



國立台灣大學許鈺秉、國立高雄科技大學陳彥銘與國家災害防救科技中心資訊組

摘要

災害發生後，許多道路會因為建物倒塌、地面崩裂、河水暴漲、土石流等原因而中斷，導致道路網路被切分成許多孤立的區塊。道路網路的失效不僅會延緩災民的疏散，也會影響救災物資的運送效率。相關研究中，多以模擬的方式來計算受中斷影響的道路網路效率。一旦災害的破壞程度提高，可能發生的情況將會呈指數上升；若要求解或模擬不同程度及規模的災害對道路網路的影響時，更是十分地耗時，亦需重複進行模擬以檢查結果的收斂性。因此，本研究以科學分析方法針對道路網路的連接性及效率進行研究，兼具計算準確度及時間效率，有效了解受天然災害衝擊後整體以及局部道路網路之連結狀況與可靠度，可作為防救災相關資源佈署與配置應用之依據。

關鍵字：孤島區、救災醫療資源配置、最佳化模型

研究目的

本研究將試圖以孤島區的觀點找出各地區潛在之孤島發生機率，並透過當前政府單位所提供之道路網路資料、地震歷史資料及各地區之人口結構資料，建構各地區之災害風險，並以分群演算法將該地區建立子區域群集，以便在大規模天然災害發生前以子區域(最小統計區)群集為單位，進行減災及整備工作。

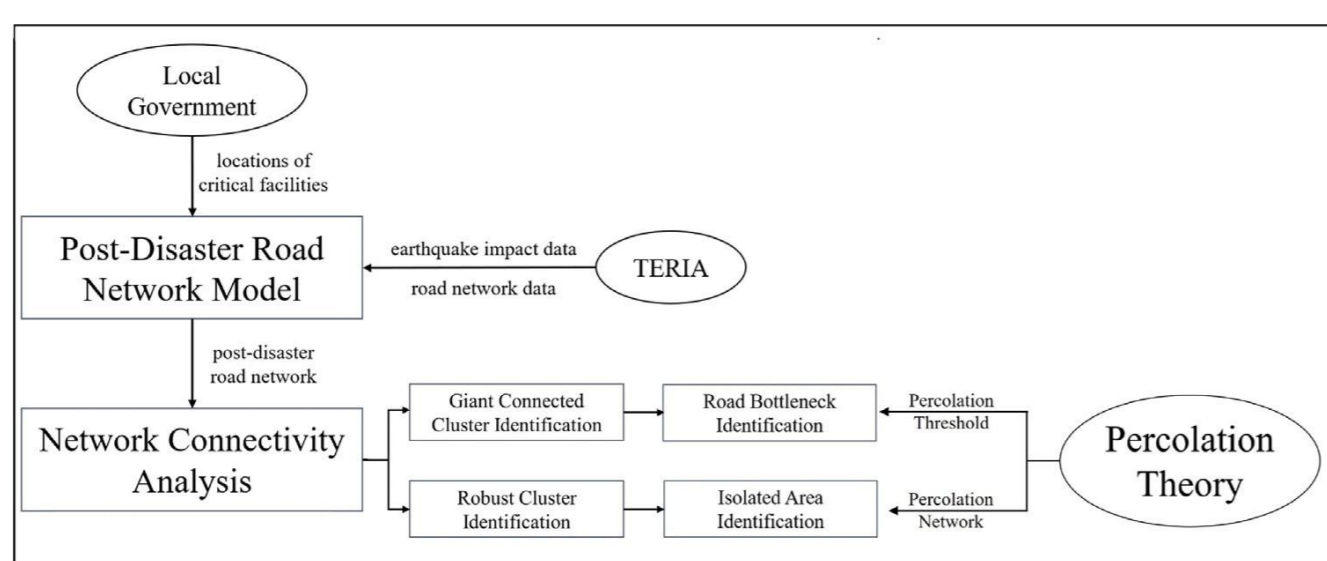


Fig1. Methodological framework.

研究方法

Post-disaster road network model

Table 1 Information of damage states for roadway.

Damage state	Definition	Performance loss	Passable
No	No or almost no settlement/offset	0%	Yes
Slight	Slight settlement/offset (<30 cm)	10%	Yes
Moderate	Moderate settlement/offset (30-60 cm)	75%	Yes
Extensive/Complete	Major settlement/offset (>60 cm)	90%	No

Table 2 Parameters of the fragility curve for different roadway types and damage states.

Roadway classification	Damage state	Median	Variance
Main road (Road width ≥ 15 m)	Slight	12	0.7
	Moderate	24	0.7
	Extensive/Complete	60	0.7
Secondary road (Road width ≤ 15 m)	Slight	6	0.7
	Moderate	12	0.7
	Extensive/Complete	24	0.7

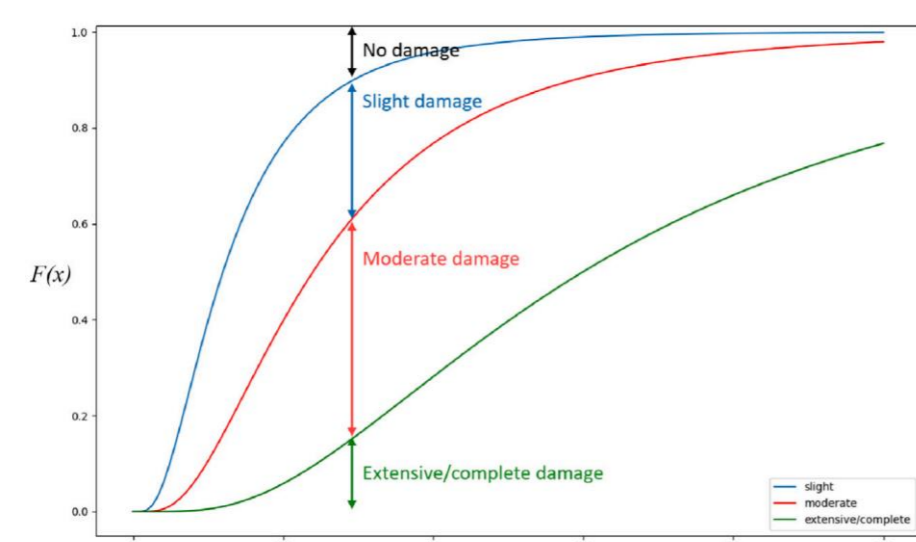


Fig 2. Fragility curve for each damaged state of main roads.

Network connectivity analysis

Table 3 Comparison of two clustering algorithms and their parameters.

Algorithm	Revised K-means	DBSCAN
ML approach	Unsupervised	Unsupervised
Major factor	Distance	Density
Noise consideration	No	Yes
Parameter	K: The total number of clusters	E: The maximum distance between two nodes for a node to be considered as in the neighborhood of the other
	J: The number of clusters selected with the smallest average distance from the centroids	m: The number of nodes in a neighborhood for a node to be considered as a core point

模型應用與決策分析

本研究試圖找出各地區潛在之孤島發生機率，並透過道路網路資料、地震歷史資料及各地區之人口結構資料，建構各地區之災害風險，並以分群演算法將該地區建立子區域群集，以便在大規模天然災害發生前以子區域(最小統計單元)群集為單位，進行減災及整備工作。

Analysis of post-disaster road network

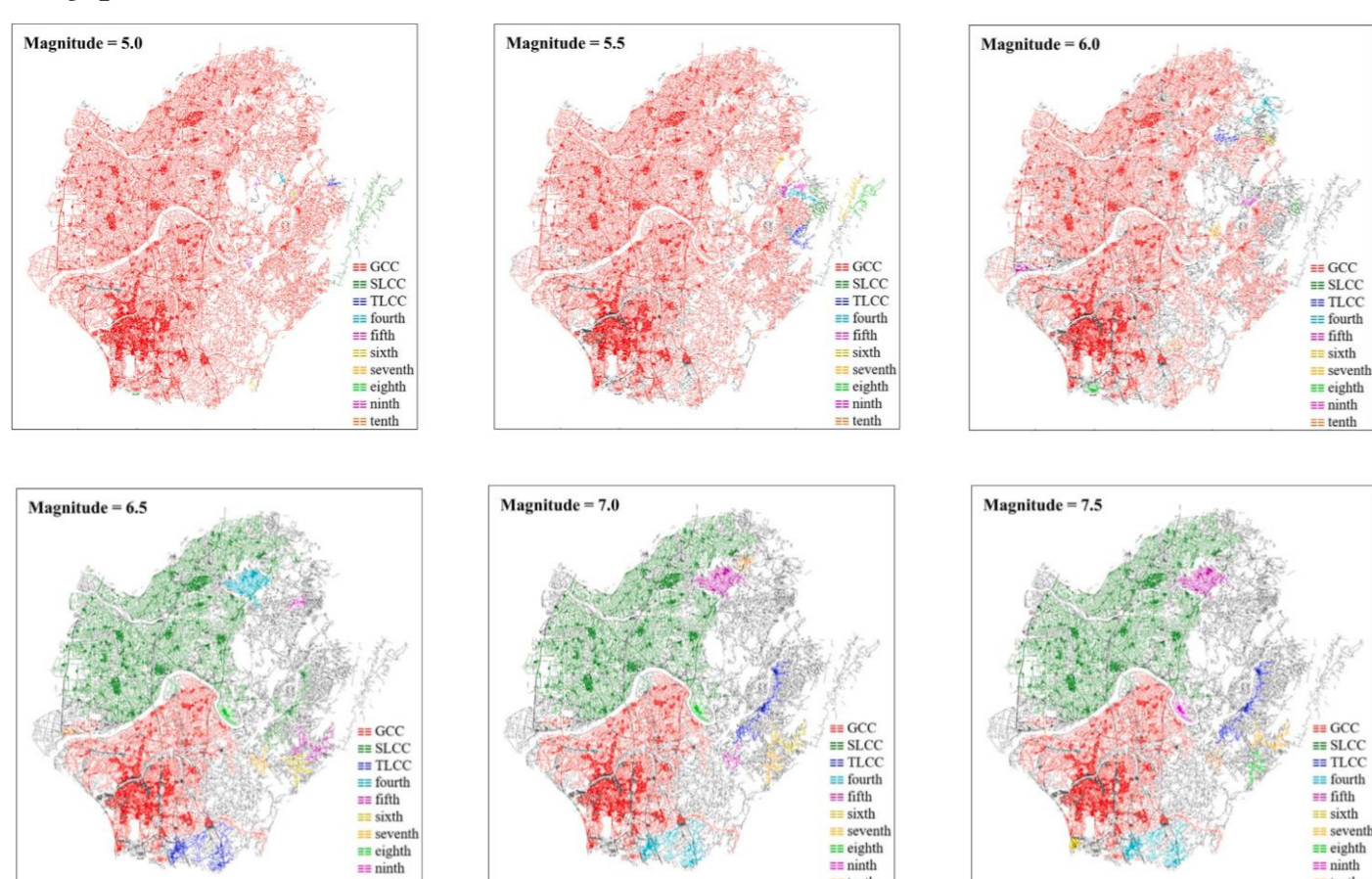


Fig. 3. Distribution of the top ten connected clusters in the post-disaster road network of one simulation replication.

Table 4 Statistics of GCC for each earthquake magnitude.

Magnitude	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2
Size of GCC S_G	128756	126345	122835	119574	116913	115223	111010	105968	101992	100061	96135	92498	88821
Difference	2411	3510	3261	2661	1690	4213	5042	3976	1931	3926	3637	3677	4144
Proportion	0.9782	0.9599	0.9332	0.9084	0.8882	0.8754	0.8434	0.8051	0.7748	0.7602	0.7303	0.7027	0.6748
Magnitude	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5
Size of GCC S_G	84677	82245	79889	78411	77496	77056	76723	76492	76324	76159	76072	76039	76004
Difference	2432	2356	1478	915	440	333	231	168	165	87	33	35	NaN
Proportion	0.6433	0.6248	0.6069	0.5957	0.5887	0.5854	0.5829	0.5811	0.5798	0.5786	0.5779	0.5777	0.5774

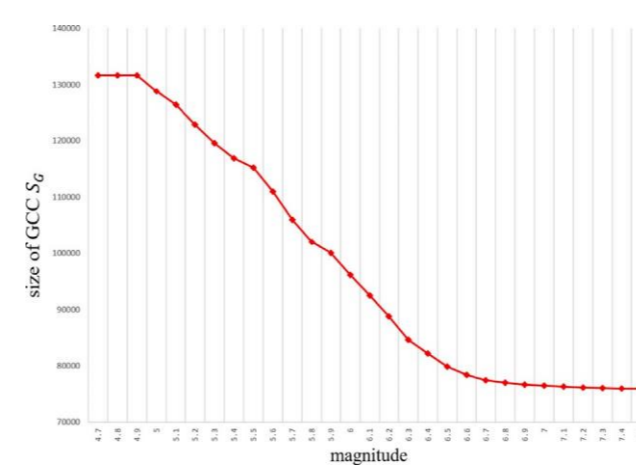


Fig. 4. Relationship between size of GCC S_G and earthquake magnitude.

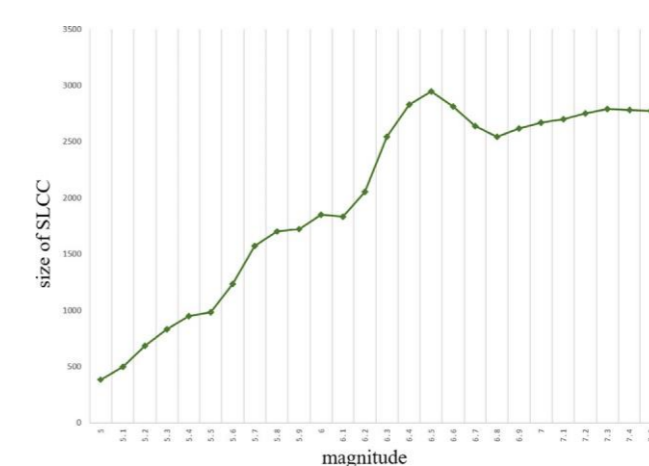


Fig. 5. Relationship between the size of SLCC and earthquake magnitude.

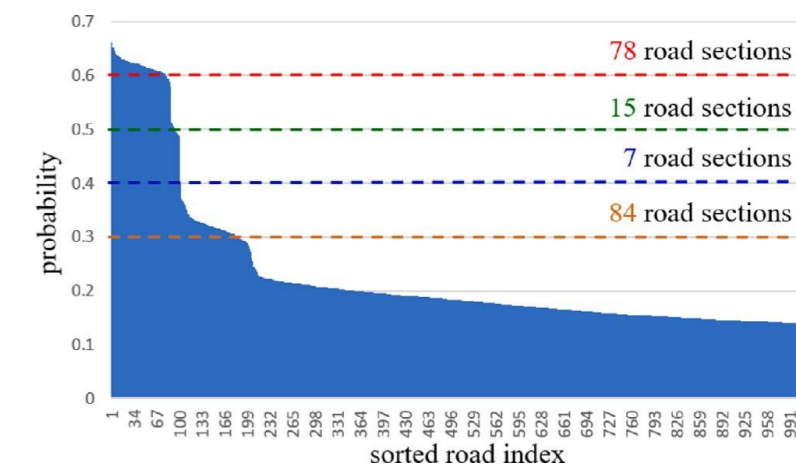


Fig. 6. Probability of road interruptions from magnitude 5.6 to 5.7.

Analysis of isolated areas

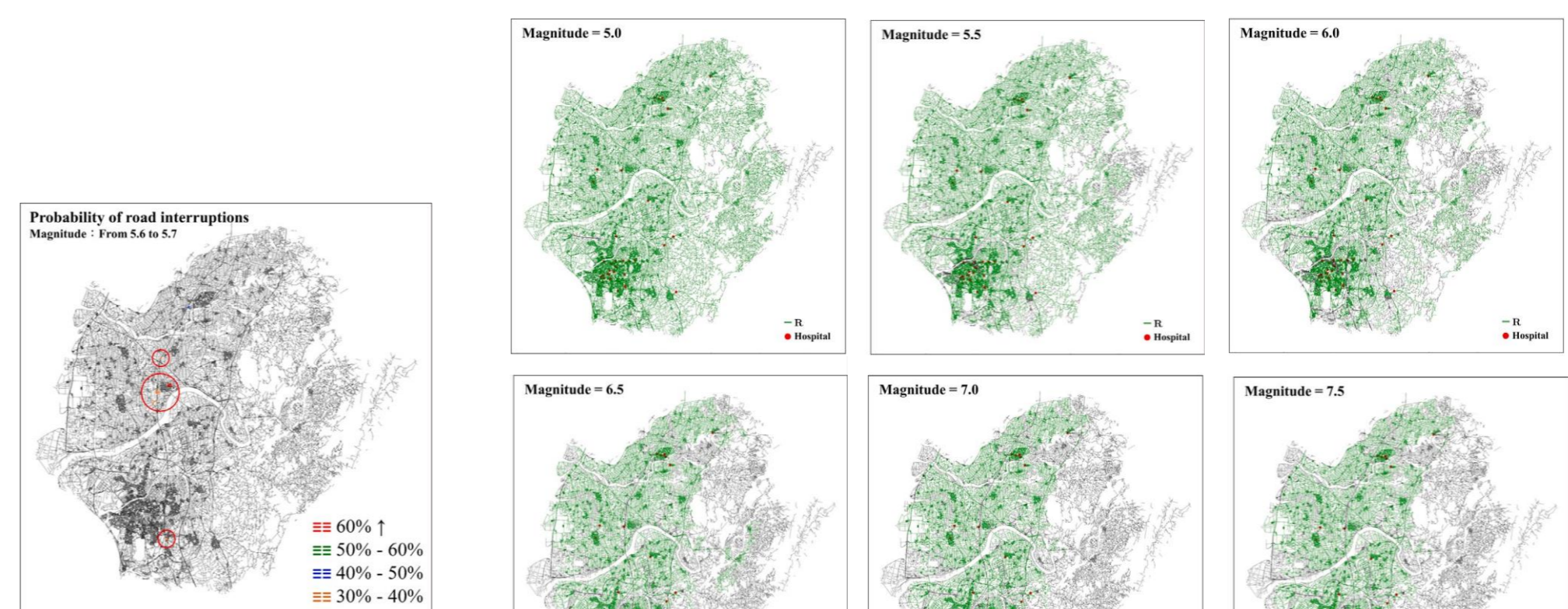


Fig. 7. Locations of road bottlenecks on the road map.

Fig. 8. Distribution of R in the post-disaster road network for one simulation replication.

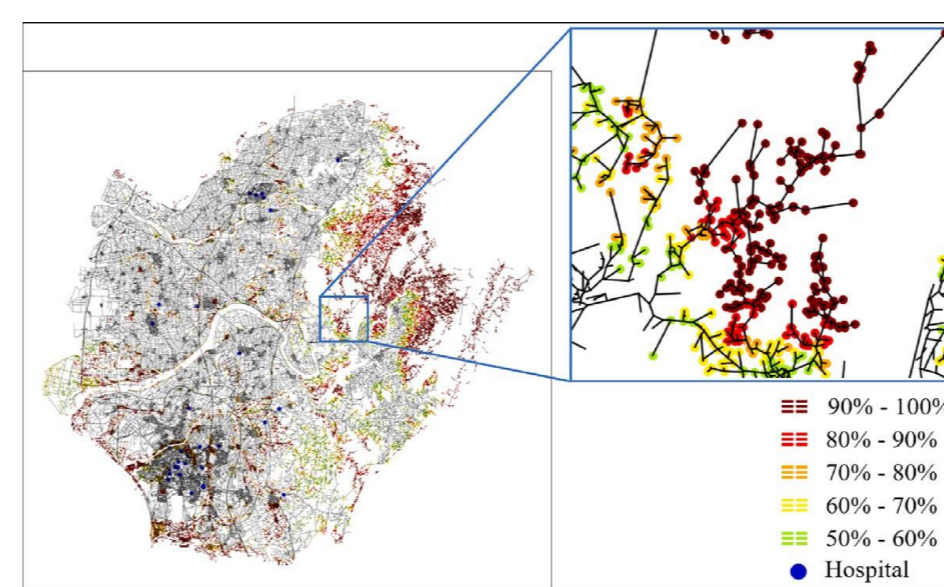


Fig. 9. Isolated nodes under the scenario of magnitude 6.0.

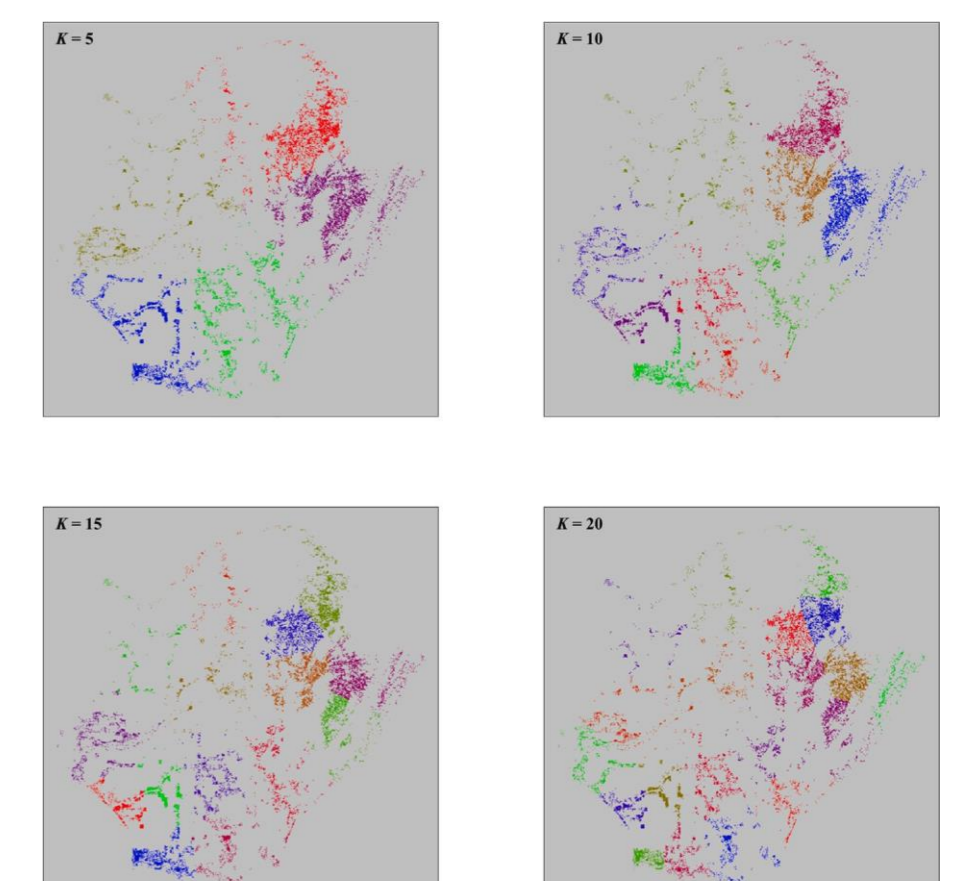


Fig. 10. Isolated areas clustered with revised K-means algorithm (adjusting the parameter K).

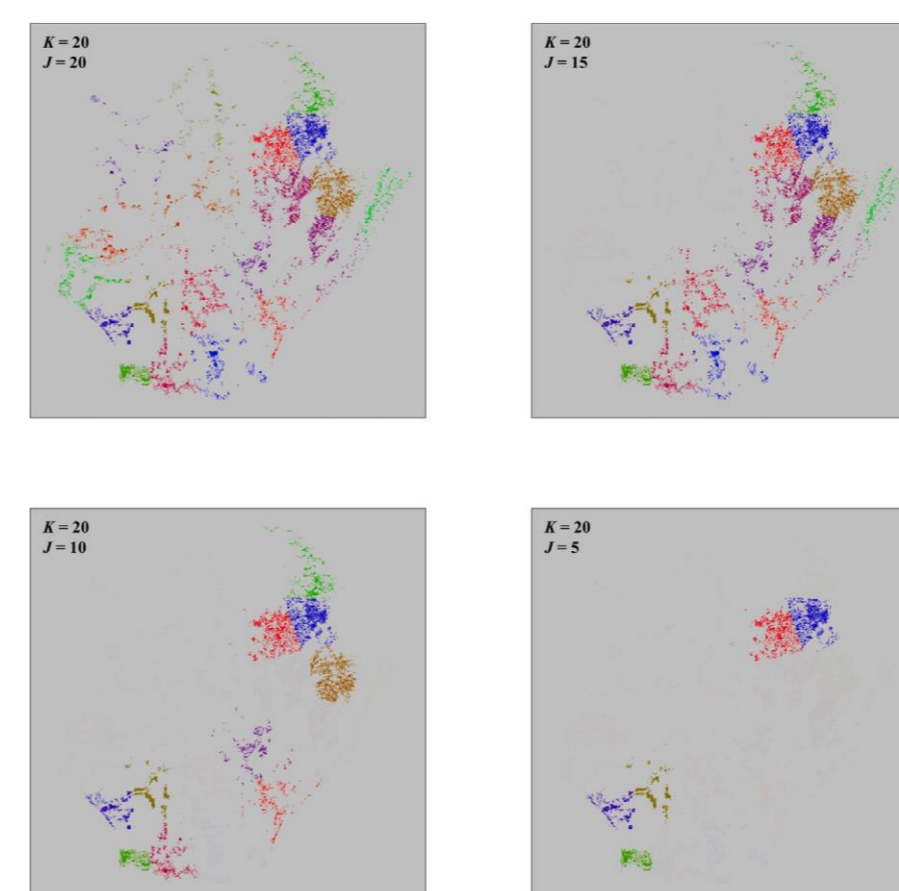


Fig. 11. Isolated areas clustered with revised K-means algorithm (adjusting the parameter J).

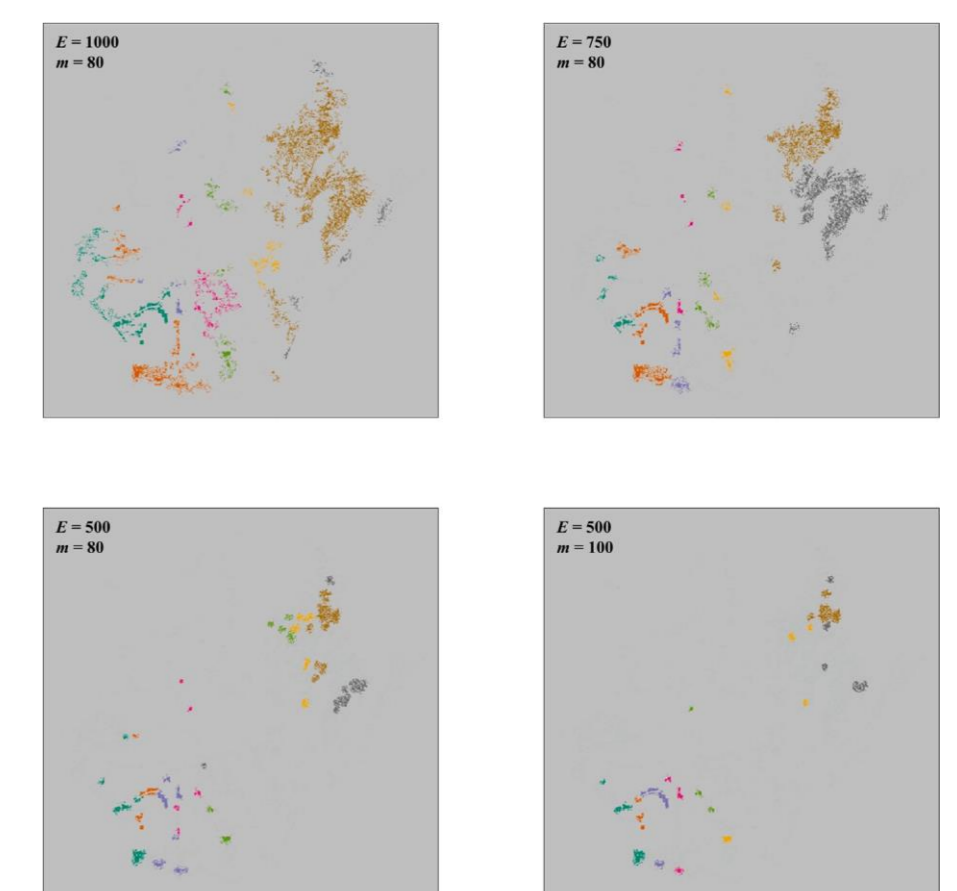


Fig. 12. Isolated areas clustered with DBSCAN algorithm (adjusting the parameter E).

結論與建議

本研究提出了一種新的數據驅動型災後交通網路連通性分析方法，比較不同震度下路網的破壞情況。該模型基於網路拓撲的歷史數據以及永久地表變形 (PGD) 構建，數據來自國家災害防救科技中心和地震衝擊資訊平台。我們結合滲透理論和脆弱性曲線來計算機率，利用滲透理論和模擬測試連通性的變化。研究顯示，台南的道路瓶頸大多位於高速公路和河流附近。此外，我們通過統計方法和分群演算法識別孤島區域，並在地圖上呈現孤島區的分析結果。模型應用測試的背景是台南市後甲中斷層發生5.0級至7.5級地震，深度為10.0公里。隨著地震震級的增加，道路連通群集減少，在5.0和6.5級之間，網路連通性迅速下降，當地震更大時，網路連通性開始趨於平緩。從分析道路網路中最有可能影響連通性的道路瓶頸的位置，可供相關單位提前進行防減災作為。分析孤島區域，我們找到了6.0級地震衝擊後潛在的高風險區域，其中大部分位於山區和沿海地區。此外，決策者可以選擇使用哪種分群演算法對孤島區節點進行分群，並根據減災政策調整其參數，例如隔離區域的總數和密度。換言之，可以透過適當的分群實現救災物資的整體效用最大化。