地理學報　第五十一期：65-84 (2008)
JOURNAL OF GEOGRAPHICAL SCIENCE (51) : 65-84 (2008)

臺灣天然災害統計指標體系建構與分析

The Development and Analysis on Natural Disaster Statistics Index System in Taiwan

吳杰穎*　　江宜錦**

Jie-Ying Wu　　Yi-Jin Chiang

Abstract

In recent year, more natural disasters have happened in Taiwan causing deaths and property losses. Thus, how to promote appropriate hazards reduction policies becomes an important issue at different levels of governments. Hazards and disasters related statistics provide the basic information for hazards planning. However, due to the design of past disaster management mechanism, the current statistics cannot reflect the complicated and compounded characteristics of disasters. This also lead to the current policies that do not emphasize on local vulnerabilities.

This research uses the concepts of “disaster management”, “vulnerability” and “disaster damage” from the literature review to preliminarily identify the structure of “Natural Disaster Statistics Index System” (NDSIS). Then, this research uses the

* 私立銘傳大學都市規劃與防災學系助理教授，通訊作者 (e-mail: paulwu@mcu.edu.tw)
Assistant Professor, Department of Urban Planning and Disaster Management, Ming-Chuan University, Corresponding Author.

** 私立銘傳大學建築與都市防災研究所碩士
Master, Graduate School of Architecture and Urban Disaster Management, Ming-Chuan University.

Fuzzy Delphi method to gather the opinions from experts and scholars, and refines the system which includes 3 aspects, 11 items, and 27 indexes. This research uses Fuzzy Analytic Hierarchy Process to count the values of the indexes and then weights and applies the NDSIS to analyze the current situation at the county level in Taiwan.

The NDSIS can assist the county governments in understanding the spatial characteristics of disaster impacts and their vulnerabilities/capacities for disasters. By comparing of these indexes, the system can also be the important references for central and local governments to enhance future disaster management tasks.

Keywords: disaster statistics, disaster management, evaluation indicator, natural disaster, vulnerability.

摘　要

近年來，臺灣地區天然災害發生次數日益頻繁，對於生命、財產、生活安全皆造成不少的衝擊與損失，因此，推動有效的災害管理政策來降低人員傷亡與災害損失，是目前各級政府面臨的重大課題。災害統計資訊是各類型防救災計畫的基礎，然而過去災害統計受限於制度上的設計，未能反映當今多元且複合的災害特性，致使災害管理政策不能反應各地區之脆弱度 (vulnerability)。

本研究首先透過相關災害統計指標之文獻回顧，探討評估指標篩選與建立，接著利用「脆弱度」、「災害損失」與「災害管理」三個面向，擬出臺灣天然災害統計指標之架構，並建立指標構面及項目。其次透過模糊德爾菲法 (Fuzzy Delphi Method) 整合專家學者之意見，並篩選出指標因子包括 3 大評估標的、11 項評估面向以及 27 項評估指標；爾後操作模糊層級分析法 (Fuzzy Analytic Hierachy Process)，計算評估指標之權重與排序；進而將權重值賦予經指數化之各項評估指標，最後利用綜合指數的方式進行各縣市之分析。實証結果顯示，全臺「災害統計指數」最高的縣市爲花蓮縣，此外，「脆弱度指數」最高的縣市爲臺東縣；新竹縣則是「災害損失」指數最高的地區，而臺北縣的「災害管理」指數爲全臺之冠。

本研究所建立之指標體系，可提供地區了解其災害的時空特性、損害、衝擊與災害管理能力，並透過各項評估指標項目的比較，期能作爲未來中央與地方在強化防救災業務以及分配防救災資源時之參考依據。

關鍵字：災害統計、災害管理、評估指標、天然災害、脆弱度

前　言

根據聯合國開發總署 2005 年的報告，地震、颱風、洪水及乾旱四種天然災害在過去二十年，已造成全球死亡人數超過 150 萬人；平均每天因天然災害死亡人數超過 184 人 (**中國時報**，2006)。世界銀行 2005 年出版的報告《*Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*》中亦指出，臺灣可能是世界上最易受到天然災害衝擊的地方，特別是臺灣約有 73%的人口居住在有三種以上災害可能衝擊之地區

(Word Bank, 2005)。

位於亞洲大陸東南緣的臺灣，屬於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之交界處，爲世界上有感地震最多的地區之一。此外，臺灣亦位處於季風氣候帶與颱風行徑的路線上，每年夏季颱風水患等氣象災害造成的損失極爲可觀。其他天然災害如梅雨、寒流、乾旱等也造成臺灣經濟上不小的損失。上述的環境特性，突顯了臺灣正處於高度的自然災害風險區域內，以及容易受天然災害侵擾的特質。因此，近年來政府積極推動各類型的防救災計畫，目的在藉由災害管理的觀念，擬定相關對策與因應措施，以減少災害來臨時可能造成的損失，並且建構耐災的生活環境，朝永續發展目標而努力。

然而近年來，臺灣歷經快速的社會經濟變遷，於此同時，災害也逐漸演變成具多元化、複合化的特性。惟各災害防救災單位對於災害統計的定義、項目與統計的方法不盡相同，導致災害統計問題日益複雜，除了災害損失有較多的統計外，減災、整備與復原重建的統計相形匱乏，並且也缺少各縣市有關脆弱度之統計。因此，當面對災害具複合、多元的特性時，常常有重複統計或是統計項目疏漏的狀況，其統計資訊也無法反映各縣市之脆弱度。此外，由於災害所引發的災情，並非由單一因素所引起，災情也會隨著發生地區的空間性、時間性、連鎖性、累積性、複雜性、複合性等特性有所不同。由此觀之，確認及掌握地區災害特性及致災因素，並透過災害管理政策的推動，以降低災害損失，是未來中央與地方政府重要的工作。而推動各類型防救災計畫，有賴各種災害統計資訊作爲基礎；但臺灣過去少有災害統計指標方面之研究，現行災害統計體系也無法將複雜的災害資訊整合，難以提供中央與地方政府作爲參考。

綜合上述，過去臺灣並未建立完善災害統計指標體系，又因災害在不同的時空與背景條件下造成各地不同程度的影響，因此不易進行各種災害綜合分析與動態監測。爲此，本研究欲利用文獻回顧之方法，初擬臺灣之天然災害統計指標體系；並藉由模糊德爾菲法、模糊層級分析法篩選與確立指標之權重值。在災害統計指標體系建構完成後，期能以量化數據反映各種災害現象與特性，分析各縣市在不同分項指標指數上之差異情形，提供中央與縣市政府在擬定防救災對策，或調配防救災資源時之參考依據，並可藉由各項指標之評估與分析，突顯出各縣市之受災特性。

相關文獻探討

本研究主要經由文獻回顧與探討，初擬天然災害統計指標體系。在文獻回顧方面，共分爲三個部份：首先了解災害統計指標之意義；其次爲檢視我國現行的災害管理體系與災害統計架構；最後則探討國際間與各國有關災害統計指標之研究。

(一) 災害統計指標體系之意義

有關災害統計的研究，趙喜倉 (1993) 指出，「災害統計」即是透過災害的自然屬性和社會屬性數量方面規律性的研究，提升災害管理者與民眾災害風險知覺 (risk perception)，進而進行減災與整備的工作，以求大限度地減少災害的損失。災害統計，除了是統計學之基本理論於研究災害現象中之具體應用，亦是一種經由收集、整理、描述和分析災害現象數量方面的原理、原則和方式、方法的學科；其具有探索災害現象數量方面的規律性，與更深層剖析災害與認識災害的本質。在災害統計指標體系

的分類上，趙喜倉 (1993) 將其成分爲：防災能力的統計指標、災前期和災因統計指標、災情監測統計指標、災害損失統計指標、救災統計指標、災害治理效果指標、災害預警統計指標；後繼的學者許飛瓊 (1996) 對「災害統計指標體系」有更進一步的定義，其意指其爲一系列相互聯繫，並能全面、系統地反映各種災害問題的統計指標集合體，是進行災害學研究的必要且十分重要的工具，也是國家減災決策賴以依託的科學依據。透過這些原則與定義，許飛瓊 (1998) 更進一步的提出，災害統計指標體系應當由災因統計、災情統計、災損統計、減災統計、補償統計所組成，其爲災害統計指標體系的一級分支，其下又分別由若干具體指標，組成爲一個相對獨立的子體系。

(二) 我國的災害管理體系與災害統計架構

依《災害防救法》第三條內容規定，內政部、經濟部、農委會、交通部及環保署等五個單位負責統籌、督導、協調、指揮各級防救災機關，與公共事業執行各項防救災工作；各項災害防救計畫，明定各權責機關應實施之工作項目。現行《災害防救法》所包括的災害範圍，包含天然災害與人爲災害，共計有十四種災害類型。內政部負責風災、震災、重大火災、爆炸災害；經濟部負責水災、旱災、公用氣體與油料管線災害、輸電線路災害；農委會負責寒害、土石流災害；交通部負責空難、海難、陸上交通事故；環保署負責毒性化學災害。由此可知，我國災害防救體系屬於「個別災害管理途徑」(specific-hazard management approach)，即不同的災害由不同之部會主管，防救災體系相當龐大，加上面臨災害型態多元化的趨勢下，災害統計體系更加複雜 (吳杰穎，2004)。此外，在災害統計上，僅災害損失部分有較詳細的資料，減災、整備、復原重建的統計相對而言較爲匱乏。因此，災害統計指標遴選與體系的建立，必須藉由分散於各防救災單位統計資料進行篩選與整合，成立合適的評估指標群。

(三) 災害統計指標研究

有關災害統計指標之研究方面，以下將分爲全球災害指標之運用、國家災害指標相關研究以及脆弱度指標之運用等三類進行討論。

在全球災害指標之運用上，爲了廣泛了解對環境變化與衝擊的脆弱度，以及不同區域間的差異，過去幾年國際上發展出許多用以評估人類與環境安全性及對災害與威脅的指標；如世界銀行於 2005 年之「全球天然災害風險熱點確認計畫」，此計畫的觀念來自於脆弱度評估，災害相關指標則借重風險研究中普遍使用的 PAR 模式 (pressure and response)，探討壓力源和風險對象的回應，強調社會狀況暴露於災害的程度。南太平洋應用地球科學委員會 (South Pacific Applied Geoscience Commission) 所發展的「環境脆弱度指標」，這類指標是用來評估小島國家對一系列自然及人爲災害的脆弱度，其中共有 47 個指標項目，分別爲大氣項目、地質項目、國家特質、生物特質、人類發展因素。聯合國環境署下的早期暖化與評估部門及 GRID-Geneva 在其「Global Risk and Vulnerability Trends per Year」之共同計畫下，也發展了一套災害風險評估指標，此計畫主要在評估龍捲風、乾旱、洪水及地震等四種災害類別所造成之風險，並發展了一套用以評估災害頻率、人口及脆弱度所形成之風險的公式，其中脆弱度因素評估指標則包括了經濟發展、教育、環境品質、人類健康與衛生設施等因數 (Adger *et al.*, 2004，轉引自林冠慧，2004)。

在各個國家災害指標相關研究上，由於各國國情、體制、自然、人文環境的差異，因此在災害評

估指標之選定上略有不同，但主要的方向仍是以脆弱度的概念，以及災害所造成的損失及災害的時空分佈的探討爲主。美國學者 Cutter (2001) 之災害地景 (American hazardscapes)，是針對全美各地之危機與災害評估、易損性、地圖與空間的分析研究；主要以災損統計，輔以 HAZUS、財政風險評估、經濟風險評估等方式，從過去災害的歷史軌跡中進行整體災害風險評估。Morrow (1999) 則以社區脆弱度的觀點出發，認爲有效的減災與緊急應變，必須認知由社會、經濟、政策結構所引發的脆弱度，故其在有關社區層級的脆弱度上，將相似的風險依個體與家戶的方式來分類，計有六個項目：家戶資源與脆弱度、有限的經濟與資源、個人資源、家庭與社會資源、政策資源、弱勢與婦女複合的脆弱度。在中國大陸有關災害指標之研究上，蔣勇軍 (2001) 針對重慶市各區及縣市脆弱度進行分析研究，選取災害密度、災害頻數、經濟 (GDP) 損失模數、生命易損模數等脆弱度評價指標；王飛與蔣建群 (2005) 在有關評價城市地震災害脆弱度上，分成建築結構、生命線系統、經濟系統、人群四個方面進行分析。高吉喜 (2004) 則在區域洪水災害脆弱度評價中，建立了包括致災因素、孕災環境、承災體屬性和社會救災能力在內的洪水災害易損性評價指標體系，指標層爲降水、地形、植被、生命、環境與經濟等要素的區域洪水災害易損性評價模型與評價方法。臺灣災害相關指標研究，林雪美 (2004) 曾針對過去近三十年來臺灣地區各項自然災害的歷史記錄爲研究對象，建立災害資料庫分析各項災害發生與災情的時、空間分佈，在有關災害評估指標上僅應用於災情分析方面，則採用人員傷亡、房屋毀損及土地受損三項做指標；此外，劉格非與李欣輯 (2006) 在有關土石流直接災害損失的研究中，將損失的項目分爲財產損失以及人命傷亡兩部份，其中財產損失又可細分爲土地損失與地上物損失。

在脆弱度指標之運用上，Cutter *et al*. (2000) 應用脆弱度分析的概念進行地區實證研究，分爲生物脆弱度與社會脆弱度兩類加以評析，首先進行生物脆弱度分析的危害確認，蒐集特定時段內災害的種類以及發生的次數，推算出每年危害頻率，進而依照發生危害的機率描繪出危害分區；另外在社會脆弱度分析上，分爲人口、住宅單元、性別、年齡、財富等評估的項目。Flax *et al*. (2002) 利用社區脆弱度評估方法，蒐集不同種類的危害、維生設施、重要設施、環境資源、經濟等相關資料，進而利用 GIS 套疊的功能，顯示社區危害的特性與衝擊，標示出在何處應實施減災策略，此將有助於社區減災策略的執行以及推動永續發展。Odeh (2002) 在羅德島的研究中，也是利用脆弱度評估的方法包含危害 (頻率、範圍與強度)、暴露 (重要設施、社會脆弱度、環境資源與威脅以及經濟) 以及併合風險的評估，提供規劃者確認關鍵的危害或暴露合併發生的可能性，確認減災的機會，制定新的規範。此外，Anderson and Woodrow (1998) 提出承受力與脆弱度分析，有三個主要項目：第一類爲實質與物質、第二類爲社會與組織、第三類爲動機與態度。Downing *et al*. (2001) 則將脆弱度指標分成：糧食敏感度、生態系統敏感度、棲所敏感度、經濟承載力、人類資源承載力、以及環境承載力等六類進行評估；但 Adger *et al*. (2004) 認爲 Downing *et al*. (2001) 的分類並沒有將政府組織、政策環境等向度納入考量；其提出新的「脆弱度與適應能力指標」，項目與內容更爲完善，包含經濟福利、健康與營養、教育、基礎設施、地理與人口統計因素、組織、政府、社會資本、農業依存度、自然資源與生態系統、科技能力等評估項目。

研究設計

由於災害統計指標所涵蓋的層面十分廣泛，在考慮災害統計資料蒐集與評估面向、指標之整體構成，本研究之空間範圍上，將以臺灣縣市爲探討對象。以縣市爲單元，一來可呈現全臺各縣市之災害統計各項指標之比較外；也可全盤性的了解各縣市之受災特性與差異，作爲中央與地方在防救災決策與計畫上之參考依據。此外，由於統計資料取得與彙整相當耗時，且本研究受限於時間與人力上的限制，因此在時間範圍之選擇上，以近五年 (2002 至 2006 年) 既有之災害統計相關資料。本研究所指之災害統計相關資料，是以消防署 2007 年出版之《災害防救與復建統計資料專刊》中，近五年 (2002 年至 2006 年) 既有之災害統計資料爲主；另外，有關脆弱度之相關資料 (如獨居老人人口、身心障礙人口等)，則爲行政院主計處及經建會之統計資料。。

災害統計指標體系建立之步驟如下：首先藉由相關文獻及理論之回顧，整理有關災害統計指標之因子；並利用各防災業務相關單位現有的災害統計資料，歸納出具有指標性意義之項目，初擬出臺灣天然災害統計指標體系架構。在公共政策分析與方案規劃上，德爾菲法是最常普見的方式，然而此法對於調查或預測不確定性或模糊性卻依然存在 (Sackman, 1975; 張炳騰等，2001)。爲了克服傳統德爾菲法中，專家對於用字上意涵及解釋上之差異而產生不確定性的結果，本研究採取模糊德爾菲法 (Fuzzy Delphi Method, FDM)，以找出災害統計中，重要程度較高的評估指標。繼而透過模糊層級分析法 (Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)，處理準則衡量、判斷等過程中所產生之模糊性問題，並以區間值 (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，給予評估因子的比較值。

有關問卷發放之對象，以從事災害研究之學者以及災害防救業務之官員爲主；第一階段 FDM 問卷施測日期由 2007 年 3 月 16 日至 2007 年 4 月 25 日，總計發放問卷 23 份，回收有效問卷 20 份，其中政府部門專家 5 位、學術界專家 15 位[1]。第二階段 FAHP 問卷施測日期由 2007 年 5 月 6 日至 2007 年 5 月 30 日止，總計發放問卷 20 份，回收問卷 19 份。

臺灣天然災害統計指標體系之建立

天然災害統計指標建構的主要課題，是如何於複雜的災害現象與統計制度中，辨認具有代表性的指標及其權重。由於臺灣天然災害統計指標的研究迄今仍處於起步階段，在指標項目的遴選及評量方式上，尚無一套準則可循。單信瑜 (2005) 也曾指出，臺灣近年來的災害防救相關研究，均很少有整合性的「危害－風險－脆弱度分析模式 (hazard-risk-vulnerability, HRV)」研究，因此臺灣在目前也很難提出具體的資料，提供國際在災害風險評估時作爲參考之用；但此一研究趨勢是臺灣未來與國際研究接軌必須推動的方向之一。此外，單信瑜 (2005) 亦提到未來災害相關指標有非常明確的兩大方向：一是包括死亡率、經濟損失等災損的數值資料；另一則是「HRV」的相關研究，故未來的災害評估指標將會以災損及脆弱度評估作爲基礎，並更加以強化。

本研究鎖定之空間範疇是以縣市爲單元，研究目的乃利用指標量化的方式，提供各縣市了解與認知其受災空間之特性。因此，一方面需在複雜的環境現象中，辨識出具有代表性的指標；另一方面，

這些評估指標必須有充足的基礎資料來支援，以實際運用在臺灣各縣市受災空間特性評估上。如此一來，才能夠具體地反映各縣市之受災狀況、脆弱度因子及在災害管理與防救災計畫中缺漏或須補強的項目為何，有助於未來於災害防救工作推動上之參考依據。在歸納各方對於災害統計指標選取的概念、指標評量之功用與用途，本研究擬定的指標體系之標的包括：「脆弱度統計指標」、「災害損失統計指標」以及「災害管理統計指標」。選定此三項為災害統計指標體系之「標的」，其概念可參考圖 1。

脆弱度泛指遭受災害損失的潛勢，而災害損失則是實際的損失 (如金錢)，藉由此兩項評估標的可評量全臺各縣市之受災風險以及損失情況；藉由災害管理統計 (如減災投入金額)，可評估各縣市之災害防救災之能力，並且減少、降低或預防受災之機率與受災之風險。最終利用三項標的進行指數綜合評量，可較精確的反映各縣市之受災特性。

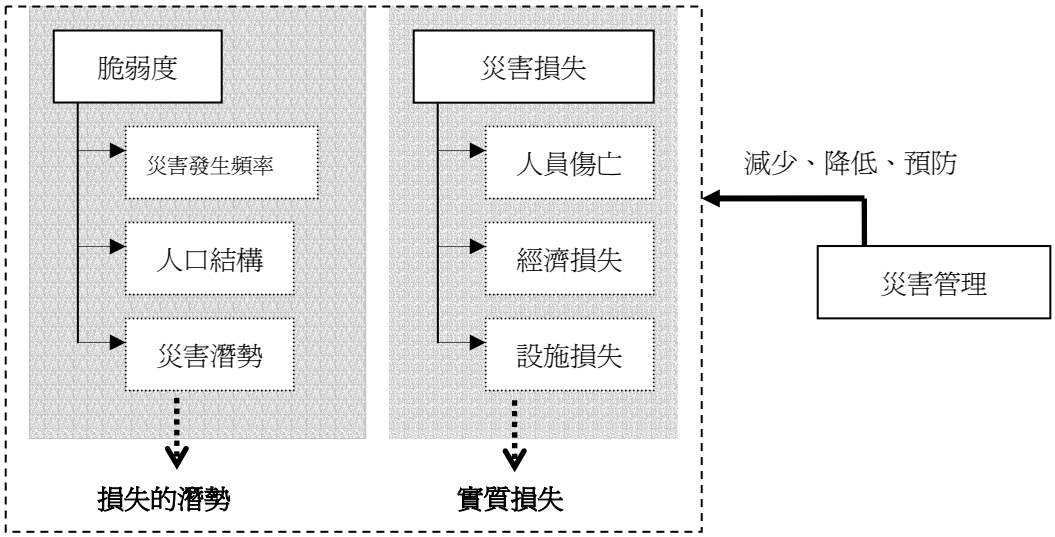


圖 1 災害統計指標體系建構之概念

Fig. 1. The concept of the natural disaster statistics index system.

(一) 指標體系初擬

1. 脆弱度指標

從前述文獻回顧中 (World Bank, 2005; Adger *et al*., 2004; Downing *et al*., 2001; Morrow, 1999；單信瑜，2005) 可知，脆弱度指標的運用日趨廣泛，近年有關災害指標之建立皆重視脆弱度的概念，透過脆弱度指標的評估，如地區災害潛勢、人口組成、房屋結構等，能夠清楚的呈現，哪些地點與哪些人口在災害下是最容易受災。另外，脆弱度指標亦可用來衡量縣市的脆弱空間以及其耐災程度，提供防救災相關單位針對脆弱與易受損的項目進行改善，降低下一次災害來臨時可能造成的損失。脆弱度指標又可分為災害紀錄、社經因子以及生活環境三大評估項目，以及災害密度、災害發生頻率、獨居老

人、身心障礙人口、中低收入戶兒童及少年人數、女性人口、不識字人口、淹水潛勢區面積、土石流崩塌地面積、丙種建地面積、山坡地保育地面積、山坡地違規使用面積與人口密度等 13 項評估指標。

2. 災害損失指標

災害損失意指經過災害衝擊之後，復原重建所需的金額，而損失又可分爲直接損失、間接損失、次要損失、無形損失與不確定性損失等五大類 (蘇明道與張齡方，2001)。由於災害損失之資料蒐集較完整，且易於估計，不少研究皆利用災害損失建立評估指標 (趙喜倉，1993；許飛瓊，1998；Cutter, 1996；林雪美，2004；World Bank, 2005)。災害損失指標不僅可靜態反映因災害發生而造成的資源損失、災害直接損失，也可推估間接損失及因災害引起的微觀和宏觀的鏈式損失效應。我國現行災害統計體系中，也以災害直接損失統計爲主，其中包括詳細的人員傷亡、經濟損失、公共設施等的統計。透過「災害損失指標」的評估，可作爲各地區在災害下的損失程度估計與衝擊影響、衡量地區受災特性，及未來風險分析等面向之用，提供防、減災政策的強化與調整，建構更完善的耐災生活環境。災害損失指標又可分爲人員傷亡、住宅損失、設施損失與一級產業損失四大評估項目，以及死亡、受傷、失蹤、住宅全倒、住宅半倒、防災工程損失、道路損失、公共設施損失、民生事業設施損失以及農、林、漁、牧業經濟損失等 10 項評估指標。

3. 災害管理指標

我國中央與地方政府之防救災政策推動與執行，皆以災害管理四階段－減災、整備、應變、復原重建的概念爲基礎。災害管理是在各個不同階段對於災害的政策、決策與選擇性活動。透過災害管理統計，如投入的資金、人力、物力等，可以了解地區對於災害防救成效等面向。「災害管理指標」之提出，一方面可檢視與衡量地方政府防救災能力與成效；另外也可透過各縣市指標評比的方式，提供中央與地方未來在防救災政策調整、資源調派等工作之參考用。但由於現行災害統計制度中，有關災害復原重建僅有復建金額之投入，與前述災害損失有高度的關連性，爲了避免指標之相似性而造成重複的計算，因此本研究不將復原重建納入災害管理指標體系中。因此，在災害統計指標的部分，共分爲減災、整備、應變與體制四大評估項目，以及防災規劃、防災工程、防災工程維護、緊急搶修、人員搶救、人力動員、設施動員、防災人力、社區參與和研究計畫 10 項評估指標。

(二) 指標篩選與權重確立

藉由 FDM 專家問卷回收統計，經建立模糊三角數、灰色地帶檢定，確立各項因子。繼而，進行測試門檻值篩選指標。若以已達收斂之各項指標評值之算數平均數 7.57 作爲門檻值，將刪除 27 項指標 (指標被刪除率高達七成)，若以評值之平均數*0.9＝6.82 (計刪除 9 項指標)，若以評值平均數*0.8＝6.06 (計刪除 4 項指標)。因此，爲求評估指標數量的合理性及操作之便利性，本研究選取評值 6.82 作爲篩選門檻值，此階段共計刪除 9 項評估指標 (參見表 1)。

在確立評估體系後，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、面向與指標之權重如表 1 所示。

表 1 天然災害統計指標體系權重及排序

Table 1. The weighting and sorting of the natural disaster statistics index system.

評估標的	評估面向	評估指標	FDM		FAHP		
			共識值	檢定	正規化權重值	層級串聯後之權重值	權重排序
脆弱度 (0.471)	災害紀錄 (0.311)	災害密度	6.80	刪除	—	—	—
		災害發生頻率	7.75	通過	1.000	0.147	1
	社經因子 (0.328)	獨居老人人口比例	8.53	通過	0.412	0.064	5
		身心障礙人口比例	8.52	通過	0.276	0.043	11
		中低收入戶兒童及少年人數比例	7.00	通過	0.312	0.048	10
		女性人口比例	5.73	刪除	—	—	—
		不識字人口比例	5.34	刪除	—	—	—
	生活環境 (0.361)	淹水潛勢區面積比例	8.64	通過	0.392	0.067	3
		土石流崩塌地面積比例	8.79	通過	0.297	0.050	9
		丙種建地面積	5.92	刪除	—	—	—
		山坡地保育地面積	6.55	刪除	—	—	—
		山坡地違規使用面積比例	7.63	通過	0.311	0.053	8
		人口密度	6.81	刪除	—	—	—
災害損失 (0.211)	人員傷亡 (0.525)	死亡	8.98	通過	0.564	0.062	6
		受傷	8.18	通過	0.150	0.017	16
		失蹤	8.13	通過	0.286	0.032	14
	住宅損失 (0.213)	住宅全倒	8.91	通過	0.728	0.033	13
		住宅半倒	8.28	通過	0.272	0.012	17
	設施損失 (0.144)	防災工程損失	8.20	通過	0.237	0.007	22
		道路損失	7.93	通過	0.221	0.007	23
		公共設施損失	8.08	通過	0.149	0.005	25
		民生事業設施損失	8.01	通過	0.392	0.012	20
	一級產業損失 (0.118)	農業損失	7.62	通過	0.480	0.012	19
		林業損失	7.13	通過	0.146	0.004	27
		漁業損失	7.50	通過	0.224	0.006	24
		牧業損失	7.40	通過	0.149	0.004	26
災害管理 (0.318)	減災 (0.437)	防災規劃	7.13	通過	0.703	0.097	2
		防災工程	7.50	通過	0.304	0.042	12
	整備 (0.186)	防災工程維護	7.40	通過	1.000	0.059	7
	應變 (0.173)	緊急搶修	7.12	通過	0.221	0.012	18
		人員搶救	7.32	通過	0.575	0.031	15
		人力動員	6.97	通過	0.209	0.011	21
		設施動員	6.50	刪除	—	—	—
	體制 (0.205)	防災人力	7.47	通過	1.000	0.065	4
		社區參與	6.66	刪除	—	—	—
		研究計畫	6.35	刪除	—	—	—

本研究最終所建立的「天然災害統計指標體系」包含 3 大評估標的、11 項評估面向以及 27 項評估指標，如圖 2 所示。

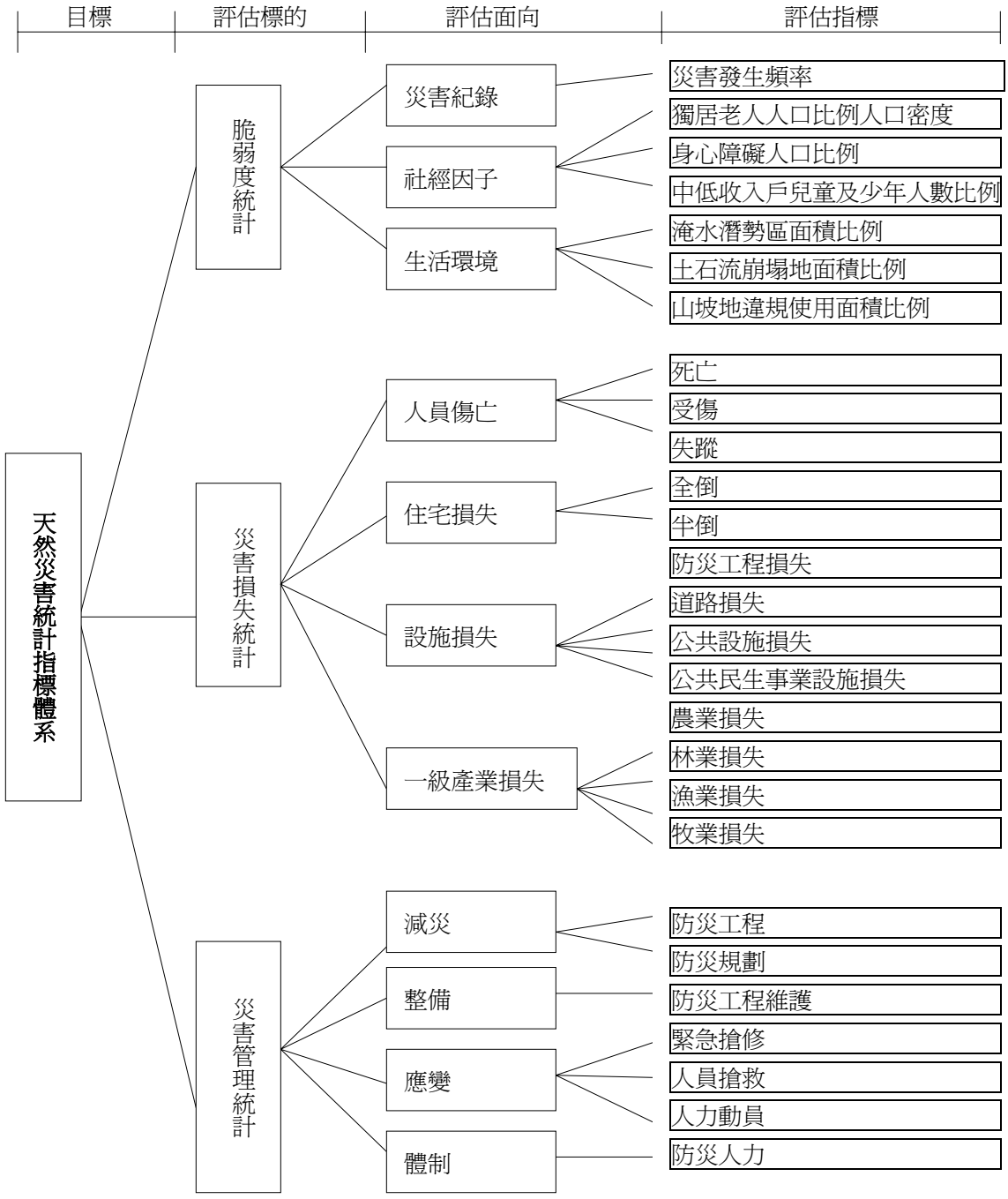


圖 2 天然災害統計指標體系

Fig. 2. The natural disaster statistics index system.

臺灣各縣市災害統計實證分析

(一) 災害統計標準化模型

本研究的評估方式主要參考馮君君等 (2000) 及黃書禮等 (1997) 所提之評估模式；另在指數標準化與正規化計算過程中，本研究假設各項評估指標指數對應於各縣市之災害統計指數爲「線性影響」，亦即各項指數爲常態分布的狀況；此外，在進行綜合指數化時，各項評估指標之加總亦假設爲「線性影響」的關係。有關標準化模型之操作步驟，首先先將各指標值標準化，其目的在於去除單位的影響，其計算模型如下：

$$Z_{jk} = \frac{\overline{X}_{jk} - \overline{X}}{S_j}$$

Z_{jk} ：某 k 縣市第 j 個指標五年度標準化數值
$\overline{X}_{jk}$ ：某 k 縣市第 j 個指標五年度平均數
$\overline{X}$ ：第 j 個指標在各縣市五年度 27 個指標值之平均數
S_j ：第 j 個指標在各縣市五年度 27 個指標值之標準差

其次進行數值正規化，將數值轉換成 0~1 之間，使各指標數值最大者爲 1，最小者爲 0，以避免在將各單項指標要素組合成複合指數的過程中，因某一指標值過於離散造成指標加權的效果。

$$I_{jk} = \frac{Z_{jk} - Z_j}{D_j}$$

I_{jk} ：某 k 縣市第 j 個指標五年度正規化數值
Z_{jk} ：某 k 縣市第 j 個指標五年度標準化數值
Z_j ：第 j 個指標在各縣市五年度 27 個觀察值標準化數值之最小值
D_j ：第 j 個指標在各縣市五年度 27 個觀察值標準化數值的全距 (最大值減去最小值)

(二) 災害評估標的指數分析

1. 脆弱度指數分析

全臺各縣市脆弱度指數最高者爲臺東縣 (0.258)，其次爲花蓮縣 (0.238)；此外脆弱度指數較高的縣市計有嘉義縣 (0.215)、南投縣 (0.205)、臺南縣 (0.202)、雲林縣 (0.195)、臺中縣 (0.187)、桃園縣 (0.178)、高雄縣 (0.176) 與屏東縣 (0.175)。由空間區位關係可看出，東部爲全臺脆弱度最高的地區，花蓮縣與臺東縣分居全臺前兩名；其次脆弱度較高的區域爲南部，中部更次之，北部區域與離島的脆弱度相較而言是較低的。除此之外，都市化程度較高的縣市 (如直轄市與省轄市) 之脆弱度指數亦呈現較低的現象 (參見表 2)。

2. 災害損失指數分析

全臺災害損失指數最高者爲新竹縣 (0.110)；南投縣 (0.087)、臺中縣 (0.080) 與花蓮縣 (0.078) 爲

指數高的縣市；此外，嘉義縣 (0.059)、屏東縣 (0.056) 亦爲災害損失指數較高的縣市。整體而言，全臺災害損失指數前五名的縣市，均在人員傷亡指數上非常突出，此現象反映在縣市的空間受災特性上，如新竹縣、臺中縣、南投縣與花蓮縣災損指數高的縣市，近幾年來因颱風、豪雨或其引發之土石流災害，皆造成嚴重的人命傷亡與住宅的損失。在設施損失上，主要以中部地區最爲嚴重；此外，南部各縣市之一級產業損失明顯高於中部與北部；而各省轄市之災損指數皆呈現較低的狀況，其主因可能在於未將二、三級的產業損失納入評估，因此雖屬鄰近區位的縣市 (如嘉義縣與嘉義市)，其災損指數上會有明顯的差異 (參見表 2)。

3. 災害管理指數

全臺各縣市災害管理指數最高者爲臺北縣 (0.186)，其次依序爲新竹縣 (0.158)、臺北市 (0.152) 與南投縣 (0.137)；而臺中縣 (0.123)、花蓮縣 (0.104)、桃園縣 (0.095)、澎湖縣 (0.095) 與苗栗縣 (0.093) 亦爲災害管理指數較高的縣市。整體觀之，北部區域之整體指數最高，其次爲中部與東部。臺北縣與臺北市之災害管理指數分居全臺之冠與第三，由於其空間區位鄰近，因此未來在災害管理各項業務上有互補、互助的可能性。此外，在前小節中，災害損失指數高的縣市如新竹縣、臺中縣與南投縣，這些縣市在災害管理指數也呈現較高的現象 (均在全臺前五名)，此顯示出該縣市有針對災害防救之相關業務進行強化與整備等作爲。

(三) 災害統計指數分析

本研究最後將所建立之「天然災害統計指標體系」中之脆弱度、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爲何。其中，本研究設定：災害統計指數越高，代表該縣市存在的受災風險與損失程度也較高；反之，若指數越低，則代表該縣市受災風險低、損害少，也越趨向「耐災」的縣市。由於評估面向中，「脆弱度」與「災害損失」是屬於負向的指標，而「災害管理」爲正向的指標；爲了使各指數之向度一致，於「災害管理指數」必須進行反向之轉換，以利整體指數之標準化，其公式如下。綜合指數化及排序的結果如表 3 所示。

DSI = VI + DLI +DMI’

DSI：災害統計指數 (Disaster Statistic Index)

VI：脆弱度指數 (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)

經標準化後，各縣市之災害統計指數如表 3 所示。其中指數最高的縣市爲花蓮縣 (0.529)，其次爲臺東縣 (0.515) 與嘉義縣 (0.506)，而臺南縣 (0.482)、雲林縣 (0.477)、南投縣 (0.473)、屏東縣 (0.468)、臺中縣 (0.462)、高雄縣 (0.436) 也是災害統計指數較高的縣市。

表 2 天然災害統計評估指數正規化

Table 2. The regularization of the natural disaster statistics index.

縣市別	脆弱度	災害紀錄	社經因子	生活環境	災害損失	人員傷亡	住宅損失	設施損失	一級產業損失	災害管理	減災	整備	應變	體制
	(A)	(A1)	(A2)	(A3)	**(B)**	(B1)	(B2)	(B3)	(B4)	**(C)**	(C1)	(C2)	(C3)	(C4)
臺北縣	**0.143**	0.120	0.012	0.010	**0.033**	0.031	0.001	0.000	0.000	**0.186**	0.139	0.009	0.038	0.000
宜蘭縣	**0.119**	0.053	0.034	0.031	**0.042**	0.036	0.000	0.002	0.003	**0.071**	0.051	0.005	0.001	0.014
桃園縣	**0.178**	0.147	0.011	0.020	**0.007**	0.006	0.000	0.001	0.000	**0.095**	0.044	0.012	0.006	0.032
新竹縣	**0.115**	0.080	0.024	0.010	**0.110**	0.100	0.002	0.005	0.002	**0.158**	0.061	0.059	0.026	0.013
苗栗縣	**0.149**	0.080	0.042	0.027	**0.038**	0.006	0.006	0.019	0.007	**0.093**	0.058	0.004	0.012	0.019
臺中縣	**0.187**	0.094	0.042	0.051	**0.080**	0.053	0.009	0.014	0.005	**0.123**	0.056	0.002	0.046	0.019
彰化縣	**0.126**	0.040	0.057	0.029	**0.014**	0.003	0.001	0.004	0.006	**0.052**	0.043	0.002	0.003	0.003
南投縣	**0.205**	0.087	0.065	0.053	**0.087**	0.057	0.007	0.014	0.009	**0.137**	0.115	0.007	0.007	0.009
雲林縣	**0.195**	0.067	0.079	0.049	**0.045**	0.021	0.000	0.007	0.018	**0.080**	0.057	0.004	0.004	0.015
嘉義縣	**0.215**	0.080	0.097	0.039	**0.059**	0.033	0.005	0.008	0.013	**0.086**	0.066	0.005	0.006	0.008
臺南縣	**0.202**	0.094	0.073	0.036	**0.037**	0.024	0.000	0.003	0.011	**0.074**	0.058	0.007	0.005	0.004
高雄縣	**0.176**	0.080	0.070	0.026	**0.020**	0.006	0.000	0.007	0.007	**0.077**	0.048	0.005	0.021	0.004
屏東縣	**0.175**	0.094	0.059	0.022	**0.056**	0.030	0.006	0.006	0.014	**0.081**	0.056	0.007	0.012	0.005
臺東縣	**0.258**	0.134	0.103	0.021	**0.028**	0.003	0.001	0.007	0.016	**0.087**	0.073	0.003	0.002	0.009
花蓮縣	**0.238**	0.114	0.087	0.037	**0.078**	0.036	0.024	0.005	0.013	**0.104**	0.073	0.015	0.003	0.013
澎湖縣	**0.111**	0.013	0.097	0.000	**0.007**	0.003	0.004	0.000	0.000	**0.095**	0.038	0.000	0.000	0.057
基隆市	**0.113**	0.047	0.049	0.017	**0.012**	0.000	0.000	0.012	0.000	**0.038**	0.032	0.000	0.001	0.004
新竹市	**0.164**	0.067	0.015	0.083	**0.002**	0.001	0.000	0.001	0.000	**0.074**	0.028	0.003	0.001	0.042
臺中市	**0.098**	0.047	0.022	0.029	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.047**	0.040	0.002	0.003	0.001
嘉義市	**0.101**	0.033	0.033	0.034	**0.001**	0.000	0.000	0.000	0.001	**0.043**	0.029	0.000	0.001	0.012
臺南市	**0.101**	0.020	0.014	0.067	**0.003**	0.000	0.000	0.000	0.003	**0.038**	0.032	0.001	0.001	0.003
臺北市	**0.127**	0.060	0.058	0.009	**0.025**	0.025	0.000	0.000	0.000	**0.152**	0.090	0.052	0.007	0.003
高雄市	**0.110**	0.020	0.042	0.048	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.064**	0.058	0.001	0.002	0.002
金門縣	**0.060**	0.007	0.054	0.000	**0.008**	0.000	0.000	0.000	0.008	**0.035**	0.000	0.000	0.000	0.035
連江縣	**0.016**	0.000	0.016	0.000	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000	**0.067**	0.000	0.001	0.000	0.065

由圖 3 與圖 4 可以顯示出各縣市災害統計指數之強弱情形與差異。就全臺災害統計指數最高的花蓮縣進行探究，其原因爲脆弱度指數與災害損失指數皆偏高，這是因爲花蓮縣位處於颱風侵襲路線上，有較高的受災頻率，且縣內身心障礙人口與獨居老人人口佔該縣市之人口比例高，其縣內有較多的土

表 3 全臺各縣市災害統計指數與評比

Table 3. The index and evaluation of the natural disaster statistics for counties in Taiwan.

縣市別	評估標的				排序
	VI	DLI	DMI’	**DSI**	
	脆弱度指數	災害損失指數	負值化之 災害管理指數	**災害統計指數**	
臺北縣	0.143	0.033	0.131	**0.307**	24
宜蘭縣	0.119	0.042	0.246	**0.407**	13
桃園縣	0.178	0.007	0.222	**0.408**	12
新竹縣	0.115	0.110	0.159	**0.383**	17
苗栗縣	0.149	0.038	0.224	**0.410**	10
臺中縣	0.187	0.080	0.194	**0.462**	8
彰化縣	0.126	0.014	0.265	**0.405**	14
南投縣	0.205	0.087	0.180	**0.473**	6
雲林縣	0.195	0.045	0.237	**0.477**	5
嘉義縣	0.215	0.059	0.232	**0.506**	3
臺南縣	0.202	0.037	0.243	**0.482**	4
高雄縣	0.176	0.020	0.240	**0.436**	9
屏東縣	0.175	0.056	0.237	**0.468**	7
臺東縣	0.258	0.028	0.230	**0.515**	2
花蓮縣	0.238	0.078	0.213	**0.529**	1
澎湖縣	0.111	0.007	0.223	**0.341**	22
基隆市	0.113	0.012	0.279	**0.405**	15
新竹市	0.164	0.002	0.244	**0.410**	11
臺中市	0.098	0.000	0.271	**0.369**	19
嘉義市	0.101	0.001	0.275	**0.376**	18
臺南市	0.101	0.003	0.279	**0.384**	16
臺北市	0.127	0.025	0.165	**0.317**	23
高雄市	0.110	0.000	0.254	**0.364**	20
金門縣	0.060	0.008	0.282	**0.350**	21
連江縣	0.016	0.000	0.251	**0.267**	25

石流崩塌地，因此造成該縣市之脆弱度指數爲全臺第二名 (0.238)；此外，由於在民生事業設施損失指數部份甚高，導致其在災害損失指數位居全臺第四高。不過花蓮縣之災害管理指數爲全臺第六，顯示出該縣有致力於災害防救工作之推動。位居第二的臺東縣，則是因爲在脆弱度指數方面居全臺之冠，且災害管理指數爲普通，在體制 (防災人力) 指數上較弱。

嘉義縣爲全臺災害統計指數第三高的縣市，這是由於其脆弱度指數中社經因子如獨居老人、弱勢兒童與身心障礙人口比例指數皆偏高。此外，該縣境內淹水潛勢區面積比例與土石流崩塌地面積比例

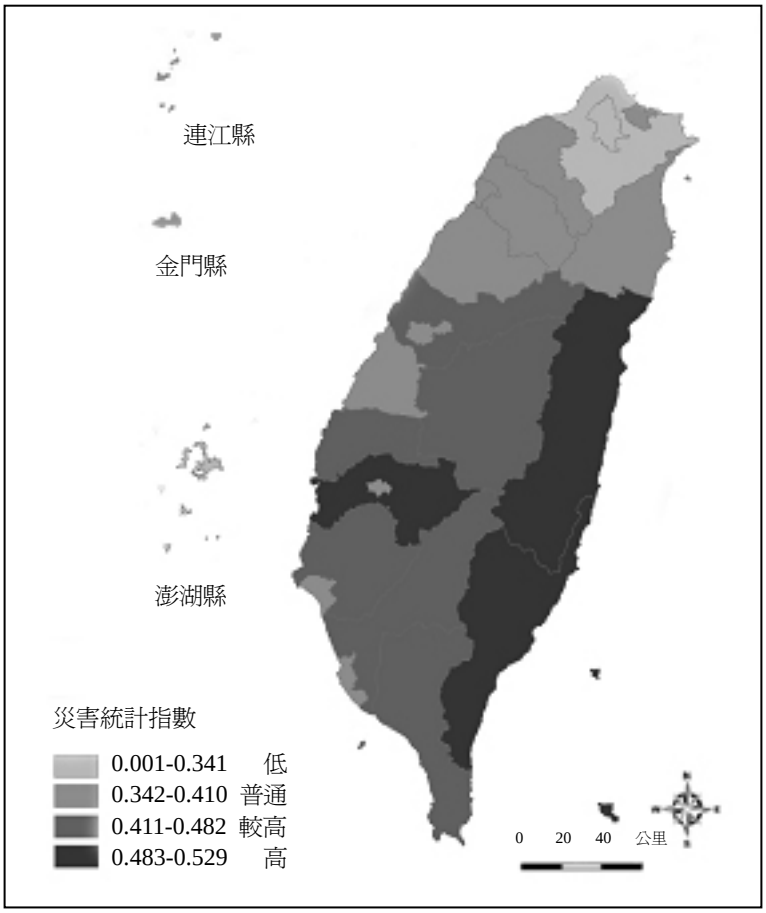


圖 3 全臺各縣市災害統計指數

Fig. 3. The index of the natural disaster statistics for counties in Taiwan.

也較高，顯示出其人口與土地相較其他各縣市而言是比較脆弱的；另在災害損失方面，其防災工程損失指數較高；在災害管理方面，其應變能力如緊急搶修、人力動員，與體制方面之防災人力指數皆是較弱的部份。雲林縣災害統計指數高的原因在於其縣內淹水潛勢面積比例高，且身心障礙人口比例與因災害傷亡的人口比例也較多；在災害管理的應變面向，其人員搶救與人力動員指數較低。臺南縣則因爲受災頻率、獨居老人人口比例、弱勢幼童比例以及淹水潛勢面積比例較高，外加天災對住宅與農業皆造成不小的損失，並且人力動員與緊急搶修指數較低，爲該縣市災害統計指數偏高的主因。

南投縣災害統計指數高，是因爲其脆弱度指數位居全臺第四，且災害損失更高居全臺第二；但因其在災害管理指數上有較好的呈現 (全臺第四)，因此能有效的降低其災害統計指數的排名。就南投縣的脆弱度因子來說，主要是因爲災害發生的頻率較高，且其土石流崩塌面積比例高居全國之冠，另獨居老人與身心障礙人口比例也較高，此皆爲脆弱度指數偏高的主因。另在災害損失指數方面，其人員傷亡指數也高居全臺第二，另防災設施損失與農業損失指數也較高。但該縣在災害管理面向中的減災指數有良好的表現，主要是有較多的減災規劃 (土石流疏散避難規劃) 以及防災工程的建設，並且在防災工程維護指數也較高。

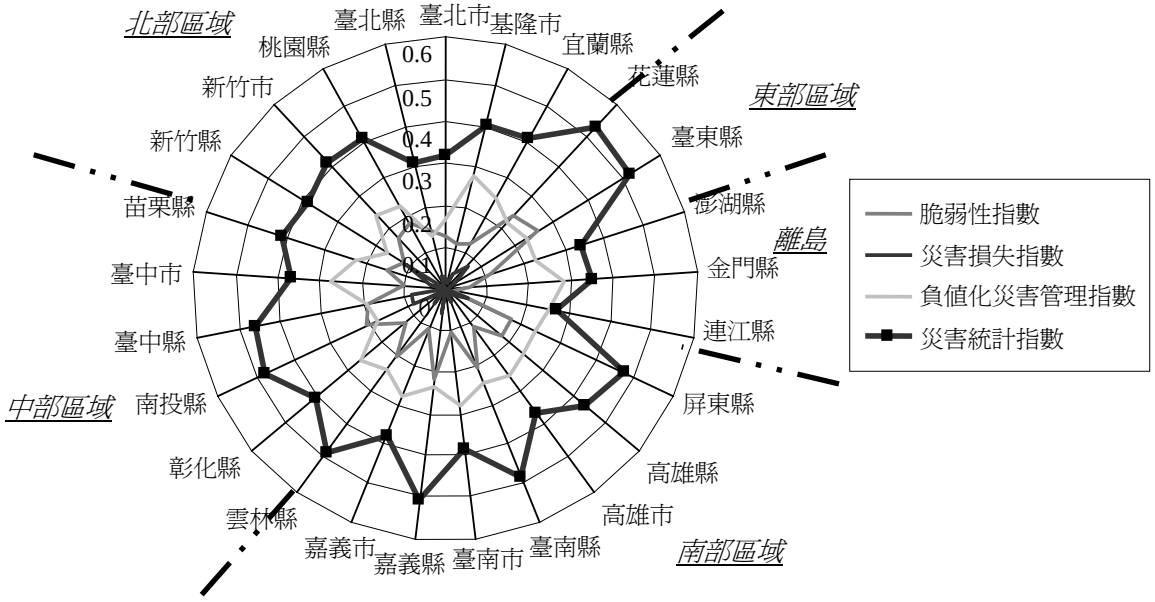


圖 4 各縣市災害統計指數雷達圖

Fig. 4. The radar map of the natural disaster statistics for counties in Taiwan.

臺中縣與南投縣有相似的情況，皆爲脆弱度、災害損失指數高，但其災害管理指數也名列前矛。臺中縣之脆弱度主要來自於有較高比例的土石流崩塌地面積，且受災頻繁，外加弱勢兒童較多。在災害損失方面，其指數位居全臺第三；在人員傷亡、住宅損失以及防災工程損失指數皆高；此外相較於其他縣市，其道路與一級產業損失指數也偏高。但由於臺中縣在災害管理面向中的「應變」指數爲全國之冠，在緊急搶修、人員搶救與人力動員之能力較佳，因此能夠降低、減少該縣市之人員與設施於災害中損傷。

從圖 4 之可知，離島地區之災害統計指數明顯較低於其他區域，而東部區域縣市則較高於其他區域，似乎有群聚的效應。其原因可能在於離島地區近五年所發生的天然災害較少 (災損低)，而近幾年臺灣地區所發生的颱風，大多由花蓮秀姑巒溪一帶登陸，造成當地直接面對颱風破壞力最強的地區，因此可能釀成較大的災情。

結論與建議

本研究有鑑於天然災害造成的損失日益增加，世界各國莫不重視災害造成的影響與衝擊；而各項災害防救之措施與作爲，皆有賴統計資訊與指標作爲參考的依據，遂以脆弱度、災害管理、災害損失作爲研究基礎，期能建立「天然災害統計指標體系」，以作爲評估臺灣各縣市災害防救工作、脆弱度情況與災害損失程度之工具。然而，自然災害依其類型而有其時空特性，但本文因從政府治理的角度

來探究天然災害統計體系，而採全災害 (all-hazards) 探討之觀點，造成無法將不同災害之特性呈現出來，這是本研究之限制。本研究之結論可歸納以下數點：

1. 本研究從各國災害指標研究與現行災害統計制度回顧中，研擬出臺灣天然災害統計指標體系之架構，並透過二階段專家問卷，利用模糊德爾菲法篩選指標、以及模糊層級分析法確立各項指標之權重。在此指標體系中，各項評估指標資料皆可取自於現行災害統計制度或政府統計公報中；因此藉由各項指標之量化，可應用於各縣市之災害特性分析與診斷，了解其受災程度和脆弱度因子爲何；更可進一步探究各縣市災害管理能力，作爲未來各級政府調整防救災資源、制定政策之依據。

2. 利用上述建立之指標體系，並套用模糊層級分析法所求得之各項權重，進行各縣市受災空間之實證分析，結果如下：花蓮縣、南投縣、臺東縣、嘉義縣與臺中縣爲「脆弱度指數高，災害損失指數高」類型之代表；意指該縣市之土地與人口有較高的受災風險，以及存在較多的潛在危害，並且實際的災害損失相較其他縣市嚴重；面對此種情況，該縣市政府務須認知其脆弱度因子爲何，並致力於降低或調整其脆弱度較高的項目，才能減少重覆性受災的風險，及增強該縣市整體耐災能力。此外，臺南縣、高雄縣、屏東縣與嘉義縣爲「脆弱度與災害損失指數較高，災害管理指數普通」類型之代表；意指該縣市有較多的致災因子，於災害衝擊下受損程度也較嚴重，但投入災害管理之經費或人力偏低；面對此種情況，該縣市政府務須強化其防救災能力，投入更多的經費、計畫與人力，以降低災害可能造成的損害。而臺北縣、臺北市爲「災害管理指數低，災害損失指數高」類型之代表，該縣市投入較多的防救災經費或人力於災害防救相關的業務上，因此有較佳的災害管理能力，亦能有效減低災害造成之損失。

3. 由於本研究所建立之指標體系，皆可從現行之統計公報或各類資訊系統中取得，因此藉由量化分析的結果，可以清楚地顯示出各個縣市在哪些指標項目中損失較嚴重，或脆弱度的程度較高，以及在災害管理的業務上，是否有哪個環節須再加強或改進；一來此可提供未來在進行「災害防救工作訪評」時，將該縣市損失與脆弱指數高的指標項目列爲查訪的重點；除此之外，指標之量化結果還可提供中央在補助、協助地方有關災害防救業務時，分配資源之參考依據；以求妥善地將資源分配在實際需求項目上，避免投入重複的資源。

由於本研究嘗試運用建構的指標體系，進行各縣市災害統計的實證分析，因此在指標之選擇上，受限於既有的統計資料 (如目前並沒有二、三級產業的損失統計，因此僅採用一級產業損失作爲代表)，在整體評估上仍有不足之處，爲本研究最大的限制因素。此外，在指標體系之穩定性與有效性、問卷樣本之選擇上仍有強化與改善之處。對於未來研究的建議，有以下數點：

1. 建議後續之研究，需測試指標體系的穩定性，探討是否會因一些極端的統計數據導致指標指數產生大幅度變化的現象。在評估方法上，建議可透過重大災害之案例進行指標與指數之檢測，比對此指標體系是否有確實的反映受災現象；另可與過去幾年災害訪評的結果進行相互的參照，比較相關的指標項目反映的狀況是否一致。

2. 本研究在問卷之樣本選擇上，主要是以研究災害相關議題的學者與消防署防救災業務主管爲主要的發放對象，建議未來可擴大問卷發放的樣本，如各災害主管機關 (如農委會水保局、經濟部水利署等)、民間組織 (如義勇消防隊、救難隊)，已獲得更廣泛、跨領域的意見，使指標體系更能反映各縣市災害特性。

3. 因本研究受限於資料的來源，故以縣市作爲統計的單位。倘若未來能取得更精確的資料形式，可考慮以鄉鎮、村里，甚至是網格式資料作爲統計的單位，如此更能精確地反映各地區的受災特性及管理資源，以利災害管理者擬訂相關的防救災計畫。

4. 災害統計資訊可作爲各類型防救災計畫的基礎，除了能反映各縣市災害之時空變化、造成的損失程度外，藉由外部資源，如防災工程、設備、人力等，可綜觀整體防救災之能力。但由於現行災害統計分散於各個部會，整合不易；建議未來可由專責單位 (行政院災害防救委員會) 進行整合，加深災害統計之廣度與精度，並將各年度內有關防救災政策之頒布時間點納入作爲參考資訊，在同一時間平臺與區段上，定期更新災害統計資訊，並反映該時間區段的災害損失、脆弱度統計之參照資訊。以期有助於了解各年度間有關災害防救工作之推行、整備、應變等之作爲。另外，未來亦可進一步探討指標值與人口、經費等關連之社經體系之間的交互影響關係。

5. 本研究之內容受限於既有蒐集的統計資料，就整體呈現的統計資料仍有不足之處，建議未來政府防救災相關部門可新增下列災害統計項目：

(1) 新增列「防救災整備統計」，內容包括防救災訓練、演習、宣導等統計資料。

(2) 新增「應變人員統計」，統計項目包括：緊急救護技術員、及其他民間相關組織人員 (如鳳凰志工隊、睦鄰救援隊) 等人數之統計。

(3) 新增「防救災業務統計」，統計項目包括歷年各單位實際參與災害防救工作人數統計，如災害防救業務計畫、地區災害防救計畫等相關參與之人數與經費統計。

(4) 建議新增列「環境生態資源損失統計」: 內容包含農糧、漁塭、國有林、保護區等損失統計。

(5) 於公共工程損失中，獨立出「交通運輸損失統計」:

(a) 結合公共工程內之鐵路、高速公路、公路、機場空側與陸側損失之統計資料，將行政院農業委員會「農路及產業道路損失」納入統計中，未來並增列隧道、高鐵、捷運之災害損失統計。

(b) 未來在公路損失項目上，建議可分爲省道、縣道、鄉道損失三類。

除此之外，許多災害防救統計資料 (如民間廠商之損失)，主管單位 (如工業局) 不易去蒐集，或民間單位沒有義務要通報者，建議可從行政院金融監督管理委員會保險局，有關保險理賠資料來取代。由於這些民間廠商大多有投保，故在無法強制民間提供統計資料時，透過保險理賠資料，亦可大略估算災損統計。

註　解

1. 在公部門部分包括：行政院災害防救委員會、消防署災害管理組與消防署訓練中心。在專家學者部分包括：國立中央警察大學消防學系、私立長榮大學土地開發與管理學系、國立政治大學地政系、國立臺北大學不動產與城鄉環境學系、私立中華大學建築與都市計劃學系、私立義守大學公共政策與管理學系、私立銘傳大學都市規劃與防災學系、國立屏東科技大學水土保持學系、私立中國文化大學建築及都市設計學系、國立聯合大學建築學系。

謝　辭

本文作者非常感謝本刊兩位匿名審查者之寶貴意見，使本文內容得以更加完整。

引用文獻

王飛、蔣建群 (2005) 城市地震災害綜合易損性分析方法探討，**地震研究**，28 (1): 95-101。

中國時報 (2006) 面對全球氣候異常該有的風險意識， 3 月 29 日社會論壇。

吳杰穎 (2004) **建立災害防救與復建統計體系**，行政院災害防救委員會委託研究報告。

林雪美 (2004) 臺灣地區近三十年自然災害的時空特性，**國立臺灣師範大學地理研究報告**，41: 99-128。

林冠慧 (2004) 全球變遷下脆弱性與適應性研究方法與方法論的探討，**全球變遷通訊雜誌**，33: 33-38。

高吉喜 (2004) 區域洪水災害易損性評價，**環境科學研究**，17 (6): 30-34。

許飛瓊 (1996) 災害統計指標體系及其框架設計，**災害學**，11 (1): 11-14。

許飛瓊 (1998) 災害損失評估及其系統結構，**災害學**，13 (3): 80-83。

張炳騰、謝松益、黃志梁 (2001) 三種模糊德菲法之比較－以銀行員甄選因素之評估爲例，*Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 18 (1): 74-86。

單信瑜 (2005) 2005 **年全球環境永續指數** (ESI) **－降低天然災害傷害指數分析與建議**，內政部消防署委託研究報告。

馮君君、黃書禮、羅登昶 (2000) 從生產、生活及生態觀點檢視臺灣地區縣市永續發展差異性之研究，**都市與計畫**，27 (2): 117-139。

黃書禮、翁瑞豪、陳子淳 (1997) 臺北市永續發展指標系統之建立與評估，**都市與計畫**，22 (2): 23-42。

趙喜倉 (1993) 試論災害統計中幾個基本問題，**江蘇工學院學報**，14 (3): 8-21。

劉格非、李欣輯 (2006) 土石流直接災損評估之研究，**中華水土保持學報**，37 (2): 143-155。

蔣勇軍 (2001) 區域易損性分析、評估及易損度區劃－以重慶市爲例，**災害學**，16 (3): 59-64。

蘇明道、張齡方 (2001) 空間資料於洪災損失推估之應用，**農業工程學報**，47 (1): 20-28。

Adger, N. W., Nick, B. and Bentham, G. (2004) *New Indicators of Vulnerability and Adaptive Capacity*, Tyndall Centre Technical Report.

Anderson, M. B. and Woodrow, P. J. (1998) *Rising from the Ashes: Development Strategies in Times of Disaster*, London: IT Publications.

Cutter, S. L. (1996) Vulnerability to environmental hazards, *Progress in Human Geography*, 20 (4): 529-539.

Cutter, S. L. (2001) *American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters*, Washington, D. C.: Joseph Henry Press.

Cutter, S. L., Jerry T. M. and Scott, M. S. (2000) Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina, *Annuals of the Association of American Geographers*, 90 (4): 713-737.

Downing, T. E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona, Y. and Stephen, L. (2001) *Vulnerability Indices: Climate Change Impacts & Adaptation*, UNEP: Nairobi.

Flax, L. K., Jackson, R. W. and Stein, D. N. (2002) Community vulnerability assessment tool methodology, *Natural Hazards Review*, 3 (4): 163-176.

Morrow, B. H. (1999) Identifying and mapping community vulnerability, *Disasters*, 23 (1): 1-18.

Odeh, D. J. (2002) Natural hazards vulnerability assessment for statewide mitigation planning in Rhode Island, *Natural Hazards Review*, 3 (4): 177-187.

Sackman, H. (1975) *Delphi Critique, Expert Opinion, Forecasting, and Group Process*, MA: Lexington Books.

World Bank (2005) *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*, Washington, D. C.: World Bank Group.

2007 年 8 月 13 日　收稿
2008 年 1 月 28 日　修正
2008 年 2 月 27 日　接受