

領域知識結構之評量研究 ——以「垃圾分類處理」領域知識為例*

余民寧
國立政治大學教育系

陳嘉成
華梵大學教育學程

摘 要

本研究試圖以一種新的評量方式——知識結構評量，探索 32 名國小學生在垃圾分類領域知識之學習成果評量的可行性。研究結果雖然未獲得充份且一致肯定的證據支持，但卻有四點結論與涵義提出：(1)範圍狹小的領域知識容易達成精熟的學習、(2)知識結構圖適合作為表徵與區別團體成就差異的指標、(3)知識結構評量可提供另類評量的參考、(4)知識結構評量隱含對網路結構分析方法學的啟發。這些結論與涵義除隱含對未來另類教學評量的可能契機外，並引發一些待答的爭議問題，值得後續研究繼續探討。

關鍵詞：知識結構、路徑蒐尋網路分析、領域知識

* 本研究為國科會補助專案之衍生論文，作者除了要感謝國科會補助本案研究經費外（專案編號：NSC-87-2511-S-004-001），更要感謝毛松霖、王澄霞、林清山、及黃寶鈿等四位教授的評論與提供寶貴的修正意見。

壹、緒論

一、評量的趨勢——認知取向

任何學科的教學目標，都在於期望學習者能學到教學者所要傳授的知識，而教學目標是否達成則需藉由「評量」來表徵。在過去由實証主義主宰學術發展的時代，學習評量方式大多著重在學習的「成果」(總結性評量)，而忽略了學生在知識建構過程中的「形成性評量」。過分注重總結性評量所連帶產生的結果就是：評量的功能只能停留在給予學生一個「標籤」(label)的層次，並進一步影響學生的學習意願，而使評量的「目的」與評量的「方法」形成本末倒置。

自從「認知心理學」(cognitive psychology) (Neisser, 1967)躍為心理學的主流以來，便以訊息處理模式(information processing model)為其理論架構，對人類的學習抱持「人是主動處理訊息與努力追求意義的認知學習取向」的理論觀點(Mayer, 1987)。這種觀點，對當今教學心理學在探討人類如何獲得新知、如何處理與儲存知識、與如何提取既存的知識，以用來幫助瞭解和解釋人類的學習歷程等方面，深具影響力(林清山, 民 80; 張春興, 民 77; Mayer, 1981)。

因此，在學習理論上，它特別強調

有意義學習 (meaningful learning) 的重要性；亦即，強調學生如何主動去建構學習材料對學習者本身的意義，以及如何將新知識建構在既有的先備知識 (prior knowledge) 上，並主動監控知識的組織與發展過程 (余民寧, 民 86b; Novak & Gowin, 1984)。

在教學評量上，它逐漸揚棄傳統式紙筆測驗所重視的常模參照評量 (norm-referenced evaluation) 或學校決策者所強調的總結性評量 (summative evaluation)，因為，這些評量方式只會導致「評量領導教學」及「評量領導學習」等批評與誤解，讓學生誤以為知識的習得 (knowledge acquisition) 只是將考試中會出現的事實知識 (或甚至只是訊息而已) 照單全收地背誦下來，並在考試場合中照「標準答案」的作答方式依樣畫葫蘆地複製一遍而已。經年累月下來，學生便完全喪失主動探索知識的興趣和習慣，更遑論仔細追究知識形成的過程及探究錯誤概念 (misconception) 的形成對後續知識習得與推理的不良影響 (Airasian, 1994; Hart, 1994)。

因此，回歸重視回應式建構取向 (responsive constructivist oriented) 的過程評量 (Guba & Lincoln, 1989)，才是未來的教學評量應有的走向，才能真正導正教學評量的原有價值，改進教師的教學觀念與學生的學習態度。

二、知識結構評量的興起

傳統的紙筆測驗除了造成「方法」與「目的」的錯置，以及偏重「學習結果」而忽略「學習歷程」之外，若從效度理論的觀點言之，傳統測驗所能提供再教學與學習方面的訊息也是有限的。例如，Messick (1989)即指出：效度應該涵蓋測驗結果的「詮釋」與「使用」兩方面，而不僅以證據為基礎，還應擴展到影響後果的層面，也就是所謂的後果效度(consequential basis of validity)的觀點(吳毓瑩、桂怡芬，民 84；Messick, 1994)。因為傳統的測驗理論用「試題」(item)來表徵其所謂真分數的內容，而其背後的理論可以說是建立在 Bloom 的知識分類法(Bloom' taxonomy)上，然而，此種 Bloom 的知識分類法尚缺乏實徵證據的支持(Embreston, 1985)。

若加入「評量方式」來考慮古典測驗理論對真分數的評量，最常用的是非、選擇題與簡答題所測量的通常是許多彼此獨立的訊息，因此它們似乎不足以用來說明知識是一種統整的(integrative)事實。此外，若就「評量結果」而言，古典測驗理論係以「試題」為最基本的分析單位，評量的結果所能提供給老師的「訊息」不是全對就是全錯，因而忽略了學生在某些概念的學習上並非「全有或全無」(all or none)的可

能。此外，亦無從得知學生在學習上的「迷失概念」(Novak & Gowin, 1990a, 1990b)，所以缺乏認知診斷的功能。

近年來，針對上述議題的研究，已有許多新式教學評量的觀點或策略(如：S-P 表分析、概念構圖等)，逐漸被提出並加以應用研究，同時，亦獲得初步的肯定結果(余民寧，民 86a；余民寧、陳嘉成，民 85；余民寧、陳嘉成、潘雅芳，民 85；余民寧、潘雅芳、林偉文，民 85；宋德忠、陳淑芬、張國恩，民 87；陳嘉成，民 87；陳嘉成、余民寧，民 87)。因此，若仔細注意此一方面的發展，遂有逐步走向結合認知心理學及心理計量學理論為基礎的認知診斷評量(cognitively diagnostic assessment)趨勢，亦即重視學習過程中知識結構(knowledge structure)的習得、表徵、與評量，才能重建教學和評量間的意義，解決當前教學與評量間脫節的問題(余民寧，民 84；Nichols, 1994；Nichols, Chipman, & Brennan, 1995)。

此外，源自強調評量教室內學科領域知識(domain knowledge)重要性的相關研究課題(Geeslin & Shavelson, 1975; Shavelson, 1972, 1974; Shavelson & Geelsin, 1973; Shavelson & Stanton, 1975)，近年來，受到知識建構主義論者的影響，除重獲學界重視外，並拜電腦科技興盛之賜，亦有逐漸朝向重視領域

知識的結構化評量(structural assessment)的發展趨勢 (Acton, Johnson, & Goldsmith, 1994; Goldsmith & Johnson, 1990; Goldsmith, Johnson, & Acton, 1991; Gonzalvo, Canas, & Bajo, 1994; Jonassen, Beissner, & Yacci, 1993; Johnson, Goldsmith, & Teague, 1994)。

所以，根據上述研究緣由，本研究目的即是跟隨新近的教學評量發展趨勢，嘗試應用新的結構化評量技術與觀點，來評定學生在某一特定領域學習的知識結構，以驗證一套知識結構評量技術的可行性。因此，本研究擬定以「垃圾分類處理」領域知識為範圍，企圖分析探討下列問題：

1. 本研究所提之知識結構評量技術是否可以做為領域知識學習成就的另類評量工具？

2. 就此一特定領域知識的教學結果，學習已達精熟學生的知識結構是否比學習未達精熟學生的知識結構更接近教師的知識結構？

3. 就不同學習類型學生（即「學習穩定型」對「學習異常型」學生）間的知識結構（可視為「專家與生手」類型課題的研究），是否可以本研究所提之知識結構評量技術予以表徵出其間的差異？

貳、方法

一、樣本

受試者則來自台北市文山區隨機抽取的一所國民小學六年級一班 32 名學生及其自然課程任課教師一人。

二、研究工具

(一)知識網路組織程式(KNOT)

在資料分析方面，本研究使用根據「路徑蒐尋量尺化算則」(pathfinder scaling algorithm)所研發出來的結構化評量方法(Schvaneveldt, 1990)及電腦軟體程式「知識網路組織程式」(Knowledge Network Organizing Tool, 簡稱 KNOT) (Schvaneveldt, 1994)，作為主要評量方法和資料分析工具。

(二)垃圾分類評定量表

本研究以國民小學六年級自然課程及健康教育課程裡，有關「垃圾分類處理」的領域知識當成研究主題範圍，並根據該範圍的課程標準及教師手冊的內容，挑選 40 種小學生最常見的垃圾，編擬成一份垃圾分類評定量表（參見附錄一）。

(三)垃圾分類成就測驗

為了提供受試者在垃圾分類的「卡片歸類程序」(card sorting)另外一個參照

標準，並驗證 KNOT 的可行性，研究者復根據課本教材及測驗編製原理(余民寧，民 86a)編擬一份含有 25 題試題的成就測驗(參見附錄二)，作為收集受試者依變項資料的工具。

三、研究程序

(一)依照抽樣班級原本排定的上課進度，在原授課教師一般的正常教學後正式進行評量。在施測時，首先要求受試者根據「垃圾分類評定量表」中的 40 種常見垃圾，以自己感覺最有意義的方式將其歸類，除不可將全部垃圾歸成一

類及歸成四十類(即每種自成一類)外，要歸成多少類則由受試者自己決定。因此，本研究可以獲得每位學生及教師各一份垃圾歸類的原始資料。

(二)在資料矩陣分析方面，則是根據 Rosenberg & Kim (1975)所提出的卡片歸類程序，將該原始歸類資料轉換成一份二元化計分的 40 x 40 近似值矩陣 (proximity matrix) (參見圖 1 的轉換範例)，該矩陣中的所有元素不是 0(表示配對的兩兩垃圾不被歸為同類)即是 1 (表示配對的兩兩垃圾被歸為同類)。

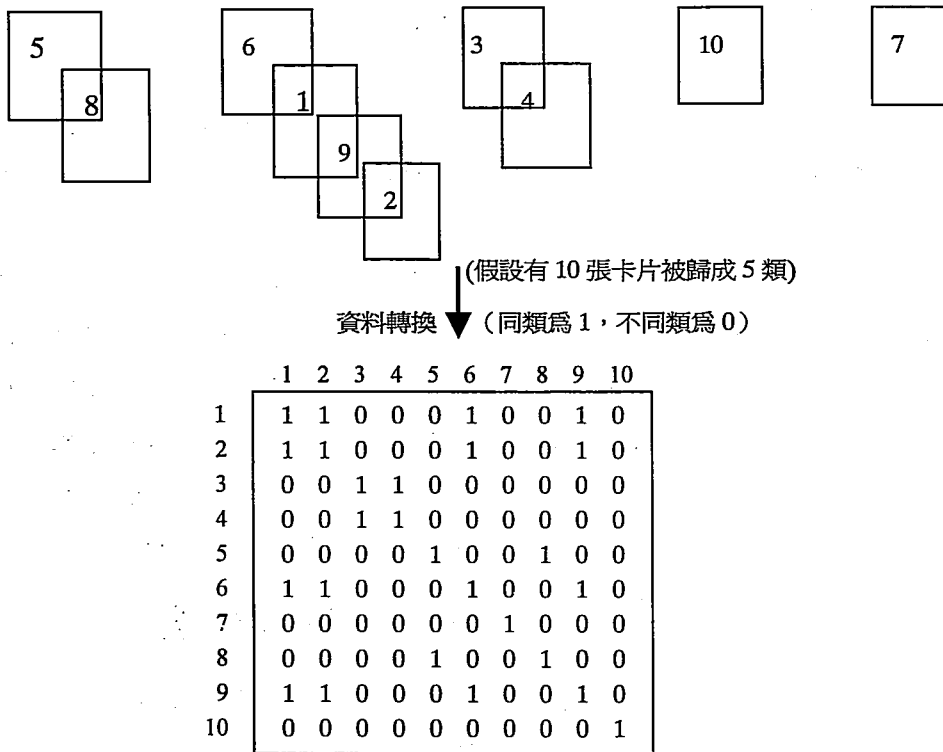


圖 1 二元化對稱近似值矩陣的轉換
(資料取材自：余民寧 (民 86b, p.173))

(三)接著,給予該班受試學生實施研究者自編的「垃圾分類成就測驗」,該項成績即作為受試學生在此領域知識學習的成就指標。本研究再依據 S-P 表的運算法則(余民寧,民 86a),分析出這批學生在垃圾分類領域知識學習成果的學習類型,並挑選出其中屬於「學習穩定型」的學生作為學習精熟型(視同專家型)的代表,而屬於「學習異常型」的學生則作為學習未精熟型(視同生手型)的代表;過去的研究顯示,這種分類頗具有區別的預測效果(余民寧、陳嘉成,民 87)。

(四)然後,以「路徑蒐尋量尺化算則」的電腦程式(即 KNOT) (Schvaneveldt, 1994)所提供的相近性指數(closeness index),作為判斷兩個知識結構是否相似的依據,該項指數被認為比依據多元度量法(multidimensional scaling, 簡稱 MDS)所算出來的歐基里德距離指數,更具有預測學業成就的效果(Acton, Johnson, & Goldsmith, 1994; Goldsmith & Davenport, 1990; Goldsmith & Johnson, 1990; Goldsmith, Johnson, & Acton, 1991);同時,「路徑蒐尋量尺化算則」和 KNOT 電腦程式,亦被證實適合用來作為評量受試者知識結構的一種優良工具(Cooke, 1992; Cooke, Durso, & Schvaneveldt, 1986, 1994; Cooke, Neville, & Rowe, 1996; Cook, & McDonald, 1987; Cooke, & Schvaneveldt, 1988; Goldsmith

& Davenport, 1990; Goldsmith & Johnson, 1990; Goldsmith, Johnson, & Acton, 1991; Gomez, Hadfield, & Housner, 1996; Gonzalvo, Canas, & Bajo, 1994; Housner, Gomez, & Griffey, 1993; Johnson, Goldsmith, & Teague, 1994; Jonassen, Beissner, & Yacci, 1993; Schvaneveldt, 1990, 1994; Schvaneveldt, Dearholt, & Durso, 1988; Schvaneveldt, Durso, & Dearholt, 1989; Schvaneveldt, Durso, Goldsmith, Breen, Cook, Tucker, & DeMaio, 1985; Schvaneveldt, Durso, & Mukherji, 1982)。本研究在計算相近性指數時,均以教師的知識結構為參照結構(referent structure),再拿每位學生的知識結構與教師的知識結構作配對比較,一一算出每位學生的相近性指數。故,相近性指數值愈高,即表示該學生的知識結構與教師的知識結構愈相似;反之,則否。有關此路徑蒐尋量尺化算則與相近性指數的運算邏輯和其他應用實例,有興趣的讀者可以參考國內的相關論文或研究報告(江淑卿,民 85;江淑卿、郭生玉,民 86;宋德忠、林世華、陳淑芬、張國恩,民 87;林原宏、民 85)。

參、結果與討論

表 1 所示,即為本研究所蒐集到的 32 名學生的相近性指數、成就測驗分數、及判定學習類型等資料。

表 1 32 名學生的原始測量資料

學號	相近性指數	成就測驗分數	判定學習類型	學號	相近性指數	成就測驗分數	判定學習類型
S10601	0.965	40	C'	S10602	0.965	60	B'
S10604	0.903	60	B'	S10605	0.959	44	C'
S10606	0.958	56	B'	S10607	0.965	52	B'
S10608	0.941	56	B'	S10609	0.965	64	B'
S10610	0.953	72	B'	S10611	0.965	72	B
S10612	0.965	40	C'	S10613	0.937	64	B'
S10614	0.956	60	B'	S10616	0.965	64	B'
S10618	0.958	56	B'	S10619	0.965	60	B'
S10620	0.965	44	C'	S10621	0.888	64	B'
S10622	0.965	52	B'	S10623	0.965	60	B'
S10624	0.965	60	B'	S10625	0.965	60	B'
S10626	0.965	52	B'	S10627	0.965	12	C'
S10628	0.965	68	B'	S10629	0.965	60	B'
S10630	0.965	76	A	S10631	0.965	64	B
S10632	0.913	56	B'	S10634	0.950	76	A
S10635	0.965	76	A	S10636	0.965	76	A

(一)相近性指數方面

從表 2 資料分析結果顯示，當以學生的相近性指數來預測其成就測驗分數時，其標準化迴歸係數值為($\beta = -.097, p > .597$)，未達顯著，這表示根據「路徑

蒐尋量尺化算則」所計算出的相近性指數在本例中無法有效預測學生的成就測驗分數，因此，無法支持它可以作為取代傳統的紙筆式成就測驗分數的另類評量指標。

表 2 相近性指數預測成就測驗分數結果

變項	B	SE(B)	β	t	p
相近性指數	-65.29	122.31	-.097	-.534	.597
截距	121.02	116.91		1.035	.309

$R = .097, R^2 = .009, F = .285, p > .597$



從表 3 所示可知，就此「垃圾分類處理」特定領域知識的教學結果，並以相近性指數作為判斷兩個知識結構是否相似的指標，顯示出學習已達精熟學生

與學習未達精熟學生的知識結構並無顯著差異存在，因此，無法證實誰的知識結構更接近教師的知識結構。

表 3 精熟與非精熟學生的相近性指數之差異考驗

組別	平均數	標準差	人數	t	p
精熟組 (A)	.96125	.0075	4	-.716	.497
非精熟組 (C)	.96380	.0026	5		

從表 2、表 3 可知，本研究的研究結果，與過去的相關研究(如：Acton, Johnson, & Goldsmith, 1994; Goldsmith & Davenport, 1990; Goldsmith & Johnson, 1990; Goldsmith, Johnson, & Acton, 1991; Gonzalvo, Canas, & Bajo, 1994)大不相同，這可能是因為本研究使用卡片歸類作為知識誘發 (knowledge elicitation) 的方法，與其他學者使用配對概念間的關聯性判斷 (relationship judgment) 方法不同之故。至於為何誘發知識的方法不同就產生不同的結果，則尚待未來進一步研究釐清。

(二)個別的知識結構圖方面

然而，有時候，光是看簡化的指標數據，是無法窺知訊息真相的全貌。統計學界有句名言：「一張圖勝過千言萬語」，因此，本研究依據表 1 中的相近性指數大小，列舉出經由路徑蒐尋量尺化

算則所繪製出的知識結構網路圖，但由於篇幅限制，在此僅列出三張最具代表性的例子，亦即是教師、相近性指數最低與最高的兩位受試者，如圖 2 至圖 4 所示。

由圖 2 所示可知，這是本研究中教師的「垃圾分類處理」知識結構網路圖，亦是作為本研究中其他學生的知識結構網路圖的參照結構圖；換句話說，若學生在學習此一單元後的結果，若學習成效愈接近教師的教學目標的話，則他所繪製出來的知識結構網路圖，應該會看起來與教師的知識結構網路圖愈相似(或說是愈相近)，表示學生的學習成果愈符合教學目標的期望。

而由圖 3 與圖 4 所示可知，這兩個圖分別是相近性指數值最大與最小的代表例子。從這兩個代表圖中，我們確實可以看出：相近性指數愈高的知識結構網路圖與圖 2 最為相似。由此可見，隨

著相近性指數值的增加，每位學生在此一「垃圾分類處理」領域知識學習後的知識結構網路，愈來愈像教師的知識結構網路；但是，這些學生在傳統的紙筆測驗成績上個別差異頗大，他們都能在此一單元的學習，習得接近教學目標所期望的結果，這無非是教師教學的成功、單元課程設計的完善、及教學評量方式的恰當所致。

若進一步檢查每位學生與教師間的相近性指數，本研究發現這些指數值皆頗為接近，差異不大，亦即表示每位學生在此「垃圾分類處理」領域知識的學

習成效皆頗為一致，因此，不論學生的學習成果是否已達精熟程度，皆與教師的知識結構相當接近，所以無法彰顯出其間的差異來。由於每位學生在此領域知識的學習皆頗為接近教師的知識結構(這點可由表 1 中的相近性指數值大小看出)，因此，即使就不同學習類型(即學習穩定型(A 組學生) vs. 學習異常型(C'組學生))學生間的知識結構來比較，這項相近性指數也是無法顯著地區別出其間的些微差異。參見表 4 結果所示，可獲得進一步的比較訊息。

表 4 不同學習類型學生間的相近性指數和成就測驗分數之平均數

依變項	學習穩定型	學習異常型	t	p
相近性指數	.96125	.96380	-.716	.497
成就測驗分數	76	36	5.815	.001

表 4 所示，是將學習穩定型學生 4 人和學習異常型學生 5 人的相近性指數和成就測驗分數，加總後平均所得，再進行比較的結果。由此結果顯示，學習

穩定型學生和學習異常型學生在相近性指數值上，並無顯著差異存在，但在成就測驗分數上，確有顯著的差異存在。

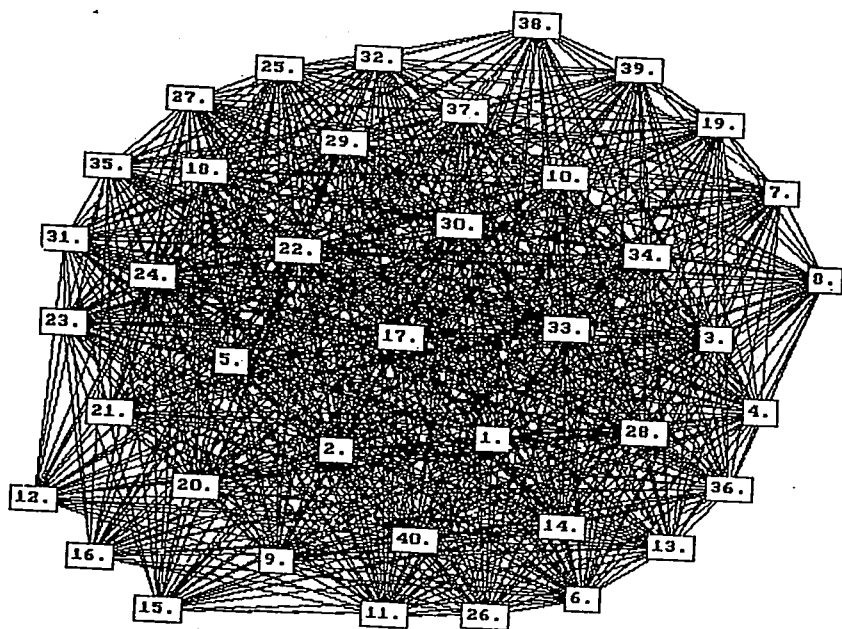


圖 2 教師的知識結構圖

(圖中的節點代號，請對照附錄一的垃圾名稱)

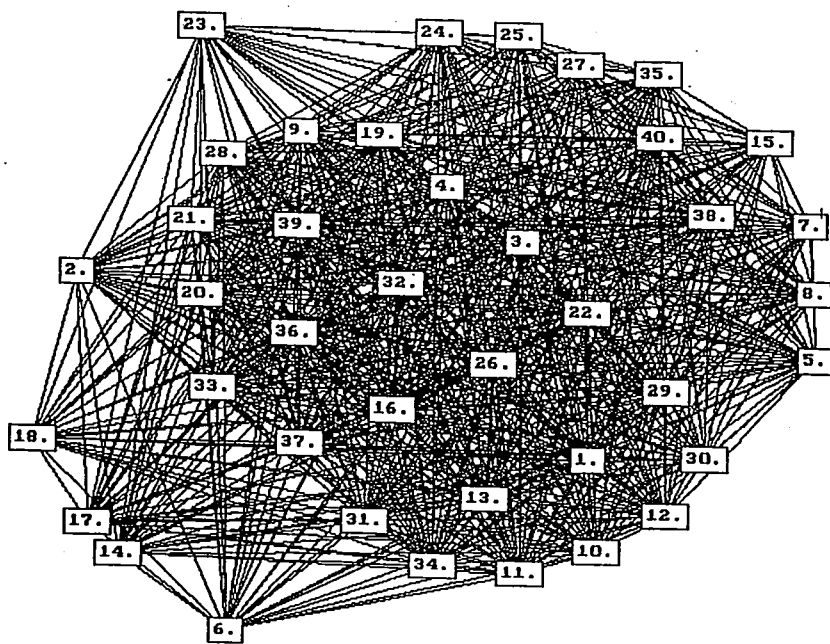


圖 3 相近性指數為 .888 (學號 S10621)學生的知識結構圖

(圖中的節點代號，請對照附錄一的垃圾名稱)

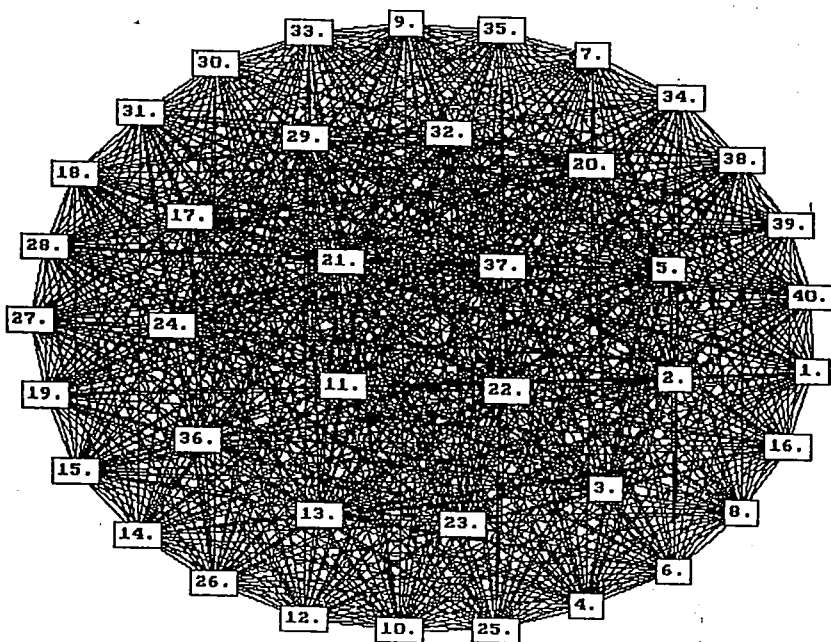


圖 4 相近性指數為 .965 (學號 S10601)學生的知識結構圖
(圖中的節點代號, 請對照附錄一的垃圾名稱)

(三)團體的知識結構圖方面

然而, 光是比較表 4 中的數據值大小, 有時候也會陷入以管窺天的偏見毛病。根據路徑蒐尋量尺化算則的原理, KNOT 程式可將同組學生的原始二值化近似值矩陣資料加總, 再計算出一個平均值矩陣。因此, 若將上述二組學生的原始二值化近似值矩陣分別加總, 再計算出一個平均值矩陣的話, 我們便可以進一步比較這兩個平均值矩陣之間的相近性指數值, 並且繪製出代表團體小組的知識結構網路圖來。

圖 5 和圖 6 所示, 即為根據不同學習類型學生的平均近似值矩陣資料所繪

製出的知識結構網路圖。而這兩個圖之間的相近性指數值為 .184, 顯示出它們之間是十分不相似的。由此可見, 若光看表 4 中不同團體組別在平均的相近性指數值之間的差異, 可能會造成一種錯誤印象, 讓人誤以為不同學習類型學生在此一領域知識上的學習成果是一樣的; 而事實上, 不同團體組別不僅在成就測驗分數的平均值上有顯著差異存在, 若仔細去比較圖 5 和圖 6 之間的差異 (相近性指數值僅為 .184), 我們將不難發現不同學習類型學生在此一領域知識學習結果的知識結構, 還是不相同的。

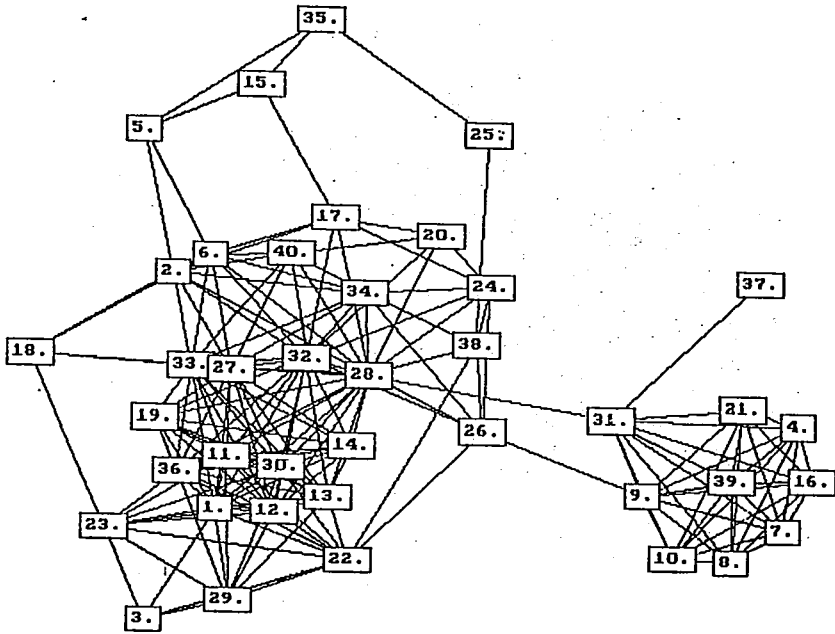


圖 5 學習穩定型學生的知識結構圖
 (圖中的節點代號，請對照附錄一的垃圾名稱)

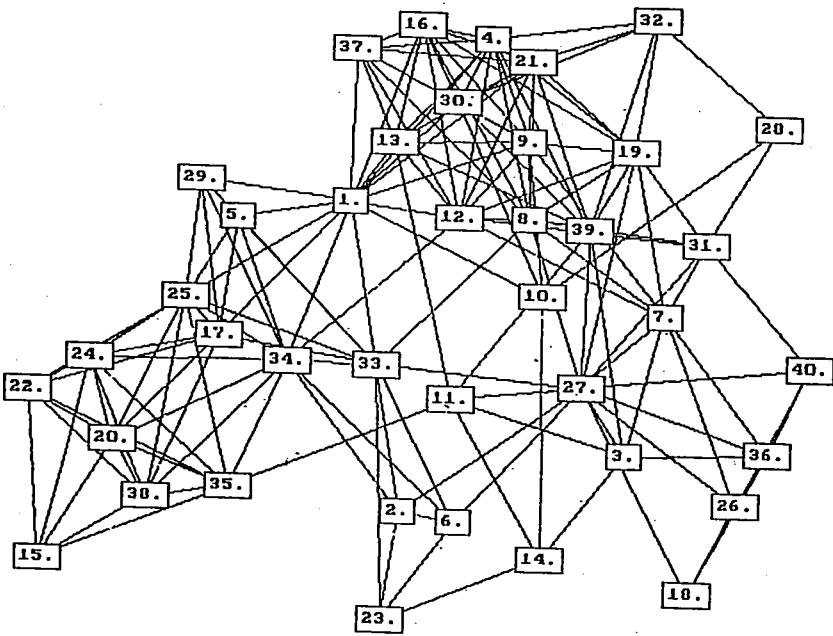


圖 6 學習異常型學生的知識結構圖
 (圖中的節點代號，請對照附錄一的垃圾名稱)



茲根據上述各圖表分析結果所示，本研究試圖予以進一步詮釋其涵義如下。

第一點，就某一特定領域知識(如：「垃圾分類處理」)的學習而言，可能由於該範圍的知識量有限、具體、且容易掌握和學習，再加上教師教導有方與傳播媒體的有效宣導，致使所有受試學生皆能充份習得正確的垃圾分類方法，因此，他們對垃圾分類所形成的知識結構便與教師的知識結構頗為接近，致使比較結果無法彰顯出其間的差異。反之，若挑選作為研究題材的領域知識，是個概念包羅範圍廣泛、複雜、且不容易掌握和學習者(如：江淑卿，民 85；江淑卿、郭生玉，民 86；宋德忠、林世華、陳淑芬、張國恩，民 87；等人所使用的研究題材)，則利用徑路量尺化算則所計算出的知識結構網路及其相近性指數，可能較容易區別出不同學習程度學生的差異來。

第二點解釋，可能與選用的評量指標不同有關。以自編成就測驗作為評量學生學習成就指標時，學生得分間的差異頗大(參見表 4 所示)；這種紙筆式測驗所評量到的能力，主要是以學生的記憶力和回憶力(屬於低層次認知活動)為主，那些不具有正確知識記憶力和回憶力的學生，是不容易在此傳統式紙筆測驗的評量上得高分的，而偏偏這批學生可能包含各種不同學習程度和學習風格

的學生都有。但是，使用卡片歸類的評量方式則不同，由於該方法簡單明瞭，每位學生皆能輕易掌握和熟練，但在作答時需要較複雜的心智分析、綜合比較、批判性思考、和邏輯推理等較高層次認知活動的參與，因此，利用路徑蒐尋量尺化算則所表徵出的知識結構網路，便能彰顯出學生在此認知活動方面的真正學習成果；亦即，不論學生在傳統式紙筆測驗成績的高低，他們對「垃圾分類處理」此一領域知識的學習成果，都足以用知識結構網路反應出其學習成果已達教學目標的具體事實。當然，這種評量方式可能也僅能適用於少數特殊領域知識和情境。是故，選用的評量指標不同，是造成我們對「什麼才是學習成就的具體性代表指標」看法不同的主因。至於何種指標才是最適當代表學習成就的具體指標？是傳統的百分制成就測驗分數呢？抑是足堪表徵知識結構的路徑蒐尋網路 (Pathfinder network)及其相近性指數呢？這種價值判斷的問題，恐怕還需要後續不斷的研究才能有效地回答和區辨此一爭論議題。

第三點可能解釋，承接上述關於評量指標的不同，可能產生的另外一個問題就是：以垃圾分類成就測驗來說，它是有絕對的“標準答案”的，但是以卡片歸類當成指標時則沒有標答案，在沒有標準的情況下，卡片分類可能表徵的

是學生對垃圾分類的知識結構，但也有可能只是反映出受試者日常生活中對這些「垃圾」的概念屬性而已；換句話說，卡片歸類的方式可能受到生活文化因素的影響，而且此一影響在結構定義未明的(ill-structured)領域知識中，將比結構定義清楚的(well-structured)領域知識來的深遠。例如，在林曉芳(民 88)的研究當中，採用「代數」作為研究的領域(屬於一個具有標準答案且結構定義清楚的知識範圍)，結果發現相近性指數(C 值)在預測低成就學生的實際成績時，預測效果是最好的。因此，由此推論可知「路徑蒐尋量尺化算則」運用在結構定義未明的知識領域上，可能有某種程度的限制，或者必須再尋找另外的相近性指數。

第四點可能解釋，即是來自資料收集方法與資料分析工具的適用性問題。本研究企圖使用最新的「路徑蒐尋量尺化算則」來表徵受試者的知識結構，並利用 KNOT(Schvaneveldt, 1994) 電腦程式作為資料分析的工具。由於該方法原本是使用配對概念間的關聯性判斷方式 (relationship judgment) 來收集近似值資料矩陣，並且該資料元素是適用於李克特式的五點評定量表 (Likert-type rating scale data)、等距以上特質資料 (interval scale data)、或具次序性特質的資料 (ordinal scale data)；而本例中的資料收集方法，是使用卡片歸類法所形成

的二元化資料(binary data)矩陣。致使該程式能否適用於本例中的二元化資料的分析，目前尚無相關研究報告數據顯示是否可行，但依本研究例子來看，可能是不適用的。至於，路徑蒐尋量尺化算則及 KNOT 程式是否有使用上的限制問題，目前尚未有充份證據顯示如此，因此，仍有待進一步研究來釐清。

第五點解釋，傳統的統計分析，在遇到團體間的差異比較時，均以團體平均數來進行 t 考驗分析，當差異未達顯著時，便結論認為兩組間沒有差異存在。但是，本研究卻發現，若改以團體的知識結構網路來表徵學習成果時，知識結構網路圖卻很容易彰顯出其間的真正差異來，讓事實真相大白，但卻可能獲致相反的結論。因此，若是光看表 4 的相近性指數值的比較結果，很容易讓人限入偏見結論的迷思中；但若改用依據團體平均數所繪製出的知識結構網路圖和圖與圖之間的相近性指數作比較時，則很容易彰顯出不同團體間的知識結構還是有所差異存在的。因此，哪一種表徵學習成效的方式較好，是團體平均數的 t 考驗分析呢？抑是知識結構網路圖及圖與圖間的相近性指數呢？恐怕，這個問題仍有待後續研究來釐清。

最後，本研究結果雖未獲得滿意的期望，但卻隱含另一種新評量方式的可能性，亦即是使用知識結構評量可能會

比傳統式紙筆評量來得簡便，並且更能彰顯出教師的教學成效和學生的學習成果，這對作為評定學生學習成就指標的可能選擇而言，無疑地開啓一項創新的另類思考大門。

肆、結論與涵義

本研究嘗試探討一種新評量方式的可行性，雖然尚未獲得充份且一致肯定的證據支持，但卻引發一些爭議的待答研究問題，值得後續研究繼續釐清。

茲歸納上述討論結果，本研究大致可以獲得下列結論與涵義：

1. 範圍狹小的領域知識容易達成精熟的學習

由前述幾個表的分析可知，本研究選定的研究主題是一個知識量明確、有限、具體、且容易掌握的領域知識，學生普遍地都能學習達到精熟，因此，從所繪製的知識結構圖比較中可以看出，不論學生的紙筆測驗考試成績高低，都已掌握「垃圾分類處理」的相關領域知識。

2. 知識結構圖適合作為表徵與區別團體成就差異的指標

雖然，傳統的紙筆測驗成績可以輕易分辨出個別成績的高低，但在團體平均數上，有時卻不容易區別出來，這可

能是使用總分 (summation scores) 的評量方式所隱含訊息不足所致。反觀知識結構圖，除了可以輕易表徵個別學生的學習成就外，更可以表徵與區別出團體學生的學習成就差異。因此，在一定範圍內的領域知識，可能使用知識結構圖的表徵方式，會比傳統使用的測驗總分評量方式，更具有表徵團體學生實際成就的代表性。

3. 知識結構評量可提供另類評量的參考

在本研究中，雖然並未直接獲得實際的證據，支持知識結構圖及其相近性指數會比傳統紙筆評量及其總分方式來得好的看法，其理由可能是受限於本研究主題的領域知識過於狹隘所致，若我們挑選知識範圍較廣的學科知識為例，則可能情況會改觀。但由本研究分析討論的結果可見，如果我們不滿意傳統的紙筆測驗評量方式，我們將還有另一種選擇嘗試：那就是使用知識結構評量方法，以知識結構圖方式來表徵學習內容的概念關係結構，來彰顯出不同學習者對整體知識範圍的理解與掌握情形，並作為另類成就指標的參考。此外，傳統紙筆測驗比較偏重在低層次認知目標（如：記憶層次）的評量，對於某些不擅長此道的學生而言，可能無法真正表徵出其實力；而使用知識結構評量法，

在誘發知識方面比較簡便，人人都能夠輕易學會和熟練，因此，無論是否擅長記憶的考生，他們都會喜歡這種新式的評量方法，而且也會比較正確地表徵出對學習內容的知識結構來。所以說，知識結構評量法至少可以供作另類評量方法之選擇或參考。

4. 知識結構評量隱含對網路結構分析方法學的啟發

知識結構評量方法採網路結構分析的策略，以網路圖表徵出節點與節點之間的潛在關係，這對需要探討潛在網路結構關係的研究主題而言，無疑是開啓一善大門：只要能將研究資料轉換成對稱性的近似值矩陣，都可以採用路徑蒐尋網路分析方法，以知識結構圖來表徵所欲待答研究問題的潛在結構關係。因此，可以預見得到，未來將有許多利用此方法的研究報告陸續出現，增添此方法的應用潛力。

伍、參考書目

余民寧(民84)。認知診斷測驗的發展趨勢。*教育研究*，45期，14-22頁。

余民寧(民86a)。教育測驗與評量：成就測驗與教學評量。台北：心理。

余民寧(民86b)。有意義的學習：概念構圖之研究。台北：商鼎。

余民寧、陳嘉成(民85)。概念構圖：另

一種評量方法。*政大學報*，73期，161-200頁。

余民寧、陳嘉成(民87)。排序理論在概念結構評量上的應用。*政大學報*，76期，17-48頁。

余民寧、陳嘉成、潘雅芳(民85)。概念構圖法在測驗教學上的應用。*測驗年刊*，43輯，195-212頁。

余民寧、潘雅芳、林偉文(民85)。概念構圖法：合作學習抑個別學習。*政大教育與心理研究*，19期，93-124頁。

江淑卿(民85)。知識結構的重要特性之分析暨促進知識結構的教學策略。台灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文。

江淑卿、郭生玉(民86)。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*，42期，1-16頁。

宋德忠、林世華、陳淑芬、張國恩(民87)。知識結構的測量：徑路搜尋法與概念構圖法的比較。*師大教育心理學報*，30卷(2期)，123-142頁。

宋德忠、陳淑芬、張國恩(民87)。電腦化概念構圖系統在知識結構測量上的應用。*測驗年刊*，45卷(2期)，37-56頁。

林原宏(民85)。知識結構分析：徑路搜尋、多向度量尺和集群分析的方

- 法論探討。《測驗統計年刊》，4 輯，47-69 頁。
- 林清山(民 80)。《教育心理學：認知取向》。台北：遠流。
- 林曉芳(民 88)。《數學低成就國中生在代數概念發展之評量研究》。國立政治大學教育學系碩士論文。
- 吳毓瑩、桂怡芬(民 84)。《形成性評量效度的驗證及教師的角色——以自然科平時評量為例》。師資培育理論與實際學術研究會，台灣師大。
- 陳嘉成(民 87)。《合作學習式概念構圖在國小自然科教學之成效研究》。《政大教育與心理研究》，21 期(上冊)，107-128 頁。
- 陳嘉成、余民寧(民 87)。《以概念構圖為學習策略之教學對自然科學習的促進效果之研究》。《政大學報》，77 期，201-235 頁。
- 張春興(民 77)。《知之歷程與教之歷程：認知心理學的發展及其在教育上的應用》。《教育心理學報》，21 期，17-38 頁。
- Acton, W. H., Johnson, P. J., Goldsmith, T. E. (1994). Structural knowledge assessment: Comparison of referent structures. *Journal of Educational Psychology, 86*, 303-311.
- Airasian, P. W. (1994). *Classroom assessment* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Cooke, N. J. (1992). Predicting judgment time from measures of psychological proximity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 18*, 640-653.
- Cooke, N. J., Durso, F. T., & Schvaneveldt, R. W. (1986). Recall and measures of memory organization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 12*, 538-549.
- Cooke, N. J., Durso, F. T., & Schvaneveldt, R. W. (1994). Retention of skills after nine years. *Human Factors, 36*, 597-605.
- Cooke, N. J., Neville, K. J., & Rowe, A. L. (1996). Procedural network representations of sequential data. *Human Computer Interaction, 11*, 529-568.
- Cooke, N. J., & Schvaneveldt, R. W. (1988). Effects of computer programming experience on network representations of abstract programming concepts. *International Journal of Man-Machine Studies, 29*, 407-427.
- Cook, N. M., & McDonald, J. E. (1987). The application of psychological scaling techniques to knowledge

- elicitation for knowledge-based systems. *International Journal of Man-Machine Studies*, 26, 533-550.
- Embreston, S. E. (1985). Introduction to the problems of test design. In S. E. Embreston (Ed.), *Test design: Development in psychology and psychometrics* (pp. 1-17). New York: Academic Press.
- Geeslin, W. E., & Shavelson, R. J. (1975). Comparison of content structure and cognitive structure in high school students learning of probability. *Journal of Research in Mathematics Education*, 6, 109-120.
- Goldsmith, T. E., & Davenport, D. M. (1990). Assessing structural similarity of graphs. In R. W. Schvaneveldt (Ed.), *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization* (pp.75-87). Norwood, NJ: Ablex.
- Goldsmith, T. E., & Johnson, P. J. (1990). A structural assessment of classroom learning. In R. W. Schvaneveldt (Ed.), *Pathfinder associative networks: Studies in knowledge organization* (pp.241-254). Norwood, NJ: Ablex.
- Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., & Acton, W. H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83, 88-96.
- Gomez, R. L., Hadfield, O. D., & Housner, L. D. (1996). Conceptual maps and simulated teaching episodes as indicators of competence in teaching elementary mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 88, 572-585.
- Gonzalvo, P., Canas, J. J., & Bajo, M. T. (1994). Structure representations in knowledge acquisition. *Journal of Educational Psychology*, 86, 601-616.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*. Newbury Park, CA: Sage.
- Hart, D. (1994). *Authentic assessment: A handbook for educators*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley.
- Housner, L. D., Gomez, R. L., & Griffey, D. C. (1993). Pedagogical knowledge structures in prospective teachers: Relationships to performance in teaching methodology course. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64, 167-177.
- Jonassen, D. H., Beissner, K., & Yacci, M. (1993). *Structural knowledge: Techniques for representing,*

- conveying, and acquiring structural knowledge*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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*, 617-626.
- Mayer, R. E. (1981). *The promise of cognitive psychology*. New York: Freeman.
- Mayer, R. E. (1987). *Educational psychology: A cognitive approach*. New York: Harper Collins.
- Messick, S. (1989). Validity. In R. L. Linn (Ed.), *Educational measurement* (3rd ed.). New York: Macmillan.
- Messick, S. (1994). The interplay of evidence and consequences in the validation of performance assessments. *Educational Researcher, 23*(2), 13-23.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Nichols, P. D. (1994). A framework for developing cognitively diagnostic assessment. *Review of Educational Research, 64*, 575-603.
- Nichols, P. D., Chipman, S. F., & Brennan, R. L. (1995). *Cognitively diagnostic assessment*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (1990a). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of Research in Science Teaching, 27*, 937-949.
- Novak, J. D. (1990b). Concept maps and vee diagrams: Two metacognitive tools to facilitate meaningful learning. *Instructional Science, 19*, 29-52.
- Rosenberg, S., & Kim, M. P. (1975). The method of sorting as a data-gathering procedure in multivariate research. *Multivariate Behavioral Research, 10*, 489-502.
- Schvaneveldt, R. W. (Ed.) (1990). *Pathfinder associative network: Studies in knowledge organization*. Norwood, NJ: Ablex.
- Schvaneveldt, R. W. (1994). *KNOT: Knowledge network organization tool for IBM.PC's (V. 4.2)*. Las Cruces, NM: Interlink.
- Schvaneveldt, R. W., Dearholt, D. W., &

- Durso, F. T. (1988). Graph theoretic foundations of Pathfinder networks. *Computers and Mathematics with Applications*, 15, 337-345.
- Schvaneveldt, R. W., Durso, F. T., & Dearholt, D. W. (1989). Network structures in proximity data. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol.24, pp.249-284). New York: Academic Press.
- Schvaneveldt, R. W., Durso, F. T., Goldsmith, T. E., Breen, T. J., Cook, N. M., Tucker, R. G., & DeMaio, J. C. (1985). Measuring the structure of expertise. *International Journal of Man-Machine Studies*, 23, 699-728.
- Schvaneveldt, R. W., Durso, F. T., & Mukherji, B. R. (1982). Semantic distance effects in categorization tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8, 1-15.
- Shavelson, R. J. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63, 225-234.
- Shavelson, R. J. (1974). Methods for examining representations of subject-matter structure in a student's memory. *Journal of Research in Science Teaching*, 11, 231-249.
- Shavelson, R. J., & Geeslin, W. E. (1973). A method for examining subject-matter structure in written material. *Journal of Structural Learning*, 4, 101-109.
- Shavelson, R. J., & Stanton, G. C. (1975). Concept validation: Methodology and application to three measures of cognitive structure. *Journal of Educational Measurement*, 12, 67-85.
- Yoshino, R. (1991). A note on cognitive maps: An optimal spatial knowledge representation. *Journal of Mathematical Psychology*, 35, 371-393.

89/ 8/20 收件

89/ 9/30 修改

89/10/25 接受

附錄一 垃圾分類評定量表

學校：_____國民小學 班級：_____年 _____班
 姓名：_____ 座號：_____

各位小朋友：

這是一份「垃圾分類處理」研究案的評量卷，主要目的是想瞭解各位小朋友對垃圾分類的概念為何？請依據下列 40 種常見的垃圾加以分類，並將你的分類寫在下一頁的格子內。

垃圾分類的作答方式很簡單，各位小朋友只要以自己認為最有意義的垃圾分類方式加以歸類即可。在進行分類時，將你認為是同類的垃圾歸在一起，不同類的垃圾分開歸類，至於要歸成多少類，則由你自己判斷決定。但是，每一種垃圾僅能被歸入一類，不能同時被歸入兩類以上，並且，不可以將全部垃圾只歸成一類，也不可以歸成 40 類，每類僅包含一種垃圾。歸類完畢後，並將你所歸類的垃圾代號填寫在下一頁的空白格子內。謝謝你的合作！

40 種垃圾名稱及其代號

- | | | | |
|-----------|------------|--------------|-----------|
| 1. 竹筷子 | 2. 塑膠脫鞋 | 3. 廚餘(剩飯、剩菜) | 4. 舊報紙 |
| 5. 保麗龍餐盒 | 6. 塑膠袋 | 7. 空鋁罐 | 8. 保特瓶 |
| 9. 廢測驗卷 | 10. 舊衣服 | 11. 灰塵 | 12. 零食包裝紙 |
| 13. 果皮、果蒂 | 14. 粉筆灰 | 15. 乾電池 | 16. 紙盒 |
| 17. 破磁碟片 | 18. 橡皮筋 | 19. 糖果包裝紙 | 20. 不銹鋼湯匙 |
| 21. 廣告傳單 | 22. 原子筆 | 23. 橡皮擦 | 24. 碎鏡片 |
| 25. 玻璃量杯 | 26. 鋁箔包飲料盒 | 27. 破籃球 | 28. 破手帕 |
| 29. 口香糖 | 30. 植物落葉 | 31. 破抹布 | 32. 衛生紙 |
| 33. 塑膠墊板 | 34. 皮包 | 35. 破燈泡 | 36. 吸管 |
| 37. 破課桌椅 | 38. 刀片 | 39. 破書 | 40. 破球鞋 |

分類結果：(請填入垃圾代號)


類別：
類別：
類別：
類別：
類別：
類別：
類別：
類別：
類別：

附錄二 垃圾分類處理成就測驗

學校：_____國民小學 班級：_____年 _____班
姓名：_____ 座號：_____

各位小朋友：這份測驗的目的主要是想瞭解你對「垃圾分類」有多少認識。題目共有 25 題單選題，所以每個問題只有一個答案。測驗的結果是不公佈的，僅作為學校之間的成績競賽。敬請各位小朋友認真作答，為你的學校爭取最高榮譽。



- () 一、保特瓶上面有  的標誌，它是用來：
1. 換錢
 2. 回收後再焚化
 3. 回收後再掩埋
 4. 回收後再利用
- () 二、垃圾分類的好處如下：
- 甲：增加垃圾量 乙：提高焚化爐的效率
丙：延長掩埋場的壽命 丁：促使資源回收
1. 甲、乙、丙、丁均正確
 2. 甲、乙、丙均正確，丁錯誤
 3. 甲、丙、丁均正確，乙錯誤
 4. 乙、丙、丁均正確，甲錯誤
- () 三、「紙屑」是我們最常製造的垃圾，它應屬於何種垃圾？
1. 資源垃圾
 2. 一般垃圾
 3. 有害垃圾
 4. 巨大垃圾
- () 四、「舊書」屬於哪一種垃圾？
1. 資源垃圾
 2. 一般垃圾
 3. 有害垃圾
 4. 巨大垃圾
- () 五、許多家庭都有使用桌布的習慣，請問換新桌布時，你會將舊桌布當成什麼垃圾處理？
1. 資源垃圾
 2. 一般垃圾
 3. 有害垃圾
 4. 巨大垃圾
- () 六、學校的板擦用久了必須換新，請問舊的板擦應當成什麼垃圾處理？
1. 一般垃圾
 2. 資源垃圾
 3. 有害垃圾
 4. 巨大垃圾
- () 七、水果含有豐富的維他命，你知道「水果果皮與果蒂」屬於哪一種垃圾嗎？
1. 資源垃圾
 2. 有害垃圾
 3. 一般垃圾
 4. 巨大垃圾

- () 八、哪一種垃圾是有害的，必須集中收集再交給回收點？
1. 塑膠袋 2. 廚餘 3. 燈泡 4. 洋娃娃
- () 九、到小吃店或路邊攤用餐時，常會使用保麗龍碗、盤，你用過這些保麗龍碗、盤後該如何處理？
1. 回收再利用 2. 用一次就丟棄 3. 當作有害垃圾處理 4. 不去管它
- () 十、珍珠奶茶是現在很流行的飲料，請問喝完珍珠奶茶後，塑膠杯和吸管應如何處理？
1. 當作一般垃圾處理 2. 當作資源垃圾再回收
3. 當作有害垃圾集中處理 4. 當作巨大垃圾通知清潔隊員處理
- () 十一、福德坑是使用多年的垃圾掩埋場，請問福德坑不可掩埋哪一種垃圾？
1. 木屐 2. 破襪 3. 皮帶 4. 酒瓶
- () 十二、確實做好垃圾分類，將一般垃圾焚化後，再將灰燼掩埋，可以延長掩埋場的壽命，哪一種垃圾不會縮短掩埋場的壽命？
1. 玻璃 2. 燈泡 3. 廚餘 4. 腳踏車
- () 十三、淡水河的污染狀況十分嚴重，其中最主要的原因是人們日積月累地將垃圾丟入河中。一天，清河人員從河中撈出下列數種垃圾，請問它們應該進行哪些處理？
甲：牲畜 乙：廢瓶罐 丙：鉛筆
1. 「甲」回收、「乙」回收、「丙」掩埋
2. 「甲」掩埋、「乙」焚燒、「丙」掩埋
3. 「甲」回收、「乙」掩埋、「丙」回收
4. 「甲」焚燒、「乙」回收、「丙」焚燒
- () 十四、垃圾分類可分為一般垃圾、資源垃圾、有害垃圾以及巨大垃圾。下列哪些垃圾屬於資源垃圾？
甲：竹筷 乙：沙發 丙：鐵罐 丁：廢紙 戊：舊衣物
1. 甲、乙、丙 2. 乙、丙、丁 3. 丙、丁、戊 4. 甲、丙、丁
- () 十五、資源垃圾是一種可以回收再利用的垃圾，請問哪些垃圾可以回收再利用？
甲：保麗龍餐盒 乙：紙餐盒 丙：鐵罐 丁：抹布
1. 甲、丙 2. 乙、丙 3. 丙、丁 4. 乙、丁
- () 十六、便利超商有回收保特瓶與電池的服務。請問下列敘述何者為是，何者為非？
甲：保特瓶回收是為了集中到掩埋場掩埋

乙：電池的回收是為了集中處理

1. 甲、乙均對 2. 甲錯、乙對 3. 甲對、乙錯 4. 甲、乙均錯

() 十七、垃圾如果沒有作妥善的處理，會造成何種污染？

甲：水污染 乙：空氣污染 丙：土壤污染 丁：噪音污染

1. 甲、乙、丁 2. 甲、丙、丁 3. 乙、丙、丁 4. 甲、乙、丙

() 十八、「廢紙」之於「資源垃圾」，猶如「」之於「有害垃圾」。

1. 家具 2. 塑膠 3. 鐵罐 4. 燈管

() 十九、下列垃圾的歸類，哪一項是正確的？

1. 冰箱、沙發、腳踏車屬於大型垃圾
2. 電池、保特瓶、稻草屬於資源垃圾
3. 金屬、竹筷、燈泡屬於有害垃圾
4. 廢紙、廚餘、椅子屬於一般垃圾

() 二十、垃圾分類的分法有四種，分為一般垃圾、資源垃圾、有害垃圾以及巨大垃圾，請問下列的垃圾可分為幾種？

《 保麗龍餐盒、水銀電池、舊衣物、保特瓶、玻璃瓶、空罐頭 》

1. 一種 2. 兩種 3. 三種 4. 四種

() 二一、「舊衣物」屬於「」，相當於「輪胎」屬於「」。以上這兩個「」，「」分別為？

1. 資源垃圾，一般垃圾 2. 一般垃圾，資源垃圾
3. 資源垃圾，資源垃圾 4. 一般垃圾，一般垃圾

() 二二、小新是個孝順的好孩子，他總是替爸爸媽媽分擔到垃圾的辛勞。昨天，他和往常一樣到著垃圾，他把竹片當作是一般垃圾丟入不可回收垃圾桶，把廢紙當作一般垃圾丟入不可回收垃圾桶，然後把電池當成有害垃圾集中收集，拿到便利商店回收，最後則把破掉的皮鞋當作一般垃圾丟入不可回收垃圾桶。請問小新丟垃圾的過程中，那一項做錯了？

1. 把竹片當作是一般垃圾丟入不可回收垃圾桶
2. 把廢紙當作一般垃圾丟入不可回收垃圾桶
3. 把電池當成有害垃圾集中收集，拿到便利商店回收
4. 把破掉的皮鞋當作一般垃圾丟入不可回收垃圾桶

() 二三、中秋節當晚，小明全家到中正紀念堂賞月，他們帶了可口可樂特大號兩

瓶、梨子五粒、以及蜜餞三包。請問小明全家賞月完畢後，應將垃圾丟入哪些垃圾桶？

甲：保特瓶回收桶 乙：一般垃圾桶

丙：鋁罐回收桶 丁：廢紙回收桶

1. 甲、丙 2. 乙、丙 3. 丙、丁 4. 丙、丁

() 二四、廢紙的種類很多，不同的廢紙有不同的處理方式，下列哪一種處理有誤？

1. 單面影印紙回收來作第二次的影印
2. 一般雙面都使用過的紙，用來再造新紙
3. 拿再生紙再造新紙
4. 紙信封重複使用，寄信給他人

() 二五、保特瓶經處理後的再生製品有哪些？

甲：玩具 乙：拉鍊 丙：鋁罐 丁：捆綁繩

1. 甲、乙、丙 2. 乙、丙、丁 3. 甲、乙、丁 4. 甲、丙、丁

謝謝你的作答！

Assessment of Domain Knowledge Structures: An Example for Classification of Garbage Disposal

Min-Ning Yu

Department of Education
National Chengchi University

Jia-Chen Chen

Center of Educational Program
Huafan University

Abstract

This study is to explore the possibility of an alternative assessment, knowledge structure assessment, on 32 elementary school children's domain-specific knowledge about garbage disposal. Although conclusions are not supported by the final findings, there are some implications for future educational assessment and applications, and several further research problems are discussed and proposed.

Key Words : knowledge structure, pathfinder network analysis, domain knowledge