

國立交通大學

土木工程學系碩士班

碩士論文

自動化建構土木工程課程學習概念圖

以結構學為例

Auto-Constructing the Studying Concept Map for Subjects in

Civil Engineering --A Case of Structural Analysis

研究生：王志銘

指導教授：洪士林 博士

中華民國 九十九年 八月

自動化建構土木工程課程學習概念圖
以結構學為例

Auto-Constructing the Studying Concept Map for Subjects in
Civil Engineering --A Case of Structral Analysis

研究生：王志銘
指導教授：洪士林 博士

Student : Chih-Ming Wang
Advisor : Dr. Shih-Lin Hung



Submitted to Department of Civil Engineering
College of Engineering
National Chiao Tung University
in partial Fullfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Science
in
Civil Engineering

August 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十九年 八月

摘要

概念圖是一種知識表示法，能清楚呈現知識之間的關聯，教師能利用概念圖來設計課程的教材，也能利用概念圖了解學生對於課堂知識的理解程度，從 1984 年問世至今已被廣泛運用在眾多領域，無論是語文教育、科學教育、工業教育、商業教育等領域皆被證實有效。土木工程課程彼此存在很多的關聯，學生學習時，特定單元不懂，原因很可能是出在更前面的相關章節尚未融會貫通，因此如果能藉由一套方法找出課程單元的關聯，勢必對土木工程的教學有莫大的幫助，因此本研究使用概念圖相關的學術期刊作為參考，往年學生考試的考卷為資料來源，發展概念圖自動化產生器，藉此來找出課程單元間的關聯，有些是已知的關聯，有些是未知的，而這些關聯能用來在學習者評量後給予適當的建議與幫助教學者教材上的改進。本研究分為以下步驟：(1)蒐集學生在結構學考試的考卷作為實際案例(2)架設概念圖產生系統(3)與專家討論並設計虛擬案例(4)將虛擬案例輸入系統測試準確性(5)將實際案例輸入系統測試其實用性。研究結果顯示，使用本概念圖產生器確實可以透過學生成績成功推導出結構學的概念圖。本研究的貢獻為將概念圖法引進土木教學裡，利用此系統產生的概念圖可以提供該領域的教學者一個教學內容改進的參考，也可以幫助學習者探索自己能力不足的地方。

關鍵字:概念圖、土木工程課程、工程教育

Abstract

Concept map is a methodology of knowledge representation and can be utilized to express the relationship between components of knowledge. Hence, teachers could employ the concept map to design their course materials and also to recognize how much the students' understanding of the course. From last two decades, the concept map has been extensively applied in many various domains, such as language, science, engineering, commerce, and other education domains. Courses for Civil Engineering have many relationships among them. If a student studies any topic not very well, the key point is maybe she (or he) does not understand other related topics. It would be helpful if an available method can be used to realize the relationships among topics. In this work, an auto-constructing concept map system is developed and employed to the course, *Structure Analysis*, in Civil Engineering for helping teachers to progress their course provisions. The students' scores in examinations are collected as data source. There are five steps in the proposed system: collecting the students' score in *Structral Analysis* as real cases; building-up the auto-constructing concept map system; creating virtual case with experts; testing the system using virtual cases; verifying the accuracy and practice of the system using real cases. The verification results reveal that the auto-constructing system can generate the corresponding concept map for *Structral Analysis* based on available students' scores. While the proposed system is a generalized model, it can be utilized in other courses in Civil Engineering to assist teachers to improve their course materials.

Key word: concept map, civil engineering course, engineering education

致謝

這段編寫論文的期間有痛苦有感動，研究期間受到了很多的幫助，這本論文才能誕生，要感謝的人真的很多。首先，要感謝我的家人，在這段期間我感受得到他們不想給我壓力的關心，我很感激我的父母陪伴我一路走來；再來是我女友沂臻與女友的家人，因為地理位置的關係，這段期間真的受了他們很多照顧，我的女友更是不時給我加油打氣，謝謝她給我的鼓勵；在我苦於新竹、台北往返的不便時，凱翔與白黛二話不說就提出房間可以借我睡，這份義氣會在未來需要我情義相挺時報答的；研究論文期間，感謝洪士林教授與詹君治副教授細心的指導，從中學到很多做人做事的技巧，多次陷入死胡同時，更是兩位教授指引出新的方向，感謝教授的教導，也感謝黃炯憲、鄭復平兩位口試委員百忙中抽空參加我的口試，給了我很多指教，讓本論文更趨完整，勇奇學長、子軒學長、玉邦學長、同學野口與學弟妹也都提出許多寶貴的建議；蒐集資料方面，很感謝楊左銘、台灣科技大學土木系的林英俊教授、中華大學土木系苟昌煥教授、廖述濤教授、學弟冠豪、學妹璧昀的幫助，在我為了實際案例傷透腦筋、四處奔走時，他們讓我相信這世界是美好的；寫論文是苦悶的，感謝冠豪、家宇、夙修、麗松、孟軒、思伶、阿槍、阿祥、小胖學長、與侯老大等人，因為你們，研究室多了很多歡笑；我可以理解陳之藩所說的：「要謝的人太多了，就謝天吧！」若不是上天的安排，我不可能遇見這麼棒的各位，謝謝老天，謝謝你們，謝謝一路上幫助過我的人。

本文目錄

摘要.....	I
Abstract.....	II
致謝.....	III
本文目錄.....	III
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 相關文獻.....	3
1.3 研究動機與目的.....	6
1.4 論文架構.....	7
第二章 研究方法.....	9
2.1 研究步驟.....	9
2.2 模糊等級化.....	10
2.3 不規則判斷.....	11
2.4 模糊資料探勘.....	14
2.5 關聯性規則.....	16
第三章 研究結果.....	19



3.1 系統開發.....	19
3.1.1 網頁技術.....	19
3.1.1.1 動態網頁技術.....	20
3.1.1.2 資料庫.....	21
3.1.2 系統展示.....	21
3.2 虛擬案例的產生.....	23
3.3 虛擬案例分析結果.....	25
3.4 實際案例分析結果.....	25
3.5 使用新模糊歸屬函數分析實際案例.....	27
3.6 使用新模糊歸屬函數分析虛擬案例.....	28
第四章 結論與未來展望.....	30
4.1 結論.....	30
4.2 未來展望.....	31
文獻回顧.....	32
附表.....	35
附圖.....	55



表目錄

表 2.1 假設的學生成績.....	35
表 2.2 根據成績做模糊等級.....	36
表 2.3 題目辨別度的狀況.....	36
表 2.4 根據總分降冪排列第四題學生成績.....	37
表 2.5 不規則判斷.....	37
表 2.6 支承度計算.....	38
表 2.7 信心度計算.....	38
表 3.1 虛擬案例的成績.....	39
表 3.2 虛擬案例不規則判斷的結果.....	40
表 3.3 虛擬案例計算信心度的結果.....	41
表 3.4 實際案例的成績.....	45
表 3.5 實際案例不規則判斷結果.....	47
表 3.6 實際案例兩次考試平均分數.....	47
表 3.7 實際案例用新模糊等級化函數的不規則判斷結果.....	48
表 3.8 實際案例用新模糊歸屬函數的信心度計算結果.....	49
表 3.9 虛擬案例不規則判斷結果.....	50
表 3.10 虛擬案例用新模糊歸屬函數的信心度計算結果.....	51

圖目錄

圖 1.1 基本的概念圖結構.....	55
圖 2.1 研究步驟.....	56
圖 2.2 產生概念圖的流程.....	57
圖 2.3 模糊等級化的模糊歸屬函數.....	57
圖 3.1 網站架構.....	58
圖 3.2 題目上傳頁面.....	59
圖 3.3 成績輸入頁面.....	60
圖 3.4 輸出結果頁面.....	61
圖 3.5 預設的結構學概念圖.....	61
圖 3.6 第一單元靜力平衡的成績以常態分布亂數產生.....	62
圖 3.7 產生後備知識的方法.....	62
圖 3.8 模糊歸屬函.....	63
圖 3.9 依虛擬案例輸出結果繪製而成的概念圖.....	63
圖 3.10 依實際案例輸出結果繪製而成的概念圖.....	64
圖 3.11 調整模糊等級化函數.....	64
圖 3.12 實際案例六個單元之間的關聯.....	65
圖 3.13 用 L-L 關聯過濾後六個單元之間的關聯.....	65
圖 3.14 用 H-H 關聯過濾後六個單元之間的關聯.....	66

圖 3.15 用三種關聯性的加權平均取最強的六條.....	66
圖 3.16 整理後的概念圖.....	67
圖 3.17 實際案例八個單元之間的關聯.....	67
圖 3.18 用 L-L 關聯過濾後八個單元之間的關聯.....	68
圖 3.19 用 H-H 關聯過濾後八個單元之間的關聯.....	68
圖 3.20 用三種關聯性的加權平均取最強的九條.....	69
圖 3.21 整理後的概念圖.....	69
圖 3.22 虛擬案例十一個單元之間的關聯.....	70
圖 3.23 用 L-L 關聯過濾後十一個單元之間的關聯.....	70
圖 3.24 用 H-H 關聯過濾後十一個單元之間的關聯.....	71
圖 3.25 用三條關聯的加權平均取最強的 18 條連結.....	71
圖 3.26 整理過後的圖.....	72
圖 3.27 改取最強的 11 條連結.....	72

第一章 緒論

本章主要是描述本研究之背景、目的、相關文獻及研究步驟，最後再提出本研究之論文架構。

1.1 研究背景

「教育」的發展歷史相當悠久，人們所要學習的知識無論深度或廣度都比過去來的高，知識是繁多且凌亂的，教師有義務將知識整理成利於學生吸收的模式，因此使用適當的知識表示法來表達該領域的知識成為教師授課相當重要的技術，常見的圖解組織表示法有：比較/對照矩陣、連續體、問題解決大綱、循環圖、因果互動圖、網等六種[1]，不同的知識內容會採用不同的圖解表示，而本研究採用的核心技術-概念圖，就是一種複雜結構的網。美國的心理學家 Joseph D. Novak 從 1960 年代開始發展概念圖，直到 1984 年時，在” Learning How To Learn” 一書中正式提出概念圖，他的做法是在教學課程時，同時教導學生如何繪製概念圖，藉由課後觀察學生對於課程所繪製的概念圖，以掌握學生知識理解的狀況 [2]。很多研究者都認為，概念圖是個很好的工具，它可以將學習者所得到的新知識融入舊知識中，並且可以讓學習者建立起、並理解概念和概念之間的關係，以至於讓學生可以達到有意義的學習過程 [3]。這樣的做法後來在教育界被大力推廣，認為確實有助於學生的學習，因此被各領域廣泛的使用。

基本上概念圖是用圖像來呈現知識的一種技術，而這種呈現知識的圖像是由

節點(Nodes)跟連結線(Links)所構成。節點是組成此呈現知識的概念，而連結線是連結兩個概念用，並且此連結線旁也會註明出兩個概念之間的關係。如圖 1.1 所示，一個基本的概念圖會包含：節點、連結及關聯性。圖 1.1 這個假設的範例就顯示了工程數學、微積分及材料力學三門課程之間的關係，其中三個節點，代表三個知識單元；箭頭顯示了連結的方向性，如圖所示微積分是另外兩科的先備知識，工程數學是材料力學的先備知識；箭頭旁邊的數字表示關聯的強度，基本上微積分學不好的人，在工程數學的學習過程也會備感艱辛，因此設定這條關聯的強度是 0.9，但工程數學學不好的人，在材料力學的學習上會受影響的只有少數章節，因此設定這條關聯的強度是 0.5。以這種方式呈現彼此的關聯，某個特定知識源的基本概念圖就繪製出來了。

相關的文獻指出概念圖就使用方式的分類上有三大類：改善教師的教學策略、了解學生的知識理解狀況以及適性化學習。第一類就像 Ferry 等人所說的，他們認為透過概念圖設計教材能夠改進課程的發展與產品，發展指的是教師對課程內容進一步的思考，產品指的是所設計出的授課流程與教材，因此在使用概念圖設計教材的同時可以更加釐清課程的內容，幫助教學者擬定教學策略[4]；第二類就是余民寧所分析的，他指出過去文獻多半以學生所繪製的概念圖與教師繪製的標準概念圖做比較，當學生的概念圖與老師的標準概念圖越相似，學生的概念學習結果越接近教師期望的結果，反之，則需要列入教師進行補救教學的對象[5]；第三類是周雲虎、謝尚賢等人所提到的，適性化教學能有效幫助不同程度

的學生得到最適當的教學，而概念圖就能作為一個適性化教學系統背後的知識地圖，給予學生適當的學習路徑[6]。

1.2 相關文獻

概念圖理論問世至今已經 25 年了，這段期間其實早已廣泛的在許多教學領域被使用，像是生物、語文、數理、運動、商業、網路學習這麼多相異的領域，甚至連土木工程領域也有人在從事概念圖的研究，本節將介紹這些文獻。

在生物領域，程丰等人認為概念圖的製作比死背知識來的容易，學生對於知識有著不同的理解就會繪製出不同的概念圖，對於學生的學習會更有幫助[7]；林素華將 48 位非生物主修的大一學生分組，為期兩個月的時間裡，教授遺傳學課程以及使用包含概念圖法的 ePBL(Problem-Based e-Learning)教學，期滿時發現學生在活動概念圖的繪製上，都明顯比授課初期多出許多分支，成功將新舊概念作結合[8]。

在語文領域，林靜宜提出「概念圖示作文教學」的可行性，研究結果顯示「概念圖示作文教學」對學生的寫作表現與寫作興趣皆有正面的影響[9]；李雅惠跟劉美智分別研究概念圖教學對學生中文與英文閱讀能力的影響，李雅惠探討概念構圖教學對八年級學生閱讀理解能力與國文學習能力之影響，她對兩個班的學生教授一樣的課程，但其中一班同時教授概念圖，依據研究結果發現，無論是國文理解能力或是學習態度，教授概念圖的班級都明顯表現較好[10]；劉美智則透過

小組合作繪製概念圖與個人測驗概念圖，發現有 83% 的學生理解能力有所提升，她的結論認為概念圖可以做為一種閱讀的策略，亦能有效促進學生學習之互動 [11]。

在數理領域，張秀鳳研究運用概念圖融入小學五年級的數學教學對解題的成效，結果顯示學童概念構圖解題的表現除了受到學童的數學程度影響，亦會受到語文能力影響，語文能力差的學童，概念構圖解題的表現亦較差，但整體而言不同程度的學童皆因此有所提升 [12]；王立君歸納了大學力學概念圖製作的步驟，並提出了改進的方法 [13]。

在運動領域，張俊峰利用概念圖教授排球快攻的概念，他將學生分為四組，實驗組 A 利用他自製的電腦多媒體軟體及概念構圖法來學習五種基本排球快攻，實驗組 B 只利用概念構圖法，實驗組 C 事先學習概念圖並使用標準教學的教師講解但是不做概念圖練習，實驗組 D 是標準教學的教師講解。結果顯示 A 組成效以平均值來看最好，B 組次之，但兩者並無顯著差異 [14]；林嘉玲利用概念圖探索七年級學生健康與體育相關概念的歷程，但發現了原始的做法有著聯想關鍵字不易、不利於顏色的運用的缺點，於是改良出新版概念圖產生法，新版概念圖產生法改善了這些缺點，並有助於學生全腦思考 [15]。

在商學領域，丁偉宸將傳統概念圖改良，改良式概念圖為因應不同學生個別學習能力與程度之差異，將困難度較高的概念抽離，可達到因材施教之目標。運用改良式概念圖的學習策略可減少網路學習所造成的「迷失」(disorientation)

與「認知超載」(cognitive overhead)等學習現象[16]；邱垂昌指出商學課程環環相扣，除了需要計算能力也需要良好的理解能力。他對兩個班級同時教授一樣課程的會計學，但只有一班同時教授概念圖，結果有教授概念圖的班級，無論是概念圖的繪製或是會計學成績都有顯著的進步[17]。

網路學習方面，林立傑等人以概念圖為基礎發展了一套符合 XML 標準之結構化語法的教學系統，可以讓教學者輕易的架構出課程概念圖[18]。孫小婷架設了一個以概念圖為基礎的系統，可以藉由學生的線上測驗結果所產生的概念圖型式，推演出學生的學習路徑，給予適當的協助[19]。

除了在一般的教學領域中被使用外，概念圖甚至被運用在企業訓練方面，蔡雯玲指出教材的編輯需要有相當的教學經驗以及編輯的訓練，這些是企業資深人員所缺乏的，因此資深人員要將經年累月的經驗付諸傳承時，會是一項艱難的挑戰。因此他設計出一套以概念圖為基礎的企業數位訓練課程輔助系統，目前已應用到數個企業的訓練課程中並獲得良好的成效[20]。

在土木教學領域裡，謝尚賢等人運用了概念圖發展課程教學系統。他們認為國內高等教育中，相同的課程，由於授課教師的不同，所擬定的教學流程與內容皆會有所差異，這樣會使教學內容的深度參差不齊，因此設計了一套演算邏輯，整合多位專家心中的概念圖找出權重，產生一個客觀的概念圖，如此產生的教學流程可以達到適性化學習、因材施教的目標。

接著要提到本研究所參考的主要文獻，曾憲雄提出一套方法，透過學生測驗的結果來歸納出該領域的概念圖，研究結果顯示確實能成功歸納出概念圖，並且能幫助教師擬定課程內容[21]。曾憲雄的目的與謝尚賢等人的研究相似，都是要找出一個客觀的概念圖以達到適性化學習，不同的是謝尚賢等人的做法是從多位專家的概念圖去探勘出多數專家認同的教學路徑，而曾憲雄是從學生的測驗成績來探勘出課程的關聯性。因此，透過這些文獻，可以發現到就概念圖的產生方式分為三大類：單位專家產生、透過資料挖掘技術從多位專家產生、透過資料挖掘技術從學生成績產生，本研究將採用第三種產生方式。在看了這些文獻之後，下一小節將說明從這些文獻中獲得了哪些啟發，以及本研究的目的。



1.3 研究動機與目的

透過上述的文獻，可以發現一個好的知識表示法確實可以作為教師跟學生教學上的橋梁，教師透過概念圖更清楚學生的學習狀況，學生透過概念圖更清楚教師教授知識的關聯，在土木工程領域之中，課程的關聯性很強，因此也很需要這樣的方法。在土木工程的課程裡，力學概念環環相扣，部分概念若前面沒學好，後來的學習會如霧裡看花般難懂。以結構學為例，結構學是土木系相當重要的基礎科目之一，它同時重視觀念與數字，學生要學好結構學除了要具備良好的工程數學、應用力學及材料力學的基礎外，更要懂得舉一反三，活用現在所學的概念與過往所吸收的知識去思考問題。然而學生往往用死背的方式硬記老師考試範圍

的例題來應付考試，並沒有充分理解位移法與力法背後包含的意義，因此稍微將題目變化，學生成績普遍不佳。學生因為應付考試而囫圇吞棗，造成在某小節所無法理解的問題的先備知識，可能來自好幾章前，甚至是另一門先修課程的內容，長遠下來，環環相扣的課程將讓學生的成績如骨牌般倒下，如何讓學生能夠更有意義的學習，而非一味囫圇吞棗，教學人員也不斷在努力。關於這一點，邱垂昌認為「利用概念圖造成有意義學習導向會比傳統機械式學習導向對學生的高度認知能力更有幫助」[22]。因此，土木工程課程彼此的高關聯性，正需要概念圖法來作為輔佐，一個客觀的知識概念圖必能幫助學生更有意義的學習，因此本研究使用概念圖相關的學術期刊作為參考，學生考試的考卷為數據來源，產生適性化教學輔助系統所需的概念圖，藉此來找出課程單元間的聯繫，而結構學是土木工程教育相當重要的課程，因此選擇用這個科目來做範例。

1.4 論文架構

本研究分為三個步驟，第一步驟是前置作業，分為三個次步驟同時進行：(1)蒐集學生結構學的考卷作為實際案例(2)架設概念圖產生系統(3)與專家討論結構學概念圖，並依此產生虛擬案例。第二步驟會將虛擬案例輸入系統作測試，以確定系統準確性，然後第三步驟將實際案例輸入系統後討論結果。本論文中共分四章闡述，內容分別說明如下：

第一章闡述本研究的背景與相關文獻，參考概念圖在其他領域教學上的成果

與其他學者的見解，說明從這些文獻中獲得哪些啟發作為本研究之動機與目的。

最後說明本研究之研究步驟與論文架構。

第二章為研究方法，將會詳細說明本系統每一個步驟與探勘關聯性的過程，以及所使用的方法與假設。

第三章則是研究結果，將會展示系統，說明虛擬案例產生的方式並將虛擬與實際案例輸入後產生的結果做討論。

第四章則將本研究的成果作一總結，並提出本研究之價值與貢獻，最後提出建議供後續研究者參考。



第二章 研究方法

本章將會詳細說明整個系統產生概念圖所用的方法與所需的流程，是本研究最核心也最重要的一章，包含了大量的計算與篩選機制，就是為了能精確地找出單元之間的關聯性。

2.1 研究步驟

本研究的研究步驟如圖 2.1 所示：第一步驟有三個工作同步進行：與專家討論概念圖、模式建立、蒐集實際案例。與該領域的專家討論概念圖是為了產生虛擬案例，討論出的結構學概念圖，知識之間的連結與關聯強度根據專家的經驗做設定，接著根據所討論出的結構學概念圖去產生虛擬的學生成績，而產生的方法當然是儘可能的貼近真實狀況，所得到的虛擬案例將用來測試系統的穩定性；蒐集實際案例是要藉由真實案例來證實系統的實用性；模式建立是要建立起系統運行的準則，也是本研究最核心的部份，包含了大量的計算、分類、探勘方法來找出所有題目間的關聯性，然後再根據設計好的模式來程式化建立系統。當這些前置作業都完成後，就要將虛擬案例輸入系統中，利用所產生的虛擬案例來驗證系統是可運行的，當虛擬案例作為輸入值而所得的結果與預期相去甚遠時，就要考慮是系統有誤還是虛擬案例的產生有瑕疵？若是所輸出的結果合理，則系統是可靠的。最後在確定系統可靠後輸入實際案例，觀察與討論所分析出的關聯與預期的關聯有何異同，也許有預期的連結消失，也許存在未知的連結。模式的建立需

要許多方法所構成，在下一小節開始會介紹這些方法，也就是本研究的核心技術-概念圖產生的方法。

2.2 模糊等級化

根據本研究所主要參考的文獻[21]，曾憲雄提出了一個概念圖產生的機制，本研究參考並結合其他文獻做改良後，設計了如圖 2.2 的產生概念圖流程。首先，必須將學生成績與題目存入資料庫，當存入學生成績時，就會同步開始第一個步驟模糊等級化，因為需要將學生的成績分類。所謂的高、中、低分的區分界線是很模糊的，如果 90 分代表高分，那麼 89 分就算中分了嗎？有些界線很難用二分法來分類，因此使用模糊等級化將學生在 0~100 這個區間的數值式(numeric)的成績轉換成高、中、低三個象徵式(symbolic)的模糊等級來分類；這些轉換後的模糊等級就可以用在第二步驟做不規則判斷，利用一些式子，可以輕易的將太難、太簡單、或是邏輯不規則的題目捨去，保留有鑑別度的題目，以便在第三步驟做計算；第三個步驟就是要將所保留下來的题目的模糊等級做模糊資料探勘，讓系統找出所有模糊等級之間的關聯；但是這些關聯有些是合理的，有些是不合理的，所以第四步驟本研究將定下一些關聯性規則來做篩選，當兩個單元間有數條合理的連結都成立，則認為這兩個單元間存在先後關係。最後依據使用者要保留的數量，將選擇強度較強的關聯性保留，利用所得到的連結來繪製出概念圖。接下來將利用表 2.1 這個假設的例子來說明整個流程，表中列出十位學生在五個

單元的成績。

模糊等級化最重要的就是將每位學生在每一個單元的分數作分類，圖 2.3 是一個模糊等級的模糊歸屬函數，透過這張圖，可以將學生數值式的成績轉換成象徵式的等級，稱之為模糊等級，分別是 Low(L)、Middle(M)、High(H)三個模糊等級，它們象徵了學生分數的高低程度，例如：學生 1 號在第一題滿分 20 分的題目拿了 12 分，也就是總分的 60%，根據圖 2.3 就可以轉換成 Low 等級等於 0、Middle 等級等於 0、High 等級等於 0.7(本論文後面會以 $L(Q_1)=0$ 、 $M(Q_1)=0$ 、以及 $H(Q_1)=0.7$ 的方式表示)，經過這樣的轉換就更能清楚呈現學生的成績，更重要的是，這些轉換後的等級，將在下一個步驟-不規則判斷透過一些公式，輕易的將無鑑別度的題目過濾掉。所有成績模糊等級化的結果如表 2.2 所示。



2.3 不規則判斷

在這一個步驟的重點，就是要將沒有鑑別度的題目過濾掉，表 2.3 列出四種主要的狀況：若將全班學生根據總分作排序，由高至低平分成高、中、低分三群，當一個題目的測驗結果，高分群者得高分而低分群者得低分時，這是一個好的題目，因為難易適中有辨別度，能夠分辨學生的程度；當測驗結果是高分群者得高分而低分群者也得高分，這個題目就過於簡單而失去辨別度；反之，若兩個群組的學生都得到低分，那這個題目就太過困難，同樣失去辨別度；最後一種狀況是高分群者得低分，低分群者反而得高分，這是相當不合理的狀況，可能存在作弊

或是其他因素的干擾，因此也要過濾掉。所以根據表 2.3 很清楚得看的出來所要保存的就是高分群者得高分而低分群者得低分的題目，但如前一小節所述，很難清楚界定高低分的界線，因此在前一個步驟所轉換的模糊等級就有了用途，這些轉換後的模糊等級將透過下列式子來計算困難度(P_i)跟辨別度(D_i)。

$$P_{iH} = \frac{R_{iH}}{N_{iH}} : \text{高分群本題得分的比值} \quad (2.1)$$

$$P_{iL} = \frac{R_{iL}}{N_{iL}} : \text{低分群本題得分的比值} \quad (2.2)$$

$$D_i = P_{iH} - P_{iL} : \text{辨別度} \quad (2.3)$$

$$P_i = 1 - \frac{P_{iH} + P_{iL}}{2} : \text{困難度} \quad (2.4)$$

R_{iH} : 高分群的模糊分數總和

R_{iL} : 低分群的模糊分數總和

N_{iH} : 高分群的總人數

N_{iL} : 低分群的總人數



P_i 代表的是一個題目的困難度，換算後的數值會介於 0~1 之間， P_i 越大代表題目越困難，反之則題目越簡單，越接近 0.5 代表難易適中，在本研究中將取 0.25~0.75 作為門檻範圍； D_i 代表的是辨別度，換算後的數值會介於-1~1 之間，越大的正數值代表題目越具有辨別度，正數值越小代表越沒辨別度，當 D_i 出現負數時，代表的就是不合理的辨別度，也就是高分群低分且低分群高分的狀況，

這種狀況顯然有受到其他因素干擾樣本，才造成這種不合理之情形，在本研究中，將取 $D_i \geq 0.5$ 做為門檻值。

在使用範例說明之前，先說明上述幾項式子：首先，這個步驟的精神就是要掌握學生得分的狀況，以分辨高分群與低分群學生的得分情形。先將學生根據總分高低作排列，然後平分成高、中、低分三群，接著找出每位學生在這一單元的三個模糊等級中數值較高的模糊等級作為該單元的主要模糊等級，根據主要模糊等級給予一個模糊分數，是 Low 就給 0 分、Middle 就給 0.5 分、High 就給 1 分， R_{iH} 與 R_{iL} 分別就是高分群與低分群的模糊分數加總； N_{iH} 與 N_{iL} 分別為高分群與低分群的人數；式子 2.1 和 2.2 則是將該群的模糊分數總和除以該群的總人數的比值，應當介於 0~1 之間，當高分群的學生成績越高，則高分群的 P_{iH} 就會越接近 1；反之，學生成績越低則 P_{iH} 會越接近 0， P_{iL} 也是相同道理，因此透過 P_{iH} 跟 P_{iL} 就能掌握全班學生的得分趨勢，分辨出表 2.3 中的四種族群分布，但這樣還不夠清楚呈現题目的困難度與辨別度，所以要計算 P_i 與 D_i ；式子 2.3 就是要計算题目的辨別度 D_i ，前一步已經藉由式子 2.1、2.2 將表 2.3 中的高分群者得高分、高分群者得低分、低分群者得高分、低分群者得低分四個群組區分出來，因此式子 2.3 就只需將 P_{iH} 減掉 P_{iL} 即可得到辨別度，前一段落已說明辨別度在各數值區間代表的意義，在此不多贅述；式子 2.4 是透過 P_{iH} 跟 P_{iL} 兩者取平均，當學生們普遍分數較高，則值接近 1；反之，普遍分數較低則接近 0，為了更直觀表示困難度，於是將困難度用 1 減去計算出的值，即可清楚了解數值越高則題目越

難，數值越低則題目越簡單。下面將會利用範例說明整個計算過程。

表 2.4 以第四單元做為範例來說明：首先為了區分高低分群，第一步要將學生根據總分由高至低排列，然後將學生平均分成高分群、中分群及低分群，因此 N_{4H} 跟 N_{4L} 皆為 3；第二步要比較學生在這一題得到的模糊分類，數值較高的等級將成為主要模糊等級，接著根據這個主要模糊等級給定一個模糊分數，都完成後將該群組的模糊分數加總起來，因此 $R_{4H}=1+0+0=1$ ， $R_{4L}=0+0+0=0$ ；第三步驟，有了 N_{4H} 、 N_{4L} 、 R_{4H} 、 R_{4L} 就可以代入公式 2.1、2.2， $P_{4H}=1/3=0.33$ ， $P_{4L}=0/3=0$ ，顯然這一單元高分群跟低分群都考不好。最後代入式子 2.3、2.4 作計算， $D_4=0.33-0=0.33$ ， $P_4=1-[(0.33+0)/2]=0.83$ ，其他單元的計算結果如表 2.5 所示，若設定 $D_i \geq 0.5$ ， $0.25 \leq P_i \leq 0.75$ 為門檻值，則第四單元會被認為是太困難、沒有辨別度的單元而被捨去。至此，不規則判斷這個步驟算完成了，成功的過濾了沒辨別度的單元，所保留下來的單元被認定是有效的單元，將在下個步驟進行模糊資料探勘的動作來找出各種可能存在的關聯性，這些都將在下個小節作介紹。

2.4 模糊資料探勘

經過篩選所保留的題目被認定有效，在這個步驟就要開始計算每兩個單元等級之間的關聯性了。要判斷關聯性的強弱，要先計算支承度(Support)，所謂支承度就是指兩個單元等級之間的關聯強度，當學生人數是 n 人時，支承度會介於

0~n 之間，支承度越接近 n，就表示這兩個單元等級發生的頻率皆很高，反之越接近 0，表示這兩個單元等級發生的頻率很低。當找出支承度之後，可以了解兩者的關聯強度，卻不清楚其連結的方向性，因此要計算信心度(Confidence)。信心度的計算要將支承度的值除以該單元等級的模糊等級總和，信心度會介於 0.0~1.0 之間，數值越大代表關聯越強，當兩個單元之間有數條合理連結的信心度都足夠強烈，表示這兩單元的先後關係是成立的。

$$\text{支承度} : \text{Sup}(A, B) = \sum_1^n \text{Min}(A, B) \quad (2.5)$$

$$\text{信心度} : \text{Conf}(A, B) = \frac{\text{Sup}(A, B)}{\text{Sup}(A)} \quad (2.6)$$

A、B：代表任意兩個題目等級



接下來說明計算的公式，式子 2.5 是支承度的公式，A 跟 B 代表兩個單元等級，n 代表學生人數，將兩個單元等級裡所有學生的模糊等級兩兩比較取小值後總和起來，得到的值就是支承度。參考表 2.2，若要計算單元一的 L 等級(L(Q₁)) 跟單元二的 H 等級(H(Q₂)) 的支承度，只有在第六位學生時最小值是 0.3，其他皆為 0.0，因此總和後的支承度為 0.3，表 2.6 列出幾個支承度以供比較。有了支承度後就可以計算信心度了，假設 A、B 代表兩個題目等級，式子 2.6 顯示當要計算 A→B 的信心度時，就用 Sup(A,B)除以 Sup(A)，Sup(A)代表的是 A 單元等級的總和，依公式相除後得到的就是 A→B 方向的信心度，而 Sup(A,B)除以 Sup(B)，得到的就是 B→A 方向的信心度，表 2.7 列出幾個信心度以供比較。在

計算完信心度後，主要的計算已經告一段落，成功的將題目間的關聯性找出來，下一節將要介紹如何從這些強關聯中找出合理的連結，當兩個單元間所有合理的連結在經過重重的篩檢後悉數保留，則可以肯定這兩個單元的關聯性。

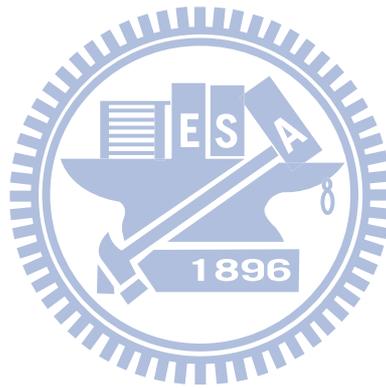
2.5 關聯性規則

根據 2.2 節所提到的三點原則：1. 由第一個先修單元做為源頭；2. 理論上後修單元的難度會大於先修單元，因此後修單元的成績比先修單元低的可能性較高；3. 假定學生都有認真準備考試，那麼前後單元之間的成績跳動幅度應該不會太大。以這三點假設為前提，假設 a 跟 b 代表兩個單元， $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 若大於 $L(Q_b) \rightarrow L(Q_a)$ ，等同 $\text{Conf}(L(Q_a), L(Q_b)) > \text{Conf}(L(Q_b), L(Q_a))$ ，等同於 $\frac{\text{Sup}(L(Q_a), L(Q_b))}{\text{Sup}(L(Q_a))} > \frac{\text{Sup}(L(Q_b), L(Q_a))}{\text{Sup}(L(Q_b))}$ 而又因為 $\text{Sup}(L(Q_a), L(Q_b)) = \text{Sup}(L(Q_b), L(Q_a))$ ，因此 $\text{Sup}(L(Q_a))$ 必定小於 $\text{Sup}(L(Q_b))$ ，由上述式子可知，當 $\text{Sup}(L(Q_a)) < \text{Sup}(L(Q_b))$ 時， $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 的連結會成立。
 $\text{Sup}(L(Q_a)) < \text{Sup}(L(Q_b))$ 等同於 a 單元的 L 等級總和低於 b 單元的 L 等級總和，參考圖 2.3 會發現也等同於 a 單元考低分的分數普遍比 b 單元考低分的分數還要高，這個結果正符合先前所假設的原則，因此當 a 是 b 的先修單元， $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 的連結是其合理的連結，篩選時要取其大值；同樣的邏輯， $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 若大於 $H(Q_a) \rightarrow H(Q_b)$ ，等同 $\text{Conf}(H(Q_b), H(Q_a)) > \text{Conf}(H(Q_a), H(Q_b))$ ，等同於 $\frac{\text{Sup}(H(Q_b), H(Q_a))}{\text{Sup}(H(Q_b))} > \frac{\text{Sup}(H(Q_a), H(Q_b))}{\text{Sup}(H(Q_a))}$ ，因此 $\text{Sup}(H(Q_b))$ 必定小於

$\text{Sup}(H(Q_a))$ ，由上述式子可知，當 $\text{Sup}(H(Q_b)) < \text{Sup}(H(Q_a))$ 時， $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 的連結會成立。參考圖 2.3 會發現也等同於 a 單元考高分的分數普遍比 b 單元考高分的分數還要高，這個結果也符合先前所假設的原則，因此當 a 是 b 的先修單元， $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 的連結是其合理的連結，篩選時要取其大值；最後考慮中分群的狀況，同樣的道理，考中分的學生，在後修單元的得分是高分的機率理論上會較低，因此 $M(Q_a) \rightarrow H(Q_b)$ 的連結成立，要取其小值。

前一段說明的 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 、 $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 、 $M(Q_a) \rightarrow H(Q_b)$ 這三條關聯性規則就是本研究用來篩選的規則，將先由 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 做第一步篩選，保留三分之二的強關聯，再用 $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 篩選，一樣再保留三分之二強關聯，最後再考慮 $M(Q_a) \rightarrow H(Q_b)$ ，透過取這三條關聯性的平均 $((L(Q_a) \rightarrow L(Q_b) + H(Q_b) \rightarrow H(Q_a) + (1 - M(Q_a) \rightarrow H(Q_b)))) / 3$ 的方式來求得兩個單元間的關聯強度。但是與 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 、 $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 相較之下， $M(Q_a) \rightarrow H(Q_b)$ 的影響比較沒這麼直接，因此在試著修改權重後將 $(L(Q_a) \rightarrow L(Q_b) + H(Q_b) \rightarrow H(Q_a) + (1 - M(Q_a) \rightarrow H(Q_b))) * 0.4 / 2.4$ 的加權平均作為關聯強度篩選出最強的關聯。至於要取幾條關聯，因為根據不同的資料，門檻值會有變化，設定上有困難，因此本研究將使用「保留的數量」取代「門檻值」的設定，保留的數量將由使用者決定。所保留下來的連結裡，當發生雙向連結皆保留時，以強關聯為準，弱關聯將被淘汰；當出現 $Q_a \rightarrow Q_c$ 與 $Q_a \rightarrow Q_b \rightarrow Q_c$ 這兩種連結時，其中一條無意義，因為對於 $Q_a \rightarrow Q_c$ 的關聯而言，後者成立前者必成立，反之亦然，故將一

樣根據強關聯做保留，若 $Q_a \rightarrow Q_c$ 關聯強度為 0.95、 $Q_a \rightarrow Q_b$ 為 0.9、 $Q_b \rightarrow Q_c$ 為 0.8，將會以 $Q_a \rightarrow Q_c$ 為準，將最弱的 $Q_b \rightarrow Q_c$ 淘汰；若 $Q_a \rightarrow Q_c$ 關聯強度為 0.85、 $Q_a \rightarrow Q_b$ 為 0.9、 $Q_b \rightarrow Q_c$ 為 0.95，將會以 $Q_a \rightarrow Q_b \rightarrow Q_c$ 為準，將最弱的 $Q_a \rightarrow Q_c$ 淘汰。



第三章 研究結果

本章將介紹系統的開發，以及說明虛擬案例產生的方法並對虛擬與實際案例輸入後產生的結果加以討論，透過討論與改進，務使系統的實用性提升。

3.1 系統開發

前一章已經建立好整個系統的模式，在本節要將已建立的模式轉化為系統。在網路技術發展迅速的現在，大部分的資訊系統都與網路做結合，本研究考量了網際網路現今被廣泛使用，以及開發、維護與使用的便利性，因此本研究也將利用網頁技術來發展概念圖產生系統，在本小節將介紹用來開發的工具與技術。



3.1.1 網頁技術

HyperText Markup Language (簡稱 HTML) 是為網頁創建和其它可在網頁瀏覽器中看到的信息設計的一種置標語言。它具有超文字 (HyperText)、超連結 (HyperLink)、超媒體 (HyperMedia) 的特性，透過 HTTP (HyperText Transfer Protocol) 網路通訊協定，便能夠在世界各地透過 WWW (World Wide Web) 的架構做跨平台的交流。在 WEB1.0 時代，一般個人網頁等傳統網站以資料為核心，使用者與網站建構者無法藉由網頁技術達到良好互動。於是之後有 WEB2.0 概念出現，主要在強調人與人之間交互而產生出的內容，經由在服務導向架構中的程

式，在這個環境被發佈、管理和使用。為了實現 WEB2.0 概念，若單純以 HTML 格式無法滿足功能需求，故又發展出其他網頁編寫技術，如 ASP.NET 2.0、PHP 等。

3.1.1.1 動態網頁技術

PHP 的全名為 Hypertext Preprocessor，它是個被廣泛運用在網頁程式撰寫的語言，它能適用於網頁程式的開發及能夠嵌入 HTML 文件之中，語法與 C、Java 及 Perl 等語法類似。PHP 的目地是為了能使網站開發者可以快速地撰寫動態網頁，支援絕大多數的資料庫，而且 PHP 是完全免費的，可以從 PHP 官方網站自由下載，不受限制地獲得原始碼，並且可以從中自由創作編輯[23]。

ASP 其實就是動態伺服器網頁 (Active Server Page)，由微軟所開發出來的一種動態互動式網頁的一種格式，產生的執行結果都是標準的 HTML 格式，而且這些程式是在網路伺服器端中執行，使用一般的瀏覽器(如 Internet Explorer 或 FireFox 等)都可以正確的獲得 ASP 的『執行』結果，並且將這 ASP 執行的結果直接在瀏覽器中『瀏覽』。ASP 系列已經發展至 ASP.NET 4.0，內容包括 ASP.NET 2.0、ASP.NET AJAX、Silverlight 等技術[24]。由於是微軟所開發的格式，故有較多資源運用，因此本研究也是使用此格式編寫。

3.1.1.2 資料庫

資料庫應用程式的性質和複雜性，以及規劃的過程，可能會有很大的差異 [25]。資料庫可以因專為個人使用所設計而相當簡易，也可以很龐大複雜，例如針對擁有成千上萬個用戶的銀行交易而設計。在第一個情況中，資料庫設計可能只需要在一些草稿紙上寫下注意事項即可。在第二個情況中，設計將是一份幾百頁的正式文件，裡面包含了資料庫每個可能的細節 [26]。在規劃資料庫時，請依下列幾項步驟設計規劃：1. 收集資訊；2. 識別物件；3. 建立物件模型；4. 識別每個物件的資訊類型；及 5. 識別物件之間的關聯。

一般常見的資料庫，如基礎版的Access，或進階版的MSSQL、MySQL、Oracle等。著重在單機作業的Access，利用一般程式語言，如C語言、Java、Visual Basic等，即可對資料作存取。MS-SQL、MySQL、Oracle等網路資料庫，可再配合利用網頁技術進行對資料庫的存取。本研究所使用的資料庫為MSSQL，其伺服器作業系統為Windows Server，網頁伺服器為Internet Information Server (IIS)，網頁開發技術為ASP.NET，都是微軟公司所開發的軟體與技術。

3.1.2 系統展示

如圖 3.1 所示，本系統包含了題目上傳頁面、成績輸入頁面、不規則判斷頁面、模糊資料探勘頁面、計算信心度頁面、輸出結果頁面等六個頁面，箭頭代表的是運行的順序。其中不規則判斷頁面、模糊資料探勘頁面、計算信心度頁面三

個頁面都是負責系統背後的計算，在前一章已經詳盡說明，這些頁面的內容將說明如下。

為了建構學生在結構學這門課的概念圖，獲取學生在這門課各單元的成績是必要的，本研究以學生結構學考試的成績為來源，試圖找出各單元的關聯性，因此首先建置了題目上傳頁面，圖 3.2 是題目上傳頁面，所連結的資料表 question 包含 questionID、contant、pic、belong、item1、item2、item3、item4、answer 等欄位，在此頁面可以將題目上傳，輸入題目的內容、答案與所屬單元，若有圖也可以存入系統，在本研究將同單元的題目簡化為單一單元，系統中輸入了十一個單元；圖 3.3 是成績輸入頁面，點選所要輸入成績的單元，再點選學生的人數，就可以輸入學生的學號與成績，所連結的資料表 score 包含 scoreID、studentID、questionID、score、fuzzyL、fuzzyM、fuzzyH、fuzzyMAX 等欄位，用來記錄學生成績，由於在輸入成績的同時就會同步進行模糊等級化，因此存入這個資料表時也會同步紀錄模糊等級化的結果與主要模糊等級；成績輸入頁面另外也連結資料表 totalscore，內含 studentID、totalscore 兩個欄位，是為了紀錄學生的總成績，以便在下個階段不規則判斷時，將學生依總分由高至低排列。本階段之任務是將題目與成績的資訊存入資料庫中；不規則判斷頁面從 score 資料表取出學生的模糊等級計算困難度與辨別度，所連結的資料表 anomaly 包含 questionID、difficulty、discrimination 三個欄位，用來紀錄在不規則判斷這個步驟的計算結果，將困難度跟辨別度存入 difficulty、

discrimination 兩個欄位；模糊資料探勘頁面要從 score 資料表取出學生的模糊等級計算支承度 (Support)，所連結的資料表 association 包含 mining_number、itemset1、itemset2、support 四個欄位，用來紀錄支承度計算的結果；計算信心度頁面要從 association 資料表取出這些支承度之後計算這些單元等級的信心值 (Confidence)，再存入資料表 confidence，包含 conf_number、itemset1、itemset2、conf 四個欄位；圖 3.4 是輸出結果頁面，使用者可以根據需求在空格中輸入要顯示的關聯數，點下按鈕後，系統就會自動從資料表 confidence 中關聯最強的關聯性一一顯示出來，使用者就能根據這些關聯繪製概念圖。展示完系統之後，在下面幾個小節會列出虛擬與實際案例所運行的結果，並加以討論。



3.2 虛擬案例的產生

同領域的專家們可能對該領域的知識架構有著不同見解，這也是為何同一門課，不同的教師會有不同的授課順序，圖 3.5 是與某位結構學教授所討論出的結構學概念圖，將結構學這門課的知識拆解成靜力平衡、內力平衡、共軛梁法、單位力法、虛功法、柔度矩陣、諧合變位法、影響線、彎矩分配法、傾角變位法、勁度矩陣等十一個單元。本研究將以這個概念圖去產生虛擬案例，先不討論其準確性。

對於虛擬案例產生的方式，本研究嘗試了數種產生模式，包括強制定義整體

的隨機機率、高中低區間擇一亂數、由後修單元成績反推出先修單元成績、增加樣本數、調整門檻值、增加門檻條件等等各式的方法，最後本研究認為與其他方法相比，遵守下述三點原則的方法較符合真實狀況：1. 由第一個先修單元做為源頭；2. 理論上後修單元的難度會大於先修單元，因此後修單元的成績比先修單元低的可能性較高；3. 假定學生都有認真準備考試，那麼前後單元之間的成績跳動幅度應該不會太大。以上三點原則詳細說明如下：首先以整體而言，本研究的虛擬資料會由第一個單元，也就是靜力平衡作為原點，接著依序根據所預設的關聯強度來隨機出後面十個單元的成績。以現實狀況而言，成績的分布應該是常態分布最為合理，因此第一個單元就是以 0~100 為區間做常態分布亂數，圖 3.6 就是虛擬出的全班三十位同學靜力平衡的成績。後面接續的十個單元的成績，則是根據關聯強度來決定成績略低於先修單元或是略高於先修單元。以圖 3.7 舉例，與靜力平衡相連的單元是內力平衡，所預設的關聯強度是 0.8，因此根據第二條與第三條原則，若學生甲在靜力平衡得了 75 分，有 80% 的機會成績會比先修單元略低，所以會是 $75-15*R$ ，而有 20% 的機會比先修單元略高，會是 $75+10*R$ ，R 代表的是 0.0~1.0 的隨機值。本研究的虛擬案例就是根據以上的方法亂數得到所有的成績，相當貼近真實的情況。有了虛擬案例後，下個小節就會討論將虛擬案例輸入系統後所得到的結果。

3.3 虛擬案例分析結果

在下面幾個小節會呈現研究的結果，首先在圖 3.8 看到的是本系統所使用的模糊歸屬函數，本研究取個中間值 55 分作為 M 等級的中心，左右各取 30 分的間距作為 L 等級跟 H 等級的邊界，因此 25 分以下 L 等級會是 1，85 分以上 H 等級會是 1。表 3.1 列出虛擬案例中 30 位學生 11 個單元的成績，透過圖 3.8 的模糊等級化函數轉換後，將會轉換成 H、M、L 三種模糊等級，接著再做不規則判斷過濾沒辨別度的題目，表 3.2 列出所有題目不規則判斷的結果，從表中能發現以 $D_i \geq 0.5$ ， $0.25 \leq P_i \leq 0.75$ 為門檻值的話，11 個單元全數皆通過門檻，因此將對這 11 個單元進行模糊資料探勘。圖 3.9 就是依模糊資料探勘後輸出的結果繪製而成的概念圖，將雙向關聯去除後，所剩下的強關聯如圖所示共 12 條，可以發現跟專家討論的概念圖符合。因此可以認定系統的計算是無誤的，系統確實可以使用，接下來就是將實際案例輸入系統測試。

3.4 實際案例分析結果

在確定虛擬案例輸出的結果符合預期後，就可以試著將實際案例輸入來驗證本研究所建構之系統。本實際案例來自 72 位學生在兩次期中考試的成績，兩次考試包含了 12 個題目，將同單元的題目合併後共 8 個單元，分別是靜力平衡、桁架內力分析、梁內力分析、虛功法、桁架單位力法、剛構架單位力法、共軛梁法、梁單位力法，學生的得分表列在表 3.4。在不規則判斷時，如表 3.5 所示，

除了虛功法、桁架單位力法、剛構架單位力法，其他單元因辨別度與困難度未過門檻而被過濾掉。這三個單元繼續做資料模糊探勘後找出的關聯性如圖 3.10，圖 3.10 顯示桁架單位力法是虛功法的先修單元，剛構架單位力法則與另兩單元無先後關係。就結果而論，所輸出的概念圖不太合理，三個單元彼此應不存在先後關係，因此該思考造成這樣結果的原因。

從表 3.6 中兩次考試的總平均可以明顯看出兩次考試的難易度落差相當大，這樣在做資料模糊探勘時，容易將平均分數高的單元成為先修單元。為了避免這種狀況發生，將嘗試改變模糊歸屬函數，將固定的模糊區間改成隨資料變動的變動區間。為了讓模糊歸屬函數隨資料變動，勢必要掌握學生的成績來調整，圖 3.11 就是改變後的模糊等級化函數示意圖，將某一題學生們的成績做高低排列後，平分成高、中、低分三群，取低分群的平均值做為 L 等級的邊界(A)；中分群的平均值做為 M 等級的中心(B)；高分群的平均值做為 H 等級的邊界(C)。如此一來，A、B、C 三個邊界本來分別固定為 25、55、85，現在將會隨著資料調整，每一題的模糊歸屬函數都會不一樣，當該題全班普遍得高分，A、B、C 的數值將會比較高；反之，全班普遍低分，A、B、C 的數值會比較低，這樣就能避免每次題目難易度落差太大造成資料探勘的困難。下個小節就將應用新的模糊歸屬函數再次分析實際跟虛擬的案例。

3.5 使用新模糊歸屬函數分析實際案例

實際案例在透過新模糊等級化函數做模糊等級後，所得到的模糊等級會有所變動，經過不規則判斷後如表 3.7 所示。透過表 3.7 能發現全部的單元的困難度都判定為難易適中，但是剛構架單位力法與梁單位力法卻無法通過辨別度的門檻 0.5，因此這兩個單元將被過濾掉，將剩下的六個單元做信心度計算。信心度計算的結果如表 3.8 所示，以下將以圖 3.12~圖 3.16 表示關聯性篩選的過程。所有單元間都有連結，只是有些是有關係的連結，有些是不相干的連結，圖 3.12 就是將所有連結都畫出來，如圖所示相當雜亂，因此才需要透過信心度計算的步驟將不相干的、太弱的連結去除。在透過 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 關聯性的篩選，將會保留 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 關聯性前 2/3 強的連結，如圖 3.13 所示，很多的雙向連結變成單向連結。接著將保留的連結再用 $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 關聯性篩選出前 2/3 強的連結，如圖 3.14 所示，只剩下三條雙向連結，其他的不是變成單向連結就是根本不存在關聯了。最後用 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 、 $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 、 $1-M(Q_a) \rightarrow H(Q_b)$ 三者的加權平均取最強的六條連結，如圖 3.15 所示，將雙向連結取較大值保留後再整理一下圖，就成為圖 3.16，所繪製出的概念圖很合理，接下來將測試如果將被淘汰的兩個單元也保留下來會得到什麼結果。

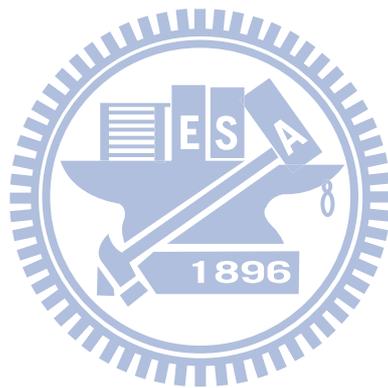
圖 3.17 是八個單元的所有連結，明顯地比六個單元時更加雜亂，在透過 $L(Q_a) \rightarrow L(Q_b)$ 篩選後，圖 3.18 裡有一半的雙向連結消失了，用 $H(Q_b) \rightarrow H(Q_a)$ 篩選後更是只剩下四條雙向連結與十條單向連結，最後用三項主要關聯性的加權

平均取最強的九條連結如圖 3.20 所示。圖 3.21 是整理後的圖，會發現多了三條不太合理的連結：共軛梁法→剛構架單位力法、桁架內力分析→單位力法、梁單位力法→桁架內力分析，而這三條連結都與本來應該被過濾掉的剛構架單位力法與梁單位力法有關，因此可以斷定不規則判斷確實有其必要之處，可以將沒有辨別度、會影響信心度篩選的題目過濾掉。另一方面，將剛構架單位力法與梁單位力法去除後所輸出的結果相當合理，可以認為以該題的高、中、低之平均分數所建構之模糊歸屬函數去計算信心度，結果會比使用固定區間更佳。下個小節測試新的模糊歸屬函數是否適用虛擬案例。

3.6 使用新模糊歸屬函數分析虛擬案例

在測試過實際案例後，再次用新的模糊歸屬函數來測試虛擬案例，如果虛擬案例跟實際案例的結果都合理，即可驗證此方法的正確性。首先在不規則判斷的步驟，如表 3.9 所示，困難度都在 0.475~0.6 之間，象徵其難易適中；辨別度最低的是影響線跟傾角變位法兩個單元，但也都有 0.75，遠高於門檻值 0.5，因此在這個步驟，所有單元全數通過不規則判斷，全數保留下來。表 3.10 列出下個步驟信心度計算的所有結果，圖 3.22 是十一個單元的所有連結，經過圖 3.23~圖 3.26 的篩選後，選出最強的 18 條連結，會發現依然還有些雜枝，這就是為什麼要讓使用者自行輸入要取的連結數目，發現有錯誤連結，就再去掉一些弱關聯。慢慢縮小後發現當只取 11 條連結時錯誤連結都消失了，如圖 3.27 所示，與

專家的概念圖相比，少了個虛功法→諧合變位法的連結，但是整體而言這個圖是合理的。無論實際案例或虛擬案例所輸出的結果都能讓人滿意，因此本研究認為這個方法是合理的，確實能成功地透過學生的學習成果推導出概念圖。



第四章 結論與未來展望

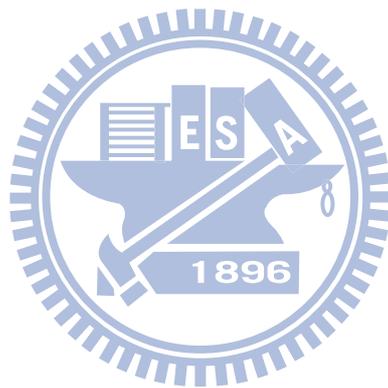
一個好的知識表示法可以作為教師跟學生教學上的橋樑，教師透過概念圖更清楚學生的學習狀況，學生透過概念圖更清楚教師教授知識的關聯。本研究認為土木工程課程間有著高關聯性，正需要概念圖法作為輔佐，因此設計一套系統產生客觀的課程概念圖幫助學生的學習。本研究發展的系統使用學生的考卷為數據來源，產生適性化教學輔助系統所需的概念圖，欲藉此找出課程單元之間的關聯性。本章會就整個研究過程中遇到的問題與研究成果中得到的結論作一統整，希冀能對後續研究者的研究有所貢獻與啟發。

4.1 結論

1. 本研究在測試過實際案例與虛擬案例之後，認為本研究的系統確實可以將學生的成績透過分類、計算、探勘後取出有意義的關聯性，並藉此繪製出概念圖。
2. 模糊等級化的過程中，以各題的高分群、中分群、低分群的平均所建構之模糊歸屬函數會比固定的模糊歸屬函數更能成功推導出概念圖。
3. 案例分析結果驗證了不規則判斷的必要性，當強行將已過濾掉的單元加入信心度計算，有很高的機率會出現不相關的雜枝。
4. 當輸入的案例資料不同，應該使用的門檻值也會不同，因此在找到其規律之前，將讓使用者取強度最高的 N 條連結取代門檻值的設定。

4.2 未來展望

1. 土木工程課程之中，很多科目的單元彼此都有著關聯性，因此可以嘗試著跨科目的建立概念圖。
2. 學生普遍存在學習迷失的問題，不清楚課程之間的關聯性，部分的學生學習遇到瓶頸又不敢問老師，就會導致很難從中脫離。本研究已可利用概念圖產生器產生概念圖，因此後續研究者將可以此為基礎，發展成學生評量專家系統，透過學生的學習成果，給予學生適當的建議，就能解決學生學習迷失的問題。

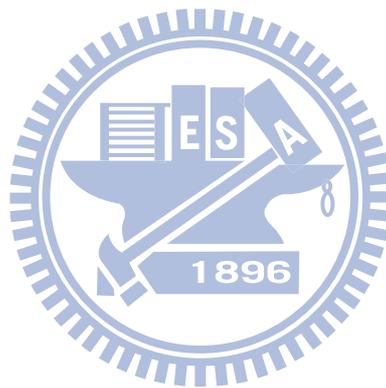


文獻回顧

- [1] 蔡清田, 魏宗明, 許朝信, 吳宗雄, 李光榮, 柯禧慧, 「學習領域的課程設計」, 2002 年 8 月
- [2] J. D. Novak, D. B. Gowin, " Learning How To Learn" , 1984
- [3] Heinze-Fry J.A. and Novak J.D., Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning, Science Education 74, P461-472. 1990
- [4] Ferry B., Hedberg J., And Harper B., "How do preservice teachers use concept maps to organize their curriculum content knowledge. Journal of Interactive Learning Research", 1997
- [5] 余民寧, 「有意義的學習-概念圖之研究」, 商鼎文化出版社, P. 107-108, 1997
- [6] 周雲虎, 謝尚賢, 徐新逸, 「應用概念圖發展課程教學系統之研究」, 「教學科技與媒體」, P64~77, 2004 年, 3 月
- [7] 程丰, 張小平, 「中學生物概念圖的製作」, 安徽教育學院學報, 第 25 卷第 6 期, P127~129, 2007 年
- [8] 林素華, 「ePBL 對大學生小組互動歷程與遺傳概念改變影響之研究」, 國立彰化師範大學, 碩士論文, 2004 年
- [9] 林靜宜, 「國小高年級實施概念圖示作文教學之行動研究」, 國立台中師範學院, 碩士論文, 2005 年
- [10] 李雅惠, 「概念構圖教學對八年級學生閱讀理解能力與國文學習態度之影響」, 高雄師範大學, 碩士論文, 2006 年
- [11] 劉美智, 「概念圖為高中生英文小組討論之學習任務」, 國立中正大學, 碩士論文, 2005 年

- [12]張秀鳳,「國小五年級學童在概念構圖融入數學教學活動的解題表現之研究」, 國立屏東師範學院, 碩士論文, 2004 年
- [13]王立君,「大學力學概念圖的製作」, 安徽教育學院學報, 第 23 卷第 3 期, P27~30, 2005 年
- [14]張俊峰,「國二學生利用概念圖學習排球快攻概念的成效研究」, 國立體育學院, 碩士論文, 2001 年
- [15]林嘉玲,「七年級學生健康與體育相關概念之行動研究」, 國立體育學院, 碩士論文, 2003 年
- [16]丁偉宸,「以概念構圖評量方式探討運用改良式概念圖之學習成效-會計學存貨單元為例」, 國立彰化師範大學, 碩士論文, 2004 年
- [17]邱垂昌,「運用概念圖作為中級會計學補救教學與評量之輔助工具研究」, 「新竹教育大學學報」, 第 25 卷, 第一期, P127~154, 2008 年
- [18]林立傑, 陳育亮, 李孟展,「概念圖與 xml 在遠距教學教材上之應用」, 「資訊與教育雜誌特刊」, P152-162, 2001 年
- [19]孫小婷,「以概念圖為基礎之網路學習行為分析」, 中原大學, 碩士論文, 2000 年
- [20]蔡雯玲,「以概念關係為基礎之企業數位訓練課程輔助設計系統」, 中華大學, 碩士論文, 2004 年
- [21] Shian-Shyong Tseng, Pei-Chi Sue, Jun-Ming Su, Jui-Feng Weng, Wen-Nung Tsai, "A new approach for constructing the concept map", Computers & Education 49, P691 - 707, 2007 年
- [22] 邱垂昌,「結構化知識圖形-以會計學為例」, 國立政治大學「教育與心理研究」, 民國 92 年 26 期, P. 355-384

- [23]陳惠真，「PHP 5 & MySQL 程式設計」，學貫行銷，2006 年
- [24]施威銘，「新觀念 ASP.NET 3.5 網頁程式設計：使用 Microsoft Visual Basic」，旗標，2008 年。
- [25]江義華、林彩瑜，「JAVA 完美經典」，上奇科技，2008 年
- [26]陳祥輝，「資料庫系統理論與實務」，旗標出版股份有限公司，2008 年



附表

表 2.1 假設的學生成績

學生	單元一	單元二	單元三	單元四	單元五	得分/總分
1	12	18	20	20	7	77/100
2	12	14	18	3	7	54/100
3	12	16	14	4	7	53/100
4	2	8	12	6	20	48/100
5	2	8	12	2	12	36/100
6	2	10	8	2	20	44/100
7	20	5	5	4	1	35/100
8	10	6	6	1	5	28/1000
9	10	5	5	1	5	26/100
10	10	3	4	0	5	21/10

表 2.2 根據成績做模糊等級

學生	單元一			單元二			單元三			單元四			單元五		
	Low	Mid	High												
1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.2	0.8	0.0
2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.8	0.0	0.0	0.2	0.8	0.0
3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.7	0.0	0.0	0.2	0.8	0.0
4	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0
5	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
7	0.0	0.0	1.0	0.5	0.3	0.0	0.5	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
8	0.0	0.5	0.3	0.3	0.5	0.0	0.3	0.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0
9	0.0	0.5	0.3	0.5	0.3	0.0	0.5	0.3	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0
10	0.0	0.5	0.3	0.8	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0
Sum	3.0	1.5	4.0	2.1	3.6	3.3	2.0	2.1	4.4	7.5	0.5	1.0	3.1	3.3	2.7

表 2.3 題目辨別度的狀況

群組	高分群者得高分	高分群者得低分
低分群者得高分	太簡單、無辨別度	不合理、無辨別度
低分群者得低分	難易適中、有辨別度	太困難、無辨別度

表 2.4 根據總分降冪排列第四題學生成績

群組	高分群			中分群				低分群		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
學生總分排名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
學生第四單元的得分	20	3	4	6	2	2	4	1	1	0
第四單元分數百分比	100%	15%	20%	30%	10%	10%	20%	5%	5%	0%
第四單元的 Low 等級	0.0	0.8	0.7	0.3	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0
第四單元的 Middle 等級	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第四單元的 High 等級	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
主要模糊等級	H	L	L	M	L	L	L	L	L	L
模糊分數	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0

表 2.5 不規則判斷

題目	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5
困難度 P_i	0.25	0.42	0.42	0.83	0.75
辨別度 D_i	0.5	0.83	0.83	0.33	0.5

表 2.6 支承度計算

模糊等級	總和		關聯性	支承度
$L(Q_1)$	3.0		$L(Q_1) \leftrightarrow L(Q_2)$	0.0
$M(Q_1)$	1.5		$L(Q_1) \leftrightarrow M(Q_2)$	2.5
$H(Q_1)$	4.0		$L(Q_1) \leftrightarrow H(Q_2)$	0.3
$L(Q_2)$	2.1		$M(Q_1) \leftrightarrow L(Q_2)$	1.3
$M(Q_2)$	3.6		$M(Q_1) \leftrightarrow M(Q_2)$	0.8
...

表 2.7 信心度計算

關聯性	支承度		關聯性	信心度
$L(Q_1) \leftrightarrow L(Q_2)$	0.0		$L(Q_1) \rightarrow L(Q_2)$	0.0
$L(Q_1) \leftrightarrow M(Q_2)$	2.5		$L(Q_2) \rightarrow L(Q_1)$	0.0
$L(Q_1) \leftrightarrow H(Q_2)$	0.3		$L(Q_1) \rightarrow M(Q_2)$	0.83
$M(Q_1) \leftrightarrow L(Q_2)$	1.3		$M(Q_2) \rightarrow L(Q_1)$	0.69
$M(Q_1) \leftrightarrow M(Q_2)$	0.8		$L(Q_1) \rightarrow H(Q_2)$	0.1
...

表 3.1 虛擬案例的成績

學生編號	靜力平衡	內力平衡	影響線	彎矩分配	共軛梁法	單位力法	虛功法	柔度矩陣	傾角變位	諧合變位法	勁度矩陣
01	81	84	85	89	75	85	72	69	92	69	90
02	86	72	62	70	70	62	58	65	68	60	56
03	44	43	38	36	28	31	29	28	34	24	31
04	85	72	59	72	58	69	72	67	70	55	70
05	47	34	20	24	24	25	26	24	11	14	0
06	38	36	37	26	32	28	36	44	15	21	21
07	59	63	52	54	58	59	48	52	50	53	47
08	49	55	57	54	56	44	50	44	54	42	54
09	68	62	52	68	51	62	70	55	58	56	60
10	60	54	43	57	54	56	44	45	55	53	51
11	25	19	13	9	8	13	15	28	0	5	0
12	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
13	58	50	46	45	49	44	48	42	41	43	29
14	33	29	17	14	24	18	27	35	12	20	12
15	64	56	41	41	55	52	57	50	26	62	12
16	75	72	57	65	75	79	70	58	53	67	57
17	34	24	28	28	15	32	15	25	29	12	16
18	66	66	52	65	56	59	51	72	70	54	76
19	52	59	56	66	55	56	46	46	52	50	37
20	40	29	28	14	33	36	25	27	8	28	0
21	75	69	65	69	66	60	57	55	66	51	52
22	41	28	24	25	18	24	26	14	15	16	14
23	69	63	63	48	51	60	68	63	48	51	36
24	75	67	52	57	67	59	63	63	54	60	49
25	16	13	10	0	10	4	21	4	0	8	0
26	97	100	100	92	95	86	96	95	92	88	88
27	71	59	49	44	68	58	52	45	40	52	40
28	66	52	41	40	45	50	49	58	31	37	25
29	37	35	34	35	28	31	35	25	39	27	24
30	45	46	49	51	50	44	35	31	38	47	31

表 3.2 虛擬案例不規則判斷的結果

	靜力 平衡	內力 平衡	影響 線	彎矩 分配	共軛 梁法	單位 力法	虛功 法	柔度 矩陣	傾角 變位	諧合 變位 法	勁度 矩陣
困難度 P_i	0.525	0.625	0.7	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.7	0.725	0.7
辨別度 D_i	0.75	0.75	0.6	0.65	0.65	0.65	0.65	0.55	0.6	0.55	0.6

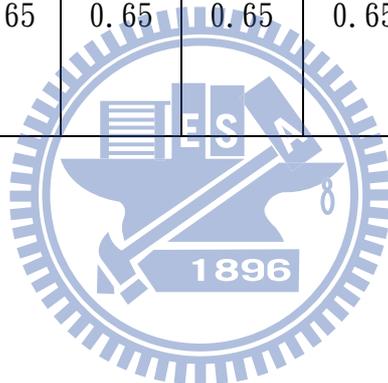


表 3.3 虛擬案例計算信心度的結果

模糊等級	模糊等級	信心度	模糊等級	模糊等級	信心度	模糊等級	模糊等級	信心度
L(Q ₁)	L(Q ₂)	0.99	M(Q ₁)	H(Q ₂)	0.19	H(Q ₁)	H(Q ₂)	0.64
L(Q ₁)	L(Q ₃)	0.94	M(Q ₁)	H(Q ₃)	0.07	H(Q ₁)	H(Q ₃)	0.33
L(Q ₁)	L(Q ₄)	0.94	M(Q ₁)	H(Q ₄)	0.15	H(Q ₁)	H(Q ₄)	0.53
L(Q ₁)	L(Q ₅)	0.94	M(Q ₁)	H(Q ₅)	0.13	H(Q ₁)	H(Q ₅)	0.49
L(Q ₁)	L(Q ₆)	0.95	M(Q ₁)	H(Q ₆)	0.12	H(Q ₁)	H(Q ₆)	0.5
L(Q ₁)	L(Q ₇)	0.9	M(Q ₁)	H(Q ₇)	0.23	H(Q ₁)	H(Q ₇)	0.46
L(Q ₁)	L(Q ₈)	0.95	M(Q ₁)	H(Q ₈)	0.11	H(Q ₁)	H(Q ₈)	0.38
L(Q ₁)	L(Q ₉)	0.97	M(Q ₁)	H(Q ₉)	0.08	H(Q ₁)	H(Q ₉)	0.42
L(Q ₁)	L(Q ₁₀)	0.9	M(Q ₁)	H(Q ₁₀)	0.17	H(Q ₁)	H(Q ₁₀)	0.28
L(Q ₁)	L(Q ₁₁)	0.98	M(Q ₁)	H(Q ₁₁)	0.07	H(Q ₁)	H(Q ₁₁)	0.34
L(Q ₂)	L(Q ₁)	0.78	M(Q ₂)	H(Q ₁)	0.37	H(Q ₂)	H(Q ₁)	0.98
L(Q ₂)	L(Q ₃)	0.98	M(Q ₂)	H(Q ₃)	0.08	H(Q ₂)	H(Q ₃)	0.51
L(Q ₂)	L(Q ₄)	0.97	M(Q ₂)	H(Q ₄)	0.21	H(Q ₂)	H(Q ₄)	0.77
L(Q ₂)	L(Q ₅)	0.97	M(Q ₂)	H(Q ₅)	0.16	H(Q ₂)	H(Q ₅)	0.65
L(Q ₂)	L(Q ₆)	0.95	M(Q ₂)	H(Q ₆)	0.16	H(Q ₂)	H(Q ₆)	0.73
L(Q ₂)	L(Q ₇)	1	M(Q ₂)	H(Q ₇)	0.16	H(Q ₂)	H(Q ₇)	0.6
L(Q ₂)	L(Q ₈)	0.93	M(Q ₂)	H(Q ₈)	0.14	H(Q ₂)	H(Q ₈)	0.54
L(Q ₂)	L(Q ₉)	0.97	M(Q ₂)	H(Q ₉)	0.13	H(Q ₂)	H(Q ₉)	0.63
L(Q ₂)	L(Q ₁₀)	0.95	M(Q ₂)	H(Q ₁₀)	0.07	H(Q ₂)	H(Q ₁₀)	0.38
L(Q ₂)	L(Q ₁₁)	1	M(Q ₂)	H(Q ₁₁)	0.09	H(Q ₂)	H(Q ₁₁)	0.52
L(Q ₃)	L(Q ₁)	0.61	M(Q ₃)	H(Q ₁)	0.44	H(Q ₃)	H(Q ₁)	0.93
L(Q ₃)	L(Q ₂)	0.78	M(Q ₃)	H(Q ₂)	0.27	H(Q ₃)	H(Q ₂)	0.97
L(Q ₃)	L(Q ₄)	0.93	M(Q ₃)	H(Q ₄)	0.21	H(Q ₃)	H(Q ₄)	0.89
L(Q ₃)	L(Q ₅)	0.85	M(Q ₃)	H(Q ₅)	0.18	H(Q ₃)	H(Q ₅)	0.78
L(Q ₃)	L(Q ₆)	0.83	M(Q ₃)	H(Q ₆)	0.18	H(Q ₃)	H(Q ₆)	0.89
L(Q ₃)	L(Q ₇)	0.89	M(Q ₃)	H(Q ₇)	0.17	H(Q ₃)	H(Q ₇)	0.7
L(Q ₃)	L(Q ₈)	0.85	M(Q ₃)	H(Q ₈)	0.14	H(Q ₃)	H(Q ₈)	0.69
L(Q ₃)	L(Q ₉)	0.93	M(Q ₃)	H(Q ₉)	0.13	H(Q ₃)	H(Q ₉)	0.86
L(Q ₃)	L(Q ₁₀)	0.9	M(Q ₃)	H(Q ₁₀)	0.07	H(Q ₃)	H(Q ₁₀)	0.54
L(Q ₃)	L(Q ₁₁)	0.96	M(Q ₃)	H(Q ₁₁)	0.1	H(Q ₃)	H(Q ₁₁)	0.71
L(Q ₄)	L(Q ₁)	0.6	M(Q ₄)	H(Q ₁)	0.45	H(Q ₄)	H(Q ₁)	0.9
L(Q ₄)	L(Q ₂)	0.76	M(Q ₄)	H(Q ₂)	0.3	H(Q ₄)	H(Q ₂)	0.9
L(Q ₄)	L(Q ₃)	0.92	M(Q ₄)	H(Q ₃)	0.09	H(Q ₄)	H(Q ₃)	0.55

L(Q ₄)	L(Q ₅)	0.86	M(Q ₄)	H(Q ₅)	0.21	H(Q ₄)	H(Q ₅)	0.6
L(Q ₄)	L(Q ₆)	0.85	M(Q ₄)	H(Q ₆)	0.2	H(Q ₄)	H(Q ₆)	0.72
L(Q ₄)	L(Q ₇)	0.85	M(Q ₄)	H(Q ₇)	0.19	H(Q ₄)	H(Q ₇)	0.61
L(Q ₄)	L(Q ₈)	0.82	M(Q ₄)	H(Q ₈)	0.16	H(Q ₄)	H(Q ₈)	0.53
L(Q ₄)	L(Q ₉)	0.99	M(Q ₄)	H(Q ₉)	0.15	H(Q ₄)	H(Q ₉)	0.73
L(Q ₄)	L(Q ₁₀)	0.92	M(Q ₄)	H(Q ₁₀)	0.08	H(Q ₄)	H(Q ₁₀)	0.4
L(Q ₄)	L(Q ₁₁)	1	M(Q ₄)	H(Q ₁₁)	0.11	H(Q ₄)	H(Q ₁₁)	0.6
L(Q ₅)	L(Q ₁)	0.65	M(Q ₅)	H(Q ₁)	0.43	H(Q ₅)	H(Q ₁)	0.99
L(Q ₅)	L(Q ₂)	0.83	M(Q ₅)	H(Q ₂)	0.28	H(Q ₅)	H(Q ₂)	0.9
L(Q ₅)	L(Q ₃)	0.91	M(Q ₅)	H(Q ₃)	0.1	H(Q ₅)	H(Q ₃)	0.57
L(Q ₅)	L(Q ₄)	0.93	M(Q ₅)	H(Q ₄)	0.24	H(Q ₅)	H(Q ₄)	0.71
L(Q ₅)	L(Q ₆)	0.91	M(Q ₅)	H(Q ₆)	0.17	H(Q ₅)	H(Q ₆)	0.74
L(Q ₅)	L(Q ₇)	0.92	M(Q ₅)	H(Q ₇)	0.19	H(Q ₅)	H(Q ₇)	0.6
L(Q ₅)	L(Q ₈)	0.87	M(Q ₅)	H(Q ₈)	0.16	H(Q ₅)	H(Q ₈)	0.53
L(Q ₅)	L(Q ₉)	0.92	M(Q ₅)	H(Q ₉)	0.16	H(Q ₅)	H(Q ₉)	0.6
L(Q ₅)	L(Q ₁₀)	0.99	M(Q ₅)	H(Q ₁₀)	0.09	H(Q ₅)	H(Q ₁₀)	0.51
L(Q ₅)	L(Q ₁₁)	0.98	M(Q ₅)	H(Q ₁₁)	0.12	H(Q ₅)	H(Q ₁₁)	0.44
L(Q ₆)	L(Q ₁)	0.69	M(Q ₆)	H(Q ₁)	0.4	H(Q ₆)	H(Q ₁)	0.9
L(Q ₆)	L(Q ₂)	0.81	M(Q ₆)	H(Q ₂)	0.26	H(Q ₆)	H(Q ₂)	0.94
L(Q ₆)	L(Q ₃)	0.89	M(Q ₆)	H(Q ₃)	0.08	H(Q ₆)	H(Q ₃)	0.6
L(Q ₆)	L(Q ₄)	0.92	M(Q ₆)	H(Q ₄)	0.21	H(Q ₆)	H(Q ₄)	0.8
L(Q ₆)	L(Q ₅)	0.91	M(Q ₆)	H(Q ₅)	0.15	H(Q ₆)	H(Q ₅)	0.69
L(Q ₆)	L(Q ₇)	0.91	M(Q ₆)	H(Q ₇)	0.15	H(Q ₆)	H(Q ₇)	0.7
L(Q ₆)	L(Q ₈)	0.9	M(Q ₆)	H(Q ₈)	0.14	H(Q ₆)	H(Q ₈)	0.57
L(Q ₆)	L(Q ₉)	0.94	M(Q ₆)	H(Q ₉)	0.13	H(Q ₆)	H(Q ₉)	0.67
L(Q ₆)	L(Q ₁₀)	0.98	M(Q ₆)	H(Q ₁₀)	0.06	H(Q ₆)	H(Q ₁₀)	0.47
L(Q ₆)	L(Q ₁₁)	0.97	M(Q ₆)	H(Q ₁₁)	0.1	H(Q ₆)	H(Q ₁₁)	0.62
L(Q ₇)	L(Q ₁)	0.63	M(Q ₇)	H(Q ₁)	0.48	H(Q ₇)	H(Q ₁)	0.98
L(Q ₇)	L(Q ₂)	0.77	M(Q ₇)	H(Q ₂)	0.31	H(Q ₇)	H(Q ₂)	0.89
L(Q ₇)	L(Q ₃)	0.87	M(Q ₇)	H(Q ₃)	0.12	H(Q ₇)	H(Q ₃)	0.54
L(Q ₇)	L(Q ₄)	0.84	M(Q ₇)	H(Q ₄)	0.25	H(Q ₇)	H(Q ₄)	0.77
L(Q ₇)	L(Q ₅)	0.83	M(Q ₇)	H(Q ₅)	0.21	H(Q ₇)	H(Q ₅)	0.64
L(Q ₇)	L(Q ₆)	0.83	M(Q ₇)	H(Q ₆)	0.2	H(Q ₇)	H(Q ₆)	0.8
L(Q ₇)	L(Q ₈)	0.9	M(Q ₇)	H(Q ₈)	0.18	H(Q ₇)	H(Q ₈)	0.64
L(Q ₇)	L(Q ₉)	0.88	M(Q ₇)	H(Q ₉)	0.17	H(Q ₇)	H(Q ₉)	0.57
L(Q ₇)	L(Q ₁₀)	0.9	M(Q ₇)	H(Q ₁₀)	0.11	H(Q ₇)	H(Q ₁₀)	0.55
L(Q ₇)	L(Q ₁₁)	0.95	M(Q ₇)	H(Q ₁₁)	0.14	H(Q ₇)	H(Q ₁₁)	0.57

L(Q ₈)	L(Q ₁)	0.59	M(Q ₈)	H(Q ₁)	0.48	H(Q ₈)	H(Q ₁)	0.94
L(Q ₈)	L(Q ₂)	0.71	M(Q ₈)	H(Q ₂)	0.33	H(Q ₈)	H(Q ₂)	0.91
L(Q ₈)	L(Q ₃)	0.82	M(Q ₈)	H(Q ₃)	0.12	H(Q ₈)	H(Q ₃)	0.62
L(Q ₈)	L(Q ₄)	0.8	M(Q ₈)	H(Q ₄)	0.26	H(Q ₈)	H(Q ₄)	0.77
L(Q ₈)	L(Q ₅)	0.78	M(Q ₈)	H(Q ₅)	0.23	H(Q ₈)	H(Q ₅)	0.66
L(Q ₈)	L(Q ₆)	0.8	M(Q ₈)	H(Q ₆)	0.23	H(Q ₈)	H(Q ₆)	0.75
L(Q ₈)	L(Q ₇)	0.89	M(Q ₈)	H(Q ₇)	0.22	H(Q ₈)	H(Q ₇)	0.74
L(Q ₈)	L(Q ₉)	0.85	M(Q ₈)	H(Q ₉)	0.17	H(Q ₈)	H(Q ₉)	0.77
L(Q ₈)	L(Q ₁₀)	0.88	M(Q ₈)	H(Q ₁₀)	0.11	H(Q ₈)	H(Q ₁₀)	0.54
L(Q ₈)	L(Q ₁₁)	0.95	M(Q ₈)	H(Q ₁₁)	0.12	H(Q ₈)	H(Q ₁₁)	0.72
L(Q ₉)	L(Q ₁)	0.54	M(Q ₉)	H(Q ₁)	0.45	H(Q ₉)	H(Q ₁)	0.93
L(Q ₉)	L(Q ₂)	0.67	M(Q ₉)	H(Q ₂)	0.33	H(Q ₉)	H(Q ₂)	0.96
L(Q ₉)	L(Q ₃)	0.8	M(Q ₉)	H(Q ₃)	0.09	H(Q ₉)	H(Q ₃)	0.69
L(Q ₉)	L(Q ₄)	0.86	M(Q ₉)	H(Q ₄)	0.25	H(Q ₉)	H(Q ₄)	0.96
L(Q ₉)	L(Q ₅)	0.74	M(Q ₉)	H(Q ₅)	0.22	H(Q ₉)	H(Q ₅)	0.67
L(Q ₉)	L(Q ₆)	0.75	M(Q ₉)	H(Q ₆)	0.22	H(Q ₉)	H(Q ₆)	0.79
L(Q ₉)	L(Q ₇)	0.78	M(Q ₉)	H(Q ₇)	0.2	H(Q ₉)	H(Q ₇)	0.6
L(Q ₉)	L(Q ₈)	0.76	M(Q ₉)	H(Q ₈)	0.16	H(Q ₉)	H(Q ₈)	0.69
L(Q ₉)	L(Q ₁₀)	0.83	M(Q ₉)	H(Q ₁₀)	0.07	H(Q ₉)	H(Q ₁₀)	0.43
L(Q ₉)	L(Q ₁₁)	1	M(Q ₉)	H(Q ₁₁)	0.1	H(Q ₉)	H(Q ₁₁)	0.8
L(Q ₁₀)	L(Q ₁)	0.59	M(Q ₁₀)	H(Q ₁)	0.5	H(Q ₁₀)	H(Q ₁)	0.95
L(Q ₁₀)	L(Q ₂)	0.73	M(Q ₁₀)	H(Q ₂)	0.32	H(Q ₁₀)	H(Q ₂)	0.92
L(Q ₁₀)	L(Q ₃)	0.82	M(Q ₁₀)	H(Q ₃)	0.12	H(Q ₁₀)	H(Q ₃)	0.69
L(Q ₁₀)	L(Q ₄)	0.86	M(Q ₁₀)	H(Q ₄)	0.26	H(Q ₁₀)	H(Q ₄)	0.84
L(Q ₁₀)	L(Q ₅)	0.84	M(Q ₁₀)	H(Q ₅)	0.22	H(Q ₁₀)	H(Q ₅)	0.89
L(Q ₁₀)	L(Q ₆)	0.84	M(Q ₁₀)	H(Q ₆)	0.21	H(Q ₁₀)	H(Q ₆)	0.89
L(Q ₁₀)	L(Q ₇)	0.85	M(Q ₁₀)	H(Q ₇)	0.21	H(Q ₁₀)	H(Q ₇)	0.91
L(Q ₁₀)	L(Q ₈)	0.84	M(Q ₁₀)	H(Q ₈)	0.17	H(Q ₁₀)	H(Q ₈)	0.77
L(Q ₁₀)	L(Q ₉)	0.88	M(Q ₁₀)	H(Q ₉)	0.17	H(Q ₁₀)	H(Q ₉)	0.68
L(Q ₁₀)	L(Q ₁₁)	0.95	M(Q ₁₀)	H(Q ₁₁)	0.14	H(Q ₁₀)	H(Q ₁₁)	0.65
L(Q ₁₁)	L(Q ₁)	0.45	M(Q ₁₁)	H(Q ₁)	0.57	H(Q ₁₁)	H(Q ₁)	0.87
L(Q ₁₁)	L(Q ₂)	0.57	M(Q ₁₁)	H(Q ₂)	0.4	H(Q ₁₁)	H(Q ₂)	0.89
L(Q ₁₁)	L(Q ₃)	0.69	M(Q ₁₁)	H(Q ₃)	0.12	H(Q ₁₁)	H(Q ₃)	0.64
L(Q ₁₁)	L(Q ₄)	0.72	M(Q ₁₁)	H(Q ₄)	0.32	H(Q ₁₁)	H(Q ₄)	0.89
L(Q ₁₁)	L(Q ₅)	0.65	M(Q ₁₁)	H(Q ₅)	0.27	H(Q ₁₁)	H(Q ₅)	0.55
L(Q ₁₁)	L(Q ₆)	0.65	M(Q ₁₁)	H(Q ₆)	0.27	H(Q ₁₁)	H(Q ₆)	0.83
L(Q ₁₁)	L(Q ₇)	0.7	M(Q ₁₁)	H(Q ₇)	0.24	H(Q ₁₁)	H(Q ₇)	0.67

$L(Q_{11})$	$L(Q_8)$	0.71	$M(Q_{11})$	$H(Q_8)$	0.17	$H(Q_{11})$	$H(Q_8)$	0.73
$L(Q_{11})$	$L(Q_9)$	0.82	$M(Q_{11})$	$H(Q_9)$	0.18	$H(Q_{11})$	$H(Q_9)$	0.9
$L(Q_{11})$	$L(Q_{10})$	0.74	$M(Q_{11})$	$H(Q_{10})$	0.08	$H(Q_{11})$	$H(Q_{10})$	0.46

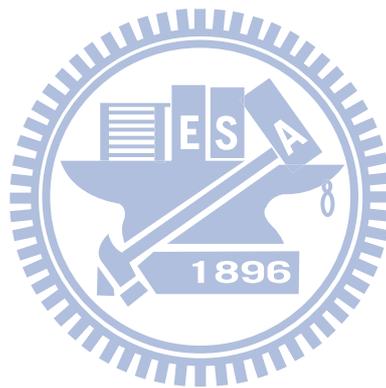


表 3.4 實際案例的成績

學生 編號	靜力 平衡	桁架內 力分析	梁內力 分析	虛功法	桁架單 位力法	鋼架單 位力法	共軛 梁法	梁單位 力法
01	100	90	100	75	100	25	70	30
02	70	88	63	15	35	20	23	25
03	60	93	42	25	45	40	8	0
04	90	100	92	0	15	10	28	25
05	100	100	93	25	40	25	60	30
06	80	100	63	50	65	10	28	25
07	80	100	80	15	25	0	28	15
08	80	95	67	40	100	20	25	15
09	90	100	83	100	100	25	70	30
10	90	70	100	25	100	15	43	0
11	80	85	78	40	100	75	58	30
12	70	75	85	25	65	25	30	15
13	100	93	87	50	60	0	25	25
14	100	100	97	15	35	25	25	30
15	90	100	78	15	15	0	13	25
16	80	60	95	40	0	25	40	15
17	80	78	70	0	15	25	25	50
18	70	48	83	0	0	0	18	35
19	100	100	97	15	45	15	23	0
20	80	50	100	0	0	0	20	0
21	70	78	77	0	0	0	20	0
22	90	85	95	100	100	75	50	0
23	100	100	93	85	30	25	65	30
24	80	58	90	40	100	0	25	0
25	100	100	90	50	65	100	25	0
26	100	100	100	85	100	90	65	0
27	90	100	78	85	25	25	5	75
28	100	100	100	85	100	80	10	65
29	80	58	100	85	45	100	53	15
30	70	58	92	75	30	15	0	65
31	100	100	100	50	25	35	60	50
32	100	100	100	15	45	25	50	65
33	100	100	100	0	45	25	0	0

34	50	58	58	0	15	20	28	0
35	90	100	92	40	100	25	33	80
36	100	100	100	50	30	25	63	30
37	70	48	83	10	25	25	30	15
38	100	100	100	75	100	100	75	80
39	100	100	100	100	25	100	53	30
40	100	93	100	85	100	100	58	30
41	80	58	100	15	25	20	28	15
42	90	83	100	50	10	15	15	65
43	100	100	100	100	100	100	70	80
44	80	98	62	25	100	70	33	0
45	60	100	30	0	0	15	20	25
46	80	80	87	0	20	35	48	40
47	50	45	45	0	100	25	33	30
48	100	100	100	85	25	15	28	30
49	100	85	95	50	100	15	40	30
50	100	100	90	25	50	10	20	15
51	70	60	87	25	10	5	35	0
52	50	63	42	25	35	15	35	30
53	100	100	100	25	100	25	18	30
54	50	48	65	0	0	10	13	15
55	60	93	50	15	0	25	0	35
56	100	100	95	0	20	25	20	25
57	100	100	100	15	45	35	38	0
58	60	83	42	0	25	5	0	15
59	90	100	82	75	100	25	45	30
60	70	43	87	0	0	0	33	40
61	100	100	100	85	100	100	95	75
62	90	85	95	25	85	5	55	65
63	30	68	0	15	100	10	20	15
64	100	100	100	75	100	75	88	45
65	60	58	78	25	40	25	20	30
66	100	90	100	15	100	100	50	50
67	90	100	83	25	100	80	63	65
68	40	80	25	10	35	25	15	65
69	100	100	100	85	30	15	23	50
70	100	100	95	25	10	25	25	25

71	50	60	58	70	30	25	0	10
72	50	100	8	0	0	25	45	25

表 3.5 實際案例不規則判斷結果

	靜力平衡	桁架內力分析	梁內力分析	虛功法	桁架單位力法	剛構架單位力法	共軛梁法	梁單位力法
困難度 P_i	0.22	0.145	0.19	0.645	0.565	0.71	0.76	0.815
辨別度 D_i	0.44	0.25	0.38	0.67	0.67	0.58	0.44	0.29

表 3.6 實際案例兩次考試平均分數

單元	第一次期中考			第二次期中考				
	靜力平衡	桁架內力分析	梁內力分析	虛功法	桁架單位力法	剛構架單位力法	共軛梁法	梁單位力法
各題平均分數	83	85	82	37	51	33	35	29
兩次總平均	83			37				

表 3.7 實際案例用新模糊等級化函數的不規則判斷結果

	靜力平衡	桁架內力分析	梁內力分析	虛功法	桁架單位力法	剛構架單位力法	共軛梁法	梁單位力法
困難度 P_i	0.545	0.44	0.45	0.555	0.49	0.51	0.46	0.52
辨別度 D_i	0.71	0.5	0.6	0.65	0.6	0.48	0.62	0.38

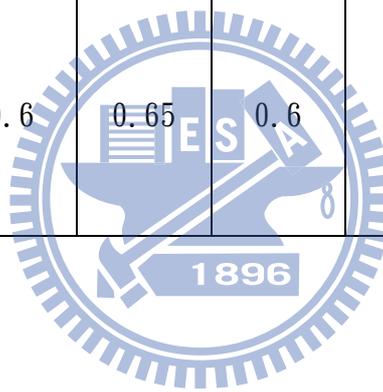


表 3.8 實際案例用新模糊歸屬函數的信心度計算結果

模糊等級	模糊等級	信心度	模糊等級	模糊等級	信心度	模糊等級	模糊等級	信心度
L(Q ₁)	L(Q ₂)	0.64	M(Q ₁)	H(Q ₂)	0.29	H(Q ₁)	H(Q ₂)	0.71
L(Q ₁)	L(Q ₃)	0.72	M(Q ₁)	H(Q ₃)	0.23	H(Q ₁)	H(Q ₃)	0.74
L(Q ₁)	L(Q ₄)	0.63	M(Q ₁)	H(Q ₄)	0.34	H(Q ₁)	H(Q ₄)	0.49
L(Q ₁)	L(Q ₅)	0.54	M(Q ₁)	H(Q ₅)	0.48	H(Q ₁)	H(Q ₅)	0.43
L(Q ₁)	L(Q ₆)	0.43	M(Q ₁)	H(Q ₆)	0.25	H(Q ₁)	H(Q ₆)	0.35
L(Q ₁)	L(Q ₇)	0.54	M(Q ₁)	H(Q ₇)	0.37	H(Q ₁)	H(Q ₇)	0.48
L(Q ₁)	L(Q ₈)	0.44	M(Q ₁)	H(Q ₈)	0.31	H(Q ₁)	H(Q ₈)	0.35
L(Q ₂)	L(Q ₁)	0.67	M(Q ₂)	H(Q ₁)	0.27	H(Q ₂)	H(Q ₁)	0.83
L(Q ₂)	L(Q ₃)	0.39	M(Q ₂)	H(Q ₃)	0.35	H(Q ₂)	H(Q ₃)	0.53
L(Q ₂)	L(Q ₄)	0.52	M(Q ₂)	H(Q ₄)	0.29	H(Q ₂)	H(Q ₄)	0.43
L(Q ₂)	L(Q ₅)	0.62	M(Q ₂)	H(Q ₅)	0.24	H(Q ₂)	H(Q ₅)	0.38
L(Q ₂)	L(Q ₆)	0.48	M(Q ₂)	H(Q ₆)	0.29	H(Q ₂)	H(Q ₆)	0.3
L(Q ₂)	L(Q ₇)	0.37	M(Q ₂)	H(Q ₇)	0.4	H(Q ₂)	H(Q ₇)	0.4
L(Q ₂)	L(Q ₈)	0.48	M(Q ₂)	H(Q ₈)	0.3	H(Q ₂)	H(Q ₈)	0.32
L(Q ₃)	L(Q ₁)	0.82	M(Q ₃)	H(Q ₁)	0.35	H(Q ₃)	H(Q ₁)	0.76
L(Q ₃)	L(Q ₂)	0.46	M(Q ₃)	H(Q ₂)	0.47	H(Q ₃)	H(Q ₂)	0.64
L(Q ₃)	L(Q ₄)	0.61	M(Q ₃)	H(Q ₄)	0.31	H(Q ₃)	H(Q ₄)	0.52
L(Q ₃)	L(Q ₅)	0.47	M(Q ₃)	H(Q ₅)	0.34	H(Q ₃)	H(Q ₅)	0.46
L(Q ₃)	L(Q ₆)	0.36	M(Q ₃)	H(Q ₆)	0.15	H(Q ₃)	H(Q ₆)	0.39
L(Q ₃)	L(Q ₇)	0.62	M(Q ₃)	H(Q ₇)	0.28	H(Q ₃)	H(Q ₇)	0.52
L(Q ₃)	L(Q ₈)	0.4	M(Q ₃)	H(Q ₈)	0.25	H(Q ₃)	H(Q ₈)	0.39
L(Q ₄)	L(Q ₁)	0.54	M(Q ₄)	H(Q ₁)	0.41	H(Q ₄)	H(Q ₁)	0.63
L(Q ₄)	L(Q ₂)	0.46	M(Q ₄)	H(Q ₂)	0.44	H(Q ₄)	H(Q ₂)	0.66
L(Q ₄)	L(Q ₃)	0.46	M(Q ₄)	H(Q ₃)	0.36	H(Q ₄)	H(Q ₃)	0.66
L(Q ₄)	L(Q ₅)	0.62	M(Q ₄)	H(Q ₅)	0.45	H(Q ₄)	H(Q ₅)	0.59
L(Q ₄)	L(Q ₆)	0.45	M(Q ₄)	H(Q ₆)	0.2	H(Q ₄)	H(Q ₆)	0.49
L(Q ₄)	L(Q ₇)	0.45	M(Q ₄)	H(Q ₇)	0.31	H(Q ₄)	H(Q ₇)	0.58
L(Q ₄)	L(Q ₈)	0.41	M(Q ₄)	H(Q ₈)	0.25	H(Q ₄)	H(Q ₈)	0.42
L(Q ₅)	L(Q ₁)	0.48	M(Q ₅)	H(Q ₁)	0.54	H(Q ₅)	H(Q ₁)	0.49
L(Q ₅)	L(Q ₂)	0.48	M(Q ₅)	H(Q ₂)	0.55	H(Q ₅)	H(Q ₂)	0.51
L(Q ₅)	L(Q ₃)	0.37	M(Q ₅)	H(Q ₃)	0.44	H(Q ₅)	H(Q ₃)	0.5
L(Q ₅)	L(Q ₄)	0.55	M(Q ₅)	H(Q ₄)	0.52	H(Q ₅)	H(Q ₄)	0.51
L(Q ₅)	L(Q ₆)	0.5	M(Q ₅)	H(Q ₆)	0.16	H(Q ₅)	H(Q ₆)	0.5

L(Q ₅)	L(Q ₇)	0.45	M(Q ₅)	H(Q ₇)	0.25	H(Q ₅)	H(Q ₇)	0.53
L(Q ₅)	L(Q ₈)	0.34	M(Q ₅)	H(Q ₈)	0.24	H(Q ₅)	H(Q ₈)	0.35
L(Q ₆)	L(Q ₁)	0.43	M(Q ₆)	H(Q ₁)	0.43	H(Q ₆)	H(Q ₁)	0.62
L(Q ₆)	L(Q ₂)	0.51	M(Q ₆)	H(Q ₂)	0.52	H(Q ₆)	H(Q ₂)	0.63
L(Q ₆)	L(Q ₃)	0.32	M(Q ₆)	H(Q ₃)	0.39	H(Q ₆)	H(Q ₃)	0.68
L(Q ₆)	L(Q ₄)	0.52	M(Q ₆)	H(Q ₄)	0.28	H(Q ₆)	H(Q ₄)	0.66
L(Q ₆)	L(Q ₅)	0.56	M(Q ₆)	H(Q ₅)	0.25	H(Q ₆)	H(Q ₅)	0.77
L(Q ₆)	L(Q ₇)	0.48	M(Q ₆)	H(Q ₇)	0.28	H(Q ₆)	H(Q ₇)	0.71
L(Q ₆)	L(Q ₈)	0.43	M(Q ₆)	H(Q ₈)	0.26	H(Q ₆)	H(Q ₈)	0.46
L(Q ₇)	L(Q ₁)	0.54	M(Q ₇)	H(Q ₁)	0.34	H(Q ₇)	H(Q ₁)	0.65
L(Q ₇)	L(Q ₂)	0.39	M(Q ₇)	H(Q ₂)	0.43	H(Q ₇)	H(Q ₂)	0.63
L(Q ₇)	L(Q ₃)	0.46	M(Q ₇)	H(Q ₃)	0.34	H(Q ₇)	H(Q ₃)	0.48
L(Q ₇)	L(Q ₄)	0.53	M(Q ₇)	H(Q ₄)	0.3	H(Q ₇)	H(Q ₄)	0.6
L(Q ₇)	L(Q ₅)	0.51	M(Q ₇)	H(Q ₅)	0.33	H(Q ₇)	H(Q ₅)	0.63
L(Q ₇)	L(Q ₆)	0.48	M(Q ₇)	H(Q ₆)	0.13	H(Q ₇)	H(Q ₆)	0.54
L(Q ₇)	L(Q ₈)	0.41	M(Q ₇)	H(Q ₈)	0.19	H(Q ₇)	H(Q ₈)	0.44
L(Q ₈)	L(Q ₁)	0.43	M(Q ₈)	H(Q ₁)	0.42	H(Q ₈)	H(Q ₁)	0.55
L(Q ₈)	L(Q ₂)	0.49	M(Q ₈)	H(Q ₂)	0.52	H(Q ₈)	H(Q ₂)	0.59
L(Q ₈)	L(Q ₃)	0.34	M(Q ₈)	H(Q ₃)	0.34	H(Q ₈)	H(Q ₃)	0.58
L(Q ₈)	L(Q ₄)	0.47	M(Q ₈)	H(Q ₄)	0.32	H(Q ₈)	H(Q ₄)	0.5
L(Q ₈)	L(Q ₅)	0.38	M(Q ₈)	H(Q ₅)	0.32	H(Q ₈)	H(Q ₅)	0.48
L(Q ₈)	L(Q ₆)	0.42	M(Q ₈)	H(Q ₆)	0.15	H(Q ₈)	H(Q ₆)	0.4
L(Q ₈)	L(Q ₇)	0.4	M(Q ₈)	H(Q ₇)	0.35	H(Q ₈)	H(Q ₇)	0.5

表 3.9 虛擬案例不規則判斷結果

	靜力 平衡	內力 平衡	影響 線	彎矩 分配	共軛 梁法	單位 力法	虛功 法	柔度 矩陣	傾角 變位	諧合變 位法	勁度 矩陣
困難度 P _i	0.5	0.55	0.525	0.525	0.6	0.475	0.5	0.5	0.525	0.55	0.525
辨別度 D _i	0.9	0.9	0.75	0.85	0.8	0.95	0.8	0.8	0.75	0.9	0.85

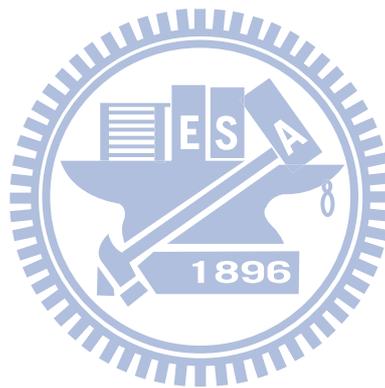
表 3.10 虛擬案例用新模糊歸屬函數的信心度計算結果

模糊等級	模糊等級	信心度	模糊等級	模糊等級	信心度	模糊等級	模糊等級	信心度
L(Q ₁)	L(Q ₂)	0.88	M(Q ₁)	H(Q ₂)	0.29	H(Q ₁)	H(Q ₂)	0.83
L(Q ₁)	L(Q ₃)	0.8	M(Q ₁)	H(Q ₃)	0.29	H(Q ₁)	H(Q ₃)	0.67
L(Q ₁)	L(Q ₄)	0.82	M(Q ₁)	H(Q ₄)	0.32	H(Q ₁)	H(Q ₄)	0.73
L(Q ₁)	L(Q ₅)	0.86	M(Q ₁)	H(Q ₅)	0.25	H(Q ₁)	H(Q ₅)	0.77
L(Q ₁)	L(Q ₆)	0.88	M(Q ₁)	H(Q ₆)	0.32	H(Q ₁)	H(Q ₆)	0.8
L(Q ₁)	L(Q ₇)	0.87	M(Q ₁)	H(Q ₇)	0.26	H(Q ₁)	H(Q ₇)	0.8
L(Q ₁)	L(Q ₈)	0.8	M(Q ₁)	H(Q ₈)	0.27	H(Q ₁)	H(Q ₈)	0.81
L(Q ₁)	L(Q ₉)	0.78	M(Q ₁)	H(Q ₉)	0.31	H(Q ₁)	H(Q ₉)	0.73
L(Q ₁)	L(Q ₁₀)	0.88	M(Q ₁)	H(Q ₁₀)	0.37	H(Q ₁)	H(Q ₁₀)	0.78
L(Q ₁)	L(Q ₁₁)	0.79	M(Q ₁)	H(Q ₁₁)	0.31	H(Q ₁)	H(Q ₁₁)	0.7
L(Q ₂)	L(Q ₁)	0.88	M(Q ₂)	H(Q ₁)	0.33	H(Q ₂)	H(Q ₁)	0.89
L(Q ₂)	L(Q ₃)	0.87	M(Q ₂)	H(Q ₃)	0.29	H(Q ₂)	H(Q ₃)	0.76
L(Q ₂)	L(Q ₄)	0.89	M(Q ₂)	H(Q ₄)	0.28	H(Q ₂)	H(Q ₄)	0.8
L(Q ₂)	L(Q ₅)	0.92	M(Q ₂)	H(Q ₅)	0.29	H(Q ₂)	H(Q ₅)	0.81
L(Q ₂)	L(Q ₆)	0.91	M(Q ₂)	H(Q ₆)	0.33	H(Q ₂)	H(Q ₆)	0.9
L(Q ₂)	L(Q ₇)	0.92	M(Q ₂)	H(Q ₇)	0.28	H(Q ₂)	H(Q ₇)	0.79
L(Q ₂)	L(Q ₈)	0.86	M(Q ₂)	H(Q ₈)	0.26	H(Q ₂)	H(Q ₈)	0.83
L(Q ₂)	L(Q ₉)	0.85	M(Q ₂)	H(Q ₉)	0.29	H(Q ₂)	H(Q ₉)	0.82
L(Q ₂)	L(Q ₁₀)	0.93	M(Q ₂)	H(Q ₁₀)	0.38	H(Q ₂)	H(Q ₁₀)	0.85
L(Q ₂)	L(Q ₁₁)	0.88	M(Q ₂)	H(Q ₁₁)	0.29	H(Q ₂)	H(Q ₁₁)	0.79
L(Q ₃)	L(Q ₁)	0.82	M(Q ₃)	H(Q ₁)	0.37	H(Q ₃)	H(Q ₁)	0.79
L(Q ₃)	L(Q ₂)	0.89	M(Q ₃)	H(Q ₂)	0.33	H(Q ₃)	H(Q ₂)	0.83
L(Q ₃)	L(Q ₄)	0.93	M(Q ₃)	H(Q ₄)	0.36	H(Q ₃)	H(Q ₄)	0.84
L(Q ₃)	L(Q ₅)	0.9	M(Q ₃)	H(Q ₅)	0.36	H(Q ₃)	H(Q ₅)	0.76
L(Q ₃)	L(Q ₆)	0.88	M(Q ₃)	H(Q ₆)	0.36	H(Q ₃)	H(Q ₆)	0.79
L(Q ₃)	L(Q ₇)	0.89	M(Q ₃)	H(Q ₇)	0.32	H(Q ₃)	H(Q ₇)	0.76
L(Q ₃)	L(Q ₈)	0.8	M(Q ₃)	H(Q ₈)	0.33	H(Q ₃)	H(Q ₈)	0.77
L(Q ₃)	L(Q ₉)	0.91	M(Q ₃)	H(Q ₉)	0.36	H(Q ₃)	H(Q ₉)	0.84
L(Q ₃)	L(Q ₁₀)	0.93	M(Q ₃)	H(Q ₁₀)	0.43	H(Q ₃)	H(Q ₁₀)	0.75
L(Q ₃)	L(Q ₁₁)	0.93	M(Q ₃)	H(Q ₁₁)	0.36	H(Q ₃)	H(Q ₁₁)	0.77
L(Q ₄)	L(Q ₁)	0.83	M(Q ₄)	H(Q ₁)	0.34	H(Q ₄)	H(Q ₁)	0.75
L(Q ₄)	L(Q ₂)	0.89	M(Q ₄)	H(Q ₂)	0.3	H(Q ₄)	H(Q ₂)	0.83
L(Q ₄)	L(Q ₃)	0.91	M(Q ₄)	H(Q ₃)	0.3	H(Q ₄)	H(Q ₃)	0.74

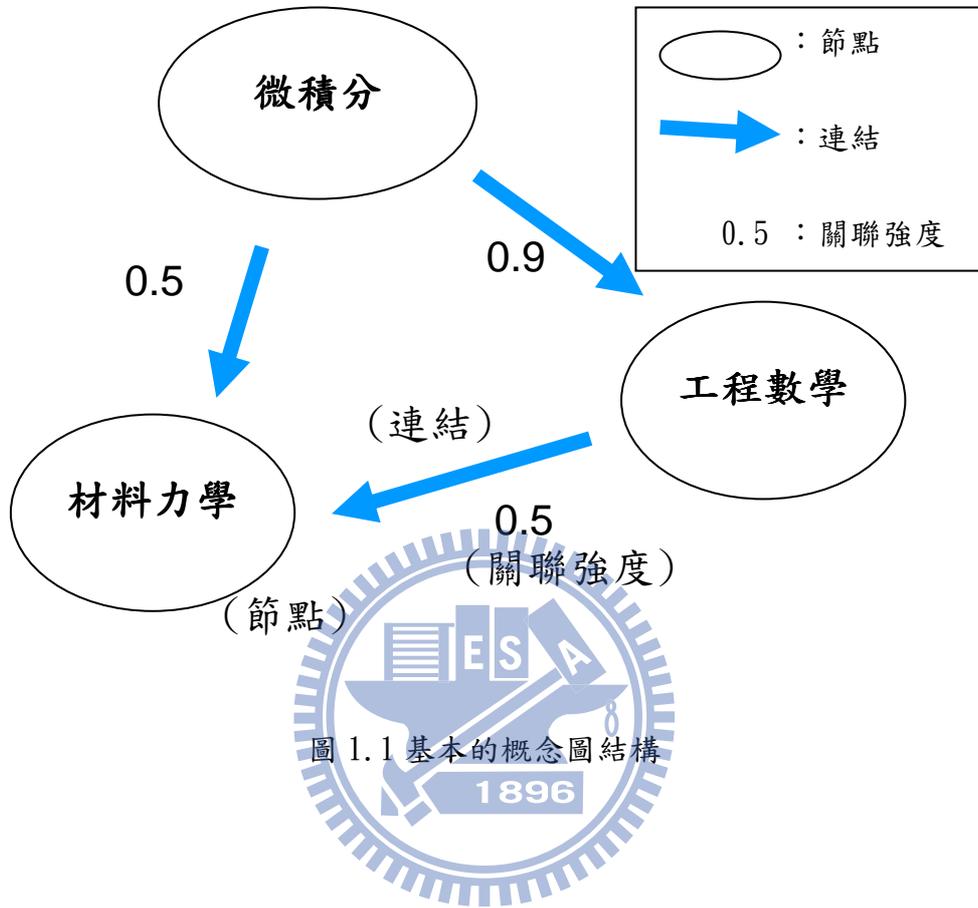
L(Q ₄)	L(Q ₅)	0.87	M(Q ₄)	H(Q ₅)	0.33	H(Q ₄)	H(Q ₅)	0.72
L(Q ₄)	L(Q ₆)	0.88	M(Q ₄)	H(Q ₆)	0.31	H(Q ₄)	H(Q ₆)	0.79
L(Q ₄)	L(Q ₇)	0.87	M(Q ₄)	H(Q ₇)	0.32	H(Q ₄)	H(Q ₇)	0.69
L(Q ₄)	L(Q ₈)	0.76	M(Q ₄)	H(Q ₈)	0.3	H(Q ₄)	H(Q ₈)	0.72
L(Q ₄)	L(Q ₉)	0.93	M(Q ₄)	H(Q ₉)	0.26	H(Q ₄)	H(Q ₉)	0.88
L(Q ₄)	L(Q ₁₀)	0.9	M(Q ₄)	H(Q ₁₀)	0.37	H(Q ₄)	H(Q ₁₀)	0.74
L(Q ₄)	L(Q ₁₁)	0.93	M(Q ₄)	H(Q ₁₁)	0.28	H(Q ₄)	H(Q ₁₁)	0.84
L(Q ₅)	L(Q ₁)	0.85	M(Q ₅)	H(Q ₁)	0.3	H(Q ₅)	H(Q ₁)	0.84
L(Q ₅)	L(Q ₂)	0.92	M(Q ₅)	H(Q ₂)	0.3	H(Q ₅)	H(Q ₂)	0.82
L(Q ₅)	L(Q ₃)	0.87	M(Q ₅)	H(Q ₃)	0.33	H(Q ₅)	H(Q ₃)	0.7
L(Q ₅)	L(Q ₄)	0.86	M(Q ₅)	H(Q ₄)	0.37	H(Q ₅)	H(Q ₄)	0.76
L(Q ₅)	L(Q ₆)	0.91	M(Q ₅)	H(Q ₆)	0.34	H(Q ₅)	H(Q ₆)	0.78
L(Q ₅)	L(Q ₇)	0.91	M(Q ₅)	H(Q ₇)	0.34	H(Q ₅)	H(Q ₇)	0.7
L(Q ₅)	L(Q ₈)	0.84	M(Q ₅)	H(Q ₈)	0.34	H(Q ₅)	H(Q ₈)	0.68
L(Q ₅)	L(Q ₉)	0.82	M(Q ₅)	H(Q ₉)	0.34	H(Q ₅)	H(Q ₉)	0.73
L(Q ₅)	L(Q ₁₀)	0.98	M(Q ₅)	H(Q ₁₀)	0.37	H(Q ₅)	H(Q ₁₀)	0.82
L(Q ₅)	L(Q ₁₁)	0.85	M(Q ₅)	H(Q ₁₁)	0.35	H(Q ₅)	H(Q ₁₁)	0.71
L(Q ₆)	L(Q ₁)	0.87	M(Q ₆)	H(Q ₁)	0.37	H(Q ₆)	H(Q ₁)	0.86
L(Q ₆)	L(Q ₂)	0.89	M(Q ₆)	H(Q ₂)	0.34	H(Q ₆)	H(Q ₂)	0.9
L(Q ₆)	L(Q ₃)	0.85	M(Q ₆)	H(Q ₃)	0.33	H(Q ₆)	H(Q ₃)	0.72
L(Q ₆)	L(Q ₄)	0.86	M(Q ₆)	H(Q ₄)	0.34	H(Q ₆)	H(Q ₄)	0.82
L(Q ₆)	L(Q ₅)	0.9	M(Q ₆)	H(Q ₅)	0.33	H(Q ₆)	H(Q ₅)	0.77
L(Q ₆)	L(Q ₇)	0.87	M(Q ₆)	H(Q ₇)	0.31	H(Q ₆)	H(Q ₇)	0.81
L(Q ₆)	L(Q ₈)	0.82	M(Q ₆)	H(Q ₈)	0.32	H(Q ₆)	H(Q ₈)	0.78
L(Q ₆)	L(Q ₉)	0.84	M(Q ₆)	H(Q ₉)	0.34	H(Q ₆)	H(Q ₉)	0.8
L(Q ₆)	L(Q ₁₀)	0.93	M(Q ₆)	H(Q ₁₀)	0.43	H(Q ₆)	H(Q ₁₀)	0.88
L(Q ₆)	L(Q ₁₁)	0.84	M(Q ₆)	H(Q ₁₁)	0.34	H(Q ₆)	H(Q ₁₁)	0.83
L(Q ₇)	L(Q ₁)	0.86	M(Q ₇)	H(Q ₁)	0.3	H(Q ₇)	H(Q ₁)	0.85
L(Q ₇)	L(Q ₂)	0.93	M(Q ₇)	H(Q ₂)	0.28	H(Q ₇)	H(Q ₂)	0.8
L(Q ₇)	L(Q ₃)	0.86	M(Q ₇)	H(Q ₃)	0.28	H(Q ₇)	H(Q ₃)	0.68
L(Q ₇)	L(Q ₄)	0.85	M(Q ₇)	H(Q ₄)	0.34	H(Q ₇)	H(Q ₄)	0.71
L(Q ₇)	L(Q ₅)	0.91	M(Q ₇)	H(Q ₅)	0.33	H(Q ₇)	H(Q ₅)	0.69
L(Q ₇)	L(Q ₆)	0.88	M(Q ₇)	H(Q ₆)	0.31	H(Q ₇)	H(Q ₆)	0.8
L(Q ₇)	L(Q ₈)	0.86	M(Q ₇)	H(Q ₈)	0.27	H(Q ₇)	H(Q ₈)	0.78
L(Q ₇)	L(Q ₉)	0.82	M(Q ₇)	H(Q ₉)	0.32	H(Q ₇)	H(Q ₉)	0.67
L(Q ₇)	L(Q ₁₀)	0.91	M(Q ₇)	H(Q ₁₀)	0.33	H(Q ₇)	H(Q ₁₀)	0.78
L(Q ₇)	L(Q ₁₁)	0.86	M(Q ₇)	H(Q ₁₁)	0.33	H(Q ₇)	H(Q ₁₁)	0.73

L(Q ₈)	L(Q ₁)	0.82	M(Q ₈)	H(Q ₁)	0.31	H(Q ₈)	H(Q ₁)	0.87
L(Q ₈)	L(Q ₂)	0.83	M(Q ₈)	H(Q ₂)	0.27	H(Q ₈)	H(Q ₂)	0.83
L(Q ₈)	L(Q ₃)	0.8	M(Q ₈)	H(Q ₃)	0.28	H(Q ₈)	H(Q ₃)	0.71
L(Q ₈)	L(Q ₄)	0.77	M(Q ₈)	H(Q ₄)	0.32	H(Q ₈)	H(Q ₄)	0.75
L(Q ₈)	L(Q ₅)	0.87	M(Q ₈)	H(Q ₅)	0.32	H(Q ₈)	H(Q ₅)	0.67
L(Q ₈)	L(Q ₆)	0.86	M(Q ₈)	H(Q ₆)	0.31	H(Q ₈)	H(Q ₆)	0.78
L(Q ₈)	L(Q ₇)	0.89	M(Q ₈)	H(Q ₇)	0.27	H(Q ₈)	H(Q ₇)	0.79
L(Q ₈)	L(Q ₉)	0.75	M(Q ₈)	H(Q ₉)	0.3	H(Q ₈)	H(Q ₉)	0.78
L(Q ₈)	L(Q ₁₀)	0.87	M(Q ₈)	H(Q ₁₀)	0.35	H(Q ₈)	H(Q ₁₀)	0.76
L(Q ₈)	L(Q ₁₁)	0.79	M(Q ₈)	H(Q ₁₁)	0.3	H(Q ₈)	H(Q ₁₁)	0.76
L(Q ₉)	L(Q ₁)	0.74	M(Q ₉)	H(Q ₁)	0.36	H(Q ₉)	H(Q ₁)	0.78
L(Q ₉)	L(Q ₂)	0.81	M(Q ₉)	H(Q ₂)	0.31	H(Q ₉)	H(Q ₂)	0.82
L(Q ₉)	L(Q ₃)	0.84	M(Q ₉)	H(Q ₃)	0.33	H(Q ₉)	H(Q ₃)	0.76
L(Q ₉)	L(Q ₄)	0.88	M(Q ₉)	H(Q ₄)	0.3	H(Q ₉)	H(Q ₄)	0.91
L(Q ₉)	L(Q ₅)	0.78	M(Q ₉)	H(Q ₅)	0.34	H(Q ₉)	H(Q ₅)	0.73
L(Q ₉)	L(Q ₆)	0.82	M(Q ₉)	H(Q ₆)	0.35	H(Q ₉)	H(Q ₆)	0.8
L(Q ₉)	L(Q ₇)	0.79	M(Q ₉)	H(Q ₇)	0.33	H(Q ₉)	H(Q ₇)	0.68
L(Q ₉)	L(Q ₈)	0.69	M(Q ₉)	H(Q ₈)	0.32	H(Q ₉)	H(Q ₈)	0.78
L(Q ₉)	L(Q ₁₀)	0.84	M(Q ₉)	H(Q ₁₀)	0.37	H(Q ₉)	H(Q ₁₀)	0.75
L(Q ₉)	L(Q ₁₁)	0.91	M(Q ₉)	H(Q ₁₁)	0.3	H(Q ₉)	H(Q ₁₁)	0.87
L(Q ₁₀)	L(Q ₁)	0.83	M(Q ₁₀)	H(Q ₁)	0.4	H(Q ₁₀)	H(Q ₁)	0.8
L(Q ₁₀)	L(Q ₂)	0.87	M(Q ₁₀)	H(Q ₂)	0.38	H(Q ₁₀)	H(Q ₂)	0.81
L(Q ₁₀)	L(Q ₃)	0.85	M(Q ₁₀)	H(Q ₃)	0.41	H(Q ₁₀)	H(Q ₃)	0.65
L(Q ₁₀)	L(Q ₄)	0.84	M(Q ₁₀)	H(Q ₄)	0.4	H(Q ₁₀)	H(Q ₄)	0.74
L(Q ₁₀)	L(Q ₅)	0.93	M(Q ₁₀)	H(Q ₅)	0.36	H(Q ₁₀)	H(Q ₅)	0.77
L(Q ₁₀)	L(Q ₆)	0.89	M(Q ₁₀)	H(Q ₆)	0.42	H(Q ₁₀)	H(Q ₆)	0.83
L(Q ₁₀)	L(Q ₇)	0.87	M(Q ₁₀)	H(Q ₇)	0.32	H(Q ₁₀)	H(Q ₇)	0.75
L(Q ₁₀)	L(Q ₈)	0.79	M(Q ₁₀)	H(Q ₈)	0.35	H(Q ₁₀)	H(Q ₈)	0.72
L(Q ₁₀)	L(Q ₉)	0.83	M(Q ₁₀)	H(Q ₉)	0.39	H(Q ₁₀)	H(Q ₉)	0.72
L(Q ₁₀)	L(Q ₁₁)	0.84	M(Q ₁₀)	H(Q ₁₁)	0.38	H(Q ₁₀)	H(Q ₁₁)	0.72
L(Q ₁₁)	L(Q ₁)	0.74	M(Q ₁₁)	H(Q ₁)	0.36	H(Q ₁₁)	H(Q ₁)	0.76
L(Q ₁₁)	L(Q ₂)	0.83	M(Q ₁₁)	H(Q ₂)	0.32	H(Q ₁₁)	H(Q ₂)	0.8
L(Q ₁₁)	L(Q ₃)	0.84	M(Q ₁₁)	H(Q ₃)	0.35	H(Q ₁₁)	H(Q ₃)	0.71
L(Q ₁₁)	L(Q ₄)	0.86	M(Q ₁₁)	H(Q ₄)	0.33	H(Q ₁₁)	H(Q ₄)	0.89
L(Q ₁₁)	L(Q ₅)	0.79	M(Q ₁₁)	H(Q ₅)	0.36	H(Q ₁₁)	H(Q ₅)	0.71
L(Q ₁₁)	L(Q ₆)	0.8	M(Q ₁₁)	H(Q ₆)	0.37	H(Q ₁₁)	H(Q ₆)	0.83
L(Q ₁₁)	L(Q ₇)	0.81	M(Q ₁₁)	H(Q ₇)	0.33	H(Q ₁₁)	H(Q ₇)	0.74

$L(Q_{11})$	$L(Q_8)$	0.72	$M(Q_{11})$	$H(Q_8)$	0.33	$H(Q_{11})$	$H(Q_8)$	0.77
$L(Q_{11})$	$L(Q_9)$	0.9	$M(Q_{11})$	$H(Q_9)$	0.31	$H(Q_{11})$	$H(Q_9)$	0.89
$L(Q_{11})$	$L(Q_{10})$	0.83	$M(Q_{11})$	$H(Q_{10})$	0.34	$H(Q_{11})$	$H(Q_{10})$	0.77



附圖



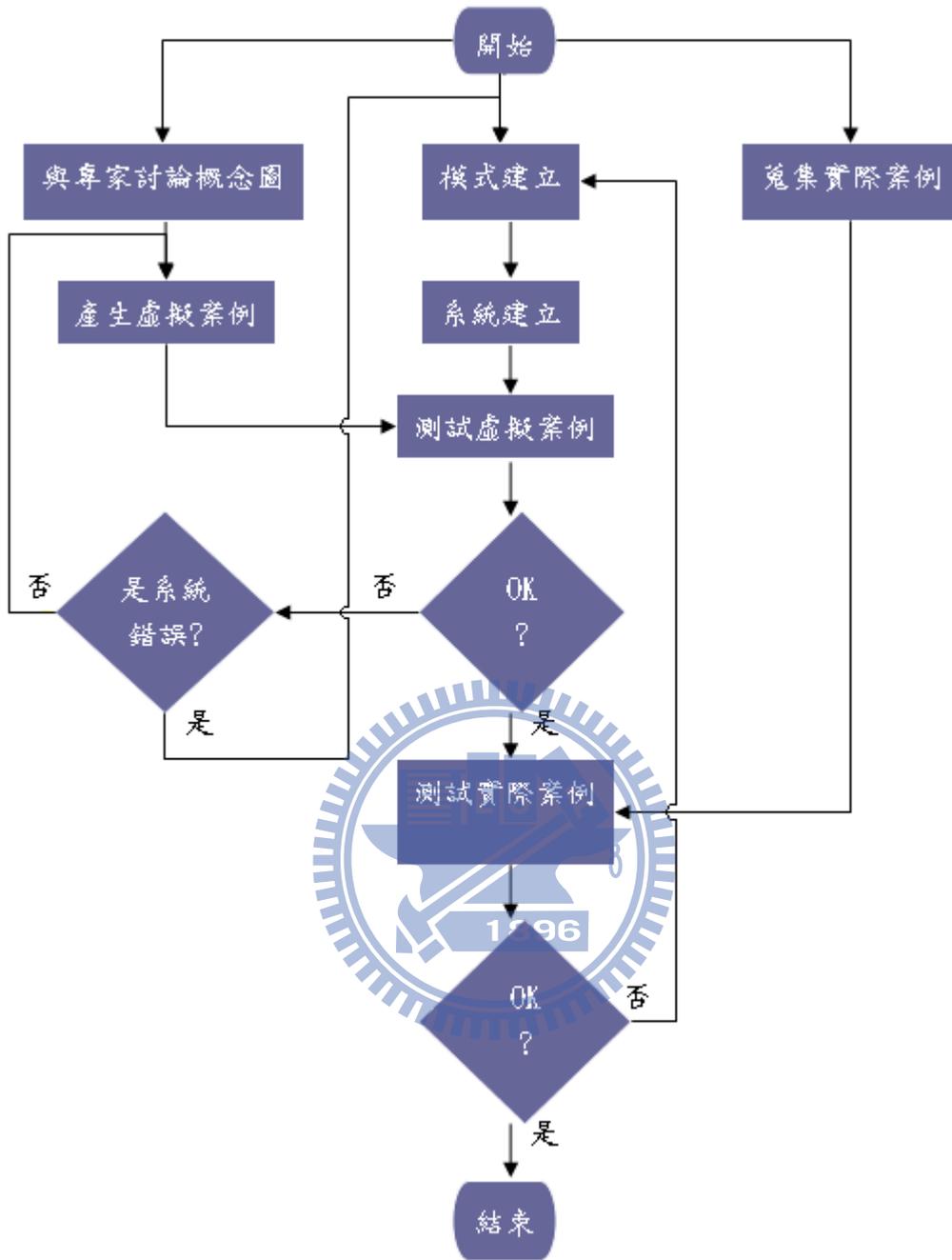


圖 2.1 研究步驟

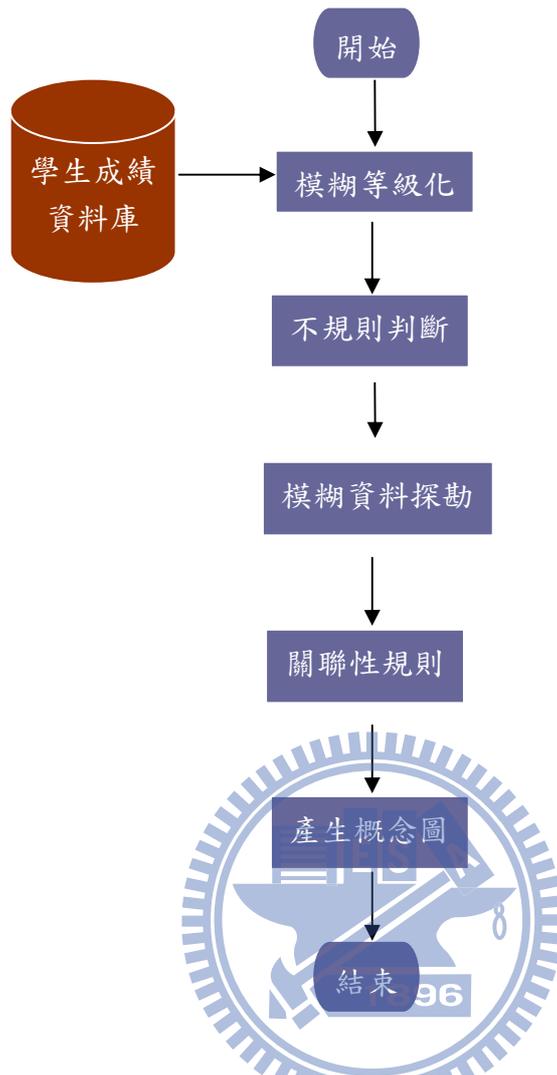


圖 2.2 產生概念圖的流程

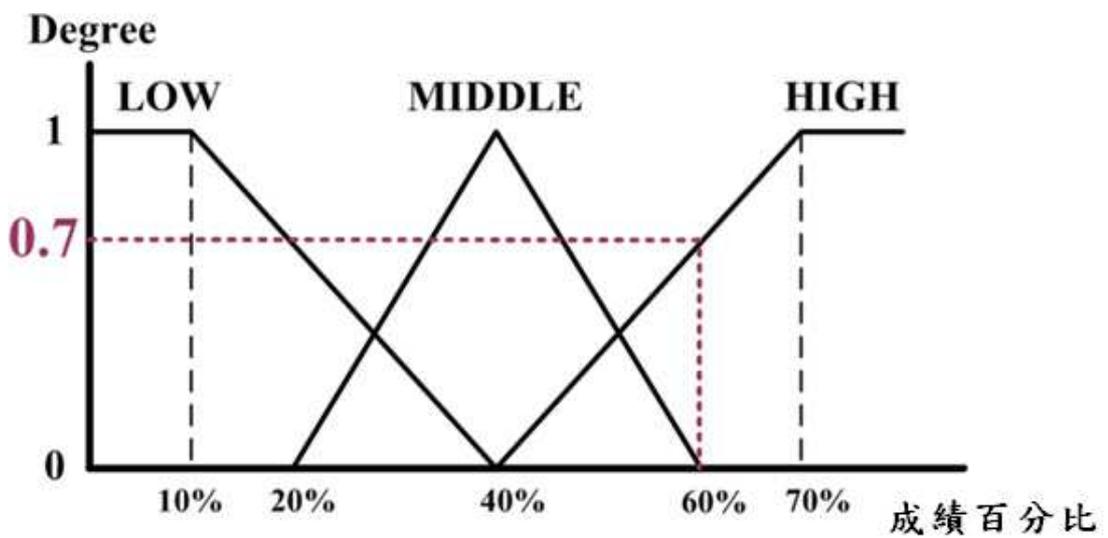


圖 2.3 模糊等級化的模糊歸屬函數

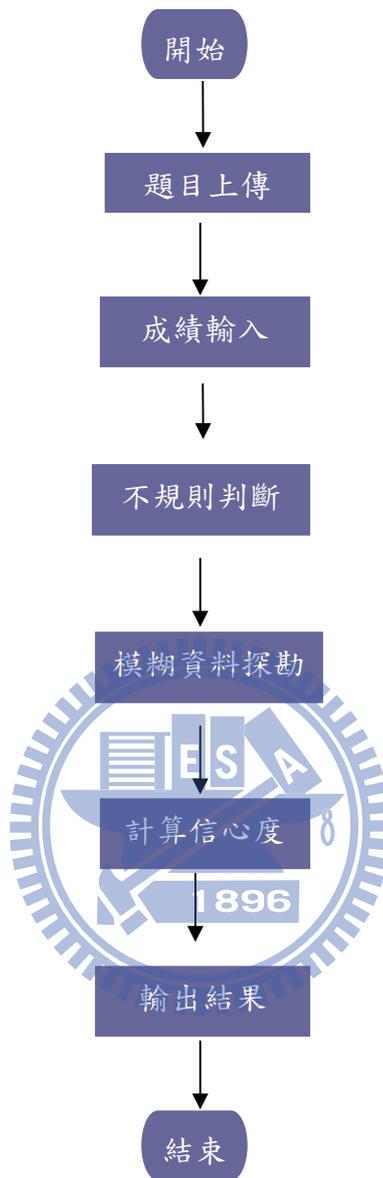


圖 3.1 網站架構

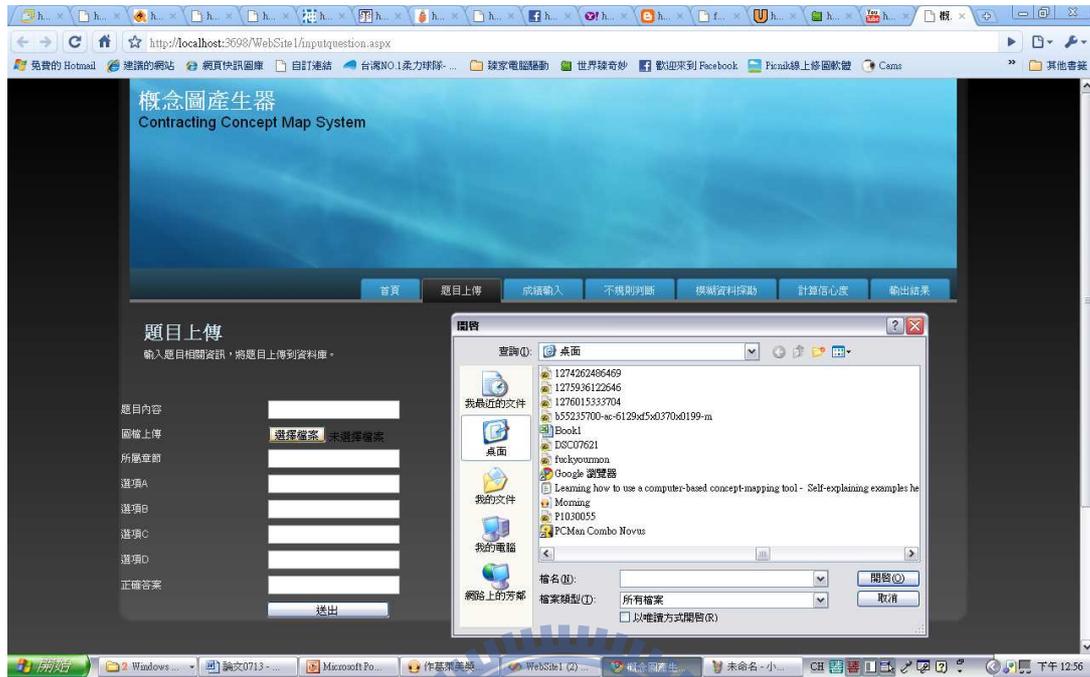


圖 3.2 題目上傳頁面

成績輸入

先點選所要輸入的題目後，再輸入該題所有學生的成績。

題目編號	題目內容	所屬章節	輸入成績
1	靜力分析		<input type="button" value="點選"/>
2	內力分析	a	<input type="button" value="點選"/>
3	影響線	1	<input type="button" value="點選"/>
4	彎矩分配法	1	<input type="button" value="點選"/>
5	共軛梁法		<input type="button" value="點選"/>
6	單位力法		<input type="button" value="點選"/>
7	虛功法		<input type="button" value="點選"/>
8	柔度矩陣		<input type="button" value="點選"/>
9	傾角變位法		<input type="button" value="點選"/>

成績輸入

先點選所要輸入的題目後，再輸入該題所有學生的成績。

選擇要產生幾個控制項:

編號 1

學生學號

學生成績

圖 3.3 成績輸入頁面



圖 3.4 輸出結果頁面

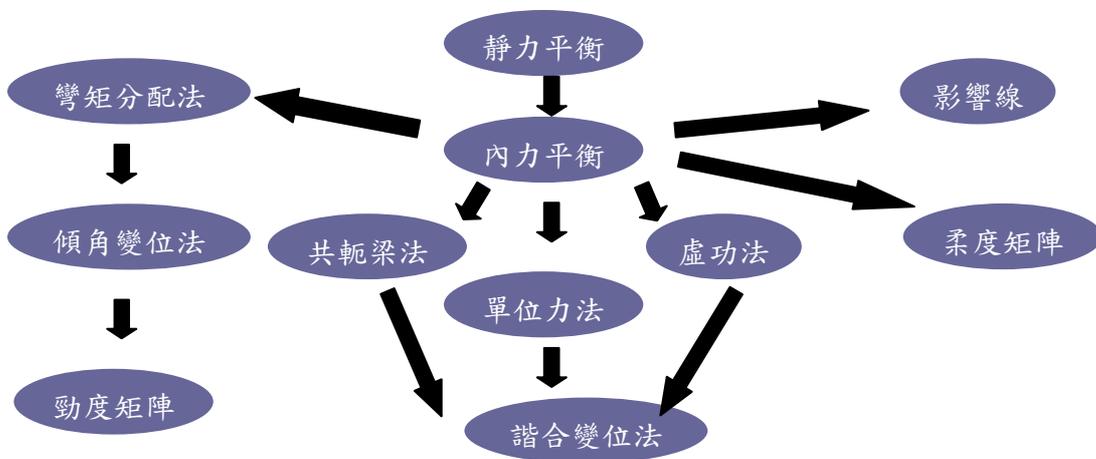


圖 3.5 預設的結構學概念圖

學生人數

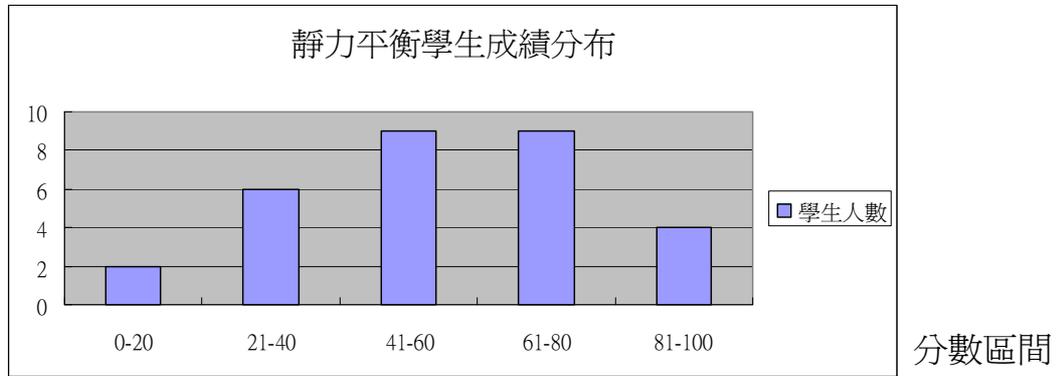


圖 3.6 第一單元靜力平衡的成績以常態分布亂數產生

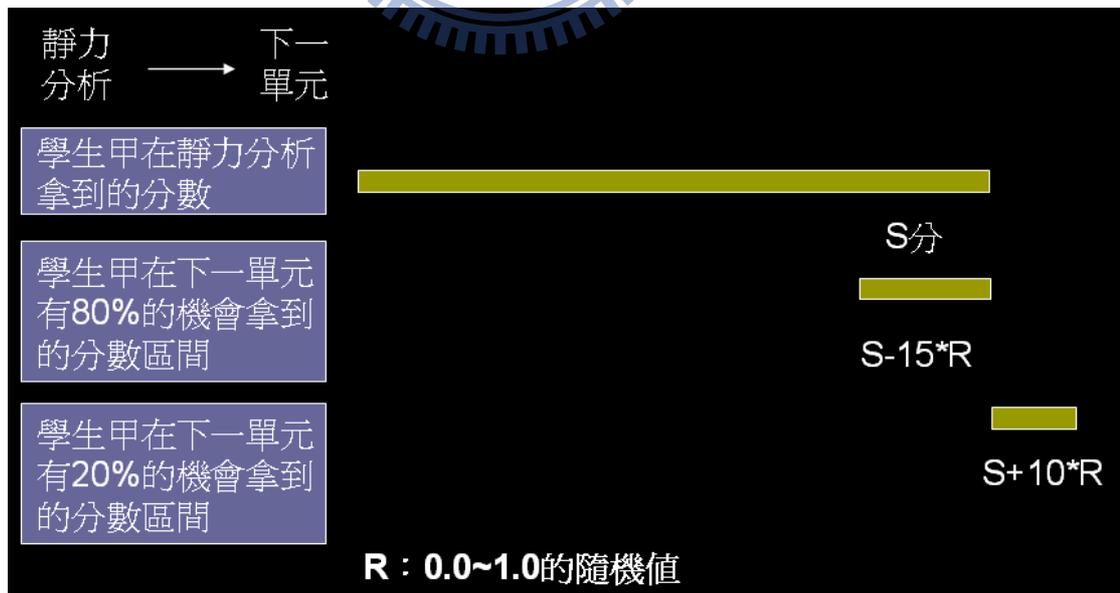
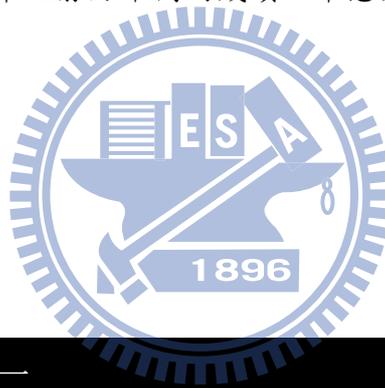


圖 3.7 產生後備知識的方法

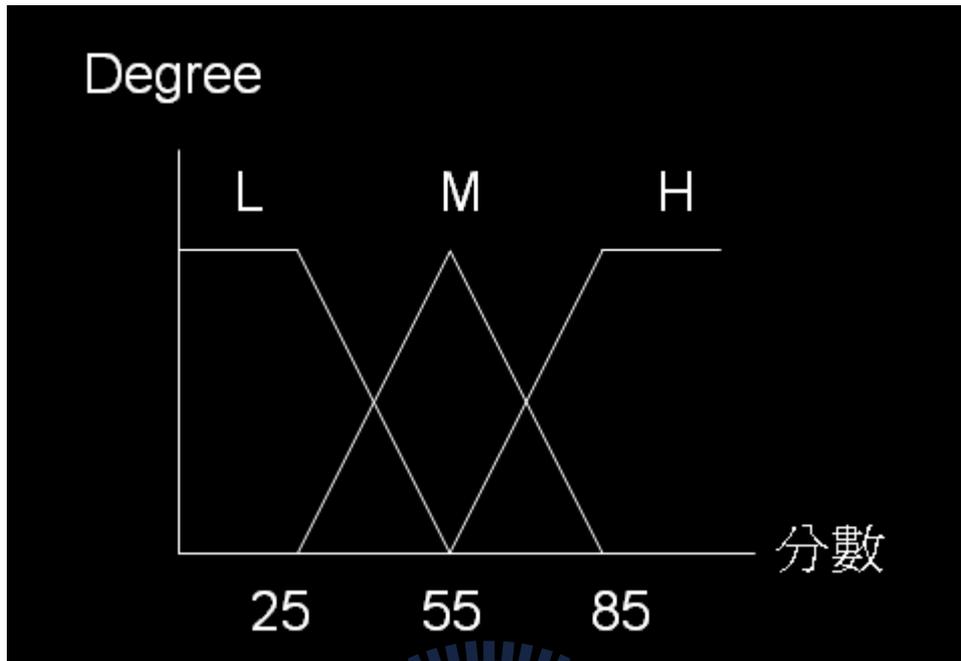


圖 3.8 模糊歸屬函數

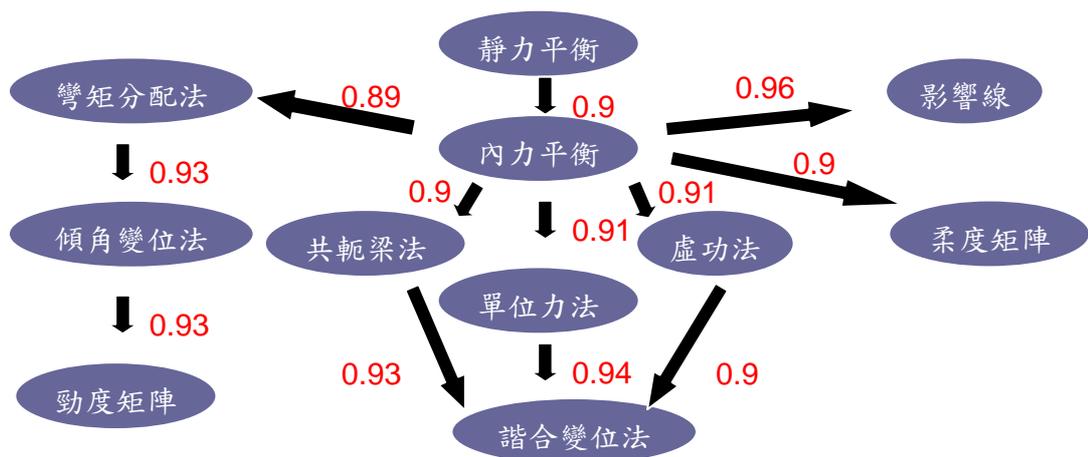


圖 3.9 依虛擬案例輸出結果繪製而成的概念圖

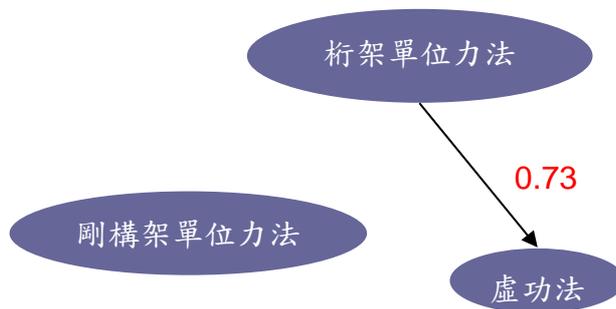


圖 3.10 依實際案例輸出結果繪製而成的概念圖

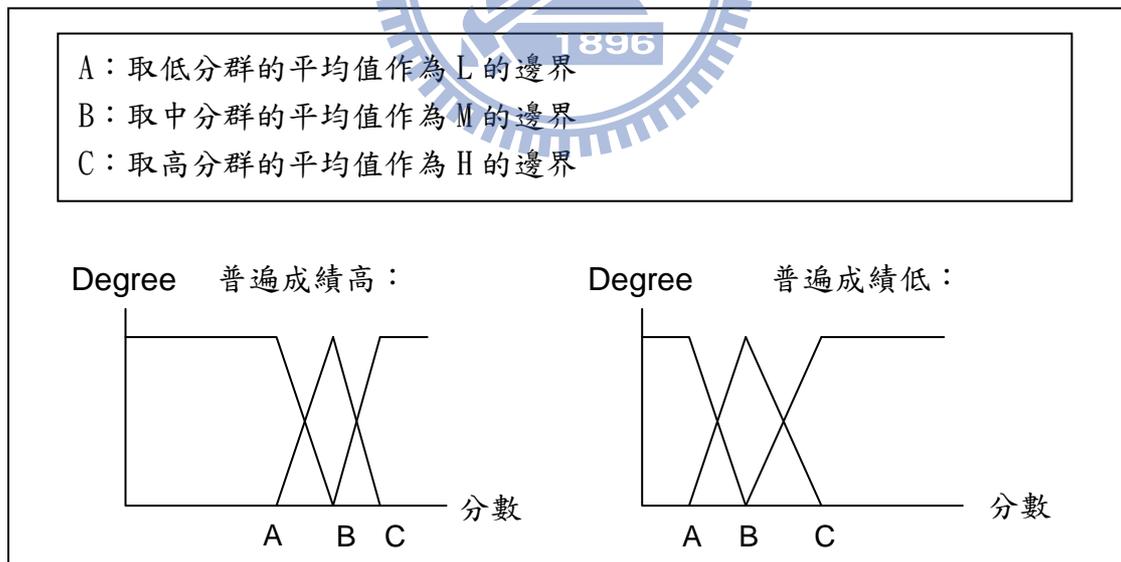


圖 3.11 調整模糊等級化函數

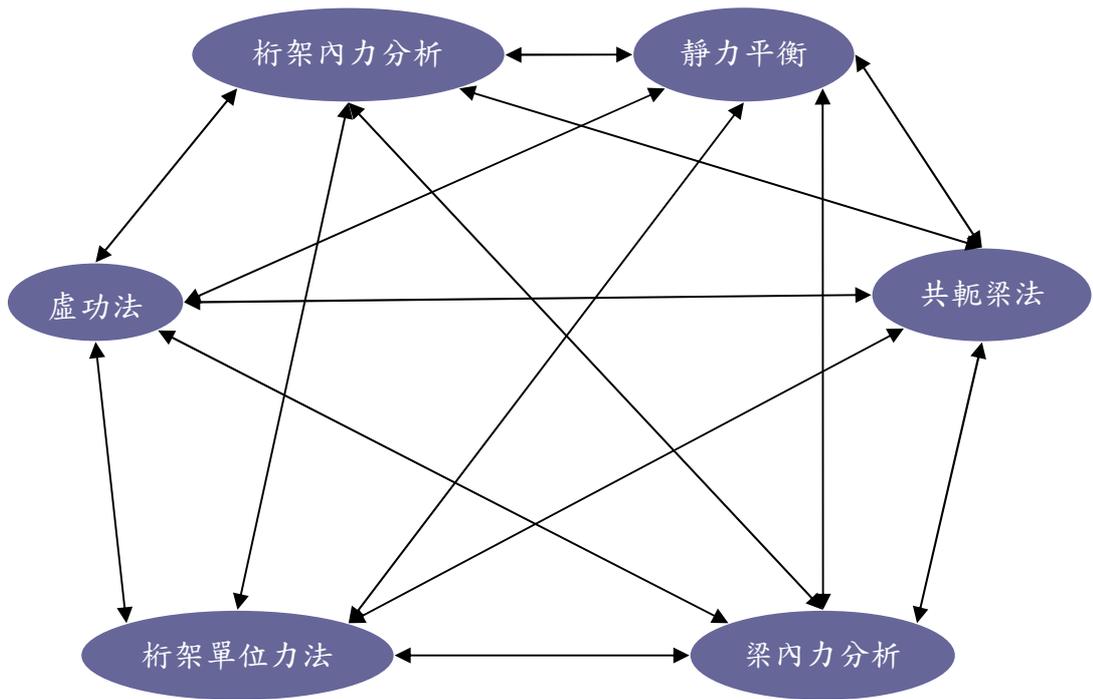


圖 3.12 實際案例六個單元之間的關聯

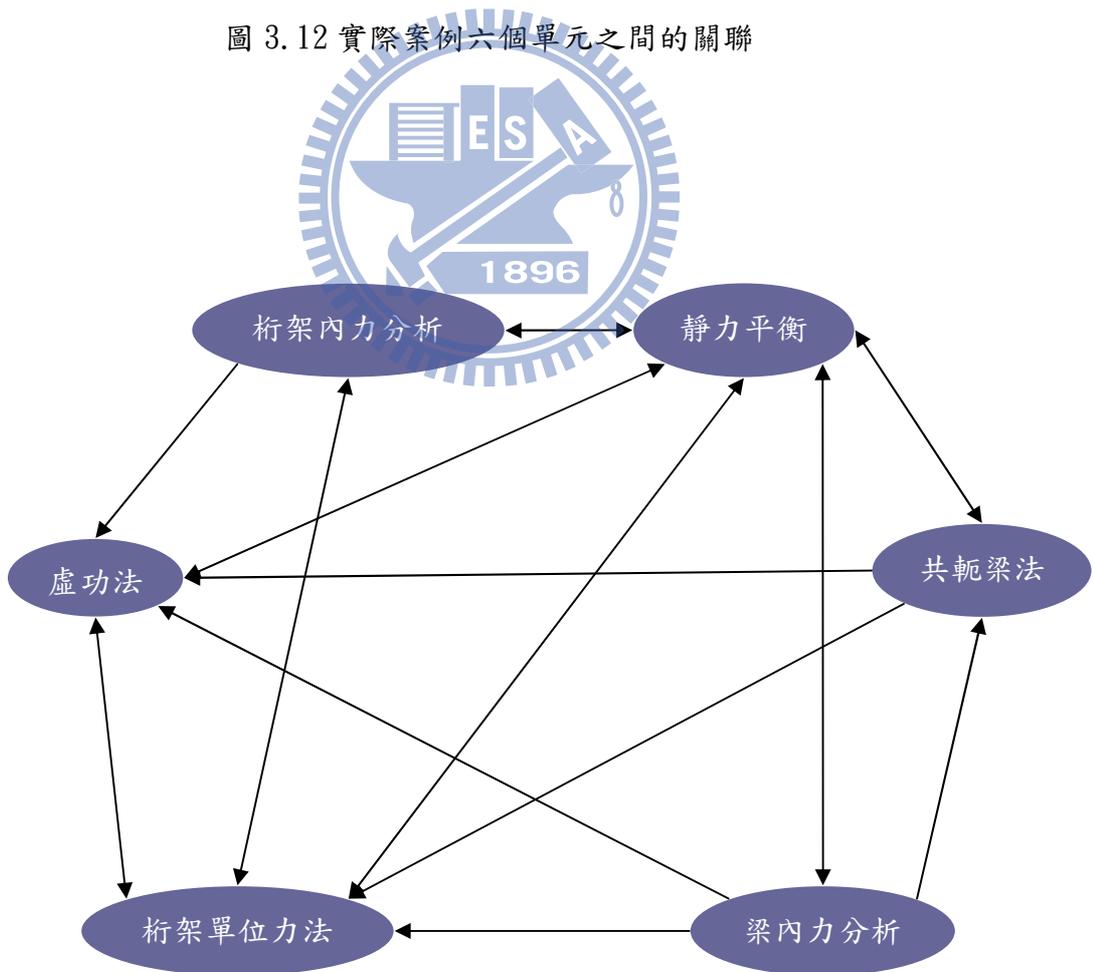


圖 3.13 用 L-L 關聯過濾後六個單元之間的關聯

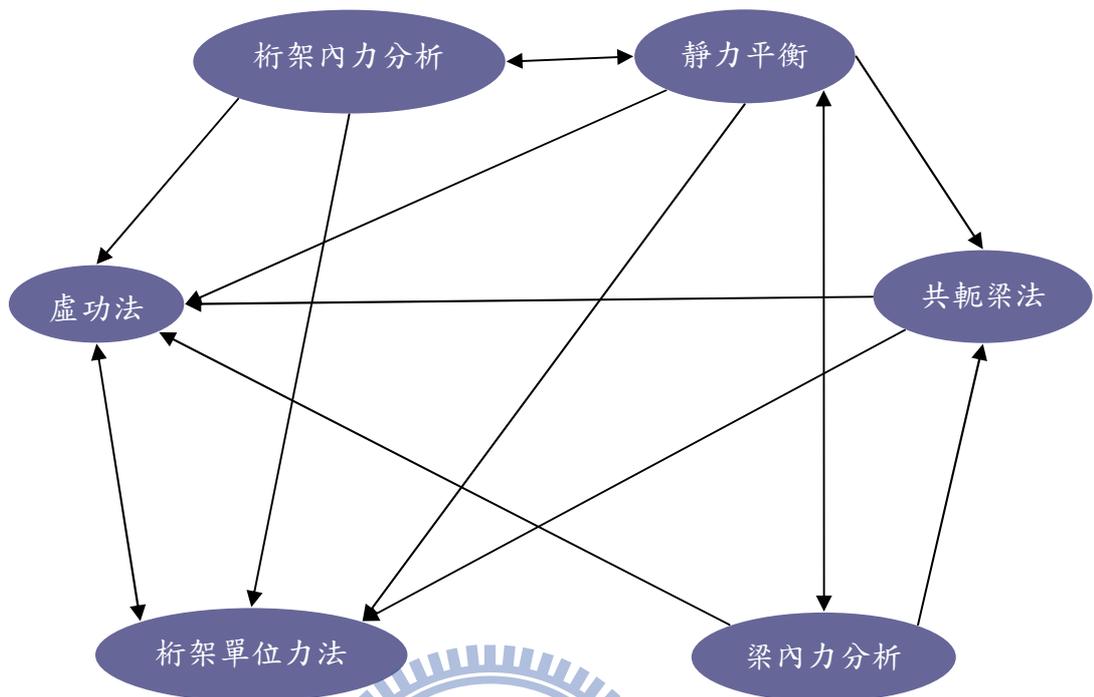


圖 3.14 用 H-H 關聯過濾後六個單元之間的關聯

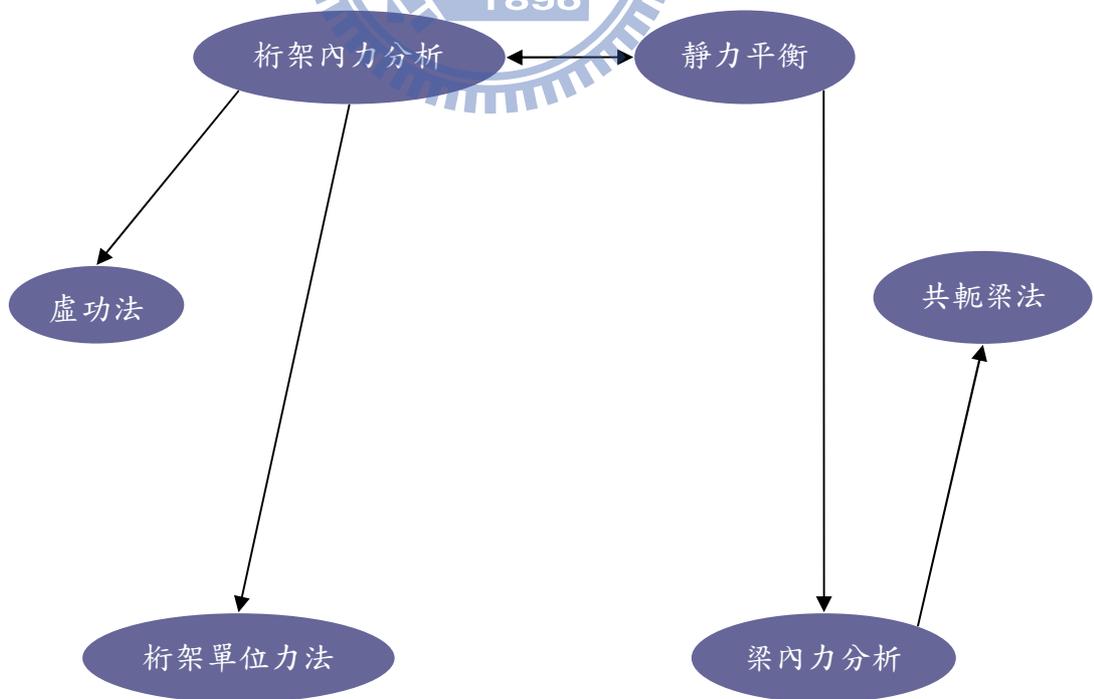


圖 3.15 用三種關聯性的加權平均取最強的六條

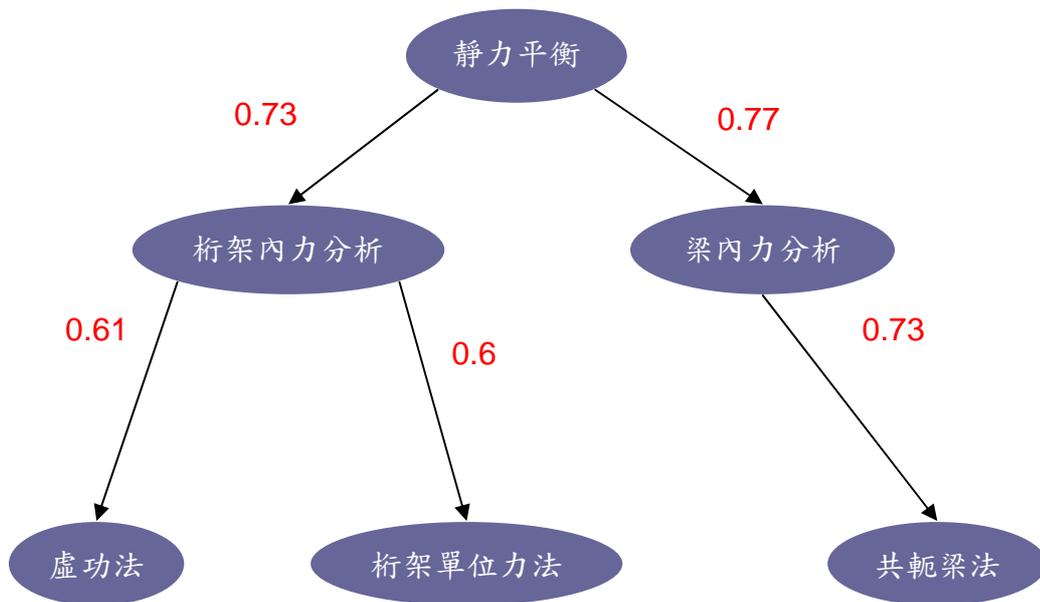


圖 3.16 整理後的概念圖

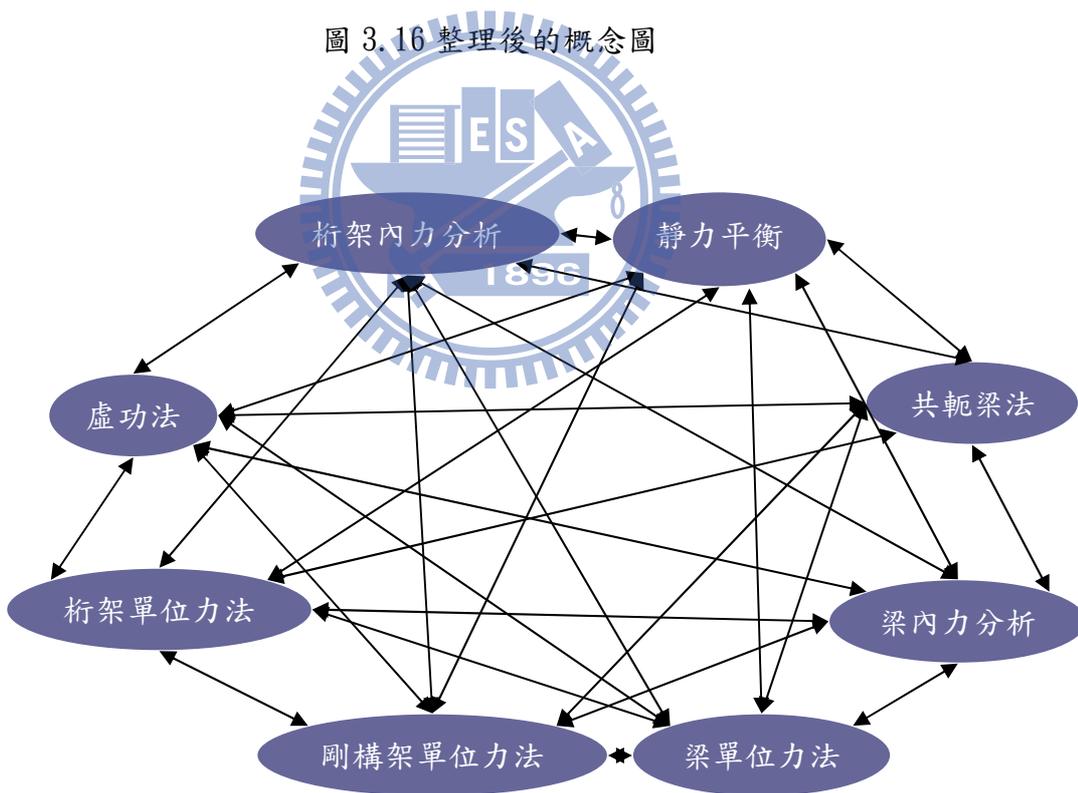


圖 3.17 實際案例八個單元之間的關聯

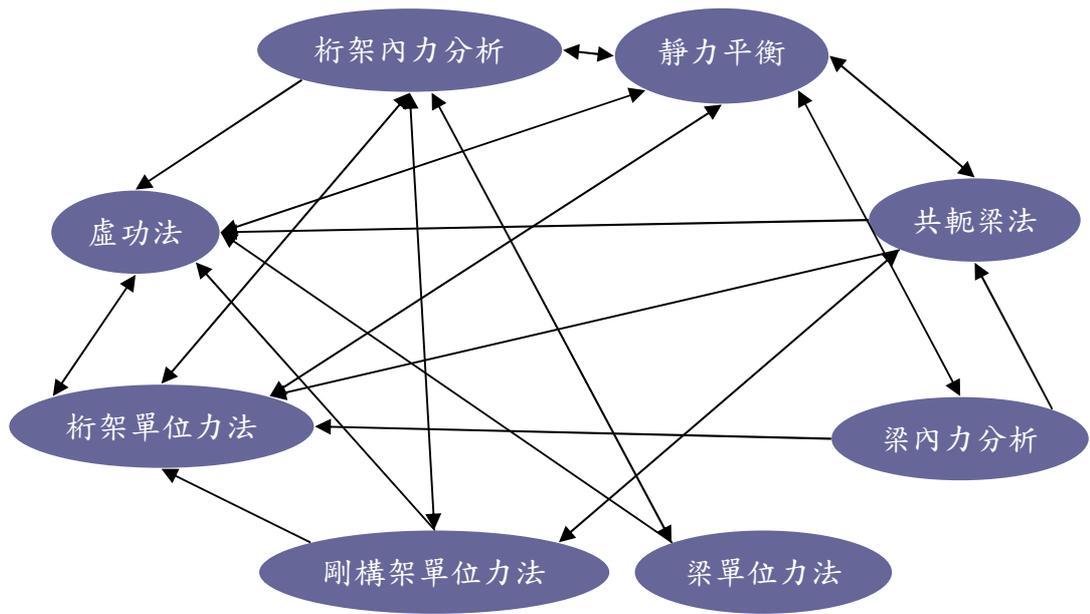


圖 3.18 用 L-L 關聯過濾後八個單元之間的關聯

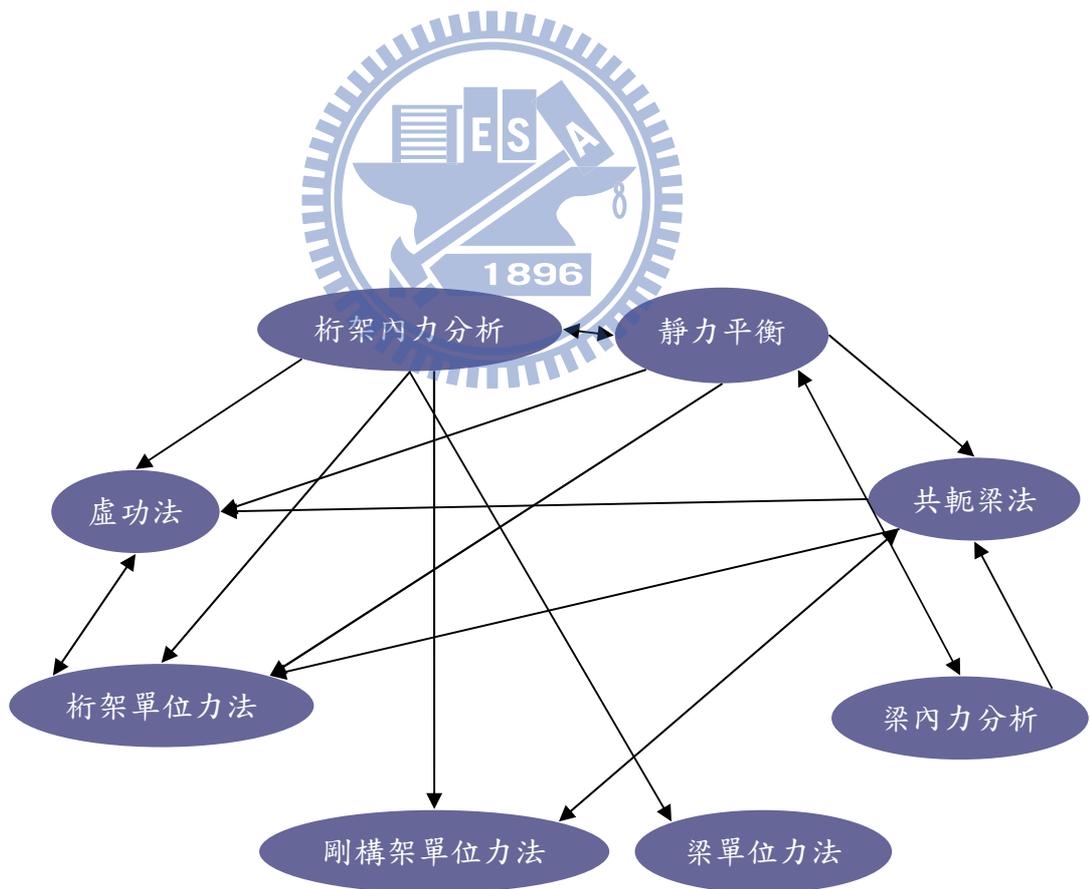


圖 3.19 用 H-H 關聯過濾後八個單元之間的關聯

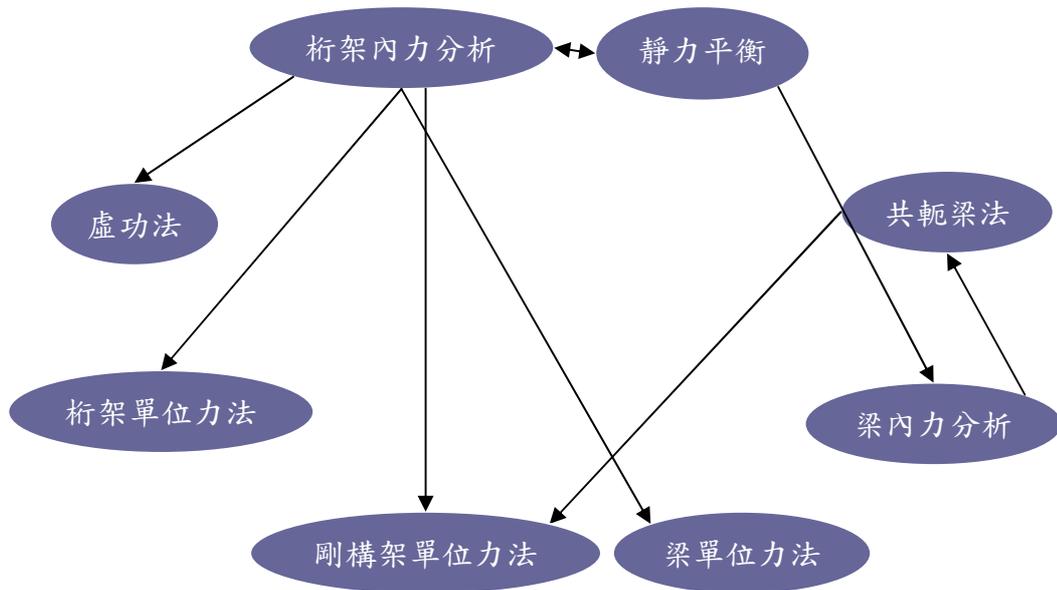


圖 3.20 用三種關聯性的加權平均取最強的九條

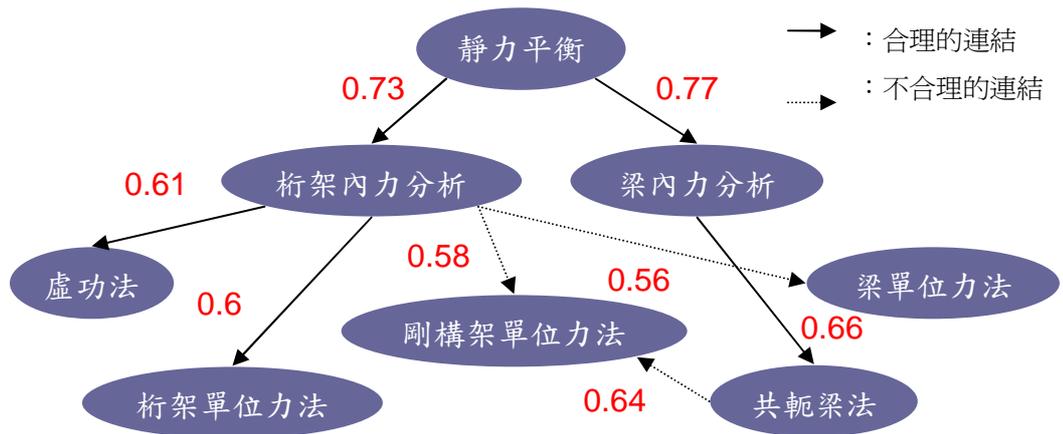


圖 3.21 整理後的概念圖

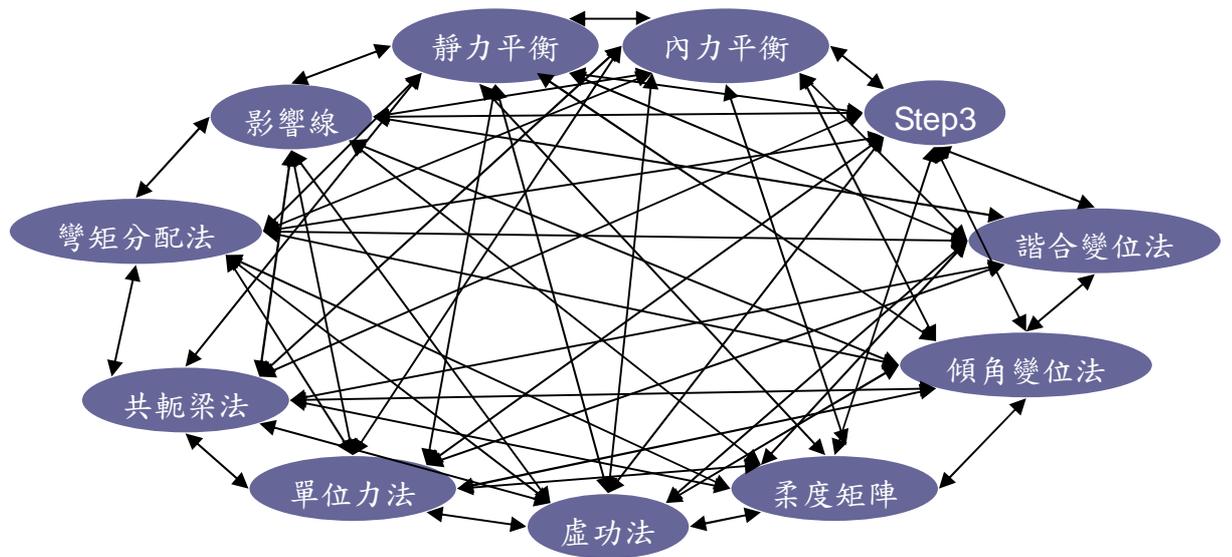


圖 3.22 虛擬案例十一個單元之間的關聯

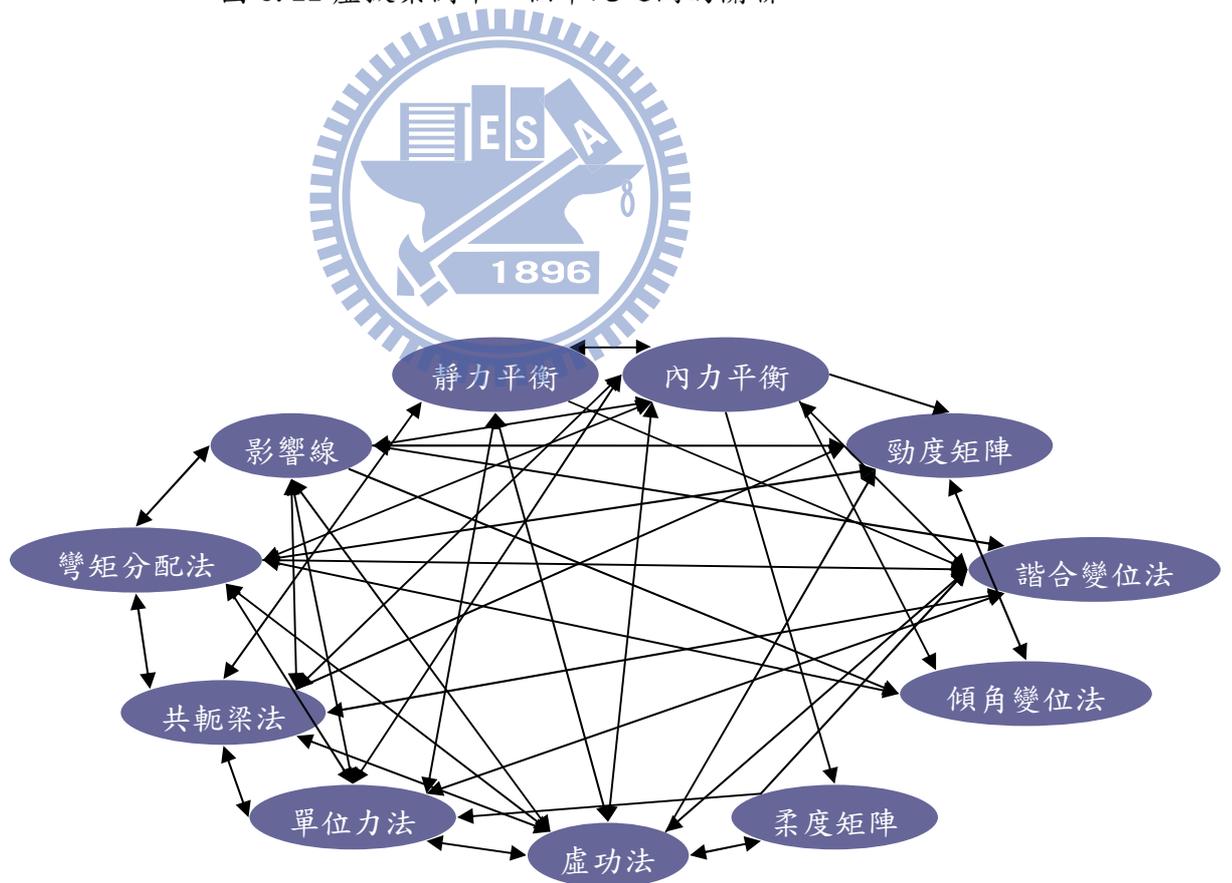


圖 3.23 用 L-L 關聯過濾後十一個單元之間的關聯

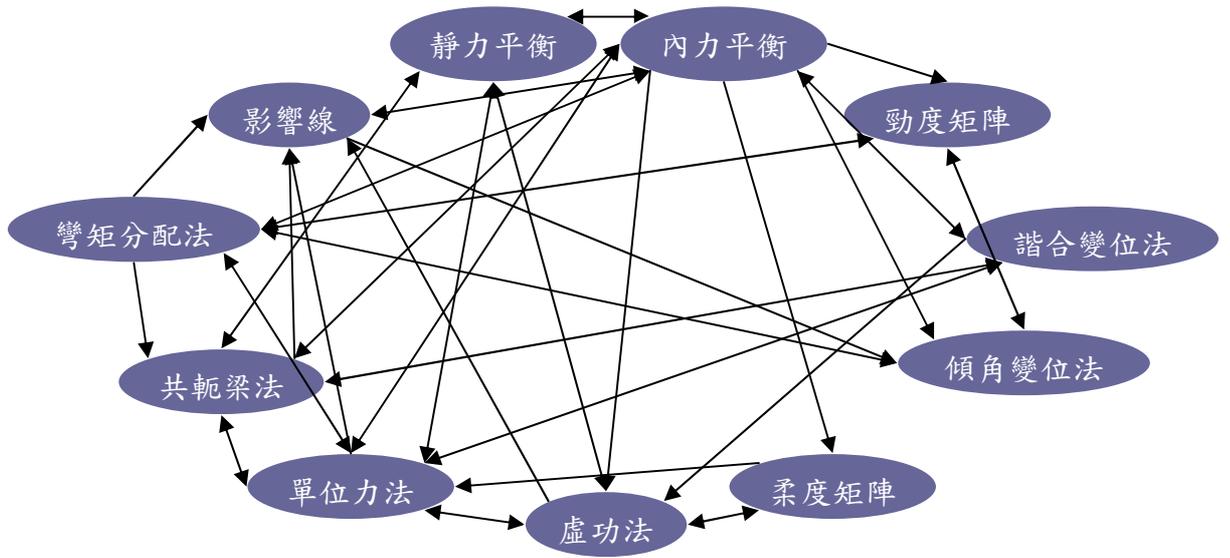


圖 3.24 用 H-H 關聯過濾後十一個單元之間的關聯

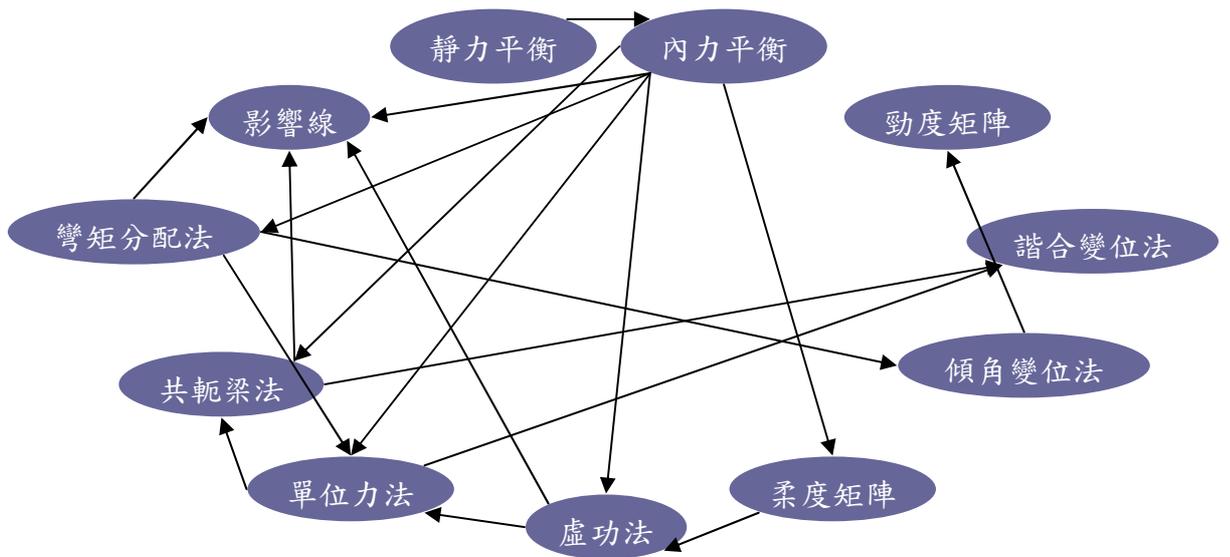
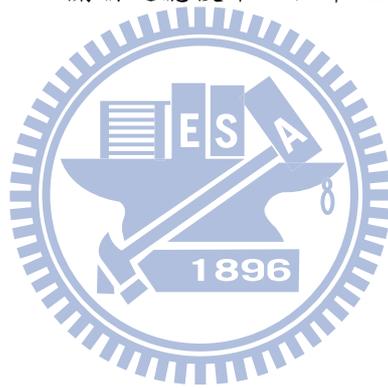


圖 3.25 用三條關聯的加權平均取最強的 18 條連結

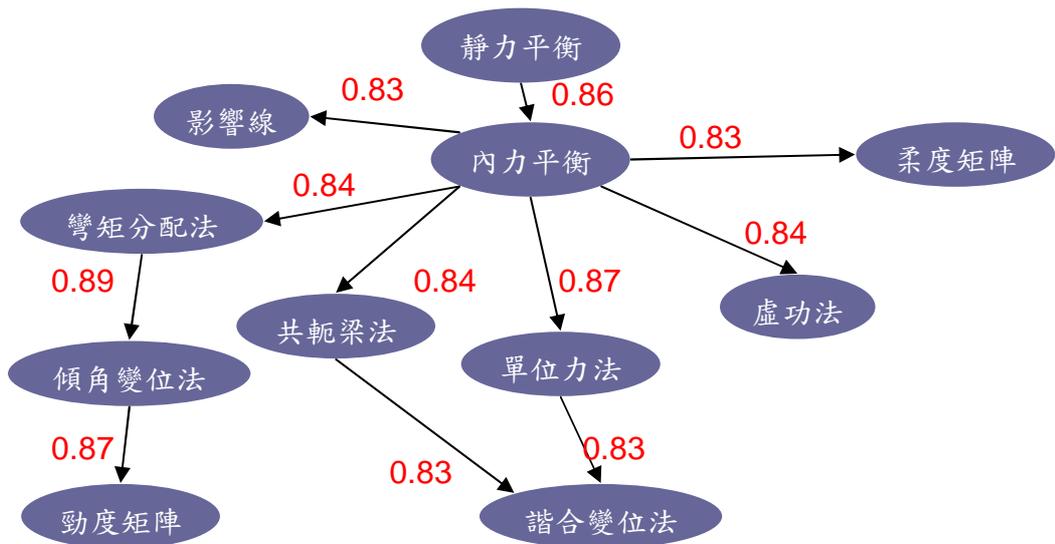
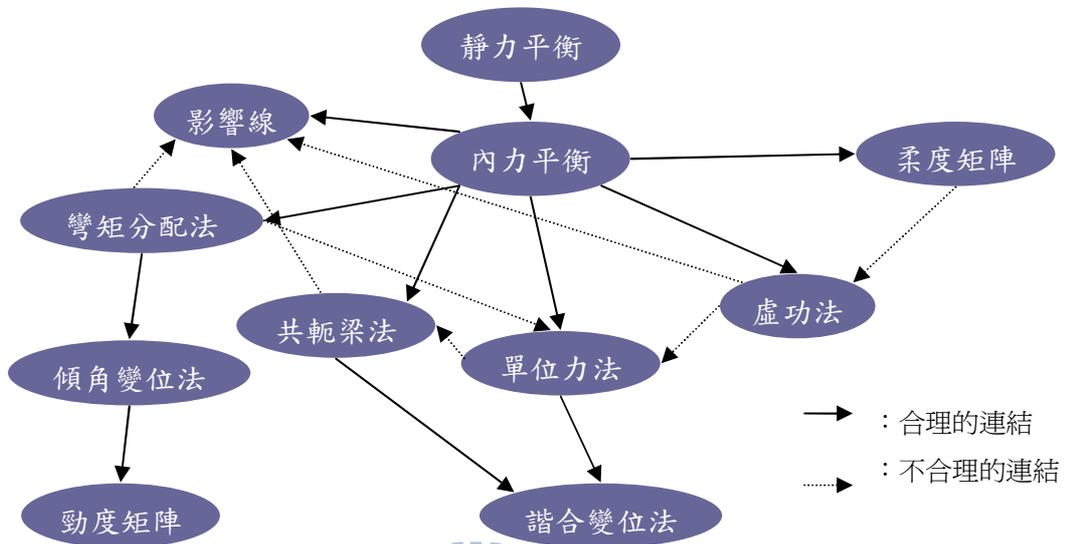


圖 3.27 改取最強的 11 條連結