

東 海 大 學

工業設計學系碩士班

碩 士 論 文

設計策略評量在模組化產品開發之研究

**The Study of Assessing Design Strategies in  
Modular Product Development**

研 究 生：吳秉琰

指 導 教 授：王中行

中 華 民 國 一 零 七 年 一 月

# 碩士學位論文口試委員審定書

工業設計研究所 吳秉珙 君所提供之論文

設計策略評量在模組化產品開發之研究

經本委員會審定通過，特此證明。

論文口試委員會

委員：

荆世文      杜瑞澤  
王中行      黃吾生  
陳昭瑋

指導教授：

王中行

中華民國 107 年 01 月 19 日

## 摘 要

將符合使用者需求的設計策略應用於產品開發之作業程序，是在劇烈的市場變化中保持競爭優勢的有效方式，尤其在代工製造漸失去機會的環境下，除了有效管理開發流程與提升產品設計之效率之外，精準地掌握顧客偏好與降低開發成本依然是不可或缺的重要策略，其中如何運用產品模組化提高量產作業中的零組件共用性，以產品多樣性之優勢滿足消費者需求，是值得探討的重要議題。

本研究以輔助產品開發為目的，藉由領域映射矩陣建立產品零件之模組化架構。首先以模糊理論結合德菲法將使用者需求作為評估準則導入，再利用設計結構矩陣，完成設計需求與零件模組化建構，最後，藉由網路層級分析法進行量化權值的超矩陣演算，整合設計目標、設計需求準則、零件模組間之關聯性，以獲得最佳零件模組方案，並提出考量使用者需求的產品模組化之設計策略。

本研究以直立式健身自行車為執行案例，經由上述分析方法所獲得之成果如下：

1. 協助設計者於設計階段掌握使用者需求。
2. 得到零件模組化之可視化成果。
3. 藉由分析結果得知重要度之權重值排序，獲得最佳方案，並針對產品開發專案進行設計策略評量。

最後本研究依據所得知的方案執行具體設計，共設計了三款直立式健身器材外型模組，運用於一款新設計之骨架結構，實現產品多樣性之概念。

**關鍵詞：**模糊德菲法、領域映射矩陣、網路層級分析法、設計結構矩陣、零件模組化、產品開發。

## **ABSTRACT**

In the process of product development, it is essential to grasp customer preference and reduce development cost accurately. How to use product modularization to improve sharing of components in mass production, to meet the demand of consumers by the advantage of product diversity, is an important topic worth discussing. In this study, the modular architecture of product components was established by the domain mapping matrix. First, fuzzy Delphi method was introduced to evaluate the criteria of customer requirements. Secondly, design structure matrix method categorized the customer requirements to the goals of design and parts to the modular groups. Finally, analytic network process based on super matrix were used to find the weights for modular parts and assess the design strategies for a product development. Based on the research, three upright fitness bicycles were designed to realize the concept of product diversity.

Keyword: Fuzzy Delphi; Domain Mapping Matrix (DMM); Analytic Network Process (ANP); Design Structure Matrix (DSM); Modular Parts; Product Development.

## 誌謝

碩士學涯中，首先要感謝的是王中行指導教授的耐心指導，以嚴謹的標準規範學生的論文寫作，讓我能夠順利完成這份研究論文，並指導我達成期刊投稿的願望。王中行教授非常尊重學生，總給予學生最大的學術自由度，讓學生探索自己有興趣也適合投入的領域，並且在國內外研討會、產學合作與科技部相關計劃的執行上處處為學生著想，給予學生最大的補助和幫忙，是我學涯中遇過最好的導師，在碩士學涯能成為王中行教授的學生，我感到非常榮幸。另外特別感謝蕭世文、杜瑞澤、黃台生與林鈞燁四位教授的口試審查，提出非常明確、精闢的看法與建議，協助這份研究更臻完善。

同窗總是研究生活中最大的支柱，若沒有你們的陪伴，我想自己走不完最後這段顛頗的路程，謝謝雅華學姊指引、鞭策我論文的方向與進度，以及待人處世的態度。欣慧、煒蓓、吳成、柏峰、正暘，謝謝你們互相支持著彼此在這段時間的生活，這會是最難忘也最珍貴的時光。還要感謝工設系最辛苦的解美英姊姊、李穎勳姊姊與張詔陽先生，一直耐心地幫助學生處理在學校的事務。另外要謝謝景婷，以牛刀之姿小試我的運算瓶頸，運用淺顯易懂的幾何方法完成解模糊化複雜的交、聯集。此外，我想特別向謝志成教授表達感謝，總是如兄長一般地照顧我們的生活、親切地成為學生們在研究室的重要支持。最後，謝謝喬山健康科技的錦棟副總與政松副理願意提供產品資訊讓我作為研究範例，這是使這篇論文複雜的研究方法運用得以驗證的最重要的幫助之一。

尚未經歷研究所之前，從不相信在任何領域深耕與投入有多麼不容易，更沒想過這段求學歷程對自己而言竟是條坎坷的道路，詩婷、文舒、易安與青樺，謝謝妳們陪伴我從自負到謙卑，因一次次摔跤而學會穩重與周全。最後感謝家人的包容，體諒我在漫長求學過程中所犧牲的生產力與被我恣意揮霍掉的青春，我會努力並且加倍回報給你們，親愛的家人。

# 目 錄

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	II
誌 謝.....	III
目 錄.....	IV
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
1-1 研究背景.....	1
1-2 研究動機.....	1
1-3 研究目的.....	2
1-4 研究範圍與限制.....	3
1-5 研究架構.....	3
<b>第二章 文獻回顧 .....</b>	<b>6</b>
2-1 產品開發(PRODUCT DEVELOPMENT).....	6
2-2 產品模組化(PRODUCT MODULARITY).....	7
2-3 臺灣室內健身器材產業.....	9
<b>第三章 研究方法 .....</b>	<b>12</b>
3-1 模糊德菲法 (FUZZY DELPHI METHOD).....	12
3-1-1 模糊理論(Fuzzy Theory).....	12
3-1-2 德菲法(Delphi Method).....	14
3-1-3 模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method).....	15
3-2 領域映射矩陣(DOMAIN MAPPING MATRIX, DMM).....	18
3-2-1 設計結構矩陣(Design Structure Matrix, DSM).....	19
3-2-2 領域映射矩陣(Domain Mapping Matrix, DMM).....	21
3-3 網絡層級分析法(ANALYTIC NETWORK PROCESS).....	23
<b>第四章 實例驗證 .....</b>	<b>29</b>
4-1 資料建構.....	30
4-1-1 模糊德菲法篩選使用需求.....	30
4-1-2 產品零件拆解.....	35
4-2 建立領域映射矩陣(DOMAINS MAPPING MATRIX, DMM).....	37
4-2-1 輸入設計結構矩陣參數.....	37

4-2-2 設計結構矩陣之分割 .....	39
4-3 網路層級分析法(ANALYTIC NETWORK PROCESS) .....	41
4-3-2 網路層級分析法執行 .....	42
4-4 設計策略評量 .....	69
4-4-1 設計方案 .....	70
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>77</b>
5-1 研究結果 .....	77
5-2 研究應用與建議 .....	78
<b>參考文獻.....</b>	<b>79</b>
<b>【附錄一】 模糊德菲法專家調查問卷 .....</b>	<b>82</b>
<b>【附錄二】 網路層級分析法專家調查問卷(<math>W_1</math>).....</b>	<b>85</b>
<b>【附錄三】 網路層級分析法專家調查問卷(<math>W_2</math>).....</b>	<b>89</b>
<b>【附錄四】 網路層級分析法專家調查問卷(<math>W_3</math>).....</b>	<b>104</b>
<b>【附錄五】 網路層級分析法專家調查問卷(<math>W_4</math>).....</b>	<b>111</b>

## 圖目錄

圖 1-1 研究架構.....	5
圖 2-1 產品類別之市占比例.....	11
圖 3-1 三角模糊隸屬函數.....	13
圖 3-2 傳統德菲法示意圖.....	15
圖 3-3 雙三角模糊數圖.....	16
圖 3-4 檢驗共識區間.....	17
圖 3-5 DMM 與 DSM 之關係.....	18
圖 3-6 DMM 與 DSM 圖形差異.....	19
圖 3-7 領域映射矩陣結構圖.....	23
圖 3-8 網路層級架構圖.....	24
圖 3-9 ANP 超矩陣結構圖.....	25
圖 4-1 研究流程圖.....	29
圖 4-2 第 13 項「易保養」之雙三角模糊數.....	33
圖 4-3 陡坡分析圖.....	34
圖 4-4 直立式健身腳踏車.....	35
圖 4-5 產品零件分解圖.....	36
圖 4-6 初期領域映射矩陣.....	37
圖 4-7 使用者需求的設計結構矩陣.....	38
圖 4-8 零件的設計結構矩陣.....	38
圖 4-9 使用者需求分類矩陣.....	39
圖 4-10 產品零件模組化矩陣.....	40
圖 4-11 領域映射矩陣結合網路層級分析法之架構.....	41
圖 4-12 網路式超矩陣架構.....	42
圖 4-13 目標、準則與方案圖.....	43
圖 4-14 $w_1$ 特徵向量.....	47
圖 4-15 $W_2$ 特徵向量.....	53
圖 4-16 $W_2$ 矩陣.....	54
圖 4-17 使用需求群組間之相依性圖.....	54
圖 4-18 $W_3$ 特徵向量.....	59

圖 4-19 $W_3$ 矩陣.....	59
圖 4-20 零件模組間之相依性圖.....	60
圖 4-21 $W_4$ 特徵向量.....	64
圖 4-22 $W_4$ 矩陣.....	64
圖 4-23 $W_G$ 計算.....	66
圖 4-24 $W_M$ 計算.....	67
圖 4-25 $W_{ANP}$ 計算.....	67
圖 4-26 零件模組重要度權重表.....	69

## 表目錄

表 2-1 產品開發之類型.....	7
表 2-2 常見之室內運動器材種類.....	10
表 3-1 DMM 與 DSM 之差別.....	19
表 3-2 DSM 之應用方式.....	20
表 3-3 元件關係形式.....	21
表 3-4 元件互動的四種型態.....	21
表 3-5 設計結構矩陣與領域映射矩陣.....	22
表 3-6 網路層級分析因素比較之重要性尺度.....	25
表 3-7 隨機指標值(RANDOM INDEX, R.I.).....	27
表 4-1 使用者需求元素.....	30
表 4-2 問卷訪談之受訪者.....	31
表 4-3 模糊德菲法分析結果.....	32
表 4-4 使用需求表.....	34
表 4-5 零件表編碼.....	36
表 4-6 產品零件模組分群.....	40
表 4-7 評估準則與方案表.....	43
表 4-8 九等名目尺度(NOMINAL SCALE).....	44
表 4-9 問卷範例.....	45
表 4-10 各準則對目標影響之成對比較矩陣.....	45
表 4-11 特徵向量 $w_1$ .....	46
表 4-12 隨機指標表.....	47
表 4-13 以 G1 造型為準則的零件模組比較矩陣.....	48
表 4-14 以 G2 避震穩定性為準則的零件模組比較矩陣.....	48
表 4-15 以 G3 人體工學調整為準則的零件模組比較矩陣.....	49
表 4-16 以 G4 生理數據為準則的零件模組比較矩陣.....	49
表 4-17 以 G5 壽命與保養為準則的零件模組比較矩陣.....	50
表 4-18 以 G6 收納與搬移為準則的零件模組比較矩陣.....	50
表 4-19 以 G7 使用介面為準則的零件模組比較矩陣.....	51

表 4-20 以 G8 使用情境為準則的零件模組比較矩陣.....	51
表 4-21 以 G9 節能為準則的零件模組比較矩陣.....	52
表 4-22 以 G10 置物功能為準則的零件模組比較矩陣.....	52
表 4-23 使用需求群組間之相依性表.....	55
表 4-24 以造型為評估指標下，具有相依性項目間之重要性.....	55
表 4-25 以 G1 造型為評估指標之相依性矩陣.....	56
表 4-26 以 G3 人體工學調整為評估指標之相依性矩陣.....	56
表 4-27 以 G4 生理數據為評估指標之相依性矩陣.....	56
表 4-28 以 G5 壽命與保養為評估指標之相依性矩陣.....	57
表 4-29 以 G6 收納與搬移為評估指標之相依性矩陣.....	57
表 4-30 以 G7 使用介面為評估指標之相依性矩陣.....	57
表 4-31 以 G8 使用情境為評估指標之相依性矩陣.....	58
表 4-32 以 G9 節能為評估指標之相依性矩陣.....	58
表 4-33 以 G10 置物功能為評估指標之相依性矩陣.....	58
表 4-34 零件模組間之相依性表.....	60
表 4-35 以傳動系統為評估指標下，具有相依性項目間之重要性.....	61
表 4-36 以 M1 傳動系統為評估指標之相依性矩陣.....	61
表 4-37 以 M2 置物結構為評估指標之相依性矩陣.....	61
表 4-38 以 M3 乘坐系統為評估指標之相依性矩陣.....	62
表 4-39 以 M4 外型為評估指標之相依性矩陣.....	62
表 4-40 以 M5 手提把為評估指標之相依性矩陣.....	62
表 4-41 以 M6 移動性為評估指標之相依性矩陣.....	63
表 4-42 以 M7 電子系統為評估指標之相依性矩陣.....	63
表 4-43 以 M8 骨架系統為評估指標之相依性矩陣.....	63
表 4-44 超級矩陣架構與問卷編號表.....	64
表 4-45 零件模組方案權重數值.....	67
表 4-46 三款外型設計.....	71
表 4-47 骨架模組設計.....	72
表 4-48 整體設計款式一.....	73
表 4-49 整體設計款式二.....	74
表 4-50 整體設計款式三.....	75

# 第一章 緒論

產品零件之模組化是企業降低成本、提高產品競爭力的有效方式。模組化之目的在於提高系列產品的零件共用性、減少開發成本，並以降低零件干涉、模組獨立運作與產品多樣性為主要目的。

新產品開發通常延續既有產品的零組件模組，再經修改、變更特定零組件以滿足新的設計目標、功能需求或消費市場。因此，有效率地定義產品零組件模組與設計目標間之關係，並以多準則之決策方法評估最適宜的開發策略，是優化產品開發程序的有效方式。產品開發係屬於數個領域相互影響之動態過程，由領域映射矩陣(Domain Mapping Matrix, DMM)方法輔助協同產品開發(Collaborative Product Development, CPD)之概念，將不同領域與部門之資訊進行雙向連結、溝通，是協助產品開發專案執行的有效步驟。

## 1-1 研究背景

於國際化的激烈的市場競爭中，新產品要脫穎而出並為公司帶來獲利，除了產品本身必須得到消費者肯定之外，成本的控管也是重要的一部分，其中開發成本更是主要的環節。

然而，產品開發活動往往於企業擬定開發目標後隨即進行，卻忽略前置作業的開發流程規劃、評估與資源、需求之預測，而企業內部尚無能力解決開發過程中，因流程、資源衝突所造成產品開發的中止與延宕。於產業競爭日益激烈的環境底下，產品生命週期普遍性地縮短，有效的管理產品開發程序與改善冗長之作業流程，並嘗試縮短產品開發時程、降低產品開發延滯率，已成為製造產業的之迫切需求(劉哲瑋，2007)。

其中零件模組化能有效地將客製化概念導入量產作業中，並且藉由提高零組件之共用性以達到產品多樣性的效果。於產品開發初期將使用者需求導入開發與設計程序中，可於較短的時程內準確地了解使用者需求，並擬定開發策略與評量以提高設計方案之精準度，是各產業都刻不容緩的事(陳宥儒，2011)。

## 1-2 研究動機

一般常見新產品開發之作業模式是延續既有產品家族的設計專案，通常不是全然地設計新產品，而是建立在過往產品之架構上，再經由改良零件、改善功能與推出新造型以符合消費者期待，或是面對市場競爭。將新產品之開發專案建置

於既有零組件體系與過往穩定的結構模組上，好處是可以確保最終產品之妥善率與達到減少開發成本之目的，其中為了節省新設計之程序、物料、人員作業與其相關之開發成本，產品的零件模組化成為最有效的方式之一，達成藉由探討設計項目之優先權及設計相關之約束，輔佐設計人員於產品家族架構中，以模組化創造多樣化的設計解決方案，可以滿足不同的市場需求(Liu&Hsiao, 2005)。

產品開發專案可區分為全新產品開發與產品族發展之延續。以新產品開發而言，Souder以公司觀點將之定義為「過往沒有生產過的產品」；而產品族發展之延續為開發既有產品的下一代產品，通常延續舊產品之印象與特性，做出功能性、零件或外型的改良或演化。在極度競爭的產業環境中，降低開發成本的措施是必要的，依據共用零件模組之最佳化進行產品開發，可以同時達到產品多樣化與降低開發成本的雙贏目標，並且藉由產品家族的發展以建立品牌或產品對於消費者印象的延續性，都是提升產品競爭力的有效方式(Souder, 1988)。

在產品開發專案中，若沒有進行使用者需求與市場需求分析，設計實務的過程往往是由業主與設計師主觀的執行，容易忽略使用者與消費者的實際需求，缺少將使用者與消費者視角作為評估準則的設計過程。本研究之動機為藉由研究方法的運用，能夠客觀的擷取使用者需求，並與設計實務過程相結合，將使用者需求的評估置入產品開發初期過程，以改善研究背景所闡述的產業問題：

- (1) 產品設計執行階段缺乏客觀使用者需求之評估。
- (2) 產品生命週期縮短的情況下，企業內部尚無能力解決開發過程因流程與「資源衝突」所造成產品開發中止與延宕。
- (3) 設計師無法確切掌握消費者需求。

### 1-3 研究目的

本研究以探討使用者需求於零件模組的產品開發專案中之應用為目標，經由模糊理論結合德菲法獲得使用者需求作為評估準則，導入領域映射矩陣(DMM)為架構之零件模組化的產品開發過程，並使用網絡層級分析法運算以獲得最值得開發之模組方案，作為後續設計策略之評估。藉由網絡層級分析法(Alytic Network Process, ANP)完整評估所有項目間存在著相依性之優點，以更客觀的角度探討項目間彼此的相依關係與其相對重要度，輔佐設計者於產品設計初期掌握較宏觀與多元之設計參數，達成以下目的：

- (1) 協助設計師於產品設計初期掌握消費者需求之設計要素。
- (2) 經由產品拆解與專家釋義，將產品之零組件分解，獲得模組化之可視化

成果，提高產品零件共用性。

- (3) 藉由權重取得設計重要度排序，縮短設計流程、減少開發成本和資源衝突。

## 1-4 研究範圍與限制

本研究係探討設計策略評量於產品開發專案中之零件模組化階段的整合應用，將使用者需求以量化的方式作為評估準則，以置入產品設計之過程，輔佐產品開發程序的考量與設計策略，提供設計者更客觀、準確的意見作為設計參數。實例操作方面，係以台灣某廠商的直立健身車產品為研究範例。研究範圍與限制說明如下：

1. 使用者意見之取得係以專家訪談模式，將實際經常使用該產品的使用者視為專家，進行訪談與使用者意見擷取，以利反映該產品之真實需求，因此所獲取的使用者意見不廣泛觸及所有多元型態或潛在的使用者，而是設定針對該產品具有深度使用經驗的意見。
2. 本研究係針對將使用者需求帶進產品開發程序中的設計部分，探討使用者需求參數對於設計實務的重要性。然而完整的產品開發程序還包含製程工序、不同部門的組織與開發人員間之互動與相依性的探討，因考量有限資源與其涉入的複雜性，故不涵蓋完整的產品開發程序，僅以初期設計部分作為研究內容。
3. 研究內容僅針對初期產品設計範疇，以及將使用者意見置入產品開發中之影響的探討，故不以量產可行性為考量。

## 1-5 研究架構

本研究共分為五個章節探討，如圖1-1所示。

### 第一章：緒論

探究產品開發程序中需改善的問題，並確立研究方向，研究背景、動機與、目的研究限制與研究架構。

### 第二章：文獻回顧

整理收集與本研究相關的產品開發、零件模組化、運動器材產業、模糊理論與領域映射矩陣之應用，以作為研究基礎。

### 第三章：研究方法與步驟

說明研究方法之理論依據與其流程，針對模糊德菲法、領域映射矩陣與網路

層級分析法等理論進行介紹與說明。

#### 第四章：實例驗證

以直立式運動健身自行車作為實際案例，說明本研究之概念、流程與實驗方法，探討欲解決之問題並以實驗結果提出設計方案。

#### 第五章：結論與建議

綜合本研究之結論與實例驗證結果，說明實例驗證結果與其設計方案，呈現本研究之貢獻與後續發展方向。

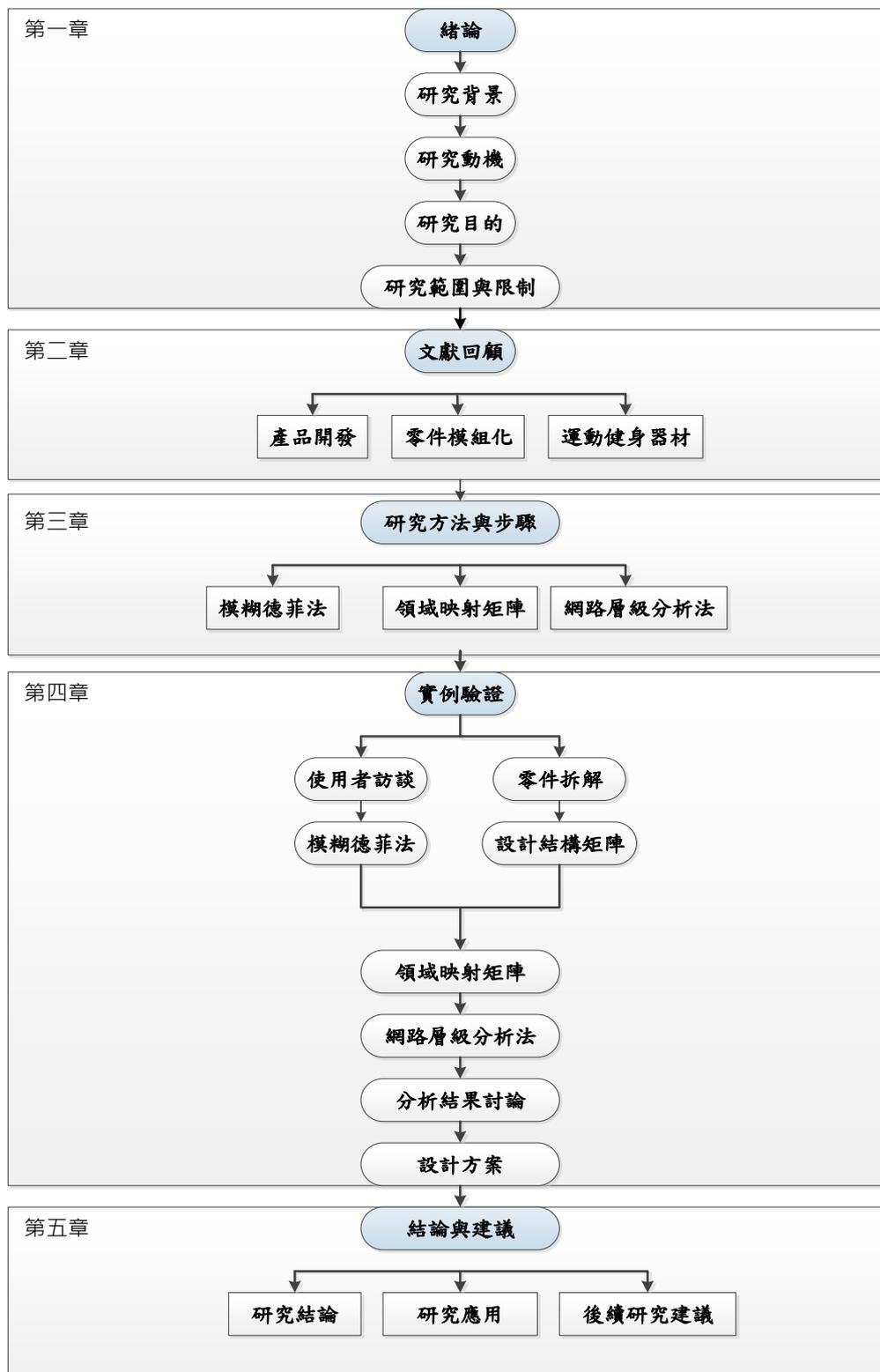


圖 1-1 研究架構

## 第二章 文獻回顧

本研究以探討產品模組化於產品開發專案中之應用為目的，將使用者需求結合模組化之研究，探討不同領域的參數於開發專案之協同設計的應用。文獻探討分三個部分：(1)產品開發；(2)產品模組化；(3)運動健身器材產業。

### 2-1 產品開發(Product Development)

基於多變的市場與激烈的產業競爭，企業為了保持產業競爭之優勢與持續增加獲利，對於優化產品開發流程與創新產品開發之需求與日俱增，除了處理製造、營運與銷售等複雜的組織運作之外，對於如何精準執行設計開發專案是於產品開發流程中所面臨的主要課題之一(Vogelsl, 2014)。由於產業競爭激烈，以及消費者喜好改變快速，導致產品開發越來越具挑戰性，聚焦於新產品開發對企業而言是重要的議題，尤其是屬於短暫產品週期或季節性需求的快速消費產品(Fast-moving Consumer Goods)的相關產業鏈(Mundra, Gulati, & Gupta, 2013)。

Cooper 認為新產品之開發程序為企業構思新產品、設計新產品，並將這些產品進行商品化的一連串步驟或活動。指出階段性關卡也提出類似的概念，其步驟依序為：(1)產品構想；(2)初期評估；(3)概念設計；(4)產品發展；(5)產品測試；(6)工程試產；(7)量產上市(Cooper, 2002)。

依據企業在產品開發時所執行的專案屬性，可區分為常見的四種類型：(1)全新產品；(2)產品家族之延伸；(3)改善既有產品；(4)舊產品之重新定位(Crawford, 1991)。Eppinger 於《產品設計與開發》中提出五種產品開發之類型，如表 2-1，在一般企業中，通常是由市場驅動(Market Pull)類型的開發型態主導產品開發過程，此外尚可以區分為技術引導(Technology Push)類型、平台類型(Platform)、程序密集型(Process Intensive)與客製化(Customized)類型。因產業結構與消費市場變化快速，由其發展局勢可觀察到技術引導與客製化類型的開發型態不斷在增加(Ulrich & Eppinger, 2012)。

表 2-1 產品開發之類型

Crawford (1991)	全新產品(New to World Product)
	產品家族之延伸 (Additions to Product Lines)
	改善既有產品 (product Improvement)
	舊產品之重新定位(Product Repositioning)
Ulrich and Eppinger (2012)	市場驅動型(Market Pull)
	技術引導型(Technology Push)
	平台類型(Platform)
	程序密集型(Process Intensive)
	客製化型(Customized)

資料來源：本研究整理

將客製化概念運用於量產之產品開發中，並透過市場劃分(Market Segmentation)與模組架構之應用，能使產品家族之設計更符合消費者需求(Hsiao&Ko, 2013)。Nambisan 指出協同產品商務 (Collaborative Product Commerce, CPC)的概念意味著跨組織的資訊分享與工作交流，不同部門間之合作存在著顯性與隱性的知識形態，其中顯性知識可以很容易地被編纂、儲存與轉移成設計數據，與不同組織的工作部門分享；隱性知識則是夠透過個別人員的經驗來進行創造或決策的判斷(Nambisan, 2003)。(Hoegl & Gemuenden, 2001)說明了協同開發通常需要進行跨邊界的共享活動(Boundary-Spanning Activities)，例如市場、行銷部門與研發、製造部門的資訊傳遞與任務交流，需藉由協同開發的過程增進產品開發方面的靈活度與精準度，減少下游的調整成本。

## 2-2 產品模組化(Product Modularity)

為了提供不同型態之使用者的需求，具有複雜性的產品通常是屬於系統性、具有近似產品家族性的開發型態，以利共同採用零組件。產品模組(Product Modularity)的概念是由積木構成法(Building Block Method, BBM)所延伸而來，其強調每個模塊(Building Block)的設計與識別，並且每個模塊是可以獨立發展與運作(Müller, 2003)。模組化產品可為機器、裝配件或零組件，可透過不同區塊或模組的結合來達到全部的功能。產品模組化可以透過零件模組之標準化、獨立性與其交互作用以達成較高的彈性與可替換性，進而擴展功能與達到產品多樣性(Product Variety)。

模組化之方法亦可被歸類出下列幾個特徵([Kusiak & Huang, 1996](#)):

1. 由基本零組件為基礎，構成產品多樣性以滿足消費市場多元的需求。
2. 利用零組件間之相似性建立新模組，輔助產品開發策略。
3. 保持模組單元之獨立性，減少與其他零件或模組間之干涉。

零件間之相互關係構成了模組；模組構成了產品架構(Product Architecture)，產品生命週期之問題不僅僅是因為功能與結構上的缺失，在零件模組的設計與配置階段對於產品之生命週期與零件的耦合度具有顯著的影響([Newcomb, 1996](#))。對大部分產品而言，產品架構對於其生命週期之影響扮演著主要的腳色，容易拆卸、群組清晰的零件模組明顯提升了重新利用、材料循環再製與後期處理的容易度，減少了其回收時的分離成本。此外產品模組化可以避免於製造與組裝程序中的重複作業，並簡化其加工步驟以降低企業成本([Zhang & Gershenson, 2003](#))。

[Swamidass\(2000\)](#)提出模組化類型分為以下幾種:

1. 部件分享式(Component-Sharing Modularity): 相異的系統中存在可以共用的部件與模組，以利精簡設計、節省配對與組裝的時間。
2. 部件可換式(Component-Swapping Modularity): 產品能夠快速交換某部份零件或部件，進而產生不同的組合類型，特別適合大量客製化(Mass Customerization)。
3. 切割適配式(Cut-to-Fit Modularity): 根據不同的系統需求，進而分割為許多不同單位的模組組成，以符合系統之要求。
4. 巴士式(Bus Modularity): 產品具有標準化之結合介面，可以與各式不同的零件模組，經由此標準化之介面相結合，例如電腦主機板。
5. 片段式(Sectional Modularity): 由數種不同的獨立模組所形成的集合，模組間有共同的標準化介面，不同模組間可以任意結合，例如: 樂高玩具。

模組化產品架構(Modular Production Architectures, MPA)對於產品標準化及製造流程之優化的需求提供了解決方案，對於日益遽增的供應鏈(Supply Chain)管理與跨部門之間的協調有顯著的助益([Kampker, 2014](#))。MPA 方法於產品標準化的貢獻，對於滿足客戶需求(Costumer Needs)與經濟規模(Economies of Scale)增加的問題提供優化的解決方案，並且能夠對於日新月異的市場需求保持彈性空間([Vogelsl, 2014](#))。

模組化設計具有提高經濟規模與零組件設計之可變性的優點，以達成產品多

樣性以強化競爭力，並能夠將分割工作任務，以平行或同步之作業方式進行，減少工作之複雜性，同時增加升級與維修的方便性。其缺點是初期之規畫與設計較為耗時、模組功能過剩(Redundancy in Functional)，以及不適合於小量生產等缺點。模組化於產品架構之目標在於達成可拆卸的獨立性模組介面，將產品變異建立於模組化的基礎上，使產品的零組件可彈性變更，並提高產品的可回收性與其生命週期(O'Grady, 2010)。

建立預先開發的產品模組系統並配置至新的替代產品開發專案，有助於解構新產品開發過程中錯綜複雜的零組件關係，且支援更迅速的開發程序回饋、減少耗時與重複性的溝通協調過程(Lau, Yam, & Tang, 2011)。

綜合上述關於產品開發與模組化之立論，本研究參照此方法對於產品開發過程效率化之優勢及對於整合跨領域開發團隊之貢獻，作為產品開發專案中探討零件技術與顧客需求之整合方法。

### **2-3 臺灣室內健身器材產業**

根據工研院 IEK-ITIS 計畫對於健身器材為(Physical Fitness Equipment)之定義為泛指促進身體機能健康之各類輔助用品。本研究將一般市場上常見之室內健身運動機分為三大類別，分別是跑步機、橢圓機與自行車類，如表 2-2。

表 2-2 常見之室內運動器材種類

1.跑步機類		Treadmill 跑步機
2.橢圓機類		Elliptical 橢圓訓練機
3.腳踏車類		<p>Upright 直立式健身自行車</p> <p>Dual Action Upright 雙活動式腳踏車</p> <p>Stationary Ergometers 固定式測力機</p> <p>Recumbent 斜躺式腳踏車</p>

資料來源：本研究整理

運動健身器材屬於市場趨勢與潮流導向的消費型產品，並自 1970 年代為國際品牌代工製造後，因製造成本合宜及品質穩定而成為臺灣體育相關用品出口之強勢項目，至 1990 年代結合成熟的電子資訊(IT)產業後，臺灣的業者開始受到國際市場青睞與肯定，成功以品牌打入國際市場，根據臺灣區體育用品工業同業公會統計，2013 年台灣健身器材出口值達 6.8 億美元，占了將近體育用品總出口量的 40%。近年因鄰近國家挾帶低人力成本優勢與製造水準之提升，許多業者至中國及東南亞設廠，國內業者漸轉型為專注於發展品牌與結合 IT 產業之附加價值的高端產品，盼與已趨飽和的中低價位市場形成差異性。據產業技術知識服務

計畫(Industry&Technology Intelligence Service, ITIS)資料庫顯示，全世界前十大之健身器材廠商佔據所有產業的 47% 市場，並且由數據可得知健身器材產業市場超過八成集中於這些區域，代表此產業之市場需求具有高度集中之特性。其產品之市佔比例以跑步機為最高，其次為直立式健身自行車，如圖 2-1 所示(李筱如，2006)。

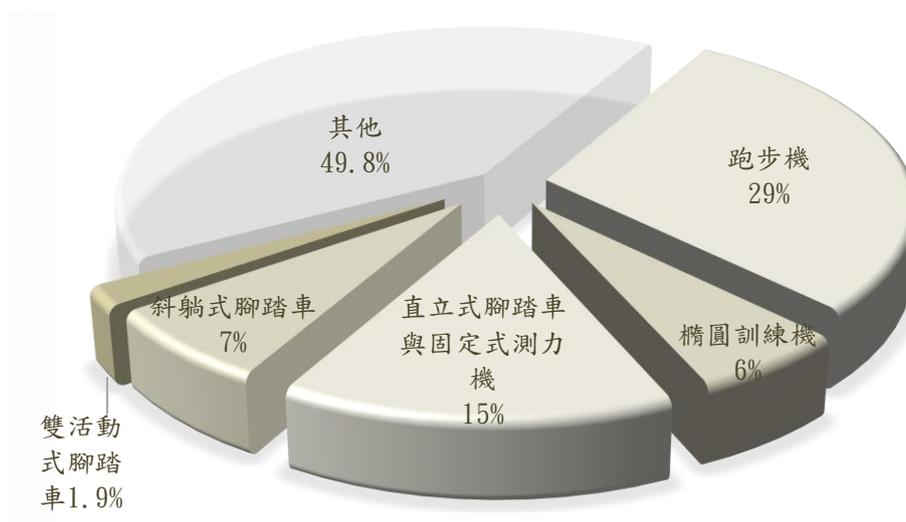


圖 2-1 產品類別之市佔比例

據經濟部工業局室內健身器材兩岸產業動態報告指出，臺灣正面臨產業結構與市場型態之轉變，欲從委託設計代工(Original Design Manufacturing, ODM)轉型成高附加價值的品牌經營(Own Branding & Manufacturing, OBM)，且臺灣的品牌業者亦更趨重視終端使用者的需求與整合產業價值鏈(吳榮林，2004)。

由於直立式健身自行車為銷量僅次於跑步機之室內健身器材產品，亦屬於外型設計需求較豐富多元之產品，適合作為以產品模組化結合使用者需求之研究探討，故本研究設定以直立式健身自行車為研究範例，以產品模組化的概念進行零件(Parts)拆解與關連性之計算獲得零件模組成果，進一步導入以使用者需求(Customer Requirements, CR)為參數進行零件模組的權重評價，將其計算成果應用產品開發程序作業中，作為設計策略之參考依據。

## 第三章 研究方法

本章節介紹研究執行所使用之研究方法:分別是模糊德菲法、領域映射矩陣與網路層級分析法。其理論之基本運算及其執行步驟於本章節作探討。

### 3-1 模糊德菲法 (Fuzzy Delphi Method)

模糊德菲法係將模糊理論導入傳統德菲法之應用，以模糊概念進行專家意見之擷取，以利專家意見更完整的被蒐集與表達。

#### 3-1-1 模糊理論(Fuzzy Theory)

L. A. Zadeh 於 1965 年提出模糊集合(Fuzzy Set)並建立模糊理論，其所描述的模糊性(Fuzziness)意為隸屬程度上的不確定性(Uncertainty)，藉由隸屬函數(Membership Function)來表達，例如以二元數理邏輯之觀點，5.9 有點類似 6，但卻不是 6，每一個實數值近似於 6 的程度即可用隸屬度來表示，因此可以用模糊數  $\tilde{6}$  表示近似 6 的實數模糊集合，其隸屬度即以  $\mu_{\tilde{6}}(x)$  表示。

Zadeh 將具有 0 值及 1 值的特徵函數  $I_A(x)$  擴展成 [0,1] 區間之連續值函數  $\mu_A(x)$ ，意即  $x \in X, \mu_A(x) \in [0,1]$ ，此隸屬函數用來表示於模糊集合中，該元素隸屬於此模糊集合之程度，當元素隸屬程度越高，則表示隸屬於此集合的程度也越高。

相較於傳統的明確集合(Crisp set)，模糊集合同樣具有聯集、交集與補集合，其隸屬函數之推導可藉由下列公式演算：

1. 模糊聯集： $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ ；
2. 模糊交集： $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$ ；
3. 模糊補集： $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$ 。

若有模糊集合  $\tilde{A}$ ，其實數之集合為其全集，且  $\tilde{A}$  為至少存在一個實數之正規 (Normal) 的凸集合(Convex set)，則針對  $\tilde{A}$  而言，其所含區段連續 (Piecewise Continuous) 的隸屬函數為  $\tilde{A}$  的模糊數，意即模糊集合  $\tilde{A}$  的模糊數須滿足以下三個條件：

1.  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  為區段連續；
2.  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  為凸模糊子集(Convex Fuzzy Subset)，即在任意區間  $[x_1, x_2]$  之中，對於所有介於  $[x_1, x_2]$  區間的  $x$  而言，皆滿足

$$\mu_A(x) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) ;$$

3.  $\mu_A(x)$  為正規模糊子集，至少存在一個實數  $x$  使  $\mu_A(x) = 1$

隸屬函數有多種定義，較常見的有直線型、三角形、梯形與常態分佈形，以本研究所使用的三角形模糊數  $A=(a,b,c)$  為例，其隸屬函數之圖形如圖 3-1 表示。

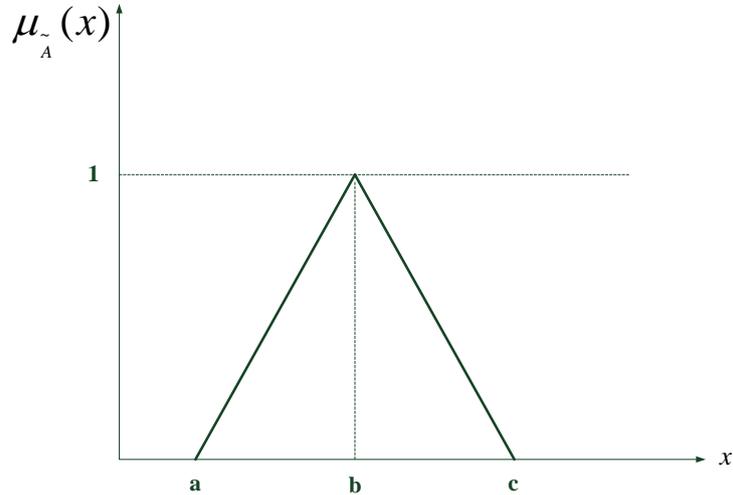


圖 3-1 三角模糊隸屬函數

決策分析模式中最常使用的模糊數為三角模糊數(Triangular Fuzzy Number)，若模糊集合  $\tilde{A}$  為三角模糊數，則其定義可以  $\tilde{A} = (a, b, c)$  呈現，其隸屬函數如式(3-1)

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & x = b \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x \leq a \text{ 或 } x \geq c \end{cases} \quad \dots(3-1)$$

假設有一三角模糊數  $\tilde{A}_i = (L_i, M_i, U_i)$ ，則其解模糊(Defuzification)之公式如下：

$$\text{Defuzification} = \frac{(M_i - L_i) + (U_i - L_i)}{3} + L_i, \forall i \dots(3-2)$$

將其應用於問卷時，依照其格式以李特克(Likert)九等尺度量表為例，以  $\tilde{1} = (0, 1, 2)$  表示「極不重要」至  $\tilde{8} = (7, 8, 9)$  表示「極重要」(張紹勳，2012)。

### 3-1-2 德菲法(Delphi Method)

德菲法(Delphi Method)於 1950 年代由 Olaf Helmer & Norman Dalkey 建立，並進一步由 Theodore Jay Gordon 與位於加州的 RAND 公司發展而成。其特徵是以結構化之資訊收集為基礎，以書面討論、問卷調查等方式，從專家組成的小組中提取專業知識、經驗與意見，以達到建立一致性共識為目標。結構化資訊蒐集包含團體中個別成員的訊息與知識回饋、團體判斷觀點之評估以及擁有修正意見的機制，使得藉由德菲法可以獲得多元的資訊，因而得以提升決策品質與達到跨領域整合(Interdisciplinary)的優勢。其優點包括：(1)採用個別調查以維持專家獨立判斷、思考之環境；(2)凝聚集思廣益之專家意見；(3)利用簡單明確的描述性統計與一致性檢驗即可獲得有效之專家共識。

德菲法之進行方式係以問卷調查徵詢所邀請之專家組合，由各專家單獨針對問卷所描述之內容作答、表示意見，參與調查之專家採完全獨立性作業，無法得知其他專家或與其交換意見；接著歸納所獲得的意見與資訊進行統計以求出中位數與 50% 的意見分布，再一次函請相同之專家組合進行調查，並參酌此資料進行第二次作答，並將其結果再次進行歸納，作為下一次修正之依據，如此反覆三至五次之多，直到淘汰不符合共識之意見，最後取得趨於一致的最高共識資訊。例如圖 3-2 所示， $j$  為專家評估值， $m$  為專家評估值之中位數，而圖中有色區域意味著專家可接受之範圍 $[a, b]$ ，在反覆數次的專家意見徵詢過程中，要求專家針對前一次調查結果之中位數修正自己意見；若修改後，專家評估值的專為數  $m$  位於有色範圍中，便可得知專家群體意見趨於一致。

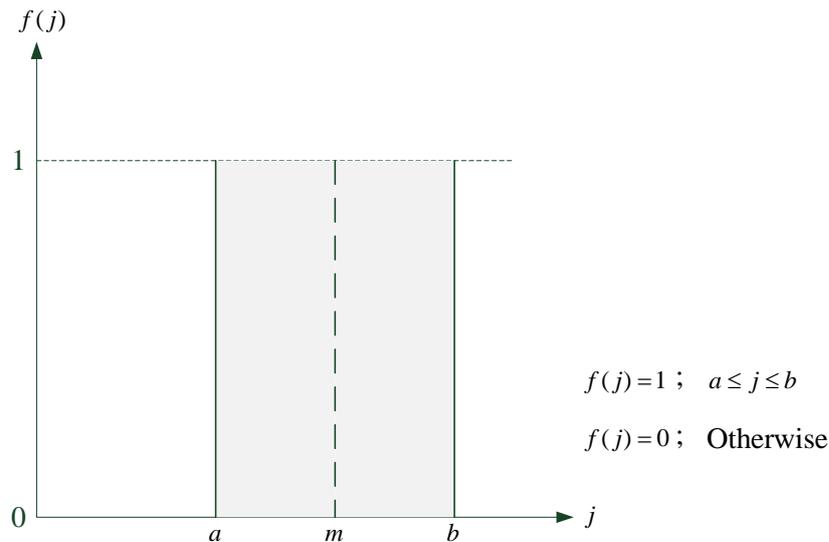


圖 3-2 傳統德菲法示意圖

根據學者 [Hwang & Lin\(1987\)](#)、[鄭滄濱\(2001\)](#)及[衛萬里\(2007\)](#)等人指出傳統德菲法已成熟地廣泛運用於各領域，並且擁有豐碩成果，但為使專家意見能收斂趨一致，常需耗時進行多次問卷，反應率(Response Rate)有逐次降低的可能；此外汲取中間 50% 意見作為專家意見範圍時，常有忽略其他半數意見的情況，可視為德菲法實際作業已隱含了模糊性，卻未將其納入考量([Hwang & Lin, 1987](#); [鄭滄濱, 2001](#); [衛萬里, 2007](#))，因此本研究使用模糊德菲法進行專家意見的評選。

### 3-1-3 模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)

為改善傳統德菲法，Akira Ishikawa, Michio Amagasa 等學者於 1993 年將模糊理論概念結合德菲法，並建立最大、最小值(Max-Min)與模糊積分(Fuzzy Integration)兩種方法，藉「預測電腦普及化的可能時間」為案例已說明此方法的適用性。除了上述兩種方式外，模糊德菲法還有三角模糊數與雙三角模糊數之方法等。

本研究擬採雙三角模糊數法作為專家意見之評選，因此方法需藉由「灰色重疊區域檢驗」審查專家意見之收斂與否，當專家意見具有一致性值方能進行共識值之計算，完成評選之作業，此方法較僅求幾何平均數的三角模糊數的方法更為嚴謹([黃意文, 2007](#))。其方法之詳細步驟說明如下：

### 步驟一：

將欲進行評估之項目製作成調查問卷，接著邀請合適的專家成為專家組合，並請每位專家針對欲評估之項目給予分數。此分數採用三個區間值之方式給予，分別是最樂觀認知值、最佳認知值與最保守認知值。顧名思義，其「最樂觀認知值」為評估該項目時所能接受的「最大值」；「最保守認知值」為評估該項目時所能接受的「最小值」；而「最佳認知值」則是評估該項目時所認為最適當的分數。

### 步驟二：

評估項目以  $i$  表示，先分別統計每一項評估項目  $i$  被給予的「最樂觀認知值」與「最保守認知值」，並將落於兩倍標準差之外的極端值排除。接著計算未被排除的「最樂觀認知值」中的最大值  $O_U^i$ 、最小值  $O_L^i$  與其幾何平均值  $O_M^i$ ，以及「最保守認知值」中的最大值  $C_U^i$ 、最小值  $C_L^i$  與其幾何平均值  $C_M^i$ 。而「最佳認知值」中的最大值以  $\alpha_U^i$  表示，最小值以  $\alpha_L^i$  表示，及其幾何平均值  $\alpha_M^i$  亦需分別計算並建立表格列之。

### 步驟三：

續上步驟之數據，可建立每個評估項目  $i$  的雙三角模糊數示意圖，如圖 3-3，其中「最樂觀認知值」的三角模糊數  $O^i = (O_L^i, O_M^i, O_U^i)$ ，及「最保守認知值」的三角模糊數  $C^i = (C_L^i, C_M^i, C_U^i)$ 。圖中灰色區域即是「灰色重疊區域」之模糊關係，而  $G^i$  值是該評估項目的  $i$  共識值。

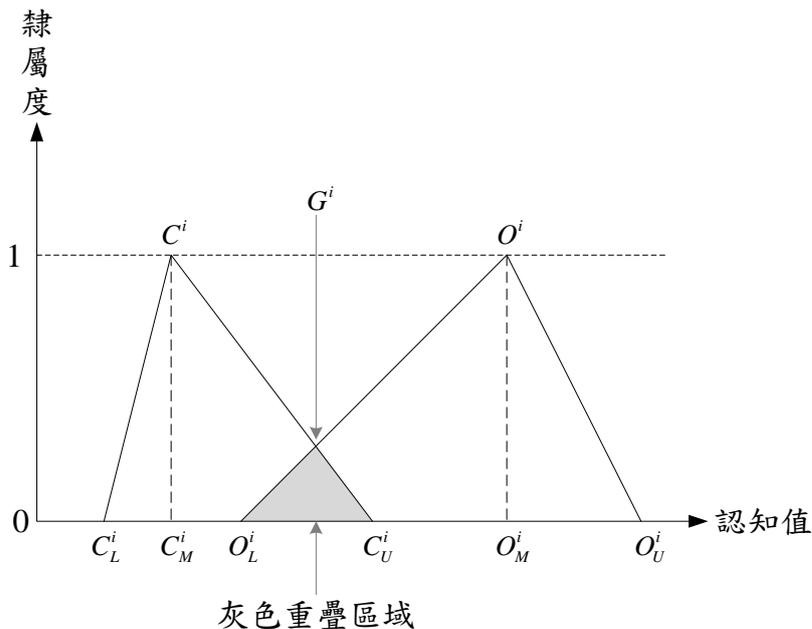


圖 3-3 雙三角模糊數圖

**步驟四：**

藉由檢驗「灰色重疊區域」現象之存在，以評斷專家之意見是否達到共識，如下述說明：

1. 若雙三角模糊數圖中的「灰色重疊區域」不存在，即  $O_L^i \geq C_U^i$ ，表示專家意見之區間值有明確的共識區段，且「最樂觀認知值」與「最保守認知值」之意見皆趨於共識區段範圍內，因此可令評估項目  $i$  的「共識值」 $G^i$  為  $O_M^i$  與  $C_M^i$  之算術平均數值，其公式以  $G^i = \frac{O_M^i + C_M^i}{2}$  表示。
2. 若雙三角模糊數圖存在「灰色重疊區域」，即  $O_L^i < C_U^i$ ，表示各專家之意見區間值產生模糊區段，此時須以「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  $M^i (O_M^i - C_M^i)$ ，與「灰色重疊區域」 $Z^i (C_U^i - O_L^i)$  來判斷專家之意見是否相差過大，如圖 3-4 所示。

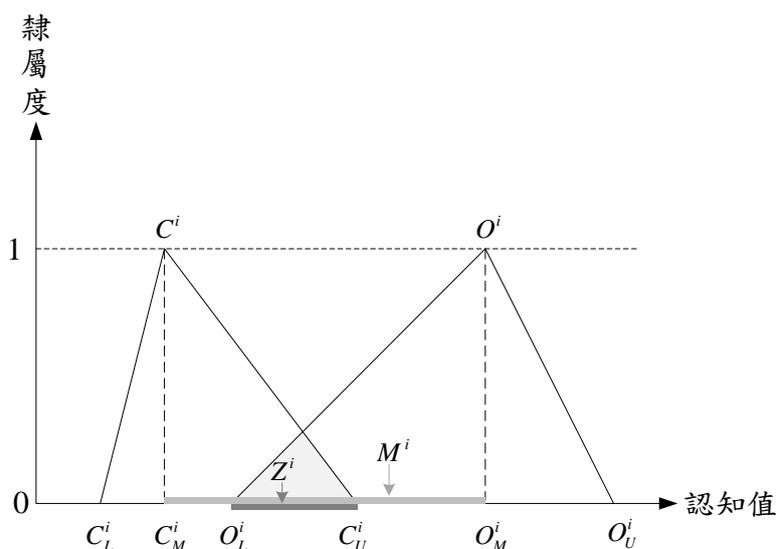


圖 3-4 檢驗共識區間

若  $M^i$  大於  $Z^i$ ，代表各專家之意見區間值雖無共識區段，但給予極端分數的兩位專家(樂觀認知值的最小值與保守認知值中的最大值)並無與其他專家意見相差過大，因此為求得評估項目  $i$  的共識值  $G^i$ ，需對「雙三角模糊數」之模糊關係的「灰色重疊區域」進行交集算(Intersection Algorithm)，求出其所得之模糊集合的最大隸屬度值，其中  $\mu_{F^i}(x_j)$  為三角模糊數  $O^i$  與  $C^i$  交集的隸屬函數，其運算式如下：

$$F^i(x_j) = \left\{ \int \left\{ \min \left[ C^i(x_j), O^i(x_j) \right] \right\} dx \right\}, j \in U \dots (3-3)$$

$$G^i \stackrel{x}{=} \left\{ x_j \mid \max \mu_{F^i}(x_j) \right\}, j \in U \dots (3-4)$$

3. 若  $M^i$  小於  $Z^i$ ，則代表各專家的意見區間值產生了無共識的模糊區段，給予極端分數的專家與其他專家之意見差異過大，導致意見分歧。因此必須將未達收斂的「樂觀認知」與「保守認知」的幾何平均值  $O_M^i$  與  $C_M^i$  提供給各專家參考，並重複執行步驟一的問卷調查，直到所有評估項目皆達到收斂，能算出「共識值」 $G^i$  為止。

### 3-2 領域映射矩陣(Domain Mapping Matrix, DMM)

[Eppinger\(2012\)](#)描述領域映射矩陣(Domain Mapping Matrix, DMM)由兩個核心結構所構成，是一個用來連結跨領域矩陣的非對稱性之矩形矩陣。以產品開發常見的五個領域:目標、產品、程序、組織與工具而言，其不同領域間的項目關係以 DMM 呈現，同領域中的項目關係以 DSM 表達，如圖 3-5 所示。

Goals DSM g×g	Goals- Product DMM g×d	Goals- Process DMM g×p	Goals- Organization DMM g×o	Goals- Tools DMM g×t
	Product DSM d×d	Product- Process DMM d×p	Product- Organization DMM d×o	Product- Tools DMM d×t
		Process DSM p×p	Process- Organization DMM p×o	Process- Tools DMM p×t
			Organization DSM o×o	Org- Tools DMM o×t
				Tools DSM t×t

圖 3-5 DMM 與 DSM 之關係

領域映射矩陣顯示了該系統中所有具有資訊處理需求的矩陣，相較於其他以矩陣為基礎之方法，領域映射矩陣除了呈現個別領域內部之自我成對比較 (Pair-Wise Comparisons) 的設計結構矩陣，也具有不同領域間之成對比較運算，如表 3-1，並且可以達成未知矩陣之計算，其圖形之差異如圖 3-6 所示(Furtmeier & Tommelein, 2010)。

表 3-1 DMM 與 DSM 之差別

型態	釋義	結構	多元性	方向性
DMM	由兩個相異領域所組成，其代表著兩個相異領域中元件之關係呈現。於矩陣之單元格中的依賴關係可以用符號或數字來表示。	矩型	✓	✓
DSM	由單一領域所組成，其垂直與水平兩軸之元件皆為相同元件，並以相同順序排列而成。於矩陣之單元格中的依賴關係可以用符號或數字來表示。	正方形	X	✓

	1	2	3	4	A	B	C
1							
2							
3		<b>DSM</b>			<b>DMM</b>		
4							
A							
B		<b>DMM</b>			<b>DSM</b>		
C							

圖 3-6 DMM 與 DSM 圖形差異

### 3-2-1 設計結構矩陣(Design Structure Matrix, DSM)

設計結構矩陣(Design Structure Matrix, DSM)由 Don Steward 於 1981 年所創造，主要是使用鄰接矩陣(Adjacency Matrix)來計算與詮釋圖形理論(Graph Theory)中之節點(Nodes)之間的關係，並且常被應用於系統工程(System Engineering)與專案管理(Project Management)。

Eppinger & Browning 提到 DSM 係以矩陣呈現系統之關係、結構與設計基礎，其有許多不同名稱，例如依賴結構矩陣(Dependency Structure Matrix)，依賴系統模型(Dependency System Model)，傳遞資源映射(Deliverable Source Map)等等。DSM 主要之準則為正方形矩陣，其行與列有相同之標記與順序，並且處於對角線外之元素能以數值或圖示描繪出對角線上元素彼此間之關聯(Eppinger & Browning, 2012)。

依據設計結構矩陣所解決的問題性質，以系統拆解與整合的觀點，如表 3-2，將 DSM 分成四種應用方式，如下：

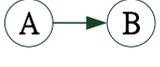
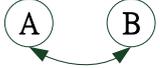
1. 以元件為基礎的 DSM，用來模組化系統元件的關係及建立適合的架構拆解策略。
2. 以團隊或是組織為基礎的 DSM，根據團隊的互動關係，來設計與整合組織架構。
3. 以活動或是流程為基礎的 DSM，有助於將程序中的資訊流(Information Flow)加以模組化。
4. 以參數或是低階流程(Low-Level Schedule)為基礎的 DSM，能根據實際設計參數的關係來整合低階的設計流程。

表 3-2 DSM 之應用方式

	型態	內容	應用	分析方法
靜態	以元件為基礎	個別元件間之關係	系統工程、產品設計	群集 (Clustering)
	以團隊、組織為基礎	組織、團隊中個體之關係	組織、介面設計	
動態	以活動、程序為基礎	活動與程序彼此之關係	活動、程序設計、效率化	排序 (Sequencing)
	以參數為基礎	設計參數彼此之關係	活動、程序設計、效率化	

Browning(2001)指出於 DSM 中，元件關係的三種型式分為獨立性(Independent)、依賴性(Dependent)與相互作用性(Interdependent)，如表 3-3，依據元件間之關係可建置成關係矩陣圖，其中元件本身與自己必定具有相關性，因此對角線之數值以符號「●」表示，有訊息傳遞的元件關係則用「1 表示」，若否，則用「0」表示之。

表 3-3 元件關係形式

獨立性	兩元件之間沒有訊息傳遞，運作方式也彼此獨立，其表現方式為並聯形式。			A	B
			A	●	0
			B	0	●
依賴性	兩元件之間存在單方向的關係，例如A傳遞訊息給B，則表現方式為A至B的串聯形式。			A	B
			A	●	1
			B	0	●
相互作用性	兩元件之間存在雙向關係，包括訊息互相傳遞或者運作方式互相依賴，例如A與B互相傳遞訊息才能完成任務，則表現方式為動態之串聯形式。			A	B
			A	●	1
			B	1	●

[Pimmler&Eppinger\(1994\)](#)提出了整合分析方法的三個步驟：(1) 分解系統成為元件；(2) 登錄元件間之互動；(3) 將元件群集成模塊，接著建議了四種型態以表達元件間之互動，如表 3-4。

表 3-4 元件互動的四種型態

空間(Spatial)	屬於空間型態之互動，以確定兩元件間之鄰接或方位的互動需求。
能量(Energy)	屬於能量型態之互動，以確定兩元件間之能量傳遞之互動需求。
訊息(Information)	屬於訊息型態之互動，以確定元件間訊息或訊號交換之互動需求。
材料(Material)	屬於材料型態之互動，以確定元件間材料交換之互動需求。

### 3-2-2 領域映射矩陣(Domain Mapping Matrix, DMM)

領域映射矩陣運用之目的為連結兩個以上的方陣，以達成方陣內所有元件之成對比較。當不同領域(例如產品、程序與組織)之間有強烈關係時，使用 DSM 矩陣的分析便有其限制，DSM 矩陣分析僅適用於單一領域(Domain)包含相等數量之相同元素(Elements)。為了清楚區分方形矩陣中，單一領域系統中元件的自我映射(Self-Mapping)，以及矩形矩陣中，不同領域之元件與另一領域之映射，領域映射矩陣與傳統應用的設計結構矩陣(Design Structure Matrix)相對照，如表 3-5 所示。[Danilovic](#) 提出使用 DMM 方法比較不同專案領域的 DSM，其描述 DMM 是一個矩形矩陣( $m \times n$ )，並關聯了兩個 DSM，其中  $m$  是第一個 DSM 的元件數量； $n$  則是第二個 DSM 的元件數量([Danilovic, 2007](#))。

表 3-5 設計結構矩陣與領域映射矩陣

	設計結構矩陣		領域映射矩陣
	序列 Sequence	集群 Cluster	
表示方式	正方形矩陣		矩形矩陣
領域數量	單一領域		雙領域
分割演算	三角化成塊	沿對角群集	將項目移動至集群
使用對象	任務 活動 資訊流	設計參數 部件 人員或組織 資訊流	部件與組織 專案與組織結構 功能與產品 資訊流
特性	時間依賴	無時間依賴	

完整的領域映射矩陣之中包含了類似品質機能展開(Quality Function Deployment, QFD)之應用形式，其內容藉由品質屋(House of Quality, HoQ)的形式呈現，如圖 3-7，由圖中所顯示三角形的品質屋頂形成了一個由技術需求自我映射的 DSM 矩陣，元件間之依賴關係是無向性(Non-Directional)之存在，屋頂可以解釋元件間可能具有的需求衝突與正面的相關性；圖中所顯示的另外三個品質屋是由領域間相互映射的 DMM 所組成，包括顧客需求與技術需求、顧客需求與標準，以及技術需求與技術評估(Maurer & Lindemann, 2007)。

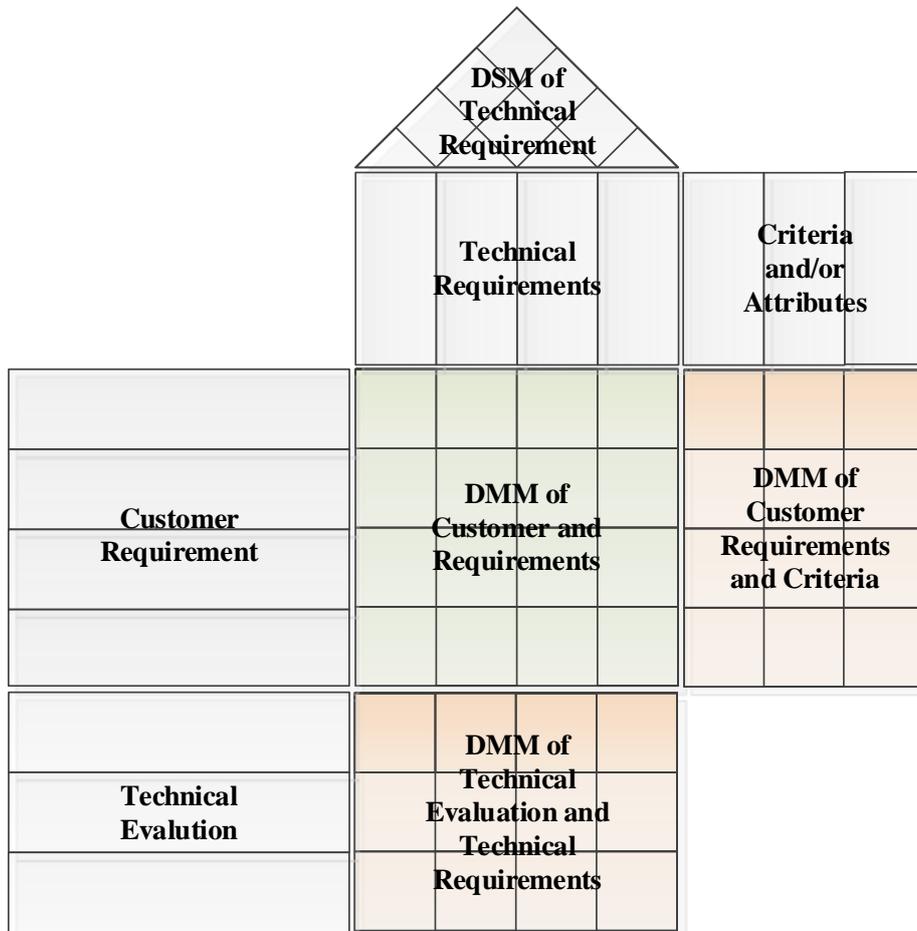


圖 3-7 領域映射矩陣結構圖

### 3-3 網絡層級分析法(Analytic Network Process)

網絡層級分析法(Analytic Network Process, ANP)係由美國 University of Pittsburgh 的教授 Thomas L. Saaty 於 1971 年所提出的分析層級程序法(Analytic Hierarchy Process, AHP)改善、延伸而成，其基本概念是建立於多目標之情形下的決策方法，幫助決策者於不確定及具有多個評估準則之議題上，能深入地釐清各個目標、準則間彼此相互影響之關聯度，進一步建立層級關係，並透過量化資料與可視化的呈現，使決策者進行評估最佳之方案與決策(Lam & Lai, 2015)。

#### 步驟一：制定分析目標與項目

首先制定研究之分析目標，藉由文獻或專家訪談所取得之影響因素做為評估準則及其次準則，接著羅列欲決策之方案。評估準則須依其彼此間之獨立程度與間相依性，做關聯度的比較，以區分其關係與層級。

#### 步驟二：建立網絡層級結構

建立網絡層級結構，層級的數量視解決問題所需而定，每個層級內的因素數目以不超過十個項目為原則，將網路層級結構區分為分析目標(Goal)、影響目標

之評估準則(Criterion)、評估準則下之次準則(Sub-Criterion)與待決策之方案(Program)等四個層級結構，其中評估準則下之次準則(Sub-Criterion)的需要則視情況而定，若沒有此項目，亦可以設定為三個層級結構。其網路層及結構如圖 3-8，圖中 A 為欲達成之研究目標，B 為影響目標之評估準則，C 為評估準則下之次準則，D 為所考慮之待決策方案。

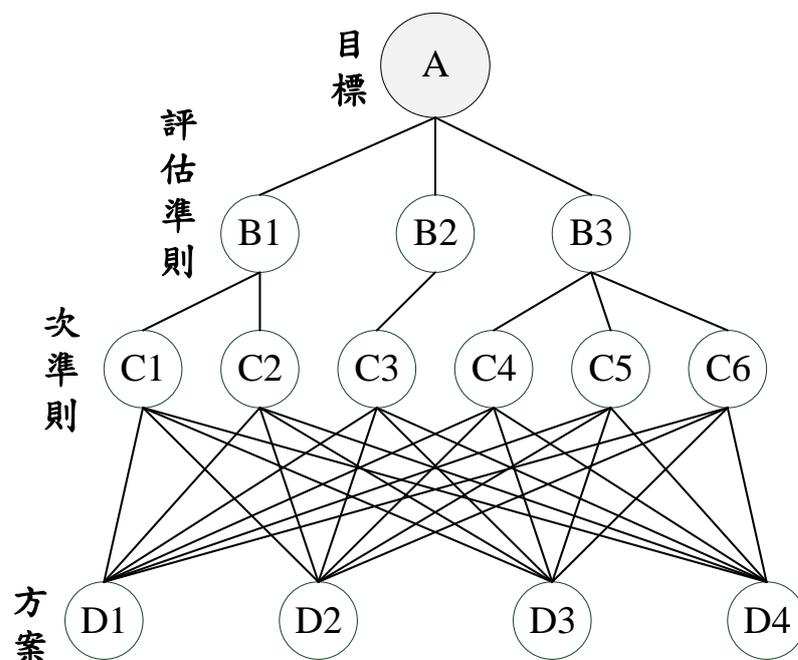


圖 3-8 網路層級架構圖

網路層級分析法之特性為評估因素之外部(Outer)與內部(Inner)的相依性關係，以全面性的探討所有因素的相互影響程度。外部相依性為不同群組內的相互影響情形，例如次準則(Sub-Criterion)與方案(Alternatives)間存在之相依關聯性；內部相依性為同一群組內之因素間的相互影響情形，例如所有次準則之項目內部(Sub-Criterion)彼此存在之相依關聯性。

### 步驟三：專家問卷發放與建立成對比較矩陣

依據上步驟所呈現的因素間相互影響與回饋(Feedback)的成對比較之關聯性矩陣，建立網路層級分析法之超矩陣(Super Matrix)結構，其詳細的構成如圖 3-9，其中  $W_a$  為評估準則對於目標之關聯性矩陣； $W_b$  代表「評估準則」間的因素彼此有相互關係； $W_c$  為準則與次準則間之關聯性矩陣； $W_d$  則為「次準則」的回饋影響回「評估準則」，最後將所有相依性矩陣建構成右邊的  $W_{ANP}$  超矩陣型態，以供後續步驟的計算。

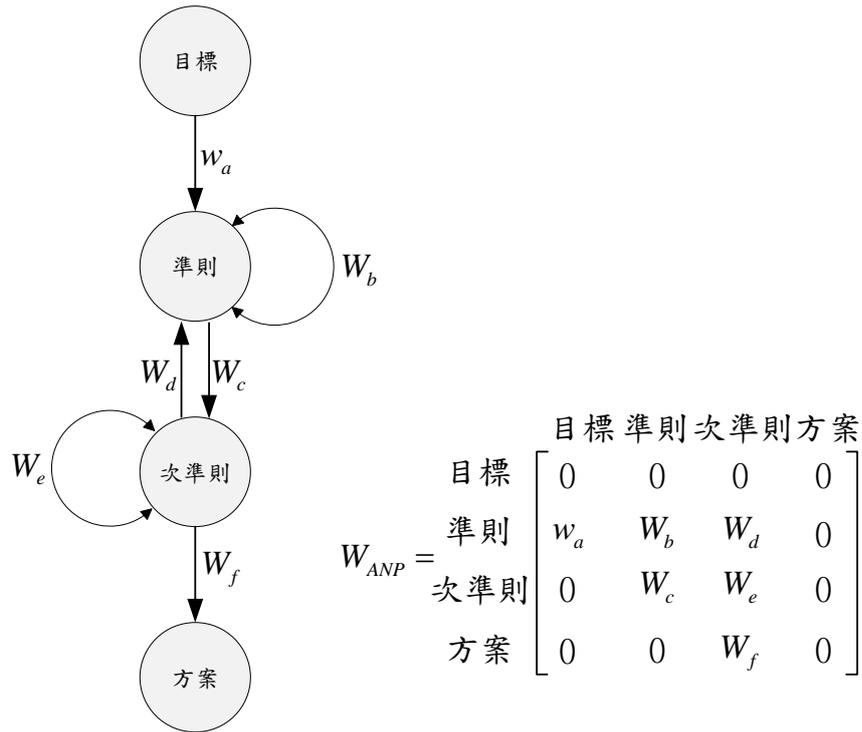


圖 3-9 ANP 超矩陣結構圖

接著進行專家問卷調查之發放，並建立各別成對比較矩陣。問卷調查中由專家給予因素間的相對重要度，以 Saaty 提出的九等尺度為重要度給予的方式，如表 3-6 所示。

表 3-6 網路層級分析因素比較之重要性尺度

		9 等重要性尺度										
		極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要		
評估因素 A		1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	評估因素 B	

資料來源: Saaty and Takizawa, 1986

相對重要度的給予須符合遞移性(Transitivity)規則，例如 A 優於 B，B 優於 C，則 A 優於 C，由於完全滿足遞移性不容易，因此容許不具遞移性之存在，但需要測試其一致性程度。

### 步驟五：特徵向量計算與矩陣之一致性檢驗

假設令 A 為其中任一個成對比較(Pairwise Comparison)矩陣為例，其為正倒  
值矩陣(Positive Reciprocal Matrix)，矩陣中任一數值與其對角線的相對位置之數  
值互為倒數。對角線值為因素自我比較，故其值均為 1，其公式如下：

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \cdots (3-5)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \cdots (3-6)$$

$$a_{ii} = 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \cdots (3-6)$$

接著計算各矩陣之特徵向量與檢定其一致性(Consistency Ratio, C.R.)，符合  
一致性檢定即代表由眾專家評量所形成的該矩陣具有可接受的意見一致程度  
(Consistency)。首先以行向量平均值法(Average of Normalized Column, ANC)法求  
得特徵向量  $W_i$ ，令其因素數量為  $n$ ，計算過程如下：

$$W_i = \left( \frac{1}{n} \sum_j \frac{a_{ij}}{\sum_j a_{ij}} \right) \cdots (3-7)$$

求得特徵向量  $W_i$  後，將特徵向量  $W_i$  與矩陣 A 相乘，即得到  $W'$ ，公式為

$W' = A \times W_i$ ，可利用 Excel 內建所提供的矩陣相乘公式(MMULT)計算。接著將

$W'$  中每一元素除以特徵向量  $W_i$  相對應之數值，可得  $n$  個數值  $\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$ ，再求取  $x$ 、

$y$ 、 $z$  的算術平均數，可得 A 矩陣中之最大特徵向量值  $\lambda_{\max}$ 。

一致性指數(Consistency Index, C.I.)之計算方式為 $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ ，求得 C.I.值後便可依據 Saaty 於 1980 所制訂的隨機指標值(Random Index, R.I.)，如表 3-7，進一步求得其一一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)，計算方式為 C.R.=C.I./R.I.，所求得一致性比率值(C.R.)需小於 0.1 即符合一致性檢定。

表 3-7 隨機指標值(Random Index, R.I.)

數量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

資料來源: Saaty. Thomas L. The Analytic Hierarchy Process

### 步驟六:超矩陣計算

網路層級分析法的整體計算過程包含了三個超矩陣，分別為原始矩陣(Initial Super Matrix)，又稱未加權矩陣(Unweighted Super Matrix)，以及加權矩陣(Weighted Super Matrix)和極限矩陣(Limiting Global Super Matrix)。

完成一致性檢查後，將各層級所形成的特徵向量整合成未加權矩陣以  $W'$  表示，如式(3-8)。

$$W' = \begin{matrix} & & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ & & e_{11}e_{12} & e_{21}e_{22} & \dots & e_{m1}e_{m2} \\ & & K e_{1n_1} & K e_{1n_2} & \dots & K e_{1n_m} \\ C_1 & e_{11} & W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1m} \\ & M & & & & \\ & e_{1n_1} & & & & \\ C_2 & e_{21} & W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2m} \\ & M & & & & \\ & e_{2n_2} & & & & \\ & N & N & N & O & N \\ & e_{m1} & & & & \\ C_m & e_{m2} & W_{m1} & W_{m2} & \dots & W_{mm} \\ & M & & & & \\ & e_{mn_m} & & & & \end{matrix} \quad \dots(3-8)$$

其中代表第  $m$  個層級， $e_{mn}$  代表在第  $m$  個層級中的第  $n$  個指標。將第  $j$  個集群中元素與第  $i$  個集群中元素成對比較之特徵向量，形成  $W_{ij}$ ，如式(3-9)。

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i_1 j_1} & W_{i_1 j_2} & \cdots & W_{i_1 j_{n_j}} \\ W_{i_2 j_1} & W_{i_2 j_2} & \cdots & W_{i_2 j_{n_j}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{i_{n_1} j_1} & W_{i_{n_1} j_2} & \cdots & W_{i_{n_1} j_{n_j}} \end{bmatrix} \dots(3-9)$$

接著將未加權矩陣分別乘以評估準則的成對矩陣所求得之特徵向量，形成已加權超矩陣，以  $W_{ij}$  表示，若績效指標彼此相依，則已加權超矩陣矩陣  $W_{ij}$  多次相乘後會得到一個固定的收斂極值，且此極值將固定不變， $\lim_{k \rightarrow \infty} W^{2k+1}$  即可求得績效指標權重值(衛萬里，2007)。

本研究使用之研究方法小結說明如下：

以使用者組成專家小組，利用模糊德菲法擷取客觀的使用者需求，接著將使用者需求與產品零件作為相異領域之元件導入領域映射矩陣之架構中，並針對個別的設計結構矩陣之分割法則，進行元件重新排序以獲得使用者需求分群以及產品零件之模組化，最後運用網路層級分析法，以專家問卷將兩個輸入領域之元件間進行成對比較與量化，並進行其分析法之矩陣運算，獲得零件模組方案的權重值。

## 第四章 實例驗證

健身器材產品屬於高度零件模組化的產品類別，其中許多重要的中下游零件供應商已發展成完整的產業聚落生態。本研究以直立式健身腳踏車作為研究案例，探討產品零件模組與使用者需求之間的關聯性，最後轉換為設計目標，以進行產品開發之作業。研究上以領域間映射矩陣(DMM)方法為架構，建立產品零件模組與使用者需求之互動平台，並進一步孕育成對比較(Pair-Wise Comparisons)矩陣的產生，接著藉由網路層級分析法(ANP)運算，以獲得產品零件模組間之重要度，輔佐產品開發專案中的決策與評量，研究流程如圖 4-1 所示。

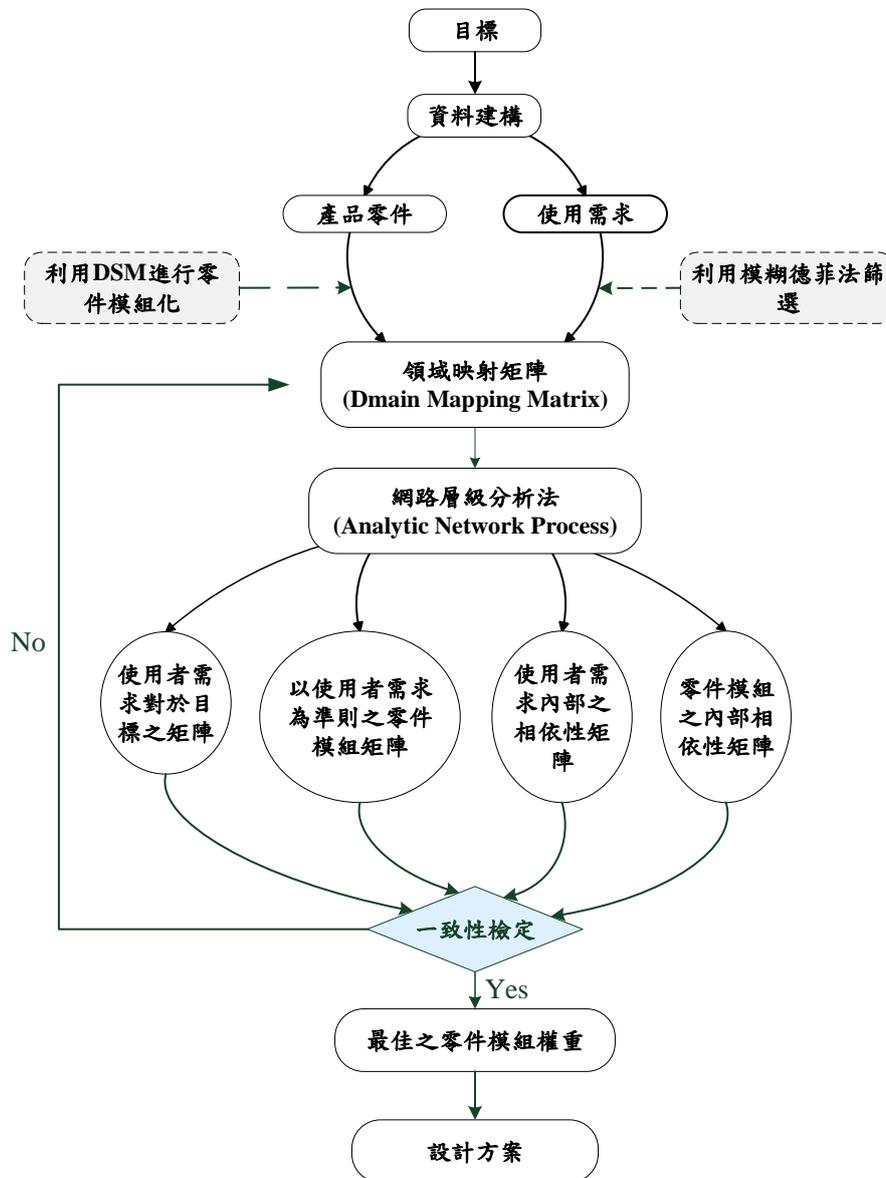


圖 4-1 研究流程圖

## 4-1 資料建構

本章節以矩陣作為運算基礎，以兩個部分進行資料建構：

- (1) 使用者需求(Customer Requirements): 依據使用者訪談，獲得使用者需求，後續分析以 CR 為使用者需求之代號。
- (2) 產品零件(Product): 藉由拆解產品，將零件視覺化呈現，後續分析以 P 為使用者需求之代號。

### 4-1-1 模糊德菲法篩選使用需求

藉由挑選了 7 位經常性使用直立式健身車的使用者進行訪談，經訪談內容整理，以及擷取使用需求之相關元素，獲得了 27 項使用需求，如表 4-1 所示：

表 4-1 使用者需求元素

1	價格	15	使用壽命
2	省電	16	零件壽命
3	坐姿舒適	17	機身穩定性
4	人體工學	18	易組裝性
5	坐姿調整	19	使用者介面
6	搬移功能	20	挑戰模式
7	收納功能	21	遊戲娛樂性
8	仿真情境模擬	22	造型
9	連線對戰	23	視聽功能
10	遠端個人數據	24	避震緩衝
11	生理機能分析	25	接觸材質可更換
12	置物功能	26	操作直覺性
13	防水	27	易使性
14	易保養		

由於本研究之產品設定為商用型產品，為健身俱樂部提供給使用者消費使用，使用者不須直接負擔產品的購買，因此將使用需求元素中的價格項目刪除，並將經整理後的 26 項使用者需求列為重點評估因子(Essential Evaluation Factor)，進行模糊德菲法的分析，以模糊德菲法篩選出對於直立健身車的明確使用需求，以形塑成網路層級分析法(Alytic Network Process, ANP)於評估最佳方案時的評估準則。

模糊德菲法之執行部分以專家問卷方式，給予 4 位來自不同背景、經常騎乘直立式健身自行車的專家，以及 28 位健身俱樂部經常使用直立式健身自行車的產品使用者、填寫，共計發放 32 份問卷，經整理後皆為有效問卷。其中 4 位特

殊背景專家，分別有運動醫學科醫師、健身房教練、健身器材產業之產品企劃經理與研發部門人員，如表 4-2。問卷填寫者必須針對每一項使用需求給予重要度之評分，計分方式採用 1-10 分。

表 4-2 問卷訪談之受訪者

專家	職業	騎乘資歷	學歷
陳○○	運動醫學科醫師	2 年	學士
馬○○	健身房教練	6 年	學士
陳○○	產品企劃經理	3 年	碩士
杜○○	研發部門人員	12 年	學士
<b>健身工廠</b>		<b>World Gym</b>	
18 位受訪者		10 位受訪者	

模糊

德菲法統計結果得知每個使用需求項目的共識值，如表 4-3。進一步使用陡坡分析(Scree Test)篩選模糊德菲法之統計結果，並以散佈圖(Scatter Plot)的方式呈現，如圖 4-2，接著根據二八定律(Pareto Principle)將最佳值之幾何平均數( $\alpha_M^i$ )的算術平均數乘 0.8，設為篩選  $G^i$  的專家共識門檻值  $\alpha = 5.56$ ，其篩選結果與陡坡分析之結果相同。

表 4-3 模糊德菲法分析結果

使用需求項目		保守值		樂觀值		幾何平均數			檢定值	共識值	
		$C_L^i$	$C_U^i$	$O_L^i$	$O_U^i$	$C_M^i$	$O_M^i$	$\alpha_M^i$	$M^i - Z^i$	$G^i$	
1	省電	3	7	6	9	5.34	7.72	6.65	1.38	<b>6.51</b>	√
2	坐姿舒適	5	7	8	9	6.18	8.64	7.38	3.46	<b>7.41</b>	√
3	人體工學	5	7	7	9	6.18	8.73	7.45	2.55	<b>7.46</b>	√
4	坐姿調整	5	7	7	9	6.37	8.86	7.59	2.49	<b>7.62</b>	√
5	搬移功能	3	7	7	9	5.31	7.87	6.70	2.56	<b>6.59</b>	√
6	收納功能	4	7	6	9	5.51	7.99	6.84	1.48	<b>6.57</b>	√
7	仿真情境模擬	3	7	6	9	5.31	7.82	6.58	1.51	<b>6.52</b>	√
8	連線競賽	3	7	6	9	5.14	7.72	6.59	1.58	<b>6.48</b>	√
9	遠端個人數據	4	7	7	9	5.85	8.28	7.15	2.43	<b>7.06</b>	√
10	生理機能分析	5	7	8	9	6.32	8.77	7.57	3.46	<b>7.54</b>	√
11	置物功能	4	6	6	9	5.16	7.77	6.60	2.61	<b>6.47</b>	√
12	防水	5	7	7	9	5.71	8.16	6.98	2.45	<b>6.94</b>	√
13	易保養	4	7	6	9	5.70	8.09	6.99	1.39	<b>6.62</b>	√
14	使用壽命	4	7	7	9	6.18	8.61	7.60	2.42	<b>7.40</b>	√
15	零件壽命	4	7	7	9	6.12	8.54	7.44	2.42	<b>7.33</b>	√
16	機身穩定性	5	7	8	9	6.50	8.77	7.71	3.27	<b>7.64</b>	√
17	易組裝性	2	6	5	8	3.97	6.76	5.31	1.79	<b>5.46</b>	×
18	使用者介面	5	7	7	9	5.92	8.23	7.13	2.30	<b>7.08</b>	√
19	挑戰模式	2	6	5	8	3.99	6.55	5.39	1.56	<b>5.44</b>	×
20	遊戲娛樂性	4	7	7	9	5.57	7.91	6.82	2.34	<b>6.74</b>	√
21	造型	6	7	8	9	6.48	8.80	7.74	3.32	<b>7.64</b>	√
22	視聽功能	4	7	7	9	5.55	8.04	6.88	2.50	<b>6.80</b>	√
23	避震緩衝	5	7	7	9	6.07	8.63	7.43	2.55	<b>7.35</b>	√
24	接觸材質可更換	4	7	7	9	6.09	8.58	7.51	2.49	<b>7.33</b>	√
25	操作直覺性	4	7	6	9	5.52	7.97	6.81	1.46	<b>6.57</b>	√
26	易使性	3	6	6	8	4.13	6.96	5.75	2.83	<b>5.55</b>	×
專家共識門檻值 $\alpha = 5.56$											

以第 13 項「易保養」為例，經 32 份問卷以 Excel 陳列與統計得知此項目之最低保守值  $C_L^i = 4$ ，最佳保守值  $C_M^i = 5.70$ ，最高保守值  $C_U^i = 7$ ；最低樂觀值  $O_L^i = 6$ ，最佳樂觀值  $O_M^i = 8.09$ ，最高樂觀值  $O_U^i = 9$ ，如圖 4-3，經 Excel 函數 STDEVP 計算，其保守值、樂觀值之標準差分別為 0.75 與 0.78，故其兩倍標準差為 1.5、1.56，因此此問項沒有落於兩倍標準差外的極端數值。

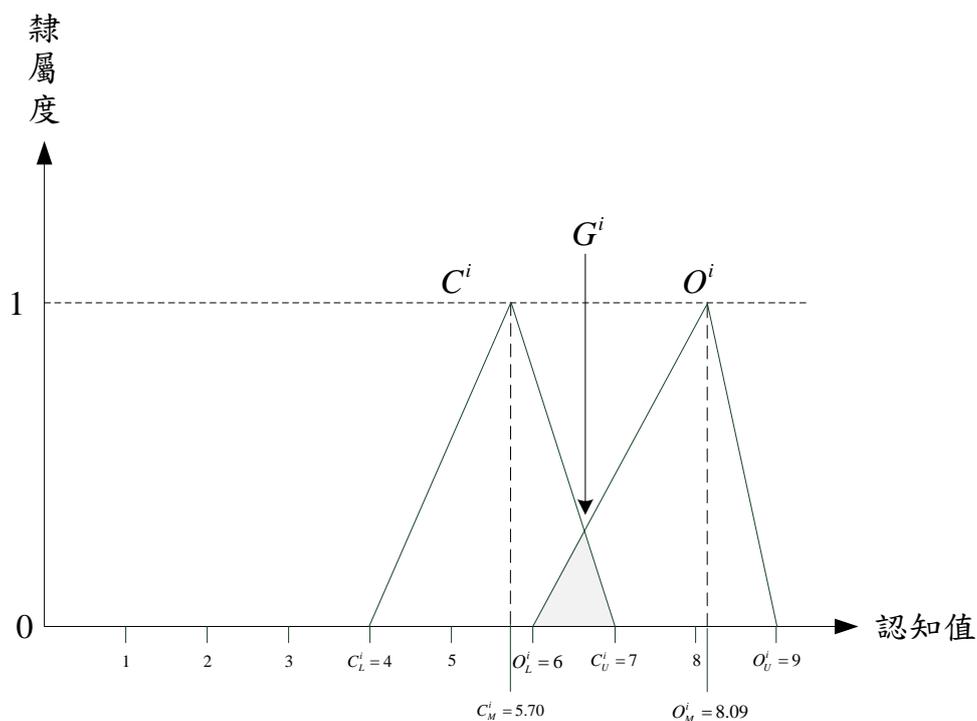


圖 4-2 第 13 項「易保養」之雙三角模糊數

因其  $O_L^i < C_U^i$ ，故此項目存在模糊關係，表示專家意見之區間值存在著模糊

區段，運用相似三角形之等比例計算可得知評估項目  $i$  的「共識值」  $G^i$  為 6.62。

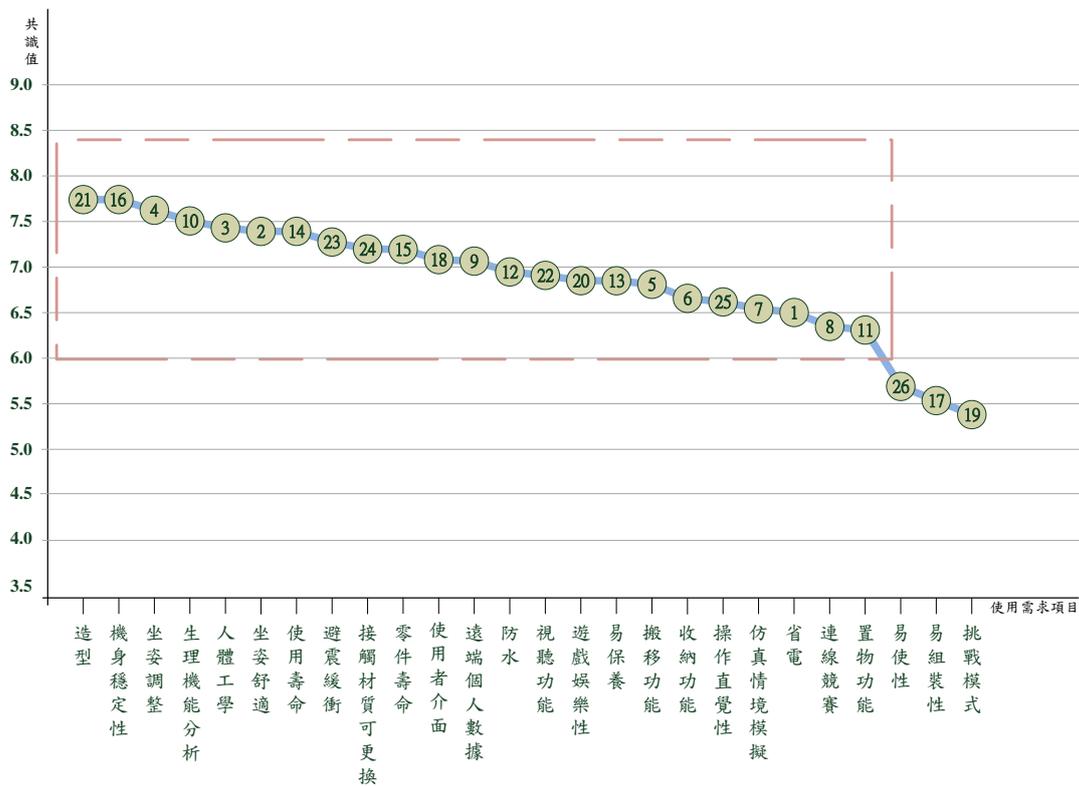


圖 4-3 陡坡分析圖

藉由模糊德菲法的篩選，將所整理出使用者需求(Customer Requirements)的 26 個項目限縮至符合使用者意見的 23 個項目，並以代號 CR1 至 CR23 表示，如表 4-4，並將於下一階段輸入領域映射矩陣(DMM)，進行成對比較之分析。

表 4-4 使用需求表

代號	使用需求
CR1	造型
CR2	機身穩定性
CR3	坐姿調整
CR4	生理機能分析
CR5	人體工學
CR6	坐姿舒適
CR7	使用壽命
CR8	避震緩衝
CR9	接觸材質可更換
CR10	零件壽命
CR11	使用者介面
CR12	遠端個人數據
CR13	防水

CR14	視聽功能
CR15	遊戲娛樂性
CR16	易保養
CR17	搬移功能
CR18	收納功能
CR19	操作直覺性
CR20	仿真情境模擬
CR21	省電
CR22	連線競賽
CR23	置物功能

#### 4-1-2 產品零件拆解

本小節將廠商之直立式健身腳踏車為研究範例，如圖 4-4。本章節藉由拆解產品零件，將重要零件展開，扣除螺絲、螺帽與其他細小零件後，將零組件分解成共 29 個項目，如圖 4-5，接著邀請廠商技術人員討論，並個別予以名稱。



圖 4-4 直立式健身腳踏車

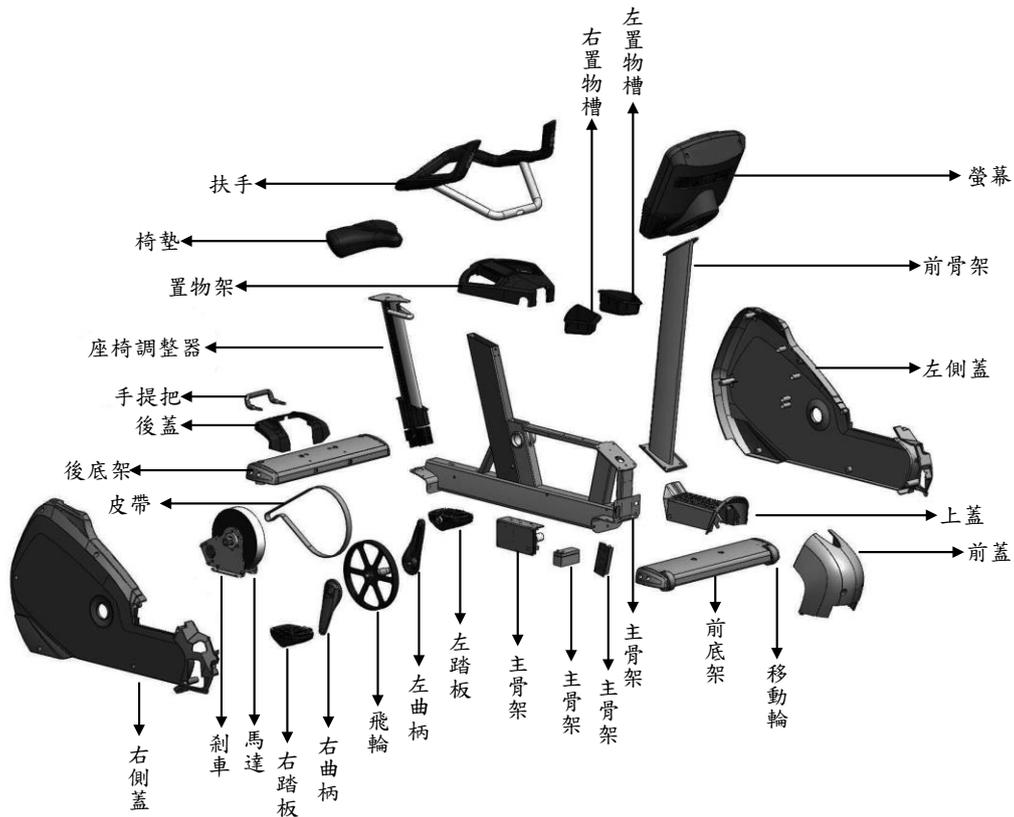


圖 4-5 產品零件分解圖

接著將經拆解後的 29 個產品零件(Parts)分別以代號 P1 至 P29 依圖式中的順序編碼，如表 4-5。

表 4-5 零件表編碼

P1	螢幕	P16	右踏板
P2	前骨架	P17	馬達
P3	左側蓋	P18	剎車
P4	上蓋	P19	右側蓋
P5	前蓋	P20	皮帶
P6	移動輪	P21	後底架
P7	前底架	P22	後蓋
P8	主骨架	P23	手提把
P9	繼電器	P24	座椅調整器
P10	電池	P25	置物架
P11	電路板	P26	椅墊
P12	左踏板	P27	扶手
P13	左曲柄	P28	右置物槽
P14	飛輪	P29	左置物槽
P15	右曲柄		



	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10	CR11	CR12	CR13	CR14	CR15	CR16	CR17	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22	CR23
CR1	1				1													1					
CR2		1															1						
CR3			1		1	1					1												
CR4				1								1											
CR5	1		1		1	1																	
CR6						1																	
CR7							1			1													
CR8		1						1		1													
CR9							1		1						1								
CR10							1			1													
CR11											1								1				
CR12				1								1										1	
CR15							1			1			1			1							
CR14														1	1					1	1	1	
CR15														1	1					1	1	1	
CR16							1			1			1			1							
CR17																	1	1					
CR18	1																1	1					
CR19											1									1			
CR20														1	1						1		1
CR21																						1	
CR22														1	1						1	1	1
CR23	1										1												1

圖 4-7 使用者需求的設計結構矩陣

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	
P1	1	1																												
P2	1	1						1																	1		1			
P3			1	1	1															1										
P4			1	1	1															1										
P5			1	1	1															1										
P6						1	1																							
P7						1	1	1																						
P8	1					1	1	1	1	1			1			1				1		1	1							
P9							1	1	1	1																				
P10							1	1	1	1																				
P11							1	1	1	1																				
P12												1	1																	
P13												1	1	1	1		1													
P14							1					1	1	1	1		1				1									
P15													1	1	1	1	1													
P16														1	1															
P17							1					1	1	1		1	1		1		1									
P18																	1	1												
P19				1	1							1								1										
P20													1			1					1									
P21							1															1	1	1						
P22																						1	1	1						
P23								1														1	1	1						
P24								1																	1		1			
P25	1						1																		1		1	1		
P26																								1		1				
P27		1																										1		
P28																										1			1	
P29																										1				1

圖 4-8 零件的設計結構矩陣

### 4-2-2 設計結構矩陣之分割

依據 Steward(1981)所提出之分割法則(Partitioned Algorithm)將使用者需求的設計結構矩陣與零件的設計結構矩陣進行矩陣分割運算，步驟為矩陣中任一列為空白者，將該元素排至矩陣最前面；矩陣中任一行為空白者，將該元素排至矩陣最後面，重複此步驟直至矩陣中沒有空白的行列存在，過程係運用 DSMweb.org 組織中由 MIT 的 Eppinger 研究室所提供之 Excel 撰寫的矩陣分割程式運算，並產生重新排列的新矩陣，獲得使用者需求之群集與零件模組化之呈現，如圖 4-9、圖 4-10 所示。

	CR1	CR2	CR8	CR3	CR5	CR6	CR4	CR12	CR7	CR9	CR10	CR13	CR16	CR17	CR18	CR11	CR19	CR14	CR15	CR20	CR22	CR21	CR23	
CR1	1				1										1									
CR2		1													1									
CR8		1	1								1													
CR3				1	1	1										1								
CR5	1			1	1	1																		
CR6						1																		
CR4							1	1																
CR12							1	1															1	
CR7									1		1													
CR9									1	1			1											
CR10									1		1													
CR13									1		1	1	1											
CR16									1		1	1	1											
CR17														1	1									
CR18	1													1	1									
CR11																1	1							
CR19																1	1							
CR14																		1	1	1	1		1	
CR15																		1	1	1	1		1	
CR20																		1	1	1	1			
CR22																		1	1	1	1			
CR21																							1	
CR23	1										1													1

圖 4-9 使用者需求分類矩陣

	P12	P13	P16	P15	P14	P20	P18	P17	P25	P29	P28	P24	P26	P4	P5	P19	P3	P21	P22	P23	P7	P6	P9	P10	P11	P8	P2	P1	P27	
P12	1	1																												
P13	1	1		1	1			1																						
P16			1	1																										
P15		1	1	1	1			1																						
P14		1		1	1	1		1																			1			
P20					1	1		1																						
P18							1	1																						
P17		1		1	1	1	1	1																			1			
P25									1	1	1										1						1			
P29									1	1																				
P28									1		1																			
P24												1	1														1			
P26												1	1																	
P4														1	1	1	1													
P5														1	1	1	1													
P19														1	1	1	1													
P3														1	1	1	1													
P21																		1	1	1							1			
P22																		1	1	1										
P23																		1	1	1										
P7																					1	1					1			
P6																					1	1								
P9																							1	1	1	1				
P10																							1	1	1	1				
P11																							1	1	1	1				
P8				1				1				1						1	1	1			1	1	1	1	1	1		
P2									1																		1	1	1	1
P1																												1	1	
P27																												1	1	

圖 4-10 產品零件模組化矩陣

根據重新排序後的零件矩陣，可以獲得此產品零組件的模組化呈現，一共產生八個零組件模組，將其以 M1 至 M8 分類，如表 4-6。

表 4-6 產品零件模組分群

群組	模組釋義	項目
M1	傳動系統	左踏板(P12)、左曲柄(P13)、飛輪(P14)、右曲柄(P15)、右踏板(P16)、馬達(P17)、剎車(P18)
M2	置物結構	置物架(P25)、右置物槽(P28)、左置物槽(P29)
M3	乘坐系統	座椅調整器(P24)、椅墊(P26)
M4	外型	左側蓋(P3)、上蓋(P4)、前蓋(P5)、右側蓋(P19)
M5	手提把	後底架(P21)、後蓋(P22)、手提把(P23)
M6	移動性系統	移動輪(P6)、前底架(P7)
M7	電子系統	繼電器(P9)、電池(P10)、電路板(P11)
M8	骨架結構	螢幕(P1)、前骨架(P2)、主骨架(P8)、扶手(P27)

### 4-3 網路層級分析法(Analytic Network Process)

本小節將依據編碼後的十項使用者需求群組，與八個零件模組，將其填入依據前一小節所成立的領域映射矩陣架構中，以建置網路層級分析法所需的四個矩陣，依序為：(1) 使用者需求關係矩陣( $W_1$ )；(2) 零件模組關係矩陣( $W_2$ )；(3) 使用者需求之內部關係矩陣( $W_3$ )；(4) 零件模組之內部相依性矩陣( $W_4$ )，領域映射矩陣結合網路層級分析法與其矩陣之架構如圖 4-11、圖 4-12 所示。

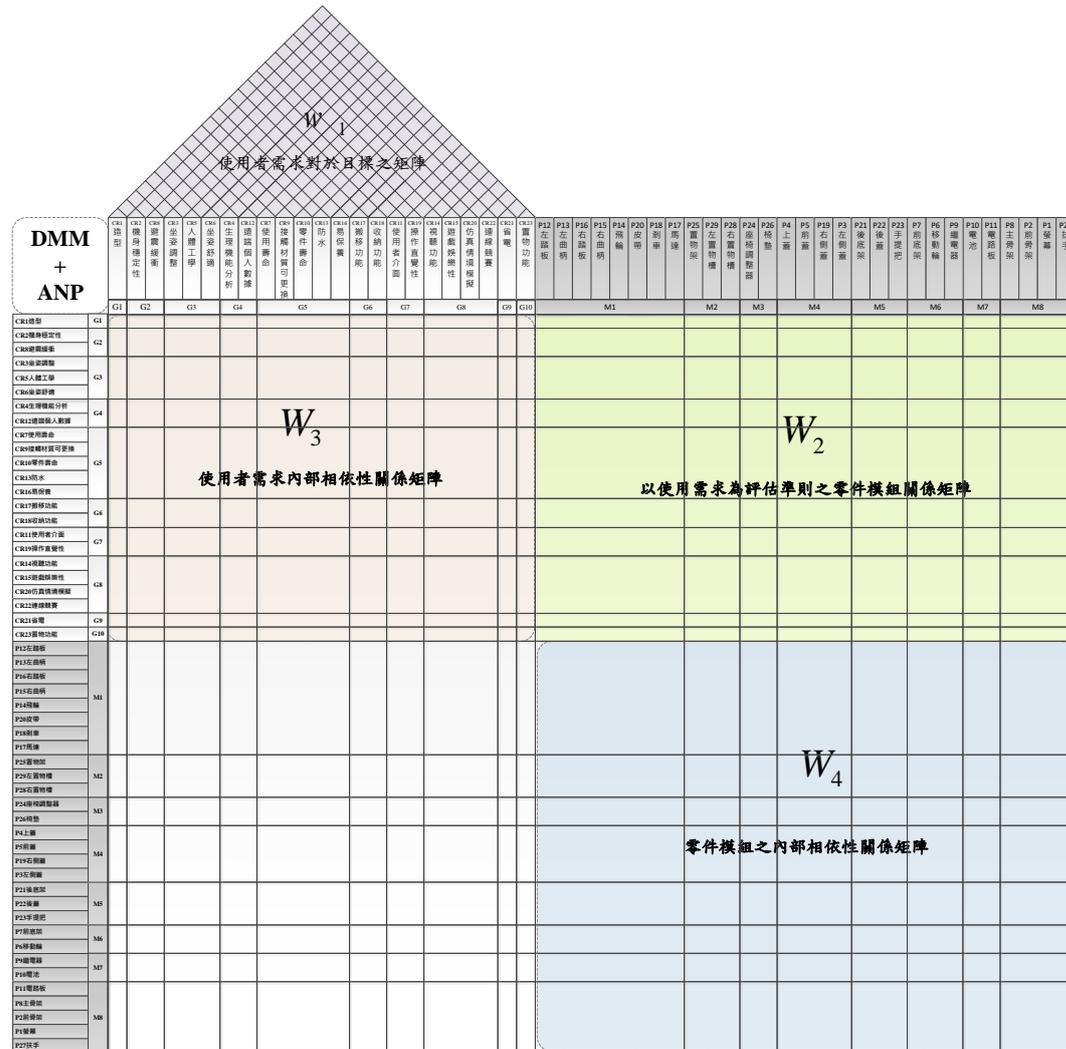


圖 4-11 領域映射矩陣結合網路層級分析法之架構

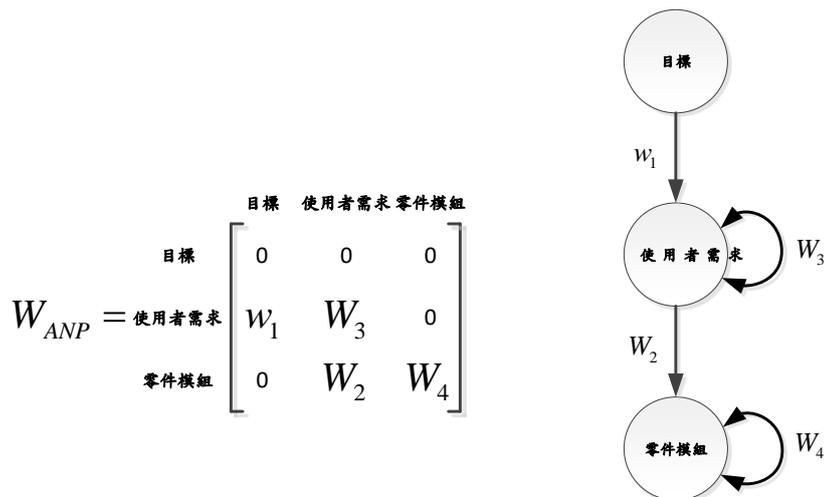


圖 4-12 網路式超矩陣架構

### 4-3-2 網路層級分析法執行

依據上一小節所建置的多矩陣架構，套用於網路層級分析法以進行最佳零件模組方案之決策，網路層級分析法之運算過程，共有九個操作步驟：

- 一. 確認目標、評估準則與方案；
- 二. 網路層級分析法問卷設計
- 三. 各評估準則對目標之比較；
- 四. 評估準則下之方案間的成對比較；
- 五. 準則內部相依性的成對比較；
- 六. 方案內部相依性的成對比較；
- 七. 階層的一致性比率檢定；
- 八. 計算評估準則權重  $W_G$  與方案權重  $W_M$ ；
- 九. 計算  $W_{ANP}$ ；

#### 步驟一、確認目標、評估準則與方案

藉由模糊德菲法與領域映射矩陣程序之處理，使用者需求依據其關聯性歸類為十個使用者需求群組；產品零件依據其相依性被歸類為八個零件模組。此步驟將十個使用者需求群組設定為評估準則，並將八個零件模組設定為方案，如表 4-7。網路層級分析法之目標係藉由其九個步驟之運算，獲得最佳零件模組之方案，作為產品開發專案的決策方向。網路層級分析法之目標、準則與方案間之網路關聯性如圖 4-13 所示。

表 4-7 評估準則與方案表

評估準則		方案	
使用需求群組		零件模組	
G1	造型	M1	傳動系統
G2	避震穩定性	M2	置物結構
G3	人體工學調整	M3	乘坐系統
G4	生理數據	M4	外型
G5	壽命與保養	M5	手提把
G6	收納與搬移	M6	移動性
G7	使用介面	M7	電子系統
G8	使用情境	M8	骨架結構
G9	節能		
G10	置物功能		

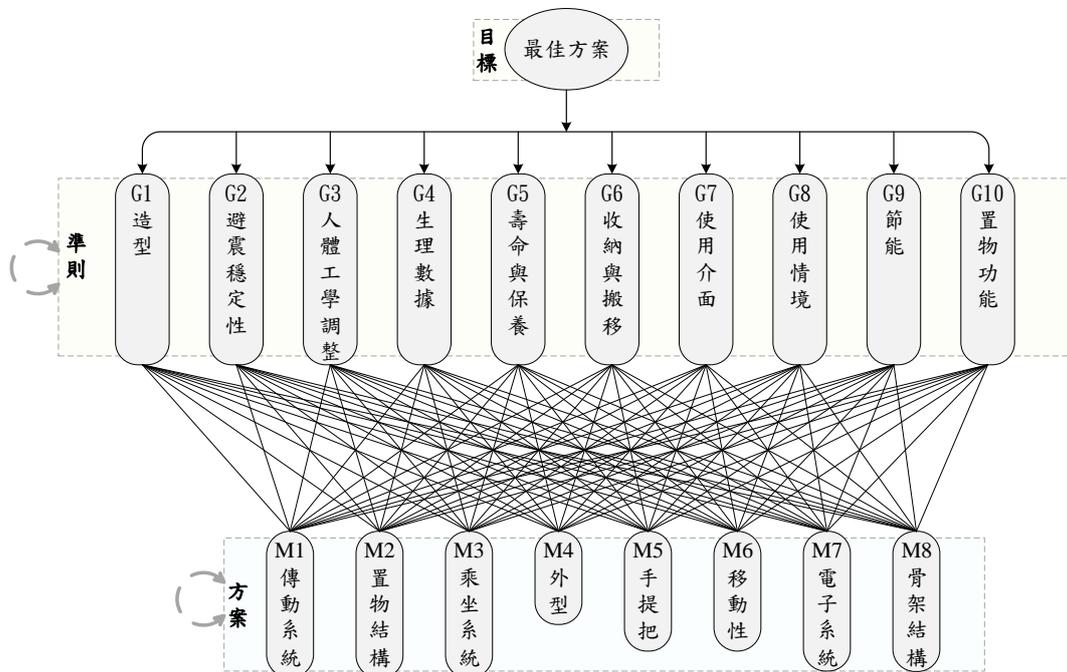


圖 4-13 目標、準則與方案圖

## 步驟二、網絡層級分析法問卷設計

網絡層級分析法之問卷設計分為四個部分，第一部份為「評估準則間之成對比較」；第二部份為「零件模組間之成對比較」，第三部份為「具相依性之評估準則間之成對比較」；第四部份為「具相依性之零件模組間之成對比較」。所有問卷內容中，問項所呈現的格式皆為兩個要素間重要度之成對比較，並採用 Saaty 於 1996 年所提出之九等名目尺度度(Nominal Scale)給予評分，作為重要度的填測，如表 4-8。

本研究問卷為專家問卷，填測者分為兩個部份，第一部份為模糊德菲法之前測時的四位專家，再加上一位使用者，總共五位專家，填寫「評估準則間之成對比較」與「具相依性之評估準則間之成對比較」之與使用者需求相關的問卷；第二部份為設計研發部門之內部工程師，共五人，填寫「零件模組間之成對比較」與「具相依性之零件模組間之成對比較」之與零件模組相關的問卷。以「評估準則間之成對比較」中的第一道題作為問卷範例，如表 4-9 所示。以上邀請的十位專家皆熟悉該領域並具有多年的操作與使用經驗，能夠充分表達對於該評分項目之意見且適合做為發問對象，此兩階段之問卷皆為有效問卷並且全數回收。

表 4-8 九等名目尺度(Nominal Scale)

相對重要性程度								
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1	3	5	7	9
極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要

表 4-9 問卷範例

評估準則	相對重要性程度									評估準則
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
G1 造型								✓		G2 避震穩定性

步驟三、計算各評估準則對目標之比較

以十項使用需求群組作為評估準則，計算其對於目標之自我影響程度之成對比較，矩陣之對角線兩側數值互為倒數值。問卷回收經整理分析，將專家意見以幾何平均法求得平均值，得到意見整合後的正倒數矩陣(Positive Reciprocal Matrix)，各評估準則於對目標之成對比較矩陣如表 4-10 所示。

表 4-10 各準則對目標影響之成對比較矩陣

W	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	幾何平均	特徵向量
G1	1	1.24	0.72	3	1.53	4.83	3.74	4.66	6.02	6.88	2.60	0.19
G2	0.8	1	1	1.74	1.24	4.66	7	6.54	7	4.83	2.63	0.19
G3	1.37	1	1	5.35	0.8	1.72	5.35	7	7.36	3.68	2.53	0.18
G4	0.33	0.57	0.19	1	0.24	0.51	2.14	1.25	3	0.51	0.67	0.05
G5	0.65	0.8	1.24	4.08	1	3.94	5.52	5.16	7.36	4.36	2.56	0.18
G6	0.21	0.21	0.58	1.93	0.25	1	3.32	4.08	5	0.80	0.97	0.07
G7	0.27	0.14	0.19	0.47	0.18	0.3	1	1.72	1.72	0.51	0.44	0.03
G8	0.21	0.15	0.14	0.8	0.19	0.24	0.58	1	3	0.41	0.41	0.03
G9	0.17	0.14	0.13	0.33	0.13	0.2	0.58	0.33	1	0.51	0.28	0.02
G10	0.14	0.21	0.27	1.93	0.23	1.24	1.93	2.41	1.93	1	0.72	0.05
$\lambda_{\max}=10.58$ C.I.=0.065    C.R.=0.043 ≤ 0.1											$\Sigma=13.6633$	$\Sigma=1$

矩陣中之對角線值代表兩個相同項目間重要性之自我比較，其重要度相等，故皆為 1。當成對比較矩陣完成後，計算各列的幾何平均值，如式(4-1)。接著將每行的幾何平均值加總，如式(4-2)，並將任一系列的幾何平均值除以幾何平均值加總，便能得到特徵值，以 G1 列而言，將幾何平均值 2.60 除以幾何平均值加總 13.7957，會得到 G1 的特徵值 0.1887，取至小數點後第二位則可得知其特徵值為 0.19，如式(4-3)。依此類推，故求得  $w_1$  的特徵向量，如表 4-11，其中各項特徵向量值的總和  $\Sigma$  的加總必須等於 1。特徵向量以  $w_1$  矩陣呈現，如圖 4-14 所示。

$$\sqrt[10]{1 \times 1.24 \times 0.72 \times 3 \times 1.53 \times 4.83 \times 3.74 \times 4.66 \times 6.02 \times 6.88} = 2.60 \dots (4-1)$$

$$2.60 + 2.63 + 2.53 + 0.67 + 2.56 + 0.97 + 0.44 + 0.41 + 0.28 + 0.72 = 13.7957 \dots (4-2)$$

$$\frac{2.60}{13.7957} = 0.19 \dots (4-3)$$

表 4-11 特徵向量  $w_1$

G1	造型	0.19
G2	避震穩定性	0.19
G3	人體工學調整	0.18
G4	生理數據	0.05
G5	壽命與保養	0.18
G6	收納與搬移	0.07
G7	使用介面	0.03
G8	使用情境	0.03
G9	節能	0.02
G10	置物功能	0.05

$$w_1 = \begin{bmatrix} 0.19 \\ 0.19 \\ 0.18 \\ 0.05 \\ 0.18 \\ 0.07 \\ 0.03 \\ 0.03 \\ 0.02 \\ 0.05 \end{bmatrix}$$

圖 4-14  $w_1$  特徵向量

項目間之成對比較需具有遞移性(Transitive Relation)，因此使用 Saaty 所提出的一致性指標(Consistency Index, C.I.)檢驗問卷中之重要度的填答邏輯是否符合一致性，確保運算結果與實際情況相符。一致性指標係判斷一致性高低之量測標準，欲求得一致性指標 C.I.，需先求得最大特徵值 $\lambda_{\max}$ ，其解法為將原成對比較矩陣 $W$ 乘以其特徵向量 $w_1$ 以求得 $W'$ ，如式(4-4)，接著再將 $W'$ 除以特徵向量 $w_1$ ，其值的算術平均數便是最大特徵值 $\lambda_{\max}$ 。接著將 $\lambda_{\max}$ 值減掉該成對比較之項目數量( $n$ )，再除以( $n-1$ )便能獲得一致性指標 C.I.值，如式(4-5)。

$$W' = Ww_1 \dots (4-4)$$

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots (4-5)$$

一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)係由一致性指標(Consistency Index, C.I.)除以隨機指標(Random Index, R.I.)所獲得，如式(4-6)，隨機指標之數值如表 4-12 所示。

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \leq 0.1 \dots (4-6)$$

表 4-12 隨機指標表

階層數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

多項目成對比較之問卷填答時，無法完全滿足遞移性，因此需藉由一致性檢驗之結果判斷違背遞移性之程度在偏差容許範圍內，當其一致性結果小於或等於 0.1 時，皆屬於可以容許的偏差範圍，若大於 0.1 則代表是成對比較不符合遞移性邏輯的無效問卷，便須進行重新測驗。

#### 步驟四、以各使用者需求為評估準則下之零件模組方案的重要度成對比較

以十項使用者需求群組作為評估準則之下，對於各項零件模組方案間之重要度成對比較，其對角線兩側數值互為倒數值。如表 4-13 至表 4-22。

表 4-13 以 G1 造型為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G1}$	G1 造型									幾何 平均	特徵 向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	2.67	1.55	0.27	3.32	3.32	3.32	0.24	1.33	<b>0.13</b>	
M2	0.37	1	1.55	0.24	3	2.14	3.68	0.25	0.98	<b>0.10</b>	
M3	0.64	0.64	1	0.37	2.41	1.93	3	0.22	0.91	<b>0.09</b>	
M4	3.68	4.08	2.67	1	3.32	4.08	4.51	0.41	2.37	<b>0.23</b>	
M5	0.3	0.33	0.41	0.30	1	1.55	3	0.25	0.59	<b>0.06</b>	
M6	0.3	0.47	0.51	0.24	0.64	1	2.41	0.37	0.56	<b>0.06</b>	
M7	0.3	0.27	0.33	0.22	0.33	0.41	1	0.23	0.34	<b>0.03</b>	
M8	4.08	3.94	4.51	2.41	3.94	2.67	4.36	1	3.07	<b>0.30</b>	
$\lambda_{\max}=8.643$ C.I.=0.092 <b>C.R.=0.65 ≤ 0.1</b>									$\Sigma=10.1619$	$\Sigma=1$	

表 4-14 以 G2 避震穩定性為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G2}$	G2 避震穩定性									幾何 平均	特徵 向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	3	1	0.31	3.16	2.67	3.88	0.29	1.31	<b>0.14</b>	
M2	0.33	1	1.25	0.27	3.32	1.93	0.95	0.22	0.79	<b>0.08</b>	
M3	1	0.80	1	0.80	1	1.55	1.55	0.31	0.91	<b>0.10</b>	
M4	3.27	3.68	1.25	1	3.94	1.90	3.94	0.27	1.82	<b>0.19</b>	
M5	0.31	0.30	1	0.25	1	1.93	3.16	0.53	0.72	<b>0.08</b>	
M6	0.37	0.51	0.64	0.53	0.51	1	1.93	0.37	0.63	<b>0.07</b>	
M7	0.26	1.05	0.64	0.25	0.31	0.51	1	0.25	0.45	<b>0.05</b>	
M8	3.38	4.51	3.27	3.68	1.90	2.67	3.94	1	2.79	<b>0.30</b>	
$\lambda_{\max}=8.949$ C.I.=0.136 <b>C.R.=0.96 ≤ 0.1</b>									$\Sigma=9.42067$	$\Sigma=1$	

表 4-15 以 G3 人體工學調整為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G3}$	G3 人體工學調整									幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	1.93	1.55	0.27	1.93	1.38	3	0.20	1.03	<b>0.14</b>	
M2	0.51	1	0.58	0.22	2.41	1.72	3.32	0.27	0.84	<b>0.08</b>	
M3	0.64	1.72	1	0.37	3	1.25	3.68	0.21	1.02	<b>0.10</b>	
M4	3.68	4.51	2.67	1	3.94	2.67	2.67	0.47	2.21	<b>0.19</b>	
M5	0.51	0.41	0.33	0.25	1	2.81	3	0.31	0.68	<b>0.06</b>	
M6	0.72	0.58	0.80	0.37	0.35	1	2.67	0.27	0.65	<b>0.06</b>	
M7	0.33	0.30	0.27	0.37	0.33	0.37	1	0.21	0.35	<b>0.03</b>	
M8	5	3.68	4.66	2.14	3.16	3.68	4.83	1	3.17	<b>0.30</b>	
$\lambda_{\max}=8.728$ C.I.=0.104 <b>C.R.=0.074<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=9.96913$	$\Sigma=1$	

表 4-16 以 G4 生理數據為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G4}$	G4 生理數據								幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
M1	1	1.24	1	0.58	3	2.54	3	0.21	1.16	<b>0.12</b>
M2	0.8	1	0.32	0.96	2.67	3.27	3	0.21	1.39	<b>0.14</b>
M3	1	0.30	1	0.34	3.94	3.32	5	0.23	1.05	<b>0.10</b>
M4	1.72	1.03	2.95	1	1.25	4.08	3.32	0.41	1.57	<b>0.16</b>
M5	0.83	0.37	0.25	0.80	1	2.95	3	0.31	0.80	<b>0.08</b>
M6	0.39	0.31	0.30	0.24	0.34	1	2.14	0.33	0.46	<b>0.05</b>
M7	0.33	0.33	0.20	0.30	0.33	0.47	1	0.18	0.34	<b>0.03</b>
M8	4.83	4.66	4.36	2.40	3.27	3	5.52	1	3.26	<b>0.32</b>
$\lambda_{\max}=8.965$ C.I.=0.138 <b>C.R.=0.098<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=10.0384$	$\Sigma=1$

表 4-17 以 G5 壽命與保養為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G5}$	G5 壽命與保養									幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	1.55	3	0.27	2.37	2.14	3.32	0.24	1.23	<b>0.14</b>	
M2	0.64	1	2.67	0.54	1.25	3.55	4.21	0.21	1.17	<b>0.08</b>	
M3	0.33	0.37	1	0.80	2.95	2.41	5	0.23	0.97	<b>0.10</b>	
M4	3.68	1.84	1.25	1	2.29	2.54	3	0.58	1.74	<b>0.19</b>	
M5	0.42	0.80	0.34	0.43	1	2.85	1.72	0.25	0.70	<b>0.06</b>	
M6	0.46	0.28	0.41	0.39	0.35	1	1.90	0.31	0.51	<b>0.06</b>	
M7	0.30	0.23	0.20	0.33	0.58	0.53	1	0.21	0.36	<b>0.03</b>	
M8	4.08	4.83	4.36	1.72	3.94	3.16	4.83	1	3.11	<b>0.30</b>	
$\lambda_{\max}=8.825$ C.I.=0.118 <b>C.R.=0.084<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=9.79986$	$\Sigma=1$	

表 4-18 以 G6 收納與搬移為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G6}$	G6 收納與搬移									幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	1.93	0.51	0.42	1.55	2.14	1.55	0.31	0.95	<b>0.10</b>	
M2	0.51	1	0.58	1.12	1.55	1.25	1.72	0.30	0.87	<b>0.09</b>	
M3	1.93	1.72	1	0.37	2.41	1.55	2.67	0.24	1.15	<b>0.12</b>	
M4	2.37	0.89	2.67	1	2.85	2.41	2.85	0.37	1.59	<b>0.17</b>	
M5	0.64	0.64	0.41	0.35	1	1.25	0.80	0.34	0.61	<b>0.07</b>	
M6	0.47	0.80	0.64	0.41	0.80	1	1	0.37	0.64	<b>0.07</b>	
M7	0.64	0.58	0.37	0.35	1.24	1	1	0.23	0.58	<b>0.06</b>	
M8	3.27	3.32	4.08	2.67	2.95	2.67	4.36	1	2.83	<b>0.31</b>	
$\lambda_{\max}=8.377$ C.I.=0.054 <b>C.R.=0.038<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=9.2227$	$\Sigma=1$	

表 4-19 以 G7 使用介面為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G7}$	G7 使用介面									幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	1.90	1.25	0.33	1.55	1	3	0.26	1.00	<b>0.14</b>	
M2	0.52	1	0.41	0.30	3.68	2.37	3	0.24	0.89	<b>0.08</b>	
M3	1	2.41	1	0.30	3.32	3.32	5.72	0.34	1.41	<b>0.10</b>	
M4	3	3.32	3.32	1	5	3.32	4.51	0.41	2.38	<b>0.19</b>	
M5	0.80	0.27	0.30	0.20	1	2.95	3	0.19	0.62	<b>0.06</b>	
M6	1	0.42	0.30	0.30	0.34	1	3	0.34	0.58	<b>0.06</b>	
M7	0.33	0.33	0.17	0.22	0.33	0.33	1	0.22	0.32	<b>0.03</b>	
M8	3.68	4.15	2.95	2.41	5.16	2.95	4.51	1	3.05	<b>0.30</b>	
$\lambda_{\max}=8.854$ C.I.=0.122 <b>C.R.=0.087<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=10.2382$	$\Sigma=1$	

表 4-20 以 G8 使用情境為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G8}$	G8 使用情境								幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
M1	1	3.27	1.93	1.99	4.51	4.51	0.33	0.90	1.72	<b>0.18</b>
M2	0.31	1	0.41	0.72	1.72	1.55	0.34	0.37	0.65	<b>0.07</b>
M3	0.51	2.41	1	1.93	3.27	3.27	0.46	1.24	1.40	<b>0.15</b>
M4	0.50	1.38	0.51	1	1.93	2.29	0.41	0.30	0.81	<b>0.09</b>
M5	0.22	0.58	0.31	0.51	1	1.25	0.38	0.30	0.48	<b>0.05</b>
M6	0.22	0.64	0.31	0.43	0.80	1	0.26	0.30	0.43	<b>0.05</b>
M7	3	2.90	2.14	2.45	2.63	3.88	1	0.80	2.10	<b>0.22</b>
M8	1.11	2.67	0.80	3.32	3.32	3.32	1.25	1	1.79	<b>0.19</b>
$\lambda_{\max}=8.289$ C.I.=0.041 <b>C.R.=0.029<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=9.38027$	$\Sigma=1$

表 4-21 以 G9 節能為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G9}$	G9 節能									幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			
M1	1	3.62	2.41	3.27	4.08	4.08	0.57	1.72	2.15	<b>0.24</b>	
M2	0.28	1	0.51	1	1	1	0.32	0.41	0.61	<b>0.07</b>	
M3	0.41	1.93	1	1.55	2.67	3.32	0.51	1.12	1.26	<b>0.14</b>	
M4	0.31	1	0.64	1	1.25	1.25	0.47	0.64	0.74	<b>0.08</b>	
M5	0.24	1	0.37	0.80	1	1.25	0.47	0.33	0.59	<b>0.06</b>	
M6	0.24	1	0.30	0.80	0.80	1	0.32	0.30	0.51	<b>0.06</b>	
M7	1.75	3.11	1.93	2.14	2.10	3.11	1	0.42	1.67	<b>0.18</b>	
M8	0.58	2.41	0.89	1.55	3	3.32	2.37	1	1.61	<b>0.18</b>	
$\lambda_{\max}=8.304$ C.I.=0.043 <b>C.R.=0.031<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=9.14259$	$\Sigma=1$	

表 4-22 以 G10 置物功能為準則的零件模組比較矩陣

$W_{2G10}$	G10 置物功能								幾何平均	特徵向量
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
M1	1	0.22	0.64	0.27	1.25	1.25	1.25	0.27	0.61	<b>0.06</b>
M2	4.51	1	3.32	1.55	5.35	5	5.35	1	2.75	<b>0.28</b>
M3	1.55	0.30	1	0.47	1.93	2.41	2.67	0.51	1.04	<b>0.10</b>
M4	3.68	0.64	2.14	1	2.41	3	3.94	0.80	1.81	<b>0.18</b>
M5	0.80	0.19	0.51	0.39	1	1.25	1.25	0.27	0.58	<b>0.06</b>
M6	0.80	0.20	0.41	0.31	0.80	1	0.80	0.24	0.49	<b>0.05</b>
M7	0.80	0.19	0.37	0.24	0.80	1.25	1	0.22	0.48	<b>0.05</b>
M8	3.68	1	1.93	1.25	3.68	4.08	4.51	1	2.22	<b>0.22</b>
$\lambda_{\max}=8.019$ C.I.=0.003 <b>C.R.=0.002<math>\leq</math>0.1</b>									$\Sigma=9.98693$	$\Sigma=1$

如同上一個步驟的計算方式，當以各使用者需求為評估準則下之零件模組方案矩陣完成後，其各項特徵向量如圖 4-15 所示。

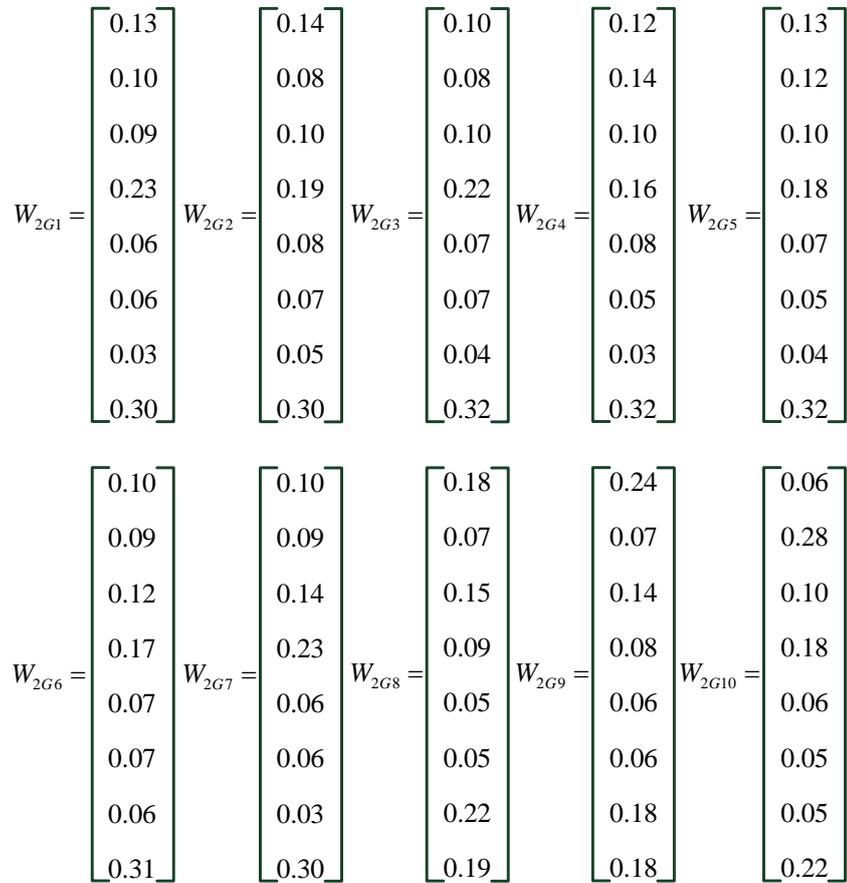


圖 4-15  $W_2$  特徵向量

將上述十項以使用者需求群組為評估準則的零件模組成對比較矩陣以  $W_2$  矩陣呈現，如圖 4-15 所示。其相對重要性之比較數值以第一列 M1 為例，表示各項零件模組於該行之使用需求為考量下所獲得的重要度權重數值；以第一行  $W_{2G1}$  為例，表示以使用需求 G1(造型)為評估準則下，各零件模組的特徵向量。

	$w_{2G1}$	$w_{2G2}$	$w_{2G3}$	$w_{2G4}$	$w_{2G5}$	$w_{2G6}$	$w_{2G7}$	$w_{2G8}$	$w_{2G9}$	$w_{2G10}$
M1	0.13	0.14	0.10	0.12	0.13	0.10	0.10	0.18	0.24	0.06
M2	0.10	0.08	0.08	0.14	0.12	0.09	0.09	0.07	0.07	0.28
M3	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.12	0.14	0.15	0.14	0.10
M4	0.23	0.19	0.22	0.16	0.18	0.17	0.23	0.09	0.08	0.18
M5	0.06	0.08	0.07	0.08	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06
M6	0.06	0.07	0.07	0.05	0.05	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05
M7	0.03	0.05	0.04	0.03	0.04	0.06	0.03	0.22	0.18	0.05
M8	0.30	0.30	0.32	0.32	0.32	0.31	0.30	0.19	0.18	0.22

圖 4-16  $W_2$  矩陣

### 步驟五、使用需求群組之相依性與 $W_3$ 矩陣計算

$W_3$  矩陣探討準則間之相依性，十個使用者需求群組間可能具有彼此獨立、單向影響與交互影響，如圖 4-17 所示。舉例而言，G1 造型與 G10 置物功能具有交互影響之關係，G6 收納與搬移存在著內部相依關係，並且同時也影響 G10 置物功能，G2 避震穩定性沒有被其他項目影響，十個使用者需求群組之相依性關係如表 4-23。

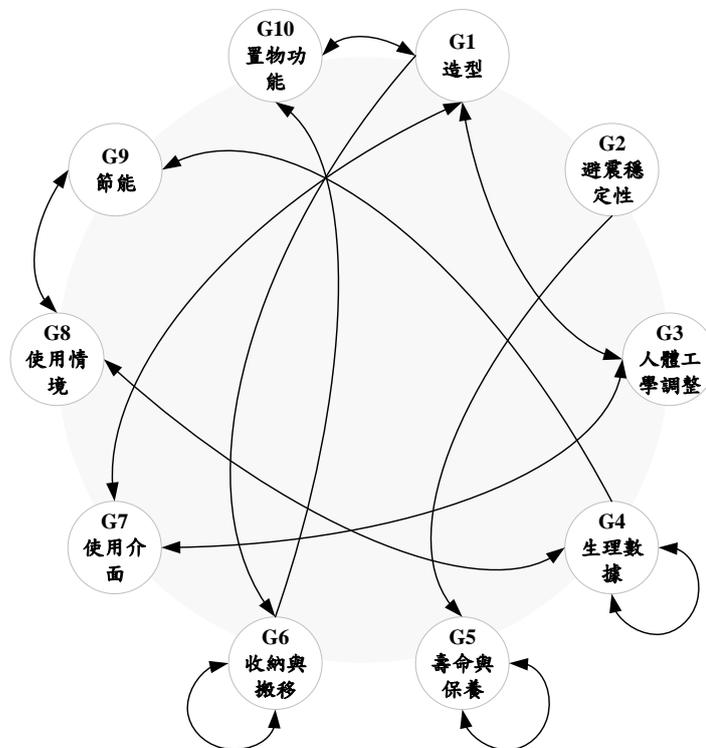


圖 4-17 使用需求群組間之相依性圖

表 4-23 使用需求群組間之相依性表

使用需求群組之相依性										
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
G1			✓			✓	✓			✓
G2					✓					
G3	✓						✓			
G4				✓				✓	✓	
G5					✓					
G6						✓				✓
G7	✓		✓							
G8				✓					✓	
G9								✓		
G10	✓									

根據使用需求群組之相依關係，設計以各項使用需求群組為評估指標之專家問卷，以 G1(造型)為評估指標之專家問卷為例，如表 4-24，探討以造型為評估指標下人體工學調整、使用介面與置物功能間之重要性。

表 4-24 以造型為評估指標下，具有相依性項目間之重要性

造型	相對重要性程度									準則
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
人體工學				✓						使用介面
						✓				置物功能
使用介面							✓			置物功能

依據上述具有相依性之使用需求的專家問卷結果，獲得 $W_{3G1}$ 至 $W_{3G10}$ 之成對比較矩陣，如表 4-25-表 4-33 所示，其中 $W_{3G2}$ 因與其他項目無相依性關係，故不須設計問卷，並且其矩陣數值皆為 0。

表 4-25 以 G1 造型為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G1}$	G1 造型				
	G3	G7	G10	幾何平均	特徵向量
<b>G3</b>	1	0.25	1.55	0.73	<b>0.20</b>
<b>G7</b>	3.94	1	2.95	2.27	<b>0.63</b>
<b>G10</b>	0.64	0.34	1	0.60	<b>0.17</b>
$\lambda_{\max}=3.054$ C.I.=0.027 C.R.=0.046 $\leq$ 0.1				$\Sigma=3.5967$	$\Sigma=1$

表 4-26 以 G3 人體工學調整為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G3}$	G3 人體工學調整			
	G1	G7	幾何平均	特徵向量
<b>G1</b>	1	3.27	1.81	<b>0.77</b>
<b>G7</b>	0.31	1	0.55	<b>0.23</b>
$\lambda_{\max}=1.999$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.3611$	$\Sigma=1$

表 4-27 以 G4 生理數據為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G4}$	G4 生理數據			
	G4	G8	幾何平均	特徵向量
<b>G4</b>	1	0.34	0.58	<b>0.25</b>
<b>G8</b>	2.95	1	1.72	<b>0.75</b>
$\lambda_{\max}=1.998$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.2994$	$\Sigma=1$

表 4-28 以 G5 壽命與保養為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G5}$	G5 壽命與保養			
	G2	G5	幾何 平均	特徵向 量
<b>G1</b>	1	2.67	1.63	<b>0.73</b>
<b>G7</b>	0.37	1	0.61	<b>0.27</b>
$\lambda_{\max}=1.997$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.2436$	$\Sigma=1$

表 4-29 以 G6 收納與搬移為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G6}$	G6 收納與搬移			
	G1	G6	幾何 平均	特徵向 量
<b>G1</b>	1	3.94	1.98	<b>0.88</b>
<b>G6</b>	0.25	1	0.50	<b>0.22</b>
$\lambda_{\max}=1.995$ C.I.=-0.01 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.4855$	$\Sigma=1$

表 4-30 以 G7 使用介面為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G7}$	G7 使用介面			
	G1	G3	幾何 平均	特徵向 量
<b>G1</b>	1	3.32	1.82	<b>0.81</b>
<b>G3</b>	0.3	1	0.55	<b>0.24</b>
$\lambda_{\max}=1.996$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.3692$	$\Sigma=1$

表 4-31 以 G8 使用情境為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G8}$	G8 使用情境			
	G4	G9	幾何 平均	特徵向 量
G4	1	0.47	0.68	<b>0.32</b>
G9	2.14	1	1.46	<b>0.68</b>
$\lambda_{\max}=1.998$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.1453$	$\Sigma=1$

表 4-32 以 G9 節能為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G9}$	G9 節能			
	G4	G8	幾何 平均	特徵向 量
G4	1	0.43	0.66	<b>0.30</b>
G8	2.29	1	1.51	<b>0.70</b>
$\lambda_{\max}=1.996$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.1715$	$\Sigma=1$

表 4-33 以 G10 置物功能為評估指標之相依性矩陣

$W_{3G10}$	G10 置物功能			
	G1	G6	幾何 平均	特徵向 量
G1	1	2.95	1.72	<b>0.75</b>
G6	0.34	1	0.58	<b>0.25</b>
$\lambda_{\max}=1.998$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.9941$	$\Sigma=1$

將所有具有相依性之成對比較矩陣中求得的特徵向量擷取，如圖 4-18，其相對重要性之比較數值以  $W_{3G1}$  為例，表示在 G1(造型)的使用者需求考量下，G3(人體工學調整)、G7(使用介面)與 G10(置物功能)具有相依性之項目間之相對重要性權重，以特徵向量呈現。進一步整理成  $W_3$  矩陣，如圖 4-19 所示。

$$W_{3G1} = \begin{bmatrix} 0.20 \\ 0.63 \\ 0.17 \end{bmatrix} \quad W_{3G3} = \begin{bmatrix} 0.77 \\ 0.23 \end{bmatrix} \quad W_{3G4} = \begin{bmatrix} 0.25 \\ 0.75 \end{bmatrix}$$

$$W_{3G5} = \begin{bmatrix} 0.73 \\ 0.27 \end{bmatrix} \quad W_{3G6} = \begin{bmatrix} 0.88 \\ 0.22 \end{bmatrix} \quad W_{3G7} = \begin{bmatrix} 0.81 \\ 0.24 \end{bmatrix}$$

$$W_{3G8} = \begin{bmatrix} 0.32 \\ 0.68 \end{bmatrix} \quad W_{3G9} = \begin{bmatrix} 0.30 \\ 0.70 \end{bmatrix} \quad W_{3G10} = \begin{bmatrix} 0.75 \\ 0.25 \end{bmatrix}$$

圖 4-18  $W_3$  特徵向量

$$W_3 = \begin{matrix} & W_{3G1} & W_{3G2} & W_{3G3} & W_{3G4} & W_{3G5} & W_{3G6} & W_{3G7} & W_{3G8} & W_{3G9} & W_{3G10} \\ \begin{matrix} G1 \\ G2 \\ G3 \\ G4 \\ G5 \\ G6 \\ G7 \\ G8 \\ G9 \\ G10 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.77 & 0 & 0 & 0.88 & 0.81 & 0 & 0 & 0 & 0.75 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.73 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.24 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.32 & 0.30 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.27 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.25 \\ 0.63 & 0 & 0.23 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.70 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.68 & 0 & 0 \\ 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 4-19  $W_3$  矩陣

#### 步驟六、零件模組間之相依性與 $W_4$ 矩陣計算

$W_4$  矩陣探討準則間之相依性，十個使用者需求群組間可能具有彼此獨立、單向影響與交互影響，如圖 4-20 所示。舉例而言，G1(造型)與 G10(置物功能)具有交互影響之關係，G6(收納與搬移)存在著內部相依關係，並且同時也影響 G10(置物功能)，G2(避震穩定性)沒有被其他項目影響，十個使用者需求群組之相依性關係如表 4-34。

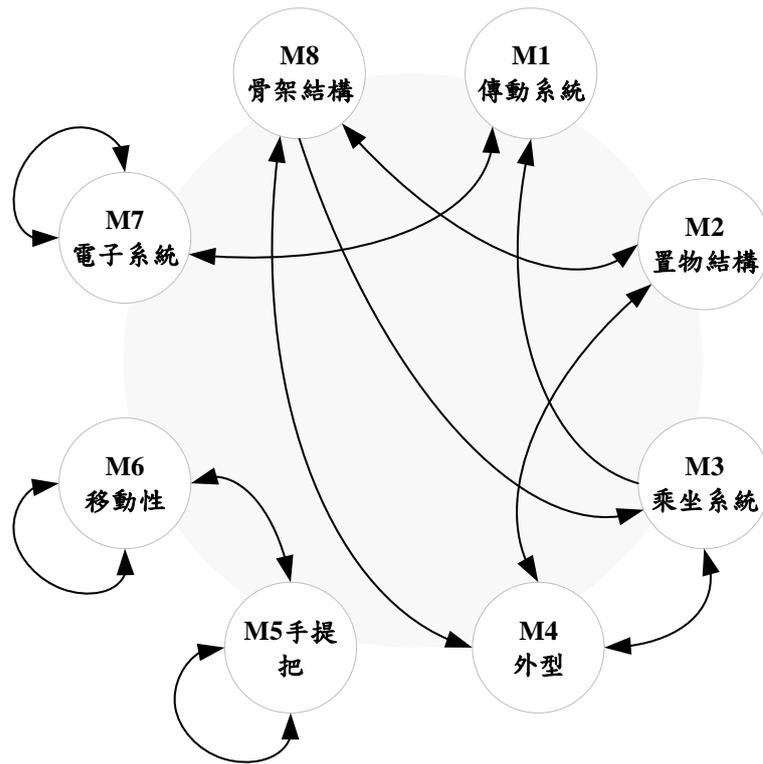


圖 4-20 零件模組間之相依性圖

表 4-34 零件模組間之相依性表

零件模組之相依性								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1							✓	
M2				✓				✓
M3	✓			✓				
M4		✓	✓					✓
M5					✓	✓		
M6					✓	✓		
M7	✓						✓	
M8		✓	✓	✓				

根據零件模組間之相依關係，設計以各項零件模組為評估指標之專家問卷，以 M1 傳動系統模組為評估指標之專家問卷為例，如表 4-35，探討以 M1(傳動系統)為評估指標下 M3(乘坐系統)與 M7(電子系統)間之重要性。

表 4-35 以傳動系統為評估指標下，具有相依性項目間之重要性

傳動系統	相對重要性程度									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
乘坐系統						✓				電子系統

依據具有相依性之零件模組的專家問卷結果，獲得 $W_{4M1}$ 至 $W_{4G8}$ 之八個成對比較矩陣，如表 4-36 至表 4-43 所示。

表 4-36 以 M1 傳動系統為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M1}$	M1 傳動系統			
	M3	M7	幾何平均	特徵向量
M3	1	2.14	1.46	<b>0.68</b>
M7	0.47	1	0.68	<b>0.32</b>
$\lambda_{\max}=1.998$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.1453$	$\Sigma=1$

表 4-37 以 M2 置物結構為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M2}$	M2 置物結構			
	M4	M8	幾何平均	特徵向量
M4	1	0.39	0.63	<b>0.28</b>
M8	2.54	1	1.59	<b>0.72</b>
$\lambda_{\max}=1.997$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.2186$	$\Sigma=1$

表 4-38 以 M3 乘坐系統為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M3}$	M3 乘坐系統			
	M4	M8	幾何 平均	特徵向 量
M4	1	0.39	0.63	<b>0.28</b>
M8	2.53	1	1.59	<b>0.72</b>
$\lambda_{\max}=1.995$ C.I.=0.01 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.2164$	$\Sigma=1$

表 4-39 以 M4 外型為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M4}$	M4 外型				
	M2	M3	M8	幾何 平均	特徵向 向量
M2	1	1.24	0.21	0.63	<b>0.17</b>
M3	0.80	1	0.33	0.64	<b>0.17</b>
M8	4.83	3	1	2.44	<b>0.66</b>
$\lambda_{\max}=3.046$ C.I.=0.023 C.R.=0.04 $\leq$ 0.1			$\Sigma=3.7140$	$\Sigma=1$	

表 4-40 以 M5 手提把為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M5}$	M5 手提把			
	M5	M6	幾何 平均	特徵向 量
M5	1	1.24	1.12	<b>0.55</b>
M6	0.8	1	0.89	<b>0.45</b>
$\lambda_{\max}=1.997$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.0091$	$\Sigma=1$

表 4-41 以 M6 移動性為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M5}$	M6 移動性			
	M5	M6	幾何 平均	特徵向 量
M5	1	0.71	0.84	<b>0.42</b>
M6	1.4	1	1.18	<b>0.58</b>
$\lambda_{\max}=1.994$ C.I.=0.01 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.023$	$\Sigma=1$

表 4-42 以 M7 電子系統為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M7}$	M7 電子系統			
	M1	M7	幾何 平均	特徵向 量
M1	1	1.38	1.17	<b>0.58</b>
M7	0.72	1	0.85	<b>0.42</b>
$\lambda_{\max}=1.998$ C.I.=0 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.0239$	$\Sigma=1$

表 4-43 以 M8 骨架系統為評估指標之相依性矩陣

$W_{4M8}$	M8 骨架系統			
	M2	M4	幾何 平均	特徵向 量
M2	1	0.23	0.48	<b>0.18</b>
M4	4.83	1	2.20	<b>0.82</b>
$\lambda_{\max}=2.048$ C.I.=0.048 C.R.=0 $\leq$ 0.1			$\Sigma=2.6744$	$\Sigma=1$

將上述步驟中所有相依性之成對比較矩陣中求得的特徵向量擷取，如圖 4-21，其相對重要性之比較數值以  $W_{4M1}$  為例，表示在 M1(傳動系統)的零件模組之考量下，具有相依關係的 M3(乘坐系統)與 M7(電子系統)間之相對重要性權重，以特徵向量呈現。進一步整理成  $W_4$  矩陣，如圖 4-22 所示。

$$W_{4M1} = \begin{bmatrix} 0.68 \\ 0.32 \end{bmatrix} \quad W_{4M2} = \begin{bmatrix} 0.28 \\ 0.72 \end{bmatrix} \quad W_{4M3} = \begin{bmatrix} 0.28 \\ 0.72 \end{bmatrix} \quad W_{4M4} = \begin{bmatrix} 0.17 \\ 0.17 \\ 0.66 \end{bmatrix}$$

$$W_{4M5} = \begin{bmatrix} 0.55 \\ 0.45 \end{bmatrix} \quad W_{4M6} = \begin{bmatrix} 0.42 \\ 0.58 \end{bmatrix} \quad W_{4M7} = \begin{bmatrix} 0.58 \\ 0.42 \end{bmatrix} \quad W_{4M8} = \begin{bmatrix} 0.18 \\ 0.82 \end{bmatrix}$$

圖 4-21  $W_4$  特徵向量

$$W_4 = \begin{matrix} & W_{4M1} & W_{4M2} & W_{4M3} & W_{4M4} & W_{4M5} & W_{4M6} & W_{4M7} & W_{4M8} \\ \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \\ M5 \\ M6 \\ M7 \\ M8 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.58 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.18 \\ 0.68 & 0 & 0 & 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.28 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.82 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.55 & 0.42 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.45 & 0.58 & 0 & 0 & 0 \\ 0.32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0 & 0.72 & 0.72 & 0.66 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 4-22  $W_4$  矩陣

經由網絡層級分析法的六個步驟，依序求得  $w_1$ 、 $W_3$ 、 $W_2$ 、 $W_4$  之矩陣，作為構成  $W_{ANP}$  超級矩陣之架構，其中各個矩陣之描述與所屬之問卷編號如表 4-44 所示，其中各問卷標號代表著該題之問項，如附件中所示。

表 4-44 超級矩陣架構與問卷編號表

矩陣名稱	描述		問卷編號
$w_1$	$w_1$	以目標為評估準則	Q1-1
$W_2$	$W_{2G1}$	以造型為評估準則	Q2-1
	$W_{2G2}$	以避震穩定性為評估準則	Q2-2
	$W_{2G3}$	以人體工學調整為評估準則	Q2-3
	$W_{2G4}$	以生理數據為評估準則	Q2-4
	$W_{2G5}$	以壽命與保養為評估準則	Q2-5
	$W_{2G6}$	以收納與搬移為評估準則	Q2-6

	$W_{2G7}$	以使用介面為評估準則	Q2-7
	$W_{2G8}$	以使用情境為評估準則	Q2-8
	$W_{2G9}$	以節能為評估準則	Q2-9
	$W_{2G10}$	以置物功能為評估準則	Q2-10
$W_3$	$W_{3G1}$	以造型為評估指標	Q3-1
	$W_{3G3}$	以人體工學調整為評估指標	Q3-3
	$W_{3G4}$	以生理數據為評估指標	Q3-4
	$W_{3G5}$	以壽命與保養為評估指標	Q3-5
	$W_{3G6}$	以收納與搬移為評估指標	Q3-6
	$W_{3G7}$	以使用介面為評估指標	Q3-7
	$W_{3G8}$	以使用情境為評估指標	Q3-8
	$W_{3G9}$	以節能為評估指標	Q3-9
	$W_{3G10}$	以置物功能為評估指標	Q3-10
	$W_4$	$W_{4M1}$	以傳動系統模組為評估指標
$W_{4M2}$		以置物結構模組為評估指標	Q4-2
$W_{4M3}$		以乘坐系統模組為評估指標	Q4-3
$W_{4M4}$		以外型模組為評估指標	Q4-4
$W_{4M5}$		以手提把模組為評估指標	Q4-5
$W_{4M6}$		以移動性模組為評估指標	Q4-6
$W_{4M7}$		以電子系統模組為評估指標	Q4-7
$W_{4M8}$		以骨架結構模組為評估指標	Q4-8

#### 步驟七、階層的一致性比率檢定(Consistency Ratio of the Hierarchy, C.R.H.)

在層級結構中，各階層的重要度等級都不同，因此需檢驗整個階層的一致性比率符合一致性。其運算方式係將階層的一致性指標 Consistency Index of the Hierarchy, C.I.H.)除以各階層的隨機指標之總和，若小於或等於 0.1，即代表整個階層的一致性係處於可容許的偏差範圍內。經由階層的一致性比率檢定計算，得知  $W_{2G1}$  至  $W_{2G10}$  之 C.R.H 值為 0.0754，符合 C.R.H 檢定，如式(4-7)； $W_{3G1}$  至  $W_{3G10}$  之 C.R.H.值為 0.0028，符合 C.R.H.檢定，如式(4-8)； $W_{4M1}$  至  $W_{4M8}$  之 C.R.H.值為 0.0063，符合 C.R.H.檢定，如式(4-9)。

$$\frac{0.092+0.136+0.104+0.138+0.118+0.054+0.122+0.041+0.043+0.003}{10 \times 1.49} = 0.0571 \leq 0.1 \cdots (4-7)$$

$$\frac{0.027+0+0+0+0.01+0+0+0+0}{9 \times 1.45} = 0.0028 \leq 0.1 \cdots (4-8)$$

$$\frac{0+0+0.01+0.023+0-0.01+0+0.048}{8 \times 1.41} = 0.0063 \leq 0.1 \cdots (4-9)$$

#### 步驟八、 $W_{ANP}$ 矩陣計算

藉由準則對目標影響之矩陣  $w_1$  與各準則內部相依性影響之矩陣  $W_3$  相乘，可以獲得考量相依程度下的準則權重矩陣  $W_G$ ，如式(4-10)；藉由準則對零件模組方案影響之矩陣  $W_2$  與各零件模組方案內部相依影響之矩陣  $W_4$  相乘，可以獲得考量準則與其內部相依程度下的方案矩陣  $W_M$ ，如式(4-11)；最後，將  $W_M \times W_G$  即可獲得評估整體架構下對於方案的指標權重  $W_{ANP}$ ，如式(4-12)。

$$W_G = W_3 \times w_1 \cdots (4-10)$$

$$W_M = W_4 \times W_2 \cdots (4-11)$$

$$W_{ANP} = W_M \times W_G \cdots (4-12)$$

本研究使用 Microsoft Office Excel 2013 內建提供的「MMult ( ) 函數」矩陣乘法進行  $W_{ANP}$  的運算求解，其運算結果如圖 4-23、圖 4-24、圖 4-25 所示。

$$W_G = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.77 & 0 & 0 & 0.88 & 0.81 & 0 & 0 & 0.75 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.73 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.24 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.25 & 0 & 0 & 0 & 0.32 & 0.30 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.27 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.22 & 0 & 0 & 0 & 0.25 \\ 0.63 & 0 & 0.23 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.70 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.68 & 0 & 0 \\ 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.19 \\ 0.19 \\ 0.18 \\ 0.05 \\ 0.18 \\ 0.07 \\ 0.03 \\ 0.03 \\ 0.02 \\ 0.05 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.26 \\ 0.13 \\ 0.05 \\ 0.03 \\ 0.05 \\ 0.03 \\ 0.16 \\ 0.05 \\ 0.02 \\ 0.03 \end{bmatrix}$$

圖 4-23  $W_G$  計算

$$W_M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.58 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0.18 \\ 0.68 & 0 & 0 & 0.17 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.28 & 0.28 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.82 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.55 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.45 & 0.58 & 0 & 0 \\ 0.32 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.42 & 0 \\ 0 & 0.72 & 0.72 & 0.66 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.13 & 0.14 & 0.10 & 0.12 & 0.13 & 0.10 & 0.10 & 0.18 & 0.24 & 0.06 \\ 0.10 & 0.08 & 0.08 & 0.14 & 0.12 & 0.09 & 0.09 & 0.07 & 0.07 & 0.28 \\ 0.09 & 0.10 & 0.10 & 0.10 & 0.10 & 0.12 & 0.14 & 0.15 & 0.14 & 0.10 \\ 0.23 & 0.19 & 0.22 & 0.16 & 0.18 & 0.17 & 0.23 & 0.09 & 0.08 & 0.18 \\ 0.06 & 0.08 & 0.07 & 0.08 & 0.07 & 0.07 & 0.06 & 0.05 & 0.06 & 0.06 \\ 0.06 & 0.07 & 0.07 & 0.05 & 0.05 & 0.07 & 0.06 & 0.05 & 0.06 & 0.05 \\ 0.03 & 0.05 & 0.04 & 0.03 & 0.04 & 0.06 & 0.03 & 0.22 & 0.18 & 0.05 \\ 0.30 & 0.30 & 0.32 & 0.32 & 0.32 & 0.31 & 0.30 & 0.19 & 0.18 & 0.22 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.02 & 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.13 & 0.10 & 0.03 \\ 0.09 & 0.09 & 0.10 & 0.08 & 0.09 & 0.08 & 0.09 & 0.05 & 0.05 & 0.07 \\ 0.13 & 0.13 & 0.11 & 0.11 & 0.12 & 0.10 & 0.11 & 0.14 & 0.18 & 0.07 \\ 0.30 & 0.30 & 0.31 & 0.33 & 0.32 & 0.31 & 0.31 & 0.22 & 0.21 & 0.29 \\ 0.06 & 0.07 & 0.07 & 0.07 & 0.06 & 0.07 & 0.06 & 0.05 & 0.06 & 0.05 \\ 0.06 & 0.08 & 0.07 & 0.07 & 0.06 & 0.07 & 0.06 & 0.05 & 0.06 & 0.06 \\ 0.05 & 0.07 & 0.05 & 0.05 & 0.06 & 0.06 & 0.04 & 0.15 & 0.15 & 0.04 \\ 0.29 & 0.26 & 0.27 & 0.28 & 0.28 & 0.26 & 0.32 & 0.22 & 0.20 & 0.39 \end{bmatrix}$$

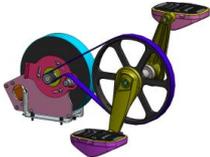
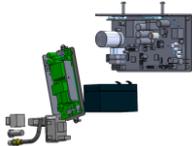
圖 4-24  $W_M$  計算

$$W_{ANP} = \begin{bmatrix} 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.02 & 0.02 & 0.03 & 0.02 & 0.13 & 0.10 & 0.03 \\ 0.09 & 0.09 & 0.10 & 0.08 & 0.09 & 0.08 & 0.09 & 0.05 & 0.05 & 0.07 \\ 0.13 & 0.13 & 0.11 & 0.11 & 0.12 & 0.10 & 0.11 & 0.14 & 0.18 & 0.07 \\ 0.30 & 0.30 & 0.31 & 0.33 & 0.32 & 0.31 & 0.31 & 0.22 & 0.21 & 0.29 \\ 0.06 & 0.07 & 0.07 & 0.07 & 0.06 & 0.07 & 0.06 & 0.05 & 0.06 & 0.05 \\ 0.06 & 0.08 & 0.07 & 0.07 & 0.06 & 0.07 & 0.06 & 0.05 & 0.06 & 0.06 \\ 0.05 & 0.07 & 0.05 & 0.05 & 0.06 & 0.06 & 0.04 & 0.15 & 0.15 & 0.04 \\ 0.29 & 0.26 & 0.27 & 0.28 & 0.28 & 0.26 & 0.32 & 0.22 & 0.20 & 0.39 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.26 \\ 0.13 \\ 0.05 \\ 0.03 \\ 0.05 \\ 0.03 \\ 0.16 \\ 0.05 \\ 0.02 \\ 0.03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.02 \\ 0.07 \\ 0.10 \\ 0.24 \\ 0.05 \\ 0.05 \\ 0.05 \\ 0.23 \end{bmatrix}$$

圖 4-25  $W_{ANP}$  計算

經網絡層級分析法所運算後獲得之  $W_{ANP}$  矩陣，代表八項零件模組方案的權重數值[0.02, 0.07, 0.10, 0.24, 0.05, 0.05, 0.05, 0.23]，如表 4-45 所示。

表 4-45 零件模組方案權重數值

零件模組重要度權重值			
零件 模組	項目名稱	零件模組圖示	$W_{ANP}$
M1	傳動系統		0.02
M2	置物結構		0.07
M3	乘坐系統		0.10
M4	外型		0.24
M5	手提把		0.05
M6	移動性		0.05
M7	電子系統		0.05
M8	骨架結構		0.23

#### 4-4 設計策略評量

零件模組重要度之研究結果以直條圖呈現，如圖 4-26 所示，其最高權重零件模組為「外型模組」，其次為「骨架結構」，接著權重由高至低依序是「乘坐系統」、「置物結構」與三個相同權重的「手提把」、「移動性」、「電子系統」，最後權重值最低的是「傳動系統」。從圖表可看出兩者的權重值非常接近，且與其他項目有明顯差距，故設計策略階段採用此兩項目作為執行目標。

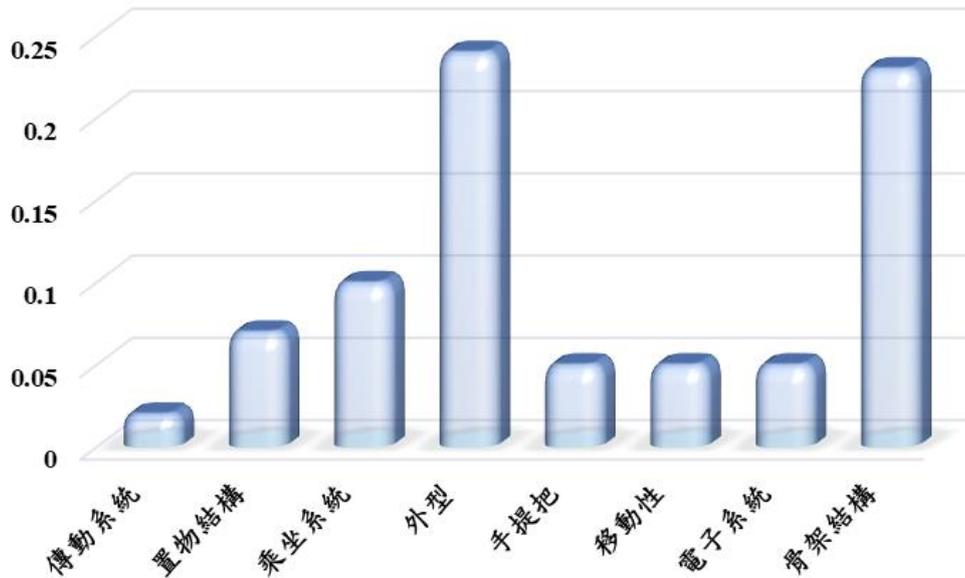


圖 4-26 零件模組重要度權重表

經由本研究之結論可得知在綜合使用者角度的考量下，該直立式健身自行車最重要之零件模組項目為「外型模組」，其包含的零件為「左側蓋」、「右側蓋」、「上蓋」與「前蓋」，外型是產品第一時間與使用者視覺接觸的部份，也提供了使用者對於產品體驗的第一印象，其具有最高的權重數值亦非常符合設計者與產品製造商總是重視外型對於產品之重要性的認知，也是新產品開發專案中最常出現的執行項目；次重要之零件模組項目為「骨架結構模組」，其涵蓋了「主骨架」、「前骨架」、「螢幕」與「扶手」，儘管骨架對於產品之硬體結構而言是極其重要的部份，於一般情形下使用者卻不會直接接觸到被外型包覆於內的骨架結構。由於過往總是外殼主導著產品的外型視覺，因此近年來亦出現許多創新的設計方式，是藉由骨架結構之外露或者延伸以取代常年以外殼為主導的視覺呈現，其好處除了有機會減少外殼之組件數量，減少模具開發成本，也成功地替產品展現了不同的視覺傳達與材質表現，顛覆既有的視覺印象，更有效地減少因長時間使用、搬移與震動對於外殼接合處的破壞，導致使用者對於產品良率與品質上的堪慮。其中「螢幕」與「扶手」通常是使用者接收外型視覺的感官體驗後，第二

順位接觸到的部件，其重要度也吻合設計者對於使用者實際接觸產品所產生之感受的期待，尤其「扶手」之設計通常主導著人體工學與使用者介面的優劣，對於使用者、設計者與產品製造商視之為高重要性項目是可以理解的一環。

#### 4-4-1 設計方案

此小節依據分析結果提出設計方案，針對權重值最高之零件模組中的「外型模組」與「骨架結構模組」進行設計。其中針對權重最高的外型提出三款新設計，對於權重次高的「骨架結構模組」提出一款新設計，並運用零件模組化之概念將三款「外型」設計套用在「骨架結構模組」之設計上。

設計方案由 Solid Work 2015 繪製，並經由 KeyShot 軟體進行渲染，「外型」設計係指所有外殼的外觀新設計，共計三個款式，如表 4-46；「骨架結構模組」包含骨架、扶手與螢幕，共計一個款式，其設計如表 4-47 所示。

表 4-46 三款外型設計

款式一	側視圖	
款式二	側視圖	
款式三	側視圖	

表 4-47 骨架模組設計

<p>骨架設計</p>	<p>側視圖</p>	
<p>扶手與螢幕</p>	<p>正視圖</p>	
	<p>側視圖</p>	
	<p>立體圖</p>	

以「骨架結構模組」中的骨架、螢幕與扶手為基礎，運用零件模組化的概念將三款「外型設計」套用在「骨架結構模組」上，整體設計圖如表 4-48、表 4-49、表 4-50 所示。

表 4-48 整體設計款式一



表 4-49 整體設計款式二

款式二



表 4-50 整體設計款式三

款式三



經由與廠商討論骨架、螢幕與三款模組化外型之設計方案，所獲得的評價與意見如下：

1. 零件模組化於產品開發專案之運用是相關產業對於新產品規劃的重要作業方式，並已於大多數產品製造業所應用，其對於開發成本控管、明確地零件模組配置，以及產品多樣性成果具有不可取代的貢獻。將使用者意見以量化方式提供給開發部門參考，確實對於研發、設計人員以多元的思考觀點執行產品開發專案有額外的幫助。
2. 由於面板技術的進步，螢幕與顯示器之外型設計正朝向輕薄化，以及減少塑料、模具成本的方向發展，但對於商用機型而言，具有穩重、可信賴的結構與堅固外觀仍然是必要的。骨架結構的穩定性與其體積、重量通常是互相影響的項目，並且必須取得能夠兼顧的平衡點。橢圓形彎管的好處是強度佳，材積與重量亦能控制在理想範圍內，唯鎖固處的加工需注意其精度與良率，總體而言採用橢圓形彎管作為骨架設計是理想的選擇之一。
3. 對於款式二的設計較款式一更具流線型、外殼視覺較豐富，符合較受歡迎的外型樣式。款式三的外殼造型特殊，不同於以往常見的外型樣式，其骨架外露的視覺概念新穎，但若無足夠空間設置支撐結構則可能造成前骨架之力矩過大，採取此造型需要同時思考對於骨架穩定性的影響與其犧牲的配置空間。針對外型設計而言，款式三的肯定度最佳，其次是款式二，最後是款式一，而針對量產可行性而言，款式二是較有可能納入量產考量的款式。

## 第五章 結論與建議

藉由評估使用者需求，並導入以零件模組化為主軸的產品設計過程之中，本研究針對產品開發之設計策略提出研究結論與其應用，探討使用者需求於初期產品開發階段之影響，並對研究貢獻與後續建議加以說明，提供未來產品設計過程之具體的參考方向。

### 5-1 研究結果

本研究以探討使用者需求於零件模組的產品開發專案中之應用為目標，經由模糊理論結合德菲法獲得使用者需求作為評估準則，導入由多領域結構矩陣為架構之零件模組化的產品開發過程，並使用網絡層級分析法運算以獲得最值得開發之模組方案，作為後續設計策略之評估。藉由網絡層級分析法能夠完整評估所有項目間存在著相依性之優點，以更客觀的角度探討項目間彼此的相依關係與其相對重要度，輔佐設計者於產品設計初期掌握較宏觀與多元之設計參數，本研究以直立式健身自行車為案例，應用於設計策略之評量並整理出以下結論：

1. 藉由設計結構矩陣之分割法則，重新排序具有關聯性或相依性的產品零件，達到零件分群的可視化成果，建立產品零件之模組化。
2. 經由模糊理論客觀的擷取使用者意見之參數，利用權重值分析篩選出重要度高的使用者需求項目，作為設計策略評量的重要參考準則，並以其量化結果導入後續產品開發之程序。
3. 利用領域映射矩陣，建置不同領域之參數進行項目間的重要度評比，進一步導入網絡層級分析法，在評估項目間具有相依性的考量下，對於零件模組方案進行重要性評量，並計算出最佳權重之方案，以作為設計者執行產品開發與設計策略時之參考。

經由本研究之結論可得知在綜合使用者角度的考量下，該直立式健身自行車最重要之零件模組項目為「外型模組」，其包含的零件為「左側蓋」、「右側蓋」、「上蓋」與「前蓋」，外型是產品第一時間與使用者視覺接觸的部份，也提供了使用者對於產品體驗的第一印象，其具有最高的權重數值亦非常符合設計者與產品製造商總是重視外型對於產品之重要性的認知，也是新產品開發專案中最常出現的執行項目；次重要之零件模組項目為「骨架結構模組」，其涵蓋了「主骨架」、「前骨架」、「螢幕」與「扶手」，儘管骨架對於產品之硬體結構而言是極其重要的部份，於一般情形下使用者卻不會直接接觸到被外型包覆於內的骨架結

構。由於過往總是外殼主導著產品的外型視覺，因此近年來亦出現許多創新的設計方式，是藉由骨架結構之外露或者延伸以取代常年以外殼為主導的視覺呈現，其好處除了有機會減少外殼之組件數量，減少模具開發成本，也成功地替產品展現了不同的視覺傳達與材質表現，顛覆既有的視覺印象，更有效地減少因長時間使用、搬移與震動對於外殼接合處的破壞，導致使用者對於產品良率與品質上的堪慮。其中「螢幕」與「扶手」通常是使用者接收外型視覺的感官體驗後，第二順位接觸到的部件，其重要度也吻合設計者對於使用者實際接觸產品所產生之感受的期待，尤其「扶手」之設計通常主導著人體工學與使用者介面的優劣，對於使用者、設計者與產品製造商視之為高重要性項目是可以理解的一環。

## 5-2 研究應用與建議

藉由模糊德菲法、零件模組化計算擷取需求參數與工程參數，以領域映射矩陣結合不同領域之參數並進行量化與相關性分析，最後導入網路層級分析法之運用，在考量所有元件之相依性情形下給予權重，獲得模組方案評量作為產品開發初期之設計策略參考。

除了使用者需求與零件參數，完整的產品開發過程裡尚包含許多具有相互干涉與資訊交流的部門，例如：人員、組織、程序與其相關之工具。領域映射矩陣的多領域矩陣方法能夠將更多不同領域的元件進行參數計算，考量更符合實際情況與整體性的系統性考量，於複雜的產品開發程序中發現組織中相互影響與干涉的問題。以本研究為例，後續若能於多領域矩陣方法中加入製造程序，增加考量因素之多元性與複雜度，於初期設計策略應能夠更具體地提供符合製程之設計方案。

## 參考文獻

1. Browning, T.R. (2001). Applying The Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. *Engineering management, IEEE Transactions on*, 48(3), 292-306.
2. Cooper, R.G., Edgett, S.J.&Kleinschmidt, E.J. (2002). *Portfolio Management for New Product*, 2<sup>nd</sup> ed. Reading, MA:Perseus Books.
3. Danilovic, M., & Browning, T. R. (2007). Managing Complex Product Development Projects with Design Structure Matrices and Domain Mapping Matrices. *International journal of project management*, 25(3), 300-314.
4. Dubios, D. (1980). *Fuzzy Set and System : Theory and Applications*. (1rd Ed). San Diego: Academic Press.
5. Eppinger, S. D., & Browning, T. R. (2012). *Design Structure Matrix Methods and Applications*. MIT press.
6. Furtmeier, F & Tommelein, I.D. (2010). MDM as a Process Mapping Tool in Lean Construction. *DSM Conference 12<sup>th</sup>*. Cambridge, UK.
7. Schuh, G., Rudolf, S. & Vogels, T. (2014). Development of Modular Product Architectures. *Procedia CIRP* 20(2014) 120-125.
8. Hoegl, M., & Gemuenden, H. G. (2001). Teamwork Quality and The Success of Innovative Projects: a Theoretical Concept and Empirical Evidence. *Organization Science*, 12(4), 435–449.
9. Hwang, C. L., & Lin, M. J. (1987). *Group Decision Making under Multiple Criteria: Methods and Applications*. Springer-Verlag.
10. Jasmine Siu Lee Lam, Kee-hung Lai. (2015). Developing Environmental Sustainability by ANP-QFD Approach: The Case of Shipping Operations. Vol.105, pp.275-284.
11. Jeffrey O. Grady. (2010). *System Synthesis: Product and Process Design*. Florida: CRC Press.
12. Jürgen K. Müller. (2003). *The Building Block Method*. University of Amsterdam, Amsterdam.

13. Kampker A., Burggräf P., Deutskens C., Maue A. & Förstmann R. (2014). Integrated Product and Process Development: Modular Production Architectures based on Process Requirement. *Procedia CIRP*. Vol20. Pages 109-114.
14. Karl T. Ulrich & Steven D. Eppinger. (2012). *Product Design and Development*. (5th Ed). New York : McGraw-Hill.
15. Kusiak, A., Huang, C. C., (1996). "Development of Modular Products," *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology-Part A*, Vol.19, No. 4, pp. 523-538.
16. Maurer, M., Lindemann, U. (2007). Structural Awareness in Complex Product Design -The Multiple Domain Matrix. *DSM2007: Proceedings of the 9th International DSM conference*, Munich, Germany, 16.-18.10. 2007.
17. Merle Crawford. (1991). *New Products Management*. (3rd Ed). Irwin, Homewood.
18. N Mundra, K Gulati, R Gupta. (2013). *The IUP Journal of Knowledge Management*, Vol.XI, No.1, pp. 23-37.
19. Nambisan, S. (2003). Information Systems as a Reference Discipline or New Product Development. *MIS Quarterly*. 27(1), 1-18.
20. Newcomb, P. J., Bras, B. and Rosen, D. W. (1996) Implications of Modularity on Product Design for The Life Cycle. *Proceeding of AMSE Design Engineering Technical Conferences*, DETC96/DTM-1516, Irvine, CA.
21. Paul M. Swamidass. (2000). *Innovations in Competitive Manufacturing*. Norwell : Kluwer Academic Publishers.
22. Thomas U. Pimpler & Steven D. Eppinger. (1994) Intergration Analysis of Product Decomposition. *ASME Design Theory and Methodology Conference*.
23. Wm. E. Souder. (1988) Managing Relations Between R&D and Marketing in New Product Development Projects. *The Journal of Product Innovation Management*. Vol5, Issue1. Pages 6-19.
24. Y. Zhang and J. K. Gershenson. (2003). An Initial Study of Direct Relationship Between Life-cycle Modularity and Life-cycle Cost. Vol.11, 1063-293X

25. S.-W. Hsiao, Y.-C. Ko, C.-H. Lo, S.-H. Chen. (2013). An ISM, DEI and ANP based approach for product family development. *Advanced Engineering Informatics* 27th, pp.131-148.
26. S.-W. Hsiao and E. Liu,. (2005). "A structural component-based approach for designing product family," *Computers in Industry*, 56(1), 13–28.
27. A.K.W. Lau, R.C.M. Yam, E.P.Y. Tang. (2011). The impact of product modularity on new product performance: Mediation by product innovativeness. *J. Prod. Innov. Manag.*, 28(2). 270-284.
28. 吳榮林(2004)。組織學習、組織能力與經營型態的演進--以台灣中部某運動器材廠商為例」。私立東海大學管理碩士學程碩士論文。
29. 李筱茹(2006)。台灣健身器材產業之藍海策略。私立東海大學國際貿易研究所碩士論文。
30. 張紹勳(2012)。模糊多準則評估法及統計。台北市:五南圖書。
31. 陳令韡(2009)。大甲溪流域颱風脆弱度評估：分析網路程序法之應用。國立臺北大學不動產與城鄉環境學系碩士論文。
32. 陳宥儒(2011)。品質機能展開與設計結構矩陣之整合應用—以辦公椅產品開發流程管理為例。東海大學工業設計學系碩士論文。
33. 黃意文(2007)。應用分析層級程式法 (AHP) 建立產品設計評價模式之研究—以行動電話為例。國立臺灣科技大學產品設計學系研究所碩士論文。
34. 劉哲瑋(2007)。產品開發資源之標準化評估系統建置。東海大學工業設計學系碩士論文
35. 衛萬里(2007)。應用分析網路程序法選擇最佳產品設計方案之決策模式分析。國立台灣科技大學設計研究所博士論文。
36. 鄭滄濱(2001)。軟體組織提升人員能力之成熟度模糊評估模式。國立臺灣科技大學資訊管理系碩士論文。

## 【附錄一】模糊德菲法專家調查問卷

### 模糊德菲法(Fuzzy Delphi Method)專家調查問卷

敬啟者:

本問卷調查為東海大學工業設計系研究生為進行「設計策略評量在模組化產品開發之研究」之主題所需的專家問卷調查，其內容為針對直立式健身腳踏車進行使用者需求之重要性評估。素仰 台端對於此產品擁有豐富經驗與知識，因此擬請擔任本研究問卷之填寫者。

本研究使用問卷調查方式探求您的寶貴意見，問卷僅作為學術參考與執行研究，感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

東海大學工業設計學系研究所

指導教授：王中行博士

研究生：吳秉珵 敬上

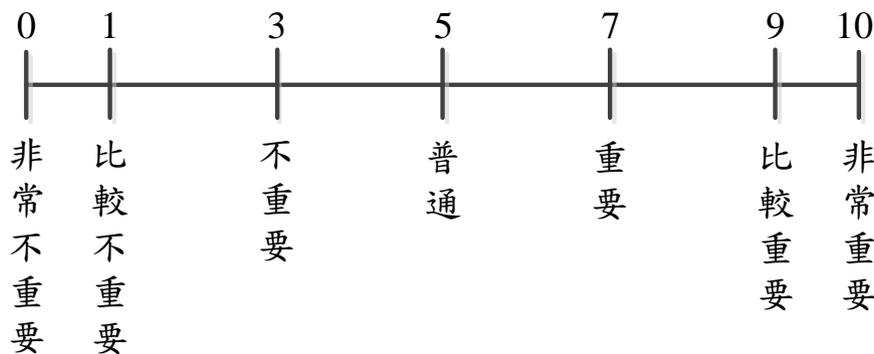
Mobile：

Email：

#### 壹、說明

本問卷調查之目標為評選「直立式健身腳踏車」產品於設計與開發時需考量的使用者需求，經評估完成之使用者需求將會轉化成為設計準則，提供予下一階段的領域映射矩陣(Domain Mapping Matrix)所使用。問卷之目的在於評估表中各項目之重要性，評定方式採用 0-10 的級距給予評分，分數越高代表越重要，反之則越不重要。懇請專家依據個人專業知識與經驗，以下述規定的方式予以重要性之評估：

1. 重要性「最佳值」：請填入經評估所認定之最適合之重要性數值。
2. 重要程度範圍：請填入可接受的重要性範圍之最大值與最小值。



#### 貳、操作範例

例如您在評估直立式健身腳踏車之產品開發時，認為「坐姿調整」項目的重要程度最小值為 7，最大值為 9，而重要性之最佳值為 8，則填寫之內容如下所示：

項目	重要度		
	最小值	最佳值	最大值
1.坐姿調整	7	8	9

### 參、正式問卷調查

針對「直立式健身腳踏車」之產品設計與開發的使用者需求評估，下列各使用者需求項目的重要性為何？

項目	項目釋義	重要度		
		最小值	最佳值	最大值
1.省電	產品省電、節能功效			
2.坐姿舒適	騎乘姿勢之舒適性			
3.人體工學	座椅、椅墊、踏板、扶手與騎乘姿勢之整體舒適性			
4.坐姿調整	座椅高度、前後位移之調整彈性			
5.搬移功能	對於產品進行搬運與位移之重心、順暢程度			
6.收納功能	未使用產品時，對於縮小體積與零組件之收折功能			
7.仿真情境模擬	於室內使用產品時，模擬戶外騎乘感受之情境			
8.連線競賽	與其他使用者互動、連線與競賽之需求			
9.遠端個人數據	各式騎乘數據紀錄之雲端傳輸、分享功能			
10.生理機能分析	騎乘者之生理機能分析			
11.置物功能	於產品上置放個人物品之空間與功能			
12.防水	產品表面防水材質與設計			
13.易保養	產品零件易拆卸與清潔			
14.使用壽命	關鍵零件與材質之品質			
15.零件壽命	零件、材質與組裝品質			
16.機身穩定性	機台於使用時之支撐性與穩固性			
17.易組裝性	產品組立與其可換部件之組裝難易度			
18.使用者介面	扶手、螢幕與操作區域的友			

	善設計介面程度			
19.挑戰模式	增加競賽與挑戰功能之使用樂趣			
20.遊戲娛樂性	增加遊戲、趣味的使用功能			
21.造型	具有令使用者青睞的外型			
22.視聽功能	螢幕、音響之視聽功能			
23.避震緩衝	對於使用者的振動反饋			
24.可換接觸材質	基於衛生考量的接觸部件與材質可更換性			
25.操作直覺性	對於產品功能、操作與使用的直覺程度			
26.易使性	操作與使用的容易度			

本研究之問卷調查到此結束，感謝您撥冗協助填答。

## 【附錄二】網路層級分析法專家調查問卷( $w_1$ )

### 網路層級分析法(Analytic Network Process)專家調查問卷

敬啟者:

本問卷調查為東海大學工業設計系研究生為進行「設計策略評量在模組化產品開發之研究」之主題所需的專家問卷調查，目標為評選直立式健身車產品之最佳「零件模組方案」。研究中所使用之案例產品如下圖所示。

素仰 台端對於此產品擁有豐富經驗與知識，因此擬請擔任本研究問卷之填寫者。本研究使用問卷調查方式探求您的寶貴意見，問卷僅作為學術參考與執行研究，感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

東海大學工業設計學系研究所

指導教授：王中行博士

研究生：吳秉珣 敬上

Mobile:

Email:

### 第一部分:問卷流程說明



#### 壹、問卷架構說明

本研究之目標為評選直立式健身車產品之最佳「零件模組方案」，運用網路層級分析法(Analytic Network Process)，探討使用需求與零件模組方案間之關聯程度，使用需求共有七個項目，皆係經由專家訪談與模糊德菲法獲得。此問卷所探討的是：各「使用需求」以目標為考量下的自我成對比較、各「使用需求」考量彼此間之關聯性下的自我成對比較。

## 貳、使用需求

共有十項使用需求，每項使用需求之意義與說明如下表：

	使用需求	釋義
G1	造型	對於外觀與造型之需求為考量。
G2	避震穩定性	對於使用之避震回饋，以及硬體使用之穩定性為考量。
G3	人體工學調整	對於人體工學與使用之舒適性為考量。
G4	生理數據	對於記錄、分析於產品使用時所產生之生理數據需求。
G5	壽命與保養	對於產品零件保養難易度，及產品壽命為考量。
G6	收納與搬移	以收納需求，對於零件摺疊，及產品之搬移性為考量。
G7	使用介面	對於使用硬體、軟體之使用介面與操作難易度為考量。
G8	使用情境	對於硬體、軟體所提供情境模式之使用者需求為考量。
G9	節能	對於產品及其電子相關系統之省電、節能性為考量。
G10	置物功能	對於使用產品時，使用者物品放置之需求為考量。

## 參、填寫說明與範例

1. 本問卷利用 Saaty 提出的九等名目尺度(Nominal Scale)作為項目間之相對重要程度之評估，意即每題皆有九個等級的重要度可供選擇，並從中擇一勾選，作為該題的重要度認知，如下表：

九等名目尺度(Nominal Scale)

重要度								
$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1	3	5	7	9
極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要

2. 項目間相對重要度比較需符合「遞移性」，若您認為 A 項目比 B 項目重要( $A > B$ )，且 B 項目比 C 項目重要( $B > C$ )，意即 A 項目也必然比 C 項目重要( $A > C$ )，因此  $A > B > C$  必須成立。
3. 例如您認為「造型」比起「避震穩定性」是非常重要的，則勾選情形如下表：

準則	相對重要性程度									準則
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
造型								✓		避震穩定性

### 第二部分:問卷填答

請評估「造型」、「避震穩定性」、「人體工學調整」、「生理數據」、「壽命與保養」、「收納與搬移」、「使用介面」、「使用情境」、「節能」與「置物功能」之相對重要性。

準則	問卷編號 Q1-1									準則
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
造型										避震穩定性
										人體工學調整
										生理數據
										壽命與保養
										收納與搬移
										使用介面
										使用情境
										節能
避震穩定性										置物功能
										人體工學調整
										生理數據
										壽命與保養
									收納與搬移	

										使用介面
										使用情境
										節能
										置物功能
人體工學調整										生理數據
										壽命與保養
										收納與搬移
										使用介面
										使用情境
										節能
生理數據										置物功能
										壽命與保養
										收納與搬移
										使用介面
										使用情境
										節能
壽命與保養										置物功能
										收納與搬移
										使用介面
										使用情境
										節能
收納與搬移										置物功能
										使用介面
										使用情境
										節能
使用介面										置物功能
										使用情境
										節能
使用情境										置物功能
										節能
節能										置物功能

本研究之問卷調查到此結束，感謝您撥冗協助填答。

## 【附錄三】網路層級分析法專家調查問卷(W<sub>2</sub>)

### 網路層級分析法(Analytic Network Process)專家調查問卷

敬啟者:

本問卷調查為東海大學工業設計系研究生為進行「設計策略評量在模組化產品開發之研究」之主題所需的專家問卷調查，目標為評選直立式健身車產品之最佳「零件模組方案」。研究中所使用之案例產品如下圖所示。

素仰 台端對於此產品擁有豐富經驗與知識，因此擬請擔任本研究問卷之填寫者。本研究使用問卷調查方式探求您的寶貴意見，問卷僅作為學術參考與執行研究，感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

東海大學工業設計學系研究所

指導教授：王中行博士

研究生：吳秉玟 敬上

Mobile:

Email:

### 第一部分:問卷流程說明



#### 壹、問卷架構說明

本研究評選最佳「零件模組方案」之方式係應用網路層分析法(Analytic Network Process)，探討「使用需求」與「零件模組」之間的關聯性。使用需求

項目係經由專家訪談與模糊德菲法獲得，零件模組則是經由產品零件拆解與設計結構矩陣之運算取得模組群集，如下表所示：

評估準則		方案	
使用需求群組		零件模組	
G1	造型	M1	傳動系統
G2	避震穩定性	M2	置物結構
G3	人體工學調整	M3	乘坐系統
G4	生理數據	M4	外型
G5	壽命與保養	M5	手提把
G6	收納與搬移	M6	移動性
G7	使用介面	M7	電子系統
G8	使用情境	M8	骨架結構
G9	節能		
G10	置物功能		

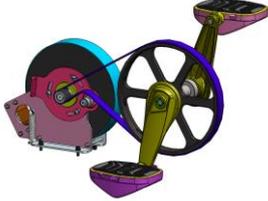
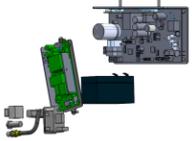
## 貳、使用需求

使用需求共有七項，每項使用需求之意義與說明如下表：

	使用需求	釋義
G1	造型	對於外觀與造型之需求為考量。
G2	避震穩定性	對於使用之避震回饋，以及硬體使用之穩定性為考量。
G3	人體工學調整	對於人體工學與使用之舒適性為考量。
G4	生理數據	對於記錄、分析於產品使用時所產生之生理數據需求。
G5	壽命與保養	對於產品零件保養難易度，及產品壽命為考量。
G6	收納與搬移	以收納需求，對於零件摺疊，及產品之搬移性為考量。
G7	使用介面	對於使用硬體、軟體之使用介面與操作難易度為考量。
G8	使用情境	對於硬體、軟體所提供情境模式之使用者需求為考量。
G9	節能	對於產品及其電子相關系統之省電、節能性為考量。
G10	置物功能	對於使用產品時，使用者物品放置之需求為考量。

### 參、零件模組

零件模組共有八項，其圖示如下表：

零件模組		圖示
M1	傳動系統	
M2	置物結構	
M3	乘坐系統	
M4	外型	
M5	手提把	
M6	移動性系統	
M7	電子系統	
M8	骨架結構	

#### 肆、填寫說明與範例

1. 本問卷利用 Saaty 提出的九等名目尺度(Nominal Scale)作為項目間之相對重要程度之評估，意即每題皆有九個等級的重要度可供選擇，並從中擇一勾選，作為該題的重要度認知，如下表：

九等名目尺度(Nominal Scale)

重要度								
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要

2. 項目間相對重要度比較需符合「遞移性」，若您認為 A 項目比 B 項目重要( $1A > B$ )，且 B 項目比 C 項目重要( $B > C$ )，意即 A 項目也必然比 C 項目重要( $A > C$ )，因此  $A > B > C$  必須成立。
3. 名稱較長的項目，例如「使用介面系統」將簡化成「使用介面」。
4. 例如您認為「移動輪系統」比起「使用介面」是非常重要的，則勾選情形如下表：

準則	相對重要性程度									準則
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
移動輪系統								✓		使用介面

#### 第二部分:問卷填答

##### 壹、於各使用需求考量下的零件模組間之相對重要性比較

請依序以某項使用需求為主要考量下，各零件模組間之相對重要性比較。本部份以各使用需求為主要考量進行填測，故需填寫十次。

1.請以「造型」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

造型	問卷編號 Q2-1									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同樣重 要	稍微重 要	很重 要	非常重 要	極度重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構

電子系統										骨架結構
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------

2.請以「避震穩定性」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

避震穩定性	問卷編號 Q2-2									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍 微重 要	很 重 要	非 常 重 要	極 度 重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構

移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

3.請以「人體工學調整」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

人體工學	問卷編號 Q2-3									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍微重 要	很重 要	非常重 要	極度重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構

手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

4.請以「生理數據」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

生理數據	問卷編號 Q2-4									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍微重 要	很 重 要	非常重 要	極 度重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性

										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

5.請以「壽命與保養」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

壽命與保養	問卷編號 Q2-5									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍 微重 要	很 重 要	非 常 重 要	極 度 重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構

外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

6.請以「收納與搬移」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

收納與搬移	問卷編號 Q2-6									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍微重 要	很 重 要	非常重 要	極 度重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性

										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

7.請以「使用介面」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

使用介面	問卷編號 Q2-7									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍微重 要	很重 要	非常重 要	極度重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型

										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

8.請以「使用情境」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

使用情境	問卷編號 Q2-8									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍 微重 要	很 重 要	非 常 重 要	極 度 重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統

										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

9.請以「節能」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

節能	問卷編號 Q2-9										
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍 微重 要	很 重 要	非 常 重 要	極 度 重 要		
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9		
傳動系統											置物結構
											乘坐系統
											外型
											手提把
											移動性
											電子系統
											骨架結構
置物結構											乘坐系統
											外型
											手提把
											移動性

										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

10.請以「置物功能」為主要考量之下，評估八項零件模組彼此間之相對重要性。

置物功能	問卷編號 Q2-10									
	極度不 重要	非常不 重要	很不重 要	稍微不 重要	同 樣重 要	稍 微重 要	很 重 要	非 常 重 要	極 度 重 要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
傳動系統										置物結構
										乘坐系統
										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
置物結構										乘坐系統
										外型

										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
乘坐系統										外型
										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
外型										手提把
										移動性
										電子系統
										骨架結構
手提把										移動性
										電子系統
										骨架結構
移動性										電子系統
										骨架結構
電子系統										骨架結構

本研究之問卷調查到此結束，感謝您撥冗協助填答。

#### 【附錄四】網路層級分析法專家調查問卷(W<sub>3</sub>)

##### 網路層級分析法(Analytic Network Process)專家調查問卷

敬啟者:

本問卷調查為東海大學工業設計系研究生為進行「設計策略評量在模組化產品開發之研究」之主題所需的專家問卷調查，目標為評選直立式健身車產品之最佳「零件模組方案」。研究中所使用之案例產品如下圖所示。

素仰 台端對於此產品擁有豐富經驗與知識，因此擬請擔任本研究問卷之填寫者。本研究使用問卷調查方式探求您的寶貴意見，問卷僅作為學術參考與執行研究，感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

東海大學工業設計學系研究所

指導教授：王中行博士

研究生：吳秉玆 敬上

Mobile:

Email:

#### 第一部分:問卷流程說明



#### 壹、問卷架構說明

本研究評選最佳「零件模組方案」之方式係應用網路層分析法(Analytic

Network Process) , 探討「使用需求」與「零件模組」之間的關聯性。使用需求項目係經由專家訪談與模糊德菲法獲得，零件模組則是經由產品零件拆解與設計結構矩陣之運算取得模組群集，如下表所示：

評估準則		方案	
使用需求群組		零件模組	
G1	造型	M1	傳動系統
G2	避震穩定性	M2	置物結構
G3	人體工學調整	M3	乘坐系統
G4	生理數據	M4	外型
G5	壽命與保養	M5	手提把
G6	收納與搬移	M6	移動性
G7	使用介面	M7	電子系統
G8	使用情境	M8	骨架結構
G9	節能		
G10	置物功能		

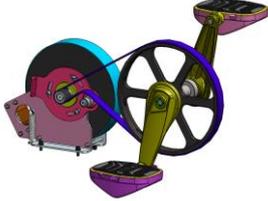
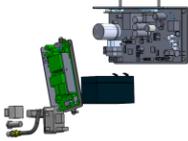
## 貳、使用需求

使用需求共有十項，每項使用需求之意義與說明如下表：

	使用需求	釋義
G1	造型	對於外觀與造型之需求為考量。
G2	避震穩定性	對於使用之避震回饋，以及硬體使用之穩定性為考量。
G3	人體工學調整	對於人體工學與使用之舒適性為考量。
G4	生理數據	對於記錄、分析於產品使用時所產生之生理數據需求。
G5	壽命與保養	對於產品零件保養難易度，及產品壽命為考量。
G6	收納與搬移	以收納需求，對於零件摺疊，及產品之搬移性為考量。
G7	使用介面	對於使用硬體、軟體之使用介面與操作難易度為考量。
G8	使用情境	對於硬體、軟體所提供情境模式之使用者需求為考量。
G9	節能	對於產品及其電子相關系統之省電、節能性為考量。
G10	置物功能	對於使用產品時，使用者物品放置之需求為考量。

### 參、零件模組

零件模組共有八項，其圖示如下表：

零件模組		圖示
M1	傳動系統	
M2	置物結構	
M3	乘坐系統	
M4	外型	
M5	手提把	
M6	移動性系統	
M7	電子系統	
M8	骨架結構	

### 伍、填寫說明與範例

1. 本問卷利用 Saaty 提出的九等名目尺度(Nominal Scale)作為項目間之相對重要程度之評估，意即每題皆有九個等級的重要度可供選擇，並從中擇一勾選，作為該題的重要度認知，如下表：

九等名目尺度(Nominal Scale)

重要度								
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要

2. 項目間相對重要度比較需符合「遞移性」，若您認為 A 項目比 B 項目重要( $1A > B$ )，且 B 項目比 C 項目重要( $B > C$ )，意即 A 項目也必然比 C 項目重要( $A > C$ )，因此  $A > B > C$  必須成立。
3. 名稱較長的項目，例如「使用介面系統」將簡化成「使用介面」。
4. 例如您認為「造型」比起「避震穩定性」是非常重要的，則勾選情形如下表：

準則	問卷編號									準則
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
造型								✓		避震穩定性

### 第二部分:問卷填答

#### 肆、於各使用需求考量下的零件模組間之相對重要性比較

請依序以某項使用需求為主要考量下，各零件模組間之相對重要性比較。本部份以各使用需求為主要考量做填測，故需填寫十次。

1. 請以「造型」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-1									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
人體工學										使用介面
										置物功能
使用介面										置物功能

2. 請以「人體工學調整」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-3									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
造型										使用介面

3. 請以「生理數據」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-4									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
生理數據										使用情境

4. 請以「壽命與保養」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-5										
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要		
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9		
避震穩定性											壽命與保養

5. 請以「收納與搬移」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-6										
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要		
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9		
造型											收納與搬移

6. 請以「使用介面」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-7										
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要		
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9		
收納與搬移											
造型											人體工學

7. 請以「使用情境」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-8									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
生理數據										節能

8. 請以「節能」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-9									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
生理數據										使用情境

9. 請以「置物功能」為主要考量之下，評估具有相依性項目間之相對重要度。

	問卷編號 Q3-9									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
造型										收納與搬移

本研究之問卷調查到此結束，感謝您撥冗協助填答。

## 【附錄五】網路層級分析法專家調查問卷(W<sub>4</sub>)

### 網路層級分析法(Analytic Network Process)專家調查問卷

敬啟者:

本問卷調查為東海大學工業設計系研究生為進行「設計策略評量在模組化產品開發之研究」之主題所需的專家問卷調查，目標為評選直立式健身車產品之最佳「零件模組方案」。研究中所使用之案例產品如下圖所示。

素仰 台端對於此產品擁有豐富經驗與知識，因此擬請擔任本研究問卷之填寫者。本研究使用問卷調查方式探求您的寶貴意見，問卷僅作為學術參考與執行研究，感謝您撥冗惠賜指教。

敬祝 研安

東海大學工業設計學系研究所

指導教授：王中行博士

研究生：吳秉玆 敬上

Mobile:

Email:

#### 第一部分:問卷流程說明



#### 壹、問卷架構說明

本研究評選最佳「零件模組方案」之方式係應用網路層分析法(Analytic Network Process)，探討「使用需求」與「零件模組」之間的關聯性。使用需求項目係經由專家訪談與模糊德菲法獲得，零件模組則是經由產品零件拆解與設計結構矩陣之運算取得模組群集，如下表所示。

評估準則		方案	
使用需求群組		零件模組	
G1	造型	M1	傳動系統
G2	避震穩定性	M2	置物結構
G3	人體工學調整	M3	乘坐系統
G4	生理數據	M4	外型
G5	壽命與保養	M5	手提把
G6	收納與搬移	M6	移動性
G7	使用介面	M7	電子系統
G8	使用情境	M8	骨架結構
G9	節能		
G10	置物功能		

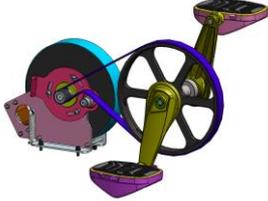
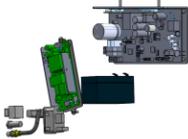
## 貳、使用需求

使用需求共有十項，每項使用需求之意義與說明如下表：

	使用需求	釋義
G1	造型	對於外觀與造型之需求為考量。
G2	避震穩定性	對於使用之避震回饋，以及硬體使用之穩定性為考量。
G3	人體工學調整	對於人體工學與使用之舒適性為考量。
G4	生理數據	對於記錄、分析於產品使用時所產生之生理數據需求。
G5	壽命與保養	對於產品零件保養難易度，及產品壽命為考量。
G6	收納與搬移	以收納需求，對於零件摺疊，及產品之搬移性為考量。
G7	使用介面	對於使用硬體、軟體之使用介面與操作難易度為考量。
G8	使用情境	對於硬體、軟體所提供情境模式之使用者需求為考量。
G9	節能	對於產品及其電子相關系統之省電、節能性為考量。
G10	置物功能	對於使用產品時，使用者物品放置之需求為考量。

### 參、零件模組

零件模組共有八項，其圖示如下表：

零件模組		圖示
M1	傳動系統	
M2	置物結構	
M3	乘坐系統	
M4	外型	
M5	手提把	
M6	移動性系統	
M7	電子系統	
M8	骨架結構	

**陸、填寫說明與範例**

1. 本問卷利用 Saaty 提出的九等名目尺度(Nominal Scale)作為項目間之相對重要程度之評估，意即每題皆有九個等級的重要度可供選擇，並從中擇一勾選，作為該題的重要度認知，如下表：

九等名目尺度(Nominal Scale)

重要度								
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要

2. 項目間相對重要度比較需符合「遞移性」，若您認為 A 項目比 B 項目重要( $1A > B$ )，且 B 項目比 C 項目重要( $B > C$ )，意即 A 項目也必然比 C 項目重要( $A > C$ )，因此  $A > B > C$  必須成立。
3. 名稱較長的項目，例如「使用介面系統」將簡化成「使用介面」。
4. 例如您認為「造型」比起「避震穩定性」是非常重要的，則勾選情形如下表：

	問卷編號									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	兩項目同重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
造型								✓		避震穩定性

**第二部分:問卷填答**

**肆、於各使用需求考量下的零件模組間之相對重要性比較**

請依序以某項使用需求為主要考量下，各零件模組間之相對重要性比較。本部份以各使用需求為主要考量做填測，故需填寫十次。

1. 請以「傳動系統」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

	問卷編號 Q4-1									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
乘坐系統										電子系統

2. 請以「置物結構」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

	問卷編號 Q4-2									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
外型										骨架結構

3. 請以「乘坐系統」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

	問卷編號 Q4-3									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
外型										骨架結構

4. 請以「外型」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

問卷編號 Q4-4										
-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
置物結構										乘坐系統
										骨架結構
乘坐系統										骨架結構

5. 請以「手提把」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

手提把	問卷編號 Q4-5									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
手提把										移動性

6. 請以「移動性」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

手提把	問卷編號 Q4-6									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
手提把										移動性

7. 請以「電子系統」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

手提把	問卷編號 Q4-7									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	
手提把										移動性

	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1	3	5	7	9	
傳動系統										電子系統

8. 請以「骨架結構」為主要考量之下，評估具有相依性之零件模組間的相對重要度。

	問卷編號 Q4-8									
	極度不重要	非常不重要	很不重要	稍微不重要	同樣重要	稍微重要	很重要	非常重要	極度重要	
	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	1	3	5	7	9	
置物結構										外型

本研究之問卷調查到此結束，感謝您撥冗協助填答。