

具自動出題與診斷能力的實體關係模型轉換關聯表教學輔助系統

邱瑞山 蘇桓沂
大葉大學資訊工程系
jschiu@mail.dyu.edu.tw

摘要

資料庫課程為資訊相關科系的重要課程之一。關聯式資料庫是目前最廣為使用的資料庫類型，而實體關係模型也是在概念設計階段常用的模型。學生學習如何設計資料庫，除了須學會設計實體關係模型外，也要學會將實體關係模型正確的轉換為關聯式資料庫。本研究設計的實體關係模型轉換關聯式資料模型教學輔助系統具有下列的功能：(1)自動產生各種不同組合的實體關係模型，並繪製成實體關係圖，供學生練習；(2)自動產生解答；(3)自動判斷學生作答的結果是否正確，並給予適當的指引訊息，以協助學生完成作答；(4)動態展示逐步轉換教學；(5)記錄學習歷程，除了分析學生常犯錯誤，也顯示學生的學習成就。教師可以指定學生使用教學輔助系統完成課後作業，提昇學習成效。

關鍵詞：實體關係模型、關聯式資料模型、資料庫、智慧型教學系統、自動出題、自動診斷

Abstract

The database course is one of the important courses in computer-related fields. The relational database is currently the most widely used type of database. The entity-relationship model (ER model) is commonly used in the conceptual design phase. Students learn how to design a database, apart from having to learn to design ER model, they need also to learn to map an ER model into a relational database correctly. In this research, a tutoring system is implemented with the following features: (1) automatically generates a variety of different combinations of ER model which will be drawn as entity-relationship diagrams for students to practice; (2) automatically generates answers; (3) automatically determines whether the answers are correct or not and gives proper guidance messages to help students complete exercises; (4) dynamically shows the problem solving process step-by-step; (5) records learning portfolios for analyzing the common mistakes students make and demonstrating accomplishments. Teachers can request students to complete homework by using the system in order to enhance learning.

Keywords: Entity Relationship Model, Relational Data Model, Database, Intelligent Tutoring System, Automatic Item Generation, Automatic Diagnosis

1. 前言

資料庫普遍應用於各行各業的資訊系統中。資料庫課程為資訊相關科系的重要課程之一。資料庫課程主要內容包括：概念設計(Conceptual Design)，邏輯設計(Logical Design)，實體設計(Physical Design)，以及資料庫語言 SQL 等主題。其中，概念設計以介紹實體關係模型(Entity-Relationship Model)為主，邏輯設計包含關聯式資料模型(Relational Data Model)，實體關係模型對關聯式資料模型的轉換方法，以及正規化(Normalization)等[1]。關聯式資料庫是目前最廣為使用的資料庫類型，而實體關係模型也是在概念設計階段常用的模型。學生學習如何設計資料庫，除了須學會設計實體關係模型外，也要學會將實體關係模型正確的轉換為關聯式資料庫。這些課程主題不但需要理解其概念，更需要實作練習，才能深入了解其意涵，進而融會貫通。

隨著高等教育的日益普及，學校所招收的學生的素質越見參差不齊。在學習的過程中有些學生得心應手，而有些學生則會出現困難。學習成效不佳的原因，有些是由於學生本身的資質較差，需要花較多的時間才能學會；而有些則是學習意願較低，旁鶩太多，花太少的時間在學習上。前者需要有老師或同學提供適時的幫助，後者需要有人督促與激勵。

以往學生修習資料庫課程之所以會感到所需理解的概念太過抽象而難以理解，除了缺乏抽象思考與邏輯推理能力外，往往是因為缺乏實作練習所導致的。如果要強化實作練習，必須有足夠多的題目可供練習，且學生自我練習遇到困難或錯誤時，需有即時且適當的指引來幫助學生解題。而要達到這樣的需求，其所需付出的時間與心力，並不是任課教師所能負荷的。

智慧型教學系統(Intelligent Tutoring System, ITS)，能夠針對課程各項主題，提供多樣化的實作題目供學生練習，且學生在解題時，能判斷其作答是否正確，並能針對其所犯的錯誤，提出適當的指引以幫助學生繼續作答。這樣一個全年無休的自動化系統，對於提昇學生的學習成效及減輕任課教師的負擔將有莫大的幫助。

不過，即使有了ITS的輔助，如果學生不去使用，也是枉然。陳金奇[2]利用問卷方式調查我國的公務員使用數位學習系統的情況，調查結果顯示被

動學習占了 50.8%，主動學習占 39.6%，應付了事的人占了 9.3%。數位學習在沒有人監督的情況之下，認真主動使用的人數約只占了 40%。因此如何讓學習者持續的使用數位學習系統是目前主要的瓶頸之一。

解決之道其一是將 ITS 與作業結合，而 ITS 必須能自動產生多樣化的作業題目。其二是推動同儕學習(Peer Learning)。每位學生對於每門課的理解程度不一樣，理解程度較好的學生可以協助帶領理解程度較差的學生學習，相對的也可減少教師在教學上的負擔。

根據美國國家訓練實驗室(National Training Laboratories)之學習金字塔(Learning Pyramid)，學生在2週以後還記得的學習內容，會因為不同的學習方式而有很大的差異，如圖 1所示。光是聽教師用講述的方式，2週以後記得的內容只剩5%，因為這是最被動的學習方式，學生的參與度最低。如果用範例展示的方式，可記得30%，群組討論可達50%。但如果能動手練習則可達75%，教別人則可達90%。

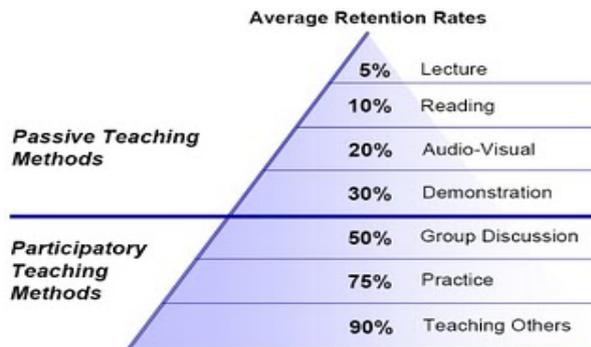


圖1 學習金字塔 (取自 National Training Laboratories, Bethel, Maine)

本研究開發的擴充實體關係模型轉換關聯式資料模型學習輔助系統(Extended Entity Relationship Model to Relational Model Mapping Tutor)具有下列的功能：(1)自動產生各種不同組合的實體關係模型，並繪製成實體關係圖，供學生練習；(2)自動產生解答；(3)自動判斷學生作答的結果是否正確，並給予適當的指引訊息，以協助學生完成作答；(4)動態展示逐步轉換教學；(5)記錄學習歷程，除了分析學生常犯錯誤，也顯示學生的學習成就。學生可利用此一系統來自學，教師也可利用此系統來進行範例動態展示教學，並指定學生使用此系統完成課後作業。

此外，我們結合社群網站與教學輔助系統，透過任務合作的機制，來促進學生之間的互動，發展同儕學習，同時賦予成就動機，強化教學輔助系統的使用，以提昇學習成效[3]。為了促使學生相互學習，我們將課後作業轉換成任務的形式，學生要完成任務，除了必須使用教學輔助系統完成指定的練習外，也必須相互邀請同學一起來完成練習。透過相互邀請，相互幫忙的方式，期望能發揮相互教學與相互督促的作用。透過任務的獎勵，來增強學習的動力與成就感。藉由定期的任務來強化教學輔助

系統的使用與持續的學習。希望藉此能全面的提昇學生的學習效能。

2. 相關文獻

布魯姆分類法(Bloom's Taxonomy)將認知領域區分為六個層級[4]，包括(1)知識層級(Knowledge Level)，(2)理解層級(Comprehension Level)，(3)應用層級(Application Level)，(4)分析層級(Analysis Level)，(5)綜合層級(Synthesis Level)，(6)評鑑層級(Evaluation Level)等。層級越高表示學習的效果越好。資料庫課程的目標是要讓學生有能力設計、運用及管理資料庫，也就是要達到應用層級以上，而要達到這樣的目標，學生須做足夠多的練習。

Keller[5]提出教學設計應把握ARCS四個要素，分別為注意(Attention)、相關(Relevance)、信心(Confidence)以及滿足(Satisfaction)。Carroll[6]提出影響學習模式(Model of School Learning)，認為學習成就與所做的努力，以及所需的時間密切相關。資質較差的學生，其學習所需的時間較多，需格外的努力才能學好。而現今被動學習的學生居多數，因此要提昇學習的成效，須有辦法讓學生願意花足夠多的時間在學習上，不但能學得會，且能從中得到成就感。

教學輔助系統已發展多時，許多的學者在研究如何讓學生使用教學輔助系統更有效率。智慧型教學系統(ITS)在學生練習解題時，不需人為介入，即能提供有效的指導或回饋[7]。ITS具體實現了從做中學的理論。從1990年後，ITS有日益普及的趨勢。

紐西蘭Canterbury大學的Intelligent Computer Tutoring Group(ICTG)自1998年起陸續開發了一系列資料庫課程相關的智慧型教學系統，包括KERMIT[8]，EER-Tutor[9]，ERM-Tutor[10]，SQL-Tutor[11]，和NORMIT[12]等。這些教學系統除了供Canterbury大學修習資料庫課程的學生使用外，也授權給Addison Wesley的DatabasePlace[13]，供購買該出版社資料庫書籍的讀者以Web-based的方式使用該系統。實驗顯示，這些教學系統對學習資料庫有顯著的幫助[14]。

西班牙Girona大學自2005年起陸續開發了一系列的線上資料庫教學系統ACME-DB，包括Entity-Relationship Model[15]，Relational Database Schema[16]，Normalization[17]，SQL和Relational Algebra[18]等主題。實驗顯示，從2002-2004年尚未使用ACME-DB，到2005-2008使用之後的比較，成績明顯提升，而不及格率從2002年的56.3%降到2008年的22.2%，成效顯著[19]。

過去這些ITS為Constraint-based的系統，題目和解答須手動產生，並由專家撰寫推論規則。本研究開發的系統，則具有自動產生題目和解答，自動檢查作答是否正確，並提供漸進式提示的能力。ICTG所開發的ERM-Tutor僅包含實體關係模型對關聯式資料模型轉換方法的教學與練習。本研究

開發的系統，除了擴增為擴充實體關係模型對關聯式資料模型轉換方法的教學與練習，還具有動態展示逐步轉換教學的功能。如此除了可節省大量人力外，也可增加系統的用途，例如用於教學展示、作業練習或測驗。

本研究開發擴充實體關係模型轉換關聯式資料模型的學習輔助系統是一個整合的資料庫教學與實作練習系統的子系統，其他還包括：Extended ER Modeling Tutor、Relational Algebra Tutor[20]、SQL Tutor[21]和Normalization Tutor[22]等子系統。系統根據資料庫的定義和資料內容，進行反向工程(Reverse Engineering)，並實作各種資料庫設計和轉換的演算法，因此授課教師只需要將資料庫匯入，做簡單的設定，系統就能夠自動產生練習題目與解答。

3. 研究方法與進行步驟

本研究開發的教學輔助系統與社群平台結合運作。圖 2 為教學輔助系統的架構。出題模組能自動產生各種不同組合的實體關係模型，並繪製成實體關係圖，供學生練習、作業或測驗。診斷模組能自動根據系統產生的解答，判斷學生作答的結果是否正確，並給予適當的指引訊息，以協助學生完成作答。通訊模組負責與社群平台互動交換訊息，而成就模組則在學生完成作業時，透過通訊模組在社群平台發佈訊息。

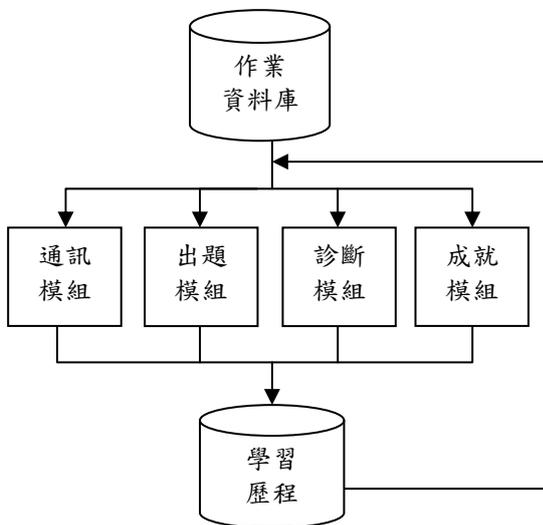


圖2 教學輔助系統架構。

系統提供四種模式。(1)教學模式：除了包含課程教學內容外，也能自動展示解題的逐步過程，以幫助學生理解。(2)練習模式：系統能自動產生不同難度的題目供學生練習，也能自動診斷作答結果是否正確。如果作答有誤，將提供診斷訊息、提示與教學連結，以協助學生完成作答。(3)作業模式：學生須在無提示下，正確解答系統指派的題目。如果答錯，也必須修正到答對為止，否則下一題即使答

對也不列計。(4)同步學習模式：數位學生可透過網路合作方式，同步使用教學輔助系統，共同操作以完成解題練習[23]。

系統以C#、ASPX與JSP共同開發Web-based的教學輔助系統，使用HTML5、Ajax技術及Javascript來處理及時互動。後端使用MySQL資料庫。修課學生可透過瀏覽器來做課後練習。

3.1 自動出題

擴充實體關係模型轉換為關聯式資料模型，共分為九個步驟[2]，包括：

- (1). 轉換一般實體型態(Regular Entity Type)為資料表，
- (2). 轉換弱實體型態(Weak Entity Type)為資料表，
- (3). 轉換一對一的二元關係型態(Binary Relationship Type)，
- (4). 轉換一對多的二元關係型態，
- (5). 轉換多對多的二元關係型態為資料表，
- (6). 轉換多值屬性(Multivalued Attribute)為資料表，
- (7). 轉換多元關係型態(N-ary Relationship Type)為資料表，
- (8). 轉換特殊化(Specialization)或一般化(Generalization)，
- (9). 轉換聯集型態(Union Type)。

題目共分為五個等級，等級一包含步驟(1)到(2)，等級二包含步驟(1)到(5)，等級三包含步驟(1)到(7)，等級四包含步驟(1)到(8)，等級五包含步驟(1)到(9)。其中步驟(3)又分三種不同的情況與轉換方式，步驟(8)也有四種不同的情況與轉換方式。

自動出題分兩類，一類是資料庫出題，另一類是隨機出題。資料庫出題是系統利用所匯入的各種範例資料庫，以反向工程技術將關聯式資料庫定義轉換為實體關係模型，再產生實體關係圖。資料庫出題方式所產生的實體、關聯和屬性名稱均具有實質意義，較具真實感。但所能產生的題型組合較有限。

隨機出題是由系統自動根據題目等級所需組合，隨機產生包含實體型態、弱實體型態、主鍵屬性、複合屬性、簡單屬性、多值屬性、一對多二元關係、一對一二元關係、多對多二元關係、多元關係、特殊化和聯集型態等的實體關係模型，然後利用Graphviz套件產生實體關係圖。Graphviz是一種開放源碼的圖形視覺化軟體，由一種被稱為DOT的圖形描述語言與一組可以產生和處理DOT檔案的工具所組成[24]。系統會自動產生實體關係圖的DOT檔案。

3.2 自動診斷

系統實作了轉換的演算法，會將實體關係模型

轉換成關聯表，以做為檢查答案正確與否的依據。系統會逐一比對關聯表及其屬性，屬性除了逐一比對名稱，以檢查是否有多餘或缺少的屬性外，還比對是否為主鍵和是否為外來鍵。由此可診斷出哪些轉換步驟有錯及錯誤的原因。

在練習模式下，系統會顯示錯誤診斷訊息和教學網頁連結，以協助學生找出錯誤和完成作答。透過連結可連到該轉換步驟的教學網頁。而在作業模式下，系統只顯示錯誤，不提供作答提示與教學網頁連結。

系統會記錄學生的作答歷程，包括題目的等級、作答時間、是否完成、答錯次數、答錯的步驟和原因等。系統會針對個別學生及全體學生分別統計、分析並顯示下列資訊，包括作答次數、各題目等級與步驟答對率及升降趨勢、各題目等級平均作答時間及升降趨勢、完成題目等級加權平均與各種排名等。一方面可供學生參考，了解和比較自身與全班的學習狀況，也可做為適性化出題的依據，另一方面也可讓教師了解多數學生常犯錯誤，可以在課堂上再加強。

3.3 動態逐步轉換教學

在教學模式下，選擇題目的等級後，系統會隨機產生一個該等級的實體關係圖，並顯示步驟1的轉換結果。系統也會顯示該步驟的教學網頁連結，裡面有詳細範例解說。可透過下一步或上一步，逐步學習每一轉換步驟。圖 3 為實體關係圖逐步轉換教學的第2步驟，即弱實體型態的轉換。實體關係圖中和已處理的步驟有關的部份會以藍色顯示，和目前步驟有關的部份以紅色顯示，尚未處理的部份以黑色表示。轉換所產生的關聯表和屬性也會以顏色區別。屬性前面星號是主鍵，屬性後面括弧關聯表示外來鍵及其所參照的關聯表。教師可利用此功能進行動態範例教學，學生也可於課後自我學習。

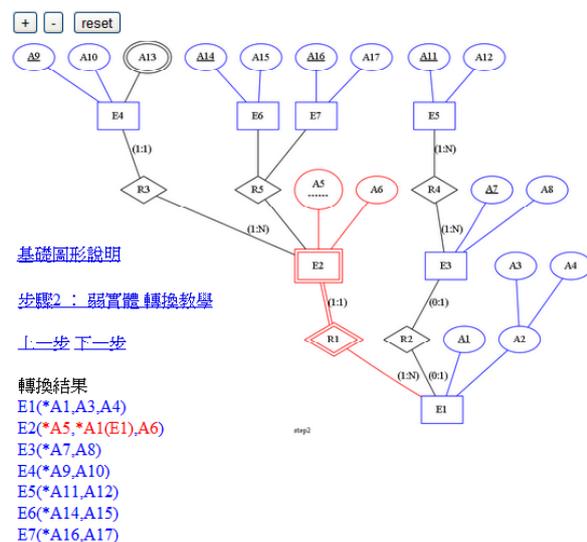


圖 3 實體關係圖逐步轉換教學

3.4 同步與非同步學習

本系統可在同步學習環境下使用，具有同步操作、視訊、音訊、和文字聊天室等功能。學生可透過網路合作方式，同步使用教學系統，共同操作以完成解題練習。學生之間可利用此一環境相互教學。

此外，學生（和教師）也可以儲存解題步驟，並發佈於社群網站的塗鴉牆。其他同學可藉由重播來學習。

同步操作與非同步解題步驟儲存與重播採用事件觸發與重演的方式，視訊語音傳播採用P2P方式，大幅降低伺服器的負擔。

本研究採用HTML5的Websocket技術[25]來進行雙向通訊，並以PostMessage配合javascript處理跨網域網頁間的訊息交換。以WebRTC技術[26]進行瀏覽器間的點對點影音資訊傳輸。使用者只需連上網站，不需安裝外掛程式，即可進行同步學習。系統不但具有跨各種平台的優點，且使用頻寬較少，伺服器的負擔也較輕。

4. 實驗計劃與預期成果

資料庫教學輔助系統已完成且已使用的子系統包括SQL、關聯代數和正規化等。擴充實體關係模型轉換關聯式資料庫的子系統已完成但尚未正式使用。擴充實體關係模型的教學輔助子系統則仍在開發中。後面兩個子系統預計於102學年度正式使用。

實驗計劃與中部某大學資訊工程系“資料庫系統”課程結合。依課程進度，以作業(任務)形式要求修課學生於指定期限內，使用資料庫教學輔助系統相關單元，完成一定題數的練習。預計約每隔兩週發佈一次作業。

計劃於學期末實施無記名問卷調查，以評估各項成效。問卷選項分為非常不同意、不同意、部份同意、同意以及非常同意共5項，分數從非常不同意的1分到非常同意的5分。

SQL、關聯代數和正規化三個子系統已於100學年度正式使用。修課人數共91人，問卷回收率91%。表 1 為學習成效問卷統計結果，顯示多數學生認同資料庫教學輔助系統有助於提高學習成效。此外，學生完成作業能得到成就感。傳統課後作業抄襲一直是令教師頭痛的問題。為了防範學生抄襲，系統每次所出的題目都不一樣，這使得學生無法互相抄襲答案，即使要幫忙作答，所需花費的時間也難以負荷。問卷結果也顯示多數的學生都認同，相較於傳統作業，本系統的自動出題機制可以減低作業抄襲的風氣。

我們預期擴充實體關係模型子系統和擴充實體關係模型轉換關聯式資料庫的子系統正式使用後，能顯著提升資料庫概念設計與邏輯設計的學習成效。

表 1 學習成效問卷統計結果

單元	問卷題目	平均
SQL	使用SQL教學系統對熟悉SQL語法有幫助	4.2
	使用SQL教學系統對正確運用SQL語法寫出查詢有幫助	4.1
關聯代數	使用關聯代數教學系統對熟悉關聯運算有幫助	4.0
	使用關聯代數教學系統對正確運用關聯運算寫出查詢有幫助	4.0
正規化	使用正規化教學系統對找出Candidate Key有幫助	3.7
	使用正規化教學系統對找出Partial/Transitive Functional Dependency有幫助	3.8
	使用正規化教學系統對找出2NF, 3NF, BCNF 有幫助	3.7
全部單元	完成作業有成就感	4.0
	相較於傳統作業，系統的自動出題機制減低了作業抄襲的風氣	3.9

5. 結論與未來方向

本研究開發的擴充實體關係模型轉換關聯式資料模型學習輔助系統是一個整合的資料庫教學與實作練習系統的子系統，其他還包括：Extended Entity Relationship Modeling Tutor、Relational Algebra Tutor、SQL Tutor和Normalization Tutor等子系統。系統具有下列的功能：(1)自動產生各種不同組合的實體關係模型，並繪製成實體關係圖，供學生練習；(2)自動產生解答；(3)自動判斷學生作答的結果是否正確，並給予適當的指引訊息，以協助學生完成作答；(4)動態展示逐步轉換教學；(5)記錄學習歷程，除了分析學生常犯錯誤，也顯示學生的學習成就。

本研究開發的系統除了可供學生於課後自我學習外，同儕之間也可利用此系統進行同步或非同步教學。教師可利用此系統進行動態示範教學，也可分配作業或測驗。我們預期系統將有助於提昇學生的學習成效。

本研究尚在開發中的擴充實體關係模型子系統除了可自動產生資料需求文字敘述，供學生練習設計擴充實體關係模型外，也可自動產生各種典型的表單和報表格式與內容。學生可學習如何從表單與報表中擷取出有用的資料需求。這是設計資料庫所應具備的重要能力。

參考文獻

[1] R. Elmasri and S. B. Navathe, Fundamentals of Database Systems, 5th Ed., Addison Wesley, 2007.
 [2] 陳金奇, “我國地方政府公務人員參與數位學習態度與行為之研究”, 國立臺灣師範大學社會教育學系社會教育與行政文化行政碩士在職專班碩士論文, 2011年。

[3] 邱瑞山、呂岳訓和張佳豪, “以任務合作機制發展同儕學習”, TANET 臺灣國際網路研討會, 2012年。
 [4] B. Bloom, Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals, London: Longman Group United Kingdom, 1969.
 [5] J. M. Keller, “Development and Use of the ARCS Model of Instructional Design,” Journal of Instructional Development, vol. 10(3), pp. 2-10, 1987.
 [6] J. B. Carroll, A model of school learning. Teachers College Record, 64, 723-733, 1963.
 [7] J. Psotka, L. Massey, S. A. Mutter, and J. S. Brown, Intelligent Tutoring Systems: Lessons Learned, L. Erlbaum, 1988.
 [8] P. Suraweera and A. Mitrovic, KERMIT: A Constraint-Based Tutor for Database Modeling, Lecture Notes in Computer Science, 2002.
 [9] K. Zakharov, A. Mitrovic and S. Ohlsson, Feedback Micro-engineering in EER-Tutor. In Proc. Artificial Intelligence in Education AIED, IOS Press, pp. 718-725, 2005.
 [10] Milik, N., Marshall, M. and Mitrovic, A. (2006), Responding to Free-Form Student Questions in ERM-Tutor, Lecture Notes in Computer Science.
 [11] A. Mitrovic, An Intelligent SQL Tutor on the Web, International Journal of Artificial Intelligence in Education, Vol. 13 No. 2-4, pp. 173-197, 2003.
 [12] A. Mitrovic, NORMIT: A Web-Enabled Tutor for Database Normalization, Proceedings of the International Conference on Computers in Education, 2002.
 [13] Database Place, <http://www.aw-bc.com/databaseplace/>.
 [14] A. Mitrovic and the ICTG team, Large-Scale Deployment of Three Intelligent Web-based Database Tutors, Journal of Computing and Information Technology – CIT, Vol. 14, No. 4, pp. 275-281, 2006.
 [15] F. Prados, I. Boada, J. Soler, and J. Poch, “A web based tool for entity relationship modeling,” Proceedings of International Conference on Computational Science and its Applications (ICCSA), Glasgow, UK, LNCS 3980, pp. 364-372, 2006.
 [16] F. Prados, I. Boada, J. Soler, and J. Poch, “An automatic correction tool for relational database schemas,” Proceedings of International Conference on Information Technology based higher Education and Training (ITHET), Santo Domingo, Dominican Republic, 2005.
 [17] F. Prados, I. Boada, J. Soler, and J. Poch, “A web based problem solving environment for database normalization,” Proceedings of 8th International Symposium on Computers in Education (SIIE), Leon, Spain, 2006.
 [18] F. Prados, I. Boada, J. Soler, and J. Poch, “An automatic correction tool for relational algebra queries,” Proceedings of International Conference on Computational Science and its Applications (ICCSA), Kuala Lumpur, Malaysia, LNCS 4706, pp. 861-872, 2007.
 [19] J. Soler, I. Boada, F. Prados, J. Poch, J., and R. Fabregat, “Database design using a web based e-learning tool,” Department of Computer Science and Applied Mathematics, University of Girona, Spain, 2008.
 [20] 邱瑞山和呂文凱, “具自動出題和診斷能力的關聯代數學習輔助系統”, KC2011 知識社群研討會, 2011。
 [21] 邱瑞山和呂文凱, “具自動出題和診斷能力的 SQL 學習輔助系統”, DLT2011 數位生活科技研討會, 2011。
 [22] 邱瑞山, “具自動出題與診斷能力的資料庫正規化學習輔助系統”, EITS2010 數位教學暨資訊實務研討會, 2010。
 [23] 邱瑞山、呂岳訓和呂文凱, “結合社群網站與教學系統的協同合作學習環境”, Taiwan CSCL & AIED SIG Conference, 2012。
 [24] Graphviz, <http://www.graphviz.org/>.
 [25] I. Hickson, The WebSocket protocol, Retrieved from <http://www.whatwg.org/specs/web-socket-protocol/>.
 [26] W3C, Real-time communication between browsers, <http://dev.w3.org/2011/webtrc/editor/webtrc.html>.