

# 災害韌性社區至韌性城鄉推動探討

## Investigation on Promoting Disaster Resilient

## Communities to Resilient Township

吳靜怡 Ching-Yi Wu\*

葉一隆 Lung-Yeh Yi\*\*

### 摘要

社區為面臨大規模災害互救的基本單元，韌性社區建構在提高社區民眾的風險認知，組織社區互助救災能量，盤點社區自主救災資源，使社區臨災時於外部支援未到達前可自行運作救災，以降低災害所造成之生命財產損失。鄉（鎮、市、區）公所作為政府基層運作的核心機關，若能推動轄內社區參與防災訓練並強化自主救災能力，將能實現韌性社區建構目標，進一步減少災害期間政府資源的投入壓力。因此，本文建構城鄉社會脆弱度評估系統動態模式，以評估城鄉社會脆弱度主要影響因子，並探討韌性社區建構程序與推動韌性城鄉原則，以屏東縣內埔鄉東片社區與水門社區為案例說明，闡述屏東縣內埔鄉推動韌性城鄉之作法。研究結果顯示屏東縣內埔鄉已區劃韌性社區聯合推動分區，並建構具經驗之韌性社區輔導鄰近社區，成為聯合互助夥伴，以建構內埔鄉成為韌性城鄉。而東片社區與水門社區則以本身社區營造特色為基礎，強化社區自主防災能量，成為韌性社區發展典範。

**關鍵字：**韌性社區、韌性城鄉、社會脆弱度、災害風險評估、系統動態模式

---

收稿日期：2024 年 10 月 21 日；通過日期：2025 年 1 月 15 日

\*國立屏東科技大學土木工程系，博士候選人。

\*\*國立屏東科技大學土木工程系，教授（通訊作者：yalung@mail.npust.edu.tw）。

## Abstract

The community is the fundamental unit for mutual assistance in the face of large-scale disasters. Building a resilient community focuses on enhancing residents' risk awareness, organizing community-based disaster relief efforts, and inventorying self-sufficient disaster response resources. This allows the community to operate disaster relief efforts independently before external disaster relief arrives, thereby reducing the loss of life and property caused by disasters. Township (town, city, or district) offices, as the core grassroots agencies of government operations, can achieve the goal of building resilient communities and alleviate the pressure on government resource allocation during disasters by promoting community participation in disaster preparedness training and strengthening autonomous disaster response capabilities. This study develops a system dynamics model for assessing the social vulnerability of urban and rural areas. It evaluates the key factors affecting social vulnerability and explores the procedures for building resilient communities and the principles for promoting resilient townships and cities. Using Dongpian and Shuimen communities in Neipu Township, Pingtung County as case studies, the article illustrates how resilient urban-rural strategies are implemented in Neipu. The study results show that Neipu Township has already established a district-level initiative for jointly promoting resilient communities. Experienced resilient communities are now mentoring neighboring communities, forming a mutual aid partnership, thus transforming Neipu into a resilient township. Dongpian and Shuimen communities, building upon their unique features in community development, have strengthened their autonomous disaster preparedness capacities, becoming exemplary models of resilient community development.

**Keywords:** Resilient communities, Resilient township, Social vulnerability, Disaster risk assessment, System dynamics model

## 壹、前言

一般民眾認知災害防救工作規劃與執行，為中央與各級地方政府之職責，每當災害發生，災害防救體系透過地方政府，將受災訊息傳達到中央，在大規模災害時，因斷電、斷訊導致災情無法外傳，致使救災單位無法在第一時間提供救援而影響救災進度。然而災害防救工作的落實，應由政府與全體人民共同執行，建立政府各層級防災結構，進而將其推展至全體人民，提升民眾災害防救知識與技能，是中央政府持續推動的課題。

受到極端氣候影響產生的極端氣候事件，使全球日益重視城市韌性的課程，逐漸將城市韌性納為城市安全發展的策略之一（Wang et al., 2023）。韌性城市的概念在各國已被廣泛接受，同時此概念亦融入城市規劃、城市建設、防災減災、城市治理等領域（Godschalk, 2003; Alexander, 2013; Spaans et al., 2017; Ribeiro et al., 2019; Wang et al., 2023），韌性城市儼然成為防災與減災的新概念之一。近年來，「韌性」的概念從社會生態系統，拓展延伸到社會經濟系統（Zou et al., 2020; Fang, 2020），其中也包含災害防救作為。

城市韌性建置目的為達到該區域受到災害衝擊過後，盡早復原至受災前的樣貌，城市韌性越高，災後復原力也越高。針對災後復原力評估，可從經濟、社會、環境、設施等方面進行衡量（International Organization for Standardization, 2020; Patel et al., 2018; Heeks et al., 2019）。此外，人口、組織、制度等也可成為衡量復原力的面向（Wang et al., 2023）。

鑒於區域規模差異，不同政府層級，如中央、直轄市／縣市、鄉／鎮／市／區（以及其轄內的社區），所涵蓋的經濟、文化、制度、人口等各方面水準有所差異，本研究以本國政府體系第三層級的「鄉／鎮／市／區」層級進行探討，以建構具有韌性的鄉／鎮／市／區為研究目標，以第三層級的「鄉／鎮／市／區」做為「韌性城鄉」的探討標的。

由於各層級區域的內部條件與外部環境有所不同，故研究結果亦非適用所有區域。Wang et al. (2023) 在安全韌性城市評估研究中指出，不同規模的區域（大／小城市）在韌性指數有所差異，由於人民經濟與教育程度不同，故韌性指數較低的小城市更須注重以人為本的防救災意識提升及自救互救能力。Han et al. (2024) 提到在社會不穩定程度高加上災害（地震、洪水等）頻繁的區域，城市災害風險是相對高的，故韌性城市的發展狀況相對重要（Han et al., 2023; Wang et al., 2022; Ding et al., 2022）。

建構災害韌性城鄉，能夠有效提升人民對於災害各階段的瞭解，當臨災時，明確執行災害風險管理，以減少衝擊，提升防禦力與災後回復力，達到提升城鄉災害韌性及降低災害脆弱度的目的。

為強化城鄉災害韌性，需要進行一連串災害風險評估，瞭解風險自出現至結束的各個環節，亦須在風險解除後，針對過程進行管考與審查。

風險存在任何情境中，發生的過程分別為風險識別、風險評估、風險計算、風險分級、風險控制，最後針對風險處理過程進行監督與檢討。災害防救作業的規劃與執行，災害風險管理為重要的程序。進行災害風險管理時，須透過收集所需資訊，以計算災害事件發生可能性及衝擊程度。風險（Risk）定義為危害度（Hazard）與脆弱度（Vulnerability）乘積，危害度包含可能造成災害的因子，例如天然災害之崩塌、土石流、洪水、地震等可能造成社會衝擊的來源，而脆弱度係指因災害受損的程度及抗災並且從中適應的能力（國家災害防救科技中心，2023）。

為使災害防救工作向社區紮根，將災害防救能量深耕於基層，內政部依據行政院災害防救委員會 97 年 1 月 21 日災防整字第 0979970006 號函辦理「災害防救深耕 5 年中程計畫」，自 98 年起，協助各直轄市、縣（市）及鄉（鎮、市、區）公所強化災害防救作業能力迄今，推動三階段的「災害防救深耕計畫」，以年度漸進的方式逐步建置地方政府災害防救因應機制，提升民間自助及互助能量，達到該計畫階段性目標。

在推動災害防救深耕計畫期間所累積之資訊，對災害發生頻率較高、災損嚴重區域的應變及復原作業，雖已具備應變處置經驗，但在可能面臨大規模災害的情境下，無論是政府、民間組織或民眾，對於相關整備與應變工作，仍需透過不斷的規劃、模擬與驗證，依據計畫執行成果討論結果擬定精進的災害管理策略。據此，內政部規劃「強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫」，以大規模災害情境模擬結果，規劃大規模災害整備、跨域支援合作以及政府持續運作作業，期達到強化災害防救據點整備及運作、建立公部門業務持續運作計畫、推動大規模災害相互支援及區域聯防運作、建立民間協作及企業合作機制、縱向橫向推動大規模災害政策及訓練等目標（內政部，2022）。計畫推動執行目的在建立面對當前全球氣候變遷和自然災害頻發的背景下，提升民眾對於大規模災害的韌性。韌性城鄉的概念強調在規劃、設計和治理中，融合強化減災、精準整備、有效應變及快速復原的理念，通過強化民眾自我防護知能、改善基礎設施、降低社會脆弱度，來增強城鄉面對各種災害風險的適應能力。

災害防救工作以點、線、面方式，自中央向下紮根至地方（鄉、鎮、市、

區公所)，自 107 年至 111 年災害防救深耕第 3 期計畫推動期間，陸續協助地方政府辦理基礎災害防救工作建置與維護。並持續強化社區災害韌性工作，並將防救災工作推廣至民間團體與組織，建立防災士培訓制度，推動韌性社區建置作業，以建立全面的災害防救系統，落實全民防災的目標。

災害韌性城鄉的建構即以韌性社區為出發，由組織完備社區聯合鄰近防災能力較弱社區，整合為面狀防災體系，深化家庭防災概念，提升個人防災知能，建構防災點、線基礎。鼓勵個人參與防災士培訓、檢討家庭防災運作機制，構成實質災害韌性社區後，由鄉（鎮、市、區）公所結合轄區企業與學校，整合資源建構災害韌性城鄉，形成統整社區防救災的統合引導者，並作為縣、市層級災害防救的基石，災害韌性城鄉建構成功可有效降低臨災之災害損失。

地球暖化所引發氣候變遷已提升全球各地不同類別的災害風險發生機率，包含極端氣候在區域產生大規模災害、衍生新型傳染病、糧食危機、生態系統受損、社區經濟結構改變等，都將對人類生存的環境造成巨大影響（賴炳樹，2023）。而當氣候變遷成為不可逆的現象，人類須採取「調適」（Adaptation）作為以適應未來的氣候環境（蕭代基，2012）。尋求因應氣候變遷的調適策略主要目的是篩選降低生態與人類生活系統受到衝擊的脆弱度（楊純明等，2011）。Adger et al.（2007）認為調適應變力（Adaptive capacity）與脆弱度（Vulnerability）為調適策略最重要的兩個理念。因為氣候變遷造成人民生存及生態環境衝擊的脆弱，故需藉由採取調適策略來減輕及降低危害，增進調適的應變能力。

為因應大規模災害整備與應變作為，防救災工作陸續由地方政府主導的方式，轉換加入更多民間救災能量的元素。同時，防救災作業規劃及執行範圍，也因此從「定點」的「單一縣市」、「鄉、鎮、市、區」、「村、里」等型態，擴增為「聯合區域」的「跨縣／市」、「跨鄉／鎮／市／區」、「跨村／里」，甚至是「跨組織」型態為規劃考量。以區域聯防、跨區域防救災資源整合與運用，透過中央政府、縣（市）政府及鄉（鎮、市、區）公所精進防救災機制與作為，針對不同類型大規模災害擬定因應及調適策略，以減緩降低大規模災害衝擊。

近年來，災害規模與複雜性增加，政府及民間分別投入更多資源以推動防救災工作，韌性城鄉的概念也逐步成為於災害管理的一環。當城鄉受到災害衝擊時，社會、經濟、技術體系、基礎設施等與民生相關面向，能夠有足夠能量抵抗可能產生的衝擊與壓力，維持基本的生活機能。故韌性城鄉需包含兩個主條件，分別為「低脆弱度」以及「高回復力」。

曾俊傑等（2018）提到韌性的概念將更加廣泛運用於災害管理領域，落實

韌性城鄉需掌握城鄉可能發生的衝擊（張易鴻，2022）。韌性理論已成為生態學、自然資源管理中的重要理論，Holling（1973）將系統韌性定義為「當系統遭遇外來擾動後可以維持主要功能的能力，越能承受大規模擾動的系統，其韌性也越強」（廖桂賢，2009）；內政部消防署於 108 年推動韌性社區建置作業，將韌性城鄉「低脆弱度」、「高回復力」概念導入與民眾最貼近的社區組織中，建置並強化具有災害容受力、即刻反應力與快速回復力的「韌性社區」，期望社區在面對災害衝擊，能夠快速反應，降低損傷並減少災害復原重建時間（冷家宇等，2018）。

而城市的災害韌性可透過各種方法進行評估（Patel, 2011; Bozza et al., 2015）。建立韌性評估模式的方法主要包含層級分析法（AHP）、壓力、狀態、反應法（PSR）、熵值法（Entropy method）等。其中壓力、狀態、反應法為環境研究中常使用的評估模型，Jaroslava（2022）利用動態系統理論將 PSR 模型作為環境研究中常用評估模型，其亦被廣泛應用於評估生態安全、資源與環境承載力，以及各類與災害相關的風險。

因此，本文在探討在社會發展過程之社會脆弱度及危害度指標動態變化時，利用系統動態學建立評估災害韌性城鄉的動態風險模式。並彙整屏東縣內埔鄉東片社區與水門社區建構韌性社區歷程，以構築內埔鄉規劃成為韌性城鄉藍圖之步驟，以建立韌性城鄉由點、線、面推動之模式，以期待面對未來大規模災害情境時，可達到降低災害風險、減緩災害衝擊、永續城鄉發展的目標。

## 貳、災害系統動態模式參數建構

災害風險評估因子包括危害潛勢（Hazard）、暴露量（Exposure）、脆弱度（Vulnerability）等，其中暴露量與脆弱度受社會環境、政府施政與經濟發展等因素影響，為隨時間動態改變之因素。本文利用系統動態學建構社會脆弱度動態分析模式，以評估災害風險之動態變化，對模式所需參數之設定與資料來源說明如下：

### 一、災害韌性城鄉

「災害韌性城鄉」係指城市和鄉村地區在面對氣候變遷、自然災害或其他危機時，具備有效抵禦、適應和迅速恢復能力的綜合特性。這種韌性不僅涵蓋物理基礎設施的穩固性與適應性，還包括社會、經濟和環境系統的協同運作能力。通過加強規劃、建設和治理，災害韌性城鄉能夠在減少災害風險的同時，

促進社會包容性與可持續發展，使得城鄉面對災害時更加靈活、適應性強，並能迅速從損害中恢復，具備低脆弱度、高度韌性的特質。2020年第9屆行政院災害防救專家諮詢委員會，以「極端災害下之韌性城市」為討論主題，該會議提到韌性社區所應具備條件，包含平時針對社區潛在風險採取預防、減輕的作為、災時應變期間能夠維持社區原有運作能量以降低災害損傷；災後的復原期間除快速回復平日正常的運作，同時從災害事件中汲取經驗，作為日後災害整備與應變的學習元素。

韌性城鄉的概念源自於對生態學中「韌性」(Resilience)的研究，即系統在受到干擾後恢復到原始狀態或適應新的平衡狀態的能力。Holling (1973)首次將韌性概念應用於生態系統，隨後這一概念被廣泛應用於社會科學和城市規劃中。Folke (2006)進一步將「韌性」擴展到社會-生態系統，強調人類社會與自然環境之間的互動和適應性治理。

韌性城鄉的建構通常需要從多層次的視角進行考量，包括空間規劃、基礎設施建設、社會經濟因素等。Meerow et al. (2016)提出城市韌性包括適應性、變革性和持續性的相互作用，這些要素共同影響城市在面對衝擊時的反應和恢復能力。鑑於城市越來越多遭受各種類型的自然災害，例如洪水，氣候變遷和城市的快速發展加劇了這種情況，對城市的復原力和永續發展構成重大挑戰 (Xu et al., 2024; Wu et al., 2022)。

近年來，「韌性城鄉」的概念萌芽，韌性城鄉指在社會、經濟、技術體系及基礎建設等層面，必須能夠抵抗未來衝擊及壓力，以維持相同功能、結構、系統與身分。一個健全的韌性城鄉必須擁有「低脆弱度」與「高回復力」。低脆弱度指較不易因衝擊而受害，高回復力指的是受到衝擊後可以迅速恢復，綜合來說，韌性城鄉即是對於災害衝擊時具有較高的承受能力，且在受到衝擊後，能較快從中復原。

在臺灣，因為中央部會對災害權責分工，經濟部水利署 (2024) 推動「水患自主防災社區」，農業部農村及水土保持署 (2024) 推動「自主防災社區 2.0」、內政部消防署 (2024) 推動「韌性社區」等，在名詞應用上不同，但推動對象都是以社區居民為主。而水患自主防災社區與自主防災社區 2.0 的社區，係以易淹水區及土石流潛勢區社區為主，韌性社區對象雖以地震災害為主，各社區均有機會參與。推動目的都是建構社區平時力行減災預防工作，參與教育訓練與演練，以孰悉臨災時，社區自主動員與應變作業，以降低民眾臨災之災害損失及減輕政府救災能量投入，所以兩者之概念與實踐上無顯著差異。

韌性社區之發展為韌性城鄉的基礎，內政部消防署（2024）推動韌性社區計畫，將韌性城鄉的概念導入至社區防災，藉此來推動韌性社區，打造社區災害容受力，對於面對災害可以迅速反應與復原（內政部消防署, 2024）。因此，社區防災作業建置過程，透過外在因素介入，提高社區對於災害的容受力，以及快速完成災後重建回復作業，增加社區災害韌性。

人類活動無法阻止災害發生，建置韌性社區主要傳達觀念是與風險共存，災害所產生的風險可能因為減災作為而降低，卻無法完全避免，然而透過韌性社區的推動，將能夠降低災害的衝擊，並能夠較迅速從衝擊中復原。

## 二、社會脆弱度

社會脆弱度（Social vulnerability）是指社會群體在面對自然災害、經濟衝擊或其他危機時，所暴露的風險和承受損害的能力（Cutter, 2024）。社會脆弱度的概念指潛在的傷害與損失，人類對有害因素、事件或過程的易感性或敏感性，以及對這些因素的暴露程度（Cutter, 2024; Alexander, 2012; Mah, 2023）。

脆弱度在不同的研究中，大致分為 1.自然的危害下可能遭受損害的程度，大致可以連結暴露量的概念；2.反映社會性的特質，主要為不利於抗災能力的負面特徵，如社會結構與文化性質所產生在抗災能量上較負面的影響；3.復原與調適能力（楊惠萱等, 2014）。脆弱性評估是估算風險組成部分對潛在災害危害的脆弱程度的過程。脆弱性評估通常用於設計防災減災的適應策略，或確定災害減少措施和資源投資的優先順序（賴炳樹, 2016）。

林美君等（2018）提出社會脆弱度評估指利用一系列評估指標，量化一地區的社會情境，在面對淹水、土石流、地震等天然災害衝擊時，可能遭受損害的程度，以及該地區可能具有的因應、抵抗及調適能力。

本文建構社會脆弱度系統動態模式參數，係參考國家災害防救科技中心之「減災動資料網站」（國家災害防救科技中心, 2024）所提評估指標，該系統將脆弱度以層級方式進行分類，區分為縣市層級與鄉鎮層級指標。

社會脆弱度分為 4 大類，分別為暴露量（Exposure）、減災整備（Disaster mitigation and preparation）、應變能力（Response ability）以及復原能力（Recovery ability），由 4 大類延伸次分類分別為 1.暴露量－產值與建物、人口；2.減災整備－防治工程、法規與執行、防災教育；3.應變能力－災害弱勢、救援、醫療；4.復原能力－家戶經濟、保險、地方財政、社會支持。在指標細項方面，縣府市層級指標共計 33 項，鄉鎮層級指標則有 32 項，圖 1 為縣市層級社會脆弱度指標及圖 2 為鄉鎮層級社會脆弱度指標。

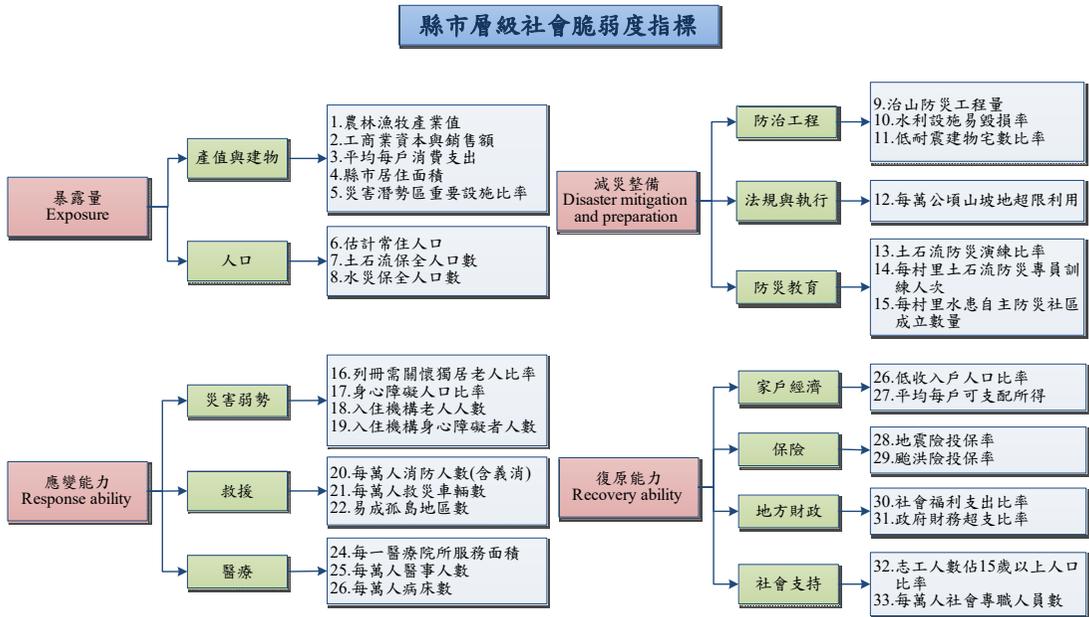


圖 1 縣市層級社會脆弱度指標

資料來源：本研究彙整自國家災害防救科技中心

圖 2 鄉鎮層級社會脆弱度指標

資料來源：本研究彙整自國家災害防救科技中心

### 三、系統動態模式架構

系統動態學或稱系統動力學（System Dynamics, SD）係由美國麻省理工學院 Jay W. Forrester 教授於 1950 年所發展創立，其結合資訊理論（Information theory）、伺服機構學（Servomechanism）及控制論（Cybernetics）等，並加以修改。該理論已應用於管理、社會問題、工程及自然科學等領域，其主要元件包括積量（Stock）、率量（Flow）、輔助變數（Auxiliary）與關係（Wire）（屠益民與張良政, 2010; 楊朝仲等, 2007）。楊朝仲等（2007）將系統定義為一組共同運作且各部份具有相互關聯的集合體，其將系統分析概念化為五個步驟，分別為：

1. 資料蒐集
2. 問題定義與概念化
3. 模式發展與建置
4. 驗證與測試
5. 分析與執行

系統動態為過程導向的研究方法，以電腦模擬實驗，採用結構功能分析來識別複雜資訊系統內的相互關係，並制定有效的系統管理原則（Coyle, 1997; Zhu et al., 2024）。主要幫助決策者了解複雜系統的結構與動態，進而設計與擬定新的策略以因應現況（Sterman, 2002）。系統思考結果，主要透過因果回饋圖表示，以因果關係及資訊回饋的觀念分析問題（Sterman, 2002; 屠益民與張良政, 2010; 楊朝仲等, 2007）。

系統動態學已使用於各領域，例如評估城市排水系統韌性（Xu et al., 2024; Argyroudis et al., 2020; Leandro et al., 2020; Liu et al., 2019; Uddin et al., 2020）。本文利用系統動態學建立社會脆弱度動態指標，以評估分析城鄉韌性之動態風險。

## 參、研究方法

本文以屏東縣內埔鄉為案例，收集災害防救與社會脆弱度參數資料後，分析步驟如下說明：

### 一、研究流程

本研究目的在將影響大規模災害的因素，透過系統動態模式建構災害韌性

城鄉因素之間因果關係。研究流程分為 7 個步驟：

- 步驟 1. 盤點地區歷史災害，瞭解該地區歷史災害類別。
- 步驟 2. 依據災害類別設定大規模災害情境。
- 步驟 3. 邀集專家學者進行諮詢會議，討論社會脆弱度因子資料、災害情境設定合理性與分析結果之可用性。
- 步驟 4. 蒐集歷史災害之災損資料。
- 步驟 5. 資料彙整與因子權重計算。
- 步驟 6. 依專家會議討論結果建立社會脆弱度因子、因子權重分析結果及大規模災害情境設定分析結果之危害潛勢。
- 步驟 7. 建立災害韌性城鄉動態系統風險評估模式，再利用歷史災損資料驗證風險度分析之合理性。

韌性城鄉動態風險評估模式建立流程如圖 3 所示，首先依評估區域尺度收集社會脆弱度指標因子資料，縣市及公所層級之指標因子如圖 1 及圖 2 所列。將減災整備、應變能力及復原能力整合為脆弱度，暴露量成為風險評估的獨立因子，另收集研究區域之危害潛勢資料。將脆弱度及暴露量資料無因次化，以弱化因子間不同單位與量綱問題，再利用資訊熵（Information entropy）計算脆弱度及暴露量各因子之權重。最後將所有時序資料匯入動態系統風險評估模式，可計算不同時間之韌性城鄉風險值，以了解城鄉在不同時間面臨災害之風險，並可調整各因子之權重對風險之影響，以評估各因子對韌性城鄉風險之敏感度。

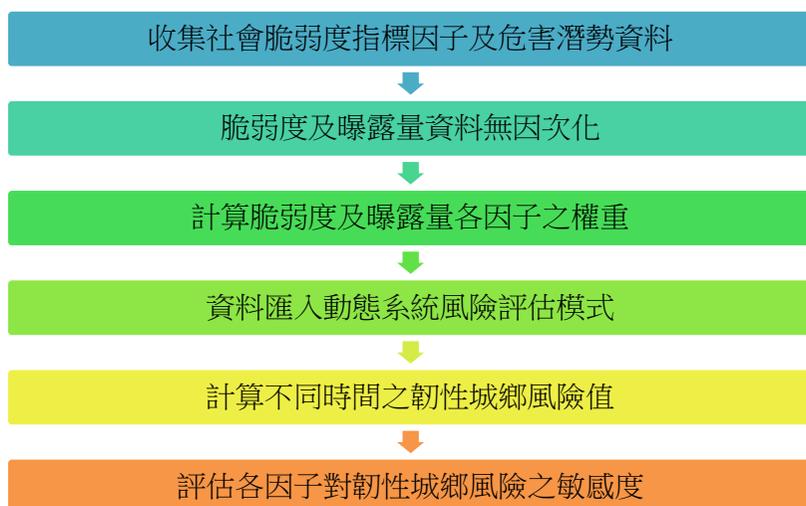


圖 3 韌性城鄉動態風險評估流程

而災害系統動態風險評估模式之驗證以災害損失及各指標因子之變化趨勢來比較趨勢之一致性，以評估模式之可用性。

本文利用 Vensim 系統建構韌性社區動態系統風險評估模式，建立社會脆弱度指標間之因果關係，並將各因子權重帶入因果關係模式中的對應因素，並輸入危險潛勢資料，最後完成建構災害韌性城鄉動態系統風險評估模式。其中社會脆弱度指標因果關係之建立，以圖 2 之鄉鎮層級為例，曝露量因子之影響指標包括產值與建物及人口兩項，產值與建物之次影響因子包含農林漁牧產量、工商業家數、估計平均每戶消費支出、估計居住面積、災害潛勢區重要設施比例，人口之次影響因子估計常住人口、土石流保全人口數、水災保全人口數等。利用國家災害防救科技中心所建置之減災動資料數據（國家災害防救科技中心, 2024），利用資訊熵分析各次影響因子之權重（Chen et al., 2018），分別評估產值與建物及人口兩項因子之值，將兩者加總即可得曝露量之指標值。依此方式亦可得脆弱度之指標值，將危險潛勢分級值及曝露量與脆弱度之指標值的乘積可得各時間序之動態風險值，並由權重分析可得各因子對災害風險之敏感度。

## 二、研究對象

本研究以「屏東縣內埔鄉」為災害韌性城鄉動態系統建構對象，資料來源為國家災害防救科技中心減災動資料庫之社會脆弱度調查資料，依據內埔鄉地區特性，選擇適用之脆弱度指標項目，建立動態系統架構。

## 三、研究方法

建構城鄉災害韌性須以災害風險管理角度，依據不同情境進行處置，執行風險辨識後，針對風險進行下一階段之風險評估、計算、分級與控制，再依據最後結果討論及改善。本研究依研究流程，首先進行社會脆弱度指標、危害度指標、災害風險指標資料蒐集，接續建立災害風險動態系統架構，災害風險動態系統建立包含社會脆弱度及危害度動態系統建構，最後結合災害風險，組成完整內埔鄉災害風險動態系統模式。

## 肆、研究案例推動說明

### 一、研究區域概述

本研究以屏東縣內埔鄉作為韌性城鄉的研究區域。內埔鄉位於屏東平原東部，居民以客家及閩南族群為主，屬於農業鄉鎮。該鄉耕地面積達 5,316.53 公頃，主要種植作物包括檳榔、鳳梨、茶葉及香蕉等多種蔬果；此外，豬隻養殖數量約 10 萬頭，養殖面積為 25.71 公頃，農業與畜牧業構成內埔鄉民的主要經濟來源。

根據內埔鄉的災害潛勢分析，主要風險來自颱風和洪水災害。在颱風侵襲時，強風豪雨曾導致建築物損毀、農業損失，甚至造成人員傷亡。近年來，2010 年的凡那比颱風曾引發嚴重的淹水災情。此外，內埔鄉境內有潮州斷層經過，雖然至今尚未因地震發生重大災害，但仍需針對地震風險制定防災準備與應變計畫。

為提升社區的災害應變能力，屏東縣在「強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫」中，逐年選定內埔鄉東片社區、水門社區為韌性社區建置對象，依據其社區特性進行輔導，建立完善的韌性社區運作機制，目前皆已達推動成果，並持續相關工作，推動成果概述如下。

### 二、內埔鄉東片社區推動說明

東片社區為屏東縣第 1 期韌性社區推動對象，主要面臨的災害為颱風及洪水。過去曾發生致災型的重大災害事件包括 2006 年碧利斯颱風、2007 年聖帕颱風、2009 年莫拉克颱風、2010 年凡那比颱風、2018 年 0823 豪雨事件。就地理位置，東片社區鄰近潮州斷層，若該斷層發生錯動，東片社區將受到嚴重的衝擊。

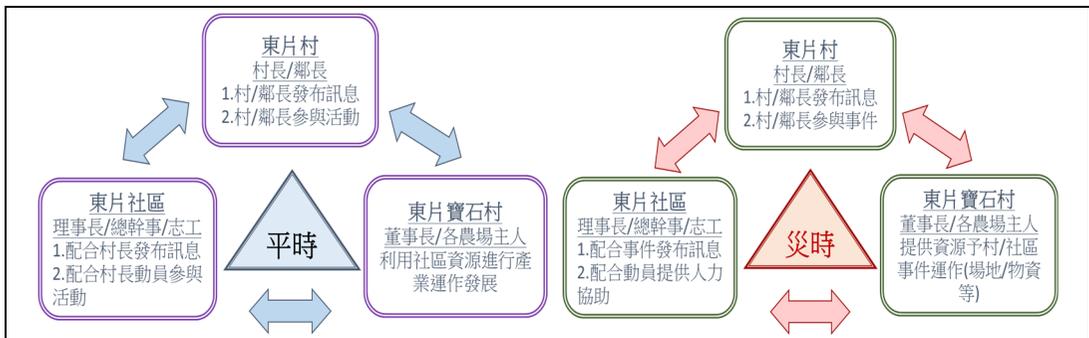
東片社區位於內埔鄉中部，地勢平緩，東港溪支流貫穿社區，使得水源充足。當地村民以農業為主，但近年來由於人口老化和農業需求的變遷，社區發展協會號召轄區內具有不同特色的農場，聯合打造「東片寶石村」，以發展獨特的農業特色產業，吸引年輕人返鄉創業，因而創造多元就業機會，逐步推動社區永續的農業發展，提升農業品牌知名度。

社區成員主要以退休軍公教人員為核心，包含村長、社區理事長及總幹事

等，各司其職，分別於村裡、社區發展協會、東片寶石村中擔任不同職務，形成緊密協作的團隊，形成人力與勞力、財務相互支援的平衡運作，如表 1 所示。在表 1 中，東片社區成員來自於東片村、東片社區及東片寶石村等不同組織，許多成員同時在不同組織中擔任幹部或志工，各組織於平時獨立運作，透過社區活動、計畫、會議等，邀集民眾共同參與。

以韌性社區推動為例，社區防災指揮官由村長擔任，負責指導社區防救災工作。社區防災編組成員包含鄰長、社區幹部、志工或寶石村農場主人，當災害發生時，防災指揮官則依據實際災情，向社區或寶石村調度人力或救災資源，確保應變措施的即時性。

表 1 內埔鄉東片社區成員運作模式



資料來源：本研究繪製

東片社區的韌性社區推動方式，主要藉由特色農村的結構，發展韌性社區於平時、災時與災後各階段防救災組織。協力團隊輔導東片社區成立韌性社區初期，瞭解到村長為教職退休，對於防救災工作具有一定程度的瞭解，社區總幹事曾於軍職期間參與 921 救援行動，認為災害應對必須在平日奠定訓練基礎，災時才能及時應變。此外，防災編組成員的招募是防救災組織最難的環節，透過村長（兼任社區理事長）、總幹事及寶石村董事長合作，邀集推薦社區民眾透過多次會議討論協商，產生東片社區第 1 屆防災編組成員。

基礎組織建構完成，接著進行防救災資源的整合與管理。透過不同組織成員協同合作，盤點現有人力物力資源，瞭解社區可運用資源後，即著手展開具體防救災工作。東片社區災害各階段作業內容如表 2 東片社區災害階段運作規劃表。

表 2 東片社區災害運作規劃表

災害階段	作業內容	
災前減災	1.每週環境整理。 2.防救災物品、機具、裝備不定期檢視測試。 3.建立防災編組－疏散救援組、引導組、警戒組、收容醫護組、災情通報組共計5組。 4.專業人員、保全對象、救災單位聯繫名單造冊。 5.防救災教育訓練、兵棋推演、實兵演練。 6.簽訂同區／跨區防災合作備忘錄（目前共4家）。 7.滾動式修正社區防災計畫書-防災地圖、防救災資源更新等。	
災前整備	1.召開整備會議。 2.各編組成員分別執行整備作業。 3.通知及動員專技人員待命。 4.建立鄉公所、救援單位災時連絡網。 5.各項防救災物品、機具、裝備整備。	
災中應變	1.可預測性災害。 1-1啟動應變編組。 1-2分工應變。 1-3視災情情形請求支援或編組成員進行應變。 1-4災後復原。	2.不可預測性災害。 2-1啟動應變編組。 2-2警戒組進行災情勘查。 2-3視災情情形請求支援或編組成員進行應變。 2-4災後復原。
災後復原	災損評估→社區可承受範圍→通報上級請求支援→進行復原工作→完成復原工作，如有必要進行後續人道關懷。	

資料來源：本研究彙整自屏東縣內埔鄉東片村韌性社區防災計畫書

### 三、內埔鄉水門社區推動說明

水門社區是屏東縣第 2 期韌性社區推動對象，面臨的主要天然災害包含颱風災害與地震災害。由於地勢較高，水門社區在早期發展觀光產業，已設置完善的排水系統，然而，若遇到強降雨，部分路段仍有積水無法及時排除問題。另因臨溪靠山，若颱風侵襲或豪雨來襲，隘寮溪水暴漲導致潰堤，將成為潛在風險。

根據／震衝擊資訊平台（TERIA）模擬結果，若潮州斷層錯動引發芮氏規模 7.3 的強震，震源深度 10 公里，水門社區可能出現多達 20 棟建物受損的風險。

水門社區位於內埔鄉北端，以務農及觀光產業發展為主，居民族群多樣，包含原住民、客家、閩南族群。隘寮幹線為當地主要水系，水圳由趾坑口出水，灌溉下游農田，主要種植作物有蓮霧、芒果及檳榔，其中芒果乾及情人果為社區長年熱銷商品。憑藉隘寮溪的優美自然景色，水門社區的旅遊產業也發展蓬勃，批發零售業及住宿餐飲業成為當地的另一經濟來源。

由於近年觀光重心改變，中壯年人口外移，水門社區面臨人口老化的問題，65 歲以上人口已達 24 %，進入「超高齡社會」的階段。韌性社區的推動依賴社區內多個組織的合作，包含水門社區發展協會、趾坑口發展協進會、守望相助隊、媽媽成長教室及長壽俱樂部、志工隊等組織，志工人員約 20 人，亦為社區防災工作主要推動人力。

水門社區在韌性社區推動過程，依循減災、整備、應變、復原四大原則，由村長及社區理事長帶領社區巡守隊，以及由原有組織組成的防災編組成員，共同打造韌性社區各項機制。由最初的夥伴關係建立，連結社區民眾及周邊企業等資源，進行權責分工與運作，進一步將防災系統納入社區總體營造的環節中，如圖 4 水門社區總體營造架構圖。

最後透過整合當地多方資源，利用既有的社區組織進行防災教育與演練，提升居民的防災意識與應變能力，以確保在面臨災害時，社區能夠迅速反應並減少損害，如圖 5 水門社區防救災資源整合示意圖。



圖 4 內埔鄉水門社區總體營造架構圖

資料來源：屏東縣內埔鄉水門村韌性社區防災計畫書

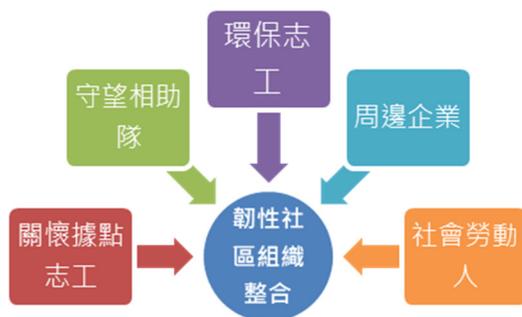


圖 5 內埔鄉水門社區防救災資源整合示意圖

資料來源：本研究繪製

#### 四、內埔鄉社會脆弱度系統動態模式分析

評估社區所面臨災害風險的評估因子包括危害潛勢（Hazard）、暴露量（Exposure）、脆弱度（Vulnerability）等，而脆弱度所包含之因素眾多且受時間影響，因此災害風險評估具有動態性。

依據研究流程及方法，本文利用系統動態建構脆弱度之動態系統，以顯示韌性社區之災害風險變化，進而評估韌性城鄉營運之風險，與本文目的及須解決問題緊密關聯，各階段動態系統架構建構情形說明如下。

##### （一）社會脆弱度動態系統建構

社會脆弱度指標以國家災害防救科技中心建構之社會脆弱度評估指標為影響因子，其中「暴露量」將其歸類為災害風險構面之影響因子，故本研究選擇社會脆弱度之「減災整備」、「應變能力」、「復原能力」構面，依據不同研究區域特性，挑選適用於該地區之脆弱度影響因子，評估因素之間對脆弱度的影響權重。例如內埔鄉轄區無土石流潛勢溪流，因此曝露量之土石流保全人口數指標須刪除，社會脆弱度動態系統架構如圖 6 所示。

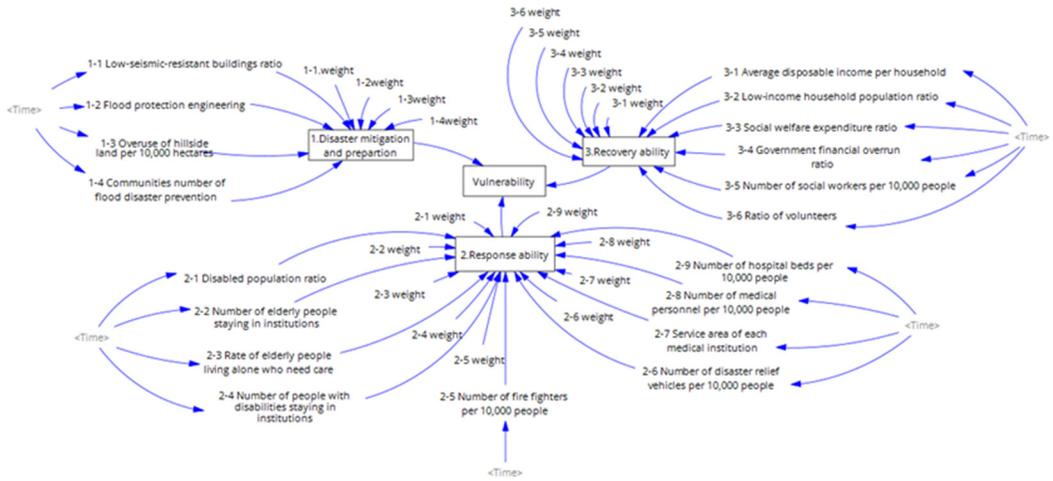


圖 6 屏東縣內埔鄉社會脆弱度動態系統架構圖

資料來源：本研究繪製

## (二) 系統動態之危害度指標建構

進行區域災害風險評估，危害度系統同樣需依照不同區域災害特性進行指標建立，以本研究內埔鄉天然災害類別，以淹水及地震為主要天然災害進行危害度系統建立，危害度動態系統架構如圖 7 所示。

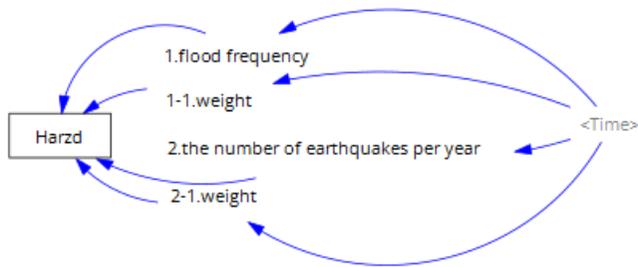


圖 7 屏東縣內埔鄉危害度動態系統架構圖

資料來源：本研究繪製

### (三) 屏東縣內埔鄉災害風險系統動態模式建構

災害風險為社會脆弱度及危害度加乘而來，完成社會脆弱度指標及危害度指標系統建立後，將其與災害風險系統結合，即為災害風險動態系統架構，如圖 8 所示。

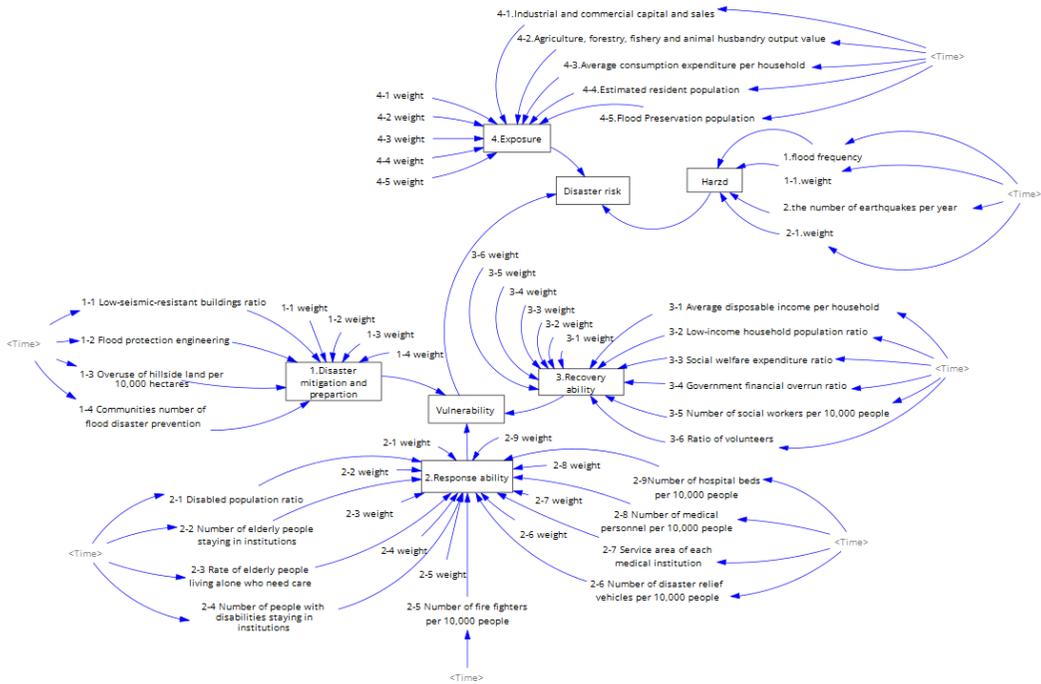


圖 8 屏東縣內埔鄉災害風險系統動態架構圖

資料來源：本研究繪製

## 五、內埔鄉災害韌性推動說明

內埔鄉轄內有 23 個村，目前透過內政部消防署韌性社區計畫輔導，已建置東片社區及水門社區 2 處韌性社區，大新社區目前著手辦理韌性社區各項建置作業，由於內埔鄉地形狹長，族群豐富，若發生大規模災害，鄉內依據地理位置，啟動區域救災防護網，將可提升救災效率。

依據內埔鄉淹水易致災區域調查圖顯示，淹水區域位於中林村、龍潭村、東片村、老埤村、竹圍村、豐田村、東寧村、內埔村、內田村、美和村、和興

村、富田村等區域，若以屏東縣 24 小時累積雨量 650 mm 潛勢分析，淹水區域分布於內埔鄉中區及南區，如表 3 內埔鄉淹水潛勢分析所示。內埔鄉轄內有潮州斷層帶通過，土壤液化高潛勢區位於東寧村、富田村、美和村與和興村，若發生潮州斷層錯動，可能導致人口傷亡及建物受損情形，如表 4 所示。

表 3 內埔鄉淹水潛勢分析

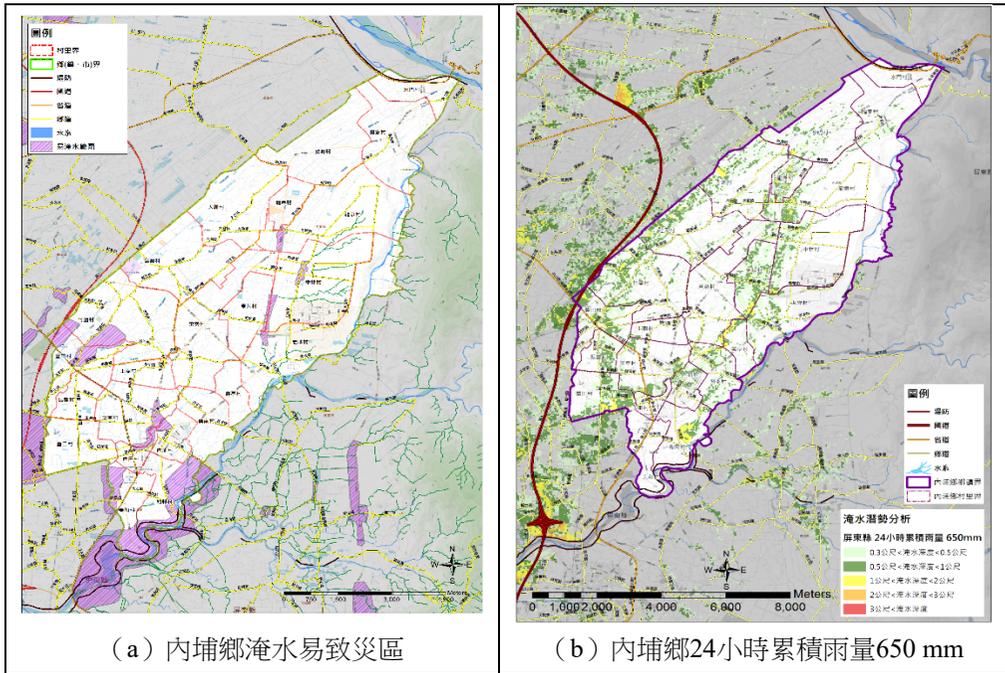
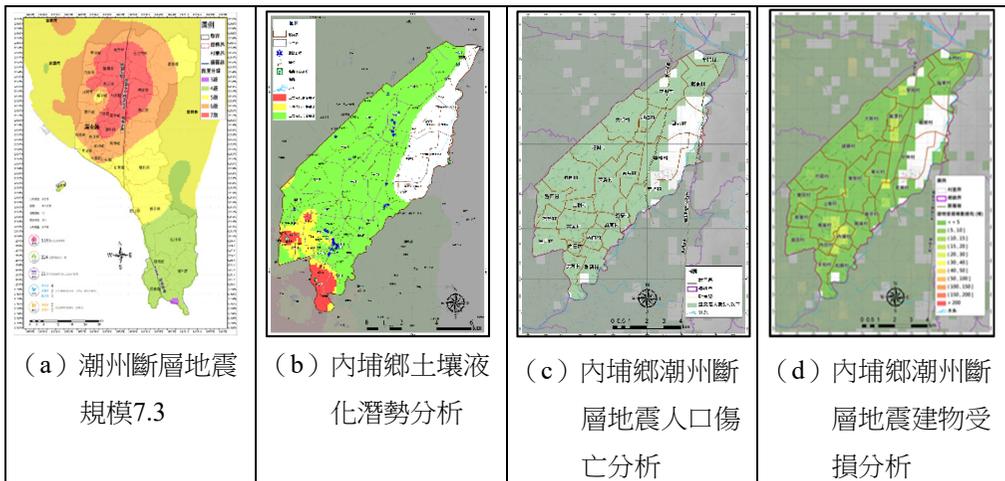


表 4 內埔鄉土壤液化及地震潛勢分析 (地震規模 7.3)



依據內埔鄉災害潛勢，目前鄉內分別於崇文國中及內埔國小，設置防災協作中心以提供大規模災害發生時有效人力運用調度；完成防災士培訓者計有 63 位，未來亦將持續宣導民眾參與防災士培訓，以提升防救災人力。

現階段防救災規劃，以大手拉小手概念，將東片社區、水門社區、大新社區的韌性社區防救災能力，延伸至鄰近社區，強化其能量，達到提升社區之間與民眾之間自救與互救能力。

目前內埔鄉三處韌性社區分別位於中區及北區，大手社區之東片社區帶領小手社區分別為中林社區、老埤社區、義亭社區及興南社區；水門社區帶領的小手社區為隘寮社區及黎明社區；大新社區帶領的小手社區則為龍泉社區、龍潭社區、建興社區與東勢社區，未來將持續建立內埔鄉南區韌性社區，初步規劃由東寧社區及上樹社區為大手社區，其所帶領的小手社區則由東寧社區帶領內埔社區、和興社區、內田社區、美和社區以及由上樹社區所帶領竹圍社區、豐田社區、振豐社區及富田社區。

未來將持續建立內埔鄉南區韌性社區，初步規劃由東寧社區及上樹社區為大手社區，逐步拉起周邊小手社區，共同加入救災防護網行列。大手拉小手各區域規劃如表 5 內埔鄉韌性城鄉建置社區分區規劃表。

表 5 內埔鄉韌性城鄉建置社區分區規劃表

區域	大手社區	小手社區
韌性社區1	東片社區	中林社區、老埤社區、義亭社區、興南社區
韌性社區2	水門社區	隘寮社區、黎明社區
韌性社區3	大新社區	龍泉社區、龍潭社區、建興社區、東勢社區
韌性社區4	東寧社區	內埔社區、和興社區、內田社區、美和社區
韌性社區5	上樹社區	竹圍社區、豐田社區、振豐社區、富田社區

資料來源：本研究編製

為強化內埔鄉災害防救機制，目前已完成防災協作中心訂定，分別於北區的崇文國中及南區的內埔國小，律定為內埔鄉防災協作中心，當轄內發生大規模災害，外部人力及救災資源可迅速進駐防災協作中心，以增加鄉災害應變中心救災能量。同時內埔鄉韌性社區建置與維護運作，以及防災士培訓，皆持續進行中。防災協作中心及防災士分布如表 6 所列，屏東縣內埔鄉韌性城鄉建置資源系統分布如圖 9 所示。

表 6 內埔鄉防災協作中心及防災士分布情形彙整表

內埔鄉防災協作中心					
北區			南區		
崇文國中			內埔國小		
防災士分布情形					
社區	人數	社區	人數	社區	人數
東片社區	16	中林社區	1	和興社區	2
水門社區	8	老埤社區	2	大新社區	1
大新社區	5	美和社區	1	內田社區	1
建興社區	6	龍泉社區	1	竹圍社區	1
東勢社區	3	東寧社區	4	富田社區	1
內埔社區	7	龍潭社區	3	--	--

資料來源：本研究編製

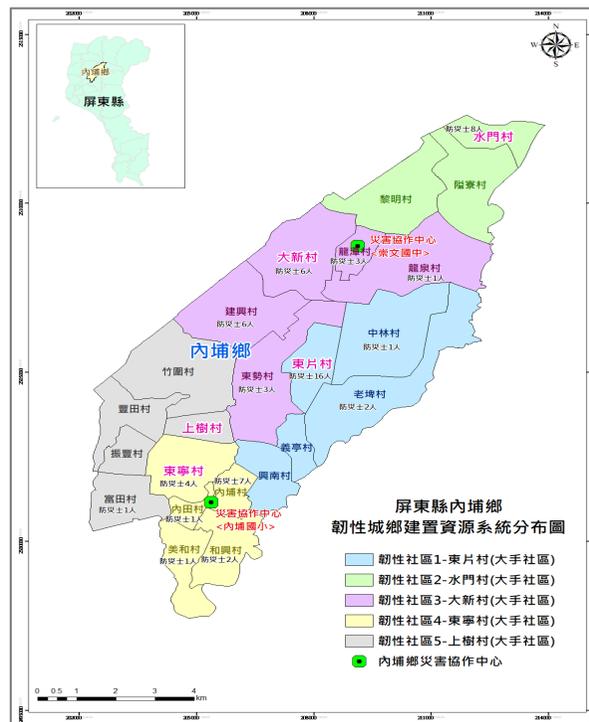


圖 9 屏東縣內埔鄉韌性城鄉建置資源系統分布圖

資料來源：本研究繪製

整體而言，內埔鄉期望未來能夠透過內外部協調機制，進行公部門間資源整合、鄰近鄉鎮合作，結合社區組織、連結轄內資源，如屏東科技大學、美和科技大學等大型學術機構資源，形成跨機構防災與應變復原組織，以資源共享的形式提高整體防災能力。

## 伍、結果與討論

社會脆弱度指標會隨著不同的災害環境、人文、社會、經濟等時空背景發展，而有所改變。一旦某個地區的災害脆弱度降低，表示該地區之耐災能力提升，災害風險也會因為社會脆弱度的降低及耐災能力提升而降低風險，進而提升社區在面臨災害的韌性。

本文利用 Vensim 系統建構韌性城鄉系統動態風險評估模式，從曝露量及脆弱度指標之影響因子分析，可得知各指標因子資料之尺度差異與單位不同，造成分析模式誤差，對於量綱小之變數影響被弱化，因此將各影響因子無因次化，以解決量綱差異問題。另外，各因子隨時間變異對風險評估之影響程度不同，本文利用資訊熵來評估各因子之權重，以彰顯高變異因子對風險評估之影響。而評估模式之應用須配合研究區之災害特性及社會環境因素，資料取得之難易程度，評估分析資料之可用性與合理性，以符合各研究區域之特徵需求。

本文以內埔鄉為研究區域，現階段所分析東片社區與水門社區的兩處韌性社區，透過韌性社區建置的各項災害防救工作輔導，以及防救災資源的挹注及導入，並結合社區產業發展特色，以社區產業臨災之風險降低與民眾安全防護為出發點，將防災意識落實於日常生活。社區居民經歷培訓與演練後，已有效提升社區民眾對於災害風險意識的提升，也帶動更多的社區人力與物力資源，共同投入參與社區防救災工作。本文所建構之韌性城鄉及韌性社區推動與動態風險評估模式，未來利用於不同鄉鎮或社區時，須先評估該鄉鎮或社區之災害特性、產業型態、可取得資源與民眾意願等因素，調整適合該區域之推動模式。

利用動態系統進行韌性城鄉的災害風險評估，建構災害風險評估模式，能瞭解在不同的災害環境、人文、社會、經濟背景的條件下，城鄉的災害容受力與災後復原力，據以擬定適得其所的調適策略。

## 陸、結論

韌性社區之發展係為韌性城鄉的基礎，惟有城鄉所轄社區均可自主組成防災編組、自主訓練與演練、自我掌握社區災害潛勢與避災弱勢對象、自我評估社區產業與災害關聯性等，透過社區間聯防協助，將可提升社區災害韌性，以成為韌性社區。而城鄉之公所為工作推動之引導者與資源整合者，在韌性社區建立過程，引導者的態度至關重要，因此災害韌性城鄉與韌性社區之位階關聯形成引導推動與執行者之關係。

而一個城鄉要推動成為韌性城鄉，須所轄社區配合，各社區因社會經濟及人口因素各有差異，對推動弱勢之社區則由組織與推動積極之社區協助輔導。形成大手拉小手機制，跨社區組成防災自主編組，形成聯合韌性社區模式，引導推動者先將轄區社區分區，並挑選帶領之社區，投入資源建立大手的社區，再鼓勵社區互助，均勻投入資源，由大手的韌性社區帶領，由點到面建立韌性城鄉防災網絡，以提升城鄉災害韌性。

以屏東縣內埔鄉為例，透過現行的韌性社區培訓，以區域劃分、大手拉小手的模式，逐漸推動周邊社區防災工作。藉由訓練訂定完善的社區防災計畫，進行災害管理之減災、整備、應變及復原訓練，提升民眾對於災害風險認知，達到降低災害脆弱度，增加城鄉災害容受力的目標。

當各分區韌性社區建置完成，內埔鄉整體防救災能力將同步提升，進而提高其災害韌性，達到韌性城鄉的標準，成為具有低災害脆弱度、災後回復力強的韌性城鄉。

目前的災害防救機制主要以中央政府為主，由上而下延伸至縣（市）政府及鄉（鎮、市）公所，再推動到社區層級。然而，災害環境韌性的建置與培育，應由下而上累積。以韌性社區為基礎，逐步而上建構韌性城鄉、韌性縣市，直至韌性國家，如此將能更穩固且踏實地強化防救災基礎，並兼顧永續發展的目標。

## 柒、致謝

感謝內政部消防署補助屏東縣政府執行「屏東縣強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫」，使本研究得以順利完成，特此申謝。

## 參考文獻

- 內政部（2022）強韌臺灣大規模風災震災整備與協作計畫（核定本），新北市：內政部消防署。
- 內政部消防署（2024）**推動韌性社區**，內政部消防署，  
<https://rtp.nfa.gov.tw/dc/intro>（2024年9月4日取得）。
- 冷家宇、陳再通、郭懷莊、陳毅修、李明鴻、賴家豪、郭哲男、王价巨、馬士元、單信瑜、裴晉國、林郁芳、盧彥佑、李友煒、黃雅晨（2018）**韌性社區操作手冊**。新北市：內政部消防署。
- 林美君、楊惠萱、廖楷民、許秋玲、李香潔（2018）**社會脆弱度評估與系統應用**，國家災害防救科技研究中心，  
<https://itdr.tw/dispPageBox/getFile/GetView.aspx?FileLocation=PJ-SITEVC%5CFiles%5CPrjFiles%5C78%5C&FileFullName=%E6%88%90%E6%9E%9C%E6%B5%B7%E5%A0%B1.pdf&FileName=AP5111110318f3neh.PDF>  
（2024年9月5日取得）。
- 張易鴻（2022）打造防災韌性城市-以新北市為例，**中國行政評論**，22（1）：22-42。
- 屠益民、張良政（2010）**系統動力學-理論與應用**，台北市：智勝文化事業有限公司。
- 國家災害防救科技中心（2023）**災害風險管理**。摘錄於  
<https://easy2do.ncdr.nat.gov.tw/county/subject/disaster-risk-management/disaster-risk-management-1>（2024年9月6日取得）。
- 國家災害防救科技中心（2024）減災動資料。摘錄於  
<https://drrstat.ncdr.nat.gov.tw/>（2024年12月25日取得）。
- 曾俊傑、王文清、吳蕙昕（2018）臺東縣城鄉建構之初步探討，**臺灣災害管理研討會**，635-641。<https://doi.org/10.6857/CDMT.201811.0055>
- 楊純明、張致盛、陳駿季（2011）因應氣候變遷之調適與緩解策略，**作物、環境與生物資訊**，8（4）：254-264。  
<https://doi.org/10.30061/CEB.201112.0005>
- 楊惠萱、陳怡臻、李欣輯（2014）天然災害社會脆弱度指標之建立及評估：以鄉鎮層級為例，**災害防救科技與管理學刊**，3（2）：71-93。
- 楊朝仲、張良正、葉欣誠、陳昶憲、葉昭憲（2007）**系統動力學-思維與應**

- 用，台北市：五南圖書出版股份有限公司。
- 農業部農村發展及水土保持署（2024）自主防災社區 2.0。土石流及大規模崩塌防災資訊網，<https://246.ardswc.gov.tw/Service/CompetitionPlan>（2024年12月2日取得）。
- 經濟部水利署全民防汛資訊網（2024）水患自主防災社區，<https://web.wra.gov.tw/wrafp/cp.aspx?n=7840>（2024年12月2日取得）。
- 廖桂賢（2009）韌性理論（下）：氣候變遷下的水患治理新觀念，環境資源中心，<https://e-info.org.tw/node/50431>（2024年9月4日取得）。
- 賴炳樹（2016）颱風災害脆弱度與地方調適策略分析之研究，*土地問題研究季刊*，15（2）：73-88。
- 賴炳樹（2023）韌性城市、淨零城市與氣候變遷因應法，*土地問題研究季刊*，22（1）：151-159。
- 蕭代基（2012）氣候變遷調適策略，*台灣經濟論衡*，10（7）：51-55。
- Adger, W.N., S. Agrawala, M.M.Q. Mirza, C. Conde, K. O'Brien, J. Pulhin, R. Pulwarty, B. Smit, K. Takahashi (2007) Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. p.717-743. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, N.Y., USA.
- Ahern, J. (2011) From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world, **Landscape and urban Planning**, 100(4):341-343.
- Alexander, D. (2012) Models of social vulnerability to disasters, **RCCS Annual Review**, 1(4), 10.4000/rccsar.412
- Alexander, D.E. (2013) Resilience and disaster risk reduction: An etymological journey, **Natural Hazards and Earth System Sciences**, 13(11): 2707-2716.
- Argyroudis, S.A., S.A. Mitoulis, L. Hofer, M.A. Zanini, E. Tubaldi, D.M. Frangopol (2020) Resilience assessment framework for critical infrastructure in a multi-hazard environment: Case study on transport assets, **Science of The Total Environment**, 714: 136854.
- Bozza, A., D. Asprone, G. Manfredi (2015) Developing an integrated framework to quantify resilience of urban systems against disasters, **Natural Hazards**,

78(3):1729-1748.

- Chen, Z.M., Y.L. Yeh, T.C. Chen, (2018) Assessment of a regional flood disaster indicator via an entropy weighting method, **Natural Hazards Review**, 19(2): 05018002.
- Coyle, R.G. (1997) System Dynamics Modelling: A Practical Approach, **Journal of the Operational Research Society**, 48, 2600628.
- Cutter, S.L. (2024) The origin and diffusion of the social vulnerability index (SoVI), **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 109: 104576.
- Ding, R., J. Fu, Y. Zhang, T. Zhang, J. Yin, Y. Du, T. Zhou, L. Du (2022) Research on the evolution of the economic spatial pattern of urban agglomeration and its influencing factors, evidence from the Chengdu-Chongqing urban agglomeration of China, **Sustainability**, 14(17): 10.3390/su141710969.
- Feng, Y. (2020) Strengthen the construction of “resilient cities” to make the city develop continuously and healthily, **China Investigation Design**, 6:28-29.
- Folke, C. (2006) Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses, **Global Environmental Change**, 16(3): 253-267.
- Godschalk, D.R. (2003) Urban hazard mitigation: Creating resilient cities, **Natural Hazards Review**, 4(3) :136-143.
- Han, S., H.M. Wang, Y.B. Ao, B. Wang, B. Chen, I. Martek (2024) Resilient city construction efficiency and its influencing factors in China's Chengdu-Chongqing economic circle: Considering both construction input and resilience level of the city, **Sustainable Cities and Society**, 114:105726.
- Han, S., B. Wang, Y. Ao, H. Bahmani, B. Chai (2023) The coupling and coordination degree of urban resilience system: A case study of the Chengdu–Chongqing urban agglomeration, **Environmental Impact Assessment Review**, 101: 107145.
- Heeks, R., A. Ospina (2019) Conceptualising the link between information systems and resilience: A developing country field study, **Information Systems Journal**, 29(1): 70-96.
- Holling, C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems, **Annual Review of Ecology and Systematics**. Palo Alto: Annual Reviews, 4 :1-23.
- International Organization for Standardization (2020) International Organization for Standardization. AS ISO/Dis37123: 2020, **sustainable cities and communities**

**indicators for resilient cities.** ISBN 978 1 76072 7772.

- Jaroslava, J. (2022) An overview of a land evaluation in the context of ecosystem services, **Soil and Water Research**, 17(1): 1-14.
- Leandro, J., K.F. Chen, R.R. Wood, R. Ludwig (2020) A scalable flood-resilience-index for measuring climate change adaptation: Munich city, **Water Research**, 173: 115502.
- Liu, W.B., F.B. Sun, S.B. Sun, LM. Guo, H. Wang, H.J. Cui (2019) Multi-scale assessment of ecohydrological resilience to drought in China over the last three decades, **Science of The Total Environment**, 672: 201-211.
- Mah, J.C., J.L. Penwarden, H. Pott, O. Theou, M.K. Andrew (2023) Social vulnerability indices: A scoping review, **BMC Public Health**, 23: 1253.
- Meerow, S., J.P. Newell, M. Stults (2016) Defining urban resilience: A review, **Landscape and Urban Planning**, 147: 38-49.
- Patel, R.B, K.M. Gleason (2018) The association between social cohesion and community resilience in two urban slums of Port au Prince, Haiti, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, 27:161-167.
- Ribeiro, P.J.G, L.A. Gongalves (2019) Urban resilience: A conceptual framework, **Sustainable Cities and Society**, 50: 101625.
- Spaans, M.J., W.H. Bas (2017) Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme, **Cities**, 61: 109-116.
- Sterman, J. (2002) System dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world, Massachusetts Institute of Technology, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, Massachusetts Institute of Technology. Engineering Systems Division, 102741. Accessed Sep.2, 2024.
- Uddin, M.S., C.E. Haque, D. Walker, M.U.I. Choudhury (2020) Community resilience to cyclone and storm surge disasters: Evidence from coastal communities of Bangladesh, **Journal of Environmental Management**, 264: 110457.
- Wang, B., S. Han, Y. Ao, F. Liao (2022) Evaluation and factor analysis for urban resilience: A case study of Chengdu–Chongqing urban agglomeration, **Buildings**, 12(7): 10.3390/buildings12070962.
- Wang, W.D., L. Zhang, T. Peng (2023) Evaluation of a safe resilient City: A comparison of Hangzhou and Shaoxing, China, **Sustainable Cities and Society**, 98: 104798.

- Wu, Y.W., G.Y. Yu., Q.X. Shao (2022) Resilience benefit assessment for multi-scale urban flood control programs, **Journal of Hydrology**, 613: 128349.
- Xu, K., X.F. Zhang, L.L. Bin, R.Z. Shen (2024) An improved global resilience assessment method for urban drainage systems: a case study of Haidian Island, South China, **Journal of Environmental Management**, 360: 121135.
- Zhu, S.Y., D.Z. Li, M. Chen, Y.Z. Zhang (2024) Climate change scenario simulations for urban flood resilience with system dynamics approach: a case study of smart city Shanghai in Yangtze River Delta region, **International Journal of Disaster Risk Reduction**, In Press, 104801.
- Zou, X., L. Sun (2020) Review and prospect of relevant research on the improvement of urban resilience based on underground space, **Beijing Planning Review**, 2: 40-43.