

[illegible]

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

戴政安 長榮大學土地管理與開發系碩士班

☐ 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

中 華 民 國 94 年 10 月 28 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 競爭條件下考量設施不同需求距離的區位配置問題研究

### A Study on the Facility Location Problem with Different Distance of Satisfaction Level

計畫編號：NSC 93-2415-H-309-002-SSS

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：李泳龍副教授 長榮大學土地管理與開發系

共同主持人：葉光毅教授 國立成功大學都市計劃學系

計畫參與人員：許郁玲 長榮大學土地管理與開發系碩士班

林貞岑 長榮大學土地管理與開發系碩士班

戴政安 長榮大學土地管理與開發系碩士班

#### 一、中文摘要

有關公共設施的區位問題，外在限制的條件可以按照其設施屬性分為：(1)min-max；(2)max-min。其中寧適性設施可以視為全體需求點到達服務設施的距離最短（min），而該設施的總服務距離最大（max），因此屬於min-max 的設施最適化問題。由於都市中有越來越多的政府機關、購物中心以及福利性設施，通常都會吸引許多的特定目的旅次，而造成距離該設施太近的需求點，反而產生許多外部成本，相較於可及性效益，有時反而是距離該設施稍微遠一點，所得到的總效益最高。本研究對於不同性質設施之距離消費者遠近的滿足程度，以模糊方法建立隸屬度函數，同時，提出最適區位的條件與線性規劃方法，以方便於實務應用時，可以方便求解。

**關鍵詞：**設施區位，競爭條件，緊急設施區位，嫌惡性設施區位

#### Abstract

Facility location problems treat either min-max or max-min criterion. But most residents in urban areas hope that even the city office should not be so near and not so far. So we propose the model considering the satisfaction degree with respect to the distance from the facility for each customer (residents). For each demand point, satisfaction degree with respect to the distance to the facility is defined and this satisfaction degree is denoted by the

membership function of the distance to the facility. The objective is to find the site of the facility maximizing minimal satisfaction degree among all demand points. The case of emergency and incinerator are studied. We propose an efficient algorithm to find the optimal site of the facility.

**Keywords:** facility location, competitive criteria, emergency facility, obnoxious facility

#### 二、緣由與目的

##### 2-1 緣由

公共設施的合理配置問題，包括教育、文化、福利、醫療與垃圾焚化場等諸區位問題，不僅要考慮「有效性」，同時也要顧及「公平性」。由於都市的發展時序表現在不同地區的發展程度差異，對於許多既存設施與新設施配置問題，競爭條件的前提必須納入決策參考，對於既存設施的擴充、廢除及再配置的課題，也是目前設施區間考量的重點。

##### 2-2 目的

由於都市中有越來越多的政府機關、購物中心以及福利性設施，通常都會吸引許多的特定目的旅次，而造成距離該設施太近的需求點，反而產生許多外部成本，相較於可及性效益，有時反而是距離該設施稍微遠一點，所得到的總效益最高。本研究擴充 Ishii et al. (2003) 消費者對於寧適或嫌惡性設施之

距離遠近所反映之滿足程度，以模糊方法建立隸屬度函數，同時，提出最適區位的條件與線性規劃方法，方便實務應用時求解。究目的如下：

- (1) 回顧與檢討過往設施配置區位的諸問題，包括非競爭與競爭條件下之設施配置的均衡與最適解，藉以提供本研究模型假設條件的擴充與檢討。
- (2) 分析配置設施的本身特徵，例如寧適性或嫌惡性之設施，對於需求者的需求距離偏好與滿意程度，將影響設施的均衡配置。
- (3) 擴充模型的假設條件，例如設施的服務品質、規模；同時在資訊不充分的假設條件下，運用模糊集合與偏好的隸屬度函數，可以有效反映消費者的設施選擇滿意程度，提供設施配置的考量。
- (4) 對於嫌惡性設施的區位進行探討，可以了解都市的許多設施，即使是有利於多數群眾，但未必絕對有利於鄰近的消費者，也許稍微距離遠一點，效用會更高；本研究也能於數理計畫上予以分析。
- (5) 藉由數學模型與簡化後的考量變數，以台南市為例，蒐集相關資料，實際驗證模型的實用性。

因此，本研究之重要性主要在於延續過往的研究成果，考量競爭環境條件下之設施區位選擇問題，並將設施的特徵與不同的需求距離同時納入模型，以反映現實的考量因素。同時亦將(1)競爭條件下的設施配置與(2)設施不同需求距離的滿意度同時考量，並針對兩項設施配置(1)醫院與(2)垃圾焚化爐進行探討，以台南市為研究個案，並將結果與現實的都市發展進行檢討與分析。

### 三、研究成果與討論

#### 3-1 緊急設施配置的問題

都市中緊急設施的配置必須考量不同的目的：(1)針對設施服務範圍內的事故發生機率最高，特別是考慮到救護車行駛服務範圍最大距離的最小化；(2)救護車最快處理事故發生的機率最大化。由於意外事件的發生屬於隨機變數，救護需求的發生係在接獲需求點救援求救之後，因此緊急設施配置屬於隨機區位的問題。

##### 3-1-1 基本模型

事故發生的地點  $Q \in X$ ，由  $Q$  點送達最近醫院的 A 距離為：

$$\theta(P^*, Q) = d_A(P^*, Q) + d_A(Q, S(Q)) \quad (1)$$

由於要同時滿足緊急設施到達事故地點與由事故地點到達醫院的總距離最小，本研究建立 A 距離的隸屬度函數 (membership function) 如下：

$$\mu_G(\theta(P^*, Q)) = \begin{cases} 1, & \theta(P^*, Q) < d_e \\ 1 - \frac{\theta(P^*, Q) - d_e}{d_l}, & d_e \leq \theta(P^*, Q) < d_e + d_l \\ 0, & \theta(P^*, Q) \geq d_e + d_l \end{cases} \quad (2)$$

而在  $X^* \subseteq X$  條件下，距離最小化的目標：

$$\mu_1(P^*, X^*) = \min_{Q \in X^*} \mu_G(\theta(P^*, Q)) \quad (3)$$

進一步假設醫院座落於 Vodorni 圖  $VD_A(H)$ ， $X$  對應之 Vodorni 圖多角形  $VD_A(H_i)$  之事故發生機率為  $P_i \in [0, 1]$ ， $\sum_{i=1}^m P_i = 1$ ，在醫院服務範圍之 Vodorni 圖多角形指標集合為：

$$I(X^*) = \{i = 1, \dots, m \mid V_A(H_i) \subseteq X^*\} \quad (4)$$

而在此基準條件下滿足 Fuzzy 目標的隸屬度函數 (membership function) 如下：

$$\mu_2(X^*) = \sum_{i \in I(X^*)} P_i \quad (5)$$

有關緊急設施的模型：

$$P_{MA} : \max_{P^*, X^*} \mu_1(P^*, X^*) \quad (6)$$

$$\max_{X^*} \mu_2(X^*)$$

$$\text{S.T. } P^* \in X, X^* \subseteq X$$

為能方便計算緊急設施最適區位，本研究採取下列步驟：

Step 1: 3 個不同 A 圓， $k_s \geq k_t \geq k_u$ ，半徑分別為  $(C_s, C_t, C_u)$ ； $s, t, u = 1, \dots, n$ ，當  $C_s$  為最小覆蓋半徑的 A 圓時，終止計算。

Step 2. 二等分線  $C_A(C_s, C_t)$  中的兩點  $Q_s, Q_t$ ，其交點為  $P^1$ ， $C_s, C_t$ ，當  $C_1$  為最小覆蓋半徑的 A 圓時，終止計算。

Step 3. 3 個二等分線  $C_A(C_s, C_t), C_A(C_t, C_u), C_A(C_s, C_u)$  的交點為  $P^2$ ， $C_s, C_t, C_u$  所共同覆蓋的最小 A 圓， $P^2$  為最小 A 圓的中心。

由上述的演算過程可以求得， $(C_s, C_t, C_u)$  中所共同覆蓋的最小 A 圓，以  $C^{stu}$  表示；中心以  $P^{stu}$ ，半徑以  $r^{stu}$  表示。 $P^{stu}$  為  $P_{MA}$  設施配置問題的替選方案之一，其設施解為  $(P^{stu}, X^{stu})$ 。

### 3-1-2 台南市緊急設施個案分析

經實地調查目前台南市的醫學中心（成大醫院），區域醫院（台南市立醫院，行政院衛生署台南醫院），地區教學醫院（國軍第 814 醫院，郭綜合醫院，新樓醫院）共六家可以提供緊急醫療資源，參見圖 1。

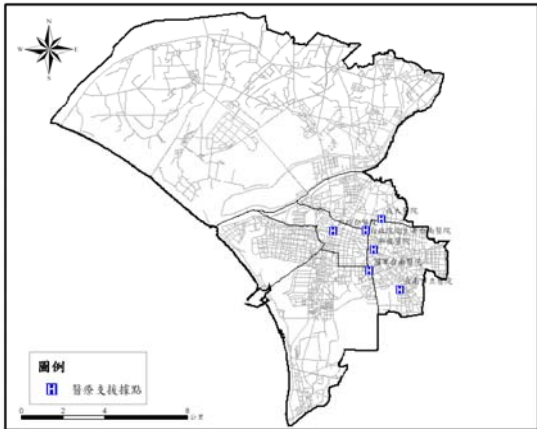


圖 1 台南市緊急醫療據點分佈圖

採取前 step1~3 演算過程，為方便計算，先考量成大醫院（醫學中心）與台南市立醫院（地區教學醫院）的競爭條件，並進一步決定新設醫院之最適區位，結果參見圖 2。

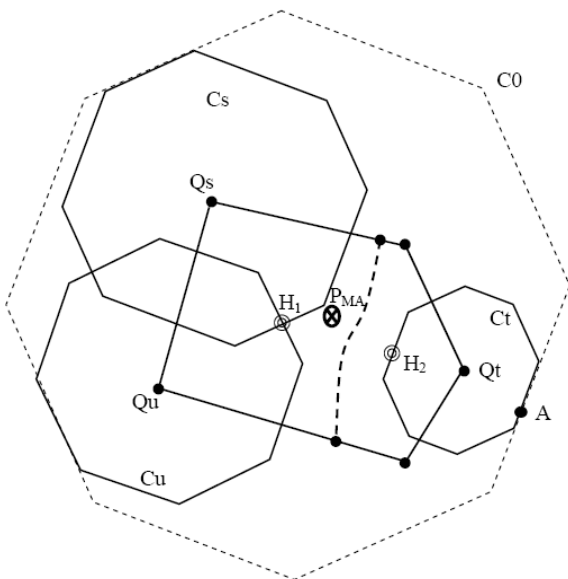


圖 2 緊急醫療據點最適區位圖

$H_1$  及  $H_2$  分別代表醫院， $P_{MA}$  為競爭條件下之最適區為選擇。

## 3-2 嫌惡性設施配置的問題

### 3-2-1 受訪居民意見分析

都市的焚化爐（incinerator）或掩埋場設置（landfill）的設置，屬於嫌惡性設施的區位決定，本研究嘗試結合區位理論與決策的觀點，將距離與偏好整合，作為嫌惡性設施的區位決策考量。

有關台南市居民嫌惡設施距離偏好，採取問卷調查方式，樣本規模決定參見式(7)。

$$n = \frac{NZ^2P[1-P]}{[N-1]e^2 + Z^2P[1-P]} \quad (7)$$

$n$ ：樣本數

$N$ ：台南市人口總數（民 93 年底 754,917 人）

$Z$ ：假設樣本服從常態分配，95%信賴水準

$P$ ：樣本佔母體比率，假設為 1%

$e$ ：容忍誤差值，假設為 3%

由式(7)得到有效樣本數需達 384 份。因此，就各行政分區人口比率分配樣本數，共計發放 400 份，由於採實地訪談方式，就各行政分區主要幹道兩旁，均勻分配樣本，共計取得 396 份有效樣本。

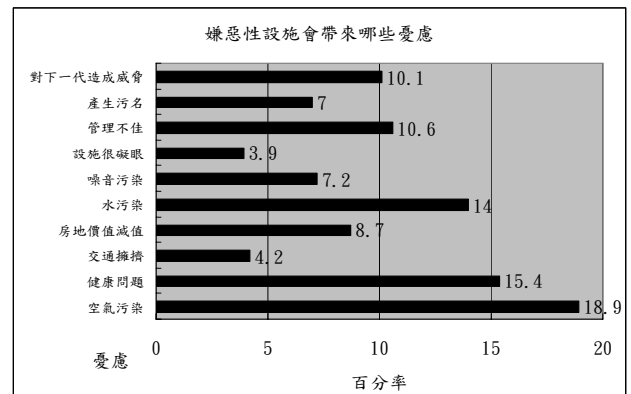


圖 3 台南市居民對焚化爐設施負面因素評價

有關調查重要結果探討，參見圖 3，居民認為焚化爐設施所帶來之憂慮項目中，以空氣污染（18.9%）、健康問題（15.4%）、與水污染（14%）所占百分率較高；同屬一般嫌惡性設施最易對生活環境產生之主要影響，例如：垃圾掩埋場的惡臭、工業區所排放之廢棄等。此外，交通擁擠（4.2%）及覺得設施很礙眼（3.9%）兩項中所占之百分率最低，可能目前焚化爐所在位置（安南區）人口密度低，且未對交通造成重大衝擊影響。

參見表 1，將近 60% 的民眾認為 8 公里為

可接受距離，而透過實際訪問發現，大多數的民眾仍希望嫌惡性設施最好離自家住宅越遠越好，甚至有不少民眾認為不要設立於本身所居住之縣市中為最佳；對照問卷調查結果發現，雖然多數民眾贊成（約 44%）設立焚化爐，但是大家卻希望不要設立在自己住家附近。

表 1 嫌惡性（焚化爐）設施住家可接受距離

距離	人數（人）	百分率（%）
3 公里	15	3.8
4 公里	10	2.5
5 公里	73	18.4
6 公里	41	10.4
7 公里	20	5.1
8 公里	237	59.8
總和	396	100.0

從表 2 發現，民眾對於補貼距離以 5 公里（39.1%）為最多，多數人認為接受補貼之距離能越遠越好，儘管受到嫌惡性設施之影響極微，但仍希望能夠得到補貼費用，平衡嫌惡性設施之設置所帶來之不悅感。

表 2 可以獲得補貼之距離尺度

距離	人數（人）	百分率（%）
1 公里	22	5.6
1 至 2 公里	42	10.6
2 至 3 公里	86	21.7
3 至 4 公里	91	23.0
5 公里	155	39.1
總和	396	100.0

### 3-2-2 台南市垃圾焚化爐區位選擇為例

應用 Ishii et al. (2003) 的距離模糊偏好程度模型，需求點  $i$  到設施間的偏好程度，定義為梯形（trapezoidal）隸屬函數（membership function） $\mu_i(d_i)$ ，其中  $d_i = |x - p_i| + |y - q_i|$ ， $(x, y)$  代表設施決定的區位。

$$\mu_i(d_i) = \begin{cases} 0 & (d_i \leq a_i) \\ \frac{d_i - a_i}{b_i - a_i} & (a_i \leq d_i \leq b_i) \\ 1 & (b_i \leq d_i \leq c_i) \\ 1 - \frac{d_i - c_i}{e_i - c_i} & (c_i \leq d_i \leq e_i) \\ 0 & (d_i \geq e_i) \end{cases}$$

(8)

$i=1,2,\dots,n$

本研究問卷調查結果發現，有關居民對於嫌惡設施（焚化爐）可接受距離，較難以使用確切單一數字代表，透過式(8)，可以進一步透過隸屬函數表示居民的模糊偏好程度，參見圖 4。

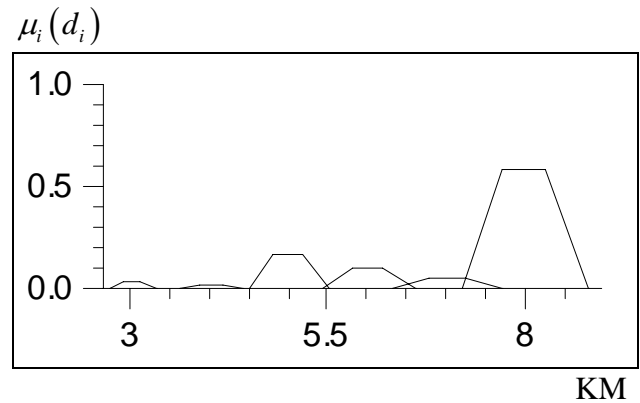


圖 4 居民對於焚化爐設置距離之隸屬函數

透過 Max-Min 推論法則，參見圖 5，本研究將焚化爐設施距離居民可接受範圍界定於 5KM~8KM 間。

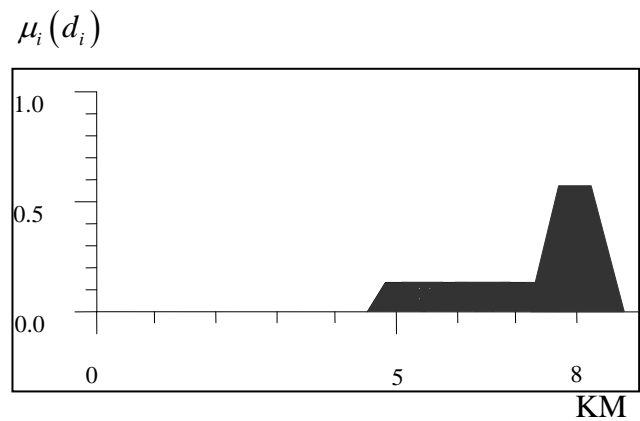


圖 5 Max-Min 推論法則建立設置參考

最後將對焚化爐區位選擇最適化問題定義如下：

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} + \sum_{j=1}^n F_j Y_j$$

S.T.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \geq v_i \quad \forall i=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} < r_j Y_j \quad \forall j=1, \dots, n$$

$$X_{ij} > 0$$

$$D_{ij} > 8$$

$$D_{ij} < 5$$

$$Y_j \in \{0, 1\} \quad \forall j=1, \dots, n$$

$i$  : 研究分區,  $i = 1, \dots, 6$ 。

$j$  : 焚化爐可能區位,  $j = 1, 2$ 。

$C_{ij}$  : 由  $i$  運至  $j$  的運輸成本。

$X_{ij}$  : 由  $i$  運至  $j$  的垃圾數量。

$F_j$  : 可能區位  $j$  的投資成本。

$Y_j$  : 焚化爐可能區位, 0 (未被選擇), 1 (被選擇)。

$v_i$  : 分區  $i$  產生的垃圾量。

$r_j$  :  $j$  分區焚化爐的垃圾處理容量。

$D_{ij}$  : 分區  $i$  至  $j$  分區焚化爐的空間距離。

#### 四、計畫成果自評

本研究以 A 距離的隸屬度函數建立距離量測時之基準, 可以提供空間的方向。然而過往交通事故與相關緊急醫療需求的資料蒐集不易, 緊急設施需求機率模型之建立尚有待突破。受限於緊急設施區位的實證資料取得困難, 目前仍以 deterministic model 建立分析基礎, 未來最好能以 stochastic model 進行分析。

此外, 藉由問卷調查方式, 可以將距離與偏好整合, 特別是將設施不同距離的偏好以模糊集合建立衡量尺度, 符合現實社會的資訊不充分現狀, 對於空間的效率與居民的需求, 提供理論與實務的參考。

另外, 有關焚化爐區位的決策, 延續一般多準則評估的程序, 有關環保指標的建立, 雖然目前可以參考法規的規定值, 然而, 門檻值的高低影響成本甚鉅, 也會進而影響建置成本的評估, 這中間所發生的衝突性或替代關係, 尚無明確資料可供決策, 必須用

實際的營運資料, 輔以居民的偏好調查, 相互印證。

#### 五、參考文獻

##### (一) 西文

- [1] Ishii H., Y-L Lee, A. Miichi, K-Y Yeh, (2003), Facility location problem with satisfaction level of distance criteria, International Planning and Design Conference Nov 8-9 National Cheng Kung University.
- [2] Ohsawa Y., K. Tamura, (2002), Efficient location for Semi-Obnoxious facility, Discussion paper series No. 972, Library of Institute of Policy and Planning Sciences, University of Tsukuba.
- [3] Oshawa Y., (2000), Bicriteria Euclidean location associated with Maximin and Minimax criteria, Naval Research Logistics, Vol.47, pp581-592.
- [4] Ben-Moshe B., M. J. Katz, M. Segal, (1999), Obnoxious facility location: complete service with minimal harm, 11th Canadian Conference on Computational Geometry, Aug 15-18, University on British Columbia, Vancouver, Canada.
- [5] Badri M. A., A. K. Mortagy, and C. A. Alsayed, (1998), A multi-objective model for locating fire station", European Journal of Operational Research, Vol.110, pp.243-260.
- [6] Matsutomi T., H. Ishii, (1998), Minimax location problem with A-distance, Journal of Operation Research Society of Japan, Vol. 41, No. 2, pp181-195.
- [7] Melachrinoudis E. and T. P. Cullinane, (1986), Locating an undesirable facility with a minimax criterion", European Journal of Operational Research, Vol.24, pp.239-246.
- [8] Shiode S., H. Ishii, T. Nishida, (1985), A chance constrained minimax facility location problem, Math. Japonica 30, No. 5, pp783-803.
- [9] Hakimi S. L., (1983), On locating new facilities in a competitive environment, European Journal of Operation Research 12, pp29-35

##### (二) 中文

- [1] 李永展, 林啟賢 (1998), 鄰避型公共設

施之環境態度與更新接受意願之研究--以臺北市為例，都市與計劃／25:2，頁133-153。

- [2] 林峰田（1997），公共設施檢討空間分析方法，都市與計劃／24:2，頁171-192。
- [3] 曾國雄、林楨家（1997），淡海新市鎮消防隊佈設區位之研究-TOPSIS 多目標規劃法之應用，都市與計劃第二十四卷第一期，pp81~98。
- [4] 王鐸元，（1989），焚化爐區位選擇之研究，交通大學交通運輸研究所碩士論文。
- [5] 馮正民、解鴻年（1988），緊急設施區位模式之評述，交通運輸第十一期，pp27~38。
- [6] 葉光毅，許亞儒（1992），由最大效用原理探討都市公共設施需求行為，中華民國建築學會「建築學報」，第六期，頁1-19。