

地理空間人工智慧於防救災領域之應用

鍾佩蓉、蘇文瑞、張子瑩

國家災害防救科技中心 災防資訊組

摘要

面對日益頻繁且複雜多變的自然災害，在防災管理各階段有更多的挑戰。地理空間人工智慧(Geospatial Artificial Intelligence, GeoAI)融合地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)與人工智慧(Artificial Intelligence, AI)技術，為防災應變注入革新力量。地理資訊系統(GIS)具備整合與分析龐大空間資料的能力，而人工智慧(AI)則能強化數據中的模式識別、預測分析與決策支援能力，兩者融合應用，於災前預警、災中監控、資源配置及災後損害評估等環節都有所助益。本文整理當前地理資訊系統(GIS)公司 ESRI 所推出的地理空間人工智慧(GeoAI)技術為例，應用於野火偵測、建築損壞判釋、基礎設施辨識、農業監控、災害熱點預測及社群訊息分析等，展現其提升災防效率與決策準確性上的關鍵價值。隨著技術精進與跨域整合，地理空間人工智慧(GeoAI)將有機會推動智慧災防，強化防災韌性與應變能力。

一、 背景介紹

近年來，全球氣候變遷導致極端氣候事件頻率顯著上升，暴雨、洪水、颱風、野火乃至地震等重大自然災害接連發生，對人民生命財產安全構成嚴峻挑戰。隨著科技進步，地理資訊系統(GIS)與人工智慧(AI)的結合，也驅動災害防救領域邁向智慧化發展。

(一)地理資訊系統在災防領域的角色

地理資訊系統(GIS)在災害防救領域的應用，從製作靜態地圖的工具，演變為一套能整合空間大數據並執行進階分析的決策輔助系統。技術層面上，地理資訊系統結合遙測影像解析、數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)、空間重疊分析(Spatial Overlay Analysis)與時空模擬(Spatiotemporal Simulation)等方法，有效建立多維度的災害風險圖層，例如利用降雨強度與地質敏感因子製作土石流潛勢區圖，或透過水文模組模擬洪水漫延動態；在災中應變方面，地理資訊系統(GIS)可即時整合自動氣象站、物聯網(Internet of Things, IoT)感測器與無人載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)所回傳之即時資料，輔以視覺化展示災情，並運用網路分析技術進行人員疏散與物資調度路徑最佳化分析；災後復原階段，地理資訊系統(GIS)可應用三維建模與損害評估演算法模擬建築損壞狀況，支援災損鑑定、保險理賠與土地再利用規劃。綜整以上，地理資訊系統(GIS)已在資訊整合、監測預測與智慧決

策之關鍵核心技術扮演重要角色。

(二)人工智慧在災防領域的潛能

隨著人工智慧(AI)技術日益成熟，透過機器學習(Machine Learning, ML)、深度學習(Deep Learning, DL)與自然語言處理(Natural Language Processing, NLP)等技術的發展，可從龐大的歷史資料中學習規律並以數據驅動，建立預測模型。例如，結合氣象數據與地形特徵，人工智慧(AI)可有效預測颱風、豪雨或地震等災害的發生機率與影響範圍；透過分析衛星或無人機影像，系統更可即時辨識野火、淹水等災情區域。此外，人工智慧(AI)還能應用自然語言處理(NLP)技術擷取社群媒體上民眾發布的災情資訊，加速災情彙整與判斷流程，這些創新應用不僅強化了災防系統的即時應變能力，也為提升整體災害管理效率與精準度帶來新的契機。

(三)地理資訊系統與人工智慧結合之效益

在數位災防發展的趨勢下，地理資訊系統(GIS)與人工智慧(AI)的整合，正快速改變災害預測與應變的方式；當人工智慧(AI)模型應用於地理資訊系統(GIS)資料層上，不僅能提升空間資訊的分析深度，也讓災防作業邁向高度自動化與智慧化；首先，透過人工智慧(AI)技術進行即時資料處理，可實現災害監測的自動辨識與通報，大幅縮短災情感知與回應時間；此外，整合物聯網(IoT)感測器與遙測影像，人工

智慧(AI)可即時分析風災、洪水、野火等災情發展，快速掌握災區範圍與嚴重程度。更進一步，結合歷史災情與環境資料的空間預測模型，能有效模擬未來可能的災害熱點分布，作為資源部署與防災規劃的重要依據。此外，人工智慧(AI)亦能分析人口密度、交通系統與避難設施等空間資訊，進一步規劃更有效率的疏散動線與物資調配方案。地理資訊系統(GIS)與人工智慧(AI)的整合應用，正逐步打造智慧災防系統的技術核心，有效提升災害應變的效率與決策的精準度，成為推動現代災防體系升級的重要動力。

二、 GeoAI 介紹及相關應用

(一)GeoAI 介紹

ESRI 推出的地理空間人工智慧(GeoAI)是一套將人工智慧(AI)技術全面整合於地理資訊系統(GIS)中的智慧化解決方案。此平台結合深度學習、機器學習與自然語言處理，可應用於影像分類、物件偵測、文字分析與災害預測等多元場景。使用者可透過 ArcGIS 平台中的工具，或整合開源框架(如 TensorFlow、PyTorch)進行模型訓練與部署，實現自動化的空間資料處理流程。地理空間人工智慧(GeoAI)支援雲端運算與即時資料流分析，能有效掌握災情發展、預測風險熱區，並協助決策者進行資源配置與應變規劃，其最大特點為讓地圖不只是視覺呈現工具，而是具備智慧推論與預測能力的決策引擎，廣泛應用於

防災、農業、城市發展與公共健康等領域。

(二) GeoAI 相關應用

1. 野火監測

地理空間人工智慧(GeoAI)結合衛星影像與空拍資料，透過深度學習模型自動辨識火點、煙霧與熱區，有效提升森林火災的偵測速度與準確性，並可結合風向、濕度等氣象因子預測火勢蔓延範圍，並即時更新災情圖層，協助決策單位進行疏散規劃與資源派遣，顯著降低人員傷亡與財產損失(如圖 1)。

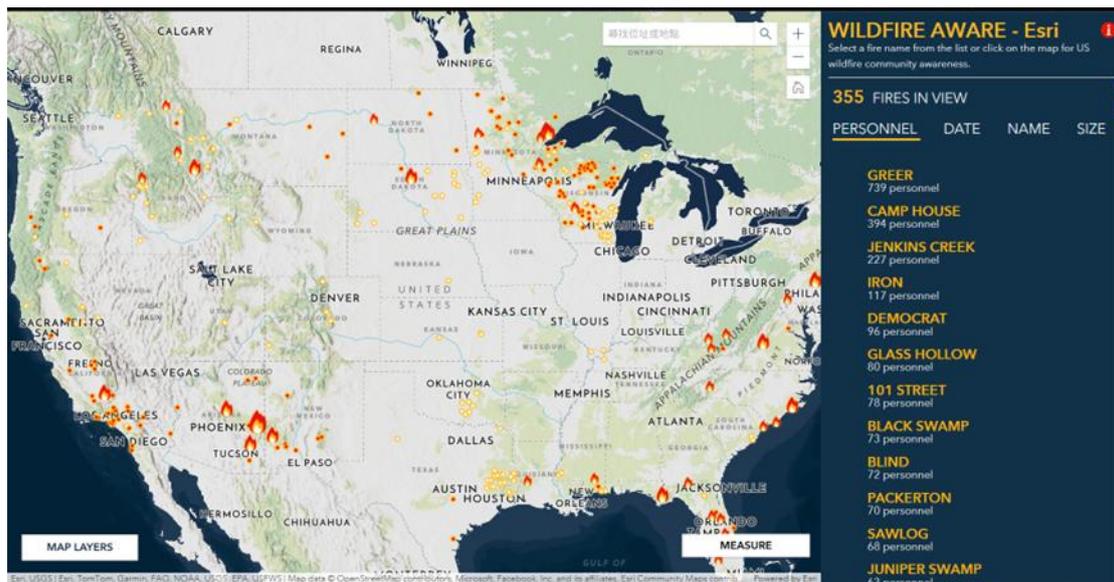


圖 1、野火監控與通報資訊系統畫面
(圖片來源：ArcGIS Wildfire Aware)

2. 建物損毀判釋

災害發生後，地理空間人工智慧(GeoAI)利用高解析度影像與深度學習模型自動辨識倒塌、受損與未受損建物，快速產出災損地圖。

相較傳統人工判釋方式，人工智慧(AI)可在短時間內處理大範圍資料，大幅提升初期損害評估作業，此技術特別適用於地震、颶風等大規模災害後，作為災情判讀與重建規劃的依據(如圖 2)。

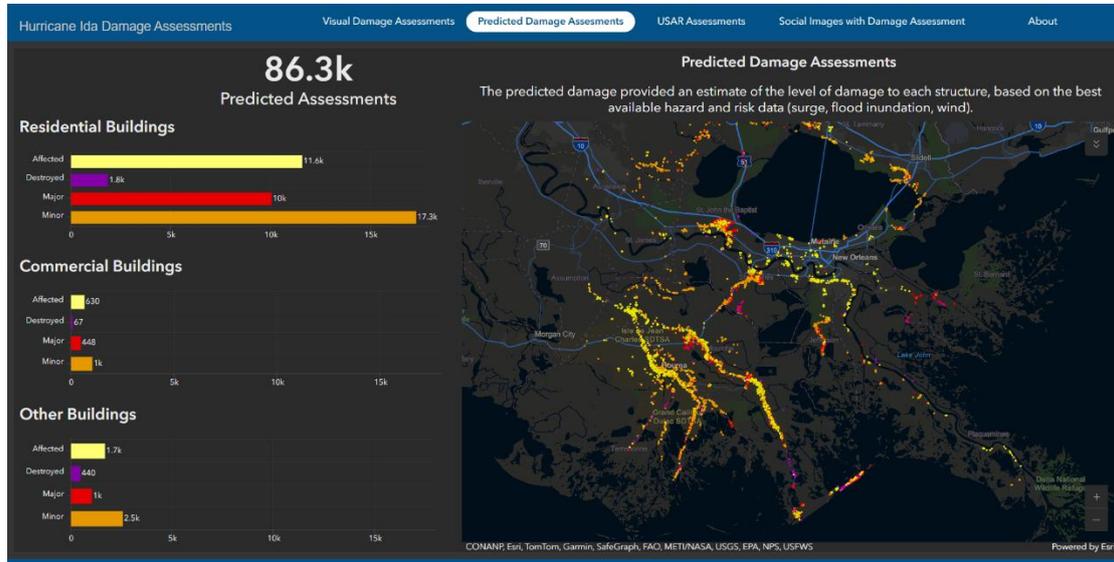


圖 2、颶風艾達(Hurricane Ida)損失評估
(圖片來源：Hurricane Ida Damage Assessments 網站)

3. 路網辨識與基礎設施分類

透過物件偵測與影像分類技術，地理空間人工智慧(GeoAI)可自動從空照或衛星影像中提取道路、橋梁、建築物等基礎設施特徵，並加以分類與標註(如圖 3)。此應用可用於基礎設施監測、都市規劃、交通分析或災害影響評估，並有助於快速更新地圖資料與掌握區域發展情況，亦可作為災中路徑阻斷分析或疏散規劃的基礎資料來源。對於智慧城市與交通管理具高度應用價值。



圖 3、道路與建築物分類訓練成果

(圖片來源：Esri Developer)

4. 農作物分類與健康監測

結合多時期影像與光譜分析技術，地理空間人工智慧(GeoAI)能辨識不同作物種類，追蹤其生長週期與健康狀況。AI 模型可分析植被指數(如 Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)，自動偵測乾旱、病蟲害等異常現象，並生成空間分布圖(如圖 4)。此應用可即時偵測病蟲害、乾旱或營養缺乏等問題，協助農業部門提升作物產量、優化施肥與灌溉策略，亦有助於糧食安全管理、農業保險與永續耕作規劃。

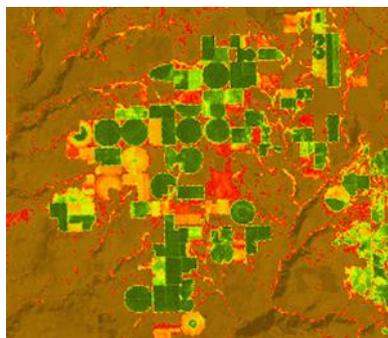


圖 4、NDVI 空間分布圖

(圖片來源：ArcGIS Blog)

5. 空間預測模型

地理空間人工智慧(GeoAI)結合歷史資料、氣候變因與地形資訊，透過人工智慧(AI)演算分析空間變因，建立災害風險預測系統，模擬如洪水、邊坡滑動、土石流、野火等災害的潛勢分布(如圖 5)。預測結果可用於風險熱區標定、防災設施設置與都市空間規劃，幫助決策者提前部署防護策略，減少潛在損害。

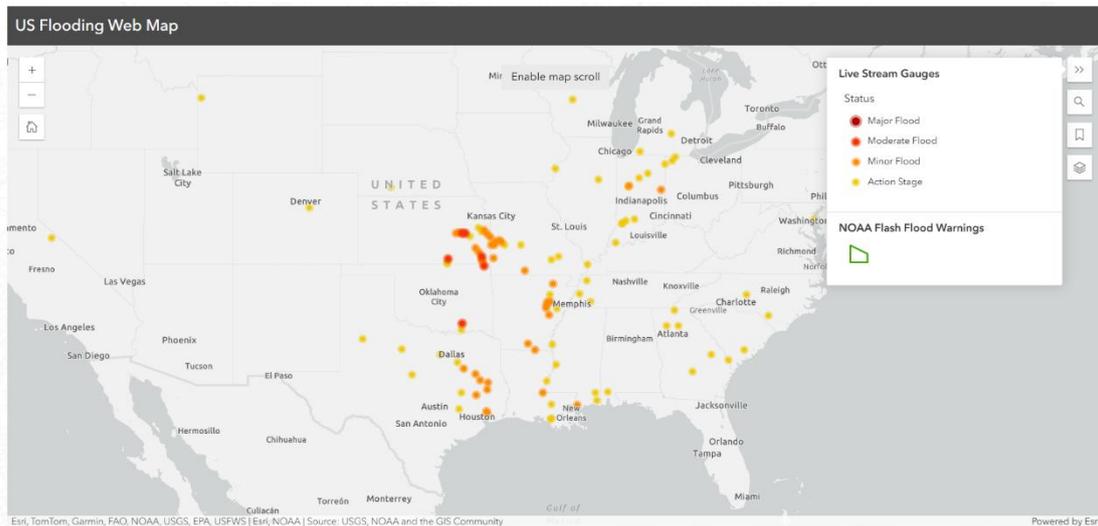


圖 5、美國各地的洪水資訊分布圖
(圖片來源：US Flooding Web Map)

6. 社群媒體分析

運用自然語言處理(NLP)與地理語意分析，地理空間人工智慧(GeoAI)可即時從社群平台擷取災情相關貼文與照片，自動辨識關鍵字與地點，快速建立即時災害熱點分布圖(如圖 6)。此技術有助於快速掌握民眾需求與受災情況，強化災中通報、救援調度能力，讓政府

與救援單位可提早部署資源，提升整體災防反應能力。

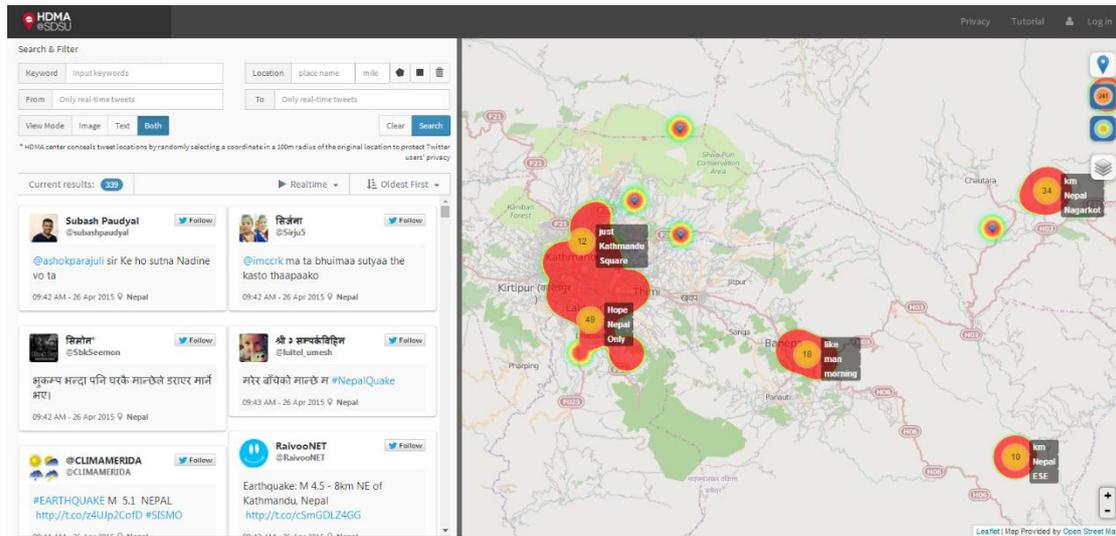


圖 6、社群媒體數據繪製即時災害熱點示意圖

(圖片來源：HDMA@SDSU 網站)

三、地理空間人工智慧(GeoAI)於災防領域之應用

隨著人工智慧(AI)與地理資訊系統(GIS)的深度整合，地理空間人工智慧(GeoAI)已成為提升災害防救效率與準確度的關鍵技術；它在災前預測、災中應變與災後復原等各階段皆展現出廣泛的應用潛力，正逐步轉化為各級政府與防救災單位實務操作中不可或缺的決策支援工具，各階段說明如下：

1. 災前預測與預警

如美國聯邦緊急事務管理署(Federal Emergency Management Agency, FEMA)應用地理空間人工智慧(GeoAI)技術，協助統整與分析全國各地方政府《地方災害緩解計畫》(Local Hazard Mitigation Plans,

LHMPs)的實施狀況(如圖 7)，主要用來減少災害風險、提升在地防災能力；在災害發生前，可利用地理空間人工智慧(GeoAI)分析歷史災情資料、氣候變化趨勢及地理環境特性，預測如颱風、森林火災、水災等災害的發生機率及其可能影響範圍，而系統也會透過熱點分析與風險模型，自動產製高風險區域圖資，其可用來規劃避難收容所的位置是否需要調整，或者針對高風險區域內的重要設施(例如學校、醫院)進行防災韌性評估；透過這些資訊，各地方政府可提前做出更妥善的資源調度與應對規劃，減少突發狀況時的混亂與延誤。

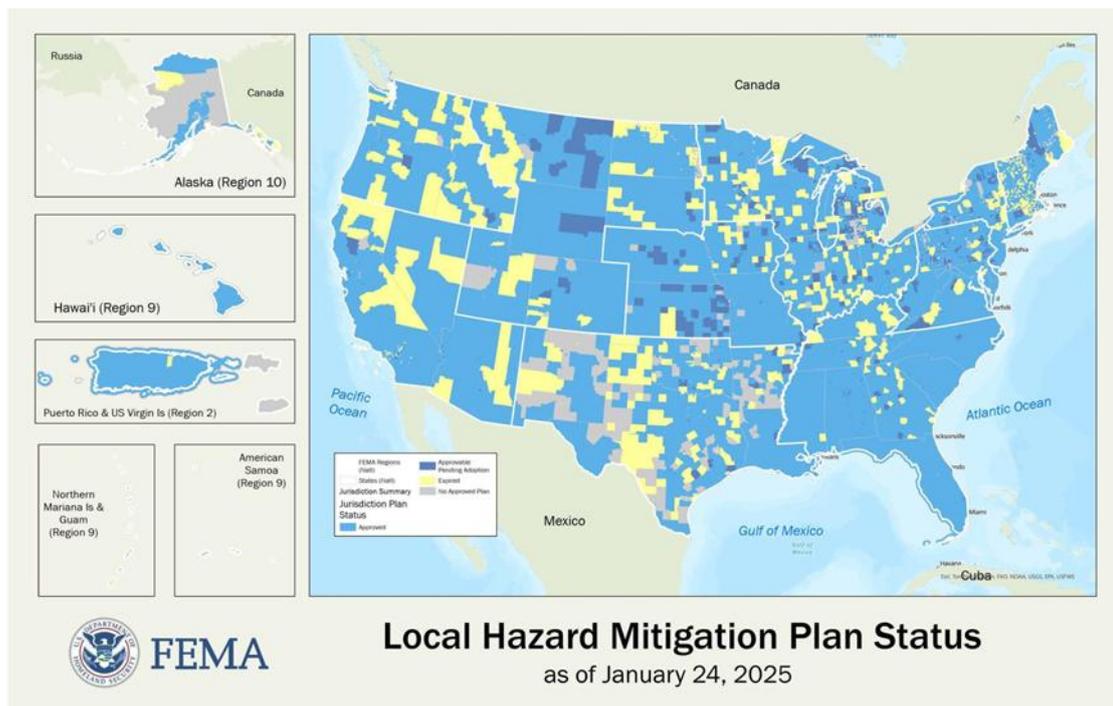


圖 7、美國各地方政府的《地方災害緩解計畫》實施狀態統計
(圖片來源：美國聯邦緊急事務管理署官方網站)

2. 災中即時監測與應變

例如美國地方政府於沿海地區推行的「Know Your Zone」平台，

提供居民查詢自身是否位於高風險的疏散分區；此平台應用地理空間人工智慧(GeoAI)技術，將地形資料、人口分布、風暴潮模擬結果以及歷史災情紀錄等資訊加以整合，進行空間分析與區域分類，進而建立較符合當地實際情況的疏散分區；此外，平台結合社群媒體資料進行語意分析與地理定位比對，系統能即時掌握民眾通報的災情訊息與緊急需求，進一步結合交通路網與物資分布資訊，可迅速提供最佳化的物資運送路徑與疏散動線建議，有助於前線人員在突發情況下更快掌握狀況，並作出相對應的行動安排(如圖 8)。



圖 8、美國沿海地區之颶風疏散路線資訊平台
(圖片來源：Know Your Zone 平台)

3. 災後損害分析與復原規劃

以 2023 年土耳其震災後的「Turkey Building Damage Assessment」為例，研究團隊便結合衛星影像與地理空間人工智慧(GeoAI)技術，

透過災前與災後影像比對，運用深度學習模型自動分類並標註建築物的受損程度，大幅提升災損評估的效率與準確性，為後續的救援與調度提供參考(如圖 9)；另外，系統災損判讀結果結合統計分析，可用來推估相關的經濟損失或受影響的人口數，協助政府加速辦理災後補助、保險理賠及各項資源分配。更進一步延伸應用，地理空間人工智慧(GeoAI)技術亦能運用於重建用地的選址與都市更新規劃，有助於災區長期恢復發展。

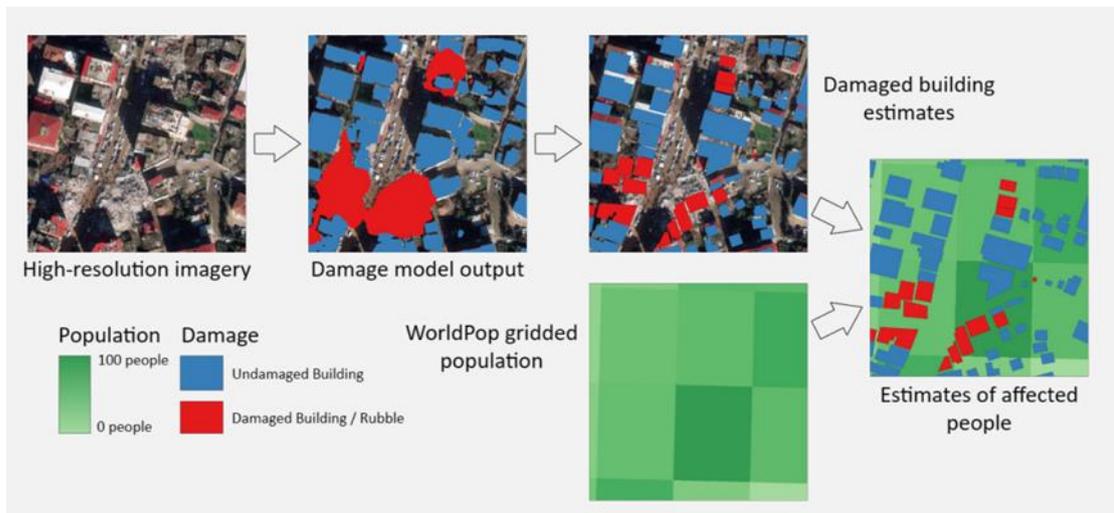


圖 9、2023 年土耳其地震之建物災損評估與人口受災估算流程
(圖片來源：Turkey Building Damage Assessment)

四、 臺灣在地化應用展望

對臺灣而言，頻繁的地震活動與季節的強降雨，使其面對地震、水患與土石流等多元災害風險，長期處於高度災害敏感狀態；而地理空間人工智慧(GeoAI)結合空間資料處理與機器學習的技術特性，能有效因應不同地區的地理與氣候條件，具備地域特性整合能力，可對

應臺灣多變環境下的災害預測與即時應變挑戰，隨著地理資訊系統(GIS)建置、物聯網(IoT)感測器布設與氣象水文數據的持續累積，臺灣已具備發展地理空間人工智慧(GeoAI)的堅實基礎。未來若能有效整合中央與地方政府之災情紀錄、國土圖資、社群即時通報等多元資料來源，將有助於訓練出具有本地風險感知能力的人工智慧(AI)模型，提升預測精度與反應效率。

因應臺灣災害類型，地理空間人工智慧(GeoAI)於實務層面之應用如：

1. 災前階段，利用該技術之特性，可處理大量異質資料，並隨資料更新快速調整分析結果，再以圖像方式清楚顯示各區的風險分布，以颱風為例，透過分析颱風路徑與地形交互作用，推估可能淹水或強陣風影響之區域，再結合地質敏感區資料與降雨預報，判識土石流高風險地區，協助政府提前預警與疏散規劃。
2. 災害發生期間，運用空拍機或衛星影像與人工智慧(AI)模型，自動判讀倒塌建物或受災區域，並搭配分析社群媒體的地理標籤資訊，快速掌握非官方的災情回報，補足資訊缺口。
3. 災後階段，地理空間人工智慧(GeoAI)可快速進行建物損毀辨識與受災程度量化，支援保險理賠、災後補助及重建用地評估，加速災情回報與救援資源的即時調度。透過因地制宜的技術應用，

地理空間人工智慧(GeoAI)有助於建立符合臺灣需求的全災期智慧災防體系，全面強化社會應變能力與災後復原韌性。

然而，地理空間人工智慧(GeoAI)技術的在地化落地推動，需仰賴跨部門的資料共享與協作，包括政府機關、學術研究單位與民間科技產業的共同投入；國家災害防救科技中心可扮演關鍵的整合角色，建立示範案例與技術驗證平台，引導各界發展符合臺灣在地需求的智慧防救災解決方案。

參考資料

1. ArcGIS Living Atlas. Wildfire Aware.
<https://livingatlas.arcgis.com/wildfireaware>
2. Esri. Real-time GIS in emergency management. Esri Disaster Response Program. <https://www.esri.com/en-us/disaster-response/overview>
3. Esri. (2024). Geospatial artificial intelligence (GeoAI).
<https://www.esri.com/en-us/geospatial-artificial-intelligence/overview>
4. Esri. Use hazard mitigation planning.
<https://doc.arcgis.com/en/arcgis-solutions/latest/reference/use-hazard-mitigation-planning.htm>
5. Esri Developer
<https://developers.arcgis.com/python/latest/samples/automate-building-footprint-extraction-using-instance-segmentation/>
<https://developers.arcgis.com/python/latest/samples/automatic-road-extraction-using-deep-learning/>
6. Federal Emergency Management Agency. (2025). Hazard mitigation plan status. <https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/hazard-mitigation-planning/status>
7. HDMA@SDSU. (2015). HDMA “GeoViewer” and “SMART Dashboard” for Nepal Earthquake Disaster Response and Assistance.

- Humanitarian Data Model Application, San Diego State University.
<https://humandynamics.sdsu.edu/NepalEarthquake.html>
8. Know Your Zone
<https://floridadisaster.maps.arcgis.com/apps/instant/lookup/index.html?appid=aa18a2d8737c4d66bb6434a09e17203a>
 9. Robinson, C., Gupta, R., Nsutezo, S. F., Pound, E., Ortiz, A., Rosa, M., White, K., Dodhia, R., Zolli, A., Birge, C., & Lavista Ferres, J. (2023). Turkey building damage assessment. Microsoft Research.
https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2023/02/Turkey-Earthquake-Report-2_MS.pdf
 10. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). The role of artificial intelligence in disaster risk reduction. UNDRR.
 11. US Flooding Web Map. (2025).
<https://www.esri.com/ja-jp/disaster-response/disasters/flooding>