

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 應用遺傳演算法於洪災逃生避難路徑動態模擬之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-034-002-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：中國文化大學建築及都市設計學系暨研究所

計畫主持人：溫國忠

計畫參與人員：許志帆

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 應用遺傳演算法於洪災逃生避難路徑動態模擬之研究

### A Dynamic Simulation of Flooding Evacuation Path Choice Model: Genetic Algorithm Approach

計畫編號：NSC 93-2211-E-034-002-

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：溫國忠 中國文化大學建築及都市設計學系暨研究所副教授

計畫參與人員：許志帆 中國文化大學建築及都市計畫研究所 研究生

#### 一、中文摘要

台灣地理位置、氣候及地形因素的影響，一旦受到洪災影響的地區常造成嚴重的損害，例如：2000年的象神颱風洪災、2001年的桃芝颱風洪災與納莉洪災，對民眾生命財產造成莫大威脅。因此必須提供適當的安全的避難路徑資訊，以減少民眾生命財產之損失。然而在探討避難路徑常是以短路徑來規劃，但這卻不一定是最佳的路徑，亦缺乏動態的考量。

本研究以遺傳演算法(GA)、地理資訊系統(GIS)、網路分析(Network Analysis, NA)、防救災理論等為基礎進行探討。GA由生物演化過程所啟發，是自然選擇過程中的一種最佳化搜尋模式，它以參數集合的編碼方式進行運算，跳脫搜尋空間分析上的限制，因此可以較快獲得整體最佳解(global optimum)，避免陷入區域最佳值(local optimum)的機會。因此本研究應用此動態選擇過程，進行洪災避難逃生路徑模式選擇，得到一整個族群的模式，結合GIS空間分析的NA功能，在符合防救災理論之下，並加入時空動態因素，來模擬較為安全與符合真實避難的行為模式，以作為防救災規劃進一步的參考。

本研究接續前二年度國科會專題研究計畫進行，將以汐止地區為實證案例，第一步建立都市路網並分析其節點；第二步蒐集都市的相關資料，應用GIS分析該地區淹水時間序列上的變化，作為GA演算時優劣因子判別的基礎，其圖檔包括數值地形圖、都市計畫圖、建物圖、淹水範圍圖與淹水潛勢圖等。第三步建立GA運算中路網節點的權重，權重的高低是以洪災資料為優劣的準則，這個部分主要分為四

個步驟，一是設定GA運算的族群大小，二是選定族群的交配方式，三是計算每個模式的適應度，四是依適應度值的機率進行複製，直到符合最佳模式為止；第四步是以時間序列的方式，應用GA運算出不同狀態下的避難路徑，第五步比較路網分析與GA運算的差異，建立真實避難路徑動態選擇之模式。

研究的目的是在於結合GA與GIS，輔助決策者在洪災逃生避難路徑的規劃上考慮時間的變化，並提供民眾能因應不同狀態下安全避難的需求。期可應用到其它類似問題的地區。研究成果包含：1.相關洪災基本圖形資料及屬性資料建檔；2.建立結合GA與GIS於都市洪災避難逃生路徑規劃的方法；3.模擬出以動態GA方式，建立避難路徑規劃的模式。

**關鍵詞：**遺傳演算法、地理資訊系統、網路分析、路徑抉擇模式、洪災防治

#### Abstract

Along with the economy grows up and urbanization, the metropolis gathers the most part of population and property. However influences of the Taiwan including geography location, topographical and meteorological condition, flooding resulting from typhoons was frequently and greatly impacted the cities located in the river basin in Taiwan, for example, the typhoon Xiang-Shen in October 2000, the typhoon Tao-Zhi in August 2001 and the typhoon Na-Li in September 2001. It threatens people's life and property tremendously. Because of that, we need to provide proper flooding evacuation Path Choice Model (PCM) to people, and decrease the damage; however, in the process of analyzing the

PCM, we usually plan it as the shortcut. Although obtaining shortest distance, but it is not necessarily the best path, and it lacks the dynamic consideration about the flooding timing, path capacity and people interactivity.

The theoretical basis of the research included Genetic Algorithms (GA), Geographic Information System (GIS), Network Analysis (NA) and disaster prevention theories. The biological evolution aroused GA, which is a kind of optimization search model within natural choice process. It operates by the way of the encoding gathered by parameter and gets rid of restrictions of seeking space analysis. For this reason, we can get the Global Optimum faster, and prevent it become the Local Optimum. Therefore, the study uses the dynamic process of the genetic calculation, and goes on the choice of the flooding evacuation path. Receiving the batter population, we combine the function of the GIS Spatial Analysis (SA), under the disaster prevention theories, it can simulate and present a more safe model of PCM that near to the behavior of the really evacuation in mankind.

The research takes the region of Hsichih in Taiwan for studied case. The procedure of applying GA and GIS to choice flooding evacuation path in metropolitan area, is summarized as follows. First, we establish the network of road and analysis road node. Second, we gather metropolis information. Applying the analysis of GIS and present the time series changes of the region, we can establish the Disaster Database for GA calculation. The Disaster Database output's data is the foundation to decide the factor better or not in population. Disaster Database uses Flood Frequency Map (FMP), Digital Terrain Map (DTM), Traffic Network Data and Urban Planning Map to evaluate the urban flood evacuation route. Third, we established the node relationship of GA calculation and the level of the weighting is the standard of the date that is exported by Disaster Database. The part of this research could be divided into four parts. (i), is to set the population of GA operation. (ii), is to choose crossover and mutation. (iii), is to

calculate the fitness function of each generation and to select the better gene arrangement. (iv), is to reproduce, after evolution, we can establish Flooding Evacuation Path that more reflect really human action and choice when flood takes place. Fourth, we apply GA to calculate different evacuation path in different time series. Fifth, we compare the NA with GA calculation, and Establish real model of PCM to choosing flooding evacuation path.

The goals of this research were going to be combined GA and GIS. Those are going to assist the decision maker to plan the variety in the timing, and to provide people to change according to the requirement of safety in the circumstances. The effects of this research were going to be expected to apply to solve the problem in the similar cities. The results of this research were looked forward to three points: (1)The date of the basic type and spatial information and the related datasets were going to be constructed. (2)The method of planning Evacuation Path was going to be combined GA with GIS. (3)The methods of simulation in dynamic GA were created to plan to Evacuation Path Choice Model.

**Keywords:** Genetic Algorithm, GIS, Network Analysis, Path Choice Model, Flooding Evacuation.

## 二、計畫源由與目的

台灣由於其地理位置的因素，易受西太平洋颱風系統之影響，依據中央氣象局統計，台灣地區受颱風及豪雨侵襲次數，每年平均達3到4次之多，且河川具有流域面積小、長度短、坡度大等特性，因此每逢颱風、豪雨之際，經常造成嚴重水患，所以如何在發生都市型洪災後降低人員死傷程度對於都市規劃上是一個重要的課題。

### (一) 淹水範圍、深度隨時間進行變化

都市洪災產生後，其淹水的範圍與深度會隨著時間狀態而發生變化，因此在逃生與防災據點的規劃上，首先需檢覈當洪災發生時，該地區被淹沒的危險程度，其次必須考慮其可供避難或防救災的時效性，除了該據點本身的條件外，也需配合

其周圍環境條件進行評估【3】，才能達到該據點真正防救災的功能。

## (二) 避難路徑的抉擇類型

此外在考量防救災據點的設置與人員避難路線的規劃【8】，除了考慮既有的環境條件【7】與時間狀態外，在時間壓力下避難人員的決策行為也會影響其避難行為的成功率，因此在路徑的規劃上不能僅考慮最短路徑，而需考慮最佳路徑的設置，並提供其他第二、第三等次要的避難路徑選擇，如此才能較為符合人類真實情況下選擇的情況。

## (三) 避難路徑的規劃邏輯

早期於避難路徑規劃的研究，是將路徑視為一種推論搜尋的程序，使用規則(IF...THEN...)的推導，是藉者找出所有可能解的想法來進行，常要面對組合爆炸的難題，故需採取一些經驗規則(heuristic rule)及搜尋策略(search strategy)來解決。也就是在系統推理的過程中必須對規則推理的程序加以控制，不然就必須在系統推理的過程中設定更多的限制規則才可。這樣的方式是屬於演繹法(Deduction)，應用知識基礎(Knowledge-based)作為推論系統(Production System)，乃將路徑求解視為一推論樹，認為必有一合理樹與之對應。在找出此一合理的推論樹的過程，其知識的內容，就是不斷地嘗試搜尋符合需求的路徑與節點，即所謂試誤法(try and error)。

## (四) 遺傳演算法之應用

然而在路徑求解的過程中，各節點和路徑的評覈存在著一些問題，也是系統成敗的最大關鍵，即在推論初期所評覈的路徑並不一定是完美的結果，而只是推理中的一個過程，並不能僅憑初期的『好』而斷定結果一定『好』，反之亦然。事實上大多時候在初期是無法判定好壞的，一直要到最後才能判定，但多半到了最後選擇時，其實路徑已經被決定了，在過程中存在能產生較佳路徑解答的節點，可能早已經被所謂的經驗法則或搜尋策略摒除在外了。因此對於避難路徑規劃求解上，藉由遺傳演算法在是自然選擇過程中的一種最佳化搜尋模式【9】，跳脫搜尋空間分析上的限制，可以較快獲得整體最佳解(global optimum)，避免陷入區域最佳值(local

optimum)的機會【1,2,4】，這些也就成為本研究的重點。

因此本研究希望藉由建立動態的避難與防救災路徑的選擇模式，做為都市型洪災逃生避難資訊系統與防救災據點規劃的基礎，並希望能結合 GIS 在空間資料處理與分析的功能，在動態的選擇模式之下，因此本研究的主要目的如下：

- (1) 遺傳演算法(GA)在網路分析之應用探討。
- (2) 人工智慧(AI)與地理資訊系統(GIS)之關連模式。
- (3) 動態抉擇於時間與空間資料處理的模式。
- (4) 洪災評估與避難路徑最佳化的視覺化動態模擬。

## 三、結果與討論

本研究應用所蒐集並建構相關基礎資料，進行相關案例研究提出初步分析成果，將具體考慮如何在逃生避難的規劃上，結合人工智慧去處理動態的時空資料，主要著重於動態時間與路徑選擇上，因次研究成果將可以對動態的時間與空間資料處理模式提出較佳的解釋能力。

本章節針對研究的結論及可能的後續研究作進一步之討論，而本研究之具體成果包括：

1. 相關洪災基本圖形資料及屬性資料建檔。
2. 建立結合 GA 與 GIS 於都市洪災避難逃生路徑規劃的方法。
3. 模擬出以動態 GA 方式，建立避難路徑規劃的模式。

GA 在最佳化問題上，能有效地尋找龐大且複雜的搜尋空間的能力，結合 GIS 空間分析的功能，輔助 GIS 於統計和預測方面的功能，在符合防救災理論與規劃原則之下，模擬出較為安全與符合真實避難時的避難路徑選取。

藉由本研究可證明結合遺傳演算法(GA)與地理資訊系統(GIS)作為演算之工具，可以確實的幫助避難路徑模擬之依據，本研究之結論如下：

### (一) 研究方法架構

由於本計畫主要本研究的目的即在於結合遺傳演算法與 GIS，輔助決策者在洪災

逃生避難路徑的規劃上考慮時間的變化，並提供民眾能因應不同狀態下安全避難的需求，期望可以應用到其它面臨類似洪災問題的都市地區。因此，整個逃生避難決策支援系統之建立，其中包含四個部分(如圖 1)：

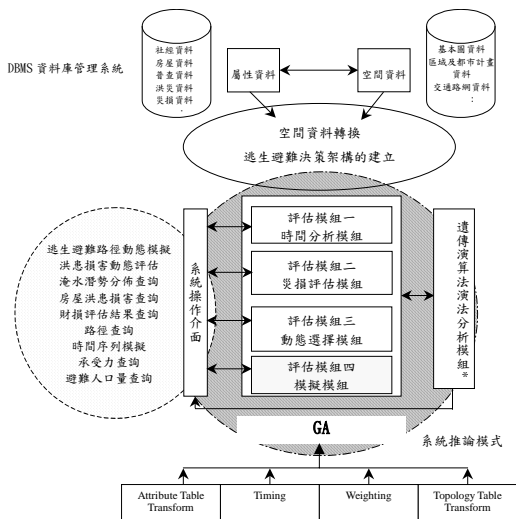


圖 1、研究方法架構圖

1. 透過 GIS 的平台來發展系統平台，主要包括決策支援系統(Decision Supports System)、資料庫管理系統(Data Base Management System)以及基礎資料庫的建置。
2. 空間資料的轉換與避難決策架構，此部分最主要是探討避難人員動態選擇逃生路徑的模式，主要探討的兩個方向：第一個是避難心理學的應用、避難人員在高時間壓力下的決策時間、路徑選擇的方式與方向等，第二個是防救災路網在規劃上採用的標準，作為模擬成果運算後之檢討。
3. 決策模式的理論應用，透過遺傳演算法(GA)來進行相關案例的演算。
4. 時間地理學之應用，主要分為兩部分，第一部份為時空資料轉換內容與權重大小的探討，第二部份為 GA 演算後模擬方式的呈現。

(二)空間資料的轉換與避難決策的架構。

逃生路徑是經由一連串之決策點與路徑所組成，藉由一連串路徑決策與行動，達到逃生避難成功之目的。由於逃生過程中的每一個決策點之決策皆會影響下一個決策點之決策及路徑。所以逃生過程本身為一動態性的模型。

(三)以遺傳演算法來建構最佳化逃生避

難路徑的演化系統。

1. 最佳化逃生避難路徑演化系統的架構

以逃生避難路徑規劃的角度來看，遺傳演算法的路徑推論搜尋控制，就是一系列自我調整的過程，其路徑推論規則的組合即可視為染色體，每一組染色體皆是經由隨機產生推論路徑的完整結果，再演化繁殖經由所設定的天擇條件，即各種避難條件與各項搜尋策略的評覈不斷地調整，一直到最佳逃生避難路徑產生為止，整個演化的過程即為求解的過程。

2. 建立演化知識的表達方式

逃生避難路徑演化的知識概念，在此知識的表達初步包括基因描述、環境參數、適應機制函數等三項。

(1)基因描述

a. 配置程序基因：

以逃生避難決策所發展的概念，將路徑選擇的結果轉換為一系列串連的基因，其中假設該地區有 P1、P2、P3...、Pn 個決策點，則該地區就有 Pn 個數 chromosome，以下圖 2 中 P1 的決策點而言，他可以選擇 2 種路徑和都不選總共三種的選擇方式，同理 P2 則有 4 種選擇方式，因此我們便可以建立決策點 Choose Tab 的屬性資料表。

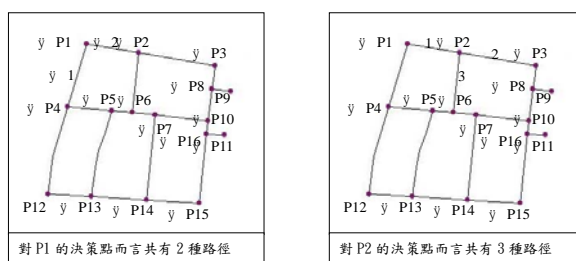


圖 2 決策點的選擇方式與數目

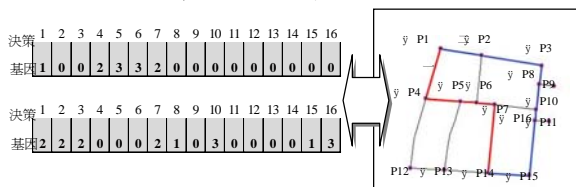


圖 3 決策點進行基因演算後之初步結果與其在空間上代表之意義

b. 染色體交配規則

交換前  
 PathA: 1, 1, 2, ..., 3    1    PathB: 1, 1, 4, ..., 2  
 交換後  
 PathA: 2, 1, 4, ..., 2    1    PathB: 2, 1, 2, ..., 3

(2)環境參數

此值由適應函數計算而得，再由此轉換為每一個案例的生存機率。

### (3)適應函數

所謂適應函數即為評覈案例給定評分權種的規則，而作為案例好壞篩選的工具，以決定淘汰不適應的案例。

### 3.最佳化逃生避難路徑之展現結果

經由遺傳演算法搜尋最佳避難路徑並以3D視覺動態模擬的方式顯現，提供更為明確顯著之展現平台。

### 四、計畫成果自評

本研究接續前二年度國科會專題研究計畫進行，以汐止地區為實證案例，已將都市路網與基礎資料進行建構，並結合了GIS分析該地區淹水時間序列上的變化，作為GA演算時優劣因子判別的基礎，進一步提出其結合的方法。並建構動態時空資料與逃生避難路徑分析的模式，分析空間資料與時間資訊交互處理的程序，並且以3D視覺模擬的方式顯現。透過有效的決策支援系統，以利未來洪災逃生避難路徑與防救災據點之規劃與管理，減少災民損失。

就整體計畫而言，本研究內容與原計畫內容相符，亦達成了預期之結果目標，如：1.相關洪災基本圖形資料及屬性資料建檔。2.建立結合GA與GIS於都市洪災避難逃生路徑規劃的方法。3.模擬出以動態GA方式，建立避難路徑規劃的模式。4.提出汐止地區防災路網的建議規劃方式。本研究已有一定之學術與應用價值，並且已在數位地球國際研討會、The 9th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2004)、The 7th International Conference on Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning Conference(DDSS2004)等學術研討會發表，亦適合於學術期刊發表，亦是下一步努力之方向。

### 五、參考文獻

- 【1】Blanco A., Delgado, M. and Pegalajar, M.C. (2000), "A Genetic Algorithm to Obtain the Optimal Recurrent Neural Network", International Journal of Approximate Reasoning, pp.67-83.
- 【2】Bullock, G.N.: (1995), Developments in

the use of the genetic algorithm in engineering design, Design Studies, 16(pp.507-524).

- 【3】Djokic, D. and Maidment, D.R.: 1996, Application of GIS Network Routines for Water Flow and Transport, Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE, 119(2): 229-241.
- 【4】Gen, M., and L. Miller (1997), "Foundation of Genetic Algorithms", Genetic Algorithms & Engineering Design, pp.1-41.
- 【5】Wen, Kuo-Chung., Chen, Wi-Long, 2004, "Application of Genetic Algorithms to Establish Flooding Evacuation Path Model in Metropolitan Area", Proceedings of the 9th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA2004), Lee, H.S. and Choi, J.W. edited, April 28-30, 2004, Yonsei University, Korea, pp. 557-570.
- 【6】Wen, Kuo-Chung., Chen, Wi-Long, 2004, "Applying Genetic Algorithms to Establish Disaster Decision Support System for Flooding Evacuation Path of Hsichih Area in Taiwan", Proceedings of PROGRAM 7th DESIGN AND DECISION SUPPORT SYSTEMS IN ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING CONFERENCE (DDSS2004), July 2 - 5, 2004, Ellecom, Netherlands, 4A-3 Spatial Simulation.
- 【7】李威儀、錢學陶、李咸亨，1997，〈台北市都市計畫防災系統之規劃〉，中華民國都市計畫學會。
- 【8】張哲豪、張寬勇，2000，〈應用地理資訊系統於汐止市洪災疏散路線之研討〉，〈中華地理資訊學會 2000年年會暨學術研討會論文集〉。
- 【9】陳莉、蔡宗志，(2000)，不同編碼方式對遺傳演算法效率影響之研究，八十八年電子計算基於土木水利工程應用演討會論文集，p1958-1965。