

# 以貝氏網路建構一個適性化學習環境

黃河銓 謝錦泉

國立高雄應用科技大學 資訊管理系

hchuang@cc.kuas.edu.tw, 1093345101@cc.kuas.edu.tw

## 摘要

本研究利用貝氏網路來診斷不同背景學習者的學習風格，找出每位學習者他們在學習過程中不同的偏好及習慣，並且診斷學習者領域知識的學習盲點，找出他們不懂的概念。當診斷學習者的學習盲點之後，依照學習者所診斷出來的學習風格，提供符合該學習風格的教材，讓學習者在學習上更能得心應手，學習更有效率，並且達到適性化教學的目的。

**關鍵詞：**貝氏網路、學習診斷、適性化教學、學習風格

## 1. 前言

資訊科技的快速發展與網際網路的發達與普及，使得網路教學方式比傳統的教學方式更多樣化。學習者能夠透過網路，利用多媒體的視覺呈現，線上雙向溝通的環境，與即時通訊軟體的應用，使得網路教學能夠突破時間、空間及人數的限制，使學習的方式更加的豐富與多元，學習者也能有更好的彈性。Brusilovsky [1] 在 2001 年曾提到，傳統「靜態」多媒體應用的限制在於提供相同內容跟連結給所有學習者，假如學習者的母體相對多樣，傳統的系統將無法滿足所有的學習者。Felder & Silverman [5] 在他們的研究中也提到，學生在班級上能夠學習到多少，取決於他們的天生能力和課前的準備，也和他們的學習風格的適合性以及教師的教學風格有關。所以本研究利用貝氏網路來診斷不同背景學習者的學習風格，並且診斷學習者領域知識的學習盲點。當診斷學習者的學習盲點之後，依照學習者所診斷出來的學習風格，提供符合該學習風格的教材，達到適性化教學的目的。

## 2. 相關研究

在相關文獻部份，本研究將針對「貝氏網路」、「學習風格」及「適性化」三個部份來探討。

### 2.1 貝氏網路

貝氏網路 (Bayesian Network) 也稱為信賴網路 (Belief Network)、因果網路 (Causal Network)、機率網路 (Probabilistic Network)。貝氏網路是一個

用圖形表示網路結構，用機率來描述變數之間的強弱關係。使用貝氏網路，可以在不確定的條件下進行推理，結合直覺跟經驗上的優勢，用數學的模式呈現，並且可以用一致的角度，判斷初始機率影響不確定性的推論，例如，Xenos [12] 用貝氏網路來預測及評價學生的行為表現。他在遠距教學的模式下，基於過去學生的經驗，用貝氏網路建構大學電腦課程的學生行為模式，利用這個模式，可以預測學生的未來行為，幫助教師在教育程序上做決策，也能評估學生現行的狀況，讓教師及時識別學生的錯誤，以及不好的學習，適時的提出糾正，掌握學生的情況。

方程式(1)為貝氏定理 (Bayes' Theorem) 的數學式，貝氏網路是以貝氏定理為基礎所發展出來的有方向性圖形模式 (Directed graphical models)，它不允許方向性的循環存在 (Directed acyclic graph, DAG)。圖形模式是由「節點」及「邊」所組成，節點代表隨機變數，缺少的邊則是表示條件獨立的假設，假設有一個邊從節點 A 指到節點 B，表示節點 A “引起” 節點 B，節點 A 為父節點 (Parent node)，節點 B 為子節點 (Child node)，A、B 二節點之間有因果關係，根節點 (root node) 是用事前機率表表示 (Prior probability table)，其餘節點包含條件機率的分布 (Conditional Probability Distribution, CPD)，並且用條件機率表 (Conditional Probability Table, CPT) 的方式呈現，父節點的條件機率值會影響子節點的機率值 [4, 9, 11]。

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

### 2.2 學習風格

Felder & Silverman [5] 依學生接收及處理資訊的方式，將學生的學習風格分成感知能力 (Perception)、輸入方式 (Input) 處理方式 (Processing)、瞭解方式 (Understanding) 四個面向。每個面向分別又包含二個學習風格，包括感覺的 (Sensitive) 及直覺的 (Intuitive)、視覺的 (Visual) 及口語的 (Verbal)、主動的 (Active) 及反思的 (Reflective)、循序的 (Sequential) 和總體的 (Global)。

García [6] 等人首先應用貝氏網路推論 Felder & Silverman [5] 的「處理方式」、「感知能力」、「瞭解方式」三個不同面向的學習風格。在貝氏網路的建構方面，是用學生與他們數位學習系統互動的各

種行為來建構，接著再去推論不同學生的學習風格，評估推論出來的準確度。表 1 為 Felder 的學習風格及其定義[3]。

表 1 Felder-Silverman 的學習風格定義 [3]

Definitions	Dimensions		Definitions
Do it	Active	Reflective	Think about it
Learn Facts	Sensing	Intuitive	Learning Concepts
Require Pictures	Visual	Verbal	Require Reading or Lecture
Step by Step	Sequential	Global	Big Picture

### 2.3 適性化

在建構適性化網站的設計方面，Perkowitz [10] 於 1999 提出設計適性化網站考量的四個面向：

- 調適的類型 (Types of adaptations)
 

在一個網站中，新的網頁隨時隨地都會新增，鏈結可能會被增加或移除，強調或重整配置，文字、鏈結的標籤或格式可能會修改。因此網站的鏈結結構和文件格式都是調適的對象。
- 客製化與轉換 (Customization vs. Transformation)
 

客製化是修改網站內容合乎不同使用者的需求。轉換則是針對一群使用者來修改網站，不同的使用者提供不同內容的網頁。
- 內容導向與存取導向 (Content-based vs. Access-based)
 

網站可以針對網頁內容的組織與呈現方式作調適，這種調適的方向即稱為內容導向的調適。而存取導向的調適則是分析使用者過去使用網站的互動模式，提供網站的鏈結結構資訊。
- 自動化程度 (Degree of automation)
 

使用者可以經由網站提供網頁特定的特徵供使用者設定自己想要的網站格式。

當知道依據哪些特徵來決定網站的內容之後，其所對應的相關技術有哪些？在 Brusilovsky 的研究中，他將內容導向式的調適稱為適性呈現 (Adaptive presentation)；而存取導向式的調適則稱為適性化導航支援 (Adaptive navigation support)，如圖 1 所示。

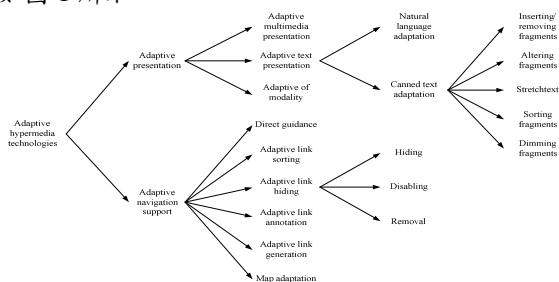


圖 1 Adaptive hypermedia technologies [1, 2]

- 適性化呈現 (Adaptive presentation)

適性化呈現技術的主要觀念是透過特定的使用者存取改編網頁內容與現行使用者的知識、目標與特色一致。在多媒體系統中，一個網頁的內容不可能單純只有文字組成，還有各種多媒體的呈現及可以選擇不同的媒體格式呈現資訊給使用者。基於上述觀點，適性化呈現又可以區分成「適性化多媒體呈現 (Adaptive multimedia presentation)」、「適性化文字呈現 (Adaptive text presentation)」及「形式的適性化 (Adaptive of modality)」。

- 適性化導航支援 (Adaptive navigation support)
 

適性化導航支援技術主要觀念是經由適性化鏈結呈現的方法去幫助使用者，發現他們在超空間 (hyperspace) 的路徑與個人使用者的目標、知識與其他特色一致。適性化導航支援的技術又可以根據他們使用鏈結適性呈現的方法分成六種：直接導引 (Direct guidance)、適性鏈結排序 (Adaptive link sorting)、適性鏈結隱藏 (Adaptive link hiding)、適性鏈結註解 (Adaptive link annotation)、適性鏈結產生 (Adaptive link generation) 及導覽圖調適 (Map adaptation)。

### 3. 貝氏網路的建置

貝氏網路的建置是一個非常重要的步驟，一個貝氏網路的好壞將直接影響其推論結果的正確性。在建構貝氏網路方面，首先，我們必須決定有那些重要變數和這些變數的狀態及關係以將其模型化，並根據這些變數及狀態建構一個貝氏網路圖形；第二，指定圖形裡每個節點的條件機率分配，指出變數間關係的強度。在獲得初步的貝氏網路條件機率表後，系統可隨著專家的經驗及實際的實驗值，修正條件機率值。圖 2 為本研究建構貝氏網路的流程。

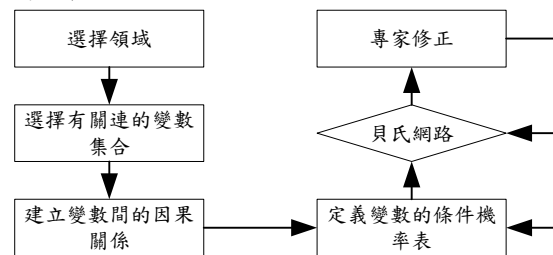


圖 2 貝氏網路建構之流程圖

本研究應用貝氏網路於學習風格及物件導向程式語言領域知識的塑模 (modeling) 與推論 (inference)。在學習風格部份，本研究參考及修改 García [6] 等人的方法，採用 Felder & Silverman [5] 的學習風格：處理方式 (Processing)、輸入方式 (Input)、感知能力 (Perception) 及瞭解方式 (Understanding) 四個面向。藉由分析學習者在 Web 環境中與系統互動的行為，及各個學習風格本身所代表的條件，在與專家討論之後，決定有關連的變數及變數之間的因果關係，並且指派節點的條件機率表 (CPT)。

在察覺學習者喜歡單獨工作（反思的），或者是在群組一起工作（主動的），我們分析他們會不會參與討論區、聊天室、電子郵件及預習教材。以討論區來說，我們分析學習者開始討論、回答訊息，或者是閱讀同學所發表的訊息。參與討論的次數也是很重，聊天室及電子郵件的參與能夠給我們一些資訊，但是它沒有那麼相關。預習教材方面，我們可以從學習者是否有點選觀看下一個章節來判斷。

我們可以從學習者閱讀教材的格式，發現學習者的輸入方式的元素。假如我們發現學習者常看圖片、圖表或是動畫等格式的教材，我們就可以說他們是視覺式的學習者，假如發現學習者喜歡用聲音、純文字等格式的教材，我們就可以說他們是口語式的學習者。

在分析決定學習者的感知能力的因素是：學習者閱讀教材的速度、交卷速度、學習者習題練習的多寡、補充教材的閱讀、是否有發問及閱讀的時間。依 Felder & Silverman [5] 的學習風格，學習者閱讀教材速度快，為直覺的；學習者完成考試，並且交卷的速度快，為直覺的，反之，則是感覺的；學習者若能閱讀老師所提供的補充教材，則是感覺的；學習者若有在討論區提問，是感覺的；在教材的閱讀的時間上面，若比較快，則是直覺式，反之，為感覺式。

在決定確定學習者如何理解，我們分析學習者存取資訊的模式。假如學習者跳躍式的閱讀課文內容，我們可以說他們不是循序的學習，而是間歇式的方式。當學習者用跳躍式的方式閱讀課文，而考試的結果可以指示我們他理解的風格，假如學習者得到好成績，不管先前沒有事前預習，我們可以推論學習者不是循序的學習。

在領域知識方面，本研究採用物件導向程式語言課程，其中以「迴圈」概念為例。在貝氏網路的建構上，則是與專家討論後，決定貝氏網路的節點及因果關係，並且發展試題，以供學習者測驗用，做為貝氏網路診斷的依據。綜合上面所述，本研究所建構的部分貝氏網路圖如圖 3 所示。

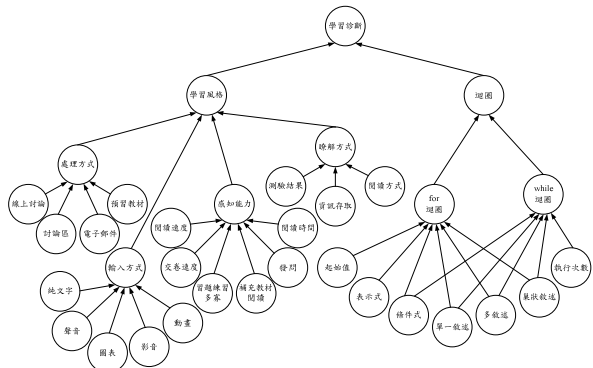


圖 3 Bayesian networks modeling a student's learning style and domain knowledge

舉一簡單的例子，假設學習者對物件導向程式語言中「迴圈」的瞭解程度取決於對「for 迴圈」及

「while 迴圈」瞭解的程度，那麼我們在建構貝氏網路圖就有二個父節點：「for 迴圈」、「while 迴圈」，及一個子節點：「迴圈」。父節點各指派二個情況：「Good」及「Poor」，子節點也指派二個情況：「Known」及「Unknown」。

假如條件機率表沒有資料的話，條件機率表的建置必需基於以前的資料或者是模式設計者的經驗。以這個例子來說，學習者的「for 迴圈」是「Good」，「while 迴圈」也是「Good」，模式的設計者依經驗指定「Known」的機率為 95%，「Unknown」的機率為 5%，但這些機率值必須要在應用這個模式時測試，並且要根據測試的結果改變，直到能夠真正代表真實的情況。當指定好條件機率表所有的機率值之後，這個模式就可以開始使用。一個簡要的貝氏網路圖及其 CPT 如圖 4 所示。

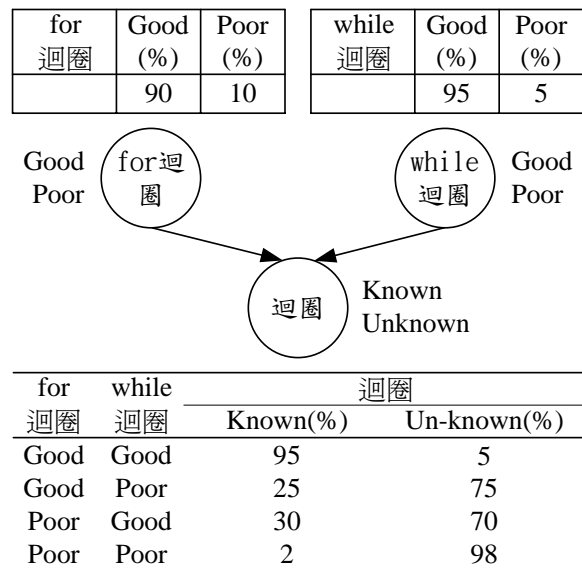


圖 4 一個簡單的貝氏網路及其 CPT

由圖 4 可以看出來，當「for 迴圈」為「Good」，「while 迴圈」為「Good」，則學習者有「95%」的機率瞭解「迴圈」。若學習者「for 迴圈」為「Poor」，「while 迴圈」為「Good」，則學習者有「30%」的機率瞭解「迴圈」。

當我們知道學習者不瞭解「迴圈」的概念，但我們不知道學習者是對「for 迴圈」還是「while 迴圈」不瞭解，這時候就可以透過貝氏網路的診斷中得知。由圖 5 可以知道學習者對「for 迴圈」比較不瞭解。

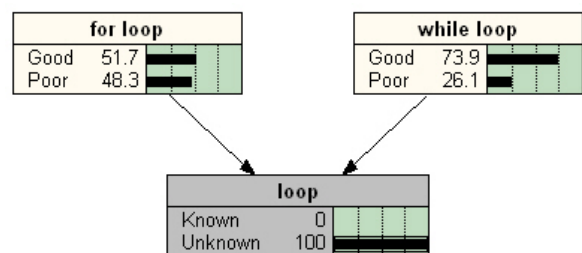


圖 5 貝氏網路的診斷

在適性化教材方面，針對 Felder & Silverman [5] 所提出的學習風，參考 Carver、Hong 及 Kinshuk [3, 7, 8]，提出相對應的教材：感覺的 (Sensitive) 偏重事實、先舉例再解說、與週遭環境相關的應用例子及練習式教材；直覺的 (Intuitive) 偏重抽象、概念、理論及先解說再舉例的教材。視覺的 (Visual) 偏重於圖片、圖形、圖表、圖解、流程圖、實地示範、概念圖、顏色區分標記及多媒體片段的教材；口語的 (Verbal) 偏重於文字跟聲音的教材；主動的 (Active) 偏重群組學習討論，猜想可能的問題，找出答案，並且提供討論區。反思的 (Reflective) 在繼續下個階段課程之前，先給他們思考的時間，寫總結、心得。循序的 (Sequential) 符合邏輯式步驟化教材呈現，有順序的描繪整個教材的輪廓。總體的 (Global) 提供課程的整體概念、上、下文內容脈絡及可跳躍式的教材。

#### 4. 系統架構

圖 6 為本研究的系統架構圖，整個系統分為六個主要的模組，分別為：使用者管理模組、學習歷程模組、試題管理及測驗模組、診斷模組、教材管理模組及適性推薦模組。

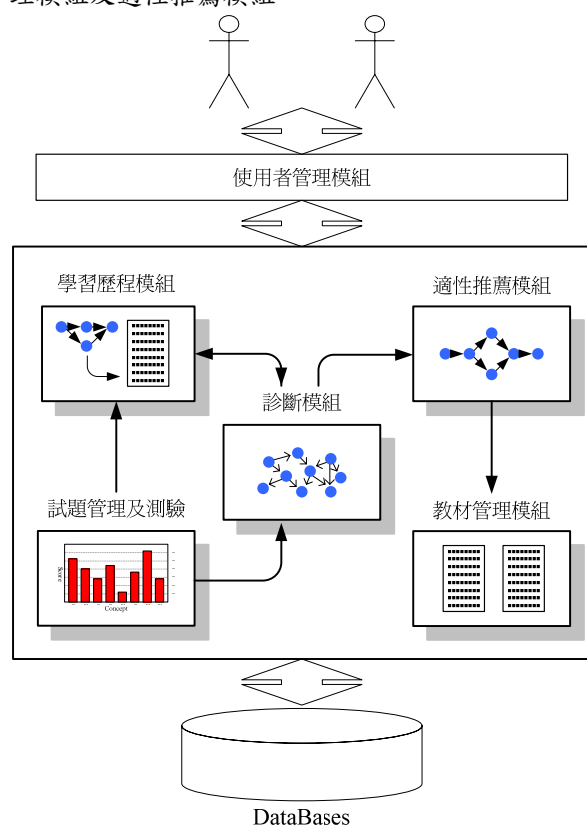


圖 6 系統架構圖

使用者管理模組負責所有的使用者帳號，將所有的使用者資訊儲存在會員資料庫當中。我們將使用者群組分為三類，第一類是管理者，第二類是教師，第三類是學習者。管理者負責維護及管理系統

的資料庫；教師負責教材的制製作及上傳、試題的出題、以及概念資料庫的維護；學習者登錄系統後，可以進行課程的教學及測驗，系統會先預設一個學習風格的教材，提供給學習者使用。

學習歷程模組主要的功能是記錄每一位學習者與系統的互動過程，並將這些過程記錄在學習歷程資料庫，包含每一頁的停留時間，學習者點選了哪些連結，以及學習者的瀏覽路徑等等。

試題管理及測驗模組是供教師透過此模組去管理試題、概念資料庫及給學習者做測驗，並提供試題的正確答案及相關的概念。學習者可以選擇一個單元做測驗，當測驗完後，系統會分析學習者的測驗結果，並將結果送交診斷模組，分析學習者領域知識的學習盲點。

診斷模組包含二個功能：學習風格診斷及領域知識診斷。學習風格診斷的目的是要診斷學習者的學習風格，依據學習者的學習歷程，用貝氏網路去診斷，找出學習者的學習風格。領域知識診斷是透過學習者在測驗模組中測驗的結果，將結果交由貝氏網路去診斷，找出學習者領域知識的學習盲點。當診斷完成後，將診斷結果交由適性推薦模組做推薦。

教材管理模組提供給教師管理及上傳教材至教材資料庫，教師依據不同的單元，配合不同學習風格去設計教材。以本研究來說，老師就會根據迴圈這個領域知識裡不同的概念，設計不同格式的教材，以符合不同的學習風格所需。當適性推薦模組在做推薦的時候，就會來教材管理模組選擇相對應格式的教材，推薦給學習者。

適性推薦模組是根據診斷模組的結果來做推薦，當學習者的學習風格及領域知識的學習盲點被診斷出來之後，適性推薦模組會根據診斷出來的結果，去教材管理模組找出相對應的教材，推薦給學習者。

#### 5. 系統實作

本研究使用 Netica 來建置貝氏網路模型，Web Server 為以 Resin 為基礎，系統開發使用 JSP 語言，資料庫則是使用 MySQL，整個環境建構在 Windows 平台上，實作適性化學習環境。由於本研究最核心的模組是診斷模組及適性推薦模組，以下就針對這二個模組做說明。

當學習者進入系統後，系統會預設一個學習風格的教材，供學習者使用，在學習者與系統的互動過程中，系統會分析及記錄學習者的學習歷程到學習歷程資料庫，供診斷模組診斷學習風格時使用。

當學習者完成一個單元的學習之後，學習者可以進行評量，系統會進一步分析學習者的測驗評量結果，並將該結果送至診斷模組，診斷模組就會針對學習者的評量結果，做領域知識學習盲點的診斷，並將診斷結果送至適性推薦模組。

適性推薦模組會依學習者的領域知識診斷結

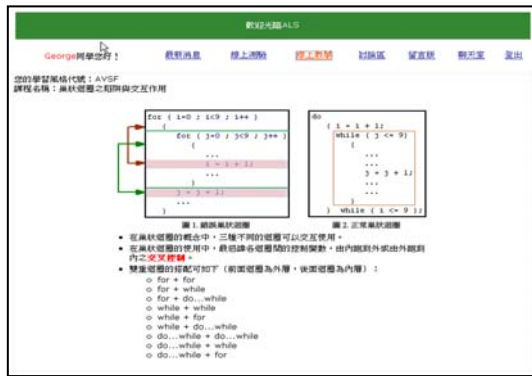


圖 7 適性學習輔助範例圖

果，以及學習者的學習風格，到教材管理模組選擇最適當的教材，推薦給學習者，提高學習者的學習成效，達到適性化教學的目的。例如，當學習者被診斷為「主動、視覺、感覺、循序」的學習者風格，在領域知識中，學習者「巢狀敘述」的概念不懂，系統就會去教材資料庫找到結合圖片、例子說明、步驟化呈現的投影片教材。圖 7 則是一個適性學習輔助畫面範例。

## 6. 結論

本研究將不同的學習者在學習過程中，記錄其學習歷程，及運用測驗的方式，將學習者受測的記錄記載下來。將這些資料利用貝氏網路診斷，找出學習者的學習風格，及在領域知識的學習盲點，之後依照每個學習者所診斷出來的學習風格，提供一套符合該學習風格的教材，實行教學，達到適性化教學的目的。

本系統的特色在於應用貝氏網路來診斷學習者的學習風格及領域知識的盲點。因為學習者的學習風格會隨著時間、環境等其他因素而改變，透過我們的系統，貝氏網路可以從學習歷程中即時反應出學習者的學習風格，提供最符合學習者學習的教材，更能增加學習者的學習成效。

在後續研究方面，本研究亦將結合本體論 (Ontology) 來建構貝氏網路，使得貝氏網路架構更加的完善。另外，因為貝氏網路有學習的功能，我們可以從更多的樣本中，修正我們的條件機率表，讓貝氏網路所診斷出來的結果，更加的準確，更符合實際的情況。

## 致謝

本研究的部份成果係由國科會提供經費補助完成(NSC94-2614-S-151-001)。由衷地感謝國科會的經費支援及所有的相關研究人員。

## 參考文獻

[1] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia", User

Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 11, pp. 87-110, 2001.

- [2] P. Brusilovsky, "Methods and techniques of adaptive hypermedia", User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 6, pp. 87-129, 1996.
- [3] C. A. Carver, Jr., R. A. Howard and W. D. Lane, "Enhancing student learning through hypermedia courseware and incorporation of student learning styles", IEEE Transactions on Education, Vol. 42, pp. 33-38, 1999.
- [4] E. Charniak, *Bayesian networks without tears: making Bayesian networks more accessible to the probabilistically unsophisticated*, AI Magazine, 1991, pp. 50-63.
- [5] R. M. Felder and L. K. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education", Engineering Education, Vol. 78, pp. 674-681, 1988.
- [6] P. García, A. Amandi, S. Schiaffino and M. Campo, "Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles", Computers & Education, In Press.
- [7] H. Hong and Kinshuk, *Adaptation to Student Learning Styles in Web Based Educational Systems*, Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Chesapeake, VA: AACE., 2004, pp. 491-496.
- [8] Kinshuk and T. Lin, *Application of Learning Styles Adaptivity in Mobile Learning Environments*, Third Pan Commonwealth Forum on Open Learning, Dunedin, New Zealand, 2004.
- [9] K. Murphy, *A Brief Introduction to Graphical Models and Bayesian Networks*, 1998.
- [10] M. Perkowski and O. Etzioni, "Towards adaptive Web sites: conceptual framework and case study", Computer Networks, Vol. 31, pp. 1245-1258, 1999.
- [11] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, 1995.
- [12] M. Xenos, "Prediction and assessment of student behaviour in open and distance education in computers using Bayesian networks", Computers & Education, Vol. 43, pp. 345-359, 2004.