

國立臺灣大學生物資源暨農學院生物環境系統工程研究所

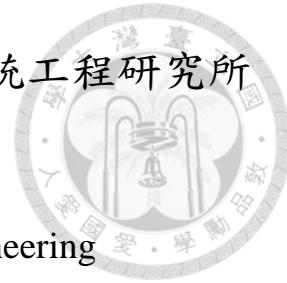
碩士論文

Department of Bioenvironmental Systems Engineering

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis



高雄市洪水危險度與風險分析

Flood Hazard and Risk Analysis for Kaohsiung City

林宗憲

Tsung-Hsien Lin

指導教授：許銘熙 博士

Advisor: Ming-Hsi Hsu, Ph.D.

中華民國 104 年 6 月

June, 2015

謝誌



本論文能夠順利完成，首要感謝的是指導教授許銘熙教授的細心指導與觀念上的引導。從開始的引領、提點，使我們不慌亂並迅速掌握研究方向，在研究的過程中給予我們學問上以及處理各種問題的教導與勉勵，讓學生受益良多，在此由衷的感謝教授指導，謹此致上萬分謝忱。

修業與論文研究期間，感謝系上諸位教授在學業上的細心指導，不只讓我們學習到課本上的內容，還分享了許多他們的實際經驗，提攜我們向上進步，在此深表感謝之意。

在這些日子裡，論文撰寫的過程我甘之如飴，感受到自我的淬鍊與進步，並在有限的時間內如同完成任務般，不讓進度嚴重延宕或不如預期，研究期間有多位學長姐給予關心與珍貴之建議，特別感謝成甲學長每周對論文進度以及方向的提點，以及俊喻在撰寫論文期間的幫助以及建議，感謝系上諸位學長姐給予我許多寶貴意見及各方面的幫忙，深厚情誼，銘誌心中。

在畫上完美句點的最後，由衷感謝支持我的家人以及好友們，謝謝你們一路上對我們的支持鼓勵、督促與照顧，在此一併致上最高謝意！謝謝你們！

林宗憲 謹誌

中華民國一百零四年六月於台灣大學

摘要



台灣位於西太平洋地區，每年夏秋之際，常受太平洋低壓帶影響所生成的颱風影響，帶給台灣豐沛之雨量，而近年來的極端氣候造成颱風生成進而侵台的事件逐年增加，導致台灣各地淹水事件頻傳，也影響人民生命財物的損失。

隨著近年工商業發展蓬勃，人民的生活品質也逐漸提升，對於生命財產的重視也不例外，災害對於人民生命財產的衝擊更是最嚴重的一部份，而對於災害發生的影響與評估，除了靠主動的工程方式、平時的防災演習、救災人員的機動訓練來降低災害的發生外，災害發生前的防災預警與風險分析更是重要的一環。

本研究係針對高雄市研究區域內之社會發展相關統計透過分析與因子轉化成脆弱度指標。並利用六種不同重現期距（5年、10年、25年、50年、100年及200年）與近年造成高雄嚴重淹水之四場颱風事件（潭美颱風、海棠颱風、莫拉克颱風、凡那比颱風）之淹水模擬結果，進行淹水危險度指標計算。最後再利用脆弱度與危險度兩項指標，分析研究區各村里於事件中之風險指標，進而有利政府了解於各事件中哪些地區是處於高風險之狀態，應該加強防災或籌設更多的資源來預防災害。

最後利用風險指標加入預兆得分之判斷決定是否做災害預警之考量，即災害事件發生當下判斷各地區是否該發報預警，進而更有效率分配人力資源救災與物資，達到保護人民生命財產之功效。

關鍵字：脆弱度、防災預警、風險分析、預兆得分

Abstract



Taiwan is on the typhoon path of the west Pacific Ocean Region. During summer and autumn season, typhoons always bring heavy rainfall. Extreme weather in recent years often causes severe flooding and result in serious losses of life and property.

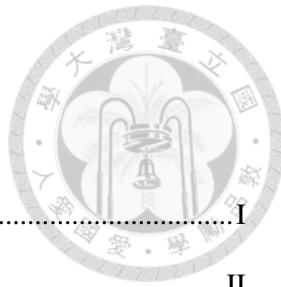
With the rapid industrial and commercial development in recent years, people care about not only the quality of life, but also the safety of life and property. So the impact of life and property due to disaster is the most serious problem concerned by the residents. For the mitigation of the disaster impact, in addition to works by proactive way, including the disaster prevention and safety drills, mobile training relief workers to reduce the occurrence of disasters, and flood warning system, the flood hazard and risk analysis play an important role for the disaster prevention.

In this study, the vulnerability of Kaohsiung city was evaluated by statistics of social development factor. The hazard factors of Kaohsiung city was calculated by simulated flood depth of six different return periods (5 years, 10 years, 25 years, 50 years, 100 years and 200 years) and four typhoon events (Tarmi, Haitang, Morakot and fanapi typhoon) which result in serious flooding in Kaohsiung city. The flood risk can be obtained by combining the flood hazard and social vulnerability. The analysis results provide authority to strengthen disaster preparedness and to set up more resources in high risk areas.

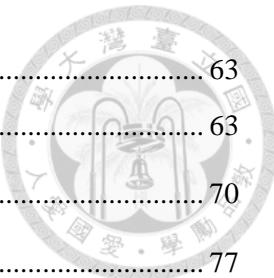
The threat score of flood risk can improve the accuracy in flood warning, hence resources and relief supplies can be efficient allocated to protect lives and property during the disaster occurs.

Keyword: Vulnerability, Disaster control, Risk analysis, Threat score

目錄



摘要.....	I
Abstract	II
目錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 文獻回顧.....	2
1.3 研究架構與流程.....	4
第二章 研究方法與分析.....	6
2.1 社會脆弱度因子.....	6
2.1.1 脆弱度地圖	10
2.2 危險度地圖	12
2.2.1 危險度計算	12
2.3 風險度地圖	14
2.4 預兆得分	15
第三章 研究區域.....	16
3.1 區域概述.....	16
3.2 雨量資料.....	20
3.2.1 重現期距.....	21
3.2.2 颱風事件	23
第四章 模擬結果與討論.....	26
4.1 社會脆弱度分析結果.....	26
4.2 淹水危險度分析結果	28
4.2.1 重現期距.....	28
4.2.2 颱風事件	42
4.3 風險地圖分析結果.....	51



4.4 預兆得分分析結果	63
4.4.1 危險度預兆得分	63
4.4.2 風險度預兆得分	70
第五章 結論與建議	77
5.1 結論	77
5.2 建議	78
參考文獻	79
附錄一 模糊德爾菲與層級分析法	86
1 模糊德爾菲法	86
2 層級分析法	89
附錄二 二維淹水模式分析方法	95
1 都市淹水模式	95
1.1 基本方程式	95
1.2 數值方法	98
2 地表曼寧糙度修正	102
3 初始及邊界條件	103
附錄三 脆弱度計算表格	105
附錄四 颱風事件資料表	126
附錄五 颱風事件淹水資料	140



表目錄

表 2.1 社會脆弱度因子整理表	7
表 2.2 脆弱度因子選取表	8
表 2.3 依模糊德爾菲問卷篩選出之脆弱度因子與權重表	10
表 2.4 脆弱度因子之正負向因子變項與說明表	11
表 2.5 脆弱度ISVI 分級對照表	12
表 2.6 危險度分級對照表	13
表 2.7 風險矩陣對照表	14
表 2.8 預兆得分定義表	15
表 3.1 高雄市人口及行政區域基本資料表	17
表 3.2 土地利用型態表	19
表 3.3 高雄市 24 小時暴雨量頻率分析表	21
表 3.4 研究區各雨量站颱風事件累積雨量表	24
表 4.1 脆弱度因子資料來源表	26
表 4.2 各重現期距下村里淹水深度表	29
表 4.3 各重現期距下村里危險度表	29
表 4.4 重現期距 200 年風險等級五分級表	52
表 4.5 潭美颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表	65
表 4.6 海棠颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表	66
表 4.7 莫拉克颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表	67
表 4.8 凡那比颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表	68
表 4.9 潭美颱風危險度洪災預警狀態統計表	69
表 4.10 海棠颱風危險度洪災預警狀態統計表	69
表 4.11 莫拉克颱風危險度洪災預警狀態統計表	69
表 4.12 凡那比颱風危險度洪災預警狀態統計表	69

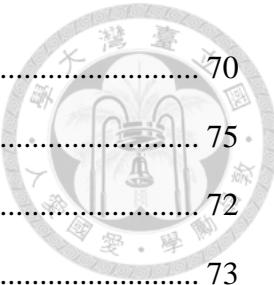


表 4.13 颱風事件危險度預兆得分表	70
表 4.14 凡那比颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表	75
表 4.15 潭美颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表	72
表 4.16 海棠颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表	73
表 4.17 莫拉克颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表	74
表 4.18 潭美颱風風險度洪災預警狀態統計表	76
表 4.19 海棠颱風風險度洪災預警狀態統計表	76
表 4.20 莫拉克颱風風險度洪災預警狀態統計表	76
表 4.21 凡那比颱風風險度洪災預警狀態統計表	76
表 4.22 颱風事件風險度預兆得分表	76



圖目錄

圖 1.1 日本淹水深度分級	3
圖 1.2 研究流程圖	5
圖 2.1 評估因子之共識值圖	9
圖 3.1 高雄市研究區域圖	18
圖 3.2 高雄市數值高程圖	19
圖 3.3 高雄市土地利用圖	20
圖 3.4 研究區域徐昇式多邊形法分區示意圖	22
圖 3.5 研究區域各雨量站 24 小時雨量組體圖	23
圖 3.6 研究區域徐昇式多邊形法分區示意圖	25
圖 4.1 脆弱度地圖	27
圖 4.2 五年重現期距最大淹水深地圖	30
圖 4.3 五年重現期距危險度地圖	31
圖 4.4 十年重現期距最大淹水深地圖	32
圖 4.5 十年重現期距危險度地圖	33
圖 4.6 二十五年重現期距最大淹水深地圖	34
圖 4.7 二十五年重現期距危險度地圖	35
圖 4.8 五十年重現期距最大淹水深地圖	36
圖 4.9 五十年重現期距危險度地圖	37
圖 4.10 一百年重現期距最大淹水深地圖	38
圖 4.11 一百年重現期距危險度地圖	39
圖 4.12 兩百年重現期距最大淹水深地圖	40
圖 4.13 兩百年重現期距危險度地圖	41
圖 4.14 潭美颱風最大淹水深地圖	43
圖 4.15 潭美颱風危險度地圖	44

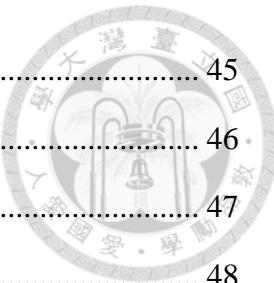


圖 4.16 海棠颱風最大淹水深地圖	45
圖 4.17 海棠颱風危險度地圖	46
圖 4.18 莫拉克颱風最大淹水深地圖	47
圖 4.19 莫拉克颱風危險度地圖	48
圖 4.20 凡那比颱風最大淹水深地圖	49
圖 4.21 凡那比颱風危險度地圖	50
圖 4.22 五年重現期距風險度地圖	53
圖 4.23 十年重現期距風險度地圖	54
圖 4.24 二十五年重現期距風險度地圖	55
圖 4.25 五十年重現期距風險度地圖	56
圖 4.26 一百年重現期距風險度地圖	57
圖 4.27 兩百年重現期距風險度地圖	58
圖 4.28 潭美颱風風險度地圖	59
圖 4.29 海棠颱風風險度地圖	60
圖 4.30 莫拉克颱風風險度地圖	61
圖 4.31 凡那比颱風風險度地圖	62



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

台灣處西太平洋歐亞板塊與菲律賓海板塊交界，形成台灣由中央山脈左右區分為東半部與西半部地形南北狹長，又台灣處熱帶及亞熱帶氣候區交界之季風帶，每年夏秋之際常因太平洋熱帶低氣壓形成之颱風侵襲，因常年處颱風路徑上也帶來了豐沛的雨量。但因台灣地狹人稠、河川坡陡流長，颱風所帶來的豪大雨於上游集水時間短促加上山坡地水土保持不佳，常導致下游水患氾濫成災，也使得台灣各地居民的生命財產損失。

近年來隨著工商業發展，台灣經濟水準與人民生活水平的提高，造成平原與山坡地的過度開發，人民為求就業居住地慢慢遷移至都會區與大都市，使得都市人口密度過高與擁擠，若在此現象下發生了災害，人民將無處躲避與逃生後果不堪設想。根據氣候變遷委員會 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 之報告預測，未來極端氣候將事件之比例將逐年提高，本世紀結束前全球平均氣溫相較於 19 世紀末之平均氣溫上升約攝氏 1.8 至 4 度，此現象也將導致南北極冰帽開始萎縮融化、海平面上升，台灣沿海低窪地可能面臨淹沒之情形、國土萎縮，也代表著台灣將面臨了水災與旱災來回交替的狀況，由近期台灣各地開始限水即可得知，目前我們正面臨著缺水與嚴重降雨時空不均的狀況，該如何解決目前氣候異常的窘境，也變成當下最重要的課題。

從近年來的各颱風事件，例如：2001 納莉颱風、2005 海棠颱風、2009 莫拉克颱風以及 2010 凡那比颱風，相信大家對這些颱風並不陌生，從各報章或是即時新聞裡即可知道，這些颱風對於台灣所帶來的衝擊與影響，其中像是對於首都與各直轄市的衝擊我們也歷歷在目，這些事件也顯現了居民因災難的恐慌與無助。因此，對於災害的發生，除了靠工程方式，例如：防洪設式、地下水管理、河道清淤……等工法與對於救災與平時的演習、救災人員訓練外，對於災害發生前我們



是否能有效的預警以及減少風險的發生更是極為重要，能夠在災害發生前就先做好完全的預備與分析災害的狀況，提前通知各地方政府去因應，更能達到防患未然的目的。

除了傳統的工程方式治災外再導入現今風險管理的觀念，將社會因素與生命面向加以探討並利用於風險管理，更能凸顯各地區因人口組成、經濟形成的風險高低，在救災當下更能有效的分配救援人力與物資，避免救災時不必要的物資與人力消耗，提高救災效率與品質，減少人民於災害時的生命財產損失，提供給各當地政府做為防災與救災之參考依據並有效建立政府救災的制度。

1.2 文獻回顧

近年來，全球對於氣候變遷與環境災害的研究逐漸由傳統工法轉變成風險管理的方向，而風險的驗證往往離不開脆弱度與危害度，Merz et al., (2010) 洪水的增加就風險的角度而言不僅僅是考慮洪水所帶來的災害還包括洪水發生地的脆弱度與調適能力。Adger (2004) 定義風險度 (Risk) 為危險度 (Hazard) 與脆弱度 (Vulnerability) 的方程式： $R=H\times V$ ，Chen et al. (2004) 定義危害與脆弱度為風險的函數，即： R (風險) = H (危害) $\times V$ (脆弱度)，此式顯示自然的危害與社會經濟與生命面是相互作用的，且之間存在一迴旋且共生的觀點，當危險度不存在時即便有脆弱度之存在但風險仍不成立，反之亦然。風險的產生係因脆弱度與危害度共同存在而形成，當危害度與脆弱度存在時便能有效的推估出風險的大小，進而在救災時當作依規與標的。

WMO (2008 年) 指出超過 100 個國家已受到洪水的侵襲，IPCC (2001) 評估報告中提到目前全球的溫室效應主因就是大氣中的二氧化碳與甲烷濃度隨著工業化與世界人口數的增加而急遽逐年上升，此現象也造成氣候變化急遽，過去的一百年 (1906-2005 年) 全球平均溫度上升約 0.74 度，而且逐年上升沒有減緩的趨勢，氣溫逐漸上升進而影響到南北極的冰層融會海平面上升，造成地勢低窪之國



家如馬爾地夫等地，預估到了本世紀末，將會完全被淹沒，而未來極端氣候將會主導一個國家的興衰。台灣氣候變遷科學報告（2011），預估台灣將面臨枯水雨水患的狀況，近年的限水與颱風事件的各地淹水就是佐證。

而影響風險的其中一因子脆弱度的影響因子包括 65 歲以上人口、14 歲以下人口、身心障礙人口、救災設備等社會人口與經濟結構因素（蕭煥章，2008），更套用 Cutter et al. (1997) 的對脆弱度評估指標定義應用於研究中，並將脆弱度分為兩大類：社會脆弱度、自然脆弱度，社會脆弱度包含上述幾項因子還包含低收入戶、戶數、獨居老人、身心障礙等項目；自然脆弱度是以國家災害防救科技中心報告提供之淹水潛勢資料為基礎，最後將社會與自然脆弱度相乘得到完整之地方脆弱度。林依潔（2012），利用模糊德爾菲法與層級分析法製作一系列問卷，訂定都市地區脆弱度因子的選擇標的，簡化脆弱度因子的社會人口與經濟資料收集的難度，利用半定量分析評估台北市脆弱度與風險度，並利用地圖方式呈現各地區風險的高低。

日本長岡市（2008）以洪災之淹水深度製作「洪水避難地圖」，並以等級與顏色做區分，災害發生前予以民眾對於淹水深之觀念加強並有效的疏導民眾。一般而言，當淹水深高於五十公分即可能對孩童造成影響且交通癱瘓的問題，一公尺以上大約已達成人腰部以上，危險度完全顯現，將造成大批民眾的生命財產的安全。由圖 1.1 日本淹水深分級即可看出各淹水之相關位置。

色	浸水深度	推定水深
紫色	5.0m以上	漫水深度達3樓以上
藍色	2.0~5.0m	漫水深度達2樓以上
淺藍	1.0~2.0m	漫水深度達1樓以上
綠色	0.5~1.0m	漫水深度達成人腰部以上(地板上漫水)
黃色	0~0.5m	漫水深度達成人膝蓋部以上(地板下漫水)

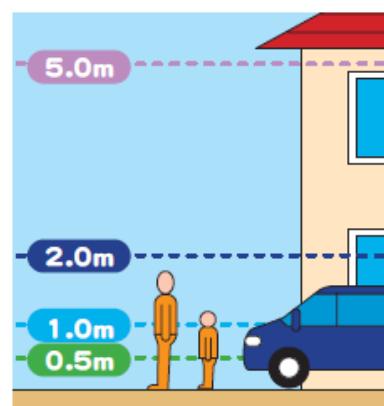


圖 1.1 日本淹水深度分級

危險度方面即代表洪災淹水所帶來之災害，潘宗毅（2012）依照淹水潛勢圖



之研究在考慮淹水深度、水流流速與水位上升率等因子下，進行生命傷亡之分析，並透過 Bruijn and Klijn (2009) 之危險率 (Hazard Rate, HR) 定義，希望使淹水深度介於 0 至 1 之間，利用分級的式使各淹水深度轉換成危險度等級，並加以利用脆弱度因子結合，建立風險矩陣，以利洪災發生時人力資源與物資配給之參考依據。

Schaefer (1990) 建立預兆得分 (Threat score) 之量化方式，預兆得分為事件命中之比值，由事件命中、事件失誤、事件誤判之數量做計算，無事件之狀況因無影響故不納入比值之中。Wilks (2005) 提出無事件之狀況在研究中常為大多數且比例高，因此在預兆得分計算過程中若將無事件之狀況帶入計算，將導致預兆得分計算後之精確度失真且為很大之影響。故本研究之研究過程中同樣將無事件之狀況排除計算求得其預兆得分作分析。

1.3 研究架構與流程

本研究主要是利用風險地圖與洪災預警流程進而驗證預警之準確度，而風險之呈現主要是依據脆弱度與危險度兩面向之分析而得，脆弱度主要是以前人研究中所篩選之脆弱度因子與權重值進行脆弱度計算，在因子資料收集取得後將因子數值化並分級，最後利用 ArcGIS 軟體繪製脆弱度地圖。

危險度是利用二維淹水模式模擬不同重現期距與颱風事件下之淹水深度，並依照淹水深度之物理意義分級，再利用 ArcGIS 軟體繪製危險度地圖。

最後將脆弱度與危險度結合形成風險地圖，並利用風險地圖做為預警之標的並利用預兆得分 (T-SCORE) 顯現預報之精度。

本研究內容依緒論、研究方法與分析、研究區域、模擬結果分析與評估、結論與建議等五章節進行本研究「高雄市洪災預警與風險評估分析之研究」之撰寫。研究流程，如圖 1.2 研究流程圖所示。

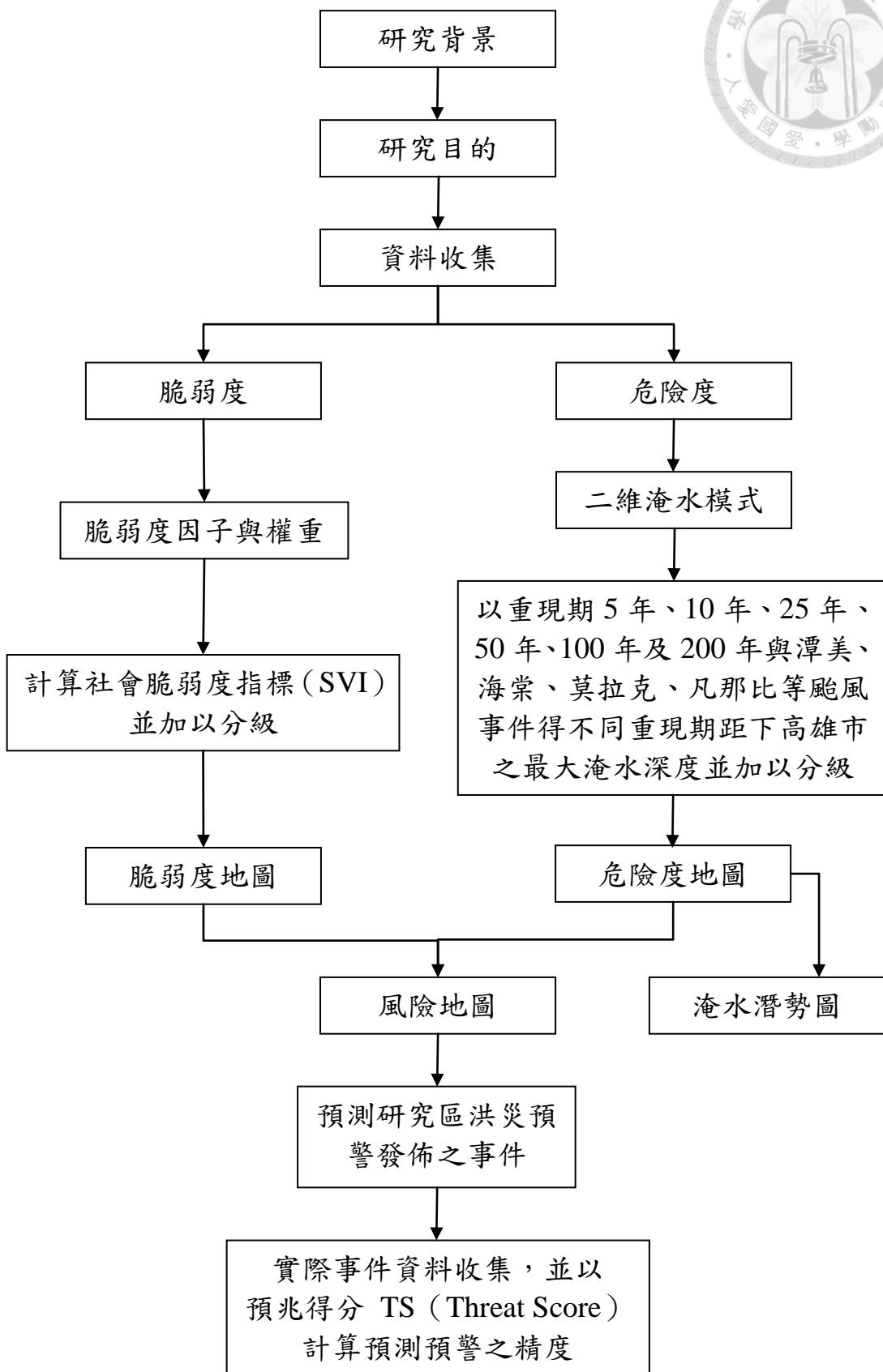


圖 1.2 研究流程圖



第二章 研究方法與分析

本章節將介紹研究中洪災淹水之脆弱度、危險度、風險度、預兆得分之分法與分析，研究流程將由脆弱度資料之建置延伸至利用二維淹水模式得出危險度，再由脆弱度與危險度建置風險度地圖，再由風險地圖做為發布洪災預警之依據，並透過預兆得分求出預警之確信度與適用度。

2.1 社會脆弱度因子

透過脆弱度可以了解各都市地區性之結構特點，當地區脆弱度評估分數較高時也代表當災害發生時該地之受災程度將相較於脆弱度評估分數低者嚴重，且更需要資源與人力上的幫助。

脆弱度除了考量性別、老年幼年人口、身心障礙人數等人口結構組成外，社會安置措施、災害救難人力資源、災害應變能力等資源也是極為重要的，因此為了有效的評估各地區之脆弱度並取得有效的脆弱度因子，本研究利用林依潔（2012）「台北市洪災風險分析」中針對脆弱度之研究與因子的選取做為指標。

林依潔（2012）利用模糊德爾菲法（Fuzzy Delphi Method）篩選脆弱度之指標並搭配層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)之問卷交由各領域人員填寫，決定出都市地區社會脆弱度之權重，並進行計算，建立其研究之社會脆弱度指標（Social Vulnerability Index, SVI），詳細介紹請參照「附錄一 模糊德爾菲與層級分析法」。

表 2.1 社會脆弱度因子整理表

社會脆弱度因子	參考文獻
性別	Cutter, Mitchell, Scott, 2000 ; Cutter, Boruff, Shirley, 2003 ; Dwyer et al., 2004 ; Haki et al., 2004 ; Werritty, Houston, Ball, Tavendale , Black, 2007 ; 蕭代基, 2008 ; 黃昱翔, 2009 ; A Müller, 2011 ; 吳杰穎, 2009 ; NCDR, 2010 ;
老年人口 (65 歲以上)	Cutter et al., 2000; Cutter et al., 2003; Dwyer et al., 2004; Haki et al., 2004 ; Steinführer,Tunstall, Tapsell & Fernandez-Bilbao, 2007 ; Schneiderbauer, 2007 ; 蕭代基, 2008 ; 黃昱翔, 2009 ; A. Fekete,2009 ; NCDR, 2010 ; 張倉榮, 2010 ;
幼年人口 (14 歲以下)	Cutter et al., 1997 ; Clark et al., 1998 ; Pearce, 2000 ; Dwyer et al, 2004 ; Cutter, 2007 ; NCDR, 2010 ; A Müller, 2011 ; 江宜錦 , 2007 ;
身心障礙者 行動不便者	Cutter et al., 2003 ; Dwyer et al., 2004 ; Wisner et al., 2004 ; Messener & Meyer, 2005 ; Rygel, O'Sullivan & Yarnal, 2006 ; A. Fekete,2009 ; 吳杰穎, 2009 ; NCDR, 2010 ; 江宜錦, 2007 ; 張倉榮, 2010 ;
教育程度	Schneiderbauer, 2007 ; Velasquez and Tanhueco, 2005 ; Haki et al., 2004 ; A. Fekete,2009 ; 吳杰穎, 2009 ; NCDR, 2010 ;
不識字人口	Adger et al., 2004 ; Cutter, 2007 ; A. Fekete,2009 ; A Müller, 2011 ; NCDR, 2010 ;
職業/失業	Cutter et al., 2003 ; Dwyer et al., 2004 ; A. Fekete,2009 ; NCDR, 2010 ; 吳杰穎, 2009 ;
建物價值	Clark et al., 1998;Cutter et al., 2000;Adger. et al., 2004;NCDR, 2010 ; A Müller, 2011 ;
家庭經濟	Cutter et al., 2003 ; Adger et al., 2004 ; Dwyer et al., 2004 ; 吳杰穎, 2009 ;
洪水經驗	Cardona, 2003;Wisner et al., 2004;Birkmann, 2005a;Velasquez and Tanhueco, 2005 ; 陳姿叡, 2009 ; Schneiderbauer, 2007 ;
防救災專業人員與 設施	Cutter et al., 2003 ; 陳姿叡, 2009 ; 吳杰穎, 2009 ; NCDR, 2010 ; 江宜錦, 2007 ;

(林依潔, 2012)

林依潔(2012)發現各領域之研究對於脆弱度之見解與選取各不同，如表 2.1，但大多以人口結構為主要指標，如：老年人口、幼年人口、身心障礙、獨居老人等更為主要之因子，而洪水經驗、防救災設備及人員之因子也曾出現在其他洪災



分析之研究中。由選取之脆弱度因子中，如表 2.2，透過模糊德爾菲法求出門檻共識值將低於共識值之脆弱度因子捨去不納入研究中脆弱度因子之指標，如圖 2.1 所示，低於門檻值紅線之因子皆不採用。

表 2.2 脆弱度因子選取表

評估要素	評估因子	共識值 G^i
人口特徵	65 歲以上人口	7.75
	14 歲以下人口	7
	低收入戶	6.25
	獨居老人	8.50
	身心障礙	7.75
	原住民	5.45
	新移民	5.55
	農業人口	4.40
	不識字	5.20
	大學畢業	4.85
社會經濟	家庭收入	6.43
	建物總價值	6.10
救難設備	橡皮艇	6.90
	消防人員	7.50
特殊機構	社會收容所	7.40
	學校	6.00
	老人安養院	7.50
	洗腎中心	6.25
	遊民收容所	6.4
	綠地面積	6.15
G^i 值平均=6.47		

(林依潔，2012)

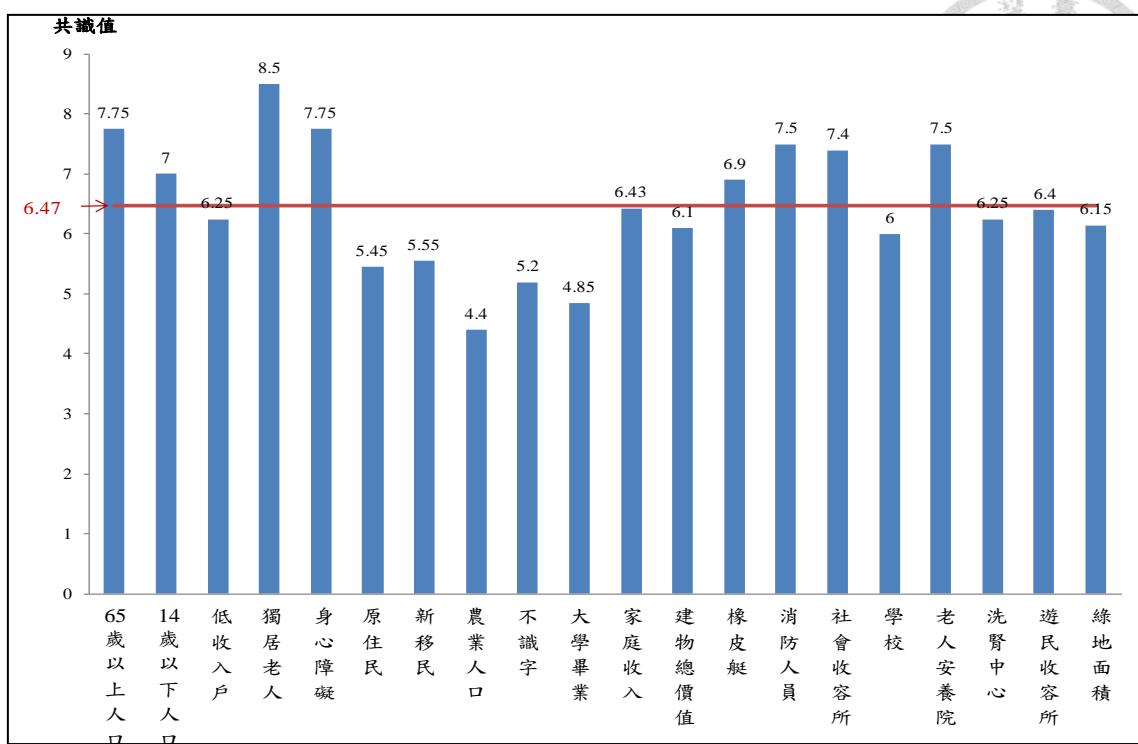


圖 2.1 評估因子之共識值圖

最後問卷選取之脆弱度因子如下：

1. 65 歲以上人口數：由於年紀造成身體的老化與機能之退化，造成當災害發生當下，容易因行動不便需要更多的人力來照顧與協助其移動治安全之地區。
2. 14 歲以下人口數：由於年幼經驗不足，雖仍具有行對能力，但容易因災害發生造成恐慌與無助的情緒，需要人力照顧與安撫其情緒與判定安全地幫助其移動。
3. 獨居老人：因其長期無依無靠，災害發生當下容易因為四周無人或無人知道其狀況而發生問題。
4. 身心障礙者：因生理因素（例如感官、智能等障礙），在移動與生活上限制須要周遭人的幫助。
5. 橡皮艇：對於洪災發生時，救災機動性高不可或缺之救援設備。
6. 消防人員：經專業訓練與災害防制課程，對於災害敏捷性與判斷能力較於一般民眾，對於災害發生當下能有效或暫緩災害發生之人員。
7. 社會收容所：災害發生前期、中期、後期，提供給資源不足之民眾之安置中



心與處所，透過逃難路徑之選擇須位於各區交通且最容易抵達之地區。

8. 老人安養院：長期需要專人照顧之年長者，災害發生當下容易因年長者過度集中須要拉長救援時間之狀況發生。

表 2.3 依模糊德爾菲問卷篩選出之脆弱度因子與權重表

要素	因子	權重	排序
人口特徵 (0.473)	65 歲以上人口	0.0745	6
	14 歲以下人口	0.0618	7
	獨居老人人口	0.1791	2
	身心障礙人口	0.1577	4
救難設備 (0.176)	橡皮艇	0.0553	8
	消防人員	0.1208	5
特殊機構 (0.351)	社會收容所	0.1630	3
	老人安養院	0.1878	1

(林依潔，2012)

表 2.3 為利用層級分析法將八項脆弱度因子分門別類並且得出其權重，經過問卷計算後我們可以得知專家認為老人安養院最為重要，故其權重值最大。

2.1.1 脆弱度地圖

脆弱度 (Social Vulnerability Index, SVI) 之計算主要是探討系統本身對於災害的抵抗能力，因此不同的人口結構與經濟特徵將造成脆弱度之不同。本研究主要參考國家災害防救科技中心 (2010) 之方式，先將所有變數標準化處理，將各脆弱度因子統計數據標準化並加以平均，去除單位之影響，其計算之公式如下：

$$Z - score = Z = \alpha \frac{(x - M)}{SD} \quad (2.1)$$

其中： x 為不同區里之統計數據；

M 為平均數；

SD 為標準差；

α 為脆弱度因子修正係數。



$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - M)^2}{n - 1}}$$

其中： n 為研究區里之總數。

上述八項社會脆弱度因子其中部分因子屬反向變項，即代表其數量增加反而會使脆弱度降低，如：橡皮艇、消防人員、社會收容所，如表 2.4 所示。在計算過程中，橡皮艇、消防人員、社會收容所三項因子， α 值須修正為負向計算（-），反之其餘五項因子則以正向（+）作運算。

表 2.4 脆弱度因子之正負向因子變項與說明表

因子	α	因子	α
65 歲以上人口	+1	橡皮艇	-1
14 歲以下人口	+1	消防人員	-1
獨居老人人口	+1	社會收容所	-1
身心障礙人口	+1	老人安養院	+1

得出各因子之 Z-score 後，將其依表 2.3 之各因子權重相乘得 SVI 數值並將其正規化。其計算公式如下：

$$SVI = k_1 \times z_1 + k_2 \times z_2 + \dots + k_n \times z_n \quad (2.3)$$

其中： k 為脆弱度因子之權重。

$$I_{SVI} = \frac{SVI - SVI_{min}}{D} \quad (2.4)$$

其中： D 為全距，即 $D = SVI_{max} - SVI_{min}$ 。

最後求出之各 I_{SVI} 將介於 0 至 1 之間，並將社會脆弱度依照 0.2 為一級距分成五種等級，如表 2.5 所示。以利之後與危險度做結合求出風險度地圖，此項研究方法將於「2.3 風險地圖」小節中介紹。

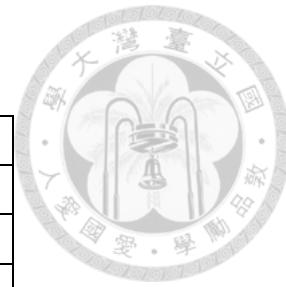


表 2.5 脆弱度 I_{SVI} 分級對照表

脆弱程度	脆弱度等級	I_{SVI}
極低	1	0.0 ~ 0.2
低	2	0.2 ~ 0.4
中	3	0.4 ~ 0.6
高	4	0.6 ~ 0.8
極高	5	0.8 ~ 1.0

2.2 危險度地圖

本研究之危險度探討主要是以洪災形成之淹水作為依據。洪災即降雨所帶來之豪大雨所形成之洪水所造成之危害。近年來極端氣候變異，造成各地降雨事件極端，常久旱之後遭逢超強降雨，造成海洋、湖泊、河川水位大幅上升，當地區性降雨超過負荷，如：因降雨造成內水無法排出形成區內淹水、海水倒灌、水位暴漲形成越堤、海嘯等狀況發生，也形成沿海低窪地區或是平原、盆地之淹水事件頻傳。

台灣因為地狹人稠，形成都會區集中人口集中於大都市，都市經濟發展蓬勃，若發生洪災將造成大批的人民傷亡、財產損失、建築損毀或經濟停擺的狀況發生，洪災有時也會伴隨著氣爆、火災等災害發生演變成複合型災害，此現象極為嚴重，災後也將造成民生用水、疾病傳染等後續問題，故本研究以淹水深度作為危險度之指標來顯示。

2.2.1 危險度計算

本研究進行危險度計算時，利用黃成甲（2014）整合建物效應與即時淹水模擬之研究，以 200×200 公尺網格結合二維淹水模式，並且於模式中加入依據建物面積所佔網格面積比例輸入每個計算網格的建蔽率，最後搭配各重現期距、颱風事件之降雨量，做為模式之輸入資料，進行含建物之淹水模擬。



$$\frac{\partial (1 - \alpha) d}{\partial t} + \frac{\partial (ud)}{\partial x} + \frac{\partial (vd)}{\partial y} = q \quad (2.5)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial x} = S_{fx} + \frac{qu}{dg} \quad (2.6)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial y} = S_{fy} + \frac{qv}{dg} \quad (2.7)$$

其中： x, y ：模擬地區標示之卡式座標 [m]

t ：時間座標 [sec]；

d ：模擬區地表水深 [m]；

u, v ：分別為沿 x, y 方向之平均流速 [m/sec]；

S_{fx}, S_{fy} ： x, y 方向之摩擦坡度 [$sec/m^{1/3}$]；

h ：地表水位 [m]， $h = d + z$ ；

z ：地表高程 [m]；

g ：重力加速度 [m/sec^2]；

q ：單位表面積之進流量 [m/sec]。

利用上述之公式，用交替顯式法求出有限差分之數值，在初始條件之設定則將水深與流速設定為零，二維淹水模式之應用與方法詳細介紹請參照「附錄二 二維淹水模式分析方法」。

經由模式模擬，求出各重現期距與颱風事件之最大淹水深，並引用日本長岡市之淹水分級標準，依照淹水深分為 $0 \sim 0.3m$ 、 $0.3 \sim 0.5m$ 、 $0.5 \sim 1m$ 、 $1 \sim 1.5m$ 、 $1.5m$ 以上五種等級，如表 2.6 所示。以利之後與脆弱度做結合求出風險度地圖。

表 2.6 風險度分級對照表

危險程度	危險度等級	模擬淹水深 (m)
極低	1	~ 0.3
低	2	$0.3 \sim 0.5$
中	3	$0.5 \sim 1.0$
高	4	$1.0 \sim 1.5$
極高	5	$1.5 \sim$



2.3 風險度地圖

風險分析大多依照收集之資料與資訊之類型而選定分析之方法，一般分為定性分析（Qualitative Risk Analysis）、半定量分析（Semi-quantitative Analysis）、定量分析（Quantitative Risk Analysis）三種方法，而本研究延用林依潔（2012）風險分析之方法選用半定量風險矩陣之方法，將脆弱度與危險度交錯求區研究區之風險度。

1. 定性分析（Qualitative Risk Analysis）：大多以文字或敘述方式來分類等級，顯示發生問題之可能性與嚴重性。
2. 半定量分析（Semi-quantitative Analysis）：採數值數據方式來表示等級，所表示之數據不直接與實際影響與頻率有關。
3. 定量分析（Quantitative Risk Analysis）：以實際數據來表現風險發生之頻率與結果。

表 2.7 風險矩陣對照表

社會脆弱度 淹水深		0.0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8 以上
	1	2	3	4	5	
0.0-0.2	1	1	1	2	3	3
0.2-0.5	2	2	2	3	4	4
0.5-1.0	3	3	3	4	4	5
1.0-1.5	4	4	4	5	5	5
1.5 以上	5	5	5	5	5	5

其分析的複雜度以定量分析最為複雜，其次為半定量分析、定性分析，研究之初大多會先以定性分析了解大致上之風險範圍，確定範圍之後再以定量分析進行下一步研究。

本研究以此半定量風險矩陣之方法，以表格圖像方式簡易的顯現各事件之風險等級，如表 2.7 所示，在此風險矩陣中，橫軸代表脆弱度五個等級，縱軸代表危險度五個等級，並將風險矩陣分為五個等級，之後作為洪災預警警報發布之依據。



2.4 預兆得分

本研究以風險值作為預警之依據，不以傳統預警以淹水深危險度作為預警之狀況，主要是為了防止預警過程中之矛盾情形發生，如：該地未有人口居住或土地利用如魚塭、森林等脆弱度較低之地區發生洪災時，相較於上述高危險度地區，高脆弱度地區更需要救援與資源之分配。利用風險地圖作為預警之依據，可有效的分辨安排物資與資源補給之順序，在救災過程中可避免將資源著重於低效益之地區，以提升救災之效益。

為了能以客觀的方式了解模式應用之成果，本研究採用預兆得分 TS (Threat Score) 之方式來檢驗實際淹水地點與洪災預警之精準度，以量化的方式顯現模式對於研究區域之預警能力。預兆得分 TS (Threat Score) 之定義與計算計算方式如下：

表 2.8 預兆得分定義表

預測事件	觀測事件	
	是	否
是	正確預警 (a)	誤報 (b)
否	失誤 (c)	無事件發生 (d)

$$T - SCORE = TS = \frac{a}{a + b + c} \quad (2.8)$$

其中：
a 為正確預警之狀況，即實際與預測事件相符者；

b 為誤報之狀況，即預測事件但實際未發生者；

c 為失誤之狀況，即實際發生但未發佈預警者；

d 為無事件之狀況，即實際事件與預測事件皆未發生者。

最後由各洪災預警之事件中得出該事件之預兆得分 TS (Threat Score)，而 T - SCORE 值越接近 1 也表示研究中所應用之模式正確預報的能力越高。



第三章 研究區域

本研究以高雄市為研究區域，並利用現況雨量資料與人口資料與颱風事件，依照研究流程進行脆弱度、危險度及風險之分析。

3.1 區域概述

高雄市位於台灣西南方，南北長約 54 公里，東西寬約為 35.4 公里，西臨台灣海峽，地勢呈東北向西南傾斜，東為觀音山、東照山、佛光山等山峰；西為壽山與半屏山為主。

高雄市全境位於熱帶，為台灣第二大都市，有台灣第一大商港，更是全球第三大貨櫃港，因此有「港都」之稱。

人口分布多集中於楠梓區、左營區、三民區、鼓山區、鳳山區、苓雅區、前鎮區、小港區等中心精華區，工商業發展蓬勃住商混合形成都會區，也因為其天然地理位置讓高雄自古以來都是台灣最重要之海港都市，對於台灣加工出口貿易有舉足輕重的地位，使得高雄市發展迅速人口逐漸遷入且集中，也使得地區性帶來不可抹滅的商機與繁榮。

本研究區共選取包含湖內區、茄萣區、阿蓮區、路竹區、永安區、岡山區、旗山區、燕巢區、彌陀區、橋頭區、大樹區、梓官區、大社區、楠梓區、仁武區、左營區、鳥松區、三民區、鼓山區、大寮區、鳳山區、苓雅區、新興區、前金區、鹽埕區、前鎮區、小港區、林園區，共 28 個行政區合計 768 個里，研究面積約為 696 平方公里。如表 3.2 與圖 3.1 所示。



表 3.1 高雄市人口及行政區域基本資料表

行政區	面積 (km)	戶數	人口數
湖內區	20.74	10318	29378
茄萣區	16.04	10380	30681
阿蓮區	32.02	9366	29560
路竹區	50.21	16628	52989
永安區	23.66	5822	14149
岡山區	48.12	34403	97662
旗山區	3.35	13877	38183
燕巢區	48.22	10342	30443
彌陀區	14.31	6722	19917
橋頭區	24.38	13187	37135
大樹區	58.76	13269	43224
梓官區	11.57	12418	36368
大社區	25.34	12613	34333
楠梓區	28.09	66028	178320
仁武區	37.81	30160	80610
左營區	17.72	77050	195536
鳥松區	24.68	17469	43647
三民區	16.98	134866	347451
鼓山區	19.75	55478	135524
大寮區	58.35	40830	111054
鳳山區	27.89	135303	353476
苓雅區	8.00	72226	176033
新興區	2.53	22791	52624
前金區	1.96	12571	27869
鹽埕區	1.49	10904	25479
前鎮區	13.71	78019	194080
小港區	35.77	65846	155893
林園區	24.42	25380	70455
合計	695.87	1014266	2642073

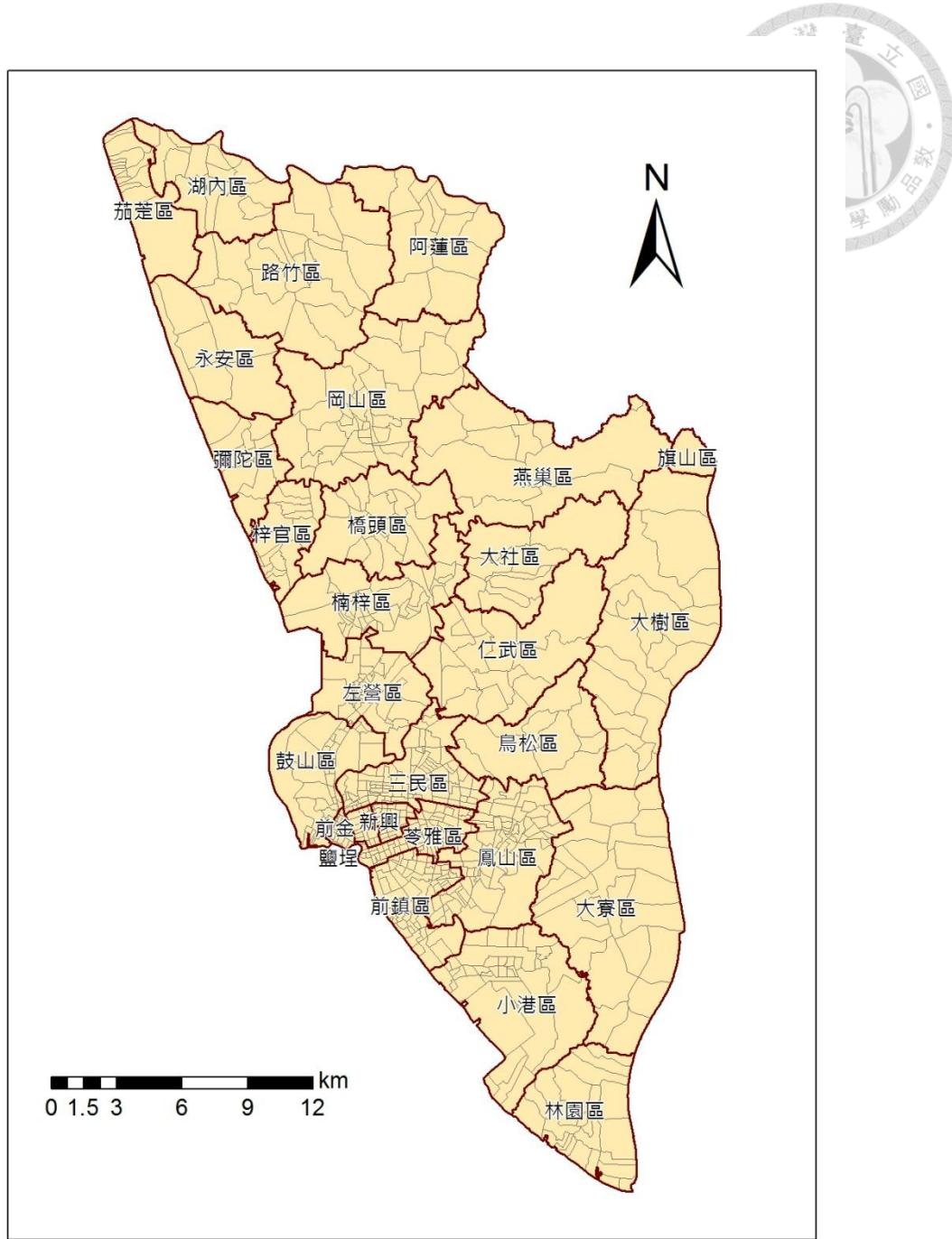


圖 3.1 高雄市研究區域圖

本研究地形資料採用 $200m \times 200m$ 網格之數值地形高程資料（圖 3.2），並根據國土利用現況調查資料（2006），依照土地利用型態將研究區分為農業用地、交通用地、水利用地、建築用地、工業用地、遊憩用地、養殖用地、礦業用地、軍事用地及其他用地等（圖 3.3），並依其特性訂定出各土地利用之曼寧 n 值（表 3.2），透過二維淹水模式模擬不同重現期都市淹水之情況。

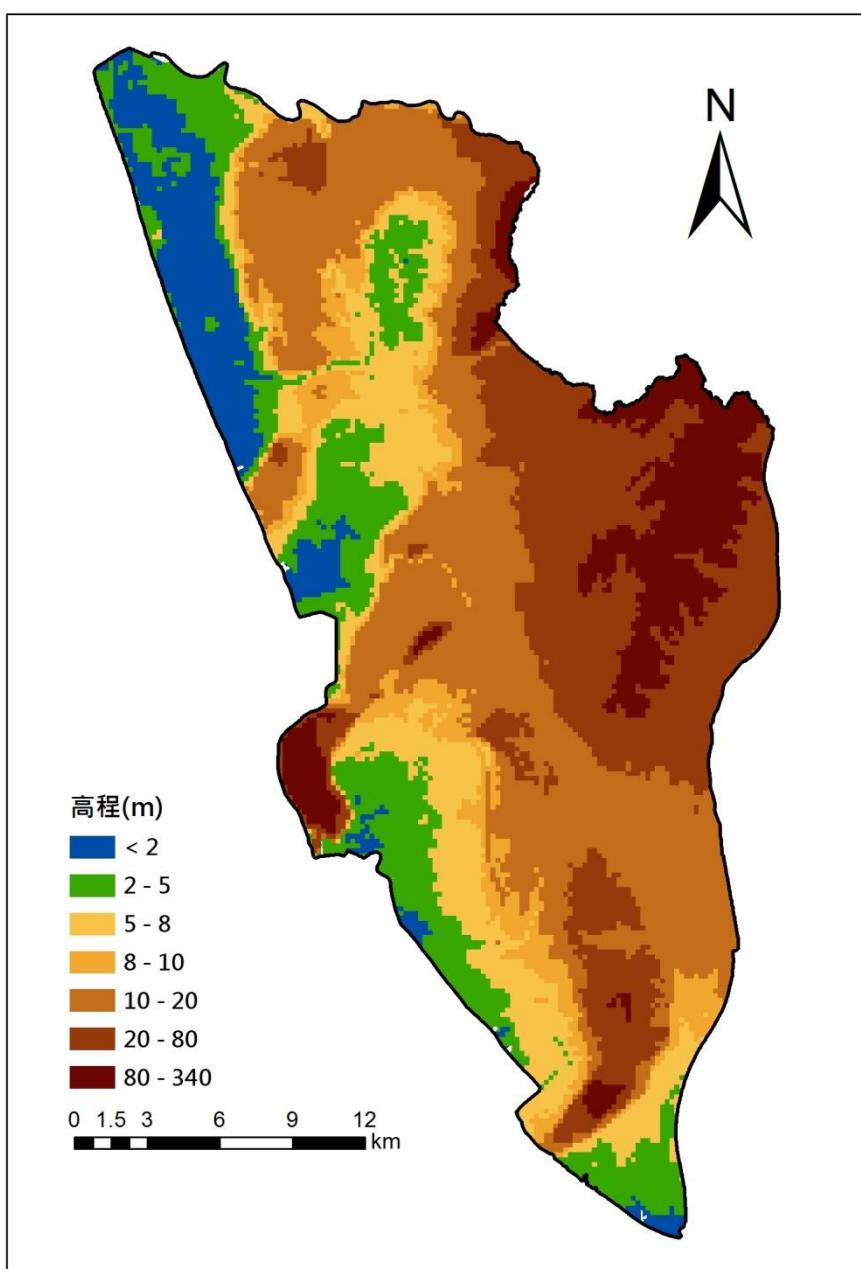


圖 3.2 高雄市數值高程圖

表 3.2 土地利用型態表

土地利用型態	曼寧糙度 n	土地利用型態	曼寧糙度 n
農業用地	0.130	遊憩地	0.130
交通用地	0.130	鹽田	0.100
水利用地	0.100	礦區	0.130
建築用地	0.200	軍事用地	0.130
工業用地	0.200	其他	0.130

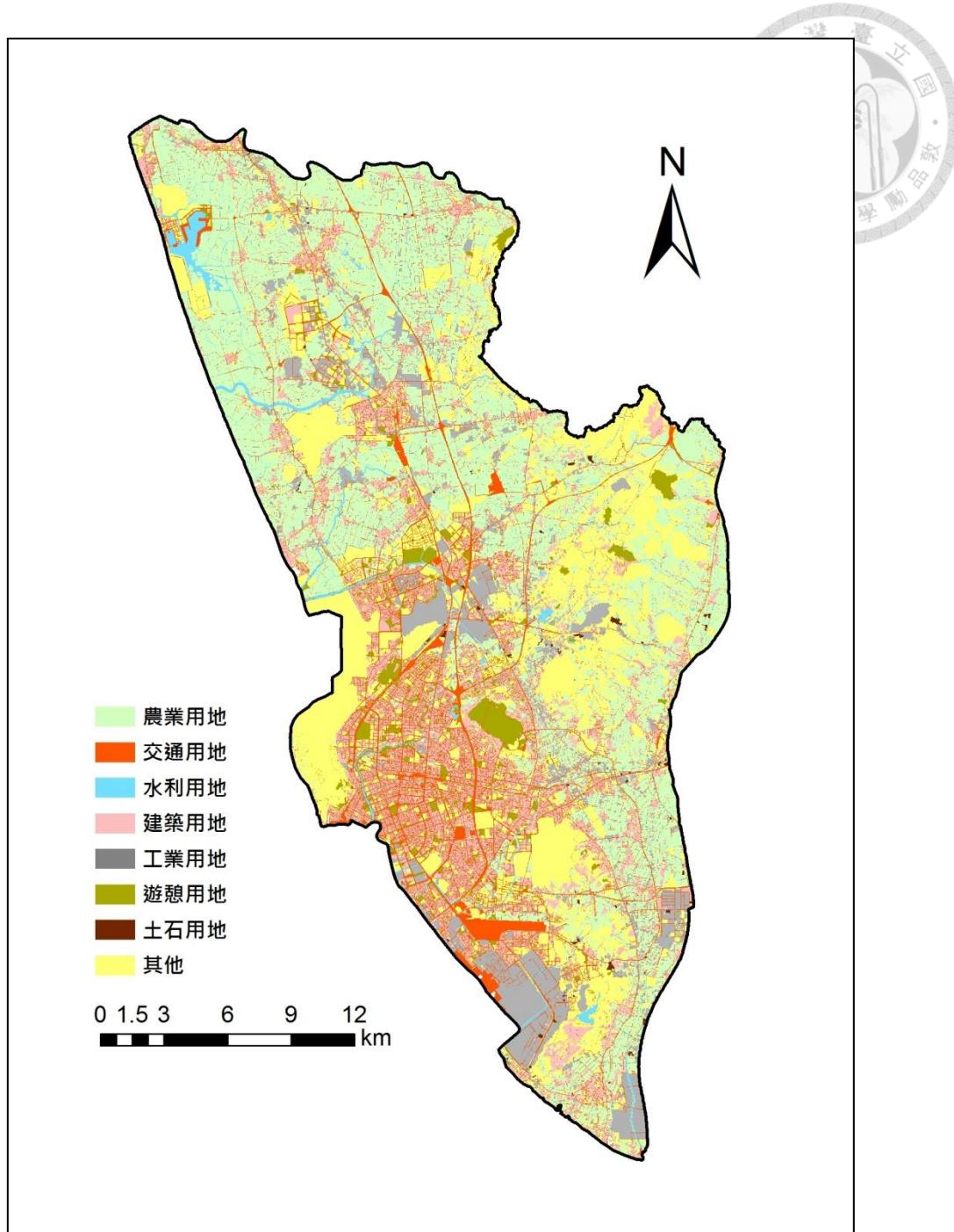


圖 3.3 高雄市土地利用圖

3.2 雨量資料

本研究依照水利署高屏溪流域及高雄縣、高雄市與屏東縣淹水潛勢圖更新計畫（2007）中各重現期與颱風事件之降雨量作為二維淹水模式之輸入資料做為淹水模擬並結合建蔽率，搭配各重現期距、颱風事件之降雨量，做為模式之輸入資料，進行含建物之淹水模擬。



3.2.1 重現期距

採用表 3.3 水利署高屏溪流域及高雄縣、高雄市與屏東縣淹水潛勢圖更新計畫（2007）中高雄地區 24 小時暴雨頻率分析結果作為基準值（表 3.3），選用 5 年、10 年、25 年、50 年、100 年、200 年六種重現期距。研究區域內共有四座雨量站，分別為屏東、金山、阿蓮及竹仔腳雨量站。考慮到降雨空間變異性，本研究依照雨量站相對位置以徐昇式多邊形法（thiessen polygons method）進行雨量分區，決定各控制面積之雨量，其研究區域徐昇式多邊形法分區示意圖如圖 3.4 所示。

表 3.3 高雄市 24 小時暴雨量頻率分析表

重現 期距 測站	2	5	10	20	25	50	100	200
屏東	224.4	308.9	357.6	400.1	408.5	450.6	485.8	519.2
金山	214.5	322.6	393.8	460.9	475.1	545.9	608.6	670.2
阿蓮	206.7	286.8	333.4	373.5	381.3	420.1	451.5	480.4
竹仔腳	209.3	309.1	371.5	428.8	440.6	499.7	550.9	600.7

（單位：mm）



圖 3.4 研究區域徐昇式多邊形法分區示意圖

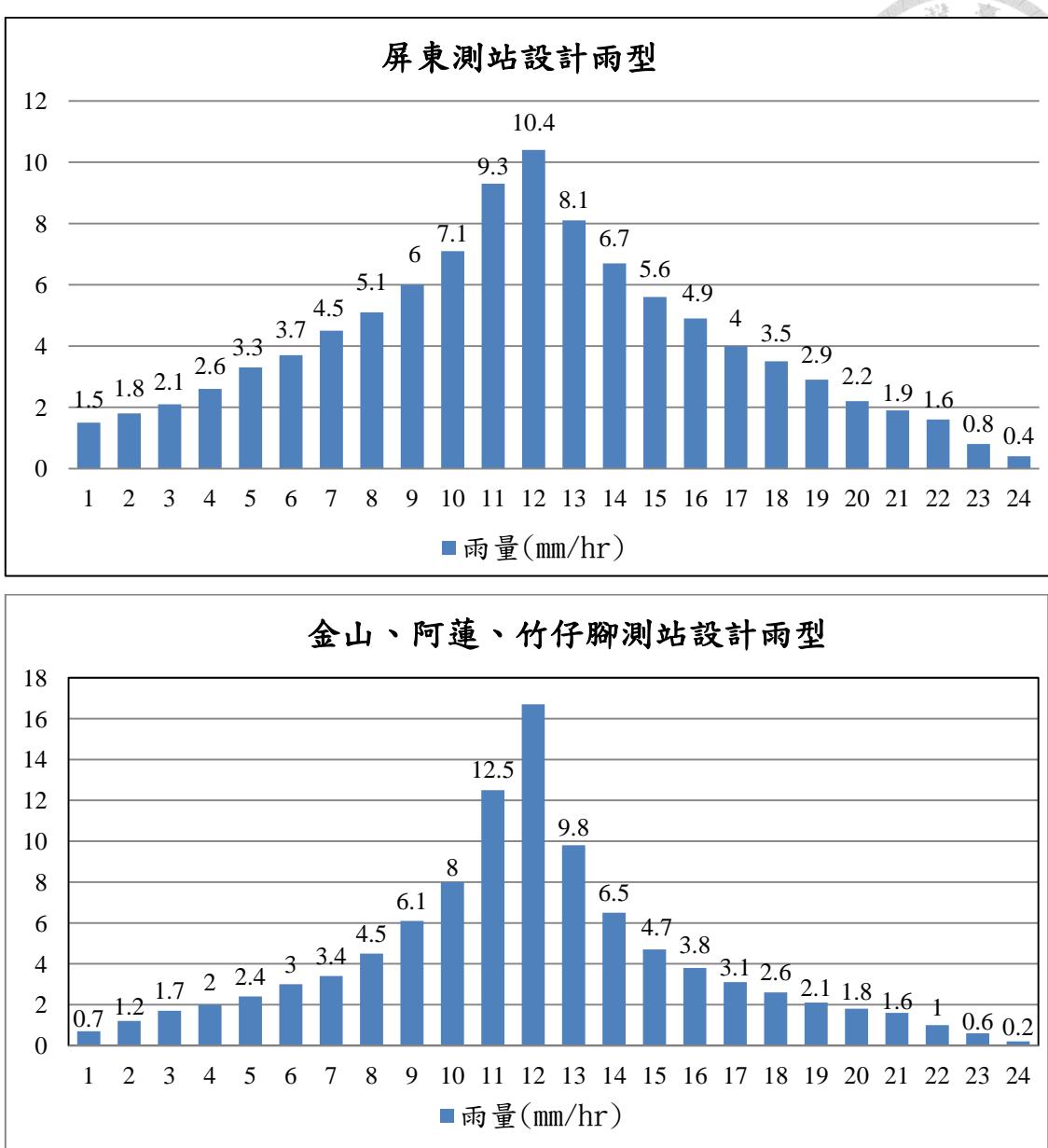


圖 3.5 研究區域各雨量站 24 小時雨量組體圖

3.2.2 颱風事件

本研究採用 2001 年潭美颱風、2005 年海棠颱風、2009 年莫拉克颱風及 2010 年凡那比颱風等四場颱風事件做為研究颱風事件之選擇，並依其颱風事件時最大降雨期間作本研究模擬之時間設定，潭美颱風為 2001 年 7 月 11 日 6 時至 2001 年 7 月 11 日 21 時，共計 24 小時；海棠颱風為 2005 年 7 月 18 日 9 時至 2005 年 7 月 19 日 20 時，共計 36 小時；莫拉克颱風為 2009 年 8 月 7 日 10 時至 2009 年 8 月 9 日 9 時，共計 48 小時；凡那比颱風為 2010 年 9 月 19 日 4 時至 2010 年 9 月 20 日 23 時，共計 48 小時。



9 時，共計 30 小時。

凡那比颱風與莫拉克颱風皆利用都卜勒雷達取得即時降雨資料，模擬範圍內總共有 461 個雷達網格，資料為每個小時之逐時降雨量，QPESUMS 的網格解析度為 $1.25\text{km} \times 1.25\text{km}$ 。

潭美颱風與海棠颱風則以雨量站相對位置並以徐昇式多邊形法 (thiessen polygons method) 進行雨量分區，決定各控制面積之雨量，其研究區域徐昇式多邊形法分區示意圖如圖 3.6 所示。表 3.4 為颱風事件各雨量站累積雨量表。有關颱風事件之相關資訊請參照「附錄四 颱風事件資料表」。

表 3.4 研究區各雨量站颱風事件累積雨量表

雨量站名	累積雨量 (mm)	
	潭美颱風	海棠颱風
臺南	18.7	305.1
高雄	218.1	287.4
東港	0.0	0.0
古亭坑	17.5	438.0
三爺	61.5	314.0
里港	48.0	586.5
屏東	231.0	375
雙連埤	1.0	58.5
大寮	184.0	392.5
溪埔	93.5	394.0
尖山	30.5	382.0
竹子腳	31.5	371.0
岡山	157.0	366.0
鳳雄	74.0	415.0
左營	338.0	263.5
鳳山	231.0	343.0
鳳森	183.0	324.0

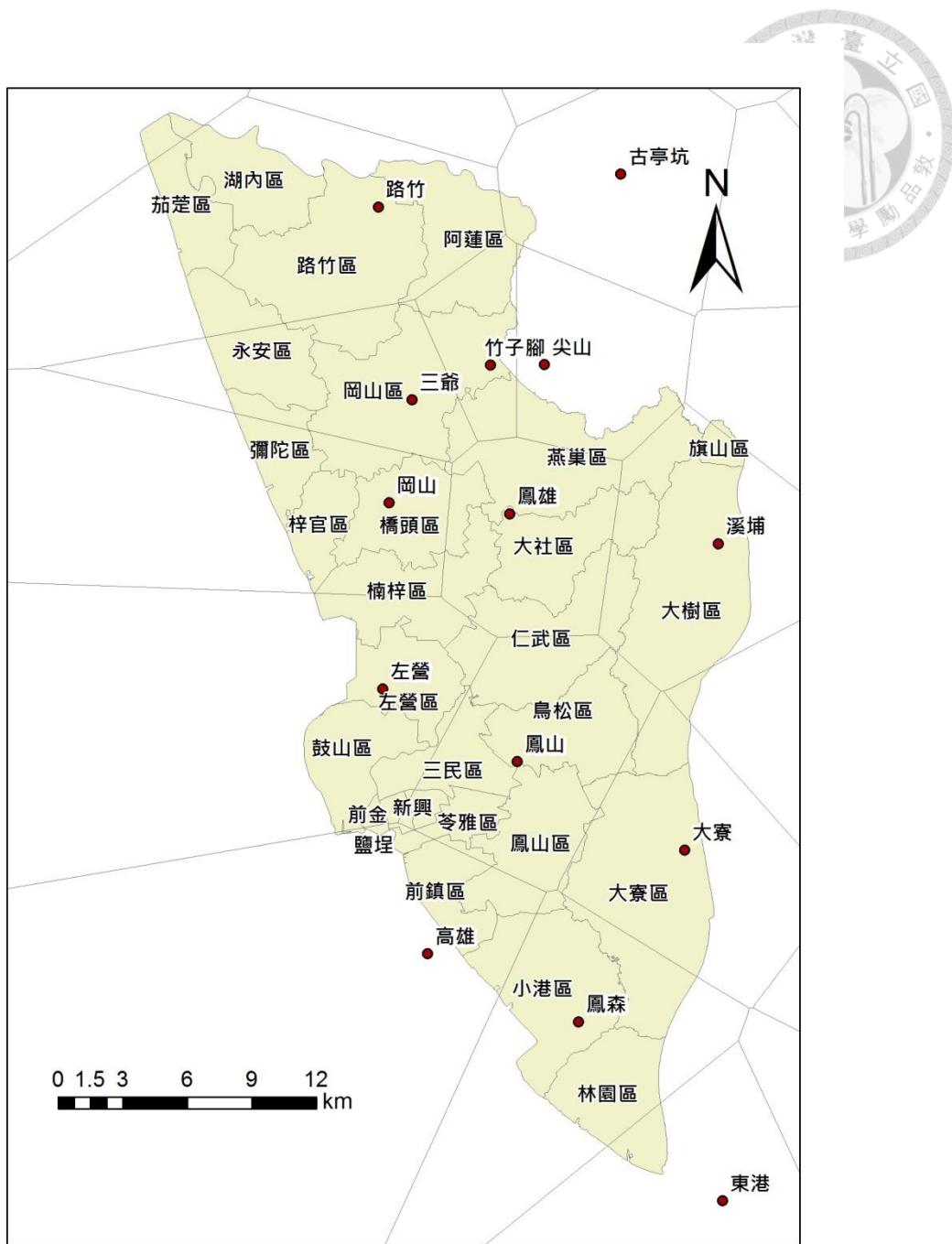


圖 3.6 研究區域徐昇式多邊形法分區示意圖



第四章 模擬結果與討論

本章節為高雄市在六種不同重現期（5年、10年、25年、50年、100年及200年）與潭美颱風、海棠颱風、莫拉克颱風及凡那颱風事件下高雄市淹水潛勢情況以及各村里之風險值之分析結果。

4.1 社會脆弱度分析結果

社會脆弱度經由「2.1 社會脆弱度因子」章節中可知透過林依潔（2012）台北市洪災風險分析研究中藉由模糊德爾菲法（Fuzzy Delphi Method）篩選脆弱度之指標並搭配層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP），得出八項脆弱度因子：65歲以上人口數、14歲以下人口數、獨居老人人口數、身心障礙者人口數、橡皮艇數量、消防人員人口數、社會收容數量、所老人安養院數量，經由高雄市政府各處室資料收集（表 4.1）並經脆弱度正規化計算（公式 2.1 至公式 2.4），依照 0.2 為一級距分成五種等級，最後經由 ArcGIS 地理資訊系統軟體繪製成脆弱度地圖，如圖 4.1 所示。

由脆弱度地圖中可以顯示出各行政區各村里之脆弱度，即承受相同危害時可以用來加以判斷受災區之風險與即時分配人力與物資，以最高效益維護人民之生命財產安全。

表 4.1 脆弱度因子資料來源表

脆弱度因子	資料來源
65歲以上人口數／14歲以下人口數	高雄市政府民政局
獨居老人人口數／身心障礙者人口數 社會收容數量／所老人安養院數量	高雄市政府社會局
橡皮艇數量／消防人員人口數	高雄市政府消防局

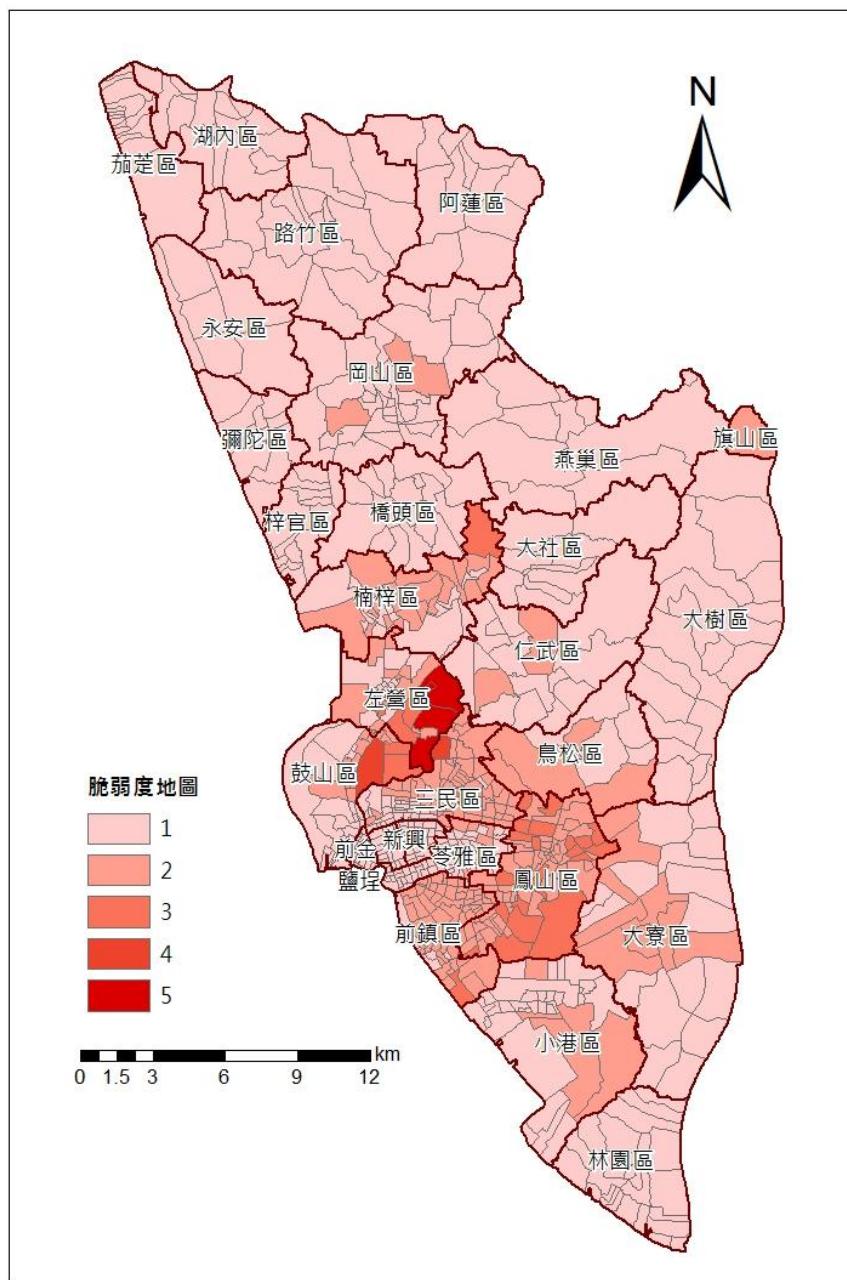


圖 4.1 脆弱度地圖

社會脆弱度所呈現出來的是一種相對比較關係，以左營區與鼓山區為例，即左營區比鼓山區的脆弱度高，並不代表實際的脆弱度數值；事實上形成高脆弱度行政區村里之情形，其中原因可能會此區弱勢族群或是老幼年人口相較密集，或是災害救助資源設備較缺乏，如：消防人員、消防局、消防救災器材等因素，因此形成當相同危害發生時，該地區風險與受災程度會比其他區域來的大。

左營區之所以有相較高之脆弱度，主因為左營區福山里、新上里、菜公里等



里老年人口與幼年人口佔區域中之絕大比例，所以形成較高脆弱度之等級。

脆弱度的高低與受災度成正比，但在危害發生將地區性之脆弱因素排除或是提高救災能力與物資，則能有效的減低脆弱度之等級。詳細脆弱度表單請參閱「附錄三 脆弱度計算表格」

4.2 淹水危險度分析結果

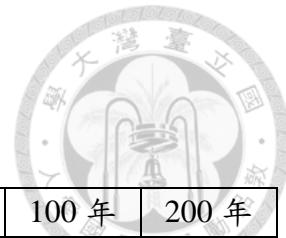
危險度經由「2.2 危險度地圖」以 5 年、10 年、25 年、50 年、100 年及 200 年重現期之降雨與潭美颱風、海棠颱風、莫拉克颱風、凡那比等颱風事件，經由二維淹水模式模擬求得各事件下之淹水潛勢圖，並利用表 2.6 分級標準，將淹水深分為五級以危險地圖來呈現。

4.2.1 重現期距

由模式模擬結果可以看出重現期距淹水模擬之趨勢，淹水深較嚴重之地區大多位於岡山區、楠梓區、仁武區、鳥松區、林園區等地，由重現期距 5 年至重現期距 200 年，可知淹水分布有一定之趨勢。由圖 4.2 至圖 4.13 中，高雄市淹水深度以林園區為最嚴重，由表 4.2 中可以得知，重現期距 5 年之淹水深已達 2.9 公尺，200 年重現期距時林園區西汕里淹水深潛勢更達 4 公尺以上。

重現期距 5 年時淹水深達一公尺以上共 14 個村里，其各重現期之淹水深度及危險度分析如表 4.2 及表 4.3 所示。由表中可看出 5 年重現期降雨條件下，已有兩個村里之淹水深超過兩公尺，重現期距遞增至 200 年時，淹水深達一公尺已達 78 個村里，其中兩公尺以上 7 個村里；三公尺以上 1 個村里；四公尺以上 1 個村里，且淹水面積由圖中可以看出有逐漸擴大之趨勢。

由表 4.2 與表 4.3 為重現期距五年狀況下水深高於 1 公尺之村里，由表可得知當重現期距由 5 年遞增至 200 年時，危險度等級隨淹水深的增加而往上攀升，5 年重現期距時危險度五級有三處、10 年 5 處、25 年 7 處、50 年有 9 處最後是 100 與



200 年重現期距有 10 處以上，危險度隨重現期越大而越高。

表 4.2 各重現期距下村里淹水深度表

里名	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
高雄市林園區西汕里	2.87	3.08	3.53	3.76	3.93	4.10
高雄市林園區東汕里	2.00	2.19	2.62	2.83	3.00	3.18
高雄市林園區北汕里	1.55	1.76	2.23	2.46	2.65	2.83
高雄市岡山區潭底里	1.47	1.50	2.14	2.38	2.57	2.75
高雄市林園區鳳芸里	1.38	1.60	2.08	2.32	2.52	2.69
高雄市楠梓區中和里	1.32	1.41	2.16	2.37	2.55	2.72
高雄市三民區鼎盛里	1.29	1.31	1.62	1.76	1.88	2.02
高雄市岡山區白米里	1.20	1.20	1.48	1.58	1.67	1.76
高雄市仁武區竹後里	1.13	1.16	1.46	1.59	1.70	1.79
高雄市三民區本和里	1.05	1.06	1.16	1.20	1.23	1.26
高雄市岡山區台上里	1.03	1.05	1.64	1.87	2.07	2.24
高雄市梓官區中崙里	1.03	1.03	1.34	1.45	1.55	1.65
高雄市楠梓區稔田里	1.01	1.04	1.31	1.43	1.54	1.62
高雄市三民區港東里	1.01	1.08	1.34	1.47	1.56	1.66

表 4.3 各重現期距下村里危險度表

里名	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
高雄市林園區西汕里	5	5	5	5	5	5
高雄市林園區東汕里	5	5	5	5	5	5
高雄市林園區北汕里	5	5	5	5	5	5
高雄市岡山區潭底里	4	5	5	5	5	5
高雄市林園區鳳芸里	4	5	5	5	5	5
高雄市楠梓區中和里	4	4	5	5	5	5
高雄市三民區鼎盛里	4	4	5	5	5	5
高雄市岡山區白米里	4	4	4	5	5	5
高雄市仁武區竹後里	4	4	4	5	5	5
高雄市三民區本和里	4	4	4	4	4	4
高雄市岡山區台上里	4	4	4	4	5	5
高雄市梓官區中崙里	4	4	4	4	5	5
高雄市楠梓區稔田里	4	4	4	4	5	5
高雄市三民區港東里	4	4	4	4	5	5

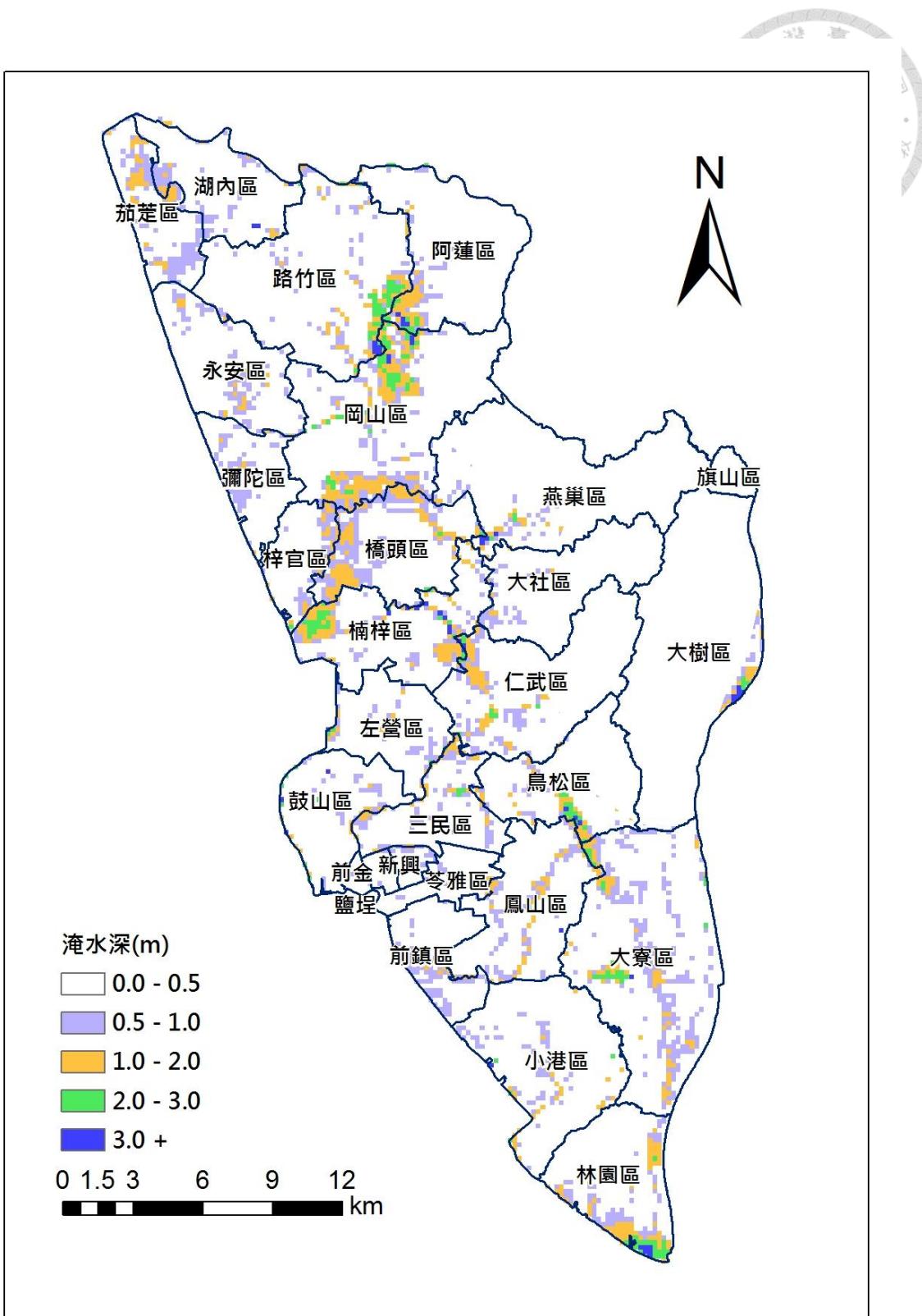


圖 4.2 五年重現期距最大淹水深地圖

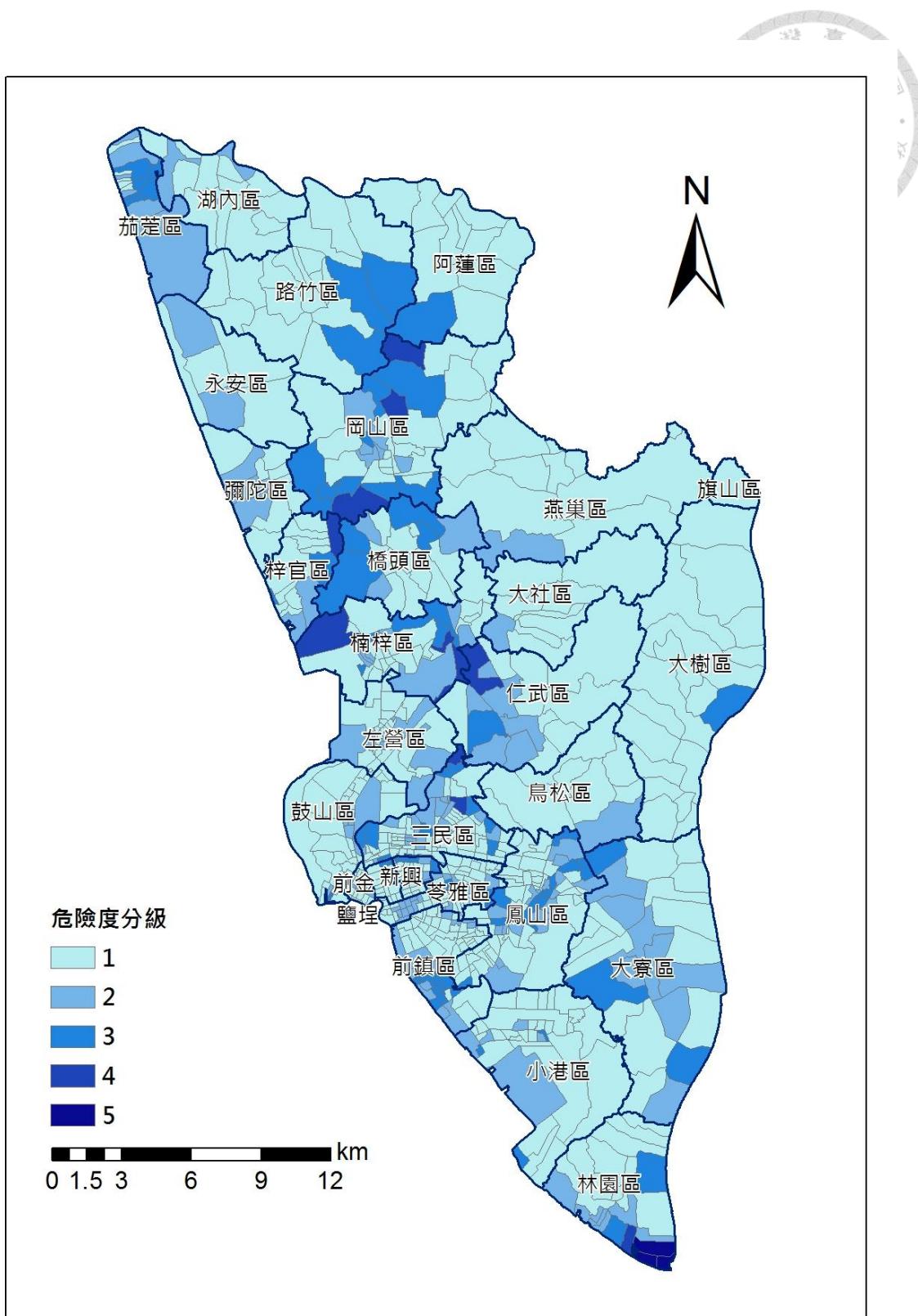


圖 4.3 五年重現期距危險度地圖

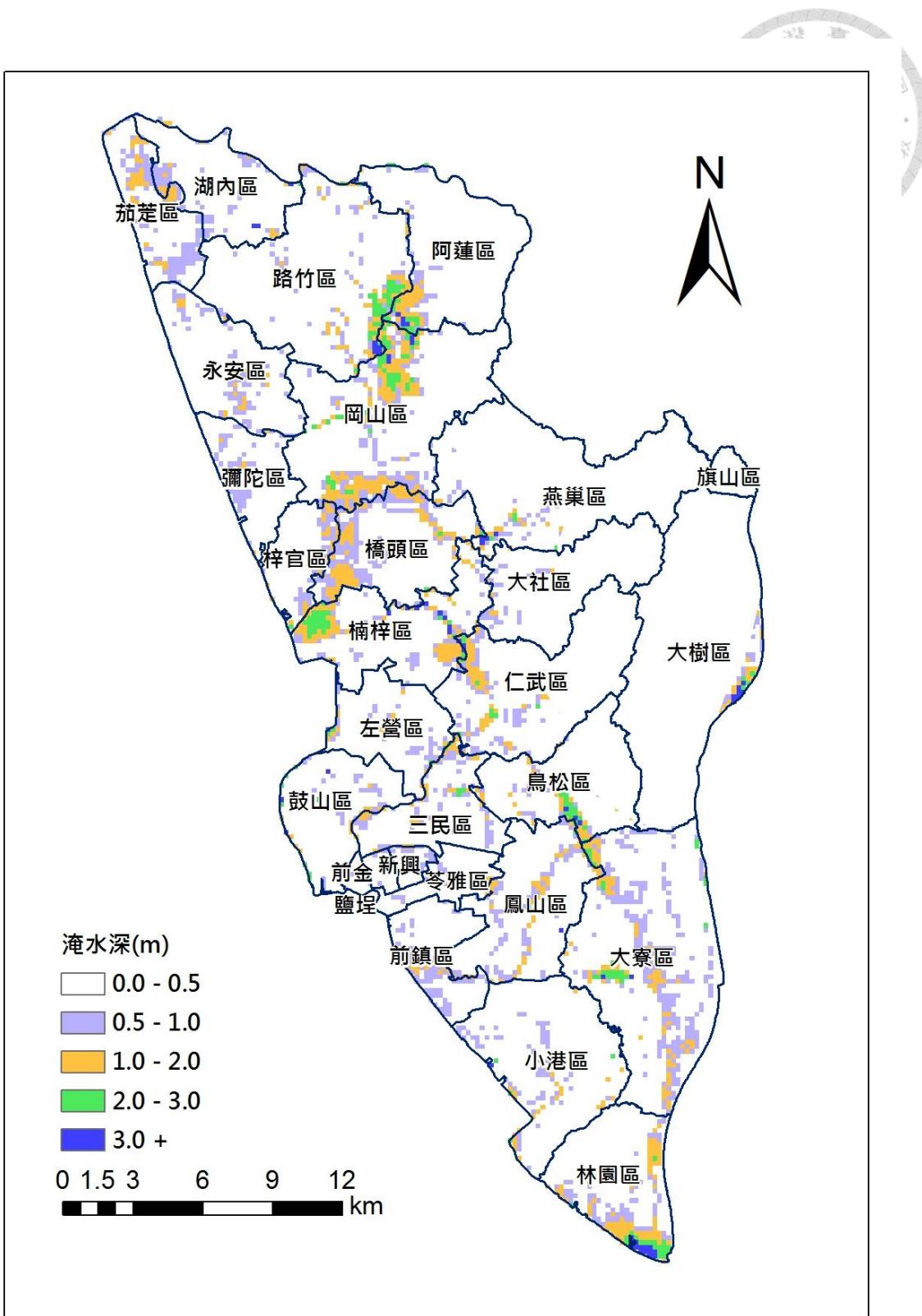


圖 4.4 十年重現期距最大淹水深地圖

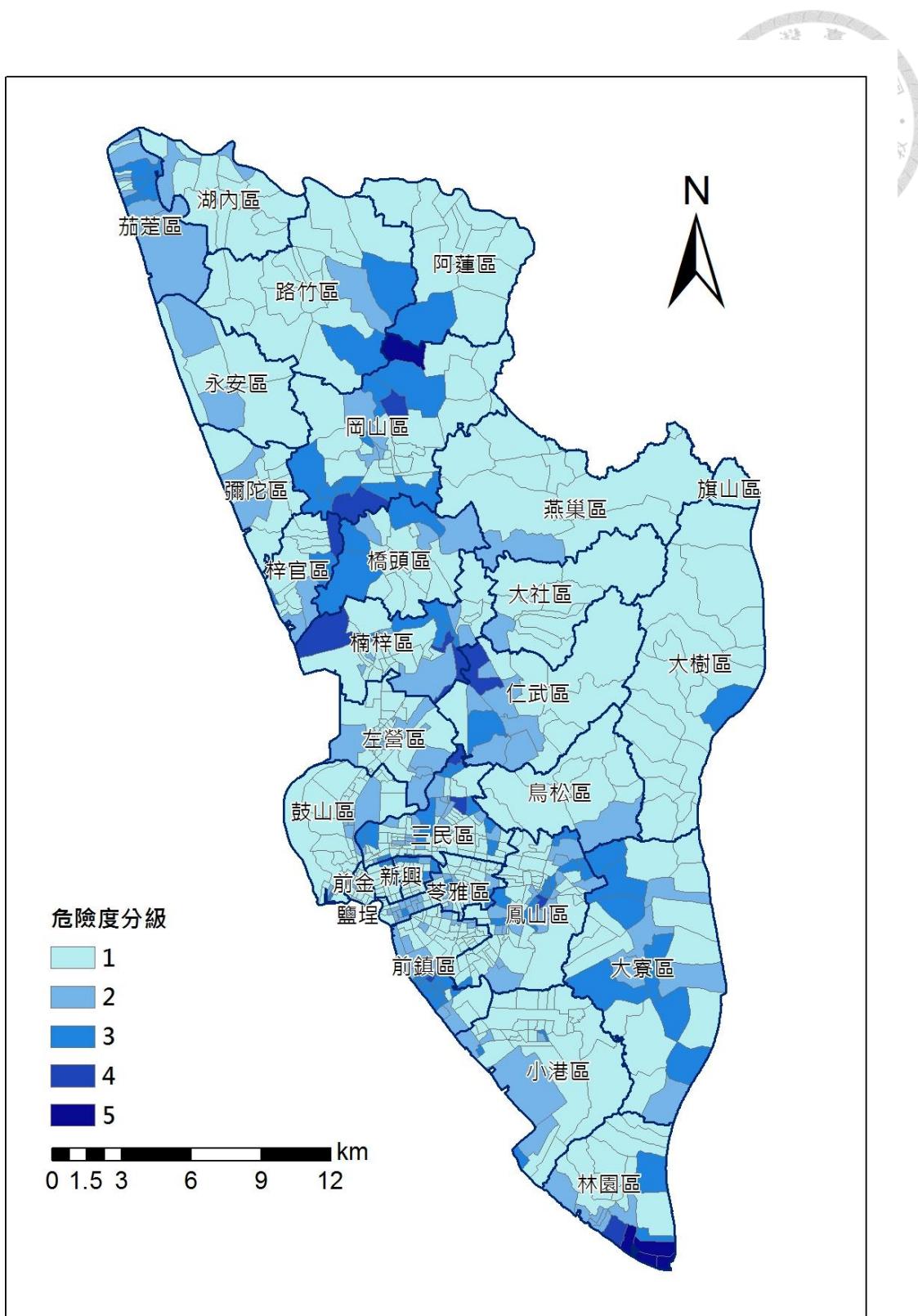


圖 4.5 十年重現期距危險度地圖

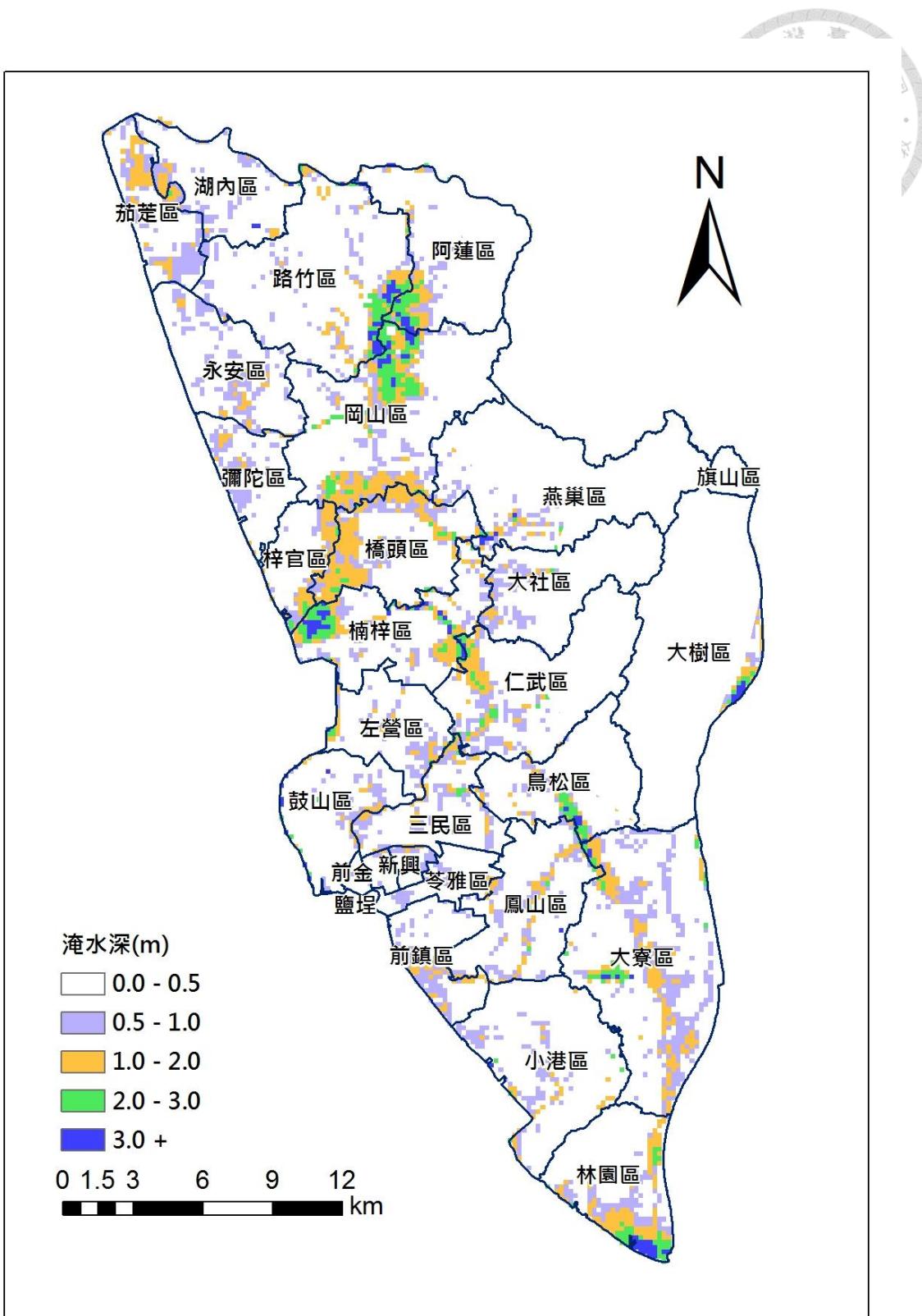


圖 4.6 二十五年重現期距最大淹水深地圖

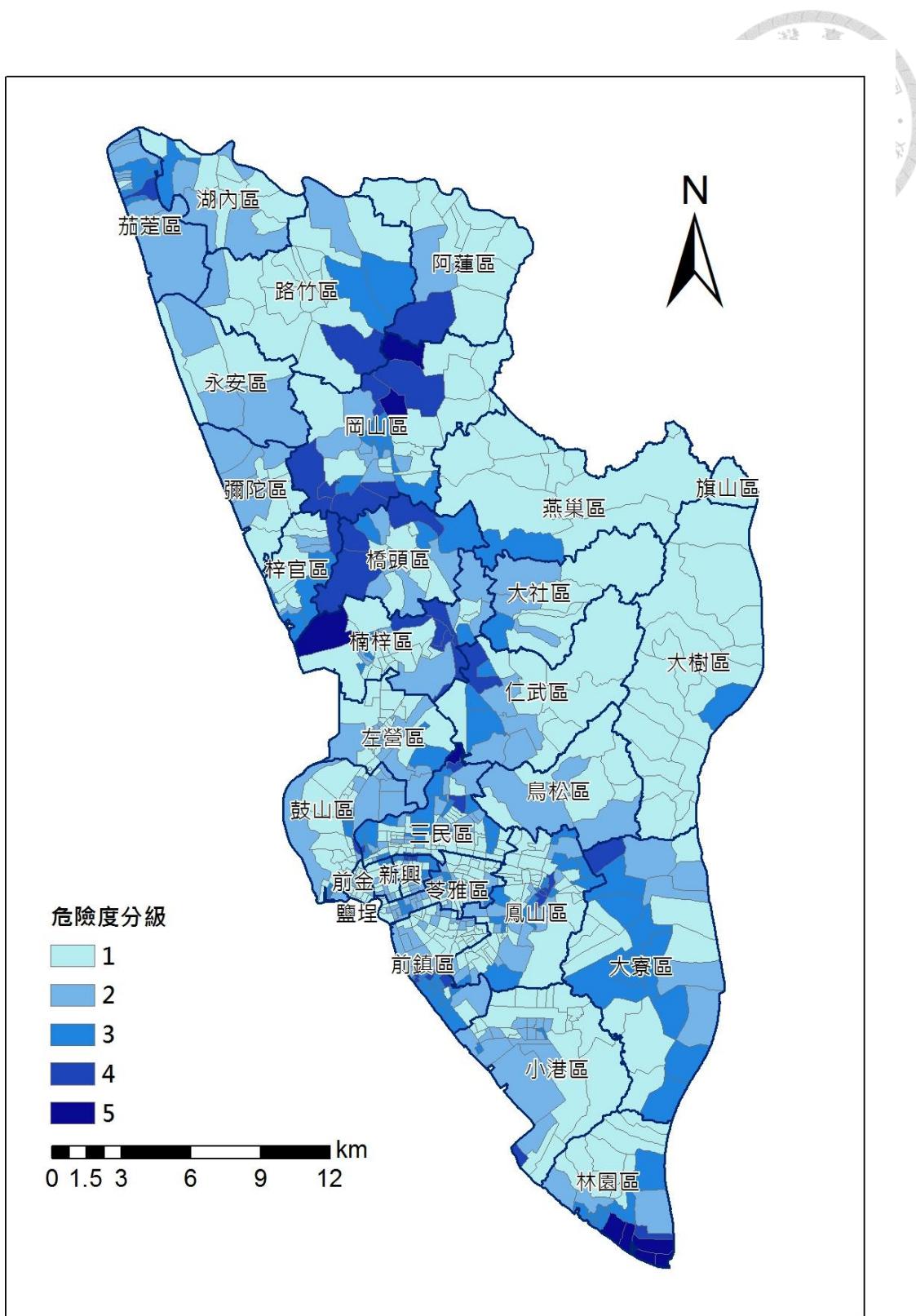


圖 4.7 二十五年重現期距危險度地圖

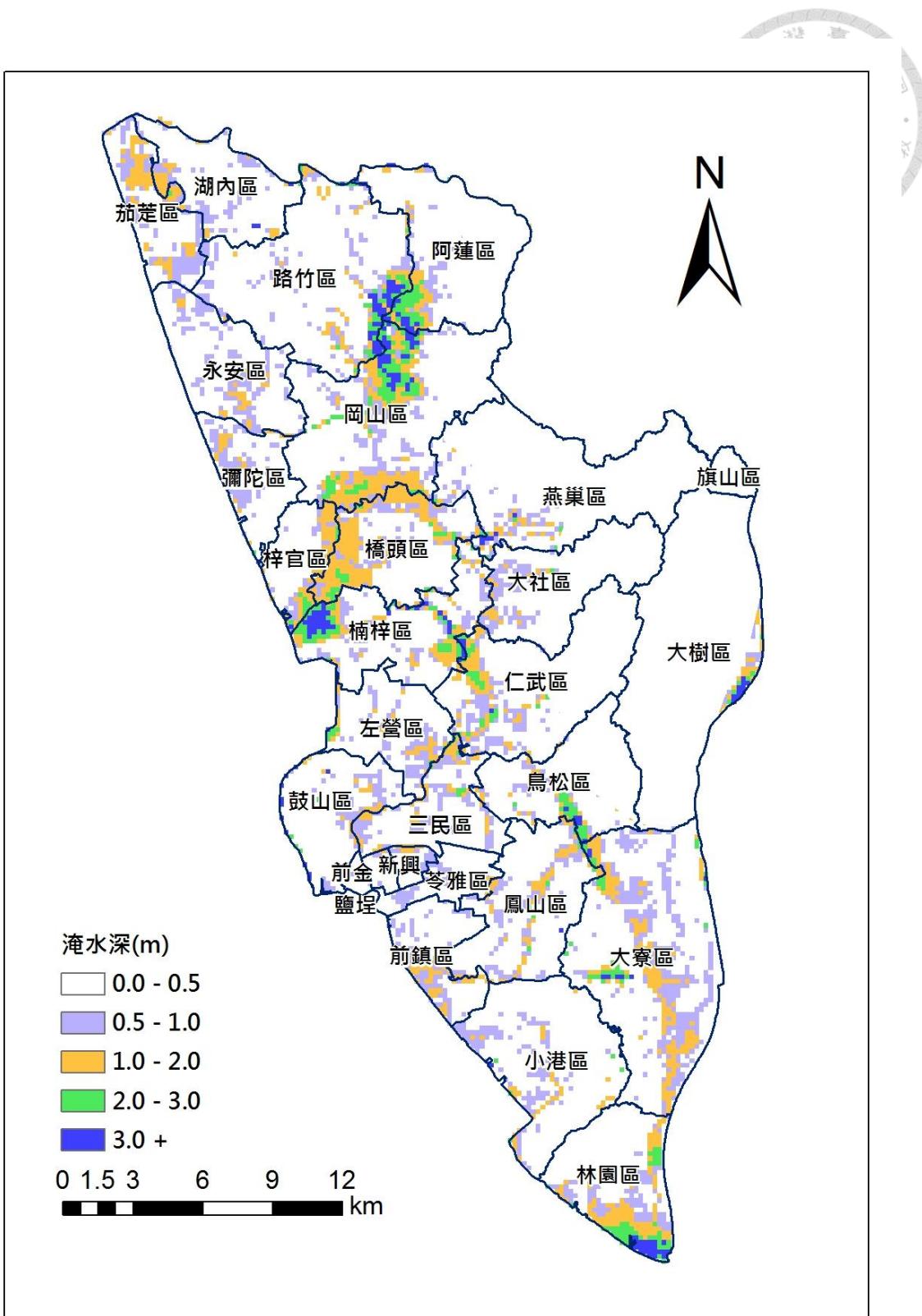


圖 4.8 五十年重現期距最大淹水深地圖

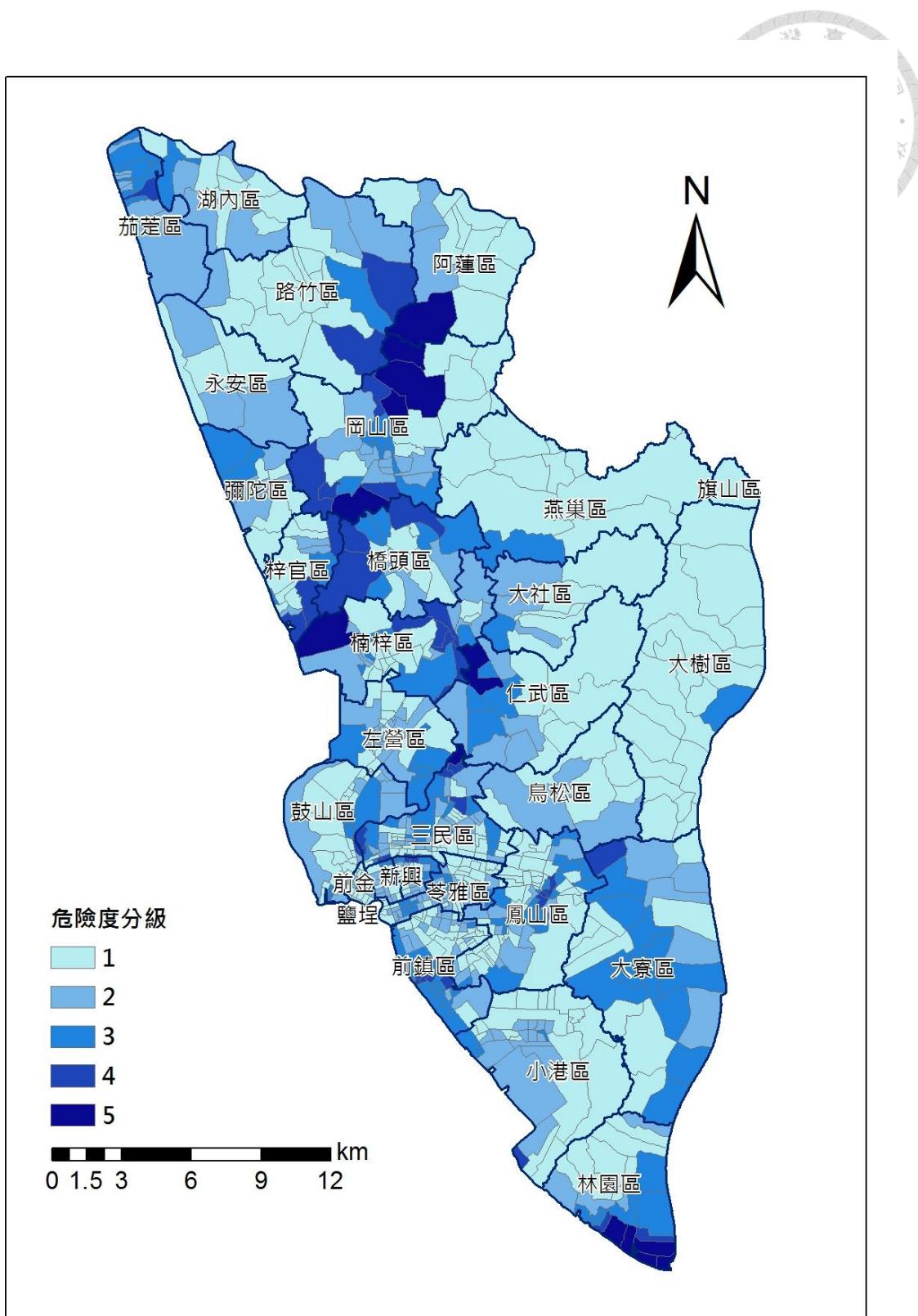


圖 4.9 五十年重現期距危險度地圖

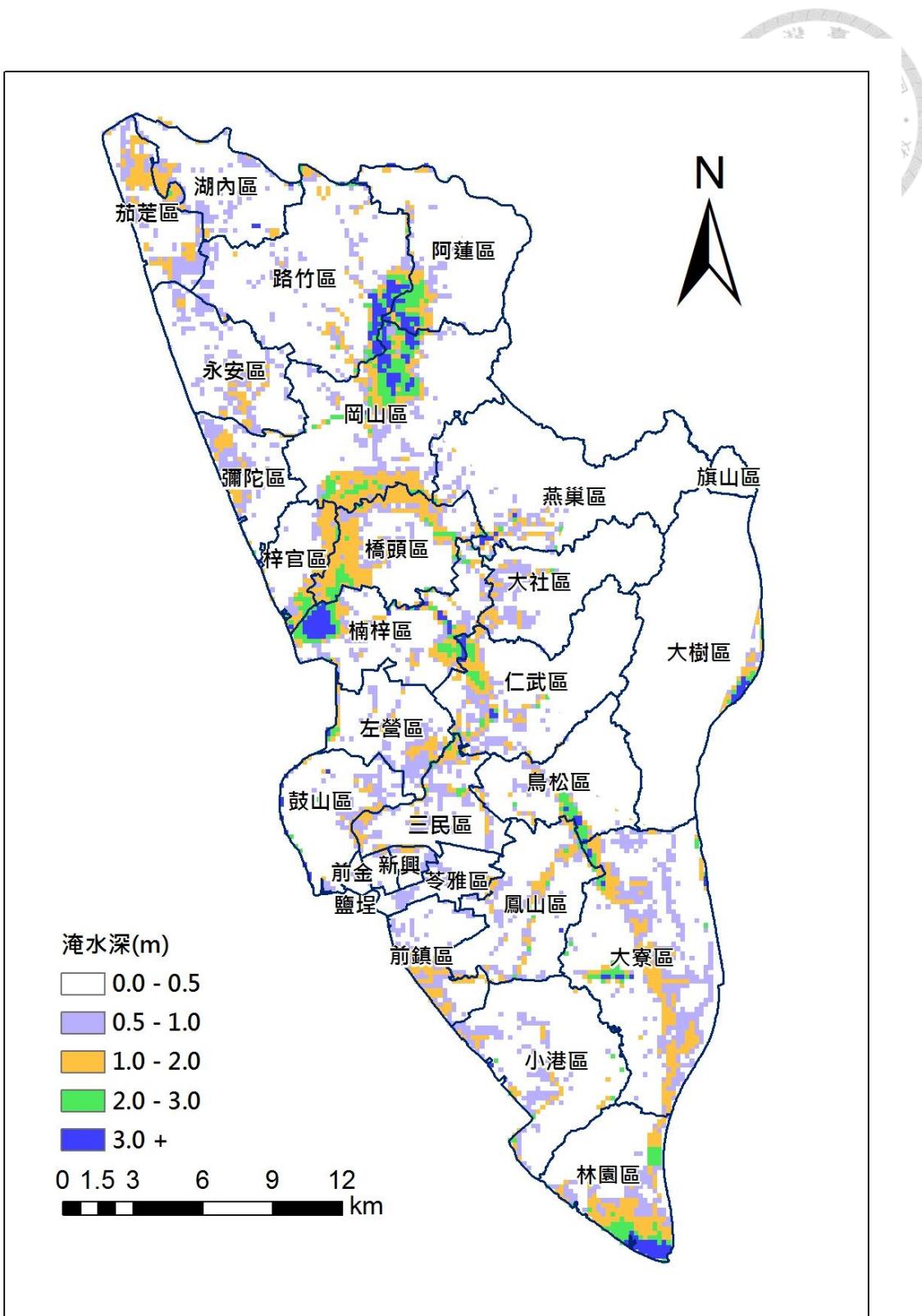


圖 4.10 一百年重現期距最大淹水深地圖

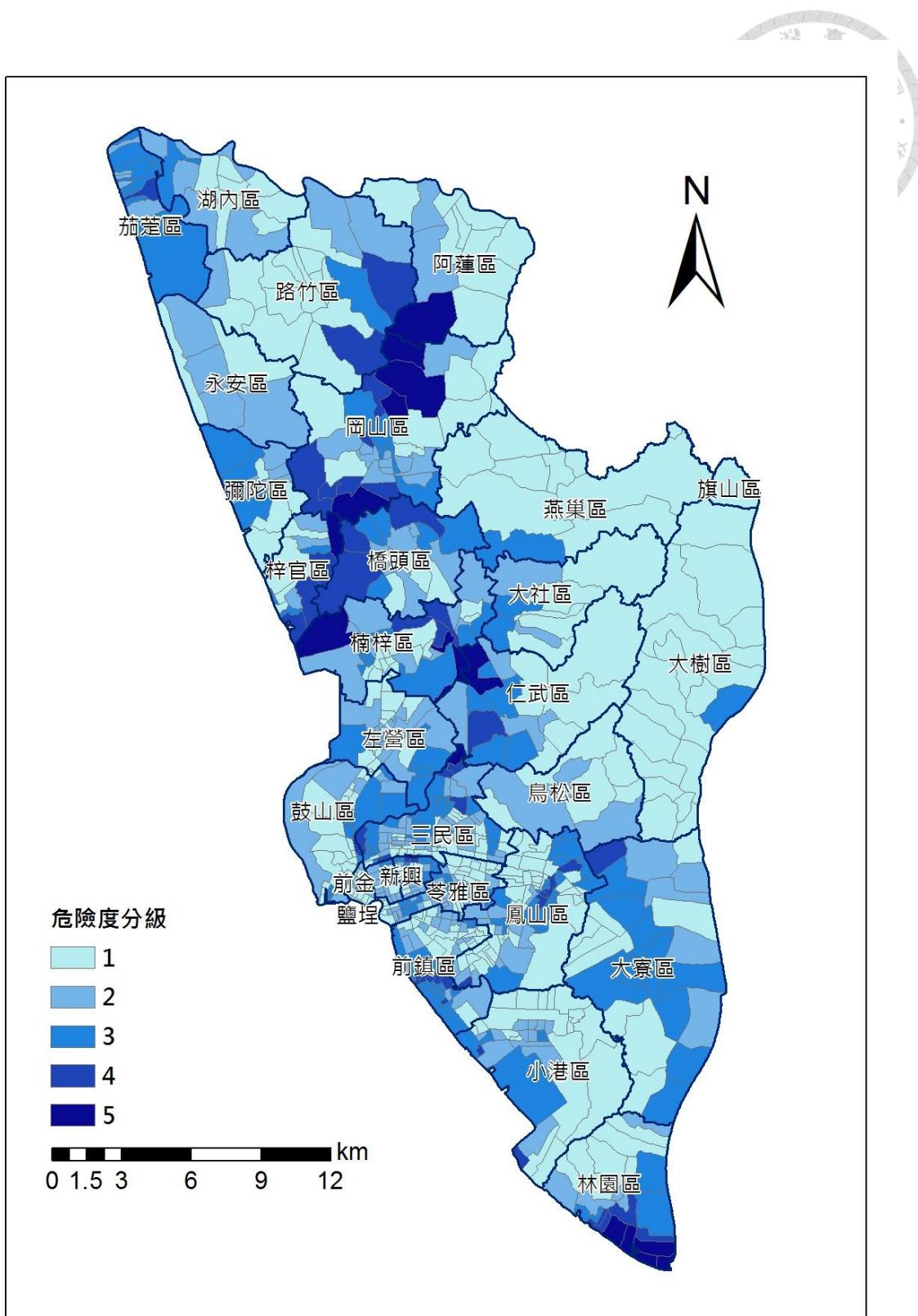


圖 4.11 一百年重現期距危險度地圖

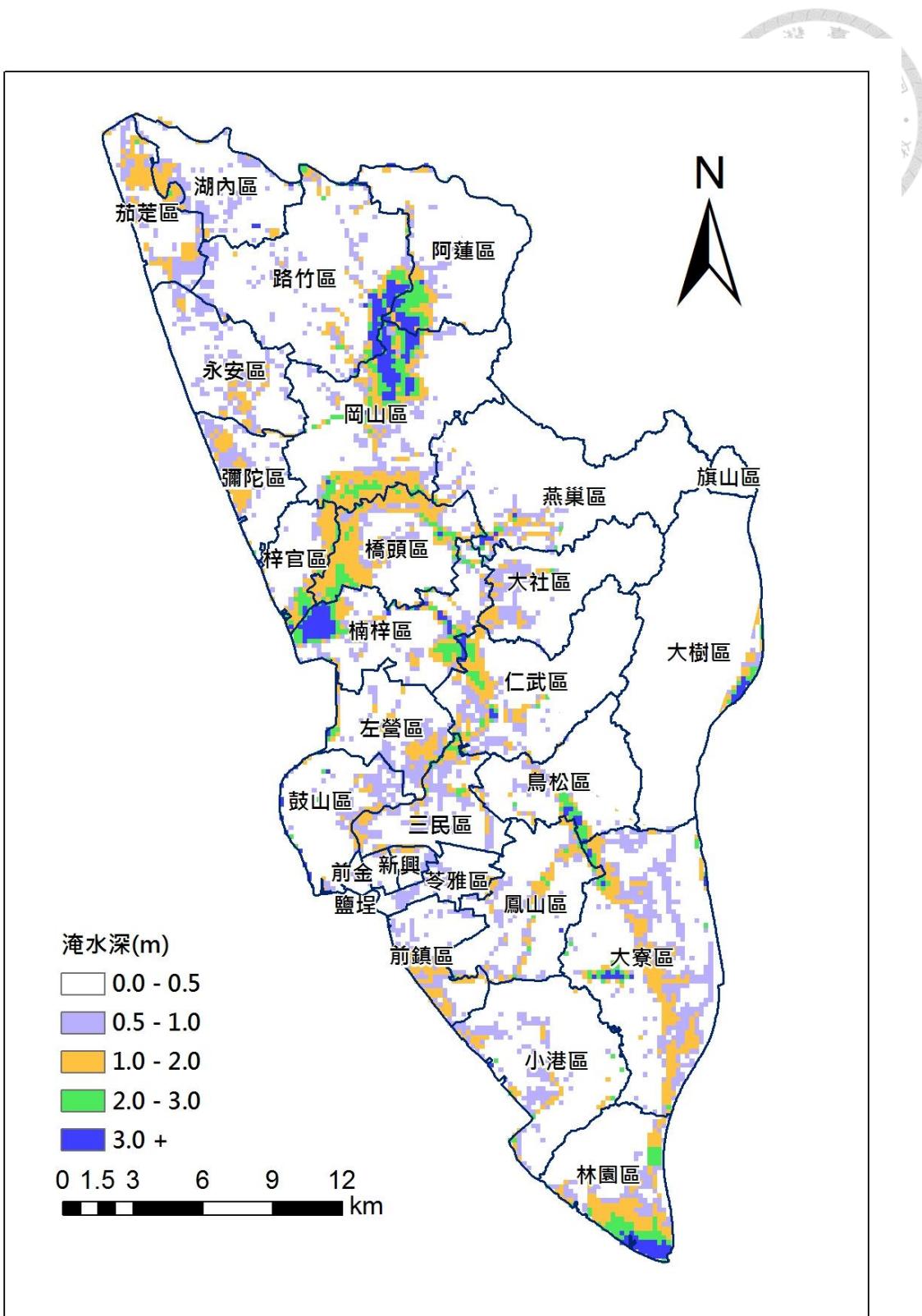


圖 4.12 兩百年重現期距最大淹水深地圖

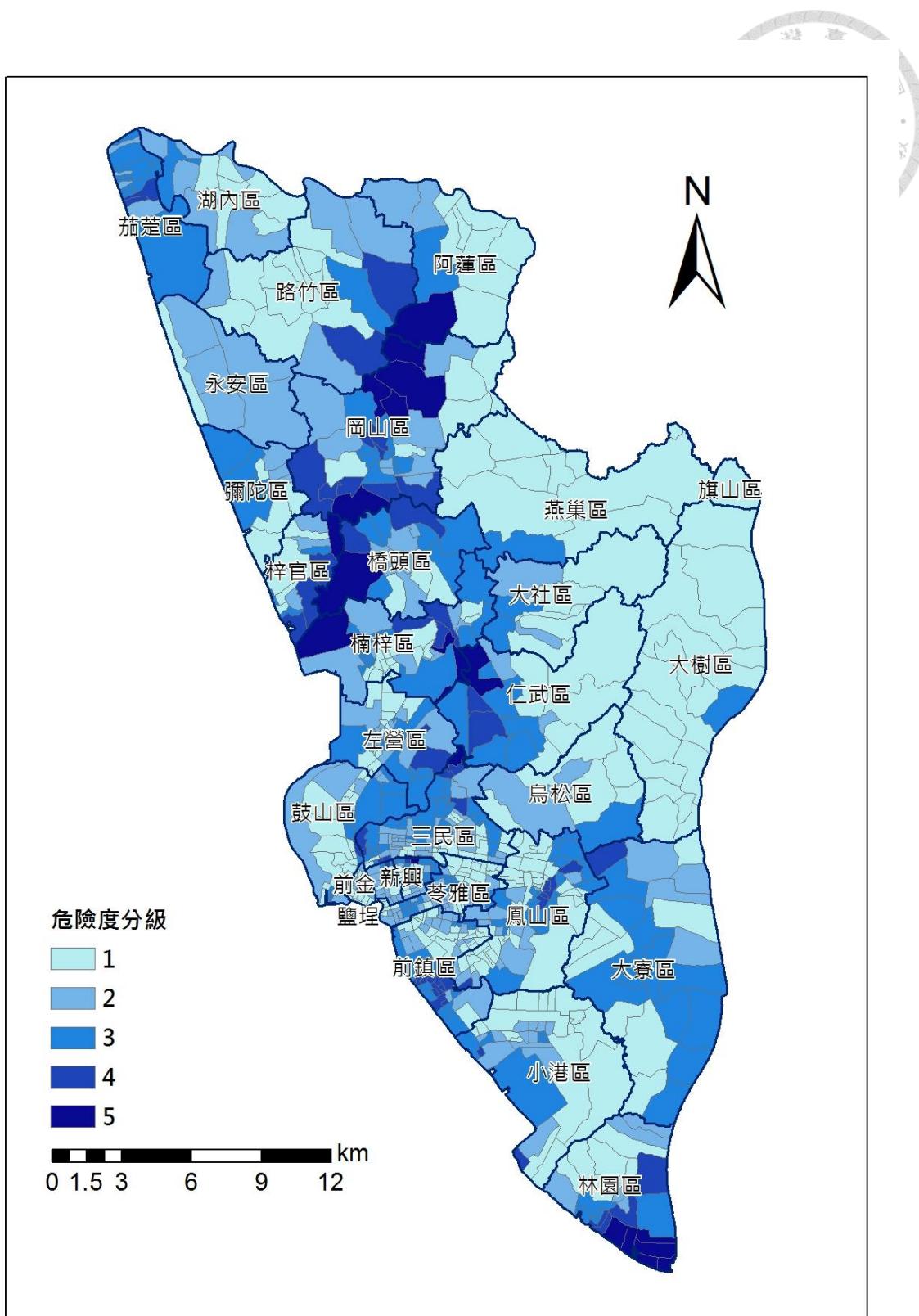


圖 4.13 兩百年重現期距危險度地圖



4.2.2 颱風事件

本小節主要為依據潭美颱風、海棠颱風、莫拉克颱風、凡那比五場颱風做為研究事件，如圖 4.14 至圖 4.21。

由圖 4.14 潭美颱風中可以看出，因潭美颱風之降雨量不大，故模擬結果並未出現嚴重之淹水深及淹水範圍，但位於林園區南部有大面積淹水，主要因林園區南部緊臨高屏溪出海口，地勢低窪又土地利用多以魚塭與工業區，地區容易形成海水倒灌或是內外水排水不易形成區內淹水的情況發生。事實上 2001 年潭美颱風對於高雄市造成的衝擊大多以地水道造成之淹水事件。

由圖 4.16 至圖 4.21 三場颱風中可以看出類似的趨勢，又莫拉克與凡那比趨勢更接近，三場颱風事件實際淹水地點為路竹區、岡山區、阿蓮區交界處、楠梓區、仁武區與鳥松區，同樣的林園區因為距高屏溪出海口造成有相同淹水之事件之發生；路竹、岡山、阿蓮三區交界之淹水，主要是由於該地區位於交流道附近又四周多以稻田為主地勢低窪，當周圍排水圳滿堤並溢堤至稻田內形成積水之事件。

楠梓區主要淹水地點位於高雄大學附近，地理位置特殊，不僅緊鄰左營軍港，行政區內又有後勁溪與典寶溪，四周又多以魚塭為主，當颱風或豪大雨來襲時將形成嚴重之淹水，為高雄地區易淹水地區。

鳥松區淹水深地點主要位於高雄澄清湖，因此有較大之淹水深形成；仁武區則因為位於後勁溪中上游容易因溪水暴漲而發生淹水事件。

事實上，造成淹水事件之發生主要是由於地勢低窪、魚塭稻田之土地利用、湖泊河川之行水位置、內外水無法順利排水及堤防河水越堤等問題，透過地理位置等地文因素，可以發現這幾場颱風事件中淹水地點大多由於上述這些狀況造成之區內淹水的問題發生，在無法控制颱風降雨與形成之情況下，有關單位應試圖改善造成區內淹水的問題，達到防患未然的效果。

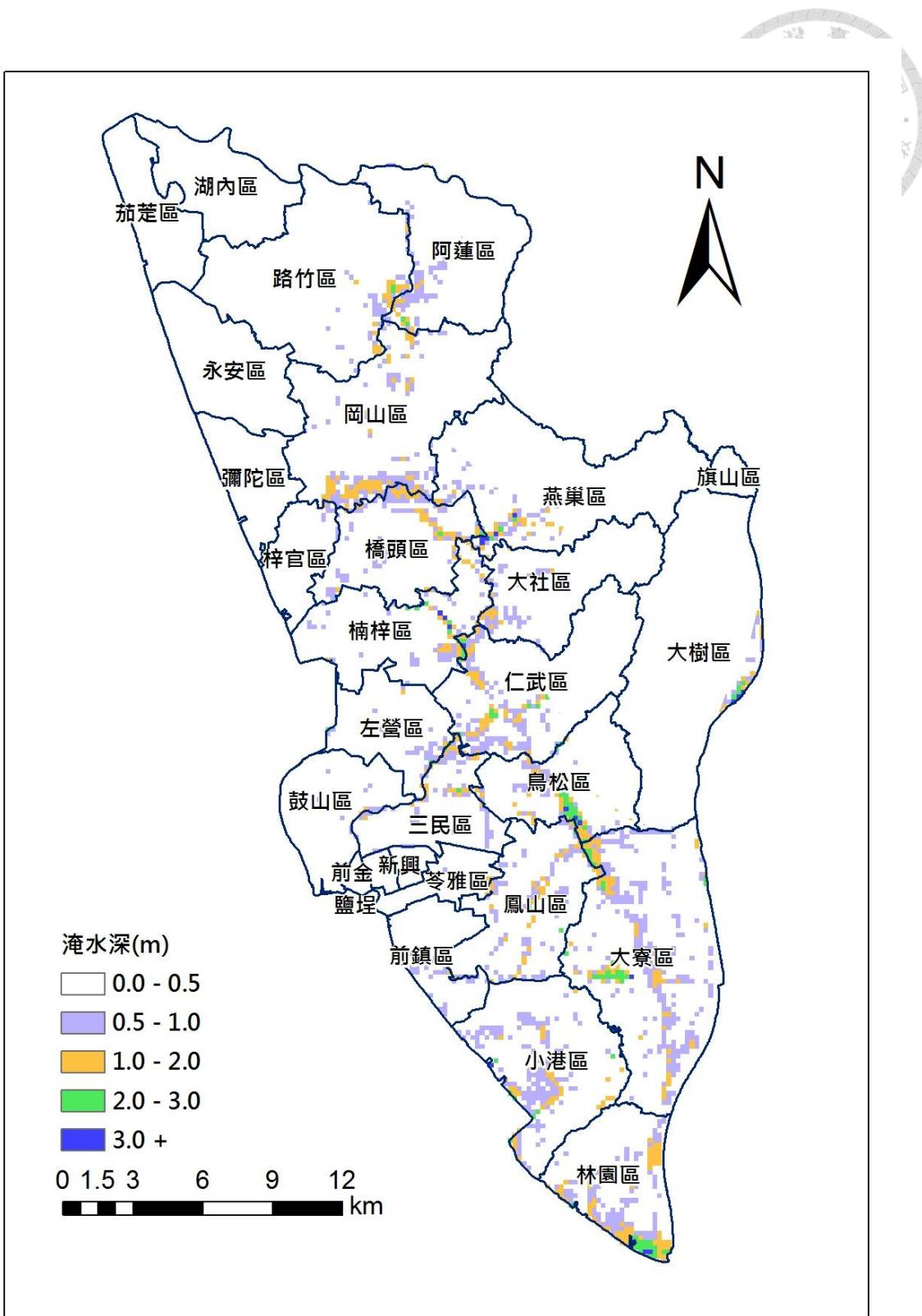


圖 4.14 潭美颱風最大淹水深地圖

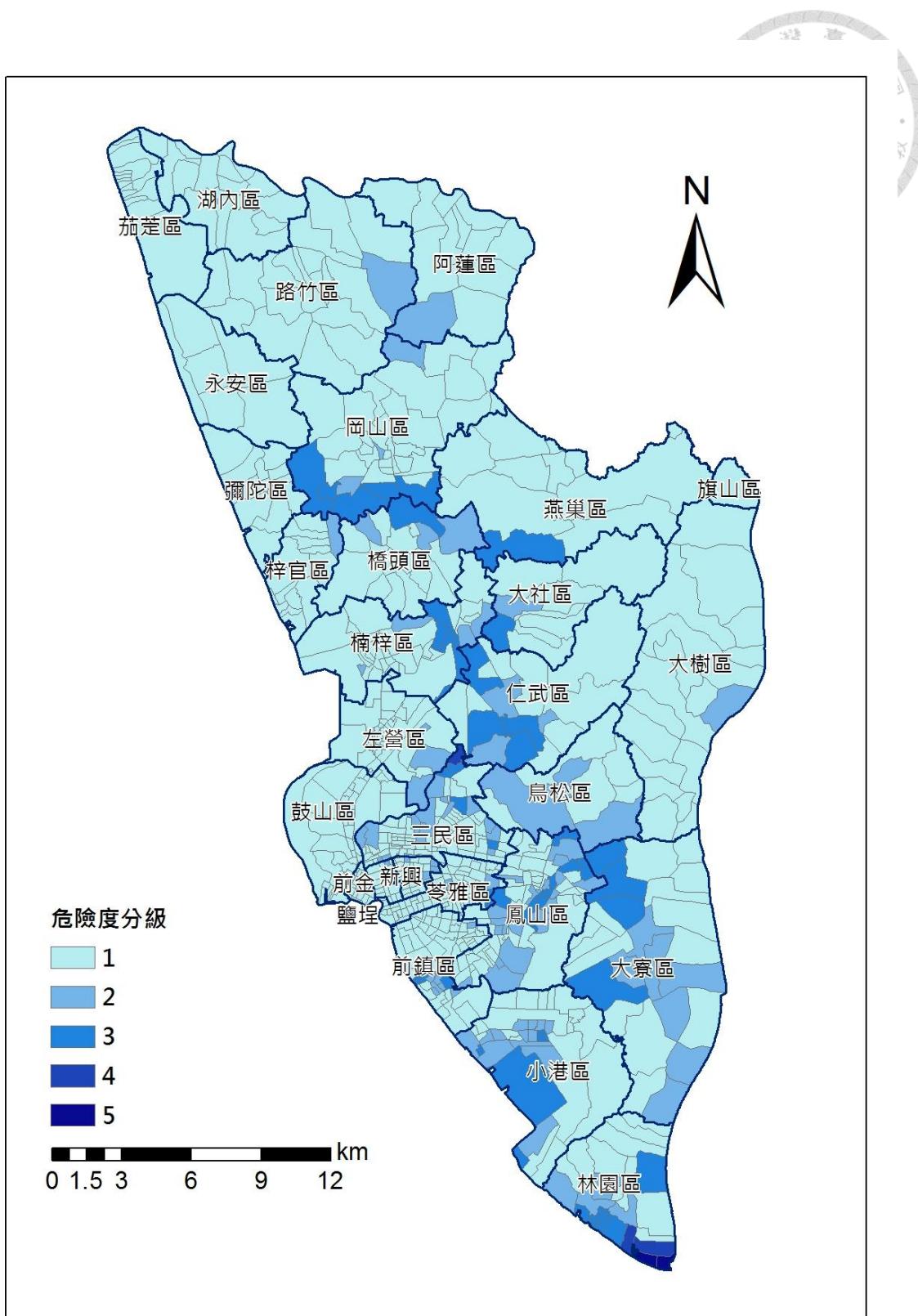


圖 4.15 潭美颱風危險度地圖

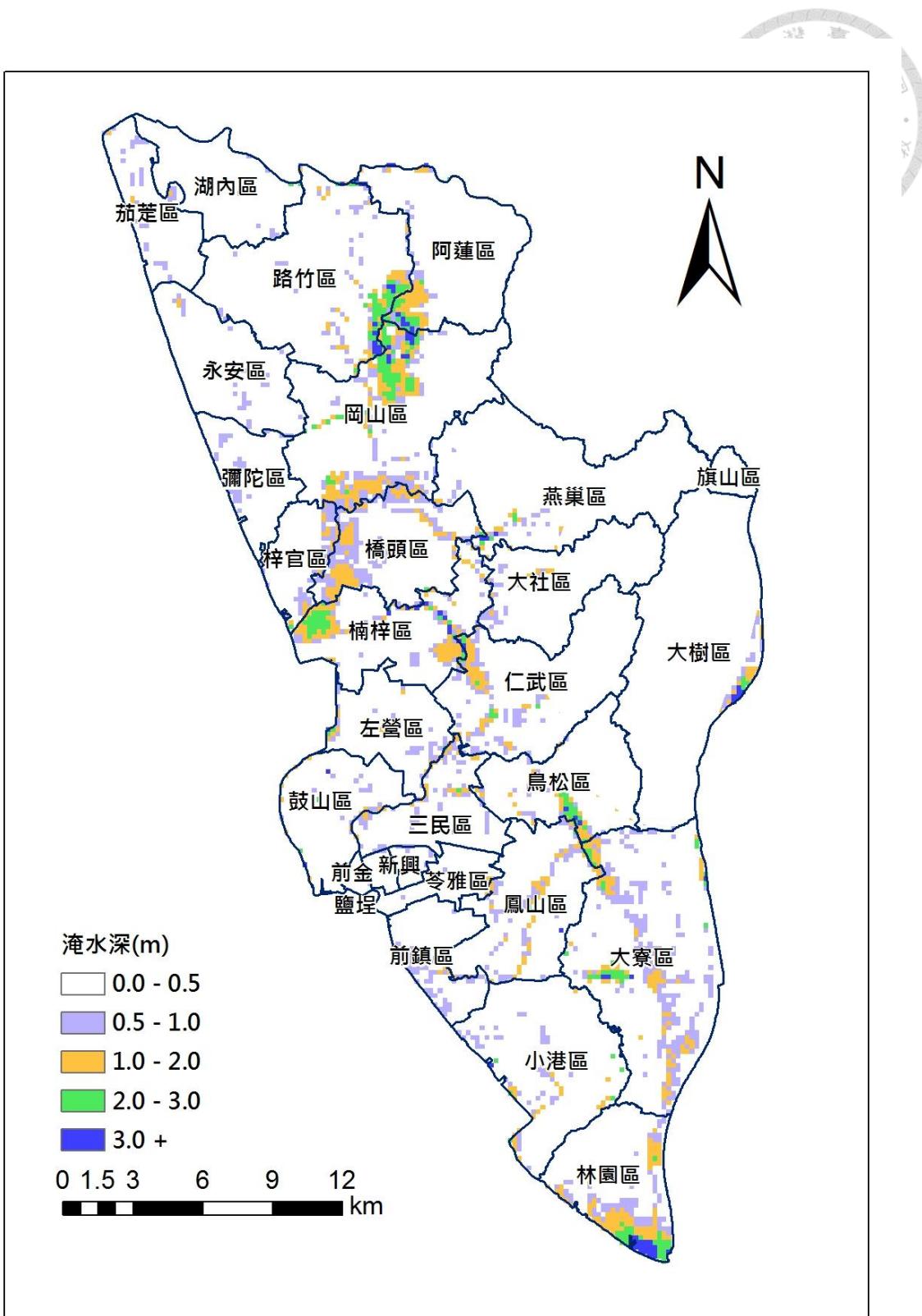


圖 4.16 海棠颱風最大淹水深地圖

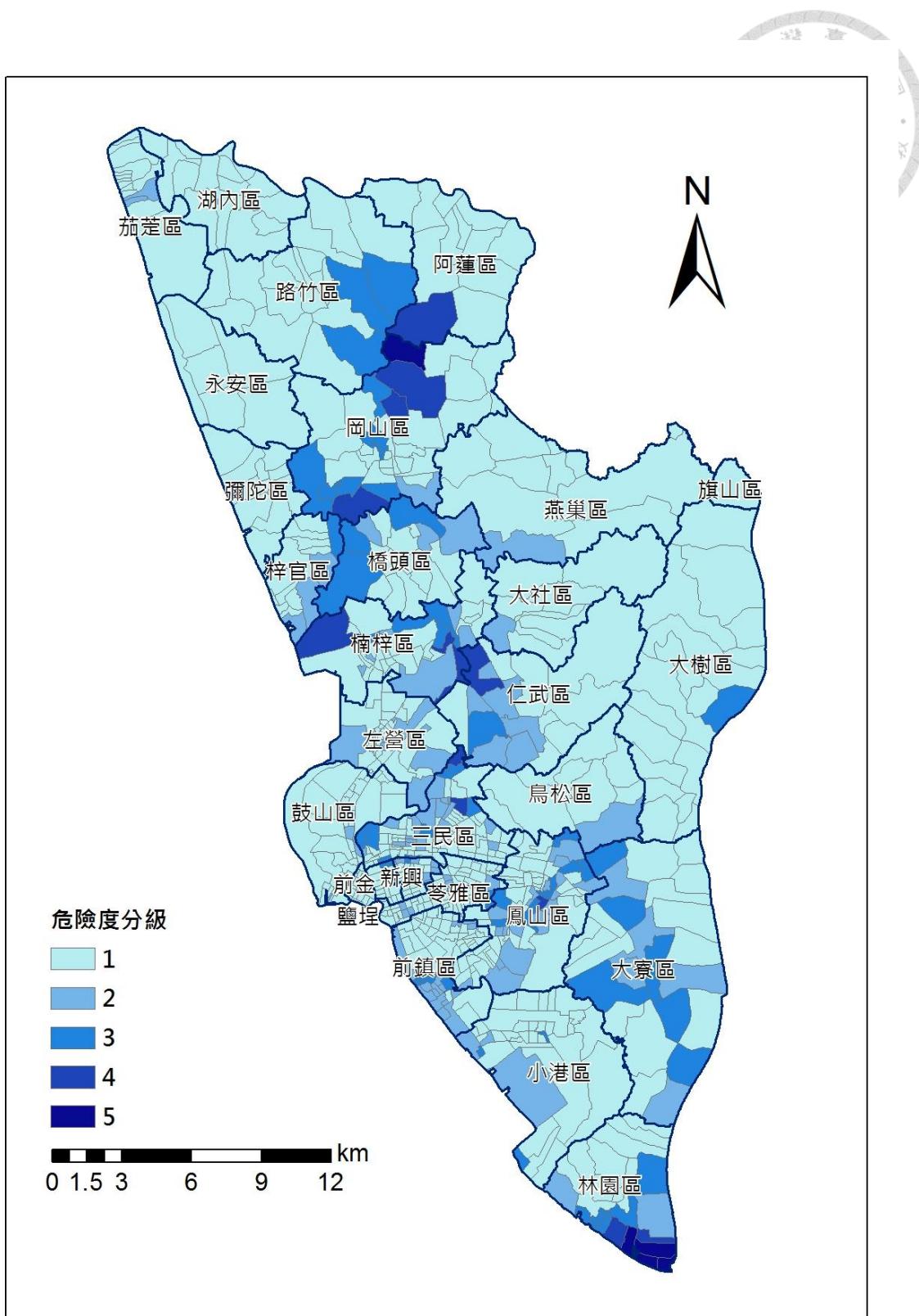


圖 4.17 海棠颱風危險度地圖

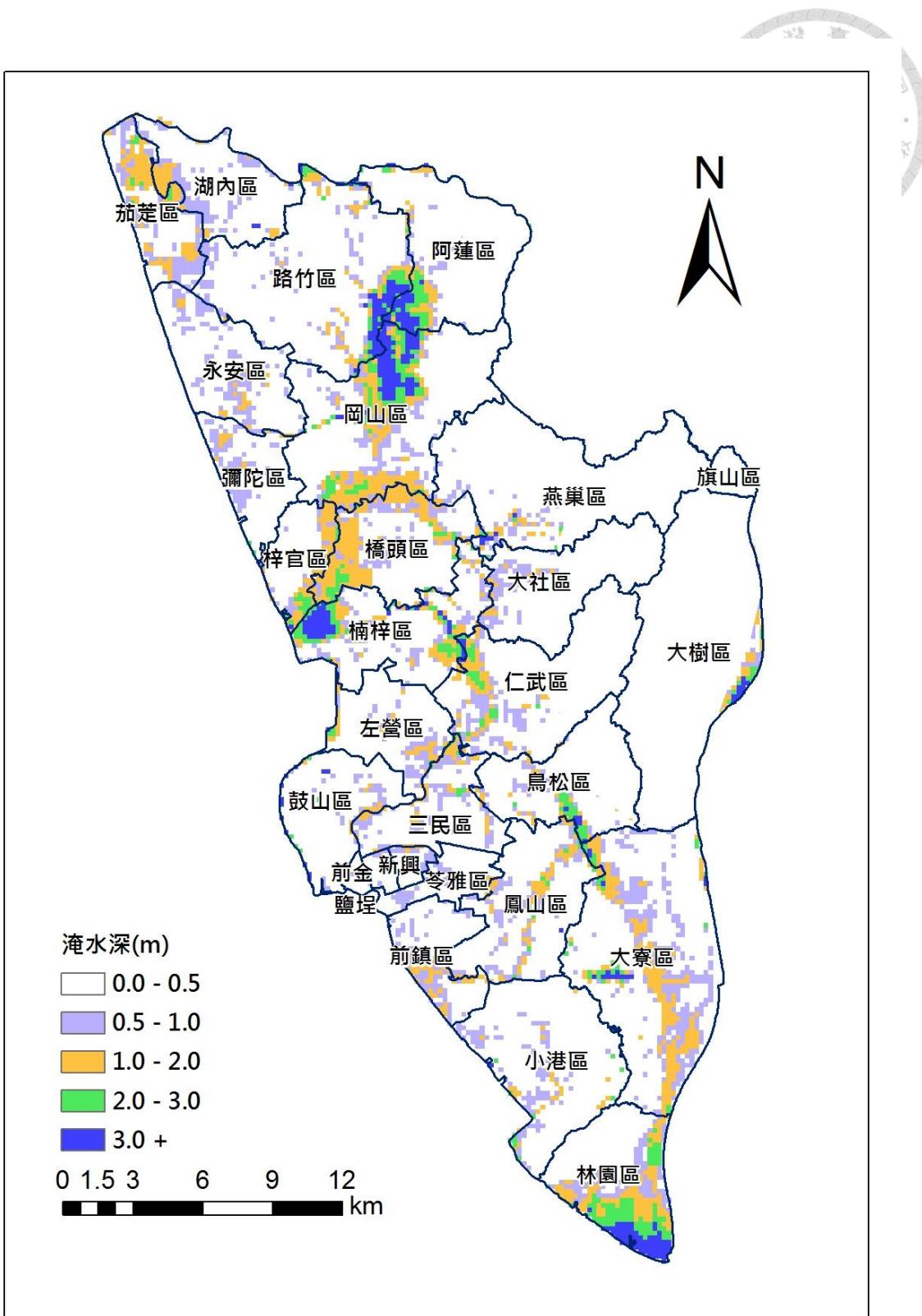


圖 4.18 莫拉克颱風最大淹水深地圖

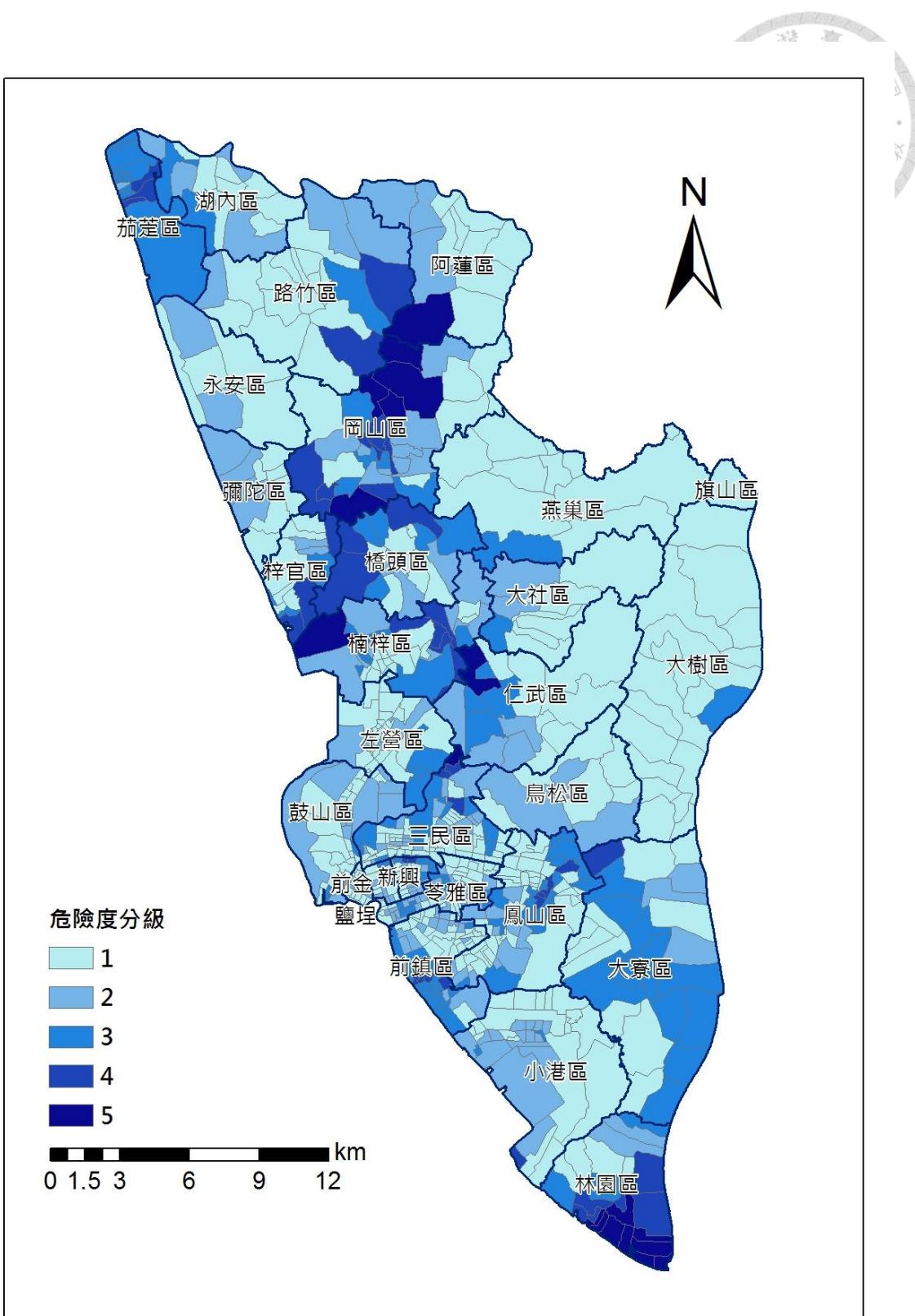


圖 4.19 莫拉克颱風危險度地圖

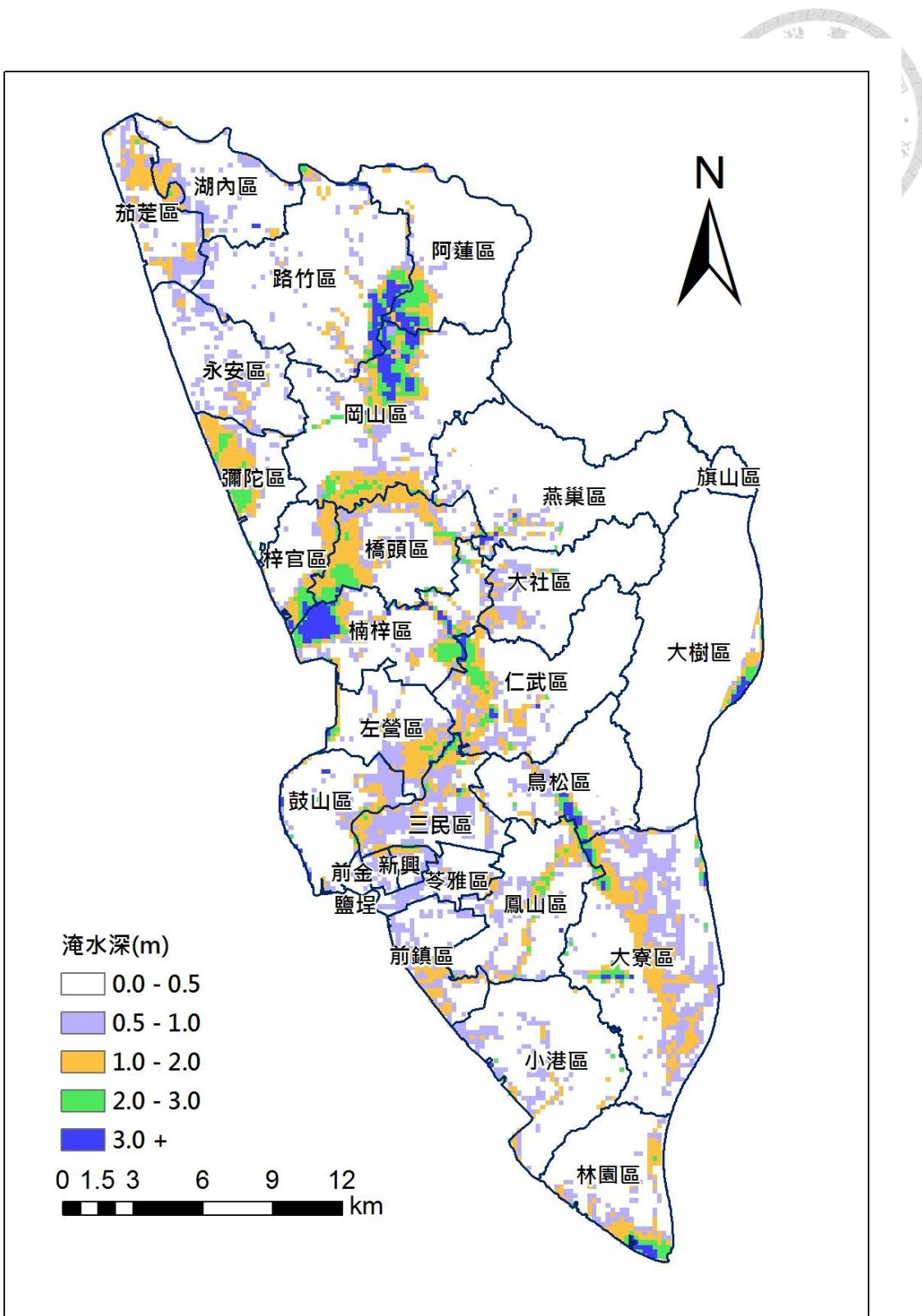


圖 4.20 凡那比颱風最大淹水深地圖

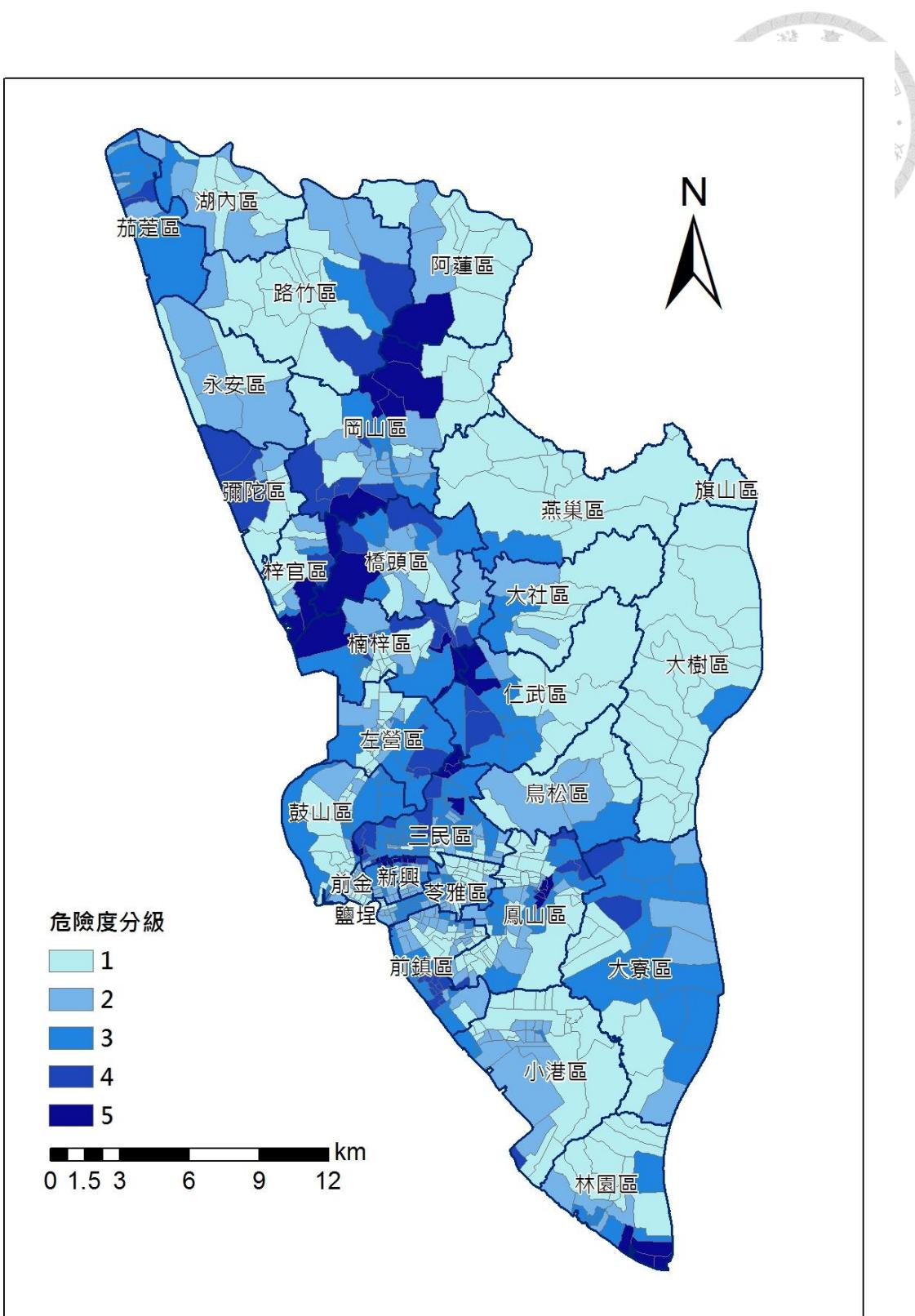


圖 4.21 凡那比颱風危險度地圖



整體模式結果，在重現期距下，淹水深與面積範圍皆隨著重現期距之增加而加劇；颱風事件下，淹水深度、面積與趨勢除了潭美颱風因為累積降雨量較少淹水事件較少外，另外三件颱風事件：海棠颱風、莫拉克颱風、凡那比颱風，在淹水區域與範圍與趨勢之相似度非常高，即代表淹水事件多因當地之土地利用、地勢與河川湖泊之位置有極大的關係，因此形成相同趨勢之狀況，累積降雨量之影響為淹水範圍之大小。

4.3 風險地圖分析結果

經由「2.3 風險度地圖」之介紹，將不同重現期及颱風事件之脆弱度與危險度透過風險矩陣之形式加以進行風險分級，其結果如圖 4.22 至圖 4.31。

在重現期之狀況下，重現期 5 年至 200 年下，高風險地區為林園區南部、楠梓區、左營區、仁武區及阿蓮、路竹、岡山三區交界等行政區，危險度為主要造成高風險地區為：三區交界、林園區、楠梓區及仁武區；脆弱度為主造成高風險地區為左營區及鼓山區。

颱風事件下，高風險地區為楠梓區、梓官區、左營區、林園區及阿蓮、路竹、岡山三區交界。

表 4.4 為重現期距 200 年下風險等級五分級表，由表中可看出即使危險度等級不高例如：高雄市左營區福山里，危險度為 2 級，但由於其社會脆弱度高（老年人口與幼年人口佔大多數），形成只要有低危險度存在極可能形成高風險的問題產生，老幼年人口的問題也常伴隨著因為行動不便或對於受災當下的恐懼難以安撫造成救災的困難與不易。

左營菜新上里危險度等級雖為 3 級，但由於其脆弱度等級達 5 級，形成風險度 5 級高風險之地區，其區域人文特徵同樣為老年人口與幼年人口比例佔大多數之行政區。

楠梓區中和里與稔田里則之社會脆弱度為 1 級低脆弱度之地區，但由於其偉



險度高達 5 級形成級高風險之地區，其淹水深大於 1.5 公尺，在此淹水深下將導致嚴重之災害發生，對於居民之生命財產存在著極度的風險。

表 4.4 重現期距 200 年風險等級五分級表

里名	脆弱度	危險度	風險分級
高雄市三民區港東里	1	5	5
高雄市仁武區竹後里	1	5	5
高雄市岡山區白米里	1	5	5
高雄市岡山區為隨里	1	5	5
高雄市岡山區嘉興里	1	5	5
高雄市岡山區潭底里	1	5	5
高雄市林園區中汕里	1	5	5
高雄市林園區中芸里	1	5	5
高雄市林園區北汕里	1	5	5
高雄市林園區西汕里	1	5	5
高雄市林園區東汕里	1	5	5
高雄市林園區鳳芸里	1	5	5
高雄市阿蓮區玉庫里	1	5	5
高雄市梓官區中崙里	1	5	5
高雄市新興區南港里	1	5	5
高雄市楠梓區中和里	1	5	5
高雄市楠梓區稔田里	1	5	5
高雄市橋頭區頂鹽里	1	5	5
高雄市三民區鼎盛里	2	5	5
高雄市岡山區台上里	2	5	5
高雄市鳳山區福興里	3	4	5
高雄市左營區菜公里	5	4	5
高雄市左營區新上里	5	3	5

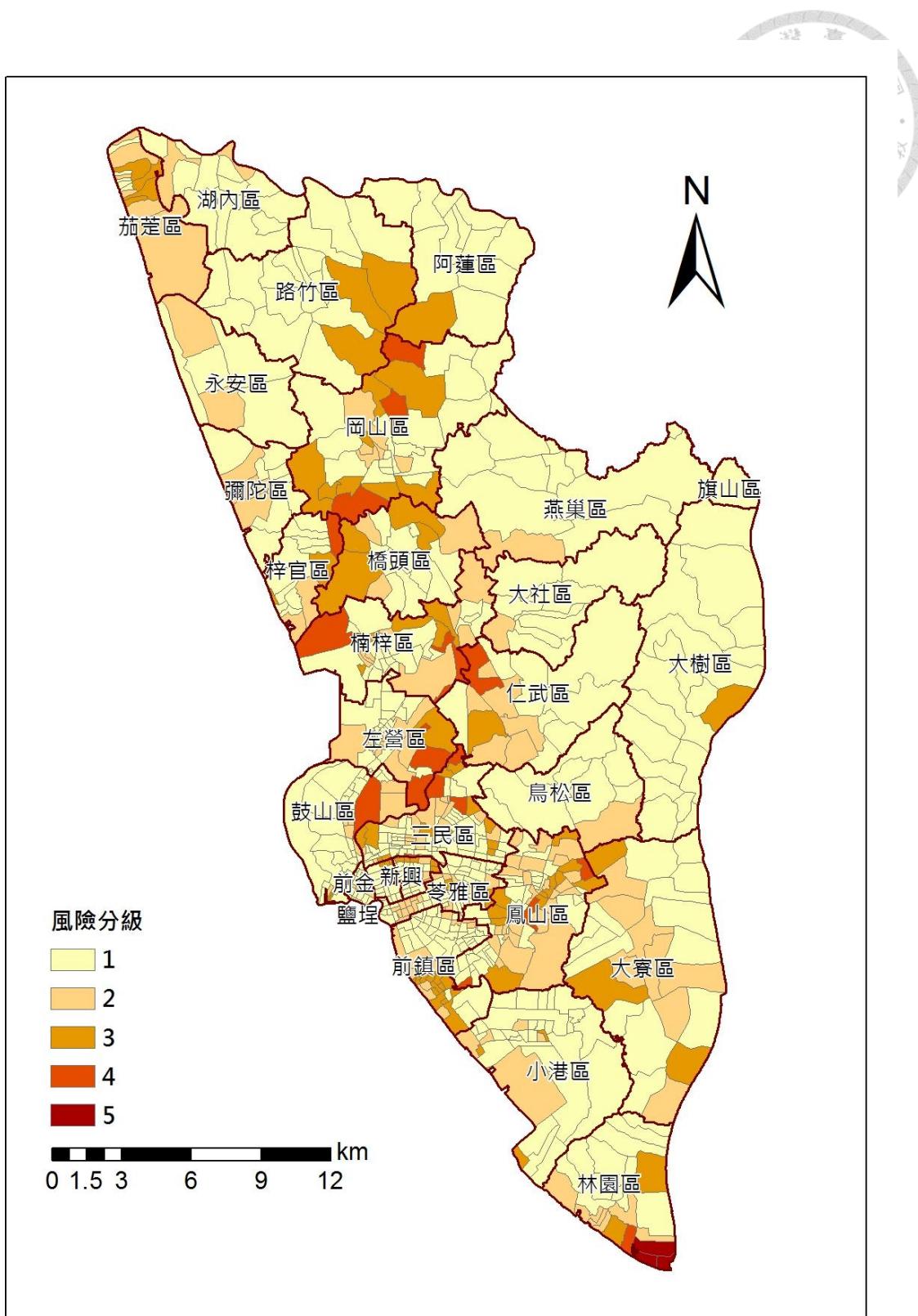


圖 4.22 五年重現期距風險度地圖

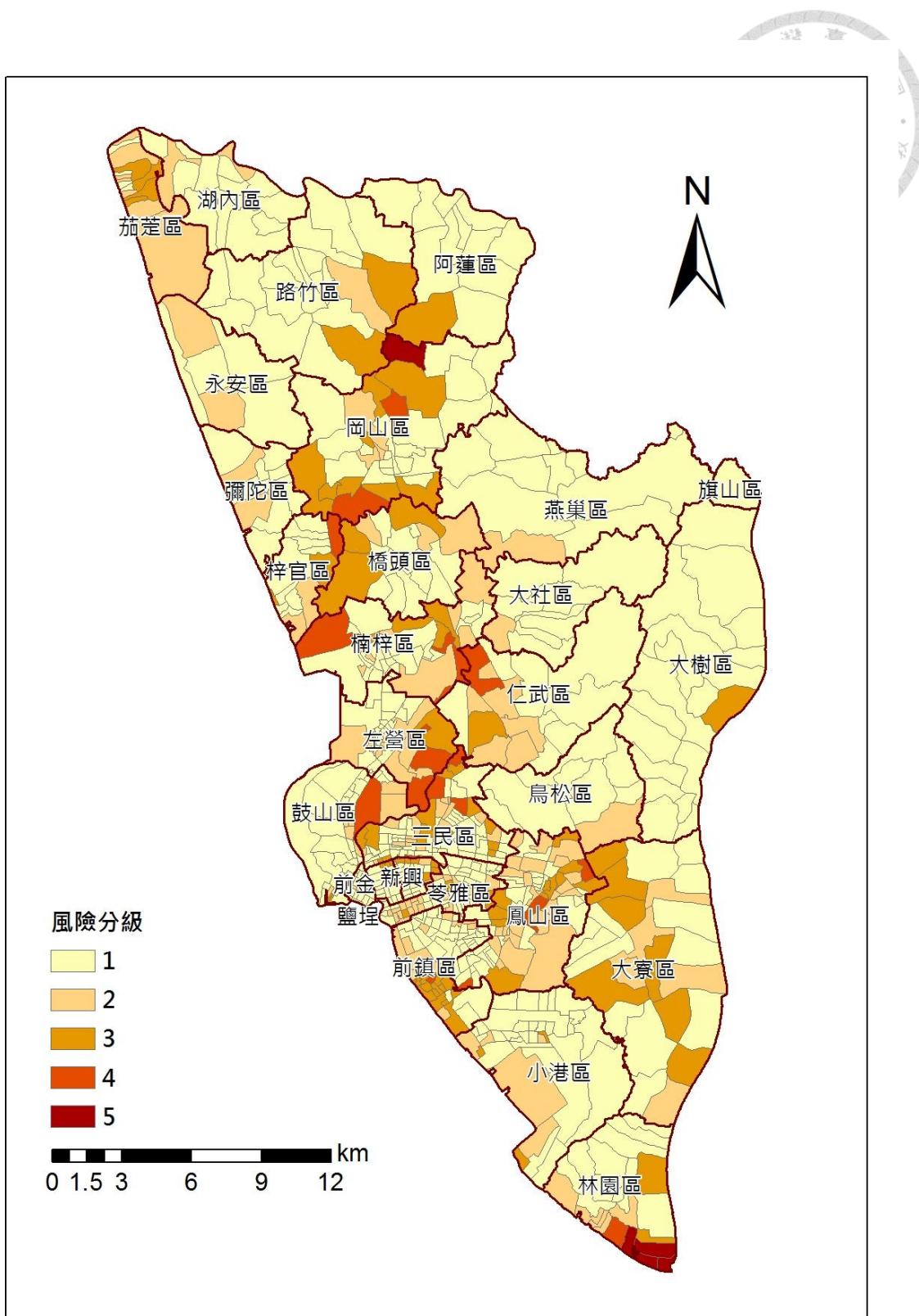


圖 4.23 十年重現期距風險度地圖

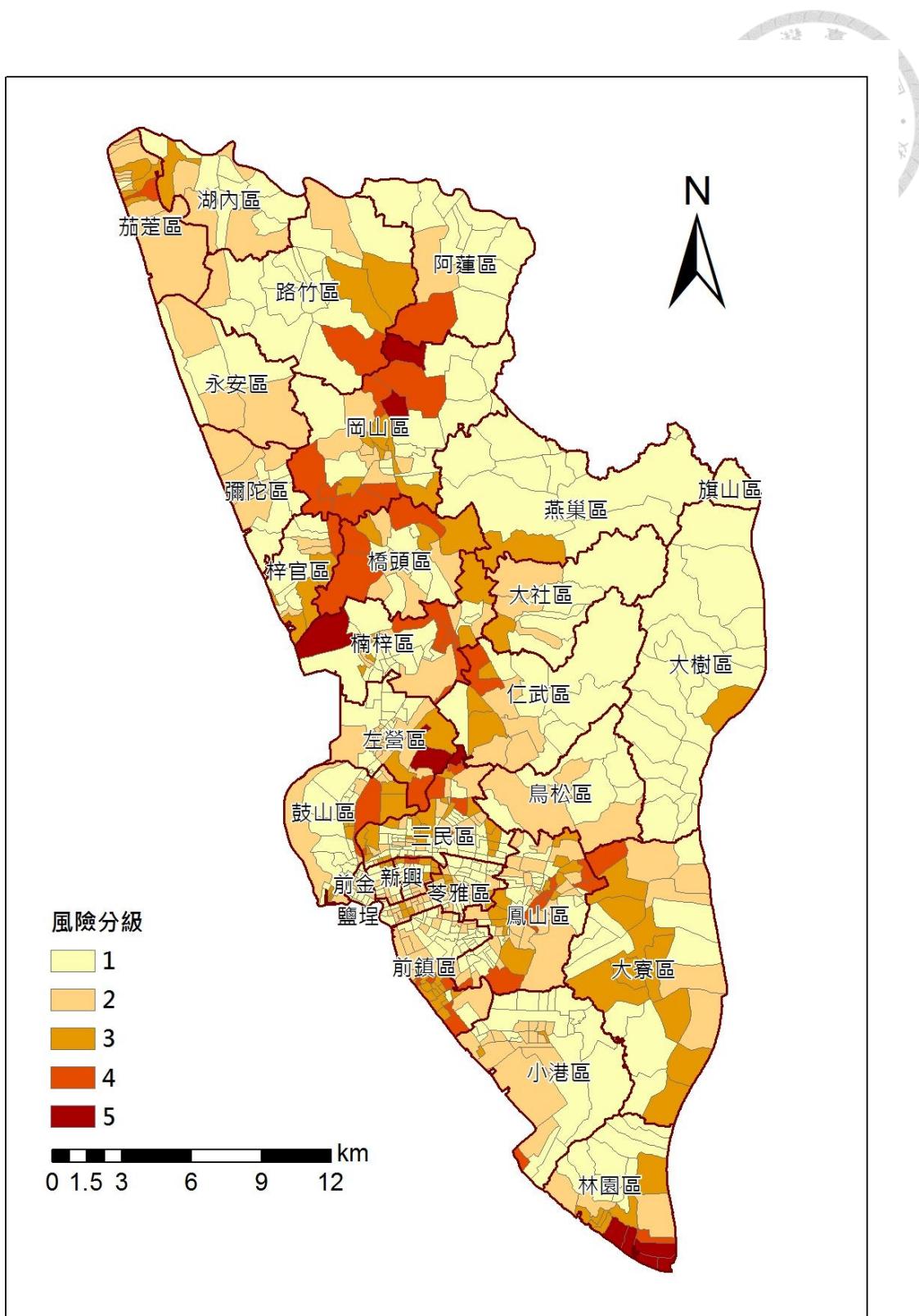


圖 4.24 二十五年重現期距風險度地圖

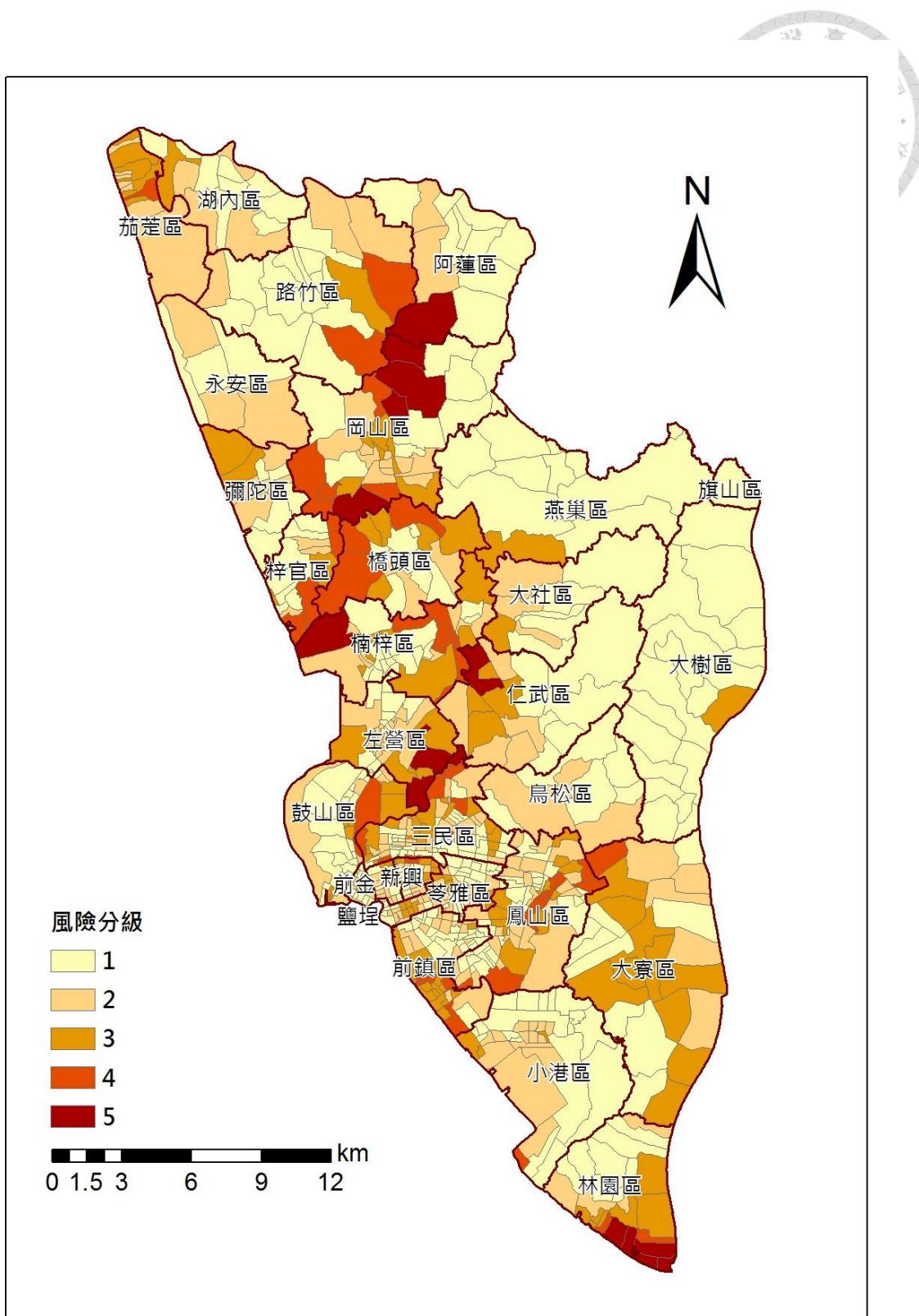


圖 4.25 五十年重現期距風險度地圖

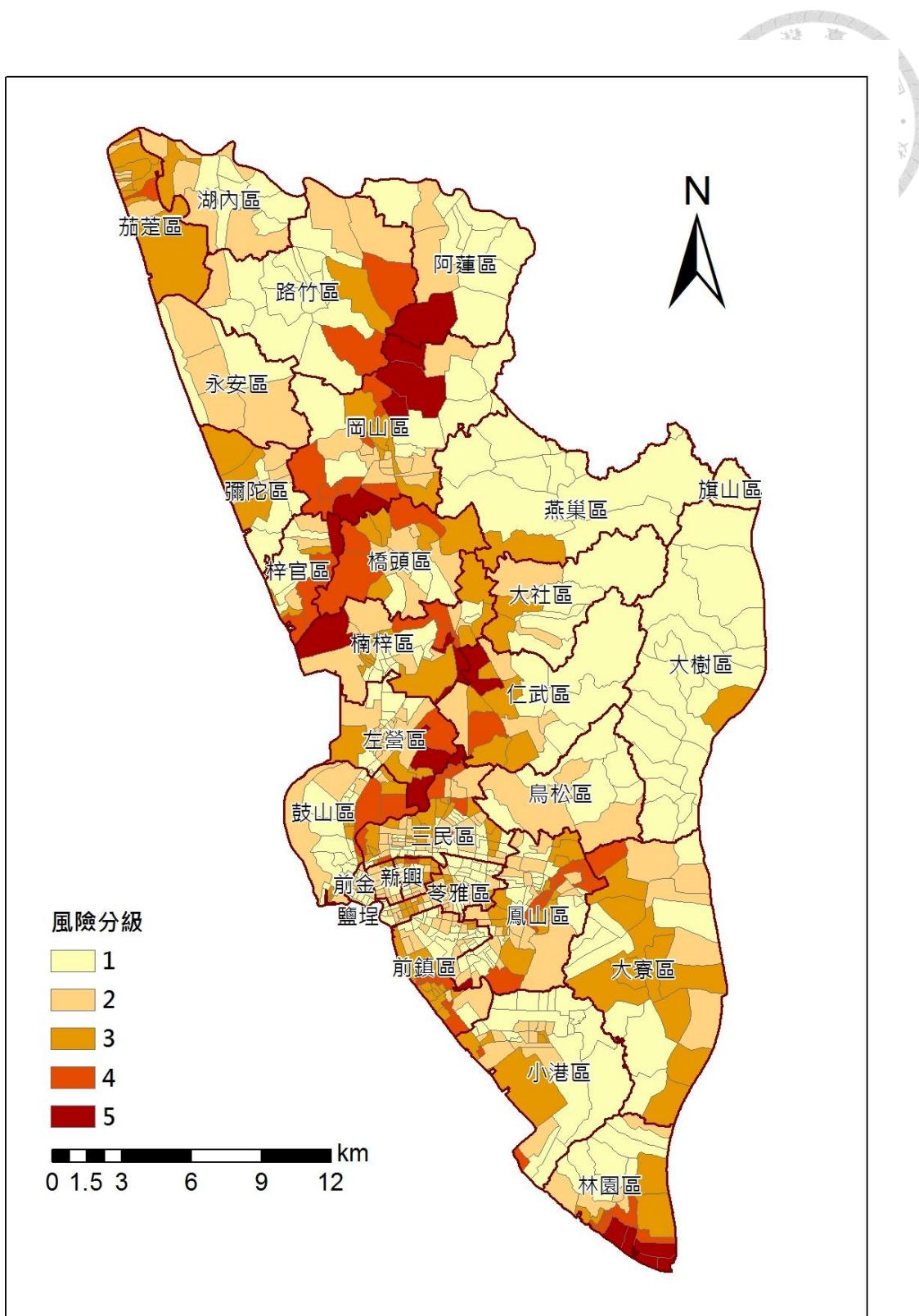


圖 4.26 一百年重現期距風險度地圖

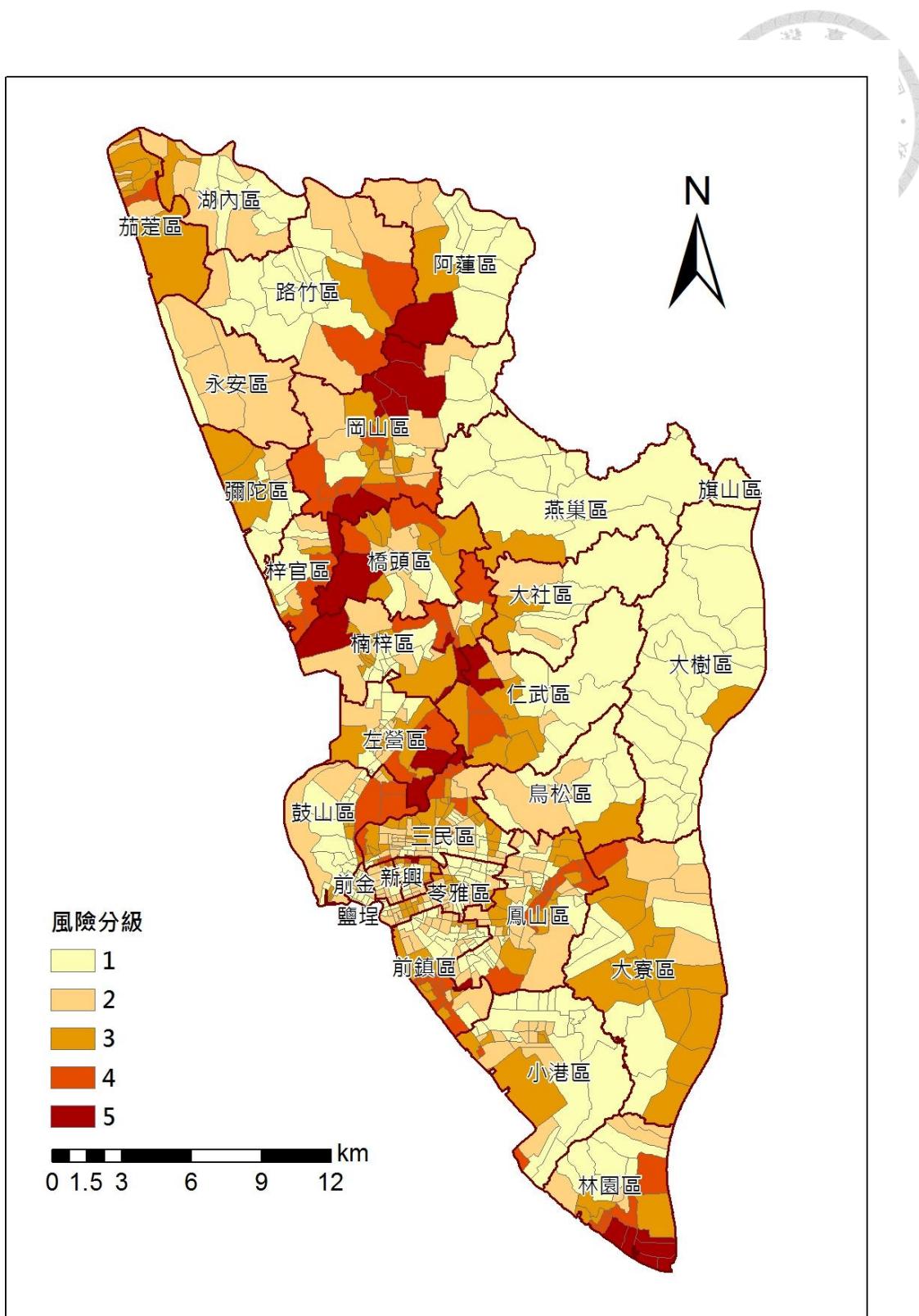


圖 4.27 兩百年重現期距風險度地圖

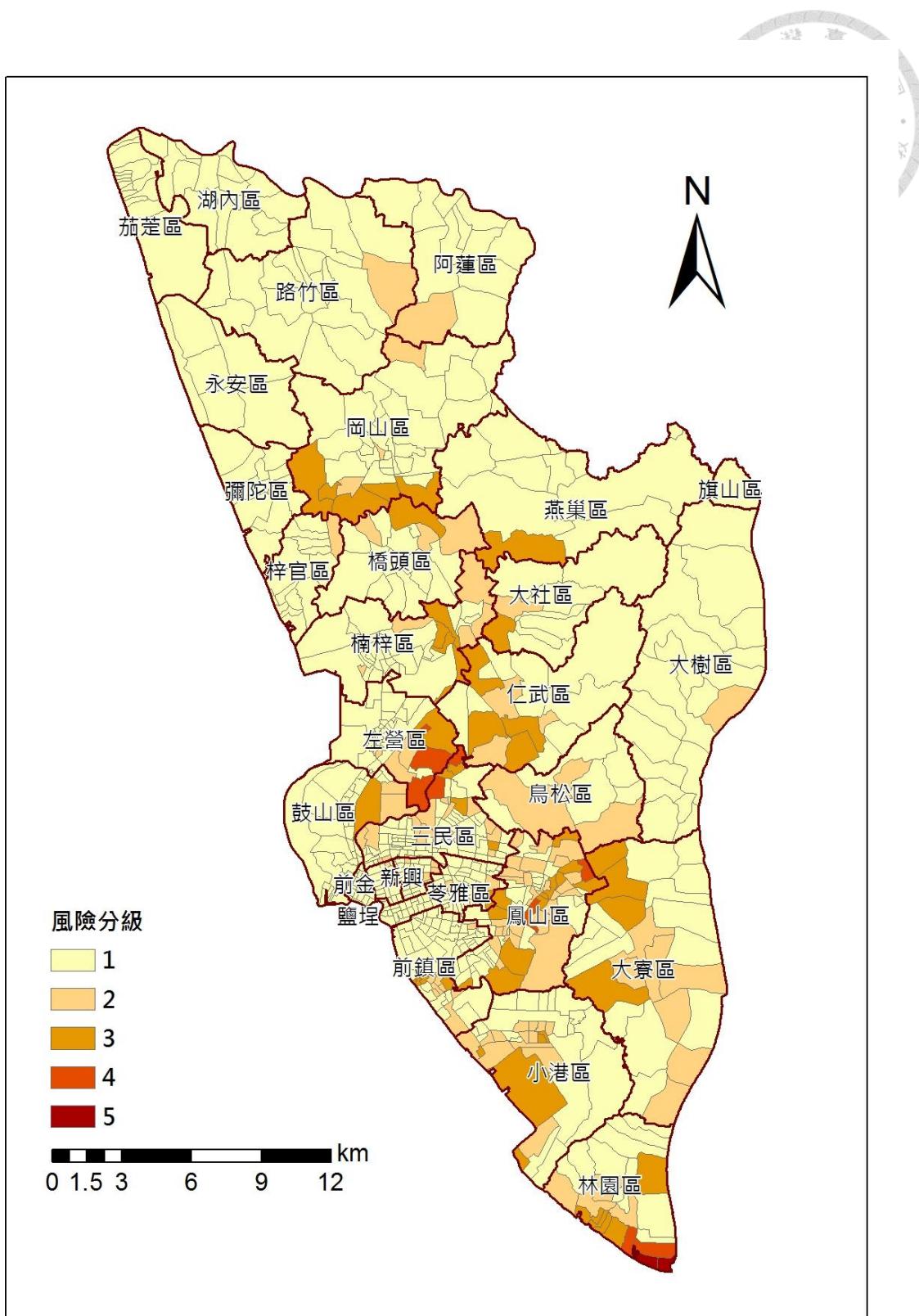


圖 4.28 潭美颱風風險度地圖

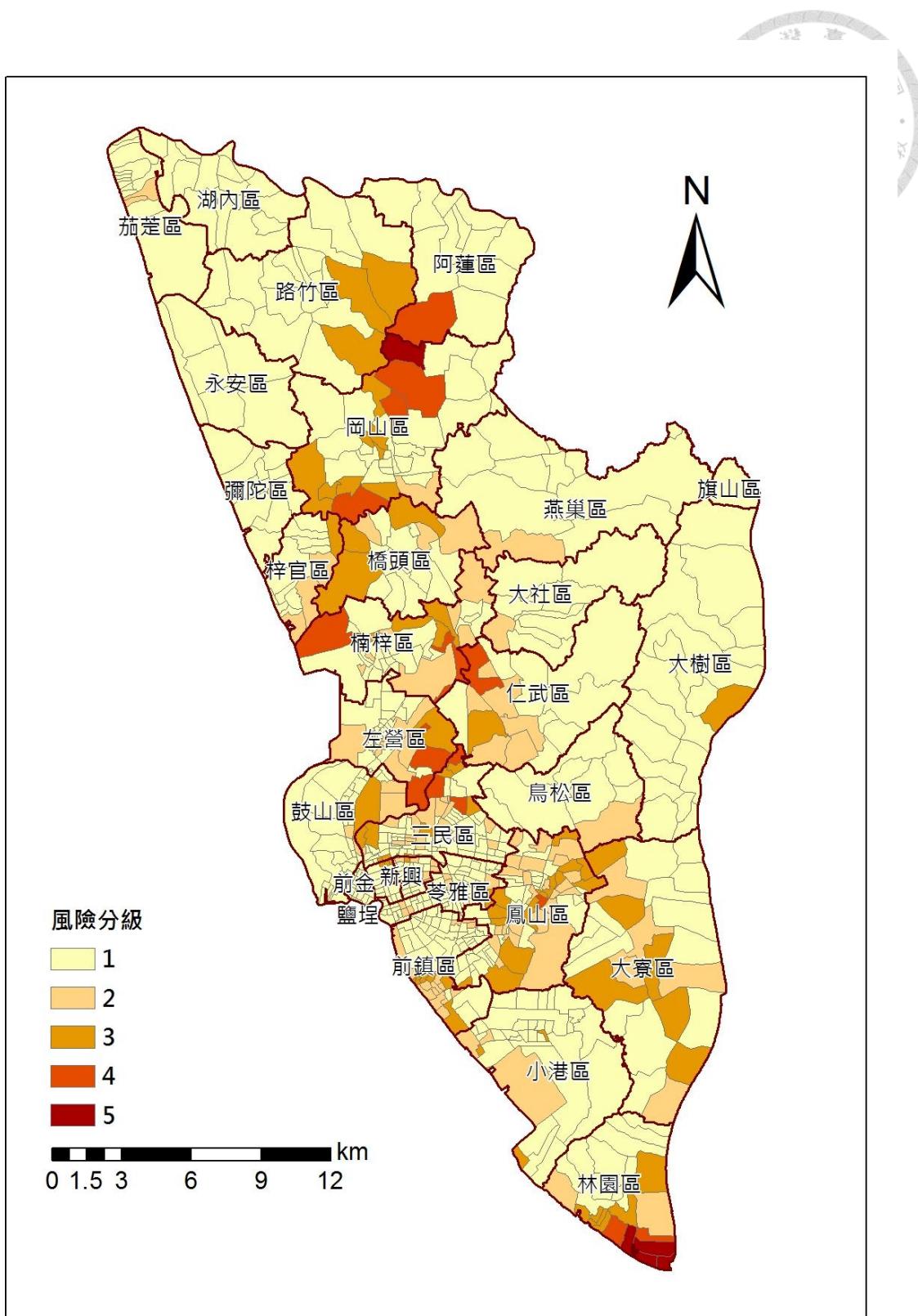


圖 4.29 海棠颱風風險度地圖

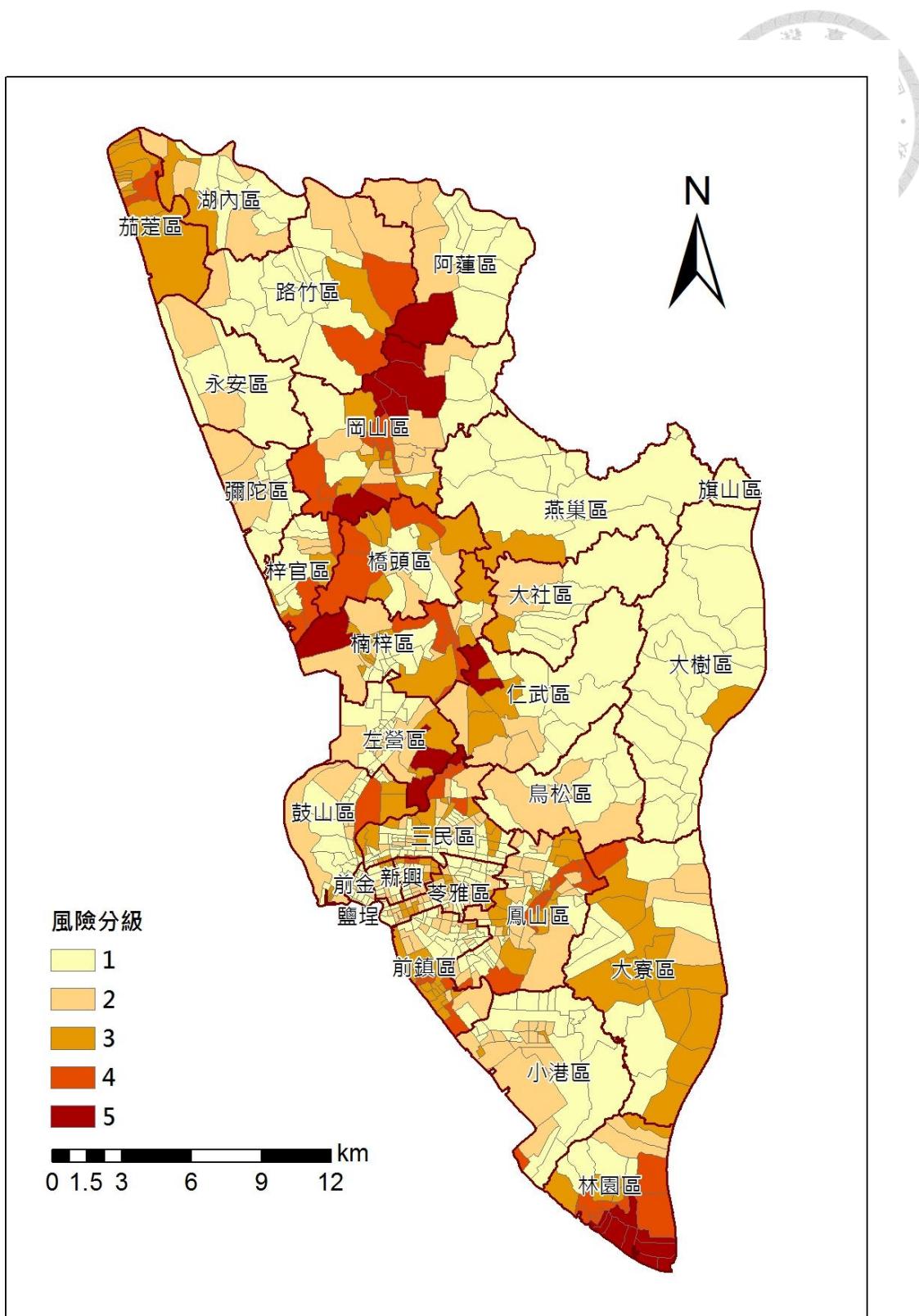


圖 4.30 莫拉克颱風風險度地圖

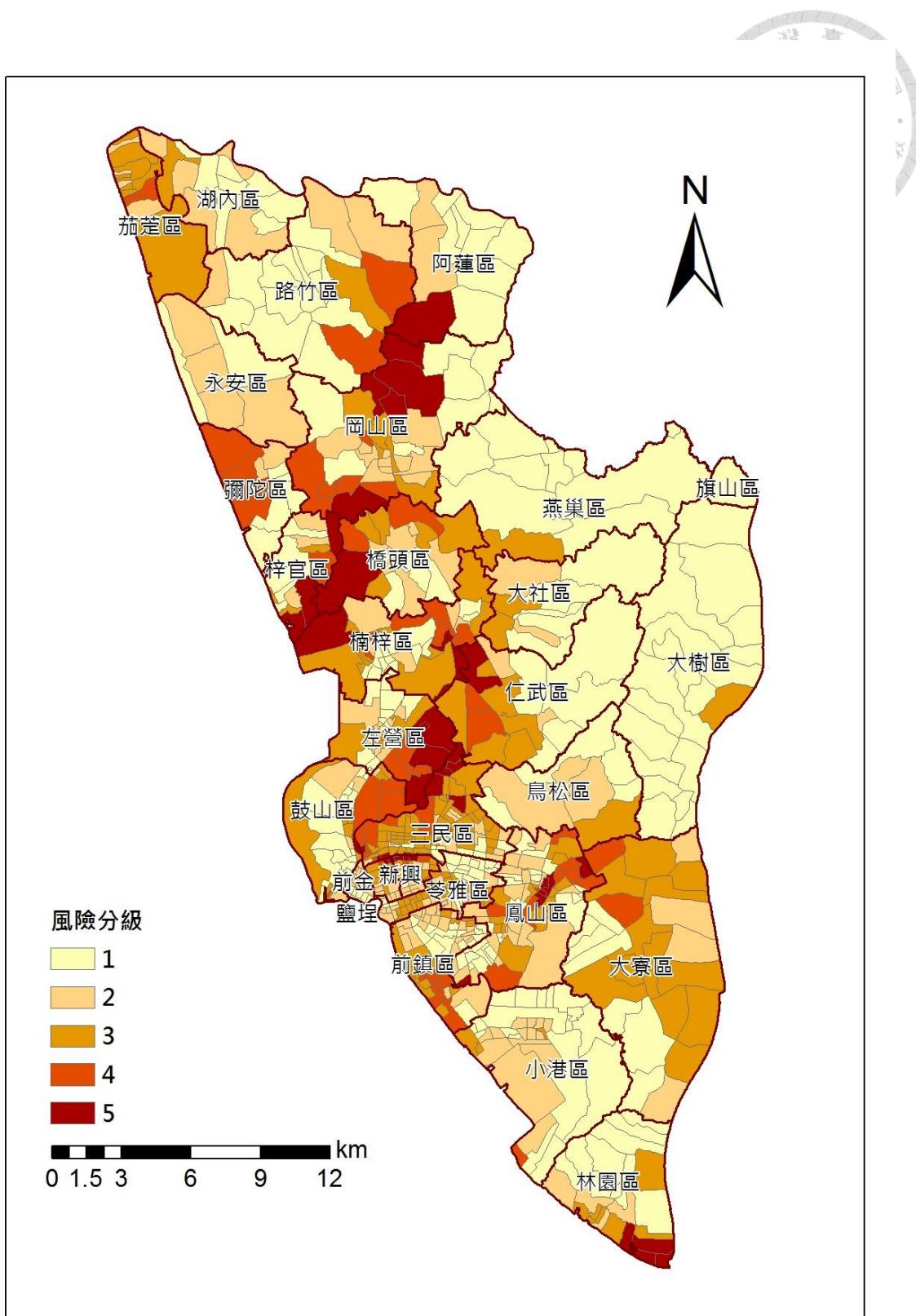


圖 4.31 凡那比颱風風險度地圖



4.4 預兆得分分析結果

由「2.4 預兆得分」章節可得知，本研究為了量化模式預警之準確度，並確定颱風事件實際淹水地點與本研究訂定之洪災預警標準之精確度，以表 2.8 與公式 2.8 做預兆得分 TS (Threat Score) 之計算，為了能以客觀方法確認成果。

危險度與風險度之洪災預警標準訂定，本研究是以 3 級以上做為發布預警的基準，統計淹水事件與發佈洪災警報之標準流程如下。

1. 統計等級 1 至 5 級之各村里所佔該區之個數。
2. 統計各等級佔該行政區之百分比作為防災預警之依據。
3. 等級 3：佔該區總數百分之二十以上之即發布警報；
等級 4：佔該區總數百分之十以上之即發布警報；
等級 5：佔該區總數百分之五以上之即發布警報。
4. 各颱風事件之實際淹水地點圖資收集(本研究實際颱風淹水事件之地點圖資資料主要由高雄市政府水利局與災害應變中心處置報告中所提供之資料)。
5. 利用表 2.8 與公式 2.8 做預兆得分 TS (Threat Score) 之計算。

4.4.1 危險度預兆得分

表 4.5 至表 4.8 為潭美颱風、海棠颱風、莫拉克颱風及凡那比颱風危險度淹水地點與洪災警報對應表。

由表 4.5 所示，區名標記水藍色底色代表由高雄市政府水利局與災害應變中心處置報告中所提供之資料中，潭美颱風實際發生淹水之地點，比例欄位以紅底標記則為經計算達到發佈洪災警報標準之區域。

以表 4.5 為例，仁武區於颱風期間有淹水事件發生且經警報標準預測有發布警報，則為正確預警之事件；林園區於颱風事件中無淹水事件但經警報標準預測仍發布警報，則為誤報事件；三民區於颱風事件中有淹水事件但經警報標準預測無發布警報，則為失誤事件；大寮區於颱風事件中無淹水事件經警報標準預測也無



達到發布標準，則為無事件發生。本研究將四場颱風：潭美颱風、海棠颱風、莫拉克颱風、凡那比颱風預警依照表 2.8 預兆得分定義表驗證求出預兆得分作為分析依據，其結果如表 4.9 至表 4.12 所示。

表 4.9 為潭美颱風實際淹水事件與發布預警事件之統計表，於事件中正確預警之事件為一件、誤報為八件、失誤為一件及無事件十九件。將表 4.9 至 4.12 之數據代入公式 (2.8) 求出其預兆得分 TS (Threat Score) 並整理於表 4.13。由表 4.13 可以得知事件預警之準確度以凡那比颱風最佳，其次為莫拉克颱風。預兆得分較佳的主因為兩颱風之高降雨量導致大淹水範圍的產生，使得計算統計過程中無事件之組數降低，提高了預兆得分之有效計算值（正確預警、誤報、失誤）之組數，造成預兆得分之敏感度降低。預兆得分不佳者為潭美颱風與海棠颱風，主要是由於兩颱風事件對於高雄市降雨影響較小，淹水退水時間快速，淹水事件較少，造成預兆得分計算成效不明顯，得分較低之情形。

岡山區因地理位置處阿公店溪流域，降雨過程中容易因為區內外排水不易形成淹水，除了潭美颱風外，其餘三場颱風事件中，岡山區皆有淹水事件之產生且都能有效的正確預警；仁武區則因地理位置處獅龍溪流域又區內東方為觀音湖、南方為澄清湖，且八穴淹大排通過本區，地勢低窪形成易淹地區，除了海棠颱風外，其餘三場颱風事件中，仁武區亦有淹水事件之產生且都能有效的正確預警。

地勢低窪、河川流域及土地利用性質常為淹水與否之先決要素，但當淹水事件不顯著容易形成預警誤報與失誤的發生，也使預警之效益降低進而影響預兆得分之呈現。

表 4.5 潭美颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	65	75.6	永安	6	1	6	100.0	茄萣	15	1	15	100.0	鼓山	38	1	38	100.0
		2	16	18.6			2	0	0.0			2	0	0.0			2	0	0.0
		3	4	4.7			3	0	0.0			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	1	1.2			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大社	9	1	7	77.8	岡山	33	1	25	75.8	梓官	15	1	14	93.3	旗山	2	1	2	100.0
		2	1	11.1			2	3	9.1			2	1	6.7			2	0	0.0
		3	1	11.1			3	5	15.2			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大寮	25	1	14	56.0	林園	24	1	11	45.8	鳥松	7	1	5	71.4	鳳山	76	1	48	63.2
		2	7	28.0			2	4	16.7			2	2	28.6			2	20	26.3
		3	4	16.0			3	5	20.8			3	0	0.0			3	8	10.5
		4	0	0.0			4	2	8.3			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	2	8.3			5	0	0.0			5	0	0.0
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	11	91.7	湖內	14	1	14	100.0	橋頭	17	1	13	76.5
		2	1	5.6			2	1	8.3			2	0	0.0			2	3	17.6
		3	0	0.0			3	0	0.0			3	0	0.0			3	1	5.9
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
小港	36	1	18	50.0	前金	20	1	19	95.0	新興	32	1	28	87.5	燕巢	10	1	9	90.0
		2	13	36.1			2	1	5.0			2	4	12.5			2	0	0.0
		3	5	13.9			3	0	0.0			3	0	0.0			3	1	10.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
仁武	16	1	9	56.3	前鎮	59	1	46	78.0	楠梓	37	1	29	78.4	彌陀	12	1	12	100.0
		2	3	18.8			2	8	13.6			2	5	13.5			2	0	0.0
		3	4	25.0			3	5	8.5			3	3	8.1			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
左營	39	1	37	94.9	苓雅	69	1	65	94.2	路竹	20	1	19	95.0	鹽埕	21	1	21	100.0
		2	2	5.1			2	3	4.3			2	1	5.0			2	0	0.0
		3	0	0.0			3	1	1.4			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

表 4.6 海棠颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	58	67.4	永安	6	1	6	100.0	茄萣	15	1	13	86.7	鼓山	38	1	35	92.1
		2	17	19.8			2	0	0.0			2	2	13.3			2	3	7.9
		3	9	10.5			3	0	0.0			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	2	2.3			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大社	9	1	8	88.9	岡山	33	1	20	60.6	梓官	15	1	11	73.3	旗山	2	1	2	100.0
		2	1	11.1			2	1	3.0			2	3	20.0			2	0	0.0
		3	0	0.0			3	8	24.2			3	1	6.7			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	3	9.1			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	1	3.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大寮	25	1	14	56.0	林園	24	1	11	45.8	鳥松	7	1	6	85.7	鳳山	76	1	49	64.5
		2	5	20.0			2	2	8.3			2	1	14.3			2	17	22.4
		3	6	24.0			3	5	20.8			3	0	0.0			3	9	11.8
		4	0	0.0			4	2	8.3			4	0	0.0			4	1	1.3
		5	0	0.0			5	4	16.7			5	0	0.0			5	0	0.0
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	11	91.7	湖內	14	1	14	100.0	橋頭	17	1	11	64.7
		2	0	0.0			2	0	0.0			2	0	0.0			2	3	17.6
		3	1	5.6			3	0	0.0			3	0	0.0			3	3	17.6
		4	0	0.0			4	1	8.3			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
小港	36	1	30	83.3	前金	20	1	17	85.0	新興	32	1	24	75.0	燕巢	10	1	9	90.0
		2	3	8.3			2	0	0.0			2	7	21.9			2	1	10.0
		3	3	8.3			3	3	15.0			3	1	3.1			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
仁武	16	1	8	50.0	前鎮	59	1	37	62.7	楠梓	37	1	25	67.6	彌陀	12	1	12	100.0
		2	6	37.5			2	15	25.4			2	6	16.2			2	0	0.0
		3	1	6.3			3	7	11.9			3	4	10.8			3	0	0.0
		4	1	6.3			4	0	0.0			4	2	5.4			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
左營	39	1	35	89.7	苓雅	69	1	59	85.5	路竹	20	1	17	85.0	鹽埕	21	1	20	95.2
		2	4	10.3			2	9	13.0			2	0	0.0			2	1	4.8
		3	0	0.0			3	1	1.4			3	3	15.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

表 4.7 莫拉克颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	42	48.8	永安	6	1	4	66.7	茄萣	15	1	0	0.0	鼓山	38	1	24	63.2
		2	21	24.4			2	2	33.3			2	1	6.7			2	10	26.3
		3	18	20.9			3	0	0.0			3	11	73.3			3	4	10.5
		4	4	4.7			4	0	0.0			4	3	20.0			4	0	0.0
		5	1	1.2			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大社	9	1	6	66.7	岡山	33	1	6	18.2	梓官	15	1	7	46.7	旗山	2	1	2	100.0
		2	2	22.2			2	9	27.3			2	2	13.3			2	0	0.0
		3	1	11.1			3	6	18.2			3	3	20.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	7	21.2			4	3	20.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	5	15.2			5	0	0.0			5	0	0.0
大寮	25	1	10	40.0	林園	24	1	4	16.7	鳥松	7	1	5	71.4	鳳山	76	1	43	56.6
		2	3	12.0			2	2	8.3			2	2	28.6			2	11	14.5
		3	11	44.0			3	4	16.7			3	0	0.0			3	18	23.7
		4	1	4.0			4	5	20.8			4	0	0.0			4	4	5.3
		5	0	0.0			5	9	37.5			5	0	0.0			5	0	0.0
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	8	66.7	湖內	14	1	8	57.1	橋頭	17	1	7	41.2
		2	0	0.0			2	3	25.0			2	4	28.6			2	2	11.8
		3	1	5.6			3	0	0.0			3	2	14.3			3	5	29.4
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	3	17.6
		5	0	0.0			5	1	8.3			5	0	0.0			5	0	0.0
小港	36	1	18	50.0	前金	20	1	12	60.0	新興	32	1	17	53.1	燕巢	10	1	9	90.0
		2	15	41.7			2	5	25.0			2	8	25.0			2	0	0.0
		3	2	5.6			3	3	15.0			3	5	15.6			3	1	10.0
		4	1	2.8			4	0	0.0			4	2	6.3			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
仁武	16	1	7	43.8	前鎮	59	1	25	42.4	楠梓	37	1	15	40.5	彌陀	12	1	8	66.7
		2	4	25.0			2	13	22.0			2	9	24.3			2	4	33.3
		3	4	25.0			3	16	27.1			3	8	21.6			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	5	8.5			4	4	10.8			4	0	0.0
		5	1	6.3			5	0	0.0			5	1	2.7			5	0	0.0
左營	39	1	31	79.5	苓雅	69	1	30	43.5	路竹	20	1	14	70.0	鹽埕	21	1	15	71.4
		2	5	12.8			2	29	42.0			2	3	15.0			2	6	28.6
		3	3	7.7			3	10	14.5			3	1	5.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	2	10.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

表 4.8 凡那比颱風高雄市危險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	8	9.3	永安	6	1	2	33.3	茄萣	15	1	0	0.0	鼓山	38	1	19	50.0
		2	13	15.1			2	4	66.7			2	4	26.7			2	5	13.2
		3	48	55.8			3	0	0.0			3	9	60.0			3	12	31.6
		4	9	10.5			4	0	0.0			4	2	13.3			4	1	2.6
		5	8	9.3			5	0	0.0			5	0	0.0			5	1	2.6
大社	9	1	5	55.6	岡山	33	1	7	21.2	梓官	15	1	5	33.3	旗山	2	1	2	100.0
		2	2	22.2			2	11	33.3			2	3	20.0			2	0	0.0
		3	2	22.2			3	5	15.2			3	3	20.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	5	15.2			4	1	6.7			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	5	15.2			5	3	20.0			5	0	0.0
大寮	25	1	7	28.0	林園	24	1	11	45.8	鳥松	7	1	4	57.1	鳳山	76	1	35	46.1
		2	4	16.0			2	4	16.7			2	2	28.6			2	15	19.7
		3	12	48.0			3	5	20.8			3	1	14.3			3	17	22.4
		4	2	8.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	5	6.6
		5	0	0.0			5	4	16.7			5	0	0.0			5	4	5.3
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	9	75.0	湖內	14	1	8	57.1	橋頭	17	1	4	23.5
		2	0	0.0			2	2	16.7			2	5	35.7			2	5	29.4
		3	1	5.6			3	0	0.0			3	1	7.1			3	5	29.4
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	2	11.8
		5	0	0.0			5	1	8.3			5	0	0.0			5	1	5.9
小港	36	1	18	50.0	前金	20	1	0	0.0	新興	32	1	1	3.1	燕巢	10	1	9	90.0
		2	14	38.9			2	10	50.0			2	17	53.1			2	0	0.0
		3	3	8.3			3	7	35.0			3	8	25.0			3	1	10.0
		4	1	2.8			4	1	5.0			4	2	6.3			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	2	10.0			5	4	12.5			5	0	0.0
仁武	16	1	5	31.3	前鎮	59	1	14	23.7	楠梓	37	1	14	37.8	彌陀	12	1	6	50.0
		2	2	12.5			2	21	35.6			2	6	16.2			2	2	16.7
		3	6	37.5			3	14	23.7			3	9	24.3			3	0	0.0
		4	2	12.5			4	10	16.9			4	6	16.2			4	4	33.3
		5	1	6.3			5	0	0.0			5	2	5.4			5	0	0.0
左營	39	1	18	46.2	苓雅	69	1	21	30.4	路竹	20	1	14	70.0	鹽埕	21	1	10	47.6
		2	12	30.8			2	21	30.4			2	3	15.0			2	8	38.1
		3	7	17.9			3	27	39.1			3	1	5.0			3	3	14.3
		4	2	5.1			4	0	0.0			4	2	10.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0



表 4.9 潭美颱風危險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	仁武，共 1 件
誤報	林園，共 1
失誤	三民、大社、大樹、左營、楠梓、鼓山、鳳山、橋頭，共 8 件
無事件	大寮、小港、永安、岡山、林園、阿蓮、前金、前鎮、苓雅、茄萣、梓官、鳥松、湖內、新興、路竹、旗山、燕巢、彌陀、鹽埕，共 19 件

表 4.10 海棠颱風危險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	岡山，共 1 件
誤報	大寮、林園、橋頭，共 3 件
失誤	阿蓮、茄萣、梓官、鳥松、湖內、旗山、燕巢，共 7 件
無事件	三民、大社、大樹、小港、仁武、左營、永安、前金、前鎮、苓雅、新興、楠梓、路竹、鼓山、鳳山、彌陀、鹽埕，共 17 件

表 4.11 莫拉克颱風危險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	大寮、仁武、岡山、林園、茄萣、梓官、鳳山、橋頭，共 8 件
誤報	三民、阿蓮、前鎮、楠梓、路竹，共 5 件
失誤	左營、永安、鳥松、湖內、旗山，共 5 件
無事件	大社、大樹、小港、前金、苓雅、新興、鼓山、燕巢、彌陀、鹽埕，共 10 件

表 4.12 凡那比颱風危險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	三民、大社、大寮、仁武、岡山、阿蓮、前金、前鎮、苓雅、梓官、新興、楠梓、路竹、鼓山、鳳山、橋頭、彌陀，共 17 件
誤報	林園、茄萣，共 2 件
失誤	大樹、左營、永安、鳥松、燕巢、鹽埕，共 6 件
無事件	小港、湖內、旗山，共 3 件



表 4.13 颱風事件危險度預兆得分表

颱風事件	潭美颱風	海棠颱風	莫拉克颱風	凡那比颱風
預兆得分	0.100	0.091	0.444	0.680

4.4.2 風險度預兆得分

將表 4.18 至表 4.21 數據代入公式 2.8 求出其預兆得分 TS (Threat Score) 並整理於表 4.22 。

由預兆得分之介紹可以得知預兆得分越接近 1 代表洪災預警之準確命中度越高，四場颱風以凡那比之得分最高其次為莫拉克颱風，潭美颱風與海棠颱風之預兆得分明顯不佳。

事實上潭美颱風與海棠颱風，因事件對於高雄市淹水災害較輕微降雨量較不明顯造成模式模擬的過程與實際地點預測上判讀差異較大，也因為淹水案件多為通報登記再勘災，有可能因為勘災當下已退水造成案件登記之誤差。

預兆得分之誤差主要可能為模式誤差、預警標準與實際事件淹水調查地點之人類誤差，本研究主要以二維淹水模式加入建蔽率進行模擬相較於現地事件必然存在因子設定與情境上的差別形成模式誤差；預警標準訂定則影響警報發布與否因此形成發佈上的誤差；災點調查誤差則是伴隨淹水時間的拉長會消退的狀況，有時可能實際有淹水但是災後調查時已經退水，故無法調查到實際淹水之事件。

上述誤差可能性將影響預兆得分 TS (Threat Score) 之量化，形成準確度與精度上的高低。

本研究為了驗證以風險度作為預警相較於傳統利用危險度淹水深作為淹水預警之優勢，由於潭美颱風與海棠颱風再侵台過程對於高雄市之降雨與淹水事件較少，造成計算預兆得分過程中較無法顯現其效益，表 4.3 與表 4.22 可見潭美颱風與海棠颱風所得之預兆格分相同但莫拉克颱風與凡那比颱風則有些許誤差，故本研究利用莫拉克颱風與凡那比颱風之危險度做預警依據比較其誤差原因。

莫拉克颱風事件中，各淹水事件與發佈預警之地區大致相同，惟左營區在風



險地圖中符合發布警戒，但在危險地圖中為發布警戒，其中原因為左營區實際淹水深較低但是左營區之脆弱度等級較高，所以只要有輕微之危險度即淹水深，就會帶來嚴重之傷害，但是僅利用危險度做預警式無法判讀出來的，但預警之功能即發生災害當下風險大的地區皆須預警，以利人員與物資之補助與逃難，故單以危險度在分析中是會造成部分地區性問題無法顯現。

凡那比颱風事件中，與莫拉克颱風有同樣趨勢，各淹水與預警事件大致相同，但相同在左營地區危險度仍未達預警之標準，造成預警失誤的事件發生，此狀況若未被察覺可能造成左營地區災情被低估，在人力資源分配過程被忽略，若災情嚴重的將會造成區內居民生命財產的損失。因此再次驗證風險度在考慮社會脆弱度之情況下可以減少預警誤判或是失誤的發生，以利有關單位作為防災預警之參考依據。

表 4.14 潭美颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	65	75.6	永安	6	1	6	100.0	茄萣	15	1	15	100.0	鼓山	38	1	38	100.0
		2	16	18.6			2	0	0.0			2	0	0.0			2	0	0.0
		3	4	4.7			3	0	0.0			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	1	1.2			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大社	9	1	7	77.8	岡山	33	1	25	75.8	梓官	15	1	14	93.3	旗山	2	1	2	100.0
		2	1	11.1			2	3	9.1			2	1	6.7			2	0	0.0
		3	1	11.1			3	5	15.2			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大寮	25	1	14	56.0	林園	24	1	11	45.8	鳥松	7	1	5	71.4	鳳山	76	1	48	63.2
		2	7	28.0			2	4	16.7			2	2	28.6			2	20	26.3
		3	4	16.0			3	5	20.8			3	0	0.0			3	8	10.5
		4	0	0.0			4	2	8.3			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	2	8.3			5	0	0.0			5	0	0.0
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	11	91.7	湖內	14	1	14	100.0	橋頭	17	1	13	76.5
		2	1	5.6			2	1	8.3			2	0	0.0			2	3	17.6
		3	0	0.0			3	0	0.0			3	0	0.0			3	1	5.9
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
小港	36	1	18	50.0	前金	20	1	19	95.0	新興	32	1	28	87.5	燕巢	10	1	9	90.0
		2	13	36.1			2	1	5.0			2	4	12.5			2	0	0.0
		3	5	13.9			3	0	0.0			3	0	0.0			3	1	10.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
仁武	16	1	9	56.3	前鎮	59	1	46	78.0	楠梓	37	1	29	78.4	彌陀	12	1	12	100.0
		2	3	18.8			2	8	13.6			2	5	13.5			2	0	0.0
		3	4	25.0			3	5	8.5			3	3	8.1			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
左營	39	1	37	94.9	苓雅	69	1	65	94.2	路竹	20	1	19	95.0	鹽埕	21	1	21	100.0
		2	2	5.1			2	3	4.3			2	1	5.0			2	0	0.0
		3	0	0.0			3	1	1.4			3	0	0.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

表 4.15 海棠颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	58	67.4	永安	6	1	6	100.0	茄萣	15	1	13	86.7	鼓山	38	1	32	84.2
		2	17	19.8			2	0	0.0			2	2	13.3			2	5	13.2
		3	9	10.5			3	0	0.0			3	0	0.0			3	1	2.6
		4	2	2.3			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大社	9	1	8	88.9	岡山	33	1	20	60.6	梓官	15	1	11	73.3	旗山	2	1	2	100.0
		2	1	11.1			2	1	3.0			2	3	20.0			2	0	0.0
		3	0	0.0			3	8	24.2			3	1	6.7			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	3	9.1			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	1	3.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大寮	25	1	14	56.0	林園	24	1	11	45.8	鳥松	7	1	6	85.7	鳳山	76	1	37	48.7
		2	5	20.0			2	2	8.3			2	1	14.3			2	23	30.3
		3	6	24.0			3	5	20.8			3	0	0.0			3	15	19.7
		4	0	0.0			4	2	8.3			4	0	0.0			4	1	1.3
		5	0	0.0			5	4	16.7			5	0	0.0			5	0	0.0
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	11	91.7	湖內	14	1	14	100.0	橋頭	17	1	11	64.7
		2	0	0.0			2	0	0.0			2	0	0.0			2	3	17.6
		3	1	5.6			3	0	0.0			3	0	0.0			3	3	17.6
		4	0	0.0			4	1	8.3			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
小港	36	1	30	83.3	前金	20	1	17	85.0	新興	32	1	24	75.0	燕巢	10	1	9	90.0
		2	3	8.3			2	0	0.0			2	7	21.9			2	1	10.0
		3	3	8.3			3	3	15.0			3	1	3.1			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
仁武	16	1	8	50.0	前鎮	59	1	37	62.7	楠梓	37	1	24	64.9	彌陀	12	1	12	100.0
		2	6	37.5			2	14	23.7			2	7	18.9			2	0	0.0
		3	1	6.3			3	8	13.6			3	4	10.8			3	0	0.0
		4	1	6.3			4	0	0.0			4	2	5.4			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
左營	39	1	35	89.7	苓雅	69	1	59	85.5	路竹	20	1	17	85.0	鹽埕	21	1	20	95.2
		2	4	10.3			2	9	13.0			2	0	0.0			2	1	4.8
		3	0	0.0			3	1	1.4			3	3	15.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

表 4.16 莫拉克颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	42	48.8	永安	6	1	4	66.7	茄萣	15	1	0	0.0	鼓山	38	1	24	63.2
		2	20	23.3			2	2	33.3			2	1	6.7			2	7	18.4
		3	18	20.9			3	0	0.0			3	11	73.3			3	6	15.8
		4	5	5.8			4	0	0.0			4	3	20.0			4	1	2.6
		5	1	1.2			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
大社	9	1	6	66.7	岡山	33	1	6	18.2	梓官	15	1	7	46.7	旗山	2	1	2	100.0
		2	2	22.2			2	9	27.3			2	2	13.3			2	0	0.0
		3	1	11.1			3	6	18.2			3	3	20.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	7	21.2			4	3	20.0			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	5	15.2			5	0	0.0			5	0	0.0
大寮	25	1	10	40.0	林園	24	1	4	16.7	鳥松	7	1	5	71.4	鳳山	76	1	31	40.8
		2	3	12.0			2	2	8.3			2	2	28.6			2	21	27.6
		3	11	44.0			3	4	16.7			3	0	0.0			3	14	18.4
		4	1	4.0			4	5	20.8			4	0	0.0			4	10	13.2
		5	0	0.0			5	9	37.5			5	0	0.0			5	0	0.0
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	8	66.7	湖內	14	1	8	57.1	橋頭	17	1	7	41.2
		2	0	0.0			2	3	25.0			2	4	28.6			2	2	11.8
		3	1	5.6			3	0	0.0			3	2	14.3			3	5	29.4
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	3	17.6
		5	0	0.0			5	1	8.3			5	0	0.0			5	0	0.0
小港	36	1	18	50.0	前金	20	1	12	60.0	新興	32	1	17	53.1	燕巢	10	1	9	90.0
		2	15	41.7			2	5	25.0			2	8	25.0			2	0	0.0
		3	2	5.6			3	3	15.0			3	5	15.6			3	1	10.0
		4	1	2.8			4	0	0.0			4	2	6.3			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0
仁武	16	1	7	43.8	前鎮	59	1	25	42.4	楠梓	37	1	15	40.5	彌陀	12	1	8	66.7
		2	4	25.0			2	13	22.0			2	8	21.6			2	4	33.3
		3	4	25.0			3	15	25.4			3	9	24.3			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	6	10.2			4	4	10.8			4	0	0.0
		5	1	6.3			5	0	0.0			5	1	2.7			5	0	0.0
左營	39	1	27	69.2	苓雅	69	1	30	43.5	路竹	20	1	14	70.0	鹽埕	21	1	15	71.4
		2	8	20.5			2	29	42.0			2	3	15.0			2	6	28.6
		3	2	5.1			3	10	14.5			3	1	5.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	2	10.0			4	0	0.0
		5	2	5.1			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

表 4.17 凡那比颱風高雄市風險度淹水地點與洪災警報對應表

區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例	區名	里數	分級	個數	比例
三民	86	1	8	9.3	永安	6	1	2	33.3	茄萣	15	1	0	0.0	鼓山	38	1	19	50.0
		2	13	15.1			2	4	66.7			2	4	26.7			2	5	13.2
		3	47	54.7			3	0	0.0			3	9	60.0			3	9	23.7
		4	9	10.5			4	0	0.0			4	2	13.3			4	4	10.5
		5	9	10.5			5	0	0.0			5	0	0.0			5	1	2.6
大社	9	1	5	55.6	岡山	33	1	7	21.2	梓官	15	1	5	33.3	旗山	2	1	2	100.0
		2	2	22.2			2	11	33.3			2	3	20.0			2	0	0.0
		3	2	22.2			3	5	15.2			3	3	20.0			3	0	0.0
		4	0	0.0			4	5	15.2			4	1	6.7			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	5	15.2			5	3	20.0			5	0	0.0
大寮	25	1	7	28.0	林園	24	1	11	45.8	鳥松	7	1	4	57.1	鳳山	76	1	25	32.9
		2	4	16.0			2	4	16.7			2	2	28.6			2	23	30.3
		3	12	48.0			3	5	20.8			3	1	14.3			3	13	17.1
		4	2	8.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	9	11.8
		5	0	0.0			5	4	16.7			5	0	0.0			5	6	7.9
大樹	18	1	17	94.4	阿蓮	12	1	9	75.0	湖內	14	1	8	57.1	橋頭	17	1	4	23.5
		2	0	0.0			2	2	16.7			2	5	35.7			2	5	29.4
		3	1	5.6			3	0	0.0			3	1	7.1			3	5	29.4
		4	0	0.0			4	0	0.0			4	0	0.0			4	2	11.8
		5	0	0.0			5	1	8.3			5	0	0.0			5	1	5.9
小港	36	1	18	50.0	前金	20	1	0	0.0	新興	32	1	1	3.1	燕巢	10	1	9	90.0
		2	14	38.9			2	10	50.0			2	17	53.1			2	0	0.0
		3	3	8.3			3	7	35.0			3	8	25.0			3	1	10.0
		4	1	2.8			4	1	5.0			4	2	6.3			4	0	0.0
		5	0	0.0			5	2	10.0			5	4	12.5			5	0	0.0
仁武	16	1	5	31.3	前鎮	59	1	14	23.7	楠梓	37	1	14	37.8	彌陀	12	1	6	50.0
		2	2	12.5			2	21	35.6			2	5	13.5			2	2	16.7
		3	6	37.5			3	13	22.0			3	10	27.0			3	0	0.0
		4	2	12.5			4	11	18.6			4	6	16.2			4	4	33.3
		5	1	6.3			5	0	0.0			5	2	5.4			5	0	0.0
左營	39	1	17	43.6	苓雅	69	1	21	30.4	路竹	20	1	14	70.0	鹽埕	21	1	10	47.6
		2	13	33.3			2	21	30.4			2	3	15.0			2	8	38.1
		3	3	7.7			3	27	39.1			3	1	5.0			3	3	14.3
		4	3	7.7			4	0	0.0			4	2	10.0			4	0	0.0
		5	3	7.7			5	0	0.0			5	0	0.0			5	0	0.0

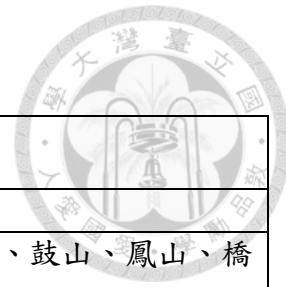


表 4.18 潭美颱風風險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	仁武，共 1 件
誤報	三民、大社、大樹、左營、楠梓、鼓山、鳳山、橋頭，共 8 件
失誤	林園，共 1 件
無事件	大寮、小港、永安、岡山、林園、阿蓮、前金、前鎮、苓雅、茄萣、梓官、鳥松、湖內、新興、路竹、旗山、燕巢、彌陀、鹽埕，共 19 件

表 4.19 海棠颱風風險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	岡山，共 1 件
誤報	阿蓮、茄萣、梓官、鳥松、湖內、旗山、燕巢，共 7 件
失誤	大寮、林園、橋頭，共 3 件
無事件	三民、大社、大樹、小港、仁武、左營、永安、前金、前鎮、苓雅、新興、楠梓、路竹、鼓山、鳳山、彌陀、鹽埕，共 17 件

表 4.20 莫拉克颱風風險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	大寮、仁武、左營、岡山、林園、茄萣、梓官、鳳山、橋頭，共 9 件
誤報	三民、阿蓮、前鎮、楠梓、路竹，共 5 件
失誤	永安、鳥松、湖內、旗山，共 4 件
無事件	大社、大樹、小港、前金、苓雅、新興、鼓山、燕巢、彌陀、鹽埕，共 10 件

表 4.21 凡那比颱風風險度洪災預警狀態統計表

洪災警報狀態	各行政區統計
正確預警	三民、大社、大寮、仁武、左營、岡山、阿蓮、前金、前鎮、苓雅、梓官、新興、楠梓、路竹、鼓山、鳳山、橋頭、彌陀，共 18 件
誤報	林園、茄萣，共 2 件
失誤	大樹、永安、鳥松、燕巢、鹽埕，共 5 件
無事件	小港、湖內、旗山，共 3 件

表 4.22 颱風事件風險度預兆得分表

颱風事件	潭美颱風	海棠颱風	莫拉克颱風	凡那比颱風
預兆得分	0.100	0.091	0.500	0.720



第五章 結論與建議

本研究是以高雄市洪災預警與風險評估作為分析，透過資料收集與 GIS 圖資整合，以人口結構與社會資源組成建立脆弱度地圖；以淹水潛勢圖與颱風事件洪災淹水模擬建立危險度地圖；以脆弱度與危險度地圖整合建立出風險地圖；最後以風險地圖搭配預兆得分 TS (Threat Score) 設定預警標準與流程，量化模試模擬資訊以驗證模式之精度，用來瞭解高雄市研究區在各重現期距與颱風事件下之淹水模擬結果，以利未來提供有關單位作為洪災預防與救災之參考。

5.1 結論

1. 本研究依據以六種重現期距與四場颱風事件搭配高雄市社會與人口結構資料建立之脆弱度地圖、淹水潛勢圖、危險度地圖、風險地圖等圖資，其成果以生命面向做為研究之基準，可讓有關單位於防災救援中應用與參考。
2. 本研究之脆弱度模擬選取林依潔（2012）台北市洪災風險分析中之模糊德爾菲法求區研究選取之八項因子，脆弱度較高之地區為：左營區，其老年人人口數與幼年人口比例較其他地區高，若發生輕微之危險即可造成嚴重的損失，有關單位因多加強其救援設施或與社會機構之照護，減少危害發生之嚴重度。
3. 本研究淹水潛勢圖模擬結果，淹水範圍大多集中於路竹區、岡山區、阿蓮區三區交界、楠梓區、鳥松區、林園區，在研究模擬過程中這幾區皆常為淹水較嚴中之地點，在未來有關單位對於這幾區之洪災防範須加以審慎評估，如此一來也可以避免淹水擴大至鄰近行政區的問題發生。
4. 本研究以風險地圖做為預警依據，主要可以避免單一以危險度地圖之淹水深之情形預警，容易造成地區性社會人口組成因素導致誤判與失誤的預警發生，預警本身即影響防災救援之依據，若低估當地之災害情形，將造成無辜的居民受災與無謂的救災資源損失。故本研究利用風險作為預警之依據，希望能



以綜合風險之評估，提高預警過程中之研判與精度，未來更能使有關單位藉由風險地圖提高預警發佈與救災過程中之人力資源調度之效率，並且能將人力資源安排調度於有效的災區，避免災區人力分配不足或未受災區人力分配過度之狀況，如此一來可提高救災效率與減少人力與物資之浪費。

5.2 建議

1. 本研究以模糊德爾菲法求區研究選取之八項因子：65 歲以上人口數、14 歲以下人口數、獨居老人人口數、身心障礙人口數、橡皮艇數量、消防員人口數、社會收容所數量、老人安養院數量。若未來可以蒐集到更多因子加以分析，可以提高脆弱度地圖之精度，進而提高風險地圖分析之結果。
2. 研究分析過程因為了搭配圖資之尺度，故在脆弱度中僅 65 歲以上人口數與 14 歲以下人口數之尺度以「里」為設定，其餘因子因統計資料皆以「區」為設定，未來若能將尺度縮小可望能有效的顯現脆弱度地圖之精度。
3. 本研究以淹水深度做為危險度地圖之建立標準，然而構成危險度之因子除了深度外，水流流速與水位上升率也是其中影響之原因，未來可再模擬研究過程中加以搭配上述因子，可提高淹水危險度評估過程之精度與危險度地圖之呈現。
4. 本研究以風險地圖做為預警依據，風險地圖由脆弱度地圖與危險度地圖而得，然而形成風險仍有許多因素，未來可將其他風險地圖之探討因素加入，提高風險地圖之廣度，求得更進一步之風險分析，以利未來有關單位可於防災預警過程中作為參考之依據。
5. 本研究危險度與風險度皆以淹水事件做為預警標的，未來可以以有災情發生之事件做為風險度之預警標的。



參考文獻

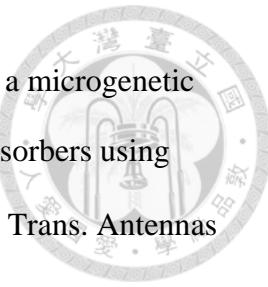
1. 高雄市政府洪災淹水勘查圖資，高雄市政府水利局。
2. 災害應變處置報告，颱風事件報告，內政部消防署。
3. 黃成甲，2014，整合建物效應與即時淹水模擬之研究，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所博士論文。
4. 林依潔，2012，台北市洪災風險分析，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所碩士論文。
5. 張齡心，2013，都市地區洪水減災調式策略評估與研究，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所碩士論文。
6. 張倉榮、許銘熙、林國峰、賴進松、潘宗毅，2010，脆弱度及風險地圖分析方法之研究，水利署。
7. 台灣氣候變遷科學報告，2011，行政院國家科學委員會。
8. 鄧振源、曾國雄，1989，層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（上），中國統計學報，第 27 卷，第 6 期，13707-13724。
9. 鄧振源、曾國雄，1989，層級分析法（AHP）的內涵特性與應用（下），中國統計學報，第 27 卷，第 7 期，13767-13870。
10. 徐村和，1998，模糊德菲層級分析法，模糊系統學刊，第四卷，第一期，59-72。
11. 鄭滄濱，2001，軟體組織提升人員能力之成熟度模糊評估模式，國立台灣科技大學資訊管理研究所碩士論文。
12. 洪雅雯，2004，建立都市災害脆弱度指標之研究，逢甲大學土地管理研究所碩士論文。
13. 鍾佳霖，2006，台灣地區各縣市颱風災害脆弱性評估之研究，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。
14. 國立台灣大學水工試驗所，2006，子計畫一：淹水災害防護規模設定之研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。



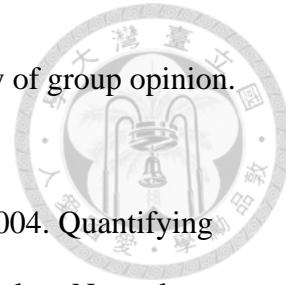
15. 翁振益等合著，2006，決策分析方法與應用，台北：華泰文化。
16. 江宜錦，2007，天然災害統計指標建構與分析—以台灣各縣市為例，銘傳大學媒體空間設計研究所碩士論文。
17. 吳杰穎、江宜錦，2008，台灣天然災害統計指標體系建構與分析，地理學報，第 51 期，65-84。
18. 褚志鵬，2009，層級分析法（AHP）理論與實作，國立東華大學企業管理學系教學講義。
19. 陳姿叡，2009，感受性系統模型在台北都會區颱洪災害脆弱度應用之研究，國立台北大學都市計畫研究所碩士論文。
20. 葉宇光，2009，事件樹於職業安全風險評估應用研究，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。
21. 黃昱翔，2009，颱洪災害脆弱度評估指標之建立：以南投水里鄉為例，銘傳大學建築與都市防災研究所碩士論文。
22. 賴可蓁，2010，洪災風險地圖之研析，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所碩士論文。吳貽婷，2011，水災風險度分析暨防災地圖研究—以新北市為例，國立台灣大學生物環境系統工程學系研究所碩士論文。
23. 吳杰穎、黃昱翔，2009，颱洪災害脆弱度評估指標之建立：以南投水里鄉為例，國科會計畫。
24. 蕭代基、李欣輯、楊惠萱，2010，災害損失與社會脆弱性評估，國家災害防救科技中心，98 年度技術報告。
25. 蕭煥章，2008，鄉鎮市區水災脆弱性評估模式之研究，華岡地理學報，第 21 期，1-18。
26. 邱建勳，2011，建蔽率對都市淹水影響之模擬，國立台灣大學生物環境系統工程研究所碩士論文。
27. Adger, W. N., Brooks, N., Kelly, M., Bentham, G., Agnew, M., and Eriksen, S., 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Norwich, United

Kingdom: Tyndall°Center for Climate Change Research. Technical Report 7.

- 
28. Alfieri, L., Pappenberger, F., Wetterhall, F., 2014. The extreme runoff index for flood early warning in Europe. *Nat. Hazards Earth Sys. Sci.* 14 (6), 1505 – 1515.
 29. Alfieri, L., Thielen, J., 2012. A European precipitation index for extreme rain-storm and flash flood early warning. *Meteorolog. Appl.met.*1328.
 30. Anbalagan, R., and Singh, B., 1996. Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains- a case study from Kumaun Himalaya, India. *Engineering Geology* 43: 237-246.
 31. Apel, H., Aronica, G.T., Kreibich, H. and Thielen, A. H., 2009. Flood risk analyses—how detailed do we need to be? *Natural Hazards* 49: 79-98.
 32. Aronica, G.T., Franzia, F., Bates, P.D., Neal, J.C., 2012. Probabilistic evaluation of flood hazard in urban areas using Monte Carlo simulation. *Hydrol. Process.* 26, 3962–3972.
 33. Birkmann, T. 2005a. Danger need not spell disaster. But how vulnerable are we *Research Brief* 1, 8pp.
 34. Borden, K. A., Schmidlein, M. C., Emrich, C. T., Piegorsch, W. W., and Cutter, S. L., 2007. Vulnerability of U.S. Cities to Environmental Hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* 4 (2) : 21.
 35. Boruff, B. J., Emrich, C., and Cutter, S. L., 2005. Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. *Journal of Coastal Research* 21 (5) : 932-942.
 36. Cardona, O. D., Bankoff, G., Frerks, G., and Hilhorst, D., 2003. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, Chapter 3: The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. London: Earthscan.
 37. Cardona, O., 2003. Indicators for disaster risk management, in: First expert meeting on disaster risk conceptualization and indicator modeling, 37pp.



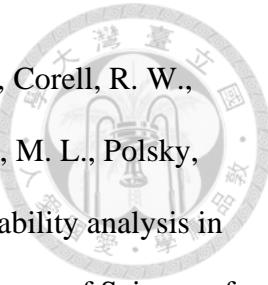
38. Chakravarty, S., Mittra, R., Williams, N.R., 2002. Application of a microgenetic algorithm (MGA) to the design of broad-band microwave absorbers using multiple frequency selective surface screens buried in dielectrics. *Trans. Antennas Propag.* 50 (3), 284 – 296.
39. Chen, C.F., Liu, C.M., 2014. The definition of urban stormwater tolerance threshold and its conceptual estimation: an example from Taiwan. *Nat. Hazards* 73, 173–190.
40. Chen, A. S., Djordjevic, S., Leandro, J., Evans, B., and Savic, D., 2008. Simulation of the building blockage effect in urban flood modelling. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
41. Chen, A. S., Hsu, M. H., Teng, W. .H., Huang, C. J., Yeh, S. H., and Lien, W.Y., 2006. Establishing the Database of Inundation Potential in Taiwan. *Natural Hazards* 37 (1-2) : 107-132.
42. Clark, G. E., Moser, S. C., Ratnick, S. J., Dow, K., Meyer, W. B., Emani, S., Jin, W., Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., and Schwarz, H.,E., 1998. Assessing the Vulnerability of Coastal Communities to Extreme Storms: The Case of Reverne, MA., USA. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 3: 59-82.
43. Cutter, S. L., 2007. The Social Vulnerability Index: A County-Level Assessment of Communities and Implications for Preparedness Planning, First Annual DHS University Network Summit on Research and Education.
44. Cutter, S. L., Mitchell, J. T., and Scott, M. S. 1997. Handbook for Conducting a GIS-Based Hazards Assessment at the County Level. Hazards Research Lab, Department of Geography, University of South Carolina.
45. Cutter, S. L., Mitchell, J. T., and Scott, M. S. 2000. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90 (4) : 713-737.



46. Dalkey, N. C., 1969. The Delphi method: an experimental study of group opinion. Rand Corp, Research Paper RM-5888-PR.
47. Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S., and Roberts, S., 2004. Quantifying Social Vulnerability: A Methodology for Identifying those at Risk to Natural Hazards. Canberra: Geoscience Australia.
48. Fekete, A., 2009. Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9: 393-403.
49. FEMA. 2009. Risk mapping, Assessment, and Planning (Risk Map) Multi-Year Plan: Fiscal Years 2010-2014. Federal Emergency Management Agency, U.S.A: Fiscal Year 2009 Report to Congress. Homeland Security.
50. Garey, P.R., Zachary, F., and Lansdowne, 1999. Risk Matrix: An Approach for Identifying, Assessing, and Ranking Program Risk. *Air Force Journal & Logistics*, 18-23.
51. Hsu, M. H., Chen, S. H., and Chang, T. J. 2000. Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System. *Journal of Hydrology* 234 (1-2) : 21-37.
52. IoMosaic Corporation, "Designing an Effective Risk Matrix"
53. Ishikawa, A., Amagasa, T., Tamizawa, G., Totsuta, R. and Mieno, H., 1993. The Max-Min Delphi Method and Fuzzy Delphi Method Via Fuzzy Integration. *Fuzzy Sets and Systems* 55: 241-253.
54. Merz, B., and Thielen, A. H., 2004. Flood risk analysis: concepts and challenges. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*. 56 (3 - 4) :27 – 34.
55. Messner, F. and Meyer, V., 2005. Flood damage, vulnerability and risk perception-challenges for flood damage research. Netherlands: Springer.
56. Müller, A., Reiter, J., and Weiland, U. 2011. Assessment of urban vulnerability towards floods using an indicator-based approach - a case study for Santiago de

Chile. Natural Hazards and Earth System Sciences 11:2107-2123.

- 
57. Murray, T.J., Pipino, L.L., and Gigch, J.P. van, 1985. A pilot study of fuzzy set modification of Delphi. Human Systems Management 5: 76-80.
 58. Pearce, L., 2000. An Integrated Approach for Community Hazard, Impact, Risk and Vulnerability Analysis: HIRV. The University of British Columbia.
 59. Rygel, L., O' Sullivan, D. and Yarnal, B, 2006. A method for constructing a social vulnerability index: an application to hurricane storm surges in a developed country. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 11 (3) : 741-764.
 60. Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill Inc, New York.
 61. Schneiderbauer, S., 2007. Risk and vulnerability to natural disasters – from broad view to focused perspective. Theoretical background and applied methods for the identification of the most endangered populations in two case studies at different scales. Phd, Freie Universität Berlin.
 62. Schaefer, J.T., 1990. The critical success index as an indicator of warning skill. Weather Forecast. 5, 570–575.
 63. Sene, K., 2013. Flash Floods: Forecasting and Warning. Springer.
 64. Shaw, D., Huang, H. H., Ho, M. C., and Lin, S., 2005. Modeling Flood Loss and Risk Perception. -- The Case of Typhoon Nari in Taipei. Fifth Annual IIASA-DPRI Forum Integrated Disaster Risk Management: Innovations in Science and Policy.
 65. Stedinger, J. R., Vogel, R. M., and Foufoula-Georgiou, E., 1993. Frequency analysis of extreme events. Maidment, D. R., New York: Handbook of Hydrology, McGraw-Hill.
 66. Steinführer Annett, Tunstall, S., Tapsell S., and Fernandez-Bilbao, A., 2007. Vulnerability and Flooding: A Re-analysis of FHRC Data. UK: European Community, Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies.



67. Turner II, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., and Schiller, A., 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS (Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America)* 100 (14) : 8074-8079.
68. Tsun-Hua Yang., Sheng-Chi Yang., Jui-Yi Ho., Gwo-Fong Lin., Gong-Do Hwang a, Cheng-Shang Lee., Flash flood warnings using the ensemble precipitation forecasting technique: A case study on forecasting floods in Taiwan caused by typhoons, *Journal of Hydrology*, (520) 2015 : 367-378.
69. Velasquez, G. and Tanhueco, R., 2005. Know Risk. United Nations 'World Conference on Disaster Reduction', Chapter: Incorporating social issues in disaster risk assessment.
70. Werritty, A., Houston, D., Ball, T., Tavendale, A. and Black, A., 2007. Exploring the Social Impacts of Flood Risk and Flooding in Scotland. Scotland: Scottish Executive.
71. Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., and Davis, I., 2004. At Risk. Natural hazards, people's vulnerability, and disasters, 2nd ed. Routledge, London, New York, 496 pp.
72. Wu, D. L., and Fan, R. S., 2009. The report of statistical applications analysis: The vicissitudes of Taipei City population. Taipei, Taiwan: Department of Budget, Accounting and Statistics, Taipei City Government.



附錄一 模糊德爾菲與層級分析法

1 模糊德爾菲法

德爾菲（Delphi）方法由 Dalkey 及 Helmer 於 1960 年提出，是一種以系統性來表達專家群體意見的程序方法；但德爾菲法存有蒐集專家意見耗時日久、成本較高的缺點，且所謂的「專家意見一致」只是專家意見落在某一範圍中，此範圍實際上隱含了模糊性，在演算過程中並未將模糊性考量於其中，使其最後結果容易扭曲專家的意見，故後期發展出模糊德爾菲法。1985 年 Murray, Pipino 和 Gigch 首先將模糊理論（fuzzy set）與德爾菲做結合；Ishikawa 在 1993 年提出的 Max-Min 法、Fuzzy Integration 法，將專家的意見整合成模糊數，此即為模糊德爾菲方法。陳昭宏在 2001 年應用「可能性範圍的最大值與最小值」的觀念，將學者 Ishikawa 之方法進行修正，並以灰色地帶檢定法可檢定專家的認知是否達到收斂，使得模糊德爾菲法之分析結果更加嚴謹和合理。模糊德爾菲法可視為評估準則篩選的工具，與德爾菲法比較更具有下列優點（徐村和，1998）：

- (1) 節省調查次數與時間；
- (2) 可完整表達專家們的意見，未經扭曲；
- (3) 專家的意見更加符合理性及需求且清楚表達；
- (4) 計算過程簡單，可以處理多層級的決策問題；
- (5) 考慮到訪問中的模糊性。

鄭滄濱（2001）改良陳昭宏部分做法，提出「雙三角模糊數」來整合專家認知，並藉由「灰色地帶檢定法」來快速地檢驗專家認知是否已達到收斂，以減少問卷重複調查次數。因此本研究第一階段專家問卷將依循鄭滄濱的方法篩選重要的社會脆弱度因子，其方法及應用步驟說明如下：

步驟一：就所有考量的評估項目設計模糊德爾菲問卷，請每位專家針對各個評估項目給予可能的區間值。這區間數值的「最小值」表示為此專家對該評



估項目分數的「最保守認知值」，相對地此區間的「最大值」即為「最樂觀認知值」。

步驟二：對每一個評估項目 i ，分別統計所有專家所給予的「最保守認知值」與「最樂觀認知值」，並將落於「兩倍標準差」以外的極端值剔除。再分別計算未被剔除(剩餘)的「最保守認知值」中求得最小值 C_L^i 、幾何平均值 C_M^i 、最大值 C_U^i ，及「最樂觀認知值」中的最小值 O_L^i 、幾何平均值 O_M^i 、最大值 O_U^i 。

步驟三：分別建立並算出步驟二中各評估項目 i 的「最保守認知」之三角模糊數

$C^i = (C_L^i, C_M^i, C_U^i)$ ，及「最樂觀認知」之三角模糊數 $O^i = (O_L^i, O_M^i, O_U^i)$ ，如圖 2.1 所示。

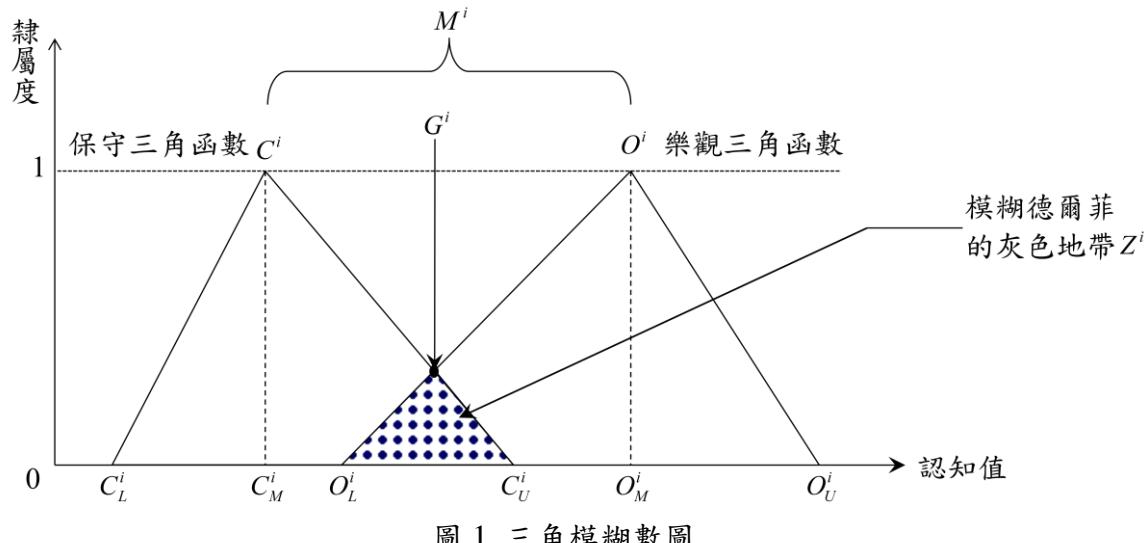


圖 1 三角模糊數圖

步驟四：檢驗專家意見是否達到共識，其判斷如下：

1. 若「模糊灰色地帶」無重疊現象，亦即 $(C_U^i \leq O_L^i)$ ，表示各專家意見區間值具有共識區段，且意見趨於共識區段範圍內。因此，此評估項目 i 的「共識重要程度值」 G^i 等於 O_M^i 與 C_M^i 之算術平均值，則表示為 $G^i = (O_M^i + C_M^i) / 2$ 。
2. 若「模糊灰色地帶」有重疊現象，亦即 $(C_U^i > O_L^i)$ ，且模糊關係的灰色地帶 $Z^i = C_U^i - O_L^i$ 小於專家對該評估項目「樂觀認知的幾何平均值」與「保守認知的幾何平均值」之區間範圍 $M^i = O_M^i - C_M^i$



($Z^i < M^i$)，則表示各專家之意見區間值雖無共識區段，但給予極端值意見的兩位專家（樂觀認知中的最保守及保守認知中的最樂觀）並無與其他專家之意見相差過大而導致意見分歧發散。因此，對此評估項目 i 之「共識重要程度值」 G^i 值以公式（1）先求出兩三角模糊數中模糊關係之交集（min），再以公式（2）求出此集合之最大隸屬度值之量化分數。

$$F^i(x_j) = \int_x \{ \min[\mu_{C^i}(x_j), \mu_{O^i}(x_j)] \} dx \quad (1)$$

$$G^i = \max[F^i(x_j)] \quad (2)$$

3. 若「模糊灰色地帶」有重疊現象，亦即 ($C_U^i > O_L^i$)，且模糊關係的灰色地帶 $Z^i = C_U^i - O_L^i$ 大於專家對該評估項目「樂觀認知的幾何平均值」與「保守認知的幾何平均值」之區間範圍 $M^i = O_M^i - C_M^i$ ($Z^i > M^i$)，則表示各專家之意見區間值雖無共識區段，且給予極端值意見的兩位專家（樂觀認知中的最保守及保守認知中的最樂觀）與其他專家之意見相差過大，導致意見分歧發散。因此，將這些意見未收斂之評估項目提供給專家參考，並重複步驟一至四，進行第二次問卷調查，直到所有評估項目皆能達到收斂，並求出共識重要程度值 G^i 為止。

對於本研究第一階段專家問卷的填寫方式，主要依循專家之專業素養判斷認定，評定評估因子之重要程度，而評定方式採 0~10 個等級，其評定分數愈高表示因子愈能代表研究趨勢。最後在問卷後面附上一建議欄的填答項目，以補充問卷內容不足部分，以使問卷更符合模糊德爾菲法問卷的意義。本研究之模糊德爾菲法乃採用雙三角模糊數以求取專家共識重要程度值，其主要原因為雙三角模糊數需透過「灰色地帶檢定法」來檢驗專家的意見是否達到共識方能收斂。應用模糊德爾菲法做為以專家為對象之初步因子評估將會是一個非常有利的工具，其可使



所獲得之方案評估因子的選擇更具客觀性及實用性。

2 層級分析法

1971 年，美國匹茲堡大學教授 Thomas L. Saaty 提出層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)，其運用歸納法和演繹法技術以量化的方式以找出其問題結構之脈絡，利用階層結構 (Hierarchical structure) 解決多個評估準則和不確定性 (Uncertainty) 的決策問題，並且建立架構中各項指標的相對權重值。透過權重分析可以提供決策者選擇適當方案，以達到提升評估品質並量化判斷和綜合評估，支持決策者選擇適當的方案，減少決策錯誤的風險（翁振益等合著，2006）。故本研究利用層級分析法設計專家問卷，對相關領域的專家學者進行調查，以問卷的結果來訂定脆弱度因子的權重。

AHP 的發展目的是將複雜的問題系統化，由不同的層面給予分解，且透過量化的整理後加以評估，提供決策者選擇適當的方案。Saaty 在 1980 年發展 AHP 的基本假設包括下列幾項 (Saaty, 1980；褚志鵬，2009)：

1. 一個系統可被分解成許多種類 (Class) 或成份 (Components)，並形成網路狀的層級結構。
2. 層級結構中，每一層級的要素倆倆均具獨立性。
3. 每一層級中的要素，可以用上一層級內某些要素作為評估準則。
4. 比較評估時，可將絕對數值尺度轉換成比例尺度。
5. 各要素進形成對比較，可使用正倒值矩陣處理。
6. 優劣關係滿足遞移性，同時強度關係也需滿足遞移性。
7. 完全具遞移性並不容易，因此不容許遞移行的存在，但需測試一致性。
8. 各要素的優勢程度經由加權法則而求得。
9. 任何要素不論其優勢大小，均與整個評估結構有關。

層級分析法是將複雜的多目標決策問題建構成一具樹枝狀的階層式 (hierarchy) 架構，而每一層皆由不同的元素組成，將複雜的問題由高層次 (high level) 往低



層次 (low level) 逐步分解，形成一種層化的結構，其中每一層級只影響另一層級，同時亦僅受另一層級影響；建立 AHP 架構前，須先確認各個因子彼此相互獨立，可採用腦力激盪法、階層結構法等確認層級關係，實際應用上並沒有一定的建構方法；另外評估各層級要素的影響程度可以利用特徵向量法、幾何平均法等，而 AHP 法是利用特徵向量法計算要素的權重，以求得各方案之優先權值 (priority)，其值愈大，則表示被採納之方案的優先順序愈高。依 Saaty 建議，人無法一次對 7 種事物做判斷，故每一層因子不要超過 7 種，最後將分析的因子用層級架構表示出（圖 2.2）。

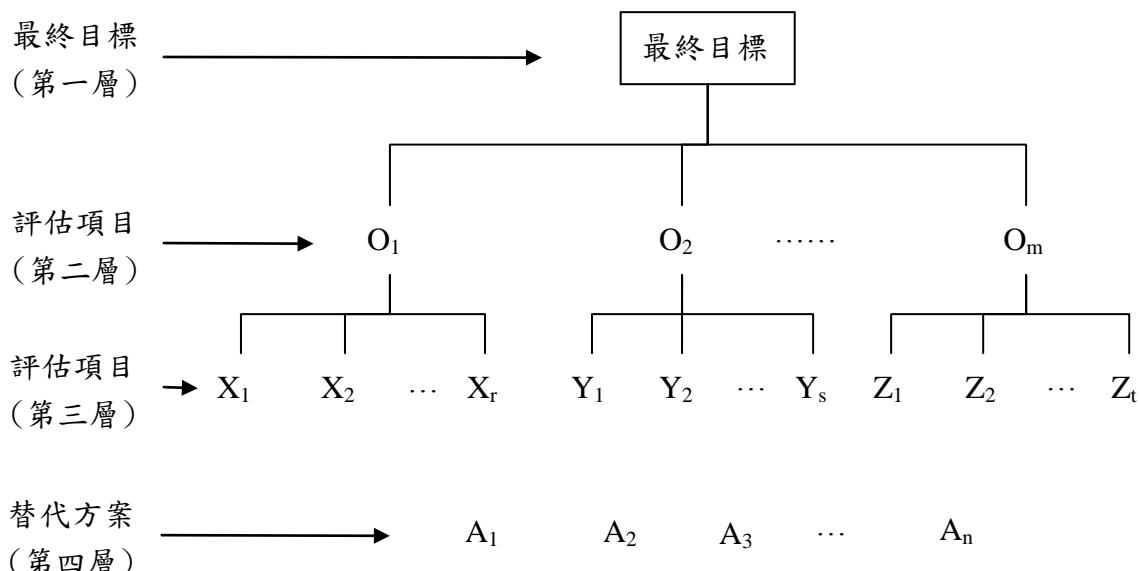


圖 2 層級分析方法結構示意圖

(資料來源：褚志鵬，2009)

AHP 的評估尺度基本劃分包括五項，即同等重要、稍重要、頗重要、極重要和絕對重要等，並給予名目尺度 1、3、5、7、9 的衡量值；另外還有四項衡量值介於此五個基本尺度之間，為 2、4、6、8 的衡量值。有關各個尺度所代表的意義，如表 2.2 所示，AHP 在處理認知反應的評估得點，是採取由名目尺度所產生之比率尺度的方式來處理。

表 1 AHP 成對比較數值之評估尺度意義與說明

評估尺度	定義	說明
1	同等重要 (Equal Importance)	兩要素（方案）的貢獻程度同等重要
3	稍微重要 (Weak Importance)	經驗與判斷稍微傾向於某一要素
5	頗為重要 (Essential Importance)	經驗與判斷強烈傾向於某一要素
7	極為重要 (Very Strong Importance)	實際顯示非常強烈偏好於某一要素
9	絕對重要 (Absolute Importance)	有足夠證據肯定絕對偏好於某一要素
2 , 4 , 6 , 8	尺度中間值 (Intermediate values)	介於兩種判斷之間

(資料來源：褚志鵬，2009)

AHP 的主要步驟為：(1) 確認評估問題與屬性 (2) 建立評估階層架構 (3) 問卷設計與調查(4)進行層級一致性檢定(5)求得各評估項目之權重值(Saaty, 2003；鄧振源，2005)。評估指標架構確立後，問卷以 AHP 評量尺度進行指標重要性評估，根據問卷調查結果建立成對比較矩陣，再求取各成對比較矩陣的特徵值與特徵向量，並檢定矩陣的一致性。於步驟 (3) 問卷設計與調查的階段可分為兩小步驟：

A. 建立成對比較矩陣

假設有 x 個要素需要考慮，需進行 C_2^x 個兩兩成對矩陣，成對時的數值尺度依表 3.1 量化因子之間的大小關係，將數值填入成對矩陣之上三角中，



而下三角則是為上三角相對位置數值的倒數，即 $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ，對角線為要素自身的比較，故為 1。其矩陣如下所示：

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1x} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2x} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1x} & 1/a_{2x} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

B. 計算特徵值與特徵向量

建立完比較矩陣後，即可透過數值分析中常用的特徵值解法找出特徵值，方法介紹如下：

$$\sum_{j=1}^x a_{ij} w_j = \lambda_{\max} w_j, \quad i = 1, 2, \dots, \text{解 } w_j \quad (4)$$

A ：成對比較矩陣 $x \times x$ ，主對角線均為 1，而下三角數值為上三角的倒數，即

$$a_{ji} = 1/a_{ij}.$$

a_{ij} ：矩陣 A 中的元素，由決策者給定之成對比較權值。

λ_{\max} ：矩陣 A 的最大特徵值。

w_j ：對應最大特徵值的特徵向量，即要素之權重。

計算完特徵值後，要檢驗一致性，即步驟 (4)。AHP 之一致性檢定是依一致比率(Consistence Ratio, C.R.)做為判斷，其為一致性指標(Consistence Index, C.I.)與隨機性指標(Random Index, R.I.)之比值，該比值需小於 0.1，一致性才被認為具有意義，若 C.R. 值大於 0.1 則問卷必須重新設計發放，直到 C.R. 值低於 0.1 才可結束。而計算公式如下：

(1) 一致性指標 (Consistence Index, C.I.)：

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - x}{x - 1} \quad (5)$$

(2) 一致性比率 (Consistence Ratio, C.R.)：

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (6)$$



C.I.值和 R.I.值的比例為一致性比率 C.R.，Saaty (1980) 認為 C.R. 值趨近於 0，則表示一致性越高。此比例是用來判斷單一階層間各因素的一致性，C.R. 值不可超過 0.1 ($C.R. \leq 0.1$)。而 R.I. 為隨機指標，是隨機產生的矩陣之一致性指數，R.I. 值與矩陣階數有關，可依據矩陣階數查出對應的 R.I. 值，如表 2.3。

表 2 隨機指標 (R.I.) 數值表

x	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.	0.0	0.0	0.5	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5
I.	0	0	8	0	2	4	2	1	5	9	1	8	6	7	9

資料來源：Saaty, 1980

以上為 AHP 之計算方式，實際流程可以參考圖 2.3，確定好評估問題後，對於評估問題提出此問題的要素因子，並將問題建立層級式架構，經由兩兩成對的比較，可以判斷出因子重要程度，最後利用專家問卷詢問專家意見，計算出權重。

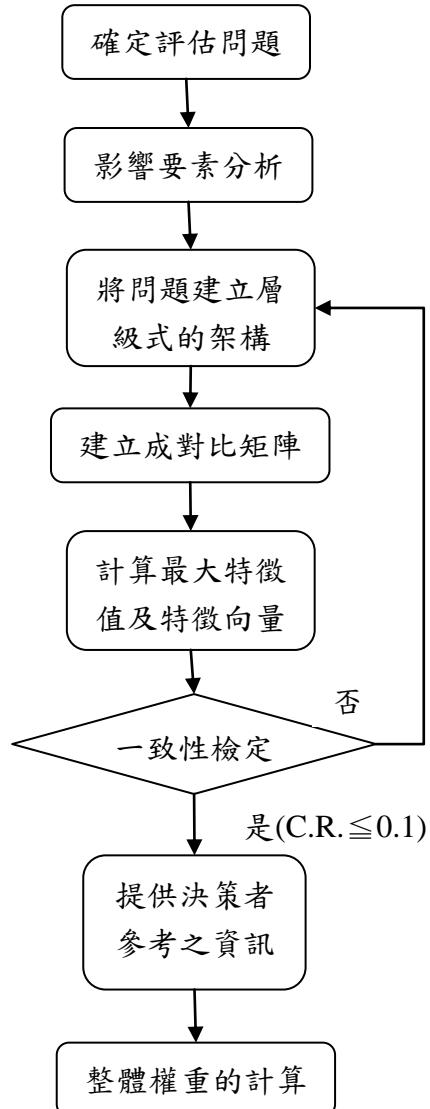


圖 3 AHP 計算流程圖 (資料來源:鄧振源、曾國雄, 1989)

附錄二 二維淹水模式分析方法



1 都市淹水模式

1.1 基本方程式

對於坡度平緩的洪氾平原而言，變量流方程式中加速項之大小級次（order of magnitude）通常遠小於重力項與摩擦項，則加速項可以忽略不考慮。假設洪水歷線上升平緩，且忽略科氏力、風力及加速項之影響，地表漫地流流況可用二維零慣性模式予以描述，其控制方程式可簡化如下：

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q \quad (1)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial x} = u \left[\frac{n^2 |u|}{d^{4/3}} + \frac{q}{dg} \right] \quad (2)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial y} = v \left[\frac{n^2 |v|}{d^{4/3}} + \frac{q}{dg} \right] \quad (3)$$

(1) 式為二維連續方程式；(2) 式、(3) 式分別為沿 x, y 方向之二維運動方程式。式中， x, y 為模擬地區標示之卡氏座標[m]； t 為時間座標[s]； d 為模擬區地表水深[m]； u, v 分別為沿 x, y 方向之平均流速[m/s]； n 為曼寧糙度值[m^{1/3}/s]； $h = d + z$ 為地表水位[m]； z 為地表高程[m]； g 為重力加速度[m/s²]； q 為單位表面積之進流量[m/s]，包括有效降雨強度、河川潰堤流量及雨水下水道人孔溢流量之總和。

都會地區地表有建物覆蓋時，應考慮建物之水流阻抗及蓄水效應。若建物所遮蔽之面積佔地表面積比例為 α_0 ，則 α_0 為建蔽率，此時可蓄水面積比為 $1 - \alpha_0$ ，如圖 1 所示，此時 (1) 式應改寫為下式，其推導及假設詳見附錄 A：



(4)

$$\frac{\partial(1-\alpha_0)d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q$$

因建物外牆的阻擋，地表漫地流會被阻隔於建物外，當建物外部水位超過建物進水門檻值 d_0 後，積水將流入建物中，其單位面積之流量 q_t 可利用堰流公式進行計算。

$$q_t = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot B \cdot (2g)^{1/2} \cdot \frac{(d - d_0)^{3/2}}{\Delta x \cdot \Delta y} \quad (5)$$

式中， μ 為堰流係數； B 為門檻入口寬度[m]； d_0 為建物入口門檻高度[m]； q_t 為單位面積之建物入流量[m/s]。

因 q_t 可考慮為連續方程式之點匯 (sink)，故 (4) 式可改寫為

$$\frac{\partial(1-\alpha_0)d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q - q_t \quad (6)$$

建物總進水體積為入流量對時間之積分，即 $\int_{t_0}^t q_t \cdot dt$ ， t_0 為建物開始入流之時間。因建物入流量為網格內部流況，故此時可將 q_t 以 $\partial \left(\int_{t_0}^t q_t \cdot dt \right) / \partial t$ 取代，代入 (6) 式中，並其移至左項：

$$\frac{\partial(1-\alpha_0)d}{\partial t} + \frac{\partial \left(\int_{t_0}^t q_t \cdot dt \right)}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q \quad (7)$$

假設 α' 為建物進水體積之相對面積比，即 $\alpha' = \int_{t_0}^t q_t \cdot dt / d$ ，且令 $\alpha = \alpha_0 - \alpha'$ ，表示建物目前可蓄水之面積比，此時式 (7) 可改寫為

$$\frac{\partial(1-\alpha)d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q \quad (8)$$

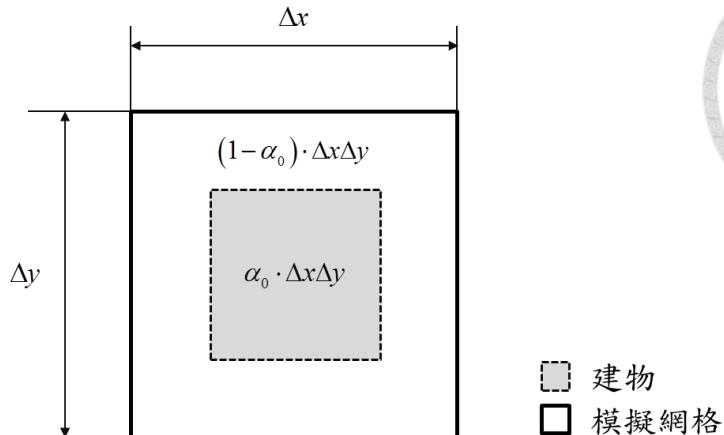


圖 1 建物網格示意圖

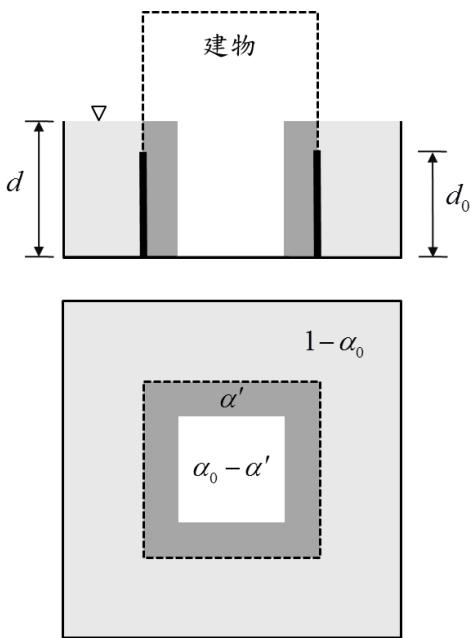


圖 2 建物進水體積之相對面積比 α' 示意圖

建物進水面積比 α' 之示意如圖 2，若忽略建物外牆厚度及建物高程下的蓄水空間， α' 之值介於 0 到 α_0 之間，若建物外淹水高度尚未超過建物門檻值時，建物進水面積比為 0，建物若全部進水時，建物進水面積比為 α_0 。

若地形高程 z 、曼寧糙度值 n 和進流量 q 已知，則 (8)、(2) 及 (3) 式含有三個因變數 d 、 u 及 v 。此含三因變數的偏微分聯立方程式，須利用數值方法求解之。



1.2 數值方法

假若地表於初始時刻為無水狀態，洪流傳遞之前緣與乾地表接觸之交界鋒線將隨時間向下游推進，為簡易處理這種移動邊界水流流況，本文採用交替方向顯式差分法 (Alternating Direction Explicit Method, ADE) 建立數值模式。依標示網格 (Marker And Cell, MAC) 差分觀念，若將 (8)、(2) 及 (3) 式中任意變量以差分式 f 表示，其中 f 可代表 d 、 q 、 u 或 v 等變量，採用之差分型式如 (9) 式所示：

$$\begin{aligned}
 f_{i+1/2,j} &= \frac{1}{2}(f_{i,j} + f_{i+1,j}) \\
 f_{i,j+1/2} &= \frac{1}{2}(f_{i,j} + f_{i,j+1}) \\
 \frac{\partial f}{\partial t} &= \frac{f_{i,j}^{m+1} - f_{i,j}^m}{\Delta t} \\
 \frac{\partial f_{i,j}^m}{\partial x} &= \frac{f_{i+1/2,j}^m - f_{i-1/2,j}^m}{\Delta x} \\
 \frac{\partial f_{i,j}^m}{\partial y} &= \frac{f_{i,j+1/2}^m - f_{i,j-1/2}^m}{\Delta y}
 \end{aligned} \tag{9}$$

式中， $\Delta x, \Delta y$ 為沿 x 、 y 方向之網格間距[m]； Δt 為演算時距[s]； m 為演算時階指標； i, j 為沿 x 、 y 方向之空間指標。

交替方向顯式法之演算方式為，將演算時距 Δt 等分為兩個時階，且每前進一個時階即分別交替求解流速 u 及 v 。(8)、(2) 及 (3) 式之差分方程式可依第一、二時階，分別列出如下：

1. 第一時階 ($m + \frac{1}{2}$) :

$$d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} = d_{i,j}^m - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta t}{(1-\alpha)} \cdot \left[\frac{\left(u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \cdot d_{i+\frac{1}{2},j}^m - u_{i-\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \cdot d_{i-\frac{1}{2},j}^m \right)}{\Delta x} + \frac{\left(v_{i,j+\frac{1}{2}}^m \cdot d_{i,j+\frac{1}{2}}^m - v_{i,j-\frac{1}{2}}^m \cdot d_{i,j-\frac{1}{2}}^m \right)}{\Delta y} - q_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} \right] \tag{10}$$

$$\frac{\left[\left(d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} + z_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} \right) - \left(d_{i+1,j}^{m+\frac{1}{2}} + z_{i+1,j}^{m+\frac{1}{2}} \right) \right]}{\Delta x} = u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \left[\frac{\left(n_{i+\frac{1}{2},j} \right)^2 |u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}|}{\left(d_{i+\frac{1}{2},j}^m \right)^{4/3}} + \frac{q_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}}{\left(d_{i+\frac{1}{2},j}^m \cdot g \right)} \right] \quad (11)$$

$$\frac{\left[\left(d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} + z_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} \right) - \left(d_{i,j+1}^{m+\frac{1}{2}} + z_{i,j+1}^{m+\frac{1}{2}} \right) \right]}{\Delta y} = v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}} \left[\frac{\left(n_{i,j+\frac{1}{2}} \right)^2 |v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}|}{\left(d_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}} \right)^{4/3}} + \frac{q_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}}{\left(d_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}} \cdot g \right)} \right] \quad (12)$$

式中，(10) 式為 $(i, j, m+1/2)$ 座標點之連續方程式，(11) 及 (12) 式則分別為 $(i+1/2, j, m+1/2)$ 座標點沿 x 方向運動方程式與 $(i, j+1/2, m+1/2)$ 座標點沿 y 方向運動方程式。

求解時在空間座標上沿著 x 方向前進計算，(10) 及 (11) 式分別以隱函數關係表示

$$F_1 \left(d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}, u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \right) = 0 \quad (13)$$

$$F_2 \left(d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i+1,j}^{m+\frac{1}{2}}, u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \right) = 0 \quad (14)$$

由上兩式可知，對第一時階， $(m+\frac{1}{2})\Delta t$ 時刻而言，共包含 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 、 $d_{i+1,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 、 $u_{i-\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 四個未知數，僅以此二方程式不足以求解 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ ，欲求解網格 (i, j) 中心之水深 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及 x 方向流速分量 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ ，可根據 (10) 式將 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及 (11) 式中之 $d_{i+1,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 表示為

$$d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} = f_1 \left(u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i,j}^m, d_{i+\frac{1}{2},j}^m, d_{i,j+\frac{1}{2}}^m, v_{i,j+\frac{1}{2}}^m \right) \quad (15)$$

$$d_{i+1,j}^{m+\frac{1}{2}} = f_2 \left(u_{(i+1)\pm\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i+1,j}^m, d_{(i+1)\pm\frac{1}{2},j}^m, d_{i+1,j\pm\frac{1}{2}}^m, v_{i+1,j\pm\frac{1}{2}}^m \right) \quad (16)$$

(16) 之推導詳見附錄 B。其中 (15) 式可於邊界處引入適當的邊界條件使 $u_{i-\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 為已知值；並將 (16) 式中 $u_{i+\frac{3}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 線性化，即假設 $\Delta u_{i+\frac{3}{2},j} = u_{i+\frac{3}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} - u_{i+\frac{1}{2},j}^m$ 在 $\frac{1}{2}\Delta t$ 時距內



變化甚微，則 $u_{i+\frac{3}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} = u_{i+\frac{3}{2},j}^m$ (顏清連 et al., 1986)，如此在 (15) 及 (16) 式中只剩

$u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 兩未知數，代入 (11) 式中可導出 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 之顯函數關係：

$$f_3\left(u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}\right) = 0 \quad (17)$$

(17) 之詳細推導見附錄 B。利用 (17) 式可單獨求解 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ ，再將 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 代入 (10) 式中即可求得 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 。先沿著 x 方向逐步計算，即可求解出垂直通過各網格 (i, j) 右側邊界之流速分量 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及各網格 (i, j) 中心點之水深 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ ，之後再沿著 y 方向逐步計算，將所有網格已求解出的 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}$ 及 $d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}$ 代入 (12) 式，即可求出通過網格上方邊界之流速分量 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}$ ，如此第一時階之 u 、 v 及 d 已可全部解出。

2. 第二時階 ($m+1$)

將 (10) 式待求流速分量 u 更替為 v ，並將 (11)、(12) 式之 u 、 v 互換，則 (8)、(2) 及 (3) 式之差分方程式可表示如下：

$$d_{i,j}^{m+1} = d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta t}{(1-\alpha)} \cdot \left[\frac{\left(u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \cdot d_{i+\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} - u_{i-\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \cdot d_{i-\frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}} \right)}{\Delta x} + \frac{\left(v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1} \cdot d_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}} - v_{i,j-\frac{1}{2}}^{m+1} \cdot d_{i,j-\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}} \right)}{\Delta y} - q_{i,j}^{m+1} \right] \quad (18)$$

$$\frac{\left[(d_{i,j}^{m+1} + z_{i,j}^{m+1}) - (d_{i+1,j}^{m+1} + z_{i+1,j}^{m+1}) \right]}{\Delta y} = u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+1} \left[\frac{\left(n_{i+\frac{1}{2},j} \right)^2 |u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+1}|}{\left(d_{i+\frac{1}{2},j}^{m+1} \right)^{4/3}} + \frac{q_{i+\frac{1}{2},j}^{m+1}}{\left(d_{i+\frac{1}{2},j}^{m+1} \cdot g \right)} \right] \quad (19)$$

$$\frac{\left[(d_{i,j}^{m+1} + z_{i,j}^{m+1}) - (d_{i,j+1}^{m+1} + z_{i,j+1}^{m+1}) \right]}{\Delta y} = v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1} \left[\frac{\left(n_{i,j+\frac{1}{2}} \right)^2 |v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}|}{\left(d_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1} \right)^{4/3}} + \frac{q_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}}{\left(d_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1} \cdot g \right)} \right] \quad (20)$$

(18) 式為 ($i, j, m+1$) 連續方程式，(19) 及 (20) 式則分別為 ($i+1/2, j, m+1$) 座標點沿 x 方向運動方程式與 ($i, j+1/2, m+1$) 座標點沿 y 方向運動方程式。



求解時在空間座標上沿著 y 方向前進計算，(18) 及 (20) 式分別以隱函數關係表示

$$G_1\left(d_{i,j}^{m+1}, v_{i,j \pm \frac{1}{2}}^{m+1}\right) = 0 \quad (21)$$

$$G_2\left(d_{i,j}^{m+1}, d_{i,j+1}^{m+1}, v_{i,j+ \frac{1}{2}}^{m+1}\right) = 0 \quad (22)$$

由上兩式可知，對第二時階， $(m+1)\Delta t$ 時刻而言，共包含 $d_{i,j}^{m+1}$ 、 $d_{i,j+1}^{m+1}$ 、 $v_{i,j-\frac{1}{2}}^{m+1}$ 及 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ 四個未知數，僅以此二方程式不足以求解 $d_{i,j}^{m+1}$ 及 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ ，欲求解網格 (i, j) 中心之水深 $d_{i,j}^{m+1}$ 及 y 方向流速分量 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ ，可根據 (18) 式將 $d_{i,j}^{m+1}$ 及 (20) 式中之 $d_{i,j+1}^{m+1}$ 表示為

$$d_{i,j}^{m+1} = g_1\left(v_{i,j \pm \frac{1}{2}}^m, d_{i,j}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i \pm \frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i,j \pm \frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}, u_{i \pm \frac{1}{2},j}^{m+\frac{1}{2}}\right) \quad (23)$$

$$d_{i,j+1}^{m+1} = g_2\left(v_{i,(j+1) \pm \frac{1}{2}}^m, d_{i,j+1}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i \pm \frac{1}{2},j+1}^{m+\frac{1}{2}}, d_{i,(j+1) \pm \frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}, u_{i \pm \frac{1}{2},j+1}^{m+\frac{1}{2}}\right) \quad (24)$$

(24) 之推導詳見附錄 C。其中 (23) 式可於邊界處引入適當的邊界條件使 $v_{i,j-\frac{1}{2}}^{m+1}$ 為已知值；並將 (24) 式中 $v_{i,j+\frac{3}{2}}^{m+1}$ 線性化，即假設 $\Delta v_{i,j+\frac{3}{2}} = v_{i,j+\frac{3}{2}}^{m+1} - v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}$ 在 $\frac{1}{2}\Delta t$ 時距內變化甚微，則 $v_{i,j+\frac{3}{2}}^{m+1} = v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+\frac{1}{2}}$ (顏清連 et al., 1986)，如此在 (23) 及 (24) 式中只剩 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ 及 $d_{i,j}^{m+1}$ 兩未知數，代入 (20) 式中可導出 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ 之顯函數關係：

$$g_3\left(v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}\right) = 0 \quad (25)$$

(25) 之詳細推導詳見附錄 C。利用 (25) 式可單獨求解 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ ，再將 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ 代入 (18) 式中即可求得 $d_{i,j}^{m+1}$ 。先沿著 y 方向逐步計算，即可求解出垂直通過各網格 (i, j) 上方邊界之流速分量 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ 及各網格 (i, j) 中心點之水深 $d_{i,j}^{m+1}$ ，之後再沿著 x 方向



逐步計算，將所有網格已求解出的 $v_{i,j+\frac{1}{2}}^{m+1}$ 及 $d_{i,j}^{m+1}$ 代入 (19) 式，即可求出通過網格

右側邊界之流速分量 $u_{i+\frac{1}{2},j}^{m+1}$ ，如此第二時階之 u 、 v 及 d 已可全部解出。

2 地表曼寧糙度修正

都市淹水模式主要參數為曼寧糙度係數，用以表示地貌對於水理流況之影響，漫地流在都市地區受到地表建築物影響，水流撞擊建物所產生的阻力，造成能量損失及產生迴水效應，並造成地表曼寧糙度的改變。考慮建物建蔽效應後水流阻力可以分為通水區表面阻力和建物形狀阻力兩項阻力，令考慮建物後水流所受到的總阻力稱為 F ，則可得下式：

$$F = F' + F'' \quad (26)$$

式中， F' 為通水區表面阻力， F'' 為建物形狀阻力。

通水表面阻力為摩擦剪應力 τ_w 於地表上所產生之阻力，若原通水面積 A 之地表上有建蔽率 α_0 之建物，但因建物覆蓋部分地表面積造成地表通水面積下降為 $(1 - \alpha_0) \cdot A$ ，則水流因通水面積變化所受到的摩擦阻力下降為：

$$F' = \tau_w \cdot (1 - \alpha_0) \cdot A \quad (27)$$

式中， $\tau_w = \gamma \cdot d \cdot S_f$ 為摩擦剪應力， γ 為水的比重， $S_f = (n_0^2 \cdot V^2) / d^{4/3}$ ，其中 $V = \sqrt{u^2 + v^2}$ ，且 n_0 為尚未考慮地表建物之原始曼寧糙度值，通水表面阻力可表示為：

$$F' = \gamma \cdot d \cdot \frac{n_0^2 \cdot V^2}{d^{4/3}} \cdot (1 - \alpha_0) \cdot A = \gamma \cdot d \cdot \frac{(n')^2 \cdot V^2}{d^{4/3}} \cdot A \quad (28)$$

式中， n' 為受通水表面阻力影響之曼寧糙度值，建物阻力也可以同樣型式表示為摩擦剪應力作用於原通水面積 A 上：



(0-29)

式中， n'' 為受建物阻力影響之曼寧糙度值，將（28）式及（29）式代入（26）式中可得

$$\gamma \cdot d \cdot \frac{n^2 \cdot V^2}{d^{4/3}} \cdot A = \gamma \cdot d \cdot \frac{n_0^2 \cdot V^2}{d^{4/3}} \cdot (1 - \alpha_0) \cdot A + \gamma \cdot d \cdot \frac{(n'')^2 \cdot V^2}{d^{4/3}} \cdot A \quad (30)$$

進一步可得到因通水表面阻力和建物形狀阻力影響，地表曼寧糙度值 n 應以下式修正為

$$n = \sqrt{(n')^2 + (n'')^2} = \sqrt{(1 - \alpha_0) \cdot n_0^2 + (n'')^2} \quad (31)$$

王彥翔（2012）以水工試驗結果得到其與地表建蔽率之關係並導出下式：

$$n = \sqrt{(1 - \alpha_0) \cdot n_0^2 + (n_r'')^2 \cdot (2.835\alpha_0^3 - 2.629\alpha_0^2 + 0.969\alpha_0)^2} \quad (32)$$

式中，曼寧糙度值比 n_r'' 為實際建物與水工試驗之尺度修正因子，計算如下：

$$n_r'' = C_r \cdot \frac{d^{2/3}}{\Delta x^{1/2}} \quad (33)$$

式中， C_r 為尺度修正係數，其值 = $2.97(m^{3/4})$ 。由上式可知尺度修正因子會隨水深和網格大小變化，本文在各時階的計算中，利用（32）式進行地表曼寧糙度值之修正。

3 初始及邊界條件

都市淹水模式之初始條件係依臨前水文情況而定，假設模擬區域內為沒有任何淹水情況之無水狀態，亦即水深及流速均為零，故初始條件如（16）式所示：

$$d_{i,j} = u_{i+\frac{1}{2},j} = v_{i,j+\frac{1}{2}} = 0 \quad (34)$$



利用數值方法求解二維性變量流方程式時，對於如何給予邊界條件之問題應多加注意，因為不適當或錯誤之邊界條件，將隨演算時間及空間的增展而使誤差擴大。目前模式之邊界分為閉合邊界及開放邊界兩種形式，分別說明如下：

1. 閉合邊界

任何阻擋水流穿越之障礙物，如堤防線、擋水牆或模擬區域之周圍高地等皆可視為閉合邊界。因水流無法穿越堤防，故垂直於堤防線之流速可令其為零，即為模式之閉合邊界條件。

2. 開放邊界

此為模擬區域內水流進出之邊界處，如山區逕流之入流點、河川溢流處、河川下游出口或抽水站位置等，開放邊界條件可給予流量歷線、水位歷線、流速歷線等。

山區逕流之計算，採用美國陸軍工兵團所發展之 HEC-1 模式(U.S. Army Corps of Engineers, 1998)，依降雨量及集水區之面積、形狀、坡度等特性計算出逕流歷線後，提供為都市淹水模式中山區逕流入流點之邊界條件。

河川溢流處或河川下游出口，其出口邊界條件可能為潮位或河川水位，若出口無設置防水閘門，則此出口之流量將受河川外水位之影響，若出口之河川水位高於地表淹水位則外水將由此出口流入地表；若出口之河川水位低於地表淹水位則地表漫地流可經由此出口排入河川，本文使用堰流公式計算模擬區邊界流量，其中河川外水位採用一維河系變量流模式進行計算（許銘熙 et al., 1990），詳見附錄 D。

若下游出口為抽水站，則當地表淹水位高過抽水站之起抽水位時，抽水站則開始將地表淹水抽排至河川中，其出流量為抽水站之設計容量。



附錄三 脆弱度計算表格

表 1 個社會脆弱度因子人口數量統計表

	65 歲以上	0~14 歲	身心 障礙	獨居 老人	橡皮艇	消防 人員	社會 收容所	老人 安養院
鹽埕區	4447	2446	1496	53	2	12	5	0
中原里	135	69	1496	53	2	12	5	0
中山里	249	113	1496	53	2	12	5	0
光明里	278	133	1496	53	2	12	5	0
南端里	241	120	1496	53	2	12	5	0
博愛里	142	57	1496	53	2	12	5	0
壽星里	282	109	1496	53	2	12	5	0
府北里	414	167	1496	53	2	12	5	0
慈愛里	71	40	1496	53	2	12	5	0
教仁里	430	248	1496	53	2	12	5	0
新化里	127	90	1496	53	2	12	5	0
新樂里	177	83	1496	53	2	12	5	0
新豐里	139	156	1496	53	2	12	5	0
江南里	123	93	1496	53	2	12	5	0
江西里	200	109	1496	53	2	12	5	0
沙地里	136	75	1496	53	2	12	5	0
河濱里	317	169	1496	53	2	12	5	0
港都里	218	160	1496	53	2	12	5	0
瀨南里	151	38	1496	53	2	12	5	0
育仁里	147	100	1496	53	2	12	5	0
藍橋里	206	198	1496	53	2	12	5	0
陸橋里	264	119	1496	53	2	12	5	0
鼓山區	15267	20146	5921	77	4	44	7	12
光化里	263	99	5921	77	4	44	7	12
光榮里	615	394	5921	77	4	44	7	12
內惟里	221	142	5921	77	4	44	7	12
前峰里	741	393	5921	77	4	44	7	12
厚生里	451	456	5921	77	4	44	7	12
哨船頭里	189	101	5921	77	4	44	7	12
壽山里	243	148	5921	77	4	44	7	12
寶樹里	287	104	5921	77	4	44	7	12
山下里	210	108	5921	77	4	44	7	12
峰南里	180	81	5921	77	4	44	7	12
平和里	562	428	5921	77	4	44	7	12

延平里	164	100	5921	77	4	44	7	12
建國里	370	278	5921	77	4	44	7	12
忠正里	664	419	5921	77	4	44	7	12
惠安里	222	137	5921	77	4	44	7	12
新民里	170	108	5921	77	4	44	7	12
明誠里	1446	3844	5921	77	4	44	7	12
桃源里	101	65	5921	77	4	44	7	12
樹德里	185	145	5921	77	4	44	7	12
正德里	301	282	5921	77	4	44	7	12
民強里	489	274	5921	77	4	44	7	12
民族里	227	151	5921	77	4	44	7	12
河邊里	259	147	5921	77	4	44	7	12
登山里	172	51	5921	77	4	44	7	12
綠川里	286	158	5921	77	4	44	7	12
維生里	253	107	5921	77	4	44	7	12
自強里	254	50	5921	77	4	44	7	12
興宗里	276	107	5921	77	4	44	7	12
華豐里	522	414	5921	77	4	44	7	12
裕興里	465	330	5921	77	4	44	7	12
裕豐里	421	199	5921	77	4	44	7	12
雄峰里	354	201	5921	77	4	44	7	12
麗興里	199	94	5921	77	4	44	7	12
鼓岩里	298	106	5921	77	4	44	7	12
鼓峰里	354	180	5921	77	4	44	7	12
龍井里	240	135	5921	77	4	44	7	12
龍子里	1248	4340	5921	77	4	44	7	12
龍水里	1365	5270	5921	77	4	44	7	12
左營區	20096	31915	8137	187	6	69	8	10
中北里	157	64	8137	187	6	69	8	10
中南里	125	46	8137	187	6	69	8	10
光輝里	477	349	8137	187	6	69	8	10
合群里	844	152	8137	187	6	69	8	10
城南里	123	45	8137	187	6	69	8	10
埠北里	339	96	8137	187	6	69	8	10
埠東里	253	137	8137	187	6	69	8	10
埠西里	232	62	8137	187	6	69	8	10
尾北里	582	362	8137	187	6	69	8	10
尾南里	178	71	8137	187	6	69	8	10
尾西里	266	112	8137	187	6	69	8	10
屏山里	373	165	8137	187	6	69	8	10
崇實里	252	519	8137	187	6	69	8	10

部北里	108	50	8137	187	6	69	8	10
部南里	145	56	8137	187	6	69	8	10
廟北里	211	88	8137	187	6	69	8	10
廟東里	170	86	8137	187	6	69	8	10
新上里	2426	4832	8137	187	6	69	8	10
新下里	1488	2331	8137	187	6	69	8	10
新中里	647	903	8137	187	6	69	8	10
新光里	1228	3035	8137	187	6	69	8	10
明建里	151	151	8137	187	6	69	8	10
果峰里	433	126	8137	187	6	69	8	10
果惠里	336	93	8137	187	6	69	8	10
果貿里	664	266	8137	187	6	69	8	10
永清里	151	365	8137	187	6	69	8	10
海勝里	1441	549	8137	187	6	69	8	10
祥和里	141	35	8137	187	6	69	8	10
福山里	2216	9242	8137	187	6	69	8	10
聖南里	112	67	8137	187	6	69	8	10
聖后里	171	68	8137	187	6	69	8	10
聖西里	85	17	8137	187	6	69	8	10
自助里	58	35	8137	187	6	69	8	10
莒光里	370	198	8137	187	6	69	8	10
菜公里	2219	6763	8137	187	6	69	8	10
路東里	143	81	8137	187	6	69	8	10
進學里	421	163	8137	187	6	69	8	10
頂北里	125	42	8137	187	6	69	8	10
頂西里	235	93	8137	187	6	69	8	10
楠梓區	16815	26833	7688	76	7	76	6	11
中和里	220	463	7688	76	7	76	6	11
中興里	147	418	7688	76	7	76	6	11
中陽里	457	467	7688	76	7	76	6	11
久昌里	258	386	7688	76	7	76	6	11
五常里	528	1135	7688	76	7	76	6	11
享平里	369	524	7688	76	7	76	6	11
仁昌里	381	869	7688	76	7	76	6	11
加昌里	770	1507	7688	76	7	76	6	11
和昌里	358	245	7688	76	7	76	6	11
國昌里	351	718	7688	76	7	76	6	11
大昌里	393	338	7688	76	7	76	6	11
宏南里	445	215	7688	76	7	76	6	11
宏昌里	288	675	7688	76	7	76	6	11
宏榮里	656	662	7688	76	7	76	6	11

宏毅里	791	697	7688	76	7	76	6	11
廣昌里	525	443	7688	76	7	76	6	11
建昌里	400	391	7688	76	7	76	6	11
惠楠里	329	348	7688	76	7	76	6	11
惠民里	485	576	7688	76	7	76	6	11
惠豐里	442	689	7688	76	7	76	6	11
慶昌里	471	400	7688	76	7	76	6	11
東寧里	369	911	7688	76	7	76	6	11
泰昌里	228	232	7688	76	7	76	6	11
清豐里	1241	4653	7688	76	7	76	6	11
玉屏里	364	315	7688	76	7	76	6	11
瑞屏里	473	557	7688	76	7	76	6	11
盛昌里	474	935	7688	76	7	76	6	11
福昌里	307	327	7688	76	7	76	6	11
秀昌里	268	322	7688	76	7	76	6	11
稔田里	244	204	7688	76	7	76	6	11
翠屏里	1074	1727	7688	76	7	76	6	11
興昌里	467	843	7688	76	7	76	6	11
藍田里	282	1254	7688	76	7	76	6	11
裕昌里	415	994	7688	76	7	76	6	11
金田里	490	457	7688	76	7	76	6	11
錦屏里	545	408	7688	76	7	76	6	11
隆昌里	510	528	7688	76	7	76	6	11
三民區	39053	45564	14993	223	9	121	31	21
力行里	210	108	14993	223	9	121	31	21
十全里	272	219	14993	223	9	121	31	21
十美里	311	220	14993	223	9	121	31	21
千北里	247	118	14993	223	9	121	31	21
千歲里	245	133	14993	223	9	121	31	21
千秋里	366	194	14993	223	9	121	31	21
博惠里	650	675	14993	223	9	121	31	21
博愛里	235	95	14993	223	9	121	31	21
同德里	547	339	14993	223	9	121	31	21
安和里	453	342	14993	223	9	121	31	21
安宜里	590	474	14993	223	9	121	31	21
安東里	575	432	14993	223	9	121	31	21
安泰里	687	472	14993	223	9	121	31	21
安生里	294	189	14993	223	9	121	31	21
安邦里	713	463	14993	223	9	121	31	21
川東里	197	123	14993	223	9	121	31	21
建東里	197	115	14993	223	9	121	31	21

德仁里	323	237	14993	223	9	121	31	21
德北里	342	221	14993	223	9	121	31	21
德智里	434	319	14993	223	9	121	31	21
德東里	175	83	14993	223	9	121	31	21
德行里	240	124	14993	223	9	121	31	21
德西里	158	112	14993	223	9	121	31	21
民享里	421	245	14993	223	9	121	31	21
港新里	252	164	14993	223	9	121	31	21
港東里	265	122	14993	223	9	121	31	21
港西里	150	62	14993	223	9	121	31	21
立德里	248	130	14993	223	9	121	31	21
立業里	223	99	14993	223	9	121	31	21
立誠里	204	79	14993	223	9	121	31	21
精華里	355	182	14993	223	9	121	31	21
興德里	308	196	14993	223	9	121	31	21
裕民里	175	209	14993	223	9	121	31	21
豐裕里	472	284	14993	223	9	121	31	21
達仁里	302	203	14993	223	9	121	31	21
達勇里	212	127	14993	223	9	121	31	21
達德里	306	206	14993	223	9	121	31	21
達明里	335	206	14993	223	9	121	31	21
長明里	207	146	14993	223	9	121	31	21
鳳北里	318	146	14993	223	9	121	31	21
鳳南里	220	83	14993	223	9	121	31	21
安吉里	586	778	14993	223	9	121	31	21
安寧里	390	207	14993	223	9	121	31	21
安康里	564	357	14993	223	9	121	31	21
安發里	516	728	14993	223	9	121	31	21
寶中里	444	544	14993	223	9	121	31	21
寶國里	664	1885	14993	223	9	121	31	21
寶安里	753	889	14993	223	9	121	31	21
寶德里	512	615	14993	223	9	121	31	21
寶慶里	276	529	14993	223	9	121	31	21
寶業里	489	1067	14993	223	9	121	31	21
寶民里	333	551	14993	223	9	121	31	21
寶泰里	365	567	14993	223	9	121	31	21
寶獅里	457	413	14993	223	9	121	31	21
寶玉里	692	1833	14993	223	9	121	31	21
寶珠里	804	613	14993	223	9	121	31	21
寶盛里	588	642	14993	223	9	121	31	21
寶興里	784	832	14993	223	9	121	31	21

寶華里	308	592	14993	223	9	121	31	21
寶龍里	670	754	14993	223	9	121	31	21
本上里	398	1144	14993	223	9	121	31	21
本元里	571	1137	14993	223	9	121	31	21
本和里	681	981	14993	223	9	121	31	21
本安里	393	1197	14993	223	9	121	31	21
本揚里	803	1802	14993	223	9	121	31	21
本文里	341	287	14993	223	9	121	31	21
本武里	268	401	14993	223	9	121	31	21
本館里	1003	1022	14993	223	9	121	31	21
正興里	1138	2310	14993	223	9	121	31	21
正順里	515	626	14993	223	9	121	31	21
灣中里	735	539	14993	223	9	121	31	21
灣利里	574	295	14993	223	9	121	31	21
灣勝里	395	179	14993	223	9	121	31	21
灣子里	443	462	14993	223	9	121	31	21
灣復里	450	385	14993	223	9	121	31	21
灣愛里	446	346	14993	223	9	121	31	21
灣成里	315	339	14993	223	9	121	31	21
灣興里	319	344	14993	223	9	121	31	21
灣華里	432	235	14993	223	9	121	31	21
鼎中里	430	378	14993	223	9	121	31	21
鼎力里	469	619	14993	223	9	121	31	21
鼎強里	421	569	14993	223	9	121	31	21
鼎泰里	1898	3956	14993	223	9	121	31	21
鼎盛里	703	1337	14993	223	9	121	31	21
鼎西里	785	1052	14993	223	9	121	31	21
鼎金里	498	530	14993	223	9	121	31	21
新興區	8888	5736	2616	94	4	35	5	1
中東里	407	386	2616	94	4	35	5	1
仁聲里	181	107	2616	94	4	35	5	1
光耀里	444	446	2616	94	4	35	5	1
南港里	350	193	2616	94	4	35	5	1
大明里	245	108	2616	94	4	35	5	1
建興里	197	66	2616	94	4	35	5	1
建華里	190	60	2616	94	4	35	5	1
德政里	141	84	2616	94	4	35	5	1
德望里	423	234	2616	94	4	35	5	1
德生里	486	459	2616	94	4	35	5	1
愛平里	216	88	2616	94	4	35	5	1
成功里	247	79	2616	94	4	35	5	1

振成里	277	87	2616	94	4	35	5	1
振華里	271	133	2616	94	4	35	5	1
文昌里	487	509	2616	94	4	35	5	1
新江里	203	138	2616	94	4	35	5	1
明莊里	169	48	2616	94	4	35	5	1
東坡里	281	127	2616	94	4	35	5	1
榮治里	154	92	2616	94	4	35	5	1
正氣里	361	123	2616	94	4	35	5	1
永寧里	291	134	2616	94	4	35	5	1
浩然里	407	150	2616	94	4	35	5	1
漢民里	160	68	2616	94	4	35	5	1
玉衡里	175	81	2616	94	4	35	5	1
秋山里	183	56	2616	94	4	35	5	1
興昌里	365	281	2616	94	4	35	5	1
華聲里	201	103	2616	94	4	35	5	1
蕉園里	160	65	2616	94	4	35	5	1
長驛里	161	111	2616	94	4	35	5	1
開平里	521	632	2616	94	4	35	5	1
順昌里	379	398	2616	94	4	35	5	1
黎明里	155	90	2616	94	4	35	5	1
前金區	5058	2501	1542	59	4	33	4	4
三川里	153	55	1542	59	4	33	4	4
北金里	169	104	1542	59	4	33	4	4
博孝里	161	111	1542	59	4	33	4	4
國民里	209	113	1542	59	4	33	4	4
後金里	201	72	1542	59	4	33	4	4
復元里	244	98	1542	59	4	33	4	4
文東里	291	138	1542	59	4	33	4	4
文西里	215	89	1542	59	4	33	4	4
新生里	607	437	1542	59	4	33	4	4
東金里	215	107	1542	59	4	33	4	4
林投里	225	69	1542	59	4	33	4	4
榮復里	213	107	1542	59	4	33	4	4
民生里	165	82	1542	59	4	33	4	4
社東里	387	163	1542	59	4	33	4	4
社西里	203	132	1542	59	4	33	4	4
草江里	217	83	1542	59	4	33	4	4
長城里	304	132	1542	59	4	33	4	4
長生里	348	167	1542	59	4	33	4	4
長興里	217	86	1542	59	4	33	4	4
青山里	314	156	1542	59	4	33	4	4

苓雅區	25704	20139	8638	143	3	66	8	3
中正里	442	817	8638	143	3	66	8	3
五權里	346	179	8638	143	3	66	8	3
五福里	719	337	8638	143	3	66	8	3
人和里	376	180	8638	143	3	66	8	3
仁政里	259	87	8638	143	3	66	8	3
光華里	173	85	8638	143	3	66	8	3
凱旋里	374	442	8638	143	3	66	8	3
博仁里	119	71	8638	143	3	66	8	3
同慶里	292	1053	8638	143	3	66	8	3
和煦里	395	288	8638	143	3	66	8	3
城北里	252	183	8638	143	3	66	8	3
城東里	328	255	8638	143	3	66	8	3
城西里	96	76	8638	143	3	66	8	3
奏捷里	326	279	8638	143	3	66	8	3
安祥里	460	385	8638	143	3	66	8	3
尚義里	284	316	8638	143	3	66	8	3
廣澤里	413	150	8638	143	3	66	8	3
建軍里	295	259	8638	143	3	66	8	3
意誠里	459	381	8638	143	3	66	8	3
文昌里	547	488	8638	143	3	66	8	3
日中里	454	196	8638	143	3	66	8	3
普天里	550	451	8638	143	3	66	8	3
普照里	534	317	8638	143	3	66	8	3
晴朗里	308	186	8638	143	3	66	8	3
朝陽里	288	170	8638	143	3	66	8	3
林中里	568	225	8638	143	3	66	8	3
林南里	528	761	8638	143	3	66	8	3
林圍里	375	688	8638	143	3	66	8	3
林安里	288	373	8638	143	3	66	8	3
林富里	291	493	8638	143	3	66	8	3
林德里	324	176	8638	143	3	66	8	3
林榮里	619	504	8638	143	3	66	8	3
林泉里	289	533	8638	143	3	66	8	3
林興里	261	158	8638	143	3	66	8	3
林華里	508	336	8638	143	3	66	8	3
林西里	357	142	8638	143	3	66	8	3
林貴里	261	275	8638	143	3	66	8	3
林靖里	324	144	8638	143	3	66	8	3
正仁里	348	315	8638	143	3	66	8	3
正大里	567	686	8638	143	3	66	8	3

正心里	558	397	8638	143	3	66	8	3
正文里	259	219	8638	143	3	66	8	3
正義里	344	402	8638	143	3	66	8	3
正言里	366	262	8638	143	3	66	8	3
正道里	643	416	8638	143	3	66	8	3
民主里	676	361	8638	143	3	66	8	3
永康里	418	231	8638	143	3	66	8	3
田西里	303	170	8638	143	3	66	8	3
福人里	366	221	8638	143	3	66	8	3
福南里	394	203	8638	143	3	66	8	3
福地里	480	310	8638	143	3	66	8	3
福壽里	300	143	8638	143	3	66	8	3
福居里	526	312	8638	143	3	66	8	3
福康里	377	252	8638	143	3	66	8	3
福東里	353	308	8638	143	3	66	8	3
福海里	225	123	8638	143	3	66	8	3
福祥里	225	135	8638	143	3	66	8	3
福西里	334	211	8638	143	3	66	8	3
福隆里	519	313	8638	143	3	66	8	3
美田里	250	113	8638	143	3	66	8	3
苓中里	223	172	8638	143	3	66	8	3
苓昇里	264	117	8638	143	3	66	8	3
苓東里	261	143	8638	143	3	66	8	3
苓洲里	285	118	8638	143	3	66	8	3
苓雅里	240	135	8638	143	3	66	8	3
英明里	326	278	8638	143	3	66	8	3
華堂里	529	309	8638	143	3	66	8	3
衛武里	424	207	8638	143	3	66	8	3
鼓中里	239	118	8638	143	3	66	8	3
前鎮區	24806	24255	10428	142	7	88	9	14
仁愛里	254	138	10428	142	7	88	9	14
信德里	439	322	10428	142	7	88	9	14
信義里	274	167	10428	142	7	88	9	14
前鎮里	269	157	10428	142	7	88	9	14
平昌里	143	95	10428	142	7	88	9	14
平等里	389	275	10428	142	7	88	9	14
建隆里	206	119	10428	142	7	88	9	14
復國里	561	325	10428	142	7	88	9	14
德昌里	389	236	10428	142	7	88	9	14
忠孝里	488	290	10428	142	7	88	9	14
忠純里	992	560	10428	142	7	88	9	14

忠誠里	404	260	10428	142	7	88	9	14
振興里	292	226	10428	142	7	88	9	14
明孝里	400	328	10428	142	7	88	9	14
明正里	686	752	10428	142	7	88	9	14
明禮里	296	202	10428	142	7	88	9	14
明義里	377	345	10428	142	7	88	9	14
明道里	244	140	10428	142	7	88	9	14
民權里	494	676	10428	142	7	88	9	14
瑞北里	430	290	10428	142	7	88	9	14
瑞南里	661	1062	10428	142	7	88	9	14
瑞和里	346	532	10428	142	7	88	9	14
瑞崗里	407	239	10428	142	7	88	9	14
瑞平里	517	975	10428	142	7	88	9	14
瑞文里	270	326	10428	142	7	88	9	14
瑞昌里	373	427	10428	142	7	88	9	14
瑞東里	435	576	10428	142	7	88	9	14
瑞祥里	527	1312	10428	142	7	88	9	14
瑞竹里	229	390	10428	142	7	88	9	14
瑞興里	399	320	10428	142	7	88	9	14
瑞華里	565	641	10428	142	7	88	9	14
瑞西里	532	267	10428	142	7	88	9	14
瑞誠里	302	288	10428	142	7	88	9	14
瑞豐里	393	818	10428	142	7	88	9	14
瑞隆里	507	691	10428	142	7	88	9	14
盛興里	450	243	10428	142	7	88	9	14
盛豐里	540	239	10428	142	7	88	9	14
竹中里	474	464	10428	142	7	88	9	14
竹內里	439	370	10428	142	7	88	9	14
竹北里	324	273	10428	142	7	88	9	14
竹南里	694	1626	10428	142	7	88	9	14
竹東里	323	241	10428	142	7	88	9	14
竹西里	597	579	10428	142	7	88	9	14
興中里	485	304	10428	142	7	88	9	14
興仁里	166	78	10428	142	7	88	9	14
興化里	153	73	10428	142	7	88	9	14
興東里	682	830	10428	142	7	88	9	14
興邦里	265	450	10428	142	7	88	9	14
良和里	385	301	10428	142	7	88	9	14
草衙里	996	1419	10428	142	7	88	9	14
西山里	616	314	10428	142	7	88	9	14
西甲里	379	221	10428	142	7	88	9	14

鎮中里	168	72	10428	142	7	88	9	14
鎮北里	199	86	10428	142	7	88	9	14
鎮昌里	352	300	10428	142	7	88	9	14
鎮東里	393	160	10428	142	7	88	9	14
鎮榮里	422	235	10428	142	7	88	9	14
鎮海里	596	553	10428	142	7	88	9	14
鎮陽里	218	57	10428	142	7	88	9	14
旗津區	3682	3350	2093	104	3	20	4	0
上竹里	418	423	2093	104	3	20	4	0
中洲里	304	168	2093	104	3	20	4	0
中興里	348	364	2093	104	3	20	4	0
中華里	179	226	2093	104	3	20	4	0
北汕里	366	414	2093	104	3	20	4	0
南汕里	274	247	2093	104	3	20	4	0
安順里	145	103	2093	104	3	20	4	0
實踐里	230	158	2093	104	3	20	4	0
復興里	378	442	2093	104	3	20	4	0
慈愛里	336	346	2093	104	3	20	4	0
振興里	276	189	2093	104	3	20	4	0
旗下里	234	135	2093	104	3	20	4	0
永安里	194	135	2093	104	3	20	4	0
小港區	13851	21663	7423	98	8	64	4	7
三苓里	334	381	7423	98	8	64	4	7
中厝里	338	525	7423	98	8	64	4	7
二苓里	475	627	7423	98	8	64	4	7
六苓里	198	676	7423	98	8	64	4	7
合作里	308	451	7423	98	8	64	4	7
坪頂里	456	868	7423	98	8	64	4	7
大坪里	294	426	7423	98	8	64	4	7
大苓里	283	370	7423	98	8	64	4	7
孔宅里	417	630	7423	98	8	64	4	7
宏亮里	286	709	7423	98	8	64	4	7
小港里	374	414	7423	98	8	64	4	7
山明里	875	2274	7423	98	8	64	4	7
山東里	344	427	7423	98	8	64	4	7
店鎮里	551	968	7423	98	8	64	4	7
廈莊里	261	510	7423	98	8	64	4	7
松山里	283	494	7423	98	8	64	4	7
松金里	238	403	7423	98	8	64	4	7
桂林里	668	1434	7423	98	8	64	4	7
正苓里	351	743	7423	98	8	64	4	7

泰山里	280	560	7423	98	8	64	4	7
港南里	230	340	7423	98	8	64	4	7
港口里	367	431	7423	98	8	64	4	7
港后里	247	460	7423	98	8	64	4	7
港墘里	219	269	7423	98	8	64	4	7
港明里	413	560	7423	98	8	64	4	7
港正里	330	467	7423	98	8	64	4	7
港興里	380	367	7423	98	8	64	4	7
濟南里	423	582	7423	98	8	64	4	7
青島里	320	315	7423	98	8	64	4	7
順苓里	311	856	7423	98	8	64	4	7
高松里	431	553	7423	98	8	64	4	7
鳳宮里	227	357	7423	98	8	64	4	7
鳳林里	404	340	7423	98	8	64	4	7
鳳森里	297	265	7423	98	8	64	4	7
鳳源里	455	519	7423	98	8	64	4	7
鳳興里	298	315	7423	98	8	64	4	7
鳳鳴里	456	362	7423	98	8	64	4	7
龍鳳里	429	415	7423	98	8	64	4	7
鳳山區	34751	49870	14624	866	12	110	28	12
三民里	178	127	14624	866	12	110	28	12
中和里	495	431	14624	866	12	110	28	12
中正里	1072	479	14624	866	12	110	28	12
光明里	261	140	14624	866	12	110	28	12
北門里	621	675	14624	866	12	110	28	12
協和里	490	661	14624	866	12	110	28	12
南興里	181	188	14624	866	12	110	28	12
和德里	215	621	14624	866	12	110	28	12
和興里	624	1549	14624	866	12	110	28	12
埠頂里	772	1051	14624	866	12	110	28	12
忠孝里	762	901	14624	866	12	110	28	12
忠義里	595	670	14624	866	12	110	28	12
忠誠里	364	384	14624	866	12	110	28	12
成功里	168	89	14624	866	12	110	28	12
文山里	681	794	14624	866	12	110	28	12
文德里	704	1126	14624	866	12	110	28	12
文福里	613	1968	14624	866	12	110	28	12
文英里	423	422	14624	866	12	110	28	12
文華里	1217	1922	14624	866	12	110	28	12
文衡里	356	626	14624	866	12	110	28	12
新興里	372	242	14624	866	12	110	28	12

曹公里	328	228	14624	866	12	110	28	12
東門里	904	911	14624	866	12	110	28	12
武松里	338	274	14624	866	12	110	28	12
海光里	403	464	14624	866	12	110	28	12
瑞竹里	822	977	14624	866	12	110	28	12
瑞興里	578	968	14624	866	12	110	28	12
生明里	291	229	14624	866	12	110	28	12
縣口里	86	60	14624	866	12	110	28	12
縣衙里	164	126	14624	866	12	110	28	12
興中里	95	167	14624	866	12	110	28	12
興仁里	593	734	14624	866	12	110	28	12
誠信里	191	308	14624	866	12	110	28	12
誠德里	433	415	14624	866	12	110	28	12
誠智里	313	388	14624	866	12	110	28	12
誠義里	252	495	14624	866	12	110	28	12
鎮北里	565	795	14624	866	12	110	28	12
鎮東里	401	330	14624	866	12	110	28	12
鎮西里	875	728	14624	866	12	110	28	12
鳳崙里	221	164	14624	866	12	110	28	12
鳳東里	652	1187	14624	866	12	110	28	12
一甲里	476	453	14624	866	12	110	28	12
中崙里	229	204	14624	866	12	110	28	12
中榮里	379	496	14624	866	12	110	28	12
中民里	318	445	14624	866	12	110	28	12
二甲里	445	886	14624	866	12	110	28	12
五福里	449	615	14624	866	12	110	28	12
保安里	295	1779	14624	866	12	110	28	12
南和里	385	506	14624	866	12	110	28	12
南成里	622	1810	14624	866	12	110	28	12
善美里	522	672	14624	866	12	110	28	12
國光里	391	345	14624	866	12	110	28	12
國富里	224	311	14624	866	12	110	28	12
國泰里	489	435	14624	866	12	110	28	12
國隆里	262	270	14624	866	12	110	28	12
大德里	510	779	14624	866	12	110	28	12
天興里	472	525	14624	866	12	110	28	12
富榮里	227	407	14624	866	12	110	28	12
富甲里	385	284	14624	866	12	110	28	12
新富里	409	728	14624	866	12	110	28	12
新強里	557	1199	14624	866	12	110	28	12
新樂里	325	820	14624	866	12	110	28	12

新武里	272	376	14624	866	12	110	28	12
新泰里	292	869	14624	866	12	110	28	12
新甲里	312	575	14624	866	12	110	28	12
正義里	840	829	14624	866	12	110	28	12
武慶里	283	358	14624	866	12	110	28	12
武漢里	494	738	14624	866	12	110	28	12
海洋里	294	675	14624	866	12	110	28	12
福祥里	359	563	14624	866	12	110	28	12
福興里	784	1129	14624	866	12	110	28	12
福誠里	425	701	14624	866	12	110	28	12
老爺里	756	901	14624	866	12	110	28	12
過埠里	685	2191	14624	866	12	110	28	12
鎮南里	580	630	14624	866	12	110	28	12
龍成里	335	352	14624	866	12	110	28	12
林園區	7446	9618	3862	94	7	21	4	1
中厝里	437	541	3862	94	7	21	4	1
中汕里	308	301	3862	94	7	21	4	1
中芸里	294	290	3862	94	7	21	4	1
中門里	338	320	3862	94	7	21	4	1
五福里	229	443	3862	94	7	21	4	1
仁愛里	347	583	3862	94	7	21	4	1
北汕里	261	196	3862	94	7	21	4	1
廣應里	347	668	3862	94	7	21	4	1
文賢里	315	336	3862	94	7	21	4	1
東林里	397	625	3862	94	7	21	4	1
東汕里	144	82	3862	94	7	21	4	1
林內里	290	382	3862	94	7	21	4	1
林園里	437	605	3862	94	7	21	4	1
林家里	195	137	3862	94	7	21	4	1
港嘴里	208	232	3862	94	7	21	4	1
港埔里	256	227	3862	94	7	21	4	1
溪州里	461	738	3862	94	7	21	4	1
潭頭里	364	370	3862	94	7	21	4	1
王公里	343	758	3862	94	7	21	4	1
西汕里	112	105	3862	94	7	21	4	1
西溪里	399	455	3862	94	7	21	4	1
頂厝里	443	689	3862	94	7	21	4	1
鳳芸里	266	274	3862	94	7	21	4	1
龔厝里	255	261	3862	94	7	21	4	1
大寮區	11746	12521	5845	147	5	48	4	4
三隆里	612	534	5845	147	5	48	4	4

上寮里	282	319	5845	147	5	48	4	4
中庄里	1085	1527	5845	147	5	48	4	4
中興里	1070	526	5845	147	5	48	4	4
光武里	50	17	5845	147	5	48	4	4
內坑里	532	877	5845	147	5	48	4	4
前庄里	298	240	5845	147	5	48	4	4
大寮里	713	1019	5845	147	5	48	4	4
山頂里	886	989	5845	147	5	48	4	4
後庄里	792	1126	5845	147	5	48	4	4
忠義里	120	46	5845	147	5	48	4	4
拷潭里	213	139	5845	147	5	48	4	4
新曆里	242	195	5845	147	5	48	4	4
昭明里	486	361	5845	147	5	48	4	4
會社里	752	817	5845	147	5	48	4	4
會結里	210	190	5845	147	5	48	4	4
永芳里	786	959	5845	147	5	48	4	4
江山里	211	240	5845	147	5	48	4	4
溪寮里	207	192	5845	147	5	48	4	4
潮寮里	434	384	5845	147	5	48	4	4
琉球里	463	578	5845	147	5	48	4	4
義仁里	304	174	5845	147	5	48	4	4
義和里	359	207	5845	147	5	48	4	4
翁園里	375	552	5845	147	5	48	4	4
過溪里	264	313	5845	147	5	48	4	4
大樹區	5998	5143	2429	94	3	15	7	2
三和里	204	118	2429	94	3	15	7	2
久堂里	720	550	2429	94	3	15	7	2
九曲里	586	795	2429	94	3	15	7	2
井腳里	308	228	2429	94	3	15	7	2
和山里	199	115	2429	94	3	15	7	2
大坑里	244	214	2429	94	3	15	7	2
大樹里	391	404	2429	94	3	15	7	2
姑山里	221	138	2429	94	3	15	7	2
小坪里	219	171	2429	94	3	15	7	2
樣腳里	601	518	2429	94	3	15	7	2
水安里	375	297	2429	94	3	15	7	2
水寮里	416	339	2429	94	3	15	7	2
溪埔里	296	222	2429	94	3	15	7	2
竹寮里	312	333	2429	94	3	15	7	2
統嶺里	131	61	2429	94	3	15	7	2
興山里	185	184	2429	94	3	15	7	2

興田里	286	233	2429	94	3	15	7	2
龍目里	304	223	2429	94	3	15	7	2
大社區	3650	3903	1654	76	4	40	5	1
三奶里	417	324	1654	76	4	40	5	1
中里里	439	492	1654	76	4	40	5	1
保安里	370	427	1654	76	4	40	5	1
保社里	302	335	1654	76	4	40	5	1
嘉誠里	191	107	1654	76	4	40	5	1
大社里	595	619	1654	76	4	40	5	1
神農里	512	607	1654	76	4	40	5	1
翠屏里	235	235	1654	76	4	40	5	1
觀音里	589	757	1654	76	4	40	5	1
仁武區	6558	11030	3186	33	2	25	11	5
中華里	205	151	3186	33	2	25	11	5
五和里	338	661	3186	33	2	25	11	5
仁和里	292	697	3186	33	2	25	11	5
仁慈里	211	302	3186	33	2	25	11	5
仁武里	634	852	3186	33	2	25	11	5
仁福里	128	88	3186	33	2	25	11	5
八卦里	1067	2276	3186	33	2	25	11	5
大灣里	281	498	3186	33	2	25	11	5
後安里	325	390	3186	33	2	25	11	5
文武里	777	1693	3186	33	2	25	11	5
灣內里	453	1210	3186	33	2	25	11	5
烏林里	479	599	3186	33	2	25	11	5
竹後里	320	242	3186	33	2	25	11	5
考潭里	399	267	3186	33	2	25	11	5
赤山里	359	943	3186	33	2	25	11	5
高楠里	290	161	3186	33	2	25	11	5
鳥松區	4995	4292	1853	51	4	21	6	4
仁美里	899	772	1853	51	4	21	6	4
塹埔里	481	407	1853	51	4	21	6	4
夢裡里	534	481	1853	51	4	21	6	4
大竹里	104	77	1853	51	4	21	6	4
大華里	1289	958	1853	51	4	21	6	4
華美里	488	480	1853	51	4	21	6	4
鳥松里	1200	1117	1853	51	4	21	6	4
岡山區	11052	13915	4696	169	3	31	8	1
三和里	151	123	4696	169	3	31	8	1
仁壽里	594	481	4696	169	3	31	8	1
仁義里	547	198	4696	169	3	31	8	1

信義里	301	298	4696	169	3	31	8	1
前峰里	473	513	4696	169	3	31	8	1
劉厝里	251	166	4696	169	3	31	8	1
協和里	407	547	4696	169	3	31	8	1
協榮里	343	269	4696	169	3	31	8	1
台上里	433	1399	4696	169	3	31	8	1
和平里	23	28	4696	169	3	31	8	1
嘉峰里	284	240	4696	169	3	31	8	1
嘉興里	541	483	4696	169	3	31	8	1
壽天里	500	763	4696	169	3	31	8	1
壽峰里	272	457	4696	169	3	31	8	1
大莊里	171	150	4696	169	3	31	8	1
大遼里	221	168	4696	169	3	31	8	1
岡山里	564	721	4696	169	3	31	8	1
平安里	264	178	4696	169	3	31	8	1
後協里	669	818	4696	169	3	31	8	1
後紅里	395	708	4696	169	3	31	8	1
忠孝里	731	366	4696	169	3	31	8	1
本洲里	247	313	4696	169	3	31	8	1
潭底里	124	95	4696	169	3	31	8	1
灣裡里	195	329	4696	169	3	31	8	1
為隨里	98	128	4696	169	3	31	8	1
白米里	169	320	4696	169	3	31	8	1
石潭里	228	320	4696	169	3	31	8	1
碧紅里	423	553	4696	169	3	31	8	1
福興里	174	125	4696	169	3	31	8	1
程香里	367	628	4696	169	3	31	8	1
竹圍里	433	1652	4696	169	3	31	8	1
維仁里	236	159	4696	169	3	31	8	1
華崙里	223	219	4696	169	3	31	8	1
橋頭區	4798	4353	1818	74	2	15	4	3
三德里	108	120	1818	74	2	15	4	3
中崎里	109	72	1818	74	2	15	4	3
仕和里	449	512	1818	74	2	15	4	3
仕豐里	336	293	1818	74	2	15	4	3
仕隆里	451	312	1818	74	2	15	4	3
德松里	172	239	1818	74	2	15	4	3
新莊里	265	270	1818	74	2	15	4	3
東林里	373	337	1818	74	2	15	4	3
橋南里	229	144	1818	74	2	15	4	3
橋頭里	340	417	1818	74	2	15	4	3

甲北里	288	222	1818	74	2	15	4	3
甲南里	351	275	1818	74	2	15	4	3
白樹里	406	496	1818	74	2	15	4	3
筆秀里	241	214	1818	74	2	15	4	3
芋寮里	197	148	1818	74	2	15	4	3
西林里	307	180	1818	74	2	15	4	3
頂鹽里	176	102	1818	74	2	15	4	3
燕巢區	4402	3491	1778	71	5	16	13	2
南燕里	485	597	1778	71	5	16	13	2
安招里	849	473	1778	71	5	16	13	2
尖山里	247	116	1778	71	5	16	13	2
東燕里	377	398	1778	71	5	16	13	2
橫山里	318	195	1778	71	5	16	13	2
深水里	516	300	1778	71	5	16	13	2
瓊林里	276	298	1778	71	5	16	13	2
西燕里	508	479	1778	71	5	16	13	2
角宿里	316	319	1778	71	5	16	13	2
金山里	94	60	1778	71	5	16	13	2
鳳雄里	416	256	1778	71	5	16	13	2
阿蓮區	3726	3815	1458	96	4	15	4	1
中路里	372	346	1458	96	4	15	4	1
南蓮里	436	463	1458	96	4	15	4	1
和蓮里	317	381	1458	96	4	15	4	1
峰山里	217	171	1458	96	4	15	4	1
崙山里	158	103	1458	96	4	15	4	1
復安里	274	236	1458	96	4	15	4	1
清蓮里	397	443	1458	96	4	15	4	1
港後里	298	322	1458	96	4	15	4	1
玉庫里	177	145	1458	96	4	15	4	1
石安里	239	179	1458	96	4	15	4	1
阿蓮里	597	794	1458	96	4	15	4	1
青旗里	244	232	1458	96	4	15	4	1
路竹區	6647	7717	2661	55	4	43	6	3
三爺里	161	144	2661	55	4	43	6	3
下坑里	409	350	2661	55	4	43	6	3
北嶺里	194	195	2661	55	4	43	6	3
後鄉里	164	216	2661	55	4	43	6	3
文北里	401	745	2661	55	4	43	6	3
文南里	392	562	2661	55	4	43	6	3
新達里	234	191	2661	55	4	43	6	3
甲北里	375	302	2661	55	4	43	6	3

甲南里	530	466	2661	55	4	43	6	3
社中里	190	99	2661	55	4	43	6	3
社南里	437	515	2661	55	4	43	6	3
社東里	313	198	2661	55	4	43	6	3
社西里	373	295	2661	55	4	43	6	3
竹南里	475	641	2661	55	4	43	6	3
竹園里	304	206	2661	55	4	43	6	3
竹東里	442	882	2661	55	4	43	6	3
竹滬里	428	610	2661	55	4	43	6	3
竹西里	357	498	2661	55	4	43	6	3
頂寮里	222	216	2661	55	4	43	6	3
鴨寮里	246	386	2661	55	4	43	6	3
湖內區	3717	3420	1429	59	5	16	4	3
中賢里	354	257	1429	59	5	16	4	3
公館里	271	360	1429	59	5	16	4	3
劉家里	205	125	1429	59	5	16	4	3
大湖里	455	497	1429	59	5	16	4	3
太爺里	164	93	1429	59	5	16	4	3
忠興里	150	88	1429	59	5	16	4	3
文賢里	220	154	1429	59	5	16	4	3
海埔里	317	219	1429	59	5	16	4	3
海山里	265	128	1429	59	5	16	4	3
湖內里	359	552	1429	59	5	16	4	3
湖東里	279	317	1429	59	5	16	4	3
田尾里	203	116	1429	59	5	16	4	3
葉厝里	301	378	1429	59	5	16	4	3
逸賢里	174	136	1429	59	5	16	4	3
茄萣區	4228	3512	1931	77	3	15	4	0
保定里	510	341	1931	77	3	15	4	0
光定里	203	119	1931	77	3	15	4	0
吉定里	222	160	1931	77	3	15	4	0
和協里	238	182	1931	77	3	15	4	0
嘉安里	221	220	1931	77	3	15	4	0
嘉定里	278	143	1931	77	3	15	4	0
嘉樂里	314	265	1931	77	3	15	4	0
嘉泰里	236	147	1931	77	3	15	4	0
嘉福里	187	121	1931	77	3	15	4	0
嘉賜里	413	578	1931	77	3	15	4	0
大定里	225	112	1931	77	3	15	4	0
崎漏里	565	676	1931	77	3	15	4	0
白雲里	282	219	1931	77	3	15	4	0

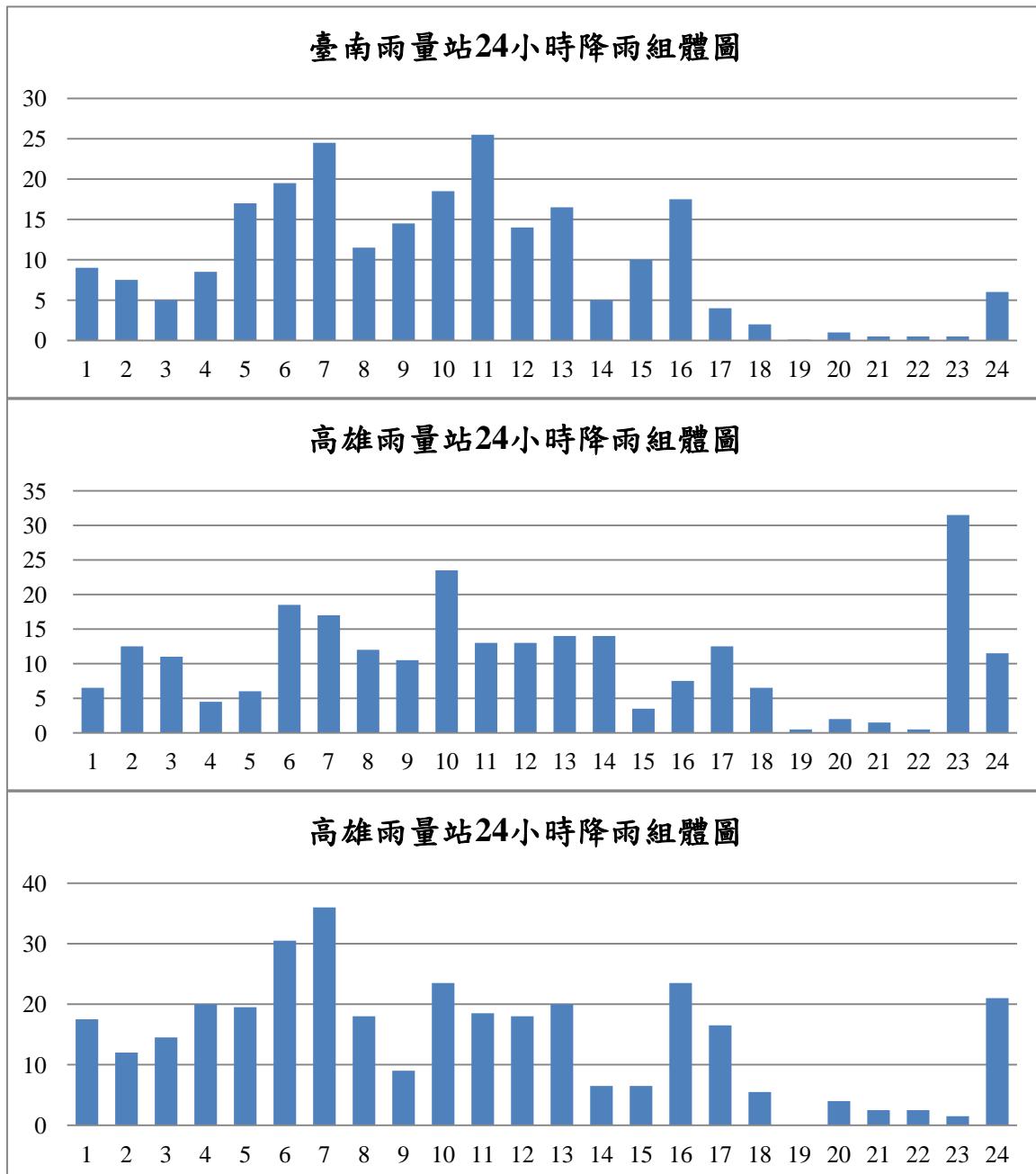
福德里	172	96	1931	77	3	15	4	0
萬福里	162	133	1931	77	3	15	4	0
永安區	1589	1732	632	29	5	14	2	0
保寧里	276	398	632	29	5	14	2	0
新港里	321	281	632	29	5	14	2	0
永安里	261	211	632	29	5	14	2	0
永華里	297	227	632	29	5	14	2	0
維新里	362	570	632	29	5	14	2	0
鹽田里	72	45	632	29	5	14	2	0
彌陀區	2637	2606	1265	14	5	16	2	0
光和里	152	202	1265	14	5	16	2	0
南寮里	294	343	1265	14	5	16	2	0
彌仁里	130	79	1265	14	5	16	2	0
彌壽里	130	94	1265	14	5	16	2	0
彌陀里	295	295	1265	14	5	16	2	0
彌靖里	321	299	1265	14	5	16	2	0
文安里	284	273	1265	14	5	16	2	0
海尾里	147	145	1265	14	5	16	2	0
漂底里	182	176	1265	14	5	16	2	0
舊港里	230	233	1265	14	5	16	2	0
過港里	160	144	1265	14	5	16	2	0
鹽埕里	312	323	1265	14	5	16	2	0
梓官區	4117	4165	1983	84	3	14	2	0
中崙里	158	194	1983	84	3	14	2	0
信蚵里	219	294	1983	84	3	14	2	0
典寶里	335	294	1983	84	3	14	2	0
同安里	150	173	1983	84	3	14	2	0
大舍里	517	575	1983	84	3	14	2	0
智蚵里	328	335	1983	84	3	14	2	0
梓信里	298	342	1983	84	3	14	2	0
梓和里	345	396	1983	84	3	14	2	0
梓平里	172	241	1983	84	3	14	2	0
梓義里	309	292	1983	84	3	14	2	0
禮蚵里	327	246	1983	84	3	14	2	0
茄苳里	308	248	1983	84	3	14	2	0
赤崁里	265	223	1983	84	3	14	2	0
赤東里	297	220	1983	84	3	14	2	0
赤西里	89	92	1983	84	3	14	2	0
旗山區	6353	3803	14624	344	4	18	17	2
中寮里	64	11	14624	344	4	18	17	2
中正里	302	199	14624	344	4	18	17	2

中洲里	258	72	14624	344	4	18	17	2
南勝里	501	204	14624	344	4	18	17	2
南洲里	387	109	14624	344	4	18	17	2
圓富里	322	198	14624	344	4	18	17	2
大山里	344	118	14624	344	4	18	17	2
大德里	463	374	14624	344	4	18	17	2
大林里	337	151	14624	344	4	18	17	2
太平里	451	344	14624	344	4	18	17	2
廣福里	139	93	14624	344	4	18	17	2
新光里	244	80	14624	344	4	18	17	2
東平里	429	229	14624	344	4	18	17	2
東昌里	232	115	14624	344	4	18	17	2
永和里	513	636	14624	344	4	18	17	2
湄洲里	410	238	14624	344	4	18	17	2
瑞吉里	362	331	14624	344	4	18	17	2
竹峰里	331	245	14624	344	4	18	17	2
鯤洲里	264	56	14624	344	4	18	17	2

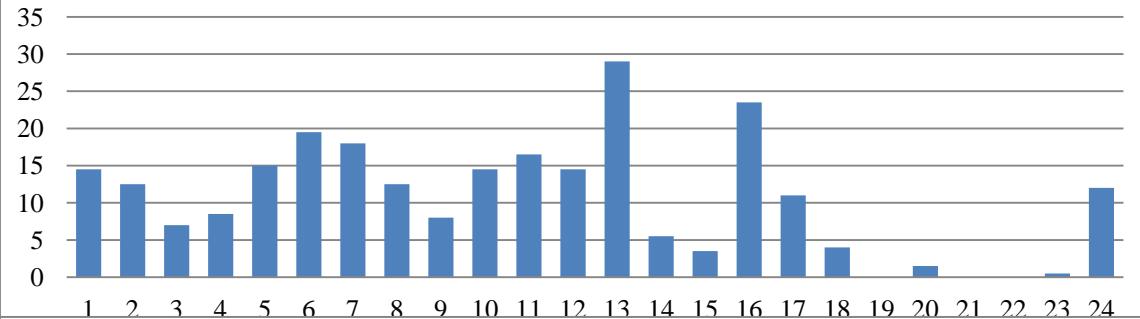


附錄四 颱風事件資料表

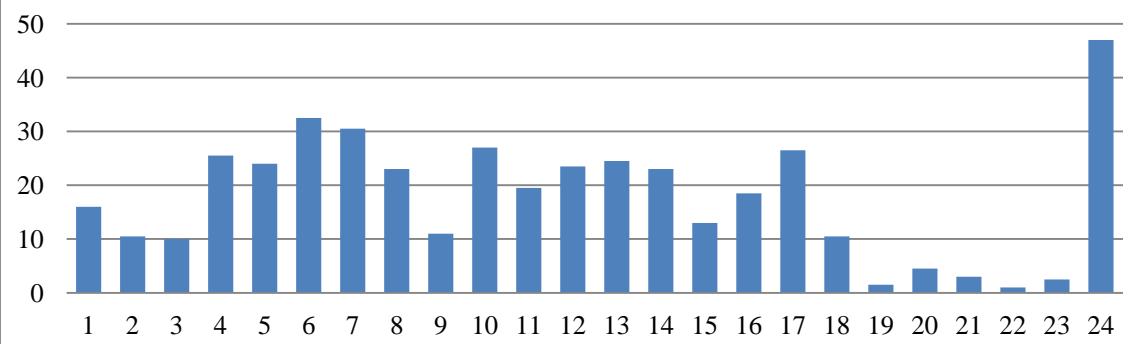
表 1 潭美颱風雨量站 24 小時降雨組體圖



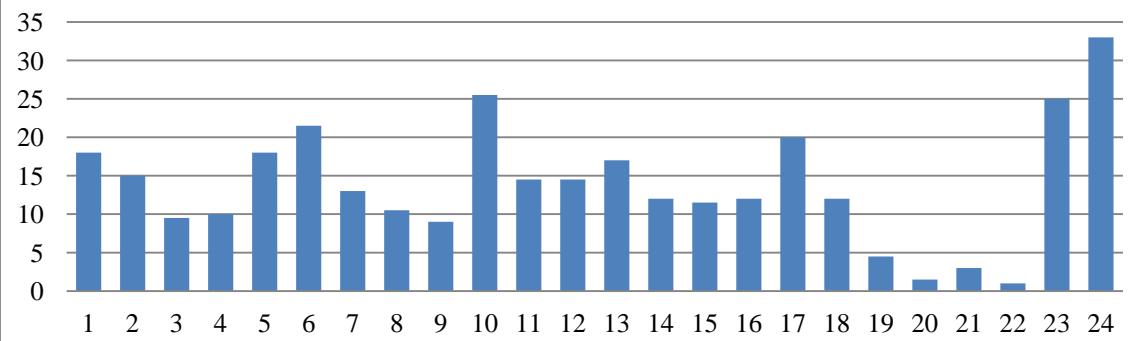
三爺雨量站24小時降雨組體圖



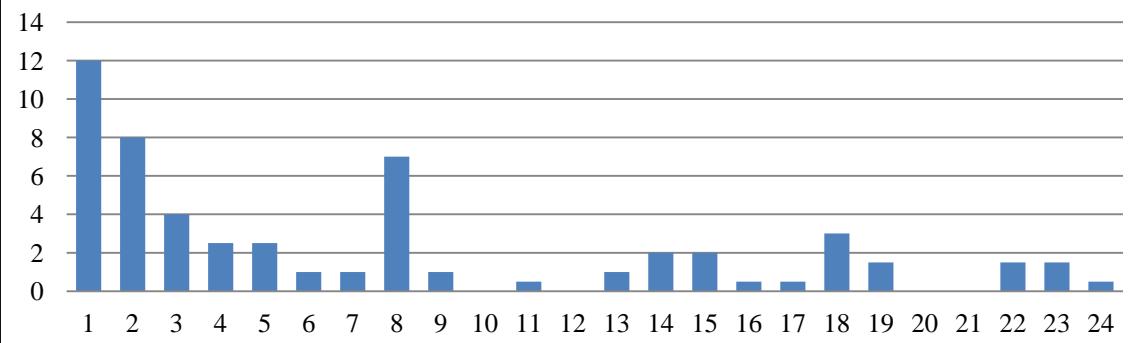
里港雨量站24小時降雨組體圖



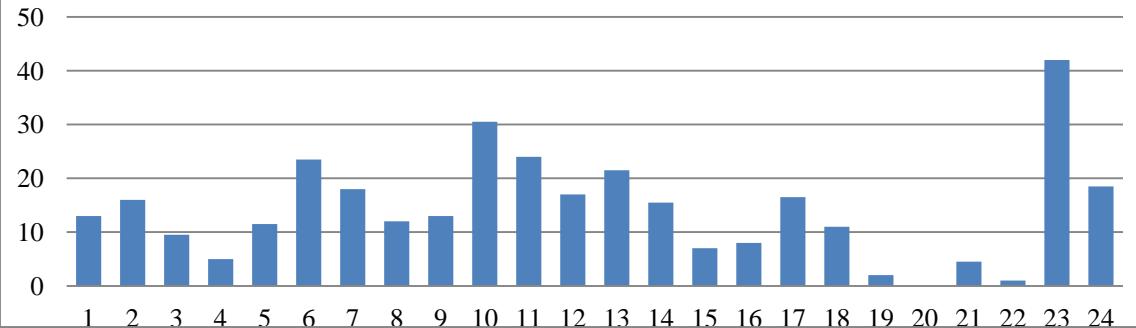
屏東雨量站24小時降雨組體圖



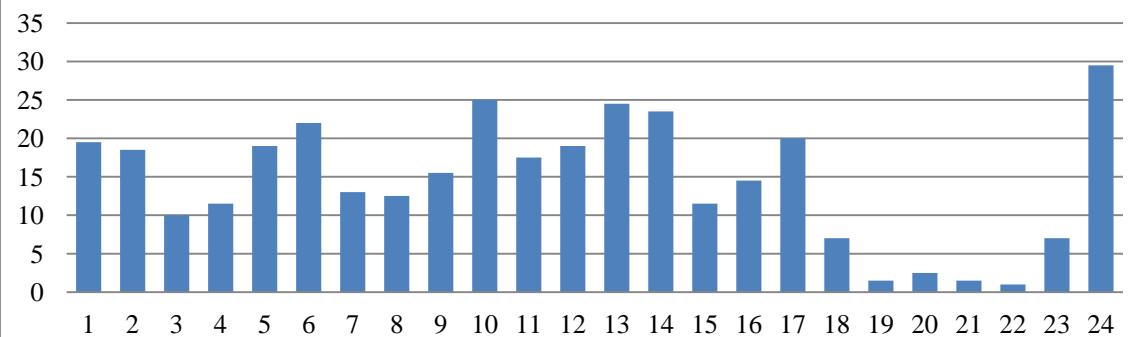
雙連埤雨量站24小時降雨組體圖



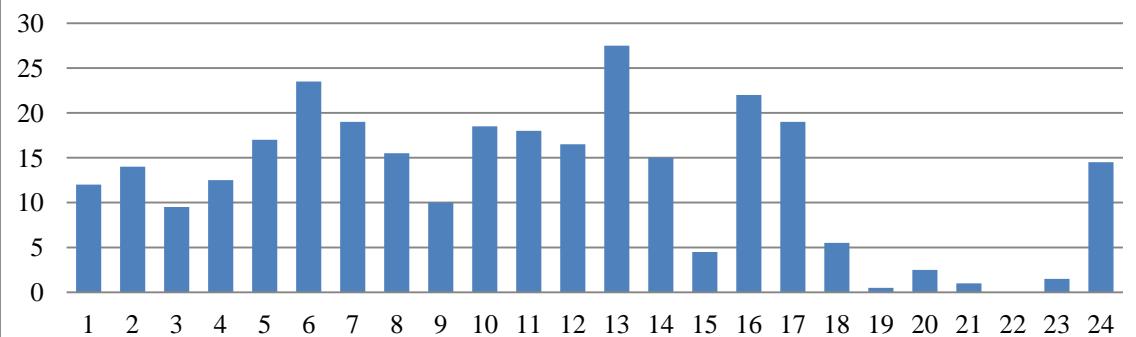
大寮雨量站24小時降雨組體圖



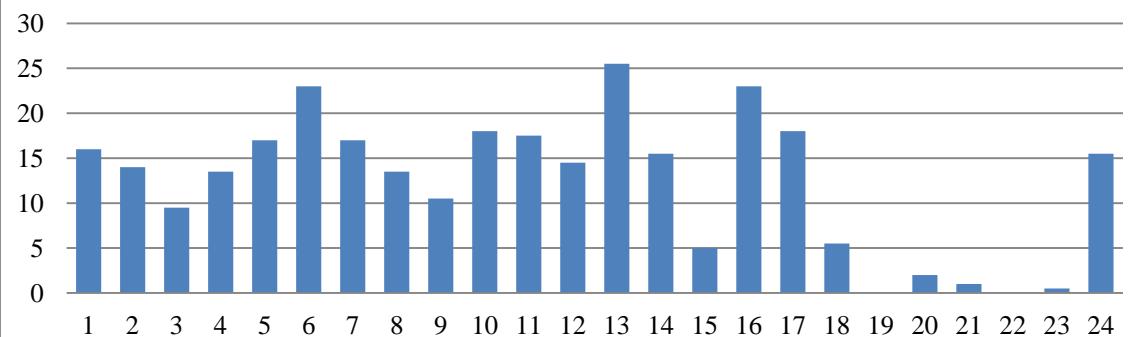
溪埔雨量站24小時降雨組體圖



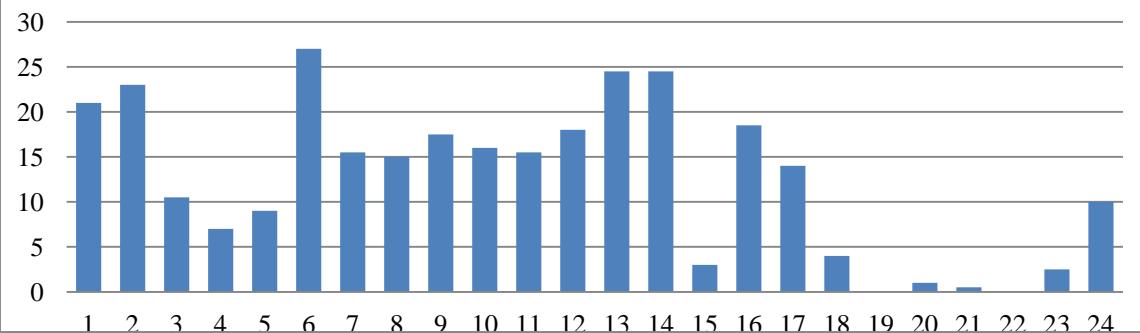
尖山雨量站24小時降雨組體圖



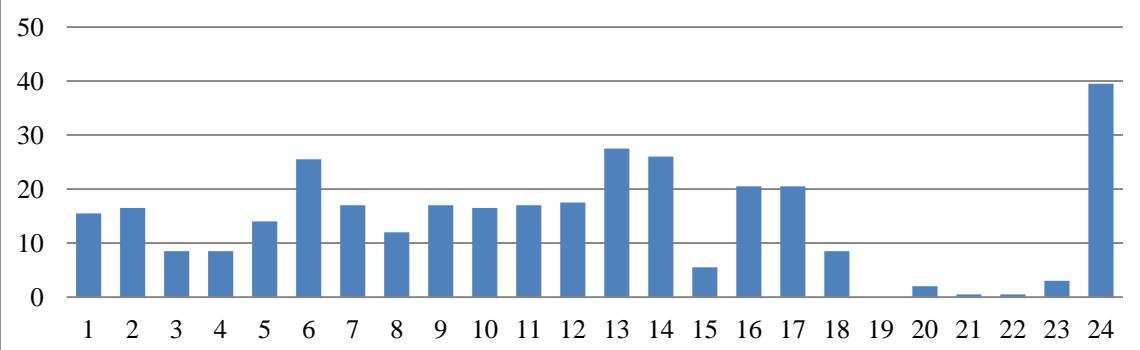
竹子雨量站24小時降雨組體圖



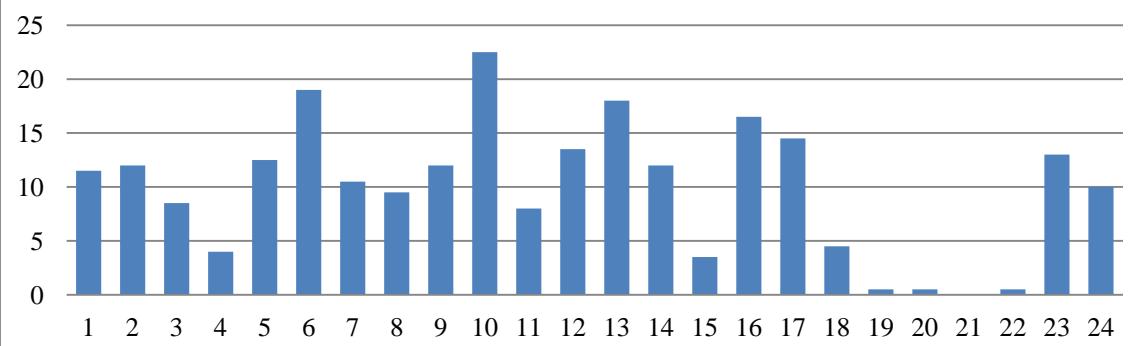
岡山雨量站24小時降雨組體圖



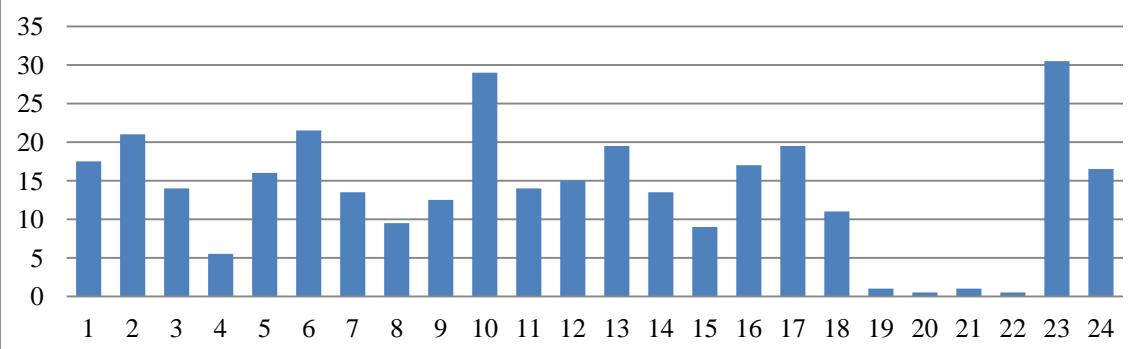
鳳雄雨量站24小時降雨組體圖



左營雨量站24小時降雨組體圖



鳳山雨量站24小時降雨組體圖



鳳森雨量站24小時降雨組體圖

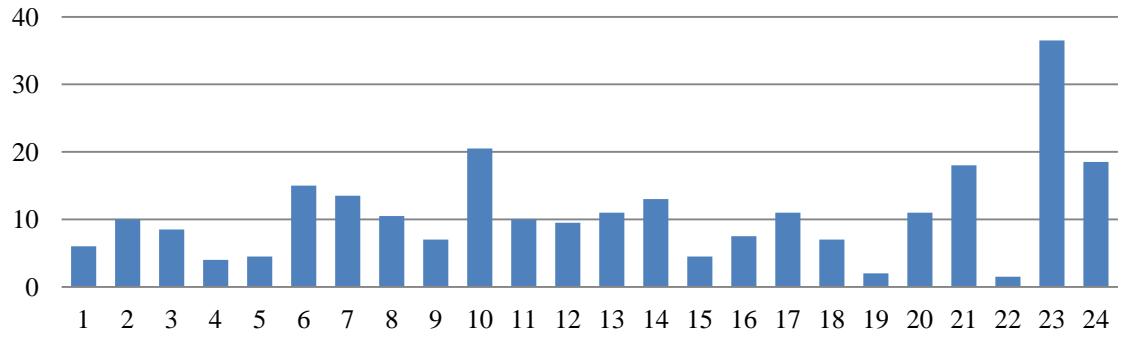
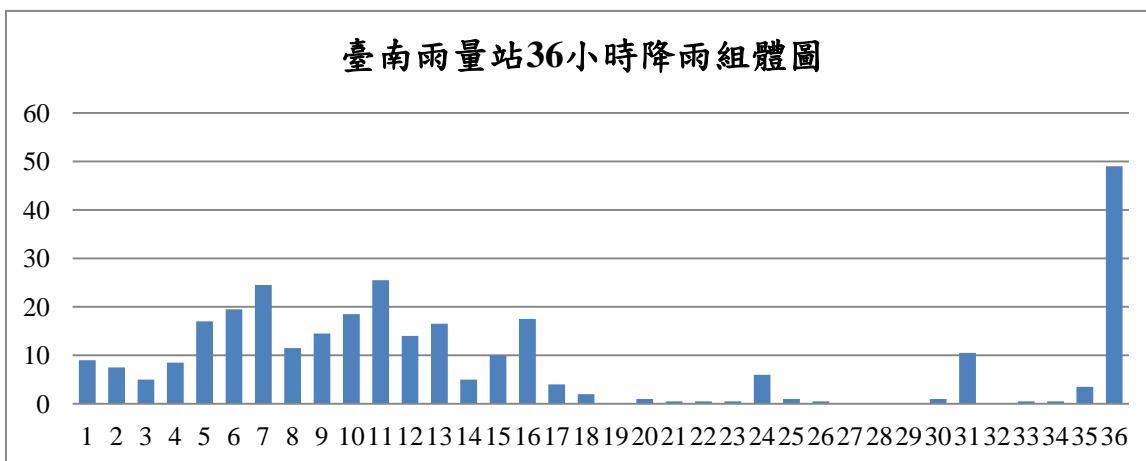
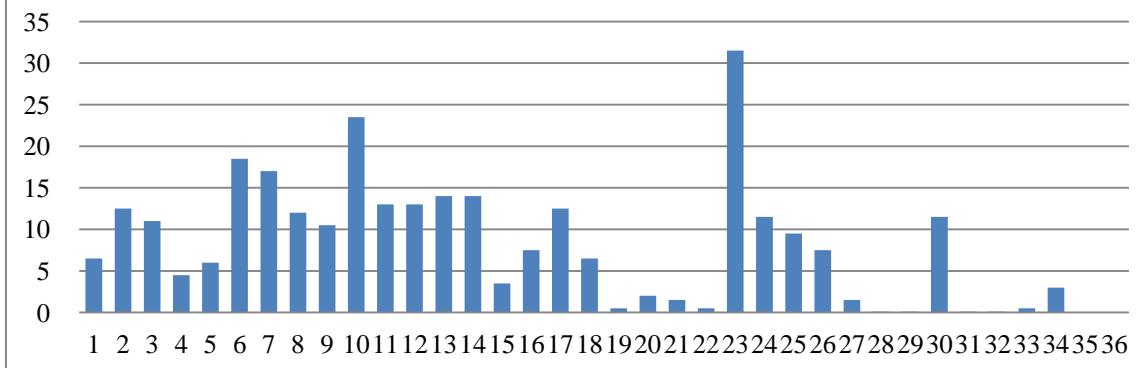


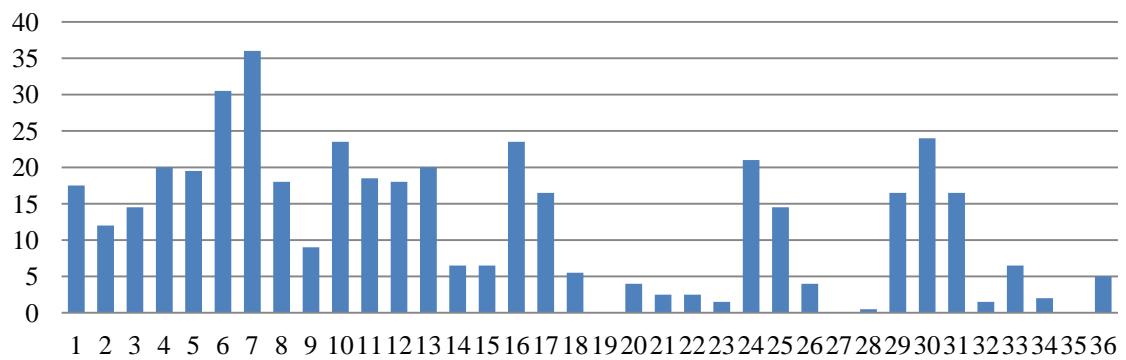
表 2 海棠颱風雨量站 36 小時降雨組體圖



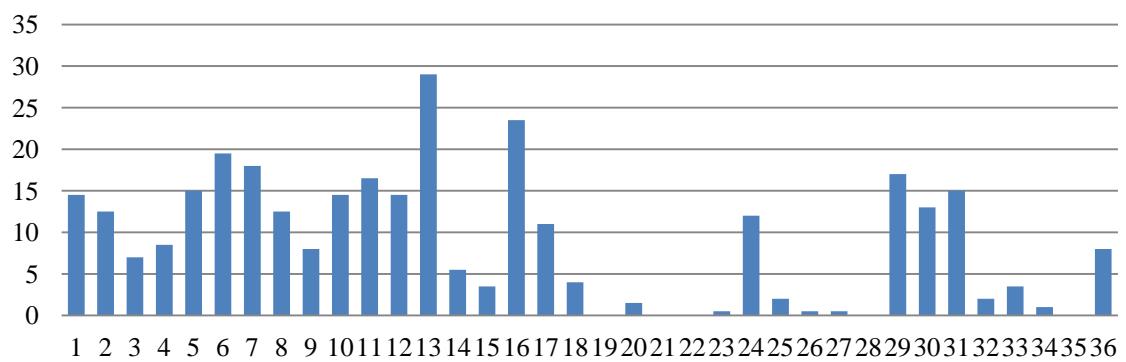
高雄雨量站36小時降雨組體圖



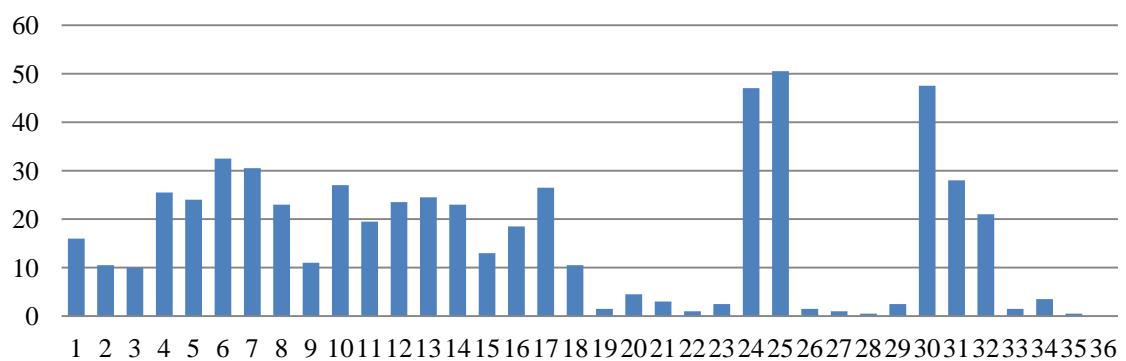
高雄雨量站36小時降雨組體圖



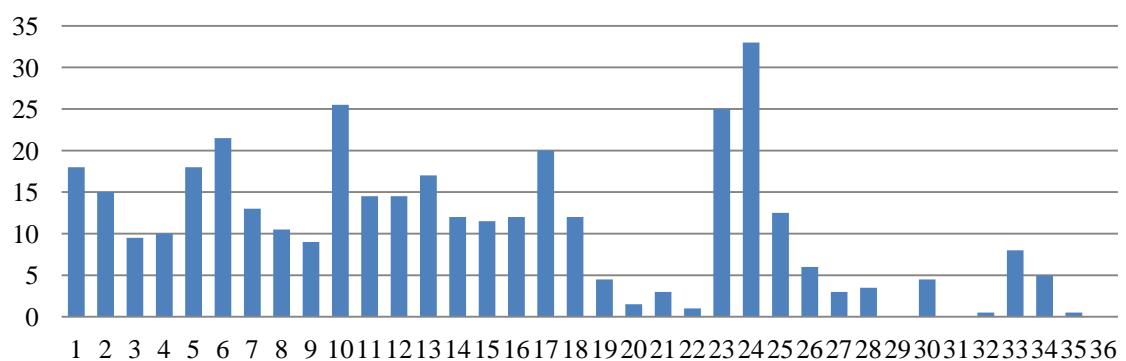
三爺雨量站36小時降雨組體圖



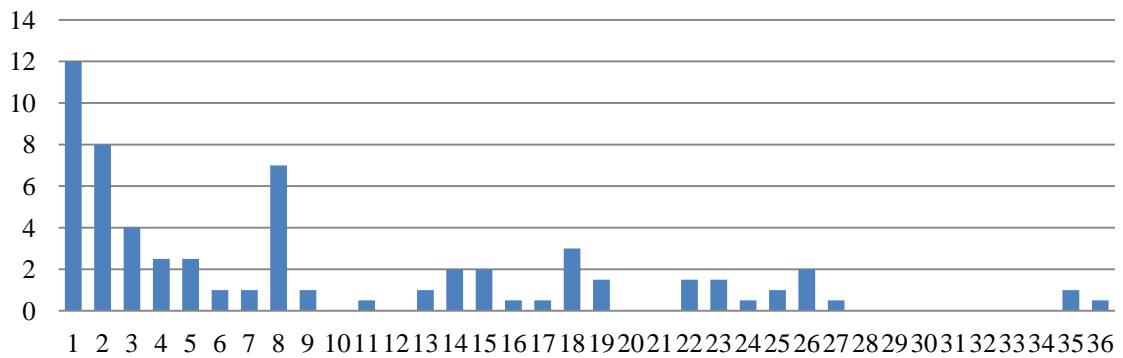
里港雨量站36小時降雨組體圖



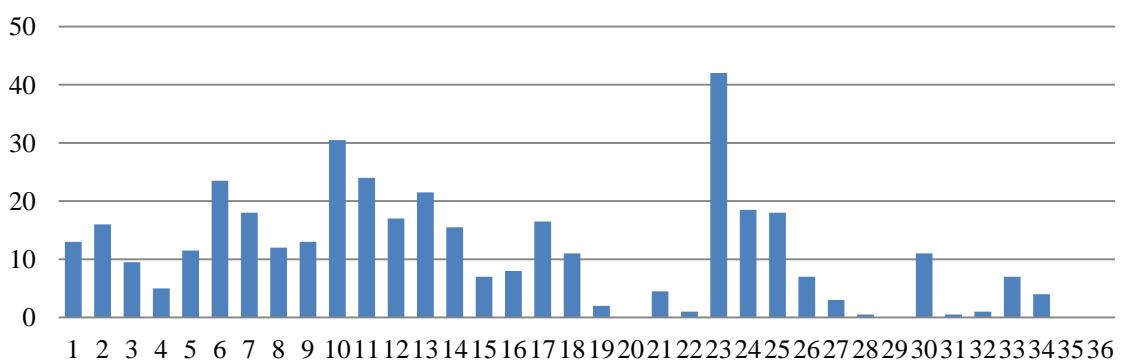
屏東雨量站36小時降雨組體圖



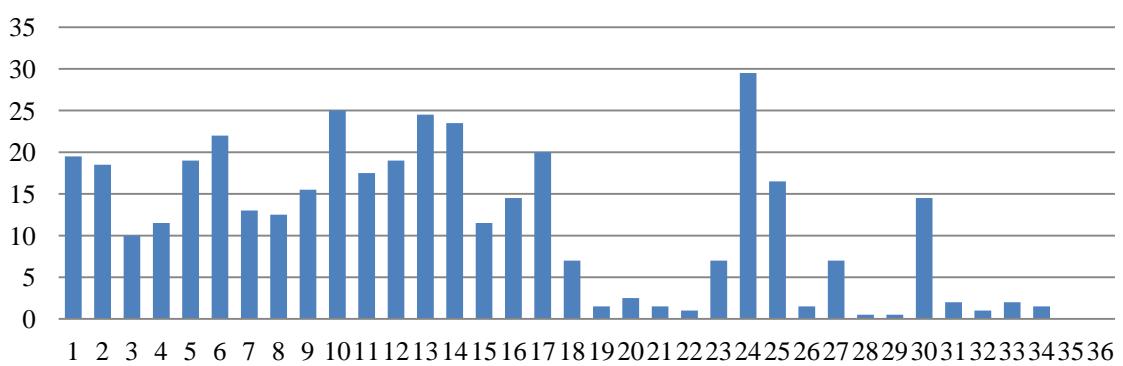
雙連埤雨量站36小時降雨組體圖



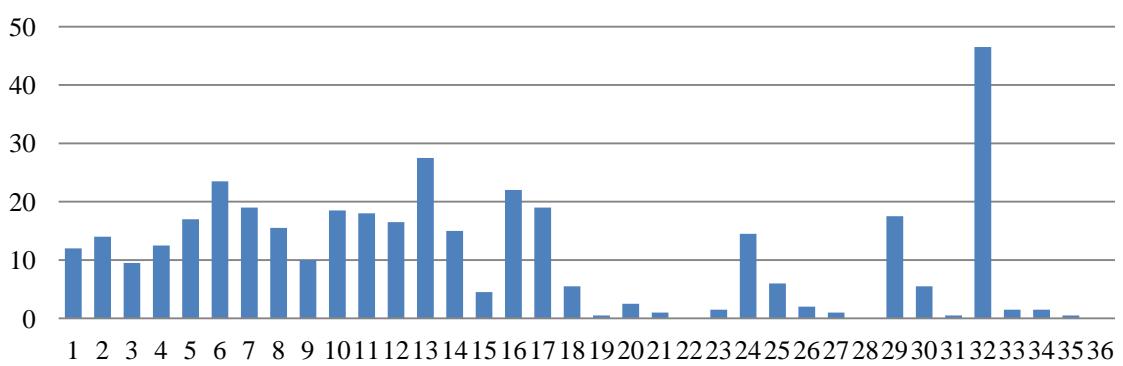
大寮雨量站36小時降雨組體圖



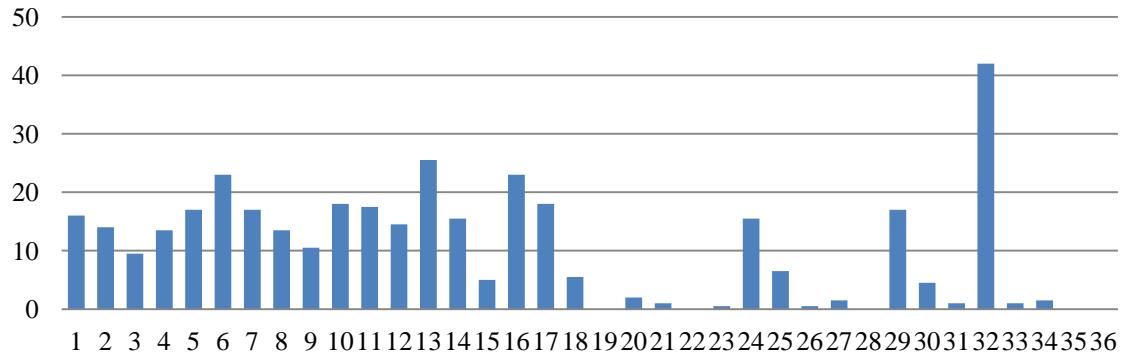
溪埔雨量站36小時降雨組體圖



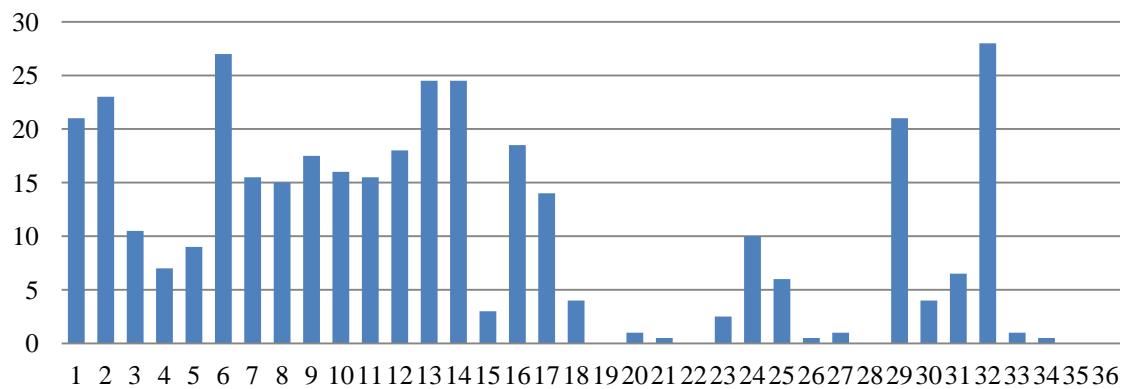
尖山雨量站36小時降雨組體圖



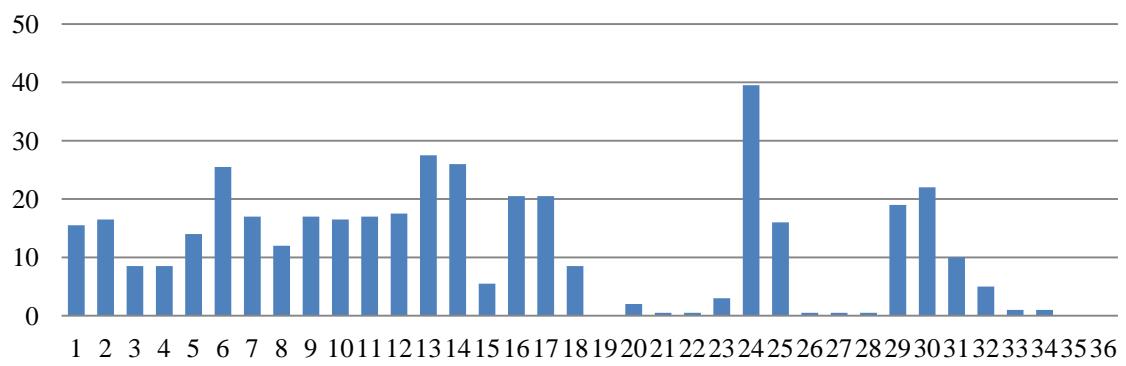
竹子雨量站36小時降雨組體圖



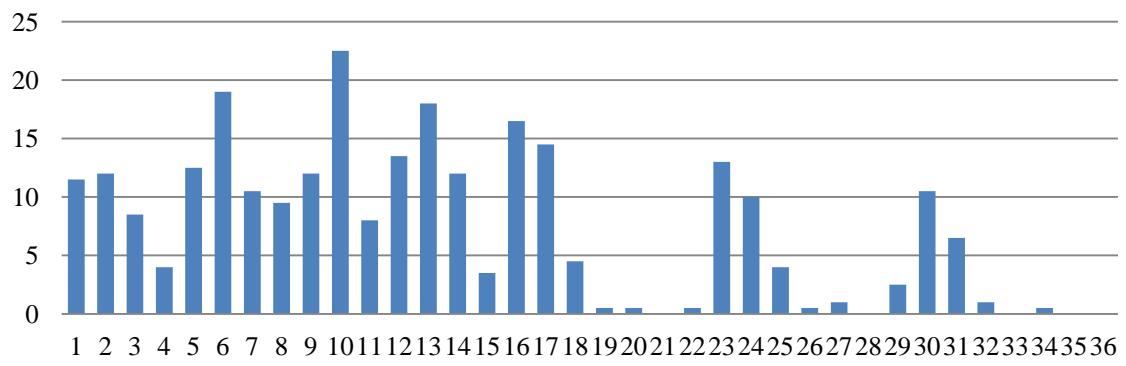
岡山雨量站24小時降雨組體圖



鳳雄雨量站36小時降雨組體圖



左營雨量站36小時降雨組體圖



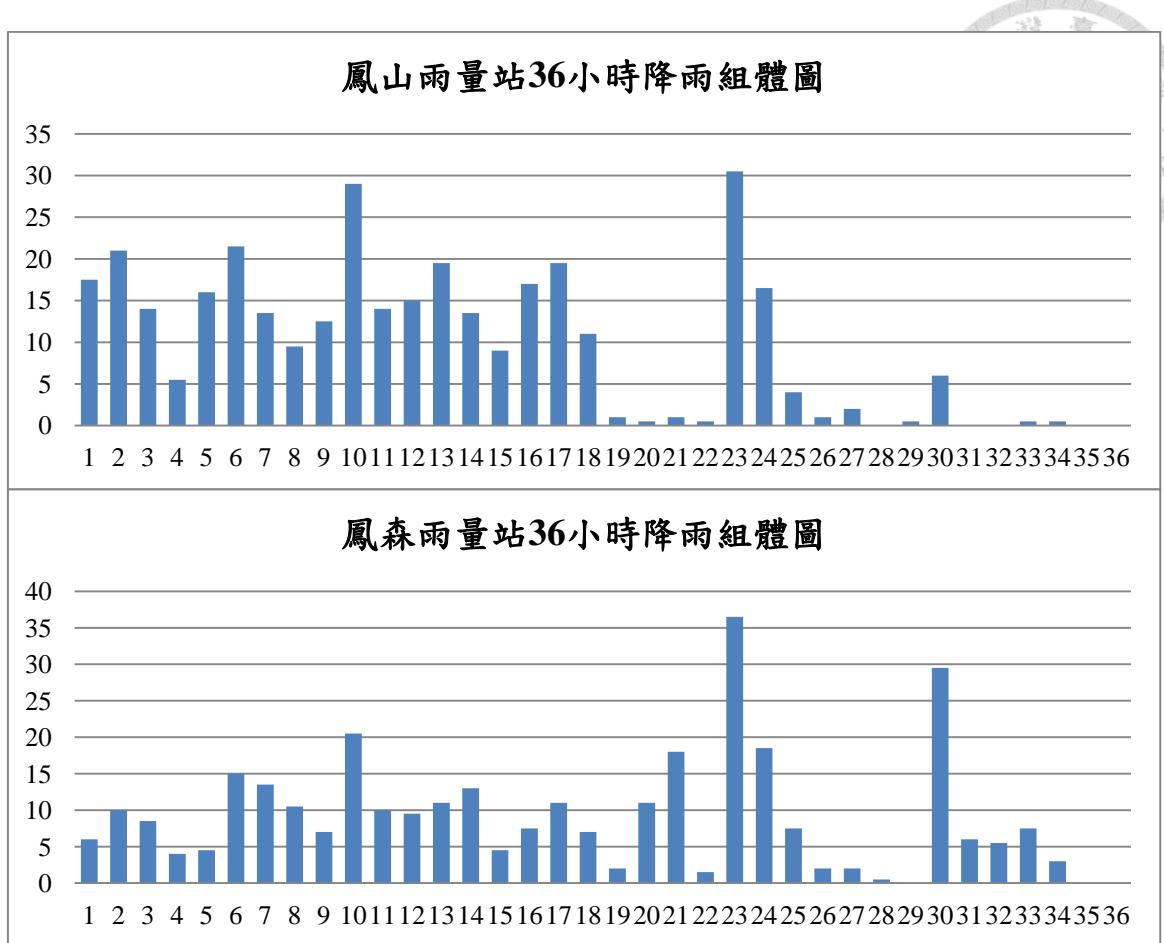
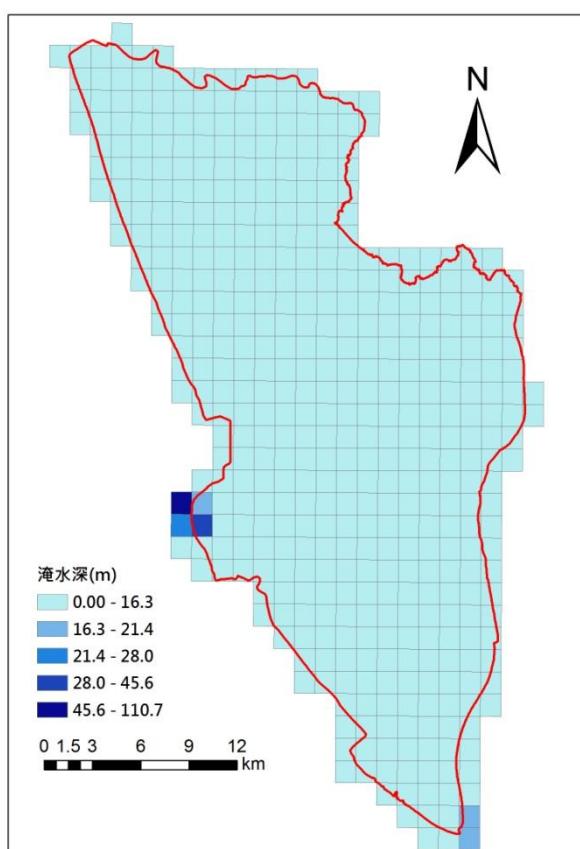
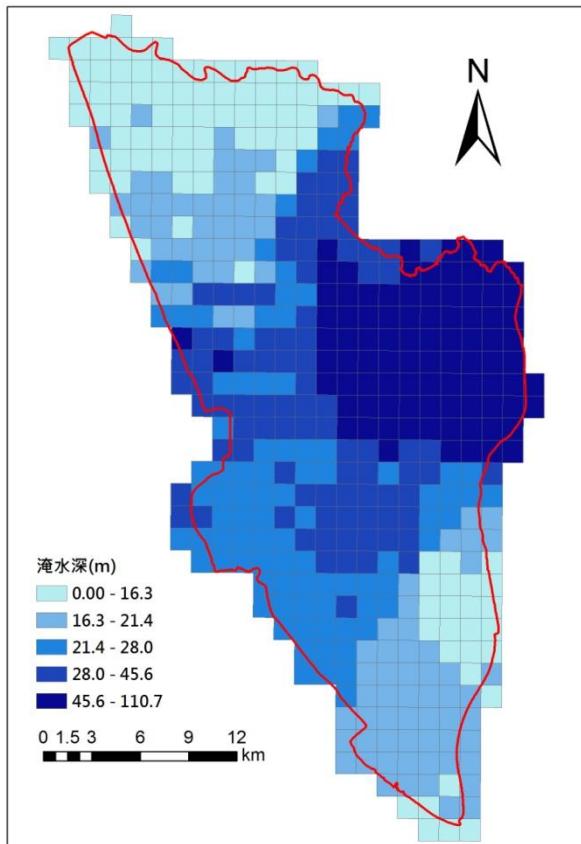
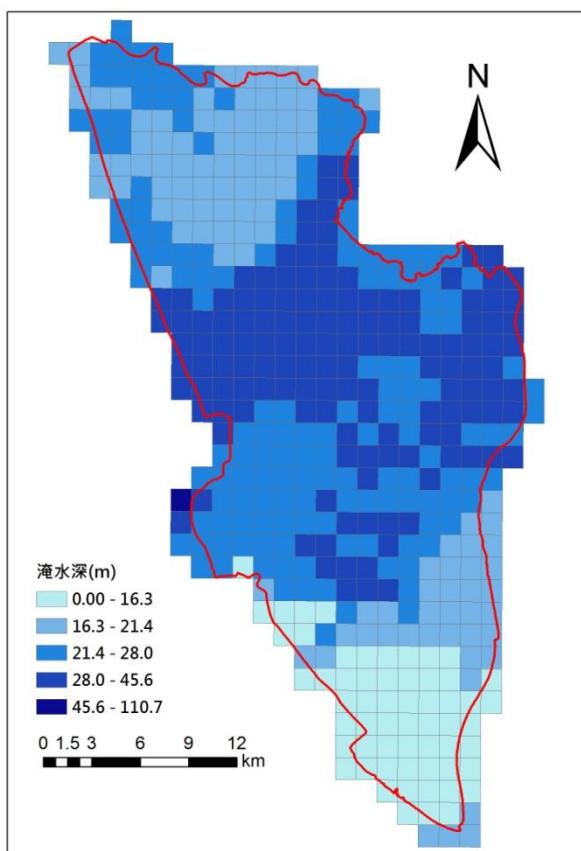
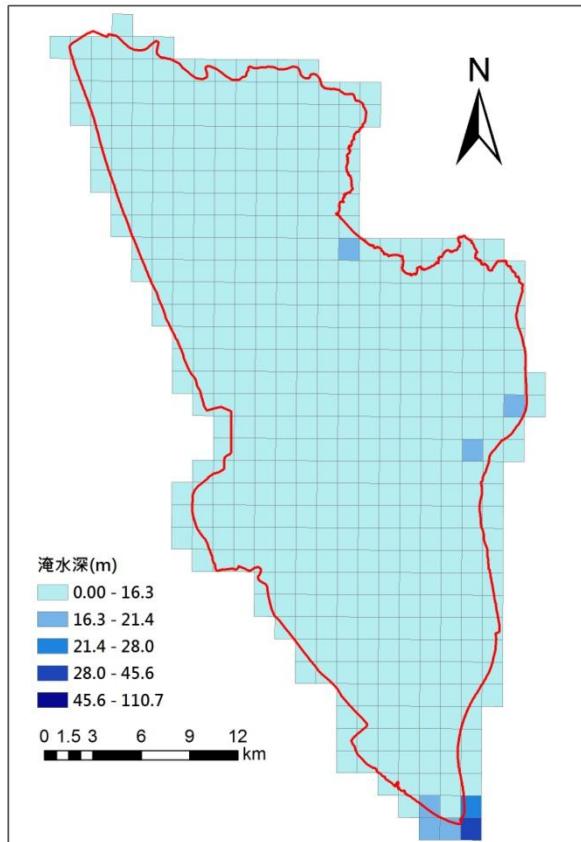
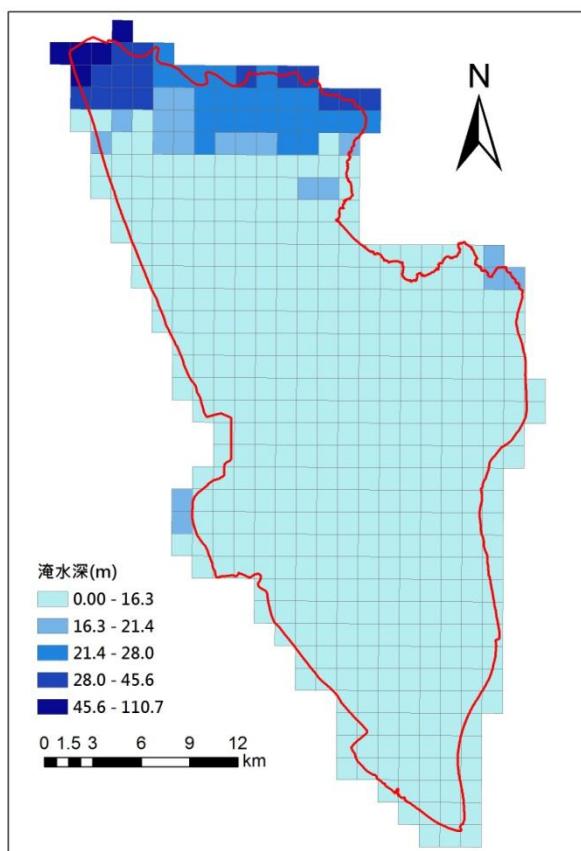


圖 1 莫拉克颱風 8、16、24、32、36、48 小時 QPE 網格淹水圖







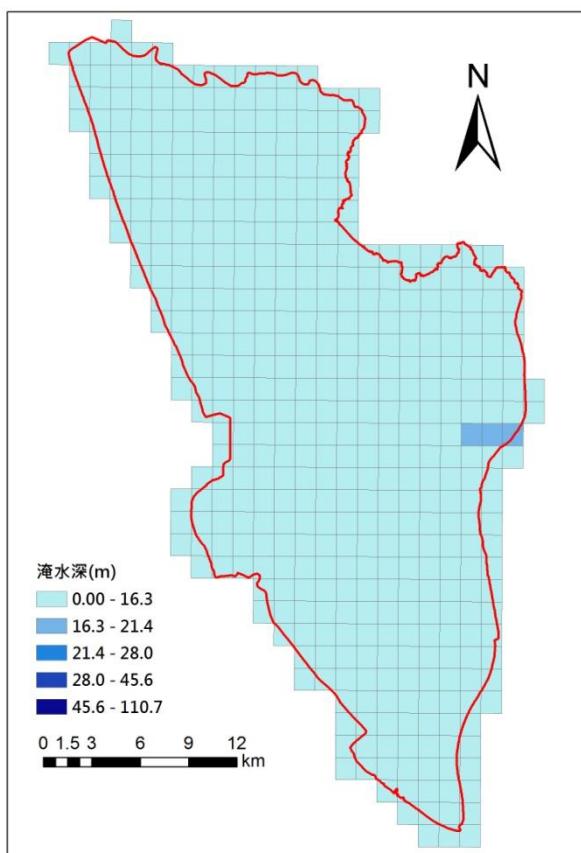
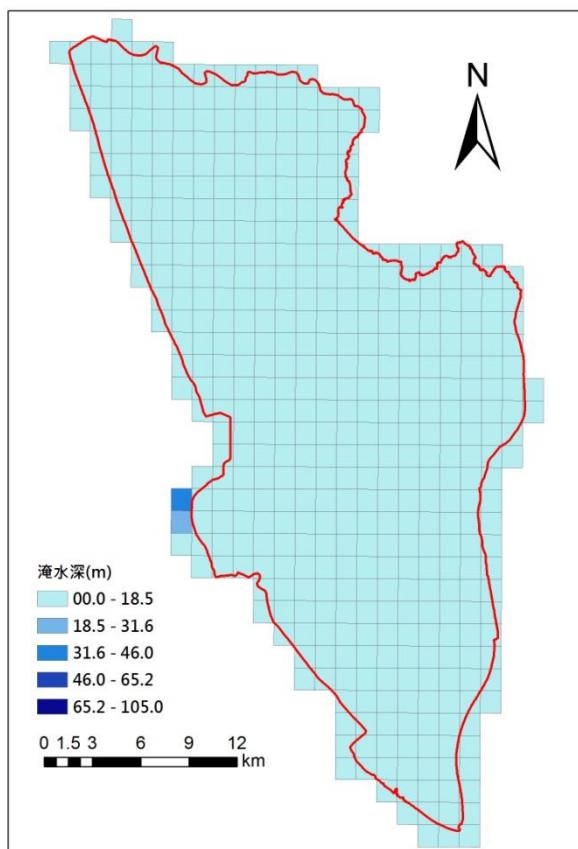
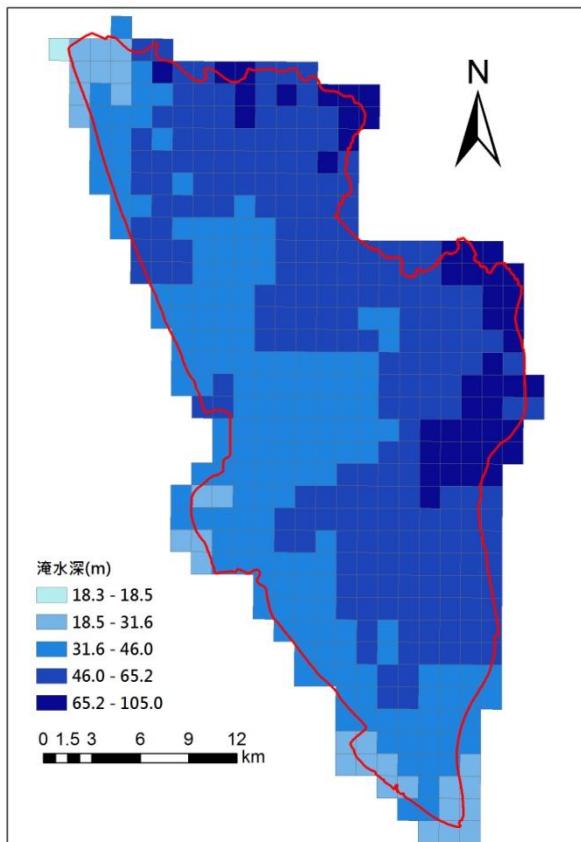
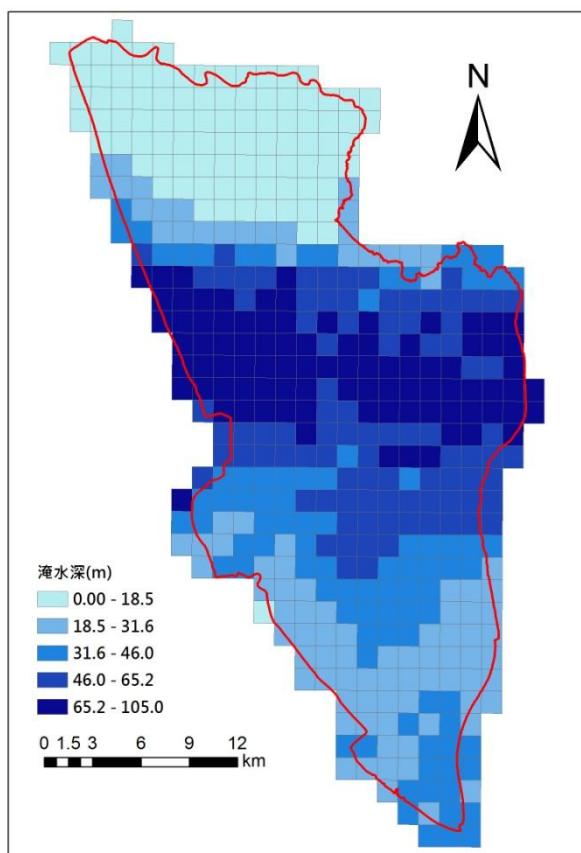
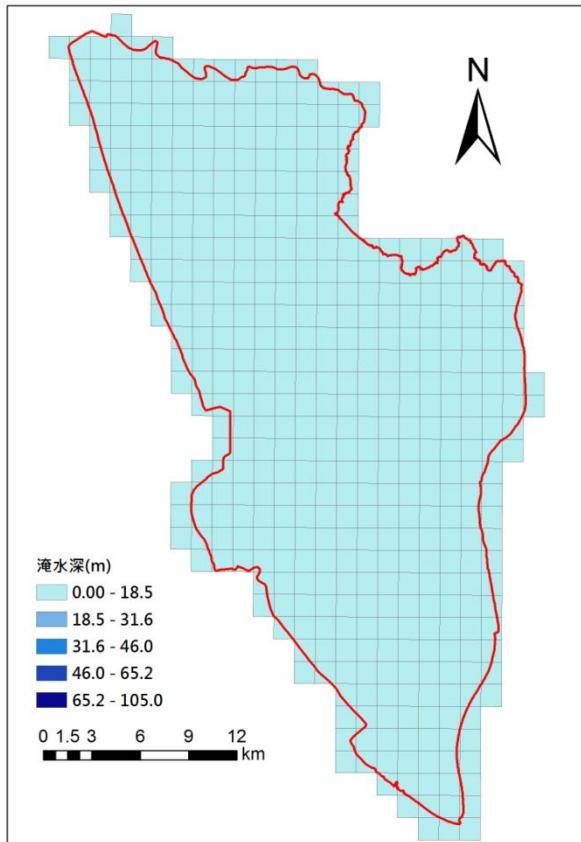
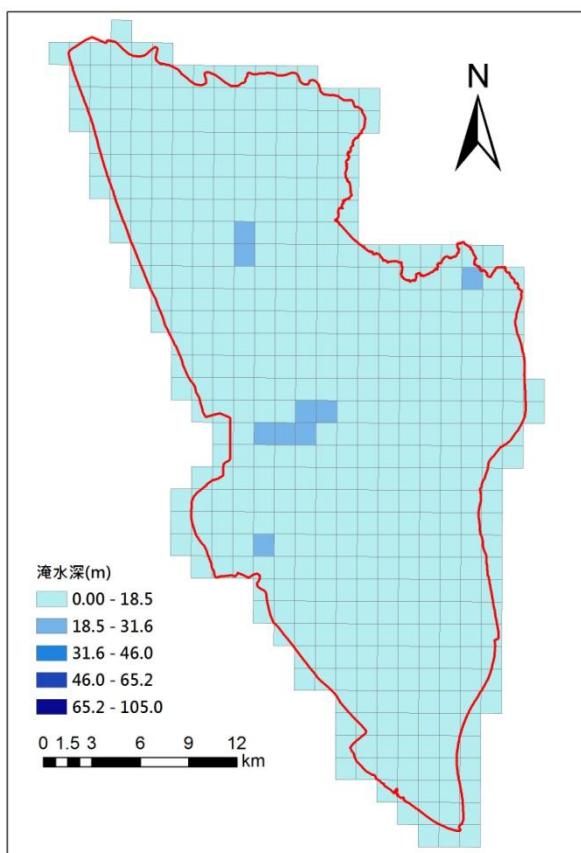


圖 2 凡那比颱風 6、12、18、24、30 小時 QPE 網格淹水圖

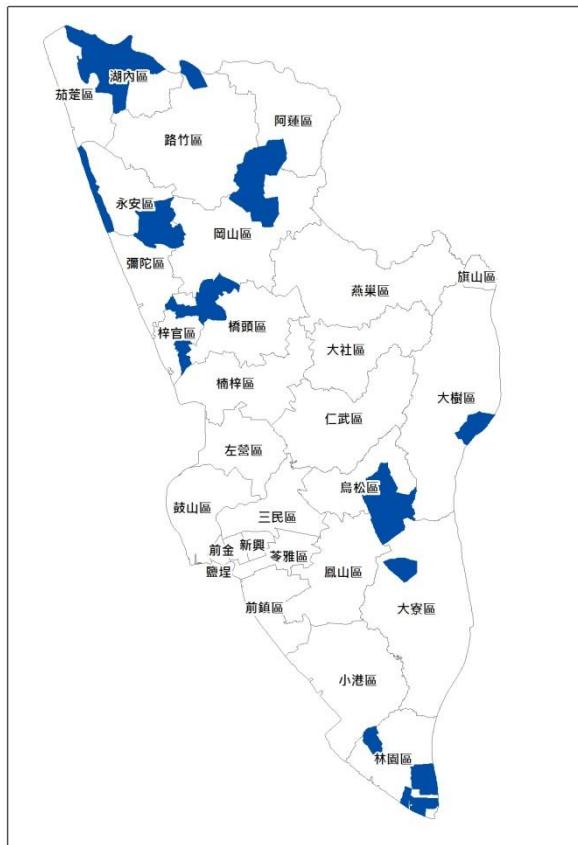








附錄五 颱風事件淹水資料



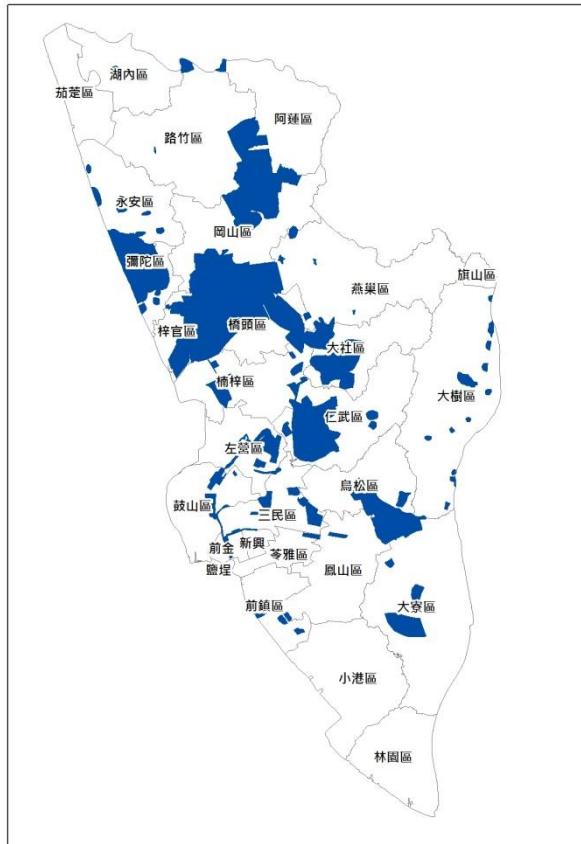
(資料來源：高雄市水利局)

圖 1 莫拉克颱風淹水災害圖

表 1 莫拉克颱風淹水災害表

地區	淹水情況
橋頭區	水約 30-80cm，高速公路下積水達 80cm。
永安區	永安計有 3 處積水 10-25cm，不影響汽車通行。
鳳山區、岡山區、鳥松區、仁武區、林園區、大寮區、茄萣區、湖內區、梓官區、旗山區	地區道路淹水約 30-40 公分

(中央災害應變中心災害應變處置報告)



(資料來源：高雄市水利局)

圖 2 凡那比颱風淹水災害圖

表 2 凡那比颱風淹水災害表

流域	淹水情形
典寶溪段	受災地區包括『岡山劉厝里、白米里、石潭里』、『梓官九成村里淹沒』、『橋頭九成村里淹沒』、『大社保社里、嘉誠里』、『燕巢中崎里、瓊林里』鄉及高雄市『楠梓福昌里、興昌里、泰昌里』
後勁溪段	淹水分佈鄉鎮包括『高雄市楠梓右昌地區』及『仁武竹後里、中華新里、仁武里、文武里、八卦里、灣內里及赤山里』與『大社保安里、翠屏里、三奶里、中里里、神農里、觀音里』。
鳳山溪段	『烏松東豐巷、美山路、中正路、大埤路及水管路』、『前鎮區鎮州路、媽祖港橋兩側』、『鳳山文化路至文華國小道路』。

愛河段	『愛河中華一路至建國橋左岸』、『三民區文藻外語學院』、『鼓山區忠正里、民強里、平和里、厚生里』、『三民區灣興里、正興里本和里本揚里』、『苓雅區正道里、文昌里、建軍里』、『左營區福山里』。
-----	---

(中央災害應變中心災害應變處置報告)

表 3 海棠颱風淹水災害表

地區	淹水情況
岡山區	嘉興路永興木業公司及高鐵下方附近積水 約 30 公分，長約 300 公尺，現場已拉起警 戒線管制人車。
旗山區	廣福里中興街半部仔目前積水約 60 公分， 道路雙向封閉中，現場已拉起警戒線管制 人車。旗尾橋水位達警戒線封閉。
鳥松區	東豐巷及美山路 19 巷路面積水 50 公分，人 車無法通行，現場已拉起警戒線管制人車。長庚醫院附近路面積水 20 公分，長 20 公 尺，寬 3 公尺，現場已拉起警戒線管制人 車。神農路與水管路口路面積水 40 公分，長 30 公尺，寬 10 公尺，現場已拉起警戒線 管制人車。
燕巢區	燕巢系統交流道（國道 10 號及國道 3 號交界），路面積水約 40 公 分，小型車無法通 行，已由警察局派員警戒。
阿蓮區	玉庫村，積水 160 公分，由地區河川局調 2 台抽水機執行抽水。
梓官區	民權街、公館路及信心路積水約 50 公分現 場已拉起警戒線。中崙村 中崙路 56 巷與 112 巷附近，積水約 20 公分，雨勢稍緩消退中。 大舍南路積水 50 公分。
茄萣區	崎漏村抽水站積水 30 公分，雨勢稍緩消退中。
湖內區	海埔村忠孝街道路積水 30 公分影響行車。

(中央災害應變中心災害應變處置報告)

表 4 潭美颱風淹水災害表

高市淹 4 區 高縣 12 鄉鎮淪陷。
高市部分，三民區、鼓山區、左營區及楠梓區 4 個北高雄的行政區淹水最嚴重，楠梓區久昌街、右昌街附近則水淹過 1 樓高；楠梓區海洋科技大學後勁溪及愛河都暴漲，高雄從港都變水都，逾 3 萬戶停電。
橋頭鄉與大社鄉的淹水區域，其中大社鄉大新路、三民路一帶，淹水達到一人高。
高雄縣一開始把防颱重點放在山地鄉，不料，昨大雨一來，與高市交界處的高縣鳳山、仁武、橋頭、大社、大樹鄉等 12 個平地鄉鎮市，也被大水攻陷；其中橋頭和大社鄉最嚴重，淹水高達 120 公分、相當小一學童高度。

(中央災害應變中心災害應變處置報告)