

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

地理資訊系統在化災應變系統負荷潛勢之應用研究

The Application of GIS to Loading Potential in Emergency Response for Chemical Accidents

計畫編號：NSC 89-2211-E-002-010

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：李公哲 國立台灣大學環境工程研究所

E-mail address: kcli@ccms.ntu.edu.tw

一、 中文摘要

本研究的目的為結合層級分析法與地理資訊系統，利用其對於決策分析、資訊管理、圖形展示的功能建立一套化學災害應變能力指標，可做為評估救災資源各項設施負荷潛勢之依據，協助環保及事業單位做為平時擬訂化學災害緊急應變方案之決策參考。本研究內容係以層級分析法建構化災應變能力指標之層級架構，並計算出各工廠之化災應變能力指標（Emergency Response Index for the Chemical Accidents，簡稱 ERI），並將之分為 A、B、C、D 四個等級，分別顯示不同程度之應變能力，並應用地理資訊系統建立一套化學災害應變資料庫，配合網路分析及基本空間分析功能，評估救援資源之負荷潛勢，並規劃最佳的救災路徑，使救災資源以最短的時間到達災變現場，以最有效率的方式運送傷患，並配合化災應變能力指標找出工業區化災應變能力不佳的原因，以做為研擬改善方案的參考。

關鍵字：層級分析法、地理資訊系統、網路分析、化災應變

Abstract

The purpose of this study is to build up an Emergency Response Index System for the Chemical Accidents (ERI). It integrates the Analytic Hierarchy Process and Geographic Information System, applying their functions of policy analysis, data management as well as graphic display. The index system can be applied to evaluate the loading potential of rescue resources, and provide some information for emergency

planning. The study set up a hierarchy structure of the index system with the Analytic Hierarchy Process, then rated the ability of emergency response for each factory and divided into 4 grades. In order to find the best route for saving, the study applied the network and spatial analysis to evaluate the loading potential of rescue resources. With the index system, we will find out not only the factories which are lacking in chemical emergency response, but also the reasons which cause low ratings.

Key Words : Geographic Information System (GIS), Analytic Hierarchy Process (AHP), Network Analysis, emergency response for chemical accidents

二、緣由與目的

本研究應用層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）與地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）中的網路分析（Network Analyst）為主要工具，其主要目的為：

1. 以層級分析法架構「化災應變能力指標」（Emergency Response Index for the Chemical Accidents，簡稱 ERI）系統，經由量化之評等（Rating）程序，建立指標值，以了解工廠於化災發生時，能夠獲得之外界支援能力，並能充分掌握工業區之應變不足之處。
2. 配合收集化學物質救災資源（如消防單位、醫療單位、警察單位、廣播單位及道路交通運輸狀況等）資料，將其建制成 GIS 資料檔，評估在最適服務範圍內，救災資源各項設施之負荷

潛勢，以檢討其承受風險，並尋求替代方案。

3. 應用本研究建立之化災應變系統協助決策者規劃化學災害緊急應變措施，擬妥最佳路徑，使救災資源以最短時間到達災變現場外，並以最有效率的方式運送傷患及達成通報、疏散的工作，同時應用地理資訊系統展示成果及建立可做為維護管理的資料庫。
4. 應用本研究建立之化災應變系統，協助環保及救災單位檢討現有之化學災害緊急應變體系，做為強化或改善現有體系之依據。

三、研究方法

本研究之流程如圖 1 所示，說明如下：

(一) 建立層級分析法之層級結構

1. 目標確立

以 ERI 指標值方式了解單一工廠或區域對化災應變的潛在應變能力。ERI 定義如下：「用以代表工廠於化學災害發生時，救災資源對於工廠的應變救援能力，即工廠能夠獲得之外部援助之一項量度(measure)」。化災應變能力指標值愈大，表示該工廠之外部援助愈能符合需要，即評估該工廠對化災之應變能力愈強，亦即該工廠在化災發生時，有較豐富之救災資源可用以應變，反之，則表示外部援助不足以承擔化災意外所造成的負荷。因此，指標值較小之工廠必需致力於提升自身之化災應變能力，降低化災危害的風險。

2. 評估準則的研擬及準則架構的建立

參考 OSPCT 組織⁽²⁾、環保署毒性化學物質之管理與危害預防及制定應變計畫⁽³⁾、及其他災害應變相關研究，建立化災應變能力指標系統評估準則及其層級架構。

(二) 資料收集與資料庫建立

由所研擬的準則，收集相關圖層及其屬性資料，匯集而成化災應變負荷潛勢系統資料庫，包含的資料有：高雄縣市道路圖層、仁武鄉及大社鄉之工廠圖層、醫療

單位圖層、消防單位圖層、學校圖層、社區圖層及由 ALOHA 氣體擴散模式執行結果圖層。

(三) 計算評估準則參數值

資料收集完畢之後，即可針對各評估準則所需之參數值進行運算工作。

(四) 計算評估準則之相對權重值

將各問卷之評估尺度經幾何平均後，計算各準則之相對權重值並進行一致性檢定。

(五) 評估準則參數值評等 (Rating) 與建立化災應變能力指標值 (ERI)

將評估準則參數資料匯整，以進行評等之工作，判斷各參數值所屬之評等，並將各評等對應之相對權重值予以加總，可求得目標工廠之 ERI 值。

(六) 化災應變能力指標值 (ERI) 分級

將化災應變能力指標值分成 A、B、C、D 四級，分別表示不同狀況下之化災應變能力，A 是最佳狀況，D 是最差的狀況，最無法承受化災意外的發生。

(七) 敏感度分析

指標必需維持其穩定度，即當權重值有些微變化時，指標值不可有太大的變動，尤其嚴禁改變其優勢順位。因此，對各等級之指標值進行敏感度分析，若敏感度太高，需重新進行分級。

(八) ERI 系統之架構及 GIS 之應用

為運算 ERI 值，本研究 ERI 系統分成二個子系統：一為 ERI 運算系統，另一為 GIS 應用系統，而該系具有資料庫維護、網路分析、環域分析、評估準則參數值計算及空間圖形展示等功能。

四、結果與討論

(一) AHP 層級架構之分析

本研究之層級結構如圖 2 所示，共計分成六個層級，第一層及第二層屬目標及次目標之評估準則層，第三、四、五層屬化災應變影響因子評估準則層，第六層屬影響因子評估準則之參數層。各層評估準則經計算特徵向量後，獲得的權重值由大

至小依序為：NFPA 健康危害性 (0.210)、NFPA 火災危害性 (0.175)、化學品貯存量 (0.135)、救護車最快到達醫院的時間 (0.130)、醫療等級 (0.100)、消防車最快到達時間 (0.095)、消防車支援能力 (0.089)、敏感區位-學校 (0.019)、消防隊服務範圍 (0.015)、敏感區住-醫院 (0.014)、敏感區位-住宅 (0.011)、醫院服務範圍 (0.008)。

(二) ERI 分級判別準則

化災應變能力指標 (ERI) 經評等 (Rating) 之後，獲得的分數 (即 ERI 值) 愈接近 1 者表示應變能力愈高。本研究將 ERI 值分為 A、B、C、D 四級，其結果如表 1 所示。

表 1 ERI 值之等級分配與意義

等級	分配方式	意義
A	$ERI \geq 0.594$	外部救災資源足夠
B	$0.594 > ERI \geq 0.369$	外部救災資源略顯不足
C	$0.369 > ERI \geq 0.211$	外部救災資源明顯不足
D	$ERI < 0.211$	外部救災資源嚴重不足

(三) 應用評析⁽⁴⁾

1. 化災應變能力之整體評估

本研究以南部仁大工業區為應用區域，在 41 家工廠中，獲得 A 級化災應變能力指標值之工廠有 0 家，B 級之工廠有 11 家 (27%)，C 級之工廠有 30 家 (73%)，D 級的有 0 家。以指標值之平均值 (0.356) 加以評估其整體化災應變能力，則該工業區屬於 C 級區，表示該工業區整體救災資源不足。

2. 消防隊轄區配置的探討

利用 ArcView 之網路分析功能將消防資源做一最適化分配，打破以行政區劃分服務轄區的限制，以尋求最近災害發生地點之消防設施為主要考量。經求出最佳解後，發現共有 3 家工廠從原先的 C 級提升為 B 級，平均指標值亦有上升的趨勢。再從網路分析的結果細看，共有 9 家 (22%) 工廠改變消防隊的分配，這 9 家

工廠之消防隊到達時間亦顯著地縮短：由平均 6.84 分鐘降為平均 4.28 分鐘。

3. 管理中心設置消防隊的探討

當管理中心不具有救災能力時，所有的工廠均獲得 D 級指標，顯示管理中心配置消防隊有絕對的必要性，其能有效的協助災害現場處理化災應變程序，提升該工業區對化災應變的能力，以降低化災負荷潛勢。

4. 化學品洩露的影響

本研究模擬化工廠常用之苯乙烯、苯、環己烷等化學品以液態形式洩漏後形成液面池 (liquid pool)，而後揮發並散佈至大氣中的情形。歸納本研究範圍內不受化學品洩漏而改變指標值之影響的原因有二：危險區範圍與風向。

五、計畫成果自評

1. 本研究應用地理資訊系統之網路分析於化災應變的規劃上，可有效的分析救災資源之時間與空間分佈，以達到救災資源之最適化分配。
2. 本研究結合地理資訊系統與層級分析法應用於化災應變的議題上，除了可求解救災資源的最佳分配，更可藉由層級分析法多準則評選的功能，對化災應變的能力進行分析，以提供決策者研擬化學災害緊急應變計畫之參考。
3. 本研究所發展之化災應變能力指標可對化災應變系統之負荷潛勢加以評析，藉由指標值可了解工廠於化學災害發生時，救災資源對於工廠的應變救援能力，即工廠能夠獲得之外部援助。
4. 此系統對於化災應變能力負荷潛勢之各項決定因子，可協助管理者明確的掌握工業區之風險，也可讓業者了解自身所處的環境。
5. 本研究建立之資料庫，包括簡易之使用者介面，可幫助使用者進行空間及屬性資料之管理。並可透過 GIS 對圖層及屬性資料的存取、套疊、分析、展示等功能，對擬定化災應變系統有

更有效率的助益。

參考文獻

1. Saaty, Thomas L., *The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, 1990

2. 王森, “地理資訊系統應用於化學災害預防體系之研究”, 成功大學測量工程研究所碩士論文, 1995

3. National Fire Protection Association, “National Fire Protection Guide. Fire Protection Guide on Hazardous Materials” 10th ed. Quincy, MA: 1991

4. 林玉青, “地理資訊系統在化災應變系統負荷潛勢之應用研究”, 國立台灣大學環境工程研究所碩士論文, 2000。

圖 1 研究流程

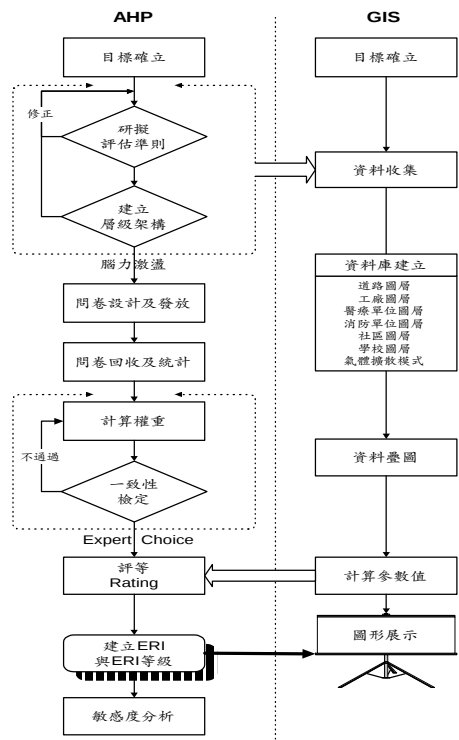


圖 2 層級結構圖

