料來源：本計畫整理。

依據所推估分區人口數，本計畫假設各街廓避難人口會先抵達最近路口（節點），其次再向避難據點前進，因此各路口（節點）的人口數由該路口所臨街廓人口來進行分派，參見圖 4-2-5，街廓 1 人口數平均分派至四個路口，而街廓 2 則需平均分派至五個路口，各路口人口數即為各街廓分派人數之總和。透過避難人口數、路網及避難據點，進行避難據點區位配置，首先是避難需求點與避難據點間之最短路徑計算，藉由路網分析模組中最短路徑矩陣，可以計算出 8 公尺以上道路節點至避難據點間距離，以此矩陣為基礎，配合避難人口數與避難據點之服務容量，將避難人口數分派至避難據點，參見圖 4-2-6。

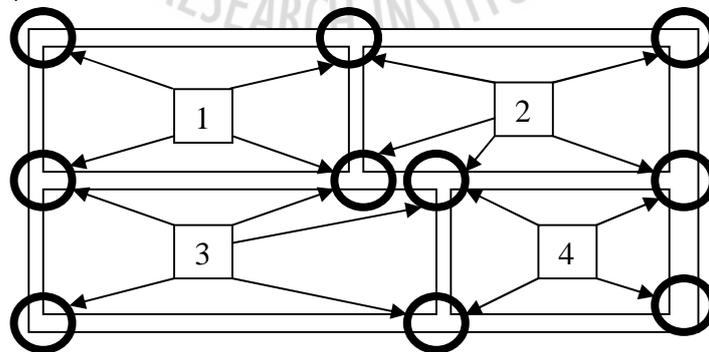


圖 4-2-5 街廓人口分派方式圖

資料來源：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。

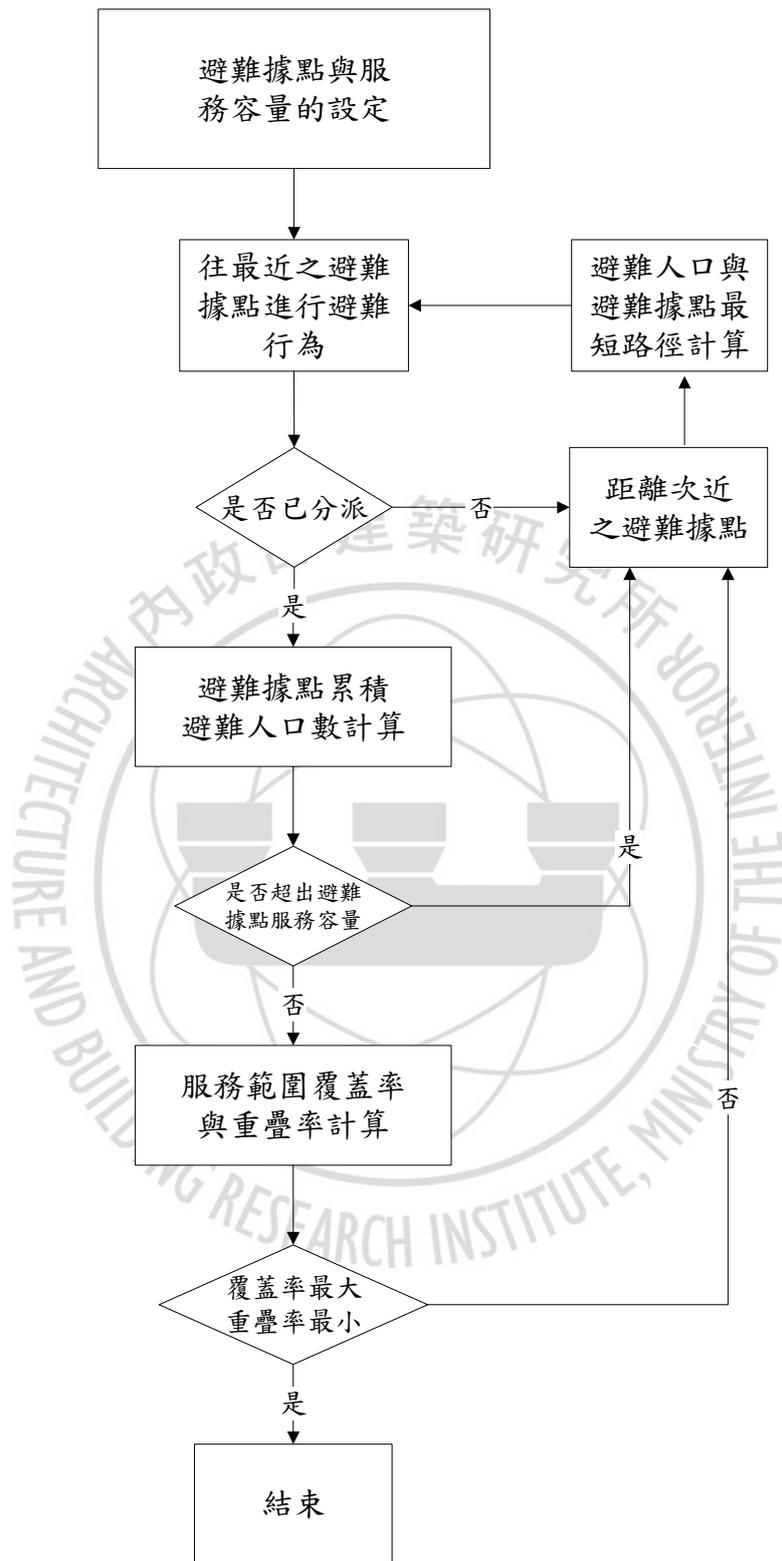


圖 4-2-6 避難人口分派至避難據點流程圖

資料來源：本計畫繪製。

三、個案地區避難據點區位配置績效分析

本計畫運用 MCLP 模式，以新化鎮都市計畫區為例，進行區位配置分析。有關各項變數間的關係，係透過 GIS 建立各項空間資料，並轉換為區位分析軟體所需資料格式，以利進行避難據點區位分析，最後將分析結果透過 GIS 進行展圖。有關變項資料採用 Arc GIS9.2 作為資料檔案建置，區位分析工具則使用 SITUATION 軟體進行區位評估，藉由效率性與公平性（覆蓋率）兩大原則，檢討避難據點現況與增設避難據點配置分析。

新化鎮都市計畫區內現有 1 座運動公園、3 所國小、1 所國中及 1 所高中，參見圖 4-2-7。新化高中、新化國小所臨接之道路層級為緊急通道（ ≥ 20 公尺），新化國中、大新國小所臨接之道路層級為救援、輸送通道（ ≥ 15 公尺），正新國小、新化運動公園所臨接之道路層級則為避難通道（ ≥ 8 公尺），現有 6 個避難據點皆有 8 公尺以上之道路通過，可確保避難據點之通行性。既有避難據點之避難面積計算，採取可提供避難之空間（空曠地區、操場），而學校、運動場的避難面積為基地面積的 20%，公園（綠地）、廣場分別以 70%、80% 進行估算，避難據點服務容量採 $2m^2/人$ （參見表 4-2-2）。

表 4-2-2 新化鎮都市計畫區避難據點可提供避難面積估算表

避難據點名稱	節點編號	基地面積 (平方公尺)	避難據點可 提供避難面積		避難據點 服務容量 (人)
			%	平方公尺	
新化運動公園	1	60,100	20	12,020	6,010
正新國小	10	20,400	20	4,080	2,040
新化國中	26	51,790	20	10,358	5,179
新化國小	35	28,800	20	5,760	2,880
大新國小	38	22,300	20	4,660	2,330
新化高中	48	63,300	20	12,660	6,330

資料來源：變更新化都市計畫【第二次通盤檢討】案，2006 年。

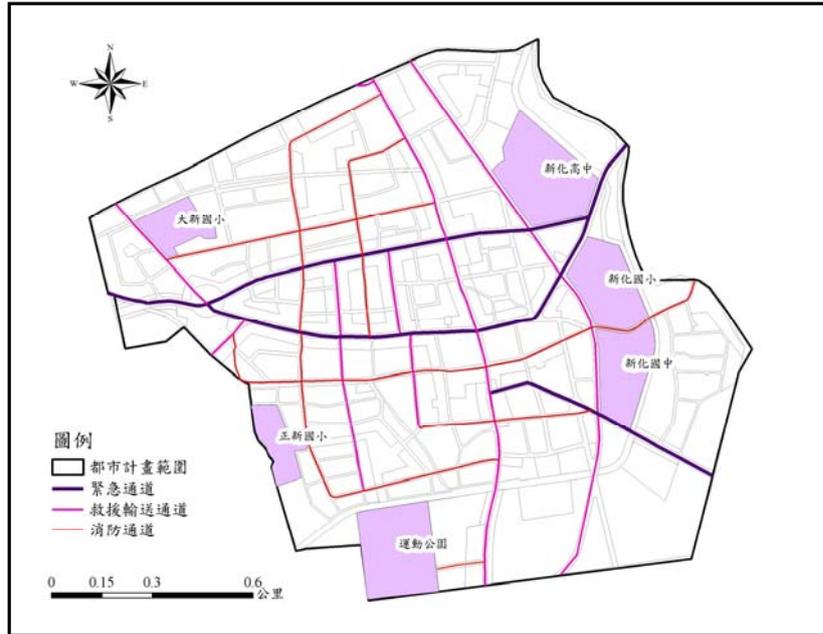


圖 4-2-7 避難據點分布圖

資料來源：本計畫繪製。

依據新化鎮都市計畫區各避難據點可提供之避難面積估算結果，首先假設需求點（居民避難需求）由最近的避難據點優先服務，各需求點僅被一個避難據點所服務，評估新化鎮都市計畫區現有避難據點之區位績效值（避難據點服務人口數/新化鎮都市計畫區推估人口數）僅達 73.1%（參見表 4-2-3，圖 4-2-8），結果顯示 1. 新化鎮都市計畫區約有 26.9% 居民於遭遇災害時，可就疏散到避難據點將有所困難；2. 新化都市計畫區內的避難據點，造成居民距離避難據點均有一定距離，無法有效被避難據點所服務。為了確保地區居民的避難需求，考量避難據點效率值是地方政府應加以考慮的迫切問題，本計畫希望可以提供地方政府未來設置避難據點之參考。

表 4-2-3 現有避難據點效率值表

編號	避難據點名稱	節點位置	效率值 (%)	避難據點服務範圍內之節點
1	新化運動公園	1	7.3	4、3、70
2	正新國小	10	12.3	11、12、13、14、16、17、21、22、23、24、25、31、32、68、69
3	新化國中	26	17.6	2、5、6、7、8、9、15、18、19、74、75
4	新化國小	35	8.7	25、29、30、27
5	大新國小	38	8.1	28、33、34、36、37、37、42、43、45、47、51、53、54、65、66、67
6	新化高中	48	19.1	44、46、50、52、55、56、58、59、60、63、64、72
總計	-	-	73.1	

資料來源：本計畫整理。

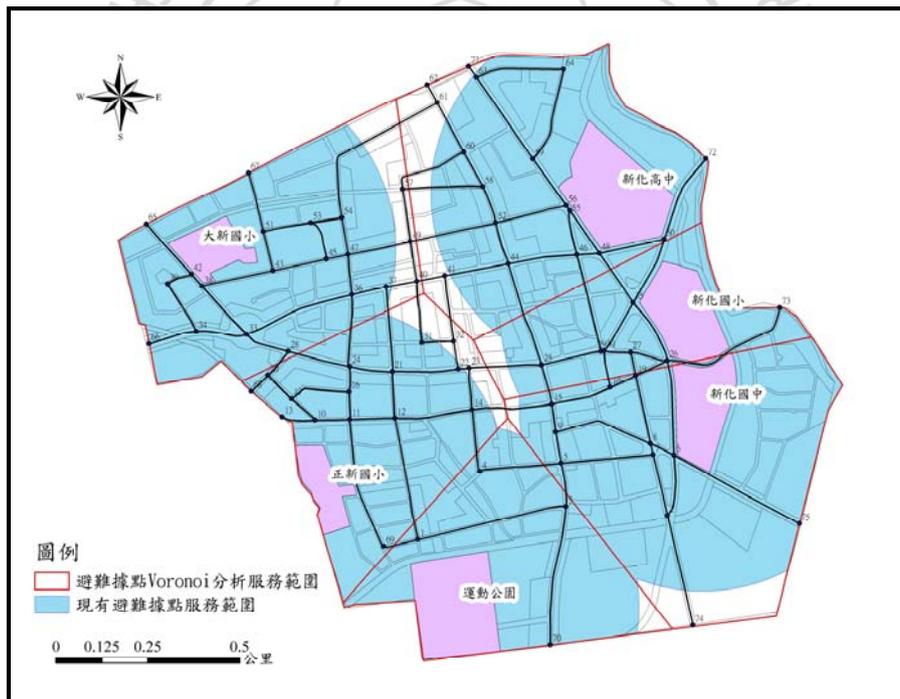


圖 4-2-8 現有避難據點服務範圍圖

資料來源：本計畫繪製。

本計畫依據變更新化都市計畫【第二次通盤檢討】案(2006)，共有 7 個公共設施預定地(參見表 4-2-4)，考量增設避難據點以提高服務績效，經模擬分析結果，若增設 1 處避難據點最佳區位為公

園設施用地，總體服務績效可提升至 89.2%；若增設 2 處避難據點最佳區位為公園與廣停二等設施用地，總體服務績效可提升至 93.3%；若增設 2 處避難據點其最佳區位為公園、廣停二及廣停五等設施用地，總體服務績效可提升至 100%（參見表 4-2-5）；而增設避難據點後，空間上將呈現較均勻之分布（參見圖 4-2-9，避難據點 Voronoi 分析服務範圍）。透過此模擬分析，可以充分掌握新設置避難據點之邊際績效分析，以增加有效避難面積，達到新化鎮都市計畫區避難據點理想配置。未來相關單位在避難據點選址上，除可參考設置區位，亦可充份考量投資成本與績效提升率，作為決策依據。

表 4-2-4 新化鎮都市計畫區可提供增設避難據點基本資料

避難據點名稱	節點編號	基地面積 (平方公尺)	避難據點可 提供避難面積		避難據點 服務容量 (人)
			%	平方公尺	
公園	2	15,330	70	10,731	53,65
廣停五	3	7,400	80	5,920	2,960
廣停六	6	2,800	80	2,240	1,120
綠地	7	3,900	70	2,730	1,365
廣停四	12	2,400	80	1,920	960
廣停三	33	4,010	80	3,208	1,604
廣停二	44	2,180	80	1,744	872

資料來源：變更新化都市計畫【第二次通盤檢討】案，2006 年。

表 4-2-5 增設避難據點前後之績效比較

績效指標	增設前	增設後	增設後	增設後
避難據點個數	6	7	8	9
績效值 (%)	73.1	89.2	93.3	100
增設名稱	-	公園	廣停二	廣停五
增設順序	-	1	2	3

資料來源：本計畫整理。

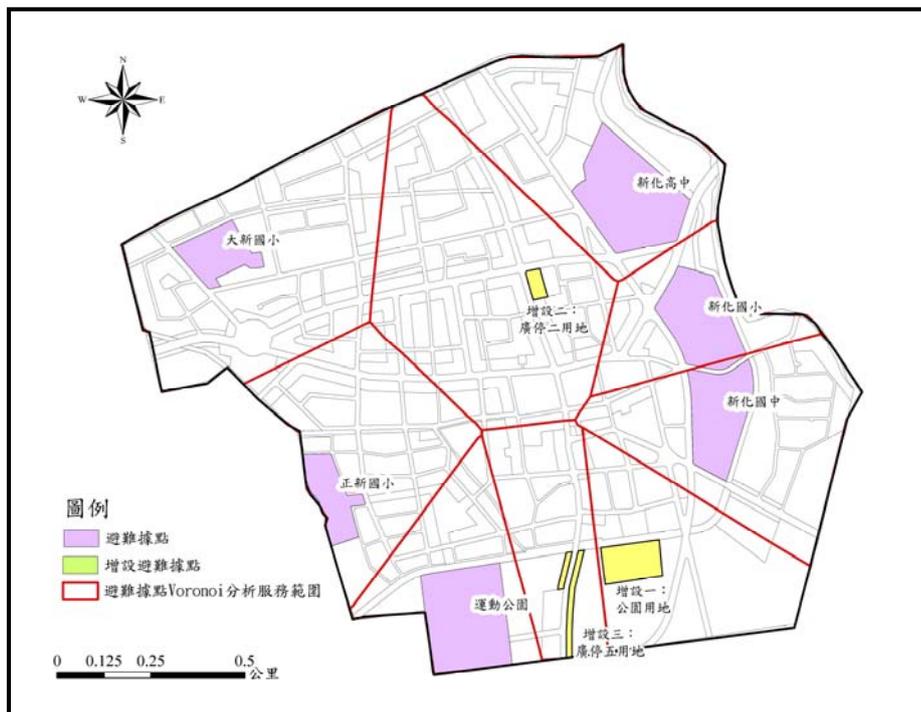


圖 4-2-9 增設避難據點區位圖

資料來源：本計畫繪製。

第三節 災害風險圖製作－TELES 應用與結果

台灣地震損失評估系統基本分析流程與架構（參見圖 4-3-1），其個別分析模式的參數值或資料的分類以本土化資料為主。分析模組部分大致分為地震災害潛勢分析、工程結構物損害評估、地震引致的二次災損評估、直接與間接社會經濟損失評估等群組。各群組再依據評估對象細分為數個模組與次模組，圖中箭號表示，各模組間彼此相關，某些模組的輸出資料可作為其他模組的輸入資料，為提高實用性，各分析模組所用的參數值與資料庫內容，可隨使用者經費與人力多寡提供不同程度的分析精度。

本計畫主要應用國家地震工程研究中心所開發之台灣地震損失評估系統（Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES）的部份功能，新化鎮之災害境況模擬與地震災害危險度估計。TELES 係針對本土化資料的分析評估模式所開發的應用軟體，提供各級政府與民間業者，運用下列三項系統功能：一、提供震災早期評估的功能；二、地震災害境況模擬功能；三、地震風險評估的功能。可以作為有關地震工程的研究成果與災害損失評估工具，藉以減低地震對社會與經濟的衝擊。

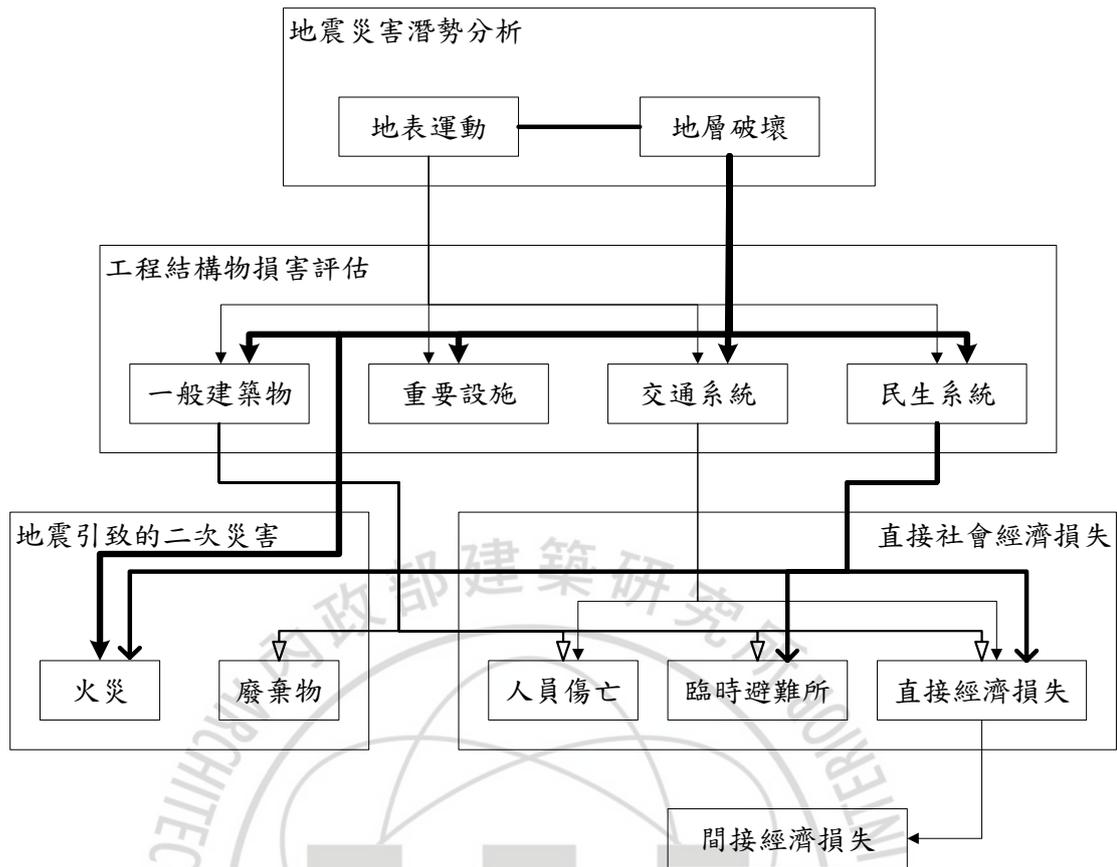


圖 4-3-1 TELES 的分析流程與架構

資料來源：台灣地震損失評估系統之操作說明。

應用 TELES 作為地區性或全國性的地震損失評估時，必須先行建置眾多資料庫，包括一、各地區斷層資料庫；二、各類不同建築物構造型態與不同樓層建築物高度的易損性；三、建築物不同使用用途、重要性的成本分類；四、不同時段人口分布與建築物用途、構造型態的交互關係；五、不同用途建築物的單位使用面積等資料。雖然這些基礎的共通資料庫，已由國家地震工程研究中心建立；然而，各地區建築物的正確分布數量，構造型態類別與用途分布比例等，則仍有待建築防災的專家進一步確認。因為建築物基本資料的取得須透過縣市政府主管機關的許可，需將涉及個人隱私的部份作保密的處理。同時，在不同行政區域，因地震發生機率與地震規模大小的不同，使得在進行地震損失評估時，各行政區域須就各地區可能發生最大可能的地震事件，個別進行該地區之地震災害境況模擬。

緣此，應用 TELES 時，首需建立各行政區域的建築物基本資料庫並定期更新，然後才能藉由 TELES，進行地震損失評估，以得知各行政區域在最大可能地震事件下的境況模擬結果，例如不同損害程度建築物的損害機率、建築物的樓地板面積、建築物的棟數；不同時段人員傷亡程度的數量、建築物結構體及非結構體的經濟損失等。而境況模擬的結果可作為平時減災、災前準備、災中應變及災後復建四階段防救災計畫的重要依據，並探討如何有效降低地震所引致之災害損害程度之各種方案。

壹、境況模擬假設與相關條件設定

本計畫應用 TELES 軟體 4.0 版，系統主要功能包括：地震災害潛勢分析、一般建築物損害評估、人員傷亡評估等功能。然而，本計畫新化鎮之資料為國家地震工程研究中心所提供之 2003 年相關調查結果。因此，模擬分析結果仍須進一步配合經驗判斷可靠程度。

地震災害境況模擬乃依據地質構造條件與歷史地震，設定一最有可能發生且極可能造成嚴重災害的活動斷層，推算其地動參數，作為各項相關災害模擬的基本輸入參數。經濟部中央地質調查所施政計畫報告（2003）與有史料記載以來之大規模地震震央分布，發現新化斷層沿線的地形線形與 1946 年大地震後調查的斷層位置相吻合；同時調查地震側剖面與地震剖面中亦觀察到地層擾動錯位的現象存在；綜合野外調查、槽溝開挖及鑽探調查結果顯示，新化斷層的角色並非僅是 1946 年的地震斷層，而是一條過去即曾經多次活動且目前仍屬活躍的斷層。活動斷層監測系統僅完成布線作業，尚未有監測資料，但由地質資料顯示新化斷層在過去歷史資料至少活動過三次，近期則又觀察到潛移現象。因此未來應針對新化斷層持續進行監測工作，以確實瞭解與掌控該斷層的活動情況。

新化斷層呈北偏東 70 度走向，自台南縣新化鎮東北方約 5.5 公里之

那拔林至西北方約 2 公里之北勢以東，延長約 6 公里，為 1946 年 12 月 5 日規模 6.1 之地震所造成的地震斷層，此斷層屬右移斷層，其右移量 2.0 公尺，傾向移動 0.76 公尺，斜移量 2.14 公尺，東南側為降側（張麗旭等人，1947）。新化斷層為歷史地震斷層，因此分類劃分為第一類活動斷層（張徽正等人，2000）。為地震境況模擬所需，本計畫整理台灣西南地區有史料記載以來規模 6 以上之地震（參見表 4-3-1）。

台南縣境內之多數地震分布在北部靠近山區的位置，歷史資料僅出現最大規模 6.5 之地震（新營地震）與傷亡慘重的新化地震（地震規模 6.1）。緣此，本計畫以新化地震歷史規模為未來地震發生最大可能地震規模參考基礎，設定新化斷層之規模為 6.1，地震類型為已知的斷層事件，斷層開裂長度 5.00 公里、寬度 12.70 公里、方向 20 度、傾角 40 度，震央經度 120.3170、震央緯度 23.0567、震源深度 5 公里，相關基本假設條件參見表 4-3-2。

表 4-3-1 台灣西南地區有史料記載以來推估規模 6 以上之地震一覽表

發生日期	地震名稱	規模	深度	震央位置		死亡人數	房屋全倒數	備註
				東經	北緯			
1736/01/30	台南地震	6.5	無估計	120.300	23.100	266	556	
1792/08/09	嘉義地震	7.1	無估計	120.500	23.600	713	24,190	
1839/06/27	嘉義地震	6.5	無估計	120.500	23.500	117	7,575	
1862/06/07	台南地震	7.0	無估計	120.200	23.200	>500	>500	
1902/03/20	六龜地震	6.1	20	120.600	23.000	無估計	無估計	
1904/04/24	嘉義地震	6.1	無估計	120.300	23.500	3	66	
1904/11/06	斗六地震	6.1	7	120.250	23.575	145	661	
1906/04/14	鹽水港地震	6.4	10	120.400	23.400	15	1,794	
1927/08/25	新營地震	6.5	20	120.300	23.300	11	214	
1930/12/08	新營地震	6.1	20	120.400	23.300	4	49	

1930/12/22	新營地震	6.5	10	120.400	23.300	0	121	
1941/12/17	中埔地震	7.1	12	120.475	23.400	358	4,520	
1941/12/17	中埔餘震	6.4	5	120.475	23.350	無估計	無估計	
1941/12/18	中埔餘震	6.2	10	120.400	23.400	無估計	無估計	
1946/12/05	新化地震	6.1	5	120.330	23.070	74	1,954	形成同震斷層
1964/01/18	白河地震	6.1	18	120.600	23.267	106	10,520	
1998/07/17	瑞里地震	6.2	3	120.663	23.503	5	18	
1999/10/22	嘉義地震	6.4	17	120.423	23.517	0	7	
1999/10/22	嘉義餘震	6.0	17	120.431	23.533	0	0	
2000/07/29	桃源地震	6.1	7	120.933	23.411	0	0	

資料來源：本計畫整理。

表 4-3-2 新化地震境況模擬相關基本假設條件

項 目	內 容
日 期	2008/10/12
時 間	06:47:00
芮氏規模	6.1
震央經度	120.3170
震央緯度	23.0567
震源深度	5.00 公里
活動斷層	新化斷層
斷層線走向	20 度
開裂面傾角	40 度
開裂面長度	5.50 公里
開裂面寬度	12.70 公里

資料來源：本計畫整理。

貳、個案地區境況模擬分析

一、境況模擬之 PGA 空間分布

依據中央氣象局網站公告資料，震度是表示地震時地面上的人所感受到振動的激烈程度，或物體因受振動所遭受的破壞程度。現今地震儀器已能詳細描述地震的加速度，所以震度亦可由加速度值來劃分。震度分級以正整數表示，參見表 4-3-3。地震規模是用來描

述地震大小的尺度，我國使用芮氏地震規模（亦稱為近震規模），由觀測點處地震儀所記錄到的地震波最大振幅的常用對數演算而來，並以沒有單位的實數表示。

表 4-3-3 交通部中央氣象局地震震度分級表

震度分級	地動加速度範圍	人的感受	屋內情形	屋外情形
0 無感	0.8gal 以下	人無感覺。	—	—
1 微震	0.8~2.5gal	人靜止時可感覺微小搖晃。	—	—
2 輕震	2.5~8.0gal	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3 弱震	8~25gal	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感。	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4 中震	25~80gal	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃。
5 強震	80~250gal	大多數人會感到驚嚇恐慌。	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒。	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒。
6 烈震	250~400gal	搖晃劇烈以致站立困難。	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形。	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙、噴泥現象。
7 劇震	400gal 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動。	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

資料來源：中央氣象局全球資訊網（89 年 8 月 1 日公告修訂）；1gal=1cm/sec²，1g=980gal。

本計畫應用 TELES 系統模新化斷層地震災害並進行各項災害損失評估，地震造成高度地表振動，地表振動造成災害因素除了與

地震能量釋放有關外，同時也極有可能在地表大幅度擺動當中，促使暴露於地面上方實質物體包括建築、工程結構物（例如道路與橋樑等）與人民面臨災損傷亡之危機。因此以地表振動強度來判斷該區可能受災危險程度，係以地震參數最大地表加速度（Peak Ground Acceleration, PGA）與震度對應關係進行分析，同時進一步估計其影響所及的空間對應關係，透過 TELES 輸出之最大地表加速度（PGA）值大小作為空間識別參考，瞭解該區是否為震災潛在危險區。換言之所在地區之當 PGA 值愈大其振動強度愈高，面臨災害危險機率則愈高。

依據所選定之地震事件，以新化斷層所設定之相關震源參數，模擬出新化鎮各里地表振動分布情況，參見圖 4-3-2，圖中顯示新化斷層通過主要的地區，包括那拔里、護國里、太平里、協興里、啞口里、北勢里、竹林里、清水里及觀音里所在地區之 PGA 經推估約為 0.5~0.6g，若換算為震度標準，已達劇震等級。由於 PGA 值愈高表示地震發生所導致地表震動程度愈強，因所隱含可能造成較嚴重的財產損害與人員傷亡之意義。若同時將歷史資料所描述之地震結果與表 4-3-3 所描述烈震以上的情況相比較，屋內有部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面；屋外部份建築物則屬嚴重受損與倒塌及鐵軌彎曲與地下管線破壞等情形。由於經濟部中央地質調查所的資料顯示新化斷層近期有活動的跡象，應視為近期活動頻繁的斷層帶。緣此，新化地區的防災計畫必需審慎確實。

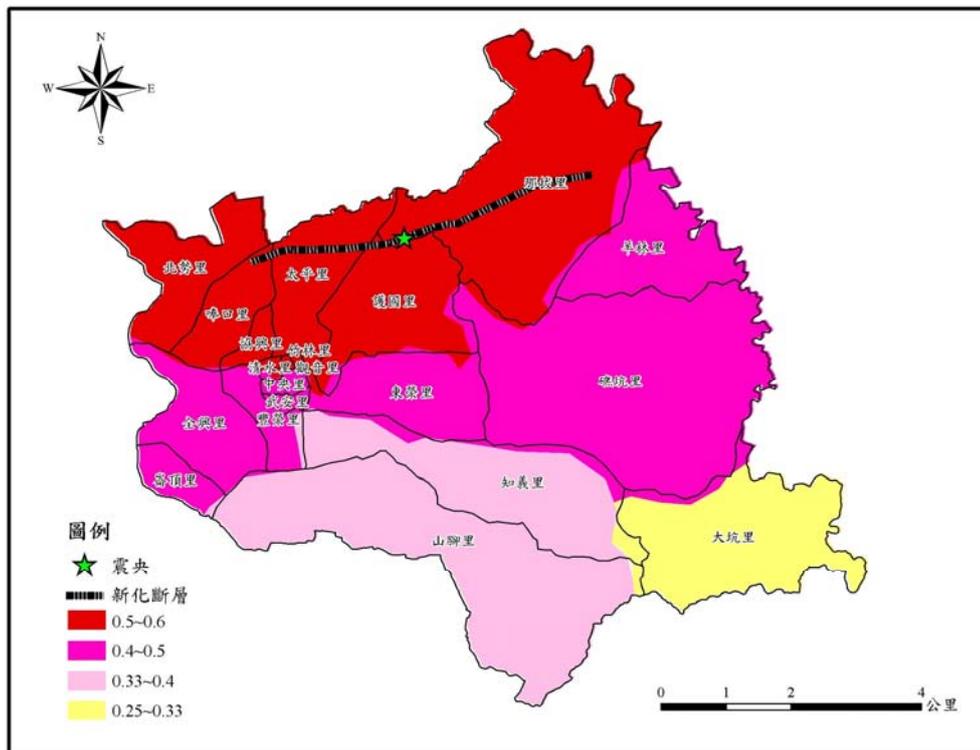


圖 4-3-2 以新化斷層境況模擬之 PGA 空間分布圖

資料來源：本計畫繪製。

二、一般建築物損害估計

依前述境況假設條件下，以 TELES 系統模擬結果，分別依一般建築物損害結果與其空間分布情形進行分析。

(一) 一般建築物受損棟數估計

TELES 之一般建築物資料庫的建置是採用國震中心提供的稅籍資料，參見表 4-3-4，因此以國震中心提供稅籍資料進行 TELES 的一般建築物地震災損評估時，許多老舊的房子可能受到較嚴重的損害估計。同時考量本計畫並未對全部資料庫的資料重新調查更新，僅以既有資料模擬境況，藉以了解與掌握災害可能產生的影響全貌，並作為擬定防災計畫之救災資源分配決策參考資料。

表 4-3-4 TELES 依房屋稅籍資料用途歸納一般建築物用途分類表

代碼	描述
Res1	住宅
Res2	國際觀光旅館、套房、旅館
Com1	百貨公司、商場、超級市場、市場、店舖、倉庫
Com2	電視台、廣播電台、辦公廳室
Com3	夜總會、舞廳、咖啡廳、酒家、歌廳、餐廳、影劇院、遊藝場所、游泳池
Com4	診所
Com5	開放空間、停車場、防空避難室
Ind1	油槽、焚化爐、工廠
Agr1	養殖場、農舍、農業用房室
Rel1	納骨塔、寺廟、教堂
Gov1	政府機關
Edu1	校舍
Edu2	圖書館、美術館、博物館、紀念堂、體育館、禮堂

資料來源：台灣地震損失評估系統之操作說明。

依據新化斷層境況模擬各用途建築物損害估計成果，參見表 4-3-5，發現新化地區嚴重損害機率較高的使用別，依序為教育、宗教及住宅，亦集中於新化斷層所通過之里行政分區，包括那拔里、護國里、太平里、協興里、啞口里、北勢里及東榮里等均有 20 棟以上的建築物受損，而且接近斷層附近的各里行政分區損害棟數更亦高達 10~20 棟以上（參見圖 4-3-3）。

表 4-3-5 以新化斷層境況模擬各用途建物損害估計成果

建物用途類別	總樓地板面積 平方公尺	損害機率（%）			
		輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害
住宅	2052481.6	8.28	4.98	2.13	1.17
商業	335078.8	7.98	4.58	1.85	0.94
工業	13840.6	6.37	3.60	1.46	0.76
農業	213421.3	7.69	4.56	1.91	1.01
宗教	31331.6	11.97	7.88	3.59	2.01
教育	111559.9	12.50	8.41	3.89	2.22
總計	2757713.8	9.13	5.67	2.47	1.35

資料來源：本計畫整理。

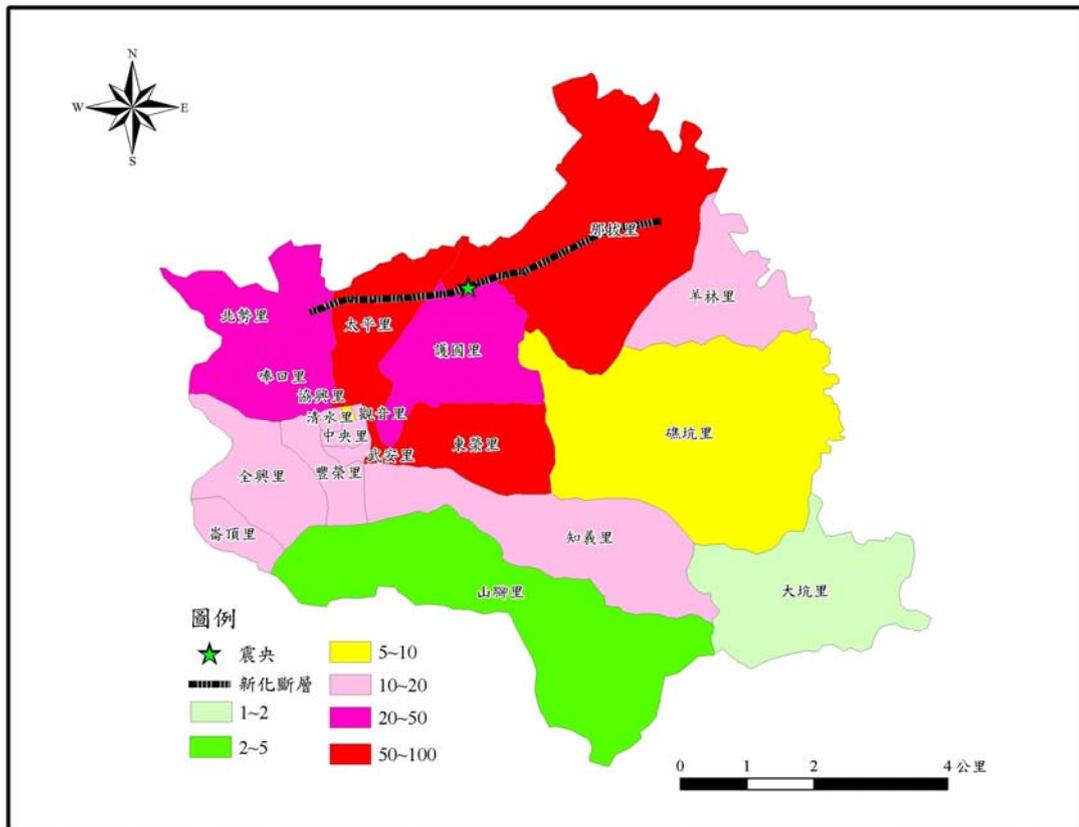


圖 4-3-3 以新化斷層境況模擬一般建物結構至少嚴重損害棟數分布圖
資料來源：本計畫繪製。

(二) 一般建築物受損機率估計

由於新化都市計畫區仍為居民主要居住範圍，同時商業活動也主要集中於都市計畫區，因此本計畫擬針對住宅與商業建築物的損害進行空間分析。以新化斷層境況模擬住宅建築物結構至少嚴重損害機率分布，參見圖 4-3-4，可以發現新化都市計畫區範圍的里行政分區，包括護國里、太平里、啞口里及北勢里有關住宅用建築物之損害機率約在 0.05~0.1%；以新化斷層境況模擬商業建築物結構至少嚴重損害機率分布，參見圖 4-3-5，其中竹林里、觀音里、清水里與中央里有關商業建築物損害機率約在 0.02~0.05%。此外，新化老街所在位置的商業建築物結構至少嚴重損害機率分布，則為竹林里與中央里，同時新化老街亦屬目前新化鎮主要商業中心，對於防災

空間資源的分配應優先考慮其完整性與有效性。

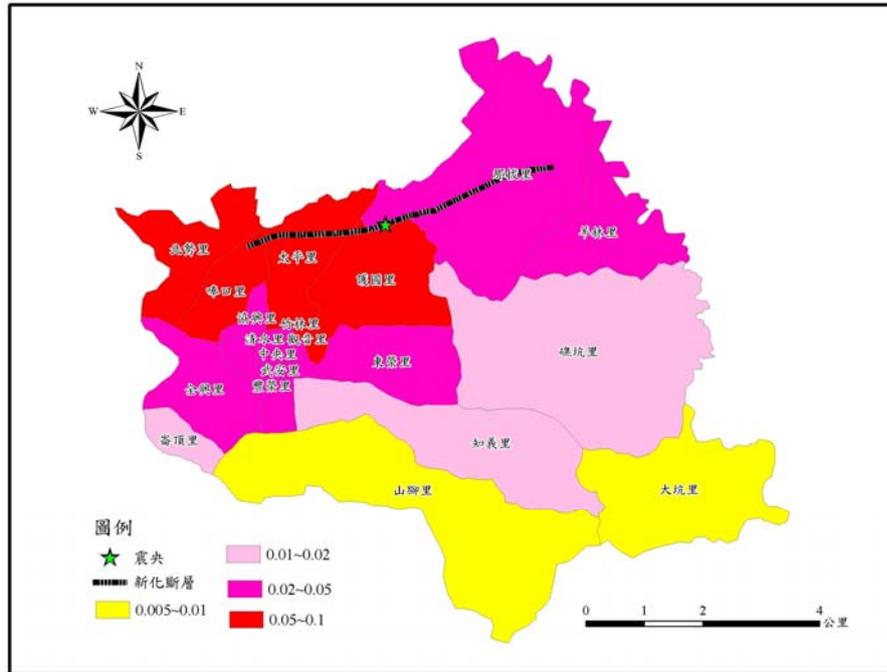


圖 4-3-4 以新化斷層境況模擬住宅建物結構至少嚴重損害機率分布圖
資料來源：本計畫繪製。

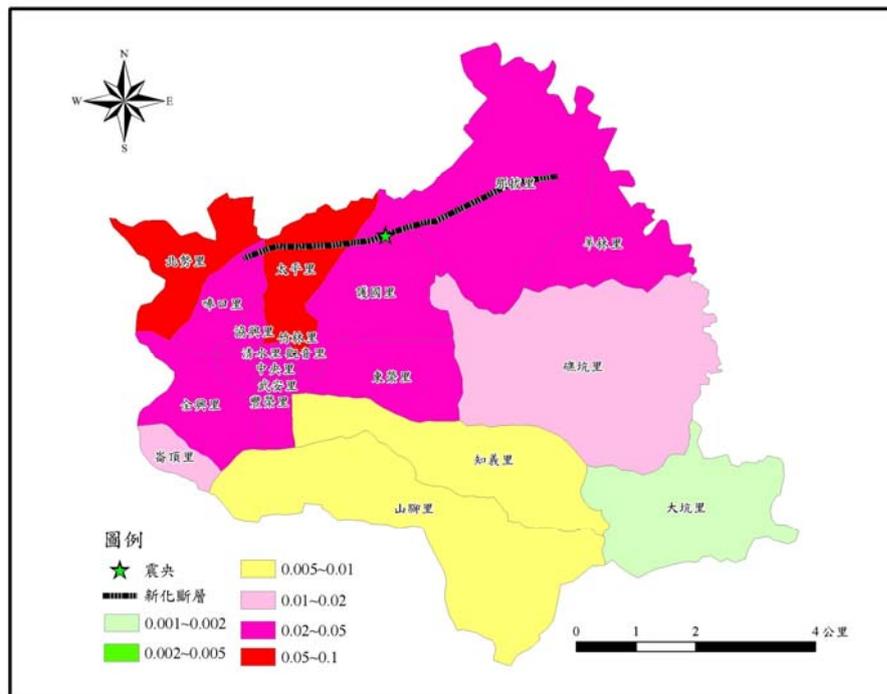


圖 4-3-5 以新化斷層境況模擬商業建物結構至少嚴重損害機率分布圖
資料來源：本計畫繪製。

三、新化地震災害境況模擬人員傷亡損害估計

TELES 可以提供地震災害社會經濟損失估計，藉以評估地震災害產生後所引致的社會衝擊與直接經濟損失。本計畫應用「人員傷亡」子模組估計可能的傷亡人口數，作為防災資源配置時，資源需求估計的參考。同時 TELES 可依不同時段的人口動態分布，推估不同傷亡等級的人數。其設定人員傷亡的等級有四級：第一級（S1）為需基本治療，不需住院；第二級（S2）為需較多的醫療手續且需住院，但無生命危險；第三級（S3）為若無適當且迅速的醫療將有立即的生命危險；第四級（S4）為立即死亡（葉錦勳，2003）。運用 TELES 進行地震境況模擬，可以推估不同傷亡等級的人數，進而規劃區域醫院的醫療人力、專長及病床數等。

新化斷層模擬人員傷亡評估結果（參見表 4-3-6），依傷亡狀態總和探討，在各種不同時段之新化鎮的不同傷害人口數推估，就時段別分析，以夜間時段傷害總人數最高（64.15 人）；其次則為假日或通勤時段（56.10 人），特別是新化鎮內有新化老街、虎頭埤及中興大學新化林場等觀光景點，假日時段均吸引大量觀光客到訪，因此對於假日時的防災計畫應有特殊的考量準則。

其次，就傷害狀態別分析，表 4-3-6 中可以發現第四級傷害（S4）的數字普遍較高，受傷人數（S1、S2、S3）反而較少，究其因仍係 TELES 輸入的原始基本資料，是依據當時 921 大地震所回報的傷亡數值，惟受傷較輕微的居民可能沒有就醫，而自行處理療傷，故人數統計較不精準，S1~S4 的數值是根據醫院所接收的傷亡人數進行統計，且死亡人數（即 S4）依規定必須回報，因此準確性較高，而 S1 與 S2 的數據事實上可能會較預估值較高，才是較合理的傷亡數值分布。

接續就傷害估計人數空間進行分析，參見圖 4-3-6 新化斷層境

況條件下日間時段人員傷亡分布圖，都市計畫地區傷亡人數多半以護國里、太平里及東榮里較高。此外，參見圖 4-3-7 新化斷層境況條件下夜間時段人員傷亡分布圖，都市計畫地區傷亡人數與日間相似。然而非都市地區之北勢里、啞口里、全興里及那拔里之夜間人口數可能較日間為多，因此傷亡人數亦略有所增。惟若將來能將屬性資料庫數據更新，則應進一步反映假日或通勤時段的傷亡空間範圍與新化地區的觀光景點之相關程度，然而受限於模擬結果無法以更精細方式予以展示，參見圖 4-3-8 新化斷層境況條件下假日或通勤時段人員傷亡分布情形，只能發現太平里所在範圍傷亡人口與其日間時段相比，具明顯增加之情形。

表 4-3-6 以新化斷層境況模擬人員傷亡評估結果

狀態 \ 時段	日間時段 (人)	夜間時段 (人)	假日或通勤時段 (人)
一級傷害 (S1)	8.12	9.94	8.74
二級傷害 (S2)	10.10	12.58	10.99
三級傷害 (S3)	13.53	16.89	14.74
四級傷害 (S4)	19.83	24.74	21.63
總計	51.58	64.15	56.10

資料來源：本計畫整理。

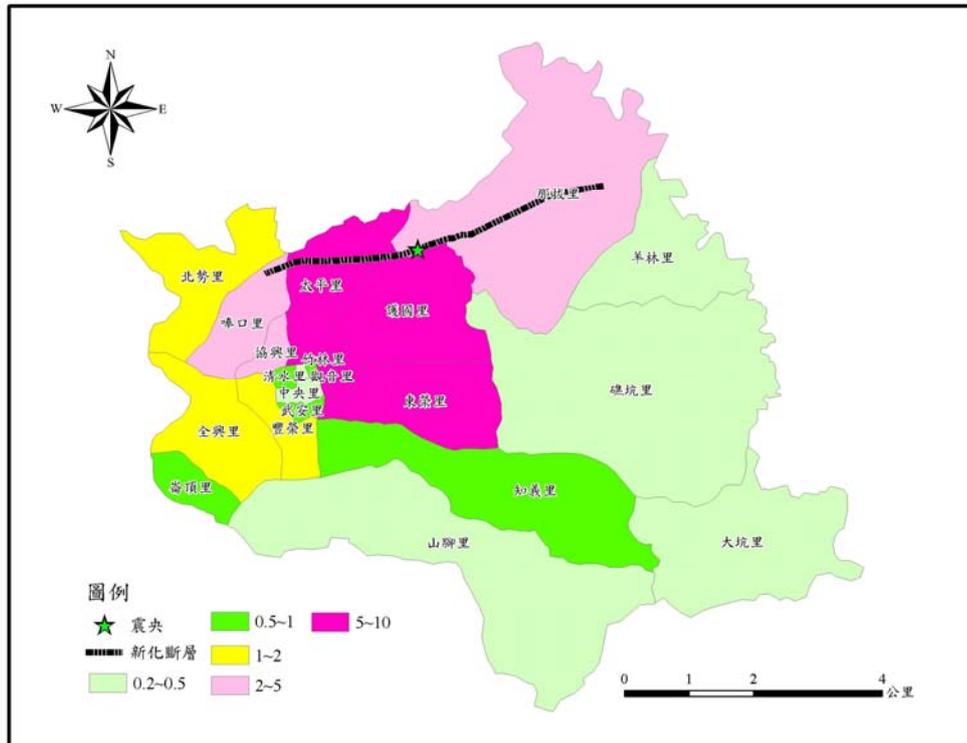


圖 4-3-6 以新化斷層境況模擬日間時段人員傷亡分布圖

資料來源：本計畫繪製。

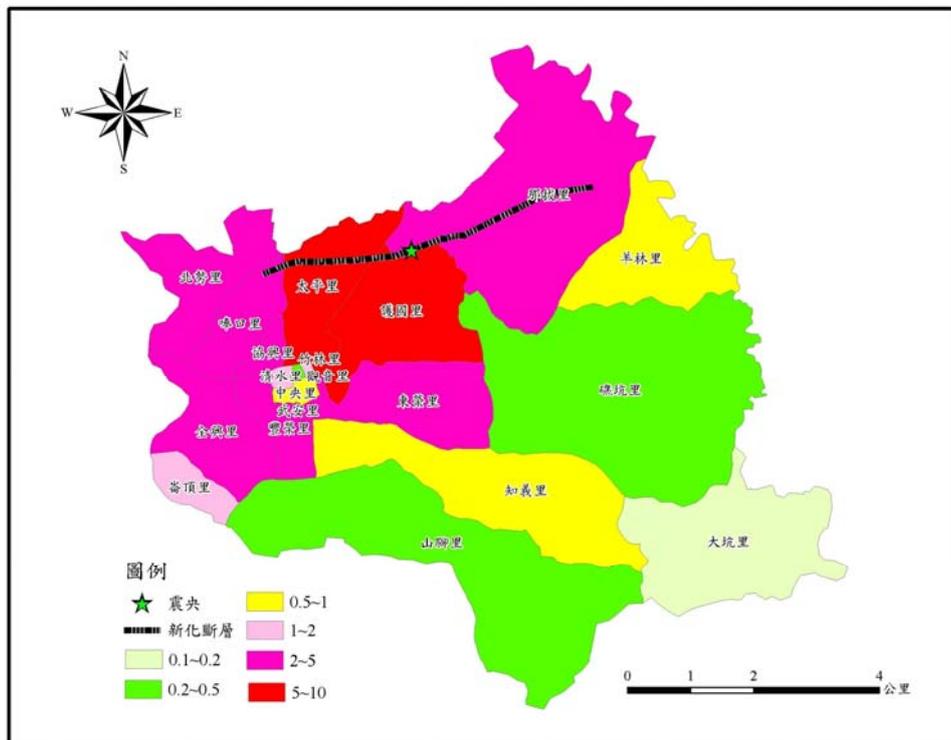


圖 4-3-7 以新化斷層境況模擬夜間時段人員傷亡分布圖

資料來源：本計畫繪製。

第四節 應用 Google Earth 繪製防災地圖

公眾參與地理資訊系統 (Public Participation Geographic Information System, PPGIS) 源自 1990 年代中期，馬里蘭大學所舉辦的工作坊，其精神是為了讓非政府組織也能使用 GIS。因此 PPGIS 主要的目的是能夠賦權社群，針對參與者的知識而設計操作方式並期能降低技術門檻。PPGIS 的精神在於能夠讓弱勢權力關係扭轉，並且增加社群參與討論與決策的機會，除了能增加參與成員，也希望藉此強化組織，並提升組織的永續發展性包括財務上的自主與管理能力。承襲上述精神，在使用 GIS 工具的選擇包括單機版與網路版，而單機版的軟硬體費用較高，更不易同時間、同步於各地使用，網路版可改善單機版限制，但仍需硬體環境配合。

Google Earth 為本計畫所選擇的網路 GIS 平台，Google 公司致力於開發空間資訊方面的市場，並於 2008 年 3 月推出 Google Earth(4.3 版)，提供全球的使用者線上查詢全世界的衛星影像與地圖資訊，此外提供的功能不只是展示地圖，還可以進一步在地圖上註記與加值。其使用影音串流技術展示三維影像，藉由網際網路將影像傳送至使用者端，其優點是使用者無須購買昂貴的圖資，就可以線上瀏覽與使用，缺點則是資料皆透過網路連接，離線時的運用會被限制。此外，Google Earth 使用 XML 的語法架構出 KML 的檔案格式，使用者若了解此交換格式，便可以進一步將使用者的資料匯入，增加資訊的豐富性。本計畫結合公眾參與的精神，使用 Google Earth 為平台繪製防災地圖，透過實地操作，將災害風險圖 (TELES 應用結果) 建置於 Google Earth 平台，主要構想圖參見圖 4-4-1。

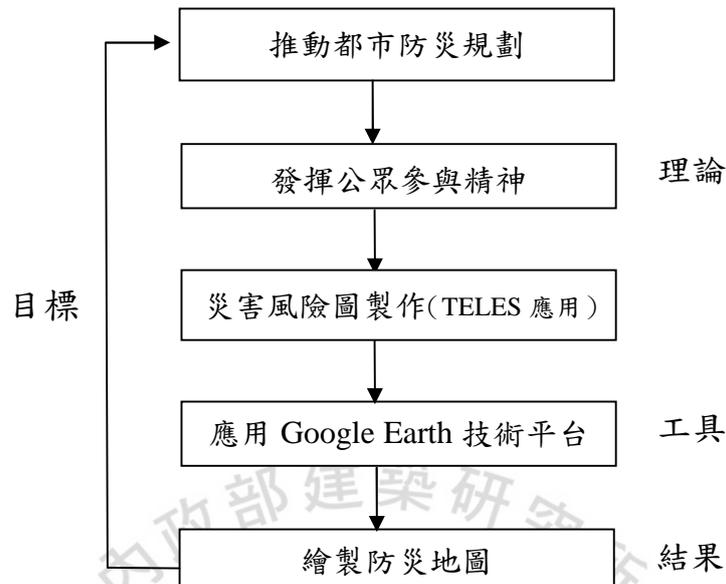


圖 4-4-1 推動公眾參與都市防災規劃構想圖

資料來源：本計畫整理。

都市防災空間資訊系統主要由三個獨立的系統，透過資料庫之連結，所產生的一個完整的資訊系統。此三個獨立的系統包括：

壹、Google Map 入口網站

Google 入口網站提供關於都市環境所有相關訊息，以提供使用者能方便查詢或連結到相關的資源或網站，避免花費過多查詢時間；並可提供使用者健全的訊息，方便使用者快學習並取得資源。

貳、透過 Google Earth 整合資料庫所產生的地圖使用介面

將新化鎮防災地圖資訊於系統中登錄建檔，若能進一步藉由新化鎮地區居民的主動關心，可以將訊息即時完整傳達給新化鎮地區居民；此外，Google Earth 已為中文化介面，參見圖 4-4-2，更可方便當地居民使用。

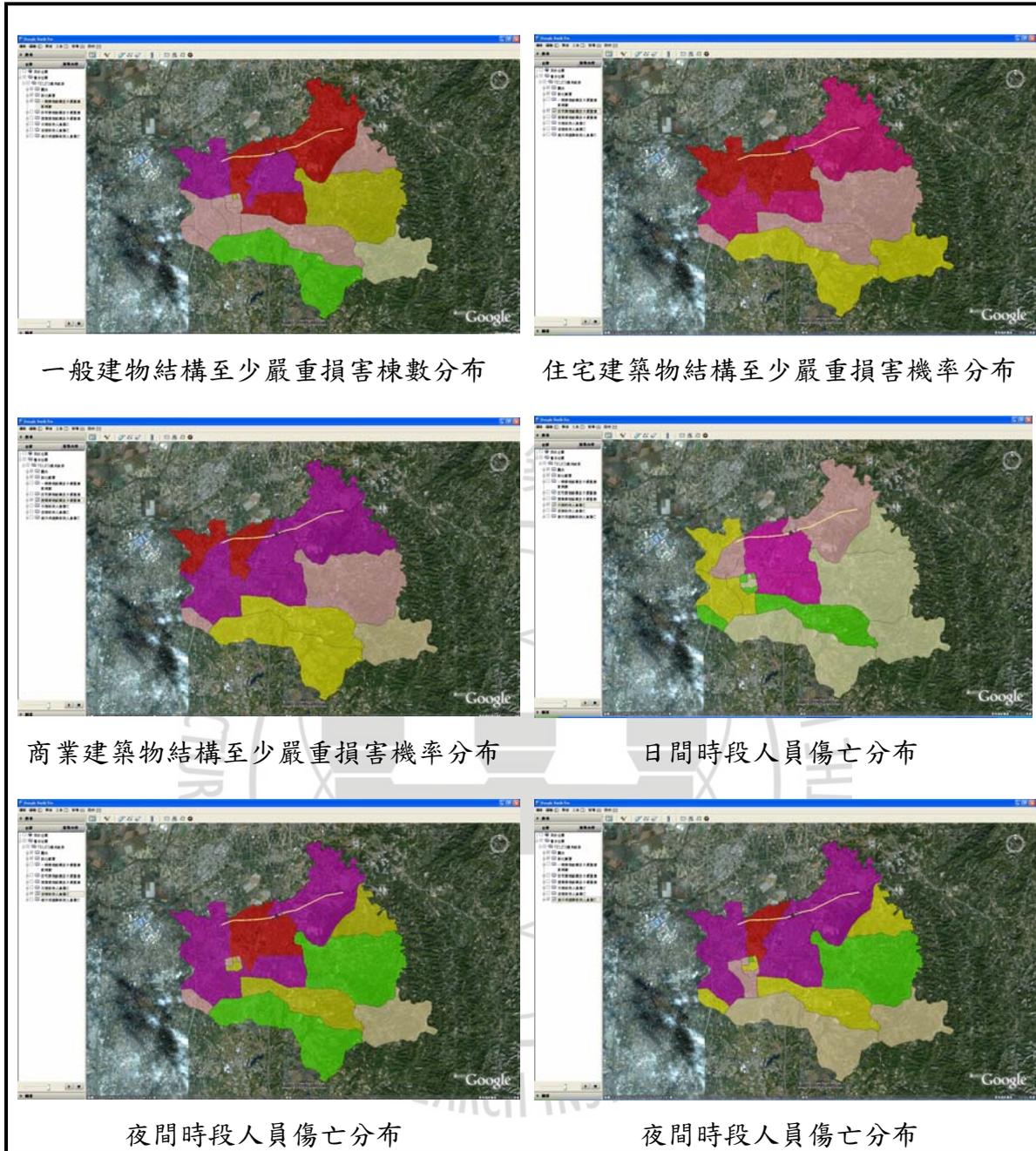


圖 4-4-2 Google Earth 中文介面圖

資料來源：本計畫繪製。

參、透過 JAVA 整合資料庫所產生的都市防災資訊系統

透過資料庫之整合，將本計畫建置之都市防災資訊上傳至 Google Earth 平台，各項防災資源結果建置於全球的網際網路上，除可提供新化鎮地區居民下載使用外，參見圖 4-4-3 與圖 4-4-4，並可加入全球的防災資訊網路。

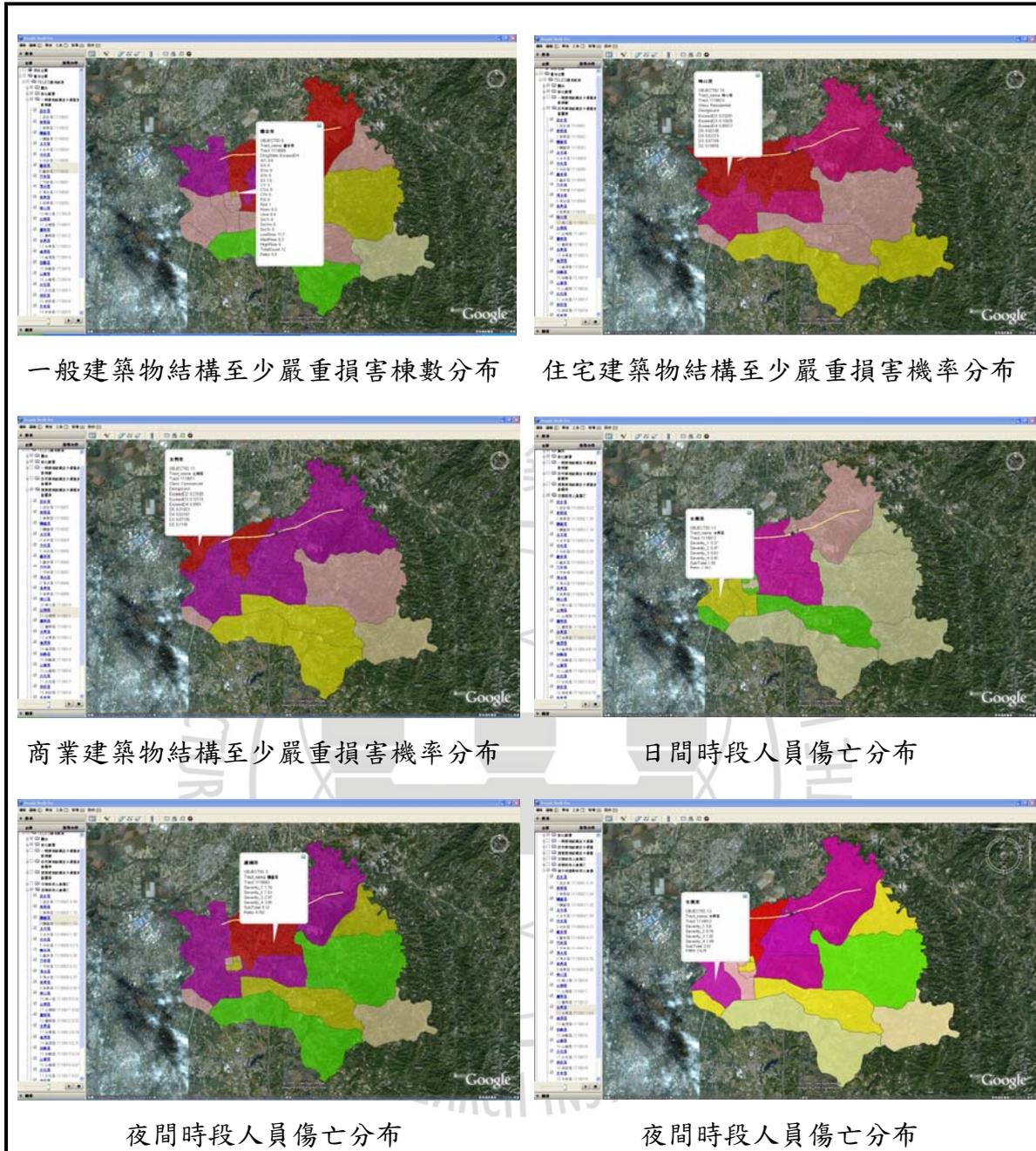


圖 4-4-3 應用 Google Earth 繪製災害潛勢模擬地圖

資料來源：本計畫繪製。

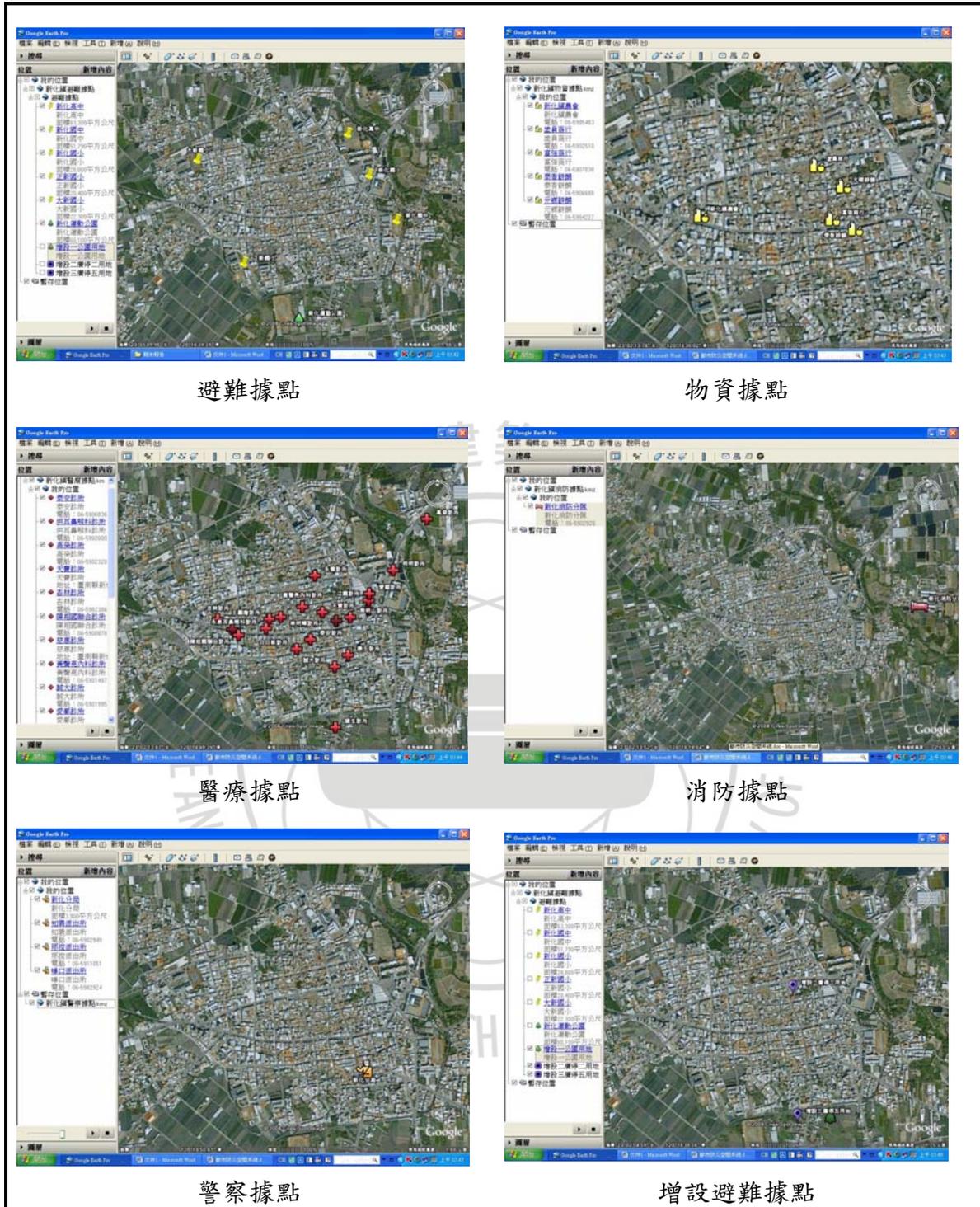


圖 4-4-4 應用 Google Earth 繪製都市防災六大空間系統

資料來源：本計畫繪製。

傳統都市防災規劃成果受限於圖紙或廣大的資料庫系統推廣不易，公眾參與精神無法有效的落實，透過 PPGIS 觀念，應用 Google Earth 繪製新化鎮防災地圖可以改善傳統都市防災地圖，需要耗時投入繪製紙

張地圖，同時紙張圖幅有限，僅能展現平面資訊，許多防救災設施詳細資訊礙於紙張圖幅有限反而被捨棄；但 Google Earth 可以在設施點位上加入相關資訊（照片、描述及相關網址等），防災地圖可隨時更新資訊，一改傳統耗時與更新不便等缺乏效率的缺點。透過 Google Earth 提供一個人性化的介面，及所提供免費、開放且具有高解析度影像的 GIS 平台，凝聚與強化地區居民對於地區環境之認知性，使居民對於空間資訊不再生疏，對於未來推動社區防災可以提供完整的資訊，進而實現公眾參與的精神。





第五章 結論與建議

第一節 結論

- 壹、透過文獻分析並修正建構之 6 項個別評估指標變項，並蒐集資料進行因素分析，共萃取兩個因素，經命名因素一：道路防災機能特性，因素二：地震災害的危險性，累積解釋變異量達 59.421%。接續運用群落分析，將研究分區分類結果結合 GIS 屬性與圖面資料展示，俾使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現。結果顯示（一）新化高中與大新國小避難據點範圍北面相對危險之主要原因為鄰近斷層帶（新化斷層），且遠離消防設施，因此其相對危險性高，較不建議列為避難設施。（二）正新國小與運動公園避難據點範圍大部份相對危險地區，主要原因為此區避難行為相對弱勢群較多。（三）新化國中與新化國小避難據點範圍大部份為相對安全地區，主要原因為鄰近消防設施，遠離斷層帶，且此區住宅區街廓大都位於緊急通道旁，因此相對較為安全。
- 貳、藉由避難據點區位配置現況分析發現，新化鎮都市計畫區現有避難據點服務效能僅達到 73.1%。由於新化都市計畫區內的避難據點，位置相鄰且多半位在都市計畫區邊緣，造成居民距離避難據點均有一定距離。為了確保地區居民的避難需求，避難據點效率值是地方政府應加以考慮的迫切問題。考量既有避難據點與服務容量下，需增設 3 處避難據點才能達到 100% 服務效能，建議為公園、廣停二及廣停五等設施用地，以增加有效避難面積，達到新化鎮都市計畫區避難據點理想配置。未來相關單位在避難據點選址上，除可參考設置區位，亦可充份考量投資成本與績效提升率，作為決策之依據。
- 參、本計畫依據 TELES 系統模擬一般建築物損害估計與震災傷亡人口估計，結果如下：
- 一、建築物損害估計

藉由新化斷層模擬結果，新化斷層所通過之里行政分區，包括那拔里、護國里、太平里、協興里、啞口里、北勢里及東榮里等均有 20 棟以上的建築物受損，且接近斷層附近的各里行政分區損害棟數更亦高達 10~20 棟以上。

住宅建築物結構至少嚴重損害機率，以護國里、太平里、啞口里及北勢里有關住宅用建築物之損害機率較高，約在 0.05~0.1%；商業建築物結構至少嚴重損害機率分布，則以竹林里、觀音里、清水里與中央里商業區較為嚴重，損害機率約在 0.02~0.05%。

二、震災傷亡人口估計

依傷亡狀態總和探討，在各種不同時段新化鎮之不同傷害人口數推估，就時段別分析，以夜間時段傷害總人數最高（64.15 人）；其次則為假日或通勤時段（56.10 人），由於新化鎮內有新化老街、虎頭埤及中興大學新化林場等觀光景點，假日時段均吸引大量觀光客到訪，因此對於假日時的防災計畫應有特殊的考量準則。

肆、地震災害方面，應減少地震災害損失為前提，優先針對耐震能力不足之建築物，限期完成耐震補強設計施工。對於新化鎮案例所提之避難據點檢討，可依效率高與財政面考慮長期開發的優先順序。此外，針對 TELES 模擬結果危險度較高之轄區，利用都市計畫定期通盤檢討，加強限制土地使用條件降低開發容量，以減少地震災損，對於較可能出現災害之地區，也應於平日透過各種管道，有效宣導與進行必要的防災練習以提高防災警覺意識。

伍、避難據點服務範圍區位評估可使用本計畫建立之簡易評估法，同時考量 1.住宅區街廓到緊急通道、消防設施、派出所、避難據點之最短路徑；2.住宅區街廓數量；3.避難據點服務範圍內避難行為相對弱勢群；並結合 GIS 空間分析，俾使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現。但受限於時間與資料限制，建議未來避難據點區

位評估尚可加入建築物結構、住宅區街廓建築物密度、避難據點到緊急通道（20公尺以上）最短距離等指標，同時進一步針對避難據點所在內部環境進行整備檢討，使能合乎類似防災公園基本建設之需求，以提高避難據點服務範圍區位之評估能力。

陸、整合運用 TELES 與網路技術（Google Earth 4.3 版）所提供的地理資訊展示平台，繪製都市防災地圖（包括災害風險圖、都市防災六大空間系統等資料），可以改善傳統都市防災地圖，僅能展現平面資訊，許多防救災設施詳細資訊礙於紙張圖幅限制反而被捨棄；運用網路技術可以在設施點位上加入相關資訊（照片、描述及相關網址等），防災地圖可隨時更新資訊，一改傳統耗時與更新不便等缺乏效率的缺點。特別是運用 Google Earth 所使用的 KMZ 檔，可以有效將都市防災地圖之重要資訊整合為檔案小且可攜性的方式，透過網路平台或行動資訊平台，可以簡單而迅速送達居民手中，提高參與效率及防災資訊更新的能力，進而實現公眾參與之精神，落實都市防災規劃永續發展之理念。

柒、避難據點最適區位配置考量災害人口避難比率、道路通行能力判定方法、避難據點服務範圍、避難據點服務容量等變項，運用 SITUATION 軟體可進行最適分析，提供相關單位在避難據點選址上，除可參考設置區位，亦可充份考量投資成本與績效提升率，作為決策之依據。其中相關變項可依據地區特色修正，例如：1.道路通行能力判定方法，僅以路寬作為判別道路在災害時是否產生阻絕率的影響，但災後道路通行能力的判別，需要更進一步的探討，建議未來可進一步探討道路之淨路寬，並依此針對該道路之通行能力進行評估，將可使避難據點之最適區位配置更符合現實情況；2.避難據點服務容量的計算，依據文獻回顧之整理，但會因為地區特性而產生誤差，建議可針對容量部份進行現況調查，將所得結果帶入模式中計算；3.未來避難據點最適區位配置模式中，可考量各分區

需求點之避難行為相對弱勢群（12歲以下與65歲以上）之習慣性或偏好，以改進避難行為相對弱勢群之避難據點評估方式。



第二節 建議

建議一

新化鎮避難據點服務範圍防災能力：立即可行建議

主辦機關：台南縣政府、新化鎮公所

協辦機關：行政院災害防救委員會、國家災害防救科技中心

運用因素分析與群落分析，將研究分區分類結果結合 GIS 屬性與圖面資料展示，俾使避難據點服務範圍防災能力具體且明確的呈現。結果顯示一、新化高中與大新國小避難據點範圍北面相對危險之主要原因為鄰近斷層帶（新化斷層），且遠離消防設施，因此其相對危險性高，較不建議列為避難設施。二、正新國小與運動公園避難據點範圍大部份相對危險地區，主要原因為此區避難行為相對弱勢群較多。三、新化國中與新化國小避難據點範圍大部份為相對安全地區，主要原因為鄰近消防設施，遠離斷層帶，且此區住宅區街廓大都位於緊急通道旁，因此相對較為安全。

建議二

新化鎮避難據點之配置：立即可行建議

主辦機關：台南縣政府、新化鎮公所

協辦機關：行政院災害防救委員會、國家災害防救科技中心

藉由避難據點區位配置現況分析發現，新化鎮都市計畫區現有避難據點服務效能僅達到 73.1%，為了確保地區居民的避難需求，避難據點效率值是地方政府應加以考慮的迫切問題，考量既有避難據點與服務容量下，需增設 3 處避難據點才能達到 100% 服務效能，建議為公園、廣停二及廣停五等設施用地，以增加有效避難面積，達到新化鎮都市計畫區避難據點理想配置。

建議三

假日之防災計畫應有特殊的考量準則：立即可行建議

主辦機關：台南縣政府、新化鎮公所

協辦機關：行政院災害防救委員會、國家災害防救科技中心

依傷亡狀態總和探討，在各種不同時段新化鎮之不同傷害人口數推估，就時段別分析，以夜間時段傷害總人數最高（64.15 人）；其次則為假日或通勤時段（56.10 人），由於新化鎮內有新化老街、虎頭埤及中興大學新化林場等觀光景點，假日時段均吸引大量觀光客到訪，因此對於假日時的防災計畫應有特殊的考量準則。

建議四

減少地震災害損失的相關措施：中長期建議

主辦機關：台南縣政府

協辦機關：新化鎮公所

建議台南縣政府與新化鎮公所以減少地震災害損失為前提，優先針對耐震能力不足之公共建築物，限期完成耐震補強設計施工。對於新化鎮案例所提之避難據點檢討，可依效率高與財政面考慮長期開發的優先順序。此外，針對 TELES 模擬結果危險度較高之轄區，運用都市計畫定期通盤檢討，加強限制土地使用條件降低開發容量，以減少地震災損，對於較可能出現災害之地區，也應於平日透過各種管道，有效宣導與進行防災練習以提高防災警覺意識。

建議五

簡易評估法於避難據點服務範圍區位評估之運用：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

受限於時間與資料限制，建議未來避難據點區位評估尚可加入建築物結構、住宅區街廓建築物密度、避難據點到緊急通道（20 公

尺以上) 最短距離等指標，同時進一步針對避難據點所在內部環境進行整備檢討，使能合乎類似防災公園基本建設之需求，以提高避難據點服務範圍區位之評估能力。

建議六

運用 SITATION 軟體考量投資成本與績效提升率進行避難據點最適分析：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

避難據點最適區位配置之相關變項可依據地區特色修正，例如：一、道路通行能力判定方法，僅以路寬作為判別道路在災害時是否產生阻絕率的影響，但災後道路通行能力的判別，需要更進一步的探討，建議未來可進一步探討道路之淨路寬，並依此針對該道路之通行能力進行評估，將可使避難據點之最適區位配置更符合現實情況；二、避難據點服務容量的計算，依據文獻回顧之整理，但會因為地區特性而產生誤差，建議可針對容量部份進行現況調查，將所得結果帶入模式中計算；三、未來避難據點最適區位配置模式中，可考量各分區需求點之避難行為相對弱勢群（12 歲以下與 65 歲以上）之習慣性或偏好，以改進避難行為相對弱勢群之避難據點評估方式。



附錄一 期初簡報會議紀錄

一、日期：中華民國九十七年三月二十六日，下午二時三十分

二、地點：內政部建築研究所 簡報室（台北縣新店市北新路3段200號13樓）

三、主持人：何所長明錦

四、與談人：王教授价巨、何博士興亞、林教授楨家（書面）、柯教授于璋（書面）、孫教授志鴻、陳教授主惠、衛教授萬明、陳組長建忠、李約聘副研究員怡先、林簡任研究員建宏、王國防訓儲研究員暉堯、蕭國防訓儲研究員嘉俊

五、與會專家審查意見內容與回覆如下：

紀錄：戴政安

與會學者、專家、單位	審查意見內容	後續處理及意見回覆
王教授价巨	1.建議釐清研究基本背景，界定研究範疇（災害類型、都市類型等）。	修正內容煩請參照第3~5頁。
	2.本計畫將以「需求」觀點為主，如何界定需求？（疏散行為、災害認知等）。	修正內容煩請參照第66頁。
	3.可考慮以聚落取代距離的界定加以分類探討。	修正內容煩請參照第75頁。
	4.「最佳化」如何評估？是否提供 evaluation process？	修正內容煩請參照第116、117頁與附錄十二。
何博士興亞	1.本計畫運用研究方法與軟體工具的同時，宜詳細瞭解目前設置避難據點之方式與作業體制，並探討運用本計畫相關研究方法對示範區分析結果與狀況之差異，與可能面臨境況之比較。	遵照辦理。
	2.運用 TELES 評估地震災害損失時，需注意目前該系統針對人員傷亡之推估數值偏低，在沒有改善之前，應審慎選用。	遵照辦理。
林教授楨家（書面）	1.計畫書內容具可行性。	謝謝指教。
	2.①計畫標題之「最佳化配置」與預期成果之「決策分析模式」；②研究流程圖中之「最適化區位模式建構」與「區位配置規劃分析」兩個步驟，計畫書中未針對上述內容或項目作清楚的研究方向描述，建議予以補充。	修正內容煩請參照第8~10頁。

柯教授于璋 (書面)	1.本計畫文獻偏重避難行為的部份,建議日後增加其他相關部份,例如避難據點的標準、避難據點選擇等文獻。	修正內容煩請參照第13~24頁。
	2.研究目的中並未提及本計畫所討論為何種災害?或者為「全災害」?因為不同災害類型,會有不同考量,這部份需要進一步說明。	修正內容煩請參照第1頁。
	3.本計畫的研究方法,與近幾年的地區防災計畫中有關避難據點的劃定似乎不太一樣,建議參考納入地區防災計畫中的方法,例如探討脆弱度、災害損失與不同時段、規模災害下的傷亡人口,再去考量避難據點與路徑的標準與劃設。	遵照辦理。
孫教授志鴻	1.國內都市防災空間有必要應用科學化的方法進行檢討,因此本計畫之研究有其必要性。	謝謝指教。
	2.應用 PPGIS 概念與 Google Earth 工具頗具創意,可擴大社區民眾之參與。	謝謝指教。
	3.弱勢團體應列入優先照顧之對象。	依建議修正。
陳教授主惠	1.研究架構正確,研究方法可行。	謝謝指教。
	2.研究方法中之台灣地震災損評估,並沒有列在預定完成工作項目。建議因研究範圍太廣,似乎可簡化研究項目。	遵照辦理。
	3.研究防災的種類應縮小為地震災害。	遵照辦理。
	4.是否對已知容量的避難據點,在不同強度震災下,計算其最適切範圍與最佳路徑;規劃避難據點,應考慮不同程度災害。	依建議修正。
	5.研究地區資料運用因素分析時,是用問卷法?或者是研究地區資料運用,但台中市有好幾個住宅區與避難據點,如何定義評估指標應謹慎考量。	依建議修正。
衛教授萬明	1.本計畫案內容主要似仍以地震災害為未來研究發展之方向。若果,建議研究案題目可以「都市地震防災」之避難據點區位評估較為明確。	謝謝指教。

	<p>2.本計畫之預期成果之一乃欲建立避難據點區位之最佳化配置準則(或指標)。目的明確,應具有未來實務應用之具體貢獻。</p> <p>3.研究案對於避難據點區位評估指標的方法,提出日本學者建構因素分析法與群落分析法以萃取出可代表反映10指標之選擇方法,但因素分析之「最大變異法」優點是因素之間關聯性不重疊,彼此間獨立;缺點是實際社會科學中,因素彼此間相關可能性很高。然而個別因素(指標)與區位關係愈高者才為愈重要者。因此,上述二法是否適用於在住宅區位內之避難據點區位評估者,應可再探討之。</p>	<p>謝謝指教。</p> <p>依建議修正。</p>
李約聘副研究員怡先	<p>1.建議第1案之研究範圍宜予限定。</p>	<p>遵照辦理。</p>
陳組長建忠	<p>1.台灣都市發展,人口極為密集,而建築群落均屬既成,而從簡報架構而言,選出來的最佳防災據點配置,未必能符合避難之需求,因此,如何滿足需求面,請納入參考。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>2.區位評估要評估的項目是什麼,請多收集文獻,加以列舉評估。而所謂「最佳」的定義是什麼?亦請併入考量。</p>	<p>修正內容煩請參照第35~46頁。</p>
協同主持人 整體回應	<p>1.謝謝各位委員的指導意見,會再依委員意見,修正計畫書內容。</p> <p>2.本計畫案將以地震災害為主,選定建築研究所2002~2007年之都市防災規劃示範地區南北各一都市做為研究地區。</p> <p>3.將以過去都市防災規劃示範計畫之經驗,作為避難據點配置條件,並會依地區特色加以修正,有關衛教授、陳博士建議之分析方法會將之轉成SOP。</p> <p>4.嘗試運用統計方法,做為最適化區位模式建構與區位配置規劃分析。</p>	
會議結論	<p>1.本次協同研究案原則通過,請依與會人員意見修正計畫書,送本所安全防災組審定。</p> <p>2.請著重於災害之評估方法,災害不一定偏重地震,並宜掌握災害之歷史資料,如能考量其他不同災害亦可納入研究之中。</p> <p>3.各研究案請如期如質完成,研究過程中有階段性成果後得提專家學者座談會討論。</p>	



附錄二 期中簡報會議紀錄

一、日期：中華民國九十七年七月二十九日，下午二時三十分

二、地點：內政部建築研究所 簡報室（台北縣新店市北新路3段200號13樓）

三、主持人：何所長明錦

四、與談人：文教授一智、施教授邦築、張教授益三、賴處長英錫、內政部營建署市鄉規劃局、陳組長建忠、林簡任研究員建宏、王國防訓儲研究員暉堯

五、與會專家審查意見內容與回覆如下：(依發言順序)

紀錄：戴政安

與會學者、專家、單位	審查意見內容	後續處理及意見回覆
文教授一智	1.就避難行為反映之調查來探討避難據點區位最佳化配置，已超越既往都市防救災空間系統規劃之研究，以更人性化來思考避難行為與需求，並就需求面來檢討供給面之現況，是非常具有價值之研究題目。	謝謝指教。
	2.規劃單位參考眾多相關文獻，並藉由實際案例地區來探討最適區位模式，希望此一模式能就個案地區（新化鎮）加以模擬分析，以檢視此一模式之正確性。	遵照辦理。
施教授邦築	1.期中報告對本計畫設定的避難據點之定義，不是很清楚，建議予以釐清。	依建議修正。
	2.區位評估除可及性、方便性及使用性等，是否亦可考慮其安全性。居民的避難行為與家庭的生活需求，應是重要的考慮因素。	謝謝指教。
	3.大規模震災後的避難人口及其需求，隨著時間而改變，考慮最佳化配置時，可否考慮避難據點的時間變動性特質。	依建議修正。
張教授益三	1.研究內容水準甚高。	謝謝指教。
	2.請加強建築物危險度預測，瞭解可能避難人口分布，然後配合避難據點區位與容量，再加以評估。	依建議修正。
	3.請加強新化鎮之自然環境、都市計畫、土地使用調查、交通運輸概況、公共設施現況及災害潛勢影響等。	依建議修正。

<p>賴處長英錫</p>	<p>1.新化都市計畫第二次通盤檢討被減少的公園與綠地面積(不見部分),屬於條件式變更,請查明變更條件,因為一般變更均為有條件變更,例如至少須保留多少百分比之公園綠地,故可以此來做研究假設。</p>	<p>依建議修正。</p>
<p>內政部營建署市鄉規劃局</p>	<p>1. SITATION 軟體是針對區位評估或區位配置?可否針對各種災害,例如水災、地震、火災及土石流等,還是只可以針對地震災害作模擬分析?</p>	<p>以地震災害為主。</p>
	<p>2.目前本案對於避難區的挑選準則雖然已經考量甚多,但似乎未考量到地震災害所帶來的併發災害,例如工廠、加油站的爆炸災害等?</p>	<p>依建議修正。</p>
<p>林簡任研究員建宏</p>	<p>1.建議可再釐清避難據點之定義。</p>	<p>修正內容煩請參照第55頁。</p>
	<p>2.好的避難據點,可引導居民的避難行為,建議可結合鄰里社區之設施作為避難據點之選擇。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>3.避難據點有效避難面積之評估,可再詳細說明。</p>	<p>修正內容煩請參照第86、89頁。</p>
<p>王國防訓儲研究員暉堯</p>	<p>1.公有建築物無法有效滿足避難需求時,建議可考量私有但安全性較高之建築物以滿足居民避難需求。</p>	<p>修正內容煩請參照第89頁。</p>
	<p>2.建議可將避難弱勢族群納入區位評估準則。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>3.避難據點有效避難面積,可再詳細說明其評估內容。</p>	<p>修正內容煩請參照第86頁。</p>
<p>陳組長建忠</p>	<p>1.建議區位評估可多方面考量其他因素。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>2.請把地震災害避難時序納入考量。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>3.參考文獻中室崎益輝的研究為火災發生時,建築物內部居民的避難行為,是否適合地震災害時,居民避難行為之參考?</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>4.避難收容面積究為 $1.2 m^2$、$2.67 m^2$、$4m^2$ 請再檢討,各數值應是各應對時序所列。</p>	<p>修正內容煩請參照第17、59、60頁。</p>

<p>協同主持人 整體回應</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝文教授指導意見，會在期末報告時，對最適區位模型進行模擬分析，並加以驗證。 2. 謝謝施教授的指導意見，對於避難據點定義問題、避難時序問題及 921 避難行為相關文獻，會在期末報告時補充說明。 3. 謝謝張教授指導意見，對於避難人口分派相關問題，會在期末報告時補充說明。 4. 營建署市鄉規劃局委員提到 SITUATION 軟體之應用，在期中報告 73、75 頁有其相關說明，並運用地理資訊系統之疊圖分析，作為區位評估之基準。 5. 建築研究所同仁相關建議，會在期末報告書中詳細說明與修正。
<p>會議結論</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有關示範計畫案需要相關資料者請地方政府協助提供。 2. 各研究計畫案於研究過程中建置之調查資料、數值化資料請於期末時備份送本所。 3. 本次會議所審計畫案原則予以通過，與會委員及先進意見請詳實記錄，納入期末報告。





附錄三 期末簡報會議紀錄

- 一、日期：中華民國九十七年十二月四日，上午九時
- 二、地點：內政部建築研究所 簡報室（台北縣新店市北新路3段200號13樓）
- 三、主持人：何所長明錦
- 四、與談人：文教授一智、李教授正庸、陳教授主惠、陳教授明竺、邱顧問昌平、盧博士鏡臣、張局長邦熙、陳組長建忠、王國防訓儲研究員暉堯
- 五、與會專家審查意見內容與回覆如下：(依發言順序) 紀錄：戴政安

與會學者、專家、單位	審查意見內容	後續處理及意見回覆
文教授一智	1.本研究總合歷年之研究成果，選擇南部之典型城鎮來模擬分析避難據點之最佳化配置，研究方法嚴謹，成果可提供評估避難據點之質量與配置。	謝謝指教。
	2.本人曾於期初會議時，建議以實際空間紋理與人為發展之底圖來套疊分析，以求趨近真實。本研究應用 Google Earth 來做個案分析展圖工具與繪製防災地圖，效果良好，可以作為日後研究之借鏡。	謝謝指教。
李教授正庸	1.避難據點服務能力分析，以「歐幾里得」距離劃設，理由何在？是否有一些加權值？	修正內容煩請參照第75頁。
	2.基本資料「不齊全」或「重複」是否影響分析（例如附錄七之文小面積不齊全，附錄八警政據點之新化派出所與新化分局資料重複）？	修正內容煩請參照附錄九。
邱顧問昌平	1.本研究之重點在於眾多避難據點與周邊各種需求點間受到通道（路寬）、警察、消防局等因子間相關互動狀況之分析，透過數值化之最佳化分析了解避難據點配置之效率性與公平性，目前為止係一尚不錯之嘗試。	謝謝指教。
	2.最適化模式之建立以新化鎮都市計畫區之個案地區為實證分析，最後呈現如表4-2-3。若可能的話以附錄的方式提供一個簡單案例之操作，讓讀者易於了解。	修正內容煩請參照附錄十二。

	3.研究中有看到二手資料引用，建議宜補充相關附錄資料。	修正內容煩請參照附錄八。
	4.居民參與調查問卷未見於報告書，如未進行，流程圖中須拿掉。Google Earth 真正要用，須評估有多少居民會用，建議以中小學教師作為種子。	修正內容煩請參照附錄八。
	5. PGA 須以單位(g)表示。	修正內容煩請參照第96頁。
張局長邦熙 (謝正工程司 登武代)	1.本研究重心在於運用完整的資料蒐集，藉由理性的推演，導出適宜的空間據點配置，但缺乏結果出現後的有效指定或認定手續(程序)之建議。欠缺實踐方法，因為時間上過去、現況變化，原適當據點恐非最佳選擇，屆時又須重作。如有可能(時間、經費允許)建議如上補充。	遵照辦理。
陳教授主惠	1.建議本計畫所用到的數學公式宜說明清楚，方便閱讀。	依建議修正。
	2.期末報告 78 頁提到 119 個住宅區街廓，81 頁提到 48 個避難分區，建議是否用 48 個避難分區作群落分析會更好？	修正內容煩請參照第78頁。
	3.期末報告表 4-2-2 避難據點服務總容量為 24,769 人，表 4-2-4 公園、廣停五、廣停二避難據點服務容量為 9,179 人，但新化鎮人口數為 44,500 人，為何避難據點服務績效值為 100%，建議宜說明清楚。	修正內容煩請參照第66、87、89頁。
	4.數學模式的計算皆假設居民完全知道避難據點區位，是否應考慮居民不知道避難據點位置所造成的疏散問題？	依建議修正。
陳教授明竺	1.本計畫建議從地方政府或相關防災、救災部門的角度來具體應用，並考慮除會發生災害的地方，更要考慮到 Risk Factor，並希望能落實到空間，較可具體應用。	遵照辦理。
盧博士鏡臣	1.計畫中整合國內外相關文獻，包含考量居民的避難相關行為等，已試圖建立以都市地區為主的避難據點規劃分析方法。	謝謝指教。

	<p>2.計畫中融入災害風險之概念，考量到相關避難據點可能受強震影響而降低其功能。此外，本計畫亦依相關建議，選取台南縣新化鎮為個案分析。</p>	<p>謝謝指教。</p>
	<p>3.透過 Google Earth 平台，建構都市避難據點，並納入物資、醫療、消防、警察等防災空間系統之資訊，具有防災教育意義。</p>	<p>謝謝指教。</p>
	<p>4.整體而言，本計畫符合預期成果之需求。</p>	<p>謝謝指教。</p>
	<p>5.建議計畫中關於災害避難收容的名詞使用與定義宜清楚。</p>	<p>修正內容煩請參照第53~55頁。</p>
	<p>6.建議後續計畫調查評估避難據點狀況時，宜考慮該避難據點是否可能受災？</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>7.建議後續計畫可將倒塌建築物相關廢棄物之堆置場址納入考量。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>8.避難據點的區位評估除了考量設施區位分布上的效率性與公平性外，建議需羅列不同型態的避難據點與收容所的需求特性。最佳化配置，除了空間區位外，也常常會受限於公權力執行的難易度，與後續可能的衍生問題而影響。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>9.不同社會經濟屬性的人口，會有不同的避難行為與住宅需求，在未來相關研究或計畫，建議可將此部份變數納入區位評估與最佳化的考量。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>10.關於可能造成受災的避難據點，可以以0.33g（地震甲區設計標準），或較寬鬆的0.4g（7級）為判斷依據，建議具體列出哪些避難據點位在劇震區，可能造成防災功能受損（從圖上初步判斷，似乎全區均位在烈震或劇震區）。</p>	<p>遵照辦理。</p>
	<p>11.建議重要圖片，可以用彩色列印，較為清楚。</p>	<p>依建議修正。</p>

國家防災科技中心 (徐小姐)	1.本計畫整合運用台灣地震災損評估系統 (TELES) 與網路技術 (Google Earth 4.3 版) 所提供的地理資訊系統展示平台,繪製都市防災地圖。文中係以 TELES 模擬結果,製作災害風險圖。由於 TELES 系統目前僅能個別計算地震危害度、人員傷亡、建築物毀損推估等,尚未完成風險地圖模組之整合開發功能,因此 TELES 所產製的結果並非風險地圖,請斟酌專有名詞之使用。	遵照辦理。
	2.報告中提及透過建構 TELES 與 Google Earth 兩大工具作為都市防災空間系統避難據點區位評估之結果呈現,來實現公眾參與之精神 (PPGIS),以獲得居民需求面之資訊,達成避難據點最佳區位配置之目的。研究創新,但缺乏對於資訊科技輔助所達成效益之分析說明,建議補充以說明計畫成效。	依建議修正。
	3.由於缺乏建築物結構之空間資訊,目前 TELES 系統係以村里房屋稅籍結構資料來推估該村里的建築物毀損情形。本計畫採用新化斷層境況模擬各用途建築物損害估計成果,獲知各用途建築物損害機率,建議應補充說明表 4-2-3 百分比計算方式與意義。	修正內容煩請參照第 99、100 頁。
	4.建議將 Vulnerability 統一翻譯為「脆弱度」。	依建議修正。
王國防訓儲研究員暉堯	1.新化高中與大新國小避難據點鄰近新化斷層,宜建議相關單位進行適當的補強計畫,以提供足夠的避難需求。	修正內容煩請參照第 113 頁。
	2. Google Earth 平台上是否可以顯示避難據點所能提供之服務容量,與居民至避難據點之避難路徑標示,如能具此功能將更能輔助居民避難之選擇。	依建議修正。
陳組長建忠	1.文獻收集甚多,包含理論、軟體部份,宜補充是否適合本研究主題之運用之理由、原因。	修正內容煩請參照第 60、61、69 頁、附錄十二。

	<p>2. Google Earth 是可方便提供許多圖像資料，唯因是免費資源，進行查詢時，因此，在查詢時，可發現其在繁榮都市、地區圖像及各項資料充份，更新速度快，精度高，而在鄉村或偏遠地區，則反之。因此，利用該系統的限制，建置人力、物力、時間，請予以評估。</p>	<p>依建議修正。</p>
	<p>3.運用 Google Earth 來呈現 TELES 與 6 大空間系統等各種操作組合，宜有詳細的流程，以便第 3 者能夠單獨操作。</p>	<p>修正內容煩請參照第 70 頁。</p>
	<p>4.宜注意期末報告格式相關說明。</p>	<p>遵照辦理。</p>
<p>協同主持人 整體回應</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.各位委員指導意見，會於報告書中再加以修正。 2.李教授指導意見，採用歐幾里得距離是因為以避難據點為中心，運用 Voronoi 分析劃設避難據點服務範圍，也可以依據不同目的採用不同距離計算方式。 3.邱顧問指導意見，二手問卷資料以 2006 年新化鎮都市防災空間系統規劃示範計畫之問卷調查內容為主，會於附錄中補充相關問卷資料。 4.謝正工程司指導意見，會盡量以使用者觀點，嘗試補充相關說明。 5.陳教授指導意見，會修正報告書中的數學式相關說明；對於 119 個住宅區街廓與 48 個避難分區，會再思考如何作有效運用；對於避難人口數分派問題，是以問卷調查資料瞭解居民避難意願，約有 69% 居民遭遇災害時會進行避難行為，應優先分派此部份居民，並沒有分派全部新化鎮居民。 6.盧博士指導意見，對於避難據點區位評估，會透過疊圖分析對避難據點區位作檢討。 7.國家防災科技中心徐小姐指導意見，會針對 PPGIS 與表 4-2-3 加強相關說明。 8.內政部建築研究所王先生指導意見，路徑選擇已於 Google Earth 可提供操作。 9.內政部建築研究所陳組長指導意見，對於 Google Earth 應用性，可針對鄉村或偏遠地區，將航照圖進行貼圖功能，使圖面展示更清晰，最主要使用 Google Earth 平台，是因為其檔案小，攜帶方便，可讓地區居民瞭解相關研究成果，並將相關成果繪製防災地圖。 	
<p>會議結論</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.都市防災示範計畫成果之應用主要係作為地方政府之參考，非直接以居民為對象。 2.本次會議所審三計畫案原則予以通過，與會人員發言要點請詳實紀錄，供協辦團隊參考，依時程進度順利完成成果報告，報告書並請依內政部研究計畫規定格式進行撰寫。 	



附錄四 第一次專家學者座談會會議紀錄

一、日期：中華民國九十七年七月二十五日，下午二時三十分

二、地點：長榮大學 管理學院會議室

三、主持人：何所長明錦

四、與談人：何教授東波、文教授一智、薩教授支平、蘇教授振綱、王國防訓儲研究員暉堯

五、與會專家審查意見內容與回覆如下：(依發言順序)

紀錄：戴政安

與會學者、專家、單位	審查意見內容 (依發言順序)
何教授東波	<ol style="list-style-type: none"> 1. 都市災害的較佳避難空間會隨災害類型而有差異，例如地震與洪水的適當避難空間會有差異，建議本計畫應標示出本計畫主要探討的避難空間。 2. 簡報 19 頁公式 (1) 的符號 S 與 P 應有對應的說明。 3. 簡報 20 頁的數學規劃式似乎不夠完整，例如公式 (7) 中的 $W_j^{[k]}$ 在限制式中代表何意義 (或功能)？其與目標式的關係似乎欠缺連結關係的考量，建議對該模式再詳加檢核是否有誤？
文教授一智	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模式建構之目標式與六個限制式，應屬初步之評估模式，套入新化鎮案例，須將初步結果分析後，回饋修正目標式。 2. 初步之評估模式，建議簡報時，可在每個式子下列上說明與意義，方便清楚瞭解其內容。 3. 簡報第 22 頁 $x_{ij}^{[k]}$ 之解釋有誤，宜再修正。 4. 審視航照圖，將都市計畫範圍周邊相鄰接之聚落與道路系統亦納入分析範圍，因為避難行為上，都市計畫範圍劃設並無意義。 5. 審視都市計畫土地使用分區圖與現況之差異，建議可在分析模擬後檢討現行土地使用規定之適宜性。 6. 建議將不可掌握的條件假設，放入後續建議事項。
薩教授支平	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有受過災害的居民與沒受過災害的居民避難行為反應不一樣，建議可加入新化鎮地區之研究限制。 2. 都市計畫之空地可能與土地使用現況不同，宜再詳細說明。 3. 應注意都市計畫通盤檢討與土地使用現況的差異性。
蘇教授振綱	<ol style="list-style-type: none"> 1. 避難據點之配置涉及災害規模與損害程度，與災害發生後不同時間點之避難行為，建議可適度考量受災者在不同時間的避難行為，與避難據點之收容能力。

	<ol style="list-style-type: none"> 2.限制式第(5)式，可考量適度予以放寬以因應實際災害發生時，道路路網可能阻斷，需有備用避難據點之可能性。 3.避難據點之收容能力與防災動員分配能量之考量，建議可做為後續研究之參考。 4.應注意 Google Earth 之缺點，其衛星影像圖有時間差異性的問題。
<p>王國防訓儲 研究員暉堯</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.避難據點受災後可提供服務時所收容之面積，例如避難據點受淹水與地震災害後能否滿足避難人口需求，宜予評估考量。 2.假如公共避難據點不足以滿足避難人口需求時，是否可考量安全性較高之私有建築物作為臨時避難據點之使用。 3.簡報第 34 頁中家戶組成中 12 歲以下樣本數為 111 與年齡 20 歲以下樣本數 53 似有矛盾，宜再確認。
<p>協同主持人 整體回應</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.謝謝各位委員提出寶貴的意見，會在期中報告書再修正。 2.避難據點最適模式之數學規劃式說明不夠詳細，會後續再加強說明。 3.本計畫將以一定規模以上的地震災害為主（例如 921 地震規模 7.3），避難據點的考量為臨時避難據點，因此避難據點的收容面積不能太小，因此避難據點考量以學校、公園及綠地為主。 4.會將研究中不可掌握的假設條件，放入後續建議中，讓報告內容更完整。 5.避難據點為第一次救援時應找到的空間，可能為法定都市計畫的設施或是開放的空間，對於避難據點的類型部份（一次避難、二次避難等），應從最基層避難據點開始，區域型避難據點則為基礎避難據點往上累積，由小單元到大單元。
<p>會議結論</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.相關建議會在期中報告書再修正。 2.會將避難據點區位評估相關程序，做成操作手冊，供地方政府參考。

附錄五 第二次專家學者座談會會議紀錄

一、日期：中華民國九十七年十一月七日，下午三時（北部）

中華民國九十七年十一月十日，下午二時三十分（南部）

二、地點：內政部建築研究所 簡報室（北部）

長榮大學 土開系會議室（南部）

三、主持人：何所長明錦

四、與談人：邱顧問昌平、林教授慶元、賴教授信志、周教授士雄、鄭教授明安、謝教授俊民、岳教授裕智、陳組長建忠、王國防訓儲研究員暉堯

五、與會專家審查意見內容與回覆如下：（依發言順序）

紀錄：戴政安

與會學者、專家、單位	審查意見內容（依發言順序）
邱顧問昌平	<ol style="list-style-type: none"> 1.除了用顏色代表災害分布受損機率，建議受損機率可同時列表呈現，讓居民瞭解受傷、死亡人數。 2.避難據點區位評估、區位之最佳化配置為重點，建議服務能力評估應放在前面，最佳化配置放在後面，使之有因果關係。 3.採樓地板面積推估人口數，前人研究中未考慮公園、廣場等面積使用，建議應可考慮納入公式中。 4.最佳化配置模式其相關說明，建議能更詳細。 5.道路寬度，建議採用有效淨路寬會比道路寬度更好。 6.計畫中所用到的公式、符號，其相關說明要更詳細，建議符號使用不要重複。
林教授慶元	<ol style="list-style-type: none"> 1.服務人口推估上，容積轉變之樓地板面積與建蔽代表之土地面積間的操作，建議能有說明。 2.績效分析之績效間的差距與績效順序是否有關？能否有進一步的說明更佳。 3.Google Earth 之防災地圖呈現上，區塊採透明可見下方地圖更佳，而地圖之解析度如能提升，工具更能受到廣泛應用。
賴教授信志	<ol style="list-style-type: none"> 1.使用 Google Earth 地理資訊系統來傳達避難據點之訊息，符合世界資訊趨勢，對於未來政府服務工作，有相當正面之開發效益。 2.防災地圖之圖層顏色可採半透明，以與衛星、空照訊息結合，對居民而言可提供災害風險資訊會更明確。 3.地面道路與房屋的空照解析度可自行蒐集較佳之圖片，利用疊圖技術植入，可使新化鎮之航照圖解析度更高。 4.避難據點可用 Google Earth 之 Sketch up 技術在平台上突顯標明。

<p>周教授士雄</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.避難據點區位配置模型，用於現有避難據點區位配置檢討上，可以作為既有避難據點區位配置檢討的補強，以瞭解避難據點服務範圍、績效分析。 2.建議實務運作上，在災害發生時，也可以考量物資據點之區位。 3.以避難據點服務範圍來看，新化鎮都市計畫區南邊空曠地較多，可指定為中長期收容所；北邊則鄰近斷層帶，是否應注意避難據點安全性。 4.以 Google Earth 為工具，建構防災地圖，是一個新的想法，但是應注意其空照圖年份與解析度。 5.建議可將都市防災空間六大系統，一併放入防災地圖，讓居民除了瞭解地震災害後的影響，也清楚住家周圍的防救災設施。
<p>鄭教授明安</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.以「區位正確」同時考量「維生系統配置正確」的概念，在評估準則中，宜就空曠地、機關服務區位等重要路徑據點，列為評估指標，以因應維生系統配置的指揮資源。 2.整合 TELES 與 Google Earth 工具，建構防災地圖，以 PDA 廣為民用，此一研發重點和方向，應予肯定，並期盼在各縣市建立實用避難、救災、醫療的都市防災空間，更進一步納入都市計畫發展的法定工具及管制條件。
<p>謝教授俊民</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.鄰里、地區、全市型避難據點之總量（服務量）與配置，應總整理與分類。 2.建議可針對避難路線之方向說明。 3.地震災害境況模擬之探討，對於人員傷亡可分為（1）日間傷亡人數、（2）夜間傷亡人數及（3）假日或通勤傷亡人數等，可以與各個避難據點之飽和率（使用率）做比較。 4.建議可整理成 SOP 手冊，方便操作。
<p>岳教授裕智</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.題目有趣，具有規劃意義。 2.對於避難據點考量因素，包含：災害避難人口比率、道路通行能力判定方法、避難據點服務範圍、避難據點服務容量等，對於避難據點服務範圍之距離，應該要謹慎考量。 3.目前此計畫對公共設施設置的安全有直接效益，但如果就長遠來看，應該整合規劃層面，提供相關指標來配置公共設施。 4.考量道路通行能力時，建議應考量備用道路。 5.考量避難據點時，對於面積較大的私人建築，建議可納入避難據點考量，否則可能避難據點不足使用。

<p>王國防訓儲研究員暉堯</p>	<p>1.建議可考量納入避難弱勢族群之分布，以加強避難據點服務能力之評估。</p>
<p>陳組長建忠</p>	<p>1.建議可補充人口推估方式之文獻，讓報告書內容更完整。 2. Google Earth 開放給大家使用（疊圖），應留設區域內可置圖之功能。 3.考量服務能力評估使用之方法，其因素分析之結果只能適用於新化鎮，建議能否思考其他方式能更廣泛應用於避難據點服務能力評估？</p>
<p>何所長明錦</p>	<p>1.避難據點最佳化配置，請加強說明其理論與推估方式。 2.建議可詳細說明最佳化模式，例如公式、符號等變項，讓大家可以容易使用。 3. Google Earth 除了航照圖之應用外，是否有其他便利性，可進一步說明其特質，並以新化鎮為應用實例。</p>
<p>協同主持人 整體回應</p>	<p>1.以數學方法（區位評估、最佳化配置），會收集相關文獻，並於期末報告中附上操作手冊，以方便後續使用者操作。 2.謝謝邱顧問的指導，會將公式中的符號，更詳細說明。 3.有關於人口推估相關文獻，會再補充於報告書中。 4.理論架構會依所長建議，納入地區特色，讓模式更廣泛應用。 5.對於避難據點分類已在期中報告書有提出，相關更詳細說明會在期末報告書中敘述。 6.居民避難方向性，可運用行動 GIS 或其他方式做調查，建議後續研究酌予參考。 7.從點（避難據點）、線（道路通行能力）、面（避難據點服務範圍）來看，公共設施配置避難據點考量公共設施為主，道路通行能力依據文獻回顧，以路寬 8 公尺以上之道路為主，避難據點服務範圍則考量以 400 公尺路網距離為主。 8. Google Earth 空照圖年份與解析度，可藉由技術補強，將新化鎮地區空照圖年份統一，解析度調為一致。 9.避難據點增設用地以都市計畫規劃為學校、公園、綠地、廣（停）用地為主。</p>
<p>會議結論</p>	<p>1.避難據點最佳化配置，請加強說明其理論與推估方式。 2. Google Earth 之功能是将已完成之圖資上傳後，供地方居民下載使用，未來 TELES 如能有更新資訊，將有助於圖層的應用。 3.避難據點最佳化配置，公式、符號等說明宜更詳細，方便後續使用者使用。 4.避難弱勢族群之分布可建議後續研究酌予參考。 5.相關建議會在期末報告書再修正。 6.會將避難據點區位評估相關程序，做成標準操作手冊，供地方政府參考。</p>



附錄六 第一次工作會議紀錄

- 一、日期：中華民國九十七年四月十八日，早上十時
- 二、地點：內政部建築研究所 簡報室（台北縣新店市北新路3段200號13樓）
- 三、主持人：何所長明錦
- 四、與談人：黃教授健二、石井博昭教授、林教授慶元、文教授一智、陳組長建忠、王國防訓儲研究員暉堯
- 五、與會專家審查意見內容與回覆如下：(依發言順序) 紀錄：戴政安

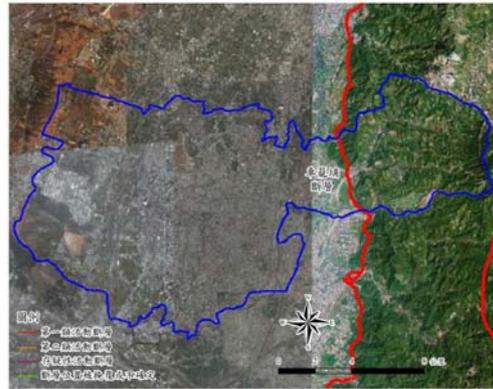
與會學者、專家、單位	審查意見內容 (依發言順序)
黃教授健二	<ol style="list-style-type: none"> 1. 避難設施應考慮避難時序列的對應，例如緊急避難據點、臨時避難據點、臨時收容所及中長期收容所等所對應的避難時間等，建議最佳配置可考慮避難時序列的避難設施。 2. 最適避難空間分布評估指標選擇十分重要，如何評估與評估指標等問題之決定要能確切掌握。 3. 避難據點評估之公共設施的可及性這部分是否要列入，可詳加考慮；安全性建議可考慮土壤液化、避難路徑的安全性及避難據點周圍建築物高度等項目。
石井博昭教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 避難據點評估指標，建議可再加入近五~十年人口變化、其他類設施（不只考量學校、公園及綠地等）、都市防災計畫及人口比率（男女、年齡等）變化，可有效增加評估指標內容。 2. 評價指標與研究內容對於都市計畫發展有所幫助。 3. 建議可考量跨區支援的防災議題，有助於防災設施評估的有效性。
林教授慶元	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計畫數理模型的適當性分析。 2. 都市類型之影響的考量。 3. 防災意識等類似因子的考量。 4. 行政區與行政區域差異的考量。
文教授一智	<ol style="list-style-type: none"> 1. 研究題目所指之「最佳化配置」是指避難據點在都市防災空間內之最佳化配置，還是指避難據點內部空間規劃之最佳化？ 2. 避難據點區位評估圖中關於安全性之影響因子偏向自然災害之淹水與斷層帶之影響，自然災害尚須考量地質與氣候因素，此外建議加入人為環境之影響因子，例如避難據點與路徑周邊之建築物構造強度與空間配置之影響等。

	<p>3.研究流程圖中「防災地圖製作」下分為歷史紀錄圖、救災反應時間圖及地震災損評估圖等，應改為「災害評估圖」而非防災地圖，「防災地圖製作」應是評估分析後之規劃成果總表現。</p> <p>4. Google Earth 作為意見溝通平台是很好之研究輔助工具，但其內容多為四、五年前之資訊，作為規劃之依據恐不合適，若要取得較適合分析之資訊，恐須付費，請參考。</p>
<p>陳建忠組長</p>	<p>1.本案先選定南（鳳山市）北（中和市）兩個建築研究所所做示範計畫地區做實證地區，以建立選定判別準則，並持續建置避難據點區位評估與最佳化配置，唯兩次準則與評估不盡相同，可能形成選定地區資料收集保存不完整，而無法驗證。因此，宜就可及性、收容性及安全性等先行建置及細分，予以所細分要項檢核可評估之案例地區。</p>
<p>協同主持人 整體回應</p>	<p>1 謝謝各位委員提出寶貴的意見，會在期中報告書再修正。</p> <p>2.感謝黃教授提出避難據點區位評估要加強考量的部份，在文獻回顧時，發現要考量的因素很多，因此可能要經過數量統計方法的驗證，找出評估條件，此評估條件要有相關資料，才可成為考量的因素。</p> <p>3.避難據點為第一次救援時應找到的空間，可能為法定都市計畫的設施或是開放的空間，對於避難據點的類型部份（一次避難、二次避難等），應從最基層避難據點開始，區域型避難據點則為基礎避難據點往上累積，由小單元到大單元。</p> <p>4.石井教授提出加強評估指標的部份，會考量資料取得的方便性，再加入評估指標內容；目前會先以一個行政區為考量，之後視時間可行性，再加入相鄰行政區，以比較其差異性。</p> <p>5.林教授提出數理模型的適當性，是這次報告書中的一個嘗試，對於理論模型部分不能太複雜，以追求可操作性為主。</p> <p>6.謝謝文教授提出流程圖中要修改的地方，防災地圖應為成果展現，災害評估圖則為疊圖分析的結果。</p>
<p>會議結論</p>	<p>1.研究計畫的建議可作為後續期中報告再修正。</p> <p>2.對於應如何從建築研究所 23 個都市防災空間規劃示範地區選擇實證地區，建議研究團隊可考量資料的取得來決定實證地區。</p> <p>3.感謝各位專家學者的參與，之後有初步成果再請各位專家學者參與討論。</p>

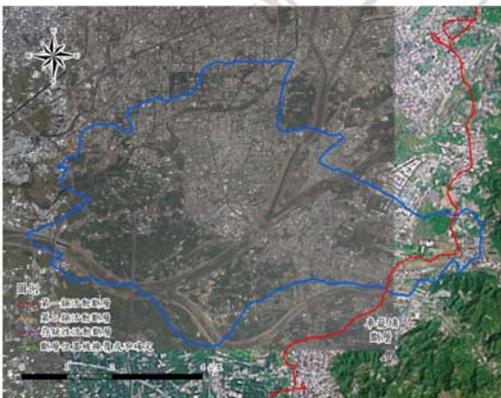
附錄七 第一類活動斷層帶通過之都市防災規劃示範計畫地區衛星影像圖



南投縣南投市（車籠埔斷層）



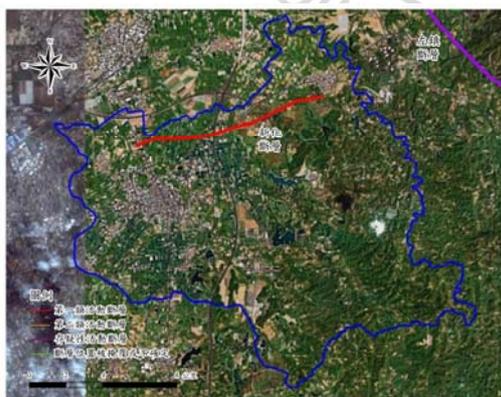
台中市（車籠埔斷層）



台中縣大里市（車籠埔斷層）



台北縣新莊市（山腳斷層）



台南縣新化鎮（新化斷層）



嘉義縣民雄鄉（梅山斷層）



附錄八 新化鎮都市防災空間系統規劃示範計畫問卷調查表

親愛的先生（小姐）您好：

本研究為內政部建築研究所 95 年度計畫工作，主要目的為協助新化鎮進行都市防災規劃、制定都市防災綱要計畫與規劃都市防災空間系統架構，俾作為未來都市計畫通盤檢討及防災設施規劃建置之參考。本問卷選定新化都市計畫區為訪問地點，並依影響居民避難行為特性、影響緊急避難場所配置原因、新化老街防災機制評估及避難意願，進行家戶意見調查。

本問卷屬學術研究性質，個人資料絕不會對外公開，請放心於下列問題之□中勾選適當答案。您不吝撥冗填答的寶貴意見，將是我們進行此項研究最大助力，除深表感謝，並敬祝您

闔府安康 萬事如意！

內政部建築研究所 何明錦所長

長榮大學土地管理與開發學系 李泳龍博士 敬上

嘉南藥理科技大學休閒保健管理系 黃宗誠博士

若有任何疑問請聯絡 (06) 2785123 轉 2310 戴政安研究生

問卷編號：_____ 訪問時間：_____ 訪問者：_____

訪問地點：新化鎮_____里_____路（街）_____段_____巷_____號_____樓

※本問卷使用名詞定義如下：

1. **避難**：災害發生或有發生之虞時，人民保護生命與財產安全所採取（選擇）之行為。
2. **避難據點**：包含避難所（shelter）、避難場所（evacuation site）等，在災變時序發展過程中依居民使用特性、規模及功能上之不同，大致可區分為三類：(1) 公園、綠地、停車場及開放空間等「廣場型」；(2) 高中、國中及國小等「學校型」；(3) 區公所、機關設施及軍事用地等「設施型」。
3. **避難所（室內場所）**：提供因地震等災害致使房屋倒塌、毀損而無法居住之受災居民，能夠臨時居留與保護而指定的學校及社區中心等建築物。
4. **避難場所（室外場所）**：因應大規模地震後所衍生之各類型災害，提供空曠之大規模公園與綠地，並給予避難者的安全停留避難空間。

5.災害：本研究所指災害係類似1999年發生芮氏規模7.3的921大地震，當時總共造成2,333人死亡及10,002輕重傷。由歷史紀錄，1946年也發生芮氏規模6.1的新化大地震，當時總共造成556人傷亡與4千多棟房屋倒塌或毀損。

第一部份、災害發生時影響居民避難行為的原因調查

1.請問可能影響您選擇就地避難（不離開住所）的最主要原因為何？（單選題）

- 無處可去 無交通工具 聯外交通不便利 造成生活起居不方便
覺得原居住地比較安全 不知道該怎麼辦，所以留在室內
擔心避難途中有危險 其他_____

2.下列①～⑤項為災害發生後，可能會影響您選擇離家避難的重要考量原因。

- ①房屋傾毀程度
②聯外道路毀壞程度
③停留原居住地可能有危險
④水、電與瓦斯等維生管線無法使用導致居住不便
⑤因地震而引起的災害（例如火災、土壤液化、土石流及土石崩落等）

請依據您個人的主觀感受，按照重要性高低加以排序：

_____ > _____ > _____ > _____ > _____

3.下列①～⑤項為災害發生後，可能會影響您離家避難選擇避難據點的重要考量原因。

- ①平時政府防災計畫宣導
②距離住家最近地點
③對於所選地點環境較為熟悉
④當災害發生於夜間時，選擇有燈光之地點
⑤容易取得生活所需物資的地方

請依據您個人的主觀感受，按照重要性高低加以排序：

_____ > _____ > _____ > _____ > _____

4.若您於災害發生後決定離家避難，請問會優先選擇以下何種性質的避難據點？

- 空地
可安全使用之建築物
主要為空地，但仍存在部分可安全使用之建築物
主要為可安全使用之建築物，但仍存在部分空地（例如：法定空地、留設空地或現況未建築使用之土地等）

5.下列①~⑤項為個人平時防災知識教育的重要來源。

- ①注意媒體報導災害消息
- ②閱讀防災的書籍或資料
- ③收看防災宣導短片、影片等
- ④由網站上獲取防災資訊（例如：行政院災害防救委員會網站）
- ⑤政府規劃之防災演習（例如：台南縣消防分隊舉辦的消防演習）

請依據您個人的主觀感受，按照資訊取得重要程度加以排序：

_____ > _____ > _____ > _____ > _____

第二部份、影響避難場所區位配置之原因調查

6.依據都市計畫防災規劃手冊彙編之相關規定，下列①~⑤項避難場所符合地方政府的區位配置規劃原則。請您依照個人的先後選擇順位加以排序：

_____ > _____ > _____ > _____ > _____

- ①學校（例如：學校操場及空地等）
- ②公園（例如：鄰里公園、社區公園及兒童遊樂場等）
- ③體育場所（例如：籃球場及溜冰場等）
- ④綠地
- ⑤停車場

7.請問您可以接受避難場所距離住家附近多少公尺範圍內？

- 300公尺以下 301公尺~500公尺 501公尺~700公尺
- 701公尺~1,000公尺 1,001公尺以上，但不超過_____公尺

8.當災害發生後，避難場所應該協助解決居民避難生活的最重要五項問題為何，請加以排序？（依重要性填入1、2、3、4、5的數字）

- | | | |
|--------------|--------------------|----------|
| ____飲食問題 | ____清潔問題（衛浴、盥洗等問題） | ____睡眠問題 |
| ____醫療問題 | ____衛生問題（垃圾處理等問題） | ____照明問題 |
| ____生活用品問題 | ____高齡、年幼者照顧問題 | ____噪音問題 |
| ____災害相關即時資訊 | ____其他_____ | |

9.參考資料(1)台北市都市計畫防災系統之規劃每人避難面積2平方公尺(0.6坪)及(2)都市計畫防災規劃手冊彙編規劃每人避難面積3.3平方公尺~4平方公尺(1.0坪~1.2坪),請您依主觀方式進行評估,當災害發生時每人避難面積最少應提供多少平方公尺?(1平方公尺=0.3坪)

- 1~3 平方公尺 (0.3 坪~0.9 坪) 4~6 平方公尺 (1.2 坪~1.8 坪)
7~9 平方公尺 (2.1 坪~2.7 坪) 10~12 平方公尺 (3.0 坪~3.6 坪)
其他 _____ 平方公尺

10.參考921大地震後調查發現:路寬1~4公尺之道路容易被完全阻絕,路寬8公尺以下之道路可能產生部分道路阻絕。請問您認為避難場所周圍連接道路的路寬最小需要多少公尺,以確保大地震發生後,仍然能夠保持道路的基本的人車通行功能(本題請以最低可維持通行之道路寬度,採主觀方式進行評估)?

- 20公尺~25公尺 15公尺~19公尺 10公尺~14公尺 5公尺~9公尺

11.請問您是否清楚新化都市計畫第二次通盤檢討(公開展覽時間為94年3月28日起至94年4月27日)有關防災避難場所之規劃內容?

- 非常清楚 清楚 尚可 不清楚 非常不清楚

第三部份、新化老街防災機制評估

12.假設發生大規模地震,新化老街歷史建物可能因震災而傾毀,以身為新化鎮居民的立場而言,請問您的感受為何?

- 非常關心 關心 尚可 不關心 非常不關心

13.新化老街歷史建物尚未列為文化資產保存法的範圍,請問您認為目前新化老街歷史建物的修復及維護等保存工作,需要由地方政府負責推動嗎?

- 非常需要 需要 尚可 不需要 非常不需要

14.在制定新化老街歷史街區的防災計畫時,請問您是否同意優先考慮居民的生命安全,而拆除年久失修之建築物?

- 非常同意 同意 尚可 不同意 非常不同意

15.為了「新化老街歷史建築的保存與防災」,請問您願意參加由居民自主性組成的防救災團隊嗎?

- 非常願意 願意 尚可 不願意 非常不願意

16.請問您如何能夠有效提升居民對於新化老街之防災意識？

- 由新化鎮公所或台南縣政府防災單位定期舉辦防救災演習
- 由防災領域之專家學者透過社區活動方式教育居民
- 由中央政府加強宣導新化老街之防災知識
- 其他

17.新化老街內多狹小巷道，請問您是否同意以道路拓寬方式，提升道路的防災機能？

- 非常同意
- 同意
- 尚可
- 不同意
- 非常不同意

第四部份、個人背景資料

18.請問您的性別？

- 男
- 女

19.請問您的年齡？

- 20歲以下
- 21~30歲
- 31~40歲
- 41~50歲
- 51~60歲
- 61~70歲
- 71歲以上

20.請問您的教育程度？

- 國小以下
- 國中
- 高中（職）
- 大專院校
- 研究所以上

21.請問您的職業？

- 農
- 工
- 商
- 軍公教
- 家管
- 服務業
- 學生
- 退休
- 其他

22.請問您家庭成員的年齡結構為何？

- 12歲以下兒童有 _____ 人
- 12~65歲的家庭成員有 _____ 人
- 65歲以上年長者的家庭成員有 _____ 人

23.請問您居住於目前住家已經 _____ 年

24.請問您目前居住的住宅權屬狀況？

- 自有 租賃

第五部份、避難意願調查

25.假設目前發生類似「1999年921大地震」或「1946年新化大地震」的巨大災害時，請於下列勾選離家避難意願的高低？

避難意願「低」 ← | | | | | | | | | | → 避難意願「高」

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

本問卷到此全部結束，再次感謝您的協助，謝謝！

除了上述問題外，若您還有更好的寶貴意見，敬請於以下空白處說明。

附錄九 避難據點基本資料彙整

一、公園用地

公園名稱	面積 (m ²)	地址
新化運動公園	60,100	-

二、文小

學校名稱	面積 (m ²)	電話	地址
新化國小	28,800	06-5901810	台南縣新化鎮中山路 173 號
正新國小	20,400	06-5973113	台南縣新化鎮豐榮里正新路 97 號
大新國小	22,300	06-5982953	台南縣新化鎮太平街 176 號
那拔國小	-	06-5911591	台南縣新化鎮那拔里 54 號
口碑國小	-	06-5901445	台南縣新化鎮知義里口碑 88 號
礁坑國小	-	06-5901980	台南縣新化鎮礁坑里 36 巷 150 號

三、文中

學校名稱	面積 (m ²)	電話	地址
新化國中	51,790	06-5902269	台南縣新化鎮中興路 722 號

四、文高

學校名稱	面積 (m ²)	電話	地址
新化高中	63,300	06-5982065	台南縣新化鎮忠孝路 2 號



附錄十 災害防救據點基本資料彙整

一、警政據點

派出所名稱	面積 (m ²)	電話	住址
新化派出所	3,900	06-5901022	台南縣新化鎮東榮里中興里 827 號
知義派出所	-	06-5902949	台南縣新化鎮山腳里山腳 182 號
那拔派出所	-	06-5911051	台南縣新化鎮那拔里那拔林 75 號
嗶口派出所	1,300	06-5982924	台南縣新化鎮協興里中山路 660 巷 50 號

二、醫療據點

醫療單位	電話	地址
台南醫院新化分院	06-5911929	台南縣新化鎮那拔里牧場 72 號
1 泰安診所	06-5906836	台南縣新化鎮大同街 127 號
2 洪耳鼻喉科診所	06-5902000	台南縣新化鎮中山路 236 號
3 高榮診所	06-5902328	台南縣新化鎮中山路 299 號
4 天寶診所	-	台南縣新化鎮中正路 477 號
5 杏林診所	06-5982386	台南縣新化鎮中山路 546 號
6 陳相國聯合診所	06-5908878	台南縣新化鎮中山路 491-1 號
7 慈惠診所	-	台南縣新化鎮中山路 503 號
8 黃聲亮內科診所	06-5901497	台南縣新化鎮中山路 160 號
9 誠大診所	06-5901995	台南縣新化鎮中正路 337-1 號
10 愛鄰診所	06-5902258	台南縣新化鎮中山路 138 號
11 丁江龍診所	06-5903419	台南縣新化鎮中山路 150 號
12 明明診所	-	台南縣新化鎮中山路 161 號
13 周明山診所	06-5904168	台南縣新化鎮中山路 192-1 號
14 永泉耳鼻喉科診所	06-5907069	台南縣新化鎮中山路 434 號
15 王觀瑜診所	06-5902773	台南縣新化鎮民權街 15 號
16 林明輝診所	06-5900455	台南縣新化鎮長青街 9 號
17 勝壬診所	06-5800333	台南縣新化鎮中興路 815 號
18 健生診所	-	台南縣新化鎮中正路 231 號
19 丘繼微診所	-	台南縣新化鎮信義路 122 號

20	日日新診所	06-5909323	台南縣新化鎮和平街 171 號
21	永德診所	06-5985209	台南縣新化鎮中正路 506 號 1 樓
22	徐小兒科診所	06-5800933	台南縣新化鎮中山路 197 號

三、消防據點

消防局名稱	面積 (m^2)	電話	住址
新化消防分隊	-	06-5902920	台南縣新化鎮信義路 59 號

四、物資據點

名稱	電話	住址
新化鎮農會	06-5985483	台南縣新化鎮中山路 540 號
塗員商行	06-5902510	台南縣新化鎮中正路 549 巷 7 號
富強商行	06-5907838	台南縣新化鎮中山路 300 號
泰香餅舖	06-5906688	台南縣新化鎮中正路 431 號
元鄉餅舖	06-5984227	台南縣新化鎮中正路 511 號

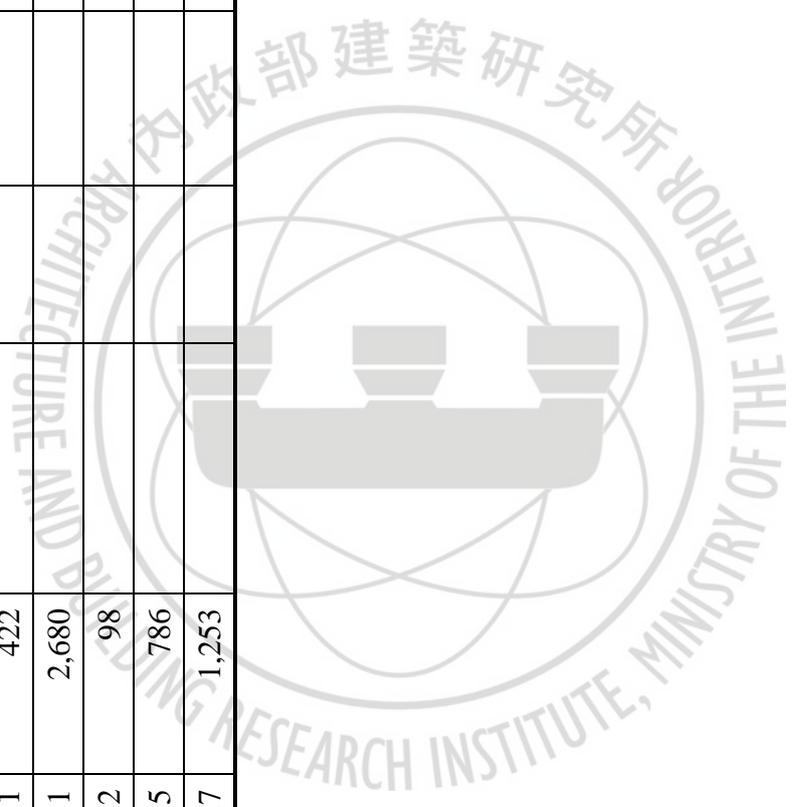
附錄十一 各分區活動人口數

分區代碼	土地使用分區	面積 1	活動人口 1	土地使用分區 2	面積 2	活動人口 2	土地使用分區 3	面積 3	活動人口 3
	1					2			
1	住宅區	9,377.9	319	商業區	916.4	92			
2	住宅區	26,670.7	907						
3	住宅區	1,468.6	50	商業區	10,739.1	1,074			
4	住宅區	5,876.8	200	商業區	1,500.4	150			
5	住宅區	40,490.2	1,377	商業區	8,670.5	867			
6	住宅區	31,774.7	1,080						
7	住宅區	74,919.1	2,547						
8	住宅區	14,786.3	503	商業區	8,319.5	832	市場用地	6,838.3	547
9	住宅區	2,970.2	101	商業區	11,813.2	1,181			
10	住宅區	14,838.9	505	商業區	8,839.1	884			
11	住宅區	9,571.6	325	商業區	3,142.1	314			
12	住宅區	8,537.8	290						
13	住宅區	6,999.6	238	商業區	6,569.6	657			
14	住宅區	3,580.2	122	商業區	13,409.9	1,341	市場用地	5,030.6	402
15	住宅區	7,481.1	254	商業區	9,448.1	945			
16	住宅區	8,372.9	285	商業區	12,278.4	1,228			
17	住宅區	5,236.3	178	商業區	5,845.1	585			
18	住宅區	19,830.6	674	商業區	21,434.4	2,143			

都市防災空間系統避難據點區位評估與最佳化配置

19	住宅區	11,564.9	393	商業區	8,822.9	882		
20	住宅區	9,079.3	309	商業區	5,043.6	504		
21	住宅區	25,104.9	854	商業區	9,154.2	915		
22	住宅區	28,472.3	968					
23	住宅區	19,964.6	679					
24	住宅區	17,832.6	606					
25	住宅區	48,584.6	1,652					
26	住宅區	63,692.1	2,166					
27	住宅區	6,738.1	229	商業區	2,644.1	264		
28	住宅區	20,133.1	685	商業區	2,900.1	290		
29	住宅區	39,501.1	1,343	商業區	6,062.1	606		
30	住宅區	27,592.8	938					
31	住宅區	30,835	1,048					
32	住宅區	13,404.1	456	商業區	5,803.6	580		
33	住宅區	1,464.5	50					
34	住宅區	3,322	113					
35								
36	住宅區	4,026.4	137	商業區	4,423.4	442	市場用地	6,503.1
37	住宅區	21,325.4	725	商業區	11,576.7	1,158		
38	住宅區	4,995.3	170	商業區	3,662.1	366		
39				商業區	19,112.7	1,911		
40				商業區	9,513.1	951		

41	住宅區	1,595.5	54					
42	住宅區	12,539.6	426	商業區	7,718.8	772		
43	住宅區	11,197.5	381					
44	住宅區	12,398.1	422					
45	住宅區	78,826.1	2,680					
46	住宅區	2,883.2	98					
47	住宅區	23,115	786					
48	住宅區	36,845.7	1,253					





附錄十二 都市防災空間避難據點最佳化配置操作手冊

一、本計畫採用最大覆蓋區位問題模式，有關各項變數間的關係，係透過地理資訊系統建立各項空間資料，將其轉換為區位分析軟體所需資料格式，以利進行設施區位分析，最後將分析結果透過地理資訊系統進行展圖。有關變項資料採用 Arc GIS9.2 作為資料檔案建置，區位分析則使用 LINGO 軟體進行最適分析，兩種軟體間之交互使用參見圖 1；並透過 SITUATION 軟體進行區位評估，參見圖 2。SITUATION 軟體為 Daskin(1995)配合 Network and Discrete Location: Models, Algorithm, and Application 教科書所配合的軟體，其中可以求解出五種區位問題，包括 P-median Problem、P-center Problem、Location Set Covering Problem、Maximal Covering Location Problem、Uncapacitated Fixed Charge Problem 等問題。此外，SITUATION 軟體也提供 Mapping(圖形解)同時也可以於節點命名。

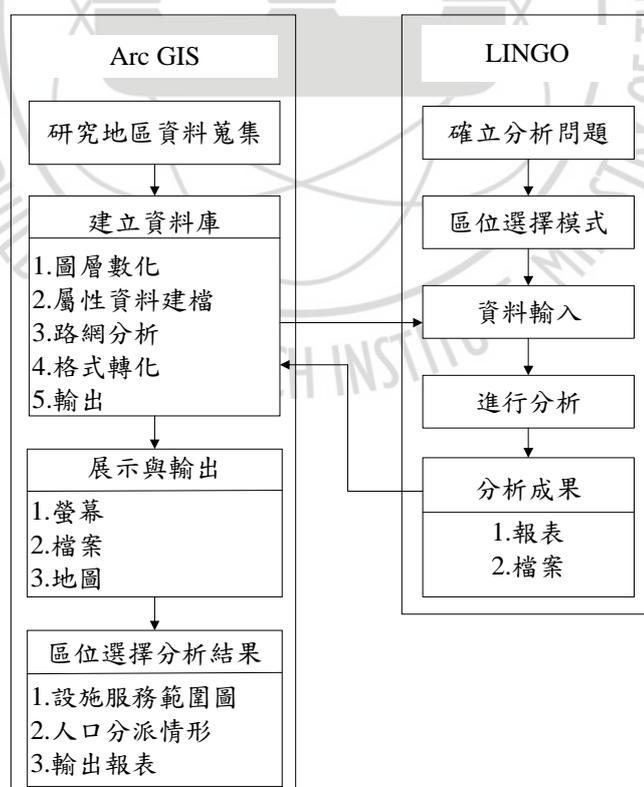


圖 1 區位選擇分析模式圖

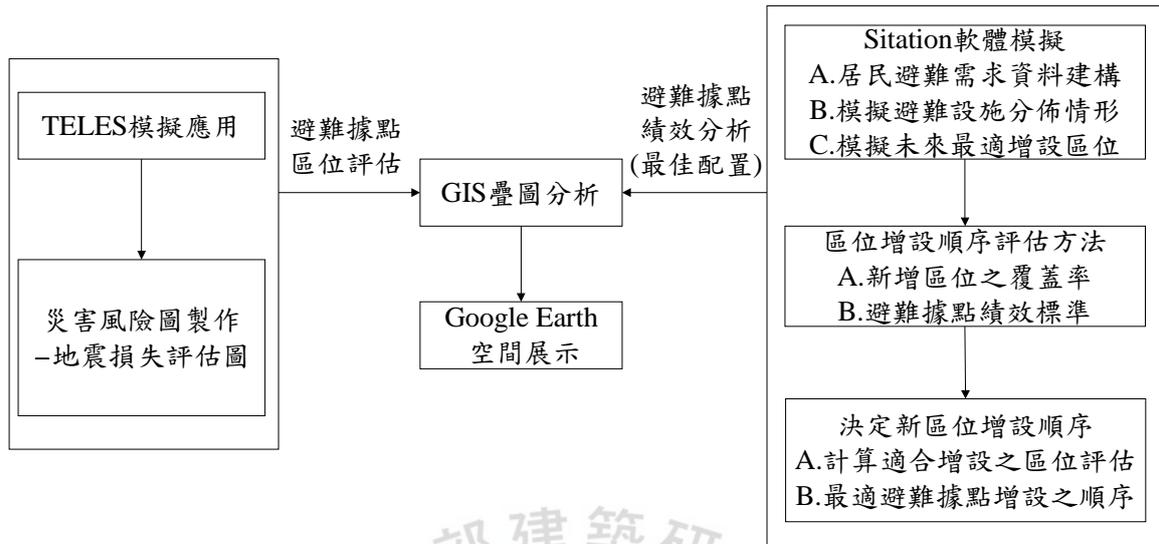
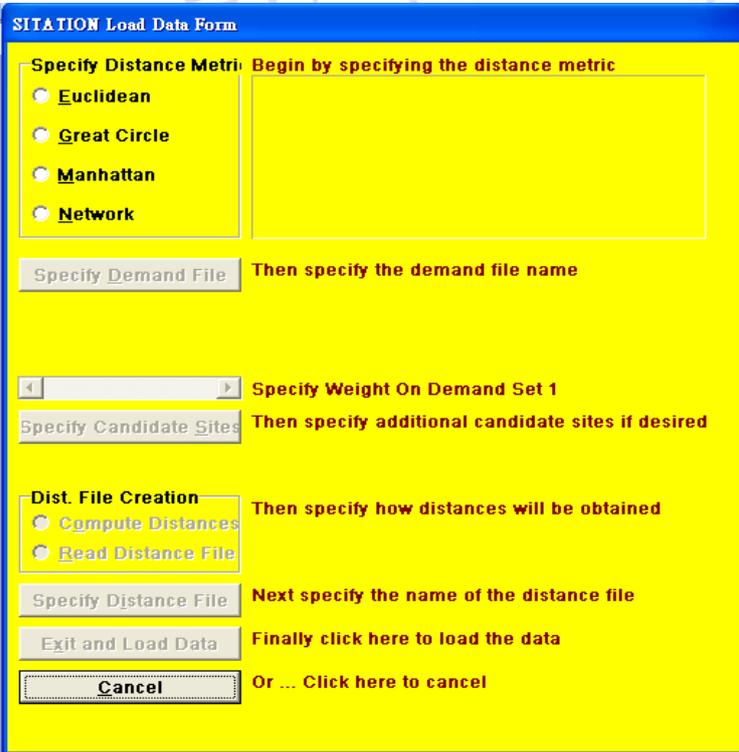
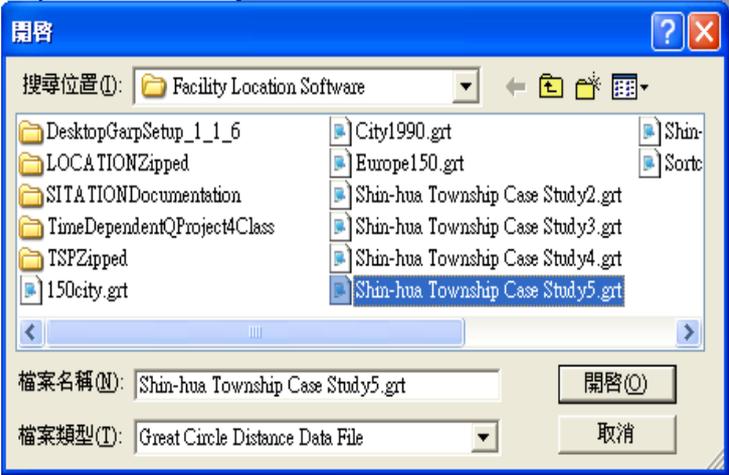
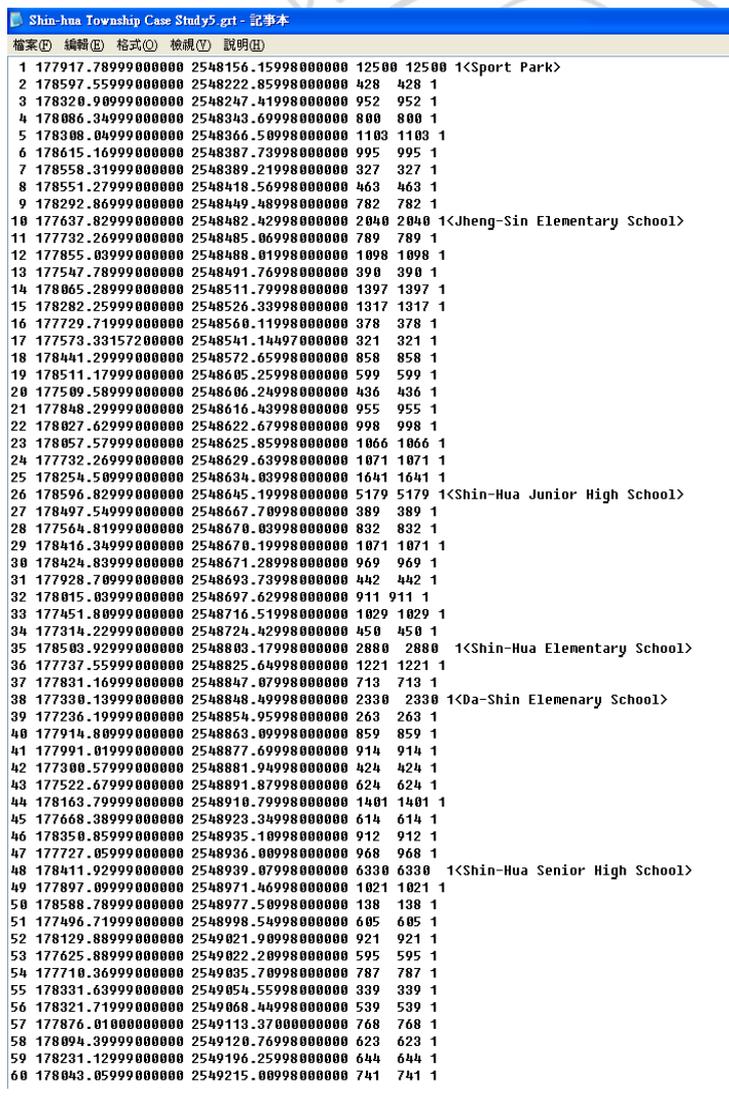


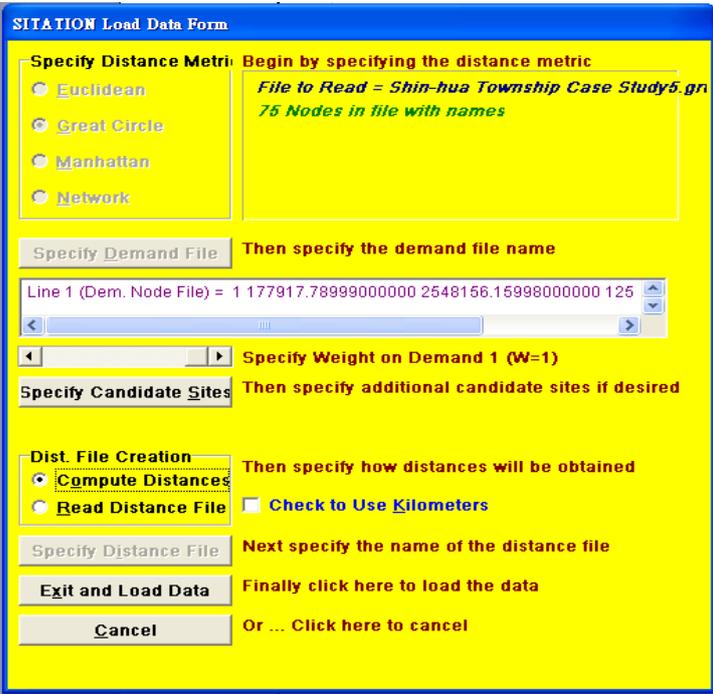
圖 2 Sitation 軟體區位評估圖

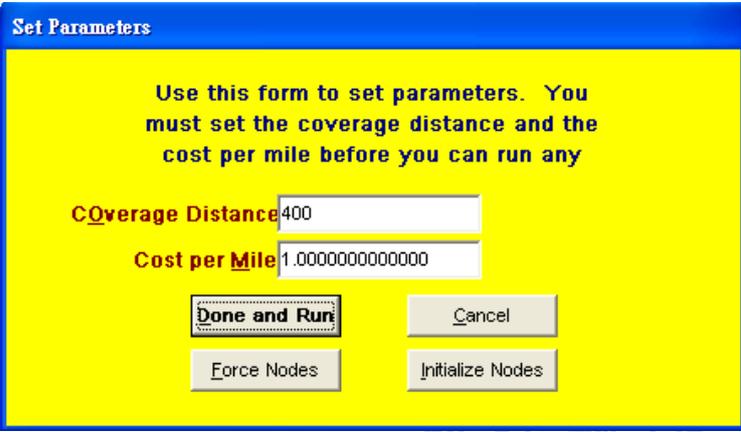
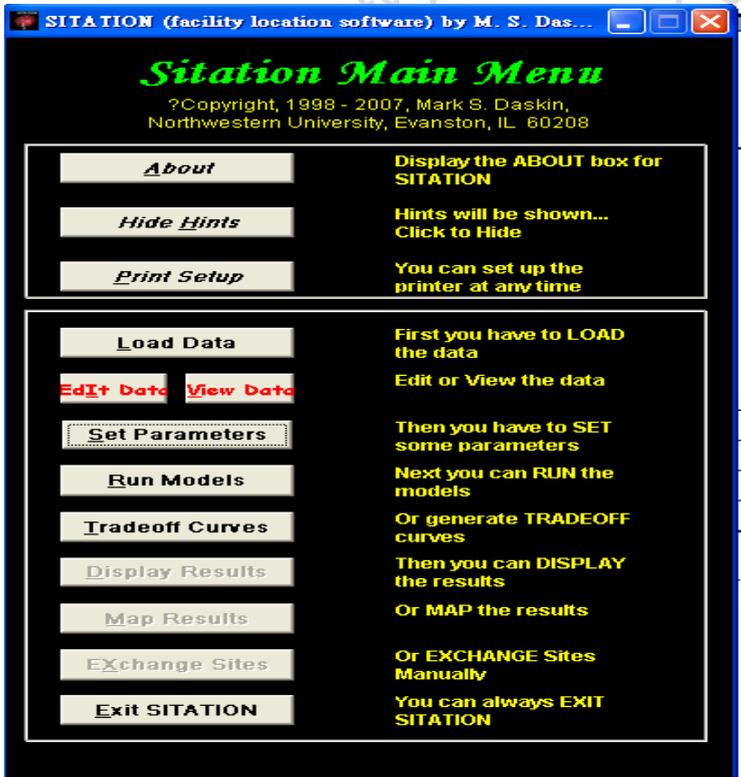
二、軟體操作步驟如下

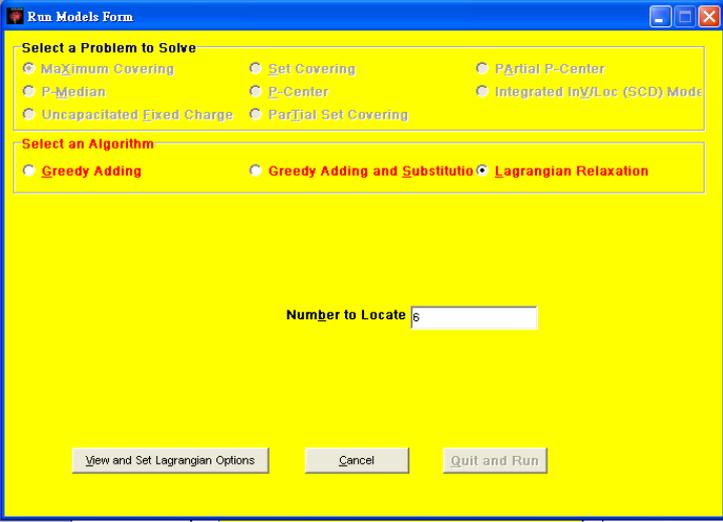
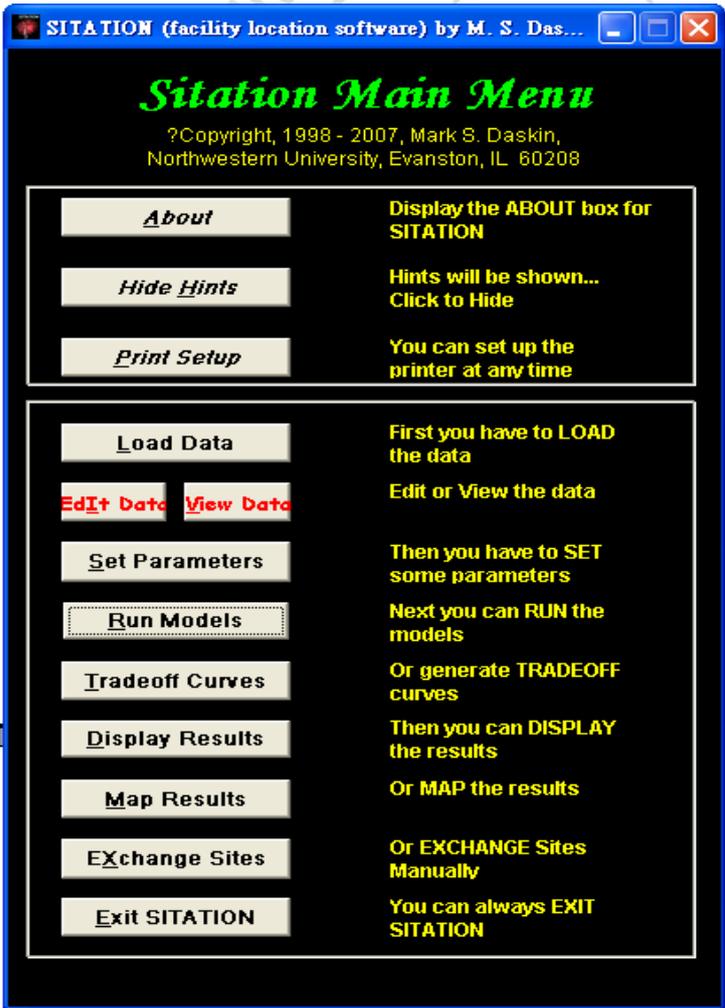
步驟 (畫面)	說明
	<p>Sitation 軟體可求解 Maximum Covering, P-Median, Uncapacitated Fixed Charge, P-Center, Set Covering, Partial Covering P-Center, Partial Covering Set Covering, SCD Intergrated Location Inventory Model 等模式，最多 300 個節點。</p>

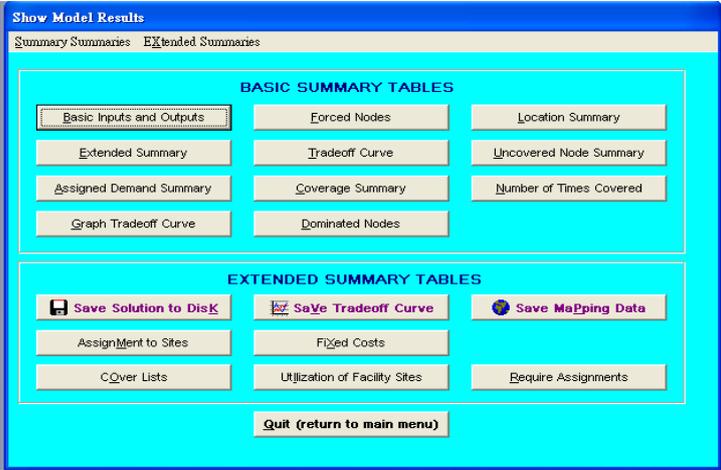
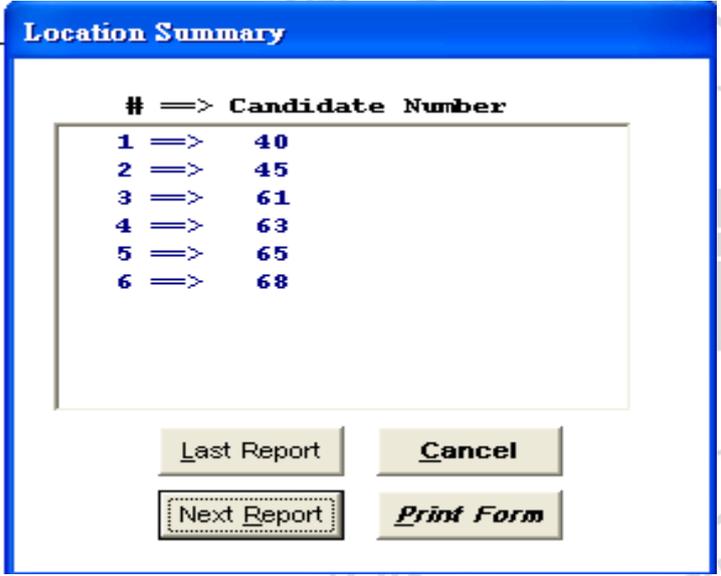
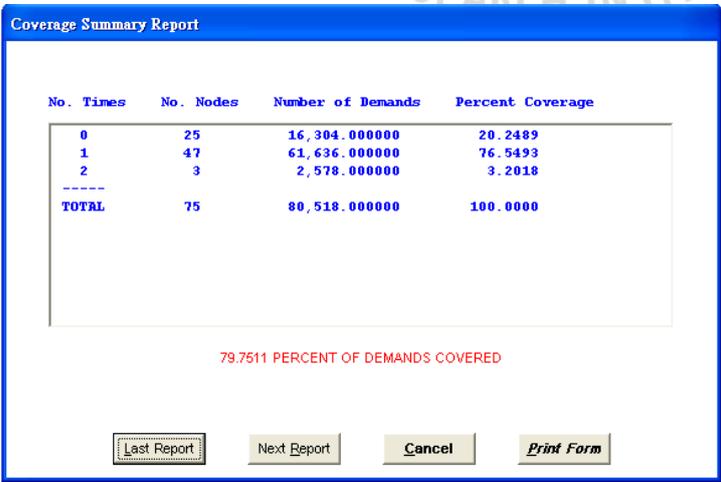
步驟 (畫面)	說明
	<p>SITATION 軟體介面，Load Data 輸入分析資料。</p>
	<p>資料處理方式有 Euclidean (straight line), Great Circle (shortest distance on a sphere), Manhatta (right angle), Network ; 選擇 Great Circle。</p>

步驟 (畫面)	說明
	<p>輸入分析資料。</p>
	<p>資料項目依序為項目、經度、緯度、需求點需求量、距離成本(可忽略不計,只輸入1)、避難據點名稱。</p>

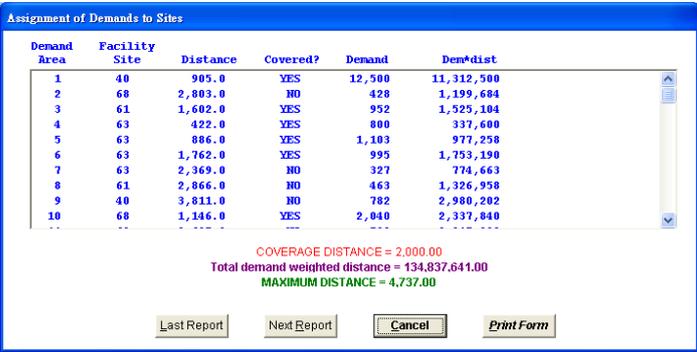
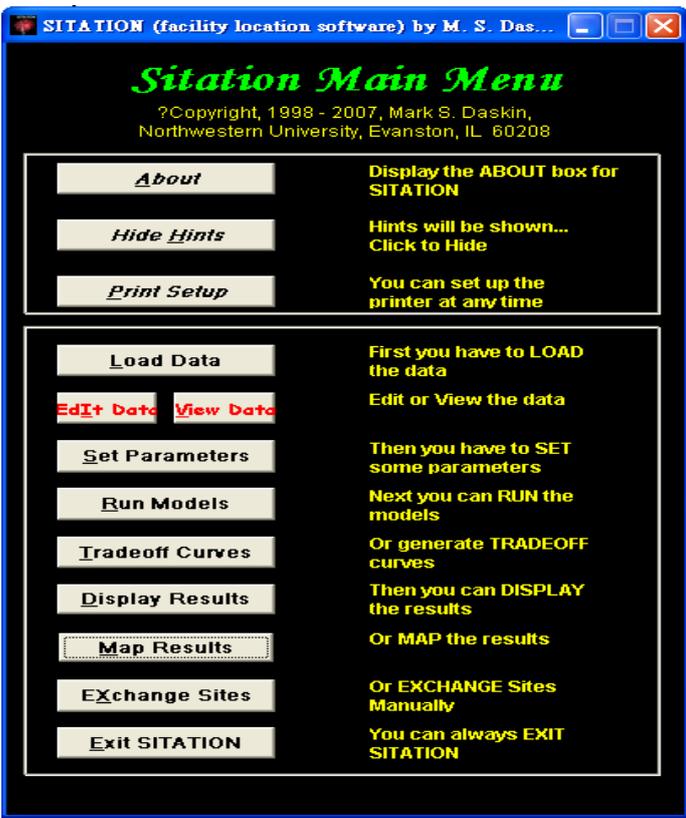
步驟 (畫面)	說明
	<p>Dist File Creation 選擇距離類型，系統預設為英哩，本計畫係採用公里。</p>
	<p>Set Parameters 輸入避難據點服務範圍。</p>

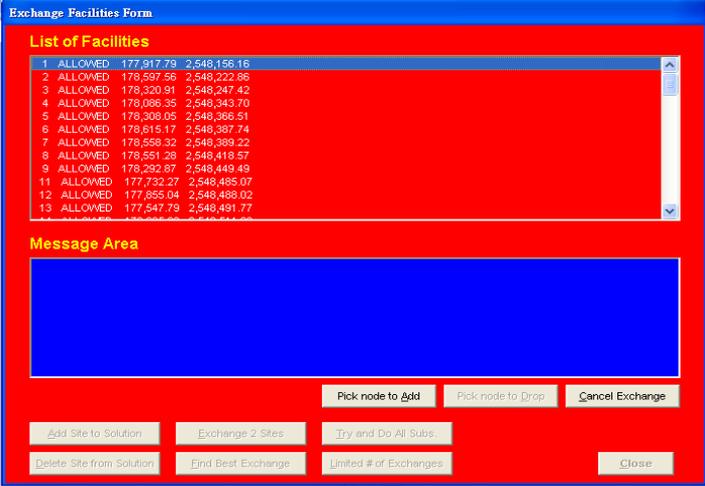
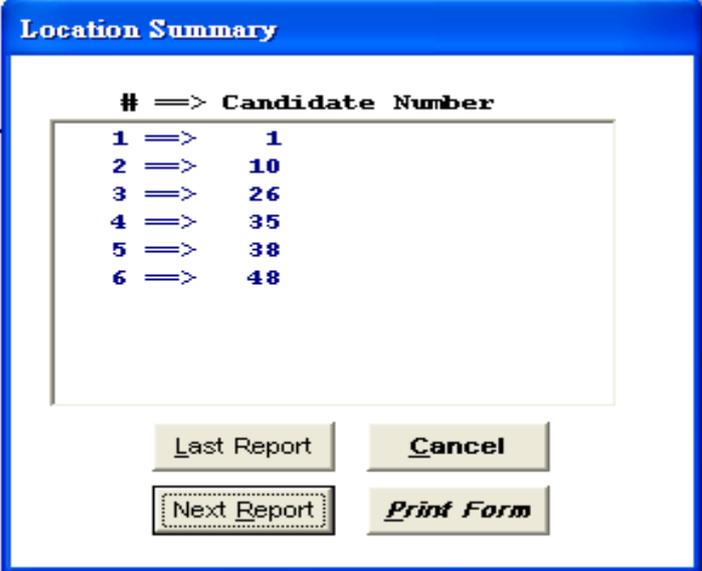
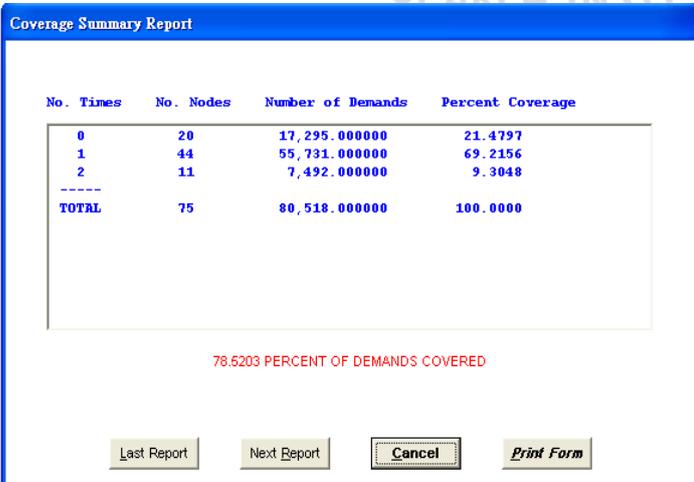
步驟 (畫面)	說明
	<p>Coverage Disaster 輸入避難據點服務距離，距離價格可忽略不計，只輸入 1。</p>
	<p>Run Models 輸入欲分析問題模式。</p>
	<p>共有 Maximum Covering, Set Covering, Partial P-Center, P-median, P-Center, Intergrated Inv/Loc (SCD) Model, Uncapacitated Fixed Charge, Partial Set Covering 等問題模式。</p>

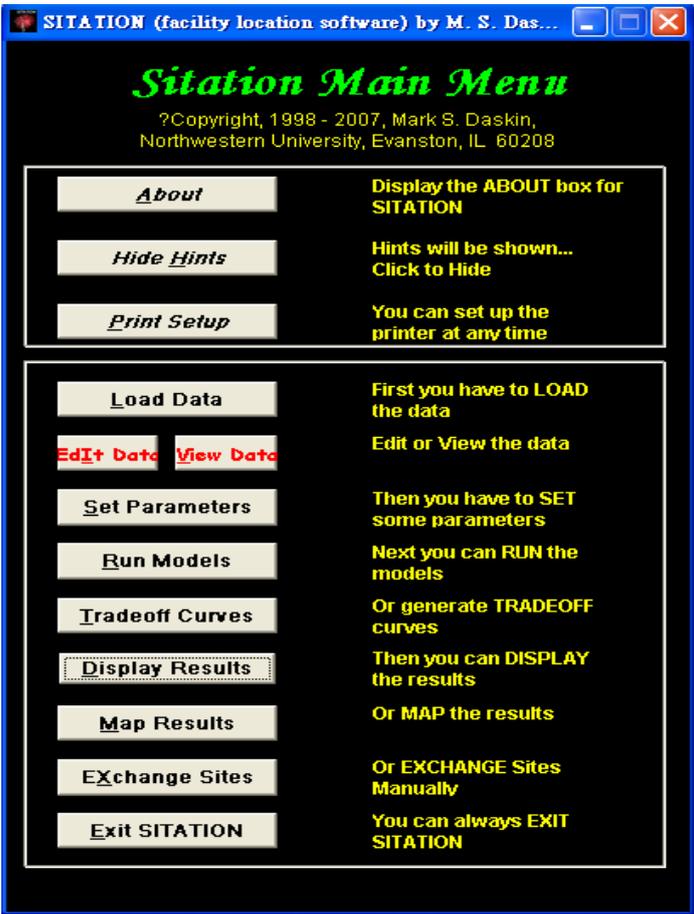
步驟 (畫面)	說明
	<p>問題模式選擇 Maximum Covering, 演算方式選擇 Lagrangian Relaxation, 現有避難據點共有 6 個。</p>
	<p>選擇 Display Result, 看初步分析結果。</p>

步驟 (畫面)	說明																								
 <p>The screenshot shows a software window titled "Show Model Results" with two tabs: "Summary Summaries" and "Extended Summaries". Under "BASIC SUMMARY TABLES", there are buttons for "Basic Inputs and Outputs", "Forced Nodes", "Location Summary", "Extended Summary", "Tradeoff Curve", "Uncovered Node Summary", "Assigned Demand Summary", "Coverage Summary", and "Number of Times Covered". Under "EXTENDED SUMMARY TABLES", there are buttons for "Save Solution to Disk", "Save Tradeoff Curve", "Save Mapping Data", "Assignment to Sites", "Fixed Costs", "Cover Lists", "Utilization of Facility Sites", and "Require Assignments". A "Quit (return to main menu)" button is at the bottom.</p>	<p>結果分析，共有 Basic Summary Tables 與 Extended Summary Tables 兩大類。</p>																								
 <p>The screenshot shows a window titled "Location Summary" with a table of candidate numbers:</p> <table border="1" data-bbox="300 974 874 1261"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Candidate Number</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>61</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>68</td> </tr> </tbody> </table> <p>Buttons at the bottom include "Last Report", "Cancel", "Next Report", and "Print Form".</p>	#	Candidate Number	1	40	2	45	3	61	4	63	5	65	6	68	<p>Location Summary (區位摘要)可以顯示不考量現有避難據點分布位置，只考量避難據點數量之結果。</p>										
#	Candidate Number																								
1	40																								
2	45																								
3	61																								
4	63																								
5	65																								
6	68																								
 <p>The screenshot shows a window titled "Coverage Summary Report" with a table:</p> <table border="1" data-bbox="292 1570 914 1805"> <thead> <tr> <th>No. Times</th> <th>No. Nodes</th> <th>Number of Demands</th> <th>Percent Coverage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>25</td> <td>16,304.000000</td> <td>20.2489</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>47</td> <td>61,636.000000</td> <td>76.5493</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3</td> <td>2,578.000000</td> <td>3.2018</td> </tr> <tr> <td colspan="4">----</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>75</td> <td>80,518.000000</td> <td>100.0000</td> </tr> </tbody> </table> <p>Below the table, it says "79.7511 PERCENT OF DEMANDS COVERED". Buttons at the bottom include "Last Report", "Next Report", "Cancel", and "Print Form".</p>	No. Times	No. Nodes	Number of Demands	Percent Coverage	0	25	16,304.000000	20.2489	1	47	61,636.000000	76.5493	2	3	2,578.000000	3.2018	----				TOTAL	75	80,518.000000	100.0000	<p>Coverages Summary Report(區位覆蓋摘要)顯示理想配置 6 個避難據點，不考量現有避難據點分布位置，約有 20.2489% 的地區沒有被服務到。</p>
No. Times	No. Nodes	Number of Demands	Percent Coverage																						
0	25	16,304.000000	20.2489																						
1	47	61,636.000000	76.5493																						
2	3	2,578.000000	3.2018																						

TOTAL	75	80,518.000000	100.0000																						

步驟 (畫面)	說明
	<p>Assignment of Demand to Sites(需求點分配到避難據點)顯示哪些需求點沒有被服務，哪些需求點有被服務。</p>
	<p>Exchange Sites 可輸入現有避難據點分布位置。</p>
	<p>Exchange 2 Sites(交換避難據點位置)可將理想避難據點換為現有避難據點。</p>

步驟 (畫面)	說明
	<p>現有避難據點 (編號) 分布為運動公園 (1)、正新國小 (10)、新化國中 (26)、新化國小 (35)、大新國小 (38)、新化高中 (48)。</p>
	<p>Location Summary 顯示避難據點為運動公園 (1)、正新國小 (10)、新化國中 (26)、新化國小 (35)、大新國小 (38)、新化高中 (48)。</p>
	<p>Coverage Summary Report(區位覆蓋摘要)顯示現有 6 個避難據點服務績效約 78.5203%，重疊率約有 9.3048%。</p>

步驟 (畫面)	說明
	<p>Exit SITATION 離開 區位分析軟體。</p>



參考書目

一、中文部份

- 王中允、嚴國基 (2006)，災區民眾疏散信賴度評估與重建模型之研究，
運輸學刊，第 18 卷第 3 期，頁 297-330。
- 王威仁、賴榮平 (2005)，建築物火災發生傷亡與都市空間使用類別關係之研究，
建築學報，第 51 期，頁 23-33。
- 王敏順 (2006)，超高層建築地區防災策略之研究，中華建築學刊，第 2
卷第 3 期，頁 65-77。
- 白仁德、黃冠華 (2008)，颱風土石流災害下疏散避難行為特性與認知
屬性之研究—以行動弱勢族群為例，2008 年全國災害處理危機研討
會。
- 江崇誠 (2002)，建築與都市防災—都市防災規劃理論，內政部建築研
究所。
- 江崇誠、張立升、沈俊志 (2001)，社區救災避難據點與救災避難路徑
之調查與設置原則之研究，中華民國都市計劃學會年會暨論文研討
會，頁 IV-C6-14~IV-C6-31。
- 何明錦、李泳龍、陳建忠 (2005)，永康市都市防災空間系統規劃示範
計畫，內政部建築研究所。
- 何明錦、李泳龍、陳建忠 (2006)，新化鎮都市防災空間系統規劃示範
計畫，內政部建築研究所。
- 何明錦、李泳龍、陳建忠、戴政安、張尚文 (2006)，地震災害居民緊
急避難行為之研究—以永康市為例，2006 年全國災害危機處理學術
研討會論文集，頁 C1-67~C1-81。
- 何明錦、李泳龍、黃宗誠、陳建忠 (2006)，地震災害境況下居民避難

行為之研究—以新化鎮為例，中華民國都市計劃學會、區域科學學會、住宅學會 2006 聯合年會暨論文研討會。

何明錦、李威儀（2000），都市計畫防災規劃手冊彙編，內政部建築研究所。

何明錦、洪鴻智（2007），都市防災空間系統手冊彙編增修，內政部建築研究所。

何明錦、蔡綽芳（2000），921 集集震災都市防災調查分析與改善對策，第一屆全國災害危機處理學術研討會論文集，頁 63-77。

吳杰穎、曾志雄（2008），土石流潛勢區居民疏散避難之預期認知與實際行為，2008 年全國災害處理危機研討會，

吳杰穎、鄭春發、鄭國泰（2006），考量減災觀點之都市計畫通盤檢討防災規劃：以淡海新市鎮特定區為例，環境與世界，第 14 期，頁 71-92。

吳華權（2003），都市地區道路系統耐震性評估及緊急避難場所區位選擇之研究—以南投市都市計畫區為例，長榮大學土地管理與開發學系研究所碩士論文。

李泳龍、何明錦、戴政安（2008），震災境況條件下居民避難行為因素之研究—永康市為例，建築學報，第六十五期，頁 27-44。

李泳龍、何明錦、戴政安、黃宗誠（2007），以居民觀點探討地震防災空間系統架構—新化鎮為例，2007 年全國土地管理與開發學術研討會，頁 B2-39~B2-50。

李泳龍、葉光毅、黃宗誠、蔡孟晃（2002），結合防災之都市計畫道路機能評估方法之研究，都市地區地震防災交通系統之研究 90 學年度期中研究成果研討會，頁 35-53。

李泳龍、葉光毅、黃幹忠（2001），921 大地震對地區道路阻絕影響調查

報告-以東勢鎮為例，都市地區地震防災交通系統之研究 89 學年度
期末研究成果研討會，頁 181-202。

李泳龍、葉光毅、黃幹忠（2001），大地震對都市地區交通阻絕影響之
研究—以南投市為例，都市地區地震防災交通系統之研究論文集，
頁 31-47。

李泳龍、戴政安（2007），結合等候理論與設施區位模型之地震災害緊
急避難據點規劃—永康市個案研究，第十一屆國土規劃論壇。

李泳龍、戴政安、林慶元（2008），都市防災避難設施服務能力評估，
第十二屆國土規劃論壇學術研討會。

李威儀、錢學陶、李咸亨（1997），台北市都市計畫防災系統之規劃，
中華民國都市計劃學會。

李國正（2000），公共設施區位之合理配置，國立交通大學運輸研究所
碩士論文。

杜建宏、張益三、包昇平（2007），都市公共設施規劃為避難據點之適
宜性評估—以嘉義市為例，台灣土地研究，第 10 卷第 2 期，頁 23-48。

汪明生、李泳龍、黃宗誠（2005），具地震防災機能之都市空地類型化
研究—以南投市為例，地理學報，第 42 期，頁 69-93。

林千琪（2003），都市地區國民中學學校設施區位選擇之研究，朝陽科
技大學建築及都市設計研究所碩士論文。

林宏晉（2004），不確定因素考量下之都市鄰里公園區位選擇研究，朝
陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。

林建元、廖經芳、廖文祥（1990），都市救災決策系統-設施區位模式之
建立，行政院國家科學委員會防災科技研究報告。

林楨家、謝瓊慧（2003），以覆蓋模式分析震災臨時避難場所之配置規
劃，都市與計劃，第 30 卷第 4 期，頁 325-345。

- 邱皓政 (2005)，量化研究與統計分析，五南圖書出版股份有限公司，台北市。
- 張文侯 (1997)，台北市防災避難場所之區位決策分析，台灣大學建築與城鄉研究所碩士論文。
- 張益三 (1999)，都市防災規劃之研究，台灣省政府住宅與都市發展處市鄉規劃局。
- 張益三、葉柏全 (2003)，建立都市防災規劃中基礎避難圈域之服務規模推估模式，第七屆國土規劃論壇。
- 張學聖、黃輝林 (2007)，都市人為災害空間特性及救災設施區位檢討之研究—以台南市為例，災害防救學報，第 8 期，頁 99-112。
- 張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁 (1998)，台灣活動斷層分布圖說明書，經濟部中央地質調查所特刊第十號。
- 張麗旭、周敏、陳培源，(1947)，民國 35 年 12 月 5 日台南之地震，台灣省地質調查所彙刊，第 1 號，頁 11-18。
- 許明禎、林晏州 (2001)，民眾對公園綠地防災機能認知與避難行為傾向之探討，都市與計劃，第 28 卷第 2 期，頁 237-251。
- 許銘顯、郭詩毅、林慶元 (2004)，921 大地震時中長期避難所與避難圈關係之調查研究，建築學報，第 49 期，頁 561-580。
- 陳亮全、洪鴻智、詹士樑、簡長毅 (2003)，地震災害風險-效益分析於土地使用規劃之應用：應用 HAZ-Taiwan 系統，都市與計劃，第 30 卷第 4 期，頁 281-299。
- 陳建忠 (2000)，921 集集震後—都市防災調查與建議，921 集集地震災後重建與都市防災研討會。
- 陳建忠、林峰田 (2003)，日間避難人口推估模式之建立—以台北市士林區為例，內政部建築研究所。

- 陳昭蓉(2004)，以倒傳遞類神經作為規劃震災後災民疏散系統之應用，國立台北科技大學碩士論文。
- 陶翼煌、孫志鴻、唐國泰、李保志(2006)，整合式災害管理資訊架構之研發，地理學報，第46期，頁49-72。
- 彭光輝、林淑鎡(2005)，台灣都市化地區地震災害危險度評估基準與權重分配之研究，建築學報，第53期，頁57-77。
- 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。
- 曾國雄、林楨家(1997)，淡海新市鎮消防隊布設區位之研究—TOPSI多目標規劃法之應用，都市與計劃，第24卷第1期，頁81-98。
- 曾憲雲、李列平、鄧曙光(2006)，城市公共安全的現狀及防災減災策略，工業安全衛生月刊，頁45-51。
- 馮正民、王在莒(2005)，非都會區公路之震災緊急搶修排程，運輸計劃季刊，第34卷第2期，頁177-209。
- 馮正民、林楨家(2000)，都市計畫草圖替選方案分析模式之改進：納入公共設施配置，都市與計劃，第27卷第2期，頁233-254。
- 馮正民、林楨家(2001)，日間人口估算模式之調查建置(三)—國內日間人口之後續調查及估算操作手冊之編撰，內政部建築研究所。
- 馮正民、解鴻年(1988)，緊急設施區位模式之評述，交通運輸，第11期，頁27-38。
- 黃台生、馮正民(2000)，日間人口估算方法—國內日間人口實際調查及估算，內政部建築研究所。
- 葉光毅、吳永隆(1998)，地區性道路交通計畫的防災論-日本阪神震災的現場教訓，第三屆國土規劃論壇，頁A1-3-1~A1-3-13。

- 葉光毅、李泳龍、徐國城 (2002)，921 大地震災區交通狀態與車輛管制調查研究，都市地區地震防災交通系統之研究 90 學年度期中研究成果研討會論文集，頁 141-166。
- 葉錦勳 (2003)，台灣地震損失評估系統—TELES，國家地震工程研究中心。
- 詹士樑 (2000)，GIS 在都市緊急避難分區劃設之應用，中華民國都市計劃學會年會及研討會。
- 鄒克萬、張益三、杜建宏 (2006)，建物震害毀損度預測模式之研究-倒傳遞類神經網路法之應用，住宅學報，第 15 卷第 1 期，頁 21-41。
- 熊光華 (2001)，都會地區地震後火災防治策略規劃研究，內政部建築研究所。
- 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。
- 蔡光榮、許逸祥、戴君翰、陳昆廷 (2006)，類神經網路應用於高雄坡地社區環境潛勢災害風險評估模式之建置，台灣公共工程學刊，第 2 卷第 2 期，頁 9-17。
- 蔡育丞 (2002)，大規模地震災害發生時都會區避難所規劃設計初探，中央警察大學災害防救學報，第 3 期，頁 479-496。
- 衛萬明、林千琪 (2004)，應用動態區位模式於國民中學學校設施區位選擇之研究，都市與計劃，第 31 卷第 2 期，頁 113-142。
- 鄭欣蓉、曾國雄 (2003)，賑災物資配送系統之多目標最適規劃，運輸計劃季刊，第 32 卷第 3 期，頁 561-579。
- 蕭再安、曾國雄 (1992) 競爭性設施區位理論的回顧與展望，科學發展月刊，第 20 卷第 6 期，頁 719-733。
- 蕭江碧、黃定國 (1995)，都市與建築防災整體研究架構之規劃，內政

部建築研究所。

蕭素月 (2003)，地震災害避難疏散最適路徑之研究－南投都市計畫區範圍為例，國立台灣大學地理環境資源研究所碩士論文。

戴政安 (2006)，永康市居民避難行為特性與緊急避難據點之研究，長榮大學土地管理與開發學系研究所碩士論文。

謝嘉鴻 (1999)，都市地區震災避難疏散指派規劃之研究－以台北市為例，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文。

鍾佳欣 (2004)，都市舊市區緊急性避難據點之區位配置研究，國立成功大學都市計畫研究所碩士論文。

變更新化都市計畫 (第一期公共設施保留地專案通盤檢討) 書 (2006)，台南縣：新化鎮公所。

二、英文部份

Ayis, S., Goberman, R., Bowling, A., and Ebrahim, S., 2006, Predicting catastrophic decline in mobility among older people, *Oxford University Press on behalf of the British Geriatrics Society*, 35: 382-387.

Bahrainy, H., 1998, Urban planning and design in a seismic-prone region, *Journal of Urban planning and Development*, 124: 148-181.

Berman, O., Krass, D., and Drezner, Z., 2003, The gradual covering decay location problem on a network, *European Journal of Operational Research*, 151: 474-480.

Carpenter, C. J., Dugan, C. J., and Kopena, J. B., 2007, Demonstration: Disaster evacuation support, *2007 IFAAMAS*.

Chang, S. E., and Nojima, N., 2001, Measuring post-disaster transportation system performance: the 1995 Kobe earthquake in comparative perspective, *Transportation Research Part*, 35: 475-494.

- Chien, S. W., Chen, L. C., Chang, S. Y., and Chiu, G. H., 2002, Development of after earthquake disaster shelter evaluation model, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 25: 591-596.
- Church, R. L., and ReVelle, C., 1974, The maximal covering location problem, *Papers in Regional Science*, 32(1): 101-118.
- Cutter, S. L., 2003, GI Science, disasters, and emergency management, *Transactions in GIS*, 7: 430-445.
- Daskin, M. S., 1995, Network and discrete location: models algorithms and applications, *Wiley*.
- Farhan, B., and Murray, A. T., 2006, Distance decay and coverage in facility location planning, *Ann Reg Sci*, 10: 279-295.
- Flynn, J., and Ratick, S., 1988, A multi-objective hierarchical covering model for the essential air services program, *Transportation Science*, 22: 139-147.
- Haghani, A., 1995, Capacitated maximum covering location models: Formulations and solution procedures, *Journal of Advanced Transportation*, 30: 101-136.
- Harada, Y., and Shimada, T., 2006, Examining the impact of the precision of address decoding on estimated density of crime location, *Computers & Geosciences*, 32: 1096-1107.
- Hillsman, E. L., 1984, The p-median structure as a unified linear model for location-allocation analysis, *Environment and Planning A*, 16: 305-318.
- Hodgart, R. L., 1978, Optimizing access to public services: a review of problems, models and methods of locating central facilities, *Progress in Human Geography*, 2: 17-48.

- Kates, R., 1971, Natural hazard in human ecological perspective: Hypotheses and models, *Economic Geography*, 47: 438-451.
- Kimura, R., Hayashi, H., Tatsuki, S., and Tamura, K. 2004, Development of the method of estimating the number of people at evacuation center in case of urban earthquake disaster, *13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver*, Paper No. 1306.
- Lee, Y. L., and Yeh, K. Y., 2003, Street network reliability evaluation following the CHI-CHI earthquake, *The Network Reliability of Transport: 273-288*, Pergamon.
- Løvås, G. G., 1998, Models of wayfinding in emergency evacuations. *European Journal of Operational Research*, 105: 371-389.
- Nelson, A., and French, S. P., 2002, Plan quality and mitigating damage from natural disasters—A case study of the northridge earthquake with planning policy considerations, *Journal of the American Planning Association*, 68: 194-207.
- Odani, M., and Uranaka, K., 1999, Road block in area affected by the great hanshin-Awaji earthquake and influence of blockage on Traffic Flow, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 3(6): 151-164.
- Olshansky, R., 2001, Land use planning for seismic safety— The los angeles county experience, 1971-1994, *Journal of the American Planning Association*, 67: 173-185.
- Owen, S. H., and Daskin, M. S., 1998, Strategic facility location a review, *European Journal of Operational Research*, 11: 423-447.
- ReVelle, C., Bigman, D., Schilling, D., Cohon J., and Church, R., 1977, Facility location: A review of context-free and EMS models, *Health*

Services Research, 129-146.

Schilling, D. A., 1980, Dynamic location modeling for public-sector a multicriteria approach, *Decision Science*, 11: 714-726.

Song, B., Hao, S., and Murakami, S., 1996, Comprehensive evaluation method on earthquake damage using fuzzy theory, *Journal of Urban Planning and Development*, 122: 1-17.

Song, W. G., Yu, Y. F., Wang, B. H., and Fan, W. C., 2006, Evacuation behavior at exit in CA model with force essential: A comparison with social force model, *Physica A*, 371: 658-666.

Toregas, C., Swain, R., ReVelle, C., and Bergmann, L., 1971, The location of emergency service facilities, *Operation Research*, 19: 1363-1373.

Tsukaguhi, H., and Li, Y., 1999, District and local distributor network to ensure disaster-resilient urban planning, *Shanghai International Symposium on Urban Transportation Proceedings*.

Wang, P., Liu, X., and Sanchez, E., 1986, Set-valued statistics and its application to earthquake engineering, *Fuzzy Sets and Systems*, 18: 347-356.

Yi, W., and Özadmar, L., 2007, A dynamic coordination model for evacuation and support in disaster response activities, *European Journal of Operational Research*, 179: 1177-1193.

三、日文部份

高塚 尊文 (2000), GIS と都市情報データベースを用いた災害に対する都市の安全性の評価—大分市の避難所計画の評価, 平成 12 年度, 修士論文。

室崎益輝 (1993), 建築防災・安全, 東京: 鹿島出版會。

青木義次（2006），建築計画・都市計画の数学，東京：株式会社。

中村真幸、塚口博司、小川圭一、本郷伸和（2006），文化遺産防災における重要道路区間のモニタリングに関する研究，台日歴史防災研
討會，成功大學公共工程研究中心。

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，日本：大阪大學出版會。

本郷伸和、塚口博司、小川圭一、中村真幸（2006），道路ネットワー
ク特性からみた歴史都市防災に関する研究，台日歴史防災研
討會，成功大學公共工程研究中心。





都市防災空間系統避難據點區位評估與最佳化配置

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：何明錦、李泳龍

出版年月：97 年 12 月

版(刷)次：第壹版

ISBN：978-986-01-7310-9