

數位個別指導模式成效之比較-以「面積的估算」單元為例

王雪芳

國立台中教育大學
教育測驗統計研究所
snowdmdm@yahoo.co
m.tw

丁境蔚

國立台中教育大學
教育測驗統計研究所
ilikefion@yahoo.com.tw

施淑娟

國立台中教育大學
教育測驗統計研究所
ssc@mail.ntcu.edu.tw

許天維

國立台中教育大學
教育測驗統計研究所
sheu@mail.ntcu.edu.tw

摘要

本研究以國小六年級為對象，將數學領域「面積的估算」單元做為教學內容，自編教材，進行電腦化適性測驗，利用貝氏網路診斷學生錯誤類型後，再進行個別化的適性補救教學。本研究比較不同教學模式對於學生的教學成效及補救教學的成效，結果顯示，進行一對一個別指導模式有利於教學的成效；而個別指導模式對於中低分組的學生，在補救教學上有較好的成效。

關鍵詞：面積的估算、適性測驗、貝氏網路

一、緒論

評量是個時常被用來瞭解學童學習情況的工具。教師可以藉著評量來瞭解學童在學習特定範圍之後的困難所在，並加以補救教學，讓學童能在其學習時得到最佳的協助。然而教師在進行評量時，常遇到診斷測驗的編製的問題，施測後計分及記錄的問題，如何根據測驗結果進行適當補救教學的問題（郭伯臣，[2]）。

除此之外，教師必須在有限的教學時間範圍內，完成編定的教學進度，再施以診斷測驗來得知學童的學習成就和困難，以利補救教學之進

行。但是課程緊湊的教學現場，教師想要挪時間進行補救教學，就有一定的困難，倘若還要針對學生的錯誤概念個別進行補救教學，更是難上加難。

另外，傳統評量沒有與之配套的補救教學教材，所以教師經常無法進行及時且有效之補救教學，進而影響到學童日後的學習。

貝氏網路是近年來在人工智慧領域應用十分廣泛的判斷工具，它提供了強而有力的機率推理模式，可將學生受測資料與專家知識結構結合起來，有效預測學生學習概念的有無，並能正確的推論變數間的關係。由於貝氏網路具有如此強大的功能，因此許多研究[7][8][22]積極的將它應用在評量學生特定認知能力上，來偵測學生的迷思概念。

傳統以班級為單位的教學及補救的方式已逐漸不符合時代潮流。現在先進國家都為學童量身訂製適性化與個別化的教學、測驗與補救方式，可以節省學習時間與增進學習成效，藉由電腦化適性診斷測驗並配合補救教學可以達到這個目的。

歷年來數學課程的修訂，「幾何」從零散分佈的知識，到目前九年一貫數學領域正式綱要中的完整主題(教育部，[12])，可知「幾何」教材的重要性。但是將「幾何」納入正式課程綱要至今，仍有許多研究明白指出「幾何」有待其改進之處。

鑑於此，本研究嘗試以九年一貫課程正式綱要之數學領域的能力指標

「能以適當的正方形單位，對曲線圍成的平面區域估算其面積」設計一套「面積的估算」教材內容，並研發出提供教師於學童完成電腦化適性測驗後，進行補救教學之用的數位個別指導教材，且透過一對一、一對二及團班實驗探討不同教學模式對學習效果的差異。

二、文獻探討

本研究的主要目的在於建立一套以九年一貫課程正式綱要之能力指標「能以適當的正方形單位，對曲線圍成的平面區域估算其面積」為基礎的教材內容、試題，和數位個別指導教材，並評估「面積的估算」單元教材內容、不同教學模式之成效。以下針對研究主題，以試題結構理論、貝氏網路、以貝氏網路為基礎之電腦化適性測驗、面積的估算教材概念分析及補救教學加以闡述。

(一) 試題結構理論

郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎[10]指出使用良好的試題結構，可有效降低施測題數，該研究中比較了三種估計試題結構方法，「順序理論」(ordering theory, OT [16])、「試題關聯結構分析法」(item relationship structure analysis, IRS[22])及Diagnosys[12]，研究結果顯示，使用OT結構之適性測驗選題策略，所需訓練樣本較少與可節省較多施測題數，優於IRS與Diagnosys，故本研究採用OT順序理論技術來估計試題結構，並用於適性測驗流程之建立。茲將此理論敘述於下。

令 $\mathbf{X}=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 表示一個向量包含 n 個二元試題成績變數，每一個受試者者作答 n 題得到一個 0 與 1 的向量 $\mathbf{x}=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 之後，試題 j 跟 k 的聯合邊界機率(the joint and marginal probabilities)可以如表 1 表示。

表 1 試題 j 與試題 k 之機率四分割表

		Item k		
		$X_k = 1$	$X_k = 0$	Total
Item j	$X_j = 1$	$P(X_j = 1, X_k = 1)$	$P(X_j = 1, X_k = 0)$	$P(X_j = 1)$
	$X_j = 0$	$P(X_j = 0, X_k = 1)$	$P(X_j = 0, X_k = 0)$	$P(X_j = 0)$
Total		$P(X_k = 1)$	$P(X_k = 0)$	1

順序理論 OT，令

$\varepsilon_{jk}^* = P(X_j = 0, X_k = 1) < \varepsilon$ ，且 $0.02 \leq \varepsilon \leq 0.04$ 。故試題 j 能夠向試題 k 連結。而兩者之間的關係可以被紀錄成 $X_j \rightarrow X_k$ ，這也表示若 X_j 是 X_k 不可或缺的條件。

在 OT 中，若 $X_j \rightarrow X_k$ 且 $X_k \rightarrow X_j$ ，則兩者的關係可以表示成 $X_j \leftrightarrow X_k$ ，而且這樣表示試題 j 與試題 k 是等價的。茲以圖 1 來說明：

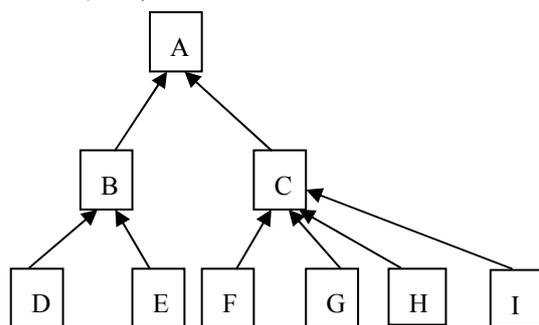


圖 1. 利用知識或試題結構如何節省施測試題

假設要瞭解學生學習某單元後之剖面圖需要以試題 A 到 I 來進行測量，在傳統紙筆測驗中試題 A 到 I (共九題) 皆需施測。假設有一試題順序結構如圖 1 所示，其中 $B \rightarrow A$ 表示試題 A 為試題 B 之上位試題，如果答對試題 A 則試題 B 也會答對，以試題順序結構為基礎之適性測驗流程中，如受試者答錯 A 試題則需進一步測量試題 B、C 及其子試題，以診斷學生之真正迷思概念。如 C 對 B 錯，則認定 C 下之所有試題蘊含的概念皆已精

熟，不必再測，僅需再施測 D、E，可節省 F、G、H、I 四題。

(二)貝氏網路

貝氏網路也叫做貝氏信念網路(Bayesian belief networks)、因果關係網路(casual networks)、機率網路(probabilistic networks)或者為知識地圖(knowledge map)，主要以有向的無迴路圖(directed acycle graph, DAG)為基礎，應用其變數之間的因果關係與其相互影響的機率。完整的貝氏網路包含二個部分，分別是節點(node)及連結(link)。在貝氏網路中，節點代表欲研究的變項；連結代表的是變項之間的相互關係。連結的有無即代表其節點之間的關係是否為條件相依或條件獨立的情形，其影響程度則是以條件機率來表徵。

(三)以貝氏網路為基礎之電腦化適性測驗

本研究是以貝氏網路為基礎的電腦化適性測驗為核心概念，作為診斷測驗之用，因此必須先了解其模式及內涵，故本節將就診斷測驗、電腦化適性測驗做深入的介紹。

1. 診斷測驗概述

陳英豪，吳裕益(1995,[9])提到，測驗若依實施的時機和功能可分為安置測驗、形成性測驗、診斷測驗、與總結性測驗。而診斷學習能力的步驟為：

- (1)透過查看習作、利用上台作答、採用問答，口頭說明等方式，決定學生是否存在學習困難。
- (2)透過觀察、測驗診斷描述學童學習困難的情境及問題。
- (3)找出學習困難的原因
- (4)擬定補救教學計畫
- (5)依計畫實施補救教學
- (6)定期檢討、評鑑、記錄、追蹤

目前診斷測驗大多採紙筆測驗的方式進行，但之後分析太花時間，浪費施測者的時間與精力，且資料也可能失去時效性，無法給予受試者及時且有效的回饋。如果採用電腦診斷測驗，施測完立刻經由電腦分析，馬上得知測驗的結果，既省時又省力，是目前多方亟欲研究的診斷工具。

2. 電腦化適性測驗

郭伯臣(2004,[3])的國科會專題研究「國小數學科電腦化適性診斷測驗(II)」提到，一般而言，電腦化適性測驗可分為二大類：一是以試題反應理論(item response theory, IRT)為基礎[25]，另一則是以知識或試題結構為基礎[17][20][21][24][26]。以知識及試題結構為基礎的電腦化適性測驗具有診斷學生錯誤概念的功能，即依據學童學習教材內容後所形成的知識結構設計適性化測驗流程，提供適當的試題給不同的受試者作答，藉此節省試題的數量。最後有所有作答反應時，再以貝氏網路作為推論工具，可精準的推論出學生的錯誤概念。楊智為、劉育隆、楊晉民、曾彥鈞[15]研究結合了試題順序理論與貝氏網路的電腦適性測驗，且接近全部試題的貝氏網路辨識率。其研究也達到節省施測題數，進而節省施測時間，且能有一定的辨識率。

(四)面積的估算教材概念分析

本研究以九年一貫正式綱要的數學領域能力指標「能以適當的正方形單位，對曲線圍成的平面區域估算其面積」設計一套完整的單元教材、測驗內容及補救教學教材，以下將針對面積的估測概念、面積概念的迷思分別探討。

1. 面積的估測概念

估測可以分為估算(computational estimation)和估量(estimating measures

and estimating numerosity) 兩種。估算是一種猜出合理近似值的技能；估量則是在不使用工具的情形下，以某種方法推論出該度量的過程。[19]因此，認為估測是一種可以訓練、培養的猜測活動，它能在未知數量前，進行估量的活動。

面積的估測就是為了建立面積量感所從事的活動。例如：透過操作活動，學童經驗到 1 公分的正方形，面積是 1 平方公分；百格板用了 100 個邊長 1 公分的正方形才能蓋滿，所以一個百格板的面積為 100 平方公分；1 平方公尺則用了 100 個百格板才能蓋滿，所以 1 平方公尺的面積是 100 個 100 平方公分組合起來，也就是 10000 平方公分。透過訓練活動，使得單位間的轉換不再是「記憶公式」，而是單位量之間的「量感的轉換與描述」。學童就容易瞭解平方公尺等於 10000 平方公分的意義，並且會選擇適切的單位量進行面積的測量。

2. 面積概念的迷思

迷思概念是思考與判斷錯誤所造成的，也是造成學習障礙的最大原因（陳銜逸，[11]）因此教師必須瞭解學童的迷思概念，透過學生的表現、解題策略中觀察他們的真實狀況，依照實際的情形，設計補救教學，用以導正學生的迷思概念。

許多關於面積概念的研究文獻中顯示國中、小學童的面積概念經常出現一些迷思概念，整理如下：

- (1) 缺乏面積的保留概念：學童容易受到視覺或圖形旋轉的影響，而無法了解面積的保留性質。
- (2) 面積單位的錯誤：學童對於面積單位常會和長度單位混淆。
- (3) 不了解單位與測量的關係：學童會以點數圖形的單位格子作為其面積，而沒有發現給定單位方格的大小。

(4) 學童估測與實測的能力不足：學童會有高估面積較小的規則圖形情形發生。

(5) 解題時依賴面積公式及不了解面積公式：高年級學童有時會為了遷就欲使用的公式，自行更換題目中已知的條件。甚至是誤用面積公式及題目中無關的訊息。

(6) 不了解不規則圖形的面積計算：學童在使用百格板點數面積時，會將未滿一格的圖形當成一格或是省略不計算。

(五) 補救教學

(1) 補救教學的意義：教師透過診斷測驗診斷出學童的學習困難後，針對診斷結果所進行的教學活動。補救教學是一種「評量→教學→再評量」的循環歷程（高金水，[1]）。

(2) 補救教學的對象：目前學校補救教學的對象，是針對學科成績在全校平均數負一個標準差以下者，或成績在全班後百分之五者（張新仁、邱上真、李素慧，[13]）。

(3) 補救教學的原則（許天威，[6]）：運用診斷測驗結果設計教學；多元化的教材與教學法；考慮學童個別化差異；教師積極投入的程度；多元化的評量方法；持續觀察學生的學習表現予以評量；指導學習；早期鑑定。

(4) 補救教學模式：張新仁、邱上真、李素慧[14]指出，使用直接教學法、合作式學習、精熟教學及個別化教學等教學模式，能夠有效幫助低成就學生。除此之外，近來電腦輔助教學也常用於補救教學，優點是能製造學童積極的學習態度，提高學童的學習動機，容易達到教學目標。

本研究中的數位個別指導，其意義與個別化補救教學模式雷同。透過診斷測驗，了解學童的錯誤所在，針對學童個別的錯誤概念進行數位個別

指導，以達概念的澄清與精熟。

三、實驗方法與步驟

以下就整個研究對象、研究工具、實驗設計、研究流程和資料處理與分析加以討論，內容說明如下：

(一) 研究對象

1. 紙筆測驗（預試）：紙筆測驗採方便抽樣，對象為 95 學年度高雄市國小六年級學生共 10 個班級，有效樣本共計 209 人。
2. 電腦適性化診斷測驗（正式施測）：電腦適性化診斷測驗採方便抽樣，對象為台中縣市即將升上六年級的國小學生，共計 91 名學生為研究對象。

(二) 研究工具

依研究目的之需要，本研究所使用的工具包括「診斷測驗」、「學生試題結構」、「電腦化適性診斷測驗系統」、「數位個別指導教材」，分別說明如下：

1. 診斷測驗：先將教材內容依據「電腦化適性診斷測驗之研究」（陳怡如、吳慧珉、黃碧雲，[10]）試題化方法，建立適性測驗題庫，以達成編製以知識結構為基礎之適性測驗的目的。
2. 學生試題結構：以試題順序理論，分析學生的試題結構關係，建立單元內的選題策略結構。
3. 電腦化適性診斷測驗系統：將測驗利用以貝氏網路為基礎的適性診斷測驗系統進行，達到省時省題的線上測驗。
4. 數位個別指導教材：先建立整合了學生試題結構與專家知識結構的補救教學結構，進而編製適合個別指導使用的補救教學教材。

(三) 實驗設計

為了評估「面積的估算」單元教

材內容、數位個別指導教材及不同教學模式之成效，利用「電腦適性化測驗系統」（郭伯臣、何政翰，[4]）設計一套實驗，採準實驗設計，實驗變因設計如表 2 實驗步驟如下：

表 2 實驗變因設計表

組別	實驗變因 不同教學 模式	補救教學 依據	實驗 控制
實驗組 I	一位個指 師對一位 學生	個別 診斷 報告	使用 相同 單元 教材 及數 位個 別指 導教 材
實驗組 II	一位個指 師對二位 學生	錯誤概念 次數表	
對照組	一位個指 師對全班 學生		

(四) 實驗流程

本研究的實驗流程設計，首先，在教學前，先進行第一次測驗，稱為起點行為檢測，此測驗目的為檢測學生在學習前的數學能力成績。接者進行單元的教學活動，共分為三組進行，實驗組為個別指導模式，對照組則是傳統的團班教學設計。在教學活動後，進行第二次的測驗，也就是前測，實驗組的個別指導教師根據診斷結果，進行適性的補救教學；對照組則只有整各班級的錯誤概念累積次數表。在補救教學活動之後，進行第三次測驗，也就是後測，以便檢驗補救教學的成效。

本實驗流程圖 2 如下：

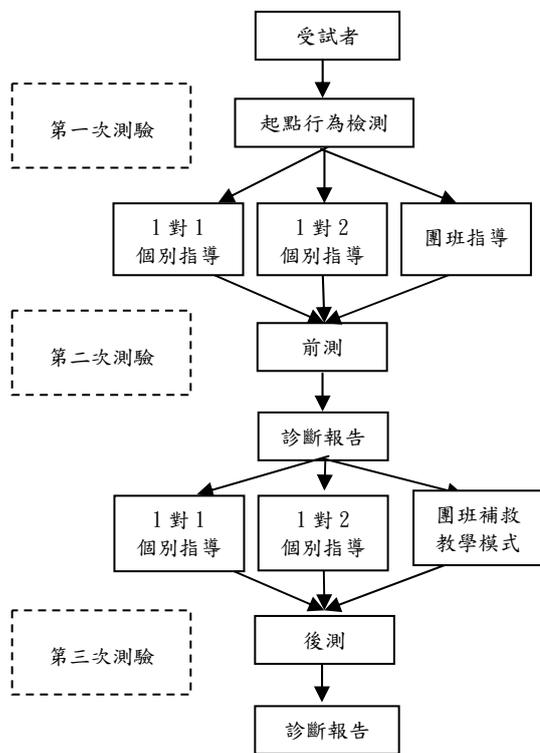


圖 2 施測流程圖

(五) 資料處理與分析

本研究主要目的是要探討在不同教學模式下第一次測驗前的課堂教學之成效與在不同教學模式下第一次測驗（前測）與第二次測驗（後測）間的補救教學成效。

在某些情況下，會影響實驗結果的變項即使事先知道，也無法用實驗控制方法排除，此時就必須用統計控制方法排除此變項的影響，這種方法就是共變數分析(ANCOVA)。共變數分析是變異數分析和直線回歸的合併使用，先利用直線迴歸將共變量的影響排除，再利用變異數分析來考驗各組平均數之間是否有差異存在。

在使用 ANCOVA 之前，必須先對組內迴歸係數同質性進行考驗，若未達顯著水準(>0.05)，表示各組組內迴歸線互為平行，組內迴歸係數同質性假設獲得支持，可以進行共變數分析。

四、研究結果

(一) 單元教材之不同教學模式成效

主要是利用起點行為測驗及電腦

適性測驗的前測的結果來檢驗不同教學模式之下，「面積的估算」單元教材是否具有成效。實驗過程中，限制個指師必須完全依照教學指引中所明列的方法、內容、步驟進行指導，盡量將個指師的人為影響降到最低，以瞭解教材的使用成效。

本實驗共有 3 個班級進行「面積的估算」單元教學，扣除無效樣本，有效樣本為 85 位學生，再以不同教學模式及不同個別指導模式進行分析，結果分別如下：

1. 依不同教學模式之學生表現分析

表 3 組內迴歸係數同質性檢定表

來源	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
班級*	1	227.06	1.55	.217
起點				
誤差	81	146.79		

由表 3 可知，組內迴歸係數同質性檢定結果，F 值 = 1.547； $p = .217 > .05$ ，表示班級間共變數（起點行為測驗分數）對依變項（前測分數）進行迴歸分析時並無顯著差異，也就是說兩組迴歸線的斜率相同，起點行為測驗和前測分數間的關係不會因為教學模式的不同而有差異，符合共變數內迴歸係數同質性假定，可進行單因子共變數分析。

表 4 誤差變異量的 Levene 檢定等式

F 檢定	分子自由度	分母自由度	顯著性
3.343	1	83	.071

由表 4 可知， $p = .071 > .05$ ，表示個別指導與團班之間的變異數檢定為同質性可進行單因子共變數分析。

表 5 不同教學模式單因子共變數分析檢定摘要表

來源	自由 度	平均平 方和	F檢定	顯著 性
個指 與 團班	1	1176.0 7	7.96	.006
誤差	82	147.76		

表 6 不同教學模式的比較

班級	個數	調整 後平 均數	平均數 差異 (I-J)	標準 誤	顯著 性
個指 (I)	55	85.695			
團班 (J)	30	77.910	7.785	2.759	.006

由表 5、表 6 可知，在排除起點行為測驗成績對前測成績的影響後，不同教學模式（個別指導與團班）對前測成績的影響效果檢定之 F 值 = 7.959； $p=.006 < .05$ ，達到顯著水準，表示受試學生的前測成績會因為教學模式的不同而有所差異。單因子共變數分析調整後的平均數，可知「個別指導」教學模式前測總分的平均數經調整後為 85.695 高於「團班」教學的 77.91，且達到顯著差異，因此可推得「個別指導」教學模式優於「團班」教學。

2. 依一對一與一對二個別指導模式之學生表現分析

表 7 組內迴歸係數同質性檢定表

來源	自由 度	平均平方 和	F檢 定	顯著 性
班級*起點 行為測驗	1	91.51	.905	.346
誤差	51	101.08		

由表 7 可知，組內迴歸係數同質性檢定結果，F 值 = .905； $p=.346 > .05$ ，表示班級間共變數（起點行為測驗分數）對依變項（前測分數）進行迴歸分析時並無顯著差異，也就是說兩組迴歸線的斜率相同，起點行為測驗和前測分數間的關係不會因為個別指導模式的不同而有差異，符合共變數內迴歸係數同質性假定，可進行單因子共變數分析。

表 8 誤差變異量的 Levene 檢定等式

F 檢定	分子自由度	分母自由度	顯著性
.653	1	53	.423

由表 8 可知， $p=.423 > .05$ ，表示不同個別指導模式之間的變異數檢定為同質性，可進行單因子共變數分析。

表 9 共變數分析檢定摘要表

來源	自由 度	平均平方 和	F檢 定	顯著 性
一對一與 一對二	1	95.72	.949	.335
誤差	52	100.89		

表 10 不同個別指導教學模式的比較

班級	個 數	調整後 平均數	平均數 差異 (J-I)	標準 誤	顯著 性
一對 一(I)	25	84.070			
一對 二(J)	30	86.941	2.871	2.947	.335

由表 9、表 10 可知，在排除起點行為測驗成績對前測成績的影響後，不同個別指導模式（一對一與一對二）

對前測成績的影響效果檢定之 F 值 = .949； $p=.335>.05$ ，未達到顯著水準，表示受試學生的前測成績不會因為個別指導教學模式的不同而有所差異。單因子共變數分析調整後的平均數，可知「一對二」的個別指導教學模式前測總分的平均數經調整後為 86.941 高於「一對一」個指教學的 84.070，但未達到顯著差異，因此可推得「一對一」與「一對二」的不同教學模式之教學成效並無差異。

(二) 數位個別指導教材的補救教學成效

本節主要是利用電腦適性測驗的前、後測的結果來檢驗「面積的估算」單元的數位個別指導教材是否具有成效。實驗過程中，限制個指師必須完全依照教學指引中所明列的方法、內容、步驟進行指導，盡可能將個指師人為因素的影響降到最低，以瞭解教材的使用成效。本實驗共有 3 個班級進行線上適性測驗，扣除無效樣本，有效樣本為 85 位學生。接下來，依不同教學模式、不同個別指導模式及高中低能力分組進行分析。

1. 依個別指導與團班之學生表現分析

表 11 組內迴歸係數同質性檢定表

來源	自由 度	平均平方 和	F檢定	顯著性
班級				
*	1	272.8	3.372	.070
前測				
誤差	81	80.9		

由表 11 可知，組內迴歸係數同質性檢定結果，F 值 = 3.372； $p=.070>.05$ ，表示班級間共變數（前測分數）對依變項（後測分數）進行迴歸分析時並無顯著差異，也就是說兩組迴歸線的斜率相同，前測和後測分數間的

關係不會因為教學模式的不同而有差異，符合共變數內迴歸係數同質性假定，可進行單因子共變數分析。

表 12 誤差變異量的 Levene 檢定等式

F 檢定	分子自由度	分母自由度	顯著性
2.467	1	83	.120

由表 12 可知， $p=.120>.05$ ，表示不同教學模式（個別指導與團班）之間的變異數檢定為同質性可進行單因子共變數分析。

表 13 單因子共變數分析檢定摘要表

來源	自由 度	平均平方 和	F檢定	顯著性
個指與 團班	1	1.86	.022	.882
誤差	82	83.3		

表 14 不同教學模式的比較

班級	個 數	調整後 的平均 數	平均數 差異 (J-I)	標準 誤 差	顯著 性
個指 (I)	55	87.004			
團班 (J)	30	87.325	.321	2.150	.882

由表 13、表 14 可知，在排除前測成績對後測成績的影響後，不同教學模式（個指與團班）對後測成績的影響效果檢定之 F 值 = 2.150； $p=.882>.05$ ，未達到顯著水準，表示受試學生的後測成績不會因為教學模式的不同而有所差異。單因子共變數分析調整後的平均數，可知「團班」教學模式後測分數的平均數經調整後為 87.325 高於「個別指導」教學的 87.004，但未達到顯著差異，因此可推

得「個別指導」與「團班」教學模式在數位個別指導教材的補救教學成效並無差異。

2. 依一對一與一對二個別指導之學生表現分析

表 15 組內迴歸係數同質性檢定表

來源	自由度	平均平方和	F檢定	顯著性
班級* 前測	1	185.10	3.018	.088
誤差	51	61.327		

由表 15 可知，組內迴歸係數同質性檢定結果，F 值 = 3.018； $p=.088 > .05$ ，表示班級間共變數（前測分數）對依變項（後測分數）進行迴歸分析時並無顯著差異，也就是說兩組迴歸線的斜率相同，前測和後測分數間的關係不會因為個指教學模式的不同而有差異，符合共變數內迴歸係數同質性假定，可進行單因子共變數分析。

表 16 誤差變異量的 Levene 檢定等式

F 檢定	分子自由度	分母自由度	顯著性
.047	1	53	.829

由表 16 可知， $p=.829 > .05$ ，表示不同個別指導模式之間的變異數檢定為同質性，可進行單因子共變數分析。

表 17 單因子共變數分析檢定摘要表

來源	自由 度	平均平 方和	F檢 定	顯著 性
一對一與 一對二	1	128.780	2.021	.161
誤差	52	63.707		

表 18 不同個別指導模式的比較

班級	個 數	調整後 平均數	平均數 差異 (I-J)	標準 誤	顯著 性
一對 一(I)	25	89.96			
一對 二(J)	30	86.77	3.181	2.237	.161

由表 17、表 18 可知，在排除前測成績對後測成績的影響後，一對一與一對二後測成績的影響效果檢定之 $p=.161 > .05$ ，未達到顯著水準，表示受試學生的前測成績不會因為個別指導教學模式的不同而有所差異。單因子共變數分析調整後的平均數，可知「一對一」的個別指導模式前測總分的平均數經調整後為 89.953 高於「一對二」個別指導教學的 86.772，但未達到顯著差異，因此可推得「一對一」與「一對二」不同個別指導教學模式在數位個別指導教材的補救教學成效並無差異。

3. 依低、中、高能力分組之學生表現分析

此部分將受試學生依前測成績分成三組，前 33% 當作高能力組，後 33% 當作低能力組，其餘為中能力組，比較這三組學生的進步情形。分析數據如表 19 所示：

表 19 不同能力學生平均進步分數表

教學模式	一對一 教學		一對二 教學		團班教學	
	平均 進步 分數	人 數	平均 進步 分數	人 數	平均 進步 分數	人 數
依起點行為測驗分組						
低能力組	16.25	8	2.4	10	14.1	10
中能力組	5.89	9	0	10	2.8	9
高能力組	-3.13	8	-4	10	0.9	10
合計		25		30		29

由表 19 可知，「一對一教學模式」之低能力組的平均進步分數最多，進步 16.25 分，其次是中能力組，高能力組反而平均退步 3 分；「一對二教學模式」學生人數僅低能力組平均進步 2.4 分，高能力組反而平均退步 4 分；「團班教學模式」中，低能力組進步最多，平均進步 14.1 分，中能力組次之，最後是高能力組。

五、結論與建議

本研究透過知識結構分析法，將九年一貫課程正式綱要之數學領域的能力指標「能以適當的正方形單位，對曲線圍成的平面區域估算其面積」設計一套「面積的估算」教材內容，並研發進行補救教學之用的數位個別指導教材，以國小六年級學童為研究對象，進行不同教學模式的教學活動、電腦化適性測驗和數位個別指導，依所得資料分析單元教材、補救教學的成效及比較不同教學模式的差異。以下先根據研究目的與結果提出結論，之後則提出建議，以供未來研究之參考。

(一) 研究結論：根據本研究施測流程、實驗及結果分析，得到以下結論：

1. 單元教材之不同教學模式成效：

- (1) 不同教學模式之教學成效：在排除起點行為測驗成績對前測成績的影響後，受試學生的前測成績會因為教學模式的不同而有所差異，且達到顯著水準，個別指導教學模式之教學成效明顯優於團班教學模式。
- (2) 不同個別指導模式之教學成效：在排除起點行為測驗成績對前測成績的影響後，受試學生的前測成績不會因為個別指導教學模式的不同而有所差異，「一對一」與「一對二」個別指導模式之教學成效並無差異。

2. 數位個別指導教材之不同教學模式

成效：

就教學模式而言，使用此套教材進行一對一、一對二個別指導與團班教學，學生的成績都略有進步。個別指導師依據學生個別學習診斷書進行個別補救，團班指導師則透過重點錯誤人數統計表，由錯誤率最高的重點開始補救，同時針對多數的學生進行錯誤概念的澄清，因此，教學效率提高。即數位個別指導教材適用於不同的指導模式。

- (1) 不同教學模式之教學成效：在排除前測成績對後測成績的影響後，受試學生的後測成績不會因為教學模式的不同而有所差異，「個別指導」與「團班」不同教學模式之補救教學成效並無差異。
- (2) 不同個別指導教學模式之教學成效：在排除前測成績對後測成績的影響後，受試學生的後測成績不會因為個別指導教學模式的不同而有所差異，「一對一」與「一對二」個別指導教學模式之教學成效並無差異。
- (3) 依高、中、低能力分組之學生表現分析：個別指導模式讓中低分組的學生進步分數較高，顯示個別指導模式在補救教學上有較好的成效。

(二) 研究建議：本研究在整個研究過程中，由於人力與時間的限制，使研究無法達到盡善盡美，因此，提出下列幾點說明與建議：

1. 教學應用方面

- (1) 根據研究結果，個別指導教學模式確實能有效提升學生在「面積的估算」單元上的學習，建議教師在時間、空間及人力不受限制之下，可以嘗試此類教學模式進行教學。
- (2) 根據本研究結果，以知識結構為基礎的數位個別指導教材能有效提升學生在「面積的估算」單元上的學

習，建議教師可嘗試編製此類教材進行教學。

2. 研究方面

(1) 施測對象：本研究紙筆預試人數為 209 人、正式施測人數為 85 人，因研究者人力與時間有限，故以高雄市、台中縣市為主，未來可增加不同地區的受試者與人數，如此一來，將可使學生知識結構更為精準，在電腦適性診斷測驗上，節省更多試題與時間，實驗結果也會更精確，將能擴大研究推論。

(2) 單元教材與數位個別指導教材：本研究中所使用的單元教材與數位個別指導教材，是由研究者與計畫團隊一起設計編製，費時又費力，但因目前仍為實驗階段，教材尚未加入美工設計。一份好的教材除了詳實的內容外，還必須有賞心悅目的排版插圖搭配，讓個指師與學生樂於使用，尤其是在多媒體教材方面，還需要媒體設計專家專業的設計，讓教材更精緻、更生動，更符合需求。

(3) 實驗設計規劃：本研究透過個指師的教學，探討一對一、一對二及團班指導模式的差別，雖然實驗限制個指師必須完全依照教材進行教學，但牽涉到個人教學風格、人格特質和態度，結果也會有所影響。未來若有這方面的實驗或教學現場需要時，個指師的挑選及訓練也是不容忽視的。

(4) 未來發展：因研究者的時間與能力有限，僅就一個九年一貫能力指標進行單元教材的編製及研究，建議未來可以不同能力指標進行研究，進一步探討 CAT 搭配補救教學在其他教材的實施效果，更可推廣到數學領域各能力指標，擴大應用層面，增加系統的實用性。

六、參考文獻

- [1] 高金水，“國小四年級學童三角形概念之診斷教學研究”，國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文，2004。
- [2] 郭伯臣，“國小數學科電腦化適性診斷測驗 (I)”，行政院國家科學委員會專題研究計畫報告，計畫編號：NSC-91-2520-S-142-001，2003。
- [3] 郭伯臣，“國小數學科電腦化適性診斷測驗(II)”，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，計畫編號：NSC-92-2521-S-142-003，2004。
- [4] 郭伯臣、何政翰，“國小數學領域電腦適性化測驗系統之建製”，「二〇〇四數位生活與網際網路科技研討會」論文集，2004。
- [5] 郭伯臣、謝友振、張峻豪、蔡坤穎，“以結構理論為基礎之適性測驗與適性補救教學線上系統”，台灣數位學習發展研討會，國立台灣師範大學，2005年5月6-7日。
- [6] 許天威。學習障礙者之教育。台北市：五南書局，1986。
- [7] 許雅菱，“貝氏網路在教育測驗分析上的應用”，台中：國立台中師範學院教育測驗統計研究所碩士論文，2005。
- [8] 莊惠萍、林立敏、郭伯臣，“貝氏網路在數學領域「數與量」主題測驗上的應用——以國小五年級學童「立方公尺與體積」單元為例”，彰化：彰師大科教研討會，2005。
- [9] 陳英豪、吳裕益，“測驗與評量”，高雄，復文書局，1995。
- [10] 陳怡如、吳慧珉、黃碧雲，“電腦化適性診斷測驗之研究”，測驗統計年刊 12 輯，61 頁，台中市：台

- 中師範學院，2004。
- [11] 陳銜逸，“我國國小高年級學生平面圖形面積概念的研究”，八十五學年度師範學院教育學術論文發表會，1996。
- [12] 教育部，“國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域”，台北市：教育部，台國字第 0920167129 號，2003
- [13] 張新仁、邱上真、李素慧，“國中學習困難學生之補救教學方案研究”，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，計畫編號：NSC-88-2614-H-017-011，2000。
- [14] 張新仁、邱上真、李素慧，“國中英語科學習困難學生之補救教學成效研究”，教育學刊，16，163-191。1999
- [15] 楊智為、劉育隆、楊晉民、曾彥鈞，“結合試題順序理論與貝氏網路之電腦適性測驗演算法之探究”，2006 第十一屆人工智慧與應用研討會，高雄應用科技大學，2006。
- [16] Airasian, P. W, & Bart, W. M., “Ordering theory: A new and useful measurement model”. *Educational Technology*, 1973, 5, 56—60.,1973.
- [17] Appleby, J., Samuels, P., & Treasure-Jones, T. “Dianosys - A Knowledge-based Diagnostic Test of Basic Mathematical Skills”, *Computers and Education*, 28(2), 113-131, 1997.
- [18] Bart, W.M., & Krus, D.J., “An ordering theoretic method to determine hierarchies among items. *Educational and Psychological Measurement*”, 33, pp.291-300, 1973.
- [19] Bright, G. W., “Estimation as Part of Learning to Measure. In *Measurement in school Mathematics*, 1976 Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics”, (pp.87-104). Reston, Va: The Council, 1976.
- [20] Brown, J.S. and Burton, R. “Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills”, *Cognitive Science*, 2:155-192, 1978.
- [21] Chang, K-E., Liu, S-H., & Chen, S-W. “A testing system for diagnosing misconceptions in DC electric circuits.” *Computers & Education*, 31, 195-210, 1998.
- [22] Russell G. Almond and Robert J. Mislevy. “Graphical models and computerized adaptive testing.” *Applied Psychological Measurement*, 23(3),223-237, 1999.
- [23] Takeya. “New item structure theorem”, Waseda University, Tokyo, 1991.
- [24] VanLehn K. “Student models. In Polson M.C. & Richardson J.J. (eds.)”, *Foundations of intelligent tutoring systems*. Lawrence Erlbaum. Hillsdale., 1988.
- [25] Wainer, H. (Ed.), “Computerized adaptive testing: A primer (2nd ed.).Hillsdale”, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers. , 2000.
- [26] Wenger, E., “Artificial intelligence and tutoring systems: Computational and cognitive approaches to the communication of knowledge”, Morgan Kaufmann Publishers, California, 1987.