臺大管理論叢 2005/12
第16卷第1期　21-40

# 使用能力集合擴展決定專案中子系統開發之優先順序

# Competence Set Expansion for Determining the Development Precedence among Various Subsystems in a Project

胡宜中／中原大學企業管理學系助理教授
Yi-Chung Hu, Assistant Professor, Department of Business Administration, Chung Yuan Christian University

邱榆淨／中原大學企業管理學系助理教授
Yu-Jing Chiu, Assistant Professor, Department of Business Administration, Chung Yuan Christian University

*Received 2004/5, Final revision received 2005/3*

## 摘要

在一個系統開發專案中，如何決定各子系統間的開發優先順序在其中扮演著重要的角色。然而，在缺乏相關經驗與未獲得足夠資訊下，決策者可能無法主觀決定此一發展優先順序。若就能力集合擴展而言，則可以視一個系統開發專案為達成某一決策問題之期望目標所需之能力集合。此時，各個子系統為能力集合中為達成專案目標所需獲得或開發之技能。我們藉由灰關聯分析獲取子系統間開發所需之執行成本，並運用 Li (1999) 所提出適用於能力集合擴展之整數規劃法求得具最小開發成本之學習序列，以由此獲得子系統間的開發優先順序。因此，本文之目的在於提出一個新的方法以解決所執行之系統開發專案中，子系統間的開發順序無法有效決定的問題。我們以台灣運輸安全相關系統之開發，來說明所提出方法的可行性及有用性。

【關鍵字】系統開發、專案管理、能力集合、灰色理論、整數規劃

## Abstract

For a project of the system development, the determination of the development precedence among the subsystems plays an important role. However, the decision maker may not appropriately determine the development precedence among the subsystems in a project resulting from the inexperience and inadequate information. From the viewpoint of the competence set expansion, a project, consisting with subsystems that are needed to be developed, can be treated as the needed competence set for attaining the desired goal. In such a competence set, each subsystem can be viewed as a competence. In this paper, we use the grey relation to acquire the cost between any two subsystems. In order to acquire the development precedence, an integer programming method proposed by Li (1999) is employed to determine the learning sequence with the minimum cost. That is, this paper aims to propose a new method to resolve a problem in which the development precedence among the subsystems in a project cannot be effectively determined. An empirical case concerning transportation safety systems in Taiwan is used to illustrate the usefulness and feasibility of the proposed method.

【Keywords】system development, project management, competence set, grey theory, integer programming

臺灣大學圖書館 期刊資料庫

## 壹、導論

在專案管理中通常以計劃評核術 (Program Evaluation and Review Technique; PERT) (Malcolm, Roseboom, Clark, & Fazar, 1959) 或要徑法 (Critical Path Method; CPM) (Kelley, 1961) 等網路技巧來連結複雜的作業並找出最佳的路徑及時間 (Cleland & King, 1983; Pinto & Slevin, 1988)。但要實施計劃評核術或要徑法的前提是要對於整個專案計畫的工作劃分與工作細項之次序關係必須事先已知。但以台灣運輸安全相關系統之開發為例，由於在國內此一開發案實際上是嶄新的且以前從來沒有實施過的經驗，導致管理當局可能無法以過往的經驗作判斷，對於專案中的子系統間開發之先後次序與開發成本不甚瞭解，也因此無法採用計劃評核術或要徑法來達成專案管理的目標。

能力集合 (competence set) 的相關理論係由 Yu (1990) 所提出，之後 Yu 與 Zhang (1990) 為能力集合建立數學基礎。其意義為對每一個決策問題而言均存在著一個能力集合，而在能力集合中則包含了解決該問題時所需使用的想法 (idea)、知識、資訊、技能 (skill) 等所組成的能力集合。為方便表達，我們將以上這些組成因子統稱為技能。當決策者感認獲得或精通能力集合作為面對決策問題時，將會感到能勝任於決策工作之進行 (Li, Chiang, & Yu, 2000; Hwang, Chiang, Chiu, & Tzeng, 2001)。相對地，當決策者感認未獲得或未精通所需之能力集合時，則在面臨問題進行決策時可能會較缺乏信心，因此決策者便會透過學習擴展其能力集合，以獲得解決問題的能力。而能力集合擴展 (competence set expansion) 係指找出由欲獲得之技能所構成之學習序列 (learning sequences)，使決策者可以依照此一序列漸進學習，以獲取所需要的能力集合。然而，但在獲得學習序列前，如何獲取由某一技能擴展至另一個技能的學習成本卻是相當重要的工作。

本文最主要的目的就是要解決專案中各子系統的開發順序不確定的問題，視一個系統開發專案為達成某一決策問題之期望目標所需之能力集合，並將系統開發專案內的各個子系統視為一待獲取之技能，而若要達成專案的目標，就必須開發每個子系統。例如，為大幅提昇行車的安全性，因此有必要發展與運輸安全相關的各子系統 (例如，駕駛輔助系統)。在做法上，係以灰關聯分析 (Deng, 1982) 為基礎來獲取這些待開發子系統間的學習成本，並將學習成本進一步解釋為開發成本或開發的困難程度。在學習序列的獲取上，係使用 Li (1999) 所提出之整數規劃方法，以獲取具最小成本之學習序列，並由此分析出各子系統間開發之先後順序。在實際案例分析上，係以台灣運輸安全相關系統之開發專案作為驗證對象。由分析結果可得知，學習序列建議最先開發的子系統是為『旅行前智慧型導航系統』。在其他應用上，透過所提出之方法與架構可以找出較佳之系統開發順序及相對較低的成本，使企業可以迅速發展特定的專案並且將成本降至最低，獲得致勝的先機。

臺灣大學學術期刊資料庫

本文之內容介紹如下：第二節為專案管理中計劃評核術與要徑法之概略介紹。在本節中亦就能力集合之觀念加以介紹。第三節為所提出方法架構之說明，包括能力集合擴展及灰關聯分析的觀念整合。第四節係為實例驗證，為台灣運輸安全相關系統專案之內容、排程以及相關實驗結果說明。第五與第六節係就本文之主題進行討論與結論。

## 貳、專案管理與能力集合擴展

本節分為兩個部份：在第一部份中將概略介紹要徑法與計劃評核術等相關文獻；第二部份則介紹有關能力集合擴展的觀念。

### 一、專案管理

在近代的管理領域，組織必須不斷地將與環境互動的、開放的且複雜的系統結合組織本身的使命和特質 (Ackoff, 1970; Simon, 1977)；因此，專案管理就愈來愈受到重視，直到目前為止，專案管理已經成為管理科學學門中的專業領域，且繼續地進步中。在一般的專案管理系統中，工作的規劃與協調一般是以網路分析技術為基礎來完成的 (Anatoliy & Tetyana, 2003) 且專案管理者皆希望以最短的工期與最少的預算來達成專案的目標。傳統的專案排程法共有五類 (Cori, 1985)，分別為：里程碑法 (Benchmark)、甘特圖 (Gantt Chart)、排程牆 (Full Wall Scheduling)、要徑法與計劃評核術，而最常被使用的就是要徑法與計劃評核術。

要徑法與計劃評核術這兩種方法都是利用網路圖的技術，以圖來標示各項工作及其作業的先後關係，並釐定計畫之程序，將專案中的要徑求出，同時根據專案中的要徑來排每一個工作的排程。就網路圖的繪製而言，以箭頭表示作業，常稱箭頭網路圖 (Activities-on-Arcs; AOA)；反之，若以節點 (nodes) 表示作業名稱與時間，將資料填註於節點圓圈內，並以箭頭僅表示先後次序關係時，則稱為節點網路圖 (Activities-on-Nodes; AON)。目前要徑法與計劃評核術一般採用箭頭網路圖 (葉若春, 1989)。然而，在眾多的相關文獻中 (例如，Brucker & Knust, 2003; Abeyasinghe, Greenwood, & Johansen, 2001; Al-jibouri, 2002; Deckro & Hebert, 2002; Tukel & Wasti, 2001)，都是針對所有作業 (activity) 或事件 (event) 的先後順序已經決定的專案進行研究，或是對之前的方法加以改良亦或是放寬限制，但都並未對未曾實施過的專案，也就是作業的實施先後順序未知的情形加以討論。然而，在現實生活中，不確定的因素非常多，同時人類的經驗也有限，很有可能無法確定作業間的執行順序。

### 二、能力集合擴展

對每一個決策問題 $E$ 而言，均存在著一個以 $CS(E)$ 表示的能力集合。若以

臺灣大學學術期刊資料庫

*Sk* (*E*) 代表決策者已經獲得的能力集合，以*Tr* (*E*) 代表決策者實際上必須獲得的 (truly needed) 能力集合，則 *CS* (*E*) = *Sk* (*E*) ∪ *Tr* (*E*) 大致成立。因為 *Sk* (*E*) 可能僅涵蓋部份的 *Tr* (*E*)，使得僅憑藉 *Sk* (*E*) 仍不足以解決 E。因此決策者必須在擁有 *Sk* (*E*) 的基礎上，進一步的獲取 *Tr* (*E*) \ *Sk* (*E*)。

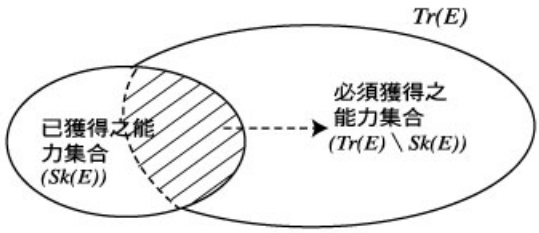



**圖1 能力集合擴展**

能力集合擴展的意義如圖 1 所示，其意義即在於如何以較有效的方式獲取 *Tr* (*E*) \ *Sk* (*E*)。圖 1 中之斜線區域即為 *Sk* (*E*) 涵蓋 *Tr* (*E*) 的部份。概略而言，是以在 *Sk* (*E*) 中之技能為出發點，找出由在 *Tr* (*E*) \ *Sk* (*E*) 中之欲獲得技能所構成之具最小成本學習序列，使決策者可以依照此一序列漸進學習，以完成所需技能的獲取。由於技能之間是相互關聯的 (Li, 1999)，因此我們認為學習成本或效果必須反映出技能間的關聯程度；亦即若兩個技能間的關聯程度愈大，則兩者間的學習成本就應該相對地愈小。這表示這兩者間的學習困難程度也就愈小或效果愈大。

實際上，所有的節點及節點間的有向邊構成了有向圖 (digraph) *G*，因此 *G* 中的每一個節點對應於 *CS* (*E*) 中的每一個技能，而且各有向邊上皆有相對應之學習成本。而 *G* 本身亦包含了 *S* 與 *T* 兩個子有向圖；其中，*S* 與 *T* 中的每一個節點分別對應於 *Sk* (*E*) 與 *Tr* (*E*) \ *Sk* (*E*) 中的每一個技能。當節點 *a* 以有向邊 (directed arc) 指向節點 *b*，且相對應之學習成本為 *c* (*a, b*) 時，則代表在獲取節點 *a* 所對應之技能後，需使用成本 *c* (*a, b*) 以獲取節點 *b* 所對應之技能。一般而言，*c* (*a, b*) 與 *c* (*a, b*) 兩者並不相等。圖 2 即為 *G*、*S* 與 T 之圖例，顯示出 *Sk* (*E*) 包含了四個已獲得之技能，其有向圖以 *S* 表示；而 *Sk* (*E*) 也包含了一個 *Tr* (*E*) 的技能。對應陰影區域的 *Tr* (*E*) \ *Sk* (*E*)，其中的技能則以有向圖 *T* 表示。

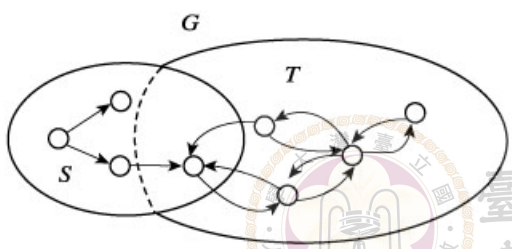



**圖2 G,S,T 圖例**

臺灣大學學術期刊資料庫

獲得學習序列之前，如何獲取由某一技能擴展至另一個技能的學習成本是相當重要的工作。目前有關能力集合的文獻，其研究重點較集中在如何以有效的方式獲得具最小成本 (minimum cost) 之學習序列 (Feng & Yu, 1998; Hwang et al., 2001; Li, 1999; Li et al., 2000; Li & Yu, 1994)。在這些文獻所提出的方法中，學習成本一般均假設為已知，或假設可由金錢或時間等加以衡量。但實際上，究竟需要花費多少時間或金錢卻是因人而異，很難以客觀的標準加以衡量 (Hu, Chen, Tzeng, & Chiu, 2003)。例如，一個學生在學校要花兩個學期的時間學習統計學，亦可以到補習班花三個月的時間以較高額的費用學習。

由於技能之間是相互關聯的 (Li, 1999)，因此學習成本有必要反映出技能間的關聯程度；亦即若兩個技能間的關聯程度愈大，則兩者間的學習成本就應該相對地愈小。這表示這兩者間的學習困難程度也就愈小。換言之，此為愈容易達成學習效果。例如，就學習統計學而言，若為達成較佳之學習效果，比較微積分與計算機概論兩門先修科目時；則先修習微積分，會比先修習計算機概論為佳。

## 參、方法架構

在所提出方法之架構建立上，首先必須確定評估系統開發的準則，並由受訪者就各子系統在各準則下的表現給予相對之績效值。其次，以灰關聯分析為基礎，以前述之受訪資料獲取待開發子系統間的學習成本，並將學習成本進一步解釋為開發成本或開發的困難程度。最後，使用 Li (1999) 所提出之整數規劃法以獲取具最小成本之學習序列，並由此分析出各子系統間開發之先後順序。以下各小節係分別介紹學習成本以及學習序列之獲取。

### 一、符號使用

本文所使用之相關符號，所代表之意義分示如下：

| | |
|---|---|
| $k$ | 欲獲取技能之個數； |
| $n$ | 評估準則的個數； |
| $c_i$ | 第 $i$ 個準則，且 $1 \leq i \leq n$； |
| $w_i$ | 第 $i$ 個準則的權重值，且 $1 \leq i \leq n$； |
| $f_p$ | 第 $p$ 個欲獲取之技能，且 $1 \leq p \leq k$； |
| $c(f_i, f_j)$ | 直接從 $f_i$ 到 $f_j$ 的學習成本，且 $1 \leq i, j \leq k$； |

### 二、學習成本之獲取

假設每一個單一執行技能 $f_p$ 可以藉由多個不同的準則 (criterion) 加以評估，則 $f_p$ 可以使用數列 $(f_{p1}, f_{p2}, \cdots, f_{pn})$ 加以表示；其中 $f_{pi}$ 代表 $f_p$ 在第 $i$ 個準則的績效

臺灣大學學術期刊資料庫

值，且 $n$ 為準則的個數。而灰關聯分析是在已知系統中找到一個主要的因子與其他因子間關係的一種方法。透過灰關聯度 (Grey Relational Grade; GRG) 之計算，我們可以得到單一執行技能間的學習成本。獲取 $c(f_i, f_p)$ ($i$=1,2,…, $k$) 之作法如下：

步驟一、以 $f_p$ 作為參考數列，$f_i$ 為比較數列。

步驟二、計算灰關聯係數 (grey relational coefficient; GRC) $\xi(f_{ij}, f_{pj})$ (Hsu & Chen, 2000; Tzeng & Tsaur, 1994; 史開泉、吳國威、黃有評, 1994)：

$$\xi(f_{i_j}, f_{p_j}) = \frac{\Delta_{\min} + \rho\Delta_{\max}}{\Delta_{ij} + \rho\Delta_{\max}} \tag{1}$$

其中，$\rho$ 為分辨係數，且通常預先設定為 0.5 (Hsu and Chen, 2000; Hu et al., 2003)，這是根據多數決 (the majority of criteria) 或是群體利益最大化 (the maximum group utility) (Opricovic & Tzeng, 2002) 所加以決定；而且

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_j |f_{p_j} - f_{i_j}|,\ i = 1,2,\ldots,\ k;\ j = 1,2,\ldots,n \tag{2}$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_j |f_{p_j} - f_{i_j}|,\ i = 1,2,\ldots,\ k;\ j = 1,2,\ldots,n \tag{3}$$

$$\Delta_{ij} = |f_{p_j} - f_{i_j}|$$

步驟三、計算灰關聯度 $\gamma(f_i, f_p)$

$$\Upsilon(f_i, f_p) = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} \xi(f_{i_j}, f_{p_j}) \tag{4}$$

步驟四、計算學習成本 $c(f_i, f_p)$

$$c(f_i, f_p) = 1 - \Upsilon(f_i, f_p),\ 1 \le i, p \le k \tag{5}$$

式 (5) 有關灰關聯度之計算，係假設系統開發評估準則的權重都是相等的 (亦即 $w_1 = w_2 = \cdots = w_n = 1/n$)。由於 $0 \le \gamma(f_i, f_p) \le 1$，因此 $0 \le c(f_i, f_p) \le 1$ 亦成立。基本上，式 (6) 可以反映出當兩個單一技能性質愈相近時，亦即關係愈密切時，則學習成本也就相對地愈小。

## 三、學習序列之建構

求得學習成本後，接著就要獲取學習序列 (learning sequences)。如果在能力集合

臺灣大學學術期刊資料庫

中的任兩個技能間存在著學習成本，就表示這個能力集合可以被列入循環擴展問題的範圍 (Li, 1999)。為了解決這類的問題，我們以下將簡短地介紹由 Li (1999) 所提出的整數規劃法，此方法係以最小學習成本為原則來產生學習序列。對於決策問題 E，我們也對 Li 所提出的方法作了一些修正。這是因為在 Li 的整數規劃法中假設 $Sk(E)$ 並非空集合。然而，若缺乏對各技能或系統相關之執行、推動或開發經驗，則$Sk(E)$ 實際上為一空集合，此時 $Tr(E)\backslash Sk(E)$ 等於 $Tr(E)$。在此一狀況下，所有技能都必須透過學習而得，而且學習序列係由 $Tr(E)$ 中的技能所建構出來。

以下就學習序列所需使用之變數與集合做一定義與描述。首先，$A(i)$ 是直接指向 (immediately before) 節點 $i$ 的節點集合，而 $B(i)$ 是被節點 $i$ 直接指向 (immediately after) 的節點集合。因此，$|A(i)|$ 與 $|B(i)|$ 分別為 $A(i)$ 與 $B(i)$ 中的節點個數。例如，在圖 3 中，$|A(i)| = 2$ 且 $|B(i)| = 3$。另外，對節點 $i$ 而言，當 $u_i = 1$時，表示節點 $i$ 參與學習序列之建構；而當 $u_i = 0$ 時，則代表節點 $i$ 不在學習序列中。另定義 $v(i, j)$ 對應於由節點 $i$ 指向節點 $j$ 的有向邊，當 $v(i, j) = 1$ 時，則表示所對應之有向邊參與學習序列之建構；而當 $v(i, j) = 0$ 時，則代表其所對應之有向邊不在學習序列中。令 $V(S)$ 與 $V(T)$ 分別代表由 $S$ 與 $T$ 中的節點所組成之集合，同時 $v_i$ 和 $v(i, j)$ 都屬於 0-1 變數並且滿足以下條件：

a. 若節點 $i \in V(S)$ 或 $i$ 對應於 $T$ 中的一個技能時，則 $vi = 1$ (7)

b. 若節點 $i \in V(S)$，則 $A(i)|\, u_i \geq \sum_{j \in A(i)} v(i, j)$ (8)

c. 若節點 $i \in V(T)$，則 $u_i \leq \sum_{j \in B(i)} v(j, i)$ (9)

d. 若節點 $i \in V(T)$，則 $(|A(i)| + |B(i)|)\, u_i \geq \sum_{j \in B(i)} v(j, i) + \sum_{j \in A(i)} v(i, j)$, (10)

另外，令 $\lambda_i$ 為學習序列中節點 $i$ 的順序 (sequence number)，且以下之關係成立：

a. 若 $i \in V(S)$，則 $\lambda_i = 0$ (11)

b. $\lambda_i - \lambda_j + k\, v(i, j) \leq k - 1$ (12)

c. $u_i \leq \lambda_i \leq k\, u_i$ (13)

其中，$\lambda_i$ , $\lambda_j$ 均為整數。如前所述，學習序列為一具有層級 (level) 關係之有向圖，而 $\lambda_i$ 實際上是節點 $i$ 在有向圖中所處之層級。例如，圖 4 即為 $T$ 中之技能所構成之學習序列圖例。其中，節點 1 係第一層之根節點，因此 $\lambda_1 = 1$。依此類推，因節

臺灣大學學術期刊資料庫

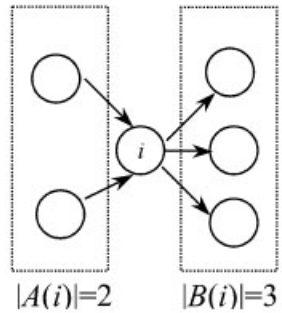



**圖 3 $|A(i)|$ 與 $|B(i)|$ 的計數**

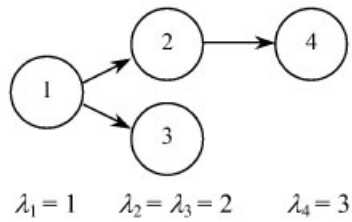



**圖 4 $\lambda_i$ 之標示**

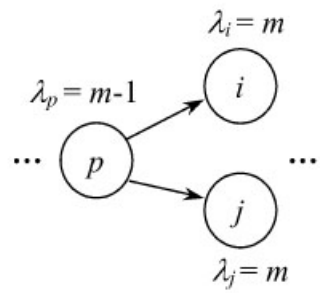



**圖 5 $\lambda_i$ 與 $\lambda_j$ 相等且 $\lambda_i$ 與 $\lambda_p$ =1**

點 4 係位於有向圖中的第三層，故 $\lambda_4 = 3$。當然， $\lambda_i$ 的最大值不會大於節點總數 $k$。此外，當 $f_p$ 已被獲取時，若 $\lambda_i$ 與 $\lambda_j$ 相等且 $\lambda_i - \lambda_p = 1$，則代表 $f_i$ 與 $f_j$ 可以同時被學習。圖 5 所示即為節點 $p$ 位於節點 $i$ 與節點 $j$ 之前一層級且 $\lambda_p = m - 1$ ($m$ 為整數且 $m \geq 2$)，因此節點 $i$ 與節點 $j$ 必然位於有向圖中的同一層級，故 $\lambda_i = \lambda_j = m$，且 $\lambda_i - \lambda_p = 1$ 均成立。

基本上，由式 (7) 到 (10) 可找出會包含於學習序列中的有向邊；而從式 (11) 到 (13) 可找出各節點在學習序列中的排列次序與位處層級。我們另外針對 Li 的整數規劃法進行修正，以適用於$Sk(E)$ 為空集合的狀況。我們令有向圖 $S$ 是由標記 (label) 為

臺灣大學學術 期刊資料庫

"0" 的虛擬節點所構成使得 $V(S) = \{0\}$。此一虛擬節點 0 直接以有向邊與有向圖 $T$ 中的每一個節點相連接，而且有向邊之學習成本皆為零。我們的目的是要找出一具最小成本之學習序列；而在此序列中，包含了一個節點 $n_0(T)$ ($n_0(T) \in V(T)$)，使得 $n_0(T)$ 為 $T$ 中唯一被節點 0 直接指向的節點。而 $n_0(T)$ 所對應之技能正是學習序列建議決策者首先要去學習的技能。若節點 $i_1, i_2, \cdots, i_k$ 分別代表技能 $f_1, f_2, \cdots, f_k$，則下式成立：

$$\sum_{j=1}^{k} v(0, i_j) = 1 \tag{14}$$

若針對 $Sk(E)$ 為空集合的狀況，則整數規劃法的限制式即為上述的式 (7) 至 (14)，而其目標式則如下所示：

$$\text{Minimize Cost } (G) = \sum_{r(i,j) \in E} c(i,j) \cdot v(i,j) \tag{15}$$

其中，$E$ 為 $G$ 中所有有向邊所成之集合。若 $Sk(E)$ 不為空集合，則在限制式中忽略式 (14) 即可。

## 肆、實例驗證：台灣運輸安全相關系統之開發

由於生活水準之提昇，人們對於食、衣、住、行各方面的要求也逐漸提高，除了品質，安全是一項非常重要的考量因素，安全與人的生命息息相關，故人人對於此議題都很關心，尤其在「行的安全」方面，更是大家追求的目標。根據內政部警政署的統計顯示 (內政部警政署, 2003)，每年因交通事故而造成的傷亡人數將近三千人，可見交通安全的問題非常嚴重。除了台灣之外，美國、日本、歐洲等已開發國家對於交通安全的問題亦投入相當多的資源以避免交通事故的發生。

隨著近年來科技的快速進步，對於行的安全改善有很大的幫助，最著名的就是智慧型運輸系統 ( Intelligent Transportation Systems; ITS)，智慧型運輸系統簡單來說就是「資訊化、通信化的車、路系統」。換言之，它是一種針對不同的「車、路、使用人」特性，分別採用最適當的資訊、通信、偵測與自動控制與管理等科技，以強化及改善原有運輸功能的整合型運輸系統。(毛治國, 1998)。我國發展 ITS 主要的意義在於整合既有的運輸系統與行政組織等相關資源，並利用先進的資訊與通信等技術為工具，使傳統運輸系統的運作與管理升級，一方面提昇運輸系統的安全與效率，另一方面可以帶給民眾更便捷的交通運輸服務；同時藉由運輸安全與效率的提昇，可以改善民眾的生活品質與社會成本的支出，最重要的是為後代的子孫保留一個永續而適合居住 (sustainable and livable) 的生活空間，並建立一個有尊嚴的人本運輸環境 (交通部運研所, 1998)。

臺灣大學學術期刊資料庫

依據先進安全車輛研發策略之研究結果 (王晉元等, 2001) 顯示，在台灣有必要開發之 ITS 運輸安全相關系統，如表 1 所示，共有十四個子系統。其詳細內容分別為：

1. 路況、氣象資訊接收語音系統：以語音的方式，提供駕駛者設定範圍內即時路況與氣象資料。
2. 旅行前智慧型導航系統：提供車輛的所在位置，並提供語音導航、路徑指示及重要地點查詢等服務。
3. 旅行前車況診斷：發動後，由電腦診斷車況，並將資訊以語音方式或跑馬燈方式提供給駕駛者。
4. 周圍環境危險警告系統；包含：(a) 安全車距警示與輔助系統~根據車速設定與前車的安全距離，與前車未保持安全距離時，系統即以語音方式警告駕駛者做修正，並自動協助駕駛保持安全車距；(b) 視線死角警示系統~偵測駕駛者視線死角，當有障礙物、行人、車輛出現而有危險之可能時，給予駕駛者語音之警示。

**表1 待開發之運輸安全子系統**

| 代號 | 預定發展之子系統 | 代號 | 預定發展之子系統 |
|---|---|---|---|
| $f_1$ | 路況、氣象資訊接收語音系統 | $f_8$ | 自動滅火系統 |
| $f_2$ | 旅行前智慧型導航系統 | $f_9$ | 安全氣囊(Air Bag) |
| $f_3$ | 旅行前車況診斷 | $f_{10}$ | 事故通報與警告系統 |
| $f_4$ | 周圍環境危險警告系統 | $f_{11}$ | 碰撞吸收與減緩系統 |
| $f_5$ | 車輛危險狀態警告系統 | $f_{12}$ | 行駛記錄系統 |
| $f_6$ | 駕駛者生理狀況及操作不良警告系統 | $f_{13}$ | 車門鎖自動解除系統 |
| $f_7$ | 駕駛輔助系統 | $f_{14}$ | 智慧型輪胎 |

5. 車輛危險狀態警告系統；包含旅行中車況診斷系統，即在車輛行駛過程中，持續監控與診斷車況，並將危險狀況以語音方式警告駕駛者做修正。
6. 駕駛者生理狀況及操作不良警告系統；包括：(a) 駕駛者危險狀態警示系統 (如酒醉、疲勞、身心不適警告)，此系統可以偵測駕駛者之身心狀況，當駕駛者有酒醉、疲勞、身心不是等危害駕駛安全之狀態時，給予駕駛者語音之警示；(b) 超速行駛警示與定速輔助系統，此系統依各路段速限設定車速，當駕駛者超速行駛時，系統會給予語音警示，並協助駕駛者維持定速行駛；(c) 車道偏離警事與輔助系統，此系統當有特殊因素 (如接聽電話、發呆或與他人交談等情況) 而使車子有非預期之車道偏離情形時，系統即以語音方式警告駕駛者做修正，並協助駕駛者做修正。
7. 駕駛輔助系統；包含：(a) 變換車道輔助系統，此可以自動協助駕駛者判斷後方來車及變換車道；(b) 駕駛視野及辨認性支援系統 (如隧道、夜間、天氣不糧食之輔

臺灣大學學術 期刊資料庫

助)，此為利用紅外線或熱感應方式，以抬頭顯示器，提供駕駛者夜視或視線不良時之輔助；(c) 頭燈自動配光控制系統：依車況與路況不同，自動開啟燈光並調整光型與投射角度；(d) 智慧型除霧與潑水系統，此為潑水玻璃與自動除霧系統；(e) 智慧型導航系統，此為以電子地圖配合語音方式，指示駕駛行駛方向；(f) 智慧型煞車系統 (ABS)，此在緊急煞車時，可精確地控制四輪煞車油壓，防止車輛鎖定而打滑失控；(g) 自動方向燈系統，此系統為感應車頭偏向角度，自動顯示駕駛行駛方向；(h) 智慧型車門系統，當車開門時，自動偵測後方來車，如有來車，系統即以語音警告，並暫時鎖住車門推開之角度。

8. 自動滅火系統：事故發生時，自動啟動滅火裝置。
9. 安全氣囊 (Air Bag) ：事故發生時緊急充氣保護乘客。
10. 事故通報與警告系統：自動通報事故地點與車號，並警告周圍車輛與行人。
11. 碰撞吸收與減緩系統：採用特殊之材質，吸收所受的衝擊力，並將這撞擊力分散到車身各部分，緩和駕乘者所承受的撞擊力。
12. 行駛記錄系統：記錄車速、車況、行車軌跡與駕駛談話。
13. 車門鎖自動解除系統：事故發生時，自動解除車門鎖。
14. 智慧型輪胎：自動偵測胎壓異常，並射出保護膜瞬間充氣，使車輛仍能暫時行駛。

整體而言，發展 ITS 旨在運用新進科技於運輸系統，使有限的運輸資源做最有效的利用，以增進「行」的便利，提昇人民生活品質，其中，「增進交通安全」及「降低環境衝擊」為首要目標；此外，發展 ITS 對「改善交通擁擠」及「提昇經濟生產力」，亦有助益。有鑒於交通事故不僅造成個人及家庭的負擔，更是社會有限的醫療資源與國家整體生產力的損失，所以利用 ITS 的技術來發展與『安全』相關的系統，以確保人們的生命安全是有其必要性與急迫性。然而台灣運輸安全相關系統專案的範圍很廣，因受經費、時間等因素的影響，無法一次就全部將所有系統發展建置完畢，必須妥善安排各子系統之開發順序，以利運輸安全系統開發專案可以順利地執行。

雖然部份子系統在國內已開發，例如安全氣囊與行駛記錄系統等，但就整體而言，這些子系統之開發並未依據事先擬妥之發展策略進行。因此，若考慮整體規劃，即使考慮決策者對各技能 (亦即本文所考慮之子系統) 可能擁有基礎知識，或有相當之認識與了解，但是在假設子系統均尚未開發，或在實務上較缺乏對各技能或系統相關之執行、推動或開發經驗的前提下，可將 $Sk(E)$ 設定為一空集合。本節之目的在於由 Li (1999) 所提出適用於能力集合擴展之整數規劃法，由所有技能所構成之能力集合中 (亦即 $Tr(E)$ ) 找出學習序列，反應出比較適當的整體發展策略，以使決策者從中獲取執行或開發系統的相關經驗。在此，我們將運輸安全相關系統專案中的十四個子系統視為欲獲得的技能，並假設所有的系統開發評估準則的權重都是相等的 (亦即 $w_1 = w_2$

臺灣大學學術期刊資料庫

**表2 系統之評估準則**

| 代號 | 準則 | 代號 | 準則 |
|---|---|---|---|
| $C_1$ | 操縱容易 | $C_{10}$ | 產品設計容易 |
| $C_2$ | 維護容易 | $C_{11}$ | 架設技術容易 |
| $C_3$ | 保護安全性高 | $C_{12}$ | 生產容易 |
| $C_4$ | 使用成本低 | $C_{13}$ | 維護容易 |
| $C_5$ | 資訊來源穩定 | $C_{14}$ | 交通事故發生率低 |
| $C_6$ | 資訊取得反應快速 | $C_{15}$ | 社會(救援)成本低 |
| $C_7$ | 資訊正確度高 | $C_{16}$ | 交通疏導效用佳 |
| $C_8$ | 資訊傳輸設備完善 | $C_{17}$ | 交通管理成本低 |
| $C_9$ | 系統維修容易 | | |

**表3 準則之績效評估值**

| | 準則 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 技能 | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ | $C_8$ | $C_9$ | $C_{10}$ | $C_{11}$ | $C_{12}$ | $C_{13}$ | $C_{14}$ | $C_{15}$ | $C_{16}$ | $C_{17}$ |
| $f_1$ | 0.857 | 0.714 | 0.857 | 0.366 | 0.886 | 0.886 | 0.943 | 0.914 | 0.686 | 0.686 | 0.771 | 0.686 | 0.743 | 0.409 | 0.320 | 0.743 | 0.620 |
| $f_2$ | 0.829 | 0.714 | 0.714 | 0.779 | 0.857 | 0.829 | 0.857 | 0.743 | 0.714 | 0.643 | 0.714 | 0.953 | 0.714 | 0.616 | 0.740 | 0.800 | 0.669 |
| $f_3$ | 0.771 | 0.829 | 0.771 | 0.779 | 0.893 | 0.714 | 0.829 | 0.686 | 0.657 | 0.714 | 0.657 | 0.750 | 0.714 | 0.714 | 0.474 | 0.714 | 0.787 |
| $f_4$ | 0.771 | 0.750 | 0.857 | 0.567 | 0.714 | 0.857 | 0.800 | 0.686 | 0.786 | 0.859 | 0.679 | 0.714 | 0.629 | 0.600 | 0.716 | 0.679 | 0.523 |
| $f_5$ | 0.800 | 0.771 | 0.829 | 0.616 | 0.771 | 0.829 | 0.743 | 0.786 | 0.811 | 0.714 | 0.607 | 0.764 | 0.543 | 0.364 | 0.510 | 0.714 | 0.426 |
| $f_6$ | 0.771 | 0.714 | 0.857 | 0.679 | 0.714 | 0.829 | 0.800 | 0.714 | 0.657 | 0.543 | 0.679 | 0.643 | 0.657 | 0.553 | 0.669 | 0.607 | 0.559 |
| $f_7$ | 0.857 | 0.686 | 0.857 | 0.581 | 0.771 | 0.886 | 0.886 | 0.686 | 0.750 | 0.679 | 0.679 | 0.679 | 0.821 | 0.793 | 0.740 | 0.750 | 0.414 |
| $f_8$ | 0.914 | 0.743 | 0.857 | 0.591 | 0.686 | 0.857 | 0.714 | 0.686 | 0.657 | 0.657 | 0.857 | 0.786 | 0.657 | 0.630 | 0.691 | 0.607 | 0.487 |
| $f_9$ | 0.971 | 0.914 | 0.857 | 0.653 | 0.714 | 0.714 | 0.686 | 0.714 | 0.893 | 0.857 | 0.821 | 0.686 | 0.893 | 0.686 | 0.786 | 0.906 | 0.811 |
| $f_{10}$ | 0.857 | 0.714 | 0.771 | 0.581 | 0.629 | 0.629 | 0.714 | 0.800 | 0.714 | 0.607 | 0.643 | 0.906 | 0.679 | 0.591 | 0.677 | 0.743 | 0.469 |
| $f_{11}$ | 0.914 | 0.743 | 0.857 | 0.384 | 0.679 | 0.657 | 0.629 | 0.750 | 0.821 | 0.714 | 0.821 | 0.714 | 0.657 | 0.654 | 0.469 | 0.607 | 0.476 |
| $f_{12}$ | 0.771 | 0.743 | 0.629 | 0.669 | 0.829 | 0.714 | 0.800 | 0.857 | 0.743 | 0.629 | 0.743 | 0.600 | 0.743 | 0.474 | 0.881 | 0.514 | 0.511 |
| $f_{13}$ | 0.914 | 0.829 | 0.829 | 0.763 | 0.686 | 0.743 | 0.686 | 0.714 | 0.714 | 0.686 | 0.771 | 0.686 | 0.743 | 0.431 | 0.456 | 0.763 | 0.499 |
| $f_{14}$ | 0.829 | 0.886 | 0.857 | 0.620 | 0.600 | 0.629 | 0.600 | 0.543 | 0.657 | 0.686 | 0.714 | 0.629 | 0.743 | 0.630 | 0.796 | 0.859 | 0.499 |

$=\cdots= w_{14} = 1/14$) 。雖然各個權重對於專案的影響程度不盡相同，以致假設各準則的權重相等，有可能與事實不盡相符，但此一假設並不致於影響所提出方法之可行性。當然，在獲取權重上或許可以採用層級分析法 (Analytic Hierarchy Process; AHP) (鄧振源與曾國雄, 1989a, 1989b; Saaty, 1980) 來取得準則間的相對權重值 (Chiu & Tzeng, 2002)，但此一議題並非本文之討論範圍。

表 2 所示為 ITS 的評估準則 (交通部運研所, 1998, 1999)。準則之評估值係經由專案決策者所組成的專家群體，採取群體決策的方式而得。而受訪群體係由交通部運研所與學術單位中的 10 位 ITS 專案經理或學者所組成。在問卷設計上，所有子系統在各準則的績效評比均以「非常重要」、「重要」、「普通重要」、「不重要」與「非常不重要」等五點評比尺度 (five-point rating scale) 加以評估，且各等級分別給予 5、4、3、2 與 1 分。就第 $k$ 位受訪者對於 $f_i$ 在 $C_j$ 所給予的評分而言，在經過正規化 (normalization) (鄧振源, 2002) 處理之後所得到介於 0 與 1 之間之值若以 $h_{ij}^k$ 代表，則

臺灣大學學術期刊資料庫

10 位受訪者的整合評估值 ($h_{ij}$) 是為 $\Sigma_k h_{ij}^k/10$ ($k$ = 1, 2,…, 10)。整合後的準則評估值詳如表 3 所示。接著，使用式 (1) 至式 (6) 計算實施各十四個子系統時所需的學習成本，其結果如表 4 所示之學習成本表。由表 4 可知，此並非對稱的學習成本表，而學習成本之獲得係以固定的單一執行技能為基準，去求取與其他執行技能的學習成本。例如先開發 $f_1$ 後再開發 $f_2$ 的學習成本或困難程度為 0.344，而在開發 $f_2$ 後再開發 $f_1$ 的學習成本或困難程度為 0.248；則先行開發 $f_2$ 後再開發 $f_1$ 相對而言較易可行。

在獲得學習成本或開發的困難程度後，接著就是求取學習序列，也就是開發運輸安全資訊系統中十四個子系統的先後順序。以 Li (1999) 所提出適用於能力集合擴展之整數規畫法來獲取學習序列，其目標式與限制式如下：

Minimize cost (G) = $0.344v(1,2) + 0.325v(1,3) + 0.344v(1,4) + 0.318v(1,5) + 0.352v(1,6) + 0.258v(1,7) + 0.351v(1,8) + 0.395v(1,9) + 0.371v(1,10) + 0.317v(1,11) + 0.270v(1,12) + 0.253v(1,13) + 0.330v(1,14) + 0.248v(2,1) + 0.257v(2,3) + 0.299v(2,4) + 0.329v(2,5) + 0.296v(2,6) + 0.262v(2,7) + 0.318v(2,8) + \cdots + 0.361v(14,2) + 0.355v(14,3) + 0.315v(14,4) + 0.352v(14,5) + 0.327v(14,6) + 0.289v(14,7) + 0.288v(14,8) + 0.277v(14,9) + 0.298v(14,10) + 0.301v(14,11) + 0.265v(14,12) + 0.261v(14,13)$

s.t.

$$u_i = 1,\ 0 \le i \le 14$$

$$14\,u_0 \ge \sum_{i=1}^{14} v(0,i)$$

$$\sum_{i=1}^{14} v(0,i) = 1,\ i = 1, 2, \ldots, 14$$

$$\text{(a)} \sum_{j=0}^{14} v(j,i) \ge 1,\ i \ne j$$

$$\text{(b)} \sum_{j=0}^{14} v(j,i) + \sum_{j=0}^{14} v(i,j) \le 26,\ i \ne j$$

臺灣大學學術期刊資料庫

**表4 學習成本表**

| 運輸安全相關系統 | 運輸安全相關系統 | | | | | | | | | | | | | 單位：年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $f_1$ | $f_2$ | $f_3$ | $f_4$ | $f_5$ | $f_6$ | $f_7$ | $f_8$ | $f_9$ | $f_{10}$ | $f_{11}$ | $f_{12}$ | $f_{13}$ | $f_{14}$ |
| $f_1$ | – | 0.344 | 0.325 | 0.344 | 0.318 | 0.352 | 0.258 | 0.351 | 0.395 | 0.371 | 0.317 | 0.270 | 0.253 | 0.330 |
| $f_2$ | 0.248 | – | 0.257 | 0.299 | 0.329 | 0.296 | 0.262 | 0.318 | 0.359 | 0.274 | 0.373 | 0.237 | 0.296 | 0.296 |
| $f_3$ | 0.270 | 0.297 | – | 0.302 | 0.282 | 0.321 | 0.305 | 0.347 | 0.320 | 0.352 | 0.327 | 0.272 | 0.250 | 0.308 |
| $f_4$ | 0.278 | 0.328 | 0.294 | – | 0.239 | 0.190 | 0.210 | 0.209 | 0.285 | 0.293 | 0.266 | 0.246 | 0.297 | 0.280 |
| $f_5$ | 0.267 | 0.369 | 0.288 | 0.253 | – | 0.321 | 0.266 | 0.302 | 0.363 | 0.307 | 0.282 | 0.272 | 0.265 | 0.331 |
| $f_6$ | 0.265 | 0.306 | 0.290 | 0.175 | 0.281 | – | 0.258 | 0.211 | 0.328 | 0.286 | 0.294 | 0.209 | 0.281 | 0.271 |
| $f_7$ | 0.221 | 0.312 | 0.312 | 0.221 | 0.266 | 0.295 | – | 0.271 | 0.307 | 0.298 | 0.327 | 0.272 | 0.283 | 0.270 |
| $f_8$ | 0.276 | 0.338 | 0.326 | 0.201 | 0.276 | 0.220 | 0.247 | – | 0.298 | 0.250 | 0.194 | 0.272 | 0.244 | 0.248 |
| $f_9$ | 0.356 | 0.409 | 0.344 | 0.314 | 0.381 | 0.382 | 0.323 | 0.339 | – | 0.422 | 0.308 | 0.329 | 0.285 | 0.273 |
| $f_{10}$ | 0.289 | 0.304 | 0.324 | 0.275 | 0.273 | 0.291 | 0.267 | 0.243 | 0.363 | – | 0.283 | 0.258 | 0.278 | 0.248 |
| $f_{11}$ | 0.263 | 0.405 | 0.327 | 0.273 | 0.275 | 0.323 | 0.320 | 0.207 | 0.288 | 0.310 | – | 0.294 | 0.227 | 0.276 |
| $f_{12}$ | 0.270 | 0.335 | 0.327 | 0.306 | 0.324 | 0.287 | 0.324 | 0.353 | 0.367 | 0.343 | 0.355 | – | 0.289 | 0.293 |
| $f_{13}$ | 0.214 | 0.355 | 0.255 | 0.311 | 0.264 | 0.320 | 0.282 | 0.266 | 0.271 | 0.311 | 0.231 | 0.243 | – | 0.243 |
| $f_{14}$ | 0.303 | 0.361 | 0.335 | 0.315 | 0.352 | 0.327 | 0.289 | 0.288 | 0.277 | 0.298 | 0.301 | 0.265 | 0.261 | – |

$$\lambda_0 = 0$$

$$\lambda_i - \lambda_j - + 14v(i,j) \leq 13;\ i=0,1,\cdots,14;\ j=1,2,\cdots,14 \text{ and } i \neq j$$

$$1 \leq \lambda_i \leq 14,\ 1 \leq i \leq 14$$

我們以 LINGO 套裝軟體來解上述的整數規劃之問題，其求得的最佳解如下：

$v(0,2) = v(2,10) = v(10,8) = v(8,4) = v(8,11) = v(4,5) = v(4,6) = v(4,7) = v(11,13) = v(6,12) = v(13,1) = v(13,3) = v(13,9) = v(13,14) = 1$,

$\lambda_2 = 1$, $\lambda_{10} = 2$, $\lambda_8 = 3$, $\lambda_4 = 4$, $\lambda_{11} = 4$, $\lambda_5 = 5$, $= \lambda_6 = 5$, $\lambda_7 = 5$, $\lambda_{13} = 5$, $\lambda_1 = 6$, $\lambda_3 = 6$, $\lambda_9 = 6$, $\lambda_{12} = 6$, $\lambda_{14} = 6$

由 $\lambda_i$ 之值可得知開發子系統 $f_i$ 之相對順序。由於 $\lambda_2 = 1$ 且 $n_0(T) = 2$，因此所提出方法建議決策者在十四個子系統中應最先開發「旅行前智慧型導航系統」 (亦即 $f_2$)。另外， $\lambda_{10} = 2$ 與 $\lambda_8 = 3$ 則分別表示「事故通報與警告系統」(亦即 $f_{10}$) 與「自動滅火系統」 (亦即 $f_8$) 分別為第二個與第三個被建議開發的子系統，其他則依此類推。如前所述，$v(i,j) = 1$ 代表有一有向邊由對應 $f_i$ 的節點 $i$ 指向對應 $f_j$ 的節點 $j$。依所求得的之最佳解即可獲得如圖 6 所示之子系統開發相對順序。在圖 6 中亦可看出子系統「周圍環境危險警告系統」與「碰撞吸收與減緩系統」可以同時被開發，而「車輛危險狀態警告系統」、「駕駛者生理狀況及操作不良警告系統」與「駕駛輔助系統」三個子系統係緊接在「周圍環境危險警告系統」之後被開發。我們也可以看到緊「車門鎖自

臺灣大學學術期刊資料庫

動解除系統」與「行駛記錄系統」係分別在「碰撞吸收與減緩系統」與「駕駛者生理狀況及操作不良警告系統」之後被開發。至於「路況、氣象資訊接收語音系統」、「旅行前車況診斷」、「安全氣囊」及「智慧型輪胎」則建議在開發「車門鎖自動解除系統」後，同時開發三者。

此外，若以時間 (例如年、月) 當做成本的計算單位，則由於目前較難去正確推估開發各系統所需要的最多時間，因此皆概略估計為一年。此時，因為開發 $f_2$ 所需要的最多時間為一年，且先開發 $f_2$ 後再開發 $f_{10}$ 的學習成本或困難程度為 0.274，則可定義開發 $f_2$ 後再開發 $f_{10}$ 所需要的最多時間為 0.274 年。由於整體最小學習成本或困難程度為 2.97，因此乘上此一開發所需要的最多時間 (亦即一年)，再加上開發「旅行前智慧型導航系統」所需要的最多時間 (亦為一年) 後，可以得到實施本專案所需之時間最多為 3.97 年，其學習序列如圖 6 所示。系統間所需之開發時間或學習成本則顯示在各有向邊上，而所有有向邊上學習成本之總和即為 2.97。

在之前的假設下，我們認為優先執行「旅行前智慧導航系統」與「事故通報與警告系統」是有可能的，這表示若 ITS 無法提供完整的路況資訊，以及分析處理與發佈機制時，則使用者購買 ITS 的意願也就不高。其後攸關駕駛安全的子系統，例如「自動滅火系統」、「周圍環境危險警告系統」、「碰撞吸收與減緩系統」與「車門鎖自動解除系統」等，被建議隨後陸續開發，因此亦為合理之安排。圖 5 也顯示「安全氣囊」並非是首要開發的項目，這意味著安全氣囊對使用者而言可能只是一種增進安

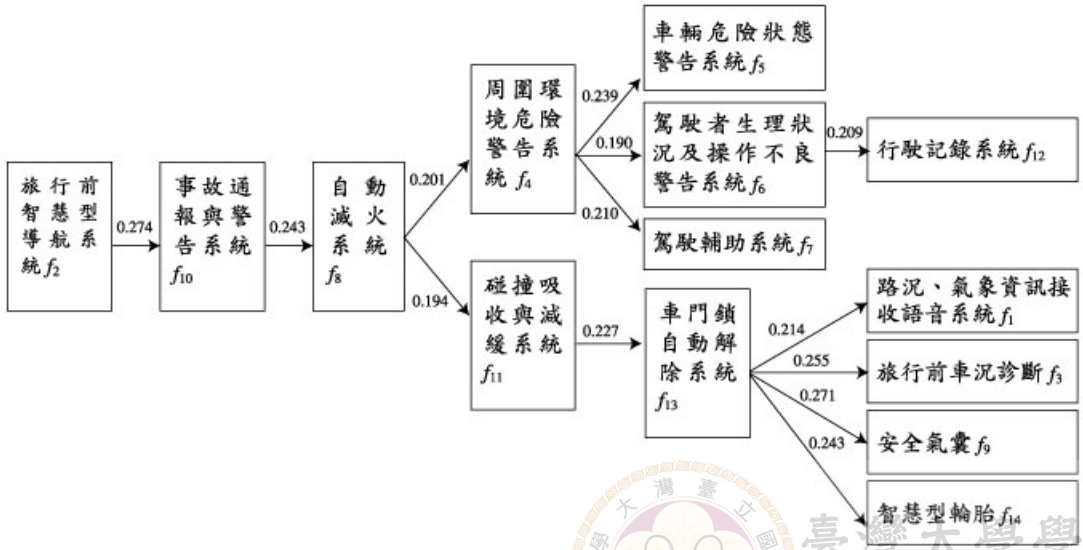



圖6 子系統開發順序圖

臺灣大學學術期刊資料庫

全的附加配備；且眾所週知，開車緊繫安全帶與否遠比車體是否安裝安全氣囊更為重要。此外，收聽廣播亦可容易獲得路況或氣象的相關資訊，因此「路況、氣象資訊接收語音系統」對使用者而言似乎也並非必要配備。因此開發較為容易或是所需開發經費較少者，未必就是首要建議開發對象。即使目前已有多個系統被陸續開發，例如「路況、氣象資訊接收語音系統」、「安全氣囊」與「行駛記錄系統」等，但是對照圖 5 應可看出這些系統是否有立刻發展的必要性。因此，政府相關單位在制定發展策略時，也應參考使用者的偏好。未來可針對 ITS 技術發展人員或一般使用者透過問卷進行訪談，並就不同的受訪群體所獲得之學習序列進行比較分析，以了解各群體所重視項目之間的差異，期使相關研究更臻完善。

## 伍、討論與結論

如前所述，計劃評核術與要徑法在專案管理中是最常被使用的專案排程方法。這兩種方法的特點在於專案計劃網路中必須表明計劃中各項工作及其作業之先後關係，釐訂程序，求出要徑並運用資源管制，另外專案實施的時間及成本也都有明確的限制。雖近年來有許多研究將模糊的觀念加入，用來解決加工或處理時間不確定的排程問題 (Adamopoulos, Pappis, & Karacapilidis, 2000) 、或到期日、處理時間和程序關係都以模糊數來處理 (Vlach, 2000) 、或是以顧客和分包商關係為背景，考慮訂單的不確定如何加入排程中 (Genest, Grabot, & Moutarlier, 2000) 等等的研究，但是並未對於專案活動或事件執行順序關係不確定的議題加以研究。

有別於上述的傳統專案排程法，本文所提出之方法可應用於各項作業或系統的執行或開發先後關係不明確的專案計畫。在做法上，首先確定評估系統開發的準則，並由受訪者就各子系統在各準則下的表現給予相對之績效值。其次，以灰關聯分析為基礎，以前述之受訪資料獲取待開發子系統間的開發成本；最後，以能力集合擴展方法獲取學習序列，並由此分析出各子系統間開發之先後順序。然而，所提出之方法其設計目的並非取代計劃評核術或要徑法，因為之後或許可使用計劃評核術或要徑法，就所獲得之子系統開發順序進行要徑之管理控制。因此所提出之方法具有輔助計劃評核術或要徑法進行專案管理之可能性。

以本文之實例驗證而言，若政府或各地方政府的運輸部門都從未開發過類似的系統或執行類似的專案時，各系統的開發或作業的執行先後關係也就無法事先確切得知；因此所提出之方法應可輔助決策者解決此類系統開發順序未知的問題。在高科技產業中，由於創新是不變的成功因素之一；因此，全新的科技開發或是新的系統開發專案屢見不鮮，因此本研究所提出之方法應可加以運用於解決類似的專案管理問題，以順利推動專案的進行。

我們就以上各節之陳述，進行以下討論並提供未來可能據以發展的議題：

臺灣大學學術期刊資料庫

(一)、學習序列的產生可能會受到一些參數值的影響，例如準則之相對權重。因此權重獲取的方法，例如層級分析法或模糊測度 (fuzzy measure) (Wang & Klir, 1992)，應可列入考量。

(二)、關於子系統間之關聯，本文係使用灰關聯做為評估子系統間關聯之依據。事實上，灰關聯為諸多方法中的其中一種。未來我們將會嘗試使用其他的方法獲取子系統間之關聯，並分析其中之差異。

(三)、每一項子系統的開發將會因為技術與開發的難易度，以及政策上的考量，導致開發不同子系統所需要之最多時間也不盡相同。受訪群體或許可就此依其相關經驗，概估執行或開發成本。

(四)、由各子系統在各準則下之績效值 (performance value) 與各準則之相對權重，可獲得各子系統之綜合績效值 (synthetic performance)。綜合績效值可解釋為被偏好開發的程度，因此未來可就綜合績效值進一步決定那些子系統是不需要被開發的。在計算綜合績效值方面，目前簡單加權法 (simple additive weighting; SAW) (Yoon & Hwang, 1995) 是一個被廣為使用的方法。亦即，由簡單加權平均法可以求得 $f_p$ 之重要程度的綜合績效值 $e(f_p)$：

$$e(f_p) = \sum_{i=1}^{n} w_i f_{p_i} \tag{16}$$

其中，$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$

臺灣大學學術期刊資料庫

## 參考文獻

內政部警政署，2003，http://www.npa.gov.tw/count/xls/right1_3.xls (搜尋日期 2003 年 3 月 1 日)。

毛治國，1998，「智慧化運輸系統的特性與我國的推動策略」，台灣地區運輸系統智慧化推動策略研討會論文集。

王晉元、卓訓榮、鍾世忠、呂宗熙、黃隆洲、孟億里、錢建中、盧宗成、張惠汶 (2001)：先進安全車輛研發策略之研究 (技術報告)，台北：交通部運輸研究所。

史開泉、吳國威、黃有評，1994，初版，灰色信息關係論，台北，全華科技圖書公司。

交通部運輸研究所 (1998)：The progress and relative techniques in intelligent transportation systems (技術報告編號 No. 87-59-660)，台北：交通部運輸研究所。

交通部運輸研究所 (1999)：The development outline of intelligent transportation systems in Taiwan: The investigation of the application domains and the supply and demand of user services (技術報告編號 No. 88-48-663)，台北：交通部運輸研究所。

葉若春，1989，初版，生產計劃與管制，台北，中興管理顧問公司。

鄧振源、曾國雄，1989a，「層級分析法的內涵特性與應用(上)」，中國統計學報，27 卷 6 期：頁 13707-13724。

_____，1989b，「層級分析法的內涵特性與應用(下)」，中國統計學報，27 卷 7 期：頁 13767-13782。

鄧振源，2002，初版，計畫評估：方法與應用，台北，海洋大學運籌規劃與管理研究中心。

Abeyasinghe, M. C. L., Greenwood, D. J., & Johansen, D. E. 2001. An efficient method for scheduling construction projects with resource constraints. ***International Journal of Project Management***, 19(1): 29-45.

Ackoff, R. L. 1970. ***A concept of corporate planning*** (1st ed.), New York: John Wiley & Sons.

Adamopoulos, G. I., Pappis, C. P., & Karacapilidis, N. I. 2000. A methodology for solving a range of scheduling problem under uncertainty. In Roman Słowiński & Maciej Hapke (Eds.), ***Scheduling under fuzziness*** (1st ed.), vol. 37: 147-163. NY: Physica-Verlag.

Al-Jibouri, S. 2002. Effects of resource management regimes on project schedule. ***International Journal of Project Management***, 20(4): 271-277.

Anatoliy, I. S., & Tetyana, A. J. 2003. Fuzzy temporal characteristics of for project

臺灣大學學術期刊資料庫

management on the network models basis. ***European Journal of Operational Research***, 147(2): 253-265.

Brucker, P., & Knust, S. 2003. Lower bounds for resource-constrained project scheduling problems. ***European Journal of Operational Research***, 149(2): 302-313.

Carlier, J., & Neron, E. 2003. On linear lower bounds for the resource constrained project scheduling problem. ***European Journal of Operational Research***, 149(2): 314-324.

Chiu, Y. J., & Tzeng, G. H. 2002. ***Evaluating intelligent transportation security systems using MCDM***. In Proceedings of the 30th International Conference on Computers and Industrial Engineering, 131-136, Tinos Island, Greece.

Cleland, D. I., & King, W. R. 1983. ***System analysis and project management*** (3rd ed.), NY: McGraw-Hill.

Cori, K. A. 1985. Fundamentals of Master Scheduling for the Project Manager. ***Project Management Journal***, 16(2): 78-89.

Deckro, R. F., & Hebert, J. E. 2002. Modeling diminishing returns in project resource planning. ***Computers & Industrial Engineering***, 44(1): 19-33.

Deng, J. L. 1982. Control problems of grey systems. ***Systems and Control Letters***, 1(5): 288-294.

Feng, J. W., & Yu, P. L. 1998. Minimum spanning table and optimal expansion of competence set. ***Journal of Optimization Theory and Application***, 99(3): 655-679.

Genest, L., Grabot, B., & Moutarlier, P. 2000. Scheduling of heterogeneous data using fuzzy logic in a custeomer-subcontractor context. In Roman Słowiński & Maciej Hapke (Eds.), ***Scheduling under fuzziness*** (1st ed.), vol. 37: 247-265. NY: Physica-Verlag.

Kelley, Jr. 1961. Critical path planning and scheduling mathematical basis. ***Operations Research***, 9(3): 296-320.

Hsu, Y. T., & Chen, C. M. 2000. A novel fuzzy logic system based on n-version programming. ***IEEE Transactions on Fuzzy Systems***, 8(2): 155-170.

Hu, Y. C., Chen, R. S., & Tzeng, G. H. 2002. Generating learning sequences for decision makers through data mining and competence set expansion. ***IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics***, 32(5): 679- 686.

Hu, Y. C., Chen, R. S., Tzeng, G. H., & Chiu, Y. J. 2003. Acquisition of compound skills and learning costs for expanding competence sets. ***Computers and Mathematics with Applications***, 46(5-6): 831-848.

Hwang, M. J., Chiang, C. I., Chiu, I. C., & Tzeng, G .H. 2001. Multi-stages optimal expansion of competence sets in fuzzy environment. ***International Journal of***

臺灣大學學術期刊資料庫

***Fuzzy Systems***, 3(3): 486-492.

Li, H. L. 1999. Incorporating competence sets of decision makers by deduction graphs. ***Operations Research***, 47(2): 209-220.

Li, J. M., Chiang, C. I., & Yu, P. L. 2000. Optimal multiple stage expansion of competence set. ***European Journal of Operational Research***, 120(3): 511-524.

Li, H. L., & Yu, P. L. 1994. Optimal competence set expansion using deduction graph. ***Journal of Optimization Theory and Application***, 80(1): 75-91.

Malcolm, D. G., Roseboom, J. H., Clark, C. E., & Fazar, W. 1959. Applications of a technique for R&D program evaluation (PERT). ***Operations Research***, 7(5): 646-669.

Opricovic, S., & Tzeng, G. H. 2002. Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. ***Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering***, 17(3): 211-220.

Pinto, J. K., & Slevin, D. P. 1988. Project Success: Definition and measurement techniques. ***Project Management Journal***, 19(1): 67-72.

Saaty, T. L. 1980. ***The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*** (1st ed.), New York: McGraw-Hill.

Simon, M. A. 1977. ***The new science of the management decision*** (1st ed.), New York: Prentice-Hall.

Steyn, H. 2002. Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling. ***International Journal of Project Management***, 20(1): 75-80.

Tukel, O. I., & Wasti, S. N. 2001. Analysis of supplier buyer relationships using resource constrained project scheduling strategies. ***European Journal of Operational Research***, 129(2): 271-276.

Tzeng, G. H., & Tsaur, S. H. 1994. The multiple criteria evaluation of grey relation model. ***The Journal of Grey System***, 6(2): 87-108.

Vlach, M. 2000. Single machine scheduling under fuzziness. In Roman Słowiński & Maciej Hapke (Eds.), ***Scheduling under fuzziness*** (1st ed.), vol. 37: 223-245. NY: Physica-Verlag,.

Wang, Z., & Klir, G. J. 1992. ***Fuzzy measure theory*** (1st ed.), New York: Plenum Press.

Yoon, K. P., & Hwang, C. L. 1995. ***Multiple attribute decision making: an introduction*** (1st ed.), London: Sage Publications.

Yu, P. L. 1990. ***Forming winning strategies: an integrated theory of habitual domain*** (1st ed.), NY: Springer-Verlag.

Yu, P. L., & Zhang, D. 1990. A foundation for competence set analysis. ***Mathematical Social Sciences***, 20(3): 251-299.

臺灣大學學術期刊資料庫