NCDR-115-02-B-023

經費來源：☐ 01 當年度公務預算 ■ 02 委託補助計畫
機密(E)： ☐是 ■否
出國類別： ☐ A 考察/訪問 ■ B 學術會議/研討會
☐ C 進修/研究 ☐ D 工作會議

第七屆數位城市國際研討會

出國報告書

單位名稱： 國家災害防救科技中心 地震與人為組

出國人姓名職稱： 柯孝勳 研究員兼組長

出國地點： 新加坡
出國日期： 民國 115 年 10 月 14 日至 115 年 10 月 16 日
報告日期： 民國 115 年 11 月 5 日

摘　要

「第七屆數位城市國際研討會(7th International E-CITY Conference)」為每兩年舉辦一次，聚焦於數位轉型與人工智慧應用在城市規劃、防災管理等領域研究之國際研討會，本屆為第 7 屆，將於 115 年 10 月 14 日至 16 日於新加坡舉辦(前 3 屆分別於 2024 年荷蘭鹿特丹、2022 年美國芝加哥，與 2020 年因新冠疫情改視訊方式舉辦)。本研討會係以智慧城市、數位治理、都市防災管理為核心，內容涵蓋都市計畫與土地使用、智慧城市技術與數位治理、都市韌性與災害風險管理、永續基礎設施等議題。

職本次投稿之論文" A Study on Integrating Seismic Hazard Mapping into Land-Use and Urban Development "已獲主辦單位接受並安排進行口頭發表，內容主要以執行國科會計畫「建置跨部會災害圖資共享、議題合作模式，及溝通平台」，整合地震潛勢圖資應用於國土利用、都市發展與災害治理決策支援角色，尤其在高密度都市地區，地震潛勢資訊若能與土地使用、基礎設施分布、都市發展管制及防救災資源配置相互結合，將有助於提升都市災害風險辨識之研究成果進行發表。

本次出國經費由國科會計畫「建置跨部會災害圖資共享、議題合作模式，及溝通平台(2/2)」補助，本出國報告繳交本中心存查外，亦依規定提送國科會。

目　　次

1. 目的……..…… …… ..　1

2. 研討會紀要……　1

3. 觀摩其他學者技術之心得重點說明……..……..　6

4. 出國效益……..……..……　9

1.目的

職本次投稿之論文" A Study on Integrating Seismic Hazard Mapping into Land-Use and Urban Development "已獲主辦單位接受並安排進行口頭發表，內容主要以執行國科會計畫「建置跨部會災害圖資共享、議題合作模式，及溝通平台」，整合地震潛勢圖資應用於國土利用、都市發展與災害治理決策支援角色，尤其在高密度都市地區，地震潛勢資訊若能與土地使用、基礎設施分布、都市發展管制及防救災資源配置相互結合，將有助於提升都市災害風險辨識之研究成果進行發表。

此外，透過參與本研討會，可與國際智慧城市、都市計畫、空間治理及防災科技領域之研究人員與實務專家交流，瞭解各國於都市風險管理、數位治理、資料平台整合與韌性規劃方面之最新發展，並可作為後續強化本計畫有關地震潛勢資訊應用、跨部會資料協調及防災決策支援機制之研究參考。

2.研討會紀要

2.1 論文發表重點

本次研討會於 115 年 10 月 14 日至 16 日假新加坡國家博物館國際會議堂（International Convention Center, National Museum of Singapore）舉行，由地人組柯孝勳博士與會（如圖 1），並發表論文" A Study on Integrating Seismic Hazard Mapping into Land-Use and Urban Development "。



圖 1：地人組柯孝勳博士出席本次研討會(資料來源:攝於研討會場)

本次論文發表重點主要有：

(1) **分析地震危害圖資與都市空間規劃的整合課題:**說明本研究盤點臺灣現有活動斷層、土壤液化、坡地災害等地震相關潛勢圖資，並分析其與土地使用分區、地籍、建築物及人口資料整合的可行性。結果發現，現有圖資雖已具備相當的科學基礎，但在資料尺度與解析度、更新頻率、版本管理及規劃決策介接方面仍存在明顯落差。例如，不同機關所提供圖資從 500 公尺網格到行政區尺度不一，限制了街廓或基地層級的空間比較。因此，如何建立跨領域圖資標準化與整合方法，並將地震危害資訊轉換成都市規劃可直接使用的指標，是本研究優先探討的議題。(如圖 2)。

(2) **說明活動斷層危害資訊在土地使用管制與都市開發的實際應用:** 研究透過臺灣不同都市計畫與科學園區案例，探討活動斷層圖資如何實際影響土地使用及開發管理。其中，新竹科

學園區的新城斷層案例具有代表性，透過都市計畫及環境影響評估，採取不同距離的限建、禁建與開發規避措施，並將部分斷層周邊土地配置為綠地空間。相較之下，CT 都市計畫採取特別管制區方式，而 BT 工業園區則強調近斷層效應評估與廠房耐震設計。這些案例顯示，地震危害圖資已能透過不同制度進入土地使用管理，但管制方式與範圍仍受地質調查精度、開發條件及法規制度影響，尚有建立更一致、具風險差異化管理方法的需求 (如圖 3) 。

(3) **建立地震風險導向的都市土地使用評估與分級管理方法:**針對現行以斷層位置及固定距離進行土地管制的限制，本研究提出以土地使用功能、開發強度及地震相關災害暴露程度為基礎的空間風險評估架構。研究構想透過整合不同使用分區的功能價值、活動斷層敏感區、土壤液化及其他災害潛勢因子，建立加權分級指標，並以 DJ 都市計畫作為概念性應用案例，提出由正常管理至高度風險的四級規劃策略。未來亦規劃導入機器學習建物震損風險模型，將建物損壞機率與街廓、土地使用分區進行空間整合，以支援開發強度調整、都市更新及高風險地區優先改善等決策。此方法期望使地震危害圖資由靜態展示進一步轉化為風險導向的都市規劃工具。(如圖 4)。

Challenges in Hazard Map Applications

➢ Key Challenges in Applying Seismic Hazard Maps

Key Challenges	Description
Map Scale and Spatial Accuracy Standards	Seismic hazard, soil liquefaction, and landslide datasets from different agencies vary considerably in spatial resolution, ranging from 500-meter grids to administrative units. These differences limit direct spatial overlay and comparison.
Data Update Frequency and Version Control	Most hazard maps are updated at intervals exceeding five years. Clear version control and update records are needed to ensure access to the latest datasets.
Linking Hazard Maps to Planning Decisions	Hazard maps are currently used mainly for research and visualization. Further integration with urban planning, land-use management, and disaster preparedness exercises is needed.

圖 2：地震災害潛勢圖資使用之課題

（資料來源：出席研討會之發表簡報）

Land-Use Regulation near the HC Fault: A Case Study of H Science Park

➢ **Fault Characteristics:**

The HC Fault crosses H Science Park, a major hub of high-tech industries.

➢ **Regulatory Measures:**

Tiered land-use controls have been incorporated into urban planning and environmental impact assessments (EIA), including construction restrictions, no-build zones, and development avoidance measures along the fault.

- Urban Planning:
  - Restricted Construction (2002): 15–53 m buffer zone
  - No-Build Zone: 15 m in 2002, expanded to 30 m in 2015
- Environmental Impact Assessment (EIA):
  - Development Avoidance: A 50 m buffer for factory buildings in 2002, extended to building facilities in 2021.

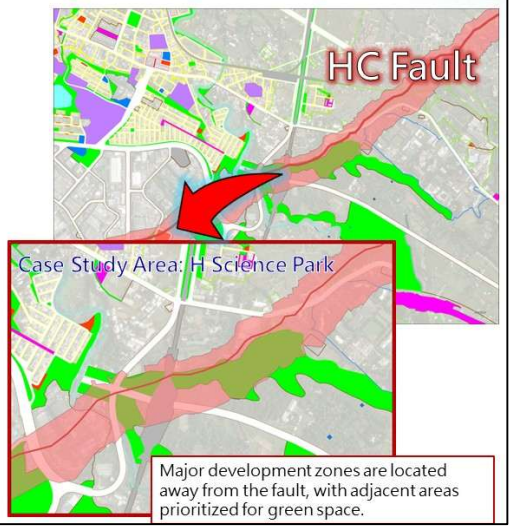

圖 3：活動斷層管制個案示範例（資料來源：出席研討會之發表簡報）

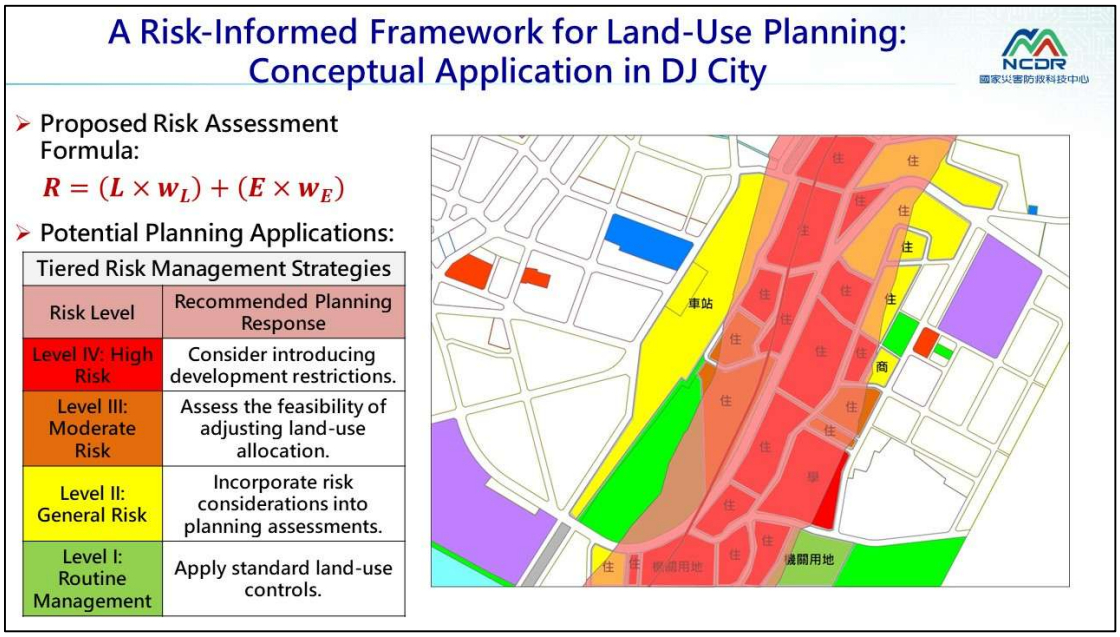

圖 4：方法論規劃構想模擬（資料來源：出席研討會之發表簡報）

2.2 與會者回饋意見重點摘錄

與會者針對本計畫所開發方法的技術面與應用面提供回饋意見，重點彙整摘錄如下：

(1) 研究提出以加權公式整合土地使用特性與災害暴露程度，但各項權重如何設定？如何確認模型評估結果具有合理性？現場初步回應說明本計畫目前提出的加權公式仍屬概念性評估架構，尚未完成權重校準與模型驗證。後續可透過專家諮詢、權重敏感度分析，以及歷史地震災損資料比較，檢驗不同參數設定對空間分級結果的影響。另外，從嚴謹的風險評估觀點而言，現階段模型主要整合土地使用特性與災害暴露程度，尚未完整納入建物脆弱度與損失函數。因此，較適合定位為都市規劃初步風險篩選指標，而非直接估計地震損失的模型。

(2) 地震危害評估具有相當程度的不確定性，研究架構如何考慮不同地震情境及危害評估結果的不確定性？現場初步回應說明本計畫

目前研究架構主要以既有地震危害圖資作為空間評估基礎，但不同震源位置、地震規模及地震動分布，可能造成不同的空間影響。因此，後續可導入多重地震情境分析，檢視不同情境下的風險分級變化，並透過敏感度分析評估不確定性對土地使用管理建議的影響。特別是對於不同震源情境下均呈現較高風險的區域，可考慮作為優先規劃與減災管理的對象。。

(3)研究提出的架構很有價值，但地方政府如何實際採用？是否已考慮科學風險評估成果轉化為都市計畫法規及政策時，可能面臨的限制？現場初步回應說明這是本研究特別重視的應用議題，研究已透過政府機關、都市規劃專業人員及相關領域學者的諮詢，了解地震危害圖資在都市計畫及土地開發管理中的實際限制。因此，本研究並非希望再增加一套固定距離的禁建制度，而是發展具有彈性的風險導向規劃工具，使不同地區可依災害暴露程度、土地使用功能及開發強度，研擬適當的規劃管理措施。

3. 觀摩其他學者技術之心得重點說明

本次研討會涵蓋涵蓋都市計畫與土地使用、智慧城市技術與數位治理、都市韌性與災害風險管理、永續基礎設施等議題，本報告將重點說明與本計畫相關研究課題之觀摩與交流心得。

3.1 地震微分區圖資支援都市土地使用與永續開發：

義大利拉奎拉大學研究團隊以以 2009 年遭受強震重創的義大利拉奎拉為案例，探討如何將精細化地震微分區成果轉換為都市發展與土地管理的科學依據。研究整合地質調查、鑽探、地球物理探測及二維微動陣列觀測，建立地下地層與剪力波速模型，並透過一維及二維地震波傳遞模擬，分析不同地質條件下的地震動放大效應。研究特別指出，沉積盆地及盆地邊緣可能產生明顯的二維場址效

應，僅依傳統一維分析未必能充分描述局部地震危害。團隊進一步將不同週期範圍的地震動放大係數轉換為地震微分區圖，提供不同土地單元的設計參數。這些成果可作為都市擴張選址、建築耐震設計、既有建築改善及震後重建規劃的技術基礎，展現地球科學成果實際支援都市空間治理的可行方法。該研究整合地質調查、場址效應及地震動模擬成果，與本研究整合地震災害潛勢與都市計畫圖資的方向相近，值得借鏡其將地震危害空間差異轉換為土地開發適宜性評估依據的方法。

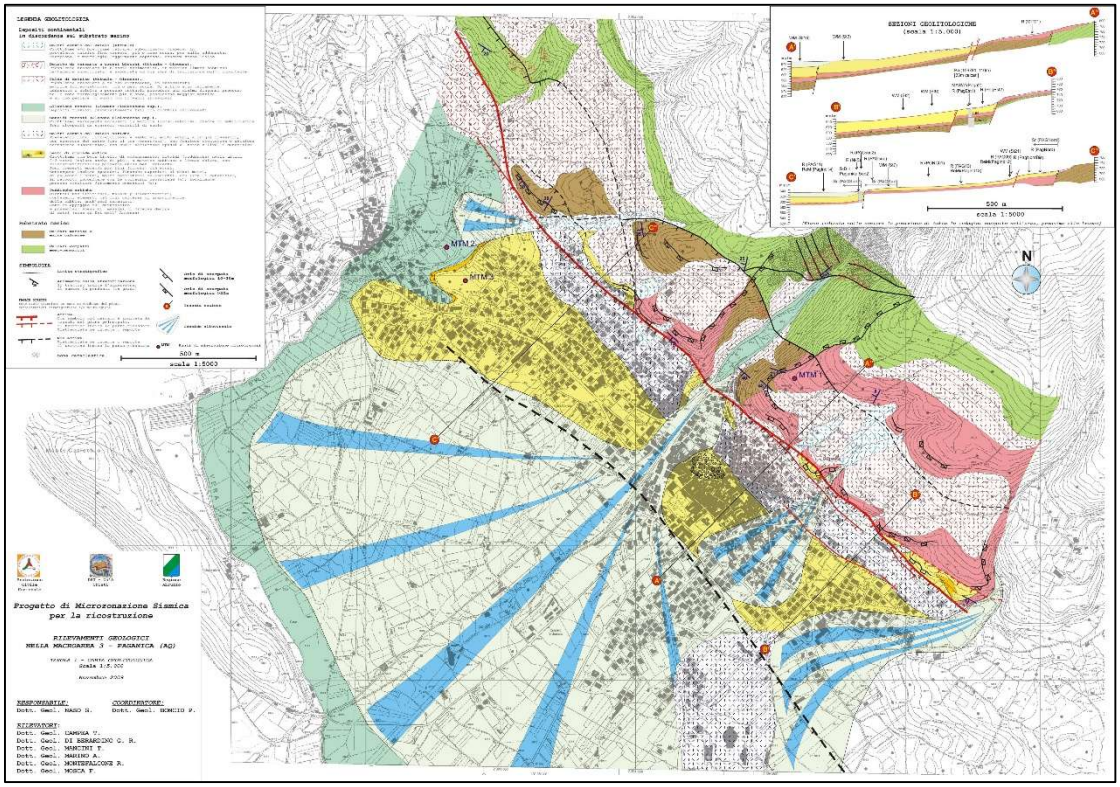

圖 5：地震微分區圖資作為都市土地條件差異的空間展示範例

（資料來源：拉奎拉大學研究團隊學者於研討會發表之簡報）

3.2 結合衛星遙測、都市擴張預測及地震危害的土地開發分析：

伊朗大不里士大學與日本東京工業大學合作之研究團隊，以伊朗大不里士都市地區為對象，整合 Landsat 衛星影像、Sentinel-1 雷

達資料、建築物與道路圖資，分析 1989 至 2020 年間的都市土地覆蓋變化，並應用 Markov Chain 模型推估 2030 年的潛在土地利用型態。同時利用邏輯斯迴歸建立地震易受影響區域的空間分布圖，分析都市擴張是否朝向較高危害區域發展。研究的土地覆蓋分類成果具有約 93%至 96%的整體準確度，並指出部分都市行政分區具有較高的地震易受影響程度。本研究的重要特色在於，不僅呈現現況地震危害，也將未來都市成長趨勢納入評估，使地震圖資能用於辨識潛在開發衝突、土地利用調整及都市成長管理。對於運用衛星遙測與 AI 技術支援國土規劃的研究而言，具有高度參考價值。

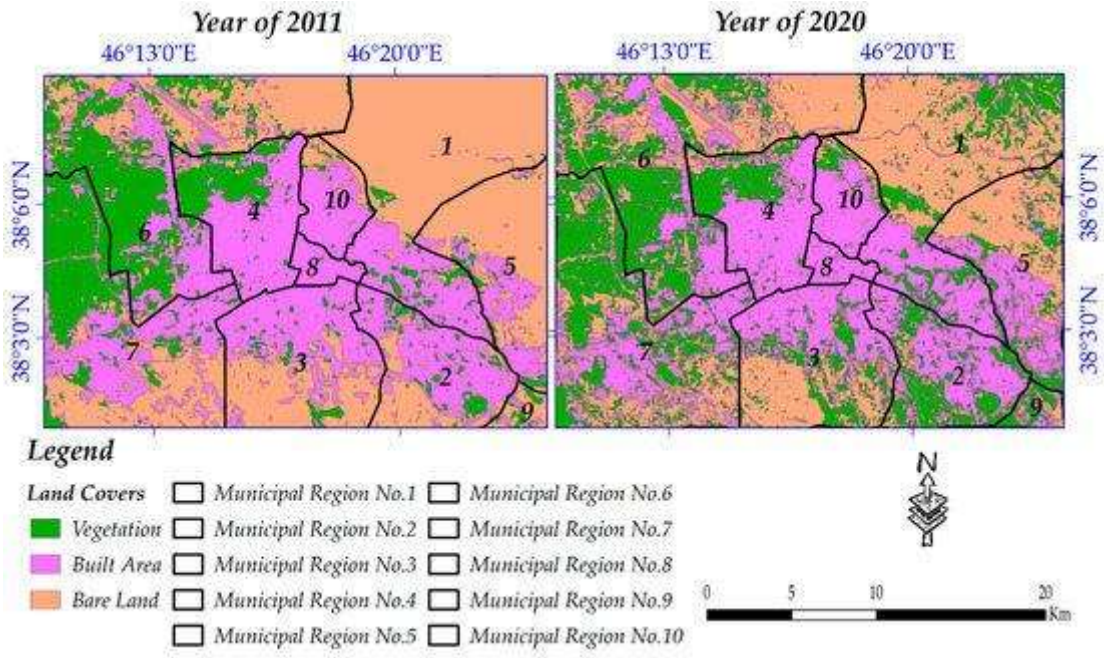

圖 6：地震易受影響區域分布與土地覆蓋分析圖

（資料來源：大不里士大學研究團隊的學者於研討會發表之簡報）

3.3 以 GIS 多準則分析建立地震風險敏感性土地使用分區：

孟加拉工程技術大學與澳洲新南威爾斯大學合作的研究團隊以孟加拉達卡市新市鎮開發區為案例，提出結合地震危害與都市土地使用特徵的多準則空間風險評估方法。研究首先整合地震動、場址放大與液化潛勢等自然危害資料，再納入道路可及性、危險設施、

地形地貌條件、開放空間、臨時收容場所及醫療設施分布等都市環境因子。透過 GIS 空間疊合、模糊集合分析及層級分析法（AHP），將不同風險指標轉換為具有相對權重的土地使用風險敏感性分區。研究最終辨識出四種風險等級，顯示開發區西南部具有較高整體風險敏感性。團隊進一步提出分區差異化的開發策略，包括土地開發強度控制、建築高度調整、醫療設施配置及危險設施管理。此研究提供由地震危害圖資進一步建立都市規劃決策圖的具體方法，適合用來說明 GIS 如何支援智慧城市的風險治理。該研究多準則評估及權重設定方式，與本研究結合土地使用特性及災害暴露程度建立綜合風險指標的構想相近，可借鏡其指標整合、權重分析及風險分級方法。

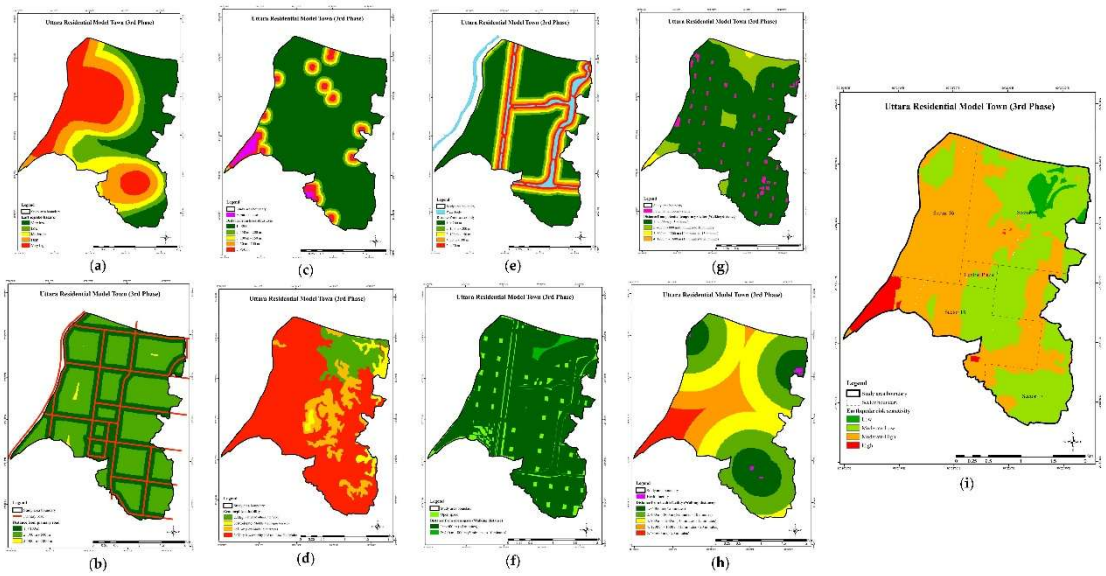

圖 7：不同都市環境指標所形成的風險敏感性分布圖

（資料來源：孟加拉工程技術大學研究團隊的學者於研討會發表之簡報）

4.出國效益

此次參與研討會對本計畫研究發展有以下效益：

(1)借鏡國際地震微分區研究成果，精進地震危害圖資與都市規劃整

合技術：了解國際學界如何運用地質調查、場址效應分析及地震動模擬，建立細尺度地震危害分區，並轉化為都市土地開發適宜性評估之科學依據。透過本次研討會之學術交流，可進一步檢視臺灣現有地震災害潛勢圖資於都市計畫應用之尺度、精度及適用性問題，借鏡國際研究將地震危害空間差異納入土地使用規劃之方法，作為後續發展地震風險導向都市規劃及空間治理技術之參考。

(2) 參考多準則空間風險評估方法，強化土地使用分級管理與決策支援：參考運用地理資訊系統（GIS）與層級分析法（AHP），整合地震危害、土地使用及都市環境指標，建立地震風險敏感性分區之研究成果，了解不同空間指標之整合方式、權重設定及風險分級方法，作為本研究建構土地使用功能、開發強度與災害暴露程度綜合評估架構之重要參考。後續可進一步研議差異化土地使用管理策略，將地震風險評估成果轉化為都市計畫檢討、開發配置調整及防災改善優先順序之決策依據。

(3) 掌握遙測與都市發展動態分析技術，拓展地震風險導向空間規劃研究：觀摩國際研究團隊整合衛星遙測、土地利用變遷分析及未來都市擴張預測之研究成果，了解如何運用多時期衛星影像與 Markov Chain 模型，分析都市發展趨勢及其與地震危害區域之空間關係，可借鏡將地震危害評估由現況分析延伸至未來土地開發情境之方法，作為本研究後續導入都市發展動態模擬、土地使用變遷預測及多情境風險評估之參考，進一步支援國土空間規劃、都市成長管理與長期減災政策研擬。