

編序教材於數學科補救教學之應用

江惠真

李亦欣

摘要

本研究的目的在探討編序教材應用於數學科補救教學之效果，以尋求解決學生數學科學習落後之途徑，提供具體之結論與建議，作為數學科編序教學之參考。

本次研究採行動研究法，在某私立高中進行的教學實驗，首先根據學習的知識地圖、學生的起點行為及終點行為目標設定教學單元，再將教材按照程序編成許多細目，然後藉由學生多次個別化形成性評量，搜集資料進行統計分析，進而獲致具體之結論及建議：

一、編序教材之教學，可使個別化教學具體實施

數學科於一般班級教學中，要實施個別化教學有難以突破之困難，藉由編序教材之教學，可配合學生個別能力和經驗的差異，在達到教學目標的過程中，容許有不同的速度，以個人學習為基礎的編序教學，則能具體實施個別化教學。

二、編序教材之教學，可作學習診斷實施補救教學

一般教學教師「教」的活動多，學生「學」的活動少，而編序教材教學的學習情境使學生由被動變為主動，並立即得到回饋，以得知反應正確與否，並作為校正根據，以免造成困難累積，補救教學不知從何做起的問題。

三、編序教材之教學，藉由資訊輔助效果較佳

編序教材若以紙筆做評量，則難有數據資料分析學生個人學習情形，利用資訊系統，則有利個別情形分析提供教材修正。

關鍵字：編序教材、數學科補救教學、電腦輔助教學

壹、緒論

一、研究背景與動機

個案高中為一所綜合高中，學生多元，有各種不同的學習性向與興趣，學習目標也是多元。在教學上，數學雖為共同必修科目，然而，在一般學生的學習狀況中，數學多為學生所困擾之科目。

該校之數學教學研究會曾經做過許多改變及討論，希望透過不同之教學策略來解決此一問題，曾做過之不同策略如下：

(一) 編輯自編教材，出版「基礎數學」期待藉由複習國中數學，彌補學習落差，其實施之結果遇有以下困難：

1. 同一班級學生學習起點差異頗大，一律施以相同之國中教材，將延誤學習成就較好同學之學習。
2. 由於無法實施個別化學習，因此對於成績較差之同學，同樣也未有如期之效果。

(二) 實施數學科學習能力分組教學，教學組以會考成績及老師對學生學習態度之評鑑，將同一類科之各班學生分成若干組，進行分組教學。雖然學校行政作業可以克服許多困難全力支援排課之困境，而實施結果仍遇有許多困難：

1. 若依不同組別採用不同之評量與教材，則將造成現實上之困難，如同一歸屬班之學生，同一分數的成績代表之程度及意義可能不同，在大學、四技二專甄選入學時的成績處理須做校正。
2. 若採用相同之評量與教材，那麼則失去分組教學之意義。

基於上述二項策略未有顯著改善學生對數學之學習困難，因此研究者認為應撰寫編序教材，並將教材編寫為電腦輔助教學系統，採班內個別化教學，希望透過電腦呈現有系統的教學順序，並提供反覆練習之題目，這種電腦輔助教學系統會根據學生與系統間之互動，去衡量及確定學生的學習狀況，再從資料庫中去尋找最適合學生學習之材料，最後達到精熟原則，並使個別化教學具體實施。

二、研究目的

本次行動研究之目的，即在於希望能透過編序教材之應用，使學生能有序地找到自己在數學方面之學習困難，針對困難提出再一次補救學習，進而協助學生達成學習任務。

貳、文獻探討

編序教學（Programmed Instruction）又稱為循序自學法、計畫學習法，是將教材分析成一連串之細目，編成一連串之間答題或試題，然後指導學生利用細目書本、教學機或電腦進行自學之一種方法（高廣孚，1988），是將操作制約原理應用在人類學習上的一種學校教學安排，在1950年代當美國心理學者史肯納（B. F. Skinner）觀察到教師使用沒有效果的教室管理及沒有快速地給予學生回饋時，他歸結出傳統教室在互動上違反了操作制約原則，他也觀察到教師在運用教具時期望學生做出大量的行為改變，他認為這是不合理的，於是發展以制約原理操作的學生學習方法，原本斯肯納並不將此種方法稱之為編序教學，而稱之為編序學習；意指學生可以根據改編後的編序教材，自己進行學習，其設計過程是先將教材加以分析，按其關聯性及難易程度編成許多組織嚴密的架構或步驟，要求學習者加以陳述或解決問題，學生可以立即核對結果之正誤，再進行下一個步驟的學習。因此，編序教學實施的一個基礎元素即是教學的設計歷程，它也常被視為資訊融入教學的專業者致力發展的有效教學環境的歷程。

編序教學實施的重點在於教材組織的改進，其發展是採用連結理論中的操作制約學習，由教師安排刺激的反應情境，使個體的反應受到增強而達到學習的目標，根據「自動原理」、「個性原理」、「熟練原理」而成其發展，編序教學是以學生為中心的學習，1950年代編序教學開始風行，編序教學理念曾經被應用於教學機（teaching machine）的設計，在1960年代也被廣泛地應用在教課書、錄音帶指導教學等教材的設計，後來在1970至1980年代所興起的電腦輔助教學（computer-assisted instruction）也是編序教學與電腦教學科技結合運用的延伸，電腦輔助教學，既測試學生的能力，標誌著他們的進展，又可能補充課堂活動或說明學生獨立開發思路和技巧，使其達到預期的成就（Lockee, Moore & Burton, 2004；Kurbanoglu, Taskesenligil & Sozbilir, 2006）。

在編序教學的原理上大量運用將教材依據學習邏輯編為有次序的細目，在執行時則以立即回饋、差異適應及學習者驗證來協助學生達到學習目標，以下分別說明其內涵：

一、有次序的教材細目

教材細目是編序教學最顯著的特點，編序教學法是將單元主題分為許多細目，再按其學習邏輯，也就是知識地圖點作程序上的編排，經由教師的編序，做嚴密組織，循序誘導學生完成合適的自學自習，學生經由循序漸進的單元以學會教材，且有助於辨別能力與綜合能力的培養。根據 Brewer 的分類，教材可採直線編輯（linear programs）以及分支編輯（branching programs）二類，直線式編輯是以所有學生進度按照連續性單元作答為原則，每個學生根據題目反應、核對答案，繼續做下去到下一個進度，以此程序編輯題目到所有單元結束。分支式編輯題目是根據學生作答對錯情形做為編輯原則，學生由作答以前單元題目的反應，決定其分支再作答的方向。做對即可以跳過一些題目，直接進入下一個主題，或給予較深或創意性較高的題目。如果做錯則引導學生去作答導正錯誤的題目，或者回到前一單元基礎能力的作答。

二、積極的學生反應

教材在沒有教師講解，或聽取旁人討論而學得，學生必須自己切實閱讀、填寫、核對、進行而學會，這是徹底的、積極的反應。

三、立即的核對

編序教學為方便學生自學，提供了正確的答案以便學生能立即核對其學習結果，瞭解學習成績。這種效果，不但引起積極反應，而且深符「準備」與「動機」的原理，有繼續再學和努力完成的願望和需求。

四、個別差異的適應

速度差異之適應亦是編序教學的特點之一，在一般的教學中如講演、討論或視聽教學均迫使每一位學生在同一速度下學習，必然形成「太快」或「太慢」的現象；這時若利用編序教學法，便能真正做到適應差異的原理，使學生可以自由的改變其學習速度，以符合自己的能力，甚至適合自己的興趣和需要。

五、學習者的驗證

一般的教學缺乏正確的記錄，以供教師改進教材內容，但是，編序教學則可根據學生學習的記錄，以修正教材細目，而這種修正，是經由學習者自己的試驗和實際的反應而改進的，是驗證的，而非猜測估計的（朱敬先、李寧，1995；王文科，2007；林生傳，2007；沈翠蓮，2015；Van Merriënboer, & Krammer, 1990；East, Thomas, Wallingford, Beck, & Drake, 1996）。

由此可知，編序教學是一種事先需要教師的編序，將教材按照程序，編成許多細目，學生藉由教材從簡而繁、由淺入深的順序學習，編序教學實施時必須先行確認學習者的起始行為與終點行為目標，同時也必須分析教學材料的知識連結點，實施步驟：

- 一、先行確定學生的起點行為（學生的先備知識或技能）以及其終點行為，終點行為可視為行為目標或教學成果。
- 二、將整個教學單元細分為很多小單元，並按各小單元的邏輯順序，由易到難，依序排列。
- 三、編序中的每個小細目皆代表一個概念問題。每一個問題需先確定正確答案，第一個問題的答案是學習第二個問題的基礎，第一與第二個問題是學習第三個問題的基礎，以此架構教材。
- 四、編序材料可用測驗卷的方式，也可做其他形式，對每一問題的回答，可採用填充、是非或選擇的方式。回答之後立即出現正確的答案，使學生從回饋中核對自己的反應，進行後效強化（高廣孚，1988；朱敬先、李寧，1995；林生傳，2007）。

編序教學之優點可歸納為：

一、符合個別化教學的原則

編序教學正可配合個別能力和經驗的差異，在達到教學目標的過程中，容許有不同的進行速度。

二、學生由被動變為主動

編序教材的設計，使學生由被動變為主動而形成反應性情境，反應後立即得到回饋，以作為校正之根據。

三、維持學習動機

編序教材的編製由淺入深，教材順序顯著，學習者不會因為困難的累積而形成學習動機的挫折，以維持學習動機。

四、有效的學習輔導

在一般的教學中，缺乏歷程的記錄以供教師改進教材內容，造成以往累積性的困難無法確定，而編序教學是連續漸進的，可根據學生學習的記錄，一有困難，立即可以發現，隨時輔導。

編序教學雖有其優點，但實施上一樣有其限制與困難：

一、受事實限制，普遍採用困難

編序教學法受事實上的限制，無法普遍實施，在班級教學為主的中小學校內，學生持有教學機或電腦設備與否是關鍵的條件。

二、教材編製不易，學科性質是關鍵

編序教材的編製極為困難，而且並非所有的科目都能編成階梯式的題目，例如語言寫作練習、數學的演算歷程及物理化學的操作實驗等，其知識連結點分枝多且牽連的知識多元，或者關連到分析、應用的綜合判斷較高層次學習時，都不可能也不適合採用編序方式，勉強採用，難免使知識失去系統性，學不到事理的整體觀念。

三、缺乏教育歷程中的社會功能

在班級教學活動中，除了師生關係之外，同儕間的競爭、合作等社會關係亦為重要，而編序教學若把學生的學習孤立化，縱使有助於知識學習，卻喪失了教育上的社會功能（林生傳，2007；沈翠蓮，2015）。

參、研究方法

一、研究設計與實施步驟

本研究採行動研究法，研究編序教材於數學補救教學之應用，研究設計如下：

(一)選擇教學單元：

設計問卷，測試一、二年級學生對各單元學習困難程度，作為選擇教學單元的依據。

(二)分析教材：

分析選定的教學單元，將學生在學習過程中需具備各項概念作層次的區分，方便編序教材的設計。

(三)撰寫編序教材：

根據教材分析的結果，將教材細分成若干階段，各階段皆有明確的教學目標，教材內容著重在基本概念的建立與基本運算能力的加強，捨棄繁複的計算，於每階段的教學中設計足夠份量且同質性高的問題，安裝於電腦，用以評量學生精熟的程度，電腦軟體並作適當的設計，使能發現學生個別的學習差異，作為補救教學或修正教材的參考。

(四)實施教學：

先由教師於課堂上施教，旨在協助學生作數學概念的強化，基本運算能力的養成。配合電腦輔助教學，期使所有學生在各階的學習皆達到精熟的目標。

(五)資料整理：

學生完成每階段的測試之後，皆詳列報表，評估教材是否需要修改，是否作全班性的重教或進行部分學生的補救教學。

(六)結論與建議：

歸納研究成果並對本研究所面臨的各項問題提出建議。

(七)提出研究報告：

依據研究之設計、實施與討論、結果與建議提出報告。

二、研究對象與範圍

本次研究為個案高中之一、二年級普通科之學生，共計 368 位學生為對象。數學教材以五個單元為主：三角函數、指數與對數、不等式、數列與級數、導數。學生的學習起始行為並不相同，約 15% 的受試者具有高中一年級應具備的數學能力，大部分學生的問題在於不熟悉根號的概念。

三、測驗工具

電腦輔助教學系統題庫。

肆、資料分析

依本研究的各步驟所獲致的資料，分析如下：

一、教學單元的選定：

根據問卷調查的結果，最多學生認為最困難的數學單元為三角函數中的廣義角三角函數。分析其可能因素為廣義角三角函數的概念，是銳角三角函數的推廣，而推廣的過程中又牽涉到有向角概念、同界角概念，甚至基本三角恆等式與特別角三角函數等概念，可說相當的複雜，若基本概念不清楚，很容易便形成學習上的障礙，難以由銳角三角函數跨越到廣義三角函數。而且學生在學到三角函數的時候，通常會對課本上諸多公式和繁複的計算，產生混淆、難以理解等困擾，因此本研究擬以廣義角三角函數作為研究教材。

二、編序教學的設計：

依據編序教學的架構，將教材細分成五個階段，第一階段為畢氏定理、第二階段為銳角三角函數之定義與特別角三角函數、第三階段為三角恆等式、第四階段為同界角、第五階段為廣義角三角函數。並且在每一階段設計 50 題左右的同類型問題。學生藉由教材從簡而繁，由淺入深順序學習，且每一階段學習皆應達到精熟的要求，才得進行下一階段的學習。

三、施測的進行：

在每一階段的課堂教學完成後，學生即上機測試以準確的評估學生的學習成效，在電腦軟體上作如下的安排：

1. 由電腦隨機抽選 10 題，10 分鐘內作完。
2. 每題皆有兩次答題的機會，第一次即答對則直接進入下一題，若第一次答錯會立即顯示錯誤訊息，並進行本題的第二次作答，答對可進行下一題，答錯則本題不計分，亦進入下一題。
3. 若 10 題作完，得到滿分即達到要求，可結束測驗。若未得滿分，則由電腦另抽選 10 題再進行第二輪測試，答題方式不變，若仍未滿分，則電腦將強迫退出，並以未通過論。(第一次答對與第二次才答對分數相同)

由於所有問題的設計，排除了繁複的計算，只要學生具備應有的概念與基本能力，以直線式的思考與簡單的計算方法，即可輕易求得問題的解答，而且每次作答皆有兩次答題機會，為確保學生都能達到精熟的目標，因此限定以滿分為合格標準。

四、施測結果：

由於本實驗使用行動研究法，並不作抽樣研究。於研究期間，分五階段的教學與測試活動，並在所有課程結束，作一總結性評量，各階段測試與評量的結果分析說明如下。

(一) 第一階段：

本階段的主題是畢氏定理，將這個主題安排在一開始的目的是因為三角函數的定義乃是直角三角形之邊長的比值關係，而直角三角形的三邊長又滿足畢氏定

理，因此在計算上常會需要以畢氏定理作為基本運算工具，也因此學生對此一定理應用的熟練度，直接影響整套教學進行時，學生在計算上的正確度與速度。

由於學生在國中的數學課即接觸此一主題，因此教師在喚起學生舊記憶後，將特別加強學生的計算能力，尤其是根號的運算與開根號的方法，另外強調具有特殊邊長比例的直角三角形，要學生熟記並能作適時的使用。

第一次進行機上測試的結果有 68.9% 的學生能在第一次作答即全部正確，而 89.2% 的學生能在二次答題限制下全部答對，第一輪未得滿分的 10.8% 的學生，有 6.2% 的學生在第二輪的測試得滿分，對於 4.6% 明顯計算能力較差或反應速度較慢的學生，教師施以個別的補救教學，並在隨後的補測中全數通過。

(二) 第二階段：

本階段的主題是銳角三角函數之定義及特殊角三角函數。銳角三角函數有六個，因此需要花較多時間記憶背誦。多數學生學不好三角函數，最大的原因就是定義不熟，對於邊角關係無法正確掌握。因此教師在課堂上，特別要求學生對銳角三角函數定義熟記，並訓練學生能利用畢氏定理和三角函數的對應邊關係，由已知角的一個三角函數值，求出第三邊長或此角的其餘五個三角函數值等。

本階段的另一個學習重點，便是特殊角三角函數。由於學生對於畢氏定理已很熟練，因此教師很容易讓學生瞭解兩種特殊角直角三角形的邊長比例，並由三角函數定義導出特殊角的三角函數值。由於往後的教學階段會不斷的出現特殊角的三角函數求值，因此，學生能熟練其運算，也是本階段的重點。

在教學結束後，學生所作的第一輪測試結果，有 52.9% 的學生在第一次作答即全部正確，而 78.7% 的學生能在二次答題限制下全對，相當大的原因是計算錯誤所導致。而第二輪的測試結果，累積有 87.6% 的學生通過，餘下的 12.4% 的學生，經調查結果得知，多數是因定義尚未熟記，或特殊角直角三角形的邊長比例不熟悉，少部分則是計算速度較慢或有過多的計算錯誤，因此針對此一部分學生的補救方式，除加強其計算的正確度和速度外，更嚴格要求定義的記憶。在補救教學完成，全數學生均能通過機上的測試，結果令人滿意。

(三) 第三階段：

本階段的主題是三角恆等式。學生學習三角恆等式的用意，除了在加強學生對三角函數的認識，另一方面便是訓練關於三角函數的計算能力。透過三角函數間的基本關係，如倒數關係、餘角關係、商數關係，以及平方關係等，可以將一種三角函數變換成其他五種三角函數，這種函數轉變的工作極為重要。

由於這一部分的教材變化頗多，難易落差大，基於使學生熟練對三角函數的演算能力，在教材的取捨方面，避免加油添醋、離題太遠，僅就後續課程中所需具備之基本能力的養成作為教學重心。教師課堂上的教學，重點擺在使學生熟記基本三角等恆式的複雜證明。如此，將可以減低以往學生在面臨此一單元時的學習困難，達到預定的效果。

在教學結束，學生所作的第一輪測試結果，有 49.7% 的學生能在第一次答題即全部正確，65.4% 的學生能在二次答題內全對，而第一輪未通過的學生，在第

二輪的測試之後，累積有 76% 的通過率。

由於考慮到部分題目無法直觀的求解，因此將這些問題抽換或修正，全體學生再作測試，結果有 85.5% 的學生能通過測試，而對於仍未通過的學生進行補救教學，重點放在強化其對基本恆等式的記憶，並開放學生自由上機反覆測試。在學生經過反覆的練習、用自己的速度計算，教師並針對個別的問題進行輔導，所有經補救教學後的學生在集體的測試中已能全數通過。

(四) 第四階段：

本階段的主題是同界角。同界角的概念是探討廣義角時所必備的，以同界角為工具可將任意角轉換成 $0^\circ \sim 360^\circ$ 的角，而且它說明了三角函數的週期性。由於同界角的概念較為簡單，教學上首先說明有向角的意義，再訓練學生同界角的判斷，其次是讓學生瞭解兩個同界角的任何三角函數值均是相同的。

在本階段的教學過程，明顯較其他階段來得快，學生的問題也較少，因此在第一次機上測試就有 73.4% 的學生在第一次作答即全部正確，而 91.3% 的學生能在二次答題限制下全對，並且第二輪的答題結束後，累積通過率已達 98.7%，少數未能通過測試的學生，經個別的輔導補救後，也在第二次測試時達到要求。

(五) 第五階段：

本階段的主題是廣義角三角函數。由於學生在完成前四階段的課程，對銳角三角函數的計算、三角恆等式的應用、有向角的概念、同界角的判斷等已有相當的基礎，因此在進行由銳角三角函數推廣至廣義角三角函數時，首先需讓學生瞭解廣義角的意義，強調其三角函數值是由終邊上的點的座標所決定的，而終邊所在象限不同，即有正負的三角函數值出現。

其次便是訓練學生將任意角之三角函數化為銳角三角函數，這可以先透過作圖的方式來加深學生的印象，將結果歸納為更簡便的轉化方式。這一部分的工作是本單元的重點。課堂上應讓學生有實際計算的經驗，只要學生有能力將任意角化為銳角，配合之前的學習成果，即可以達成預定的目標。

本階段的課堂教學結束後，學生在第一次的上機測試結果，有 42.1% 的學生在第一次作答即全部答對，63.7% 的學生可在二次作答內全對，而進行第二輪答題時，累積有 72.4% 的學生通過測試。測試結果較前幾階段來得不理想，但也在預測範圍之內。

由於廣義角三角函數牽涉到許多概念的整合，許多學生常顧此失彼，故在補救教學方面，除強化學生舊有觀念外，更強調任意角的轉化方式，並讓學生利用電腦反覆計算，當面臨問題時，立即求助於教師，立即解決問題。當確定所有學生均無概念的偏差，也能掌握解題方法時，再進行第二次的補測，結果只餘 12 位同學尚未通過測試，最後再由教師進行個別指導，亦全數通過第三次的測試。

當五階段的教學順利完成後，針對所有研究對象作一總結性評量，由題庫裡亂數選取 50 個題目做紙筆測驗，測試的結果顯示，有 89.8% 的學生達到及格標準。這樣的教學成效，遠較傳統的教學方式，約 3 至 4 成學生不及格，來得令人滿意。

伍、研究結論與建議

綜合以上的研究結果與分析，獲致以下的結論與建議。

在結論方面，研究者認為編序教學有助於個別化教學之實施，若輔以電腦方式實施，其最佳成效在於能診斷學生之學習困難，詳述如下：

一、編序教材之教學，可使個別化教學具體實施

數學科於一般班級教學中，要實施個別化教學有難以突破之困難，藉由編序教材之教學，可配合學生個別能力和經驗的差異，在達到教學目標的過程中，容許有不同的速度，以個人學習為基礎的編序教學，則能具體實施個別化教學。

二、編序教材之教學，可作學習診斷實施補救教學

一般教學教師「教」的活動多，學生「學」的活動少，而編序教材教學的學習情境使學生由被動變為主動，並立即得到回饋，以得知反應正確與否，並作為校正根據，以免造成困難累積，補救教學不知從何做起的問題。

三、編序教材之教學，藉由資訊輔助效果較佳

編序教學其歷程在於強化「教」與「學」的脈絡連結，教師須在教學前了解學生的起始行為及定義學習的成功目標，並依據知識地圖解析教材，讓課程中單元與單元之間的層次關係更能清楚地被定義出來，這樣的結構化教材若以紙筆做評量，則難有數據資料分析學生個人學習情形，利用資訊系統，則更有利於個別情形分析，並能回饋到提供教材修正。

在建議方面，研究者依據研究過程中所面臨的各種問題與研究成果，提出建議如下：

一、提升教師的電腦應用能力或採跨科協同教學方式，以減少實施困難

由於本研究中電腦的使用頻繁，並且需將編序的教材編寫入教學程式中，因此教師須不斷進修，以提升自身的電腦使用與應用之能力，但是對於尚無法應用電腦程式於教學輔助之教師而言，採取跨科協同教學方式，可以減少資訊應用之落差，提高實施之可能性。

二、加強電腦程式設計，分析學生學習歷程模組，以提高補救教學效能

雖然本研究使用了大量的時間作電腦輔助教學，但因受限於軟體開發能力的不足，尚無法發展學生學習歷程模組的分析，只能做測試的記錄工作，無法做到反應模組的分析以讓教師歸結學生學習的困難所在，也讓學生了解自己的學習瓶頸，依自己的進度來學習。

三、知識連結概念繁複之單元並不適用此教學方法

編序教材的編製極為困難，須配合學生程度，並且做階梯式的設計，然而部分的數學單元，在問題的解法上皆需連串的計算歷程，或是有些單元之知識連結點及歸結概念甚繁，不適合利用本研究之編序教學的方式進行。

四、效度與推廣問題

在取樣方面，若要增進實驗結果的效度，應增加取樣的人數，但因受限個案學校硬體設備的不足，無法全校全面施行，本研究中的評量工具乃以個案校學生的程度所

編訂，若欲加以推廣，則尚須編訂符合一般學生程度，更具有客觀的標準的評量方法，以供其他研究者應用。

參考文獻

- 王文科 (2007)。課程與教學論。臺北市：五南。
- 朱敬先、李寧 (1995)。教學心理學。臺北市：五南。
- 沈翠蓮 (2015)。教學原理與設計。臺北市：五南。
- 林生傳 (2007)。教育心理學。臺北市：五南。
- 林進材 (2015)。教學理論與方法。臺北市：五南。
- 周中天 (1985)。編序式電腦輔助教學課程軟體設計之商榷。教學與研究。
- 高廣孚 (1988)。教學原理。臺北市：五南。
- East, J. P., Thomas, S. R., Wallingford, E., Beck, W., & Drake, J. (1996). Pattern-based programming instruction. In *the Proceedings of the ASEE Annual Conference and Exposition, Washington, DC.*
- Lockee, B., Moore, D., & Burton, J. (2004). Foundations of programmed instruction. *Handbook of research on educational communications and technology*, 545-569.
- N.I. Kurbanoglu, Y. Taskesenligil and M. Sozbilir , (2006). Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (1), 13-21.
- Van Merriënboer, J. J., & Krammer, H. P. (1990). The" completion strategy" in programming instruction: Theoretical and empirical support. *Research on instruction*, 45-61.