

# 地區性道路間距設計之灰色規劃模式<sup>1</sup>

## THE GREY PROGRAMMING MODEL FOR THE SPACING DESIGN OF LOCAL STREETS

林楨家 Jen-Jia Lin<sup>2</sup>

沈育生 Yu-Sheng Shen<sup>3</sup>

(93 年 8 月 23 日收稿，93 年 10 月 26 日第一次修改，93 年 11 月 11 日  
第二次修改，94 年 3 月 25 日定稿)

### 摘 要

地區性道路意指由幹道系統所圍成街廓內之道路系統，涵括了「集散道路 (collector)」與「巷道 (alley)」兩層級，本研究針對地區性道路系統規劃中的「間距設計」工作建構規劃模式，用以決定街廓內地區性道路間距或道路數量配置。模式設計為「灰色多目標整數規劃 (grey multiobjective integer programming)」，所追求之目標包括：可及性、易行性與交通安全，考量限制條件包括：旅運需求、緊急車輛通行、民眾避難、噪音、空氣品質、基地最小之寬度與深度等；輸入變數及輸出結果皆為只知上下界範圍的灰數，以因應規劃作業所面臨資訊不明確狀態及規劃彈性之要求。本研究為求解所建構模式而設計的 Grey Integer TOPSIS 方法，可提供其他灰色多目標整數規劃問題之求解應用。本文並於淡海新市鎮挑選一個住商混合

- 
1. 作者感謝行政院國家科學委員會專題研究計畫補助經費 (計畫編號 NSC92-2415-H-305-016)，以及使本文內容更為改善的匿名審查委員意見，但研究內容仍由作者負責。
  2. 國立臺北大學都市計劃研究所副教授 (聯絡地址：104 臺北市建國北路二段 69 號臺北大學都市計劃研究所；電話：02-25009715；E-mail：jenjia@mail.ntpu.edu.tw)。
  3. 國立臺北大學都市計劃研究所碩士。

街廓進行實例分析，確認模式之實用性，並測試「交通穩靜化 (traffic calming)」措施與參數灰度對規劃結果的影響，以了解模式特性，分析結果可提供應用模式時的進一步參考資訊。

**關鍵詞：**地區性道路；間距設計；灰色規劃

## ABSTRACT

*The Local Street System denotes the network of collectors and alleys in a block bounded by arterials. This research aims at the analysis model for the spacing design of Local Street System. The model was designed as a multi-objective grey integer programming model, in which three objectives, i.e., accessibility, mobility, and traffic safety, are considered. The constraints included travel demand, emergency services, public refuge, noise, air quality, and minimum width, and depth of architectural base. Since the planning tasks are filled with uncertainties, the parameters and decision variables of model were both designed as grey numbers, which represented the possible ranges other than crisp values. Additionally, this research developed the approach of Grey Integer TOPSIS for solving the developed model, and this approach can also be applied to solve the other multi-objective grey integer programming models. A mixed-use block in Dan-Hai New Town was investigated as a case study to justify the applicability of model. We also analyzed the influences of traffic calming measures and parameters' grey degree on spacing design to identify the model's characteristics. The results of this case study provided further information for the model application.*

**Key Words:** Local street; Spacing design; Grey programming

## 一、前言

地區性道路意指由幹道系統所圍成街廓內之道路系統，涵括「集散道路 (collector)」與「巷道 (alley)」兩層級，其不同於一般的幹道系統，具有交通、防災、生活、公共空間、都市型塑與社會活動等特殊之特徵與功能。然因過去研究多聚焦於幹道系統之規劃設計，忽視與居民息息相關之地區性道路系統，致缺乏客觀規劃方法，只能依憑個人經驗來進行；再者，過去的道路設計多注重道路之交通功能，而忽略了其他功能，並因規劃者多從車優先角度進行規劃，忽略行人之需要，進而破壞地區環境的生活機能。地區性道路系統之規劃元素中，間距設計是重要的項目之一，道路間距設計不當，在運輸功能方面，會因此而造成地區整體的運輸功能不佳，進而造成道路使用上的不便利，以及旅行時間的增加；在防災與安全方面，會因此而增加交通肇事的機會，以及救災與避難的困難性；在生活環境方面，會因此而使得噪音與空氣的污染更嚴重，進而降低地區生活環境品質；在財政支出方面，會因此而增加道路建設與維護成本，進而造成政府財政上的負擔；在土地使

用方面，會因此而產生畸零地，造成土地的閒置，以及降低房地產價值，因此須特別重視。

過去對地區性道路系統規劃的研究多著重於分類、功能、特性以及考量因素等原則性的討論，例如分類方面有吳永隆等<sup>[1]</sup>依交通功能分類，吳永隆等<sup>[2]</sup>及吳永隆與葉光毅<sup>[3]</sup>依交通特性與居民認知分類，吳永隆等<sup>[4]</sup>依寬度與等級分類，Mitchell 和 MacGregor<sup>[5]</sup>以街道線形型態分類；在功能意涵上，凌瑞賢<sup>[6]</sup>強調交通與公共空間，許添本與鄭雅文<sup>[7]</sup>強調交通、防災、公共空間與生活空間，陳明宏<sup>[8]</sup>強調交通、防災、公共空間、生活空間與都市構造形成，Girling<sup>[9]</sup>強調交通與社會功能；在道路特性上，許添本等<sup>[10]</sup>研究巷道寬度對車流速度的影響，Virginia Department of Highways<sup>[11]</sup>、鄭添富<sup>[12]</sup>、何森龍<sup>[13]</sup>、賴文泰<sup>[14]</sup>等研究交通量或車速對肇事的影响，Hayward<sup>[15]</sup>、Roy Jorgensen Association Inc.<sup>[16]</sup>、Shah<sup>[17]</sup>、Belment<sup>[18]</sup>、Perkins<sup>[19]</sup>、Cribbins 等人<sup>[20]</sup>、Kihlbery 和 Thrapp<sup>[21]</sup>、Boughton<sup>[22]</sup>、王佩勳<sup>[23]</sup>、賴文泰<sup>[14]</sup>等研究道路幾何設計對肇事的影响；而綜合凌瑞賢<sup>[6]</sup>、吳永隆與葉光毅<sup>[24-26]</sup>、陳明宏<sup>[8]</sup>、馮正民等<sup>[27]</sup>、林良泰與廖俊棠<sup>[28]</sup>、馮正民與曾平毅<sup>[29]</sup>、鄭明書等<sup>[30]</sup>、葉光毅<sup>[31]</sup>、許添本<sup>[32,33]</sup>、Lillebye<sup>[34]</sup>、Girling<sup>[9]</sup>等研究，地區性道路規劃考量因素包括了便利、安全、舒適、防災、都市型塑、公共空間、生活環境以及社會性等。過去雖有不少研究成果，但在量性分析上的研究並不常見，例如吳永隆與葉光毅<sup>[35]</sup>曾對地區性道路關於安全、便利、舒適、防災進行實證性的統計分析。以量性模式構建地區性道路間距規劃的規範性方法更是少見，Fawaz<sup>[36]</sup>與 Fawaz 和 Newell<sup>[37]</sup>針對方格路網，推導建造成本與旅行成本總和對道路間距與旅次密度的關係式，並在總成本最小化的目標下，利用一階導數分析最佳道路間距，但只考量建造成本與旅行成本，忽略其他非交通面的目標與限制；Ewing<sup>[38]</sup>以關係式推導的過程，建立由旅行距離、旅行速度以及居住密度推估集散道路與幹道合理間距的關係式，但並未進行實例分析，也未驗證推估結果的合理性；陳明宏<sup>[8]</sup>建立單目標的數學規劃模式，分析給定街廓長度、寬度與速限條件下的最適巷道間距，但在考量因素的完整性、因素間關係的合理性以及滿足處理不明確規劃條件與保留規劃彈性的實務需要等方面尚有改善的空間。

為協助細部計畫規劃者有系統及有效率地進行路網規劃工作，本研究目的在因應街廓內活動之需求，建構適宜之地區性道路間距設計分析模式，並透過實例研究，驗證模式的實用性與特性，同時對實例提供具體的規劃建議。本文內容分為六部分：在本段說明研究目的、內容及文獻回顧後，第二段會說明模式構想，接著在第三段說明模式列式，第四段介紹求解方法設計，然後第五段說明實例應用及敏感度分析之討論，最後則提出結論與建議。

## 二、模式構想

本段首先說明決策問題，繼而分析決策過程所應考量之重要因素，最後則據以提出模式架構，作為下段列式的基礎。

## 2.1 問題說明

本問題屬於政府部門之決策，因決策內容為街廓內道路間距，涉及都市規劃之議題，故模式之使用者應為都市計畫部門之規劃師。此外，由於地區內道路之規劃通常是細部計畫內容，故規劃模式之使用者可再進一步界定為都市計畫中細部計畫的規劃師。

本規劃模式之決策內容為街廓內地區性道路間距之合理規劃，所謂的「道路間距」是指街廓內道路與道路之間的距離，亦即是兩道路中心線之間的距離，並非指道路之寬度。由於在街廓邊長固定情形下，找尋最佳間距問題與找尋最佳道路數問題是相同的，因此，可將街廓內道路間距設計之問題視為街廓內所需的地區性道路總數問題，如圖 1 所示。

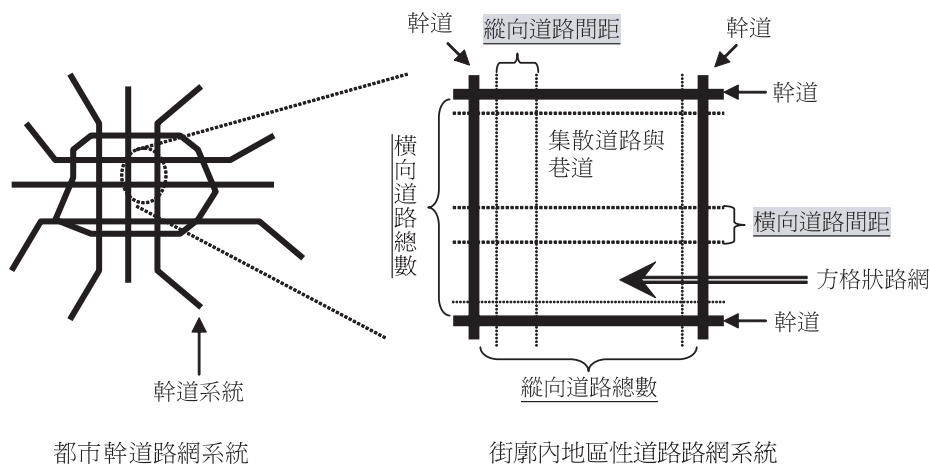


圖 1 模式決策事項之示意圖

模式係針對適用於格子狀路網之方整街廓而設計，亦即都市內由幹道系統所隔出之方整街廓，且街廓內之道路路網為格子狀路網型態；使用時機在新開發地區方面，適用於素地開發、新訂都市計畫等狀況；在已發展地區方面，則適用於大規模重建開發地區，如舊有都市計畫整體更新或是大規模市地重劃。傳統上在進行上述規劃任務之地區性道路系統設計時，可掌握的已知條件包括主要計畫所賦予或估計之街廓尺寸、土地使用型態、旅運需求、發展目標等，以及法令規定對建築基地尺寸、空氣與噪音管制、災害防救等的規範；在這些條件下，過去規劃者通常先依據道路設計規範，例如臺北市道路功能分類與路型規劃<sup>[39]</sup>，決定地區性道路之功能、路型與寬度，繼而依據個人經驗布設道路於街廓內，方格路網的布設關鍵為道路間距，依據個人經驗而決定的間距，在合理性與可靠性上常遭致質疑，因此需要系統化且有效的分析工具來輔助規劃者。

## 2.2 問題分析

經由對第一段所回顧文獻的整理，歸納地區性道路間距設計須考量因素可區分為運輸功能、防災與安全、生活環境與公共建設成本等四個向度，討論如下：

### 1. 運輸功能

- (1) 可及性：是指個人或團體為達其活動之目的，由一地至另一地之便捷程度，可以旅行時間作衡量，衡量單位是「分鐘」；而「道路間距」與「可及性」呈反向關係，亦即街廓內道路間距若愈短，則可及性會愈高。
- (2) 易行性：指個人或團體為達其活動之目的，使用運輸設施旅行的容易程度，可以旅行時間作衡量，衡量單位是「分鐘」；而「道路間距」與「易行性」呈正向關係，亦即街廓內道路間距若愈短，則因路口數愈多而使易行性會愈低。
- (3) 旅運需求：旅運需求是指道路所需承載之旅次總流量，包括了當地所產生與吸引之旅次，以旅次數作衡量，衡量單位是「人旅次數／尖峰小時」；而「街廓內道路間距」與「旅運需求」呈反向關係，亦即旅運需求若愈大，則需要道路數會愈多，故街廓內道路間距會愈短。

### 2. 防災與安全

- (1) 緊急車輛通行：是指災害發生時，緊急車輛到達災害地點之效率，以旅行時間作衡量，衡量單位是「分鐘」；而「道路間距」與「緊急車輛通行」呈正向關係，亦即道路間距愈短，則因路口數愈多導致緊急車輛通行效率愈低。
- (2) 民眾避難：是指災害發生時，當地民眾疏散至街廓外之效率，以民眾疏散時間作衡量，衡量單位是「分鐘」；而「道路間距」與「民眾避難」呈反向關係，亦即道路間距愈短，則民眾因可選擇路徑愈多而導致避難效率愈高。
- (3) 交通安全：包括了人行與車行之安全，人與車之流量愈多以及路口愈多，肇事機會愈大，則交通環境愈不安全；本研究定義「曝光量 (exposure)=行人流量 (人／日)×車輛流量 (車／日)×路口數 (個)」，衡量單位是「曝光量」，並以此作衡量，而「道路間距」與「曝光量」呈反向關係，亦即道路間距愈短，則曝光量會愈高，交通愈不安全。

### 3. 生活環境

- (1) 噪音：是指車輛於行駛時所產生之擾人聲音，衡量單位是「分貝」；而「道路間距」與「噪音」呈反向關係，亦即道路間距愈短，則路口數愈多，使得車輛停止與啟動次數會愈多，導致噪音污染愈嚴重。
- (2) 空氣品質：是衡量由車輛於啟動時所排放之污染物，並以碳氫化合物、氮氧化物、一氧化碳個別之排放量作衡量，衡量單位是「ppm」；而「道路間距」與「空氣品質」呈正向關係，亦即街廓內道路間距若愈短，則路口數愈多，因車輛停止與啟動次數會愈多，導致排放污染物愈多，使空氣品質愈低。

(3) 基地最小之寬度與深度：是指依據畸零地使用規則中，所規範之建築基地之最小寬度及深度，並以長度單位「公尺」作衡量；而「道路間距」與「基地最小之寬度與深度」呈正向關係，亦即道路間距若愈短，則基地之寬度與深度會愈小，愈有可能發生無法利用之畸零地情形。

#### 4. 公共建設成本

(1) 道路建設成本：是指建設道路所花費之成本，以貨幣單位衡量，衡量單位是「新臺幣(元)」；而「道路間距」與「道路建設成本」呈反向關係，亦即街廓內道路間距若愈短，則道路數愈多致使花費愈高的道路建設成本。

(2) 道路維護成本：是指於道路興建完成後，所需要的日常維護、整修之支付成本，以貨幣單位衡量，衡量單位是「新臺幣(元)」；而「道路間距」與「道路建設成本」呈反向關係，街廓內道路間距若愈短，因道路數愈多而使所花費之道路維護成本愈高。

上述考量因素之間的相對重要性並不相同，在簡約實用又能掌握關鍵的考量下，有必要將重要性較低的因素排除於模式構建之外。本研究分別自學界(學)、政府機關(官)及私人顧問公司(產)中選取一位對地區性道路規劃與設計有實務經驗之規劃者或研究者作為訪問對象，利用專家問卷與分析階層程序法分析住宅使用與商業使用各因素間的相對權重，計算二者之平均值作為住商混合使用之權重，結果如表1所示；其中公共建設成本的

表1 地區性道路間距設計之考量因素權重整理

| 道路間距設計之考量因素   | 住宅使用         | 商業使用         | 住商混合使用       |    |
|---------------|--------------|--------------|--------------|----|
|               | 調查權重①        | 調查權重②        | 權重(①+②)/2    | 處理 |
| <u>運輸功能</u>   | <b>0.291</b> | <b>0.369</b> | <b>0.330</b> |    |
| 1. 可及性        | 0.179        | 0.055        | 0.117        | ✓  |
| 2. 易行性        | 0.077        | 0.158        | 0.118        | ✓  |
| 3. 旅運需求       | 0.035        | 0.156        | 0.095        | ✓  |
| <u>防災與安全</u>  | <b>0.248</b> | <b>0.429</b> | <b>0.339</b> |    |
| 1. 緊急車輛通行     | 0.128        | 0.163        | 0.146        | ✓  |
| 2. 民眾避難       | 0.043        | 0.177        | 0.110        | ✓  |
| 3. 交通安全       | 0.078        | 0.089        | 0.084        | ✓  |
| <u>生活環境</u>   | <b>0.397</b> | <b>0.140</b> | <b>0.269</b> |    |
| 1. 噪音         | 0.155        | 0.041        | 0.098        | ✓  |
| 2. 空氣品質       | 0.086        | 0.021        | 0.054        | ✓  |
| 3. 基地最小之寬度與深度 | 0.157        | 0.078        | 0.117        | ✓  |
| <u>公共建設成本</u> | <b>0.063</b> | <b>0.062</b> | <b>0.063</b> |    |
| 1. 道路建設成本     | 0.025        | 0.036        | 0.030        | ×  |
| 2. 道路維護成本     | 0.039        | 0.026        | 0.032        | ×  |

✓表示將該因素納入考量；×表示不將該因素納入考量。

兩個因素因重要性明顯偏低 (均低於 0.05)，故將之排除而不考量於住商混合使用街廓之模式構建中。表 1 之權重值並將作為後續實例分析之參數值，關於問卷設計與受訪對象背景資料之說明詳見沈育生論文<sup>[40]</sup>。

### 2.3 模式架構

本模式之使用目的係在交通運輸 (道路容量、道路寬度、道路使用者)、土地使用 (土地使用分區、土地使用強度、建築基地最小之寬度與深度、街廓之寬度與深度)、社會經濟 (人口組成、活動人口數)、生活環境 (公害污染、寧適性) 等條件已知情形下，規劃街廓內方格路網之最適間距，規劃者可根據此結果進行間距微調、集散道路指定以及幾何線型等細部設計工作。

決策內容雖為街廓內縱向與橫向巷道之間距，但因平均間距即為街廓長度或寬度除以巷道數，直接以巷道數定義決策變數在列式設計與求解上較方便，所以本研究將決策變數之定義由「街廓內縱向與橫向巷道之間距」轉為「街廓內縱向與橫向巷道之數目」。

表 1 所列較重要的考量因素中，若具有一定衡量標準或最低限度之要求時，則將其視為模式之限制式；而若該考量因素無一定衡量標準或最低限度之要求時，但有期望方向時 (望大或望小)，則視為模式之目標式；經過檢討，模式之目標式與限制式之架構如圖 2 所示。在目標式方面涵蓋了可及性、易行性與交通安全，在限制式方面則涵括了旅運需求、緊急車輛通行、民眾避難、噪音、空氣品質與基地最小之寬度與深度。

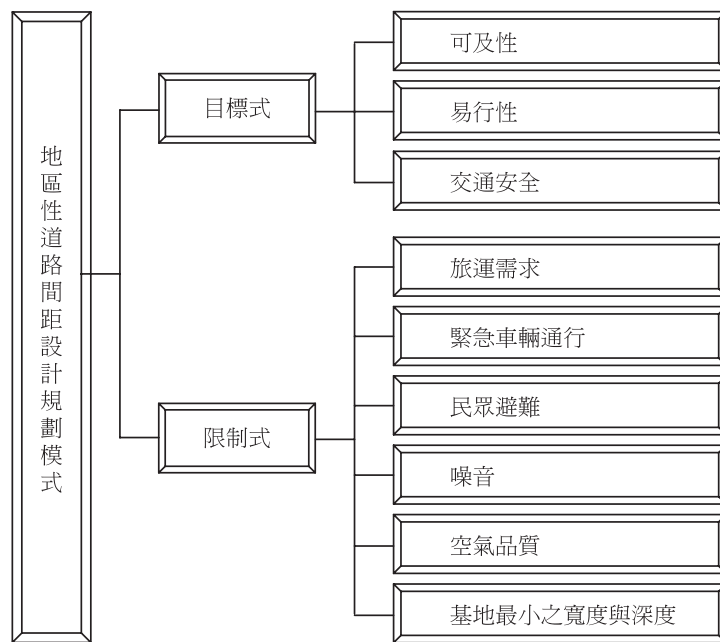


圖 2 模式目標式與限制式之示意圖

### 三、模式列式

本段先定義模式中使用符號，繼而根據模式構想與假設條件進行列式與說明，最後將決策變數與部分參數轉化為灰數，建構灰色規劃模式。

#### 3.1 符號定義

本文先以明確的白數定義符號如下：

- $A$ ：符號下標，表示車輛，本文專指通常允許使用地區性道路之小客車或小貨車；
- $P$ ：符號下標，表示行人；
- $e$ ：自然數，約等於 2.718282；
- $c$ ：隨路口數增加而使車行速度遞減之參數， $c \geq 0$ ，詳見式 (3) 說明；
- $d$ ：隨路口數增加而使行人步行速度遞減之參數， $d \geq 0$ ，詳見式 (8) 說明；
- $f$ ：隨緊急救難設施與災害現場距離遠近而調整之參數， $f \geq 0$ ，詳見式 (7) 說明；
- $g$ ：隨避難設施與災害現場距離遠近而調整之參數， $g \geq 0$ ，詳見式 (8) 說明；
- $C_{Ak}$ ：表示在道路服務水準  $k$  下，街廓內單一路段（雙向）之平均車輛容量（輛／小時）；
- $C_{Pk}$ ：在道路服務水準  $k$  下，街廓內每一單位人行道面積可容納之行人數（人／平方公尺）；
- $D_A$ ：街廓本身之車旅次發生數（輛／小時）；
- $F_A$ ：平均單一路口之車輛流量（百輛／日）；
- $F_P$ ：平均單一路口之行人流量（百人／日）；
- $J_0^{(CO)}$ ：街廓內所允許之一氧化碳（CO）排放總量上限（ppm／時）；
- $J_0^{(HC)}$ ：街廓內所允許之碳氫化合物（HC）排放總量上限（ppm／時）；
- $J_0^{(NO_x)}$ ：街廓內所允許之氮氧化合物（NO<sub>x</sub>）排放總量上限（ppm／時）；
- $J_A^{(CO)}$ ：每一輛車在路口啟動時所排放一氧化碳（CO）之總量（ppm／輛）；
- $J_A^{(HC)}$ ：每一輛車在路口啟動時所排放碳氫化合物（HC）之總量（ppm／輛）；
- $J_A^{(NO_x)}$ ：每一輛車在路口啟動時所排放氮氧化合物（NO<sub>x</sub>）之總量（ppm／輛）；
- $m_A$ ：小客車之質量（公斤）；
- $N_P$ ：街廓內行人總數（人）；
- $R$ ：允許的噪音影響面積占街廓面積之比率；
- $r$ ：路口噪音之影響距離（公尺）；
- $S_A^0$ ：車輛自由流之平均車速（公里／小時）；
- $S_A$ ：車輛實際之平均行駛速度（公里／小時）；
- $S_P^0$ ：行人自由流之平均步行速度（公尺／分鐘）；

- $S_P$ ：行人實際之平均步行速度 (公尺／分鐘)；  
 $T_A$ ：緊急車輛到達災害現場之時間上限 (分鐘)；  
 $T_P$ ：民眾由災害現場逃至避難設施之時間上限 (分鐘)；  
 $V$ ：街廓內平均之人行道寬度 (雙向合計) (公尺)；  
 $L$ ：街廓之橫向寬度 (公尺)；  
 $W$ ：街廓之縱向長度 (公尺)；  
 $l_0$ ：建築基地之最小寬度之規定 (公尺)；  
 $w_0$ ：建築基地之最小深度之規定 (公尺)；  
 $\theta$ ：地區性道路之寬度 (公尺)；  
 $\alpha$ ：縱向道路數與橫向道路數關係參數之下限， $\alpha \geq 0$ ，詳見式 (16) 說明；  
 $\beta$ ：縱向道路數與橫向道路數關係參數之上限， $\beta \geq 0$ ，詳見式 (16) 說明；  
 $X$ ：決策變數，街廓內縱向之地區性道路總數 (條)；  
 $Y$ ：決策變數，街廓內橫向之地區性道路總數 (條)。

### 3.2 列式與說明

為使建構之模式兼顧理論與實用，並達到所設定之研究目的，本研究基於以下假設進行列式：(1) 只考量街廓本身所產生與吸引之行人與汽車旅次，這些旅次均勻地分布於街廓內，並忽略通過性旅次以及自行車與機車兩種運具；(2) 假設車輛之自由流旅行速度不超過道路之法定速限；(3) 假設行人與駕駛者在路口會減速或依號誌停等，無交通違規行為發生；(4) 假設街廓內道路之興建與維護無預算限制；(5) 假設街廓內空氣中污染物皆由行駛之汽車所排放，亦即忽略非汽車所製造的空氣污染物；(6) 假設街廓內之空氣污染與噪音污染不因地點不同而有所差異；(7) 防救設施位置可位於街廓內或街廓外，若設施位於街廓外時，則假設防救車輛由街廓四個街角進入；(8) 假設災害發生時，所有道路皆可通行；(9) 小客車旅運需求皆均勻分布於街廓之中；(10) 假設車輛於路口停等所產生之噪音污染較路段行駛中明顯，而將路段中所產生之噪音忽略不計；(11) 假設噪音影響範圍與車流量之多寡無關；(12) 地區性道路在平常時期僅允許小客車與小貨車使用，非常時期允許緊急車輛 (如消防車) 使用。

#### 1. 目標式

目標一為可及性，其定義為「個人或團體為達其活動目的，由一地至另一地之便捷程度」，由於地區性道路規劃多要求高可及性，因此，為使街廓內可及性愈高，勢必使得街廓內之道路總數愈多，使道路間距愈短，故目標意義為「追求街廓內縱向與橫向道路間距極小化」，如式 (1) 與圖 3 所示，其中  $L/(X+1)$  表示縱向道路間之道路間距， $W/(Y+1)$  表示橫向道路間之道路間距。

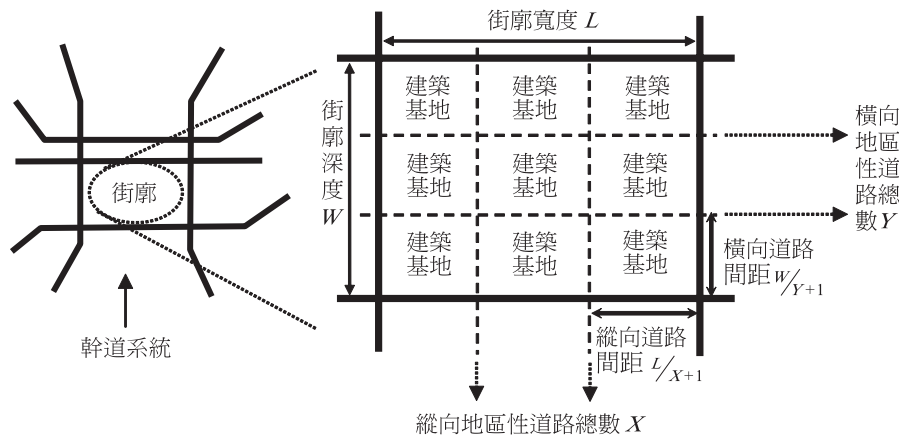


圖 3 可及性示意圖

$$\text{Min } \frac{L}{X+1} + \frac{W}{Y+1} \quad (1)$$

目標二是易行性，其定義為「個人或團體為達其活動之目的，使用運輸設施旅行的容易程度」，可利用「個人或團體使用運輸設施行駛於道路之旅行時間來衡量」，由於駕駛者於行駛道路時，多要求高易行性，亦即要求旅行時間少，故目標意義為「追求街廓內車輛實際平均旅行時間之最小化」，其列如式 (2)，其中  $L + W$  表示車輛於街廓內行駛路線之可能最大距離（即對角線旅行）。

$$\text{Min } \frac{(L+W)}{S_A} \quad (2)$$

另外，式 (2) 車輛實際之平均行駛速度  $S_A$  受到街廓內路口數多寡的影響，會因為所行經的路口數增多，使車輛實際之平均行駛速度遞減，假設其間為負指數函數如下：

$$S_A = S_A^0 \times e^{-c(X+Y+1)} \quad (3)$$

其中， $(X + Y + 1)$  為街廓內行駛路線之可能最多路口數（即對角線旅行）；而參數  $c$  須以實際調查資料校估決定。

目標三交通安全包括了人行與車行之安全，由於人、車流量以及路口數會與肇事機會（即 2.2 節定義之曝光量）呈正向關係，與交通安全呈反向關係；而車輛實際平均行駛速度與車輛質量和肇事嚴重性間呈正向關係，而與交通安全呈反向關係；因此，為使交通環境愈安全，應在規劃階段所能掌握的有限資訊下，儘量降低肇事機會與嚴重性，故要求路口數、車輛實際平均行駛速度、車輛質量以及人、車流量之乘積最小化，如式 (4) 所示，其

中， $(X+2)(Y+2)$  是指街廓內所有路口數，而  $(S_A^0 \times e^{-c(\frac{X+Y+1}{2})})^2 \times m_A$  則代表車輛在其實際平均行駛速度下，所具有之動能。因假設旅次端點均勻分布於街廓內，故平均行駛速度可以令為可能經過路口數最大值（街廓對角線旅次）之一半之行駛速度。在式 (4) 之目標下，將來為交通安全而進行的各種措施設計，例如號誌設計、路口幾何設計、人行道或自行車道設計等，才會有較好的基礎；而與交通安全有關的其他因素，例如路口臨近路段之交通狀況，可在後續設計作業中考量。

$$\text{Min } F_A \times F_P \times [(X+2)(Y+2)] \times (S_A^0 \times e^{-c(\frac{X+Y+1}{2})})^2 \times m_A \quad (4)$$

## 2. 限制式

### (1) 旅運需求

旅運需求是指道路所需承載之總交通量，因本研究忽略通過性旅次，故在此專指由街廓本身所產生與吸引之人、車旅次，且這些旅次均勻地散布於街廓內。在車旅次方面，當地所發生之車流量須不大於街廓內所有道路能承載之容量，如式 (5) 所示：

$$(X+Y) \times C_{Ak} \geq D_A \quad (5)$$

其中， $(X+Y) \times C_{Ak}$  為街廓內所有道路能承載之車輛容量。而在人旅次方面，當地所產生與吸引之人旅次，其行人密度須不大於街廓內每一單位人行道面積可容納之行人數，如式 (6) 所示：

$$\frac{N_p}{(X \times W + Y \times L) \times V} \leq C_{Pk} \quad (6)$$

其中， $(X \times W + Y \times L) \times V$  表示街廓內人行道總面積， $\frac{N_p}{(X \times W + Y \times L) \times V}$  則是將街廓內行人總數除以人行道總面積，亦即為行人密度。

### (2) 緊急車輛通行

緊急車輛通行是指災害發生時，緊急車輛到達災害地點之效率；因災害防救具時效性，故緊急車輛須在限定時間內到達災害地點，並進行施救之工作。由於緊急車輛由街廓外進入街廓內最遠的距離應為街角到街廓中心點，如圖 4 所示，基於保守原則，以此點估算救災距離為  $L/2 + W/2$ ，此距離除以車速後應小於緊急車輛到達災害現場時間上限的某個比率如下式：

$$\frac{\frac{L+W}{2}}{S_A^0 \times e^{-c(\frac{X+Y+1}{2})}} \leq f \times T_A \quad (7)$$

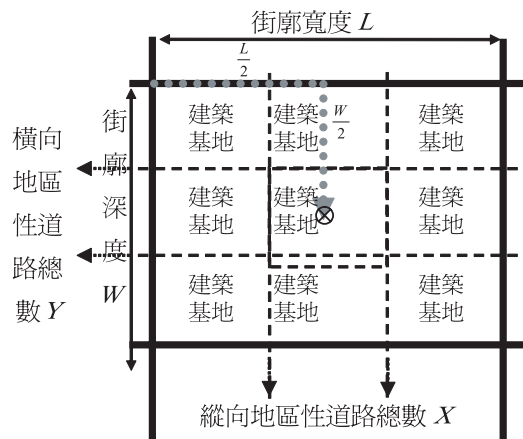


圖 4 緊急車輛通行簡化示意圖

式 (7) 旅行距離之推算為近似值，明確值之推算過程較複雜且不適合設計為模式，有興趣者可參閱沈育生論文<sup>[40]</sup>。此外，當緊急救難設施距街廓愈遠時，須設定愈小的  $f$  值。

### (3) 民眾避難

民眾避難是指災害發生時，民眾逃離災害地點至街廓外之效率，因受到道路障礙阻隔與後續災害發生不確定之影響，故民眾避難之旅行時間須在限定時間之內。由於民眾由街廓內步行到街廓外最遠的距離應為街廓中心點到街角，同圖 4 所示，基於保守原則，以此點估算避難距離為  $L/2 + W/2$ ，此距離除以步行速度後應小於避難時間上限的某個比率如下式：

$$\frac{L+W}{2} \times \frac{1}{S_p^0 \times e^{-d\left(\frac{X+Y+1}{2}\right)}} \leq g \times T_p \quad (8)$$

式 (8) 旅行距離之推算為近似值，明確值之推算過程較複雜且不適合設計為模式，有興趣者可參閱沈育生論文<sup>[40]</sup>。當避難設施距街廓愈遠時，必須設定愈小的  $g$  值。行人實際平均步行速度會受到街廓內路口多寡之影響，若所行經的路口數增多，將使平均行走速度呈現遞減現象，假設速度與路口數間亦呈負指數函數如式 (8) 左邊的分母，參數  $d$  須以實際調查資料校估決定。

### (4) 噪音

噪音是指車輛於行駛時所產生之擾人聲音，隨著道路間距愈短，將造成車輛停止與啟動次數增加，導致噪音污染愈嚴重。故為維護生活環境品質，須對此作一限制，但因噪音不同於其他污染，不適合作污染量的加總，故本研究將加總各路口之噪音影響範圍之面積，並將其限制於一定比率的街廓面積之內，如下式：

$$(4 \times 1/4) \pi r^2 + [(2X + 2Y) \times 1/2] \pi r^2 + [(XY) \times 1] \pi r^2 \leq L \times W \times R \quad (9)$$

其中， $(4 \times 1/4) \pi r^2$  代表街廓內共有 4 個四分之一圓的面積，其分別位於街廓內的四個街角上，為幹道與幹道之交點； $[(2X + 2Y) \times 1/2] \pi r^2$  表示街廓內共有  $2(X + Y)$  個二分之一圓的面積，其分別位於四周幹道與巷道之交點上； $[(XY) \times 1] \pi r^2$  表示街廓內共有  $XY$  個圓的面積，其分別位於街廓內的巷道與巷道之交點上； $L \times W \times R$  表示因街廓性質之不同，所因應訂定之噪音影響範圍面積之標準。而式 (9) 經由整理後，可簡化如下式：

$$[1 + (X + Y) + (XY)] \pi r^2 \leq L \times W \times R \quad (10)$$

##### (5) 空氣品質

空氣品質是衡量由車輛於啟動時所排放之污染物，隨著街廓內道路間距愈短，將使車輛停止與啟動次數增加，導致排放污染物愈多，進而使空氣品質愈低。而其中所排放之污染物中，以碳氫化合物 (HC)、一氧化碳 (CO)、氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 等三種污染物對人體及環境所造成的危害最大，故為維護生活環境之品質及居民之健康，須對此作一限制。由於空氣污染物可作總量的加總，故本研究加總各路口移動性污染源所排放之污染量，並將其規範於一定標準之污染排放量內，但因為各個污染物控制標準與量測方式不一，且加總後無法彰顯個別污染物之影響，故本研究分別就碳氫化合物 (HC)、一氧化碳 (CO)、氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 等三種污染物各自列式如下：

$$F_A \times J_A^{(CO)} \times [(X + 2)(Y + 2)] \leq J_0^{(CO)} \quad (11)$$

$$F_A \times J_A^{(HC)} \times [(X + 2)(Y + 2)] \leq J_0^{(HC)} \quad (12)$$

$$F_A \times J_A^{(NO_x)} \times [(X + 2)(Y + 2)] \leq J_0^{(NO_x)} \quad (13)$$

其中， $F_A \times J_A^{(CO)} \times [(X + 2)(Y + 2)]$  表示汽機車在路口啟動時排放一氧化碳 (CO) 之污染量總和， $F_A \times J_A^{(HC)} \times [(X + 2)(Y + 2)]$  表示汽機車在路口啟動時排放碳氫化合物 (HC) 之污染量總和， $F_A \times J_A^{(NO_x)} \times [(X + 2)(Y + 2)]$  表示汽機車在路口啟動時排放氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 之污染量總和，而每一種污染物之排放量皆須不大於街廓內所規範之污染規範標準。

由於目前國內並無街廓內一氧化碳、氮氧化物、氮氧化物等污染量之允許排放上限規範，以及車輛在啟動時所排放的一氧化碳、氮氧化物、氮氧化物的污染量數據，因此，式 (11)、(12)、(13) 在本文實例分析中暫排除於限制條件外。

##### (6) 基地最小之寬度與深度

地區性道路中心線之間距不應小於各縣市訂定的「畸零地使用規則」中所規範的最小寬度或深度分別加上路寬，列式如下：

$$\frac{L}{X + 1} \geq l_0 + \theta \quad (14)$$

$$\frac{W}{Y+1} \geq w_0 + \theta \quad (15)$$

其中，式 (14) 表示縱向道路間距須不小於法規對建築基地規範的最小寬度加上路寬，式 (15) 表示橫向道路間距須不小於法規對建築基地規範的最小深度加上路寬， $L/(X+1)$  表示縱向道路間距， $W/(Y+1)$  表示橫向道路間距。 $l_0$  與  $w_0$  亦可依據規劃目標而訂為較大值，例如都市設計期望朝大街廓設計時。

#### (7) 縱向道路數與橫向道路數之關係限制

為反映當地都市設計目標以及規劃風格，故規範縱向道路數與橫向道路數間的比率範圍如下式：

$$\alpha \leq \frac{X}{Y} \leq \beta \quad (16)$$

其中， $\alpha$  與  $\beta$  值可依當地都市設計、規劃風格或規劃需求所決定。

#### (8) 決策變數之值域宣告

由於本模式之決策變數為街廓內縱向與橫向之道路總數，因其須為正值，且又為不連續之整數，故將其值域定義如下：

$$X, Y \in \text{non-negative integers} \quad (17)$$

### 3.3 灰色規劃模式

上述列式中之所有決策變數與參數皆為明確數值之「白數」，但於實際規劃時，列式中之決策變數與部分參數常因面臨不確定之狀態，往往非明確的白值，而存在一彈性範圍，此為鄧聚龍<sup>[41]</sup>所指稱的「灰數」，即為具上下界區間之數值，表示如下：

$$s^\pm = [s^-, s^+] = \{s \mid s^- \leq s \leq s^+\} \quad (18)$$

其中  $s^-$  表示灰數之下界值， $s^+$  表示灰數之上界值， $s^\pm$  則定義為灰數。

上述部分參數基於以下之緣由，不易掌握其明確值，故須轉化為灰參數：(1)「街廓內行人總數  $N_p^\pm$ 」，由於行人旅次多為短距離、即興的，再加上目前並無適當之回饋通報系統或方法可確實掌握街廓內之行人總數，故此資料因輸入資訊不明確而無法確切地掌握其明確參數值，宜被視為灰數來處理；(2)「隨路口數增加而使車行速度遞減之參數  $c^\pm$ 」、「隨路口數增加而使行人步行速度遞減之參數  $d^\pm$ 」、「隨緊急救難設施與災害現場之距離遠近而調整的參數  $f^\pm$ 」、「隨避難設施與災害現場之距離遠近而調整的參數  $g^\pm$ 」、「在道路服務水準  $k$  下，街廓內每一單位人行道面積可容納之行人數  $C_{pk}^\pm$ 」、「平均單一路口之車輛流量  $F_A^\pm$ 」、「平均單一路口之行人流量  $F_p^\pm$ 」、「小客車之質量  $m_A^\pm$ 」、「街廓內

行人總數  $N_P^\pm$ 」、「允許的噪音影響面積占街廓面積之比率  $R^\pm$ 」以及「路口噪音之影響距離  $r^\pm$ 」等，因參數值會隨著規劃街廓地點及特性之不同、規劃時點之不同、規劃理念及方式之不同、調查方法與時間之不同而有所差異，亦即參數值會隨時空情境與規劃條件之不同而改變，並非固定值，故宜被視為灰數來處理。此外，由於參數不易掌握或容易變動而成為灰數，導致決策變數亦有可能為灰數；模式輸出決策變數的上下界，提供規劃者更具彈性的決策資訊，例如規劃者可以考量其他未於模式中處理的因素，於上下界範圍內決定較適當的間距設計值。

因此，將基本列式與灰數相結合後，所衍生建構之灰色規劃模式如 [P1] 所示：

[P1]

$$\text{Min} \quad \frac{L}{X^\pm + 1} + \frac{W}{Y^\pm + 1}$$

$$\text{Min} \quad \frac{(L+W)}{S_A^0 \times e^{-c^\pm(X^\pm + Y^\pm + 1)}}$$

$$\text{Min} \quad F_A^\pm \times F_P^\pm \times [(X^\pm + 2)(Y^\pm + 2)] \times (S_A^0 \times e^{-c^\pm \left( \frac{X^\pm + Y^\pm + 1}{2} \right)})^2 \times m_A^\pm$$

$$\text{Subject to : } (X^\pm + Y^\pm) \times C_{Ak} \geq D_A$$

$$\frac{N_P^\pm}{(X^\pm \times W + Y^\pm \times L) \times V} \leq C_{PK}^\pm$$

$$\frac{\frac{L+W}{2}}{S_A^0 \times e^{-c^\pm \left( \frac{X^\pm + Y^\pm + 1}{2} \right)}} \leq f^\pm \times T_A$$

$$\frac{\frac{L+W}{2}}{S_P^0 \times e^{-d^\pm \left( \frac{X^\pm + Y^\pm + 1}{2} \right)}} \leq g^\pm \times T_P$$

$$[1 + (X^\pm + Y^\pm) + (X^\pm Y^\pm)] \pi (r^\pm)^2 \leq L \times W \times R^\pm$$

$$\frac{L}{X^\pm + 1} \geq l_0 + \theta$$

$$\frac{W}{Y^\pm + 1} \geq w_0 + \theta$$

$$\alpha \leq \frac{X^\pm}{Y^\pm} \leq \beta$$

$$X^{\pm}, Y^{\pm} \in \text{non-negative integers}$$

[P1] 中之決策變數為保持規劃彈性，以因應都市發展之快速變遷，故皆轉化為灰決策變數。

#### 四、求解方法—Grey Integer TOPSIS

本段目的在設計求解 [P1] 問題之方法，藉以決定灰決策變數與灰優化解，雖然林楨家與李家儂<sup>[42]</sup>曾發展 Grey TOPSIS 以求解灰色多目標線性規劃問題，但不適用於 [P1] 的整數決策變數問題，故本研究以 Grey TOPSIS 為基礎，結合單目標灰色整數規劃求解方法，設計多目標灰色整數規劃之求解方法。

TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution) 原由 Hwang 和 Yoon<sup>[43]</sup>所建構的一種多準則之評估方法，利用距「正理想解 (PIS)」最近，且距「負理想解 (NIS)」最遠的方式，來尋找最佳方案，而 Lai 等人<sup>[44]</sup>將 TOPSIS 之精神應用於多目標規劃問題之求解上，其求解過程主要可分為兩大步驟：首先將數個目標式正規化 (normalization)，分別建立與 PIS 和 NIS 的「距離」關係式；繼而利用「模糊規劃」(fuzzy programming)，解「距 PIS 最近」與「距 NIS 最遠」二個目標的多目標規劃問題。由於 TOPSIS 求解方法適合處理事先加入決策者偏好且較多目標式之多目標規劃問題，故符合本研究中模式求解之要求。若欲詳細了解 TOPSIS，可參閱 Lai 等人<sup>[44]</sup>或曾國雄與林楨家<sup>[45]</sup>之研究。

由於多目標灰色整數規劃問題係由單目標灰色整數規劃問題所衍伸，因此以下先說明單目標灰色整數規劃模式與求解方法，繼而說明 Grey Integer TOPSIS 求解程序。

##### 4.1 灰色整數規劃

Deng<sup>[46]</sup>將系統區分為白、灰、黑三種，白色系統代表明確清楚之系統架構，黑色系統代表全然未知之系統架構，亦可視為「黑箱」，灰色系統則介於二者之間，而灰色決策即是在灰色系統中所進行之決策分析。

灰色整數規劃根據 Huang 等人<sup>[47]</sup>的研究指出，其求解程序依規劃問題之不同而有所差異，以下將分別就「極大化問題」與「極小化問題」作說明：

##### 1. 目標極大化之求解模式

令目標函數極大化模式 [P2] 有  $n$  個決策變數  $x_j^{\pm}$ ，且決策變數在目標式中的灰色參數值，前  $k$  個  $c_j^{\pm}$  是正數，後  $n-k$  個  $c_j^{\pm}$  是負數，而決策變數在限制式中的灰色參數值為  $a_{ij}^{\pm}$ ，另有  $m$  個限制式和右側值  $b_i^{\pm}$  時，則可將其拆解成為兩個子模式 [P2-1] 與 [P2-1] 來求解。

[P2]

$$\text{Max } f^{\pm} = C^{\pm} X^{\pm}$$

$$\text{s.t. } A^{\pm} X^{\pm} \leq B^{\pm}$$

$$X^{\pm} \in \text{non-negative integers}$$

$$\text{where, } X^{\pm} = \begin{bmatrix} x_1^{\pm} \\ x_2^{\pm} \\ \vdots \\ x_n^{\pm} \end{bmatrix}_{n \times 1}, \quad A^{\pm} = \begin{bmatrix} a_{11}^{\pm} & a_{12}^{\pm} & \cdots & a_{1n}^{\pm} \\ a_{21}^{\pm} & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{m1}^{\pm} & \cdots & \cdots & a_{mn}^{\pm} \end{bmatrix}_{m \times n}, \quad B^{\pm} = \begin{bmatrix} b_1^{\pm} \\ b_2^{\pm} \\ \vdots \\ b_m^{\pm} \end{bmatrix}_{m \times 1},$$

$$C^{\pm} = \begin{bmatrix} c_1^{\pm} & c_2^{\pm} & \cdots & c_n^{\pm} \end{bmatrix}_{1 \times n}$$

[P2-1]

$$\text{Max } f^{+} = \sum_{j=1}^k c_j^{+} x_j^{+} + \sum_{j=k+1}^n c_j^{+} x_j^{-}$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^k |a_{ij}|^{-} \text{Sign}(a_{ij}^{-}) \times \frac{x_j^{+}}{b_i^{+}} + \sum_{j=k+1}^n |a_{ij}|^{+} \text{Sign}(a_{ij}^{+}) \frac{x_j^{-}}{b_i^{-}} \leq 1, \quad \forall i$$

$$x_j^{+} \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, k$$

$$x_j^{-} \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = k+1, k+2, \dots, n$$

[P2-2]

$$\text{Max } f^{-} = \sum_{j=1}^k c_j^{-} x_j^{-} + \sum_{j=k+1}^n c_j^{-} x_j^{+}$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^k |a_{ij}|^{+} \text{Sign}(a_{ij}^{+}) \times \frac{x_j^{-}}{b_i^{-}} + \sum_{j=k+1}^n |a_{ij}|^{-} \text{Sign}(a_{ij}^{-}) \frac{x_j^{+}}{b_i^{+}} \leq 1, \quad \forall i$$

$$x_j^{-} \leq x_{jopt}^{+}, \quad j = 1, 2, \dots, k$$

$$x_j^{+} \geq x_{jopt}^{-}, \quad j = k+1, k+2, \dots, n$$

$$x_j^{+} \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, k$$

$$x_j^{-} \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = k+1, k+2, \dots, n$$

其中， $\text{Sign}(a_{ij}^{\pm}) = \begin{cases} 1 & , a_{ij}^{\pm} \geq 0 \\ -1 & , a_{ij}^{\pm} \leq 0 \end{cases}$ ，[P2-2] 之  $x_{jopt}^{+}$  與  $x_{jopt}^{-}$  均為 [P2-1] 之最佳解。最後，綜

合[P2-1]與[P2-2]，即可解得最適灰數解  $x_{jopt}^{\pm} = [x_{jopt}^{-}, x_{jopt}^{+}]$  與灰目標函數值

$$f_{opt}^{\pm} = [f_{opt}^{-}, f_{opt}^{+}]。$$

## 2. 目標極小化之求解模式

令目標函數極小化模式 [P3] 有  $n$  個決策變數  $x_j^\pm$ ，且決策變數在目標式中的灰色參數值，前  $k$  個  $c_j^\pm$  是正數，後  $n-k$  個  $c_j^\pm$  是負數，而決策變數在限制式中的灰色參數值為  $a_{ij}^\pm$ ，另有  $m$  個限制式和右側值  $b_i^\pm$  時，其解法有二：其一是將目標函數乘上  $(-1)$  轉換為 Max 的模式後，如同解目標極大化之方式來求解，其說明同上所述；而另一種解法是將原模式拆解成為兩個 Min 子模式來求解，說明如下：

[P3]

$$\text{Min } f^\pm = C^\pm X^\pm$$

$$\text{s.t. } A^\pm X^\pm \leq B^\pm$$

$$X^\pm \in \text{non-negative integers}$$

where,  $X^\pm$ ,  $A^\pm$ ,  $B^\pm$  and  $C^\pm$  are defined in [P2]。

[P3-1]

$$\text{Min } f^- = \sum_{j=1}^k c_j^- x_j^- + \sum_{j=k+1}^n c_j^- x_j^+$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^k |a_{ij}|^+ \text{Sign}(a_{ij}^+) \times \frac{x_j^-}{b_i^-} + \sum_{j=k+1}^n |a_{ij}|^- \text{Sign}(a_{ij}^-) \frac{x_j^+}{b_i^+} \leq 1, \quad \forall i$$

$$x_j^+ \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, k$$

$$x_j^- \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = k+1, k+2, \dots, n$$

[P3-2]

$$\text{Min } f^+ = \sum_{j=1}^k c_j^+ x_j^+ + \sum_{j=k+1}^n c_j^+ x_j^-$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^k |a_{ij}|^- \text{Sign}(a_{ij}^-) \times \frac{x_j^+}{b_i^+} + \sum_{j=k+1}^n |a_{ij}|^+ \text{Sign}(a_{ij}^+) \frac{x_j^-}{b_i^-} \leq 1, \quad \forall i$$

$$x_j^+ \geq x_{jopt}^-, \quad j = k+1, k+2, \dots, n$$

$$x_j^- \leq x_{jopt}^+, \quad j = 1, 2, \dots, k$$

$$x_j^+ \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = 1, 2, \dots, k$$

$$x_j^- \in \text{non-negative integers}, \quad \forall j = k+1, k+2, \dots, n$$

其中， $\text{Sign}(a_{ij}^\pm) = \begin{cases} 1 & , a_{ij}^\pm \geq 0 \\ -1 & , a_{ij}^\pm \leq 0 \end{cases}$ ，[P3-2] 之  $x_{jopt}^+$  與  $x_{jopt}^-$  均為 [P3-1] 之最佳解。最後，綜

合[P3-1]與[P3-2]，即可解得最適灰數解  $x_{jopt}^{\pm} = [x_{jopt}^{-}, x_{jopt}^{+}]$  與灰目標函數值  $f_{opt}^{\pm} = [f_{opt}^{-}, f_{opt}^{+}]$ 。

## 4.2 Grey Integer TOPSIS 求解流程

圖 5 表示 Grey Integer TOPSIS 運算流程，各步驟之詳細說明如下：

1. 令有  $k$  個目標式、 $n$  個決策變數、 $m$  個限制式的灰色多目標整數規劃問題：

[P4]

$$\begin{aligned} & \text{Max/Min } [f_1^{\pm}(x^{\pm}), f_2^{\pm}(x^{\pm}), \dots, f_k^{\pm}(x^{\pm})] \\ & \text{s.t. } x^{\pm} \in X^{\pm} = \{x^{\pm} \mid g_i^{\pm}(x^{\pm}) \leq, =, \geq 0, i = 1, 2, \dots, m\} \end{aligned}$$

2. 尋找各目標之灰色正理想解 (GPIS) 與灰色負理想解 (GNIS)：

$$\begin{aligned} & \text{令 } f^{*\pm} = \left\{ \text{Max}_{x^{\pm} \in X^{\pm}} f_j^{\pm}(x^{\pm}) \left( \text{或 } \text{Min}_{x^{\pm} \in X^{\pm}} f_i^{\pm}(x^{\pm}) \right), \forall j(\text{或 } i) \right\}, \\ & f^{-\pm} = \left\{ \text{Min}_{x^{\pm} \in X^{\pm}} f_j^{\pm}(x^{\pm}) \left( \text{或 } \text{Max}_{x^{\pm} \in X^{\pm}} f_i^{\pm}(x^{\pm}) \right), \forall j(\text{或 } i) \right\}. \end{aligned}$$

其中， $j \in$  原問題尋求極大化目標

式之集合， $i \in$  原問題尋求極小化目標式之集合，則  $f^{*\pm} = \{f_1^{*\pm}, f_2^{*\pm}, \dots, f_k^{*\pm}\}$  為灰色正理想解 (GPIS)， $f^{-\pm} = \{f_1^{-\pm}, f_2^{-\pm}, \dots, f_k^{-\pm}\}$  為灰色負理想解 (GNIS)。此時，GPIS 與 GNIS 均限定為整數解，因此須進行  $2k$  次灰色整數規劃求解過程。

3. 列出各可行解距灰色正理想解 (GPIS) 與灰色負理想解 (GNIS) 間之灰色距離函數：

$$\begin{aligned} d_P^{GPIS\pm} &= \left\{ \sum_{j \in J} W_j^P \left[ \frac{f_j^{*\pm} - f_j^{\pm}(x^{\pm})}{f_j^{*\pm} - f_j^{-\pm}} \right]^P + \sum_{i \in I} W_i^P \left[ \frac{f_i^{\pm}(x^{\pm}) - f_i^{*\pm}}{f_i^{-\pm} - f_i^{*\pm}} \right]^P \right\}^{1/P} \\ d_P^{GNIS\pm} &= \left\{ \sum_{j \in J} W_j^P \left[ \frac{f_j^{\pm}(x^{\pm}) - f_j^{-\pm}}{f_j^{*\pm} - f_j^{-\pm}} \right]^P + \sum_{i \in I} W_i^P \left[ \frac{f_i^{-\pm} - f_i^{\pm}(x)}{f_i^{-\pm} - f_i^{*\pm}} \right]^P \right\}^{1/P} \end{aligned}$$

其中， $W_t$  ( $t = 1, 2, \dots, k$ ) 代表各目標式之權重； $P$  代表不同距離意義。

4. 設定  $P$  值與權重：

本研究設定  $P$  值為 1，並輸入如表 1 在住商混合街廓之權重。

## 5. 將原問題轉化為雙目標問題：

[P5]

$$\text{Min } d_p^{GPIS\pm}(x^\pm)$$

$$\text{Max } d_p^{GNIS\pm}(x^\pm)$$

$$\text{s.t. } x^\pm \in X^\pm$$

## 6. 灰色整數模糊規劃問題：

[P5] 問題之兩目標間具有衝突性，無法同時獲得最佳化，每個目標僅能達部分最佳化，而由於「部分」語意具模糊性，故能以灰色隸屬函數描述之。假設隸屬函數在  $(d_p^{s\pm})^*$  與  $(d_p^{s\pm})^-$  間為線性關係 ( $s$  為  $GPIS$  或  $GNIS$ )，其中， $(d_p^{GPIS\pm})^* = \text{Min } d_p^{GPIS\pm}(x^\pm)$ ，解得  $x^{P\pm}$ ； $(d_p^{GNIS\pm})^* = \text{Max } d_p^{GNIS\pm}(x^\pm)$ ，解得  $x^{N\pm}$ ； $(d_p^{GPIS\pm})^- = d_p^{GPIS\pm}(x^{N\pm})$ ； $(d_p^{GNIS\pm})^- = d_p^{GNIS\pm}(x^{P\pm})$ 。則隸屬函數可表示為：

$$\mu_1^\pm(x^\pm) = \begin{cases} 1 & , \text{若 } d_p^{GPIS\pm}(x^\pm) < (d_p^{GPIS\pm})^* \\ 1 - \frac{d_p^{GPIS\pm}(x^\pm) - (d_p^{GPIS\pm})^*}{(d_p^{GPIS\pm})^- - (d_p^{GPIS\pm})^*} & , \text{若 } (d_p^{GPIS\pm})^- \geq d_p^{GPIS\pm}(x^\pm) \geq (d_p^{GPIS\pm})^* \\ 0 & , \text{若 } d_p^{GPIS\pm}(x^\pm) > (d_p^{GPIS\pm})^- \end{cases}$$

$$\mu_2^\pm(x^\pm) = \begin{cases} 1 & , \text{若 } d_p^{GNIS\pm}(x^\pm) > (d_p^{GNIS\pm})^* \\ 1 - \frac{(d_p^{GNIS\pm})^* - d_p^{GNIS\pm}(x^\pm)}{(d_p^{GNIS\pm})^* - (d_p^{GNIS\pm})^-} & , \text{若 } (d_p^{GNIS\pm})^- \leq d_p^{GNIS\pm}(x^\pm) \leq (d_p^{GNIS\pm})^* \\ 0 & , \text{若 } d_p^{GNIS\pm}(x^\pm) < (d_p^{GNIS\pm})^- \end{cases}$$

上述問題限定為整數解，因此須進行 2 次灰色整數規劃求解過程。

## 7. 以 max-min operation 方式求解：

將 [P5] 的雙目標問題以 max-min operation 方式來求解，亦即透過步驟 6 轉換為下列之模式來求解。

[P6]

$$\text{Max } \alpha^\pm$$

$$\text{s.t. } \mu_1^\pm(x^\pm) \geq \alpha^\pm$$

$$\mu_2^\pm(x^\pm) \geq \alpha^\pm$$

$$x^\pm \in X^\pm$$

[P6] 問題限定為整數解，故須進行 1 次灰色整數規劃求解程序。

## 8. 解出決策變數與優化解：

求解 [P6] 之灰色整數模糊規劃問題，即可解得灰色決策變數，再將其代入原灰色多目標規劃模式，以求取各目標的灰目標值。

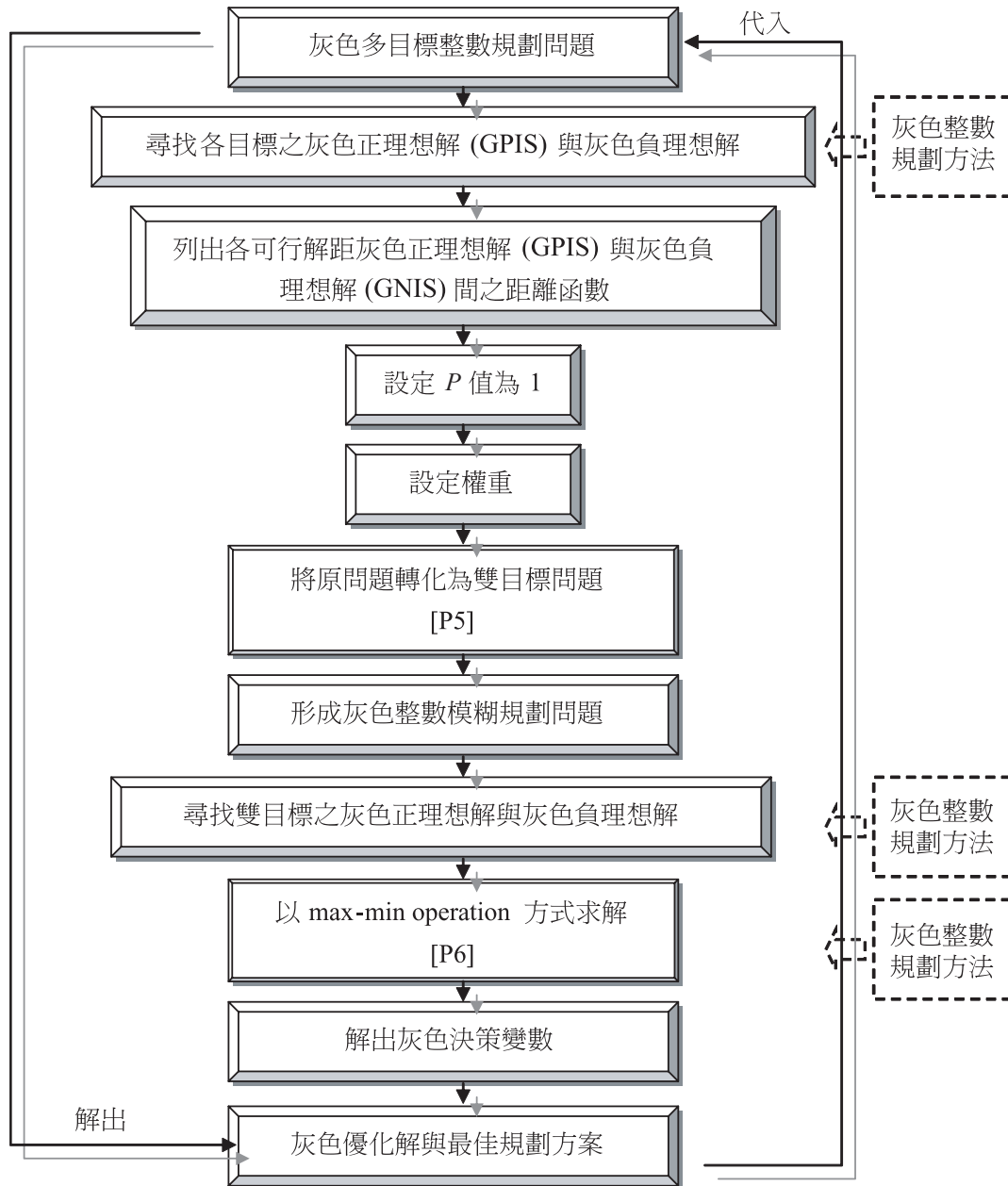


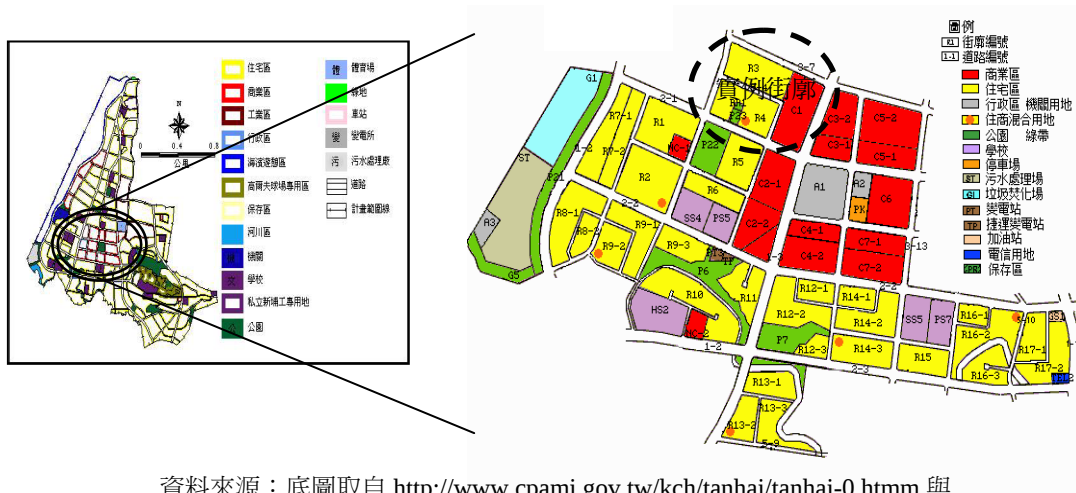
圖 5 Grey Integer TOPSIS 運算求解流程圖

## 五、實例研究

為確認模式於實務應用之可行性，本段針對淡海新市鎮進行實例分析，並就某些參數進行敏感度分析。

### 5.1 實例說明

因淡海新市鎮採分期分區方式開發，目前很多地區仍屬未開發之地區，且細部計畫尚未全部完成，基於便於取得資料，選擇第一期發展區作為本研究案例之研究範圍。又依據「淡海新市鎮特定區第一期細部計畫建築物及土地使用分區與都市設計管制要點」之規範，選定與臺北市「住三」土地使用分區相類似之住商混合街廓作為實例街廓，如圖 6 所示，其是由第六種住宅區與第二種中心商業區所組成。另外，基於構建之規劃模式為特定時間點之分析，屬於「靜態 (static)」之規劃，並使用橫斷面 (cross-section) 之分析資料，因此，實例分析將以民國 92 年作為本研究所界定之基年時間點，而以淡海新市鎮之計畫年期民國 103 年作為規劃目標年。



資料來源：底圖取自 <http://www.cpami.gov.tw/kch/tanhai/tanhai-0.htm> 與 <http://www.tcd.gov.tw/data1/index.htm>，並另行加工繪製。

圖 6 模式規劃實例地之示意圖

實例分析之參數涵蓋白參數與灰參數，說明如下：

#### 1. 白參數資料

##### (1) 目標式

在目標一「可及性」中之「街廓之橫向寬度  $L$ 」與「街廓之縱向長度  $W$ 」二參數，透

過實際量測記錄  $L$  為 514 公尺， $W$  為 343 公尺。在目標二「易行性」中之「車輛自由流之平均車速  $S_A^0$ 」參數，根據現行交通法規對車速的規範，將其設為 500 (公尺／分鐘)；「隨路口數增加而使車行速度遞減之參數  $c$ 」是以臺北市民權東路、民族東路、松江路與吉林路所圍成之住三街廓為調查範圍<sup>4</sup>，採用「試驗車法 (testing car)」調查車輛實際平均行駛時間，並據以校估參數  $c$  約為 0.04<sup>[40]</sup>。在目標三「交通安全」中之「平均單一路口之車輛流量  $F_A$ 」與「平均單一路口之行人流量  $F_P$ 」參數，因淡海新市鎮之計畫年期為 103 年，故目前實例街廓內並無人口活動，只得以臺北市道路功能分類與路型規劃<sup>[39]</sup>中人車混合道路調查結果之平均值為參考依據，將  $F_A$  以 20 輛／分鐘、 $F_P$  以 15 人／分鐘估算，此兩項參數可藉由實際路口調查而決定；至於「小客車之質量  $m_A$ 」是根據行政院環境保護署所訂定之交通工具空氣污染物排放標準中之各種小客車質量，取其平均值為 2,000 公斤。

## (2) 限制式

- ① 旅運需求：限制式中「街廓內單一路段之平均車輛容量 (雙向)  $C_{Ak}$ 」參數，乃根據 2001 年交通部運輸研究所的臺灣地區公路容量手冊<sup>[48]</sup>中之規範，設定為 20 (輛／分鐘)。而參數「街廓內平均之人行道寬度 (雙向合計)  $V$ 」是根據 2001 年臺灣地區公路容量手冊<sup>[48]</sup>與都市土地使用與道路整體規劃之研究<sup>[49]</sup>，將其設定為 3 公尺。「在道路服務水準  $k$  下，街廓內每一單位人行道面積可容納之行人數  $C_{Pk}$ 」，亦是根據臺灣地區公路容量手冊<sup>[48]</sup>的行人設施規範中 A 級服務水準之水平步道於通勤區及商業區的行人平均密度標準，其數值須不大於 0.32 (人／平方公尺)，因此，將街廓內每一單位人行道面積可容納之行人數  $C_{Pk}$  設定為 0.3 (人／平方公尺)。另外，「街廓內車流量之需求總數  $D_A$ 」與「街廓內行人總數  $N_P$ 」之參數，兩者目前無法獲得，前者透過人口數、汽車持有、尖峰時間調整等過程推估為 283 (輛／分鐘)，後者則經由人口數與汽車持有推算為 1,427 人<sup>[40]</sup>。
- ② 緊急車輛通行：該限制式中的「緊急車輛到達災害現場之時間上限  $T_A$ 」參數是依「直轄市縣 (市) 政府消防機構組織編制及車輛裝備配置標準」中規定，消防車以 5 分鐘能到達之範圍為服務範圍，將緊急車輛到達災害現場之時間上限  $T_A$  設為 5 分鐘，並將「隨緊急救難設施與災害現場之距離遠近而調整的參數  $f$ 」設為 1，實際應用時，若緊急車輛出發地點離街廓愈遠，須設定愈小的  $f$  值。
- ③ 民眾避難：該限制式中的「行人自由流之平均步行速度  $S_P^0$ 」參數是根據臺北市交通局之研究<sup>[39]</sup>，將其設為 75 (公尺／分鐘)。而「民眾由災害現場逃至避難設施之時間上限  $T_P$ 」參數，由於文獻及資料皆未有詳細數據，基於大街廓尺度之規劃方式與步行速度不及車行速度之考量下，將民眾由災害現場逃至避難設施之時間上限  $T_P$  設為 6 分鐘。另外，「隨路口數增加而使行人速度遞減之參數  $d$ 」是透過與參數  $c$  相同的調查，校

4. 此街廓土地使用管制與實例街廓接近，且為方格路網型態，故挑選為參數校估對象；未來可繼續增加調查樣本，以提高參數可信度。

估  $d$  約為 0.001<sup>[40]</sup>。至於「隨避難設施與災害現場之距離遠近而調整的參數  $g$ 」，由於文獻及資料皆未有詳細數據，基於大街廓尺度之規劃方式與步行速度不及車行速度之考量下，且因  $g \times T_p$  表示隨避難設施與災害現場之距離遠近而調整之旅行時間上限，故將隨避難設施與災害現場之距離遠近而調整的參數  $g$  設為 1.5。

- ④噪音：該限制式中「路口噪音之影響距離  $r$ 」參數，根據郭宏亮與盧天鴻<sup>[50]</sup>的研究中，路寬 10 至 15 公尺的道路，其噪音影響範圍為 10 公尺，因地區性道路之路寬多在 10 至 15 公尺之範圍內，故將路口噪音之影響距離  $r$  設為 10 公尺。而「允許的噪音影響面積占街廓面積之比率  $R$ 」參數，由於文獻及資料皆未有研究或討論，基於淡海新市鎮高品質生活環境之要求下，將允許的噪音影響面積占街廓面積之比率  $R$  設為 0.3。
- ⑤建築基地最小之寬度與深度：該限制式中的「建築基地之最小寬度之規定  $l_0$ 」參數，由於街廓之土地使用分區分別為第六種住宅區及第二種中心商業區，依據「淡海新市鎮特定區第一期細部計畫建築物及土地使用分區與都市設計管制要點」與淡海新市鎮綜合示範社區都市設計準則<sup>[51]</sup>中之規範，第六種住宅區之最小寬度之規定為 25 公尺，第二種中心商業區為 57.5 公尺，基於最低限制的要求，設定建築基地之最小寬度  $l_0$  為 25 公尺。至於「建築基地之最小深度之規定  $w_0$ 」參數，由於淡海新市鎮並無建築基地之最小深度作規範，再加上實例街廓亦為臺北縣所轄之範圍，故以「臺北縣畸零地使用規則」中之規範，將建築基地之最小深度  $w_0$  設為 16 公尺。地區性道路路寬  $\theta$  值，依本計畫區都市設計準則<sup>[51]</sup>設為 12 公尺。上述參數均可依個案需要而提高或降低。
- ⑥縱向道路數與橫向道路數之關係限制：該限制式中的「縱向道路數與橫向道路數關係之參數下限  $\alpha$ 」與「縱向道路數與橫向道路數關係之參數上限  $\beta$ 」參數，由於涉及都市設計目標、規劃風格以及當地規劃需求，本研究將  $\alpha$  假設為 0.3，而將  $\beta$  設為 1。
- ⑦建築基地之最小面積：由於淡海新市鎮之土地及建築使用管制中對最小基地有此規範，故增加建築基地最小面積限制，以符合需要。而依據「淡海新市鎮特定區第一期細部計畫建築物及土地使用分區與都市設計管制要點」與淡海新市鎮綜合示範社區都市設計準則<sup>[51]</sup>中之規範，第六種住宅區之最小面積之規定為 1,320 平方公尺，第二種中心商業區為 7,500 平方公尺，基於最低限制的要求，設定建築基地之最小面積為 1,320 平方公尺。

## 2. 灰參數資料

在實務規劃作業時，決策變數與部分參數將面臨不確定狀態，往往非明確的白值，而只知其大概範圍，因此，將此者定義成灰數，亦即具有上下界區間之數值。實例分析中屬於灰數之參數整理如表 2 所示。而灰參數值之決定是將白參數以灰色程度<sup>5</sup> 10% 轉換，灰參數上界值應為白數值加上 +5.26%，下界值應為白數值加上 +5.26%。

5. 灰色程度 (GD) 在本研究定義為  $GD = [(x^+ - x^-) / x^+] \times 100\%$ 。

表 2 實例分析灰參數一覽表

| 符號             | 意義說明                                | 數值               | 單位     |
|----------------|-------------------------------------|------------------|--------|
| $c^{\pm}$      | 表示隨路口數增加而使車行速度遞減之參數                 | [0.038, 0.042]   | —      |
| $d^{\pm}$      | 表示隨路口數增加而使行人速度遞減之參數                 | [0.0009, 0.0011] | —      |
| $f^{\pm}$      | 表示隨緊急救難設施與災害現場距離遠近而調整參數             | [0.95, 1.05]     | —      |
| $g^{\pm}$      | 表示隨避難設施與災害現場距離遠近而調整的參數              | [1.42, 1.58]     | —      |
| $C_{Pk}^{\pm}$ | 表示在道路服務水準 $k$ 下，街廓內每一單位人行道面積可容納之行人數 | [0.28, 0.32]     | 人／平方公尺 |
| $F_A^{\pm}$    | 表示平均單一路口之車輛流量                       | [19, 21]         | 輛／分鐘   |
| $F_P^{\pm}$    | 表示平均單一路口之行人流量                       | [14, 16]         | 人／分鐘   |
| $m_A^{\pm}$    | 小客車之質量                              | [1895, 2105]     | 公斤     |
| $N_P^{\pm}$    | 表示街廓內行人總數                           | [1352, 1502]     | 人      |
| $R^{\pm}$      | 表示允許的噪音影響面積占街廓面積之比率                 | [0.28, 0.32]     | —      |
| $r^{\pm}$      | 表示路口噪音之影響距離                         | [9, 11]          | 公尺     |

## 5.2 規劃分析

[P1] 問題為非線性規劃，經由證明<sup>[40]</sup>，各個目標式與限制式均為凸函數，適合使用非線性規劃軟體 LINGO 求解，因此本研究在 Grey Integer TOPSIS 之分析程序中各個灰色整數規劃問題均使用 LINGO 7.0 版求解。分析結果在規劃街廓之地區性道路數為縱向 7 至 8 條，橫向為 8 條，因此，其縱向間距在 57.11 到 64.25 公尺之間，而橫向間距是 38.11 公尺。與實際規劃結果比較如表 3，可知模式規劃道路數較實際規劃道路數為高，顯示實際規劃採用大基地整體開發之理念，調整 [P1] 問題之  $\alpha$  與  $\beta$ ，或是直接限制  $X$  與  $Y$  之範圍，可以得到與實際規劃接近的結果。

進一步比較三者三個極小化目標上的表現如圖 7 所示，與只考量巷道的實際規劃 1 相較，模式規劃結果在可及性上表現最好，但在易行性與交通安全兩個目標上較差，不過落後差距較在可及性的領先差距為小。若將實際規劃之行人專用道一併考量而成為表 3 與圖 7 之實際規劃 2，則對行人而言，模式規劃與實際規劃 2 的表現較接近。比較三種規劃結果在目標值的表現可知，三者之間為非劣關係，但大基地設計會有極差的可及性表現。若要平衡三個目標的達成度，大基地設計宜搭配行人專用道來維持可及性，而小基地設計則需要搭配良好的交通管制措施來維持易行性與交通安全。

另外，表 3 顯示模式規劃結果在橫向道路數為明確白數，此僅為灰數解的特例，模式在處理不明確的灰參數過程，即已發揮灰模式之價值。

表 3 模式規劃與實際規劃比較

| 項目                | 模式規劃               | 實際規劃 1             | 實際規劃 2             |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $(w_1, w_2, w_3)$ | (0.37, 0.37, 0.26) | (0.37, 0.37, 0.26) | (0.37, 0.37, 0.26) |
| 縱向道路數 $X$         | [7, 8]             | 1                  | 5                  |
| 橫向道路數 $Y$         | [8, 8]             | 1                  | 3                  |
| 縱向道路間距            | [57.11, 64.25]     | 257                | 85.67              |
| 橫向道路間距            | [38.11, 38.11]     | 171.5              | 85.75              |

註：實際規劃 1 包括地區性道路劃設結果，實際規劃 2 包括地區性道路與行人專用道劃設結果。

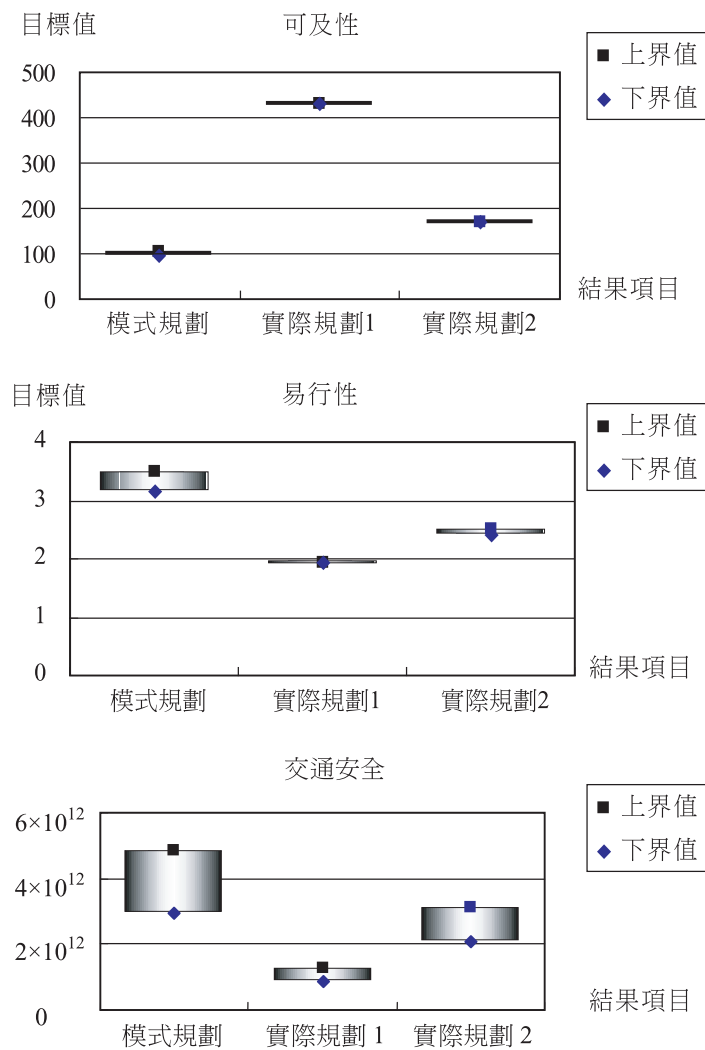


圖 7 模式規劃與實際規劃之目標值比較

### 5.3 敏感度分析

規劃者常為維持街廓內的寧適性，而設計「交通穩靜化 (traffic calming)」相關措施，常見的作法為降低車流量與車速，當街廓有此設計需要時，巷道間距要如何因應規劃？是值得探討的課題。另一方面，實務上所面臨的參數資訊有時會較明確，有時會較不明確，當規劃條件的明確程度發生改變時，巷道間距要如何因應規劃？是值得探討的另一個課題。上述兩個課題對應為以下三項參數之敏感度分析：

#### 1. 街廓內車旅次發生數 $D_A$ 之敏感度分析

規劃者常為維持街廓內的寧適性，而設計例如管制車輛出入、設置路障、單行道管制等降低車旅次的手段，當車流量需要被降低時，最適巷道間距規劃會有何種改變？本研究將車旅次發生數  $D_A$  自 283 輛／分鐘逐次降低 (200、150、100)，測試模式分析結果的變化。在決策變數方面，發現當車流量逐次降低時，縱向與橫向道路數會隨之減少，使得縱向與橫向道路間距增加，如圖 8 所示；在降低車流量過程中，剛開始明顯減少縱向道路數，繼而明顯減少橫向道路數。而在目標值方面，發現可及性隨著車流量降低而變差，原因在於決策變數隨車流量降低而降低，致使道路間距增加，進而促使可及性變差；易行性會隨著車流量降低而變好，其造成之原因有二，一是因為車流量減少後，會使得道路不再擁擠，進而促使車行旅行時間減少，二是因為決策變數隨車流量降低而降低，進而使得路口數減少，降低車輛停等的時間，進而促使車行旅行時間降低；此外，交通安全亦隨著車流量降低而變好，主因是車流量減少後，降低了交通肇事之機率，進而促使交通更安全。

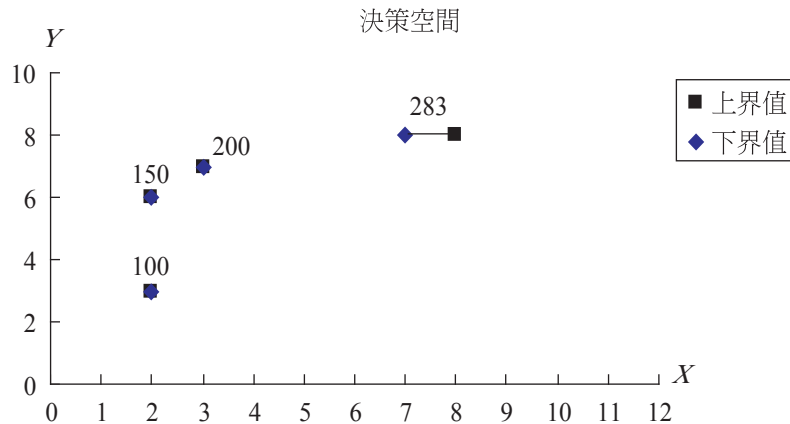


圖 8 不同  $D_A$  下之決策空間分布圖

#### 2. 街廓內車輛自由流平均車速 $S_A^0$ 之敏感度分析

有些交通穩靜化措施目的在降低車速，例如降低速限、跳動路面、彎曲線型設計等，當車速需要被降低時，最適巷道間距規劃會有何種變化？本研究將車輛自由流平均車速

$S_A^0$  自 500 公尺／分鐘逐次降低 (417、333、250)，測試模式分析結果的變化。發現決策變數並不跟隨自由流車速而變化，因此巷道間距與自由流車速間較無關係。另外也發現可及性不隨著車速降低而改變，原因在於道路數不隨車流量降低而改變；但易行性隨著車速降低而變差，原因是因為車速降低後，會進而促使車行旅行時間增加，使得易行性因而變差；同時交通安全隨著車速降低而變好，主要是因為車速降低後，減低了交通事故之嚴重性，進而促使交通更安全。

### 3. 灰色程度之敏感度分析

當規劃條件之明確程度發生改變時，對規劃結果會有什麼影響？本研究將參數的灰色程度以 10% 為基準，分別降低至 5% (規劃條件更明確) 以及升高至 15% (規劃條件更不明確)，觀察模式分析結果的變化。發現規劃巷道總數會呈現些微變化，灰度降低時會減少一條縱向道路。三個目標值之灰數範圍隨參數之灰度增加而擴大，其中又以易行性與交通安全兩目標值之變化最明顯，且目標值之灰數範圍變化幅度與參數灰度變化幅度相近。故可判定灰參數之灰色程度大小會影響目標值的灰色程度，若規劃條件愈明確時，則可降低灰參數之灰色程度，並求算出一低灰色程度的規劃結果，相反地，若規劃條件愈不明確時，則可提高灰參數之灰色程度，並求算出一高灰色程度的規劃結果，如此將可維持規劃彈性，以因應都市發展之不確定性。

## 六、結論與建議

地區性道路規劃中之間距設計雖為基礎且重要之工作，但系統化的規劃方法卻未受重視，為改善上述問題，本研究達到以下三項成果：一是以灰色多目標整數規劃方法建立地區性道路間距設計模式，規劃者可應用模式決定住商混合街廓內道路之最適數量或間距，並據以進行後續細部設計工作，例如指定集散道路、微調道路網布設、道路幾何線型設計等，以完成細部計畫之道路系統規劃。二是模式允許輸入只知大概範圍的規劃條件參數，同時可輸出道路間距或數量的建議範圍，有助協助規劃者面對並處理不明確的規劃條件，並維持規劃結果的變動彈性。三是經由實例分析確認模式之實用性與特性，分析過程並可提供模式應用時參考。

在模式應用方面，本文建議應注意以下四個事項：一是由於各地風土民情各異，並且每個計畫之發展目標與限制不同，因此對於地區性道路間距設計應考量之因素與相對權重也會有所不同，故於使用本研究所建構之模式時，須依當地之發展情境、目標以及限制作調整，或可利用專家問卷與分析階層程序法重新決定考量因素與相對權重，如此一來，方可使模式之規劃結果符合當地需求；而模式中之目標式與限制式亦由考量因素所衍生，故模式之目標式與限制式亦須視當地規劃條件與目的之變化而調整，例如本文實例分析即依照淡海新市鎮計畫對建築基地最小面積之要求而增加限制條件。二是本研究只針對住商混合街廓建構模式，對於其他土地使用類型，應調整模式之考量因素與權重，建構不同的規

劃模式；並可針對各種不同土地使用別之典型街廓，求算其個別街廓內之縱向與橫向道路數，據此整理成一設計規範，直接作為規劃依據，以節省分析時間。三是應用模式前須先依發展目標決定各項參數，例如若期望保留更多公共空間而要求大基地開發，則可設定較大的基地寬度與深度下限；而部分參數需要進行實地調查與校估，以確保規劃結果之可靠性；而本研究僅將部分參數視為灰數，於應用時可依規劃情境與需要，調整輸入參數之灰色程度。四是模式規劃結果可能造成相鄰街廓道路不連續問題，規劃者應注意對規劃結果作微調，並可將周圍街廓特性納入考量來修改模式，以維持道路之連續性。

本文所建構模式尚存在以下八項研究限制值得探索突破：一是所建構模式較忽略質性因素，如步行與行車舒適度、景觀美感與社區氣氛之凝聚等，這些因素較難量化但也具一定的重要性，未來可藉由適當方法將它們加入模式中考量。二是本研究以人車共存之理念，建構地區性道路間距設計之模式，並規劃當地之縱向與橫向道路數，但以人車分道之理念規劃街廓內道路系統日漸普遍，故以人車分道理念修改模式是未來值得探索的議題。三是本模式之噪音限制式，忽略車輛於路段行駛所產生之噪音，以及噪音影響範圍與車流量之關係，未來研究者可將兩者納入模式建構的考量之中，並藉由實證分析建立噪音影響範圍與車流量之關係函數。四是模式忽略通過性車流、機車與自行車旅次的需要，未來可將這些因素納入模式中考量。五是本研究所建構之模式適用於方格狀路網之方整街廓，未來研究者可針對不同的路網與街廓型態進行模式之調整與修正。六是本研究以單一街廓之範圍作為規劃單元，故於模式建構時未能考量規劃街廓與周圍街廓之相互影響及關聯，未來可進一步納入規劃街廓之周圍街廓特性於模式中考量。七是本研究採取不區分集散道路與地區巷道之作法，並建議規劃者於規劃結果中指定集散道路，未來可嘗試直接於模式中區分兩種道路層級進行模式設計與分析，例如 Fawaz 和 Newell<sup>[37]</sup>區分 2 到 4 個層級之作法。最後是本研究所建構之模式具有一定之複雜程度，於實際應用時恐有使用上的問題，未來可針對模式中相關聯之參數予以簡化其間關係，據此可減少參數與限制式數目以及模式複雜度，有助對模式之了解與應用。

## 參考文獻

1. 吳永隆、張耀珍、葉光毅，「以供需平衡來探討街道空間的再分配」，**第六屆建築研究成果發表會論文集**，民國八十二年，頁 151-156。
2. 吳永隆、張耀珍、葉光毅，「以『居民對街路的認識』來研擬地區性道路的分類」，**第八屆建築研究成果發表會論文集**，民國八十四年，頁 81-86。
3. 吳永隆、葉光毅，「地區性交通計畫改善方案研擬與評估之研究」，**建築學報**，第三十四期，民國八十九年，頁 57-85。
4. 吳永隆、張耀珍、葉光毅，「生活化道路之理念與現行交通法規之比較檢討」，**第七屆建築研究成果發表會論文集**，民國八十四年，頁 31-36。

5. Mitchell, D. H. and MacGregor, S. J., "Topological Network Design of Pedestrian Networks", *Transportation Research B*, Vol. 35, 2001, pp. 107-135.
6. 凌瑞賢, 「地方性道路之交通管理」, 1995 海峽兩岸新市鎮公共工程學術暨實務研討會論文集, 民國八十四年, 頁 1-9。
7. 許添本、鄭雅文, 「巷道汽機車車流特性比較研究」, *運輸學刊*, 第十一卷, 第四期, 民國八十八年, 頁 1-18。
8. 陳明宏, 「都市細部計畫道路尺度之研究」, 交通大學交通運輸研究所碩士論文, 民國九十一年。
9. Girling, L., "The Sustainable Street: The Environmental, Human and Economic Aspects of Street Design and Management", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 62, 2003, pp. 117-118.
10. 許添本、張瑋君、趙瑞芳, 「巷道寬度縮窄對車流速率衝擊分析」, *中華道路*, 第三十五卷, 第三期, 民國八十五年, 頁 4-10。
11. Virginia Department of Highways, *Summary of Accident Data State Highway Systems*, 1970.
12. 鄭添富, 「公路幾何線形配合設計之安全分析」, 國立交通大學交通運輸研究所碩士論文, 民國七十四年。
13. 何森龍, 「建立陸海空貨物聯運轉運中心之可行性研究」, 國立交通大學交通運輸研究所碩士論文, 民國七十一年。
14. 賴文泰, 「易肇事地點肇因尋找與改善對策研擬智慧系統之建立」, 國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文, 民國七十八年。
15. Hayward, J. C., "Highway Alignment and Supper Elevation: Some Design Speed Misconceptions", *Transportation Research Record*, 757, 1980, pp. 22-25.
16. Roy Jorgensen Association Inc., "Cost and Safety Effectiveness of Highway Design Elements", *BRR NCHRP*, Vol. 197, 1978, pp. 54-56.
17. Shah, K., "A Methodology to Relate Traffic Accidents to Highway Design Characteristics", A thesis presented to the Graduate College of OHIO University, 1968, p. 62.
18. Belment, D. M., "Effect of Shoulder Width on Accidents on Two-Lane Tangents", *HRB Bull*, Vol. 91, 1954, pp. 29-32.
19. Perkins, E. T., "Relationship of Accidents Rate to Highway Shoulder Width", *HRB Bull*, Vol. 151, 1957, pp. 13-14.
20. Cribbins, P. D., Arey, J. M., and Donaldson, J. K., "Effects of Selected Roadway and Operational Characteristics on Accidents on Multilane Highway", *HRR*, Vol. 188, 1973, pp. 23-25.
21. Kihlbery, J. K. and Thrap, K. J., "Accident Rate as Related to Design Elements of Rural Highways", *BRR NCHRP*, Vol. 47, 1968, p. 1.
22. Boughton, *Accidents and Geometric Design*, 1975.
23. 王佩勳, 「易肇事地點影響機車肇事與人為因素之狀況分析—智慧型系統之建立」, 國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文, 民國八十九年。

24. 吳永隆、葉光毅，「地區性交通計畫論之應用考察」，**規劃學報**，第二十四卷，第一期，民國八十六年，頁 113-144。
25. 吳永隆、葉光毅，「地區性道路網安全性基準之研究」，**建築學報**，第二十五期，民國八十七年，頁 45-59。
26. 吳永隆、葉光毅，「地區性道路網便利性、舒適性、防災性基準之研究」，**建築學報**，第二十六期，民國八十七年，頁 19-34。
27. 馮正民、李雪敬、林楨家，「中小型都市之路網規劃方法」，**運輸計劃季刊**，第二十九卷，第三期，民國八十九年，頁 617-634。
28. 林良泰、廖俊棠，「人車共存道路之理念與設計」，**都市交通**，第七十六期，民國八十三年，頁 21-28。
29. 馮正民、曾平毅，「地區生活運輸系統之規劃」，**規劃學報**，第二十四卷，第一期，民國八十六年，頁 79-97。
30. 鄭明書、周士雄、施鴻志，「都市景觀道路之塑造」，**規劃學報**，第二十四卷，第二期，民國八十六年，頁 95-103。
31. 葉光毅，「再論居民本位之都市交通計畫」，**空間**，第三十九期，民國八十一年，頁 42-47。
32. 許添本，「人性化交通系統的發展理念」，**交通與安全**，第二百八十二期，民國八十三年，頁 30-35。
33. 許添本，「社區化交通系統發展新理念」，**都市交通**，第八十四期，民國八十四年，頁 2-14。
34. Lillebye, E., "Architectural and Functional Relationships in Street Planning: An Historical View", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 35, 1996, pp. 85-105.
35. 吳永隆、葉光毅，**地區性交通計畫**，民國八十七年。
36. Fawaz, M. Y., *Optimal Spacings for a Rectangular Grid Transportation Network*, Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley, 1974.
37. Fawaz, M. Y. and Newell, G. F., "Optimal Spacings for a Rectangular Grid Transportation Network—I: A Hierarchy Structure," *Transportation Research*, Vol. 10, 1976, pp. 111-119.
38. Ewing, R., "Sketch Planning a Street Network", *Transportation Research Record*, 1722, 1999, pp. 75-79.
39. 臺北市政府交通局，**臺北市道路功能分類與路型規劃**，民國八十六年。
40. 沈育生，「地區性道路間距設計之規劃模式」，國立臺北大學都市計劃研究所碩士論文，民國九十三年。
41. 鄧聚龍，**灰色理論與應用**，民國九十二年。
42. 林楨家、李家儂，「用於都市地區活動分布之灰色 TOD 規劃模式」，**運輸計劃季刊**，第三十四卷，第一期，民國九十四年，頁 63-92。
43. Hwang, C. L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Method and Application*, Springer-Verlag, Berlin, 1981.

44. Lai, Y. J., Liu, T. Y., and Hwang, C. L., "TOPSIS for MODM", *European Journal of Operational Research*, Vol. 76, 1994, pp. 486-500.
45. 曾國雄、林楨家，「淡海新市鎮消防隊佈設區位之研究－TOPSIS 多目標規劃之應用」，**都市與計劃**，第二十四卷，第一期，民國八十六年，頁 81-98。
46. Deng, J. L., "Control Problems of Grey Systems", *System Control Letter*, Vol. 5, 1982, pp. 288-294.
47. Huang, G. H., Baetz, B. W., and Party G. G., "Grey Integer Programming: An Application to Waste Management Planning under Uncertainty", *European Journal of Operational Research*, Vol. 83, 1995, pp. 594-620.
48. 交通部運輸研究所，二〇〇一年臺灣地區公路容量手冊，民國九十年。
49. 國立交通大學交通運輸研究所，**都市土地使用與道路交通整體規劃之研究**，民國八十八年。
50. 郭宏亮、盧天鴻，「路邊地區範圍檢討『噪音測定』」，**環境保護：中華民國環境保護學會會誌**，第十八卷，第二期，民國八十四年，頁 39-43。
51. 內政部營建署，**淡海新市鎮綜合示範社區都市設計準則**，民國八十五年。