



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 虛擬中學數學學習館—

### 子計畫五：資料分析與知識管理在數學虛擬學習館之研究

### A Study on Data Analysis and Knowledge Management for Virtual Mathematical High School

計畫編號：NSC 90-2521-S-009-004

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：曾憲雄 國立交通大學資訊科學系

共同主持人：黃國禎 國立暨南國際大學資訊管理研究所

計畫參與人員：蔡昌均, 林智揚, 蔡奇峰 國立交通大學資訊科學系

#### 一、中文摘要

近年來，電腦輔助學習系統隨著網際網路的普及，日漸受到重視。存在於電腦輔助教學系統中的大量教學內容與教學策略等相關資訊，可統稱為系統中的知識。如何管理與存取大量的教材與教學策略、如何擷取與儲存教師的教學經驗及策略與如何分析學生的學習過程資訊，來確實達到良好的知識管理，是極待解決的重要問題。

在過去兩年中，我們定義了物件化教材模型及動態教材建構法，系統可依學習者的學習狀態，給予不同程度的學習教材，而學生的學習紀錄皆會被記錄在學習歷程資料庫中。此外，針對子計畫二、三、四所建立的共有教學資源庫與學生學習歷程資料庫，我們也提出 *Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm* 來進行資料分析。利用模糊資料探勘及機器學習技術，分析出教材關聯性資訊及學習者可能面對的學習障礙，作為老師在教材設計與修正時的參考資訊，以有效減少學生學習時間，並加強學習效果。

在本計畫中，我們延續先前已發展完成的成果，發展出一套電腦輔助學習專家系統，利用規則式專家系統的技術，推論儲存在知識庫中教師的教學策略與教學時的學習地圖，以依據學生的學習狀況提供適當之教材予學生來進行學習；也就是說，每位學生的學習路徑與所學習的教材將依據本身的狀況而不同，以達到適性化的教學目標。而針對在電腦輔助學習專家系統中的知識管理，我們也提出相對應的知識管理機制，包括：知識表達法、知識擷取方法、知識管理器及知識分析器。另外，為了從測驗中診斷學習上的問題，我們除了分析課程架構與測驗診斷的關係之外，亦以此概念為基礎，發展一套交談式概念關係建立輔助系統。透過交談式概念關係建立輔助系統將可有效的協助教師建立概念關係圖，不僅可提昇效率、增加教師參與的意願，更可藉由專家系統即時的分析及比較，增加準確性。未來本計畫將與[網路教學系統平台與內容標準化]與[數位學習國家型科技計畫-前瞻數位學習技術研發]這兩個計畫作延續。

**關鍵詞：**電腦輔助教學系統、XML、知識管理、資料探勘、專家系統

#### Abstract

With the fast growing and globally accepted of e-learning technology, Computer Assisted Learning (CAL) system becomes great importance. The huge amount of teaching materials and teaching strategies in CAL system are called knowledge. How do we manage and access lots of teaching materials and strategies, access and store teaching experiences and strategies, and analyze learning process information of students to achieve a good knowledge management? These problems all need to be solved.

In last two years, we proposed the Object-Oriented Course Model and dynamic teaching material constructing algorithm. Our proposed system can provide learners different teaching materials according to their learning aptitudes. These learning records of students are stored in Historical Learning Record Database. Moreover, we also propose Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm to analyze the relationships between the teaching materials constructed by Subprojects 2, 3 and 4, and learning records. The information can assist teachers in refining the design of teaching materials and providing the supplement materials for learners.

In this project, based on previous research efforts we develop a Computer Assisted Learning Expert System (CAL-ES), which applies rule-based expert system technology to infer the teaching strategies and learning map of knowledge base, and then provide different teaching materials for student to learn according to different learning aptitudes and records. In other words, each student has different learning path and different teaching materials according to the learning aptitudes to achieve the goal of learning individually.

For knowledge management in CAL-ES, we propose the corresponding knowledge management mechanisms, including Knowledge Representation, Knowledge Acquisition, Knowledge Organizer, and Knowledge Miner, to manage content and knowledge. In addition, in order to diagnose study problems from exam, we don't only analyze course structure and examine relationship of diagnosis, but based on these concept we also propose an Interactive Concept Relationship Construction Assisted System. Using this system can assist teachers to construct concept relationship map efficiently, not only increasing efficiency and participant desire, but also increasing accuracy by the real time analysis and compare of

expert system. In the near future, this project will be extended to two projects: [Network Teaching System Platform and Content Normalization] and [National E-Learning Program—Research and Development of Advanced E-Learning Technology] to further studied and developed.

**Keywords:** Computer Assisted Learning System, XML, Knowledge Management, Data Mining, Expert System.

## 二、計畫緣由與目的

近年來由於電腦技術的進步及網路環境的普及化，電腦輔助學習 (Computer-Assisted Learning, CAL) 所扮演的角色也就日益重要，尤其是全球資訊網的盛行，在全球資訊網的環境中，不僅可以進行同步教學及非同步教學，亦可突破距離與時間的限制，進行遠距學習，許多以全球資訊網為基礎的電腦輔助學習系統在近幾年來相繼被提出[1, 2, 5, 6, 13, 20]，將教學內容放到網路上，讓學習者進行學習，並在每一個學習段落結束後，提出相對應的網路學習評量方式[5, 6]，根據評量的結果，提供修正後的教材讓學習者再次的學習。但是，上述的方法所提供的教材，都必須依循既定章節而行，無論學習者是重新學習較差的部分，還是新的學習者，每次都要經歷章節中所有教材的學習。這類因為教材設計及系統是否可以依據學習狀態提供不同教材的問題，這將會使學習者重新學習的效率減弱。

根據上述傳統教學的不足之處，我們在前 2 年中實做了虛擬教室的教學方式，虛擬教室教材的設計不同於以往類似電子書的方式，而是以物件化的教材設計方法，讓同一單元的教材擁有許多不同難度的教學方式，視學習者目前的學習狀況，給予適性化的教材物件[21, 22]；對於每位學習者而言，所有學習歷程將會被紀錄下來，虛擬教室的管理系統會依據學習者目前的學習狀況，取得適合該學習者的單元教材，讓學習者進行學習。由之前對於虛擬教室的實驗結果發現，物件化教材與虛擬教室確實可達到個人化、靈活性、可維護性、交換性與延展性，充分表現出適性化學習環境的特色。

一套網路教學系統其教材資料庫內容的充實與否將是網路教學系統成功或失敗的關鍵因素。然而教材資料庫的製作需耗費相當多的時間與人力，且一個系統就製作一個教材資料庫將導致許多教材內容的重複，既浪費資源也阻礙網路學習環境的發展。因此我們設計出一個良好的學習知識導覽圖，使學生清楚瞭解目前學習成果與未來學習方向，且利用資料擷取與分析技術取得學生與教材間的相關性，建立準確的教材關係與教學指導意見。在教材整合方面，我們以目前國際教材交換之主流協定：ULF (Universal Learning Format) 為基準，修改成符合國內學習教材所需要的格式，並利用在 ULF 與自訂的教材格式中的對應機制，來很輕鬆的使這兩系統的文件相互交流轉換。此外，我們亦提出一套整合性的教材交換機制[32]，使得教材不管是 HTML 或是 XML 格式均能透過此整合交換系統達到教材交換的目的。另外，我們也提出一個二階段模糊資料挖礦與學習演算法 (Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm) [31, 36]，可以讓開課的教師確認教材關係的正確性，也可以讓學生瞭解學習方向的缺失，增加學生學習效果與學習能力。

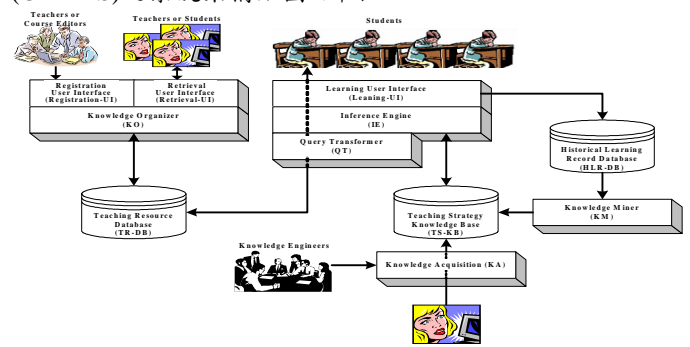
在本計畫中，我們以前2年的研究成果為基礎，提出一套電腦輔助學習專家系統(Computer Assisted Learning Expert System, CAL-ES)[16, 24, 26, 34]，利用規則式專家系統的技術，推論儲存在知識庫中教師的教學策略與教學時的學習地圖，以依據學生的學習狀況提供適當之教材予學生來進行學習；也就是說，每位學生的學習路徑與所學習的教材將依據本身的狀況而不同，以達到適性化的教學目標。而針對在電腦輔助學習專家系統中的知識管理，我們也提出相對應的知識管理機制，包括：知識表達法、知識擷取方法、知識管理器及知識分析器。

在知識表達法中，即是利用先前計畫所發展的物件化教材表示法，來儲存教師的教學策略，並搭配教學本體論，可視為學習地圖，以達到適性化的學習目標。在知識擷取方法中，我們提出兩階段知識擷取，先建構學習地圖，再透過階層式表格法進行教學策略的知識擷取動作，最後建構出整體系統中的教學知識庫。在知識管理器中，建構一個教材目錄管理器 (Course Directory Manager, CDM)[29]，透過如目錄服務的特性，讓教師及學生可以分享網路上的教材，這個教材目錄管理器並有半自動自我調整目錄結構的功能，以節省人力管理資源。最後，在知識分析器中，亦以先前計畫的研究成果，利用所提出的兩階段模糊資料探勘及學習險算法來對學生經學習後，所留下的學習紀錄來進行分析處理，以提供教師集教材編輯者一些教材及學習地圖修改的建議資訊，以進行學習知識庫中相關知識的更新及修正動作。

另外，為了從測驗中診斷學習上的問題，必須就整體課程結構深入探究。在傳統上，課程多作樹狀結構的安排，但這種樹狀結構的安排所表達的除了課程內容之外，對於評估診斷並無助益；所以，我們必須思索能表達更多有利評估診斷活動的架構。因此，在本計畫中，我們除了分析課程架構與測驗診斷的關係之外，亦以此概念為基礎，發展一套交談式概念關係建立輔助系統[15]。由於概念關係的建立相當費時，尤其在一切從零開始的時候，教師的負擔很大，更容易降低其參與的意願；因此，透過交談式概念關係建立輔助系統將可有效的協助教師建立概念關係圖，不僅可提昇效率、增加教師參與的意願，更可藉由專家系統即時的分析及比較，增加準確性。

## 三、結果與討論

本計畫中所提出的電腦輔助學習專家系統 (CAL-ES) 之系統架構如圖1所示。



圖一：CAL-ES系統架構

此系統架構中共有3個使用者介面，包括：

- 1.Registration User Interface(Registration-UI)**：提供教師或教材編輯者能註冊新的教材。
- 2.Retrieval User Interface(Retrieval-UI)**：提供學生或教師從知識管理器(Knowledge Organizer)來擷取所需教材。
- 3.Learning User Interface(Learning-UI)**：提供學生在教師的導引策略下學習教材。有2個資料庫：**教學資源資料庫(TR-DB)**與**歷史學習紀錄資料庫(HLR-DB)**。還有一個知識庫，**教學策略知識庫(TS-KB)**：儲存使用來導引學生學習過程的教學策略。另外，其**知識獲取模組(Knowledge Acquisition Module)**，包含幾個可以從專家處獲得不同知識的演算法。**推論引擎(Inference Engine)**可以推論教學策略與從學生的學習態度結果來找出最適合他們的教學物件。**知識管理器**包含**課程目錄管理器(Course Directory Manager)**，此為網路目錄服務的一種，用來管理網際網路教學資源。**知識挖掘器(Knowledge Miner)**包含2階段式模糊挖掘與學習演算法(Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm)，用來分析學生的歷史學習紀錄與紀錄中的隱含知識。

知識的擷取對於建構一個專家系統而言，是一個重要且困難的問題，特別是對於那些不熟悉專家系統與電腦技術的人。在CAL-ES中的知識擷取技術，需要具有從領域專家處獲得**1.知識**、**2.教學物件建構**與**3.教學策略推論**等，此3種知識的能力。因此我們提出3種相對的演算法：**1.教學物件建構演算法**、**2.兩階段知識擷取演算法**與**3.教學階層建構演算法**來處理此問題。而其中的兩階段知識擷取演算法可以使教師與知識工程師有系統與有效的將他們的教學策略轉換成符合CAL-ES的規則格式(Rule-Format)。以下即為兩階段知識擷取的演算法：

#### Tp-KA Algorithm

**Input:** The teaching domain know-how.

**Output:** The knowledge base containing the learning map and the guiding rules.

#### Phase1

**Step1:** Execute *Constructing Knowledge Hierarchy (CKH) Algorithm* to construct the knowledge hierarchy.

**Step2:** Execute *Hierarchical Repertory Grids Analysis (H-RGA) Algorithm* to construct and fill up the hierarchical repertory grids according to the knowledge hierarchy constructed in Step1.

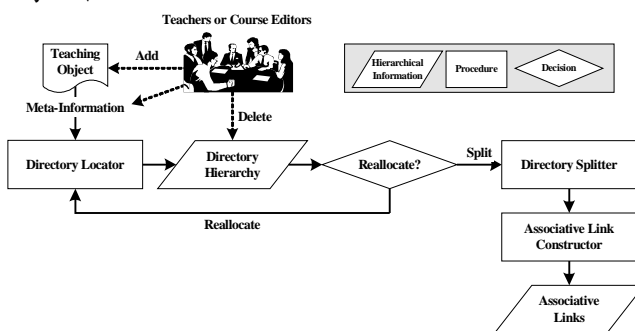
#### Phase2

**Step1:** Execute *Lattice to Tree (L2T) Algorithm* to transform the ontological lattice into ontological tree.

**Step2:** Execute *Embedded Meaning Capturing and Uncertainty Deciding (EMCUD) Algorithm* to extract guiding rules from the hierarchical repertory grids.

**Step3:** Store the ontological tree and the meaning-embedded rules into knowledge base of CAL-ES.

而在知識管理器中的CDM，為了能夠管理不同的目的教學物件，共包含有3個管理演算法：**1.Directory Locator Algorithm**、**2.Directory Splitter Algorithm**與**Associative Link Algorithm**，來達到有效的資源管理。圖二為CDM的流程圖而其演算法亦參考如下。



圖二：CDM流程圖

#### Course Directory Manager Algorithm :

**Input:** Insert a new teaching object or delete a teaching object.

The threshold,  $\theta_{Reallocate}$  /\* Use to decide whether to reallocate the existing teaching objects or split the directory \*/

**Output:** The modified DS, DI and CS document.

**Step1:** Call *DLAlg(Added Teaching Object and its meta-information)* to locate proper directory for each new teaching object.

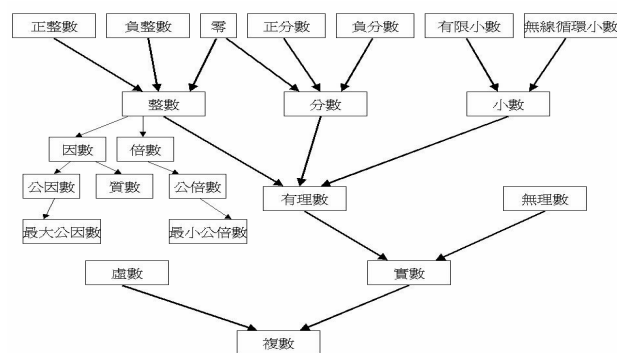
**Step2:** If the number of teaching objects stored in this located directory is greater than  $\theta_{Reallocate}$ ,

**Then** call *DSAlg(Located Directory)* to split the located directory into some new directories, and call *ALCAI(Newly Created Directories)* to construct the associative links, if possible.

**Step3:** After deleting the useless teaching objects, If the number of teaching objects stored in some directory is smaller than  $\theta_{Reallocate}$ ,

**Then** delete the directory, treat the remaining teaching objects as the new teaching objects, and go to **Step1**.

**Step4:** Stop.



圖三：概念繼承關係圖

而在本計畫另一個所提出的交談式概念關係建立輔助系統方面，我們運用繼承關係的觀念，首先去除章、節等上層架構，留下概念部分，將課程結構重新組織整理，找出各概念之間的相互關聯



性，包括概念內涵與先後次序關係，建構“概念繼承關係圖”(圖3)。運用概念繼承關係圖，教學系統可以在學生接受測驗之後，分析其作答情形，將錯誤部分與關係比對，最後追溯到真正的學習障礙[13][23]。然而概念繼承關係圖的建立不僅困難且費時，往往降低教師參與的意願；因此，我們嘗試將依據學生測驗資料及試題關聯資料來進行概念關聯分析[14]，進而提出一套自動化演算法來自動產生概念關係圖。

相關名詞定義如下：

- $E_{max}$  錯誤人數最多之題目集合
- $N$  當次測驗學生人數
- $N_{max}$  最多人答錯之題目的人數
- $I_{max}$  目前最多人答錯之題目的人數
- $Q_i$  第  $i$  個題目
- $C_j$  第  $j$  個主題
- $N_{Q_i}$  答錯  $Q_i$  的人數
- $RC_{Q_i}=\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_k\}$  與  $Q_i$  相關的主題
- $ES_{Q_i}=\{Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q\}$  答錯  $Q_i$  的人還答錯那些題目
- $S(C_j, Q_i)$   $C_j$  對  $Q_i$  的相關程度
- $R(C_i, C_j)$  系統內部  $C_i$  對  $C_j$  記錄的關係值
- $R(C_i, C_j)_{new}$   $C_i$  對  $C_j$  的新測驗關係值
- $n_1$  原先累計測驗題數
- $n_2$  新增測驗題數

另外有兩個重要參數，是調整系統表現的指標：

**support:** 為一判斷值。當  $N_{Q_i}/N \geq support$  時，則表示  $Q_i$  對概念關係圖中，某些概念間的關係有一定的影響呈度，故可根據  $Q_i$ ，求出概念間的關係；反之，則對要產生的概念關係圖較沒有影響力，無法根據  $Q_i$ ，求出概念間的關係。此 support 值是由教師自行設定，不同的 support 值，會求出不同的概念關係圖。

**belief:** 為一判斷值。當所求出來概念與概念間的新關係  $> belief$  時，表示此新關係在概念關係圖的產生有影響力，故將此關係保留；反之，則將此關係刪除。Belief 也是由教師自行設定，不同的 belief 值，會產生出不同的概念關係圖。

其演算法如下。

```

step 1: 找出答錯人數最多之 題目集合  $E_{max} = \{Q_{e1}, Q_{e2}, \dots, Q_{em}\}$ 
step 2:  $N_{max} = N_{Q_i}$  for  $Q_i \in E_{max}$  // 找出最多人答錯題目之 人數 * //
step 3: while ( $N_{max} / N \geq support$ )
{
  for ( $i = 1; i \leq m; i++$ )
  {
    依  $Q_{ei}$  找到  $RC_{Q_{ei}}$  // 與  $Q_{ei}$  相關概念之集合 * //
    依  $Q_{ei}$  找出  $ES_{Q_{ei}}$  // 答錯  $Q_{ei}$  的人所答錯其他題目之 集合 * //
    while ( $ES_{Q_{ei}} \neq \Phi$ )
    {
       $\exists Q_j \in ES_{Q_{ei}}$ 
      依  $Q_j$  找到  $RC_{Q_j}$  // 與  $Q_j$  相關概念之集合 * //
       $\forall C_k \in RC_{Q_{ei}}$ 
       $\forall C_l \in RC_{Q_j}$ 
       $C_i$  對  $C_k$  的關係  $R(C_i, C_k)_{new} = \frac{N_{Q_{ei}} * S(C_l, Q_j) * S(C_k, Q_{ei})}{S(C_l, Q_j) * N_{max}}$ 
      if ( $R(C_l, C_k)_{new} > belief$ ) then
         $R(C_l, C_k) = \frac{n_1 * R(C_l, C_k) + n_2 * R(C_l, C_k)_{new}}{n_1 + n_2}$  (式 2.1)
       $ES_{Q_{ei}} = ES_{Q_{ei}} - \{Q_j\}$ 
    }
  }
  去掉目前集合  $E_{max}$  的考試資料
  重新決定  $E_{max} = \{Q_{e1}, Q_{e2}, \dots, Q_{em}\}$ 
}

```

#### 四、計畫成果自評

在本計畫中，我們完成一套電腦輔助學習專家系統(Computer Assisted Learning Expert System, CAL-ES)，利用規則式專家系統的技術，推論儲存在知識庫中教師的教學策略與教學時的學習地圖，以依據學生的學習狀況提供適當之教材予學生來進行學習；此外，更對課程架構與測驗診斷的關係加以分析，並依此概念完成一套交談式概念關係建立輔助系統。來有效的協助教師建立概念關係圖。同時我們發表了4篇相關的論文[16, 26, 32, 36]，分別發表於 *Int'l Journal of Computer Processing of Oriental Language'02*、*Int'l Journal of Expert Systems with Applications'02*、*Journal of Applied Intelligence'02* 與資訊與教育雜誌，一篇博士論文[24]，並有3篇論文[15, 29, 34]分別投稿於 GCCCE、*Int'l Journal of Information Science*、與 *IEEE Transaction on Education*。

透過教材轉換系統，並配合子計畫二、三、四建立之教學資源庫系統可讓整個數學虛擬學習館的學習資源更為充實，加上本子計畫已發展完成的電腦輔助學習專家系統與交談式概念關係建立輔助系統，可以讓老師更加輕鬆的因材施教，也可讓學生在學習歷程中，自動建立學習模式，改進學生學習的缺失，創造出智慧型適性化的學習環境。

#### 五、參考文獻

- [1] S. M. Alessi and S. R. Trollip, "Computer-based instruction: Methods and development (2<sup>nd</sup>)," Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1991.
- [2] P. Antal, "Animated explanations using adaptive student models," Proc. of INES'97, pp. 573-576, 1997.
- [3] J. B. Black and R. O. McClintock, "An interpretation construction approach to constructivist design, in B. Wilson(ed), Constructivist learning environments," Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- [4] T. Bray, J. Paoli, and C. M. Sperberg-McQueen, "Extensible Markup Language (XML) 1.0," World Wide Web Consortium (W3C), Feb. 1998, <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>
- [5] J. O. Campbell, "Evaluating costs and benefits of distributed learning," Proc. of 27th Annual Conference.
- [6] C. Chou, "A computer logging method for collecting use-reported inputs during formative evaluation of computer network-assisted distance learning," Proc. of ED-Media'96 Conference.
- [7] J. Clark and S. Deach, "Extensible StyleSheet Language (XSL) Version 1.0," World Wide Web Consortium (W3C), Dec. 1998, <http://www.w3.org/TR/1998/WD-xsl-19981216>.
- [8] C. S. Chen, J. L. Liu, and S. S. Tseng, "Design and implementation of a Chinese Web-mail System," Proc. of ICCE'00, Taipei, Taiwan, R.O.C., 2000.
- [9] M. J. Chen, E. Sheu, S. S. Tseng, and C. J. Tsai, "E.NCTU, An E-Campus," Proc. of GCCCE/ICCAI'01, pp. 1117-1122, Taiwan, R.O.C., 2001.
- [10] J. R. Cheng, S. S. Tseng, C. J. Tsai, and G. H. Su, "A Study of Document Management in Web Directory Service," Proc. of 兩岸三地交通大學研討會, Beijing, China, Sep., 2001.
- [11] T. M. Duffy and D. H. Jonassen, "Constructivism and the technology of instruction," Hillsdale, NJ: LEA.
- [12] R. P. Essenius and C. Wissenburgh, "Adaptive computer-based training in electronic engineering," Proc. of

- MCMC '97, pp. 73-82.
- [13] G. J. Hwang, "A tutoring strategy supporting system for distance learning on computer networks," *IEEE Transactions on Education*, Vol. 41, No. 4, pp. 343-343, 1998.
- [14] C.L. Hsiao and G.J. Hwang, "A Concept Map Constructing Algorithm for Supporting Learning Diagnosis on Computer Networks", The 4<sup>th</sup> Global Chinese Conference on Computers in Education, Singapore, May 29-31, 2000.
- [15] C.L. Hsiao, G.J. Hwang, and C.R. Tseng, "An Interactive Concept Relationship Construction Assisted System for Learning Diagnosis", submitted to Global Chinese Conference on Computers in Education.
- [16] Y. T. Lin, S. S. Tseng, and C. J. Tsai, "The Design and Implementation of Computer-Assisted Learning Expert System," *Int'l Journal of Computer Processing of Oriental Languages*, June, 2002.
- [17] R. D. Owston, "The world wide web: A technology to enhance teaching and learning?" *Educational Researcher*, Vol. 26, No. 2, pp. 27-33.
- [18] J. C. Principe, N. Euliano, and C. Lefebvre, "An interactive learning environment for adaptive systems instruction", *Proc. of the 1998 IEEE Int'l Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol. 3, pp. 1901-1904, 1998.
- [19] C. Srisethanil and N. Baker, "ITS-Engineering: providing adaptive teaching in the engineering tutor." *Proc. of Frontiers in Education Conference*, Vol. 1, pp. 22-26, 1995.
- [20] C. T. Sun and C. Chou, "Experiencing CORAL: design and implementation of distance cooperative learning," *IEEE Transactions on Education*, Vol. 39, No. 3, pp. 357-366, 1996.
- [21] G. H. Su, S. S. Tseng, C. J. Tsai, and J. R. Zheng, "Building an object-oriented and individualized learning Environment on the WWW," *Proc. of ICCE'99*, pp. 728-735, Chiba, Japan, 1999.
- [22] G. H. Su, S. S. Tseng, C. J. Tsai, and J. R. Zheng, "Implementation of An Object-Oriented Learning Environment Based on XML," to appear in *Proc. of ICCE'00*, Taipei, Taiwan, R.O.C, 2000.
- [23] Ho-Wai Tsang, Ling-Man Hung, Sin-Chun Ng, "A Multimedia Distance Learning System on the Internet", IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, October 12-15, 1999.
- [24] C.J. Tsai, A Study of Knowledge Management for Computer-Assisted Learning Expert System, Ph. D thesis, Department of Computer and Information Science, National Chiao Tung University, Taiwan, ROC, June 2002.
- [25] C. J. Tsai and S. S. Tseng, "結構化教學資源庫的設計與實作," *遠距教育季刊*, 第 10 期, pp. 7-13, 1999.
- [26] C. J. Tsai and S. S. Tseng, "Building A CAL Expert System Based Upon Two-phase Knowledge Acquisition," *Expert Systems with Applications: An Int'l Journal*, Vol. 22, No. 3, pp. 235-248, 2002.
- [27] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and G. H. Su, "Design of an object-oriented and rule-based virtual school," *Proc. of GCCCE'00*, pp. 320-327, Singapore, 2000.
- [28] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and G. H. Su, "虛擬教室的設計與實作," *遠距教育季刊*, 第 15/16 期, pp. 16-25, 2000.
- [29] C. J. Tsai, S. S. Tseng, J. R. Cheng, and C. T. Chen, "CDM: A Course Directory Manager on e-Learning Systems," submitted to *Information Science: An Int'l Journal*.
- [30] C. J. Tsai, S. S. Tseng, C. T. Chen, H. L. Hsu, and J. R. Cheng, "Design of An Object-Oriented Teaching Material Authoring System," *Proc. of GCCCE/ICCA'01*, pp. 1008-1015, Taiwan, R.O.C., 2001.
- [31] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and C. Y. Lin, "A Two-phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm for Adaptive Learning Environment," *Proc. of ICCS'01 (LNCS)*, Part II, pp. 429-438, San Francisco, USA, 2001.
- [32] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and C. Y. Lin, "中文 e-Learning 共享教材元件標準之規範," submitted to *資訊與教育雜誌*, June, 2002.
- [33] C. J. Tsai and S. S. Tseng, "Building A CAL Expert System Based upon Two-phase Knowledge Acquisition," submitted to *Expert System with Application*.
- [34] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and G. H. Su, "Design and implementation of an intelligent, adaptive learning system: based on object-oriented technology," submitted to *IEEE Transaction on Education*.(Under Revision)
- [25] D. J. Weiss and G. G. Kingsburg, "Application of computerized adaptive testing to educational problems," *Journal of Educational Measurement*, Vol. 21, pp. 361-375, 1984.
- [36] C. H. Wang, C. J. Tsai, T. P. Hong, and S. S. Tseng, "Fuzzy Inductive Learning Strategies," appear to *Journal of Applied Intelligence*.
- [37] P. T. Yu and C. W. Shyi, "Intelligent computer-assisted learning system: A mental-model approach," Project Report of National Science of ROC, NSC 85-2511-S-194-005, 1999.