

結合協同過濾推薦與關聯規則探勘技術應用於

個人化網路學習導覽推薦之研究

A Study on Personalized Web Browsing Recommendation based on Data Mining and Collaborative Filtering Technology

王豐緒 副教授
銘傳大學資訊傳播工程研究所
fhwang@mcu.edu.tw

邵秀梅 研究生
銘傳大學資訊管理研究所
smshao@mcu.edu.tw

中文摘要

網際網路的興起促使新型態教學環境的出現，也使得學者們致力於推動線上教學與網路虛擬教室的發展，期望能夠突破時空的限制，讓學習者可以更多元化且更具彈性地達成學習目標。但是網路上數量龐大的學習資訊對學習者而言，反而容易造成瀏覽迷失，因此本研究提出一套個人化網路學習導覽推薦機制，結合協同過濾推薦方法與資料探勘中的關聯規則探勘技術，將學習者的網路教材瀏覽記錄拿來進行個人化網路學習導覽推薦實驗，並且探討其推薦效能。

關鍵字：網路教學、個人化網路導覽指引、協同過濾推薦、關聯規則探勘

Abstract

Internet has stirred the learning development of new educational environments equipped with rich resources. However, students are often apt to get lost in such an environment due to its huge amount of information. This research studies the personalized navigation guidance problem in web-based learning environments based on

integrating collaborative filtering and data mining techniques. Historical browsing data is analyzed using data mining techniques to establish a recommendation model for similar students in the future. The recommendation models are investigated, and their efficiencies on the recommendation are compared. Finally, some suggestions about future research are discussed.

Keyword: web-based learning, personalized navigation guide, collaborative filtering, clustering, association mining

一、研究背景與動機

目前，有相當多的學者致力於研究網路教材瀏覽導引的相關議題，原因在於網路上的教材大部分都是以網頁的方式呈現，在複雜的網頁教材架構下，學習者往往會因為無所適從，而在教學網站中迷失了學習方向[17]。在既有的研究裡，大抵可分為以下兩種方法：

- (一) 用「教材架構」來指引學生瀏覽教材：
教材建構者可以在設計教學網站的時候就將網頁教材依照層次性與順序性來建構，將教學內容予以結構性的方式表達，如此學習者

便可以遵循網站的架構，依序地瀏覽網頁教材，進行學習與討論。

(二) 用「智慧型電腦輔助教學」 (ICAI : Intelligent Computer Assisted Instruction) [2] 來指引學生瀏覽教材：

智慧型教學系統能夠記錄學習者目前的知識狀態、指出學生存在有那些錯誤觀念、預測學習者可能遭遇哪些瓶頸與困難，甚至還能夠掌握學生的學習喜好，進而具備有網頁教材推薦的功能，達到瀏覽建議的目的。

雖然上述兩種方法在教材瀏覽建議上都具有相當的成效，但是各自仍有其限制存在。表 1 所示是這兩種方法的比較。有鑑於此，本研究期望透過個人化導覽 (Personalized Navigation) 的研究策略，提出新的教材瀏覽建議方法。所謂個人化導覽乃是指經由分析系統過去所蒐集到的瀏覽紀錄所形成的瀏覽型樣 (Navigation Pattern)，提出符合學習者目前瀏覽型樣的推薦策略。本研究結合協同過濾推薦方法與關聯規則探勘技術應用於個人化的網路學習導覽推薦，試圖提出新的網路教材導覽推薦策略，讓學習者獲得高推薦效能的個人化網路學習導覽推薦。

二、文獻探討

(一) 推薦系統 (Recommendation System)

隨著網際網路上的資料變得龐大又分散，使用者往往需要個人化的推薦系統來根據其本身的需求或喜好，提供最適當的資訊給使用者 [15][17]。一般來說，目前個人化推薦的研究大都是採用「以內容為基礎的過濾」 (Content-Based Filtering System) 與「協同過濾」 (Collaborative Filtering) 兩種方法 [1][3][12][13]。

1. 以內容為基礎的推薦系統

以內容為基礎的推薦系統即是採用「以內容為基礎的過濾」策略來做推薦。這類型的推薦系統在進行推薦之前會要求使用者先建立

其個人的基本資料檔，包括使用者個人的基本資料、喜好等資料。接著在使用者享受推薦的同時，推薦系統也會將使用者在網站上的所有行為記錄下來，確實分析使用者的喜好。最後，綜合使用者基本資料檔與推薦系統分析出使用者的喜好屬性，再進一步地推薦給使用者與其過去經驗相仿的事物。而這類型的系統仍存在有下列限制有待改善，諸如：項目不易分析、使用者會被限制只能接受與過去經驗相仿的項目、使用者的評比不足等等[10][11]。

表 1 「教材架構」與「智慧型教學系統」瀏覽建議方法之優點與限制的比較

	教材架構	智慧型教學系統
優點	1. 教材建置時就可以教材瀏覽的建議順序內含於其中。 2. 不需要有額外的分析動作。	1. 可以達到適性化教學的目標。 (Individualized Instruction)
限制	1. 無法做到個人化教學。 2. 若教材組織不佳，會導致學生往不當的學習方向進行學習。	1. 特徵值的分析與定義不易。 2. 教學知識庫建置困難。

資料來源：本研究，2003

2. 協同過濾推薦系統

協同過濾推薦系統即是採用「協同過濾」策略。這類型的推薦系統是第一個嘗試使用人工智慧技術來進行個人化工作的方法[17]。它會蒐集使用者於網站上活動的所有資訊，加以分析並執行相似度比對，將具有相同喜好或是相似行為的使用者歸類為同一族群。當使用者再一次登入網站時，推薦系統便會推薦此位使用者所屬族群內其他人感興趣的事物給該位使用者，進而達到同好之間可以相互推薦彼此喜愛的項目給對方的目的。而協同過濾推薦系

統存在有下列限制，諸如：評比稀疏、使用者多重興趣問題、使用者對於同一項目的喜好理由並不相同、若使用者的興趣較為歧異，為少數族群，則不容易獲得推薦[9]。表 2 所示是這兩種推薦方法的比較。

表 2 「以內容為基礎的推薦系統」與「協同過濾推薦系統」比較表

	以內容為基礎	協同過濾
方式	監督式學習	非監督式學習
優點	1. 新使用者可以立即享受到推薦。 2. 使用者多重興趣與興趣轉移問題可輕鬆解決。	1. 使用者可以接觸到許多未曾嘗試過的新事物。 2. 使用者的知識經驗可以相互交流分享。
限制	1. 項目不易分析。 2. 使用者被迫只能接受與過去經驗相仿的項目。	1. 新使用者難以獲得推薦。 2. 使用者多重興趣與興趣轉移問題。

資料來源：本研究，2003

(二) 資料探勘 (Data Mining)

資料探勘泛指從資料庫或資料倉儲中擷取出有意義的知識，並且將隱含的、先前並不知道的及潛在有用的資訊從資料中萃取出來的過程 [6]。資料探勘的技術、演算法可以根據資料萃取的性質分為三種主要的類型：預測模型（亦稱為分類或監督式學習）、叢集（亦稱為非監督式學習）、頻繁型樣的萃取（包含有關聯法則探勘與序列型樣探勘）。以下針對本研究所採用的關聯規則探勘技術做一介紹。

關聯規則探勘(Mining Association Rules)最早由學者 Agrawal 提出[5][6][8]，目的是用來在龐大的資料庫中，找出資料項目(Item)之間的關聯性，探討在同一事件中，當某一個項目出現時，另一個項目也在該事件中出現的機率。

一般來說，關聯規則的問題定義如下：令

$I=\{i_1, i_2, \dots, i_m\}$ 為一組項目集合，由許多不同的項目所組合而成； X 是關聯規則的前項，為 I 的子集合； Y 是關聯規則的後項，亦為 I 的子集合。因此，關聯規則可以表示為： $X \Rightarrow Y$ ，而且 X 與 Y 的交集為空集合。以商業交易為例，上述的關聯規則表示：在同一筆交易中，消費者在購買項目集合 X 的同時，也會購買項目集合 Y 。

在關聯規則探勘中有兩個重要的臨界值，稱之為「支持度」(Support)與「信賴度」(Confidence) [4][5][6][8]，支持度為支持此項目集的交易筆數與資料庫中所有交易總數的比值。支持度越高表示這條關聯規則越常發生。信賴度為同時支持項目集 X 與 Y 的交易筆數與僅支持項目集 X 的交易筆數之比值。信賴度越高表示這條關聯規則越可靠。

關聯規則探勘包含下列兩個步驟[5][6]：

1. 找出所有的「大型項目集合」(Large Itemsets)，也就是找出滿足最小支持度的項目集合。
2. 利用找出來的大型項目集合來產生關聯規則，若找出來的關聯規則滿足最小信賴度，則此關聯規則成立。

(三) 推薦系統與關聯規則探勘之整合

隨著資料探勘技術的日趨成熟，近幾年來，學者們紛紛嘗試著將資料探勘的技術帶入推薦系統之內，試圖提昇推薦系統的效率與效能，其成效都相當顯著。其中，美國學者 Xiaobin Fu, Jay Budzik 和 Kristian J. Hammond 主張以協同過濾方法配合關聯規則技術來進行網頁的推薦，研發出一套名為 SurfLen 的網頁推薦系統，並且蒐集「Yahoo!」搜尋引擎上的網頁，加以重組後做成模擬的實驗資料來進行實驗，探討雜訊(Noise)對推薦效能的影響 [7]。

而韓國學者 C.-H. Lee, Y.-H. Kim 和 P.-K. Rhee 則是主張以協同過濾方法配合關聯規則技術來進行電影的推薦，其設計出一套推薦機

制，並且將這套機制實際地運用在 MovieLens 電影介紹網站上 (<http://www.movielens.umn.edu>) [11]。

雖然這兩篇文獻皆是採用協同過濾方法配合關聯法則探勘技術來做研究，但是它們的推薦項目分別為網頁與電影，與本研究探討的個人化網路學習導覽推薦並不相同，因此本研究將結合協同過濾方法與關聯法則探勘技術，設計出一套適用於網頁教材瀏覽推薦的推薦機制與效能評估機制，並且進行相關的實驗探討。

三、研究方法與架構

本研究以協同過濾方法配合關聯規則技術來探討教材瀏覽推薦的問題。首先針對本研究的推薦系統維度設定做一列表說明，如下表 3 所示。

表 3 本研究的推薦系統維度設定

維度	說明
評比方式	隱性評比 (Implicit Rating)
評比內容	學生有點選與否 (以 0、1 表示)
匿名與否	系統自動紀錄學生編號
項目型態	教材網頁

資料來源：本研究，2003

下圖 1 為本研究的推薦內容產生流程。輸入的項目為「學生目前的瀏覽會談記錄」與「其它學生的歷史性教材瀏覽會談記錄」，推薦機制會根據這些瀏覽會談記錄進行關聯規則探勘與協同過濾推薦，最後產生輸出項目，即為要推薦給個別學生的網頁教材。本研究的輸出為多個網頁教材，也就是推薦機制會產生一串適合學生本次會談記錄 (Session) 的網頁教材推薦給學生，至於這些教材的排列順序則視這些教材的關聯程度而定，關聯程度愈高則排在推薦表列的愈前面。

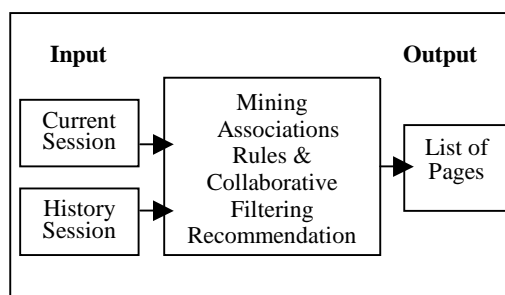


圖 1 推薦內容產生流程圖

資料來源：本研究，2003

(一) 關聯規則探勘

在進行關聯規則探勘時，是將所有學生的會談紀錄一起進行探勘的動作，每一個會談紀錄皆視為一筆交易，而每一個網頁則視為一個項目。探勘目的是為了發掘出在個別會談紀錄內，哪些網頁最常被一起閱讀。

舉例來說，假設目前有位學生已經閱讀了 <B, E> 這兩頁教材，設定信賴度門檻值為 0.8。經過關聯規則探勘後，找出符合最小信賴度的關聯規則兩條：

規則 1：<B, E> → <A> (信賴度=1)

規則 2：<B, E> → <C> (信賴度 = 0.8)

此時推薦表列中的項目會根據信賴度的高低來做排列，信賴度愈高愈優先推薦，因而信賴度高的項目會排在推薦表列的愈上面。所以在推薦順序上 <A> 教材便會置於 <C> 教材之前，優先推薦。

(二) 協同過濾推薦

本研究為了擴大學習者的教材瀏覽歷程，讓學習者的學習經驗可以充分交流、分享，因而採取「不分群」的協同過濾推薦策略，將所有訓練資料內的會談紀錄一起進行探勘的動作，找出關聯規則以供做推薦。如此便可以讓所有的學習者分享彼此的網路教材瀏覽歷程，擴大教材瀏覽的選擇性。

(三) 推薦策略

本研究中的推薦機制是在學生瀏覽了一頁網頁後即開始被啟動，若學生目前的會談紀錄比對不到適用的關聯規則，本研究則採用下列兩種策略模式因應之。

1. 視窗切割法

使用切割「Windows Size」的方法將學生的目前會談記錄切割為 Windows Size，再來比對探勘出來的關聯規則[14]。假設目前學生已經依序瀏覽了 a, b, c, d, e 五個網頁，初始的 Windows Size 數即為學生已瀏覽的網頁數目(已瀏覽的網頁指的是學生在教學網站內自行點選的網頁，該網頁不限定要是系統推薦的)。經規則比對後發現規則庫中不存在(a, b, c, d, e)的關聯規則，於是從左邊開始將 Windows Size 減一，取(b, c, d, e)再至規則庫中比對關聯規則，若還是找不到規則就再將 Windows Size 減一(Windows Size 的縮減為每次刪減掉已瀏覽網頁中最左邊的網頁)，然後比對規則。如果 Windows Size 縮減為一後仍然無法找出關聯規則，此時將從閱覽頻率高(Large 1-item)的網頁中隨機挑選一頁使用者尚未閱讀的網頁作為推薦。

2. 最大匹配法

尋找最大匹配(Maximal-Matching)規則做為網頁推薦的參考來源。例如：假設目前學生已經閱覽了 a, b, c 三個網頁，但是經規則比對後發現規則庫中不存在(a, b, c)的關聯規則，於是對 a, b, c 三個網頁的子集合做評估，找出(a, b)或(b, c)的關聯規則，則本策略將採用該兩條最大條件匹配規則做為推薦參考規則(如果 ab、bc 可找到匹配的關聯規則，而它們的父集合 abc 找不到匹配的關聯規則，則稱 ab、bc 為最大匹配)。最後若連最大條件匹配規則也找不到，此時將從閱覽頻率高(Large 1-item)的網頁中隨機挑選一頁使用者尚未閱讀的網頁作為推薦。

(四) 推薦效能評定指標

推薦系統的目的當然是要推薦高準確度以及高回想率的推薦內容給使用者。由於本研究是應用在網路教學的網頁教材推薦上，因此本研究的評估準則將以準確率為主，回想率為輔。本研究採用下列兩個推薦效能的評定標

準：

1.準確率 (Precision Rate)：在系統推薦給學生的教材裡，有多少教材是學生真正需要的。

2.回想率 (Recall Rate)：在學生真正需要的教材裡，系統能夠推薦出來的數目。

此外，對學習者而言排列在推薦表列越前面的推薦項目越有可能被學習者採用，因此本研究考慮推薦項目擺放於推薦表列的位置順序，採用加權準確率與加權回想率來評估推薦效能，描述如后。令 A_i 代表測試會談紀錄 i 中學習者真正需要的網頁($n_1 \dots n_{|A_i|}$)； R_i 代表系統所推薦的網頁($r_1 \dots r_{|M|}$)。

加權準確率公式：

$$(1) \quad W_j = \frac{1}{2^{(j-1)/(\alpha-1)}}, (j = 1, \dots, |N|)$$

代表排在推薦表列第 j 個項目的權重。本研究設定 $\alpha=10$ 表示系統推薦的數目維持在 10 個有效項目(亦即假設該 10 個項目被閱覽機率超過 0.5 者)。加權準確率 WP_i 如下：

$$WP_i = \frac{\sum_{j=1..|N|} H_j \times W_j}{\sum_{j=1..|N|} W_j}, \quad H_j = \begin{cases} 1, & \text{if hit,} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$(2) \quad WP_i^{max} = \frac{\sum_{j=1}^{\min(|A_i|, |N|)} W_j}{\sum_{j=1..|N|} W_j}$$

代表在推薦表列中所能得到的最佳準確率表現(亦即學習者所需要的網頁都能排在建議表列的最前端)。因此針對所有的使用者，我們可以計算正規化後的平均加權準確率，其中 s 代表測試會談紀錄總數：

$$(3) \quad AWP = \frac{\sum_{i=1}^s WP_i}{\sum_{i=1}^s WP_i^{max}}$$

加權回想率公式： $L=\max(|A|,|N|)$ ，由於 $|N|$

有可能會大於 $|A|$ ，故要取最大值。

$$(4) W_j = \frac{1}{2^{(j-1)/(\alpha-1)}}, (j = 1, \dots, L)$$

代表排在推薦表列第 j 個項目的權重。本研究設定 $\alpha=10$ 表示系統推薦的數目維持在10個有效項目（亦即假設該10個項目被閱覽機率超過0.5者）。加權回想率 WR_i 如下：

$$WR_i = \frac{\sum_{j=1..|N|} H_j \times W_j}{\sum_{j=1..|A|} W_j}, \quad H_j = \begin{cases} 1, & \text{if hit,} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

$$(5) WR_i^{max} = \frac{\sum_{j=1}^{\min(|A|,|N|)} W_j}{\sum_{j=1..|A|} W_j}$$

代表在推薦表列中所能得到的最佳回想率表現（亦即學習者所需要的網頁都能排在建議表列的最前端）。因此針對所有的使用者，我們可以計算正規化後的平均加權回想率，其中 s 代表測試會談紀錄總數：

$$(6) AWR = \frac{\sum_{i=1}^s WR_i}{\sum_{i=1}^s WR_i^{max}}$$

(五) 實驗參數

本研究針對下列數個實驗參數來進行相關的組合與實驗：

1. 「環境相關」參數

- (1) 推薦班數的多寡：半班、一班、兩班
這是為了模仿佛真實情境，訓練學生人數會隨著時間的過去而增加。

2. 「推薦相關」參數

- (1) 推薦策略：視窗切割法、最大匹配法

- (2) 信賴度門檻值：0.1、0.2、0.3

用來比較推薦效能，探討不同信賴度門檻值對推薦效能的影響。

四、實驗結果與討論

(一) 實驗資料之蒐集與整理

本研究所使用的學習瀏覽資料蒐集自銘傳大學網路虛擬教室教學網站 (<http://www.eduplanet.mcu.edu.tw/webclass>) 上的專家系統課程。因為本研究是針對學生的教材瀏覽做推薦，因此在整理實驗資料時會先過濾掉網路伺服器中非教材瀏覽的記錄，再將剩餘的瀏覽記錄切割成會談記錄，以供做分析處理。所謂的會談記錄(Session Record)是指學生於某次登入教學網站一直到離開教學網站的這段學習時間內的所有學習記錄。實驗流程如圖2所示，目前本研究蒐集了一學期修習「專家系統」課程的學生瀏覽教材記錄，在實驗流程上可劃分為下列三個階段：

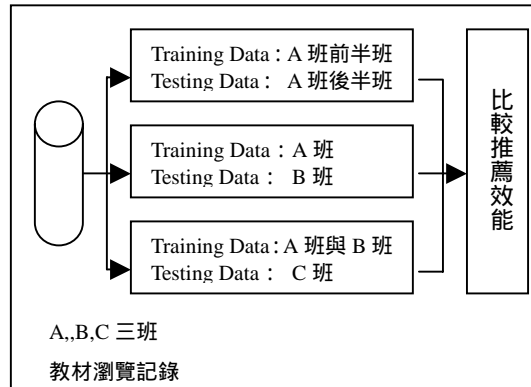


圖 2 實驗流程圖

資料來源：本研究, 2003

(二) 實驗結果

為瞭解推薦機制在學生瀏覽會談內各階段的推薦效能，本研究將測試學生的瀏覽會談記錄拿來做以下三組實驗：First、Middle 以及 Last，分別代表在學生瀏覽會談紀錄的第一個網頁，中間網頁與只剩最後一個網頁時所做的推薦效能比較。本實驗在關聯規則探勘時，將支持度設定為 0.02，信賴度分別設定為

0.1、0.2、0.3，值設定為 10。實驗結果如表 4、表 5、表 6 所示，其中 AWP、AWR 與 ASR 分別代表平均加權準確率、平均加權回想率與平均服務率(Average Service Rate，可以獲得網頁推薦服務的學生比率)。

表 4 推薦效能比較 - 推薦班數：半班

策略 實驗	最大匹配法			視窗切割法		
	AWP	AWR	ASR	AWP	AWR	ASR
CF=0.1	0.46	0.52	0.63	0.38	0.47	0.63
CF=0.2	0.44	0.49	0.63	0.36	0.45	0.63
CF=0.3	0.39	0.46	0.63	0.34	0.41	0.63

資料來源：本研究，2003

表 4、表 5、表 6 的數值是取 First、Middle 與 Last 這三組實驗的實驗結果平均值，也就是先各別針對 First、Middle 與 Last 求出其平均加權準確率與平均加權回想率，再計算總平均值。

表 5 推薦效能比較 - 推薦班數：一班

策略 實驗	最大匹配法			視窗切割法		
	AWP	AWR	ASR	AWP	AWR	ASR
CF=0.1	0.45	0.5	0.64	0.4	0.46	0.64
CF=0.2	0.43	0.47	0.64	0.37	0.43	0.64
CF=0.3	0.36	0.41	0.64	0.31	0.37	0.64

資料來源：本研究，2003

表 6 推薦效能比較 - 推薦班數：兩班

策略 實驗	最大匹配法			視窗切割法		
	AWP	AWR	ASR	AWP	AWR	ASR
CF=0.1	0.42	0.53	0.62	0.32	0.46	0.62
CF=0.2	0.41	0.5	0.62	0.32	0.42	0.62
CF=0.3	0.32	0.43	0.62	0.25	0.35	0.62

資料來源：本研究，2003

由實驗數據中可以發現當推薦人數(也就是推薦班數)增加後準確率與回想率反而會降低，這表示在不分群的推薦狀態下，若推薦訓練人數增加，則連帶地會使得雜訊增加，降低了推薦效能。其次，不管推薦人數多寡，當信賴度門檻值愈小時，可以獲得較高的準確率與回想率，這是因為信賴度門檻值若定得較高(找規則的條件較嚴苛)，則會比對出較少的規則，導致可供推薦的項目變少，進而使得準確率與回想率降低。

對推薦策略而言，實驗結果顯示「最大匹配法」的推薦效能較「視窗切割法」好，原因在於最大匹配法可以找到較多可供匹配的關聯規則，因而較容易產生推薦項目。例如：某位學生已經瀏覽 abc 三頁教材，在進行推薦時又找不到匹配的關聯規則，此時若是採用視窗切割法則可拿 bc 再去做關聯規則比對，若是採用最大匹配法則可拿 ab、bc、ca 再去做關聯規則比對。由此可見最大匹配法有較高的機會可以找到可供匹配的關聯規則。

五、結論

本研究提出一個網頁教材瀏覽推薦方法，結合關聯規則探勘與協同過濾推薦技術應用於個人化網路學習導覽推薦。研究結果發現在最好的狀況下可獲得：平均加權準確率為 0.44、平均加權回想率為 0.52、平均服務率為 0.63。雖然回想率的值到達 0.5 左右，但是準確率卻是仍有待改善，因此本研究未來將朝向「學生分群協同過濾推薦」的方向做研究，以追求更高的推薦效能。

資料探勘應用於個人化網路學習導覽推薦之研究是一個新興的研究議題，期望透過本研究的實驗發現與未來的研究結果來創造出具有高度教材瀏覽指引價值的網際網路學習環境，讓學生們能夠在網路學習環境中輕鬆又有效率地從事學習活動。

六、參考文獻

- [1] 李麗華、黃智育, "運用資料探勘於個人化之網路推薦", *第十三屆國際資訊管理學術研討會論文集*, pp. 189-196, 五月, 2002.
- [2] 候文娟, "智慧型教學系統", *資訊與教育雜誌*, vol. 39, pp. 4-10, 1994.
- [3] 蔣以仁, "一對一個人化服務機制", *電腦與通訊*, vol. 95, pp. 44-60, 2001.
- [4] 顏秀珍、李御璽、何仁傑, "利用資料探勘語言挖掘感興趣的資訊", *電腦學刊*, vol. 13, no. 4, pp. 44-60, 2001.
- [5] R. Agrawal and R. Srikant, "Fast Algorithm for Mining Association Rules," in *Proc. The VLDB Conference*, pp. 487-499, 1994.
- [6] M. S. Chen, J. Han and P. S. Yu, "Data Mining: An Overview from a Database Perspective," *IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 866-883, 1996.
- [7] X. Fu, J. Budzik and K. J. Hammond, "Mining Navigation History for Recommendation," *ACM Proc. Intelligent User Interface*, pp. 106-112, 2000.
- [8] J. Han and M. Kamber, *Data Mining: Concepts and Techniques*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [9] J. A. Konstan, B. N. Miller, D. Maltz, J. L. Herlocker, L. R. Gordon and J. Reial, "GroupLens: Applying Collaborative Filtering to Usenet News," *Communications of the ACM*, vol. 40, no. 3, pp. 77-87, 1997.
- [10] M. Kwak and D. S. Cho, "Collaborative Filtering with Automatic Rating for Recommendation," in *Proc. ISIE 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, vol. 1, pp. 625-628, 2001.
- [11] C. H. Lee, Y. H. Kim and P. K. Rhee, "Web personalization expert with combining collaborative filtering and association rule mining technique," *Expert Systems with Applications*, vol. 21, pp. 131-137, 2001.
- [12] B. Mobasher, R. Cooley and J. Srivastava, "Automatic Personalization Based on Web Usage Mining," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 8, pp. 142-151, 2000.
- [13] D. M. Nichols, "Implicit Rating and Filtering," in *Proc. Fifth Workshop on Filtering and Collaborative Filtering*, 1997.
- [14] B. Mobasher, H. Dai, T. Luo and M. Nakagawa, "Effective Personalization Based on Association rule Discovery from Web Usage Data," in *Proc. Third International Workshop on Web Information and Data Management*, pp. 9-15, 2001.
- [15] M. D. Mulvenna, S. S. Anand and A. G. Buchner, "Personalization on the Net using Web Mining," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 8, pp. 123-125, 2000.
- [16] G. Piccoli, R. Ahmad and B. Ives, "Web-Based Virtual Learning Environments: A Research Framework and A Preliminary Assessment of Effectiveness in Basic IT Skills Training," *MIS Quarterly*, vol. 25, no. 4, pp. 401-426, 2001.
- [17] D. Riecken, "Personalized Views of Personalization," *Communications of the ACM*, vol. 43, no. 8, pp. 27-28, 2000.