

利用基因演算法解決警用巡邏箱選址問題一

以台中市立人派出所為例

王健亞

弘光科技大學資訊管理系
jywang@sunrise.hk.edu.tw

游清柱

弘光科技大學資訊管理系
cjyou@sunrise.hk.edu.tw

陳海燕

逢甲大學資訊處
hychen@fcu.edu.tw

陳致超

弘光科技大學資訊管理系
akaicyou@hotmail.com

摘要

不論是在作業研究或管理學中，資源分配 (Resource Allocation) 都是一個很重要的課題，而本研究正是在探討警力資源分配的問題並要求可以很容易檢視最後分配結果是否合理。傳統的巡邏勤務安排在以往都是靠著白板地圖或是表列式紀錄輔助，這樣可能有不少缺失，譬如不夠客觀容易造成人情關說在同一地點設置多個巡邏箱，或是因疏忽該設置卻未設置而造成巡邏死角，所以需要更有效的分配方法。在本研究中，我們首先證明此巡邏箱配置問題是 NP-hard；然後利用基因演算法 (Genetic Algorithm) 快速求得近似最佳解；其中基因演算法所需要的適應函數 (Fitness Function) 我們設定為墨西哥帽小波 (Mexican Hat Wavelet) 函數，此函數恰好可協助我們避免巡邏箱不是相距太近就是相隔太遠的不當情形；最後我們以三組的模擬資料與一組台中市立人派出所的實際資料來進行實驗，實驗結果顯示我們的方法確實可以避免上述不當的配置情形，使得有限警力資源可達到其最大效用。

關鍵詞：資源分配、基因演算法、小波函數、巡邏箱。

一、簡介

(一) 研究動機

一般的資源分配問題常考慮求取最小商業成本或是最大客戶滿意度，而我們這篇研究在討論警力資源分配時的公平性與合理性。以圖 1 為例，圖中的 BC 兩家比鄰的銀行可以選其中一家設置巡邏箱，如果兩家都設置，我們認為是一種警力資源的浪費，因為分配方式還可以大幅地改進，進而用同樣的警力服務更廣的區域。另外現今警力分配大都是紙上作業，又有可能因人情關說很難公正客觀。以地理資訊系統 (GIS) 的方式顯示資源分配剛好可以改善傳統的缺點，其原因有：(1) 可以做到視覺上合理性的檢視，很容易看出警力資源分配是否公平；(2) 因為將所有分配情形以電子地圖顯現，很容易看出相鄰兩家銀行確實不需要重覆設置巡邏箱，可以將人情關說介入降到最低。所以在本研究中我們以電子地圖來協助巡邏箱配置，希望可以避免傳統分配方法的缺點，提供一個更簡便的操作環境。

此類警用資源分配問題首重距離上的合理性，兩巡邏箱的距離攸關警力是否運用得宜。任兩巡邏箱的距離如果相距太近，如圖 1 相鄰的兩店家 (BC 兩相鄰銀行)，同一地點警員將以步行檢視同樣的週遭環境並簽名兩次加以確認，實在不是一種很恰當的分配方式，改進之道可從二者選取一個合

適地點設置巡邏箱即可。另外如果兩巡邏箱的距離相距甚遠，雖然可以在短暫執勤時間巡邏較大範圍的區域，但是途中有需要步行檢視的環境卻以車代步，很容易造成治安上的死角，這也是應該避免的。所以在本研究中，我們根據警察同仁的經驗，設定一個合理的距離 σ 做為一判斷依據， σ 可能因都會區或郊區而不同，受限於訪查資料(台中市區)，本研究僅討論都會區的巡邏箱設定。

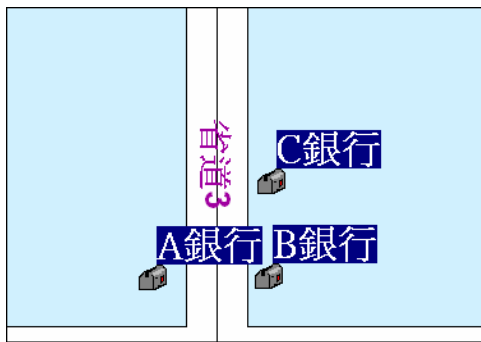


圖 1 一個不合理的資源分配方式

傳統關聯式資料庫管理系統(DBMS)在輔助這類資源分配問題時，有空間資料顯示、分析與管理能力不足的問題，例如將這句 SQL 「請挑選出 A 銀行周圍 100 公尺的巡邏箱」的選取結果以反白斜線圖樣在地圖中標示出來是一般關聯式資料庫管理系統所不容易做到的；但是在做空間資源分配時，確實存在一些重要的空間因素應該被納入考量，這樣才會使得資源分配更合理。因此在配置巡邏箱時，應該同時考慮大型屏障如河川或高速公路的影響，即使兩巡邏箱相距很近，但因分別位於河岸或大型公路兩對側，各在兩側設置兩巡邏箱我們認為也是合理的(如圖 1 中 AB 兩家銀行)。所以在研究中我們要借助於地理資訊系統的查詢引擎，它可以幫我們規避與檢查這些不合理的設置，使我們的資源分配盡量實用與合理。

(二) 相關研究

與我們巡邏箱配置類似的資源分配問題有中小學校地選址[2,3,4,5,6]或是在無線區域網路(Wireless LAN 或 WLAN)中設置基地台(Base

Station 或 Access Point; AP)[7,10,13,14,16]，我們將挑選其中研究結果與我們較為接近的加以比較。學校選址問題主要是解決在 m 個文教預定地如何選取較合適的 n 個校地建校，其中 $m > n$ ，考量的因素除了學區人口、上學距離外，還需要避免學童上學途中跨越無天橋或地下道的大型馬路或是無近距離橋樑的河川，這類的問題通常都是計算上非常耗時(NP-hard)的，需要利用一些預先知識以減少其計算量。另外在無線區域網路中，需要將有限的無線頻道(Radio Channel)設置給合適的基地台 [7,13]，為了能充分利用有限的無線頻寬，同頻率的頻道可以重覆配置給不同位置的 AP，但前提是兩 AP 要相距甚遠才不會互相影響，其觀念與辦公室中可以使用同頻道的室內無線電話機甚為類似，只要不在同樓層互相干擾即可，這些同頻無線頻道設置也是必須在不會互相干擾的情狀下才可以重覆利用，這類的問題也都是計算上非常耗時的，同樣也是以距離為主要考量。

有關解決校地選址問題，[2,6]都是採用類似線性規劃方法，基本的原理是定出類似目標函數(Objective Function)

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m d_{ij} X_{ij}) \quad (1)$$

，當運輸平衡時目標函數會有最小值。在此 n 為村里數目(劃分最小單位)， m 為學校數目， d_{ij} 為學校 j 至劃分單位 i 之距離， X_{ij} 為布林值 0/1，如果村里 i 的學區為學校 j 則為 1，否則為 0。[3]採用 P-中位數架構，基本原理是求出目標函數

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n w_i (\sum_{j=1}^m d_{ij} X_{ij}) \quad (2)$$

， n 、 m 、 d_{ij} 、 X_{ij} 與之前定義一樣，比較不同的是 w_i 的加權(該村里 i 之人數)，人數較多的村里會受到比較多的優待(通學距離較短)。而[4]所採用一種人力介入調整的學區分配方法，其中除了考慮一般的平均通學距離，還考慮許多政策面的因素，如就學途中安全性、學校周邊環境安全性、學生家長意願、學區劃分基本單位、班級規模與學校大小等，

執行當中需要時常調整參數以因應不同的環境。[5] 利用基因演算法與地理資訊系統解決學區分配問題，試圖求取分配學區時平均就學距離最佳狀況。以上各方法都是從資源平均分配的角度解決資源分配問題，這些解法較不適用於巡邏箱選址問題，理由是與其將不足的三組人力平均分配四塊巡邏區域，會造成四個區域的警備工作都做不好。不如暫時犧牲一塊區域，先做好其中三塊巡邏區域的任務，在爭取到多餘人力後補充到第四塊時，前面三塊的巡邏箱配置不用異動，只要增加第四塊區域的巡邏箱即可。

另一方面，在無線頻道的資源分配問題中，因為頻寬有限，能夠重覆利用就可大大增加無線通訊的使用量，但是相同頻道設給兩個相鄰 AP 會產生干擾，所以基本原則是相同頻道若要重覆利用，必須配置給相距比較遠的 AP。這類問題的目標函數大都訂為

$$\text{Maximize } \sum_{i,j} \text{Separation}(i, j) \quad (3)$$

，其中 $\text{Separation}(i, j)$ 是指可能 AP 預定地 i 與 j 的間隔距離[7,13]，當這目標函數有最大值時，代表選取的 AP 設定位置能一次服務大量的行動用戶又不會產生干擾。但這種解法也不適用於巡邏箱設置問題，理由是雖然我們的巡邏箱設置問題與這類無線資源分配問題都不喜歡兩服務據點相距太近，但是我們的巡邏箱設置問題也要求不能相距太遠，所以基本目標是不同的，之前的解決辦法不能完全適用於我們的問題。

過去純粹僅以距離考量選擇服務據點或以人工方式選取符合當前政策的方法都不適合我們這個警力資源分配的問題。在設置巡邏箱時，不能僅僅用負載平衡(Load Balance)的單一邏輯來主導整個分配過程，必須考慮兩兩巡邏箱距離太近或太遠都不適宜，並且也必須考慮到一些大型屏障所帶來的影響，因此我們提出了一個以基因演算法為基礎並搭配 GIS 查詢引擎的巡邏箱資源分配方法。

(三) 本文貢獻

本研究中我們提出了一個設置巡邏箱的演算法，設置巡邏箱時，我們同時考慮相距太近或太遠都不是最佳分配方案。第一，我們選用基因演算法來解決此問題，對於此類 NP-hard 的資源分配問題，有效的突變會讓我們的解答快速的逼近最佳解，計算量大幅降低。第二，我們基因演算法的適應函數 (Fitness Function) 時引用了小波函數 (Wavelet Function) 其中之一的墨西哥帽小波 (Mexican Hat Wavelet) 函數[15]，它剛好可反應我們問題中資源間的距離太近太遠都不宜的特性。第三，我們發現了一奇特的現象，這些現象在求取平均值最佳化的資源分配問題或許是最佳解，但在我們這個問題中就變成不是最佳解答了，這些知識也是非常有助於我們設計合適的演算法。

(四) 本文架構

第二節將定義我們的資源分配問題，其中會說明一些合理假設。第三節分析我們這個資源分配問題的特性，有助於我們選用合適的方法，設定合適的參數。在這節中我們證明我們提出的問題是個 NP-hard 的問題，所以放棄以決定性演算法 (Deterministic Algorithm) 來尋求最佳解答，而考慮採取一些實用的演算法來找出近似最佳解。第四節我們以流程圖來解釋我們如何將基因演算法套用到我們這個資源分配問題上。第五節展示基因演算法的實驗結果。最後一節將根據實驗結果來討論此演算法的適用範圍與未來應用在其他領域的建議。

二、問題定義

為了簡便起見，我們將此資源分配問題所需用到的符號定義於表 1 中。其中 d_{ij} 代表第 i 個巡邏箱預定地至第 j 個巡邏箱預定地的距離； w_{ij} 代表第 i 個巡邏箱預定地至第 j 個巡邏箱預定地途中所跨過的路寬總和(單位公尺)。 m 與 n 分別為本問題中巡邏箱預定地的數目與實際設置巡邏箱的數目。對於資源分配的結果，我們將用一個長度 m 的 0/1 布林字串 A 來記載，第 i 個字元指明第 i 個預定地是否

設置巡邏箱，若 $A(i)=1$ 代表預定地位置 i 設置巡邏箱，反之則否。至於本問題中的適應函數(Fitness Function)，我們打算選用小波函數中的墨西哥帽函數[15]

$$\psi(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \left(1 - \frac{d^2}{\sigma^2}\right) e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

來加以組合產生合適的適應函數，上式中 d 為兩巡邏箱預定地間的距離， σ 為經驗參數可由警察人員訪談而得，一般設為 $\sigma=300$ 公尺(郊區可以再大一些)，其意義是 300 公尺內設置多個巡邏箱是不適當的應予扣分。所以目標函數 $C(A)$ 可以定為

$$C(A) = -\sum_{i=1}^m \sum_{j>i, d_{ij}>\sigma/2}^m A(i)A(j)\psi(d_{ij} + w_{ij}) \quad (5)$$

，因為在墨西哥帽的圖形中(如圖 2)，距離中心點(或 y 軸) σ 公尺以內為正項，超過則為負項，所以在 $C(A)$ 計算時我們乘上(-1)來反應巡邏箱配置問題的特性，也就是兩巡邏箱相距太近應予以扣分，相距太遠不予加分。另外兩巡邏箱在道路同側與對側(有無跨越道路 w_{ij})也給予不同程度的加分。當整個分配中的巡邏箱都相距約 1.7σ 時 $C(A)$ 會有極大值發生，也就是分配好的巡邏箱既不會相距太近也不會相距太遠。

表 1 符號定義

符號	說明
d_{ij}	第 i 個巡邏箱預定地至第 j 個巡邏箱預定地途中所經距離
w_{ij}	第 i 個巡邏箱預定地至第 j 個巡邏箱預定地途中所跨過的路寬總和
m	巡邏箱預定地的數目
n	實際設置巡邏箱的數目
A	可能解答字串長度為 m (基因編碼)
$\psi(d)$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \left(1 - \frac{d^2}{\sigma^2}\right) e^{-\frac{d^2}{2\sigma^2}}$
$C(A)$	$-\sum_{i=1}^m \sum_{j>i, d_{ij}>\sigma/2}^m A(i)A(j)\psi(d_{ij} + w_{ij})$

便於計算，我們做了以下假設：對於某巡邏箱預定地 i 到某巡邏箱預定地 j 的路線，我們以直線

來代表(避免使用真的巡邏路線)，如此一來，在計算上我們將省掉一些計算成本，但又能反應現況。

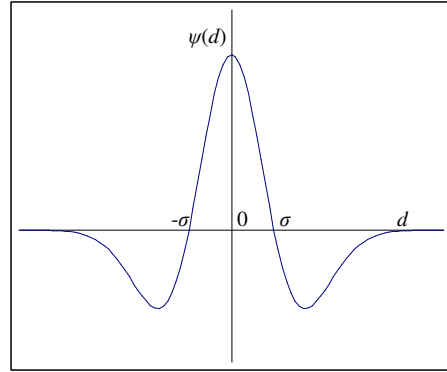


圖 2 墨西哥帽小波函數

根據上述的假設，我們所要解決的巡邏箱分配問題(Patrol Resource Allocation; PRA)是求一資源分配字串 A^* 使得 $C(A^*)$ 有最大值，也就是 Maximize $C(A)$ 。問題 PRA 是一 NP-hard 問題，詳細特性請參閱第三節。

三、問題特性

在此節中，我們將分析 PRA 問題的特性。第一，我們將證明此問題是 NP-hard，所以執意設計確定性的演算法(Deterministic Algorithm)並尋求最佳解可能事倍功半；第二，為了能找出更接近最佳解的近似解，我們還觀察 PRA 問題的一些特性，希望可以在尋求解答當中避免使用不好的邏輯而找到很差的解答。

輔助定理 1 指明了在解 PRA 問題時 $C(A)$ 的下限為 $-\frac{n(n+1)}{2\sqrt{2\pi}\sigma^3}$ ，也就是說無論如何 $C(A)$ 不會比

輔助定理 1 的下限還差。

輔助定理 1. 給定一組環境 d_{ij} , w_{ij} , m , n , $C(A)$ 解答最差可能值為 $-\frac{n(n+1)}{2\sqrt{2\pi}\sigma^3}$ 。

證明：考慮最差狀況，所有巡邏箱預定地都集中在

某屏障的周圍，幾乎在同一地點， d_{ij} 與 w_{ij} 可以都視為 0。因任兩兩巡邏箱預定地距離代入 $\psi(d)$ 所得的最大可能函數值都是 $\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}}$ ，所以 $C(A)$ 最差的可能值是 $-\frac{n(n+1)}{2\sqrt{2\pi\sigma^3}}$ ，不可能有分配比這組更差了。故得證。

因為 $C(A)$ 最差函數值為負項，為了可以套用基因演算法，我們將墨西哥帽函數修正為

$$\psi(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \left(1 - \frac{d^2}{\sigma^2} \right) e^{-\frac{d^2}{\sigma^2}} - \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^3}} \quad (6)$$

，其目的是將原來整個(4)式中 $\psi(d)$ 函數曲線往下位移到 x 軸以下，保證所有 $C(A)$ 值(乘上-1 後)都是正數。如此一來在實驗時，如果發生 $C(A)$ 小於 0 的情況時，表示程式有誤。

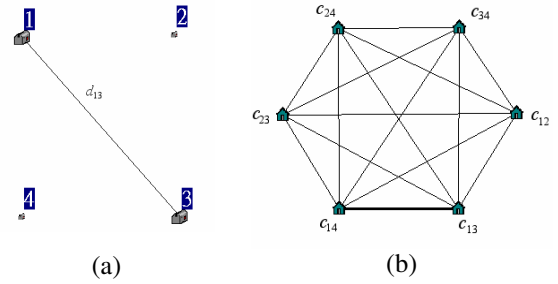
以下定理 1 證明了 PRA 是個 NP-hard 的難題。我們證明此問題時，將從著名的旅行銷售員問題(TSP)[12]推導至我們的 PRA 問題。TSP 問題簡略說明如後：假設有 k 個城市，其兩兩城市間各有不同的距離，TSP 問題是一銷售員要用最短距離走完這 k 個城市最後回到出發點，而且每個城市僅能拜訪一次。TSP 是一個 NP-hard 問題，如果我們能將此問題與我們 PRA 問題證明有著一對一的關係，則我們 PRA 問題也是 NP-hard。

定理 1. PRA 問題是 NP-hard。

證明：給定一個 PRA 問題(m 個預定地選出 n 個巡邏箱位置，預定地間距離為 d_{ij} ，這裡 w_{ij} 被忽略不計)，我們造出一個相對應的 TSP 問題：在 C_2^m 個城市 $\{c_{1,2}, c_{1,3}, \dots, c_{1,m}, c_{2,3}, c_{2,4}, \dots, c_{m-1,m}\}$ 中，每個城市都有其唯一後繼者(Successor)，舉例而言 $c_{1,2}$ 後繼者是 $c_{1,3}$ ， $c_{m-1,m}$ 後繼者是 $c_{1,2}$ ，其中城市間的距離 D 設為

$$D = \begin{cases} -1/\psi(d_{ij}), & \text{如果巡邏箱預定地 } i, j \text{ 都被選中,} \\ & \text{城市 } c_{i,j} \text{ 與後繼者的距離} \\ D_{\max}, & \text{其它情況} \end{cases} \quad (7)$$

，其中 D_{\max} 為一常數代表城市間的最大距離；另外因為 $d_{ij} \neq 0$ 所以 $\psi(d_{ij}) \neq 0$ 。以圖 3(a) 為例，4 個巡邏箱預定地選中 1 號與 3 號預定地，在圖 3(b) 的 6 個相對應的城市中，只有 $c_{1,3}$ 與後繼者($c_{1,4}$)的距離為 $-1/\psi(d_{13})$ (粗線所示)，其它都是 D_{\max} (細線)。然後我們將說明 TSP 有最解若且為若(if and only if)PRA 也有最佳解。



(a) (b)
圖 3(a)PRA 與(b)TSP 的例子

假設 TSP 問題有一最佳路徑 π ，針對路徑 π 中的各段路徑長度小於 D_{\max} (介於某城市 $c_{i,j}$ 與後繼者間)，所對應的就是我們所要挑選的巡邏箱預定地 i 與 j 。正因為路徑 π 為最短路徑(經 C_2^m 個城市)，所以會優先選用經過路徑長度小於 D_{\max} 的 C_2^n 個城市，相對的倒數 $(-1/\psi(d_{ij}))$ 都較 $1/D_{\max}$ 為大，其中最長 C_2^n 條路徑長度倒數的總合恰好是適應函數 $C(A)$ 的最大值，其相對應的各個巡邏箱位置編號 i 與 j 也就是 PRA 選中的預定地(最佳解答)。

另一方面，假設 PRA 有最佳解答字串 A^* ，也就是 $C(A^*)$ 有最大值，這些選取的巡邏箱預定地剛好構成 TSP 問題中兩城市間的較短距離，如欲繞行所有 C_2^m 個城市，TSP 最佳解答一定優先選用這些小於 D_{\max} 的 C_2^n 個路徑，等這些相關城市都拜訪完才會選用長度為 D_{\max} 的路段，故 TSP 的最佳解也求得。

因為 TSP 是 NP-hard，所以 PRA 也是 NP-hard，故得證。

另外我們來觀察一個現象，平均分配巡邏箱到整個巡邏範圍未必是最好的策略。以圖 4(a)與(b)為例，在一塊 1200 公尺*900 公尺的區域中有 4 個街廓，巡邏箱預定地共有 6 處，如果以負載平衡 (Load Balance)的觀點，會選出如圖 4(b)的分配方式 (預定地 1,3,4,6 處)，可是巡邏箱 1,3 或 4,6 間相距太遠了，會造成全區勤務都有漏洞。而以我們的觀點會選擇圖 4(a)(預定地 1,2,4,5 處)，右邊不足的人力必須要再加強，但左邊的勤務確定沒有疏失，而且在日後補充人力時不必全盤調整，只需調整右側區域即可。

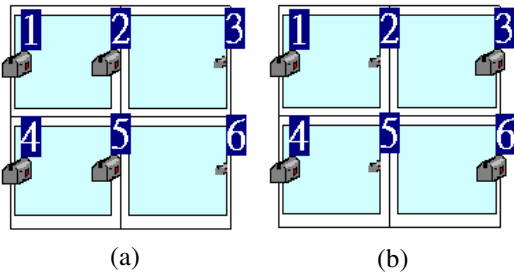


圖 4 平均分配的缺點

四、基因演算法

我們解決 PRA 問題打算採取基因演算法 [1,8,9,11]，理由是它比一般以決定性演算法 (Deterministic Algorithm)，如貪婪 (Greedy) 演算法更容易找到全域 (Global) 最佳解。基因演算法有下列的優點與特性 [1,9]：(1) 基因演算法可以快速收斂，Holland 曾說明相關特性，其特性恰好可適用於我們的問題；(2) 另外像我們這類資源分配的問題，不太方便以微積分的手段求取最佳解，但卻適用基因演算法，所以不會受到原來解答空間的不連續性或不可微分特性所影響；(3) 一般啟發式演算法 (Heuristic Algorithm) 是以過去經驗導引演算法往過去最佳答案處收斂，但是經驗不一定是全域 (Global) 最佳的，有可能僅找到局部 (Local) 最佳解而已；相對地基因演算法有突變 (Mutate) 的機制，所以能在許多狀況下突破過去的經驗而找到全域

(Global) 最佳解。基於以上原因，我們選用基因演算法來解我們的 PRA 問題。

(一) 染色體 (Chromosome) 編碼

為了能夠將基因演算法套用於我們的 PRA 問題，我們將預定地選取與否以布林字串表示。如圖 5 所示，解答字串 $A=110000$ 代表染色體編碼，意指有 2 個巡邏箱要設定與 6 筆可能預定地，圖中染色體表示選中第 1 與第 2 筆預定地 (最左方為第 1)，染色體的長短也相對反應了問題的大小，染色體長度愈長代表問題需要的計算量也愈大。

1	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

圖 5 染色體編碼示意圖

(二) 選擇 (Selection)

基因演算法執行過程中，每一代都會產生眾多的可能解答，也就是染色體編碼，其中較優良的解答 (染色體) 應該有較大的機率將優良特性遺傳給下一代。這正是適者生存所要強調的觀念，所以基因演算法中可能被選到作為育種親代的機率 (Probability Mass Function; PMF) 可以用一輪盤來表示 (如圖 6)，扇形面積愈大代表被選中的機率也愈高。其中機率 p_i 可以根據染色體 i 適應函數值 f_i

設成 $p_i = \sqrt{f_i} / \sum_j \sqrt{f_j}$ 、 $p_i = f_i / \sum_j f_j$ 或是

$p_i = f_i^2 / \sum_j f_j^2$ ，可以視問題而做不同的選擇；

這裡要注意的是，如果優良親代給予非常大的機率，將使其快速收斂，這是其優點；但是這樣也有缺點，演化過程中開始表現不佳但有潛力走到全域最佳解答的染色體大有可能喪失被選中作為育種親代的機會，可能因此找不到全域最佳解，所以要視問題的特性慎選合適的適應函數。本研究中我們對於染色體適應環境的能力 p_i 設為

$$p_i = f_i^2 / \sum_j f_j^2 = C^2(A_i) / \sum_j C^2(A_j) \quad (8)$$

，第 i 個解答字串 A_i 的 $C(A_i)$ 值愈大意味著非常有

機會將優良基因傳給下一代，很明顯地其相對地其適應力也越佳。

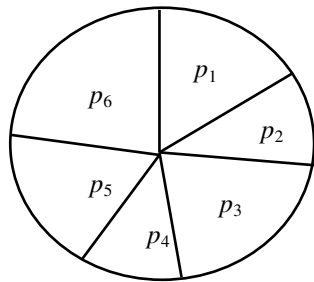


圖 6 輪盤選擇法示意圖

(三) 交配(Crossover)

跟生物演化一樣，良好的親代基因要靠著交換才能遺傳給下一代，針對 4.2 節的選擇方法，挑選出來的親代可再進行交配來模擬遺傳的特性，加速問題收斂。其作法是利用雙親的染色體編碼做互換，互換的方式有許多種，如單點交配(Single-point Crossover)、雙點交配(Two-points Crossover)、多點交配(Multi-points Crossover)或使用者自訂合適的交配方式。本研究中我們選用自定交配，由中隨機訂出的布林遮罩控制[1]，遮罩中標示 Y 的親代相對位置基因交換遺傳給後代，標示 N 的親代相對位置基因不交換，交換前後親代與子帶 A 字串中 1 的數目必須一樣，也就是必須維持 n 個巡邏箱的數目。

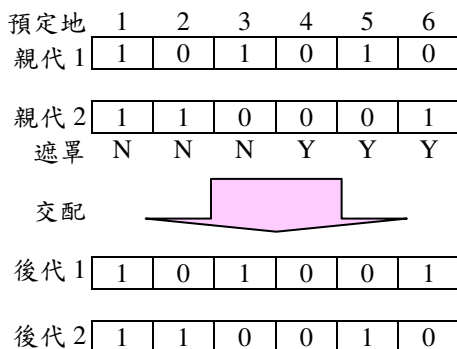


圖 7 自定交配圖

例如圖 7 中的兩個親代所代表的意義是要在 6

筆預定地中挑出 3 處放置巡邏箱。親代 1 挑選第 1, 3, 5 處，親代 2 挑選第 1, 2, 6 處；交配遮罩控制交配時親代僅能在第 4, 5, 6 處做基因交換。交配後所得的兩個後代分別在第 1, 3, 6 處與第 1, 2, 5 處設置巡邏箱，維持交配前後都僅能挑選 3 處設置巡邏箱的題意。

(四) 突變(Mutation)

尋找全域最佳解答時，只靠初始設定的染色體的交配有時不一定能夠找到最佳解，還需靠突變(Mutate)的機制。基因演算法開始時會產生眾多的初始解答，這些初始解答其中之一如果開始很接近最佳解，則整個求解過程將很快收斂到最佳解；但是如果沒有任一初始解答(隨機給定)距離最佳解很近，我們仍能經由突變機制來逼近最佳解，只是費時要久一點。至於突變要如何應用將視問題不同而不同，基本上的觀念是由目前的解答突變出一個新的解答，有助於我們在找解答時不會侷限在解答空間(Solution Space)的某一角落而已。至於實際做法如圖 8 所示，本來選定第 5 筆預定地，後來突變換為預定地 2。在我們的問題中實施突變機制要注意的是突變前後 A 字串中 1 的數目要維持一樣，也就是 n (要設定巡邏箱數目)不能改變。

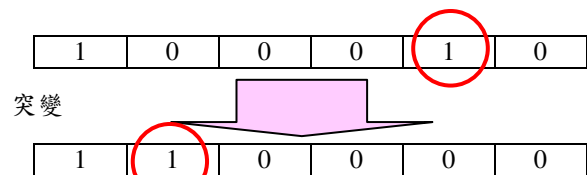


圖 8 染色體突變

(五) 演算法流程圖

圖 9 介紹我們如何利用基因演算法解決 PRA 問題。因為我們要從 m 筆預定地中選出 n 個巡邏箱設定位置，我們可以隨機產生 50 個初始親代 A_i ，接著我們根據適應函數挑選優良的親代來加以交配，這裡不一定 50 個初始親代都會被挑到，這要根據輪盤選擇法，愈優良的愈有可能被重覆挑選。我們採取自定交配，交配前後的親代與後代巡

選箱的數目(也就是 n)要維持一樣,如此我們將得到 100 個暫時後代。

在這培育出來的 100 個暫時後代,我們實施突變,根據交配率設定 100 個後代只有部份比例的後代會突變,被選中突變的解答中隨機挑 2 個位置突變(互相交換 0/1)。經過適應函數篩選,只有較佳的 50 個可以留存下來,這時候我們可以評估是否演算法可以停止,如果 $C(A)$ 經過幾代後都無法改善,這意味著我們可能已經找到全域最佳解。

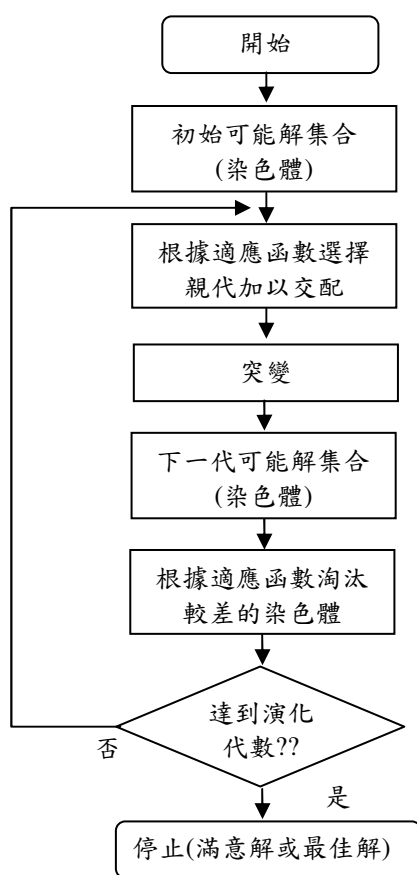


圖 9 演算法流程圖

五、實驗結果

本研究的實驗參數如表 2 所示。我們使用 Windows XP 作業系統, Intel Pentium 4 CPU 3.2 GHz, 512M 記憶體, 以及 Borland 公司 Delphi 的

整合環境與 MapInfo 公司的地理資訊引擎。在基因演算法中,我們初始染色體組群大小為 50 個 A_i 字串,它們是由隨機選出的 50 個初始基因;預定演化 4 代,演化時將有 80% 的親代會交換基因,所得到的後代中(100 個後代),10% 會再施以突變,只有較佳的 50 個 A_i 字串可以留存下來。本研究採用四組空間資料:第一組資料假設該行政區域當中無明顯主要幹道或大型屏障,行政區範圍大小約 1900*1500 公尺;第二組資料假設該行政區域當中有一條寬 100 公尺的幹道,行政區範圍大小與第一組一樣;第三組資料假設該行政區域當中各有著寬 100 公尺的縱貫橫貫兩條幹道,行政區範圍大小與第一組一樣;最後一組為台中市立人派出所轄區,範圍大小約 1800*1800 公尺。

表 2 實驗參數

參數意義	預設值
染色體族群大小(Population Size)	50
演化世代數目(Generations)	4
交配率(Crossover Rate)	0.8
突變率(Mutation Rate)	0.1
墨西哥帽參數(σ)	300

第一組數據有 44 筆預定地要選出 10 筆巡邏箱設置地點,其間沒有主幹道,一般道路共有四種路寬(10, 20, 30 與 40 公尺)都是隨機產生。圖 10 是演化 4 代後的結果(較大的巡邏箱圖例代表該預定地被選中),可以看出大致上分配很均勻,巡邏箱間的距離大約都在 300 公尺以上,不會有相鄰很近的巡邏箱,也不會有巡邏箱相距太遠而產生治安死角。但是圓圈處似嫌守備不足,這恐怕要等到有充足警力可多設置巡邏箱時才可解決,很符合我們對問題的期待。在此圖中我們也可以看出當初選擇墨西哥帽小波函數是非常恰當的,因為相距太近的兩筆預定地如果都設置巡邏箱,我們的演算法會給予很嚴重的扣分;另外對於兩兩巡邏箱超過 300 公尺的情形在我們演算法中雖然不扣分,但是給予很低很低的加分,表示我們不鼓勵這樣的設定。所以我們挑出來的答案可以非常吻合當初我們的期望:巡

選箱間的距離大約都在 300 公尺左右。

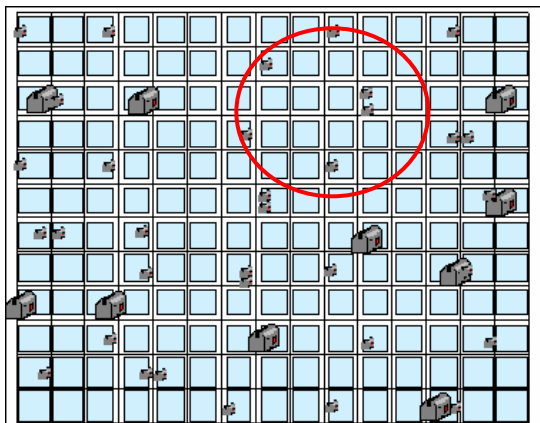


圖 10 一般道路執行結果

第二組數據與第一組數據一樣，除了中間有一條縱貫線道路寬 100 公尺，其它的一般道路路寬(10, 20, 30 與 40 公尺)都是隨機產生。圖 11 是演化 4 代後的結果，可以看出大致上分配很均勻，仍然只有圓圈處似嫌守備不足，仍然要等到有充足警力支援後才可解決。

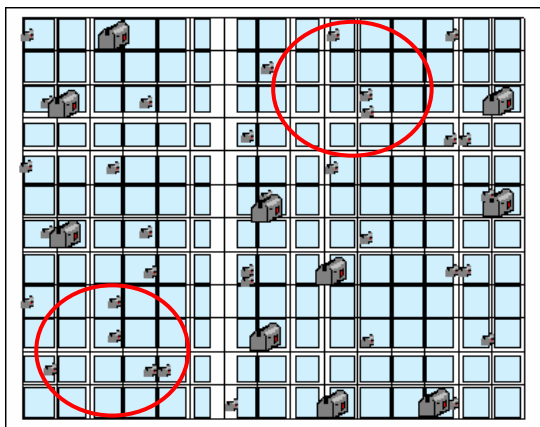


圖 11 縱貫道路執行結果

第三組數據與前兩組數據一樣，除了中間有兩條縱貫橫貫道路寬 100 公尺，其它的一般道路路寬(10, 20, 30 與 40 公尺)也都是隨機產生。圖 12 是演化 4 代後的結果，與之前一樣可以看出分配很均勻，仍然只有圓圈處似嫌守備不足，一樣要等到有充足警力支援後才可解決。

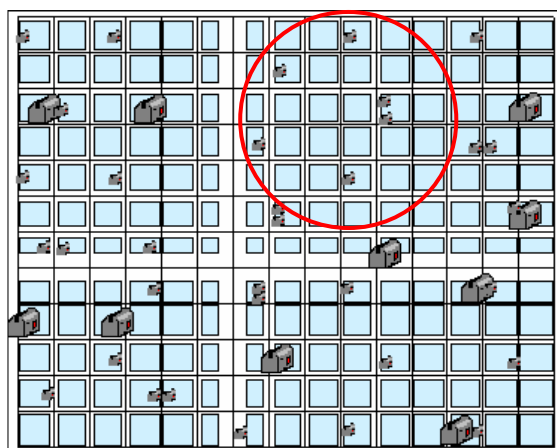


圖 12 縱貫/橫貫道路執行結果

第四組數據為台中市第二分局立人派出所的巡邏範圍示意圖，有 46 筆預定地要選出 15 筆巡邏箱設置地點，其間道路有路寬 6, 8, 10, 15, 20, 30 與 40 公尺。圖 13 是演化 4 代後的結果(較大的巡邏箱圖例代表該預定地被選中)，與之前模擬數據一樣可以作到均勻的分配，但圓圈處的區域巡邏箱仍然不足，這要等到爭取更多警力後才能將這漏洞補好。



圖 13 台中市立人派出所示意圖執行結果

由以上實驗結果可以看出，我們的方法可以很容易檢視整個分配中的公平性與合理性，因為此特

性，這個方法甚至還可以推廣到其它需要公平性或與距離有關的資源分配問題，例如救護車或拖吊車服務點設置，這些資源分配問題的特點不在於整體的平均效果是否良好，它們的要求比較要求在最低時限內要趕到客戶所在，所以我們 PRA 問題的解法也可以推廣到這些與空間距離息息相關的問題上。

六、結論與建議

我們在本研究中提出一個相當實用的資源分配演算法。第一，我們利用基因演算法解決這類不合適用微分手段求解的資源分配問題，充份利用基因演算法快速收斂的特性；另外我們選用合適的墨西哥帽小波函數作為基因演算法所需要訂定的適應函數，此函數恰好可協助我們避免巡邏箱不是相距太近就是相隔太遠的不當情形，完全反應出我們對於巡邏箱分配問題的期待。第二，我們介紹了一個視覺化的資源分配工具。利用此介面，可以很簡單的規避大型屏障如公路或大川對於巡邏箱配置的影響；並且所有巡邏箱分配結果以電子地圖顯示出來後，可以很容易且公開的檢查其分配合理性，所以能盡量避免關說介入警力資源分配。

未來研究可以加入犯罪率、人口密度與車流量的另外考量，對於犯罪率高與人口密度高的區域應該設置較為密集的巡邏箱，這將使得分配問題更困難，但其解答將更符合實際需要。

誌謝

感謝台中市第二分局立人派出所提供相關意見。

七、參考文獻

- [1] 林志交，“基因演算法於模型影像套合計算之應用”，國立成功大學測量工程學系碩士論文，2002。
- [2] 張家生，“計量管理應用於校址選擇與學區劃分之研究”，國立政治大學企業管理研究所碩士論文，1979。

- [3] 張登欽，“國民中學學校、規模、區位、學區劃分之研究—台北市松山區實證探討”，國立中興大學都市計劃研究所碩士論文，1984。
- [4] 黃世孟，賴光真，“都市地區國民中學學區劃分多準則評估模式之建立”，中華民國建築學會建築學報，第 13 期，pp. 89-104，1995。
- [5] 陳海燕，“一種自動化區域規劃演算法”，東海大學資訊工程與科學研究所碩士論文，2003。
- [6] 鍾靜，“線性規劃應用於學區劃分之研究”，私立淡江大學管理科學研究所碩士論文，1984。
- [7] A.A. Bertossi, C.M. Pinotti, and R.B. Tan, “Channel assignment with separation for interference avoidance in wireless networks”, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 14, No. 3, pp. 222-235, 2003.
- [8] C. Blum, and A. Roli, “Metaheuristics in combinatorial optimization: overview and conceptual comparison”, ACM Computing Surveys, Vol. 35, No. 3, pp. 268-308, 2003.
- [9] D.E. Goldberg, “Genetic algorithms in search, optimization, and machine Learning”, Addison-Wesley, 1989.
- [10] J.V.D. Heuvel, R.A. Leese, and M.A. Shepherd, “Graph Labeling and Radio Channel Assignment”, Journal of Graph Theory, Vol. 29, pp. 263-283, 1998.
- [11] J.H. Holland, “Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence”, The University of Michigan Press, 1975.
- [12] R.C.T. Lee, S.S. Tseng, R.C., Chang, and Y.T. Tsai, “Introduction to the Design and Analysis of Algorithms”, McGraw-Hill, 2005.
- [13] E. Rozner, Y. Mehta, A. Akella, and L. Qiu, “Traffic-Aware Channel Assignment in Wireless LANs”, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, Vol. 11, No. 2, pp. 43-44, 2007.
- [14] D.H. Smith, S. Hurley, and S.U. Thiel, “Improving Heuristics for the Frequency Assignment Problem”, European Journal of Operation Research, Vol. 107, No. 1, pp. 76-86, 1998.
- [15] Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Wavelet>, 2007.
- [16] J. Zander, “Trends and Challenges in Resource Management Future Wireless Networks”, IEEE Wireless Communications and Networks Conference, 2000.