

科技設施工程之設計階段決策流程評估模式(II)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2221-E-009-134-

執行期間：97年8月1日至98年9月30日

計畫主持人：王維志 教授

共同主持人：無

計畫參與人員：劉正章、鍾楚璿、林家立等人 國立交通大學

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各二份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學土木工程學系

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

摘要

營建工程之興建過程包括規劃與設計階段，從工程業主(或協助業主之顧問或營建管理顧問公司)的角度而言，當在概念及可行性研究(先期規劃)階段中，業主往往只能提供一個初步概念或者若干需求，如何將這些概念與需求轉化成具體文字或圖表，據以擬定設計準則，以作為建築師競圖之基礎，是此階段中極為重要之課題。在進入到綜合規劃階段時，此時設計者依據設計準則，提出數個方案，如何系統化的評估出符合業主需求之適當方案，以匡列專案工程的預算則是此階段的主要問題。當到初步與細部設計階段時，如何逐漸地將細微的需求，詳細且有系統地納入設計圖說，以利最後產出施工標所須之招標文件則是重點。在實務現況中，上述規劃設計階段涉及需求問題的處理方式主要是透過會議討論並多僅仰賴於經驗，缺少有系統流程或方法來協助管理，經常造成對於業主需求的分析與決策無法掌控，進而影響整體工程之需求無法確實達成並延誤工程進展。若是涉及到科技設施工程，需求更加繁多且複雜，將使得上述問題之解決更加困難。

本研究主要目的為建構一決策支援的流程評估模式，在上述三個規劃設計階段執行過程中，協助業主來評估其需求是否具體化於各種設計產出中。亦即，在概念及可行性研究階段，協助將業主明確與不明確之需求具體表達，以作為設計師競圖之設計準則；在綜合規劃階段，協助業主選出適當的設計方案；以及在設計階段，協助將業主詳細的需求完整的表達在設計圖說中。

本研究計畫之期程為三年，依序對上述三個規劃設計階段進行研究，藉由專家訪談及文獻回顧瞭解各階段實務現況中所面臨的需求整合、需求轉化及決策等問題；利用品質機能展開法、資料流程圖等方法，系統化建構出決策流程評估模式；最後並以電腦化呈現，並藉由科技設施實際案例的深入探討來協助模式的建構。

本計畫已完成第一與第二年研究工作內容，目前正執行第三(98)度年計畫。本文為本計畫第二年的成果報告，主要撰寫內容為說明第二年研究進行中所得出較具體成果部份，至於整體計畫之成果報告擬俟第三(98)年度計畫完成後再整體呈現。本年主要具體成果部份之摘要簡略說明如下段，詳細內容請參詳本報告之本文。

本計畫第二年曾針對本計畫其中一案例科技設施工程在規劃設計階段的延遲結果進行分析，特別對於延遲與四個設計流程構面(需求與規範、組織決策與預算、專案控管與審查以及設計執行與協調)之關係進行探討，倘若能夠釐清設計流程間的相互影響(支配)關係應可有效降低專案設計延遲的發生。本研究透過專家訪談與文獻回顧整理出前述四個構面與 17 個評估準則，並運用決策試驗與實驗評估法來建構影響設計延遲的網路關聯圖。本研究發現組織決策與預算與使用需求與規範等兩構面是主要影響該案例工程設計遲延的原因，故建議該兩構面為管理者未來改善延遲的重點方向。

關鍵詞：規劃設計階段、科技設施工程、設計延遲、滿意度重要度分析、決策試驗與實驗評估法

Abstract

Constructing a facility includes planning and design phases. From the viewpoint of project management team, materializing the project owner's needs/requirements into concrete design guidelines is crucial to selecting a capable architect/engineer (A/E) during the conceptual planning and feasibility study phase. Systematically evaluating the design alternatives proposed by the A/E is a major task in the planning phase. Finally, a design review of the selected design alternatives is the focus in the (preliminary and detailed) design phase. In practice, ensuring whether or not the owner's needs are met frequently is to conduct numerous review meetings and is highly experienced-based. Without a systematic model to step-by-step advice the project management team to take appropriate management actions in the planning and design phases, the deliverables generated in each phase frequently cannot satisfy the owner's requirements. This practical problem is particularly highlighted for a high-tech facility construction project which involves much complicated owner's needs and requirements.

The main objective of this three-year research is to develop a process-based evaluation model for supporting the planning and design phase for high-tech facility construction projects. In conducting this research, expert interviews and literature review will be used to further understand the problems. Then, the research will apply quality function deployment and data flow diagram to help build up the model. Eventually, the model will be tested using some real-world high-tech facility construction projects.

We have completed the first-year and second-year tasks of this research. Currently, the third-year research is ongoing. This report discusses only the concrete results of the second-year research. The results of the whole research will be presented comprehensively in the next year's report. The results of the second-year research are summarized in the following paragraph. Additionally, the details can be found in the main contents of this report.

In the second year of this research, we also investigate the relationships between the design delays and four design-process-related aspects for a high-tech facility construction project. These four design-process-related aspects are user aspect (owner needs and specifications), decision-maker aspect (decision making process and budgets), project management aspect (control and review), and A/E aspect (execution and coordination). Knowing the relationships between the delays and the aspects should help management to appropriate actions. To conduct the above-mentioned analysis, we develop 17 evaluation criteria under the four aspects according to several expert interviews and extensive literature review. Then DEMATEL technique is applied to develop network relationships of the delays and criteria. The results show that the owner aspect and user aspect are the keys to affecting design delays for this project. Thus, management should pay high attention to controlling the progress related to these two aspects.

Keywords: planning and design phases, high-tech facility construction, design delays, satisfaction-importance analysis, DEMATEL technique

一、前言

工程專案的執行可以分成概念及可行性研究、綜合規劃、初步設計階段、細部設計階段、發包施工階段與驗收完工階段，其中可行性研究、綜合規劃、初步設計階段與細部設計之階段則屬於的規劃設計階段，在此階段中，業主以及使用單位常常僅能提出一個設計概念或使用需求，如特定設施功能或使用空間需求，然而業主以及使用單位所提出的概念或需求是否能被滿足則需仰賴使用單位(實際使用者)、決策(業主)、管理(專案管理)與設計(建築師)單位不斷的溝通協調才能落實。然而在實務運作上，為了將設計概念與使用需求落實，通常透過是由決策單位邀集其他單位商討方式進行，由於各單位無法明確瞭解設計概念以及有效釐清使用需求，使得當設計概念與使用需求落實到實際設計圖說上又會產生極大的落差，此時又必須重新進行討論，即使各單位確定了設計概念與使用需求，往往可能因為法規限制或預算不足而必須重新討論新的設計方案，使得規劃設計階段的進行通常耗時且無效率，因此如何改善此一問題是所有參與者所關心的，故本研究試圖從眾多影響專案設計延遲的原因依其功能特性分成設施使用、預算決策、專案管理與設計執行之四個主要構面，透過瞭解這四個功能構面之間的相互影響關係，進而找出有效解決專案延遲的關鍵因素，必藉此提高專案設計流程效率，目前有越來越多的研究開始重視設計管理的重要性 (Luh et al., 1999; Chang, 2001; Austin et al., 1999; Austin et al., 2000; Wang and Dzeng, 2005; and Wang et al., 2006)，部份研究試是針對設計流程來進行討論，主要目的是透過合理之設計流程管控來讓設計排程更有效率。Sanvido and Norton (1994) 提出一個建築物設計過程模式，該模式透過對設計項目的確認與安排、設計資源流向和設計產物的掌控等方式來確保設計專案的成功，此外由於設計專案的發展是由不同來源的資訊傳遞所產生，因此容易產生不同設計者之間的認知誤差與資訊不對等的情形發生(Peng, 1994; Fredrickson, 1998; Mokhtar et al., 2000; Hegazy et al., 2001)，然而目前有部份研究逐漸探討設計循環特性和資訊間的從屬關係，Austin et al. (1999; 2000) 藉由分析設計計畫技術(Analytical Design Planning Technique; ADePT)來建構建築物之設計計畫。

因此本研究藉由分析專案設計流程之間的相互影響關係，進而找出影響專案設計延遲原因的網路關聯圖，研究透過專家訪談與文獻回顧整理出使用需求與規範、組織決策與預算、專案控管與審查以及設計執行與協調之四個構面與 17 個評估準則，藉由調查各個專案設計延遲因素的滿意度與重要度並透過滿意度重要度分析(SIA)來找出不滿意但重要的專案設計延遲因素，再透過決策試驗與實驗評估法(DEMATEL)來建構設計延遲的網路關聯圖，以找出最有效的設計延遲改善策略。本研究以台灣北部地區一個國家科學學術研究單位之科技設施新建工程為實例說明，研究發現組織決策與預算與使用需求與規範構面是主要的影響專案設計遲延的構面，本研究透過滿意度重要度分析(SIA)來找出重要但不滿意的專案設計延遲因素，並透過決策試驗與實驗評估法(DEMATEL)建構出設計延遲改善策略圖，可以有效改善專案設計延遲的問題，並希望藉提高專案設計流程的效率。

二、設計延遲與設計管理探討

由於設計對工程影響之重大與深遠，因此設計階段應有嚴密的管理；在積極方面可獲得最佳設計，在消極方面則可避免設計之錯誤或不當。在設計階段若欠缺設計管理，除會造成施工階段的工期延長，成本或預算亦有增加的可能性。因此，設計管理在整個工程專案管理上是非常重要的。設計管理是指計劃開始前依合約時程與資源，擬訂工作

計畫與執行設計進度管理，使設計工作提前完成，有餘裕可以進行品質檢驗的工作。已有越來越多的研究指出設計管理之重要性(Luh et al., 1999;Chang, 2001;Austin et al., 1999;Austin et al., 2000;Wang and Dzeng, 2005;Wang et al., 2006，有些研究係針對設計流程(design process)進行討論，目的在透過合理之設計流程管控，使設計排程管理更有效率。例如，Sanvido and Norton (1994) 提出一建築物設計過程之模型，該模型指出透過對設計項目的確認與安排、設計資源流向和設計產物的掌控等方式可確保一設計案的成功，一設計案的發展乃因資料流和資訊流的傳遞。另其他研究則指出設計流程的問題在於設計是由一合作之環境 (collaborative environment) 所產生，例如一設計改變可能會讓不同設計者間存在有認知誤差和資訊不對等的情形(Peng, 1994;Fredrickson, 1998;Mokhtar et al., 2000;Hegazy et al., 2001)。

在考慮設計循環特性和資訊間的從屬關係後，Austin 等人 (1999 與 2000) 建立一分析設計計畫技術(Analytical Design Planning Technique; ADePT)來建構一建築物之設計計畫。ADePT 的核心在於一利用一關係矩陣去分析設計流程之循環過程，這個模型能夠將資訊從屬關係予以分級。然而，該研究亦指出 ADePT 可能僅能適用於學術界，這可能由於 ADePT 使用了複雜的數學演算法，例如路徑搜尋技術 (path-searching technique) 和系統化分割矩陣。設計者在規劃階段須將業主之需求項目，具體而明確的呈現，以作為設計的依據。過往研究利用數種不同工具，如資訊模式 (information modeling methods)、最佳化 (optimization)、數據結構矩陣 (data structure matrix) 和電腦模擬(simulation)電腦工具等，研究發展出數種評估模式以利業主掌控規劃設計階段所具有之各種特性(例如資訊從屬、設計循環的次數和合作環境等)，以利改善設計管理作業。換言之，特別針對科技設施工程，並建立一以業主執行者為主之決策流程評估模式之研究是不足的。

2.1 使用需求與規範構面

然而業主對於需求項目的表達，往往是一連串的語意描述詞，如光線要明亮，而且需求項目之重要性及其相關性亦無法明確的表示。此外，一個完整的設計方案是由眾多的設計要素構成，而各設計要素又可分為不同的選項。因此有必要建立能將業主需求項目系統明確地呈現，而且得以尋求最佳設計組合的工程設計決策模式(陳惠娟，2004)。因此在**使用需求與規範構面**，主要是探討使用者或使用單位對於科技設施的需求強度以及使用者對於科技設施的空間需求與功能需求的明確程度，再則是使用者對於科技設施的技術要求以及該科技設施所牽涉到的法令規章的限制程度，最後則是使用者對該科技設施所要求的技術規範質量程度，因此本研究整理出需求強度、需求內涵、技術層次、法令規章與技術規範之五個準則。

2.2 組織決策與預算

一個工程的興建往往涉及龐大的專案預算與資源分配，以及牽涉大龐大的專案決策與組織的督導問題，因此在**組織決策與預算構面**，主要是探討專案決策組織的決策與執行能力，因此本研究整理出決策能力、督導能力、預算額度與資源分配之四個準則，決策能力係指專案委員會的決策能力與決策處理效率；督導能力係指專案委員會是否能夠遴選出好的專案管理顧問以及能有否有效監控；預算額度係指專案委員會對於預算分配的掌控能力，換句話說專案委員會是否能夠爭取到足夠的專案預算或者當初編列預算時是否能夠周詳的評估到專案可能的預算支出，最後資源分配則是專案委員會的資源分配

方式以及專案委員會如何妥善配置專案預算，讓各分包廠商不會出現無法請款或資金調度困難的問題。

2.3 專案控管與審查

專案管理與設計審查是為了確保設計作品能夠符合業主與使用單位的需求與預算，以及未來能讓承包廠商繼續施工，因此在**專案控管與審查構面**，主要是探討專案管理顧問的專案溝通與審核管理能力，因此本研究整理出管理模式、專業能力、溝通能力與審核能力之四個準則，管理模式係指專案營建管理團隊的運作與管理模式，管理層級越少的組織運作型態可以讓組織運作更有效率，不過過多的平行(功能)組織確會造成協調的困難度上升，因此如何選擇一個合適的專案管理組織運作模式將會影響整個專案管理與設計審查的效率；專業能力係指專案營建管理團隊的經驗與專業能力，因為整個計劃的專案管理與設計審查往往涉及不同專業領域的整合，因此越有經驗的專案營建管理團隊越能瞭解使用單位的實際需求以及能輔助或引導設計團隊或建築師事務所朝向業主的需求方向設計並有效降低不必要的設計循環，而溝通能力則是指專案營建管理團隊的溝通協調能力，由於專案營建管理團隊必須要專案設計滿足業主(使用單位與決策單位)的需求，同時有效引導設計團隊朝向業主的需求設計，因此必須有效整合多方(使用單位、決策單位與設計單位)的意見，因此專案營建管理團隊的溝通能力將會影響專案是否能夠取得專案設計共識與加速設計方案確定的時程；最後則是審核能力，係指專案營建管理團隊的設計審核與督導能力，也就是營建管理團隊是否能夠有效釐清造成延遲的原因或設計程序，並進一步將其導正與加速專案設計程序的進行。

2.4 設計執行與協調

一般設計專案之作業項目乃依據專案目標即業主需求進行解析而得，而其工作內容大多是在處理資訊，但由於作業所需之資訊內容具有不確定性，因此設計作業往往需透過反覆資訊傳遞方能得到一合適的設計結果，而反覆設計之範圍可能橫跨多個設計作業項目，形成一個或數個反覆執行迴圈，迴圈中作業項目越多，越易導致設計作業的缺失(王思琳，2005)。

在**設計執行與協調構面**是欲討專案設計團隊對於專案設計的資源投入以及執行能力，以及設計團隊是否能夠與其他專案組織進行有效的溝通與協調，因此本研究整理出設計能力、估算能力、協調能力與人配調派之四個準則，設計能力主要是衡量設計團隊的經驗與設計能力，越有經驗與設計能力的設計團隊越能儘早瞭解業主(設計單位與決策單位)真正的使用需求為何，也越能有效提出合適的設計選擇方案讓業主進行選擇，因此專案設計團隊的經驗影響其瞭解使用需求所需耗費的時間，而設計團隊的設計能力決定了最適設計方案被提出的時程；估算能力係指設計團隊的成本估算經驗與能力，由於許多設計方案最終無法被執行在於其執行成本遠高於業主的預期或預算，因此設計單位是否能有效評估設計方案最可能被執行的成本，將能有助於決策單位在進行設計方案評選以及後續預算核定與資源分配之參考；協調能力則是衡量設計團隊的分包協調能力，由於隨著專案的複雜性越高則設計專案所需要的協同設計或設計分包的可能性就越大，像一個住宅建築的設計專案就可能包含土建設計與機電設計，而隨著設施工程的複雜度提高，其所需要分拆的設計單位就越多，而其後所需整合的複雜性就越高，所以專案設計團隊的分包協調能力越強就能提高協同設計或分包設計的執行效率並確保其產出的設計方案能夠符合業主的要求；最後則是人配調派，係指設計團隊的專案人員調派能力，

因為建築師事務所在決定設計資源的投入與專案設計團隊的配置並非無限量的，而是依照設計執行階段的不同而有所差異，如專案設計初期投入的設計資源是最少的，之後再逐漸增加到一定配置額度，隨著設計方案陸續被決定後，設計資源則會逐漸減少，因此多數的設計方案同時被執行時，倘若有部份設計方案因業主無法確定，進而導致高度的設計資被需求或被佔用，將會發生兩種情況，一種是建築師事務所因成本考量不願繼續投入更多的設計資源而造成設計時程被延長，另一種則是在不斷追加設計資源下，造成設計成本不斷上升進而導致建築師事務所不得不向業主追加設計費用，因此設計團隊如何有效的進行設計資源(人員)配置以及對於設計資源的合適的調派將會影響專案的設計時程。

表 1 專案設計延遲原因評估準則表

構面／準則	評估準則說明
1. 使用需求與規範構面	
1.1 需求強度	使用者對於[設施]的需求強度
1.2 需求內涵	使用者對於[設施]需求內涵(空間、功能)的明確程度
1.3 技術層次	使用者對於[設施]的技術要求
1.4 法令規章	設施所牽涉的法令規章限制程度
1.5 技術規範	設施本身所要求的技術規範嚴謹程度
2. 組織決策與預算構面	
2.1 決策能力	專案委員會的決策能力
2.2 督導能力	專案委員會的督導能力
2.3 預算額度	專案委員會對於預算分配的掌控能力
2.4 資源分配	專案委員會的資源分配方式
3. 專案控管與審查構面	
3.1 管理模式	專案營建管理團隊的運作與管理模式
3.2 專業能力	專案營建管理團隊的經驗與專業能力
3.3 溝通能力	專案營建管理團隊的溝通協調能力
3.4 審核能力	專案營建管理團隊的設計審核與督導能力
4. 設計執行與協調構面	
4.1 設計能力	設計團隊的經驗與設計能力
4.2 估算法力	設計團隊的成本估算經驗與能力
4.3 協調能力	設計團隊的分包協調能力
4.4 人配調派	設計團隊的專案人員調派能力

三、專案延遲原因分析與改善策略模式建構

本研究之模式建構步驟如圖 1，研究首先定義專案延遲為待改善的決策問題，之後透過文獻回顧與專家訪談來找出可能造成專案延遲的「延遲原因」，並找出「延遲原因」是導因於哪些重要但卻未被妥善處理的準則，之後藉由數個被研究定義過的構面(功能流程/組織系統)來框住這些相類似構面(功能流程或組織系統)下的(導致延遲)的準則，之後透過衡量這些準則的狀態(重要度與滿意度)以及找出構面與準則的結構關聯並建構

出其網路關聯圖，最後再透過構面/準則狀態與構面/準則結構的整合就可以找出每個構面(功能流程或組織系統)的改善策略，故整個分析流程包含：(1)明確定義待改善問題、(2)建立評估構面與準則、(3)衡量構面與準則狀態(SIA)、(4)衡量構面與準則結構(NRM)與(5)整體改善策略建議之五大分析流程以及三個分析技術(重要度與滿意度分析、網路關聯圖分析與SIA-NRM分析)，依序將分別介紹與說明。

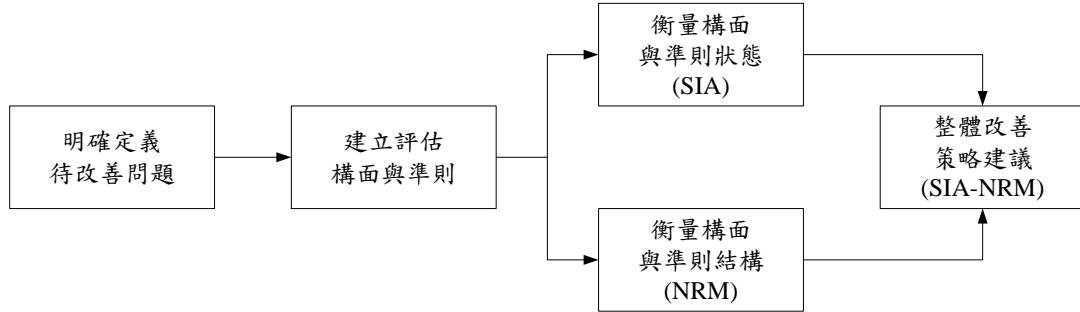


圖 1 原因分析與改善策略模式

3.1 滿意度與重要度分析(Satisfied Importance Analysis, SIA)

該部分會先對評估準則進行滿意度與重要度調查，並將所得到的資料以標準化處理，並將準則(圖 2 與表 2)滿意度與重要度分成四大類，第一大類準則為滿意度高且重要度高的準則，表示為○(+,+); 第二大類準則為滿意度高但重要度低的準則，表示為●(+,-); 第三大類準則為滿意度低且重要度低的準則，表示為▼(-,-); 第四大類準則為滿意度低但重要度高的準則，表示為 X (-,+), 而研究所建議溫泉旅遊服務系統服務價值創造的策略應由第四大類準則[X (-,+)]開始進行改善，之後再進行第三類準則[▼(-,-)]的改善，原因在於第四類是滿意度低但重要度高的準則是主要衝擊溫泉旅遊服務系統整體滿意度的準則，其次是第三大類準則為滿意度低且重要度低的準則，短期內若重要度無明顯升高則影響不會太大，反之若準則重要度有明顯上升則會進一步造成案設計延遲。

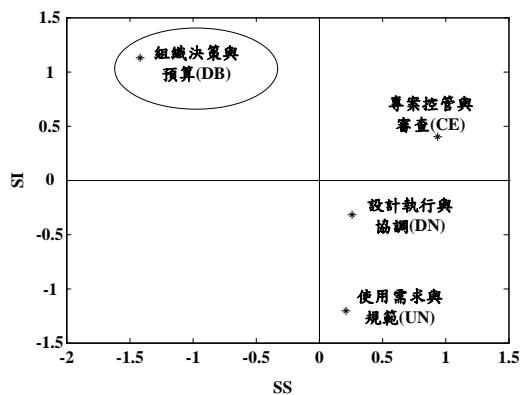


圖 2 滿意度與重要度分析(SIA)

表 2 重要度與滿意度分析表

構面	滿意度		重要度		(SS , SI)
	準則	原始值	正規化值	原始值	
1. 使用需求與規範(UN)	6.233	0.217	7.772	-1.209	● (+,-)
2. 組織決策與預算(DB)	5.583	-1.415	8.153	1.128	X (-,+)
3. 專案控管與審查(CE)	6.521	0.939	8.035	0.403	○ (+,+)
4. 設計執行與協調(DN)	6.250	0.259	7.917	-0.322	● (+,-)
平均數	6.147	0.000	7.969	0.000	
標準差	0.398	1.000	0.163	1.000	
最大值	6.521	0.939	8.153	1.128	
最小值	5.583	-1.415	7.772	-1.209	

3.2 決策試驗與實驗評估法

決策試驗與實驗評估法(DEMATEL)是由日內瓦 Battelle 紀念協會(Battelle Memorial Institute of Geneva)在 1972~1976 年間為了科學與人類事務計畫(Science and Human Affairs Program)所發展出來的方法，是用來解決複雜糾結的問題，決策試驗與實驗評估法可以提升對於特殊問題的瞭解、糾結問題的群組以及藉由層級結構來提供識別可行方案(Tzeng et al., 2007)。由於 DEMATEL 具有解決複雜糾結問題的功能，因此近年來廣泛運用於解決各類型複雜糾結的問題上。DEMATEL 方法早期應用於解工程系統相關的複雜問題，包括監控系統人機介面設計(Hori & Shimizu, 1999)、以及系統故障分析中的故障排序(Seyed-Hosseini et al., 2005)，近年來在決策與管理領域也普遍受到重視，相關的研究在人力資源發展領域有全球經理人能力發展研究(Wu & Lee, 2007)，而在組織學習領域有 E-learning 課程的績效評估研究(Tzeng et al., 2007)，航空管理領域中的航空安全評估與改善策略(Liou et al., 2007)，以及科學(科技)園區價值創造系統(Lin and Tzeng, 2009)。本研究將決策試驗與實驗評估法(DEMATEL)分成五大分析步驟來介紹，分別為:(1)計算初始平均矩陣、(2)計算直接影響矩陣、(3)計算間接影響矩陣、(4)計算總影響矩陣與(5)進行結構關聯分析。

(1)計算初始平均矩陣

計算原始平均矩陣是運用構面/準則成對比較的方式來評估每個受訪者對於構面/準則影響程度的評估，運用於評估的尺度為 0、1、2、3、4，其中 0 代表構面/準則間無影響關係，4 代表構面/準則間具有極高度影響關係，而 1、2、3 分別代表低度影響、中度影響及高度影響關係，以矩陣方式表示可得到表 2，其中「使用需求與規範 (UN)」對「組織決策與預算 (DB)」的影響程度，經資料加總平均為 3.111 代表「使用需求與規範 (UN)」對「組織決策與預算 (DB)」的影響程度為高度影響；反之「專案控管與審查 (CE)」對「組織決策與預算 (DB)」構面的資料加總平均為 2.361，表示呈現中度影響關係(表 3)。

表 3 原始影響矩陣表

構面	UN	DB	CE	DN	合計
使用需求與規範(UN)	0.000	3.111	2.972	2.861	8.944
組織決策與預算(DB)	3.167	0.000	3.056	2.750	8.972
專案控管與審查(CE)	2.500	2.361	0.000	2.861	7.722
設計執行與協調(DN)	2.583	2.361	2.778	0.000	7.722
合計	8.250	7.833	8.806	8.472	

(2) 計算直接影響矩陣

由表 2 可知原始矩陣(A)為一 4×4 的矩陣，將原始矩陣(A)透過方程式(1)(2)處理可以得到直接影響矩陣(D)，如表 3 所示可知直接影響矩陣對角線為 0，行、列的和最大為 1，接著進一步將直接影響矩陣(D)行的和與列的和相加可以得到表 4，其中「使用需求與規範 (UN)」行列的和相加為 1.916 為直接影響矩陣中重要度最高的影響構面，而「設計執行與協調 (DN)」行列的和相加為 1.805 為直接影響矩陣中重要度最低的影響構面(表 4、表 5)。

$$D = sA, \quad s > 0 \quad (1)$$

此處

$$s = \min_{i,j} [1 / \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, 1 / \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

且 $\lim_{m \rightarrow \infty} D^m = [0]_{n \times n}$ ，此處 $D = [x_{ij}]_{n \times n}$ ，當 $0 < \sum_{j=1}^n x_{ij}, \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1$

且至少有一個 $\sum_{j=1}^n x_{ij}$ 或 $\sum_{i=1}^n x_{ij}$ 為 1，但非全部。同時可確保 $\lim_{m \rightarrow \infty} D^{m-1} = [0]_{n \times n}$ 。

表 4 直接影響矩陣(D)

D	UN	DB	CE	DN	合計
使用需求與規範(UN)	0.000	0.347	0.331	0.319	0.997
組織決策與預算(DB)	0.353	0.000	0.341	0.307	1.000
專案控管與審查(CE)	0.279	0.263	0.000	0.319	0.861
設計執行與協調(DN)	0.288	0.263	0.310	0.000	0.861
合計	0.920	0.873	0.981	0.944	

表 5 直接影響程度比較表

構面	列的和	行的和	行列的和	重要影響程度
使用需求與規範(UN)	0.997	0.920	1.916	1
組織決策與預算(DB)	1.000	0.873	1.873	2
專案控管與審查(CE)	0.861	0.981	1.842	3
設計執行與協調(DN)	0.861	0.944	1.805	4

(3) 計算間接影響矩陣

間接影響矩陣(\mathbf{ID})可以透過方程式(3)的方式運算得到，由表 6 可以看到經計算後的間接影響矩陣(\mathbf{ID})。

$$\mathbf{ID} = \sum_{i=2}^{\infty} \mathbf{D}^i = \mathbf{D}^2 (\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} \quad (3)$$

表 6 間接影響矩陣表

構面	UN	DB	CE	DN	合計
使用需求與規範(UN)	3.196	2.984	3.283	3.195	12.657
組織決策與預算(DB)	3.115	3.083	3.290	3.211	12.699
專案控管與審查(CE)	2.783	2.680	2.995	2.836	11.293
設計執行與協調(DN)	2.782	2.682	2.924	2.915	11.303
	11.875	11.429	12.492	12.156	-

(4) 計算總影響矩陣

總影響矩陣(\mathbf{T})可以透過直接影響矩陣自我相乘後相加得到，也可以用方程式(4)或(5)的方式運算得到，由表 7 可以看到經計算後的總影響矩陣(\mathbf{T})，方程式(6)表示總影響矩陣(\mathbf{T})是由許多元素構成，所以將表 7 的總影響矩陣的列(元素)相加可以得到列的和向量(\mathbf{d})，而將總影響矩陣的行(元素)相加可以得到行的和向量之轉置(\mathbf{r})，之後再將列的和向量(\mathbf{d})與行的和向量之轉置(\mathbf{r})相加可以得到行列的和向量($\mathbf{d}_i + \mathbf{r}_i$)，而行列的和代表總影響矩陣(\mathbf{T})中的總影響關係，若行列的和向量($\mathbf{d}_i + \mathbf{r}_i$)越高，則代表該構面或準則*i*與其它構面或準則彼此的影響關係越大，若將列的和向量(\mathbf{d})與行的和向量之轉置(\mathbf{r})相減則可以得到行列的差向量($\mathbf{d}_i - \mathbf{r}_i$)，而行列的差代表總影響矩陣的淨影響關係，若行列的差大於 0(即 $d_i - r_i > 0$)則意味著該構面(準則)影響其他構面(準則)的程度高過於該構面被其他構面或(準則)所影像的程度，反之，若行列的差小於 0($d_i - r_i < 0$)則意味著該構面(準則)影響其他構面(準則)的程度低於被其他構面或(準則)所影響的程度。

$$\mathbf{T} = \mathbf{D} + \mathbf{ID} \quad (4)$$

$$\mathbf{T} = \sum_{i=1}^{\infty} \mathbf{D}^i = \mathbf{D} (\mathbf{I} - \mathbf{D})^{-1} \quad (5)$$

$$\mathbf{T} = [t_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$\mathbf{d} = \mathbf{d}_{n \times 1} = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} \quad (7)$$

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_{n \times 1} = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n} \quad (8)$$

$$N = nt_{ij} = t_{ij} - t_{ji} \quad (9)$$

表 7 總影響矩陣表

構面	UN	DB	CE	DN	合計
使用需求與規範(UN)	3.196	3.331	3.614	3.514	13.654
組織決策與預算(DB)	3.468	3.083	3.631	3.518	13.700
專案控管與審查(CE)	3.062	2.943	2.995	3.155	12.154
設計執行與協調(DN)	3.070	2.945	3.234	2.915	12.164
合計	12.795	12.302	13.474	13.101	-

由表 8 可知使用需求與規範(UN)構面($d+r = 26.449$)是總影響最大的構面，而組織決策與預算(DB) ($d-r = 1.398$)、使用需求與規範(UN) ($d-r = 0.859$)則是淨影響為正的構面，因此改善專案設計進度應該從組織決策與預算(DB)與需求與規範(UN)構面著手。

表 8 總影響程度比較表

構面	列的和{d}	行的和 {r}	行列的和{d+r}	行列的和{d-r}
使用需求與規範(UN)	13.654	12.795	26.449	0.859
組織決策與預算(DB)	13.700	12.302	26.002	1.398
專案控管與審查(CE)	12.154	13.474	25.627	-1.320
設計執行與協調(DN)	12.164	13.101	25.266	-0.937

(5)進行結構關聯分析

為了得到淨關聯影響(支配)矩陣，我需要將下三角矩陣與上三角矩陣相減，即可得到淨限定穩定狀態矩陣或透過方程式(9)來計算出，透過方程式(9)計算過後，上三角的值會與下三角數值相同但符號相反，因此只要選擇其中一個即可。然後我們將表 9 中的行列的和($d+r$)與行列的差($d-r$)當作 X 與 Y 軸，可以畫出圖 2 的結構關聯影響圖，由圖 3 可以看出組織決策與預算(DB)是結構關係影響圖中的主要淨影響構面，而專案控管與審查(CE)則是結構關聯影響圖中的主要被影響構面，而使用需求與規範(UN)則是關聯影響最大的構面。

表 9 淨關聯影響(支配)矩陣

構面	UN	DB	CE	DN
使用需求與規範(UN)	-			
組織決策與預算(DB)	0.137	-		
專案控管與審查(CE)	-0.552	-0.688	-	
設計執行與協調(DN)	-0.444	-0.573	0.080	-

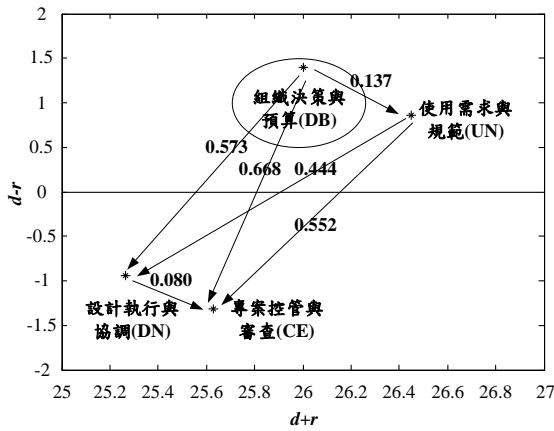


圖 3 結構關聯影響圖($d+r/d-r$ 圖)

3.3 SIA-NRM 分析

SIM-NRM 分析主要包含兩個程序，分別滿意度與重要度圖(SIM)分析與網路關聯圖(NRM)分析，滿意度與重要度圖(SIM)分析用於找出準則的重要度與滿意度狀態，當準則的標準化滿意度為負值就應該被改善，表 10 可以看到研究所提出的三種不同的策略，使用需求與規範(UN)、專案控管與審查(CE)與設計執行與協調(DN)採取持續維持，而組織決策與預算(DB)則是應該採取直接改善的策略，由圖 4 中組織決策與預算(DB)是屬於標準化滿意度為負的準則，而且該構面還是標準化重要度為正的準則故立即被改善，其次則是以屬於標準化重要度為負的準則，在其重要度提升前應該被改善，然而四大構面並無此一類型；因此由滿意度與重要度圖(SIM)分析，可以找出準則之重要度與滿意度狀態，有助於協助決策者找出應該被改善的準則，圖中的組織決策與預算(DB)準則為四大構面中最應該被改善的，透過網路關聯圖(NRM)分析可以找出構面之間的關聯影響，由圖 4 可以看出組織決策與預算(DB)的改善路徑為其本身，也就是其為網路關聯圖(NRM)中的主要支配項目，所以僅能由其本身進行改善。

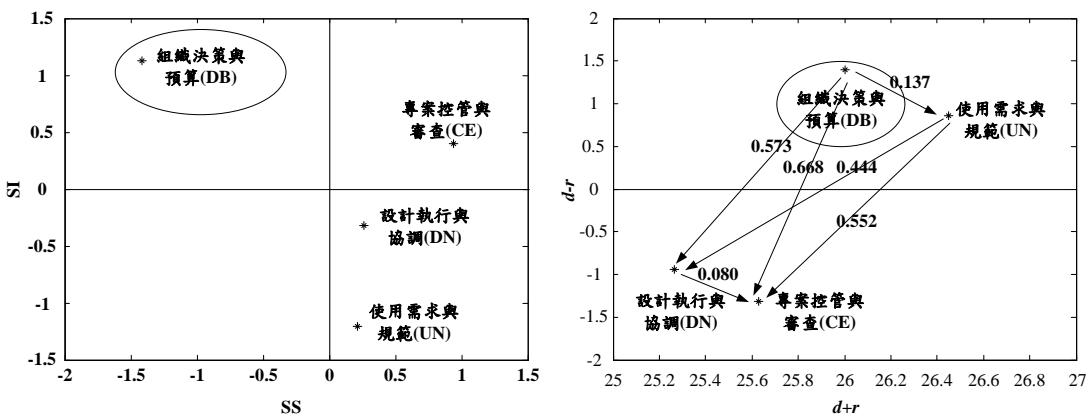


圖 4 專案設計延遲之改善策略(SIA-NRM 模式)

表 10 專案設計延遲之改善策略選擇表

構面/準則	SIA			NRM		策略選擇	
	SS	SI	(SS , SI)	$d+r$	$d-r$		
使用需求與規範(UN)	0.217	-1.209	● (+,-)	26.449	0.859	D (+,+)	A
組織決策與預算(DB)	-1.415	1.128	X (-,+)	26.002	1.398	D (+,+)	B
專案控管與審查(CE)	0.939	0.403	○ (+,+)	25.627	-1.320	ID (+,-)	A
設計執行與協調(DN)	0.259	-0.322	● (+,-)	25.266	-0.937	ID (+,-)	A

註:策略選擇分成三類，A 類是持續維持，B 類是直接改善，C 類是間接改善

四、專案設計進度改善策略實證分析

專案設計進度改善策略實證分析，首先探討專案設計進度之準則滿意度與重要度分析(SIA)，之後再以決策試與實驗評估法(DEMATEL)法來建構網路關聯圖(NRM)，並將滿意度與重要度分析(SIA)與網路關聯圖(NRM)加以整合，進行 SIA-NRM 分析，在滿意度與重要度分析，研究會先找出標準化後的滿意度(SS)與重要度(SIA)，並以此為兩軸來建構出滿意度與重要度(SIA)分析；然後運用決策與試驗評估法(DEMATEL)建構網路關聯圖(NRM)，而決策試驗與實驗評估法(DEMATEL)分別探討使用需求與規範、組織決策與預算、專案控管與審查與設計執行與協調之四大構面進行網路關聯圖(NRM)分析，分成三個步驟來討論，分別為:(1)總影響矩陣分析、(2)總影響程度比較($d+r/d-r$)分析、(3)淨關聯影響矩陣與(4)網路關聯圖分析，然後找出支配性準則 D ($d-r > 0$)與關聯性準則 R ($d+r > 0$)，並以此為兩軸來建構出準則之網路關聯圖(NRM)。本研究分別對之使用需求與規範(UN)、組織決策與預算(DB)、專案控管與審查(CE)、設計執行與協調(DN)之四個構面進行 SIA-NRM 分析，當準則的標準化滿意度為負值就應該進行改善，而改善路徑則是透過網路關聯圖(NRM)來進行建議。

4.1 信度分析

本研究以該精密設施工程專案的使用單位(實際使用者)、決策(業主)、管理(專案管理)與設計(建築師)單位為問卷發放範圍，問卷透過訪談後直接填寫方式回收，填答者必須有參與此項專案且其工作業務與專案設計流程密切相關。專家問卷從 2008 年 11 月起至 2009 年 5 月為止，總共回收有效樣本 36 份。設施使用單位 12 份(33.33%)，預算決策單位 4 份(11.11%)，專案管理單位 12 份(33.33%)，設計執行單位 8 份(22.22%)，預算決策單位發放對象為實際掌控或核定預算的副主任級以上主管與實際掌管預算核定的承辦人員為填答對象，本研究透過與專家討論，並透過數位專家試填並討論修改後再對四個主要影響專案設計流程的單位訪談填答，採專家問卷法，填答者必須實際參與該專案。本研究使用 Cronbach's Alpha 衡量問卷的信度，Cronbach's α 值以項目修正(Standardized item alpha)為基準，信度衡量標準採納 Cronbach 建議之 Alpha(α)值： $\alpha \leq 0.35$ 為低信度， $0.35 < \alpha < 0.70$ 信度中等， $\alpha \geq 0.7$ 為高信度，分析結果總構面關聯性之 Cronbach's α 為 0.849 屬高信度，四個構面下準則關聯性之 Cronbach's α 介於 0.834~0.896 亦為高信度，而評估準則的重要度與滿意度之 Cronbach's α 分別為 0.899 與 0.908，亦高於 Cronbach 建議之高信度標準值 0.7 為高信度，由信度分析顯示問卷的內部具有高度一致性(表 11)。

表 11 問卷信度統計值

項目	構面/準則	Cronbach's α	結果
總構面關聯性		0.849	高
準則關聯性	使用需求與規範構面(UN)	0.834	高
	組織決策與預算構面(DB)	0.858	高
	專案控管與審查構面((CE))	0.896	高
	設計執行與協調構面(DN)	0.881	高
準則重要度		0.899	高
準則滿意度		0.908	高

註:根據 Cronbach 建議之 Alpha(α)值: $\alpha \leq 0.35$ 為低信度, $0.35 < \alpha < 0.70$ 信度中等, $\alpha \geq 0.7$ 為高信度

4.2 專案設計延遲實證分析

4.2.1 使用需求與規範構面

在使用需求與規範構面，從滿意度與重要度分析(SIA)中可以發現需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)屬於滿意度低且重要度低[▼(-,-)]的準則(表 12、圖 5)，在網路關聯圖(NRM)分析中，可以發現法令規章(UN4)[$d - r = 1.455$]、需求內涵(UN2)[$d - r = 0.451$]是主要的支配準則，而需求強度(UN1)[$d - r = -0.018$]、技術層次(UN3)[$d - r = -0.374$]與技術規範(UN5)[$d - r = -1.514$]則是主要被支配準則(表 12)，因此支配準則應以直接改善，被支配準則宜用間接改善，然後整合 SIA 與 NRM 分析，可以將準則分成兩大類，A 類是持續維持的準則，包含需求強度(UN1)、技術層次(UN3)與技術規範(UN5)；B 類則是直接改善的準則，包含需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)，而需要被改善的準則為需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)，對需求內涵(UN2)而言，優勢(最大)改善策略路徑應從選擇法令規章(UN4)著手，其優勢路徑為藉由法令規章(UN4)狀態的改善來影響需求內涵(UN2)；對法令規章(UN4)則僅能從其本身進行改善。

然後本研究運用將公式(9)計算出淨關聯影響矩陣，如表 13 與圖 5 可以得到法令規章(UN4)，其淨影響需求強度(UN1)、需求內涵(UN2)、技術層次(UN3)與技術規範(UN5)之準則，其中對技術規範(UN5)的支配性最大，而對需求內涵(UN2)的支配性最小；而需求內涵(UN2)淨影響影響需求強度(UN1)、技術層次(UN3)與技術規範(UN5)之準則，其中對技術層次(UN3)的支配性最大，而對需求強度(UN1)的支配性最小；而需求強度(UN1)其淨影響技術層次(UN3)與技術規範(UN5)之準則，其中對技術規範(UN5)的支配性最大，而對技術層次(UN3)的支配性最小，最後技術層次(UN3)僅淨影響技術規範(UN5)，此外從改善效果來看應由法令規章(UN4)著手，其次才是需求內涵(UN2)、需求強度(UN1)、需求強度(UN1)、技術層次(UN3)與技術規範(UN5)之準則，因為從支配性越高的準則進行改善越能發揮其改善效果。

表 12 使用需求與規範構面之改善策略選擇表

構面/準則	SIA			NRM		策略選擇
使用需求與規範(UN)	SS	SI	(SS, SI)	$d+r$	$d-r$	(R, D)
需求強度(UN1)	1.510	0.594	○ (+,+)	14.420	-0.018	ID (+,-)
需求內涵(UN2)	-0.398	-0.092	▼ (-,-)	14.419	0.451	D (+,+)
技術層次(UN3)	0.094	-0.466	● (+,-)	13.799	-0.374	ID (+,-)
法令規章(UN4)	-0.768	-0.903	▼ (-,-)	11.913	1.455	D (+,+)
技術規範(UN5)	0.464	-1.215	● (+,-)	13.749	-1.514	ID (+,-)

註:策略選擇分成三類，A 類是持續維持，B 類是直接改善，C 類是間接改善

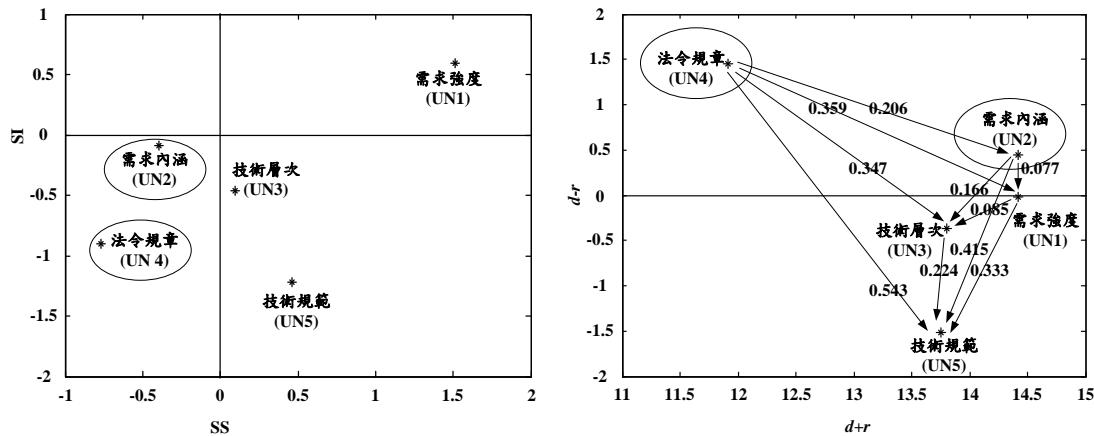


圖 5 使用需求與規範構面之改善策略圖

表 13 淨關聯影響矩陣(使用需求與規範構面)

準則	UN1	UN2	UN3	UN4	UN5
需求強度(UN1)	-				
需求內涵(UN2)	0.077	-			
技術層次(UN3)	-0.085	-0.166	-		
法令規章(UN4)	0.359*	0.206*	0.347*	-	
技術規範(UN5)	-0.333	-0.415	-0.224	-0.543*	-

註: *表示優勢(最大)改善策略路徑

4.2.2 組織決策與預算構面

在組織決策與預算構面，從表 14 可以看到研究所提出的兩種不同的策略，決策能力(DB1)、督導能力(DB2)與預算額度(DB3)採取直接改善，而資源分配(DB4)則是應該採取間接改善的策略，由圖 6 中決策能力(DB1)、督導能力(DB2)皆屬於標準化滿意度為負的準則，而且該構面還是標準化重要度為正的準則故立即被改善，其次則是預算額度(DB3)與資源分配(DB4)於標準化重要度為負的準則，在其重要度提升前應該被改善；因此由滿意度與重要度分析(SIA)，可以找出準則之重要度與滿意度狀態，有助於協助決策者找出應該被改善的準則，圖中的決策能力(DB1)、督導能力(DB2)為最應該被改

善的準則，透過網路關聯圖(NRM)分析可以找出構面之間的關聯影響，由圖 6 可以看出決策能力(DB1)的改善路徑為其本身，也就是其為網路關聯圖(NRM)中的主要支配項目，所以僅能由其本身進行改善，而督導能力(DB2)除了由其本身進行改善之外，亦可藉由決策能力(DB1)的改善來進一步改善，對預算額度(DB3)而言，優勢(最大)改善策略路徑應從由決策能力(DB1)的改善來進一步改善，其次才是透過督導能力(DB2)的改善來進一步改善，對於資源分配(DB4)而言，優勢(最大)改善策略路徑應該夠透過決策能力(DB1)，依續才是透過督導能力(DB2)與預算額度(DB3)來進行改善(表 14、圖 6)。

本研究運用將公式(9)計算可得到淨關聯影響矩陣，如表 15 與圖 6 可以得到決策能力(DB1)，其淨影響督導能力(DB2)、預算額度(DB3)與資源分配(DB4)之準則，其中對資源分配(DB4)的支配性最大，而對督導能力(DB2)的支配性最小；而督導能力(DB2)淨影響影響預算額度(DB3)與資源分配(DB4)之準則，其中對資源分配(DB4)的支配性最大，而對預算額度(DB3)的支配性最小；最後預算額度(DB3)僅淨影響資源分配(DB4)，因此從改善效果來看應由決策能力(DB1)著手，其次才是督導能力(DB2)、預算額度(DB3)與資源分配(DB4)之準則，因為從支配性高的準則進行改善，則越能發揮其改善效果。

表 14 組織決策與預算構面服務改善策略選擇表

構面/準則	SIA			NRM		策略選擇
組織決策與預算(DB)	SS	SI	(SS, SI)	$d+r$	$d-r$	(R, D)
決策能力(DB1)	-2.245	1.967	X (-,+)	13.138	0.860	D (+,+)
督導能力(DB2)	-1.383	1.093	X (-,+)	12.657	0.367	D (+,+)
預算額度(DB3)	-1.014	-0.154	▼ (-,-)	12.133	0.037	D (+,+)
資源分配(DB4)	-0.398	-1.152	▼ (-,-)	12.095	-1.264	ID (+,-)

註：策略選擇分成三類，A 類是持續維持，B 類是直接改善，C 類是間接改善

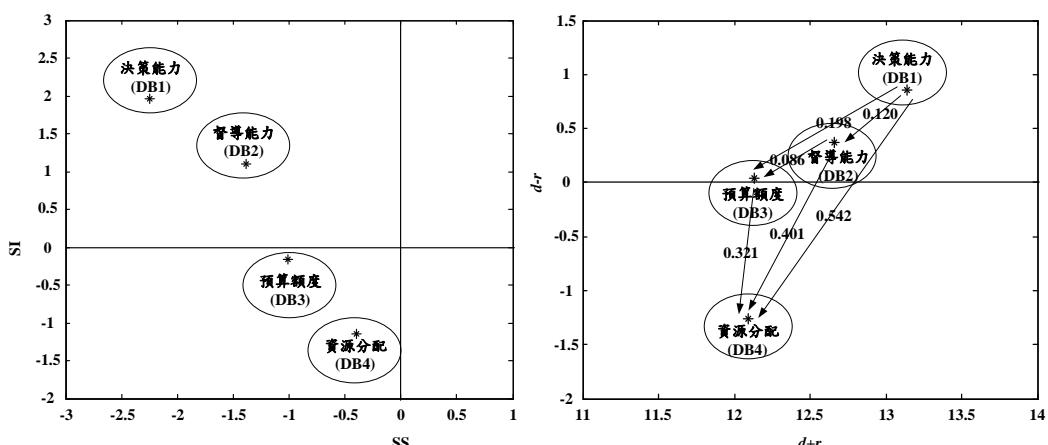


圖 6 服務設施構面之改善策略圖

表 15 組織決策與預算構面淨影響關係矩陣

準則	DB1	DB2	DB3	DB4
決策能力(DB1)	-			
督導能力(DB2)	-0.120	-		
預算額度(DB3)	-0.198	-0.086	-	
資源分配(DB4)	-0.542	-0.401	-0.321	-

註:*表示優勢(最大)改善策略路徑

4.2.3 專案控管與審查構面

在專案控管與審查構面，從滿意度與重要度分析(SIA)中可以發現管理模式(CE1)、專業能力(CE2)與溝通能力(CE3)屬於滿意度高且重要度高[○(+,+)]的準則，而審核能力(CE4)屬於滿意度高且重要度低[●(+,-)]的準則，在網路關聯圖(NRM)分析中，可以發現專業能力(CE2)[$d-r=0.656$]、管理模式(CE1) [$d-r=0.185$]是主要的支配準則，而溝通能力(CE3) [$d-r=-0.411$]與審核能力(CE4) [$d-r=-0.430$]則是主要被支配準則，因此支配準則應以直接改善，被支配準則宜用間接改善，然後整合 SIA 與 NRM 分析，所有的準則都屬於 A 類之持續維持的準則(表 16、圖 7)。

然後本研究運用淨關聯影響矩陣，如表 17 與圖 7 可以得到專業能力(CE2)，其淨影響管理模式(CE1)、溝通能力(CE3)與審核能力(CE4)之準則，其中對審核能力(CE4)的支配性最大，而對管理模式(CE1)的支配性最小；而管理模式(CE1)淨影響溝通能力(CE3)與審核能力(CE4)之準則，其中對溝通能力(CE3)的支配性最大，而對審核能力(CE4)的支配性最小；而溝通能力(CE3)僅淨影響審核能力(CE4)，此外從改善效果來看應由專業能力(CE2)著手，其次才是管理模式(CE1)、溝通能力(CE3)與審核能力(CE4)之準則，因為從支配性越高的準則進行改善越能發揮其改善效果。

表 16 專案控管與審查構面服務改善策略選擇表

構面/準則	SIA			NRM		策略選擇
	SS	SI	(SS, SI)	$d+r$	$d-r$	
專案控管與審查(CE)	SS	SI	(SS, SI)	$d+r$	$d-r$	(R, D)
管理模式(CE1)	0.956	0.532	○ (+,+)	13.412	0.185	D (+,+)
專業能力(CE2)	1.141	0.844	○ (+,+)	14.024	0.656	D (+,+)
溝通能力(CE3)	0.648	0.532	○ (+,+)	12.749	-0.411	ID (+,-)
審核能力(CE4)	0.525	-1.215	● (+,-)	12.546	-0.430	ID (+,-)

註:策略選擇分成三類，A 類是持續維持，B 類是直接改善，C 類是間接改善

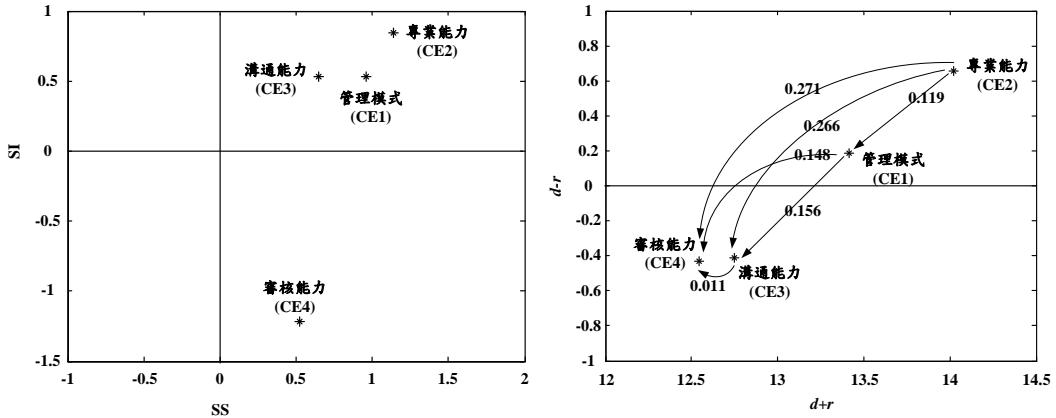


圖 7 專案控管與審查構面之改善策略圖

表 17 專案控管與審查構面之淨影響關係矩陣

準則	CE1	CE2	CE3	CE4
管理模式(CE1)	-			
專業能力(CE2)	0.119	-		
溝通能力(CE3)	-0.156	-0.266	-	
審核能力(CE4)	-0.148	-0.271	-0.011	-

註: *表示優勢(最大)改善策略路徑

4.2.4 設計執行與協調構面

在設計執行與協調構面，從表 18 可以看到研究所提出的兩種不同的策略，設計能力(DN1)與估算法力(DN2)採取持續維持策略，而協調能力(DN3)與人員調派(DN4)則是應該採取間接改善的策略，由表 18 與圖 8 中協調能力(DN3)與人員調派(DN4)皆屬於標準化滿意度為負的準則而標準化重要度為負的準則，在其重要度提升前應該被改善；因此由滿意度與重要度分析(SIA)，可以找出準則之重要度與滿意度狀態，有助於協助決策者找出應該被改善的準則，圖中的協調能力(DN3)與人員調派(DN4)為最應該被改善的準則，透過網路關聯圖(NRM)分析可以找出構面之間的關聯影響，由圖 8 可以看出人員調派(DN4)除了由其本身進行改善之外，亦可藉由設計能力(DN1)的改善來進一步改善，對協調能力(DN3)而言，優勢(最大)改善策略路徑應從由設計能力(DN1)，其次才是透過人員調派(DN4)的改善來進一步改善(表 18、圖 8)。

本研究透過淨關聯影響矩陣，如表 19 與圖 8 可以得到設計能力(DN1)，其淨影響估算法力(DN2)、協調能力(DN3)與人員調派(DN4)之準則，其中對估算法力(DN2)的支配性最大，而對人員調派(DN4)的支配性最小；而人員調派(DN4)淨影響估算法力(DN2)與協調能力(DN3)之準則，其中對估算法力(DN2)的支配性最大，而對協調能力(DN3)的支配性最小；最後協調能力(DN3)僅淨影響人員調派(DN4)，因此從改善效果來看應由設計能力(DN1)著手，其次才是人員調派(DN4)、協調能力(DN3)、估算法力(DN2)之準則，因為從支配性高的準則進行改善，則越能發揮其改善效果。

表 18 設計執行與協調構面之服務改善策略選擇表

構面/準則	SIA			NRM		策略選擇
	SS	SI	(SS, SI)	$d+r$	$d-r$	
設計執行與協調(DN)	SS	SI	(SS, SI)	$d+r$	$d-r$	(R, D)
設計能力(DN1)	1.141	1.218	○ (+,+)	18.779	0.787	D (+,+)
估算能力(DN2)	0.340	0.345	○ (+,+)	18.477	-0.670	ID (+,-)
協調能力(DN3)	-0.091	-0.466	▼ (-,-)	17.615	-0.116	ID (+,+)
人員調派(DN4)	-0.521	-1.464	▼ (-,-)	17.297	0.000	ID (+,-)

註：策略選擇分成三類，A 類是持續維持，B 類是直接改善，C 類是間接改善

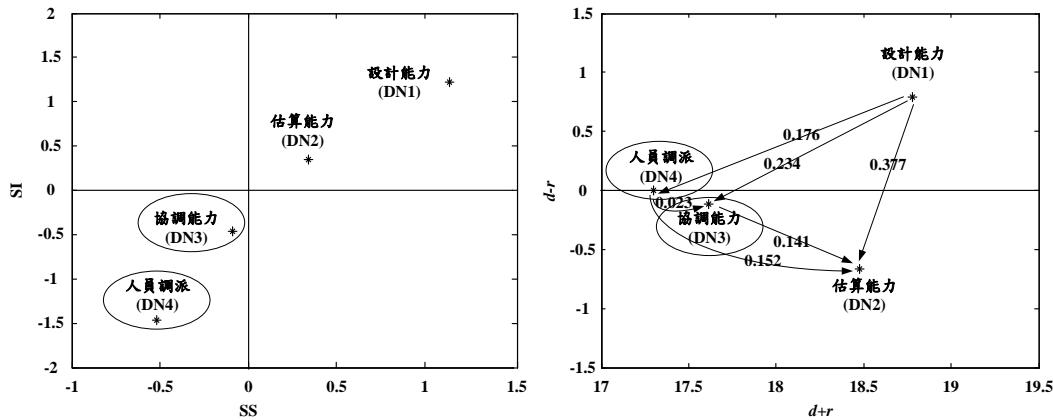


圖 8 設計執行與協調構面之改善策略圖

表 19 設計執行與協調構面之淨影響關係矩陣

準則	DN1	DN2	DN3	DN4
設計能力(DN1)	-			
估算能力(DN2)	-0.377*	-		
協調能力(DN3)	-0.234*	0.141	-	
人員調派(DN4)	-0.176*	0.152	0.023	-

註：*表示優勢(最大)改善策略路徑

4.3 討論與建議

在重要度與滿意度分析(SIA)，研究建議決策能力(DB1)與督導能力(DB2)為滿意度低但重要度高的評估準則，應該列為先期改善的項目，其次是需求內涵(UN2)、法令規章(UN4)、預算額度(DB3)、資源分配(DB4)、協調能力(DN3)、人配調派(DN4)為滿意度低且重要度低的評估準則[▼(-,-)]，在其重要度提高前應該被改善。其次在組織決策與預算(DB)構面中決策能力(DB1)與督導能力(DB2)是最應該被立即改善的準則[X(-,+)]，由此可知如何提高決策能力與強化專案督導是專案進度改善所必須先做的，在者在使用需求與規範(UN)構面中需求內涵(UN2)、法令規章(UN4)準則是屬於滿意度低但重要性低的準則 [▼ (-,-)]，在其重要性未上升前應該被改善，所以需求單位對於設施需求內涵的明確性以及法令規章的了解程度仍然需要被進一步改善；其次在組織決策與預算(DB)構面中預算額度(DB3)、資源分配(DB4)是屬於滿意度低但重要性低的準則，

也就是說在預算額度有限的情況下，預算分配的重要性就增加，也容易造成專案因預算資源的不足或資源配置不適當造成專案設計進度的延遲，因此必須及早進行處理或改善；最後在**設計執行與協調(DN)**構面中協調能力(DN3)、人員調派(DN4)亦為滿意度低且重要度低的評估準則，顯示出設計團隊對於該專案所投入的資源以及人力資源是否能有效且彈性的調派也是目前影響專案進度的原因，因此必須格外的重視並且進行調整。

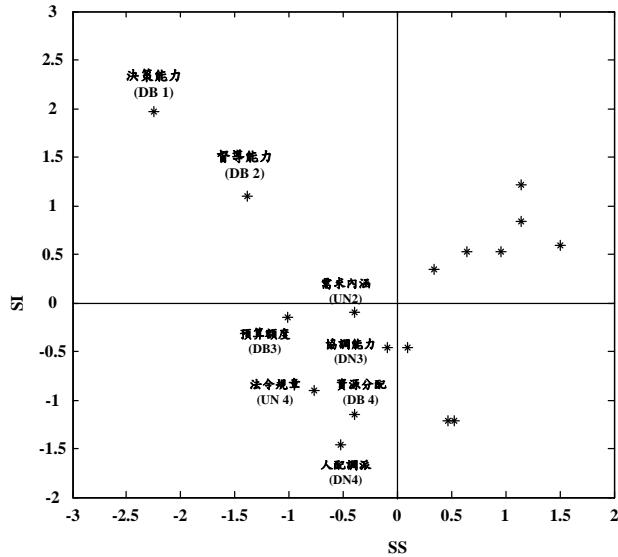


圖 9 重要度與滿意度分析圖(SIA 圖)

最後研究匯整出專案設計進度改善策略建議表(表 20)，在使用需求與規範構面，待改善的準則有兩個，分別為需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)，需求強度(UN1)為構面中總影響效果最大的準則 $\{d+r=14.420\}$ ，反之法令規章(UN4)則為構面中總影響效果最小的準則 $\{d+r=11.913\}$ ；從行列的差 $\{d-r\}$ 可以得到法令規章(UN4)為淨影響最大的準則 $\{d-r=1.455\}$ ，為使用需求與規範構面中最具支配效果的準則，其次則是需求內涵(UN2) $\{d+r=0.451\}$ ，其亦屬於具支配性的 $\{d+r > 0\}$ 的準則，因此進行構面改善策略時，應由法令規章(UN4)與需求內涵(UN2)兩個具支配性的準則著手，故改善策略建議需求強度(UN1)、技術層次(UN3)與技術規範(UN5)採持續維持，而需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)則為直接改善。

表 20 專案設計進度改善策略建議表

構面/準則	SIA			NRM		策略建議	
使用需求與規範(UN)	SS	SI	(SS , SI))	$d+r$	$d-r$	(R , D)	
需求強度(UN1)	1.510	0.594	○ (+,+)	14.420	-0.018	ID (+,-)	A
需求內涵(UN2)	-0.398	-0.092	▼ (-,-)	14.419	0.451	D (+,+)	B
技術層次(UN3)	0.094	-0.466	● (+,-)	13.799	-0.374	ID (+,-)	A
法令規章(UN4)	-0.768	-0.903	▼ (-,-)	11.913	1.455	D (+,+)	B
技術規範(UN5)	0.464	-1.215	● (+,-)	13.749	-1.514	ID (+,-)	A
<hr/>							
組織決策與預算(DB)							
決策能力(DB1)	-2.245	1.967	X (-,+)	13.138	0.860	D (+,+)	B
督導能力(DB2)	-1.383	1.093	X (-,+)	12.657	0.367	D (+,+)	B
預算額度(DB3)	-1.014	-0.154	▼ (-,-)	12.133	0.037	D (+,+)	B
資源分配(DB4)	-0.398	-1.152	▼ (-,-)	12.095	-1.264	ID (+,-)	C
<hr/>							
專案控管與審查(CE)							
管理模式(CE1)	0.956	0.532	○ (+,+)	13.412	0.185	D (+,+)	A
專業能力(CE2)	1.141	0.844	○ (+,+)	14.024	0.656	D (+,+)	A
溝通能力(CE3)	0.648	0.532	○ (+,+)	12.749	-0.411	ID (+,-)	A
審核能力(CE4)	0.525	-1.215	● (+,-)	12.546	-0.430	ID (+,-)	A
<hr/>							
設計執行與協調(DN)							
設計能力(DN1)	1.141	1.218	○ (+,+)	18.779	0.787	D (+,+)	A
估算能力(DN2)	0.340	0.345	○ (+,+)	18.477	-0.670	ID (+,-)	A
協調能力(DN3)	-0.091	-0.466	▼ (-,-)	17.615	-0.116	ID (+,-)	C
人員調派(DN4)	-0.521	-1.464	▼ (-,-)	17.297	0.000	ID (+,-)	B

在組織決策與預算構面，待改善的準則有四個，分別為決策能力(DB1)、督導能力(DB2)、預算額度(DB3)與資源分配(DB4)，決策能力(DB1)為行列的和 $\{d+r\}$ 最大的準則，表示決策能力(DB1)為組織決策與預算構面中總影響效果最大的準則 $\{d+r=13.138\}$ ，反之資源分配(DB4)則為組織決策與預算構面中總影響效果最小的準則 $\{d+r=12.095\}$ ；從行列的差 $\{d-r\}$ 可以得到決策能力(DB1)為淨影響最大的準則 $\{d-r=0.860\}$ ，為組織決策與預算構面中最具支配效果的準則，其次則是督導能力(DB2) $\{d+r=0.367\}$ 、預算額度(DB3) $\{d+r=0.037\}$ ，其 $\{d-r > 0\}$ ，亦屬於具支配性的的準則，因此進行構面改善策略時，應由從決策能力(DB1)、督導能力(DB2)與預算額度(DB3)依續進行改善，故改善策略建議決策能力(DB1)、督導能力(DB2)與預算額度(DB3)採取直接改善，而資源分配(DB4)則採取間接改善，待其他準則被改善後才能夠進一步改善。

在專案控管與審查構面，無待改善準則，若未來須進一步改善，專業能力(CE2)為專案控管與審查構面中總影響效果最大的準則 $\{d+r=14.024\}$ ，反之審核能力(CE4)則為專案控管與審查構面中總影響效果最小的準則 $\{d+r=12.546\}$ ；從行列的和 $\{d-r\}$ 可以得到專業能力(CE2)為淨影響最大的準則 $\{d-r=0.656\}$ ，為專案控管與審查構面中最具支配效果的準則，其次則是管理模式(CE1) $\{d-r=0.185\}$ ，其亦屬於具支配性的 $\{d+r > 0\}$ 的準則，因此進行構面改善策略時，應由依續從專業能力(CE2)與管理模式(CE1)之具支配性的準

則進行改善。

在設計執行與協調構面，待改善的準則有協調能力(DN3)與人員調派(DN4)，設計能力(DN1)為行列的和 $\{d+r\}$ 最大的準則，表示設計能力(DN1)為設計執行與協調構面中總影響效果最大的準則 $\{d+r=18.779\}$ ，反之人員調派(DN4)則為設計執行與協調構面中總影響效果最小的準則 $\{d+r=17.297\}$ ；從行列的差 $\{d-r\}$ 可以得到設計能力(DN1)淨影響最大的準則 $\{d-r=0.787\}$ ，為設計執行與協調構面中最具支配效果的準則，因此進行構面改善策略時，應該從設計能力(DN1)進行改善，故改善策略建議設計能力(DN1)與估算能力(DN2)應採取持續維持策略，協調能力(DN3)則是採取間接改善，待設計能力(DN1)與人員調派(DN4)被改善後才能夠進一步改善。

五、結論與建議

從實證結果發現組織決策與預算(DB)是網路關聯圖(NRM)中的主要支配項目，所以僅能尤其本身進行改善，其次若要提升滿意度較低的使用需求與規範(UN)與設計執行與協調(DN)，關於使用需求與規範(UN)可以透過組織決策與預算(DB)以及其本身；而欲改善設計執行與協調(DN)的路徑則較為多元，直接的可從組織決策與預算(DB)與使用需求與規範(UN)進行改善，間接則由組織決策與預算(DB)影響使用需求與規範(UN)之後，在透過使用需求與規範(UN)的提升來改善設計執行與協調(DN)。

在使用需求與規範構面，整合 SIA 與 NRM 分析，可以將準則分成兩大類，A 類是持續維持的準則，包含需求強度(UN1)、技術層次(UN3)與技術規範(UN5)；B 類則是直接改善的準則，包含需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)，而需要被改善的準則為需求內涵(UN2)與法令規章(UN4)，對需求內涵(UN2)而言，優勢(最大)改善策略路徑應從選擇法令規章(UN4)著手，其優勢路徑為藉由法令規章(UN4)狀態的改善來影響需求內涵(UN2)；對法令規章(UN4)則僅能從其本身進行改善；在組織決策與預算構面，研究提出的兩種不同的策略，決策能力(DB1)、督導能力(DB2)與預算額度(DB3)採取直接改善，而資源分配(DB4)則是應該採取間接改善的策略；決策能力(DB1)的改善路徑為其本身，也就是其為網路關聯圖(NRM)中的主要支配項目，所以僅能由其本身進行改善，而督導能力(DB2)除了由其本身進行改善之外，亦可藉由決策能力(DB1)的改善來進一步改善，對預算額度(DB3)而言，優勢(最大)改善策略路徑應從由決策能力(DB1)的改善來進一步改善，其次才是透過督導能力(DB2)的改善來進一步改善，對於資源分配(DB4)而言，優勢(最大)改善策略路徑應該透過決策能力(DB1)，之後才透過督導能力(DB2)與預算額度(DB3)來進行改善。

在專案控管與審查構面，從滿意度與重要度分析(SIA)中可以發現管理模式(CE1)、專業能力(CE2)與溝通能力(CE3)屬於滿意度高且重要度高的準則，而審核能力(CE4)屬於滿意度高且重要度低的準則，在網路關聯圖(NRM)分析中，可以發現專業能力(CE2)、管理模式(CE1)是主要的支配準則，而溝通能力(CE3)與審核能力(CE4)則是主要被支配準則，因此支配準則應以直接改善，被支配準則宜用間接改善，然後整合 SIA 與 NRM 分析，所有的準則都屬於 A 類之持續維持的準則。在設計執行與協調構面，研究提出的兩種不同的策略，設計能力(DN1)與估算能力(DN2)採取持續維持策略，而協調能力(DN3)與人員調派(DN4)則是應該採取間接改善的策略，而協調能力(DN3)與人員調派(DN4)皆屬於標準化滿意度為負的準則而標準化重要度為負的準則，在其重要度提升前應該被改善；協調能力(DN3)與人員調派(DN4)為最應該被改善的準則，透過網路關聯圖(NRM)分析可以找出構面之間的關聯影響，人員調派(DN4)除了由其本身進行改善之

外，亦可藉由設計能力(DN1)的改善來進一步改善，對協調能力(DN3)而言，優勢(最大)改善策略路徑應從由設計能力(DN1)，其次才是透過人員調派(DN4)的改善來進一步改善。本研究透過滿意度重要度分析(SIA)來找出重要但不滿意的專案設計延遲因素，並透過決策試驗與實驗評估法(DEMATEL)建構網路關聯圖(NRM)，並整合合 SIA 與 MRM 來改善專案設計延遲的問題，以提高專案設計流程的效率，雖然本研究僅透過一個實際精密設施工程案例來呈現，不過該模式未來可用於不同工程類型以及營建生命週期各階段之策略決策之使用。

參考文獻

- Austin, S. Baldwin, A. Li, B. and Waskett, P. (1999) "Analytical design planning technique: a model of the detailed building design process," *Design Studies*, 20, 279-296.
- Austin, S. Baldwin, A. Li, B. and Waskett, P. (2000) "Analytical design planning technique (ADePT): a dependency structure matrix tool to schedule the building design process," *Construction Management and Economics*, 18, 173-182.
- Chang, S. T. (2001) "Defining cost/schedule performance indices and their ranges for design projects," *Journal of Management in Engineering*, 17(2), 122-130.
- Fredrickson, K. (1998) "Design guidelines for design-build projects," *Journal of Management in Engineering*, 14(1), 77-80.
- Hegazy, T. Zaneldin, E. and Grierson, D. (2001) "Improving design coordination for building projects. I: information model," *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 127(4), 322-329.
- Luh, P. B. Liu, F. and Moser, B. (1999) "Scheduling of design projects with uncertain number of iterations," *European Journal of Operational Research*, 113, 575-592.
- Mokhtar, A. Bedard, C. and Fazio, P. (2000) "Collaborative planning and scheduling of interrelated design changes," *Journal of Architectural Engineering*, 6(2), 66-75.
- Peng, C. (1994) "Exploring communication in collaborative design: cooperative architectural modeling," *Design Studies*, 15, 19-44.
- Sanvido, V. E. and Norton, K. J. (1994) "Integrated design-process model," *Journal of Management in Engineering*, 10(5), 55-62.
- Wang, W. C. and Dzeng, R. J. (2005), "Applying cluster identification algorithm and simulation to generate probabilistic network schedules for design projects," *Construction Management and Economics*, 23(2), 199-213.
- Wang, W. C. Liu, J. J. and Liao, T. S. (2006) "Modeling of design iterations through simulation," *Automation in Construction*, 15(5), 589-603.
- Hori, S. and Shimizu, Y., (1999). "Designing methods of human interface for supervisory control systems," *Control Engineering Practice*, 7 (11), 1413-1419.
- Seyed-Hosseini, S.M., Safaei, N. and Asgharpour, M.J., (2006). 'Reprioritization of failures in a system failure mode and effects analysis by decision making trial and evaluation laboratory technique,' *Reliability Engineering & System Safety*, 91 (8), 872-881.
- Wu, W. W. and Lee, Y. T., (2007). "Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method," *Expert Systems with Applications*, 32 (2):499-507.
- Tzeng, G.. H., Chiang, C.-H. and Li, C.-W., (2007). "Evaluating intertwined effects in e-learning programs," A novel hybrid MCDM model based on factor analysis and DEMATEL. *Expert Systems with Applications*, 32 (4), 1028-1044.
- Liou, J.J.H. and Tzeng, G.-H., (2007). "A non-additive model for evaluating airline service quality," *Journal of Air Transport Management*, 13 (3):131-138.
- Lin, C. L. and Tzeng, G.. H., (2009). "A value-created system of science (technology) park by using DEMATEL," *Expert Systems with Applications*, 36 (6), 9683-9697.