

機器學習評估地震複合性災害風險 Development of a Machine Learning Approach for Assessing Earthquake-Induced Compound Disaster Risks

國家災害防救科技中心 地震與人為災害組

Earthquake and Man-made Disaster Division, National Science and Technology Center for Disaster
Reduction

摘要

本專案重於機器學習評估地震複合性災害風險技術的開發，主要發展震後道路阻斷模型與路徑規劃，係採用 QSEBS 耐震能力快速評估方法，對道路兩側的建物進行耐震能力評估，藉以評估地震情境下的災損狀況，並分析道路受建物損害影響下之通行狀態，通過最小成本路徑演算法規劃最佳的救援路徑，研究成果可供相關單位應用於災害演練及規劃防救災道路的參考依據，確保救災行動進行。

關鍵字：震災複合性衝擊鏈、機器學習模式、防災道路、建物倒塌、道路阻斷

ABSTRACT

This study focuses on developing a post-earthquake road blockage model and route planning. It utilizes the QSEBS seismic resilience rapid assessment method to evaluate the seismic resilience of buildings on both sides of the road. This helps assess the damage under earthquake scenarios and analyzes the traffic conditions affected by the damage to structures along the roads. The study aims to plan the optimal rescue route by applying a minimum-cost path algorithm. The research findings can serve as a reference for relevant agencies in disaster drills and disaster prevention and relief road planning, ensuring the smooth progress of rescue operations.

Key Words: seismic compound impact chain, machine learning model, disaster prevention road, building collapse, road blockage

一、前言

在災害發生時，道路破壞或功能受損，往往是道路兩側建築物的損壞所引起。本研究旨在發展震後防災道路評估模式，評估現有防災道路的可行性，並有效整

合道路圖資與建物災害程度判定結果，進行道路兩側建築物的耐震能力分析，預測在不同地震情境下的損壞情況。研究將進一步計算震後道路的剩餘寬度與通行性，幫助相關單位了解不同地震情境下道路的狀況。研究中採用 QSEBS 建物耐震能力快速評估方法 (Wei et al., 2023) 對道路兩側建物進行耐震能力評估，作為建物災害損傷程度判定依據，爾後根據建物災損程度，模擬不同地震情境下建築物損害情況，進一步評估對道路影響，透過計算道路通行成本，分析道路節點之間的連通性，利用最小成本路徑演算法，計算各節點通行的最小成本和最佳路徑，從而了解道路系統在不同災害情境下的可靠度與脆弱性。

二、 專案研究方法

在地震發生後，道路、橋梁等交通基礎建設可能會遭受損壞，進而導致交通受阻、甚至無法通行，影響救援和災後重建的進展。本研究發展震後防災道路評估模式，分析既有防災道路之可行性，藉由路徑規劃避開受阻路徑，分為四個工作項目 (1) 建物耐震能力快速推估、(2) 建築物倒塌引致道路阻斷、(3) 防災道路評估法。

1. 建物耐震能力快速推估

透過現有建築物初評資料 (PSERCB 資料庫)，快速推估出尚未進行評估之建築物耐震能力，研究中利用人工智慧深度學習求解演算法 QSEBS，簡化建築物耐震能力初步評估法之流程，針對定量評估部分，透過大數據分析過去實際初評案例，建立人工智慧模型以使用部分重要參數 (地址、建築物使用類別、設計年代、總樓地板面積、樓層數等) 即可推估出建築物一樓層構件斷面參數，最後依據建築物耐震初評方法計算該建築物之 475 年地震回歸期之耐震能力 $Ac1$ 與 2500 年地震回歸期之耐震能力 $Ac2$ ，其人工智慧模型建立方法與推估之簡要流程如圖 1 所示。

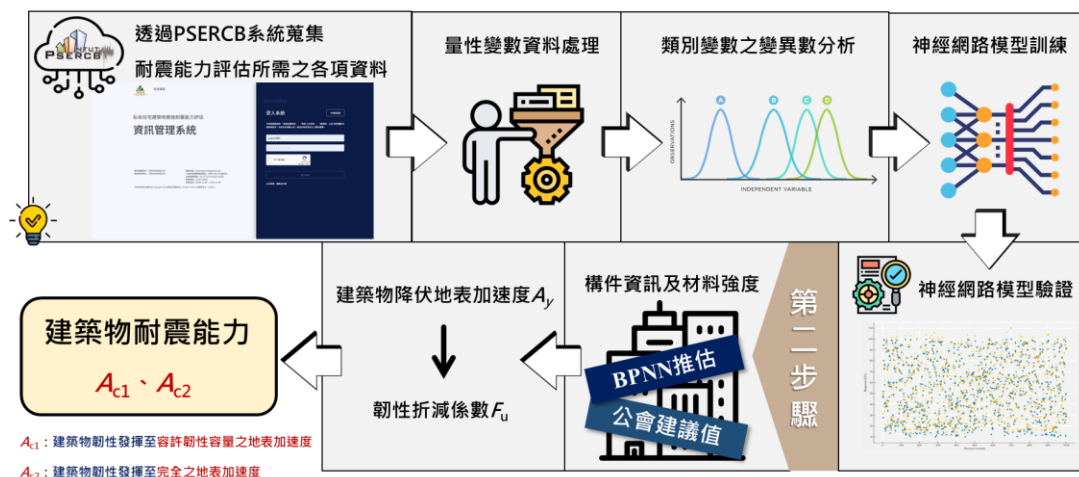


圖1、建築物耐震能力快速評估法之建立與流程示意圖

2. 建築物倒塌引致道路阻斷

為分析主要道路於不同地震強度下的功能狀況，本研究由國土測繪中心取得道路圖資，使用道路中線與道路節點資料，並利用 GIS 工具繪製二維平面分布圖，同時可顯示屬性資料，後續可配合建物資料，進行地震下之道路功能分析。

災害發生時，根據 Argyroudis et al. (2010) 的研究成果分析建築物的幾何形狀與建築物倒塌後產生的碎屑之間的關聯，評估了地震後倒塌建築物對道路功能的影響。研究中使用高斯分布 (Gaussian distribution) 來描述建物碎屑寬度的分佈情形，並將建築物倒塌角度 (ϕ) 與建築物減少的體積 (k_v) 組合為一個函數來表示 (如圖 2 所示)。此模型可用來估計不同程度的道路功能影響 (如 100% 通行、50% 通行、完全封閉或單車道通行) 的發生機率，並進一步幫助評估城市中各條道路網絡的聯通性。在災害發生之前，這些評估可以作為改善路網性能的依據，而在災後則可用來進行即時的災損評估。

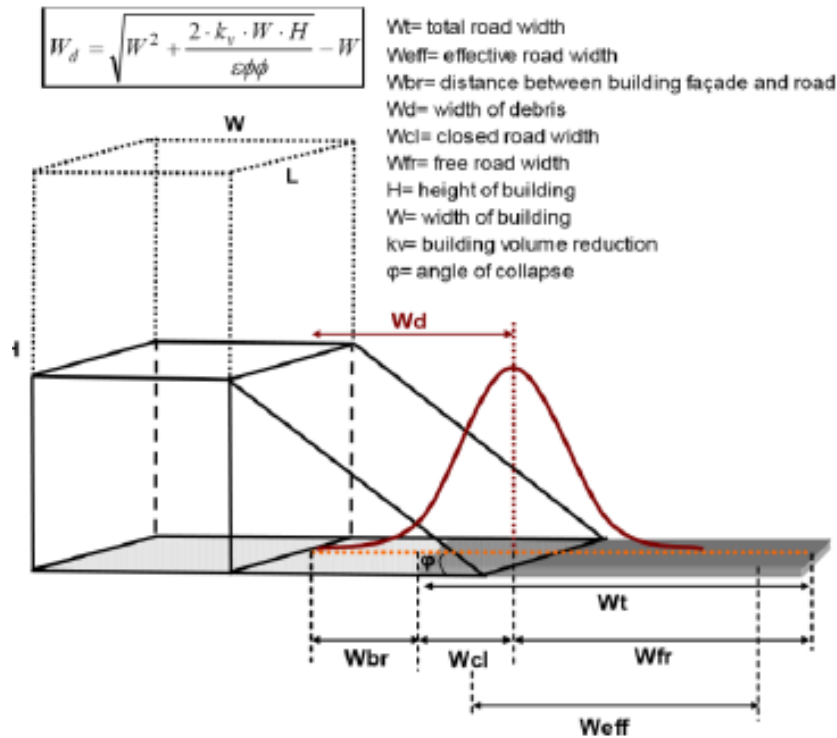


圖 2、建物的與建物碎屑堆的幾何形狀 (Argyroudis et al. 2010)

3. 防災道路評估法

根據建築物損傷對道路通行的影響，選擇通行可靠性較高的主要道路作為救災道路，並利用最小成本路徑演算法規劃出符合該地震情境的最佳救災路徑。防災道路評估流程如圖 3 所示。其中，道路通行成本矩陣的建立，乃根據道路狀況和可能的損壞情況，建立各道路節點之間的通行成本矩陣，量化每條路徑的通行難度。本研究採用 Dijkstra 演算法計算各節點到其他節點之間的最佳路徑與通行成本，從而為災後救援和復原提供高效、可行的道路規劃方案，如圖 4 所示。

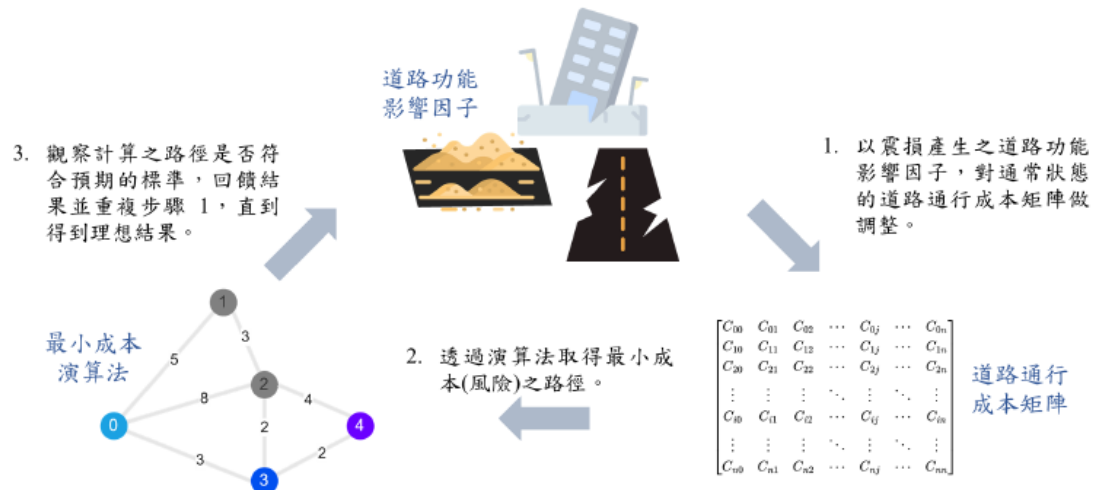


圖 3、防災道路評估模式開發流程示意圖

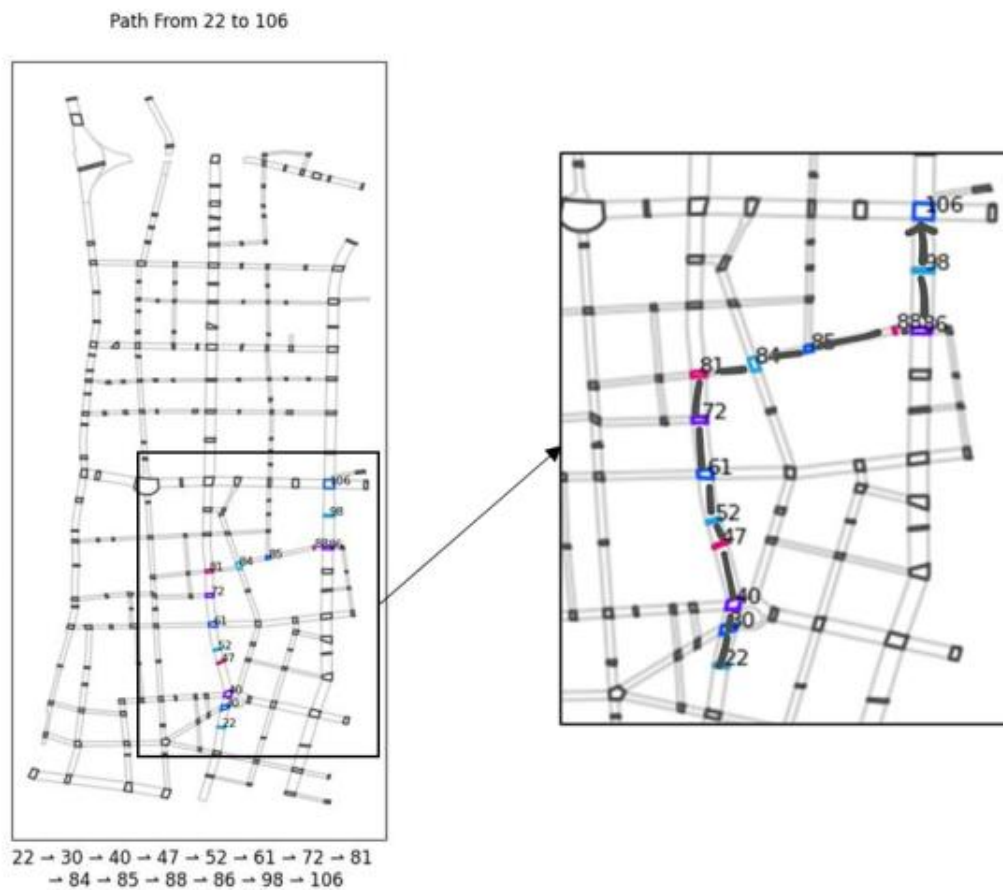


圖 4、最短路徑演算法測試結果（道路受阻情況）

三、 專案亮點成果

1. 收集建築物稅籍資料，使用 QSEBS 評估法，分析道路兩側建築物耐震能力，預測不同地震情境下之損壞狀況，以應用於道路災損狀態之分析。
2. 發展救災道路規劃評估模式，計算震後之道路剩餘寬度、通行性，並將其分級成果可視化呈現，可供相關單位了解道路於不同地震情境之狀態，評估道路在震後的可通行性和安全性。
3. 透過最小成本路徑演算法規劃最佳路徑，有助於防救災單位模擬地震情境，防救災據點或緊急避難路徑規劃的參考，確保在災害發生時能夠快速且安全地進行救援行動。

四、 結論與建議

本研究提出一套地震衝擊道路災損狀態的評估方法，利用機器學習技術對建物的災損狀態進行評估，進而分析道路在震後的通行性影響，爾後利用建立的最短路徑演算法進行救災道路規劃評估模式的開發，此模式將建築物損壞對道路的影響反映到道路通行成本中，提供基於最短路徑演算法規劃的兩點間最佳路徑，作為救災路徑規劃參考。

通過救災道路規劃評估模式，研究能模擬不同地震強度下主要道路的狀況，從而使得救災道路規劃能更準確地考慮建築物損壞對道路的影響，防救災單位能夠預先了解道路系統在不同災害情境下的可靠度與弱點，並應對可能的交通受阻與路線封鎖問題，有助於決策者更有效地分配資源，並在災後快速調整交通路線，尋找替代道路，以確保救災行動的順利進行。

五、 參考文獻

Wei, J. B., Sung, Y. C., Chiu, C. M., Li, C. H., Kuo, S. W., Chen, Z. Y., Liu, X. Q., Ke, S. S., and Hsu, C. H. (2023) "AI-based system for quick seismic estimation of building structures on urban disaster-prevention in Taiwan," Journal of the Chinese Institute of Engineers, Online Publish.

Argyroudis, S., Pitilakis, K. and Anastasiadis, A. (2005) “Roadway Network Seismic Risk Analysis in Urban Areas: The case of Thessaloniki - Greece,” Proc. International Symposium of GEOLINE, Lyon.