

# 應用模糊德爾菲與分析網路程序法選擇最佳 產品設計方案之研究

衛萬里\* 張文智\*\*

\* 國立台灣科技大學設計研究所  
e-mail:wanliwei@ms34.hinet.net

\*\* 國立台灣科技大學設計研究所  
e-mail:wchang@mail.ntust.edu.tw

(收件日期:94年03月28日;接受日期:94年08月11日)

## 摘要

成功的新產品開發能確保公司的經營持續成長;景氣衰退時有助企業突破困境,甚至反敗為勝。至於新產品開發過程的最終決策階段,要如何選擇符合該組織最大營運效益且適切的商品設計方案,尤其重要。選擇最佳商品設計方案屬於多準則決策問題,影響因素眾多,諸如技術研發、財務規劃、市場行銷、生產製造和商品設計等。而與這些構面有關之各個準則彼此間事實上皆有著某種程度的相互依存及回饋關係;方案間同樣也具此一特性。

本研究首先藉由模糊德爾菲法針對特定產品類型,以問卷調查方式徵詢不同領域專家意見,經量化分析及篩選的程序獲得具關鍵性的影響因子,作為商品設計方案選擇的評估準則。接著考量上述之內部相依性,透過一新產品開發團隊以團體討論的方式應用創新的分析網路程序法(ANP)求取各替代方案的優先順序權值,並依此選出最佳的商品設計方案。實證研究以MP3 player新產品開發案為例,說明此決策模式在操作上的可行。同時進一步比較分析傳統AHP法演算求得之各方案優先權值 $W_{AHP} = (0.357, 0.381, 0.262)$ 與ANP法的結果 $W_{ANP} = (0.349, 0.520, 0.131)$ 。明顯發現兩種不同的決策方法應用於此案例是各具優缺點:AHP法操作簡單、容易理解,但結果並不顯著;且最重要的是AHP法並未考量上述準則間及方案間的內部相依性。相反地,ANP法雖然繁瑣,卻符合真實情形,其結果也較為決策者所接受。

關鍵詞:產品設計方案、相互依存、模糊德爾菲法、分析網路程序法、分析層級程序法

## 一、緒論

新產品開發(new product development, NPD)是今日台灣產業擺脫傳統OEM經營型態邁向自創品牌ODM的新波趨勢。以生產、製造、加工為主,強調技術領先的代工模式,讓大多數台灣的中小企業(small- and medium-size enterprises, SMEs)歷經了三十年的經濟榮景;但相對的,在自有品牌建立上的努力與成果卻不耀眼。2002年台灣加入了WTO世界貿易組織,更使國內產業面臨新波的衝擊與挑戰,不論是傳統或高科技代工的製造廠商。其中部分以生產技術領先其他各國的有識經營企業,深切感

受所面對的全球化競爭[6]，而加快腳步地調整公司的經營策略。是故，大多數力求永續經營的中小企業除了積極探索市場趨勢外，更進一步地設法成立產品設計部門，不遺餘力地投入技術研發與創新設計的行列。至於力有未逮者，則採委外設計的方式積極進行公司的新產品開發。

不論公司進行企業內部設計 (in-house design) 或委外的新產品開發案，首先必須針對目標市場的需求擬定產品策略，再經由嚴謹的產品企劃過程，考量技術、設計、財務、行銷等不同構面的影響因子，提出完整規劃的實質產品設計方案 (3D 圖面繪製) [1]。而此階段完成後，公司決策者皆有限資源和限制條件下必須立即面對方案的評估與篩選。當然一般企業核心團隊的決策模式往往是很據過去的經驗或依賴個人直覺的判斷，缺乏理性評估，導致所獲資訊嚴重偏離原先設立之企劃目標。且對於市場景氣的預測又過度樂觀，欠缺應有的風險意識和無法因應市場的變化；更甚者，使得經營者身陷財務困境。因此，在新產品開發過程中，必須藉由市場分析、設計構想發展及相關製程技術等的不同考量，並透過不斷的相互回饋 (feedback) 來執行客觀的評選工作，如此才能獲得市場接受之新產品[9]。

「產品設計方案」的選擇屬於多準則決策 (multi-criteria decision making, MCDM) 問題，其中包含了許多複雜的考慮因素，諸如企業目標、投資成本風險及預期獲利所得等。然而大部份有關方案選擇問題的研究是無法反映介於方案間以及方案準則間彼此存在的相互依存 (interdependence) 關係[18]。但若能審慎考量這些實際存在的特性，必可帶給企業相當價值的成本降低以及獲取更大的利潤。

本研究進行之研究方法包含有：

- (1) 專家問卷調查：針對新產品開發相關貢獻進行分析探討，並利用訪談蒐集此領域專家的意見，研擬有關之評估因子。接著以模糊德爾菲 (fuzzy Delphi method, FDM) 專家問卷方式篩選出共識度高且重要的評估準則。
- (2) 分析網路程序法：首先建立產品設計方案選擇模式的層級架構，並考量存乎於方案、準則間之相互依存及回饋 (feedback) 關係，應用分析網路程序法來評估替選方案，求取各方案的優先順序權值，以作為選擇最佳方案之依據。
- (3) 分析層級程序法：在不考慮上述各階層內元素間的內部相依性下，將分析網路程序法所得之部份調查結果，利用傳統的分析層級程序法演算各替選方案的優先權值。

## 二、文獻回顧與理論探討

企業決策者就設計方案進行評價與選擇是新產品開發成功重要的關鍵。因此本研究針對新產品開發和決策理論之相關文獻一覽整理與探討：

### 2-1 新產品開發

Mike Baxter 在 Product Design - 書中[5]說明了新產品開發時風險管理的重要性，且分別就企業策略、企業機會及產品設計與開發的關鍵決策階段作詳細的成本評估，再三強調慎選產品設計方案以降低可能遭遇的不確定性是新產品開發成功的要素。一般而言，新產品之所以能順利上市，除了企劃階段考量市場對此類現有相關產品的需求激增外，也由於因應未來新科技的應用所衍生的新產品趨勢。站在不斷創新、追求成長的企業目標下，產品的定位與市場區隔將更顯得重要，同時也必須更為明確。除此之外，尚需結合如市場分析、產品定位、生產製造、技術支援、廣告行銷和財務分析等前置企劃作業的相互評估及協調，如此才能確立開發出符合目標需求的產品[7]。簡言之，企業的目標就是「以最經濟、有效的方法開發最好的產品及創造最佳的銷售業績」。如上所述，新產品開發過程中涉及的層面相當廣泛，需考量的因子自然是極為繁多。再者，執行設計方案時除了省成本上必須加以估筭與控制外，對於近幾

年來逐漸受到重視的產品永續綠色設計之環保意識更應有所關注；當然，產品的售後服務也直接影響消費大眾的購買意願。因此，不論是在符合市場需求、品質要求或投資效益等因素考量下，都需藉由有效的新產品開發程序謹慎行事來達成目標。

此外，一個產品設計方案的評估選定必須依賴一簡要、清晰的目標（goal）及與此目標下的各標的（objective）與準則（criteria）間的充分協調。而設計方案的選擇乃是在各方案間所有與其相關準則的全盤考量下，選取可帶給企業組織最大利益的方案。是故，產品設計方案選擇問題屬一多準則決策（MCDM）問題，必須先釐清各評估準則對其之影響和重要性，如此才能作為決策判斷時的依據。

## 2-2 決策理論

有關「產品設計方案」之決策可作如下的定義：新產品開發對企業生產經營的指標，如經營方針、營運目標和執行策略等作出正確的決定和選擇。因此站在決策者就評估面及決策面的考量而言，對於產品設計方案的決策需建立在確實掌握市場資訊，且對兩個或兩個以上的可行方案進行實質的比較和分析，以獲取最有利且客觀的結果；而評估結果的正確與否亦將決定企業經營的成敗。儘管有關於多準則決策問題大部分的操作模式及方法已經發展成熟，然而產品設計方案的選擇卻因為包含了許多複雜的考量因素，以致於要選擇出一最佳之產品設計方案的決策過程是相當困難。國內學者蕭世仁[11]曾整合 AHP 為新產品開發建立一同步設計模式；曾懷恩等[3]也利用 AHP 作為評估設計方案的決策方法。然而應用 AHP 法於多準則的產品設計方案評估上時，並無法真正解決準則間或方案間存在著相互依存特性的問題；而其之所以被普遍應用作為決策工具的主要原因，實為 AHP 在操作上是簡單且容易瞭解。至於應用 ANP 為研究方法的國內學者則有鍾淑馨等[8]針對半導體產業產品組合最佳化決策的研究；國外學者 Lee 和 Kim[14]結合 ANP 與 ZOGP 應用於資訊系統方案的選擇及 Karsak 等[13]同樣利用上述方法於產品在劃階段的品質機能展開（quality function development, QFD）研究上；Saaty[17]更於最近提出 AHP 整合線性規劃（linear programming）研究企業組織如何有效分配無形資源（intangible resources）。

# 三、研究方法

## 3-1 模糊德爾菲法

德爾菲（Delphi）方法由 Dalkey 及 Helmer 於 1960 年提出[10]，是有系統式遠專家團體意見的一種程序方法。且 Murray, Pipino 和 Gigch [15]更首先結合模糊理論（fuzzy set）於德爾菲法中。Ishikawa 等[12]則曾利用累積次數分配與模糊積分的觀念，將專家之意見整合成模糊數，此即稱為模糊德爾菲法（fuzzy Delphi method, FDM）。模糊德爾菲法可作為評估準則篩選的工具，比較其與傳統德爾菲法更具有下列的優點：（1）降低調查之次數；（2）可較為完整式遠專家們的意見；（3）經由模糊理論的應用，專家的知識將更為符合合理性及需求和（4）時間與成本上更具經濟效益。

一般採用模糊德爾菲法可分別進行下列三個主要步驟：（1）建立影響決策之評估因子集；（2）蒐集專家或決策團體意見及（3）進行模糊德爾菲法的評估值計算[2]。劉滄濱[4]並以「雙三角模糊數」整合專家意見，其中的「灰色地帶檢定法」更有效地檢驗專家認知是否呈現一致的收斂（也就是達成共識）。因此本研究依循此方法篩選重要的產品設計方案評估準則來達到研究時所設立之目標的，讓所獲得之結果更具客觀性及實用性。其檢定方法的應用及步驟詳細說明如下：

步驟一：就所有考量之評估項目設計模糊專家問卷，並組成適當的專家小組，請每位專家針對各個評估項目，給予一個可能之區間數值。此區間數值之「最小值」表示此專家對該評估項目量化分數

的「最保守認知值」；而此區間數值之「最大值」則表示此專家對該評估項目量化分數的「最樂觀認知值」。

步驟二：對每一項評估項目  $i$ ，分別統計所有專家給予之「最保守認知值」與「最樂觀認知值」，並將落於「兩倍標準差」以外之極端值予以排除。再分別計算未被排除之剩餘「最保守認知值」中的最小值  $C_L^i$ 、幾何平均值  $C_M^i$  和最大值  $C_U^i$ ，以及「最樂觀認知值」中的最小值  $O_L^i$ 、幾何平均值  $O_M^i$  和最大值  $O_U^i$ 。

步驟三：分別建立由步驟二所計算出的每一項評估項目  $i$  之「最保守認知值」的三角模糊數  $C^i = (C_L^i, C_M^i, C_U^i)$ ，及「最樂觀認知值」的三角模糊數  $O^i = (O_L^i, O_M^i, O_U^i)$ ，其如圖 1 所示。

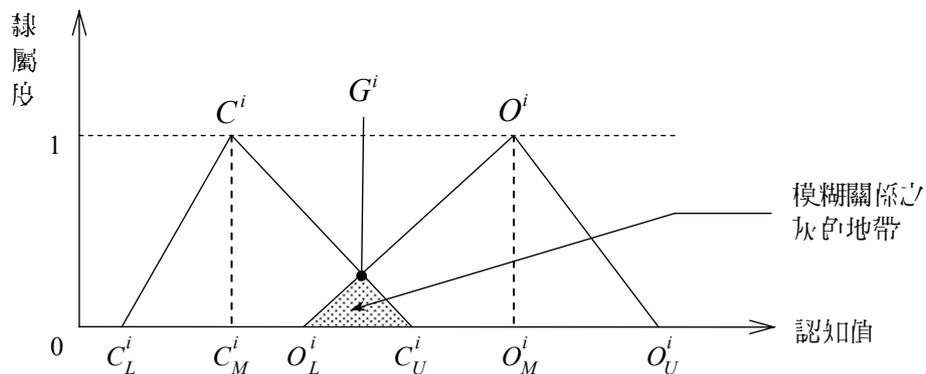


圖 1 雙三角模糊數圖[4]

步驟四：檢驗專家之意見是否達到共識可藉由下述之方式判斷：

1. 若兩三角模糊數無重疊現象—亦即  $(C_U^i \leq O_L^i)$ ，則表示各專家之意見區間值具有共識區段，且意見趨於共識區段範圍內。因此，令此評估項目  $i$  之「共識重要程度值」 $G^i$  等於  $C_M^i$  與  $O_M^i$  之算術平均值，則表示為  $G^i = (C_M^i + O_M^i) / 2$ 。
2. 若兩三角模糊數有重疊現象—亦即  $(C_U^i > O_L^i)$ ，且模糊關係之灰色地帶  $Z^i = C_U^i - O_L^i$  小於專家對該評估項目「樂觀認知的幾何平均值」與「保守認知的幾何平均值」之區間範圍  $M^i = O_M^i - C_M^i$ ，則表示各專家之意見區間值雖無共識區段，但給予極端值意見的兩位專家（樂觀認知中的最保守及保守認知中的最樂觀）並無與其他專家之意見相差過大而導致意見分歧發散。因此，令此評估項目  $i$  之「共識重要程度值」 $G^i$  等於對兩三角模糊數之模糊關係做交集（ $\min$ ）運算所得之模糊集合，再求出該模糊集合具有最大隸屬度值的量化分數。
3. 若兩三角模糊數有重疊現象—亦即  $(C_U^i > O_L^i)$ ，且模糊關係之灰色地帶  $Z^i = C_U^i - O_L^i$  大於專家對該評估項目「樂觀認知的幾何平均值」與「保守認知的幾何平均值」之區間範圍  $M^i = O_M^i - C_M^i$ ，則表示各專家之意見區間值既無共識區段，且給予極端值意見的兩位專家（樂觀認知中的最保守及保守認知中的最樂觀）與其他專家之意見相差過大，導致意見分歧發散。因此，將這些意見收集之評估項目提供給專家參考，並重複步驟一至四，進行另一回合的問卷調查，直到所有評估項目皆能達到收斂，並求出共識重要程度值  $G^i$  為止。

### 3-2 分析網路程序法

T.L. Saaty 於 1996 年提出以網路形態、非線性結構式呈現的分析網路程序法 (analytic network process, ANP)，主要是將原有自創之線性結構式的分析層級程序法 (analytic hierarchy process, AHP) 加上回饋 (feedback) 機制而衍生。雖然 AHP 是 ANP 的一特例，但 ANP 及 AHP 同樣地都能以有系統的方法



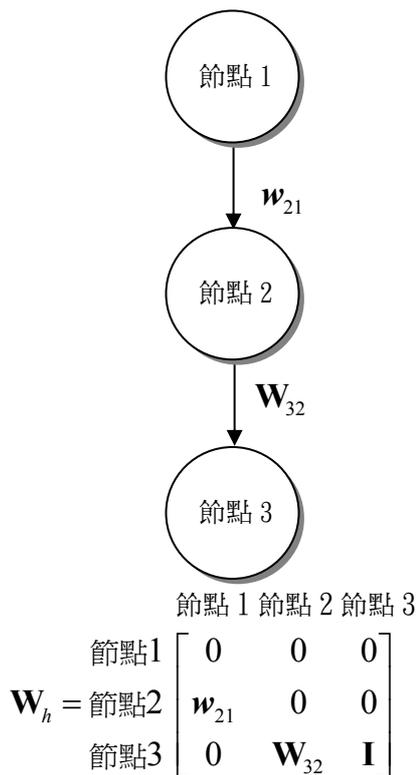


圖 3 AHP 線性結構及其對應之超矩陣

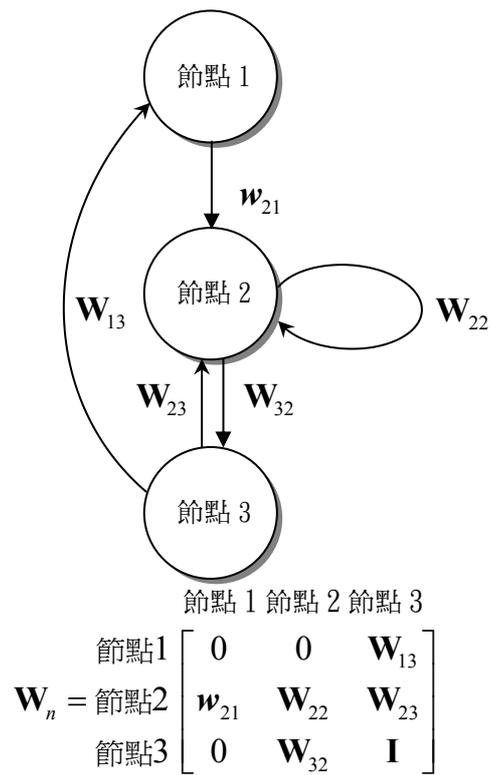


圖 4 ANP 非線性結構及其對應之超矩陣

由此得知，AHP 與 ANP 兩方法應用的主要差異在於研究議題的方案或準則間是否為相互獨立 (independent)，抑或具相互依存 (interdependence) 的關係。因此，應用 ANP 法最重要的功能來設定各目標的優先權值，同時明訂各目標及準則間的網路形式架構和相互依存的層屬關係，不僅可考量合乎於各方案及準則間相依特性的實際面問題，同時對於經由此法所評估及選擇出來的結果必能達到方案評選之目標要求。

## 四、實例驗證與結果分析

### 4-1 研究個案介紹

S 科技公司以研發設計、生產製造及行銷「可攜式多媒體電子消費性產品」為業務範疇，其中 MP3 Player 是公司銷售成長的主力商品。本研究以 S 公司進行中的三款 MP3 player 新產品開發設計案為實例，驗證此產品設計方案選擇模式之可行性。表 1 為三款 MP3 player 的設計圖及其產品特點。

### 4-2 評估因子擬定及篩選

經由文獻回顧的探討及專家訪談之結果，本研究初步擬定「電子消費性產品」開發設計時必須考慮的原則性評估因子，包括市場需求、產品定位、產品設計、生產製造、技術支援、財務分析、廣告行銷、售後服務及綠色環保等九項，進行模糊德爾菲法之專家問卷調查，篩選出 S 公司於評選產品設計方案時重要的評估準則。以下為這些評估因子所需考量之相關因素，供作問卷調查及評選最佳 MP3 player 設計方案時的參考依據：

表 1 S 公司三款 MP3 Player 新產品開發設計圖說

	方案一	方案二	方案三
3D 設計圖			
功能說明	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 128M 儲存容量</li> <li>■ OLED 彩色顯示面板</li> <li>■ USB 高速、大容量儲存</li> <li>■ MP3/WMA 播放格式</li> <li>■ FM 調頻 (可選購)</li> <li>■ 錄音方式: Line-In/FM/Mic</li> <li>■ A-B 快速重複播放</li> <li>■ EQ 模式: Normal/POP/JAZZ/CLASSIC/ROCK</li> <li>■ 支援 SD/MMC (可選購)</li> <li>■ 支援 DRM</li> <li>■ 多國語言 GUI 操作介面</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 256M 儲存容量</li> <li>■ OLED 彩色顯示面板</li> <li>■ USB 高速、大容量儲存</li> <li>■ MP3/WMA 播放格式</li> <li>■ FM 調頻 (可選購)</li> <li>■ 錄音方式: Line-In/FM/Mic</li> <li>■ A-B 快速重複播放</li> <li>■ EQ 模式: Normal/POP/JAZZ/CLASSIC/ROCK</li> <li>■ 支援 SD/MMC (可選購)</li> <li>■ 支援 DRM</li> <li>■ 多國語言 GUI 操作介面</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 128M 儲存容量</li> <li>■ 數位錄影及數位錄音</li> <li>■ 數位照相</li> <li>■ USB 儲存</li> <li>■ 電腦視訊攝影</li> <li>■ 語音記錄</li> <li>■ MP3 播放格式</li> <li>■ FM 調頻電台播放</li> </ul>

- (1)市場需求：依市場供需面和景氣循環，透過產品計劃與市場研究所擬定之替選方案是否符合企業目標。主要的考量因素可歸納為：市場供需情形、機會點及景氣對抗性。
- (2)產品定位：就市場分析比較各替選方案之競爭優勢及擬定設計規範上進行評估。主要的考量因素可包含：差異取向、產品價位、功能需求及操作介面。
- (3)產品設計：對各替選方案就影響產品外觀質感之造形屬性進行評估。主要的考量因素可包含：外觀形體特徵、材質應用、版面處理及色彩搭配。
- (4)生產製造：對各替選方案在生產效益及製造成本上進行評估。主要的考量因素可包含：生產投資成本、製造加工流程、生產線整合、品質控管及安全規格。
- (5)技術支援：對各替選方案新科技及新技術的取得管道或自行研發能力的提昇進行評估。主要的考量因素可包含：新科技轉移、技術研發團隊及設計整合。
- (6)財務分析：對各替選方案受外界環境影響下，在財務上的調配與因應進行評估。主要的考量因素可歸納為：投資報酬率、投資風險面及資金投入量。
- (7)廣告行銷：對各替選方案利用行銷手法打動消費族群心理層面上的需求和期望進行評估。主要的考量因素可包含：價格策略、訴求階層及顧客需求。
- (8)售後服務：對各替選方案使用說明和售後維修上進行評估。主要的考量因素可包含：組裝便利性、保固期及零件更換。
- (9)綠色環保：對各替選方案在社會責任和綠色永續的環保意識上進行評估。主要的考量因素可包含：產品使用材質、包裝和平面製作物素材及環保法規。

委請 10 位專家 (7 位從事消費性電子產品開發與設計之企業高階經理人及 3 位具新產品開發實務經驗學者) 針對每一項原則性因子重要性程度採 0—10 分的給分方式，進行篩選「電子消費性產品設計方案選擇」之評估準則的模糊德爾菲法專家問卷調查。統計結果示於表 2，而各項評估因子的專家共識值則列於最右欄。且為了讓篩選的結果更具說服力與合理性，進一步利用圖 5 的散佈圖 (scatter plot) 作陡坡分析 (scree test)，最後決定將市場需求、產品定位、產品設計、生產製造、技術支援、財務分析及廣告行銷的七項影響因子納為重要評估準則 (專家共識門檻值高達 6.51)，作為下一階段分析網路程序

表 2 模糊德爾菲法評估準則統計分析篩選結果

評估因子	保守認知值 $C^i$		樂觀認知值 $O^i$		單-值 $a^i$		幾何平均數 $M$			檢定值 $M^i - Z^i$	專家共識值 $G^i$
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	$C^i$	$O^i$	$a^i$		
市場需求	4	8	7	10	6	9	5.51	8.53	7.12	2.02	7.38 > 6.51
產品定位	5	8	8	10	7	9	6.54	9.07	7.96	2.53	8.00 > 6.51
產品設計	3	7	7	10	5	8	5.06	8.14	6.52	3.08	7.00 > 6.51
生產製造	3	8	6	10	5	9	4.84	7.97	6.46	1.13	6.77 > 6.51
技術支援	2	8	6	10	4	9	4.20	7.31	5.64	1.11	6.51 = 6.51
財務分析	2	8	6	10	4	9	4.25	7.54	5.86	1.29	6.58 > 6.51
廣告行銷	4	8	7	10	6	9	5.47	8.85	7.23	2.38	7.42 > 6.51
售後服務	2	6	5	8	4	7	3.69	6.73	5.30	2.04	5.43 < 6.51
綠色環保	2	5	5	8	4	6	2.96	5.94	4.45	2.98	5.00 < 6.51
評估因子選取個數	7							專家共識門檻值			6.51

註：灰色區塊表示總散佈圖（圖 5）分析通過設定專家共識門檻值（6.51）而選取之評估因子

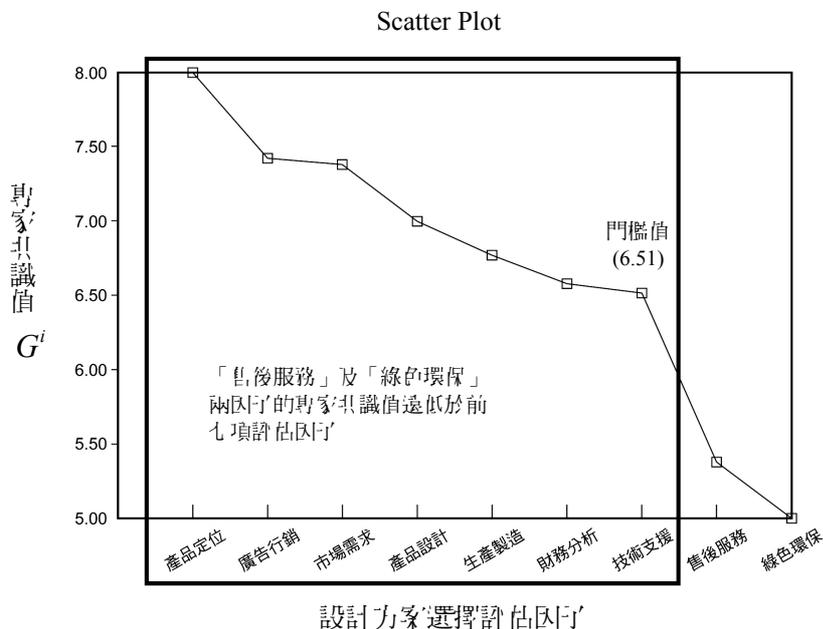


圖 5 評估因子專家共識值散佈圖之陡坡分析

法 (ANP) 的評比依據。在進行 ANP 配對比較問卷調查前，確定七項評估準則間是否存有內部相依性將直接影響評估的最終結果。因此，首先委請 S 公司決策團隊 6 人（總經理及各部門主管）針對七項評估準則彼此間的影響情形作專業上的意見陳述。例如：「你認為評選 MP3 player 產品設計方案時，『市場需求』此評估準則是否受『產品設計』評估準則所影響？『廣告行銷』是否受『生產製造』所影響？」。表 3 為決策團隊之意見徵詢結果，而準則間相依性的決定則以過半人數（多於 3 人）同意為門檻值。圖 6、圖 7 分別以圖示說明準則間及方案間之內部相依性。

#### 4-3 替選方案優先權值

根據 FDM 所得之七項評估準則及接續的內部相依性調查結果，本節將應用分析網路程序法 (ANP) 進行 MP3 player 產品設計替選方案優先權值的決定，據此作為實證研究方案評選的主要依據。ANP 法之專家問卷由 S 公司決策團隊就各個配對比較項目以群體討論 (group discussion) 的方式取其最終之共識

表 3 評估準則內部相依性意見調查結果

評估準則	市場需求 C1	產品定位 C2	產品設計 C3	生產製造 C4	技術支援 C5	財務分析 C6	廣告行銷 C7
市場需求 C1		√ √ √ 6	√ √ √ 6	√ √ √ 5	√ √ √ 3	√ √ √ 6	√ √ √ 5
產品定位 C2	√ √ √ 6		√ √ √ 6	√ √ √ 5	√ √ √ 5	√ √ √ 6	√ √ √ 5
產品設計 C3	√ √ √ 6	√ √ √ 6		√ √ √ 6	√ √ √ 5	√ √ √ 5	√ √ √ 2
生產製造 C4	√ √ √ 5	√ √ √ 4	√ √ √ 6		√ √ √ 6	√ √ √ 6	√ √ √ 0
技術支援 C5	√ √ √ 3	√ √ √ 3	√ √ √ 6	√ √ √ 6		√ √ √ 4	√ √ √ 0
財務分析 C6	√ √ √ 6	√ √ √ 5	√ √ √ 6	√ √ √ 6	√ √ √ 5		√ √ √ 6
廣告行銷 C7	√ √ √ 6	√ √ √ 6	√ √ √ 5	√ √ √ 0	√ √ √ 2	√ √ √ 6	

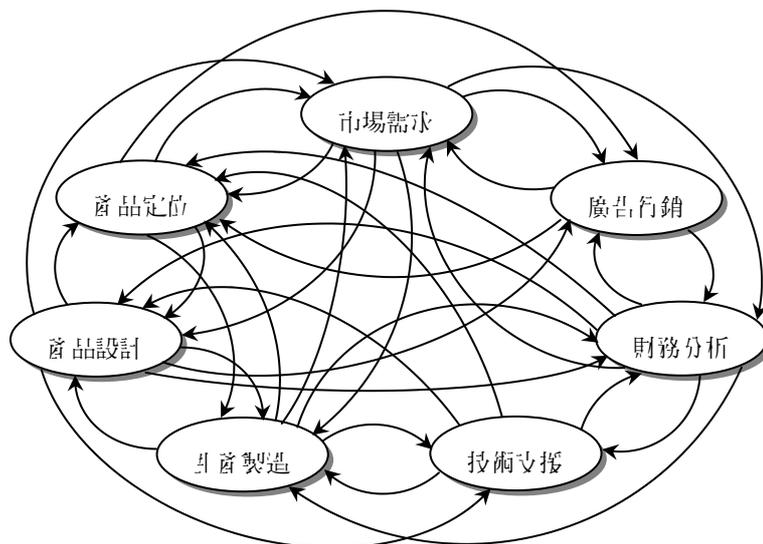


圖 6 評估準則間之內部相依性

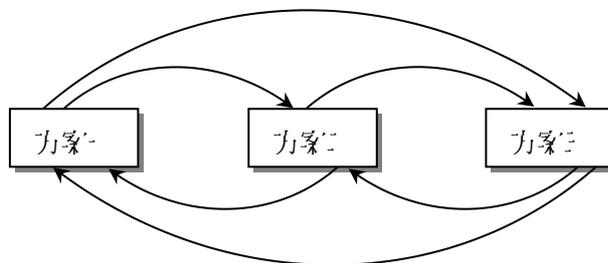


圖 7 設計替選方案間之內部相依性

值（採 Saaty 9 階等級尺度之給分方式），進行 ANP 法客觀操作及計算。其分析過程之相關內容說明如下：C 代表各個評估準則（criterion），分別為市場需求 C1；產品定位 C2；產品設計 C3；生產製造 C4；技術支援 C5；財務分析 C6 及廣告行銷 C7 等七個評估準則，此七個準則可表示為集合  $C = (C1, C2,$

$C3, C4, C5, C6, C7$ )。而三款 MP3 player 設計方案則以  $P$  表示，為方案  $P1$ ；方案  $P2$  及方案  $P3$ ，此三個方案亦可表示為集合  $P = (P1, P2, P3)$ 。根據篩選出的評估準則及實質進行中的設計替選方案，S 公司 MP3 player 產品設計方案選擇之層級架構示於圖 8。以下將逐一說明 ANP 法進行此產品設計方案重要性權值決定之操作過程和步驟。圖 9 為此驗證案例所建構的 ANP 非線性結構及其對應之超矩陣。

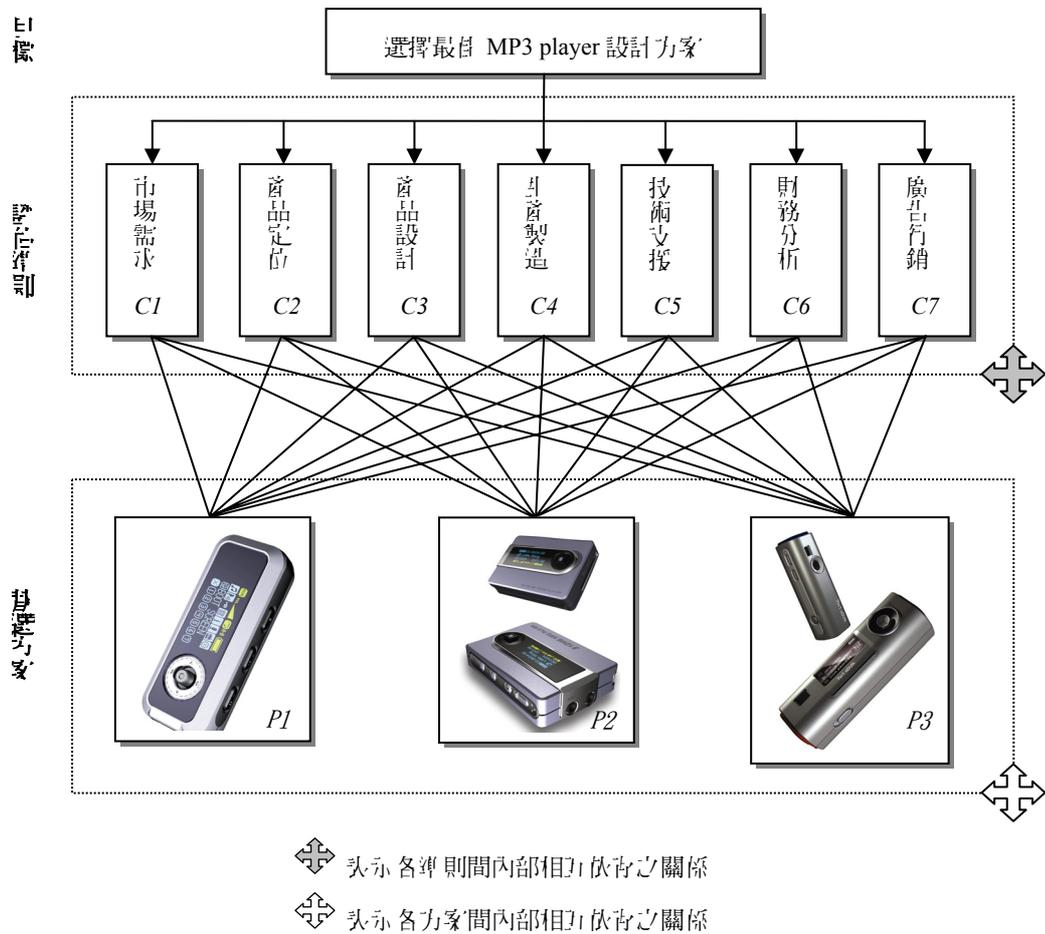


圖 8 MP3 player 產品設計方案選擇之評估層級架構圖

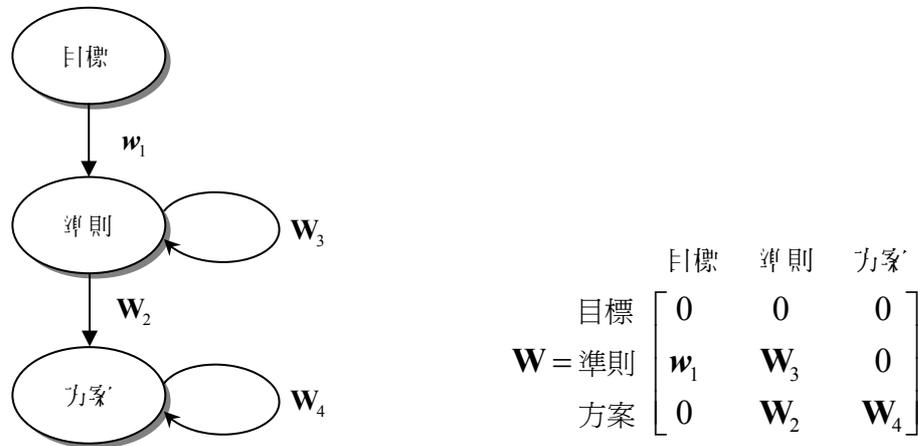


圖 9 本研究案例 ANP 結構圖及其對應之超矩陣

【步驟一】各準則之配對比較結果

各準則配對比較以求出各準則對目標之影響權重，而各準則的權值向量以  $w_1$  表示。其結果如表 4 所示。

表 4 各準則配對比較矩陣

	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)	AP(C7)
MN(C1)	1	1/3	3	5	9	7	1/3
PP(C2)	3	1	1	7	9	7	3
PD(C3)	1/3	1	1	3	7	5	1
PM(C4)	1/5	1/7	1/3	1	3	3	1/5
TS(C5)	1/9	1/9	1/7	1/3	1	1/3	1/7
FA(C6)	1/7	1/7	1/5	1/3	3	1	1/7
AP(C7)	3	1/3	1	5	7	7	1

$\lambda_{max} = 7.72, CI = 0.12, CR = 0.09 < 0.10$

各準則兩兩配對比較矩陣之對角線值皆為 1，表示同一準則相互比對時其重要性是相等的。以第一列的市場需求評估準則  $CI$  而言，表示在市場需求下，各準則所獲得之 Saaty 評量尺度之得分值。以此類推進行矩陣式的配對比較後，即可求得各準則之權值向量  $w_1 = (0.191, 0.320, 0.163, 0.055, 0.022, 0.034, 0.215)$ 。至於配對比較的調查結果必須計算 Saaty 所定義之 C.R. 值，檢定其是否具一致性。

【步驟二】各準則對各替選方案的相對重要性比對

進行每個準則對各替選方案的相對重要性比對，求出的影響權重以  $W_2$  矩陣表示，而其結果示於表 5。

表 5 各準則對替選方案之配對比較矩陣

	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)	AP(C7)
DP(P1)	7	7	9	7	9	9	7
DP(P2)	9	9	7	7	7	5	7
DP(P3)	7	5	5	5	7	7	5

$$W_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} w_{2C1} & w_{2C2} & w_{2C3} & w_{2C4} & w_{2C5} & w_{2C6} & w_{2C7} \end{matrix} \\ \begin{matrix} P1 \\ P2 \\ P3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.304 & 0.333 & 0.429 & 0.368 & 0.391 & 0.429 & 0.368 \\ 0.391 & 0.429 & 0.333 & 0.368 & 0.304 & 0.238 & 0.368 \\ 0.304 & 0.238 & 0.238 & 0.263 & 0.304 & 0.333 & 0.263 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

在每個準則下各替選方案相對重要性比較之權值，以第一欄市場需求準則  $CI$  而言，表示各替選方案考慮在此準則考慮下，各替選方案所獲得 Saaty 9 階評量尺度之得分值。以此類推進行其餘準則的相對重要性比較，以球取各個準則對於替選方案之權值。其中  $w_{2C1}$  即表示在準則  $CI$  下對於三個方案之權值向量。

【步驟三】各準則間內部相互依存關係之配對比較

接著進行各準則與各準則間內部相互依存關係的配對比較，評比彼此間相互影響的程度，以球得各準則實際對目標影響之權重，其則以權值矩陣  $W_3$  表示。而各準則間內部相互依存之關係如圖 6 所示。同樣地，其調查結果也必須通過 C.R. 值之一致性檢定。配對比較之結果示於表 6 至表 12 (表 7 至表 12 詳見附錄)。

表 6 市場需求準則 (CI) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3CI}$	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	FA(C6)	AP(C7)
MN(C1)	1	1	3	5	7	1
PP(C2)	1	1	3	5	5	3
PD(C3)	1/3	1/3	1	7	5	1
PM(C4)	1/5	1/5	1/7	1	3	1/5
FA(C6)	1/7	1/5	1/5	1/3	1	1/3
AP(C7)	1	1/3	1	5	3	1

$$\lambda_{\max} = 6.50, CI = 0.10, CR = 0.08 < 0.10$$

由表 6 可以第一列第四欄而言，則表示準則 C2 影響市場需求的強度是準則 C4 影響市場需求強度的 5 倍；並以此類推可求得各配對比較之權值。因此市場需求準則下，各準則及各準則間內部相依之關係的權值向量為  $w_{3CI} = (0.276, 0.313, 0.159, 0.049, 0.037, 0.166)$ 。

同樣依此配對比較方式可得：

$$w_{3C2} = (0.191, 0.389, 0.133, 0.047, 0.030, 0.036, 0.175) ;$$

$$w_{3C3} = (0.276, 0.243, 0.331, 0.063, 0.056, 0.032) ;$$

$$w_{3C4} = (0.199, 0.408, 0.138, 0.080, 0.088, 0.088) ;$$

$$w_{3C5} = (0.432, 0.167, 0.289, 0.111) ;$$

$$w_{3C6} = (0.155, 0.353, 0.078, 0.053, 0.046, 0.057, 0.258) ;$$

$$w_{3C7} = (0.128, 0.377, 0.159, 0.045, 0.292) 。$$

經由以上表 6 至表 12 可求得各準則間內部相依之關係向量  $w_{3C1}$ ， $w_{3C2}$ ， $w_{3C3}$ ， $w_{3C4}$ ， $w_{3C5}$ ， $w_{3C6}$  和  $w_{3C7}$  所組成之權值矩陣  $W_3$ ：

$$W_3 = \begin{bmatrix} 0.276 & 0.191 & 0.276 & 0.199 & 0 & 0.155 & 0.128 \\ 0.313 & 0.389 & 0.243 & 0.408 & 0 & 0.353 & 0.377 \\ 0.159 & 0.133 & 0.331 & 0.138 & 0.432 & 0.078 & 0.159 \\ 0.049 & 0.047 & 0.063 & 0.080 & 0.167 & 0.053 & 0 \\ 0 & 0.030 & 0.056 & 0.088 & 0.289 & 0.046 & 0 \\ 0.037 & 0.036 & 0.032 & 0.088 & 0.112 & 0.057 & 0.045 \\ 0.166 & 0.175 & 0 & 0 & 0 & 0.258 & 0.292 \end{bmatrix}$$

#### 【步驟四】各方案間內部相依關係之配對比較

此階段進行方案與各方案間內部相依關係的配對比較，評比彼此間相互影響的程度。由不同評估準則下逐一比較各替代方案之相對權重，以權值矩陣  $W_4$  表示。至於各方案間內部相依之關係則如圖 7 所示，評比結果亦皆經由演算 Saaty 的 C.R. 值作一致性檢定。各配對比較結果示於表 13 至表 19 (表 14 至表 19 詳見附錄二)。

表 13 市場需求準則 (CI) 下對各替代方案之配對比較矩陣

$W_{4CI}$	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	1/3	1
DP(P2)	3	1	5
DP(P3)	1	1/5	1

$$\lambda_{\max} = 3.03, CI = 0.01, CR = 0.03 < 0.05$$

$$W_{4CI} = \begin{matrix} P1 & P2 & P3 \\ P1 & \begin{bmatrix} 0.200 & 0.217 & 0.143 \\ 0.600 & 0.652 & 0.714 \\ 0.200 & 0.130 & 0.143 \end{bmatrix} \\ P2 & \\ P3 & \end{matrix}$$

依上述方式可得其他配對比較矩陣： $W_{4C2}$ ， $W_{4C3}$ ， $W_{4C4}$ ， $W_{4C5}$ ， $W_{4C6}$  和  $W_{4C7}$ 。

【步驟五】求各準則之內部相依優先權值  $w_C$

綜合各準則權值向量  $w_1$  及在不同準則下對各準則間之內部相依關係進行配對比較之權值矩陣  $W_3$ ，即可得各準則之內部相依優先權值  $w_C$ 。亦即  $w_C = W_3 \times w_1$ ，

$$w_C = \begin{bmatrix} 0.276 & 0.191 & 0.276 & 0.199 & 0 & 0.155 & 0.128 \\ 0.313 & 0.389 & 0.243 & 0.408 & 0 & 0.353 & 0.377 \\ 0.159 & 0.133 & 0.331 & 0.138 & 0.432 & 0.078 & 0.159 \\ 0.049 & 0.047 & 0.063 & 0.080 & 0.167 & 0.053 & 0 \\ 0 & 0.030 & 0.056 & 0.088 & 0.289 & 0.046 & 0 \\ 0.037 & 0.036 & 0.032 & 0.088 & 0.112 & 0.057 & 0.045 \\ 0.166 & 0.175 & 0 & 0 & 0 & 0.258 & 0.292 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.191 \\ 0.320 \\ 0.163 \\ 0.055 \\ 0.022 \\ 0.034 \\ 0.215 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.203 \\ 0.339 \\ 0.181 \\ 0.045 \\ 0.031 \\ 0.043 \\ 0.159 \end{bmatrix}$$

【步驟六】求各替選方案實際的影響權重  $W_p$

綜合每個準則對於各替選方案之權值  $W_2$  及在不同準則下對各替選方案間之內部相依關係的權值  $W_4$ ，即可得各替選方案實際的影響權重矩陣  $W_p$ 。因此  $W_p = W_4 \times W_2$ ，為  $w_{PC1}$ ， $w_{PC2}$ ， $w_{PC3}$ ， $w_{PC4}$ ， $w_{PC5}$ ， $w_{PC6}$  和  $w_{PC7}$  所組成之矩陣。其中  $w_{PC1}$  即表示在  $W_{4C1}$  下，各替選方案間內部相依關係之配對比較矩陣乘上在  $w_{2C1}$  下對於各方案之配對比較權值向量，可表示為  $w_{PC1} = W_{4C1} \times w_{2C1}$ 。而  $w_{PC1}$ ， $w_{PC2}$ ， $w_{PC3}$ ， $w_{PC4}$ ， $w_{PC5}$ ， $w_{PC6}$  和  $w_{PC7}$  的權值矩陣分別計算如下：

(6.1) 在市場需求準則 (C1) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC1}$

$$w_{PC1} = W_{4C1} \times w_{2C1} = \begin{bmatrix} 0.200 & 0.217 & 0.143 \\ 0.600 & 0.652 & 0.714 \\ 0.200 & 0.130 & 0.143 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.304 \\ 0.391 \\ 0.304 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.189 \\ 0.654 \\ 0.155 \end{bmatrix}$$

(6.2) 在产品定價準則 (C2) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC2}$

$$w_{PC2} = W_{4C2} \times w_{2C2} = \begin{bmatrix} 0.231 & 0.217 & 0.333 \\ 0.692 & 0.652 & 0.556 \\ 0.077 & 0.130 & 0.111 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.333 \\ 0.429 \\ 0.238 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.249 \\ 0.642 \\ 0.108 \end{bmatrix}$$

(6.3) 在产品設計準則 (C3) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC3}$

$$w_{PC3} = W_{4C3} \times w_{2C3} = \begin{bmatrix} 0.677 & 0.692 & 0.636 \\ 0.226 & 0.231 & 0.273 \\ 0.097 & 0.077 & 0.091 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.238 \\ 0.429 \\ 0.333 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.670 \\ 0.244 \\ 0.086 \end{bmatrix}$$

(6.4) 在产品製造準則 (C4) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC4}$

$$w_{PC4} = W_{4C4} \times w_{2C4} = \begin{bmatrix} 0.429 & 0.429 & 0.429 \\ 0.143 & 0.143 & 0.143 \\ 0.429 & 0.429 & 0.429 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.368 \\ 0.368 \\ 0.263 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.429 \\ 0.143 \\ 0.429 \end{bmatrix}$$

(6.5) 古技術支援準則 (C5) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC5}$

$$w_{PC5} = W_{4C5} \times w_{2C5} = \begin{bmatrix} 0.652 & 0.692 & 0.555 \\ 0.217 & 0.231 & 0.333 \\ 0.130 & 0.077 & 0.111 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.391 \\ 0.304 \\ 0.304 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.634 \\ 0.256 \\ 0.108 \end{bmatrix}$$

(6.6) 古財務分析準則 (C6) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC6}$

$$w_{PC6} = W_{4C6} \times w_{2C6} = \begin{bmatrix} 0.652 & 0.556 & 0.692 \\ 0.130 & 0.111 & 0.077 \\ 0.217 & 0.333 & 0.231 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.429 \\ 0.238 \\ 0.333 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.642 \\ 0.108 \\ 0.249 \end{bmatrix}$$

(6.7) 古廣告行銷準則 (C7) 下各替選方案之相依權值向量  $w_{PC7}$

$$w_{PC7} = W_{4C7} \times w_{2C7} = \begin{bmatrix} 0.231 & 0.226 & 0.273 \\ 0.692 & 0.677 & 0.636 \\ 0.077 & 0.097 & 0.091 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.368 \\ 0.368 \\ 0.263 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.240 \\ 0.671 \\ 0.088 \end{bmatrix}$$

因此最後可得：

$$W_p = \begin{bmatrix} 0.189 & 0.249 & 0.670 & 0.429 & 0.634 & 0.642 & 0.240 \\ 0.654 & 0.642 & 0.244 & 0.143 & 0.256 & 0.108 & 0.671 \\ 0.155 & 0.108 & 0.086 & 0.429 & 0.108 & 0.249 & 0.088 \end{bmatrix}$$

【步驟九】求各替選方案的實際優先權值  $w_{ANP}$

最後綜合各替選方案之影響權值  $W_p$  與各準則之內部相依優先權值  $w_C$ ，即可求得各替選方案的實際優先權值  $w_{ANP}$ ，亦即  $w_{ANP} = W_p \times w_C$ 。其所得權值向量如下：

$$w_{ANP} = \begin{bmatrix} 0.189 & 0.249 & 0.670 & 0.429 & 0.634 & 0.642 & 0.240 \\ 0.654 & 0.642 & 0.244 & 0.143 & 0.256 & 0.108 & 0.671 \\ 0.155 & 0.108 & 0.086 & 0.429 & 0.108 & 0.249 & 0.088 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.203 \\ 0.339 \\ 0.181 \\ 0.045 \\ 0.031 \\ 0.043 \\ 0.159 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.349 \\ 0.520 \\ 0.131 \end{bmatrix}$$

演算後得三款設計方案之優先權值分別為 (0.349, 0.520, 0.131)，重要優先順序為方案二 > 方案一 > 方案三；而權值最高者即為最佳選擇方案。也就是說，方案二為經評選後最符合 S 公司整體經濟利益之最佳產品設計方案。經由上述所求出古相依權關係下的各方案優先權值，將可作為實證研究分析的重要依據。本研究並將 ANP 專家問卷統計分析及超矩陣推演結果分別製成表 20、表 21 和表 22 (詳見附錄三)。表 20 為原始超矩陣 (initial supermatrix)；表 21 為權值化超矩陣 (weighted supermatrix)；而表 22 則為極限化綜合超矩陣 (synthesized/limiting supermatrix) 之最終優先權值。

#### 4-4 結果分析與討論

本實驗研究應用分析網路程序法 (ANP) 求得三款 MP3 player 產品設計替選方案之優先權值分別為 (0.349, 0.520, 0.131)；但若以傳統之分析層級程序法 (AHP) 計算，各方案之優先權值則為  $w_{AHP} = W_2 \times w_1$ ：

$$w_{AHP} = \begin{bmatrix} 0.304 & 0.333 & 0.429 & 0.368 & 0.391 & 0.429 & 0.368 \\ 0.391 & 0.429 & 0.333 & 0.368 & 0.304 & 0.238 & 0.368 \\ 0.304 & 0.238 & 0.238 & 0.263 & 0.304 & 0.333 & 0.263 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.191 \\ 0.320 \\ 0.163 \\ 0.055 \\ 0.022 \\ 0.034 \\ 0.215 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.357 \\ 0.381 \\ 0.262 \end{bmatrix}$$

比較結果顯示(圖 10)AHP 法若不考慮內部相依性的情形下所求得之各方案優先權值分別為(0.357, 0.381, 0.262)，與 ANP 法所獲之方案優先順序結果是一致的，同樣為方案二 > 方案一 > 方案三。然而方案二與方案一的權值幾近相等；且方案三雖然獲得較低權值，但與方案一、二的差距並不是非常大。縱使 AHP 法在操作和演算過程比較簡單、容易理解，但不顯著的結果卻無法提供決策者作為最終決策判斷的依據。相反地，ANP 法真正考量到現實世界的內部相互依存及回饋關係而得到明確、客觀且合理的評價結果。

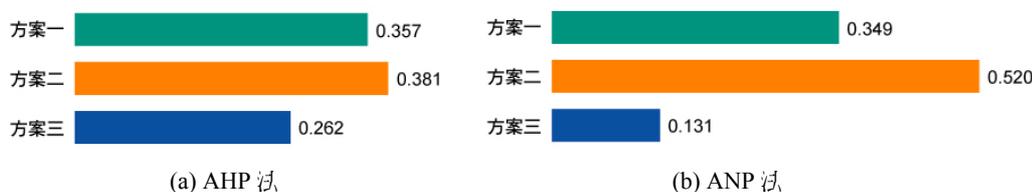


圖 10 (a) AHP 法與(b) ANP 法演算求得之各方案優先權值比較

## 五、結論

「產品設計方案」的選擇上存在著方案間及準則間相互依存的特性。因此提出具量化分析、客觀且符合各種現實條件限制的參考依據，讓公司決策者能精確地評選出達到企業最大整體利益之新產品開發設計方案是相當重要的。最後，將本研究結果及結論說明如下：

1. 利用模糊德爾菲法專家問卷篩選出評估產品設計方案的七項重要評估準則，分別為市場需求、產品定位、產品設計、生產製造、技術支援、財務分析和廣告行銷。由問卷之結果分析顯示，雖然此方法乃針對「消費性電子產品」影響因子所作之調查，然而實務界與學術界的專家們對於這些評估準則的選定卻有著高度的共識值（門檻值達 6.51，重要性程度分數為 0 至 10 分），且皆認同此七項評估準則是可廣泛地應用於其他不同類型產品的評價上。
2. 以目前許多對於產品設計方案選擇的研究，為求簡化分析過程的複雜性和困難度，並未涵蓋所有應考量之影響構面；且評估時也假設相互依存的關係是不存在於各層級間、或同一層級內的因素間。因此所得之結果並無法反映真實的情形，同時也不具有說服力。而本研究利用上述模糊德爾菲法篩選出之評估準則，作為進行分析網路程序法專家問卷之依據，並經由超矩陣的綜合演算求出相互依存及回饋關

係下各替代方案的優先權值，藉此篩選出最佳的產品設計方案。因此，應用創新的 ANP 法將較傳統 AHP 法更具客觀性與合理性。

3. 圖 11 及圖 12 為本研究應用 ANP 法針對 MP3 player 七項評估準則所得之權值比較及對三款不同設計方案的個別影響程度（權重）。至於設計方案選擇的各項評估準則之權重是否會隨著產品類型的不同而改變；或所提之方案是否具有高度的異質性，是否也直接影響於任何一項評估準則考量下所呈現之相對重要性。這些議題都值得今後作持續的研究與探討。

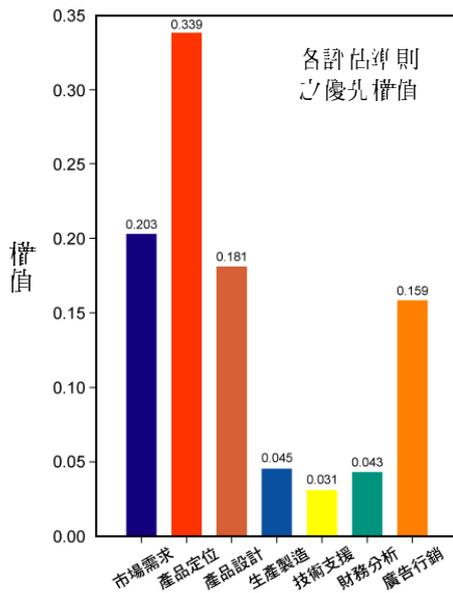


圖 11 MP3 player 各項評估準則之內部相依優先權值比較(Wc) - ANP 法

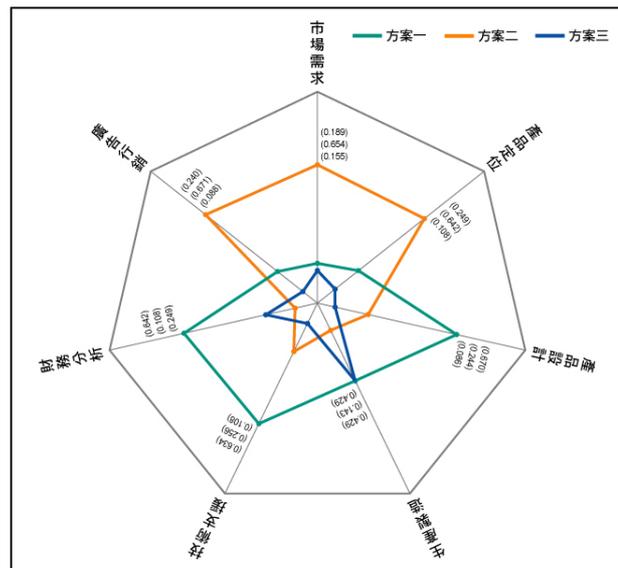


圖 12 三款 MP3 player 設計方案各項評估準則考量下之實際影響權重(Wp) - ANP 法

4. 透過本研究所建立之評價模式可廣泛應用在各種產品設計專案的管理，提供決策者一可信度高的評估工具，並協助企業降低營運的成本與風險、符合公司整體經濟利益及增加經營績效。

至於本文對於產品設計方案選擇之研究亦提出以下列建議和未來研究方向：

1. 利用模糊德爾菲法篩選產品設計方案之評估準則時，應注意下列兩點：(I)由於專家學者們僅就問卷所列之因子評估其重要性，因此能否篩選出適當的評估準則，關鍵在於所提供之相關影響因素是否正確且具全面性（本研究為求嚴謹，於問卷內委請專家學者列出未考慮到的其他重要評估因子）。(II)由於篩選過程依賴的是專家學者專業上的主觀認知，因此專家學者群的慎選直接影響產品設計方案選擇評估準則篩選的正確性。
2. 分析網路程序法之決策過程需經多重的配對比較，往往令決策者感到耗時費力，且其演算步驟亦甚繁瑣。因此將來可利用網路進行線上 (on-line) 問卷調查，簡化操作流程；並藉由於裝軟體 Super Decisions 協助運算。
3. 本研究僅針對 S 公司的 MP3 Player 新產品開發個案進行實例驗證，未來不僅可嘗試應用此評價模式於其他不同類型的產品設計方案上，以比較分析不同實證研究之結果；更將以此決策分析方法應用於工業設計的意涵作更為深入的探討，使相關方法的研究得以擴大，進而對設計領域產生更具體的貢獻。

## 參考文獻

1. 胡佑宗譯, 1996, 工業設計: 產品造型的歷史、理論及實務, 亞太圖書, 台北。
2. 徐利和, 1998, 模糊德爾菲層級分析法, 模糊系統學刊, 第四卷, pp. 59-72。
3. 曾懷恩、李榮貴, 1998, 以 AHP 模式作為評估設計案的決策方法, 設計學報, 第三卷, 第一期, pp. 43-54。
4. 鄭自濱, 1996, 軟體組織提升人員能力之成熟度模糊評估模式, 碩士論文, 國立台灣科技大學, 台北。
5. Baxter, Mike, 1995, Product Design: A practical guide to systematic methods of new product development, London: Chapman & Hall.
6. Bullinger, H.J., Lentjes, H.P., Scholtz, O.H., 2000, Challenges and chances for innovative companies in a global information society, International Journal of Production Research 38(7), pp.1469-1500.
7. Chaturvedi, K.J., Rajan, Y.S., 2000, New product development: challenges of globalization, International Journal of Technology Management 19, pp.788-805.
8. Chung, S.H., Lee, H.I., Pearn, W.L., 2003, Production Mix Optimization for Semiconductor Manufacturing Based on AHP and ANP Analysis, Int J Adv Manuf Technol 00, pp.1-13.
9. Cooper, R.G., 1983, A Process Model for Industrial New Product Development, IEEE Transactions, EM-30, 1, pp.2-11.
10. Dalkey, G.B., 1969, The Delphi method: an experimental study of group opinion, Rand Corp, Research Paper RM-5888-PR.
11. Hsiao, S.W., 2002, Concurrent design method for developing a new product, International Journal of Industrial Ergonomics 29, pp.41-55.
12. Ishikawa, A., Amagasa, T., Tamizawa, G., Totsuta, R. & Mieno, H., 1993, The Max-Min Delphi Method and Fuzzy Delphi Method Via Fuzzy Integration, Fuzzy Sets and Systems 55, pp.241-253.
13. Karsak, E.E., Sozer, S., Alptekin, S.E., 2002, Product planning in quality function deployment using a combined ANP and GP approach, Computer & Industrial Engineering 44, pp.171-190.
14. Lee, J.W., Kim, S.H., 2000, Using ANP and GP for interdependent information system project selection, Computers & Operations Research 27, pp.367-382.
15. Murray, T.J., Pipino, L.L., Gigch, J.P. van, 1985, A pilot study of fuzzy set modification of Delphi, Human Systems Management 5, pp.76-80.
16. Saaty, T.L., 1996, The analytic network process, RWS Publications.
17. Saaty, T.L., Vargas, L.G., Dellmann, K., 2003, The allocation of intangible resources: the AHP and LP, Socio-Economic Planning Sciences 37, pp.169-184.
18. Weber, R., Werners, B., Zimmerman, H.J., 1990, Planning models for research and development, European Journal of Operational Research 48, pp.175-188.

## 附錄一

表 7 首產品定位準則 (C2) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3C2}$	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)	AP(C7)
MN(C1)	1	1/5	3	5	5	7	1
PP(C2)	5	1	3	7	7	7	3
PD(C3)	1/3	1/3	1	3	5	5	1
PM(C4)	1/5	1/7	1/3	1	1	3	1/5
TS(C5)	1/5	1/7	1/5	1	1	1/3	1/7
FA(C6)	1/7	1/7	1/5	1/3	3	1	1/5
AP(C7)	1	1/3	1	5	7	5	1

$\lambda_{\max} = 7.64, CI = 0.11, CR = 0.08 < 0.10$

表 8 首產品設計準則 (C3) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3C3}$	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)
MN(C1)	1	3	1/3	5	7	5
PP(C2)	1/3	1	1	5	7	7
PD(C3)	3	1	1	5	5	7
PM(C4)	1/5	1/5	1/5	1	1	3
TS(C5)	1/7	1/7	1/5	1	1	3
FA(C6)	1/5	1/7	1/7	1/3	1/3	1

$\lambda_{\max} = 6.57, CI = 0.11, CR = 0.09 < 0.10$

表 9 首產品製造準則 (C4) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3C4}$	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)
MN(C1)	1	1/3	1	3	3	3
PP(C2)	3	1	3	3	5	5
PD(C3)	1	1/3	1	1	1	3
PM(C4)	1/3	1/3	1	1	1	1/3
TS(C5)	1/3	1/5	1	1	1	1
FA(C6)	1/3	1/5	1/3	3	1	1

$\lambda_{\max} = 6.47, CI = 0.09, CR = 0.08 < 0.10$

表 10 首技術支援準則 (C5) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3C5}$	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)
PD(C3)	1	3	1	5
PM(C4)	1/3	1	1	1
TS(C5)	1	1	1	3
FA(C6)	1/5	1	1/3	1

$\lambda_{\max} = 4.19, CI = 0.06, CR = 0.07 < 0.08$

表 11 首財務分析準則 (C6) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3C6}$	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	PM(C4)	TS(C5)	FA(C6)	AP(C7)
MN(C1)	1	1/3	3	5	3	3	1/3
PP(C2)	3	1	3	5	7	5	3
PD(C3)	1/3	1/3	1	1	3	1	1/3
PM(C4)	1/5	1/5	1	1	1	1	1/5
TS(C5)	1/3	1/7	1/3	1	1	1	1/7
FA(C6)	1/3	1/5	1	1	1	1	1/5
AP(C7)	3	1/3	3	5	7	5	1

$\lambda_{\max} = 7.44, CI = 0.07, CR = 0.06 < 0.10$

表 12 首廣告銷售準則 (C7) 下各準則間內部相依之配對比較矩陣

$w_{3C7}$	MN(C1)	PP(C2)	PD(C3)	FA(C6)	AP(C7)
MN(C1)	1	1/3	1	3	1/3
PP(C2)	3	1	5	5	1
PD(C3)	1	1/5	1	5	1
FA(C6)	1/3	1/5	1/5	1	1/7
AP(C7)	3	1	1	7	1

$\lambda_{\max} = 5.31, CI = 0.08, CR = 0.07 < 0.10$

## 附錄二

表 14 商品定價準則 (C2) 下對各替代方案之配對比較矩陣

W4C2	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	1/3	3
DP(P2)	3	1	5
DP(P3)	1/3	1/5	1

$\lambda_{\max} = 3.04, CI = 0.02, CR = 0.03 < 0.05$

$$W_{4C2} = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 \\ P1 & 0.231 & 0.217 & 0.333 \\ P2 & 0.692 & 0.652 & 0.556 \\ P3 & 0.077 & 0.130 & 0.111 \end{matrix}$$

表 15 商品設計準則 (C3) 下對各替代方案之配對比較矩陣

W4C3	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	3	7
DP(P2)	1/3	1	3
DP(P3)	1/7	1/3	1

$\lambda_{\max} = 3.01, CI = 0.00, CR = 0.01 < 0.05$

$$W_{4C3} = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 \\ P1 & 0.677 & 0.692 & 0.636 \\ P2 & 0.226 & 0.231 & 0.273 \\ P3 & 0.097 & 0.077 & 0.091 \end{matrix}$$

表 16 日用品製造準則 (C4) 下對各替代方案之配對比較矩陣

W4C4	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	3	1
DP(P2)	1/3	1	1/3
DP(P3)	1	3	1

$\lambda_{\max} = 3.00, CI = 0.00, CR = 0.00 < 0.05$

$$W_{4C4} = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 \\ P1 & 0.429 & 0.429 & 0.429 \\ P2 & 0.143 & 0.143 & 0.143 \\ P3 & 0.429 & 0.429 & 0.429 \end{matrix}$$

表 17 技術支援準則 (C5) 下對各替代方案之配對比較矩陣

W4C5	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	3	5
DP(P2)	1/3	1	3
DP(P3)	1/5	1/3	1

$\lambda_{\max} = 3.04, CI = 0.02, CR = 0.03 < 0.05$

$$W_{4C5} = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 \\ P1 & 0.652 & 0.692 & 0.555 \\ P2 & 0.217 & 0.231 & 0.333 \\ P3 & 0.130 & 0.077 & 0.111 \end{matrix}$$

表 18 財務分析準則 (C6) 下對各替代方案之配對比較矩陣

W4C6	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	5	3
DP(P2)	1/5	1	1/3
DP(P3)	1/3	3	1

$\lambda_{\max} = 3.04, CI = 0.02, CR = 0.03 < 0.05$

$$W_{4C6} = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 \\ P1 & 0.652 & 0.556 & 0.692 \\ P2 & 0.130 & 0.111 & 0.077 \\ P3 & 0.217 & 0.333 & 0.231 \end{matrix}$$

表 19 廣告行銷準則 (C7) 下對各替代方案之配對比較矩陣

W4C7	DP(P1)	DP(P2)	DP(P3)
DP(P1)	1	1/3	3
DP(P2)	3	1	7
DP(P3)	1/3	1/7	1

$\lambda_{\max} = 3.01, CI = 0.00, CR = 0.01 < 0.05$

$$W_{4C7} = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 \\ P1 & 0.231 & 0.226 & 0.273 \\ P2 & 0.692 & 0.677 & 0.636 \\ P3 & 0.077 & 0.097 & 0.091 \end{matrix}$$



# A Study on Selecting Optimal Product Design Solution Using Fuzzy Delphi Method and Analytic

Wan-Li Wei\*    Wen-Chih Chang\*\*

\* Graduate School of Design, National Taiwan University of Science and Technology  
e-mail:wanliwei@ms34.hinet.net

\*\* Graduate School of Design, National Taiwan University of Science and Technology  
e-mail:wchang@mail.ntust.edu.tw

(Date Received : March 28, 2005 ; Date Accepted : August 11, 2005)

## Abstract

Successful new product development can ensure continuous growth of a company. However, wrong decisions made may have catastrophic impact. Hence, it is important to select an appropriate design solution that can bring about the highest operation efficiency. Various factors including technological development, finance, marketing, production and design have to be taken into consideration when selecting the optimal product design solution. These different factors are interdependent, and the same is true for the different solutions derived from these determining factors.

In this paper, we propose a method for selecting product design solutions using Fuzzy Delphi Method (FDM) and Analytic Network Process (ANP). First, the FDM is employed to identify determining factors on optimum product design selection through conducting a survey among experts of different disciplines of new product development. Then the ANP is adopted to determine the weights of different candidates of product design solutions, which would reveal the optimal solution. A case study of MP3 player is presented to illustrate the overall decision procedure and to examine two sets of priority index [ $w_{AHP} = (0.357, 0.381, 0.262)$ ;  $w_{ANP} = (0.349, 0.520, 0.131)$ ] derived using the AHP and ANP approaches, respectively. Although there is no significant difference in ranking between these two approaches, there exists great disparity in the final priority weights of alternatives. Incorporating the interdependencies among different decision levels, the ANP approach is preferred to the AHP approach and should be adopted, if possible, in the selection of optimum product design solution.

Keywords: Product design solution, Interdependence, Fuzzy Delphi Method (FDM), Analytic Network Process (ANP), Analytic Hierarchy Process (AHP)

