



美國聖地牙哥會議中心。

走訪 2019 Esri User Conference 地理資訊系統在林火應變之應用

文 | 蔡博雅 | 林務局林政管理組保林科技士（通訊作者）
黃允廷 | 林務局南投林區管理處林政課技正

由美國環境系統研究所公司（Environmental Systems Research Institute, Inc.，簡稱Esri）所舉辦的Esri User Conference是目前全球最大地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）技術交流研討會，每年7月份在美國聖地牙哥會議中心（San Diego Convention Center）舉辦，至今已舉辦超過30屆以上。研討會除了盛大的全體使用者開幕大會外，更提供超過1,000個GIS用戶演示會議、技術工作坊（Technical Workshop）以及地圖展示迴廊（Esri User Conference Map Gallery），其技術類別多元，包括商業、國防、教育、環境、健康、自然資源管理、交通等主題，因此每年均有上百個國家的使用者齊聚一堂，2019年更超過19,000人共襄盛舉這場國際盛會。

2019全體使用者開幕大會摘要

Esri User Conference每年主題都不同，如2017年主題為「Science of Where」、2018年主題為「Inspiring What's Next」，而2019年大會主題為GIS－智能神經系統（GIS-The Intelligent Nervous System），和往年一樣依舊由Esri公司總裁丹傑蒙德（Jack Dangermond, president of Esri）主持，闡述GIS與地理空間資料的關係，就像人們的大腦神經與人體器官、組織間的串連，並可透過雲端資訊整合各項地理空間資訊並分析，提供決策參考，亦提供更聰明與更有效率方法。

開幕大會也安排了多項專題演講，如智能城市、人口普查、會議管理、地鐵管理、生物多樣性保護、氣候變遷適應（都市建築）等，以下摘錄與保育相關之專題內容。

NatureServe：生物多樣性保育

NatureServe是由一群研究學者所建立的生物多樣性資訊網站，藉由蒐集瀕危物種與生態環境相關數據，運用GIS演算並將其視覺化，提供物種所面臨的風險，並經由專家學者分析與討論，提供實際保育行動計畫。

專題演講上，Dr. Hearly Hamilton以美國瀕危物種－蝶螈（frosted flatwoods salamander, *Ambystoma cingulatum*）作為例子，早期物種分布係以地面調查為主，但可能會因調查路徑無法抵達而低估棲息分布範圍，故NatureServe結合GIS技術，分析棲息地環境因子與地面調查分布之情形，來推估可能分布範圍，建立美國瀕危蝶螈生物多樣性儀表板，並透過公民參與調查，產生一個滾動性的動態分布地圖（圖1），並以此做為劃設保護區之依據。當土地開發利用時，亦可套疊地圖點位資

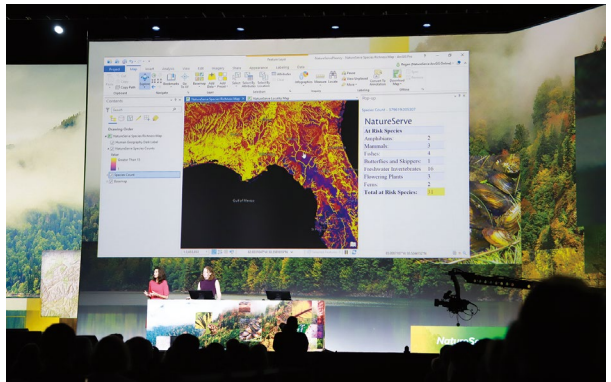


圖1、NatureServe運用GIS分析生物多樣性熱點區域。

料以避免核心區域遭受破壞，達到物種保育之目的。

非洲國家公園基金會（African Parks）：保護區管理

非洲國家公園基金會成立於2000年，為專注非洲國家公園生態保護的非政府組織，長期與在地政府及在地社區合作，協助管理非洲地區15個國家公園與保護區，面積約1,050萬公頃，其範圍包括貝南共和國（Benin）、中非共和國（Central African Republic）、查德（Chad）、剛果民主共和國（Democratic Republic of Congo）、馬拉威（Malawi）、莫三比克（Mozambique）、剛果共和國（Republic of Congo）、盧安達（Rwanda）和尚比亞（Zambia）等多個非洲國家。

主講人Naftali Honig與他的團隊指出保護區管理的五大原則，1、人員執法（Law Enforcement）：建立訓練有素的執法團隊，打擊非法活動；2、生物多樣性保護（Biodiversity Conservation）：減少棲地破壞，減輕主要威脅－盜獵；3、基礎設施管理（Management infrastructure）：建立衛星追蹤系統與通訊系統、適當安裝圍籬減少人員與動物衝突；4、社區參與（Community

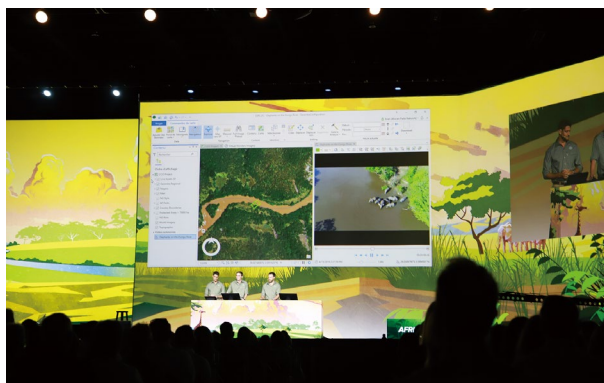


圖2、非洲國家公園基金會展示利用無人載具、衛星影像與GIS結合追蹤象群。

engagement)：與在地社區合作，提供教育支持，建立地方環境教育，促進當地居民了解在地資源與永續發展的必要性；5、旅遊管理 (Tourism Enterprise)：妥善運用自然資源，發展旅遊行程，增加在地工作機會，回饋當地社區，有助於經濟發展。

而非洲國家公園基金會團隊也運用GIS技術，藉由蒐集盜獵者出沒資訊分析區域危險值以及象群動態趨勢等情資輔佐巡視，成功守護90%象群 (圖2)。

珍古德博士 (Dr. Jane Goodall) 與威爾遜博士 (Dr. Edward Osborne (E. O.) Wilson) 座談

開幕大會上特別邀請國際知名保育專家學者珍古德博士與威爾遜博士分享近期物種保育工作歷程 (圖3)，首先「生物多樣性之父」威爾遜博士指出目前保育議題上有三大重要議題：1、氣候變遷；2、淡水減少；3、物種滅絕，也闡述2016年所提出的半個地球 (Half-Earth) 構想：「把這個地球表面的一半交還給自然，我們才可望拯救這個地球內數不清的各種生命形式。」此也反映島嶼生物學的概念，較大面積的島嶼還可降低物種因為偶發事件而發生的滅絕，使滅絕率較低。因此，威爾

遜博士與耶魯大學Walter Jetzw團隊利用GIS建立「Half-Earth」網站 (<https://www.half-earthproject.org/>)，利用視覺化顯示物種的分布與多樣性，亦可顯示人口干擾的壓力，透過「Half-Earth」，可以讓全世界的人們認識自己的家園，透過簡單的操作、單純的視覺化，探索周遭的物種，瞭解人類活動造成的壓力以及目前的保護措施，共同為生物多樣性保育盡一份心力。

而珍古德博士則是分享珍古德教育及保育協會 (Jane Goodall Institute) 執行的The Lake Tanganyika Catchment Reforestation and Education (TACARE) 計畫，係一個以社區為中心主導的黑猩猩保育計畫，利用在地社區的力量與知識，導入學術、科技的技術並聆聽社區人民的想法，培訓在地森林監測員。藉由衛星影像、GIS數據分析、監控管理，逐一恢復當地森林面積，不僅減少黑猩猩與其他生物多樣性的威脅，更創造當地工作機會，達到保育兼顧經濟之成果。

Esri User Conference技術研討工作坊

本次參與兩場與林火防救、復原及預防相關之技術研討工作坊：

一、Exploring Forest Health and Wildfire Recovery工作坊

探討如何運用GIS分析來輔助研訂受到野火及洪水摧毀的森林復原策略。本工作坊以美國新墨西哥州Santa Clara Pueblo地區為探討標的，Santa Clara Pueblo為一個美洲原住民普韋布洛人的部落，在過去20年發生了3次嚴重的森林火災，影響了當地80%的森林面積 (圖4)，因為植生覆蓋遭到火災破壞，接連而來的洪水更摧毀了Santa Clara峽谷，道路、橋梁及魚類棲



圖3、珍古德博士與威爾遜博士座談情形。

間資料分析蒐集開始，利用GIS整合創新的生物工程、適應性管理原則和洪水緩解技術，應用生態上合理的恢復策略，Santa Clara Pueblo林業部門的最終目標是恢復當地森林生態系統功能，同時對未來的干擾和氣候變遷能更有應變力。

地均受到嚴重的破壞；當地政府林業部門開始規劃一連串的減災及重建措施。

首先在森林火災方面，利用歷年航空影像分析3次火災影響範圍的空間分布，標計出火災高風險範圍，並進行火災跡地內的復育造林工作、定期燃料移除及控制火作業（圖5、6）；峽谷內原有的魚類棲地因為洪水沖刷而有巨大的變遷，復原工作先由現場地形地貌變遷的空

二、林火行為預測模型技術展示工作坊

為減少森林火災帶來的威脅與損失，會場上亦有政府單位及公司利用GIS演算建立林火行為模型，如「Wildfire Analyst」、「Flame Mapper」等（圖7），透過即時氣溫、風向、大氣濕度、地形及地被燃料狀況進行分析，提供即時林火行為及模擬林火蔓延方向與範圍予指揮官或第一線救火人員，以確保人員安全與滅火計畫之參考。

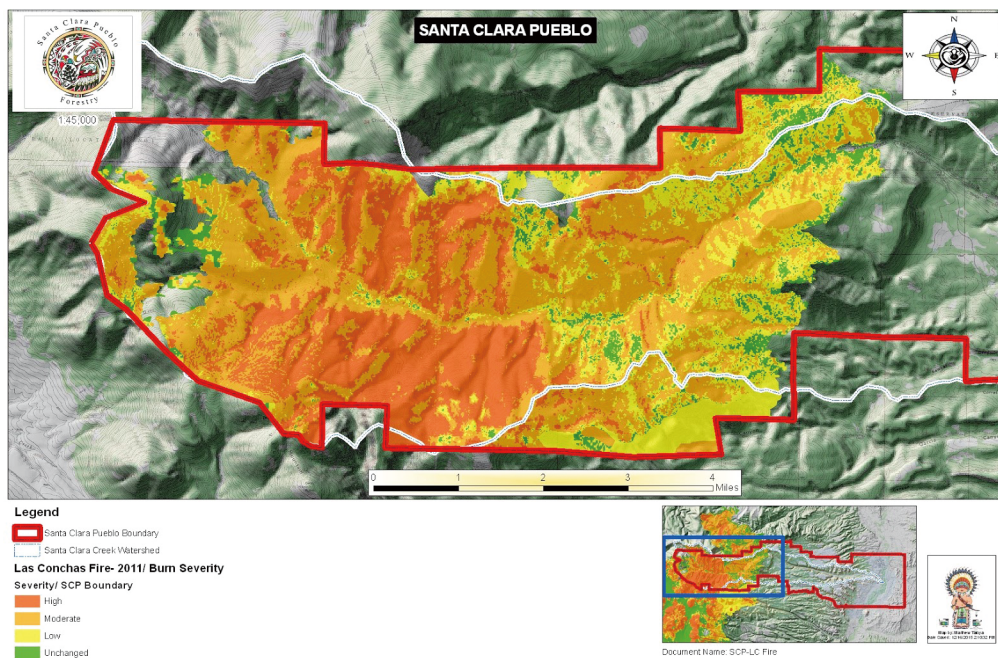


圖4、2011年Santa Clara峽谷上游森林火災受損程度分析。

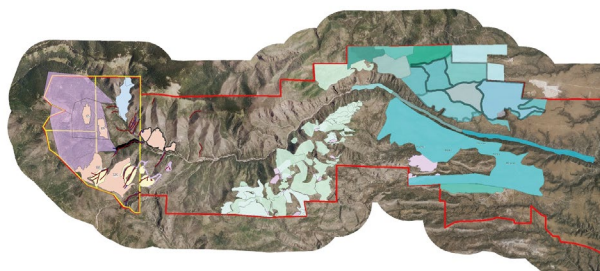


圖5、Santa Clara峽谷2014-2016森林及流域復育空間分析。



圖6、運用空間分析火災高風險區域，採取控制火移除燃料作業。



圖7、利用GIS演算森林火災擴展方向與範圍。



圖8、2019年Esri User Conference地圖展示迴廊會場。

地圖展示迴廊

地圖展示迴廊是Esri User Conference重點活動之一（圖8），每年均超過100個國家和地區展示運用ArcGIS分析各項資訊之研究成果，並以地圖方式呈現，2019年約有810幅地圖展出，主辦單位亦舉辦票選活動，由與會人員票選出認優秀的地圖，而2019年最佳製圖獎（Best Cartography）係由Alan Halter所繪製的「Tree Symbolism at Oakwood Cemetery in Austin, Texas.」獲得，Alan Halter結合抽象滴水畫風，利用油漆的顏色、漸層、大小等來標示不同樹種分布，產製出一幅色彩繽紛與藝術感十足的地圖創作（圖9）。

而會場也展出許多深具應用價值的作品，其中與林火科學相關之地圖，摘述如下：

題目：「2018 Wildfire Season: Another Record-Setting Fire Season in the Province of B.C.」

作者：Sarah MacGregor, Natalie Work, Susan Westmacott, Nancy Liesch

GeoBC團隊將加拿大不列顛哥倫比亞省2018年森林火災好發季節所發生的森林火災件數、範圍、燒毀面積、撤離與警戒範圍整合於地圖上（圖10），並闡述加拿大不列顛哥倫比亞省在森林火災防救上應變，讓大眾了解加拿大森林火災發生的情形與趨勢，此地圖亦獲

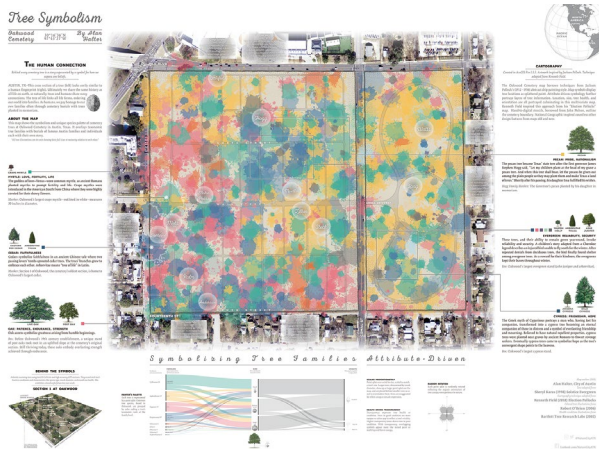


圖9、最佳製圖獎：Tree Symbolism at Oakwood Cemetery in Austin, Texas.

在森林火災高風險期間，若發生大規模火災，政府將會發布緊急命令，劃定撤離範圍與警戒區域，並授權相關單位與機構投入救災。透過歷史火災點位與GIS繪製之地圖展示，可讓政府與社區居民提早因應森林火災高風險季節的挑戰。

題目：「The New Normal : Identifying the Highest Priority Regions in California for Wildfire Management」

作者：Katie Harrison



圖10、「2018 Wildfire Season Another Record-Setting Fire Season in the Province of B.C.」展示。

受到氣候變遷之影響，美國加州將面臨更嚴重的旱災與野火，有學者指出加州地區的森林火災案件將增加400%。為了確保人民安全，有效的森林經營管理將扮演重要的關鍵因素。爰此，Katie Harrison套疊歷史森林火災點位、消防設施、人口分布及主要幹道圖資，利用GIS網格分析，產出森林火災經營管理重點區域，提供森林管理經營機構參酌（圖11）。

加州林業與消防部門（California Department of Forestry and Fire Protection, CAL fire）以往的係利用林火發生頻率與林火潛勢高低來分析林火威脅等級，而Katie Harrison的研究則是加入社會影響因子，如人口、道路、消防設施等，結合歷史火災，並給予不同的權重進行分析，若由兩張圖資重疊分析，發現Katie Harrison地圖中的「Extreme」與政府產出的「4—高火災威脅區域」有高度重疊，惟部分區域稍有不同，主要受到人口分布之影響，人口稀少的地方將不會納入森林火災經營管理優先區域。

得「ICA and IMIA Recognition of Excellence in Cartography」的肯定與「專題地圖獎項（Thematic Map）」第二名殊榮。

從地圖可得知，加拿大不列顛哥倫比亞省森林火災好發時期為每年7月至10月間，主要發生原因為高溫與雷擊，以2018年為例，於7月31日至8月1日期間，記錄了7萬多次雷擊，造成134萬公頃土地遭林火燒毀（約等於37%臺灣國土面積）。

透過不同分析的比較結果，提供政府單位、森林管理經營機構，在有限的時間與經費下，

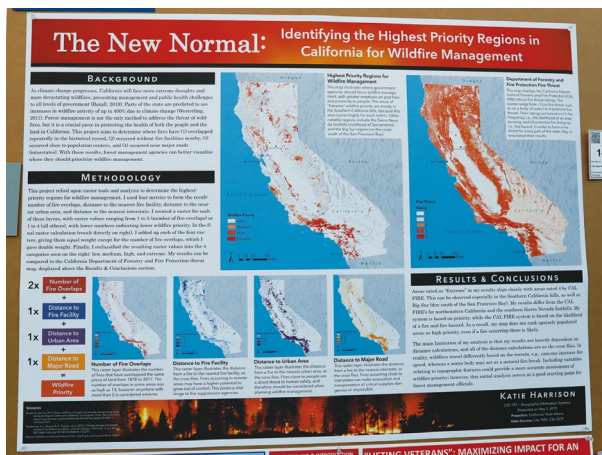


圖11、「The New Normal：Identifying the Highest Priority Regions in California for Wildfire Management」地圖展示。



圖12、「CALIFORNIA：NORTH BAY WILDFIRE HISTORY of 2017 AND 1964」地圖展示。

針對森林火災高風險森林區域進行管理與經營，以達減災之效果，維護人民生命財產安全。

題目：「CALIFORNIA：NORTH BAY WILDFIRE HISTORY of 2017 AND 1964」

作者：Tiffany Meyer

Tiffany Meyer任職於CAL FIRE (CALIFORNIA DEPARTMENT OF FORESTRY AND FIRE PROTECTION)，負責加州森林資源調查與分析，並運用GIS分析各項資訊。本次會議Tiffany Meyer也繪製一幅加州北灣 (NORTH BAY) 1964年、2017年森林大火範圍與建築物位置的關係圖 (圖12)。

1964、2017年加州北灣地區因為氣候乾燥加上強風，導致災難性森林大火。由地圖顯示，在1964年森林大火後，有許多住宅、商業大樓，甚至醫療設施座落在火災跡地中，因此2017年的大火造成更多災損。因此，在高風險火災區域，都市的發展與建設須考量歷史火災跡地，以為因應保障人民財產安全。

結語

林務局自從第3次森林資源調查 (1990年至1993年) 導入GIS，建構林業地理資料庫，推動至今近30個年頭，其在林業上的應用越來越多元。本次透過Esri User Conference的交流，除了瞭解目前GIS最新技術應用進展、多元利用方向等，亦可增進臺灣在森林災害資訊服務平台未來應用面之擴展。

臺灣每年10月份到翌年4月份為乾旱季節，亦為森林火災高風險時期，而90%以上的森林火災係人為所引起，未來應擴大運用GIS技術，整合火場資訊，如地形、氣候、物資、救災人員部屬等資料，開發森林火災監測系統，提升森林火災搶救效率及人員安全管控；此外，亦可分析歷史的火災分析資料，運用視覺化及空間化的資訊處理，用於森林火災概念宣導，以加深民眾憂患意識及概念，達到推廣之目的，減少森林火災損失，維護森林資源。