

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－計劃六： 數學網路教學資源分享與推薦系統之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC90-2521-S-009-005-

執行期間：2001 年 8 月 1 日至 2002 年 7 月 31 日

計畫主持人：孫春在教授

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學系

中 華 民 國 91 年 10 月 27 日

國科會科教處九十年度整合型計畫：虛擬中學數學學習館
子計劃六：數學網路教學資源分享與推薦系統之研究
計畫編號：NSC90-2521-S-009-005-

國立交通大學資訊科學系 孫春在

關鍵詞：網路教學、合作式推薦系統、虛擬社群、網站推薦、網站分類、學習動機

一、摘要

本子計劃提出一個資源分享與推薦的機制架構，讓每個人都能分享自己的學習資源，同時也可以從別人獲得對方的學習資源，以期透過資訊的交換，增進學習的效率與效果。本子計畫以配合總計畫之學習目標，以高中數學為學科內容，將推薦系統融入教學環境裡，期望達到輔助學習的功能。並藉由推薦系統與網路教學的共同特性，也就是合作學習與社群網路的功能，將此兩者緊密的結合。本子計畫執行成果分為兩部分，在網路學習系統方面完成了教學資源推薦系統，在網路學習動機方面則是設計並執行了教學實驗，探討數學動機及創造力對數學創作的相關性。

Abstract

We propose a mechanism in this project to fulfill the goal that learners using this system can share their resources and thus achieve better learning effect. We will adopt high school mathematics as the content of our learning system. By means of integrating recommendation to learning environments, we expect to provide a better support to on-line learners. Our ultimate goal is to construct a learning community through resource sharing and mutual supporting in a natural way. A sense of reliability can be gradually formed to lay the basis of a community. This project will include system design and development, incorporation of courseware and activity, instruction experiment, and assessment.

二、緒論

1. 研究背景

從電腦或網路資料庫的觀點出發，當我們需要某些特定的資源或資訊時，最常用的方法就是透過搜尋(Search)或查詢(Query)的工具來找出此項資源。但是在現實生活中，除了搜尋以外，推薦(Recommendation)也是一個很重要的蒐集資訊方法。

從人與資料的互動性來區分，搜尋是由需求者主動去找資料，而推薦則是需求者被動地等資料送上門來。由搜尋和推薦本質上的差異可以看出，在以往資料量還不多的時候，只要憑一己之力就可以找到所需要的資料。但是在現在乃至於未來，資料量遠超過一個人能處理的極限時，讓他人來幫助自己過濾找尋自己需要的資料，是一種越來越重要的方法。

多點分享式資源和推薦概念的結合叫做合作式資訊過濾(Collaborative Information Filtering)。先根據某些資訊將使用者分類，分在同一類的使用者可以假設他們的興趣都是很接近的。因此在推薦的時候，由同一類使用者所推薦的東西就很有可能是自己所需要的。這種方法有別於以內容為基礎的資訊過濾法(Content-based Information Filtering)，在網路環境中，因為資料的形式、格式繁多，要做精確完整的內容分析幾乎是不可能的事，所以合作式資訊過濾法就成了最適當的選擇。

一切學習行為都是由動機引起的，這已成了20世紀，教育學家和心理學家們的一個信條。「期望動機理論(Expectancy Theory of Motivation)」裏說，學生做某件事的動機，取決於他對自己成功機會之估計，以及成功價值的引誘，而且如果學生認為成功的機會等於零，那麼誘因再大，動機仍等於零。

期望動機理論意味著，個人或團體對行為結果之預期，是學習動機的重要因素。因為，個人對自己能力的信心，決定了合作團隊中的角色扮演、行為表現。而個人對合作夥伴的信心，則決定了團隊策略的選擇與運用，這些都直接或間接造成對合作學習成效的影響。

2. 研究動機

由於網路無遠弗屆、豐富資源、資訊開放、容易整合的特性，利用電腦網路來發展遠距教學系統，已成為現今教育界熱門的研究主題(Allen, 1998)。但是並沒有一個中心化的機制或機構來整合所有的教學網站，使用者常常不知道哪裡才有他所需要的資訊。雖然因為搜尋引擎(Search Engine)的進步，只要我們打上查詢字串(Query String)，就可以列出相關的網站或網頁。但因為學習者(Learner)本身對於教學網站的教材資訊並不熟悉，如何決定搜尋字串對他們來說是個難題。所以被動的搜尋對於學習者來說幫助有限，只有採取主動的推薦才能有效協助學習者的資訊整合。

因此，本研究將提出一個機制，此機制能獲知學習者的需求與興趣，進而推薦最符合學習者需求的教學網頁。如此，學習者就不需要自己在茫茫大海中尋找，不但可以節省下許多時間和成本，降低網路的流量，更可以幫他們濾除掉一些不想要看的資訊(Resnick & Varian, 1997)，發揮網路的最大效益。

由於網路上的合作學習，具有很多優點，所以近年來，有很多關於網路合作學習平台建置的研究和成果，利用各種同步、非同步的電腦介面形式，做為合作群組成員間溝通的管道。這些工具的使用，無非是希望藉由增進群組互動，使學習者有參與感，以提昇學習的效果，而不只是旁觀者。畢竟，互動才是合作學習之基礎。

所以本研究的訴求之一為提供學生一個合作學習的環境，學生可將平日所瀏覽的數學網路教學網站互相推薦給同好，而達到資訊分享與過濾的目的，以期在提升

資訊的交流之後，能夠加強學生的學習效果。另一個目的在於建構一個網路同步匿名合作的環境，希望能改進傳統教室內，面對面合作學習的缺失。並瞭解自我效能因素，對合作成員心理與行為的影響，進而提出分組建議，使合作能有效互動，促進學習目標的達成。

3. 現況與問題描述

在推薦過程中所遇到的問題，首先是系統缺乏新使用者的資訊，接著使用者對於評比感到厭煩，造成資料過於稀疏(Sparse)，造成系統無法掌握使用者詳細的資料。這就是 Konstan 與 Miller (1997)提出的推薦系統最常遇到的問題：Ratings Sparsity 以及 Cold-Start。除此之外，還有 Nichols (1997)所提出關於資料取得的問題。取得使用者資料最普遍的做法就是讓使用者填寫問卷，另外一種做法就是觀察使用者的行為。以上第一種做法稱為顯性評比(Explicit Rating)，第二種做法為隱性評比(Implicit Rating)，兩種做法各有其優缺點，且剛好互補。

除了上述三個推薦系統常見問題外，因為本系統尚需要一個網站自動分類的模組，所以網站分類也是一個須解決的問題。要判斷一個網站的是屬於運動類、音樂類或是其他類別，目前的做法有以下三種：參考網站的 Metadata、關鍵字搜尋(Keywords Search)、運用已建立的分類資料庫。第三種作法算是很新穎的，因為現今的搜尋引擎已經將大部分的網站做好人工分類，所以本研究將利用既有的網站分類資料庫，以獲取網站的分類資料。

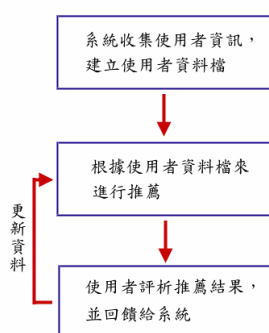
自我效能的研究逐漸增多，但大多數的研究仍著重在它和學業成就表現上的關係。合作學習中同儕之間學業「自我效能」的差異，可能使每個人對合作學習有不同的價值觀，因而產生對此學習方式的動機大小有異，進而造成對合作互動過程及結果的影響。學業和社會技巧是合作學習的兩大目標，其中後者更是有效互動的必要條件，亦即合作成員間，需要學習彼此信任、相互接納、正確無誤的溝通及建設性地解決問題。

匿名式的區域網路同步合作學習，也是本研究想要探索的重點。由於面對面的合作，無可避免的，會受同儕能力成見、結果預期等的干擾。在匿名合作的情況下，一切外表可見的都被隱藏（雖然內心「自我效能」是沒有改變的），人的行為也會因此而改變，也許效能低者敢講話了，或者看不到「靠山」而更加努力了。凡此種種的改變，如果能改進傳統合作學習的某些缺陷，匿名合作將非常有意義。

三、文獻探討

網路上的資訊收集與分析是一個很重要的課題，Cohen & Fan (2000)提到兩種主要的收集方式：各大搜尋引擎常用的網路機器人(Robot)或稱為網站蜘蛛(Web Spider)、資訊統合系統(Information Integration System)。除了網站資料，Usenet News 也是網路上的主要資訊來源。例如PHOAK 系統(Terveen, Hill, Amento, McDonald, & Creter, 1997)收集在 Usenet News 文章裡常出現的 URL (廣告除外)，當成是常見的問題集(FAQ, Frequently Asked Questions)。

一般推薦系統(Recommender System)主要的步驟如下圖所示：



推薦系統的一個重要問題：如果推薦了不適合的項目，或是忽略掉適合推薦的項目，其中所付的代價是否太大？Konstan & Miller (1997) 提出了「預測效用(Predictive Utility)」的概念，就是指某領域是否適合推薦的程度，其公式為：

$$\text{Predictive Utility} = \text{Benefit} - \text{Risk}$$

其中 Benefit 是指好的項目被推薦，或是不好的項目沒有被推薦，Risk 則是相反。下表以本系統所推薦的教育網站為例：

	系統推薦	系統不推薦
使用者喜歡	Benefit 值：很高。 理由：網站數量很大，能推薦使用者喜歡的網站可以大量減少使用者尋找網站的時間。	Risk 值：低。 理由：還有許多使用者會喜歡的網站，少看一個不會有什麼損失。
使用者不喜歡	Risk 值：很低。 理由：使用者只花費少許時間連結到該站，損失不大。	Benefit 值：高。 理由：網站數量很大，盡量刪除不喜歡的網站，可以大量減少使用者花費的時間。

由上表得知，網站推薦的 Predictive Utility 可以說相當高，換句話說，推薦系統是適合應用在網站領域的。

評比方式分為兩種：顯性評比與隱性評比。以網站為例，顯性評比代表使用者實際給予網站的分數，而隱性評比則表示系統記錄使用者的瀏覽資訊，間接的統計使用者對於網站的嗜好。下表為兩者的優劣比較以及缺點改進方式：

	顯性評比	隱性評比
資料量	少	多
優點	資料直接且正確	使用者無負擔
缺點	使用者有負擔	資料正確性疑慮、 計算資料時間冗長
改進方式	改善評比界面 提供評比回饋	改善計算演算法、 提高資料正確性

雖然現存大部分的推薦系統都採用顯性評比，但事實上顯性評比的改善空間較小，所以目前對於評比的研究都趨向於隱性評比的改善。此外，結合兩種評比方法也是一個不錯的點子。

在數學學習動機方面，Bandura (1982) 定義自我效能為：在特定情境下，個人對自己執行某項行動，能表現多好的判斷。Bandura (1986)認為學習者個人，自我效能的訊息來源有四：成就達成之結果(Enactive Attainment)、替代性的經驗(Vicarious Experience)、口語的說服(Verbal Persuasion)、生理狀態(Physiological State)。從學習之期望動機理論來看，個人

對自己行為結果之預期，是影響學習的重要動機因素。

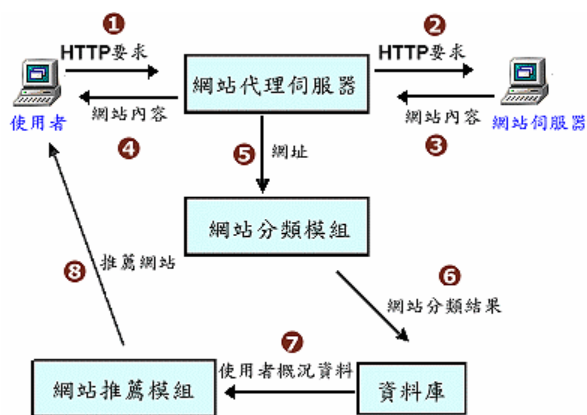
相同於自我效能，集體效能信念，是人們對團隊能力的一個社會認知過程，會影響團隊成員，對團隊工作的選擇、付出的努力程度、挫折與失敗後的堅持度，以及持續留在團隊中的意願，特別是那些需要全體成員群策群力的任務(Bandura, 1990, 1997)。它會直接影響到當群組的努力沒有換得相同代價時，群組內組員們是否仍然堅持的程度(Bandura, 1986)。

過去集體效能方面的研究，幾乎都是和運動有關；研究結果指出，團隊成員的集體效能知覺，與團隊表現是有關的，而且高集體效能團隊比低集體效能團隊，有較傑出的表現，及較強的團隊凝聚力，同時它也能有效預測團隊運動的表現(張志成, 1997)。

四、系統架構

1. 網路學習系統

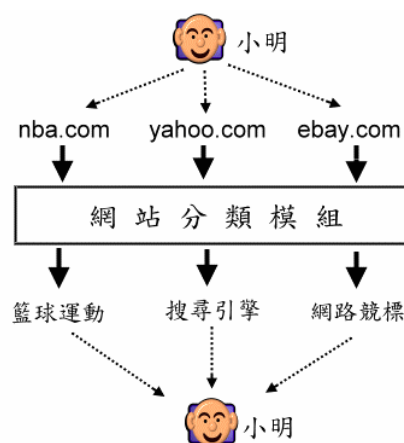
本系統主要是建立一個以網路代理伺服器(Proxy Server)為主體，附加上推薦功能模組的合作式網站推薦系統。想要使用本推薦系統的使用者只要將瀏覽器的Proxy 設定為系統建立的網路代理伺服器，那麼系統就可以擷取網路代理伺服器所記錄使用者的瀏覽情形，並且將這些瀏覽記錄放到資料庫中；系統再將這些使用者瀏覽過的網站，使用網站分類模組來加以分類，因此系統便得知使用者的網站喜好，進而建立使用者的概況資料(Profile)；接著系統由使用者的概況資料，計算出使用者之間的同好程度，再由同好度高的使用者來推薦喜愛的網站，以達到合作推薦的目的。



2. 網站分類模組

前文有提到推薦系統遇到的評比資料太少問題，雖然本系統採用了網路代理伺服器來解決此問題，但是反而因為網站的數量太多，使得資料矩陣過於稀疏；也因此造成了使用者之間評比資料的共同項目太少，使得計算出來的同好度(Similarity)不可靠，這個問題也是推薦系統普遍會遇到的難題。Mark O'Connor 和 Jon Herlocker (1999)曾經提出一個解決方法，就是將評比項目做屬性相近的分割(Partitioning)。

本系統也採用類似的觀點，將網站做屬性相近的分類。不同的是每個類別都視為一個評比項目，也就是把以網站為單位的評比項目，轉換成以類別為單位的評比項目。例如小明常瀏覽 NBA 的網站，系統會視為小明常瀏覽籃球類別的網站，如下圖所示。

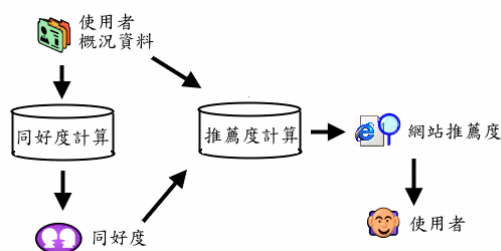


如此，評比項目的數量大幅減少，將有助於共同項目的比率提高；對於同好度計算所提供的資料增多，也使得計算出來的同好度將更為可靠。

評比項目數量減少的另一優點，就是同好度計算所花費的時間將大幅減少。假設使用者有 M 個人，就需要計算 $M^2/2$ 筆同好度，計算時間的花費可想而知；所以如果能降低每筆同好度的計算時間，那整體計算時間將節省不少。假設網站數為 N，則計算時間複雜度(Time Complexity)為 $O(N^2)$ ；如果將網站以類別代替，因為類別數量是固定的（也就是 N 為常數），所以計算時間複雜度將大幅降低為 $O(1)$ 。

3. 合作式推薦模組

合作式推薦模組主要有兩個步驟，首先透過使用者概況資料，來計算使用者之間的同好度；接著藉由概況資料與同好度，來計算網站的推薦度。整個流程如下圖所示。



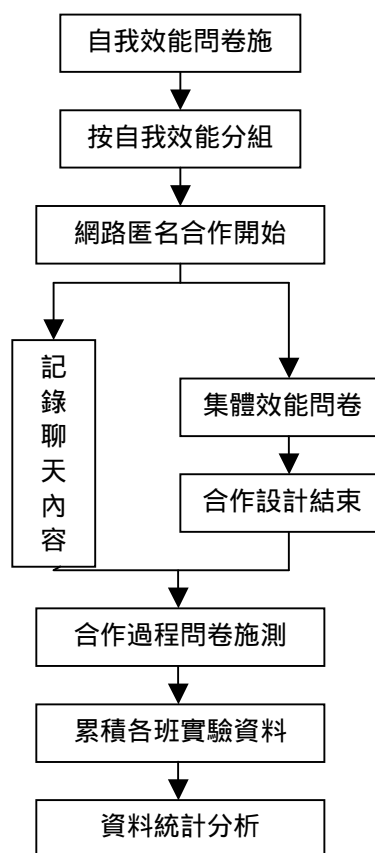
4. 網路學習動機

本教學實驗為網際空間學習的環境，且是同儕間網路同步匿名合作學習。本教學實驗結合「問題導向學習 (PBL, Problem-Based Learning)」與「合作學習」，以解決程式設計「問題」為目標，透過小組互動，達成學習。問題導向學習是一種將學習者，安置於有意義的學習情境裡，以解決擬真情境(Authentic Context)中的問題為主軸的學習。合作學習與問題導向學習的結合，是培養學生科學創造力的最佳策略。

由於本研究想知道效能心理對合作過程的影響，不想一開始就使合作互動模式固定，學生失去更多探索和互動學習的機會，希望藉由匿名式網路合作的研究，改進傳統面對面合作學習的問題。再者，匿名可能也使得小組成員，比較不會產生社

會懈怠的現象，免了搭便車等影響合作學習的心理。

本研究進行了兩次實驗，第一次實驗自民國 91 年一月開始，至民國 91 年三月底結束，在高商資料處理科，程式設計課程實施實驗。在高商實驗成功後，便將本研究理念應用在數學動機及創造力的研究上，因此於民國 91 年暑假舉辦數學營期間進行第二次實驗。對象為國一升國二來自不同學校之自願參予同學。本次實驗採用兩人一組合作創作數學圖形，以探討數學動機與數學創造力對數學能力及創造力之相關性研究。實施步驟以下圖表示：



五、結論

隨著遠距教學環境的發展，各種不同類型的教學網站正以驚人的速度不斷增加，如果有一套系統來整合學習者瀏覽過的網站，並透過合作機制來達到過濾與推薦的效果，學習者所節省下的時間和成本可以說相當可觀的。

本系統將現有的網路架構或是網路資源，提出了其他的利用方法，以提高其附加價值。其中網路代理伺服器在本系統的

作用，在於取得使用者的瀏覽情形，而非原先網頁暫存器的功能，可以說開發了網路代理伺服器的另類功能；另外本系統也利用了搜尋引擎所建立的網站分類資料庫，來達成網站分類的目的，這也是另一項附加價值的利用。

合作式推薦系統所遇到的難題不外乎為取得評比資料的困難，以及使用者之間重疊資料過少。針對第一個問題，本系統採用了網路代理伺服器，觀察使用者瀏覽了哪些網站，以代替使用者的評比動作。在 Nichols (1997) 所發表的研究論文當中，「重複使用(Repeat Use)」在所有十三種隱性評比的方法裡可靠度是排第三位，而瀏覽次數正是屬於重複使用的範圍裡；因此我們相信採用此種隱性評比是值得信賴的。

至於第二個問題，我們提出了網站分類的構想，分類方法則使用搜尋引擎的分類資料庫，以達到網站分類的目的。網站經過分類後，使用者的評比項目資料由網站轉化成類別，使得數目大幅減少，也相對提高了使用者之間重疊資料的比率。而且從實驗中也證實，以類別為評比單位的預測準確度，明顯高於以網站為評比單位的預測準確度。

在網路學習動機方面，本研究建構一個匿名的合作設計環境，並探討網路學習環境中，自我效能因素對合作學習的影響。經過高商程式設計的實驗，我們得到下列重要發現。

同等自我效能者，處於不同分組環境中，對結果預期及互動滿意度，卻有著顯著的差異。自我效能直接影響合作學習的個人行為。行為部分即指合作互動和合作成績。且同等自我效能的人，並不會因處於不同分組環境，而使能力表現有差異。換句話說，自我效能對個人在合作學習行為中，有關學科能力表現的影響，不會受匿名環境而有改變。除此之外，匿名合作可避免社會懈怠，而學習動機則和能力正相關。

六、未來展望

1. 使用智慧型代理人(Intelligent Agent)

如果能採用智慧型代理人機制，使用者只需下載代理人程式，代理人便會在使用者端記錄使用者的瀏覽記錄；這樣不僅取代網路代理伺服器所扮演的角色，而且不會有空間限制與認證上的問題。除此之外，系統不需要隨時記錄使用者的行為，而是由代理人主動提供資料給系統，這樣也可以降低系統負荷。

2. 與搜尋引擎結合

因為網站分類的資料來源是搜尋引擎，如果能進一步與搜尋引擎結合，分類資訊就可以直接獲得，就可避免間接尋找類別的時間浪費與誤差發生的可能性。除此之外，搜尋引擎也可擁有網站推薦的附加價值，也因此提升了搜尋引擎的服務範圍，可說互蒙其利。

3. 採用使用者分群代替同好度計算

本研究對於使用者之間的關係處理是採用兩兩之間做同好度計算，此一方法的優點是較為精細且準確，但會有計算時間冗長的問題。所以未來可以考慮採用使用者分群方法，將某些屬性相近的使用者歸為一群，同一群的使用者互相做推薦動作。甚至同一群的使用者之間也可以進行同好度計算，不僅可以解決分群方法較為粗糙的缺點，而且因為人數較少所以整體計算時間也會減少。

4. 網站自動分類

本研究並沒有實際去做網站分類，而是利用現存的分類資料庫；未來可以評估網站自動分類的可行性，而這項工作的領域也將延伸到自然語言與圖像辨識搜尋的研究上。

5. 學習動機和能力正相關

實驗結果如同之前文獻探討中，有關自我效能部分所述：學生先前成績的經驗，會影響他對於該科學習能力的內在信

念。因此，教學者如何激發學生學習的動機，並時時給予鼓勵、助長信心，對增進學生之學科能力，應有極大的幫助。

6. 「非依賴型任務」是關鍵因素

本研究設計之合作學習活動，屬於「非依賴型任務」，即遊戲程式的設計、撰寫等，可以只靠小組中有一人的該方面專長，就使全組合作有好成績，不像「拔河」運動，本質上即具有每個人都要出力的性質。教學活動中「依賴型任務」常需要教學者精心的安排、設計，使參與合作的個人，可以明確的擔負任務，又能彼此分享、交流，而不致於依賴能力強者，或有人「搭便車」，誠然不是件容易的事。

然而，合作學習中任務的類型，可說是最為關鍵性的設計，對實驗結果有決定性的影響，該如何定義依賴型任務，並且在兼顧分工與合作的前提下，設計依賴型的合作任務，是以後值得好好探討的主題

七、參考文獻

張志成. (1997). 自我效能和集體效能與團隊凝聚力之相關研究及不同凝聚力組型輸贏歸因之探討. 國立體育學院體育研究所碩士論文.

Allen, R. (1998). The Web: interactive and multimedia education. *Computer Networks and ISDN Systems*, 30, 1717-1727.

Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37,122-147.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall.

Bandura, A. (1990). Perceived self-efficacy in the exercise of personal agency. *Journal of Applied Sport Psychology*, 2, 128-163.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The Exercise of Control*, W.H. Freeman and Company, New York.

Cohen, W.W. & Fan, W. (2000). Web-collaborative filtering: Recommending music by crawling the Web. *Elsevier.Computer Networks: the International Journal of Distributed Informatique*, 33, 1-6.

Konstan, J.A., Miller, B.N., Maltz, D., Herlocker, J.L., Gordon, L.R. & Riedl, J. (1997). GroupLens: Applying Collaborative Filtering to Usenet News. *Communications of the ACM*, 40(3), 77-87.

Nichols, D.M. (1997). Implicit Rating and Filtering. *Proceedings of the 5th Workshop on Filtering and Collaborative Filtering*.

O'Connor, M. & Herlocker, J. (1999). Clustering Items for Collaborative Filtering. *Workshop on Recommender System: Algorithms and Evaluation*.

Resnick, P. & Varian, H.R. (1997). Recommender systems. *Communication of ACM*, 40(3), 56-58.

Terveen, L., Hill, W., Amento, B., McDonald, D., & Creter, J. (1997). PHOAKS: A System for Sharing Recommendations. *Communications of ACM*, 40(3), 59-62.40(3), 77-87.