

Strategie adattive nei Web-based learning systems: un approccio comparativo

Michela Acquaviva, Marco Benini
Dipartimento di Informatica e Comunicazione
Università degli Studi dell'Insubria
Via Mazzini 5, Varese - Italy

{michela.acquaviva, marco.benini}@uninsubria.it

Sommario

La rapida affermazione del Web come luogo di divulgazione e condivisione della conoscenza, e la crescente personalizzazione delle applicazioni Web, ha dato vita a sistemi di apprendimento web-based sempre più avanzati.

In particolare, la nostra attività di ricerca ci ha condotto alla definizione di una peculiare strategia adattiva la cui novità consiste nell'osservazione a breve termine degli utenti che interrogano la Rete, in modo da ottenere una buona approssimazione dei loro interessi nel minor tempo possibile.

Con questo articolo, dunque, intendiamo presentare (i) una sintesi delle attuali strategie adattive basate su una prospettiva a breve, medio e lungo termine, e (ii) una comparazione tra il nostro approccio e altri processi adattivi.

1.1 Introduzione

Il sempre più esteso utilizzo del Web come luogo privilegiato per la diffusione della conoscenza ha progressivamente favorito l'affermarsi di varie e composite opportunità educative, con lo scopo di sviluppare piattaforme ad hoc e tecnologicamente avanzate per l'erogazione di corsi on line coerenti e di servizi didattici e di tutoring mirati. L'insieme di questi strumenti e delle tecnologie alla loro radice ha dato origine a un nuovo modello educativo conosciuto come e-learning.

In questa nuova fase, dunque, la Rete non rappresenta più semplicemente un mezzo di diffusione dei materiali didattici, ma diventa l'ambiente eletto a svolgere la maggior parte del processo formativo che diventa, così, processo sociale, attraverso la formazione di ambienti virtuali di apprendimento al cui interno si condivide e si trasmette la conoscenza.

Alla luce di questo nuovo approccio alla formazione, la personalizzazione e la presenza di alcuni sofisticati meccanismi adattivi, in grado di modificare ogni singolo percorso navigazionale [Rose e Levinson, 2004], possono condurre da una visione dell'esperienza educativa incentrata sui contenuti ad una visione incentrata sull'utente, in cui i contenuti vengono modificati in base alle informazioni che compongono il modello degli studenti. In modo particolare, un simile modello è legato al loro background, al loro ruolo nella società e, soprattutto, alla *situazione contingente* che stanno vivendo.

In base a questi precisi requisiti abbiamo definito un modello che realizzasse un tipo di adattività dei contenuti a breve termine, in modo da cogliere gli interessi momentanei degli utenti, osservando il loro comportamento per un lasso di tempo molto breve e, poi, adattando le informazioni fornite dall'applicazione web-based secondo il profilo-utente desunto.

Questa è la vera novità del nostro approccio adattivo [Acquaviva e Benini, 2004, Acquaviva e Benini, 2005, Acquaviva et al., 2005], dal momento che il modello adattivo a lungo termine non è che una naturale estensione di quello a breve termine ed è possibile confrontarlo con molti dei lavori esistenti (cfr. § 1.3).

Benché queste ricerche abbiano prodotto risultati piuttosto interessanti, si tratta comunque di sistemi alquanto *lenti*; perciò, le aspettative che gli utenti hanno di poter soddisfare con efficienza i propri bisogni sono spesso disattese.

Al contrario, la nostra osservazione a breve termine, benché comporti una deduzione imprecisa delle caratteristiche dell'utente, sembra colmare il divario tra le sue aspettative e l'offerta tecnologica.

Il contesto in cui viene osservato il comportamento adattivo a breve termine è il progetto **VICE**, il cui obiettivo è lo sviluppo di un sistema e-learning supportato dalle tecnologie del Semantic Web.

1.2 Il progetto VICE

Il progetto VICE (Virtual Continuing Education) vuole sviluppare una metodologia e una piattaforma innovative per realizzare applicazioni e-learning di alta qualità e ad elevato supporto tecnologico. Il suo obiettivo è favorire la formazione professionale nell'area dell'ICT (Information and Communication Technology) per le piccole e medie imprese, con particolare attenzione all'Informatica di base, a quella specialistica e alla Sicurezza sul lavoro. La modalità di erogazione è quella mista, con una parte minima di formazione d'aula e una parte più rilevante di effettiva formazione on line.

1.2.1 Obiettivi

VICE è rigorosamente progettato sulla base delle tecnologie del Semantic Web e sull'uso di meccanismi propri dell'Intelligenza Artificiale, in modo da poter gestire efficacemente gli aspetti adattivi legati alla fruizione di contenuti didattici. Pertanto, ci si aspetta che la piattaforma innovativa che VICE intende realizzare consenta la creazione di un repository in cui immagazzinare Learning Objects (LOs), opportunamente corredati di metadati e di una semantica formale che dia loro significato. Quindi, vari agenti artificiali possono beneficiare delle informazioni a loro disposizione per interrogare il contenuto del repository e assemblare automaticamente i LOs in corsi e lezioni, in modo da soddisfare precisi obiettivi didattici e, dunque, per costruire percorsi formativi tagliati sugli specifici bisogni formativi dell'utente. Perciò, ogni volta che un utente formula la propria richiesta o segue un link, il sistema analizza tale richiesta per poter individuare un profilo-utente. Quindi, il sistema procede a trasformare i risultati ottenuti sulla base degli interessi e delle preferenze così inferiti.

All'interno della più ampia struttura di VICE, l'attività di interrogazione del repository è svolta dal *pedagogical wizard*.

Il wizard forza la rappresentazione dei LOs in base ai metadati pedagogici e semantici interpretati secondo la conoscenza che esso possiede, organizzata come un set coordinato di ontologie scritte in OWL. In particolare, il wizard interpreta i LOs come informazioni pedagogiche di supporto alla scelta e all'individuazione del materiale educativo; pertanto, per mezzo di un'adeguata tassonomia pedagogica, il wizard è in grado di classificare i LOs in base al loro stile, al loro livello di difficoltà e alla loro

importanza relativa all'interno di uno specifico processo formativo. Ecco, dunque, che il pedagogical wizard beneficia di queste informazioni per assemblare i LOs in lezioni e corsi, assicurando che la composizione è uniforme ed equilibrata rispetto ai criteri pedagogici specificati dagli utenti. Questa attività di composizione è svolta da un agente intelligente che pianifica le lezioni o i corsi facendo ricorso alle tecnologie dell'Intelligenza Artificiale.

All'interno del wizard, poi, un altro agente, e cioè il filtro adattivo, intercetta le queries al repository e le usa per costruire un profilo-utente; quindi, trasforma la risposta proveniente dal repository in base alla strategia adattiva [Acquaviva e Benini, 2005, Acquaviva et al., 2005]. Il profilo così desunto dal filtro rappresenta un modello dell'utente che compie ricerche, dedicato a codificare i suoi interessi e le sue caratteristiche salienti. E, mentre gli interessi sono considerati obiettivi a breve termine che l'utente intende raggiungere, le caratteristiche salienti vanno intese come informazioni a lungo termine, che descrivono le preferenze e le competenze dell'utente.

In particolare, abbiamo concentrato la nostra ricerca sul comportamento a breve termine, che costituisce l'innovazione portata dal nostro contributo [Acquaviva e Benini, 2005, Acquaviva et al., 2005, Benini et al., 2005]. Infatti, il modello adattivo a lungo termine è un'estensione del modello a breve termine, ed è comparabile con diversi approcci esistenti (cfr. § 1.3).

L'obiettivo della strategia adattiva svolta dal nostro filtro è la modellazione di due comportamenti: (i) la *convergenza* del processo di trasformazione applicata alla risposta e (ii) il *cambio di interesse*.

Più precisamente, ammettendo che una certa sequenza di queries rappresenti il tentativo di soddisfare un preciso interesse dell'utente, noi ci aspettiamo che ogni query della sequenza vada a raffinare progressivamente l'interesse, fino a quando si trova un risultato soddisfacente. Perciò, il processo di trasformazione deve trovare realizzazione in una sequenza di risposte sempre più vicine alla soddisfazione dell'interesse dell'utente; inoltre, la velocità di convergenza di tale sequenza deve essere uguale alla velocità di convergenza delle queries.

In tal modo, dunque, il filtro adattivo dovrebbe essere in grado di segmentare il flusso di queries provenienti da un determinato utente in sequenze convergenti verso la corretta interpretazione di un singolo interesse, fino a che quell'interesse non venga soddisfatto.

La proprietà che il filtro è chiamato a preservare è informalmente definita nel modo seguente: "a piccole variazioni nel profilo corrispondono piccole variazioni nelle trasformazioni"; ecco, dunque, la necessità di un modello matematico. Infatti, il modello garantisce una maggiore precisione e, soprattutto, la velocità di convergenza.

In questa ottica, il filtro dovrebbe anche essere in grado di rilevare un cambio di interesse nel flusso di queries formulate dall'utente. Pertanto, dati una sequenza di queries e un profilo-utente iniziale, bisogna considerare il momento in cui la sequenza di profili-utente generata termina e si verifica una mancanza di convergenza. Infatti, dal momento che un utente può modificare il proprio interesse dopo aver formulato un certo numero di queries, l'attività di profilazione svolta dal filtro dovrebbe essere riavviata *ex novo* attraverso la definizione di un nuovo profilo-utente: ciò significa che il punto di origine di ogni sequenza di profili-utente è un profilo neutro.

Questo nuovo inizio è detto, appunto, cambio di interesse. Pertanto, il modello matematico coglie un cambio di interesse osservando progressivamente la sequenza dei profili generati [Acquaviva et al., 2005].

Per concludere, la corretta azione del filtro, garantita dal modello matematico, è progettata sulla base di due algoritmi: l'*analyser*, che estrae le informazioni dalle que-

ries e aggiorna il profilo-utente, e il *transformer*, che valuta la trasformazione da applicare al risultato ottenuto, parametrizzata dal profilo-utente.

L'analisi di ordine matematico, poi, riguarda alcune delle caratteristiche che determinano il comportamento adattivo del filtro, tra cui vanno annoverate (i) la modellazione dello spazio dei profili, in modo che nella sua struttura sia insito il concetto di *cambio di contesto*, e (ii) il collegamento dello spazio dei profili allo spazio delle trasformazioni delle risposte, che rappresenta i modi ammissibili di manipolare i risultati ottenuti dall'interrogazione del repository in base al profilo-utente, formalizzando così il concetto di *convergenza* e consentendone l'effettiva realizzazione. Soprattutto, la definizione del modello matematico assicura un comportamento adattivo del filtro **a breve termine**: infatti, tale modello impone che la velocità di convergenza di una sequenza di queries si rifletta sulla velocità di convergenza della sequenza dei risultati.

1.3 Uno scenario comparativo

Il panorama internazionale offre una ricca varietà di progetti il cui intento è quello di realizzare approcci innovativi che davvero migliorino le esperienze educative degli utenti, ricorrendo all'uso delle più avanzate tecnologie della comunicazione.

È ormai un dato di fatto che il Web sia stato *esteso* [Berners-Lee et al., 2001], trasformandosi da semplice strumento di comunicazione e di recupero delle informazioni in spazio intelligente e semantico, in modo che i sistemi di e-learning fossero in grado di accentuare sempre più la libertà di accesso alle risorse e di enfatizzare la possibilità di scegliere lo stile di apprendimento più adeguato alle singole esigenze [Frasincar et al., 2004].

Dal momento che l'interesse degli utenti verso differenti approcci al materiale di studio è un argomento di grande rilevanza all'interno del dibattito sull'adattività dei contenuti, molti progetti hanno concentrato i propri sforzi nella definizione di una serie di strategie didattiche che potessero trovare una corrispondenza con i vari stili e preferenze di apprendimento dei diversi utenti e, perciò, migliorare le loro prestazioni scolastiche. Inoltre, è nostra opinione che alcuni di questi progetti debbano essere considerati come particolarmente rappresentativi di una specifica classe di approcci: questo ci ha portato a concentrarci sui loro aspetti salienti.

Un progetto interessante in materia di personalizzazione si basa sulla coppia di authoring systems **AHA!** e **MOT** [Stash et al., 2004], il cui obiettivo primario è quello di far sì che gli autori di contenuti per l'e-learning entrino in possesso di strumenti ad hoc e che, in questo modo, con le proprie applicazioni adattive, definiscano il maggior numero possibile di stili di apprendimento. Inoltre, lo stile di navigazione degli utenti è fondamentale perché il sistema possa migliorare le proprie prestazioni, inferendo le loro preferenze e mantenendole sempre aggiornate.

Un altro approccio degno di nota basato sulla correttezza della profilazione degli utenti è quello nato dalla collaborazione di IBM e MIT [Farrell et al., 2004], il cui nucleo costitutivo è un **Dynamic Assembly Engine** per l'assemblaggio dinamico di LOs in percorsi didattici personalizzati, ordinando le risorse didattiche in sequenze logiche. Infatti, una volta che la query è stata inoltrata, il sistema provvede a restituire un elenco di risultati di una certa rilevanza, che rispondano ai requisiti indicati dall'utente, in base alla loro valenza educativa.

Il principale obiettivo di questo lavoro è quello di trovare una soluzione non solo per poter selezionare le risorse più appropriate per un particolare percorso di formazione, ma anche per aggregarle in un *corpus* ben organizzato, adattato in base a specifici bisogni cognitivi.

La struttura generale in cui il Dynamic Assembly Engine trova spazio è particolarmente vicina a quella di VICE (cfr. §1.2), poiché la presenza di un repository XML, in cui le risorse sono memorizzate, e una precisa corrispondenza del contenuto dei LOs e dei metadati alle necessità dell'utente, collaborano per rendere realizzabile questo approccio. La precisione del sistema, pertanto, è garantita dalle queries formulate dall'utente, mentre la coerenza del percorso è ottenuta con la presentazione di oggetti connessi tra loro mediante forti legami rispondenti ai criteri di ricerca impostati dall'utente nelle sue queries.

Progettare sistemi intelligenti e personalizzati è anche lo scopo dell'attività di ricerca che ha dato vita a **ELENA** [Dolog e Sintek, 2004]. In particolare, l'obiettivo è quello di creare un network altamente organizzato di sistemi educativi e di gestione dell'apprendimento, grazie al quale gli studenti possano accedere in modo individuale alle risorse, alle lezioni e ai corsi. In sistemi di e-learning basati su networks sempre più aperti e dinamici, infatti, la disponibilità di solidi supporti personalizzati, progettati e costruiti sulla base delle tecnologie del Semantic Web, rappresenta un valore aggiunto particolarmente prezioso.

Il contributo più originale di ELENA è la creazione di *smart spaces for learning*, spazi intelligenti di apprendimento, definiti come mediatori di servizi didattici, basati appunto sulle tecnologie proprie dell'Intelligenza Artificiale e del Semantic Web. Questi spazi fanno sì che gli studenti possano beneficiare di una lista esauriente delle risorse che corrispondono al loro profilo, consentendo l'accesso ad ogni repository che sia connesso al network.

L'elemento chiave di questo progetto, il **Personal Learning Assistant** (PLA), ha il compito di presentare un simile elenco di servizi per la formazione, caratterizzato da un elevato grado di personalizzazione.

La similarità dei progetti appena analizzati a VICE è dovuta al fatto che anche l'adattività resa dal nostro filtro riguarda la capacità di saper tenere conto delle peculiarità degli utenti (individuate grazie alle azioni da loro compiute durante l'esplorazione e la ricerca delle risorse), in modo da personalizzare i contenuti didattici e soddisfare specifiche esigenze di apprendimento. Le tecnologie tipiche del Semantic Web e dell'Intelligenza Artificiale, dunque, consentono agli utenti di fare l'uso migliore possibile della conoscenza disponibile. Tuttavia, esiste una differenza fondamentale. Infatti, il filtro adattivo di VICE è concepito per guardare al comportamento a breve termine degli utenti, mentre gli altri approcci adattivi analizzati sono stati sviluppati per mostrare una comprensione degli utenti sul lungo periodo.

Un'osservazione di tal genere implica una gran mole di studi empirici e di analisi del comportamento degli utenti mentre interrogano la Rete, che tengano traccia delle loro azioni per un lungo periodo di tempo (anche un giorno intero [Sugiyama et al., 2004]), in modo da ottenere delle descrizioni complesse e accurate.

Al contrario, ci si aspetta che il nostro filtro riesca a cogliere nel modo più veloce possibile (una decina di osservazioni) una buona approssimazione degli interessi dell'utente. Proprio per questa peculiarità la nostra osservazione a breve termine comporta una deduzione alquanto imprecisa delle informazioni sugli utenti al fine di interpretare un cambio di interesse (cfr. § 1.2.1) e, come dedotto dalla sequenza di queries, di raffinare la conoscenza relativa all'utente nel minor tempo possibile. Inoltre, per quanto ci è dato sapere, anche la letteratura del settore non rende noti altri approcci adattivi a breve termine.

Altri risultati piuttosto interessanti nel campo dell'e-learning, con particolare attenzione a nuovi approcci pedagogici e alla modellazione degli utenti, vengono dalla peculiare visione del corposo progetto **ELeGI** [ELeGI website].

In generale, lo spirito che anima l'iniziativa ELeGI è profondamente radicato nelle critiche mosse agli attuali sistemi di formazione on line, troppo concentrati sui contenuti e sulla ricerca del modo migliore per trasmetterli. Pertanto, l'intento di questo peculiare progetto è favorire un nuovo paradigma educativo - il cui fulcro è rappresentato dall'utente - basato sulla costruzione di una base di conoscenza davvero funzionale, piuttosto che sul mero trasferimento di informazioni.

Infatti, l'apprendimento va concepito come un'attività sociale e costruttiva, fatta di una forte interazione e di una forte comunicazione fra tutti coloro che partecipano al processo educativo, dagli studenti agli insegnanti, dai tutor agli altri esperti di formazione. Pertanto, per poter imprimere una radicale spinta innovativa all'esperienza didattica dello studente, ELeGI basa la propria visione su una progettazione rigorosamente human-centred [Baniulis e Tamulynas, 2005]. In un simile contesto, sulla base dell'emergente tecnologia Grid [GRID website], ELeGI tende verso la creazione di ambienti dinamici ampi e collegati in una rete ben organizzata di cui le comunità virtuali di apprendimento possano beneficiare pienamente. Questo progetto, dunque, intende supportare approcci collaborativi, basati sull'esperienza e dotati di un altissimo grado di personalizzazione, per un apprendimento che sia possibile ovunque. In altre parole, la sua intenzione è rendere più facile a coloro che lo desiderano, di trarre beneficio dalla disponibilità di risorse e di fonti su vasta scala, al fine di fornire un accesso completo alla conoscenza (sempre e ovunque, rendendo possibile la piena interoperabilità con i sistemi software esistenti) e facilitandone, quindi, la creazione [Bagnasco et al., 2005, Gaeta et al., 2005, Xenos et al., 2005].

All'interno del più generale approccio di ELeGI, si possono identificare tre principali aree di ricerca: 1) trasformazione di ambienti di apprendimento esistenti in prototipi basati su Grid; 2) tecnologia Grid: applicazioni ed interfacce; 3) e-learning: approcci pedagogici, modellazione degli utenti, ambienti e tecnologie.

Dal momento che la nostra attenzione è concentrata in modo particolare sul terzo aspetto, tra i vari lavori di ricerca facenti capo ad ELeGI, il progetto **edCity** [Fraser e Schostak, 2005] ha suscitato il nostro più vivo interesse.

EdCity è un modello molto articolato di città virtuale, basato sulla definizione di vari possibili scenari di apprendimento, il cui obiettivo è rendere più semplice l'accesso alle diverse possibilità formative, per tutti, sempre e ovunque, attraverso la fusione di reale e virtuale. Ciò che colpisce, in particolare, è che un simile sistema sia stato progettato per soddisfare efficacemente i bisogni di una vasta gamma di comunità, di diverse culture e organizzazioni sociali che costituiscono il tessuto vitale di una città, imparando ad adattarsi alle particolari preferenze e agli interessi degli utenti. In tal modo, dunque, esso sarà in grado di generare diversi scenari che soddisfano specifici bisogni, combinando differenti informazioni e creando ambienti *game-like*.

Ciò detto, nonostante (i) la peculiarità di questi approcci adattivi, come l'appena citato edCity, (ii) il denominatore comune costituito dalle tecnologie del Semantic Web [Gouardères et al., 2005, Heller et al., 2005, Lacouture et al., 2005, Barry Tao et al., 2005], (iii) la progettazione user-centred e (iv) l'intenzione di dare vita a networks federati di risorse, bisogna riconoscere che i metodi e le premesse di ELeGI e VICE non potrebbero essere più lontani. Infatti, nelle varie iniziative legate a ELeGI, l'adattività (non importa se a breve, medio o lungo termine), il Semantic Web e le più avanzate tecnologie della comunicazione non ricoprono un ruolo di primo piano. In un certo senso, anzi, sono dati per scontati, come se si trattasse delle ovvie fonda-

menta su cui costruire un nuovo approccio, completamente concentrato sull'utente e sulle complesse dinamiche dell'apprendimento. L'approccio Grid, insomma, pretende di rappresentare un vero e proprio salto di qualità nella definizione di ambienti di apprendimento (in cui la conoscenza sia liberamente accessibile) e nel perseguimento dell'ubiquità dei servizi; per cui, i tradizionali Web Services sono diventati progressivamente *démodé*: il futuro è rappresentato dalla visione "olistica" dei nuovi Grid-based Services [Clancy, 2005].

In realtà, dobbiamo ammettere che questa particolare prospettiva potrebbe aprire a nuove possibilità e idee per realizzare supporti migliori all'attività didattica e che, sulla lunga distanza, potrebbe rappresentare un interessante tentativo di modernizzazione dell'e-learning. Ad ogni modo, essa offre un approccio a volte troppo semplicistico all'annoso problema del reperimento di informazioni e risorse e, soprattutto, della loro combinazione in percorsi formativi efficaci.

1.4 Conclusioni

Scopo di questo lavoro è stata la comparazione fra la nostra ricerca sui sistemi e-learning adattivi con altri lavori recenti presenti in letteratura.

La nostra attività di ricerca si svolge all'interno del progetto VICE, in cui siamo responsabili della definizione di un innovativo modello di un filtro adattivo a breve termine. La nostra strategia, in particolare, è espressamente concepita per costruire un profilo-utente in un tempo davvero breve e, quindi, adattare i contenuti in base alle informazioni così inferite.

Inoltre, alla luce dei più aggiornati progetti adattivi di e-learning, il confronto con il nostro approccio ci sembrava doveroso.

Per quanto riguarda questo aspetto, possiamo affermare con una certa sicurezza che, per quanto ci è dato di sapere, tutte le principali strategie adattive presenti in letteratura sono in grado di dedurre accurate profilazione degli utenti grazie ad una prospettiva di lungo termine.

Questa relazione, dunque, dimostra chiaramente che VICE è un sistema "stato dell'arte" che porta con sé alcune interessanti novità, come la sua peculiare strategia adattiva.

Riferimenti bibliografici

1. Proceedings of the First ELeGI International Conference on Advanced Technology for Enhanced Learning, Vico Equense, Naples, Italy, 2005.
2. ACM. Proceedings of the Thirteenth International World Wide Web Conference, ACM Press, 2004.
3. Acquaviva M., Benini M., *VICE: E-learning nell'era del semantic web*, in Atti di E-XPO E-Learning 2004, Ferrara, Ottobre 2004.
4. Acquaviva M., Benini M., *Towards short term content adaptation*, in [1].
5. Acquaviva M., Benini M., Trombetta A., *Short-term content adaptation in web-based learning systems*, in Proceedings of Web Technologies, Applications and Services — WTAS 2005, Calgary, Alberta, Canada, July 2005. In fase di pubblicazione.
6. Bagnasco A., Poggi A., Scapolla A.M., *Computational GRIDs and Online Laboratories*, in [1].
7. K. Baniulis and B. Tamulynas, *The use case specification of actions in the goal oriented knowledge based learning environment*, in [1].

8. Benini M., Trombetta A., Acquaviva M., *A model for short-term content adaptation*, in Proceedings of the 14th World Wide Web Conference, Chiba, Japan, 2005, ACM PRESS, 2005.
9. Berners-Lee T., Handler J., Lassila O., *The semantic web*. Scientific American, May 2001.
10. Clancy W.J., *Towards On-Line Services Based on a Holistic Analysis of Human Activities*, in [1].
11. Dolog P., Sintek M., *Personalization in distributed e-learning environment*, in [2].
12. Farrell R., Liburd S.D., Thomas J.C., *Dynamic assembly of learning objects*, in [2].
13. Fraser K., Schostak J., *edCity – a New Learning Environment*, in [1].
14. Frasincar F., Barna P., Houben G.J., Fiala Z., *Adaptation and reuse in designing web information systems*, in Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'04), 2004.
15. Gaeta A., Gaeta M., Ritrovato P., *Towards a Domain Specific Application Development Environment for the ELeGI architecture: the Software Factories approach*, in [1].
16. Gouardères G., Conté E., Mansour S., Razmerita L., *Ontology based user modeling for personalization of grid learning services*, in [1].
17. GRID project website (<http://www.grid.org>).
18. Heller J., Mayer B., Hockemeyer C., Albert D., *Competence-based Knowledge Structures for Personalised Learning*, in [1].
19. Lacouture J., Anioté P., *A Dynamic component-based approach to design and implement Grid Services*, in [1].
20. Nejdil W., Wolf B., Qu C., Decker S., Sintek M., Naeve A., Nilsson M., Palmer M., and Risch T., *EDUTELLA: a P2P networking infrastructure based on RDF*, in Proceedings of the 11th International World Wide Web Conference, ACM, ACM Press, 2002.
21. Rose D.E. and Levinson D., *Understanding user goals in web search*, in [2].
22. Stash N., Cristea A., De Bra P., *Authoring of learning styles in adaptive hypermedia*, in [2].
23. K. Sugiyama, H. Hatano, and M. Yoshikawa. *Adaptive web search based on user profile constructed without any effort from users*, in [2].
24. F. Barry Tao, H. Davis, D. Millard, and A. Woukeu. *The Semantic Aspects of e-Learning: Using the Knowledge Life Cycle to Manage Semantics for Grid and Service Oriented Systems*, in [1].
25. ELeGI. European Learning Grid Infrastructure website (<http://www.elegi.org>).
26. Xenos M., Vassiliadis B., Skodras A., *GRID Technologies → Education = Distance Education*, in [1].