

## 公共設施檢討空間分析方法<sup>1</sup>

林峰田<sup>2</sup>

論文接受日期：86年8月30日

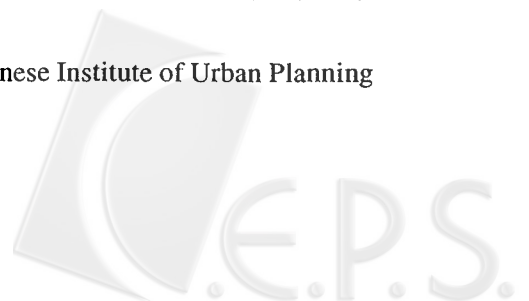
### 摘 要

公共設施檢討是都市計畫通盤檢討的一項重要工作，關乎著居住生活環境的品質。然而，目前公共設施通盤檢討辦法的規定過於粗略，所引用的一些標準和數據也與現實有一段距離，故難以從計畫的根源來改善都市生活空間的品質。本文建立了地理資訊系統的空間分析技術基礎理論，針對不同的資料取得條件，提出「網格法」和「簡捷法」兩種檢討的方法，並分別以實例做說明，以闡述應用此一新技術的可能與展望。吾人並期望能據以進一步強化與增修通盤檢討的項目、指標和方法，使公共設施之檢討更加合理。

關鍵詞：地理資訊系統、空間分析、公共設施檢討

1. 本文主要內容為國科會研究計畫「城鄉實質計畫診斷系統」(NSC85-2415-H-002-023)之研究成果，部份案例係台灣省政府住宅及都市發展處市鄉規劃局委託之「台灣省都市計畫容積率研訂輔助系統」研究成果。
2. 國立台灣大學建築與城鄉研究所副教授

中華民國都市計劃學會 民國八十六年



## SPATIAL ANALYSIS METHODS FOR PUBLIC FACILITY EVALUATION

Feng-Tyan Lin

*Graduate Institute of Building and Planning, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.*

### ABSTRACT

Public facility evaluation is one of essential tasks in urban planning and overall reviews, which will affect the living quality a lot. However, the current regulations and standards for public facility evaluation are too loose to derive sufficient information for planners to improve current plans under reviewing. This article reviews and establishes theories about spatial analysis techniques in geographical information systems. Furthermore, according to different data sets, this article proposes two evaluation methods, called the grid method and the quick method for public facility evaluation. Two cases are also presented to explain how methods work and possible improvements in the future. It is also hoped that, according to the experiences of this research, the current regulations, standards, and methods can be strengthened and improved.

**Keywords:** geographical information systems, spatial analysis, public facility evaluation.

### 一、前言

充足的公共設施乃是確保都市環境的要件之一，也是都市計畫研訂和通盤檢討的要項之一。台灣地區的都市環境品質惡化、公共設施長期不足，已經是一個不爭的事實。問題除了出在經費不足、開闢率太低之外，公共設施的劃設是否滿足都市生活之所需？則是一個在各都市計畫訂定之初即被忽略，至今仍然潛藏的問題。今日，政府為了解決公共設施徵收費用不足的難題，乃有以容積移轉方式來謀求解決之議。吾人認為，利用容積移轉之辦法以紓解公共設施徵收不足之問題，誠不失為一種良策，惟在推動之際宜同時檢討公共設施劃設之問題，期能一併解決，真正改善都市之生活環境。

公共設施可以分為世界性的(例如：國際組織用地)、全國性的(例如：總統府、國防用地等)、區域性的(例如：都會公區、區域性遊樂設施、高鐵用地等)、全市性的(例如：市府機關、美術館、博物館等)、社區性的(例如：國中、國小、兒童遊樂場、市場、停車場等)。另外，也可以按其對附近環境的影響，而有迎毗(YIMBY)與鄰避(NIMBY)的不同態度(曾明遜，謝潮儀，1995；李永展，何紀芳，1996；李永展，1997)。不同層級以及不同迎拒態度的公共設施宜採取



不同的規劃方法。由於社區性的非鄰避性公共設施乃是目前都市計畫通盤檢討所規定必要之檢討項目，也是規劃人員所必然面對的問題，所以本文乃以此類設施之服務水準檢討分析方法做為研究之重點，將來再及於其它類型之設施。

公共設施的劃設問題包括了設施種類、數量、區位及標準的問題(蔡添璧，1993)。一般而言，公共設施的種類較無爭議，通常係指公園、綠地、兒童遊戲場、廣場、學校、市場、停車場、機關用地、水電瓦斯等各項公用設備用地等。然而，目前的法規對於數量以及區位之劃設僅做十分粗略的原則性規定，且以可能與實際人口相去甚遠的計畫人口做為劃設的依據；至於其公共設施之服務標準究竟是否合理？亦是頗值深思的一個課題。

上述有關於公共設施數量、區位、標準的問題，其實早在六〇年代Chapin(1964)便已就這個問題加以討論。惟因涉及大量的空間分析及計算，在早年計算機軟硬體設備昂貴、運算速度緩慢的時代，此等研究成果在實務上僅能做十分粗略的概算與檢核。然而，由於近年來電腦軟硬體設備的不斷低廉化、功能卻不斷的強化、又因地理資訊系統(Geographic Information Systems)技術的推陳出新，國內外的許多都市計畫單位已經開始在實務上廣泛的利用電腦協助其處理相關的各種問題。

由於利用地理資訊系統的技術可以在電腦上展繪地形圖、都市計畫圖、地籍圖、管線圖、道路系統圖、公共設施分佈圖等圖形資料，對於都市計畫圖檔管理及行政作業之助益甚大，故近年來頗受國內外學術界及實務界的重視(林峰田，1997a；丁建偉，姜崇洲，1997；丁建偉等，1995；Huxhold, 1991; Tee, 1997; Li and Xin, 1997)。然而，地理資訊系統技術除了能夠展示圖形資料外，更具有空間分析的能力，可以與傳統的數理規劃模式結合，輔助都市規劃的預測、分析、評估及審核的工作(Batty, 1994, 1997; Scholten and Stillwell, 1990; Star and Estes, 1990)。這方面的研究在國內外正方興未艾。

有鑒於公共設施劃設問題對於都市生活環境的重要性、地理資訊系統的普及化、以及許多基本的調查資料也已經陸續建置完成，本文擬進一步的來探討地理資訊系統應用於公共設施檢討的可能性。本文首先將在第二節先對公共設施檢討的程序和原理做個簡單的討論，然後在第三節以數學的方式定義出基本的空間分析的功能。然而，隨著個別都市計劃公共設施檢討案之資料取得情形、空間分析精度要求、空間分析計算時間及容量需求等因素，吾人必須將上述之基本空間分析功能予以適當的組合成各種公共設施檢討方法。雖然可能的設施檢討方法，隨著個案情形之不同，有無限多種的可能，但是限於篇幅，本文僅能就二個較具代表性的案例狀況，分別在第四、五兩節加以介紹它們所採用的二種不同的檢討方法，分別稱之為「網格法」及「簡捷法」網格法。在該兩節裡，吾人除了介紹這二種檢討方法和其假設條件之外，並討論運用各該檢討方法時的各種考慮。從這兩個案例之中，我們可以發現利用地理資訊系統的確可以有有效的提高公共設施的檢討能力，也可以較充分的考慮鄰里的特性，確保其公共設施服務水準。



## 二、公共設施檢討

公共設施的檢討和配置問題基本上是一種區位／分派問題(Location/Allocation problem)，自從1970年代以來即有許多的研究企圖利用電腦程式來求解(林建元，1989)。區位／分派電腦模型將問題以數理方法加以描述，並建立方案評估準則及必須滿足之基本限制條件，輸入土地使用及交通現況資料，利用數理解題之方法，求取最適解或可行解。是故，區位／分派模式的解答基本上是同時解決了水準評估和設施配置的問題。然而，由於這些方法涉及相當複雜的數學運算，所以雖然在學術研究上有所進展，但是在實務應用上卻不多見。

為了減少問題的複雜度，找尋實務上可行的方法，吾人將公共設施檢討的作業分為「水準檢討」和「設施配置」兩個部份。這兩個部份的作業是相互回饋的，必須收斂到一定程度或者再也無法改善才會停止。所謂「水準檢討」係指檢討公共設施的服務水準，也就是公共設施和所服務人口之間的關係。最典型的指標便是服務半徑和每人所享有的公共設施面積。由於同類公共設施之間會有服務範圍分割鄰接的現象存在，所以其服務水準的檢討，必須同類設施同時一併檢討，而非一個設施、一個設施單獨的檢討。經過水準檢討之後，規劃者可以概略性的瞭解到各地區的公共設施服務水準，指認出服務水準不足之處。於是便進入了「設施配置」的階段，亦即，規劃者在公共設施不足的地區附近，衡酌土地權屬及土地使用現況等因素，找尋適當的區位，配置服務設施，以提高該設施之服務水準。然而，由於現況的因素，設施的配置不見得能夠一下子便找到適當的區位或者足夠的面積，是故，必須重新回到水準檢討的步驟，瞭解重新或增加配置之後的服務水準，如仍不足，則復需進行新一輪的設施配置。如此反饋不已，直到所有地區的公共設施服務水準均達到了標準，或者再也無法改善才停止。

本文的重點是著重在水準檢討的工作上。亦即，規劃者可以利用本研究的方法來評估和檢討公共設施配置的合理性，然後再利用其它的模式或者憑其經驗與直覺，產生新的公共設施配置方案。之後再利用本研究之水準檢討方法，評估新的配置方案是否妥適。如此互動回饋，以求收斂，或者在無法進一步改善之情形下，方結束公共設施的配置及檢討工作。

在實務上，規劃及審議單位主要均以現行的「都市計畫定期通盤檢討實施辦法」第三章「公共設施用地之檢討標準」(以下簡稱「通檢標準」)做為公共設施水準檢討的依據。通檢標準係以計畫人口數為準，就都市計畫全區之公共設施面積數量進行概略性的檢討。由於目前的都市計畫通盤檢討大多仍以人工分析的方式進行公共設施檢討，缺乏有效的電腦輔助工具，是故，通檢標準亦只能做如此概略性的規定，至於區位和服務半徑只能直觀的加以判斷，而未能較細緻的考慮到各個設施和周遭都市發展強度(建蔽率、容積率、樓高、土地使用別)的關係，更無法進一步探討公共設施計畫和計畫人口、土地使用分區劃設量、預定容納人口、現況人口等之間的複雜互動關係。吾人認為這些技術上的問題是可以藉助於地理資訊系統來加以克服，並使通檢標準的內容更加充實細緻。



### 三、地理資訊系統空間分析方法

#### (一) 資料結構

地理資訊系統的資料格式分為向量式(vector-based)和網格式(raster-based)兩種。這兩種資料型式除了資料結構不同之外，也決定了其所對應的不同空間分析方法。一般而言，向量式的空間分析，其資料解析度(data resolution)較高，能夠具體的描述各種使用的位置、形狀、面積，但是其所涉及的空間運算相當繁複，需要大量的記憶體及運算時間，對於個人電腦而言，可能會遇上電腦處理能量不足的問題。另一方面，網格式的資料結構，將所有的空間資料都轉化成一個個的方格空間單元，是故，其空間資料精度取決於網格式的大小。網格式越細密，資料的精度也就越高。雖然從理論上來說，網格式是可以任意細密的，但是就實務上而言，網格式資料的解析度是遠不及向量式的資料的。但是，網格式資料的好處則是在於處理的速度較為快捷，對於電腦軟硬體的需求也較不似向量式資料嚴苛。近年來，由於細胞自動機理論(cellular automata)的引進，網格式系統的土地使用分析模式受到了相當大的重視(White, Engelen and Uljee, 1997)。

面對著這兩種資料結構，對於公共設施檢討之目的而言，究竟應該如何取捨呢？吾人認為在不同的場合下，是可以分別運用不同的資料格式空間分析方式來達成公共設施檢討的目的。而採擇不同資料格式之考慮因素應包括以下數項：空間分析精度的要求、現有資料之格式和種類、以及運算所需的時間等。

如前所述，雖然向量式資料的空間精度較高，但是其空間分析所須花費之運算時間及軟硬體資源需求較多。由於公共設施的水準檢討工作所需的空間精度在數十公尺之間是可以接受的，並不須如測量般的要求到公釐級的精度。是故，網格式的資料格式是可以被接受的。但是，如果所使用之資料都是向量式的，而且資料量並不多，空間分析所需的運算時間並不太冗長，則亦可直接利用向量式分析方法，不必刻意轉換成網格式資料，徒然增加格式轉換工作以及不必要的降低了資料精度。

都市計畫公共設施檢討所需的相關圖形資料，有些是向量式的，有些則是以網格式型態儲存。向量式的資料有地形圖、地籍圖、土地使用現況圖、建物分佈圖、都市計畫圖等。另一方面，網格式的資料則有資源衛星都市建成區範圍資料、環境敏感區資料、數值地形高程資料、坡度圖、坡向圖等。所以，理論上，不論是選擇何種做為公共設施水準檢討之資料格式，總會遇上資料格式轉換的問題。然而，如果我們從實務上的作業來看，向量式的地形圖、土地使用現況圖、建物分佈圖、都市計畫土地使用分區圖是經常被使用的圖形資料，而網格式的環境敏感度和坡度坡向等資料在公共設施檢討作業上，幾乎很少用到。

在實務上，規劃單位在檢討公共設施時面臨了二種資料持有的情境。第一種典型的情境是規劃單位即將進行個案都市計畫通盤檢討時所面臨的情況。由於目前數值測量以及成圖數化的技術已經十分普及，一般而言，規劃單位將會有充分的數值地形圖、土地使用現況圖、建物樓層分佈圖、及都市計畫分區圖，以供規劃及檢討使用。第二種情境則是規劃單位進行都市計畫公共設施計畫的初步評估。在這種情形下，規劃單位並沒有數值化的地形、土地使用現況及建

物分佈資料。由於時間及經費的限制下，規劃單位僅可能取得或自行數化都市計畫土地使用分區資料。面對這兩種情境，吾人建議，在第一種情境下，可以採用網格式的分析方法，將所有資料一次轉換成網格資料，以換取大量空間分析處理時間的節省，而仍能符合空間精度的需求，達成水準檢討的目的。至於第二種情境，由於僅有資料量並不大的分區資料，可以直接以向量資料處理即可。在第四及第五節，吾人將分別的詳細介紹這二種情境下的公共設施水準檢討方法。

## (二) 空間分析功能

各種不同的公共設施檢討方法乃是由一基本的空間分析功能所組成。所以吾人有必要先就這些基本的空間分析功能加以討論，以使後續的設施水準檢討方法有一堅實的基礎。

公共設施服務水準的核心空間分析功能是「領域分析」(territory analysis)，它主要是計算設施服務領域內的服務量(如：人口數、樓地板面積等)。在介紹此一分析功能之前，吾人必須先定義向量式和網格式資料格式下的「距離」和「影響範圍」的概念。此外，本節最後也將介紹由向量式屬性資料分派到網格上的方法。

### 1. 距離

令 $p(i, j)$ 及 $q(m, n)$ 為二個空間點。在向量系統中， $i, j, m, n$ 為有限位數之分數，分別為二個點之坐標。在網格系統中， $i, j, m, n$ 均為整數，分別代表各該格點之網格坐標。不論是向量式或網格式，此二空間點的距離可以有三種定義：曼哈頓距離 $D1$ (Manhattan distance)、歐幾里得距離 $D2$ (Euclidean distance)(Preparata and Shamos, 1985)和實際之通路距離。其中，

$$D1(p, q) = |i-m| + |j-n| \dots\dots\dots (1)$$

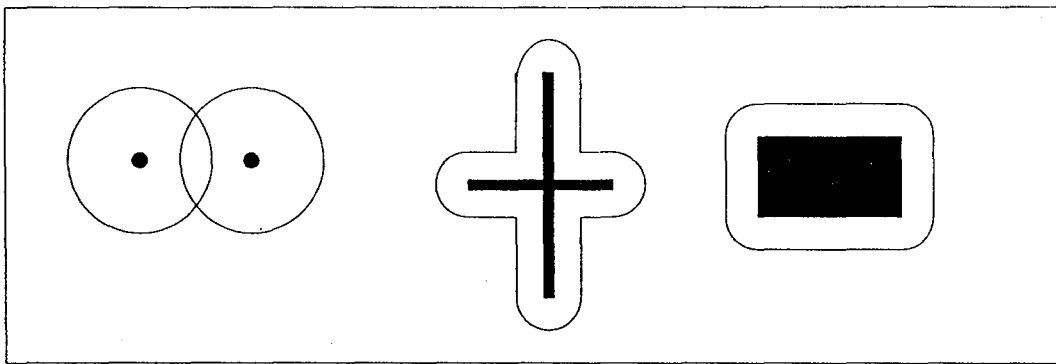
$$D2(p, q) = ((i-m)^2 + (j-n)^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

亦即，曼哈頓距離相當於在棋盤式街道系統中兩點之間所需行走的距離，而歐幾里得距離乃是二點之間的直線距離。然而，都市地區的街道雖多棋盤式系統，但也有不少非棋盤式系統，故採用曼哈頓距離，亦非全然合理。此外，建立路網資料，可直接量取二點之間之通路距離。此一方法雖較符合實際，但將使系統複雜度大為增加，況且實務上所指服務半徑係採歐幾里得距離。故本文以下暫採歐幾里得距離，至於實際距離之考量，將併同合理之服務半徑，於未來一併研究。

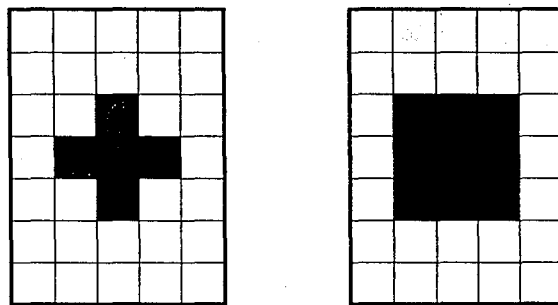
### 2. 服務可及範圍

公共設施的可及範圍分析可利用地理資訊系統的影響圈分析功能(buffering analysis)，根據一定的服務距離(半徑)，計算一個或一群設施之服務可及範圍。在向量系統裡，利用計算幾何之演算方法，可以計算出點線面資料的影響環框，如圖一所示。

一般的網格系統裡對近鄰(neighborhood)的定義有「四接」(4-connected)及「八接」(8-connected)之分，又分別稱為「馮諾曼近鄰」(von Neumann neighborhood)和「摩爾近鄰」(Moore neighborhood)，如圖二(Star and Estes, 1990, p. 36; Takeyama and Couclelis, 1997)。但是



圖一 點線面之環框



圖二 四接及八接近鄰

不論何者，都僅對直接鄰接加以區分。對於較大範圍之影響圈則乏明確定義。本文茲定義如下：

令 $D(p,q)$ 為 $p,q$ 二格點之距離，並以 $k$ 代表設施的第 $k$ 層服務圈。

設施的第 $k$ 層(距離)服務範圍有二種定義， $B_k(p)$ 和 $B_{k+0.5}(p)$ ，分別對應四接和八接的近鄰定義。

$B_k(p)$ 為以 $p$ 為中心，在 $k$ 層(距離)服務範圍內之所有格點 $q$ 的集合。亦即，

$$B_k(p) = \{q \mid D(p,q) \leq k\} \dots\dots\dots (3)$$

$B_{k+0.5}(p)$ 為以 $p$ 為中心，在 $k+0.5$ 服務範圍內之所有格點 $q$ 的集合

$$B_{k+0.5}(p) = \{q \mid D(p,q) \leq (k+0.5)\} \dots\dots\dots (4)$$

如果服務設施 $A$ 之涵蓋範圍超過一個格點，吾人可以將其服務影響圈定義為：

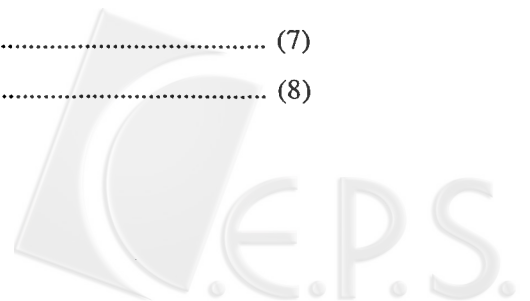
$$B_k(A) = \{q \mid \exists p \in A, D(p,q) \leq k\} \text{ 及 } \dots\dots\dots (5)$$

$$B_{k+0.5}(A) = \{q \mid \exists p \in A, D(p,q) \leq (k+0.5)\} \dots\dots\dots (6)$$

準此，吾人可以進一步定義服務設施 $A$ 之第 $k$ 層服務圈

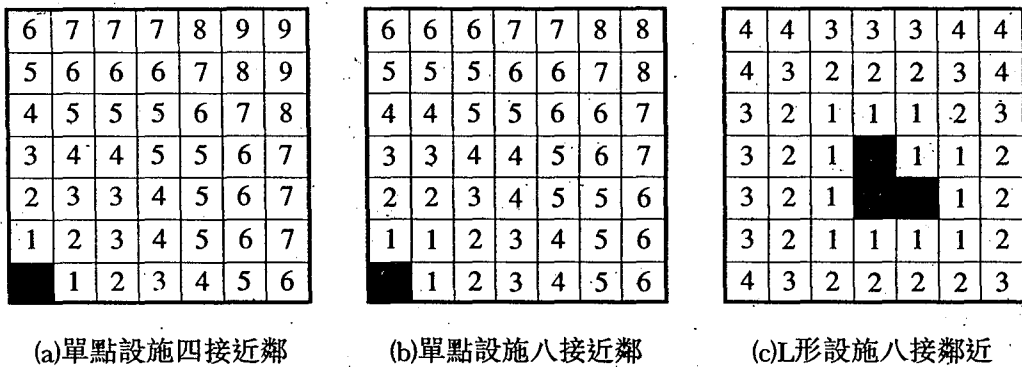
$$\langle B_k(A) \rangle = \{q \mid q \in B_k(A), \text{ 但 } q \notin B_{k-1}(A)\} \dots\dots\dots (7)$$

$$\langle B_{k+0.5}(A) \rangle = \{q \mid q \in B_{k+0.5}(A), \text{ 但 } q \notin B_k(A)\} \dots\dots\dots (8)$$



圖三(a,b)是單點設施之分層服務圈 $\langle B_k(p) \rangle$ 和 $\langle B_k(p) \rangle$ 的第一象限分佈情形，網格內之值為k值。從圖中，吾人可以發現，四接是 $B_k(p)$ 的特例，而八接是 $B_k(p)$ 的特例。

圖三(c)是一個小L形之設施的分層服務圈圖 $\langle B_k(A) \rangle$ ，網格內之值為k值。



圖三 設施分層服務圈

### 3. 服務領域

假如社區型設施的服務是相同的，居民選擇設施的依據將是以距離為主。亦即，相鄰的二個設施之間會有分割服務空間的現象，其形狀是不規則鑲嵌式的。其向量式空析分析的演算法，被稱之為「蒙洛諾伊空間圖型」(Voronoi Diagram)，如圖四(a)所示(Preparata and Shamos, 1985; Okabe et. al., 1992)。其領域分割線恰為相鄰兩個設施之垂直平分線，任何點至其所屬領域之設施均較至其它設施之距離為近。

網格資料之領域分割條件，則如下述之邏輯條件式：

$$T_k(A) = \{q \mid q \in B_k(A), \forall q \in B_k(A'), k < h\} \cup R, \dots\dots\dots (9)$$

where

$$R = \{r \mid r \in T_k(A), r \in \langle B_m(A) \rangle, r \in \langle B_m(A') \rangle, m \leq k\} \dots\dots\dots (10)$$

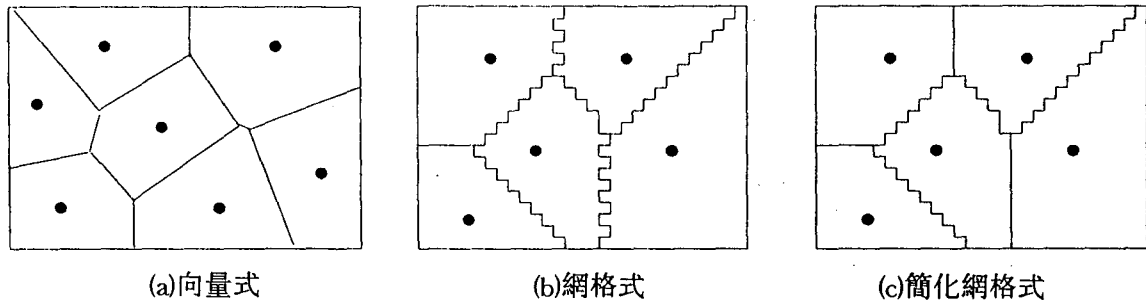
$$S = \{s \mid s \in T_k(A'), s \in \langle B_m(A) \rangle, s \in \langle B_m(A') \rangle, m \leq k\} \dots\dots\dots (11)$$

$$\mid |R| - |S| \mid \leq 1 \dots\dots\dots (12)$$

條件式(9)規範了各格點至其所屬領域之設施的距離是最短的。然而，由於網格解析度的問題，位在領域邊界之格點距離相鄰之兩個設施可能為等距。在此情形下，式(10)及(11)使之任屬於其中一設施的服務領域。理想上，為求領域範圍儘量接近真實，式(12)使此二相鄰領域之「等距邊界」的格點數宜儘量相等，至多相差一個格點，而呈方齒狀，如圖四(b)。但是，為了使程式不會過於複雜，在犧牲些微的分析精度下，亦可將等距邊界全部指派給其中的一個設施，如圖四(c)。





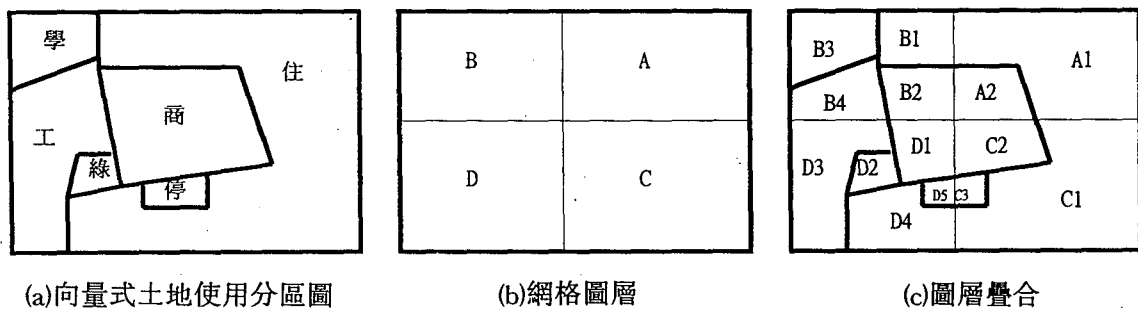


圖四 服務領域分析

4. 都市發展量之分派

採用網格式系統可以節省大量空間分析的時間、避免記憶體不足或資料量太大的問題。網格式系統裡各個網點的屬性資料除了自行蒐集建置之外，亦可自向量資料之地形圖、土地使用現況圖、建物圖、土地使用分區圖等圖形資料轉換而得。

在圖五之中，以土地使用的向量資料為例，如圖五(a)，被切割成四個網格，A, B, C, D，如圖五(b)。網格與向量圖形之疊合結果，分別標示為A1, A2, B1, ……，D5，如圖五(c)，並對應了一個網格屬性資料庫，如表一。其各列分別代表各網點，各欄則代表不同的使用別。其表之內容則代表其對應的屬性值，例如：土地面積、樓地板面積等。一般而言，不同的屬性分別對應一個屬性欄位，其格式均如表一。



圖五 都市發展量分派案例

表一 屬性資料表格式

	住	商	工	綠	停	學
A	A1	A2				
B	B1	B2	B4			B3
C	C1	C2			C3	
D	D4	D1	D3	D2	D5	



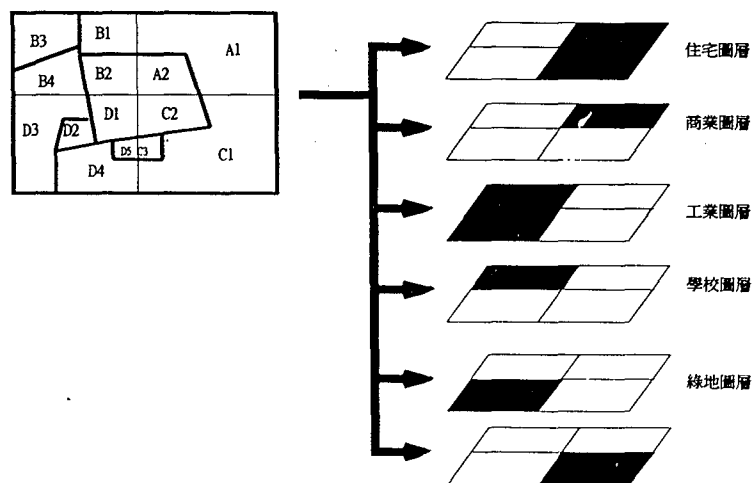
### 5. 用地及設施範圍之認定

將向量式的土地使用現況圖或者分區計畫圖轉換成網格式的資料結構，必然涉及用地及設施範圍認定的問題。一般而言，多以網格內面積最大的使用為該網格點之使用別。但是這種認定法會遭到以下幾個困難：小面積的重要設施會被忽略、跨網格線之用地或設施面積未能全部計算、以及一個網格僅有一個使用屬性。

為克服上述的問題，吾人把每一種土地使用或設施用途分別對應到個別的網格圖層，而且，針對不同的使用或設施別，採用不同的認定方法。亦即，住宅區、商業區、農業區等大面積型的使用，其面積必須為該網格之最大者，始於各該使用圖層之相應網格點標定其為該類之使用。至於相對較小面積之公共設施，則可以自行設定其最小面積比率，甚或只要網格內有該項設施，不論其面積之大小，即於各該設施之網格圖層標定設施之位置。

但是，在上述的認定原則之下，仍然會出現許多不合理的現象，必須使用人工之方式，或者另行開發智慧型的程式加以判斷(註三)，個別加以調整。以圖五為例，各類用地及設施的網格化結果如圖六所示。由於計有六種用地／設施別，故分別對應六個網格圖層。住宅圖層及工業圖層依最大面積之認定原則標示其範圍。商業區雖然總面積不小，但因跨了四個網格，分別的面積均非各該網格之最大面積，故目前僅能用人工修補的方式，予以補足。學校、綠地、停車場等較小面積之設施，則採用最低面積門檻原則，只要高於該門檻，即於其圖層網格上標示其位置。由於停車場跨越了二個網格，所以可能將下方二格均加以標示，而使得面積範圍過大，故亦須以人工之方式，加以修減。

從上述的例子中，吾人可以見出，向量式資料轉換成網格式資料是存在著先天性的誤差的。加密網格是降低誤差的方法之一。此外，局部較大範圍的考慮，不要僅就單格考慮，亦可提高其判斷的正確性。



圖六 各土地使用別之網格圖層表達

註三：此種智慧型的程式難度不低，不在目前本研究討論範圍之內。

從轉換的成果圖層來看，吾人可以發現，同一個網格點是會被標示為多種用地或設施的。亦即，此種圖層結構可以避免單一網格屬性的問題。

## 6. 人口分派

各地區的人口數量會和當地的自然環境承載最大容量、土地使用類別、面積、發展強度、樓地板面積、建物結構、屋齡、地價、公共設施、交通條件、就業機會、……等因素相關。比較嚴謹的做法是根據各地的這些因子資料，利用統計迴歸或者數學規劃的方法，將總人口數合理的分派於各地區(黃南淵，1992；馮正民，高鎮遠，1996)。然而為了簡化問題，以及顧及實務上目前都市計畫作業大多缺乏如此詳細之資料，是故本研究逕以住商用地面積及樓地板面積之比例，做為分派人口之主要依據，以兼顧系統之可行性及理論上之正確性。由於人口分派模組在本研究之整個方法步驟中，是一個獨立的子系統模組，將來如有更佳的分派方法，可以加以取代，不致影響其它的分析作業。

為了計算各個設施的服務人口數，必須先決定總人口分派至各街廓或者網格的原則。其分派方式計有三種：面積分派法、計畫容量分派法、及發展現況分派法。面積分派法是最簡便的方法，但是比較粗略，可能的誤差較大。如果吾人有土地使用分區發展計畫量(建蔽率或容積率)的資料，則可以利用計畫容積分派法，求知未來全部發展時的人口分佈概況。由於容積分派法考慮到了都市的立體發展量，所以其人口之分派應較符合未來人口之分佈情形。如果吾人有進一步的建物分佈圖及樓層高度等資料，則可以更為正確的估計現況人口的分佈情形。

由於吾人假設都市之主要人口多集中在住宅區及商業區內(註四)，所以人口之分派時土地面積或者容積之計算，均以住商使用者為計算之依據。此一人口的分派涉及了幾項很重要的基本資料：「每人享有的居住樓地板面積」和「住商分區內的住商使用比」。

不論是由計畫容積或現況容積來推估人口數，都涉及到了每人享有的樓地板面積的問題。依據「台灣省實施都市計畫地區容積率訂定與獎勵規定審查作業要點」之規定，每人所享有的居住樓地板面積以平均五十平方米計算。但是，根據行政院主計處編印的「中華民國八十二年台灣地區住宅狀況調查報告」顯示，台灣地區平均每人的居住面積為26.5平方米。二者的差距甚大。這意味著依據計畫人口數所劃設的公共設施其實可能服務著近乎二倍的實際人口，公共設施的服務水準是相當低落的。有論者認為：隨著生活品質的提高，每人居住樓地板面積也將提高。雖然此言有其道理，但能改善多少？需多久才能達到計畫水準每人五十平方米？則是頗值審慎考慮的問題。

台灣的都市土地使用是高度混合使用的，尤其是住商混合使用的現象特別明顯。亦即，劃設為住宅區之地區會有商業活動出現，反之亦然。然而，住商的混合程度為何呢？一直是個有待深入探討的問題。依據「台灣省實施都市計畫地區容積率訂定與獎勵規定審查作業要點」之規定，商業區供商業活動之容積係依計畫人口數累增的方式來估算。人口數在一萬人以下之部分為80%，其後逐級累增，以至於人口數在五〇萬人以上的部分為200%。此外，上述的作業要

---

註四：在學理上，吾人可以不限定只依據各區住商之面積或容積來分配。



點將住宅區之土地全部視為供做住宅使用。雖然這是計畫性的土地利用容積估算，但是，距離現實情形可能相當的大。根據內政部地政司在民國81~83年間所做的國土利用調查之成果，以台北市地面層之使用為例，住宅區做住宅使用者僅占66.48%，做商業使用者為1.71%；另外，商業區做住宅使用者為38.45%，做商業使用者為42.81%(宋東鉉1997)。上述之國土利用調查雖僅地面層之使用加以調查，但是，若地面層供住宅使用，則幾乎可說該基地全部容積均供住宅使用，而若地面層做商業使用，其上之樓層仍有可能做住宅或其它使用。

每人享有的居住樓地板面積和住商分區內的住商使用比等數值的高低會影響到設施服務水準的估算結果。但由於本文之重點在於水準評估工具的介紹，故對於這些數據僅說明其間的差別，並不做深入的探討。將來不論其正確的或適宜的數據為何，均不影響評估工具的操作方式。

### 7. 服務水準與設施標準

公共設施標準之訂定關係到生活空間的環境品質。然而，目前通檢辦法僅對國中、國小、綠地、兒童遊樂場、體育場、零售市場、停車場等有較量化之設置標準，其它則付諸闕如。此外，這些設施之設置標準是否合宜，亦頗多質疑。吾人認為，公共設施之設置標準以高標準來訂定，固然可以提高生活環境品質，但是也可能造成龐大之財政負擔。即使以容積移轉或發展權移轉之方式，亦將增加其實行之困難度。是故，合理的設施標準宜在理想的設施品質、實際的設施服務水準、居民使用效用函數、財務計畫之間取得一個平衡。然因這方面的調查資料相當缺乏，故相關論文以觀念性之討論居多，量化之研究較少(曾國雄等，1993；曾國雄，陳君杰，林宗智，1995)。由於本研究並非以探討公共設施之設置標準為主要目的，故暫不涉及，而先以探討設施服務水準之估算方法為重點，俾供後續研究之基礎。

公共設施的服務水準和其設施用地面積、服務半徑及人口有關。對於一個待檢討的計畫方案而言，設施用地的面積是既定的(不同的方案之間才可以調整)；是故，服務半徑越大，所服務的人口越多，則其服務水準即越下降。反之，如以設施標準為限，或規定最大的服務半徑，則有可能部份地區不在任何設施之服務範圍之內。

由於空間分析技術的引進，公共設施服務水準的分析已較人工作業方式更為細密，能夠據以為訂定設施標準之指標也將更為精準。例如，以往人工作業方式僅能就全區之設施總量與總人口數加以檢討，而忽略了區位上可能的偏差。利用地理資訊系統空間分析技術，則可以分別就每一個設施，以及其鄰近之都市發展強度，做詳細的分析。此外，當各地區的公共設施服務水準逐一被分析檢討了之後，吾人將可以依據各地區的實情，訂定個別的設施標準，而不必再受限於使用齊一式的標準了。

### (三) 系統環境

在以下的實例操作中，吾人所採用的硬體設備為IBM PC 586級之相容個人電腦，主記憶體容量為32Mb，在Windows 95的作業系統環境下執行。所使用之地理資訊系統軟體為ArcCAD R11.4之版本，並於其上開發應用程式。



## 四、網格法

公共設施通盤檢討必須視個案資料之情形，適當的組合上述空間分析方法，才能在兼顧分析精度及處理時效的要求下，從可取得的資料之中，獲得最多的評估資訊。如果規劃者有已數值化之地形圖、建物樓層分佈圖、及都市計畫土地使分區圖時，即可採用網格法進行公共設施檢討分析。本節吾人介紹網格法的演算步驟，並以南投縣名間鄉都市計畫為案例(林峰田，1997b)，說明及討論其分析成果。

### (一) 演算步驟

網格法的基本原理是將向量式的圖形及屬性資料均轉換成網格式的資料結構，然後才進行空間分析評估。利用這種方法可以縮短圖形計算時間，也較不致於因為向量疊合之多邊形太多而無法運算。另一方面，藉著網格密度的控制，仍可使分析之精度在可接受的範圍之內。其演算步驟主要如次：

輸入：1. 都市計畫土地使用分區圖(向量式)

2. 土地使用現況圖(向量式)
3. 建築物及樓層數分佈圖(向量式)
4. 計畫人口數
5. 現況(戶籍)人口數

輸出：1. 各公共設施之計畫服務人口數、服務水準、服務範圍圖

2. 各公共設施之現況服務人口數、服務水準、服務範圍圖

步驟：1. 由「土地使用分區圖」萃取出「公共設施用地分佈圖層」及「住商分區圖層」。

2. 決定網格大小，並建立「網格圖層」。
3. 將「網格圖層」與「公共設施用地分佈圖層」疊合，利用前節用地及設施範圍認定之方法，產生「公共設施用地分佈網格圖」，並以各該設施分派至各網格之向量檔設施用地面積做為網格圖層之屬性資料之一。
4. 將「網格圖層」與「住商分區圖層」疊合，利用前節用地及設施範圍認定之方法，產生「住商分區網格圖」，並以住商分區分派至各網格之向量檔分區土地面積做為網格圖層之屬性資料。
5. 將「網格圖層」、「土地使用現況圖」和「建築物及樓層數分佈圖」三圖疊合，利用前述用地及設施範圍認定之方法，產生「土地使用現況網格圖」，並將各該土地使用之用地面積、分派至各網格之各種使用樓地板面積做為網格圖層之屬性資料。
6. 利用「住商分區網格圖」，將計畫人口依計畫建蔽率及計畫容積率分派至各網格。
7. 利用「土地使用現況網格圖」，將現況(戶籍)人口依住商樓地板面積分派至各網格。
8. 按各種公共設施類別及其服務半徑，依「公共設施用地分佈網格圖」及「網格圖層」之計畫人口網格分派數，以「服務領域」空間分析方法，計算各設施之「計畫服務人



口數」及「計畫服務水準」(每人享有之公共設施面積)。

9. 按各種公共設施類別及計畫服務水準，依「公共設施用地分佈網格圖」及「網格圖層」之計畫人口網格分派數，以「服務圈」空間分析方法，計算各設施之「計畫服務範圍」。
10. 以現況人口數分別依步驟8及9，求算各設施之「現況服務人口數」、「現況服務水準」、「現況服務範圍」。

## (二) 案例示範

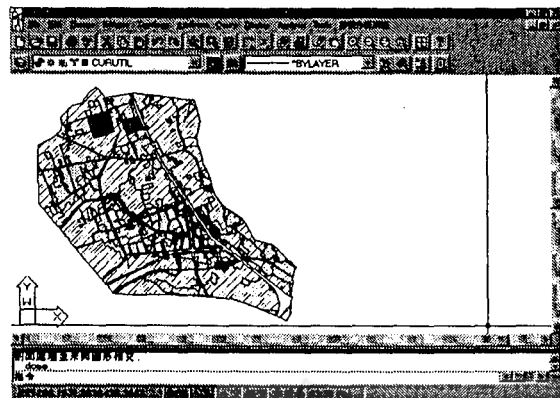
南投縣名間鄉都市計畫刻正由台灣省政府住宅及都市發展處市鄉規劃局(以下簡稱市鄉局)進行第三次的通盤檢討作業之中。本案例即以現行的第二次通盤檢討成果(以下簡稱「二通」)為對象，檢討其公共設施配置的合理性。市鄉局在進行通盤檢討之初，即利用數值測量的方法，測繪了數值地形圖，其中包括了建物樓層的分佈情形(如圖七)。另外，也進行了土地使用現況調查，並將之數化成向量式的土地使用現況圖(如圖八)。至於土地使用分區圖則是就二通之計畫圖加以數化(如圖九)。

本案二通計畫人口數為9000人，現況(戶籍)人口7900人。歷年人口略呈直線穩定成長。如果此一趨勢不變，則將於民國100年達到計畫人口數。另一方面，本案二通之住宅區及商業區容積率分別為180%及240%，則可容納之人口約18400人。如人口成長趨勢不變，將於民國200年達到容納人口數(如圖十)。以網格法檢討之部份成果如圖十一至十四所示。其中，除了如圖十一在螢幕上顯示各項設施的檢討成果表之外，圖十二顯示三個市場的服務範圍區隔情形，吾人可以注意到南北二個市場的面積雖然相近，但是服務範圍及人口數卻有不同，是故，二者的服務水準也有所差異。圖十三的停車場和圖十四的兒童遊樂場則難以涵蓋南北二端。本案例之詳細檢討情形請參考林峰田(1997b)。

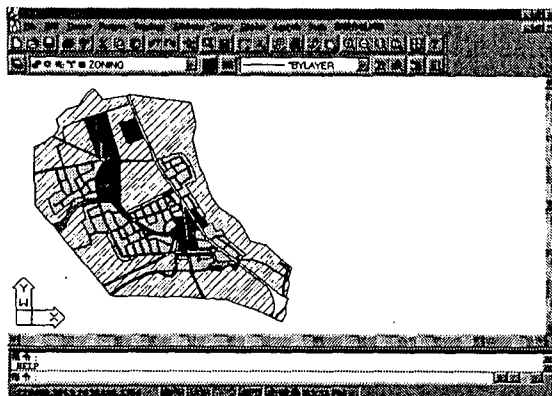
現行公共設施之通檢標準係以計畫人口數為準，就全區之公共設施面積量加以檢討。準此，如依計畫人口數檢討，則全部符合(如圖十五)；如以容納人口數檢討，則除兒童遊戲場不足



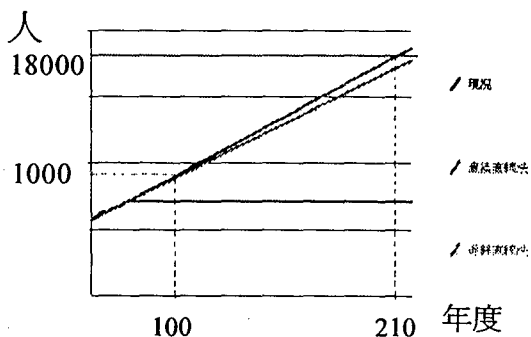
圖七 名間建物樓層分佈圖



圖八 名間土地使用現況圖



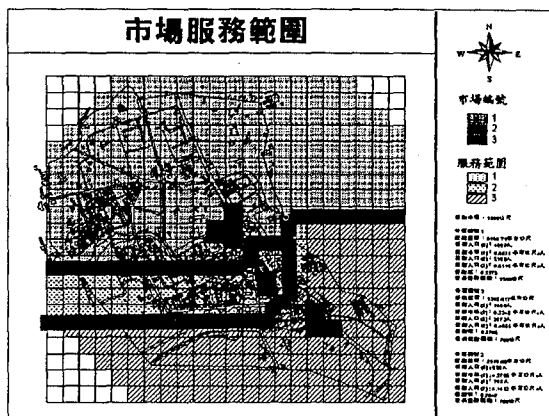
圖九 名間土地使用分區圖



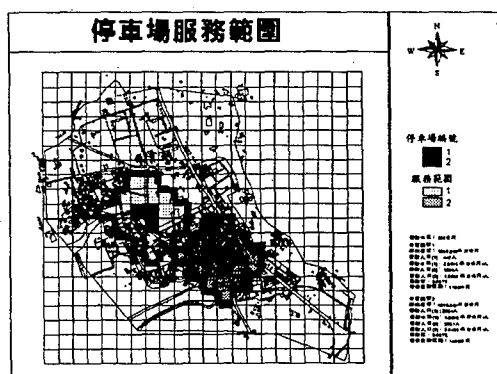
圖十 名間人口預測圖

 A table titled '公共設施檢討分析表' (Public Facility Inspection Analysis Table). It contains multiple columns with data, including facility names, locations, and inspection results. The table is presented in a grid format within a software window.

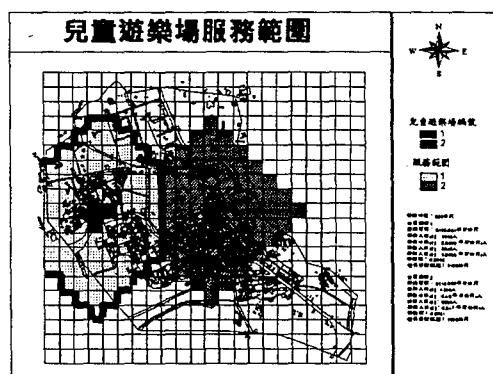
圖十一 名間公共設施檢討成果表



圖十二(註五) 名間市場服務範圍圖



圖十三 名間停車場服務範圍圖

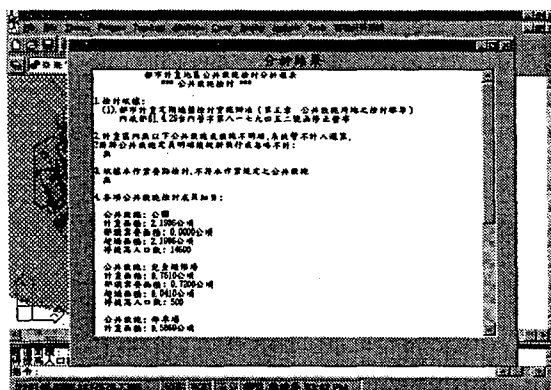


圖十四 名間兒童遊樂場服務範圍圖

註五：由於畫面解析度之問題，有些網格線未被繪出。又，各設施之服務領域原以不同顏色顯示，在轉成灰度表現時，部份服務範圍不易顯示，茲於其上加繪服務範圍界線，以示區別。圖十三、十四之情形亦同。



之外，餘皆符合總量之標準。另一方面，吾人以「網格式」就計畫人口數加以檢討，則發現公園、學校、體育場、兒童遊戲場之區位不理想，部份地區在服務半徑之外，其中兒童遊戲場之服務水準亦不足。如第三.(二).6節所述，計畫人口數可能遠低於以住宅調查結果之每人居住樓地板面積為準所推估之實際人口數為低，是故實際之公共設施服務水準恐將更低。這顯示了現行的通盤檢討辦法的確存在著盲點。



圖十五 名間公共設施檢討分析成果報告

### (三) 方法討論

網格式法將向量式的圖形資料轉為網格式資料，主要係在於節省大量圖形資料疊合所需的計算時間。其空間分析的精度取決於網格式的大小。在本研究之案例中，網格式大小取100米見方。即使如此，在個人電腦586的環境下，全部檢討完成所需的時間仍需4小時。由於網格式越小，所需消耗的時間也將越多(約為倒數之平方)。是故吾人建議100米見方之網格式大小應是可以接受的。

上述的步驟假設了本計畫區周邊並無其它都市發展用地。否則，周邊地區之居民亦將進入本區使用公共設施，而使實際之服務水準較本法推估者為低。當然，本區居民亦可能使用鄰區之設施而降低了本區設施之服務壓力。此外，公共設施通盤檢討辦法僅對學校的服務半徑有所規範，餘則無明確規定。為了能計算服務範圍，吾人準學校服務半徑之規定，以國小以下為服務對象者定為600公尺，以國中以上為對象者定為1500公尺。顯然的，此一服務半徑是否適當是值得進一步另案加以討論的。本文之重點因在檢討方法(步驟)之討論，故暫訂如此之服務半徑。

如第二節所述，公共設施之檢討可以分為「水準檢討」及「設施配置」二個階段。本節利用網格式法所做之水準檢討所發現的一些區位和面積數量上的問題可供設施配置階段的修正參考。反之，設施配置的檢討修正結果可以再饋入本水準檢討方法之內。如此反覆，直至滿足法定服務水準或無法再改善為止。



## 五、簡捷法

除了上述的網格法之外，在有些情形下，吾人僅擁有各個都市計畫的「土地使用分區計畫圖」，然缺乏詳細的數值地形、土地使用現況、及建物樓層等資料，但是又希望能快速的檢討其公共設施配置的可能潛在問題。在這種狀況下，本文建議直接採用向量式資料空間分析的簡捷法來進行評估。以下吾人茲用桃園縣之都市計畫為例加以介紹。

### (一) 評估方法

如前所述，本情境下吾人缺乏當地詳細的都市發展資料。是故，只好利用近年來的一些新的調查統計資料做合理的推估：

1. 根據內政部地政司在81年~83年間所進行的「國土利用調查」資料統計顯示，桃園市的土地使用分區與使用現況的關係如下：住宅區內供住宅使用之土地面積，占住宅區面積之75%；商業區內供住宅使用者占40%。
2. 根據宋東鉉(1997)對台北市住宅區及商業區現況建蔽率及容積率之估算，住宅區之建蔽率約為80%，容積率約320%；商業區建蔽率約90%，容積率約360%。
3. 根據行政院主計處的住宅抽樣調查，民國82年桃園縣的平均每人樓地板面積為26平方公尺。

此外，吾人對桃園縣各都市計畫地區做以下之假設：

1. 土地使用分區住商利用土地面積比例與桃園市者相同。
2. 建蔽率及容積率則(將)與台北市之發展強度相同。
3. 每人樓地板面積以桃園縣平均數為準(即平均每人26平方米)。
4. 住宅區之商業活動僅在一樓，餘為住宅使用。商業區之商業活動僅在1、2樓，餘為住宅使用。

在上述的資料及假設之下，簡捷法之步驟如下：

輸入：1. 都市計畫土地使用分區圖

輸出：1. 以鄰里單元為範圍的各公共設施服務人口及服務水準

2. 各公共設施(法定)服務範圍內之服務人口及服務水準

步驟：1. 各使用分區內人口數之推估。(根據住宅使用樓地板面積及每人居住樓地板面積計算)

2. 以主要幹道(例如：20米以上)為界，劃定「都市計劃鄰里單元」。

3. 計算每一單元的人口數。

4. 計算每一單元內，每人享有公園面積(平方公尺/人)。

5. 以公園為中心，做200、400、600公尺之服務圈。

6. 計算服務圈內之人口數。



7. 計算各公園之服務水準(平方公尺/人)。
8. 比較步驟(4)、(7)及公共設施通盤檢討標準之值。
9. 重覆步驟(4)~(8)，分別檢討國中、國小、市場、兒童遊戲場、道路面積等公共設施。

## (二) 案例示範

以桃園縣大湳都市計畫為例(如圖十六)。本計畫區相鄰於桃園市南方，總面積約400公頃，其中住宅區約151公頃，商業區約152公頃。計畫人口數70,000人，但如以住宅調查之平均每人樓地板面積26平方米以及國土利用調查之住商用地占住商分區比率來估算，現行都市計畫住商區內將可容納147,731人，為計畫人口數之二倍強！為了反應公共設施的實際服務水準，本案例將以估算人口做為檢討之依據，而非脫離現實的計畫人口數。

本區之公園計三處。分別以服務半徑200、400公尺和全區為範圍進行檢討，發現200公尺範圍之服務水準高達 $3.7\text{m}^2/\text{人}$ (通檢標準為 $0.175\text{m}^2/\text{人}$ )，但服務人口數僅及4.6%(如圖十七a)；400公尺範圍之服務水準為 $1.6\text{m}^2/\text{人}$ ，人口服務率為10.5%(如圖十七b)；如以全區計算，人口服務率達100%，但服務水準為 $0.17\text{m}^2/\text{人}$ ，比通檢標準略低。顯然，就全區公園面積總量而言，尚可接受，但因其區位之分佈過於集中，大部份的人都在合理的服務距離之外。

依通檢標準之規定，國中之服務半徑為1500公尺。準此計算之國中服務水準 $0.14\text{公頃}/\text{千人}$ 較標準 $0.15\text{公頃}/\text{千人}$ 略低，但範圍內之人口服務率僅為38.1%；如以全區計算，服務水準僅達 $0.05\text{公頃}/\text{千人}$ ，與標準相去甚遠(如圖十八)。另一方面，依通檢標準之規定，國小之服務半徑為600公尺。準此計算之國小服務水準 $0.28\text{公頃}/\text{千人}$ 較標準 $0.18\text{公頃}/\text{千人}$ 為高，但範圍內之人口服務率僅為25.5%；如以全區計算，服務水準僅達 $0.07\text{公頃}/\text{千人}$ ，亦與標準相去甚遠(如圖十九)。

市場之服務標準在通檢辦法之中並無明確規定。茲以本計畫區之主要道路及土地使用為界，劃分本區為四個空間單元，分別就其人口數及市場面積加以比較(如圖二十)。吾人發現，B、D區之服務水準分別為 $0.17$ 及 $0.18\text{m}^2/\text{人}$ ，較A、C區之 $0.09$ 及 $0.08\text{m}^2/\text{人}$ 顯然為高。

## (三) 方法討論

從上述的案例之中吾人可以得知，即使只有土地使用分區圖，亦可利用國土利用調查及住宅狀況調查之資料，做適當之假設，透過地理資訊空間分析技術，得到豐富的公共設施檢討成果。這對於快速的、初步的檢核現有都市計畫公共設施計畫將有相當大的幫助。

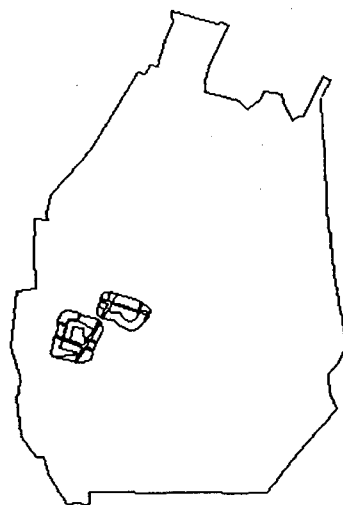
簡捷法仍然假設都市計畫公共設施僅提供給區內居民使用，反之，區內居民也僅能在本計畫區內獲得公共設施的服務。一般而言，此一假設尚稱合理，但是就本案例而言，即是一個例外。本計畫區北緣與桃園都市計畫區南側相鄰，所以可能會產生一些公共設施相互使用的情形，造成服務水準估算上的誤差。有關這種鄰接地區服務人口的計算問題宜有進一步的研究。

閭鄰單元的觀念一直存在都市計畫的理論之中，在通檢標準之中亦有敘及。但是，閭鄰單元如何認定的問題也一直存在著操作上的困難。本文暫以主要道路或自然地形地物為準，加以

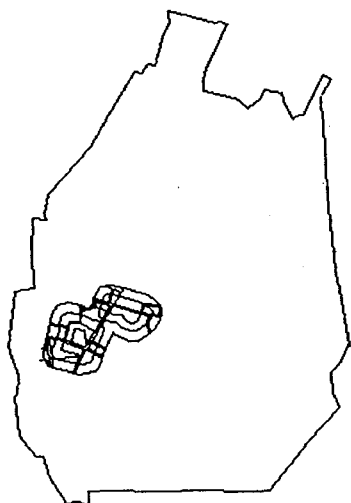
劃定檢討。另一種常見的方法則是以區里行政界做為範圍標準。姑不論採用何種方法，利用簡捷法均可以做較精細的分析。甚至於都可能暫不區劃閭鄰單元，而逕先計算不同服務半徑下的服務水準、服務範圍和服務人口比，然後再考慮閭鄰單元劃設的適當性。



圖十六 大湳都市計畫街廓圖



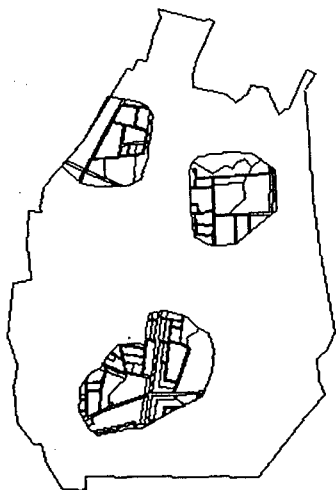
圖十七(a) 大湳都市計畫200公尺半徑公園服務範圍



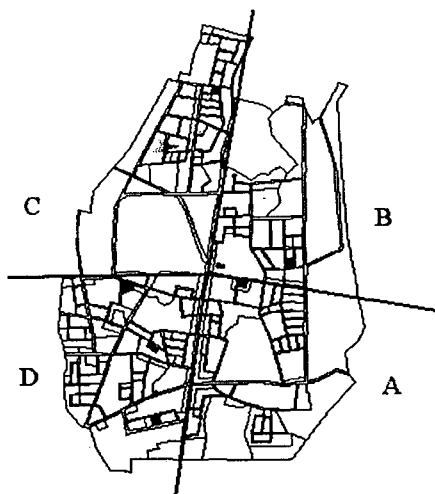
圖十七(b) 大湳都市計畫400公尺半徑公園服務範圍



圖十八 大湳都市計畫1500公尺半徑國中服務範圍



圖十九 大湳都市計畫600公尺半  
徑國小服務範圍



圖二十 大湳都市計畫鄰里單元分  
區圖

## 六、結論

都市規劃者雖然很早便希望能詳盡的檢討各個公共設施的面積、區位、服務範圍、服務水準的情形，但是這種需要大量空間分析計算的工作，在以往是難以想像的。今日，吾人利用地理資訊系統的技術已經可以開始實現這個理想。

本文以社區性非鄰避性公共設施為對象：將其檢討工作區分為水準檢討及設施配置二個部份。然後針對水準檢討之部份做較深入之討論。從本文的探討之中，吾人可以看出，公共設施檢討的空間分析是可以歸納成幾個基本功能，但是隨著資料的取得狀況，必須做不同的組合、假設及推估。經過數個案例的實際操作，本文展示了利用地理資訊技術的詳盡分析能力，也發現了現行的通盤檢討辦法的確存在著若干問題。

由於技術上問題的克服，現行的公共設施通盤檢討辦法的規定事項也可以隨之而更加細緻嚴謹。不僅應就全區之公共設施總面積量加以檢討，更可以考量其區位之分佈、服務範圍之分割以及其周邊都市發展種類、強度、人口等因素。吾人認為透過了這種詳盡的水準檢討，都市計畫的公共設施服務水準不僅能考慮到全區的情形，也更能進一步的使各個鄰里地區的公共設施服務水準獲得確保。

本文所提出的二種評估方法以及其使用之空間分析方法仍有許多值得進一步研究的地方。例如適當的網格大小、通檢標準所未規定之各種設施的服務半徑、人口及都市發展強度之網格分派方法、服務領域劃分方法、鄰接地區服務人口之考慮、閭鄰單元劃設、以及針對不同資料情形之不同檢討方法組合方式等，都可以做進一步的研究，以提高輔助設施檢討的能力。另一

方面，利用空間分析的技術，針對實際之計畫成果及現況資料加以檢討，亦可重新修訂各項設施之服務標準值，使之更臻於合理。此外，未來亦當可進一步思考全市性、區域性、具鄰避效果之設施的檢討分析方法。

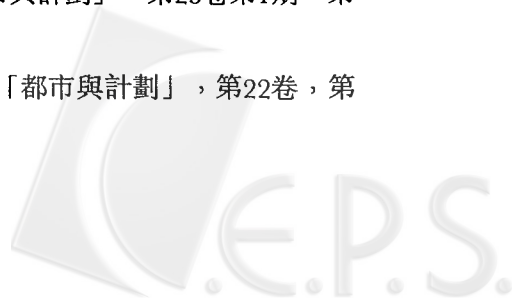
容積管制、獎勵和移轉是將來都市計畫、都市更新、公共設施用地取得與開發、古蹟保存等各種都市發展所不可缺少的制度工具。眾所週知，容積計畫必須與週邊的都市發展及公共設施提供之情形相配合。是故吾人認為在目前公共設施檢討方法的基礎之上，當可以進一步發展出容積訂定、獎勵、和移轉的輔助規劃系統。

## 謝誌

本研究之空間分析方法程式係由台大建築與城鄉研究所助理蔣隆運先生撰寫。案例由台灣省政府住宅及都市發展處市鄉規劃局提供，並蒙黃前局長萬翔(現職為台灣省政府建設廳副廳長)多次討論，提供意見。南投縣名間鄉案例由蔣隆運先生實作，桃園縣大湳都市計畫案例由台大建築與城鄉研究所博士班研究生陳鴻勝實作。特此一併致謝。

## 參考文獻

1. 丁建偉，姜崇洲(1997)，廣州市分區規劃編制及其信息系統的建立，「城市規劃」，總第120期(1997年第2期)，北京，第44-47頁。
2. 李永展(1997)，鄰避症候群之解析，「都市與計劃」，第24卷，第1期，第69-79頁。
3. 李永展，何紀芳(1996)，台北地方生活圈都市服務設施之鄰避效果，「都市與計劃」，第23卷，第1期，第95-116頁。
4. 宋東鉉(1997)，「容積移轉移出／接收區之實施範圍及移轉量研訂之研究」，台大建築與城鄉所碩士論文。
5. 林建元(1989)，區位決策支援系統(區位家三號)之發展，「建築與城鄉學報」，第4卷第1期，第85-98頁。
6. 林峰田(1997a)，都市地理資訊系統應用，海峽兩岸及海外華人地理資訊系統學術研討會。
7. 林峰田(1997b)「台灣省都市計畫容積率研訂輔助系統」，台灣省政府住都處市鄉局委託台大建築與城鄉研究所研究報告。
8. 郝力(1995)，產品化「城市規劃管理信息系統」的認識與實踐，「城市規劃」，總第107期(1995年第2期)，北京，第32-33頁。
9. 馮正民，高鎮遠(1996)人口與就業活動因果關係之研究，「都市與計劃」，第23卷第1期，第37-53頁。
10. 曾明遜，謝潮儀(1995)，住戶逃避鄰避設施之自我防衛支出，「都市與計劃」，第22卷，第



- 2期，第217-234頁。
11. 黃南淵(1992)，「建築容積管制數理模型之研究發展」，內政部建築研究所籌備處委託中華民國都市計劃學會研究報告。
  12. 曾國雄等(1993)，「台北市各項公共設施規劃檢討標準之研究」，台北市政府都市規劃處委託研究報告。
  13. 曾國雄，陳君杰，林宗智(1995)，台北市都市計畫公園綠地設置標準之研究，「都市與計劃」，第22卷，第2期，第253-267頁。
  14. 蔡添璧(1993)「台灣省都市計畫定期通盤檢討作業規範之研究」，台灣省研考會專案研究報告第71輯。
  15. Batty M (1994), A Chronicle of Scientific Planning: The Anglo-American Modeling Experience, *Journal of APA*, vol. 60, no. 1, pp. 7-16.
  16. Batty M, et al (1997), Urban Systems as Cellular Automata, *Environment and Planning (B)*, vol. 24, pp. 159-164.
  17. Chapin F S (1964), *Urban Land Use Planning*, 2nd ed. chapter 10, pp. 370-382.
  18. Huxhold W E(1991), *An Introduction to Urban Geographic Information Systems*, Oxford Univ. Press.
  19. Li H, Xin X (1997), From the Lab into the Main Stream, *GIS AsiaPacific*, April 1997, pp. 30-34.
  20. Okabe A, Boots B, Suguhara K, *Spatial Tessellations: concepts and applications of Voronoi Diagrams*, John Wiley & Sons Ltd., ISBN 0-471-93430-5.
  21. Preparata F P, Shamos M (1985), *Computational Geometry: An Introduction*.
  22. Scholten H J, Stillwell J (ed.) (1990), *Geographical Informational Systems for Urban and Regional Planning*, Kluwer Academic Pub., ISBN 0-7923-0793-3.
  23. Star J, Estes J (1990), *Geographic Information Systems: An Introduction* "Prentice Hall, ISBN 0-13-351123-5.
  24. Takeyama M, Couclelis H (1997), Map Dynamics: Integrating Cellular Automata and GIS through Geo-Algebra, *Int. J. Geographical Information Science*, vol. 11, no. 1, pp. 73-91.
  25. Tee K K (1997), Singapore: Planning for Tomorrow Today, *GIS AsiaPacific*, April 1997, pp. 24-29.
  26. White R, Engelen G and Uljee I (1997), The Use of Constrained Cellular Automata for High-Resolution Modelling of Urban Land-Use Dynamics, *Environment and Planning B: Planning and Design 1997*, vol. 24, pp. 323-343.

