

以使用者為中心探討 颱風災害情境模式的應用 — 以災害情資服務平台為例

蘇文瑞／國家災害防救科技中心副研究員

楊鈞宏／國立清華大學工業工程與工程管理學系博士候選人

黃俊宏／國家災害防救科技中心助理研究員

唐修國／國家災害防救科技中心佐理研究員

國家災害防救科技中心於 2010 年運用網路地理資訊技術開發了「災害應變決策輔助系統」。過去災害應變決策輔助系統主要功能在於提供指揮官及地方防災人員在災害應變期間情資研判使用，而情資研判如同中央災害應變中心的大腦，帶領應變中心掌握防災重點方向，輔助指揮官提升決策效益為依據的作業。情資研判過去主要是以指揮官為服務對象、以輔助決策為中心的資源驅動災害研判機制，即限制了一般大眾透過系統檢索利用資訊的效益，又束縛了整體的效能和發展。現代資訊技術和網路的發展為災害資訊服務提供了巨大的機遇和挑戰，因此國家防救科技中心在 2014 年建構了「災害情資服務平台」，讓民眾認識和掌握災情資訊提出了新的視野。

為了提供一班民眾及地方防災人員災害情資的服務，在設計前、後將使用者角度進行深入思考與探討，以符合使用者為中心的設計（User Centered-Design, UCD）思維，更為了讓一般大眾及防災人員能夠快速地掌握災情資訊，以及配合大眾使用資訊及通訊系統的習慣，在系統設計面考量使用者為中心的思考，導入美國聯邦緊急事務管理署（FEMA）所訂出的決策模型深入了解使用者的能力與限制、洞察使用者的需求，結合決策思考的模型及災害應變作業三階段流程：(1) 啟動階段、(2) 整備階段以及 (3) 應變、復原階段，開發颱風災害應變模式。而在分析的部分則引用一直被廣泛用於快速測試產品系統介面的 System Usability Scale (SUS) 系統使用性量表作為平台使用性測試的依據。本文將從災害情資服務平台開發的分析著手，探討建立新的資訊服務機制的思路和方向。

前言

臺灣每年夏秋之際，常面臨颱風及豪大雨挾帶豐沛雨量，加上地球暖化所造成的極端氣候現象，為了加強災害應變的減災、應變、復原等災害防救能力，國家災害防救科技中心（以下簡稱本中心）從 2010 年起著手開發了「災害應變決策輔助系統」，提供災害應變期間中央災害應變中心防災人員情資研判使用（如

圖 1），此系統不僅於應變作業中輔助情資研判作業，包含颱風、地震及氣爆等應變應用超過 34 場情資研判及應變演練會議，迄今已近 5 年皆獲得良好之成效（蘇等人^[1]）。為了能強化災害防救之觀念，使一般民眾也可以具備相關知識如何做好災害整備、預警、應變、避災，有效保護人民生命財產安全，符合民眾需

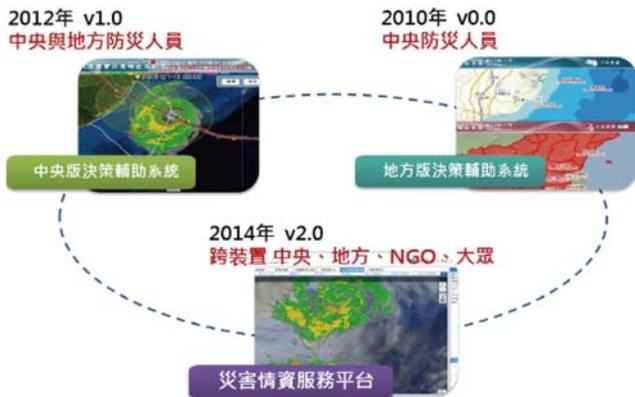


圖 1 災害應變情資服務發展歷程

求且可行的災害情資平台的建立，就顯得格外重要了（蘇等人^[2]）。有鑑於此，本中心為了配合民眾使用資訊及通訊系統的習慣，從 2014 年開始，著手開發災害情資平台透過災情查詢及救災資源之整合，讓使用者可以透過網頁的方式快速預覽即時災情資訊。災害情資平台最初的功能是作為各種災害類型的提供，期望透過網路提高應變人員對於災害初期資訊的研判，運用網際網路的特性提供「無地域與無時差」的特性，結合豐富的災情資訊與相關單位的挹注，創造一種新型態提供情資的方式。隨著網際網路與電子商務的競爭加劇，導致以使用者為中心的思考變成決定災害平台成功與否的關鍵因素（Loiacono^[3]）。而平台成立至今，總瀏覽人次已將近萬人，颱風期間單日更可達數千人次，服務人次成長之趨勢可表示民眾及地方應變人員在颱風豪雨期間對於掌握災情和警戒資訊有高度的需求。

決策模型結合應變情境

決策模式導入

災害應變決策輔助系統從 2010 年開發使用至今，由於相關技術日新月異，檢討災情資料工具如何運用，其根本問題還是在決策模型與資訊架構的理解（科技產業資訊室^[4]）。目前有關於災害決策相關文獻，大部分皆在討論有關地震的決策模式如 Hassanzadeh 等人在 2013 年提出 Karmania hazard model 透過災害相關單位提出的災害資訊以地震風險評估，損失評估，建置災害模型；CAPRA 模型則由減災和災後復原為基礎的地震災害模型（GEM^[5]；GFDRR^[6]）；OK-FIRST

（Morris *et al.*^[7]）模組則是改編自 Lusk 等人的認知模式。將認知模式導入極端氣候的應變模式，提升決策過程的可視化；而 Federal Emergency Management Agency（FEMA）提出的 Emergency Response Decision Making Model 則是專門開發以滿足當地應變機構災後管理的實際需求。但是不同的應變作業將導致不同的系統功能配置及決策模式。因此如何將適用的決策模式結合台灣的災害應變作業則為目前研究的重要課題。

本研究沿用 FEMA 將災害情資平台導入美國聯邦緊急事務管理署所訂出用於防災應用的決策模型（如圖 2），目的在於協助中央與地方災害應變中心建立「網頁式的決策輔助系統」，透過彙整各單位即時資訊並以空間化地圖呈現，提升災害應變時決策者情資研判的能力。根據 FEMA 的基本模型的五個步驟是：(1) 確定問題，(2) 列出解決方案清單，(3) 選擇替代方案，(4) 實現解決方案和，(5) 評估解決方案。以下則分別闡述 5 個步驟的說明：

確定問題（Determine The Problem）

應變管理的決策是指災害發生後，應變單位根據當前應變情勢識別應變的任務目標，制訂應變行動方案，並快速地組織相關部門，調動各類資源，有效開展應變處置工作。當發佈颱風警報時，政府即需掌握分析模擬預警及監測等相關資訊，以了解颱風侵襲可能造成之災害及目前各地之狀態。

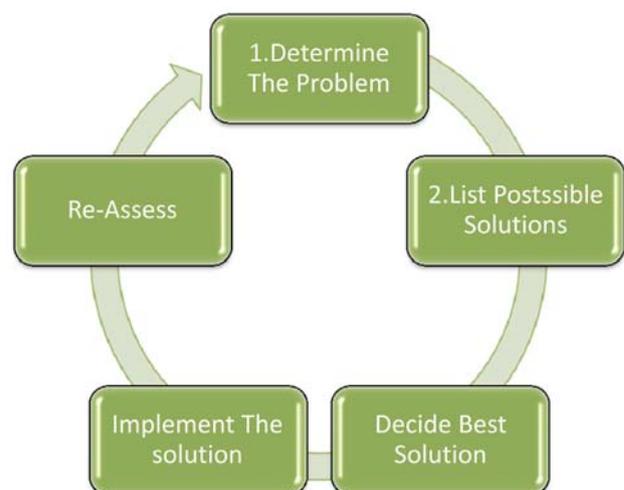


圖 2 FEMA 災害決策模型

列出解決方案清單 (List Possible Solution)

為了瞭解致災過程的演進透過空間地理資訊圖針對颱風應變可能需要了解的資訊進行蒐整，將複合型的空間資訊及監測資料以圖資方式進行主題式合併，提供使用者快速檢視現有狀況，而不需逐一開啟每個圖層。

選擇替代方案 (Decide Best Solution)

除了整合現有災情通報資訊外，也納入即時回報及即時監控之技術，在天候狀況許可下進行災害規模監控。以上相關資訊需快速提供給應變相關人員，以進行後續之疏散避難及人員機具調度等工作。

實現解決方案 (Implement The solution)

針對災害應變資訊的需求，其背後需要之災害相關資料包含基本資料、歷史資料、模式資料即時監測資料、遙測影像資料及救災資源等資料，以上相關資料因政府本身權責分工分屬不同部會署，需要橫向的串連各部會署，讓決策者及相關應變人員能快速掌握相關資訊。

評估解決方案 (Re-Assess)

另外，為更迅速掌握災害發生之規模，CCTV 影像之運用已成為未來災害應變監測不可或缺之技術，雖然颱風期間監測運用易受天候影響而難以發揮即時性之功效，但因其可進行廣泛且安全的進行災區監控，對於災害規模評估及後續重建之規劃仍佔有重要的地位。

應變作業需求整合

前一小節則是透過 FEMA 災害決策模型，將完整性規則建置避免資料使用者漏失相關資訊的對應。而當氣象局發布颱風警報後，各級政府分別成立應變中心以因應可能發生的災情。情資研判之決策輔助系統的情資平台則是側重於整備預防及應變處置兩階段並以地理資訊系統進行整合，建立共通防救災資料交換平台，以提升災害應變效能。

「整備」期間根據氣象局提供的氣象資訊，進行全國各地區淹水與坡地災害分析（如圖 3），並把結果提供給作業單位參考，做為抽水機調度、防救災人員配置、救災物資調配等決策的依據。另外，在「應變處置」期間，透過空間資訊的轉換套疊淹水區域潛勢資料使防救災人員可以依各地區的實際狀況參考使用。

此階段系統的應用則是災害即時監測與災中應變。當颱風逐漸影響或登陸台灣後，災害即時監測就逐漸取代早期的災害潛勢分析。災害潛勢資訊主要提供災害發生前之減災整備參考，而災害即時監測的重點在於最新氣象、水情、交通等重要防災資訊的彙整分析，針對未來可能造成的災情進行研判，主動採取災中應變作為，以減低可能的生命財產損失。以下將進一步闡述災害應變期間系統的應用情況。

颱風應變作業支援為本中心主要任務，本系統在災害應變流程可應用的階段可統整為三個階段：(1) 啟動階段、(2) 整備階段以及 (3) 應變、復原階段（中央災害應變中心作業要點^[8]）。而各個階段決策輔助系統可以搭配的主要功能模組對應（如圖 4）。後續也會針對各階段進行情境應用的說明。

系統應用情境說明

當颱風或豪雨侵襲台灣時，災害情資平臺提供了動態資訊以及多種靜態潛勢資訊查詢，其中共包含了 12 個主題式地圖書籤，包含氣象資訊類的衛星雲圖、

應變階段	應變事務	救災應變需掌握之資訊	
海上颱風警報	颱風動態與災害預判	颱風動態及降雨分析 海上警戒區域 近期重大活動可能影響	歷史個案分析 災害區位及類型預判 近期重大工程點位資訊
	防災整備	各級應變中心開設狀況 收容物資場所整備	救災人力機具預劃 登山離島遊客流工廠疏散
	動態監測資訊蒐集	雨量、水情 各地停班停課情形	交通阻礙狀況 疏散撤離人數與收容所開設情形
陸上颱風警報	預警作為	災害規模預判 預警訊息發佈	預防性疏散避難
	緊急災害應變作為	調節性洩洪，低窪地疏散，封橋	異地收容的整備
	災情綜整	坡地災害 交通中斷 關鍵基礎設施 建物損失	淹水災害 人員傷亡 農業損失
搶險救災	救災資源調度 民間救災物資與志工調度狀態	緊急疏散與安置	

圖 3 颱風應變時期需掌握資訊綜整 (蘇等人^[11])



圖 4 颱風應變時期需掌握資訊綜整

颱風觀測、示警資訊、豪大雨特報、累積雨量觀測、即時及預報淹水警戒、即時交通資訊、停班停課資訊等。各種情資都搭配圖文說明方式呈現，其中大部分的主題書籤都能搭配地方定位功能，讓使用者能更容易獲取在地資訊。

整備預防階段

當颱風警報發布的當下，各部會機關以及各地方政府應變人員，都有災害應變初期颱風情資掌握之需求。災害應變決策輔助系統在此階段主要能提供以颱風事件以及各國颱風路徑、歷史颱風資料庫等相關資訊做為情資研判參考。

颱風路徑預報資訊

當颱風警報發布的當下，各部會機關以及各地方政府應變人員，都有災害應變初期颱風情資掌握之需求。災害應變決策輔助系統在此階段主要能提供以颱風事件比對模版以及各國颱風路徑、歷史颱風資料庫等相關資訊做為情資研判參考。



圖 5 各國颱風路徑觀測

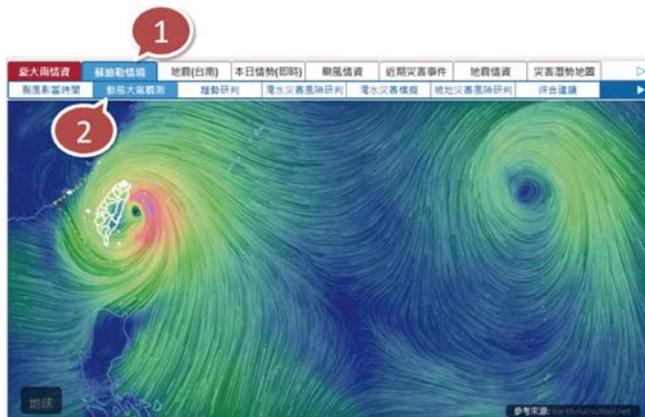


圖 6 颱風動態大氣圖

趨勢研判

颱風之動向仍有不確定性，情資研判組、氣象局及科技中心，持續監控颱風動向與後續發展，並隨時提供即時且正確之情資研判資料，供各相關機關及地方政府應變參考。



圖 7 氣象災害風險趨勢研判

示警燈號

颱風已逐漸影響台灣，尤其直接直撲宜蘭縣而來，透過衛星雲圖及雷達回波圖發現部分地區已開始降雨，為掌握地區發佈警戒狀況，可透過情資服務平台示警燈號頁籤進行了解掌握可能災害區域之監測、災情資訊。

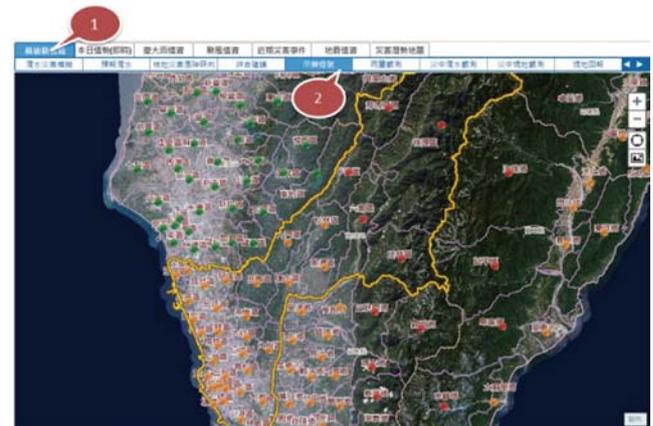


圖 8 動態大氣颱風觀測

淹水災害風險研判

淹水潛勢地圖主要是提供水利署分析的日降雨量大於 300 毫米以上的可能淹水區域，並搭配社會經濟資料（身心障礙機構、老人福利機構、社會收容所）與重點監控路段橋梁等。掌握可能淹水區域之整備狀態及救災資源整備。



圖 9 淹水災害潛勢

坡地災害風險研判

坡地災害風險研判地圖。則預防可能坡地災害區域之整備、救災資源整備。極端降雨事件發生頻率的增加趨勢已日益顯著，勢必將嚴重影響臺灣地區未來坡地災害發生之潛勢（陳^[9]）。由於地理位置、地形及降雨等因素的不同，其受氣候變遷之影響亦不盡相同。透過建置坡地災害發生潛勢影響評估模式，保全對象與災情資料的蒐集，結合未來情境的資料，進行未來坡地災害發生潛勢的影響評估之參考。

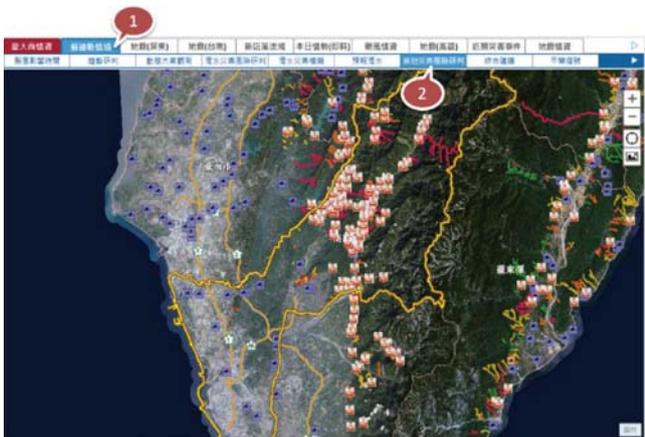


圖 10 坡地災害潛勢

應變處置階段

為了讓應變相關人員能快速掌握災害情資，防災人員可以在有網路狀態下，快速掌握各項情資研判分析資訊，以快速進行後續防救災工作。使用者可透過其隨身行動平板裝置進入本系統掌握災害防救情資，讓本系統更能發揮「共同防災地圖」之功效。

災中淹水觀測

各地出現大量降雨，為了解未來 6 小時及 12 小時的降雨是否會對高雄地區造成淹水之風險，情資平台提供預測淹水之訊息，讓防災人員及淹水救援單位方可知悉淹水情形，致使在救災工作上不會錯失最佳救援時機。



圖 11 災中淹水觀測

災中現地觀測

應變階段經通報已有災情傳出，現地回報頁籤可以讓防災人員透過現場情況即時回報來修正資訊判斷的誤差。



圖 12 災中現地觀測

災中現地回報

應變過程中主要針對現場情況資訊進行現地拍照、回報。災害情資平台則提供整合服務讓防災人員透過現場情況即時回報來修正資訊判斷的誤差。掌握可能災害區域之監測。



圖 13 災中現地回報

透過整體災害應變流程情境以及對應功能模組應用情境說明，可瞭解災害情資平台已可以在應變期間各個階段，扮演重要的輔助功能。未來亦會加強情境化使用者溝通，讓系統更能符合使用效益與發揮系統效用。

$$SUS = 2.5 \times \left[\sum_{n=1}^5 (U_{2n-1} - 1) + (5 - U_{2n}) \right]$$

系統績效評估

系統滿意度調查主要用於分析及評估使用者對於系統的滿意程度，讓分析結果具有相當的服務品質，並且提高評估及驗證服務時的嚴謹度。

SUS 系統使用性分析

系統滿意度調查主要用於分析及評估使用者對於系統的滿意程度，採用 1986 由一個叫 John Brooke 提出的 System Usability Scale (SUS) 系統使用性尺度量表來衡量使用者對於系統整體使用性看法，評量表共分為 10 題，本調查採用李克特五點尺度量表形式之問卷，1 分代表非常不同意、5 分代表非常同意，每個問項經 SUS 系統使用性尺度量表做設定，並採正反面交叉詢問方式，單數題（第 1、3、5、7、9 題）為正向題，雙數題（第 2、4、6、8、10 題）為反向題。將各題所得之原始分數加權調整之後，可計算出 0 至 100 的 SUS 分數，分數越高代表受測者對系統的使用性評價越高。

參與者

在各縣市府進行教育訓練中施測 SUS 系統使用性分析問卷，調查對象為 2015 年 1 月 29 日至 6 月 17 日，分別在臺南、高雄、桃園、臺北、屏東、南投之

消防局辦理「地方版應變決策支援系統」教育推廣之課程時，於課程結束後發放問卷進行調查總計共 336 份有效問卷。結果如下（詳見表 1）：

表 1 受訪者基本資料

工作單位	人數	百分比
縣(市)府層級	237	70.5%
鄉鎮區層級	84	25.0%
協力單位	12	3.6%
國小附幼	2	0.6%

SUS 系統使用性評測結果

將本調查所發放之 336 份問卷答案做計算與加總平均後，可得出本系統之 SUS 使用性評估分數為 68.7 分，系統使用性尺度量表 (System Usability Scale SUS) 得分高於 Bangor 等人所提出之 62 分等級，因此顯示本系統對使用者來說為良好 (Good) 的系統。

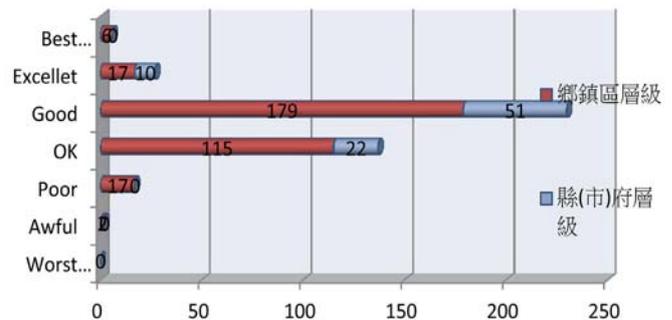


圖 14 SUS 分數轉換表

結論

本中心所開發的災害情資服務平台，已從第一版之資訊整合功能提昇至第二版之跨中央與地方應用及跨裝置使用雲端化系統於今年度完成災害情資平台建置並上線服務，期間提供全台各縣市全年無休之應變服務，過程中已服務超過 14,000 人次，提供在地化之情資快速綜覽，協助防災人員掌握各地現況。未來將研發更符合防災人員應用之資訊；雖然目前災害情資服務平台也進一步化繁雜之防災資訊為簡要之重點資訊，為災害情境千變萬化，因此平台將持續導入各項科技於災害情資服務平台的研發，讓相關資訊更符合各級防災人員及大眾之需求。

參考文獻

- 蘇文瑞、徐百輝、吳上煜、黃俊宏、葉家承、周恆毅、周學政 (2010)，空間資訊科技於災害防救之應用，前瞻科技與管理，2010/11/01, pp. 29-46。
- 蘇文瑞、張子瑩、陳宏宇 (2015)，從資料整合與資訊加值的工作到智慧防災之實現與展望，國土及公共治理季刊，2015/06/01, pp. 44-42。
- Loiacono E. T., iRandomizing survey question order vs. grouping questions by construct: an empirical test of the impact on apparent reliabilities and links to related constructs. Proceedings of the thirty-fifth Hawaii International Conference on Systems Sciences (HICSS35), January, 2002.
- 國家災害防救科技中心 (2013)，「災害情資模組延續開發與輔助系統維運」成果報告。
- GEM, 2011 <<http://www.globalquakemodel.org/>> .Last accessed 17.11.11.
- GFDRR, 2011. GFDRR Case Study: Central American Probabilistic Risk Assessment (CAPRA). World Bank. Last accessed 17.11.11at <http://gfdrr.org/docs/Snapshot_CAPRA.pdf>
- Morris, D. A., 2001: The design and implementation of a Web-based decision-support system for public-safety agencies. Preprints, 14th Int. Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanograp.
- 中央災害應變中心 (2009)，莫拉克颱風災害應變處置報告，行政院災害防救委員會。
- 陳振宇 (2013)，土石流潛勢地區地方政府及民眾之疏散決策因子，中華水土保持學報，44(2): 165-178。
- L. AUMGARTE, J. BASS, BRENDA PHILIPS, KEVIN KLOESEL, and Y.-R. Wue, (2008), "Emergency Management Decision Making during Severe Weather", WEATHER AND FORECASTING, Las Vegas, USA, 30 May30.
- Brooke, J. (1986). Sus: A quick and dirty usability scale. In P.W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClland (Eds.), Usability evaluation in industry, 189-194.
- 蘇文瑞、黃俊宏、吳上煜、周恆毅、郭政君、徐百輝、周學政 (2011)，應用災害防救資訊服務平台於防災應變，自動化科技學會會刊，2011(6), pp. 4-1-4-11。
- FEMA, 2003a. HAZUS@MH MR4 Earthquake Model User Manual. Department of Homeland Security. Federal Emergency Management Agency. Mitigation Division. Washington, D.C. Available at <www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=3732> (accessed July 2012).
- 科技產業資訊室「巨量資料分析與精準情報決策」，民國 101 年 11 月 22 日，取自：http://cdnet.stpi.org.tw/techroom/analysis/2013/pat_13_A002.htm



MWH
美華集團

now
part of



Stantec

全球頂尖的全方位綜合服務企業

專注於服務全球「涉水基礎建設」(Wet Infrastructure) 的大型技術與管理顧問集團。我們提供客戶綜合性解決方案，包括策略規劃、可行性研究、規劃、設計、工程管理、工程建設、操作與營運管理、資產管理、災後重建、風險管理、財務與法務、稽查與評估等服務，業務範圍涵蓋水、污(廢)水、水資源、環境、生態、土壤與地下水、工業、水力、石油與天然氣、礦業、港灣、交通等專業領域

- 上下水道系統規劃設計
- 管線檢視修繕
- 污、廢水處理工程
- 漏水控制與用水削減
- 工業用水與廢水處理
- 履約管理督導與專案管理
- 管線資產管理系統規劃
- 地面水體污染防治規劃
- 生態水質淨化工程
- 水資源管理與規劃
- 土壤及地下水污染
- 工業與有害廢棄物處理



Top International Design Firm
Wastewater Treatment
2015 Global Sourcebook,
Engineering News-Record



Top International Design Firm
Sewer & Solid Waste
2015 Global Sourcebook,
Engineering News-Record



Top Firms
Water
NCE Consultants File 2015
New Civil Engineer



Top International Contractor
Wastewater Treatment
2015 Global Sourcebook,
Engineering News-Record

美商傑明工程顧問(股)台灣分公司 / 美華環境科技股份有限公司

