

分析層級程序研選海埔地的最佳化利用

The Optimal Solution of Tidal Land Uses by Analytic Hierarchy Process

國立中山大學海洋資源系副教授

王 松 賓

Sung-bin Wang

摘 要

應用分析層級程序法研選海埔地做為水產養殖、農漁牧綜合經營和農作物栽植等農用方式，其優先向量和分別為0.435, 0.425及0.140。這項研究結果與真實狀況至為相符，即海埔地最佳化農用方式為水產養殖，農漁牧綜合經營次之。自然條件—水文氣象，經濟條件—對都市人口的服務性和自然條件—地質地化等組合變項為海埔地最佳化農用首要考量的三個因素組。

Abstract

Analytic Hierarchy Process is applied in search of a solution of tidal land uses. Results in terms of system eigen vector for aquaculture, integrated farming and agriculture are 0.435, 0.425 and 0.140 respectively, showing that aquaculture is the optimum choice of tidal land using among three possible uses. The three most important scenarios' pairs for the above choice are natural condition-climate, economical condition-service to the metropolitan people, and natural condition-geochemistry of tidal land respectively.

前 言

本省海埔新生地約有五萬餘公頃，對土地資源欠缺的我國而言，彌足珍貴。任何不適的開發決策對上項資源將造成莫大的損失。自民國四十八年的新竹實驗區開始至民國七十三年止，本省海埔地的開發利用，已歷經廿五載，開發利用面積約為9,500公頃，其中約有半數做為農用土地，其餘是為港埠、住宅和塩田用地⁽¹⁾。

過去，農用海埔地開發之規劃設計，其決策之農用方式計有稻作生產，水產養殖和農漁牧綜合經

營等。然而，隨着經濟的發展，社會結構的改變及國民消費形態的轉變，對未來海埔地的農用方式是否亦須適切的調整，以免造成珍貴土地資源的浪費。況且海埔地的開發工程比陸上土地的開發工程來得艱苦，其開發成本亦比陸上土地開發工程成本高。因此，如何決定未來海埔地的最佳農用方式至為重要，而做這種重要的決策必須要有客觀且準確的資訊，提供決策者做決策的參考依據。因為足够的管理決策資訊量將可降低決策者對決策農用方式的冒險程度。

傳統上，管理決策者除憑經驗和直覺法則外，

常用線性規劃或動態規劃等作業研究技術獲取決策用資訊，這種作業研究技術對決策或計畫評估標準，均以考慮成本效益之分析為重點，或配以權數比重來進行評比。在某特定的資源分配及利用，作業研究技術確有其特殊的功效。不過，當決策者要從事諸如海埔地資源對國家整體利益、資源開發利用的衝突，資源所在地的自然及社會條件等非數量化之影響因素時，前述的作業研究方法很難提供客觀且準確的管理資訊做為決策者選取運用。

自從薩帝 (Thomas L. Saaty) 首創分析層級程序法後⁽²⁾，經歷多次修正推廣應用，使該方法成功地運用於工程規劃技術和資源的分配利用工作⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。由於海埔地資源為國家永久基業，它的開發與利用將影響後代子子孫孫，因此為獲取海

埔地最佳化利用策略之管理決策資訊，以協助降低決策的冒險程度，分析層級程序法似乎可以引用，再揉合國情，建立爾後海埔地開發利用之研選策略模式。

因此，本研究將先以海埔地的農用方式為題，探討比對海埔地利用現況，以驗證分析層級程序法的適用情形，並將其應用模式導出，供其他相關之資源開發工程方案或工程規劃技術等綜合性問題之研選策略參考。

研究設計及方法

本研究設計先以海埔地最佳農用方式問題訪問學者、政府官員及經營者，將他們的意見匯集後，把問題簡化為要素層級系統 (圖 1)。藉名義尺度

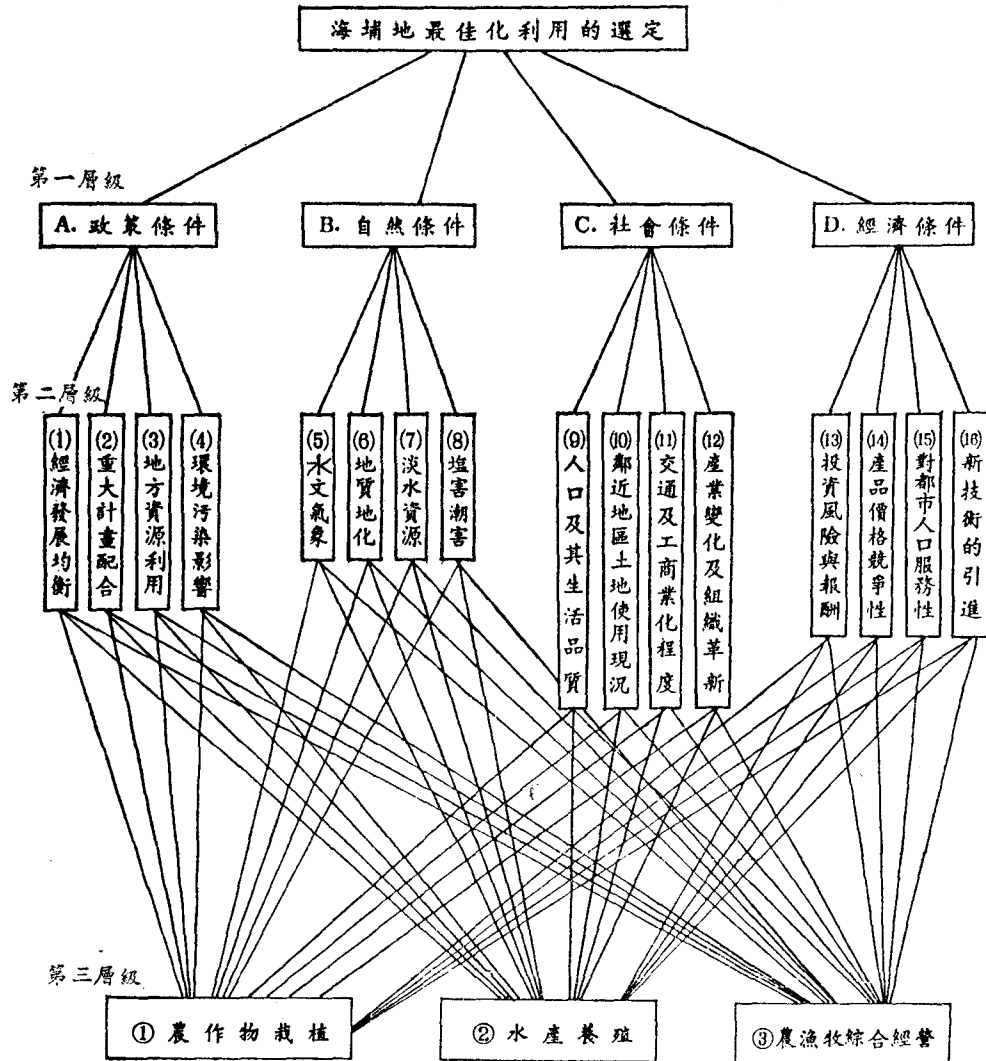


圖 1 海埔地最佳化利用選定策略層級系統

(Nominal scale) 作要素的成偶比對，予以量化後建立比對矩陣，據以求得特性向量 (Eigenvector, 作為各層級的優先向量 (Priority vector)，並求出最大特性根 (Maximum eigenvalue)，用以檢核評估其一致性指標及一致性比

率。

比對矩陣的求設是應用成偶比對 (Pair-wise Ratio Allocation) 方式將兩項因子成對比較，其相對重要度比率分別設定如下：

[列(a_i)/行(a_j)] ⇒

絕強	極強	頗強	稍強	等重	稍弱	頗弱	極弱	絕弱
5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5

比對矩陣元素的求設是採用問卷調查 (如附件)，受訪者成員包括行政院農業委員會、經濟部水資會、臺灣省水利局、臺灣省環境保護局、嘉義縣政府、布袋及東石鄉公所、國立中山大學和中華顧問工程司等有關部門主管及其所屬人員、研究生等90人。問卷回收 (69份) 後以頻度最多者 (超過問卷數30%) 做為各矩陣的元素。如頻度未超過30%時，再由中山大學教授10人及研究生15人的問卷結果決定比對矩陣元素。

優先向量、最大特性根、一致性指標及比率等計算模式應用薩帝氏的計算公式⁽²⁾⁽⁷⁾，由自撰電腦程式 (如附件) 經中山大學電算中心之 Cyber 170/815求之。

(1) 優先向量

$$V = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{標準化}} \begin{pmatrix} \frac{C_1}{\sum_{k=1}^n C_k} \\ \frac{C_2}{\sum_{k=1}^n C_k} \\ \vdots \\ \frac{C_n}{\sum_{k=1}^n C_k} \end{pmatrix}$$

式中 $C_1 = [a_{11} \times a_{12} \cdots a_{1n}]^{\frac{1}{n}}$

(2) 最大特性根

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{d_k}{\left(\frac{C_k}{\sum_{k=1}^n C_k} \right)}$$

$$\begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} C_1 \\ \frac{\sum_{k=1}^n C_k}{C_2} \\ \vdots \\ C_n \\ \frac{\sum_{k=1}^n C_k}{C_n} \end{pmatrix}$$

$$d_1 = \frac{\sum_{k=1}^n a_{1k} C_k}{\sum_{k=1}^n C_k}$$

(3) 一致性指標 (Consistency Index)

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

(4) 一致性比率 (Consistency Ratio)

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$$

式中 R.I. (Random Index) 為

n = 3, 4
R.I. = 0.50, 0.90.....

(5) 系統一致性比率 (Consistency Ratio of the Hierarchy)

$$C.R.H. = \frac{C_H}{\bar{C}_H}, C_H = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_{ij}} W_{ij} U_{i,j+1} + 1$$

\bar{C}_H = 相對之隨機指標

式中 n_j : 第 j 層所含元素的數目

W_{ij} : 第 i 個元素之權量值

$U_{i,j+1}$: j+1 層對第 j 層 i 元素的一致性指標

結果與討論

海埔地最佳化農用方式層級系統的第一層級之比對矩陣元素、優先向量、最大特性根，一致性指標和一致性比率如表一。在系統的這一層級四個變項中，一致認為自然條件的相對重要性最為重要（0.52），經濟條件變項次之（0.25）。也就是說，決策者考慮海埔地最佳化農用方式時，自然條件的適合性與否，是為最優先的考量的變項。

表一 第一層級各變項的比對矩陣，優先向量，最大特性根，一致性指標和比率

	[1.00	.33	2.00	.50]
	[3.00	1.00	3.00	2.00]
	[.50	.33	1.00	.50]
	[2.00	.50	2.00	1.00]
MATRIX (1)	V = [.14 .52 .09 .25]			
	XMAX = 4.19			
	C.I. = .06			
	C.R. = .07			

表二為系統第二層級各組變項之各比對矩陣元素，優先向量、最大特性根、一致性指標和一致性比率。在政策條件組下（Matrix 2）各變項間的相對重要度，以經濟發展均衡的考慮最為重要（0.39）重大計畫配合次之（0.31）。在自然條件組下（Matrix 3）各變項間的相對重要度，以水文氣象的考量最為重要（0.52），地質地化次之（0.30）。在社會條件組下（Matrix 4）各變項間的相對重要度，以產業變化及組織革新的考慮最為重要（0.47），鄰近地區土地使用現況次之（0.29）。最後，在經濟條件組下（Matrix 5）各變項間相對重要度，以對都市人口的服務性最為重要（0.65），產品價格的競爭性次之（0.14）。

表二 第二層級各組變項的比對矩陣優先向量，最大特性根，一致性指標和比率

	[1.00	1.00	2.00	4.00]
	[1.00	1.00	1.00	4.00]
	[.50	1.00	1.00	4.00]
	[.25	.25	.25	1.00]
MATRIX (2)	V = [.39 .31 .25 .05]			
	XMAX = 4.23			
	C.I. = .08			
	C.R. = .09			
	[1.00	2.00	3.00	4.00]
	[.50	1.00	3.00	3.00]
	[.33	.33	1.00	3.00]
	[.25	.33	.33	1.00]
MATRIX (3)	V = [.52 .30 .13 .05]			
	XMAX = 4.36			
	C.I. = .12			
	C.R. = .13			

	[1.00	.50	.33	.33]
	[2.00	1.00	3.00	.50]
	[3.00	.33	1.00	.50]
	[3.00	2.00	2.00	1.00]
MATRIX (4)	V = [.08 .29 .16 .47]			
	XMAX = 4.38			
	C.I. = .13			
	C.R. = .14			

	[1.00	1.00	.25	1.00]
	[1.00	1.00	.25	2.00]
	[4.00	4.00	1.00	3.00]
	[1.00	.50	.33	1.00]
MATRIX (5)	V = [.11 .14 .65 .10]			
	XMAX = 4.25			
	C.I. = .08			
	C.R. = .09			

雖然自然條件組及社會條件組下各變項的一致性指標（0.12及0.13）略大於0.10，但該項結果對整個系統的一致性並未構成影響（表四），因而該二組的矩陣元素沒有重新調查，以原問卷的相對頻度為矩陣元素。造成一致性指標偏高的原因乃是受訪者對各變項的意義不甚清楚，以及各變項內涵的設計不甚恰當，使得受訪者的意見略為分散。

表三（Matrix 6~Matrix 21）為系統第三層級（農作物栽植、水產養殖和農漁牧綜合經營）各組對第二及第一層級的比對矩陣元素、優先向量、最大特性根、一致性指標和一致性比率。各組的一致性指標均小於0.10，顯示受訪者的意見一致。

表三. 第三層級各組對第二及第一層級的比對矩陣，優先向量，最大特性根，一致性指標和比率

	[1.00	.25	.20]
	[4.00	1.00	.33]
	[5.00	2.00	1.00]
MATRIX (6)	V = [.09 .28 .63]		
	XMAX = 3.09		
	C.I. = .04		
	C.R. = .07		

	[1.00	.33	.25]
	[3.00	1.00	.33]
	[4.00	3.00	1.00]
MATRIX (7)	V = [.12 .27 .61]		
	XMAX = 3.07		
	C.I. = .04		
	C.R. = .06		

	[1.00	.25	.25]
	[4.00	1.00	.50]
	[4.00	2.00	1.00]
MATRIX (8)	V = [.11 .34 .55]		
	XMAX = 3.05		
	C.I. = .08		
	C.R. = .05		

	[1.00	1.00	.33]
	[1.00	1.00	.33]
	[3.00	3.00	1.00]
MATRIX (9)	V = [.20 .20 .60]		
	XMAX = 3.00		
	C.I. = .00		
	C.R. = .00		

MATRIX (10)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .50 \\ 3.00 & 1.00 & 2.00 \\ 2.00 & .50 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .16 & .54 & .30 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 0.31
 C.I.= .00
 C.R.= .01

MATRIX (11)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .50 \\ 3.00 & 1.00 & 2.00 \\ 2.00 & .50 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .16 & .54 & .30 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.01
 C.I.= .00
 C.R.= .01

MATRIX (12)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .33 \\ 3.00 & 1.00 & 2.00 \\ 3.00 & .50 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .14 & .53 & .33 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.05
 C.I.= .03
 C.R.= .05

MATRIX (13)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .25 & .33 \\ 4.00 & 1.00 & 3.00 \\ 3.00 & .33 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .12 & .61 & .27 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.07
 C.I.= .04
 C.R.= .06

MATRIX (14)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .25 \\ 3.00 & 1.00 & .33 \\ 4.00 & 3.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .12 & .27 & .61 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.07
 C.I.= .04
 C.R.= .06

MATRIX (15)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .33 \\ 3.00 & 1.00 & .50 \\ 3.00 & 2.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .14 & .33 & .53 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.05
 C.I.= .03
 C.R.= .05

MATRIX (16)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .25 \\ 3.00 & 1.00 & .33 \\ 4.00 & 3.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .12 & .27 & .61 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.07
 C.I.= .04
 C.R.= .06

MATRIX (17)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .33 \\ 3.00 & 1.00 & .50 \\ 3.00 & 2.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .14 & .33 & .53 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.05
 C.I.= .03
 C.R.= .05

MATRIX (18)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .25 \\ 3.00 & 1.00 & .33 \\ 4.00 & 3.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .12 & .27 & .61 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.07
 C.I.= .04
 C.R.= .06

MATRIX (19)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .25 & .25 \\ 4.00 & 1.00 & 1.00 \\ 4.00 & 1.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .11 & .44 & .44 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.00
 C.I.= .00
 C.R.= .00

MATRIX (20)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .25 \\ 3.00 & 1.00 & .50 \\ 4.00 & 2.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .12 & .32 & .56 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.02
 C.I.= 0.1
 C.R.= 0.2

MATRIX (21)
$$\begin{bmatrix} 1.00 & .33 & .33 \\ 3.00 & 1.00 & .50 \\ 3.00 & 2.00 & 1.00 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} .14 & .33 & .53 \end{bmatrix}$$

 XMAX= 3.05
 C.I.= .03
 C.R.= .05

表四為整個系統的一致性比率及三組農用方式的優先向量總和。系統的一致性比率為 0.056 (小於0.10)，一致性程度滿意，顯示受訪者對海埔地未來使用狀況的瞭解，均有一致性的看法。換句話說，他(她)們研選的農用方式與“真實狀況”(Reality)相去不會太遠。

表四. 系統的一致性比率及三組農用方式之各優先向量

 * [C. R. H.] = .056 *
 * [SUM (1)] = .140 *
 * [SUM (2)] = .435 *
 * [SUM (3)] = .425 *

經由分析層級程序方法研選的最佳化農用方式(表四)，以水產養殖為最佳(0.435)，農漁牧綜合經營次之(0.425)。不過二者之間的差異不大，倒是與農作物栽植的差異較大。換句話說，未來海埔地的最佳化利用，應朝水產養殖及農漁牧綜合利用方式規劃開發。

為比對驗證分析層級程序的適用情形，經探訪現場調查新竹、彰化、台西、鰲鼓好美里和曾文海埔地的農用現況(表五)，發現彰化海埔地寓埔區及王功區原規劃決策為稻作區，但是後來却大部份改為魚塭用地，從事水產養殖。鰲鼓海埔地原規劃的作物農地及魚塭地，也略為改變。好美里、台西、曾文和新竹海埔地的改變不大或沒有改變，仍以水產養殖為其農用方式。此項調查結果與本研究結果相符。

分析層級程序法除了提供整個系統的決策農用方式，也能提出系統之前二層級的相對重要度資訊，供決策者參考，並指出那些影響因子(各組變項)最為重要，以便對這些因子做更多的考量，或研

表五 農用海埔地原規劃設計及使用現況

地 區 別	原 規 劃 農 用 方 式 ⁽⁸⁾	使 用 現 況	備 註
新竹海埔地	稻作水田 215公頃 魚塭地 11公頃	稻作蔬菜用地 215公頃 魚塭地(兼養鴨) 11公頃	
彰化海埔地	1.寓埔區 稻作水田 549公頃 魚塭地 123公頃 2.王功區 稻作水田 343公頃	稻作水田 5公頃 魚塭地 664公頃 稻作水田 10公頃 魚塭地 333公頃	* 民國68年全部改爲工業用地，現在又停止開發。
台西海埔地	魚塭地 657公頃	(同左)	
鰲鼓海埔地	作物農地 702公頃 魚塭地 43公頃 畜舍地 26公頃	作物農地 431公頃 魚塭地 148公頃 畜舍地 26公頃	* 臺糖公司之自營農場 * 166公頃尚未利用
好美里海埔地	魚塭地 143公頃	(同左)	
曾文海埔地	魚塭地 1242公頃	魚塭地 1150公頃 漁牧地 21公頃 其 他 71公頃	* 其他爲水產試驗所用地

求更多的資訊量，來協助決策者做最佳的決策。表六爲第一層級四個變項以及各變項所屬第二層級變項之優先向量的乘積順序。在這十六組的變項組合中，以自然條件—水文氣象組的優先向量乘積最大(0.273)，經濟條件—對都市人口服務性組(表六. 第一、二層級各組變項間優先向量乘積順序

{B-5}	{ .273}
{D-15}	{ .163}
{B-6}	{ .156}
{B-7}	{ .066}
{A-1}	{ 0.54}
{A-2}	{ 0.43}
{C-12}	{ .041}
{D-14}	{ .036}
{A-3}	{ .043}
{B-8}	{ .029}
{D-13}	{ .028}
{C-10}	{ .026}
{D-16}	{ .025}
{C-11}	{ .014}
{A-4}	{ .007}
{C-9}	{ .007}

0.163) 次之，自然條件—地質地化組(0.156) 又次之，自然條件—淡水資源組(0.066) 更次之，政策條件—經濟發展均衡組(0.054) 排名第五位。反之，相對重要度小者爲政策條件—環境污染影響組及社會條件—人口及其生活品質組。

綜合前述研究結果發現，架構系統層級和各層變項內容的研訂是分析層級程序法的關鍵步驟。一個層級分明，變項定義明確，且參與評點的工作人員具有代表性，並能把握內容真義，則所得的比對矩陣元素愈趨正確，其推衍所得的資訊與「真實狀況」，愈爲相符。在一項資源對國家的整體利益居重要者，或資源所在地受自然及社會經濟條件等非數量化因素影響時，最佳化利用策略的研選或分配有限資源的用途等，推薦參考引用分析層級程序法，以提供管理決策者做爲決策的參考依據。

結 論

應用分析層級程序法推衍所得海埔地最佳化農用方式爲水產養殖，農漁牧綜合經營次之，其結果與「真實狀況」至爲相符。自然條件—水文氣象，經濟條件—對都市人口的服務性和自然條件—地質

地化等組合變項為海埔地最佳化農用首要考量的三個因素組。一個完美的分析層級程序法有賴架構清晰的層級及妥當地研訂其變項，且該法值得推廣應用於有關資源開發工程方案或工程規劃技術等綜合性問題之研選策略參考。

參 考 文 獻

1. 王松賓，“海埔地開發對自然環境影響之評估內涵研究”，土木水利，第十一卷，第四期，第35—43頁，(1985)。
2. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process, Mc GRAW-HILL INTERNATIONAL BOOK COMPANY, New York, pp. 1—85 (1980).
3. 吳調輝，工業區開發策略研究，環球經濟社，第49—72頁，臺北(1984)。
4. Saaty, T. L. and R. S. Mariano, "Rationing Energy to Industries; Priorities and Input-Output Dependence," Energy Systems and Policy, January, (1979).
5. Saaty, T. L. and P. C. Rogers, "Higher Education in the United States (1985—2000): Scenario Construction Using a Hierarchical Framework with Eigen-vector Weighting," Socio-Econ. plan. Sci., Vol. 10, pp. 251—263 (1976).
6. Saaty, T. L. and L. Vargas, "A Note on Estimating Technological Coefficients by Hierarchical Measurement", Socio-econ. Plan. Sci., Vol. 13, pp. 333-336 (1979).
7. Saaty, T. L. and L. Vargas, The Logic and Priorities, Kluwer, Nijhoff (1982).
8. 海埔地開發政策及綜合經營利用之研究，臺灣省水利局叢刊第124號，臺中市 (1978)。

專營土木、水利、建築等工程

基 順 營 造 有 限 公 司

負責人：陳 米 英

地 址：桃園縣新屋鄉平均村12鄰 2-2 號

專營土木、水利、建築等工程

佳 邦 營 造 有 限 公 司

負責人：陳 天 生

地 址：桃園縣大園鄉大園村中華路 89-1 號

電 話：(033) 8 6 2 3 8 7