**都市複合性災害防救災體系再造與資訊化之研究**

蔡明修1、許育誠2、陳俊雄3、邱政銘4

1淡江大學土木工程系助理教授，mht@mail.tku.edu.tw

2淡江大學土木工程系博士生，sonnyson094@hotmail.com

3,4淡江大學土木工程系研究生，a86611358@hotmail.com

**摘要**

國內經濟快速成長，伴隨整個國土開發使用強度不斷增加，再加上位居環太平洋地震帶與海島環境等各方面的特殊條件，難以免除颱洪、土石流、地震等天然災害所帶來的威脅。然而，既有之都市防救災流程尚未考量複合性災害或是極端氣候下之影響，都市災害規模及特性已逐漸演變成難以預測及控制。有鑒於此，本研究以台北市為研究對象，藉由流程再造手法，針對其風災、水災及土石流等防救災流程進行潛在問題分析及建立流程查核項目；並根據複合性災害之特性，利用流程模擬，分析多防救災流程執行時可能產生之瓶頸與解決對策。進而彙整研究成果，結合智慧型行動裝置等資訊科技，建立複合性災害防救災流程查核系統，作為控管防救災流程之工具。

**關鍵字：複合性災害、流程再造、流程模擬、流程查核、智慧型行動裝置**

**Multi-Disaster Prevention Workflow Process Reengineering and Information Technology of City**

Ming-Hsiu Tsai1、Hsu-Yu Cheng2、Chun-Hsiung Chen3、Chiu-Cheng Ming4

1 Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tamkang University

2 Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Tamkang University

3,4 Graduate Student, Department of Civil Engineering, Tamkang University

**ABSTRACT**

Due to the dramatic economic growth in Taiwan, the intensity of land development is increasing. Also, Taiwan is located in Circum-Pacific seismic belt, the compounded threatens of typhoons、floods、landslides、earthquakes usually cause serious damages, especially in urban area. However, the multi-disasters and extreme climates conditions are few considered within the current disaster prevention and rescue (P&R) processes. Taking Taipei city as the research example, this ongoing project aims at reengineering the current typhoons、floods and landslides disasters P&R processes by using up-to-date information technologies, and developing the Multi-Disaster P&R Workflow System. The process simulation method will be applied to analyze the potential bottlenecks between multi-disaster P&R processes, and the smart mobile devices and workflow technologies will finally be applied to develop the Multi-Disaster P&R Workflow System.

**Key Words：Multi-Disaster, Process Reengineering, Process Simulation, Process Checklist, Smart Mobile Devices、**

一、**研究動機及目的**

國內經濟快速成長與發展且整個國土開發使用強度不斷增加，再加上位居環太平洋地震帶的海島環境等各方面的特殊條件，難以免除颱洪、坡地、地震等天然災害所帶來的威脅。而台北市位居北臺灣，人口多(已超過260萬)且密集，由於夏秋季颱風常侵襲、秋冬季東北季風帶來雨量，故雨量豐沛且大多集中，覆以山坡地約佔全市面積一半以上，因此風災、洪水及坡地破壞等災害常造成極大之損害，此更突顯台北市複合性災害防治工作之重要性。然而既有之都市防災作業中尚未考量複合性災害下或是極端氣候下之影響，都市災害規模及特性已逐漸演變成難以預測及控制。其中，防救災流程運作之效率乃影響災害防治成效與人民生命財產安全之關鍵。如何有效控管防救災流程，並減少複合性防救災流程執行時的衝突與瓶頸，應是提昇防救災流程在複合性災害中效能之重要方法。

有鑒於此，本計畫將以台北市為研究對象分三年執行，根據圖1的研究概念圖，將其重點分述如下：第一年主要藉由流程再造(process reengineering)手法，針對風災、水災、土石流及相關標準作業程序等防救災流程進行潛在問題分析，將PDA等智慧型行動裝置(smart mobile devices)及相關有需要之資訊科技(information technology)導入其標準程序中，建立新作業流程；第二年繼而根據再造後之新防救災標準作業程序，利用流程模擬(process simulation)軟體Flexsim進行多防救災流程之模擬，推演發生複合性災害時，不同防救災作業程序間可能產生之衝突情況與作業瓶頸(bottleneck)；並於第三年彙整本計畫之研究成果，結合智慧型行動裝置等資訊科技，建立複合性災害防救災流程查核與管理系統(multi-disaster prevention workflow checking and manage system, MDPWS)，藉以作為控管防救災標準作業程序之工具。



**圖1. 本研究概念圖**

二、**災害防救之文獻回顧**

國內對於災害防救之探討，已有許多學者專家針對相關課題展開研究，如今具有相當豐富的災害防救相關資料可作參考，如表1所示。

**表1. 國內災害防救相關文獻 (資料來源：本研究整理)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **碩博士論文** | | | | | | | | |
| **編號** | **研究學者** | **研究主題** | | | | **研究方向類型** | | **學校** |
| 1 | 柯千禾(1998) | 山坡地社區防災體系之研究與建立 | | | | 防災體系 | | 台灣科技大學 |
| 2 | 鄧子正(1999) | 從都市消防救災探討緊急應變之組織及其運作 | | | | 緊急應變 | | 交通大學 |
| 3 | 羅居政(2002) | 地方政府颱風災害緊急應變之策略 | | | | 災害管理 | | 台北科技大學 |
| 4 | 葉順琬(2005) | [中央與地方防救災合作機制之研究-以新竹縣五峰鄉為例](http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/ccd=UkrE3O/record?r1=19&h1=1) | | | | 複合性災害 | | 中華大學 |
| 5 | 鐘佳霖(2005) | 台灣地區各縣市颱風害脆弱性評估之研究 | | | | 颱風災害評估模式 | | 朝陽科技大學 |
| 6 | [葉順琬](http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/ccd=UkrE3O/search?q=auc=%22%E8%91%89%E9%A0%86%E7%90%AC%22.&searchmode=basic)(2006) | 中央與地方防救災合作機制之研究－以新竹縣五峰鄉風災為例 | | | | 災害管理 | | 中華大學 |
| 7 | 林威任(2008) | 彰化縣災害防救體系複式查報系統之研究 | | | | 災害管理 | | 東海大學 |
| 8 | 郭宥秋(2009) | 中央災害應變中心組織架構與權責分工模式之探討─以颱洪複合性災害為例 | | | | 組織架構 | | 銘傳大學 |
| 9 | 張竣維(2009) | 台灣五大都會區颱洪災害脆弱度評估比較之研究 | | | | 脆弱度評估指標 | | 政治大學 |
| 10 | [孫家福](http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/ccd=UkrE3O/search?q=auc=%22%E5%AD%AB%E5%AE%B6%E7%A6%8F%22.&searchmode=basic)(2010) | 探討E政府防救災平台功能與角色─以八八水災為個案 | | | | 網路資訊平台 | | 淡江大學 |
| **期 刊** | | | | | | | | |
| **編號** | **研究學者** | | **研究主題** | | **刊名** | | | |
| 11 | 蘇苗彬 | | 坡地防災預警技術（一~四） | | 水保技術(2009) | | | |
| 12 | 吳杰穎 | | 不同土石流潛勢區居民疏散避難決策與行為之比較 | | 坡地防災學報(2009) | | | |
| 13 | 王俊明、李心平、李鎮鍵等人 | | 莫拉克颱風災害綜覽 | | 中華防災學刊(2010) | | | |
| 14 | 傅金城、張駿暉、葉森海等人 | | 淹水災害預警技術 | | 國研科技(2010) | | | |
| 15 | 溫惠鈺、許世孟、趙啟宏 | | 土石流潛勢溪流危害度評估模式之研究 | | 中興工程(2010) | | | |
| **研究報告** | | | | | | | | |
| **編號** | **作者** | | | **書籍名稱** | | | **出版社** | |
| 16 | 李豐博，饒正，鄭明淵，廖洪鈞，蔡明修，吳育偉，陳泰宏 | | | 公路防救災決策支援系統建立之研究(4本) | | | 交通部運輸研究所 | |

由於本研究以台北市為主要研究對象，除了上述的研究文獻外，目前依據的災害防救流程資料包括99年度台北市防災作業手冊[3]、98年度台北市政府災害防救政策白皮書[4]、地區災害防救計畫[5]及行政院農委會水土保持局土石流防災資訊網。無此之外，亦參考災害防救基本計畫[7]、風災災害防救作業計畫[8]、土石流災害防救業務計畫[9]等中央災害防救基本方針、應變與復原作業之計畫，以期為台北市災害防救提供更佳之建議。

**三、研究方法與步驟**

為了達成圖1的主要目的，本研究擬訂三年之研究執行步驟(詳圖2)，係以發展建構「複合性災害防救流程查核與管理系統」為最後研究目標，利用文獻蒐集找出流程之間的問題點，重現災害防救現況流程圖，並對於現今的災害防救流程重新思考如何將「資訊科技」導入，然後評估多流程運作的衝突點與跨組織單位溝通上的效率問題，提出改善之建議與測試系統之可行性。



**圖2. 研究步驟**

**STEP 1**：**文獻蒐集**

為達成研究目的，文獻蒐集主要分成(1)災害防救組織及政策與訪談、(2)歷史災情、(3)資訊科技的檢視等三大部分，分述如下：

1. 災害防救組織及政策與訪談

為了後續災害防救流程再造，蒐集台北市與中央相關災害防救作業流程文件為必須之工作。如區域防救災計畫、年度防救災作業手冊、災害防救政策白皮書等。另外，為了深入瞭解實際運作狀況，也將透過訪談來獲得災害防救流程中資源投入數量與臨時作業(作為)等訊息。

1. 歷史災情

透過分析國內外曾經發生過的重大災難處理方式，歸納目前災害防救流程體系之優缺點，作為本研究中改造流程之依據，以防止相同事件再度發生。為此，本研究擬利用表2進行歷史災情之分析，針對台北市政府災害防救政策白皮書與中央氣象局網站所提供資料，進行過往災情案例之歸納。依照整理結果，可觀察出現有的流程作業是否有更合適的替代方案及明顯的缺失，並針對這一類作業項目進行深入探討。

**表2. 過往災情案例分析表-以鳳凰颱風為例(資料來源：本研究整理)**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **編號** | **災害** | | | | **災害防救處理報告** | |
| **災情概述(全台各地)** | **致災原因** | **發生過程** | **災情統計(台北市)** | **應變處置作為** | **檢討與建議事項** |
| 1 | 颱風外圍環流伴隨西南氣流為東部及南部帶來強風豪雨，造成多處地區淹水 | 鳳凰(輕-中度)  97年8號颱風 | 生成後緩慢向西移動，27日轉向西北西方向移動，28日6時50分於靜浦與長濱之間登陸，持續向西北移動，14時30分在彰化縣出海，23時10分進入大陸福建 | 人員受傷4名  電力停電5(處)  電信停話1(處)  ：  火警搶救1件  緊急救護2件  其它39件 | 1、積極整備防救災應變  ：  2、開設災害應變中心  ：  3、召開鳳凰颱風防災簡報與自來水供水情況  ：  4、視察防洪工程設施  ： | 1、此次鳳凰颱風來襲期間，本府各防救災單位於颱風來襲前即上緊發條，積極做好各項防颱整備應變措施，並於應變中心開設期間分由市長、副市長、秘書長及副秘書長全程坐鎮災害應變中心，有效統合指揮災害防救事宜，  ： |

1. 資訊科技的檢視

* 既有災害防救資訊平台

目前既有之災害防救資訊平台，例如台北市防災決策資源系統、防救災資源管理系統等平台等相關系統，皆以獨立功能作為開發基礎，著重於關鍵或單一事務之資訊處理。因此，建立複合性災害防救災流程查核與管理系統，一方面整合已存在的系統提供較完整服務，另一方面透過網際網路連結正在服役中的資訊平台擷取資料，作為災害防救流程作業項目啟動條件與提供災情相關輔助的訊息，以進一步提升災害防救效率。首先必須，蒐集目前政府、民間機構使用中及開發中之防救災資訊平台的相關資料(圖3)，並確認各作業項目與既有災害防救作業之對應支援關係，以作為重新設計防救災作業流程的依據。



**圖3. 確認既有災害防救資訊平台與流程對應之關係**

* 智慧型手持裝置的發展調查與選擇

「智慧型行動裝置」約一個口袋大小，可透過微型鍵盤或觸碰式螢幕作為溝通媒介的電子運算裝置[6]。透過這一類行動裝置產品，利用無線傳輸與本研究建置的資訊平台做一聯結，為災害防救人員達成全面化適地性的流程管理服務要求。因此，為了滿足起今至未來5~10年間的災害防救需求，將針對作業平台及開發環境詳細的調查，甚至推估市面上流通的產品的未來趨勢，整理結果如表3所示。

**表3. 智慧型手機作業平台之比較(資料來源：本研究整理)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Windows Mobile** | **Google Android** | **Apple iOS** | **Symbian(S60)** |
| 開發套件 | Visual Studio  ActiveSync 4.5  Windows Mobile 6 Professional SDK  Windows Mobile 6.5 Developer Tool Kit  Microsoft Device Emulator 3.0 | Eclipse | iPhone SDK | Symbian Developer Network |
| 開發環境 | Windows | Windows  Mac OS  Linux | Mac OS X  (有外掛可在Windows下執行) | Windows  (有外掛可在Linux和Mac OS X下執行) |
| 開發語言 | C++ | Java | Objective-C | Carbide. C++ |
| 手機業者 | Asus  Sony Ericsson  HTC  Samsung  ： | Sony Ericsson  HTC  Motorola  Samsung  ： | Apple | Nokia  Sony Ericsson  Samsung  LG |
| 軟體開發是否免費 | 是 | 是 (但須註冊) | 否 (美元$99 OR $299) | 是 |
| 軟體服務 | Microsoft Windows Marketplace | Android Market | Apple App Store | Nokia Ovi Store |

**STEP 2**：**重現台北市災害防救現況流程圖**

為了釐清資訊技術導入災害防救流程與流程再造可行性，必須建立現況流模型(as-is process model)。本計畫利用ARIS(architecture of integrated information system)之eEPC流程塑模方法，根據控制觀點(control view) 、組織觀點(organization view)、功能觀點(function view)及資料觀點(data view)，彙整蒐集99年度台北市災害防救的白皮書與手冊之作業程序等相關資訊(圖4)，建立台北市之風災、水災、土石流之現況流程圖。藉由現況流程圖之建立，不僅明確展現災害防救作業程序欲表示之資訊；亦可針對各作業進一步流程分解，以作為後續流程再造分析及流程模擬之依據。圖5為台北市一般性重大災害事故處理程序標準化流程，透過現況流程圖可清楚明瞭得知作業內容、負責單位、作業項目需求資訊與產出資訊及控制事件。



**圖4. 災害防救政策標準流程化方法**



**圖5. 台北市一般性重大災害事故處理程序標準化流程**

**(資料來源：99年度台北市防災作業手冊)**

**STEP 3**：**資訊科技導入災害防救流程之分析與流程再造**

資訊科技的導入為觸發災害防救流程再造的主要關鍵，流程作業須與資訊科技之應用相互支援與配合，方能使資訊科技之功效完全發揮於流程中，進而改善流程效能。為此，本計畫將根據流程再造方法，透過(1)災害防救流程資訊化需求確認：將根據歷史災情分析及現況流程圖，分析流程中須資訊化作業項目、(2)可行資訊技術檢視：評估資訊科技(如PDA等智慧型行動裝置)對流程作業之可用性、(3)新作業方法設計：針對可行的資訊科技去設計新的作業方法及(4)作業項目與流程合理化：審視新作業與其它相依作業間是否存在不合邏輯的問題，並重新設計災害防救流程的執行方式。

**STEP 4**：**流程溝通合理化及潛在瓶頸等問題之分析**

為了減少複合性防救災流程作業間不合理之邏輯順序及提高整體運作績效，須根據所擬定的假設情境進行各種複合性災害之流程推演，分析各災害防救流程因重疊執行(overlapping)所產生的流程界面(interface)瓶頸，藉以建立管理策略。其中，使用Trend Model理論，如圖6所示颱風災害處理程序的流程時間計算方法，可以整理出如公式1，方可作為計算跨組織下作業與溝通時間不確定性所造成的風險問題。

 (1)

其中

：整體流程運作花費時間。

：作業花費時間。

：作業間，第次溝通花費時間。

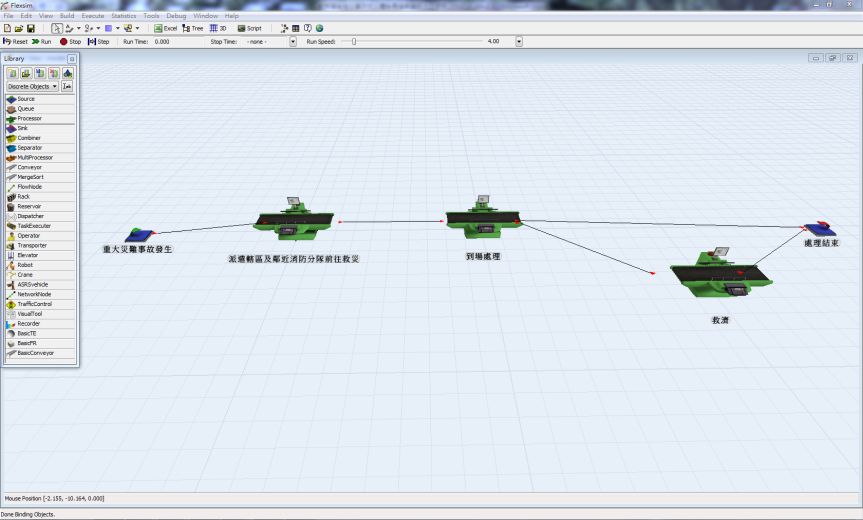
：作業項目數量。

：為作業與作業間跨單位(組織)溝通的次數。



**圖6. Trend Model組織溝通計算方法-以颱風災害處理程序為例**

為此，利用Flexsim流程模擬軟體，透過電腦建模推演複合性災害中各災害防救流程運作狀況，且為求能達成本研究之目的與流程再造之驗證。該模擬程序主要包含五大步驟，分別為：(1)建立流程關聯圖(process relationship diagram)，(2)蒐集作業資料、組織架構和跨組織單位溝通時間，(3)建立流程模擬模型，(4) Trend Model模式設定，及(5)模擬分析。首先，根據作業內容找出流程間存在之強制關係(precedence relationship)與外部相依關係(external dependence relationship)，針對再造後之各災害防救流程，建立流程關聯圖；第二步驟，蒐集各作業項目、組織之間溝通所需的時間(期望值及變異數)、資源項目、數量與組織架構；第三步驟，將已確認的流程，繪製於Flexsim軟體中，如圖7所示；第四步驟，應用Trend Model模擬災害防救組織成員間溝通協調模式，評估組織間的協調效率(有助於瞭解跨組織的脈絡下，溝通所造成的時間延滯問題)；最後，進而透過電腦模擬，在時間效率與資源數花費最少的雙重指標下，探討最有效率的機制構面。



**圖7. 流程模擬-以台北市一般性重大災害事故處理程序為例**

**STEP 5**：**作業查核項目與績效評估指標**

由於複合性災害防救流程具有跨階段(災前、災時、災後)及跨組織(cross-organizational)之特性，各階段各執行單位之目的與任務不盡相同，為了避免重複查核與龐大時間浪費，須擬訂一套標準化且符合防救災人員認同的查核標準。從而利用這一套標準模式成為台北市災害防救的統一查核準則，以供指揮官查核、彙整、檢討及追蹤改善，確保防救災結果能符合預期之執行成效。

* 作業查核項目之建立

本研究之災害防救流程管控機制將管制層級分為(1)作業管制層級(activity control level)、(2)流程績效層級(process performance level)及(3)協同管制層級(collaboration control level)等三層，如表4所示。

**表4. 複合性災害防救流程控管層級 (資料來源：本研究整理)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **防救災管制層級** | **管制目標** | **說明** |
| 作業管制層級 | 防救災標準流程個別作業項目 | 根據所建立之防救災作業查核項目，管控作業執行狀況。 |
| 流程績效層級 | 各防救災流程本身 | 分析各防救災流程之目的，建立各流程之績效評估指標，並據以管控個別流程之整體績效。 |
| 協同管制層級 | 複合性災害事件 | 針對複合性災害事件，控管各防救災流程之相互協同狀況，避免流程間因法令規範或資源等衝突，以確保複合性災害時整體之防救災績效。 |

* 確認績效評估指標(performance evaluation)

各災害防救管制層級的存在有其特定必要的價值與目的，同一套績效衡量指標是無法一體適用。因此，在層級目標確立後，將以顧客為導向(customer-oriented)之觀點，分析各災害防救管制層級之內部服務顧客(internal customer)及外部顧客(external customer)對災害防救管制層級之需求，並將需求項目彙整為層級目標要素(target component)，繼而使用網路層級分析法(analytic network process, ANP)整理歸納，建立關鍵指標及權重。

**STEP 6**：**建構複合性災害防救流程查核與管理系統**

* 極端氣候複合性災害防救災流程管理模組

為了整合各防救災資訊平台與彙整前兩年的研究成果，建立極端氣候複合性災害防救災流程管理模組，提供並協助指揮官進行控管各災害防救流程作業的執行監控、管理及作業執行查核結果，如圖8所示。另一方面，也針對再造後的災害防救流程，依作業自動化需求將其作業內容結構化及複雜程度，分為(1)全自動化(workflow)，(2)半自動化(semi-workflow)，(3)資訊化人工作業及(4)人工作業等四類。針對自動化/半自動化作業，可依其作業內容設計執行程式，使其根據設定自動執行；而對於人工作業/資訊化人工作業，則適合透過作業資訊管理系統，提供作業執行者必要之作業相關資訊協助執行。

* 智慧型行動裝置災害防救作業流程與查核模組

選擇合適的智慧型行動裝置與開發平台(如iOS, android, windows phone)，針對第一、二年確立的災害防救流程與所建立之各防救災流程作業查核項目，建立起智慧型行動裝置災害防救作業流程與查核模組，提供防救災作業負責人必要之作業資訊及工作狀況回報功能，如圖8所示。



**圖8. 本研究系統平台開發架構圖**

**四、結論**

透過文獻回顧的探討，我們可以確認災害防救自90年代以來，在運作上效率已經有了長足進步。然而，本研究更希冀藉由「流程再造與資訊化」提昇災害防救體系對複合性災害之處理能力。為此，本研究透過(1)釐清災害防救的現況流程與問題癥結、(2)探討資訊科技導入災害防救流程之可行性、(3)分析複合性災害防救流程瓶頸、(4)訂定作業作業查核項目與績效評估指標、(5)建立複合性災害防救流程查核與管理系統等研究階段，以台北市為主要研究對象，逐年完成計畫目標。目前本計畫值處第一年執行階段，本文僅針對計畫執行概念與相關方法進行說明，以期獲得產官學先進之寶貴意見，作為後續計畫執行之參考。

**參考文獻**

1. Cheng, M.Y., Tsai, M.H. Sutan W., Benchmarking-Based Process Reengineering for Construction Management, Automation in Construction 18(5)(2009), pp605-623.
2. Hammer, M., Reengineering Work: Don’t Automate, Harvard Business Review (1990), pp. 104-112.
3. 台北市政府，台北市防災作業手冊，99年度，台北市防災資訊網，台北市，2010。
4. 台北市政府消防局，台北市政府災害防救政策白皮書，98年度，台北市防災資訊網，台北市，2009。
5. 台北市政府，地區災防救計畫，台北市防災資訊網，98年度，台北市，2009。
6. 林玉婷，碩士論文，手持裝置之情境規劃，國立中央大學，2008。
7. 行政院災害防救委員會，災害防救基本計畫，行政院災害防救委員會網站，96年度，台灣，2007。
8. 行政院災害防救委員會，風災災害防救業務計畫，行政院災害防救委員會網站，99年度，台灣，2010。
9. 行政院農業委員會水土保持局，土石流災害防救業務計畫，行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網，96年度，台灣，2007。