

氣候變遷下

都市災害影響熱點判別指標系統

內政部建築研究所研究報告

中華民國九十八年十二月

氣候變遷下 都市災害影響熱點判別指標系統

受委託者：銘傳大學

研究主持人：何明錦

協同主持人：吳杰穎

研究員：林文苑

研究員：林育慈

研究助理：曾志雄、劉書帆

黃昱翔、張佑慈

內政部建築研究所研究報告

中華民國九十八年十二月

目次

目次.....	I
圖次.....	II
表次.....	III
第一章 緒論.....	1-1
第一節 研究緣起.....	1-1
第二節 研究範疇與方法.....	1-3
第二章 氣候變遷對台灣都市之衝擊.....	2-1
第一節 氣候變遷之成因.....	2-1
第二節 氣候變遷之威脅.....	2-3
第三節 氣候變遷下的台灣都市.....	2-8
第三章 都市災害影響熱點判別指標與系統.....	3-1
第一節 國家與區域層級.....	3-1
第二節 縣市層級.....	3-7
第三節 鄉鎮市層級.....	3-19
第四節 各都市災害影響熱點判別指標系統之比較.....	3-30
第四章 我國氣候變遷災害影響熱點判別指標初擬.....	4-1
第一節 氣候變遷災害影響熱點判別指標歸納.....	4-1
第二節 氣候變遷災害影響熱點判別指標初擬.....	4-6
第三節 氣候變遷災害熱點判別指標之資料.....	4-10
第五章 判別指標之選取與判別指標系統之操作.....	5-1
第一節 模糊德爾菲法之操作與分析.....	5-1
第二節 模糊階層分析法之操作與分析.....	5-5
第三節 判別指標資料來源分析及操作說明.....	5-8
第四節 判別指標系統之操作—以桃園縣鄉鎮市為例.....	5-14
第六章 結論與建議.....	6-1
第一節 結論.....	6-1
第二節 建議.....	6-3
參考文獻.....	1
附錄一 各指標之資料形式與評估方式.....	6
附錄二 模糊德爾菲專家問卷.....	9
附錄三 模糊德爾菲之操作.....	23
附錄四 模糊階層分析法專家問卷.....	27
附錄五 模糊階層分析法之操作.....	42
附錄六 專家座談會之會議記錄.....	47
附錄七 期中審查意見回應.....	54
附錄八 期末審查意見回應.....	57

圖次

圖 1-1	研究流程圖	1-5
圖 2-1	台灣氣候變遷因果關係圖	2-8
圖 3-1	水災人員死亡率脆弱度評估圖	3-2
圖 3-2	水災經濟損失脆弱度評估圖	3-2
圖 3-3	水災經濟損失佔該國GDP比例脆弱度評估圖	3-2
圖 3-4	海岸地區脆弱度評估架構	3-4
圖 3-5	災害評估步驟圖	3-12
圖 3-6	台灣天然災害統計指標體系架構圖	3-17
圖 3-7	全台各縣市災害管理統計圖	3-18
圖 3-8	CVCA脆弱度評估程序圖	3-20
圖 3-9	汐止市脆弱度圖	3-29
圖 4-1	氣候變遷災害熱點判別指標架構圖	4-9
圖 5-1	氣候變遷下都市災害影響熱點指標架構	5-4
圖 5-2	台灣地區雨季平均降雨量分布圖	5-9
圖 5-3	台灣地區乾季平均降雨量分布圖	5-9
圖 5-4	台灣地區夏季平均溫度分布圖	5-9
圖 5-5	內政部營建署環境敏感地查詢系統示意圖	5-9
圖 5-6	宜蘭縣宜蘭市建物面積分布圖	5-13
圖 5-7	降雨 600mm/日淹水潛勢圖	5-13
圖 5-8	2000 年至 2090 年間桃園縣各鄉鎮市雨量與溫度變化	5-14
圖 5-9	桃園縣各鄉鎮市環境敏感地分佈圖	5-96
圖 5-10	桃園縣各鄉鎮市崩塌地區與沿海土地流失地區分佈圖	5-13
圖 5-11	桃園縣各鄉鎮市之建物分佈與淹水潛勢圖	5-13

表次

表 2-1	氣候變遷對都市地區之衝擊影響表.....	2-4
表 2-2	模式名稱與發展模式之氣象機構.....	2-7
表 3-1	海岸區域之脆弱度評估表.....	3-5
表 3-2	型態與風險特徵評估指標清單.....	3-8
表 3-3	脆弱度評估計算示意表.....	3-13
表 3-4	CVA矩陣分析圖.....	3-23
表 3-5	CVA脆弱度指標.....	3-25
表 3-6	脆弱度與適應能力因子表.....	3-27
表 3-7	評估目的分析表.....	3-31
表 3-8	評估尺度分析表.....	3-32
表 3-9	評估指標項目分析表.....	3-33
表 3-10	評估方法分析表.....	3-35
表 4-1	判別指標歸納表(國家/區域).....	4-1
表 4-2	判別指標歸納表(縣市層級).....	4-3
表 4-3	判別指標歸納表(鄉鎮市層級).....	4-4
表 4-4	氣候變遷因素指標與文獻彙整表.....	4-7
表 4-5	自然環境條件指標與文獻彙整表.....	4-7
表 4-6	社經環境條件指標與文獻彙整表.....	4-8
表 4-7	災害熱點判別指標架構與資料表.....	4-10
表 4-8	災害熱點判別指標操作性表.....	4-12
表 5-1	模糊德爾菲專家問卷受訪群表.....	5-2
表 5-2	評估指標篩選表.....	5-3
表 5-3	氣候變遷下都市災害影響熱點指標權重表.....	5-6
表 5-4	崩塌地危險度分級準則.....	5-12
表 5-5	2000 年至 2090 年間桃園縣各鄉鎮市雨量及溫度變化之平均值與t分數...	5-14
表 5-6	桃園縣各鄉鎮市環境敏感地指標t分數.....	5-16
表 5-7	桃園縣各鄉鎮市崩塌地區與沿海土地流失地區面積比例與t分數....	5-18
表 5-8	各鄉鎮市人口密度、災害死傷人數與土石流保全人數之原始值與t分數 5-12	
表 5-9	桃園縣各鄉鎮市建物面積與淹水潛勢面積比例與t分數.....	5-20
表 5-10	桃園縣各鄉鎮市三面向之權重.....	5-21
表 5-11	桃園縣各鄉鎮市指標評估加權計分後之分數.....	5-212

第一章 緒論

第一節 研究緣起

一、研究動機

近年來全球氣候變遷引發災害衝擊之相關研究已經越來越受重視，極端氣候異常將提高都市的脆弱度，並加劇災害造成的衝擊。聯合國「跨國氣候變遷小組」(IPCC；Intergovernmental Panel on Climate Change)在 2007 年氣候變遷評估報告(Fourth Assessment Report, AR4)，指出 21 世紀全球暖化的趨勢是非常明確的，並提醒氣候變遷將引致全球性的環境與生態變遷。氣候變遷的現象主要包括了氣溫上升、降雨變遷、海平面上升及冰雪覆蓋量減少及極端氣候事件的發生，間接/直接影響地球的天然環境系統，恐加劇災害的頻率與強度。因此世界各國開始著手進行氣候變遷的相關研究，並彙整各種過去災害的經驗與知識，制定因應的調適策略與研究。其中許多國際組織，如 IPCC (2007)，European Climate Change Programme (2006)均建議：世界各國應建立評估系統，以評估自己國家面對氣候變遷引發之災害風險。

Mileti (1999) 認為天然災害是三個系統交互作用的結果：(1)地球的天然環境(Physical Environment)系統，如颱風、降雨、地震等；(2)人文環境(Human Environment)系統，如人口分佈，政治經濟條件，文化特性等；(3)建成環境(Built Environment)系統，如建築物，維生管線，公共設施等。Dilley et al.(2005)在世界銀行出版的報告”Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis”中指出，台灣可能是世界上最易受到天然災害衝擊的地方，特別是台灣約有 73%的人口是居住在有三種以上災害可能衝擊之地區。既然台灣位於極易受災的地區，也就是 Mileti 認為天然環境系統較敏感的地區，加上全球氣候變遷的推波助瀾，未來唯有調整 Mileti 所稱人文環境系統及建成環境系統，台灣面對的災損狀況才不會大幅度擴大。然而欲調整人文環境及建成環境系統，就必須先判斷那些地區是有較高的風險？有較高的脆弱度？其脆弱度的型態為何？

因此，本研究在上述背景下，並且考量內政部建築研究所 2008 年「氣候變遷衝擊下之都市災害型態與衝擊評估先期研究」成果報告之建議，嘗試考量在氣候變遷狀況下，根據我國本土特性，建立可量化且易操作的災害熱點判別指標系統，藉以衡量各都市地區人文環境與建成環境之脆弱度因子及其風險高低。此災害熱點判別指標系統建立後，將使得未來在地區治理上，規劃者能容易地掌握該地區的災害風險高低及脆弱度因子，辨識應優先擬定調適計畫之地區，並可作為都市空間規劃、地區災害防救計畫之重要參考。

二、 研究目標

- (一)掌握氣候變遷下，台灣都市受災的趨勢。
- (二)掌握世界各國對氣候變遷引發之災害風險評估指標及系統。
- (三)篩選相關之評估指標，並給予權重。
- (四)提出易操作的「災害熱點判別指標系統」。

三、 研究目的

- (一)「災害熱點判別指標系統」完成後，具體回應國際相關組織的呼籲。
- (二)提供空間規劃者或政府行政人員，未來能透過簡易的「災害熱點判別指標系統」掌握某地區在氣候變遷影響下之風險高低及脆弱度因子。

第二節 研究範疇與方法

一、研究範疇

(一)氣候變遷災害熱點(hotspot)之定義

災害熱點(disaster hotspot)這個觀念普遍被運用，始於 2005 年世界銀行所出版的報告「Natural disaster hotspots: A global risk analysis」。作者 Dilley 等人，將災害熱點定義為：容易受到一種或數種災害影響，並可能產生嚴重衝擊風險之地區。由於其所評估之尺度是以全球網格為基本單位計算，計算全球各地區受災的程度，故其 hotspot 有「受災程度高的風險地區」之意。本研究對氣候變遷災害熱點之定義，為容易受到氣候變遷因素衝擊、改變、擾動之地區，包括人為建成環境、自然環境等。但本研究的意涵，並非評估地區「是否」為熱點，而是評估地區受氣候變遷風險影響之「程度」，不完全等同於 Dilley 等人研究之定義。本研究的判別指標系統，其評估意義便為交互衡量氣候變遷影響因素、自然環境與人為環境等三者，綜合評估地區受氣候變遷的風險程度。

(二)研究尺度

為了評估台灣未來受氣候變遷衝擊之可能性與脆弱程度，讓判別指標不至難以操作且不失精度，可切實運用於地區行政單位中，並使之實踐應用於防救災空間系統中，本研究研擬之氣候變遷災害熱點之判別指標系統其運用尺度與精準度，針對我國有都市計畫之鄉鎮市地區，使鄉鎮地區能藉判別系統深入了解地區受氣候變遷衝擊之可能，衡量未來受衝擊、損害較強之區位與程度，作為台灣鄉鎮縣市規劃相關決策、減災、都市計畫、地區災害防救計畫之參考方針。

(三)氣候變遷影響範疇

氣候變遷涉及之影響面向相當廣泛，包括溫度、降雨、海平面上升等主要的現象(馮正民、詹士樑，2007)，造成的衝擊包括海岸與濕地的流失、水資源與農業的衝擊、洪旱災與傳染疫病等各種面向的衝擊。然而本研究的評估面向主要以災害衝擊為主，評估風險程度以致於能落實至防救災空間系統中。故本研究氣候變遷涉及之影響範疇，以溫度、降雨、海平面、環境敏感地、地理條件與台灣的社會經濟條件等面向，為主要的研究範疇。

在溫度與降雨的評估因子中，本研究主要以何明錦、詹士樑(2008)模擬氣溫、降雨之成果為主。對於其研究成果之氣候變遷未來的模擬情境與模擬的模式，本研究考量災害衝擊的最差情況，以差異度較高之 A2 為主要之情境的選擇。在海平面上升的相關預估中，柳中明(2008)的成果指出，台灣目前尚未進行海平面上升的推估，因此海平面推估的部分仍是目前較難以進行

操作的評估因子。

二、研究方法

為檢視各個氣候變遷與災害熱點之相關研究，因此以文獻回顧法蒐集歸納國內外災害熱點之相關文獻，進行災害熱點定義、評估指標操作、衡量之文獻探討；以模糊德爾菲法篩選評估指標；並為使評估指標不至難以操作落實，故以未來使用者訪談的方式，歸納未來行政操作單位之意見，進行評估指標之操作性與應用性之修飾；最後以模糊層級分析法篩選並取得評估指標之權重值。文獻回顧歸納法：

(一)文獻回顧歸納法：

透過文獻回顧與資料蒐集，蒐集與歸納國內、外關於災害熱點相關的討論文獻，包含定義、評估指標（因素）建立、評估方法、實證與案例分析、政策評估等層面的文獻與資訊。

(二)專家座談與訪談：

透過不同領域專家或焦點團體的專家問卷及座談，協助研究相關工作的推動，包含對於災害熱點的相關定義、評估系統（與指標）建置、評估方法的確認，透過專家座談與訪談，使研究的進行方向能獲得較高的共識，亦可透過集思廣益以避免研究層面過於狹隘。

(三)未來使用者訪談：

透過未來使用對象之訪談，針對評估指標的資料取得、資料轉換、指標操作運用作適宜性、難易性的訪談衡量，使災害熱點評估不至難以落實運用，可切實的運用於各行政單位、主管機關部門。

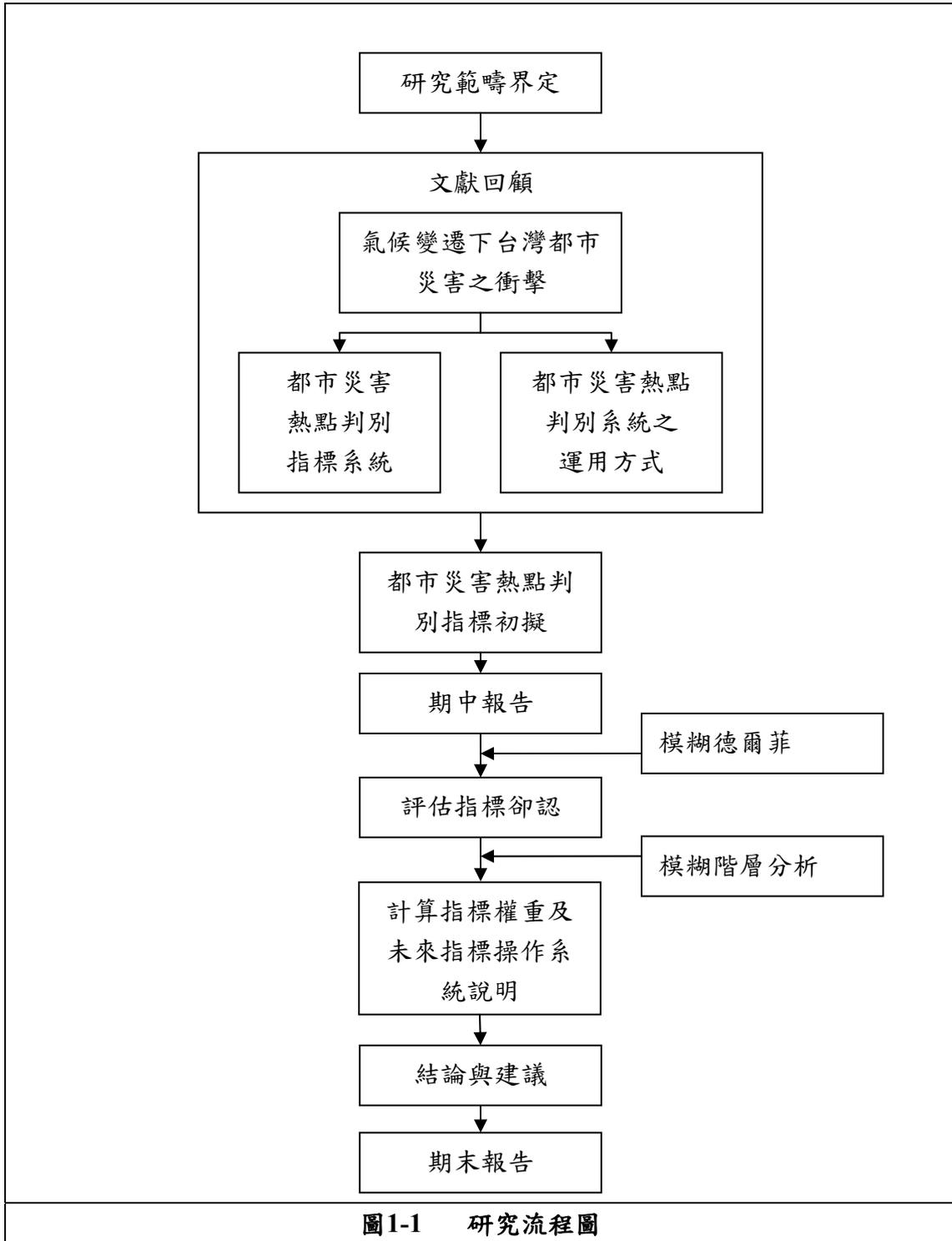
(四)模糊德爾菲法、模糊層級分析法：

以模糊德爾菲法進行專家意見之調查，篩選各個評估指標，剔除相對不重要的評估指標，作為評估指標評選之依據；並透過模糊層級分析法，衡量各個評估指標之重要性程度，以及各個指標、次標之權重值，作為地區實證資料的權重比例。

三、研究流程

本研究首先界定氣候變遷之研究範疇，其次檢視氣候變遷與災害熱點之相關研究，以文獻回顧整合相關氣候變遷對都市之衝擊、災害熱點與相關評估方式之文獻；初步擬定評估指標後，透過模糊德爾菲法，以專家座談訪談各領域之專家學者，以取得評估指標之共識，篩選刪除評估指標；並為使評估指標不至難以操作落實，故以未來使用者訪談的方式，歸納未來行政操作單位之意見，進行評估指標之操作性與應用性之修飾；再以模糊層級分析法篩選並取得評估指標之權重

值，最後將之納入防災空間規劃之程序中，研擬應用於防救災措施的相關策略與建議。



資料來源：本研究整理。

第二章 氣候變遷對台灣都市之衝擊

第一節 氣候變遷之成因

長久以來，人類活動所產生之溫室氣體已造成地球氣候產生劇烈變化，且導致全球性環境與生態上的變遷，促使劇烈性之異常天氣愈加頻繁，氣象災損更益增加，對於脆弱度高的城市而言，將會受到嚴重的衝擊。因此以下將針對氣候變遷的形成原因與影響分別闡述之。

太陽輻射是以紅外線波長來增加地球的熱量。地球吸收太陽光能量之後，再以紅外線長波形式輻射進入大氣，被其中的雲、二氧化碳、水汽及其它氣體所吸收。大氣將部分能量輻射回到太空，部分則再返回地球表面，因而使地球增加能量。這種自然的加熱過程即稱為「溫室效應」(Greenhouse effect)。

溫室效應是一自然現象，自盤古開天以來，就存在於地球。但如果大氣中的溫室氣體含量過高，將攔截過多的地球輻射，使得地表氣溫逐漸上升。自從歐洲工業革命以來，人類的工業活動大量使用化石燃料(如煤、石油等)，製造了大量的二氧化碳、氧化亞氮、甲烷、氟氯碳化物等溫室氣體，並將之排放至大氣之中。而溫室氣體的一個重要特性即是生命週期相當地長。這些氣體一旦進入大氣，幾乎無法回收，只有靠自然的過程讓它們逐漸消失。即使，人類立刻停止所有的人造溫室氣體的排放，從工業革命之後，累積下來的溫室氣體仍將繼續發揮它們的溫室效應，影響地球的氣候(許晃雄，1998)。

氣候變遷原屬於自然現象，大多數的溫室氣體來自於海洋，為演替冰河時期的現象，而隨著經濟的發展，現在人類可能正在加速這個過程。許多研究顯示，人類利用生態資源、化石燃料時所產生的溫室氣體已對大氣系統的影響越來越劇烈，甚至可能取代了自然演替作用，因而 IPCC(2007)在報告中指出人類活動「非常可能」為氣候變遷的主因。

IPCC(2007)於第四版氣候變遷綜合報告書(Assessment Report Four)中提出，溫室氣體巨幅成長的轉折時間點，約為工業革命時期的 1750 年後才開始。工業革命所產生的工業化、都市化與科技的發展，致使溫室氣體充斥於大氣中，加上都市熱島效應的關係，最直接的感受即是氣溫越來越高。氣溫上升為最直接的氣候變遷現象之一，並持續引發其它氣候變遷的現象，如：降雨改變、海平面上升甚至極端天氣的發生等。因而斷言「工業革命」為人類活動對大氣影響的起始點。

洪志誠(2007)表示，若把大氣中的溫室氣體全部移除，地表的平均溫度會比目前低 30 幾度，全球地表平均溫度將低於零℃，即地球如果缺少溫室效應的保溫，地球上的生物也將面臨空前的浩劫，但問題癥結是，目前溫室氣體的含量已經超過保溫地球該有的濃度，而且仍快速增加中。另外，過去幾次地球暖化的現象皆與二氧化碳的濃度增加有關。過去，大氣中的二氧化碳增加原因是因為火山爆發造成，但近年來，人類活動可能是造成此現象的主要歸因。

胡思聰、張隆盛、李至倫(2004)更指出，大自然的運作機制實非人類現有知識所能測度，現有科技文明其實是建立在一個環境狀態沒有劇烈變異的脆弱前提上。如果人類不能節制對於環境的掠奪心態與污染行為，在連鎖擴張的效應下，人類製造的環境問題與氣候變遷，將會為人類自己招來無可抗禦的浩劫，使人類回到茹毛飲血的原始生活、重新面對大自然最嚴苛而公平的生存考驗！為了免於墮入這種悲慘的境地，各國政府應該謹慎的制訂環境政策、遵守國際環境公約，而且必須加強環境科學的研究並認真思考有關的環境影響與因應對策。

許晃雄(1998)也提到，人了不斷向大自然爭取生存空間，以換取更好的生長環境，隨著人口快速增加、科技不斷突飛猛進，人類的影響不斷加速而且擴大影響範圍。工業革命以來，人類大量的製造溫室氣體，對大自然的影響將不再只是侷限於地表，而是擴張至大氣，而且藉由大氣的運動，將影響逐漸佈及全球，大幅提高了全球暖化的可能性。科學家也因此驚覺到氣候不只變幻莫測，更可能因人類的過度發展而發生更劇烈的變化。1980年以來，全球平均氣溫迅速上升，不尋常的天氣與氣候現象頻頻發生頻率，更使得氣候變遷突然成為世人矚目的議題。

第二節 氣候變遷之威脅

IPCC(2001)於年全球氣候變遷第二次評估報告中指出，氣候變遷將導致天然災害之強度及頻率越來越大且不穩定，產生的災損將會更趨嚴重。此外，若全球平均氣溫上升3度，亞洲一年之內將有7百萬人以上，面臨洪水危機，全球則有1億人以上的人口面臨糧食不足之窘境；如全球溫度上升4度，北極海冰層將銳減35%，使每1/5的人口會受到洪水的衝擊，且地球約有30億人口將面臨缺水的困境。另外，北美地區受熱浪侵襲的次數將增為3至8倍。更於2007年所發佈的第四次評估報告，人類活動非常可能是全球氣候變遷主因的可能性。

IPCC(2001)，認為21世紀全球暖化的趨勢相當明確，並指出氣候變遷將導致全球性的環境與生態變遷，促使颱風、大西洋的颶風、歐美洲的溫帶氣旋與暴風雨也將產生規模更大災損更嚴重的洪災，而颱風此種破壞力強的災害，其影響範圍將因為氣溫的上升而擴大，強度與頻率會越來越強、越來越不穩定。另外，熱浪和豪雨亦極可能會越來越頻繁，積雪亦越趨減少。

另外，IPCC(2001)更預估，於2100年時全球平均地面氣溫將比1990年增加1.4—5.8°C，而海平面將上升9—88公分；此外，預估全球二氧化碳濃度已自工業革命前280 ppm增加至1992年360 ppm，到2100年二氧化碳濃度增加至540-970 ppm，是1750年的90-250%，若要在21世紀末將二氧化碳濃度保持為工業革命前之二倍，則目前全球二氧化碳之排放量即需削減一半以上。

IPCC(2007)於第四次評估報告書中提到，溫室氣體的減量與氣候變遷之調適均須受到重視，並指出所謂的氣候變遷調適亦即，在自然或人為系統中，因應實際或預期的氣候變化，減緩其所造成之傷害。

2005年，全球環境變遷人文面向國際計畫(International Human Dimensions Programm of Global Environmental Change, IHDP)於Urbanization and Global Environmental Change報告書提出，全球環境變遷造成的極端氣候將改變季節的強度或長度，而脆弱度高的城市將遭受嚴重之衝擊。聯合國開發計畫署(United Nations Development Programme)亦指出氣候變遷會對貧窮國家帶來嚴重的衝擊。此外，氣候變遷將導致海平面上升，促使沿海地區土地淹沒，以至於國家領土消失，因而經濟合作開發組織(The Organization For Economic Cooperation And Development)於2007年12月，研究預估2070年將有136個沿海城市的居民活在淹水的恐懼之中，尤其是亞洲地區。

歐盟氣候變遷計畫第二工作小組(ECCP WG II)於2006年所提出的「都市計畫與建設調適部門報告(Urban Planning and Construction Sectoral Report)」中指出，氣候變遷導致都市地區產生熱島效應，並改變降雨型態，嚴重影響水資源，導致都市地區之衛生環境、運輸系統、水質和水量需求等問題。Satterthwaite(2008)亦表示氣候變遷趨勢下，洪患、乾旱的強度增加、發生的週期不固定，容易造成陸地水資源涵養量的不穩定以及水質改變。

Satterthwaite(2008)指出氣候變遷趨勢下，洪患、乾旱的強度增加、發生的週期不固定，容易造成陸地水資源涵養量的不穩定以及水質改變，而衝擊不僅對於水資源本身破壞更會影響糧食、產業衝擊，亦因為在其影響之下，災害的衝擊強度與頻率將有可能變得更為劇烈，並使得人類基本農牧生產及居住環境變化，脆弱度亦隨之提升。亦指出當氣候變遷產生洪水或降雨頻率發生，城市地區將存在更多風險，包括建築、道路、橋樑之基礎設施將受到摧毀，加重交通系統之需求。氣候變遷對都市地區之衝擊如下表 2-1 所示。

詹錢登、陳晉琪(2009)提出氣候變遷所導致的溫度上升，致使高緯度的高山地區冰凍天數減低，土石流發生區位有逐漸往高海拔地區移動之趨勢，溫度攀升將促使永凍土和岩石冰河活動之動力，成為提供土石流開始發生地區的土石材料。另外還提到，氣候變遷所引發的降雨改變，可能使土石流也產生季節性的變化。

胡思聰(2004)表示，由於全球性氣候變遷與地球暖化，導致溫升及極區冰融，造成海面上升淹沒土地，且因海水表層鹽度降低，無法進行與深層海水層的交換對流，進而影響了「溫鹽環流」的能量傳遞功能。全球各洲的氣候將會大異以往，且將導致病蟲害、農產品歉收及瘟疫的流行。在資源、糧食及能源供應不繼的狀況下，人類將會為了搶奪環境資源而烽火四起。而那些國土面積廣大、人口眾多，環境承載負荷過大的國家及地區最深受其害。

何明錦、詹士樑(2008)於內政部建築研究所的報告中提到，氣候變遷可能會造成能源的爭奪及國與國之間的衝突；此外洪患、乾旱亦會愈加劇烈，將造成水資源的不足及水質的改變，其它如糧食、產業以及居住環境等，也將受到全球氣候變遷之衝擊。

表2-1 氣候變遷對都市地區之衝擊影響表

氣候現象	影響	長期的衝擊	受衝擊的區域/族群
颱風 熱帶氣旋 暴風	洪水和暴風造成的傷亡及損害；經濟損失；交通、旅遊、基礎設施	提高沿海地區脆弱度；住宅、健康、旅遊、經濟及運輸系統、建築物及基礎設施	沿海地區；人口與資源有限的地區；基礎設施；保險業
暴雨 洪水	侵蝕/滑坡；淹水；運輸系統；基礎設施	沿岸地區與排水系統	沿岸地區 排水系統
熱浪 寒流	人類的健康；社會穩定；能源、水資源系統；基礎設施	特定族群的脆弱度增加；健康上的影響；能源需求的改變	中緯度地區；老人、幼年和(或)非常貧困的人口
旱災	水的供應；基本生計；水利、水運設施	水資源的貧乏；人口及經濟活動趨位的轉移；額外的供水投資	乾旱和半乾旱地區；貧困和人口集中的地區；人類造成的缺水地區
氣溫	能源的需求及其成	對能源需求的轉變；空	多元化但適應、資源

氣候現象	影響	長期的衝擊	受衝擊的區域/族群
	本；城市空氣品質；凍土與解凍土壤；旅遊業和娛樂業；零售消費；基本生計	氣品質的惡化；影響仰賴融水的生活區；威脅位於土壤凍土層的住宅區/基礎設施	有限的地區及人口，將形塑更高的脆弱度
降雨	農業生計；海水倒灌；旅遊業；水利基礎設施；仰賴水的能源供應	降雨提升與減少造成脆弱度的提高	貧困地區與人口
海水倒灌	影響水利基礎設施	增加沿海地區的脆弱度	地勢低窪的沿海地區(尤其是資源能力有限的地區)
海平面上升	沿海的土地使用；洪水風險；水災；水利基礎設施	低窪沿海地區的長期脆弱度增加	地勢低窪的沿海地區(尤其是資源能力有限的地區)

資料來源：Satterthwaite (2008)

另外，IPCC 將預測大氣中溫室氣體變化的情況，以進行未來氣候變遷之預估。IPCC 於第三次(The Third Assessment Report; TAR)及第四次報告(AR4)中，使用了六種的情境，以假設氣候變遷下，未來全球與區域的社會、經濟、科技、環境等變化。下列將針對這六種情境簡述之。

(一)A1 情境

此情境預估因嶄新且有效率的科技快速發展，致使全球經濟大幅成長，然而全球人口數在世紀中達到高峰後即開始下降。全球化的市場經濟導向，教育及生活水準的提高，以及科技的成長與資訊的流通，使得人均所得的差距大幅減小。A1 情境群組下，依據其科技發展的能源使用，可包含以下三個次情境：

- 1.A1B：再生能源與化石燃料並用，土地使用變遷速度適中。
- 2.A1T：再生能源進展迅速，未來人類不使用化石燃料。
- 3.A1F1：人類仍然大幅使用化石燃料。

(二)A2 情境

此情境表示，區域性經濟成長且幅度不等，而導致未開發國家與開發國家的收入差異仍大，科技與人口流動緩慢，並強調家庭或族群之生產力，另外，A2 的人口成長率是四個情境中最高者，但科技和經濟成長是四個情境

中較緩慢者。

(三)B1 情境

B1 情境指出，全球化之下，人口成長和 A1 情境一樣，但是經濟結構卻轉變為物料需求量減緩的服務業，和資訊業和清潔與高效率的科技。全球的環境與社會意識高漲，強調以結合全世界的力量來追求經濟、社會和環境的永續發展，當然也包括公平性。經濟發展程度適中，科技快速發展，而且扮演很重要的角色，世界各國的貧富差距逐漸縮小。

(四)B2 情境

此情境說明，世界各國的人類對於環境保護與社會的公平性日趨重視，但整體的決策機制是以區域性和地方性的思維為主。全球化的腳步漸緩，加上政府政策受有環境意識的公民的影響，因此地域性的決策機制顯的更受重視。全球人口仍持續增加，但是低於 A2 情境，經濟發展程度適中，科技發展不如 A1 和 B1 情境快速，卻更多樣性。

在 IPCC 第四次的評估報告書中，認為 A1B 是未來最有可能發生的情境。該情境表示，未來是個快速經濟成長的社會，且人口增長趨緩，更新更有效率的科技將問世，另外，人均收入的差距減少，即形成均富社會，然而在這個世界裡，人們追求的不是環境的品質，卻是個人的財富。因此，溫室氣體的排放量會比 A1 情境下的排放量較為緩和，但卻比 B2 情境更快速增加。溫室氣體排放情境特別報告(Special Report on Emission Scenarios, SRES)即 IPCC 所公佈之社經情境模擬之數據，其中又以 SRES-A2 和 SRES-B2 兩情境最常被使用，另外，SRES-A2 對於未來溫室氣體的預期排放量模擬較 SRES-B2 多。

何明錦、詹士樑(2008)，分析比較Center for Climate System Research National Institute for Environmental Studies(CCS)、Canadian Center for Climate Modelling and Analysis(CMA)、Max Planck Institute fur Meteorologie(EH4)、Geophysical Fluid Dynamics Laboratory(GFDL)與Hadley Centre for Climate Prediction and Research(HAD3)此五種全球氣候模式之台灣降尺度區域模擬資料，此五種氣候模式分別由日本、加拿大、德國、美國以及英國之氣象機構所研發而來(參見表 2-2)，其所模擬的情境為SRES-A2、SRES-B2 兩者，如下表所示。其採用CCS模式，原因在於CCS模式與其他模式之趨勢相似度較高，故應具有較高之可信度，且該模式由日本氣象機構所研發，較其他四種氣候模式之發展機構，在全球區位上與台灣較相近，其地理位置以及面積大小與台灣具有較高之相似性，在探討氣候模式之適合性上，CCS模式應該較適合台灣地區使用。

表2-2 模式名稱與發展模式之氣象機構

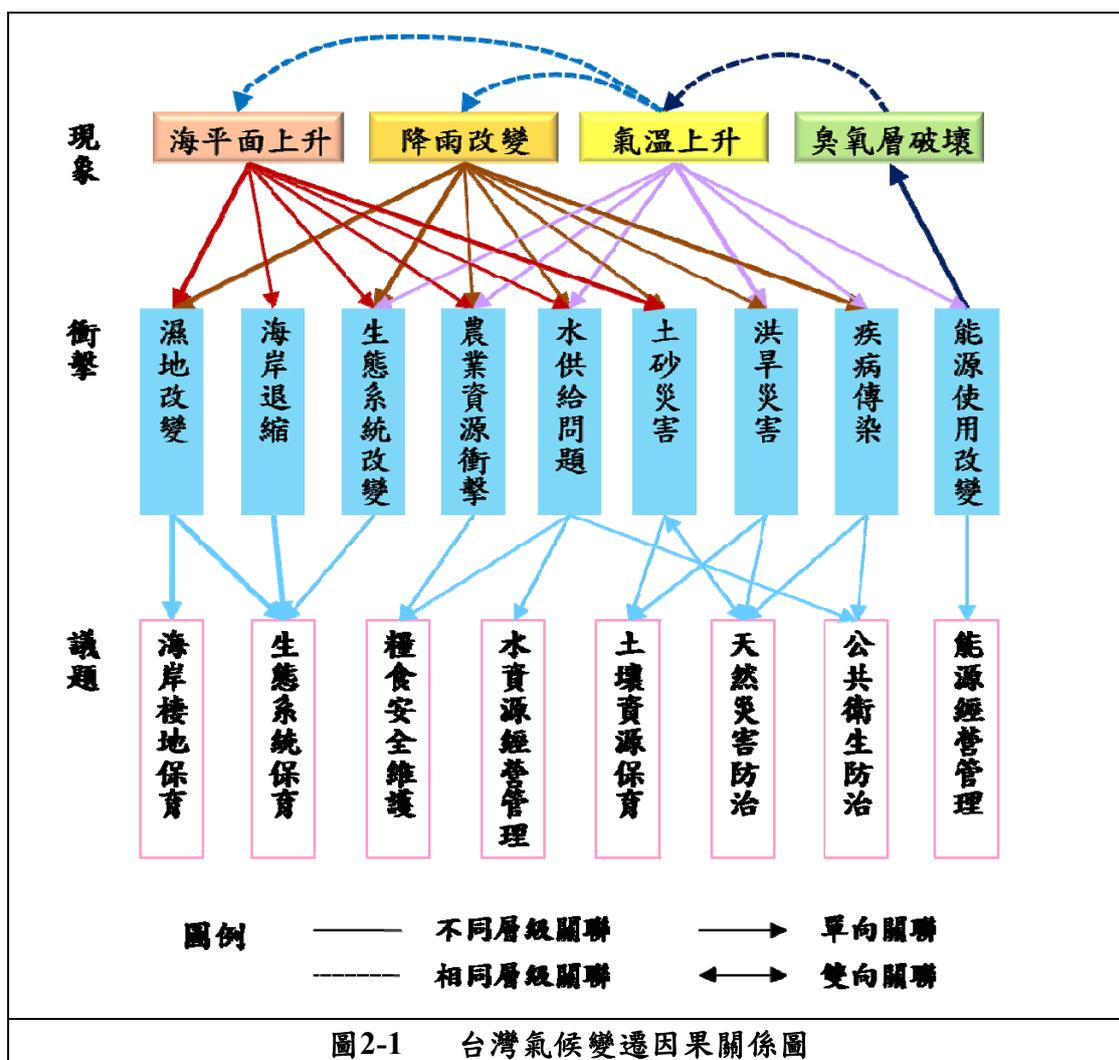
氣象機構	國家	縮寫	模式名稱	SRES 情(TAR)
Max Planck Institute fur Meteorologie	德國	EH4	ECHAM4/OPYC3	A2 & B2
Hadley Centre for Climate Prediction and Research	英國	HAD3	HADCM3	A2 & B2
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	美國	GFDL	R30	A2 & B2
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis	加拿大	CMA	CGCM2	A2 & B2
Center for Climate System Research National Institute for Environmental Studies	日本	CCS	CCSR/NIES AGCM+CCSR OGCM	A2 & B2

資料來源：何明錦、詹士樑(2008)

第三節 氣候變遷下的台灣都市

Dilley et al. (2005)在世界銀行出版的報告”Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis”中指出，台灣可能是世界上最易受到天然災害衝擊的地方，特別是台灣約有 73%的人口是居住在有三種以上災害可能衝擊之地區。加上近年來全球環境變遷、氣候異常現象，使得天然災害頻率增加、強度增強，高危險地區風險更是大為提升(Anderson, 1989；Linnerooth-Bayer and Amendola, 2000；蕭代基，2002)。

馮正民、詹士樑(2007)研究成果顯示，氣候變遷對台灣所造成的現象包括海平面上升、降雨改變、氣溫上升與臭氧層破壞，而氣候變遷將對台灣帶來海岸退縮、生態系統改變、農林漁牧衝擊、水供給問題、土砂災害、洪旱災害、疫病傳染與能源使用改變等衝擊，伴隨而來的則是海岸保育、生態系統保育、糧食安全維護、水資源管理、土壤保護、天然災害防制、公共衛生防制與能源管理等議題，如下圖 2-1 所示。



資料來源：馮正民、詹士樑(2007)

另外，陳吉仲(2003)亦指出當氣候變遷、異常時，其伴隨的豪雨、強風、乾旱及低溫等氣候現象會帶給台灣地區不同程度的災害損失。以下將針對氣候變遷對台灣都市可能造成之溫度上升、洪旱災害、坡地災害、生態系統之衝擊、海平面上升、水資源等六個面向詳加描述。

一、溫度上升

過去百年來，台灣經歷了全島性的暖化現象，與全球暖化趨勢一致，其溫度上升速率遠大於全球平均值。許晃雄(2007)表示，台灣的暖化現象，將不只發生於都會區，甚至是玉山、東吉島等較無明顯開發地區，亦有顯著的暖化情形。台灣之高溫頻率越來越高，其偏移程度大於低溫逐漸往高溫偏移的情況，因而形成台灣之年溫差漸大，日夜溫差件小。其更進一步分析，台灣在 1970 年以後，寒流次數明顯減少。1980 年後期發生高溫的機率增加，低溫發生機率下降；熱浪強度變強，都會區比鄉村明顯，加上都會區又受熱島效應之影響，因此台灣未來面臨的衝擊，可能比多數國家更嚴峻。

劉紹臣等人(2003)指出，過去幾十年來，台灣因經濟快速發展及高度工業化，能源使用大增，工廠密度及單位面積能源的消耗率，在人口總數超過一千萬的國家中高居首位，且大部分土地已被櫛比鱗次的建築、工廠、村莊及柏油馬路取代，加上受氣候變遷之衝擊，所產生的熱島效應可能是全世界最顯著的地區。此外，台灣地區受到熱島效應的影響範圍不僅越來越明顯，也可能導致區域性氣候改變，如南部地區日照強又長，加上散熱不易，因此夜間增溫尤為顯著。

因溫室氣體劇增，致使溫室效應惡化，進而導致全球氣候變遷。而溫度的上升所產生的蒸發旺盛，將使大氣中之含水量增加，進一步地引發降雨時空及型態的劇烈轉變，並誘發颱風的強度與頻率提高，坡地災害隨之發生。氣溫異常所衍生的降雨不穩定、天然災害頻率及強度越來越大，影響所及還包含農作物的產量銳減，生態系統的改變，水資源的供給問題等。因此，若溫度的持續上升，暖化現象日益顯著，衝擊亦更為嚴重。

二、洪旱災害

台灣本是一個極為容易發生天然災害的地區，然而在這些天然災害中，颱風所造成的損失又占天然災害總損失的 70% 以上，且每場颱風災害的平均經濟損失約為新台幣 20 億左右(美商達信保險經紀人股份有限公司台灣分公司, 2004)。歷年颱風如賀伯、象神、納莉、敏督利等，引發之土石流與水患皆造成許多生命財產的損失，其原因有可能是都市化及人口的過度集中，加上土地不當開發，導致自身脆弱度的提升(鄧慰先等人, 2005)，加上近年來地球暖化造成之全球性氣候異常，將使得自然災害帶來的衝擊更為嚴重，造成人民的重大傷亡和地方基礎設施的破壞。

氣候變遷除了加劇天然災害的頻率與強度外，降水形態的改變也是最為強烈。劉紹臣(2008)指出，台灣地區小雨發生頻率越趨減少，然而暴雨頻率呈現倍數增

加。說明年降雨量波動幅度雖不大，但全年降雨時數自 1985 年以後，卻呈現下降之趨勢，平均時雨量明顯上升，降雨強度在過去 20 幾年增加 30% 以上。另外表示，因應氣候變遷所設置的防洪措施，即以一百年或二百年迴歸周期可能發生的最大降雨作為水庫和水壩等水利設施之設計標準，應該要重新評估。而針對氣候變遷所導致的降雨改變，其可能致使台灣地區發生旱災。數十年觀察發現，台灣的小雨發生頻率減少約 30% 到 40%，而小雨則是土壤保持濕潤的重要機制，小雨頻率減少，就會使接近沙漠、半乾燥的地區沙漠化越來越嚴重；在台灣，就是乾旱問題會越來越嚴重（劉紹臣，2008）。

另外，謝龍生等(2004) 利用台灣北、中、南主要河川模擬未來全球氣候變遷對台灣流域防洪系統之衝擊影響，其研究結果顯示，台灣主要河川之洪峰流量有升高之趨勢，因此針對流域防洪系統及工程進行重新檢討，並提出對易淹水區加強土地使用管理及限制等空間規劃方面之建議。

三、 坡地災害

天然山坡地可能因天生之地質條件不良而處於極不穩定或有立即危險的狀態，一旦再遭受人為不當開發或天然因素，如颱風、地震及暴雨等外在誘因之侵襲下，其產生災害的機率將隨之增加。

根據記錄，在過去數十年中，台灣大規模的坡地災害，幾乎全都是由於豪雨所造成。在九二一大地震發生後，原本破碎、脆弱的地質更加脆弱，除了增加了可見的崩積土石外，未崩塌的土石亦產生了不易察覺的張裂縫。當雨量或降雨強度超過某一崩塌區所能抵抗的極限，即臨界雨量，該崩塌地即開始破壞而崩潰，而未崩塌之地質受到雨水入侵，在水壓力大於內聚力後，亦發生崩潰現象。例如桃芝颱風的降雨量雖未創紀錄，卻造成如此大的土石流災害，即是該雨量已經大於坡地可承受之臨界雨量。

根據行政院國科會專題研究報告指出，台灣的年降雨日數有明顯的減少趨勢，但是豪、大雨的次數皆有所增加，侵台的颱風數量劇增，發生機率極低，即二百年發生一次頻率的天氣形態，在這幾年內發生頻繁。這些現象的產生，所挾帶的大量雨水，將導致坡地災害之頻率大為增加。

台灣地理環境特殊，且全年平均雨量是世界平均值的 2.6 倍，故每逢颱風季節，挾帶豪雨，表土易受沖蝕，山區容易發生山崩、地滑，因而產生大量砂石堆積於山谷河床。若遇豪雨即隨河水急瀉而下，形成土石流而釀成災情(吳瑞賢等，2004)。何明錦、詹士樑(2008)指出土石流的構成因素包括有土、石、坡度及豐沛的水分。氣候變遷提高降雨頻率，大量的雨水，不僅提升對於土壤的沖蝕力，更成為大量土石沖刷的介質，大大增強土石流衝擊強度。

詹錢登、陳晉琪(2009)亦提到，氣候變遷所造成的溫度上升，致使降雨的時空與型態產生極大的變化，進而導致雨水大量的沖蝕土壤、地表逕流的增加，迫使土石流的發生。另外，其還依據降雨的改變，推估 2010 年及 2020 年之土壤沖

蝕量，將分別增加 10~19% 與 28~29%，並結論極端降雨條件有逐年增加之趨勢，且土石流事件之頻率與強度將越來越嚴重。

四、生態系統

IHDP(2005)表示，全球環境變遷造成的極端氣候將改變季節的強度或長度。李培芬等人(2006)提出台灣的陸域生態系蘊含了豐富的生物物種，也提供了多樣的產品與服務。但在氣候變遷的影響下，陸域生態系將在不同的層面遭受衝擊。並指出氣候變遷也將造成地景的變遷，影響地景單元在其組成與空間分布上產生改變，進而造成分布於此地景中物種種類和組成之改變。若由生產者之角度而言，樹種分布會因為氣候變遷而改變，森林植群與林相也會面臨改變。

李培芬(2008)更指出，生態系是一個具有階層性的複雜系統，各個層級內、層級與層級之間都具有錯綜複雜的交互作用關係。這種開放性的系統會與外在環境和氣候相互影響。因此氣候暖化對生態系的衝擊，會藉由這些交互作用造成影響。最後這些生態系統的改變也會反應影響大氣的組成與氣候的狀況。

劉彥蘭(2001)表示，氣候變遷將導致兩棲及爬蟲類之數量持續減少，且兩棲動物可能是生態指示者，因為牠們對於氣候變遷特別敏感，因此目前有許多研究學者開始以研究兩棲動物的活動，以作為生物多樣性的受到氣候變遷威脅的一項參考。根據調查結果指出，過去 20 年內約有 200 多種的兩棲動物數量逐漸下降，而約有 20 多種兩棲動物已經絕種，導致此結果的原因包括棲息地受到損害。然而，科學家針對此一議題，首次提出與氣候變遷有直接的關連性。

黃煥彰(2006)，說明變遷對台灣生態的衝擊，包括台灣繁殖鳥類多樣性最高區域的面積約減損 17%、特有種鳥類分布區域減 27%。檜木林生態區位縮減，其潛在分佈地區約減少 60%。九九峰自然保留區及大武山穗花杉自然保留區之森林生態系將趨退化。櫻花鉤吻鮭棲地將縮減，魚群數量亦將逐漸變少。黑面琵鷺現有保護區超過 1/3 棲地面積將被海水淹沒，保護區功能將大為減低。台灣海域大多數地區的珊瑚物種豐富度將明顯降低，對溫度較敏感的鹿角珊瑚及軸孔珊瑚都將消失，珊瑚群聚結構將因而改變等。同時血絲蟲、住血吸蟲病、萊姆病、落磯山斑疹熱、登革熱、黃熱病、日本腦炎的病媒，將比過去更為活躍，此現象將造成疫病的流行。目前埃及斑蚊，只在北迴歸線，即嘉義布袋以南出現，但隨著氣候的暖化，南部登革熱將可能出現北移的現象。

五、海平面上升

經濟合作暨發展組織(OECD)2007 年發表的研究報告指出，全球溫室效應導致海平面升高問題，2070 年可能導致全球 136 個沿海城市，1 億 5 千萬名居民及 35 兆美元財產，將有受到洪害影響的可能，而亞洲沿海都市居民，尤其是台灣地區，將是全球暖化受衝擊最劇之處。

何明錦、詹士樑(2008)透過 IPCC 所公佈之情境模擬模式模擬降雨顯示，氣

候變遷將可能衝擊台灣降雨、水資源，還有沿海地帶與海岸線的受蝕與流失。因此每當大潮來襲，三角洲地區、河海港、沿岸地區等容易造成海水倒灌，進而釀成水災。林雪美(2001)指出每年夏季颱風挾帶豪雨來襲，使得低窪、沿海地區海水倒灌，造成嚴重之災情，尤以台灣地盤下陷嚴重之主要區域如彰化、雲嘉、屏東等地。另外，曾于恆(2008)，於研究台灣周圍海域海平面變化趨勢，發現台灣海平面上升速率為全球海平面平均上升速率的 1.4 倍，尤其西半部因地層下陷關係，其現象更為明顯。

根據目前海平面上升的速率計算，只要再過 66 年，台灣周圍的海平面就會上升 1 公尺，屆時台南市安平區就有 50% 土地要消失，宜蘭的五結鄉也有 27.2% 的土地將淹沒在海平面之下；屆時，嘉南平原將有 171 公頃土地被海水淹沒，等到海平面上升 4 公尺，嘉南沿海更有 374 公頃土地消失。根據筆者長期觀查二仁溪出海口，發現近兩年二仁溪出海口的沙灘至少退縮了三十公尺（黃煥彰，2006）。

董東環、高家俊(2009)指出，海平面上升 0.5m 時，台灣將損失 105 平方公里的土地；若海平面上升 1.0m 時，將損失土地 272 平方公里，且淡水河口至枋寮間，土質又以沙質為主，加上地層下陷問題，將是海平面上升影響的主要區域。另外，更整理出氣候變遷對海岸造成的影響可能有，海岸侵蝕加劇，國土流失問題嚴重；波浪、暴潮直接衝擊海岸，將造成淹水發生的機率；地面水的水質改變，海岸溼地將受到破壞；地下水亦遭到汙染，水資源的短缺情形將日趨嚴重；針對農業與水產養殖業，將會造成嚴重的影響；以觀光旅遊的角度而言，將使海岸休閒功能降低。

依據聯合國氣候變遷綱要公約，國家通訊(2001)指出，氣候變遷對於台灣地區，所造成之海平面上升，將對海岸土地利用造成極大的影響，包括農業、牧業、林業、鹽田、水產養殖、採礦及採土石、風景區觀光遊憩設、商港及漁港、住宅、墓地、工業區、核能及火力發電廠、機場、濱海陸地運輸設施、生態保護區、排水路及禦潮設施、石油及天然氣探採等。由於海平面上升造成之經濟衝擊主要來自於社會成本所造成的損失，包括：海岸線後退及暴潮災害對土地與資金所造成的直接損失；為減少前述損失，所有保護、紓緩等因應措施的成本費用；海水位上升導致建設與開發機會之損失。此外，海平面上升還會增加洪水危害及海水倒灌等，使沿海地區災害更為嚴重。甚至海平面上升也將破壞現有的魚塢、鹽田、沼澤地及濕地等，影響人民生計及改變沿海生態系統。

六、水資源

水即所有生物賴以維生的基本要素，對於人類之生存、發展、產業，皆為不可或缺的資源。台灣屬於貧水之地區，降雨時空分布不均，西南部地區由於開發早、人口密集、產業發達，對於水資源的需求更為迫切。水資源在西南部地區已成稀有資源。氣候變遷、全球暖化不但導致氣溫升高，蒸發潛勢增加，且因環流

改變導致降水地區的移動。

分析國內缺水問題，從供給面來看，受到全球氣候變遷的影響，國內每年總降雨量沒有明顯變化，但降雨強度卻明顯增大。旱季是缺水為患，暴雨則洪水成災，水資源供應大受影響。以桃芝颱風為例，三小時內下了近五百公釐的暴雨；潭美颱風則為大高雄地區帶來四十年來罕見的 711 大水災，破了兩百年來的紀錄，此跡象皆是氣候變遷造成雨量集中與水源流失最明顯的例子。

蔡勳雄(2001)則指出，台灣年平均雨量是全球平均值的四倍，但是每人可獲得的水量卻僅及全球平均值的四分之一，其原因在於台灣地區地形陡峭，降雨時空分佈不均，三分之二的雨量直接逕流入海，都是水資源難以利用的因素。

童慶斌、游保杉、李明旭(2008)提出，氣候改變最直接之影響包括水文與水資源等，水文或水資源系統分析之水平衡關係中不論河川流量、農業作物灌溉需水量、地下水補注量均會受到氣候變遷之衝擊，進一步影響水資源的供需。

國家通訊(2001)表示，台灣的降雨主要是以梅雨和颱風為主，其中又以颱風季節的生產雨量最為重要。然而由 1953-1990 年，各月及年均雨量資料發現，台灣北部及東部的年雨量有增多的趨勢，但中南部的年雨量卻呈現下降之情形，更重要的是，南部的缺水日數，有明顯增長的情況。另外，經濟部水資源更預估在 2050 年時，台灣地區的年逕流量將減少 4%，若再逢最枯年，年逕流量可能減少 4.1%。

全球氣候變遷之議題為近幾世紀來所面對的最大威脅與挑戰，尤其是台灣之地理條件特殊，更為一臨海城市，受氣候變遷影響下，所受之衝擊將日益嚴重。而從馮正民、詹士樑(2007)研究顯示，台灣氣候變遷現象主要由氣溫上升、降雨改變以及海平面上升構成，而上述之現象，將造成「能源使用改變」、「疾病傳染」、「洪旱災害」、「土砂災害」、「水供給問題」、「農業資源衝擊」、「生態系統破壞」、「海岸退縮」、「濕地改變」等九項衝擊。綜觀上述之文獻回顧，可知道氣候變遷現象與其產生之衝擊，其之間的關聯性不僅由單一現象所產生的，各類型的災害衝擊之關連性緊密，所影響之範圍、程度也相當廣泛。

氣候變遷所影響的範圍相當廣，本研究將針對海平面上升、降雨改變及溫度變化等因素，作為主要的氣候變遷因素的評估衡量。因此，本研究首先將分析各個都市層級之災害熱點的判別系統，並進行比較分析，據此，並擬定我國的都市災害熱點判別指標，最後目的在於建立評估指標，以及顯示各鄉鎮在氣候變遷下的災害脆弱度。

第三章 都市災害影響熱點判別指標與系統

災害熱點 (disaster hotspot) 這個觀念普遍被運用，始於 2005 年世界銀行所出版的報告「Natural disaster hotspots: A global risk analysis」。作者 Dilley 等人，將災害熱點定義為：容易受到一種或數種災害影響，並可能產生嚴重衝擊風險之地區。然而，直至今日，各界學者對於災害熱點有各種不同的想像與觀點，有些學者從脆弱度觀點切入，有些人則再加入回復力的觀點，甚至包含調適策略等，故仍未有一定的共識。

因此，本研究對氣候變遷災害熱點之定義，為容易受到氣候變遷因素衝擊、改變、擾動之地區，包括人為建成環境、自然環境等。此外，本研究之意涵，並非評估地區「是否」為熱點，而是評估地區受氣候變遷風險影響之「程度」。以下將針對各都市災害熱點判別系統，依照分析尺度範圍大小，依序以區域與國家、縣市、鄉鎮市等層級作介紹。最後，再就各都市災害影響熱點判別系統，進行比較分析。

第一節 國家與區域層級

針對有關國家與區域層級之都市災害影響熱點判別指標系統，本研究選取了 Dilley et al. (2005)、Sterr 等人(2003) 以及 Hinkel 等人(2003)之相關研究進行探討，以下分述之：

一、Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. L., Arnold, M., Agwe J., Buys, P., Kjekstad, O., Lyon, B., & Yetman, G. (2005), *Natural disaster hotspots: A global risk analysis*

Dilley 等人針對世界常見的六種天然災害（颱風、乾旱、水災、地震、火山爆發及崩塌）下，從過去 20 年的統計數據，探討世界各地區的脆弱度 (Vulnerability)。將脆弱度區分為「人員受災死亡率(mortality)」、「受災經濟總損失」以及「受災經濟損失佔該國GDP比例」等三部份；該研究亦把脆弱度之衡量方式分為四個尺度，分別為低、中低(lower middle)、中高(upper middle)及高。Dilley et al. (2005) 在操作上運用GIS疊圖的概念，然而針對不同災害作分析時，因其資料之限制，其網格解析度不盡相同。以水災為例，其網格解析度為 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ，其針對全球脆弱度評估結果，如下圖 3-1、圖 3-2、圖 3-3 所示。

綜觀 Dilley 等人的研究，其報告書名雖為找尋全球之災害熱點，但從其方法可知，實為運用脆弱度分析，以「人員受災死亡率」、「受災經濟總損失」及「受災經濟損失佔該國 GDP 比例」三個項目作為評估的指標。

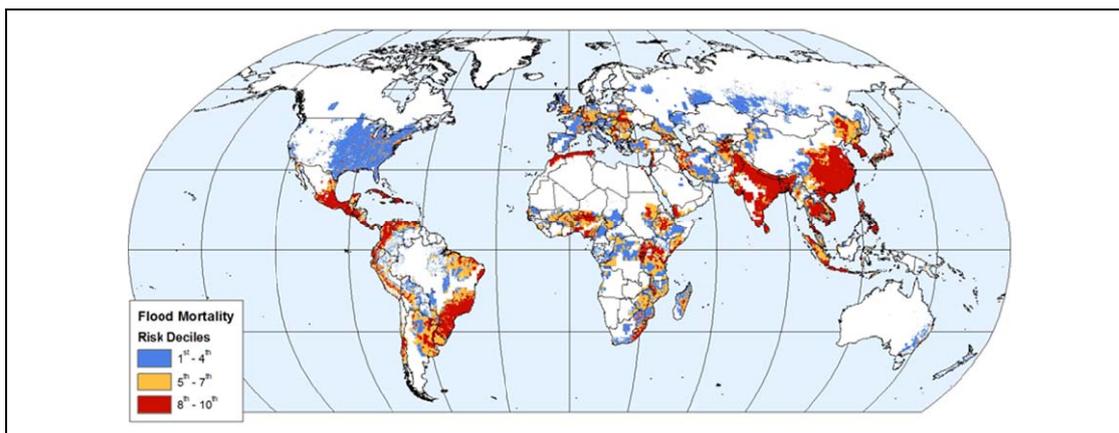


圖3-1 水災人員死亡率脆弱度評估圖

資料來源：Dilley et al. (2005)

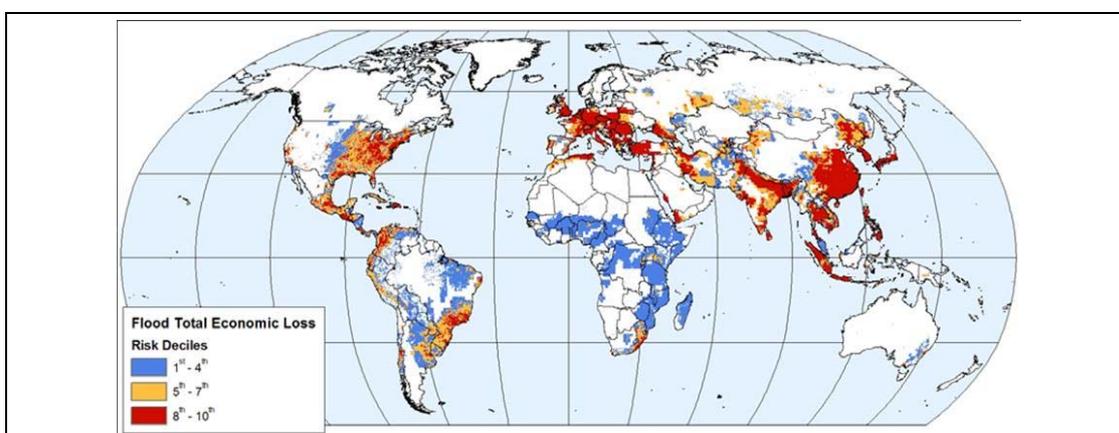


圖3-2 水災經濟損失脆弱度評估圖

資料來源：Dilley et al. (2005)

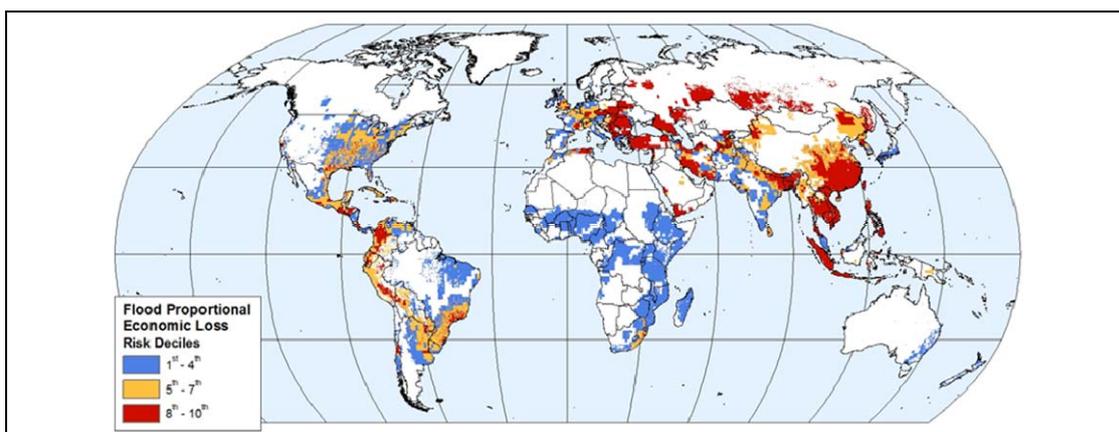


圖3-3 水災經濟損失佔該國 GDP 比例脆弱度評估圖

資料來源：Dilley et al. (2005)

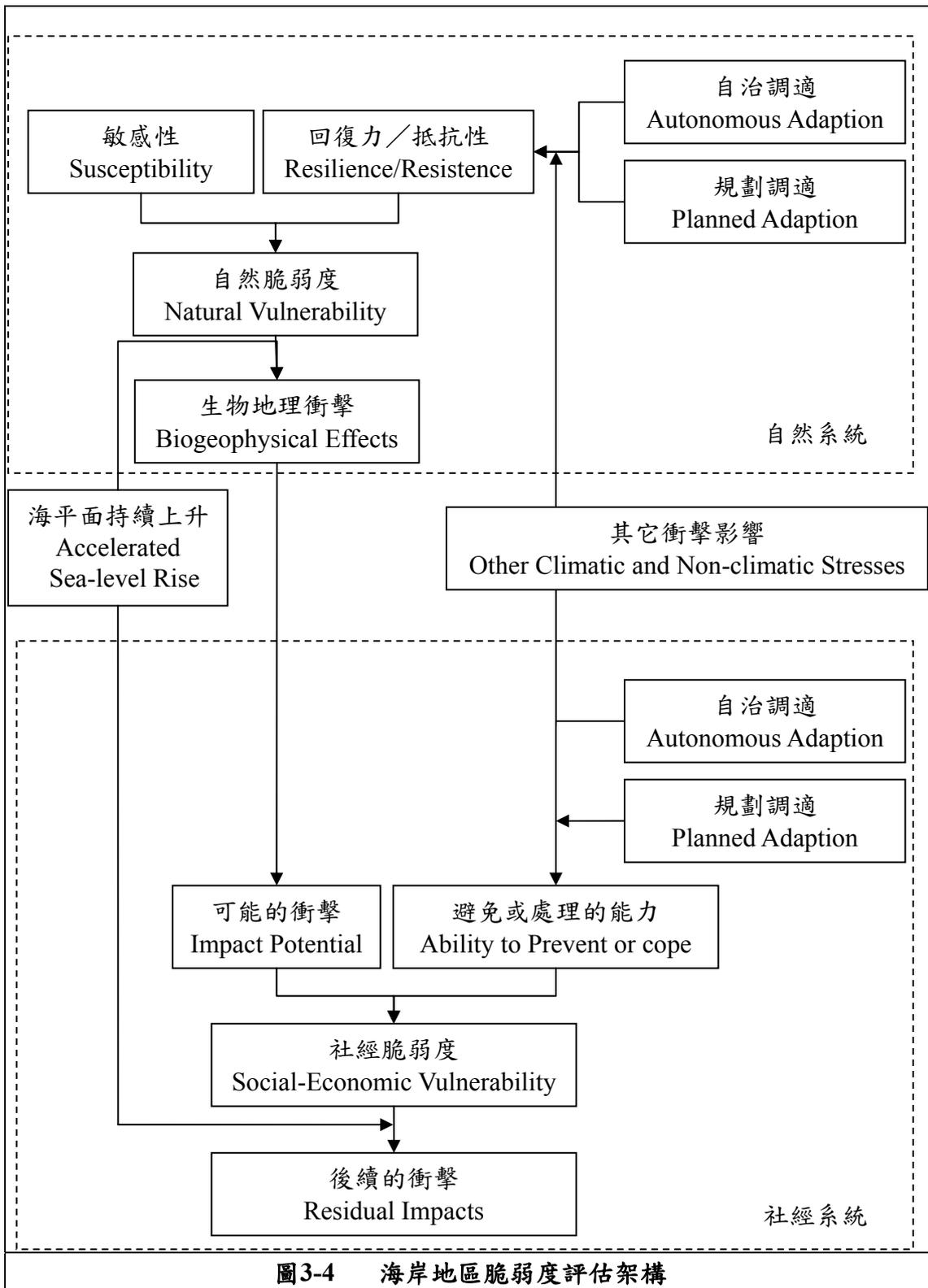
二、Sterr, R. K. & Reese, S. (2003), *Climate Change and Coastal Zones: An Overview of the State-of-the-Art on Regional and Local Vulnerability Assessment*

Sterr et al. (2003) 認為天然海岸系統的多元化、海平面上升對各地影響之差異以及氣候變遷等因素，這些因素對全球各地所帶來的衝擊，並非是均一不變的。雖然自然脆弱度與社經脆弱度，十分有關連且相互依賴，但我們仍可加以區別，將兩者作明確的區隔（參見下圖 3-4）。此架構有助於我們定義有關脆弱度評估的各種概念，以及顯示它們之間的關聯程度(Klein and Nicholls, 1999)。如圖 3-4 所示，對海平面上升的社經脆弱度分析，須先了解自然系統將如何受到影響。因此，海岸脆弱度分析常起自於國家系統敏感性對海平面上升所導致的生物地理學影響，以及自然系統處理這些影響的能力（回復與抵抗，resilience and resistance）。敏感性僅反應海岸系統可能受到海平面上升影響的可能性，而回復力與抵抗性則決定系統面對可能性擾動的穩定性。運用在生態上，回復力表示系統在受到擾動之後，回復原始狀態的速度；而抵抗性則表示系統的穩定程度，以避免受到擾動。敏感性、回復力與抵抗性三者決定海岸系統對海平面上升的生物地理影響之自然脆弱度。回復力與抵抗性是指自然系統對自治調適的能力，代表海岸系統對海平面上升的調適應變。回復力與抵抗性常因人類行為而受到影響，敏感性則不盡然。人類行為的影響並非完全是負面與否定的：規畫調適策略能強化系統的回復力與抵抗性，增加自治調適的效率，進而降低自然脆弱度(Klein and Nicholls, 1999)。

海平面上升會對生物地理造成影響，並引發可能的社經衝擊。海岸地區的自然脆弱度是由敏感性、回復力與抵抗性所構成；社經脆弱度則是由社會的科技、制度、經濟與文化能力所形成，以避免受這些衝擊影響。就自然系統的回復力與抵抗性而言，自治調適與規劃調適決定社會系統避免或處理這些衝擊的能力。

據此，Sterr 等人研擬氣候變遷下，海岸區域中脆弱度等級的估算方式。將氣候變遷之衝擊區分為受衝擊的程度、受風險衝擊者、資本的流失、保護的花費、土地與溼地的流失等項目，並且透過量化衡量其中各個級距。依照低、中、高、嚴重等四級距，評估衡量海岸地區的脆弱度。透過此方式，即可評估海岸地區災害熱點及其脆弱程度，以及未來可能受災的風險與衝擊（參見表 3-1）。

透過這些量化數據，便能運用這些指標建立國家或區域的脆弱度輪廓。在歐洲，某些國家（如荷蘭、波蘭與德國等），已採用這種綜合性評估法進行脆弱度評估(Nicholls and Mimura, 1998)。這些結果突顯出目前歐洲人口與經濟設施集中的海岸地區，其社會、經濟與生態所承受的最大可能衝擊。當地研究更進一步指出，儘管有其它相關氣候的衝擊，單就海平面上升而言，各國政府即應表達關注與重視(e.g., Turner et al., 1995; Nicholls and Leatherman, 1995; Hamann and Hofstede, 1998)。在這三個歐洲國家中（荷蘭、波蘭與德國），其對社經層面的衝擊可能性相當高。然而，就調適成本而言，波蘭明顯較其他兩國更具脆弱性(Table 2; Nicholls and Mimura, 1998)。



資料來源：Sterr, R. K. & Reese, S. (2003)

表3-1 海岸區域之脆弱度評估表

衝擊的種類	脆弱度等級			
	低	中	高	嚴重
受影響者 (人數/總人口) x100%	<1%	1-10%	10-50%	>50%
受風險者 (人數 x 洪害機率)/1000	<10	10-100	100-500	>500
資本價值流失 (總損失/1990GNP) x100%	<1%	1-3%	3-10%	>10%
土地流失 (損失面積/總面積) x100%	<3%	3-10%	10-30%	>30%
保護/適應的花費 (年花費/1990GNP) x100%	<0.05%	0.05-0.25%	0.25-1%	>1%
溼地的流失 (損失面積/總面積) x100%	<3%	3-10%	10-30%	>30%

資料來源：Sterr et al. (2003)

三、 Hinkel J. & Richard J.T. (2003), Developing a Method and a Tool for Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment

Hinkel 等人(2003)認為人類的行為造成全球氣候改變，導致海平面上升，將會對海岸的生態系統造成不利的結果。IPCC 第三份評估報告中指出，1990 至 2100 年，全球平均表面溫度估計將從 1.4°C 升至 5.8°C。據此，估計同時期的全球海平面上升的高度將從 9 公分增至 88 公分，此數值是 20 世紀以來所觀測數據的 2.2 至 4.4 倍。

1990 年，有許多研究在評估海平面上升對海岸國家的衝擊，並分別從地方、國家與區域的層級，加以探討。雖然有多種可能的衝擊影響，但這些研究均指出海岸地區最易受到海平面上升的不利影響。1993-1995 年完成的全球脆弱度評估，曾指出約 18.9 億的人口居住在每千年就會發生一次風暴潮的地區。據此估算，每年平均約有 4.6 億人口會遭遇風暴潮水災。倘若海平面高度上升 50 公分，受災人口數將會增至兩倍；若升至 1 公尺，則會增至三倍。其中這些人約有 86-92% 的比例，一年會遭遇多次水災的經驗。然而，以上這些推估，並未考量人口成長、暴風發生次數與強度的變化。

該研究發現隨著目前全球脆弱度評估的廣泛使用，其限制亦明顯增加：

- (一) 資料陳舊過時
- (二) 僅將海平面上升作為氣候變數，便決定海岸的脆弱度
- (三) 目前靜止的海平面或是海平面突然上升的情況

(四)對於社會經濟發展與調適措施的武斷假設。

因此，Hinkel 等人們試圖發展以 CD-ROM 為基礎的動態、相互作用及彈性的工具，讓使用者能獲得海岸脆弱度指標的量化數據，此工具便是 Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment(DIVA)。在此工具發展下，有關海岸地區脆弱度之評估指標，可分為海平面上升與人口等兩項：

(一)海平面上升

- 1.受災人口
- 2.風暴潮高度
- 3.河流形態
- 4.波浪氣候
- 5.潮汐制度
- 6.ASMITA協同因素
- 7.瀉湖面積
- 8.小港數量
- 9.Bruun 規則因子

(二)人口

- 1.調適費用
- 2.海濱養地費用
- 3.土地費用
- 4.遷移費用
- 5.海堤費用
- 6.每人GDP
- 7.經、緯度

第二節 縣市層級

針對有關縣市層級之都市災害影響熱點判別指標系統，本研究選取了 World Bank(2008)、Cutter 等人 (1997)、Wei 等人(2004) 以及吳杰穎等人(2008)之相關研究進行探討，以下分述之：

一、 World Bank (2008), Climate Resilient Cities

在評估第三世界都市災害熱點上，因統計資料取得困難，World Bank(2008) 便以簡易檢核清單(checklist)的方式進行相關資料的評估。其評估面向包括型態與風險特徵、都市地區氣後變遷不同後果之脆弱度評估、都市產業對不同災害之整備及應變以及推薦整備指標等四大面項。茲分述如下：

(一)型態與風險特徵(Typology and Risk Characterization Matrix)

此面向用以評估地區城市的政治、經濟及受災害威脅之型態，其評估指標可細分為以下各點（參見下表 3-2）：

1.城市描述與規模特徵(City description and size characteristics).

針對城市描述、城市規模特徵進行基礎的城市型態評估，判別其城市、人口規模作為基礎城市的類型表徵。

2.政府組織架構、城市管理以及財政來源(Governance structure, city management, and financial resources)

評估災害風險管理有關之政府組織架構、氣後變遷與災害風險管理相關議題之城市管理以及財政來源，以衡量城市之組織、管理與財政收入。

3.建成環境(Built environment)

衡量地區主要都市計畫、土地使用計畫及舊城市區域，評估建成環境之受災風險。

4.政治與經濟的衝擊(Political and economic impacts)

針對災害對政治之衝擊、災害對經濟之衝擊，衡量地區對政治經濟的脆弱程度。

5.災害及災害應變系統(Hazards and a disaster response system)

評估天然災害威脅、災害應變系統，以歷史災害檢視地區受否易受災害侵襲，以及評估地區對災害應變體系之脆弱程度。

6.氣候變遷衝擊(Climate change impacts)

評估地區是否針對氣候變遷進行調適與回應。

(二)都市地區氣候變遷不同後果之脆弱度評估(Vulnerability assessment for different consequences of climate change in urban areas)

針對氣溫上升、降雨雪改變、海平面上升等面向，衡量都市是否因應不同的社會經濟條件，進行調適與應變。

(三)都市產業對不同災害之整備及應變(Preparedness and response to different natural hazards in urban sectors)

評估都市工業、金融業、服務業、觀光業是否因應各類型災害進行妥適之整備與應變規劃。

(四)推薦整備指標(Recommended Indicators for Preparedness)

針對氣候變遷是否研擬氣候變遷相對應的調適策略、應變規劃，以及相關欠缺之調適措施。

表3-2 型態與風險特徵評估指標清單

A.城市區位	
a.在海岸地區（是或否）？	
b.在山上或是靠近山區（是或否）？	
c.在內陸平原上（是或否）？	
d.在內陸高原上（是或否）？	
e.靠近或是在河流上（是或否）？	
B.城市規模特徵(Size characteristics of city)	
1.居民人口數(VH, H, M, or L) VH=大於一千萬人口；H=兩百萬到一千萬人；M=五十萬到兩百萬人； L=少於五十萬人	
2.過去十年人口成長率(H, M, or L) H=高於10%；M=介於2%到10%；L=少於2%	
3.流動人口比例(VH, H, M, or L) VH=超過30%居民人口；H=介於20%-30%居民人口；M=介於10%-20% 居民人口；L=少於10%居民人口	
4.城市面積(以平方公里計算)	
5.最高人口密度(白天或夜晚) (H, M, or L) H=高於每平方公里 2000 人；M=每平方公里介於 1000 到 2000 人；L= 低於每平方公里 1000 人	
C.政府對災害風險管理之組織架構 (Governance structure as related to disaster risk management)	
1.政府主導權是否以任派制（是或否）？ a.任派的期限（年）	

2.政府主導權是否以選舉制（是或否）？ a.選舉的間期（年）	
3.地方政府辦公室的架構，假如有以下各點... a.災害風險管理部門（是或否）？ b.環境、永續或氣候變遷部門（是或否）？ c.上述二項是否位於同一部門內（是或否）？	
D.城市在氣候變遷與災害風險管理上之管理 (City management on climate change and disaster risk management)	
1.責任是否清楚明確（是或否）？	
2.是否已建立氣候變遷管理上的責任（是或否）？	
3.是否已建立災害風險管理上的責任（是或否）？	
4.是否具備締結服務合約的權力（是或否）？	
E.財政來源(Financial resources)	
1.總預算	
2.從地方獲得之稅收（佔總收入之%）	
3.從州與聯邦政府獲得之補助金（佔總收入之%）	
4.從國內市場所發行的債卷與借貸（佔總收入之%）	
5.從國際市場獲得之資金（佔總收入之%）	
6.從其它平行機構獲得之資金（佔總收入之%）	
F.建成環境(Built environment)	
1.是否有城市成長之總體規劃（是或否）？	
2.是否有城市發展與土地使用規劃（是或否）？	
a.人口發展（總人口之%）	
b.非正式殖民地的人口（總人口之%）	
c.非正式殖民地的人口密度 H=高於於總人口的 20%；M=總人口的 10%~20%；L=低於總人口的 10%	
d.居住於老舊廉價公寓的人口 H=高於於總人口的 20%；M=總人口的 10%~20%；L=低於總人口的 10%	
3.城市是否有建築法規（是或否）？ a.依法規興建的建物比例（%）	
4.過去天然災害的建物脆弱度（建物機能損壞的程度）	
a.非正式建物（高、中或低）	
高：超過 15%的非正式建物具脆弱度	
中：5%~15%的非正式建物具脆弱度	
低：低於 5%的非正式建物具脆弱度	

b.歷史建物（高、中或低）	
高：超過 15%的歷史建物具脆弱度	
中：5%~15%的歷史建物具脆弱度	
低：低於 5%的歷史建物具脆弱度	
c.新建地區（高、中或低）	
高：超過 5%的非正式建物具脆弱度	
中：1%~5%的非正式建物具脆弱度	
低：低於 1%的非正式建物具脆弱度	
G.災害對政治的衝擊(Politic impact of disasters)	
1.該城市是否為首都或是有多數決策者居住於該市（是或否）？	
2.災害是否對政治行為造成影響（是或否）？	
H.災害對經濟的衝擊(Economic impact of disasters)	
1.該城市是否為區域或國家的經濟中心	
2.以下產業是否在這都市有主要經濟活動？	
a.工業（是或否）？	
b.服務業（是或否）？	
c.金融業（是或否）？	
d.觀光業及旅館服務業（是或否）？	
I.天然災害的威脅(Threat of natural hazards)	
1.地震（有或無）？	
2.風暴（有或無）？	
3.河流水災（有或無）？	
4.間歇性大雨或極端降雨（有或無）？	
5.海嘯（有或無）？	
6.乾旱（有或無）？	
7.火山爆發（有或無）？	
8.山崩（有或無）？	
9.風暴潮（有或無）？	
10.極端溫度（有或無）？	
J.災害應變系統(Disaster response system)	
1.城市是否有災害應變系統（是或否）？	
2.災害應變系統是否針對全災害做規劃（是或否）？	
3.災害應變系統是否有定期在執行運作（是或否）？	
4.災害應變系統是否有定期做更新（是或否）？	
K.氣候變遷之衝擊(Climate change impact)	
1.城市是否了解氣候變遷所帶來的衝擊（是或否）？	
2.下列各部分是否因氣候變遷而提升其脆弱度？	

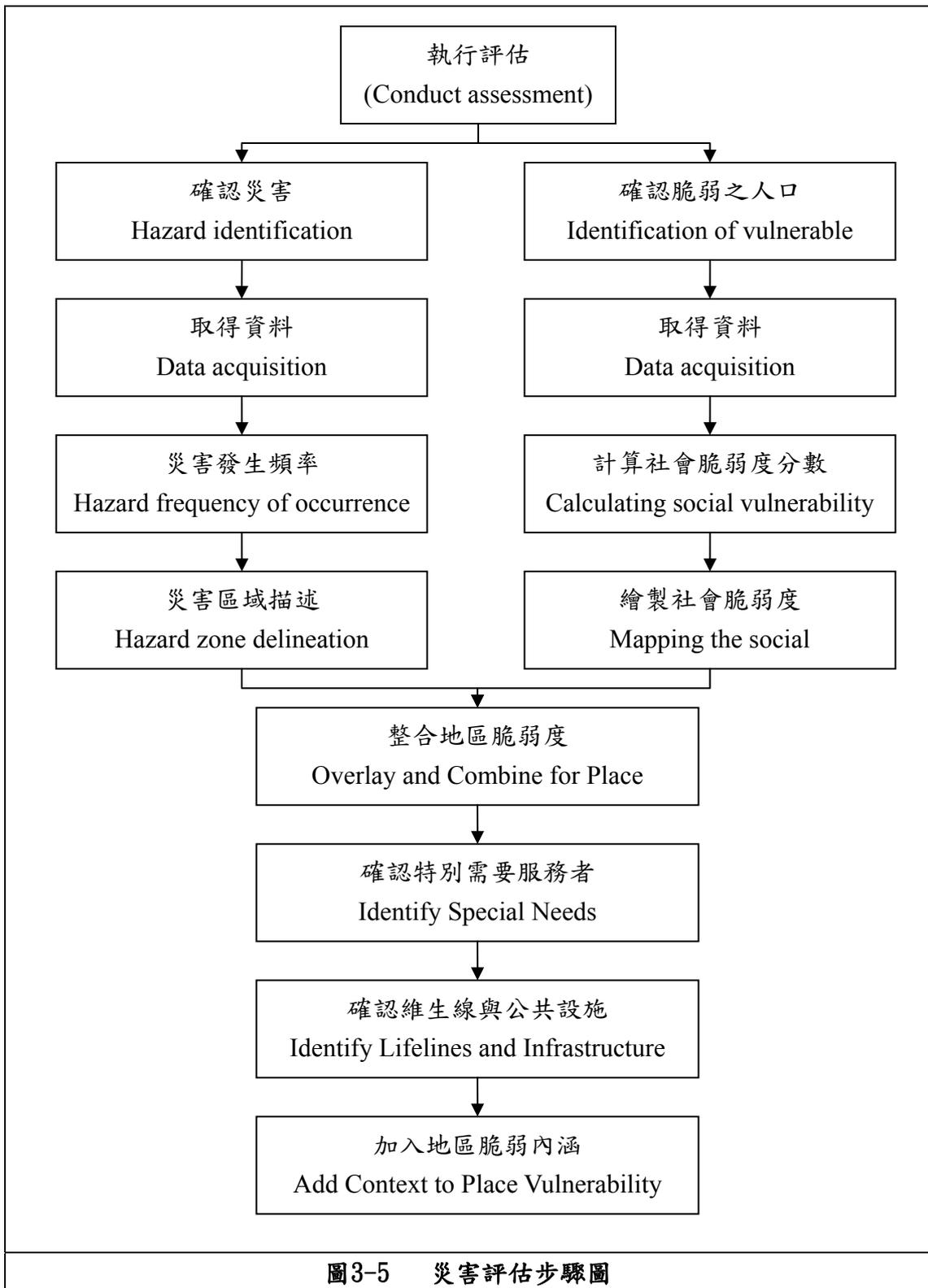
a.建成環境（是或否）？	
b.文化與宗教遺產（是或否）？	
c.地方的工業、商業與經濟（是或否）？	
d.能源供應與傳遞系統（是或否）？	
e.衛生保健機構（是或否）？	
f.土地使用（是或否）？	
g.交通系統（是或否）？	
h.公園與消遣娛樂地區（是或否）？	
i.觀光（是或否）？	
3.氣候變遷評估是否以地方尺度為基礎（是或否）？	
4.城市是否有因應氣候變遷的策略（是或否）？	
5.城市是否有因應在地氣候變遷的計畫（是或否）？	
6.若有，會考量哪個層面？	
a.減災（是或否）？	
b.調適（是或否）？	
c.回復（是或否）？	

資料來源：World Bank (2008)

二、Cutter, S. L., Mitchell, J. T., Scott, M. S. (1997), Handbook for conducting a GIS-based hazards assessment at the county level

1997年，Cutter等人將脆弱度的區分為自然脆弱度（即暴露、危害）以及社會脆弱度（即社會中弱勢之群體）二者，並分別對各項脆弱度變項進行統計資料的收集，計算其脆弱度之分數，並繪製成自然脆弱度、社會脆弱度地圖。之後進行二者之套疊，整合成為地區脆弱度地圖，最後則再加入基礎維生管線與其它特殊社會需求者，即可表徵縣市災害熱點區位之所在，以及縣市脆弱度之特性。其脆弱度評估流程如下圖 3-5 所示。

在計算脆弱度評分上，首先，調查分區某項統計值在調查全區某項統計所佔比率；繼而，調查分區某項統計比率X值除以調查全區統計比率最高X值。藉此求出評估指標值（參見下表 3-3）。依下表 3-3 所示，A區最具脆弱度，其次為B、D區，最後為C區。依照上述步驟分別計算各社會脆弱度變項評分結果，可顯示出研究區各該變項的社會脆弱程度。



資料來源：Cutter et al. (1997)

表3-3 脆弱度評估計算示意表

分區	分區統計數	總區統計數	X	指標
A	125	3500	0.035714	1.0000
B	76	3500	0.021714	0.6080
C	4	3500	0.001143	0.0320
D	21	3500	0.006000	0.1680

資料來源：Cutter et al. (1997)

三、Wei, Y. M., Fan, Y., Lu, C., & Tsai, H. T. (2004), The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method

2004年Wei等人認為脆弱度分析的目的在於造成可能損害前，能確立適當的行動，以減低脆弱度(Olga and Donald, 2002)。透過各地區的脆弱度分析，便能促使政府設立政策，分配救援資金，並協助這些地區提升對抗災害的能力。

脆弱度分析所需之資訊包括科學文獻以及地區的脆弱度資料，其中包括自然脆弱度、經濟脆弱度以及社會脆弱度等等(Downing, 1991; Green et al., 1994; Cutter et al., 1997; WFO, 1998; Weichselgartner, 2001)。然而，自然災害是一複雜的系統，由於脆弱度議題的複雜度，導致其分析十分主觀，且其結果會受限於所採用的分析方法。傳統的分析法是透過災害發生頻率、災害損失以及各地區的經濟與人口等資料為基礎的次級指標，加以整合，使其成為地區脆弱度指標。但是這些方法須計算各次級指標的權重。目前亦有多種計算權重的方法，如層級分析法等。但這些權重值大部分是武斷的決定，因而降低了我們對於權重方法論的信任度。

因此，該研究改採以Data Envelopment Analysis(DEA)進行脆弱度評估。DEA是一種評估決策單元(decision-making units, DMUs)效率的方法。DEA利用數學線性規劃技巧架構生產函數以求的效率的方法。建立在柏拉圖最適境界之效率觀念上。其典型的運用是在一系統中比較兩個分佈中心，而這系統混合著被各種不同DMUs所分配的產品。我們能輕易地想像這方法：只有一種輸入，而有兩個不同的輸出。對於每個DMU而言，假如我們針對每個輸入單元，計算其輸出值，我們便能將結果會製成二維向度的圖像。透過系統內最佳效率決策單元所包絡圍塑的資料點，代表理想的綜合輸出值。此方法能運用在處理多元輸入與多元輸出的系統，其優點在於我們無須將輸入與輸出統一尺度，也無須對輸入與輸出的相對重要性做出權重，而是透過每個單元與其它類似單元的互相比較。

據此，Wei等人提出以下兩個評估模型，茲分述如下：

(一)天然災害脆弱度分析之DEA模型

在這研究中，假設災害各有兩個輸入值與輸出值。兩個輸入值分別是人口密度與商業設施的複雜度。很顯然地，災害會對人口密集地區造成災難，

且在複雜的基礎設施地區中，短期與長期的花費亦較多。基於資料收集之故，該研究運用地區人口與地區的 GDP，作為這兩項輸入值變數。兩項輸出值則為受災害影響的人口數以及總災損值。其方程式如下：

$\theta(i_0)$ 之最小值

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(i_0)x^1(i) \leq x^1(i_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(i_0)x^2(i) \leq x^2(i_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(i_0)y^1(i) \leq y^1(i_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(i_0)y^2(i) \leq y^2(i_0)$$

$$\lambda_i(i_0) \geq 0$$

$$0 < \theta(i_0) \leq 1$$

$$i_0 = 1, 2, \dots, n$$

$x^1(i)$: i 地區的總 GDP

$x^2(i)$: i 地區的總人口數

$y^1(i)$: i 地區的總受災人數

$y^2(i)$: i 地區的總災損

i_0 : 受評估之地區 ($i=1, 2, \dots, n$)

$\lambda(i_0)$: i 地區的權重值 ($i=1, 2, \dots, n$)

$\theta(i_0)$: 天然災害的嚴重性 (1=最嚴重)

(二)區域脆弱度分析之DEA模型

目的在於計算不同地區的脆弱度指標。天然災害發生的頻率並非是均等的，且每年的嚴重性亦不相同。在此，天然災害嚴重性指標是與同一年某地區的一種比較值。因此，之前我們須先計算各年累積之天然災害嚴重性的複合指標。該研究運用社會與經濟等變數，作為這兩項輸入值變數。其輸出值則為災害的損失。此模型所得之嚴重性指標的比較值可視為這些年災害的嚴重程度，並可用以權重這些年的嚴重性指標。其方程式如下：

$\theta(n_0)$ 之最小值

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(n_0)x^1(i) \leq x^1(n_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(n_0)x^2(i) \leq x^2(n_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(n_0)y^1(i) \leq y^1(n_0)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(n_0)y^2(i) \leq y^2(n_0)$$

$$\lambda_n(n_0) \geq 0$$

$$0 < \theta(n_0) \leq 1$$

$$n_0 = 1, 2, \dots, n$$

x^1 ：「社會」變數的輸入值

x^2 ：「經濟」變數的輸入值

y^1 與 y^2 ：災害的損失

$\lambda_n(n_0)$ ：評估的權重值

$\theta(n_0)$ ： n_0 個DMU的嚴重性指標

簡言之，透過上述兩模型結果之乘積，我們可比較各年天然災害衝擊影響程度的指標。繼而，平均所有嚴重性指標，以計算所有*i*個地區的脆弱度指標。此外，我們需注意經濟變數需考量通貨膨脹的因素。因為我們在評估DMU的衝擊嚴重性時，經濟資料是以目前的價格作計算。

四、吳杰穎、江宜錦(2008)，台灣天然災害統計指標體系建構與分析

2008年，吳杰穎等人透過衡量我國27個縣市之災害與受災因子，以衡量地區災害熱點。利用各防災業務相關單位現有的災害統計資料，以2002年至2006年之既有災害統計資料為主。歸納整理具有指標性意義之項目，初擬台灣天然災害統計指標體系架構。其次，透過模糊德爾菲(Fuzzy Delphi Method, FDM)問卷與模糊層級分析問卷(Fuzzy Analytic Hierarchy Process)發放與回收統計分析，並建立模糊三角數、灰色地帶檢定以及測試門檻值篩選指標，完成各項評估指標之篩選。完成確立評估體系之後，接著進行FAHP專家問卷調查；經建立正倒矩陣與模糊正倒矩陣、群體整合、評估指標權重之分析、模糊權重計算、解模糊化、正規化以及層級串聯等步驟，求得各評估標的、面向與指標之權重。最後，將求得之權重值套用於指數化之評估指標，進行台灣各縣市之受災空間分析。

該研究之評估因子包括脆弱度統計、災損統計、災害管理統計等三大標的，其中脆弱度統計包括災害紀錄、社經因子、生活環境等面向；災損統計包括人員傷亡、住宅損失、設施損失、一級產業損失等面向；災害管理統計包括減災、整備、應變與體制等面向。透過上述評估面向，研擬共27項評估指標（參見下圖3-6）。之後將所建立之「天然災害統計指標體系」中之脆弱性、災害損失及災害管理評估標的進行綜合指數化，進行各縣市災害統計之排比與分析，藉此了解各縣市整體之受災特性為何。並運用GIS地理資訊系統加以表徵。衡量地區受衝擊之脆弱程度，反應都市災害熱點。其數值越低者，脆弱度較高，越高者則為愈趨向耐災之縣市（參見下圖3-7）。其方程式如下：

$$DSI = VI + DLI + DMI'$$

DSI：災害統計指數(Disaster Statistic Index)

VI：脆弱性指數(Vulnerability Index)

DLI：災害損失指數(Disaster Loss Index, DLI)

DMI'：負值化之災害管理指數(Disaster Management Index, DMI)

$$DMI' = 1 - I_{jk}$$

I_{jk} ：第j個指標第k個觀察值之指數值

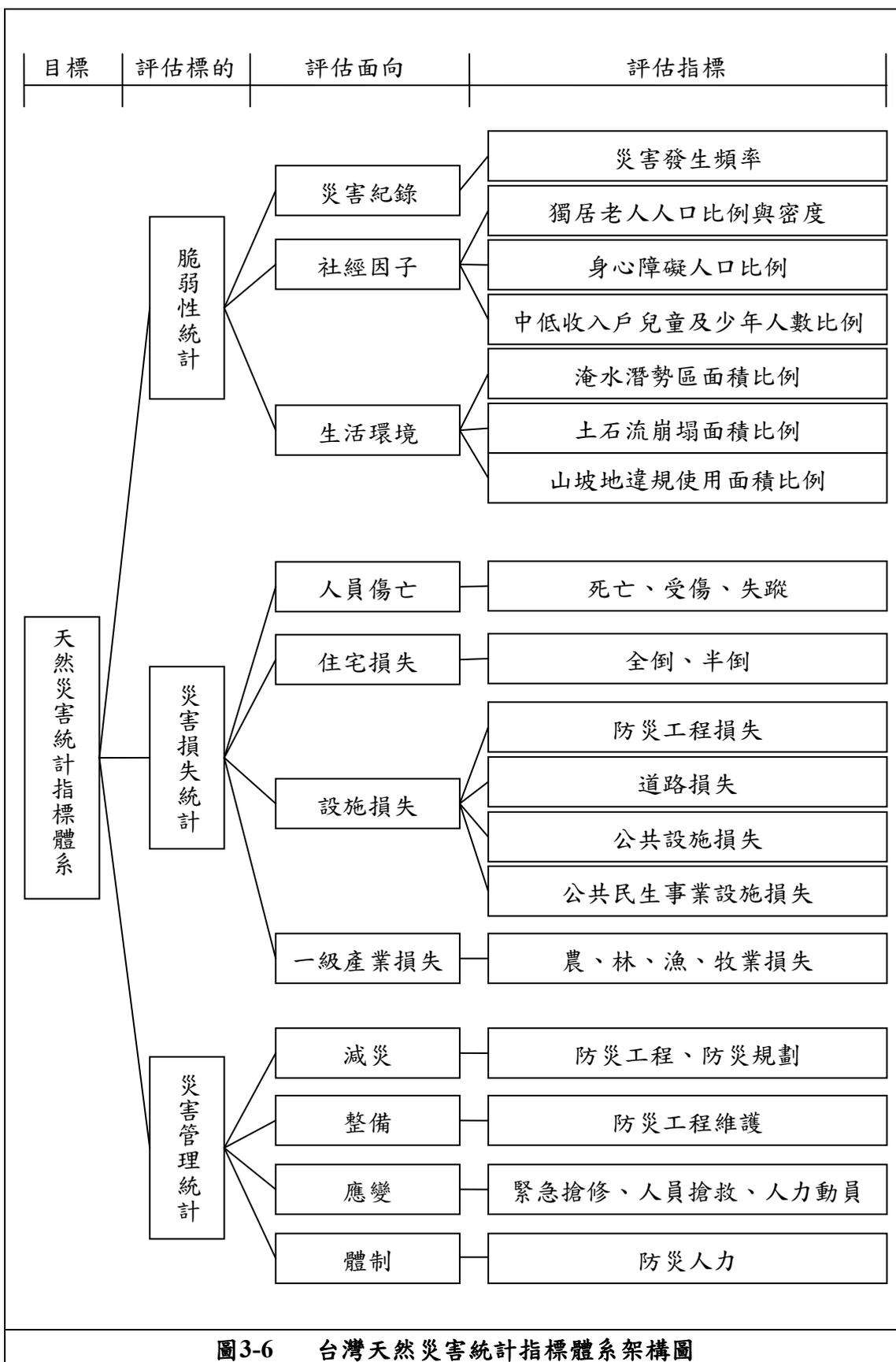


圖3-6 台灣天然災害統計指標體系架構圖

資料來源：吳杰穎、江宜錦(2008)

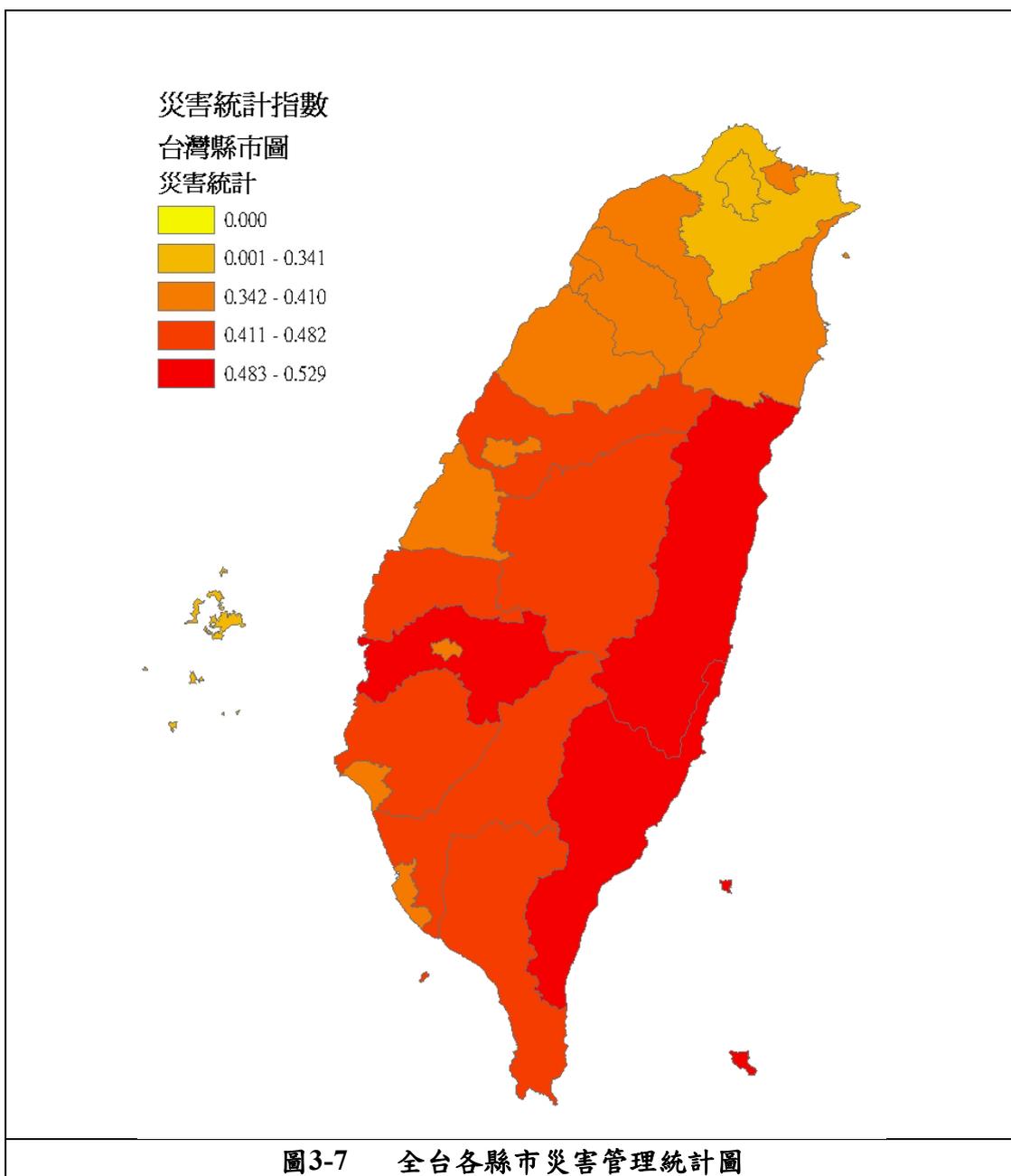


圖3-7 全台各縣市災害管理統計圖

資料來源：吳杰穎、江宜錦(2008)

第三節 鄉鎮市層級

針對有關鄉鎮市層級之都市災害影響熱點判別指標系統，雖然國外相關之文獻多以「Community」為評估尺度，但其內涵與尺度大小類似於台灣的鄉鎮市層級。故本研究選取了 Kuban (2001)、International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)、Anderson 等人(1989)、郭彥廉等人(2008)以及蕭煥章(2008)之相關研究進行探討，以下分述之：

一、Kuban R. & Heather, M. C. (2001), Community-wide Vulnerability and Capacity Assessment

由加拿大重大公共工程防護與緊急整備局(Public Safety and Emergency Preparedness Canada)於 2001 年所開發的鄉鎮/社區脆弱度與能力評估法(CVCA)，主要針對協助緊急事故管理者與市政計畫者，瞭解脆弱度較高之民眾在緊急事件時的需求，並整合脆弱度與調適能力觀點，提供必要之協助。因此，希望即使在文化、地區尺度、地理區域或資源層級上有所差異，均盼能予以運用。此外，透過此方式，亦可衡量都市災害熱點之區位。其目的在瞭解：誰是鄉鎮/社區中最脆弱者？他們居住於何處？他們有何應變或復原能力，等等相關議題。

描述「最具脆弱者」應以具體、有意義的前提進行分類。然而，清楚明確地將民眾歸類於某特定類型，實有困難。一般而言，民眾若缺乏以下之能力，將會使其更具脆弱度。

- (一)有限的資源（如：單親家庭、貧窮者）；
- (二)有限的認知（如：機會或資訊的取得）；
- (三)無法表達其特殊的需求；
- (四)健康問題會降低其應變或復原的能力（這些健康問題與科技、生活協助或藥物依賴性相互關連）；
- (五)缺乏瞭解相關緊急資訊的教育訓練；
- (六)有限的獲取鄉鎮/社區資訊的管道（如：貧窮者、臨時居住者、無家可歸者）；
- (七)缺乏進行應變的遷徙能力（如：年紀大、身心有障礙者）；
- (八)缺乏社會支援網絡（如：無家可歸者）；
- (九)受到鄉鎮/社區主要文化的阻隔（如：新遷入者、原住民族）；
- (一〇)因語言的隔離而不易與鄉鎮/社區融合（如：新遷入者）。

CVCA的分析過程將使各階段相互連續(參見下圖 3-8)，在進入下一階段操作前，應使此層級或階段所需的知識穩固後才能進到下一步驟。每一步驟目的應

能切實提供災害之資訊，以確實瞭解地區災害熱點之區位，以及居民「最具脆弱」的情形。

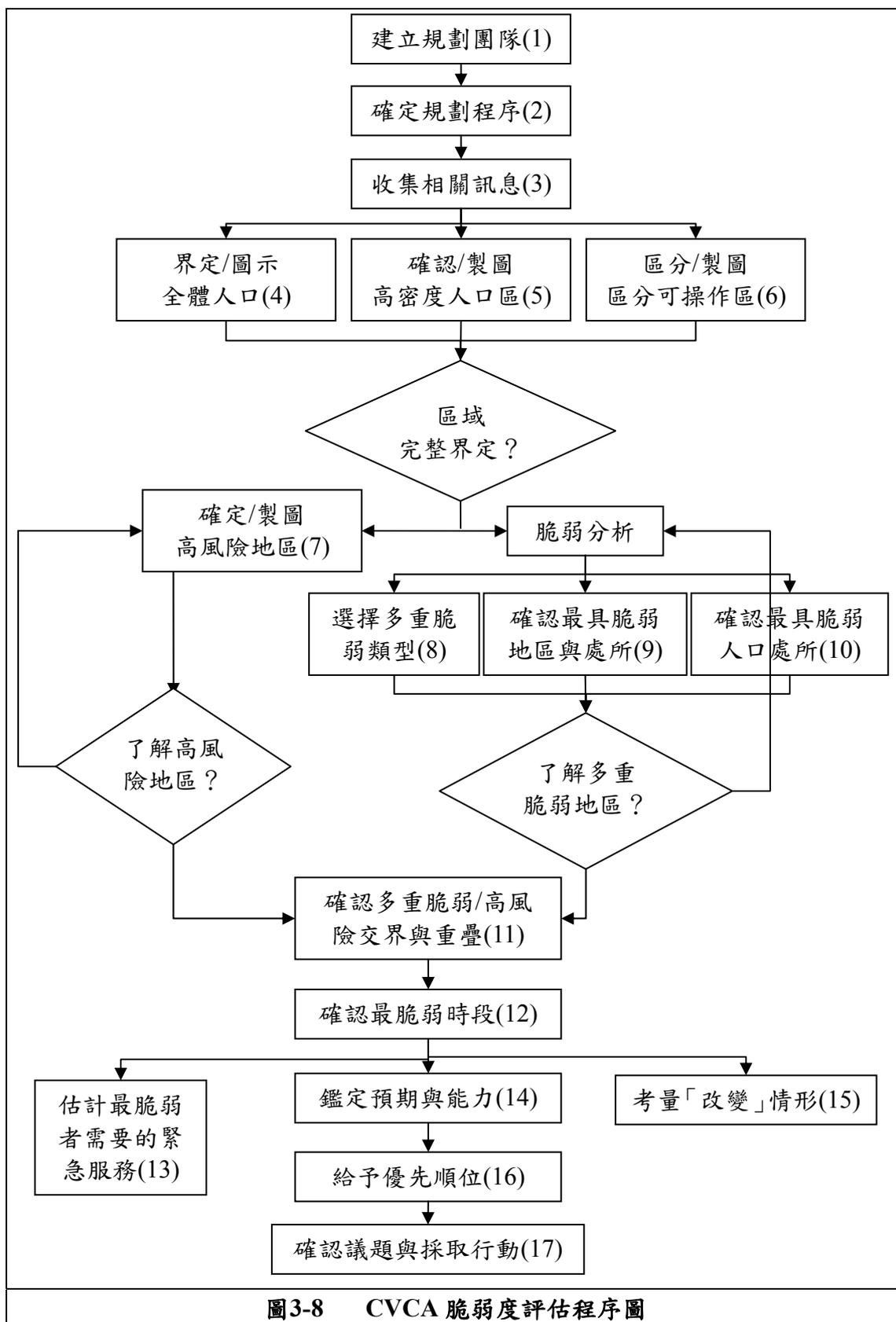


圖3-8 CVCA 脆弱度評估程序圖

資料來源：Kuban, R. & Heather, M. C. (2001)

二、International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996), Vulnerability and Capacity Assessment

由國際紅十字聯合會與新月組織(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, IFRC)(1996)所開發，協助政府與地方進行脆弱度與能力評估，促使各組織能瞭解在天然與人為災害風險之災害熱點，協助他們採行適當的整備措施，以便在災害中進行適當的應變與復原，評估在社區層級(Community Level)的脆弱度，其主要有四個目標：

- (一)評估鄉鎮／社區面臨的風險與能力，以處理這些風險。
- (二)鄉鎮/社區、地方權責單位、人道與發展組織，應及早開始進行評估工作。
- (三)策劃出行動計畫以因應確定風險的準備與應變。
- (四)確認降低災害風險行動以避免或減輕災害的影響。

評估的過程分為3個步驟：確認潛在威脅、確認脆弱度、評估鄉鎮／社區的能力與資源。其中完整與有效的評估應包括：

(一)確認潛在的「威脅」

威脅類型（取自 Anderson & Woodrow's 能力與脆弱架構）：

- 1.以自然為基礎；如地震、颶風、乾旱、洪水或病原體。
- 2.以暴力為基礎；如戰爭、恐怖行動、騷擾或性侵害。
- 3.以惡化為基礎；如健康下降、教育與其他社會服務、貿易、政府政策或環境退化。

評估者思考這些種類的歷史與威脅，這是國家社會組織的角色以預估其威脅，並應特別注意對地區的特別威脅項目。

(二)確認脆弱度

有3種基本特性使部分族群比其他族群更為脆弱：

- 1.暴露：居民居住或工作地點靠近某種災害潛勢，比沒有這種情形更為脆弱。
- 2.貧困：貧困的居民因缺少資源與儲糧備品而缺少選擇，因此比富有者更難存活。
- 3.排斥/邊緣化：居民因為宗教、種族、性別、種姓與其他因素，而被排除在經濟與社會體系之外或缺乏取得社會服務機會，因而較其他者更為脆弱。

(三)評估民眾對於避免或是處理威脅的能力

對 IFRC 來說了解一個國家或地區，或在一個國家社會組織、鄉鎮/社區或個別內有多少可使用的能力相當重要，同時也需要了解有哪些外界資源可協助處理威脅。民眾的能力可分為以下三類：

- 1.自然與物質：居民有自然資源，則可賴以生存，如現金、土地、工具、食物、工作、能源或貸款的能力。
- 2.社會與組織：如鄉鎮/社區緊密關係與社會可互相協助之網絡、良好的領導能力，居民在需要的時候可互相分享自然資源而能倖存。
- 3.技能與態度：有技能、知識與教育之居民，將有更多的選擇與能力以改善他們所處的條件，當居民需要依賴他人且無法獲得協助時，將使他們感覺到如同災民般，將更降低他們因應處理能力。

整體而言，VCA 缺乏分析的機制。雖然災害、脆弱度與能力的定義十分重要，但若要進行分析，我們所需的就不僅是如此的資訊而已。此外，VCA 未停供資料數據三角(data triangulation)的具體方法。雖然 VCA 運用不同的機制，多方求證資料的準確性，但其過程仍可能缺乏專家的建議或常識的運用。導致在不準確的資訊下，做出不適當的決策。

由於 VCA 的結果十分彈性，因此沒有所謂的最少需求(minimum requirement)，故我們須確保評估能提供足夠與合適的資料。假如 VCA 的操作是透過一群具足夠知識的人員，且在過程中能導向合理的方向，這也許不會產生問題。但如果只擷取 VCA 部份指標面向，作為分析，便無法真實地呈現地方的脆弱度與能力。

三、Anderson, M. B. and Woodrow P. J. (1989), Capacities and Vulnerability Analysis

1980 年代後期，國際非政府組織於國際救援／發展計畫中 (International Relief/ Development Project, IRDP) 首度提出 Capacities and Vulnerability Analysis(CVA)的概念與操作方法，其初始目的在於了解如何提供協助，並促進社會與經濟的發展。然而，近年來在災害整備與減災上，已被廣泛地運用。

1990 年代初期，菲律賓 NGOs 所組成的市民災害應變中心與網絡 (Citizen's Disaster Response Center and Network, CDRC/N)，便強調災害管理與民眾參與，兩者在方案的規劃與執行上，相互結合的重要性。自此，有關 CVA 運用的相關討論，便是以菲律賓的操作經驗為基礎，不斷地加以調整與修訂。1989 年，IRDP 在 Anderson and Wood 出版的 *Rising from the Ashes* 一書中，發表了 CVA 的方法論及其 11 種操作案例。基於持續需求性，此書曾於 1998 年再版。2001 年，Heijmans and Victoria 於 *Citizenry-Based and Development-Oriented disaster Response* 一書中，

清楚地描述菲律賓近年使用 CVA 的操作經驗。然而，這方法仍未廣泛地運用於菲律賓之外的地區。

1989 年，Anderson 等人透過簡單的矩陣描述 CVA 的架構，並從三個相關的層次，檢視民眾的脆弱度與能力。其中包括自然／物質的、社會／組織的、動機／態度的，以下分述之（參見表 3-4 所示）。

表3-4 CVA 矩陣分析圖

	脆弱度	能力
自然／物質的 存在哪些生產資源、技能與危害？		
社會／組織的 人群的關係與組織為何？		
動機／態度的 這些社區如何看待其創造改變的能力？		

資料來源：Anderson & Woodrow (1989)

(一)自然／物質的 脆弱度與能力

最可易見的脆弱度便是自然／物質的貧困。其中包括土地、氣候、環境、健康、技能、勞動、基礎建設、住宅、財政與科技。為了了解自然／物質的脆弱度，我們必須知道災害造成那些影響：經濟活動？（如：農民因水災而無法耕種）、地理位置（如：房屋建築在易發生氣旋的地區），或是缺乏資源。

(二)社會／組織的 脆弱度與能力

探討社會是如何組成，以及如何處理內部的衝突。其中包括正式的政治結構，以及非正式的系統。貧困的社會若有較佳的凝聚力，便較能抵抗災害或從災害中復原（如：種族、宗教、階級或社會地位）。為了了解社會／組織的脆弱度，我們必須知道災前的這些社會結構的型態、災後如何運作，以及受到災害的衝擊性。

(三)動機／態度的 脆弱度與能力

檢視民眾如何看待自身能力，以影響其環境。民眾若能有共同的強烈意識形態、信仰系統，或是有共同操作的成功經驗，便更能於災時相互扶助。為了了解動機／態度的脆弱度，我們必須知道民眾的信仰與態度為何，以及災害是如何對其造成影響。

此外，我們亦可增列 5 項因子於 CVA 的矩陣中，以反應複雜的真實性——性別的崩潰、其它差異的崩潰（如：經濟地位）、隨時間推移而產生的改變、兩項目之間的交互作用、不同尺度的運用（如：村落或是國家層級）。

以菲律賓為例，最常運用的收集資料之工具與方法如下：

- (一)運用二手資料檢視系統的狀態，包括鄉鎮／社區、威脅、災害、政策與立法。我們可從圖書館、政府辦公室、大學、研究中心、報紙與地圖中獲得相關資訊。
- (二)透過半結構式訪談各群體或個體，以了解問題、脆弱度、能力、社區的認知以及討論災害計畫。
- (三)藉由歷史災害軌跡，深入瞭解災害，並使居民瞭解脆弱度。方法包括群組討論、生命歷史與歷史追蹤。舉例來說，透過歷史輪廓可顯示食物安全、作物成長與森林覆蓋的情形等等。
- (四)標示鄉鎮／社區的地形、房屋、土地使用、災害、風險因素與安全區域。將地方的資源與能力繪製成地圖，標示資源進出家戶的情況，並確認資源由何人所控制。
- (五)與主要訊息通知者透過空間與時間，想像在自然環境與居民活動間的相互作用，集中在土地使用、使用期限、環境變遷與災害對區域的脆弱。
- (六)藉季節日曆確認災害、疾病、飢餓、負債與脆弱的周期，也能用以確認居民在這些時期做什麼、如何使維持生計、居民何時有儲蓄、居民如何參與鄉鎮/社區活動，鄉鎮/社區居民能描述他們一年中每一種來源的生計/收入的所有工作，如：災害怎樣影響生計、何時有最重的工作量？季節性食品食用的細節，食品短缺與往外移的時期亦可透過這種演練來了解。
- (七)生計/處理策略分析：個別家庭的結合訪談並畫出顯示不同收入或食品來源，可瞭解掌握生計策略者之行為與決策。
- (八)制度與社會網路分析用以創造顯示關鍵組織、群組、個人、自然與關係的重要性及關係圖。
- (九)運用問題樹確認主要的問題與脆弱度，包括問題的根源與長期的影響。我們通常透過鄉鎮／社區會議(community meeting)與以完成，CDRC/N 強調隨著問題樹回到脆弱的源頭。
- (一〇)評估居民組織的能力透過訪談、SWOT 分析與計畫過程。
- (一一)藉直接觀察獲得較好的圖象與交叉檢驗訊息。

由上述可知，CVA 的分析結果可能會太過主觀以及廣泛，為了克服這些缺點，CDRC/N 藉由早期 CVA 的訓練研討會，發展脆弱度的檢核表(參見下表 3-5)，協助建立指標與定義特質。

表3-5 CVA 脆弱度指標

自然／物質的脆弱度	幕僚	社會／組織的脆弱度		動機／態度的脆弱度	
CVA 訓練研討會	CDRC/N	CVA 訓練研討會	CDRC/N	CVA 訓練研討會	CDRC/N
<p>經濟活動：</p> <p>1.生活、生產及其它技能土地、水、動物、資本、及其它生產的方法</p> <p>2.基礎結構與服務：道路、健康設施、學校、電力、通信、住宅等等</p> <p>人文資產：</p> <p>人口、死亡率、疾病、營養情況、識字率、計算能力、貧困程度</p> <p>環境因子：</p> <p>森林覆蓋率、土壤品質、侵蝕</p> <p>自然災害：</p>	<p>可能遭受災害的社區位置</p> <p>生活的不穩定資源</p> <p>生活的風險資源</p> <p>缺乏使用與控制生產的方法（土地、農產投入、動物與資本等等）</p> <p>仰賴出借的資方等等</p> <p>不適當的經濟回落機制</p> <p>發生急迫性或長期性的食物短缺</p> <p>缺乏適當的技能與教育背景</p> <p>缺乏基礎的服務（教</p>	<p>家庭結構（弱／強）</p> <p>領導的特質與結構</p> <p>決策結構（誰被排出，誰在其中、效率性）</p> <p>參與的層級</p> <p>分裂與衝突：</p> <p>種族、階級、社會地位</p> <p>信仰、意識形態、政治團體、語言</p> <p>公平的程度與平等：</p> <p>進入政治過程的方法</p> <p>社區組織：</p> <p>正式的、非正式的、傳統的與政府的發展</p> <p>與政府行政結構的關</p>	<p>弱的家庭／親友結構</p> <p>缺乏領導、進取心與組織結構</p> <p>無效率的決策、民眾／團體的離開</p> <p>參與社區事務的不公平性</p> <p>謠言、分裂、衝突（種族、階級、社會地位、信仰、性別、意識形態等等）</p> <p>不公平、缺進入政治過程的方法</p> <p>缺乏或弱勢的社區組織（正式、非正式、政</p>	<p>對於改變的態度看法</p> <p>對於影響自身環境能力的認知</p> <p>企圖心</p> <p>信任、決心與搏鬥的精神</p> <p>宗教信仰、意識形態</p> <p>宿命、絕望、沮喪、氣餒</p> <p>倚靠／獨立</p> <p>意識、認知</p> <p>團結合作</p> <p>對於過去、現在與未</p>	<p>對於改變，表達消極的態度</p> <p>被動、宿命、絕望、倚賴</p> <p>缺乏進取心</p> <p>缺乏整體一致、團結合作</p> <p>消極的信仰／意識形態</p> <p>缺乏對於災害的認知</p> <p>倚靠外在的支援／杜爾出心態(dole-out mentality)</p>

自然／物質的 脆弱度	幕僚	社會／組織的 脆弱度		動機／態度的 脆弱度	
CVA 訓練研討會	CDRC/N	CVA 訓練研討會	CDRC/N	CVA 訓練研討會	CDRC/N
乾旱、水災、地震、氣旋等等	育、健康、安全飲用水、衛生、道路、電力與通訊等) 高死亡率、營養不足、疾病的發生、照料能力的不足 過度使用自然資源 暴露在暴力之下（國家、城市／社區的衝突或是戰爭）	係 孤立性與連結性	府、原住民) 缺乏或是忽視與政府行政結構關係 與外界隔絕	來的方向	

資料來源：Anderson & Woodrow (1989)

綜合上述，CVA 並未明確定義何謂評估指標。指標是由使用者自行定義，並依其觀點給予權重值。雖然這對於開放、參與式的研究方法，是合理的，但就菲律賓的操作經驗而言，相關工作人員在運用 CVA 分析上，卻難以確立影響的因子。Heijmans and Victoria(2001)亦指出 CVA 的矩陣有助我們清楚知道資料的類別項目，並著手進行蒐集。然而，其多半為描述性的結果。此外，在指標的運用上，因缺乏指導與一致性，故難以此提供一套系統，分析脆弱度。因此，CVA 的分析結果可能會太過主觀以及廣泛。由於在菲律賓的實務操作上，並未對各面向的脆弱度給予權重值，這將造成我們對分析結果產生疑慮，因就真實情況而言，各面向的脆弱度並非是呈現均值一致的結果

另一問題是，影響因子的聯結與災害的涵蓋範圍。雖然在 CVA 的原始方法論與 CDRC/N 的方法工具中，有提及脆弱度各因子間的關係，但我們很難運用矩陣分析造成脆弱度原因。對於各災害而言，CVA 亦無法論述不同災害的脆弱度與能力，因此我們可能會低估某種災害的重要性。

四、郭彥廉、謝雯惠、蕭代基、廖楷民(2008)，都會地區震災社會易損性因子分析

郭彥廉等人(2008)以個人／家戶、社區、政府等角度分析都會區域震災的脆弱度因子，將各因子區分為潛在損害(damage potential)，包括災前的減災、整備、應變相關；以及妥善處理能力(coping capacity)，包括災後的適應、復原能力，此法衡量地區受衝擊、耐災、復原之程度，亦可衡量地震災害之熱點(參見下表3-6)。郭彥廉等人(2008)並挑選集集大地震建物倒塌且已重建完畢之集合住宅社區：新莊民安領航大廈、龍閣社區與其周邊地區之 15-70 歲居民，針對個人、家戶及其所住社區的特徵進行脆弱度因子的問卷調查與實證分析。透過問卷統計，作為各指標之內容資料的輸入，藉以衡量震災重建之脆弱度。最後指出，震災脆弱的因子，包括居民並不了解災害與減災之相關知識，應加強風險溝通，提升減災意願，或以政策鼓勵民眾進行減災。

表3-6 脆弱度與適應能力因子表

項目	潛在損害	妥善處理能力	脆弱度因子
個體 (個人與家戶)			經濟能力
			社群地位
			職業/失業
			年齡
			個人健康/失能狀況
			性別
			教育/資訊取得能力
			居住型態
			風險知覺、減災意願

項目	潛在損害	妥善處理能力	脆弱度因子
			心理脆弱度
			家戶結構
			房屋所有權
			保險
社區			人口/居住密度
			人口居住特質
			社區網路/組織(鄰里關係)
			社區防災意識與減災措施
			社區地震緊急應變計畫
			社區災後復原共識
政府與社會			人口成長/城市發展速度
			產業類型(仰賴特殊經濟)
			基礎建設
			維生管線
			地方(政府)資源與效率
			土地使用管理
			減災政策
			緊急應變計畫
			復原計畫

資料來源：郭彥廉、謝雯惠、蕭代基、廖楷民（2008）

五、蕭煥章(2008)，水災脆弱度評估模式之建立-以汐止市為例

蕭煥章(2008)運用 Cutter (1996, 2003, 2005)與 Cutter et al. (1997)所使用的脆弱度評分計算方式進行運算，衡量汐止市之災害熱點，透過汐止市各里的各社會脆弱度變項的評分計算，加總各變項評分結果得到汐止市各里的整體社會脆弱度，各項評分項目使用 5 個等級區分，加以呈現出汐止市各里各項社會脆弱度情形。以下為其計算方式：

(一)社會脆弱度

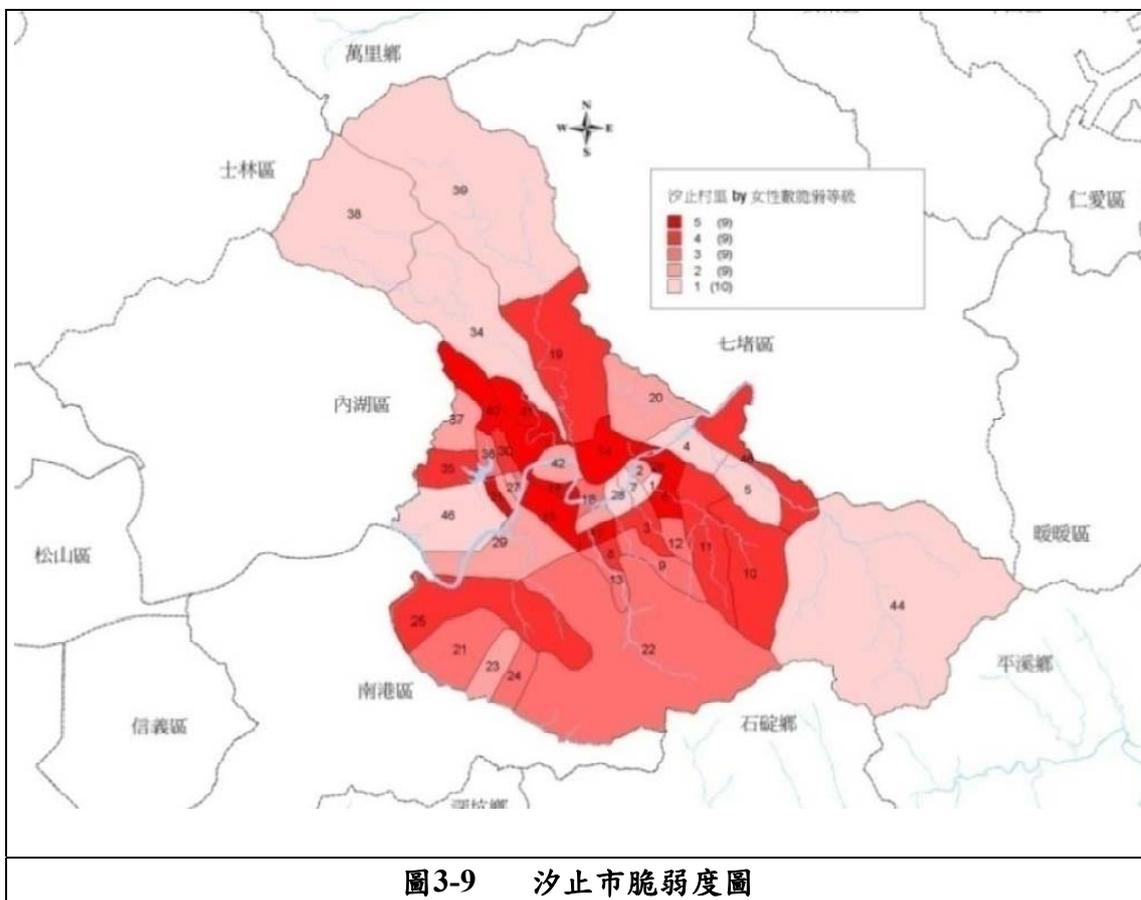
評分計算方式進行運算汐止市各社會脆弱度變項數據彙整與計算從臺北縣政府主計處統計要覽、社會局、汐止市公所與汐止戶政事務所取得汐止市各里的女性、戶數、人口數、低收入、獨居老人、身心障礙者、65 歲以上、14 歲以下與不識字等 9 項統計數據。將各里以評分總分數分為 5 個等級，建立汐止市社會脆弱圖。

(二)自然脆弱度：

以經濟部水利署（2003）針對納莉颱風汐止市各里淹水戶數調查結果，

採用 Cutter 計算方式進行評比，並將各里以評比分數區分為 5 個等級，建立汐止市水災脆弱圖。

(三)將水災脆弱評分與社會脆弱評分相乘，依其所得數據區分為 5 個等級，建立汐止市地區脆弱圖（如下圖 3-9）。



資料來源：蕭煥章(2008)

第四節 各都市災害影響熱點判別指標系統之比較

綜合上述，可知各都市災害影響熱點判別指標系統各有其發展背景與特色。以下將就各層級指標系統之目的、指標與方法，做分析討論。

一、就評估目的而言

綜合上述之討論，本研究依各研究之評估目的區分為因應氣候變遷、檢視各區脆弱度以及檢視民眾脆弱度等三類，以下分述論之（參見表 3-7）。

在因應氣候變遷上，2003 年，Steer 等人以及 Hinkel 等人因應氣候變遷所造成的海平面上升等現象，針對海岸地區之脆弱度進行探討。2008 年，World Bank 則是針對都市地區因氣候變遷下之脆弱度進行探討。

在檢視各區脆弱度上，Dilley 等人(2005)的研究，主要從過去 20 年的數據，探討世界各地區的脆弱度。Cutter 等人(1997)探討各郡的自然脆弱度與社會脆弱度。Wei 等人(2004)與吳杰穎等人(2008)則是探討各都市的災害脆弱度。蕭煥章(2008)更指出近年來災害造成的危害程度隨人口增加、社會經濟發展等，日趨嚴重。台灣因位於歐亞海陸板塊交界之處，地質脆弱、地勢除峻，又處於北半球颱風路徑，再加上 IPCC 對全球氣候變遷的預測屬實，氣候變遷所帶來的衝擊，將在台灣造成諸多的影響。因此，該研究試圖提出適合台灣水災脆弱性的評估模式，以作為地方性水災的因應。

在檢視各區民眾脆弱度上，Kuban 等人(2001)以探討各社區民眾之脆弱度為主要目的，並針對協助緊急事故管理者與市政計畫者，瞭解各社區脆弱度較高之民眾在緊急事件時的需求，並整合脆弱度與調適能力觀點，提供必要之協助。因此，希望即使在文化、地區尺度、地理區域或資源層級上有所差異，均盼能予以運用。此外，透過此方式，亦可衡量都市災害熱點之區位。其目的在瞭解：誰是鄉鎮/社區中最脆弱者？他們居住於何處？他們有何應變或復原能力，等等相關議題。由國際紅十字聯合會與新月組織(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, IFRC)(1996)所開發的 VCA，則用以協助政府與地方進行脆弱度與能力評估，促使各組織能瞭解在天然與人為災害風險之災害熱點，協助他們採行適當的整備措施，以便在災害中進行適當的應變與復原。其目標在於評估鄉鎮／社區面臨的風險與能力，以處理這些風險；鄉鎮/社區、地方權責單位、人道與發展組織，應及早開始進行評估工作；策劃出行動計畫以因應確定風險的準備與應變；確認降低災害風險行動以避免或減輕災害的影響。1989 年，由 Anderson 等人所提出的 Capacities and Vulnerability Analysis(CVA)的概念與操作方法，其目的在於檢視民眾的脆弱度與能力。2008 年郭彥廉等人則以個人／家戶、社區、政府等角度分析台灣都會區域震災的脆弱度因子。

表3-7 評估目的分析表

研究者 \ 目的	因應氣候變遷	檢視各地區脆弱度	檢視民眾脆弱度
Dilley 等人		■	
Steer 等人(2003)	■		
Hinkel 等人(2003)	■		
World Bank(2008)	■		
Cutter 等人(1997)		■	
Wei 等人(2004)		■	
吳杰穎等人 (2008)		■	
Kuban 等人(2001)			■
International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)			■
Anderson 等人(1989)			■
郭彥廉等人 (2008)			■
蕭煥章 (2008)		■	

資料來源：本研究整理

二、就評估尺度而言

綜合上述討論，Dilley等人(2005)主要探討全球各地區對颱風、乾旱、水災、地震、火山爆發及崩塌等六種天然災害之脆弱度。2003年，Steer等人以及Hinkel等人的研究則是針對海岸地區之脆弱度進行探討。上述這些研究，均以區域與國家層級的尺度，做分析模擬（參見表3-8）。

2008年，World Bank主要針對第三世界各城市，以全災害(All-Hazards)的觀點，進行都市災害影響熱點之探討。Cutter等人(1997)以表徵縣市災害熱點為出發點。Wei等人(2004)則是進行中國各城市的脆弱度分析。吳杰穎等人(2008)則以建立台灣各縣市之災害統計指標體系，以量化數據反應各縣市對於各種災害現象與特性，進而分析各縣市在不同分項指標指數上之差異情形。上述這些研究，均以縣市層級的尺度，做分析模擬（參見表3-8）。

Kuban等人(2001)所開發的鄉鎮/社區脆弱度與能力評估法(Community-wide Vulnerability and Capacity Assessment, CVCA)，主要針對協助緊急事故管理者與市政計畫者，瞭解各社區脆弱度較高之民眾在緊急事件時的需求，並整合脆弱度與調適能力觀點，提供必要之協助。由國際紅十字聯合會與新月組織(International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, IFRC)(1996)所開發的VCA，用以協助政府與地方進行脆弱度與能力評估，促使各組織能瞭解

在鄉鎮／社區中，天然與人為災害風險之災害熱點。1989 年，由Anderson等人所提出的Capacities and Vulnerability Analysis(CVA)的概念與操作方法，其目的在於了解各都市應如何提供協助，促進社會與經濟的發展，並強調災害管理與民眾參與。此外，2008 年郭彥廉等人進行分析台灣都會區域震災的脆弱度因子。蕭煥章(2008)則以台灣汐止市做為水災脆弱度評估之實證對象。上述這些研究，均以鄉鎮市層級的尺度，做分析模擬（參見表 3-8）。

表3-8 評估尺度分析表

研究者 \ 尺度	國家與區域層級	縣市層級	鄉鎮市層級
Dilley 等人	■		
Steer 等人(2003)	■		
Hinkel 等人(2003)	■		
World Bank(2008)		■	
Cutter 等人(1997)		■	
Wei 等人(2004)		■	
吳杰穎等人（2008）		■	
Kuban 等人(2001)			■
International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)			■
Anderson 等人(1989)			■
郭彥廉等人（2008）			■
蕭煥章（2008）			■

資料來源：本研究整理。

三、就評估指標項目而言

在國家與區域層級的災害影響熱點評估上，Dilley 等人(2005)將各災害之脆弱度分為「人員受災死亡率」、「受災經濟總損失」以及「受災經濟損失佔該國GDP 比例」等三大指標。Steer 等人(2003)將海岸地區脆弱度分為受影響人口、受風險者、資本價值流失、土地流失、保護／適應花費與溼地流失等六項評估指標。Hinkel 等人(2003)則將海岸地區脆弱度分為海平面上升與人口特性。

在縣市層級的災害影響熱點評估上，World Bank (2008)以型態與風險特徵、都市地區氣候變遷不同後果之脆弱度評估、都市產業對不同災害之整備及應變以及推薦整備指標等四大面項，做為脆弱度評估指標。Cutter 等人(1997)則將脆弱度區分為自然脆弱度（即暴露、危害）以及社會脆弱度（即社會中弱勢之群體）二類。Wei 等人(2004)以地區人口、地區GDP、受災影響人口數，總災損值，社經變數等，作為評估都市脆弱度的指標。此外，吳杰穎等人(2008)研究之脆弱度

評估因子包括脆弱度統計、災損統計、災害管理統計等三大標的，其中脆弱度統計包括災害紀錄、社經因子、生活環境等面向；災損統計包括人員傷亡、住宅損失、設施損失、一級產業損失等面向；災害管理統計包括減災、整備、應變與體制等面向。

在鄉鎮市層級的災害影響熱點評估上，Kuban 等人(2001)針對脆弱度較高的民眾進行評估，其評估指標包括：有限的資源、有限的認知、無法表達其特殊的需求、健康問題會降低其應變或復原的能力、缺乏瞭解相關緊急資訊的教育訓練、有限的獲取鄉鎮/社區資訊的管道、缺乏進行應變的遷徙能力、缺乏社會支援網絡、受到鄉鎮/社區主要文化的阻隔、因語言的隔離而不易與鄉鎮/社區融合等。IFRC(1996)所擬定的評估指標包括：威脅類型、民眾的暴露性、貧困、排斥／邊緣化，以及民眾避免或處理威脅的能力。Anderson 等人(1989)則是將脆弱度分為自然／物質的、社會／組織的、動機／態度的，等三大面向。郭彥廉等人(2008)將都會區域震災的脆弱度因子，分為潛在損害(damage potential)，包括災前的減災、整備、應變相關；以及妥善處理能力(coping capacity)，包括災後的適應與復原能力。蕭煥章(2008)將脆弱度分為社會脆弱度與自然脆弱度等兩大類。社會脆弱度之評估指標，包括：戶數、人口、低收入、獨居老人、身心障礙、65 歲以上、14 歲以下及不識字等 9 項；自然脆弱度之評估指標則是以 450mm 淹水潛勢資料為基礎。

綜合上述可知，各評估指標的選擇，依研究者所能掌握的資料庫為基礎。倘若研究者能掌握更細緻的統計資料，便能更精確地描述該地區的受氣候變遷的影響程度。但相對而言，其評估指標也愈複雜與困難。據此，本研究依其評估指標之複雜度，分為簡易、普通、複雜三類（參見下表 3-9）。相較之下，Dilley 等人(2005)、World Bank (2008)以及Wei 等人(2004)所擬定的評估指標，在資料取得上是較為簡易的；Steer 等人(2003)與Hinkel 等人(2003) 的研究在後續指標資料庫的收集上，其複雜度則是相對較高的。

表3-9 評估指標項目分析表

研究者 \ 複雜度	簡易	普通	複雜
Dilley 等人	■		
Steer 等人(2003)			■
Hinkel 等人(2003)			■
World Bank(2008)	■		
Cutter 等人(1997)		■	
Wei 等人(2004)	■		
吳杰穎等人 (2008)		■	
Kuban 等人(2001)		■	

研究者 \ 複雜度	簡易	普通	複雜
International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)		■	
Anderson 等人(1989)		■	
郭彥廉等人 (2008)		■	
蕭煥章 (2008)		■	

資料來源：本研究整理

四、就評估方法而言

Dilley 等人(2005) 將脆弱度之衡量方式分為四個尺度，分別為低、中低(lower middle)、中高(upper middle)及高，並透過運用 GIS 疊圖的概念，針對不同災害作分析，顯示全球各地區之災害脆弱度情況。Steer 等人(2003)依其評估指標之量化數據，將評估結果分為低、中、高、嚴重等四級距，衡量評估海岸地區的脆弱度。Hinkel 等人(2003)則試圖建立以 CD-ROM 為基礎的動態、相互作用及彈性的平台，讓使用者能獲得海岸脆弱度指標的量化數據。

World Bank (2008)在評估第三世界都市災害熱點上，因統計資料取得困難，便以簡易檢核清單(checklist)的方式進行相關資料的評估。Cutter 等人(1997)在計算脆弱度評分上，首先，調查分區某項統計值在調查全區某項統計所佔比率；繼而，調查分區某項統計比率 X 值除以調查全區統計比率最高 X 值。藉此求出評估指標值。Wei 等人(2004)以 Data Envelopment Analysis(DEA)進行脆弱度評估。DEA 是一種評估決策單元 (decision-making units, DMUs) 效率的方法。DEA 利用數學線性規劃技巧架構生產函數以求的效率的方法。建立在柏拉圖最適境界之效率觀念上。據此，Wei 等人提出天然災害脆弱度分析與區域脆弱度分析之 DEA 模型。透過上述兩模型結果之乘積，我們可比較各年天然災害衝擊影響程度的指標。繼而，平均所有嚴重性指標，以計算所有 i 個地區的脆弱度指標。吳杰穎等人 (2008) 則運用各防災業務相關單位現有的災害統計資料，以 2002 年至 2006 年之既有災害統計資料為主。歸納整理具有指標性意義之項目，初擬台灣天然災害統計指標體系架構。其次，透過模糊德爾菲(Fuzzy Delphi Method ,FDM)問卷與模糊層級分析問卷(Fuzzy Analytic Hierarchy Process)發放與回收統計分析，並建立模糊三角數、灰色地帶檢定以及測試門檻值篩選指標，完成各項評估指標之篩選。完成確立評估體系之後，接著進行 FAHP 專家問卷調查；經建立正倒矩陣與模糊正倒矩陣、群體整合、評估指標權重之分析、模糊權重計算、解模糊化、正規化以及層級串聯等步驟，求得各評估標的、面向與指標之權重。最後，將求得之權重值套用於指數化之評估指標，進行台灣各縣市之受災空間分析，並運用 GIS 地理資訊系統加以表徵。

Kuban 等人(2001)、International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)與 Anderson 等人(1989)則是以質化的方式進行社區脆弱度評估。郭彥廉等人(2008)針對個人、家戶及其所住社區的特徵進行脆弱度因子的問卷調查與實證分析。透過問卷統計，作為各指標之內容資料的輸入，藉以衡量震災重建之脆弱度。蕭煥章(2008)則是透過各社會脆弱度變項的評分計算，加總各變項評分結果社會脆弱度。各項評分項目使用 5 個等級區分，加以呈現各項社會脆弱度情形。

綜合上述，各研究者依據研究尺度的差異與各評估指標資料庫的掌握情況，會選擇較適當的評估方法，以適切地表徵其脆弱度。據此，本研究依評估方法的難易度，分為易、中、難三類(參見下表 3-10)。相較之下，Dilley 等人、World Bank(2008)、Kuban 等人(2001)、International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)與 Anderson 等人(1989)的評估方法是較為簡易的；Hinkel 等人(2003)的評估方法以網路為媒介，且須建立共同的分析平台，故在實際操作上，須網羅有關電腦資訊等相關人才，以建置此系統以及後續的維護。因此是較為困難的。Wei 等人(2004)則須建置 DEA 模型，在實際操作上亦有許多技術上的考量。

表3-10 評估方法分析表

困難度 研究者	易	中	難
Dilley 等人	■		
Steer 等人(2003)		■	
Hinkel 等人(2003)			■
World Bank(2008)	■		
Cutter 等人(1997)		■	
Wei 等人(2004)			■
吳杰穎等人(2008)		■	
Kuban 等人(2001)	■		
International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (1996)	■		
Anderson 等人(1989)	■		
郭彥廉等人(2008)		■	
蕭煥章(2008)		■	

資料來源：本研究整理

透過上述一系列的分析與討論，可知各界對於災害影響熱點之判別指標，並無一定的定見。因此，對於各評估指標的選取以及評估的方法亦大不相同。各研究者應依其實際需求，選擇適切的評估尺度、評估指標與方法。本研究主要是以鄉鎮市層級做為研究的對象範疇。在未來評估指標的選取上，應考量地方尺度的適切性；在評估方法上，亦應選擇較易操作的模型，以期真能落實於地方的實際操作。

第四章 我國氣候變遷災害影響熱點判別指標初擬

本章承接第三章災害熱點判別指標/系統之相關文獻，進一步初擬適合我國尺度的氣候變遷災害熱點判別指標。本章首先歸納第三章相關之判別指標，其次透過文獻初步擬定判別指標之架構，最後說明各個指標之資料年代、尺度、相關限制與資料來源。

第一節 氣候變遷災害影響熱點判別指標歸納

第三章整理氣候變遷相關判別指標/系統，此節則歸納第三章之判別指標，彙整相關文獻，作為後續研擬我國判別指標之參考。以下判別指標之歸納，將依照尺度分為國家/區域、縣市、鄉鎮等三層級，分別陳述其重要研究成果與評估因子/指標。

在國家與區域層級(參見表 4-1)，大尺度之評估因子，其評估目的多為考量氣候變遷之因素，氣候變遷之考量因子以海平面、沿岸土地流失、氣溫、降雨為主。而評估尺度上，由於尺度較大，故其評估指標相較為精準度較低之評估因素。本研究亦彙整台灣目前進行未來氣候變遷預測的二篇研究，其探討不同時節對氣候變遷的影響、改變與預測。本研究將上述評估指標，作為研擬評估指標架構的主要參考。

表4-1 判別指標歸納表(國家/區域)

作者	研究/計畫名稱	研究成果	評估因子/指標
Dilley et al.(2005)	Natural disaster hotspots: A global risk analysis	針對全球天然災害事件(颱風、乾旱、水災、地震、火山爆發及崩塌)進行歷史災害與損失的回顧，進而評估世界尺度的災害熱點。	1. 全球格網人口評估 2. 單位區域全球格網 GDP 評估 3. 格網單元的單位區域 GDP 的百分比

作者	研究/計畫名稱	研究成果	評估因子/指標
Hinkel J. & Richard J.T. (2003)	Developing a Method and a Tool for Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment	發展以 CD-ROM 為基礎的動態、相互作用及彈性的 Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment(DIVA) 工具，讓使用者能獲得海岸脆弱度指標的量化數據。	1. 海平面上升(受災人口、風暴潮高度、河流形態、波浪氣候、潮汐制度、ASMITA 協同因素、瀉湖面積、小港數量、Bruun 規則因子) 2. 人口(調適費用、海濱養地費用、土地費用、遷移費用、海堤費用、每人 GDP、經緯度)
Sterr et al. (2003)	Climate Change and Coastal Zones: An Overview of the State-of-the-Art on Regional and Local Vulnerability Assessment	透過量化方式衡量其中各個級距，研擬氣候變遷下區域尺度中脆弱度等級的估算方式。	1. 受影響者 2. 受風險者 3. 資本價值流失 4. 保護/適應的花費 5. 溼地的流失
何明錦、詹士樑(2008)	氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫	透過 IPCC 所公佈之情境模擬模式 SRES-A2、SRES-B2 二者情境進行全台灣地區氣候之模擬	1. 氣溫(夏季、冬季、年平均) 2. 降雨(雨季、乾季)
柳中明等(2008)	台灣地區未來氣候變遷預估	透過 IPCC 模擬台灣未來氣候變遷之情形	1. 氣溫 2. 降雨

資料來源：本研究整理

在縣市的評估尺度中（參見表 4-2），部分研究以脆弱度之概念為主要的研究目的，其評估面向納入了弱勢人口、產業經濟、歷年的傷亡損失等條件，作為主要的評估指標。其評估方式，亦多以統計資料的量化操作為評估之方式。World Bank(2008)則以質化的清單勾選方式，進行缺乏量化資料的操作模式。本研究將納入脆弱度與災害風險的概念，進行災害熱點判別指標之研擬。

表4-2 判別指標歸納表(縣市層級)

作者	研究/計畫名稱	研究成果	評估因子/指標
World Bank(2008)	Climate Resilient Cities	以簡易檢核清單 (checklist) 的方式，供資料來源不足之地區進行相關的評估	1. 型態與風險特徵 2. 都市地區氣候變遷不同後果之脆弱度評估 3. 都市產業對不同災害之整備及應變 4. 推薦整備指標等四大面項
Cutter et al.(1997)	Handbook for conducting a GIS-based hazards assessment at the county level	分別對繪製自然脆弱度、社會脆弱度地圖。整合二者成為地區脆弱度地圖，表徵地區災害熱點區位之所在。	1. 自然脆弱度 2. 社會脆弱度
Wei et al. (2004)	The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method	透過 Data Envelopment Analysis(DEA)法進行脆弱度評估。	1. 天然災害脆弱度分析之 DEA 模型(人口密度與商業設施的複雜度) 2. 區域脆弱度分析之 DEA 模型(社會與經濟等變數)
吳杰穎、江宜錦(2008)	台灣天然災害統計指標體系建構與分析	衡量我國 27 個縣市的災害、受災因子，研擬共 27 項評估指標。再利用 GIS 地理資訊系統加以表徵地區災害的脆弱程度。	1. 脆弱度統計(災害紀錄、社經因子、生活環境) 2. 災損統計(人員傷亡、住宅損失、設施損失、一級產業損失) 3. 災害管理統計(減災、整備、應變與體制)

資料來源：本研究整理

在鄉鎮市層級(參見表 4-3)，尺度較小的評估方式中，便有許多細緻化的評估指標，包括地區細致的弱勢族群、產業經濟條件、社區的防災意識等等，作為評估考量的因子。這之中亦包含了脆弱度的評估概念，以及受災害風險的暴露性、地理環境條件等。本研究將考量脆弱度與地理環境的意涵，作為後續研擬評估指標之依據。

表4-3 判別指標歸納表(鄉鎮市層級)

作者	研究/計畫名稱	研究成果	評估因子/指標
Anderson and Woodrow (1998)	Rising from the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster	提出能力與脆弱度分析要項。	1. 實質與物質(土地、氣候、環境、健康、技能與勞工、基礎設施、住宅、財政與科技) 2. 社會與組織(政策、非正規的系統) 3. 動機與態度。
Kuban et al.(2001)	Community-wide Vulnerability and Capacity Assessment	列舉出衡量鄉鎮/社區脆弱度的考量因子，並考量地區特性，篩選衡量地區脆弱度的指標。	1. 原住民 2. 寵物主人 3. 酒/毒品依賴者 4. 租屋者 等共 28 項因子
郭彥廉等人 (2008)	都會區震災社會易損性因子分析	以個人/家戶、社區、政府等角度分析都會區域震災的脆弱度因子，進行社區震災之脆弱度評估。	1. 個體(個人與家戶) 2. 社區 3. 政府與社會 等三大類面向。
蕭煥章 (2008)	水災脆弱度評估模式之建立-以汐止市為例	運用 Cutter (1996, 2003, 2005) 與 Cutter et al. (1997)所使用的脆弱度評分計算方式，將脆弱度的評估，區分為自然脆弱度以及社會脆弱度二者進行縣層級脆弱度評估。	1. 社會脆弱度(女性、戶數、人口數、低收入、獨居老人、身心障礙者、65 歲以上、14 歲以下、不識字者) 2. 自然脆弱度(納莉颱風汐止市各里淹水調查)

資料來源：本研究整理

透過前述之文獻回顧可發現，氣候變遷、災害的評估判別方式，隨其研究領域的不同，評估的方式亦不相同，評估的方式包括質化的訪談與量化的評估衡量；在操作上，有簡易的評估表至複雜的統計計算衡量；尺度上，包括從世界層級之

評估至社區層級的評估；內容上綜括氣象、暴露性、脆弱度、調適性、回復力等不同領域但觀念相近的元素。隨領域與評估方式的不同，最後評估的成果亦不相同，其適合的地區、尺度、災害型態也就不同。因此本研究將參考上述文獻，建立適合我國氣候變遷災害熱點的判別指標，其中將考量上述文獻的幾個面向：氣候變遷因素、脆弱度、暴露性、地理、社會經濟等，為主要的考量面向，因此本研究進行判別指標架構的初步研擬，將考量上述不同面向，作為評估指標研擬的依據。

第二節 氣候變遷災害影響熱點判別指標初擬

第一節歸納相關不同領域研究之評估指標，本研究將於本節初步研擬評估指標的架構，考量台灣地區的特型，以及未來鄉鎮層級的可操作性，及相關資料取得的限制，進行災害熱點判別指標的研擬。其中，本研究對於災害熱點之定義，是評估地區受氣候變遷風險影響之「程度」，本研究的判別指標系統，其評估意義便為交互衡量氣候變遷影響因素、自然環境與人為環境等三者，綜合評估地區受氣候變遷的風險程度。

另外，歸納上述文獻後可知，氣候變遷、天然災害、脆弱度等相關領域的範疇均相當廣泛，其評估因子與評估方式也不盡相同。本研究針對欲研擬之氣候變遷災害熱點判別指標，相關之名詞進行定義收斂。本研究氣候變遷災害熱點判別指標系統之建立，其評估意義便為交互衡量氣候變遷影響因素、自然環境與人為環境等三者。因此將判別指標分為三大面向：分別為氣候變遷因素、自然環境條件、社會環境條件，以下分述之：

(一)氣候變遷因素：

氣候變遷將造成影響的因子，包括降雨、溫度。

(二)自然環境條件：

自然環境中可能受到氣候變遷影響的敏感因子，包括環境敏感地與地理條件。

(三)社經環境條件：

人類社會經濟條件對災害承受的程度，即人們有無能力處理災害的社會與經濟因素。包括人口特性、政經環境、建成環境、產業特性。

歸納災害熱點與氣候變遷影響因子之意涵後，本研究將依此定義，進行評估指標的初步研擬，以下詳述之。

一、判別指標初擬

依循上述定義，並彙整相關文獻，本研究將依照此三大面向，進行判別指標的研擬，本研究整理初步之熱點判別指標茲分述如下：

(一)氣候變遷因素

氣候變遷因素為將造成影響的因子。本研究針對海平面、降雨、以及溫度等三類，進行氣候變遷因素的評估衡量。其分類與相關的文獻如下表 4-4 所示：

表4-4 氣候變遷因素指標與文獻彙整表

評估面向	評估項目	評估指標	相關文獻
氣候變遷 因素	降雨	1.雨季 2.乾季	馮正民、詹士樑(2007)；何明錦、詹士樑(2008)；柳中明等(2008)
	溫度	1.冬季 2.夏季	馮正民、詹士樑(2007)；何明錦、詹士樑(2008)；柳中明等(2008)

資料來源：本研究整理

此部份之評估指標主要針對氣候變遷影響之現象進行指標的研擬，其影響之主要面向以未來降雨變化、溫度的變化為主，其中降雨與溫度的變化將參考何明錦、詹士樑(2008)之研究推估成果，作為其未來可能影響程度的主要評估因子。另外，降雨量之模擬主要分為雨季(5、6、7、8、9月)平均降雨量以及乾季(10、11、12、1、2、3、4月)平均降雨量。

(二)自然環境條件

自然環境條件為自然環境中的敏感因子。本研究針對環境敏感地與地理環境等二類，進行自然環境條件的評估衡量。其分類與相關的文獻如下表 4-5 所示：

表4-5 自然環境條件指標與文獻彙整表

評估面向	評估項目	評估指標	相關文獻
自然環境 條件	環境敏感地	1. 生態敏感地 2. 優良農田敏感地 3. 地表水源維護 4. 地下水補注區 5. 地質災害敏感地	Sterr et al. (2003)
	地理環境	1. 崩塌地 2. 沿海土地流失地區 3. 地層下陷	吳杰穎等(2008)；Sterr et al. (2003)

資料來源：本研究整理

本研究在自然環境條件的評估面向，評估指標主要以環境敏感地、地理環境為主要的評估因子，環境敏感地為營建署 1992~1997 年完成的評估系統；地理環境則為崩塌地與沿海土地流失的地區，以及地層下陷，考量氣候變遷的因素，評估沿海土地流失的情形。

(三)社經環境條件

相關研究將社經脆弱度考量為特定社會族群受衝擊的結果，即特定族群於災害特定下受衝擊的程度，以及其應變處理的能力。本研究針對社經脆弱度的評估，主要考量易受災的人口特性、經濟與教育、建成環境、產業特性

四類，去進行社經環境條件的評估衡量。其分類與相關的文獻如下表 4-6 所示：

表4-6 社經環境條件指標與文獻彙整表

評估面向	評估項目	評估指標	相關文獻
社經環境 條件	易受災人口 特性	1. 人口密度 2. 歷年災害死傷人數 3. 土石流保全人數	Anderson and Woodrow (1998); 吳杰穎等(2008); 郭彥廉等(2008); 蕭煥章(2008); Dilley et al.(2005); World Bank(2008); Wei et al. (2004)
	產業經濟與 教育	1. 家戶所得 2. 就業人口 3. 教育程度(大學/專科 以上)	Anderson and Woodrow (1998); 吳杰穎等(2008); 郭彥廉等(2008); World Bank(2008); Hinkel J. & Richard J.T. (2003); Wei et al. (2004)
	建成環境	1. 建物面積 2. 淹水潛勢(600mm)	Cutter et al. (1997); Sterr et al. (2003); 蕭煥章(2008); 吳杰穎等(2008); World Bank(2008)

資料來源：本研究整理

社經環境條件主要評估的因子為台灣社會經濟的條件，人口的特性中考量人口密度、歷年災害死傷的人數、土石流保全人數等不同的人口特性；產業經濟與教育的面向，考量家戶所得、就業人口與教育為主要的因子；建成環境的部份，以建物面積與淹水潛勢為評估人為環境的指標。

二、判別指標之架構

因此，歸納上述氣候變遷因素、自然環境條件、社經環境條件等相關的指標分類，本研究初步擬定之氣候變遷災害熱點判別指標架構，如下圖 4-1 所示：

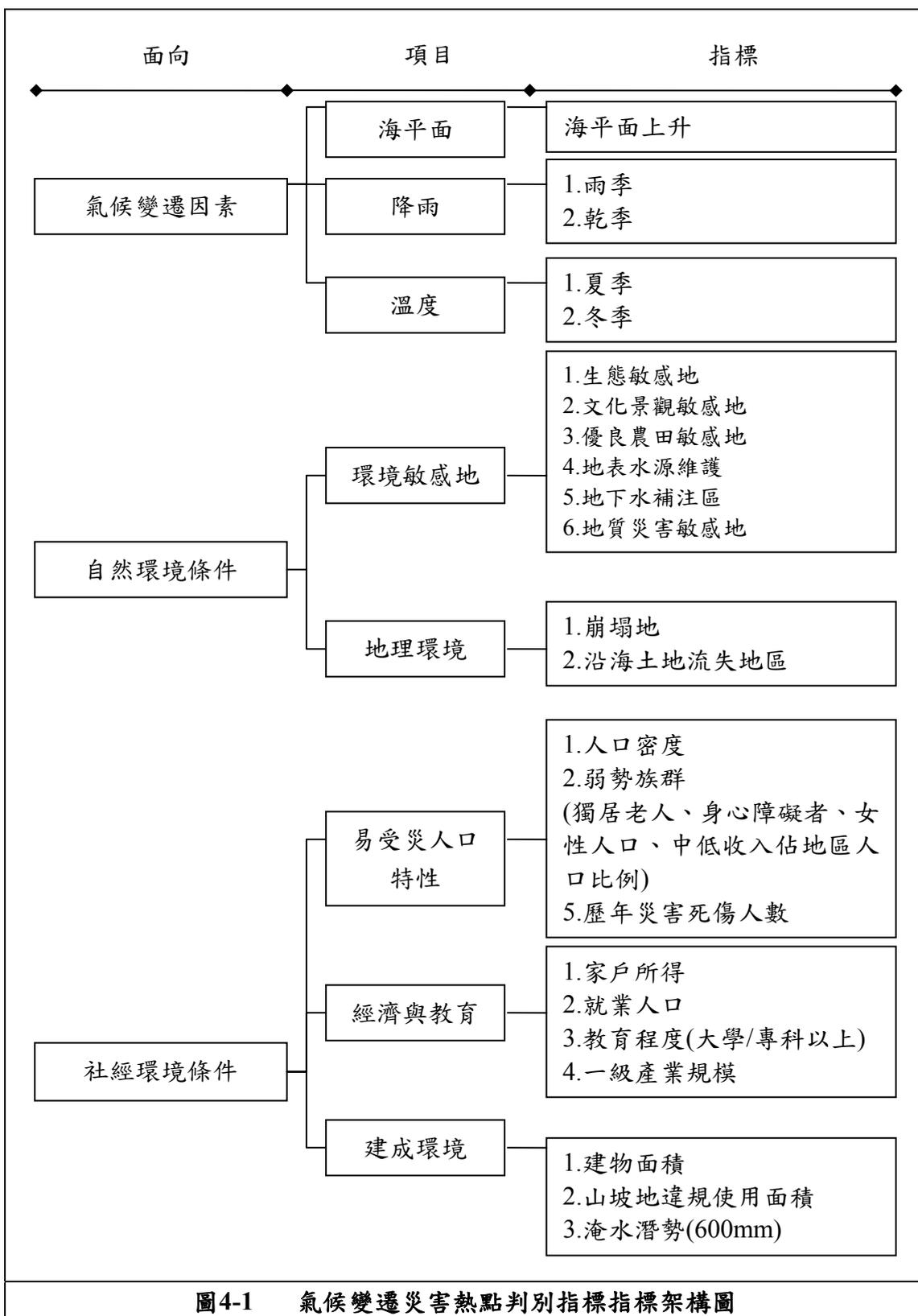


圖4-1 氣候變遷災害熱點判別指標指標架構圖

資料來源：本研究整理

第三節 氣候變遷災害熱點判別指標之資料

初步研擬氣候變遷災害熱點判別指標之系統架構後，為便於未來行政單位、空間規劃單位之應用，本研究將於此節，檢視我國各指標之資料內容、尺度、精細度、評估方式與相關限制。下表 4-7 為災害熱點判別指標架構與資料表，精要的羅列出各指標之資料形式與評估方式，詳細之內容將於附錄一呈現，以下詳述之。

表4-7 災害熱點判別指標架構與資料表

面向	項目	指標	資料形式	操作型定義	單位	年份
氣候變遷因素	降雨	雨季	圖層	2090 推估值-2000 之差	mm	2008
		乾季	圖層	2090 推估值-2000 之差	mm	2008
	溫度	夏季	圖層	2090 推估值-2000 之差	°C	2008
		冬季	圖層	2090 推估值-2000 之差	°C	2008
自然環境條件	環境敏感地	生態敏感地	圖層	生態敏感地/地區面積比例	百分比	1997
		優良農田敏感地	圖層	優良農田敏感地/地區面積比例	百分比	1997
		地表水源維護	圖層	地表水源維護/地區面積比例	百分比	1997
		地下水補注區	圖層	地下水補注區/地區面積比例	百分比	1997
		地質災害敏感地	圖層	地質災害敏感地/地區面積比例	百分比	1997
	地理環境	崩塌地	圖層	崩塌地/地區面積比例	百分比	2002
		沿海土地流失地區	圖層	沿海土地流失地區(海岸上升的高度淹沒的土地)/地區面積比例	百分比	-
		地層下陷	圖層	地層下陷/地區面積比例	百分比	現有之高層圖

面向	項目	指標	資料形式	操作型定義	單位	年份
社經 環境 條件	易受災 人口特 性	人口密度	統計 資料	人口密度	人/平方 公里	每年/ 每月
		歷年災害死傷人 數	統計 資料	歷年災害死傷人數 佔地區人口比例	百分比	每年
		土石流保全人數	統計 資料	土石流保全人數佔 地區人口比例	百分比	2008
	產業經 濟與教 育	家戶所得	統計 資料	家戶所得	新台幣 (元)	每年
		就業人口	統計 資料	就業人口佔地區人 口比例	百分比	每年
		教育程度(大學/ 專科以上)	統計 資料	教育程度(大學/專 科以上)佔地區人 口比例	百分比	每年
	建成環 境	建物面積	圖層	建物面積/地區面 積比例	百分比	依來 源而 定
		淹水潛勢 (600mm)	圖層	淹水潛勢(600mm) /地區面積比例	百分比	2007

資料來源：本研究整理

本研究歸納了評估指標之資料內容與評估操作方式，其中屬於圖層的資料，均需以地理資訊系統(GIS)進行行政區域的面積比例計算，在操作性上本研究將之歸類為較困難的評估方式；而屬於行政區的資料，則需要透過地方行政單位整合各地區之資料來加以評估，在操作性上本研究歸類為較容易的操作方式，以下詳見表 4-8，及後續文字說明：

表4-8 災害熱點判別指標操作性表

面向	項目	指標	難	中	易
氣候變遷因素	降雨	雨季	■		
		乾季	■		
	溫度	夏季	■		
		冬季	■		
自然環境條件	環境敏感地	生態敏感地		■	
		優良農田敏感地		■	
		地表水源維護		■	
		地下水補注區		■	
		地質災害敏感地		■	
	地理環境	崩塌地		■	
		沿海土地流失地區	■		
地層下陷			■		
社經環境條件	易受災人口特性	人口密度			■
		歷年災害死傷人數			■
		土石流保全人數			■
	產業經濟與教育	家戶所得		■	
		就業人口		■	
		教育程度(大學/專科以上)			■
	建成環境	建物面積		■	
		淹水潛勢(600mm)		■	

資料來源：本研究整理

一、氣候變遷因素：

本研究評估之氣候變遷因素，主要資料以台大全球氣候變遷中心(2007)之研究中，透過 CCS 模式對溫度與降雨進行的全台灣降尺度之模擬。其研究指出，CCS 模式由日本氣象機構所研發，較其他氣候模式在全球區位上與台灣較相近，其地理位置以及面積大小與台灣具有較高之相似性，在探討氣候模式之適合性上，其研究認為 CCS 模式應較適合台灣地區使用，並且以 CCS 模式進行氣候變遷未來降雨、溫度的模擬。

在情境的選擇上，何明錦、詹士樑(2008)挑選 IPCC 第四版的評估報告中，A2 與 B2 之情境作為模擬之對象。IPCC 對二者的設定分別為：

(一)A2 情境

區域性經濟成長且幅度不等，而導致未開發國家與開發國家的收入差異仍大，科技與人口流動較不暢通，強調家庭或族群生產力，A2 的人口成長

率是情境中最高者，科技和經濟成長是四個情境中較緩慢者。

(二)B2 情境

世界各國的人類對於環境保護與社會的公平性日趨重視，但是以區域性和地方性的思維為主。政府政策為有環境意識的公民所影響，全球化的腳步減緩，而地域性的決策機制顯的更受重視。

其中模擬之成果顯示，A2 模擬後的溫度、降雨之差異，較 B2 來的高，因此本研究考量災害衝擊的最差情況，主要以 A2 為情境的選擇。本研究將引用台大全球氣候變遷中心(2007)模擬之成果，對 2090 年模擬之溫度與降雨量，對照 2000 年二者之差，檢視各地區氣候變遷之差異性，作為影響之推估。在海平面上升的相關預估中，柳中明(2008)的成果指出，台灣目前尚未進行海平面上升的推估，因此海平面推估的部分仍是目前較難以進行操作的評估因子。

在各個評估指標的運用上本研究研擬氣候變遷的運用以台大全球氣候變遷中心(2007)之研究成果為主，其研究運用 CCS 的模式，分別以 A2、B2 的情境針對台灣 2050、2090 年的氣候進行模擬，本研究以其 2090 年 A2 之情境成果，對照 2000 年之溫度(冬季、夏季)、降雨(雨季、乾季)等不同時節，檢視 2090 與 2000 年之差異，以評估氣候變遷造成的影響。由於其操作需要運用 GIS，並使用其運算功能檢視台灣各地區的差異性，因此以操作性來說是較為困難的評估指標。

二、 自然環境條件：

自然環境評估之項目，主要以 1992~1997 年內政部營建署所建置之區域計畫地理資訊系統中，環境敏感地區之圖層為主，其圖層運用可個別計算其行政區的面積，評估區域中，自然環境敏感的區域佔地區面積之多寡，衡量地區受氣候變遷影響之可能程度。

內政部營建署環境敏感地的基礎圖層，於 1992 年完成北、南部區域，1996 年完成中部區域，1997 年完成東部區域，其資料與現今的情形或許難免有誤差，但其資料仍是具有相當的可信度。因此仍考量以營建署所建置的環境敏感地作為評估操作的指標。本研究考量容易受氣候變遷影響衝擊的因子，以生態敏感地、文化景觀敏感地、優良農田敏感地、地表水源維護、地下水補注區、地質災害敏感地等為主要的評估指標。

在地理環境的部份，本研究考量以崩塌地與沿岸流失的土地為主。其中崩塌地以 2002 年行政院農委會水土保持局所建置的 1/25000 之圖資為主，考量地理條件中容易受到風雨影響的崩塌土地。另外沿岸流失的土地，本研究考量以氣候變遷造成的海平面上升高度，計算其淹沒的沿岸土地(即扣除高程低於海平面上升高度之土地)，來計算沿海流失之面積。

操作性方面二者均需要運用 GIS 進行以所佔面積與行政區面積自行計算所佔行政區面積之比例，操作的難易度為普通，然沿岸的流失土地尚需以 GIS 進一步計算沿岸上升扣除之高度，故操作性為較困難的評估指標。

三、社會環境條件

社會環境條件中，評估之主要項目以歷年行政單位統計之資料為主，包括教育、家戶所得、弱勢團體人數、人口密度等等。其評估方式以地區某單位的量/地區總量之比例，為主要的評估方式；另外建成環境中，建築物與淹水潛勢等資料為圖層資料，亦以上述比例方式進行計算評估。

在易受災人口特性之指標中，人口密度、歷年受災的死傷人數、土石流保全人數為統計資料，除土石流保全人數為行政院農委會水土保持局所建構外，其他為歷年統計資料，可由行政單位統計後輸入，因此本研究歸類為較容易操作的評估指標；而弱勢族群需統計各行政區獨居老人、身心障礙者、女性人口、中低收入之人數總數，操作上較為繁雜，故歸類為難度普通的評估指標。

產業經濟與教育的面向中，家戶所得、就業人口與一級產業的規模，為行政院主計處的普查資料方有作統計，因而此部分的資料彙整與操作性，本研究歸類為普通的。而教育程度為歷年統計之資料，故操作的難易性本研究歸類為簡單。

在建成環境中，建物面積為政府單位可於民間機構(如勤崴、銳梯等公司)購買，其建物基本圖多是以 1/5000 之航照圖為底圖繪出之建物區塊。資料尺度可細緻到每棟建物(可達 1/1000 或更細)。淹水潛勢為國家災害防救科技中心 2007 年所建置，其圖層精細度上，汐止市為 40 x 40 公尺、台北縣市(汐止市除外)為 120 x 120 公尺，其它縣市則為 200 x 200 公尺。上述二者圖層均需運用 GIS 操作計算，因此本研究在操作性上歸類為普通之評估指標。而山坡地違規使用面積行政院農委會水土保持局統計年報之統計資料，其資料尺度僅達縣市之尺度。因此本研究在操作性上歸類為簡單之評估指標

歸納國內、外相關文獻後，初步建立了氣候變遷下，災害熱點的評估方式、資料操作方式與評估指標，且歸納指標相關的資料來源與其限制條件(詳見附錄一)。整體評估指標之內容，後續將透過專家問卷，以模糊德爾菲法進行指標的篩選，並以模糊階層分析法賦予各指標架構權重值，作為後續評估擬定之依據。其後續研究方向與進度，可參考第五章後續研究方向與進度。

第五章 判別指標之選取與判別指標系統之操作

考量時間限制，本研究以可於期程內操作的研究方法，作為選擇上主要的考量。因此，於指標建構的階段，本研究以模糊德爾菲法進行專家意見之調查，篩選各個評估指標，剔除相對不重要的評估指標，作為評估指標評選之依據；並透過模糊層級分析法，衡量各個評估指標之重要性程度，以及各個指標、次標之權重值，作為地區實證資料的權重比例。另外，本研究之成果僅提供方法技術，未來要落實仍需地方政府在法律制度及預算人力之投入。

第一節 模糊德爾菲法之操作與分析

於初步擬定評估指標架構後，本研究參考鄭滄濱(2001)之模糊德爾菲法，進行各項評估指標重要性的判別，進而篩選評估指標，以確立氣候變遷下都市災害影響熱點指標的項目，以下說明模糊德爾菲法之操作。

一、模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi)之介紹

(一)德爾菲法(Delphi Method)

德爾菲法是專家預測法，亦是群體決策法的一種，其以問卷調查的方式，請專家學者單獨對問卷內容表示意見，在此過程各專家彼此間並不知曉其他的參與者，也不事先交換意見，而是由一位協調人來歸納各個專家所回覆之意見。經回收統計其分佈情形求出「中位數」以及「中間 50%」意見所在，之後再函請各專家參酌此資料做第二次問卷。等收到第二次答覆後再做歸納，並將結果如同上次一樣再提供給專家，作為下一次修正之依據，如此反覆進行達三至五次之多(許士軍，1981)。德爾菲法可提供更多的知識訊息與問題解決方法，產生較高品質的決策內容，增加對最後決策的承諾與認同(Robbins,1991)。雖然傳統德爾菲法已經提供相當多的優點，但對調查或預測不確定性或模糊性卻依然存在(張炳騰，2001)。

(二)模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi)

模糊德爾菲法是將模糊理論導入傳統德爾菲法(Delphi Method)中，以改善傳統德爾菲法所遭遇的問題。為了克服傳統德爾菲法所遭遇的問題，Murray(1985)首先提出將模糊概念導入德爾菲法的運用，後續學者跟進之下學者陸續提出不同的模糊德爾菲法。鄭滄濱(2001)參考自陳昭宏(2001)的模糊德爾菲法，並且對該方法做部分之修改來快速整合專家們的意見，減少問卷重覆調查的次數。整體而言，根據過去學者的研究所提出的結論中，利用「三角模糊數」來整合專家認知，改善傳統德爾菲法中只能提供 50%資訊的缺失；模糊德爾菲法已證實具有可以減少傳統德爾菲法的回合、可以精確地表達語意結構上的意涵等優點。

二、受訪者基本資料分析

模糊德爾菲問卷發放對象，主要是以從事氣候變遷、災害研究、空間規劃相關之公、私部門及專家學者，如表 5-1 所示，藉以衡量各項評估指標的重要性程度，以進行評估指標的篩選。

表5-1 模糊德爾菲專家問卷受訪群表

類別	受訪單位	人數
公部門	國家災害防救科技中心	2
	內政部營建署	1
	台北市政府都市發展局	1
	台北縣政府城鄉發展處	1
私部門	永奕不動產顧問公司	1
	鼎漢工程顧問公司	1
	育辰工程顧問公司	1
專家學者	政治大學地政學系	1
	台北大學不動產與城鄉環境學系	2
	中華大學建築與都市計畫學系	1
	國立臺灣師範大學地理系	1
	國立臺灣大學地理環境資源學系	1
	華梵大學環境與防災設計學系	1
	南華大學環境管理研究所	1
	文化大學景觀學系	1
	長榮大學土地管理與開發學系	1
	成功大學都市計畫系	1
	銘傳大學都市規劃與防災學系	1

資料來源：本研究整理

模糊德爾菲施測日期由 2009 年 8 月 11 日至 2009 年 8 月 28 日止，總計發放問卷 20 份，回收問卷 17 份。結果分析顯示，專家意見未達共識之 13 項指標項目分別為：降雨、溫度、雨季、乾季、優良農田敏感地、地下水補注區、沿海土地流失地區、地層下陷、歷年災害死傷人數、土石流保全人數、家戶所得、就業人口以及教育程度。因此本研究針對此 13 項指標項目，再進行第二次之模糊德爾菲問卷調查，總計發放 17 份問卷，回收 14 份，其中一份為無效問卷。

三、模糊德爾菲結果分析

在所有的評估項目指標皆達到收斂後，並進行評估指標灰色地帶的檢定，以及訂定篩選指標之門檻值，若篩選後指標過少，則應降低門檻值，反之亦然，故本研究採各項因子 G^i 之「算術平均數」*0.84(經計算為 5.51)訂定門檻值來進行各指標門檻值的篩選，以踢除其餘重要性較低的評估指標。刪除的指標有下列 4 項：

冬季、家戶所得、就業人口、教育程度(大學/專科以上)。由於「C2 產業經濟與教育」之下的3項指標：家戶所得、就業人口以及教育程度(大學/專科以上)，皆因未過門檻值而刪除，故「C2 產業經濟與教育」也為剔除指標之一，其計算結果如下表 5-2 所示。

表5-2 評估指標篩選表

項目	評估指標	專家共識值	門檻值 5.51	
第一層級	A	氣候變遷因素	6.54	通過
	B	自然環境條件	7.93	通過
	C	社經環境條件	6.66	通過
第二層級	A1	降雨	7.31	通過
	A2	溫度	6.18	通過
	B1	環境敏感地	7.44	通過
	B2	地理環境	7.70	通過
	C1	易受災人口特性	6.97	通過
	C2	產業經濟與教育	5.62	通過
	C3	建成環境	6.81	通過
第三層級	A1.a	雨季	7.47	通過
	A1.b	乾季	6.24	通過
	A2.a	冬季	5.50	刪除
	A2.b	夏季	5.98	通過
	B1.a	生態敏感地	6.98	通過
第三層級	B1.b	優良農田敏感地	5.89	通過
	B1.c	地表水維護區	6.44	通過
	B1.d	地下水補注區	6.19	通過
	B1.e	地質災害敏感地	7.85	通過
	B2.a	崩塌地	7.96	通過
	B2.b	沿海土地流失地區	6.86	通過
	B2.c	地層下陷	7.25	通過
	C1.a	人口密度	6.11	通過
	C1.b	歷年災害死傷人數	5.55	通過
	C1.c	土石流保全人數	6.45	通過
	C2.a	家戶所得	5.39	刪除
	C2.b	就業人口	5.19	刪除
	C2.c	教育程度(大學/專科以上)	5.12	刪除
	C3.a	建物面積	6.17	通過
	C3.b	淹水潛勢(600mm/日)	7.14	通過

資料來源：本研究整理

本研究確立之評估指標：第一層級包含氣候變遷因素、自然環境條件、社經環境條件；第二層級包含降雨、溫度、環境敏感地、地理環境、易受災人口特性、建成環境等 6 項；第三層級 16 項指標。評估指標架構如圖 5-1 所示。

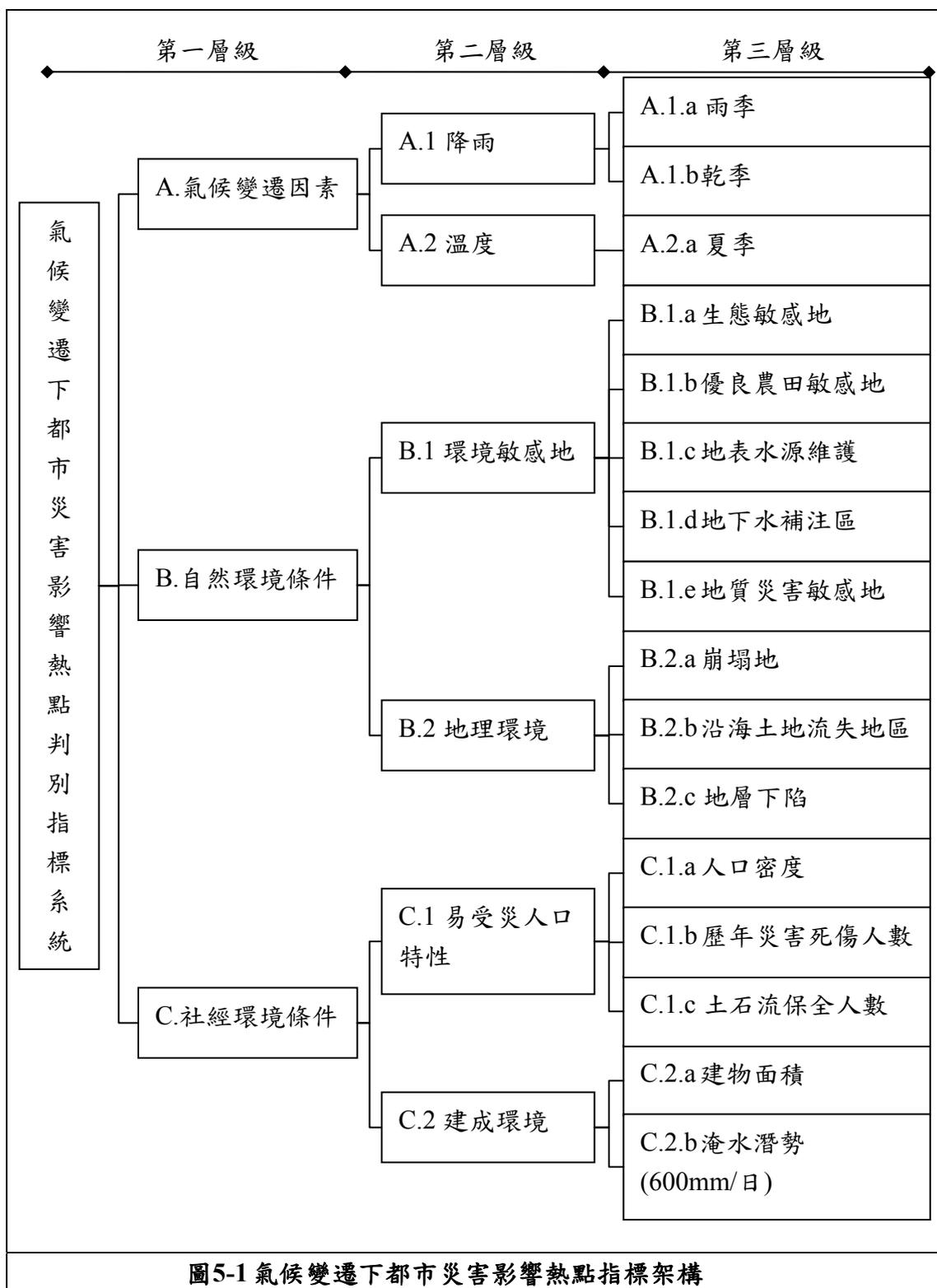


圖5-1 氣候變遷下都市災害影響熱點指標架構

資料來源：本研究整理

第二節 模糊階層分析法之操作與分析

於模糊德爾菲法篩選評估指標後，本研究欲以模糊階層分析法，整合相關專家學者之意見，兩兩比較各評估指標之相對重要性，並利用模糊理論加以計算各指標之權重，再解模糊化賦予各項評估指標之權重值。本研究假設各評估指標之關係為獨立，使模糊階層分析的操作上便於應用。以下說明模糊階層分析法之操作。

一、模糊階層分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)之介紹

(一)層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)

層級分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)是美國匹茲堡大學 Saaty 教授於 1971 年，發展出的一個多準則(Multi-criteria)、多目標(Multi-objective)的決策處理流程理論，主要應用在不確定(Uncertainty)情況下及具有多數個評估準則的決策問題，如優先順序的決定、資源規劃、分配及投資組合等方面，其於 1980 年更提出一套完整的方法論，整個理論更臻完備。由於決策時往往面臨不同衡量的標準，牽涉到不同標準之間的權重關係，因此，它並沒有絕對的數值，而是採取相互之間的比較。利用層級分析法，能將複雜的問題有系統化地加以簡化，利用層級結構將問題作層級分解，並透過量化的判斷，尋得脈絡後加以綜合評估，以提供決策者選擇適當方案的完整資訊，減少決策錯誤的風險。

(二)模糊階層分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)

有鑑於層級分析法(AHP)無法克服決策時所伴隨模糊性之缺點，Laarhoven & Pedrycz(1983)便將 Saaty(1980)之傳統層級分析法加以演化，發展模糊階層分析法(FAHP)，將三角模糊數直接代入成對比較矩陣中，以防在處理準則衡量、判斷等過程中所產生之模糊性問題。FAHP 以區間值(Interval Value)取代傳統 AHP 之確定數值(Exact Value)，讓專家於決策時能以較人性化的尺度評估問題，給予評估因子比較值。因此，本研究將採用模糊階層分析法，兩兩比較各項評估指標之相對重要性，賦予各階層之評估指標權重值。

二、氣候變遷災害影響熱點判別指標權重分析結果

模糊階層分析問卷施測日期由 2009 年 9 月 30 日至 2009 年 10 月 9 日止，總計發放問卷 17 份，回收問卷 17 份，回收率 100%，其中政府部門專家 4 位、私部門專家 3 位、學術界專家 10 位。

模糊階層分析法，其相對重要性的比較，正倒矩陣、解模糊化以及層級串聯之詳細計算過程，請參見附錄四。評估指標權重值之計算結果如下表 5-3 所示：

表5-3 氣候變遷下都市災害影響熱點指標權重表

面向	正規化 權重	項目	正規化 權重	指標	正規化 權重	層級串 聯權重	排序
A. 氣候 變遷 因素	0.40	A.1 降雨	0.73	A.1.a 雨季	0.743	0.219	1
				A.1.b 乾季	0.257	0.076	3
		A.2 溫度	0.27	A.2.a 夏季	1.000	0.110	2
B. 自然 環境 條件	0.35	B.1 環境 敏感地	0.57	B.1.a 生態敏感地	0.175	0.035	13
				B.1.b 優良農田敏感地	0.119	0.024	16
				B.1.c 地表水源維護	0.178	0.035	11
				B.1.d 地下水補注區	0.150	0.030	15
				B.1.e 地質災害敏感地	0.377	0.075	4
		B.2 地理環境	0.43	B.2.a 崩塌地	0.370	0.055	7
				B.2.b 沿海土地流失地區	0.269	0.040	10
B.2.c 地層下陷	0.360			0.053	8		
C. 社經 環境 條件	0.25	C.1 易受災人 口特性	0.60	C.1.a 人口密度	0.223	0.033	14
				C.1.b 歷年災害死傷人數	0.326	0.049	9
				C.1.c 土石流保全人數	0.451	0.067	5
		C.2 建成環境	0.40	C.2.a 建物面積	0.349	0.035	12
				C.2.b 淹水潛勢 (600mm/日)	0.651	0.065	6

資料來源：本研究整理

(一)第一層級面向因子權重：

由上表 5-3 可知於專家意見整合後的重要性，依序為氣候變遷因素(0.40)、自然環境條件(0.35)、社經環境條件(0.25)。本研究為探討氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統，故專家認為氣候變遷因素最為重要，其次為自然環境條件，最後為社經環境條件。

(二)第二層級項目因子權重：

上表同時也表示第二層級之相對重要性，其中氣候變遷因素中，整合之專家意見為降雨(0.73)重要性高於溫度(0.27)。其次在自然環境條件中，相較於地理環境(0.43)，環境敏感地之重要性最高，權重值達 0.57。最後於社經環境條件的評估指項目中，整合之專家意見認為易受災人口特性可作為評估社經環境之主要考量因子，其權重值最高，達 0.60，其次為建成環境(0.40)。

(三)第三層級指標因子權重：

在經過層及串連的計算後，得知各細項評估指標之權重值，在此依前五項重要性程度陳述之。雨季(0.219)、夏季(0.110)、乾季(0.076)、地質災害敏感地(0.075)、土石流保全人數(0.067)。由此顯示評估地區之災害熱點時，氣候變遷因素中之降雨最為重要，其次為環境敏感地，易受災人口之土石流保全人數亦為專家整合意見中重要的評估項目。

本研究透過上述方式，建立之災害熱點評估架構，與各評估指標之權重值，即可評估地區受氣候變遷風險影響之風險高低。以下將針對判別指標之資料來源稍作分析，並說明其操作，最後提供判別指標系統未來應用之建議。

第三節 判別指標資料來源分析及操作說明

本研究所建立之判別指標於後續的操作上，建議以鄉鎮市區之行政區界作為分析之基本空間單元。就目前國內相關的資料來源而言，判別指標之資料格式可區分為一般數據資料與數位地圖兩類。其中一般數據資料主要是各鄉鎮市區之聚合資料 (aggregate data) 如人口密度等；而數位地圖則視資料的來源與特性，其格式可能為向量(vector)或網格(raster)的圖資。

考量到未來將指標權重應用於所分析之資料結果，因此無論是一般數據資料或向量、網格的數位地圖，其最終的分析結果都必須轉換為同一測量尺度與範圍 (range)，才能符合加權分析的目的。本研究擬採 t 分數法將每個指標變項的值標準化，t 分數的定義如下：

$$t = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \times 10 + 50$$

其中：

x_i = 指標變項 x 中第 i 個鄉鎮市區的值

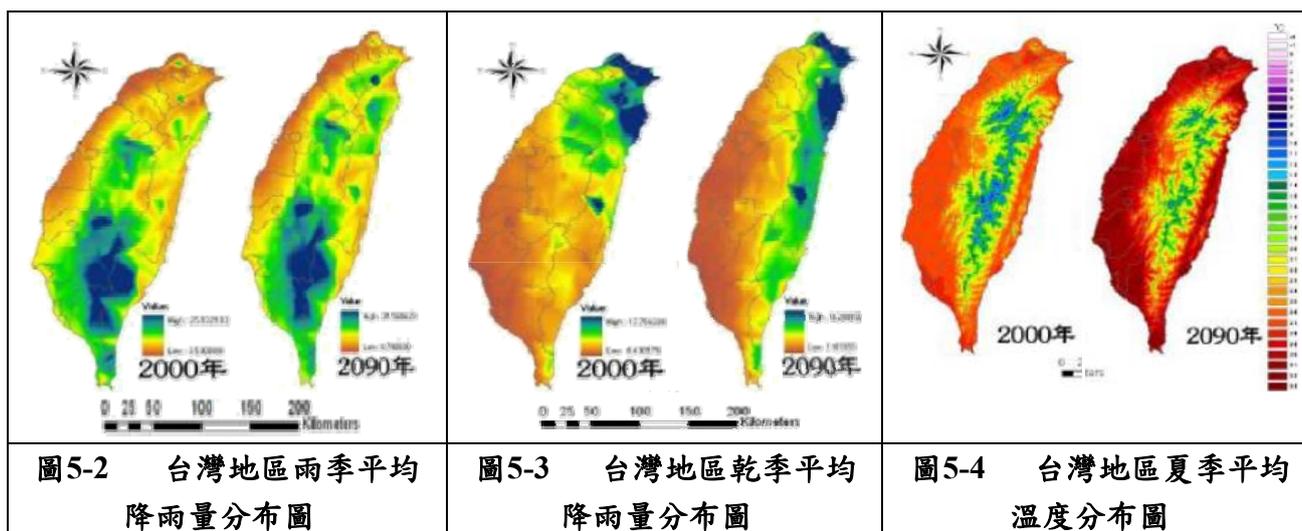
\bar{x} = 指標變項 x 的樣本平均數

s = 指標變項 x 的樣本標準差

將各個指標變項的分析結果均轉為 t 分數後，便可以將權重應用於這些指標變項上，從而區隔出不同鄉鎮市區的風險程度。以下將就各判別指標的資料來源、格式與操作方式作一說明：

一、氣候變遷因素

氣候變遷因素的面向中，主要是由降雨以及溫度兩個項目所構成，其指標在降雨方面可分為雨季與乾季兩種季節指標，而在溫度方面則是以夏季的氣溫為主。本研究在氣候變遷因素方面，指標將參考台大全球氣候變遷中心(2007)之研究推估成果，作為其未來可能影響程度的主要評估因子。其研究區間是 2000 年到 2090 年，「降雨」(單位：mm)與「溫度」(單位：°C)的資料均為網格化的數位地圖，且為一連續面的資料，其分析的內容是將 2090 的推估值減去 2000 的觀測值，之後再將連續面的資料，依各鄉鎮市區的行政區界為範圍分別取其平均數加以比較。此一研究以目前臺灣大學全球變遷中心運用日本 CCS (CCSR/NIES AGCM+CCSR OGCM, Center for Climate System Research National Institute for Environmental Studies) 模式所完成之台灣地區氣候降尺度模擬資料進行氣溫及雨量的變遷模擬，並以 SRES-A2、SRES-B2 兩個情境進行全台灣地區氣候之模擬，其分析內容以 SRES-A2 為例，如圖 5-2 至圖 5-4 所示。



資料來源：台大全球氣候變遷中心(2007)

二、自然環境條件

本研究在自然環境條件的評估面向，評估指標主要以環境敏感地、地理環境為主要的評估因子。以下針對這些指標作一說明：

(一)環境敏感地

環境敏感地包括「生態敏感地」(底圖為 1/100000)、「優良農田敏感地」(底圖為 1/25000)、「地表水源維護」(底圖為 1/50000)、「地下水補注區」(底圖為 1/250000)與「地質災害敏感地」(底圖為 1/250000)等五個指標，這五個指標是由內政部營建署分區建置，分別於 1992 年完成北部與南部區域、1996 年完成中部區域、1997 年完成東部區域的各類敏感地分析，以上資料可於內政部營建署區域計畫地理資訊查詢系統 (<http://gisapsrv01.cpami.gov.tw/fcu-gis/new/all-I2.htm>)申請下載，如圖 5-5 所示。以下將針對環境敏感地之指標分別陳述之。

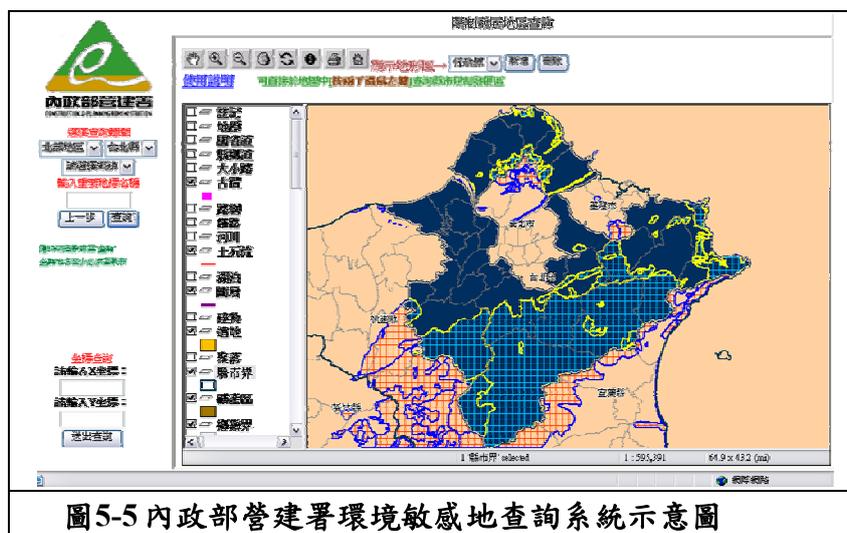


圖5-5 內政部營建署環境敏感地查詢系統示意圖

資料來源：內政部營建署(<http://gisapsrv01.cpami.gov.tw/fcu-gis/new/all-I2.htm>)

1.生態敏感地

根據行政院經濟建設委員會於 1988 年之「台灣地區環境敏感地區管理制度之研究」，其研究報告中曾就生態敏感地與不同地理特性地區之間的關係提出說明，根據此一關係特性，並考慮資料的取得，訂定自然保護區、國有林自然保護區、國家公園、沿海地帶、林地與濕地等不同地理特性之地區作為劃設生態敏感地的準則。

2.優良農田敏感地

在北、南部區域的優良農田敏感地劃設流程中，首先利用土壤之屬性：質地、有機質含量、陽離子交換能力、土壤排水性來劃分等級，並依據水田及早田不同之需求，劃設高生產力土壤。劃定為高生產力土壤的部份，再與坡度圖疊圖，將不適農業發展之陡坡刪除，依此來劃出潛在優良農地。再利用潛在優良農地與土地使用現況相比較，扣除現況已開發不適宜轉變為優良農田的部分，最後即得到優良農田之劃設成果。

3.地表水源維護

行政院國家科學委員會暨行政院環境保護署於 1988 年推行大型環保計畫『淡水河系問題研究』中，有關『淡水河流域土地使用規劃與河川水質管理之研究』乙項子題研究計畫成果報告(黃書禮，1988)，即提出以地表作用之觀點，探討自然環境與人為土地使用活動互動關係，從而界定影響河川水質之影響變數及其測度方法，期能從土地使用規劃與管理之層面，減少非點源污染來源及其影響程度。北、南部區域之地表水源維護敏感地之劃設即引用該項研究計畫中已建立之地表作用土地分類函數，作為分析集水區內土地資源及其利用對地表水源之影響及影響程度。

地表逕流會攜帶地表的污染物質至河川水體，是地表水資源維護的重要考量因素，而潛在地表逕流增量 (ROI) 則可顯示出土地使用改變後，對河川水質的影響，因此在考量土地資源對河川水質的敏感性時，將其列為重要之影響變數。土壤流失量 (SL) 是另一個影響地表水資源的重要變數，一般而言，土壤流失量愈多，對地表水源的負面影響愈大。潛在土壤流失量 (SLI) 則是指在沒有地表覆蓋及人為因素介入之情況下，土地資源和自然環境互動下所導致之土壤流失現象。由現況土壤流失量和潛在土壤流失量之差距，可反映出人為土地使用活動對地表水源水土流失的影響。方格土地與河川之距離 (DIST) 則可顯示出不同區位的地表作用對河川水體影響的程度。

應用上述地表作用土地分類函數，界定同質區，再綜合行政管理上已劃設之水質水量保護區，以期從自然環境敏感性及行政管理執行措施之整體考量上，妥慎規劃水土資源利用及經營，達到維護地表水資源之目的。

4.地下水補注區

目前國內有關地下水補注區之研究調查，除水利局或部份工程單位因特定目的需要而從事有關地下水之調查研究外，相關理論與分析方法之研究並不多，而且這些已有的調查研究對象亦多屬小地區者，尚缺乏整體區域性完整的調查資料。因此，北、南部區域在地下水補注區敏感地劃設方面，限於資料的來源，主要以自然環境資料如地質、土壤、地形及土地使用現況等條件，分析地下水補注區之分佈情形，並配合所能掌握的現有地下水補注區調查資料來劃設。

5.地質災害敏感地

地質災害之分析應包括地震災害與坡地穩定度兩種主要項目，北、南部區域在有關地震災害之分佈以斷層帶為其潛在地震災害區，而坡地穩定度則綜合考慮地質、地形與土壤等三種因素，以規則組合法分析之。坡地穩定度之分析，首先研判地質圖之順逆向坡及岩層之軟硬，並結合土壤深度得到工程地質特性；再利用工程地質特性與坡度圖疊圖分析，組合為坡地穩定度圖。

中部區域在地質災害敏感地劃設的準則上，則參考能資所「山崩潛感性分析準則」、張石角「坡地穩定度分級準則」、「中央地調所坡地穩定度劃分等級」及洪如江之坍方敏感的地形與地貌等有關之經驗準則，配合以往北部區域與南部區域之劃設經驗，針對中部區域尺度及地質特性提出山坡地地質災害地區劃設準則，其中所引用分析之地質因子有岩性、土壤深度、坡度、地質弱帶、崩塌地、裸露地及活動斷層七種。

以上指標項目的格式均為向量化網格的數位地圖，其操作的方式是將鄉鎮市區範圍內各環境敏感區域面積除以各鄉鎮市區總面積，再比較其所占比例。

(二)地理環境

地理環境面向則是由「崩塌地」、「沿海土地流失地區」與「地層下陷」等三個指標所構成。以下將分述之：

1.崩塌地

崩塌地圖由行政院農委會水土保持局於2002年12月建置完成，其資料分布範圍包括全國山坡地，為多邊形向量格式的數位地圖。其將全國的崩塌地依危險度分為A、B、C、D四級，其危險度分級準則儒表5-4所示：

表5-4 崩塌地危險度分級準則

與崩塌距離		設施種類			
下邊坡	上邊坡	公共設施(或聚落)		一般建築	其他
		活動徵召明顯	活動徵召不明顯		
<2H	<1H	A	B	C	D
2H~5H	1H~3H	C		D	

資料來源：行政院農委會水土保持局

崩塌地指標的操作方式是將鄉鎮市區範圍內各崩塌地面積除以各鄉鎮市區總面積，再比較其所占比例。

2.沿海土地流失地區

沿海土地流失地區的指標，是透過未來與現在海平面高度的落差計算，套疊現有的高程圖，計算沿海地區因全球暖化氣候變遷下海平面上升所流失的土地面積。由於電腦計算上的考量，將採取網格高程的數位地圖進行計算，並將各沿海鄉鎮市區範圍內流失土地面積除以各鄉鎮市區總面積，再比較其所占比例。

3.地層下陷

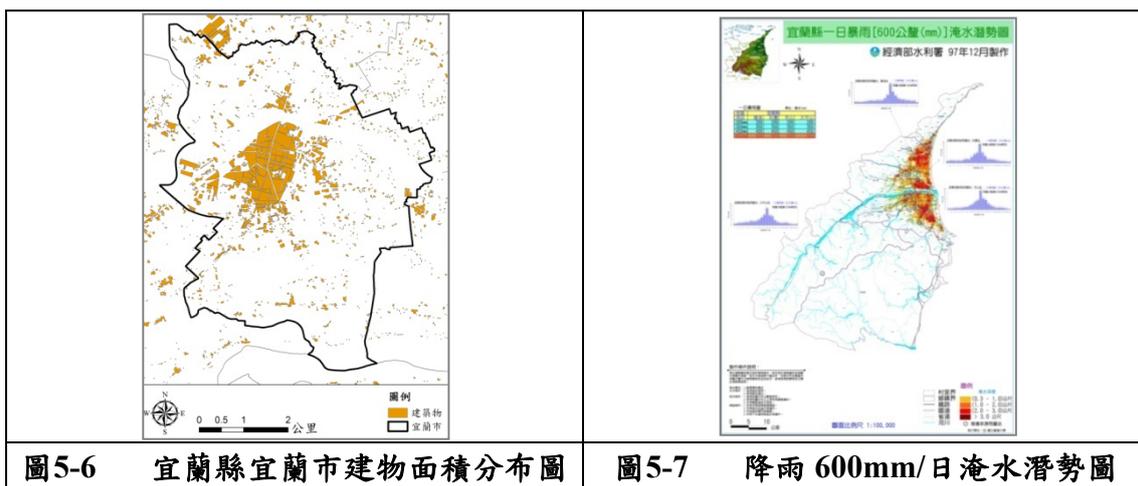
「地層下陷地區」是區域計畫資料中「海岸防護區」的一部分，「海岸防護區」數位地圖資料可由「內政部營建署區域計畫地理資訊查詢系統」下載。「海岸防護區」數位地圖使用之底圖為 1/25000 經建版地形圖，並參考「海岸地區整體規劃之研究」(內政部營建署，1995)所制定而成，其格式是向量檔的數位地圖。地層下陷地區指標的操作方式是將鄉鎮市區範圍內各地層下陷地區面積除以各鄉鎮市區總面積，再比較其所占比例。

三、社經環境條件

社經環境條件由「易受災人口特性」與「建成環境」兩種面向所組成。易受災人口特性的指標有「人口密度」、「歷年災害死傷人數」與「土石流保全人數」三種：人口密度的資料可由行政區人口數除以行政區面積而得，行政區人口數依其為縣市、鄉鎮市區或村里等層級可分別向行政院主計處、內政部統計處與各鄉鎮市區戶政事務所等申請；歷年災害死傷人數則可由內政部消防署與各縣市消防局取得；土石流保全人數則可向行政院農委會水土保持局申請土石流潛勢區保全的數據資料。

建成環境面向的指標包括「建物面積」與「淹水潛勢(600mm)」兩項指標，其中建物面積可採用內政部地政司所提供之經建版地形圖數值檔，其內容是由地政司於八十八至九十年就臺灣地區二萬五千分之一地形圖(經建第三版)數化所得，資料格式為AutoCAD R12 版所匯出之DXF檔，本研究將取出其中的建築區域並轉換為ArcGIS的shape檔後再加以運用，如圖 5-6 所示。淹水潛勢則是參

考經濟部水利署(<http://www.dprc.ncku.edu.tw/download/main.htm>)以及國家災害防救科技中心的日降雨量 600mm 之淹水潛勢圖，其解析度在汐止市是 40 x 40 公尺，台北縣市(汐止市除外)是 120 x 120 公尺，其它縣市則為 200 x 200 公尺，其圖層資料格式為網格式的向量圖，底圖包括流域數值地形資料圖層、流域內各行政區資料圖層、土地利用資料圖層、交通設施圖層(包括 1/25000 鐵路圖層、1/25000 及 1/5000 公路圖層)及水利設施圖層(包含 1/25000 與 1/5000 水系圖層、1/25000 區域排水路圖層)，如圖 5-7 所示。



資料來源：本研究整理

資料來源：經濟部水利署

第四節 判別指標系統之操作—以桃園縣鄉鎮市為例

經由前述之指標研擬、篩選以及權重之判定，本研究已初步完成災害熱點判別指標之確立。為驗證此一指標系統之可行性與可操作性，本研究以桃園縣轄內之 13 個鄉鎮市為範例，試行操作此一指標系統，並將每項指標之結果轉換為 t 分數，再分別乘以其權重後，加總取得每一鄉鎮市之得分並進行比較。

一、氣候變遷因素

此部份之評估指標主要是採用台灣大學全球變遷研究中心的 2000 年至 2090 年之雨量以及溫度觀測與預測資料，計算出 2000 年至 2090 年間雨季與乾季雨量變化，以及夏季溫度的改變，其變化情形如圖 5-8 所示。

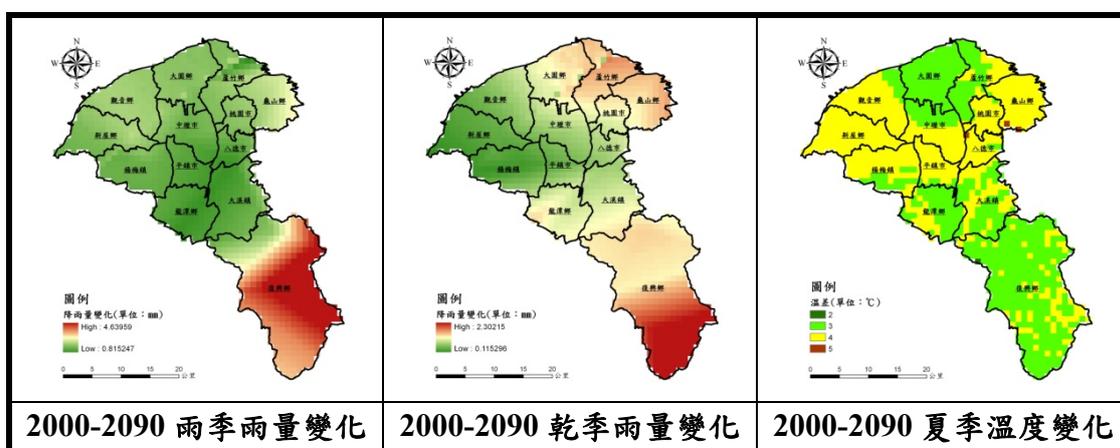


圖5-8 2000年至2090年間桃園縣各鄉鎮市雨量與溫度變化

資料來源：台灣大學全球變遷中心

本研究將各鄉鎮市範圍內的雨量變化與溫差分別加以計算後，得出 13 個鄉鎮市之雨量與溫度變化平均值，並加以標準化為 t 分數，將之列述於表 5-5 中。

表5-5 2000年至2090年間桃園縣各鄉鎮市雨量及溫度變化之平均值與 t 分數

	雨季雨量變化		乾季雨量變化		夏季溫度變化	
	原始值 (單位:mm)	t 分數值	原始值 (單位:mm)	t 分數值	原始值 (單位:°C)	t 分數值
大園鄉	1.43768	49.97440	0.92080	50.57840	3.00000	48.14275
蘆竹鄉	1.40773	49.91579	1.08623	51.10454	3.34211	49.14621
觀音鄉	1.58856	50.26964	0.50577	49.25843	3.84091	50.60926
龜山鄉	1.84391	50.76932	1.06289	51.03031	4.01408	51.11719
桃園市	1.46120	50.02042	0.86667	50.40625	3.97059	50.98963
中壢市	1.26937	49.64505	0.60792	49.58331	3.59459	49.88677
新屋鄉	1.44182	49.98250	0.26589	48.49551	4.00000	51.07589
八德市	1.11510	49.34317	0.62939	49.65159	3.00000	48.14275
平鎮市	1.04572	49.20741	0.47262	49.15300	3.34211	49.14621

	雨季雨量變化		乾季雨量變化		夏季溫度變化	
	原始值 (單位:mm)	t 分數值	原始值 (單位:mm)	t 分數值	原始值 (單位:°C)	t 分數值
楊梅鎮	1.22987	49.56776	0.28028	48.54128	3.94595	50.91736
大溪鎮	1.10301	49.31951	0.77895	50.12726	3.79545	50.47592
龍潭鄉	0.96695	49.05327	0.83054	50.29134	3.77273	50.40928
復興鄉	2.94899	52.93175	1.29823	51.77879	3.44231	49.44011

資料來源：本研究整理

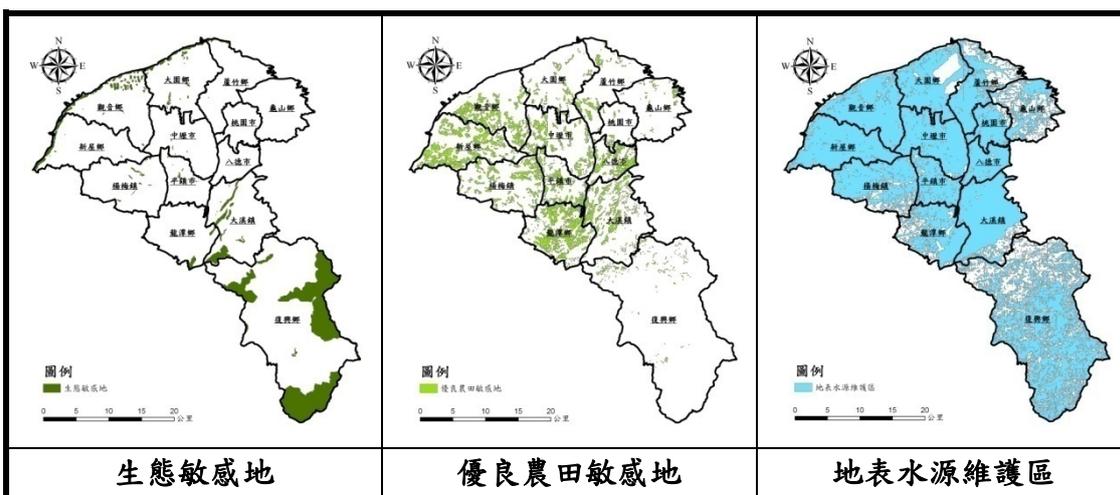
由表 5-5 可看出，氣候變遷因素中雨季與乾季雨量變化最大的是復興鄉，而夏季溫度變化最大的是龜山鄉。

二、自然環境條件

本研究在自然環境條件的評估面向包括了環境敏感地與地理環境的兩項評估因子，其中環境敏感地的評估指標有生態敏感地、優良農田敏感地、地表水源維護區、地下水補注區與地質災害敏感地等 5 項，而地理環境的部份則有崩塌地、沿海土地流失地區與地層下陷等 3 項評估指標。以下將就各評估因子的指標內容分別陳述：

(一)環境敏感地

環境敏感地之五項指標均採用內政部營建署之環境敏感地圖資，由於環境敏感地均為數位地圖類型的資料，因此本研究使用 ArcGIS 地理資訊系統軟體，針對此五項指標進行空間分析。於空間分析的處理過程中，首先萃取各指標的環境敏感區域如圖 5-9 所示，之後再依據各鄉鎮市範圍分別計算各類敏感地之面積以及其所佔鄉鎮市面積之比例。



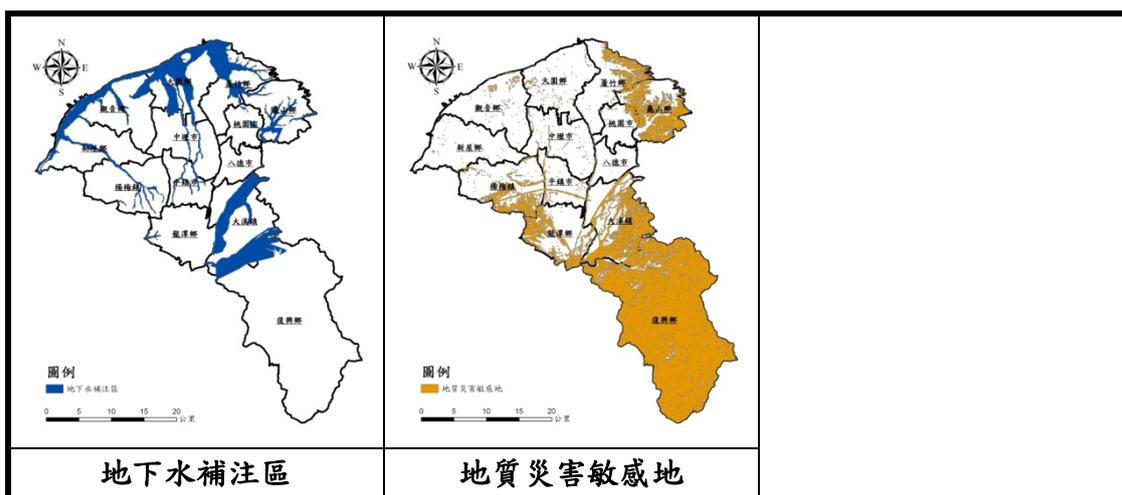


圖5-9 桃園縣各鄉鎮市環境敏感地分佈圖

資料來源：內政部營建署

本研究將各敏感地所佔鄉鎮市面積比例加以標準化為 t 分數後之結果列述於表 5-6 中。

表5-6 桃園縣各鄉鎮市環境敏感地指標 t 分數

	生態 敏感地	優良農田 敏感地	地表水源 維護區	地下水 補注區	地質災害 敏感地
大園鄉	50.06449	49.12926	49.79899	52.14575	49.25876
蘆竹鄉	49.54624	49.16954	49.00201	50.89453	49.92379
觀音鄉	50.40139	50.32144	50.67382	50.48687	49.27918
龜山鄉	49.40242	48.86551	47.76199	50.08645	51.08644
桃園市	49.37561	49.01194	50.48943	49.21040	49.46145
中壢市	49.40824	50.11313	51.03209	49.34866	49.25816
新屋鄉	49.92745	51.16437	50.94303	49.88177	49.21239
八德市	49.46091	51.42076	51.03419	49.00508	49.24881
平鎮市	49.63421	50.68512	50.59880	49.46363	49.47041
楊梅鎮	49.54212	49.98849	50.00402	49.35774	50.01866
大溪鎮	50.47492	49.87815	50.36887	51.58767	51.01861
龍潭鄉	49.67036	51.58940	49.52408	49.25321	50.24512
復興鄉	53.09162	48.66290	48.76868	49.27826	52.51821

資料來源：本研究整理

於表 5-6 現，生態敏感地與地質災害敏感地 t 分數值最高的都是復興鄉，這也呼應了復興鄉本身位於山區所形成的生態多樣性，以及其地質災害頻仍的地區特性。而優良農田敏感地、地表水源維護區與地下水補注區之 t 分數值最高者，分別是龍潭鄉、八德市與大園鄉。

相對地，在 t 分數值最低的鄉鎮市方面，桃園市由於境內沒有生態敏感

地，因此其t分數值為最低；復興鄉由於適合農業耕種的土地面積比例較低，其優良農田敏感地之t分數值較其他鄉鎮市為低；而地表水源維護區、地下水補注區與地質災害敏感地之t分數值最低者分別為龜山鄉、八德市、新屋鄉，其結果皆能呼應其地理環境特性。

(二)地理環境

本研究的地理環境面向判別指標共有崩塌地區、沿海土地流失地區與地層下陷地區等三項指標，其中由於在桃園縣境內並無地層下陷地區，因此未評估此項指標。另外，桃園縣內有崩塌地區的鄉鎮市僅有復興鄉、桃園市、大溪鎮與龜山鄉；而桃園縣臨海的鄉鎮市也僅有大園鄉、觀音鄉、新屋鄉與蘆竹鄉等四個地區，因此沿海土地流失地區亦僅針對這四個鄉鎮市加以評估，桃園縣境內之崩塌地與沿海土地流失情形如圖 5-10 所示。

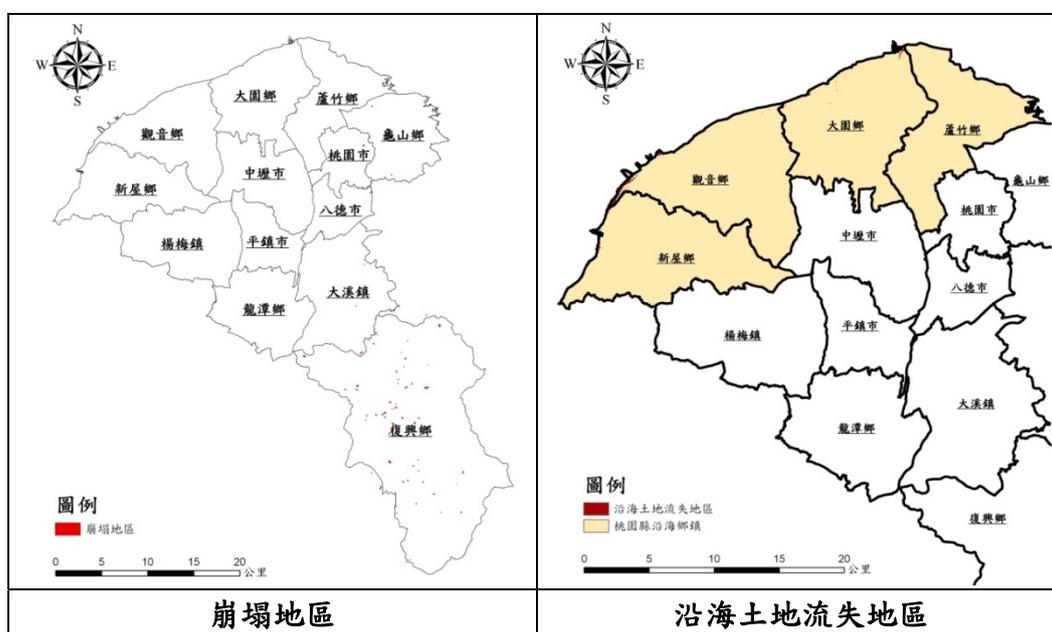


圖5-10 桃園縣各鄉鎮市崩塌地區與沿海土地流失地區分佈圖

資料來源：本研究整理

本研究所使用的崩塌地圖資是行政院農委會水土保持局 2002 年建置完成之數位化崩塌地圖；而沿海土地流失地區則是由關於海平面上升之各類研究文獻回顧所得資料，就海平面上升之推估數值對照現有之高程圖加以計算所求出之土地流失區位與面積。

董東環、曾國禎、楊益昇(2009)指出，台灣近 20 年來北部基隆地區海平面以每年 5.91mm 的速率上升，而南部的高雄地區海平面上升速率則為每年 3.64mm，約為全球的 2.1-3.3 倍。其綜合過去研究加以歸納之台灣海平面上升之現象與預估如下：

- 1.台灣地區海平面上升速率比先前研究結果為大，並比全球平均上升速率為快。
- 2.以此上升速率在未考慮暖化加劇的狀況下，到達 2100 年時，台灣地區海平面將比現在上升 25-59 公分。

就其所提供的數據推估，台灣西岸到 2090 年的海平面將較現在上升 32.8 到 54 公分之間，本研究以較保守的 35 公分為基準，加以推估。各鄉鎮市之沿海土地流失地區與崩塌地區之面積比例與 t 分數如表 5-7 所示。

表5-7 桃園縣各鄉鎮市崩塌地區與沿海土地流失地區面積比例與 t 分數

	崩塌地區		沿海土地流失地區	
	面積比例 (單位：%)	t 分數值	面積比例 (單位：%)	t 分數值
大園鄉	0.000000	49.54492	0.003585821	50.36620
蘆竹鄉	0.000000	49.54492	0.000278930	49.61186
觀音鄉	0.000000	49.54492	0.014766210	52.91660
龜山鄉	0.000221	49.96579	0.000000000	49.54823
桃園市	0.000619	50.72423	0.000000000	49.54823
中壢市	0.000000	49.54492	0.000000000	49.54823
新屋鄉	0.000000	49.54492	0.007114986	51.17125
八德市	0.000000	49.54492	0.000000000	49.54823
平鎮市	0.000000	49.54492	0.000000000	49.54823
楊梅鎮	0.000000	49.54492	0.000000000	49.54823
大溪鎮	0.000408	50.32249	0.000000000	49.54823
龍潭鄉	0.000000	49.54492	0.000000000	49.54823
復興鄉	0.001857	53.08325	0.000000000	49.54823

資料來源：本研究整理

三、社經環境條件

本判別指標系統在社經環境條件面向上，可區隔為「易受災人口特性」與「建成環境」兩類項目，易受災人口特性包括「人口密度」、「歷年災害死傷人數」、「土石流保全人數」三項指標，而建成環境則由「建物面積」與「淹水潛勢」兩項指標所構成。

(一)易受災人口特性

在資料的取得方面，桃園縣的人口密度是以 2008 年底內政部公佈的鄉鎮市人口，除以各鄉鎮市面積而得；歷年災害死傷人數則是參考桃園縣消防局所提供之 2008 年統計數字；土石流保全人數的資料來源則為行政院農委會水土保持局所提供之最新土石流保全人數統計。

在 2008 年桃園縣災害死傷人數的統計中，觀音鄉與大溪鎮均為 0 人；而桃園縣境內僅有龜山鄉、復興鄉、大溪鎮與桃園市等四個鄉鎮市有土石流潛勢溪流，因此土石流保全人數亦僅有這些鄉鎮市需要考量。

災害死傷人數與土石流保全人數均以各鄉鎮市之人口比例呈現，桃園縣各鄉鎮市的人口密度、2008 年災害死傷人數比例與土石流保全人數比例之原始值與 t 分數列述如表 5-8 所示。

表5-8 各鄉鎮市人口密度、災害死傷人數與土石流保全人數之原始值與 t 分數

	人口密度		2008 年災害死傷人數		土石流保全人數	
	原始值 (人/公頃)	t 分數	原始值 (%)	t 分數	原始值 (%)	t 分數
大園鄉	9.225904	49.412	0.0000249147	49.582	0.0000000000	49.668
蘆竹鄉	18.20664	49.698	0.0000662896	50.426	0.0000000000	49.668
觀音鄉	6.608886	49.329	0.0000000000	49.074	0.0000000000	49.668
龜山鄉	18.75271	49.715	0.0000597117	50.292	0.0012315547	49.974
桃園市	115.5323	52.788	0.0000226668	49.536	0.0000604449	49.683
中壢市	47.5555	50.630	0.0000303759	49.694	0.0000000000	49.668
新屋鄉	5.753481	49.302	0.0000402552	49.895	0.0000000000	49.668
八德市	51.42459	50.753	0.0000576087	50.249	0.0000000000	49.668
平鎮市	47.24696	50.620	0.0000097435	49.273	0.0000000000	49.668
楊梅鎮	16.20835	49.634	0.0000344004	49.776	0.0000000000	49.668
大溪鎮	8.667539	49.395	0.0000000000	49.074	0.0014372545	50.025
龍潭鄉	14.96581	49.595	0.0000528016	50.151	0.0000000000	49.668
復興鄉	0.310329	49.129	0.0001913143	52.977	0.0146355462	53.303

資料來源：本研究整理

(二)建成環境

本研究於建物面積的指標評估是計畫採用地政司之經建版地形圖，由於目前尚未取得此一圖資，因此在本操作範例中先行以勤崙科技之 1/5000 建物分佈圖取代；而淹水潛勢則是使用國家災害防救科技中心 2007 年所建置淹水潛勢數位地圖之日降雨量 600mm 的潛勢圖，本研究所設定之淹水範圍是淹水深度超過 0.5 公尺以上者，其向量化後之網格解析度為 200 公尺乘 200 公尺。於桃園縣的各鄉鎮市中，復興鄉由於位處高海拔地區，因此境內並無淹水潛勢區。桃園縣各鄉鎮市之建物分佈與日降雨量 600mm 淹水潛勢如圖 5-11 所示。

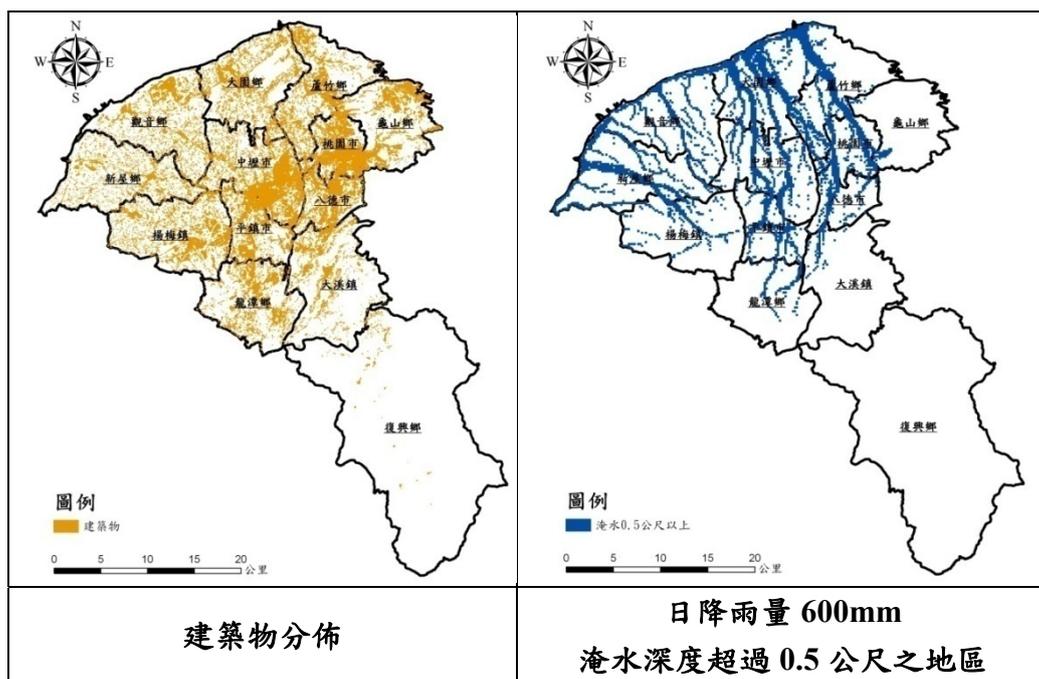


圖5-11 桃園縣各鄉鎮市之建物分佈與淹水潛勢圖

資料來源：本研究整理

本研究於使用地理資訊系統軟體計算出各鄉鎮市之建物面積與淹水範圍面積後，將其分別除以各鄉鎮市之總面積以得出所佔比例，並依其比例值求出 t 分數，計算結果如表 5-9 所示。

表5-9 桃園縣各鄉鎮市建物面積與淹水潛勢面積比例與 t 分數

鄉鎮市 名稱	建物面積		淹水潛勢	
	面積比例 (單位：%)	t 分數值	面積比例 (單位：%)	t 分數值
大園鄉	0.150348	49.65636	0.390053	51.78656
蘆竹鄉	0.178098	49.90123	0.220637	50.39775
觀音鄉	0.131238	49.48773	0.201634	50.24197
龜山鄉	0.210820	50.18998	0.026198	48.80383
桃園市	0.423165	52.06372	0.307711	51.11156
中壢市	0.290915	50.89674	0.232121	50.49189
新屋鄉	0.088821	49.11344	0.244110	50.59018
八德市	0.329567	51.23781	0.212593	50.33181
平鎮市	0.264698	50.66540	0.238421	50.54354
楊梅鎮	0.159423	49.73644	0.092495	49.34730
大溪鎮	0.086336	49.09151	0.025616	48.79905
龍潭鄉	0.144145	49.60163	0.045919	48.96549
復興鄉	0.003210	48.35800	0.000000	48.58906

資料來源：本研究整理

四、指標評估分數整合

以上針對三個面向下之六個項目，加以標準化為 t 分數後，並進行各鄉鎮市之風險程度分析。本研究將於此部分，就三個面向，探討桃園縣之鄉鎮市受氣候變遷影響下的風險高低，如表 5-10 所示，最後將桃園縣鄉鎮市各單一指標之 t 分數乘以各指標之權重，以計算其評估之最終結果。

表5-10 桃園縣各鄉鎮市三面向之權重

鄉鎮市 名稱	氣候變遷因素		自然環境條件		社經環境條件	
	加權後值	排序	加權後值	排序	加權後值	排序
復興鄉	51.57844	1	43.21006	1	50.76282	2
龜山鄉	50.91221	2	42.01911	7	49.72704	9
桃園市	50.35449	3	41.99967	8	50.77428	1
觀音鄉	50.17163	4	42.36818	3	49.63089	10
新屋鄉	49.99874	5	42.22633	5	49.8263	8
蘆竹鄉	49.93103	6	41.98146	10	50.04295	7
八德市	49.82607	7	41.97596	12	50.31888	3
中壢市	49.69873	8	41.91318	13	50.18786	4
楊梅鎮	49.60239	9	41.97797	11	49.61068	11
大園鄉	49.59317	10	42.35189	4	50.16717	5
平鎮市	49.53970	11	41.98600	9	50.08538	6
大溪鎮	49.50362	12	42.62980	2	49.30517	13
龍潭鄉	49.28979	13	42.09039	6	49.56058	12

資料來源：本研究整理

由上表 5-10 可知桃園縣各鄉鎮市在三面向中，受氣候變遷影響之風險程度。

在氣候變遷因素中，復興鄉相較於桃園縣其它鄉鎮市，其風險程度最高，其次為龜山鄉，桃園市再次之，龍潭鄉為全桃園縣風險最低之鄉鎮。在自然環境條件中，風險最高仍舊為復興鄉，大溪鎮為次高，接著依序為觀音鄉、大園鄉以及新屋鄉，此三個鄉鎮皆為沿海之城市，因此在地理環境上，相對地較桃園縣其它鄉鎮，受到災害如：地層下陷、沿海土地流失等風險程度較高。社經環境條件中，風險程度最高為桃園市，復興鄉次之，接著是八德市、中壢市，除了復興鄉外，桃園市、中壢市、八德市為全桃園人口最多的三個鄉鎮，而風險較低的三個鄉鎮依序為大溪鎮、龍潭鄉以及楊梅鎮。

本研究透過各類資料之整理與分析，計算得出桃園縣鄉鎮市各單一指標之 t 分數，之後就所得之結果乘以各指標之權重，以計算其評估之最終結果，其加權整合後的結果如表 5-11 所示。

表5-11 桃園縣各鄉鎮市指標評估加權計分後之分數

鄉鎮市名稱	加權後總分	排序
復興鄉	48.87999	1
龜山鄉	47.54049	2
桃園市	47.50871	3
大園鄉	47.37410	4
平鎮市	47.34302	5
蘆竹鄉	47.33565	6
大溪鎮	47.31737	7
觀音鄉	47.28302	8
中壢市	47.19720	9
八德市	47.18133	10
龍潭鄉	47.15460	11
新屋鄉	47.14711	12
楊梅鎮	46.93740	13

資料來源：本研究整理

由表 5-11 中可得知，復興鄉是評估分數相對最高者，也呼應了此地區是桃園天然災害最頻繁地區的事實。而由最高分的復興鄉與分數次高的龜山鄉與桃園市這三個聚落屬性不同地區的排名上，可以知道於本操作範例中，此一判別指標於評分上並無地區的偏好，亦即不會明顯地因為是鄉村或都會型的聚落而產生明顯的差異。

由於氣候變遷因素之指標不同於其他兩個面向的指標採比例型式，而是採用雨量與溫度的單位，因此必須將其與其他指標使用同一單位與標準的計分方式，方能應用本研究所確立之指標權重，而研究結果驗證了 t 分數法可以將各指標調整至一標準化的範圍，也能夠將權重應用於加權過程，證明其應可適用於本指標之操作。

由於本研究多數指標採用比例之單位型式，其原始值均控制於 0 到 1 之間，而氣候變遷因素的數值差異在各地也不會有太大的不同，因此在 t 分數法的應用上，應不至於有產生極端值(outliers)的情形。

第六章 結論與建議

本研究主要是建立評估指標體系，評估鄉鎮市層級地區，受氣候變遷影響災害風險之「程度」。因此，本研究第二章歸納氣候變遷可能對都市空間造成的衝擊，第三章探討氣候變遷、災害熱點與脆弱度等相關文獻，彙整相關評估指標與評估方式後，第四章初步研擬氣候變遷災害熱點的判別指標，第五章透過模糊德爾菲篩選指標，以及藉由模糊階層分析法賦予指標權重，並說明判別指標系統的操作方式以及資料來源，最後以桃園縣作為此指標系統之操作簡例。以下就本研究之結論與建議進行說明。

第一節 結論

本研究透過文獻回顧，探討氣候變遷對於台灣都市可能造成之影響，由於氣候變遷所影響之範圍相當廣泛，包括溫度、降雨、海平面上升等主要的現象(馮正民、詹士樑，2007)，造成的衝擊包括海岸與濕地的流失、水資源與農業的衝擊、洪旱災與傳染疫病等各種面向的衝擊。

為檢視各個氣候變遷與災害熱點之相關研究，以文獻回顧法，蒐集歸納國內外災害熱點之相關文獻，進行災害熱點定義、評估指標操作、衡量之文獻探討，結果發現氣候變遷、災害的評估判別方式，隨其評估尺度的不同，評估的指標選取與方法亦不相同，亦即各研究者應依其實際需求，選擇適切的評估尺度、評估指標與方法。欲建立適合我國氣候變遷災害熱點的判別指標，其中將考量鄉鎮市層級，文獻所歸納之氣候變遷因素、脆弱度、暴露性、地理、社會經濟等面向，因此，本研究將判別指標分為三大面向：分別為氣候變遷因素、自然環境條件、社會環境條件，並進行評估指標的初步研擬。

於指標建構的階段，本研究以模糊德爾菲法進行專家意見之調查，篩選各個評估指標，剔除相對不重要的評估指標，作為評估指標評選之依據，因此本研究採各項因子之「算術平均數」*0.84(經計算為 5.51)訂定門檻值來進行各指標門檻值的篩選，以踢除其餘重要性較低的評估指標。刪除的指標有下列 4 項：冬季、家戶所得、就業人口、教育程度(大學/專科以上)。由於「C2 產業經濟與教育」之下的 3 項指標：家戶所得、就業人口以及教育程度(大學/專科以上)，皆因未過門檻值而刪除，故「C2 產業經濟與教育」也為剔除指標之一。

在模糊德爾菲法篩選評估指標後，本研究欲以模糊階層分析法，整合相關專家學者之意見，兩兩比較各評估指標之相對重要性，並利用模糊理論加以計算各指標之權重，再解模糊化賦予各項評估指標之權重值。結果顯示三個面向中，專家認為氣候變遷因素最為重要，其次為自然環境條件，最後則是社經環境條件；在經過層及串連的計算後，得知各細項評估指標之權重值，在此依前五項指標(雨季、夏季、乾季、地質災害敏感地、土石流保全人數)之重要性程度陳述之。

本研究以桃園縣作為指標系統之操作簡例說明，首先計算得出桃園縣鄉鎮市

各單一指標之 t 分數，進而乘以各指標之權重，以計算其評估之最終結果，結果表示，復興鄉是評估分數相對最高者，龜山鄉次之，桃園市再其次。若以三個面向討論之，結果顯示在氣候變遷因素中，復興鄉相較於桃園縣其它鄉鎮市，其風險程度最高；自然環境條件中，風險最高仍舊為復興鄉；然而社經環境條件中，風險程度最高為桃園市。

第二節 建議

一、判別指標系統未來運用之建議

本研究考量指標系統之易操作性，故針對氣候變遷之探討，並未以災害類別作為討論之依據，而是以「全災害」之觀點探討氣候變遷影響下之都市災害風險程度，未來若要更精確探就氣候變遷引發之災害衝擊，則可依不同災害類別擬定評估指標。本研究所建立之判別指標系統，現階段可供鄉鎮市區層級的行政區域加以操作後進行比較。但若欲掌握某鄉鎮市區層級，其因氣候變遷災害風險影響程度，在全國鄉鎮市區中之風險程度，則必須進行全國有都市計畫規範之鄉鎮市地區之實證研究。

各地方政府透過此指標系統，得知此鄉鎮與其他鄉鎮之相對風險程度高低，進而再研擬合適的調適策略，並進行防救災資源之調查，以及透過不同風險溝通之方式，讓決策行政官員、專家、民意代表及市民，真正認知「氣候變遷下都市災害」的風險。

台灣地區之土地之使用，透過區域計畫、都市計畫及國家公園計畫等體系進行管制，但過去由於欠缺宏觀之規劃，以及缺乏國土計畫指導，因而衍生許多問題。故考量未來國土之發展空間，更為了因應氣候變遷，因此內政部擬定之「國土計畫法草案」，已於民國 98 年 10 月 8 日經行政院院會通過，送交立法院審議中。國土計畫法草案第三條第七項：「基於國土保育利用及管理之需要，依土地資源特性所劃分之國土保育地區、農業發展地區、城鄉發展地區及海洋資源地區。」第二十三條再針對各國土功能分區，說明其原則，再予分類、分級，並訂定不同層級之管制，以國土保育地區為例，說明內容依據環境敏感特性、就生態、文化與自然景觀、水資源、天然災害及其他資源保育等型態予以分類，並依保育標之重要程度，予以分級。另外國土計畫法草案地十一條之全國國土計劃之內容、第十二條之都會區域計畫內容、第十四條之直轄市、縣(市)國土計畫之內容，亦提到防災綱要計畫。因此，未來如何透過判別指標系統，掌握某鄉鎮市在氣候變遷影響下之風險高低，做為國土規劃落實之依據，於未來之研究可進一步探討。

二、判別指標系統資料來源之建議

何明錦、詹士樑(2008)的研究，是運用柳中明在臺灣大學全球變遷中心的第三版模式成果，作為分析的原始資料來源，進行氣溫及雨量的變遷模擬，目前柳中明已發展第四版的模式，將來氣候變遷模擬，將從台大全變中心移交至國家災害防救科技中心，後續相關研究在未來可考慮直接透過國家災防中心取得，並進行氣溫與雨量的變化分析。

關於其他數位地圖的資料來源，也可考慮由國土測繪中心或透過國土資訊系統資料倉儲及網路服務平台(Taiwan Geospatial One-Stop, TGOS)取得資料。國土測繪中心自 1995 年成立以來，已完成詳細的全國土地使用調查，近來於 2007、

2008 年間又開始新的調查工作，其基本資料亦可作為資料來源的考量之一；另外，透過 TGOS 的平台，可獲得各類數位地圖資料出版與申請的訊息，未來後續相關研究可考慮充分利用此一平台，以維持分析時原始資料能保持在最符合現狀的情況。

本研究資料取得來源的考量，主要是就現有已建置且可申請取得的資料為優先選擇；另外，考量到後續希望利用此一指標系統的單位或人員，對數據或數位地圖的操作與分析可能需要具備特殊專業能力(如 GIS 的作業等)，因此目前本研究的資料來源選擇盡可能以不需太複雜之處理工作者為主。但是部份資料如環境敏感地圖資，其完成年份在 1992-1997 年間，其分析方法與環境現況是否能符合現狀，可能有待檢視；因此部份數位地圖指標可能還是有必要自行產生，如地質災害敏感地可依營建署原始的評估模式，以新的地質圖、土壤圖與由解析度較高的新版高程資料產生的坡度圖等，來重新產生地質災害敏感地的數位地圖。

參考文獻

- 何明錦、詹士樑(2008)，氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫-期中報告，內政部建築研究所。
- 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，pp65-84。
- 吳瑞賢、蘇文瑞、廖偉民(2004)，歷年颱風降雨災害特性分析之研究，第八屆海峽兩岸水利科技交流研討會。
- 李培芬(2008)，氣候變遷對生態的衝擊，科學發展月刊，424，pp34-43。
- 李培芬、林瑞興、白梅玲(2006)，台灣八色鳥的分布現況與保育策略，2006 年八色鳥國際研討會。
- 林雪美(2001)，台灣地區近三十年自然災害的時空特性，行政院國家科學委員會。
- 柳中明(2008)，台灣面臨氣候變遷議題的努力(上)國家政策，<http://e-info.org.tw/node/39478>。
- 洪志誠(2007)，從京都議定談氣候變遷與暖化，台北縣環境教育輔導團電子報，第十六期，http://163.20.78.180/special/envi_epaper/9701/index.html。
- 胡思聰、張隆盛、李至倫(2004) 從天然災害檢討國土保安政策，國政評論。
- 美商達信保險經紀人股份有限公司台灣分公司(2004)，地震保險制度之建立及颱風洪水保險制度之建立，財政部保險司委託研究報告。
- 許晃雄(1998)，人為的全球暖化與氣候變遷，The 4th International Conference of Atmospheric Action Network East Asia, Taiepi。
- 許晃雄(2007)，人為的全球暖化與氣候變遷，The 4th International Conference of Atmospheric Action Network East Asia, Taiepi。
- 許士軍(1981)，管理學，東華出版社，台北。
- 郭彥廉、謝雯惠、蕭代基、廖楷民(2008)，都會區震災社會易損性因子分析，2008 台灣災害管理研討會，pp37-38。
- 陳吉仲(2003)，農業颱風災害損失之估計與風險分攤及減輕之經濟分析，行政院國家科學委員會。
- 詹錢登、陳晉琪(2009)，氣候變遷對坡地土砂災害之衝擊評估，行政院國家科學委員會。

- 曾于恆(2008)，Trends of sea level rise in the regional sea around Taiwan during the last century，2008 台灣氣候變遷研討會。
- 馮正民、詹士樑(2007)，全球化與氣候變遷下國土規劃之研究，行政院國家科學委員會。
- 黃煥彰(2006)，全球氣候變遷的省思，生態台灣季刊，第十三期。
- 黃書禮，1988，淡水河流域土地使用規劃與河川水質管理之研究---土地分類之應用與土地管理策略之研擬，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。NSC 77-0301-H-005-03Z。
- 童慶斌、游保杉、李明旭(2008)，強化區域水資源永續利用與因應氣候變遷之調適能力」經濟部水利署水利規劃試驗所。
- 董東璟、高家俊(2009)，氣候變遷對海岸的衝擊與調適研析，「氣候變遷長期影響評估及因應策略研議委託辦理計畫」成果說明會。
- 董東璟、曾國禎、楊益昇，2008。高雄與基隆長期海水位變動分析，中華民國第30屆海洋工程研討會論文集。
- 劉彥蘭(2001)，氣候變遷相關報導，全球變遷通訊雜誌，第29卷，pp15-16。
- 劉紹臣、劉振榮、林傳堯、許乾忠、林文澤(2003)，台灣西部平原熱島效應，看守台灣季刊，第五卷，第四期，pp14-21。
- 劉紹臣(2008)，台灣降雨強度的變化，2008 台灣氣候變遷研討會。
- 蔡勳雄(2001)，「區域土地使用與防洪」，國政研究報告。
- 鄧慰先、吳中興、湯孔玲(2005)，台洪災害規模分級制度及應變策略之研究，行政院災害防救委員會。
- 蕭代基(2002)，聖嬰—南方振盪現象氣候預測的潛在經濟效益分析：異常自然現象預防與損失減輕政策工具研究，行政院國家科學委員會。
- 蕭煥章(2008)，水災脆弱度評估模式之建立-以汐止市為例，中國文化大學地學研究所博士論文。
- 聯合國氣候變化綱要公約國家通訊 (UNFCCC National Communication of the Republic of China) (2001)，<http://apccenergy.tier.org.tw/energy4/UNFCCC.pdf>。
- 謝龍生、柳文成、童慶斌(2004)，氣候變遷對大漢溪及新店河流域防洪系統潛在衝擊影響之研究，農工學報。
- 鄭滄濱(2001)，「軟體組織提昇人員能力之成熟度模糊評估模式」，碩士論文，國立台灣科技大學資訊管理系。

- Anderson, M. B. and Woodrow P. J. (1989). *Rising from the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster*, London: IT Publications.
- Cutter, S. L., Mitchell, J. T., Scott, M. S. (1997). *Handbook for conducting a GIS-based hazards assessment at the county Level*, Hazards University of South Carolina. Research Lab, Department of Geography
- Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. L., Arnold, M., Agwe, J., Buys, P., Kjekstad, O., Lyon, B., and Yteman, G. (2005). *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*, Disaster Risk Management Series No.5, The World Bank, Washington, D. C..
- Downing, T.E. (1991). *Assessing socioeconomic vulnerability to famine: frameworks, concepts, and applications*, research report. Providence, RI: The Alan Shawn Feinstein World Hunger Program, Brown University.
- European Climate Change Programme (ECCP) (2006). *Urban Planning and Construction Sector Report: ECCP WG II Impacts and Adaptation*. European Commission.
- Green, C. H., Van der Veen, A., Wierstra, E. and Penning-Rowsell, E. C. (1994). *Vulnerability refined: analysing full flood impacts*. In: Penning-Rowsell EC, Fordham M, editors. *Floods across Europe: flood hazard assessment, modelling and management*. London: Middlesex Univ. Press, pp.32-68.
- Hamann, M. and Hofstede, J. (1998). *GIS applications for integrated coastal defence management in the federal state of Schleswig-Holstein Germany*. In: *German Geographical Coastal Research – The Last Decade*, D.H. Kelletat (ed.), pp.169-182.
- Heijmans, A. and Victoria, L. (2001). *CBDO-DR: Experiences and Practices in Disaster Management of the Citizens' Disaster Response Network in the Philippines*. Quezon City
- Hinkel, J. and Klein, R. J.T. (2003). *Developing a Method and a Tool for Dynamic and Interactive Vulnerability Assessment*, <http://www.nioz.nl/loicz/>.
- International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP) (2005). *Urbanization Andglobal Environmental Change*, Edited by Roberto Sanchez-Rodriguez, Karen C. Seto, David Simon, William D. Solecki, Frauke Kraas, Gregor Laumann, IHDP Report No.15 implications. *Climate Research*, 11, pp.5-18.
- International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC) (1996). *Vulnerability and Capacity Assessment: Toolbox*.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001) Technical summary: climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. URL: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/pdf/wg2TARtechsum.pdf.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Edited by Susan Solomon, Dahe Qin, Martin Manning, Melinda Marquis, Kristen Averyt, Melinda M.B. Tignor, Henry LeRoy Mill.
- Klein, R.J.T. and Nicholls, R.J. (1999). Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 28(2), pp.182-187.
- Kuban, R. and Heather, M. C. (2001). Community-wide vulnerability and capacity assessment(CVCA), Public Safety and Emergency Preparedness Canada.
- Linnerooth-Bayer, L. J. and Amendola, A. (2000). Global change, natural disaster and loss-sharing: Issues of efficiency and equity. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 25, pp.203-219.
- Mileti, D. S. (1999). *Disasters By Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Washington, D.C.: Joseph Henry Press.
- Murray, T. J., Pipino, L. L., and van Gigch, J. P., (1985). A pilot study of fuzzy set modification of Delphi, *Human Systems Management*, 5: 76-80.
- Nicholls, R.J. and Mimura, N. (1998). Regional issues raised by sea-level rise and their policy
- Nicholls, R. J., Leatherman, S. P., Dennis, K. C. and Volonte, C. R. (1995). Impacts and responses to sea level rise: qualitative and quantitative assessments. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 14, pp.26-43.
- Olga, V. W., Donald, A. W. (2002). Assessing vulnerability to agricultural drought: a Nebraska case study. *Natural Hazards*, 25, pp.37-58.
- Robbins, S. P. (1991). *Management* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Saaty, T. L., (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, N. Y.: McGrae-Hill.
- Satterthwaite, D. (2008). *Climate Change and Urbanization: effects and implications for urban governance*, United Nations Secretariat.
- Sterr, R. K. and Reese, S. (2003). *Climate change and coastal zones: An overview of the State-of-the-Art on regional and local vulnerability assessment*, Edward
- The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) (2007). *Energy for Sustainable Development*, OECD Contribution to the United Nations sustainable Development 15, OECD/OCDE, Paris.

- Turner, R.K., Adger, W.N. and Doktor, P. (1995). Assessing the economic costs of sea level rise. *Environment and Planning A*, 27(11), pp.1777-1796.
- United Nations Development Program (UNDP) (2004). *Developing Socio-economic Scenarios for use in Vulnerability and Adaptation Assessments*. New York, NY, USA.
- Wei, Y. M., Fan, Y., Lu C. and Tsai, H. T. (2004). The assessment of vulnerability to natural disasters in China by using the DEA method. *Environmental Impact Assessment Review*, 24 , pp.427-439.
- Weichselgartner, J. (2001). Disaster mitigation: the concept of vulnerability revised, *Disaster Prevention and Management*, 2, pp.85- 94.
- WFO (1998). WFP vulnerability mapping guidelines, http://www.wfp.org/DM_vAMWFPMMapGuide.html
- World Bank (2008). *Climate Resilient Cities- A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities*, Washington, D.C.

附錄一 各指標之資料形式與評估方式

面向	項目	指標	單位	年份	比例尺	操作型定義	行政區	資料來源	相關限制	備註
氣候變遷因素	降雨	雨季	mm	2008	網格資料	2090 推估值-2000 之差	-	台大全球氣候變遷中心(2008)	-	-
		乾季	mm	2008	網格資料	2090 推估值-2000 之差	-		-	-
	溫度	夏季	°C	2008	網格資料	2090 推估值-2000 之差	-		-	-
		冬季	°C	2008	網格資料	2090 推估值-2000 之差	-		-	-
自然環境條件	環境敏感地	生態敏感地	百分比	1997	1/100000	生態敏感地/地區面積比例	-	內政部營建署區域計畫地理資訊查詢系統 (http://gisapsrv01.cpa.mi.gov.tw/fcu-gis/new/all-I2.htm)	註冊會員後下載	1. 需以所佔面積與行政區面積自行計算 2. 1992 年完成北、南部區域 3. 1996 年完成中部區域 附錄 4. 1997 年完成東部區域
		優良農田敏感地	百分比	1997	1/25000	優良農田敏感地/地區面積比例	-			
		地表水源維護	百分比	1997	1/50000	地表水源維護/地區面積比例	-			
		地下水補注區	百分比	1997	1/250000	地下水補注區/地區面積比例	-			
		地質災害敏感地	百分比	1997	1/250000	地質災害敏感地/地區面積比例	-			
	地理環境	崩塌地	百分比	2002	1/25000	崩塌地/地區面積比例	-	行政院農委會水土保持局	需申請	以所佔面積與行政區面積自行計算
		沿海土地流失地區	-	-	-	沿海土地流失地區/地區面積比例	-	-	-	以海平面上升的高度，將淹沒的沿岸土地高程為主
		地層線下	百分比	-	-	地層下陷面積/地區面積比例	-	-	-	以現有之高層圖分析

面向	項目	指標	單位	年份	比例尺	操作型定義	行政區	資料來源	相關限制	備註
社經環境條件答	易受災人口特性	人口密度	人/平方公里	每年/每月	-	人口密度	縣市、鄉鎮市區、村里	1. 行政院主計處 2. 內政部統計處 3. 各鄉鎮市區戶政事務所	-	以人口數與面積自行計算
		歷年災害死傷人數	百分比	每年	-	歷年災害死傷人數佔地區人口比例	縣市、鄉鎮市區	內政部消防署、各縣市消防局	-	可以人口數與面積自行計算
		土石流保全人數	百分比	2008	-	土石流保全人數佔地區人口比例	土石流潛勢區保全戶	行政院農委會水土保持局	-	以人口數與面積自行計算
	產業經濟與教育	家戶所得	新台幣(元)	每年	-	家戶所得	縣市、鄉鎮市區、村里	1. 行政院主計處 2. 內政部統計處 3. 各鄉鎮市區戶政事務所	-	-
		就業人口	百分比	每年	-	就業人口佔地區人口比例			-	以人口數與面積自行計算
		教育程度(大學/專科以上)	百分比	每年	-	教育程度(大學/專科以上)佔地區人口比例			-	
	建成環境	建物面積	百分比	依來源而定	依來源而定	建物面積/地區面積比例	縣市、鄉鎮市區	1. 各縣市政府工務與建設等相關局處 2. 民間機構	1. 縣市政府資料需申請 2. 民間機構資料需購買	1. 以所佔面積與行政區面積自行計算 2. 縣市政府資料多可細緻到每棟建物(可達 1/1000 或更細) 3. 民間機構(如勤崴、銳徠等公司)之建物基本圖多是以 1/5000 之航照圖為底圖繪出之建物區塊

面向	項目	指標	單位	年份	比例尺	操作型定義	行政區	資料來源	相關限制	備註
		淹水潛勢 (600mm)	百分比	2007	網格資料	淹水潛勢(600mm) / 地區面積比例	各縣市： 1. 汐止市：40 x 40 公尺 2. 台北縣市 (汐止市除 外)：120 x 120 公尺 3. 其它縣 市：200 x 200 公尺	國家災害防救科技 中心		1. 需以所佔面積與行政區面積自 行計算 2. 資料為網格，底圖包括流域數 值地形資料圖層、流域內各行 政區資料圖層、土地利用資料 圖層、交通設施圖層 (包括 1/25000 鐵路圖層、1/25000 及 1/5000 公路圖層)及水利設施圖 層 (包含 1/25000 與 1/5000 水 系圖層、1/25000 區域排水路圖 層)

資料來源：本研究整理

附錄二 模糊德爾菲專家問卷

氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統

模糊德爾菲專家問卷

敬愛的 教授您好：

首先感謝您擔任本研究參與之評定專家，這是一份內政部建築研究所研究報告，「氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統」之專家調查問卷，本研究之目的在於建立可量化且易操作的災害熱點判別指標系統，並藉由模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi)篩選各項評估指標。素仰 台端於防災及規劃領域之學識與經驗十分豐富，冀望借重您多年來之研究及規劃經驗，作為本研究之依據，本研究為學術用途，結果絕不對外公佈。本研究極需您的協助與指導，懇請您惠賜卓見。

本問卷可能花費您 20~30 分鐘時間。問卷第一次回收後，經統計分析予以收斂並進行第二次問卷調查。為感謝您的辛勞，本研究將於每次問卷郵寄後，均附上專家問卷費用 1000 元整。煩請將填寫完成之問卷，及專家問卷收據裝入所附之回郵信封，並務請於 **8 月 28 日(五)**以前擲回，以利後續研究進行。

再次感謝您於百忙之中抽空填寫此問卷，若您有任何的問題，可以由以下的連絡方式聯繫。再次感謝您的參與，您的寶貴意見對本研究有極大的幫助。

敬祝

研安

銘傳大學都市規劃與防災學系

吳杰穎 博士

張佑慈 研究生

敬上

聯絡電話：0953754020

E-mail：pomelo0907@hotmail.com

地址：333 桃園縣龜山鄉德明路 5 號

都市規劃與防災學系

壹、研究背景與目的

一、本研究背景與目的

近年來全球氣候變遷引發氣候變遷衝擊之相關研究已經越來越受重視，極端氣候異常將提高都市的脆弱度，並加劇災害造成的衝擊。許多國際組織均建議：世界各國應建立評估系統，以評估自己國家面對氣候變遷引發之災害風險。因此本研究嘗試考量在氣候變遷狀況下，根據我國本土特性，建立可量化且易操作的災害熱點判別指標系統，供未來政府單位自行操作評估，以衡量氣候變遷的風險。

二、本問卷之目的

以模糊德爾菲法進行專家意見之調查，篩選各個評估指標，剔除相對不適宜的評估指標。本研究的評估指標適宜性考量的面向，以 1.評估指標衡量意義的重要性、2.未來可供政府與相關單位的操作性，這二者作為本問卷的主要目的，煩請您填寫時，綜合衡量上述二者進行填寫。

三、研究尺度

本研究研擬之氣候變遷災害熱點之判別指標系統其運用尺度與精準度，將針對我國鄉鎮層級，使鄉鎮地區能藉判別系統深入了解地區受氣候變遷衝擊之可能，衡量未來受衝擊、損害較強之鄉鎮市地區，作為台灣鄉鎮縣市規劃相關決策、減災、都市計畫、地區災害防救計畫之參考方針。

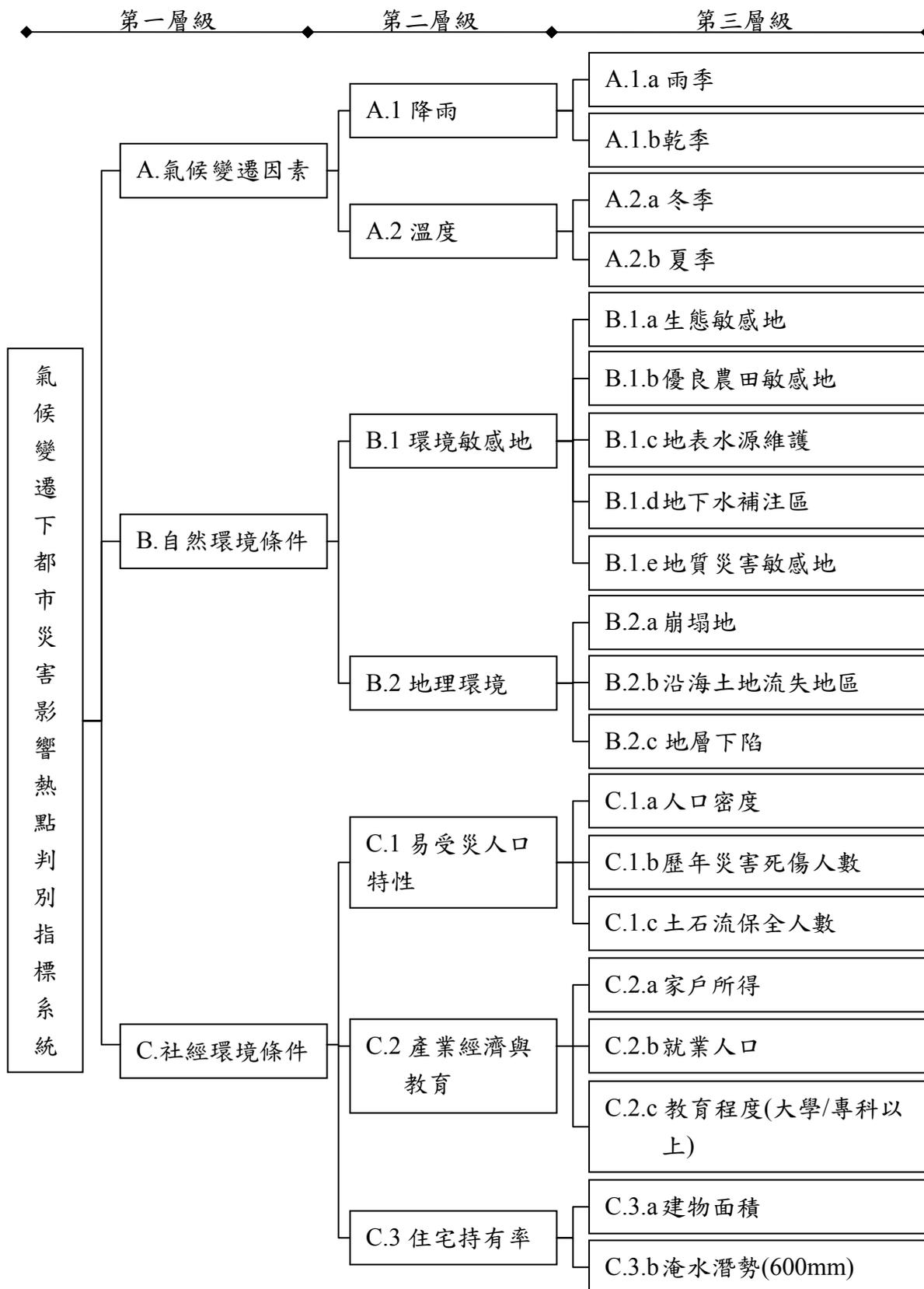
四、氣候變遷影響範疇

本研究的評估面向主要以氣候變遷衝擊為主，評估風險程度以致於能落實至防救災空間系統中。故本研究氣候變遷涉及之影響範疇，以溫度、降雨、環境敏感地、地理條件與台灣的社會經濟條件等面向，為主要的研究範疇。

五、氣候變遷災害熱點(hotspot)之定義

本研究對氣候變遷災害熱點之定義，為容易受到氣候變遷因素衝擊、改變、擾動之地區，包括人為建成環境、自然環境等。但本研究的意涵，並非評估地區「是否」為熱點，而是評估地區受氣候變遷風險影響之「程度」。

貳、評估指標架構



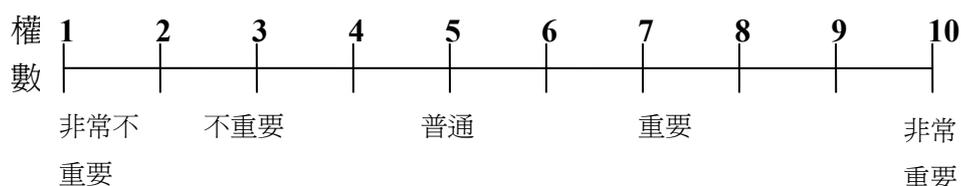
參、模糊德爾菲(Fuzzy Delphi)專家問卷與指標說明

- 一、此部份為 Fuzzy Delphi 問卷，其比值全依個人之專業素養主觀認定。
- 二、評定方式採 0~10 個等級，分數愈高表示愈重要，並填入整數值，每一評估指標包括三個部份，重要性程度、可接受最大值、可接受最小值。請參考以下範例：
- 三、範例說明：
 - (一) 適宜性程度：

請評估此指標對上一層級指標之適宜性程度，並請填入對此指標適宜性程度的單一值。
 - (二) 可接受範圍：

請評估此指標對上一層級指標適宜性程度之可接受範圍，並請填入最大值與最小值。

項目	適宜性程度	可接受範圍	
	最有可能之單一值 (1-10)	可接受最大 值(1-10)	可接受最小 值(1-10)
A.氣候變遷因素	9	10	5
B.自然環境條件	8	8	6



感謝您耐心看完上述說明，問卷即將開始：

肆、問卷填寫

一、第一層級：評估標的

(一) 評估「氣候變遷災害影響熱點判別指標體系」時，下列標的之重要性如何？

項目	說明	適宜性程度	可接受範圍	
		最有可能之 單一值 (1-10)	可接受 最大值 (1-10)	可接受 最小值 (1-10)
A.氣候變遷因素	衡量未來氣候變遷對環境可能的影響程度，影響的面向包括溫度與降雨，衡量其程度以反映未來可能對地區造成的風險。本研究運用台大全球氣候變遷中心(2007)的對未來溫度與降雨的推估，以其研究成果進行操作(詳細資料請參考附錄)。			
B.自然環境條件	衡量水文、地形、災害敏感地區等各種可能受氣候變遷影響的自然地理環境，評估這些地區的多寡，以衡量一地區可能受氣候變遷影響的程度。本研究衡量的項目包括內政部營建署的各種環境敏感地區及崩塌地等相關地理環境，運用既有的圖資進行評估。			
C.社經環境條件	社會環境因素是指人類社會經濟條件對災害承受的程度，即人們有無能力處理災害的社會與經濟因素。本研究考量的項目包括人口特性、政經環境、建成環境、產業特性。衡量社經脆弱度考量為特定脆弱的社會族群受衝擊的可能性，作為衡量社會系統受氣候變遷衝擊的風險程度			

二、第二層級：評估項目

(一) 評估「A.氣候變遷因素」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	適宜性程度	可接受範圍	
			最有可能之單一值 (1-10)	可接受最大值 (1-10)	可接受最小值 (1-10)
A.1 降雨	衡量未來氣候變遷的因素，以地區推估降雨量與現今降雨量的差異，來反映未來可能的風險程度。	以何明錦、詹士樑(2008)之研究成果之 GIS 圖層資料，2090 年之推估值與 2000 之差異，來評估第區可能的風險。			
A.2 溫度	衡量未來氣候變遷的因素，以地區推估溫度與現今溫度的差異，來反映未來可能的風險程度。				

(二) 評估「B.自然環境條件」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	適宜性程度	可接受範圍	
			最有可能之單一值 (1-10)	可接受最大值 (1-10)	可接受最小值 (1-10)
B.1 環境敏感地	環境敏感地為容易受到氣候變遷影響的地區，評估敏感地的多寡，以衡量未來氣候變遷之風險。	內政部營建署環境敏感地資料，以各敏感地區佔鄉鎮市地區面積比例，評估地區敏感地的多寡。			
B.2 地理環境	評估各種容易受到氣候變遷影響的地理環境，以衡量未來之風險。	以各種地理環境佔鄉鎮市地區面積比例，評估地區的多寡程度。			

(三) 評估「C.社經環境因素」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	適宜性程度	可接受範圍	
			最有可能之 單一值 (1-10)	可接受 最大值 (1-10)	可接受 最小值 (1-10)
C.1 易受災人口特性	衡量易受災之人口特性，包括人口的密集程度、歷年受災的死亡人數、土石流保全人數。以反映地區受氣候變遷風險的程度。	衡量易受災人口佔鄉鎮市地區人口比例多寡程度。			
C.2 產業經濟與教育	衡量地區產業經濟與教育程度，以評估該地區受氣候變遷影響下之社會經濟條件與風險程度。	產業經濟與教育人口佔鄉鎮市地區人口比例；以及建成環境佔鄉鎮市地區面積比例多寡。			
C.3 建成環境	衡量人為建物環境及淹水潛勢，作為評估氣候變遷下人為環境的風險程度。				

三、第三層級：評估指標

(一) 評估「A.氣候變遷因素」時，就「A.1 降雨」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度	可接受範圍	
				最有可能之單一值(1-10)	可接受最大值(1-10)	可接受最小值(1-10)
A.1.a 雨季	衡量氣候變遷降雨中，雨季的降雨量，以地區推估降雨量與現今降雨量的差異，來反映未來可能的風險程度。	GIS 圖層資料，2090年之推估值與 2000 之差異，來評估第區可能的風險。	台大全球氣候變遷中心(2008)之研究成果。			
A.1.b 乾季	衡量氣候變遷降雨中，乾季的降雨量，以地區推估降雨量與現今降雨量的差異，來反映未來可能的風險程度。					

(二) 評估「A.氣候變遷因素」時，就「A.2 溫度」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度	可接受範圍	
				最有可能之單一值(1-10)	可接受最大值(1-10)	可接受最小值(1-10)
A.2.a 冬季	衡量氣候變遷溫度中，冬季的氣溫，以地區推估氣溫與現今氣溫的差異，來反映未來可能的風險程度。	GIS 圖層資料，2090年之推估值與 2000 之差異，來評估第區可能的風險。	台大全球氣候變遷中心(2008)之研究成果。			
A.2.b 夏季	衡量氣候變遷溫度中，夏季的氣溫，以地區推估氣溫與現今氣溫的差異，來反映未來可能的風險程度。					

(三) 評估「B.自然環境條件」時，就「B.1 環境敏感地」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度		可接受範圍	
				最有可能之 單一值 (1-10)		可接受 最大值 (1-10)	可接受 最小值 (1-10)
B.1.a 生態 敏感地	衡量生態敏感地之面積，以評估該地區之生態敏感地受氣候變遷之可能影響情形。	生態敏感地佔鄉鎮市地區面積比例。	內政部營建署區域計畫地理資訊查詢系統。				
B.1.b 優良 農田敏感地	衡量優良農田敏感地之面積，以評估該地區之優良農田敏感地受氣候變遷之可能影響情形。	優良農田敏感地佔鄉鎮市地區面積比例。					
B.1.c 地表 水源維護	衡量地表水源之面積，以評估該地區之地表水源受氣候變遷之可能影響情形。	地表水源維護佔鄉鎮市地區面積比例。					
B.1.d 地下 水補注區	衡量地下水補注區之面積，以評估該地區之地下水補注區受氣候變遷之可能影響情形。	地下水補注區佔鄉鎮市地區面積比例。					
B.1.e 地質 災害敏感地	衡量地質災害敏感地之面積，以評估該地區之地質災害敏感地受氣候變遷之可能影響情形。	地質災害敏感地佔鄉鎮市地區面積比例。					

(四) 評估「B.自然環境條件」時，就「B.2 地理環境」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度	可接受範圍	
				最有可能之 單一值 (1-10)	可接受 最大值 (1-10)	可接受 最小值 (1-10)
B.2.a 崩塌地	衡量崩塌地面積，以評估地區可能受災的風險程度。	崩塌地佔地區面積比例。	行政院農委會水土保持局			
B.2.b 沿海土地流失地	考量氣候變遷的因素，評估沿海土地流失的情形。以評估地區可能受氣候變遷影響的風險程度。	沿海土地流失地區(海岸上升的高度淹沒的土地)佔地區面積比例。	本研究提供。			
B.2.c 地層下陷	衡量地層下陷的情況，以評估地區可能受災之風險程度。	國家災害防救科技中心成果	國家災害防救科技中心成果			

(五) 評估「C.社經環境因素」時，就「C.1 易受災人口特性」而言，下列標的之重要性如何？

項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度	可接受範圍	
				最有可能之 單一值 (1-10)	可接受 最大值 (1-10)	可接受 最小值 (1-10)
C.1.a 人口 密度	衡量人口密度，反映受氣候變遷 衝擊時可能會受到損傷的風險程 度。	人口密度	各鄉鎮市區戶政事務所			
C.1.b 歷年 災害死傷人 數	衡量歷年災害死傷人數，反映受 氣候變遷衝擊時可能會受到損傷 的風險程度。	歷年災害死傷人數佔 地區人口比例	內政部消防署或各縣市消 防局			
C.1.c 土石 流保全人數	衡量地區之土石流保全人數，評 估土石流保全戶受氣候變遷衝擊 時可能會受到衝擊的風險程度。	土石流保全人數佔地 區人口比例	各鄉鎮市公所民政課			

(六) 評估「C.社經環境因素」時，就「C.2 產業經濟與教育」而言，下列標的之重要性如何？

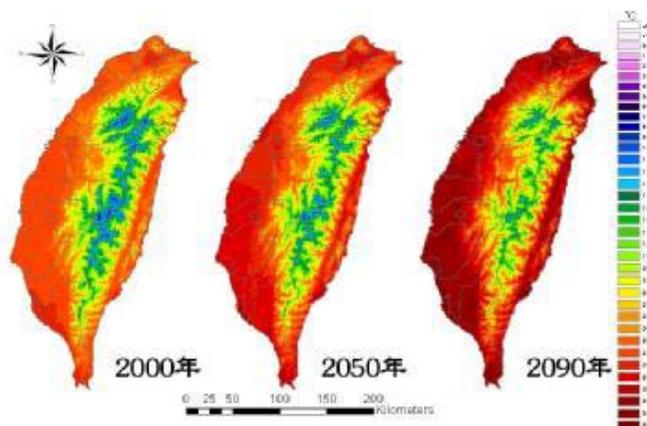
項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度	可接受範圍	
				最有可能之單一值 (1-10)	可接受最大值 (1-10)	可接受最小值 (1-10)
C.2.a 家戶所得	衡量地區家戶之平均所得，以反映承受氣候變遷衝擊的能力。	平均家戶所得	行政院主計處或內政部統計處			
C.2.b 就業人口	就業人口為地區具有收入之族群，衡量其人數以反應承受氣候變遷衝擊的能力。	就業人口佔地區人口比例				
C.2.c 教育程度	衡量地區教育程度以反映承受氣候變遷衝擊的能力。	教育程度(大學/專科以上)佔地區人口比例	各鄉鎮市區戶政事務所			

(七) 評估「C.社經環境因素」時，就「C.3 建成環境」而言，下列標的之重要性如何？

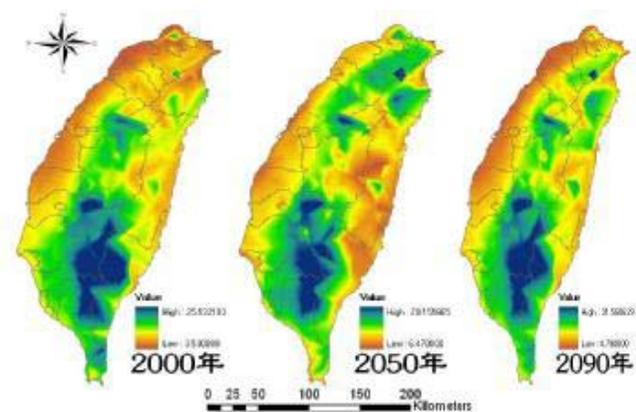
項目	說明	操作方式	資料來源	適宜性程度	可接受範圍	
				最有可能之單一值 (1-10)	可接受最大值 (1-10)	可接受最小值 (1-10)
C.3.a 建物面積	衡量建物面積，以衡量可能受氣候變遷衝擊受到損傷的風險程度。	建物面積/地區面積比例	1. 各縣市政府工務與建設等相關局處。 2. 民間機構，資料需購買			
C.3.b 淹水潛勢(600mm)	衡量淹水潛勢之地區，以評估地區受氣候變遷影響的風險程度。	淹水潛勢(600mm)/地區面積比例	國家災害防救科技中心淹水潛勢資料。			

問卷到此結束，非常感謝您的協助！

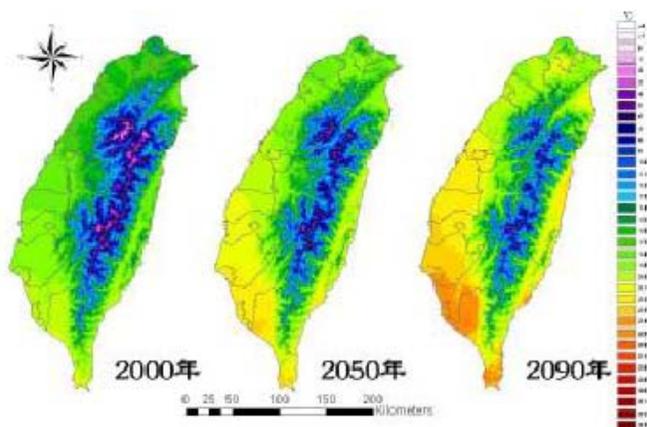
附一台大全球氣候變遷中心(2008)氣候變遷推估之研究成果



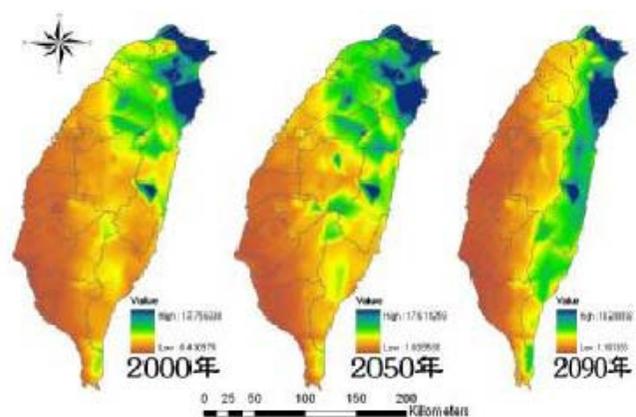
圖一 台灣地區夏季平均溫度分布圖



圖三 台灣地區雨季平均降雨量分布圖



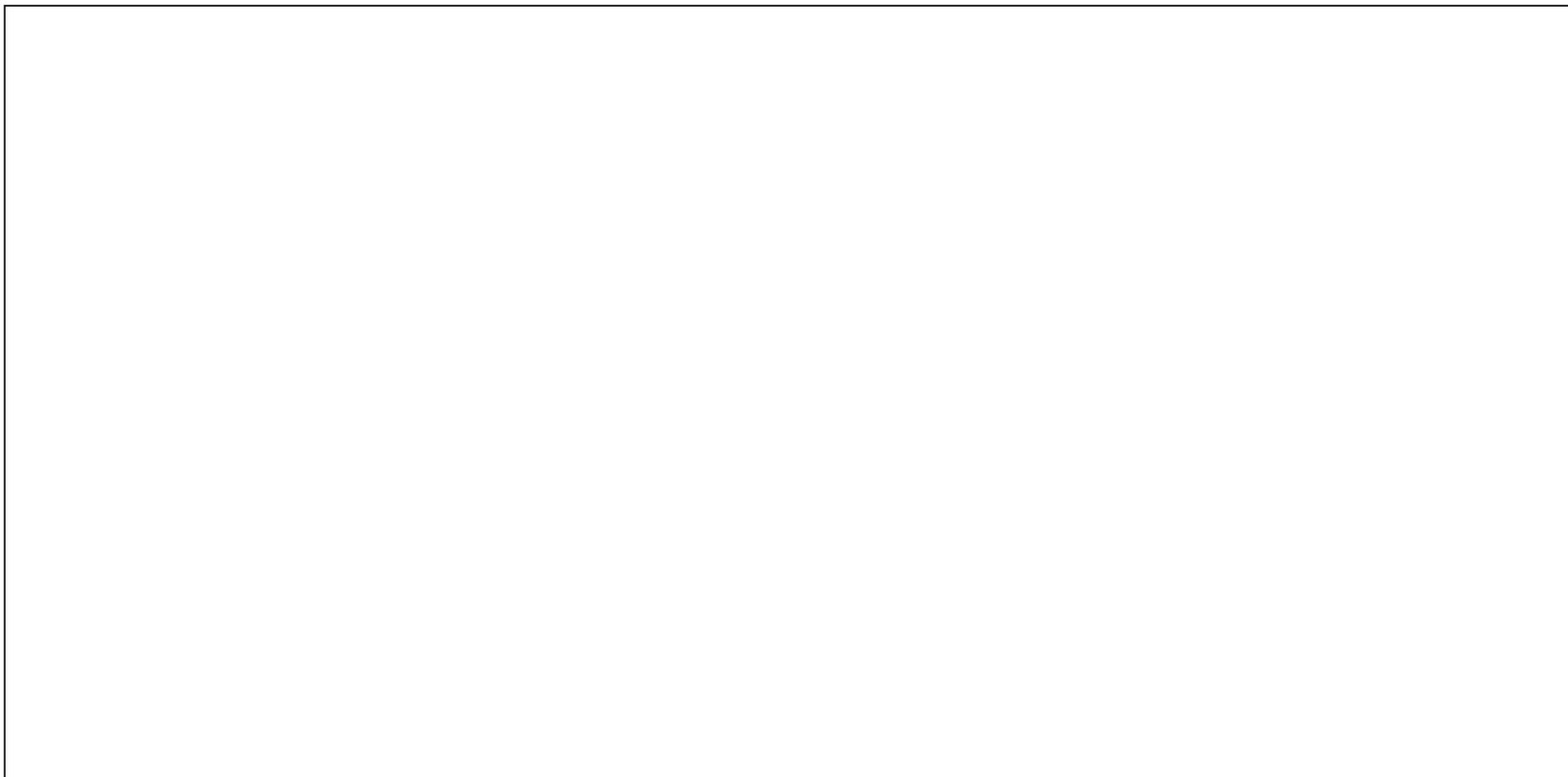
圖二 台灣地區冬季平均溫度分布圖



圖四 台灣地區乾季平均降雨量分布圖

資料來源：何明錦、詹士樑(2008)

伍、對研究內容、標的、問卷整體性的建議或任何意見：

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for respondents to provide their suggestions or comments regarding the research content, objectives, and the overall questionnaire.

再次感謝您不吝賜教，對本研究有相當大的助益。

附錄三 模糊德爾菲之操作

鄭滄濱(2001)之模糊德爾菲法

鄭滄濱(2001)所使用的模糊德爾菲法，主要是參考自陳昭宏(2001)的模糊德爾菲法，並且對該方法做部分之修改來快速整合專家們的意見，減少問卷重覆調查的次數。本研究中所提的演算法實施步驟如下：

步驟一：

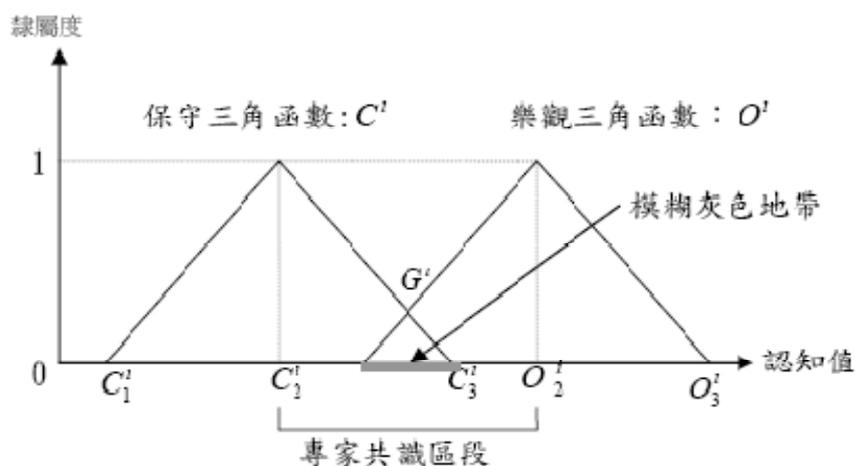
對所有需調查的評估項目設計好模糊專家問卷，並組成適當的專家小組，然後請每一位專家個別去對每一個評估項目，給予一個可能的區間數值。此區間數值的「最小值」就表示此專家對該評估項目量化分的「最保守認知值」；而此區間數值的「最大值」就表示此專家對該評估項目量化分數的「最樂觀認知值」。

步驟二：

對每一項評估項目 i ，分別對所有專家所給予的「最保守認知值」與「最樂觀認知值」作統計分析，將落於「2 倍標準差」以外的極端值剔除掉之後，再分別去求算出未被剔除而剩餘的「最保守認知值」中的最小值 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：

分別建立由步驟二所求算出針對每一個評估項目 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 $O^i(O_L^i, O_M^i, O_U^i)$ 。



圖附-3-1 最保守認知與最樂觀認知之三角模糊數

資料來源：鄭滄濱(2001)

步驟四：

檢驗專家的意見是否有達到共識，可藉由下述的方式來判斷：

1. 若兩三角模糊數無重疊現象亦即 $(C_U^i \leq O_L^i)$ 則表示說各專家的意見區間值有共識區段，且意見趨於此共識區段範圍內，因此我們令此評估項目 i 的「共識重要程度值」 $G_i = \frac{C_M^i + O_M^i}{2}$ 的算術平均值。

2. 若兩三角模糊數有重疊現象亦即($C_L^i > O_L^i$)，且模糊關係之灰色地帶 $Z^i = C_U^i - O_L^i$ 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 $M^i = O_M^i - C_M^i$ ，則表示說各專家的意見區間值雖無共識區段，但給予極端值意見的兩位專家(樂觀認知裡的最保守及保守認知裡的最樂觀)，並沒有與其他專家的意見相差過大而導致意見分歧發散。因此，我們令此評估項目 i 的「共識重要程度值 G_i 」等於對兩三角模糊數之模糊關係做交集(min)運算所得的模糊集合，再求出該模糊集合具有最大隸屬度值的量化分數。

$$F^i X_j = \left\{ \int_x \left\{ \min \left[C^i(X_j), O^i(X_j) \right] \right\} dx \right\} \dots\dots\dots (式2)$$

$$G^i = \left\{ X_j \mid \max \mu_{F^i}(X_j) \right\} \dots\dots\dots (式3)$$

3. 兩三角模糊數有重疊現象亦即($C_L^i > O_L^i$)，且模糊關係之灰色地帶 $Z^i = C_U^i - O_L^i$ 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 $M^i = O_M^i - C_M^i$ ，則表示說各專家的意見區間值既無共識區段，且給予極端值意見的兩位專家(樂觀認知裡的最保守及保守認知裡的最樂觀)，與其他的專家的意見相差過大導致意見分歧發散。因此，將這些意見未收斂的評估項目的「樂觀認知的幾何平均值」與「保守認知的幾何平均值」提供給專家參考，並重覆步驟一至步驟四，進行下一次的問卷調查，直到所有的評估項目都有達到收斂，求出「共識重要程度值 G_i 」為止。

以下將本研究整理後的問卷數據，套入上述步驟，說明之。步驟一至步驟三彙整為下表附-3-1：

表附-3-1 模糊德爾菲三角模糊數表

項目			單一值			最小值			最大值		
			min	幾何平均數	max	min	幾何平均數	max	min	幾何平均數	max
			A_L^i	A_M^i	A_U^i	C_L^i	C_M^i	C_U^i	O_L^i	O_M^i	O_U^i
面向	A	氣候變遷因素	4	7.40	10	1	4.74	8	5	8.43	10
	B	自然環境條件	6	7.95	9	1	5.55	10	7	9.02	10
	C	社經環境條件	5	7.39	9	1	5.16	8	5	8.50	10
項目	A1	降雨	4	7.19	9	5	5.87	8	8	8.74	10
	A2	溫度	3	6.30	9	4	4.78	7	7	7.59	9
	B1	環境敏感地	6	7.79	10	1	5.59	8	7	8.90	10
	B2	地理環境	5	7.24	10	2	5.26	10	7	8.46	10
	C1	易受災人口特性	5	7.35	10	2	5.41	8	6	8.46	10
	C2	產業經濟與教育	3	6.14	10	1	4.00	7	4	7.52	10
	C3	建成環境	4	6.87	10	2	4.84	8	6	8.15	10
指標	A1.a	雨季	4	7.42	9	5	6.11	8	8	8.83	10
	A1.b	乾季	4	5.94	8	3	4.21	7	6	6.89	9
	A2.a	冬季	4	5.97	9	2	3.99	6	5	6.98	9
	A2.b	夏季	5	6.40	9	2	4.42	7	5	7.46	9
	B1.a	生態敏感地	5	7.24	10	3	5.52	8	6	8.37	10
	B1.b	優良農田敏感地	2	5.87	8	4	4.50	6	6	7.28	8
	B1.c	地表水維護區	3	6.54	10	2	4.75	7	6	7.80	10
	B1.d	地下水補注區	5	6.42	8	4	4.88	6	6	7.50	9
	B1.e	地質災害敏感地	6	8.05	10	3	6.04	9	7	9.20	10
	B2.a	崩塌地	5	7.65	10	2	5.87	7	7	8.93	10

項目	單一值			最小值			最大值			
	min	幾何平均數	max	min	幾何平均數	max	min	幾何平均數	max	
	A_L^i	A_M^i	A_U^i	C_L^i	C_M^i	C_U^i	O_L^i	O_M^i	O_U^i	
B2.b	沿海土地流失地區	7	7.53	10	5	5.50	8	8	8.22	9
B2.c	地層下陷	7	7.78	10	5	5.74	8	8	8.76	9
C1.a	人口密度	4	6.44	8	2	4.69	5	5	7.86	9
C1.b	歷年災害死傷人數	2	5.66	7	3	4.27	5	5	7.10	8
C1.c	土石流保全人數	6	7.10	8	4	5.18	6	6	7.73	9
C2.a	家戶所得	3	5.56	7	3	3.99	5	5	6.80	8
C2.b	就業人口	3	5.29	8	3	3.84	5	5	6.42	8
C2.c	教育程度(大學/專科以上)	5	5.45	7	3	3.79	5	6	6.44	7
C3.a	建物面積	4	6.79	9	3	4.97	7	5	7.89	10
C3.b	淹水潛勢(600mm/日)	5	7.68	10	3	5.95	8	6	8.73	10

資料來源：本研究整理

套入上述步驟四，檢定指標之灰色地帶，如下表附-3-2：

表附 3-2 灰色地帶檢定表

項目	灰色地帶		樂觀認知值與保守認知值之差		$Z^i > M^i$ 則為收斂	共識重要程度	
	$Z^i = C_U^i - O_L^i$		$M^i = O_M^i - C_M^i$		$Z^i - M^i$	G^i	
面向	A	氣候變遷因素	×	3	3.69	-0.69	6.54
	B	自然環境條件	×	3	3.47	-0.47	7.93
	C	社經環境條件	×	3	3.34	-0.34	6.66
項目	A1	降雨	○	0	2.87	-2.87	7.31
	A2	溫度	○	0	2.81	-2.81	6.18
	B1	環境敏感地	×	1	3.21	-2.31	7.44
	B2	地理環境	×	3	3.20	-0.20	7.70
	C1	易受災人口特性	×	2	3.05	-1.05	6.97
	C2	產業經濟與教育	×	3	3.52	-0.52	5.62
	C3	建成環境	×	2	3.31	-1.31	6.81
指標	A1.a	雨季	○	0	2.72	-2.72	7.47
	A1.b	乾季	×	1	2.68	-1.68	6.24
	A2.a	冬季	×	1	2.99	1.99	5.50
	A2.b	夏季	×	2	3.04	-1.04	5.98
	B1.a	生態敏感地	×	2	2.84	-0.84	6.98
	B1.b	優良農田敏感地	○	0	2.79	-2.79	5.89
	B1.c	地表水維護區	×	1	3.06	-2.06	6.44
	B1.d	地下水補注區		0	2.62	-2.62	6.19
	B1.e	地質災害敏感地	×	2	3.15	-1.15	7.85
	B2.a	崩塌地	×	3	3.07	-0.07	7.96
	B2.b	沿海土地流失地區	○	-1	2.72	-3.72	6.86
	B2.c	地層下陷	○	-1	3.02	-4.02	7.25
	C1.a	人口密度	×	2	3.17	-1.17	6.11
	C1.b	歷年災害死傷人數	×	1	2.83	-1.83	5.55
	C1.c	土石流保全人數	○	0	2.54	-2.54	6.45
	C2.a	家戶所得	○	0	2.81	-2.81	5.39
	C2.b	就業人口	○	0	2.58	-2.58	5.13
C2.c	教育程度(大學/專科以上)	○	-1	2.65	-3.65	5.12	
C3.a	建物面積	×	2	2.93	-0.93	6.17	
C3.b	淹水潛勢(600mm/日)	×	2	2.79	-0.79	7.14	

資料來源：本研究整理

在所有的評估項目指標皆達到收斂後，並進行評估指標灰色地帶的檢定，以

及訂定篩選指標之門檻值，若篩選後指標過少，則應降低門檻值，反之亦然，故本研究採各項因子 G^i 之「算術平均數」*0.84(經計算為5.51)訂定門檻值來進行各指標門檻值的篩選，以踢除其餘重要性較低的評估指標。刪除的指標有下列4項：冬季、家戶所得、就業人口、教育程度(大學/專科以上)。由於「C2 產業經濟與教育」之下的3項指標：家戶所得、就業人口以及教育程度(大學/專科以上)，皆因未過門檻值而刪除，故「C2 產業經濟與教育」也為剔除指標之一，其計算結果如下表附-3-3所示。

表附-3-3 評估指標篩選表

項目		評估指標	專家共識值	門檻值 5.51
第一層級	A	氣候變遷因素	6.54	通過
	B	自然環境條件	7.93	通過
	C	社經環境條件	6.66	通過
第二層級	A1	降雨	7.31	通過
	A2	溫度	6.18	通過
	B1	環境敏感地	7.44	通過
	B2	地理環境	7.70	通過
	C1	易受災人口特性	6.97	通過
	C2	產業經濟與教育	5.62	通過
	C3	建成環境	6.81	通過
第三層級	A1.a	雨季	7.47	通過
	A1.b	乾季	6.24	通過
	A2.a	冬季	5.50	刪除
	A2.b	夏季	5.98	通過
	B1.a	生態敏感地	6.98	通過
第三層級	B1.b	優良農田敏感地	5.89	通過
	B1.c	地表水維護區	6.44	通過
	B1.d	地下水補注區	6.19	通過
	B1.e	地質災害敏感地	7.85	通過
	B2.a	崩塌地	7.96	通過
	B2.b	沿海土地流失地區	6.86	通過
	B2.c	地層下陷	7.25	通過
	C1.a	人口密度	6.11	通過
	C1.b	歷年災害死傷人數	5.55	通過
	C1.c	土石流保全人數	6.45	通過
	C2.a	家戶所得	5.39	刪除
	C2.b	就業人口	5.19	刪除
	C2.c	教育程度(大學/專科以上)	5.12	刪除
	C3.a	建物面積	6.17	通過
	C3.b	淹水潛勢(600mm/日)	7.14	通過

資料來源：本研究整理

附錄四 模糊階層分析法專家問卷

氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統

第二階段 模糊階層分析法(FAHP)專家問卷

敬愛的 您好：

首先感謝您先前於百忙之中，填寫內政部建築研究所研究報告，「氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統」第一階段之問卷。第一階段問卷統計後，各項評估指標之共識值均達收斂的標準，在剔除低於門檻值之指標後，現在進行第二階段模糊階層分析法(Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)之專家意見調查。本次問卷之目的在藉由 FAHP 評比各項指標之重要性程度，作為評估指標之權重值。

本問卷可能花費您 20~30 分鐘時間。為感謝您的辛勞，本研究將於問卷郵寄後，附上專家問卷費用 1000 元整。煩請將填寫完成之問卷，及專家問卷收據裝入所附之回郵信封，並務請於 **10 月 7 日(三)**以前擲回，以利後續研究進行。再次感謝您於百忙之中抽空填寫此問卷，若您有任何的問題，可以由以下的連絡方式聯繫。感謝您的參與，您的寶貴意見對本研究有極大的幫助。

敬祝

研安

銘傳大學都市規劃與防災學系

吳杰穎 博士

張佑慈 研究生

敬上

聯絡人：張佑慈

聯絡電話：0953-754-020

E-mail：pomelo0907@hotmail.com

地址：333 桃園縣龜山鄉德明路 5 號

都市規劃與防災學系

壹、研究背景與目的

一、本研究背景與目的

近年來全球氣候變遷引發氣候變遷衝擊之相關研究已經越來越受重視，極端氣候異常將提高都市的脆弱度，並加劇災害造成的衝擊。許多國際組織均建議：世界各國應建立評估系統，以評估自己國家面對氣候變遷引發之災害風險。因此本研究嘗試考量在氣候變遷狀況下，根據我國本土特性，建立可量化且易操作的災害熱點判別指標系統，供未來政府單位自行操作評估，以衡量氣候變遷的風險。

二、本問卷之目的

第一階段問卷統計後，各項評估指標之共識值均達收斂的標準，並已去除低於門檻值的指標。本次為第二階段之專家意見調查，而為給予各項評估指標之相對權重值，欲由本問卷(模糊階層分析法)彙整專家之意見，評比評估指標項目之適宜性，作為指標之權重值。

三、研究尺度

本研究研擬之氣候變遷災害熱點之判別指標系統其運用尺度與精準度，將針對我國鄉鎮層級，使鄉鎮地區能藉判別系統深入了解地區受氣候變遷衝擊之可能，衡量未來受衝擊、損害較強之鄉鎮市地區，作為台灣鄉鎮縣市規劃相關決策、減災、都市計畫、地區災害防救計畫之參考方針。

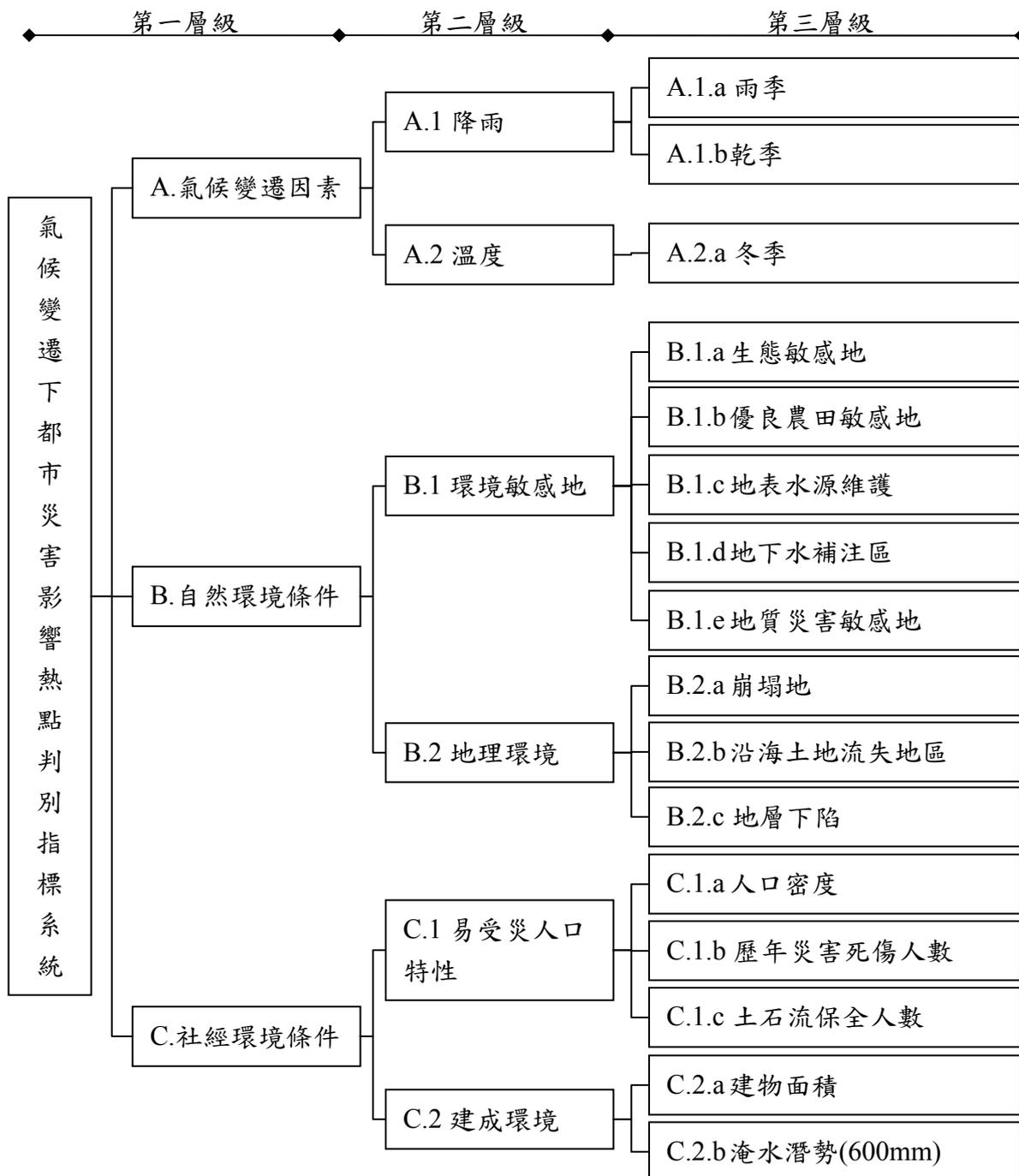
四、氣候變遷影響範疇

本研究的評估面向主要以氣候變遷衝擊為主，評估風險程度以致於能落實至防救災空間系統中。故本研究氣候變遷涉及之影響範疇，以溫度、降雨、環境敏感地、地理條件與台灣的社會經濟條件等面向，為主要的研究範疇。

五、氣候變遷災害熱點(hotspot)之定義

本研究對氣候變遷災害熱點之定義，為容易受到氣候變遷因素衝擊、改變、擾動之地區，包括人為建成環境、自然環境等。但本研究的意涵，並非評估地區「是否」為熱點，而是評估地區受氣候變遷風險影響之「程度」。

貳、評估指標架構



參、模糊層級分析(FAHP)專家問卷與指標說明

一、此部份為 FAHP 問卷，在勾選之前請先按項目之重要性程度排序，以提高勾選時之一致性；再就兩兩要素進行比較，依其相對重要程度進行勾選。

二、其比值全依個人之專業素養主觀認定。

三、範例：

(一)項目之排序：

假設有三項項目，分別為「B.2.a 崩塌地」、「B.2.b 沿海土地流失地區」、「B.2.c 地層下陷」，若其重要程度為「B.2.b 沿海土地流失地區」 \geq 「B.2.c 地層下陷」 \geq 「B.2.a 崩塌地」，則填寫為 **B.2.b** \geq **B.2.c** \geq **B.2.a**。

(二)項目相對重要性勾選：

請參閱項目釋義之內容，進行項目相對重要性判斷，以下表為例，項目『B.2.a 崩塌地』比項目『B.2.b 沿海土地流失地區』之「相對重要性」為 5：1，且可接受最大值為 6：1、接受最小值為 3：1，填寫時請分別於 (5：1)、(6：1)、(3：1) 裡打勾。

指標項目	強度比例																指標項目	
	強←-----→弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B.2.a 崩塌地				v	v													B.2.b 沿海土地流失地區
B.2.a 崩塌地								v	v			v						B.2.c 地層下陷
B.2.b 沿海土地流失地區										v	v		v					B.2.c 地層下陷

感謝您耐心看完上述說明，問卷即將開始：

肆、問卷填寫

一、第一層級：評估標的

(一) 「氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統」之建立，項目包括：「A. 氣候變遷因素」、「B. 自然環境條件」、「C. 社經環境條件」等三項。說明如下：

項目	說明
A. 氣候變遷因素	衡量未來氣候變遷對環境可能的影響程度，影響的面向包括溫度與降雨，衡量其程度以反映未來可能對地區造成的風險。本研究運用何明錦、詹士樑(2008)的對未來溫度與降雨的推估，以其研究成果進行操作(詳細資料請參考附錄)。
B. 自然環境條件	衡量水文、地形、災害敏感地區等各種可能受氣候變遷影響的自然地理環境，評估這些地區的多寡，以衡量一地區可能受氣候變遷影響的程度。本研究衡量的項目包括內政部營建署的各種環境敏感地區及崩塌地等相關地理環境，運用既有的圖資進行評估。
C. 社經環境條件	社會環境因素是指人類社會經濟條件對災害承受的程度，即人們有無能力處理災害的社會與經濟因素。本研究考量的項目包括人口特性、政經環境、建成環境、產業特性。衡量社經脆弱度考量為特定脆弱的社會族群受衝擊的可能性，作為衡量社會系統受氣候變遷衝擊的風險程度。

(1) 請依照「氣候變遷下都市災害影響熱點判別指標系統」之各項指標，按照重要程度將次序排列於下(煩請您填寫項目代號A、B、C共3項)：

_____ ≥ _____ ≥ _____

(2) 依據上述順序，請比較各指標之相對重要性，及最大、最小接受值(每列共勾選三項)：

指標項目	強度比例																指標項目	
	強←-----→弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
A. 氣候變遷因素	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	B. 自然環境條件	
A. 氣候變遷因素	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C. 社經環境條件
B. 自然環境條件																		C. 社經環境條件

(二)「B.自然環境條件」中的指標包括：「B.1 環境敏感地」、「B.2 地理環境」等二項。說明如下：

項目	說明
B.1 環境敏感地	環境敏感地為容易受到氣候變遷影響的地區，包含生態敏感地、優良農田敏感地、地質災害敏感地等，評估敏感地的多寡，以衡量未來氣候變遷之風險。
B.2 地理環境	評估各種容易受到氣候變遷影響的地理環境，包含崩塌地、沿海土地流失地區、地層下陷區等，以衡量未來氣候變遷之風險。

(1) 請依照「B.自然環境條件」之各項指標，按照重要程度將次序排列於下(煩請您填寫項目代號共 2 項)：

_____ ≥ _____

(2) 依據上述順序，請比較各指標之相對重要性，及最大、最小接受值(每列共勾選三項)：

指標項目	強度比例																指標項目	
	強←-----→弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B.1 環境敏感地																		B.2 地理環境

(三)「C.社經環境條件」中的指標包括：「C.1 易受災人口特性」、「C.2 建成環境」等二項。說明如下：

項目	說明
C.1 易受災人口特性	衡量易受災之人口特性，包括人口的密集程度、歷年受災的死亡人數、土石流保全人數。以反映地區受氣候變遷風險的程度。
C.2 建成環境	衡量人為建物環境及淹水潛勢，作為評估氣候變遷下人為環境的風險程度。

(1) 請依照「C.社經環境條件」之各項指標，按照重要程度將次序排列於下(煩請您填寫項目代號共 2 項)：

_____ ≥ _____

(2) 依據上述順序，請比較各指標之相對重要性，及最大、最小接受值 (每列共勾選三項)：

指標項目	強度比例																指標項目	
	強 ←—————→ 弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
C.1 易受災人口特性																		C.2 建成環境

(二)「B.1 環境敏感地」中的指標包括：「B.1.a 生態敏感地」、「B.1.b 優良農田敏感地」、「B.1.c 地表水源維護」、「B.1.d 地下水補注區」、「B.1.e 地質災害敏感地」等五項。說明如下：

項目	說明
B.1.a 生態敏感地	衡量生態敏感地之面積，以評估該地區之生態敏感地受氣候變遷之可能影響情形。
B.1.b 優良農田敏感地	衡量優良農田敏感地之面積，以評估該地區之優良農田敏感地受氣候變遷之可能影響情形。
B.1.c 地表水源維護	衡量地表水源之面積，以評估該地區之地表水源受氣候變遷之可能影響情形。
B.1.d 地下水補注區	衡量地下水補注區之面積，以評估該地區之地下水補注區受氣候變遷之可能影響情形。
B.1.e 地質災害敏感地	衡量地質災害敏感地之面積，以評估該地區之地質災害敏感地受氣候變遷之可能影響情形。

(1) 請依照「B.1 環境敏感地」之各項指標，按照重要程度將次序排列於下(煩請您填寫項目代號共 5 項)：

_____ ≥ _____ ≥ _____ ≥ _____ ≥ _____

(2) 依據上述順序，請比較各指標之相對重要性，及最大、最小接受值 (每列共勾選三項)：

指標項目	強度比例																指標項目	
	強 ← _____ → 弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B.1.a 生態敏感地																		B.1.b 優良農田敏感地
B.1.a 生態敏感地																		B.1.c 地表水源維護
B.1.a 生態敏感地																		B.1.d 地下水補注區
B.1.a 生態敏感地																		B.1.e 地質災害敏感地
B.1.b 優良農田敏感地																		B.1.c 地表水源維護
B.1.b 優良農田敏感地																		B.1.d 地下水補注區

續上表																		
指標項目	強度比例																指標項目	
	強 ← → 弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B.1.b 優良農田 敏感地																		B.1.e 地質災 害敏感地
B.1.c 地表水源 維護																		B.1.d 地下水 補注區
B.1.c 地表水源 維護																		B.1.e 地質災 害敏感地
B.1.d 地下水 補注區																		B.1.e 地質災 害敏感地

(三)「B.2 地理環境」中的指標包括：「B.2.a 崩塌地」、「B.2.b 沿海土地流失地區」、「B.2.c 地層下陷」等三項。說明如下：

項目	說明
B.2.a 崩塌地	衡量崩塌地面積，以評估地區可能受災的風險程度。
B.2.b 沿海土地流失地區	考量氣候變遷的因素，評估沿海土地流失的情形。以評估地區可能受氣候變遷影響的風險程度。
B.2.c 地層下陷	衡量地層下陷的情況，以評估地區可能受災之風險程度。

(1) 請依照「B.2 地理環境」之各項指標，按照重要程度將次序排列於下（煩請您填寫項目代號共 3 項）：

_____ ≥ _____ ≥ _____

(2) 依據上述順序，請比較各指標之相對重要性，及最大、最小接受值（每列共勾選三項）：

指標項目	強度比例																指標項目	
	強←-----→弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B.2.a 崩塌地																		B.2.b 沿海土地流失地區
B.2.a 崩塌地																		B.2.c 地層下陷
B.2.b 沿海土地流失地區																		B.2.c 地層下陷

(四)「C.1 易受災人口特性」中的指標包括：「C.1.a 人口密度」、「C.1.b 歷年災害死傷人數」、「C.1.c 土石流保全人數」等三項。說明如下：

項目	說明
C.1.a 人口密度	衡量人口密度，反映受氣候變遷衝擊時可能會受到損傷的風險程度。
C.1.b 歷年災害死傷人數	衡量歷年災害死傷人數，反映受氣候變遷衝擊時可能會受到損傷的風險程度。
C.1.c 土石流保全人數	衡量地區之土石流保全人數，評估土石流保全戶受氣候變遷衝擊時可能會受到衝擊的風險程度。

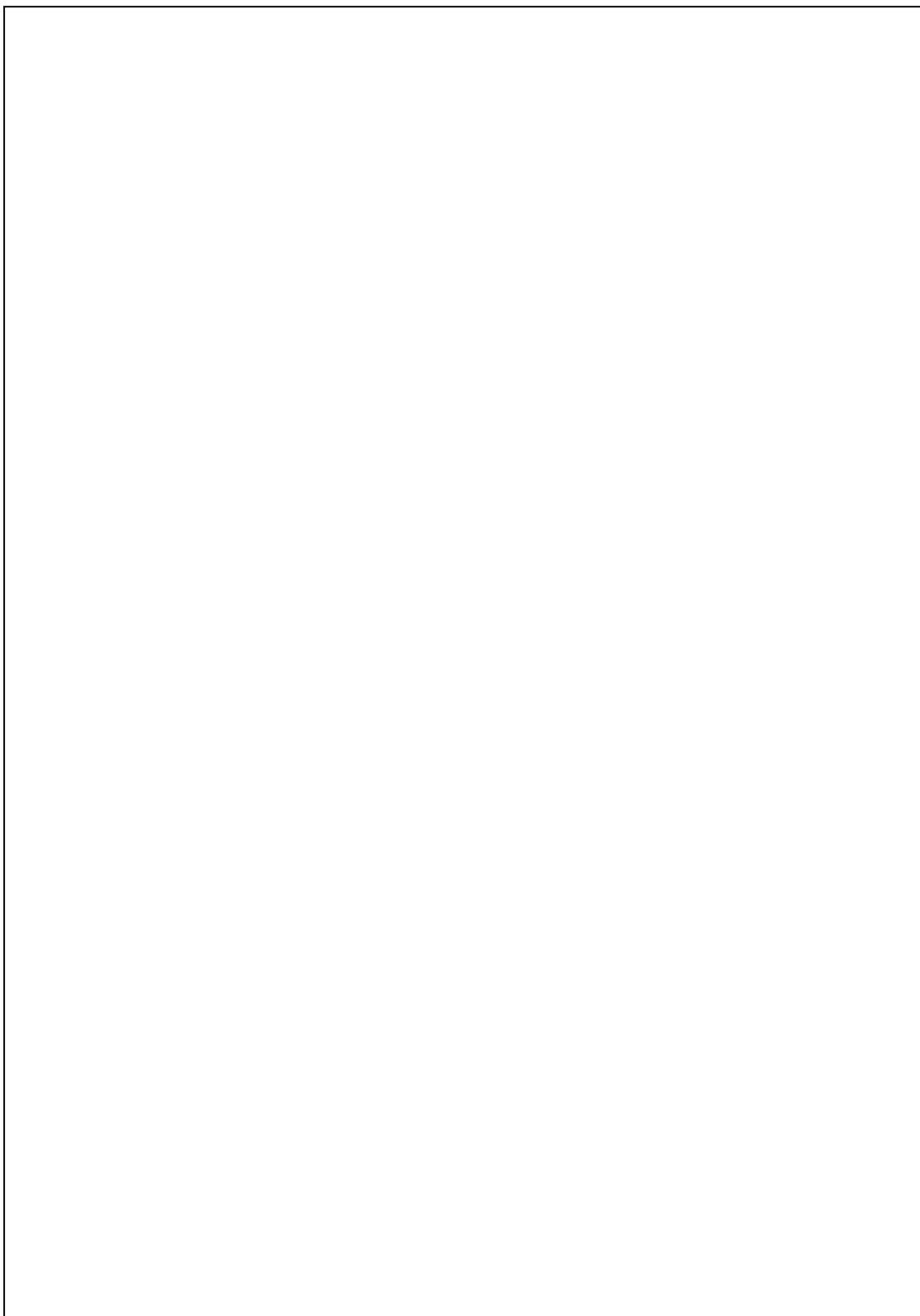
(1) 請依照「C.1 易受災人口特性」之各項指標，按照重要程度將次序排列於下(煩請您填寫項目代號共 3 項)：

_____ ≥ _____ ≥ _____

(2) 依據上述順序，請比較各指標之相對重要性，及最大、最小接受值(每列共勾選三項)：

指標項目	強度比例																指標項目	
	強←—————→弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
C.1.a 人口密度	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	C.1.b 歷年災害死傷人數	
C.1.a 人口密度	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	C.1.c 土石流保全人數
C.1.b 歷年災害死傷人數																		C.1.c 土石流保全人數

伍、對研究內容、標的、問卷整體性的建議或任何意見：



再次感謝您不吝賜教，對本研究有相當大的助益。

附錄五 模糊階層分析法之操作

步驟一：建立層級架構

步驟二：設計專家問卷

以 AHP 法概念，根據前述所建立的層級架構，將問卷設計成因素間兩兩相比較的形式，以獲得專家對兩因素間相對重要性程度之看法，以建立成對比較矩陣。

步驟三：建立模糊正倒判斷矩陣

傳統判斷矩陣 $A = [a_{ij}]$ 為一正倒矩陣，導入模糊數概念表示專家對兩兩因素重要程度看法的模糊性，以三角模糊 $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$ 來整合各專家意見，如此即可建立模糊正倒矩陣 A 。

$A = [\tilde{a}_{ij}]$ ， A ：模糊正倒矩陣

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{1}{\tilde{a}_{ji}}, \forall i, j = 1, 2, \dots, n$$

步驟四：群體整合

採幾何平均數法來整合專家意見，整合公式如下：

$$\tilde{a}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij}^N)^{\frac{1}{n}} \dots \dots \dots \text{(式 1)}$$

\tilde{a}_{ij} ：模糊正倒矩陣中第 i 列第 j 行之三角模糊數

\tilde{a}_{ij}^N ：專家 N 對第 i 個評估指標中第 j 個因素之兩兩比較值

步驟五：計算模糊權重

模糊權重如同 Satty 所指的「特徵向量」，計算方法採用列向量幾何平均法來操作。由公式 3-10 及 3-11 可求得模糊權重值。

$$r_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(式 2)$$

$$\tilde{w}_i = r \otimes_i (r_1 \otimes r_2 \otimes \dots \otimes r_n)^{-1} \dots\dots\dots(式 3)$$

r_i : 三角模糊數的幾何平均值

\tilde{w}_i : 模糊正倒矩陣中每一列之模糊權重值

步驟六：解模糊化

為獲取各項評估指標的明確值，必須進行解模糊化，本研究採反三角模糊數公式，優點在於客觀性且無須加入決策人員偏好，計算方法如下：

$$DF_{ij} = \frac{a-b+c}{3} \dots\dots\dots(式 4)$$

a、b、c：分別為三角模糊數中之下限(lij)、中間(mij)、上(uij)限值

步驟七：正規化

為比較不同主要構面與及各項評估指標的重要性，將解模糊權重值進行正規化，正規化過程如式(5)：

$$NW_i = \frac{DF_{ij}}{\sum DF_{ij}} \dots\dots\dots(式 5)$$

步驟八：層級串聯

經由前述步驟，可求得最終目標下第一層第 i 個主要因素的權重 NW_i 、第一層第 i 個主要因素下第 j 個評估指標的權重 NW_{ij} ，若要求最終目標下第一層第 j 個評估指標的權重，則必須進行層級串聯，串聯方式如公式(6)：

$$NW_j = NW_i \times NW_{ij} \dots\dots\dots(式 6)$$

本研究在模糊層級分析的過程中，利用前述操作步驟說明之。以下以「B.2 地理環境」中的指標包括：「B.2.a 崩塌地」、「B.2.b 沿海土地流失地區」、「B.2.c 地層下陷」為例，說明如何將問卷語意尺度轉換為數量值、如何建立模糊正倒矩陣、權重的計算及結果分析。

表附-5-1 專家問卷意見表

指標項目	強度比例																指標項目	
	強←-----→弱																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1
	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B.2.a 崩塌地																		B.2.b 沿海土地流失地區
B.2.a 崩塌地																		B.2.c 地層下陷
B.2.b 沿海土地流失地區																		B.2.c 地層下陷

資料來源：本研究整理

1. 建立正倒矩陣與模糊正倒矩陣與群體整合

將每位專家模糊正倒矩陣利用幾何平均數法來整合專家意見，即可得整合意見後之模糊正倒矩陣，群體整合結果如表附-5-2。

表附-5-2 群體整合後之模糊正倒矩陣表

項目	崩塌地	沿海土地流失地區	地層下陷
崩塌地	(1, 1, 1)	(2.457, 1.876, 0.641)	(2.046, 0.906, 0.543)
沿海土地流失地區	(0.407, 0.533, 1.561)	(1, 1, 1)	(1.723, 0.608, 0.418)
地層下陷	(0.489, 1.103, 1.843)	(0.581, 1.644, 2.394)	(1, 1, 1)

資料來源：本研究整理

2. 評估指標之權重之分析

利用公式 1 與 2 計算評估指標之模糊權重值，再利用反三角解模糊化公式(式 3)求得解糊權重值；最後使用公式(4)進行正規化，到指標明確權重值與權重排名。計算結果如表附-5-3 所示。

3. 模糊權重計算

(1) 計算三角模糊數的幾何平均值

$$r_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in})^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(式 1)$$

(2) 求算模糊正倒矩陣中每一列之模糊權重值

$$\tilde{w}_i = r \otimes_i (r_1 \otimes r_2 \otimes \dots \otimes r_n)^{-1} \dots\dots\dots(式 2)$$

4. 解模糊化以得明確值，以反三角模糊數公式解模糊

$$DF_{ij} = \frac{a+b+c}{3} \dots\dots\dots(式 3)$$

a 角模糊數中之下限(l_{ij})值

b 角模糊數中之中間(m_{ij})值

c 角模糊數中之上(u_{ij})值

5. 進行正規化，以比較各項評估指標的重要性，運算式如下：

$$NW_i = \frac{DF_{ij}}{\sum DF_{ij}} \dots\dots\dots(式 4)$$

表附-5-3 地理環境之指標權重表

項目	模糊權重值	解模糊權重值	正規化權重值	排名
崩塌地	(0.5257, 0.3663, 0.2158)	0.3693	0.3772	1
沿海土地 流失地區	(0.2726, 0.2108, 0.2661)	0.2499	0.2552	3
地層下陷	(0.2017, 0.3743, 0.5033)	0.3598	0.3675	2

資料來源：本研究整理

依照相同步驟，可得減災調適策略中，各主要措施之模糊權重值，如表，再利用公式 3 進行解模糊化求得解模糊權重值，最後利用公式 4 進行正規化處理，得到措施之權重值與權重排名。

$$NW_j = NW_i \times NW_{ij} \dots\dots\dots(式 5)$$

最後利用公式 5 進行層及串聯得到各項指評估指標整體權重值及整體排序如表附-5-4：

表附-5-4 氣候變遷下都市災害影響熱點指標權重表

面向	正規化 權重	項目	正規化 權重	指標	正規化 權重	層級串 聯權重	排 序
A. 氣候 變遷 因素	0.43	A.1 降雨	0.68	A.1.a 雨季	0.067	0.196	1
				A.1.b 乾季	0.333	0.098	3
		A.2 溫度	0.32	A.2.a 夏季	1.000	0.137	2
B. 自然 環境 條件	0.33	B.1 環境 敏感地	0.61	B.1.a 生態敏感地	0.153	0.031	13
				B.1.b 優良農田敏感地	0.142	0.028	16
				B.1.c 地表水源維護	0.197	0.039	11
				B.1.d 地下水補注區	0.148	0.030	15
				B.1.e 地質災害敏感地	0.359	0.072	4
		B.2 地理環境	0.39	B.2.a 崩塌地	0.377	0.047	7
				B.2.b 沿海土地流失地區	0.255	0.032	10
B.2.c 地層下陷	0.368			0.046	8		
C. 社經 環境 條件	0.24	C.1 易受災人 口特性	0.57	C.1.a 人口密度	0.204	0.028	14
				C.1.b 歷年災害死傷人數	0.340	0.047	9
				C.1.c 土石流保全人數	0.456	0.063	5
		C.2 建成環境	0.43	C.2.a 建物面積	0.367	0.039	12
				C.2.b 淹水潛勢 (600mm/日)	0.633	0.067	6

資料來源：本研究整理

附錄六 專家座談會之會議記錄

第一次專家座談會之會議紀錄

一、會議名稱：五月份專家學者座談會

二、時間：2009.05.20 9:30am

三、地點：內政部建築研究所

四、會議紀錄：

(一) 主席致詞：略

(二) 計畫簡報：略

(三) 綜合討論：

張教授益三：

1. 研究中所提及之「災害熱點」來自於文獻翻譯所得。對於一般民眾而言，可能較為生疏。以往我們較為熟知的名詞為「災害潛勢」，民眾可能較容易了解。在用詞上或許可再考量。
2. 災害種類繁多，未來貴研究可先加以定義，究竟愈著重在哪些災害上？如地震、颱風，或是坡地災害等等。因全球氣候變遷所牽涉的領域十分廣大，是否須考量疾病的衝擊？應先加以定義。
3. 因指標種類眾多，建議可透過文獻的搜集歸納，再進行因子分析，找出可供評估的指標

洪教授鴻智：

1. 建議本研究對於都市「災害熱點」，應有更清楚的定義，以助於界定研究範疇。換言之，如對災害熱點採廣義定義，將包含災害、脆弱度與回復力；如採狹義定義，則可能僅止災害（潛勢）(hazard) 部分。就短期而言，此部份之建議或許可採較狹義定義，以免加深工作之困難度。
2. 建議災害熱點判別之指標系統，仍須考量其應用的地區規模及應用目的。故建議此等課題確立之後，可就現有相關單位或文獻已建置的指標系統為基準，再透過其它方法決定適合於台灣的指標系統。例如，透過德爾菲法或其它專家系統法等。
3. 關於都市災害熱點判別系統如何與現行都市計畫結合，可能要考慮到是與現行都市計畫法或未來國土計畫法（草案）接軌的問題。如與現行都市計畫法（體系）結合，較可行之方式是透過土地使用分區劃設或管制之機制，可能較可行。而如與國土計畫法（草案）接軌，則其結果可與各層級都市之「防災綱要計畫」結合，及納入「國土保育地區」的管理與管制體系中，或許可使都市災害熱點的指定，更能與都市規劃體系結合。
4. 如可將「都市災害熱點」地區視為（或）劃為災害敏感地區，則可透過政府

都市計畫(或區域計畫)審議程序,以土地使用管制或開發強度管制等方式,降低災害風險或脆弱度,以使都市災害熱點的劃設更能發揮效能。

洪教授啟東：

1. 貴研究是以鄉鎮為單元,若落實至都市計畫上(亦即鄉街計畫),以目標或目的為導向時,其研究對象便十分明確。如南投、水里等。
2. 在談及回復力與調適策略上,台灣的環境與國外十分不同。如離島地區本身可能有些離島建設條例,可能有助於地區的回復,這是台灣本島所沒有的。或者一些政治、財政經費上的考量,都將會影響地區的回復力。若單純用量化指標,可能無法顯現出這些因子的影響。建議初期可用檢核表的方式進行評估,篩選出較重要的指標,予以權重分配,再回歸到量化的評估上。
3. 貴研究在進行探討時,應注意到台灣的特殊地形所帶來的影響。

林研究員淑華

1. 全變中心可以提供到 1km 到百萬 km 的尺度,他是一個資料可以分析,但是否是一個 unite 可以用來決策,這是不同的。
2. 比較不清楚貴研究尺度上是設定在一個都市,還是都市之間,或是整個台灣的都市區域,還是一個縣市。在我個人的了解中,有人試圖衡量鄉鎮層級的氣候變遷衝擊,但這似乎不是這麼容易。因為這牽扯到很多因子,還有裡面的 base date 是否充足,解析度是否這麼高可以衡量,是否有足夠的資料可以進行細緻的分析,這是一個問號。因此在層級的設定上,這個部份是否應加以定義,或由主辦單位先行設定。
3. 氣候變遷下的都市災害,在去年馮老師、詹老師的研究中,有一些氣候變遷災害的架構,這些架構也可以提供研究團隊的一些方向去連結到氣候變遷。
4. 氣候變遷下的許多的衝擊與關聯性仍是不清楚的,仍有很多研究在探討這個部份,因此對於建研所做這方面的嘗試是感到相當欽佩。
5. 氣候變遷對於海平面上升淹沒的土地,是相當直接且明確的,至於其他間接的衝擊我們是否仍要考量?

郭研究員彥廉

1. 初擬的指標已經相當完整。已經有許多脆弱度(vulnerability)、回復力(resilience)的概念在裡面了,感到相當的敬佩。至於這些量化指標延伸的運用內容,以及細緻化的操作方式,未來應可更精確一些。
2. 討論提綱中,針對研究範疇及落實的部份,NCDR 有專案做氣候變遷,有要進行風險地圖操作,是以鄉鎮層級的水災為主,其中一個圖層是以極端降雨,第二個是淹水潛勢的部份,第三是地層下陷,第四是人口的分佈,第五個是社經脆弱度,這個風險地圖是希望做一個調適策略的規劃,以助於決策的運用。
3. 建研所這個計畫,是否比較適合跟土地使用作一個結合?這樣更能夠落實,

若是以這樣的角度來思考的話，是否應該不以行政區為基本的單元，而是以網格的方式來操作，這樣是否更適切，並可更能直接引用於都市計畫之中，但這樣會遇到一些問題，就是氣候資料解析度的問題，但這個部份並不是這麼的迫切，這些可以以淹水潛勢、波地潛勢的資料，而不用直接的用上層的氣候資料，用既有的資料去進行量化，已經是很大的突破與進展。

4. 質化、量化。量化的部分，因為風險程度跟脆弱度的關連，都不是這麼明確，因此要做量化應該是很困難的。所以可能是質化的方式會比較恰當。
5. 進一步談初擬的指標，降雨資料非常多，必須回歸到衡量的目的，例如缺水或是淹水；治理能力是指應變能力，還是指財政能力，那落實至鄉鎮又為何，可進一步思考要如何操作。以上是我的建議。

高技正聿茶

1. 此研究對於未來土地使用有相當的幫助，如在審查開發案即可透過此研究的評估，告知將對地區造成的危害為何。
2. 區域計畫中的限制發展區的判別內容，可供研究參考。
3. 吳老師的研究可能可供於土地使用與相關的限制發展區，作為參考。
4. 未來是否可作為指標的互動系統，縣市政府輸入基礎 data，即可反映於指標系統與圖面中。這個部份也是希望未來可以實務操做的。

劉科長思蓉：

1. 研究範疇的設定，應考慮最後的使用者。
2. 在落實上，於建成地區可能較無法發揮效果。建議執行管理的層級應提高，較為適當，且較有執行力。
3. 指標若完成，可選取某一地區進行實證評估與模擬，觀其結果，再進行調整。

彭董事長天蔚：

1. 建議未來在都市防災上，應提列哪些地區可能受到氣候變遷的衝擊？業者便會依照這樣的資訊，進行業務上的調整。如易淹水區，建物設計可能因而提高，或是打消此地房地產開發的念頭。如此便可達成貴研究的運用目標。
2. 未來在區域計畫運用上，貴研究之成果應可加以運用。目前所進行的土地適宜性分析，僅考量潛勢災害的影響，仍未對氣候變遷的未來衝擊，加以討論。我們目前進行的鄉鎮分析，則是以 50 公尺 X50 公尺的網格，進行疊圖。
3. 目前以社區尺度而言，可能著重在社區防災部分，讓民眾知道哪裡是潛勢區，哪裡有消防栓可供救火等。

陳組長建忠：

1. 從氣候變遷很難加以定位，是否可以以堅強有力的背景條件來推動，包括低海拔地區、或是坡地裡面，在這之中有許多問題要去解決。
2. 建研所已有許多研究報告，可供各主管單位參考。

第二次專家座談會之會議紀錄

一、會議名稱：十月份專家學者座談會

二、時間：2009.10.16 9:30am

三、地點：內政部建築研究所

四、會議紀錄：

- (一) 主席致詞：略
- (二) 計畫簡報：略
- (三) 綜合討論：

陳組長建忠：

1. 是否有相關研究成果可供運用於颱洪災害，如莫拉克颱風？
2. 研究本質應貼近民眾之需求。
3. 指標之複合性。崩塌地之指標是否與建物及人口分布作為共同考量。另外，崩塌地之資料來源為內政部營建署 1992~1997 年環境敏感地區之圖層，假若未來因地震或氣候變遷等外在因素而導致新的崩塌地點，又該如何表示？

高技正聿茶：

1. 因世界銀行與建研所之研究主題不同，故對於「Hotspot」的定義與目的也不盡相同。
2. 都市計畫所規範之土地面積佔全台灣土地面積之比例低，故未來欲將研究成果運用於都市計畫通盤檢討中，並非相當合適。再則台北市之通盤檢討是以「區」為單位，而非鄉鎮市層級，因此實用性不高。
3. 以疏散避難而言，撤離即以「村」為單位，故研究範疇若能為村里層級，是否較務實？
4. 針對鄉鎮市層級所擬定之判別指標系統，其未來發展潛力為何？
5. 台灣受災之地區大多坐落於非都市土地，故研究成果建議未來可考慮運用於區域計畫或國土計畫中。
6. 針對自然環境條件面向中，所列之各項指標，應委託各所屬部會蒐集原始資料。

鄭經理春發：

1. 都市計畫中有關防災之部份相當薄弱。
2. 公園綠地被設定為防災避難之空間，但於實際之規劃中，公園、開放空間常劃設於災害潛勢較高之區域。
3. 全國土地使用資料可由國土測繪中心取得，藉由民國 84 年與民國 96 年之比較，可了解全國空間變遷的情形。此資料可應用於建物、土地使用、坡地及地層下陷等方面。

4. 透過氣象測站之監測資料，可建置 GIS 圖層及資料庫，並藉由民國 84 年與民國 96 年之氣象資料與人口變遷作疊合比對，即可得知氣候變遷與土地使用變遷之關聯性。
5. 上述建議可落實於細部計畫中。

洪教授啟東：

1. 指標運用於通盤檢討中，應著重在操作及實務之部份。
2. 在指標的選擇上是否可以討論到市區的面積與受災的面積，因此考慮改用行政區做配對；或是利用通盤檢討的面積做為分母，對於業者及委員來說較好操作及審查。
3. P.11 的 C.1.a 指標是人口密度，在通盤檢討的過程當中，較重視產業人口，譬如商業人口/總人口，可以用來推估變更土地面積、引近產業及商業面積的需求。
4. 計算商業面積占總面積的百分比或是公共設施占總面積的百分比，或是公共設施的開闢率皆相當重要。
5. 容積率如何反應到氣候變遷熱點評估？建議從容積率與公共設施，產業人口與商業面積、使用面積或是變更面積等方面著手。
6. 災損是否能反應在整個指標系統中？譬如災損的單位在農業、非都市土地使用的議題上，還有災害(自然災害、社會災害等)死亡人數。
7. 安全建地的計畫，主要是透過具體指標，如脆弱度指標；還有資料庫，譬如科技中心、地調處、氣象局、水利署這部分；還有整個易致災區的劃設準則，劃設準則相對需要一些資料的取得。
8. 針對自然環境條件面向中，所列之各項指標，林漢良教授有 2003 年及 2004 年之資料。
9. 資料來源之格式，其比例尺為何？是欲套疊於主要計畫或細部計畫中？
10. 在考量指標是否能運用於通盤檢討之前，應先給予指標明確的定義及可操作之比例尺，以免模糊熱點此一議題。

詹教授士樑：

1. 此議題在都市計畫之通盤檢討上，扮演什麼角色？
2. Hotspot 的「spot」並不是「定點」或「區域」的含意，而是概念性地說明此位置是需要關注的。
3. 該研究若操作至村里層級，操作性較為困難，故研究範疇至鄉鎮市層級即可。
4. 此議題可以提供防災資源的區位選擇與安排方面做參考，氣候變遷的重點仍在於通檢中。
5. 世界銀行就氣候變遷、環境與脆弱經濟的三大議題中，將「衝擊」之概念融入氣候變遷之部份，因欲提出適當之調適策略，必須先了解衝擊為何。
6. 氣候變遷因素面向指標之原始資料為「台大全球變遷中心柳中明教授」之研

究，建議該研究可使用第三版之資料，並附加說明第四版之資料甫出版。

7. 社經環境條件面向之「人口密度」指標，建議從開發面積來研究。
8. 未來研究成果之運用應著重於防災資源之配置。

盧博士鏡臣：

1. 建研所或科技中心，先針對災害風險分析與都市計畫的連結，可能需要先前的研究，如何用既有分析資料結果，用標準化的方式呈現。
2. 都市計畫有許多工具，面臨這樣的分析結果如何與災害風險分析做連結？
3. 將指標未來落實於都市計畫之通盤檢討或是區域計畫，仍需全台灣的疊合或分析，但困難在於尺度太大。
4. 是否由營建署成立委託計畫，以縣市為單位，針對該縣市做環境的疊圖分析？此舉必可減少顧問公司操作通盤檢討時，資料取得及分析上之困難度。
5. 該研究以鄉鎮市為單位，可觀察其與全國性之相對關係，若該研究之成果運用於都市計畫當中，尺度方面又過於地區化。
6. 建議透過網格化的方式去做分析、排序，即可看出鄉鎮市之差異。
7. 回應鄭經理，公園綠地等開放空間，雖然被設定為防災避難之空間，但反觀災後，其設置防災地點與避難行為實有所出入。

李處長萬凱：

1. 若未來該資料能應用於實務操作上，私部門在資料取得部份應較困難。
2. 內政部資訊中心之國土資訊系統資料倉儲及網路服務平台(Taiwan Geospatial One-Stop, TGOS)，其資料庫為開放性之資料，且定期更新，經由原始資料並可得知圖層分析。
3. 若指標未來落實至行政層面，牽扯到法令的問題，操作之困難度將會提高。
4. 農林航測所有之影像資料，可觀測地景之變化。

白教授仁德：

1. 指標之整合為首要。
2. 指標是屬於建議性、強制性或是引導性，應釐清楚。
3. 圖的問題要如何套疊？比例尺、方格的不同，套疊是一問題。
4. 結合開發許可制，可以用在鄉鎮治理上或是流域治理上都是一個重要的指標；區域計畫中在發展定位上也可結合開發許可制。
5. 透過影像資料庫，即 3D 之資料，可觀察地景變化。
6. 此指標未來之運用應審慎思考，因規範尺度之細緻度仍稍嫌不足，操作方面還需處理。
7. 目前逢甲大學有一套系統，用 GPS 定位，可固定在某一個座標、環域監測。

吳杰穎教授回應：

1. 本研究之研究目地，在於提供地區考量未來氣候變遷影響下的風險程度，以規劃防救災對策。
2. 未來針對鄉鎮市層級之指標系統建置完成後，該如何運用於國土規劃或區域計畫中，仍需更進一步地研究。
3. 目前標準之資料應從各部會蒐集檢討，但操作單位，如顧問公司，在匯集各部會資料統整時，因各部會資料系統不一，故運用在 GIS 的操作上較為不易。

附錄七 期中審查意見回應

學者專家之建議		回應
鄭副工程師清韓	1. 研究範疇是針對國家、縣市或者鄉鎮層級？請作說明。	本研究已於 P.1-3 第一章第二節之研究範疇中詳加說明。本研究之研究範疇在於鄉鎮地區層級。
	2. 氣候變遷因素中有關「降雨」的部份，其指標分作雨季及乾季兩個項目，這部份可否再予以詳述。	有關雨季及乾季之說明，已於 P.4-7 第四章第二節中詳加敘述。降雨量之模擬主要分為雨季(5、6、7、8、9 月)平均降雨量以及乾季(10、11、12、1、2、3、4 月)平均降雨量。
	3. 海平面部分，未來如何進行評估。	考量海平面上升與沿海土地流失二指標之重疊性高，故本研究以「沿海土地流失」作為指標架構之一。
吳技正名秋	1. 評估指標部份，是否可增加歷史災害的影響程度或其影響範圍。	感謝委員的建議，本研究於地質災害敏感地、崩塌地、地層下陷、歷年災害死傷人數等指標，已經包含了「歷史災害」之概念。
	2. 因各地之基盤設施不盡相同，若考量地方基盤設施，或許有助於降低災害的衝擊。	本研究主要是評估地區受氣候變遷風險影響之「程度」，並非考量如何降低災害之衝擊。
孫教授志鴻	1. 本研究所提出之指標系統已相當的完備，可行性也高。	N/A
	2. 是否可更具體地說明，指標系統要以 GIS 的何種方法操作，如疊圖法或者 Raster 等方式。若運用 Raster，表現方式將會更細緻，有助於突顯「hotspot」的區別。	感謝委員的建議，已經於 P.5-8~5-13 第五章第三節指標之操作說明中加以描述，本研究 GIS 運用，並非採用疊圖法亦或 Raster 等方式，而是擬採 t 分數法將每個指標變項的值標準化。
趙教授家民	如同孫教授所說，有關 GIS 的部份，要用什麼樣的方式進行操作。	感謝委員的建議，本研究已經於 P.5-8~5-13 第五章第三節指標之操作說明中加以描述。
李參議得全	GIS 運用之粗細程度為何？其分析資料單元為縣市、鄉鎮或其它？如能有更多的資料支持研究案，屆時還能針對土地適宜性等其它項目，做更詳盡的分析。	感謝委員的建議，GIS 之運用，本研究已經於 P.5-8~5-13 第五章第三節指標之操作說明中加以描述。另外，針對研究範疇的部份，本研究已於 P.1-3 第一章第二節之研究範疇中詳加說明。

陳 博 士 永 明	1.此研究傾向於現有脆弱度的分析,以及未來的風險分析變化。未來若能與楊老師的研究在議題上相互溝通,將有助於深化兩個研究案的內涵。	N/A
	2.NCDR 針對水災部分,有製作其風險圖,也試圖將許多指標的分析結果,以 GIS 作呈現,此資料可供交流。	感謝委員之建議,本研究於「淹水潛勢(600mm/日)」指標之資料來源,將參考經濟部水利署(http://www.dprc.ncku.edu.tw/download/main.htm)之淹水潛勢圖。
	3.此研究之氣象資料部份應以歷史資料為主,並建議只要將過去的 hotspot 找出來,找出過去的氣候特性,如哪裡曾經發生過暴雨、哪裡會發生災害。而過去的資料,可提供不同的訊息,畢竟未來是奠基在於過去的資料分析上,況且未來的不確定性太高了,因此過去歷史資料的建立,將對於 hotspot 的呈現,有更具體參考的價值。	感謝委員的建議,本研究於地質災害敏感地、崩塌地、地層下陷、歷年災害死傷人數等指標,皆包含「歷史災害」之概念。
	4.雖然指標部分還會進行篩選等工作,但由於指標選定太複雜其實不容易運用,因此我認為應考量到未來推估的可能性。	感謝委員的建議,本研究透過模糊德爾菲,確立指標架構時,即考量其操作可行性。
陳 組 長 建 忠	1.指標是否可以提供質性方面的資訊,因為指標之間的關聯性,並非相當清楚,那麼這些指標的意義是什麼。	感謝委員之建議,本研究考量指標操作之難易度,故無法提供質性之指標。
	2.若每個指標皆獨立,獨立後又賦予權重,權重後是排序還是總合加總?若是總和加總,指標有正、負面,正面因素加上負面因素,其意義就不大了。因此,是否需考量將指標分別計算。	感謝委員的建議,指標計算之部份,於第五章第二節(P.5-2~5-7)模糊階層分析法之操作與分析中,已賦予各項評估指標之權重值,並透過排序了解各個指標之重要程度。

<p>林副 研究 員 育 慈</p>	<p>1.這次的期中報告有將之前的座談會建議加進來，那在指標部份，是否要有些質化的方式來評估，這樣報告會更完整。</p>	<p>質化指標在指標操作上較為困難，故本研究以建立可量化且易操作的指標系統為目標。</p>
<p>2.雨量的推估部份，可以參考過去的降雨量或者災害事件的強度與頻率，作為災害的參考指標。</p>	<p>感謝委員的建議，因考慮指標資料之取得，故本研究於氣候變遷因素，其資料參考臺灣大學全球變遷中心之研究成果。</p>	<p>感謝委員的建議，因考慮指標資料之取得，故本研究於氣候變遷因素，其資料參考臺灣大學全球變遷中心之研究成果。</p>
<p>3.在產值的部份，因為有些指標它只有操作型或定義型，並不是很清楚為什麼要選擇一級產業或者就業人口當作社會經濟領域的範圍。社會經濟的回復力和脆弱度部份，在後續的章節部份可再做個說明。</p>	<p>有關產業經濟與教育等社經條件之指標，原有納入指標初擬架構，但透過模糊德爾菲，進行指標篩選後，「產業經濟與教育」此項目，包含以下的三個指標：家戶所得、就業人口、教育程度，皆被刪除。</p>	<p>有關產業經濟與教育等社經條件之指標，原有納入指標初擬架構，但透過模糊德爾菲，進行指標篩選後，「產業經濟與教育」此項目，包含以下的三個指標：家戶所得、就業人口、教育程度，皆被刪除。</p>
<p>4.建議新的指標，應增加調適性或回復力的指標，因為現在的指標比較針對「暴露」的部分。</p>	<p>回復力觀念的資料部份，已經有把經濟和就業納入。但於模糊德爾菲結果分析顯示，「產業經濟與教育」下之三個指標：家戶所得、就業人口、教育程度，皆被刪除。</p>	<p>回復力觀念的資料部份，已經有把經濟和就業納入。但於模糊德爾菲結果分析顯示，「產業經濟與教育」下之三個指標：家戶所得、就業人口、教育程度，皆被刪除。</p>
<p>林 委 員 俊 興</p>	<p>勿忽略氣候變遷下最重要的指標—溫差，因為「溫差」是一切氣候變遷的動能來源，溫差越大的區塊，氣候就越劇烈化。</p>	<p>感謝委員的建議，本研究在判別指標之氣候變遷面向中，有「溫度」此一項指標，而指標之操作方式，即以「溫差」表示。</p>

附錄八 期末審查意見回應

學者專家之建議		回應
文教授一智	1. 此研究建置鄉鎮市層級之氣候變遷判別指標系統，若要實踐，是否須了解國內各鄉鎮市之防救災系統資源，在資源調查過後，或許指標系統將有所變更。	本研究主要是探討氣候變遷影響下之都市災害風險程度，故防災對策及防災資源調查並非在本研究之探討之範疇當中。然而，鄉鎮市之防救災系統資源確實是因應氣候變遷重要之調適策略。因此，本研究於 p6-2 之未來建議中，補充此一重要概念。
	2. 建議找一個鄉鎮市地區作為簡例，並檢視其操作成果。	本研究於 p5-14 第五章第四節中，以桃園縣作為此指標系統之簡例分析對象。
	3. 因研究之問卷多以專家學者及公私部門為主，若該研究是探討鄉鎮市層級，建議應該針對鄉鎮市層級做問卷調查。	本研究問卷調查之對象，如台北市政府或者顧問公司等，皆有操作鄉鎮市層級之經驗，故能夠以鄉鎮市之角度填寫問卷。
陳博士永明	1. 不同都市規模，即研究所稱之 319 個鄉鎮市，因自然及社會背景因素導致所面臨之衝擊不盡相同，然而 319 個鄉鎮市並非全屬「都市」的部分。	感謝委員之建議。本研究已於 p1-3 第一章第二節之研究範疇中修正說明，此研究所指之鄉鎮市，系指有都市計畫區之鄉鎮市，而非全台 319 個鄉鎮市。
	2. 該研究探討之氣候變遷，並沒有以災害類別作分類，建議未來可從不同的災害類別來界定指標的操作方式。	本研究考量指標系統之易操作性，故以「全災害」之觀點探討氣候變遷影響下之都市災害風險程度。然而本研究於 p 6-2 之未來建議中補充說明，未來若要更精確探就氣候變遷引發之災害衝擊，則可依不同災害類別擬定評估指標。
	3. 根據此研究之結果，調適策略的優先順序為何？	本研究為探討氣候變遷影響下之都市災害風險程度，此指標系統的完成，可供地方政府自行操作，以評估地方受氣候變遷引發災害之風險高低，並針對評估結果擬定適合之調適策略及依其財政狀況排定優先順序。
	4. 目前台大全變中心針對氣候變遷的模擬已發展至第四版模式，未來氣候變遷推估工作，將從台大全變中心移交至國家災害防救科技中心。	已於 p6-2 中建議未來有關氣候變遷模擬之新版資料，可透過國家災害防救科技中心取得。

盧博士 鏡臣	1. 該研究之判別指標系統，有其可行性。	N/A
	2. 此研究採「t分數」作為標準化之手段，但t分數會受數值所影響，可能會有極端值的產生，並失去該手段原有之目的。因此，建議操作t分數法時，可設定極大與極小值，以排除極端值。	由於本研究多數指標採用比例之單位型式，其原始值均控制於0到1之間，而氣候變遷因素的數值差異在各地也不會有太大的不同，因此在t分數法的應用上，應不至於有產生極端值(outliers)的情形。
	3. 該研究之各項指標都有對應之調適策略，在實證部分，如以桃園縣某鄉鎮市來說，完成之簡例樣本將可提供地方政府，考量不同的風險高低，作為調適策略優先順序之參考。	本研究已於 p5-14 第五章第四節中，以桃園縣作為此指標系統之簡例分析。本研究擬定之判別指標系統，經地方政府操作並得知地方受氣候變遷之風險程度，再研擬合適之調適策略。
梁正工程師 一柱	1. 有關風險認知除了客觀的評估分析外，更重要的是主觀的察覺其重要性與關係密切性。也許可藉由 Propolio 劇本認知方法，讓決策行政官員、專家、民意代表及市民，真正認知「氣候變遷下都市災害」的風險，是刻不容緩必須採許行動的議題。	本研究建立之指標判別系統，可供地方政府自行操作，以了解地方受氣候變遷之風險高低，並針對結果擬定適合之調適策略。本研究於 p6-2 中建議地方政府可透過不同風險溝通之方式，讓決策行政官員、專家、民意代表及市民，真正認知「氣候變遷下都市災害」的風險。
	2. 策略性行動與法律制度、方法技術、預算人力有密切關係，這方面地方政府仍需要大力協助。	感謝委員之建議。本研究已於 p5-1 中說明本研究之成果僅提供方法技術，未來要落實仍需地方政府在法律制度及預算人力之投入。
陳組長 建忠	1. 判別指標資料，如圖層、數據等，其取得似乎有困難性。	本研究之判別指標資料，其中二手統計資料如人口密度等，取得極為容易；其他電子計圖資料方面，如土石流保全人數、敏感地等，可分別從水保局及營建署網頁免費下載，所以困難性並不高。
	2. 指標判別之後所產生之數據，該如何解讀？該如何從數據中得知地區受氣候變遷影響之風險高低？	感謝委員之建議。本研究建立之判別指標系統，現階段可供縣市政府使用，並比較轄區內鄉鎮市受氣候變遷之災風險程度。本研究已於結論中說明，未來若要比較某一鄉鎮市之風險程在全國之排名程度，則須進一步進行全台有都市計畫區之鄉鎮市之實證研究。