

國立雲林科技大學
資訊管理系碩士班

碩士論文

「學習的建構本質」 -

應用知識路徑網路分析於計算機概論重補修教學



研究生：施青妙

指導教授：方國定 博士

中華民國九十三年六月

「學習的建構本質」 應用知識路徑網路分析於計算機概論重補修教學

學生：施青妙

指導教授：方國定博士

國立雲林科技大學資訊管理碩士班

中文摘要

本研究以高職實施學年學分制後學生重補修效率不彰問題為著眼點，結合知識結構分析工具中的路徑蒐尋網路分析方法與電腦輔助測驗系統，以高職資處科之「計算機概論」科目為例，開發出以概念為主要元素之電腦輔助題庫測驗系統，希望能以知識結構的觀點了解重補修學生的學習的盲點與障礙，幫助老師有效的針對重補修學生的迷思概念加強輔導，從而改善補救教學效能與效率。本研究所提出之假設有二，假設一檢定以路徑蒐尋網路分析法所得之四個相似性指數(MDS, GTD, PFC, PFC')對學生的學習能力是否具顯著的解釋能力；假設二檢定學生在使用本研究所開發之電腦輔助題庫測驗系統前及使用後是否達顯著差異。對本研究所提出假設之檢定結果及研究發現，歸納如下說明。

一、 假設檢定結果：

1. 相似性指數 MDS 及 PFC' 對學生的學習成果有顯著解釋能力。
2. 學生使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後的 MDS 指數、PFC' 指數及評量分數具有顯著差異。

二、 其他研究發現：

1. 以試題反應作為路徑蒐尋網路分析法之輸入資料所產生的歐基里德距離矩陣，與由原始概念距離矩陣所轉換出的歐基里德距離矩陣，其知識結果圖權重的意義解讀不同。
2. 四個相似性指標 MDS、GTD、PFC 及 PFC' 各自有其限制及缺點。

關鍵字：知識結構、路徑蒐尋網路分析、電腦輔助測驗系統、重補修課程

“The constitution of learning”— Using the pathfinder network analysis method for the
Calculator Compendium retaken course

Student: Chingmiao Shih

Advisor: Dr. Kwoting Fang

ABSTRACT

With the ineffectiveness of retaken courses in the vocational high school, the main purpose of this study is twofold. First, It adopted the pathfinder network analysis method, in term of the knowledge structure, to help students to improve the understanding of the misconceptions. Second, it developed the new computer assistant testing system constructed by the concept elements.

Two hypotheses were proposed and tested. Hypothesis one focused whether or not the four similarity indexes (MDS, GTD, PFC, PFC'), derivate from pathfinder network analysis, are significant explanatory power in the student leaning achievement. Hypothesis two tested the difference between the computer assistant testing system and student learning achievement.

The results of these two hypotheses and further survey in this research are as following.

1. The similarity indexes MDS and PFC have significant explanatory power in the student leaning achievement.
2. After using the computer assistant testing system, the student's MDS index and PFC' index produced significant difference.
3. The matrix weight meaning of the Euclidean distance matrix that uses testing response matrix as input is different from the matrix weight meaning of the original concept distance matrix.
4. Each of the four similarity indexes MDS, GTD, PFC and PFC' has it's own limitations and weaknesses.

Keywords: Knowledge structure, Pathfinder network analysis, Computer assistant testing system, Retaken course.

誌謝

能夠完成這兩年研究所的碩士學業，我想，我要感謝很多人的幫助。

首先，我感謝我的恩師方國定老師，因為有您的體諒與幫助，學生的研究所學業才得以順利完成。感謝您對忙碌的我諸多體諒，更感謝您對不才的學生如此細心的指導，其實我知道您真的非常忙，可是你對我們的指導及協助卻從不吝嗇，甚至有過之而無不及，真的非常謝謝您。

另一個我非常感謝的人，就是我的學弟，也是我研究所的同學俊明。真的很謝謝你，俊明！如果不是你對學姐的系統伸出援手，今天學姐可能也無法如期畢業。此外，也謝謝你在研究所兩年之中，對忙碌而迷糊又常常出岔的學姐，常常扮演救火隊的角色，除了常常幫我買便當早餐，還要拿錢來贖糊塗到又忘了帶錢的學姐，真的是辛苦你了，學姐對你的感激之情，實在無法言表。

此外，謝謝我的父母，對研究所二年，壓力有時過大而會歇斯底里的女兒，如此的寬容和體諒。對於女兒的不孝，我心中感到深深的懺悔。親愛的爸爸，雖然您有時對女兒的要求很高，雖然我常常不一定能達到你心中的標準，但是我了解這是您對我的愛，謝謝您對女兒的任性如此包容。親愛的媽媽，你是女兒心中最偉大的媽媽，你無私的付出與愛，就像支持著女兒前進每一步的動力。

還有感謝我陪伴在我身旁，給我幫助與支持，我可愛的研究所同學們，小伊、仙梅、乃慈、小熙、小北、孟韓及水母，族繁不及備載…。還有鈞源兄，謝謝你在很多方面的幫助，雖然常常被你虧的很慘，不過姐姐我大人有大量，會原諒你的。總之，雲科資管 92 級的同學們，很高興認識你們，也謝謝你們陪伴妙妙渡過這段特別的日子。

最後，我要感謝我的學姐廖麗齡老師，及已病逝的王熙緝主任。在我奔波於工作與學業之間時，你們所給予我的支援與協助，讓我覺得既感動又感激。雖然王主任您已不在人世，雖然青妙來不及和您說聲謝謝，雖然現在的我想到您還是會想哭泣，我仍希望這份感恩的心情能夠傳達至天國的您。

我想，我得感謝的人實在太多了，我的老師、我的朋友、我的親人，你們都是我的貴人。人的一生中常常遇到很多貴人，我想，我是幸運的一個。今後的我，希望也能像生命中的貴人，抱持著助人、體貼的心情去善待需要幫助的人。

目錄

中文摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iii
一、緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	4
1.3 研究範圍	4
1.4 研究限制	4
1.5 研究流程	4
1.6 論文架構	6
二、文獻探討	7
2.1 學習理論	7
2.1.1 認知理論 (COGNITION THEORY)	7
2.1.2 建構理論 (CONSTRUCTIVISM)	8
2.2 教學評量	9
2.2.1 傳統式評量測驗	11
2.2.2 實作評量 (PERFORMANCE ASSESSMENT)	23
2.2.3 學習檔案評量 (LEARNING PORTFOLIO ASSESSMENT)	23
2.2.4 形成性評量	23
2.2.5 診斷性評量	24
2.2.6 概念構圖 (CONCEPT MAPPING)	24
2.3 知識表徵	28
2.3.1 群集模式 (CLUSTERING MODEL)	28
2.3.2 集合理論模式 (SET-THEORETICAL MODEL)	28
2.3.3 語意屬性比較模式 (SEMANTIC FEATURE-COMPARISON MODEL)	28
2.3.4 神經認知模式 (NEUROCOGNITIVE MODEL)	29

2.3.5	網路模式 (NETWORK MODEL)	29
2.4	知識結構	29
2.4.1	向度表徵 (DIMENSIONAL REPRESENTATION)	31
2.4.2	連結加權型的網路表徵 (LINK WEIGHTED NETWORK REPRESENTATION)	32
2.5	路徑蒐尋網路分析	33
2.5.1	路徑蒐尋網路分析之分析過程	34
2.5.2	四種指數之指標預測效果比較	45
2.5.3	相似性指標之應用限制	49
三、研究方法		51
3.1	研究樣本	51
3.2	研究假設	51
3.3	研究流程	53
3.3.1	題庫編輯	53
3.3.2	題目分析軟體	57
3.3.3	設計及建立電腦輔助題庫測驗系統	57
3.3.4	使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測	63
3.3.5	以 MDS、GTD、PFC 及 PFC' 指數進行假設檢定	66
四、研究成果		67
4.1	實驗前學習成果與樣本基本資料分析	67
4.1.1	樣本基本資料分析	67
4.1.2	實驗前之試卷基本資料	69
4.1.3	學生錯誤概念統計表	71
4.1.4	相似性指標與評量分數之相關性分析	72
4.2	第一次施測結果分析	73
4.2.1	試卷之基本資料	73
4.2.2	學生第一次施測情形	75
4.2.3	學生錯誤概念統計表	75
4.2.4	教學策略之改變	76
4.2.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	77
4.3	第二次施測結果分析	79
4.3.1	試卷之基本資料	79

4.3.2	學生第二次施測情形	80
4.3.3	學生錯誤概念統計表分析	81
4.3.4	教學策略的改變	82
4.3.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	83
4.4	第三次施測結果分析	85
4.4.1	試卷之基本資料	86
4.4.2	學生第三次施測情形	87
4.4.3	學生錯誤概念統計表分析	87
4.4.4	教學策略的改變	88
4.4.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	89
4.5	第四次施測結果分析	90
4.5.1	試卷之基本資料	90
4.5.2	學生第四次施測情形	91
4.5.3	學生錯誤概念統計表	92
4.5.4	教學策略之改變	93
4.5.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	94
4.6	第五次施測結果分析	95
4.6.1	試卷之基本資料	95
4.6.2	學生第五次施測情形	96
4.6.3	學生錯誤概念統計表分析	97
4.6.4	教學策略之改變	98
4.6.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	98
4.7	第六次施測結果分析	99
4.7.1	試卷之基本資料	99
4.7.2	學生第六次施測情形	101
4.7.3	錯誤概念統計表分析	101
4.7.4	教學策略之改變	102
4.7.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	103
4.8	第七次施測結果分析	104
4.8.1	試卷之基本資料	104
4.8.2	學生第七次施測情形	106
4.8.3	錯誤概念統計表分析	106
4.8.4	教學策略之改變	107
4.8.5	相似性指標與評量分數之相關性分析	108

4.9	第八次施測結果分析（實驗後結果分析）	108
4.9.1	試卷之基本資料	109
4.9.2	學生第八次施測情形	110
4.9.3	學生錯誤概念統計表分析	111
4.9.4	實驗後結果與實驗前結果之檢定分析	112
4.10	相似性指數之綜合分析	114
五、結論與建議.....		117
5.1	研究結果	117
5.1.1	假設檢定結果	117
5.1.2	其他研究發現	120
5.2	結論	123
5.3	後續研究建議	124
參考文獻		126
附錄一、試題概念說明表.....		137
附錄二、計算機概論 I 課程標準.....		139
附錄三、實驗前與八次測驗專家與學生之 PFNETs		142
附錄四、實驗前及八次測驗之試卷.....		149
附錄五、程式輸出畫面.....		159

表目錄

表 1 雙向細目表範例	16
表 2 圖 6 的三個網路中部分節點的距離值	42
表 3 圖 6 中網路一、網路二和網路三的距離矩陣。	42
表 4 圖 6 中網路一和網路二其 PFC 指數計算方式	44
表 5 知識結構與學習表現關係研究一覽表	45
表 6 教育部定計算機概論 I 之課程標準範圍與本研究採行範圍比較	55
表 7 選擇題之舉例說明	56
表 8 雙向細目表-以計算機概論-電腦科技與職業生活為例	56
表 9 計算機概論重補修進度表	65
表 10 假設檢定之方法說明	66
表 11 學生之重補修前之學習狀況表	68
表 12 實驗前試卷之概念命題雙向細目表	69
表 13 實驗前試卷之概念試題統計表	70
表 14 實驗前試卷之學生錯誤概念統計表	72
表 15 實驗前學習成果之學生指數值及相關係數	73
表 16 第一次測驗概念命題雙向細目表	74
表 17 第一次測驗試題概念統計表	74
表 18 第一次測驗之學生錯誤概念統計表	76
表 19 第一次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	77
表 20 第一次測驗之學生指數值及相關係數	78
表 21 第二次測驗概念命題雙向細目表	79
表 22 第二次測驗之概念試題統計表	80
表 23 第二次測驗之學生錯誤概念統計表	82
表 24 第二次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	83
表 25 第二次測驗之學生指數值及相關係數	84
表 26 PFC' 值偏高情況之試題概念矩陣舉例	85
表 27 第三次測驗之概念試題統計表	86
表 28 第三次測驗之概念命題雙向細目表	87
表 29 第三次測驗之學生錯誤概念統計表	88
表 30 第三次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	89
表 31 第三次測驗之學生指數值及相關係數	89
表 32 第四次測驗之概念命題雙向細目表	90

表 33	第四次測驗之概念試題統計表	91
表 34	第四次測驗之學生錯誤概念統計表	93
表 35	第四次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	94
表 36	第四次測驗之學生指數值及相關係數	94
表 37	第五次測驗之概念命題雙向細目表	95
表 38	第五次測驗之概念試題統計表	96
表 39	第五次測驗之學生錯誤概念統計表	97
表 40	第五次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	98
表 41	第五次測驗之學生指數值及相關係數	99
表 42	第六次測驗之概念試題統計表	100
表 43	第六次測驗之概念命題雙向細目表	100
表 44	第六次測驗之學生錯誤概念統計表	102
表 45	第六次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	103
表 46	第六次測驗之學生指數值及相關係數	104
表 47	第七次測驗之概念命題雙向細目表	105
表 48	第七次測驗之概念試題統計表	105
表 49	第七次測驗之學生錯誤概念統計表	107
表 50	第七次施測後整體教學策略及個別教學策略調整	107
表 51	第七次測驗之學生指數值及相關係數	108
表 52	第八次測驗之概念命題雙向細目表	109
表 53	第八次測驗之概念試題統計表	110
表 54	第八次測驗之學生錯誤概念統計表	112
表 55	實驗前及第八次測驗(實驗後)學習成果之學生指數值及相關係數	113
表 56	假設二之檢定結果	114
表 57	假設一之檢定結果 (H1A 至 H1D 之相關性檢定)	118
表 58	假設二之檢定結果 (H2A 至 H2E 之差異性檢定)	119
表 59	MDS 指數可能產生不準確之舉例	122

圖目錄

圖 1 研究流程圖	5
圖 2 教學模式雛型	10
圖 3 生殖方法概念圖	27
圖 4 知識階層結構圖	30
圖 5 路徑蒐尋網路分析之分析過程	34
圖 6 網路一、網路二及網路三之 GTD 指數、PFC 指數	41
圖 7 假設 1 之研究架構圖	52
圖 8 假設 2 之研究架構圖	53
圖 9 研究流程圖之細部流程	54
圖 10 系統架構圖	58
圖 11 專家試題概念矩陣舉例	59
圖 12 個別作答反應的對角線矩陣舉例	60
圖 13 個別受試者的試題概念矩陣舉例	60
圖 14 個別受試的歐基里德概念矩陣	61
圖 15 簡化後的最小成本網路矩陣	61
圖 16 轉換後的圖解理論矩陣	62
圖 17 正式施測詳細流程說明	64
圖 18 試題/概念比率與 AVGm 的關係圖	114
圖 19 試題/概念比率與 AVGg 的關係圖	115
圖 20 試題/概念比率與 AVGp 的關係圖	115
圖 21 試題/概念比率與 AVGp' 的關係圖	116

一、緒論

在近十年的教育改革中，高職教育體制歷經了數次大地震，諸如學年學分制、多元入學方案、廢除高職廣設綜合高中等制度的改革，這些改革促成了高職教育中許多問題逐漸浮上檯面。本研究即以高職實施學年學分制後，學生重補修效率不彰問題為著眼點，嘗試結合知識結構分析工具中的「路徑蒐尋網路分析」與電腦輔助測驗系統，針對高職資料處理科之「計算機概論」科目，期望能有效地協助教師能提昇重補修效率。

本章節共分為六小節，首先，敘述本研究的研究背景與動機，引出研究目的，後續一一說明研究範圍、研究限制、研究流程及論文架構。

1.1 研究背景與動機

自民國八十七年高中職課程實施學年學分制後，針對學科不及格之處理方式，不再以二分之一以上學分不及格則留級的方式處理，而是以重補修方式辦理，學校可採隨班修讀、開設專班或自學輔導方式，視各校情況可彈性訂定（職業學校試辦學年學分制實施要點，1998）。目前學校所採行的處理方式多為開設專班或自學輔導，重補修學生超過一定人數者開設專班，指派教師上課；而人數不足者多採行自學輔導方案進行補救教學。所謂自學輔導方式為將學分數轉換成時數，每學分十八小時，其中由教師教授一半時數而另一半由學生自行學習（職業學校試辦學年學分制實施要點，1998）。

針對上述的兩種重補修方式，執行上均有所困難，造成這些困難的原因，和學校行政人員、學校教師、家長、學生各方面人員及學校資源的配合有關。前案以開設專班指派老師參加的方式，大多設於第八節、週休二日或寒暑假進行。利用第八節課除了時間上和輔導課衝突，且造成班級管理上的困難外，參加輔導課的學生可能有新的教學進度而損及重補修學生的權益，若於假日或寒暑假進行重補修，則存在多數教師的意願低落不願到校授課的問題。此外，由於大多數學科重補修學生人數均屬少數，因此，多以後案自學輔導的方式進行之。

然而自學輔導方案之實施卻存在更嚴重的問題，例如課程編制為因應政府實施週休二日，各科教學時數縮減，這造成自學輔導方案中，教師與重補修學生難以撥出上課以外的額外時間來進行補救教學。只能使用早自修或課餘時間進行補

救教學，利用早自修時間不僅時間過短，且導師通常使用早自修時間進行班級事務的處理、或加強課業複習及評量。而課餘時間又涉及教師及學生能否配合的問題。因此，多數教師只能利用有限時間進行補救教學，其餘使用讓學生在家學習方式，以繳交作業或再評量的方式進行重補修。而此種在家學習方式弊多於利，因為大多數重補修學生均為低成就學生，存在著學習動機低或學習障礙的問題。在家學習一來缺乏督導易流於散漫；二來教師未能真正了解重補修學生之學習障礙所在，幫助其克服學習困難而達成補救教學之真正目的。

因此，針對自學輔導所產生的問題，如何幫助教師善用有限時間達到補救教學的真正目的為本研究的動機所在。本研究針對高職資處科之計算機概論重補修課程，以改善現行一般紙筆評量方式為有效的教學評量回饋作為研究主軸，期望使用更有效的評量方式，探討學習的建構本質，輔助教師了解重補修學生學習歷程之迷思概念形成，針對學生的迷思概念加強輔導，改善重補修課程的教學成效，達到補救教學的真正目標。

一般而言，教學評量應該是最能展現教師整個教學活動過程之施行結果。教師可藉由對學生的教學評量而了解學生的學習狀況及驗收學習成果，確保整個教學過程中的活動能朝著既定的教學目標而進行，以達成改進教學及學習的最終目標。但是當前常見之評量方式，通常使用紙筆測驗或其他總結性評量方式，卻存在許多令人質疑及詬病的缺點。例如是否為有意義之評量，是否適用於所有科目，是否真能代表學生之學習成果，以及是否能提供教師對於學生學習狀況診斷之依據等等。教師及學生們往往得到的只是一個分數，這分數是否真能代表學生學習成果之優劣令人質疑之外，也無法有效提供教師對於學生的學習狀況之參考，它是否能真正協助教師了解學生學習時的建構本質，是否能針對學生的學習障礙進行補救教學，或提供學生學習時的自我診斷等。因而，如何使用真正有效的教學評量方式是非常重要的，它可以根據學生學習歷程時的表現，探討學習的建構本質，找出學生學習障礙及盲點，提供教師了解其教學活動之成效，作為改進教學的依據，並能了解學生之學習成果，學習目標達成度以及提供總體和個別學生學習障礙之診斷。具體而言，一個理想的教學評量方式是能提供整個學習活動歷程的成效及後續改進教學之重要資訊。

因此，近期的評量方式多針對上述的缺失而改進，而採取「較廣的測驗目的觀」，如實作評量（performance assessment）、真實性評量（authentic assessment）等。評量的方式從昔日總結性評量的方式轉換成兼具形成性評量的方式，著重的不再只是分數的獲得，更重視學生在學習過程中學習狀況的偵測，了解學生所形

成的正確概念及錯誤的概念 (misconceptions)，給予學生適當的回饋。針對學生未建立的正確概念或形成之錯誤概念施予適當的補救教學，這才是教學評量的積極意義 (葉倩亨，2001)。

概念構圖即是基於以上的理念發展出來的一種教學評量方式，應用概念構圖於教育上可用來診斷學生學習成果及學科知識架構。它是一種有效的學習方法及知識表徵方式，它可以利用圖形的方式來展現學習者所學習到的知識結構，也可以提供教師對於學生的知識結構缺失進行診斷，以作為後續實施補救教學之參考。它彌補了傳統的教學評量過份重視總結性評量，而忽略學生學習過程中的形成性評量的缺失。適時的提供教師及學生檢視其知識結構變化及學習缺陷，其評量總分也提供了教學活動實施的成效指標。

而使用路徑蒐尋網路分析方法 (Pathfinder network analysis) 可以量化方法計算出學生概念間的聯結關係，而且可以具體地描繪出學習者內在潛隱的概念聯結圖。透過學生概念聯結關係的分析，可以幫助教師明確地了解學生迷思概念所在及未形成之正確概念。

蕭嘉琳 (2001) 結合概念構圖觀念，建立一電腦輔助教學系統應用於學生之學習診斷，此系統稱之為「互動式概念關係輔助建構系統」，分別利用兩種演算法。(1) Apriori for concept 演算法，(2) 歸納式概念關係演算法，針對學生的測驗成績自動產生概念繼承關係圖。此系統能幫助教師快速建構概念繼承關係圖，且反應出學生的學習情形。另外，她亦發現當試卷的鑑別度高時，較能產生詳細的概念繼承關係圖；而課程的結構若較具連貫性時，所產生之概念繼承關係圖也較能符合教師期望的教學目標。

林義益 (2002) 則運用「數位題庫系統」、「線上測驗系統」與「即時診斷系統」所構成的遠距測驗環境，作為學生迷思概念診斷之平台。在「數位題庫系統」方面，該領域的專家可透過網際網路的環境來達到製作題庫的目的。針對每一題目，專家可以將分析結果儲存到題庫，包括試題的概念、答案及解析。在「線上測驗系統」方面，提供了學生參與測驗的介面。利用網際網路，學生可以隨時隨地作測驗練習，或是在考試舉行期間，利用網路參加考試。在「即時診斷系統」方面，利用知識地圖產生診斷分析的報表。讓學生可以立即知道自己本身有哪些概念不足或迷思概念之處，以達到學習診斷之目的。

基於上述，本研究使用路徑蒐尋網路分析法 (Pathfinder Network Analysis) 作為學生迷思概念的分析工具，希望能從知識結構的觀點了解重補修學生的學習

的盲點與障礙。此外，本研究還結合了計算機概論輔助評量題庫系統，讓教師可利用此計算機概論輔助評量系統對重補修學生進行測驗，其結果作為路徑蒐尋網路分析的輸入，輸出則得到學生的概念統計表及四個相似性指標值(MDS, GTD, PFC, PFC')，可供教師作為判斷了解學生的學習狀況的依據。讓教師能有效的針對重補修學生的迷思概念加強輔導，從而改善補救教學效能與效率。

1.2 研究目的

基於上述研究背景與動機，本研究的主要目的如下：

1. 使用更有效的評量方式，幫助教師分析診斷重補修學生學習歷程之迷思概念的形成。
2. 針對重補修學生學習診斷的結果，建立改進學習成效的學習路徑，提昇重補修課程中自學輔導方案的教學成效。

1.3 研究範圍

本研究以南投縣某國立高級職業學校九十一學年度資料處理科一年級上學期計算機概論學科之重補修學生共四位為研究對象。

1.4 研究限制

1. 只針對計算機概論科目上學期課程進行研究，因此研究結果並無法推及其他科目。
2. 研究對象為高職資料處理科之計算機概論課程，因此對研究結果對於其他科系之計算機概論課程或普通高中之電腦課程並不完全適用。

1.5 研究流程

1. 研究動機及方向的確立
蒐集與研究動機相關之書籍及文獻，確定研究方向。
2. 研究問題界定及具體化
藉由相關文獻之探討與整理，了解相關文獻對研究問題之貢獻，進而幫助界定研究問題的範圍及具體化研究問題。

3. 相關文獻與理論之探討
探討及深究與研究問題相關之文獻與理論，作為研究建構及分析之基礎。
4. 研究架構及方法的確立
依據研究問題而擬定研究架構及所使用的研究方法。
5. 發展施測所需工具
結合電腦輔助題庫測驗系統及路徑蒐尋網路分析法兩者，設計出可計算圖形相似性指數之計概題庫系統。
6. 題庫施測與蒐集測試資料
使用電腦輔助題庫測驗系統，針對研究對象施測及蒐集可用之測試資料。
7. 資料分析與解釋
將所蒐集到之測試資料，依據所需之資料分析方法進行分析。
8. 提出結論與建議
依據資料分析的結果提出結論與建議，以作為後續研究之參考。



圖 1 研究流程圖

1.6 論文架構

本論文共分為五章，分述如下

第一章 緒論

首先說明研究背景與動機、研究目的及貢獻，釐清研究範圍，說明研究限制、研究進行的流程及論文架構。

第二章 文獻探討

本章探討學習理論、教學評量的種類及原則、概念構圖、知識表徵及路徑蒐尋網路分析法等國內外相關文獻，經整理歸納後作為本研究之理論基礎。

第三章 研究方法

說明本研究之研究樣本、研究假設、研究流程及資料分析處理方式。

第四章 研究結果

呈現研究結果，並對本研究結果進行分析及討論。

第五章 結論與建議

根據研究結果提出結論與建議，作為後續研究之參考及依據。



二、文獻探討

本研究旨在以路徑蒐尋網路分析法作為學生迷思概念的分析工具，結合計算機概論輔助評量題庫系統，以知識結構的觀點了解重補修學生的學習盲點及障礙，幫助教師能有效提昇重補修教學之效率。因此，本章探討學習理論、知識結構、概念構圖，測驗與評量、及本研究主要分析工具「路徑蒐尋網路分析」之相關文獻，作為本研究建構及分析之基礎。

2.1 學習理論

本節主要探討與知識結構分析相關之兩種學習理論，認知理論與建構主義，知識結構與概念構圖觀念乃源自建構主義，而認知理論又為建構主義之理論基礎，以下即針對這兩種學習理論作更深入的探討

2.1.1 認知理論 (Cognition Theory)

認知學派主張人的行為基於認知 (Cognition)，其行動由於人對引發行為發生之情境的思考與了解，他們視學習為個體對事物經由認識、辨別及理解活動，從而獲得新知識的歷程。在此歷程中，個體所學到的是思惟方式，亦即是認知心理學家所謂的認知結構 (Cognitive Structure) (張春興，1995)。認知結構學習論 (Cognitive Structure Learning Theory) 是認知學習論中的一種理論。在認知結構學習論中，Brunner (1996) 強調學生的主動探索，認為從事實變化中發現其原理原則，才是構成學習的主要條件 (張春興，1995)。其理論的主要架構將學習視為一種主動的過程，當學習者學習時會以現有或過去的知識為基礎建構新知識或新概念。而認知結構，如基模 (Scheme) 或心智功能會提供意義和組織，讓個體去體驗，並允許個體超越訊息本身所賦予的意義。而學習者就依賴認知結構選擇訊息、轉譯訊息、建構假設和做決定 (楊家興，1993)。

Collins 及 Quillian (1969) 亦提出語意網路的理論來解釋人類認知的過程及其結構。語意網路理論認為人類的記憶 (認知) 是一種網狀的結構，它包含了無數的節點 (nodes) 與關係 (path-ways 或 relationships)。一個節點就是一個概念或是片斷的資訊，它可能是名稱、特徵、功能或是一個完整的理念。節點間由關係相連接，並因而形成路徑。

2.1.2 建構理論 (Constructivism)

基於認知理論的基礎，一些心理學家 (Johnson-Laird, 1983; Driver & Oldham, 1986; Fosnot, 1989; von Glasersfeld, 1990) 更進一步主張新的學習理論，強調個體主動參與及認知結構不斷重組的過程，這些認知學者被稱為建構主義論者 (Constructivist)。建構主義論者強調知識的主觀性，認為人類不是也不能直接理解宇宙世界。因為認知是一種模式的建構，它們不能直接與外在客觀的世界等同呼應 (Johnson-Laird, 1983)，學習者建構並且重組他們自己對外在世界的知識，並透過反省、詰問與行動來決定該種知識的產生，遠勝於外在世界本身的特性 (余民寧, 1997)。

Fosnot (1989) 指出建構主義的四個基本原則：

1. 知識是由過去的建構所組成的
2. 建構經由同化 (assimilation) 和調適 (accommodation) 而得來
3. 學習是一種發明的有機過程而非累積的機械過程
4. 有意義學習的發生必須透過認知衝突的反應及解決，如此才能產生認知的成長。

von Glasersfeld (1990) 歸納建構主義至少具有三個主要的原則：

1. 知識是由認知主體主動建立的，而非經由感官或溝通管道被動的接受。
2. 認知的功能具有調適性，藉以促成平衡與發展。
3. 認知功能用以組織認知主體的經驗世界，而不在發現客觀的本體世界。

朱湘吉 (1992) 認為建構主義的學習觀點主要奠基在兩個原理上：

1. 知識並非被動地被接受，而是由具有認知能力的個體所主動建構出來的。因此，我們無法把觀念灌輸到學生腦海中，而必須由他們自己建構出對他們自己有意義的知識來。換言之，我們與他人溝通所表達的語言，並非直接傳送意義，而只是能使對方形成對他自己的意義。
2. 認知的功能是具有適應性的，其作用是把我們所經歷的事物加以組織，而不是去發現客觀存在的現實世界。因此，我們只是對於我們的經驗建構出適用或可行的解釋，而非發現自然界的真理。

Kinnear (1994) 則認為建構主義的看法架構是：

1. 是一種增進對某種學習領域的興趣與研究的觸媒劑 (catalyst)
2. 提供促進和表現出學習者知識狀態的改變的技巧之發展理論基礎，例如利用概念構圖或語意特徵分析工具可以用來推論學生所具備之心靈模式或知識結構。
3. 促進教學策略的形成動力，以促進學生對學習的理解和概念的改變。

Ausubel (1968a) 曾建議個人將有意義的學習 (meaning learning) 建立在個人過去已有的知識基礎上，所謂有意義的學習是指學習到有用的知識和建構新知識的基本過程，是人類建構行為的基礎，這種行為既是一種心理也是一種知識論的現象。

綜合以上所述可知，建構主義 (Constructivist Theory) 尊重學生的舊有經驗，因每個人的「先期概念」、「先備經驗」各有不同，而知識概念是學習者自我建構出來的，不是被告知的，因此，如何協助學習者將外界的資訊適當的建構到自己的觀念架構中，而不是強迫學習者利用機械式的記憶去承襲科學家與教師的自然科學概念，這是今後教學所應深思的問題，建構主義 (Constructivist Theory) 教學目標所強調的是讓學生明瞭如何學 (How to learn)，也就是學習”學習的方法”，使學習者成為知識概念的擁有者。而激發學習的興趣和潛能並奠定日後的學習基礎。因此，教導學生適當的學習策略並重視學生學習的過程就顯得格外重要 (耿筱曾, 1997)，而發展出一種能幫助學生檢驗及反省在學習過程知識結構是如何改變的教學或學習策略即是一種符合建構主義論者所認為「強調學習的建構本質」的理想工具 (Beyerbach & Smith, 1990)

2.2 教學評量

教學評量 (instructional evaluation or assessment in teaching) 的意義，茲引述國內外學者的觀點說明如下：

簡茂發 (1991) 認為教學評量就是依據教學目標，運用科學的方法，對學生的學習結果，從事研究和分析的一系列活動，就教學評量的內涵而言，包括對教師教學效率的評量、學生學習成就的評量、課程設計與實施的評量。

張春興 (1994) 認為教學評量是指有系統的蒐集學生學習行為的資料，加以分析處理之後，再根據預定之教學目標做價值判斷的歷程。

Airasian (1996) 認為教學評量是教師將在課堂上所蒐集到的種種量的或質的資訊加以選擇、組織並解釋之，以有助於學生做決定或價值判斷的過程，評量可分成「量的描述」與「質的描述」。

因此，綜合上述中外學者們對教學評量所下的定義，教學評量 (instructional assessment) 是基本教學模式中重要環節，它是教師利用各種不同的評量工具，多方面蒐集學生學習行為的資訊，針對學生的學習結果進行評定的歷程。其目的在於提供適當的回饋訊息給教師，以確保整個教學歷程中的活動都能朝著既定的教學目標進行，以達成改進教學與學習的最終目標 (圖 2)。大致而言，教學評量具有以下的實施原則 (余民寧, 1997)。

1. 依據教學目標：針對不同目標，使用不同評量工具或方法。
2. 兼顧多重目標：一次評量以能同時兼顧多項目標的達成為佳。
3. 採行多元方法：使用多種評量方法或工具來針對同一目標進行評量。
4. 進行多次評量：評量次數應進行多次，不可僅評量一兩次即做成結論。
5. 重視反應歷程：評量應同時重視學生的學習反應過程及其變化。
6. 善用評量結果：應用評量的結果來改善教學，以達成教學目標。

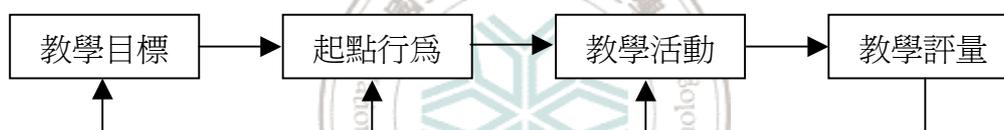


圖 2 教學模式雛型

資料來源：Glaser,R.(1962).Psychology and instructional technology.In R. Glaser(Ed.),
Training, research and education. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.

因此，理想的教學評量應能促進「有意義的學習」(meaningful learning)，它在有意義的學習目標下，使用不同的評量工具或策略，達到評量學生學習進步情形、了解學生學習過程的變化及獲得最終學習目標的達成結果 (余民寧, 1997)。

一般而言，教學評量方式可區分為傳統式評量的紙筆測驗與非紙筆測驗。前者大概可分為紙筆測驗、開書考試 (open-book) 及其他特殊的教育測驗 (如學科成就測驗，基本學歷測驗等)。而後者則如實作評量 (performance assessment)、真實性評量 (authentic assessment)、動態評量 (dynamic assessment)、診斷性評量、學習檔案評量 (learning portfolio assessment) 及概念構圖 (concept mapping) 等方式，其中使用最頻繁為傳統的紙筆測驗 (paper-and-pencil test) (何榮桂、郭再興，1997)。茲將常見幾種方式分述如下：

2.2.1 傳統式評量測驗

如上所述，傳統式評量測驗最常見的為紙筆測驗，而今由於電腦化的普及，傳統的紙筆測驗能應用電腦科技克服其存在的許多缺點及不足之處，下列就紙筆測驗、電腦化測驗及測驗的編製過程及原則說明之。

2.2.1.1 紙筆測驗 (paper-and-pencil test)

余民寧(1997)指出紙筆測驗乃以書面式的測驗，通常使用紙與筆工具，作為評定學生在學科知識等認知能力方面學習成就高低的一種評量方式。紙筆測驗多半被認為只適用於評量認知能力方面的教學目標，情意及動作技能方面的教學評量並不適合。此外，使用紙筆測驗的限制是它通常僅能評量到較低層次的認知能力目標，對於較高層次的認知能力目標（如分析、綜合及評鑑等）則較無法評量。大致來說，紙筆測驗具有如下缺點：

1. 教師命題不當而失去原意或造成誘答。
2. 引導學生的學習方向，可能趨使學生偏向以死記的方式學習。
3. 計分易流於主觀偏頗。
4. 難以涵蓋整個課程內容範圍，所測得的能力可能較不具有整體教育目標的代表性。
5. 為總結性評量，忽略對於學生學習過程中的表現。
6. 回饋的資訊不能提供學習診斷之用，無法了解學生真正學習障礙何在。

2.2.1.2 電腦化測驗

通常電腦化測驗分為兩大類；電腦化適性測驗與電腦輔助測驗（何榮桂、陳麗如，1998）。

1. 電腦化適性測驗

何榮桂、陳麗如（1998）認為電腦化適性測驗係應用項目反應理論（item response theory）的原理，藉電腦來施測的一種個別化測驗的實施策略。適性測驗的實施過程，就是要從一組題目或題庫中找符合受試者能力水準的題目來施測，「找的方法」就是適性測驗的選題策略及判斷某題目是否符合某受試者能力水準的方法。

2. 電腦輔助測驗

傳統的測驗都是以紙筆測驗的形式實施，電腦輔助測驗則是將傳統的紙筆測驗改用電腦來呈現題目，學生以鍵盤或滑鼠等輸入設備在電腦上直接作答，並可以立即獲知測驗結果的施測方式。廣義的電腦化測驗上包括四個步驟：(1)建立題庫；(2)計分、排名次以及解釋測驗的結果；(3)儲存測驗資料、統計分析與印製報告；(4)評鑑個別試題（如項目分析）及整個測驗（信度與效度估計）（何榮桂，1990）。因此，將傳統的紙筆測驗電腦化有許多優點，歸納如下（林裕集，2001）：

- (1) 更真實的題目呈現：隨著多媒體的發展，電腦不再侷限於文字的方式呈現題目，其可以圖片、聲音、影像、動畫相結合的方式呈現於受測者眼前，能將試題表現在一個較為真實的情境，呈現的刺激具有多樣性與動態性。
- (2) 立即性回饋的提供：電腦可以針對受試者的答題，瞬間給予反應或計算得分，受試者可以得到立即的回饋。另外，施測者與受測者可在極短的時間內取得測試分數，得知測驗的結果。
- (3) 施測情境的有效控制：因為電腦化測驗不以人擔任施測者，能精確的控制實施和計分的程序，可將測驗標準化，避免人為情境的干擾，施測者可賦予電腦相同的動作，使受測者在相同的情境下接受測驗。
- (4) 可降低測量的誤差：傳統紙筆測驗容易產生填答錯誤的情形出現，如填錯位置，未將答案紙擦拭乾淨等，或是因受試者的字跡而影響教學目標的評量，而利用電腦則可控制題目顯示的數目，避免字跡對評量的影響，降低測量誤差。

- (5) 可減少測驗的時間：電腦化測驗和紙筆測驗，在平均數、標準差、信度、標準誤等方面所得一樣，但根據一些研究顯示，以電腦來實施同一版本的紙筆測驗，前者只需後者之57%的施測時間（何榮桂，1990）。
 - (6) 額外訊息的獲得：利用電腦可以儲存一些測驗過程方面的訊息，能夠蒐集到較豐富的測驗資料，以提供做為改進測驗的依據，或幫助了解傳統測驗中受試者可能的反應情形，這是傳統紙筆測驗不容易做到的。
 - (7) 工作效率的提昇：電腦化測驗能自動計分和分析結果，節省人力與時間而提高工作效率。另一方面，可減少很多傳統團體測驗所需的行政程序。如：測驗題本及答案紙的印刷、存放和分發，測驗材料的保管和收回，答案紙處理，分數報告，以及測驗中心的管理等。
- 但是電腦化測驗本身也有一些缺點存在，歸納如下(李連順，1990)：

- (1) 電腦化測驗的題型多限於選擇題、填充題，因為電腦很難判斷開放式問題的答案。
- (2) 在測驗實施方面，施測者必須準備足夠的電腦供受試者使用，且必須考慮電腦當機等問題。
- (3) 電腦測驗較不適合呈現必須閱讀文字章節的題型，因為螢幕的解析度可能增加閱讀的困難性（Mazzeo & Harvey,1988）。
- (4) 類似數學、理化等必須計算的試題，學生因為必須在草稿紙上抄下題目再計算，而可能影響答題的速度（Ager,1993）。

2.2.1.3 題庫

題庫為電腦輔助測驗之主要元件，在此歸納各論者對題庫的定義如下：

1. 題庫是一群便於使用的題目之集合（Millman & Arter,1984）。
2. 題庫內題目之數量至少需是任何應用場合所需數量的數倍以上（洪碧霞，1980）
3. 一定要電腦化的題目集合才能稱為題庫（Lippey,1974）。

4. 題庫內的題目都要有品質保證 (Booth,1983)。
5. 題庫內的題目的難度參數需量尺化 (Mead,1981)。
6. 題庫是依試題的內容、類別或統計特質加以整理分類，並以數位化的方式儲存，採用電腦來管理及操作的試題組合 (侯好青，2001)。

綜合上述對題庫的定義，可將題庫界定為：題庫是一群數倍於任何測驗場合且經過電腦化且統計過的題目組合。對教學者或出題者而言，題目的數量是愈多愈好，題目所提供的試題參數或指標；如難度、鑑別度等，愈詳細愈好。但是要建立一個數量足夠且品質兼顧的題庫，則需花費的時間、人力成本是相當龐大的。而且不足量的題庫拿來使用是相當危險的，受測者容易有背誦、猜題的舉動。還有除了足量且高品質的題庫之外，還要能不斷充實題庫，才能確保題庫的實用。

2.2.1.4 測驗的編製過程

在本節中，係就國內外學者專家們的觀點 (王文中等，1999；余民寧，1997；李坤崇，1999；郭生玉，1990；陳英豪、吳益裕，1992；葉重新，1992；Airasian,1996；Chase,1999；Cunningham,1998；Gredler,1999；Hopkins，1998；Linn & Gronlund,1995；Popham,1995；Worthen, 1999)，將傳統式的教師自編成就測驗的編製程序加以說明。

1. 準備測驗編製計畫

一份周詳的成就測驗編製計畫可以涵蓋整個教學歷程，它不僅可以提供教師教學的指南，更是教師設計測驗試題的藍圖，以測量教學所預期的學習成果。因此，一份周詳而可行的成就測驗編製計畫，應該包含下列三個項目 (楊銀興，2001)：

(1) 確立測驗的目的和目標

教師在編擬成就測驗之初，必須先確立所欲進行測驗的目的為何，以作為測驗編製的依據。教師一旦確定編製測驗的目的之後，接下來就是應詳列具體的教學目標，而教學目標對編製測驗有目標導向的參考價值。根據美國教育學者 Bloom et al. (1956) 的分法，教學目標可以分成三大領域，

認知的領域 (cognitive domain)、情意的領域 (affective domain)、和動作技能的領域 (psychomotor domain)。其中認知領域的教學目標依序可分成六個階層，知識 (knowledge)、理解 (comprehension)、應用 (application)、分析 (analysis)、綜合 (synthesis)、評鑑 (evaluation)；情意領域的教學目標，依據 Krothwohl, Bloom, & Masia (1964) 的分類，依序可分成五個層次，分別是接受 (receiving)、反應 (responding)、評價 (valuing)、組織 (organization)、品格化 (characterization by a value or value complex)；動作技能領域的教學目標，Harrow 於 1972 年將其由簡單到複雜的程序分成六個層次，依序為感知 (perception)、預備 (set)、模仿 (imitation)、自動化 (mechanism)、複雜反應 (complex over response)、創作 (origination) (黃光雄，1982)。

(2) 設計雙向細目表

多位學者 (余民寧，1997；郭生玉，1980；Gredler, 1999；Linn & Gronlund, 1995) 指出教師編製測驗時，若能按照雙向細目表的命題比例出題，應該可以編製出一份品質良好且有充分代表性的試題。

雙向細目表為一二向度分類表，縱軸為教學目標，橫軸為教材內容，將試題比重或題數平均分配好於表中每個細格 (cell) 中，擬定試題時試題取材應能充份涵蓋欲評量之教學目標及教材內容。分配細格中的比例時，應考慮各教學單元教材份量的多寡、其重要性、所欲達成的教學目標、該學科的性質等，然後依教師個人的專業判斷，在細格中做適當的比例分配 (如表 1)。原則上橫列最下面的細格及縱行最右邊的細格不可以為零，否則就表示某一部份教材內容或某一教學目標完全沒有測量到 (余民寧，1997；郭生玉，1980；Gredler, 1999；Linn & Gronlund, 1995)。

表 1 雙向細目表範例

	定義與基本觀念之知識	定理及相關性質之理解	數學性質綜合分析轉化應用	圖、表及計算器具之了解和應用	建議命題題數	實際命題題數
式的運算	1, 12		25		3	3
直角座標系	3	16	2,22		1	4*
指數與對數		5	4		3	2*
三角函數	7	8,6			4	3*
數列與級數	9	10			2	2
直線方程式	11	13	14		3	3
二元一次不等式	20		24		2	2
圓	17				1	1
排列與組合	18	21	23		4	3*
機率		15, 19			2	2
建議命題比例 (%)	32	28	28	12	25	25
實際命題比例 (%)	36	36	28	0	100	100

資料來源：楊明宗，2001，數學試題分析模式的建制-以「九十學年度四技二專入學測驗」商業類「數學科」試題為例。國立台中師範學院教育測驗統計研究所碩士論文。

註：*標示出和建議題數不同之概念

(3) 選定試題的題型

傳統式評量常用的題型有選擇題、是非題、配合題、填充題、簡答題等（郭生玉，1980；Linn & Gronlund,1995；Airasian,1996）。不同類型的試題，其編製的原則與技巧各不相同，而其所發揮的功能也不同。一般而言，選擇題是最常用的一種題型，它適合測量各層次的能力，從簡單的到複雜的層次；是非題比較適合測量事實與意見的區別、適當反應與不適當反應的辨認等；配合題適合測量簡單關係的認定及分類的能力；填充題及簡答題則適合測量特定事實的記憶能力。因此，教師在編擬試題之前，就應先確立何種題型最能達成教學的目標，然後做適當的選擇。

2. 編擬測驗試題

當選擇好試題的類型之後，開始依據雙向細目表實際的編擬試題，要編擬一份良好的試題並不太容易。一般而言，不管任何類型的試題，均需考慮下列共同的命題原則（余民寧，1996；簡茂發，1991；Airasian,1996；Linn & Gronlund,1995）：

- (1) 試題取材宜均勻分布，且包括教材中重要的部份。
- (2) 試題的敘述應簡明扼要，題意明確。
- (3) 各個試題須彼此獨立，不可互相牽涉。
- (4) 試題宜有公認的正確答案或相對較佳的答案。
- (5) 試題應重視重要概念或原理原則的應用，避免瑣碎或零碎事實的記憶。
- (6) 試題的敘述宜重新組織，不可直接抄錄課文。
- (7) 試題中不可含有暗示本題或他題正確答案的線索。
- (8) 命題勿超過單元教學的目標。
- (9) 多命一些試題，以備不時之需。

至於傳統評量各類題型的命題原則，茲分述如下：

選擇題命題原則（王文中等，1999；余民寧，1996；簡茂發，1991；Chase,1999；Worthen,1999）

- (1) 每一選項應僅含一個概念，且錯誤選項應有似真性或合理性。
- (2) 每一題的選項數應在三至五個之間。
- (3) 選項中共同的文字應該放在題幹中。
- (4) 避免使用「以上皆是」和「以上皆非」的答案。
- (5) 題幹的敘述須清楚表達題意，即使不讀選項也能了解題意。
- (6) 題目的敘述要簡潔扼要，不可過於冗長。

- (7) 題幹的敘述要完整，避免被選項分割成兩個段落，影響語意的完整。
- (8) 正確選項敘述的長度要和誘答相同，不可特別突出，以免變成作答線索。
- (9) 以隨機排列的方式調整正確答案出現的位置和次數。
- (10) 每一個題目應只有一個正確答案或最佳答案。

是非題命題原則（余民寧，1996；簡茂發，1991；Chase,1999；Worthen,1999）

- (1) 每一題只能包含一個概念，避免同一題包含兩個概念，造成「似是而非」「半對半錯」的現象。
- (2) 儘量採正面肯定的敘述，尤其應避免雙重否定的敘述。
- (3) 「對」與「錯」的題數應大致相等，並採隨機的方式排列。
- (4) 「對」與「錯」的題目應保持相同的敘述長度。
- (5) 避免含混不確定的數量語詞，應採精確的敘述。
- (6) 避免使用暗示性的語詞，例如「從來沒有」「總是」，通常含有「錯」的意味在內；而「有時」「一般」通常含有「對」的暗示在內。

配合題命題原則（余民寧，1996；陳英豪、吳裕益，1991；葉重新，1992；簡茂發，1991；Cunningham,1998）

- (1) 配合題的內容必須同質，例如都是測歷史事件、或都是測地理位置，不可將兩者混在同一題。
- (2) 配對數量不宜超過 10 項，否則不易達到同質的要求。
- (3) 反應項目（列於右邊的）的敘述要盡量簡短。
- (4) 前提項目（列於左邊的）與反應項目的個數不可相等。
- (5) 反應項目要按邏輯方式排列。
- (6) 要有作答說明，告知學生作答的方式。
- (7) 同一題組的前提項目和反應項目要印在同一頁上。

填充題命題的原則（葉重新，1992；簡茂發，1991；Cunningham,1998；Linn & Gronlund,1995）：

- (1) 一個問題只能有一個答案，且這個答案要簡短而具體。
- (2) 要求學生回答的答案，必須是此問題中重要的概念。
- (3) 問題不可直接從教科書中抄錄下來。
- (4) 試題中不可留過多的空格，以免題目支離破碎而無法作答。
- (5) 如答案是數字，應精確標明回答的單位。
- (6) 儘量將空格留在句子的末端。

簡答題命題的原則（余民寧，1996；陳英豪、吳裕益，1992 簡茂發，1991；Linn & Gronlund,1995；Cunningham,1998）：

- (1) 要求回答的答案要簡短明確。
- (2) 題目宜採直接問句的形式。
- (3) 作答範圍力求明確，每題只涉及一個主要因素或觀念，所要求的答案必須是一個字、詞、或短句。
- (4) 規定各題答案書寫的位置，其排列應便於作答和計分。

3. 試題的審查

試題的審查目的為確保題目的品質及是否符合所要測量的教學內容。審查題目可由兩類的專家擔任，一類是測驗專家，主要在審查測驗題目是否符合測驗編製的原理原則；另一類是學科專家，主要在審查題目所涵蓋的內容，是否能測出所要測量的特質（賴保楨，1996；余民寧，1996）。一般學校成就測驗的評量，通常請任教同年級的老師進行審查的工作，且採邏輯審查的方式，檢查試題的內容、題數、範圍是否依照雙向細目表的計畫來實施？是否符合命題的原理原則？試題是否具有所要測量的行為樣本的代表性？題意是否明確？有無提供暗示的線索等？一般而言，學校教師自編測驗，若能作好邏輯審查的工作，才有可能獲得良好的試題品質。此種由教學目標、教材內容的代表性、命題的原理原則來分析試題的品質，稱作邏輯的分析或質的分析（賴保楨，1996；余民寧，1996）。

4. 題目的分析

上述的試題分析均為質的分析，除了質的分析之外，還可以進行量的分析，當完成試題的編製後，可以尋找與將來施測對象的特質相類似的樣本先進行預試。再根據預試的結果進行題目的難度分析及鑑別度分析，茲分述如下(簡茂發，1991；Linn & Gronlund,1995)：

(1) 難度分析

難度係指試題的難易程度。難度分析有不同的方式，以下介紹兩種常用的難度分析公式。第一種是以全體受試者答對或通過該題的百分比來表示之，其計算公式為：

$$P = R/N * 100\% \quad (1)$$

註：P 代表試題難度，N 為全體受試者人數，R 為答對該題人數。

第二種難度計算方式，係將受試者依照測驗總分的高低次序排列，然後把得分最高與得分最低的受試者各取總人數的 27%，定為高分組和低份組，再分別求出兩組在某一試題上通過人數的百分比，以兩組百分比的平均數作為該題的難度。其計算公式如下：

$$P = (P_H + P_L) / 2 \quad (2)$$

註：P 代表試題難度，P_H 為高分組通過該題人數的百分比，P_L 為低分組通過該題人數的百分比。

上述公式中，以 P 表示試題的難度，當 P 值愈高時表示難度愈低，P 值愈小時表示難度愈高。不過由於 P 值為次序量尺 (ordinal scale) 的一種，差距單位並不相等，因此只能表示試題難易的相對位置，無法指出各難度之間差距的大小。對此美國教育測驗服務社 (Educational Testing Service) 另創一類具有等距尺度 (interval scale) 特性的難度指數，以 Δ (delta) 表示之 (簡茂發，1991；Linn & Gronlund,1995)。它是一種以 13 為平均數、4 為標準差、下限為 1、上限為 25 的標準分數，其公式為 $\Delta = 13 + 4X$ (X 為常態分配的 Z 值)。當 Δ 愈小時難度愈低；Δ 愈大時表難度愈高。這種方式不但可以表示試題難度的相對位置，並且可以指出不同難度之間的差異數值。

(2) 鑑別度分析

所謂鑑別度係指試題能區分不同能力的學生。當鑑別度愈高時，就愈能區別出不同能力的學生；反之，鑑別度愈低，其區別不同能力的學生的功能就愈弱。試題鑑別度的求法有兩種，即內部一致性分析與外在效度的分析（簡茂發，1991；Linn & Gronlund,1995）。茲分述如下：

<1> 內部一致性

內部一致性分析的旨在檢查個別試題與整個測驗作用的一致性，又可分為兩種：a. 探求試題反應（分為答對、答錯兩種）與測驗總分（屬連續變項）之間的關連性，可用二系列相關或點二系列相關求相關係數，以表示內部一致性的高低。b. 比較高分組與低分組在個別試題上通過人數的百分比。先將受試者依照測驗總分的高低次序排列，然後把得分最高與得分最低的受試者各取總人數的 27%，再分別求出兩組在個別試題上通過人數的百分比，再以高分組通過的百分比減去低分組通過的百分比，作為鑑別指數，其計算公式為：

$$D=P_H-P_L \quad (3)$$

註：D 代表鑑別度指數， P_H 代表高分組通過人數百分比， P_L 代表低分組通過人數百分比。

<2> 外在效度的分析

外在效度的分析其旨在檢查每一個試題是否有預定的某種鑑別作用。它是以外在效標（external validation criterion）為依據，衡量試題反應與效標分數之間的相關程度，或分別求出各效標組在某一試題通過人數的百分比，以其差數作為效度指數。

5. 試題的編輯

當教師擬定試題，通過上述的審查程序之後，便可開始進行試題編輯的工作。試題編輯是依據測驗的目的，將適合的優良試題組合編輯成一份完整的測驗，編輯時要考慮下列三項因素（余民寧，1996；陳英豪、吳裕益，1992；賴保楨，1996；Linn & Gronlund,1995）。

(1) 測驗題目的數量

題目數量的多寡，須考慮測驗的目的、單元或段落學習結果的測量，題數宜較整個學期學習結果的測量為少；在試題的類型方面，選擇類型測驗的題數宜較補充類型的題數多；在學生年齡方面，年紀大的學生適用的測驗題數宜較年紀小的學生為多；在作答的時間方面，若測驗時間夠長的話，題數可以多一點，若作答時間較短，則題數要少一點。

(2) 試題的難度

在總結性測驗中，為了區分學生的程度，多數試題以難易適中的試題為主，但也應包含少許簡單和困難的試題，以區別出不同能力的學生。在形成性測驗中，試題難度決定於學習的材料和學習涵蓋的範圍。當學習材料較難、涵蓋範圍大的，題目就難一些；學習材料較簡單、涵蓋範圍小的，題目就簡單一點。

(3) 試題的組合：試題的組合的原則，有下列的方式。

- <1> 依難易度組合，將簡單的題目排前面，困難的題目排後面，以符合作答的心理原則，吸引作答者的注意力，增加作答的信心，並避免一開始就浪費時間在困難的問題上面。
- <2> 依題目類型組合，即將相同的題目組合在一起，如在同一份測驗中，先出現是非題，再出現選擇題，最後再出現配合題等。
- <3> 依題目性質組合，將相同性質的題目組合在一起，如知識性題目、應用性題目、分析性題目分別呈現。
- <4> 依教材內容組合，將同一學習單元或同一領域教材內容的題目排在一起。但由於此種組合方式，容易造成學生序列回憶的現象，因此已逐漸少用。

由上述傳統試評量測驗的編製過程中，可以了解欲編製出一份高品質的測驗，教師除了要充分了解教學目標外，也必須能善用各類題型的功能，遵循一定的測驗編製步驟及命題原則。此外，試題擬定後還須通過一定的審查程序以淘汰不良的題目，保留優良的題目，最後根據試題編輯原則將試題組合編製成正式試題，這些嚴謹的程序都是為了能確保能編製出一份品質優良的試題。

2.2.2 實作評量 (Performance assessment)

實作評量要求必須在實際情況下實施，它以評定學生在工作項目中的實施表現作為評量依據，並要求學生所表現行為應與重要的教學目標符合。Ruiz-Primo (1993) 等人強調「實作評量結果不僅反應出學生解答的正確性，同時也顯出學生得到答案的過程」。因此，實作評量即是以學生在評量過程中表現或成果作為評量依據，再根據老師指定的標準來評定等級的評量方式 (邱龍斌, 2002)。

2.2.3 學習檔案評量 (Learning portfolio assessment)

此種評量以特定的目的或用途來收集學習者學習過程中各面向的資料，以反應或顯現學習者的真實表現及進步或改變的情形。David (1997) 認為，學習檔案應不僅止於問卷的收集，而必須與所學事物相緊密的結合，其目的在於保留詳細、複雜而完整的學習者成就圖像，有助於學習者學習反省和回顧自己進步與改善情形。

2.2.4 形成性評量

此種評量係指在教學過程中，依據教師教學情形與學生學習表現加以觀察記錄，採用定量表為工具，進行非正式的評量。它的優點是能提供學生進步情況的回饋資料，指出教學單元結構上的缺陷，作為實施補救教學的依據 (邱龍斌, 2002)。

2.2.5 診斷性評量

此種評量目的在確定學生的學生困難和原因，並提出補救措施，通常在教學進行中或結束後實施，診斷性評量是一種更綜合性和精密性的評量，使用於於學生學習困難持續不斷發生而形成性評量又無法解決，需進一步深入分析其困難的原因時，除可選用標準化成就測驗外，也可使用教師自編的測驗和直接觀察技術（邱龍斌，2002）。

2.2.6 概念構圖（concept mapping）

2.2.6.1 有意義的學習

在 Ausubel 的認知同化論中，其核心理論就是「有意義的學習」。他認為認知是指個體對某種特殊訊息所產生的一種有組織、穩定、清晰的認知，透過不斷的運作，整合各種雜亂的次級概念和訊息，使之成為有系統的組織結構（余民寧，1997）。而有意義的學習便是指個人將新概念或新訊息，與原有認知結構中的舊概念或舊命題聯結，不斷整合新舊概念和訊息，使之融合為更紮實的認知結構之過程（Ausubel 1963, 1968b; Ausubel, Novak, & Hanesian, 1978）

為了達到有意義的學習，必須具備下列三個條件（林清山，1991; Ausubel, 1963, 1968; Mayer, 1987; Novak, 1988）

1. 針對所要學習的材料，在本質上必須是有意義的；這種學習材料本身，即具有提供學習者以有意義的方式聯結其知識結構的潛力。
2. 學習者必須具備相關的知識或概念，此即所謂的「前備知識」（prior knowledge）；亦即，學習者必須事先具備足以供聯結新學習概念的既有概念架構（conceptual framework）
3. 學習者必須顯示出有意義學習的心向；亦即，學習者必須為自己的學習負起責任，願意主動嘗試將新知識與既存的概念架構作聯結，以建構起有意義的理解。

在 Ausubel 學習理論指引下，美國康乃爾（Cornell）大學學者 Novak 及其同僚，提出一套概念構圖（concept mapping）的學習方法，使用命題形式的概念圖（concept maps），表徵所欲教學和學習的概念及概念間的聯結關係，強調概念的階層性、概念間的命題、交叉連接等，並可據以作為評量與研究學習者概念結構的依據（Novak & Gowin, 1984; Novak & Musonda, 1991）。將概念構圖運用在教學當中，可從學生所繪製的概念圖中了解學生那方面的概念是清楚的？那方面是不了解的或產生了哪些迷思概念；熊召弟（1996）認為教學活動要讓教師注意到學生原有的想法，同時也讓學生注意到自己與其他同學的想法，以及這些想法與一般科學相異之處。概念構圖正可幫助教師了解學生原有的想法，也可讓同學之間彼此了解對方的想法。在了解了學生的前置概念後，教師則可設計適當的教學情境，採用適當的教學方法，協助學生將新知識與舊知識完成聯結，產生有意義的學習，建構出自己的知識。

因此，概念構圖應用於教育上可用來診斷學生學習成果及學科知識架構。它是一種有效的學習方法及知識表徵方式，它利用圖形的方式來展現學習者所學習到的知識結構，提供教師對於學生的知識結構缺失進行診斷，以作為後續實施補救教學之參考，也幫助學生自我檢視其知識結構的變化及學習缺陷以作為改善學習之依據。

2.2.6.2 概念的意義

概念是人類思考和瞭解的工具，亦是學習的基本單位（余民寧，1997）。Novak & Gowin（1984）定義概念為事件或物體的共通性規則，同時可被一個片語（label）表示之。郭重吉（2000）進一步把概念動態化，強調概念是學習者接受外來訊息後，再統整於既有知識（prior knowledge），或前期概念（preconceptions）而建構發展出來的結果。美國科學教育學者 Milton（1966）在其著作「科學的概念學習」（Concept Learning in Science）中，解釋概念是一種象徵性的描述、是人類或根據人類觀察自然事物的經驗所做的決定，是人類從經驗中萃取出來的，是超出個人經驗的類化，而且概念包含有意識的或合理的事實之關聯。它可描述一個人工所造的觀念或描述一個觀念而具有不同階層的複雜性的。

2.2.6.3 迷思概念

有關迷思概念 (misconception) 一詞，最早出現在 1940 年美國的科學教育期刊中 (鄭如琳, 2000; 陳啓明, 1991)。蘇育任 (1993) 曾引用 Driver 等人 (1985) 對迷思概念作了以下的界定：

1. 指學生接受了正式科學概念的教導之後，因不當之同化而產生的概念。
2. 隱含「錯誤概念」(wrong concepts) 之意義。
3. 這些概念和時下被接納的科學知識無法相容，甚至衝突。
4. 具有基本模型 (elementary model) 或理論的特徵。

此外，根據謝金龍 (1995) 的定義：迷思概念指的是學生在某特定學科中，對於某些事件或現象，所持有的一些有別於目前科學家所公認的想法。

2.2.6.4 概念構圖的建立方式

而概念構圖之建立途徑有很多種，如 Novak, Gowin & Johansen (1983) 和 Novak & Gowin (1984) 的建構策略，舉例如圖 3。概念構圖是一種在兩個向度上表徵概念與概念間階層關聯性的圖示技術 (Beyerbach, 1988)。它需要學生自己架構概念，並且由回憶中辨認概念間的關聯性。因此，它是從學習者的觀點而不是從測驗編製者的觀點來考量 (Novak & Gowin, 1984)。它可以在許多知識領域和教學情境中，用來當作促進學生有意義學習的提綱挈領的工具，但有別於傳統直線式表徵學科訊息的綱要式組織法，因為它多增加了一個相關聯的向度，所以比傳統直線方式更適合用來表徵概念間命題關係 (Ault, 1985; Novak, 1980a, 1981a; Stewart, Van Kirk & Rowell, 1979)。

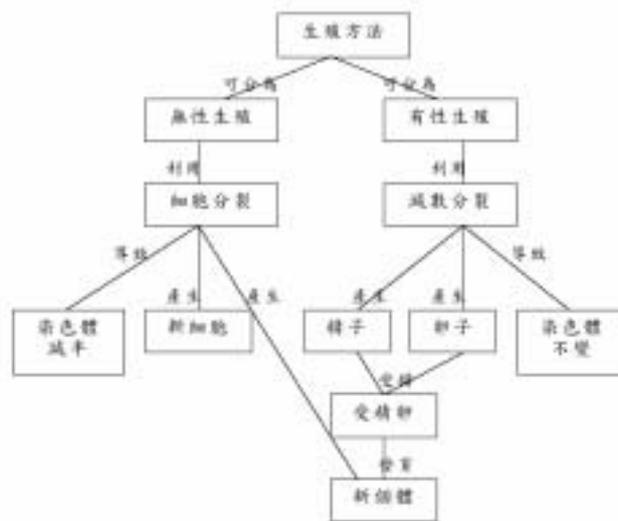


圖 3 生殖方法概念圖

資料來源：陳淑芬，1997，概念構圖式學習系統，國立台灣師範大學資訊教育研究所論文

此外，Robinson (1982) 則認為，概念構圖的活動就像是數字系統的發現一樣，具有深遠的意義，因為它是真實的轉型與類比空間的結合，提供我們對於抽象高階思考的一個具體成果。它不僅是一種強調概念組織和統整調合的理想學習方式，更以其視覺方式來組織訊息的作法（如寫綱要或列舉）

(Cliburn,1987)。因此，有學者 (Malone & Dekkers, 1984) 稱概念構圖為學生的「心靈視窗」(Window of the mind) 可用來觀照自己、洞察他人及反省每個人的觀點。除了可以幫助語文拙劣者分享他所要表達的意義之外，同時也可以促進師生針對某個特殊概念獲得清楚的共識。

2.2.6.5 概念圖的計分方式

從應用的觀點而言，概念構圖不僅可以作一種教學策略，更可以作為一種評量工具 (Markham, Mintzes & Jones, 1994; Moreira, 1979, 1985; Schmid & Telaro, 1990)。在作為評量工具方面，教師通常是以學生所繪製的概念圖作為評量學習成就的依據。在計分方法上，則大多採行 Novak & Gowin (1984) 所提出之評分標準，主要分成四個結構部分，分別是關係 (relationships)、階層 (hierarchies)、交叉聯結 (cross-links) 和舉例 (examples) 等四者分別計分。教師可以自己繪製的概念圖作為標準概念圖與學生的進行比較，再將學生的概念圖分數除以該標準概念圖後求出一個百分比值，作為比較學習是否進步之參考指標。

2.3 知識表徵

知識表徵表示知識的表達模式，知識是指記憶中對訊息的儲存與組織，而訊息是經由感覺與知覺而來，它並不同於知識。知識是一種有組織的訊息，它是指結構化訊息系統或網路的局部（余民寧，1997）。認知心理學家 Solso（1995）根據過去的研究文獻，歸納出五種有關人類語意組織方式的知識表徵模式，分述如下：

2.3.1 群集模式（Clustering model）

在此模式中，概念被組織成「群集」（Clusters），而評量的方式是給予受試者一些不相關的字來做自由回憶（free recall），然後研究者將可以發現，某一些字會被歸類在一起，而這些受試者所歸類的「群集」，即為受試者在這些字或概念上的知識表徵（Solso, 1995）。

2.3.2 集合理論模式（Set-theoretical model）

在此模式中，概念在記憶中是以「集合」（Sets）或訊息彙整的方式來表徵的，該集合可以包括某個類別（category）中的許多範例（例在「鳥」這個類別中，可包括知更鳥、白勞鳥及老鷹等），以及該類別中的屬性或特質（例如鳥可以根據翅膀、羽毛及會飛等屬性來分別加以歸類）（Solso, 1995）。

2.3.3 語意屬性比較模式（Semantic feature-comparison model）

在此模式中，知識是由一個多向度空間所組成，概念在記憶中則是以一組「語意屬性」（Semantic features）來表徵的（Solso, 1995）。每個概念意義均可由兩種不同的屬性來加描述，即「s」為定義屬性（defining feature），用來界定類別歸屬的屬性，是決定概念意義的主要成份，例如：定義知更鳥所用屬性可能是「有翅膀」、「能飛」、「有羽毛」和「具有紅色胸膛」等。與「d」特徵屬性（characteristic feature），即是指某個概念所獨有的屬性，它是決定概念意義的偶發成份，例如：與知更鳥特徵有關聯的屬性包括「棲息在樹梢」、「喜歡吃蟲」、「能唱歌的」和「觀賞用的」等（Solso, 1995）。

2.3.4 神經認知模式 (Neurocognitive model)

在此模式中，知識存在於神經單元 (unit) 間的聯結裡，並且是以神經網路 (neuronetwork) 的組織方式來表徵的 (Solso, 1995)。例如，針對健忘症病患所作的病理學分類研究，即發現知識是在於神經單元的聯結網路裡，而由受激發的神經單元以平行分散處理方式 (Parallel Distributed Processing, 簡稱 PDP) 傳達訊息於整個記憶系統，以表徵出知識結構。

2.3.5 網路模式 (Network model)

在此模式中，知識是以各個獨立單位所聯結形成的網路方式儲存在記憶裡，人類之所以能夠記憶每一個字的原因，乃是因為它與一個複雜的「關係網路」 (network of relationships) 聯結在一起的緣故 (Solso, 1995)，例如，當我們在記憶鳥類和知更鳥時，就是以「知更鳥與鳥類之間的關係」(即知更鳥是一種鳥的方式) 儲存在我們的記憶中，而不是個別單獨存放在知識結構裡。

2.4 知識結構

Mandler(1983)提出，直到某些結構或組織被完成，意義才是存在的(“*Meaning does not exist until some structure, or organization, is achieved.*”)。這說明了知識的本質是概念結構，換言之，知識結構是學習者透過內在認知歷程，將數個單一概念組合之後所形成的組織，透過知識結構的呈現，使得抽象概念獲得具體化的表現 (余民寧，1997)。

Thomas & Laurence (1999) 對知識作以下的定義：「知識是一種流動性質的綜合體：其中包括結構性的經驗、價值、以及經過文字化的資訊。此外，也包含專家獨特的見解，為新經驗的評估、整合與資訊等提供架構。」

Collins & Quillian (1969) 和 Quillian (1969) 等人對人類的知識結構提出了階層網路結構模式 (hierarchical network structure model)，它認為在人類的記憶系統中，知識結構是由許多代表基本概念的節點 (node)，以及節點與節點間用某種符號聯結而成的一種語意網絡 (semantic network) 的關係來表示，典型由圖 5 可知，每個節點都對應一個物件 (object)、事件 (event) 或想法 (idea)。幾乎所有的名詞或名詞片語所表徵的都是此模式的概念節點。圖中表示節點所指方向的箭

頭，是用來聯結節點與節點的結特徵之描述詞，相當於一個用在完整語句中的形容詞。如「美麗的」、「敏捷的」等。因此，以圖 4 而言，它是呈現一組句子的結構，我們可以解讀如下：「金絲雀是黃色的」、「金絲雀是鳥」等。

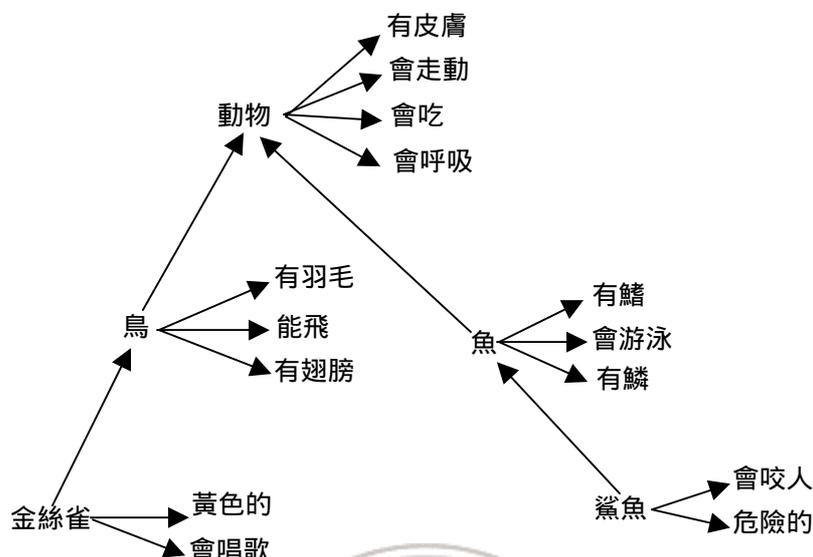


圖 4 知識階層結構圖

資料來源：余民寧，1997，有意義的學習—概念構圖之研究，牛頓出版股份有限公司，台北。

由上可知，一個完整的網路模式將包含許多個節點，以及許多個箭頭，以形成一個錯綜複雜的網路結構。而知識便是由這些節點及聯結各節頭點間的箭頭所構成的關係網絡。因此，知識結構是由網路關係來表徵，而不是由許多單一節點所表示。單一節點並不足以構成一個概念意義，概念意義乃是由許多節點與節點之間的關係所形成（余民寧，1997）。

屬於此種網路模式的學說，尚有 Quillian (1969) 和 Collins & Quillian (1969) 的「可教的語言理解器」、Collins & Loftus (1975) 的「擴散激發理論」和 Anderson (1983) 的「思考調控模式」等理論模式。這些學說均改進原先由 Collins & Quillian (1969) 所提的基本網路模式概念。

整體而言，網路模式的知識結構論，著重於知識結構的結構特性與建構歷程之探討。許多關於知識結構的測量與教學之研究發展均深受該模式的影響。此外，測量知識結構的方法相當多，如 Koubek & Mountjoy (1991) 提出的測量方法即分為四類，如：晤談法、分類法、圖形法及量尺法，各有其特色及限制。其中「量尺法」為本研究之理論基礎，茲詳細說明如下：

量尺法透過不同量尺化程序測量知識結構，測量過程大致分為三個步驟 (Johnson, Goldsmith & Teague, 1994)：

1. 知識結構的引發：透過相似性評分，可獲得各概念配對的接近性矩陣。
2. 知識結構的構成：利用不同量尺化程序，將接近性矩陣，轉換為不同空間表徵結構。
3. 知識結構的評價：將上述知識結構和專家結構或參照結構進行比較。

量尺法的特色是以客觀和統計的方式，產生圖形和知識結構相關量數，突破過去多以理論和經驗的方式，進行知識結構的測量。其限制是無法確實瞭解概念接近似所代表的意義。常用的量尺法有多向度量尺 (multidimensional scaling; MDS)、群聚分析 (cluster analysis)、路徑蒐尋網路分析 (pathfinder analysis)，這三種方法又可依表徵方式不同區分為向度表徵 (dimensional representation) 方式及連結加權型的網路表徵 (link weighted network representation)，依序介紹如下 (Jonassen, Beissner and Yacci, 1993)：

2.4.1 向度表徵 (dimensional representation)

知識結構的向度表徵，指的是由學習者之知識結構所轉換出來的一組語意相似性資料，以介於 0~1 的數值表示概念間的語意相似程度 (Jonassen, Beissner and Yacci, 1993)。而概念間的語意差距則以空間上的幾何距離方式來建立關係，此一空間關係模式通常被視為是認知圖，亦即是認知結構的空間表徵。向度表徵方式通常以集群分析、多向度量尺等方式來分析相似性資料。

2.4.1.1 集群分析 (cluster analysis)

集群分析所針對的觀察體 (objects) 主要針對人、事、物，其目的在於去辨認出某些特性上相似的觀察體，並將這些觀察體按照這些特性分類為數個集群，使同一集群中的觀察體具有高度同質性 (homogeneity)，而不同集群間的觀察體則具有高度的異質性 (heterogeneity)，若以幾何圖形來表示，則同一集群內的觀察體應聚集在一起，不同集群內的觀察體應彼此遠離 (黃俊英, 1984)。

2.4.1.2 多向度量尺 (Multidimensional scaling; MDS)

多向度量尺法是應用於社會計量法的一種統計技術，它是一種從相似性判斷或相關係數中，抽出潛在結構的技術。MDS 的分析方式是對多個受試者之間的相似性資料及相異性資料採歐基里德 (Euclidean) 等距離概念，依據不同的分析方法及模式，形成能夠適當表達受試者之間相互關係的構形 (configuration) (Collins, 1987; Gazda & Mobley, 1994; 林清山, 1986)。換言之，MDS 是採取空間展現 (spatial representation) 方式，將受試者視為地理構形的點，將其呈現二向度或多向度空間，反映存於資料內的隱藏結構。

MDS 在於能尋找出一個能以最少向度空間表現，且又能適當呈現資料內隱結構的構形。它在分析時會不斷地比較觀察資料的距離 (distance)，和依據條所產生的距離 (disparities)，直到兩者的差異在容許範圍之內為止 (葉連祺, 1999)。

2.4.2 連結加權型的網路表徵 (Link weighted network representation)

連結加權型的網路表徵具代表性的方法為路徑蒐尋網路分析法，路徑蒐尋網路分析開始多應用於實驗室研究，近年來逐漸運用於教育心理學領域，其重點在於對知識結構作測量，建立專家系統，並試圖將所測得的知識結構運用於教學上，以幫助生手獲得專家的知識結構或學習專家的策略。在統計上，路徑蒐尋網路分析是以圖形理論 (graph theory) 為基礎，所謂的圖形乃是以數學形式透過圖形理論的心理相似性計算理論，運算出路徑蒐尋網路的相似性數值；藉由相似性指數的輔助說明，可以更精確了解各個結構圖之間的差異 (Jonassen, Beissner, & Yacci, 1993)。本研究即採用路徑蒐尋網路分析作為資料分析工具，因此，對路徑蒐尋網路分析的詳細介紹將於下一節說明。

2.5 路徑蒐尋網路分析

路徑蒐尋網路分析是一種類似概念構圖法的網路式概念圖分析技術，係由美國新墨西哥州立大學（New Mexico State University）計算研究實驗室的領導人 Schvaneveldt 及其研究小組，根據網路模式和圖形理論（graph theory），研發路徑蒐尋量尺化法則，以利建構和分析知識結構（Schvaneveldt, 1990a）。

路徑蒐尋網路分析是將一組概念，以節點（node）和連結（link）相互連接的方式來呈現知識網路結構，並使用路徑蒐尋量尺化法則來計算節點與節點間的關係和位置的分析技術（Schvaneveldt, 1990a）。其中每個節點代表一個概念，每個連結（link）則代表兩兩概念間的連結關係。每個連結有權重（weight 或 value），但沒有命名，僅能以特定強度或權重值來表示語意上概念關聯的程度。其中連結包括無向鏈（edge）；或稱為對稱連結；和有向鏈（arc）；或稱為非對稱連結兩種鏈結。而連結的特色就是用來表徵知識結構中概念與概念之間的關係，並藉此瞭解哪些連結間的關係較重要，但由於連結沒有命名，所以在閱讀圖形時，較難直接瞭解其網路結構型式（Schvaneveldt, 1990b）。

近年來，路徑蒐尋網路分析漸受心理計量研究者所注意，從已有的文獻中發現此分析法有下列三種功用：

1. 能表達許多類別概念間的關係（Schvaneveldt & Durso, 1981），以及同屬一類的結構表徵（Rubin, 1990）
2. 能預測記憶搜尋（memory retrieval）（Bajo & Canas, 1992）及記憶組織（memory organization）（Cooke, Durso, & Schvaneveldt, 1986）
3. 分析專家和生手的表徵不同及轉變（Schvaneveldt, Durso, Goldsmith, Bree, Cooke, and De Maio, 1985）。

2.5.1 路徑蒐尋網路分析之分析過程

路徑蒐尋網路分析評量知識結構的過程，根據 Goldsmith、Johnson 和 Acton (1991) 指出：結構取向 (structural approach) 的應用評量大致可分為三個階段，包括知識結構的引發 (knowledge elicitation)、知識結構的構成 (knowledge representation)、以及知識結構的評價 (evaluation of an individual's knowledge representation)。茲就此三個評量階段來說明路徑蒐尋網路分析的測量知識結構的過程。在說明此三階段之前，先就 Pathfinder 的圖形理論 (Graph Theory) 作以下的介紹。

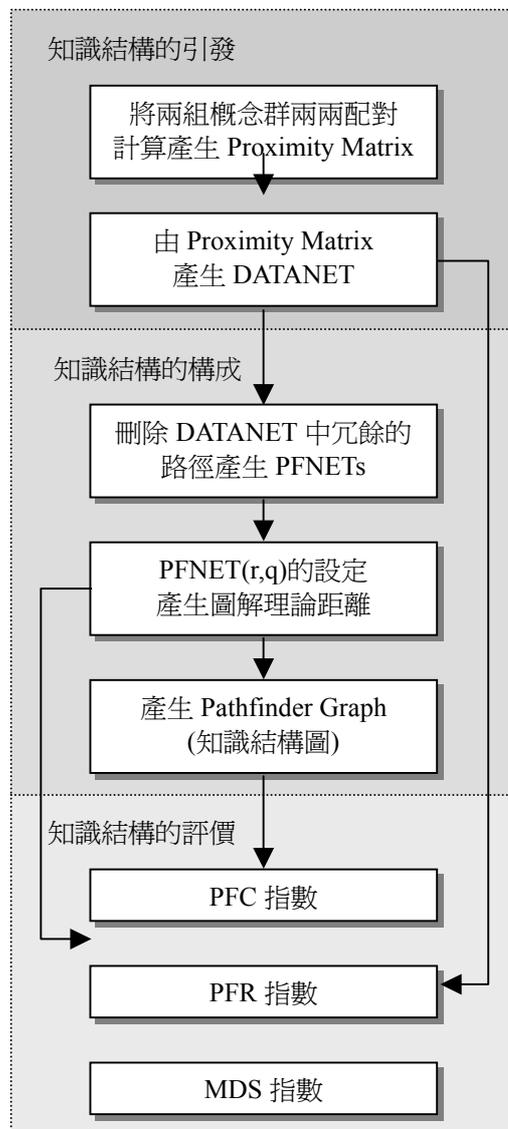


圖 5 路徑蒐尋網路分析之分析過程

2.5.1.1 Pathfinder 的圖形理論重要定義

圖形理論為數學領域上的研究，它由節點（nodes）所構成，任意兩個節點（pairs of nodes）間的連結稱為 link（Carre, 1979; Christofides, 1975; Harary, 1969）以下為針對一些重要的名詞及觀念作定義。

1. **Graph G**：圖形 G，包含了一組 nodes 及 links。其 nodes 數有限 $(1, 2, \dots, n)$ 而 links 為兩兩節點的連結。
2. **Endnodes**：兩個節點由 link 所連結，這兩個節點稱為 endnodes（即頭尾節點）。
3. **Incident**：入射，某個節點連到 endnode，即稱 incident
4. **Degree of node**：為某節點入射（incident）的節點數目，例如 A 節點有三個節點入射，稱 degree of node 為 3

一個圖形（Graph）可以用線段或箭頭線段來連結節點，它可分成有向圖及無向圖（Schvaneveldt, 1990a）：

5. **Directed graph**：或稱 digraph，其 link 又稱 arcs，為有方向性的連結
6. **Arc**：由 first node（initial node）連向 second node（terminal node），在有向圖中，arc 是以箭頭線段繪製。
7. **Undirected graph**：其 link 為沒有方向性，又稱 edge，在無向圖中，edge 是以線段繪製。

在 Pathfinder 的使用中，以一般代表性的 graph 和 link 來同時表達有向圖及無向圖兩種圖形（Schvaneveldt, 1990a）。意即有向圖及無向圖皆慣稱 graph，有向連結及無向連結慣稱 link。

8. **Walk**：為一組 link 順序值，例如 3, 2, 1, 4 即為 $3, (3, 2), 2, (2, 1), 1, (1, 4), 4$ 為表示的走法，這是一個 walk 值，而另一組 $3, (3, 2), 2, (1, 4), 4, (2, 1), 1$ 就不是 walk 值。一個 walk 值可以具體說明為節點的拜訪順序，它的長度其實就是 link 的數目，如果每個 link 的長度均為 1 的話。所以我們也可稱一個 walk 為一條 path。
9. **Cycle**：為一條 path 中除卻起點節點及終點節點的封閉路徑。

10. **Connected graph** : 連通圖為任意兩個節點之間必存在一條路徑可以到達。
11. **Tree** : 為一個連通圖中，不存在 cycle，一個 undirected tree 則存在 $n-1$ 個 edges，任意兩個節點均有路徑可以到達。
12. **Completed graph** : 完全圖為一個圖形中包含了所有可能的 links。
13. **Network** : 為 graph 加了權重 (weight, distance, cost) 的觀念。所以一個 network 去除了權重後就是一個 graph。一個 graph 提供了 network 的 structure，而權重則提供了此 structure 的量化資訊。一個 graph 可被視為一個 network，當所有連結的權重值均為 1 時。
14. **W_{ij}** : 為 link (i,j) 的權重值 (weight)。
15. **The weight of a path** : 為一條路徑上連結的權重總和。
16. **Geodesic** : 為連結兩個節點中最小路徑權重值，即兩點之間選權重總和最小的那條路徑。
17. **Distance** : 兩個之間的 distance 為 the geodesic 的路徑權重值。
18. **Minimal spanning tree** : 最小展開樹，根據 Kruskal (1956) 的定義，最小展開樹為一個無向圖，包含的邊的子集合 (edge set) 所構成的 subgraph (子圖) 是一個 tree，且此 subgraph 所構成的 tree 在此子集合可能構成的其他 tree 的權重總和中為 minimum。

圖形的表示可以由 matrix 來表示，如上述的 graph G 可由 adjacency matrix A 來表示，它為一個 $n \times n$ 的矩陣，當 (i,j) 之間的連結存在的話，設 $a_{ij} = 1$ ，否則 $a_{ij} = 0$ 。

網路的表示也可以由 matrix 來表示，如上述的 network 可由 adjacency matrix A 來表示，其中 $a_{ii} = 0$ ，當 i 不等於 j 時且 (i,j) 間的 link 存在時， $a_{ij} = w_{ij}$ ，若不存在時則設 $a_{ij} = \infty$ 。

19. **Reachability matrix** : 可達矩陣，為一個 $n \times n$ 矩陣，從節點 i 到節點 j 之間有一條路徑可達，則設成 1，否則設成 0。
20. **Distance matrix D** : 為一個 $n \times n$ 矩陣，在 network 中， d_{ij} 設成從節點 i 到節點 j 的 minimum distance。如果從節點 i 到節點 j 並無路徑可達，則 d_{ij} 設成 ∞ 。在 graph 中，distance matrix 則是每對節點中最少可達的 link 數目。

21. **Redundant**：為冗餘連結，在一個 network 中，移除了該連結 (link) 得到的 distance matrix 依然相同，則該 link 為 redundant。

2.5.1.2 第一階段：知識結構的引發

舉例而言，挑選欲進行研究的一群概念，兩兩成對，拿給受試者進行判斷各配對概念間的相似性、關連性、或心理距離值。如此可獲得一個對稱性的距離矩陣 (proximity matrix)，作為資料分析的輸入值。由於每對節點間都有連結 (link)，因此該概念距離矩陣可定義為完全網路 (complete network)，亦可稱為資料網路 (DATANET)，理論上，要產生一個完全網路 (complete network)，若網路上有 n 個節點，每個節點間都需有連結時，則會產生 $\frac{n(n-1)}{2}$ 個連結 (Goldsmith & Davenport, 1990)。

2.5.1.3 第二階段：知識結構的構成

在知識結構的構成中，大致分成如下的步驟；先依目的使用不同的量尺化程序 (measurement procedure)，將上述的距離矩陣 (proximity matrix)，轉換成不同空間表徵結構。其目的就是透過這些方法來表達由知識結構引發階段所產生的概念關係接近性矩陣，消除掉一些不必要的雜音 (noisy)，以更具代表性的知識表徵來反映學習者知識組織結構 (Goldsmith et al., 1991)。接下來的動作是要經由 DATANET 產生 PFNETs，在 Pathfinder complete network 中 (即 DATANET)，找出兩兩節點間之最短距離之路徑，刪除冗餘路徑，簡化 DATANET 即轉換成路徑蒐尋網路 (Pathfinder Networks, PFNETs)。得到 PFNETs 後可產生圖形理論距離 (Graph-Theoretic Distance, GTD)，圖形理論距離即是指連接兩個節點間的 link 數最小值及產生路徑蒐尋網路圖形 (pathfinder graph)，以構成知識結構，茲分述如下 (Goldsmith & Davenport, 1990)。

1. 路徑蒐尋網路 (Pathfinder Networks, PFNETs)

Pathfinder Networks (PFNETs) 是由 proximity data (距離資料) 所得，在一個定義過的 PFNETs 中，它有助於將概念性距離化為一個完全網路 (complete network)。我們稱這個網路為 DATANET。DATANET 為一個有向距離的表達方式。但是因為網路連結的密度並無助益於提供多餘的資

訊。因此 PFNET 是將 DATANET 中節點中的最小距離路徑保留，並刪除冗餘連結。所以其實 PFNET 與 DATANET 的 distance matrix 是相同的，只不過簡化了 DATANET 的 link 數目。

Schvaneveldt(1990b)指出不同 PFNET 之間的變異可由 proximity data 所取得。藉由兩個參數 r 和 q 的設定可以決定一個特定的 PFNET。這兩個參數表達了網路中距離定義的產生方式。 R 可以決定路徑中權重的計算方式，而 q 則用來限制一條路徑中的連結數目。以下就兩個參數作詳細的說明。

(1) r 參數：

一般而言，在圖形理論中，權重的總和通常是該路徑中所有連結的權重加總。但權重的取得是來自於 empirical data，當資料的尺度假定為 ratio scaling 時，使用上述的方式計算權重也許不是那麼適合 (justifiable) (Stevens, 1951)。因此，計算 DATANET 的距離矩陣時，我們需要一個 distance function，可以允許不同相似度的衡量方式之假設存在，例如一個 distance function 可用在 link weight 與 path weight 之間的關係是 ordinal。然後，path weight 和 link weight 之間的 ordinal comparisons 可以被用來決定 PFNETs 中 link membership。

Distance function 可由調整 Minikowski distance measure 來計算網路中路徑的距離 (Schvaneveldt, 1990a)。公式如下：

$$W(P) = \left(\sum_{i=1}^k w_i^r \right)^{1/r} \quad \text{where } r \geq 1, w_i \geq 0 \text{ for all } i.$$

當 $r = 1$ 時，相當做一般簡單的加總動作，也是 network 中最常用的定義。而當 $r = \infty$ 時，事實上，此 function 就是 maximum function。

$$\lim_{r \rightarrow \infty} (w_i^r + w_j^r)^{1/r} = \max(w_i, w_j)$$

因此當 $r = \infty$ ，設 Minkowski r distance 需要找出 maximum weight 及 minimum weight path，此為 ordinal scale measurement 適合的參數值。

總和來說，當 $r=1$ 時，其 distance matrix 的權重值為該路徑中 link 權重值的加總，當 $r=2$ 時，則為該路徑中所有 link 的權重值之歐基理德

距離值的加總，當 $r=\infty$ 時，則為該路徑中 link 權重值取最大的值，這適合用在 ordinal scaling 的時機，因為在等級尺度將權重加總並無意義。

(2) q 參數：

Distance matrix 是藉由找出最小權重值的路徑來決定其值，而 q 參數是另一個用來定義 distance matrix 產生的方法。此參數設成上限則限制 DATANET 中最短距離路徑中的 link 數最少。因為是 q 參數限制了每條路的 edge 數，即每條路所含的 edge 必須小於 q，因此，當 q 設為 n-1 而 r 設為 1 時，可以求出最小成本網路 (Minimum Cost Network; MCN)，這也是最普遍設定的參數值。使用 q 參數是基於以下兩點理由，一是心理學角度，其次是表達角度 (Schvaneveldt, 1990a)。從心理學角度出發，簡化限制連結的數量可以讓這些連結節點在某些特定的領域中表現的較具意義。其次就表達方式而言，q 可以提供一個系統性的方法來控制 PFNET 中 link 密度。意即在某些應用中可以藉由 q 控制產生出不同 PFNETs (只有密度不同) 來進行比較。

Proximity：為相關概念間的相似度、相關性、及心理距離，它指出了心理上從屬關係的程度。Proximity 是一個一般化項目，使用主觀或客觀的衡量方式去表達概念間的關係。在這些衡量方式中的前提是距離為有指示性的 (距離估計值)。當值愈小時表示其相關程度、相似程度愈高，其值愈大時，代表相異程度、無關程度愈高。

當 Proximity 集合中有完整 proximity 值時，Proximity estimates 可以定義出一個 Complete Network (Schvaneveldt, 1990a)。若有從缺的 proximity 值則以 ∞ 代替，這表示在 PFNET 中這對節點並無連結存在。PFNETs 並非必要連通的 (connected)，當有些 proximity value 是 ∞ 時。

2. 圖形理論距離 (Graph Theoretic Distance; GTD)

圖形理論距離是指在兩個節點間的路徑連結最小，它是透過 PFNETs 中找出節點間最短路徑的距離而得到，並且以距離向量呈現來代表網路結構的特質，換句話說，即是以特定網路中節點之間的距離，代表網路結構的特性 (Schvaneveldt, 1990a)。而圖形理論距離重視概念的結構特質，能掌握概念的空間型態 (江淑卿、郭生玉，1997)。

3. 路徑蒐尋網路圖形 (Pathfinder Graph)

而路徑蒐尋網路圖形則是藉由 PFNET (r, q) 產生的圖形，不同的參數設定將會產生不同的 Pathfinder Graph。有關節點位置的計算，係透過 Kamada 和 Kawai 於 1989 年提出的節點位置算則 (spring node position algorithm)，將節點距離轉換成節點位置 (spring node position, SPR) (Schvaneveldt, 1990a)。

2.5.1.4 第三階段：知識結構的評價

而知識結構的評價方面，就是將所形成的知識結構構成與參照結構 (referent structure) 進行比較，例如：以某個領域專家的概念組織為標準，將每個學生在該領域的知識結構分別地與這位專家概念組織，一一進行比對，並求出其相似程度，以了解兩者之間的差異及學習者的學習改變是否趨向於專家知識結構的發展，其採用的方法以路徑蒐尋網路分析為主 (Goldsmith et al., 1991)。其中，參照結構可以根據研究需要選擇個人或團體平均的知識結構，Goldsmith, Johnson & Acton (1991) 研究發現採用團體參照結構對於學習表現的預測效果較佳，特別是專家的團體參照結構效果最佳。

Goldsmith & Davenport (1990) 認為比較兩個路徑蒐尋網路的相似程度的兩種方法，其一是以圖形理論為基礎，計算節點之間距離 (path of nodes) 的相關程度；另一種則以集合理論為基礎，計算相鄰節點 (neighborhoods) 的交集與聯集關係。採用圖形理論為基礎的演算方式可以得到圖形理論距離指數 (correlation of Pathfinder graph-theoretic distance, GTD)，距離指數 (correlation of raw proximity index, PRX) 以及歐基里德距離指數 (euclidean distance between all pair; MDS)；採用集合理論演算方式則可得到相似性指數 (Pathfinder similarity assessed by C, Closeness index, PFC 或 C 值)，由這四種指數可以判斷受試者知識結構和參照結構的相似程度。

(1) 圖形理論距離指數 (Pathfinder graph-theoretic distance, GTD)

GTD 指數是先由 DATANET 找出兩兩節點中最短路徑的最小連結數，產生圖形理論距離矩陣 (Graph-Theoretic Distance matrix, GTD 矩陣)，再以圖形理論距離為輸入去計算出兩個路徑蒐尋網路的 Pearson 相關係數，此相關係數 r 表示兩個網路的相似程度 (Goldsmith & Davenport, 1990) 即是 GTD 指數。GTD 指數的值域從 0 (表示完全不同的網路) 至 1 (表示相同的網路)，GTD 指數的數值愈大，表示兩個網路愈相似 (Gomez & Housner, 1992)。Gomez 等人 (1992) 曾舉一簡例說明 GTD 指數的計算，在此茲以圖 6 說明 GTD 指數的計算。

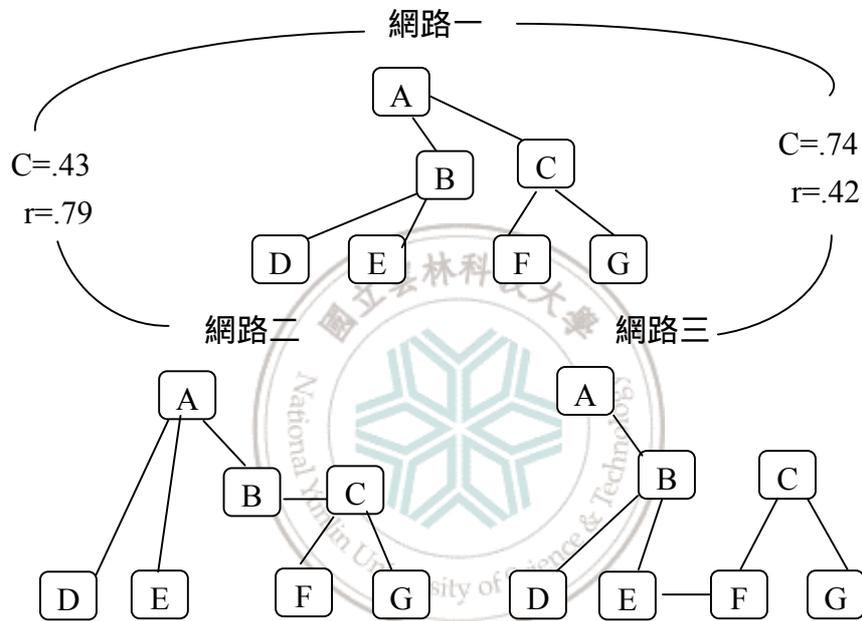


圖 6 網路一、網路二及網路三之 GTD 指數、PFC 指數
 資料來源：Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., and Acton, W. H., 1991, Assessing structural knowledge, *Journal of Educational Psychology*, Vol.83, no.1, pp.88-96.

表 2 為取自圖 6 的三個網路中部分節點的距離值，由圖 6 可知網路一 A 至 F 的圖形理論距離為 2，因為鍊結方式為 $A \rightarrow C \rightarrow F$ ，而 $A \rightarrow C$ 的距離為 1， $C \rightarrow F$ 的距離為 1，所以 $A \rightarrow F$ 的距離為 $1+1=2$ 。之後再將兩個網路的所有節點間之距離求其相關係數，即可得到 GTD 指數。而表 3 呈現在圖 6 中網路一和網路二它們各自節點的距離值，將每個節點的距離值求其相關係數，就得到如圖 6 所示，網點一和網路二的 GTD 指數為 0.79。

表 2 圖 6 的三個網路中部分節點的距離值

	網路一的距離	網路二的距離	網路三的距離
A-B	1	1	1
A-D	2	1	2
A-F	2	3	3

表 3 圖 6 中網路一、網路二和網路三的距離矩陣。

節點	節點						
	A	B	C	D	E	F	G
網路一							
A	-	1	1	2	2	2	2
B		-	2	1	1	3	3
C			-	3	3	1	1
D				-	2	4	4
E					-	4	4
F						-	2
G							-
網路二							
A	-	1	2	1	1	3	3
B		-	1	2	2	2	2
C			-	3	3	1	1
D				-	2	4	4
E					-	4	4
F						-	2
G							-
網路三							
A	-	1	4	2	2	3	5
B		-	3	1	1	2	4
C			-	4	2	1	1
D				-	2	3	5
E					-	1	3
F						-	2
G							-

資料來源：Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., and Acton, W. H., 1991, Assessing structural knowledge, *Journal of Educational Psychology*, Vol.83, no.1, pp.88-96.

(2) 相似性指數 (Pathfinder correlation index)

PFC 指數係採用集合理論演算方式，計算兩個網路所共有的節點組 (set of nodes)，將鄰近節點的交集和除以聯集和，其平均比率表示兩個網路相似程度，依此計算每個共有節點的比率，然後將所有共有節點的比率加以平均，即為 PFC 指數。PFC 指數的值域從 0 至 1，當 PFC 指數的數值愈大，表示兩個網路愈相似 (Goldsmith et al., 1991)。

$$C = (A, B) = \frac{1}{n} \sum_{v \in V} \frac{|A_v \cap B_v|}{|A_v \cup B_v|} \quad (4)$$

註：A: 表示 A 網路，B: 表示 B 網路， A_v : A 網路的節點， B_v : B 網路的節點， v : 表網路中的節點， V : 表示網路中的所有節點。

Gomez 等人 (1992) 曾舉一簡例說明 PFC 指數的計算，在此茲以圖 6 中的網路一和網路二為例，說明其 PFC 指數的計算方式。

<1> 找出網路一和網路二中各自每個相對節點所擁有的直接鍊結之節點。

例如：網路一的節點 A，與其直接鍊結的節點為 B、C

網路二的節點 A，與其直接鍊結的節點為 D、E、B

<2> 計算兩個網路中，各自每個相對節點，其直接鍊結的交集與其聯集之比率。

$$\text{例如：} \frac{\text{交集}_A}{\text{聯集}_A} = \frac{\{B\}}{\{B, C, D, E\}} = \frac{1}{4} = .25 \quad (5)$$

<3> 依 A 及 B 的方式計算每個共有節點的比率，然後將所有共有節點的比率加以平均，即為 PFC 指數。表 4 即為圖 6 中網路一和網路二其 PFC 指數計算方式，其算出的 PFC 指數為 0.43。

表 4 圖 6 中網路一和網路二其 PFC 指數計算方式

共有節點	鄰近節點		節點交集		節點聯集		比率
	網路一	網路二	集合	大小	集合	大小	
A	{B,C}	{B,D,E}	{B}	1	{B,C,D,E}	4	1/4
B	{A,D,E}	{A,C}	{A}	1	{A,C,D,E}	4	1/4
C	{A,F,G}	{B,F,G}	{F,G}	2	{A,B,F,G}	4	2/4
D	{B}	{A}	U	0	{A,B}	2	0/2
E	{B}	{A}	U	0	{A,B}	2	0/2
F	{C}	{C}	{C}	1	{C}	1	1/1
G	{C}	{C}	{C}	1	{C}	1	1/1

註：比率總和為 $1/4+1/4+2/4+0/2+0/2+1/1+1/1=3$ ，C 值為 $3/7=.43$ ，U 表示空集合

資料來源：Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., and Acton, W. H., 1991, Assessing structural knowledge, *Journal of Educational Psychology*, Vol.83, no.1, pp.88-96.

(3) 接近性指數 (Proximity matrix index)

PRX 指數係用評定量尺所獲得的原始距離值矩陣 (proximity matrix)，計算兩個網路接近性矩陣對應值的相關係數，以相關係數表示兩個網路的相似程度。PRX 指數的範圍為 0 至 1，PRX 值愈大表示兩個網路愈相似 (江淑卿，1997)。

(4) 歐基里德距離指數 (Euclidean distance index; MDS)

MDS 指數係找出兩兩節點間之歐基里德距離，得到歐基里德距離概念矩陣後，再以 Pearson 相關計算兩個網路之間的相關係數即得 MDS 指數，MDS 指數範圍亦為 0 至 1，MDS 值愈大表示兩個網路愈相似 (Goldsmith et al., 1991)。

2.5.2 四種指數之指標預測效果比較

針對比較四種指數的預測效果，Gonzalvo, Canas 和 Bajo (1994) 發現四種指數都有不錯的預測效果，但 Goldsmith 等人 (1991) 研究指出 PFC 指數的預測效果最佳，其次是 GTD 指數與 MDS 指數，PRX 指數的預測效果較差。國內塗振洋 (2001) 針對國小六年級學生在天文學習上的知識結構評量，結果發現就相似性指標 PRX, GTD 及 PFC 來預測學生的自然科學學業表現上，PRX 的預測能力較佳。林曉芳等人 (2001) 針對國小代數概念學習研究中則指出三個相似性指標中 PFC 具較佳的預測能力。就使用 KNOT 工具來計算這三個指數，PFC 指數係根據兩者之距離資料矩陣，透過 NETSIM 程式指令的運算所獲得；而 PRX 指數則是將兩者的原始距離資料矩陣，利用 CORR 程式指令求相關性所獲得，換言之，兩者的原始距離資料矩陣之相關係數即為 PRX 指數；MDS 指數之計算方法同 PRX 指數，只不過 MDS 的距離值是以歐基里德距離值表示；GTD 指數則是計算兩個圖形距離資料矩陣之相關而得。

表 5 知識結構與學習表現關係研究一覽表

研究者及年代	研究對象及領域	研究方法及過程	研究結果
Koubek & Mountjoy (1991)	文章編輯	採用晤談法分析受試者處理單字指令的知識結構	發現知識結構會影響文章編輯表現
Goldsmith, Johnson & Acton (1991)	以 40 位大二及大三學生為對象，用在心理學研究方法學門領域的評量	採用路徑蒐尋網路和多向度量尺法測量知識結構，以探討班級學習中知識結構與學習表現的關係及比較不同能力者的知識結構之差異。受試者在接受 16 週心理研究方法課程的期初與期末評 30 個研究方法概念間之相關程度，量表為七點量表，另以一位教學者評量概念相似性之資料為參照結構。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 期末的知識結構指數與學業表現簡單相關上，路徑蒐尋網路計算所得之 PFC 指數，比 PRX 指數、PRX 指數、MDS 計算所得指數有較佳的預測力 2. 期初的 PFC 指數對學業表的預測力亦能有效預測學業表現，但是不及期末的預測力 3. 綜而言之，知識結構與學習表現有相關，且知識結構能預測學習表現，同時 PFC 指數比其他三個數更具預測能力

表 5 知識結構與學習表現關係研究一覽表(續)

研究者及年代	研究對象及領域	研究方法及過程	研究結果
Acton 等學者 (1994)	61 位大二修習電腦程式課程的學生	以七點量表評定 24 個電腦程式概念間的相關程度，並建立九種參照結構：一位教師學者的結構、六位個別的專家結構、六位專家的團體平均結構及六位優秀學生的團體平均結構	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採不同的參照結構所計算不同的 PFC 指數對學習表現都有不錯的預測力。 2. 採用教學者參照結構計算所得的 PFC 指之預測力並未優於六位專家的個別參照結構 3. 採用六位個別專家的參照結構計算所得的 PFC 指數之預測力並無顯著差異 4. 採用專家的團體平均參照結構與優秀學生的團體平均參照，計算所得的 PFC 指數之預測力相當有效，其中以採用專家的團體平均參照所得的 PFC 指數預測力最佳
Gonzalvo, Canas & Bajo (1994)	72 位修習「心理學史」的大學生	進行兩個月的教學，以九點量表評定 32 個心理學史重要概念，共 496 個配對題目進行教學前後測的評量	<ol style="list-style-type: none"> 1. 受試者的知識結構逐漸接近教學者的知識結構 2. PFC, GTD 與 PRX 三種知識結構指數對於心理學史的學習成績皆有顯著的預測力
Gomez, Hadfield & Housner (1995)	53 位大學生，數學領域	除了 PFC 指數預測學習表現外，更增加標準成就測驗為預測量，探討知識結構和學習成就對學習表現的預測效果	<ol style="list-style-type: none"> 1. PFC 指數對學習表現的預測效果，優於標準成就測的預測，此結果乃支持了知識結構對學習表現的預測力 2. 採用教學者參照結構，計算所得 PFC 指數對學習表現有較佳的預測效果

表 5 知識結構與學習表現關係研究一覽表(續)

研究者及年代	研究對象及領域	研究方法及過程	研究結果
江淑卿 (1997)	266 位國小六年級學生為受試，自然科領域	主要分析自然科知識結構與科學文章理解能力的關係，將學生區分為低、中、高三種自然科學能力學生	<ol style="list-style-type: none"> 三種知識結構指數 PRX, PFC 及 GTD 指數皆與科學文章理解能力有顯著相關，且知識結構大都有效預測能力，三個指標中以 GTD 最具有預測力，其次為 PFC，最低為 PRX 高自然科學能力學生的知識結構比中、低自然學科能力學生更接近專家的參照結構，中等自然科學能力學生的知識結構比低自然科學能力學生更接近專家的參照結構
宋德忠、林世華、陳淑芬、張國恩 (1998)	以 153 位大學生為研究對象，採用教育心理學的「學習理論」為主題	評估路徑蒐尋法的兩知識結構指數 PRX 與 PFC 指數對學習成就的預測效果，對不同成就學生的區別效果	<ol style="list-style-type: none"> 採用路徑蒐尋法所得的 PFC 與 PFX 指數對學習成就的解釋量，PFC 為 36%，PRX 為 16%。 PRX 並無顯著的區別力，但 PFC 可以有效的區別不同學習成就的學生
林曉芬 (1999)	以 30 名國中學生為樣本，其中 15 名為數學低成就學生，15 名為普通班學生，數學領域	以 KNOT 程式為工具進行兩群學生的知識結構分析，並比較分析專家及兩組學生數學知識結構的差異情況	<ol style="list-style-type: none"> 低成就學生的概念結構圖與普通班學生的概念結構圖有明顯差異 普通班學生比低成就班學生的知識結構圖較接近教師的知識結構圖 以學生在校的實際評量成績為依變項，三種相似性指數數學自變項進行迴歸分析，結果發現 PFC 的預測效果為最佳

表 5 知識結構與學習表現關係研究一覽表(續)

研究者及年代	研究對象及領域	研究方法及過程	研究結果
蔡佳燕 (2000)	國小六年級學生 74 人為樣本，其中的 32 人為普通組學生，其餘 21 人分別為低成就組與高成就組學生。數學領域	透過 KNOT 軟體探討不同學習成就組別知識的表現情形，以及比較傳統總分測驗與知識結構評量二者對預測學習成就的差異情形	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不同學生的數學知識結構具有個別差異 2. 知識結構評量可明顯區分數學學習成就差異 3. 傳統總分評量對學習成就之預測力略勝知識結構評量 4. 就高分組而言，以知識結構評量中的 PFC 指數最具預測力 5. 就低分組而言，以傳統總分評量最具預測力 6. 就普通組而言以知識結構評量中的 PRX 指數最具預測力
涂金堂 (2000)	26 位台南師範學院暑期進修部學士班，其皆為現職國小老師，社會心理學領域	透過 KNOT 軟體探討就讀學士班國小教師其知識結構與學業成績是否有顯著相關；其前後測知識結構指數是否有顯著差異；不同能力組別的受試者其知識結構指數是否有顯著差異。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以路徑蒐尋網路分析求得的前、後測知識結構指數對學業成績的預測力，結果前測的 GTD 指數對學業成績的解釋力為 15%，後測的 PFC 指數為 35%、而 GTD 指數為 18% 2. 前後測的知識結構指數除了 PRX 達顯著差異外，PFC 與 GTD 指數皆未達顯著差異 3. 中高分組後測的 PFC 與 GTD 兩種指數明顯高於中低分組

資料來源：葉倩亨，2001，路徑蒐尋網路分析應用於大一心理學學習效果評量之研究，國立政治大學教育「教育與心理研究」，24 期，p421-446。

GTD 指數與 PFC 指數可視是代表兩種不同型態資料矩陣的相關係數值，Goldsmith 等人（1991）指出，應該使用 GTD 或 PFC 較佳，則視所應用的資料性質而定。GTD 指數是基於圖形理論，著重表達是節點間路徑距離及節點位置的觀念，適合用來表達當原始資料的天性是以距離來描述的情況，而 PFC 指數是基於集合理論，著重表達的是有那些是連結的鄰近節點的觀念，因此若原始資料是注重節點與類近節點之間的關聯性質則適合用 PFC 指數來測量。

2.5.3 相似性指標之應用限制

綜合而論，路徑蒐尋網路分析主要以圖形理論為基礎，以量化的方式評量受試者的知識結構。在進行分析時，須先取得受試者評定概念相似性的接近性矩陣，然後透過 KNOT 軟體將其轉換成路徑搜尋網路 (PFNETs)，此路徑搜尋網路可大致看出受試者知識結構的組織情形。而對於不同知識結構圖的評價所用的 GTD 指數、PRX 指數、PFC 指數及 MDS 指數等四種相似性指數，則可以客觀的找出受試者與專家參照結構的相似程度，如此可以分析知識結構與學習表現的關係，比較不同能力學習者的知識結構，甚至可以找出學習者概念組織的特徵，進而提供教師進行補救教學之參考 (黃泮翔、江新合，2002)。

因此，本研究將使用 GTD、PFC 及 MDS 指數來分析知識結構與學習表現之關係，不採用 PRX 指數的原因為是因為本研究乃使用題庫測驗方式，將各受測者之試題反應矩陣轉換為個別受測者之試題概念矩陣，再轉換個別受測者試題概念矩陣為歐基里德距離矩陣，如此方可作為計算相似性指數之輸入。因此，所得之歐基里德距離矩陣，其節點 (概念) 之間的權重，並非從專家及學生直接給定的概念距離，而是經由轉換計算而得的值，因此並無從獲得原始的概念距離矩陣，自然也無從計算出 PRX 值。

此外，值得一提的是，由試題概念矩陣所轉換計算出的歐基里德距離矩陣，其權重觀念也迥異於原始的概念距離矩陣，在原始概念距離矩陣中，其權重值乃由專家或學生依其所認定的關係強弱給定權重，因此概念 (節點) 間的權重所代表的意義是兩個概念之關係的強弱。而歐基里德距離矩陣中，節點 (概念) 間權重的計算方式是取兩兩節點 (概念) 其答對的試題對應數目取其歐基里德距離所得，因此，其權重大小並非代表兩概念 (節點) 間的關係強弱，進一步來說，甚至以此歐基里德距離矩陣所繪製出的概念構圖，也不能表示出概念間的關係強弱。但是，雖然其概念間的權重關係並不如原始概念矩陣一般能揭示出概念間的關係強弱，使用來進行兩個矩陣之相似度比較仍是可行的。

此外，GTD 及 PFC 指數是由參數 $r=1$ ， $q=n-1$ 而產生的 PFNETs 為輸入計算而得。當 PFNET 當設參數 q 為 $n-1$ 時，會被簡化成最小成本網路 (Minimum Cost Network; MCN)，此最小成本網路的權重是比較兩節點間直接鏈長度與間接鏈權

重，若間接鏈權重比直接鏈權重小，則刪去該直接鏈。設參數 $r=\infty$ 則是當取間接鍊權重時是取路徑中權重最大的連結之權重，並非取總和。因此，兩個參數設定後所配合產生的 PFNETs 會經過簡化，而由於簡化的程度可能不盡相同，因此有可能產生與專家的 PFNETs 愈相悖離的結果，GTD 值及 PFC 值就也有可能產生不準確的情形。這也是 GTD 及 PFC 值所可能存在的缺點。因此，本研究加入另一個指數作為比較，將未經簡化的歐基里德距離矩陣作為輸入，計算出其 PFC 指數，為區別於以簡化後的 PFNETs ($q=n-1, r=\infty$) 為輸入所計算出的 PFC 指數，將以未經簡化的歐基里德距離矩陣計算所得之 PFC 指數命名為 PFC' 指數，因此，本研究共使用四個指數，分別為 MDS, GTD, PFC 及 PFC' 指數。



三、研究方法

本研究以路徑蒐尋網路分析法作為學生迷思概念的分析工具，結合計算機概論線上題庫系統，開發一針對計算機概論重補修課程之電腦輔助題庫測驗系統，期望以知識結構的觀點了解重補修學生的學習的盲點與障礙，幫助老師有效的針對重補修學生的迷思概念加強輔導，從而改善補救教學效能與效率。

3.1 研究樣本

基於研究者為高職計算機概論任課教師，為求進行研究的方便性，本研究以研究者任職之南投縣某國立高職學校九十一學年度上學期計算機概論重補修學生共四位為研究對象。

3.2 研究假設

本研究主軸在於開發一電腦輔助題庫測驗系統，加入路徑網路蒐尋網路分析功能，期望能有效協助教師在有限的時間內提昇重補修的教學成效，因此，為了解本電腦輔助題庫測驗系統是否能有效的達到提昇重補修之成效，先提出以下待答問題：

1. 使用路徑蒐尋網路分析所得的四個相似性指標 (MDS, GTD, PFC, PFC')，它們各自對學生學習成就表現是否具備解釋能力。
2. 使用此電腦輔助題庫測驗系統後，是否能顯著的提昇學生的學習成果。

針下以上待答問題，提出以下假設進行檢定。假設 1 各自檢定 MDS, GTD, PFC, 及 PFC' 指標對學生學習成就表現的解釋能力是否達顯著相關；假設 2 則是檢定受測學生在使用此電腦輔助題庫測驗系統前及使用後，其學習表現是否有顯著差異，檢定學習表現將以四個相似性指標 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及評量分數是否有顯著差異進行檢定。

H1：使用路徑蒐尋網路分析所得的四個相似性指標（MDS,GTD,PFC,PFC'）對學生學習表現的解釋能力沒有顯著相關

H1A：使用路徑蒐尋網路分析的 MDS 指標對學生學習表現的解釋能力沒有顯著相關。

H1B：使用路徑蒐尋網路分析的 GTD 指標對學生學習表現的解釋能力沒有顯著相關。

H1C：使用路徑蒐尋網路分析的 PFC 指標對學生學習表現的解釋能力沒有顯著相關。

H1D：使用路徑蒐尋網路分析的 PFC' 指標對學生學習表現的解釋能力沒有顯著相關。

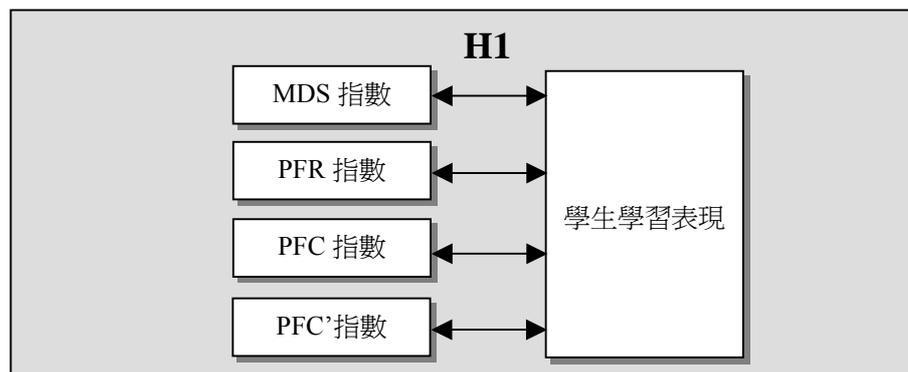


圖 7 假設 1 之研究架構圖

H2：使用此電腦輔助題庫測驗系統前後，學生之四個相似性指標值（MDS, GTD, PFC,PFC'）沒有顯著性差異。

H2A：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 MDS 指數變化沒有顯著差異。

H2B：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 GTD 指數變化沒有顯著差異。

H2C：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 PFC 指數變化沒有顯著差異。

H2D：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 PFC'指數變化沒有顯著差異。

H2E：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的評量分數變化沒有顯著差異。

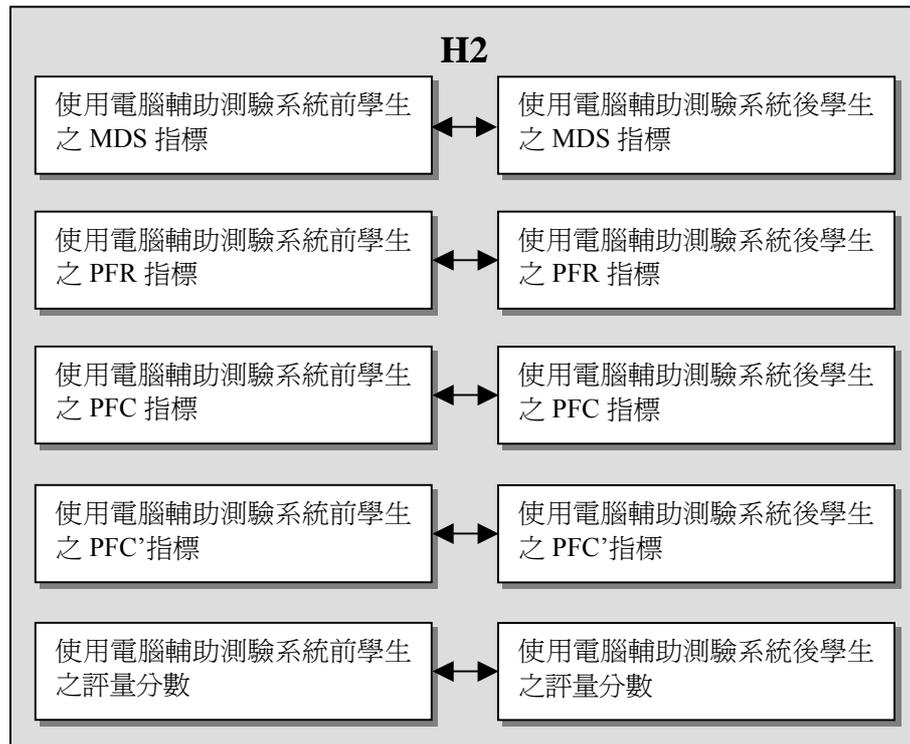


圖 8 假設 2 之研究架構圖

3.3 研究流程

本研究在第一章之研究流程圖（如圖 1）中的第五步驟至第八步驟，可再細分成如圖 8 之研究步驟。

3.3.1 題庫編輯

本輔助評量題庫系統之題庫設計，主要目的是幫助增進教師對計算機概論重補修學生的教學效率。題庫設計時須考慮測驗之內容為何、測驗題型之決定、測驗時間及題數之決定，詳細步驟如圖 9。茲分述如下：

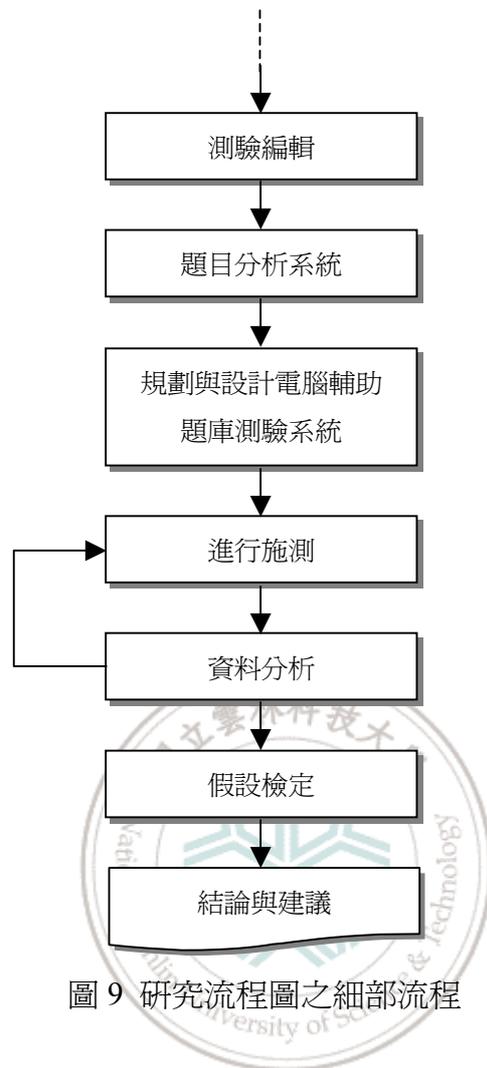


圖 9 研究流程圖之細部流程

1. 測驗內容

本測驗涵蓋計算機概論資處科一年級上學期之課程內容，主要可分成 11 個主概念及主概念下的子概念，主概念分別為“概念 1：計算機的分類”、“概念 2：資料處理的應用”、“概念 3：電腦的相關應用”、“概念 4：計算機的發展過程”、“概念 5：硬體的五大單元”、“概念 6：軟體的相關概念”、“概念 7：資料表示法”、“概念 8：電腦的單位問題”、“概念 9：電腦病毒的介紹”、“概念 10：程式語言”及“概念 11：其他電腦常識”，表 6 將 11 個主概念所對應之課程標準列出如下：

表 6 教育部定計算機概論 I 之課程標準範圍與本研究採行範圍比較

	課程範圍	本研究包含概念	說明	
教育部制定之課程標準	電腦科技與職業生活	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在個人方面的應用 2. 在家庭方面的應用 3. 在學校方面的應用 4. 在社會方面的應用 5. 在職業生活方面的應用 	概念 1 計算機的分類 概念 2 資料處理的型態 概念 3 電腦的相關應用	
	電腦硬體知識	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電腦的發展簡史 2. 電腦的架構與連接 3. 電腦的操作與保養 4. 電腦的需求評估 5. 其他相關知識 	概念 4 計算機的發展過程 概念 5 硬體的五大單元	
	電腦作業系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. 作業系統的功能 2. 作業系統的類型 3. 作業系統實例 4. 其他相關知識 	概念 6 軟體的相關概念	
	應用軟體實作	<ol style="list-style-type: none"> 1. 文書處理 2. 電子試算表 3. 電腦繪圖 4. 電腦音樂 5. 其他相關知識 	概念 5 硬體的五大單元 概念 6 軟體的相關概念 概念 10 程式誕言	
新增主題	其他相關知識	概念 7 資料表示法 概念 8 電腦的單位問題 概念 9 電腦病毒之介紹 概念 11 其他電腦常識	為本研究自行新增之主題	

2. 測驗題型：基於電腦很難判斷開放式問題的答案，電腦化測驗題型多限於選擇題與填充題的侷限（李連順，2000），但由於填充題為半開放性問題，依然存在判斷是否具客觀性問題，且有些填充題可以將問題轉換成選擇題題型。因此，本輔助評量題庫系統題型排除填充題題型，而以選擇題為主要題型，並加入本題所屬概念之說明，因此，本研究之選擇題結構包括了答案、題幹、選項及概念，舉例說明如表 7：

表 7 選擇題之舉例說明

答案	題幹	選項
例：1.()	一般電腦內部處理資料所使用的數字系統為	(A) 16 進制(B) 10 進位(C) 8 進制(D) 2 進制。
		【7.1】
		概念

3. 測驗時間及概念試題題數：教師根據教學目標編製出雙向細目表，再由雙向細目表訂出試題涵括那些概念，各概念之試題題數比重為何，而測驗時間可由教師根據試題難度而自訂考試時間，舉例如下：

表 8 雙向細目表-以計算機概論-電腦科技與職業生活為例

子概念 \ 主概念	數值資料 進制轉換	補數轉換 與運算	文數字編 碼方式	中文文數 字編碼	建議命題 題數	實際命題 題數
電腦的進制介紹					2	
10 進制與 N 進制轉換					4	
2 進制與 8 進制轉換					2	
2 進制與 16 進制轉換					2	
小數的進制轉換					3	
各進制的四則運算					2	
補數意義、轉換及運算					3	
數值資料的表示範圍					2	
文數字編碼介紹					3	
中文編碼介紹					2	
建議命題比例(%)	40	12	12	8	25	
實際命題比例(%)						

3.3.2 題目分析軟體

ASCAL 程式是 MicroCAT 中的一支程式，MicroCAT 由美國 Minnesota, AEESMENT SYSTEM 公司發展，在這一套軟體包含許多程式，在本研究我們使用 ASCAL 程式來進行題目分析，ASCAL 可求出題目的鑑別度、難度與猜測率，及每一位受試者的能力估計值。本研究即使用 ASCAL 進行試題的難度分析及鑑別度分析的預試（吳裕益,1991）

3.3.3 設計及建立電腦輔助題庫測驗系統

本電腦輔助題庫測驗系統之系統發展環境如下：

3.3.3.1 硬體環境：

- (1) CPU：Intel Pentium III 1GBHz
- (2) Main Memory：256MB SDRAM
- (3) HDD：30GB
- (4) CD-ROM：內接式 8x DVD
- (5) Display：14"GA TFT LCD
- (6) Graphics & Video Module：Intel 830 M intergrated graphic

3.3.3.2 軟體環境：

- (1) 作業系統：Microsoft Windows XP
- (2) 系統開發工具
 - <1> Microsoft Excel XP
 - <2> Ulead PhotoImpact 8.0
 - <3> ASP.NET 互動式網頁程式語言

3.3.3.3 系統架構圖及功能說明

茲將各子系統之功能說明如下(圖 10)，程式之輸出畫面則請參照附錄四：

(1) 系統管理子系統：

<1> 教師資料管理與設定：可新增教師帳號密碼，及瀏覽維護已儲存之教師資料。

<2> 學生資料管理與設定

(2) 題庫測驗子系統：

<1> 概念管理：概念原始設定為 42 個概念，可對概念進行新增、修改及刪除動作。

<2> 試題管理：針對每個概念下的試題可進行新增、修改或刪除動作。

<3> 試卷管理：可新增新試卷，對已儲存之試卷進行瀏覽維護及可刪除已儲存之試卷。

(3) 測驗施測子系統：

<1> 開始測驗：讓受測者依指定的試卷進行測驗

<2> 成績輸出：輸出受測者的試卷基本資料、測驗成績資料至試卷資料庫。

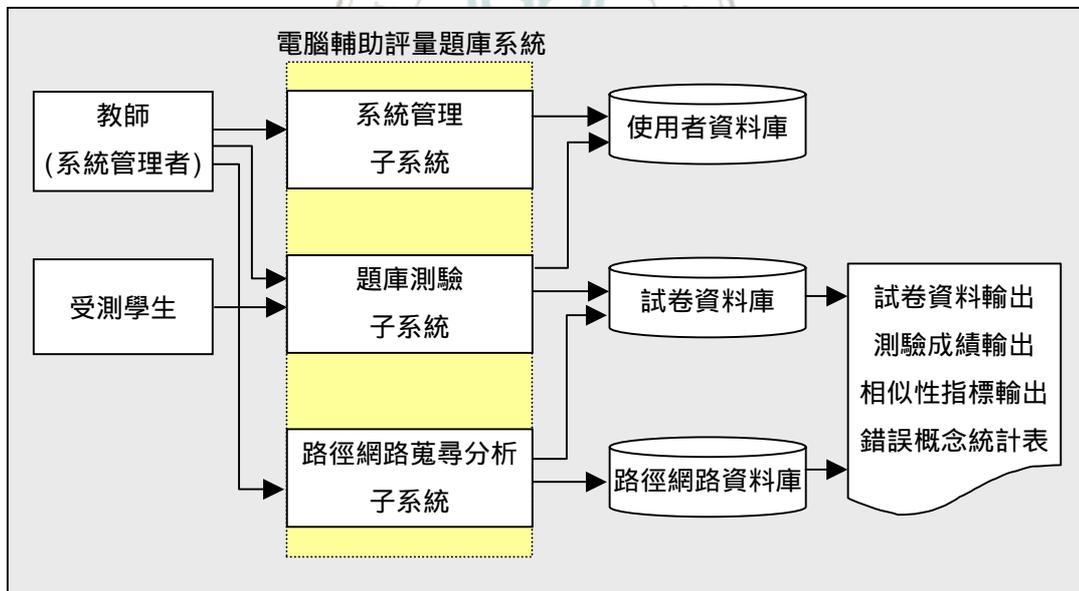


圖 10 系統架構圖

(4) 路徑網路分析子系統：

<1> 由試卷資料庫之專家（標準答案）試卷及學生試卷答案的概念距離矩陣（proximity matrix）轉換成專家及學生試題概念矩陣，轉換方式為將受測者的作答反應矩陣（如圖 12）乘上專家（標準答案）的試題概念矩陣（如圖 11）即可得受測者之個別試題概念矩陣（如圖 13）。下一步產生出利用個別受測者之試概念矩陣為輸入，計算概念與概念之間歐基里德距離權重（Euclidean distance），可產生個別受試者及專家的歐基里德概念矩陣（如圖 14）稱為概念距離值資料矩陣，將矩陣資料儲存至路徑網路資料庫。

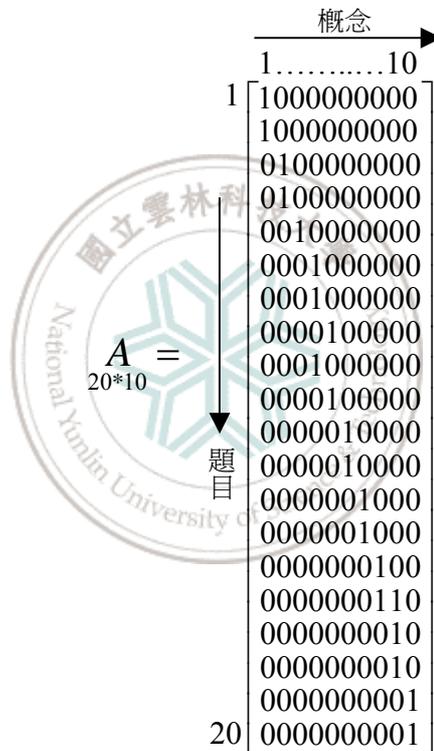


圖 11 專家試題概念矩陣舉例

		概念 →									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
↓ 概念	1	-									
	2	1.732	-								
	3	1.414	1.000	-							
	4	1.732	1.414	1.000	-						
	5	2.000	1.732	1.414	1.732	-					
	6	1.732	1.414	1.000	1.414	1.732	-				
	7	1.732	1.414	1.000	1.414	1.732	1.414	-			
	8	2.000	1.732	1.414	1.732	2.000	1.732	1.732	-		
	9	2.000	1.732	1.414	1.732	2.000	1.732	1.732	2.000	-	
	10	2.000	1.732	1.414	1.732	2.000	1.732	1.732	2.000	2.000	-

圖 14 個別受試的歐基里德概念矩陣

<2> 產生 PFNET ($r=\infty, q=n-1$) 網路：以個別受試者及專家之試題概念矩陣為輸入，由於當參數 $q=n-1$ 時，是求出最小成本網路，最小成本網路乃是求出兩節點之間可能的路徑距離後取最小值，但配合 $r=\infty$ 時，當要兩兩節點的最短路徑長度時，路徑長度的計算方式是以該路徑中距離最大者為總路徑，如此可得一 PFNET($r=\infty, q=n-1$)。如上例，經簡化後所得 PFNET($r=\infty, q=n-1$) (如圖 15)。

		概念 →									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
↓ 概念	1	-									
	2	0	-								
	3	1.414	1.000	-							
	4	0	0	1.000	-						
	5	0	0	1.414	0	-					
	6	0	0	1.000	0	0	-				
	7	0	0	1.000	0	0	0	-			
	8	0	0	1.414	0	0	0	0	-		
	9	0	0	1.414	0	0	0	0	0	-	
	10	0	0	1.414	0	0	0	0	0	0	-

圖 15 簡化後的最小成本網路矩陣

<3> 產生圖解理論距離：由 PFNET($r=\infty, q=n-1$)找出兩兩節點中最短路徑的最小連結數即可產生圖解理論距離，在此作法為先由 PFNET($r=\infty, q=n-1$)中產生單元矩陣，即兩節點間有連結的權重設為 1，沒有連結的則設為 0，再計算出兩兩節點間最少要經過的連結加總，例如節點 1 到節點 2 至少要經過兩個連結才能到達，則節點 1 與節點 2 之間的圖解理論距離權重即為 2。即可得到圖解理論距離矩陣 (Graph Theory Distance Matrix) (如圖 16)，圖解理論距離矩陣是計算 GTD 指數時的輸入，方法為將兩個網路的圖解理論距離矩陣進行 Pearson 相關即可得 GTD 指數。

		概念									
		→									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
↓ 概念	1	-									
	2	2	-								
	3	1	1	-							
	4	2	2	1	-						
	5	2	2	1	2	-					
	6	2	2	1	2	2	-				
	7	2	2	1	2	2	2	-			
	8	2	2	1	2	2	2	2	-		
	9	2	2	1	2	2	2	2	2	-	
	10	2	2	1	2	2	2	2	2	2	-

圖 16 轉換後的圖解理論矩陣

- <4> 輸出以下測驗之基本資料
- ◆ 測驗試卷的基本資料，包含了試卷總題數、總概念數、試題／概念比率、試卷平均難度值及試卷平均鑑別度值。
 - ◆ 錯誤概念統計表。
- <5> 輸出 MDS，GTD 值、PFC 值及 PFC' 值及測驗成績。其中 MDS 的計算即是步驟 1 所產生之歐基里德距離矩陣，針專家及學生之網路中對應節點間歐基里德權重進行 Pearson 相關即得 MDS 指數；而 GTD 指數則是採用步驟 2 中所得兩個網路的圖解理論距離矩陣作為輸入，對應節點之權重進行 Pearson 相關即得 GTD

係數；PFC 則是以經簡化後的 PFNET($r=\infty, q=n-1$)為輸入，計算方式因較繁複，請參照第二章的 2.5.2.1 小節的說明。PFC' 與 PFC 的計算方式完全相同，唯一不同的是 PFC' 的輸入矩陣是使用步驟 1 中未經簡化的歐基里德距離矩陣，而非步驟 2 經簡化而產生的 PFNET($r=\infty, q=n-1$) 網路。

3.3.4 使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測

3.3.4.1 預試說明

由於題庫之題目篩選需經過難度分析及鑑別度分析兩個過程，因此，本研究選擇以同一學校同一科系之一年級學生作為預試對象，針對本題庫的所有題目作答，其結果作為難度分析及鑑別度分析的依據。在難度分析方面，題目的難度分佈應有難易之別，一般而言，題目之難易分布以接近常態分配為佳；換言之，難度中等者應佔較多，而較難與較易之題目則相對地減少，這樣的設計才能適用於能力水準不同的學生（陳忠志，1999）。但由於本研究之受測對象為有學習障礙的重補修學生，因此，本研究將難度設定在 0.4 至 0.9 之間的範圍作為難度門檻值，難度在 0.4 以下及 0.9 以上即予以捨棄，取題原則為中間難度值的題目取較多，偏難及偏易的則取較少；在鑑別度分析方面，本研究採 0.2 以上作為鑑別度的門檻值，鑑別度在 0.2 以下之題目則予以捨棄，取題原則為以鑑別度高的題目優先選擇。

3.3.4.2 正式施測說明

使用此電腦輔助題庫測驗系統對樣本進行施測，施測時間為民國九十三年三月十五日至民國九十三年五月二十八日，共九週，每週施測一次，每次 2 小時。施測次數的決定乃由於計算機概論學分數為 2 個學分，應重補修時數為 36 小時，其中一半時數得由學生自行學習，而另一半時數由教師進行重補修教學（職業學校試辦學年學分制實施要點，1998）。根據研究者其教學經驗，計畫每週進行兩次重補修課程共 2 小時，其中 1 小時由教師進行課程教學，另 1 小時則由使用此電腦輔助題庫測驗系統進行施測，因此每週共施測 2 小時，施測八週共 16 小時，表 9 呈現八週之重補修教學進度表。施測時由教師針對該週上課進度所編製的雙向細目表，使用此電腦輔助題庫測驗系統來出題，每次施測題數共 25 題，學生得在 1 個小時內作答完畢。詳

細流程可參照圖 17，教師在第 1 週教學時只上第 1 週教學進度，而在第 2 週開始至第 7 週，每次上課時則除了新的教學進度之外，也按照上週學生所回饋錯誤概念統計表來了解學生的迷思概念所在，據此調整上課內容，加強學生較弱或不足的概念。最後第 8 週則針對全部教學進度進行複習。

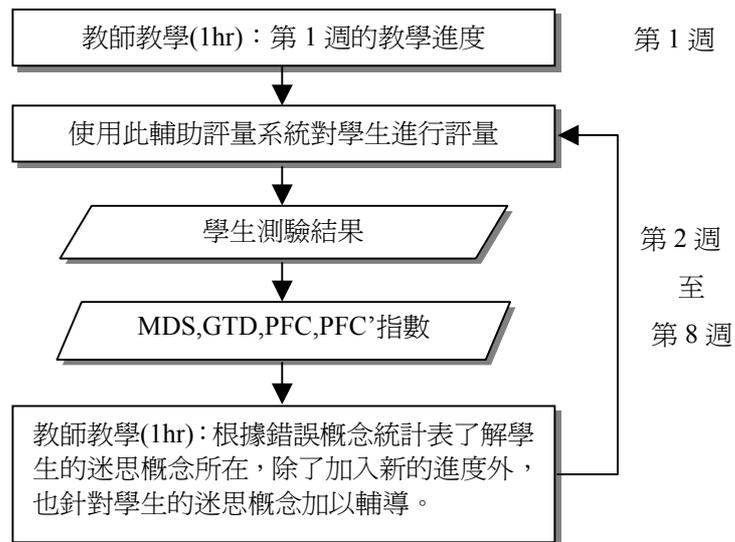


圖 17 正式施測詳細流程說明

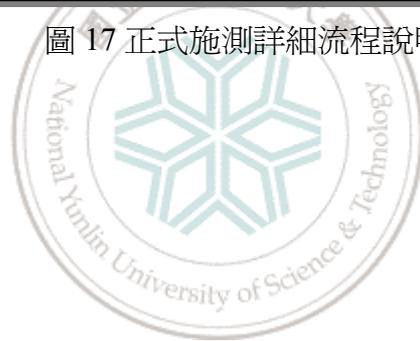


表 9 計算機概論重補修進度表

		每週進度	測驗或作業
第 1 週	4/5~4/9	1· 計算機的意義及分類 2· 資料處理的意義及型態 3· 電腦的相關應用 4· 計算機的發展過程及未來趨勢	測驗 1
第 2 週	4/12~4/16	1· 硬體的五大單元 5.1 中央處理單元 5.2 週邊設備 5.3 記憶單元 5.4 匯流排的運作	測驗 2
第 3 週	4/19~4/23	6· 軟體的定義及分類 6.1 系統軟體 6.2 應用軟體 6.3 作業系統概念 6.4 Windows 的操作 6.5 虛擬記憶體技術及目的 10 程式語言概念	測驗 3
第 4 週	4/26~4/30	7.資料表示法 7.1 進制的轉換 7.2 補數的意義、轉換及運算	測驗 4
第 5 週	5/3~5/7	7.3 文數字內碼表示法 7.4 中文碼 7.5 ASCII 及同位檢查碼	測驗 5
第 6 週	5/10~5/14	8.電腦常用的計量單位 8.1 電腦的速度 8.2 電腦的容量 9.電腦病毒	測驗 6
第 7 週	5/17~5/21	11.常見的名詞解釋及電腦常識 11.1 智慧財產權及職業道德 11.2 綠色電腦 11.3 電腦與週邊設備的維護 11.4 其他	測驗 7
第 8 週	5/24~5/28	總複習	測驗 8

3.3.5 以 MDS、GTD、PFC 及 PFC'指數進行假設檢定

以八週之學生施測資料結果作為輸入，產生 MDS, GTD, PFC 及 PFC'四個指數資料，再針對本研究所提出之研究假設一、二進行假設檢定，假設之檢定方法呈現如表 10。

表 10 假設檢定之方法說明

假設		統計方法	分群方式	
假設一	假設 1A	Pearson 相關分析	學生每週的 MDS 指數	學生測驗成績
			八週平均的 MDS 指數	八週平均測驗成績
	假設 1B		學生每週的 GTD 指數	學生測驗成績
			八週平均的 GTD 指數	八週平均測驗成績
	假設 1C		學生每週的 PFC 指數	學生測驗成績
			八週平均的 PFC 指數	八週平均測驗成績
	假設 1D		學生每週的 PFC'指數	學生測驗成績
			八週平均的 PFC'指數	八週平均測驗成績
假設二	假設 2A	T-test 測差異	使用電腦輔助測驗系統前學生之 MDS 指標	使用電腦輔助測驗系統後學生 MDS 指標
	假設 2B		使用電腦輔助測驗系統前學生之 GTD 指標	使用電腦輔助測驗系統後學生之 GTD 指標
	假設 2C		使用電腦輔助測驗系統前學生之 PFC 指標	使用電腦輔助測驗系統後學生之 PFC 指標
	假設 2D		使用電腦輔助測驗系統前學生之 PFC'指標	使用電腦輔助測驗系統後學生之 PFC'指標
	假設 2E		使用電腦輔助測驗系統前學生之評量分數	使用電腦輔助測驗系統後學生之評量分數

假設一使用 Pearson 相關分析方法，假設一中各自以學生每週所得的四種指數與測驗成績進行 Pearson 相關分析，此外，亦各自使用學生八週的四種指數值及評量分數再進行 Pearson 相關分析，作為後續分析時參考比較使用，因此每個子假設（假設 1A，假設 1B，假設 1C，假設 1D）中各自進行了 9 次相關分析。其中在第二個假設中，所需使用的這四位學生在使用此電腦輔助題庫測驗系統之前的學習資料，將使用此四位學生 92 學年度上學期之三次考試卷資料作為輸入，與第八週總複習測驗結果進行差異性檢定，檢定在使用此電腦輔助測驗系統前與使用後之四種相似性指標及評量分數之差異是否顯著。

四、研究成果

本章共分十節，第一節為實驗前學習成果說明及樣本基本資料的分析，第二節為第一次施測結果分析，第三節為第二次施測結果分析，第四節為第三次施測結果分析…以此類推至第九節為第八次施測結果分析，其中第九節除了分析第八次施測結果之外，並針對本研究之假設二進行檢定及分析。第十節為相似性指數之綜合分析，將八次測驗試卷之試題/概念比率與所得四種相似性指數平均值以圖表方式呈現，分析說明其變化。

4.1 實驗前學習成果與樣本基本資料分析

本節說明四個參與實驗學生之基本資料，並分析四個學生在參與本實驗前之學習成果，作為假設二檢定所需之實驗前學習成果資料。本研究之實驗前學習成果資料，是以四位學生在二年級上學期計算機概論三次段考之考卷中取 40 題，綜合成一份試卷所得。本節中第 1 小節為樣本基本資料分析，說明樣本學生的學習基本資料，包括學生實驗前計概學期成績及任課老師給予的學習狀況評語；第 2 小節為實驗前試卷基本資料，說明實驗前學習成果之試卷的基本資料，包括了試卷試題數、概念數、難度值及鑑別度值；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，分析整體學生及個別學生的迷思概念所在；第 4 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對此試卷以路徑網路分析法所產生之四個相似性指數值 MDS, GTD, PFC, PFC' 及這四個相似性指數與評量分數的相關值進行分析。

4.1.1 樣本基本資料分析

本研究以某國立高級商業職業學校九十一學年度資料處理科一年級上學期計算機概論學科之重補修學生共四位為研究對象，其基本資料介紹如下：

表 11 學生之重補修前之學習狀況表

學生代號	重補修前之計概學期分數	任課老師對學生重補修前計概學習狀況之描述
A	55 分	<p>該生曾因腦部出現血塊，時常昏睡或視覺暫時失去功能，最後休學一年。復學後，一年級上學期的學習情況不甚理想，上課常常出現呆滯、兩眼無神，學習速度遲緩的現象，一年級下學期復學後，仍須繼續服藥，而學習情況亦不佳，多位老師反映該生上課精神不佳，反應遲鈍，課業嚴重落後，直到二年級上學期因不再大量服藥，故學習狀況在逐漸改善中。</p>
B	51 分	<p>該生因家庭因素，從小養成特殊的性格，上課時會不斷反應聽不懂，要求老師個別教學，不顧其他同學的需求，造成上課師生的困擾。據觀察，該生在老師統一教學時，常常未翻開課本、未注意聽講，等到老師教到一個段落時，才要求老師單獨教他。</p>
C	54 分	<p>該生資質尚佳，惜學習心態不踏實，對於學業懷著投機之心，對於各項學習評量總是心存僥倖，以致學業成績低落。</p>
D	58 分	<p>該生尚屬乖巧，上課時偶而認真聽講，但絕大部分時間仍神遊，左耳進右耳出；雖常在週記上自我勉勵，卻未能實踐，對於學業仍未盡全力。</p>

4.1.2 實驗前之試卷基本資料

茲將四位學生二年級上學期計算機概論之段考題目依計算機概論上學期範圍彙整如下 40 題題目，共計 19 個概念作為實驗前學習資料。此試卷之基本資料為試題/概念比率=2.105，表示平均一個概念有 2.105 個題目對應；平均難度=0.551；平均鑑別度值=0.276。下面表 12 及表 13 依序列出此 40 題題目之雙向細目表及試題概念統計表。

表 12 實驗前試卷之概念命題雙向細目表

子概念	主概念							命題題數
	1,2,3,4	5.1 5.2 5.3 5.4	6.1 10	7.1 7.2	7.3 7.4 7.5	8.1 8.2		
概念 1.2	1							1
概念 2.2	1							1
概念 3	2							2
概念 4	2							2
概念 5.1		2						2
概念 5.2		9						9
概念 5.3		3						3
概念 5.4		1						1
概念 6.1			2					2
概念 7-1				1				1
概念 7-1.1				1				1
概念 7.1.2				1				1
概念 7.2				1				1
概念 7.3					1			1
概念 7.4					1			1
概念 7.5					2			2
概念 8-1						1		1
概念 8.2						1		1
概念 10			7					7
命題比例(%)	15%	40%	20%	10%	10%	5%		40

表 13 實驗前試卷之概念試題統計表

	1.2	2.2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	7.1	7.1. 1	7.1. 2	7.2	7.3	7.4	7.5	8.1	8.2	10	P	D		
1	√																				0.33	0.33	
2		√																				0.27	0.44
3			√																			0.55	0.20
4				√																		0.50	0.22
5				√																		0.72	0.11
6					√																	0.72	0.77
7						√																0.78	0.33
8						√																0.38	0.44
9						√																0.60	0.33
10						√																0.65	0.20
11						√																0.72	0.33
12							√															0.33	0.22
13							√															0.72	0.55
14							√															0.38	0.11
15								√														0.44	0.22
16							√		√													0.11	0
17									√													0.33	0.44
18														√								0.33	0
19																√						0.66	0
20																	√					0.44	0.22
21																		√				0.33	0.44
22																			√			0.27	0.33
23																				√		0.55	0.44
24																					√	0.50	0.11
25																						0.72	0.33
26			√																			0.72	0.33
27																					√	0.78	0.44
28					√																	0.38	0.33
29																					√	0.60	0.60
30																					√	0.65	0.50
31						√																0.44	0.66
32						√																0.66	0.44
33						√																0.55	0.22
34						√																0.50	0.20
35															√							0.44	0
36													√									0.72	-0.11
37												√										0.55	0.22
38										√												0.61	0.11
39											√											0.66	0.22
40																	√					0.68	0.33
平均																						0.55	0.276

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.1.3 學生錯誤概念統計表

由表 14 可看出，整體而言，在此測驗中，學生錯誤最多的概念為概念 5.2(19.63%)，其次為概念 10(12.15%)、概念 5.3(8.41%)及概念 7.5(6.54%)。而概念 5.2 及概念 10 由於佔出題題目比重較重，因此可能也是佔總錯誤比率較高的原因。此外，值得一提是，由於這是學生在施測前的學習狀況，即重補修前的狀況，因此學生的測驗結果均不佳，每個學生答錯的題數均在 25 題以上，達六成的錯誤率，因此，除上述四個概念是存在較為嚴重的迷思概念外，很多概念只有出題 1 題至 2 題，學生則是全部答錯的情況，例如概念 1.2、概念 7.1、概念 7.1.1、概念 7.3、概念 7.4 及概念 8.2。因此亦列為學生可能存在問題的迷思概念。

就個別學生而言，A 學生錯誤最多的概念為概念 5.2 及概念 10，其他如概念 1.2、概念 2.2、概念 3、概念 5.1、概念 5.4、概念 7.1、概念 7.1.1、概念 7.1.2、概念 7.2、概念 7.3、概念 7.4、概念 7.5、概念 8.1 及概念 8.2 均呈現全部答錯的情況，以概念群組的方式來看，發現 A 學生在概念 7 群組是呈現全盤皆墨的情況，概念 5 群組也呈現很差的情況。A 學生整體的學習情況可說非常不好，其中以概念 7 群組最為嚴重，其次為概念 5 群組。

B 學生錯誤最多的概念是概念 5.2 及概念 10，此外，在概念 1.2、概念 5.2、概念 5.4、概念 7.1、概念 7.1.1、概念 7.1.2、概念 7.2、概念 7.3、概念 7.4、概念 7.5 及概念 8.2 均呈現全部答錯的情況，以概念群組的方式來看，發現 B 學生在概念 7 群組也是呈現全盤皆墨的情況，概念 5 群組也呈現很差的情況，由此可知 B 學生的學習情況也不佳，其中以概念 7 群組最為嚴重，其次為概念 5 群組。

C 學生錯誤最多的概念是概念 5.2 及概念 10，此外，在概念 1.2、概念 3、概念 5.4、概念 7.1、概念 7.1.1、概念 7.3、概念 7.4、概念 7.5、概念 8.1 及概念 8.2 均呈現全部答錯的情況。D 學生錯誤最多的概念是概念 5.2、概念 5.3 及概念 10，此外，在概念 1.2、概念 5.4、概念 7.1、概念 7.1.1、概念 7.1.2、概念 7.2、概念 7.4、概念 8.1 及概念 8.2 均呈現全部答錯的情況。

綜上所述，四位學生在實驗前的學習情況均不好，尤以概念 7 群組及概念 5 群組的概念建構錯誤的情況最為嚴重。

表 14 實驗前試卷之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A錯誤題數	B錯誤題數	C錯誤題數	D錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
1.2	1	1	1	1	1	4	3.74%
2.2	1	1	0	0	0	1	0.93%
3	2	2	0	2	1	5	4.67%
4	2	1	2	2	0	5	4.67%
5.1	2	2	2	1	1	6	5.61%
5.2	9	4	5	5	7	21	19.63%
5.3	4	2	2	2	3	9	8.41%
5.4	1	1	1	1	1	4	3.74%
6.1	2	2	0	1	2	5	4.67%
7.1	1	1	1	1	1	4	3.74%
7.1.1	1	1	1	1	1	4	3.74%
7.1.2	1	1	1	0	1	3	2.80%
7.2	1	1	1	0	1	3	2.80%
7.3	1	1	1	1	0	3	2.80%
7.4	1	1	1	1	1	4	3.74%
7.5	2	2	2	2	1	7	6.54%
8.1	1	1	0	0	1	2	1.87%
8.2	1	1	1	1	1	4	3.74%
10	7	3	3	4	3	13	12.15%
合計	41	29	25	26	27	107	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.1.4相似性指標與評量分數之相關性分析

表 15 列出四位學生在參與本實驗前之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 (R_M , R_G , R_P , $R_{P'}$)，就四位學生的評量分數而言，四位同學均為不及格，且分數都十分接近，平均評量分數值為 34.4 分，這說明了這四位同學在參與實驗前的學習成就均不佳。再就四種指數值來比較，MDS 值偏高，而 GTD 值則偏低，若將評量分數量化成 0 到 1 的數值，則 PFC 值則是最接近評量分數的指數值。但就四種指數與評量分數的相關值進行比較則發現，相關值最高的為 R_P ，最低的則是 R_M 值，且 R_M 值甚至呈現負值的情況，這應該是因為評量成績最低的 A 學生，其 MDS 值卻比分數較低的 B 學生、C 學生及 D 學生高的緣故。

表 15 實驗前學習成果之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R _M	R _G	R _P	R _{P'}
A	0.924	-0.254	0.368	0.468	30	-0.807	0.434	0.526	0.657
B	0.781	-0.099	0.443	0.614	37.5				
C	0.745	0.373	0.472	0.737	35				
D	0.726	0.165	0.577	0.737	35				
平均	0.794	0.046	0.465	0.639	34.4				

註：R_M表 MDS 指數與評量分數之相關值，R_G, R_P 及 R_{P'}以此類推

4.2 第一次施測結果分析

本節說明四位學生第一次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第一次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第一次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC' 值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.2.1 試卷之基本資料

第一次施測之試卷共有試題 25 題，概念數為 8 個，試題/概念比率=3.125，表示平均一個概念有 3.125 個題目對應；平均難度=0.603；平均鑑別度值=0.204。下面表 16 及表 17 依序列出此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 16 第一次測驗概念命題雙向細目表

主概念 子概念	1 群組	2 群組	3 群組	4 群組	命題題數
1.1 依容量及速度	1				1
1.2 依資料型態	2				2
1.3 依用途	1				1
2.1 資料處理的意義		2			2
2.2 資料處理的型態		7			7
2.3 資料的分類		2			2
3 電腦的相關應用			5		5
4.1 計算機的發展				4	4
4.2 計算機的未來發展				1	1
命題題數	16%	44%	20%	20%	25

表 17 第一次測驗試題概念統計表

	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3	4	P	D
1		√							0.61	0.33
2	√								0.66	0.22
3		√							0.77	0
4					√				0.65	0.22
5						√			0.33	0.22
6						√			0.50	0.33
7				√					0.61	0.33
8					√				0.94	0.22
9					√				0.75	0.30
10					√				0.38	-0.11
11					√				0.38	0.11
12					√				0.44	0.22
13					√				0.61	0.11
14				√					0.66	0.66
15							√		0.77	0.22
16							√		0.94	0.11
17							√		0.55	0.22
18			√						0.61	0.11
19							√		0.16	0.11
20							√		0.70	0.20
21								√	0.94	0.22
22								√	0.40	0.20
23								√	0.66	0.22
24								√	0.50	0.11
25								√	0.55	0.44
平均									0.6028	0.204

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.2.2 學生第一次施測情形

在第一次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，合計兩個小時，而實際的重補修教學時間亦為 1 個小時，測驗時間則為 50 分鐘，因此第一次實際施測時間為 1 小時 50 分鐘。

在第一次的重補修教學中，A 學生表現的有些不專心，在教師教學及提問時大都呈現沒有反應的狀況，教師針對 A 學生提問時，A 學生也顯得心神恍惚，不是答非所問就是不知所云，在教師數次糾正後，情況到最後有點改善，不過由於該學生有身體上的疾病，因此教師也只能作提醒糾正的動作。B 學生相較於其他四位則是反應最佳的一位，與教師互動最為頻繁，對於教師提問的問題，B 學生與 C 學生也較能抓到問題重心或是正確的回答，也比較勇於提出問題。

第一次進行測驗時，A 學生頻頻表現出視力不佳的情況，經教師詢問是否有看不清楚的狀況，A 學生卻說字有點小但還可以看的清楚，後來經過教師深入了解後才發現，A 學生有視力上的問題卻不喜歡戴眼鏡，導致常常注意力不能集中而產生學習的障礙。B 學生則很迅速且感覺很有把握的交了卷，但最後知道自己得到的分數時，卻頻頻懊悔自己的粗心大意，由此可見 B 學生較缺乏耐心細心作答；其次交卷的是 C 學生及 D 學生，這兩位學生由於是好朋友，因此在 C 學生作答結束後不久，D 學生也很快的交了卷，兩人作答狀況均無特殊異狀，最後交卷的學生則是 A 學生。

4.2.3 學生錯誤概念統計表

由表 18 可以看出在第一次測驗中，整體而言，四位學生錯的最多的概念為概念 2.2 (32.65%)，其次為概念 3 (16.33%)、概念 4 (16.33%) 及概念 1.2 (14.29%)。這表示就全部的學生而言，概念 2.2、概念 3、概念 4 及概念 1.2 應是學習上較有問題的概念。

就個別學生而言，A 學生錯得最多的概念為概念 2.2、概念 3 及概念 4，概念 2.2 在本試卷中共有 7 題，A 學生答對 2 題，答錯 5 題，答錯的比率為 $5/7=71.43\%$ ；概念 3 在本試卷中共有 5 題，A 學生則 5 題全答錯，答錯的比率為 100%；概念 4 在本試卷中共有 5 題，A 學生也是全部者答錯，答錯的比率也是 100%；這表示 A 學生在概念 3 與概念 4 上的概念建構可能存在嚴重的迷思概念，其次則為概念 2.2。

B 學生錯得最多的概念為概念 1.2、概念 2.2 及概念 2.3，在本試卷中，概念 1.2 共有 2 題，B 學生則全部答錯，因此答錯的比率是 100%，而概念 2.2 在本試卷中共有 7 題，B 學生則答對 5 題，答錯 2 題，答錯比率為 40%；概念 2.3 在本試卷共有 2 題，B 學生則全部答錯，因此，相較之下概念 1.2 及概念 2.3 應是 B 學生在學習上可能存在較大問題的概念。

C 學生錯的最多的概念為概念 2.2，其次為概念 1.2，概念 2.2 在本試卷中共有 7 題，C 學生答對 2 題，答錯 5 題，答錯的比率為 71.43%；其次的概念 1.2 在本試卷中共有 2 題，C 學生 2 題全部都答錯，答錯的比率為 100%，因此推論 C 學生在概念 1.2 及概念 2.2 可能存在迷思概念。

D 學生錯得最多的概念是概念 2.2，其次為概念 2.3，概念 2.2 在本試卷中共有 7 題，D 學生答對了 3 題，答錯了 4 題，答錯的比率為 57.14%，其次的概念 2.3 在本試卷中共有 2 題，D 學生則全部答錯，答錯比率為 100%，因此推論 D 學生在概念 2.2 及概念 2.3 學習上可能存在迷思概念。

表 18 第一次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A 錯誤題數	B 錯誤題數	C 錯誤題數	D 錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
1.1	1	0	0	0	0	0	0.00%
1.2	2	2	2	2	1	7	14.29%
1.3	1	1	0	1	1	3	6.12%
2.1	2	1	0	0	0	1	2.04%
2.2	7	5	2	5	4	16	32.65%
2.3	2	1	2	1	2	6	12.24%
3	5	5	0	2	1	8	16.33%
4	5	5	1	1	1	8	16.33%
合計	25	20	7	12	10	49	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.2.4 教學策略之改變

綜合上一小節所述，可以發現就整體而言學生出現較嚴重錯誤的概念為概念 2.2、概念 3、概念 4 及概念 1.2，而個別學生而言，A 學生出現較嚴重錯誤的概念為概念 3、概念 4 及概念 2.2；B 學生為概念 1.2；C 學生為概念 1.2 及概念 2.2；D 學生為概念 2.3 及概念 2.2。因此，下一次的重補修教學可對上述 5 個概念進行概念修正或補強。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所擬因應的對策列如表 19：

表 19 第一次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 2.2(33.33%) ◆ 概念 3(16.67%)、概念 4(16.67%) ◆ 概念 1.2(14.58%) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 加強”資料處理型態”、”電腦相關應用”及”計算機發展的未來趨勢”、”數位、類比及混合計算機”概念的教學。
A 學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 2.2 ◆ 概念 3、概念 4 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 提醒學生養成上課戴眼鏡的習慣，並加強督導 A 學生的學習狀況及課後複習情形。 ◆ 指定課本習題作為課後練習
B 學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 1.2、概念 2.3 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 加強”資料的分類”概念的教學
C 學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 1.2、概念 2.2 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 指定課本習題作為課後練習
D 學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 2.2、概念 2.3 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 加強”資料的分類”概念的教學 ◆ 指定課本習題作為課後練習

4.2.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 20 列出四位學生第一次施測之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 ($R_M, R_G, R_P, R_{P'}$)，就四位學生的評量分數而言，A 學生是表現最差且與其他三位落差最大的學生，而 B 學生則是表現最佳的學生。

進一步分析四種指數值，若以四種指數值的平均值來看，PFC' 值最高 (=0.920) 而 GTD 最低 (=0.031)，這兩個指數值相差十分懸殊，GTD 值中甚至有負值的出現。GTD 值所表現的是兩個圖解理論距離矩陣之間的相關值，而圖解理論距離矩陣在本研究是由歐基里德距離矩陣所產生，其權重則是任意兩節點間最短數目連結，舉例而言，如果 A 點到 B 點至少要經過兩個連結到達，則 AB 連結之圖解理論距離權重為 2；詳細 GTD 的計算方式可再參照第二章 2.5.1.4 小節及第三章 3.3.3.3 小節。因此，GTD 值呈現負值所代表的意義為專家與該學生之圖解理論距離矩陣之權重值呈現負相關，這是個值得探討的問題，尤其是分數最高的 B 學生所得之 GTD 遠低於分數最低的 A 學生及 C 學生，甚至為負值。推論可能的原因，由於 GTD 值是由參數 $r=\infty, q=n-1$ 而產生的 PFNETs，去計算出圖解理論距離矩陣，再求專家與學生的矩陣權重相關所得的相關值。當 PFNET 的參數 $q=n-1$ 時，專家與學生的 PFNETs 會被簡化成最小成本網路 (Minimum Cost Network; MCN)，此最小成本網路的權重是去比較兩節點間直接鏈長度與間接鏈權

重，若間接鏈權重比直接鏈權重小，則刪去該直接鏈。設參數 $r=\infty$ 則是當取間接鍊權重時是取路徑中權重最大的連結之權重，並非取總和。因此，兩個參數設定後所配合產生的 PFNETs 會經過簡化，簡化程度若不同的話則有可能產生與專家的 PFNETs 愈相悖離的結果，GTD 值就也就有可能產生負相關的情形，這也是 GTD 值所可能存在的缺點。（MCN 算法請參照第三章 3.3.3.3 小節，由 MCN 所產生專家與學生之 PFNETs 則請參照附錄三）。

這種情形進一步驗證了在第二章 2.5.3 小節所提及 GTD 可能產生的誤差，因此使用第四個指數 PFC' 的原因。但 PFC' 也有存在其使用上的限制，由於計算 PFC' 值的輸入值是沒有經過簡化的知識網路圖權重值，因此，在某些情況下，會產生 PFC' 值過高甚至為 1，但評量分數並不是很高的情況，這種情形在後續分析將會進一步討論。

最後就四種指數與評量分數的相關值進行比較與分析，相關值最高的為 R_M 值，最低的則是 R_P 值，且 R_P 值與 R_G 值都呈現負相關的情況。推論 R_P 值會呈現負相關的原因是因為分數最高的 B 學生，其 PFC 值卻低於其他三位學生；而 R_G 值呈現負值的原因則也是因為 B 學生之評量分數為最高分，其 GTD 值卻比其他三位學生的 GTD 值還要低，因而產生負相關值。進一步討論 PFC 值與評量分數的相關值 R_P 為負值的原因，為何 PFC 值會呈現與評量分數落差甚大的情形，其原因與上述 GTD 會產生負值或不準確的情況類似，也是因為專家與學生的知識結構圖經過簡化為最小成本網路的原因，因為計算 GTD 與 PFC 之輸入全來自於經簡化為最小成本網路的 PFNETs，只是計算方式不同，因此，當專家與學生經過的簡化為最小成本網路的程度不同產生與原圖更相悖離時，GTD 指數與 PFC 指數則有可能出現與評量分數的關聯落差甚大的情況。

表 20 第一次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R_M	R_G	R_P	$R_{P'}$
A	0.129	-0.062	0.293	0.786	20	0.974*	-0.054	-0.318	0.929
B	0.833	-0.227	0.155	0.964	72				
C	0.699	0.207	0.369	0.964	52				
D	0.800	0.207	0.369	0.964	60				
平均	0.615	0.031	0.297	0.920	51				

註： R_M 表 MDS 指數與評量分數之相關值， R_G , R_P 及 $R_{P'}$ 以此類推

*顯著水準 $\alpha=0.05$ ，**顯著水準 $\alpha=0.01$

4.3 第二次施測結果分析

本節說明四位學生第二次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第二次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第二次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC' 值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.3.1 試卷之基本資料

第二次施測之試卷共有試題 25 題，概念數為 7 個，試題/概念比率=3.571，表示平均一個概念有 3.571 個題目對應；平均難度=0.563；平均鑑別度值=0.294。下面表 21 及表 22 依序列出此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 21 第二次測驗概念命題雙向細目表

主概念 子概念	5 群組	2 群組	3 群組	命題題數
5.硬體五大單元	3			3
5.1CPU	5			5
5.2 週邊設備	7			7
5.3 記憶部門	5			5
5.4 匯流排運作	1			1
2.2 資料處理的型態		2		2
3 電腦的相關應用			2	2
命題題數	84%	8%	8%	25

表 22 第二次測驗之概念試題統計表

	2.2	3	5	5.1	5.2	5.3	5.4	P	D
1	√							0.38	.11
2	√							0.80	.20
3		√						0.55	.22
4			√					0.66	.22
5			√					0.72	.55
6				√				0.55	.66
7				√				0.88	.22
8				√				0.55	.22
9				√				0.44	.22
10				√				0.16	.11
11				√				0.44	.44
12					√			0.55	.66
13					√			0.66	.22
14					√			0.72	.56
15					√			0.77	.44
16					√			0.88	.22
17					√			0.72	.33
18						√		0.66	.44
19						√		0.22	.22
20						√		0.44	.22
21						√		0.50	.11
22						√		0.33	.22
23							√	0.50	.33
24		√						0.44	.66
25					√			0.55	.22
平均								0.5628	0.294

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.3.2 學生第二次施測情形

在第二次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，共 2 小時，但由於第二次施測的教學進度內容比較多的關係，實際的重補修教學時間延為 1 小時 40 分，這其中包含複習加強上一次進度中四位學生問題較為嚴重的概念（概念 2.2、概念 3、概念 4 及概念 1.2）及檢討課後練習作業之時間約 20 分鐘，測驗時間則為 50 分鐘，因此第二次實際施測的時間約為 2 小時 30 分鐘。此外，在整體重補修教學結束後特別留下 D 學生加強概念 2.3 的學習約 10 分鐘。

在第二次的重補修教學中，第一次表現非常不好的 A 同學，上課狀況已有很大的改善，注意力集中許多且反應良好；而 B 學生表現就如同第一次一樣，勇於發問，與教師的互動頻繁；C 學生上課狀況則稱尚可，雖然感覺很認真的聽課，但是有時藉故抄筆記但卻出現注意力不是很集中的現象，教師對此情況也進行了糾正動作。D 同學則一直眼神專注的聽教師講課，但與教師的互動相較於其他三位同學則顯得較少。此外，補充說明的是，C 學生和 D 學生由於是轉學生的關係，在這次硬體五大單元的學習內容中，有很多概念是之前就讀學校所未曾教到或深入說明的，因此 C 學生與 D 學生所具備的概念大部份零碎而不完整，因此針對這兩位學生，教師特別加強與其互動並注意其學習反應。

四個學生的測驗情況大致良好，A 學生不再有沒帶眼鏡導致測驗成績不佳的情況，不過 A 學生仍是作答最久的一位，感覺其作答非常小心認真；B 學生則一樣很迅速的交了卷，雖然得到的成績並不差，但 B 學生較缺乏耐心細心作答，在作答完核對答案時才發現自己有粗心導致答錯的情況；其次交卷的是 C 學生及 D 學生，這兩位同學由於是好朋友，因此在 C 學生作答結束後不久，D 學生也很快的交了卷。

4.3.3 學生錯誤概念統計表分析

由表 23 可以看出在第二次測驗中，整體而言，四位學生錯得最多的概念為概念 5.2 (25%) 及概念 5.3 (21.88%)，其次為概念 5.1 (18.75%) 及概念 3 (12.5%)。這表示就全部的學生而言，概念 5.1、概念 5.2、概念 5.3 及概念 3 可能是學習上最有障礙的概念。

就個別學生來看，A 學生錯的最多的概念為概念 5.1，但概念 5.1 在本試卷共有 5 題，A 學生答錯了 2 題，答對了 3 題，這表示 A 學生對概念 5.1 的建立並非完全錯誤，而可能存在部份的迷思概念需要導正。

就 B 學生而言，錯的最多的概念為概念 5.2，其次為概念 5.3，同樣的在概念 5.2 本試卷共有 7 題，B 學生答錯了 3 題，答對了 4 題，在概念 5.3 本試卷共有 5 題，B 學生答錯了 2 題，答對了 3 題，這表示 B 學生對概念 5.2 及概念 5.3 存在著部份的迷思概念。

就 C 學生而言，C 學生是這次測驗中分數最低者，總共答錯了 10 題，錯的最多的概念為概念 5.2 及概念 5.3，其次為概念 3，概念 5.2 在本試卷中

共有 7 題，C 學生答錯了 3 題，答對了 4 題，概念 5.3 在本試卷中共有 5 題，C 學生答錯了 3 題，答對了 2 題，概念 3 在本試卷中共有 2 題，C 學生則全部答錯，這表示 C 學生在概念 3 的部份可能出現概念建立不完整或較錯誤的概念建構，在概念 5.2 及概念 5.3 的部份則可能存在部份的迷思概念。

就 D 學生來看，D 學生錯誤最多的概念為概念 5.1，概念 5.1 在本試卷共有 5 題，D 學生錯了 3 題，對了 2 題，這表示 D 學生對概念 5.1 可能存在部份的迷思概念。

表 23 第二次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A 錯誤題數	B 錯誤題數	C 錯誤題數	D 錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
2.2	2	1	0	1	1	3	9.38%
3	2	1	0	2	1	4	12.50%
5	3	1	0	1	1	3	9.38%
5.1	5	2	1	0	3	6	18.75%
5.2	7	1	3	3	1	8	25.00%
5.3	5	1	2	0	1	7	21.88%
5.4	1	0	1	0	0	1	3.13%
合計	25	7	7	10	8	32	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.3.4 教學策略的改變

綜合上一小節所述，可以發現就整體而言學生出現較嚴重錯誤的概念為概念 3、概念 5.1、概念 5.2 及概念 5.3，而個別學生出現較嚴重錯誤的概念也包含於這四個概念，因此，下一次的重補修教學可對全部學生就這四個概念進行概念修正或補強。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所因應的對策列如表 24：

表 24 第二次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 5.2(25%)、概念 5.3(21.88%) ◆ 概念 3(18.75%)、概念 5.1(12.5%) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 加強硬體五大單元”CPU”、”輸出入部門”及”記憶部門”的教學。 ◆ 加強電腦的相關應用知識。 ◆ 加強督促學生回家課後複習工作。
A 學生	◆ 概念 5.1	
B 學生	◆ 概念 5.2、概念 5.3	
C 學生	◆ 概念 5.2、概念 5.3、概念 3	
D 學生	◆ 概念 5.1	

4.3.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 25 列出四位學生在第二次施測時之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 ($R_M, R_G, R_P, R_{P'}$)，在第二次的測驗中，四個學生的分數都有及格，相較於第一次的測驗中，四個學生的測驗分數落差較大的情況已有改善，值得一提的是在這次的測驗中 A 學生進步非常多。

若進一步比較四種指數值，以這四種指數值的平均值來看，值最高者為 PFC' 值，且四位學生全部為 1，MDS 值仍然呈現偏高的情況，PFC 值則是最低，GTD 值則是最接近評量分數 S 的指數值。就 PFC' 值全為 1 的情形進一步討論，由於 PFC' 值是用來衡量與專家相似的程度，這代表的意義為四個學生與專家的相似度為完全相同。進一步討論其原因，由於 PFC' 值是使用歐基里德距離矩陣為輸入來計算相關值，加上這次測驗試卷的試題/概念比率較高，達 3.571，表示一個概念對應的題目數平均為 3.571 題，這也顯示出另一個訊息，當一個概念有多題對應時，學生只要答對該概念的其中一題，連結權重就不為 0，相同的該連結就會存在。以下表 26 舉例說明這種情形，在專家的試題概念矩陣中，概念 3 與概 5.3 的連結權重是 2.646，這是因為專家在概念 3 的 2 題及概念 5.3 的 5 題共 7 題全都答對，因此兩個概念之間連結為 $\sqrt{7} = 2.646$ (詳細計算方式請參照第三章 3.3.3.3 節)，而 C 學生概念 3 答對 0 題，概念 5.3 答對了 2 題，因此這兩個概念之間的權重值

為 $\sqrt{2}=1.414$ ，這代表了一個很重要的資訊，即兩個相鄰概念對應的題數不論多題或少題，若學生只對了其中 1 題，這兩個概念的連結權重值就不會為 0，也就表示以歐基里德距離矩陣為輸入的知識結構圖中，這兩個概念之間的連結即會存在，即使這位學生只有對了 1 題情況下也是如此。換言之，學生在 7 題中對了 7 題，與 7 題中對了 1 題兩種情況，兩種情況所產生的知識結構圖中就連結來看是沒有差別的，唯一的差別是在於權重值。這樣的情況在試題/概念比率愈高時情況會愈明顯，這也就是為什麼在第二次測驗中，四個學生的 PFC' 值都為 1 的原因。

最後觀察四個指數與評量分數的相關值，相關值最高的為 R_M 值，達 0.843，其次為 R_P 值=0.647 及 R_G 值=0.639，三個指數差距並不大， R_P 值由於 PFC' 值全為 1，因此無法計算相關值。值得一提的是，此結果與第一次施測時所產生的四個相關值結果迥異，第一次施測時的 R_P 值為最小，甚至為負相關，由此可看出 PFC 值可能並非一個能很穩定的能表達出相似度訊息的指標值。

表 25 第二次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R_M	R_G	R_P	$R_{P'}$
A	0.917	0.738	0.381	1	72	0.843	0.639	0.647	-
B	0.922	0.484	0.524	1	72				
C	0.857	0.354	0.321	1	60				
D	0.936	0.730	0.321	1	68				
平均	0.908	0.577	0.387	1.000	68				

註： R_M 表 MDS 指數與評量分數之相關值， R_G , R_P 及 $R_{P'}$ 以此類推

表 26 PFC'值偏高情況之試題概念矩陣舉例

專家之試題概念矩陣

	概念 3	概念 5.3	概念 5.1	概念 5	概念 5.2	概念 5.4	概念 2.2
1	1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	1	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	1	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0
14	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	0	0
16	0	1	0	0	0	0	0
17	0	1	0	0	0	0	0
18	0	1	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	1	0	0	0
21	0	0	0	0	0	1	0
22	0	0	0	0	1	0	0
23	0	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	1	0	0
25	0	0	0	0	0	0	1

C 學生之試題概念矩陣

	概念 3	概念 5.3	概念 5.1	概念 5	概念 5.2	概念 5.4	概念 2.2
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	1	0	0	0	0
10	0	0	0	1	0	0	0
11	0	0	0	0	1	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	1	0	0
14	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	0	1	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	1
24	0	0	0	0	1	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0

4.4 第三次施測結果分析

本節說明四位學生第三次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第三次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第三次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC'值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.4.1 試卷之基本資料

第三次施測之試卷共有試題 25 題，概念數為 8 個，其中第 2 題由於具備兩個概念，分別為概念 5.3 及概念 6.1，為避免重複計算至命題題數，因此在概念 5.3 以括號(1)表示有 1 題重複兩個概念以上。本試卷之試題/概念比率=3.125，表示平均一個概念有 3.125 個題目對應；平均難度=0.468；平均鑑別度值=0.264。表 27 及表 28 為此試卷之試題概念統計表及雙向細目表。

表 27 第三次測驗之概念試題統計表

	5.3	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	10	P	D
1		√							0.66	0.22
2	√		√						0.11	0
3			√						0.38	0.55
4			√						0.38	0.55
5				√					0.33	0.22
6				√					0.50	0.77
7				√					0.77	0.22
8				√					0.66	0.22
9				√					0.72	0.55
10				√					0.38	0.11
11					√				0.55	0.66
12					√				0.44	0.22
13					√				0.61	0.11
14					√				0.61	0.33
15					√				0.44	0.44
16					√				0.33	0.22
17						√			0.61	0.11
18						√			0.22	0
19							√		0.16	0.11
20								√	0.27	0.11
21								√	0.27	0.33
22								√	0.55	0.44
23								√	0.50	-0.11
24								√	0.60	0.60
25								√	0.65	0.50
平均									0.468	0.264

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

表 28 第三次測驗之概念命題雙向細目表

子概念 \ 主概念	6.軟體的定義及分類	10.程式語言	上週進度	命題題數
5.3 記憶單元	(1)			
6.軟體的定義及分類	1			1
6.1 系統軟體	3			3
6.2 應用軟體	6			6
6.3 作業系統概念	6			3
6.4 windows 操作	2			2
6.5 VM 技術與目的	1			1
10 程式語言		6		2
命題題數	76%	24%	0%	25

4.4.2 學生第三次施測情形

在第三次的施測中，原本預計的重補修教學時間及測驗時間各為 1 小時，合計約 2 小時，但由於第三次施測的教學進度內容較多且學生反應較不佳，故將重補修時間修正調整為 1 個半小時，包含進行上次測驗中整體所擬加強複習的概念（概念 5.2、概念 5.3、概念 3 及概念 5.1），複習時間約為 10 分鐘，加上測驗時間為 50 分鐘，因此全部時間約為 1 個小時 40 分鐘。

在第三次的重補修教學中，A 學生顯得較為心不在焉，在教師提問時反應並不佳；B 學生則是反應最好的一位，與教師的互動良好；C 學生在上次測驗時被教師糾正督導過後，情況也有改善，也很主動提出問題與回答問題；D 學生則依然是安靜聽講，極少主動發問，大部份的互動皆為教師提問的情況。在測驗情況方面，與上次測驗的情況大同小異，因此不再贅述。

4.4.3 學生錯誤概念統計表分析

由表 29 可以看出在第三次測驗中，整體而言，四位學生錯得最多的概念為概念 6.3（28.57%），其次為概念 10（26.19%）、概念 6.1（19.05%）及概念 6.2（16.67%）。這表示就全部的學生而言，概念 6.1、概念 6.2、概念 6.3 及概念 10 可能是學習上最有障礙的概念。

個別學生來看，就 A 學生而言，錯的最多題的概念為概念 6.3 及概念 10，但概念 6.3 在本試卷共有 6 題，A 學生答錯 3 題，答對 3 題；在概念 10 本試卷共有 6 題，A 學生答對 3 題，答錯 3 題，這表示 A 學生對概念 6.3 及概念 10 的建立並非完全錯誤，而可能存在部份的迷思概念需要導正。

就 B 學生而言，所有錯誤概念的錯誤題數均為 2 題，但若以錯誤題數佔總題數的比例來看，其中錯誤比例最高的是概念 6.1（比例 2/3）。

C 學生錯最多的概念為概念 10，概念 10 在本試卷中共有 6 題，C 學生答對 3 題，答錯 3 題，此外，若就錯誤題數佔總題數的比例來看，概念 6.1 的錯誤比例為 2/3（67%），比概念 10 的 1/2（50%）還要高，因此，推論 C 學生在概念 6.1 及概念 10 可能存在部份迷思概念。

就 D 學生而言，錯的最多題的是概念 6.3，概念 6.3 在本試卷共有 6 題，D 學生答對 2 題，答錯 4 題，此外，就錯誤題數佔總題數的比例來看，概念 6.1 共有 3 題，D 同學就錯了 2 題，錯誤比例為 2/3（67%），與概念 6.3 的錯誤比例是一樣的，因此，推論 D 同學在概念 6.1 及概念 6.3 可能存在部份的迷思概念。

表 29 第三次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A 錯的題數	B 錯的題數	C 錯的題數	D 錯的題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
6	1	0	0	0	0	0	0.00%
6.1	3	2	2	2	2	8	19.05%
6.2	6	2	3	1	1	7	16.67%
6.3	6	3	3	2	4	12	28.57%
6.4	2	1	0	1	1	3	7.14%
6.5	1	0	0	0	1	1	2.38%
10	6	3	2	3	3	11	26.19%
	25	11	10	9	12	42	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.4.4 教學策略的改變

綜合上一小節所述，可以發現就整體而言學生出現較嚴重錯誤的概念為概念 6.1、概念 6.2、概念 6.3 及概念 10，而個別學生出現較嚴重錯誤的概念也包含於這四個概念，因此，下一次的重補修教學可對全部學生就這四個概念進行概念修正或補強。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所因應的對策列如表 30：

表 30 第三次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 6.3(26.83%)、概念 10(26.83%) ◆ 概念 6.1(19.51%)、概念 6.2(14.63%) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 加強”作業系統”、”程式語言”、”系統軟體”及”應用軟體”概念的教學。 ◆ 加強督促學生課後複習工作
A 學生	◆ 概念 6.3、概念 10	
B 學生	◆ 概念 6.1	
C 學生	◆ 概念 10、概念 6.1	
D 學生	◆ 概念 6.1、概念 6.3	

4.4.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 31 列出四位學生在第三次施測時之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 (R_M , R_G , R_P , $R_{P'}$)，在第三次的測驗中，四個學生的分數相較於第二次測驗成果顯得退步，尤以 A 學生的狀況最為不穩定。

就四種指數平均值來看，最高者仍為 PFC' 指數，最低者為 PFC 指數，其中若將評量分數化為 0 到 1 之間的數值，則最接近平均評量分數為 GTD 指數，與第二次施測結果的情形是一致的。進一步觀察四種指數值與評量分數的相關值， R_M 與 $R_{P'}$ 均呈現正值且 >0.5 的情形，這表示 MDS 指數、PFC' 指數與評量分數呈現正相關，而 R_G 與 R_P 則呈現負相關。呈現負相關的可能原因為 C 學生之 GTD 指數及 PFC 指數過低，而 C 學生之評量分數卻又為四位中最高者所導致。這情形與第二次施測時所討論過 GTD 及 PFC 可能存在的不準確性原因相同，因此不再贅述其原因。

表 31 第三次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R_M	R_G	R_P	$R_{P'}$
A	0.922	0.500	0.369	1	56	0.571	-0.775	-0.775	0.775
B	0.887	0.500	0.369	1	60				
C	0.915	0.500	0.369	1	64				
D	0.864	0.604	0.667	0.964	52				
平均	0.897	0.526	0.444	0.991	58				

註： R_M 表 MDS 指數與評量分數之相關值， R_G , R_P 及 $R_{P'}$ 以此類推

4.5 第四次施測結果分析

本節說明四位學生第四次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第四次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第四次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC' 值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.5.1 試卷之基本資料

第四次施測之試卷共有試題 25 題，概念數為 15 個，其中第 2 題包含有兩個概念，分別為概念 5 及概念 5.3，因此，為避免重複計算至命題題數，在概念 5 以(1)表示有 1 題重複兩個概念以上。本試卷的試題/概念比率=1.667，表示平均一個概念有 3.571 個題目對應；平均難度=0.598；平均鑑別度值=0.392。表 32 及表 33 為此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 32 第四次測驗之概念命題雙向細目表

主概念 子概念	5 群組	6 群組	7 群組	10	命題題數
5 硬體的五大單元	1(1)				1
5.1 中央處理單元	1				1
5.2 週邊設備	1				1
5.3 記憶單元	2				2
6.1 系統軟體		1			1
6.2 應用軟體		1			1
6.3 作業系統的概念		3			3
6.4 windows 的操作		1			1
10 程式語言				3	3
7.資料表示法			2		2
7.1 進制的轉換			2		2
7.1.1 10 進制→N 進制			2		2
7.1.2 N 進制→10 進制			2		2
7.1.3 2,8,16 進制的互轉			1		1
7.2 補數的轉換			2		2
命題比例(%)	20%	24%	44%	12%	25

表 33 第四次測驗之概念試題統計表

	5	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3	6.4	10	7	7.1	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.2	P	D
1	√															0.94	0.33
2	√			√												0.61	0.55
3		√														0.44	0.44
4			√													0.72	0.56
5				√												0.44	0.44
6					√											0.38	0.55
7						√										0.50	0.55
8							√									0.44	0
9							√									0.38	0.33
10							√									0.66	0.22
11								√								0.77	0
12									√							0.44	0.22
13										√						0.61	0.56
14														√		0.83	0.11
15											√					0.44	0.44
16												√				0.72	0.55
17										√						0.72	0.55
18											√					0.22	0.44
19												√				0.61	0.55
20													√			0.77	0.22
21													√			0.72	0.33
22															√	0.66	0.44
23															√	0.50	0.55
24									√							0.66	0.44
25									√							0.78	0.44
平均																0.5984	0.392

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.5.2 學生第四次施測情形

在第三次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，合計約 2 小時，但由於這次教學進度內容較多且較難，包含了進制轉換及補數運算，因此調整重補修教學時間為 2 個小時，其中包括進行上次測驗中整體所擬加強複習的概念（概念 6.3、概念 10、概念 6.1 及概念 6.2），複習時間約為 15 分鐘，加上測驗時間 50 分鐘，第四次實際施測時間約為 3 小時。

在第四次的重補修教學中，A 學生顯得很認真，雖然安靜但專心的聽教師講授，而 B 學生一樣是四位學生中最踴躍發言的，表現也一如往常熱烈回應。C 學生與 D 學生則看似茫然不知的狀況，經教師詢問下發現這部份的概念在之前所就讀的學校裡並沒有很仔細的教授過，只有略為帶過而

已，來到本校後在一下及二上的計概課也只有複習及檢討題目，因此 C 學生與 D 學生在這部份的概念可說是十分模糊，沒有建立完整。教師因此從基本的算法及原理講授起，每個步驟儘量的解說清楚，因此在這部分概念的教學花了較長的時間。在測驗情況方面，與上次測驗的情況大同小異，因此不再贅述。

4.5.3 學生錯誤概念統計表

由表 34 可以看出在第四次測驗中，整體而言，四位學生錯得最多的概念是概念 7.2 (16.67%)，其次為概念 6.3 (11.11%)、概念 7 (11.11%) 及概念 7.1.1 (11.11%)。這表示就全部的學生而言，概念 6.3、概念 7.2、概念 7、概念 7.1.1 可能是學習上最有障礙的概念。

就個別學生而言，A 學生錯誤的概念題數均為 1 題，分別為概念 5、概念 6.1、概念 6.3、概念 7.1.1、概念 7.1.2 及概念 7.2。而這次測驗的概念涵蓋範圍較廣，共包含了 15 個概念，而 A 同學在此測驗中分數是最高分 (76 分)，因此教師認為 A 同學大部分的概念建立應該都算完整，只是可能有粗心或計算錯誤的情形發生。就 B 學生而言，B 學生與 A 學生都是這次測驗最高分者，但 B 學生在概念 7.2 的題目全部答錯，因此推論 B 學生在概念 7.2 可能存在迷思概念。C 學生錯得最多的概念為概念 7 及概念 7.1.2，在這兩個概念上，C 學生呈現全部答錯的情況，因此推論 C 學生在概念 7 及概念 7.1.2 可能存在迷思概念。D 學生錯得最多的概念為概念 6.3 及概念 7.2，且在這兩個概念上，D 學生呈現全部答錯的情況，因此推論 D 學生在概念 6.3 及概念 7.2 可能存在迷思概念。

表 34 第四次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A錯誤題數	B錯誤題數	C錯誤題數	D錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
5	2	1	0	1	0	2	5.56%
5.1	1	0	0	1	1	2	5.56%
5.2	1	0	1	1	0	2	5.56%
5.3	1	0	0	0	0	0	0.00%
6.1	1	1	1	0	1	3	8.33%
6.2	1	0	0	0	0	0	0.00%
6.3	3	1	0	0	3	4	11.11%
6.4	1	0	0	1	1	2	5.56%
7	2	0	1	2	1	4	11.11%
7.1	1	0	0	1	1	2	5.56%
7.1.1	2	1	1	1	1	4	11.11%
7.1.2	2	1	0	2	0	3	8.33%
7.1.3	2	0	0	1	0	1	2.78%
7.2	2	1	2	1	2	6	16.67%
10	3	0	0	0	1	1	2.78%
合計	25	6	6	12	12	36	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.5.4 教學策略之改變

綜合上一小節所述，可發現就整體而言，學生出現較嚴重錯誤的概念為概念 7.2、概念 7、概念 7.1.1 及概念 6.3，而個別學生出現較嚴重錯誤的概念也包含於這四個概念，值得一提是概念 6.3 在上次測驗中也是四位學生比較有問題的概念。概念 6.3 是關於 Windows 作業系統的操作問題，由於此概念與學生是否熟練於使用 Windows 作業系統有比較大的關係，因此在這部份若學生熟練度不佳者較容易忘記而導致答錯。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所因應的對策列如表 35：

表 35 第四次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 7.2(16.67%)、概念 6.3(11.11%) ◆ 概念 7(11.11%)、概念 7.1.1(11.11%) 	◆ 加強”補數的意義、轉換及運算”概念、”windows 作業系統的操作”概念、”資料表示法”概念及”10 進制轉 n 進制”概念的教學。
A 學生		
B 學生	◆ 概念 7.2	
C 學生	◆ 概念 7、概念 7.1.2	◆ 指後課後練習作業
D 學生	◆ 概念 7.2、概念 6.3	◆ 指後課後練習作業

4.5.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 36 列出四位學生在第四次施測時之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 (R_M , R_G , R_P , $R_{P'}$)，在第四次的測驗中，全部的平均分數為 64 分，四個學生的分數分別為 76 分、76 分、52 分及 52 分，C 學生與 D 學生均為不及格。

在這次測驗中，就四種指數來看，最高者仍為 PFC' 指數=0.921，最低者為 GTD 指數=0.217。而就四種指數值與評量分數的相關而言，相關程度最高者為 PFC' 指數即 $R_{P'}=0.988$ ，其次為 $R_M=0.625$ 及 $R_G=0.329$ ，最低者為 $R_P=-0.894$ ，甚至呈現負值的情況， R_P 值會呈現負值主要的原因應為 A 學生的分數相較於 C 學生及 D 學生高出許多，但所得的 PFC 卻遠低於其他三位學生。這原因與第一次測驗中 R_G 值與 R_P 值均為負值的情況類似，不過這次測驗中只有 R_P 值出現這種情形，這是因為 GTD 值與 PFC 值的計算方式並不同，因此並不一定會同時產生這樣的狀況。

表 36 第四次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R_M	R_G	R_P	$R_{P'}$
A	0.710	0.277	0.190	1	76	0.625	0.329	-0.894	0.988*
B	0.679	0.183	0.343	0.971	76				
C	0.675	0.231	0.482	0.857	52				
D	0.394	0.175	0.482	0.857	52				
平均	0.615	0.217	0.374	0.921	64				

註： R_M 表 MDS 指數與評量分數之相關值， R_G , R_P 及 $R_{P'}$ 以此類推

*顯著水準 $\alpha=0.05$ ，**顯著水準 $\alpha=0.01$

4.6 第五次施測結果分析

本節說明四位學生第五次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第五次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第五次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC' 值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.6.1 試卷之基本資料

第五次施測之試卷共有試題 20 題，概念數為 7 個，其中第 17 題包含有兩個概念，分別為概念 7.3 及概念 7.5，因此，為避免重複計算至命題題數，在概念 7.3 以(1)表示有 1 題重複兩個概念以上。本試卷的試題/概念比率=2.857，表示平均一個概念有 2.857 個題目對應；平均難度=0.5565；平均鑑別度值=0.1855。表 37 及表 38 為此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 37 第五次測驗之概念命題雙向細目表

主概念 子概念	7	7.1 群組	7.2	7.3	7.4	7.5	命題題數
7 資料表示法	2						2
7.1.1 10 轉 N		2					2
7.1.3 2,8,16 轉換		1					1
7.2 補數			3				3
7.3 文數字表示法				2(1)			2
7.4 中文內碼					6		5
7.5.ASCII 碼及同位檢查碼						6	5
命題比例(%)							20

表 38 第五次測驗之概念試題統計表

	7	7.1.1	7.1.3	7.2	7.3	7.4	7.5	P	D
1	√							0.38	0.33
2	√							0.50	0.11
3			√					0.83	0.11
4		√						0.22	0.44
5				√				0.66	0.44
6				√				0.75	0.30
7					√			0.33	0
8					√			0.33	0.44
9						√		0.72	0.11
10						√		0.05	0.11
11						√		0.80	0.33
12						√		0.77	0.22
13						√		0.77	0
14							√	0.22	0.44
15							√	0.66	0
16							√	0.72	0.11
17					√		√	0.66	0.22
18				√				0.72	0.11
19		√						0.66	0.22
20							√	0.38	0.33
平均								0.5505	0.1855

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.6.2 學生第五次施測情形

在第五次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，合計兩個小時，而實際的重補修教學時間約為 1 小時又 10 分鐘，包含進行上次測驗中整體所擬加強複習的概念（概念 7.2、概念 6.3、概念 7 及概念 7.1.1），時間約為 20 分鐘，測驗時間則為 50 分鐘，因此第五次實際施測時間為 2 小時。此外，在整體重補修教學後留下 C 學生及 D 學生檢討課後練習作業及加強兩位學生在進制轉換及補數概念的學習約半個小時。

在第五次的重補修教學及測驗中，四位學生的學習與測驗狀況與上次施測情況並無大異，因此不再贅述，比較特別的只有 B 學生在重補修教學的前十幾分鐘時因遲到而沒有參與，而這段時間內的教學內容為複習加強上一次學習較有問題的概念。

4.6.3 學生錯誤概念統計表分析

由表 39 可以看出在第五次測驗中，整體而言，四位學生錯得最多的概念為概念 7.5 (28.13%)，其次為概念 7.2 (21.88%)、概念 7 (15.63%)、概念 7.3 (15.63%)。這表示就四位學生而言，概念 7、概念 7.2、概念 7.3 及概念 7.5 可能是學習上最有問題的概念。此外，概念 7、概念 7.2 為上次測驗中學生學習上比較有問題的概念，在這次的測驗中，概念 7 及概念 7.2 仍然是學生錯誤最多的概念之一，概念 7.1.1 雖不是錯誤率很高，但也達到 12.5%。這表示在學生在進制轉換及補數概念上仍存在學習上的困難。

就個別學生而言，A 學生在這次測驗中總共答錯 5 題，每題 1 個概念，共 5 個概念，因此，推論 A 學生在這次測驗中，觀念的建立應屬尚可。B 學生錯得最多的是概念 7.2，概念 7.2 在本試卷中共有 3 題，B 學生答錯 2 題，答對 1 題，答錯比率佔 67%，因此推論 B 學生在概念 7.2 可能存在部份概念建構不完整或錯誤的情形。C 學生錯誤最多的概念為概念 7.5，其次為概念 7.2，概念 7.5 在本試卷共有 5 題，C 學生答錯 3 題，答對 2 題，答錯比率佔 60%，而概念 7.2 在本試卷中共有 3 題，C 學生答錯 2 題，答對 1 題，答錯比率佔 67%，因此，推論 C 學生可能存在的迷思概念為概念 7.2 及概念 7.5。就 D 學生而言，錯誤最多的概念為概念 7.5，其次為概念 7.2，概念 7.5 在本試卷共有 5 題，D 學生答錯 4 題，答對 1 題，答錯比率佔 80%，而概念 7.2 在本試卷中共有 3 題，D 學生則全答錯，答錯比率佔 100%，此外，D 學生在概念 7、概念 7.1.1 及概念 7.3 也是呈現全部答錯的情形，因此，推論 D 學生在這次重補修教學進度的內容概念學習上存在很大的問題，尤其是在概念 7.2、概念 7.5、概念 7、概念 7.1.1 及概念 7.3 應是學習上最有問題的概念群。

表 39 第五次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A錯誤題數	B錯誤題數	C錯誤題數	D錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
7	2	1	1	1	2	5	15.63%
7.1.1	2	1	1	0	2	4	12.50%
7.1.3	1	0	0	0	0	0	0.00%
7.2	3	0	2	2	3	7	21.88%
7.3	2	1	1	1	2	5	15.63%
7.4	5	1	0	1	0	2	6.25%
7.5	5	1	1	3	4	9	28.13%
合計	20	5	6	8	13	32	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.6.4 教學策略之改變

綜合上一小節所述，可以發現就整體而言學生出現較嚴重錯誤的概念為概念 7、概念 7.1.1、概念 7.2、概念 7.3 及概念 7.5，而個別學生出現較嚴重錯誤的概念大部份包含於這四個概念，在下一次的重補修教學教師擬對全部學生就這四個概念再進行概念修正或補強。此外，D 學生應是在這次重補修教學上存在較嚴重學習問題的學生，除將特別針對 D 學生進行課後輔導加強之外，並將指派課後作業讓 D 學生練習。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所因應的對策列如表 40：

表 40 第五次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 7.5(28.13%)、概念 7.2(21.88%) ◆ 概念 7(15.63%)、概念 7.3(15.63%) ◆ 概念 7.1.1(12.5%) 	◆ 加強”ASCII 碼及同位檢查制”、”補數的意義、轉換及運算”、”資料表示法”、”字串內碼的轉換”及”10 進制轉 n 進制”概念的教學。
A 學生		
B 學生	◆ 概念 7.2	
C 學生	◆ 概念 7.5、概念 7.1.2	
D 學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 7.5(28.13%)、概念 7.2(21.88%) ◆ 概念 7(15.63%)、概念 7.3(15.63%) ◆ 概念 7.1.1(12.5%) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 課後加強輔導 ◆ 指後課後練習作業

4.6.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 41 列出四位學生在第五次施測時之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 ($R_M, R_G, R_P, R_{P'}$)，在第五次的測驗中，全部的平均分數為 59 分，其中 C 學生與 D 學生均為不及格，與 A 學生及 B 學生顯得落差較大。

在這次測驗中，就四種指數來看，最高者仍為 PFC' 指數 (0.964)，最低者仍為 GTD 指數 (0.159)，而就四種指數值與評量分數的相關而言，相關程度最高者為 $R_{P'}$ 值，其次為 R_G 及 R_M 值，最低者為是 R_P 值，此結果與第四次施測的結果一致。

表 41 第五次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R _M	R _G	R _P	R _{P'}
A	0.943	0.355	0.381	1	76	0.735	0.816	0.675	0.875
B	0.885	0.229	0.321	1	70				
C	0.379	0	0.048	1	55				
D	0.560	0.052	0.179	0.857	35				
平均	0.692	0.159	0.232	0.964	59				

註：R_M表 MDS 指數與評量分數之相關值，R_G, R_P 及 R_{P'}以此類推

4.7 第六次施測結果分析

本節說明四位學生第六次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第六次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第六次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC' 值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.7.1 試卷之基本資料

第六次施測之試卷共有試題 25 題，概念數為 10 個，其中第 25 題包含有兩個概念，分別為概念 5.3 及概念 8.2，因此，為避免重複計算至命題題數，在概念 5.3 以(1)表示有 1 題重複兩個概念以上。本試卷之試題/概念比率=2.5，表示平均一個概念有 2.5 個題目對應；平均難度=0.4996；平均鑑別度值=0.25。表 42 及表 43 為此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 42 第六次測驗之概念試題統計表

	5.3	7.3	7.4	7.5	8	8.1	8.2	9	9.1	9.2	P	D
1		√									0.33	0.44
2			√								0.72	0.11
3			√								0.05	0.11
4			√								0.77	0
5				√							0.55	0.22
6				√							0.44	0.44
7				√							0.44	0.22
8							√				0.33	0.44
9					√						0.44	0.66
10					√						0.72	0.55
11						√					0.44	0.22
12						√					0.05	0.11
13						√					0.22	0.22
14							√				0.55	0.22
15							√				0.33	0.22
16							√				0.33	0.44
17									√		0.77	0.22
18								√			0.50	0.33
19									√		0.11	0
20								√			0.94	0.11
21									√		0.88	0.22
22										√	0.70	0.20
23									√		0.72	0.33
24		√		√							0.66	0.22
25	√						√				0.50	0
平均											0.4996	0.25

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

表 43 第六次測驗之概念命題雙向細目表

主概念 子概念	5.3	8 群組	9 群組	7.3,7.4,7.5	命題題數
5.3 記憶單元	(1)				
8.1 電腦的速度		3			3
8.2 電腦的容量		6			6
8.電腦常用單位		1			1
9.1 電腦病毒的概念			4		4
9.2 電腦病毒的分類			1		1
9.電腦病毒			2		2
7.3 文數字表示法				(1)	1
7.4 中文碼				3	3
7.5 ASCII 及同位檢查				4	4
命題比例(%)		40%	28%	32%	25

4.7.2 學生第六次施測情形

在第六次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，合計 2 小時，而實際的重補修教學時間亦為 1 小時 10 分鐘，包含進行上次測驗中整體所擬加強複習的概念及檢討課後練習作業，時間約為 20 分鐘，測驗時間則為 50 分鐘，因此第六次實際施測時間為 2 小時。

在第六次重補修教學及測驗情形中，除在重補修教學時間結束後留下 D 學生特別輔導約 20 分鐘之外，與之前施測情況大同小異，因此不再贅述。

4.7.3 錯誤概念統計表分析

由表 44 可以看出，整體而言，學生錯誤最多的概念為概念 8.2 (23.26%)，其次為概念 8.1 (20.93%) 及概念 7.5 (18.60%)。值得一提的是，在第五次的施測中，概念 7.5 也是整體學生最有問題的概念之一。此外，概念 9.2 在整體學生的錯誤比率雖然不是很高，但是概念 9.2 在本試卷共有 1 題，而四位學生則全部答錯，因此，亦將概念 9.2 列入學生可能存在學習問題的概念之一。整體學生而言，推論可能存在的迷思概念為概念 8.2 概念 8.1、概念 7.5 及概念 9.2。

就個別學生而言，A 學生錯誤最多的概念為概念 8.1 及概念 7.5，就概念 8.1 而言，本試卷共有 3 題，A 學生 3 題則全部答錯；就概念 7.5 而言，本試卷共有 4 題，A 學生答對 2 題，答錯 2 題；因此，推論 A 學生在概念 8.1 及概念 7.5 可能存在迷思概念。

就 B 學生而言，B 學生錯誤最多的概念為概念 8.2，概念 8.2 在本試卷共有 6 題，而 B 學生則答錯 3 題，錯誤率為 50%，因此推論 B 學生在概念 8 可能存在學習上的問題。

就 C 學生而言，C 學生錯誤最多的概念為概念 7.5，其次為概念 8.1。概念 7.5 在本試卷共有 4 題，C 學生則全部答錯；概念 8.1 在本試卷共有 3 題，C 學生也是全部答錯，因此，推論 C 學生在概念 7.5 及概念 8.1 可能存在嚴重的迷思概念。

就 D 學生而言，D 學生錯誤最多的概念為概念 8.2，其次為概念 8.1；概念 8.2 在本試卷共有 6 題，D 學生答錯 4 題，錯誤率為 66.67%；概念 8.1

在本試卷共有 3 題，D 學生答對 1 題，答錯 2 題。因此，推論 D 學生在概念 8.2 及概念 8.1 為學習上問題較為嚴重的概念。

表 44 第六次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A錯誤題數	B錯誤題數	C錯誤題數	D錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
7.3	1	1	0	0	1	2	4.65%
7.4	3	0	0	0	1	1	2.33%
7.5	4	2	1	4	1	8	18.60%
8	1	1	0	1	1	3	6.98%
8.1	3	3	1	3	2	9	20.93%
8.2	6	1	3	2	4	10	23.26%
9	2	1	1	0	0	2	4.65%
9.1	4	1	1	1	1	4	9.30%
9.2	1	1	1	1	1	4	9.30%
合計	25	11	8	12	12	43	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.7.4 教學策略之改變

綜合上一小節所述，就整體學生而言，出現較嚴重錯誤的概念為概念 8、概念 8.1、概念 8.2、概念 7.5 及概念 9.2，個別學生出現較嚴重錯誤的概念也都包含於整體較有問題四個概念。因此，在下一次的重補修教學教師擬對全部學生就這四個概念再進行概念修正或補強。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所因應的對策列如表 45：

表 45 第六次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 8(23.26%)、概念 8.1(20.93%) ◆ 概念 7.5(18.60%)、概念 9.2(9.3%) 	◆ 加強”電腦常用的計量單位”、”電腦的速度單位”、”ASCII 碼及同位檢查碼”、”電腦的容量計算”及”電腦病毒種類”概念的教學。
A 學生	◆ 概念 8、概念 8.1	◆ 指後課後練習作業
B 學生	◆ 概念 8	
C 學生	◆ 概念 8、概念 8.1 及概念 7.5	◆ 指後課後練習作業
D 學生	◆ 概念 8、概念 8.1 及概念 8.2	◆ 指後課後練習作業

4.7.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 46 列出四位學生在第六次施測時之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 (R_M , R_G , R_P , $R_{P'}$)，在第六次的測驗中，全部的平均分數為 57 分，四個學生的分數分別為 56 分、68 分、52 分及 52 分，A 學生、C 學生與 D 學生均為不及格。

在這次測驗中，就四種指數來看，最高者依然為 PFC' 指數 (0.889)，最低者為 MDS 指數 (0.771)，而就四種指數值與評量分數的相關而言，相關程度最高者為 PFC' 指數即 $R_{P'}=0.677$ ，其次為 $R_M=0.545$ 及 $R_G=0.101$ ，最低者為 $R_P=-0.072$ ，其中 R_P 及 R_G 值較低的原因應該是 C 學生與 D 學生之評量分數相同，且均低於 A 學生及 B 學生，但 D 學生之 GTD 指數卻達 0.874，PFC 值也達 0.933，遠遠高於 A 學生、B 學生及 D 學生。另一個值得觀察的是 C 學生與 D 學生四種指數的變化，由於 C 學生與 D 學生在評量分數上同為 52 分，但是就四種相似性指數而言，D 學生均高於 C 學生，只是程度上的不同而已。推論其中的原因可能是由於 C 學生概念 7.5、概念 8 及概念 8.1 是呈現全部答錯的情況，而 D 學生錯誤的題目較分散於各概念中，因此不論就權重計算相關的 MDS 或 GTD，以及就相鄰節點計算相關 PFC 及 PFC' 均會有所影響。

表 46 第六次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R _M	R _G	R _P	R _{P'}
A	0.844	0.640	0.650	0.867	56	0.545	0.101	-0.072	0.677
B	0.839	0.573	0.667	0.978	68				
C	0.608	0.112	0.467	0.778	52				
D	0.794	0.874	0.933	0.933	52				
平均	0.771	0.550	0.679	0.889	57				

註：R_M表 MDS 指數與評量分數之相關值，R_G, R_P及 R_{P'}以此類推

4.8 第七次施測結果分析

本節說明四位學生第七次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第七次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為教學策略之改變，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念的狀況，據以修正調整下次的重補修教學策略。第 5 小節為相似性指標與評量分數之相關性分析，針對第七次施測結果所產生的四種指數值 MDS 值、GTD 值、PFC 值、PFC' 值及這四種指數值與評量分數的相關值進行分析。

4.8.1 試卷之基本資料

第七次施測之試卷共有試題 20 題，概念數為 10 個，其中第 19 題包含有兩個概念，分別為概念 5.2 及概念 8，因此，為避免重複計算至命題題數，在概念 5.2 以(1)表示有 1 題重複兩個概念以上。本試卷之試題/概念比率=2，表示平均一個概念有 2 個題目對應；平均難度=0.5955；平均鑑別度值=0.2915。表 47 及表 48 為此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 47 第七次測驗之概念命題雙向細目表

子概念 \ 主概念	5.2	8 群組	9 群組	11 群組	命題題數
5.2 週邊設備	(1)				
8.1 電腦的速度		3			3
8.2 電腦的容量		2			2
8 電腦常用的單位		1			1
9.1 病毒來源、預防與特徵			3		3
9 電腦病毒			1		1
11.1 智慧財產權及職業道德				3	3
11.2 綠色電腦				4	4
11.3 電腦及週邊設備的維護				2	2
11.4 其他				1	1
命題比例(%)		30%	20%	50%	20

表 48 第七次測驗之概念試題統計表

	5.2	8	8.1	8.2	9	9.1	11.1	11.2	11.3	11.4	P	D
1			√								0.44	0.22
2			√								0.55	0.44
3			√								0.22	0.22
4				√							0.38	0.55
5				√							0.50	0.77
6						√					0.77	0.22
7						√					0.27	0.33
8						√					1.00	0
9							√				0.38	0.33
10							√				0.89	0.11
11							√				0.33	0.22
12								√			0.50	0.33
13								√			0.66	0.66
14								√			0.77	0.22
15								√			0.44	0.22
16									√		0.88	0.22
17									√		0.50	0.11
18										√	0.77	0.22
19	√	√									0.66	0.22
20					√						1.00	0.22
平均											0.537	0.292

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.8.2 學生第七次施測情形

在第七次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，合計 2 小時，而由於這次教學進度的內容較為簡單，因此實際的重補修教學時間約為 50 分鐘，其中包含進行上次測驗中整體所擬加強複習的概念(概念 8、概念 8.1、概念 7.5 及概念 9.2) 及檢討課後練習作業時間約為 15 分鐘，測驗時間則為 50 分鐘，因此第七次實際施測時間約為 1 小時 40 分鐘。在第七次重補修教學及測驗情形，與之前施測情況大同小異，因此不再贅述。

4.8.3 錯誤概念統計表分析

由表 49 可以看出，整體而言，學生錯誤最多的概念為概念 8 (22.22%) 及概念 8.1 (22.22%)，其次為概念 8.2 (16.67%) 及概念 9.1 (16.67%)，這四個概念均為上次的教學進度內容，也是上次施測後較有問題的概念，而在這次的教學進度內容的概念上，答題狀況卻比上次進度的內容較為良好。

就個別學生而言，A 學生在這次的測驗中表現十分良好，測驗成績達 90 分，只答錯 2 題，分別是概念 8 錯了 1 題及概念 9.1 錯了 1 題。

就 B 學生而言，錯誤最多的概念為概念 8.1，概念 8.1 在本試卷中共有 3 題，B 學生答錯了 2 題，不過在上次測驗中，B 學生在概念 8.1 的答題狀況尚可，因此推論 B 學生有可能是粗心大意答題所導致或對概念 8.1 尚有概念建構不完整的情形。

就 C 學生而言，錯誤情形比較嚴重的為概念 8.2，概念 8.2 在本試卷共有 2 題，C 學生則全部答錯，但就上次測驗時 C 學生在概念 8.2 的答題中 5 題全部答對的情況而言，C 學生較有可能是因為粗心大意的答題，或因概念 8.2 屬強記性題目而容易忘記的情況。

就 D 學生而言，其錯誤概念的題目較平均分散，且相較於之前測驗情形，D 學生顯得進步很多。

表 49 第七次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A錯誤題數	B錯誤題數	C錯誤題數	D錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
8	1	1	1	1	1	4	22.22%
8.1	3	0	2	1	1	4	22.22%
8.2	2	0	0	2	1	3	16.67%
9	1	0	0	0	0	0	0.00%
9.1	3	1	1	0	1	3	16.67%
11.1	3	0	0	1	1	2	11.11%
11.2	4	0	1	1	0	2	11.11%
11.3	1	0	0	0	0	0	0.00%
11.4	2	0	0	0	0	0	0.00%
合計	20	2	5	6	5	18	

註：佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.8.4教學策略之改變

綜合上一小節所述，就整體學生而言，出現較嚴重錯誤的概念為概念 8、概念 8.1，其次為概念 8.2 及概念 9.1。就個別學生而言，四位學生出現較嚴重錯誤的概念也大部份包含於上述四個概念，因此，在下一次的重補修教學教師擬對全部學生就這四個概念再進行概念修正或補強。以下就下一次重補修教學整體教學策略及個別教學策略所因應的對策列如表 50：

表 50 第七次施測後整體教學策略及個別教學策略調整

學生	較嚴重的錯誤概念	因應教學策略
全部學生	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 概念 8(22.22%)、概念 8.1(22.22%) ◆ 概念 8.2(16.67%)、概念 9.1(16.67%) 	◆ 加強”電腦常用的計量單位”概念、”電腦的速度單位”概念、”電腦的容量計算”及”電腦病毒來源、預防及中毒特徵”概念的教學。
A 學生		
B 學生	◆ 概念 8.1	
C 學生	◆ 概念 8.2	
D 學生		

4.8.5 相似性指標與評量分數之相關性分析

表 51 列出四位學生在第七次施測時之四種指數值 (MDS, GTD, PFC, PFC') 及與這四種指數值和評量分數的相關值 (R_M , R_G , R_P , $R_{P'}$)，在第七次的測驗中，全部的平均分數為 78 分，明顯進步非常多，四個學生的分數分別為 90 分、75 分、70 分及 75 分，在這次測驗中，C 學生與 D 學生相較於之前的表現進步了很多，這可能的原因除了學生在這次教學進度的內容吸收狀況較佳之外，也可能是因為這次測驗試卷的平均難度值較高=0.5955(值高表較簡單)，因此題目較為簡單，不過，相較於第一次測驗的難度值=0.6028，而學生平均成績為 51 分而言，學生在這次測驗中的學習狀況應該是有很大的進步。

在這次測驗中，就四種指數來看，最高者依然為 PFC' 指數 (0.967)，指數值最低者仍為 GTD 指數 (0.472)，而就四種指數值與評量分數的相關而言，相關程度最高者為 MDS 指數即 $R_M=0.791$ ，其次為 $R_G=R_P=R_{P'}=0.577$ ，相較於前幾次測驗中， $R_{P'}$ 值都是最高的情況，這次 $R_{P'}$ 值較低應該是因為有三位學生的 PFC' 均為 0.978 的原因，至於 PFC' 偏高的原因及造成的影響，請參照第二次施測的相似性指數與評量分數的相關性分析有詳細的說明，在此不再贅述。

表 51 第七次測驗之學生指數值及相關係數

學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R_M	R_G	R_P	$R_{P'}$
A	0.897	0.552	0.522	0.978	90	0.791	0.577	0.577	0.577
B	0.769	0.552	0.522	0.978	75				
C	0.750	0.230	0.444	0.933	70				
D	0.869	0.552	0.522	0.978	75				
平均	0.821	0.472	0.503	0.967	77.5				

註： R_M 表 MDS 指數與評量分數之相關值， R_G , R_P 及 $R_{P'}$ 以此類推

4.9 第八次施測結果分析 (實驗後結果分析)

本節說明四位學生第八次使用電腦輔助題庫測驗系統進行施測的結果分析。第八次測驗之範圍為計算機概念全上冊，本研究使用第八次測驗結果作為實驗後結果，與實驗前結果進行分析比較。第 1 小節呈現試卷的基本資料，包括試題數、

概念數、試題/概念比率、試卷平均難度值及鑑別度值，以及試卷的概念雙向細目表和試題概念統計表；第 2 小節為學生第八次施測情形之描述；第 3 小節為學生錯誤概念統計表，針對學生錯誤概念統計表進行分析，以了解學生之迷思概念所在；第 4 小節為實驗後與實驗前結果之分析比較，根據第 3 節所分析出的學生迷思概念與學生實驗前結果進行比較。

4.9.1 試卷之基本資料

第八次施測之試卷共有試題 30 題，概念數為 23 個，試題/概念比率=1.304，表示平均一個概念有 1.304 個題目對應；平均難度=0.5423；平均鑑別度值=0.3093。表 52 及表 53 為此試卷之雙向細目表及試題概念統計表。

表 52 第八次測驗之概念命題雙向細目表

主概念 子概念	1,2,3,4	5	6	7	8	10	命題題數
概念 2.2	2						2
概念 3	2						2
概念 4	1						1
概念 5		2					2
概念 5-1		2					2
概念 5-2		1					1
概念 5-3		2					2
概念 6			1				1
概念 6-1			1				1
概念 6-2			1				1
概念 6-3			1				1
概念 7-1				2			2
概念 7.1.1				1			1
概念 7.1.2				1			1
概念 7.1.3				1			1
概念 7-2				1			1
概念 7-4				1			1
概念 7-5				2			2
概念 8					1		1
概念 8-1					1		1
概念 8-2					1		1
概念 10						2	2
命題比例(%)	16.67%	23.33%	13.33%	30%	10%	6.67%	30

表 53 第八次測驗之概念試題統計表

	22	3	4	5	5.1	5.2	5.3	6	6.1	6.2	6.3	7.1	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.2	7.4	7.5	8	8.1	8.2	10	P	D		
1	√																							0.38	0.11	
2	√																								0.80	0.20
3		√																							0.55	0.22
4			√																						0.66	0.22
5				√																					0.94	0.33
6				√																					0.44	0
7					√																				0.44	0.44
8						√																			0.55	0.66
9							√																		0.33	0.22
10							√																		0.55	0.22
11								√																	0.55	0.44
12									√																0.11	0
13										√															0.66	0.22
14											√														0.66	0.22
15												√													0.66	0.66
16													√												0.22	0.44
17														√											0.77	0.22
18														√	√										0.72	0.33
19												√													0.65	0.50
20																√									0.66	0.44
21																	√								0.80	0.33
22																			√						0.66	0
23																				√					0.05	0.11
24																					√				0.50	0.77
25																						√			0.27	0.33
26																						√			0.55	0.44
27			√																						0.44	0.66
28																			√						0.66	0.22
29																				√					0.66	0.22
30					√																				0.38	0.33
平均																									0.542	0.31

註： P 表難度值；D 表鑑別度值。

4.9.2 學生第八次施測情形

在第八次的施測中，預計重補修教學時間及測驗時間各為 1 個小時，合計兩個小時，而實際上因為第八次並無新的教學進度，只有複習與加強學生較有問題的概念學習，在這次重補修教學中，所複習的概念為前七次測驗中較學習上較有問題的概念，包括了概念 5 群組的複習、概念 7 群組的複習、概念 8 群組及概念 10 的複習，因此重補修教學時間 30 分鐘，

測驗時間則為 50 分鐘，因此第一次實際施測時間為 1 小時 20 分鐘。

此外，由於前七次中 C 學生與 D 學生的學習狀況較差，且測驗成績也普遍不佳，因此課後將 C 學生與 D 學生留下約 1 小時，針對他們學習上最有障礙的概念 7 群組再加強輔導。在課後輔導時，D 學生在概念 7 群組的學習上明顯進步很多，對教師所提問的問題大部份都能正確回答，對教師所給的練習題目也大部份都答對了，相較之下 C 學生顯得較停滯不前，最大的原因在於 C 學生上課時常常分心，且常常聽到一半就覺得自己應該會了，沒有很專注的聽教師講解分析。此外，由於概念 7 群組很多都是計算題，C 學生經常在學習老師上課教的方法後，又去問同學不同的方法，導致方法錯亂，自己也搞不清楚，且對於方法的使用不注意使用緣由及時機，只強記後能通過測驗即可，因此遇到變化的題型就會產生問題。

4.9.3 學生錯誤概念統計表分析

就表 54 可看出在最後一次施測，整體而言學生錯誤最多的概念是概念 5.1 (15%)，其次為概念 2.2 (7.5%)、概念 3 (7.5%)、概念 5.3 (7.5%)、概念 7.1 (7.5%) 及概念 8.1 (7.5%)。第八次施測之內容包含了計算機概念上冊的所有範圍，為實驗後之學生學習成果，因此以學生實驗前學習成果進行實驗前後的比較，在實驗前學生錯誤最多的概念為概念 5.2 及概念 10，其他許多概念也呈現建構錯誤或不完整的情況；而實驗後學生明顯進步很多，不只在評量分數上都有進步，表 54 的錯誤概念統計表也顯示出學生的概念建構情形不再如實驗前幾乎全盤皆墨的情形。

表 54 第八次測驗之學生錯誤概念統計表

概念	總題數	A錯誤題數	B錯誤題數	C錯誤題數	D錯誤題數	錯誤題數合計	佔總錯誤題數比率
2.2	2	1	0	1	1	3	7.50%
3	2	2	0	1	0	3	7.50%
4	1	0	0	0	0	0	0.00%
5	2	0	2	0	0	2	5.00%
5.1	2	1	2	1	2	6	15.00%
5.2	1	0	0	0	1	1	2.50%
5.3	2	1	2	0	0	3	7.50%
6	1	1	0	0	0	1	2.50%
6.1	1	1	1	0	0	2	5.00%
6.2	1	0	1	1	0	2	5.00%
6.3	1	0	0	0	1	1	2.50%
7.1	2	0	0	2	1	3	7.50%
7.1.1	1	0	0	0	0	0	0.00%
7.1.2	1	1	0	1	0	2	5.00%
7.1.3	1	0	0	0	0	0	0.00%
7.2	1	0	1	0	0	2	5.00%
7.3	1	0	0	1	0	1	2.50%
7.4	1	0	0	0	0	0	0.00%
7.5	1	0	0	0	1	1	2.50%
8	1	0	0	1	0	1	2.50%
8.1	1	0	1	1	1	3	7.50%
8.2	1	0	0	1	0	1	2.50%
10	2	1	0	0	1	2	5.00%
合計	30	9	10	12	9	40	

註：

佔總錯誤題數比率=錯誤題數合計/所有概念的錯誤題數總合計

4.9.4 實驗後結果與實驗前結果之檢定分析

表 55 及表 56 為實驗前及實驗後學生之學習成果相關指數值，表 57 呈現以表 55 及表 56 為輸入檢定假設二之檢定結果，下面則列出本研究之假設二。

H2：使用此電腦輔助題庫測驗系統前後，學生之四個相似性指標值（MDS, GTD, PFC, PFC'）未達顯著性差異。

H2A：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 MDS 指數變化未達顯著差異。

H2B：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 GTD 指數變化未達顯著差異。

H2C：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 PFC 指數變化未達顯著差異。

H2D：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 PFC'指數變化未達顯著差異。

H2E：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的評量分數變化未達顯著差異。

H2A、H2B、H2C、H2D 及 H2E 中，H2B 及 H2C 接受該假設，即 H2B 與 H2C 未達顯著差異，H2A、H2D 及 H2E 則達顯著差異。因此，檢定結果呈現出 MDS 指數、PFC'指數及 S 分數均拒絕“學生使用此電腦輔助題庫測驗系統前及使用後無顯著差異”之假設，而 GTD 指數及 PFC 指數則接受該假設，這表示四個學生在使用此電腦輔助題庫測驗系統前及使用後，MDS 指數、PFC'指數及 S 分數呈現顯著差異，而 GTD 指數及 PFC 指數則無明顯差異。這樣的結果與之前七次測驗中提及 PFC 值不穩定的情形是一致的，因為 PFC 值經常起起落落，且落差非常大，並非一個可以穩定的呈現出專家與學生的相似程度的相似性指標。

表 55 實驗前及第八次測驗(實驗後)學習成果之學生指數值及相關係數

	學生	MDS	GTD	PFC	PFC'	分數	R _M	R _G	R _P	R _{P'}
實驗前	A	0.924	-0.254	0.368	0.468	30	-0.807	0.434	0.526	0.657
	B	0.781	-0.099	0.443	0.614	37.5				
	C	0.745	0.373	0.472	0.737	35				
	D	0.726	0.165	0.577	0.737	35				
	平均	0.794	0.046	0.465	0.639	34.4				
第八次測驗	A	0.340	0.528	0.291	0.976	70	-0.558	0.794	-0.932	0.914
	B	0.147	0.373	0.391	0.917	67				
	C	0.573	0.373	0.494	0.889	60				
	D	0.410	0.513	0.220	0.988	70				
	平均	0.368	0.447	0.349	0.943	66.75				

註：R_M表 MDS 指數與評量分數之相關值，R_G, R_P 及 R_{P'}以此類推

*顯著水準 $\alpha=0.05$ ，**顯著水準 $\alpha=0.01$

表 56 假設二之檢定結果

指數	MDS	GTD	PFC	PFC'	S(分數)
假設	H2A	H2B	H2C	H2D	H2E
F 值	0.258	10.613	0.525	7.319	0.444
P(F<=f) 單尾	0.147	0.041	0.305	9.276	0.261
t 統計	4.31	-2.752	1.572	-4.451	-11.42
P(T<=t) 雙尾	0.005**	0.051	0.083	0.002**	0.00002**
結果	Reject	Accept	Accept	Reject	Reject

*顯著水準 $\alpha=0.05$ ，**顯著水準 $\alpha=0.01$

4.10 相似性指數之綜合分析

圖 18 是將試題/概念比率 (試/概比率) 化爲 0 到 1 間之值，呈現出 AVGm (四位學生 MDS 之平均值) 與試/概念比率之關係圖，由圖 18 可看出試/概比率與 AVGm 值的關係呈現正向趨勢，當試題/概念比率上升時，AVGm 值也隨之上升，當試題/概念比率下降時，AVGm 值亦呈現下降趨勢，但這種關係並非絕對，觀察測驗 6 及測驗 7 時 AVGm 與試/概比率的關係是呈相反向的趨勢。

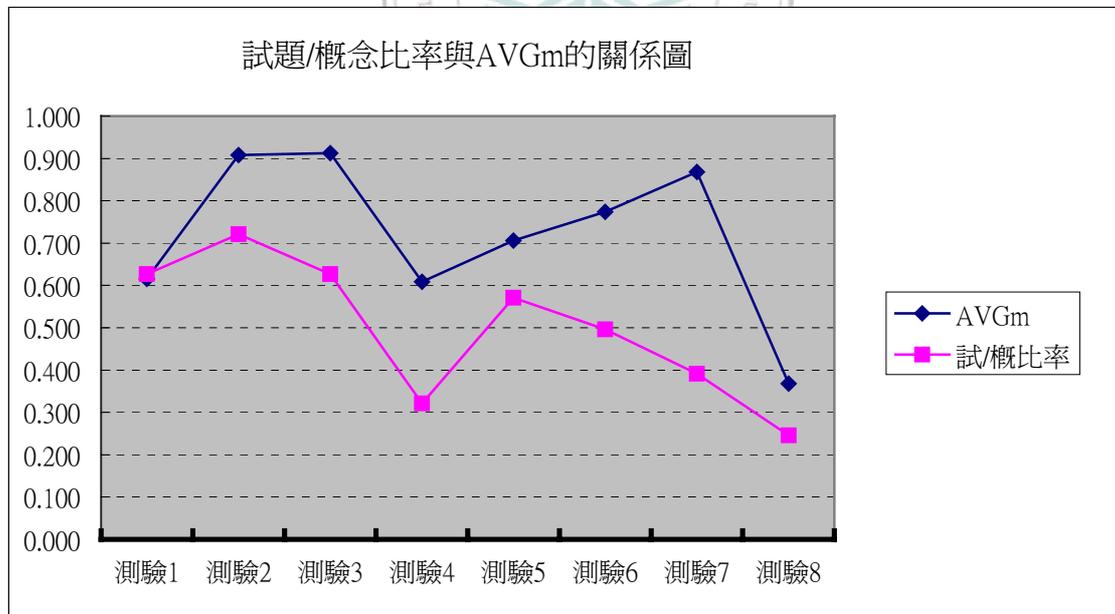


圖 18 試題/概念比率與 AVGm 的關係圖 (AVGm 表示四位學生之 MDS 平均值)

由圖 19 的試題/概念比率與 AVG_g （四位學生 GTD 之平均值）的關係圖可以看出兩者間除了測驗 5 及測驗 6 呈現反向關係之外，大部份亦呈現正向的趨勢關係。和圖 AVG_m 值和試/概比率的關係圖進行比較，兩者趨勢是一致的，只是幅度大小不同， AVG_m 值的變化幅度較大，容易隨試題/概念比率起伏而變動較大。且兩張關係圖在測驗 5 及測驗 6 時均呈現反向趨勢，與其他 6 次測驗是相反的情況。

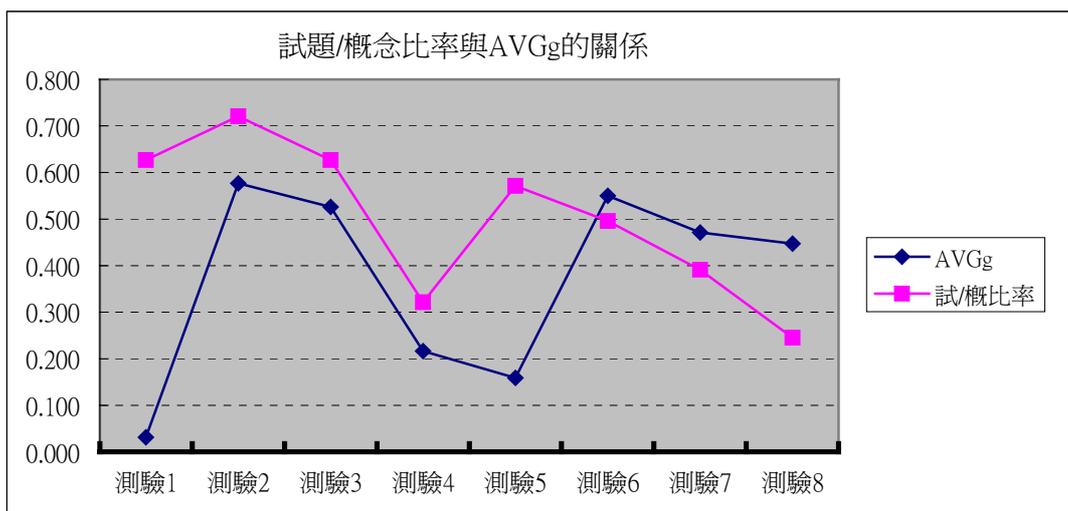


圖 19 試題/概念比率與 AVG_g 的關係圖（ AVG_g 表示四位學生之 GTD 平均值）

由圖 20 試題/概念比率與 AVG_p （四位學生 PFC 之平均值）的關係圖中可看出兩者之間大部份呈現正向趨勢，除了測驗 3、測驗 5 及測驗 6 呈向反向趨勢之外，其他 5 次測驗的族 AVG_p 值與試題/概念比率都呈現正向的趨勢。

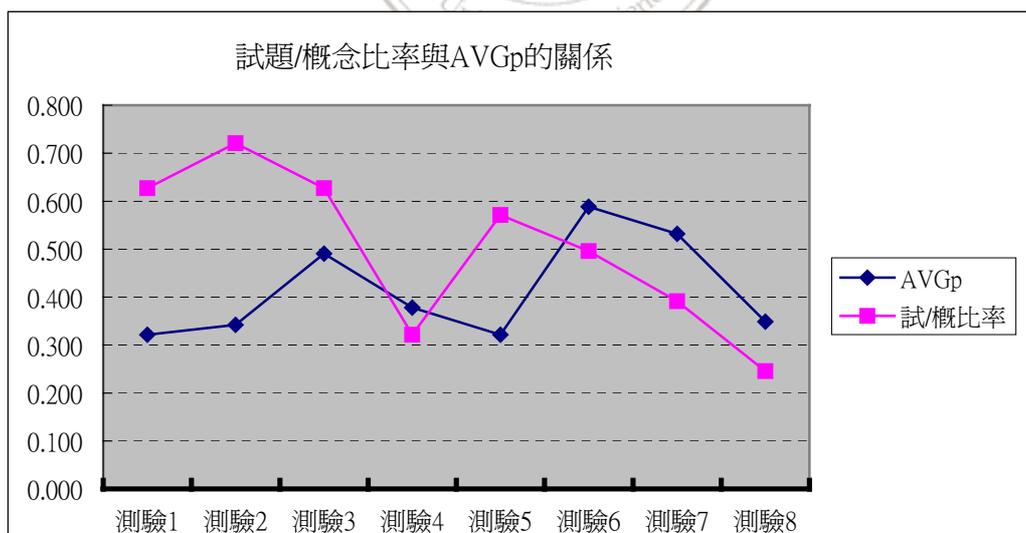


圖 20 試題/概念比率與 AVG_p 的關係圖（ AVG_p 表示四位學生之 PFC 平均值）

由圖 21 可看出，AVGp'（四位學生 PFC'之平均值）與試題/概念比率之間的關係除了測驗 5 及測驗 6 呈現反向趨勢關係之外，也是呈現正向的趨勢關係，這樣的結果與 AVGm 及 AVGg 之呈現結果是一致的，但 AVGp' 受試題/概念比率的影響較小，變化幅度相較於其他兩個指數顯得較小。

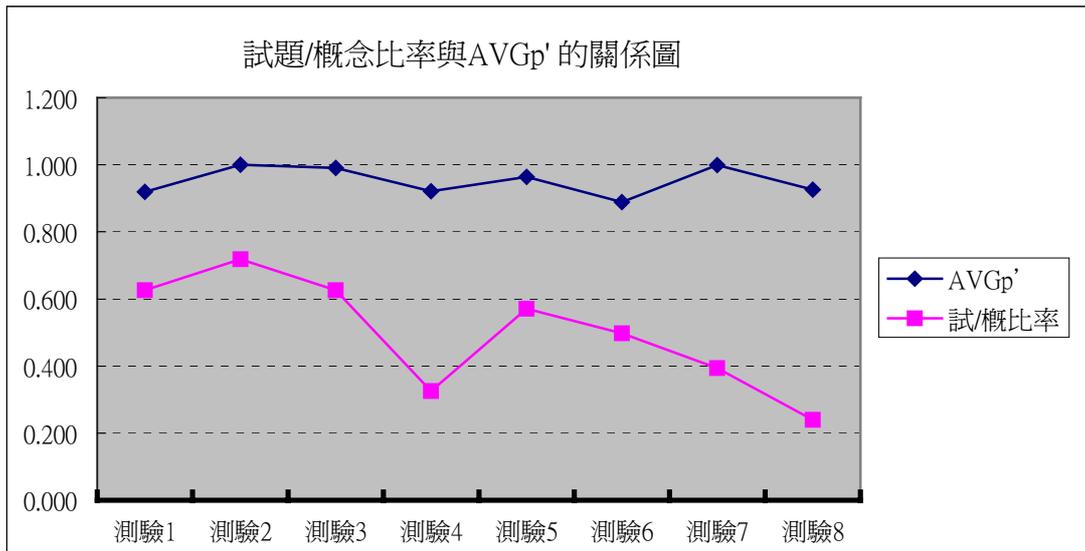


圖 21 試題/概念比率與 AVGp'的關係圖（AVGp'表示四位學生之 PFC'平均值）

綜上所述，可發現大部份的情況下，試題/概念比率較高時，學生的四種相似性指數值也會較高，尤其以 GTD 指數最為明顯。這顯示出另一個訊息，即當試卷中概念數較少時，學生的學習表現可能會較好，這可能是因為當概念數目少時學生學習上較能應付，而當試卷中的概念數增加時，學生所要負荷的概念資訊量增加，學習表現可能相對的比較差。

五、結論與建議

本研究針對高職計算機概論學科之重補修課程效率不彰之問題，希望使用更有效的評量方式，可以幫助教師了解重補修學生在學習歷程中迷思概念之形成，提昇重補修學生在自學輔導方案中的教學成效。因此，本研究將路徑蒐尋網路分析方法（Pathfinder Network Analysis）融入了線上題庫測驗系統，發展出具有分析學生知識構圖功能的線上測驗題庫系統。它結合了路徑蒐尋網路分析工具及線上題庫測驗系統兩者的優點，前者優點在於能作為教師分析學生迷思概念形成的有力工具，後者則是具有評量的效率性。

為了解此電腦輔助評量系統是否能有效的幫助教師有效地提昇重補修的效能及效率，以及了解本系統產出的兩種評量性指標，分別是相似性指標與一般的評量分數，兩者之間是否具有關連、關連程度如何等等。本研究實際進行一學期的計概重補修課程實驗，本實驗共進行 8 週，每週以 2 小時為原則，分別是教師授課 1 小時及線上測驗 1 小時，實驗過程中也會就個別學生的吸收程度而作適度的調整。以下就 8 週之研究結果進行討論並提出結論及建議。

5.1 研究結果

本節就本研究提出之假設一及假設二之檢定結果，及實驗過程中所發現的研究結果，列述如下：

5.1.1 假設檢定結果

表 57、表 58 列出假設一及假設二之檢定結果，依序說明如下。

H1：使用路徑蒐尋網路分析所得的四個相似性指標（MDS,GTD,PFC,PFC'）對學生學習表現的解釋能力達未達顯著相關

H1A：使用路徑蒐尋網路分析的 MDS 指標對學生學習表現的解釋能力未達顯著相關。

H1B：使用路徑蒐尋網路分析的 GTD 指標對學生學習表現的解釋能力未達顯著相關。

H1C：使用路徑蒐尋網路分析的 PFC 指標對學生學習表現的解釋能力未達顯著相關。

H1D：使用路徑蒐尋網路分析的 PFC' 指標對學生學習表現的解釋能力未達顯著相關。

表 57 假設一之檢定結果 (H1A 至 H1D 之相關性檢定)

指數		MDS	GTD	PFC	PFC'	分數
假設		H1A	H1B	H1C	H1D	
測驗 1	A	0.129	-0.062	0.293	0.786	20
	B	0.833	-0.227	0.155	0.964	72
	C	0.699	0.207	0.369	0.964	52
	D	0.800	0.207	0.369	0.964	60
測驗 2	A	0.917	0.738	0.381	1	72
	B	0.922	0.484	0.524	1	72
	C	0.857	0.354	0.321	1	60
	D	0.936	0.730	0.321	1	68
測驗 3	A	0.922	0.500	0.369	1	56
	B	0.887	0.500	0.369	1	60
	C	0.915	0.500	0.369	1	64
	D	0.864	0.604	0.667	0.964	52
測驗 4	A	0.710	0.277	0.190	1	76
	B	0.679	0.183	0.343	0.971	76
	C	0.675	0.231	0.482	0.857	52
	D	0.394	0.175	0.482	0.857	52
測驗 5	A	0.943	0.355	0.381	1	76
	B	0.885	0.229	0.321	1	70
	C	0.379	0	0.048	1	55
	D	0.560	0.052	0.179	0.857	35
測驗 6	A	0.844	0.640	0.650	0.867	56
	B	0.839	0.573	0.667	0.978	68
	C	0.608	0.112	0.467	0.778	52
	D	0.794	0.874	0.933	0.933	52
測驗 7	A	0.897	0.552	0.522	0.978	90
	B	0.769	0.552	0.522	0.978	75
	C	0.750	0.230	0.444	0.933	70
	D	0.869	0.552	0.522	0.978	75
測驗 8	A	0.340	0.528	0.291	0.976	70
	B	0.147	0.373	0.391	0.917	67
	C	0.573	0.373	0.494	0.889	60
	D	0.410	0.513	0.220	0.988	70
與分數的相關		0.444*	0.341	0.016	0.677**	
檢定結果		Reject	Accept	Accept	Reject	

*顯著水準 $\alpha=0.05$, **顯著水準 $\alpha=0.01$

由表 57 可看出 H1A、H1B、H1C 及 H1D 中，H1B 及 H1C 有接受該假設，即 H1B 及 H1C 未達顯著相關，H1A 及 H1D 則達顯著相關。因此，檢定結果呈現出 MDS 指數及 PFC' 指數均拒絕“學生使用路徑蒐尋網路分析所得的相似性指標對學生學習表現的解釋能力達未達顯著相關”之假設，而 GTD 指數及 PFC 指數接受該假設，這表示由路徑網路蒐尋分析所得學生之相似性指標 MDS 及 PFC' 對學生學習表現的解釋能力有顯著的解釋能力，而 GTD 指數及 PFC 指數則無顯著的解釋能力。

H2：使用此電腦輔助題庫測驗系統前後，學生之四個相似性指標值（MDS, GTD, PFC, PFC'）未達顯著性差異。

H2A：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 MDS 指數變化未達顯著差異。

H2B：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 GTD 指數變化未達顯著差異。

H2C：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 PFC 指數變化未達顯著差異。

H2D：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的 PFC' 指數變化未達顯著差異。

H2E：使用此電腦輔助題庫測驗系統前與使用後，學生的評量分數變化未達顯著差異。

表 58 假設二之檢定結果（H2A 至 H2E 之差異性檢定）

指數	MDS	GTD	PFC	PFC'	S(分數)
假設	H2A	H2B	H2C	H2D	H2E
F 值	0.102	2.584	1.339	4.632	0.169
P(F<=f) 單尾	0.046	0.228	0.408	0.120	0.089
t 統計	3.335	-3.191	0.450	-3.789	-7.639
P(T<=t) 雙尾	0.029*	0.019*	0.668	0.009**	0.000**
結果	Reject	Reject	Accept	Reject	Reject

*顯著水準 $\alpha=0.05$ ，**顯著水準 $\alpha=0.01$

由表 58 可看出 H2A、H2B、H2C、H2D 及 H2E 中，H2B 及 H2C 接受該假設，即 H2B 與 H2C 未達顯著差異，其餘的假設則達顯著差異。因此，學生在使用此電腦輔助題庫測驗系統前及使用後，其 MDS 指數、PFC'指數及 S 分數具有顯著的差異。而 GTD 指數及 PFC 指數則無明顯差異。

這樣的結果與假設 1 中所得結果相互呼應，在因此，在本研究中，GTD 指數及 PFC 指數對學生的學習能力並不具顯著的解釋能力，且 GTD 指數及 PFC 指數在使用電腦輔助題庫系統前及使用後也無明顯的差異。

5.1.2 其他研究發現

1. 以試題反應作為路徑蒐尋網路分析法之輸入資料所存在的限制

由試題概念矩陣所轉換計算出的歐基里德距離矩陣，其權重觀念也迥異於原始的概念距離矩陣，在原始概念距離矩陣中，其權重值乃由專家或學生依其所認定的關係強弱給定權重，因此，概念（節點）間的權重所代表的意義是兩個概念之關係的強弱。而歐基里德距離矩陣中，節點（概念）間權重的計算方式是取兩兩節點（概念）其答對的試題對應數目取其歐基里德距離所得，因此，其權重大小並非代表兩概念（節點）間的關係強弱，進一步來說，甚至以此歐基里德距離矩陣所繪製出的概念構圖，也不能表示出概念間的關係強弱。但是，雖然其概念間的權重關係並不如原始概念矩陣一般能揭示出概念間的關係強弱，使用來進行兩個矩陣之相似度比較仍是可行的。

2. GTD 指數與 PFC 指數之使用限制：

本研究在實驗過程發現，GTD 指數及 PFC 指數在某些情況下會產生負值，或與評量分數差距甚大的結果，例如在測驗 1、測驗 3 及測驗 4 時都有這種情況產生。追究其原因是因為 GTD 及 PFC 指數是由參數 $r=1$ ， $q=n-1$ 而產生的 PFNETs 為輸入計算而得。當 PFNET 當設參數 q 為 $n-1$ 時，會被簡化成最小成本網路（Minimum Cost Network; MCN），此最小成本網路的權重是比較兩節點間直接鏈長度與間接鏈權重，若間接鏈權重比直接鏈結小，則刪去該直接鏈。設參數 $r=\infty$ 則是當取間接鍊權重時是取路徑中權重最大的連結之權重，並非取總和。因此，兩個參數設定後所配合產生的 PFNETs 會經過簡化，而由專家與學生的知識網路圖可能經過的簡化程度並不同，因此有可能產生學生與專家的 PFNETs 愈相悖離的結果，GTD 值及 PFC 值就也就有可能產生不準確的情形。此外，雖然 GTD 指數與 PFC 指數同樣以被簡化後

MCN 矩陣為輸入，同樣可能產生不準確性的情形，但不一定是同時產生，這是因為兩者的計算方式並不同，因此，反應出的程度亦不同，基本上若學生與專家的 MCN 矩陣經簡化的程度差異愈大的話，PFC 指數的不準確性反應會更甚於 GTD 指數的反應。

3. MDS 指數之使用限制：

本研究在實驗過程中也發現 MDS 指數在受測者錯誤的題目集中或分散程度較極端的情形下，會產生較不準確的情形。舉例而言，A 學生與 B 學一樣錯了 12 題，但 A 學生是集中對在某些概念，這些概念是呈現幾乎全部答對的情況；而 B 學生則每個概念都有答錯，答錯的情況較為分散；在這種情況下，A 學生的 MDS 指數值會比 B 學生的 MDS 指數值為較高，表 59 舉一例說明這種情形，X 學生與 Y 學生一樣錯了 12 題，只是錯誤題目的分佈情形不同，X 學生是集中錯某些概念，集中對某些概念；而 Y 學生答錯的題目則分散於各概念中，最後 X 學生所得的 MDS 指數值為 0.95，而 Y 學生所得的 MDS 指數值為 0.68，兩者在分數相同的情況下 MDS 指數卻有 0.27 的差距。不過，相較於 GTD 及 PFC，MDS 指數發生不準確的情況較少，其不準確程度也較小。

4. PFC'指數之使用限制

由於 GTD 及 PFC 會有輸入矩陣被簡化後失真而不準確的情形，因此，本研究採用了一個新的指數值 PFC'，但 PFC' 亦有其使用上的限制，由於計算 PFC' 值的輸入值是沒有經過簡化的知識網路圖，因此，在兩鄰兩概念節點學生只要有答對 1 題的情況下，這兩個概念的連結即會存在，而不論這兩個概念共有幾題題目對應，因此，只要這種情況成立，學生即使分數很低，但每個概念都有答對 1 題以上的話，就會產生學生的 PFNETs 與專家的 PFNETs 完全相同或相似程度很高的情況，這種情形在第二次測驗及第三次測驗時均發生過，4.3.5 小節有完整的說明。

5. 試題/概念比率變化對四種指數的影響

本研究在實驗過程中發現，在大部份的情況下，試題/概念比率較高時，學生的四種相似性指數值也會較高，尤其以 GTD 指數最為明顯。這顯示出另一個訊息，即當試卷中概念數較少時，學生的學習表現可能會較好，這可能是因為當概念數目少時學生學習上較能應付，而當試卷中的概念數增加時，學生所要負荷的概念資訊量增加，學習表現可能相對的比較差。

表 59 MDS 指數可能產生不準確之舉例

對象	X 學生	Y 學生	專家
試題概念矩陣	00000000	10000000	10000000
	00000000	01000000	01000000
	00000000	10000000	10000000
	00100000	00100000	00100000
	00000000	00000000	00010000
	00000000	00010000	00010000
	00000000	00001000	00001000
	00000000	00000000	00100000
	00000000	00000000	00100000
	00100000	00000000	00100000
	00100000	00000000	00100000
	00100000	00100000	00100000
	00100000	00000000	00100000
	00000000	00001000	00001000
	00000000	00000000	00000100
	00000100	00000000	00000100
	00000100	00000100	00000100
	00000000	00000010	00000010
	00000100	00000100	00000100
	00000100	00000000	00000100
	00000000	00000000	00000001
	00000001	00000000	00000001
	00000001	00000000	00000001
	00000001	00000001	00000001
00000001	00000001	00000001	
MDS 值	0.95	0.68	-

5.2 結論

根據上述的研究結果可以歸納出下列幾點結論，茲分述如下：

- 一、四個相似性指數 MDS、GTD、PFC 及 PFC' 中，MDS 及 PFC' 指數對學生的學習成果有顯著解釋能力，其中解釋能力最高者為 PFC' 指數，其次為 MDS 指數，GTD 指數及 PFC 指數則對學生的學習成果無顯著的解釋能力
- 二、以 MDS 指數及 PFC' 指數及評量分數為衡量學生使用本研究所發展出來之電腦輔助題庫測驗系統後的學習成果，與使用前之學習成果有顯著的差異，若以解釋能力最高的 PFC' 指數及評量分數來進一步觀察使用前及使用後的學習成果，則可發現四位學生在使用此系統後，學習成果均有顯著的提升。
- 三、以測驗卷方式進行之考試，由於並非是由專家及學生給定概念間的距離，因此，若要使用路徑網路分析法進行分析，則無法獲取原始概念距離矩陣，但可由所獲得之試題反應，作為路徑蒐尋網路分析法之輸入資料，產生的歐基里德距離矩陣進行後續的路徑蒐尋網路分析。
- 四、以試題反應作為路徑蒐尋網路分析法之輸入資料所產生的歐基里德距離矩陣，與由原始概念距離矩陣所轉換出的歐基里德距離矩陣，其知識結果圖權重的意義解讀不同。在原始概念距離矩陣中，其權重值乃由專家或學生依其所認定的關係強弱給定權重，因此，概念（節點）間的權重所代表的意義是兩個概念之關係的強弱。而歐基里德距離矩陣中，節點（概念）間權重的計算方式是取兩兩節點（概念）其答對的試題對應數目取其歐基里德距離所得，因此，其權重大小並非代表兩概念（節點）間的關係強弱，進一步來說，甚至以此歐基里德距離矩陣所繪製出的概念構圖，也不能表示出概念間的關係強弱。但是，雖然其概念間的權重關係並不如原始概念矩陣一般能揭示出概念間的關係強弱，使用來進行兩個矩陣之相似度比較仍是可行的。
- 五、四個相似性指標 MDS、GTD、PFC 及 PFC' 各自有其限制及缺點，茲整理如下：
 - (1) MDS 指標：MDS 指標在受測者錯誤的題目集中或分散程度較極端的情形下，會產生較不準確的情形。

- (2) GTD 指標：當專家與學生的知識網路圖經過的簡化程度並不同時，可能產生學生與專家的 PFNETs 愈相悖離的結果 GTD 值也就有可能產生不準確的情形。
- (3) PFC 指標：同 GTD，但學生與專家的 MCN 矩陣經簡化的程度差異愈大的話，PFC 指數的不準確性反應會更甚於 GTD 指數的反應。
- (4) PFC' 指標：由於計算 PFC' 值的輸入值是沒有經過簡化的知識網路圖，因此，在兩鄰兩概念節點學生只要有答對 1 題的情況下，這兩個概念的連結即會存在，而不論這兩個概念共有幾題題目對應，因此，只要這種情況成立，學生即使分數很低，但每個概念都有答對 1 題以上的話，就會產生學生的 PFNETs 與專家的 PFNETs 完全相同或相似程度很高的情況。

六、當試卷中的概念數目增加時，學生的學習表現相對的也可能會比較差。這可能是因為當概念數目少時學生學習上較能應付，而當試卷中的概念數增加時，學生所要負荷的概念資訊量增加，學習表現可能相對的比較差。

5.3 後續研究建議

根據本研究上述之結論，提出下列幾項建議：

一、對後續系統之發展及應用建議

1. 此電腦輔助題庫測驗系統雖然只針對計算機概論科目上學期課程內容，題型則限制為選擇題，建議後續系統發展可延伸至不同科目及更多題型的加入。
2. 此電腦輔助題庫測驗系統乃針對計算機概念重補修課程之使用而設計，除如上述可延伸至不同科目及不同題型之外，建議後續可再發展應用為一般教學課程之輔助評量工具，或可應用為企業之教育訓練輔助評量工具。

二、對研究者之建議

1. 由於四個指數各自有其優缺點及適用狀況，MDS 指標在學生錯誤題目集中某區域時與錯誤題目較均勻分散時會有不同的反應，後者值可能會比前者偏低；GTD 值及 PFC 值可能因專家及學生的知識網路圖簡化程度不同而產生不準確甚至是負值情況；PFC'值則較為穩定，但由於計算 PFC'值所採圖形是以原始歐里基德距離矩陣為輸入，因此有時 PFC'值會偏高甚至導致無法判別專家與學生圖形異同的情況。因此建議後續研究者可以發展其他較穩定的新指標。
2. 由於該學期重補修人數為四人，因此研究實驗樣本較少，建議後續研究者可提高樣本數進行研究。
3. 由試題概念矩陣所形成之試題概念圖，可以表達不同圖形間的相似程度，但不能表達概念與概念間的關係是否真的存在及強度關係，建議後續研究者可以針對此部份研究解決方式，例如在題庫系統加入概念權重的元素等。



參考文獻

一、 英文部份

1. Ager, T. (1993). Online placement testing in mathematics and chemistry. Journal and Computer-Based Instruction, 20(2), p52-57
2. Airasian, P. W.(1996). Assessment in the Classroom. New York: McGraw-Hall.
3. Anderson J. R. (1983). The architecture of cognition. Cambridge, MA: Harvard University Press.
4. Asusbel. D. P. , (1963). The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton.
5. Asusbel. D. P. , (1968a), The psychology of meaningful verbal learning, New York: Grune & Stratton.
6. Asusbel. D. P. , (1968b), Educational Psychology : A cognitive view, New York: Holt, Rinehart & Winston.
7. Asusbel, D. P., Novak J. D., and Hanesian. H., (1978). Educational psychology: A cognitive view. 2nd edition. New York: Holt, Rinehart, and Winston.
8. Ault, C. R. (1985). Concept mapping as a study strategy in earth science. Journal of College Science Teaching, 13, 117-121.
9. Bajo, M. T., and Canas, J. J., (1992). Knowledge organization and memory retrieval. Paper presented at the fifth conference and European Society for Cognitive Psychology, Paris, France.
10. Beyerbach, B. A. (1988). Developing a technical vocabulary on teacher planning : Persevere teachers' concept maps. Teaching and Teacher Education, 4, 339-347.
11. Beyerbach, B. A., & Smith J. M.(1990). Using a computerized concept mapping program to assess persevere teachers'thinking about effective teaching. Journal of Research in Science Teaching, 27(10), 961-971.
12. Bloom, B. S., Enghart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H.,& Krathwohl, D. R.

- (1956). Taxonomy of Educational Objectives Handbook I: Cognitive Domain. New York: Mckay.
13. Booth,, J. A.G. (1983). Computerization of trade examinations: A feasibility study (Tech. Rep. No. B831). Ottawa: Canada Employment and Immigration Commission, Training Branch.
 14. Brunner, J. S. , Goodnow, J. J. , & Austin, G. A. (1996). A study of thinking. New York: John Wiley and Son.
 15. Clibrun, J. W., (1987). How to do it. Helping students understand physiological interactions: A concept Mapping Activity. The American Biology Teacher, 49, 426-427.
 16. Chase, C.I. (1999). Contemporary Assessment for Educations. New York: Longman.
 17. Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval time from semantic memory, Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 8, 240-248
 18. Collins, A. M., & Loftus, E. F.(1975). A spreading activation theory of semantic processing. Psychological Review, 82, 407-428
 19. Collins, L. M. (1987). Deriving sociograms via asymmetric multidimensional scaling. In F. W. Young & R. M. Hamer (Eds.), Multidimensional scaling: History, theory, and applications p179-196. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
 20. Cook, N. M., Durso, F. T., and Schvaneveldt, R. W., 1986, "Recall and measures of memory organization", Journal of Experimental: Learning, Memory and Cognition, no.12, pp.227-233.
 21. Cunningham, G. K. (1998). Assessment in the Classroom: Constructing and Interpreting Texts. London: Falmer Press.
 22. Dearholt D. W., Schvaneveldt R. W. & Durso, F. T. (1990) Properties of Pathfinder Networks base on Proximities. Memorandum in Computer and Cognitive Science, MCCS-85-14, Computing Research Laboratory, New Mexico State University.

23. Driver R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.) (1985). Children's Ideas in Science. Milton Keynes : Open University Press.
24. Driver, R. & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. Studies in Science Education, 13, 105-122.
25. Fosnot, C. T. (1989). Enquiring Teachers, Enquiring Learners: A Constructivist Approach for Teaching. New York: Teachers College Press.
26. Gazda, G. M., & Mobley, J. A. (1981). IDSCAL multidimensional scaling. Journal of Group Psychotherapy Psychodrama, & Sociometry, 34, 54-73.
27. Glaser, R. (1962). Psychology and instructional technology. In R. Glaser(Ed.), Training, research and education. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
28. Goldsmith T. E. & Davenport D. M. (1990), Assessing Structural Similarity of Graphs. Schvaneveldt (Ed.), Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization. Norwood, NJ: Ablex.
29. Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., and Acton, W. H., 1991, Assessing structural knowledge, Journal of Educational Psychology, 83(1), 88-96.
30. Gomez, R. L., Housner, L. D., 1992, Pedagogical knowledge structures in prospective teachers, Paper present ed at the annual meeting of the Psychonomic Society, Philadelphia, PA.
31. Gonzalvo, P., Canas, J.J., & Bajo, Maria-Teresa, 1994, Structural Representations in Knowledge Acquisition, Journal of Educational Psychology, vol.86, no.4, pp.88-96.
32. Gredler, M. G. (1999). Classroom Assessment and Learning. New York: Longman.
33. Harrow, A. J. (1972). A Taxonomy of Psychomotor Domain. New York: Mckay.
34. Hopkins, K. D. (1998). Educational and Psychological Measurement and Evaluation. Boston: Allyn and Bacon.
35. Johnson-Laird, P. N. (1983). Mental Model. Campridge, England: Cambridge

University, Press

36. Johnson, P. J., Goldsmith, T. E., & Teague, K. W. (1994). Locus of the Predictive Advantage in Pathfinder-Based Representations of Classroom Knowledge. Journal of Educational Psychology, 86(4), 617-626.
37. Jonassen, D. H. (1991). Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? Educational Technology Research and Development, 39(3), 5-14.
38. Jonassen, D.H., Beissner, K., and Yacci, M., (1993). Structural knowledge: Techniques for representing conveying, and acquiring structural knowledge, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.
39. Kinnear, J. (1994). What science education really says about communication of science concepts. Proceeding of the annual Meeting of the International Communication Association. (ERIC Document Reproduction Service No.ED372-455)
40. Koubek, R. J. & Mountjoy, D. N. (1991). Toward a model of knowledge structure and a comparative analysis of knowledge structure measurement techniques. (ERIC Document Reproduction Service No. ED339 719)
41. Krathwohl, D. R., Bloom, B. S., & Masian, B. B. (1964). Taxonomy of Educational Objectives. Handbook II: Affective Domain. New York: McKay.
42. Linn, R. L. & Gronlund, N. E. (1995). Measurement and Assessment in Teaching. New Jersey: Prentice-Hall.
43. Lippey, G. (1974). Overview. In G. Lippey(ED.), Computer assisted test construction. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications, p1-28
44. Malone, J. & Dekker, J. (1984). The concept map as an aid to information in science and mathematics. School Science and Mathematics, 84, 220-231.
45. Mandler, R. A. (1983). Stories: The Function of Structure. Proceeding of the Annual Convention of the American Psychological Association 91st , Anaheim, CA, August, 26-30.

46. Markham, K. M., Mintzes, J. J., & Jones, M. G. (1994). The concept as a research and evaluation tool: Further evidence of validity. Journal of Research in Science Teaching, 31, 91-101.
47. Mayer, R. E.(1987). Educational psychology: A cognitive approach. New York: Harper Collins.
48. Mazzeo, J., & Harvey, A. L.(1988). The equivalence of scores from automated and conventional education and psychological test, New York: College Entrance Examination Board.
49. Mead, R.J. (1981). Basic ideas in item banking. Proceeding of the annual meeting of the National Council on Measurement in Education, Los Angeles(ED208029)
50. Millman, J. & Arter,J. A.(1984) Issue in banking. Journal of Educational Measurement, 21(4), p315-330.
51. Novak J. D. (1980a). Progress in application of learning theory. Theory in Practice, 19, 58-65.
52. Novak J. D. (1981a). Applying learning psychology and philosophy of science to biology teaching. The American Biology Teacher, 43, 12-20.
53. Novak, J. D., & Gowin, D.B., & Johansen, G. T.(1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. Science Education, 67, 625-645.
54. Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. Cambridge, London: Cambridge University Press.
55. Novak, J. D. (1988). Learning science and the science of learning. Studies in Science Educations. 15, 77-101.
56. Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. American Educational Research Journal, 28, 117-153
57. Pella, M. D. (1966). Concept learning in science. The Science Teacher, 33(1),

31-34

58. Popham, W. J. (1995). Classroom Assessment: What Teachers Need to Know. Boston: Allyn and Bacon.
59. Robinson, A. H. (1982). Early thematic mapping in the history of cartography. Chicago: University of Chicago Press
60. Ruiz-Primo, M. A., Baxter, G. P. & Shavelson, R. J. (1993). On the stability of performance assessments. Journal of Educational Measurement, 30(1), 41-53.
61. Schmid, R. F., & Telaro, G. (1990). Concept mapping as an instructional strategy for high school biology. Journal of Education Research, 84, 78-85.
62. Schvaneveldt, R. W., Durso, F. T., 1981, General semantic networks, Proceeding of the annual meeting of the Psychonomic Society, Philadelphia, PA.
63. Schvaneveldt, R. W., Durso, F. T., Goldsmith, T. E., Bree, T. B., Cooke, N. M., and De Maio, J. C., 1985, "Measuring the structure of expertise", International Journal of Man-Machine Studies, no.23, pp.699-728.
64. Schvaneveldt, R. W. (1990a). Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization. Norwood, NJ: Ablex.
65. Schvaneveldt, R. W. (1990b). Proximities, networks, and schemata. In R. W. Schvaneveldt (Ed.), Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization. Norwood, NJ: Ablex.
66. Solso, R. L. (1995). Cognitive psychology(4th ed.) Boston: Allyn & Bacon.
67. Steven, S. S. (1951). Mathematics, measurement, and psychophysics. In S. S. Stevens(Ed.), Handbook of experimental psychology. New York: Wiley.
68. Stewart, J., Van Kirk, J., & Rowell, R. (1979). Concept maps. A tool for use in biology teaching. The American Biology Teacher. 41, 171-175.
69. Worthen, B. R., White, K. R., & Sudweeks, R. R. (1999). Measurement and Assessment in Schools. New York: Longman.

70. von Glaserfeld, E.(1990). An exposition of constructivism: why some like it radical In R. B. Davis, C. A. Maher, & N. Noddings (Eds.), Constructivist Views on the Teaching and learning of Mathematics. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics



二、 中文部份

1. Thomas H. Davenport & Laurence Prusak 著，working knowledge 胡瑋珊譯，1999，知識管理，中國生產力中心。
2. 王文中、呂金燮、吳毓瑩、張郁雯、張淑慧，1999，教育測驗與評量：教室學習觀點。台北市：五南圖書出版公司
3. 朱湘吉，1992，新觀念、新挑戰—建構主義的教學系統，教學科技與媒體，第 2 期，p15-20。
4. 江淑卿，1997，知識結構的重要特性之分析暨促進知識結構教學策略之實驗研究，國立臺灣師範大學，博士論文。
5. 江淑卿、郭生玉，1997，不同學習過程的概念構圖策略對促進知識結構專家化與理解能力之效果研究。師大學報（教育類），42 期，p1-16。
6. 李坤崇，1999，多元化教學評量，台北市，心理出版社
7. 李連順，2000，國中生活科技線上測驗系統發展研究。國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士學位論文。
8. 吳裕益，1991，測驗分析軟體簡介。台南師院測驗發展中心編，題庫專輯。
9. 余民寧，1996，教育測驗與評量：成就測驗與教學評量。台北市：心理出版社
10. 余民寧，1997，有意義的學習—概念構圖之研究，牛頓出版股份有限公司，台北。
11. 余民寧、林曉芳、蔡佳燕，2001，國小學生數學知識結構認知診斷評量之研究，國立政治大學「教育與心理研究」，24 期，p263-p302。
12. 何榮桂，1990，電腦輔助教學系統中之測驗設計。教育部中等教育司：中等教育，41 卷 2 期，p29-34
13. 何榮桂、郭再興，1997，網路適性測驗系統。第六屆國際電腦輔助教學研究會論文集，p186-196
14. 何榮桂、陳麗如，1998，電腦化適性測驗題庫之品質管理策略。國家科學委員會研究彙刊，9 卷 4 期，p630-652

15. 邱龍斌，2002，線上體育多媒體評量系統之研究與開發(以國中課程排球基本動作為例)，國立體育學院教練研究所，碩士論文
16. 林清山，1984，多向度量尺法（MDS）的理論及統計方法。測驗年刊，33期，p109-204。
17. 林清山，1991，教育心理學：認知取向，台北市，遠流出版社
18. 林裕集，2001，適用於電腦教室之網路測驗系統：以國小英語科為例。台中師範學院測驗統計研究所碩士論文。
19. 林義益，2002，遠距測驗中階層式迷思概念診斷方法之研究，中原大學資訊工程系，碩士論文。
20. 林曉芳、余民寧，2001，國中生在數學代數概念學習之評量研究—以二元一次方程式為例。國立政治大學「教育與心理研究」，24期，p303-326。
21. 郭生玉，1990，心理與教育測驗。台北縣：精華書局
22. 耿筱曾，1997，為什麼概念構圖是一種有效的策略。科學教育研究發展，9期，p76-79。
23. 張春興，1994，教育心理學—三化取向的理論與實踐，台北市：東華書局。
24. 張春興，1995，教育心理學，東華書局，p209-150, p408-422
25. 侯好青，2001，智慧型題庫模型建構之探討。彰化師範大學商業教育學系碩士論文。
26. 陳啓明，1991，發展紙筆測驗以探究高一學生對直流電路的迷思概念。國立彰化大學科學教育研究所碩士論文。
27. 陳英豪、吳裕益，1992，測驗與評量。高雄市：復文圖書出版社。
28. 陳淑芬，1997，概念構圖式學習系統，國立台灣師範大學資訊教育研究所碩士論文。
29. 楊明宗，2001，數學試題分析模式的建制-以「九十學年度四技二專入學測驗」商業類「數學科」試題為例。國立台中師範學院教育測驗統計研究所碩士論文。

30. 黃光雄，1982，教學目標與評鑑。高雄市：復文書局。
31. 黃俊英，1984，集群分析及其應用。企銀季刊，8(1)，p15-25。
32. 黃泮翔、江新合，2002，高中學生物理學科知識結構評量之研究，中等教育，53 卷，2 期，p52-65。
33. 葉重新，1992，心理測驗。台北市：三民書局
34. 葉連祺，1999，多向度量尺法（MDS）應用於社會計量分析之研究，國立政治大學「教育與心理研究」，22 期，p15-40。
35. 葉倩亨，2001，路徑蒐尋網路分析應用於大一心理學學習效果評量之研究，國立政治大學教育「教育與心理研究」，24 期，p421-446。
36. 楊銀興，2001，傳統評量與新式評量之比較及國小教師對實施新式評量相關問題覺知，國立台灣師範大學教育研究所論文
37. 塗振祥，2001，路徑蒐尋網路分析在教學評量上的應用—以國小六年級學童在天文概念上的學習為例。國立政治大學「教育與心理研究」，24 期，p367-392。
38. 熊召弟、王美芬、段曉林、熊同鑫譯，1996，科學學習心理學。心理出版社。
39. 鄭如琳，2000，國小教師實施「探究—建構教學模式」之行動研究---從「磁」的概念談起。國立台北師範學院課程與教學研究所碩士論文。
40. 賴保禎，1996，心理與教育測驗。台北縣：國立空中大學。
41. 簡茂發，1991，心理測驗與統計法。台北市：心理出版社。
42. 蕭嘉琳，2001，互動式概念關係建立輔助系統在學習診斷之應用，國立暨南國際大學資訊管理研究所，碩士論文。
43. 謝金龍，1995，從「迷思概念」到「另有架構」的概念改變。科學教育月刊（師大），180 期，p23-29。
44. 蘇育任（1993）：「兒童的科學」研究之沿革與其對國小自然科教學之啓示。台中師範學院初等教育研究集刊，1 期，p91-104

45. 職業學校試辦學年學分制實施要點，1998，教育部台(87)技(四)87036818號修正。

三、 網頁部分

1. 陳忠志，1999，電腦輔助教學設計模式。
<http://www.edu.tw/information/docs/caitech/ch03.htm>



附錄一、試題概念說明表

概念代號	概念名稱	概念說明
1	計算機的意義及分類	依處理速度及容量來區分、依處理的資料型態來區分及依用途來區分。
1.1	通用及特殊用計算機	通用及特殊用計算機
1.2	數位、類比及混合計算機	數位、類比及混合計算機
1.3	依容量及速度分類	依容量及速度分類
2	資料處理的意義及型態	了解資料處理的涵義，何謂資料及資訊，資料處理的方式有那些，GIGO 是什麼。
2.1	資料處理的意義	了解資料處理的涵義，何謂資料及資訊，GIGO 是什麼。
2.2	資料處理的型態	資料處理的方式有那些，如批次處理，即時處理，連線處理，分時系統等等
3	電腦的相關應用	生活周遭使用電腦的應用實例、如軍事上的應用、交通上的應用、教育上的應用、職業上的應用...等。
4	計算機發展過程及未來趨勢	了解計算機的發展歷史及特性，是由真空管時期→電晶體時期→積體電路時期→超大型積體電路時期→人工智慧時期，各時期之計算機發展、速度發展、程式語言等發展。
5	硬體的五大單元	了解硬體五大部門之運作。
5.1	中央處理單元	CPU 的定義及相關概念。
5.2	週邊設備	了解輸出／入部門的所負責的工作，那些是輸入設備及輸出設備。
5.3	記憶單元	記憶部門分成內部記憶體及外部記憶體，要能了解記憶單元所負責的工作，及內部外部記憶體在速度、價格及容量上的比較。
5.4	匯流排的運作	匯流排的運作及功用。
6	軟體的定義及分類	何謂軟體及系統軟體與應用軟體之間的分別。
6.1	系統軟體	了解常見的系統軟體有那些及功能為何。
6.2	應用軟體	了解常見的應用軟體有那些及功能為何。
6.3	作業系統概念	了解作業系統的功能及分類。

概念代號	概念名稱	概念說明
6.4	windows 的操作	了解 windows 的基本操作。
6.5	虛擬記憶體技術及目的	虛擬記憶體技術及目的。
7	資料表示法	資料表示法的目的及意義。
7.1	進制的轉換	如何在 10 進制、2 進制、8 進制及 16 進制間轉換。
7.1.1	10 進制轉 N 進制	10 進制轉 N 進制
7.1.2	N 進制轉 10 進制	N 進制轉 10 進制
7.1.3	2,8,16 進制的轉換	2,8,16 進制之間的轉換
7.2	補數的意義、轉換及運算	補數的意義、轉換方法及運算。
7.3	字串內碼表示法	常見的內碼表示方法及其目的。
7.4	中文碼	中文輸入碼、內碼、交換碼。
7.5	ASCII 及同位檢查碼	了解 ASCII 碼編碼方式，同位檢查碼方式。
8	電腦常用的計量單位	電腦常用的計量單位。
8.1	電腦的速度	電腦的速度單位介紹。
8.2	電腦的容量	電腦的容量單位介紹。
9	電腦病毒	電腦病毒的概念。
9.1	病毒來源、預防與中毒特徵	病毒來源、預防與中毒特徵。
9.2	病毒種類	病毒的分類。
10	程式語言	程式語言的分類、語言翻譯程式及其優缺點比較。
11	常見的名詞解釋及電腦常識	常見的名詞解釋及電腦常識。
11.1	智慧財產權及職業道德	智慧財產權及職業道德。
11.2	綠色電腦	綠色電腦。
11.3	電腦與週邊設備的維護	電腦與週邊設備的維護。
11.4	其他	其他。

附錄二、計算機概論 I 課程標準

(教育部台(87)技(三)字第 87111086 號)

壹、教學目標

- 一、導引習得電腦科技的概念與知識。
- 二、訓練習得電腦硬體與軟體操作的基本能力。
- 三、奠定進一步學習電腦科技的基礎。

貳、時間分配

學分數：2-3 上課週數：18 每週授課節數：2-3

參、教材大綱

單元主題	內 容 綱 要	教學參 考節數	備 註
一、電腦科技與職業生活	(一)在個人方面的應用。 (二)在家庭方面的應用。 (三)在學校方面的應用。 (四)在社會方面的應用。 (五)在職業生活方面的應用。	4-6	
二、電腦硬體知識	(一)電腦的發展簡史。 (二)電腦的架構與連接。 (三)電腦的操作與保養。 (四)電腦的需求評估。 (五)其他相關知識。	6-9	
三、電腦作業系統	(一)作業系統的功能。 (二)作業系統的類型。 (三)作業系統實例。 (四)其他相關知識。	10-15	

單元主題	內容綱要	教學參考節數	備註
四、應用軟體的實作	(一)文書處理。 (二)電子試算表。 (三)簡報。 (四)電腦繪圖。 (五)電腦音樂。 (六)其他相關知識。	16-24	選擇二至三項軟體介紹並上機實作。

肆、教學注意事項

一、教材編選之要領

(一)各單元編撰要領

1. 「電腦科技與職業生活」請銜接國民中學電腦課程之基礎。
2. 「電腦硬體知識」請介紹最新機種之電腦。
3. 「電腦作業系統」請介紹典型而實用之軟體概念。
4. 「應用軟體的實作」請介紹流通較普及之應用軟體。

(二)教科書請依教學參考節數編寫成全冊，供一學期使用。

(三)教材內容避免抽象而難懂，文字力求平易近人，易於理解，第一次使用之專有名詞應附原文，附錄陳列專有名詞之中英文索引。

(四)建議整本教材附例題磁片，或製成光碟片供師生參考。

(五)教科書應編輯教師手冊，內容包含學習目標，教材摘要與節數、參考資料、教學方法、教學活動舉例、習題解答、教學媒體使用說明等，以提供教學參考。

二、教具及有關教學設備

(一)教學活動應兼顧理論講授與實作，並安排學生進行雜誌選讀與參觀活動。

(二)教學宜將日常生活實例融於理論講授及學生的實作練習。

(三)教學應考量電腦科技的發展現況與未來趨勢，並配合現有教學資源、學生的能力、興趣與需求做適切之安排。

(四)教學應導引學生認識電腦科技的整體概念。

(五)教學宜引導學生將所學的基本知能運用於其他學科之學習。

- (六)教學宜使用適當教具及教學媒體，以提高學生之學習興趣與學習效果。
- (七)各單元之教學節數可視實際教學情況酌予調整。
- (八)教學應考慮學生的個別差異。
- (九)電腦硬體設備應依相關規定設置。
- (十)電腦教室應使用合法軟體。
- (十一)電腦教室應裝置空調、除濕、穩壓等設備。
- (十二)電腦教室宜有教學媒體設備，如投影機、投影板、錄放影機、網路或教學廣播系統等。

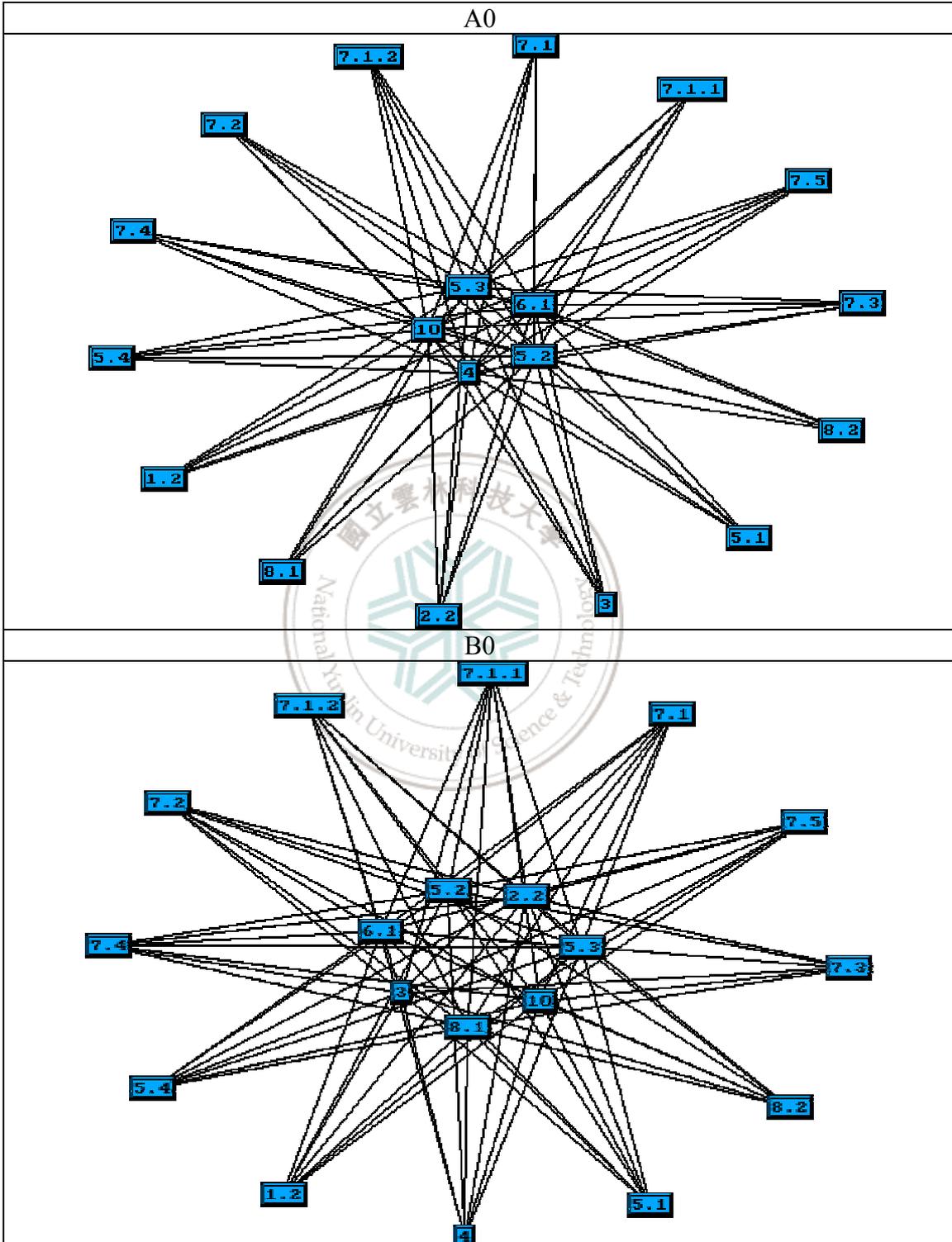
三、教學評量

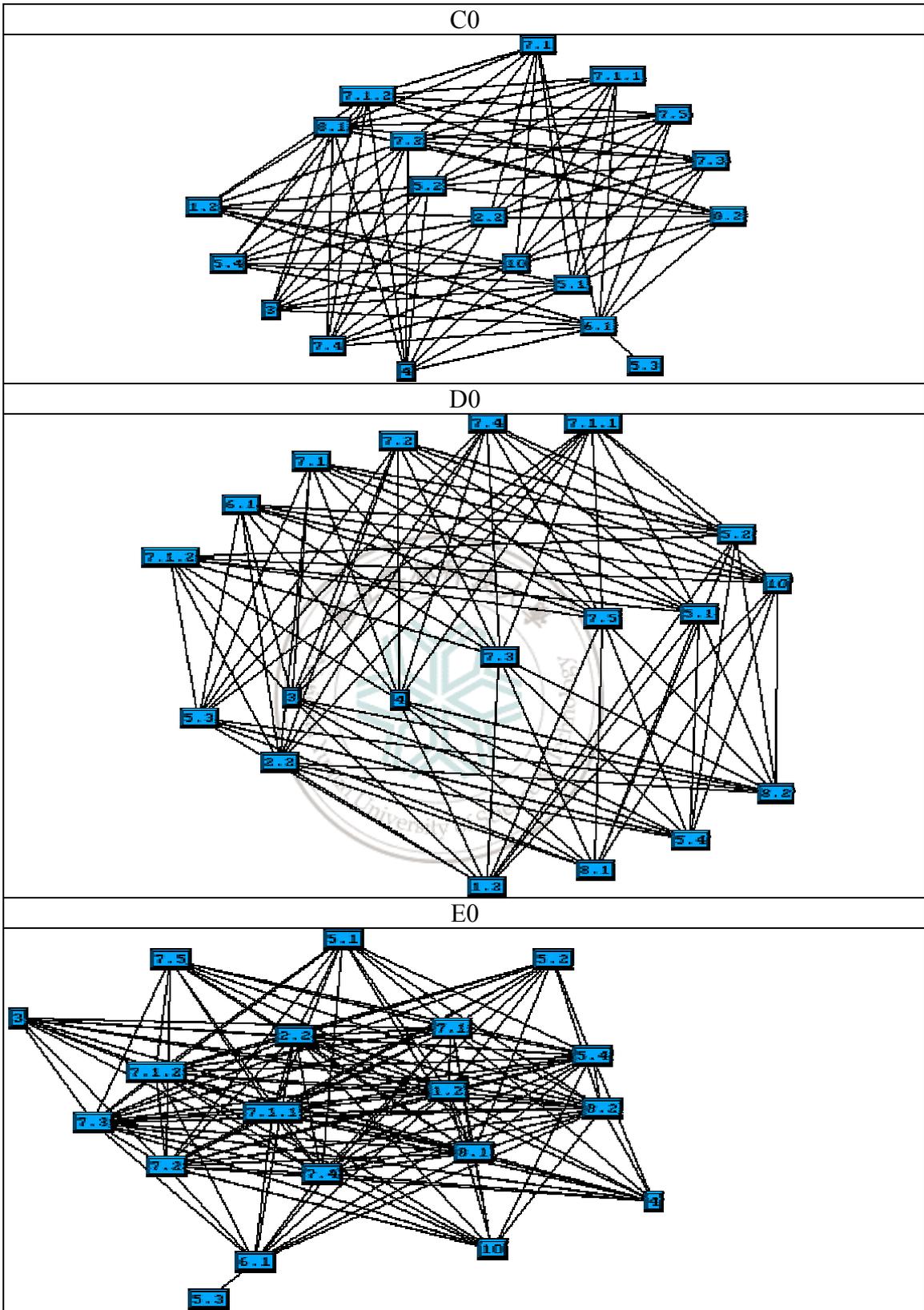
- (一)教學評量應以達成本學科總目標及單元目標為依據。
- (二)形成性評量與總結性評量並重。
- (三)評量方法宜包括紙筆測驗、實際操作及作業評量等。

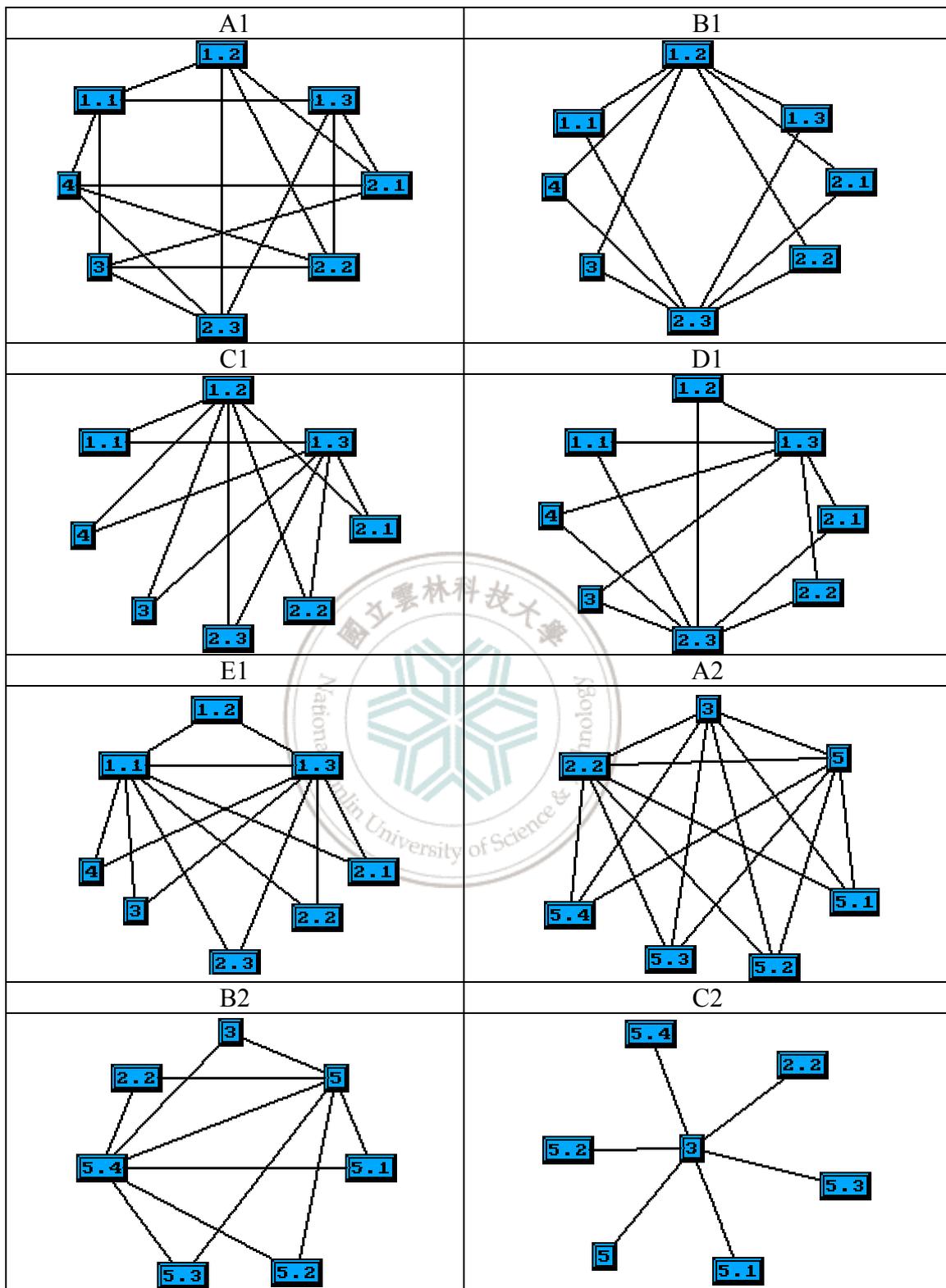


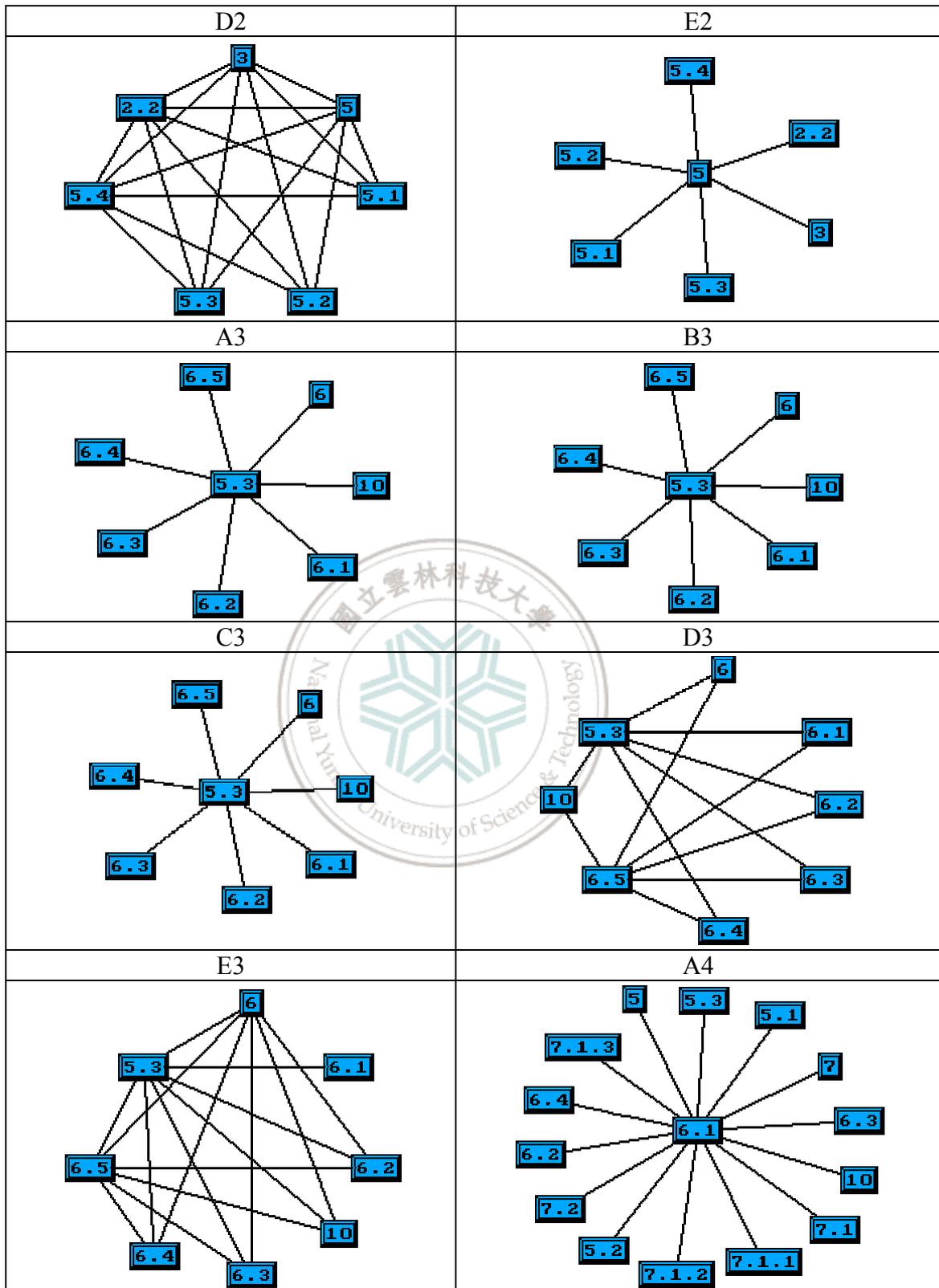
附錄三、實驗前與八次測驗專家與學生之 PFNETs

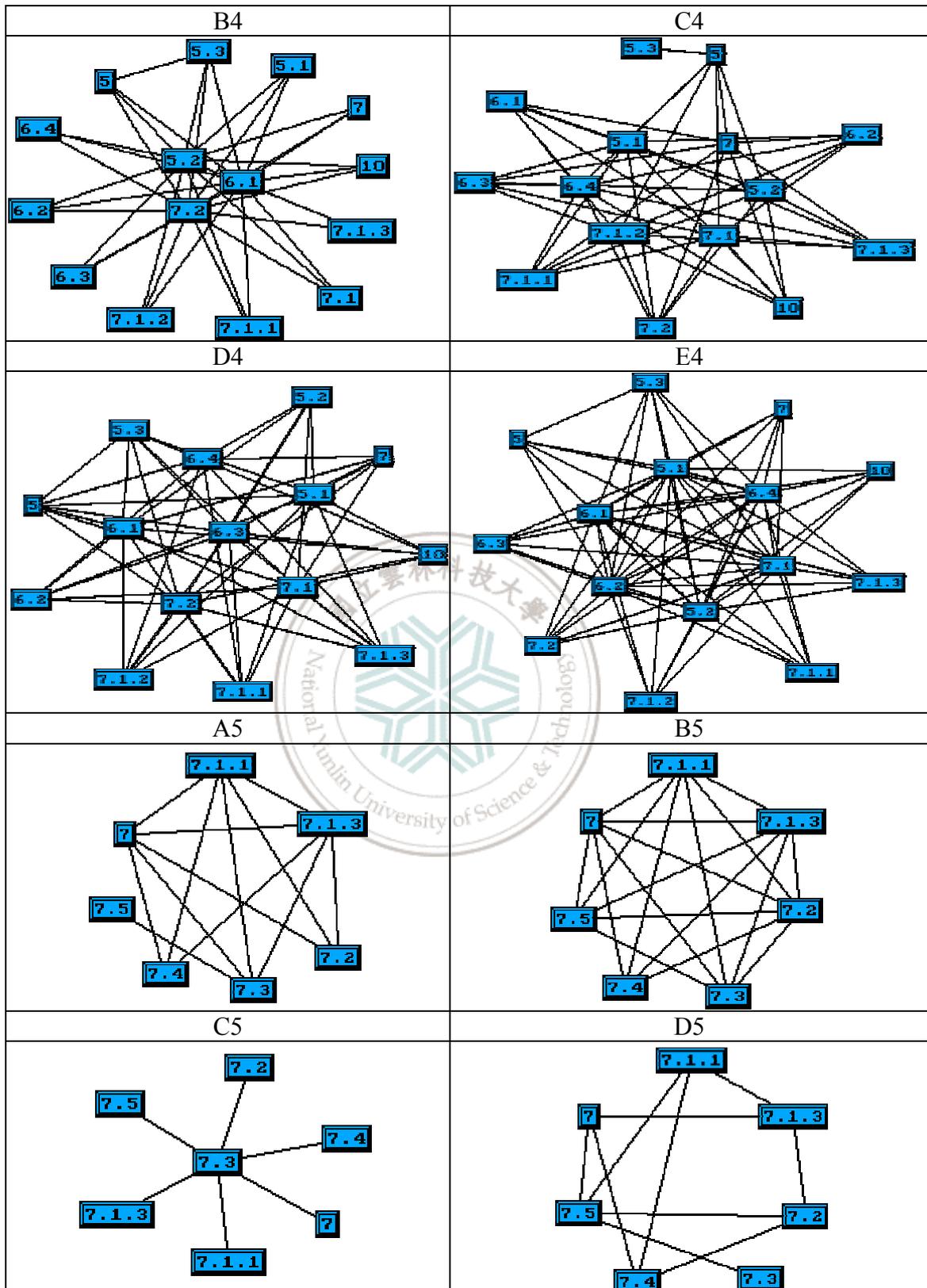
說明：E 表專家，A~D 表四位學生代號，0 表實驗前，1~8 表第 1 次至第 8 次測驗

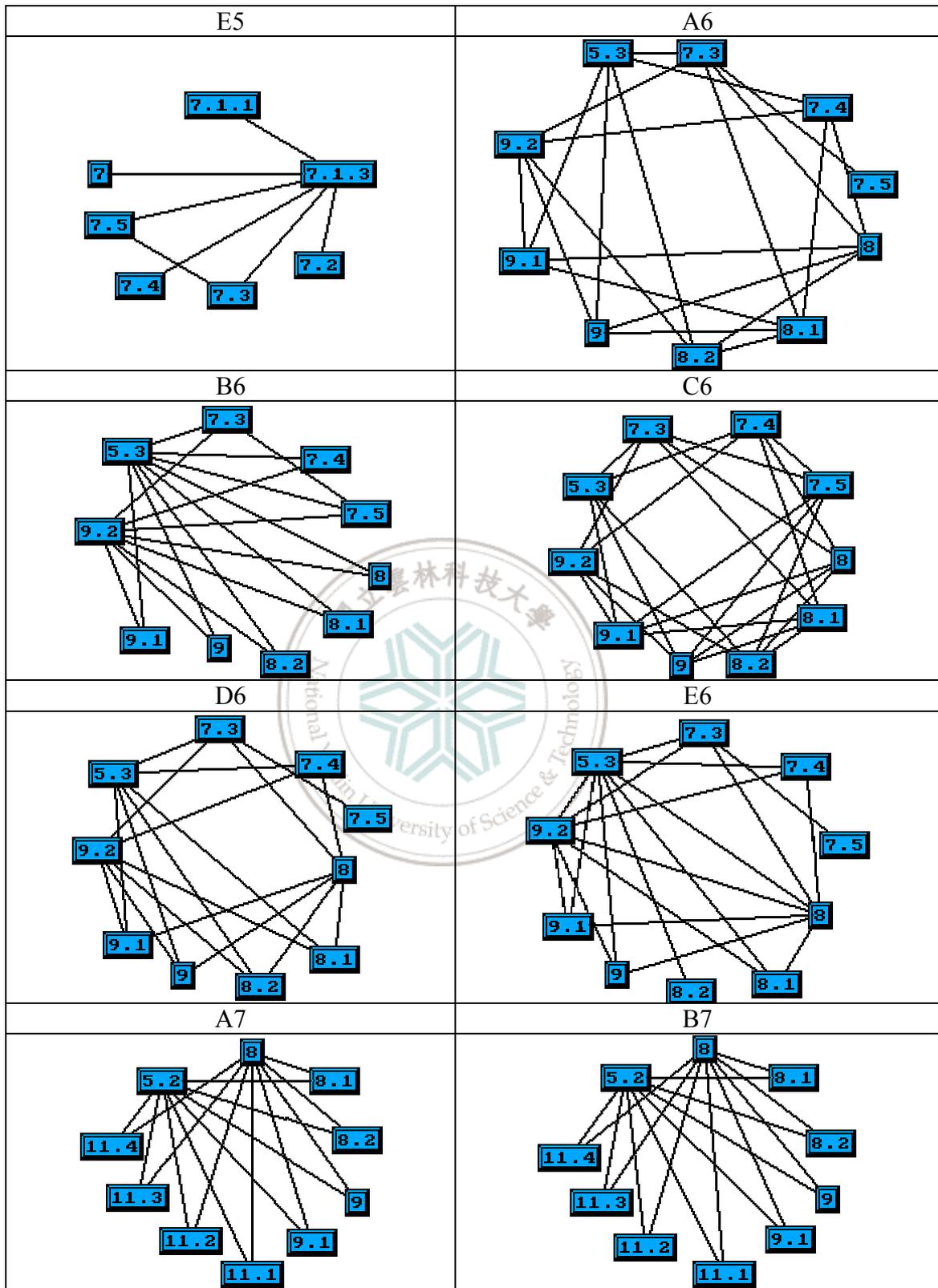


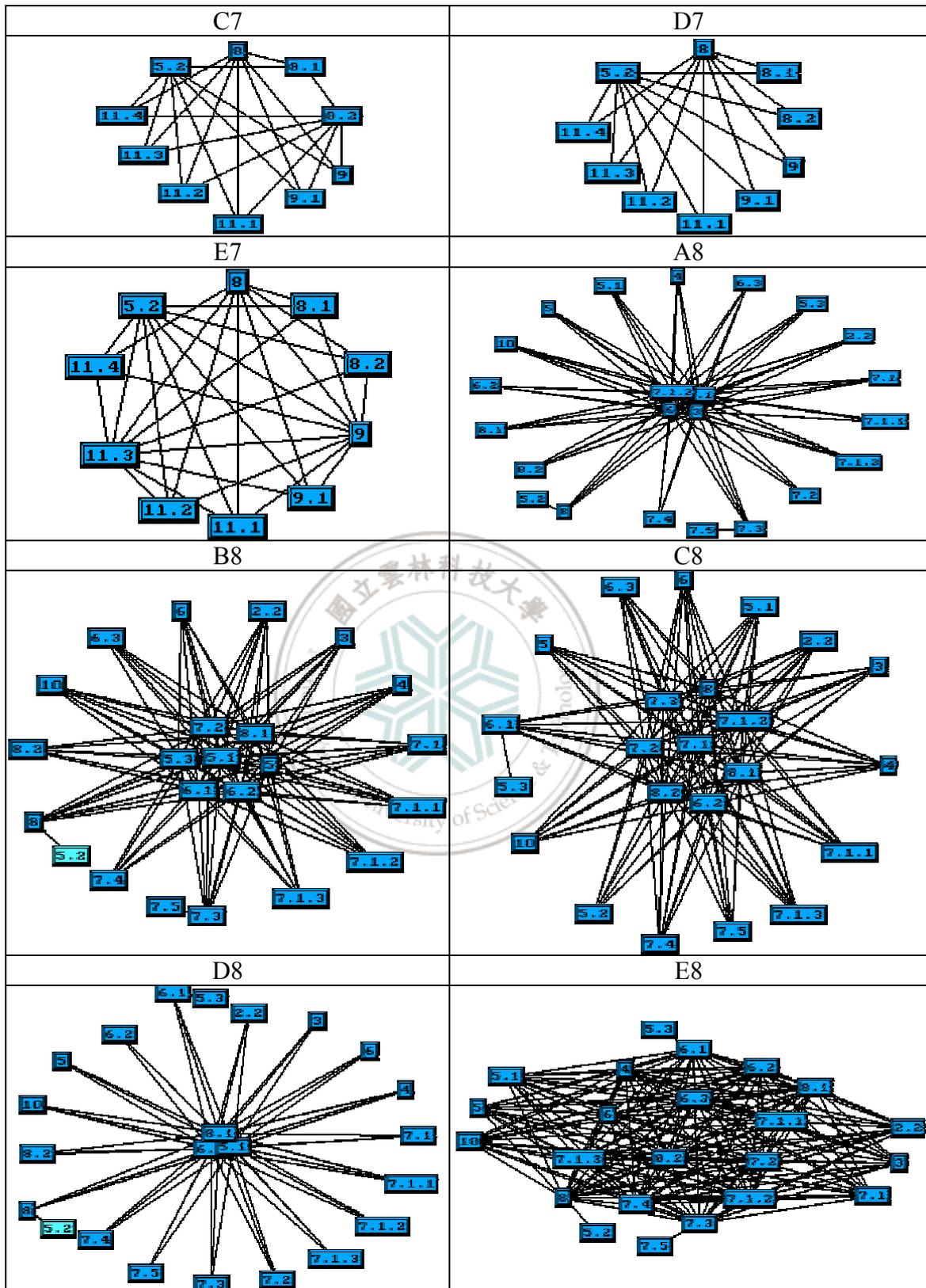












附錄四、實驗前及八次測驗之試卷

實驗前試卷			
學號	選擇教師	選擇試卷別	
test	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="交卷"/>
<input type="checkbox"/>	1. 一般家庭、學校、個人所使用的電腦為：【1.2】 (1)數位電腦 (2)類比電腦 (3)混合型電腦 (4)以上皆非。		
<input type="checkbox"/>	2. 下列何項作業適合批次處理？【2.2】 (1)交通雜誌 (2)電腦遊戲 (3)薪資結算 (4)雷達偵測		
<input type="checkbox"/>	3. 下列有關電腦教育的應用敘述中，何者有誤？【3】 (1)遠距教學打破地域與時空限制，提供一種新型態的學習方式 (2)利用電腦來輔助教學作業稱為CAM (3)線上評量是一種利用電腦與網路技術進行考試或測驗的方式 (4)對於具有高危險性的教學訓練活動，可先利用VR技術進行模擬練習。		
<input type="checkbox"/>	4. 以晶體管為電腦的主要元件，是屬於哪一個階段？【4】 (1)第一代電腦 (2)第二代電腦 (3)第三代電腦 (4)第四代電腦。		
<input type="checkbox"/>	5. 根據電子計算機的演進過程，下列順序何者正確？a.超大型積體電路 b.積體電路 c.晶體管 d.真空管【4】 (1)d,a,b,c (2)d,c,b,a (3)d,c,a,b (4)a,b,c,d		
<input type="checkbox"/>	6. 一般我們所說的CPU指的是【5.1】 (1)微處理器 (2)主記憶體 (3)硬碟或光碟 (4)印表機		
<input type="checkbox"/>	7. 下列那一項硬體設備兼具輸入與輸出的功能？【5.2】 (1)鍵盤 (2)磁碟機 (3)螢幕 (4)麥克風。		
<input type="checkbox"/>	8. 下列各種印表機中，何種最適合用來列印一式多聯之單據【5.2】 (1)噴墨印表機 (2)撞擊式點陣印表機 (3)熱感式印表機 (4)雷射印表機。		
<input type="checkbox"/>	9. 磁碟機讀寫頭移到正確磁軌所花的時間稱【5.2】 (1)找尋時間(Seek Time) (2)設定時間(Setting Time) (3)資料傳輸速率(Data Transfer Rate) (4)延遲時間(Latency)。		
<input type="checkbox"/>	10. 在電腦系統中，鍵盤和滑鼠是一種【5.2】 (1)輸入設備 (2)處理設備 (3)輸出設備 (4)儲存設備		
<input type="checkbox"/>	11. 輸入與輸出單元合併稱之為：【5.2】 (1)週邊設備 (2)中央處理單元 (3)輔助記憶體 (4)控制部門		
<input type="checkbox"/>	12. 下列有關資料存取時間何者正確【5.3】 (1)暫存器<快取記憶體<主記憶體<磁碟 (2)磁碟<主記憶體<快取記憶體<暫存器 (3)快取記憶體<主記憶體<暫存器<磁碟 (4)磁碟<主記憶體<暫存器<快取記憶體		
<input type="checkbox"/>	13. 主記憶體中不論是存放資料或程式，都會有一個有次序的編號，這個編號稱為【5.3】 (1)位址 (2)指令 (3)運算元 (4)運算碼。		
<input type="checkbox"/>	14. 請以你對於電腦中主記憶體的認識，判斷下列哪個選項當中的敘述是正確的？【5.3】 (1)主記憶體分為ROM、RAM及輔助記憶體 (2)ROM當中的資料在關機後也不會消失 (3)RAM為只能讀取卻不能寫入的記憶體 (4)ROM價格高、容量小，但速度較快		
<input type="checkbox"/>	15. 某電腦的位址匯流排為32位元，則該部電腦的主記憶體容量最高可達【5.4】 (1)4 MB (2)8 MB (3)4GB (4)8 GB		
<input type="checkbox"/>	16. 負責電腦開機時執行系統自動偵測及支援相關應用程式，具輸入輸出功能的元件是【6.1-5.3】 (1)DOS (2)BIOS (3)I/O (4)RAM。		
<input type="checkbox"/>	17. 請找出不屬於系統軟體的選項【6.1】 (1)編輯軟體 (2)作業系統 (3)工具軟體 (4)程式處理器。		

18. 字串"LOVE 中華民國"佔用了多少記憶體，其中2個空白為英數半形的空白 【7.3】
(1)10 Bytes (2) 11 Bytes (3) 14 Bytes (4) 15 Bytes
19. 下列資料中，均已加上奇偶位元檢查碼，試問那個資料可能在傳遞過程產生錯誤的？ 【7.5】
(1)011001101 (2)011110111 (3)011110111 (4)011011011。
20. 奈秒是經常用以計量電腦速度的時間單位之一，請問一奈秒等於 【8.1】
(1) 10^{-3} 秒 (2) 10^{-6} 秒 (3) 10^{-9} 秒 (4) 10^{-12} 秒
21. 4 TB 等於多少GB？ 【8.2】
(1)1024 (2)2048 (3)3072 (4)4096。
22. 下列動作的正確順序為 【10】
(1)執行→編譯→連結 (2)編譯→執行→連結 (3)編譯→連結→執行 (4)連結→編譯→執行
23. 在下列那一項不是高階語言（和組合語言比較）的優點？ 【10】
(1)易學 (2)佔記憶體的空間小 (3)程式容易維護 (4)程式可攜性(Portability)高
24. 將高階語言每一敘述翻譯成機器語言後便直接執行的是 【10】
(1)組譯器 (2)直譯器 (3)編譯器 (4)以上皆是
25. 下列敘述何者為「機器語言」的特性？ 【10】
(1)隨機種而不同 (2)為低階語言 (3)不需經過編譯即可執行 (4)以上皆是。
26. 下列敘述何者錯誤？ 【3】
(1)個人數位助理簡稱Palm (2)電影中的許多特效鏡頭其實是利用電腦動畫技術合成的 (3)汽車廣告中的GPS指的是全球定位系統 (4)不能與使用者產生互動關係的3D動畫不能稱為虛擬實境
27. 電腦本身直接能了解的語言為 【10】
(1)組合語言 (2)機器語言 (3)中階語言 (4)高階語言
28. Intel 公司在1971年，成功的將哪兩大單元焊接在一片積體電路上，因而成功的以低成本帶動了微電腦的蓬勃發展？ 【5.1】
(1)控制單元和算術與邏輯單元 (2)輸出單元與輸入單元 (3)控制單元和記憶單元 (4)算術邏輯單元和記憶單元
29. 下列那一種語言的可攜性最差 【10】
(1)C語言 (2)BASIC語言 (3)Java語言 (4)組合語言
30. 執行速度最快之語言為： 【10】
(1)機器語言 (2)組合語言 (3)COBOL (4)Pascal
31. 支援熱插即用標準及熱插拔功能，最多可串接127個週邊設備的連接埠是 【5.2】
(1)PS/2 (2)COM1 (3)LPT (4)USB
32. 可重複抹寫資料的光碟機是那一種？ 【5.2】
(1)CD-ROM (2)CD-R (3)CD-RW (4)DVD-ROM
33. 下列那項設備不屬於儲存設備？ 【5.2】
(1)ZIP磁碟機 (2)數據機 (3)硬碟機 (4)磁帶機
34. 下列那項設備不具有轉換數位信號與類比信號的功能？ 【5.2】
(1)顯示卡 (2)音效卡 (3)磁碟機 (4)數據機
35. 目前國內中文內碼所使用的標準為 【7.4】
(1)UNICODE (2)GB碼 (3)BIG-5 (4)CSCII
36. 將 $2B_{16}$ 轉為2補數後，得到 【7.2】
(1)11010100₂ (2)11010101₂ (3)00101100₂ (4)00101011₂
37. 二進位制1101.101₂轉換成十進位的值為 【7.1.2】
(1)26.35 (2)26.625 (3)13.35 (4)13.625
38. 下列數值何者為其他三者不等 【7.1】
(1) 65_8 (2) 53_{10} (3)111001₂ (4) 35_{16}
39. $18.875_{10} = (?)_2$ ： 【7.1.1】
(1)11010.110₂ (2)10010.110₂ (3)10010.111₂ (4)10001.111₂
40. ASCII碼中，"E"的10進位表示碼為多少？ 【7.5】
(1)68 (2)69 (3)99 (4)100

第一次測驗

- 學號: _____ 選擇物類: _____ 選擇該電制: _____
1. 一般家庭、學校、個人所使用的電腦為: 【1.2】
(1)數位電腦 (2)類比電腦 (3)混合型電腦 (4)以上皆非。
2. 應用在科學運算系統上的電腦是屬於: 【1.1】
(1)類比電腦 (2)特殊用途電腦 (3)一般用途電腦 (4)迷你電腦
3. 下列何種數位式電腦與類比式電腦之比較何者有誤: 【1.2】
(1)數位式電腦處理比較快 (2)類比式電腦應用在控制比較多 (3)數位式電腦的準確較差 (4)目前大部份的PC都屬於數位式電腦
4. 將資料資料收集起來於固定的時間一起處理的作業方式稱爲: 【2.2】
(1)連續處理 (2)批次處理 (3)即時處理 (4)分時處理。
5. 下列何種何者有誤? 【2.3】
(1)電腦上所傳遞的資料屬於類比信號 (2)數位化的電腦因為將資料轉換為0與1的資料型態 (3)一般個人電腦上所處理的資料屬於類比信號 (4)廣播所傳遞的資料屬於類比信號
6. 以精準、按圖組成的連續性資料稱爲: 【2.3】
(1)數位 (2)類比 (3)單工 (4)雙工資料
7. 資料處理(Data Processing)的基本作業是: 【2.1】
(1)輸出、處理、輸入 (2)輸入輸出、處理、列印 (3)輸入、處理、輸出 (4)輸入輸出、顯示、列印。
8. 銀行的那半年一次的計息工作，適合使用下列那一種作業方式? 【2.2】
(1)即時處理作業 (2)突發式處理作業 (3)批次處理作業 (4)平行式處理作業。
9. 傳統訂位的電子資料處理方式為: 【2.2】
(1)大量處理 (2)批次處理 (3)快速處理 (4)即時處理
10. 電腦網路的資料處理方式為: 【2.2】
(1)大量處理 (2)批次處理 (3)即時處理 (4)多工處理
11. 下列何種何者有誤? 【2.2】
(1)即時系統一定是連續系統 (2)分時系統中，使用單位共同CPU之資源 (3)連續系統必為即時系統 (4)收取水電費屬於批式處理方式
12. 網際上接受或偵查查詢的系統，較不會採用下列那一種處理方式? 【2.2】
(1)分時處理 (2)即時處理 (3)批次處理 (4)連續處理
13. 下列何種處理系統不適用於突發式處理作業: 【2.2】
(1)批式作業 (2)自動復原報之排班作業 (3)機票、車票之訂位系統 (4)線上查詢作業
14. 電子計算機可定義為「處理資料的機器」，輸入未經處理之原始資料，經處理後得到有用的結果稱爲: 【2.1】
(1)成品 (2)資訊 (3)資料結構 (4)硬硬體。
15. 下列何種何者有誤? 【3】
(1)利用GPS全球定位系統可以確知交通工具的位置 (2)利用測速、駕駛比對，可以幫助警方辦案 (3)利用網路上的電子政府，向當地公署時更方便 (4)利用網路提供的資訊，民眾就可以了解病情，自行到藥房拿藥，不需就醫。
16. 飛行員在駕駛時所使用的儀器，所採用的基下列那一項電腦技術應用? 【3】
(1)感測器 (2)虛擬實境 (3)虛擬教室 (4)虛擬陀螺儀
17. 台積電公司與上、下游廠商之間的電子下單屬於那一種電子商務行為? 【3】
(1)B2B (2)B2C (3)C2C (4)C2B
18. 廣泛使用於微結構、手機、錄影機等各種電子產品中的是: 【1.3】
(1)類比電腦 (2)嵌入式電腦 (3)微處理器 (4)微電腦
19. 利用電腦網路實施教學活動，任何時間或地點都可以直接上課，稱爲: 【3】
(1)電腦輔助教學(CAI) (2)電腦輔助設計(CAD) (3)遠距教學 (4)網路電腦教室
20. 下列有關電腦教育的應用術語中，何者有誤? 【3】
(1)遠距教學打破地域與時空限制，提供一種新型的學習方式 (2)利用電腦來輔助教學作業稱爲CAM (3)線上評量是一種利用電腦網路技術進行考試或測驗的方式 (4)對於具有高度危險性的教學訓練活動，可先利用VR技術進行模擬練習。
21. 下列何者不是微電腦平準的趨勢? 【4】
(1)執行速度愈快 (2)生產應用愈廣 (3)體積愈大 (4)能源愈節省。
22. 世界第一台通用型電子計算機(ENIAC)所採用的基本元件為何? 【4】
(1)超大型積體電路 (2)積體電路 (3)電晶體 (4)真空管。
23. 以電晶體為電腦的主要元件，是屬於哪一個階段? 【4】
(1)第一代電腦 (2)第二代電腦 (3)第三代電腦 (4)第四代電腦。
24. 根據電子計算機的演進過程，下列何字序最正確? a.超大型積體電路 b.積體電路 c.電晶體 d.真空管 【4】
(1)dabc (2)dcb a (3)dca b (4)abc d
25. 電子計算機發明命令，依其發展的觀念，下列何種何者有誤? 【4】
(1)CPU執行速度愈來愈快 (2)硬體架構愈來愈簡單 (3)可靠度愈來愈高 (4)記憶體容量愈來愈大。

第二次測驗

學號: 選擇教師: 選擇試卷組:

1. 下面敘述何者有誤? 【2.2】
(1)即時系統一定是連續系統 (2)分時系統中，使用單位共同CPU之資源 (3)連續系統必為即時系統 (4)收取水電費系統處理方式
2. 在網絡上接受火車票訂票的系統是屬於下列那一種處理方式? 【2.2】
(1)即時處理 (2)分時處理 (3)離線處理 (4)批發處理
3. 台積電公司與上、下游廠商之間的電子下單屬於那一種電子商務行爲? 【3】
(1)B2B (2)B2C (3)C2C (4)C2B
4. DO裝置CPU，與記憶體間之資料傳送，經由系統匯流排傳送，下列何者不是系統匯流排? 【5.4】
(1)資料匯流排 (2)位址匯流排 (3)通訊匯流排 (4)控制匯流排。
5. 下列對於電腦硬體五大單元的敘述何者有誤? 【5】
(1)輸入單元：待處理的資料須經由此單元進入電腦 (2)輸出單元：處理完成之資訊由此單元送出 (3)算術/邏輯運算單元：所有的算術運算均在此單元完成 (4)記憶體單元：僅儲存輸入之待處理資料。
6. CPU中的控制單位主要功能在控制電腦的動作，下列何者不是控制單元所執行的動作? 【5.1】
(1)控制 (2)解碼 (3)執行 (4)計算。
7. 電腦最基本的運算方式為何? 【5.1】
(1)加法 (2)乘法 (3)減法 (4)除法。
8. 直接運算單元負責執行所有的運算，而主記憶體與ALU之間的資料傳輸，由誰負責監督執行? 【5.1】
(1)監督程式 (2)主記憶體 (3)控制單元 (4)輸入輸出裝置。
9. 下列何者是組成CPU的主要成份? 【5.1】
(1)RAM及控制單元 (2)控制及算術邏輯運算單元 (3)ALU和ROM (4)輸入及輸出單元
10. 電腦中計算 $3*5=A+B$ ，若 $A=3, B=6$ ，請問控制單元是由何處取出代表A及B之值，再送到ALU中做相加動作? 【5.1】
(1)輸入單元IU (2)輸出單元OU (3)中央處理單元CPU (4)記憶體
11. 一般來說，下列何種裝置不屬於微處理器 (microprocessor) 的一部份? 【5.1】
(1)ALU (2)L1 Cache (3)BIOS (4)Register。
12. 下列何種設備具有輸入、輸出之功能? 【5.2】
(1)列表機 (2)磁碟機 (3)擴卡機 (4)網路連接機。
13. 磁碟機讀寫頭移動到正確磁軌所花的時間稱? 【5.2】
(1)搜尋時間(Seek Time) (2)設定時間(Setting Time) (3)資料傳輸速率(Data Transfer Rate) (4)延遲時間(Latency)。
14. 一般所謂的期應設備指的是? 【5.2】
(1)中央處理機 (2)輸入與輸出單元 (3)輔助記憶體 (4)主記憶體。
15. 下列何種印表機屬於撞擊式印表機? 【5.2】
(1)點陣式印表機 (2)噴墨印表機 (3)雷射印表機 (4)熱感式印表機。
16. 下列的電腦週邊設備何者不屬於輸出設備? 【5.2】
(1)磁碟機 (2)軟式磁碟機 (3)鍵盤 (4)印表機。
17. 下列何者屬於輸出設備: A. 光學字元閱讀器B. 繪圖機C. 鍵盤D. 印表機E. 螢幕F. 打卡機G. 滑鼠 【5.2】
(1)B D E F (2)A C F G (3)B C E F (4)A B C D。
18. 磁碟每一圓盤由很多同心圓組成，這些圓稱為? 【5.3】
(1)磁碟(Sector) (2)磁軌(Track) (3)磁頭(Head) (4)磁柱(Cylinder)。
19. 一般說來，下面那一種記憶體速度最快? 【5.3】
(1)ROM (2)暫存器(Register) (3)快速記憶體(Cache Memory) (4)RAM。
20. 下列關於RAM的敘述中，那一項是錯誤的? 【5.3】
(1)儲存之資料能被讀出 (2)電源斷掉後，資料內容都消失 (3)能寫入資料 (4)與ROM的主要差別在於記憶容量大小。
21. 下列光碟何者具有重複讀寫的特性? 【5.3】
(1)CD-ROM (2)CD-R (3)CD-RW (4)DVD。
22. 下列有關資料存取時間何者正確? 【5.3】
(1)暫存器<快取記憶體<主記憶體<磁碟 (2)磁碟<主記憶<快取記憶體<暫存器 (3)快取記憶體<主記憶體<暫存器<磁碟 (4)磁碟<主記憶體<暫存器<快取記憶體
23. 微處理器與外部連結之各種訊號匯流排，何者具有雙向流動性? 【5.4】
(1)資料匯流排 (2)狀態匯流排 (3)控制匯流排 (4)位址匯流排。
24. 在家工作，可以利用網路傳輸訊息，不必親身打去上班，這種工作統稱為? 【3】
(1)SOHO (2)OA (3)Home Keeper (4)Video-Confernce。
25. 下列何項設備不屬於儲存設備? 【5.2】
(1)CD磁碟機 (2)數位視 (3)硬碟機 (4)磁帶機

第三次測驗

- 學號: _____ 選擇動靜: _____ 選擇試卷別: _____
1. 下列何者不是電腦軟體的發展趨勢之一? 【6】
(1)功能愈來愈強 (2)介面愈來愈人性化 (3)反應性愈來愈好 (4)以純文字介面來操作。
2. 負責電腦開機時執行系統自動偵測及支援相關應用程式,其輸入輸出功能的功能是【6-5.3】
(1)DOS (2)BIOS (3)DO (4)RAM。
3. 下列何者不屬於系統軟體【6.1】
(1)作業系統 (2)編譯程式 (3)資料庫管理系統 (4)公用程式。
4. 電腦系統中,負責資源調配與作業管理的軟體是【6.1】
(1)系統程式 (2)公用程式 (3)應用程式 (4)資料庫管理程式。
5. 下列何者為資料庫軟體?【6.2】
(1)Access (2)PE2 (3)MS-Word (4)AmPro。
6. 下列哪款軟體為電子郵件系統【6.2】
(1)WORD (2)EXCEL (3)OUTLOOK (4)VISIO。
7. 最適合使用者撰寫、編輯處理、擷取儲存及列印各種文件資料的軟體是【6.2】
(1)會計軟體 (2)文書處理軟體 (3)繪圖軟體 (4)通訊軟體。
8. 下列何者不屬於應用軟體?【6.2】
(1)組譯器 (2)電腦遊戲 (3)薪資系統 (4)資料庫管理系統。
9. 下列敘述何者正確?【6.2】
(1)PhotoImpact是音樂編輯軟體 (2)Access是動畫製作軟體 (3)Outlook是繪圖軟體 (4)PowerPoint是簡報設計軟體
10. 以下何者不屬於Microsoft Office的組成份子之一?【6.2】
(1)Word (2)Email (3)Access (4)PhotoShop。
11. DOS 的檔案目錄是採用下列何種結構?【6.3】
(1)直線狀 (2)環狀 (3)樹狀 (4)星狀。
12. 下列何者是多人多工的作業系統?【6.3】
(1)Windows 98 (2)OS/2 (3)UNIX (4)DOS。
13. 下列何者不是作業系統的功能?【6.3】
(1)記憶體管理 (2)處理機管理 (3)設備管理 (4)庫存管理。
14. 下列何者是屬於單人單工式作業系統?【6.3】
(1)DOS (2)Windows98 (3)Linux (4)Unix。
15. 下列何者符合程式多工處理(Multiprogramming)的工作原哩?【6.3】
(1)處理完一件工作後,才處理下一件工作 (2)電腦一次可以處理多個工作(process),但同一時段內只處理一件工作中的一部分 (3)同時段內處理所有工作的輸出入動作(I/O operation) (4)電腦同時段內可處理多件工作。
16. 下列關於作業系統的敘述何者錯誤?【6.3】
(1)作業系統可以管理及分配電腦的資源 (2)UNIX是單人單工的作業系統 (3)OS/2及Windows 95為常用的32位的多工作業系統 (4)NetWare及Windows NT為網路作業系統。
17. Windows 98 中,如果想要重新安排硬碟上的檔案及未使用的空間,使程式執行加快應該執行下列那一項程式?【6.4】
(1)磁碟機清理程式 (2)磁碟掃描工具 (3)磁碟壓縮工具 (4)磁碟重組程式。
18. Windows 98 中,如果想要擷取全部檔案,應配合按住那一個按鍵,再擷取檔案?【6.4】
(1)Shift鍵 (2)Ctrl鍵 (3)Ctrl+A (4)Shift+A。
19. 請問下列何者能利用輔助記憶體(例如硬碟)模擬主記憶體之功能,以使記憶體之空間變大,用以提供使用者使用?【6.5】
(1)快取記憶體 (2)唯讀記憶體 (3)動態記憶體 (4)虛擬記憶體。
20. BASIC語言是屬於【10】
(1)自然語言 (2)機器語言 (3)匯編語言 (4)東譯程式。
21. 下列動作的正確順序為【10】
(1)執行→編譯→連結 (2)編譯→執行→連結 (3)編譯→連結→執行 (4)連結→編譯→執行
22. 在下列那一項不是兩種語言(和組合語言比較)的優點?【10】
(1)易學 (2)佔記憶體空間小 (3)程式容易維護 (4)程式可攜性(Portability)高
23. 將兩種語言每一敘述翻譯成機器語言後便直接執行的是【10】
(1)組譯器 (2)直譯器 (3)編譯器 (4)以上皆是
24. 下列那一種語言的可攜性最差【10】
(1)C語言 (2)BASIC語言 (3)Java語言 (4)組合語言
25. 執行速度最快之語言為:【10】
(1)機器語言 (2)組合語言 (3)COBOL (4)Pascal

第四次測驗

學號

選擇教師

選擇試卷別

3000

搜尋

1. 假如電腦係由五大部門所組成，則專門負責電腦系統之指揮及控制的是？【5】
(1)控制單元 (2)輸入單元 (3)算術/邏輯單元 (4)記憶單元。
2. 在計算機基本架構的五大單元中，RAM是屬於那一單元？【5-5.3】
(1)算術邏輯單元 (2)輸出單元 (3)記憶單元 (4)控制單元。
3. 一般來說，下列何種裝置不屬於微處理器 (microprocessor) 的一部份？【5.1】
(1)ALU (2)L1 Cache (3)BIOS (4)Register。
4. 一般所謂的周邊設備指的是【5.2】
(1)中央處理器 (2)輸入與輸出單元 (3)輔助記憶體 (4)主記憶體。
5. 下列那一種元件存取資料的速度最快？【5.3】
(1)L1快取記憶體 (2)L2快取記憶體 (3)暫存器 (4)主記憶體。
6. 下列何者不屬於系統軟體【6.1】
(1)作業系統 (2)編譯程式 (3)資料庫管理系統 (4)公用程式。
7. 下述何者為試算表相關軟體【6.2】
(1)MSExcel (2)SAS (3)BASE (4)AutoCAD。
8. 下列那一個負責監督電腦系統工作？【6.3】
(1)作業系統 (2)套裝程式 (3)應用程式 (4)編譯程式。
9. 下列有關作業系統的敘述何者不正確？【6.3】
(1)作業系統具有記憶體管理的功能 (2)作業系統是屬於應用軟體的一種 (3)個人電腦程式必須透過作業系統才可執行 (4)作業系統可以控制輸入裝置。
10. Windows 98是屬於下列何種作業系統【6.3】
(1)單使用者單工作業系統 (2)單使用者多工作業系統 (3)多使用者單工作業系統 (4)多使用者多工作業系統。
11. 在 Windows 98 中，如果連按二次Ctrl+Alt+Del，會發生以下何者狀況？【6.4】
(1)重新開機 (2)關閉目前執行中的程式 (3)關機 (4)不會發生任何改變。
12. 在下列那一項不是高階語言（和組合語言比較）的優點？【10】
(1)易學 (2)佔記憶體空間小 (3)程式容易維護 (4)程式可攜性(Portability)高。
13. 一般電腦處理資料所使用的數字系統為【7】
(1)16進制 (2)10進位 (3)8進制 (4)2進制。
14. 二進制1011、1001、1100、0011以十六進制表示為【7.1.3】
(1)09E3 (2)A5D3 (3)B9C3 (4)C8E4。
15. 下列數值何者最大？【7.1】
(1)111001110₂ (2)465₁₀ (3)710₈ (4)1CC₁₆
16. 6.375₁₀=(?)₂：【7.1.1】
(1)110.011₂ (2)110.101₂ (3)110.110₂ (4)101.101₂。
17. 某一數字系統由「0、1、2、3、4、5、6」等數字所組成，則該數字系統為幾進制【7】
(1)6進制 (2)7進制 (3)8進制 (4)10進制。
18. 10進制194₍₁₀₎轉換成2進制數字應為？【7.1.1】
(1)11000100₂ (2)11000010₂ (3)10100010₂ (4)11001101₂
19. 8進制數字326₍₈₎轉換為10進制應為下列那一個數字【7.1.2】
(1)224₁₀ (2)234₁₀ (3)215₁₀ (4)225₁₀
20. 2進制的數字10110111轉換成為16進制應為？【7.1.3】
(1)B7₁₆ (2)C7₁₆ (3)88₁₆ (4)C6₁₆
21. 換算16進位數字610₍₁₆₎成10進制結果應為【7.1.2】
(1)182₁₀ (2)376₁₀ (3)226₁₀ (4)166₁₀
22. 1101111001之2的補數為下列何者？【7.2】
(1)111111001 (2)1101111010 (3)0010000111 (4)0010000110。
23. 若系統使用二的補數法來儲存負數，將十進位數-17轉換為八個位元之二進位數值表示時，正確值應為：【7.2】
(1)00010001 (2)11101110 (3)11101111 (4)00010000。
24. 下列何者不屬於語言翻譯程式？【10】
(1)直譯程式 (2)編譯程式 (3)監督程式 (4)組譯程式。
25. 電腦本身直接能了解的語言為【10】
(1)組合語言 (2)機器語言 (3)中階語言 (4)高階語言

第五次測驗

學號

選擇教師

選擇試卷別

test

1. 若人與電腦間的溝通只需要26個大寫英文字母，則最多只需要幾個bit即可表達【7】
(1)2個 (2)3個 (3)4個 (4)5個
2. 假設有一字碼系統使用了1個byte來表示符號，則此系統最多可以使用幾種符號?【7】
(1)4 (2)65536 (3)256 (4)2
3. 二進制1011, 1001, 1100, 0011以十六進制表示為【7.1.3】
(1)C9E3 (2)A9D3 (3)B9C3 (4)CEB4。
4. 10進制19₁₀轉換成2進制數字標為【7.1.1】
(1)11000100₂ (2)11000010₂ (3)10100010₂ (4)11001101₂
5. 1101111001之2的補數為下列何者?【7.2】
(1)111111001 (2)1101111010 (3)0010000111 (4)0010000110。
6. 通常電腦內部表示負的整數是用【7.2】
(1)2的補數表示法 (2)8的補數表示法 (3)10的補數表示法 (4)9的補數表示法。
7. 字串"LOVE 中華民國"佔用了多少記憶體，其中2個空白為其數半形的空白【7.3】
(1)10 Bytes (2) 11 Bytes (3) 14 Bytes (4) 15 Bytes
8. 下列何種內碼能涵蓋世界各種不同的文字?【7.3】
(1)ASCII (2)BIG-5 (3)UNICODE (4)EBCDIC
9. 以BIG-5 Code儲存字串"內研學科測驗"，但不包含半形，共需使用多少位元組?【7.4】
(1)1 (2)2 (3)12 (4)24。
10. 各類中文輸入法所輸入的碼是屬於那一類別?【7.4】
(1)內碼 (2)外碼 (3)交換碼 (4)BIG-5碼
11. 在中文資料處理中，兩種不同資料之傳送過程必須靠下列何種碼來傳送?【7.4】
(1)輸入碼 (2)內碼 (3)交換碼 (4)輸出碼。
12. 在中文編碼部份，台灣普遍使用的內碼編碼方式是【7.4】
(1)王安碼 (2)GB碼 (3)CCII 碼 (4)BIG-5碼。
13. 依據「通用漢字標準交換碼」的編碼原則，每個中文字以多少位元組來編碼?【7.4】
(1)1 Byte (2)2 Bytes (3)3 Bytes (4)4 Bytes
14. 標準ASCII碼，實際只用了多少bit?【7.5】
(1)7 (2)8 (3)4 (4)6。
15. 下列資料中，均已加上奇偶位元檢查碼，請問那個資料可能在傳送過程產生錯誤的?【7.5】
(1)011001101 (2)011110111 (3)011110111 (4)011011011。
16. 美國國家標準碼(ASCII)中，數字、大寫英文字母、小寫英文字母其大小關係為何?【7.5】
(1)數字>小寫英文字母>大寫英文字母 (2)大寫英文字母>數字>小寫英文字母 (3)小寫英文字母>大寫英文字母>數字 (4)大寫英文字母>小寫英文字母>數字。
17. 就你知道的學校所使用的個人電子計算機(PC)，在英文數字編碼方面使用那一種字碼系統?【7.3-7.5】
(1)EBCDIC (2)ASCII (3)BCD (4)以上皆可。
18. 將2B₁₆轉為2補數後，得到【7.2】
(1)11010100₂ (2)11010101₂ (3)00101100₂ (4)00101011₂
19. 18.875₁₀=(?)₂:【7.1.1】
(1)11010.110₂ (2)10010.110₂ (3)10010.111₂ (4)10001.111₂
20. ASCII碼中，'B'的10進位表示碼為多少?【7.5】
(1)68 (2)69 (3)99 (4)100

第六次測驗

- 學號: _____ 選擇教師: _____ 選擇試卷別: _____
1. 下列何種內碼能涵蓋世界各種不同的文字? 【7.3】
(1)ASCII (2)EBCDIC (3)Unicode (4)EBCDIC
2. 200X-5 Code儲存字串「內網學科測驗」，但不包含引號，共需使用多少位元組? 【7.4】
(1)12 (2)12 (4)24 *
3. 各類中文輸入法所輸入的碼是屬於那一類碼? 【7.4】
(1)內碼 (2)外碼 (3)交換碼 (4)EBC-5碼
4. 依據「通用漢字標準交換碼」的編碼原則，每個中文字以多少位元組來編碼? 【7.4】
(1)1 Byte (2)2 Bytes (3)3 Bytes (4)4 Bytes
5. 在ASCII Code 的表示法中，下列之大小關係何者為錯誤者? 【7.5】
(1)A>B>C (2)9>a (3)3+2>1 (4)9>9a *
6. 下列有關偶數位元組編碼之敘述，何者錯誤? 【7.5】
(1)'B'之ASCII碼為「1000010」，加入控制位元後，其值應為「10000100」 (2)接收端接收到的字元，若其奇「1」之個數為奇數，則表示發生數位元組錯誤 (3)若某字元在傳輸過程發生三個位元之錯誤，則無法用此種方法檢測出來錯誤 (4)電腦干擾可能造成資料在傳輸過程中發生錯誤
7. 英文字母b的ASCII碼為(01100010)₂，則字母B之ASCII碼為? 【7.5】
(1)(01011011)₂ (2)(01011011)₂ (3)(01011100)₂ (4)(01100110)₂
8. 125829 bytes的碼為? 【8.2】
(1)12KB (2)12GB (3)12KB (4)12MB *
9. 目前最熱門的奈米科技，其中「奈米」是指? 【8】
(1)10⁻³公尺 (2)10⁻⁶公尺 (3)10⁻⁸公尺 (4)10⁻¹²公尺
10. 電腦中儲存的基本單位稱爲? 【8.2】
(1)位元 (2)位元組 (3)組碼 (4)組碼 *
11. 下列何者是資料的傳輸速率的單位? 【8.1】
(1)MB/s (2)DFI (3)BFS (4)BPI *
12. 以下電子計算機常用的速度單位何者最小? 【8.1】
(1)ns (2)μs (3)ms (4)us
13. 標榜Pentium 233 with MMX之CPU，其中233是指? 【8.1】
(1)主記憶體空間可擴充之範圍 (2)該CPU之製造序號及出廠 (3)該CPU可接受之時脈頻率 (4)CPU之位元數 *
14. 電子計算機的記憶體容量之大小與二的次方有關，所謂1M是指二的幾次方? 【8.2】
(1)15 (2)10 (3)20 (4)20 *
15. 4GB的硬碟容量可換算為? 【8.2】
(1)60*2²⁸ bytes (2)40*2²⁰ bits (3)60*2²⁸ bytes (4)40*2²⁰ bits
16. 4 TB等於多少GB? 【8.2】
(1)1024 (2)2048 (3)3072 (4)4096 *
17. PC磁碟如果已感染與根型的病毒時，應該如何解決? 【9.1】
(1)先關閉電源後再對機進行解毒 (2)按Ctrl-Alt-Del鍵選擇啓動 (3)每次感染的毒候重新格式化磁碟 (4)先關閉電源，以一片未感染病毒且可開機的磁片由A磁碟機重新開機後，再行解毒 *
18. 下列有關電腦病毒的說明何者有誤? 【9】
(1)間接型病毒，與間接，其病毒係存入記憶體 (2)中毒的檔案，由於病毒程式的依附，檔案通常會變大 (3)主動型病毒，此時COPY無毒的檔案到磁片，將磁片中毒 (4)檔案型病毒，將檔案檔案的執行，載入及復讀 *
19. 下列對於防治電腦病毒的敘述何者正確? 【9.1】
(1)一般電腦病毒可以分為間接型、檔案型、混合型及引導型四種 (2)電腦病毒只存在記憶體、開機磁碟及執行檔中 (3)受病毒感染的檔案，不執行也會感染 (4)遇到間接型病毒，只要無毒的開機磁片重新開機即可清除 *
20. 所謂的電腦病毒屬害是一種? 【9】
(1)資料 (2)電腦 (3)病毒 (4)程式 *
21. 對於電腦病毒防治方式下列何者為錯誤的? 【9.1】
(1)只要將感染之程式刪除就不會再被感染 (2)用乾淨無毒的開機磁片開機 (3)不使用來源不明之磁片 (4)電腦上加裝防毒軟體 *
22. 檔案感染型病毒會附著於下列何種檔案上? 【9.2】
(1)DOC.BAT (2)DOC.EXE (3)DOC.SYS (4)DOC.TXT *
23. 從下列何者無法得知病毒感染? 【9.1】
(1)檔案長度、日期改變 (2)系統從前變慢 (3)奇怪的錯誤訊息/異常異形畫面 (4)系統執行速度變快 *
24. 請你(妳)學校有使用的個人電子計算機(PC)，在英文文字編碼方式使用那一種字碼系統? 【7.3-7.5】
(1)EBCDIC (2)ASCII (3)BCD (4)以上皆可 *
25. 一張1.44MB的磁碟片最多可以存放多少個400KB的檔案? 【5.3-8.2】
(1)1個 (2)2個 (3)3個 (4)4個

第七次測驗

學號

選擇教師

選擇試卷別

test

交卷

1. 下列何者是資料的傳輸速率的單位？【8.1】
(1)MB/s (2)DPI (3)BPS (4)BPI。
2. 微秒 (Microsecond) 是計量電腦速度的微小時間單位之一，一微秒等於【8.1】
(1)千分之一秒 (2)十萬分之一秒 (3)萬分之一秒 (4)百萬分之一秒。
3. 標明 Pentium 233 with MMX 之 CPU，其中 233 是指【8.1】
(1)主記憶體空間可擴充之範圍 (2)該 CPU 之製造序號及組號 (3)該 CPU 可接受之時脈頻率 (4)CPU 之位元數。
4. 記憶體單位容量 KB 是 2 的多少次方位元組？【8.2】
(1)10 (2)20 (3)30 (4)40。
5. 有一個 32,564KB 的檔案，和下列哪一個選項的檔案大小相等？【8.2】
(1)325MB (2)325640000bytes (3)0.32GB (4)32MB。
6. PC 硬體如果已感染病毒時，應該如何解決？【9.1】
(1)先關閉電源後再開機進行解毒 (2)按 Ctrl-Alt-Del 鍵強制啟動 (3)每次感染病毒就重新格式化硬碟 (4)先關閉電源，以一片未感染病毒且可寫換的磁片由 A 磁碟機重新開機後，再行解毒。
7. 下列何種現象，非電腦感染病毒的現象？【9.1】
(1)檔案長度無故改變 (2)無法開機 (3)電源突然中斷 (4)鍵盤無法輸入。
8. 電腦病毒最主要的傳染途徑是【9.1】
(1)灰塵 (2)磁片或網路 (3)鍵盤 (4)滑鼠。
9. 著作財產權的範圍不包含下列何者？【11.1】
(1)重製權 (2)公開播放權 (3)公開口述權 (4)閱讀權。
10. 請問智慧財產法要保護的是【11.1】
(1)一般人知的權利 (2)人類腦力勞動創作的結晶 (3)國家 (4)消費者消費的樂趣。
11. 職業道德責在【11.1】
(1)知識 (2)能力 (3)實踐 (4)反省。
12. 下列有關符合綠色環保電腦的條件敘述，何者不正確的【11.2】
(1)必須是省電的 (2)必須符合人體工學 (3)必須是低污染、低輻射 (4)必須是木製外殼。
13. 綠色電腦是將下列何者的觀念移植在幾乎可及的每部個人電腦上【11.2】
(1)科技 (2)節約水源 (3)環保 (4)森林保育。
14. 綠色電腦從待機/睡眠狀態到正常狀態，需作下列何種動作【11.2】
(1)按 reset 鍵 (2)重新打開監視器 (3)重新開機 (4)敲鍵盤上任一鍵。
15. 從下列各種特性中，選完整的綠色電腦概念(a)省電(b)低噪音(c)低污染(d)低輻射(e)可回收(f)符合人體工學【11.2】
(1)abc (2)abc def (3)abc de (4)defa。
16. 下列何者不正確？【11.3】
(1)磁碟機到頭了，可使用清潔磁片來清潔 (2)抽換顯示介面卡時，要先將電腦電源關閉 (3)磁片不用時，可放在烤箱上 (4)電腦不用時，可用防塵套將其蓋住以防止灰塵。
17. 下列那一項不是購買電腦時的必要考量？【11.4】
(1)價格 (2)效能 (3)個人需求 (4)以上皆是。
18. 預防電腦犯罪應做事項為【11.4】
(1)資料備份 (2)維修電腦 (3)建立資訊安全管理系統 (4)和警局連線。
19. 印表機規格中，若 DPI 數越高的印表機表示【8-5.2】
(1)列印速度越快 (2)列印的顏色越淺 (3)列印的圖形越精密 (4)色彩越鮮豔。
20. 下列何種處理方式不正確？【9】
(1)常用掃毒程式檢查，有害即將之清除 (2)常與他人交流各種軟體磁片 (3)常做備份 (4)關閉時執行掃毒。

附錄五、程式輸出畫面

電腦輔助題庫測驗系統登入畫面

計算機概論重補修線上測驗網

帳號

密碼

教師登入 學生登入

◎ 登入說明 ◎

1. 若為教師登入請輸入帳號密碼後按教師登入
2. 若為學生登入請輸入你的學號及密碼後登入

教師資料管理畫面

系統管理快捷列

- 管理功能
 - 教師資料管理
 - 教師資料管理**
 - 學生資料管理
 - 學生資料管理
 - 教師功能
 - 概念管理
 - 概念管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 試卷管理
 - 新增試卷
 - 瀏覽試卷

選擇	教師帳號	教師姓名	密碼
<input type="checkbox"/>	9123715	施青妙	9123715

1

學生資料管理

系統管理快捷列

- 管理功能
 - 教師資料管理
 - 教師資料管理
 - 學生資料管理
 - 學生資料管理**
 - 教師功能
 - 概念管理
 - 概念管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 試卷管理
 - 新增試卷
 - 瀏覽試卷

選擇	學生帳號	學生姓名	密碼
<input type="checkbox"/>	test	test	test
<input type="checkbox"/>	112134	112134	1111
<input type="checkbox"/>	112240	112240	1111
<input type="checkbox"/>	112238	112238	1111
<input type="checkbox"/>	112211	112211	1111

1

概念管理

系統管理快捷列

- 管理功能
 - 教師資料管理
 - 教師資料管理
 - 學生資料管理
 - 學生資料管理
- 教師功能
 - 概念管理
 - 概念管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 教師功能
 - 設置維護

	新增	維護
概念代號	概念名稱	
<input type="button" value="獲取"/>	1	計算機的意義及分類
<input type="button" value="獲取"/>	1.1	通用及特殊用計算機
<input type="button" value="獲取"/>	1.2	數位、類比及混合計算機
<input type="button" value="獲取"/>	1.3	依容量及速度分類
<input type="button" value="獲取"/>	10	程式語言
<input type="button" value="獲取"/>	11	常見的名詞解釋及電腦常識
<input type="button" value="獲取"/>	11.1	智慧財產權及職業道德
<input type="button" value="獲取"/>	11.2	綠色電腦
<input type="button" value="獲取"/>	11.3	電腦與週邊設備的維護
<input type="button" value="獲取"/>	11.4	其他

1 2 3 4

試題管理

系統管理快捷列

- 管理功能
 - 教師資料管理
 - 教師資料管理
 - 學生資料管理
 - 學生資料管理
- 教師功能
 - 概念管理
 - 概念管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 教師功能
 - 設置維護

	新增	維護						
選擇概念別 <input type="text" value="711"/>								
編號	題目	選項1	選項2	選項3	選項4	答案	概念	
<input type="button" value="獲取"/>	220	10進位表示法的17在16進位中應如何表示？	(1)17	(2)11	(3)10	(4)21 +	2	7.1.1
<input type="button" value="獲取"/>	222	十進制60.875以二進制表示為	(1) 10110.111	(2) 101110.110	(3) 111100.111	(4) 110100.110 +	3	7.1.1
<input type="button" value="獲取"/>	225	$6.375_{10} = (?)_2$:	(1)110.011 ₂	(2)110.101 ₂	(3)110.110 ₂	(4)101.101 ₂ +	1	7.1.1
<input type="button" value="獲取"/>	228	10進制的“13”在16進制中是以	(1)C	(2)D	(3)E	(4)F 來表示 +	2	7.1.1
<input type="button" value="獲取"/>	231	10進制194 ₁₀ 轉換成2進制數字應為？	(1) 11000100 ₂	(2) 11000010 ₂	(3) 10100010 ₂	(4)11001101 ₂	2	7.1.1
<input type="button" value="獲取"/>	237	10進制數字214 ₁₀ 轉換為4進制數字應為？	(1)311 ₄	(2)211 ₄	(3)311 ₂	(4)3111 ₄	3	7.1.1
<input type="button" value="獲取"/>	241	10進位數字103 ₁₀ 等於下列那個數字？	(1)111101 ₂	(2)121 ₃	(3)77 ₈	(4)65 ₁₆	2	7.1.1

新增試卷

系統管理功能

- 管理功能
 - 教師資料管理
 - 教師資料管理
 - 學生資料管理
 - 學生資料管理
- 測驗功能
 - 觀念管理
 - 觀念管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 試卷管理
 - 試卷管理
 - 新增試卷
 - 新增試卷

請選擇概念 程式語言

314. BASIC語言是屬於 (1)自然語言 (2)機器語言 (3)編譯語言 (4)直譯程式。【難度：0.27】

315. 下列何者不屬於語言翻譯程式？ (1)直譯程式 (2)編譯程式 (3)監督程式 (4)組譯程式。【難度：0.66】

316. 下列動作之正確順序為 (1)執行→編譯→連結 (2)編譯→執行→連結 (3)編譯→連結→執行 (4)連結→編譯→執行【難度：0.27】

317. 下列何種稱為「機器語言」的特性？ (1)機器語言不同 (2)為機器語言 (3)不需要通過編譯即可執行 (4)以上皆是【難度：0.77】

320. 下列何種稱為「機器語言」的特性？ (1)機器語言不同 (2)為機器語言 (3)不需要通過編譯即可執行 (4)以上皆是。【難度：0.72】

354. 執行速度最快之語言為： (1)機器語言 (2)組合語言 (3)COBOL (4)Pascal【難度：0.65】

T
I

360. 電腦本身會學習了編譯語言為 (1)組合語言 (2)機器語言 (3)Pascal語言 (4)高級語言【難度：0.78】

363. 下列那一種語言的可能性最差 (1)C語言 (2)BASIC語言 (3)Java語言 (4)組合語言【難度：0.60】

310. 在下列那一項不是高級語言（和組合語言比較）的優點？ (1)易學 (2)佔記憶體空間小 (3)程式容易編譯 (4)程式可編

319. 將高級語言每一段述詞譯成機器語言後便直接執行的是 (1)組譯器 (2)編譯器 (3)編譯器 (4)以上皆是【難度：0.50】

218. 在下列那一項不是高級語言（和組合語言比較）的優點？ (1)易學 (2)佔記憶體空間小 (3)程式容易編譯 (4)

此試卷目前已有概念有1個，共4題試題，平均難度為 0.574

全部刪除
儲存試卷

試卷瀏覽維護

系統管理功能

- 管理功能
 - 教師資料管理
 - 教師資料管理
 - 學生資料管理
 - 學生資料管理
- 測驗功能
 - 觀念管理
 - 觀念管理
 - 試題管理
 - 試題管理
 - 試卷管理
 - 試卷管理
 - 新增試卷
 - 新增試卷

選擇題代數 代數 刪除試卷 新增試卷

平均難度 = 0.5525
平均標準度 = 0.3175

題數	題目	答本1	答本2	答本3	答本4
226	請檢閱右列之數值， $001,101_2 = ?_{10}$ ：	Q1-6875	Q2-665	Q3-625	Q4-375 +
229	下列數字表示法何者有誤？	Q1-32 ₅	Q2-ACD ₁₆	Q3-190 ₁₆	Q4-768
230	在數字系統轉換時，每一數位數字可以用多少個二進位數字表示？	Q1-2	Q2-3	Q3-4	Q4-5
233	8進制數字32 ₈ 轉換為10進制應為下列那一數數字	Q1-24 ₁₀	Q2-34 ₁₀	Q3-15 ₁₀	Q4-25 ₁₀
235	8進制數字27 ₈ 轉換為10進制應為下列何個數字	Q1-110111 ₂	Q2-1011101 ₂	Q3-1011101 ₂	Q4-10111110
239	2進制數字1011011 ₂ 轉換成8進制為	Q1-16 ₈	Q2-8 ₈	Q3-4 ₈	Q4-15 ₈
240	16進制數字C0轉換為2進制應為下列何個數字	Q1-101101 ₂	Q2-10011100 ₂	Q3-0101101 ₂	Q4-00011100
244	二進位數值0101101，其10的轉數值為	Q1-101101	Q2-1001010	Q3-10000101	Q4-101110 +
245	通常電腦內部表示真的整數是	Q1-的轉數表示法	Q2-的轉數表示法	Q3-的轉數表示法	Q4-的轉數表示法 +
247	*1101011，若一個轉數，它是表示一個十進位的真數，則其值為何？	Q1-63	Q2-52	Q3-32	Q4-21

12