

行政院國家科學委員會補助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虛擬中學數學學習館之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC89 - 2511 - S - 009 - 023 -

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：曾憲雄教授

共同主持人：黃國禎教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學資訊科學系

中 華 民 國 90 年 10 月 15 日

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虛擬中學數學學習館之研究

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

計畫編號：NSC 89-2511-S-009-023

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 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, 鄭靜如, 蔡奇峰

國立交通大學資訊科學系

一、中文摘要

由於網際網路的興盛，以全球資訊網為教學環境的電腦輔助學習系統已是多元化學習中不可或缺的一環。然而網路教材資源分散各地，加上教材格式難以統一，造成資源搜尋不易與資料整合與分享的困難。本計畫以 XML 為基礎，定義出教材交換格式與機制，並設計教材收集與交換平台，以有效地整合網路教材資源，並達到電腦輔助學習中，教材知識管理的目標。

另外，在過去兩年我們定義了物件化教材模型及動態教材建構方法，系統可依據學習者的學習狀態，給予不同程度的學習教材，在每個階段的學習之後，將會進行隨堂測驗，以了解學生對此份教材的理解程度，而這些學習紀錄皆會被記錄在學習歷程資料庫中。在本計畫中，我們提出 *Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm*，主要針對子計畫二、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，提供老師作為教材設計與修正時的參考資訊，並給予適合的補救學習教材，引導學生進行補救學習，可有效減少學生學習時間，並加強學習效果。

在系統研發方面，目前已完成學習知識導覽圖雛形系統的建置，學習者可得知目前的學習狀況與未來學習方向，以掌握整體學習進度並瞭解學習程度。在教材資源庫方面，為整合網路上的教材資源，目前已完成教材交換雛形系統，此系統可提供 XML 物件化教材的交換平台，亦提供 HTML 教材轉 XML 教材的轉換代理程式，或是 HTML 對 HTML 的教材交換格式，讓教材管理者無須耗費時間更改教材格式，就能完成教材的收集與交換。

未來本計畫將朝向教學知識庫平台與教材與教學知識交換平台兩個主要方向進行。

關鍵詞：電腦輔助教學系統、XML、知識管理、資料探勘、機器學習

Abstract

As Internet becomes more popular over the world, the web-based Computer-Assisted Learning (CAL) systems are becoming increasingly important. Although lots of teaching resources can be accessed on Internet, their formats are usually different. It becomes difficult to share the teaching resources among teachers. In this report, based on XML, we define the teaching materials exchanging format and mechanism, and design the teaching materials exchanging platform. Therefore, the effective knowledge management and sharing of teaching resources can be achieved.

In last two years, we proposed the Object-Oriented Course Model (OOCM) and dynamic teaching material constructing algorithm, Individualized Course Construction Algorithm (ICCAI) and Course Framework Revision Algorithm (CFRAI). Moreover, we proposed Intelligent, Adaptive Learning System (IALS), which can provide learners different teaching materials in accordance with their learning aptitudes. After learning some teaching materials, learners need to take the quizzes to evaluate their learning performance. These learning records are stored in Historical Learning Record Database. In this project, we 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.

The prototype of learning map and teaching materials exchanging platform has been accomplished. Learners can know the learning states through learning map. Teaching materials over Internet can be exchanged and shared through the teaching materials exchanging platform, which provide XML-to-XML, HTML-to-XML, and HTML-to-HTML teaching materials exchanging mechanism. In future, teaching knowledge base and teaching materials and teaching knowledge exchanging platform will be further studied and developed.

Keywords: Adaptive Learning, Web-based Learning Environment, XML, Data Mining, Knowledge Management.

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, 17]，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，我們在去年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[18, 19]；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。因此在本計畫中我們將針對教材資源庫來做更廣大的擴充。以往一套網路教學系統就必須自行建構教學教材資料庫，也就是透過老師或教材編輯者自行將適合的教材編輯上網[23]，而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，因此努力充實教材資料庫已變成各個網路教學系統致力的目標。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，不僅浪費資源也阻礙網路學習環境的發展。因此對於網路學習環境，我們應當分割成系統與教材內容兩部分，學習系統可提供使用者適性化學習環境、智慧型診斷與輔助學習等等，教材內容可提供學習者充分的學習資源，加速學習者的學習成果。將系統與內容兩個部分分開執行可避免學習系統的製作過程必須兼具技術、美編、統籌與作業人員，造成系統的實做過程太過冗長。由於教學系統的實做相較於教材內容的製作在時程上所需花費的時間比較少，而且移植性比較高，因此目前所遇到的困難是如何整合現有的網路教材資源，讓教材製作者可以分享自己的教材內容，也可以取得別人的教材資訊，縮短製作教材所需要花費的時間，也避免重複教材製作的浪費。

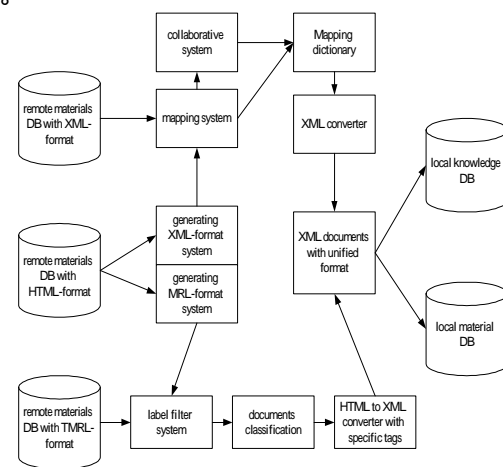
本子計畫主要是以資源重整與分享的概念實做教材資源庫的整合，並設計出良好的學習知識導覽圖，使學生清楚瞭解目前學習成果與未來學習方向，且利用資料擷取與分析技術取得學生與教材間的相關性，建立準確的教材關係與教學指導意見。在教材整合中，為使教材交換機制能符合國際潮流，突破空間上的限制，又能符合本土教材的特色與需求，我們參考了目前國際上教材交換的主流協定，稱為 ULF（Universal Learning Format），並實際修改成國內學習教材所需要的格式，在 ULF 與我們自訂的教材格式中將會有一個對應機制，此對

應機制可以很輕鬆的使這兩系統的文件相互交流。然而 ULF 是採用 XML 技術，也就是所交換的教材必須先轉成 XML 格式後才能進行交換的動作，這對以 HTML 格式為主教材資源庫來說，要將所有教材內容轉成 XML 格式無疑是一項很大的負擔。因此本子計畫中我們將提出一套整合性的教材交換機制，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。

當學生在系統的學習過程中，學習知識導覽圖可方便點出學生目前學習進度，且說明未來學習方向，此學習知識導覽圖將可幫助學生充分掌握自我的學習狀況。學生在系統的學習的任一歷程，均會記錄在學習資料庫中，在本子計畫中我們也提出一個二階層模糊資料挖礦與學習演算法（Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm）[24]，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。

三、結果與討論

本計畫所提出的整合性教材交換系統（Material Exchangeable System）的架構圖，如圖一。



圖一：整合性教材交換系統

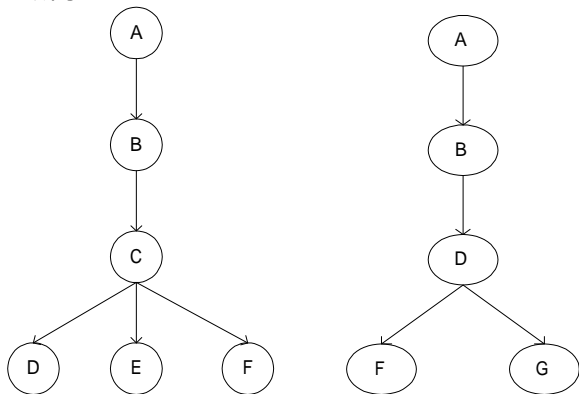
如上圖所示，我們將教材庫分成三大類，分別是 HTML 格式教材庫、XML 格式教材庫、以及 Label 格式教材庫。

若要與 XML 格式的教材庫進行資料交換，一開始每個教材庫都會有自己專屬的教材 DTD，因此在做教材交換時必須先取得彼此的教材 DTD 資訊，然後透過 Mapping System 將對方的 DTD 資訊與自己的 DTD 資訊作一個對應，並將對應後的資訊存放在 Mapping dictionary 中。然而由於每個教材管理員對於 DTD 中 tag 定義的見解並不相同，因此可能產生相同的 tag 卻有不同的意義，甚至是所定義的 tag 資訊根本沒有意義，在這種情況下，就必須藉由合作式仲裁系統告知教材管理員 DTD tag 衝突的資訊，且給予解決方式的建議，並將協議後的結果存入 Mapping dictionary 中。利用此機制，我們可以得到一個有彈性且完整的教材 DTD，讓以後在做資料交流時能更方便且精確。最後，我們可以利用此 Mapping Dictionary 將接收到的 XML 教材，透過 XML converter，將與系統不相容的 DTD tag，轉換成自己專屬標籤的 XML 教材，並將 XML 教材裡的相關資訊（如教材是哪個網站所提供，提供什麼教材，教材間關係，教材難易度等等）放入知識資料庫中，將相關教材放入教材資料庫中。

若要與 Label 格式的教材庫進行資料交換，則當遠端教材傳到本地 (local) 端時，我們可以先依照 Label 的標示進行教材文件的分類，然後透過 HTML to XML converter 將 HTML 文件轉換成 XML 文件，此 XML 文件所使用的 Tags 是我們已制訂好的標籤，避免不一致的性質產生。最後，我們將裡面的相關資訊放入知識資料庫中，將相關教材放入教材資料庫中。

若要與 HTML 格式的教材庫進行資料交換，則由於 HTML 文件所屬的標籤並沒有實質上的意義 (Physical meaning)，因此在交換之前應先把教材文件轉換成具有意義的格式，讓程式理解此份教材的內容是什麼，有哪些教材資訊等。在此，我們提供教材管理員兩種解決的方式，一種是根據我們制訂好的教材輸入介面 (Generating XML-format system)，將 HTML 文件轉換成 XML 格式，另一種是可以讓教材管理員無須更動到原本 HTML 教材內容，只需要使用標籤產生器 (Generating Label-format system) 就可以得到這份教材文件的相關標籤，然後將此標籤放入教材文件的 meta-data 中，就完成了教材交換的初步動作。若將教材轉換成 XML 格式，則透過 Mapping dictionary 與 collaborative System 的系統，將教材分別放入知識資料庫中與教材資料庫中。若將教材轉換成 Label 格式，則透過 Documents classification 與 HTML-to-XML converter 系統，將教材分別放入知識資料庫中與教材資料庫中。

當學生在學習過程中，可利用學習知識導覽圖清楚知道目前學習進度與未來學習方向，此學習知識導覽圖是一個動態的學習生成樹，一每個學生學習能力的不同，就會有不同的學習生成樹，如圖二所示：

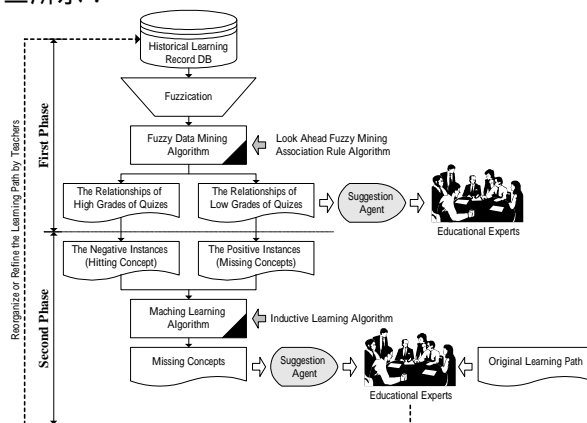


圖二：學習生成樹範例

上圖中左邊學生的學習生成樹與右邊學生的學習生成樹不同，原因是右邊學生的學習能力較強，因此系統對右邊的學生跳過一些無謂的學習，而讓左邊的學生多做一些觀念的學習。對左邊學生而言，A、B、C 代表左邊學生學習過的教材，而 D、E、F 為左邊學生未來可選擇學習的教材。對右邊學生而言，A、B、D 代表右邊學生學習過的教材，而 F、G 為右邊學生未來可選擇學習的教材。

當學生的學習歷程資料放入資料庫時，利用二階層模糊資料挖礦與學習演算法 (Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm) [24]，可以驗證教材關係的正確性與瞭解學生學習的缺失。此演算法第一階段利用 Look Ahead Fuzzy Mining Association Rule Algorithm (LFMA/g) 計算出教材之間的關聯性，瞭解教材關係的正確性，並利用所得的結果當作第二層的輸入。在第二層中使用 AQR

演算法可以得出學生學習的缺失，可引導學生正確的學習路徑，並對學生未能理解的概念給予事後的補強。二階層模糊資料挖礦與學習系統架構圖如圖三所示：



圖三：Two-Phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm

Look Ahead Fuzzy Mining Association Rule Algorithm

Input: The learning records of students from Historical Learning Record Database.

The minimum support threshold r_l in the 1-large itemset, L_l .

The minimum confidence threshold λ .

Output: The fuzzy association rules of learning records of students.

STEP1: Transform the grades of each quiz into fuzzy value, $f_{ij}(k)$, for all students according to the fuzzy membership function.

STEP2: $C_l = \{ F_{ij} / F_{ij} = \sum_{k=1}^n f_{ij}(k) \}$, and $\} = 1$

STEP3: $L_l = \{ x / support(x) \geq r_l, \text{ for } x \in C_l \}$

STEP4: $r_{l+1} = \max(\frac{r_l}{2}, r_l - \frac{r_l}{c} * c)$, where c is a constant.

STEP5: $NPLS_l = \{ x / support(x) \geq r_{l+1}, \text{ for } x \in C_l \}$

STEP6: If $NPLS_l$ is null, then stop the mining process and go to **STEP8**, else generate the $(l+1)$ -candidate set, C_{l+1} , from $NPLS_l$.

STEP7: $\} = \} + 1$ and go to **STEP3**.

STEP8: Determine the association rules according to the given λ and all large itemsets.

AQR Algorithm

Input: The set of positive instances and the set of negative instances.

Output: The information of missing concepts.

SETP1: Let POS be a set of positive instances and let NEG be a set of negative instances.

SETP2: Let $COVER$ be the empty cover.

SETP3: While $COVER$ does not cover all instances in POS , process the following steps. Otherwise, stop the procedure and return $COVER$.

SETP4: Select a $SEED$, i.e., a positive instance not covered by $COVER$.

SETP5: Call procedure $GENSTAR$ to generate a set $STAR$, which is a set of complex that covers $SEED$ but that covers no instances in NEG .

SETP6: Let $BEST$ be the best complex in $STAR$ according to the user-defined criteria.

SETP7: Add $BEST$ as an extra disjunction of $COVER$.

GENSTAR procedure

- SETP1:** Let *STAR* be the set containing the empty complex.
- SETP2:** While any complex in *STAR* covers some negative instances in *NEG*, process the following steps. Otherwise, stop the procedure and return *STAR*.
- SETP3:** Select a negative instance E_{neg} covered by a complex in *STAR*
- SETP4:** Specialize complexes in *STAR* to exclude E_{neg} by:
Let *EXTENSION* be all selectors that cover *SEED*, but not E_{neg} .
Let *STAR* be the set $\{x \cap y \mid x \in STAR, y \in EXTENSION\}$
- SETP5:** Repeat this step until sizes of *STAR* \leq max-star (a user-defined maximum). Remove the worst complex from *STAR*.

四、計畫成果自評

在本計畫中，我們完成整合性教材交換系統建置，讓網路上的每一份教材均能得到充分的利用，達到教材資源共享的目標，並利用學習知識導覽圖清楚表示出學生學習進度與未來學習方向。且同時我們發表了五篇相關的論文[8, 9, 10, 23, 24]，分別發表於ICCE'00、GCCCE/ICCAI'01，兩岸三地交通大學研討會及ICCS'01 (LNCS)會議中，並有一篇論文[25]投稿於Expert System with Application。

透過已建立好的整合性教材交換雛形系統，並配合子計畫二、三、四建立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，加上本子計畫的二階層模糊資料挖礦與學習資訊分析系統，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 (2nd)," 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] R. D. Owston, "The world wide web: A technology to enhance teaching and learning?" Educational Researcher, Vol. 26, No. 2, pp. 27-33.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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/ICCAI'01, pp. 1008-1015, Taiwan, R.O.C., 2001.
- [24] C. J. Tsai, S. S. Tseng, and C. Y. Lin, "A Two-phase Fuzzy Mining and Learning Algorithm for Adaptive Learning Environment," Proc. of ICSS'01 (LNCS), Part II, pp. 429-438, San Francisco, USA, 2001.
- [25] C. J. Tsai and S. S. Tseng, "Building A CAL Expert System Based upon Two-phase Knowledge Acquisition," submitted to Expert System with Application.
- [26] 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.
- [27] 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.