

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

市區道路防災服務水準之評估(II)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-009-035-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學交通運輸研究所

計畫主持人：徐淵靜

計畫參與人員：侯鵬曦

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 8 月 2 日

防災路網服務水準之評估模式(II)

Level-of-Service Assessment of Disaster-Prevention Network(II)

計畫編號：NSC 93-2211-E-009-035

執行期限：93年08月01日至94年07月31日

主持人：徐淵靜 交通大學交通運輸研究所教授

計畫參與人員：侯鵬曦 交通大學交通運輸研究所博士班研究生

一、中文摘要

本研究為「防災路網服務水準之評估模式(I)」之後續研究，該研究係透過AHP之方法，求得多項重要屬性之權重，以評估單一路段之防災服務水準。

本研究則著重在提出一套整體防災路網的規劃系統，運用路網連通度、替代路網等概念，建構最佳防災路網，並提供適切的評估指標以作為決策之參考。防災路網規劃系統以物件導向分析與設計(OOA&D)方法，透過統一塑模語言(UML)探討其系統之架構，最後在JBuilder整合開發環境(IDE)中，以Java程式語言實作此系統；該系統能於Mac作業系統中以圖形化使用者界面(GUI)的方式呈現；系統包含地理資訊系統(GIS)轉化之點線資訊資料庫、核心路網演算法、路網地圖、以及規劃報告四大部分；此一應用程式將可作為初步提供防災路網規劃者直覺、簡便的決策工具。

關鍵詞：災害、統一塑模語言、二邊連通度

Abstract

This research is a consecutive research of "Level-of-Service assessment of disaster-prevention network (I)". In the previous research, we used AHP method to get the weights among many important attributes. In that way, we may assess the LOS with disaster respect of one single road section.

This research focused on proposing an integral network planning system for disaster-prevention. With concepts of spanning graph, detour problem, and connectivity, we constructed a model for optimal network of disaster-prevention, with indices for decision-making. We applied Object-Oriented Analysis & Design (OOA&D) on developing this system.

Unified Model Language was used to describe the system structure. Finally Java programming language is used in the Integrated Development Environment (IDE) JBuilder to implement the system. Finally the window application can be run in Mac OS X. This application consists of four main parts including link-node database, which was converted from GIS data, the network algorithm of disaster-prevention, network result map, and the indices report. We believe that this application will be an intuitive and useful tool for network planners on disaster-prevention purpose.

Keywords: disaster, UML, 2-Edge-Connectivity

二、緣由與目的

由於災害有發生時間、地點不確定因素，規劃防災路網須考慮路網有容錯能力，即假若路段遭到破壞，仍有替代道路可以連接兩地，使救援活動仍能通達進行；而對於被規劃為防災路網之道路段，則應保持其道路品質，以確保緊急活動過程中能順利完成運輸之目的。

目前防災路網的規劃，採以道路寬度決定其防災功能定位；本研究加入旅行時間最小、總繞行距離最短等觀念，期能提供路網規劃多方面的思考。

本研究主要目的，在提出防災路網結構的理想結構，協助規劃者能有效、快速的提出防災路網規劃方案，進而確立出防災路網之最佳方案；因此，本研究內容可包括：(1) 探討並建立防災路網評量指標；(2) 透過 Visual Paradigm 之 UML 工具，建立出防災路網規劃決策輔助工具平台之模型；(3) 進而透過 JBuilder 來進行平台程式之撰寫。

簡要來說，本研究旨在提出未來防災道路建設時之參考雛形，以建設更具安全

保障的運輸環境。

三、結果與討論

(一) 防災路網之意義

本研究將防震災路網，定義為：地震災害時期，一個可靠、全面、快捷、易管理，並能提供地震災害相關運輸活動進行之路網。

地震災害時期，可依地震發生的時間特性，區分為三個階段：準備時期、發生時期、穩定時期。地震災害時期，係指一種長期、連續無間斷的時間概念；也就是，即使在任一看似與地震無關的時間點，都屬於地震災害時期的範疇(準備時期)。

防震災路網與其他路網有很大的差異；防震災路網是一種破壞預期的路網，地震災害的現象，會反映在路網直接、間接破壞的結果，然而路網實質的破壞，未必直指路網功能的失敗，此即可靠的概念；透過路網的規劃設計，使之在一定程度破壞下，網路功能仍可運作無異。

發生時期，為檢驗防震災路網功能成敗的時刻，也是路網發揮主要功能的關鍵時刻；在這個階段中，時間最為寶貴，社會損失、成本隨著時間流逝而快速提高，因而路網快捷的概念，成為各地震災害相關運輸活動，立即體驗路網效果的第一感受。

地震災害會造成交通供給、需求量，在短時間內劇烈變化，這種異於一般日常交通的現象，應有良好的管理機制來予以控制，方能提高運輸效率，進而順暢地完成立即的避難、救援、後續的物資輸送、以及盡速讓日常交通回到正軌；然而若有良好的路網架構，則管理機制的運作便能更有效的實行，此即為防震災路網易管理(發生時期、穩定時期)的概念。

地震災害相關的運輸活動，則包括：避難、救援、物資輸送。而此三種運輸活動，又皆可細分為兩種類型：系統性(可規劃)、非系統性(不可規劃)。所謂的避難，可分為臨時避難、階段避難；臨時避難為人群立即、非系統性的反應，故就範圍尺度而言，屬於步行距離的範疇；階段避難係指經過規劃安排、系統性的作為，故就範圍尺度而言，除了步行距離的範疇，亦

包含了車輛距離的範疇。救援、物資輸送，以車輛距離的範疇為主，但亦可能輔以直昇機、飛機距離的範疇；一般而言，救援、物資輸送皆可屬於系統性的運輸活動，然而必須在資訊充裕、可互相協調、並有主導單位的情況下，方可稱上系統性的行為。防災路網，就地震災害相關的運輸活動而言，屬於車輛距離的範疇、並以主要支援系統性活動、次要輔助非系統性運輸活動之路網。

(二) 防災路網模型

本研究中，防震災路網模型的問題，可簡要成：在最短路徑森林(SPF)的層級分區中，求二連通圖(2CON)，並滿足任一最短路徑樹(SPT)中任一邊(edge)或點(node)的抽離，所有原供需點對(node pair)間的總變動成本最小。

(三) 防災路網規劃程序

1. 資料蒐集

針對研究案例範圍進行資料蒐集，包括：重要地點、道路條件、區限介面。

2. 基本分析

確立路網圖形，透過節點、節線選取原則，來確立路網的基本圖形以便進行相關演算。

3. 模型應用

在防震災路網規劃程序的基本分析之後，即可獲得圖形的節點、與節線；再應用防震災路網模型的演算，就可以得到防震災路網的雛形結構。

4. 報告

防震災路網規劃程序的各階段進行評估：1.節點的分區之合理性；2.防震災路網雛形結構方案之的。

(四) 防災路網評量指標

1. 第一階段評量指標

(1) 分區層級 (Region Level, LV)

不包含其他層級者，為最初層級(層級0)，即為節點；而，k層級內，則包含所有k-1層級的圖形；並採用樹狀層級的方式來表示。

(2) 節點與類型 (Nodes & Type, NT)

根據區分原則，所產生之各分區內的節點數目及節點類型；即：供給單位、需求單位之數量之適配；係可透過節點與類型指標，提供規劃者權衡。

(3) 分區範圍 (Region Scope, RS)

分區範圍，乃採各節點之相對空間距離為指標；並以各分區層級來劃分。

2. 第二階段評量指標

(1) 最長繞路時間 (Longest Detour Time, LD)

在不使用最短路徑的情況下，每對供需點間，使用其他路段所需繞路的時間，最長的繞路時間表示著最差的替代效率。

(2) 最長旅行時間 (Maximum Travel Time, MT)

每對供需點間，其最短旅行時間路徑，即代表了救援的效率，而路網中，最長的旅行時間表示著最差的救援效率，因此可作為衡量救援效率的重要指標。

(3) 平均旅行時間 (Average Travel Time, AT)

每對供需點間，其最短旅行時間的平均值。

(4) 控制點 (Control Points, CP)

控制點係指區內、區外的介面點。

(5) 互援條件 (Mutual Aid Condition, MA)

互援條件係指區間救援的狀況。假若區內的救援單位發生失靈的現象，則需透過其它區域的救援單位來進行區內救援，因此互援條件為兩個不同救援單位間彼此的旅行時間距離。

(6) 路網成本 (Network Cost, C)

防震災路網的考量中，路網成本雖然並非首要考量的條件，然而在相同的防震災路網品質下，當然成本愈低的路網，愈能受到青睞，因此路網成本也是可作為實際經濟效益的參考。

(7) 一般資訊 (General Information, GI)

一般資訊係為無法直接量化之資訊。

(五) 防災路網規劃平台模型

1. 使用案例分析

使用案例(Use Case)分析為系統分析最重要的步驟，本系統外部使用者為路網規劃者、領域專家，而內部系統則包含專案代理人、搜尋代理人、和聯繫代理人，如圖1所示。

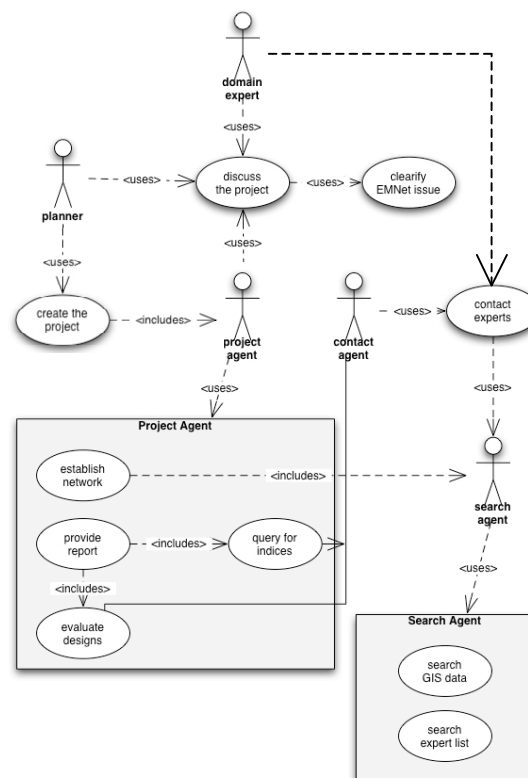


圖1 使用案例分析

路網規劃者主要與專案代理人溝通，專案代理人則會跟搜尋代理人要求路網資料、進行路網建立，隨之專案代理人進行路網演算，並將結果以評量指標報告的形式，該指標係由路網規劃者、專家學者共同建立，最後交聯繫代理人轉告專家學者進行評量，獲得路網方案的意見。

2. 類別定義

根據使用案例圖1，系統平台主要可分為以下類別，圖形類包括：圖形類別、點類別、邊類別、以及最短擴張樹類別；演算法類別、資料庫類別、控制類別；直接與規劃者互動的界面應用程式視窗類別等。

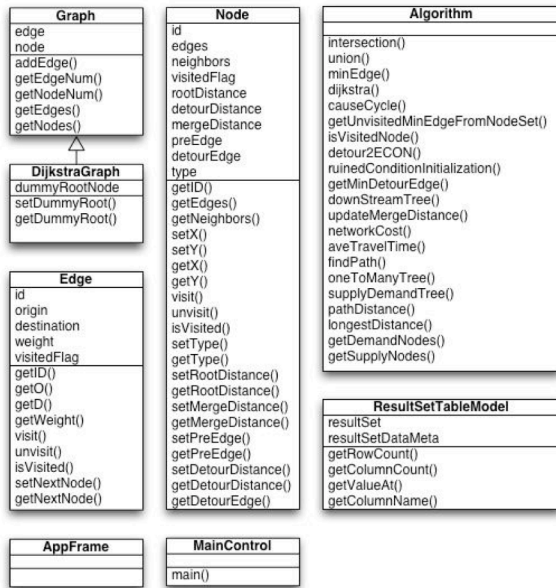


圖2 系統類別

3. 順序圖

整個系統的行進過程，係由決策者首先向專案代理人發出規劃專案需求，則專案代理人便會進行一連串的相關呼叫，在彙整專家學者的意見後，把規劃的方案與結果呈現給決策者。

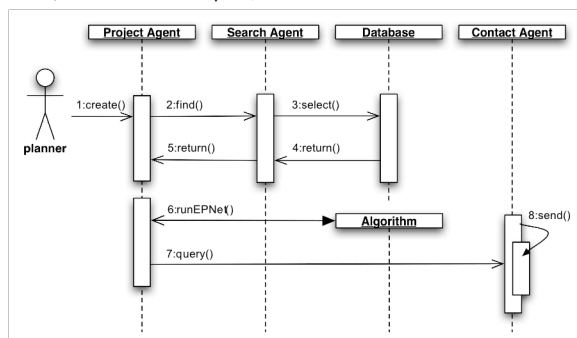


圖3 物件互動順序

4. 實作範例模擬

使用者透過圖形界面，可直接了解各路網方案之相關資訊，地理資訊(如各交叉口之經緯度)，以及最後路網演算的相關資訊(如旅行時間)，進而可輔助決策。

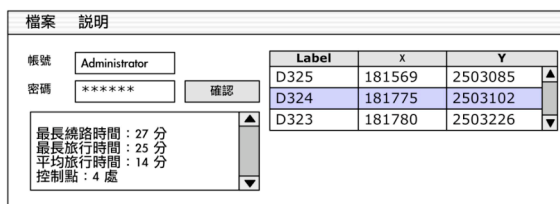


圖4 使用者界面

(六) 討論

防災路網之評估可分為單一路段的防

災服務水準，以及整體路網的服務水準；本研究旨在評估道路單一路段的防災服務水準，未來宜針對整體路網的特性，進行更完整的探討與研究。

四、計畫成果自評

本研究內容與原計劃方向一致，並且達成原先預定之目標。在學術貢獻方面，本研究建立了防災路網評量指標、提供防災路網規劃平台之模型；而在實際應用方面，則以 Java 程式撰寫實作該平台；此外，在未來研究方向上，亦提出諸多見解，期能激發防災研究領域更多的思考與想法。本研究部分成果目前投稿於第十屆 HKSTS 研討會，且將於民國 94 年 12 月間參與該研討會進行論文發表與意見交流，期能激發更多學術上的討論，使本研究之理論和方向更為精練與完備。

五、參考文獻

- [1] Booch, G., Rumbaugh, J. and Jacobson, I. (2001) The unified modeling language user guide. Addison-Wesley, USA.
- [2] Campione, M., Walrath, K. and Huml, A. (2001) The javaTM tutorial, third edition. Sun Microsystems, USA.
- [3] Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L. and Stein, C. (2001) Introduction to Algorithms. McGraw Hill, USA.
- [4] Grottschel, M., Monma, C.L. and Stoer, M. (1995) Design of survivable networks, Handbooks in OR & MS.
- [5] Iida, Y., Kurauchi, F. and H. Shimada, (2000) Traffic management system against major earthquakes. IATSS Review Vol. 24, No. 2.
- [6] Malik, K., Mittal, A.K. and Gupta, S.K. (1987) The k most vital arcs in the shortest path problem, Operations Research Letters 8, 223-227.
- [7] Nardelli, E., Proietti, G. and Widmayer, P. (1998) Finding the detour-critical edge of a shortest path between two nodes. Information Processing Letters 67, 51-54.
- [8] Shuichi, K. (1998) Preservation of Hakodate City, Japan Center for Regional Development, No. 110. (in Japanese)
- [9] Sun Microsystems, Inc. (2001) Object-Oriented Application Analysis and Design for JavaTM Technology.
- [10] Tsukaguchi, H., Vandebona, U. and Li, Y. (1999) Planning of residential street network for disaster prone urban areas. WCTR.
- [11] Watt, D.A. and Brown, D.F. (2001) Java collections. John Wiley & Sons, England.
- [12] West, D.B. (2001) Introduction to graph theory. Prentice-Hall, New York.