

明新科技大學 校內專題研究計畫成果報告

總計畫：數位學習社群環境建置與效益分析
子計畫二：線上家教系統環境之建置

Construction and Benefits Analysis for an E-Learning Community Environment
Sub-project II: A Construction of On-line Teaching Environments

計畫類別：任務型計畫 整合型計畫 個人計畫

計畫編號：MUST-97 整合-1-2

執行期間：97 年 1 月 1 日 至 97 年 9 月 30 日

計畫主持人：戴建誠

共同主持人：蘇東興

張榮正

計畫參與人員：

處理方式：公開於校網頁

執行單位：資訊工程系

中 華 民 國 97 年 10 月 30 日

數位學習社群環境建置與效益分析 子計畫二:線上家教系統環境之建置

戴建誠

明新科技大學資訊工程系

中文摘要

近年來政府積極推廣數位化的教學，但是數位化教學一直無法取代教師親自教學給予學生個別化的指導，本計劃從適性化教材編輯以及學習成效分析兩個方面進行探討，希望能在數位學習的環境中給予學生有如家教班的個別化指導，也就是說希望能提供適合個人學風格的教材以及協助學員了解自己的學習狀況與弱點，進而提高學習成效。

第一部分是關於適性化教材編輯的研究，本研究以 SCORM(Sharable Content Object Reference Model) 2004 標準為基礎，提供編輯者課程結構編輯工具，配合 Kolb 的學習風格理論，以基因演算法從教材庫現有的教材中挑選出合適的教材。課程編輯者只需使用課程結構編輯工具編出課程結構，系統會依照學習者的學習目標、喜好、學習時間和學習風格，自動從現有的教材中挑選出合適的教材來和課程結構做結合，成為一份完整的適性化數位化學習課程。

第二部份是希望透過有效且自動化的測驗能夠分析出學習上的弱點或盲點，讓學習的時間能夠花在該加強的地方。我們以九年一貫學能力指標作為衡量的標準，將國中基測數學總復習之知識結構以數位教材編輯工具 Reload-Editor 將教材編輯成符合 SCORM2004 之數位測驗教材，並運用 SCORM SN(Squencying & Navigation) 將測驗的演算法編輯在教材中，此做法可以達到 ADL(Advanced Distribution Learning Initiative)之主要目標 Reusability、Accessibility、Interoperability、Durability。為了能達到有效的測驗，我們採取兩階段測驗，先了解程度再進一步做弱點分析，以減少題數且達到診斷之效果。最後我們依據二階段測驗的結果，分析出各項學習指標的學習成效，作為學生後續學習的重要依據。

關鍵字：SCORM2004、適性化、學習風格、基因演算法、九年一貫學習能力指標

Construction and Benefits Analysis for an E-Learning Community Environment

Sub-project II: A Construction of On-line Teaching Environments

Jian-Cheng Dai

Department of Computer Science and Information Engineering,
Minghsin University of Science & Technology

ABSTRACT

In the recent years the government popularizes e-learning actively. But it is hard to give students personalized advises as the teachers do. In this project, we try to build an adaptive on-line teaching environment from two parties: adaptive course construction and weakness diagnosis. We hope the study can help to provide a adaptive on-line teaching environment to improve the effectiveness of learning.

Part one is the study of adaptive e-learning course construction. In this study, the adaptive contents are constructed according Kolb's learning styles theory. Based on Kolb's theory, a generic algorithm is proposed to select the optimal material from a material base. The material base and selected adaptive contents are based on SCORM standard. By using the tool, teachers or editors only need to build the original e-learning content structures. The tool will automatically generate adaptive contents according learning goals, time bounds and learning styles.

The aim of second part is to analyze the weaknesses in study through an effective and automatic test. We use the Nine-Year school curriculum learning indicators of competence as the measurement index. The knowledge structure of Mathematical Basic Competence Tests are represented in SCORM2004. By using SCORM SN(Squencying & Navigtation) the weaknesses diagnose algorithm is embedded in.the e-learning contents. The representation can fit ADL's (Advanced Distribution Learning Initiative) goals: Reusability, Accessibility, Interoperability, Durability. In order to reduce the diagnose cost, we adopt two-tier diagnostic test, the first step is to find out students' levels and the second step is to find out the weaknesses.

Keyword : : SCORM2004, adaptive, learning styles, generic algorithm, Nine-Year school curriculum

目錄

中文摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目錄.....	III
一、前言.....	1
二、文獻探討.....	3
2.1 SCORM標準.....	3
2.1 學習風格理論.....	6
2.3 基因演算法.....	8
2.4 九年一貫數學學習能力指標.....	10
2.5 二階段診斷測驗.....	13
三、研究方法.....	14
3.1 適性化教材選擇演算法.....	14
3.2 適性化教材選擇演算法運作流程.....	15
3.3 適性化教材產生系統構想與設計.....	16
3.4 系統運作流程.....	18
3.5 弱點診斷系統流程.....	20
3.6 試題網頁製作.....	22
四、系統實驗.....	24
4.1 適性化教材實驗案例分析.....	24
4.2 弱點分析案例探討.....	25
五、結論.....	27
六、參考文獻.....	28
明新科技大學 97 年度校內專題研究計畫執行成果自評表.....	30

一、前言

在資訊科技發達的今日，拜網際網路的興盛和個人電腦的普及，資訊的呈現方式也越趨多元化。因此除了一般傳統的學習之外，又出現了能提供更富豐內容的新形態學習方式-數位學習。

數位學習與一般的傳統學習的差別，除了能提供更多元化、更豐富的學習內容外，更重要的是數位學習具有不受時間和空間的限制，只要有電腦及網路，學習者就可以在任何時間及地點做學習。因為數位學習不受時空限制並且易於分享，所以世界各國及企業，紛紛投入了學位學習的相關技術研究及推廣。

但數位課程的教材編輯卻比一般傳統課程編輯要困難，因為編輯者必須要對電腦、程式語言與網際網路有一定的瞭解，才可編出一份可供數位學習者所學習的課程。若是要編輯符合 SCORM 標準的數位教材，除了上述的電腦、程式語言與網路的知識外，還要熟悉 SCORM 標準，目前最新的 SCORM 說明文件數量達到八百多頁，一般教師想要了解 SCORM 標準，有一定的難度。且目前有關數位學習的研究大部份都是在討論教材設與學習平台的建置等技術方面的問題，但技術只能解決技術性的問題，教學活動不能容易的被技術替換，因此數位學習除了技術方面以外，還必須整合學習理論，如此才能真正增進學習者的學習成效。

一般數位學習課程內容都是固定的，學習者進入課程中，只能學習制式的內容，這樣只是將傳統課程搬上網路而已，並不能顯現出數位學習真正的益處，若能依學習者的學習特性，提供適合該學習者學習特性的課程內容，達到適性化的數位課程，勢必能提升競爭力。

基於以上的研究動機，為了減少教師編輯數位課程的負擔、讓學習者在數位學習的環境中，能得到適性化的學習課程，以提升學習者學習成效，並且達到學習課程的重覆使用、可互通、容易取得和持續性。

以 SCORM2004 標準為基礎，提供教材編輯者課程結構編輯工具，教師只須編輯課程結構，系統會依學習者特性自動選擇合適的學習教材和課程結構做結合，以產生出一份適性化數位課程。編輯著一門課程只需編輯一次課程結構，不同的學習者，系統會自動選擇適性化的教材，這樣就不必有新的學習者，編輯者就必須重新編輯課程。而且根

據 SCORM 2004 標準所編輯的課程可以在任何遵循 SCORM 2004 標準的平台上執行，以達到學習課程的重覆使用、可互通、容易取得和持續性。

本研究在適性化教材自動產生方面，依造學習者的喜好習慣、學習風格、學習時間、和學習目標等影響學習成效的因素量化，使用基因演算法找出最合適之學習教材。本系統的教材庫中，每一門課程的每一單元，都有四種類型的教材，分別配合著四種學習風格的學生。也就是不同的學習者，學習相同課程時，課程所呈現的內容會有所不同，而不是固定不變。教師可藉由本系統簡單的編輯出含有學習策略並且符合 SCORM2004 標準的數位課程。本系統可依學習者的學習風格、喜好和目標，自動推薦合適的學習資源，以達到學習成效最大化，並且減少教師編輯課程負擔。

另外，在學習過程中評估與測驗是非常重要的環，它不僅顯示出學生的學習成效，也對診斷學生的學習障礙提供有用的線索。在數位學習環境中，由於學生的自主性提昇，相對的遭遇各種學習障礙的複雜度亦可能增加，除了加強教材內容之外，更需要有效的提供學習指導。有鑑於此，這方面的研究朝著讓學習者明瞭自己哪一部份需要加強為主要目的，設計出一套符合 SCORM2004 標準之測驗系統，讓學習者經由測驗後能夠了解自我之缺失。

現今數位學習以慢慢成為趨勢，目前是做為傳統式教學之輔助使用，在數位學習上，學習成效是無法明確肯定的，研究中為了提高學習者的學習成效，利用現有 SCORM2004 之標準融合了國小九年一貫數學課程讓教材，建製一套能夠診斷學習者在學習知識上的迷思之平台。

二、文獻探討

2.1 SCORM標準

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) 譯做共享內容物件參考模型或共享元件參照模式。SCORM 的起源為美國政府於 1997 年由白宮的科技辦公室與國防部共同推動先進分散學習計劃(Advanced Distributed Learning, ADL)，希望透過學習資源再利用與共享機制的建立，縮短教材開發時間、減少開發成本、促使教材在各學習平台間自由流動。ADL 集合學習資源開發商、使用者、IMS、AICC、IEEE 等標準推動單位，研定出一套技術指引，稱為 Sharable Course Object Reference Model，簡稱 SCORM。SCORM 的版本演進由 SCORM 1.0、SCORM 1.1、SCORM 1.2 到 SCORM 2004。

SCORM 標準主要是為了提供下述功能：

- 可獲取性 (Accessibility)：任何時間地點都可以從網路上任一點連結至另一點來存取教學資源，並可傳遞到其他的端點。
- 可溝通性(Interoperability)：可以在任何系統中開發課程元件，並且相同的課程元件可以在不同的系統平台上執行。
- 耐久性(Durability)：當系統軟體改變時，並不須要重新設計課程元件和重新寫程式
- 可再使用性(Reusability)：在不同的應用環境下，課程單元易於修改，可重覆使用。

在最新版的 SCORM 標準中，組成內容主要為下列四項：

- 綜論(SCORM Overview)
包含 ADL 計畫的整個介紹，以及 SCORM 的技術標準概要。
- 內容整合模型(Content Aggregation Model, CAM)

目的在於規定單獨的學習內容如何描述、內容如何組成可共用和互操作的課程，依照一門課程應涵蓋的範圍，將特定的學習資源(Learning Resource)包裹在一起。CAM 分成了三個主要的部分，首先是描述學習元件的內容模型(Content Model)，分別為最基本的學習資產(Asset)，可以與學習管理系統溝通的學習共享元件(SCO)與呈現學習元件相互間關係的內容聚合架構(Content Aggregation)。第二是 Meta Data，透過 XML 來描述教

材的資訊。最後是內容包裹(Content Packaging) 的定義，使用一致的檔案(imsmanifest.xml) 來包裹教材和課程，透過 XML 來描述內容架構(Content Structure)怎麼呈現與學習元件彼此間的行為關係，以及如何包裹學習元件以達成互換。內容包裹包含了四個部份，分別為 Metadata：描述這個課程物件的特徵或屬性，Organizations：描述這個課程物件的組織與結構，Resources：指出在這個課程物件中所需要用到的實體資源的位置，Manifest：描述這個課程物件的組成以及所需的其他資源。經過包裹後的課程會變成單一的 PIF(Package Interchange File)檔。

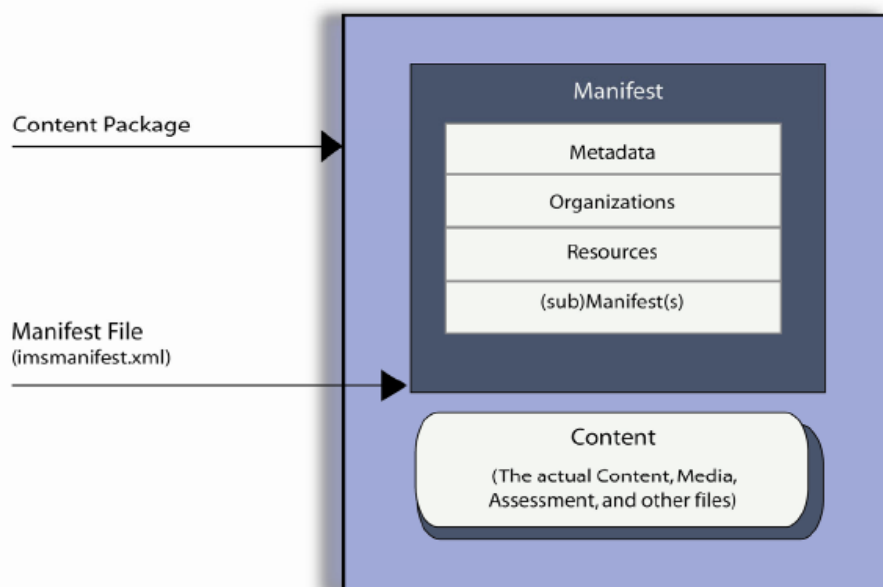


圖 1 內容包裹概念圖(ADL,2006)

- 課程執行環境(Run-time Environment, RTE)

一套標準的方法，利用 API adaptor 建構學習者與 LMS 之間的執行環境，讓 LMS 啟動學習資源以及讓學習資源與平台之間可以互相溝通資訊，例如記錄學習者的學習狀態。讓學習資源能夠在不同的學習管理平台內也可以重複使用。

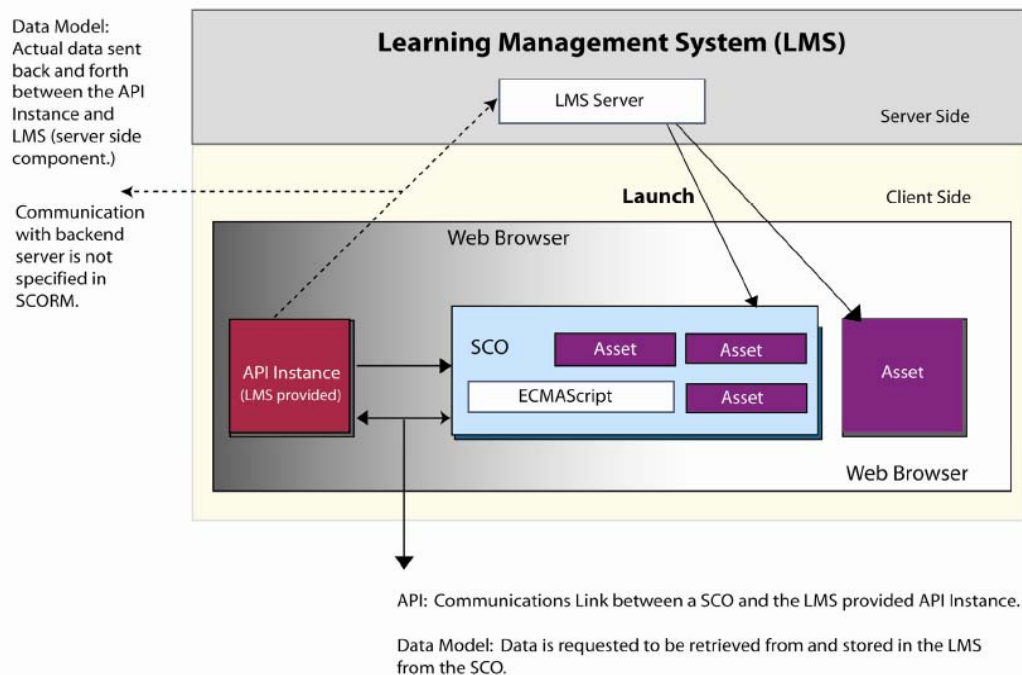


圖 2 課程執行環境概念圖(ADL,2006)

- 編序與導覽(Sequencing and Navigation, SN)

SCORM 中的 SN 描述了學習者與系統是如何引發及進行導覽，並且確定學習活動的傳遞。

內容架構與活動樹(Content Structure and Activity Tree)：在 SCORM 中每個課程包裹必須包含一個 imsmanifest.xml 檔案，在這個檔案之中，包含兩大類資訊：

- 教材架構資訊：定義教材章節資訊，意即教材內容綱要(table of content)，包含各章節名稱及其章節層級架構以及 sequencing 資訊，用來描述各章節之間的串連關係。
- 教材實體檔案連結資訊：定義各章節所連結之實體檔案。

每一個確定傳遞的學習活動都會有一個相對應的內容。IMS SS 規範定義和應用活動樹來描述一個學習活動的結構。一個活動樹的起點也就是代表定義了一個學習活動的集合。活動樹與內容架構的關係如下：

- 活動樹表現了內容設計、編撰和整合所產生的概念內容結構。
- 一個符合 SCORM 標準的學習管理系統(LMS)將內容結構轉換成活動樹。
- 當學習者選擇和活動樹呈現的內容互動時，學習管理系統(LMS)透過評價編序與追

蹤信息，來決定學習活動編序間的關係，並呈現給學習者適當的學習活動。

2.1 學習風格理論

學習風格是個體在學習過程中的一種偏好。人們從不斷的學習中得到了學習經驗，這些學習經驗造就了人們的學習風格。學習風格之所以重要，是因為瞭解學習風格可以幫助學習者在不同的學習經驗中選擇適合自己風格的學習方式，如此一來可以節省學習時間和避免失敗；再者，知道自己的學習偏好，可以幫助自己成為全面的學習者，並能夠利用此種風格的強項、弱項來加強學習。既然每個人的學習風格都不盡相同，那麼為了提升學習者的學習成效，必須要找出個人偏向的學習風格，以適合的教學方法來因材施教。

學習風格之分類理論甚多，眾學者定義觀點不同，本研究採用其中最廣為被採用的 Kolb(1985)所提出之學習風格理論，依 Kolb 所提出的學習風格量表來做為判斷學習者學習風格的依據。Kolb 將人們的一個完整的學習牽涉到的活動狀態分為四種，包含：具體經驗(Concrete Experience, CE)、省思觀察(Reflective Observation, RO)、抽象概念(Abstract Conceptualization, AC)及主動驗證(Active Experimentation, AE)，這四種活動會構成一個學習循環(experiential learning circle)。Kolb 根據兩個構面（資訊接收偏好、資訊處理方式）及四種活動狀態（具體經驗、省思觀察、抽象概念、主動驗證），組成四種學習型態：發散者（diverger）、同化者（assimilator）、收斂者（converger）及適應者（accommodator）。發散型學習風格的學習者之特性為，善於觀察和收集資訊，具有創新的性格。其學習方式偏好為省思觀察、具體經驗。同化型學習風格的學習者之特性為，善於思考，能將大量的資訊歸納成理論，重視邏輯，而不重視實用價值。其學習方式偏好為省思觀察、抽象概念。收斂型學習風格的學習者之特性為，屬實用主義者，善於將理論實際運用，具有非情緒性格。其學習方式偏好為主動驗證、抽象概念。適應型學習風格的學習者之特性為，喜好冒險，易適應環境，偏好於用真覺分析。其學習方式偏好為主動驗證、具體經驗。

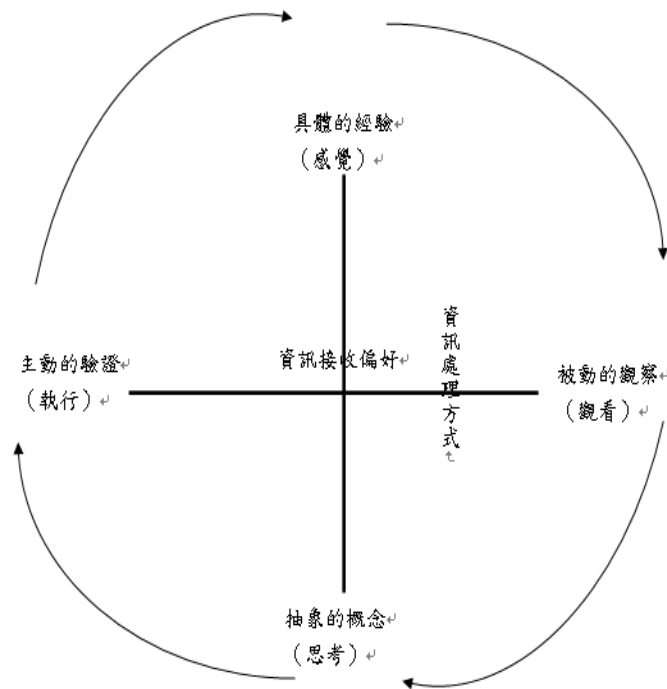


圖 3 Kolb 經驗學習模式

kolb 學習風格量表 (Learning Style Inventory, LSI)

Kolb 量表原有 9 題，Kolb 於 1985 年加以修正，題目增為 12 題。每一題都有四個選項，分別代表 Kolb 所提出的四種學習向度，由受試者依其偏好優先順序加以排列。受試者從四個選項選排優先順，將學習類型類別依兩個向度 (AC-CE 與 AE-RO) 計分。

Kolb 學習風格的計分方式為，在每一題的第一個答案 (A 選項) 代表具體經驗 (CE) 的向度；第二個答案 (B 選項) 代表省思觀察 (RO) 的向度；第三個答案 (C 選項) 代表抽象觀念 (AC) 的向度；第四個答案 (D 選項) 代表主動驗證 (AE) 的向度。統計出 CE、RO、AC、AE 四個值後，求出 AC-CE 和 AE-RO 兩個值，在 X 軸和 Y 軸上找出這兩個值，其對應的點所落的象限即所代表的學習型。

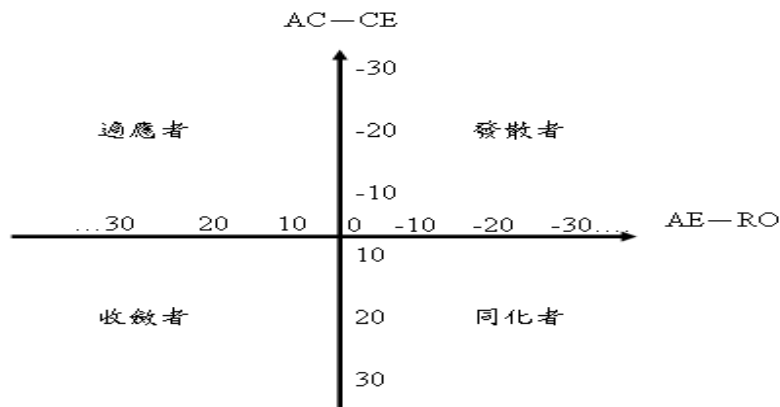


圖 4 Kolb 學習風格量表象限圖

2.3 基因演算法

基因演算法則的基本理論是由 Holland 於 1975 年首先提倡，基於自然選擇過程的一種最佳化搜尋機制，基本精神在於仿效生物界中物競天擇、優勝劣敗之自然進化法則，透過三個主要運算子「複製」、「交配」以及「突變」之迭代運算，將具有較好特性的父代演化出更優秀子代，漸進產生適應性最強之最佳物種。

應用基因演算法來解最佳化問題，須依問題模式來決定適應函數、編碼方式、位元字串及基本運算子之方法。

基因演算法之運算過程如下：

(1) 編碼(Encoding)

在進行基因演算法運作之前，須對問題解進行編碼動作，編碼後的結構即為染色體(chromosome)，而每一條染色體是由多個基因(gene)組成。常用的編碼方式有「二元編碼」與「字串型的順序編碼」，二元編碼是利用二進位方式替染色體編碼，而字串型編碼則是直接以數字的排列作為染色體之編碼方式。

(2) 母體(Population)

基因演化過程中必須先產生多對染色體，這些染色體稱為母體，最初代的母體稱為初始母體，一般而言是利用隨機方法來產生，不斷演化，演化過程中保留優良基因而淘汰不良基因，使最後的母體為最佳組合。

(3) 適應函數(Fitness Function)

適應函數決定了每一條染色體適應環境的能力，一般而言即為問題之目標函數。

(4)終止條件與解碼

運用基因演算法進行世代求解時，必須決定其演算終止條件來結束演化的程序，一般有最大演化世代數、最大運算時間或無法產生更好解等方式；如果演化到達終止條件時則停止演化，將染色體解碼還原問題之最佳解，若尚未到達終止條件則進入主要運算(複製、交配、突變)程序部分。

(5)複製(Reproduction)

複製是依據每一物種的適應程度來決定其在下一代中應被淘汰或複製之個數多寡的一種運算過程。複製的方式有：完全複製、輪盤式選擇和競爭式選擇。

(6)交配(Crossover)

交配是提供了一個訊息交換機制，由兩個父代物種字串以隨機交配的方式來互換基因，以產生新的子代。

(7) 突變(Mutation)

突變是為避免基因演算法在演化過程中，不會因為複製或交配等過程而遺失了一些有用資訊，也是用來跳脫區域最佳解的一個步驟，使得搜尋空間更廣大以逼近全域最佳解。而通常突變的機率很小，一般為 0.01%~5%之間，是為了避因免突變而造成系統無法收斂。

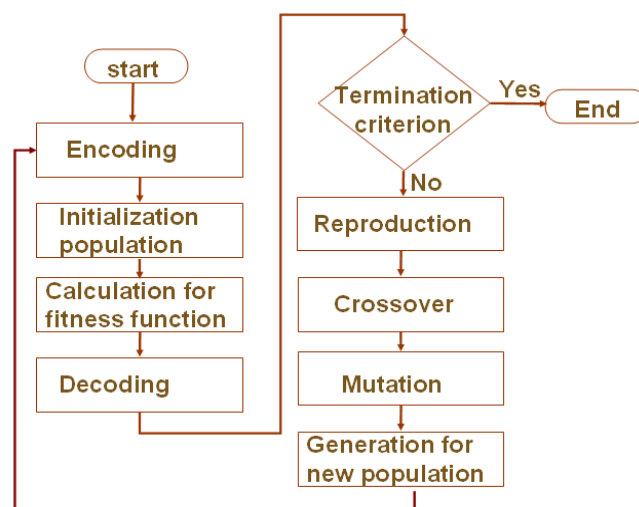


圖 5 基因演算法之演化流程

2.4 九年一貫數學學習能力指標

數學的學習注重循序累進的邏輯結構，因此，過去國內外數學教材的演進，概遵循此邏輯結構，以保證數學教育的穩定性。再者，數學是較能進行國際性評比的學習領域，教學的成效亦有較客觀的標準，因此，數學教育成效的評估應有其客觀基礎。

數學被納入國民教育基礎課程，有三個主要原因：

1. 數學是人類最重要的資產之一

數學被公認為科學、技術及思想發展的基石，文明演進的指標與推手。數學結構之精美，不但體現在科學理論的內在結構中及各文明之建築、工技與藝術作品上，自身亦呈現一種獨特的美感。

2. 數學是一種語言

簡單的數學語言，融合在人類生活世界的諸多面向，宛如另一種母語。精鍊的數學語句，則是人類理性對話最精確的語言。從科學的發展史來看，數學更是理性與自然界對話時最自然的語言。

3. 數學是人類天賦本能的延伸

人類出生之後，即具備嘗試錯誤、尋求策略、解決問題的生存本能，並具備形與數的初等直覺。經過文明累積的陶冶與教育，使這些本能得以具體延伸為數學知識，並形成更有力量的思維能力。

九年一貫課程強調以學習者為主體，以知識的完整面為教育的主軸，以終身學習為教育的目標。在進入二十一世紀且處於高度文明化的世界中，數學知識及數學能力，已逐漸成為日常生活及職場裡應具備的基本能力。基於以上的認知，國民教育數學課程的目標，須能反映下列理念：(一)數學能力是國民素質的一個重要指標；(二)培養學生正向的數學態度，了解數學是推進人類文明的要素；(三)數學教學（含教材、課本及教學法）應配合學童不同階段的需求，協助學童數學智能的發展；(四)數學作為基礎科學的工具性特質。

課程目標

課程目標的規劃不僅應反映數學學習的特性，亦應考量環境條件的限制。首先是教學時數的限制。目前國民中小學 數學領域教學的時數每週三至四節。然而，數學領域新題材的學習（包括操作觀察、概念學習、新演算方法或應用問題解題等），往往需要較寬裕的時間來融會貫通；而且，數學領域相較於其他領域學習場所多樣化的特質，其學習仍以課堂活動為主體，家庭作業與溫習僅能輔助學習，因此上課時數將直接影響數學教學的成效。

在既有限製之下，九年一貫數學領域的課程綱要，是要下列四個原則來界定〔5〕

1. 參考施行有年具有穩定基礎的傳統教材。
2. 採用國際間數學課程必備的核心題材。
3. 考慮數學作為科學工具性的特質。
4. 現有學生能夠有效學習數學的一般能力。

具體而言，九年一貫學學習領域的教學總體目標為：

1. 培養學生的演算能力、抽象能力、推論能力及溝通能力。
2. 學習應用問題的解題方法。
3. 奠定下一階段的數學基礎。
4. 培養欣賞數學的態度及能力。

其中，國民小學階段的目標為：

5. 在第一階段(一至三年級)能掌握數、量、形的概念。
6. 在第二階段(四至五年級)能熟練非負整數的四則與混合計算，培養流暢的數學感。
7. 在小學畢業前，能熟練小數與分數的四則計；能利用常用數量關係，解決日常生活的問題；能認識簡單幾何形體的幾何性質、並理解其面積與體積公式；能報讀簡單統計圖形並理解基概念。

國民中學階段的目標則為：

8. 能理解坐標的表示，並熟練代數的運算偶數的四則運算。

9. 能理解三角形及圓的基本幾何性質，並學習簡單的幾何推理。

10. 能理解統計、機率的意義，並認識各種簡易統計方法。

能力指標分類

能力指標是參酌施行有年且有穩定基礎的傳統教材、國際間數學課程必備的核心題材、數學作為科學工具性的特質、現有學生能夠有效學習數學的一般能力等原則進行修訂。

數學領域將九年國民教育區分為四個階段：階段一為一至三年級，階段二為四、五年級，階段三為六、七年級，階段四為八、九年級。另將數學內容分為數與量、幾何、代數、統計與機率、連結等五大主題。

前四項主題的能力指標以三碼編排，其中第一碼表示主題，分別以字母 N、S、A、D 表示「數與量」、「幾何」、「代數」和「統計與機率」四個主題；第二碼表示階段，分別以 1, 2, 3, 4 表示第一、二、三和四階段；第三碼則是能力指標的流水號，表示該細項下指標的序號。雖以主題與階段來區分，仍有若干能力指標採跨主題方式同時編列，如「數與量」、「幾何」，以強調其連結，此類指標皆以相關連結編碼註記。再者，由於「量」的教學（除「時間」外）概皆遵循固定的發展過程，我們以同樣的指標（N-1-15, N-1-16）來描述「量」的發展。但各類「量」的成熟早晚有別，因此部分「量」的完成，會延續到第二階段，相關細節則於本章第三節「分年細目」中以（N-1-15#, N-1-16#）註明。

此外，數學內部的連結可貫穿前述四個主題，來強調解題能力的培養；數學外部的連結則強調生活及其他領域中數學問題的察覺、轉化、解題、溝通、評析諸能力的培養。具備這些能力，一方面增進學生的數學素養，能適切地應用數學，來提高生活品質，另一方面也能加強其數學的思維，有助於個人在生涯中求進一步的發展。因此，我們仍沿用暫行綱要的方案，不對連結的能力指標加以分段，各階段四個主題的能力要與連結的能力相配合培養，而連結的能力經過各階段後會愈來愈強。連結的能力指標用三碼表示，第一碼表連結(C)，第二碼表察覺(R)、轉化(T)、解題(S)、溝通(C)、評析(E)，而第三碼則是流水號。

2.5 二階段診斷測驗

二階段診斷測驗 (Two-tier Test) 是 Treagust (1988, 1995) 及 Harrison 與 Treagust (1998) 所提出，主要方式是將測驗分為二個階段，第一階段是在判斷學習者對於課程中知識理解，第二階段為了解學習者對此課程之真正之能力。若上述二階段皆以選擇題方式呈現，稱為封閉式二階段診斷測驗，如第一階段為選擇題，第二階段為開放式作答，稱為開放式二階段診斷測驗。

二階段診斷測驗提供教師與研究者一個良好的機會，能不必依靠繁瑣費時的晤談工作即可瞭解學生的學習情形，亦可以減低學生作答時猜對答案的機率，提高測驗評量的效果 (蕭志芳, 2003)。Odom 與 Barrow (1995) 指出，在傳統測驗中，猜對含有四個選項之選擇題答案的機率為25%，相對提高了診斷之精準度。

三、研究方法

3.1 適性化教材選擇演算法

本研究所提出之適性化教材選擇演算法，是以學習風格理論配合基因演算法為基礎。以下就基因演算法的重要部分加以探討：

變數設定

- G_{ik} ：代表染色體上兩個基因所組成的位元 值。表示課程中第 i 個學習單元之第 k 種學習 風格的教材。 G_{ik} 屬於 0 或 1。
 - 當 $G_{ik}=\{0,0\}$ ，代表課程中第 i 個學習單元中發散型學習風格的教材被選取。
 - 當 $G_{ik}=\{0,1\}$ ，代表課程中第 i 個學習單元中適應型學習風格的教材被選取。
 - 當 $G_{ik}=\{1,0\}$ ，代表課程中第 i 個學習單元中收斂型學習風格的教材被選取。
 - 當 $G_{ik}=\{1,1\}$ ，代表課程中第 i 個學習單元中同化型學習風格的教材被選取。
- W_{il} ：代表 i 學習單元在第 l 類別課程中的重要 程度。 W_{il} 的值介於 0 和 1 之間。
- S_{ik} ：代表課程中第 i 個學習單元之第 k 種學習風格的材教學習後所應獲得的能力提升值。
- R ：代表學習此學習風格之教材，能力提升值的加成。
 - 當學習者選到與自己同型學習風格的教材， $R=1.5$ 。
 - 當學習者選到與自己相反型學習風格的教材， $R=0.5$ 。
 - 當學習者選到與其他類型學習風格的教材， $R=1$ 。

表 1. 能力提升值加成對照

	發散型教材	適應型教材	收斂型教材	同化型教材
發散型學習者	R=1.5	R=1	R=0.5	R=1
適應型學習者	R=1	R=1.5	R=1	R=0.5
收斂型學習者	R=0.5	R=1	R=1.5	R=1
同化型學習者	R=1	R=0.5	R=1	R=1.5

- T_{ik} ：代表學習第 i 個學習單元之 k 種學習風格的教材，所須時間。
- T ：代表學習者所能學習的總時間。

目標函數

$$\text{Max} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^4 (G_{ik} * W_{il} * S_{ik} * R)$$

學習者在經過學習了一門課程中所選到的所有單元後，所獲得的能力提升加總最大值。也就是說最大的學習成效。

限制條件

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 (G_{ijk} * T_{ijk}) \leq T$$

每個所選到的課程時間加總不能超過學習者可用的總學習時間。

3.2 適性化教材選擇演算法運作流程

步驟一：編碼和設定初始值

編碼使用二元編碼，課程單元所選之教材適合的學習風格種類以二個基因表示：

{0,0}：表示此單元所選教材適合發散型學習風格者

{0,1}：表示此單元所選教材適合適應型學習風格者

{1,0}：表示此單元所選教材適合收斂型學習風格者

{1,1}：表示此單元所選教材適合同化型學習風格者

兩基因為一課程單元，因此 n 個課程單元有 $2n$ 個基因。

設定族群為 30，母代染色體有 10 條 Chromosomes，子母代染色體有 20 條 Chromosomes。交配率為 0.9，突變率為 0.01。

步驟二：初始母體：

產生十條 Chromosomes 做為母體，基因為 0 或 1 隨機產生，若產生出之 Chromosomes 超過限制條件，則重新產生 Chromosomes。

步驟三：計算目標數值

計算母代 chromosomes 的目標函數值。

步驟四：判斷是否達終止條件

若未達到終止條件，則繼續複製、交配和突變。

步驟五：複製

用輪盤式選擇法，由母代 chromosomes 的目標函數大小來決定複製機率，目標函數越大，複製機率越大。共複製 20 條子代 chromosomes。

步驟六：交配

子代 chromosomes 兩兩做交配，交配機率為 0.9。

步驟七：突變

對子代 chromosomes 做突變，機率為 0.01

步驟八：計算目標數值

計算子代 chromosomes 的目標函數值。

步驟九：chromosomes 排序

依照母代和子代 chromosomes 的目標函數值來做排序，最大的十條 chromosomes 做為新一代的母代 chromosomes。

步驟十：終止

當到達終止條件後，選擇目標函數值最大之 chromosomes，此 chromosomes 為趨近最佳解，再將此 chromosomes 的基因解碼，即可得到該課程每一單元所對應的教材。

3.3 適性化教材產生系統構想與設計

本系統主要分為三部份，分別為學生資訊管理系統、課程編輯系統和學習教材選擇系統。

學生資訊管理子系統

以 Kolb 學習風格量表，測量學生之學習風格，並記錄學生的基本資料(帳號、密碼)、學習資訊(學習目標、可學習時間和喜好)和學生學習風格。

課程編輯子系統

提供編輯介面，讓教材編輯者可以藉由勾選的方式，透過 JDOM 去編輯 imsmanifest.xml 檔案中的教材架構資訊，以達到編輯課程結構之目的。並將編輯完成之 imsmanifest.xml 檔存入課程結構資料庫，以供學習教材選擇子系統使用。

適性化教材選擇子系統

經由學生資料庫讀取學生之學習喜好、學習風格，以及接收使用著所輸入的學習目標和學習時間，透過適性化教材選擇演算法，從教材庫中挑選出合適之教材，再依所接收之學習目標從課程結構資料庫中挑選出適當之課程結，並透過 JDOM 去編輯 imsmanifest.xml 檔案中的教材實體檔案連結資訊，將課程結構和教材結合，使其完成為一份完整的數位學習課程。最後輸出為符合 SCORM 標準的 PIF 檔，可在任何符合 SCORM 標準之學習平台上執行。

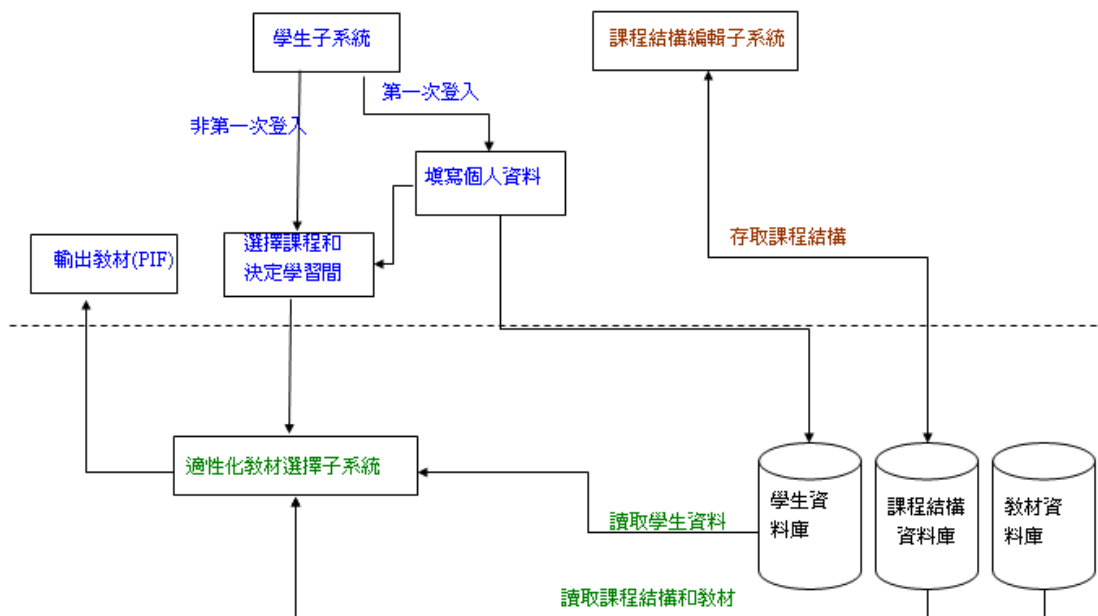


圖 6 系統情境

3.4 系統運作流程

學生資訊管理子系統運作流程

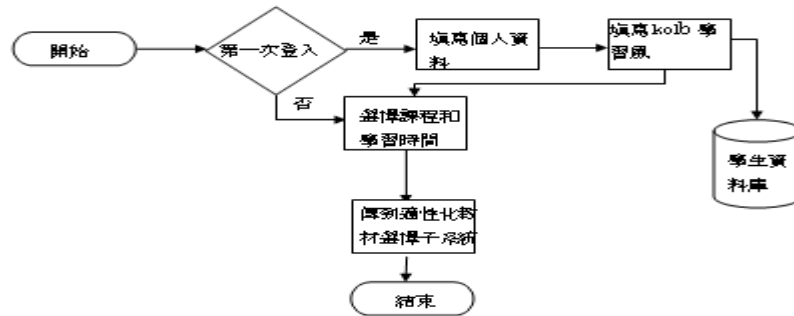


圖 7 學生資訊管理子系統運作流程圖

學生登入時，檢查是否為第一次登入。若是第一次登入，則先填寫個人基本資料，包含有：帳號、密碼、姓名、性別、e-mail 和電話，接著填寫 kolb 學習風格問卷，確認學生學習風格為何種，並將資料存入學生資料庫。若學生不是第一次登入，則可開始選擇想學習的課程(學習目標)和可以學習的時間總數(以小時為單位)，接著將上述資訊提供給適性化教材選擇子系統，做為教材選擇之依據。

課程編輯子系統運作流程

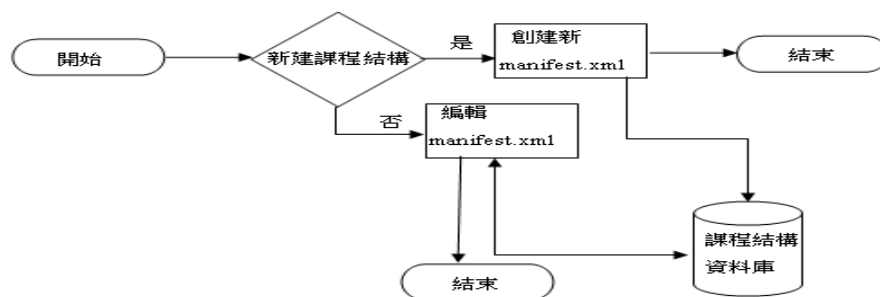


圖 8 課程編輯子系統運作流程圖

課程編輯者可選擇要編輯新的課程架構或編輯舊有的課程架。在 scorm 標準中，內容架構(Content Structure)的呈現與學習元件間彼此的行為關係，以及如何包裹學習元件，是透過 imsmanifest.xml 檔來描述。因此，編輯課程結構，就是編輯 imsmanifest.xml 檔。本研使用 JDOM 來操控 imsmanifest.xml 檔，JDOM(Java Document Object Model)是

一個 API，是由 Java 開發人員 Brett Mclaughlin 和 Jason Hunter 共同提出，並且是以開放原始碼的方式開始研發，而 JDOM 的成長也是網路上許多的 JAVA 開發人員反覆回饋與修正的結果，JDOM 提供了一個完整的在 Java 平臺上操作 XML 資料的解決方案，使用 Java 程式碼來走訪、操作並輸出 XML 資料。

編輯者若選擇編輯新的課程架構，則使用 JDOM 來創建一個新的 imsmanifest.xml 檔，因為每個 xml 檔都要有一個唯一的根元素，而 imsmanifest.xml 的根節點，照 scorm 中定義只能為 manifest，所以我們必須先新增一個 Document，並創建 manifest 元素，設置為 imsmanifest.xml 文檔的根節點：

```
Element manifest = new Element("manifest");  
Document myDocument = new Document(manifest);
```

接著就是建立在根元素 manifest 中主要的三個子元素，metadata、organizations 和

```
manifest.addContent(metadata);  
manifest.addContent(organizations);  
manifest.addContent(resources);
```

再來就可再建其它子元素和子元素屬性。

若編輯著要編輯舊有的課程結構，則先從課程結構資料庫中，取出該課程的 manifest 檔。接著我們透過 JDOM 利用 SAX 來剖析 imsmanifest.xml 檔。用 SAX 建立新的 Document：

```
Document myDocument;  
SAXBuilder bSAX = new SAXBuilder(false);  
docJDOM = bSAX.build(new File("../imsmanifest.xml"));
```

若要刪除節點：

```
List lstChapter = elmtRoot.getChildren(節點名稱);
```

若要將輸出 imsmanifest.xml，則使用 JDOM 的 XMLOutputter 類別，將 XML 文件輸出：

```
OutputXML(myDocument, "../imsmanifest.xml");
```

適性化教材選擇子系統運作流程

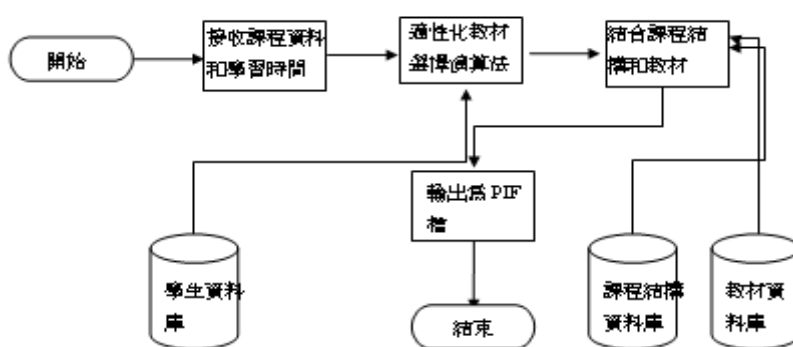


圖 9.適性化教材選擇子系統運作流程圖

適性化教材選擇子系統接收到由學生資訊管理子系統傳來的學生學習目標和學習時間後，再由學生資料庫中找出該生的學習喜好與學習風格，將這些資訊提供給適性化教材選擇演算法，藉而找出最適合之教材，再由教材資料庫中挑出教材，用 JDOM 去操控 imsmanifest.xml，使課程結構和教材結合，最後將 imsmanifest.xml 檔和教材包裹成符合 scorm2004 標準的 PIF 檔(Package Interchange File)。

3.5 弱點診斷系統流程

弱點診斷之研究主要是以國中考高中之總復習為主，將教育部提供之學習能力指標與外面參考書所規劃出的數學知識結構再加上 SCORM2004SN 之概念，設計出測驗系統讓學習者經過測驗後，能立即瞭解到自己在數學哪一章節之觀念不足需要加強。

研究中主要是結合了 SCORM2004(SN)、九年一貫學能力指標與知識地圖做為弱點診斷系統為主要依據，而將系統分為二階段測的主要因素是，先以第一階段判別學習者

學習能力，而第二階段則是判別學習者之學習程度，而亦可以減少學習者猜對之機率，以提高診斷之準確性，下圖是系統學生測驗模型

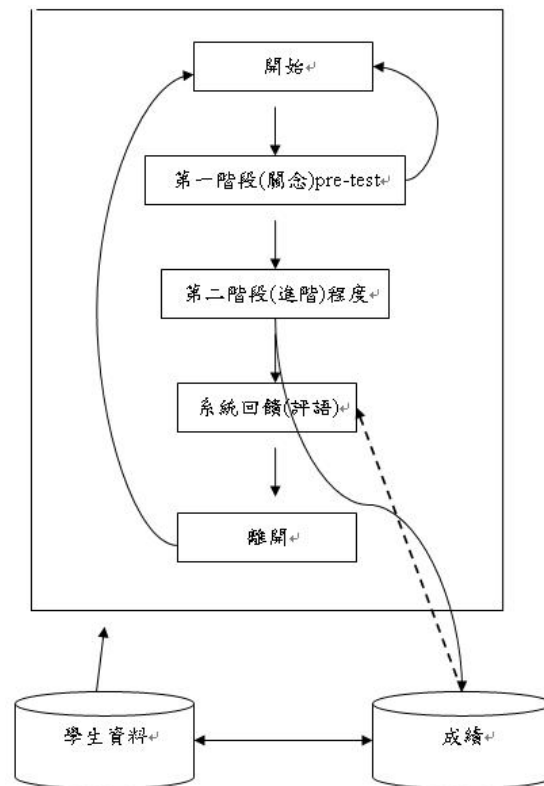


圖 10. 學生測驗模型

下表為國中數學三年課程之出題率與重要程度：

表 2. 國中數學課程之出題率與重要度(引南一出版社)

單元	出題率(%)	重要度
整數的四則運算	3.8	☆☆
分數的運算	8.4	☆☆☆☆
一元一次方程式	4.2	☆☆☆
二元一次聯立方程式	6.1	☆☆☆☆
平面直角坐標系	5.6	☆☆
比與比例	4.9	☆☆☆
函數及其圖形	3.6	☆☆
不等式	2.6	☆☆
乘法公式與多項式	3.3	☆☆☆
平方根與勾股定理	1.6	☆☆☆
因式分解	1.2	☆☆
一元二次方程式	4.5	☆☆☆

數列、等差級數	6.4	☆☆☆☆
簡單幾何圖形	7.3	☆☆☆☆☆☆
三角形性質	5.3	☆☆☆☆☆☆
平行與四邊形	6.2	☆☆☆☆☆☆
相似形	5.8	☆☆☆☆
圓	7.9	☆☆☆☆☆☆
幾何證明	3.6	☆☆☆☆☆☆
二次函數	4	☆☆☆☆
資料統計	3.3	☆☆☆☆☆☆
機率與抽樣	2.1	☆☆☆☆☆☆

3.6 試題網頁製作

使用 Macromedia Dreamweaver 8 和 Reload Editor 2.5.4，利用 Macromedia Dreamweaver 8 來編製試題之網頁並在其中加入了 APIWrapper.js 程式使之網頁和平台可以互相溝通與傳遞訊息

先製作出試題網頁並且包裝成符合 SCORM2004SN 之學習元件，但為了使試題網頁學習元件能與學習平台做溝通，是必需經由 APIWrapper.js JAVA 程式做為溝通之橋樑，讓學習平台後端可以紀錄學習者受測之成績與狀態。APIWrapper.js JAVA 程式提供了 8 個 API 程式，使學習元件能與學習平台溝通：

1. Initialize：建立學習元件與平台之間的資料傳輸途徑，屬於 Execution State。
2. Terminate：結束學習元件與平台之間的資料傳輸，屬於 Execution State。
3. GetValue：取得學習者的學習信息，屬於 Data Transfer。
4. SetValue：儲存學習者的學習信息，屬於 Data Transfer。
5. Commit：將所有暫存學習資料全部儲存到教學平台 LMS，屬於 Data Transfer。
6. GetLastError：取得錯誤代碼，屬於 State Management。
7. GetLastErrorString：由錯誤代碼取得錯誤之解釋，屬於 State Management。
8. GetDiagnostic：取得錯誤的處理方式，屬於 State Management。

有了上述 8 個 API 函數，使得學習元件能夠和學習平台溝通，啟動、紀錄、結束之資料

傳遞。

在設計試題網頁中，必須加入 Initialize 讓平台知道受測者已進入網頁了，而最後也必須加入 Terminate 讓學習平台知道學習者結束測驗離開網頁。

而平台是如何傳遞記錄受測者經過學習平台測驗考試之成績，需要在試題網頁程式碼中加入 Setvalue 這個函數，方能使成績傳遞記錄在學習平台資料庫中。

四、系統實驗

4.1 適性化教材實驗案例分析

為了証實系統能依不同學習風格的學習者，產生適性化的課程，本研究最後實際所提出的適性化教材選擇演算法，看最後是否真能選出合適之教材。

本研究假設了有一門課程，該課程共有十二個單元，其資訊如表 2。一學習風格為發散型之學習者，其總共可學習時間為 30 小時。

表 3. 課程資訊

	所需學習時間				重要程度	能力提升
	發散型	適應型	收斂型	同化型		
單元 1	2	1	2	2	0.2	2
單元 2	2	1	2	2	0.25	3
單元 3	2	3	4	4	0.6	4
單元 4	2	2	2	4	0.85	5
單元 5	3	3	3	4	0.4	4
單元 6	2	2	3	3	0.55	5
單元 7	3	2	3	3	0.35	5
單元 8	2	3	3	2	0.9	8
單元 9	3	2	2	3	0.2	5
單元 10	4	2	3	4	0.25	6
單元 11	3	3	4	3	0.75	5
單元 12	4	3	3	3	0.3	6

經演算法後得到其學習時間為 29 小時，最大目標函數之 Chromosomes 如下。

表 4. 最大目標函數之 Chromosomes

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12										
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

將上面之 Chromosomes 解碼後，就可得到各單元相對應的教材類型，如下：

表 5. 各單元相對應的教材類型

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
同化	發散	發散	發散	同化	同化	同化	發散	同化	同化	發散	同化

由上得知，系統所排定的課程教材所需學習時間共 30 小時，並無超過學習者所能學習的總時間 30 小時。而十二個單元所選之教材皆沒有選到與發散型學習風格完全相反、學習成效最差的收斂型教材，因此可證明，本系統確實能依學習者的學習風格，選擇適合之教材，讓學習者能夠適性化的學習，以達到更有效的學習，提升本身競爭力。

4.2 弱點分析案例探討

以國民中學數學課程之二元一次聯立方程式為例，這一章節有三個學能力指標：

1. A-4-2 能解從生活情境問題中列出的二元一次聯立方程式。
2. A-4-4 能利用一次式解決生活情境中的問題。
3. A-3-2 能將生活情境中的問題表徵為含有 x 、 y 、 \dots 的等式或不等式，透過生活經驗檢驗、判斷其解，並解釋式子及解與原問題情境的關係。

下圖為二元一次聯立方程式單元之知識結構與能力指標：

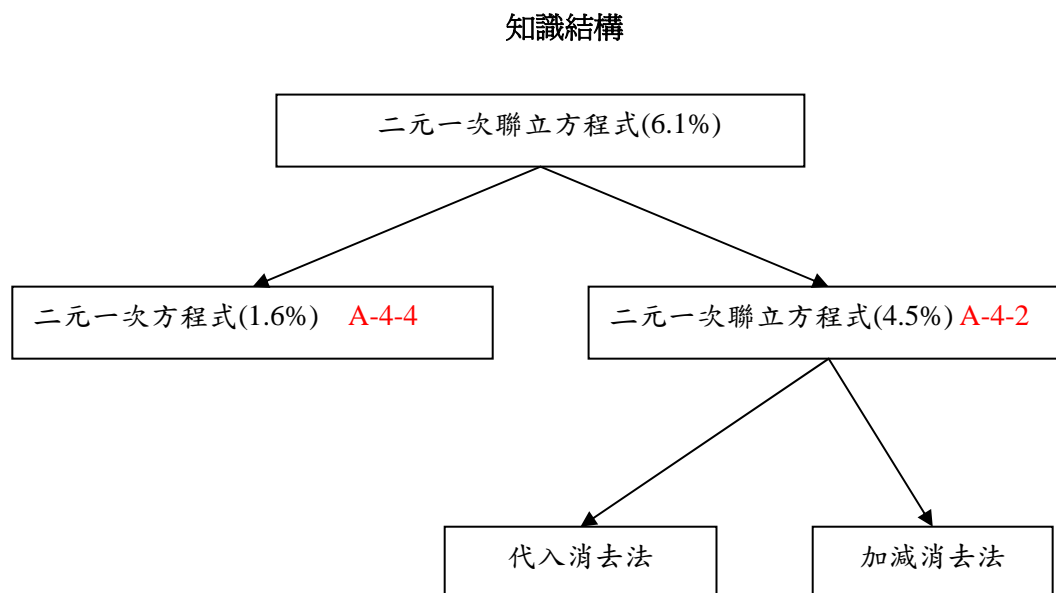


圖 11. 知識結構

上圖知識地圖表示在二元一次聯立方程式主要以二元一次方程式與二元一次聯立方程式之知識，在題數方面尤於過多之題目會給予學習者太大之負擔，做久了會有疲倦感，過多題目最後測完反而會失真，所以在設計方面以每一知識以四題為主要依據。

在第一階段是給予學習者二元一次方程式、代入消去法、加減消去法的觀念題型各測驗一題，以了解學習者這此單元之基本觀念是否為足夠。而在第二階段則會因第一階段之回答對錯而給予不同之題組，即為在第一階段觀念題答對則在第二階段會給予進階題目較難瞭解是否為猜對，而如果在觀念題目答錯會在第二階段會在給予觀念之題目以瞭解是否為粗心而答錯。為了避免學習者猜對答案，在第二階段每一個測驗知識點給予

四題，四點要全部猜對之機率低即為 $0.25^4=0.00390625$ 之機率，以提高診斷之準確性。而在系統的評估最主要分五個等級：100%、75%、50%、25%和 0%。

系統主要回饋：

1. 建議學習者加強弱點之部份。
2. 給予學習者此章節之重要成度與出題率，以利學習者更能夠掌握學習效率。

以下是最後系統會給予受測者之建議 EX：

二元一次方程式觀念答對 50%觀念太差需要加強，此單元在基測重要性四顆星出題率達 4.5%。

二元一次方程式之進階答對 70%觀念可以，但進階部份不夠熟練，此單元在基測重要性四顆星出題率答 4.5%。

最後診斷結果為依照觀念不同還是說觀念懂了，但還是不能實際之活用給予建議加強之部份，也會給予此章節在基測中之出題率與重要程度，以利學習者能更有效的運用時間。而本系統是可以隨時隨地想測哪一章節就測哪一章節，經過建議加強後還可以在重新測驗確定是否掌握其知識。

五、結論

再視性化教材產生方面的研究，本研究提出一數位學習課程編輯系統設計，來輔助教材編輯者，使編輯者不必了解 SCORM 標準，只須藉著簡潔的操作介面，選擇課程每一單元的順序關係，系統會自動編輯 imsmanifest.xml 檔。並且系統會自動挑出合適的教材，與課程的 imsmanifest.xml 檔結合成一符合 SCORM 標準的數位學習課程，大大的減輕了編輯者的負擔。也不用為了不同學習風格的學生去重編課程，達到了資源的再利用。而根據上一章節的實驗，証實了本系統的確能依學習者的學習風格類型和學習目標(所能學習的時間)，來選出適合該學習者學習的教材，達到了學習內容的適性化。使學生可以更適性的來學習，並且提高學習成效，增加本身競爭力。

在弱點分析的研究中我們透過了 SCORM2004 結合了數學之知識結構與九年一貫學習能力指標，使用知識結構可以使學習者建立良好之知識邏輯，並從中分析出學習者在知識邏輯中之迷思，而會加入教育部所訂定之學習能力指標最大之用意是在於市面上教材有很多版本，利用九年一貫學習能力指標不論是何版本都可以使用；在系統中加入了歷年來之出題率是為了最後測驗完後，給予學習者提供知識節點重要程度，使學習者更能夠掌握復習時間學習更有效率，而且運用了二階段測驗模式可以降低學習者猜對之機率，更能使弱點診斷系統分析之精準度。

六、參考文獻

1. 白如婷 (民 95)。符合 SCORM 規格具有策略推薦之策略編輯工具設計與實作。成功大學製造工程研究所碩士論文。
2. 翁緬芸 (民 94)。透過資料探勘探討學習風格與線上教材瀏覽策略對學習成效影響之研究。銘傳大學資訊管理學系碩士論文。
3. 陳育民 (民 92)。透過資料探勘探討學習風格與線上教材瀏覽策略對學習成效影響之研究。中央大學資訊管理學系碩士論文。
4. 陳奕錡 (民 94)。符合 SCORM 規格具有策略推薦之策略編輯工具設計與實作。成功大學資訊工程學系碩士論文。
5. 蔡淑薇 (民 92)。高中職學生學習風格、自我調整學習與學業成就之關係。彰化師範大學輔導與諮商學系碩士論文。
6. Advanced Distributed Learning(2006)。SCORM 2004 Overview。3rd edition。
7. Advanced Distributed Learning(2006)。SCORM 2004 Content Aggregation Model。3rd edition。
8. Advanced Distributed Learning(2006)。SCORM 2004 Run-Time Environment。3rd edition。
9. Advanced Distributed Learning(2006)。SCORM 2004 Sequencing and Navigation。3rd edition。
10. Jin-Tan David Yang & Chiung-Hui Chiu & Chun-Yen Tsai & Tsung-Hsien Wu.(2004). Visualized Online Simple Sequencing Authoring Tool for SCORM-compliant Content Package. *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 609-613.
11. 李淑娟(民 95 年 6 月)。符合 scorm2004 與試題結構理論之電腦化適性測驗系統及動畫補救教學模組-以國小數學領域五年級能力指標幾何為例，亞洲大學碩士論文
12. 葉俊谷(民 96 年 6 月)。完成國小五年級數學課程之數常識電腦化診斷測驗系統之開發與應用，國立嘉義大學數學教育研究所碩士論文

13. 唐正雄(民 94 年)。設計一個以 SCORM 為基礎的輔助教學系統，國立中正大學工學院電機工程研究所碩士論文。
14. 陳世銘、王淑媛(民 94 年)。以知識結構為基礎的數位學習模組設計—以國小數學『整數的乘法』單元為例，數位學習設計與管理學術研討會
15. 國教專業社群網九年一貫課程，<http://teach.eje.edu.tw/9CC/fields/2003/math.php>
16. 謝章冠。網路學習之學習路徑控制機制，國立中山大學資訊管理研究所 91 年度碩士論文。
17. 黃國禎(民 93 年 11 月)。個人化學習、測驗與學習障礙診斷—以 ITED 系統為例(一)，取自：<http://www.elearn.org.tw/KMC/ExpertDefaultArticles/201.pdf>
18. 黃國禎(民 93 年 11 月)。個人化學習、測驗與學習障礙診斷—以 ITED 系統為例(二)，取自：<http://www.elearn.org.tw/KMC/ExpertDefaultArticles/202.pdf>

