

# 住宅社區多目標規劃之研究

何友鋒<sup>1</sup> 林建宇<sup>1</sup> 王小璘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東海大學建築研究所

<sup>2</sup>東海大學景觀研究所

(收件日期:85年3月5日;接受日期:85年7月16日)

## 摘要

住宅社區開發的規劃工作，必須滿足多種不同的需求，同時又受到許多限制因素的影響。本研究即利用多目標規劃的技術建構社區規劃模式來闡明住宅建築形式、型態、需求、成本、效益與住宅單元空間之間的關係，尋求一組住宅建築型態與社區空間配置的非劣解，供建築師進行社區細部設計時參考。

關鍵詞 住宅社區規劃、多目標規劃、非劣解

## 一、緒論

住宅社區規劃是一項綜合性的工作，不僅需考慮社經結構，並且需兼顧實質發展條件，常常期望有多項目標都達到最佳值，因此規劃問題包含了多個目標。多年來，學者專家亟力於發展各種不同的規劃方法來輔助住宅社區的發展工作，這些方法包括住宅社區線性規劃模式(Ben-Shahar 1969, Herowx & Wallace 1973, Ho 1983)，然而這些線性規劃模式所求得的解一次只能滿足一項目標，無法反應實際問題其多目標的特性。因此，住宅社區規劃的求解問題，有必要利用多目標規劃模式加以探討。其中，目標規劃為多目標規劃問題求解技術之一。但在住宅社區目標規劃(Ho 1992)求解時，需先決定各目標重要性之優先次序，這種需依決策者事前表達偏好的求解方法，在執行上有其困難。因此，本研究採用一不需加入決策者偏好結構之多目標規劃技術，以客觀分析之方式，盡量降低所得解中最差目標值不好的程度。本研究首先說明此多目標規劃模式之特性，進而建立住宅社區多目標規劃模式，並以台中市國安國宅社區規劃為例，說明此模式運作之情況。

## 二、多目標規劃模式

早在十九世紀末期，即有學者對多目標規劃進行研究，如 Pareto於1896年提出「非凌越解(nondominated solution)觀念，但當時並未有人提出解決的方法，直到Kuhn和Tucker在1951年提出不受支配的重要條件後許多學者才陸續發展出解決多目標規劃不受支配解的方法(Kuhn & Tucker 1951)。

就方法論的觀點而言，多目標問題係含有向量目標函數(vector-valued objective function)

的數學問題；就訂定決策的觀點而言，它是由決策法則(decision rule)找出儘可能顧及每一目標之達成。在實務上，它可運用到規劃、生產控制、運輸和公共行政、商業預算等問題，以及研究發展計劃的設計、評估與選擇。多目標規劃理論係以線性規劃法為基礎，但前者係將單一目標函數擴大至多個目標函數，個別目標間需具備衝突替代性(trade-off)，故其解為最佳妥協解 (best compromise solution)，而非單一目標線性規劃的最適解 (optimal solution)。換言之，一個多目標線性規劃的理想解，是同時使每個目標函數達到最大的一組可行的決策變量，但就具有一組相互矛盾的目標模型，一個可行解是一個目標函數的最優解，通常不會是任何其他目標函數的最優解。然而，多目標規劃的最大優點在於其可處理不同單位的目標，並可考慮目標的權重，使決策者更深入瞭解各多目標間的替代性，並得到一個妥協下的滿意解 (satisfactory solution)，其基本數學模式為： (Goicolvea 1982)

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= [Z_1, Z_2, \dots, Z_p] \\ \text{S.t. } g_i(X) &\leq b_i, i=1, \dots, m \\ X_j &\geq 0, j=1, \dots, n \end{aligned}$$

其中 $Z(X)$ 為多目標之目標函數， $Z_1, \dots, Z_p$ 為 $P$ 個單一目標；而模式中具有 $n$ 個決策變數， $m$ 個限制式及 $P$ 個目標。

由於一個住宅社區包含各種不同的空間資源和人為活動，是一個內在因素相互關聯的複雜系統，此一系統內任一因素的變動，皆可能對系統產生連鎖性或全面性的影響。再者，社區空間資源的規劃，通常具有多重目標，這些目標又多互為抵觸，非單一目標規劃所能解決，而多目標規劃所欲探討的對象，是一個複雜且多元性的系統，其所欲解決的問題是如何在此系統有限的資源下，同時滿足價值互相衝突的多項目標。因此，本研究乃將多目標規劃之觀念納入，並作為住宅社區規劃之主要架構之一。

然而，利用多目標規劃求解，常因決策者偏好進入多目標決策體系之階段不同而異，故決策者於何時進入多目標決策體系乃多目標決策分析 (multi - criteria decision making, 簡稱MCDM) 的重點之一。一般可分為無偏好介入，事前之偏好介入，過程中之偏好介入及事後之偏好介入等四種情況 (Hwang、Paidy & Yoon 1980, Zeleny 1982)。第一種情況常因假設錯誤而誤導決策，致失去多目標規劃之意義，第二種情況係受限於多目標規劃法最大的困難，乃決策者在缺乏完全資訊下，較難決定期望目標值、目標先順序與權重，故只有在事先已有預測計畫的情況下，始能執行本法。第三種情況是使決策者能實際參與決策，並表達偏好，扮演決策主導的地位，且使求解結果更能接近決策者之需要，但亦因此決策者常須有較明確的偏好，才能有效應用此法。第四種情況為決策者在已求解出的非劣解集合 (non-dominated solution set) 中選擇妥協解，故失去求解時考量決策者偏好的機會。

本研究採用「事後之偏好介入」中之MOLP進行決策分析，但在綜合考量住宅社區規劃問題中各個目標時，其彼此間之相關程度，往往是不易明確定義的；而尋求合適的規劃方案時，往往需要決策者的主觀判斷且加入偏好結構，但這種決斷也往往是困難的。因此為克服此困難被建立之模式，必須能客觀地產生一組較合理的解，亦即各目標價值應儘量靠近理想解的各目標值。Zimmermann (Zimmermann, 1991) 提出一種多目標規劃模式的二階段式解決，先求出各個目標的最佳解，將各目標值正規化，其各目標值中，距理想解目標最遠者之差距為最小。然後，以此解之滿意度為參考值，求得另一妥協解，其各目標值距理想解之平均距離為最小，此即為問題之最滿意的妥協解，提供決策者住宅社區資源土地使用之政策決

策。因此，就決策者而言，有實際參與決策過程的機會，並學習到與其他可行解比較的過程。再者，此方法不是在唯一最佳可行解上作強制性的決定，而是在一個可選擇的範圍內作決策，因此，決策者可利用模式來建立與執行，並可藉決策者參與決策的過程，使MOLP扮演支援決策者的重要角色。

Zimmermann求解步驟說明如下：

步驟一：求各單目標最佳值： $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ ；

步驟二：將所得之最佳值代入其他目標函數 $Z_k(X)$ ， $(k=1,2,\dots,p)$ ，求得各個目標函數最佳值與最差值，並建立償還表如下：

表 1 各目標間之償還表

|          | 目標1        | 目標2              | 目標P        |
|----------|------------|------------------|------------|
| $X^1$    | $Z_1(X^1)$ | $Z_2(X^1)$ ..... | $Z_p(X^1)$ |
| $X^2$    | $Z_1(X^2)$ | $Z_2(X^2)$ ..... | $Z_p(X^2)$ |
| $\vdots$ | $\vdots$   | $\vdots$         | $\vdots$   |
| $X^p$    | $Z_1(X^p)$ | $Z_2(X^p)$ ..... | $Z_p(X^p)$ |

步驟三：由求出之單目標最佳值中指定目標 $K$ 之目標期望水準  $U_k$ ，及最差可接受水準  $L_k$ ，建立單目標值之值域表，以建構模糊規劃模式。

其中：

(1) 當在求目標為極大值(max) 時

$$\mu_k = \begin{cases} 0 & \text{if } Z_k \leq L_k \\ \frac{Z_k - L_k}{U_k - L_k} & \text{if } L_k < Z_k \leq U_k \\ 1 & \text{if } Z_k > U_k \end{cases}$$

(2) 當在求目標為極小值(min) 時

$$\mu_k = \begin{cases} 1 & \text{if } Z_k \leq L_k \\ 1 - \frac{Z_k - L_k}{U_k - L_k} & \text{if } L_k < Z_k \leq U_k \\ 0 & \text{if } Z_k > U_k \end{cases}$$

$\mu$  可視為目標  $k$  達成理想解的程度

$\mu_k=1$ 時，表示目標  $k$  完全達到理想解

$\mu_k=0$ 時，表示目標  $k$  完全未達到

步驟四：採用 min-operator 運算法則，將模式改寫如下：

1. 第一階段模糊解：求解最大之模糊多目標滿意度  $\lambda$

max  $\lambda$

st.  $\mu_k \geq \lambda$  ,  $k=1,2,3,\dots,p$

$\lambda \in [0,1]$

$g_i(x) \geq b_i$  ,  $i=1,\dots,m$

$x_j \geq 0$  ,  $j=1,\dots,n$

## 2 · 第二階段模糊解：求解最大之平均滿意度 $\bar{\lambda}$

$$\begin{aligned} \max \lambda &= \frac{1}{3} \sum_{k=1}^p \lambda_k \\ \text{st. } \mu_k &\geq \lambda_k \geq \lambda \\ \lambda_k &\in [0, 1] \\ g_i(x) &\leq b_i, i=1, \dots, m \\ x_j &\geq 0, j=1, \dots, n \end{aligned}$$

表示每個目標達成理想解的程度 ( $\mu_k$ ) 都必須滿足滿意水準 ( $\lambda$ )，而當每個目標之滿意水準達到最大時，相對應的解即為妥協解。

## 三、住宅社區多目標規劃模式

### 一、住宅社區規劃之系統架構

住宅社區規劃內容鉅細靡遺，完整的社區規劃應考慮到室內與室外、個體與群體、建築與景觀。住宅社區的有機構成，包括住宅內部不同功能空間的安排和住宅建築群體之間的組合等問題，住宅內部空間的有機構成，可利用住戶室內活動行為、使用者需求及傢俱設備用品尺寸之分析來建立（何友鋒、王小璘 1993），以滿足人們功能上和心理上的不同需求。住宅外部空間的有機構成則需要考慮多重目標，關係極為複雜，包括多項空間需求，彼此之間相互影響，並受實質、經濟及社會等環境和法令規章等條件所限制，不易獲得滿意的規劃結果，為求開發的工作有所突破，在規劃時必須確定各目標的重要性，各目標可達成的程度如何？此類複雜問題可利用多目標規劃模式模擬之。

住宅社區開發的規劃目標及限制條件包括下列諸項：

### (一) 預期目標

#### 1 · 開發成本目標

住宅社區開發成本主要包括土地成本及住宅建築、公共建築、公共設施、公共設備及綠化工程等造價。其中土地成本是住宅成本結構中所佔的比例最大。近幾年來，由於土地價格不斷地飛漲，地價幾已成為決定一塊土地開發程度的關鍵因素。且由於地價昂貴，社區開發單位必然以其最經濟最有利的方式利用基地，在興建住宅時，則必提高密度以減少每一住宅單位的地價負擔，迫使建築物往高層發展，每層建築物所分擔之土地成本因而隨建築物層數之高低而有別。基本上，同一地區建築樓層愈高，所分攤之土地成本愈低；然因建築層數增加，所需之建築設計條件較嚴，其每建坪工程造價及管理維護費亦隨樓層數增加而增加。社區規劃時選擇住宅建築的層數，是一項非常複雜的工作。因此，在土地資源有限、尋找社區開發成本最小，成為本研究的目標之一。

#### 2 · 開發效益目標

由於住宅社區之興建動輒耗費鉅資，是以其建設支出的用途，必須注重成本與效益的對比，以達到經濟有效之目的。由於判斷其是否經濟之標準，除貨幣的因素外，更包括政治、社會及居民心理的因素，亦即需對內部的或外部的、直接的或間接的、以及有形的或無形的

本益比須加詳盡的分析，方能達到用最小的建設支出得到最經濟效果的目標（李國鼎 1971）。成本效益分析即是一種能符合前述要求之分析方法，其將各種因素加以數量化及貨幣化，藉以判斷各個方案之優劣（連榮寬 1981）。為求對社區各方案之成本效益比之優劣作一客觀及科學化的評估，是以應藉成本效益評估方法來加以評價。以期以最經濟有效之方式達成預期之目標。成本效益分析的方法主要可以分為本益比（benefit-cost ratio）、內部報酬率標準（internal rate of return）以及淨現值模式（net present value）等三種。由於淨現值模式較能反應經濟活動的時間序列，可兼顧現金的現值及折舊性資產成本的回收，且其方法簡便，無論每期現金流量（年金現值）相等與否皆可適用（林豐欽 1975），是以本研究採用淨現值模式進行社區開發之成本效益分析。

### 3．開放空間目標

社區的開放空間對於創造舒適、安靜、衛生和美觀的居住環境產生十分重要的作用。它不僅能改善微氣候、淨化空氣、防止噪音和具有經濟價值，而且還有助於形成多樣化的居住與生活環境，以促進鄰里關係，發揮社會教育功能。因此，進行住宅社區規劃時，留設相當比例的開放空間，亦為社區開發之目標之一。

## （二）限制條件

### 1．土地資源限制

將促使有限的土地資源做合理、有效的使用，以及對於社區用地將採取多目標綜合使用方式規劃，以促進社區之經濟活動，並可增加開發收益。然而此項規劃準則的前提是各種土地使用面積的總和不得超過該社區有限的土地資源。

### 2．建蔽率限制

規定建蔽率限制之目的在於規定一塊建築基地上所應留設的最小空地面積比率，以期能提供居民有更良好的居住生活品質及社區中逃生與防災之功能。

### 3．容積率限制

為建築總樓地板面積佔基地面積之比率。其目的在於管制一塊基地上可供發展之總樓地板面積數量，依此項規定，使住宅規劃具有相當的彈性，可依其需要選擇適當的建築型態與空間配置。

### 4．住宅需求總戶量限制

密度對於住宅的規劃設計是一項非常重要的因素，它代表了使用強度、生活水準和所需付出的代價等。由於不同的國情、地域有不同的密度標準，本研究依據都市計畫之主要計畫與細部計畫對於住宅區之適當密度，來推算此一住宅區之所能負擔之住宅需求量，並加以限制，避免住宅密度過大容納過多的住戶及社區居民人數，而影響社區各種公共設施與設備的服務品質，以有效控制該社區之居住品質。

### 5．各種住宅形式需求比率限制

為確保社區能提供各種不同的住宅形式的組合，滿足各種不同屬性家庭的需求，促進社區健全的發展，因此，社區各種住宅形式需求比率應以合理限制。

### 6．公共設施需求比率限制

住宅社區之規劃將提供住宅居民最佳的實質居住與生活環境，藉以提高住宅居民的居住品質。提供社區居民充足而適宜的公共設施與公共設備，例如公園、綠地、開放空間及便利

與安全的交通系統等，作為居民從事正當休閒活動的空間，並提供應有的生活服務。為使得住宅社區居民在住宅社區興建之後的各種生活所需之活動空間，能在有限的土地資源之下獲得合理的分配，故有必要訂定公共設施需求比率限制，以合理的分配各種活動所需之土地面積。

### 7. 日照限制

住宅之配置應適應地形，配合環境，應考慮日照、通風、採光等因素。其目的，乃是希望藉由最低有效日照之規定，來保障每一棟建築物所應擁有之日照權，以避免陰暗潮濕的居住環境影響居民的身心健康。依建築技術規則規定，為使鄰棟可以有日照，應以在冬至日所造成的永久影為基準，使欲興建之建築物在冬至日所造成之日照陰影，不至於影響到鄰近之基地。本研究則以空地面積必須大於永久影的長度與建築物寬度所形成之乘積面積為計算鄰棟距離的依據。

## 二、模式建立之基本假設

住宅社區規劃之過程非常複雜，為使模式運算與操作得更為合理，並簡化繁瑣的實際狀況，本研究擬訂假設如下：

(一)社區規劃模式有以下四項基本特性：(一)可加性，(二)比例性，(三)確定性，(四)可分割性。如目標或參數無法以一明確之數值予以代表時，則利用模糊規劃來加以處理。

(二)對於模糊規劃的部份，主要是應用Zim-mermann(1978)模型。因此，假設決策者之隸屬函數(membership function)型態為直線，並以最小運算子(min-operator)來組合目標函數。

(三)假設每一種土地使用其單位土地使用面積之間是均質的，亦即每一單位土地使用面積之銷售效益是一致的。

(四)由於各目標之權重無法明確的決定，因此，假設每個目標之重要程度皆是一致而相同的。

## 三、模式建構

依上述住宅社區多目標規劃的系統架構，本模式共有三個目標及七個限制式，其一般式分別說明如下：

### 1. 目標式

#### (1)開發成本最小

$$\min Z1 = \sum_i \sum_j \sum_t C_{ij,t} \cdot X_{ij,t}$$

式中

$C_{ij,t}$ :  $i$  種土地使用  $j$  種建築第  $t$  年的單位成本(元)

$X_{ij,t}$ :  $i$  種土地使用  $j$  種建築第  $t$  年所興建之單位數

#### (2)開放空間最大

$$\max Z2 = A - \sum_i \sum_j \sum_t \frac{FS_{ij}}{Mi_j} \cdot X_{ij,t}$$

式中

$FS_{ij}$  :  $i$  種土地使用  $j$  種建築的單位樓地板面積( $m^2$ )

$M_{ij}$  :  $i$  種土地使用  $j$  種建築的樓層數(層)

$A$  : 社區土地的總面積( $m^2$ )

(3) 開發效益最大

$$\max Z3 = \sum_i \sum_j \sum_t \frac{R_{ij,t} - C_{ij,t}}{(1+r)^t} \cdot X_{ij,t}$$

式中

$R_{ij,t}$  :  $i$  種土地使用  $j$  種建築第  $t$  年的單位效益(元)

$r$  : 貼現率(%)

$t$  : 投資年期(年)

2. 限制式

(1) 土地資源限制

$$X_{ij,t} \leq a_{ij,t}$$

$$\sum_i \sum_j \sum_t X_{ij,t} \leq A$$

$$i \quad j \quad t$$

式中

$a_{ij,t}$  :  $i$  種土地使用  $j$  種建築第  $t$  年所需要的土地面積( $m^2$ )

$A$  : 社區土地的總面積( $m^2$ )

(2) 建蔽率限制

$$\sum_i \sum_j \sum_t \frac{FS_{ij}}{M_{ij}} \cdot X_{ij,t} \leq PB_{ij} \cdot A$$

$$i \quad j \quad t \quad M_{ij}$$

式中

$PB_{ij}$  :  $i$  種土地使用  $j$  種建築基地的建蔽率(%)

(3) 容積率限制

$$\sum_i \sum_j \sum_t FS_{ij} \cdot X_{ij,t} \leq PE_{ij} \cdot A + \Delta FA$$

$$i \quad j \quad t$$

式中

$PE_{ij}$  :  $i$  種土地使用  $j$  種建築基地的容積率(%)

$\Delta FA$  : 獎勵辦法所增加之樓地板面積( $m^2$ )

(4) 住宅需求總量限制

$$\sum_i \sum_j \sum_t X_{ij,t} \leq H$$

式中

$H$  : 住宅的總戶量

(5) 各種住宅需求比率限制

$$\sum_t \sum_j X_{i,j,t} - E_j \sum_t \sum_j X_{i,j,t} \leq 0$$

式中

$E_{i,j}$  : j 種住宅建築的需求比例(%)

(6)公共設施土地需求比率限制

$$\sum_i \sum_t PC_i \cdot X_{i,t} \geq PFi$$

式中

$X_{i,t}$  : i 種公共設施土地第 t 年所需要的面積(m<sup>2</sup>)

$PC_i$  : i 種公共設施土地需求比率 (%)

$PF_i$  : 第 i 種公共設施土地的最小面積(m<sup>2</sup>)

(7)日照限制

$$A - \left( \sum_i \sum_j \sum_t \frac{FS_{i,j}}{Mi_{i,j}} \cdot X_{i,j,t} \right) \geq \cos(h) \cdot \cos(A^0 - \alpha) \cdot \sum_i \sum_j BL_{i,j} \cdot Mi_{i,j} \cdot Ti_{i,j}$$

式中

$BL_{i,j}$  : i 種土地使用 j 種建築物之正面寬度 (m)

$Ti_{i,j}$  : i 種土地使用 j 種建築物之每層樓高度(m)

$h$  : 社區所在位置之冬至日太陽高度角(度)

$A^0$  : 社區所在位置之冬至日太陽方位角(度)

$\alpha$  : 建築物偏向角(度)

(8)非負值限制

$$X_{i,j,t} \geq 0$$

## 四、實例分析

### 一、基本資料

本研究以台中市國安國宅社區規劃為例，說明模式運作之情況。國安國宅社區位於台中市都市計畫區內，居東海大學北面，基地面積為59,800m<sup>2</sup>，分為甲區26,770m<sup>2</sup>以及乙區33,030m<sup>2</sup>；可建地面積為56,650m<sup>2</sup>，分為甲區25,358m<sup>2</sup>以及乙區31,292m<sup>2</sup>，本研究以甲區為模擬對象。根據台中市細部計畫之規定，基地建蔽率為35%，容積率為420%，由於基地條件符合容積獎勵之規定，容積率可提高至556%。

由台中市住宅需求調查結果得知（何友鋒，1995），台中市居民對於住宅形式的需求如下：

1.1D1S（一間雙人房與一間單人房）



2. 1D2S (一間雙人房與二間單人房)
3. 1D3S (一間雙人房與三間單人房)
4. 2D1S (二間雙人房與一間單人房)
5. 2D2S (二間雙人房與二間單人房)

其中需求比較殷切者包含2D2S、2D1S、1D2S，需求比率各為 40%、21%、18%，本研究擬以此三種住宅坪型為本社區之主力產品。社區各種型式之住宅與土地使用的成本與效益分別說明於表 2 及表 3。假設基地內住宅建築配置採南北向排列。建築物偏向角則為  $0^\circ$ ，冬至日太陽方位角為  $0^\circ$ ，高度角為  $42.4^\circ$ ，建築正面平均寬度為 65 公尺。每層樓高度為 3 公尺。

## 二、模式運算結果

表 3 各種土地使用之成本表

| 土地使用  | 面積(m <sup>2</sup> ) | 成本(元/m <sup>2</sup> ) |
|-------|---------------------|-----------------------|
| 開放空間  | X 27                | 5,483                 |
| 道路    | X 28                | 5,483                 |
| 幼稚園   | X 29                | 23,163                |
| 兒童遊樂場 | X 30                | 5,483                 |

步驟一：

本研究先以 LINDO 程式求各單一目標之極佳解 (表 3)。

- 一、開發成本目標最小由計算結果得知，社區開發最小成本約 23 億 8 千萬元，提供 1,026 戶，容積率達 413%，本案最優的住宅形式與型態組合為：

1. 10 層公寓的 1D2S 有 298 戶；
2. 16 層公寓的 2D1S 有 274 戶；
3. 10 層公寓的 2D2S 有 283 戶；
4. 16 層公寓的 2D2S 有 156 戶；
5. 店舖 10 間。
6. 其他 5 戶。

從以上的結果得知，本案住宅形式以三種主力產品為主。就型態而言，其中 10 層樓共有 581 戶，數量最多，約佔總戶數的 60%；16 層樓有 433 戶，佔 40%。建築面積為 8,875 平方公尺，建蔽率為 34.5%，已充分使用。本案開發效益僅 1 億元，結果使住宅社區在規定的文化、社會和公共設備等建設的比例條件下，使購居者的經濟負擔最少。

### 二、開放空間目標最大

由計算結果得知，社區建築面積為 7,149 平方公尺，開放空間高達 11,566 平方公尺，建蔽率僅 28.2%，總共提供 1,026 戶，最優的住宅形式與型態組合為：

1. 10 層公寓的 1D2S 有 102 戶；
2. 14 層公寓的 1D2S 有 151 戶；
3. 16 層公寓的 1D2S 有 48 戶；
4. 16 層公寓的 2D1S 有 275 戶；

5. 16層公寓的2D2S有439戶；

6. 店舖有10間。

表2 各種樓層、住宅形式之開發成本與效益表

| 住宅型態                  | 7樓        | 10樓       | 12樓       | 14樓       | 16樓       |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 住宅形式                  |           |           |           |           |           |
| 1D1S                  |           |           |           |           |           |
| 最小空間(m <sup>2</sup> ) | 76        | 76        | 76        | 76        | 76        |
| 形式                    | A         | A         | A         | A         | A         |
| 成本(元/戶)               | 1,361,258 | 1,384,149 | 1,587,354 | 1,685,089 | 1,701,967 |
| 淨效益(元/戶)              | 19,058    | 41,524    | 79,368    | 96,050    | 95,310    |
| 戶數                    | X1        | X2        | X3        | X4        | X5        |
| 1D2S                  |           |           |           |           |           |
| 最小空間(m <sup>2</sup> ) | 89        | 89        | 89        | 89        | 89        |
| 形式                    | A         | A         | A         | A         | A         |
| 成本(元/戶)               | 1,609,107 | 1,636,166 | 1,849,301 | 1,963,682 | 1,983,350 |
| 淨效益(元/戶)              | 22,527    | 49,085    | 92,465    | 111,930   | 111,067   |
| 戶數                    | X6        | X7        | X8        | X9        | X10       |
| 2D1S                  |           |           |           |           |           |
| 最小空間(m <sup>2</sup> ) | 101       | 101       | 101       | 101       | 101       |
| 形式                    | A         | A         | A         | A         | A         |
| 成本(元/戶)               | 1,818,706 | 1,849,289 | 2,091,099 | 2,220,844 | 2,243,088 |
| 淨效益(元/戶)              | 25,462    | 55,479    | 104,555   | 126,588   | 115,613   |
| 戶數                    | X11       | X12       | X13       | X14       | X15       |
| 1D3S                  |           |           |           |           |           |
| 最小空間(m <sup>2</sup> ) | 106       | 106       | 106       | 106       | 106       |
| 形式                    | A         | A         | A         | A         | A         |
| 成本(元/戶)               | 1,906,038 | 1,938,091 | 2,191,847 | 2,327,995 | 2,351,312 |
| 淨效益(元/戶)              | 26,685    | 58,143    | 109,592   | 132,696   | 131,673   |
| 戶數                    | X16       | X17       | X18       | X19       | X20       |
| 2D2S                  |           |           |           |           |           |
| 最小空間(m <sup>2</sup> ) | 112       | 112       | 112       | 112       | 112       |
| 形式                    | A         | A         | A         | A         | A         |
| 成本(元/戶)               | 2,010,838 | 2,044,652 | 2,312,746 | 2,456,576 | 2,481,181 |
| 淨效益(元/戶)              | 28,152    | 61,340    | 115,637   | 140,025   | 138,946   |
| 戶數                    | X21       | X22       | X23       | X24       | X25       |

|                       |             |                        |         |
|-----------------------|-------------|------------------------|---------|
| 店舖                    |             | 地下室                    |         |
| 最小空間(m <sup>2</sup> ) | 110         | 最小空間(m <sup>2</sup> )  | 與建蔽率面積同 |
| 形式                    | A           | 形式                     | A       |
| 成本(元/戶)               | 2,395,584   | 成本(元/m <sup>2</sup> )  | 19,000  |
| 淨效益(元/戶)              | 1,676,908.8 | 淨效益(元/m <sup>2</sup> ) | 950     |
| 戶數                    | X26         | 空間                     | 與建蔽率面積同 |

表4 單目標之最佳解一覽表

| 目標             | 成本目標<br>(萬元) | 建築面積<br>目標(m <sup>2</sup> ) | 效益目標<br>(萬元) |
|----------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| 住宅形式<br>(住宅型態) | 238334.7     | 7149.02                     | 19360.35     |
|                | 戶數 (戶)       |                             |              |
| X1(7F)         | 0            | 0                           | 0            |
| X2(10F)        | 0            | 0                           | 77           |
| X3(12F)        | 0            | 0                           | 0            |
| X4(14F)        | 0            | 0                           | 0            |
| X5(16F)        | 0            | 0                           | 0            |
| X6(7F)         | 0            | 0                           | 0            |
| X7(10F)        | 298          | 102                         | 49           |
| X8(12F)        | 0            | 0                           | 0            |
| X9(14F)        | 0            | 151                         | 0            |
| X10(16F)       | 3            | 48                          | 253          |
| X11(7F)        | 1            | 1                           | 0            |
| X12(10F)       | 1            | 0                           | 0            |
| X13(12F)       | 0            | 0                           | 0            |
| X14(14F)       | 0            | 0                           | 191          |
| X15(16F)       | 274          | 275                         | 85           |
| X16(7F)        | 0            | 0                           | 0            |
| X17(10F)       | 0            | 0                           | 0            |
| X18(12F)       | 0            | 0                           | 0            |
| X19(14F)       | 0            | 0                           | 0            |
| X20(16F)       | 0            | 0                           | 175          |
| X21(7F)        | 0            | 0                           | 0            |
| X22(10F)       | 283          | 0                           | 0            |
| X23(12F)       | 0            | 0                           | 0            |
| X24(14F)       | 0            | 0                           | 0            |
| X25(16F)       | 156          | 439                         | 438          |
| X26(店舖)        | 10           | 10                          | 20           |
| 總戶數            | 1016+10      | 1016+10                     | 1268+20      |

| 土地使用       | 用地面積 (m <sup>2</sup> ) |       |      |
|------------|------------------------|-------|------|
| X27(開放空間)  | 9840                   | 11566 | 8945 |
| X28(道路)    | 1268                   | 1268  | 1268 |
| X29(幼稚園)   | 1200                   | 1200  | 1200 |
| X30(兒童遊樂場) | 4175                   | 4175  | 5072 |

從以上的結果可知，本案住宅形式亦以三種主力產品為主，由此本案目標尋求最大開放空間，因此，小坪數的1D2S數量超過需求116戶。就型態而言，其中10層樓只有102戶，約佔總戶量的10%；14層樓有151戶，佔15%；16層樓則有762戶，佔75%。本案建物平均樓層提高，可使建築物的間隔增大，形成一個具有自由度的生活空間，可以用來配置各種公共設

施、停車場、綠地等，有助於社區土地多功能的利用。由於節省建築面積，同時也降低了室外工程造價、維護費用以及減少道路交通建設。

### 三·開發效益最大

由計算結果得知，社區開發最大效益約 1 億 9 仟萬元，共提供 1,288 戶，最優的住宅形式與型態組合為：

1. 10 層公寓的 1D1S 有 77 戶；
2. 10 層公寓的 1S2S 有 49 戶；
3. 16 層公寓的 1D2S 有 253 戶；
4. 14 層公寓的 2D1S 有 191 戶；
5. 16 層公寓的 2D1S 有 85 戶；
6. 16 層公寓的 1D3S 有 175 戶；
7. 16 層公寓的 2D2S 有 438 戶；
8. 店舖有 20 間。

從以上的結果可知，本案除三種主力產品外，還增加了 1D1S 及 1D3S 兩種形式的住宅。就住宅型態而言，其中 10 層樓共有 126 戶，約佔總戶量的 10%；14 層樓有 191 戶，佔 15%；16 層樓則有 776 戶，約佔 75%。建蔽率為 34.9%，容積率為 514%，本案在開發效益最大的目標要求下，住宅建築組合選擇效益較高之 16 層樓住宅單位為主，並開發至最大之社區空間容量。規劃結果使社區在規定的公共設施建設的要求下，能獲得最大的社區住宅增長量及投資效益。

#### 步驟二：

將步驟一所得之單一目標極佳解的變數值代入其他兩個目標之目標算式中，求出其他目標值（表 5）。由表 5 可以確定各項單一目標目標值之值域，即目標值之期望水準  $L$  與可接受水準  $U$ ，如表 6 所示。戶數之值域介於 1016—1270 戶，店舖則介於 10—20 戶。

表 5 單一目標之償付表

| 變數組   | 目標 | 成本目標<br>(萬元) | 建築面積<br>目標( $m^2$ ) | 效益目標<br>(萬元) |
|-------|----|--------------|---------------------|--------------|
| $X^1$ |    | 238334.7     | 8875.25             | 11069.72     |
| $X^2$ |    | 253955.8     | 7149.02             | 14352.17     |
| $X^3$ |    | 314038.7     | 8873.09             | 19360.35     |

表 6 單一目標目標值之值域表

| 目錄    | 成本目標<br>(萬元)   | 建築面積<br>目標( $m^2$ ) | 效益目標<br>(萬元)   |
|-------|----------------|---------------------|----------------|
| 目標值值域 | $L_1$ 238334.7 | $L_2$ 7149.02       | $U_3$ 11069.72 |
|       | $U_1$ 314038.7 | $U_2$ 8875.25       | $L_3$ 19360.35 |

#### 步驟三：

依表 6 之目標值值域範圍，建立多目標規劃算式，求解第一階段模糊多目標解，並以第一階段之滿意度限制於第二階段模糊多目標解，以求出各項目標滿意度皆為最佳之模糊解（表 7），其中第二階段之模糊解滿意度在設定每一目標滿意度達 0.673 以上時，可以使開發

成本目標值約為26億，滿意度達到0.687；建築面積目標值為7,503平方公尺，滿意度達到0.795；效益目標值為1 億 6千萬元，滿意度達到0.675。三個目標之平均滿意度可達0.719，皆非最大或最小，因此，其各目標值雖非其他方案中之最佳者，卻是兼顧三個目標的前提下所得之非劣解。本案共提供1,072戶，其組合如下：

表7 多目標規劃模式模糊優化之求解結果表

|                             | 第一階段多目標<br>求解解答       | 第二階段多目標<br>求解解答 | 經與決策者互動後<br>之多目標求解解答 |           |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------|-----------|
| 滿意度                         | 0.673                 | 0.719           | 0.535                | 0.455     |
| 成本目標<br>(萬元)                | 262831.20             | 262044.40       | 245896.70            | 296727.60 |
|                             |                       | 滿意度0.687        | 滿意度0.9               | 滿意度0.229  |
| 建築面積<br>目標(m <sup>2</sup> ) | 7713.92               | 7503.14         | 8036.37              | 8466.52   |
|                             |                       | 滿意度0.795        | 滿意度0.486             | 滿意度0.237  |
| 效益目標<br>(萬元)                | 16749.64              | 16662.27        | 12887.17             | 18532.09  |
|                             |                       | 滿意度0.675        | 滿意度0.220             | 滿意度0.9    |
| 住宅形式<br>(住宅型態)              | 戶數 (戶)                |                 |                      |           |
| X1(7F)                      | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X2(10F)                     | 36                    | 31              | 0                    | 73        |
| X3(12F)                     | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X4(14F)                     | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X5(16F)                     | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X6(7F)                      | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X7(10F)                     | 70                    | 73              | 67                   | 47        |
| X8(12F)                     | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X9(14F)                     | 0                     | 0               | 1                    | 0         |
| X10(16F)                    | 231                   | 228             | 233                  | 254       |
| X11(7F)                     | 0                     | 0               | 1                    | 1         |
| X12(10F)                    | 0                     | 0               | 275                  | 0         |
| X13(12F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X14(14F)                    | 276                   | 276             | 0                    | 275       |
| X15(16F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X16(7F)                     | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X17(10F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X18(12F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X19(14F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X20(16F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X21(7F)                     | 0                     | 0               | 9                    | 0         |
| X22(10F)                    | 0                     | 1               | 0                    | 0         |
| X23(12F)                    | 0                     | 0               | 0                    | 0         |
| X24(14F)                    | 187                   | 0               | 1                    | 0         |
| X25(16F)                    | 252                   | 438             | 429                  | 543       |
| X26(店舖)                     | 20                    | 20              | 10                   | 20        |
| 總戶數                         | 1052+20               | 1047+20         | 1016+10              | 1193+20   |
| 土地使用                        | 用地面積(m <sup>2</sup> ) |                 |                      |           |
| X27                         | 10915                 | 11138           | 10679                | 9574      |
| X28                         | 1268                  | 1268            | 1268                 | 1268      |
| X29                         | 1200                  | 1200            | 1200                 | 1200      |
| X30                         | 4261                  | 4249            | 4175                 | 4849      |

1. 10層公寓的1D1S有31戶；
2. 10層公寓的1D2S有73戶；
3. 16層公寓的1D1S有228戶；
4. 14層公寓的2D1S有276戶；
5. 16層公寓的2D2S有438戶；
6. 店舖有20間。

其中10層樓共有106 戶，約佔總戶量的10% ；14層樓有276 戶，約佔26% ；16層樓有666 戶，約佔64% 。從以上的結果得知，社區開發各規劃目標之間常常是互相影響和牽制的，不能同時達到最優解，這就需要在各種目標的最優解之間進行協調，相互妥協，以便取得整體最優方案。

#### 步驟四：

步驟三所求出之模糊解，乃是平均滿意度最大之模糊解，使模式所建立的三個目標皆可以達到最大之滿意度，為三個目標經過妥協所得之非劣解。為使決策者不僅有實際參與決策過程的機會，並學習到與其他可行解比較的過程，模式可以藉由規劃者與決策者之間的互動，更改滿意度、權重、目標值或限制條件輸入模式，經運算後產生另幾組非優勢解，供決策者選擇。如表 7 第 3、4 列顯示成本目標及效益目標之滿意度分別改為0.9 之求解結果。這些結果可以幫助決策者評估住宅建築型態與社區空間組合的替選方案，並選出最適的社區空間結構，創造經濟、舒適、便利的居住及生活環境。

## 五、結論及建議

住宅社區規劃內容經緯萬端，隨著住宅社區重要性之日愈提昇，問題亦愈錯綜複雜，如何透過系統規劃方法，兼顧實質與非實質層面之多重要求，是為未來住宅社區規劃之重要課題。本研究應用多目標規劃技術，建立住宅社區規劃模式，突破傳統線性規劃單一目標之限制，利用一不需決策者偏好結構之求解方法，能在有限之資源下，同時滿足多項目標，並在目標相互衝突之情形下，透過多目標規劃模式之演繹，求取非劣解，其結果更加符合客觀性與實際性。

#### 本研究有下列幾點結論：

- 1．社區住宅由不同的形式與型態的建築所組成，最適的組合取決於社區的內外規劃條件，這些條件在每一社區中的作用都具有其獨特性，因此，在每一具體情況下，都要通過幾種具有不同空間組合的替選方案的評估與比較，以選出最適的方案，作為細部設計的依據。

- 2．本研究以系統分析的方法，同時考慮住宅社區規劃之成本、效益、環境品質三個目標及有關的限制條件，並利用多目標規劃的技術建構數學模式，有效地解決社區規劃的多目標問題。

3．本模式利用一客觀之求解法，取得滿意度較高的一組妥協解，克服了決策者偏好結構不易取得之缺點。

本研究有下列幾點建議：

1．國內住宅專家對社區規劃與設計，累積了許多寶貴的知識與經驗，可利用人工智慧的技術建立一套專家系統，輔助決策者進行社區規劃問題的分析與評估。

2．社區規劃是一項複雜且牽涉層面很廣的工作，一個重大的決策不能由單獨一個人決定，由於不同的偏好，因此有必要結合群體決策理論作深入探討，使規劃工作更符合實際的需要。

3．本模式可與電腦輔助設計技術相結合，建立兼具質化與量化特性之綜合系統分析模式，促進住宅社區規劃自動化的功能。

4．本研究僅就多目標規劃觀點探討均質性住宅社區空間的規劃，未來可結合多目標規劃與地理資訊系統（GIS）的技術，應用於山坡地住宅社區開發評估體系，使山坡地住宅社區土地使用更臻合理。

### 參考文獻

- 1 · Ben-Shahar, H. et al, 1969, "Town Planning and Welfare Maximisation: A Methodological Approach" <Regional Science.1>, pp.105-113, London.
- 2 · Herowx, R.L & Wallace, W.A., 1975, <Financial Analysis and the New Community Development Process>, Praeger, New York.
- 3 · Ho Yu-Feng, 1983, "Optimum Housing Rehabilitation Plan" ,<Modern Construction of Architecture and Civil Engineering>, No.4, p.77, Taipei.
- 4 · Ho Yu-Feng,1992, "Housing Planning through Goal Programming Approach" , <Journal of Planning and Design>, No.1, pp.21-34, Taichung.
- 5 · Kuhn, H.W. & Tucker, A.M.,1951, "Nonlinear Programming" ,<Proceeding of the Second Berkeley Symposium on Mathematic Statistics and Probability>, pp.481-492, Berkeley.
- 6 · Goicolchea, A. et al, 1982,<Multi-objective decision Analysis with Engineering and Business Applications>, pp.9-23.
- 7 · Hwang, C.L. Paidy, S.R. & Yoon, K., 1980, "Mathematical Programming with Multiple objective: A Tutorial" ,<Computer and Operation Research>, Vol.7, p.6.
- 8 · Zeleny, M., 1982, <Multiple Criteria Decision Making> , pp.87-92, McGraw-Hill, New York.
- 9 · Zimmermann, H.J., 1991, <Fuzzy Set Theory and Its Applications>, 2ndEd, pp.265-272, Kluwer Academic Publisers.
- 10 · 何友鋒、王小璘, 1993, <國民住宅空間標準之建立>, p.180, 內政部建築研究所籌備處, 台北。
- 11 · 李國鼎, 1971, "財政政策之研究「地方財政的改進方向」" , <中國財政季刊第47期>, p.2, 台北。
- 12 · 連榮寬, 1981, <台北市舊市區空地開發對財政影響之分析> , 中興大學都研碩論。
- 13 · 林豐欽譯, 1975, Garrison, R.H原著, <管理會計—規劃、控制及決策> , 下冊, pp.742-746, 天一書局, 台北。
- 14 · 何友鋒、王小璘, 1995, <台中市住宅建設計畫之規劃> , pp.118-120, 台中市政府國宅局。

### 誌謝

本研究承蒙國科會專題(NSC 84-2415-H-029-001)與台中市政府國宅局研究補助, 及審查委員所提供之寶貴意見, 使本研究更臻充實, 特此致謝。



# A Study on Multiple Objective Housing Estate Planning

Yu-Feng Ho<sup>1</sup>, Chien-Yu Lin<sup>1</sup>, Hsiao-Lin Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Architecture, Tunghai University.

<sup>2</sup>Graduate School of Landscape Architecture, Tunghai University.  
Taichung, Taiwan, R.O.C.

(Date Received : March 5, 1996 ; Date Accepted : July 16, 1996)

## Abstract

The establishment of housing estate is affected by a number of factors. The main purpose of this study is to formulate a mathematical model by using multiple objective programming. In order to deal with the uncertain objective values. It employs fuzzy set theory to solve the model to find the satisfactory solution for a given situation. A new housing estate currently under construction by the Bureau of Housing and Urban Development, Taiwan Provincial Government, is studied. The results show that this method provides a tool for comparing and evaluating housing estate planning effectively.

**Key Words :** Housing Estate Planning 、 Multiple Objective Linear Programming Model 、 Non-dominated Solution.

