

基於模糊關聯之適性化補救教材推薦機制

王宗一

江俊志

謝東成

國立成功大學工程科學系

國立成功大學工程科學系

國立成功大學工程科學系

Email: wti535@mail.ncku.edu.tw

Email: chunchih.jiang@gmail.com

Email: n9896132@mail.ncku.edu.tw

摘要—本研究提出一個基於模糊關聯搜尋機制之補救教材學習平台，以 Java 程式語言為範例，提供學習者於考試測驗過後的補救學習。系統針對學習者的測驗結果，搜尋出題目的相關概念(Concepts)集合，並應用模糊推論(Fuzzy Inference)與關聯搜尋機制，計算出學習路徑，最後，系統根據學習者的學習風格(Learning Style)，至網路搜尋不同種類的教學教材，讓學習者進行補救學習。本研究建構於 Moodle 數位學習平台，整合多元的學習套件，可提供學習者完整的學習環境。

關鍵詞—模糊推論、學習路徑、學習風格、補救教材、Moodle 數位學習平台

一、前言

網際網路的技術興起之後，網路教學得以實行與改善，因此帶動了許多數位學習(E-learning)的研究，雖然網路教學有許多優點，但尚存在待改進之處，歸納一些學者的意見，常被提及的有學習者控制(Learner Control)、迷失(Disorientation)以及認知負荷過重(Cognitive Overload) [5][8]，敘述如下：

- (1) 學習者控制：在一般網路教學當中，學習者在學習課程單元時，是自行決定學習順序的，然而在某些需有先備知識的課程單元中，學習者需在開始學習之前就具備一些基本(先備)能力，即不適合讓學習者自行決定課程單元順序與賦予自由跳躍於網頁鏈結間的自主性。
- (2) 迷失：由於網路環境為龐大的網頁鏈結所構成，雖然透過鏈結可以快速地跳到相關的網頁上，但學習者很容易在點選

瀏覽相關課程單元內容的過程中，逐漸地迷失方向。G. Marchionini [13]指出學習者發生迷失，是因為缺乏在環境中尋找資料或學習的策略。

- (3) 認知負荷：一般我們在透過搜尋引擎搜尋某一關鍵字時，往往出現數十頁的資料，學習者須一筆筆過濾出符合自己所需求的資料，在過分強調自主的情況下，學習者容易因認知負荷過重而產生資訊焦慮的現象[8]。此外，由於學習者在面對每一個節點都必須對「學什麼」及「往哪裡去」下判斷，因此學習過程中，必須耗費大量的心力作決定，也造成認知負荷過重現象產生[5]。

由以上觀點得知，學習者在學習過程中若沒有適當的導引與輔助，容易造成方向偏離與學習效率不彰的情形。因此，在網路學習的過程中，需要適時地提供學習者合理的學習路徑與適合學習者學習的教材[7]，在本研究中，透過系統提供的課程單元順序導引與適性化的教材，使得學習者在學習的過程中，能夠有正確的學習方向與適合的教材，此為本研究之重點。

在現實狀況中，一般學生在考試測驗過後，若教師沒有檢討考卷或學生因之前其他因素(如：請假、未專心聽講...等等)，造成自己無法了解當前題目錯誤的觀念在哪，便會造成學習中斷，且因知識是累積而成的，先備知識的不足，將會造成未來學習的障礙；針對此一現象，我們於考試(Java 程式語言)測驗中，發展學習路徑的研究，期望學習者能夠在作答錯誤的

題目中，了解自己錯誤的觀念在哪裡；而考慮學習者學習的吸收與感受，更於補救教材的推薦中加入了學習風格理論，使學習更加順利與容易。

本研究在於改進現有的網路自學式的課程環境和解決學習者在控制、迷失與認知負荷問題，以提升學習效率，在本論文中我們將探討下列幾點：

- (1) 各類型學習者學習風格的判斷方法與其特性。
- (2) 針對考題，搜尋學習概念的機制。
- (3) 研究學習路徑的推薦。
- (4) 網際網路教學資料的蒐集與分類。
- (5) 適性化補救教材的提供與精煉。

本論文的架構如下：第二節說明本研究的相關研究探討，第三節說明適性化補救教材推薦服務架構與服務流程，第四節為本論文研究方法的解說，最後，第五節為結論與未來研究方向。

二、相關研究探討

(一) 學習風格(Learning Style)

「學習風格」的思想起源於1970年代，近年來獲得普及，學習風格是假定能夠使個人達到最佳學習狀態的方法。這一理論提議教師應該評估其學生的學習風格，並使其課堂教學方法能夠最適合每個學生的學習風格。

本研究使用 Kolb 學習風格理論[11]，在 Kolb 的學習風格表中包括具體的經驗 (Concrete Experience, CE)，省思的觀察 (Reflective Observation, RO)，抽象的概念 (Abstract Conceptualization, AC)，主動的實驗 (Active Experience, AE) 的四階段學習環，如圖 1。

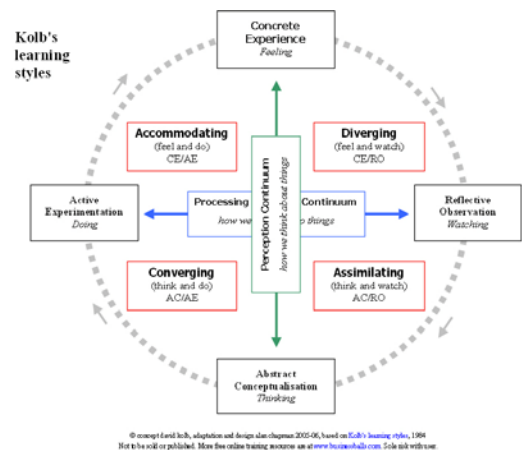


圖 1 Kolb 學習風格的四種學習者[10]

所謂四個階段學習環，其步驟即具體的經驗(CE)：以個人的感受獲得實際經驗；省思的觀察(RO)：由不同的觀點分析以進行價值判斷；抽象的概念(AC)：以對情況的心智了解取代感受以發展通則、理論以解決問題；主動的實驗(AE)：測試理論、評鑑流程及用實際方法以影響他人或事件[4]，特性描述如表 1 所示。

表 1 各風格類型學習者的特性描述

風格類型	特性描述
具體經驗	以感覺來學習。從特殊的經驗學習，將經驗關聯到人，對人的感受很強烈，注重親身體驗，明白現實的唯一性及複雜性，反對理論歸納及系統科學化的研究方式。
抽象經驗	以思考來學習。從邏輯的分析和概念來學習，對情境瞭解後才採取行動，有系統的規劃，注重利用邏輯理論的觀點來思索，反對憑直覺去了解唯一特定領域的事物。擅長科學系統化地計畫，巧妙地運用抽象符號及定量分析手法。
省思觀察	以看及聽來學習。作決定前會先仔細的觀察，喜好從不同面向來看事情且尋求事情的意義，注重謹慎的觀察、客觀描述，擅長從各種不同的角度來看事情，相信自己的看法，創造自己的見解。
主動實驗	以實作來學習，有能力將事情完成，喜好冒險且透過實作影響人及事，強調實際應用，較關心什麼是有作用的!而不去探究什麼才是絕對真的?

Kolb 的學習風格理論除了心理學中強調的個人差異(沒有好壞類型之分)外，並具有積極的教育意義，反應出最適當的教育在於因材施教與適性所學。

(二) 模糊理論(Fuzzy theory)

模糊理論的發展是為了解決處於現實世界中所存在的不確定性而發展的一門學問，最早出現的文獻源自 1937 年的量子學家(Quantum Philosopher) Max Black，當時他是以前所謂的含糊度(Vagueness)來形容元素間的情形。直到 1965 年，美國模糊理論學家扎德(L.A. Zadeh)教授，在資訊與控制(Information and Control)學術期刊上所發表的論文-模糊集合(Fuzzy Sets) [16]，可用以表達某些無法明確定義的模糊性概念，尤其在表現人類語言特有的模糊性現象方面有不錯的成果。

模糊理論與傳統數學理論在結構上相類似，但是本質上卻有所不同，在邏輯上，模糊邏輯(Fuzzy Logic)是採用多元邏輯(Continuous Logic)，除了可以是真或假外，還允許許多漸進的值，擴展到含有灰色地帶的連續多值(Continuous Multi-value)邏輯，在模糊集合中，集合的歸屬程度，也不再只有「是」與「否」，而有程度上「多」或「少」的差別[1]。

(三) Moodle 數位學習平台

Moodle 是一套自由軟體的課程管理系統(Course Manager System, CMS)，其特色異於其他商業線上教學平臺，屬於開放原始碼的類別，創建者為馬丁·多基馬(Martin Dougiamas)。Moodle 的名字源於英文簡寫 Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment，即模組化物件導向動態學習環境)，模組化指的是 Moodle 在功能上如果有不足的地方，使用者可藉由安裝第三方模組(Third-party Module)來得到更多功能；物件導向指的是 Moodle 在程式撰寫的風格，基本功能做成物件，易於維護而且易於閱讀；動態學習環境是強調以資料庫為基礎的教學網站，教學所需的功能如測驗卷、討論區，都可利用 Moodle 的功能來完成，教師毋需透過資訊人員，即可自行建構並維護一

個具有高度互動性的線上課程[3]。Moodle 是採用 PHP 語言所設計的一種動態網站內容管理系統，透過瀏覽器就可以輕鬆管理使用者、建構群組課程及豐富網站的內容。

三、系統架構與服務流程

(一) 系統架構

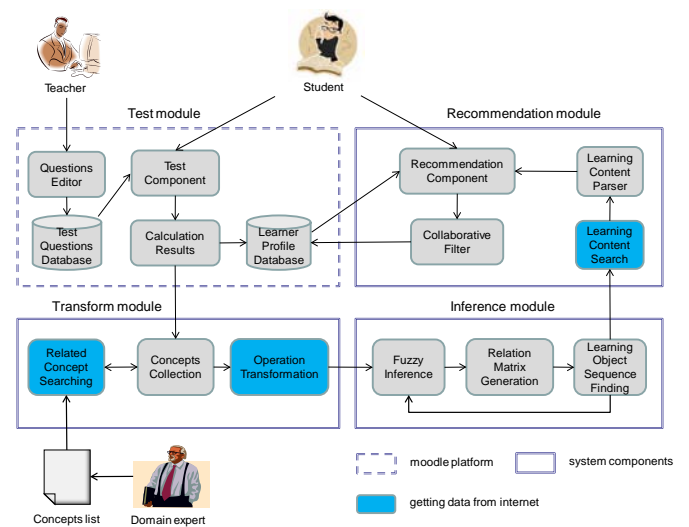


圖 2 適性化補救教材推薦服務架構

圖 2 為本論文提出的適性化補救教材推薦服務架構，系統分為 Test Module、Transform Module、Inference Module 與 Recommendation Module 四個模組，說明如下：

- (1) Test Module：此模組建構在 Moodle 的平台，使用 Moodle 所提供的考題測驗環境，教師可在此平台上編輯考題，而學習者可在此平台上進行相關的考題測驗，系統於學習者測驗後，提供計算分數的功能，此模組功能的組成包含四個元件以及兩個資料庫，細部說明如下：
 - Question Editor (QE)：提供教師編輯考題(選擇題型式)與答案的介面。
 - Test Component (TC)：學習者可以在此元件進行考題與學習風格的測

試，本研究測試問卷則是使用 Kolb [10]所提出學習風格測量表。

- Calculation Results Component (CRC)：計算學習者考卷的成績，並將學習者所答錯的題目的回饋傳至 Concepts Collection Component。
- Test Questions Database：依照課程名稱，儲存教師所編輯的考題、答案與答案的回饋。
- Learner Profile Database：儲存學習者考試的成績、學習風格測試的結果與學習者於推薦結果的回饋。

(2) Transform Module：此模組擷取 Test Module 的資料，至網路上搜尋相關的 Concepts，透過 Google 搜尋，分析出 Concepts 之間的關聯性，生成 Inference Module 中所需的模糊輸入變數(Fuzzy Input Variables)，此模組功能的組成包含三個元件，細部說明如下：

- Concepts Collection Component (CCC)：此元件擷取 CRC 每一題的答案資料與考題答案的回饋，傳送給 Related Concepts Searching Component 做相關 Concepts 的搜尋，在接收搜尋結果後，傳送與答案相關的 Concepts 至 Operation Transformation Component。
- Related Concepts Searching Component (RCSC)：接收 CCC 所傳送的 Concept 之後，以此 Concept 為主要關鍵字，至 Google 搜尋相關的投影片檔案，用以比對 Domain Expert 所編輯的 Concepts List，找出其他關聯之 Concepts，回傳給 CCC。
- Operation Transformation

Component (OTC)：結合網路的資訊(Based on Google search)，將 CCC 所傳送的 Concepts，進行關聯性的運算，以轉換成 Fuzzy Inference Component 運算所需的模糊輸入變數。

(3) Inference Module：此模組運用模糊推論與關聯搜尋機制的技術，生成 Concept 的學習前後順序，此模組功能的組成包含三個元件，細部說明如下：

- Fuzzy Inference Component (FIC)：接收 OTC 所生成的模糊輸入變數，計算出兩兩 Concept 之間的關聯性權重值。
- Relation Matrix Generation Component (RMGC)：蒐集 FIC 運算的結果，建構 Concepts 關聯矩陣(圖 11)。
- Learning Object Sequence Finding Component (LOSFC)：分析 RMGC 所建構的 Concepts 關聯矩陣，透過本研究的關聯搜尋機制(圖 12)，生成 Concept 學習的前後順序。

(4) Recommendation Module：此模組針對學習者測驗錯誤的題目，提供學習路徑與分類的補救教材，此模組功能的組成包含四個元件，細部說明如下：

- Learning Content Search Component (LCSC)：在收到 Concept 的學習順序後，以 LOSFC 內的節點 Concept，至網路上搜尋相關的教材內容，教材的來源共有四種，詳述於頁 10。
- Learning Content Parser Component (LCPC)：以 LCSC 的搜尋結果，擷取分類網站的教學教材內容。

- Recommendation Component (RC): 根據學習者的學習風格, 與 LCPC 的資料, 呈現針對考題測驗的教學教材與相關的先備知識教材。
- Collaborative Filter Component (CFC): 提供學習者對系統所推薦的補救教材內容的評分介面, 經由協同式的合作, 更新分類補救教材推薦的順序, 藉此使系統提供的補救教材更貼近此學習者的風格與更符合當下的學習情境。

(二) 使用情境與流程

適性化補救教材推薦服務, 使用者為教師與學習者, 考卷的編輯與測驗使用 Moodle 數位學習平台所提供的套件, 推薦系統的資料蒐集、分析與提供, 架構在 Tomcat 平台, 使用 JSP 語言實現, 相關使用情境如下:

- (1) 考題編輯與測驗情境: 本研究中, 考題的編輯與測驗是使用 Moodle 所提供的套件, 教師可在 Moodle 平台上編輯題目(選擇題), 如圖 3, 而當教師在編輯每一題答案的內容時, 也可一併輸入回饋, 如圖 4, 系統預設從教師所編輯的回饋中擷取相關的 Concept, 做為題目主要 Concept 的來源。



圖 3 教師編輯考卷畫面



圖 4 教師填寫答案回饋畫面

在教師編輯完成考卷題目與考題答案的回饋後, 學習者便可於 Moodle 平台上進行測驗, 如圖 5, 學習者測驗過後, 系統擷取 Moodle 架構下的資料庫資料, 以進行資料的蒐集與分析。



圖 5 學習者學習風格測驗畫面

- (2) 學習者補救教材學習流程: 學習者選擇補救教材推薦服務連結後, 系統將依學習的前後順序, 顯示出學習者觀念錯誤的 Concept(如圖 6 中最後一個關聯節點)與相關聯的 Concept; 學習者可點選自己觀念尚未清楚的 Concept 進行補救學習, 之後, 系統將依學習者的學習風格, 順序性的提供相關的補救教材(分類補救教材呈現的順序如後述的表 3); 在學習過後, 學習者也可給予系統所提供的教材內容評分, 來更新補救教材內容呈現的順序, 流程如下圖 6。

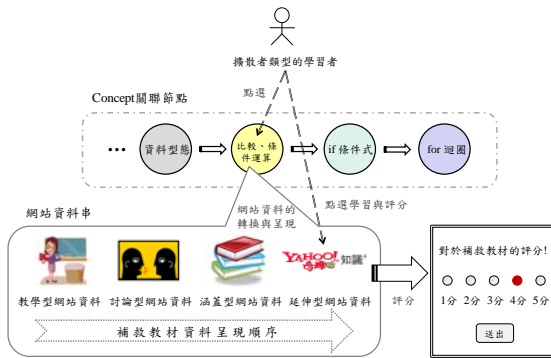


圖 6 補救教材學習流程

四、研究方法

(一) 資料的轉換

在本研究中，Concepts 之間的關聯性我們應用 Fuzzy Inference 的運算，採用三個模糊輸入變數，分別為 Concept A (C_a) 對於 Concept B (C_b) 的包含性、 C_a 與 C_b 的延伸相關性及 C_a 與 C_b 的相似性，說明如下：

- (1) C_a 對於 C_b 的包含性生成：在包含性的生成部分，我們希望找出在以 C_a 為主題的文件當中， C_b 詞彙出現的機率，因為在已確定 C_a 與 C_b 有關聯的情況下，若在以 C_a 為主題的資料當中，較常提到詞彙 C_b ，我們就會認定 C_b 是 C_a 的先備知識，因為任何的學習都是循序漸進的，在學習內容較常出現的詞彙，通常都是已經學習過的知識；反之，若在以 C_a 為主題的資料當中，幾乎沒提到詞彙 C_b ，而在以 C_b 為主題的資料當中，較常出現詞彙 C_a ，我們就會認定 C_a 是 C_b 的先備知識；我們利用 Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) [14] 的概念，使用 ATF-DF (Average TF-DF) 的方法，以達成我們的需求。

首先我們至 Google，搜尋出以詞彙 C_a 為關鍵字表頭的網頁，並平均出詞彙 C_b 在這些網頁中的平均詞頻 ATF 值，如

Eq.(1) 所示， $n_{i,j}$ 代表詞彙 C_b 在 $Document_j$ 中出現的次數， $n_{k,j}$ 代表在 $Document_j$ 所有詞彙的出現次數之和， m 為每一 Concept 所搜尋到的網頁總數(預設為 10)，為系統可設定之值，在計算出 ATF 值之後，我們再計算出文件頻率 DF 值，如 Eq.(2) 所示， df_i 為包含詞彙 C_b 的文件數目，最後我們將 ATF 與 DF 值相乘，計算出 C_a 對於 C_b 的包含性權重 $Weight_{B,A}$ ，如 Eq.(3) 所示。

$$ATF = \frac{\sum_{j=1}^m n_{i,j}}{m} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$DF = \frac{df_i}{m} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$Weight_{B,A} = ATF * DF \quad (\text{Eq. 3})$$

- (2) C_a 與 C_b 的延伸相關性生成：一般計算本文關鍵字與網頁查詢匹配的方式(如: TF-IDF)去選出文章中的關鍵字，再去比較兩文章的關聯性，時常會有不精確的情況出現，因為這種方式是將“字面”的意思做為分析的來源，而且僅僅依靠“字面”的關鍵字做為文章相關性和查詢相關性判斷的唯一要素[9]，所以在此，我們希望比較的方式是將一個詞彙，擴展成為一組詞彙，因而也同時可以將文章所對應的詞彙擴展成更多詞彙的集合。

首先我們至 Google，搜尋含有詞彙 C_a 的文章總數為 N_a ，含有詞彙 C_b 的文章總數是 N_b ，含有詞彙 $C_a + C_b$ 的文章總數是 N_{ab} ，那麼延伸相關性的計算方式如 Eq.(4)。

$$Weight_{A,B} = \frac{N_{ab}}{N_a + N_b - N_{ab}} = \frac{N_a \cap N_b}{N_a \cup N_b} \quad (\text{Eq. 4})$$

(3) C_a 與 C_b 的相似性生成：在此我們去計算出 C_a 與 C_b 之間的相似程度，我們使用文件內容比較的方式，搜尋以詞彙 C_a 與詞彙 C_b 為主題之文件，若兩文件的內容相似程度較高的話，兩 Concept 的關聯性是較高的；為了達到計算相似性的目的，我們使用計算 Cosine Measure [6][15] 的方法，去計算出 C_a 與 C_b 的相似關聯性；Cosine Measure 是用來計算兩個文件內 Vector 之間的相似性，Vector 是由文件中的詞彙所組成的；資料的取得與包含性生成相同，取自 Google 搜尋，我們先以 TD-IDF [14] 的方法找出兩個文件內各個 Term 的權重，取出權重較高的 Term 組成 Vector，再以 Cosine Measure 計算兩文件的相似度，公式如 Eq.(5)：

$$\begin{aligned} sim(r_a, r_b) &= \frac{\vec{r}_a \cdot \vec{r}_b}{|\vec{r}_a| \times |\vec{r}_b|} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^t w_{i,a} \times w_{i,b}}{\sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,a}^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^t w_{i,b}^2}} \end{aligned} \quad (Eq. 5)$$

r_a 為以 C_a 為主題之文件內的 Vector， r_b 為以 C_b 為主題之文件內的 Vector， \vec{r}_a 和 \vec{r}_b 為一 t 維度之向量， $w_{i,a}$ 為 \vec{r}_a 第 i 個位置的權重值， $w_{i,b}$ 為 \vec{r}_b 第 i 個位置的權重值，在此，相似性的計算公式如 Eq.(6)， A_i 為第 i 篇以詞彙 C_a 為主題之文件， B_j 為第 j 篇以詞彙 C_b 為主題之文件， m 為搜尋文件的筆數(預設為 10)。

$$Weight_{A,B} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \text{cosine measure}(A_i, B_j)}{m \times m} \quad (Eq. 6)$$

(二) 模糊關聯搜尋機制

在模糊關聯搜尋機制中包含了兩樣技術，分別為模糊推論機制與關聯搜尋機制；在本研

究中，判斷 Concept 的先後關連性，是先藉由模糊推論機制計算出兩 Concept 之間的關聯性權重值，再分別填入 Concepts 關聯矩陣之中，之後，系統分析 Concepts 關聯矩陣之中兩兩 Concept 之間的關連性權重值，藉以搜尋出學習順序，細部方法說明如下：

本研究引用平行模糊推論機制架構 [2][12]，以進行模糊推論分析。在本研究中共有三個輸入模糊變數，分別是 C_a 對於 C_b 的包含性、 C_a 與 C_b 的延伸相關性及 C_a 與 C_b 的相似性，並在每個輸入模糊變數定義語意項，三個輸入模糊變數的語意項均是低、中和高。

C_a 對 C_b 的包含性之模糊集合為以 C_a 為主題搜尋之文章中，出現詞彙 C_b 的機率(以 ATF-DF 計算)，包含性相關程度的輸出值為介於 [0, 1] 之間；其中 0 表示 C_a 對 C_b 的包含性之相關程度最低、0.001 表示 C_a 對 C_b 的包含性之相關程度為中等，0.003 以上表示該 C_a 對 C_b 的包含性之相關程度最高，如圖 7 所示。

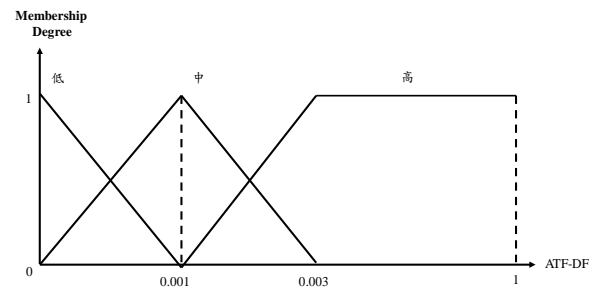


圖 7 C_a 對 C_b 包含性之模糊集合

C_a 與 C_b 的延伸相關性之模糊集合為 C_a 與 C_b 的延伸關鍵字相關程度，延伸關鍵字相關程度的輸出值為介於 [0, 1] 之間；其中 0 表示 C_a 與 C_b 的延伸關鍵字之相關程度最低、0.4 表示 C_a 與 C_b 的延伸關鍵字之相關程度為中等，1 表示該 C_a 與 C_b 的延伸關鍵字之相關程度最高，如圖 8 所示。

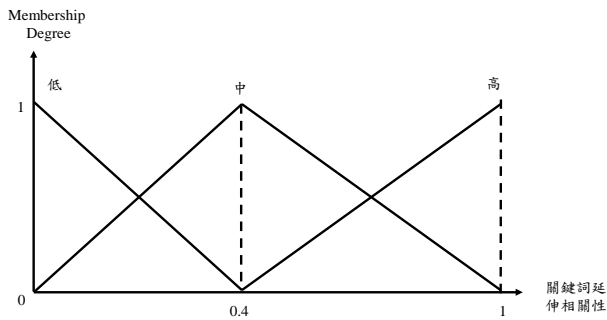


圖 8 C_a 與 C_b 延伸相關性之模糊集合

C_a 與 C_b 的相似性之模糊集合為以 C_a 為主題之文件與以 C_b 為主題之文件，兩文件內容的相似程度，相似程度預設為介於 [0, 1] 之間；其中 0 表示 C_a 與 C_b 的相似性最低、0.5 表示 C_a 與 C_b 的相似性為中等，0.7 以上表示 C_a 與 C_b 的相似性最高，如圖 9 所示。

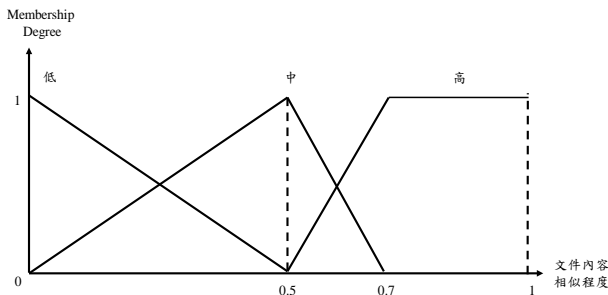


圖 9 C_a 與 C_b 相似性之模糊集合

接續我們定義模糊推論的規則層，這一層級完成模糊邏輯規則前項假設的 Match，因此，規則節點必須執行模糊 AND 運算，在本研究中，這些規則是由專家事先定義的，如表 2 所示。

表 2 模糊關聯搜尋機制之推論規則

Fuzzy Variables	C_a 對於 C_b 的包含性	C_a 與 C_b 的延伸相關性	C_a 與 C_b 的相似性	C_b 對於 C_a 的關聯性
Rule 1	低	低	低	低
Rule 2	低	低	中	低
Rule 3	低	低	高	低
Rule 4	低	中	低	低
Rule 5	低	中	中	低

Rule 6	低	中	高	中
Rule 7	低	高	低	低
Rule 8	低	高	中	中
Rule 9	低	高	高	中
Rule 10	中	低	低	低
Rule 11	中	低	中	中
Rule 12	中	低	高	中
Rule 13	中	中	低	低
Rule 14	中	中	中	中
Rule 15	中	中	高	中
Rule 16	中	高	低	中
Rule 17	中	高	中	高
Rule 18	中	高	高	高
Rule 19	高	低	低	中
Rule 20	高	低	中	中
Rule 21	高	低	高	高
Rule 22	高	中	低	中
Rule 23	高	中	中	高
Rule 24	高	中	高	高
Rule 25	高	高	低	高
Rule 26	高	高	中	高
Rule 27	高	高	高	高

接下來我們執行模糊 OR 運算來整合有相同後項的模糊規則，假設： F_B 、 F_C 及 F_G 為輸出的規則節點，並且分別連結到低、中及高的語意項，則輸出如下所示：

$$\mu_i = \left(\text{Centroid} \left(\max_{F_B \in \text{Bad}} \{ \mu_{iF_B} \} \times \text{Bad} \right), \text{Centroid} \left(\max_{F_C \in \text{Common}} \{ \mu_{iF_C} \} \times \text{Common} \right), \right.$$

$$\left. \text{Centroid} \left(\max_{F_G \in \text{Good}} \{ \mu_{iF_G} \} \times \text{Good} \right) \right) \quad (\text{Eq. 7})$$

在 Eq.(7) 裡，函數 $\text{Centroid}(\cdot)$ 為解模糊化重心法的處理程序。

接續我們定義 C_b 對於 C_a 的關聯性之模糊集合，如圖 9 所示，關聯性預設為介於 [0, 1] 之間，0 表示 C_b 對於 C_a 的關聯性為最低，0.5 表示

C_b 對於 C_a 的關聯性為中等，1 表示 C_b 對於 C_a 的關聯性為最高。

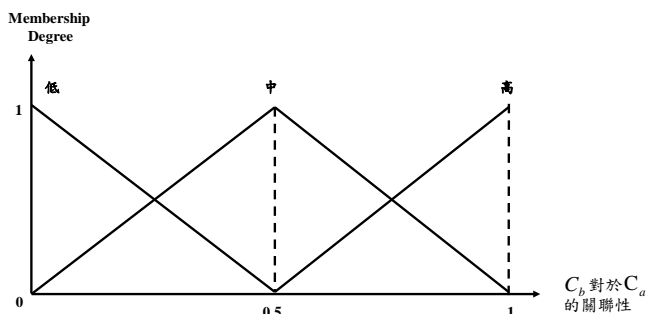


圖 10 C_b 對於 C_a 的關聯性之模糊集合

最後定義

$$\begin{aligned} V_{i1} &= \text{Gentroid}(\max_{F_B \in \text{Bad}} \{\mu_{iF_B}\} \times \text{Bad}) \\ V_{i2} &= \text{Gentroid}(\max_{F_C \in \text{Common}} \{\mu_{iF_C}\} \times \text{Common}) \\ V_{i3} &= \text{Gentroid}(\max_{F_G \in \text{Good}} \{\mu_{iF_G}\} \times \text{Good}) \end{aligned} \quad (\text{Eq. 8})$$

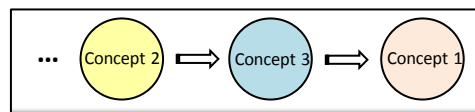
將所算出來的重心做加權平均的運算，則第 i 個“ C_b 對於 C_a 的關聯性”的輸出結果如 Eq.(9) 所示：

$$Y_i = \frac{\sum_{p=1}^3 w_{ip} \times V_{ip}}{\sum_{p=1}^3 w_{ip}} \quad (\text{Eq. 9})$$

W_p 表示對於每個輸出的語意項，規則節點的權重值，例如，Eq.(10) 所示的為第 i 個“ C_b 對於 C_a 的關聯性”語意項為低的權重為 w_{i1} ：

$$w_{i1} = \sum_{P_n \in \text{Bad}} w_{ip_n}^3 \times \sigma \quad \text{Where } \sigma = \begin{cases} 1, \mu_{ip_1}^3 \text{ is maximum,} \\ 0, \text{ Otherwise} \end{cases} \quad (\text{Eq. 10})$$

在以平行模糊推論依序計算兩 Concept 的關聯性後，我們建立出了 Concepts 關聯矩陣，如圖 11。



(Finding)

	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Concept 1	X	0.45	0.66	0.43
Concept 2	0.44	X	0.24	0.32
Concept 3	0.11	0.74	X	0.41
...	0.09	0.55	0.25	X

圖 11 Concepts 關聯矩陣

接下來我們說明關聯搜尋機制的方法，在關聯搜尋機制中，Concepts 之間的關聯程度使用 FIC 的運算結果，而 Concepts 之間的前後關係，則是透過兩兩 Concept 之間的包含性比較；Concepts 關聯矩陣為 RMGC 藉由 FIC 運算的結果而生成，我們將以此關聯矩陣，搜尋出適當的學習路徑，演算法如下：

```

Learning Path (LP) //initial value = concept 1
Correlation Weight Matrix i (CWMi) // i 為行
Related Value of Concept i (RVCi) // 所有與 concept i 相關的值
Candidate Learning Concept n (CLCn)
Weight of a, b (Wa,b) // concept a 對於 concept b 的關聯性權重值
initial i = 1
1: do {
2: Find the highest value in CWMi → Wa,b → CLCn
3: if (Wa,b == null)
break
else {
Find the Wb,a in CWMn
if ( Wa,b >= Wb,a ) {
add the CLCn into head of LP
delete CWMi and RVCi
i = n
}
else
delete Wa,b form CWMi
}
} while( amount of concepts in LP == amount of all concepts )
4: return LP
    
```

圖 12 關聯搜尋機制演算法

(三) 推薦機制

本研究學習風格的測驗，使用 Kolb 的學習風格量表，Kolb 在 1976 年編製而 1985 年修

訂他發展的學習屢樣 (Learning Style Inventory, LSI)，表中定義四種不同的學習風格類型：擴散者 (Diverger)、適應者 (Accommodator)、同化者 (Assimilator)，以及聚合者 (Converger)，本研究中，系統依各學習者學習風格類型的學習喜好，依序提供不同分類的補救教材，如表 3。

表 3 各學習風格類型所得到的分類補救教材順序

類型	學習喜好	分類補救教材提供的順序
擴散者	1. 喜歡問「why」，找出原因或理由。 2. 關懷知識的背後原因及知識的用途。 3. 喜好啟發性較高的授課方式，或誘發動機的故事。 4. 適用雙向式的溝通或分組討論。 5. 喜好觀察，相信感官直覺。	(a)(c)(b)(d)
適應者	1. 喜歡問「what if」，假設可能的答案。 2. 喜歡開放式沒有規定題目或標準答案的習題和實驗。 3. 喜歡自行上台報告。 4. 易適應環境，喜用直覺，喜好操作。	(c)(d)(b)(a)
同化者	1. 喜歡問「what」，找出能歸納出何種理論。 2. 喜歡抽象的表達，如傳統教學的口述法。 3. 喜歡讀教科書來求取知識或看老師解題。 4. 好邏輯思考。	(d)(a)(c)(b)
聚合者	1. 喜歡問「how」，找出實際的方法來處理問題。 2. 喜歡自行演算習題或親手做實驗。 3. 喜好主動求證，解決理性的問題。	(b)(c)(d)(a)
教學型網站資料(a)、涵蓋型網站資料(b)、討論型網站資料(c)、延伸資料(d)		

系統所提供的補救教材來源共有四種，分別為：教學型網站資料、涵蓋型網站資料、討論型網站資料與延伸資料，內容說明如下：

- (1) 教學型網站資料：系統針對學習者欲學習的 Concept，擷取教學型網站(如：良葛格學習筆記、JAVA 魔法師)的教學內容，提供學習者學習。
- (2) 涵蓋型網站資料：系統針對學習者欲學習的 Concept，提供涵蓋型網站(如：Sun

Microsystems Documentation、昇陽官方網站白皮書)的資料，提供學習者學習。

- (3) 討論型網站資料：系統針對學習者欲學習的 Concept，擷取討論型網站(如：JavaWorld)相對應的討論串，提供學習者學習。
- (4) 延伸資料：系統針對學習者欲學習的 Concept，擷取“YAHOO 知識”網站中，評價人數三人以上與正面評價 60% 以上的資料，提供學習者學習。

本研究中，我們依據學習風格，有順序性的提供不同種類的分類補救教材，而在現實狀況中，不同的教學環境下(如：國別的风俗民情、教師教學的方式、學生學習的目的...等等)，分類補救教材提供的順序是必須要去更新的；所以在本研究中，學習者在學習過後，可經由 CFC 對系統所給予的分類補救教材做評分動作(1~5分)，CFC 平均同一種學習風格學習者的分數，來更新系統補救教材提供的順序。

五、結論與未來研究方向

(一) 結論

在本研究中，我們利用網際網路豐富的資料進行分析，使用模糊推論與關聯搜尋機制，計算出學習的前後順序，並配合學習者的學習風格，推薦學習者合適的分類補救教材與延伸資料，對於我們所提出的架構有下列幾項優點：

- (1) 在本系統中，學習者檢討考卷題目無時間的限制，並可重複的學習。
- (2) 學習者可了解測驗題目中所包含的概念與學習順序，達到循序漸進的學習。
- (3) 本系統從網際網路擷取優質的學習教材內容，省卻使用者搜尋與分辨的時間。
- (4) 補救教材推薦系統引用 Kolb 學習風格理論，達到了因材施教、適性所學的目的。
- (5) 解決的學習者在網路學習環境所遇到的

學習者控制(優點 2)、迷失(優點 2 及 3)以及認知負荷過重(優點 3 及 4)問題。

(二) 未來研究方向

考慮到推論機制的精確度，未來我們將增加模糊輸入變數的數量，使系統所推薦的路徑更符合專家所預期的結果，我們也將再考慮學習者的回饋，配合學習風格，呈現更多元的學習資料。

六、參考文獻

- [1] 李允中、王小璠、蘇木春，“模糊理論及其應用”，全華科技圖書股份有限公司，台北，2003。
- [2] 李健興、江俊志、張詠淳、郭耀煌，“支援 CMMI 專案監控網路服務之研究”，中華民國九十四年全國計算機會議，台南，2005 年 12 月。
- [3] 林金錫、舒兆民、周中天、陳浩然、連育仁，“Moodle 在華語文教學上之運用”，第五屆全球華文網路教育研討會，台北，2007 年 6 月。
- [4] 楊采璇、呂秉修、王子華，“不同學習風格國小學童在資訊科技融入教學環境之學習成效研究”，TANET2007 臺灣網際網路研討會，國立臺灣大學，2007 年 10 月。
- [5] 楊家興，“超媒體：一個新的學習工具”，教學科技與媒體，12 期，頁 28-39，1993。
- [6] 楊凱傑，“以本體論為基礎的可重用軟體元件搜尋方法之研究”，國立成功大學，碩士論文，2007。
- [7] 謝章冠，“網路學習之學習路徑控機制”，國立中山大學，碩士論文，2002。
- [8] 顏榮泉，“全球資訊網在教學與學習上之應用探討”，教學科技與媒體，25 期，頁 33-41，1996。
- [9] L. P. Jing, H. K. Huang, H. B. Shi, “Improved Feature Selection Approach TFIDF In Text Mining”, Proceedings of the First International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Beijing, 4-5 November 2002.
- [10] D. A. Kolb, “Experiential Learning Experience as the source of learning and development”, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984.
- [11] D. A. Kolb, “Learning Style Inventory”, Boston, MA: McBer & Company, 1985.
- [12] C. T. Lin and C. S. G. Lee, “Neural-Network-Based Fuzzy Logic Control and Decision System”, IEEE Trans. On Computers, Vol.40, No.12, pp.1320-1336, 1991.
- [13] G. Marchionini, “Hypermedia and learning: Freedom and chaos”, Educational Technology, Vd.28, No.11, pp.8-12, 1998.
- [14] G. Salton & M. E. Lesk, “Computer Evaluation of Indexing and Text Processing,” Journal of the ACM, Vol.15, No.1, pp.8-36, 1968.
- [15] H. Saggion, D. Radev, S. Teufel, W. Lam, “Meta-evaluation of Summaries in a Cross-lingual Environment using Content-based Metrics”, International Conference on Computational Linguistics, Taipei, 2002.
- [16] L. A. Zadeh, “Fuzzy Sets”, Information and Control, Vd 8, pp.338-353, 1965.