

# Un metodo knowledge-based per la raccomandazione in e-learning

P. Di Bitonto, M. Laterza, T. Roselli, V. Rossano

*Dipartimento di Informatica – Università degli Studi di Bari “Aldo Moro”  
Via Orabona,4 70126 Bari  
{dibitonto, marialaterza, roselli, rossano}@di.uniba.it*

*Il presente lavoro illustra una tecnica di raccomandazione knowledge-based che permette di suggerire Learning Object in base alle caratteristiche cognitive e meta-cognitive dello studente. È proprio il coinvolgimento di queste due dimensioni a costituire il principale elemento innovativo del lavoro proposto. Dopo aver presentato le ultime tendenze della raccomandazione in e-learning presenti in letteratura, la tecnica knowledge-based definita è illustrata e valutata all'interno di un prototipo.*

## 1. Introduzione

Negli ultimi anni il cambiamento del modo di intendere il processo educativo ha indotto numerose scuole ed università a modificare la didattica integrando le tecnologie web-based. Ciò ha posto sempre più lo studente al centro del processo formativo, trasformandolo da fruitore passivo dei contenuti, ad attore primario del proprio processo di apprendimento, offrendogli la possibilità di ricercare le risorse educative che meglio soddisfano le sue esigenze. Tuttavia, l'enorme quantità dei contenuti disponibili, rischia di disperdere l'attenzione dell'utente; pertanto è necessario determinare strategie di ricerca che suggeriscano agli studenti le risorse più efficaci per il suo apprendimento. In questo scenario si inseriscono i sistemi di raccomandazione, essi supportano gli utenti nella ricerca di item di diverso tipo, in modo particolare nel Web. Differentemente dai sistemi di ricerca tradizionale essi guidano i propri utenti suggerendo oltre agli item esplicitamente richiesti, quelli di possibile interesse. Il successo dei sistemi di raccomandazione sebbene abbia investito in prima istanza il mondo dell'e-commerce, sta prendendo sempre più piede nell'e-learning grazie ad una combinazione di diversi fattori fra i quali: la crescente quantità delle risorse di apprendimento disponibili, la capacità di realizzare una maggiore personalizzazione rispetto ai tradizionali motori di ricerca e la crescita dell'e-learning in tutte le sue forme. I sistemi di raccomandazione per l'e-learning possono mettere a disposizione di studenti e docenti qualcosa in più di un efficace processo automatico di ritrovamento delle risorse didattiche. Ovviamente la formulazione delle raccomandazioni in

ambienti didattici è più complessa che in altri contesti a causa delle numerose variabili che intervengono nel processo di insegnamento apprendimento. Il presente lavoro illustra una tecnica di raccomandazione knowledge-based nel contesto dell' e-learning che permette di suggerire learning object in base alle caratteristiche cognitive e meta-cognitive dello studente. È proprio il coinvolgimento di queste due dimensioni a costituire il principale elemento innovativo del lavoro proposto. Dopo aver presentato le ultime tendenze della raccomandazione in e-learning presenti in letteratura, la tecnica knowledge-based definita è illustrata e valutata all'interno di un prototipo. Infine sono presentate alcune considerazioni conclusive e tracciate le linee di sviluppo futuro della ricerca.

## **2. I sistemi di raccomandazione in e-learning**

I primi sistemi di raccomandazione per e-learning, rivolti a studenti o a docenti, compaiono in letteratura nei primi anni del 2000. Essi, a differenza dei più tradizionali motori di ricerca, non si limitavano a trovare gli oggetti corrispondenti ad una query, ma proponevano all'utente gli oggetti che avrebbero potuto interessarlo, elaborando raccomandazioni personalizzate [1]. I primi sistemi implementavano generalmente metodi puri collaborativi o content-based; poi, nel corso degli anni, si è sviluppata la tendenza all'uso di approcci ibridi. Nel 2003 appare Altered Vista [2], uno dei primi sistemi di raccomandazione puri per l'e-learning, accessibile solo ad utenti registrati. Esso suggerisce a studenti e a docenti risorse didattiche web-based avvalendosi di una raccolta esplicita di opinioni multidimensionali (utilità della risorsa, accuratezza dell'informazione, rilevanza educativa, etc.) effettuata tramite uno schema di review. Le informazioni ottenute dagli utenti sono memorizzate all'interno di un database per permettere la ricerca e la raccomandazione delle risorse. Altered Vista è un classico esempio di sistema puro collaborativo di tipo user-based. Esso solleva diversi problemi riguardanti l'uso del filtro collaborativo in e-learning; primo fra tutti, la sua incapacità di formulare buone raccomandazioni in mancanza di una considerevole quantità di stime. Lo stesso problema è riscontrato anche nell'uso del sistema Rule-Appling Collaborative Filtering (RACOFI), implementato nello stesso periodo [3]. RACOFI lavora aggregando le stime fornite dagli utenti sugli oggetti da raccomandare (learning object di tipo audio) per individuarne similarità negli interessi e predire le stime di oggetti non ancora valutati. A differenza di Altered Vista, il sistema "aggiusta" i valori delle predizioni usando regole che coniugano la conoscenza sugli oggetti presenti nel database con la conoscenza sull'utente, entrambe espresse tramite matrici. Nonostante i problemi legati al loro impiego, i filtri collaborativi sono tuttora presi in considerazione nella progettazione di sistemi di

---

raccomandazione per l'e-learning. Nel corso degli anni, l'applicazione dei metodi puri ha posto sempre più in evidenza le opportunità offerte dai metodi ibridi. Nel 2007 Khribi et al. In [4] suggeriscono la combinazione di metodi collaborative e content-based ibridati con approcci cascade, feature augmentation o weighted. Parallelamente Drasler et al. [5] usano tecniche collaborative e knowledge-based ibridate con approccio switching per la realizzazione di un Personal Recommender System (PRS) integrato nella piattaforma Moodle. Il PRS ha l'obiettivo di supportare il life-long learning in una Learning Network. A tale scopo, agisce cercando tra le potenziali attività di apprendimento e raccomandando quelle pedagogicamente più adeguate allo studente, al fine di migliorare il suo percorso di apprendimento personale. Nel PRS il metodo knowledge-based è realizzato mediante l'uso di una ontologia. Se sono disponibili solo le informazioni sugli interessi degli studenti, il sistema usa un approccio knowledge-based: formula le raccomandazioni sfruttando la conoscenza sul dominio per inferire relazioni tra le attività didattiche (oggetti da raccomandare) e il profilo utente. Altrimenti, se sono disponibili diverse altre informazioni sull'utente, oltre quelle sugli interessi (es. motivazione, tempo di studio, etc.) il PRS usa un approccio collaborative con feature demografiche: formula le raccomandazioni confrontando le informazioni personali degli studenti e suggerendo ad uno studente le attività che studenti simili hanno gradito. I risultati di sperimentazioni preliminari effettuate sul PRS evidenziano la capacità della tecnica ontology-based di far fronte all'iniziale problema del cold-start, ma parallelamente anche l'impossibilità di generalizzare la strategia di ibridazione usata, visto che un'ontologia non può essere facilmente adeguata ad altri contesti e ciò richiede l'impegno di esperti del dominio e di rappresentazione della conoscenza. Nello stesso anno Satyanarayana et al. [6] affermano che l'eterogeneità del dominio dell'educazione favorisce l'uso di approcci ibridi alla raccomandazione e propongono un modello di Recommender System for Educational Institution (RSEI) con approccio ibrido cascade. Tale ibrido permette di formulare le raccomandazioni a partire da una tecnica knowledge-based iniziale che considera la conoscenza sul dominio, e due o più tecniche di filtering successive che lavorano sulle stime dell'utente. È proprio questa la prospettiva in cui il presente contributo si inserisce. L'idea è quella di ibridare in modalità cascade due differenti approcci knowledge-based, uno che lavora a livello di dominio, l'altro che lavora a livello cognitivo e meta-cognitivo. L'articolo presenta la seconda delle due tecniche.

### **3. La tecnica di raccomandazione definita**

La logica di funzionamento della tecnica presentata è descritta in Fig.1. La strategia globale della raccomandazione è quella di utilizzare un metodo knowledge-based (modulo ad altra priorità) per ricercare sia i learning object

---

(LO) richiesti esplicitamente dallo studente che quelli ad essi collegati secondo le relazioni definite nel dominio per mezzo di una ontologia. La lista così prodotta (lista argomenti correlati) è ulteriormente analizzata per mezzo di un sistema di reasoning che lavora sulle rappresentazioni ontologiche delle caratteristiche pedagogiche del LO e della conoscenza dello studente. Il risultato di tale computazione è la raccomandazione finale.

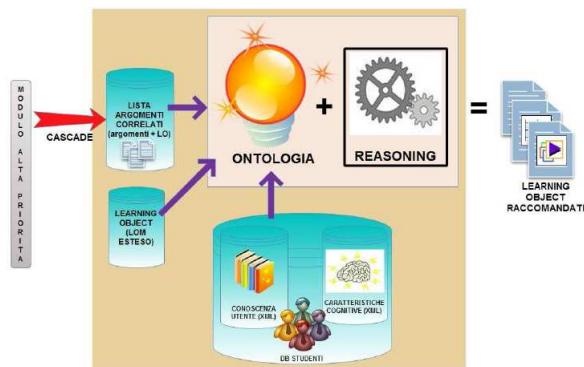


Fig.1 – Logica di funzionamento

Al fine di spiegare il funzionamento della tecnica definita è necessario illustrare in primo luogo come la conoscenza relativa ai LO e agli studenti è rappresentata.

### 3.1 La conoscenza sui learning object

La conoscenza relativa a ciascun LO da raccomandare è da intendersi relativa a due dimensioni differenti: il dominio di conoscenza in cui esso si colloca e le caratteristiche pedagogiche possedute. Per quanto riguarda il dominio di conoscenza, come già accennato in precedenza, il modulo ad alta priorità ha già selezionato i LO in base alla loro coerenza con il dominio, producendo una lista contenente i LO di possibile interesse per l'utente. Tale lista specifica per ciascun LO la categoria di appartenenza del dominio. In Fig.2 si riporta un esempio di *lista argomenti correlati* nell'ipotesi in cui uno studente abbia cercato i LO relativi all'argomento *equazioni di secondo grado*. Per quanto riguarda le caratteristiche pedagogiche intrinseche al LO, i descrittori scelti sono: *obiettivo didattico*, *forma del contenuto*, *strategia di insegnamento*. Tali informazioni sono ricavabili dai metadati del LO stesso mediante un sistema esperto. L'*obiettivo didattico* definisce l'abilità che è possibile acquisire tramite la fruizione del learning object. Essa può essere dichiarativa, se

riguarda l'apprendimento dei concetti, delle definizioni o dei principi teorici di un particolare argomento; procedurale, se riguarda il saper applicare la conoscenza ad un caso pratico in modo deterministico; meta-cognitiva, se riguarda l'insieme delle capacità logiche, creative o critiche veicolabili per mezzo di un dominio ma indipendenti da esso.

```
<output>
  <argomentoRichiesto nome = "Equazioni di secondo grado" >
    <LO id = "01" nome = "Calcolo del delta">
    <LO id = "05" nome = "Risolvere le equazioni di secondo grado">
    ...
    <LO id = "33" nome = "Equazioni di secondo grado">
    ...
  </LO>
  ...
  </argomentoRichiesto >
  <argomentoCorrelato nome = "Equazioni di primo grado" >
    <LO id = "54" nome = "Equazioni di primo grado">
    <LO id = "43" nome = "Risolvere le equazioni di primo grado">
    ...
  </argomentoCorrelato >
  <argomentoCorrelato nome = Interpretazione geometrica delle equazioni di secondo grado" >
    <LO id = "76" nome = "Delta e parabole">
    <LO id = "88" nome = "Equazioni di secondo grado e parabole">
    ...
  </argomentoCorrelato >
  ...
</output>
```

Fig.2 – Lista in input dei LO correlati

La *forma del contenuto* indica il modo con cui la conoscenza può essere veicolata e si esprime su tre direttrici: l'aspetto esteriore, il tipo di conoscenza e la struttura interna. L'aspetto esteriore indica il tipo del materiale didattico: video, testo, audio, etc. Il tipo di conoscenza indica il modo in cui il contenuto è veicolato e può essere dichiarativo o procedurale in funzione del fatto che sono presentati concetti o indicati passi da seguire. La struttura interna indica la presenza di concetti, osservazioni, teoremi, descrizioni. La *strategia di insegnamento* indica il tipo di intervento formativo che il LO implementa nell'interazione con l'allievo al fine di facilitare l'apprendimento. Le strategie si dividono in attive e passive. Per esempio la strategia "tutoriale" è passiva, la strategia "role-playing" attiva.

### 3.2 La conoscenza sugli utenti

Le componenti di profilo utili a descrivere le caratteristiche pedagogiche dello studente riguardano sia istanze di natura cognitiva che meta-cognitiva. Quelle cognitive considerano le conoscenze dello studente rispetto al dominio di insegnamento. Il loro contributo alla personalizzazione dell'azione formativa, riguarda la scelta degli argomenti da erogare in funzione delle conoscenze pregresse e gli argomenti da rivedere perché non conosciuti. Gli aspetti meta-cognitivi riguardano la scelta delle modalità con cui l'azione

---

formativa deve essere condotta sia in termini di strategia di insegnamento che in termini di presentazione del contenuto. I descrittori scelti per la rappresentazione della conoscenza dello studente sono: argomento, livello di conoscenza ed errori tipici. Argomento indica un valore simbolico e può indicare o un argomento del dominio oppure un'abilità meta-cognitiva; livello di conoscenza indica quanto l'argomento è conosciuto dallo studente. La valutazione del livello di conoscenza si esprime su valori che variano da zero a cinque e riguardano sia la teoria che la pratica. Il campo errori tipici, infine, indica gli errori che di solito gli studenti commettono. L'argomento è indicato con un valore simbolico che indica per la teoria e per la pratica il grado di competenza. Per quanto concerne le caratteristiche meta-cognitive, le componenti di profilo utilizzate sono elaborate sulla base del modello di Felder. La tabella riportata di seguito riassume e formalizza le componenti definite.

Nome del descrittore	Struttura del descrittore	Valore	Descrizione
Provenienza informativa	percezione	booleano (indica se lo studente è percettivo o intuitivo)	La provenienza informativa indica se lo studente tende a sintetizzare nuova conoscenza acquisendola dall'esterno o inferendola dalla conoscenza pregressa
	intuizione		
Codice informativo	visivo	booleano (indica se lo studente è visivo o verbale)	Il codice informativo indica se lo studente preferisce acquisire nuova conoscenza tramite l'osservazione o l'ascolto
	verbale		
Elaborazione dell'informazione	applicativa	booleano (indica se lo studente è applicativo o riflessivo)	L'elaborazione dell'informazione indica se lo studente preferisce avere un riscontro diretto con la pratica oppure l'astrazione teorica
	riflessiva		
Sintesi informativa	sequenziale	booleano (indica se lo studente è sequenziale o globale)	La sintesi informativa indica se lo studente ha bisogno di collocare l'argomento studiato in un quadro più ampio oppure no
	globale		
Tipo di ragionamento	intuitivo	booleano (indica se lo studente è induttivo o deduttivo)	Il tipo di ragionamento indica la predisposizione dello studente ad un tipo di ragionamento che va dalla regola all'applicazione o viceversa
	deduttivo		

**Tabella 1. Caratteristiche meta-cognitive del profilo utente**

---

### 3.3 La strategia di raccomandazione

Per comprendere il modus operandi della tecnica, si consideri la Fig.2. Il primo passo è quello di ordinare gli argomenti in base alle lacune riscontrate nella conoscenza dello studente, mettendo in evidenza gli argomenti su cui lo studente è carente; all'interno di ciascun argomento poi, i LO sono ordinati in funzione degli aspetti pedagogici, in particolare degli stili di apprendimento. Per ordinare gli argomenti in base alle carenze formative, e i LO in funzione degli aspetti cognitivi, sono utilizzate delle regole di decisione. L'idea è quella di confrontare in prima istanza l'argomento del dominio da ordinare (contenuto in <argomentoCorrelato>) con la componente di profilo studente "argomento", determinando se l'argomento correlato individuato nella fase precedente è utile per la formazione del discente. Nel caso in cui l'argomento sia di interesse per lo studente, si valuta il livello di preparazione dello stesso mediante le componenti di profilo "livello di conoscenza" ed "errori tipici". La valutazione del livello di preparazione consente di stabilire l'importanza formativa di ogni LO. Maggiori sono le lacune formative che lo studente presenta sull'argomento trattato nel LO, maggiore è il peso che si dà allo stesso. Una ulteriore valutazione che l'albero di decisione esegue, è relativa all'obiettivo didattico del LO. Come già descritto, esso può essere o procedurale o dichiarativo oppure meta-cognitivo. Se procedurale allora è indicato per studenti carenti negli aspetti esercitativi; se dichiarativo è indicato per le carenze degli aspetti teorici; se meta-cognitivo è indicato per le carenze non esplicitamente legate al dominio, come per esempio la scarsa capacità di analisi, l'incapacità di risolvere problemi. Se il LO ha un obiettivo didattico compatibile con le necessità formative dello studente, allora, non solo acquista rilevanza, ma è classificato (a seconda della specifica situazione) consigliato o molto consigliato. Se l'obiettivo didattico non è compatibile con le esigenze formative dello studente allora è poco consigliabile o sconsigliabile. Al termine della classificazione, ad ogni LO è associato un peso ed una categoria che indicano se e quanto un oggetto è consigliato. L'ordine con cui gli argomenti correlati sono presentati è calcolato sommando per ogni <argomentoCorrelato> tali pesi e ordinando in modo decrescente rispetto a tale somma.

La tecnica per l'ordinamento dei LO prende in esame le caratteristiche cognitive dello studente e le descrizioni dei LO al fine di stabilire, gli oggetti che meglio si prestano ad erogare un'azione formativa conforme agli stili cognitivi dello studente. Essa è applicata separatamente all'interno degli insiemi di LO relativi a ciascun argomento (sia richiesto che correlato). Ciò al fine di ordinare i risultati proposti in base alle caratteristiche cognitive e meta-cognitive del LO e agli stili cognitivi dello studente senza alterare l'ordine di presentazione degli argomenti e la pertinenza al percorso formativo, stabiliti nella fase precedente.

---

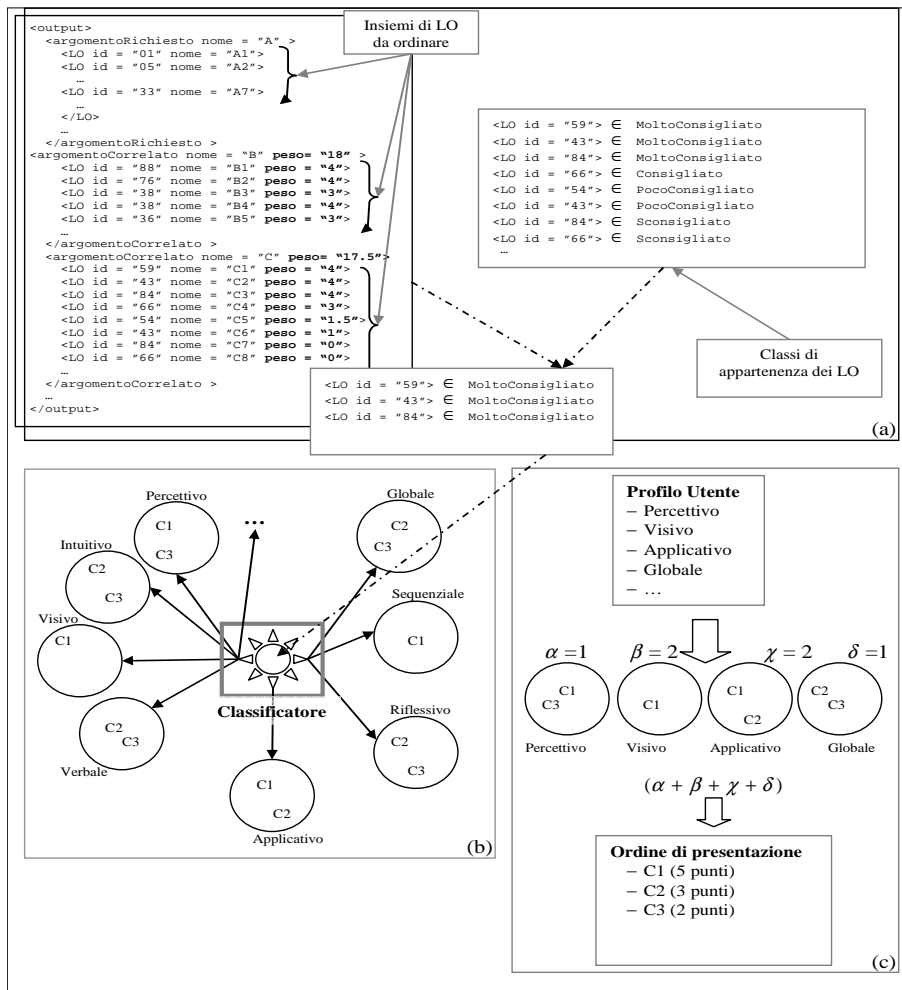


Fig.3 – Processo di raccomandazione

L'idea di base, è quella di classificare le risorse di apprendimento per mezzo di regole che partendo dal profilo della risorsa considerino le caratteristiche cognitive e meta-cognitive. Ogni risorsa appartiene contemporaneamente a più insiemi, confrontando la componente del profilo dello studente con gli insiemi dei LO definiti dalle regole di classificazione, si stabiliscono le risorse che meglio si adattano alle esigenze dello studente. In



seguito, in funzione degli insiemi a cui ciascun LO appartiene, si stabilisce l'ordine di presentazione. L'intero processo è illustrato in Fig.3. In particolare la Fig.3(a) descrive i dati di partenza, ovvero, l'insieme dei LO organizzati per argomento e le classi di appartenenza di ciascun LO determinate dal sistema esperto. L'ordinamento dei LO considera di volta in volta, per ciascun argomento, solo una categoria (nell'esempio solo quella dei LO moltoConsigliati). La Fig.3(b) illustra il sistema di classificazione dei LO che classifica per mezzo di regole di produzione le singole risorse di apprendimento. Le classi con cui i LO sono classificate esprimono lo stile cognitivo di ciascuna risorsa. In Fig.3(c) è rappresentato il confronto fra le componenti del profilo utente e le classi definite per ciascun LO. Innanzitutto sono scartati gli insiemi che non riguardano il profilo di utenza, poi, in base alla presenza dei LO negli insiemi di interesse ed al loro rispettivo peso (indicato dai coefficienti  $\alpha, \beta, \chi, \delta$ ) è calcolato l'ordine di presentazione delle risorse didattiche. N.B.  $\alpha, \beta, \chi, \delta$  dipendono dallo specifico profilo utente.

### 3.4 Valutazione prototipale della tecnica definita

La tecnica definita è stata analizzata con l'obiettivo di valutarne l'efficacia. In particolare, considerando il legame fra la raccomandazione e la conoscenza dello studente sono stati analizzati tre scenari differenti: lo studente conosce gli argomenti in modo adeguato; lo studente conosce gli argomenti in modo scarso; lo studente conosce gli argomenti in modo frammentario (ovvero una parte in modo scarso e un'altra in modo adeguato). Per ciascuno di questi scenari sono state considerate le variazioni dell'argomento richiesto rispetto agli argomenti correlati (prerequisito, approfondimento, ...). Alcuni test hanno presentato qualche difetto di precisione, in particolare nei casi in cui lo studente ha una scarsa conoscenza degli argomenti del dominio; tuttavia si ritiene che questo dipenda in modo non trascurabile dalla qualità delle risorse a disposizione e dalle relazioni che intercorrono tra gli argomenti del dominio. L'efficacia globale è stata calcolata considerando la media dei risultati riscontrati in ciascuno scenario analizzato. Nel complesso, la tecnica definita, presenta una buona efficacia in tutti gli scenari, in particolare nei casi in cui lo studente possiede conoscenze adeguate sugli argomenti studiati. L'efficacia globale stimata oscilla tra il 65% e l'85%, percentuale ampiamente positiva. Sebbene la tecnica definita non abbia presentato gravi difetti, esistono dei margini di miglioramento in particolare relativi alle anomalie riscontrate nei casi in cui lo studente ha scarse conoscenze riguardo gli argomenti studiati.

---

#### 4. Conclusioni

Il presente contributo illustra una tecnica knowledge-based innovativa perché capace di suggerire LO sulla base delle caratteristiche cognitive e meta-cognitive dello studente. Essa ordina prima gli argomenti correlati in base alle carenze formative del discente, poi, in base ad esse, consiglia i LO più adatti a colmare le carenze formative, infine, in base alle informazioni disponibili su ciascun LO e alla conoscenza degli stili cognitivi dello studente, determina l'ordine di presentazione del materiale didattico evidenziando i più adatti ad espletare una azione formativa in linea con il profilo pedagogico dello studente. Derivando dal metodo knowledge-based, la tecnica presentata, non soffre il ramp-up problem sia nella forma del new-item che in quella del new user. In altre parole, indipendentemente dalla dimensione dell'insieme degli item l'affidabilità del suggerimento fornito è invariato. Ciò accade perché il sistema non utilizza il relevance feedback nel calcolo del suggerimento e quindi la qualità del suggerimento è costante anche nel caso di utenti occasionali non registrati nel sistema. Un ulteriore vantaggio della tecnica presentata è la scalabilità rispetto al numero delle componenti per la descrizione del profilo utente e per la descrizione del LO.

#### Bibliografia

- [1] Burke R., 2002, *Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments*. User Modeling and User Adapted Interaction, 12 (4).
  - [2] Walker A., Recker M., Lawless K., Wiley D., 2004, *Collaborative information filtering: A review and an educational application*, International Journal of Artificial Intelligence and Education, 14: 3-28.
  - [3] Anderson M., Ball M., Boley H., Greene S., Howse N., Lemire D., McGrath S., 2003, *RACOFI: a Rule-Appling Collaborative Filtering System*. Proceedings of IEEE/WIC COLA'03, Halifax, Canada.
  - [4] Khribi M., Jemni M., Nasraoui O., 2007, *Toward a Hybrid Recommender System for E-Learning Personalization Based on Web Usage Mining Techniques and Information Retrieval*. In Bastiaens T., Carliner S. (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007, 6136-6145. Chesapeake, VA: AACE.
  - [5] Drachsler H., Hummel H., Bert v.d.B., Jannes E., Adriana B., Rob N., Wim W., Nanda B., Rob K., 2007, *Recommendation strategies for e-learning: preliminary effects of a personal recommender system for lifelong learners*, ePortfolio, Maastricht.
  - [6] Satyanarayana k., Rajagopalan S.P., 2007, *Recommender System for Educational Institutions*. Asian Journal of Information Technology 6(9): 964-969.
-