

# 本文章已註冊DOI數位物件識別碼

## ▶ 區位決策支援系統（區位家三號）之發展

Development of a Locational Decision Support System (LOCATOR III)

doi:10.6154/JBP.1989.4.006

建築與城鄉研究學報, (4), 1989

Journal of Building and Planning, (4), 1989

作者/Author：林建元(Chien-Yuan Lin)

頁數/Page：85-97

出版日期/Publication Date：1989/02

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

<http://dx.doi.org/10.6154/JBP.1989.4.006>



*DOI Enhanced*

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 <http://doi.airiti.com>

For more information,

Please see: <http://doi.airiti.com>

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE



## 區位決策支援系統 ( 區位家三號 ) 之發展

林建元\*

Development of a Locational Decision Support System (LOCATOR III)

by

Chien-Yuan Lin\*

### 摘 要

區位一分派模型在解決公共設施區位問題及私人企業的倉儲與交通後勤問題上為一非常有效的分析工具。本著決策支援系統的理念，本研究發展了一套交談式彩色電腦繪圖系統以協助多準則評估環境下的區位問題分析與方案設計。此外，為觀察所完成之區位決策支援系統 ( 區位家三號 ) 的功效，乃透過課堂實驗的方式，比較學生利用區位家三號以交談作業方式所設計的區位方案與模型所產生的最適區位解。結果証實在多準則評估環境下，大部份學生的設計方案比模型的最適解具有更佳的區位績效。

區位家三號未來應繼續研究的方向除一方面充實中文處理能力，實際推廣到公共設施區位與商業交通後勤系統的設計與評估外，在理論方面則須繼續朝人工智慧技術的應用，電腦繪圖的圖面設計，空間互動效果的模擬，動態性區位決策分析，以及多準則評估技術等方面進一步探討。

### ABSTRACT

Location-allocation model is a very effective tool in solving public facility location problems and warehouse, logistic problems in private sector. This research is to develop an interactive color computer graphic system to facilitate decision maker in solving location problems under multicriteria evaluation situation. Besides, an experiment was conducted in classroom, where student designs with the help of the decisionsupport system were compared with the optimized solutions from location-allocation model in order to test out the effectiveness of the completed system (LOCATOR III). It is confirmed that most of student designs have higher locational performance than the models optimized solution in a multicriteria evaluation situation.

Future research of LOCATOR III can be continued in both practical applications and theoretical enhancements. In terms of practical application, the system should be expanded in Chinese display capability in order to be applied in solving various location problems in Taiwan. In the aspect of theoretical enhancement, application of artificial intelligence, better design in computer graphic display, simulation of spatial interaction, dynamic locational analysis, and further investigation in multicriteria evaluation methods all are needed and suggested.

民國77年 8月22日收稿

\* 國立交通大學運輸工程與管理系及交通運輸研究所副教授

Manuscript received on August 22, 1988.

\* Associate Professor, Department of Transportation Engineering and Management, National Chiao-Tung University, Hsinchu, Taiwan, Republic of China.

## 一、區位一分派模型 (Location-Allocation Model)

區位分析的問題內容通常可歸納為三種型態。第一種為韋伯區位問題，假定需求的空間分佈為已知，決定一個設施的最佳區位；第二種為所謂的運輸問題，假設需求的空間分佈為已知，且二個以上的設施地點為固定，為各設施劃分服務範圍以求某一特定目標的最適化。第三種問題型態為前二者的集合，稱為區位一分派問題，此問題係針對一羣空間分佈為已知的需求，決定所需的設施數量（二個以上）及其最佳空間分佈，以求服務水準為最高。

在交通運輸、都市計劃、地理分析及管理科學等領域，自 1970 年以來，即有許多學者致力於區位一分派問題之理論與電腦模型的研究 (Cooper, 1963; Bach, 1980; Daskin, 1985; Francis, 1974; Massam, 1984; Thisse, 1983; Ghost, 1987)。解決區位一分派問題的電腦模型即稱為區位一分派模型。因求解空間 (Solution Space) 處理方式之不同，模型可分為連續性模型 (Continuous model) 及間斷性模型 (Discrete model) 兩大類。連續性模型假設平面上的每一個點都可為設施的候選區位，交通四通八達，二點之間的距離以簡單規則計算即可，通常以直線距離或直角距離為二點間之距離 (Goodchild, 1984)。間斷性模型則假設交通運輸必須沿著道路網進行，二點間的距離為實際經過的道路距離，並且只限某些地點可為設施的候選區位。連續性模型在資料收集與電腦時間上較為經濟，間斷性模型則比較合乎實際狀況，求解較為精確 (Krarup, 1982)。

發展區位一分派電腦模型的第一步工作就是為問題定義適當的數學方程式。就目前已發展出的模型而言，所定義的數學方程式可分為三大類，分別為中位問題 (Median Problem)；中心問題 (Center Problem) 以及護蓋問題 (Covering Problem)。根據中位問題所發展的模型主要用來為供應設施尋找最佳區位，使交通成本 (旅行時間) 為最少並滿足了服務的需求。中位問題包括簡單的單一設施區位問題 (Weber Problem)，以及複雜的多設施區位問題 (P-median Problem)，即為替一羣 (P 個) 容量無限制的供應設施尋求最佳區位，使供應設施與已知的需求分佈點間的加權交通成本為最低 (Akinc, 1985; Tansel, 1983)。根據中心問題所發展的模型係為已知 (m 個) 供應設施尋找最佳區位，但它是尋求需求點與供應設施間的最長加權距離為最短。亦即使設施儘量位於服務範圍的中心，以便遠距離的需求者享受公平待遇，雖然此法將增加全體的加權旅行距離。這種使最長旅行距離為最短的求解方式 (Minimization of the maximum distance) 很適合解決緊急服務的設施區位問題，例如評估醫護急救中心、消防站及警察局等設施之區位 (Church,

1979, 1983; Tansel et al., 1983)。至於以護蓋問題又因限制條件對護蓋程度的要求不同而分為全面性護蓋問題 (Total Covering Problem, 亦稱 Location Set Covering problem) 及局部性護蓋問題 (Partial Covering Problem)。前者在使所需的設施數量為最少而又滿足所有需求，後者則在為已知 m 個供應設施尋求最大的服務範圍。基本上中位問題係以空間摩擦最小化為求解途徑，中心問題與護蓋問題則在求潛力之最大，潛力在此處可解釋為需求者接近一個或多個設施的可及性 (Hogan and Revelle, 1984)。除了上述三大問題分類以外，有些模型為了考慮一些特殊因素 (如社會福利，供應設施的最小與最大設置規模，設施與使用者之間的最長旅行距離，既有設施的配合方式等)，數學方程式常多了一些特殊的限制條件 (Beau-mont, 1981; Church, 1979; Hodge, 1976; Lea, 1979; Mayhew et al., 1982)。

## 二、研究目的與系統發展方法

本研究之主要目的在於發展一套有效的決策支援系統以供多目標區位分析之用。決策支援系統代表一種電腦應用的觀念，即利用電腦協助決策者解決半結構化的問題 (Semi-structure problems) (Sel, 1982)，這類問題具有相當的結構性，是可利用電腦提供分析能力，但是解決問題仍然需要人的判斷。一套決策支援系統係有一羣具有計算、分析與決策理論模型與一個資料庫所組成的交談式電腦系統，其作用在提升所謂知識性工人的作業效能。從系統的組成形態來看，決策支援系統包含模型庫、資料庫與一個由資料庫管理系統、模型庫管理系統與對話管理系統所組成的軟體系統。決策支援系統與傳統管理資訊系統的最大差別在於前者的模型庫含有一些可將資料庫所存資料加以計算分析的應用模型或是模擬模型。因此研究重點就在於根據區位一分派模型 (PLACE) 重新發展一套可供多目標區位分析應用的交談式電腦繪圖系統，以支援各種設施的區位決策 (Goodchild, 1985)。

系統之發展首先是設計與準備一套假想都市的資料庫以供模型發展各階段測試之用，假想都市的資料包括交通網路與服務需求分布資料。其次再訂定電腦繪圖與計算的功能需求，並規劃出系統的架構，然後再以大型電腦發展程式並測試，最後再移植到微電腦系統。本研究所用的大型電腦為 CDC Cyber 180/755 配合 Tektronix 4105 彩色繪圖終端機，微電腦系統則為 IBM PC/AT 配合 EGA 彩色繪圖螢幕。先以大型電腦發展程式再移植微電腦系統的主要理由是區位一分派模型的計算模組與電腦繪圖模組二者均消耗大量的主機執行時間，為加速系統的發展，乃借助於大型電腦的快速計算功能以協助系統之初期發展與測試，穩定後再移植微電腦系統。

## 三、文獻回顧

現存的區位一分派模型涵蓋了公私各種部門的應用。在私人部門中，常應用模型於工廠區位問題，倉庫區位問題，交通後勤問題以求運輸成本之最小，以及零售店分布問題以求可能收益之最大。（Francis et al., 1974; Goodchild, 1984）。應用於公共設施區位方面的則有學區劃分，校車路線，垃圾處理場區位，衛生醫療設施與圖書館區位等問題（Bach, 1980; Massam, 1984）。在各模型中，稍特殊的是應用於緊急服務設施（如消防站，救護車調派中心）的模型，此類模型特別重視設施到個別服務需求者的反應時間（Achabal, 1978）。通常的處理方式就是在模型加上最長服務距離或時間的限制條件，只有在該限制時間內所受的服務才是有效而充分的服務。此外，由於緊急服務設施的區位一分派模型必須面臨不確定狀況的決策問題，形成區位問題中很重要的研究領域（Daskin, 1985; Pirkul et al., 1986）。惟就所回顧的文獻而言，並未發現有一套區位一分派模型具有多準則評估功能並以交談式電腦繪圖系統的作業方式提供決策支援的功能。

區位一分派模型由於計算繁複，其求解方法一向分成最適法（optimizing method）與直覺法（heuristic method）兩大類別。最適法係以線性規劃方程式為基礎，其好處在於該法可為其解提供詳細的敏感性分析，但由於繁複的計算本質（combinatorial nature），其在大規模問題的實際應用性大為降低（Boyce et al., 1973; Evans, 1984; Francis et al., 1974; Tansel et al., 1983）。為克服最適法所面臨的障礙，直覺法乃以求得近似最適解的方法提升模型的應用性，最常用的直覺法計算程式係由 Teitz 與 Bart 所提出者。（Babich, 1978; Rosing et al., 1979; Schneider, 1971; Maranzana, 1964, Teitz and Bart, 1968）。

就目前在區位一分派模型方面的研究趨勢，人機互動（man-machine interactive approach）與多目標模型（multi-objective model）與本研究發展的決策支援系統直接相關，有必要作進一步的說明。

大多數的區位一分派模型以直覺法為基礎，此法不保證所得的解答為真正的最佳解，而這種「局部性」的最佳解（local optimal）常因「起始解」（initial design）的不同而產生不同的結果。此外，所用的直覺法則不同，最後的解答也會有異。既然所謂最佳解未必是真正的最佳解，則區位分析何不放棄最佳解，而改求最滿意解。基於此項信念，乃有 Schneider 等學者提出人機互動的求解辦法（Schneider, 1972; Evatt et al., 1984）。由於人機互動的求解方法最重要的就是人與電腦之間必須有充分而適當的溝通，交談式電腦繪圖系統乃成為最有潛力的模型運作方式。Daskin 在評估許多區位模型後，更肯定了交談式的求解過程對協助決策者瞭解問題的功能（Daskin, 1985）。

，其他學者也都有類似的研究結論（Ghosh and Rushton, 1987; Smith, 1984; Mystuen, 1984）。

在真實世界的區位決策過程中，決策者常須在數個可行方案中選擇其一，而又必須考慮幾個不同（甚至是衝突）的目標。隨著管理科學對多準則評估的重視，近年來多準則評估也成為區位一分派模型的重要發展方向之一（Evatt et al., 1984; Ross, 1980）。例如 Ross 等人所發展的間斷性區位模型同時考慮平均旅行時間，最長旅行時間，設施數量，總投資成本與設施效用等因素（Ross and Soland, 1980）。Bigman 等人在消防站區位分析上，也強調模型必須同時考慮服務範圍、面積、財產值、人口、災害損失等各種因素（Bigman et al., 1979）。區位分析考慮多準則的困難主要在於評估結果的解釋與方案的比較。解決方法有從簡單的絕對值過濾法以至複雜的決策風險分析。前者即將方案按事先訂定的絕對標準加以審核，不合標準者即加以淘汰；後者則牽涉到複雜的統計分析。當然，人機互動的求解方式也被視為解決多準則問題的重要途徑。（Dokmeci, 1979; Evans, 1984; Evatt et al., 1984; Hultz, 1981）。Schilling 更提出多種資訊不同的表達方式以協助決策者瞭解各方案的差異（Schilling, 1982, 1983）。然而在所回顧的文獻中，並未發現任何區位模型以人機互動的解題途徑解決多目標的區位問題。

針對多準則評估的趨勢，Revelle 等人指出未來的區位一分派模型必須注意三個問題的研究，第一個是如何建立適當的數學方法以適當地衡量各方案在各目標的達成績效；第二個則是如何將一特定方案的目標達成程度加以展示表達；第三個問題則是如何比較各不同方案並作選擇（Revelle et al., 1981, Das and Verma, 1985; Hall, 1985）。

#### 四、系統之功能要求

區位家三號的目標是對使用者在區位問題分析上提供評估性與診斷性的資訊，以便逐漸改善設計，產生所謂決策支援（Decision-Support）的效果。計算模組、資料庫與交談式電腦繪圖為此一決策支援系統的三大結構要素。在本研究中，資料庫係根據一假想都市來設定。計算模組主要包括區位一分派模型及多準則評估模型以執行區位分析與評估。有關多準則的訂定將於下節敘述，本節僅討論區位一分派模型及交談式電腦繪圖的功能要求。

##### （一）區位一分派模型功能要求

為支援多準則評估環境下的決策，第一個功能要求就是模型必須能夠為各個準則產生績效值，事實上，本研究的主要目的之一就是要突破區位一分派模型在多重且互相衝突準則方面的發展領域。模型必須包含經濟（economy）、公平（equity）與效率（efficiency）三類的準則。各類準則下節將作比較詳細的敘述。第二項要求則是模型必

須包含各準則的評估能力。區位決策牽涉到如何為一個活動在一羣候選區位中選擇其中的一個或幾個做為設施地點，而這些所選的地點都能在決策者所認為重要的決策準則中有優異的績效。為協助決策者比較各可能方案的優劣，多準則評估能力乃是必須的。此外，為了使模型更具應用的彈性，例如地震之後交通路網受到很大的損害，區位分析必須反映受損的交通路網，因此模型必須具有處理間斷性路網的能力乃是第三個功能需求。

### (二) 交談式電腦繪圖功能需求

系統展示模組以電腦繪圖方式為決策者提供診斷性的資訊，圖形展示為電腦與使用者之間最佳的資訊溝通方式乃為一般共識。就區位分析的決策支援而言，電腦以地圖的方式展現各方案的績效及其間的互相差異。在系統研究初期，系統至少必須能夠繪出護蓋圖 (Coverage map)，服務範圍圖 (Service map) 及多準則評估結果的比較圖。護蓋圖顯示各需求點或需求區在不同反映時間內受到保護的情形。服務範圍圖則顯示各個供應設施的服務範圍以及不在服務範圍內的地區。評估比較圖則展示各設計方案在各準則及各加權組合下的差異，並將各方案加以排列。這三種繪圖所提供的資訊將足以引導區位設計方案的改進並估計各種改進意見所可能產生的效果。

## 五、評估準則與假想都市之擬定

區位決策常需考慮一些相互衝突的準則，在某些情形下 (如倉儲問題)，針對一羣已知數量及空間分佈的需求尋找最少的設施地點為唯一的目標，在其他情形 (如救護中心問題)，則也許最少的加權旅行距離才是真正的目標。而為各準則分派不同的重要權數更是困難且因時因地而異。區位家三號選擇了七個最常用的準則，歸納為經濟、效率與公平三大類。茲將各準則列舉如下，括弧中所示的“愈多愈好”，或是“愈少愈好”係針對評估的偏好方向而言。

### (一) 經濟目標

準則一 (EC1)：供應設施數量 (愈少愈好)；

準則二 (EC2)：到最近設施之總加權旅行時間 (愈少愈好)；

### (二) 效率目標

準則三 (EF1)：全部地區平均旅次長度 (愈短愈好)；

準則四 (EF2)：在一定旅行時間內，全部研究地區可達最近設施的需求百分比 (愈高愈好)；

準則五 (EF3)：各設施之間平均旅行時間的標準差 (愈低愈好)；

### (三) 公平目標

準則六 (EQ1)：護蓋指數 (愈高愈好)；

準則七 (EQ2)：各設施負荷量的標準差 (愈低愈好)

)。

上述各準則，除準則六較為複雜外，餘皆直接了當。準則一係指一個設施方案含有幾個供應設施。準則二則是將各地點需求量與其到達最近設施旅行時間乘積加以總和；準則三則是所有加權距離總和除以總需求。準則四則是指有百分之多少的需求可在一定旅行時間限制下抵達最近的設施。準則五與準則七則分別是以各個別設施為中心所計算出的標準差。

準則六護蓋指數 (Coverage index) 比較複雜，基本上它為一綜合性的分數，用以顯示一個區位設計方案的護蓋品質 (Coverage quality)。護蓋品質考慮了數項因素，包括護蓋規模 (有多少需求能在一定的旅行時間內到達供應設施地點)；候補護蓋分佈形態 (在一定旅行時間內，每個需求可到達的供應設施數目及其旅行距離)。因所強調的區位設計特性不同，護蓋指數之計算方法也有不同，原則上可歸納為連續計算法與非連續計算法二種。非連續計算法將時間向度 (temporal dimension) 分成數個組距。假設最長旅行時間為 30 分，則時間向度可分為 0-10，10 以上 -20，20 以上 -30 等三個組距。每個組距指定予不同的加權數以反映其不同的重要性，據以計算指數。如果採用連續計算法，則旅行時間即可直接用以計算護蓋指數，亦即視時間為一連續性 (不分組距) 的計算尺度。二種方法合併應用的計算方法亦屬可行而這就是區位家三號所採用的方法。區位家三號將旅行時間分成三個組距，四種候選護蓋型態，二者相乘得到十二種護蓋類別，加上超出旅行時間上限而未受護蓋的一類，一共有十三種類別。例如某甲需求點在 0-10 分鐘內可抵達一個設施、在 10 以上 -20 分鐘內則無設施可及，在 20 以上 -30 分鐘內可抵達三個設施。而某乙需求點可能位於 30 分鐘的範圍外，列入未受護蓋的類別。理論上，同時對此十三種護蓋類別指定加權數，等於是將護蓋形態的空間向度與時間向度置於同一衡量尺度，如此使護蓋指數變為較簡單且易互相比較 (註 1)。

除了擬定評估準則以外，設計假想都市的資料庫為系統發展的另一重要任務。資料庫的內容包括交通路網及需求分佈。此一假想都市呈一 32 乘 32 英里的正方形。全市劃分成 256 個方格子，每個格子長寬均為 2 英里。假想都市的方格系統與交通路網如圖 1 所示。

為模擬一般都市的速度限制與地理障礙，道路包括高速公路，主要幹道及地方性道路三種形態。高速公路與主要幹道只能經由有限的交流道與交叉路口進出，地方性道路則連接方格之間以及主要道路的進出口。為模擬真實都市的道路狀況，地方性道路故作不規則分佈型態。高速公路的行車速限訂為每小時六十英里，主要幹道每小時四十英里，地方性道路則為每小時二十英里。根據此一假想的

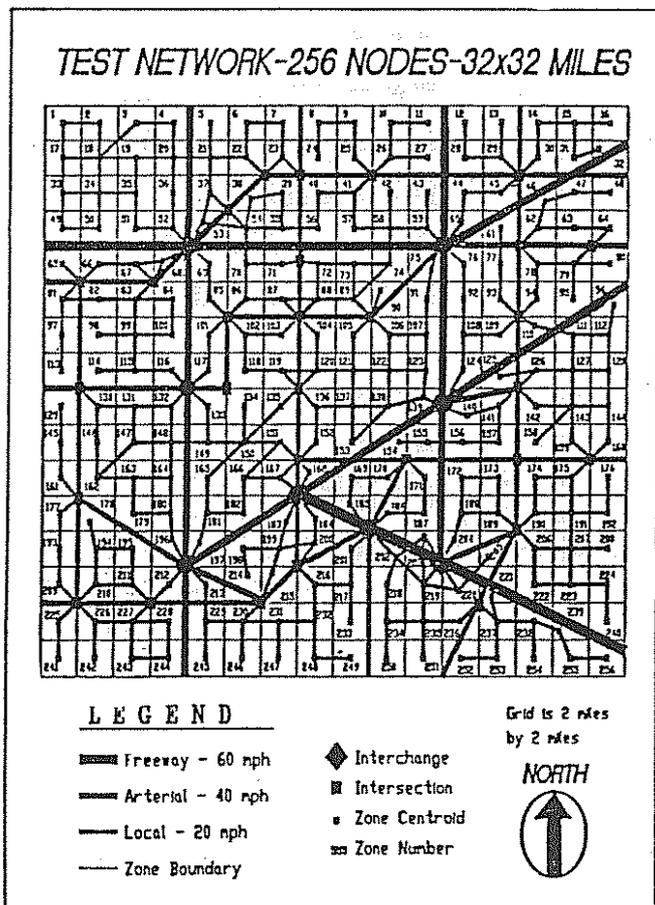


圖 1 假想都市之交通路網

道路系統，建立了一個聯結檔案 (Link File)，提供區位家三號最短路徑分析所需的資料庫。此一網路系統一共包括了 812 個聯結。

此外，根據假想都市又擬定了一個如圖 2 所示的需求分佈型態，圖中一個黑點代表二個單位的需求，需求不規則地分佈於整個都市，全市共有 712 個需求單位。同時我們又假設沿都市的方格不得作為設施地點，因此在 256 個方格中，只有 196 個方格子可作為候選區位。256 個方格加上另 37 個網路節點（高速公路交流道與主要幹道交叉口），我們建立了一個包括 293 各節點的節點檔 (Node File) 作為資訊系統的資料庫部份內容 (註 2)。

## 六、系統之發展與結構

系統的建立如果是從一片空白開始，將需要投入龐大的時間與人力資源，為加速系統的發展，本研究乃採取改善舊有模型的途徑。在文獻回顧中，雖未找到任何一個區位一分派模型符合前面所定的所有功能要求，卻發現由 Goodchild 所發展的區位一分派模型 PLACE 1.0 頗具改良潛力 (Goodchild, 1983)。PLACE 係以 BASIC 語言在 IBMPC 上發展而成，根據 Dijkstra (1959) 計算方法

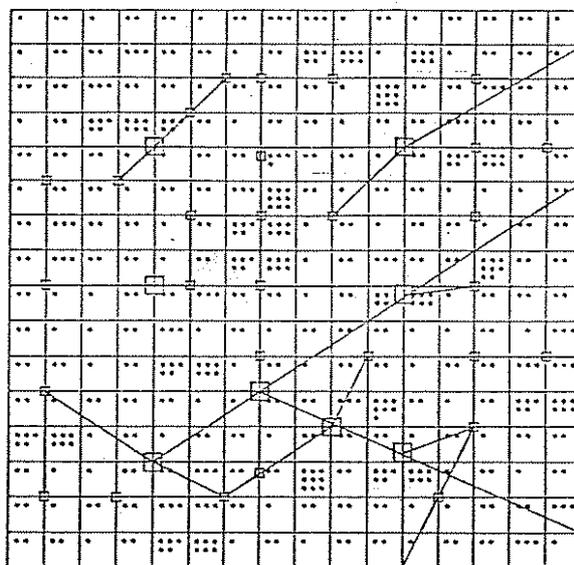


圖 2 假想都市之需求分佈

同時提供連續性與間斷性空間的最短路徑計算功能，又應用 Teitz 與 Bart (1968) 的直覺法則計算多設施中位區位問題的最適區位。該模型的另一特色就是提供 Hillsman (1984) 的資料編輯功能以適應各種目標函數的變化。然而 PLACE 並無法提供前面所定多準則的區位績效，也無繪圖能力，而且最多一次只能處理 150 節點，實際應用性大為降低，模型也不易和多準則評估模型直接整合。

本研究將 PLACE 以 FORTRAN 語言重新改寫並在許多方面加強其功能。首先將電腦程式的處理能力由 150 個方格擴張大 1,200 個方格。其次則為增加多準則區位績效的計算以配合多目標評估模組的需要。第三為增加系統的多準則評估能力。第四則為提供護蓋圈、服務範圍圖與評估結果等電腦繪圖能力以協助決策者明瞭與解釋一特定區位方案的效果。

基本上，區位家三號的電腦程式係採取階層結構及菜單選擇 (menu driven) 的操作介面，程式結構如圖 3 所示。整個系統分成區位分析模組與繪圖模組兩大部分。區位分析模組又包括最短路徑、區位設計與評估、求最適區位以及檔案管理四個功能模組。茲將四個功能模組敘述

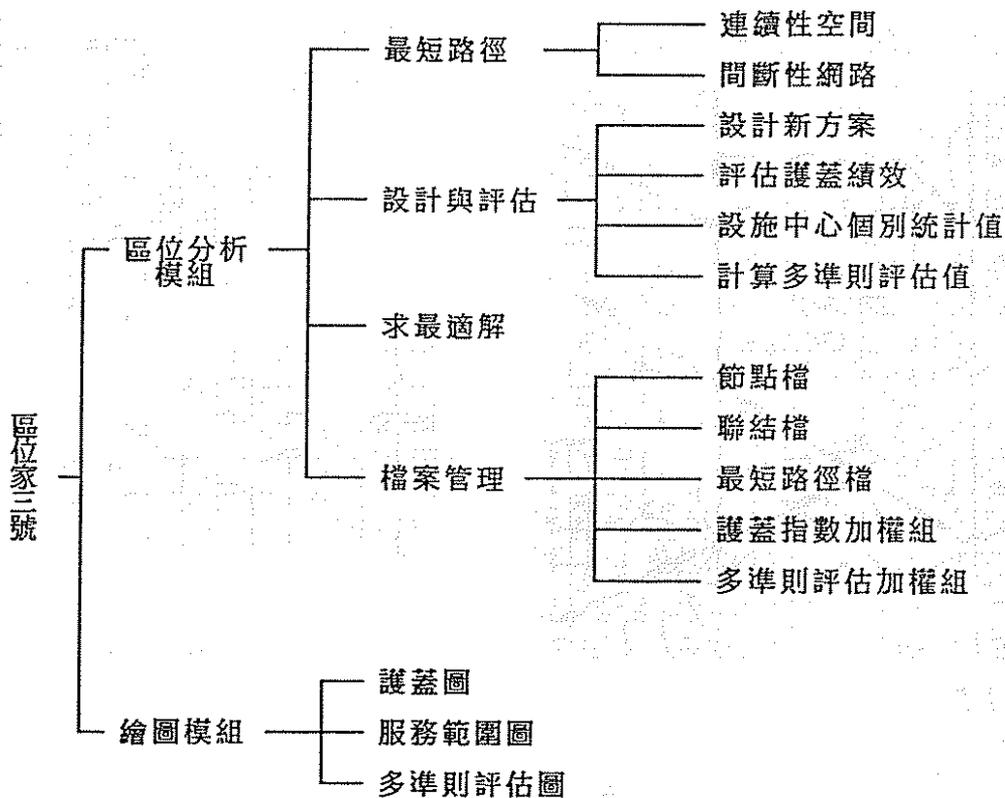


圖 3 區位家三號電腦程式結構

如下：

#### (一)最短路徑處理

本模組根據節點檔與聯結檔的資料計算出研究範圍內的最佳路徑，並將結果儲存於資料庫以供其他功能模組的應用。最短路徑的計算可採取連續性空間的計算法則（假設交通四通八達），也可採用間斷性路網的計算方法。如係選擇後者，則節點檔與聯結檔二者均須事先準備，如為連續性空間計算法，則結點檔即已足夠。

#### (二)區位設計與評估

這個模組是區位家三號進行區位分析的核心模組。經此模組，使用者輸入區位設計方案，計算全盤性的護蓋型態，評估全面性與設施個別性的區位績效，並為各方案計算多準則的績效值。在正常的操作程序下，使用者先設計一個區位方案，再評估該方案的各種績效與優劣，然後再對現有方案加以修改，設計另一個區位方案，重複這種程序直到覺得滿意為止。

設計一個新的區位方案所需的資料包括一共有幾個設施地點，它們的地點（方格編號），所欲使用的最短路徑檔案，護蓋種類的時間組距，設計方案名稱，護蓋指數的一組加權值，及多準則評估所須的加權組。一旦設計方案的資料加以完整的輸入，區位評估程式即自動地據以計算護蓋績效成果，包括方格及人口在一定旅行時間內受到護蓋的數目與百分比，此外設施個別的統計與各個準則的績效值也一併產生與印出。有關區位績效統計的詳細情形，有興趣的讀者應參考區位家三號的使用指南（Lin, 1987a）。

#### (三)求最適區位解

區位家三號可根據使用者所任意輸入的起始設計方案，求出使總加權旅行時間為最短的最適區位解。為了配合使用者不同最適目標的要求，區位家根據 Hillsman 的調整法則，提供了一個資料調整的功能。最適解法所須要輸入資料包括：(1)節點檔中所含節點數目；(2)設施數目；

(3)所要分析的設施位置，說明那些地點固定，那些可以移動；(4)使用那一種最短路徑輸出檔；(5)如果資料須要調整，則需說明使用那一個調整方案。Hillsman 的資料調整程式所提供的調整方式包含有二：(1)有最長距離限制的多中位設施 (P-median)；(2)最長距離與最少設施數目的限制；(3)最大護蓋問題；及(4)有最長距離限制的最大護蓋問題。

#### 四檔案管理

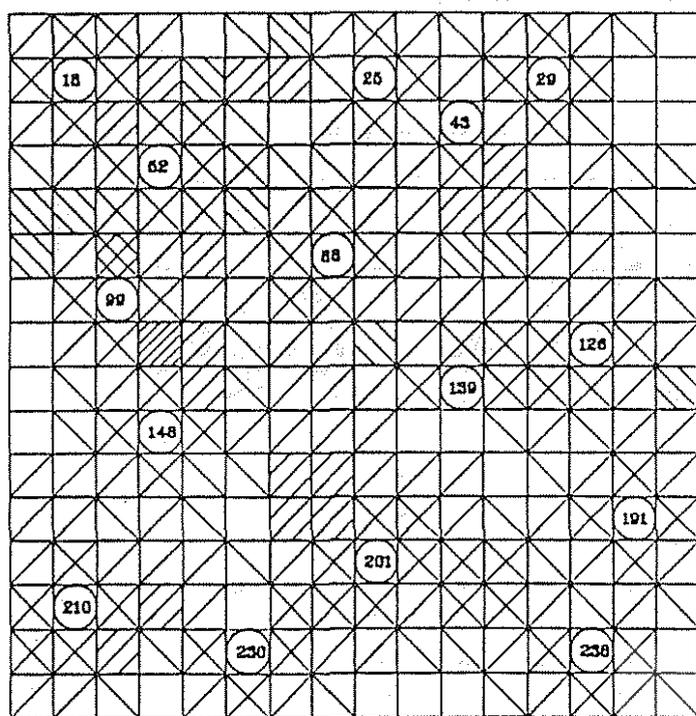
基本上，這是一個幫助區位家三號順利運作的維護模組。透過此模組，使用者可以查詢，去除及增加(1)節點檔；(2)聯結檔；(3)最短路徑輸出檔；(4)護蓋指數權數檔；及(5)多準則評估權數檔。

區位家三號的繪圖模組可繪製護蓋圖，服務範圍圖及多準則評估圖等三種。圖 4 所示為一具十五個設施中心的維護圖例子，在彩色螢幕上，以顏色來區別不同的反映時間等級，而以斜線的粗密來表示每個格子護蓋程度。每一護蓋類別的統計數字亦一併加以呈現。圖 5 所示為一

具有十個設施中心的服務範圍圖，各設施與其範圍內的方格以星狀圖加以連繫，各中心的工作負荷量及平均旅行時間亦加以顯示。圖 6 則表示一個有七個設計方案同時對七個評估準則比較的結果。由此一多準則評估展示圖可看出各方案在各準則之間的互有高下，該圖亦顯示各方案之評估結果的排名。

### 七、系統之測試與改良

以大型電腦系統所發展的區位家三號原型首先利用假想都市的資料庫於美國華盛頓大學土木系 1986 年秋季班修習“電腦在規劃上應用”課程的學生開始進行測試。測試的目的有二，一為偵查系統的可能錯誤，另一為檢驗本研究的一項重大假設，即在多準則評估的環境下，一般人可藉助區位決策支援系統，發揮其直覺與圖形辨識能力，而擬定出所謂的最滿意區位設計方案。此一假設的基本理由是區位模型只能對單一準則產生最佳化設計，該結果在多準則評估環境下，不一定就是最滿意的設計方案。最理想的狀況是經此一系統測試過程，也許可以由表現比模型最



COVERAGE NODE% DEMD%

0 - 10 min.

QUAD +	0	0
TRIPLE	0	0
DOUBLE	0	0
SINGLE	32	45

10 - 20 min.

QUAD +	0	0
TRIPLE	0	0
DOUBLE	6	5
SINGLE	32	27

20 - 30 min.

QUAD +	0	0
TRIPLE	0	0
DOUBLE	5	3
SINGLE	14	12

UNCVRED%	10	8
COVERED%	90	92

TOTAL NODE NUMBER = 256

TOTAL DEMAND UNIT = 724

圖 4 護蓋圖樣例

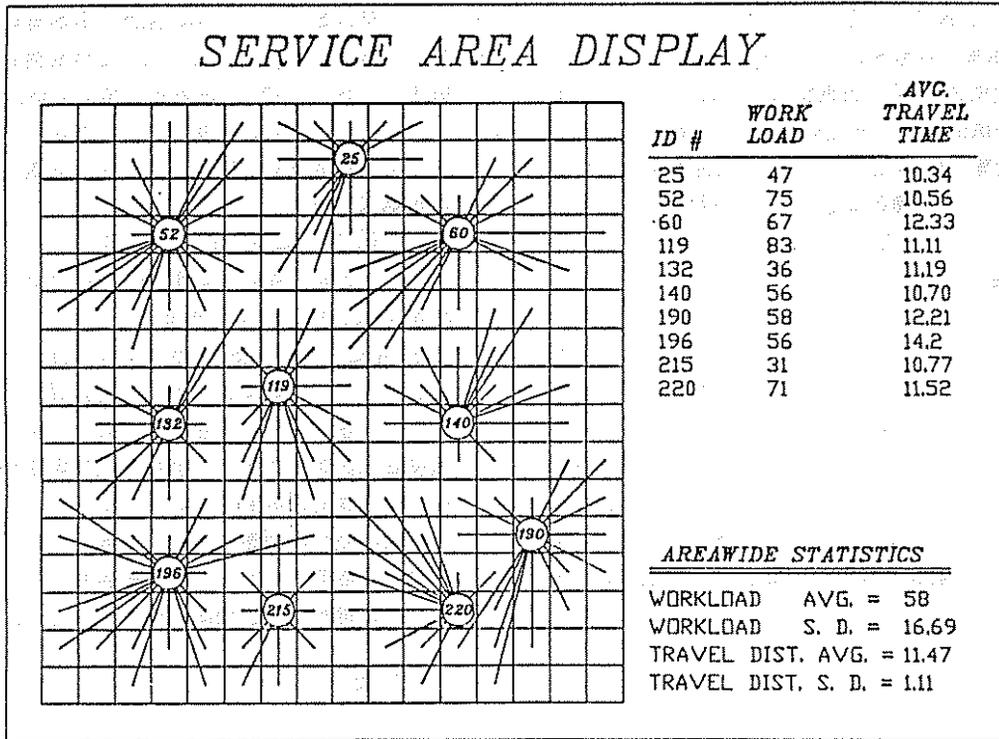


圖 5 服務範圍圖樣例

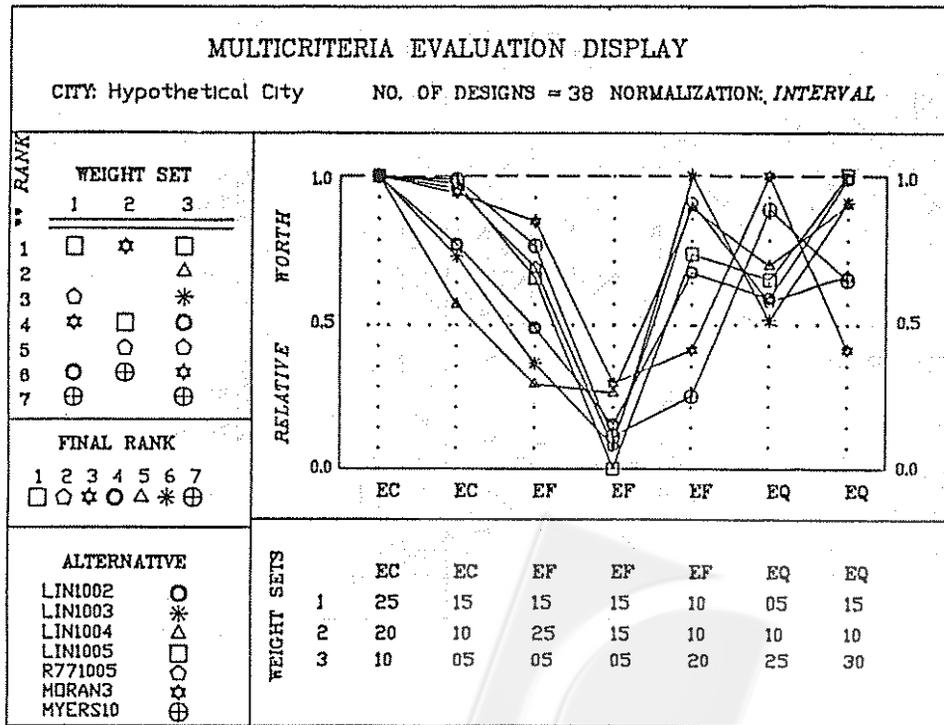


圖 6 多準則評估展示圖樣例

適化設計還好的學生身上找出更妥當的系統改良方向。

在此一測試中，我們要求學生利用區位家三號針對假想都市提出救護中心的區位設計。學生分成二大組，分別以正常路網及破壞後路網為設計基礎。破壞後路網是為模擬都市的交通受到重大災害（如地震）而受損，為災後的救護行動選擇急救中心。首先請每位學生練習設計五個救護中心的區位方案，以便熟習區位家三號的操作。然後，每組再各細分為三小組，分別進行 10、15 與 20 個救護中心的區位設計。與此同時，我們也利用區位家三號的最適區位求解功能分別為 10、15 與 20 個區位方案找出最適區位解，以便與學生的設計成果作一比較。測試的結果，發現在正常路網一組中，十個學生中有四個學生的設計方案較最適區位解表現為優，而以破壞後路網為設計對象的一組則十個學生中，有六個的設計成果較最適區位解表現為好。此一測試結果印証了本研究的一個假設，即在區位決策支援系統的協助下，一般人有更大的機會比區位一分派模型的最適區位解找出更能配合多準則評估需要的區位方案，亦即區位決策支援系統確實可以發揮決策支援的效果（註 3）。

就系統的改善而言，此一測試行動收穫非常豐盛。雖然沒有發現程式上的錯誤，學生們根據使用經驗卻提供了許多可行的改善建議。這些建議促使系統在由大電腦系統移植到微電腦系統的同時，又對系統做了一些加強工作，包括交談能力的提高，資料編輯功能的增加，以及診斷性的繪圖能力。為了提高系統的交談能力，微電腦系統採取雙螢幕的作業方式，即一個螢幕專職繪圖，另一螢幕則可顯示文字性及統計性資料，其直接效果就是使用者可以在同一個時間內獲取更多的資訊。資料編輯功能的增加則係允許使用者直接在螢幕上修改增加或減少個別節點或連結有關的資料，使資料庫的維護更為迅速而有效。至於診斷性的繪圖能力則是以條圖的方式將各設施的區位績效比較加以展示，如圖 7 所示的設施中心區位績效比較圖（Lin, 1987b）。

## 八、結語

由於區位一分派模型不但在公共設施選址上有很大的應用價值，在倉儲區位及後勤補給等私人經濟部門也有極高的潛力，其研究發展正日益受到各學術領域學者的重視。本研究以決策支援系統的設計理念，突破了傳統區位一分派模型的應用方式。模型測試印証了此一研究的重大假設，即在多準則評估環境下，整合區位一分派模型與交談式彩色電腦繪圖系統而成的區位決策支援系統確能協助一般的區位設計者設計出比模型最適區位解還要優越的區位設計方案。當然，這個試驗也証實了以人機互動方式配合人類的辨圖能力（Pattern Recognition），在多目標區位設計上充滿了發展潛力。

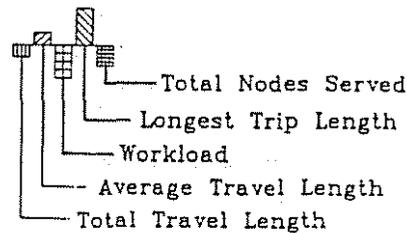
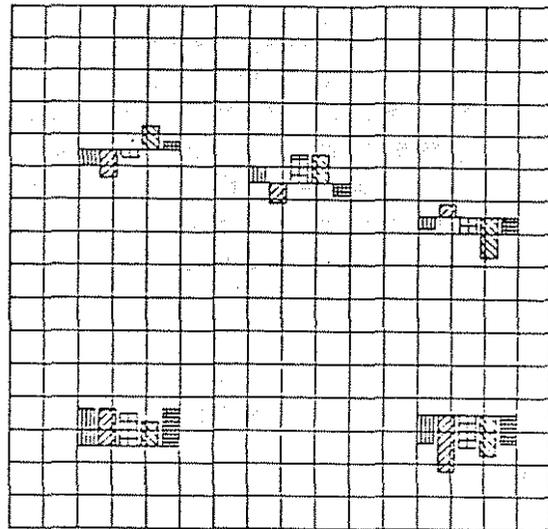


圖 7 設施中心區位績效比較圖樣例

除了決策支援的觀念以外，本研究亦提供了一個電腦資源有效運用的例子。傳統的作業方式是電腦模型要不是專在大電腦系統上應用，就只是在微電腦系統上應用。本研究在系統發展初期以大電腦系統為主，成熟後再移植到微電腦系統上，系統發展速度大為提高。更重要的是，置於大電腦上的系統與置於微電腦上的系統二者並不互相排斥，反而是一種互補。例如最短路徑的計算與最適區位的尋求二者都是極為耗費電腦時間的計算模組，以大電腦計算較為有效。就以假想都市為例，其最短路徑之計算（假設最長旅行時間限為 30 分鐘）以 CDC 大電腦計算約二分完成，而以 IBM PC/AT 計算則約需八至十個小時。在另一方面，微電腦系統卻可提供更理想的交談式彩色繪圖能力。因此理想的搭配係以大電腦從事繁複的計算工作，而以微電腦系統為交談式的操作介面，亦即電腦資源的應用必須各適其所。

就區位家三號未來繼續研究的方向而言，一方面必須朝實際應用推廣，另一方面則是系統本身的繼續改良。區位家三號在移植到微電腦系統後，曾經實際應用在美國華盛頓州國王郡的急救中心區位設計（Lin, 1987c）。就我

國目前的發展情形，為改善居住環境品質，政府正極力推動各種公共設施之興建與改善，在運輸經營方面，交通後勤也日益受到重視，區位家三號只須增加中文能力即可成為有效的區位分析工具。至於有系統系統的改良，除了作者曾以人工智慧專家系統的方式增進系統的智慧以外（Lin, 1987c），其在電腦繪圖的圖面設計，空間互動效果，階層性與階段性的動態區位決策分析，以及多準則評估技術的改進都是值得繼續研究的方向（Armstrong, 1986; Akinc, 1985; Bell, 1985; Benbasat, 1986; De Balogh, 1985; Golden, 1985; Leonardi, 1981）。

（本研究曾獲 Terry B. Schneider 教授之熱心協助，與張釗本先生在程式撰寫方面的支持，作者要對他們致以最大的謝意。）

### 註釋：

註 1：為表示一個區位設計方案的護蓋品質，一般均以旅行距離（時間）或是備蓋（Backup）的強度加以表示。例如圖書館的區位設計偏重使用者的平均旅行距離，而急救中心或是消防站的區位設計則要加入備蓋的考慮，萬一有事而最近的急救中心無暇顧及，則必須尋求備蓋設施的支援。為配合多準則評估方法，本研究乃設法將區位設計反映在時間向度（Temporal dimension）及空間向度（Spatial dimension）的品質表現加以量化，換算為一個單一分數（Score），稱之為護蓋指數（Coverage Index）。亦即將原屬不同衡量尺度（measuring scale）的時間（分）與空間（備蓋單位數）計值，配合加成方法，合併成一個沒有單位的護蓋指數。護蓋指數愈高，表示區位設計的品質愈好。

註 2：研究進行之初，美國華盛頓州國王郡即表示願意應用研究成果評估該郡的急救醫護中心區位系統，假想都市的各項假設乃模仿國王郡的實際情形簡化而成。例如國王郡的地理資料庫採方格系統，假想都市亦採方格系統，雖然區位家三號的應用不以方格系統為限。高速公路、主要幹道與地方性道路的行車速度亦為當地實況。路網型態與需求分佈則為任意值。至於旅行時間三十分鐘的限制係根據國王郡急救中心的專家意見制定。統計顯示，以心臟病為例，如果患者在病發二十分鐘內獲得急救，則存活率甚高，二十到三十分鐘內略有希望，超過三十分鐘則機會渺茫。依據他們的經驗判斷，都市邊緣地區乃明顯地不作為候選地點。

註 3：系統的測試將路網分成正常路網與破壞後路網，設施數量分別定為 5，10，15 與 20 等四種狀況，主要目的係為試驗區位家三號是否在面對不同的交通路網與不同數量的設施區位設計都能順利運作並發

揮決策支援功能。在沒有區位一方派電腦模型的狀況下，區位設計只有憑藉人的直覺判斷，其結果當然不如電腦模型所產生的最適解。在多準則評估下，藉著區位家三號的交談式區位評估，人乃有機會設計出比電腦模型最適解還另人滿意的設計方案。因此對測試後果，正常路網有十分之四，破壞後路網有十分之六的學生設計出比模型最適解還好的方案，其解釋是在區位家三號的支援下，一般人有百分之五十的機會（不論是何種路網與多少設施）設計出比區位一方派模型最適解還好的區位方案，否則人根本就沒機會打敗電腦的最適解。

### 參考文獻

- Akinc, Umit  
1985 "Multi-Activity Facility Design and Problems", Management Science, 31(3): 275--283.
- Armstrong, Marc P., Densham, Paul J. and Rushton, Gerard  
1986 "Architecture for A Microcomputer Based Spatial Decision Support System", paper presented at the Second International Symposium on Spatial Data Handling, Seattle.
- Babich, G.  
1978 "An Efficient Algorithm for Solving the Rectilinear Location-Allocation Problem", Environment and Planning A, 10:1387-1395.
- Bach, L.  
1980 "Locational Models for Systems of Private and Public Facilities based on Concepts of Accessibility and Access Opportunity", Environment and Planning A, 12:301-320.
- Beaumont, John R.  
1981 "Location-Allocation Problems in A Plane: A Review of Some Models", Journal of Socio-Economic Planning Science, 15(5):217-229.
- Belardo, Salvatore et al.  
1984 "An Investigation of System Design Considerations for Emergency Management Decision Support", IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, SMC - 14(6):795-804.

- Bell, D.E., Keeney, R.L. and Raiffa H. ed.  
1977 Conflicting Objectives in Decisions, John Wiley & Sons.
- Bell, Peter C.  
1985 "Visual Interactive Modeling as an Operations Research Technique", INTERFACES 15:4:26-33.
- Benbasat, Izak, Dexter, Albert S. and Todd, Peter  
1986 "The Influence of Color and Graphical Information Presentation in a Managerial Decision Simulation", Human-Computer Interaction, 2:65-92.
- Berman, O. and LeBlanc, B.  
1984 "Location-Relocation of Mobile Facilities on a Stochastic Networks", Transportation Science, 18(4).
- Berman, Oded and Rahnema, Mina R.  
1985 "Optimal Location-Relocation Decisions on Stochastic Networks", Transportation Science, 19(3).
- Bigman, D. and Revelle, C.  
1985 "An Operational Approach to Welfare Considerations in Applied Public-Facility Location Models", Environment and Planning A, 11:83-95.
- Boyce, D.E., Farhi, A. and Weischedel, R.  
1973 "Optimal Network Problem: A Branch-and-Bound Algorithm", Environment and Planning A, 5:519-533.
- Church, R. and Meadows, M.E.  
1979 "Location Modeling Utilizing Maximum Service Distance Criteria", Geographical Analysis, 11(4):358-373.
- Church, R. & Stimson, R.  
1983 "Modelling spatial Allocation-Location Solutions for General Practitioner Medical Services in Cities: The Equity-Revenue Maximizing Conflict Case", Regional Science and Urban Economics 13:161-172.
- Cooper, Leon  
1963 "Location-Allocation Problems", Operation Research, 11:331-343.
- Dangermond, Jack  
1985 "Network Allocation Modelling for Emergency Planning", in Carroll, M. John (eds), Emergency Planning, The Society for Computer Simulation.
- Das, Chandrasekhar and Verma, Anil  
1985 "A Heuristic Method for Finding the Optimal Location and Size of Facilities with Variable Demands", Logistics and Transportation Review, 21(2):115-131.
- Daskin, Mark S.  
1983 "A Maximum Expected Covering Location Model: Formulation, Properties, and Heuristic Solutions", Transportation Science, 17:48-70.
- Daskin, Mark S.  
1985 "Logistics: An Overview of the State of Art and Perspectives on Future Research", Transportation Research A, 19a(5/6):383-398.
- De Balogh, Frank  
1985 "Decision Support and Expert Systems for Emergency Management Operations: A Microcomputer Approach", Invited Paper for the First Symposium on Expert Systems in Emergency Management, Washington, D.C.
- Densham, P.J. and Rushton, G.  
1987 "Decision Support Systems for Locational Planning", in H. Timmermans and R. Golledge (eds) Behaviour Modelling Approaches in Geography and Planning, Croom Helm, London.
- Dokmeci, V.F.  
1979 "A Multi-Objective Model for Regional Planning of Health Facilities", Environment and Planning A, 11:517-525.
- Evans, G.W.  
1984 "An Overview of Techniques for Solving Multi-objective Mathematical Programs", Management Science, 30(11):1268-1282.
- Francis, R.L. and White, J.A.  
1974 Facility Layout and Location: An Analytical Approach, Prentice-Hall Inc.
- Ghosh, A. and McLafferty, S.L.  
1982 "Locating Stores in Uncertain Environments: A Scenario Planning Approach", Journal of Retailing, 58(4).

- Ghost, Avijit and Rushton, Gerard  
 1987 Spatial Analysis and Location-Allocation Models, Van Nostrand Reinhold.
- Golden, Bruce L. and Baker, Edward K.  
 1985 "Future Directions in Logistics Research", Transportation Research A, 19A(5/6): 405-409. Goodchild, Michael F.  
 1984 "ILACS: A Location-Allocation Model for Retail Site Selection", Journal of Retailing, 60(1).
- Goodchild, Michael F. and Noronha, Valerian T.  
 1983 Location-Allocation for Small Computers, Monograph 8, Department of Geography, University of Iowa.
- Hall, Randolph W.  
 1985 "Heuristics for Selecting Facility Locations", Logistics and Transportation Review, 21(4):353-373.
- Hillsman, E.L.  
 1984 "The P-median Structure as an Unified Linear Model for Location-Allocation Analysis", Environment and Planning A, 16:305-318
- Hodge, D. and Gatrell, A.  
 1976 "Spatial Constraint and the Location of Urban Public Facilities", Environment and Planning A, 8:215-230.
- Hogan, Kathleen and ReVelle, Charles  
 1984 Concepts and Applications of Backup Coverage, The Johns Hopkins University.
- Hultz, John W., Klingman, Darwin D., Ross, G. Terry, and Soland, R.M.  
 1981 "An Interactive Computer System for Multicriteria Facility Location", Computer and Operations Research 8(4) :249-261.
- Hwang, Ching-Lai; Yoon, Kwangsun  
 1981 Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey, Springer-Verlog.
- Krarup, J. and Pruzan, P.M.  
 1982 "UNILOC:A Uni-Location Model", Regional Science and Urban Economics 12:547-578.
- Lea, A.C.  
 1979 "Welfare Theory, Public Goods, and Public Facility Location", Geographical Analysis, 11(3):217-239.
- Leonardi, G.  
 1981 "A Unifying Framework for Public Facility Location Problems-Part 1: A Critical Overview and Some Unsolved Problems", Environment and Planning A, 13:1001-1028.  
 1981 "A Unifying Framework for Public Facility Location Problems-Part 2: Some New Models and Extensions", Environment and Planning A, 13:1085-1108.
- Lin, Chien-Yuan  
 1987a Cyber LOCATOR III: Users Guide, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle.  
 1987b PC LOCATOR III: Users Guide, Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle.  
 1987c "Development of An Intelligent Decision-Support System for Solving Central Facility Location Problems", Ph.D. dissertation, University of Washington, Seattle.
- Massam, Bryan H.  
 1984 Spatial Search: Applications to Planning Problems in the Public Sector, Pergamon Press.
- Mayhew, L.D. and Leonardi, G.  
 1982 "Equity, Efficiency, and Accessibility in Urban and Regional Health-Care Systems", Environment and Planning A, 14:1479-1507.
- Maranzana, F.E.  
 1964 "On the Location of Supply Points to Minimize Transportation Costs" Operation Research Quarterly, 15:261-270.
- Mirchandani, P.B.  
 1982 "Probabilistic Demands and Costs in Facility Location Problems", Environment and Planning A, 14:917-932.  
 1980 "Locational Decisions on Stochastic Networks", Geographical Analysis, 12(2):172-183.
- ReVelle, C., Cohon, J. and Shobrys, D.  
 1981 "Multiple Objective Facility Location", Geographical Analysis, 3:319-343.
- Robertson, Isobel M.L.  
 1974 "Road Networks and the Location of Facili-

- ties", Environment and Planning A, 6:199-206.
- Ross, G.T. and Soland, R.M.  
 1980 "A Multicriteria Approach to the Location of Public Facilities", European Journal of Operational Research, 4:307-321.
- Rosing, K.E., Revelle, C.S. and Rosing-Vogelaar H.  
 1979 "The P-Median and Its Linear Programming Relaxation: An Approach to Large Problems", Journal of Operation Research Society, 30(9):815-823.  
 1979 "The Robustness of Two Common Heuristics for the P-Median Problem", Environment and Planning A, 11:373- 380.
- Roy, G.; Johansson, B.  
 1984 "On Planning and Forecasting the Location of Retail and Service Activity", Regional Science and Urban Economics, 14(3):433-452.
- Rushton, G.M., Sara, L. and Ghosh, A.  
 1981 "Equilibrium Locations for Public Services: Individual Preference and Social Choice", Geographical Analysis, 13(3):196-202.
- Schilling, David A., McGarity, A. and Revelle, C.  
 1982 "Hidden Attributes and the Display of Information in Multiobjective Analysis", Management Science, 28(3).
- Schilling, David A., Revelle, C. and Cohon, J.  
 1983 "An Approach to the Display and Analysis of Multiobjective Problems", Journal of Socio-Economic Planning Science, 17(2):57-63.
- Schneider, J.B., Symons, J.G. and Goldman, M.  
 1972 "Planning Transportation Terminal Systems in Urban Regions: A Man- Machine Interactive Problem-Solving Approach", Transportation Research, 6(3):257-273.
- Schneider, Jerry B.  
 1971 "Solving Urban Location Problems: Human Intuition versus th Computer", Journal of American Institute of Planners, March:95-99.
- Scott, A. J.  
 1971 "Dynamic Location-Allocation Systems: Some Basic Planning Strategies", Environment and Planning A, 3:73-82.
- Sel, Henk G. ed.  
 1982 Processes and Tools for Decision Support, North-Holland Publishing Company.
- Sheppard, E.S.  
 1974 "A Conceptual Framework for Dynamic Location-allocation Analysis", Environment and Planning A, 6:547-564.
- Tansel, Barbaros C., Francis, R.L. and Lowe, T.J.  
 1983 "Location on Networks: A Survey Part I: The P-Center and P-Median Problems ", Management Science, 29(4):482-497.
- Tansel, Barbaros C., Francis, R.L. and Lowe, T.J.  
 1983 "Location on Networks: A Survey Part II: Exploiting Tree Network Structure ", Management Science, 29(4):498-511.
- Teitz, M.B. and Bart, P.  
 1968 "Heuristic Methods for Estimating the Generalized Vertex Median of a Weigh- ted Graph" Operation Research, 16:955-961.
- Thisse, Jacques-Francois  
 1983 Location Analysis of Public Facilities, North-Holland Publishing Company.
- Weaver, J.R. and Church, R.L.  
 1983 "Computational Procedures for Location Problems on Stochastic Networks", Transportation Science, 17:168-180.