

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 掩埋場模糊多準則決策選址法之研究

### Study on the Fuzzy Multi-criteria Decision Making Method for Landfill Siting

計畫編號：NSC 89-2211-E-002-099

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：李公哲 國立台灣大學環境工程研究所

共同主持人：

計畫參與人員：曾玉津 國立台灣大學環境工程研究所

#### 一、中文摘要

目前台灣地區每人每日的廢棄物生產量逐年提高，對於掩埋場地的需求愈來愈大，但國內目前進行垃圾掩埋場選址過程所牽涉的層面與問題實為廣泛及複雜，除了場址物理環境條件的規範外，場址周圍的社區人文因素亦在在影響設址選擇與場址的營運規模。

本研究計畫的目的即利用多準則決策技術(MCDM)中之層級分析法(AHP)，針對選址過程的繁複條件加以層級分解，並輔以模糊理論，使用模糊層級分析法(FAHP)進行選址準則相對重要性之評比作業，藉由整合專家意見進行分析判斷，以獲得選址準則之重要性評比，俾利決策者考量專家看法的差異與現實環境條件選定最適掩埋場址方案。而為掌握空間資訊，本研究採用地理資訊系統作為處理空間資料工具，以決策支援系統(DSS)的觀念，結合層級分析法與地理資訊系統，輔助決策者能透過GIS軟體的空間分析功能及適當的使用者界面，充分瞭解選址過程的相關資訊，以發揮MCDM的決策輔助能力。得到結果之後，也能利用GIS原先具備的空間展示能力，即時讓決策者瞭解選址的結果，給予適當的修正。

研究結果顯示，決策者可藉由層級結構與模糊權重分配，選擇在何種模糊程度(即 $\alpha$ 截值)與信賴感(悲觀指標)下，達成

合乎現實並有利的選址結果，亦降低人力與時間上的成本。當 $\alpha$ 截值為0，採 $\alpha = 0$ 時，可為掩埋場址地區的土地最多，且多集中在市鎮中心外圍，而經濟因子呈現之影響較為重要；採 $\alpha = 1$ 時，適宜作為掩埋場址之地則大幅減少，且優選之處多位在郊野或其他非人口集中區，而以社會人文與環境因子呈現之影響較多。

關鍵字：掩埋場選址、多準則決策方法、層級分析法、模糊層級分析法、地理資訊系統、決策支援系統

#### Abstract

As the quantity of waste and by-product materials generated in our society continue to increase with growing consumer population, the demand for landfill spaces in Taiwan are in also stimulated. Due to the limited available land spaces and high population density, it has become increasingly difficult to find suitable sites. Thus, it is vital to develop an effective and efficient method for landfill siting with considering environmental and socio-economic factors.

The Analytic Hierarchy Process of quantitative Multi-criteria Decision Making (MCDM) method assisted by Fuzzy Set theory was used to determine the importance among the alternatives for the decision makers. Geographical Information System was also employed to allow decision makers to recognize the spatial characteristics of the

data. The methodology for landfill siting developed by this study would help decision makers to make better decisions by taking account of the expert opinions coupled with knowledge of current environmental status.

The results showed that when  $\alpha$ -cut =0 and  $\beta$  (index of pessimism) =0, economical factors play the vital roles in landfill siting, and the favored locations for construction of new landfills were located at the suburban areas. However, when  $\beta$  =1, the importance of environmental and social factors were enhanced in landfill siting, rural areas would be the most preferred locations for landfill construction.

Keywords: Landfill Siting, Multi-criteria Decision Making (MCDM), Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Geographical Information System (GIS), Decision Support System (DSS)

## 二、緣由與目的

垃圾掩埋場之選擇有賴諸多自然及人為條件配合，但選址所涉及的層面與因素相當廣泛，且其相互關係錯綜複雜，兼之基本資料缺乏、許多資料不易直接量化，因此建立一系統性掩埋場選址評估作業法，提供決策者分析判斷掩埋場設置的適宜性，並據此加強環境資訊的收集與基本資料庫的建立，是今後進行掩埋場場址評選不可或缺的工具。

多準則決策技術 (Multi-criteria Decision Making; MCDM) 是規劃界用來處理需要以多項標準一起衡量、或面臨不只一個方案要做取捨時，所用的數理方法。其中，層級分析法 (Analytic Hierarchy Process: AHP) 是目前國內進行規劃作業上最常使用的方法；而針對其以均數處理評估者的意見時，可能造成專家共識被壓縮扭曲成一定值，無法表現較弱勢的聲音之隱憂，近來發展出一套模糊層級分析法，引入模糊理論的概念處理受訪者對各準則相對重要性的認知，由決策者對模糊隸屬函數中  $\alpha$ -cut (模糊程度) 的偏好，獲知在各種不同情境下的參考資訊，以輔助決策者進行

最有利的評選規劃作業。然多準則決策方法雖可以為決策者處理影響因子的權重問題，但卻沒有建構在空間資料的處理系統中，所以不容易掌握空間的資訊，無法適當發揮決策者的決策能力。本研究採用地理資訊系統作為處理空間資料工具，以決策支援系統 (Decision Support System, DSS) 的觀念，結合 MCDM 與 GIS，使決策者在利用 MCDM 前，能透過相關的 GIS 展示軟體及適當的使用者界面，充份瞭解決策問題的相關知識，使得決策者能充份發揮 MCDM 的決策輔助能力。得到結果之後，也能利用 GIS 原先具備的空間展示能力，即時讓決策者瞭解決策的結果，給予適當的修正。

## 三、結果與討論

本研究參考歷年關於垃圾掩埋場選址作業的方法，在垃圾掩埋場選址模式的總目標 (第一層級-總目標層) 下，得出四個影響次目標影響因子層 (第二層級)，而在此影響因子下，又架構掩埋場選址之 21 項評估準則 (第三層級)，參見圖 1。

藉由模糊層級分析法，針對本研究所建立之選址準則層級結構進行垃圾掩埋場選址準則的權重分析。經過對回收問卷的評比值作一致性檢定，可得到整體一致性為 0.05，小於 0.1 表示層級間的一致性良好；但經過模糊化過程，模糊層級一致性比率程度 CRHD 成為 0.27，而各模糊成對比較矩陣之模糊一致性比率程度 CRD 在 28% - 10% 之際，此因受訪者對各準則的主觀價值判斷差異大，造成模糊數區間擴張。

另一方面參考文獻先建立初擬評點數值作為參考值，利用德爾菲 (Delphi) 專家問卷方式，由專家學者據此初擬評點值，依個人認知及經驗作修正，回收此第一份問卷經過統計計算後所得結果，再寄予專家參考並詢問其意見；第二份問卷所得結果使專家意見更為收斂，使評點方式更具可信度及說服力。

本研究以雲林縣為研究區域，以山線區焚化爐服務的十個鄉鎮作為區域掩埋場選址評估的範圍。在進行掩埋場選址時，

先進行第一層次的空間篩選，剔除絕對不宜的區域範圍，避免在多準則評選場址的過程中，複選出不得興建掩埋場的土地。繼由所得之掩埋場初選地域，進行掩埋場模糊多準則決策選址方法的評選作業；利用 Arc-View 進行地理圖層疊覆，視決策者對各種模糊程度之  $\alpha$  截值及悲觀指標 ( ) 的指定，進行各土地單元績效的排序，而得到優選場址的結果。

為令決策者瞭解在採納專家意見時，各種不同信賴度下，各土地單元適於建造掩埋場與否之優先排序，本研究採用  $\alpha = 0$  與 1 及  $\alpha$  截值 = 0~1 進行各種不同狀況的模擬，得到在  $\alpha$  截值與  $\beta$  值的變化下，可能產生的優選變化。

在不同的模糊程度下，除  $\alpha$  截值 = 1.0，其準則權重值的分配為定值時，C1 準則（距地面水遠近）的評點值為影響成果最顯著的條件外；在  $\alpha$  截值 = 0, 0.4, 0.8 時，皆以 B2 準則（土地權屬與取得難易）之評點值對結果的產出貢獻最大，即影響力最強。然而由於研究中對經濟條件多作均值假設，造成研究結果所呈現的選址差異性不大。

在  $\alpha$  截值 = 0，B2 準則-土地權屬與取得最為重要，其評點值對整體績效指數的提升有顯著的貢獻為 45.9%，其次是對於 B1 準則-場址的使用期限之評點的判斷亦會造成績效指數的變化，其敏感度為 18.5%。因此若決策者認為土地取得的難易度是現階段選址作業最重要的影響因素，則選取  $\alpha$  截值 = 0，進行場址績效指數的評估較為適合。

再者，在  $\alpha$  截值 = 0.4 時，除 B2 準則之重大影響外，對 B7 準則下的評點分數，亦是使各績效指數變動的主要原因。可知在模糊程度最大的情境下，進行掩埋場址評估時，除了在土地的獲得條件上要謹慎評斷外，亦需對場址能否再利用之效益的評點作業格外慎重。易言之，若決策者認為掩埋場址再利用潛力（B7）為主要未來政策之重點，則應選取模糊程度  $\alpha$  截值 = 0.4 時之場址績效指數進行評選。

當決策者選擇在  $\alpha$  截值 = 0.8 做成決策時，則應注意除了經濟因子層面的考量外，D1（場地使用之行政範圍）準則亦發

揮其影響力，在擇定掩埋場址之時，需考量場址是否具備有多鄉鎮市共同使用的特性，藉以優選出適宜的掩埋場址。

另當決策者就  $\alpha$  截值 = 1.0，採用專家問卷訪問之均數作為評選決策上的依據時，C5（場址距離敏感區位之距離）、D3（影響圈內的社區情況）及 D1（場地使用之行政範圍）對於候選垃圾掩埋場址的績效指數惠饋最大，分別為 26.6%、19.8% 與 7.8%；再其次則是地下水（C2）與 C3（特殊動植物生態之影響），分別為 7.1% 與 6.35%。可知在  $\alpha$  截值 = 1.0 時，需特別考慮環境影響條件與人文社會條件等層面，若決策者認為環境生態與人文條件為掩埋場設址之重要考慮因素，則應宜選擇  $\alpha$  截值 = 1 時的選址績效指數為參考之依據。

#### 四、計畫成果自評

1. 本研究分析整理所得之掩埋場址決策評估準則之層級架構與其相對模糊權重，能協助決策者瞭解進行場址評選時所應評估的因素；並且當有多處場址需選擇評估時，可藉由此模糊權重分配，選擇在何種模糊程度即  $\alpha$  截值（ $\alpha$ -cut）與信賴感（悲觀指標  $\beta$ ）下，達成合乎現實並有利的選址結果，亦可降低人力與時間上的成本。
2. 本研究以雲林縣內十鄉鎮之區域性掩埋場選址進行個案研究，在研究結果中，可獲得下列結論：
  - (1) 因應決策上對模糊程度（ $\alpha$ -截值）與悲觀指標  $\beta$  的定位不同，所得之最佳掩埋場選址在空間區位上的分佈亦呈現極大的差異。
  - (2) 以整體績效指數的表現，將設址適宜程度分區為三等級，可由決策者選擇在不同  $\alpha$  與  $\beta$  的情境下，評選適宜作為掩埋場區的土地單元數。當  $\alpha$  截值為 0，採  $\beta = 0$  時，可為掩埋場址地區的土地最多，且多集中在市鎮中心外圍，而經濟因子呈現之影響較為重要；但相反地，採  $\beta = 1$  時，適宜作為掩埋場址之地則減少許多，且優選之處所多位在郊野或其他

- 非人口集中區，而以社會人文與環境因子呈現之影響較多。
- (3) 經模糊權重運算，同一土地單元在  $\alpha = 0$  時，其績效指數因的不同，可能會產生 1.117 至 5.59 間的模糊區間；當  $\alpha = 0.4, 0.8$  時，模糊區間逐漸縮小，在 1.943 至 4.6655 與 1.775 至 4.561 之間。
3. 比較以往相關對於掩埋場選址方法的研究，本研究重在專家意見的整合上應用模糊理論，既可廣納各種極端意見，亦可顯示出專家看法的差異。本研究所提出的方法，與過去進行掩埋場選址時，經專家意見整合所得的單一數值，造成選址決策上必得遵循的絕對性結果相較，決策者可藉由模糊程度的調整進行符合現實期望的選址作業，在決策上有較大的權衡空間。

## 五、參考文獻

- [1] 中央氣象局，2001，逐年逐月氣象資料。
- [2] 台灣省特有生物研究保育中心，1997，「雲林縣生物資源調查成果彙編」。
- [3] 交通部運輸研究所，1998，「台灣地區運輸系統現況及能量」。
- [4] 交通部，1990，「交通工程手冊 4」。
- [5] 林玉青，2000，「地理資訊系統在化災應變系統負荷潛勢之應用研究」，台大環工所碩士論文。
- [6] 徐村和，1998，「模糊德菲層級分析法」，模糊系統學刊，v4(1)pp59-72。
- [7] 高正忠，1997，「地理資訊空間優選系統輔助掩埋場選址及清運分區(I)」，國科會計劃 NSC86-2211-E009-010。
- [8] 粘淑惠，1995，「模糊 AHP 法應用在交通運輸計劃評估之應用」，高雄工學院管理科學研究所碩士論文。
- [9] 周天穎 周學政，1999，「ArcView 透視 3.X」，松岡電腦圖書資料股份有限公司。
- [10] 周毅 洪明瑞，1997，「大地工程原理」，高立圖書有限公司。
- [11] 詹益村、許道平、許宗民，1996，「區域垃圾焚化場設置選址可行性評估」，第十一屆廢棄物處理技術研討會論文集，pp21-30。
- [12] Larry W. Canter，黃光輝譯，1998，「環境影響評估」，滄海。
- [13] 黃正義，謝錦松，1988，「固體廢棄物處理」，淑馨出版社，台北
- [14] 曾玉津，2001，「掩埋場模糊多準則決策選址法之研究」，台灣大學環境工程研究所碩士論文。
- [15] 雲林縣政府，2000，「雲林縣人口統計要覽」，第 50 期。
- [16] 鄭光哲，1998，「營建廢棄土供需管理及運輸指派之決策支援系統 模糊理論應用」，成大資源工程研究所碩士論文。
- [17] 湯忠達，2000，「地下水污染之暴露與健康風險評估 - 以桃園 RCA 場址為例」，國立台灣大學環境工程學研究所碩士論文。
- [18] 鄧振源、曾國雄，1989，「層級分析法 (AHP) 的內涵與應用 (上)、(下)」，中國統計學報，27 卷 6 期。
- [19] 鄧振源、蕭再安，1994，「公共設施區位選擇之模糊多目標決策方法」，中華民國第一屆 FUZZY 理論與應用研討會。
- [20] 蕭再安、吳東凌、張建祥，1995，「營建廢棄土棄置場區位評選模式之研究」，第九屆環境規劃與管理研討會論文集，pp217-222。
- [21] 國立交通大學工業工程研究所，1994，「模糊層級分析法之研究」，行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告
- [22] Cheng, C. H. 1996, *Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fussy AHP Based on the Grade Value of Membership Funtion*, European Journal of Operation Reaserch, pp343-350.
- [23] Delbecq, A. L., A.H. Van de Ven. and David H. Gustafson, 1975, *Group Techniques for Program Planning: a guide to nominal group and Delphi processes*, Scott, Foresman.
- [24] Kao, J. J., H. Y. Lin and W. Y. Chen, 1997, *Network Geographic Information System for Landfill Siting*, Waste Manhment & Reasearch 15, pp239-253.

- [25] Minor S. D. and T. L. Jacobs , 1994 ,  
*Optimal Land Allocation for Solid-and-hazardous-waste Landfill Siting* , ,Journal of Environmental Engineering, 120, N0.5, pp.1095-1108.
- [26] Ott, Wayne , 1995 , *The Delphi method : techniques and data analysis*.
- [27] Roger, Z. and R.E A. , 1990 , *Siting Considerations for Resource Recovery Facility* , Public Works , pp.88-134.
- [28] Zadeh, L. A. , 1994 , *Fuzzy Logic can Help GIS Cope with Reality* , GIS World **9**. pp50-53