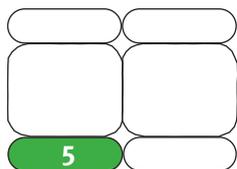




VALIDAZIONE E PIANIFICAZIONE AUTOMATICA DI PERCORSI FORMATIVI

Matteo Baldoni
Elisa Marengo



Le grandi attese riposte nell'e-learning sin dalla sua origine sono state, per la maggior parte, disattese: la sua diffusione non è stata rapida come immaginato e molti sono ancora scettici sulle sue potenzialità. L'errore di fondo è considerare l'e-learning come alternativa all'insegnamento frontale anziché indirizzarlo a coloro che realmente ne avrebbero bisogno. L'introduzione di strumenti automatici che garantiscano la qualità di un percorso di e-learning può essere l'elemento trainante per una maggiore confidenza nell'apprendimento a distanza. L'articolo affronta queste problematiche, introduce un approccio alla realizzazione di curricula di studi personalizzati e illustra i vantaggi dell'utilizzo di tecniche automatiche di verifica.

1. TELEVISIONE, INTERNET E FORMAZIONE

La potenzialità di internet quale strumento per la diffusione della conoscenza è riconosciuta e ben consolidata. In tal senso, può essere considerato come erede della televisione degli anni cinquanta e sessanta quale piattaforma per la realizzazione di strumenti per l'apprendimento a distanza. Proprio dal 1960 al 1968 la RAI trasmise uno dei suoi programmi di maggior successo, "Non è mai troppo tardi" condotto dal maestro Alberto Manzi [21], che permise a milioni di italiani di acquisire la licenza elementare. Le classi del maestro Manzi erano composte da adulti analfabeti che per motivi di età o di lavoro erano impossibilitati ad accedere alle strutture scolastiche ordinarie. Il successo della trasmissione non fu soltanto quello di istruire gli italiani adulti ma anche di individuare in essi il target più adatto all'insegnamento attraverso il mezzo televisivo, affian-

cando la scuola nell'obiettivo di alfabetizzare e uniformare culturalmente l'Italia.

Negli anni novanta e duemila la curiosità verso Internet raggiunse livelli paragonabili a quelli ottenuti dalla televisione negli anni cinquanta e sessanta. Comuni ad entrambi furono l'entusiasmo e l'interesse con cui vennero accolti, quali sorgenti principali d'informazione. Internet condivide con la televisione la possibilità di portare l'informazione a tutti. È sufficiente, infatti, avere accesso ad un calcolatore e saper utilizzare un browser e un motore di ricerca. Ciascuno può farlo da casa propria, nei tempi e nelle modalità preferite. Come la trasmissione del maestro Manzi ebbe successo perché rispose alle esigenze di alfabetizzazione di un pubblico ampio di adulti, consentendo loro di imparare in tempi e modi compatibili con la loro vita, l'e-learning potrà avere successo solo se riuscirà a rivolgersi alla giusta tipologia di utenti. In particolare, se riuscirà a raggiungere allievi che la normale

scuola non ha la possibilità di raggiungere, vuoi per costi, strutture, tempi o finalità. In tal senso l'e-learning e gli strumenti per l'insegnamento a distanza possono essere considerati come il "Non è mai troppo tardi" dei nostri tempi. Per esempio, ne possono trarre beneficio chi lavora e per motivi di orario non può frequentare le lezioni in aula, i disabili, i residenti in zone geografiche difficilmente raggiungibili, i professionisti che necessitano di formazione continua e ricorrente¹ senza dover interrompere la loro normale attività. In generale si rivolge a quelle categorie che per i motivi più vari, sono impossibilitate a frequentare le strutture scolastiche. Per tutte queste categorie di persone la sinergia tra formazione ordinaria e formazione mediante tecniche di e-learning può rappresentare la carta vincente.

2. UN SERVIZIO PER TUTTI: POTENZIALITÀ DELL'E-LEARNING

La difficoltà e la lentezza con le quali l'e-learning si sta diffondendo sono dovute all'errato tentativo di utilizzare questo strumento in ogni contesto, spesso come alternativa dell'insegnamento classico docente-studente, creando in questo modo un sentimento di diffidenza che ne limita l'adozione. L'errore consiste nel considerare quale unica differenza tra l'e-learning e i metodi classici d'insegnamento il mezzo attraverso il quale l'insegnamento avviene. La differenza primaria fra insegnamento frontale ed e-learning risiede invece nello scopo e nelle tipologie di persone alle quali i due si rivolgono. La chiave dell'insegnamento frontale consiste principalmente nella trasmissione di un metodo di apprendimento, ma tale forma di insegnamento richiede la presenza in aula degli studenti nei previsti orari di lezione. La chiave dell'insegnamento attraverso la rete è la sua grande duttilità nei tempi e nelle modalità di erogazione e fruizione, ma tale forma di insegnamento richiede che gli studenti abbiano molta maturità, continuità e determinazione, in quanto devono studiare in autonomia, usando metodi di studio già appresi e senza l'au-

silio dato dall'interazione diretta con il docente e con la classe.

Dunque questi due metodi d'insegnamento non devono essere posti in competizione tra loro perché adatti a situazioni ed esigenze diverse. Nel contesto della formazione del personale in azienda, per esempio, le esigenze sono mantenere i costi contenuti e i tempi brevi. In questo l'e-learning può essere d'aiuto in quanto permette di abbattere i tempi - l'impiegato non deve necessariamente abbandonare il proprio posto di lavoro - e azzerare i costi di trasferta. Nell'ambito scolastico, invece, l'e-learning può essere vantaggiosamente sfruttato per rispondere a interessi formativi "di nicchia" o altamente specializzati che la scuola tradizionale, per motivi di risorse e costi, non può soddisfare. Per fare un esempio, uno specifico corso di aramaico avrà prevedibilmente pochissimi iscritti, forse non abbastanza da giustificare la presenza di questo insegnamento. A livello nazionale, però, il numero delle persone interessate a studiare questa lingua sarà probabilmente più che sufficiente a motivare la realizzazione di un corso. La distribuzione sul territorio degli interessati rende più conveniente la realizzazione di un corso on-line. Tali necessità sono reali e sono testimoniate non solo dall'elevato numero di iscritti ai più disparati corsi universitari (l'ISTAT ha registrato 307 mila iscritti all'università per l'anno accademico 2007/08 [8]) ma anche dall'alta percentuale dei laureati che decidono di proseguire gli studi iscrivendosi al dottorato di ricerca oppure a master universitari specializzanti (secondo Almalaurea il 43% [1]). Punto di forza dell'e-learning in quest'ottica è la possibilità di riutilizzare il materiale didattico a disposizione, componendolo in modi diversi a seconda delle esigenze e superando i vincoli geografici.

Un'altra esigenza alla quale l'e-learning è in grado di rispondere è la necessità di raggiungere quegli studenti che non possono partecipare alle lezioni. Si pensi, per esempio, agli studenti lavoratori, agli studenti disabili e a tutti coloro che per i motivi più vari sono impossibilitati a seguire le lezioni in un certo periodo (per esempio per maternità, malattia, assistenza a familiari). In questo caso l'e-learning si dimostra un buon supporto ai corsi tra-

¹ Si veda il glossario e-learning di ASFOR [2].

dizionali in quanto consente agli studenti di rimanere in contatto con la classe e di non sentirsi abbandonati nello studio. Un esempio concreto è quanto avviene presso il Corso di Laurea in Informatica dell'Università degli Studi di Torino, dove già da alcuni anni si sta utilizzando Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*)², una piattaforma *web open source* per l'e-learning che si basa sul principio "costruzionista e sociale" dell'educazione (riquadro 1).

Purtroppo Moodle manca ancora di alcuni aspetti importanti che lo rendano uno strumento di e-learning completo. In particolare, non fornisce ancora strumenti che consentano di costruire in maniera automatica percorsi formativi personalizzati a partire da una descrizione delle competenze che lo studente desidera acquisire. Inoltre non fornisce strumenti che consentano di erogare il materiale di studio con gradualità, man mano che lo studente dimostra di aver assimilato determinati concetti, se non attraverso il controllo a carico di un tutore. In altri termini mancano strumenti che monitorino il percorso di apprendimento regolando di conseguenza l'accesso alle risorse didattiche e alle esercitazioni.

Una chiara strutturazione del materiale e meccanismi che ne regolamentino l'accesso sulla base delle conoscenze acquisite sono invece necessari quando non è possibile assumere a priori una forte motivazione ad imparare. Nelle fasi iniziali dell'istruzione di un bambino, per esempio, egli non è il richiedente del servizio, ma ne è il destinatario. Per

lui, quindi, l'istruzione rappresenta un obbligo. Nel caso di uno studente lavoratore egli è sia il richiedente che il destinatario. In quest'ultimo caso i risultati che ci si aspetta di ottenere mediante l'utilizzo dell'e-learning sono superiori rispetto al primo, sia perché uno studente lavoratore possiede già un metodo di studio, sia perché si presuppone che egli possieda determinazione e costanza.

La nostra visione di e-learning è, quindi, quella dell'offerta di servizi indirizzati al soddisfacimento di particolari necessità didattiche a completamento del sistema classico d'insegnamento che non può, per diversità di obiettivi, efficacemente rispondere a tali esigenze. La flessibilità di Internet e l'ampia disponibilità di materiali informativi reperibili in rete facilitano e motivano la costruzione di "moduli didattici tematici" ritagliati sulle esigenze del singolo fruitore. Alla stregua di mattoncini questi moduli possono essere composti e organizzati in percorsi finalizzati all'insegnamento di argomenti più complessi e, per via della loro natura modulare, si prestano ad essere riutilizzati in contesti diversi. Per poter sfruttare le potenzialità offerte dalla rete è però necessario che le piattaforme di e-learning si dotino di meccanismi automatici, che da un lato permettano di comporre i moduli tematici disponibili, costruendo così percorsi che consentono all'utente di acquisire le competenze desiderate, e dall'altro siano in grado di garantire che i percorsi didattici rispettino quei criteri pedagogici che definiscono il corretto trasferimento di conoscenza. Solo la rea-

RIQUADRO 1 - Moodle

Moodle (*Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*) è un *Course Management System open source* sviluppato da Martin Dougiamas con l'obiettivo di supportare l'insegnamento di corsi on-line nel rispetto del principio costruzionista e sociale dell'educazione. L'idea di base che esso adotta è ricreare il contesto di classe (aula) in rete, mettendo a disposizione forum e meccanismi di discussione in cui ogni studente può intervenire ponendo delle domande o dando delle risposte ai suoi colleghi. In questo modo il flusso delle informazioni non è diretto solo dal docente agli studenti, ma arriva anche da altri studenti. Il docente assume anche il compito di supervisore, rispondendo ai quesiti irrisolti o correggendo risposte di altri. In base alle discussioni e agli errori riscontrati, è possibile capire quali informazioni siano state effettivamente apprese e quali siano i punti più critici a cui dedicare ulteriori approfondimenti e spiegazioni. Ogni corso possiede una pagina dedicata in cui è possibile rendere disponibile materiale di vario genere (lucidi, dispense, podcast e video delle lezioni ecc.), aprire discussioni su determinate tematiche, postare avvisi, reperire l'elenco e i contatti degli iscritti e svariare altre operazioni di questo genere. Attualmente Moodle è uno degli strumenti più utilizzati in ambito universitario per l'erogazione di corsi on-line [18].

² <http://moodle.org>.

lizzazione di tali strumenti automatici permetterà di soddisfare un più ampio numero di utenti, abbattendo i costi di realizzazione dell'e-learning.

3. FLESSIBILITÀ DELL'E-LEARNING

Una delle potenzialità dell'e-learning è la possibilità di comporre risorse in modo da ampliare l'offerta formativa. Tuttavia non vi è nulla di più demotivante per uno studente di seguire un percorso didattico senza avere la percezione di quale sia l'obiettivo finale e se tale obiettivo sia compatibile con le aspettative e le esigenze personali. Diventa, quindi, fondamentale che gli strumenti messi a disposizione dall'e-learning consentano di costruire percorsi di studio personalizzati, che tengano conto delle competenze già acquisite dal fruitore, delle sue caratteristiche individuali e dei suoi obiettivi formativi.

La qualità di un percorso didattico non dipende però esclusivamente dai contenuti che compone. Occorre considerare anche i vincoli pedagogici legati al modo in cui il percorso deve essere organizzato al fine di agevolare l'apprendimento. In altre parole è necessario tenere in considerazione il modello delle competenze. Un semplice esempio potrebbe essere, in un curriculum d'informatica, il vincolo che le nozioni matematiche vengano acquisite prima di quelle informatiche, anche se apparentemente le prime non sono strettamente legate alle seconde in termini di contenuti [4, 12]. La capacità di garantire percorsi didattici personalizzati completi, in termini di conoscenza acquisita rispetto agli obiettivi formativi, e corretti, rispetto ai vincoli pedagogici, costituisce la discriminante tra un servizio di qualità e un servizio non di qualità. Infatti, gli utenti si affidano a strumenti automatici con grande scetticismo. La possibilità di garantire la qualità di un percorso di e-learning è l'elemento trainante per guadagnare la fiducia dei fruitori.

Purtroppo in alcuni casi si osserva un divario tra gli interessi dello studente e l'offerta formativa: ciò che è pedagogicamente corretto non sempre soddisfa le aspettative dello studente. La verifica della bontà di un curriculum, attualmente a carico del corpo docente,

risulta spesso un compito difficile e costoso in termini di tempo, specie in quei contesti in cui gli studenti hanno la possibilità di proporre piani di studio personalizzati. L'automazione del processo di verifica diventa, quindi, uno strumento utilissimo per le scuole, avente il duplice vantaggio di alleggerire i docenti di un onere burocratico senza privare gli studenti della possibilità di formulare richieste e proporre percorsi personalizzati. Il supporto automatico di questi compiti diventa ancora più importante, e più difficile, quando si considerano scenari aperti, dove l'insieme delle risorse utilizzabili per l'apprendimento non è limitato e conosciuto in anticipo ed è, per sua natura, eterogeneo. Si pensi al "processo di Bologna", promosso dall'Unione Europea [5] il cui fine è quello di promuovere la mobilità degli studenti all'interno dell'Unione, con la possibilità di comporre curricula integrati, attraverso i quali gli studenti frequentano corsi offerti da diverse università europee, consentendo così la formazione di competenze date dalla somma di offerte complementari, non accessibili in toto a livello locale.

4. UN APPROCCIO ALLA REALIZZAZIONE SU MISURA E ALLA VERIFICA DI CURRICULA

In questo paragrafo descriviamo come è stato affrontato il problema della composizione e verifica di curricula di studi in modo da consentire a studenti ERASMUS di combinare, in un unico percorso, corsi dell'Università di Torino e dell'Università di Hannover (Germania). Lo scopo è mediare fra gli obiettivi formativi e il portafoglio di conoscenze già acquisite di uno studente e i modelli delle competenze degli istituti coinvolti. In altre parole, occorre verificare o costruire curricula di studi in modo che utilizzino le risorse formative dei due atenei nel rispetto dei vincoli pedagogici delle due istituzioni, che non contengano bisogni formativi insoddisfatti e che assecondino i desideri dell'utente.

Questo studio, discusso nel dettaglio in [4, 11, 12], è stato condotto nel contesto del progetto REVERSE [16], il cui obiettivo era l'analisi e lo sviluppo di tecniche del web semantico [20]. Nella realizzazione della proposta sono infatti stati utilizzati strumenti quali anno-

tazioni semantiche per le risorse formative, risolutori a regole per la definizione del curriculum e tecniche di *model checking* simbolico per la verifica della correttezza dei curricula (riquadro 2).

La caratteristica principale della proposta, che la distingue da altre soluzioni presenti in letteratura, risiede nella rappresentazione scelta per i vincoli e per le risorse. L'idea di base consiste nel descrivere le risorse in termini di conoscenze (necessarie per comprenderne i contenuti e acquisibili tramite esse) e nell'esprimere i vincoli pedagogici, o più in generale il modello delle competenze, in termini di rela-

zioni temporali tra le conoscenze stesse. In questo modo è possibile integrare i corsi provenienti dai due istituti tramite la semplice integrazione dei vocabolari usati per la descrizione delle conoscenze. Inoltre, tale rappresentazione permette di astrarre dalla fonte informativa e dalla tipologia del materiale didattico utilizzato (lezioni in aula, materiale audio-visivo, *podcast* ecc.).

In particolare, il processo di composizione e verifica di curricula di studi coinvolge sei elementi organizzati su tre livelli concentrici (Figura 1). Al centro della struttura troviamo il dizionario delle competenze, ossia il vocabolario utilizzato per esprimere le conoscenze. Il dizionario delle competenze è utilizzato dai quattro elementi del livello intermedio, che permettono di rappresentare gli obiettivi formativi e il portafoglio di conoscenze già acquisite di uno studente, il modello delle competenze degli istituti, le risorse formative (il materiale didattico utilizzato) e i curricula offerti o proposti. Questi quattro elementi sono poi utilizzati dal livello più esterno, ossia quello dei servizi che realizza la pianificazione e la verifica di curricula di studi. Ogni elemento è modulare rispetto agli altri e ogni livello è definito sulla base di quello sottostante. Tale modularità facilita qualsiasi tipo di modifica e aggiornamento. Per esempio, l'aggiunta o eliminazione di un corso non ha impatti sulle altre componenti individuate nell'architettura, oppure gli obiettivi formativi e le conoscenze iniziali dello studente sono indipendenti dalla definizione del materiale didattico, questo significa indipendenza anche rispetto all'istituzione che eroga i corsi.

RIQUADRO 2 - Model checking

Il *model checking* [14] ha l'obiettivo di verificare la correttezza di un modello rispetto ad una certa specifica. Generalmente il modello viene rappresentato da un insieme di stati e un insieme di transizioni tra essi, in modo da simulare il funzionamento di un sistema software o di una componente hardware. Le proprietà che possono essere verificate sono i comuni requisiti di correttezza dei sistemi (assenza di *deadlock*, *liveness*, *safety*) oppure una qualsiasi formula espressa in logica temporale. Gli strumenti che permettono di effettuare questo tipo di verifiche in modo automatico vengono definiti *model checker*. Tra i più conosciuti vi sono SPIN [7] e NuSMV [22], il primo consente la verifica di formule espresse in logica lineare temporale [3], mentre il secondo permette di verificare anche formule espresse in *computation tree logic* [13].

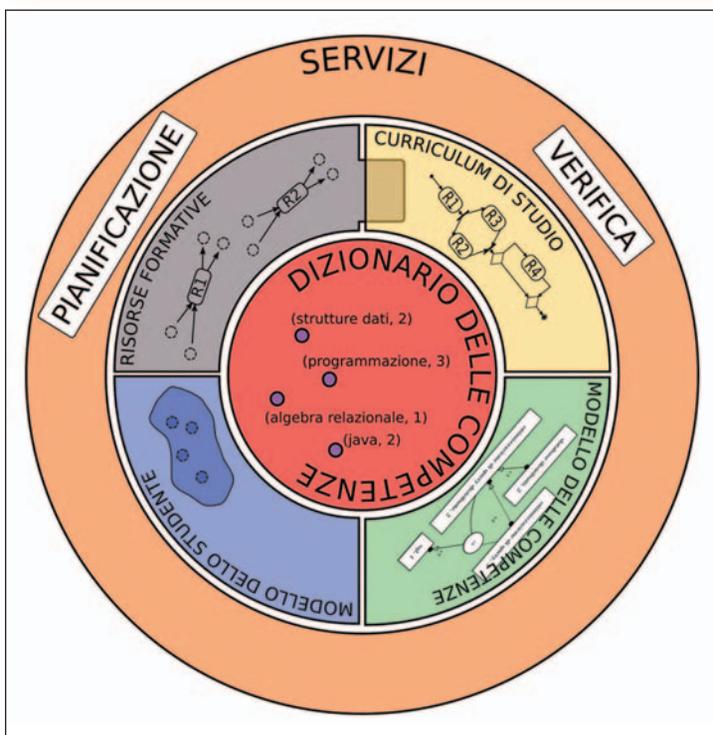


FIGURA 1

Rappresentazione degli elementi che intervengono nella progettazione e verifica di curricula di studi

4.1. Dizionario delle competenze

La componente centrale è il dizionario delle competenze. Esso racchiude l'insieme delle competenze intese come conoscenze, concetti, capacità che una persona deve possedere per svolgere con efficacia specifici compiti e funzioni. Nella nostra proposta le competenze sono rappresentate per mezzo di termini e costituiscono la più piccola unità d'informazione. Ogni competenza è rappresentata mediante due elementi: un identificatore e un livello di approfondimento alla quale è richiesta o fornita. Per esempio, (sql, 1) oppure (sql, base) indica che la competenza del linguaggio SQL è ri-

chiesta o fornita a livello introduttivo. Il dizionario delle competenze riveste il ruolo fondamentale di lingua franca quando è necessario comporre, in un unico processo formativo, corsi provenienti da istituzioni diverse. In questo caso, infatti, è necessario che le istituzioni adottino un dizionario condiviso.

4.2. Modello delle competenze

Questa componente contiene le caratteristiche dal punto di vista pedagogico che un curriculum di studi deve avere sotto forma di regole e vincoli. I vincoli sono espressi attraverso relazioni temporali che coinvolgono le co-

noscenze specificate nel dizionario delle competenze. Essi sono categorizzati in requisiti (cioè l'insieme delle conoscenze richiesto in ingresso affinché lo studente possa iniziare il percorso formativo), in obiettivi formativi, di cui l'istituzione vuole garantire il raggiungimento, e in vincoli pedagogici che impongono e regolamentano l'acquisizione delle competenze durante il percorso formativo. Al fine di rendere più semplice e intuitiva la descrizione dei vincoli che costituisce il modello delle competenze, abbiamo definito il linguaggio grafico DCML (*Declarative Curricula Model Language*, riquadro 3). La possibi-

RIQUADRO 3 - Declarative Curricula Model Language

DCML è un linguaggio grafico ideato per facilitare il compito ai responsabili didattici nel definire i vincoli pedagogici che i curricula di studio devono rispettare [4, 12]. Ciascun vincolo può essere automaticamente tradotto in formule della logica lineare temporale [3]. La logica lineare temporale include gli operatori temporali *eventually* ($\diamond \phi$, prima o poi ϕ sarà vero nel futuro), *always* ($\square \phi$, ϕ è sempre vero) e *until* ($\phi \cup \psi$, ϕ deve essere vero fino a che diventa vero ψ). L'adozione di un linguaggio grafico basato sulla logica temporale lineare permette di avvalersi di strumenti automatici per la verifica di curricula di studio quali SPIN [7]. Tuttavia, il vantaggio più grande che deriva dall'utilizzo di vincoli, è la loro natura dichiarativa, che consente di specificare solo le condizioni strettamente necessarie per caratterizzare un curriculum corretto, senza indicare una sequenza rigida. Questo offre maggiore flessibilità nella definizione del modello delle competenze. La tabella mostra le principali relazioni temporali tra conoscenze che possono essere utilizzate nella definizione di un modello delle competenze.

COSTRUTTI DI DCML, RAPPRESENTAZIONE GRAFICA E SIGNIFICATO IN LOGICA TEMPORALE LINEARE		
Nome	Rappresentazione	Significato in formule LTL
Precede		$\neg(k', l') \cup (k, l)$ La conoscenza (k', l') non può essere acquisita prima della conoscenza (k, l) .
Se...allora		$\diamond(k, l) \rightarrow \diamond(k', l')$ Se la conoscenza (k, l) è acquisita allora prima o poi dovrà esserlo anche la conoscenza (k', l') .
Sequenza		$\diamond(k, l) \rightarrow (\diamond(k', l') \text{ e } (k, l) \text{ precede } (k', l'))$ Se la conoscenza (k, l) è acquisita allora solo dopo potrà esserlo anche la conoscenza (k', l') .
Non precede		$\neg(k, l) \cup ((k', l') \text{ e } (k, l))$ La conoscenza (k, l) non può essere acquisita prima della conoscenza (k', l') .
Se...allora non		$\diamond(k, l) \rightarrow \square \neg(k', l')$ Se la conoscenza (k, l) è acquisita allora la conoscenza (k', l') non potrà mai esserlo.
Non segue		$\diamond(k, l) \rightarrow (\square \neg(k', l') \text{ o } (k, l) \text{ non precede } (k', l'))$ Se la conoscenza (k, l) è acquisita allora la conoscenza (k', l') non potrà essere acquisita dopo.

lità di tradurre i costrutti di DCML in un linguaggio logico formale (in particolare, la logica temporale lineare [3]) garantisce ad ogni vincolo un significato non ambiguo. Inoltre, tale traduzione permette di sfruttare strumenti automatici per la verifica, come i *model checker* (riquadro 2).

Nella figura 2 è riportato un estratto di un modello delle competenze riferito ad un curriculum triennale in informatica. Tra i vincoli specificati vi è, per esempio, la richiesta che lo studente acquisisca la competenza “protocolli di rete” a livello intermedio prima della conoscenza a livello intermedio di “metodi crittografici”, oppure che la competenza a livello introduttivo del linguaggio SQL (Sql, 1) per l’interrogazione di database non sia preceduta da argomenti a livello intermedio e avanzato inerenti l’ottimizzazione delle query (“Ottimizza-

zione di *query*, 3” e “Ottimizzazione di *query* distribuite, 2”).

4.3. Modello dello studente

Il modello dello studente tiene traccia delle competenze di uno studente e dei suoi obiettivi formativi. Inizialmente, prima che il processo di formazione abbia inizio, esso comprende il portafoglio delle conoscenze derivanti da studi precedenti. Durante i processi di pianificazione e verifica, il modello dello studente è utilizzato per simulare il processo di acquisizione rappresentando l’evoluzione delle conoscenze possedute. In altre parole rappresenta la metafora del bagaglio culturale dello studente.

4.4. Risorse formative

La componente “risorse formative” contiene l’insieme dei corsi che vengono erogati da una certa istituzione. Ogni corso (e in generale ogni tipo di materiale didattico) è descritto in termini di conoscenze attese in ingresso, necessarie per comprenderne i contenuti, e conoscenze fornite in uscita, che rappresentano le conoscenze apprese dallo studente. Le competenze attese in ingresso vengono verificate sul modello dello studente, mentre le conoscenze fornite in uscita contribuiscono ad incrementare il suo portafoglio delle conoscenze. Nella figura 3 è riportato l’esempio di un corso di *Database*. Le frecce in ingresso rappresentano le conoscenze richieste, mentre le frecce in uscita riportano le conoscenze fornite. Tutte le risorse formative di un’istituzione vengono definite in questo modo.

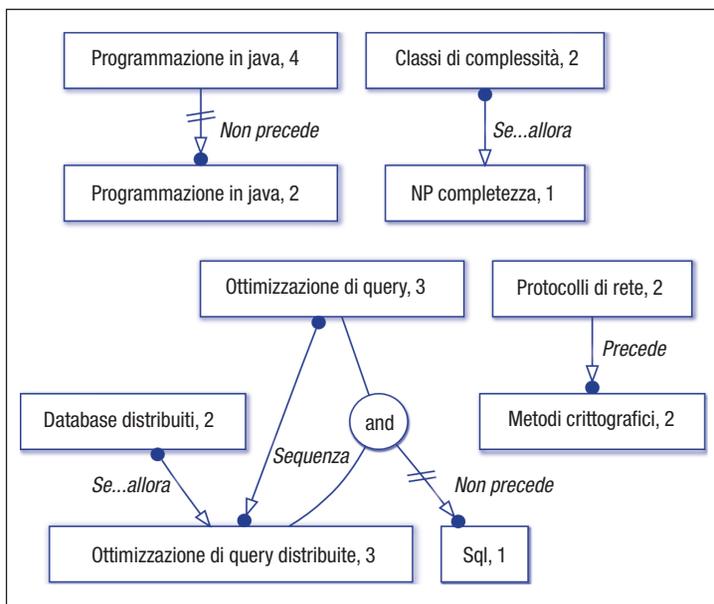
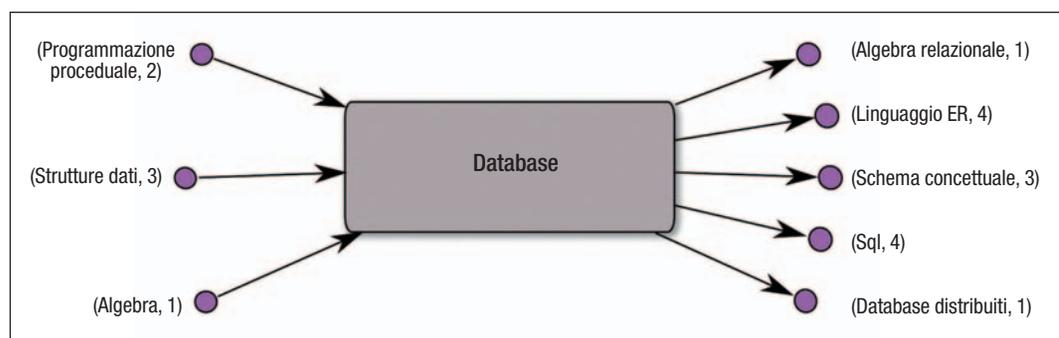


FIGURA 2
Esempio di modello delle competenze espresso attraverso il linguaggio grafico DCML (Declarative Curricula Modeling Language)

4.5. Curriculum di studi

La rappresentazione dei curricula di studio avviene per mezzo dei diagrammi di attività [15].

FIGURA 3
Rappresentazione di un corso in termini di conoscenze attese in ingresso e fornite in uscita



Nel caso più semplice, un curriculum è una sequenza di corsi. Più in generale, contiene uno o più percorsi (o indirizzi) che possono essere obbligatori oppure in alternativa tra loro. Nella descrizione di un curriculum di studi sono rilevanti due aspetti [10]:

- i. la durata dei corsi e la loro collocazione temporale nei vari periodi didattici di insegnamento;
- ii. la distinzione tra corsi obbligatori e corsi a scelta.

Nei diagrammi di attività, il primo aspetto è rappresentato per mezzo di *milestone* (linee verticali che partizionano il curriculum), mentre il secondo aspetto è risolto impiegando nel diagramma le *swimlane* (partizioni orizzontali) che distinguono i percorsi obbligatori dai percorsi in alternativa tra loro. Nella figura 4 si riporta un estratto di curricula per il secondo anno di un corso di laurea triennale in informatica. In questo esempio, l'anno accademico è organizzato in tre periodi (*milestone*) e l'offerta formativa consente allo studente di completare i corsi obbligatori (rappresentati nella prima *swimlane*) scegliendo una tra le tre alternative (le sottostanti *swimlane*), che specializ-

zano il percorso obbligatorio in diversi ambiti dell'informatica.

4.6. Servizi

L'elemento che occupa il livello più esterno e che si basa sulle astrazioni definite dalle altre componenti, è quello dei servizi di supporto alla didattica. In particolare, nel nostro lavoro sono stati presi in considerazione i servizi di verifica di un curriculum di studi proposto da uno studente (Figura 5) e di pianificazione di un percorso di studi per il conseguimento di un determinato obiettivo formativo (Figura 6).

Per quanto riguarda il primo servizio, occorre distinguere tra verifica intra-concettuale, avente lo scopo di accertarsi che ogni concetto sia insegnato nel modo più consono, e verifica inter-concettuale, che regola, per mezzo di regole pedagogiche, l'evoluzione del processo formativo. Il problema di verifica affrontato rientra in quest'ultimo caso, in particolare:

- a. si verifica che il curriculum di studi soddisfi gli obiettivi formativi espressi dall'utente;
- b. si verifica che in ogni istante non ci siano bisogni formativi insoddisfatti;

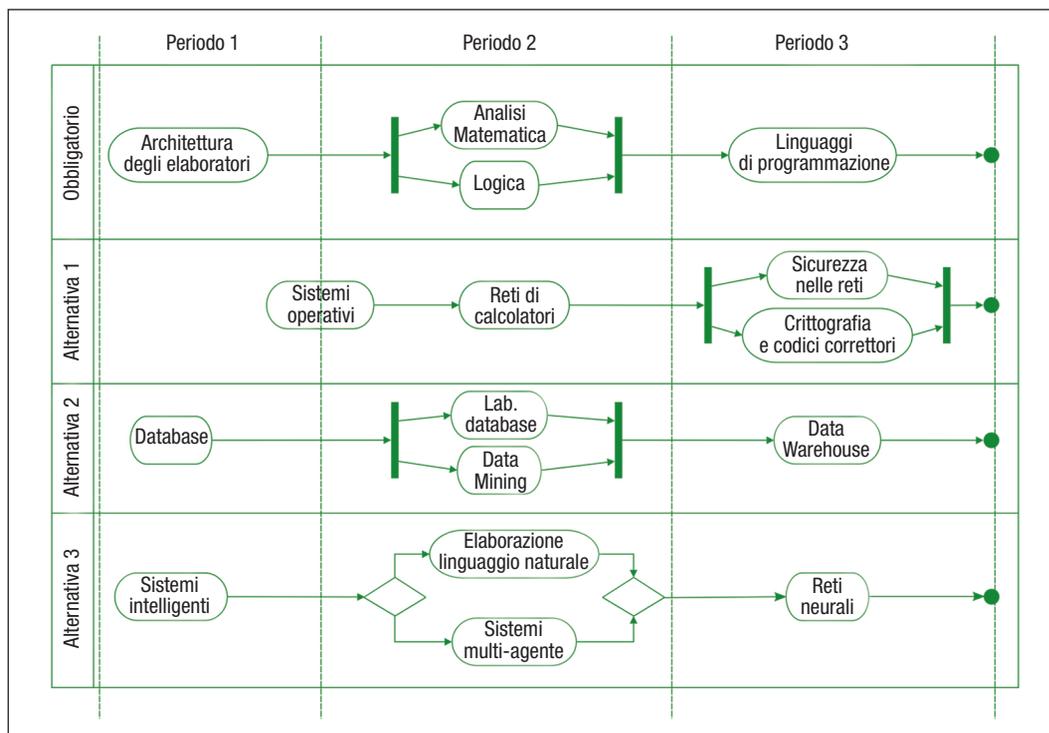


FIGURA 4
Un esempio di curriculum rappresentato mediante un activity diagram

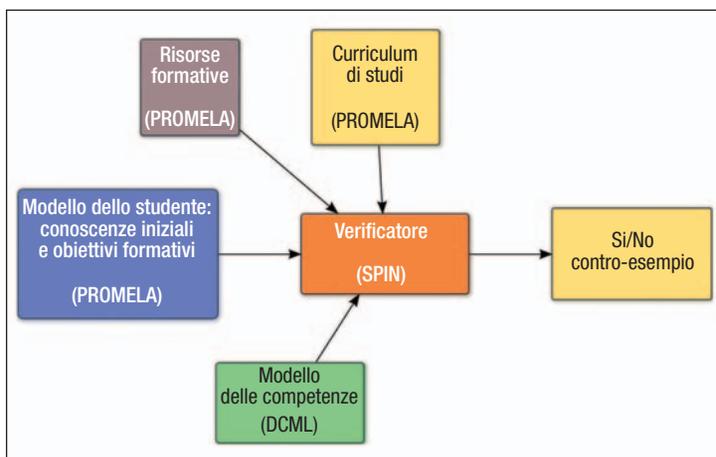


FIGURA 5
Verifica di curricula

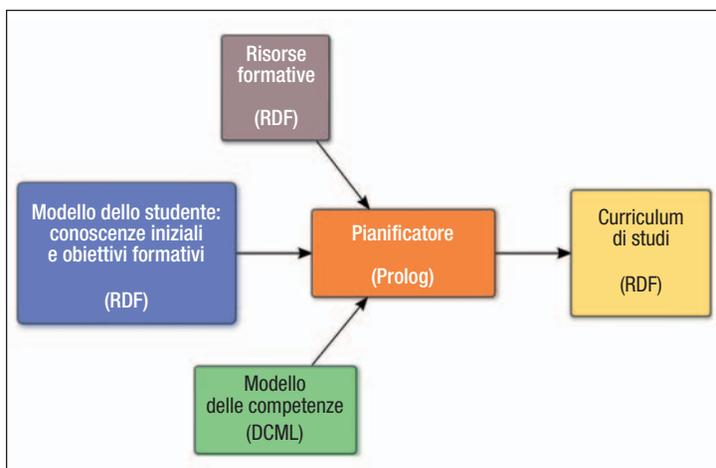


FIGURA 6
Pianificazione automatica di curriculum

c. si verifica che il curriculum rispetti gli obiettivi didattici e i vincoli pedagogici espressi nel modello delle competenze. Tutti i compiti di verifica elencati sono effettuati applicando tecniche di *model checking* [14]. Il curriculum di studi, le risorse formative e il modello dell'utente sono trasformati in un modello di esecuzione rappresentato in linguaggio Promela [7], in grado di simulare tutti i possibili percorsi di apprendimento dello studente. I vincoli espressi dal modello delle competenze, gli obiettivi didattici e i bisogni formativi da soddisfare, sono espressi mediante formule logiche temporali verificate nella simulazione attraverso il software SPIN [7]. Il vantaggio di utilizzare il *model checking* deriva dal fatto che quest'ultimo fornisca contro-esempi qualora la verifica fallisca, di-

ventando, di fatto, un valido strumento per la correzione del curriculum.

Il servizio di pianificazione di un percorso di studi consiste nel comporre in modo automatico le risorse formative. Indispensabile è garantire che ogni risorsa formativa sia temporalmente preceduta da risorse che forniscono le competenze necessarie alla sua comprensione, che gli obiettivi formativi dello studente siano assecondati e che i vincoli pedagogici siano rispettati. L'idea alla base del servizio di pianificazione è interpretare ogni corso o materiale didattico come un'azione: le competenze richieste in ingresso corrispondono alle precondizioni di eseguibilità e le conoscenze fornite corrispondono agli effetti dell'esecuzione dell'azione. Sfruttando tale metafora è possibile utilizzare diversi algoritmi presenti nella letteratura di intelligenza artificiale [17]. La nostra scelta, descritta in [11], è stata quella di utilizzare una ricerca in profondità implementata attraverso il linguaggio di programmazione Prolog [9]. Ogni risorsa formativa è descritta utilizzando il linguaggio del web semantico RDF [19], e la sua descrizione è stata estratta in maniera automatica dalle pagine dei corsi tenute dai docenti.

5. CONCLUSIONI

L'e-learning rappresenta una grande opportunità per la formazione e per le scuole stesse, a patto di riuscire a individuare il giusto target di utenza e di fornire servizi che consentano di comporre le risorse didattiche in percorsi personalizzati, rispetto alle necessità del singolo, garantendo al contempo il rispetto di vincoli pedagogici definiti da esperti. Questi obiettivi possono essere raggiunti utilizzando gli strumenti sviluppati nel progetto REVERSE descritto nel paragrafo 4. Al di là dell'ambito prettamente scolastico, le tecniche prima descritte possono essere usate anche in altri contesti, per esempio per la formazione in azienda [6]. In analogia con la rappresentazione scelta per le risorse formative, è possibile rappresentare le attività (o *task*) che definiscono un processo aziendale in termini di precondizioni - che è necessario soddisfare per la sua esecuzione ottimale - e in termini degli effetti ottenuti. Inol-

tre, in analogia con la rappresentazione scelta per il modello dello studente, è possibile rappresentare gli obiettivi professionali e le conoscenze (o capacità) di ogni dipendente dell'azienda. In questo modo è possibile realizzare un servizio di verifica che controlli se un dipendente sia in grado di portare a termine una certa attività, allo stesso modo in cui è possibile capire se uno studente sia in grado di affrontare un certo corso. Oppure, si può immaginare un servizio di pianificazione che individui il dipendente o il gruppo di lavoro le cui competenze siano più vicine a quelle richieste per lo svolgimento di un insieme di attività, in modo da risparmiare sui costi di formazione del personale.

Ma si può andare anche oltre. Una delle attività principali di un'impresa è la definizione degli obiettivi e del modello di business attraverso il quale l'impresa acquisisce vantaggio competitivo.

Per esempio, essi definiscono quali sono le competenze che l'azienda deve acquisire e come sia opportuno procedere verso il raggiungimento di tali obiettivi. Il modello di business definisce le linee guida che per l'impresa rappresentano il modo migliore di operare. Un business plan rappresenta la sequenza di operazioni attraverso le quali l'impresa realizza gli obiettivi prefissati nel rispetto del modello di business. Anche questa attività ha un'analogia con quanto visto precedentemente: ad un business plan è possibile associare un curriculum, agli obiettivi d'impresa gli obiettivi formativi di uno studente e al modello di business il modello delle competenze.

È quindi possibile immaginare dei servizi di pianificazione per trovare in modo automatico dei business plan che soddisfino i vincoli richiesti o dei servizi di verifica per controllare che un business plan proposto sia conforme a quanto stabilito dal modello di business. Si noti anche qui l'importanza di disporre di un linguaggio a vincoli per esprimere il modello di business, infatti, le linee guida dettate da un manager esprimono solitamente un ordine relativo tra i passi che devono essere compiuti, senza specificare una sequenza rigida di attività che spesso sarebbero troppo dettagliate o a lui sconosciute (riquadro 3).

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare i revisori per le osservazioni e i suggerimenti e la prof.ssa Cristina Baroglio per i preziosi consigli in fase di stesura dell'articolo. Lo sviluppo del linguaggio DCML non sarebbe stato possibile senza la collaborazione della prof.ssa Cristina Baroglio (Università degli Studi di Torino), del prof. Giuseppe Berio (Université de Bretagne-Sud, Francia) e della dott.ssa Viviana Patti (Università degli Studi di Torino).

Bibliografia

- [1] *A dieci anni dal processo di Bologna. I figli della riforma: analisi sui laureati triennali e specialistici. Una mappa a pelle di leopardo.* AlmaLaurea, 2008.
<http://www.almalaurea.it/universita/profilo/profilo2008/premessa/index.shtml>
- [2] *Il Glossario e-Learning di ASFOR*, (ASFOR - Associazione Italiana per la Formazione Manageriale), 2006.
- [3] Emerson E.A.: *Temporal and Modal Logic*. In Handbook of Theoretical Computer Science, Elsevier. 1990, p 995-1072.
- [4] Marengo E.: *Curricula di Studi: Modelli e Verifica di Competenze*. Tesi di Laurea, Corso di Studi in Informatica, Università degli Studi di Torino, 2008.
- [5] *European Commission, Education and Training. The Bologna Process, 1999*, http://en.wikipedia.org/wiki/Bologna_Process
- [6] Berio G., Harzallah M.: *Towards an integrating architecture for competence management*. *Computers in Industry*, Vol. 58, n. 2, Elsevier, 2007.
- [7] Holzmann G.J.: *The SPIN Model Checker, Primer and Reference Manual*. Addison-Wesley, 2003.
- [8] ISTAT, http://www.istat.it/lavoro/sistema_istruzione/Tavuniv1.xls.
- [9] Console L., Lamma E., Mello E.: *Programmazione Logica e Prolog*. UTET.
- [10] Baldoni M., Baroglio C., Berio G., Marengo E.: *Declarative representation of curricula models: an LTL- and UML-based approach*. Proc. of WOA 2007: Dagli oggetti agli agenti, Agenti e Industrie: Applicazioni tecnologiche degli agenti software, Seneca Edizioni, 2007, p. 34-41.
- [11] Baldoni M., Baroglio C., Brunkhorst I., Henze N., Marengo E., Patti V.: *A Personalization Service for Curriculum Planning*. A cura di Herder E., Heckmann D., Proc. of the 14th Workshop on Adaptivity and User Modeling in Interactive Systems, ABIS 2006, Hildesheim, Germany, October 2006, p. 17-20.

