

IWT: Una Piattaforma Innovativa per la Didattica Intelligente su Web

Nicola Capuano^{1,2}, Matteo Gaeta^{1,2}, Alessandro Micarelli^{1,3}

¹ CRMPA Centro di Ricerca in Matematica Pura ed Applicata
C/O DIIMA – Università degli Studi di Salerno
Via Ponte Don Melillo – 84084 Fisciano (SA), Italia

² Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Matematica Applicata
Università degli Studi di Salerno
Via Ponte Don Melillo – 84084 Fisciano (SA), Italia

³ Dipartimento di Informatica e Automazione
Università degli Studi ROMA TRE
Via della Vasca Navale, 79 – 00146 Roma, Italia

e-mail: {capuano, gaeta}@crmpa.unisa.it, micarel@dia.uniroma3.it

Sommario. L'e-learning sta acquisendo importanza sempre maggiore negli ambienti didattico/formativi moderni grazie ai suoi innegabili vantaggi rispetto alla tradizionale formazione in aula. Purtroppo le piattaforme di e-learning attualmente esistenti sulla scena tendono a sfruttare la tecnologia solo come veicolo dell'esperienza formativa piuttosto che come regista della stessa. Il presente articolo descrive IWT, una piattaforma di e-learning che si propone di superare questo limite mirando a personalizzare l'apprendimento sulle reali esigenze e preferenze dell'utente ed a garantire estensibilità e flessibilità non solo al livello dei contenuti ma anche nelle funzionalità e soprattutto, a livello più alto, nelle strategie e nei modelli. Dopo un'introduzione sui limiti degli attuali sistemi di e-learning (sezione 1) verrà data una panoramica di IWT (sezione 2) e verranno di seguito descritte le caratteristiche "intelligenti" ed i modelli che hanno permesso la loro implementazione (sezioni 3, 4 e 5). Infine si concluderà facendo il punto sullo stato attuale della ricerca su IWT ed ipotizzando possibili scenari futuri (sezione 6).

1. Introduzione

Negli ultimi anni il radicale cambiamento nel modo di intendere il binomio insegnamento/apprendimento ha portato, a livello mondiale, numerose scuole ed università ad integrare nel loro modo di fare didattica le più moderne ed avanzate tecnologie basate principalmente sul Web. La stessa tendenza si è avvertita nell'ambito della formazione professionale dato che i sistemi tradizionali basati su lezioni frontali in aula hanno da sempre rappresentato, per le aziende, costi elevati sia per l'implementazione che in termini di perdita di produzione.

Al contrario, la formazione a distanza attraverso le nuove tecnologie assicura vantaggi notevoli, primo tra tutti un'estrema flessibilità di tempo e di spazio: il discente non è più costretto ad essere presente nel medesimo luogo dell'insegnante e può studiare anche da casa quando e quanto vuole. Se a questo aggiungiamo il miglioramento dell'accesso all'istruzione, l'aumento della qualità del contenuto formativo, una sua gestione più flessibile, la possibilità di misurare facilmente i risultati e la diminuzione dei costi, capiamo perché la formazione a distanza è al giorno d'oggi molto appetita in tutti gli ambienti didattico/formativi.

Purtroppo gli attuali sistemi di didattica a distanza non sono privi di difetti. La principale pecca dei sistemi attualmente in commercio è che essi non sfruttano appieno le potenzialità del mezzo che hanno a disposizione utilizzandolo come mero veicolo di informazione e non come strumento capace di elaborare tale informazione in maniera intelligente e personalizzata. Più in dettaglio essi:

- non permettono la personalizzazione dell'insegnamento sulle reali esigenze e capacità dei singoli ma offrono corsi standard per tutti gli utenti;

- non permettono l'adozione di modelli didattici innovativi e rimangono spesso legati al modello tradizionale di didattica frontale o si riducono ad un semplice studio individuale su libri di testo elettronici;
- sfruttano i risultati delle esercitazioni solo per la reportistica sui progressi degli studenti e non per influire sull'esperienza di apprendimento successiva tramite, ad esempio, variazioni nella sequenza di lezioni o la fruizione di eventuale materiale di recupero;
- non riescono a valutare autonomamente parametri pedagogici relativi ai singoli studenti essenziali per l'ottimizzazione del processo di apprendimento come, ad esempio, le abilità cognitive e le capacità percettive in relazione a diversi tipi di media;
- non offrono alcun supporto intelligente ai docenti nella creazione dei corsi se non la possibilità di aggregare materiale e stabilire un percorso di apprendimento attraverso esso;
- non offrono alcun supporto intelligente ai discenti nella scelta dei loro obiettivi formativi in base ai prerequisiti già posseduti.

Scopo di questo articolo sarà di mostrare come è possibile superare questi limiti attraverso l'utilizzo di tecniche e metodologie dell'Intelligenza Artificiale e come ciò sia stato fatto nella realizzazione di un prototipo di ricerca (prima) e di un prodotto commerciale (poi) denominato IWT.

2. IWT: Intelligent Web Teacher

IWT è una piattaforma per l'apprendimento a distanza realizzata con il preciso intento di gettare le basi per l'e-learning di futura generazione. IWT mira, infatti, a personalizzare l'apprendimento sulle reali esigenze e preferenze dell'utente ed a garantire estensibilità e flessibilità non solo al livello dei contenuti ma anche nelle funzionalità e soprattutto, a livello più alto, nelle strategie e nei modelli.

IWT è scaturito dalla collaborazione tra una serie di soggetti di ricerca tra cui il Centro di Ricerca in Matematica Pura ed Applicata [1], il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Matematica Applicata dell'Università di Salerno [2], il Centro di Eccellenza in Metodi e Sistemi per l'Apprendimento e la Conoscenza [3] ed il Dipartimento di Informatica ed Automazione dell'Università degli Studi "Roma Tre" [4].

Il know-how che ne ha consentito la realizzazione nasce da una lunga esperienza dei soggetti interessati nel campo del distance learning intelligente acquisita nell'ambito di vari progetti di ricerca nazionali ed europei tra cui Diogene [5], InTraServ [6] e m-Learning [7].

Completamente basato su Web, le caratteristiche innovative di IWT rispetto alle altre soluzioni di e-learning attualmente in commercio sono:

- possibilità di generazione automatica o assistita dei percorsi didattici a partire dagli obiettivi di apprendimento;
- possibilità di personalizzazione automatica dei corsi sulla base delle conoscenze pregresse dei singoli discenti e delle loro preferenze di apprendimento;
- supporto al monitoraggio ed alla valutazione automatica dei discenti sia in relazione alle conoscenze acquisite che alle abilità cognitive e capacità percettive mostrate;
- possibilità di gestione dei contenuti ad un alto livello di astrazione tramite ontologie mantenute in conformità con i maggiori standard per la rappresentazione della conoscenza;
- possibilità di estendere la piattaforma tramite Plug-In che consentono l'aggiunta di nuovi servizi e tramite Driver che consentono la gestione di nuove tipologie e formati di contenuto.

IWT è stato realizzato completamente in ambiente Microsoft .NET e fa ampio uso dei maggiori standard in circolazione per la rappresentazione delle strutture dati relative ai Metadata (standard IMS-LOM), ai Test (standard IMS-QTI), alle Ontologie (standard SHOE e DAML+OIL), ai Corsi (standard SCORM e IMS-CP) ed alle Informazioni sugli Studenti (standard IMS-LIP).

Maggiori informazioni sugli aspetti funzionali ed architetturali di IWT possono essere reperite in [8]. In questo articolo ci soffermeremo, in particolare, sulla descrizione della terna di modelli (e delle relative regole di evoluzione) che costituiscono la base delle caratteristiche "intelligenti" di IWT: il modello della conoscenza, il modello studente ed il modello didattico che saranno oggetto delle prossime sezioni.

3. Il Modello della Conoscenza

Il Modello della Conoscenza di IWT consta di tre livelli di astrazione [9]. Il livello più basso è costituito dai *Learning Object* ovvero dai moduli didattici elementari che possono essere usati nel corso della formazione. Il secondo livello è costituito dai *Metadata* il cui compito è di descrivere in maniera formale i Learning Object attraverso un insieme standard di attributi. IWT offre, inoltre, il supporto opzionale alla gestione della conoscenza ad un livello più alto di astrazione (terzo livello) orientato ai *Concetti* piuttosto che ai Learning Object attraverso le *Ontologie* [10].

La figura 1 (a sinistra) schematizza i tre livelli del *Modello della Conoscenza* di IWT. In particolare, per la rappresentazione del secondo livello (*Metadata*), IWT adotta lo standard IMS-LOM che prevede la descrizione del Learning Object attraverso 47 elementi raggruppati in 9 categorie [11].

Purtroppo i *Metadata* si limitano a fornire informazioni circa le singole risorse ma nulla dicono circa le relazioni che intercorrono tra di esse o, meglio, tra i concetti coinvolti in tali risorse. Tali informazioni sono, del resto, necessarie per offrire le funzionalità “intelligenti” di valutazione automatica dello studente e di generazione automatica dei percorsi didattici. Per superare questo limite IWT consente di legare ad ogni Learning Object uno o più concetti appartenenti ad un dominio didattico e di organizzare separatamente i domini didattici attraverso le Ontologie.

Le *Ontologie*, in IWT, sono strutture a grafo che consentono di descrivere formalmente un dominio didattico attraverso la specificazione di un vocabolario di concetti e l'identificazione delle relazioni intercorrenti tra essi. Le ontologie di IWT rispettano gli standard SHOE [12] e DAML+OIL [13] e supportano le seguenti relazioni.

- Relazione B (Belongs to) per implementare una gerarchia di concetti. $c B d$ significa che il concetto c è parte del concetto d . Sia $C = \{c \mid c B d\}$ è possibile dire che, per apprendere d , è necessario e sufficiente apprendere tutti i concetti appartenenti a C .
- Relazione R (Requires) per implementare la propedeuticità. $c R d$ significa che d è pre-requisito per c . Sia $D = \{d \mid c R d\}$ è possibile dire che, per apprendere c , è necessario aver appreso preliminarmente tutti i concetti appartenenti a D .
- Relazione SO (Suggested Order) per implementare una propedeuticità più lasca. $c SO d$ significa che, se occorre apprendere c e d , è conveniente apprendere c dopo d .

Attraverso la relazione implicita E (Explained by) mantenuta nei Metadata è possibile, infine, collegare ciascun Concetto ai Learning Object che spiegano tale concetto. $c E l$ significa che il concetto c è spiegato nel Learning Object l e $L = \{l \mid c E l\}$ è l'insieme di tutti i Learning Object che spiegano il concetto c mentre $C = \{c \mid c E l\}$ è l'insieme di tutti i concetti spiegati dal Learning Object l .

La figura 1 (a destra) mostra la rappresentazione grafica di un'Ontologia di alto livello per l'analisi matematica dove i concetti sono rappresentati come nodi di un grafo e le relazioni come archi tra i nodi.

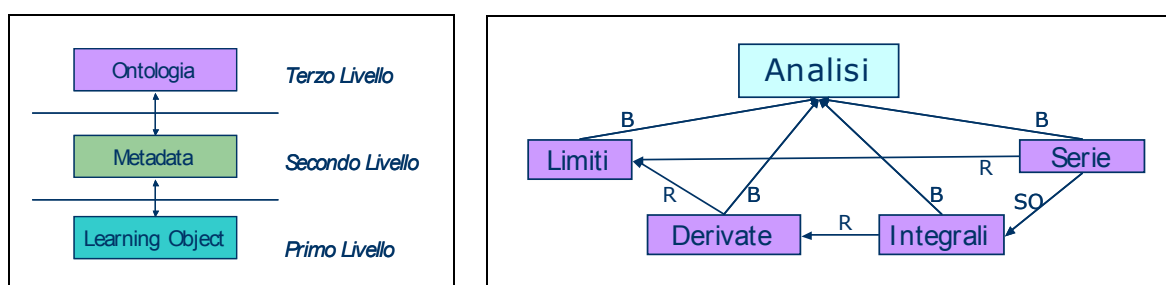


Figura 1. I tre livelli del Modello della Conoscenza di IWT (sinistra). Un esempio di Ontologia di alto livello per il Dominio dell'Analisi Matematica (destra).

4. Il Modello Studente

Il Modello Studente di IWT è in grado di catturare (in maniera automatica) le conoscenze acquisite dai discenti durante l'esperienza formativa e le preferenze di apprendimento mostrate rispetto a importanti parametri pedagogici quali: media, approccio didattico, livello di interazione, densità semantica, ecc. Il modello è composto da tre elementi: uno *Stato Cognitivo*, un insieme di *Preferenze di Apprendimento* ed un insieme di *Regole di Evoluzione* ed è mantenuto in conformità con lo standard IMS-LIP [14].

Lo *Stato Cognitivo* si interessa di rappresentare, per ciascuno studente, le conoscenze possedute in un determinato istante sotto forma di insieme di coppie concetto-valutazione. Più formalmente, lo *Stato Cognitivo* dello studente s al tempo t può essere espresso come $CS_s^t = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ dove ogni B_i (belief) rappresenta la coppia $B_i = \langle O_i(c_i), e_i \rangle$ dove $O_i(c_i)$ è il c_i -esimo concetto dell'ontologia O_i mentre e_i è un valore fuzzy [15] che rappresenta il grado di conoscenza del concetto da parte dello studente.

Si sceglie un valore fuzzy per e_i per tener conto anche dell'affidabilità della stima [16][17]. Tale valore è, a sua volta, rappresentato dalla coppia $e_i = \langle d_i, r_i \rangle$ dove $0 \leq d_i \leq 1$ (degree) è il grado di conoscenza stimato dal sistema del concetto $O_i(c_i)$ mentre $0 \leq r_i \leq 1$ (reliability) è il grado di affidabilità di tale valutazione. Tale grado tende ad 1 con l'aumentare dei momenti di verifica superati dallo studente nel caso di risposte non contraddittorie. Ad esempio, il belief:

$$\langle \text{limiti}, \langle 0.2, 0.9 \rangle \rangle \in CS_s^t$$

significa che la conoscenza dello studente s al tempo t relativa al concetto *limiti* è solo del 20% ed il sistema è sicuro al 90% di questa valutazione.

Le *Preferenze di Apprendimento* si riferiscono ai campi della categoria *Educational* del metadata secondo lo standard IMS-LOM [11] ovvero: *Interactivity Type, Learning Resource Type, Interactivity Level, Semantic Density, Intended End User Role, Context, Typical Age Range, Difficulty, Typical Learning Time, Language*. Le *Preferenze di Apprendimento* dello studente s al tempo t possono essere espresse come $LP_s^t = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ dove $P_i = \langle s_i, e_i \rangle$ è la singola preferenza composta da una affermazione s_i (statement) circa uno dei campi sopra elencati ed una valutazione fuzzy e_i (evaluation) della veridicità di tale affermazione.

La sintassi di s_i è la seguente: " $f_i = v_i$ " dove f_i (field) appartiene all'insieme di campi succitati mentre v_i è uno dei valori ammissibili per f_i secondo lo standard IMS-LOM (ad esempio i valori ammissibili per il campo "learning_resource_type" sono "text", "slide", "exercise", "simulation", ecc; i valori ammissibili per "semantic_density" sono, invece, "low", "medium" e "high"). Ad esempio, la preferenza:

$$\langle \text{"learning_resource_type = text"}, \langle 0.7, 0.2 \rangle \rangle \in LP_s^t$$

significa che lo studente s al tempo t ha una preferenza del 70% relativa alla tipologia di risorsa "text" ma l'affermazione ha solo il 20% di affidabilità.

Il *Modello Studente* viene dedotto e continuamente aggiornato da IWT attraverso le *Regole di Evoluzione*. In particolare, l'aggiornamento dello *Stato Cognitivo* avviene al termine di ogni attività di verifica dello studente considerando i risultati ottenuti ai test (che, essendo Learning Object, sono essi stessi legati ai concetti del dominio) e mediandoli con i risultati dei test precedenti relativi agli stessi concetti. Per l'aggiornamento delle *Preferenze di Apprendimento*, invece, si ricorre all'osservazione congiunta del materiale didattico utilizzato e delle conoscenze acquisite al fine di determinare il grado di ricettività dello studente ai vari tipi di stimoli derivanti dalle varie tipologie di materiale.

5. Il Modello Didattico

Il *Modello Didattico* di IWT definisce le modalità ottimali di trasferimento della conoscenza del dominio agli studenti in base alla disciplina (formalizzata nel *Modello della Conoscenza*) ed alle caratteristiche dello studente coinvolto (formalizzate nel *Modello Studente*). Tramite questo modello IWT è in grado di personalizzare l'esperienza didattica sulla base delle conoscenze pregresse dei singoli discenti e delle loro preferenze di apprendimento.

La struttura di base del *Modello Didattico* è il *Corso* rappresentato in conformità con gli standard IMS-CP [18] e SCORM [19] e composto dalle seguenti strutture:

- l'insieme di *Concetti Obiettivo* del corso (tra quelli che lo studente conoscerà alla fine del corso, quelli che si trovano al punto più alto nella gerarchia *Belongs To* dell'ontologia di riferimento);
- il *Learning Path* ovvero la sequenza di concetti che si dovrà trasferire allo studente affinché egli apprenda, al termine del corso, i *Concetti Obiettivo* (in tale sequenza di concetti, i punti di verifica saranno identificati attraverso delle *Milestone*);
- la *Presentazione* ovvero la sequenza di Learning Object corrispondente al *Learning Path* concettuale che permetterà l'effettivo trasferimento di conoscenza allo studente dei *Concetti Obiettivo* del corso;
- un *Metadata* conforme ai già citati standard IMS-CP e SCORM.

Dato un insieme di *Concetti Obiettivo* definiti dal docente o dallo stesso studente, IWT sarà in grado di generare, in primo luogo, il migliore *Learning Path* per un dato studente a partire dal suo *Stato Cognitivo* (eliminando cose già conosciute ed aggiungendo eventuali pre-requisiti mancanti) e, a partire dal *Learning Path* così generato, sarà in grado di generare la migliore *Presentazione* per un dato studente a partire dalle sue *Preferenze di Apprendimento* (scegliendo, dunque, i Learning Object più congeniali).

Le *Regole di Generazione del Learning Path* e della *Presentazione* a partire dai *Concetti Obiettivo* sono ampiamente decritti in [9].

Una volta generata, la *Presentazione* potrà essere fruita dallo studente. In generale, la fruizione inizia con il primo Learning Object (o l'ultimo Learning Object attivato nel caso in cui lo studente abbia sospeso la fruizione del corso) e prosegue fino a che non viene raggiunta la fine di un momento di verifica composto da uno o più test (*Milestone*). In questo ultimo caso avviene l'*Adattamento del Corso* e l'*Evoluzione del Modello Studente*.

L'*Adattamento del Corso* prevede la modifica della parte di *Presentazione* non ancora visionata dallo studente (e del relativo *Learning Path*) per rispondere ad eventuali lacune riscontrate attraverso la somministrazione di materiale di recupero. Una descrizione dettagliata delle *Regole di Adattamento del Corso* di IWT va oltre gli scopi del presente lavoro e sarà oggetto di una futura pubblicazione.

La figura 2 mostra un esempio di adattamento della *Presentazione* a seguito del superamento di una *Milestone*. Nel caso specifico, la prima sequenza viene trasformata nella seconda aggiungendo dopo la *Milestone* (e prima di passare al prosieguo del corso) alcuni Learning Object di recupero terminanti con un'ulteriore *Milestone* che sarà utilizzata per assicurarsi che le lacune riscontrate siano effettivamente superate prima di proseguire.

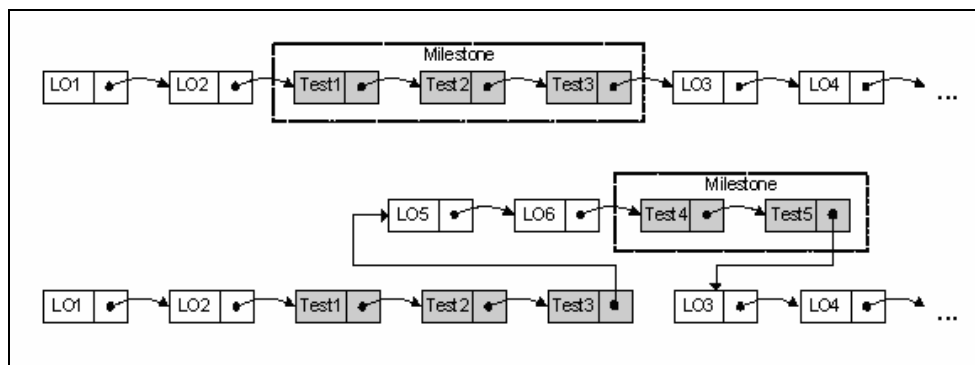


Figura 2. Un esempio di applicazione delle *Regole di Adattamento del Corso* di IWT.

6. Conclusioni e Sviluppi Futuri

In questo lavoro abbiamo presentato una piattaforma di e-learning “intelligente” capace di personalizzare l'apprendimento sulle reali esigenze e preferenze dei singoli, compatibile con i maggiori standard presenti sulla scena dell'e-learning e con precise caratteristiche di estensibilità e flessibilità.

IWT è disponibile come prodotto nella versione 1.0. Al momento esiste una versione personalizzata di IWT per la formazione dei manager d'impresa che include quattro corsi (Business Decision, Marketing, Ricerche di Mercato e Controllo di Gestione) in tre lingue (italiano, inglese, spagnolo) e due business games che trattano il processo decisionale di business attraverso un approccio di tipo “what...if” (Decisioni Strategiche e Controllo di Gestione). Tale versione è in corso di sperimentazione con un consorzio di imprese italiane, inglesi e spagnole nell'ambito del progetto InTraServ [6] finanziato dalla EC.

Un'ulteriore versione di IWT per la didattica in ambito universitario è già pronta e tra breve comincerà la sperimentazione all'Università di Salerno, di Roma3 e del Molise. Una versione di IWT personalizzata per l'ECM (Educazione Continua in Medicina), inoltre, è in corso di realizzazione e verrà sperimentata nel progetto GeCoSan [20].

Parallelamente a questi sforzi di verticalizzazione e sperimentazione, il lavoro di ricerca scientifica su IWT continua. Il progetto Diogene [5] attualmente in corso ha come fine la realizzazione di caratteristiche aggiuntive per IWT. Tra queste citiamo: strategie di apprendimento dinamiche, apertura al Semantic Web, servizi Web per la gestione dei Learning Object, servizi per la ricerca e la creazione di curriculum vitae, supporto agli insegnanti free-lance e definizione assistita di Obiettivi Didattici.

7. Bibliografia

- [1] Sito Web del CRMPA – Centro di Ricerca in Matematica Pura ed Applicata: <http://www.crmpa.it>.
- [2] Sito Web del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Matematica Applicata (DIIMA) della Università degli Studi di Salerno: <http://www.diima.unisa.it>.
- [3] Sito Web del Centro di Eccellenza in Metodi e Sistemi per l'Apprendimento e la Conoscenza: <http://www.crmpa.it/centroeccellenza>.
- [4] Sito Web del Dipartimento di Informatica ed Automazione (DIA) dell'Università degli Studi Roma Tre: <http://www.dia.uniroma3.it>.
- [5] Sito Web del progetto FP5 “Diogene: a Training Web Broker for ICT Professionals” (IST-2001-33358): <http://www.diogene.org>.
- [6] Sito Web progetto FP5 “InTraServ: Intelligent Training Service for Management Training in SMEs” (IST-2000-29377): <http://www.intraserv.org>.
- [7] Sito Web progetto FP5 “m-Learning: Mobile Communication Technologies for Young Adults Learning and Skills Development” (IST-2000-25270): <http://www.m-learning.org>.
- [8] *IWT: Intelligent Web Teacher*. White Paper. CRMPA. 2002.
- [9] N. Capuano, M. Gaeta, A. Micarelli, E. Sangineto. *An Integrated Architecture for Automatic Course Generation*. Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. ICALT 2002, Kazan, Russia, 2002.
- [10] D. Fensel. *Ontologies: a Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*. Springer, 2001.
- [11] *IMS Learning Resource Meta-data Specification Version 1.2.2*. Public Draft Specification. IMS Global Learning Consortium, 2001. <http://www.imsproject.org/metadata/index.cfm>.
- [12] J. Heflin and J. Hendler. *Searching the Web with SHOE*. Workshop on AI for Web Search. AAAI 2000, <http://www.cs.umd.edu/projects/plus/SHOE/pubs/aiweb2000.pdf>.
- [13] D. Fensel, I. Horrocks, F. Van Harmelen, S. Decker, M. Erdmann, M. Klein. *OIL in a nutshell*. Knowledge Acquisition, Modeling, and Management, Proceedings of the European Knowledge Acquisition Conference (EKAW-2000), Lecture Notes in Artificial Intelligence, LNAI, Springer-Verlag, 2000. <http://www.cs.vu.nl/~ontoknow/oil/download/oilnutshell.pdf>.
- [14] *IMS Learner Information Package Specification Version 1.0*. Public Draft Specification. IMS Global Learning Consortium, 2001. <http://www.imsproject.org/profiles/index.cfm>.
- [15] D. Dubois, H. Prade, "Fuzzy Sets and Systems – Theory and Applications", Academic Press, 1980.
- [16] N. Capuano, M. De Santo, M. Marsella, M. Molinara, S. Salerno. *Personalised Intelligent Training on the Web: A Multi Agent Approach*. Electronic Business and Education, Recent Advances in Internet Infrastructures, Kluwer: Multimedia Systems And Applications Series, vol. 20, chap. 5, 2001.
- [17] N. Capuano, M. Marsella, S. Salerno. *ABITS: An Agent Based Intelligent Tutoring System for Distance Learning*. Proceedings of the International Workshop on Adaptive and Intelligent Web-Based Education Systems. ITS 2000, Montreal, Canada, 2000.
- [18] *IMS Content Packaging Specification Version 1.1.3*. Public Draft Specification. IMS Global Learning Consortium, 2001. <http://www.imsproject.org/content/packaging/index.cfm>.
- [19] *Sharable Content Object Reference Model (SCORM) Version 1.2 – The SCORM Overview*. ADL. 2001. http://www.adlnet.org/ADLDOCS/Documents/SCORM_1.2_Overview.pdf.
- [20] R. Tononi, D. Zaccagnini, N. Capuano, M. Gaeta, F. Orciuoli. *GECOSAN: a Platform of Tools and Services for Health Knowledge Management*. Submitted to Medical Informatics Europe. MIE 2003, St. Malo, France, 2003.