

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA
Scuola di Dottorato in Nuove Tecnologie per le Scienze Umane e Sociali



Tesi di Dottorato di Ricerca in
**LINGUE, CULTURE E TECNOLOGIE
DELL'INFORMAZIONE E DELLA COMUNICAZIONE**

M-PED/03
ING-INF/05

**PROGETTAZIONE LOGICO-CONCETTUALE
DI PERCORSI E CONTENUTI DIDATTICI:
PROPOSTA DI UN MODELLO**

di Giuliano Vivanet

Relatore: Prof. Ing. Giovanni Adorni

Febbraio 2009

Ringraziamenti

Nel corso dei tre anni di dottorato in cui ho sviluppato questo progetto di ricerca sono stato accompagnato con professionalità e amicizia da tutti i membri del laboratorio di E-Learning & Knowledge Management del DIST dell'Università degli Studi di Genova. In particolare, il supporto scientifico del relatore di questa tesi, Prof. Ing. Giovanni Adorni, direttore del suddetto laboratorio, è stato indispensabile nel guidare costantemente la mia riflessione attraverso un terreno di ricerca fertile, ma non sempre agevole, soprattutto in ragione della necessità di affrontare problematiche talvolta non direttamente riconducibili al mio background culturale formatosi nel campo delle scienze dell'educazione. Allo stesso modo desidero ringraziare i professori Gianni Vercelli e Mauro Coccoli, i quali hanno rappresentato per me in questi anni dei punti di riferimento irrinunciabili cui potermi rivolgere per apprendere la difficile arte del ricercatore e per confrontarmi liberamente su ogni aspetto del mio lavoro. Ma oltre che sul piano professionale, voglio esprimere a tutti loro la mia riconoscenza per le qualità umane che mi hanno sempre dimostrato, consentendomi di lavorare in un ambiente sereno e stimolante.

Ogni progetto di ricerca conduce inevitabilmente al confronto con esperti di ambiti disciplinari differenti e in tal senso vorrei porgere i miei più sentiti ringraziamenti all'intero Collegio dei Docenti del corso di dottorato in "Lingue, Culture e Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione" della scuola di dottorato in "Nuove Tecnologie per le Scienze Umane e Sociali". Tutti i membri di tale collegio mi hanno dato la grande opportunità di potermi impegnare per ciò che professionalmente appassiona di più la mia mente: la ricerca. In particolare, pur riconoscendo a tutti loro questo grande credito, vorrei ricordare i professori Sergio Poli, direttore della Scuola, e Luigi Sarti, ricercatore dell'Istituto Tecnologie Didattiche del C.N.R., entrambi per avermi accolto nel corso di questa mia esperienza genovese presso i loro istituti, facendomi sentire a casa e mettendomi nelle condizioni di poter realizzare il mio progetto. Il mio ringraziamento va, inoltre, al professor Paolo Marelli, il mio tutor per l'area linguistica, che, con professionalità accompagnata da immane cortesia, mi ha suggerito il cammino di studio più indicato per le mie esigenze.

Nel corso di questo dottorato, ho avuto il piacere di essere accompagnato da colleghi e amici con cui ho condiviso gioie e dolori di ogni giovane ricercatore in

formazione e con cui ho avviato un dialogo continuo sui diversi temi che la nostra comune esperienza di formazione ci ha portato ad affrontare.

Per la mia formazione e il mio lavoro di ricerca sono debitore, inoltre, delle esperienze formative alle quali ho avuto il piacere di poter partecipare all'esterno dell'Ateneo genovese. Esse sono state essenziali per l'acquisizione di una maggiore consapevolezza rispetto ai temi del presente studio. Tra queste, vorrei sottolineare le esperienze vissute presso l'Università di Padova e l'Università di Trento, quest'ultima in collaborazione con il Laboratorio di Ontologia Applicata del CNR; pertanto, ai Professori Carlo Ferrari e Nicola Guarino, che mi hanno concesso l'opportunità di essere ospitato presso i loro istituti, va il mio speciale ringraziamento.

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. MENTE E MEMORIA	13
2.1 INTRODUZIONE ALLA FISILOGIA DELLA MEMORIA	16
2.2 TIPI DI MEMORIA	23
2.3 L'ORGANIZZAZIONE DELLE CONOSCENZE NELLA MENTE UMANA	29
2.4 LE STRATEGIE DELLA MEMORIA	32
3. TEORIE E MODELLI DELL'APPRENDIMENTO	37
4. MODELLI RETICOLARI DI RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA	55
4.1 THESAURI	57
4.2 MAPPE MENTALI E MAPPE CONCETTUALI	60
4.3 INTELLIGENZA ARTIFICIALE E RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA	67
5. LA RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA NEL WEB SEMANTICO	75
6. LO STANDARD ISO/IEC 13250: TOPIC MAPS	91
6.1 IL PROCESSO DI STANDARDIZZAZIONE	91
6.2 IL PARADIGMA DELLE TOPIC MAPS	94
6.3 XML TOPIC MAPS (XTM)	97
6.4 AMBITI DI APPLICAZIONE DELLE TOPIC MAPS	102
7. PRINCIPI DI LEARNING CONTENT DESIGN	105
7.1 REQUISITI	105
7.2 SPECIFICHE, STANDARD E METADATA	109
7.3 MODELLI DI PROGETTAZIONE	115
8. IL MODELLO	121
8.1 DEFINIZIONE DEI REQUISITI	121
8.2 DIARIO DI BORDO	123

8.3 DESCRIZIONE DEL MODELLO	143
8.4 CRITERI DI LETTURA	150
8.5 STRATEGIE DI IMPLEMENTAZIONE	159
8.6 SPUNTI DI RIFLESSIONE	163
<u>9. CASE STUDY: DESCRIZIONE E ANALISI</u>	<u>169</u>
9.1 SCENARIO	169
9.2 LEARNER	170
9.3 OBIETTIVI E SOTTO-OBIETTIVI	171
9.4 UNITÀ DI APPRENDIMENTO E TOPIC	175
9.5 COURSE REQUIREMENT (PREREQUISITI DEL CORSO)	208
<u>10. CONCLUSIONI</u>	<u>211</u>
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	<u>217</u>
<u>ANNESSO A: RELAX-NG SCHEMA FOR XTM 2.0 (NORMATIVE)</u>	<u>227</u>

Indice delle figure

Figura 1 Contenuti e risorse.....	12
Figura 2 Struttura tipica di un neurone [fonte: Wikipedia].	17
Figura 3 Il modello originale proposto da Atkinson e Shiffrin [fonte: Wikipedia].	25
Figura 4 Il modello di memoria di lavoro proposto da Baddeley.....	26
Figura 5 Struttura ipotizzata per la memoria a lungo termine.	28
Figura 6 Esempio di rete semantica [fonte: Wikipedia].....	31
Figura 7 Schema di modello HIP [riadattato da Giacomantonio, 2007].	42
Figura 8 La Component Display Theory di D.Merrill [TIP, 2009].....	44
Figura 9 Test di verifica della relazione gerarchica [Spinelli, 2005].	59
Figura 10 Rappresentazione delle relazioni principali di un thesaurus.	60
Figura 11 Esempio di mappa concettuale [fonte: Wikipedia].....	65
Figura 12 Tavola di verità con gli operatori logici più comuni [Fonte: Wikipedia].	70
Figura 13 Classica rappresentazione ad albero della struttura sintagmatica di una frase.	71
Figura 14 Collegamenti sintattici e semantici a confronto.	76
Figura 15 Architettura del web semantico [fonte: W3C].....	79
Figura 16 Modello di una dichiarazione in RDF.	82
Figura 17 Modelli di rappresentazione della conoscenza [Zeng, 2005].....	84
Figura 18 Topic Maps standard.....	94
Figura 19 <i>Knowledge layer</i> e <i>Information layer</i> in una topic map	95
Figura 20 L'elemento topicMap [Garshol, 2006].	98
Figura 21 L'elemento topic [Garshol, 2006].....	99
Figura 22 L'elemento association [Garshol, 2006].....	100
Figura 23 Esempio di reificazione [Garshol, 2006].....	101
Figura 24 Struttura modulare nel progetto LMML [Süß & Freitag, 2001/03].....	114
Figura 25 Struttura del modello CISCO.	118
Figura 26 Prima bozza del modello.....	124
Figura 27 Prima evoluzione del modello.....	126
Figura 28 Revisione delle unità didattiche.....	127
Figura 29 Seconda evoluzione del modello.	129
Figura 30 Terza evoluzione del modello.	132
Figura 31 Quarta evoluzione del modello.....	140
Figura 32 Quinta evoluzione del modello [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivinet, 2008c].	142
Figura 33 Il modello.	144
Figura 34 Elemento radice, topic primari e topic secondari.	152
Figura 35 Regole di lettura: primo caso.	152
Figura 36 Regole di lettura: secondo caso.	153
Figura 37 Regole di lettura: terzo caso.	154
Figura 38 Regole di lettura: quarto caso.....	154
Figura 39 Regole di lettura: quinto caso.	155
Figura 40 Regole di lettura: sesto caso	156
Figura 41 Regole di lettura: settimo caso.	156
Figura 42 Regole di lettura: ottavo caso.....	157

Figura 43 Una <i>Organization</i> all'interno di un <i>package</i> SCORM [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivanet, 2007b].	162
Figura 44 Da una topic map a una organization standard SCORM.....	163
Figura 45 Ipotesi di metadattazione automatica [Adorni, Brondo, & Coccoli, 2008b].....	167
Figura 46 SubjectMatter e UnitOfLearning.	176

Pedagogy should precede technology

David F. Radcliffe [2002]

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni abbiamo assistito al rapido sviluppo e all'ampia diffusione delle *Information and Communication Technology* (ICT) che sono stati tra gli elementi che più hanno caratterizzato l'evoluzione della società in cui viviamo. Una società in cui le risorse economiche di base non sono più rappresentate in misura prioritaria da quelle dell'economia tradizionale, quali capitale e lavoro, ma anche e soprattutto, da capitale intellettuale e conoscenza.

In questo scenario è andata affermandosi sempre più l'idea che si sia compiuta in tal modo una transizione da una società industriale e/o post-industriale a una nuova Società della Conoscenza. Quest'ultima si caratterizza per il ritmo incessante di cambiamento che ne investe ogni settore e i saperi che ne costituiscono fondamento. Tali saperi, infatti, assumono sempre più i caratteri di spazi infinitamente vasti in continua e rapida espansione, attraversati da processi di trasmissione e comunicazione che si muovono a una velocità neanche paragonabile a quella di soli pochi decenni orsono. Anche per questa ragione, essi appaiono sempre meno inscrivibili nei tradizionali schemi di classificazione enciclopedica, poiché si presentano solitamente distribuiti in molteplici reti concettuali dai confini incerti e dai collegamenti in continua modificazione [Sarracino, 2006].

In questo processo di sviluppo, un ruolo decisivo è stato giocato da internet e dal web, che hanno impresso non solo alla nostra società, ma anche alle strutture di conoscenza una forza evolutiva mai conosciuta prima, andando a incidere inevitabilmente sullo sviluppo del pensiero individuale e collettivo [Marone, 2006]. Non si tratta in realtà di un fenomeno completamente sconosciuto, già Vygotskij, trattando il concetto di *mediazione semiotica*, aveva analizzato il rapporto intercorrente tra gli strumenti e la mente degli individui che li utilizzano. Fin dalla prima infanzia, l'uso degli strumenti da parte dell'uomo non sarebbe

esclusivamente funzionale all'espletamento di mansioni, ma sarebbe un fattore essenziale nel processo di sviluppo delle facoltà cognitive. Il comportamento umano sarebbe cioè prevalentemente mediato dagli strumenti che, oltre a influire sugli esiti delle attività in cui li impieghiamo, retroagirebbero sulla mente definendone le linee di sviluppo [Bonaiuti G. , 2006b]. Allo stesso modo, la mediazione delle ICT nei processi di scrittura sta modificando radicalmente sia l'accesso alla conoscenza sia i suoi stessi contenuti, dando origine a decisi cambiamenti anche sugli stili mentali di costruzione della conoscenza. In tal senso, il rapporto tra strutture mentali e tecnologie che supportano la scrittura è molto stretto e così come l'invenzione della stampa ha favorito lo sviluppo del pensiero lineare attraverso la sequenzializzazione dei contenuti delle pagine e dei concetti; così l'invenzione della scrittura elettronica (in particolare la composizione di contenuti per il web) sta alimentando forme di pensiero reticolare e la ramificazione ipertestuale dei concetti [Orefice, 2006].

L'effetto che ne è generato è un processo di continua strutturazione e ristrutturazione dei quadri cognitivi che reca in sé la necessità di un apprendimento che duri tutto l'arco di vita (*lifelong learning*) e che coinvolga dinamiche di apprendimento formale, basate sul coinvolgimento in processi formativi strutturati, aventi come contesto agenzie educative istituzionali, e informale, derivate dalla partecipazione attiva e consapevole alle attività (prevalentemente sociali) della vita quotidiana [Trentin, 2008]. Nel 2001 il Processo di Bologna ha fissato tra i propri obiettivi principali l'elaborazione di strategie per l'apprendimento permanente che consentano di far fronte alle sfide poste dalla competitività e dall'uso delle nuove tecnologie.

Dato tale scenario, i fondamenti stessi dei processi di formazione della conoscenza e della sua organizzazione e gestione richiedono un generale ripensamento che sappia coniugare le potenzialità offerte dalle nuove tecnologie con le più recenti riflessioni intorno alle teorie dell'apprendimento, sempre più caratterizzate da approcci alla conoscenza di tipo integrato e collaborativo. Come conseguenza i sistemi di e-learning sono chiamati a gestire scenari in cui sono presenti continui rinvii tra ambiti formali, non formali e informali [Bonaiuti, 2006a] e a fornire risposte adeguate alle esigenze di una formazione permanente che si configura ormai come elemento decisivo in tutti gli ambiti professionali. In particolare, i contesti di formazione continua richiedono maggiore flessibilità e personalizzazione dei contenuti e dei servizi didattici, in quanto caratterizzati il più delle volte da vincoli temporali più stretti e da un target di utenti maggiormente

diversificato rispetto a ciò che si riscontra di solito in ambito scolastico e universitario.

Si aggiunga che lo stesso sviluppo tecnologico impone ai sistemi formativi di prossima generazione la capacità di gestire strutture informative complesse come quelle che sempre più si rendono necessarie in ambito aziendale, universitario e della pubblica amministrazione. Inoltre, all'interno dei sistemi formativi odierni così interconnessi, che richiedono requisiti di alta interoperabilità, appare necessario l'adozione di un sistema di rappresentazione della conoscenza che consenta in modo standardizzato e formalizzato la gestione di risorse, contenuti e processi. Data tale molteplicità di istanze scaturenti da contesti differenti, ritengo che l'integrazione delle tecnologie legate al web semantico [Shadbolt, Berners-Lee, & Hall, 2006] nell'ambito della formazione in rete possa offrire in questa prospettiva notevoli potenzialità applicative.

La storia delle tecnologie didattiche ha mostrato, fin dalla sua nascita, una dinamicità che non è abituale riscontrare nelle cristallizzate agenzie educative e formative tradizionali, Scuola e Università su tutte. Dalle prime macchine per insegnare, frutto del lavoro dello psicologo Sidney Pressey presso l'Ohio University negli anni '20, alla pubblicazione nel 1954 del famoso articolo di Burrhus Frederic Skinner "*The science of learning and the art of teaching*"; dalle teorie di stampo comportamentista a quelle di impronta costruttivista, è stato un continuo fiorire di idee, mutamenti socio-culturali e innovazioni tecnologiche [Olimpo, 1993].

Questa storia ha vissuto negli ultimi anni una nuova accelerazione sotto lo stimolo propulsivo delle tecnologie di rete e del web, che sono apparsi in breve tempo quali ambienti privilegiati per un maggiore sviluppo di quei modelli tesi a evidenziare l'essenzialità delle dimensioni culturali, sociali, attive e partecipative cui si ispirano oggi gran parte dei progetti formativi a distanza e a cui ho fatto cenno poc'anzi. Questa realtà è testimoniata dal duplice significato sottostante l'espressione "apprendimento in rete", da intendersi da un lato quale paradigma formativo che si attua e acquista vitalità all'interno di reti sociali, quali comunità di apprendimento e di pratica, e dall'altro lato quale architettura di rete sulla quale poggiano le fondamenta degli habitat tecnologici che ospitano oggi le esperienze di apprendimento in modalità e-learning [Trentin, 2008].

Lo stesso ruolo del web non è stato, tuttavia, immutabile. Si è, al contrario, fatto esso stesso paradigma di differenti approcci alla formazione. Siamo passati, infatti, da una concezione del web quale insieme di documenti ipertestuali che

trasmetteva semplici contenuti statici¹, a una concezione in cui gli utenti sempre più acquisiscono un ruolo attivo, caratterizzato da aumentata comunicazione, interazione e partecipazione diretta alla costruzione dei contenuti.

Il cambiamento di prospettiva cui qui si fa cenno, viene oggi spesso richiamato all'attenzione con l'etichetta di *web 2.0* [Bonaiuti, 2006a], in contrapposizione al modello trasmissivo che ha caratterizzato quello di prima generazione. Sebbene lo sviluppo delle teorie dell'apprendimento costruttiviste poggi le proprie radici storiche in tempi assai precedenti a quelli del web 2.0, a mio parere è molto interessante notare questo parallelismo asincrono che vede, in entrambi i percorsi evolutivi (teorie dell'apprendimento da una parte e storia del web dall'altra), l'utente acquisire una sempre crescente centralità nei processi di cui un tempo era solo terminale ricettivo.

La formazione a distanza ha, dunque, subito negli ultimi anni profonde modificazioni, in parte conseguenza dell'evoluzione delle teorie dell'apprendimento, in parte dipendenti dallo sviluppo delle tecnologie di rete. L'affermarsi di teorie dell'apprendimento di stampo costruttivista è stato accompagnato dall'evoluzione dei sistemi di gestione dei processi d'apprendimento (*Learning Management System* e *Learning Content Management System*, LMS e LCMS) favorevoli dinamiche di condivisione e co-costruzione della conoscenza. L'evoluzione di questo scenario pone nuove sfide alla ricerca su temi quali l'interoperabilità e la riusabilità dei materiali didattici, l'accessibilità, la personalizzazione, la definizione di standard, la qualità, etc.

Lo spirito che conduce questo progetto di ricerca parte da questa presa di coscienza. L'obiettivo finale è la definizione di un modello di progettazione di percorsi e contenuti didattici destinato prevalentemente, ma non esclusivamente, a essere impiegato in ambienti di e-learning, che tenga conto delle prospettive di sviluppo che il web oggi appare promettere e fondi la propria ragione sulla riflessione pedagogica e le conoscenze scientifiche di cui oggi disponiamo. Difatti, l'introduzione delle ICT in ambienti di apprendimento, non solo ha comportato una

¹ Col concetto di pagina statica, relativamente al web, si fa riferimento a documenti, generalmente file HTML/XHTML, il cui codice non richiede l'esecuzione di programmi da parte del server, caratteristica quest'ultima che contraddistingue le pagine web dinamiche, che vengono dunque generate volta per volta dal server, su richiesta dell'utente (come nel caso di pagine che debbano presentare i dati estratti da un database). In altre parole, il contenuto della pagina dinamica non è determinato a priori, ma può variare a ogni richiesta.

rivoluzione degli strumenti didattici, ma, ancor più, ha imposto la necessità di ripensare i criteri e le norme che regolano la progettazione dei percorsi formativi.

L'approccio che qui proporrò trova il proprio fondamento negli illuminanti lavori (cui si farà, più avanti, esplicito riferimento) di quanti negli ultimi decenni hanno studiato con passione le problematiche sottostanti i processi dell'apprendimento da una parte e la rappresentazione della conoscenza dall'altra, con particolare attenzione a quell'area di ricerca che va sotto il nome di web semantico. Citando quest'ultima, tengo a precisare fin d'ora che il web semantico, nell'opinione di chi scrive, è un oggetto di indagine non affrontabile esclusivamente da un punto di vista tecnologico, retaggio di approcci prettamente ingegneristico-informatici, ma essenzialmente e fundamentalmente interdisciplinare e che per questa ragione richiede attenta riflessione filosofica, sociale, culturale e, nell'ottica di questo studio, pedagogica. Nell'avallare la mia tesi, riporto di seguito le parole di chi, per primo, ha dato i natali all'idea del semantic web, Tim Berners Lee² [Berners Lee, Hendler, & Lassila, 2001], parole tra le quali è possibile rintracciare la rilevanza di quegli elementi extra tecnologici cui faccio riferimento:

«Ho fatto un sogno riguardante il Web... ed è un sogno diviso in due parti. Nella prima parte, il Web diventa un mezzo di gran lunga più potente per favorire la collaborazione tra i popoli. Ho sempre immaginato lo spazio dell'informazione come una cosa a cui tutti abbiano accesso immediato e intuitivo, non solo per navigare ma anche per creare [...] Inoltre, il sogno della comunicazione diretta attraverso il sapere condiviso deve essere possibile per gruppi di qualsiasi dimensione [...]. Nella seconda parte del sogno, la collaborazione si allarga ai computer. Le macchine diventano capaci di analizzare tutti i dati sul Web, il contenuto, i link e le transazioni tra persone e computer. La "Rete Semantica" che dovrebbe renderlo possibile deve ancora nascere, ma quando l'avremo i meccanismi quotidiani di commercio, burocrazia e vita saranno gestiti da macchine che parleranno a macchine, lasciando che gli uomini pensino soltanto a fornire l'ispirazione e l'intuito [...]. Questo Web

² Tim Berners Lee è direttore del laboratorio di Computer Science al Massachusetts Institute of Technology (MIT) di Boston e presidente del W3C, il World Wide Web Consortium, l'organismo internazionale che coordina lo sviluppo degli standard per il web. È annoverato dalla letteratura come il padre del web.

comprensibile alle macchine si renderà concreto introducendo una serie di progressi tecnici e di adeguamenti sociali attualmente in fase di sviluppo. [...] il Web sarà un luogo in cui l'improvvisazione dell'essere umano e il ragionamento della macchina coesisteranno in una miscela ideale e potente.»

In ragione di quanto fin qui espresso, l'innovazione degli ambienti della formazione a distanza e delle relative metodologie progettuali non potrà mai prescindere da una solida teoria dell'apprendimento, la quale deve essere sempre posta a fondamento della infrastruttura formativa. Essa deve rappresentare il quadro generale che dà valore ai modelli di realizzazione e di implementazione delle soluzioni tecnologiche; deve porsi a guida del cambiamento, della ricerca di metodi innovativi che possano provocare reali cambiamenti nella pratica educativa quotidiana [Novak, 2001]; deve dar ragione di ogni scelta compiuta in fase di progettazione dei percorsi didattici e dei relativi contenuti (certamente i contenuti non sono l'unico aspetto determinante la qualità di un progetto didattico; contano, spesso ancor di più, le persone e le strategie e i processi che queste sono in grado di imprimere all'interno degli ambienti di formazione). Questa è l'impostazione che mi sono impegnato a mantenere nel corso del mio lavoro di ricerca. Infatti, in accordo con Novak, qualsiasi ipotesi di cambiamento delle modalità organizzative, gestionali e progettuali dei processi di apprendimento, deve fondarsi su una teoria dell'educazione che possa offrire una visione generale e porsi a guida dei processi di evoluzione dei modelli educativi [Novak, 2001].

La mediazione delle ICT nei processi di apprendimento sta modificando radicalmente sia l'accesso alla conoscenza sia i saperi che ne sono a fondamento. Logicamente simili considerazioni non possono non avere effetti immediati sui modelli di programmazione didattica (si pensi, ad esempio, ai modelli di programmazione modulare, caratterizzati dalla suddivisione dei contenuti in unità di apprendimento auto-consistenti, che propongono agli studenti contenuti articolati seguendo strutture concettuali complesse). L'adozione delle tecnologie web oggi disponibili consente ai docenti e ai progettisti didattici di predisporre percorsi di apprendimento personalizzati, adatti alle caratteristiche cognitive degli studenti, col vantaggio da un lato di poter strutturare e presentare i contenuti secondo mappe dinamiche e, dall'altro, di avere gli stessi contenuti sempre disponibili, facilmente accessibili, archiviabili e aggiornabili continuamente. Questa somma di vantaggi si

traduce in concrete opportunità di miglioramento dell'esperienza formativa quotidiana [Orefice, 2006].

In questo scenario, l'obiettivo di ogni progetto didattico dovrebbe consistere nell'individuare tra le diverse ipotesi disponibili quelle più idonee a offrire agli studenti percorsi didattici e contenuti in grado di attivare processi di apprendimento significativo. Ogni progetto didattico dovrebbe avere la capacità di riadattare se stesso in base alle evidenze che emergono dalla pratica didattica. Questi fattori sono esaltati nelle situazioni di formazione a distanza ove l'autonomia individuale e il senso di responsabilità possono manifestare la propria maturità. Certamente l'autonomia *“non può rivelarsi anarchia decisionale, la programmazione deve compiere le sue scelte, assumersi la responsabilità di porre dei vincoli, dei confini all'azione e allo stesso tempo deve garantire la flessibilità dell'intera infrastruttura formativa”* [Cunti, 2006]. In ciò risiede il ruolo di primo piano che ancora oggi il docente deve assolutamente conservare, conducendo l'azione di regia che non può limitarsi alla semplice predisposizione degli elementi di contesto e attivazione delle pratiche formative; essa deve guidare e sostenere l'attivazione dei processi meta-cognitivi negli studenti consentendo il raggiungimento di quell'apprendimento significativo che Ausubel ha posto come traguardo di ogni cammino formativo [Ausubel, 1963]. Un progetto didattico basato su simili principi non si limiterà di conseguenza alla predisposizione dei contenuti e alla loro messa in linea, ma dovrà saper esaltare il *sapere attorno*, fornendo chiavi di lettura multi-disciplinari e ancora per il continuo collegamento alla realtà [Cunti, 2006]. Ogni studente, ogni individuo in formazione inserito in questo processo deve essere messo nella condizione di poter sviluppare percorsi di riflessione personale sulla complessità dei saperi e assumere approcci originali attivando collegamenti inediti. La rete si presenta quale un ambiente privilegiato ove attivare e supportare lo sviluppo di conoscenze e competenze meta cognitive, poiché favorisce una visione ramificata e interconnessa del sapere. Pertanto, uno dei requisiti fondamentali nel determinare il successo di un progetto didattico è rappresentato dalla possibilità per il soggetto in formazione di poter padroneggiare il *tracciamento del senso* del suo stesso apprendimento; consentendogli di decidere e di sperimentare, passo dopo passo, la strada più efficace e adatta alle proprie caratteristiche e motivazioni.

Tale approccio dovrebbe ispirare anche i progettisti degli ambienti di apprendimento in rete e dei materiali didattici. Le tecnologie web offrono oggi ai

progettisti di percorsi di apprendimento la possibilità di dotare di senso i processi di costruzione della conoscenza come processi attivi, consapevolmente orientati [Iavarone, 2006]. L'uso delle piattaforme di e-learning ha modificato i criteri e le modalità di organizzazione dei contenuti e, come rileva Sabatano, è necessario considerare che le modalità di progettazione di tali ambienti, le scelte relative ai linguaggi, ai servizi e agli strumenti costituiscono allo stesso tempo la manifestazione di un *output mentale* (espressione della conoscenza del formatore) e di un sistema di input che il soggetto in formazione riceve attivando specifiche dinamiche di apprendimento. I saperi non dovranno dunque essere semplificati mediante le architetture delle informazioni, poiché la qualità del sapere (sempre complessa, critica e problematica) si dovrà nutrire di tale complessità trasformandola in conoscenze e competenze significative. La progettazione dei contenuti formativi dovrà, dunque, ispirarsi a criteri che ne garantiscano l'utilizzo costruttivo e critico, quali [Sabatano, 2006]: modularità, rappresentata dalla possibilità di organizzare i contenuti secondo gli obiettivi e i fabbisogni degli studenti (a tal fine sarà necessario organizzare le risorse didattiche in blocchi di contenuto auto-consistenti, coerenti con gli obiettivi formativi); auto consistenza e riusabilità; e l'insaturità dei contenuti (l'ambiente di apprendimento deve lasciar degli spazi vuoti che consentano l'espressione di una rielaborazione critica dei saperi). Soluzioni di questo genere, tuttavia, devono essere messe al riparo da rischi di anarchia e indeterminazione dei contenuti e ciò può essere perseguito solo grazie all'azione consapevole e costante di guida del docente.

Da queste osservazioni ne discende che la proficuità dell'interazione didattica è in stretta relazione con la capacità di operare interventi educativi commisurati alla struttura mentale, al livello intellettuale, alle caratteristiche personali e agli stati emozionali di ciascun soggetto, oltre che in accordo con la forma mentis tipica della cultura in cui si agisce. In ciò si esprime la flessibilità cognitiva che si manifesta nella consapevolezza da parte del soggetto della complessità delle interconnessioni tra i concetti, complessità che rispecchia la molteplicità di relazioni possibili tipiche del sapere reale [Trincherò, 2003]. Scopo principale dell'educazione dovrebbe essere quello di consentire a chi impara di farsi carico della propria personale costruzione di significato che coinvolge pensieri, sentimenti e azioni. Un'esperienza di apprendimento positiva aumenterà la capacità del discente di riflettere, sentire e agire.

Basandomi su queste riflessioni, avvierò l'esposizione del mio percorso di ricerca con un richiamo ai fondamenti teorico-scientifici sui cui mi sono basato. Il secondo capitolo ci introdurrà, in un'ottica intensamente interdisciplinare, ai concetti di mente e memoria; un tema al quale necessariamente portano il proprio contributo settori disciplinari differenti quali biologia, neurobiologia, psicologia, e filosofia. Cercherò di rendere evidenti in esso quegli elementi di conoscenza che fino ad oggi la scienza è stata in grado di offrirci in merito alla fisiologia della memoria, ai differenti tipi di memoria di cui siamo dotati, alle strategie che governano i processi mnemonici e ai principi e modelli che regolano l'organizzazione delle conoscenze nel nostro cervello. Dai concetti di mente e memoria a quello di apprendimento, il passaggio sarà immediato. Come ho accennato poc'anzi, nel corso del tempo si è assistito allo sviluppo di correnti differenti in seno alla comunità psico-pedagogica in tema di teorie dell'apprendimento. Le più importanti teorizzazioni, quelle che maggiormente hanno influenzato la direzione del dibattito, possono essere ricondotte sinteticamente, e non senza una certa banalizzazione, ai nomi ormai assai noti del comportamentismo, cognitivismo e costruttivismo. Nel terzo capitolo si cercherà dunque, senza pretesa di esaustività, di dar conto di tale processo evolutivo.

Il quarto capitolo, traendo spunto dalle riflessioni sulla mente, sulla memoria e sull'apprendimento, prenderà in considerazione alcuni modelli di rappresentazione della conoscenza che, pur provenendo da ambiti disciplinari differenti, hanno contribuito al raggiungimento dell'obiettivo che con questo progetto di ricerca mi sono posto. In esso mi sono concentrato su quei modelli che in ambito pedagogico e didattico hanno avuto o, in prospettiva, potrebbero avere maggiore importanza e influenza. Mi sto riferendo sia a proposte derivanti dagli studi classici di biblioteconomia sulla classificazione della conoscenza (esemplificati dai thesauri), sia a proposte derivate da ricerche psico-pedagogiche (esemplificate dalle mappe mentali e dalle mappe concettuali), sia, infine, ad alcuni contributi derivanti dagli studi sull'intelligenza artificiale.

Il capitolo successivo avrà come obiettivo quello di ricondurre il discorso sulla rappresentazione della conoscenza nell'ambito dell'evoluzione del web. Come, infatti, ho già avuto occasione di rilevare in questa introduzione, la rete si presenta come paradigma eccezionale per l'esplicitazione dei processi di formazione della conoscenza non solo poiché consente di rendere evidente la natura sociale di questo processo, ma anche perché essa, intesa come architettura di internet, è la

sede stessa dove le dinamiche di costruzione e condivisione della conoscenza trovano oggi occasione di svolgimento. Ancor più, a mio modesto parere, queste dinamiche potranno essere facilitate dallo sviluppo del web semantico che potrebbe segnare un reale cambiamento della pratica didattica quotidiana con concrete occasioni di miglioramento degli ambienti e progetti educativi. Il quinto capitolo sarà, pertanto, dedicato alla descrizione del modello di rappresentazione e gestione della conoscenza che è stato proposto nell'ambito della *Semantic Web Activity del W3C* [W3C, 2009]. Tale modello si caratterizza per un'infrastruttura multi-livello fondata su differenti tecnologie e linguaggi destinati a lavorare in stretta collaborazione, quali, ad esempio, *l'eXtensible Markup Language (XML)* [W3C XML, 2008], il *Resource Description Framework (RDF)* [W3C RDF, 2008] e il *Web Ontology Language (OWL)* [W3C OWL, 2007].

Il sesto capitolo proseguirà la discussione di questo tema presentando lo standard ISO/IEC:13250 Topic Maps [ISO, 2003] cui dedicherò particolare attenzione poiché si è rivelato essere particolarmente adatto per l'implementazione del modello obiettivo di questa ricerca. Il paradigma delle Topic Maps è stato sviluppato, tenendo presenti le esigenze scaturenti dalla rapida evoluzione del web, allo scopo di rappresentare strutture di conoscenza e associare a queste delle risorse informative. Ne descriverò brevemente le origini storiche, che mi consentiranno di evidenziare le ragioni che hanno sostenuto il processo di standardizzazione; il modello teorico; il sistema di codifica basato su XML, denominato XML Topic Maps (XTM); e, infine, presenterò alcuni possibili campi di applicazione con un occhio di riguardo per gli ambienti educativi.

Nel settimo capitolo mi avvierò alla seconda parte di questa dissertazione, introducendo il tema della progettazione dei contenuti e dei percorsi didattici in ambienti di e-learning. Prenderò in considerazione i requisiti cui tale processo di progettazione dovrebbe conformarsi; gli standard *de jure* o *de facto* esistenti; e i linguaggi e i modelli che, nel corso della pur breve storia delle tecnologie didattiche, sono stati proposti. Questa sezione mi consentirà, inoltre, e per questo motivo assumerà un particolare rilievo, di mettere a confronto alcuni noti modelli di progettazione emersi in letteratura con quello che sarà proposto in questa ricerca.

L'ottavo capitolo presenterà il risultato conclusivo di questo studio: un modello per la progettazione di percorsi didattici e dei relativi contenuti. Il lungo excursus che mi ha condotto fino a questo punto è giustificato dalla necessità di dotare questo lavoro di un approccio progettuale solido; i diversi spunti di

riflessione, elementi di conoscenza, fattori vincolanti che sono stati presentati nei capitoli precedenti saranno qui esplicitati nel loro essere elementi determinanti per la definizione del modello stesso. La sua struttura si caratterizza per l'integrazione di un'architettura di base fondamentalmente gerarchica con l'introduzione di connessioni reticolari volte a consentire al progettista didattico di avere una maggior capacità espressiva e flessibilità (quest'ultima è condizione necessaria per garantire ampie possibilità di personalizzazione).

Tale modello è stato in seguito oggetto di una fase di sperimentazione (la progettazione di un corso universitario) di cui si renderà conto nel capitolo successivo. Questo mi consentirà, tra le altre cose, di rendere evidenti le peculiarità di questo studio e le criticità che inevitabilmente l'hanno accompagnato. Arriverò così alle conclusioni di questa ricerca volte da un lato a chiuderne l'esposizione e dall'altro a porre le basi per una sua evoluzione. Dall'analisi finale emergeranno, infatti, alcune condizioni che allo stato attuale, a mio modesto parere, sono, in una certa misura, limitanti per lo sviluppo di modelli di progettazione didattica in grado di sfruttare in modo più efficace le potenzialità offerte dalle tecnologie del web.

In conclusione di questa introduzione, al fine di evitare ambiguità, data anche la non uniforme interpretazione dei termini riscontrabile in letteratura, si chiarisce che in questo progetto di ricerca ogni volta che si farà riferimento ai contenuti ci si riferirà agli argomenti, ai temi, ai concetti chiave di un percorso di apprendimento, distinguendo questi dalle risorse e dai materiali didattici (file di varia natura che veicolano contenuti di conoscenza). A titolo esemplificativo, un contenuto di conoscenza può essere rappresentato dal concetto di *“Teoria cognitivista dell'apprendimento”*, che è veicolato da documenti, ad esempio un file PDF e una pagina HTML che si ritengono esplicativi per quel particolare contenuto (vedi Figura 1).

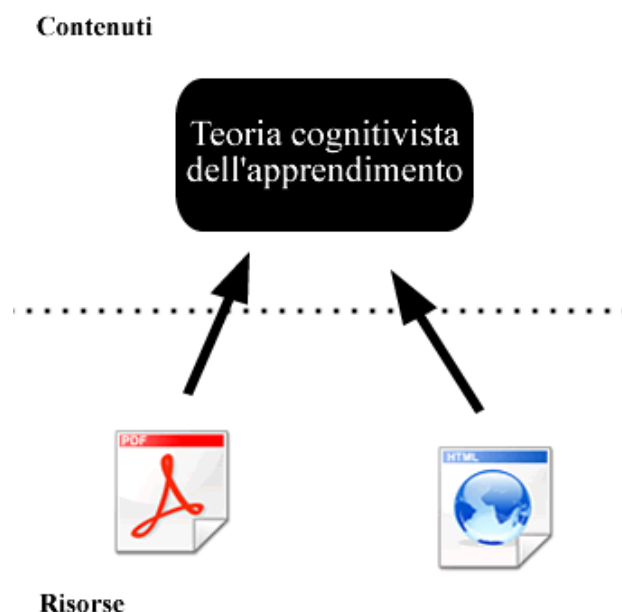


FIGURA 1 CONTENUTI E RISORSE.

Credo sia utile, inoltre, ricordare (ancora a fini di disambiguazione) la differenza tra progettazione didattica (*Instructional Design* – ID – o *Learning Design* – LD); progettazione dei sistemi didattici (*Instructional System Design* – ISD); e progettazione dei contenuti didattici (*Instructional Content Design* – ICD – o *Learning Content Design* - LCD). Il primo termine fa riferimento all'attività di progettazione degli interventi formativi e, pertanto, prevede la regolazione dei ruoli, delle strategie, delle tempistiche e più in generale delle attività educative (spesso si ritrova tale concetto in letteratura quale macro-concetto che ingloba tutti gli aspetti della progettazione didattica e dunque con un significato più generale rispetto all'ISD e all'ICD). Il secondo termine si riferisce alla predisposizione degli ambienti della formazione a distanza, intesi sia come sistemi tecnologici (coinvolgendo, pertanto, la progettazione dei supporti informatici, quali piattaforme, hardware e software) sia come sistemi generali entro cui si attuano i processi formativi. L'*instructional content design*, invece, fa riferimento esplicitamente all'organizzazione dei contenuti didattici, intesi sia come argomenti oggetto del percorso formativo sia come materiali e risorse didattiche da sviluppare e mettere a disposizione per l'apprendimento. La ricerca qui di seguito presentata si colloca pienamente in quest'ultimo contesto, mirando alla definizione di un modello concettuale per la progettazione dei contenuti didattici, con l'obiettivo, inoltre, di costituire la base per la scrittura delle specifiche di un *authoring tool* per la produzione delle risorse educative.

2. MENTE E MEMORIA

Facendo seguito a quanto esposto nelle pagine introduttive, presenterò in questo capitolo alcuni dei fondamenti teorico-scientifici su cui è basato il presente progetto di ricerca. In esso e nei capitoli che seguiranno, cercherò di dar ragione di ogni scelta compiuta nel disegno del modello di progettazione che in conclusione di questo lavoro illustrerò.

Come messo in evidenza all'inizio di questo lavoro, con la citazione di David F. Radcliffe *"Pedagogy should precede technology"*, il mio intento è porre costantemente la ragione pedagogica dinanzi alla scelta tecnologica. Tale citazione, secondo le parole di Santoianni, *"va letta nel senso che la tecnologia deve ipotizzare e proporre nuovi avanzamenti, nuovi scenari e nuove soluzioni mentre la pedagogia dovrebbe indicare quali di questi possono rappresentare modalità di sviluppo del potenziale apprenditivo e delle risorse conoscitive, comunicative degli individui in rapporto ai diversi contesti e linee evolutive"*.

Attribuendo un ruolo decisivo alla pedagogia e subordinando, in una certa misura, la tecnologia a questa, non intendo trasmettere l'idea che quanto definito a livello di soluzione tecnologica abbia a che fare col semplice dotarsi di strumenti utili; al contrario sono convinto che la tecnologia rechi in sé opzioni cognitive fondamentali e che proprio per questo motivo i due piani di riflessione, pedagogia e tecnologia, debbano essere in realtà strettamente interconnessi. In questo rapporto dialettico tra riflessione pedagogica e opzione tecnologica, ritengo comunque che la prima debba fornire il quadro di riferimento, debba assumere il ruolo di "cornice" entro cui le strategie di azione trovano la propria motivazione.

Il presente progetto di ricerca ha avuto, pertanto, avvio dall'analisi dei principi esposti nelle più importanti teorie dell'apprendimento e, necessariamente, dalle conoscenze, oggi in nostro possesso, sui principi che regolano i processi di elaborazione delle informazioni da parte della mente umana. Si andranno così a indagare le dinamiche di acquisizione, costruzione e memorizzazione della conoscenza.

Nel tracciare tale quadro, mi pare utile iniziare la discussione ponendo l'accento sul fatto che allo stato attuale non vi sia una teoria esaustiva in grado di spiegare, in conformità a evidenze empiriche inconfutabili, la complessità dei processi neurobiologici e delle dinamiche cognitive che sottendono lo svolgersi dell'apprendimento umano. Per questo motivo, nel momento in cui abbiamo la necessità di comprendere quei processi e quelle dinamiche, dovremmo per forza appoggiarci alle teorie esistenti con quel grado di dubbio che, dato tale scenario, è ineliminabile. Tuttavia, fatta questa indispensabile premessa, non mancano contributi scientifici esemplari che pongono in luce elementi di chiarezza in quel districato universo che è la mente umana e da questi partirà la nostra indagine.

Al riguardo, ormai da diversi anni, hanno assunto una posizione dominante quelle ricerche che hanno posto in luce la natura reticolare della conoscenza umana. Seppur tra diverse zone d'ombra e non senza varie declinazioni, ritengo di poter affermare che vi sia ormai in letteratura un buon grado di accettazione di questo fatto, tale da poter quantomeno impostare su di esso un discorso cauto ma convinto.

Ritroviamo, dunque, di fronte a noi, quel concetto di *rete* che già in precedenza abbiamo incontrato parlando dello sviluppo del web e della natura sociale, e dunque di comunità, dell'apprendimento. Non è un caso che questo concetto torni così di frequente, capiterà di incontrarlo spesso nell'attraversare i vari passaggi lungo i quali si snoderà questo studio. Si può anzi affermare che esso sia in realtà uno dei nuclei concettuali cui si aggancia costantemente questo progetto di dottorato (aspetto, questo, che conto di far emergere col procedere della discussione).

Nell'evidenziare la mancanza di una teoria esaustiva in grado di dar ragione dei complessi meccanismi legati alla memoria e all'apprendimento, dobbiamo anche dire che, sebbene la riflessione filosofica sul tema sia fiorita fin dall'antichità, la nostra conoscenza scientifica al riguardo è assai recente e può essere ricondotta alla seconda metà dell'Ottocento.

Nell'antichità, infatti, ritroviamo le speculazioni filosofiche di Aristotele intorno al tema della formazione delle associazioni e ai meccanismi della memoria che sono alla base dell'apprendimento e della sua utilizzazione. Ma è solo nella seconda metà del diciannovesimo secolo, col fiorire della ricerca scientifica in Germania, e più precisamente a partire dal 1885, anno di divulgazione del lavoro dello studioso tedesco Hermann Ebbinghaus che ha avviato una indagine scientifica e

la proposizione di un metodo di laboratorio per lo studio della memoria che pone tra i suoi criteri la scientificità, l'obiettività e la caratterizzazione sperimentale. Egli elabora una serie di semplici compiti di memoria (come ricordare serie di sillabe senza senso) e controlla accuratamente come questi sono eseguiti dai soggetti.

Negli stessi anni altri studi sperimentali volti all'osservazione della memoria in contesti naturali prendono avvio con Sir Francis Galton e successivamente, nella prima metà del Novecento, con Frederic Bartlett. Le loro riflessioni, tuttavia, non trovano ampio consenso in seno alla corrente comportamentista che più avanti si sarebbe affermata negli Stati Uniti. Ma in quegli anni opera anche un altro autentico pioniere in questo campo: il fisiologo russo Ivan Petrovic Pavlov. Quest'ultimo introduce e sistematizza lo studio del condizionamento (i suoi studi hanno ispirato in seguito l'approccio comportamentista). Un importante mutamento di prospettiva si ha con la crescente attenzione data agli aspetti cognitivi implicati nei processi di apprendimento (si pensi ai lavori dello psicologo americano Edward Chace Tolman).

Il lavoro di questi pionieri e le ricerche che essi hanno ispirato ci hanno condotto oggi verso una consapevolezza maggiore delle dinamiche interne ai processi di memorizzazione e apprendimento. Tuttavia, non è possibile in questa sede, per gli scopi che questo studio si prefigge, trattare in modo esaustivo l'intero dominio di conoscenza che copre il tema della memoria e dell'apprendimento. Si tratta, infatti, di un ambito disciplinare ampio alla cui comprensione necessariamente devono partecipare contributi derivanti da ambiti di ricerca assai diversi; si pensi all'apporto fornito dalla pedagogia e dalla psicopedagogia, dalla psicologia e dalla psicobiologia, dalla neurobiologia e dalle neuroscienze cognitive.

Il punto di vista che assumerò di fronte a questo oggetto di indagine, dettato dal background culturale che ha caratterizzato la mia esperienza di studio, sarà quello del pedagogista che volge lo sguardo a discipline in parte affini alla propria e in parte più lontane, ma che inevitabilmente anche con queste ultime si deve confrontare, al fine di raggiungere l'obiettivo che questa ricerca si pone.

Pertanto cercherò ora di delineare, nel modo più chiaro che mi è possibile, le dinamiche che governano i processi di acquisizione, elaborazione e memorizzazione della conoscenza da parte della mente umana.

Come spesso accade in una disciplina come la psicologia, non è facile dare una definizione chiara di taluni concetti (e ancor più ci si trova in questa difficoltà quando non tutti i tratti distintivi di questi concetti sono stati dimostrati). La memoria potrebbe esser definita come la facoltà umana di acquisire,

immagazzinare, organizzare e recuperare informazioni; essa rappresenta una funzione essenziale per l'apprendimento e il pensiero. Tuttavia, quando parliamo di memoria, non dobbiamo pensare a un sistema unitario o a un'unica facoltà; con questo concetto, infatti, si fa riferimento a un complesso di sistemi e codici e a differenti funzioni. Nella letteratura psicologica si usa spesso distinguere i seguenti quattro modi tipici di funzionamento della memoria: la reintegrazione (ricostruzione di eventi in conformità a stimoli esterni, che agiscono da segnale per il ricordo); la rievocazione (ricordo spontaneo di informazioni passate); il riconoscimento (capacità di identificare come familiari elementi già incontrati in precedenza); e il riapprendimento (effetto facilitante della memoria, che rende più veloce il secondo apprendimento di un'informazione già appresa precedentemente).

Pur nella difficoltà di fornire delle definizioni che siano universalmente accettate, possiamo affermare che i due concetti di memoria e apprendimento sono strettamente interconnessi, tanto che è difficile riflettere su uno senza far continuo riferimento all'altro. Qual è, dunque, la relazione che lega questi due concetti? Gazzaniga e collaboratori definiscono l'apprendimento come "*il processo attraverso il quale si acquisiscono nuove conoscenze*" e la memoria come "*il persistere dell'apprendimento*" [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005]. In buona sostanza, la memoria consente all'essere umano di conservare date informazioni nel tempo; essa, secondo questo punto di vista, non sarebbe altro che l'esito di un processo di apprendimento (indipendentemente dal fatto che vi sia un impegno cosciente nell'apprendere).

In letteratura si usa distinguere il processo che dall'apprendimento conduce alla memorizzazione in diverse fasi. La *codifica* prevede l'elaborazione delle informazioni in entrata, le quali saranno immagazzinate in determinate aree della memoria (in essa si distinguono due sotto-fasi: *l'acquisizione* e *il consolidamento*); *l'immagazzinamento* è l'esito dei processi di acquisizione e consolidamento (e da cui ha origine una registrazione delle informazioni permanente nel tempo); e il *recupero* utilizza le informazioni registrate per una rappresentazione cosciente o per realizzare un dato comportamento appreso [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

2.1 INTRODUZIONE ALLA FISIOLOGIA DELLA MEMORIA

Il presente progetto di ricerca non ha certamente tra i propri obiettivi quello di discutere o mettere sotto indagine le conoscenze di cui oggi siamo in possesso che si riferiscono alle strutture e alle funzioni della memoria umana. Tuttavia, un rapido

cenno ai concetti fondamentali della fisiologia della memoria appare necessario in quanto, come si vedrà, da esso nasceranno nuovi spunti di riflessione utili allo sviluppo del nostro discorso.

Il sistema nervoso umano è costituito da un enorme insieme di cellule chiamate neuroni. Questi sono formati da un corpo centrale (soma), dal quale si dipartono diversi prolungamenti filiformi; alcuni dei quali, più corti, terminano a loro volta in strutture fortemente ramificate (dendriti); mentre un altro, più lungo degli altri, termina in una o più "code" alla cui estremità si trova una sorta di rigonfiamento, detto sinapsi (assone). Ogni neurone è dunque connesso, mediante le sue terminazioni sinaptiche, ai dendriti di molti altri neuroni. In tal modo, i neuroni formano un reticolo di interconnessioni fittissimo.

I neuroni comunicano tra loro scambiandosi segnali elettrici e attivandosi reciprocamente. Il rilascio di un segnale da parte di un neurone non è automatico e immediato: affinché esso avvenga, è necessario che il neurone sia eccitato da altri neuroni fino al superamento di una certa soglia; solo allora la cellula invia un segnale agli altri neuroni con cui è collegata. I segnali in uscita da un neurone viaggiano sotto forma di minuscoli impulsi elettrici che vanno dal nucleo della cellula fino alle sinapsi. Quando le cariche giungono alle terminazioni sinaptiche, esse inducono la liberazione di particolari molecole dette neurotrasmettitori; che, a loro volta, raggiungono le terminazioni dendritiche dei neuroni collegati all'assone, dando origine a una reazione chimica che permette il passaggio del segnale elettrico da un neurone all'altro.

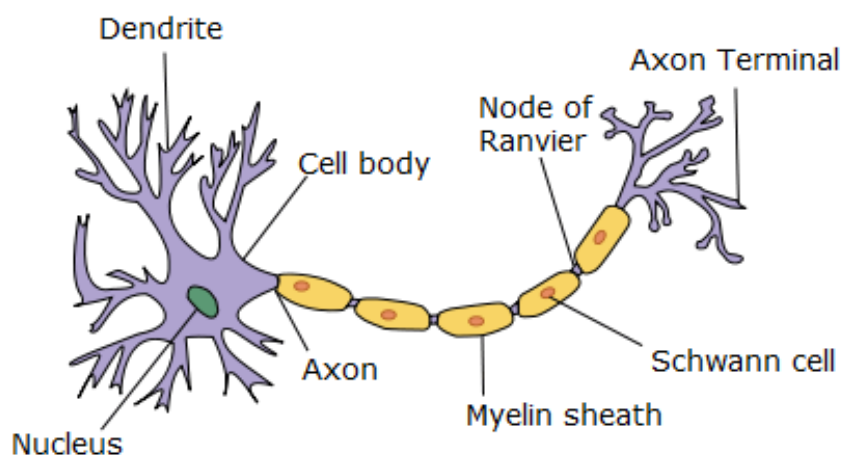


FIGURA 2 STRUTTURA TIPICA DI UN NEURONE [FONTE: WIKIPEDIA].

Studiando l'attività dei neuroni, si è notato come a ogni diversa facoltà cognitiva e locomotoria corrisponda un incremento di attività in particolari aree del

cervello. Da ciò è derivata l'ipotesi che il cervello abbia una struttura modulare e che ogni modulo sia specializzato per un certo tipo di attività [Ciotti, 1999].

Sappiamo oggi che gruppi di neuroni differenti assolvono ruoli funzionali differenti (le funzioni possono essere localizzate in regioni diverse, che a loro volta possono comprendere altre suddivisioni). Le diverse aree cerebrali, sono tuttavia, tra loro interconnesse in modo da formare sistemi di ordine superiore più complessi [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

Le neuroscienze cognitive hanno cercato di evidenziare quali siano le strutture biologiche sottostanti la ritenzione dei dati a lungo termine. Tuttavia, della fisiologia della memoria si conosce in realtà ancora pochissimo. Bisogna, inoltre, tener presente che quando ci si pone la domanda di quali possano essere i correlati neurali della memoria in realtà ci si sta ponendo un quesito a oggi non risolvibile, come afferma Tulving, una delle più importanti autorità mondiali in tema di teorie cognitive della memoria. Questo perché ancora non è dimostrata quale sia la natura dei processi coinvolti in ciò che noi etichettiamo come memoria.

In passato si riteneva che la memoria fosse regolata da parti specifiche del cervello; oggi la tendenza dominante in letteratura porta a credere che più parti del cervello partecipino contemporaneamente ai processi mnemonici (studi effettuati su animali hanno consentito agli scienziati di identificare strutture cerebrali sicuramente coinvolte nella memoria, quali il sistema limbico, l'amigdala e il talamo). Altre evidenze derivanti da casi di neurobiologia (per la cui conoscenza approfondita si rimanda alla lettura delle fonti riportate in bibliografia) hanno mostrato come l'ippocampo non possa essere considerato il deposito delle conoscenze immagazzinate, ma che, tuttavia, esso si possa considerare coinvolto nel processo di consolidamento delle informazioni. L'ipotesi è che quest'ultimo processo rafforzi l'associazione tra stimoli e informazioni immagazzinate in memoria e che tale processo sia coordinato dall'ippocampo (il deposito delle informazioni risiederebbe invece nella neocorteccia).

Casi clinici riportati da Gazzaniga e collaboratori hanno evidenziato come l'apprendimento e la ritenzione di nuove informazioni sulla propria storia autobiografica (memoria episodica) richiedano l'integrità del lobo temporale mediale (in particolare dell'ippocampo) e delle strutture della linea mediana del diencefalo e come i processi della memoria dichiarativa e di quella non dichiarativa siano sostenuti da sistemi cerebrali parzialmente o interamente distinti. Altri studi condotti su animali e in prevalenza sulle scimmie (in ragione della grande

somiglianza che caratterizza la loro struttura cerebrale rispetto a quella umana) hanno portato gli studiosi a confermare l'ipotesi che il lobo temporale mediale non sia essenziale per i processi a breve termine o per la memoria di lavoro. Esso non rappresenterebbe il magazzino a lungo termine, piuttosto sarebbe un componente cruciale nell'organizzare e consolidare le memorie a lungo termine che sono immagazzinate in forma distribuita su tutta la neocorteccia

Studi ancora più recenti hanno portato prove a favore dell'ipotesi che le memorie siano in realtà immagazzinate sotto forma di rappresentazioni distribuite su tutta la neocorteccia (modelli connessionisti), comprese le regioni deputate alla codifica iniziale dell'informazione percettiva e le regioni per la rappresentazione delle informazioni associate con i dati in ingresso. Queste teorizzazioni sono state sviluppate sulla base delle conoscenze sulla connettività neuronale dei sistemi neurali.

Quello che maggiormente interesserebbe sapere, ai fini dell'obiettivo di ricerca che qui mi son posto, e che potrebbe letteralmente illuminare e rivoluzionare il lavoro dei pedagogisti, dei progettisti didattici e più in generale di quanti si occupano di formazione è conoscere la risposta alla seguente domanda: *"come sono immagazzinati i ricordi nel cervello?"*. Una risposta certa a questa domanda potrebbe, infatti, portare allo sviluppo di nuovi modelli didattici con concrete ricadute sugli esiti positivi dei processi di apprendimento, costituendo così un passaggio cruciale della storia delle teorie educative.

Esistono in vero differenti posizioni al riguardo. Secondo alcuni studi, i dati sarebbero immagazzinati nella memoria come singoli item e archiviati ordinatamente (anche se non è chiaro con quale ordine) nel nostro cervello. Modelli differenti hanno proposto invece un'organizzazione diversa, ipotizzando la formazione di nodi distinti, in connessione tra loro tramite associazioni che creano tra i dati al fine di migliorare le performance dell'archiviazione (supponendo, inoltre, che i principi organizzativi fondamentali prevedano che con l'apprendimento si rafforzino le connessioni reciproche tra nodi simbolici e nodi associativi). Secondo i modelli connessionisti, sostenitori del concetto di rappresentazione distribuita, invece, i ricordi sarebbero immagazzinati sotto forma di cambiamenti nelle istruzioni che i neuroni si scambiano tra loro (le nuove informazioni in entrata determinerebbero in un dato insieme di neuroni uno specifico pattern di attività che costituirebbe la rappresentazione di quelle informazioni). Questi modelli fondano la propria teorizzazione su concetti quale

l'apprendimento abbiano nel quale il peso e la forza delle interconnessioni fra le unità della popolazione neuronale possono cambiare in modo da riflettere la variazione del pattern dei segnali che le unità si scambiano tra loro (e tali pesi cambierebbero durante i processi di apprendimento). Da ipotesi come questa ne sono derivate proposte di definizione di cosiddetti algoritmi di addestramento in grado di massimizzare l'efficacia del processo di apprendimento [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

Negli ultimi decenni, inoltre, hanno avuto ampio sviluppo gli studi sul sistema percettivo della rappresentazione (PRS) e sull'apprendimento e la memoria di tipo implicito; in tali studi ha assunto un ruolo fondamentale il concetto di priming (facilitazione o innesco), il fenomeno per cui uno stimolo viene identificato ed elaborato con maggiore facilità quando esso sia stato già osservato in precedenza dal soggetto.

Ma recenti studi condotti direttamente su soggetti umani (grazia a una tecnica nota come neuro-visualizzazione funzionale) hanno portato a un'ulteriore espansione delle conoscenze in materia, in particolare sull'organizzazione cerebrale della memoria episodica, di quella semantica, di quella procedurale e del PRS. Dato il mio limitato obiettivo di ricerca, porrei l'attenzione sulla memoria semantica (le evidenze al riguardo porterebbero a ipotizzare l'esistenza di un'organizzazione delle informazioni dominio-specifica).

Pur nella varietà di ipotesi, secondo la maggior parte dei modelli proposti per spiegare le basi cellulari della memoria, questa sarebbe l'esito di cambiamenti nella forza delle interazioni sinaptiche fra i neuroni di reti neurali (ancora una volta il concetto di rete si presenta come chiave di lettura dei fenomeni che sto indagando). Evidenze empiriche hanno portato a estendere la legge di Hebb nel cosiddetto principio associativo del potenziamento a lungo termine (LTP, long-term potentiation) che asserisce che se un input debole e uno forte agiscono direttamente e contemporaneamente su di una cellula, la sinapsi debole diventa più forte. Tuttavia, i processi biologici coinvolti in questo fenomeno sono ancora oggetto di diverse discussioni e il ruolo giocato dall'LTP nei fenomeni mnemonici a livello cellulare e comportamentale deve essere ancora pienamente chiarito.

Riassumendo quanto visto in materia di basi neurobiologiche dell'apprendimento e della memoria, ricordiamo che il sistema della memoria comprende il lobo temporale mediale il quale formerebbe e consoliderebbe i nuovi dati in ingresso nella memoria episodica e forse in quella semantica; la corteccia

pre-frontale che sarebbe invece coinvolta nella codifica e nel recupero delle informazioni; la corteccia temporale in cui sarebbero conservate le conoscenze episodiche e semantiche; e le cortecce sensoriali associative, essenziali per l'effetto del priming percettivo. A livello cellulare, modificazioni della forza delle sinapsi tra neuroni di reti neurali che comprendono il lobo temporale mediale, la neocorteccia, e altre localizzazioni appaiono, date le conoscenze oggi in nostro possesso, quali i meccanismi più probabili alla base dell'apprendimento e della memoria.

Ulteriori conoscenze relative ai substrati neurali del lessico mentale e delle conoscenze concettuali sono emerse grazie all'analisi dei deficit nelle abilità linguistiche che possono causare problemi di diversa natura nella comprensione e produzione del significato di una data parola. In proposito, indagini sperimentali sulla demenza semantica progressiva (deficit che comporta nei soggetti che ne sono affetti grosse difficoltà ad assegnare un dato oggetto alla corretta categoria semantica) hanno portato prove neurologiche a favore della teoria fondata sull'esistenza di una rete semantica (per una conoscenza dettagliata dei casi clinici cui faccio qui riferimento si rimanda ancora una volta alla lettura delle fonti riportate in bibliografia) e a favore dell'ipotesi che l'organizzazione concettuale possa essere dominio-specifica (vedi in proposito le ricerche guidate da Elisabeth Warrington negli anni Settanta e Ottanta, da Martha Farah e James McClelland e da Alfonso Caramazza negli anni successivi).

Tali ipotesi sono state poi supportate anche dagli studi condotti da Hannah Damasio e collaboratori [1996] presso la University of Iowa su di un numeroso campione di pazienti cerebrolesi. I loro studi portano a ritenere la possibilità del coinvolgimento di aree cerebrali differenti nell'organizzazione concettuale dominio-specifica (pazienti con lesioni al polo temporale sinistro manifestavano difficoltà nel recuperare i nomi propri di persona; pazienti con lesioni alla porzione anteriore del lobo temporale inferiore sinistro manifestavano difficoltà nella denominazione degli animali; pazienti con lesioni nella regione postero-laterale del lobo temporale temporo-occipito-parietale manifestavano difficoltà nel recuperare nomi di utensili) [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005]. Sulla base dei risultati ottenuti, Damasio e collaboratori hanno sostenuto che i loro risultati riflettevano non tanto l'organizzazione della rete a livello concettuale quanto l'organizzazione del livello lessicale, dunque quello delle parole e che, pertanto, il cervello avrebbe avuto tre livelli di rappresentazione della conoscenza delle parole:

- un *livello superiore concettuale* (livello pre-verbale che include le caratteristiche semantiche correlate alla parola in questione);
- un *livello lessicale* in cui è rappresentata la forma della parola che corrisponde a quel dato concetto;
- un *livello fonologico* in cui sono rappresentati i dati relativi all'informazione acustica corrispondente a quella data parola.

Mancherebbe in tale modello il livello del lemma, presente nel modello di Levelt. Secondo la Damasio e i suoi collaboratori, le reti concettuali coinvolgerebbero più strutture neurali nell'emisfero sinistro e destro; tali reti sarebbero connesse alle reti lessicali nel lobo temporale sinistro e potrebbero contenere informazioni dominio-specifiche; queste infine attiverebbero la rete fonologica (necessaria per attivare la produzione orale del linguaggio).

Nel corso degli anni, si è verificato un sostanziale cambiamento nella concettualizzazione della rappresentazione della conoscenza, determinato da una modifica nell'idea stessa di memoria, intesa in precedenza quale contenitore sostanzialmente passivo e in seguito quale componente dinamico, luogo attivo di produzione di pensiero e contemporaneamente di deposito di memorie [Luccio, 1994]. Dalla fine degli anni Sessanta si è diffusa, con particolare enfasi nel settore dell'Intelligenza Artificiale, una concezione del funzionamento della mente basata sull'idea di reti semantiche, i cui più diretti discendenti sono oggi i modelli connessionisti.

In passato, Bartlett aveva proposto il modello dello schema che è poi tornato alla ribalta negli anni Settanta nel cognitivismo più maturo. Per schema si intende una conoscenza generalizzata di eventi, situazioni o oggetti; gli schemi sono set di informazioni generalizzate su classi di eventi (e non su singoli casi), che possiedono delle variabili, dette slots, i cui valori specificano le condizioni in cui sono attivati. La rappresentazione a schema è caratterizzata, inoltre, dall'idea che questi siano strutturati in modo gerarchico [Luccio, 1994].

Un concetto simile fu espresso nel 1975 da Minsky con la sua teoria dei frame e da Abelson e Schank con la teoria degli script (una sequenza predeterminata e stereotipa di azioni che definiscono una situazione ben nota). In seguito, Schank superò il concetto di script introducendo quello di scena, identificante uno schema a livello di generalità più elevato in cui assume particolare rilievo il concetto di ordinatore di scene, una struttura che raggruppa le azioni che condividono una certa meta e che si presentano contemporaneamente. Schank, inoltre,

introducendo la distinzione tra conoscenze relative ad azioni e conoscenze che si riferiscono a concetti, ispirò il lavoro di Anderson con il suo famoso modello ACT-R (Adaptive Control of Thought - Rational) che distingue le conoscenze dichiarative e quelle procedurali come i due tipi fondamentali di rappresentazioni entro cui si può dividere la conoscenza umana [Luccio, 1994].

Negli anni Ottanta, Jerry Fodor, in contrapposizione con le teorie interazioniste (connessionismo), propose la sua interpretazione modularista secondo cui il linguaggio sarebbe un sistema di input basato su di una architettura modulare caratterizzata da specificità di dominio (il sistema di input riceve le informazioni da vari sistemi sensoriali, ma le elabora tramite codici differenti specifici per il sistema); incapsulamento delle informazioni (il modulo inferiore deve completare il trattamento dell'informazione prima di trasmetterla al modulo superiore); e localizzazione della funzione (ogni modulo si attiva in una particolare regione del cervello). Gli interazionisti si opposero a tale ipotesi e in particolar modo al fatto che i diversi sottosistemi potessero comunicare solo lungo una direttrice *bottom-up*.

2.2 TIPI DI MEMORIA

Come ho anticipato poc'anzi, è un errore parlare della memoria umana come se questa fosse un sistema unitario; in realtà, dobbiamo tener presente che, in base alle conoscenze a oggi in nostro possesso, è corretto pensare alla memoria come a un complesso di sistemi e sottosistemi tra loro interconnessi e che probabilmente agiscono in conformità a meccanismi e strategie diversificati.

In letteratura, il primo criterio adoperato per distinguere le diverse componenti della memoria è stato l'elemento temporale. La capacità della memoria di mantenere date informazioni nel tempo è stata proposta e utilizzata diffusamente dalla comunità scientifica quale criterio identificativo di diversi tipi di memoria.

Tra i diversi proposti, il modello che probabilmente ha avuto la maggior diffusione e influenza è quello che ha avanzato la distinzione fra la memoria sensoriale, la memoria a breve termine (MBT) e la memoria a lungo termine (MLT). La prima sarebbe caratterizzata principalmente dalla capacità di mantenere le informazioni per un intervallo di tempo stimabile tra i millisecondi e i secondi; la seconda dalla medesima capacità per lassi temporali tra i secondi e i minuti; infine quella a lungo termine potrebbe conservare le informazioni per giorni o anni.

La memoria sensoriale ci consente il ricordo, seppur brevissimo, delle cosiddette tracce sensoriali (o registri sensoriali), la cui proprietà distintiva è appunto quella di decadere in tempi immediati. Evidenze empiriche (si vedano le fonti in bibliografia) testimonierebbero, inoltre, che questo tipo di memoria avrebbe una capacità assai elevata di ospitare informazioni (nonostante le tracce sensoriali non siano generalmente direttamente accessibili alla nostra coscienza). Oltre a ciò, aspetto ancora più importante, dai dati emersi in letteratura, parrebbe che le tracce sensoriali recherebbero con sé una rappresentazione delle informazioni basata sui dati sensoriali e non una rappresentazione semantica, dunque avente a che fare col significato delle stesse [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

A differenza della memoria sensoriale, la memoria a breve termine sarebbe invece dotata di una capacità di ospitare quantità di informazioni assai più ridotta, una persistenza temporale delle stesse definibile tra qualche secondo e qualche minuto e una maggiore accessibilità alla coscienza. L'affermazione della distinzione tra MBT e MLT risale ad alcuni studi sperimentali condotti negli anni Cinquanta e Sessanta volti a determinare le cause dei fenomeni dell'oblio (queste ricerche hanno identificato quali cause dell'oblio il decadimento delle informazioni nella MBT e fenomeni di interferenza nella MLT).

I primi modelli proposti per descrivere la memoria a breve termine prevedevano l'individuazione di fasi distinte dell'elaborazione dell'informazione nei processi di apprendimento. Tra questi, ha avuto grandissima influenza il cosiddetto modello modale avanzato da due psicologi cognitivi: Richard Atkinson e Richard Shiffrin. Secondo questi ultimi, le informazioni in entrata sarebbero in una prima fase immagazzinate nella memoria sensoriale, successivamente la selezione operata dalla nostra attenzione su alcuni di questi dati determinerebbe il loro spostamento nella memoria a breve termine e da qui il trasferimento a quella a lungo termine (nel caso vengano rinforzati da meccanismi quali la ripetizione).

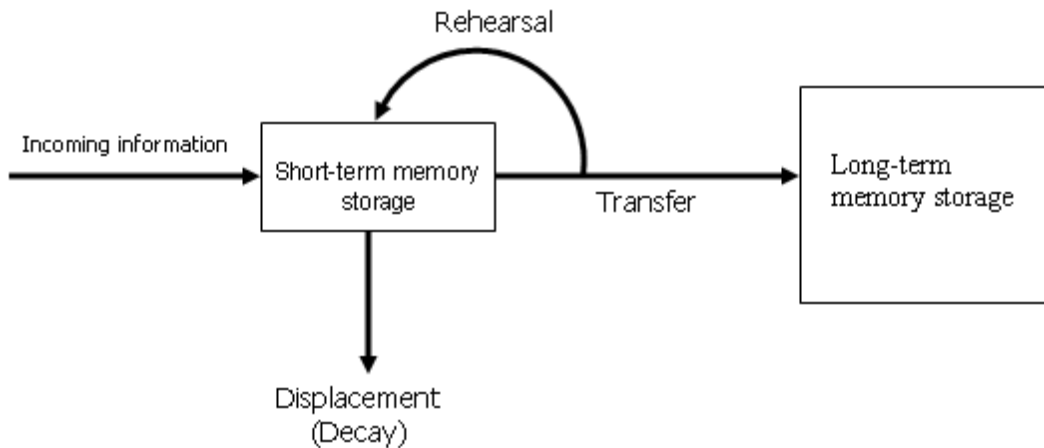


FIGURA 3 IL MODELLO ORIGINALE PROPOSTO DA ATKINSON E SHIFFRIN [FONTE: WIKIPEDIA].

Le ricerche di Atkinson e Shiffrin assumono nella storia degli studi scientifici sulla memoria un ruolo importantissimo poiché formalizzano per la prima volta l'esistenza di stadi della memoria con caratteristiche differenti. Inoltre, il loro modello è caratterizzato dal fatto di postulare l'esistenza di una struttura seriale, un dato questo che, tuttavia, non suffragato da sufficienti prove scientifiche.

In seguito, nuovi elementi di conoscenza sono stati portati alla luce grazie alla teoria dei livelli di elaborazione (*levels of processing model*), elaborata sulla base degli esperimenti condotti da Fergus Craik e Robert Lockart, secondo cui quanto più un elemento di informazione è elaborato in modo approfondito, tanto più è forte il suo consolidamento mnemonico e il suo deposito nella memoria a lungo termine. Secondo questa teoria, dunque, processi di ripetizione elaborativa profonda e la codifica degli elementi di informazione darebbero origine a codici basati sul significato i quali determinano collegamenti diretti tra le nuove informazioni e quelle già acquisite. Questo processo fornirebbe sostegno a fenomeni di apprendimento più efficace rispetto a semplici strategie di ripetizione [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

Col procedere degli studi e l'emergere in differenti casi clinici di nuove evidenze neuropsicologiche, si inizia a mettere in dubbio alcuni aspetti del modello modale. Nell'ambito di tali discussioni e per far fronte alle critiche mosse al lavoro di Atkinson e Shiffrin concernenti il concetto di memoria a breve termine, è stato avanzato il concetto di "memoria di lavoro" col quale si fa riferimento ai processi mentali associati al mantenimento delle informazioni per un lasso di tempo variabile tra qualche secondo e qualche minuto. La memoria di lavoro, caratterizzata da una capacità limitata, è descritta come un magazzino di

informazioni utile per il mantenimento mnemonico di queste per breve tempo e per mettere in atto operazioni mentali sui contenuti di questo stesso magazzino. I dati racchiusi nella memoria di lavoro deriverebbero da input sensoriali (memoria sensoriale) ma anche da dati derivati dalla memoria a lungo termine. Anche la memoria a breve termine, tuttavia, non sarebbe un sistema unitario; si deve principalmente ad Alan Baddeley l'individuazione di differenti sotto-sistemi all'interno della memoria a breve termine, da lui definita "memoria di lavoro" (*working memory*). Egli, studioso inglese riconosciuto tra i massimi esperti mondiali in materia, ha proposto fin dagli anni Settanta un modello a due dimensioni, controllato da un sistema dalle capacità attentive limitate denominato "esecutivo centrale" (*central executive*) che avrebbe il compito di coordinare e pianificare le azioni dei due sotto-sistemi. Questo sistema di controllo opererebbe sui dati in entrata provenienti da due sotto-sistemi, il primo adibito all'elaborazione e al mantenimento dell'informazione in forma verbale, indicato con il nome di loop articolatorio (*phonological loop*); il secondo impegnato nell'elaborazione e nel mantenimento dell'informazione spaziale o visiva, denominato taccuino visuo-spaziale (*visuo-spatial sketch pad*) [Legrenzi, 1997]. In anni più recenti, l'idea che il central executive sia un sistema unitario è stata messa in dubbio e si è pensato, invece, all'esistenza di due o più sistemi esecutivo-attentivi separati.

Venticinque anni dopo la presentazione del modello originario, Baddeley ha integrato la sua teoria ipotizzando l'esistenza di un terzo componente denominato *episodic buffer* (che sarebbe il luogo di deposito generale, che combina i vari tipi di informazione).

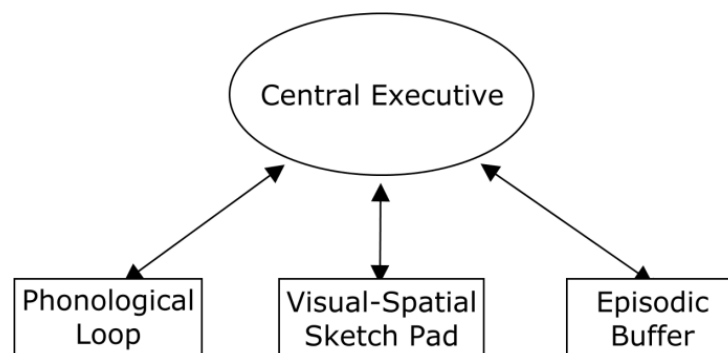


FIGURA 4 IL MODELLO DI MEMORIA DI LAVORO PROPOSTO DA BADDELEY.

Fino a questo punto, ci siamo concentrati sui sistemi della memoria deputati alla conservazione delle informazioni per brevi periodi; tuttavia, l'essere umano è in grado, a meno di particolari condizioni di deficit, di trattenere le informazioni anche

per lunghi periodi di tempo. Si fa riferimento in questi casi alla memoria a lungo termine.

Come per la memoria a breve termine, anche per la MLT la riflessione teorica e l'analisi sperimentale hanno condotto ben presto gli studiosi a individuare le principali suddivisioni funzionali. La distinzione fondamentale operata in tal senso è quella tra la memoria dichiarativa (detta anche proposizionale) e la memoria non dichiarativa. Con la prima si fa riferimento al complesso di conoscenze di cui siamo in possesso consapevolmente e che includono sia le nostre conoscenze generali sul mondo sia le nostre esperienze personali (è definita, pertanto, anche memoria esplicita). Con la seconda, invece, si indica quell'insieme di conoscenze di cui siamo in possesso, ma alle quali non abbiamo accesso coscientemente (si parla in questo caso anche di memoria implicita e ne possono essere esempio le abilità motorie e cognitive – altrimenti dette conoscenza procedurale – e i comportamenti appresi più elementari).

A sua volta, in letteratura all'interno della memoria dichiarativa si usa distinguere fra la conservazione di dati concernenti i fatti della nostra vita (memoria episodica o autobiografica) e alla conservazione delle conoscenze riguardanti il mondo che non sono associate a specifici eventi della nostra esistenza (memoria semantica). Quest'ultima distinzione è stata proposta a suo tempo da Endel Tulving. Le ipotesi sulla memoria semantica partono dalla constatazione che spesso il recupero dell'informazione dalla memoria a lungo termine avviene gradualmente. L'informazione ricercata non sempre è ricordata immediatamente, ma solo dopo la rievocazione di un'altra informazione a essa collegata. Si tratterebbe, dunque, di una successione di associazioni tra idee: ogni idea rievocata, a sua volta, farebbe da indice di richiamo per un'altra idea.

Secondo un'altra ipotesi, sarebbe il livello di profondità di elaborazione cui è sottoposta un'esperienza a determinare la probabilità di ricordarla in futuro. Nel 1975, Craik e Tulving hanno condotto un esperimento, dimostrando che la capacità di ricordare è legata proprio alla profondità di elaborazione. I livelli di elaborazione individuati sono di tre tipi: strutturale o ortografico; fonetico e semantico. Gli elementi di conoscenza sottoposti a elaborazione semantica, la più profonda, sarebbero quelli ricordati meglio. Secondo questa ricerca, si creerebbe così tra i diversi elementi di informazione presenti nella memoria a lungo termine una serie di associazioni che costituirebbero l'ossatura di una sorta di rete semantica.

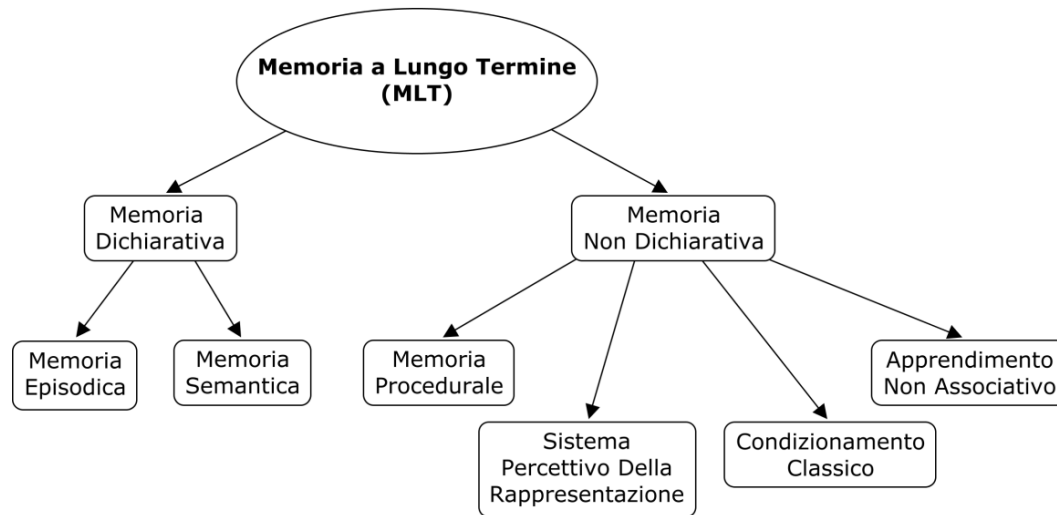


FIGURA 5 STRUTTURA IPOTIZZATA PER LA MEMORIA A LUNGO TERMINE.

Come vediamo nella figura 5, anche sotto il nome di memoria non dichiarativa sarebbero comprese diverse abilità mnemoniche, quali la memoria procedurale (comprendente sia abilità motorie, sia abilità cognitive), il sistema percettivo della rappresentazione (PRS, *Perceptual Representation System*); il condizionamento classico (conosciuto anche come condizionamento pavloviano dal nome del celebre fisiologo russo Pavlov); e l'apprendimento non associativo [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

Facendo il punto su quanto abbiamo finora visto, possiamo notare come i modelli di memoria presentati compiano essenzialmente due distinzioni: la prima facente riferimento al fatto che i tipi di memoria possano essere individuati e differenziati sulla base del tempo di ritenzione delle informazioni (memoria sensoriale, memoria a breve termine o di lavoro e memoria a lungo termine); la seconda fondata sul principio che informazioni facenti riferimento ad ambiti differenti siano conservate in sistemi di memoria parzialmente o interamente distinti (sono stati individuati vari tipi e sottotipi di memoria; all'interno di quella a lungo termine la distinzione principale è tra una memoria dichiarativa e una memoria non dichiarativa).

Per completezza di informazione, bisogna precisare che le distinzioni tra tipi di memoria fin qui presentate non sono le uniche che sono state proposte dalla comunità scientifica; un'altra suddivisione ipotizzata è quella tra memoria intenzionale e memoria incidentale che ci riporta alla differenza tra quelle situazioni in cui intenzionalmente ci proponiamo di trattenere nella nostra memoria una informazione e quelle, che per lo più caratterizzano le comuni esperienze

quotidiane, in cui, pur non proponendoci di memorizzare qualcosa, ci troviamo a ricordarlo incidentalmente. A questo proposito Legrenzi ricorda come alcuni studi sperimentali abbiano mostrato come la volontà e il desiderio di ricordare qualcosa da soli non producono necessariamente e automaticamente un miglior ricordo; questi sarebbero utili solo nella misura in cui inducono a mettere in atto processi volti a integrare le informazioni in arrivo all'interno delle strutture della memoria permanente del soggetto. Quando, infatti, il materiale da memorizzare è significativamente connesso e presenta un certo interesse, esso sarà codificato in modo profondo e quindi più facilmente ricordato.

Nonostante i sistemi formativi tradizionali (Scuola e Università su tutti) abbiano come compito istituzionale quello di stimolare attività di apprendimento attivo e volontario, i risultati delle ricerche sulla memoria non intenzionale potrebbero in futuro fornire utili stimoli per quanti si occupano di progettazione di percorsi e ambienti di apprendimento (dando indicazioni sulle modalità più efficaci di sfruttamento delle capacità di apprendimento non intenzionale dell'essere umano).

2.3 L'ORGANIZZAZIONE DELLE CONOSCENZE NELLA MENTE UMANA

Trovare una risposta a una domanda quale *“come sono rappresentate le parole nel nostro cervello?”* può offrire interessanti spunti di riflessione sulla natura delle connessioni semantiche presenti nel sistema cerebrale umano. È per questa ragione che dovremmo volgere ora la nostra attenzione ai risultati delle ricerche tese a indagare il rapporto tra linguaggio e cervello. Come è facile immaginare, siamo ancora una volta dinanzi a un quesito a cui non è possibile allo stato attuale fornire una risposta sicura ed esaustiva.

Vi è un buon grado di accordo tra gli specialisti di psicolinguistica sul fatto che esista un lessico mentale (una sorta di magazzino contenente le informazioni semantiche relative al significato delle parole, le informazioni sintattiche relative ai principi che determinano l'organizzazione delle parole in frasi e quelle concernenti la forma delle parole, ortografia e pattern di suoni che la compongono) e che questo deposito giochi un ruolo fondamentale nei processi del linguaggio. Ciò che più ci interessa capire, dati gli obiettivi del presente progetto di ricerca, è comprendere come potrebbe essere organizzato questo grande magazzino che, date le capacità di linguaggio di un individuo adulto normale, deve essere sicuramente dotato di una vastissima capacità.

Se esso fosse organizzato secondo un qualche ordine gerarchico oppure alfabetico, l'essere umano impiegherebbe maggior tempo a recuperare i termini che si trovano in fondo alla struttura gerarchica o di là dalla metà dell'alfabeto. Poiché vari studi dimostrano che così non è [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005], è plausibile ipotizzare l'esistenza di un differente principio organizzatore. E, inoltre, mi domando se la conoscenza di tale principio non possa indirettamente fornire elementi utili per migliorare l'efficacia e l'efficienza dei processi di apprendimento.

Quello che sappiamo con certezza è che il lessico mentale non ha un contenuto fisso (gli esseri umani hanno, infatti, la capacità di acquisire nuovi vocaboli, come anche di dimenticarne altri). Per di più, diverse ricerche hanno portato a scoprire che nel lessico mentale l'accesso alle parole maggiormente usate, quelle richiamate con maggior frequenza, avviene in tempi minori rispetto a quelle meno usate; e ancora altri risultati sperimentali hanno evidenziato che il recupero delle parole è condizionato da quello che è stato definito "effetto di vicinanza" consistente nel fenomeno di recupero agevolato delle parole che hanno un maggior numero di parole simili nel nostro cervello.

Detto ciò, le ipotesi più accreditate in letteratura sostengono che il lessico mentale sia organizzato in conformità a un'architettura fondata su specifiche reti di informazioni. Secondo il modello proposto da Willem Levelt, esisterebbero reti a livello delle parole, il lessema, e reti a livello grammaticale, il lemma (a quest'ultimo livello sarebbero rappresentate anche le specificazioni semantiche delle parole, quali, ad esempio, le conoscenze sui contesti più opportuni entro cui utilizzare una data parola). Tali specificazioni sarebbero comunicate dal livello del lemma a quello concettuale tramite connessioni di senso. Il livello concettuale sarebbe quello contenente la rappresentazione del valore semantico delle parole [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005]. Le parole correlate nel significato sarebbero tra loro connesse e tenderebbero a essere più vicine nella rete.

Il modello di Levelt è stato in seguito confermato anche da studi sul priming semantico (quest'ultimo consiste nell'effetto facilitante fornito alla comprensione di una parola dalla precedente presentazione di un'altra parola diversa ma a essa collegata semanticamente). Inizialmente si riteneva che quest'ultimo derivasse esclusivamente da una diffusione automatica dell'attivazione fra i nodi della rete, tuttavia, indagini successive hanno portato alla luce altri fattori in grado di influenzare l'attivazione quali, ad esempio, il priming indotto dall'aspettativa e il matching semantico. Gli studi sul lessico mentale possono essere assai interessanti

per questo progetto di ricerca giacché i processi di apprendimento appaiono chiaramente connessi con la memoria semantica (nonostante vari aspetti siano ancora oggetto di discussione, ad esempio, dove siano rappresentati i concetti all'interno del cervello; se si debba parlare di uno o più sistemi semantici; se eventuali sottosistemi siano tra loro indipendenti; etc.) [Gazzaniga, Ivry, & Mangun, 2005].

Tra i diversi modelli di rappresentazione della struttura organizzativa delle informazioni concettuali nel nostro cervello (modelli fondati su liste di caratteristiche; schemi; modelli esemplari; reti di connessione; etc.), uno in particolare ha esercitato una grandissima influenza: quello proposto da Collins e Loftus nel 1975. Il loro modello rappresenta i significati delle parole tramite una rete semantica i cui nodi concettuali sono costituiti dalle parole fra loro collegate. La forza delle connessioni e la distanza fra i nodi sono determinate dalle relazioni semantiche o associative tra le parole. Collins e Loftus hanno ipotizzato il principio che l'attivazione si diffonda da un nodo concettuale all'altro e che, ovviamente, i nodi tra loro più vicini subiscano un processo di attivazione più forte.

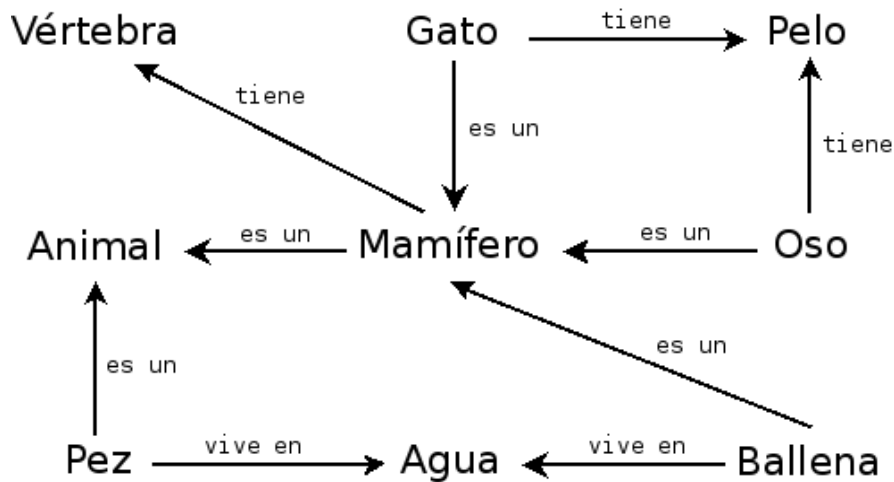


FIGURA 6 ESEMPIO DI RETE SEMANTICA [FONTE: WIKIPEDIA].

Nonostante la grande influenza che il modello di Collins e Loftus ha avuto sul dibattito scientifico, la questione dell'organizzazione dei significati e dei concetti all'interno della nostra mente è una questione ancora aperta e dibattuta e diverse altre ipotesi sono state nel tempo avanzate. Alcuni studiosi hanno ipotizzato che i concetti sarebbero rappresentati attraverso le loro caratteristiche, o proprietà, semantiche; tuttavia non è chiaro come si potrebbe spiegare in un modello simile il processo dell'attivazione. Vi è dunque da registrare una certa incertezza

concernente le modalità in cui sono rappresentati i significati delle parole, tuttavia vi è un generale accordo nel ritenere che esista un magazzino mentale dei significati delle parole e che questo sia cruciale per i processi di comprensione e produzione del linguaggio, processi fondamentali anche nel sostenere i processi di memorizzazione e apprendimento.

2.4 LE STRATEGIE DELLA MEMORIA

Non è a tutt'oggi chiaro quale sia la reale capacità di memorizzazione della mente umana e molto probabilmente sarebbe azzardato affermare che essa sia in grado di tenere traccia di tutti i ricordi; ma è altrettanto assai probabile che i dati conservati nella nostra memoria siano molto maggiori di quelli di cui noi siamo consapevoli e cui possiamo accedere in un dato momento. Conoscere quali potrebbero essere le strategie migliori per sfruttare in maniera più efficace le nostre capacità mnemoniche potrebbe fornire ulteriori spunti utili per lo sviluppo di un buon modello di progettazione di contenuti didattici.

Sappiamo che la nostra memoria è dotata di una capacità di immagazzinare una quantità enorme di dati, il problema per il suo sfruttamento resta dunque quello dell'organizzazione. Sulla base delle ipotesi presentate poc'anzi, in merito all'architettura delle informazioni nel nostro cervello e dei dati empirici a nostra disposizione, possiamo compiere un breve excursus sulle strategie ottimali della memoria.

Dobbiamo qui far riferimento, inevitabilmente, a un nuovo concetto: quello di metamemoria (un concetto che è stato negli ultimi anni al centro dell'attenzione della psicologia cognitiva). Si parla più in generale di meta cognizione con riferimento a quell'insieme di attività psichiche che presiedono al funzionamento cognitivo. All'interno della teoria metacognitiva, si è affermata in letteratura la distinzione tra conoscenza metacognitiva (relativa a quanto un soggetto sa e crede del funzionamento del processo cognitivo) e controllo metacognitivo (relativo alla continua valutazione del processo stesso). La metamemoria è un ramo della più ampia teoria metacognitiva che riguarda specificatamente la conoscenza e il controllo dei processi mnemonici. Da segnalare come, secondo la teoria metacognitiva, maggiori sono le competenze di metamemoria che un individuo possiede e maggiori saranno le sue competenze mnemoniche; si assume quindi che il piano metacognitivo abbia un ruolo causale sulla prestazione. La stessa teoria

metacognitiva ha avuto origine proprio dagli studi sulla metamemoria, poiché essa ha avuto inizio con le indagini sulle strategie ottimali di memoria [Legrenzi, 1997].

Non mi soffermerei a lungo sugli elementi che hanno caratterizzato l'evoluzione della teoria sulla metamemoria, dato l'interesse limitato che questi ricoprono rispetto agli obiettivi di questo studio; mi concentrerei invece maggiormente sulle strategie della memoria, poiché dalla loro analisi potrebbero emergere elementi interessanti per facilitare i processi di apprendimento mediante un'opportuna progettazione e organizzazione dei contenuti didattici.

Come riporta Legrenzi, il 1970 è stato un anno fondamentale nello studio delle strategie di memoria e per il riconoscimento della loro importanza. I primi dati su di esse, infatti, sono emersi in quell'anno in una serie di pubblicazioni sui deficit di memoria nel ritardo mentale, la cui causa sarebbe stata da imputare alla povertà delle strategie adottate. Nello stesso anno Flavell, autorevole ricercatore sul tema, avanza l'ipotesi che le scarse prestazioni di memoria siano imputabili a una carente produzione strategica e che tale carenza sia rimediabile con l'addestramento. Partendo dai precedenti studi di Maccoby, Flavell sostiene che le probabili cause determinanti un deficit nell'uso delle strategie di memoria sarebbero essenzialmente riconducibili a due macro-categorie: i deficit di mediazione (condizione caratterizzata dalla mancanza delle abilità di base su cui la strategia si basa) e i deficit di produzione (condizione in cui il soggetto ha le potenzialità per utilizzare efficacemente la strategia e incrementare così la sua prestazione mnestica, ma non ha ancora acquisito un uso spontaneo della strategia). Schneider e Pressley, sulla base di queste teorie e dei risultati che le sostenevano, hanno iniziato a considerare la prestazione di memoria come il risultato di un passaggio da uno stadio non strategico a uno strategico [Legrenzi, 1997].

Nonostante queste ricerche si sono concentrate sulle competenze metacognitive per spiegare le differenze nelle abilità e nelle prestazioni di memoria, è vero che fin da subito vi è stato il riconoscimento di altri fattori concorrenti nel determinare le differenze nelle capacità mnemoniche individuali, quali le motivazioni, le emozioni, la familiarità con il compito, etc.

In letteratura si usa distinguere due principali categorie di strategie di memoria: le strategie di codifica (attuata in fase di elaborazione dell'informazione) e le strategie di recupero (consistenti nel riportare alla coscienza dati di informazione già in nostro possesso). All'interno di queste due macro categorie sono incluse diverse sotto-strategie, quali la reiterazione (ripetizione sub-vocalica

dell'informazione); la mediazione (associazione di una nuova informazione da apprendere a elementi di conoscenza già in proprio possesso); l'organizzazione (individuazione e impiego di categorie sovra ordinate o strutture tassonomiche che stabiliscano un ordine tra le informazioni); l'immaginazione (impiego di immagini mentali per rinforzare il ricordo); etc.

Alcuni studi dimostrano che si registra un incremento considerevole delle capacità di memoria quando in fase di codifica come in quella di recupero ci si avvale della stessa chiave strategica (ad esempio, quando si individuano delle categorie di appartenenza delle informazioni in entrata che si riutilizzano successivamente per il loro recupero). Tulving ritiene, a questo proposito, che il contesto entro cui un'informazione viene presentata ne determina la codifica e che di conseguenza il seguente recupero dell'informazione viene reso più difficoltoso se questa viene ripresentata in un differente contesto. A conclusioni simili sono arrivate anche le ricerche sperimentali condotte da Emmerich e Ackerman (si vedano in proposito le fonti riportate in bibliografia) [Legrenzi, 1997].

Tra le diverse modalità di strategia compaiono sia l'associazione sia la mediazione. La prima consiste nel mettere in relazione un'informazione nuova con una o più informazioni già in nostro possesso; mentre la seconda richiede la trasformazione di qualcosa di complesso da ricordare in qualcosa di più semplice mediante l'attivazione di un legame tra ciò che è difficile e ciò che è facile. La mediazione, in pratica, richiede si utilizzi un concetto che possa far da tramite fra altri due. Sia tramite l'associazione, sia tramite la mediazione sfruttiamo la struttura di conoscenze in nostro possesso per legare insieme le nuove informazioni in modo coerente. Il mettere in relazione le conoscenze è un processo essenziale per rendere maggiormente efficienti i processi della memoria.

In precedenza, in questo capitolo, abbiamo evidenziato come necessariamente la conoscenza nel nostro cervello deve essere organizzata secondo un qualche principio (altrimenti non sarebbe spiegabile la capacità dell'essere umano di recuperare in tempi anche molto brevi informazioni talvolta complesse).

Legrenzi riporta diversi esempi a dimostrazione del fatto che quando il materiale da apprendere possiede in se stesso una propria struttura organizzata (ad esempio, tramite tassonomie o altre forme gerarchiche), il soggetto potrà trarne facilitazione individuando questa organizzazione e riutilizzandola. La maggior parte delle persone trova che parole organizzate in categorie e gerarchie siano più facili da ricordare che non parole presentate a caso. Al contrario, quando il materiale che

si deve apprendere si presenta disorganizzato e incoerente, il suo ricordo risulta più difficoltoso. Il soggetto che deve apprendere è costretto a compiere un maggiore sforzo per imporre a quella fonte di conoscenza una sua struttura organizzativa soggettiva (tale organizzazione può ovviamente essere più o meno strutturata e basata su associazioni o su macro-categorie).

Al fine di gettar luce sui processi di organizzazione soggettiva della conoscenza, Tulving ha messo a punto e presentato nei primi anni Sessanta una metodologia per l'analisi dell'organizzazione soggettiva che ha avuto ampia diffusione in letteratura e che, pur coi suoi limiti, ha permesso di evidenziare come la prestazione mnemonica sia in diretta relazione col grado di strutturazione e organizzazione del materiale [Legrenzi, 1997].

Ulteriori evidenze empiriche sulle strategie di memoria sono venute alla luce grazie agli studi compiuti per cercare di spiegare le ragioni che possono condurre in determinati casi all'oblio (il processo a causa del quale si dimentica) e soprattutto a quelli che hanno cercato di identificare le strategie più opportune per evitare tale condizione di deficit. In base ai risultati delle indagini sono stati messi appunto metodi noti come mnemotecniche che hanno mostrato interessanti potenzialità. La maggior parte di questi basa la propria efficacia sull'utilizzo di un qualche indice di richiamo che funga da ponte per raggiungere l'informazione da recuperare.

La comprensione di questi processi e la loro presa di coscienza non può non avere diretta influenza sui sistemi educativi e formativi nei quali i processi di elaborazione della conoscenza assumono un ruolo così centrale. Infatti, pur nella varietà delle posizioni, si riscontra in questi studi, quasi fosse una costante, il continuo richiamo alla relazione semantica tra i concetti alla base del sistema organizzativo delle informazioni sfruttato dalla mente umana. Questa è l'importante eredità che tali ricerche lasciano ai teorici dell'apprendimento, e su di essa è necessario riflettere in fase di progettazione dei percorsi formativi.

3. TEORIE E MODELLI DELL'APPRENDIMENTO

Facendo seguito a quanto discusso fino a questo punto, dovremmo ora volgere la nostra attenzione alla linea di evoluzione che ha segnato nel tempo la storia delle teorie dell'apprendimento. Si tratta di una storia lunga e articolata che affonda le proprie radici nelle riflessioni della filosofia classica sul tema dell'educazione. Tuttavia, non ritengo qui utile riportare passo per passo tale storia, sia per ragioni di spazio sia poiché essa è ormai ben nota e descritta in qualsiasi buon manuale di storia della pedagogia [Cambi, 2006; Fornaca, 1991].

La mia attenzione si concentrerà quindi su una fase di questa storia molto più circoscritta, quella che ha accompagnato direttamente i recenti sviluppi delle tecnologie didattiche. L'obiettivo è comprendere il senso e la ragione degli sviluppi del pensiero pedagogico negli ultimi decenni (con particolare enfasi al suo rapporto con le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione) e trarre da essi utili spunti di riflessione per il raggiungimento dell'obiettivo che questo progetto di ricerca si pone. Il termine "apprendimento" fa riferimento al processo psichico che produce modificazioni stabili nel comportamento, nelle competenze, nel patrimonio di conoscenze, nelle strutture concettuali di un individuo, non riconducibile a fattori innati o fenomeni biologici di ordine maturazionale, ma alla relazione con l'ambiente e quindi all'esperienza.

Si dà per acquisito in questa assunzione il fatto che i processi di apprendimento siano in realtà indipendenti da fattori innati e da fenomeni biologici, e che siano invece determinati dalle relazioni con l'ambiente e dalle esperienze personali. In realtà questa posizione riflette un punto di vista caratteristico dei nostri tempi, ma che non era considerato valido solo pochi decenni fa (e tutt'oggi ci sono posizioni contrastanti in merito).

Ho fatto cenno, nel corso dell'introduzione a questo studio, all'evoluzione delle teorie dell'apprendimento verificatasi dagli studi di Skinner fino all'epoca attuale. Burrhus Frederic Skinner, principale esponente negli Stati Uniti della scuola comportamentista, ha proposto nel 1954 (data da cui faremmo partire la nostra

analisi) un interessante parallelismo tra gli studi di laboratorio riguardanti le modifiche del comportamento animale e le pratiche educative.

La ragione per cui in quegli anni si assistette a una rivoluzione epocale nella storia delle teorie dell'apprendimento e alla nascita della storia delle tecnologie didattiche va ricercata nelle condizioni sociali e storiche di quegli anni. Il secondo conflitto mondiale è ormai alle spalle da anni, ma le pesanti ripercussioni di quell'evento si fanno ancora sentire suscitando accese dialettiche che si dimostreranno forze propulsive di importanti cambiamenti. In questo clima, un particolare evento provoca negli Stati Uniti un'amara presa di consapevolezza: l'Unione Sovietica ha lanciato lo Sputnik 1, il primo satellite artificiale in orbita nella storia dell'uomo (il programma culminato col lancio del 1957 aveva avuto avvio già dal 1948). Gli statunitensi dovettero prendere coscienza del fatto che il loro temibile rivale li aveva superati sul piano della ricerca scientifica. Questo evento accese forti dibattiti in cui presero corpo le critiche ai modelli didattici che negli anni precedenti avevano influenzato fortemente il sistema formativo americano, quali gli approcci pedagogici progressivi, primo fra tutti l'attivismo sostenuto dal filosofo americano John Dewey, il quale aveva elaborato una teoria dell'istruzione sintetizzando una prospettiva psicologica e una logica: la prima qualificata nella psicologia funzionale, che interpreta gli aspetti della vita mentale come collegati all'interno di un flusso dinamico, per cui i processi di apprendimento intellettuale si svolgono in funzione di problemi vitali; la seconda identificata col metodo scientifico (come l'apprendimento per problemi) [Telmon, 1979].

Iniziano a emergere così in quel periodo orientamenti che, pur presentando innegabili differenze, hanno in comune la forte volontà di definire un approccio scientifico-razionale agli impianti didattici, guardando con interesse e con fiducia all'organizzazione sequenziale della conoscenza e alla valutazione oggettiva degli apprendimenti.

In reazione a queste critiche e nel bel mezzo di questo dibattito socio-culturale, Skinner denuncia l'incapacità della scuola americana di assolvere la sua funzione formativa a causa di vari fattori tra i quali la mancanza di un'adeguata programmazione. Il suo lavoro dà così il via ai primi modelli d'istruzione programmata e di utilizzo delle macchine nei processi d'apprendimento (per la precisione, la prima macchina per insegnare è stata inventata da Sydney Pressey nei primi decenni del Novecento). L'idea che ne è alla base è che il comportamento di

ogni soggetto si possa condizionare attraverso un articolato bilanciamento di stimoli e risposte.

«L'idea di fondo del comportamentismo è che sia possibile indurre un apprendimento, inteso come modifica del comportamento, fornendo opportuni stimoli allo studente. Questi stimoli producono risposte desiderate. Una delle condizioni perché l'apprendimento abbia luogo è che il comportamento provocato venga rinforzato tramite "contingenze rafforzative"» [Skinner B., 1970]

Il processo, ipotizzato da Skinner, è fondato sul concetto di rinforzo, attraverso cui, si ipotizza, si potrebbe sviluppare un condizionamento operante capace di indirizzare l'apprendimento verso gli esiti voluti dall'educatore [Tizzi, 1996b]. L'elemento più rilevante per il processo di apprendimento è rappresentato, dunque, dalle conseguenze positive (accresciute da opportune ricompense) derivanti dal compimento di determinate azioni.

I principi ispiratori del behaviorismo sono essenzialmente caratterizzati da idee quali *"il pensiero dell'uomo è il comportamento dell'uomo"* e *"quando studiamo il pensiero, studiamo il comportamento"*, da cui ne deriva la considerazione che, per analizzare il pensiero, si debba analizzare il comportamento. In realtà, come rileva attentamente Olimpo, la psicologia comportamentista non è così superficiale come un approccio poco attento potrebbe portare a credere. In essa non vi è la negazione della differenza tra apprendimento di abilità elementari e sviluppo di processi cognitivi complessi [Olimpo, 1993]. Ciò nonostante, appare abbastanza chiaro come tale visione soffra di una concezione troppo deterministica dell'intelletto umano.

Se, infatti, prendiamo in considerazione i modelli d'istruzione programmata che sono derivati da tali principi, notiamo come le *teaching machine* attraverso cui questi sono attuati prevedono una netta sequenzializzazione delle operazioni, cui fa riscontro un'analogia visione del sapere sequenziale.

La programmazione didattica derivante da tali principi, riflettendo questa struttura, si caratterizza per una notevole rigidità, con pesanti ripercussioni sulle opportunità di personalizzazione degli interventi educativi. Questo limite, riconosciuto come tale dalla grande maggioranza della critica scientifica, non è stato superato neanche con lo sviluppo dei successivi modelli di istruzione programmata ramificata [Fontana Tomassucci, 1969], i quali hanno introdotto la possibilità di

variare il percorso didattico, tenendo conto degli eventuali errori commessi dallo studente nelle risposte date (cercando di fornire così una risposta alle esigenze d'individualizzazione dei processi d'insegnamento/apprendimento emerse fin dalla fine dell'Ottocento).

Nell'ambito delle proposte ascrivibili all'istruzione programmata emerge, inoltre, in quegli anni il principio della scomponibilità dei contenuti dell'apprendimento, fondata sull'idea che i processi di acquisizione della conoscenza possano essere favoriti da un'organizzazione della stessa in unità analitiche informative (questo elemento rientra oggi nelle teorie di progettazione dei learning object).

L'approccio skinneriano è stato elaborato in seguito da Norman Crowder, la cui idea di progettazione didattica prende forma nel cosiddetto *libro mischiato* [Fry, 1963], uno strumento che prevede che lo studente, in base alle risposte fornite alle domande previste, sia indirizzato verso sezioni del libro differenti, dedicate al ripasso, al rinforzo e/o alla spiegazione o, in caso di risposta corretta, alla prosecuzione della lettura. Con l'opera di Crowder, emerge una maggiore attenzione ai processi interni di sviluppo della conoscenza e si prevede una forma, sebbene primitiva, di ipertestualità, fatta di rimandi che sottintendono una visione meno rigida e sequenziale dell'apprendimento di quella caratteristica del comportamentismo classico.

È evidente, dunque, come i modelli comportamentisti classici si siano esposti nel corso del tempo a numerose critiche sul piano della rigidità, superficialità, etc., ma è anche corretto evidenziare come quelle stesse teorie e le soluzioni didattiche cui esse hanno dato origine abbiano esercitato un'influenza enorme sui modelli formativi e istruttivi e come a tutt'oggi è possibile riscontrare la loro impronta in diversi ambiti. Essi, ad esempio, si sono rivelati di particolare successo laddove sono richieste esigenze di puro addestramento (si pensi ai programmi di preparazione militare).

Nondimeno, come visto in precedenza, già con Crowder emerge una primitiva attenzione nei confronti dei processi cognitivi sottostanti le attività comportamentali. In quegli stessi anni, le ricerche di Jean Piaget propongono l'idea che l'intelligenza umana abbia origine dall'attività senso motoria, guidata da schemi inizialmente soltanto riflessi. Tale processo si basa sull'interazione con l'ambiente che ha luogo attraverso due movimenti complementari: l'assimilazione e l'accomodamento. Tramite questa condotta bipolare si produce uno sviluppo degli

schemi che portano alla formazione di strutture sempre più complesse, le quali, una volta interiorizzate, producono rappresentazioni concettuali. Da questa impostazione ne discende l'idea di Piaget dell'apprendimento, inteso come processo dinamico di conquista personale del soggetto che esplora attivamente il mondo circostante [Tizzi, 1996b]. L'opera di Piaget introduce nel nostro discorso l'idea di rappresentazione mentale dell'esperienza, che porta, negli anni immediatamente successivi, l'attenzione di psicologi e pedagogisti sui processi cognitivi, che in breve tempo diventano primario oggetto d'interesse e studio (non mediato dall'analisi dei comportamenti).

La psicologia cognitiva ha in questo modo avvio negli anni tra il 1950 e il 1960 grazie anche alle riflessioni di Ulric Neisser, George Miller, Eugene Galanter e Karl Pribram, in dura contrapposizione alle teorie del comportamentismo. Questi studiosi hanno posto al centro del proprio lavoro di analisi il soggetto, inteso come individuo attivo che opera nel mondo non meccanicamente in base a dinamiche stimolo-risposta, ma bensì in base allo sviluppo delle proprie capacità psichiche. Queste ultime diventano oggetto di nuove teorizzazioni, indipendenti dai fondamenti biologici sottostanti il funzionamento del cervello dal punto di vista organico e dai fattori sociali e culturali.

L'attenzione per le dinamiche cognitive, segno dello sviluppo di un approccio alla teoria pedagogica di stampo cognitivista, in netta antitesi all'approccio comportamentista classico, ha avuto immediati riflessi anche sull'evoluzione delle teorie dell'apprendimento. In questa fase di sviluppo del pensiero pedagogico, Robert Gagné propone un modello di rappresentazione strutturale del sapere fondato su stadi progressivi dando il via alla riflessione sulle tassonomie e sulle gerarchie degli obiettivi didattici.

Con lo sviluppo delle teorie cognitiviste si pone al centro della riflessione pedagogica, facendone autentico paradigma, l'elaborazione umana delle informazioni (HIP, *Human Information Processing*). Secondo tale impostazione, l'essere umano agirebbe in modo attivo nell'ambiente che lo circonda elaborando le informazioni provenienti dall'esterno e producendo, conformemente a tali elaborazioni, artefatti cognitivi e comportamentali. La visione della mente che ne deriva è quella di un sistema complesso di trattamento e raccolta delle informazioni e in ciò si realizza un interessante parallelismo con la concezione dei computer (per primo lo psicologo scozzese Kenneth Craik negli anni Quaranta ipotizza l'assimilazione della mente umana a servomeccanismi). Il modello dell'elaborazione

delle informazioni si sviluppa, dunque, in aperto contrasto con le posizioni dei comportamentisti descrivendo l'apprendimento come una serie di trasformazioni delle informazioni da parte di determinate strutture del nostro cervello. Esso può essere descritto, come nella figura che segue, tramite uno schema rappresentante un flusso circolare delle informazioni con stimoli che provengono dall'ambiente e che sono accolti da appositi ricettori i quali registrano questi stimoli in un registro sensoriale; l'informazione viene sottoposta quindi a successive elaborazioni da parte della memoria di lavoro e della memoria a lungo termine e, in base ai risultati della elaborazione, può essere generata una risposta che potrebbe portare a interagire nuovamente con l'ambiente da cui lo stimolo è provenuto. Questo processo può essere influenzato anche dalla nostra conoscenza ed esperienza pregressa, le nostre aspettative, valori e credenze che determinano in parte la scelta degli stimoli cui prestare attenzione [Giacomantonio, 2007].

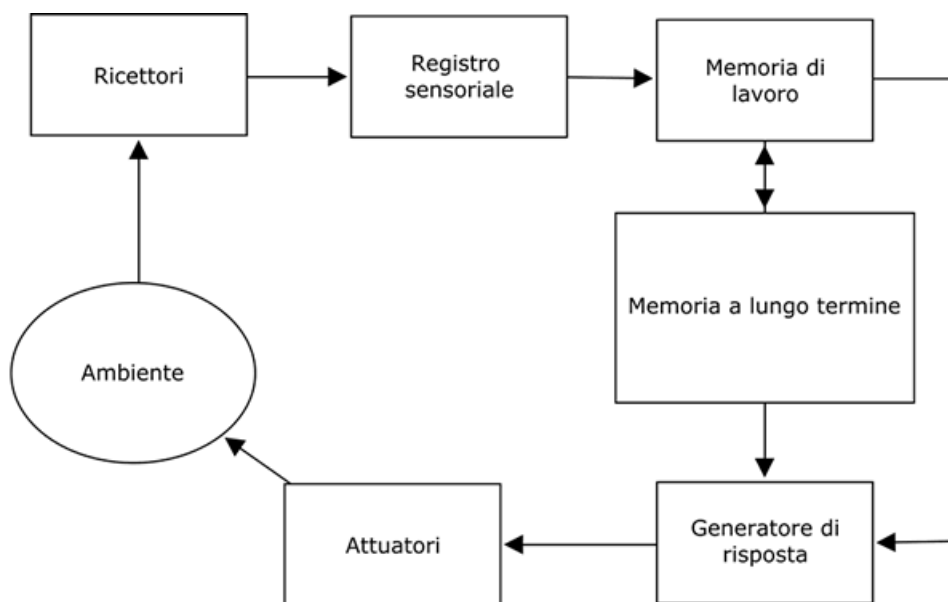


FIGURA 7 SCHEMA DI MODELLO HIP [RIADATTATO DA GIACOMANTONIO, 2007].

Per questa ragione, in quegli anni i modelli derivanti dalla cibernetica appaiono di estremo interesse per poter meglio descrivere questo tipo di analisi. I computer, il cui funzionamento è caratterizzato da meccanismi di ingresso dell'informazione e di uscita del dato elaborato, e dal funzionamento della memoria, rivelano una stretta parentela con la mente umana e coi processi cognitivi di scambio di informazione tra individuo e ambiente

Con l'affermarsi della teoria cognitivista, si inizia a porre una maggiore attenzione a tutti quei processi cognitivi che appaiono più strettamente interessati

alle dinamiche di apprendimento (l'attenzione selettiva, la memoria, le sue classificazioni e, come anticipato, gli obiettivi dei processi di apprendimento).

Proprio la definizione degli obiettivi didattici diviene uno dei temi chiave intorno cui si concentra l'attenzione nel dibattito sui processi di progettazione didattica. Questi assumono un ruolo decisivo non solo in ottica di valutazione dei risultati del processo di apprendimento, ma anche in chiave di programmazione di contenuti e strategie didattiche. Questo cambiamento è evidente già negli studi che danno il via alla definizione della tassonomia degli obiettivi educativi di Benjamin S. Bloom. L'elaborazione di quest'ultima evidenzia il processo di complessificazione cui va incontro la riflessione pedagogica che abbandona l'impostazione tradizionale caratterizzata da un approccio trasmissivo delle conoscenze fattuali e/o procedurali dal docente al discente, e che invece riconosce l'essenzialità di altre dimensioni, quali quelle cognitive ed emotive.

Nel lavoro che ha in seguito acquisito notorietà col nome di "Tassonomia di Bloom" (alla cui elaborazione in realtà hanno partecipato, a partire dal 1949, numerosi studiosi) emerge questo aspetto con l'identificazione di tre aree di appartenenza degli obiettivi didattici:

- *area cognitiva*: obiettivi concernenti l'acquisizione di conoscenze e lo sviluppo di abilità e capacità intellettive;
- *area affettiva*: obiettivi inerenti l'acquisizione di interessi, attitudini, sentimenti, valori, passioni, atteggiamenti e motivazioni;
- *area psico-motoria*: obiettivi riguardanti l'acquisizione di abilità concernenti il movimento fisico e la coordinazione nelle attività motorie.

Bloom individua all'interno dell'area cognitiva (quella su cui si è maggiormente concentrata l'attenzione della letteratura pedagogica) sei principali sotto-categorie:

- *conoscenza*: acquisizione di conoscenze e capacità di rievocare materiale memorizzato (elementi specifici, modi e mezzi per trattare elementi specifici, dati, principi, teorie e strutture);
- *comprensione*: capacità di afferrare il senso di una informazione e di saperla trasformare;
- *applicazione*: capacità di far uso di materiale già noto per risolvere problemi nuovi;
- *analisi*: capacità di separare gli elementi di conoscenza e di individuarne gerarchie e rapporti;

- *sintesi*: capacità di riunire elementi di conoscenza al fine di formare una nuova struttura organizzata e coerente;
- *valutazione*: capacità di formulare autonomamente giudizi critici di valore e metodo.

Gli studi sul tema degli obiettivi didattici si sono arricchiti in seguito di nuovi contributi, che hanno proposto talvolta modelli alternativi e talvolta modelli complementari di comprensione del processo educativo. Vorrei ricordare qui gli studi di Merrill, del già citato Gagné, di Mager e di Gronlund. Sull'onda delle ricerche sugli obiettivi didattici, ulteriori contributi sono stati proposti con successo all'attenzione della comunità psico-pedagogica. David Merrill è l'autore di uno dei più significativi con l'elaborazione della *Component Display Theory* che sfrutta una tabella a doppia entrata in cui si prendono in considerazione tipologie di contenuti e livelli di performance [Merrill, 1983].

LEVEL OF PERFORMANCE	FIND				
	USE				
	REMEMBER				
		FACT	CONCEPT	PROCEDURE	PRINCIPLE
		TYPES OF CONTENT			

FIGURA 8 LA COMPONENT DISPLAY THEORY DI D.MERRILL [TIP, 2009].

Un'altra interessante proposta è stata avanzata dal Robert M. Gagné e Leslie J Briggs che hanno realizzato la propria riflessione sugli obiettivi didattici intorno a cinque classi di capacità umane: abilità intellettuali; strategie cognitive; informazioni verbali; abilità motorie; e atteggiamenti [Raso, 2007].

Lo sviluppo di un nuovo approccio all'apprendimento è testimoniato non solo da una nuova e più consapevole presa di coscienza delle dinamiche cognitive sottostanti i processi pedagogici; cambia nella sostanza il ruolo stesso dell'insegnante, il quale è sempre meno percepito come "contenitore di conoscenze" che devono essere travasate dalla sua mente a quella degli studenti e sempre più come elemento umano determinante il processo di facilitazione dell'apprendimento, e dunque guida esperta che opera in un contesto ricco di

variabili. Il pensiero pedagogico si trova, dunque, di fronte a una realtà molto più complessa di quella che era stata teorizzata in precedenza; una realtà in cui entrano in gioco molteplici variabili di differente natura. Ed effettivamente anche nella concezione piagetiana era rimasta in ombra l'influenza esercitata dalla cultura sullo sviluppo cognitivo, tema sul quale si concentra, invece, l'attenzione di Lev Semënovič Vygotskij.

In realtà, già dagli anni Settanta la psicologia sovietica, con Vygotskij in testa, ha posto l'attenzione della propria analisi sul ruolo dell'interazione sociale e delle variabili socio-culturali influenti lo sviluppo cognitivo e psicomotorio. Vygotskij ha concentrato il proprio interesse sull'influenza esercitata dalla cultura sullo sviluppo cognitivo. Egli ritiene che il linguaggio (il cui sviluppo avrebbe origine da necessità comunicative) si evolva in modo parallelo sia verso una maggiore socializzazione sia verso una progressiva interiorizzazione, divenendo così da funzione inter-psichica, proprietà intra-psichica. In conformità a queste riflessioni, lo psicologo russo arriva a teorizzare, con riferimento ai processi di apprendimento, l'esistenza di una *zona di sviluppo prossimale*, da intendersi quale zona di estensione delle potenzialità conoscitive di ciascun essere umano, raggiungibile grazie al sostegno di individui maggiormente esperti. In quest'ottica sarebbe, dunque, la qualità dell'interazione sociale a giocare un ruolo determinante nel processo di crescita di ogni soggetto. L'idea centrale della teoria vygotskijana è che lo sviluppo cognitivo è guidato e influenzato dal contesto sociale, quindi dalla cultura del particolare luogo e momento storico in cui l'individuo si trova ad agire. Da ciò deriva che i processi psichici superiori (ad esempio, pensiero, linguaggio e memoria) avrebbero un'origine sociale e potrebbero essere indagati e compresi solo prendendo in considerazione la storia sociale del soggetto.

Come ha ben messo in evidenza Tizzi, sulla stessa scia di pensiero si muove lo psicologo statunitense Jerome Bruner, secondo cui i modelli culturali svolgerebbero un ruolo fondamentale nella formazione delle categorie concettuali tramite cui la mente opererebbe. L'agire umano sarebbe guidato dalle rappresentazioni del mondo che l'uomo stesso sviluppa nel corso del suo sviluppo. Bruner ipotizza l'esistenza di tre differenti modi di rappresentazione (attiva, iconica e simbolica) che conducono verso l'acquisizione di costrutti ipotetici di crescente complessità e astrazione. Egli, col progredire della sua riflessione, evidenzia con maggior vigore come la mente umana sia modellata dalla cultura di appartenenza. In quest'ottica la

stessa intelligenza sarebbe in realtà un costrutto prevalentemente culturale [Tizzi, 1996b].

Bruner ha proposto una nuova concezione della mente e del suo sviluppo, caratterizzata dal ruolo decisivo della vita sociale e culturale delle persone, e dai loro tentativi di costruire percezioni e resoconti dell'esperienza socialmente condivisibili. Questa concezione si integra in un quadro teorico caratterizzato dall'idea che la cultura sia in realtà una sorta di immenso testo enciclopedico sottoposto a un processo continuo di elaborazione e rielaborazione da parte di differenti interpretazioni mediante cui gli individui negozierebbero i significati. L'apprendimento, di conseguenza, sarebbe un'attività comunitaria indirizzata alla compartecipazione in questo processo di produzione sociale collaborativa [Tizzi, 1996b].

Queste concezioni sono andate in seguito a supportare l'affermarsi e la diffusione, presso la comunità pedagogica, di un nuovo modo di intendere i processi di apprendimento, a tutt'oggi dominante soprattutto nell'ambito della formazione a distanza: il costruttivismo. Esso si fonda sul principio che evidenzia il ruolo attivo del soggetto nei processi di costruzione della conoscenza. Altro elemento distintivo dei modelli costruttivisti è da rinvenire nell'idea che l'apprendimento è sempre un apprendimento situato che ha luogo in una data cornice di partecipazione e non nel chiuso della mente individuale; esso trae alimento dalle azioni e dalla pratica, dai processi di negoziazione e co-costruzione dei significati. L'analisi dei processi di apprendimento deve sempre tenere in considerazione le configurazioni contestuali da cui esso è costantemente influenzato; si tratta, pertanto, di una esperienza culturalmente mediata, in cui giocano un ruolo essenziale le relazioni intersoggettive e le risorse culturali presenti in un determinato contesto [Striano, 2006]. Il terzo elemento caratterizzante i modelli a impronta costruttivista risiede nell'idea che ogni processo di apprendimento debba intendersi come un processo di negoziazione sociale.

L'impegno degli impianti didattici costruttivisti dovrebbe andare, secondo Calvani, nella direzione di dare maggior enfasi alla costruzione della conoscenza e non alla sua riproduzione; evitare eccessive semplificazioni rappresentando invece la natura complessa del mondo reale; presentare compiti autentici contestualizzati nella realtà e non astratti; offrire ambienti di apprendimento aderenti al mondo reale; offrire rappresentazioni della realtà che rispecchino la pluralità dei punti di vista; alimentare la riflessione; e, infine, favorire la costruzione cooperativa della

conoscenza attraverso la negoziazione sociale [Calvani, 1998]. In accordo con Morin, i progetti didattici dovrebbero favorire l'acquisizione di una *conoscenza pertinente*, capace di collocare ogni informazione nel proprio contesto e, se possibile, nell'insieme in cui si iscrive [Morin, 2001]; l'obiettivo deve essere la formazione di una mente euristica (non semplicemente piena di nozioni), abile nel pensiero critico, dotata di capacità decisionale, in grado di esprimere il suo essere unica e personale [Sarracino, 2006].

Il costruttivismo, abbandonando la strada del HIP cognitivista, ha preso vita sotto l'impulso di una impostazione che ha generato nuove alleanze tra teorie, progettazione, modelli didattici e impieghi delle tecnologie. Esso è scaturito dalla caduta di consenso intorno ai modelli epistemici razionali e lineari che proponevano un modello di conoscenza logico - gerarchica e proposizionale.

Con la diffusione del pensiero costruttivista hanno visto luce differenti modelli didattici tra i quali ricordiamo le *community of learners*; l'apprendistato cognitivo; gli ambienti per l'apprendimento generativo; e gli ambienti di apprendimento intenzionale sostenuto dal computer [Calvani, 1998]. Parallelamente al costruttivismo, si impongono nuovi tipi di materiali didattici fondati sull'uso degli ipertesti e ipermedia che hanno consentito di superare sistemi rigidi di navigazione sequenziale, rendendo possibile una maggiore flessibilità nell'approccio ai contenuti.

Un'interessante teoria che si colloca entro questo quadro concettuale è la cosiddetta Teoria della Flessibilità Cognitiva (*Cognitive Flexibility Theory*) di Spiro, il cui approccio, basato sugli ipertesti, attribuisce gran parte dei fallimenti dei modelli di istruzione tradizionale al fatto che questi sono portatori di rappresentazioni troppo semplificate della realtà e di una visione troppo statica dell'attività cognitiva [Calvani, 1998].

Nella riflessione di Spiro, la complessità e le irregolarità tipiche dei domini di conoscenza debolmente strutturati pongono particolari problemi perché mettono in crisi i tradizionali percorsi di accesso alla conoscenza [Yi, 2008]. Per questa ragione, solo adottando un approccio caratterizzato da ampia flessibilità cognitiva, è possibile rappresentare ottiche e piani differenti. Di conseguenza, la conoscenza dovrà essere insegnata, organizzata e mentalmente rappresentata secondo differenti punti di vista.

Spiro, nello spiegare la sua posizione, ha fatto più volte ricorso a una metafora di Wittgenstein, quella della conoscenza come "*criss-crossed landscape*", come un

attraversamento non lineare e multi-prospettico di un territorio, per cui occorre passare più volte dallo stesso luogo, seppur seguendo percorsi diversi. Allo stesso modo, i contenuti didattici devono essere riusati più volte in tempi differenti e in contesti modificati. Il modello di Spiro si è contrapposto ai modelli cognitivisti classici che privilegiano modelli di rappresentazione della conoscenza quali schemi e frame. Spiro vede negli ipertesti lo strumento più idoneo per restituire flessibilità alle sequenze di istruzione, per utilizzare differenti codici e creare collegamenti multipli tra concetti. Negli ipertesti si ha così la possibilità di creare un ambiente concettuale di esplorazione che consente di pervenire a una determinata unità informativa da diverse direzioni [Calvani, 1998].

Le radici del pensiero costruttivista e dei principi che questo ha portato alla luce non sono tuttavia totalmente originali sulla scena della pedagogia internazionale.

Le teorizzazioni dello psicologo americano David Ausubel hanno seguito in modo deciso e illuminato questa direzione. La riflessione di quest'ultimo ha il proprio nucleo concettuale nell'idea di "apprendimento significativo". Egli presenta per la prima volta la sua teoria nel 1962 nell'articolo intitolato "*A subsumption theory of meaningful learning and retention*". L'anno successivo, in "*The psychology of meaningful verbal learning*", approfondisce la sua ipotesi. È bene ricordare che negli anni in cui Ausubel è impegnato nello sviluppo della sua teoria (dalla fine degli anni Trenta all'inizio dei Sessanta), la corrente di pensiero comportamentista (insieme allo sviluppo della epistemologia positivista) domina il panorama scientifico [Novak, 2001]. Ausubel si pone in contrasto con tale corrente di pensiero e polarizza la sua riflessione, in primo luogo, sull'apprendimento di tipo cognitivo, cioè sull'acquisizione e l'uso della conoscenza (pur non trascurando le dimensioni affettive ed emotive coinvolte nei processi di apprendimento).

Per Ausubel, l'apprendimento significativo è il processo attraverso il quale le nuove informazioni entrano in relazione con i concetti preesistenti nella struttura cognitiva della persona. Questo approccio presuppone un ruolo attivo, una scelta consapevole, da parte di chi apprende. La teoria ausubeliana e quella di Novak, che alla prima si ispira, traggono spunto dalle conoscenze che pian piano emergono, in seno alla comunità scientifica, sui meccanismi biologici della memoria e dell'immagazzinamento delle conoscenze. Pur non essendo questi mai stati spiegati esaurientemente, abbiamo visto in precedenza come vi sia un generale accordo in letteratura sul fatto che le informazioni provenienti dall'esterno siano

immagazzinate in alcune regioni del cervello e che tale processo coinvolga decine di migliaia di cellule cerebrali che subirebbero modificazioni in base alle nuove conoscenze apprese.

Le cellule neurali attive in fase di immagazzinamento nel corso dell'apprendimento significativo sarebbero sottoposte a ulteriori modificazioni formando, si presume, delle sinapsi o altri tipi di associazioni funzionali coi nuovi neuroni. Con lo sviluppo del processo di apprendimento, la natura e l'estensione delle associazioni neurali andrebbero così a svilupparsi.

Ausubel, volgendo la propria attenzione a questi meccanismi, introduce l'idea dei *concetti assimilatori*, concetti che forniscono una base per il collegamento tra le nuove informazioni e le conoscenze preesistenti (inoltre, nell'attuare questo collegamento, secondo la cosiddetta teoria per assimilazione, il concetto assimilatore si modificherebbe leggermente e l'informazione immagazzinata sarebbe in parte trasformata).

Col passare del tempo, tuttavia, la maggior parte delle informazioni apprese sarebbe dimenticata. Secondo la teoria di Ausubel, la quantità di informazioni ricordata dipenderebbe principalmente dal grado di significatività. Così l'apprendimento significativo presenterebbe i seguenti vantaggi:

- le conoscenze acquisite sono ricordate più a lungo;
- l'assimilazione delle informazioni aumenta la differenziazione degli assimilatori, rendendo più facile il successivo apprendimento di argomenti simili;
- l'informazione che non viene ricordata dopo l'assimilazione lascia comunque effetti residuali sul concetto assimilatore e di fatto sulla struttura concettuale;
- l'informazione appresa può essere applicata a un'ampia varietà di nuovi problemi o contesti (garantendo così un'elevata generalizzazione delle conoscenze, caratteristica indispensabile del pensiero creativo).

Abbiamo visto come i concetti assimilatori siano soggetti a un continuo processo evolutivo, denominato da Ausubel *differenziazione progressiva* (in quanto si produce una progressiva differenziazione della struttura cognitiva). Tale concetto è stato introdotto dallo psicologo americano in stretta attinenza con i problemi della progettazione didattica, come anche quello della *conciliazione integrativa*. Secondo questa concezione, lo sviluppo dei concetti procede meglio quando sono

insegnati prima i concetti più generali, i quali possono essere in seguito differenziati in termini di dettagli e specificità.

Tale impostazione è stata ripresa da Novak nell'ambito della progettazione dei contenuti ritenendo che questa debba essere preceduta da un'attenta analisi dei concetti presenti in un dato campo di conoscenza e quindi si debba procedere con l'esame delle relazioni tra questi al fine di identificare una gerarchia dei concetti (dal più generale al più specifico).

Ausubel, nel riferirsi alla pratica didattica, riteneva fosse più utile prima di somministrare un'unità didattica complessa, fornire un insegnamento più generale e astratto, affinché questo contenuto servisse da organizzatore anticipato aiutando l'alunno a mettere in relazione le nuove conoscenze con quelle già in suo possesso. Gli organizzatori anticipati sono dunque in primo luogo una strategia didattica che si basa sul principio che il fattore più determinante nei processi di apprendimento è rappresentato dalle pre-conoscenze. Logica conseguenza di questa impostazione è che la progettazione dei curricula formativi dovrebbe basarsi sull'analisi delle conoscenze di ingresso (in adesione a tali principi, le mappe concettuali potrebbero essere utilmente impiegate a questo scopo).

La teoria della differenziazione progressiva ha avuto sugli esiti del mio progetto di ricerca una grande importanza, avendo influenzato fortemente l'impostazione di base del modello progettuale che ne è derivato. Questa teoria, applicata alla progettazione dei contenuti didattici, si traduce componendo una serie gerarchica di organizzatori, in ordine discendente inclusivo, a ciascuno dei quali possono essere associati unità di materiale didattico. Seguendo questo approccio, le idee in ogni unità e le unità in relazione tra loro sono progressivamente differenziate. Tale principio, come evidenzia Giacomantonio, è, in realtà, assai lontano da quello dominante nei più diffusi modelli di progettazione delle risorse educative che sono invece spesso strutturate in base al principio di omogeneità per argomento in capitoli e paragrafi, senza tener conto del livello di astrazione, generalità o particolarità [Giacomantonio, 2007].

La teoria dell'apprendimento significativo è quindi caratterizzata dalla volontà del soggetto di un processo di apprendimento di mettere in relazione nuove informazioni con le conoscenze che già possiede (per questa ragione un elemento determinante della qualità del processo di apprendimento risiede nella ricchezza concettuale del nuovo materiale che deve essere imparato). Questo processo di apprendimento è in netta contrapposizione a quello di tipo meccanico (ancora oggi

assai diffuso, secondo Novak, anche perché spesso incoraggiato dai metodi di valutazione tradizionali utilizzati) che viene messo in atto laddove chi apprende memorizza le nuove informazioni senza metterle in relazione con le proprie conoscenze precedenti (i due concetti di apprendimento meccanico e significativo rappresentano due estremi di un continuum) [Novak, 2001]. Riassumendo, l'apprendimento significativo richiede per la sua stessa realizzazione:

- l'esistenza di conoscenze precedenti in possesso del discente;
- l'esistenza di materiale significativo (le nuove informazioni devono essere rilevanti in rapporto ad altre e devono contenere concetti e proposizioni significativi)
- la scelta consapevole del discente di apprendere in modo significativo, mettendo in relazione la nuova conoscenza con quella già in suo possesso.

Seguendo le ipotesi di Ausubel, Novak propone come strumento di organizzazione delle conoscenze e dei processi cognitivi le mappe concettuali [Novak & Cañas, 2006]. La sua équipe di ricerca si trova nel corso dei primi anni Settanta ad affrontare il problema della documentazione dei processi conoscitivi nei bambini; utilizzando dapprima diversi tipi di test carta e matita, quindi iniziando a impiegare le interviste guidate (facendo riferimento ai lavori di Piaget) tramite cui raccoglie in innumerevoli nastri una grande quantità di testimonianze. Queste sono state quindi esaminate analizzando concetti e proposizioni e lo strumento messo a punto per condurre tale indagine è costituito dalle mappe concettuali.

Negli anni seguenti, esse sono state adoperate anche in situazioni diverse, ad esempio quale sistema per supportare i docenti nell'organizzazione delle conoscenze per l'insegnamento; come metodo per gli studenti di identificazione dei concetti chiave e dei principi contenuti nelle lezioni o in altro materiale didattico; e, infine, anche in contesti di formazione aziendale. Grazie al loro impiego, l'équipe di Novak ha ritenuto di individuare negli studenti un miglioramento delle capacità meta-cognitive: gli studenti, dunque, stavano imparando a imparare.

La riflessione teorica di Novak, tesa a individuare strumenti e modelli in grado di migliorare effettivamente i risultati dei processi di apprendimento, ha preso avvio concentrandosi su temi quali *“cos'è la conoscenza”*, *“come le persone apprendono”* e *“come acquisiscono nuove conoscenze”*. Il gruppo di ricerca, guidato da Novak, allontanandosi dalle teorie comportamentiste dell'apprendimento in voga negli anni Cinquanta e Sessanta, ha basato i propri studi proprio sulle ricerche di Ausubel, concentrandosi in particolare sulla comprensione del cosiddetto apprendimento

significativo e sullo sviluppo dei metodi più efficaci per il suo conseguimento [Adorni, Coccoli, & Vivanet, 2007].

Il primo problema che si trova ad affrontare Novak è la definizione del concetto di "conoscenza"; le sue ricerche lo portano a formulare una definizione di "concetto", quale *"una regolarità percepita negli eventi o negli oggetti, o registrazioni di eventi o oggetti, designata da un'etichetta"*. I concetti, nella sua visione, rappresentano dei blocchi di conoscenza i quali *"possono generare molti significati, secondo come sono collegati insieme a formare proposizioni"*. Le *"proposizioni"*, a loro volta, sono intese come *"segmenti di conoscenza"*.

In questa cornice, precisa Novak, *"due o più concetti combinati a formare un'affermazione riguardo a qualcosa formano un'unità di significato"*. Il significato di un dato concetto sarebbe, dunque, dato dall'insieme di proposizioni conosciute che contengono quel concetto (ne consegue che la ricchezza di significato del concetto aumenta in modo esponenziale con il numero delle proposizioni valide da noi via via acquisite, che mettono in relazione tale concetto con altri).

I significati di un concetto possono accrescersi quando le etichette concettuali sono associate le une alle altre per formare delle proposizioni. Nuovi concetti possono essere acquisiti per assimilazione, quando i significati di nuove etichette concettuali sono integrati all'interno di proposizioni che contengono concetti già noti.

Va riconosciuto in ciò il ruolo centrale dell'insegnante, cui è attribuita la grande responsabilità di organizzare le attività giornaliere per l'apprendimento. Attraverso l'impiego delle mappe concettuali, il docente e/o il progettista didattico ha la possibilità, non solo di rappresentare la struttura delle relazioni tra gli elementi all'interno delle unità didattiche, bensì di avere una visione ampia della figura logica complessiva del proprio insegnamento. La mappa concettuale rappresenta uno schema operativo, organizzato in modo tale da tenere presenti le tappe principali del percorso formativo, i punti del territorio da monitorare con attenzione, nell'ambito di una strategia didattica che non vuole trascurare gli aspetti essenziali che possono consentire agli studenti di portare a termine con successo il cammino formativo [Damiano, 1994].

L'utilizzo delle mappe concettuali nei processi di apprendimento consente ai soggetti in formazione di costruire il proprio sapere in modo riflessivo e negoziato (secondo una matrice costruttivista), a patto che vi sia alla base un progetto

didattico fondato su di una solida teoria educativa e sulle caratteristiche e preferenze cognitive degli studenti [Presti, 2006].

La teoria di Ausubel (e gli sviluppi che questa ha avuto nella riflessione di Novak) ha stimolato lo sviluppo di diverse proposte didattiche e modelli di apprendimento. In Italia, sicuramente uno dei più noti è quello proposto da Elio Damiano e la sua *didattica per concetti*. Damiano ha proposto un modello di progettazione di unità didattiche, caratterizzato da una progressione per blocchi (la cui successione non è necessariamente lineare) che ha avvio dall'esplorazione dell'argomento affrontato dal punto di vista del senso comune, cioè dell'esperienza di vita, diretta e indiretta, e dell'ambiente degli alunni. Passando attraverso l'analisi di esperienze utili a mettere in crisi le credenze del senso comune, costringendo la mente ad assumere un pensiero critico, si può arrivare all'ultimo blocco che deve condurre alla definizione sistematica dell'argomento oggetto d'apprendimento e dei concetti correlati. Tale processo avviene attraverso la differenziazione progressiva delle informazioni (che prevede il passaggio dal generale allo specifico); la conciliazione integrativa fra i nuovi schemi concettuali e quelli precedenti; e la discriminazione specificante fra i nuovi schemi e quelli precedenti, per evidenziarne le differenze e gli aspetti che li distinguono [Damiano, 1994]. L'attività conoscitiva degli alunni deve, inoltre, essere accompagnata da un opportuno impiego di organizzatori (rappresentazioni semplificate dei concetti in elaborazione) il cui scopo è strutturare i vincoli spazio-temporali all'interno della mappa dei concetti in costruzione [Damiano, 1994].

Le mappe concettuali sono un esempio di modello reticolare di rappresentazione della conoscenza; dagli studi intorno a queste e ad altri modelli sviluppati in ambiti differenti (si pensi, solo per citarne qualcuno, all'archivistica, alla biblioteconomia e agli studi sull'intelligenza artificiale) è possibile estrapolare indicazioni essenziali per l'elaborazione del modello di progettazione che costituisce l'obiettivo della presente ricerca. Questo sarà, dunque, il tema del prossimo capitolo.

4. MODELLI RETICOLARI DI RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA

L'azione delle istituzioni formative nei giorni nostri non può prescindere da un'attenta organizzazione delle informazioni e delle conoscenze di cui sono portatrici. Un'organizzazione efficiente ed efficace della conoscenza è indispensabile per il suo riutilizzo [Gnoli, Marino, & Rosati, 2006]. Il tema della *knowledge organization* [Wiig, 1997] (che può essere definita come la disciplina dedita all'insieme delle tecniche con cui la conoscenza può essere ordinata in modi utili per la sua consultazione e il suo utilizzo) è un argomento centrale di cui oggi sempre più spesso si sente parlare in differenti settori sia pubblici sia privati (come si può facilmente intuire, il problema della organizzazione della conoscenza è strettamente legato a quello della sua rappresentazione). Non si tratta in realtà di un problema nuovo, la riflessione sull'organizzazione dei saperi poggia le proprie radici nel pensiero filosofico classico con l'opera di Aristotele e la sua suddivisione dei saperi (ripresa diversi secoli dopo da Bacon e da Dewey).

La necessità di sistematizzare la conoscenza è emersa in epoca moderna soprattutto in seno ad alcune comunità scientifiche, ad esempio quella dei botanici occidentali, impegnati nell'opera di descrizione e catalogazione delle differenti specie di piante provenienti dalle colonie di tutto il mondo. È particolarmente nota in questo ambito l'opera dello svedese Karl Linné (italianizzato in Linneo) il cui metodo tassonomico, noto come nomenclatura binomiale, prescrive che a ciascuna pianta o animale siano attribuiti due nomi indicanti il genere e la specie. Un approccio differente a questo problema è stato adottato dagli statistici Sokal e Sneath e la loro tassonomia numerica che consente di creare raggruppamenti di organismi sulla base del numero di caratteristiche comuni, generando così degli alberi genealogici, rappresentati sotto forma di dendrogrammi [Sneath & Sokal, 1973].

In epoca moderna, con l'invenzione della stampa e la moltiplicazione delle informazioni che da quel momento in poi si è generata, il problema di una efficace organizzazione della conoscenza si è fatta sentire anche in riferimento alla classificazione e catalogazione dei libri, problema a cui è stata data una risposta autorevole da un bibliotecario di un college di New York, Melvil Dewey, il quale ha proposto un metodo tassonomico fondato sulla divisione di ogni disciplina in classi e sottoclassi, attribuendo a ciascuna di queste dei numeri e realizzando di fatto un sistema, denominato "Classificazione decimale di Dewey", potenzialmente espandibile all'infinito. Grazie all'opera di Dewey si afferma un altro principio (oggi alla base di ogni sistema di organizzazione della conoscenza): la *collocazione relativa*, secondo cui le etichette recanti l'indicazione delle classi di appartenenza non debbano essere collocate sugli scaffali delle biblioteche ma sui libri stessi, permettendo in tal modo di astrarre la classificazione delle informazioni dal luogo fisico in cui sono conservate [Gnoli, Marino, & Rosati, 2006].

In epoca più recente, stimolati dalle riflessioni di questi pionieri, sono stati proposti diversi sistemi di classificazione, quali l'analisi a faccette di Ranganathan, la teoria dell'indicizzazione relazionale di Jason Farradane, il sistema di indicizzazione alfabetica a faccette di Derek Austin, la classificazione bibliografica di Bliss, etc [Gnoli, Marino, & Rosati, 2006].

Ai nostri giorni, la disciplina della *knowledge organization* è stata profondamente condizionata dall'avvento dell'era digitale e dalla moltiplicazione incontrollabile delle informazioni cui oggi assistiamo con l'evoluzione del web. Centonove milioni di siti web; oltre trenta miliardi di pagine (cinque pagine per ogni persona sul pianeta); più di sette miliardi di ricerche al mese: questi sono solo alcuni dati (inevitabilmente molto approssimativi, ma in costante crescita) che ci consentono di comprendere come oggi la vera sfida lanciata da questa realtà digitale è quella della gestione automatica dei dati [Della Valle, Celino, & Cerizza, 2008].

Prenderò in esame ora, in modo conciso, alcuni dei contributi più indicativi concernenti questo problema emersi in ambiti disciplinari differenti. Il mio intento è far emergere, attraverso la loro analisi, alcuni elementi di cui è necessario tener conto nell'attività di progettazione dei contenuti didattici.

Il primo ha le sue origini nei sistemi di classificazione tradizionale e negli studi di biblioteconomia ed è esemplificato dall'analisi delle caratteristiche essenziali di un thesaurus e delle differenti relazioni in esso utilizzabili. Il secondo fa riferimento

più strettamente all'ambito psicopedagogico ed è esemplificato attraverso l'analisi delle mappe mentali e, in maggior dettaglio, delle mappe concettuali. Infine, il terzo approccio deriva dagli studi sull'Intelligenza Artificiale ed è esemplificato attraverso la breve presentazione di alcuni dei modelli più rilevanti che hanno avuto origine da questo settore di ricerca. Il motivo per cui propongo questi differenti approcci è motivato dal fatto che da ciascuno di essi sono giunte intuizioni, spunti di riflessione e soluzioni al problema che in questa ricerca mi sono posto.

4.1 THESAURI

Ho già fatto cenno, nell'introduzione a questo capitolo, ad alcuni esempi di modelli tassonomici per la classificazione delle informazioni. Questi rappresentano un sistema di organizzazione della conoscenza formato da termini disposti all'interno di un albero gerarchico (in ambiente pedagogico è assai nota la tassonomia di Bloom per l'esplicitazione degli obiettivi educativi). La relazione su cui si fonda ogni sistema tassonomico è quella gerarchica che identifica un rapporto generale-specifico (del tipo *superType-subType* e *parent-child*).

Tuttavia, come messo in evidenza nei precedenti capitoli, diversi studi suggeriscono che l'organizzazione delle informazioni nella mente umana sia fondata su di una architettura reticolare, di conseguenza un sistema come quello tassonomico potrebbe essere inadeguato a rappresentare la struttura delle conoscenze nel nostro cervello.

I thesauri si distinguono dalle tassonomie proprio per l'introduzione di un ristretto vocabolario di relazioni che supera il semplice modello gerarchico. La struttura relazionale di un thesaurus consente di disegnare una sorta di mappa dei significati espressi da un certo linguaggio di indicizzazione, e consente sia all'indicizzatore in fase di annotazione dei documenti, sia all'utente in fase di ricerca dei documenti, di percorrere la rete semantica individuando relazioni e struttura classificatoria [Spinelli, 2005].

Per thesaurus intendiamo, secondo la definizione che ne dà l'International Organization for Standardization, nello standard internazionale per la costruzione dei thesauri monolingue [ISO, 1986]: *“un vocabolario di un linguaggio di indicizzazione controllato, organizzato in maniera formale, in maniera cioè da rendere esplicite le relazioni a priori fra i concetti”*. In sostanza, esso regola la terminologia, distinguendo i termini preferiti (detti descrittivi) da quelli non preferiti (detti non descrittivi) e rende esplicite le relazioni semantiche tra i

concetti, grazie a relazioni gerarchiche e associative [Gnoli, Marino, & Rosati, 2006]. L'American National Standard Institute definisce un thesaurus "*un insieme di parole e frasi che rappresentano relazioni di equivalenza e associative che forniscono un vocabolario standardizzato per sistemi di archiviazione e recupero dei documenti*" [ANSI, 2005]. I concetti rappresentati dai termini di un thesaurus possono essere di diverso tipo, come entità concrete, entità astratte, entità individuali, etc. [Spinelli, 2005]. Nei thesauri sono presenti di regola tre tipi di relazioni semantiche [Gnoli, Marino, & Rosati, 2006]: relazione sinonimica, gerarchica e associativa.

La prima, detta anche preferenziale, identifica il rapporto tra un termine preferito per l'indicizzazione di un concetto e altri non preferiti, mettendo così in connessione sinonimi, quasi-sinonimi, antonimi (i contrari), etc. Essa è rappresentata all'interno di un thesaurus coi simboli *USE* per indicare il termine preferito e *UF (use for)* per indicare i non preferiti. Possiamo, inoltre, distinguere tra relazioni univoche se si tratta di un rapporto 1:1 (a un termine preferito corrisponde un solo termine non preferito) e biunivoche (a un termine non preferito rappresentante un concetto complesso corrispondono due differenti termini preferiti rappresentanti suoi concetti costitutivi più semplici, che devono essere usati obbligatoriamente insieme) [Spinelli, 2005].

All'interno della relazione sinonimica possiamo ancora distinguere casi di sinonimia assoluta o accentuata e di sinonimia relativa e convenzionale. Nel primo caso il rapporto sinonimico è tale a priori (come nel caso di sinonimia vera e propria; varianti ortografiche; sigle e acronimi e preferenze linguistiche). Nel secondo caso non vi è una relazione sinonimica in senso stretto come nei casi di quasi-sinonimia; upward posting (rinvio al superiore gerarchico); e antinomia [Spinelli, 2005].

La relazione gerarchica è rappresentata dai simboli *BT (broader term)* che identifica il termine sovraordinato e *NT (narrower term)* che identifica il termine subordinato. Rientrano in questa categoria le relazioni generiche (genere-specie); le relazioni partitive (parte-tutto) e quelle esemplificative (classe-istanza o specie-esempio). Ciascuna di queste può essere verificata attraverso un semplice test logico: per soddisfare questo tipo di relazione i termini non solo devono appartenere alla stessa categoria, ma devono anche rispondere alla condizione "tutti e sempre" in senso ascendente, ovvero alla condizione "alcuni/tutti" nei due sensi discendente e ascendente (esempio riportato in figura 9: alcuni elementi della classe Felini sono dei Gatti, tutti i Gatti sono sempre, per definizione e

indipendentemente dal contesto, dei Felini; allo stesso tempo non tutti i Felini sono dei Gatti) [Spinelli, 2005].

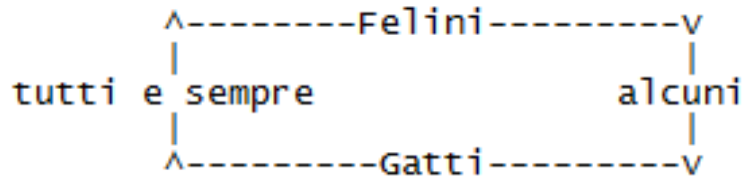


FIGURA 9 TEST DI VERIFICA DELLA RELAZIONE GERARCHICA [SPINELLI, 2005].

Esempi di relazioni partitive sono quelle esistenti tra sistemi e organi del corpo; luoghi geografici; discipline e campi di studio e/o strutture sociali gerarchizzate. Le relazioni esemplificative, dal canto loro, identificano il legame esistente fra una classe di cose o eventi e un suo individuo. Spinelli ricorda come sia possibile distinguere tra thesauri monogerarchici e poligerarchici, a seconda che i termini coinvolti in una relazione gerarchica possano appartenere a una sola o a più categorie.

Infine, la relazione associativa è una relazione generica che manca di una chiara definizione nello stesso standard ISO (*"uno dei termini è un componente necessario nella spiegazione o nella definizione dell'altro termine"*); è un tipo di relazione che serve a connettere concetti genericamente in relazione che utilizza come simbolo *RT (related term)*. In essa sostanzialmente ricadono tutti quei casi di termini tra loro associati che non rientrano nelle casistiche viste in precedenza (per questa ragione è anche detta residuale). Esempi ne possono essere termini che rappresentano concetti legati da una relazione di tipo "familiare" o di tipo "derivato" (un concetto che deriva dall'altro); una disciplina e il suo oggetto di studio; un processo e il suo agente o strumento; un'azione e il suo esito; concetti legati da rapporti causali; un concetto e la sua unità di misura; etc. [Spinelli, 2005].

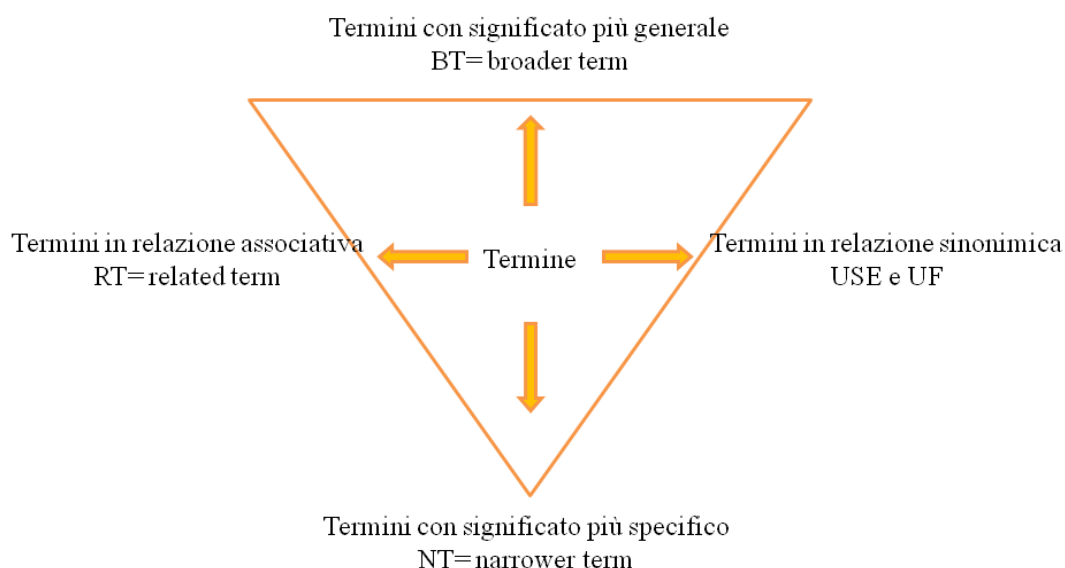


FIGURA 10 RAPPRESENTAZIONE DELLE RELAZIONI PRINCIPALI DI UN THESAURUS.

All'interno di un thesaurus i termini possono essere ordinati alfabeticamente o secondo qualche altro ordine classificato, ad esempio in ordine gerarchico. È da tenere presente che possono esistere numerose varianti nella organizzazione di un thesaurus.

Seguendo Spinelli nella sua analisi della definizione data dall'ISO, possiamo cogliere al meglio le caratteristiche essenziali di questo sistema di organizzazione e rappresentazione della conoscenza. L'ISO circoscrive il significato di thesaurus alla sola componente lessicale (semantica) di un linguaggio d'indicizzazione e di ricerca. Si tratta, dunque, essenzialmente di un vocabolario alfabetico costituito da termini che, benché controllati, appartengono al più vasto insieme della lingua naturale. Il concetto di controllo è qui essenziale poiché si pone a garanzia delle relazioni biunivoche fra termine e concetto, fra significante e significato (una condizione differente da quella del linguaggio naturale ricco di ambiguità, polisemie, omonimie, etc.). La definizione dello standard ISO 2788 rende inoltre evidente come le relazioni in esso esplicitate debbano essere formalizzate (da ciò deriva che ogni termine è inserito in una rete relazionale che ne chiarisce il contenuto semantico e ne mostra la distanza semantica dagli altri termini) e debbano considerarsi definite a priori (derivanti dall'ambito semantico e, pertanto, da considerarsi sempre valide in qualsiasi contesto) [Spinelli, 2005].

4.2 MAPPE MENTALI E MAPPE CONCETTUALI

La possibilità di utilizzare modelli di rappresentazione della conoscenza è stata, da diversi anni, esplorata e sperimentata anche in ambito psico-pedagogico. Le mappe mentali (*mind map*) e le mappe concettuali (*concept map*) sono probabilmente i paradigmi che hanno trovato maggior diffusione presso le comunità di psicologi e pedagogisti. Questi due modelli, sebbene presentino evidenti similarità, non devono essere confusi. Non sempre si riscontra in letteratura una chiara e netta distinzione tra mappe mentali e mappe concettuali; il che è un errore giacché questi termini presuppongono una definizione precisa di tecniche normalizzate con finalità diverse [Bargellini, Casadei, Coletti, & Puccia, 2005].

In accordo con Santucci, una mappa può essere definita come una rappresentazione convenzionale e semplificata di un territorio (sia questo geografico sia questo concettuale) [Santucci, 2003]. Le mappe mentali consentono, attraverso una tecnica di visualizzazione grafica, di rappresentare strutture di pensiero complesse in modo sintetico e sinottico. Il termine “mappa mentale” è stato coniato dallo psicologo inglese Tony Buzan attorno alla fine degli anni '60 [Vitale, 2005]. Nella prospettiva di quest'ultimo le mappe mentali sono definibili tramite diagrammi, in cui il concetto principale è posizionato al centro dello schema, mentre i concetti a esso collegati sono organizzati seguendo una geometria radiante. Il processo di costruzione delle mappe mentali ha avvio così dalla identificazione di un nucleo concettuale (il concetto chiave) e dal suo posizionamento al centro di uno spazio e procede verso l'esterno inserendo nuovi concetti e stabilendo nuovi legami (è in tal senso caratterizzata da una struttura dinamica che prevede un punto di partenza nel centro ma non una fine) [Buzan, 2003].

La ricerca sull'impiego delle mappe mentali ha origine dagli studi sulla capacità della mente umana di associare concetti e informazioni in modo non lineare e da quelli sulla differenziazione funzionale dei due lobi cerebrali (secondo cui il lobo sinistro elaborerebbe le informazioni principalmente con un approccio lineare, logico, analitico, quantitativo, razionale e verbale e potrebbe essere stimolato grazie a rappresentazioni testuali e verbali; mentre quello destro opererebbe in modo non lineare, olistico, intuitivo, immaginifico e non verbale e potrebbe essere stimolato attraverso rappresentazioni gerarchiche, collocazioni spaziali, simboli e colori) [Vitale, 2005]. Tenendo conto di tali fondamenti teorici, Buzan individuò nelle mappe mentali un efficace strumento in grado di rappresentare strutture di pensiero attivando le funzionalità sia logico-razionali sia

immaginifico-creative [Vitale, 2005]. Tra le caratteristiche più importanti delle mappe mentali vi sono, dunque, l'organizzazione gerarchico-associativa delle informazioni e l'uso di elementi ad alto impatto percettivo, quali colori e immagini, che possono stimolare la creatività del produttore e attirare l'attenzione del lettore. Con riferimento a quest'ultimo aspetto è possibile sfruttare differenti espedienti e strumenti grafico-rappresentativi, quali frecce di diverso tipo; codici simbolici; figure geometriche; figure tridimensionali; immagini creative associate ai concetti; etc. Fino ad oggi, le mappe mentali sono state sfruttate in differenti ambiti di applicazione che richiedono:

- una gestione della conoscenza distribuita;
- una gestione creativa dei processi di *brainstorming* sia individuale sia collettivo;
- l'analisi e la valutazione di processi di *problem solving* e *decision taking*;
- una comunicazione semplice e intuitiva in grado di enfatizzare i collegamenti logici;
- l'organizzazione di attività, risorse e tempistica;
- l'impostazione e progettazione di documenti.

Come accennato all'inizio di questo paragrafo, le mappe mentali nascono in contesto psicologico, ma hanno trovato successiva applicazione anche in ambiti formativi e in particolare nel *cooperative learning* e nella creazione e gestione di gruppi di lavoro (sia in presenza sia a distanza); nella progettazione di percorsi formativi interdisciplinari e nella valutazione delle competenze acquisite. Tuttavia, non approfondirò oltre l'analisi di questo strumento di rappresentazione, poiché, tenendo presenti gli obiettivi di questa ricerca, mi sembra necessario concentrarsi maggiormente sulle mappe concettuali e sugli spunti di riflessione che la loro analisi può offrire per la definizione di un modello per la progettazione di percorsi e contenuti didattici.

In ambito formativo, abbiamo assistito nel corso degli anni a una grande diffusione dell'utilizzo delle mappe concettuali quale mezzo di rappresentazione di domini di conoscenza (e talvolta anche degli stessi processi evolutivi della conoscenza). Le mappe offrono il vantaggio di fornire un quadro di immediata lettura di strutture conoscitive che possono essere anche molto complesse. Tali strutture seguono una logica di organizzazione associativa, simulando così l'architettura delle informazioni della mente umana ed enfatizzando in tal modo la

natura reticolare della conoscenza stessa [Bargellini, Casadei, Coletti, & Puccia, 2005].

Le mappe concettuali hanno origine dagli studi di Joseph Novak e del suo gruppo di ricerca intorno ai metodi e strumenti in grado di incrementare l'efficacia dei processi formativi. La loro ricerca ha preso avvio dalla riflessione primaria sulla natura della conoscenza e della sua acquisizione e apprendimento. Essi, in antitesi alle teorie comportamentiste dell'apprendimento in voga negli anni Cinquanta e Sessanta, hanno fondato il proprio lavoro sulle precedenti ricerche di David Ausubel, concentrandosi in particolare sulla teoria dell'apprendimento significativo.

Lo strumento individuato dall'equipe di Novak per la rappresentazione della conoscenza, come sopra detto, è la mappa concettuale al cui interno i concetti sono distribuiti gerarchicamente (quelli più inclusivi in alto e quelli più specifici in basso). Secondo Novak, questo sistema di rappresentazione è quello che più si avvicinerrebbe all'organizzazione mentale della conoscenza [Adorni, Coccoli, & Vivinet, 2007].

Ponendo la propria attenzione alle strategie di apprendimento umane, Novak sostiene l'erroneità implicita nella visione di chi considera l'insegnamento come un'attività volta a riempire la mente dello studente; la conoscenza deve invece passare attraverso i tre sistemi di memoria di cui è dotato il cervello umano per essere immagazzinata nella memoria a lungo termine. Quest'ultima sarebbe pertanto la sede dove risiederebbe l'insieme di conoscenze che ciascun discente possiede e che ha recuperato nel corso della propria personale esperienza di vita.

La sfida affrontata dal gruppo di ricerca di Novak è stata caratterizzata dalla volontà di comprendere attraverso quali meccanismi sia possibile introdurre nuova conoscenza e come integrarla con quella pre-esistente. Gli studi di Ausubel hanno fornito in tal senso i riferimenti teorici principali, introducendo la distinzione tra apprendimento meccanico e apprendimento significativo. In conformità a essi, Novak ha iniziato a sperimentare le mappe concettuali quale strumento di indagine delle modificazioni nel tempo delle strutture conoscitive nei bambini; successivamente ha ottenuto dati a favore della loro applicazione nei processi di facilitazione dell'apprendimento di tipo significativo, sulla base della convinzione che solo questo tipo di apprendimento potesse portare a una solida struttura cognitiva [Novak, 2001].

In seguito, le sue ricerche hanno mostrato come l'apprendimento possa variare lungo un continuum da un estremo meccanico a uno altamente significativo,

a seconda dell'impegno dello studente a mettere in relazione conoscenze nuove e pre-esistenti, della quantità e qualità dell'organizzazione della conoscenza pre-esistente e dell'azione di sostegno e di guida dell'insegnante circa il tipo e l'organizzazione dei contenuti presentati, la loro sequenzialità e le strategie educative impiegate.

Questi risultati hanno portato alla sperimentazione delle mappe concettuali per la pianificazione dei curriculum, aiutando a identificare quali concetti dovrebbero essere introdotti prima e quali dopo. In conformità a tali risultati, Novak ha sostenuto che l'utilizzo delle mappe concettuali consente di superare i limiti dei materiali didattici tradizionali, quali i libri di testo, caratterizzati da percorsi obbligati di scoperta, sicuramente significativi per l'autore del testo ma non necessariamente per gli studenti, dato che ogni discente possiede una struttura cognitiva personale, differente da quella di ogni altro, frutto delle proprie esperienze affettive e cognitive. La strutturazione dei percorsi formativi fondati sulle mappe concettuali avrebbe il grande vantaggio di essere centrata sulla comprensione concettuale di un dominio di conoscenza e non sulla memorizzazione di grandi quantità di dati spesso slegati tra loro [Novak, 2001].

L'intervento dell'insegnante e/o dell'esperto dei contenuti diventa, in questo contesto, decisivo poiché è sua responsabilità la costruzione della *impalcatura concettuale* che serve quale punto di partenza dell'esperienza conoscitiva personale dello studente [Adorni, Coccoli, & Vivinet, 2007]. Di recente, inoltre, sono stati evidenziati i vantaggi derivanti dalla costruzione collaborativa delle mappe (vantaggi tipici dei processi sociali di negoziazione e acquisizione di nuova conoscenza) [Novak & Gowin, 1989].

Passando alla analisi del processo di costruzione di una mappa concettuale a scopo didattico, è possibile distinguere alcuni passaggi:

- determinazione del dominio di conoscenza con chiara definizione dei suoi confini;
- individuazione operativa degli obiettivi didattici;
- esplicitazione degli eventuali pre-requisiti di conoscenza;
- individuazione del concetto primario;
- individuazione dei concetti secondari;
- individuazione di eventuali concetti terziari (informazioni di approfondimento);
- definizione delle relazioni che legano tra loro i concetti;

- test di valutazione della mappa.

La procedura indicata suggerisce di esprimere i concetti in modo gerarchico (da quello più generale a quelli più particolari) e sintetico (distinguendo eventualmente i concetti-chiave da quelli d'approfondimento); collegare i concetti tra loro mediante brevi proposizioni scritte su linee di unione; considerare la mappa sempre come *work in progress* suscettibile di continui aggiustamenti e, infine, prestare attenzione alla disposizione nello spazio dei concetti (eventuali concetti di pari livello dovranno essere posti, nei limiti dello spazio disponibile, sulla stessa linea). In fase di controllo della mappa sarà bene prestare particolare attenzione alle seguenti tipologie di errori: assenza di concetti centrali, presenza di concetti superflui; errata connessione tra due concetti; mancata segnalazione della connessione tra concetti; errori nella disposizione logica degli elementi; errori nella definizione e nelle relazioni fra concetti e collegamenti; errori sintattici. Inoltre, al fine di valutarne la qualità, Gineprini e Guastavigna propongono di monitorare una serie di indicatori, quali congruenza, coerenza, corrispondenza, ergonomia e trasferibilità [Gineprini & Guastavigna, 2006].

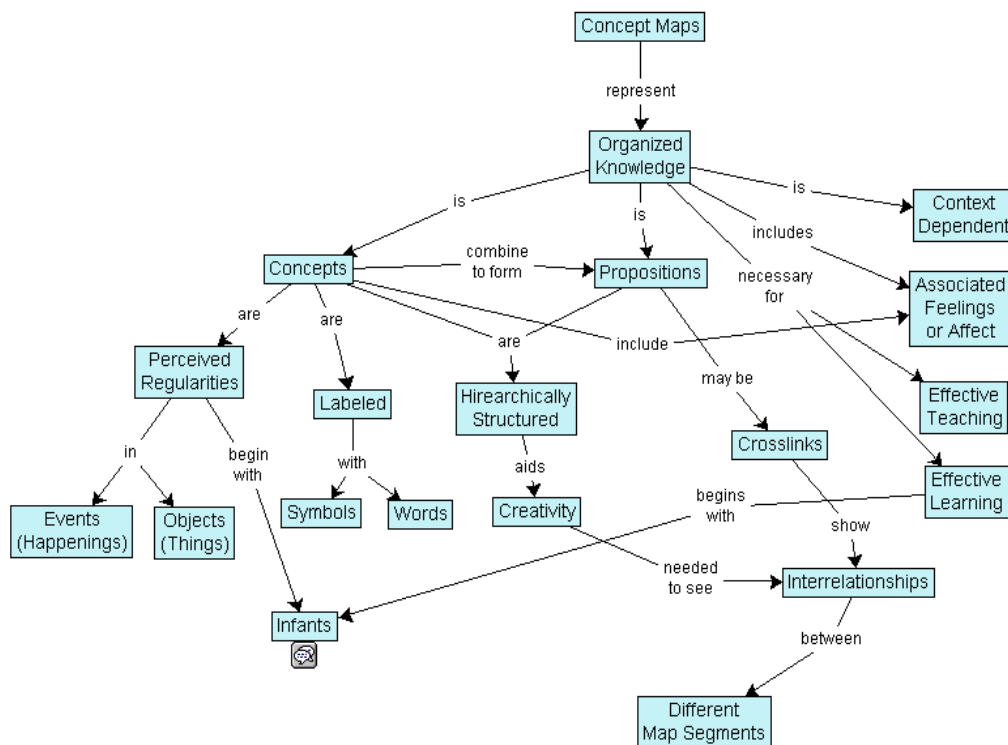


FIGURA 11 ESEMPIO DI MAPPA CONCETTUALE [FONTE: WIKIPEDIA].

In uno scenario didattico, quale quello cui questo studio fa riferimento, le figure professionali responsabili della costruzione delle mappe concettuali saranno diverse in base ai vincoli specifici d'ogni situazione (composizione dello staff di progettazione, budget economico, etc.). In un processo ideale il principale attore di questa fase sarà il docente, o esperto dei contenuti, preferibilmente coadiuvato dal responsabile scientifico del corso, dal subject-matter expert (esperto di un particolare argomento o segmento del percorso didattico che può rivelarsi necessario in progetti complessi o dai contenuti altamente specialistici) e dall'instructional designer [Adorni, Coccoli, & Vivanet, 2007].

Le riflessioni e le teorie di Ausubel e Novak hanno avuto ampia diffusione in differenti ambienti didattici; fra i modelli curricolari che ne sono derivati, particolare rilievo riveste quello, già menzionato, di Damiano, detto della "didattica per concetti" in cui è forte l'accento posto sia sull'intrinseco valore delle architetture mentali pre-esistenti negli studenti sia sul ruolo determinante dei docenti in fase di pianificazione didattica. Lo stesso Damiano, tuttavia, non ha mancato di rilevare i rischi derivanti da questa impostazione, consistenti nell'assolutizzazione della sfera cognitiva, con una riduzione dell'educando alla sua dimensione razionale, lasciando così in ombra aspetti affatto secondari per un olistico sviluppo della personalità e della persona umana [Tizzi, 1996a].

Ulteriori critiche all'impostazione di Novak sono venute da Gineprini e Guastavigna secondo i quali il riconoscimento nella teoria originaria di soli due tipi di concetto (i "concetti-oggetto" e i "concetti-evento") appare troppo generica e poco efficace nel veicolare, soprattutto in ambito didattico, la diversa natura dei significati delle "cose" e delle "cose-che-avvengono". Questi due autori hanno di conseguenza proposto una classificazione più articolata di elementi: concetti-evento, concetti-tempo, concetti-oggetto, concetti-persone, concetti-luogo, concetti-astrazione e concetti-definizione [Gineprini & Guastavigna, 2006].

Anche con riferimento alla natura delle associazioni definibili all'interno delle mappe concettuali, i due autori italiani giudicano che quelle previste nell'originaria teoria di Novak e Gowin siano insufficienti per definire criteri validi in ambito didattico. Questi ultimi ritenevano, infatti, che le strutture delle mappe concettuali non potessero che spiegarsi tramite criteri d'inclusività (pur riconoscendo che le mappe possiedono anche collegamenti trasversali). Questa logica operativa, ripresa nella programmazione dei percorsi d'apprendimento, appare inadeguata a spiegare e rappresentare la rete di relazioni che caratterizza strutture cognitive complesse e

variamente articolate [Gineprini & Guastavigna, 2006]. Una critica simile è stata avanzata anche da Emiliani che valuta l'impiego del criterio d'inclusività *“assai dubbio quando il collegamento è di natura argomentativa e diviene del tutto inaccettabile se il collegamento è causale o cronologico”* [Emiliani, 1997].

Nonostante alcuni limiti qui evidenziati, le teorie di Ausubel e Novak restano dei punti di riferimento fondamentali per la programmazione educativa. A sostegno di ciò basti citare il report stilato dall'Accademia Nazionale di Scienze degli Stati Uniti in cui sono enunciati i principi che guidano i processi d'apprendimento intorno cui è stato raggiunto un ampio accordo in letteratura [NAS, 2002]; tra cui:

- l'apprendimento è facilitato quando la nuova e l'esistente conoscenza sono strutturate attorno ai concetti portanti e ai principi della disciplina;
- gli studenti utilizzano ciò che conoscono per costruire nuovi significati;
- l'apprendimento è facilitato dall'uso di strategie meta-cognitive che identificano, controllano e regolano i processi cognitivi;
- gli studenti hanno strategie, approcci, modelli di abilità e stili di apprendimento differenti che sono in funzione della loro eredità e delle loro esperienze precedenti;
- la motivazione degli studenti all'apprendimento e la coscienza di sé influenzano ciò che si è appreso, quanto si è appreso e quanta fatica sarà posta nel processo di apprendimento;
- le pratiche e le attività nelle quali le persone si impegnano mentre apprendono modellano ciò che si apprende;
- l'apprendimento è accresciuto attraverso il supporto di interazioni sociali.

4.3 INTELLIGENZA ARTIFICIALE E RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA

Gli studi sull'intelligenza artificiale (*Artificial Intelligence, AI*) hanno dato nel corso degli anni un contributo enorme al tema della rappresentazione della conoscenza (*Knowledge Representation, KR*). Inoltre, questi studi sono alla base delle ricerche sulla evoluzione del web semantico (in particolare sui problemi di calcolo logico che questo deve risolvere). Questo è il motivo per cui in questo paragrafo tratterò le linee essenziali del processo di riflessione sulle problematiche della rappresentazione della conoscenza sviluppatosi in seno alla comunità dell'AI (si perdoni una certa banalizzazione del tema trattato, dato dalla necessità di tenere in conto solo quegli elementi che possono essere di interesse per l'obiettivo di questa

ricerca). I riferimenti che si proporranno di seguito non hanno avuto una diretta ripercussione sul modello sviluppato in seno a questo progetto, poiché in esso vi è una forte caratterizzazione derivante dagli studi pedagogici, piuttosto che da quelli provenienti dalla *knowledge representation*. Non vi è, infatti, tra gli obiettivi di questa ricerca l'approfondimento di tematiche proprie della filosofia e dell'Intelligenza Artificiale. Ciò nonostante si propongono di seguito alcuni richiami ai temi classici di questa disciplina poiché parte delle ispirazioni e delle intuizioni in essa presenti forniscono un miglior inquadramento delle problematiche da me discusse (con particolare riferimento al web semantico e all'idea della struttura reticolare della conoscenza e della organizzazione delle informazioni).

L'espressione "intelligenza artificiale" ha origine nell'intervento di John McCarty a uno storico convegno che ha avuto luogo nella città statunitense di Dartmouth nel 1956. Con questa espressione, si identifica una disciplina scientifica tesa a indagare i meccanismi soggiacenti le facoltà cognitive umane e le possibilità di una loro riproduzione tramite l'uso dei calcolatori. Negli anni seguenti si afferma una scissione tra i sostenitori di una cosiddetta "intelligenza artificiale forte", che sostiene che un computer opportunamente programmato possa essere dotato di un'intelligenza non distinguibile in nessun senso importante da quella umana (alla base di questa concezione vi è la teoria che la mente umana sia il prodotto di un complesso insieme di procedimenti di calcolo eseguiti dal cervello), e i fautori della "intelligenza artificiale debole", che afferma che un calcolatore possa solamente simulare i processi cognitivi umani.

Entrambe le posizioni, nonostante le differenze profonde che le contraddistinguono, sostengono che per riprodurre un comportamento intelligente col calcolatore sia necessario elaborare informazione mediante un programma. A questa posizione si contrappongono i connessionisti, i quali suggeriscono che per produrre un comportamento intelligente tramite un computer sia necessario simulare il funzionamento del cervello a livello cellulare. Con la maturazione della ricerca sull'intelligenza artificiale assistiamo alla formazione dei presupposti teorici delle scienze cognitive, alla cui causa hanno portato il proprio contributo membri di differenti settori disciplinari (intelligenza artificiale, linguistica, filosofia del linguaggio e della mente, psicologia cognitiva, neuroscienze) [Ciotti, 1999].

Il nucleo concettuale degli studi sull'intelligenza artificiale risiede nella idea che il ragionamento (e più in generale l'attività cognitiva) sia una forma di calcolo (inteso come manipolazione di simboli in base a regole). Proprio il concetto di

“simbolo” è strettamente legato a un altro concetto chiave di questa area disciplinare, il concetto di “rappresentazione”. Una foto, un quadro, una mappa geografica sono tutti esempi di rappresentazione, sono oggetti che “stanno per” o raffigurano altri oggetti. Da questa prima assunzione, ne deriva che le forme della rappresentazione appena citate non sono copie esatte degli oggetti che rappresentano, ma bensì sono l’esito di un processo di astrazione.

La *knowledge representation* è uno dei settori di ricerca più sviluppati dell’Intelligenza Artificiale e ha avuto il proprio battesimo attorno alla metà degli anni Sessanta con l’obiettivo di definire e analizzare dei formalismi atti alla rappresentazione della conoscenza nei sistemi di IA. Un sistema di KR deve essere dotato di due elementi essenziali [Frixione, 1994]:

- un linguaggio di rappresentazione (un insieme di strutture sintattiche, adatte a codificare le informazioni che si devono rappresentare e che possano essere implementate nella memoria di un computer);
- un insieme di regole che consentano la manipolazione delle strutture sintattiche (l'applicazione di tali regole deve consentire di ottenere le inferenze desiderate; inoltre, le regole devono poter essere formulate sotto forma di procedure effettive).

I sistemi formali sviluppati in logica matematica soddisfano tali requisiti, tuttavia, alcuni ricercatori dell’AI, non ritenendo la logica adatta, hanno proposto formalismi di rappresentazione alternativi quali reti semantiche, *frame* e sistemi a regole di produzione. L’oggetto di studio della logica (disciplina assai più antica dell’AI e nata con obiettivi indipendenti da questa) sono i nessi inferenziali tra enunciati. Un enunciato, o proposizione, può essere definito come una "*qualunque espressione linguistica che possa essere vera oppure falsa*". L’inferenza è il processo attraverso il quale, a partire da alcune proposizioni di partenza (le premesse), è possibile asserire un altro enunciato (la conclusione), come nel classico sillogismo aristotelico. Tradizionalmente la logica si occupa solo di inferenze deduttivamente valide, caratterizzate dal principio secondo cui se le premesse sono vere, allora anche la conclusione deve essere vera [Frixione, 1994].

Lo studio delle inferenze valide presuppone un processo fondato su un linguaggio formale con cui esprimere come formule premesse e conclusioni e delle regole di inferenza che, operando sulle formule, consentano di derivare delle conclusioni dalle premesse. La logica proposizionale cattura le forme più semplici di inferenza logica, quelle della cui validità si può render conto senza prendere in

considerazione la struttura interna delle proposizioni atomiche (proposizioni che non possono essere a loro volta scomposte in ulteriori proposizioni). Le proposizioni atomiche possono essere combinate per creare delle proposizioni complesse. Il linguaggio formale della logica proposizionale consente di rappresentare le proposizioni composte sfruttando dei connettivi proposizionali (negazione, congiunzione, disgiunzione, condizionale materiale) il cui significato può essere schematizzato attraverso le tavole di verità nelle quali è possibile verificare come al variare del valore di verità delle formule A e B, varia il valore di verità delle formule ottenute utilizzando i diversi connettivi [Frixione, 1994].

P	Q	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \underline{\vee} Q$	$P \Delta Q$	$P \rightarrow Q$	$P \leftarrow Q$
F	F	F	F	F	T	T	T
F	T	F	T	T	F	T	F
T	F	F	T	T	F	F	T
T	T	T	T	F	T	T	T

FIGURA 12 TAVOLA DI VERITÀ CON GLI OPERATORI LOGICI PIÙ COMUNI [FONTE: WIKIPEDIA].

Tuttavia, non tutte le inferenze valide possono essere formalizzate con gli strumenti della logica proposizionale; talvolta è necessario considerare la struttura interna delle proposizioni atomiche e in questi casi emerge la necessità di dotarsi di una logica maggiormente espressiva, quale la logica dei predicati del primo ordine che è caratterizzata da un alfabeto di simboli; un insieme di termini (gli oggetti dell'insieme che si sta considerando); e un insieme di formule (stringhe composte di simboli dell'alfabeto che sono considerate sintatticamente corrette). Inoltre, per potenziare la capacità rappresentativa della logica dei predicati è necessario introdurre altri due elementi: delle variabili individuali che consentono di rappresentare individui generici del dominio e dei quantificatori (espressioni come "qualcosa", quantificatore esistenziale, e "ogni cosa", quantificatore universale) [Frixione, 2001].

Come detto in precedenza, la logica quale strumento di rappresentazione della conoscenza è stata oggetto di più critiche, le principali delle quali ascrivibili al fatto che le rappresentazioni logiche sono poco strutturate (ne deriva che la conoscenza è rappresentata mediante diversi enunciati tra loro indipendenti comportando la moltiplicazione delle formule) e al fatto che esistono tipi di inferenza non riconducibili a inferenze deduttivamente valide [Frixione, 2001].

Prima di presentare i sistemi alternativi alla logica proposti in seno all'AI in tema di rappresentazione della conoscenza, ritengo necessario compiere un piccolo passo indietro. Ho ricordato in precedenza come alla base delle ricerche sull'intelligenza artificiale vi sia l'idea che il ragionamento sia una forma di calcolo, inteso come manipolazione di simboli. L'idea che a fondamento del comportamento intelligente vi sia la capacità di elaborazione dei simboli è uno dei fondamenti teorici di quest'area di ricerca. L'esempio di elaborazione simbolica che più caratterizza le facoltà umane è individuabile nel linguaggio verbale. Lo stesso celebre test di Turing assume che un computer intelligente dovrebbe essere capace di comunicare tramite il linguaggio naturale, al pari degli esseri umani [Turing, 1950]. Questa è la ragione per cui uno dei primi obiettivi che l'Intelligenza Artificiale si è posta è proprio quello di sviluppare programmi in grado di gestire il linguaggio naturale (*natural language processing*).

Questi studi prendono le mosse dalla teoria linguistica di Noam Chomsky, secondo cui la capacità di ogni essere umano di produrre e/o comprendere la lingua è riconducibile al possesso di un insieme di conoscenze implicite presenti nella sua mente, definibile come competenza linguistica (questa si suddivide in competenza fonologica, competenza sintattica e competenza semantica), e da un insieme di regole precise simili alle regole di un sistema formale [Chomsky, 1975].

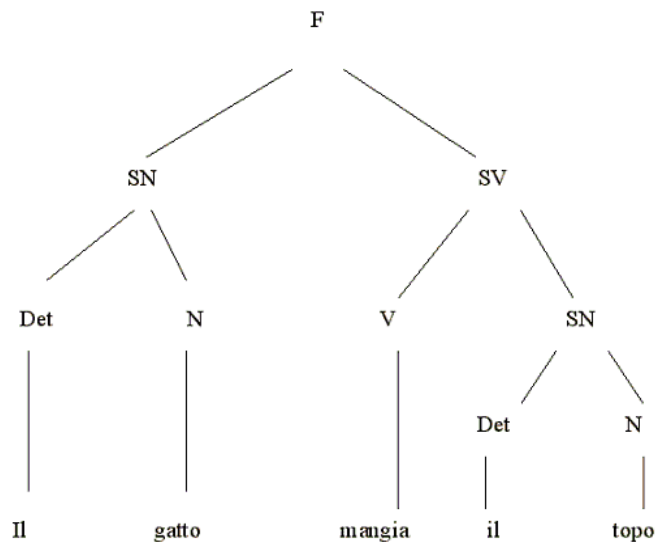


FIGURA 13 CLASSICA RAPPRESENTAZIONE AD ALBERO DELLA STRUTTURA SINTAGMATICA DI UNA FRASE.

Data l'esistenza di regole ben precise, è possibile, almeno teoricamente, sviluppare un programma in grado di produrre e/o analizzare le frasi del linguaggio naturale, ma il vero problema risiede nel fatto che, affinché un calcolatore possa comprendere realmente la produzione in linguaggio naturale, esso dovrebbe essere dotato della cosiddetta competenza semantica (il web semantico da questo punto di vista offre oggi prospettive nuove alla risoluzione di questa annosa questione). Questo problema è stato affrontato inizialmente, come abbiamo visto, sfruttando le potenzialità della formalizzazione logica per descrivere il significato delle frasi e le relazioni tra le parole. Tuttavia, le difficoltà incontrate nel processo di rappresentazione del significato basato sull'analisi logica sono emerse ben presto, poiché non si è riusciti a dotare le macchine di quella capacità, tipicamente umana, di dar senso al linguaggio naturale grazie alle informazioni di contesto che ci consentono normalmente di comprendere il significato degli enunciati.

Data questa premessa, è apparso evidente ai ricercatori di KR che un agente intelligente avrebbe dovuto possedere una precisa conoscenza del mondo per poter gestire il linguaggio naturale al pari degli esseri umani. Il problema non è, come si può facilmente comprendere, affatto banale. Intorno al 1970 diversi ricercatori hanno deciso di affrontare la questione circoscrivendo il problema e iniziando a definire dei micro mondi, in altre parole dei domini artificiali limitati, i cui oggetti, proprietà ed eventi sono identificati in anticipo in modo ristretto ed esplicito [Ciotti, 1999]. In realtà anche questa prospettiva si è rivelata presto inadeguata (per una conoscenza più dettagliata dell'argomento si rimanda alle fonti in bibliografia) ed è così che hanno preso le mosse gli studi che oggi riconduciamo sotto l'etichetta di rappresentazione della conoscenza.

Uno dei primi formalismi proposti sono le reti semantiche, la cui originaria teorizzazione va ricondotta a Ross Quillian, secondo cui i concetti nella nostra mente sono organizzati in una struttura reticolare [Quillian, 1968]. L'obiettivo di Quillian è in quegli anni fornire un modello dell'organizzazione della memoria semantica di un essere umano. Una rete semantica è un grafo relazionale (una rappresentazione grafica delle relazioni che sussistono fra gli elementi di un insieme in cui ogni elemento viene detto "nodo" della rete e viene connesso tramite un "arco" a nodi che rappresentano altri elementi in relazione con esso). Secondo Quillian il significato di un concetto è dato dall'insieme di tutti i nodi che possono essere raggiunti a partire dal nodo che lo rappresenta più l'insieme di tutte le relazioni fra tali nodi. In tal modo la definizione di un concetto non può che

scaturire dal suo contesto di riferimento [Scaruffi, 1991]. Una delle relazioni più rilevanti, rintracciabili all'interno di una rete semantica, è quella di un nodo congiunto a un altro tramite un arco "appartiene" (un arco *isA*) che dà origine a una tassonomia gerarchica, una classificazione degli oggetti in classi via via più astratte. Questo tipo di relazione è caratterizzato dalla ereditarietà delle proprietà (un oggetto membro di una data classe ne eredita le sue proprietà).

Nel 1975 William Woods ha criticato i sistemi a rete semantica poiché troppo eterogenei l'uno rispetto agli altri e privi di una teoria fondante e determinante, e propone pertanto di introdurre nelle reti semantiche un formalismo rigoroso (in particolare critica duramente l'uso degli archi nelle reti in quanto, pur potendo essi rappresentare concetti molto diversi, vengono trattati indiscriminatamente allo stesso modo) [Woods, 1975].

Per rispondere alla critica di Woods, Ronald Brachman propone le reti a ereditarietà strutturata (utilizzate nei sistemi KL-ONE e KRYPTON) nelle quali il ruolo di ciascun arco è stabilito in modo esplicito (le "definizioni" consentono di rappresentare tassonomie indipendenti dal dominio, mentre le "asserzioni" consentono di descrivere il dominio specifico di applicazione; in pratica le definizioni forniscono il vocabolario usato nelle asserzioni) [Scaruffi, 1991; Brachman, 1985].

Nonostante l'evoluzione delle reti semantiche, esse presentano dei limiti difficilmente superabili, riassumibili essenzialmente nei seguenti punti [Ciotti, 1999]:

- ogni singolo concetto è considerato come un elemento unitario, il che non consente di esprimere la complessità del significato dei termini;
- la specificazione del significato di ogni concetto è eccessivamente rigida (ogni concetto viene descritto attraverso una serie di elementi obbligatori).

Una proposta alternativa avente il fine di render conto delle caratteristiche della memoria umana e delle strategie più adatte per la sua riproduzione all'interno di un calcolatore è stata avanzata da Marvin Minsky che ha proposto la nozione di *frame* (traducibile in italiano come struttura o cornice). Con *frame* si fa riferimento a una struttura che raccoglie e organizza, secondo vari livelli di obbligatorietà, tutte le informazioni che sembrano comporre un determinato concetto (similmente all'idea di stereotipo), alcune delle quali sono considerate necessarie, altre probabili e altre solo opzionali. I diversi *frame* di cui siamo in possesso sono in associazione

tra loro, così ogni elemento di un *frame* sarebbe collegato al *frame* che ne descrive la struttura. Essi costituiscono in tal modo autentiche reti di concetti [Minsky, 1974].

Roger Schank ha elaborato un formalismo, che per alcuni aspetti si avvicina a quello dei *frame*, introducendo la nozione di *script* o copione; il quale nasce con l'obiettivo di rappresentare principalmente eventi (a differenza dei *frame* più adatti alla rappresentazione di oggetti o stati). Gli *script* si dimostrano utili, inoltre, a rendere esplicite quelle informazioni di contesto cui abbiamo prima fatto cenno e che servono a ogni essere umano per comprendere il significato delle frasi; in tal modo questi copioni ci aiutano a sapere cosa ci si può aspettare in situazioni tipiche. Tramite gli *script* è possibile specificare le caratteristiche di un evento nel dettaglio, indicando i luoghi, i tempi, i protagonisti, gli oggetti, etc. presenti in una storia [Schank, 1977].

Nella sua teoria della dipendenza concettuale Schank ipotizza esista un certo insieme di azioni e di ruoli primitivi che sono indipendenti dalla struttura del linguaggio e comuni a tutti i linguaggi. In conformità a questa ipotesi, egli ha definito una teoria dei concetti primitivi mediante i quali sarebbe possibile costruire tutti gli altri (e gli *script* farebbero uso di questi concetti primitivi) [Schank, 1972].

Non ho purtroppo qui modo di approfondire ulteriormente questo tema, ciò che tuttavia mi preme sottolineare è come l'Intelligenza Artificiale abbia prodotto negli anni alcuni tra i più illuminanti lavori cui oggi fanno riferimento le ricerche sulle tecnologie semantiche. Di conseguenza, nell'applicazione di tali tecnologie in contesti di e-learning e, più in particolare, nella progettazione dei contenuti didattici destinati alla formazione a distanza sarà necessario tenere in dovuta considerazione i risultati che essa ha raggiunto.

5. LA RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA NEL WEB SEMANTICO

Il web è costituito da una rete di risorse di informazioni, basata sulla infrastruttura di Internet, che attraverso tre principali meccanismi rende tali risorse disponibili al più vasto insieme possibile di utenti: un meccanismo per identificare ogni risorsa; un protocollo per dereferenziare tali identificativi o ottenere una rappresentazione della risorsa e per negoziare una specifica rappresentazione della risorsa tra le rappresentazioni alternative disponibili; e, infine, un linguaggio ipermediale per rappresentare le risorse che consenta, inoltre, di collegare le risorse tra loro utilizzando degli *hyperlink* [Della Valle, Celino, & Cerizza, 2008].

La pubblicazione della prima pagina web risale ai primissimi anni Novanta, si trattava di un semplice documento di testo, espresso e strutturato tramite l'*Hyper Text Mark-Up Language* (HTML), dotato di *link*. Si tratta di un documento che ben rispecchia la natura che ha caratterizzato tutta la prima fase della storia del web. In esso è, infatti, evidente una impostazione unidirezionale nella trasmissione di contenuti dall'autore e/o dal *publisher* all'utente-visitatore della pagina. Questa impostazione è stata dominante per diversi anni, fino a che una serie di trasformazioni, non solo tecnologiche, ha portato a quella che al giorno d'oggi viene talvolta citata come una autentica rivoluzione: il *web 2.0* [O'Reilly, 2005].

Il rapido sviluppo del web e la sua caratterizzazione in termini di ambiente di condivisione, partecipazione, collaborazione in cui gli utenti assumono un ruolo attivo diventano essi stessi produttori e divulgatori di contenuti hanno determinato, fra le altre cose, l'aumento esponenziale del numero di risorse didattiche oggi disponibili in rete a favore di studenti, docenti, progettisti didattici, etc.

Questo fatto, certamente positivo, ha tuttavia portato con se anche alcuni problemi legati alla difficoltà nella gestione e nella rintracciabilità di questo gran numero di materiali utilizzabili a scopi didattici. La proposta avanzata in questo progetto di ricerca intende fornire un contributo anche a tali problematiche,

proponendo un differente approccio alla progettazione delle risorse educative che possa in qualche misura agevolare i processi di condivisione delle stesse e una più efficiente e partecipata condivisione della conoscenza. L'approccio presentato è stato fortemente influenzato dagli sviluppi delle ricerche sul web semantico, nelle quali si è affermato un preciso modello di organizzazione e rappresentazione della conoscenza che andremo di seguito ad analizzare.

Le pagine web sono collegate sintatticamente mediante indici che localizzano la URL della pagina e tali collegamenti consentono di identificare le pagine in modo univoco. Uno dei principali limiti di tale impostazione risiede nell'assenza di significato dei collegamenti, in altre parole questo sistema manca di una qualche capacità semantica: i collegamenti dovrebbero non solo condurci in un determinato luogo (la pagina web) ma anche esplicitare la natura della relazione che connette due differenti risorse, due differenti concetti. Ciò che differenzia questa struttura da quella prevista nel web semantico è proprio l'attribuzione della capacità semantica alle informazioni e ai collegamenti. Lo schema di collegamenti che abbiamo oggi a disposizione e ciò che lo differenzia da quello caratteristico dell'impostazione del web semantico può essere rappresentato con la figura 14.

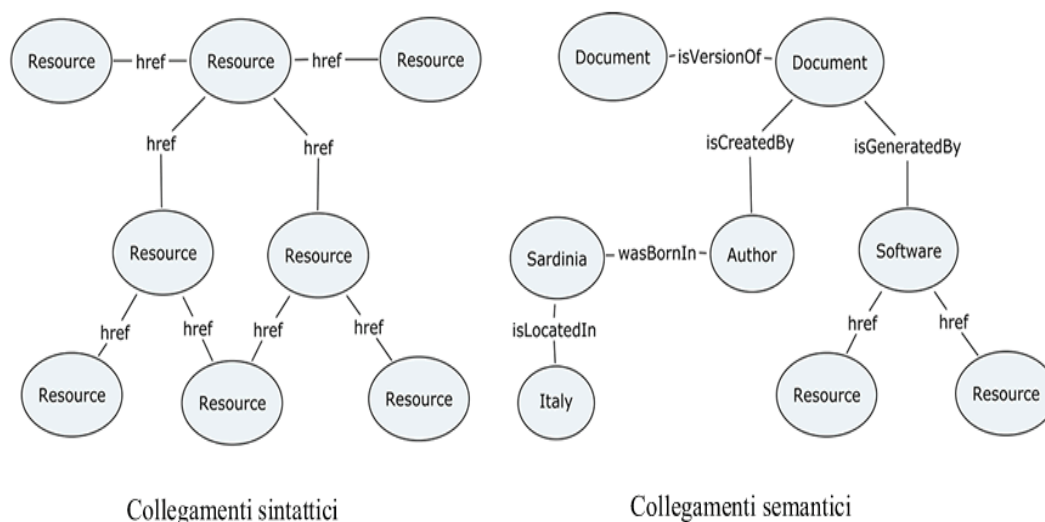


FIGURA 14 COLLEGAMENTI SINTATTICI E SEMANTICI A CONFRONTO.

Uno degli strumenti più diffusi ed efficaci che abbiamo oggi a disposizione per cercare risorse informative sul web è rappresentato dai motori di ricerca. Il funzionamento base di un motore di ricerca, tralasciandone una descrizione dettagliata, può essere riassunto nel seguente modo: l'interazione fra l'utente e il motore di ricerca inizia con l'invio di un'interrogazione tramite *form HTML*; il

motore di ricerca utilizza le parole dell'interrogazione per cercare nei file indice che si è precedentemente costruito scaricando e analizzando le pagine web, quali pagine contengono quelle parole; tali pagine vengono quindi ordinate per pertinenza utilizzando vari criteri e algoritmi, che essenzialmente si basano sul contenuto testuale delle pagine stesse e sulle informazioni rappresentate dai link sul web che puntano ad esse; il risultato viene quindi mostrato all'utente utilizzando una pagina HTML che contiene rappresentazioni condensate delle pagine più pertinenti.

Pur fornendoci un servizio indispensabile, i motori di ricerca soffrono di evidenti limiti che si manifestano palesemente andando ad analizzare i risultati restituiti alle nostre ricerche. Il primo dato da evidenziare a questo riguardo è l'esistenza del cosiddetto "web nascosto" (con questo termine si è soliti indicare l'insieme di risorse informative disponibili sul web, ma non rintracciabili dai motori di ricerca per varie cause quali contenuti non indicizzati, pagine periferiche, immagini, file audio e/o video, eseguibili flash, archivi zippati, informazioni contenute in basi di dati, contenuti dinamici che cambiano in tempo reale, etc.). Questo non è certo l'unico problema: problemi di vocabolario (originati dal fatto che i documenti web sono di regola espressi in linguaggio naturale); visualizzazione dei risultati poco intuitiva ed esplicativa; assenza o, al contrario, eccesso di risultati; bassa pertinenza con la richiesta inviata sono solo alcuni dei limiti di fronte a cui gli utenti dei motori di ricerca spesso si trovano. Con riferimento ai problemi di vocabolario si pensi ai numerosi casi di sinonimia e polisemia che rendono di frequente impossibile per i motori di ricerca restituire esclusivamente i risultati da noi attesi, a causa della notevole ricchezza (ma anche ambiguità) del linguaggio naturale, di fronte a cui anche i sistemi di ricerca più evoluti soffrono di enormi limiti di interpretazione (sebbene da questo punto di vista è doveroso registrare l'avanzamento della ricerca nell'ambito del *natural language processing*).

Berners Lee, in un celebre articolo del 2001, ha definito il web semantico come "un'estensione del web corrente in cui le informazioni hanno un ben preciso significato e in cui computer e utenti lavorano in cooperazione" [Berners Lee, 2001]. Si tratta di un ambiente in cui sarà possibile pubblicare e rintracciare documenti e informazioni in un formato adatto all'interrogazione, interpretazione ed elaborazione automatica; un web caratterizzato dalla presenza di strutture di collegamento più espressive di quelle attuali. Il web attuale, infatti, è strutturato in modo da essere "leggibile dalle macchine" (*machine-readable*) ma non

"comprensibile dalle macchine" (*machine-understandable*). Il termine "semantico" (da intendersi dunque come "che ha a che fare con il significato") assume la valenza di "elaborabile dalla macchina" (*machine-processable*).

Il web semantico non si configura come un'alternativa al web attuale ma bensì come una sua evoluzione, contraddistinta dall'attribuzione di significato alle informazioni. Il web, fin dalle sue origini, si è presentato come una fitta rete di documenti ipertestuali in connessione tra loro e, sebbene lo sviluppo dello stesso negli anni sia stato notevolissimo, tuttora la sua struttura è basata su ipertesti tra loro in associazione. È evidente come le pagine web si presentino oggi in forme ben diverse da quelle che era possibile visualizzare nel 1994 con *Mosaic* (il primo web browser che ha consentito la visione delle immagini, oltre che del testo, nelle pagine web): contenuti video, animazioni 3D, contenuti audio, siti dinamici sono ormai la consuetudine delle nostre esperienze in rete; nonostante ciò, ancora oggi la natura del WWW è caratterizzata dalla interconnessione di documenti ipertestuali.

Il web semantico si basa su di un'architettura più complessa e articolata rispetto a quella odierna; essa è stratificata su più livelli, poiché fondata su di un modello di progettazione a strati, in cui la realizzazione di ogni livello è basilare per lo sviluppo degli strati successivi. Tale scelta progettuale è stata assunta anche in ragione della necessità di sviluppare gradualmente e attentamente nel corso degli anni, il substrato tecnologico necessario alla implementazione di tale architettura, la quale sarà resa possibile grazie allo sviluppo e all'integrazione di diverse applicazioni (alcune delle quali sono già oggi pienamente disponibili).

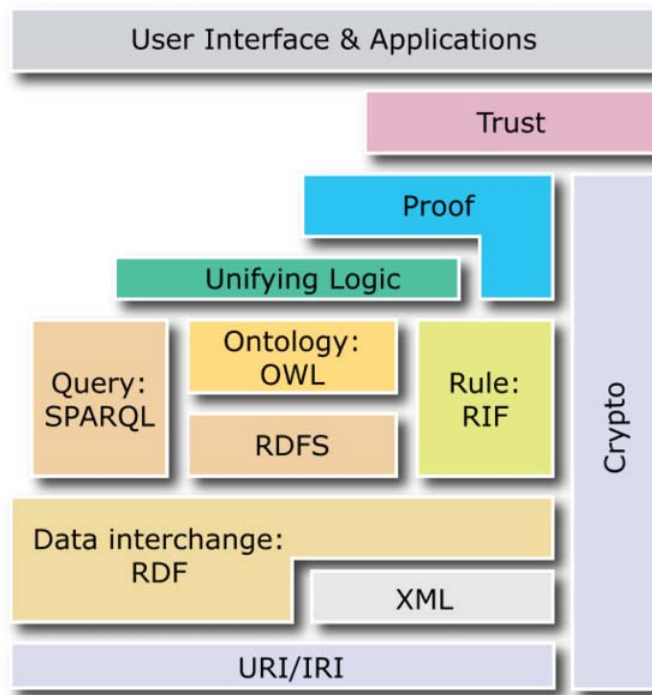


FIGURA 15 ARCHITETTURA DEL WEB SEMANTICO [FONTE: W3C].

In letteratura questa infrastruttura tecnologica è spesso rappresentata mediante una sorta di piramide alla cui base stanno i sistemi *Unicode* (un sistema di codifica che assegna un numero univoco a ogni carattere usato per la scrittura di testi, in maniera indipendente dalla lingua, dalla piattaforma informatica e dal programma utilizzati); *URI* (*Uniform Resource Identifier*, una stringa che identifica univocamente una risorsa generica che può essere un indirizzo web, un documento, un'immagine, un file, un servizio, un indirizzo di posta elettronica, etc.) e *IRI* (*Internationalized Resource Identifier*, un sistema di generalizzazione degli URI).

Al livello superiore (il cosiddetto livello dei dati) troviamo *l'eXtensible Markup Language* (XML) e *XML Schema*. In quest'architettura, XML fornisce un insieme standard di regole sintattiche per modellare la struttura di documenti e dati. Questo insieme di regole, dette più propriamente specifiche, definisce le norme secondo cui è possibile crearsi un proprio linguaggio di markup. Esso reca tra i suoi vantaggi fondamentali quello di garantire un'alta interoperabilità dei dati (e dunque di consentire lo scambio degli stessi tra piattaforme e applicativi diversi). La struttura dei documenti XML può essere determinata e validata attraverso l'uso di grammatiche quali DTD (Document Type Definition) o XML Schema. XML Schema fornisce un metodo per comporre vocabolari XML definendo le regole concernenti la struttura e il contenuto di un documento XML. A questo livello è necessario

introdurre inoltre dei namespace (traducibile in italiano come “spazio dei nomi”) utili per definire insiemi di nomi di elementi e/o attributi identificati in modo univoco da un identificatore in modo da risolvere eventuali casi di omonimia presenti a livello dei dati [W3C XML, 2008].

Il gradino superiore della nostra piramide è occupato dal *Resource Description Framework* (RDF), un modello specificatamente proposto dal W3C per definire informazioni descrittive sui dati e più precisamente sugli elementi costitutivi di una risorsa web (è il livello dei metadati). I metadati sono in realtà alla base della rete di conoscenza del web semantico. Essi sono generalmente definiti come “dati sui dati”: informazioni riguardanti i dati, tramite i quali è possibile ricavare della conoscenza sulla risorsa cui sono associati (a ogni risorsa disponibile sul web dovrebbe essere associata una precisa descrizione). Uno degli esempi più utilizzati per spiegare la natura dei metadati è rappresentato dalle schede bibliografiche utilizzate in biblioteche per organizzare le informazioni sui documenti in archivio. Esse contengono di solito una serie di dati quali autore, editore, soggetto, data di pubblicazione che serve per fornire un servizio di ricerca semplice ed efficace agli utenti della biblioteca. Con lo sviluppo del web e soprattutto con la crescita esponenziale del numero di documenti disponibili in rete, le necessità di catalogazione e di organizzazione delle informazioni per migliorare i sistemi di ricerca si sono fatte sentire in misura molto forte. Nel settore dell’architettura delle informazioni per il web sono state, pertanto, avanzate una serie di proposte di sistemi di classificazione, modelli e standard che potessero rispondere in modo efficace ed efficiente a tali necessità.

In questo contesto, sono stati sviluppati diversi schemi di metadati; allo stato attuale uno dei più diffusi è il Dublin Core [DC, 1998], un sistema di metadati costituito da un set minimale di elementi pensati per descrivere materiale digitale accessibile via rete (indipendentemente dalla natura dei suoi contenuti). Quando, nei capitoli successivi, introdurrò il tema della progettazione dei contenuti e dei materiali didattici, farò cenno agli schemi di metadati sviluppati per quel particolare scenario applicativo, primo fra tutti l’IEEE LOM (Learning Object Metadata) [IEEE, 2002].

Il modello base del Dublin Core è costituito da quindici elementi (a ciascuno dei quali è attribuito un URI per consentirne l’identificazione univoca sotto forma di URI):

- Titolo (*Title*);

- Creatore (*Creator*);
- Soggetto (*Subject*);
- Descrizione (*Description*);
- Editore (*Editor*);
- Autore di contributo subordinato (*Contributor*);
- Data (*Date*);
- Tipo (*Type*);
- Formato (*Format*);
- Identificatore (*Identifier*);
- Fonte (*Source*);
- Lingua (*Language*);
- Relazione (*Relation*);
- Copertura (*Coverage*);
- Diritti (*Rights*).

Nell'ambito dello stesso progetto DC, sono state rilasciate anche le linee guida volte a standardizzare le procedure di definizione dei cosiddetti *application profile*. Questi ultimi sono schemi di metadati selezionati per un particolare contesto applicativo di un'organizzazione o di un insieme di organizzazioni. Infatti, difficilmente il medesimo vocabolario può essere adatto a descrivere risorse inserite e facenti riferimento a contesti molto diversi tra loro; per questa ragione di frequente si riscontra la necessità di adattare uno schema base alle specifiche esigenze di un contesto (ad esempio, escludendo alcuni campi di metadati o introducendone di nuovi o, ancora, prevedendo un vocabolario di valori diverso da quello del modello base per uno o più campi).

Lo schema Dublin Core è disponibile, nello stesso sito web della *DC Metadata Initiative*, codificato secondo il modello RDF e può essere agevolmente implementato in questo formato in progetti che vogliano incrementare l'espressività semantica del proprio archivio dati e l'interoperabilità delle informazioni.

Scopo essenziale di RDF è fornire un modello per la descrizione di risorse che non sia basato su un particolare dominio di applicazione, né che definisca (a priori) la semantica di qualche dominio. La definizione di questo meccanismo, pertanto, deve essere neutrale rispetto agli ambiti applicativi ed, allo stesso tempo, è necessario sia sufficientemente flessibile da potersi adattare alla descrizione di informazioni di qualsiasi dominio. Il modello di dati RDF è rappresentato da risorse,

proprietà e valori. Alla base della rappresentazione delle informazioni in RDF vi sono gli *statement*, una forma di dichiarazione costituita da una tripla che lega tra loro gli elementi in una relazione binaria, del tipo: *Soggetto* (la risorsa), *Predicato* (la proprietà) e *Oggetto* (il valore). Tale modello è rappresentabile da un grafo orientato, sui cui nodi sono specificate le risorse o tipi primitivi e i cui archi rappresentano le proprietà [W3C RDF, 2008].

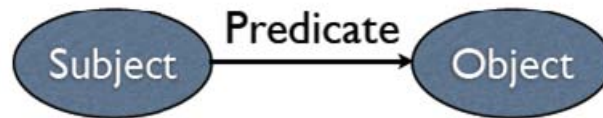


FIGURA 16 MODELLO DI UNA DICHIARAZIONE IN RDF.

Affinché le informazioni espresse secondo il modello RDF siano effettivamente interpretabili dalle macchine (uno degli obiettivi prioritari del web semantico), è indispensabile che le componenti di ciascun enunciato siano identificate attraverso gli URI o gli IRI. Ad esempio, potremmo scrivere uno *statement* in cui il soggetto è definito tramite un URL, il predicato mediante un URI (ad esempio, una delle quindici definizioni del Dublin Core) e, infine, per l'oggetto avremmo due opzioni: se esso è, a sua volta, una risorsa che può essere descritta (e dunque anche riutilizzata all'interno di altri enunciati) sarà identificata tramite un URI; se, invece, esso è solamente un valore (ad esempio, un valore numerico, una data, una stringa di caratteri) sarà considerato un *letterale* e non avrà un URI associato. Questo sistema di rappresentazione delle informazioni è la base del modello RDF, il quale può essere codificato utilizzando differenti sintassi, le più note delle quali sono *N3* (*Notation3*); la sintassi *RDF/XML* (sviluppata con l'obiettivo di abilitare un meccanismo di interoperabilità per coloro che vogliono sfruttare l'espressività di RDF e, allo stesso tempo, utilizzare gli strumenti più diffusi per l'elaborazione dei dati in XML); e, infine, *N-Triple* [Della Valle, Celino, & Cerizza, 2008]. Una volta che i dati e le risorse sono stati definiti e modellati seguendo questo paradigma, è possibile sfruttare *SPARQL* (*Simple Protocol And RDF Query Language*), per consentire l'interrogazione delle sorgenti di informazioni e il recupero di queste ultime [W3C SPARQL, 2009].

Tuttavia, rispetto agli obiettivi complessi del web semantico, il modello RDF non offre che uno strumento dalle capacità espressive assai limitate. Il primo passaggio che è possibile compiere per attribuire una maggiore capacità semantica

a questa struttura è rappresentato da *RDF Schema (RDFS)*, un'estensione di RDF che fornisce un metodo per descrivere vocabolari (consentendo di descrivere gruppi di risorse e le relazioni tra esse). Tra le caratteristiche fondamentali di RDFS, vi è dunque l'introduzione di un meccanismo di tipizzazione tramite l'uso delle classi; lo sfruttamento del principio di ereditarietà tra queste (il che fornisce il mezzo per avere una capacità inferenziale seppur ancora molto limitata); e la possibilità di specificare dominio e codominio nelle proprietà RDF.

Il gradino successivo della architettura del web semantico ci conduce a uno degli elementi fondamentali del suo modello di rappresentazione della conoscenza: le ontologie. Se con RDF e RDFS è possibile dotarsi solo di una ridotta espressività semantica (riuscendo a esprimere per lo più strutture di tipo tassonomico), con l'uso di schemi ontologici e OWL tale capacità è notevolmente potenziata.

Un'ontologia può essere definita come "*la specificazione di una concettualizzazione*" [Gruber, 1995], in altre parole una "*descrizione formale di un insieme di concetti e delle relazioni che intercorrono tra essi*" [Capuano, 2005]. Da queste due definizioni emergono alcune caratteristiche chiave: una ontologia è una forma di rappresentazione della conoscenza, simbolica e meccanizzabile, esplicita (elenchi estensionali di frammenti di conoscenza), ristretta a un determinato sottoinsieme dello scibile, affrontato da un certo punto di vista. Le ontologie possono essere usate da persone e/o applicazioni per condividere una conoscenza comune (e ancor prima un vocabolario comune) concernente un certo dominio.

I principali elementi che compongono una ontologia sono le classi (concetti generali del dominio di interesse); le relazioni (che formalizzano una associazione tra le classi); le proprietà (attributi, *slot*, ruoli) assegnate a ciascun concetto, che ne possono definire varie caratteristiche con eventuali restrizioni e vincoli; e, infine, le istanze che rappresentano specifici oggetti del mondo reale (esse ereditano gli attributi e le relazioni dalle classi cui appartengono).

Il concetto di ontologia affonda le sue radici in ambito filosofico (e, in particolare, nella riflessione aristotelica sulla metafisica) ed è stato utilizzato in diversi settori disciplinari, il che ha comportato una certa imprecisione nella definizione del suo significato. Con riferimento alla ingegneria della conoscenza, un'ontologia può essere definita come un artefatto risultato di un'attività di modellazione concettuale che ha dei precisi obiettivi ingegneristici [Di Bella & Guarino, 2006]. Tramite il concetto di ontologia si usa richiamare modelli concettuali assai diversi tra loro (dalle tassonomie alle basi di conoscenza) che si

differenziano sia per il livello di strutturazione sia per la formalizzazione del vocabolario (vedi figura 17).

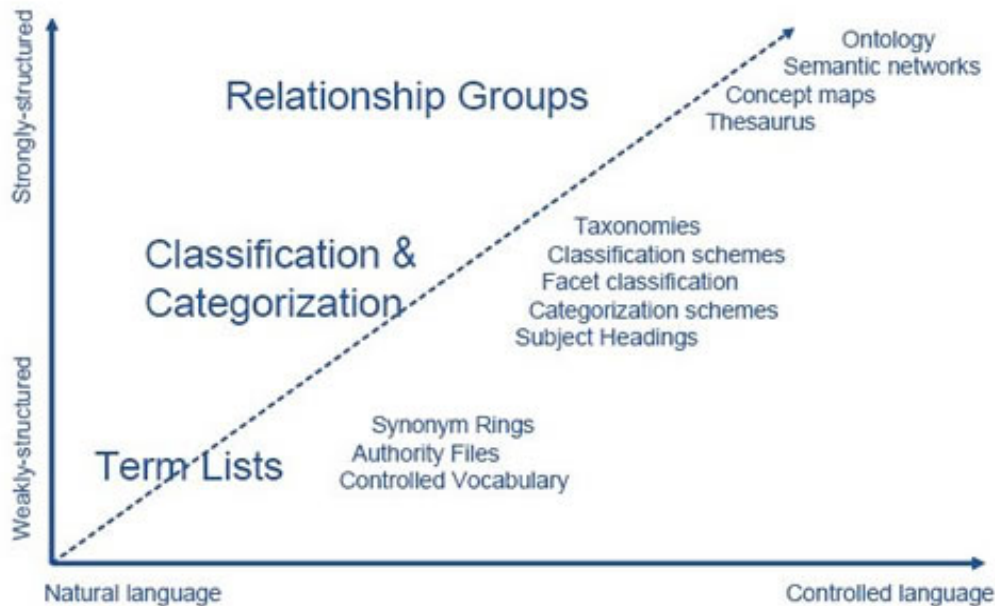


FIGURA 17 MODELLI DI RAPPRESENTAZIONE DELLA CONOSCENZA [ZENG, 2005].

Di Bella e Guarino hanno proposto due dimensioni di base per la classificazione delle ontologie: ricchezza espressiva (livello di dettaglio) e generalità (grado di dipendenza rispetto a un particolare problema o punto di vista). Rispetto alla prima dimensione, un'ontologia molto dettagliata può rappresentare meglio il significato inteso di un certo vocabolario, ma soffre di una maggiore complessità computazionale (con ripercussioni negative sulla efficienza di utilizzo da parte delle applicazioni). Rispetto alla seconda, un'ontologia sviluppata più specificamente per un particolare scenario applicativo risulta essere in genere più efficiente, ma presuppone che gli utenti del sistema semantico condividano già il significato del vocabolario utilizzato [Di Bella & Guarino, 2006].

Da quanto detto, dovrebbe essere chiaro che una ontologia non dovrebbe limitarsi a rappresentare una gerarchia di concetti organizzati con relazione di sussunzione ma dovrebbe prevedere relazioni semantiche formalmente definite che descrivano le associazioni tra i concetti costitutivi di un dato dominio. L'insieme dei dati fattuali del dominio applicativo e dell'ontologia che li descrive costituisce una base di conoscenza. Essa può essere pensata come un base di dati in grado di fornire una certa capacità deduttiva volta all'acquisizione di informazioni che non sono state esplicitamente inserite. Inoltre, un altro vantaggio fondamentale

derivante dall'utilizzo di questo modello di rappresentazione della conoscenza è da rintracciare nella riusabilità dell'informazione, in altre parole la facilità con la quale essa può essere utilizzata per scopi diversi da quelli originari, e con cui può essere integrata con altre sorgenti di dati di natura eterogenea [Di Bella & Guarino, 2006].

Uno dei problemi principali di fronte cui ci si trova quando si parla di ontologie è quello della condivisione e della conciliazione di esigenze e punti di vista diversi, in sostanza delle infinite visioni del mondo di cui ciascun individuo è portatore. Per tale motivo la generazione di un'ontologia in grado di rappresentare un dato dominio di conoscenza universalmente riconosciuta e imposta da una qualche autorità presenta aspetti problematici, all'orizzonte non facilmente risolvibili. È da registrare al riguardo lo sviluppo di un approccio tendente alla creazione di ontologie dal basso (sfruttando, ad esempio, le *folksonomy* cui si è fatto cenno quando si è parlato di web 2.0), in altre parole emergenti dal senso comune e dai processi sociali di negoziazione dei significati. Tuttavia, anche questo approccio presenta non pochi punti critici, principalmente ascrivibili alla corretta formalizzazione del modello concettuale.

Gli scenari applicativi che hanno origine dall'integrazione delle ontologie pongono in primo piano il rispetto del criterio di interoperabilità dei modelli, dei linguaggi e dei dati; un problema a cui si cerca di dare adeguate risposte mediante proposte di standardizzazione dei linguaggi descrittivi di tali sistemi. Diversi linguaggi sono stati sviluppati negli anni per la rappresentazione e gestione dei sistemi ontologici. Nell'ambito della *Semantic Web Initiative*, il W3C ha sostenuto lo sviluppo di OWL (Web Ontology Language), quale linguaggio per la definizione di ontologie strutturate basate sul web. OWL è composto da tre sottolinguaggi caratterizzati da una crescente espressività [W3C OWL, 2007]:

- OWL Lite: utile per quanti necessitano soprattutto di una gerarchia di classificazione e semplici restrizioni;
- OWL DL (Description Logic): utile per quanti ricercano il massimo dell'espressività mantenendo la completezza computazionale (tutte le conclusioni hanno la garanzia di essere calcolabili) e la decidibilità (tutte le computazioni finiscono in un tempo definito);
- OWL Full: destinato agli utenti che vogliono la massima espressività e libertà sintattica di RDF senza le garanzie computazionali.

Una delle caratteristiche più interessanti di OWL è la possibilità di caratterizzare in maniera molto più ricca le proprietà. Infatti, è possibile definire una proprietà come [Della Valle, Celino, & Cerizza, 2008]:

- *transitiva*: date tre risorse la loro collegate, se la prima ha una relazione specifica con la seconda e la seconda ha la stessa relazione con la terza, allora la prima risorsa è collegata, tramite la medesima relazione, con la terza;
- *simmetrica*: la relazione sussiste in entrambe le direzioni;
- *inversa*: dato un enunciato che mette in relazione due risorse tramite una data proprietà, essa permette di inferire un altro enunciato che si ottiene scambiando il soggetto con l'oggetto e utilizzando come predicato la proprietà inversa;
- *funzionale inversa*: due risorse aventi lo stesso valore in corrispondenza di una data proprietà sono in realtà la stessa risorsa.

Il sistema dell'architettura del web semantico presenta in cima un altro livello, quello logico; quest'ultimo, che a oggi appare ancora lontano da una piena concretizzazione e applicabilità, si basa sulla disponibilità di tecnologie in grado di implementare processi di inferenza logica (a questo livello vengono introdotte capacità inferenziali e deduttive utilizzabili per derivare nuova conoscenza) sostenute da tecnologie di firma digitale e di autenticazione. Osservando lo sviluppo delle specifiche prodotte in seno al W3C, pare che l'orientamento in questo momento prevalente sia quello che privilegia, per lo sviluppo di meccanismi di calcolo logico, la Logica del Primo Ordine (*First Order Logic*).

Infatti, affinché il web semantico possa effettivamente aiutare l'essere umano, secondo la visione di Berners Lee, estraendo autonomamente informazioni utili dalla vasta mole di documenti web annotati semanticamente, è indispensabile implementare un potente linguaggio logico. Le conclusioni ottenute sono validate a questo livello tramite motori di validazione costituiti da sequenze di formule derivate da assiomi. Infine, il sistema restituisce solo quelle informazioni che, secondo il richiedente, provengono da utenti la cui attendibilità è stata in qualche maniera preventivamente definita.

Gli altri elementi basilari nella costruzione dell'architettura del web semantico sono rappresentati da tecnologie ad agenti intelligenti, dunque programmi capaci di eseguire compiti definiti da un utente in modo autonomo, senza il controllo diretto dell'utente stesso (essi dovrebbero raccogliere, filtrare ed elaborare i dati presenti

in rete) e la firma digitale che dovrebbe garantire, basandosi su di un sistema crittografico, l'autenticità delle varie asserzioni e permettere di scoprire la loro provenienza. L'obiettivo finale è quello che è comunemente definito *Web of Trust*: un web capace di offrire riservatezza, che ispiri gradualmente fiducia, e che pone il problema della responsabilità delle pubblicazioni online.

In che modo queste tecnologie possono cooperare affinché il web sia in grado di fornire i servizi ipotizzati da Berners Lee? Volendo semplificare il discorso possiamo dire che alla base vi deve essere una diversa e più attenta filosofia di progettazione delle risorse web (basata sull'uso di XML), le quali devono rispettare gli standard definiti e recare con sé una descrizione delle proprie caratteristiche (tramite RDF e metadati). Ciascuna di queste risorse deve essere identificabile in modo non ambiguo grazie all'uso degli URI (risolvendo così i problemi di ambiguità visti quando abbiamo parlato dei motori di ricerca). I metadati sono la base informativa su cui possono operare gli agenti intelligenti per compiere le proprie azioni e prendere le proprie decisioni. Gli agenti, a loro volta, hanno la capacità di muoversi nello spazio informativo del web sfruttando il sistema di rappresentazione della conoscenza disponibile (ontologie). Le decisioni degli agenti a questo punto sono consentite dall'utilizzo di linguaggi di inferenza logica. Gli agenti, infine, nel prendere le proprie decisioni tengono conto del grado di fiducia attribuito alle risorse (e ai loro autori identificati da sistemi di firma digitale) dagli utenti stessi [Vivanet, 2007].

L'applicabilità di tutti i principi e del complesso sistema del web semantico è probabilmente ancora lontana da una sua piena soddisfazione, di conseguenza la diffusione di tali tecnologie su larga scala non è attualmente realizzabile. Gli ostacoli maggiori al suo sviluppo si incontrano a livello ontologico dell'architettura precedentemente vista. L'onerosità della mappatura delle risorse; la piena interoperabilità tra i diversi linguaggi utilizzati per la descrizione dei dati e le relazioni tra essi; i cambiamenti, anche culturali, profondi che si richiedono soprattutto in fase di progettazione dei documenti destinati al web richiedono uno sforzo supplementare e quell'adeguamento sociale e tecnologico che fin dagli inizi Berners Lee aveva indicato come chiave del cambiamento.

Gli studi sul web semantico possono offrire interessanti contributi alla ricerca sull'e-learning. Koper, padre delle specifiche *IMS Learning Design* [IMS LD, 2003], prevede *“interessanti sviluppi futuri derivanti dall'integrazione o l'uso coordinato delle ontologie, delle mappe concettuali e di più ampi aspetti del Semantic Web nei*

processi di progettazione dei processi formativi a distanza” [Koper, 2004]. Il web semantico, indicato dal W3C come uno dei suoi principali obiettivi strategici, può consentire di potenziare enormemente le capacità di ricerca dei motori attuali e, di conseguenza, di incrementare sensibilmente le potenzialità del web, fornendoci servizi a oggi considerati irrealizzabili. Uno sviluppo simile è sicuramente auspicabile anche al fine di perfezionare i sistemi di recupero di risorse educative sul web e/o all’interno di appositi *repository*. Inoltre i sistemi d’apprendimento basati sull’utilizzo di ontologie potrebbero consentire una flessibilità maggiore di adattamento dei percorsi formativi alle esigenze contingenti degli utenti.

Le prospettive derivanti dall’integrazione dei risultati di ricerca del web semantico e dell’e-learning sono probabilmente meglio esemplificate facendo cenno ad alcuni progetti sviluppati in anni recenti. Non sono necessariamente i più importanti sviluppati in questo settore, ma risultano interessanti in questo contesto poiché ciascuno di essi offre la possibilità di intravedere alcune ricadute positive in termini di miglioramento dei servizi e delle offerte formative degli ambienti della didattica.

Il progetto *EduOnto* è nato nell’ambito dei PRIN (Programmi di ricerca di Rilevante Interesse Nazionale) con l’obiettivo di studiare le possibili applicazioni del web semantico in contesti educativi, formativi e sociali. I fini immediati del progetto sono stati rappresentati dalla costruzione di un insieme di specifiche ontologie che descrivono attori, processi e tecnologie nelle scienze dell’educazione e dalla integrazione di questi schemi con un *learning object repository* in grado di gestire meccanismi di ricerca e consultazione “intelligente” [EduOnto].

Il progetto *Edutella* è un progetto open source di repository per la condivisione di risorse educative, sviluppato nell’ambito del programma JXTA sostenuto da *Sun Microsystems*. L’obiettivo è la costruzione di un’infrastruttura di metadati basata su RDF per applicazioni peer-to-peer che consenta l’interoperabilità dei metadati fra diversi schemi (IEEE/LOM, IMS, ADL SCORM) attraverso un servizio di mapping che gestisce le corrispondenze tra questi [Edutella].

Spunti interessanti sono offerti anche dal progetto *ScholOnto*, il quale ha avuto come obiettivo la strutturazione di un ambiente intelligente per la gestione dei paper pubblicati dai ricercatori. È basato su un sistema ontologico in grado di trattare, oltre che documenti, anche i concetti espressi al loro interno e le loro relazioni con concetti presenti in altri documenti che parlano dello stesso tema. Alla

base di tale sistema vi è, dunque, la possibilità di dotare i collegamenti di una certa “capacità semantica” [Petrucco, 2003].

Altro progetto interessante è stato sviluppato in seno alla *National Science Digital Library* che, oltre ad offrire agli educatori un repository multimediale di materiali per l'apprendimento della scienza, intende sviluppare un sistema ontologico su un curriculum scientifico. Il progetto prevede la definizione di un insieme di descrizioni modulari su una serie di argomenti che possano servire quali strumenti di navigazione concettuale e di verifica del rispetto degli standard curriculari da applicare a courseware e testi didattici. Il sistema dovrebbe, in tal modo, consentire di verificare la coerenza dei testi e delle unità didattiche con i requisiti del curriculum scientifico nazionale [Gupta, Ludäscher, & Moore, 2002].

L'ultimo progetto che voglio ricordare in questa breve rassegna è VICE. L'obiettivo in questo caso è stato lo sviluppo di una metodologia e una piattaforma per la realizzazione di applicazioni e-learning di alta qualità a elevato supporto tecnologico. VICE è legato allo sviluppo delle nuove tecnologie del *semantic web* e dell'Intelligenza Artificiale tese alla progettazione di percorsi formativi adattivi. Il progetto si fonda sull'idea di associare alle risorse, residenti in un *repository*, un'opportuna rappresentazione per mezzo di metadati cui fornire una semantica formale (in modo che tali informazioni siano gestibili anche da opportuni agenti software) [Acquaviva & Benini, 2004].

5. la rappresentazione della conoscenza nel web semantico

6. LO STANDARD ISO/IEC 13250: TOPIC MAPS

Nel precedente capitolo, ho brevemente presentato l'approccio del web semantico al problema dell'organizzazione e rappresentazione della conoscenza. Riprendendo lo stesso tema, introdurrò ora un altro modello che è stato sviluppato in seno all'*International Organization for Standardization*. Lo Standard ISO/IEC 13250: Topic Maps definisce un paradigma atto alla rappresentazione di struttura di conoscenza e all'associazione a queste di risorse informative. Di seguito, dopo un breve excursus sul processo di standardizzazione ISO, presenterò le caratteristiche fondamentali delle Topic Maps (TM), definite da Charles Goldfarb "*the GPS of the information universe*" [Garshol, 2002] e di XML Topic Maps (XTM); saranno quindi delineati alcuni scenari di ricerca applicata nell'ambito della progettazione dei contenuti e dei servizi per la formazione a distanza.

6.1 IL PROCESSO DI STANDARDIZZAZIONE

Il processo di ricerca sulle Topic Maps ha origine nei primi anni Novanta quando un gruppo di venditori di sistemi Unix costituisce un gruppo di ricerca, noto come *Davenport Group*, il cui principale obiettivo è lo sviluppo di un *framework* che consenta la gestione elettronica di documentazione riguardante software. Il primo prodotto elaborato in seno a questo progetto è chiamato SOFABED (*Standard Open Formal Architecture for Browsable Electronic Documents*). Tale progetto viene rielaborato nel 1993 da un nuovo gruppo di ricerca, il CAPH (*Conventions for the Application of HyTime*³), la cui attività è ospitata dal GCA⁴ *Research Institute*. Il principale risultato di tale attività è la revisione del modello SOFABED, denominato Topic Maps [Newcomb, 2003].

³ HyTime (acronimo di *Hypermedia Time*) è uno standard ISO pubblicato nel 1992 al fine di dotare SGML (*Standard Generalized Markup Language*) di funzionalità multimediali e collegamenti ipertestuali avanzati (Bichiri, 2007). Vedi <http://www.hytime.org>.

⁴ *Graphic Communications Association*, ora nota come IDEAlliance.

Quest'ultimo è accolto presto dall'ISO che avvia un processo di standardizzazione culminato nel 2000 con la pubblicazione della prima versione ufficiale dello standard ISO/IEC IS 13250:2000. Nello stesso anno è fondato un consorzio indipendente, denominato *TopicMaps.org*, che si pone l'obiettivo di sviluppare delle nuove specifiche per le TM basate sull'XML, in modo da garantire una maggiore diffusione e applicabilità dello standard nell'ambito del web. La prima versione ufficiale di tali specifiche, denominata *XTM 1.0*, è rilasciata nel 2001; l'ISO di conseguenza approva un *Technical Corrigenda* dello standard includendovi il sistema di notazione XTM [Newcomb, 2003]. Nel frattempo, all'interno dell'OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*), un consorzio no-profit internazionale impegnato nello sviluppo e nell'adozione di *standard open* per la società globale dell'informazione, vengono avviati i lavori di alcuni comitati tecnici al fine di promuovere l'uso dei *Published Subject* specificando raccomandazioni, requisiti e best practice per la loro definizione, gestione e applicazione. Nello stesso anno, sempre in seno all'ISO, sono avviati due nuovi processi di standardizzazione: *Topic Map Query Language* (TMQL, ISO/IEC 18048), un linguaggio di query per Topic Maps e *Topic Map Constraint Language* (TMCL, ISO/IEC 19756), un linguaggio per la definizione di schemi tramite cui specificare vincoli strutturali sulle mappe.

Il processo di elaborazione dello standard sta procedendo in questi anni in più direzioni. Nel 2003 è stata pubblicata la seconda edizione dello standard (ISO/IEC 13250:2003), mentre nel 2006 è stato pubblicato il *Topic Maps Data Model* (ISO/IEC IS 13250-2:2006), in cui è formalizzato il modello astratto, un modello di interpretazione e le regole per le operazioni di fusione delle TM. Infine nel 2007 sono state rilasciate le specifiche *XTM 2.0* (ISO/IEC IS 13250-3:2007), una revisione delle XTM 1.0. A oggi lo standard si presenta come un *multi-part standard* costituito da (vedi figura 18) [ISO, 2003]:

- ISO/IEC 13250:2003 Information technology -- SGML applications -- Topic maps - Edition: 2. È la seconda edizione dello standard , pubblicata nel 2003 e include XTM come sistema di codifica (*status: published standard*);
- [Part 1] ISO/IEC WD 13250-1 Information technology -- Topic Maps -- Part 1: Overview and basic concepts - Edition: 1. Fornisce una descrizione generale dello standard, delle varie parti che lo compongono e di come queste si integrino tra di loro (*status: standard under development*);

- [Part 2] ISO/IEC 13250-2:2006 Information technology -- Topic Maps -- Part 2: Data model - Edition: 1. Un documento fondamentale in quanto definisce il modello astratto delle TM, le regole di interpretazione e quelle per le operazioni di *merging* (fusione), oltre che fornire un set di *subject identifier* per gli elementi base (*status: published standard*);
- [Part 3] ISO/IEC 13250-3:2007 Information technology -- Topic Maps -- Part 3: XML syntax - Edition: 1. Definisce le specifiche XTM 2.0 (*status: published standard*);
- [Part 4] ISO/IEC FCD 13250-4 Information technology -- Topic Maps -- Part 4: Canonicalization - Edition: 1. Definisce un formato chiamato *Canonical XTM* (CXTM), basato su XML, il cui obiettivo è consentire la creazione di *test suite* per varie tecnologie basate sulle TM (*status: published standard*);
- [Part 5] ISO/IEC CD 13250-5 Information technology -- Topic Maps -- Part 5: Reference model - Edition: 1. Fornisce un modello di riferimento per valutare la sintassi e i *data model* per le Topic Maps (*status: standard under development*);
- [Part 6] ISO/IEC CD 13250-6 Information technology -- SGML Applications - - Topic Maps -- Part 6: Compact Syntax Edition: 1. Definisce un semplice sistema di notazione basato su testo per rappresentare e comporre a mano topic maps; per inserire all'interno di documenti esempi *human-readable* e come base sintattica comune per TMCL e TMQL (*status: standard under development*);
- [Part 7] ISO/IEC NP 13250-7 Information technology -- SGML applications - - Topic maps -- Part 7: Graphical Notation Edition: 1. Definisce un sistema di notazione grafica usato per definire ontologie e rappresentare *TM instance data* (*status: standard under development*).

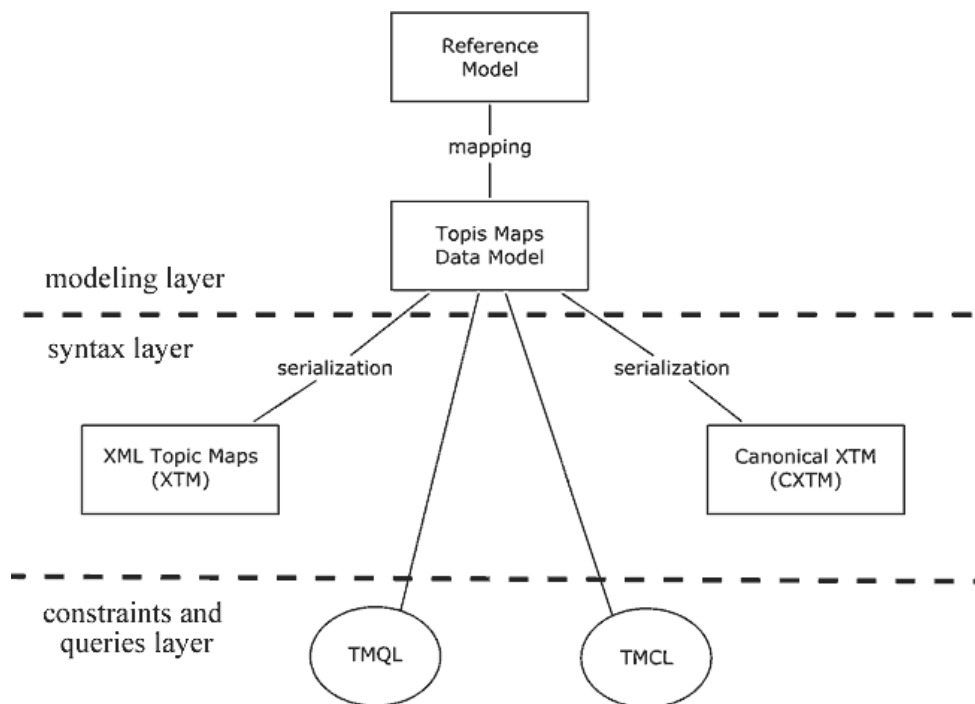


FIGURA 18 TOPIC MAPS STANDARD.

6.2 IL PARADIGMA DELLE TOPIC MAPS

Le Topic Maps sono dunque uno standard ISO che definisce un modello formale e standardizzato di rappresentazione della conoscenza, sviluppato, secondo la stessa definizione ISO, per “rendere le informazioni più facilmente rintracciabili”; mentre XML Topic Maps (XTM) fornisce un vocabolario e una grammatica, basata su XML, per la codifica e l’interscambio di topic maps. In sostanza le TM costituiscono un modello astratto per la rappresentazione di strutture reticolari di conoscenza, senza prendere in considerazione problematiche di implementazione la cui risoluzione è demandata prevalentemente all’XTM, una specializzazione del linguaggio XML, adatta per la formattazione di informazioni a struttura associativa quali mappe concettuali, reti semantiche, basi di conoscenza e più in generale strutture logiche e cognitive.

Gli elementi fondamentali che costituiscono una topic map sono richiamati spesso in letteratura tramite l’acronimo TAO: *Topic, Association* e *Occurrence* [Pepper, 2000]. Come i “concetti” sono gli elementi primitivi di ogni mappa concettuale, così i topic lo sono di ogni topic map. Un topic è un simbolo usato dentro una topic map per rappresentare un (e un solo) *subject*, al fine di poter fare delle “dichiarazioni” su di esso. Un subject può essere qualsiasi cosa: un concetto astratto, un luogo, un evento, un nome, un oggetto fisico, etc. (generalizzando

possiamo affermare che un subject può essere qualsiasi cosa riguardo cui è possibile fare una dichiarazione). Un'association identifica la relazione tra due o più topic; mentre le occurrence identificano le istanze dei topic, in altre parole le risorse ritenute in qualche modo esplicative per quel particolare subject che il topic rappresenta [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivinet, 2007b]. La prima caratteristica essenziale del paradigma delle TM è pertanto quella di avere una struttura a due livelli: un livello con la mappa dei topic (*knowledge layer*) e un livello con la mappa delle occorrenze (*information layer*).

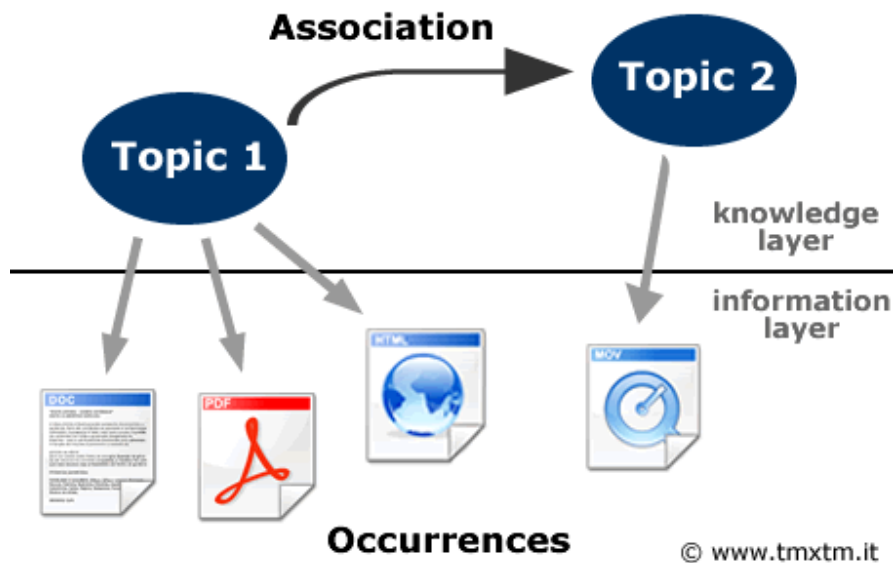


FIGURA 19 KNOWLEDGE LAYER E INFORMATION LAYER IN UNA TOPIC MAP.

La presenza di due livelli distinti è un connotato di grande interesse poiché consente che tra i topic siano stipulate associazioni che non vanno a interferire con la struttura delle risorse informative [Weston, 2002]. Questo significa che è possibile astrarre la mappa dei topic dal contesto delle occorrenze e utilizzarla su strutture di documenti differenti o in alternativa predisporre delle mappe differenti per la medesima struttura di risorse.

Le principali caratteristiche di un topic sono il nome, le occorrenze e il ruolo associativo. Ogni topic può avere zero o più nomi e per ciascun nome possono essere definite delle varianti; questo ci consente non solo di risolvere problemi di sinonimia e d'ambiguità terminologica, ma anche di predisporre mappe dei contenuti adatte a essere fruite in contesti multi-linguistici e multi-culturali e di prevedere nomi differenti per diversi servizi e *output*. Ciascun topic può essere istanziato da zero o più occorrenze, le quali possono essere interne o esterne alla

mappa (*offline* o *online*). Inoltre ciascun topic può essere inserito in una o più relazioni associative e per ciascuna di queste possiamo specificare il ruolo che esso svolge all'interno della relazione (quest'ultima caratteristica è utile per assicurare una direzionalità alle associazioni).

Il limite di validità delle caratteristiche di un topic (nome, occorrenza e ruolo associativo) può essere definito tramite gli *scope*. Questi ultimi rappresentano in un certo senso dei contesti che possono essere associati a ciascun topic; in tal modo abbiamo la possibilità di definire per uno stesso topic insiemi di caratteristiche (nomi, occorrenze e ruolo associativo) differenti⁵. Ogni volta che facciamo un'assegnazione di una caratteristica a un topic, stiamo essenzialmente compiendo una dichiarazione riguardo a esso. Ma, evidentemente, non tutte le dichiarazioni possono essere universalmente valide: un nome potrebbe essere applicabile in qualche contesto ma non in altri (ad esempio, la Grande Mela per indicare la città di New York); una occorrenza potrebbe essere pertinente in alcune situazioni ma non in altre (ad esempio, l'immagine dei giocatori della Nazionale Italiana di Calcio sarà diversa nelle diverse competizioni cui essa partecipa nel tempo); un'associazione potrebbe rappresentare una opinione non condivisa da altre persone (ad esempio, Maradona è stato il giocatore di calcio più forte di tutti i tempi). L'obiettivo degli *scope* è consentire all'autore di una topic map di esprimere i limiti entro i quali tali dichiarazioni (o assegnazione di caratteristiche) hanno validità. Per questa ragione, Garshol evidenzia come un utilizzo molto potente degli *scope* è consentire la cattura di differenti punti di vista del soggetto [Garshol, 2007b]. Se, dunque, intendiamo l'attribuzione di determinate caratteristiche a un topic come delle dichiarazioni su di esso, potremmo dire che tipicamente gli *scope* vengono impiegati per stabilirne la validità temporale e/o secondo una data autorità; per definire che tali dichiarazioni sono rivolte a una particolare audience e/o per modellare nomi e/o occorrenze in differenti lingue [Garshol, 2007b]. Un sistema informativo ben strutturato può sfruttare questa possibilità per finalità che vanno oltre la semplice disambiguazione di termini omologhi, ad esempio variando dinamicamente la presentazione della mappa e dei risultati di una ricerca in base al profilo dell'utente [Weston, 2002].

Al fine di evitare problemi d'ambiguità nella identificazione dei topic, è possibile associare a questi degli identificatori univoci, solitamente degli URI, in

⁵ Inizialmente lo standard includeva un elemento denominato *facet* (derivato dal sistema di classificazione a faccette di Ranganathan) al fine di poter esprimere metadata relativi alle risorse informative. Con lo sviluppo dello standard la necessità di usare le faccette è venuta meno poiché gli stessi risultati possono essere ottenuti attraverso canoniche associazioni [Vassallo, 2005].

modo simile a quanto avviene in RDF. Inoltre, topic, association e occurrence possono essere portati a un livello di astrazione superiore definendo dei *topic type*, *association type* e *occurrence type*. Questa caratteristica incrementa sensibilmente le capacità espressive di una topic map poiché permette di costituire degli insiemi di topic sulla base di caratteristiche comuni. Infine, per ridurre eventuali problemi di ridondanza è possibile compiere operazioni di *merging* (fusione) tra mappe differenti o porzioni di mappe, il che consente di evitare di replicare porzioni di mappa che potrebbero essere invece più agevolmente importate dall'esterno (caratteristica utile anche in termini di riusabilità dei contenuti).

6.3 XML TOPIC MAPS (XTM)

Le specifiche XTM 1.0 sono state sviluppate in seno al consorzio *TopicMaps.org* e incluse successivamente nella seconda edizione dello standard 13250 del 2003. L'obiettivo è consentire che il paradigma delle Topic Maps sia immediatamente applicabile al web. Negli anni successivi, il lavoro di sviluppo delle specifiche è proseguito culminando con la pubblicazione della versione 2.0 del 2007 (ISO/IEC IS 13250-3:2007).

L'XTM non è, tuttavia, l'unico formato esistente per la serializzazione delle Topic Maps. Altri sistemi sono stati proposti in alternativa per far fronte ad alcuni difetti dell'XTM, quali l'eccessiva verbosità e la lentezza nella costruzione manuale delle topic maps, quali *AsTMa*, una famiglia di linguaggi sviluppata allo scopo di supportare la creazione, l'aggiornamento, la definizione di vincoli e processi di querying sulle TM; e *LTM (Linear Topic Map Notation)*, un semplice formato testuale per TM. In seguito si è lavorato sulla possibile fusione di queste due proposte, elaborando *CTM (Compact Topic Maps syntax)*, una proposta che sta avendo una buona accoglienza presso la comunità degli sviluppatori [Bichiri, 2007], anche se al momento XTM resta l'unica sintassi standardizzata ISO.

XTM nasce con l'obiettivo di ottenere una sintassi per l'espressione e l'interscambio di topic map conforme ai seguenti requisiti:

- deve essere usabile in rete;
- deve essere semplice e, pertanto, gli elementi opzionali devono essere ridotti al minimo;
- deve essere *human-readable*;
- deve essere compatibile col paradigma dello standard ISO 13250;

- deve essere in grado di supportare ed essere supportata da un vasto numero di applicazioni.

Dati questi requisiti, le prime specifiche 1.0 (definite tramite una DTD) prevedevano solo diciannove elementi e un unico attributo. Con il rilascio delle specifiche XTM 2.0, è stata proposta una revisione della precedente versione. Esse definiscono una sintassi basata su XML per l'interscambio di istanze del *Topic Maps Data Model* (che regola l'interpretazione della sintassi). La sintassi è stata definita tramite *RELAX-NG Schema (REgular LAnguage description for Xml Next Generation)* [vedi Annesso A]. Il *namespace* per la sintassi XTM è <http://www.topicmaps.org/xtm/> [RELAX-NG, 2001].

Un documento XTM è, dunque, un documento XML conforme alla sintassi XTM. Senza entrare nel dettaglio della sintassi, vorrei ora definirne gli elementi base.

L'elemento `topicMap` è l'elemento radice di ogni documento XTM e può essere utilizzato per la reificazione di una topic map.

```
<topicMap version="2.0" xmlns="http://www.topicmaps.org/xtm/">
  <!-- topics and associations go here -->
</topicMap>
```

FIGURA 20 L'ELEMENTO TOPICMAP [GARSHOL, 2006].

L'elemento `topic` è usato per rappresentare i topic e funge da contenitore e punto di riferimento per le informazioni su questi. Gli elementi figli dell'elemento `topic` specificano la sua identificazione, i nomi e le occorrenze; mentre i ruoli associativi giocati dal topic sono specificati all'esterno dell'elemento `topic`. L'attributo `id` fornisce un identificatore univoco all'interno del documento per il topic, ed è usato per fare riferimento a esso.

```
<topic id="xTM">
  <subjectIdentifier href="http://psi.example.org/xTM/2.0"/>
  <instanceOf>
    <topicRef href="#syntax"/>
  </instanceOf>
  <name>
    <value>XTM 2.0</value>
  </name>
  <occurrence>
    <type>
      <topicRef href="#status"/>
    </type>
    <resourceData>International Standard</resourceData>
  </occurrence>
</topic>
```

FIGURA 21 L'ELEMENTO TOPIC [GARSHOL, 2006].

Questi i restanti elementi principali:

- l'elemento `itemIdentity` è usato per assegnare un identificatore di item al costruito della topic map rappresentato dal suo elemento genitore;
- l'elemento `subjectLocator` è usato per assegnare un localizzatore di soggetto al topic che è rappresentato dal suo elemento topic genitore;
- l'elemento `subjectIdentifier` è usato per assegnare un identificatore di soggetto al topic che è rappresentato dal suo elemento topic genitore;
- l'elemento `instanceOf` è usato per assegnare uno o più tipi al topic che è rappresentato dal suo elemento genitore (anche i tipi sono dei topic, indicati dagli elementi figli dell'elemento `instanceOf`);
- l'elemento `name` è usato per aggiungere dei nomi all'elemento topic rappresentato dal suo elemento topic genitore (gli elementi figlio dell'elemento `name` forniscono i valori del *topic name item*);
- l'elemento `value` è usato per fornire il valore del nome del topic;
- l'elemento `variant` è usato per aggiungere delle varianti di nome al topic name;
- l'elemento `scope` è usato per assegnare uno scope allo *statement* rappresentato dall'elemento genitore;
- l'elemento `type` è usato per assegnare un tipo al costruito della topic map rappresentato dal suo elemento genitore (il tipo è sempre un topic, indicato dall'elemento figlio dell'elemento `type`);
- l'elemento `occurrence` è usato per assegnare una occorrenza al topic definito dall'elemento genitore;

- l'elemento `resourceData` rappresenta una risorsa informativa, quest'ultima può essere sia una variante di nome sia una occorrenza e può avere un datatype;
- l'attributo `datatype` contiene un IRI identificante il datatype della risorsa che è rappresentata dall'elemento `resourceData`;
- l'elemento `resourceRef` indirizza a una risorsa informativa che può essere una occorrenza, se l'elemento genitore è `occurrence`, o una variante di nome, se l'elemento genitore è `variant`;
- l'elemento `association` rappresenta le associazioni;
- l'elemento figlio `role` dell'elemento `association` definisce i ruoli associativi dell'associazione;
- l'elemento `role` è usato per assegnare un ruolo associativo all'associazione creata dall'elemento genitore `association`.

```
<association>
  <type>
    <topicRef href="#specified-in"/>
  </type>
  <role>
    <type>
      <topicRef href="#specified"/>
    </type>
    <topicRef href="#xtm"/>
  </role>
  <role>
    <type>
      <topicRef href="#specification"/>
    </type>
    <topicRef href="#xtm-spec"/>
  </role>
</association>
```

FIGURA 22 L'ELEMENTO ASSOCIATION [GARSHOL, 2006].

L'elemento `topicRef` si riferisce a un topic, sia interno allo stesso documento XTM in cui esso è presente sia esterno. L'elemento `mergeMap` fa riferimento a un documento XTM esterno che è da fondere all'interno della topic map che lo contiene. Anche il processo di reificazione è esprimibile con una sintassi piuttosto semplice, come si vede nell'esempio che segue in figura:

```
<topicMap version="2.0"
  xmlns="http://www.topicmaps.org/xtm/"
  reifier="#tmtopic">

  <topic id="tmtopic">
    <name>
      <value>XTM 2.0 Example Topic Map</value>
    </name>
  </topic>

  <!-- ... -->
```

FIGURA 23 ESEMPIO DI REIFICAZIONE [GARSHOL, 2006].

Data la grande diffusione di strumenti e lavori sviluppati sulla base delle specifiche XTM 1.0, appare utile riportare di seguito le principali modifiche introdotte con la pubblicazione della versione 2.0 (semplificazione dei nomi di alcuni tag, eliminazione di elementi obsoleti; facilitazione del processo di reificazione; etc.):

- l'URI del namespace è stato cambiato;
- l'attributo version è stato aggiunto all'elemento topicMap;
- l'elemento parameters è stata sostituito da scope;
- l'elemento roleSpec è stato sostituito da type;
- l'elemento member è stato sostituito da role;
- un singolo *topic reference* è ora obbligatorio come figlio di role;
- l'elemento baseName è stato sostituito da name;
- l'elemento instanceOf è stato sostituito da type, ovunque tranne che all'interno di topic;
- l'elemento type è ora consentito all'interno dell'elemento name;
- gli elementi variantName e subjectIdentity sono stati eliminati;
- l'elemento variant non può più essere nidificato;
- l'elemento type è ora obbligatorio all'interno di occurrence, association e role;
- l'elemento mergeMap non supporta più scope aggiuntivi;
- l'attributo id è stato eliminato da tutti gli elementi tranne topic;
- l'attributo reifies è stato aggiunto ad alcuni elementi;
- gli elementi itemIdentity, subjectLocator e subjectIdentifier sono stati aggiunti;

- l'elemento `subjectIndicatorRef` è stato eliminato;
- XTM non usa più *XLink* e *XML base*;
- l'elemento `mergeMap` ora deve essere inserito prima di tutti gli elementi `topic` e `association`;
- l'attributo `datatype` è stato aggiunto a `resourceData`, che ora supporta anche *markup embedded* (questo cambiamento è importantissimo poiché tra i `datatype` accettati c'è *xsd:anyURI*; a seguito di tale modifica potremo aggiungere a ogni `occurrence markup embedded`, anche con formattazione testuale) [Bichiri, 2007];
- l'attributo `reifier` è stato aggiunto, sostituendo la reificazione implicita presente nella sintassi 1.0 che usava l'elemento `subjectIndicatorRef`;
- l'elemento `baseNameString` è stato sostituito dall'elemento `value`.

6.4 AMBITI DI APPLICAZIONE DELLE TOPIC MAPS

Gli ambiti di applicazione delle Topic Maps, oltre a tutti quelli tradizionali del web semantico, sono evidentemente numerosissimi. In primo luogo, le TM possono rivelarsi assai utili nell'ambito della archivistica e della biblioteconomia digitale con interessanti implementazioni nell'area dei beni culturali (si vedano in proposito i portali *Kulturnett.no*⁶ e il sito del *New Zealand Electronic Texts Centre*⁷). Altro interessante ambito di impiego è rappresentato dalle applicazioni di e-government [Vivanet, 2007] e, in particolare, della gestione dei sistemi informativi di amministrazioni e aziende (si veda il sito web del Comune di Bergen, seconda città norvegese, che ha reso fruibili tutti i servizi dell'amministrazione cittadina direttamente online gestendo l'offerta tramite una struttura basata sulle TM) [Garshol, 2007a]. Differente applicazione ha trovato lo standard all'interno di un progetto di innovazione dei servizi dell'*Internal Revenue Service* (IRS), l'agenzia del Dipartimento del Tesoro del Governo americano responsabile in materia fiscale, la quale si è dotata di un'applicazione web *TM-based* in grado di guidare gli operatori del proprio call center tra gli archivi documentali al fine di incrementare l'efficienza e velocizzare i tempi di risposta delle consulenze ai cittadini [Ahmed, 2002].

Attraverso un opportuno uso del paradigma delle Topic Maps, si potrebbe implementare tale modello in contesti che integrino aspetti di *e-government* e di *e-*

⁶ URL: <http://kulturnett.no/>

⁷ URL: <http://www.nzetc.org/>

learning, definendo dapprima l'ontologia di una data organizzazione, e quindi associando ai singoli topic materiali formativi e di aggiornamento dei relativi settori e servizi, che andrebbero così a costituire una sorta di guida in linea semanticamente navigabile e disponibile per la formazione e l'aggiornamento del personale interno [Vivanet, 2007]. Interessanti progetti di *e-commerce* basati sull'utilizzo delle Topic Maps sono stati avviati in diverse grosse aziende [Bichiri, 2007], talvolta con l'obiettivo di gestire i cataloghi elettronici dei prodotti, talvolta con l'obiettivo di supportare i servizi alla clientela.

Un altro ambito di applicazione assai promettente è rappresentato dalla organizzazione e sviluppo di portali e siti web navigabili semanticamente, in grado di fornire ai propri utenti la possibilità di rintracciare in modo più efficace informazioni e documentazione (uno dei casi esemplificativi più interessanti a questo proposito è rappresentato dall'*Italian Opera Topic Map*⁸).

Tuttavia, lo scenario applicativo che maggiormente interessa il mio progetto di ricerca è rappresentato dall'e-learning. Negli ultimi anni sono stati avviati diversi progetti di ricerca volti a indagare l'impatto delle tecnologie del web semantico nella formazione a distanza [Petrucco, 2003]. Gli studi sull'introduzione delle Topic Maps in tale contesto si inseriscono in questo filone di ricerca proponendo scenari innovativi per lo sviluppo degli ambienti destinati alla formazione in rete.

Il progetto europeo QUIS (*Quality, Interoperability and Standards in E-learning*), ad esempio, le cui attività sono state rivolte al tema della qualità, interoperabilità, riusabilità dei contenuti e sviluppo di standard, è stato uno dei più interessanti esperimenti in tal senso. Al suo interno sono stati attivati otto *Work Package* (WP). Il WP6, basando il proprio lavoro sullo standard ISO/IEC 13250, ha cercato di definire le specifiche dei sistemi e-learning di prossima generazione, il cui primo requisito, secondo tale progetto, deve essere la capacità di gestire strutture informative estensive. Si è dato pertanto avvio allo sviluppo di un *Personal Learning Environment* (PLE), la cui architettura è fondata sulle TM, in grado di adattarsi a differenti tipi di obiettivi d'apprendimento, tassonomie e strumenti di valutazione [Kolås & Staupe, 2007].

O4E, *Ontologies for Education*, è un progetto avviato in collaborazione tra la Winston-Salem State University, l'University of Pittsburgh e la Saint-Petersburg State Polytechnic University, il cui primo obiettivo è la raccolta e la diffusione di

⁸ URL: <http://www.ontopia.net/operamap/index.jsp>.

risorse web nel campo delle applicazioni delle ontologie per le prospettive educative moderne. È stata sviluppata a tal fine un'ontologia, sono state indicizzate le risorse nei concetti di questa ontologia ed è stato sviluppato un portale *topic map-driven* [Dicheva, Sosnovsky, Gavrilova, & Brusilovsky, 2005]. La stessa Winston-Salem State University, in collaborazione con la National Science Foundation, ha dato inoltre vita a un progetto, denominato TM4L, *Topic Maps for Learning*, per la strutturazione e gestione di *digital course library* ponendo la propria attenzione al problema della riusabilità e condivisione dei contenuti didattici e alla rappresentazione basata su standard dei materiali. Nell'ambito di tale progetto è stato adottato un approccio tipico del web semantico, proponendo, nello specifico, un *framework* per archivi di corsi digitali basato su una rappresentazione semantico-concettuale del dominio di conoscenza. Allo stato attuale è stato rilasciato TM4L, un *e-learning environment*, che consente la creazione, gestione e uso di *ontology-aware learning repository* basati sulle TM [Dicheva & Dichev, 2006]. Quest'ultimo è lo strumento adoperato nell'ambito del presente progetto di ricerca per la sperimentazione del modello che sarà descritto nel capitolo ottavo, cui si rimanda per maggiori dettagli.

7. PRINCIPI DI LEARNING CONTENT DESIGN

La progettazione dei percorsi didattici e dei relativi contenuti è una delle fasi più importanti di ogni processo di *instructional design*. L'e-learning presenta, sotto questo aspetto alcune peculiarità, che è necessario tenere in considerazione in quanto possono condizionare le modalità di organizzazione e gestione dei contenuti. In letteratura si è raggiunto ormai un buon grado di accordo circa i principali requisiti cui le risorse didattiche destinate alla formazione a distanza debbano conformarsi (poiché la riflessione sui requisiti delle risorse è strettamente legata al tema dei contenuti, mi pare utile qui farvi cenno). Modularità, flessibilità, personalizzazione, autoconsistenza, portabilità, interoperabilità, riusabilità, reperibilità e accessibilità sono alcune delle parole chiavi intorno cui il dibattito ruota e l'accordo è maggiore. Allo stesso tempo, è necessario tenere presenti le istanze provenienti dalle molteplici proposte di standardizzazione che sono state avanzate negli ultimi anni in questo settore. Terminerà questo capitolo la presentazione di alcuni modelli di progettazione di contenuti didattici che costituiranno terreno di confronto per il modello elaborato a compimento del presente studio.

7.1 REQUISITI

Come anticipato, i requisiti cui qui si fa cenno concernono principalmente il processo di sviluppo dei materiali didattici, ma essendo quest'ultimo strettamente correlato a quello della progettazione dei contenuti dei percorsi di apprendimento, ritengo si debba fare attenzione a essi anche quando si parla specificamente di contenuti.

Tali requisiti sono di natura prevalentemente tecnologica e non pedagogica, poiché su questi ultimi non è possibile riscontrare analogo accordo in letteratura (la ragione è probabilmente da rintracciare nella maggiore soggettività di interpretazione che caratterizza questo dominio). Il dibattito intorno a essi si è

sviluppato ponendo l'attenzione al concetto di *learning object* (LO, oggetto di apprendimento), un concetto nato con l'affermarsi degli approcci modulari all'*instructional content design*. Con "modularizzazione" si intende la progressiva scomposizione dei contenuti di conoscenza in più parti e a più livelli, al fine di facilitare il processo di comprensione da parte degli studenti e incrementare la possibilità di riutilizzo delle risorse didattiche in contesti diversi da quelli per cui sono state la prima volta progettate.

In letteratura è possibile trovare diverse definizioni di LO, alcune più generiche e comprendenti una vasta gamma di risorse, altre più rigorose [Alvino, 2008]. Wayne Hodgins nel descrivere tali oggetti di apprendimento, ha proposto la metafora dei mattoncini LEGO: così come ciascun mattoncino può combinarsi con gli altri, in qualsiasi modo e senza un preliminare adattamento, così un LO, se organizzato secondo determinati standard, può combinarsi con altri per costituire un'infinita serie di materiali di apprendimento [Fini & Vanni, 2004]. Il *Learning Technology Standards Committee* dell'*Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE-LTSC) ha definito i LO nei termini di "*any entity, digital or non-digital, that may be used for learning, education or training*" [IEEE, 2002]. Un'altra definizione spesso citata nella produzione scientifica è quella proposta da David Wiley: "*any digital resource that can be reused to support learning*".

Si tratta, come credo sia evidente, di definizioni molto generiche, comprendenti una vasta gamma di materiali. Proprio sulla base di questa considerazione e partendo dall'analisi delle caratteristiche dei learning object, Antonio Fini ha proposto una definizione più informale ed empirica: "*un'unità di conoscenza auto-consistente, con un obiettivo didattico ben definito, di dimensioni ridotte, usabile e riusabile in diversi contesti di apprendimento, sia didattici sia tecnologici (in questo caso si parla di interoperabilità), facilmente reperibile tramite apposite descrizioni o metadati*" [Alvino, Fini, & Sarti, 2007].

Da queste definizioni emerge con chiarezza come la modularità e la riusabilità rappresentino due requisiti di grande importanza. Altro elemento rilevante è l'autoconsistenza che, come rileva Alvino, ha le sue origini in quella metafora dei mattoncini LEGO cui si è fatto cenno poc'anzi. Si tratta di un concetto strettamente collegato alla riusabilità, poiché affinché un oggetto sia realmente riusabile non deve dipendere da altri oggetti (secondo un principio di autosufficienza). La riusabilità dipende, inoltre, fortemente dalla possibilità di recuperare agevolmente l'oggetto, in altre parole dalla possibilità che qualunque docente, studente e/o

progettista didattico ha di poter trovare e scaricare l'oggetto sia che questo risieda in qualche *repository* specificamente dedicato all'archiviazione di materiali didattici sia che si trovi liberamente disponibile in rete. Al fine di massimizzare la reperibilità, è necessario che la risorsa sia stata preventivamente dotata di una descrizione opportuna tramite metadati (processo di indicizzazione) [Alvino, 2008].

Credo sia utile ricordare anche che la possibilità di riutilizzo di un learning object sia strettamente connessa alle sue caratteristiche di portabilità e interoperabilità, concetti che fanno riferimento all'indipendenza dell'oggetto dal sistema operativo utilizzato e dalle applicazioni software che utilizzano l'oggetto. Nel suo senso generale, col concetto di interoperabilità ci si riferisce alla capacità dei sistemi e applicazioni informatiche di cooperare e scambiare informazioni o servizi con altri sistemi o applicazioni con affidabilità e ottimizzazione delle risorse. In tal senso, l'adozione, ad esempio, degli standard W3C per la strutturazione dei dati contenuti nei materiali didattici (oltre che per i dati informativi dei sistemi di apprendimento che si riferiscono a utenti e al tracciamento delle azioni effettuate all'interno delle piattaforme) può costituire un'ottima base per massimizzare l'interoperabilità dei materiali sviluppati.

Altro elemento chiave che si è affermato negli ultimi anni nel settore delle *web application* e che è direttamente coinvolto nei processi di *instructional content design* è rappresentato dall'accessibilità. La legge 9 gennaio 2004 n.4 (nota come "Legge Stanca") definisce l'accessibilità come "*la capacità dei sistemi informatici, nelle forme e nei limiti consentiti dalle conoscenze tecnologiche, di erogare servizi e fornire informazioni fruibili, senza discriminazioni anche da parte di coloro che a causa di disabilità necessitano di tecnologie assistive o configurazioni particolari*". Di recente in Italia è stato pubblicato anche il Decreto Ministeriale 30 aprile 2008 recante "*Regole tecniche disciplinanti l'accessibilità agli strumenti didattici e formativi a favore degli alunni disabili*" (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 136 del 12 giugno 2008). È evidente come sempre più in futuro questo requisito dovrà essere tenuto in debita considerazione. Nelle "*Linee guida IMS per lo sviluppo di applicazioni accessibili per la formazione*" è ben evidenziato come l'utilizzo di XML possa facilitare la produzione e gestione di materiali didattici accessibili, trasformabili, strutturati e basati su testo (XML, combinato con le potenzialità dei *Cascading Style Sheet - CSS -* e di *eXtensible Stylesheet Language - XSL -*, consente un'ampia gamma di trasformazioni del documento di base, quali cambiamenti semplici relativi alla dimensione e al colore dei caratteri e cambiamenti complessi in

grado di trasformare il medesimo documento XML in presentazioni totalmente differenti). Inoltre, l'utilizzo di strutture annidate consistenti può rendere più semplice la navigazione di contenuti formativi complessi ed è proprio a questo riguardo che un'attenta progettazione dei contenuti potrebbe apportare vantaggi in termini di accessibilità delle risorse didattiche che ne derivano [IMS, 2002].

Il concetto di accessibilità è in stretta relazione con quello di usabilità. L'interazione uomo-macchina realizza un rapporto di comunicazione, uno scambio di informazione, mediato dall'interfaccia. Di conseguenza quest'ultima riveste un ruolo decisivo nel condizionare tale processo e ha l'importante compito di aiutare l'utente a costruirsi un modello mentale del sistema e degli oggetti didattici che si trova davanti. Per questa ragione è necessario avere particolare cura in fase di progettazione dei contenuti e dei materiali didattici. L'usabilità è, infatti, fortemente condizionata dalla struttura delle informazioni, dalla loro organizzazione, ed è per questo che nel corso della suddetta progettazione si deve porre le basi di un percorso formativo realmente usabile.

Altro requisito cui è riconosciuto grande valore sul piano tecnologico, ma soprattutto pedagogico concerne la personalizzazione. Esso rappresenta uno degli obiettivi da sempre perseguiti dalla ricerca sull'e-learning cui finora sono mancate risposte pienamente soddisfacenti. Si tratta di un elemento strettamente correlato alla modularità e flessibilità dei percorsi didattici (anche a questo riguardo, vorrei sottolineare come l'adozione di tecnologie XML, in particolare XML più XSL e CSS, presenti indubbi vantaggi in termini di flessibilità nella strutturazione, gestione e modalità di presentazione dei contenuti).

Al termine di questa sezione dedicata ai requisiti dei materiali didattici, mi pare utile fare cenno a una questione nota come "il paradosso della riusabilità": una risorsa didattica, ad esempio un learning object, trae una parte rilevante del proprio valore didattico dalla sua capacità di essere significativa nello specifico contesto in cui viene utilizzata; tuttavia più essa sarà legata a elementi di contesto e minore sarà la sua riusabilità in contesti differenti e viceversa (una risorsa didattica completamente astratta dal contesto in cui viene utilizzata avrà probabilmente una minore efficacia didattica a vantaggio della sua riusabilità) [Wiley, 2000]. Si tratta di un tema complesso che necessita di essere tenuto in debito conto nel momento in cui ci è necessario bilanciare le molteplici necessità scaturenti dai requisiti sopra delineati.

7.2 SPECIFICHE, STANDARD E METADATA

La scelta di conformarsi a standard internazionali comporta evidenti vantaggi in termini di interoperabilità, manutenibilità ed economia. Numerosi enti, organizzazioni e consorzi hanno avviato in questi anni iniziative volte alla definizione di standard, specifiche, raccomandazioni e buone pratiche. Tra essi, l'*Institute for Electrical and Electronic Engineers - Learning Technology Standards Committee* (IEEE LTSC); il *CEN/ISSS Learning Technology Workshop* (European CEN/CENELEC activity); l'*ISO/IEC Joint Technical Committee 1 - Sub-Committee 36 - Learning Technology*; l'*Aviation Industry Computer Based Training Committee* (AICC); l'*Instructional Management System Global Learning Consortium* (IMS) e l'*Advanced Distributed Learning Initiative* sono stati tra i più impegnati. Assolutamente da non dimenticare è poi il lavoro della *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI), un consorzio non operante specificamente nel campo dell'e-learning, ma la cui principale specifica è uno standard molto diffuso in progetti e sistemi di formazione a distanza.

Le prime specifiche volte all'interoperabilità in questo ambito sono state sviluppate nel contesto dei sistemi di formazione basati sull'uso dei *personal computer* (CBT, *Computer Based Training*) nel settore aeronautico americano. Esse sono state redatte dall'AICC, ma in seguito sono state sostituite da quelle sviluppate in seno all'IMS. Le prime specifiche IMS, principalmente dedicate alla migrazione di contenuti e dati riguardanti gli utenti tra differenti sistemi, hanno condotto alla esplicitazione di due forti tendenze nella progettazione didattica: la destrutturazione dei contenuti in elementi atomici, auto consistenti e riutilizzabili (i learning object) e la definizione attraverso i metadati dei contenuti affinché possano essere ricomponibili in sequenze didattiche in modo standard e interoperabile tra differenti sistemi [CNIPA, 2007].

Altro contributo fondamentale è arrivato dalle linee guide dell'ente ADL del Dipartimento della Difesa e Ministero del Lavoro USA, che ha selezionato le specifiche IMS di proprio interesse dando origine alle specifiche SCORM (*Shareable Content Object Reference Model*) [ADL]. Queste ultime costituiscono in un certo senso dei profili applicativi delle specifiche IMS concernenti i contenuti di e-learning e riguardano sia dati di indicizzazione dei LO (LOM, *Learning Objects Metadata*), sia i processi di assemblaggio (*Content Packaging*) e sequenzializzazione (*Simple Sequencing*). SCORM rappresenta un modello di riferimento che ha l'obiettivo di integrare i contributi di IMS, AICC e IEEE in un *framework* per la definizione di

contenuti condivisibili e riusabili. Esso definisce le caratteristiche tecniche che un oggetto deve rispettare per essere considerato SCORM-compatibile e quelle che un ambiente di e-learning deve rispettare per ospitare oggetti SCORM [Giacomantonio, 2007].

Un LO standard SCORM è catalogabile tramite opportuni metadati così che possa essere indicizzato e recuperato agevolmente. Esso deve, inoltre, essere in grado di scambiare dati con il sistema LMS e/o LCMS in cui è utilizzato allo scopo di consentire la tracciabilità delle azioni degli utenti in quel dato sistema. Un LO standard SCORM è di norma costituito da più componenti atomici, denominati asset. Un LO così costituito è definito dallo standard come *Shareable Content Object* (SCO) e i singoli SCO possono essere aggregati per dare origine a una unità didattica. Ciò che è, infine, reso disponibile è un *package* composto da quattro parti [Giacomantonio, 2007]:

- *Preamble*: sezione introduttiva;
- *Metadata*: sezione descrittiva comprensiva degli elementi utili alla catalogazione;
- *Organization*: sezione descrittiva della sequenza degli oggetti;
- *Resources*: sezione comprensiva dei singoli file usati nel *package*.

Abbiamo fatto poc'anzi cenno alla necessità di indicizzare le risorse didattiche, a questo riguardo è da segnalare la già citata attività della *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI), un'iniziativa in origine principalmente rivolta ai problemi della catalogazione nel settore delle biblioteche digitali, al cui interno oggi opera anche un gruppo di lavoro per estendere il *Dublin Core Metadata Element Set* (DCMES) con riferimento alle esigenze di rappresentazione delle risorse didattiche (DCMI *Education Working Group*).

L'IEEE *Learning Object Metadata* è uno schema concettuale di dati specificamente sviluppato per definire la struttura di metadati descrittiva di un learning object. Infatti, al fine di garantirne la riusabilità e la recuperabilità, un LO deve contenere non solo una descrizione dei suoi contenuti (possibile utilizzando anche DCMES), ma anche altre informazioni riguardanti le dimensioni più strettamente pedagogiche-didattiche. L'IEEE LOM prevede numerosi elementi organizzati in nove categorie, come si può vedere nella tabella seguente:

Categoria	Descrizione
1. <i>General</i>	Raggruppa informazioni generali che descrivono l'oggetto formativo nel suo complesso.
2. <i>Lifecycle</i>	La categoria raggruppa le informazioni legate alla storia e allo stato corrente dell'oggetto formativo in esame, nonché quelle relative a ciò che ha influenzato l'oggetto formativo durante il processo di creazione.
3. <i>Meta-metadata</i>	Raggruppa le informazioni circa il metadato vero e proprio (piuttosto che l'oggetto formativo).
4. <i>Technical</i>	Raggruppa le informazioni sui requisiti tecnici e le caratteristiche della risorsa.
5. <i>Educational</i>	Raggruppa le caratteristiche didattiche e pedagogiche dell'oggetto formativo.
6. <i>Rights</i>	Raggruppa informazioni sulla proprietà intellettuale e le condizioni d'uso per l'oggetto formativo.
7. <i>Relation</i>	Raggruppa informazioni utili a definire le relazioni tra l'oggetto formativo in esame e altri eventuali oggetti formativi.
8. <i>Annotation</i>	Fornisce informazioni sull'uso didattico dell'oggetto formativo e informazioni circa il creatore del meta-dato stesso.
9. <i>Classification</i>	Descrive in quale specifico sistema di classificazione ricade l'oggetto formativo in esame.

TABELLA 1 CATEGORIE DELL'IEEE LOM [CNIPA, 2007].

Altra possibilità da prendere in considerazione per l'indicizzazione delle risorse è costituita dallo sviluppo di un apposito *application profile*, in altre parole uno schema di metadati selezionati da uno o più schemi di specifiche e di standard, combinati insieme e ottimizzati per un particolare contesto di applicazione. Gli *application profile* non consentono di introdurre elementi originali che non siano già previsti da altri schemi di specifiche o di standard, ma consentono di raffinare, in modo semanticamente più ristretto, le definizioni di uno schema esistente. In Italia, il Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione (CNIPA) ha redatto un proprio profilo applicativo di riferimento per la Pubblica Amministrazione italiana, relativo ai metadati per la descrizione di risorse didattiche

digitali (tale schema è basato sugli standard SCORM2004, IEEE LOM e IMS *Learning Resource Metadata*) [CNIPA, 2007].

Con riferimento all'assemblaggio dei contenuti, la specifica *Content Packaging* dell'IMS concerne il modo in cui un gruppo di risorse può essere strutturato al fine di sviluppare un oggetto didattico composto. Quest'ultimo, insieme alla sua descrizione, può così essere scambiato tra applicativi differenti nella forma di un package auto consistente. Esso è costituito da due parti: il *Manifest* e le *Physical Resources*. Queste ultime consistono in file testuali o multimediali, pagine web, test di verifica e ogni altro tipo di file che possa avere un contenuto. Il *manifest* (che può contenere al suo interno dei *subManifest*) è un file XML (denominato *imsmanifest.xml*) che contiene informazioni sul contenuto del *package* e su come questo è strutturato, con in più informazioni sul *package* stesso e riferimenti alle risorse che lo costituiscono più eventuali metadati che descrivono le singole risorse.

Recenti studi, tesi all'individuazione di strategie ottimali per garantire la riusabilità dei materiali didattici, hanno prospettato la possibilità di formalizzare la conoscenza e la meta-conoscenza sottostante i processi di progettazione didattica. In quest'ottica sono stati sviluppati differenti linguaggi di modellazione sia dei contenuti sia dei processi didattici, estendendo il concetto di riusabilità dai singoli materiali, tipicamente learning object, all'intera esperienza di apprendimento, come nel caso degli EML [Rawlings, van Rosmalen, Koper, Rodriguez-Artacho, & Lefrere, 2002] e di *IMS Learning Design* [IMS LD, 2003].

L'*IMS Learning Design Specification*⁹ costituisce un meta modello che consente di descrivere scenari di progetti didattici riutilizzabili in contesti differenti, indipendentemente dal modello pedagogico adottato nel contesto di applicazione. Esso descrive come “*persone che, da sole o in gruppo, rivestendo diversi ruoli, eseguono una certa sequenza di attività di apprendimento/insegnamento utilizzando ambienti dotati di particolari risorse e/o servizi*” [Koper & Tattersall, 2005]. La specifica IMS LD è fondata sui seguenti elementi: i ruoli che le persone assumono; le attività che svolgono; gli ambienti (caratterizzati dalle attività, i servizi, e le risorse didattiche). L'implementazione è garantita da un linguaggio XML che richiede un “esecutore”, in altre parole uno strumento software che ne consenta la corretta interpretazione. Sono previsti tre livelli di implementazione [Fini, 2005]:

⁹ Si fa qui riferimento alla versione 1.0 *Final Specification* del 13 febbraio 2003 e in particolare ai tre documenti *IMS LD Best Practice Guide*; *IMS LD Information Binding*; e *IMS LD Information Model*.

- il *livello A*: comprende gli elementi base e consente la pianificazione di unità didattiche semplici, prive di elementi di personalizzazione individuale;
- il *livello B*: include il livello A e aggiunge la gestione delle proprietà e delle condizioni, in altre parole la memorizzazione di informazioni di vario tipo e la conseguente definizione di regole che modifichino il comportamento della *unit of learning* (consente una ampia personalizzazione)
- il *livello C*: include il livello B e introduce il concetto di notifica, in altre parole l'attivazione di azioni in base a eventi.

IMS LD è stata sviluppata e quindi rilasciata dopo un lungo processo di riflessione intorno alla possibilità di incrementare l'interoperabilità e la riusabilità degli oggetti didattici attraverso la formalizzazione dei modelli di rappresentazione dei contenuti e delle attività educative. Un grande lavoro di studio è stato condotto in questi anni nell'ambito degli *Educational Modelling Language* (EML) [Rawlings, van Rosmalen, Koper, Rodriguez-Artacho, & Lefrere, 2002]. Per EML si intende un modello di notazione semantico volto alla descrizione, da una prospettiva pedagogica, di contenuti e processi all'interno di unità di apprendimento al fine di supportare la riusabilità e l'interoperabilità (ad esempio degli oggetti didattici, degli obiettivi, delle attività, etc.). Fra le diverse proposte che sono state avanzate in questi anni, ha assunto un notevole rilievo in letteratura OUNL-EML, sviluppato dalla Open University of the Netherlands (da cui deriva l'acronimo del nome), che è stato adottato successivamente come base per lo sviluppo della già citata specifica IMS-LD. Si tratta di un sistema di notazione il cui processo di evoluzione ha avuto inizio nei tardi anni Novanta e destinato, nelle intenzioni dei ricercatori olandesi, alla descrizione di un'ampia varietà di modelli educativi (in una forma generalizzata, astratta e indipendente dal modello pedagogico sottostante) [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivanet, 2008d].

Altrettanto interessante appare il progetto *Learning Material Markup Language* (LMML) che ha dato origine allo sviluppo di un'applicazione XML, flessibile ed estensibile, sviluppata all'interno dell'Università di Passau in Germania e specificamente progettata per la descrizione di materiali didattici [Süß, Freitag, & Brössler, 1999]. Essa fornisce una serie di sub-linguaggi destinati a coprire differenti domini di conoscenza, fra le sue caratteristiche più interessanti si segnala la flessibilità; la compatibilità con *authoring tool* in grado di gestire XML; l'adattabilità a situazioni di apprendimento differenti; le opportunità offerte in termini di

personalizzazione; la possibilità di impiego con differenti media e la indipendenza da specifici modelli pedagogici. Questo EML è costituito da un modello gerarchico per contenuti denominato *Passau Teachware Model* e da un linguaggio XML denominato *myLMML*. L'impostazione dei contenuti che ne deriva è gerarchica e modulare.

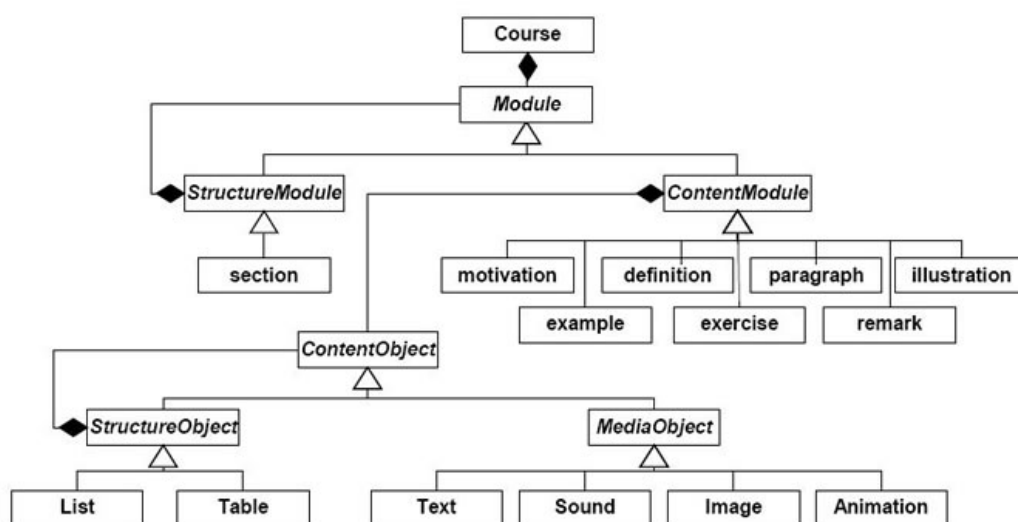


FIGURA 24 STRUTTURA MODULARE NEL PROGETTO LMML [SÜB & FREITAG, 2001/03].

PALO è il nome, invece, che ha assunto un linguaggio che ha visto la luce all'interno del Department of Languages and Computer Systems of UNED University alla fine degli anni Novanta. Tramite PALO è possibile definire la struttura di un corso (costituito da attività più contenuti) attraverso un approccio basato su moduli, compiti, prerequisiti e dipendenze tra le diverse componenti del corso. Con esso si definiscono scenari di apprendimento mediante *template* educativi, che specificano le proprietà pedagogiche dello scenario stesso (anche questo modello è stato ideato in modo indipendente dai diversi modelli pedagogici). Altre due proposte di grande interesse sono rappresentate da CDF, sviluppato dal Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), che si basa sull'ARIADNE *Course Description Format* per la descrizione dei corsi (CDF prende la forma di un documento XML che, usato in congiunzione con un LMS, può essere impiegato per la generazione di corsi online) e *Targeteam*, un sistema di supporto nella preparazione, l'uso ed il riuso di materiali didattici, basato sull'applicazione XML denominata *TeachML*.

Come evidenziato da Koper e Olivier [Koper & Olivier, 2004], gli attuali sistemi di e-learning sono fondati su architetture di organizzazione e gestione dei contenuti volte alla erogazione sequenziale dei materiali didattici, in contrasto con modelli,

oggi in avanzato stato di sperimentazione, in grado di offrire soluzioni semanticamente più espressive tese a sviluppare processi di apprendimento significativo negli studenti. Tuttavia la portabilità di tali sistemi è un ostacolo cui ancora non si sono fornite adeguate soluzioni e, proprio da tali considerazioni, è emersa la necessità di sviluppare una specifica, quale IMS-LD, che potrebbe in futuro contribuire al superamento di tali difficoltà.

7.3 MODELLI DI PROGETTAZIONE

L'attività di progettazione dei contenuti didattici in un contesto di e-learning (ma anche di formazione in presenza) ha come obiettivo quello di stabilire l'organizzazione del dominio di conoscenza oggetto di un dato percorso di apprendimento. In altre parole, essa mira all'organizzazione degli argomenti, dei concetti chiave e dei possibili percorsi di conoscenza che possono essere definiti per l'esplorazione di quel dominio. Nel corso degli anni sono stati proposti diversi modelli volti in qualche modo a formalizzare o più semplicemente a fornire delle buone pratiche per lo svolgimento di questa attività.

Alcuni modelli risalenti agli anni Ottanta privilegiano un approccio mutuato dall'ingegneria del software, denominato "a cascata" (*waterfall model* o *waterfall lifecycle*), che prevede che il processo di progettazione dei contenuti e dei materiali didattici (in quei modelli la distinzione tra questi due aspetti non è sempre così netta come oggi sarebbe lecito aspettarsi) consista in una sequenza di fasi strutturata in analisi dei requisiti, progetto, sviluppo, collaudo, integrazione e manutenzione (ciascuna fase produce un *output* che a sua volta costituisce l'*input* di quella successiva).

Tuttavia, a partire da quegli anni, tali modelli sono stati sottoposti a critiche e proposte di revisione condizionate dall'evoluzione del dibattito sulla *ingegneria del software*, da cui è emerso un differente paradigma, denominato *a spirale*. Quest'ultimo si caratterizza per il suo orientamento alla produzione rapida di prototipi che possono essere sottoposti a validazione da parte dell'utente finale e conseguentemente modificati in modo estremamente flessibile [Persico, 1995].

Tra la fine degli anni Ottanta e i primi anni Novanta, periodo in cui internet e il web sono ancora in fase embrionale, non è ancora maturata quella che poi è andata a definirsi quasi come una disciplina a se stante: l'architettura delle informazioni nel web. I modelli progettuali più recenti mostrano così sostanziali differenze rispetto a quelli maggiormente diffusi nei decenni passati, sebbene l'influenza di quelle

impostazioni sia ancora oggi forte. Attualmente si stanno affermando approcci alla progettazione che importano soluzioni che integrano sistemi di e-learning e di *knowledge management* (soprattutto nelle grandi aziende, ma anche in contesti formativi più tradizionali quali le università). A testimonianza di questo fatto, mi pare interessante rilevare come modelli di progettazione volti all'interoperabilità e alla ottimizzazione dei processi provengano sia dal mondo accademico sia da realtà aziendali.

Tuttavia, come già detto in precedenza, la letteratura sul tema dell'*instructional content design* è meno sviluppata e consolidata rispetto a quella sull'*instructional design* (ID) e sull'*instructional system design* (ISD). È anche vero che spesso modelli di ID e ISD includono delle fasi specificamente dedicate alla progettazione dei contenuti e dei materiali didattici. Tra i modelli più noti, vi è certamente ADDIE (acronimo di *Analysis, Design, Development, Implementation ed Evaluation*) [Strickland, 2006]. ADDIE è un sistema in cui le diverse fasi succedono secondo un ordine rigoroso:

- *analisi*: definizione degli obiettivi principali e delle conoscenze di base degli utenti;
- *progettazione*: definizione degli strumenti di valutazione, dei contenuti, degli esercizi, degli obiettivi specifici e relativi sotto obiettivi;
- *sviluppo*: realizzazione degli elementi precedentemente definiti;
- *implementazione*: distribuzione del prodotto sviluppato;
- *valutazione*: verifica dell'efficacia del corso realizzato.

Se da un lato, i modelli tipo ADDIE hanno il vantaggio di sistematizzare il processo di sviluppo del progetto, dall'altro lato essi comportano svantaggi rilevanti quali l'eccessiva linearità e rigidità (talvolta con ripercussioni negative anche sui tempi di sviluppo). In ragione di ciò, sono stati proposti modelli di design alternativi all'ADDIE basati sull'iteratività del processo più che sulla sua sequenzialità (si riscontra in ciò l'influenza del modello a spirale), in cui gli utenti hanno la possibilità, attraverso la valutazione dei prototipi di influenzare positivamente il processo di design. Purtroppo è necessario rilevare come neanche questa impostazione sia esente da critiche, quali la difficoltà nella distribuzione delle risorse a causa della mancanza di una netta separazione delle diverse fasi; l'impossibilità di definire in modo certo e a priori il numero delle iterazioni necessarie prima di convergere verso una soluzione definitiva e la maggiore difficoltà di gestione di team di sviluppo numerosi [Fabrizio, 2003].

Alla luce di queste considerazioni, oggi si tende ad adottare un modello ADDIE Modificato (compromesso fra i due approcci citati) in cui è stata introdotta una nuova fase, chiamata *Prototyping fase*, compresa fra la fase di *Design* e la fase *Development*, nella quale i discenti sono chiamati a valutare un prototipo del corso [Capano, 2004].

Un più recente modello di *instructional system design* è implicito nello Standard "ISO/IEC 19796-1:2005 Information technology – Learning, education and training – Quality management, assurance and metrics", una iniziativa nata con l'intento di fornire un sistema di riferimento generale in base al quale descrivere, in termini più analitici, la qualità dei servizi di e-learning (si intende in tal modo mettere in luce i criteri che determinano la qualità dei sistemi di formazione a distanza). La norma prevede le seguenti fasi [Adorni, Battigelli, Coccoli, & Sugliano, 2008]:

- *Needs Analysis* (analisi dei bisogni);
- *Framework Analysis* (analisi del contesto);
- *Conception/Design* (piano del progetto didattico);
- *Development/Production* (sviluppo del progetto didattico);
- *Implementation* (implementazione delle componenti tecnologiche);
- *Learning Process* (erogazione del progetto didattico e del processo di apprendimento);
- *Evaluation/Optimization* (valutazione dell'intero progetto).

Tra queste, la fase che più è direttamente coinvolta nella progettazione dei contenuti è logicamente quella del *Conception/Design* che, a sua volta, prevede una serie di step relativi ai seguenti punti: *learning objectives; concept for contents; didactical concepts/methods; roles and activities; organizational concept; technical concept; concept for media and interaction design; media concept; communication concept; concept for tests and evaluation; concept for maintenance*.

Ciò che ritroviamo in quasi tutti i modelli (e possiamo pertanto dedurre essere un fatto attorno cui vi è un buon grado di accordo in letteratura) è la diretta dipendenza della riflessione sui contenuti da quella sugli obiettivi didattici. Questo elemento è, infatti, evidente anche in altre proposte.

Uno dei modelli più di frequente richiamati in letteratura è stato sviluppato in seno alla CISCO, azienda leader nelle tecnologie di rete, che ha proposto la nozione di *Reusable Learning Object* (RLO) per indicare un oggetto formativo minimo riutilizzabile. Un RLO è costituito da un'introduzione, un insieme di *Reusable*

Information Object (RIO) che sono le più piccole unità di informazione indipendente (secondo gli standard CISCO queste possono essere da un minimo di cinque a un massimo di sette), una sintesi e una valutazione finale. Il modello CISCO è fondato su un'architettura gerarchica di cinque livelli (*Course, Module, Lesson, Topic, Subtopic*). A ciascun corso deve corrispondere un solo obiettivo didattico generale che ogni studente dovrà raggiungere al compimento del percorso formativo.

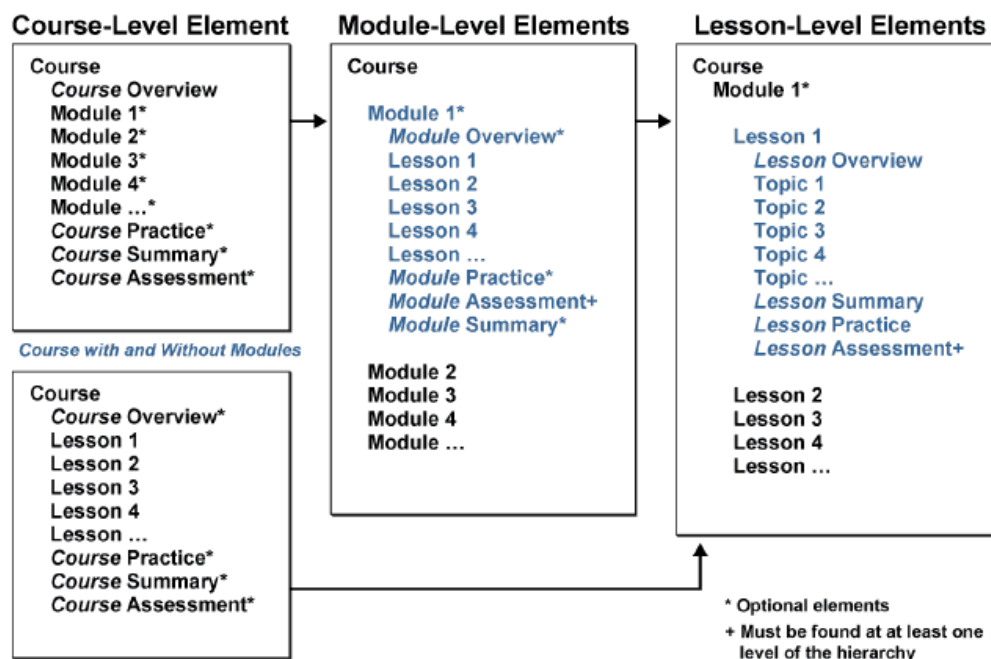


FIGURA 25 STRUTTURA DEL MODELLO CISCO.

Un modulo è una unità riusabile, a cui corrisponde un obiettivo, costituita da un insieme di lezioni omogenee per argomento. Una lezione, a sua volta, è costituita da un insieme di topic selezionati al fine di perseguire l'obiettivo di ogni singola lezione. Per ciascuna lezione è necessario indicare le competenze e le conoscenze che lo studente deve conoscere prima della sua fruizione. Ciascuna lezione può costituire, ma non è obbligatorio, prerequisito per la fruizione delle lezioni successive. I topic sono unità di informazione autoconsistenti definiti con riferimento a singoli obiettivi di apprendimento che vengono assemblati per la costituzione di lezioni. A ciascun topic corrispondono i seguenti componenti: *subtopic* che contengono contenuto statico o interattivo, item di pratica, item di valutazione e metadati. I topic possono essere di cinque tipi differenti: *concept; fact; procedure; process; principle* [CISCO, 2003].

Un altro modello interessante, rispetto agli obiettivi del presente progetto, è stato proposto da Esposito e Maltese, i quali hanno definito una guida alle attività di progettazione dei contenuti didattici basata sulle seguenti fasi [Esposito & Maltese, 2003]:

- *preliminare analisi e comprensione del problema*: riflessione intorno allo scopo dell'intervento formativo; i contenuti, le risorse e i metodi che si ritengono più adeguati; raccolta di informazioni circa i bisogni formativi dei destinatari dell'azione formativa; etc.;
- *ideazione di un piano d'azione*: pianificazione generale; definizione degli scopi del corso; definizione degli obiettivi del corso e dei sotto-obiettivi formativi; strutturazione degli obiettivi; pianificazione della didattica; scelta del metodo o modello didattico; scelta dei contenuti da erogare; definizione del calendario delle attività formative; organizzazione della comunicazione; analisi del ruolo del docente, dei tutor e dei discenti; definizione di vari profili utente; pianificazione della valutazione e del monitoraggio; predisposizione degli strumenti per il monitoraggio e la valutazione del progetto);
- *esecuzione del piano*: costruzione ed erogazione del corso;
- *analisi dei risultati raggiunti*: valutazione e monitoraggio; osservazione dei risultati.

Infine, si ricorda qui il modello, denominato *Courseware Design Management* (CDM), proposto di recente da Giacomantonio. Quest'ultimo sottolinea come per progettare percorsi formativi in modalità e-learning sia necessario disporre di una procedura, un *workflow* di qualità, che consenta di sistematizzare l'intero processo che ha origine dalla raccolta e organizzazione della conoscenza fino allo sviluppo e implementazione del *courseware*. Secondo il suo modello è necessario dapprima raccogliere l'*expertise* di un esperto della disciplina o di un docente, quindi tradurre tale *expertise* in un progetto formativo, in altre parole un'azione con un obiettivo didattico ben definito e modalità chiare per poterlo raggiungere e valutarne il conseguimento. Il primo passo è quello concernente il piano delle attività didattiche, in cui si affronta il progetto di un corso nella sua totalità con la suddivisione di massima del dominio di insegnamento in moduli e sottomoduli. Questa suddivisione deve basarsi sugli obiettivi e sui contenuti/modalità di insegnamento con cui si intende raggiungerli. Partendo dagli obiettivi (suddivisibili gerarchicamente) si può procedere con la suddivisione in moduli e quindi in unità

didattiche. Operativamente la procedura richiede di assegnare un titolo al corso; quindi definire numero e titolo dei moduli; definire per ciascun modulo le singole unità didattiche; infine, individuare per ciascuna unità didattica le risorse educative più adeguate (si richiede, inoltre, di specificare i parametri relativi al tempo e agli eventuali CFU) [Giacomantonio, 2007].

Una volta che il contenuto dell'insegnamento è stato organizzato seguendo questa procedura, i modelli di sequenzializzazione applicabili potrebbero essere molteplici, tra cui l'autore ne suggerisce due: *IMS Simple Sequencing* (utilizzato anche da SCORM) e *FLIM (Four Level Interaction Model)* elaborato dall'autore stesso. Un aspetto interessante da evidenziare è che il modello CDM consente di attribuire agli obiettivi didattici dei fattori ponderali in modo da creare profili diversi in funzione della tipologia di destinatari dell'intervento formativo (lo stesso corso potrebbe, infatti, essere rivolto nel tempo a destinatari differenti con differenti obiettivi).

8. IL MODELLO

“[...] When data of any sort are placed in storage, they are filed alphabetically or numerically, and information is found (when it is) by tracing it down from subclass to subclass. It can be in only one place, unless duplicates are used; one has to have rules as to which path will locate it, and the rules are cumbersome [...] The human mind does not work that way. It operates by association. With one item in its grasp, it snaps instantly to the next that is suggested by the association of thoughts, in accordance with some intricate web of trails carried by the cells of the brain” [Bush, 1945]

È l'anno 1945 quando Vannevar Bush, in un celebre articolo intitolato *“As we may think”*, riflette sulla necessità di sostituire i tradizionali modelli di organizzazione delle informazioni di natura gerarchica con modelli che, in qualche misura, possano rispecchiare le strategie di elaborazione della mente umana, la quale opera per associazioni, fondandosi su di una struttura di conoscenza reticolare.

Il mio lavoro di ricerca, culminato con la definizione del modello di seguito presentato, è fortemente debitore nei confronti delle riflessioni, degli studi, delle ricerche condotte da Bush e dai tanti altri studiosi il cui lavoro è stato citato nei capitoli precedenti.

Prima di procedere con la descrizione del modello, presenterò brevemente i requisiti cui lo stesso deve conformarsi; seguirà un breve *diario di bordo* in cui racconterò come partendo dalla prima bozza del modello sono arrivato, col costante supporto scientifico di chi mi ha accompagnato in questo percorso di studio, alla sua versione finale. Nella seconda parte del capitolo delinearò le strategie di implementazione del modello e alcuni scenari di applicazione concludendo con alcuni spunti di riflessione.

8.1 DEFINIZIONE DEI REQUISITI

Il processo di definizione del modello ha avuto origine dall'individuazione del quadro teorico-pedagogico di riferimento e dalla successiva definizione dei requisiti cui lo stesso deve conformarsi. Questi ultimi derivano in parte da considerazioni di ordine pedagogico e in parte da considerazioni di ordine tecnologico (come si potrà facilmente notare, essi rispecchiano in larga misura quelli definiti in sede di sviluppo delle specifiche IMS LD) [Koper & Olivier, 2004]. I primi sono rappresentati dai seguenti:

- *espressività pedagogica*: il modello deve avere la capacità di rappresentare la struttura del dominio di conoscenza di un dato insegnamento in modo indipendente dall'approccio pedagogico e dalle strategie didattiche che saranno selezionate nel corso dell'intervento formativo (in altre parole, esso deve essere utilizzabile per modellare la struttura logica di un qualsiasi insegnamento, qualsiasi opzione pedagogica sia adottata);
- *centralità dello studente*: l'attività di progettazione dei contenuti didattici deve svolgersi in conseguenza e in rispetto degli elementi emergenti dall'analisi del profilo degli studenti cui il percorso di apprendimento è indirizzato;
- *centralità degli obiettivi didattici*: l'attività di progettazione dei contenuti didattici deve svolgersi in conseguenza e in rispetto degli elementi emergenti dall'analisi dei fabbisogni e degli obiettivi didattico-formativi degli studenti cui il percorso di apprendimento è destinato;
- *flessibilità e personalizzazione*: in conseguenza dei due requisiti concernenti la centralità dello studente e degli obiettivi didattici, il modello di progettazione deve mostrare la capacità di definire in modo flessibile i percorsi di apprendimento e i relativi contenuti didattici in dipendenza del profilo degli studenti e dei loro fabbisogni;
- *indipendenza dal dominio*: il modello deve avere la capacità di definire la struttura logica di un dato insegnamento, indipendentemente dalla natura disciplinare dello stesso.

I restanti requisiti sono riconducibili a caratteristiche di tipo tecnologico:

- *riusabilità*: il modello deve mostrare la capacità di generare mappe rappresentanti il dominio di conoscenza di un dato insegnamento esportabili in contesti differenti da quello per cui sono state progettate (questo requisito mira a produrre vantaggi anche in termini di

economicità, limitando i costi derivanti dai processi di progettazione dei contenuti);

- *interoperabilità*: il modello deve essere sviluppato in modo che possa essere implementato attraverso differenti sistemi di codifica che consentano una sua implementazione nel più vasto numero possibile di applicazioni e sistemi di e-learning (in altre parole, esso deve essere traducibile tramite differenti sintassi che ne incrementino l'interoperabilità);
- *neutralità*: il modello deve mostrare la capacità di generare mappe di contenuti in modo indipendente dagli specifici formati e media di erogazione che veicolano tali contenuti;
- *compatibilità*: il modello deve avere caratteristiche tali da consentirne l'interoperabilità con i più diffusi standard internazionali relativi alle risorse didattiche per l'e-learning [Fini, 2005].

La conformità del modello con i requisiti qui presentati sarà discussa nel proseguimento di questo lavoro.

8.2 DIARIO DI BORDO

Il lavoro di definizione del modello di progettazione è andato di pari passo con l'analisi del quadro teorico di riferimento e l'identificazione dei requisiti poc'anzi definiti. Si è trattato di un processo di evoluzione graduale rispetto al quale si sono poste le basi soprattutto nei primi due anni di dottorato e che ha visto la sua concretizzazione nel terzo anno. Il presente diario di bordo vuole raccontare questo processo poiché ritengo che in qualsiasi lavoro di ricerca le scelte che hanno condizionato il percorso siano importanti tanto quanto l'esito che da esse ne è scaturito. Farò un largo uso di rappresentazioni grafiche in questo e nei paragrafi successivi dedicati alla descrizione del modello e nel capitolo dedicato alla descrizione del case study, poiché la comprensione di un modello reticolare come questo credo possa essere molto più immediata se accompagnata dalla sua rappresentazione grafica.

La prima bozza del modello, che si può osservare nella figura 26, è molto lontana da quello che è stato il risultato finale di questo studio. In essa è prevista una semplice suddivisione dei contenuti didattici in tre moduli successivi¹⁰

¹⁰ È evidente in questa prima bozza l'influenza del modello, già menzionato, CDM di Giacomantonio.

(*conoscenza di base, generale e avanzata*) a ciascuno dei quali corrisponde l'esplicitazione degli obiettivi didattici suddivisi in conoscenze, competenze e capacità. Questa prima bozza presenta una caratteristica che è stata presente a lungo in questo lavoro, ma che è stata infine abbandonata per le ragioni che illustrerò più avanti: rappresentare non solo i contenuti, ma anche i processi dell'intervento formativo. È presente, infatti, una primitiva rappresentazione del flusso delle attività didattiche che parte dalla verifica dei pre-requisiti e giunge fino alla loro valutazione (*assessment*) e che passa attraverso la somministrazione di risorse didattiche a supporto di differenti attività (ad esempio, *lecture, case study, tutorial, assessment, etc.*).

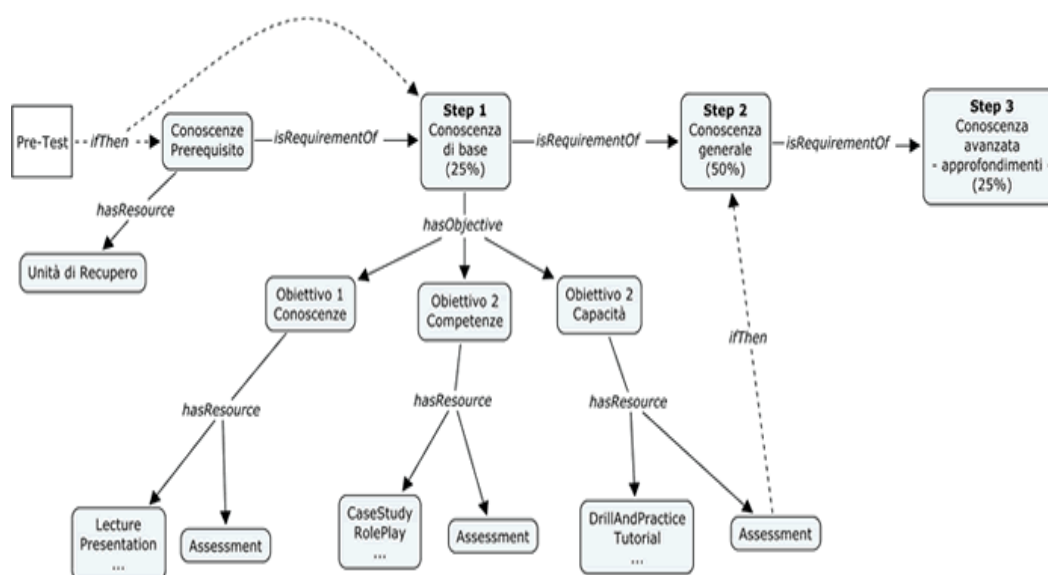


FIGURA 26 PRIMA BOZZA DEL MODELLO.

Con l'evolversi dello studio e la chiarificazione dei suoi obiettivi sono arrivato a introdurre delle prime sostanziali modifiche alla bozza originaria. Nella figura 27 si può notare l'introduzione delle "Unità didattiche" corrispondenti ai diversi obiettivi didattici e la possibilità di definire delle propedeuticità tra le stesse e, soprattutto, l'introduzione dei topic (i concetti chiave), a ciascuno dei quali è possibile associare classi di risorse didattiche facenti riferimento a specifiche attività. Tra i concetti chiave delle singole unità didattiche è possibile definire differenti tipi di relazioni (iperonimia, iponimia, troponimia, sinonimia, antonimia, meronimia, olonimia, causalità, implicazione, correlazione, disgiunzione, esplicitazione e derivazione). Si tratta di un vocabolario di relazioni indipendente dal dominio (in conformità ai requisiti prima enunciati) avente lo scopo di permettere una rappresentazione

reticolare e articolata del dominio di conoscenza di un dato insegnamento. La predisposizione di tale vocabolario è stata accompagnata dalla predisposizione di un piccolo glossario volto alla chiarificazione e condivisione del significato delle associazioni:

1. *iperonimia*: relazione, detta anche di sussunzione, che indica un rapporto di generalità – specificità e che si esprime talvolta come *isSupeclassOf* o *isA* (esempio: mammifero – cane);
2. *iponimia*: relazione di inclusione, valida solo con i sostantivi (la relazione di specificità – generalità relativa ai verbi si definisce troponimia), che si esprime talvolta con *isAKindOf*;
3. *sinonimia*: relazione che indica che due lemmi hanno un significato equivalente e che include talvolta anche relazioni di “quasi sinonimia” e “varianti lessicali” (esempio: mangiare – cibarsi);
4. *antonimia*: è l’inverso della relazione sinonimica, indica che due lemmi hanno significato opposto;
5. *meronimia*: relazione che indica una relazione del tipo parte – tutto e che si esprime talvolta come *isPartOf* (esempio: braccio – corpo), è valida solo con i sostantivi;
6. *olonimia*: è l’inverso della relazione meronimica, esprime una relazione del tipo tutto – parte ed è valida solo con i sostantivi;
7. *causalità*: relazione che indica un rapporto di causa – effetto tra due concetti (esempio: sole – riscaldamento);
8. *implicazione*: relazione del tipo *if... then...*, è valida solo per i verbi (esempio: russare – dormire);
9. *correlazione*: relazione tra due variabili casuali tale che a ciascun valore della prima variabile corrisponda con una certa regolarità un valore della seconda (esempio: statura – peso)
10. *derivazione*: relazione che indica che un dato concetto/oggetto deriva da un altro (esempio: formaggio – latte);
11. *disgiunzione*: relazione che indica che due elementi appartengono alla stessa classe ma sono comunque differenti (esempio: kiwi - avocado);
12. *esplicitazione*: relazione che indica che un dato concetto è la definizione di un altro.

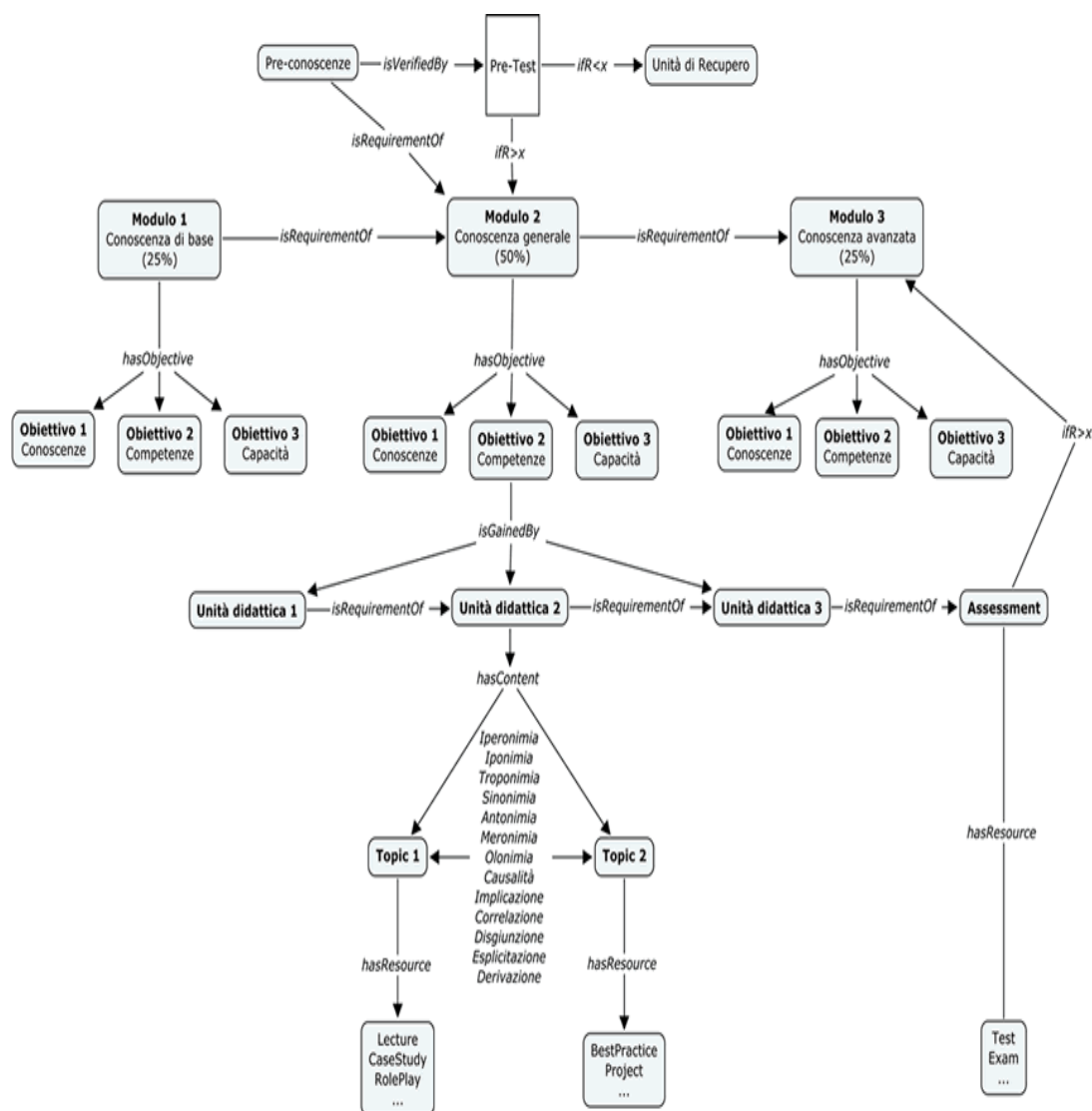


FIGURA 27 PRIMA EVOLUZIONE DEL MODELLO.

In seguito, si è proceduto con la revisione dell'organizzazione delle unità didattiche e l'introduzione in riferimento a queste ultime di due nuove relazioni: *hasTopic* e *hasActivity*. La prima è volta a definire i concetti chiave delle unità didattiche e la seconda alla esplicitazione delle attività (esempio: *forum*, *workgroup*, etc.) associate a esse. È stata prevista, inoltre, una nuova classe *LearningResourceType* avente come sottoclassi i differenti tipi di risorse didattiche.

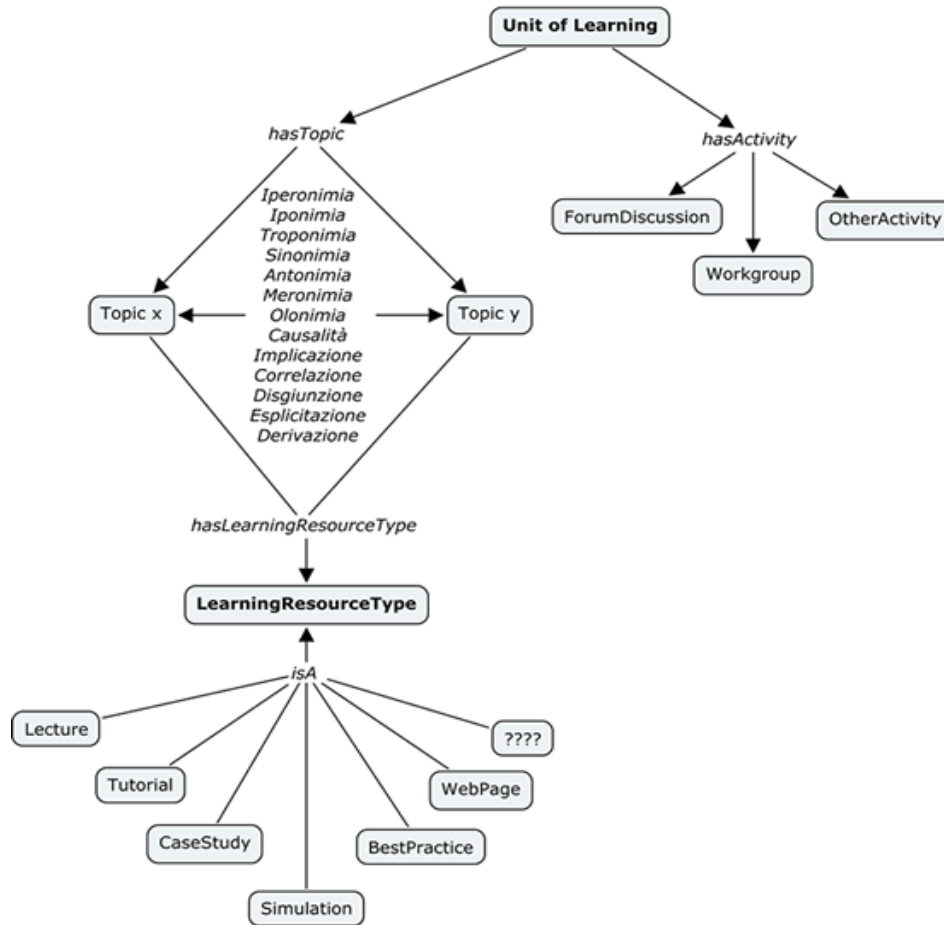


FIGURA 28 REVISIONE DELLE UNITÀ DIDATTICHE.

Nei passaggi successivi è stata abbandonata l'idea di organizzare i contenuti intorno ai tre macro-moduli "Conoscenza di base", "Conoscenza generale" e "Conoscenza avanzata", al fine di garantire una maggiore flessibilità al disegno e lasciare al docente e/o al progettista la possibilità di definire su quanti e quali moduli organizzare i contenuti del proprio insegnamento. È stata mantenuta invariata invece la possibilità (sempre opzionale) di impostare delle propedeuticità tra le diverse unità didattiche. Il processo di elaborazione del modello è andato avanti nei mesi successivi con quotidiani interventi di modifica (quali, introduzione delle classi *KnowledgeRequirement* per rappresentare i concetti prerequisito del corso e *Activity* per rappresentare le differenti opzioni didattiche) che, tuttavia, non hanno intaccato l'impostazione di base dello stesso.

Maggiore rilevanza (anche in vista della definizione del modello finale) ha avuto l'introduzione della possibilità per il progettista di strutturare gli obiettivi didattici attraverso una organizzazione tassonomica (determinata dalla relazione *isPartOf*) a livelli indefiniti (quest'ultima caratteristica ha l'obiettivo di assicurare la

massima discrezionalità e flessibilità all'attività di progettazione). Questa scelta è stata operata in conformità agli studi prima citati sulla definizione degli obiettivi didattici. Sono stati così impostati gli obiettivi intorno alle tre macro-categorie *Knowledge, Skill* e *Behavior* e relativi sotto-obiettivi, i quali sono in relazione diretta con le unità didattiche che è necessario seguire per il loro raggiungimento.

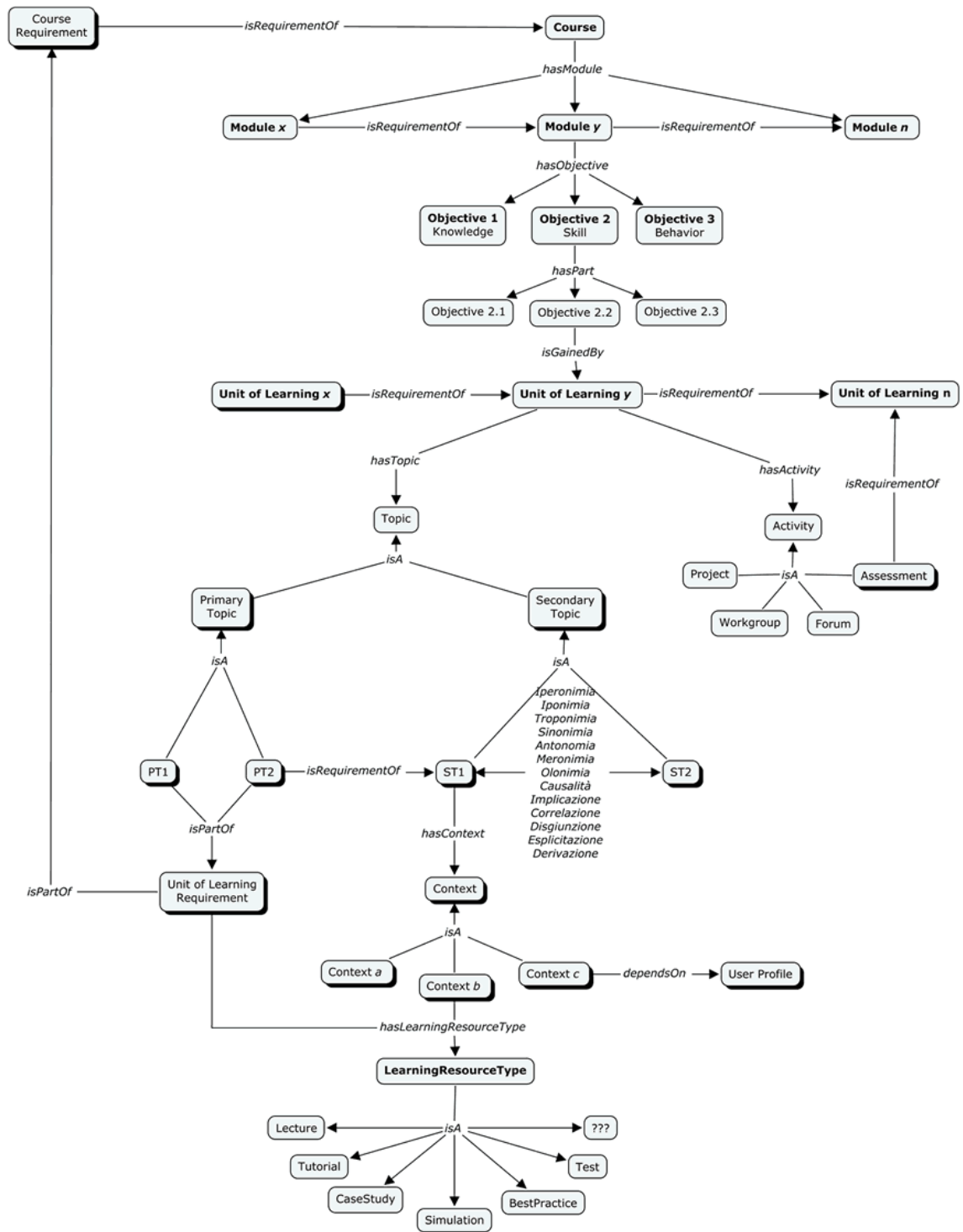


FIGURA 29 SECONDA EVOLUZIONE DEL MODELLO.

Altra scelta importante in vista della stesura del disegno definitivo è rappresentata dalla previsione di due differenti classi di topic: *PrimaryTopic* e *SecondaryTopic*. La prima include i topic che sono prerequisito di conoscenza per la fruizione della *unit of learning* (e il cui insieme costituisce la conoscenza

prerequisito dell'intero corso), la seconda è volta a racchiudere tutti i topic che sono trattati nel corso di quest'ultima (e tra i quali è possibile specificare le relazioni prima indicate) [Adorni, Di Manzo, & Frisiani, 1981; Stelzer & Kingsley, 1974]. In questa fase del progetto di ricerca si è anche pensato di poter associare a ciascun topic di tipo secondario *Context*, una sorta di ambito di validità che possa essere differente in dipendenza della tipologia di studente (a ciascun topic è così possibile associare risorse didattiche differenti in dipendenza del *Context* specificato). All'interno di questo schema, viene così per la prima volta definito in che modo un processo di profilazione degli studenti possa condizionare le scelte progettuali. Il processo di profilazione non è tuttavia (e non lo sarà neanche in futuro) esplicitato in quanto estraneo agli obiettivi della mia ricerca.

Questa soluzione mi è sembrata in quel momento la più adatta per garantire al modello un'alta capacità di gestione del problema della personalizzazione dei percorsi didattici; tuttavia essa si è rivelata presto non conforme ai requisiti di cui nel precedente paragrafo, in quanto introdurre a questo livello la scelta del *Context* dipendente dal profilo dello studente significa non avere realmente un disegno di progettazione che ponga al centro lo studente. Infatti, tutte le scelte di organizzazione strutturale del corso (*Module, UnitOfLearning, Topic*) sono in quella fase già state compiute e il profilo dello studente non può che incidere solo sulla scelta di quali materiali didattici erogare per l'esplicitazione di un dato topic.

È stato, pertanto, necessario riorganizzare strutturalmente l'impianto progettuale per risolvere la discrepanza tra la sua architettura e le istanze derivanti dalla definizione dei requisiti. Si è pensato in un momento successivo di spostare l'input derivante dal profilo dello studente a un livello superiore, prevedendo che a ciascun modulo sia associato uno o più *Target* (una nuova classe che ha lo scopo di rappresentare al suo interno le differenti tipologie di studenti) e facendo così derivare tutte le scelte successive in ordine alla strutturazione delle unità di apprendimento e dei relativi topic dalla identificazione del *target* cui il percorso di apprendimento si rivolge (a ciascuna sottoclasse di *Target* sarebbe associato un dato obiettivo didattico a cui, a sua volta, sarebbe associata una data unità di apprendimento).

In quei mesi ho cercato così di impostare la progettazione dei contenuti con questo tipo di struttura (lievi modifiche sono state apportate con l'estensione del vocabolario di relazioni, ma non sono state poi mantenute nel tempo): *Course hasModule Module hasTarget Target (dipendente dallo UserProfile) hasObjective*

Objective *hasUnitOfLearning* *UnitOfLearning* (da questa classe quindi si differenziano i topic in primari e secondari e le attività in *forum*, *workgroup*, *project* e *assessment*). Il modello pare così aver raggiunto un buon equilibrio e una certa stabilità; in realtà riflessioni future mi hanno portato a rivedere ampiamente, ancora una volta, l'intero disegno (le prime ipotesi di utilizzo dello stesso per la progettazione di generici domini di insegnamento mi hanno consentito infatti di intravedere numerose criticità).

La prima di queste criticità è rappresentata dalla relazione tra le istanze derivanti dai due requisiti: centralità dello studente e centralità degli obiettivi didattici. Il punto è che bisogna strutturare il modello in modo che da questi due elementi possano realmente dipendere le scelte progettuali. Inoltre è necessario determinare in modo più diretto quale tipo di relazione possa essere stabilita tra studenti e obiettivi. La prima risposta che sono stato in grado di fornire a questi dubbi prevede che alla classe *Module* possano essere associate le due classi *Objective* e *Target* (con relazioni *hasObjective* e *hasTarget*) e che la classe *Objective* a sua volta sia legata a quella *Target* tramite la relazione *dependsOn* e a quella *UnitOfLearning* attraverso la relazione *hasUnitOfLearning*. In tal modo ho ipotizzato che ciascuna unità di apprendimento sia selezionata e organizzata in base agli obiettivi didattici, i quali a loro volta sarebbero determinati in dipendenza del profilo degli studenti.

Come si può notare, gli aspetti legati alla flessibilità, alla personalizzazione, alla centralità degli studenti e degli obiettivi didattici sono stati sempre molto presenti nelle riflessioni che hanno accompagnato lo sviluppo di questo modello, proprio perché esso vuole avere una impronta dominante pedagogica e non esclusivamente ingegneristica.

Nel frattempo ho pensato di apportare anche un'altra modifica consistente nella introduzione di una nuova relazione tra le classi *UnitOfLearning* e *LearningResourceType* e tra questa e *TopicType*, determinando così che a ciascuna unità di apprendimento siano associate determinate tipologie di risorse didattiche (oltre che delle attività) e che per queste siano determinati successivamente i topic. Da questo momento in poi, il disegno è stato revisionato ancora attraverso tre passaggi principali prima di arrivare alla sua stesura finale (in realtà come tanti lavori di ricerca anche in questo caso appare difficile parlare di versione finale data la sua natura di lavoro continuamente in progress). La prima "rivoluzione" è rappresentata nella figura che segue.

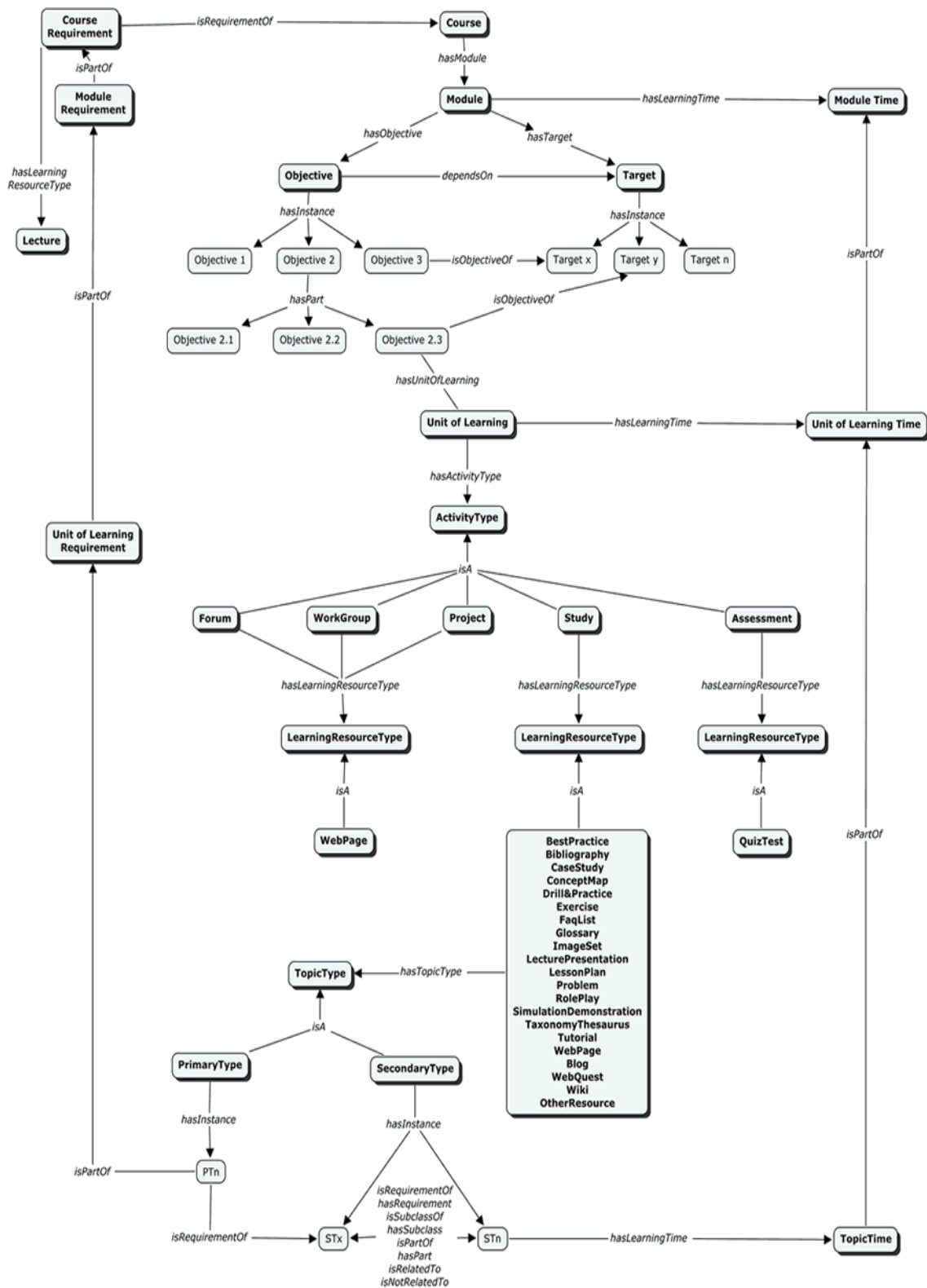


FIGURA 30 TERZA EVOLUZIONE DEL MODELLO.

In questa figura si possono notare le relazioni tra *Module*, *Objective*, *Target* e *UnitOfLearning* di cui ho detto poc'anzi, ma soprattutto sono presenti tre grossi

cambiamenti. Il primo concerne la ristrutturazione delle *ActivityType* cui sono associate tipologie differenti di risorse didattiche. Sono previste diverse attività (*forum, workgroup, project, study* e *assessment*) e in riferimento a quella denominata *study* sono specificati i topic di tipo primario e secondario. Se si confronta questo disegno con quelli presentati nelle pagine precedenti si nota come esso sia ora fortemente incentrato sulle attività, più che sulla organizzazione dei contenuti propriamente detta.

Il secondo cambiamento è determinato dall'introduzione di un elemento *TopicTime* (la somma dei cui valori coincide con il *ModuleTime*) utile per definire il tempo previsto per l'apprendimento di un dato concetto. Quest'ultimo elemento è sicuramente suscettibile di ampio dibattito. Da un punto di vista pedagogico l'idea di definire a priori, pur sulla base delle indicazioni circa il profilo degli studenti, il tempo necessario ad acquisire consapevolezza circa un dato concetto è difficilmente giustificabile. I tempi di apprendimento sono assolutamente soggettivi e condizionabili da una serie di variabili (ad esempio fisiche, cognitive, emotive, motivazionali, ambientali) non misurabili deterministicamente e suscettibili di notevoli variazioni nel tempo (anche per il medesimo individuo). Inoltre, la determinazione di tale valore associato a un dato concetto potrebbe essere contestabile da quanti ritengono che sarebbe più opportuno associare un valore di tempo a una specifica risorsa didattica esplicativa per quel particolare concetto più che al concetto stesso.

Pur ritenendo tali osservazioni pienamente giustificate, vi sono contesti di apprendimento in e-learning che richiedono una tale determinazione al fine di organizzare dettagliatamente le tempistiche dell'intervento formativo e questi sono proprio i contesti in cui un tale elemento potrebbe effettivamente risultare utile (la criticità d'uso dell'elemento *TopicTime* peraltro è mitigata dal fatto di essere totalmente opzionale).

La terza importante modifica concerne il vocabolario delle relazioni. Le ragioni di questo cambiamento risiedono nelle riflessioni fatte circa la reale utilità di ciascuna relazione rispetto agli obiettivi di questo progetto. Le nuove relazioni previste, che sono andate a sostituire quelle in precedenza indicate, sono le seguenti:

- *isRequirementOf* (relazione inversa: *hasRequirement*): relazione che indica un rapporto di propedeuticità tra due topic;

- *isSubclassOf* (relazione inversa: *hasSubclass*): relazione che indica che un dato topic *x* è una sotto classe di un dato topic *y*;
- *isPartOf* (relazione inversa: *hasPart*): relazione che indica che un dato topic *x* è parte di un dato topic *y*;
- *isRelatedTo*: relazione che indica che un dato topic *x* è in associazione generica (la natura della relazione non è nota) con un dato topic *y*;
- *isNotRelatedTo*: relazione che indica che un dato topic *x* non è in relazione con un dato topic *y*.

Entrando più a fondo in questo discorso, bisogna ricordare che il modello in sviluppo non è pensato per definire delle ontologie di dominio, in altre parole non è un modello di rappresentazione della conoscenza propriamente detto, esso invece deve servire alla strutturazione dei contenuti di un dato insegnamento (i due scopi sono molto differenti). Questo comporta sicuramente una perdita notevole in termini di espressività semantica del modello, ma un guadagno in termini di applicabilità dello stesso.

Il vocabolario di relazioni sopra citato non deve servire a dare una rappresentazione del dominio, ad esempio, della “storia moderna”; a tal fine sarebbe utile sviluppare una vera e propria ontologia con un vocabolario di entità e relazioni pertinente per quello specifico dominio. Esso, invece, deve consentire di strutturare i contenuti di uno specifico insegnamento secondo il punto di vista di un docente e/o esperto dei contenuti o di chiunque assuma l’incarico di progettista degli stessi. Esso potrà così essere utilizzato per esplicitare la sequenzialità dei contenuti, la loro organizzazione gerarchica, i concetti correlati, quelli che ne costituiscono i prerequisiti e i possibili concetti di approfondimento. L’obiettivo è ben diverso, come si vede, da quello di sviluppo di una vera e propria ontologia formalmente e rigorosamente definita.

In questa fase di riflessione è stato utile il riferimento al lavoro in precedenza svolto presso l’Università di Genova in merito alla progettazione e sviluppo di un *tool* (denominato *Subject Matter Sequencing*) creato per supportare gli autori nella progettazione di oggetti didattici fruibili in rete. Tale lavoro è inserito in un progetto *open source* più vasto denominato EifFE-L (*Environment for Freedom in E-learning*), un progetto di ricerca in continua evoluzione, nato all’interno dell’Azione E-learning del Progetto CampusOne presso l’Università di Genova. Questo progetto ha dato la luce a diversi prodotti: una piattaforma e-learning (LMS) denominata *EifFE-L*; un *tool* denominato *Test Maker* per creare test di valutazione; il *Subject Matter*

Sequencing (SMS) per l'appunto; un applicativo denominato *Sco Wizard* per supportare gli autori nella realizzazione di materiali didattici secondo lo standard ADL SCORM a partire dall'organizzazione di concetti creata con l'SMS Tool; un *tool* denominato *Meta Maker* per indicizzare i materiali didattici, gli SCO, realizzati secondo lo standard SCORM; e infine un *Registro elettronico* di supporto alla valutazione delle attività svolte relativamente ai corsi erogati [Furfaro & Giangravè, 2005]. Il progetto complessivo prevede dunque la realizzazione di una filiera completa di strumenti per la progettazione, lo sviluppo e la conseguente erogazione e valutazione di percorsi di apprendimento e relativi contenuti. In particolare, gli studi che hanno portato allo sviluppo del SMS sono stati in questa fase ripresi in merito alla definizione delle relazioni e alla analisi delle problematiche inerenti il processo di linearizzazione del grafo derivanti dal modello.

Proprio i problemi di linearizzazione, che pur sono stati affrontati marginalmente nel mio lavoro, hanno in parte condizionato le riflessioni sulle relazioni utilmente integrabili nel modello. Il problema concerne la necessità in taluni casi di ridurre a una sequenza lineare, per gli scopi del browsing, una rete di relazioni a molte dimensioni. In ciò un modello reticolare si differenzia da uno gerarchico enumerativo, quale una tassonomia, che impone all'utente di adeguarsi più rigidamente a esso, obbligandolo a risalire e ridiscendere l'albero classificatorio per spostarsi in rami differenti [Gnoli & Doldi, 2005]. In realtà, talvolta, anche gli schemi gerarchici offrono qualche espediente per spostamenti trasversali, sottoforma di rinvii del tipo *vedi anche e/o related terms*, ma il problema della linearizzazione resta.

Quando facciamo riferimento a materiali didattici, infatti, possiamo pensare a oggetti molto diversi tra loro: un manuale testuale strutturato in capitoli, paragrafi e sottoparagrafi; delle pagine web; un *learning object standard SCORM*; delle *slide* di presentazione; file audio e video in differenti formati; etc. Finché abbiamo la necessità di produrre un sistema ipertestuale fruibile sul web come un LO navigabile tramite browser non vi sono particolari problemi legati alla linearizzazione in quanto una struttura ipertestuale consente di rispettare l'organizzazione reticolare del grafo; diverso è il caso di documenti di testo che si prestano meno a questo tipo di rappresentazioni.

L'individuazione di criteri formali che consentano in ogni situazione di determinare l'ordine di presentazione dei topic e il percorso di interpretazione delle relazioni in una rete di concetti è uno dei problemi su cui è stato necessario

riflettere nel corso del mio progetto. Fortunatamente la possibilità di gestire anche i documenti testuali digitali come dei sistemi ipertestuali consente di strutturare i contenuti introducendo dei salti tra una sezione e un'altra in un modo simile a quello del "libro mischiato" di Crowder.

Tornando all'SMS, esso è stato progettato per svolgere le seguenti funzionalità [Furfaro & Giangravè, 2005]:

- inserire i concetti, intesi come *asset* (componenti atomici non ulteriormente suddivisibili);
- collegare gli *asset* tramite l'inserimento delle relazioni;
- modificare o eliminare i concetti in qualsiasi fase di lavorazione del learning object;
- creare la migliore sequenza ottenibile dalle relazioni indicate tra i concetti;
- suddividere la sequenza, qualora fosse necessario, in *cluster* impostati definiti dall'utente;
- modificare la sequenza e/o i *cluster* facendo degli spostamenti tra i concetti, se le relazioni di precedenza lo permettono;
- creare il file XML della sequenza, con la possibilità di decidere se e quali *cluster* inserire nel file.

L'SMS è impostato in modo che il processo di progettazione dei LO abbia inizio dalla lettura degli obiettivi. Partendo da questi, si procede al recupero dei concetti essenziali alla loro comprensione e agli eventuali prerequisiti. In quel progetto sono già presenti due concetti da me ripresi: nozioni primarie e secondarie (corrispondenti in questo modello ai topic primari e secondari) [Adorni, Di Manzo, & Frisiani, 1981]. Le relazioni inizialmente definite in sede di progettazione dell'SMS sono le seguenti

- *relazione di insieme*: un dato concetto x è incluso in un dato concetto y (una sorta di macro concetto a granularità più grossa);
- *relazione di precedenza*: definisce una gerarchia diretta tra due nozioni.

In seguito, la relazione di insieme è stata abbandonata (in quanto, al fine di garantire una maggior compatibilità con lo standard SCORM, si è rivelato preferibile gestire solo concetti a granularità fine). All'interno della relazione di precedenza, sono previste tre opzioni: maggiore (sta ad indicare quale nozione va trattata per prima); minore (complementare della precedente); e uguale (assenza di legami di precedenza tra due concetti). In una fase iniziale, nel progetto era prevista anche una relazione di "non relazione" indicante l'assenza di legame tra due concetti (la

differenza con la relazione di uguaglianza sta nel fatto che questa riporta un'informazione sulla parità di profondità dei due concetti, mentre la "non relazione" lascia i due concetti totalmente svincolati, sia dal punto di vista delle priorità sia riguardo la profondità a cui si trovano) [Furfaro & Giangravè, 2005]. La "non relazione" è stata in seguito abbandonata poiché ritenuta poco indicativa, assumendo che essa sia data per implicita laddove non siano specificate altre relazioni. Tornando al mio progetto di ricerca, queste riflessioni mi hanno condotto a rivedere il vocabolario delle relazioni e a ridisegnare lo schema di progettazione.

Gli interventi che hanno caratterizzato questo passaggio sono stati: la modifica delle relazioni tra *Course*, *Module*, *User* e *Objective*; una più precisa gestione delle relazioni di precedenza tra obiettivi didattici, moduli e unità di apprendimento; l'abbandono della rappresentazione delle attività didattiche e dei processi di *assessment* relativi; e, infine, l'aggiornamento del vocabolario delle relazioni.

Il primo intervento ha posto gli *User* (essenzialmente gli studenti) al centro del modello di progettazione, facendo discendere dalla valutazione delle loro caratteristiche ogni opzione progettuale. Ciascuno studente o gruppo di studenti è portatore di specifici obiettivi didattici e solo attraverso un'attenta analisi di questi è possibile procedere alla strutturazione dei contenuti. Questa nuova organizzazione ha lo scopo di rispondere con efficacia ai requisiti che impongono la centralità degli studenti e dei loro obiettivi. Questa modifica ha avuto come conseguenza anche la maggiore flessibilità del modello e l'accentuata possibilità di personalizzazione dei percorsi di apprendimento, fino a questo momento limitata da quella che è stata evidentemente una errata collocazione di questi due elementi.

È stata, inoltre, esplicitata con maggior enfasi la possibilità di definire relazioni di propedeuticità tra gli obiettivi didattici che di riflesso possono generare analoghe relazioni tra moduli (ad esempio se l'obiettivo 1 per il cui raggiungimento è previsto un dato modulo x è propedeutico al raggiungimento dell'obiettivo 2 per il quale è previsto un dato modulo y , ne discende che il modulo x sarà propedeutico al modulo y). Si è previsto anche che analoghe relazioni di propedeuticità possano essere fissate tra le *unit of learning*.

Il cambiamento più evidente, tuttavia, è probabilmente la scomparsa dal disegno dei riferimenti alle attività didattiche. Questa è stata una delle scelte più a lungo meditate in questa fase del progetto. È stato necessario ripercorrere a ritroso tutto il processo di studio che mi ha condotto fino a questo punto e confrontarmi

più volte con chi mi ha accompagnato in questo progetto prima di compiere una scelta al riguardo. Il presente lavoro si è posto fin dall'inizio l'obiettivo di definire un modello di progettazione di percorsi di apprendimento e relativi contenuti. Tutto lo studio della letteratura è stato indirizzato ai temi della mente, della memoria, dell'apprendimento, della conoscenza, delle modalità di acquisizione, rappresentazione ed elaborazione della conoscenza. I processi di apprendimento non sono certamente riducibili alla somministrazione di materiali didattici che veicolano dati contenuti di conoscenza. Esiste una progettazione didattica che deve definire anche i contesti, le attività e i ruoli di ciascun protagonista dell'intervento formativo. Tuttavia questa linea di confine non sempre così netta tra progettazione di contenuti e progettazione didattica, ritengo in parte mi abbia portato ad allargare il modello a problematiche cui esso non è tenuto a rispondere.

Inoltre, i modelli di rappresentazione adottati appaiono più adatti a rappresentare contenuti e/o domini di conoscenza più che flussi di attività, processi in atto e condizioni per la loro soddisfazione. Infine, ho ritenuto che inserire una rappresentazione delle attività nel modo in cui era stato previsto fino a quel momento non fosse indicativo. Un'attività si realizza essenzialmente in un dato ambiente caratterizzato da specifici elementi di contesto e da condizioni di partenza e di uscita, in cui agiscono delle persone che, assumendo determinati ruoli, operano manipolando risorse (è questa in sostanza la visione che ha portato allo sviluppo delle specifiche IMS Learning Design). Le attività così intese non possono essere rappresentate in modo efficace e significativo col modello fino a quel momento sviluppato.

Una ulteriore modifica apportata in questa fase è stata operata in riferimento al vocabolario delle relazioni consentite tra i topic di tipo secondario con l'aggiunta della relazione *isSuggestedLink* volta a esplicitare il collegamento tra topic di tipo secondario e topic ritenuti di approfondimento dei contenuti di una unità di apprendimento. In seguito ho introdotto ancora alcuni cambiamenti, tra cui i più significativi sono stati (in ordine cronologico): l'introduzione di un elemento denominato *Effort* (in sostituzione dell'elemento *TopicTime*); l'eliminazione della relazione *isSuperclassOf*; una diversa organizzazione tassonomica degli obiettivi didattici speculari a quella dei contenuti; la definizione di un elemento *Learner* (in sostituzione dello *User*) con una nuova collocazione; e per ultimo la sostituzione della relazione *isPartOf* con la relazione *isSubtopicOf*.

La rinuncia all'utilizzo di una relazione del tipo *isSuperclassOf* è determinata dalla sua scarsa significatività riguardo agli specifici obiettivi del modello e dalle difficoltà di linearizzazione che potrebbe generare. La coesistenza di due relazioni quali *isSuperclassOf* e *isPartOf* non appare giustificabile in quanto sarebbero state, al fine della sola organizzazione dei contenuti didattici, trattate allo stesso modo (dando origine a una gerarchia di contenuti). È evidente come a livello semantico le due relazioni siano differenti e apportino significati ben definibili; tuttavia, nella nostra fattispecie in cui si è optato per limitare la semantica a vantaggio della operatività del modello e in ragione dei suoi scopi, la loro coesistenza non è apparsa giustificabile.

Sulla stessa scia di queste considerazioni è stata sostituita la dicitura *isPartOf* con quella di *isSubtopicOf* in quanto più aderente alla sua particolare funzione (con ciò si è voluto anche eliminare il rischio di fraintendimenti semantici scaturenti dalla lettura della relazione *isPartOf*).

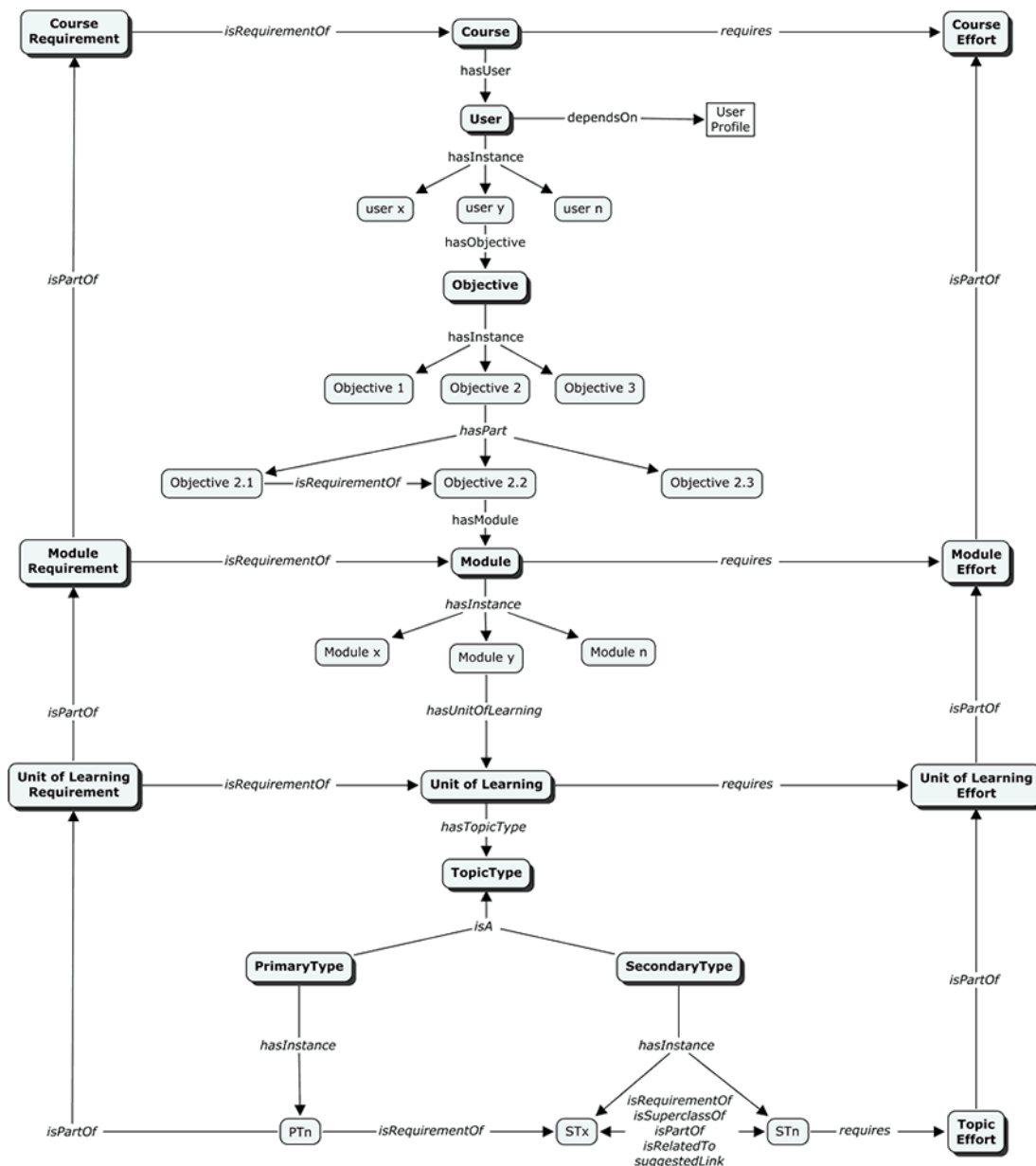


FIGURA 31 QUARTA EVOLUZIONE DEL MODELLO.

Come si può notare, il processo di definizione del modello è stato caratterizzato da una riflessione continua sulla struttura ottimale del disegno, sulla identificazione degli elementi fondamentali e delle relazioni che li legano. Tale processo è stato portato avanti cercando di adattare continuamente lo schema ai requisiti precedentemente ricordati e alle indicazioni provenienti dallo studio della letteratura di cui si è dato ampio resoconto nei capitoli precedenti. Sulla base di questi fattori, il modello è stato ancora una volta rivisto cercando di ottenere una organizzazione dell'architettura del disegno di progettazione maggiormente chiara e coerente con le esigenze da cui è scaturito.

Ho proceduto quindi a elaborare un nuovo schema caratterizzato dai seguenti interventi di revisione (rappresentati in figura 32) [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivonet, 2008b]:

- modifica delle relazioni tra *Learner*, *Course* e *OverallGoal* (l'obiettivo generale del corso), affinché finalmente trovasse piena soddisfazione il principio della centralità dello studente e degli obiettivi didattici;
- organizzazione degli obiettivi didattici tramite una struttura tassonomica a tre livelli speculare a quella dei contenuti (da una parte abbiamo l'*OverallGoal*, gli *Objective* e i *SubObjective*; dall'altra il *Course*, i *Module* e le *UnitOfLearning*);
- introduzione della relazione *isRequirementOf* tra la classe *PrimaryType* e la classe *SecondaryType* in luogo di quella tra le istanze delle medesime classi.

Il disegno di progettazione dei contenuti didattici che ne è scaturito mi pareva potesse essere ormai quello definitivo e pertanto sulla base di questo ho iniziato a sperimentarne l'applicazione iniziando a elaborare il case study di cui si darà conto nel capitolo successivo.

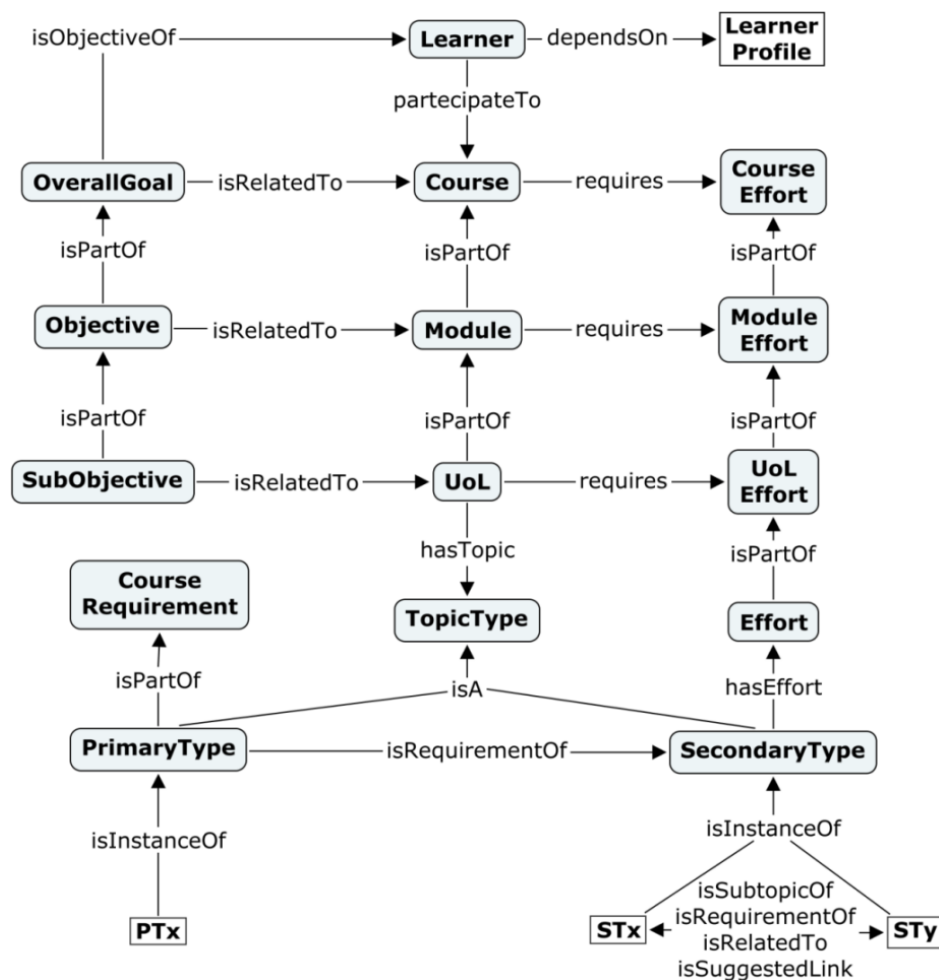


FIGURA 32 QUINTA EVOLUZIONE DEL MODELLO
 [ADORNI, COCCOLI, VERCELLI, & VIVANET, 2008c].

Tuttavia, proprio grazie ad alcune problematiche emerse nel corso della fase iniziale del *case study* e al confronto con chi mi ha accompagnato in questo progetto di ricerca, è emersa l'esigenza di rivedere tale struttura prima di elaborare il disegno definitivo (tale processo di revisione è stato portato avanti attraverso uno stretto confronto mirato al raggiungimento di una piena integrazione del presente progetto con le altre linee di ricerca in sviluppo presso il laboratorio di E-learning & Knowledge Management del DIST dell'Università di Genova). Tale disegno è stato pertanto modificato in modo sostanziale introducendo una struttura espandibile a n livelli per la rappresentazione degli obiettivi didattici cui corrisponde una analoga struttura a livello dei contenuti (con l'esplicitazione del rapporto 1:1 tra obiettivo e contenuto didattico); eliminando la relazione *isRequirementOf* tra la classe *PrimaryType* (rinominata *PrimaryTopic*) e *SecondaryType* (rinominata *SecondaryTopic*) e reintroducendola tra le istanze delle medesime classi; escludendo la possibilità di utilizzare la relazione *isSubtopicOf* tra topic di tipo

secondario; prevedendo la possibilità di poter introdurre una relazione di indifferenza tra i topic di tipo secondario (relazione *isNotRelatedTo*); ed, infine, esplicitando la necessità di definizione dei topic primari (corrispondenti ai prerequisiti delle unità di apprendimento) per ogni singola *UnitOfLearning* a livello locale (con la conseguente ridefinizione della classe *CourseRequirement*). Tali cambiamenti, qui solo accennati, sono stati alla base di quest'ultima "rivoluzione" del modello che sarà presentato in maggior dettaglio nel prossimo paragrafo e che è stato impiegato, a scopo sperimentale, per il *case study* del progetto di ricerca.

8.3 DESCRIZIONE DEL MODELLO

Al termine di un lungo processo di riflessione di cui ho cercato di tracciare i passaggi essenziali nel paragrafo precedente, è stato definito un modello di notazione logico e astratto in grado di conformarsi ai requisiti precedentemente definiti e fondato sull'analisi della letteratura in questo studio richiamata. Tale sistema, ideato per supportare la progettazione di un applicativo di *authoring* di percorsi di apprendimento e relativi contenuti [Adorni, Brondo, & Coccoli, 2008a], deve garantire non solo la riusabilità dei materiali, ma anche delle strutture di conoscenza che ne costituiscono il fondamento (spostando il livello di generalizzazione alla definizione dello schema dei contenuti anziché ai contenuti stessi). Lo schema logico che ne è derivato è stato disegnato tramite una struttura ontologica, caratterizzata dall'integrazione di relazioni gerarchiche con associazioni reticolari [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivanet, 2008a].

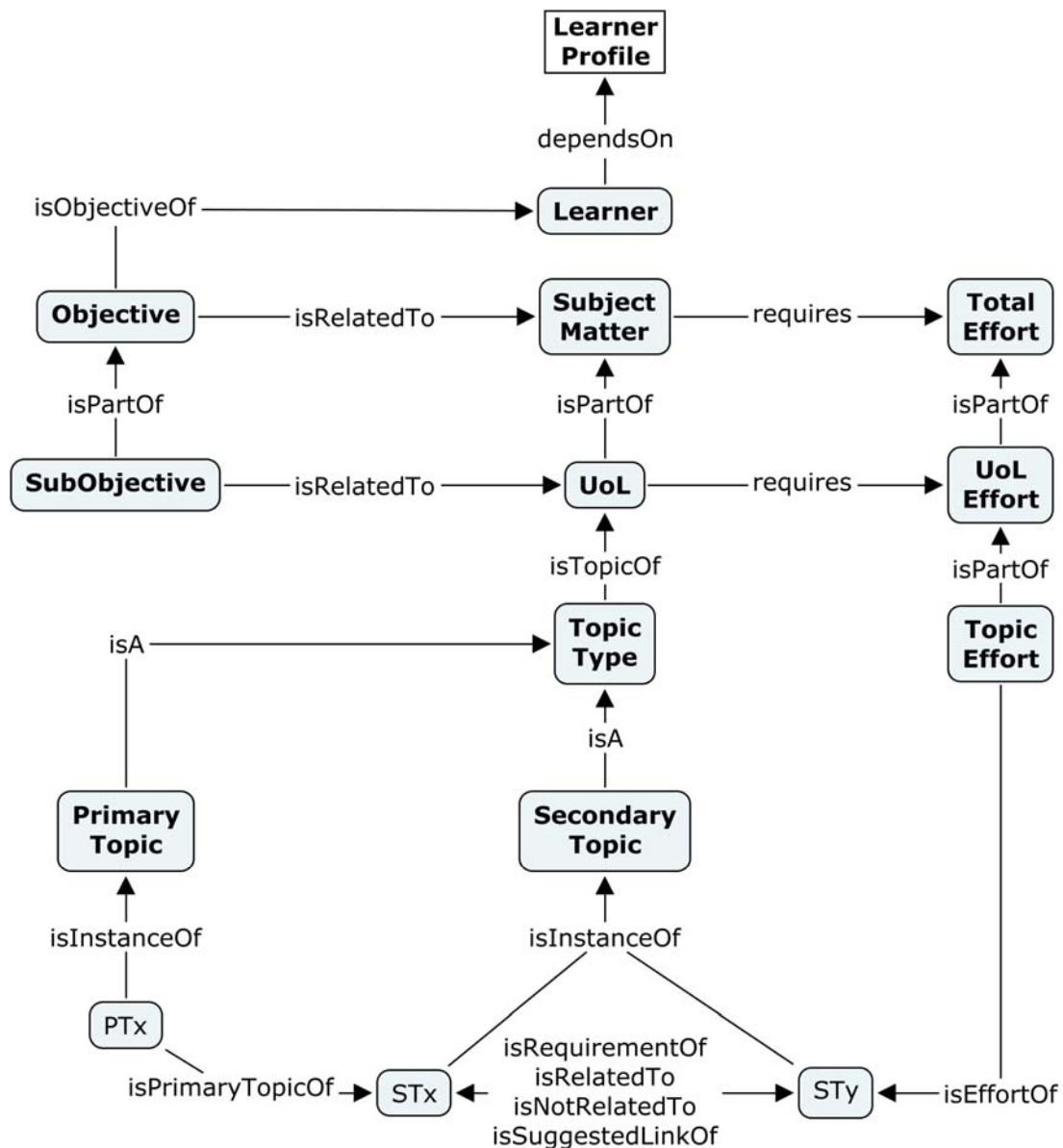


FIGURA 33 IL MODELLO.

L'elemento radice del modello, da cui può iniziare la lettura dello stesso, è il *Learner*. Il sistema, infatti, richiede che il processo di progettazione dei contenuti debba essere preceduto da un'attenta analisi delle caratteristiche dei soggetti cui lo stesso è rivolto. Questi potranno essere definiti individualmente o per gruppi omogenei (non vi sono vincoli specifici riguardo a tale opzione). È importante prestare particolare impegno al processo di profilazione degli utenti giacché da esso dipendono le scelte progettuali successive. Tale processo non è esplicitato nel modello in quanto estraneo agli obiettivi dello stesso (sebbene sia con esso in

stretta relazione), tuttavia, tipicamente, il profilo¹¹ dello studente consisterà di elementi d'informazione derivanti dalle seguenti dimensioni: dati identificativi; caratteristiche cognitive; caratteristiche affettive e relazionali; stili comunicativi e stili di apprendimento. Alla base del principio di personalizzazione degli interventi formativi vi è la necessità di sviluppare azioni didattiche *ad hoc* per ogni studente o gruppo di studenti e a tal fine è necessario identificare ed esplicitare le richieste e le caratteristiche degli allievi per poterne rilevarne i bisogni di apprendimento. Gli elementi di informazione su di essi possono essere ricavati attraverso sia metodi diretti (dichiarazioni esplicite dello studente), sia metodi indiretti (informazioni che l'insegnante raccoglie durante le attività svolte dallo stesso) [Adorni, Battigelli, Coccoli, & Sugliano, 2008].

Una volta che le caratteristiche del gruppo di soggetti cui l'intervento formativo si rivolge sono state esplicitate in modo non ambiguo, è possibile determinare l'*Objective*, l'obiettivo di apprendimento generale associato al profilo degli studenti cui l'intervento formativo (corrispondente al *SubjectMatter*) deve mirare. Come si può notare in figura, il modello prevede una strutturazione gerarchica ricorsiva (relazione *isPartOf*) degli obiettivi didattici (*Objective* e *SubObjective*), cui corrisponde specularmente un'organizzazione su n livelli del corso e dei relativi contenuti (*SubjectMatter* e *UnitOfLearning*), con n numero intero positivo.

In pratica, ciascun *Objective* può essere composto da zero a m *SubObjective* e allo stesso modo questi ultimi possono essere composti da zero a k ulteriori *SubObjective* e così via (con m e k numeri interi positivi). A tale strutturazione degli obiettivi didattici corrisponde una speculare organizzazione dei contenuti in cui il *SubjectMatter* è composto da zero a m *UnitOfLearning* e ciascuna di queste, a sua volta, può essere composta da zero a k ulteriori *UnitOfLearning* (senza alcun limite nel numero di livelli cui la struttura degli obiettivi/contenuti potrà essere organizzata). È bene precisare che il rapporto *Objective-SubjectMatter* e *SubObjective-UnitOfLearning* deve essere sempre obbligatoriamente un rapporto di 1:1 (a ciascun *Objective* deve corrispondere un solo *SubjectMatter* e a ciascun *SubObjective* deve sempre corrispondere una sola *UnitOfLearning*).

¹¹ Vi sono diversi standard cui è possibile fare riferimento per descrivere il profilo di uno studente, essi sono finalizzati all'interscambio delle informazioni tra sistemi diversi; in particolare, nel contesto dell'e-learning, ricordiamo l'IEEE *Public and Private Information* (PAPI) e l'IMS *Learner Information Package* (LIP) [Adorni, Battigelli, Coccoli, & Sugliano, 2008].

Rispetto alla penultima versione del modello (di cui si può leggere nel paragrafo precedente), la scelta di organizzare gli obiettivi didattici e i relativi contenuti attraverso questa struttura, in sostituzione di quella basata su *OverallGoal, Objective, SubObjective* e *Course, Module, UnitOfLearning*, si è fondata sulla volontà di massimizzare la flessibilità del processo di progettazione che era in precedenza limitato da una architettura basata fondamentalmente su tre soli livelli di articolazione. Una struttura ricorsiva di questo tipo consente, invece, di adattare il disegno di progettazione alle più svariate necessità sia di articolazione di insegnamenti nella loro totalità sia di articolazione di materiali didattici.

Il modello, come si può notare, invita a una definizione puntuale degli obiettivi e dei relativi sotto-obiettivi, l'individuazione dei quali, in conformità a radicate teorie di *instructional design* [Merrill, 2002], deve essere preliminare alla determinazione dei contenuti. Un sistema di rappresentazione degli obiettivi didattici di questo tipo, rispondendo alle istanze evidenziate dagli studi classici su questo tema, consente l'organizzazione degli stessi in forma gerarchizzata e tassonomica [Bloom, 1956] [Gagné & Briggs, 1990]. La stessa cura indispensabile in fase di profilazione degli studenti (un'esigenza spesso dichiarata ma non sempre corrisposta), deve essere posta pertanto nella definizione degli obiettivi.

Data l'importanza della fase di esplicitazione degli obiettivi, credo possa essere utile fornire in questa sede alcune indicazioni al riguardo (tali indicazioni potrebbero essere di una certa utilità anche nello sviluppo di un *authoring tool* derivante dal modello). Secondo Mager, un obiettivo didattico dovrebbe consistere nella *"descrizione di una performance che gli studenti devono essere in grado di mostrare per essere considerati competenti"*, esso dovrebbe dunque *"descrivere il risultato che l'istruzione si prefigge piuttosto che il metodo didattico"* [Raso, 2007]. Gronlund propone di suddividere la definizione dell'obiettivo in due parti (al fine di evitare liste di obiettivi eccessivamente lunghe): nella prima parte si propone un obiettivo generale dell'intera attività didattica, mentre nella seconda si forniscono esempi più specifici, ma non necessariamente esaustivi, delle conoscenze e capacità che il discente acquisisce al termine della fruizione [Gronlund, 2003].

Raso identifica tre principali aree di pertinenza degli obiettivi: l'area cognitiva, quella privilegiata spesso nell'ambito della formazione in rete (obiettivi riguardanti l'acquisizione e rievocazione di conoscenze e lo sviluppo di abilità e capacità intellettuali); l'area affettiva (obiettivi concernenti l'acquisizione di interessi, attitudini, sentimenti, valori, passioni, atteggiamenti e motivazioni); e l'area

psicomotoria (obiettivi relativi all'acquisizione di abilità concernenti il movimento fisico e la coordinazione nelle attività motorie) [Raso, 2007]. Uno degli strumenti che si possono rivelare più pratici in fase di definizione degli obiettivi didattici è la già menzionata tassonomia di Bloom, in particolare con riferimento all'area cognitiva che comprende le seguenti sotto-categorie: conoscenza (*knowledge*), capacità di rievocare dati e informazioni memorizzate; comprensione (*comprehension*), capacità di comprendere il significato e l'interpretazione di istruzioni e problemi; applicazione (*application*), capacità di applicazione dei concetti in casi concreti; analisi (*analysis*), capacità di scomposizione dei problemi negli elementi costitutivi, evidenziandone le connessioni; sintesi (*synthesis*), capacità di riunire elementi per dare origine a una struttura organizzata e coerente; valutazione (*evaluation*), capacità di formulare autonomamente giudizi critici di valore e metodo.

Oltre alla tassonomia di Bloom, altri modelli possono essere sfruttati per la definizione della struttura degli obiettivi didattici, quali la *Component Display Theory* di Merrill [Merrill, 1983] e gli studi di Gagné e Briggs [Gagné & Briggs, 1990] che individuano cinque categorie di capacità umane cui riferire gli obiettivi di apprendimento (abilità intellettuali; strategie cognitive; informazioni verbali; abilità motorie; atteggiamenti). Qualunque sia l'approccio adottato, è importante che gli obiettivi didattici siano espressi in modo chiaro e privo di ambiguità al fine di guidare l'azione del progettista didattico nelle fasi successive e il cammino degli studenti nel percorso di apprendimento.

Definiti i *SubObjective*, attraverso una progressiva scomposizione dell'*Objective*, è possibile specificare eventuali relazioni di propedeuticità tra gli stessi (tramite la relazione *isRequirementOf*). In tal modo si ottiene una struttura logica e cronologica (tramite i vincoli di precedenza) degli obiettivi didattici che serve da guida per la successiva strutturazione dei contenuti. Ogni *SubObjective* è perseguito, infatti, attraverso l'identificazione e la conseguente erogazione di una *UnitOfLearning*, le unità di apprendimento in cui è stato scomposto il *SubjectMatter*. Ovviamente l'eventuale definizione di relazioni di precedenza tra gli obiettivi comporta un analogo vincolo tra le unità di apprendimento corrispondenti, in tal modo la struttura dei contenuti deve seguire fedelmente quella logica e cronologica propria degli obiettivi. Identificate le diverse unità di apprendimento e determinata la loro organizzazione tassonomica, si ha a disposizione la struttura portante dell'insegnamento.

È bene precisare che il modello lascia la possibilità al progettista didattico e/o al docente di scegliere se associare delle risorse didattiche ai nodi *SubjectMatter* e *UnitOfLearning* di tale struttura, i quali possono essere intesi come semplici elementi di una struttura logica priva di materiali didattici associati oppure quali elementi dotati di una propria risorsa. Ad esempio, l'elemento *SubjectMatter* potrebbe essere accompagnato da un learning object introduttivo all'insegnamento, in cui si presentano i contenuti, le modalità di svolgimento, la tempistica e i criteri di valutazione del processo di apprendimento. Allo stesso modo le diverse *UnitOfLearning* potrebbero essere accompagnate da analoghe risorse didattiche volte a presentare contenuti e altre informazioni utili per la fruizione di quella particolare sezione dell'insegnamento. Si tratta di una possibilità assolutamente opzionale lasciata alla discrezione del progettista/docente; non ho, infatti, ritenuto corretto, a questo riguardo, imporre alcun vincolo che potesse limitare la libertà del responsabile dell'insegnamento.

Definita la struttura in cui si articola il *SubjectMatter*, il modello richiede che nelle fasi successive si proceda con l'individuazione dei *topic*, tramite cui è possibile esprimere i concetti chiave di ciascuna unità di apprendimento. I *topic* possono appartenere a due classi differenti (*TopicType*): *PrimaryTopic* o *SecondaryTopic*. La prima classe identifica i concetti prerequisito dell'unità di apprendimento (i *topic* che lo studente deve conoscere prima dell'erogazione del corso, che non hanno, pertanto, risorse didattiche specifiche associate). La seconda identifica i concetti presentati durante l'erogazione dell'unità di apprendimento e ai quali sono associate specifiche risorse didattiche. La relazione che mette in associazione un *topic* di tipo primario con un *topic* di tipo secondario è *isPrimaryTopicOf*.

Tra i concetti di tipo secondario possono essere fissate un numero finito di relazioni che sono:

- *isRequirementOf* (relazione inversa: *hasRequirement*): identifica una relazione transitiva¹² di propedeuticità tra gli argomenti (questa relazione può essere usata per determinare l'ordine di presentazione dei contenuti);
- *isRelatedTo*: identifica una relazione simmetrica¹³ diretta tra due o più concetti (questa relazione può essere impiegata per collegare tra loro i

¹² Data una relazione R che collega un individuo A a un individuo B e un individuo B a un individuo C, se la relazione R è transitiva, allora l'individuo A è relazionata con l'individuo C mediante la relazione R (es. la relazione *isTallerThan*).

¹³ Se una relazione R che collega un individuo A a un individuo B è simmetrica, questo implica che anche l'individuo B è relazionata all'individuo A mediante la relazione R (es. *isSiblingOf*).

concetti, dando origine a percorsi di apprendimento in cui non sono specificati vincoli di precedenza);

- *isNotRelatedTo*: identifica una relazione simmetrica di indifferenza tra due o più concetti (questa relazione può essere utilizzata per esplicitare la mancanza di relazione tra due o più topic);
- *isSuggestedLinkOf* (relazione inversa: *hasSuggestedLink*): identifica una relazione indiretta tra due o più concetti (questa relazione può essere utilizzata per la connotazione di link di approfondimento a risorse interne e/o esterne al *repository* di contenuti).

Come si può notare, rispetto alle ultime versioni del modello in precedenza presentate, il vocabolario delle relazioni è stato leggermente modificato. La prima rilevante differenza è l'esclusione della relazione *isSubtopicOf*, in quanto in seguito alla introduzione della nuova organizzazione dei contenuti a n livelli basata sulle unità di apprendimento, non è parso più necessario prevedere una relazione di natura gerarchica anche a livello di topic di tipo secondario.

Ho scelto, inoltre, di reintrodurre la relazione *isNotRelatedTo* per consentire, qualora il progettista lo desiderasse, di esplicitare che due o più topic sono in una relazione di indifferenza tra loro (convenzionalmente si potrebbe anche optare di rappresentare tale relazione di indifferenza con la non esplicitazione di alcuna relazione). La relazione *isNotRelatedTo* era stata già in precedenza presa in considerazione e poi esclusa dal vocabolario; tuttavia, nel corso della stesura della versione finale di questo modello è stata reintrodotta pensando potesse essere possibile sfruttarla per fare qualche tipo di ragionamento. Esplicitare che un topic x *isNotRelatedTo* un topic y è cosa ben diversa dal non dire nulla sul rapporto esistente tra x e y . La scelta di mantenere una relazione di indifferenza è dovuta quindi alla volontà di non perdere comunque una informazione.

Un'altra importante modifica del modello, introdotta in questa versione finale, ha coinvolto la definizione del *CourseRequirement*. I topic di tipo primario, come poc'anzi ricordato, devono essere definiti a livello locale per ogni singola unità di apprendimento (questo anche per favorire l'esportazione e la riusabilità delle *UnitOfLearning* in differenti progetti). Ciò comporta che un medesimo topic x considerato essere di tipo primario per una data unità di apprendimento A potrebbe figurare quale topic di tipo secondario in una differente unità di apprendimento B (casi come questo si sono presentati effettivamente nel corso del case study presentato nel capitolo successivo). Di conseguenza il

CourseRequirement (l'insieme dei topic prerequisito dell'insegnamento) risulta costituito non semplicemente, com'era stato inteso nelle precedenti versioni, dall'insieme dei topic di tipo primario delle diverse unità di apprendimento, ma dal risultato della sottrazione da tale insieme dei medesimi topic che figurano in una qualsiasi delle unità di apprendimento come topic di tipo secondario. A titolo di esempio, ammettiamo che x , y , w e z rappresentino l'insieme dei topic primari di tutte le unità di apprendimento di cui si compone un dato *SubjectMatter*; ammettiamo, inoltre, che z compaia anche come topic di tipo secondario in una delle unità di apprendimento; il *CourseRequirement* in questo caso sarà costituito solo dai topic x , y e w .

Concludendo la descrizione del modello, esso consente di introdurre un'indicazione di *Effort* per ciascun topic di tipo secondario; si tratta di un elemento di informazione volutamente generico poiché pensato per esprimere concetti inerenti i topic che esulano dalla definizione dei contenuti formativi. L'*Effort* può essere adoperato, ad esempio, per specificare il tempo richiesto per l'apprendimento di determinati concetti (variabile dipendente dalla profilazione dello studente), così come il valore del corso in termini di "crediti formativi" (ad esempio, in ambito universitario) o di altre unità di misura di merito o economiche. La composizione dei valori associati a ciascun topic trattato durante le singole unità di apprendimento rappresenta il valore di *UnitOfLearningEffort*, e di conseguenza la composizione di quest'ultimi valori esprime il *TotalEffort* associato a quel dato *SubjectMatter*, quindi il tempo necessario al suo apprendimento o il suo "valore" complessivo.

8.4 CRITERI DI LETTURA

Contemporaneamente alla definizione del modello, si è proceduto alla specificazione di un semplice sistema di regole che potrebbe essere utile in fase di progettazione, lettura/interpretazione ed eventuale linearizzazione dello stesso (questo sistema di regole può costituire la base per la scrittura delle specifiche di applicativi basati su questo modello). È, tuttavia, a mio parere assolutamente indispensabile che in ogni fase del processo di progettazione debba essere garantita al docente/progettista di modificare l'ordine di lettura della rete di topic, qualunque siano i vincoli imposti dal modello.

Credo, inoltre, sia importante ricordare che in fase di strutturazione degli obiettivi e dei contenuti è necessario tenere presente che a ciascun *Objective* debba

corrispondere un solo *SubjectMatter*, come a ciascun *SubObjective* debba corrispondere una sola *UnitOfLearning*. Inoltre, è possibile esplicitare delle relazioni di propedeuticità tra i *SubObjective* tramite la relazione *isRequirementOf*, ma ogni eventuale relazione di questo tipo fissata a livello di obiettivi impone che analoga relazione di precedenza sia fissata tra le unità di apprendimento corrispondenti.

Per ciascuna *UnitOfLearning* possono essere esplicitati zero o più topic di tipo secondario (a cui saranno associate le risorse didattiche) e le relazioni che li legano. Per ciascun topic secondario, si richiede l'indicazione degli eventuali topic primari (prerequisiti) e l'eventuale indicazione del valore di *Effort*.

Inoltre, al fine di garantire la capacità del modello di risolvere problemi derivanti dalla ambiguità dei topic, è fondamentale che ciascuno di essi sia identificato in modo univoco. Questo problema può essere risolto impiegando sistemi quali *Uniform Resource Identifier* (URI) o *Internationalized Resource Identifier* (IRI) per l'identificazione dei topic col vantaggio di incrementare l'interoperabilità delle mappe dei contenuti (data la loro esportabilità in differenti sistemi di codifica basati sui medesimi criteri di identità, quali RDF, Topic Maps e SKOS). In alternativa, si potrebbe prevedere di gestire il problema della identità dei topic attraverso identificatori generati all'interno del sistema stesso, soluzione efficace ma non altrettanto efficiente causa i limiti di esportabilità verso applicazioni esterne.

Il processo di costruzione e interpretazione delle reti dei topic secondari richiede la identificazione di un elemento radice che può essere utilmente rappresentato dall'elemento *UnitOfLearning*. I topic secondari sono posti in associazione con esso tramite la relazione *isTopicOf*. Eventuali topic considerati prerequisiti di un topic secondario, appartengono alla classe *PrimaryTopic* e sono posti in relazione con esso tramite la relazione *isPrimaryTopicOf*. La classe dei *PrimaryTopic* include di conseguenza tutti i topic considerati prerequisito della unità di apprendimento, in altre parole quelli che lo studente deve dimostrare o dichiarare (a seconda siano previsti test di valutazione delle conoscenze di ingresso o meno) di conoscere prima di poter affrontare la *UnitOfLearning*. Nella figura che segue è rappresentato un caso in cui sono evidenziati l'elemento radice (identificato dalla stessa unità di apprendimento), topic di tipo secondario e relativi topic di tipo primario.

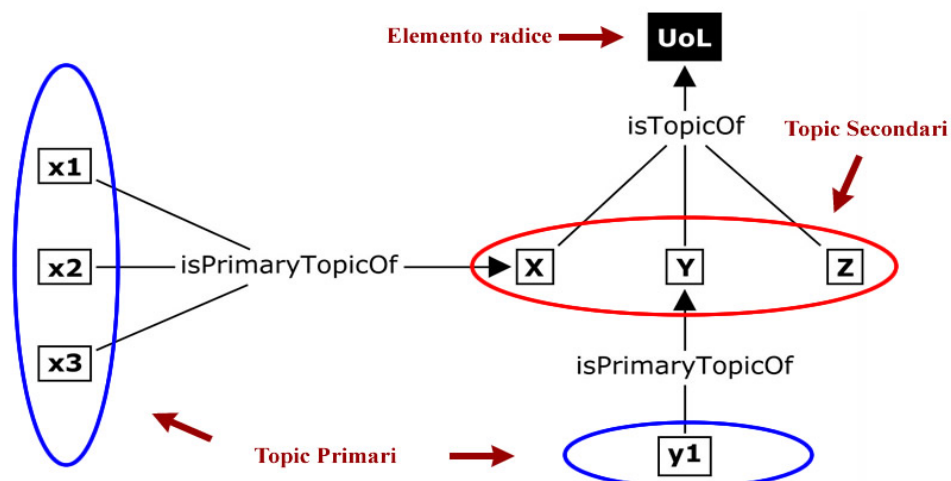


FIGURA 34 ELEMENTO RADICE, TOPIC PRIMARI E TOPIC SECONDARI.

Di seguito sono presentati alcuni casi esemplificativi volti a illustrare il sistema di regole definito nel corso del progetto (in cui si legga *isRequirementOf* = *isRO*; *isRelatedTo* = *isRT*; *isNotRelatedTo* = *isNRT*; *isSuggestedLinkOf* = *isSLO*). Il primo caso riprende quello appena descritto:

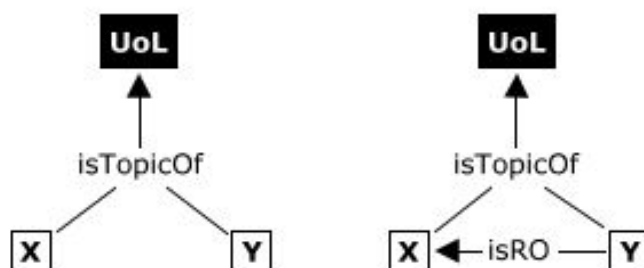


FIGURA 35 REGOLE DI LETTURA: PRIMO CASO.

In questo primo caso, vediamo due situazioni molto semplici in cui all'interno dell'unità di apprendimento sono presentati solo due topic secondari: *x* e *y*. Nella prima situazione (rappresentata a sinistra) la regola di lettura è la seguente: in assenza di una relazione del tipo *isRequirementOf* (sintetizzabile come *isRO*) tra i topic, relazione che determinerebbe un vincolo sulla loro sequenzialità, questi possono essere letti secondo un ordine definito dal docente/progettista (ordine di inserimento, alfabetico, o altro) o, in alternativa, in ordine casuale. In previsione dello sviluppo di un applicativo volto a implementare questo modello, si potrebbe prevedere che questa scelta sia demandata al docente/progettista. Nel nostro caso e per gli esempi che seguono, in assenza di una relazione di propedeuticità, i topic

sono letti in ordine alfabetico. Data questa regola, con riferimento ai due esempi presentati in figura 35, l'ordine di lettura è il seguente:

- Primo caso: $x \rightarrow y$;
- Secondo caso: $y \rightarrow x$.

Nel secondo caso, presentato nella figura 36, è stato introdotto un terzo topic, denominato z.

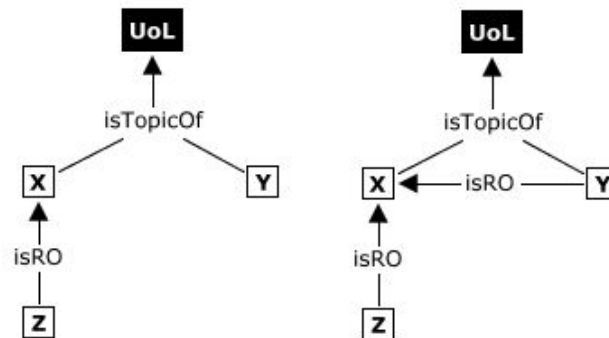


FIGURA 36 REGOLE DI LETTURA: SECONDO CASO.

Le due situazioni sopra rappresentate sono molto simili a quelle precedenti, si differenziano per la presenza di un nuovo topic z inserito nella relazione *isRequirementOf* x. Nella prima situazione, a sinistra, tra x e y non vi è alcuna relazione specificata (dunque sono letti in ordine alfabetico), a differenza del caso rappresentato a destra dove y *isRequirementOf* x (in entrambi z è prerequisito di x). Come si può vedere, nella seconda situazione x ha due topic prerequisito: y e z. Tra questi ultimi non vi è alcuna relazione specificata e pertanto sono letti in ordine alfabetico. L'ordine di lettura è il seguente:

- Primo caso: $z \rightarrow x \rightarrow y$;
- Secondo caso: $y \rightarrow z \rightarrow x$.

Continuiamo a esaminare situazioni caratterizzate dalla presenza della sola relazione *isRequirementOf* tra topic secondari, prendendo in considerazione una nuova situazione leggermente più articolata.

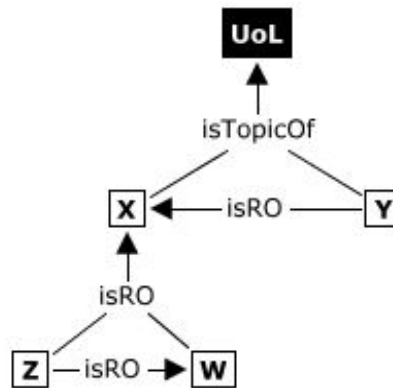


FIGURA 37 REGOLE DI LETTURA: TERZO CASO.

In figura 37, vediamo come z , y e w siano in relazione *isRequirementOf* col topic x ; inoltre z *isRequirementOf* w . In una situazione come questa l'ordine di lettura è il seguente: $z \rightarrow w \rightarrow y \rightarrow x$.

Inserendo una nuova relazione del tipo *isRequirementOf* tra y e w , otteniamo la situazione presentata nella figura seguente:

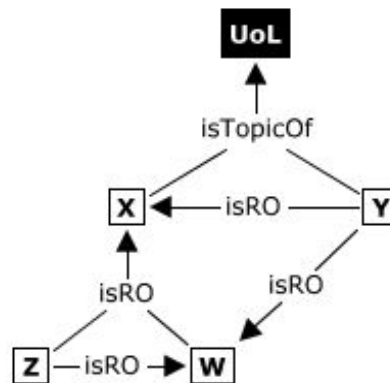


FIGURA 38 REGOLE DI LETTURA: QUARTO CASO.

L'ordine di lettura della figura 38, in cui z , w e y sono in relazione *isRequirementOf* con x ; z *isRequirementOf* w ; y *isRequirementOf* w , è il seguente: $y \rightarrow z \rightarrow w \rightarrow x$. In questa situazione y è letto prima di z poiché, non essendovi specificata alcuna relazione tra i due topic, essi sono letti in ordine alfabetico secondo quanto stabilito convenzionalmente in precedenza.

I criteri di lettura da applicare in situazioni caratterizzate dalla presenza della sola relazione *isRequirementOf* tra topic secondari dovrebbero essere ormai chiari. Possiamo pertanto esaminare situazioni caratterizzate dalla convivenza di relazioni di diversa natura.

Il primo caso è molto semplice, ma la sua interpretazione potrebbe non essere altrettanto. Osservando la figura 39, notiamo che ci troviamo di fronte a una unità di apprendimento in cui compaiono solo tre topic secondari in relazione tra loro: x *isRelatedTo* y e z *isRequirementOf* y . Fino a che abbiamo trattato casi caratterizzati dalla presenza di sole relazioni di propedeuticità, non potevano sorgere particolari dubbi sull'ordine di lettura in quanto la sequenzialità è implicita nelle relazioni; *isRelatedTo* (al pari di *isNotRelatedTo*) non veicola, al contrario, alcuna informazione sull'ordine di lettura. In questi casi è necessario determinare una regola convenzionale per l'interpretazione della relazione. Come fatto con riferimento alle situazioni caratterizzate dall'assenza di relazioni, anche di fronte a una associazione del tipo *isRelatedTo*, potrebbe essere lasciata la scelta al docente/progettista fra differenti opzioni, quali sequenzialità basata su (è evidente come altre regole convenzionali alternative a quelle qui presentate possano essere prese in considerazione): ordine di inserimento dei topic; ordine alfabetico dei topic; discrezionalità del progettista.

Adottando un ordine alfabetico nel caso presentato in figura 39, otteniamo la sequenza $x \rightarrow z \rightarrow y$.

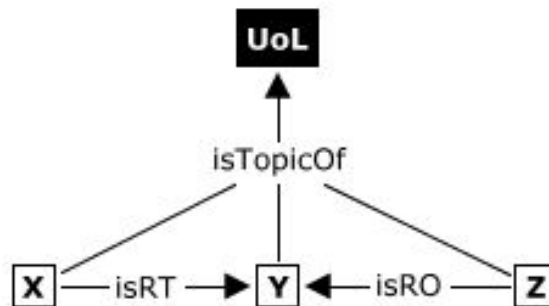


FIGURA 39 REGOLE DI LETTURA: QUINTO CASO.

Nella figura 40, la situazione presentata è leggermente più complessa. Partendo dall'elemento radice, troviamo subito due topic: x e y tra i quali non vi è alcuna relazione esplicitata (potremmo assumere in tali casi che la relazione sia *isNotRelatedTo*). Inoltre, è presente un topic w che è *isRequirementOf* x e un topic z che è in relazione *isRelatedTo* con x e *isRequirementOf* con y . In questo caso l'ordine sarà determinato dal seguente ragionamento: incontrando per primi x e y , si legge prima il topic x (secondo il criterio alfabetico fino ad ora adottato), ma questo è preceduto in lettura dal topic w (a causa della relazione di propedeuticità), quindi si affronta il topic z che è letto prima del topic y ; il risultato è dunque $w \rightarrow x \rightarrow z \rightarrow y$.

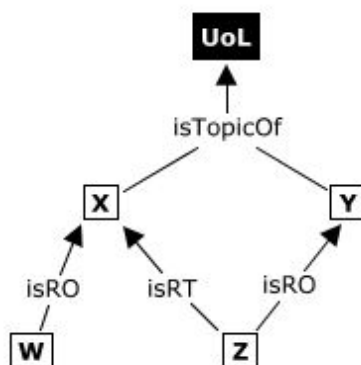


FIGURA 40 REGOLE DI LETTURA: SESTO CASO

Un'altra condizione che si potrebbe presentare è quella in cui un medesimo topic risulti essere in relazione *isRequirementOf* con più topic, come esemplificato nella figura 41. In tal caso non è necessario ripetere due volte la presentazione del topic z prima di introdurre i topic x e y, sarebbe tuttavia opportuno che il sistema fosse in grado di rilevare che un dato topic è già stato presentato e sottoponesse alla scelta del docente/progettista la decisione circa l'opportunità di ripresentare qual dato contenuto, nel caso pensi sia necessario rinforzare l'apprendimento di quel particolare contenuto, o saltarlo nella sequenza.

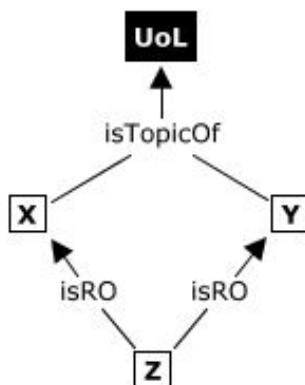


FIGURA 41 REGOLE DI LETTURA: SETTIMO CASO.

La difficoltà di interpretazione di alcune di tali situazioni deriva dal fatto di dover gestire una relazione del tipo *isRelatedTo* che non presenta caratteri di organizzazione gerarchica o di sequenzialità. In realtà il problema non è particolarmente sentito qualora si dovesse gestire la mappa dei contenuti di un corso come rete, traducendola in un sistema ipertestuale (tali sistemi sono, infatti, per loro natura non rigidamente organizzati in gerarchie, sequenze, etc.). Qualora, invece, volessimo costruire, partendo da una rete di relazioni, un materiale

didattico testuale (tipicamente strutturato in capitoli, paragrafi e sotto paragrafi) potremmo incontrare delle difficoltà, poiché rischieremo di avere una perdita delle informazioni contenute nella mappa. Una delle opzioni possibili per risolvere questa condizione consiste nella attribuzione di fattori ponderali che determinino il peso di ogni singolo nodo all'interno della rete e condizionino così i percorsi di attraversamento della stessa. Durante questo percorso di studio si è anche ragionato sulla possibilità, proprio per evitare problematiche di questa natura, di escludere la relazione *isRelatedTo* riducendo così di fatto la rete a una più facilmente gestibile struttura tassonomica. Tuttavia, non reputo tali opzioni soddisfacenti. La prima perché sul piano pedagogico appare difficilmente giustificabile e gestibile l'attribuzione di una serie di fattori ponderali ai singoli topic da parte del docente/progettista; la seconda perché si ridurrebbe la progettazione dei contenuti alla semplice tradizionale organizzazione gerarchica che non ha fondamento nella letteratura presentata in questo studio e perché essa è ormai superata, con l'evoluzione delle tecnologie web, da sistemi di navigazione ipertestuale e dalla comparsa in questi anni dei primi browser semantici.

Vorrei terminare la presentazione dei criteri da adottare per l'interpretazione delle reti dei topic, con un caso più complesso dei precedenti che analizziamo ora alla luce delle considerazioni finora fatte e che è rappresentato nella figura seguente.

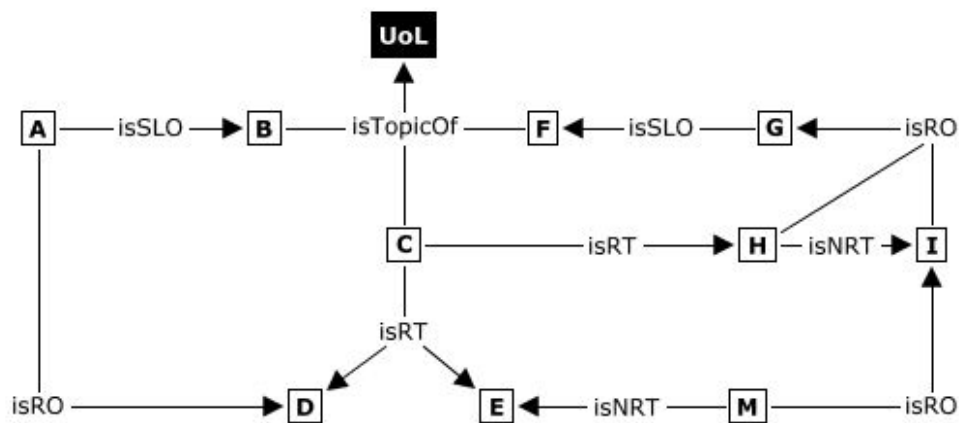


FIGURA 42 REGOLE DI LETTURA: OTTAVO CASO.

Questa unità di apprendimento comprende un numero di topic maggiore rispetto agli esempi prima esaminati e include tutte le possibili relazioni previste dal modello. Questo ci consente di far cenno dunque anche ai criteri di interpretazione di relazioni quali *isSuggestedLinkOf* e *isNotRelatedTo* finora non trattate, ma che

non dovrebbero presentare particolari difficoltà di interpretazione, poiché, essendo (al pari della relazione *isRelatedTo*) non gerarchiche né di precedenza, devono essere trattate secondo una regola convenzionale allo stesso modo di quanto visto per *isRelatedTo*.

Partendo dall'elemento radice, incontriamo tre topic: *b*, *c* ed *f* (relazione *isTopicOf*). Tra essi non è fissata alcuna associazione propedeutica, pertanto secondo un ordine alfabetico è affrontato per primo il topic *b*. Questo ha come topic di approfondimento il topic *a* (la relazione *isSuggestedLinkOf*, lo ricordiamo, indica un concetto non obbligatorio da affrontare, ma consigliato per una maggiore conoscenza del tema trattato; esso può essere inserito nel percorso formativo o nel materiale didattico che stiamo progettando come semplice link, come appendice di un altro concetto o come "finestra" di approfondimento). Dopo aver preso in considerazione i topic *b* e *a*, possiamo passare a *c* che è in relazione *isRelatedTo* con *d*, *e* e *h*. Il primo di questi che deve essere letto è *d* (ordine alfabetico), il quale ha come prerequisito proprio *a* che dovrà essere a questo punto inserito obbligatoriamente tra i concetti da apprendere (e che il sistema potrà eventualmente segnalare essere già stato suggerito come suggested link di *b*). Il nodo successivo, sempre seguendo l'ordine alfabetico tra *d*, *e* e *h* sarà *e* che si trova in associazione *isNotRelatedTo* (ricordo trattasi di una relazione simmetrica) con *m* che pertanto non viene al momento inserito nell'ordine di lettura. Quindi si può passare ad *h*, che è, a sua volta in relazione *isNotRelatedTo* con *i* (che pertanto per ora non è inserito neanche esso nell'ordine di lettura della mappa) e in relazione *isRequirementOf* con *g*. Esaurito anche questo "ramo" della mappa, torneremo a *f* il quale ha come suggested link *g* (che è trattato al pari di *a* precedentemente incontrato) che ha in relazione propedeutica *h* e *i*. Questi ultimi in quanto prerequisiti di un topic che è un semplice suggested link possono essere considerati essi stessi opzionali. Allo stesso modo deve essere considerato opzionale il topic *m* che è in relazione *isRequirementOf* con *i*. Date tali considerazioni, l'ordine di lettura è il seguente, ove tra parentesi sono stati inseriti anche i topic di approfondimento non obbligatori: $b \rightarrow (a) \rightarrow c \rightarrow a \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow h \rightarrow f \rightarrow (h) \rightarrow (m) \rightarrow (i) \rightarrow (g)$.

Spero che queste considerazioni possano supportare la riflessione sulle più opportune soluzioni da adottare in fase di sviluppo di applicativi basati su questo modello. In questo studio, come si vede, non sono presentate specifiche proposte in merito agli algoritmi per la linearizzazione di grafi, che sicuramente potrebbero fornire un utile contributo alla risoluzione dei problemi di implementazione qui solo

accennati, questo perché considerazioni di tale natura esulano dagli obiettivi della presente ricerca.

Riassumendo, un ipotetico sistema di regole del modello di progettazione dei contenuti potrà orientare la lettura delle reti di concetti che ne derivano dando priorità alle relazioni del tipo *isRequirementOf*, e in seguito in ordine di analisi a quelle *isRelatedTo*, *isNotRelatedTo* e, infine, *isSuggestedLinkOf*.

In conclusione, per evitare errori logici in fase di progettazione, mi pare opportuno prevedere alcuni vincoli da imporre allo sviluppo della mappa dei contenuti, quali:

- se un dato *topic x isRequirementOf y*, allora non è possibile che *y* sia in relazione *isRequirementOf* con *x*;
- se un dato *topic x isRequirementOf y* e *y isRequirementOf z*, allora *z* non può avere una relazione *isRequirementOf* con *x*;
- eventuali *topic* in relazione *isRequirementOf* con un *topic* che è un semplice *suggested link*, sono da considerarsi anch'essi opzionali;
- tra un dato *topic x* e un dato *topic y* può essere specificata una sola relazione;
- nessun *topic* può essere in relazione con se stesso.

8.5 STRATEGIE DI IMPLEMENTAZIONE

L'implementazione del modello ha avuto inizio con l'identificazione dei più opportuni formalismi per la traduzione dello stesso in linguaggi che garantissero una sufficiente espressività semantica e interoperabilità tra differenti applicazioni e sistemi di e-learning.

Allo stadio attuale, lo schema di codifica individuato che è sembrato meglio corrispondere agli obiettivi della ricerca è lo standard ISO/IEC 13250: Topic Maps (TM). Esso, come detto in precedenza, definisce un modello formale e standardizzato di rappresentazione della conoscenza sviluppato, secondo la stessa definizione ISO, per "rendere le informazioni più facilmente rintracciabili"; al contempo specifica un vocabolario e una grammatica, tramite l'XML Topic Maps (XTM), per la codifica XML delle topic maps. Il processo d'implementazione del modello ha avuto, pertanto, avvio con la traduzione del modello in XTM. Lo strumento impiegato è stato TM4L (*Topic Maps for E-learning*), un ambiente di *authoring* che consente la creazione, la gestione e l'impiego di archivi di risorse

didattiche, fondati su ontologie espresse tramite lo standard Topic Maps [Dicheva & Dichev, 2006].

La traduzione in XTM non ha presentato particolari difficoltà. Dapprima sono stati individuati, tra gli elementi che costituiscono il modello, i principali topic che consentono di dare un'organizzazione logica ai contenuti: *Objective*, *SubObjective*, *SubjectMatter*, *UnitOfLearning*, *TopicType*, *PrimaryTopic*, *SecondaryTopic*, *CourseRequirement*. Successivamente si è proceduto alla strutturazione degli stessi mediante l'organizzazione di una preliminare tassonomia e l'uso delle *association* che li mettono in relazione (ad esempio, *isPartOf*, *isTopicOf*, *isPrimaryTopicOf*, *isRequirementOf*, etc.).

Una volta che il disegno è stato tradotto in XTM, si è potuto procedere a una prima fase di test durante la quale è stato modellato uno specifico dominio di conoscenza (rappresentato nel nostro caso dai contenuti di un corso d'insegnamento universitario), associando ai topic le opportune occorrenze.

Come in precedenza detto, lo schema ontologico è stato disegnato indipendentemente da specifici formalismi. Come conseguenza, è possibile implementare il medesimo disegno attraverso la sua traduzione in linguaggi differenti da XTM. In particolare, allo stato attuale, si sta procedendo alla sua traduzione in OWL (Web Ontology Language), un linguaggio per la definizione di ontologie strutturate basate sul Web, il cui sviluppo è sostenuto dal W3C. Lo strumento adottato per la traduzione in OWL è Protégé (Protégé), un software free che fornisce un insieme di tool per la definizione di modelli e applicazioni basati su ontologie.

Rapportando il paradigma delle Topic Maps all'ambito della progettazione dei contenuti didattici, potremmo generare una mappa che definisce i concetti chiave di un corso e le relazioni tra essi e associare questa a un archivio di materiali didattici, le cui risorse sono associate ai concetti espressi dalla mappa. L'esistenza dei due livelli (*knowledge layer* e *information layer*), infatti, ci consente di predisporre approcci conoscitivi differenti e personalizzati (realizzati in conformità al processo di profilazione degli studenti) alla medesima struttura di risorse.

In un tipico contesto formativo, infatti, ciascun docente e/o esperto dei contenuti crea la sinossi del proprio insegnamento in cui è possibile individuare alcuni macro-argomenti, i quali guidano la suddivisione del corso in lezioni e/o unità didattiche. Questo scenario, riportato all'ambito della formazione in rete, prevede, in fase di progettazione dei contenuti, la serializzazione dei materiali con l'obiettivo

principale di ottenere unità di apprendimento, tipicamente LO in formato standard SCORM, auto consistenti.

Le Topic Maps, pertanto, potrebbero essere utilmente intese come gli indici dei contenuti di un corso, con la differenza che, mentre gli indici possono offrire poco più che un'organizzazione gerarchica dei concetti, esse esprimono anche la semantica intrinseca alla struttura dei contenuti, secondo un linguaggio standardizzato, formale ed esportabile in rete. La definizione dei contenuti è preceduta, secondo questo approccio, dalla codifica di uno schema ontologico basato sulle TM; schema che necessariamente, al fine della riusabilità, deve essere basato su un vocabolario indipendente dallo specifico dominio di conoscenza in cui viene applicato [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivinet, 2008b].

Il *Topic Maps Data Model* prevede dei costrutti predefiniti per la rappresentazione di relazioni *classe-sottoclasse* e *tipo-istanza*, i quali possono essere utilmente impiegati per definire una prima struttura gerarchica dei contenuti. Tuttavia, il paradigma impiegato consente di andare ben oltre la definizione di un semplice albero di conoscenza; il vocabolario delle relazioni può essere esteso al fine di aumentare l'espressività dello schema e consentire di esprimere anche la semantica delle relazioni (una prospettiva particolarmente interessante in previsione futura con lo sviluppo di materiali didattici fruibili sul web con *browser semantici*).

Nel corso della progettazione didattica si possono utilmente definire relazioni rappresentative di condizioni di sequenzialità e propedeuticità tra i concetti della disciplina, con la dichiarazione delle conoscenze in ingresso e dei prerequisiti dei singoli argomenti. Un simile primitivo vocabolario delle relazioni consente una certa flessibilità in fase di modellazione dei contenuti di un intervento formativo e, combinato con le caratteristiche peculiari del paradigma delle TM (struttura a due livelli e uso degli *scope*), permettere di operare adattando la programmazione al dominio di conoscenza, al contesto di applicazione e alla tipologia degli utenti [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivinet, 2007b].

Come anticipato, l'esistenza di una struttura a due livelli permette di ideare mappe differenti per il medesimo archivio di risorse, e di conseguenza di progettare percorsi diversificati mantenendo immutato il piano delle occorrenze, consentendo approcci conoscitivi differenziati e personalizzati. In ciò si può realizzare lo spostamento del livello di generalizzazione, e dunque riusabilità, alla definizione dello schema dei contenuti anziché ai contenuti stessi, come solitamente, non senza

difficoltà, avviene. Così le stesse mappe definite in un contesto formativo per un dato insegnamento, potrebbero essere economicamente esportate in contesti differenti (la codifica in un linguaggio standard XML-based ne garantisce infatti l'interoperabilità) [Adorni, Coccoli, Vercelli, & Vivanet, 2007a].

Il modello presentato consente in modo ricorsivo la gestione di risorse di differente granularità quali learning object e/o *asset* (le unità minime e irriducibili di cui si compone un oggetto didattico digitale, quali le immagini, sezioni di testo, file audio, etc.). La determinazione del livello di granularità dà origine a due diversi scenari applicativi. In un primo caso, potremmo associare a ciascun topic dei LO finiti e progettare percorsi didattici costituiti dall'erogazione degli stessi (archiviati in appositi *repository*), il cui ordine di presentazione sarà determinato sulla base delle relazioni definite tra i topic. Questa ipotesi è stata oggetto di analisi nel *case study* presentato nel capitolo successivo e che ha per tema la progettazione dei contenuti di un corso universitario sul web semantico.

In un secondo caso, il modello potrebbe essere sfruttato per la progettazione e realizzazione di singoli learning object, associando a ciascun topic degli *asset* e mettendo insieme questi ultimi (ad esempio, immagini e testi) attraverso la lettura delle relazioni tra i topic. Si tratta di una ipotesi non esemplificata nel *case study*, ma che appare quale promettente linea di sviluppo di questo studio. Prendendo in considerazione la struttura che un LO assume in conformità allo standard SCORM, osserviamo in particolare una sua *Organization*:

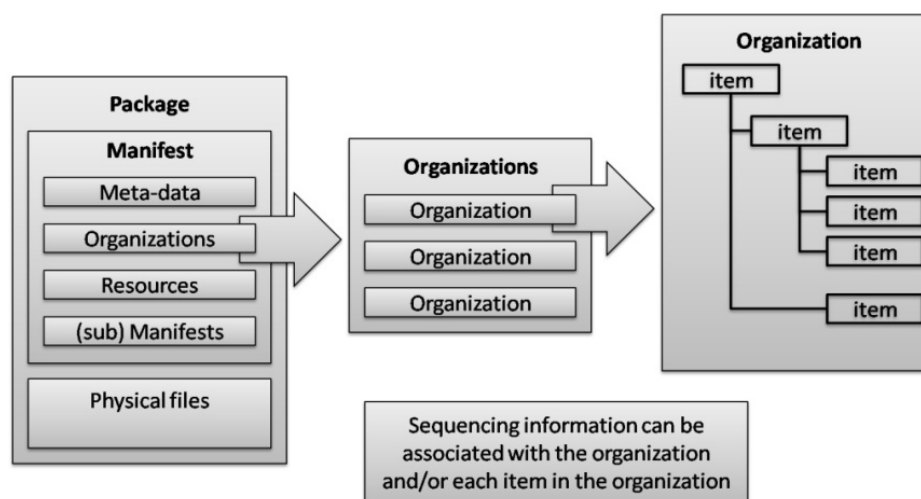


FIGURA 43 UNA *ORGANIZATION* ALL'INTERNO DI UN *PACKAGE SCORM*
[ADORNI, COCCOLI, VERCELLI, & VIVANET, 2007B].

La struttura ad albero composta dalle singole item è la stessa struttura che assume il corrispondente oggetto didattico, dove le gerarchie sono trasposte in

capitoli, sezioni e sottosezioni alle quali sono associate le risorse. La struttura qui rappresentata graficamente è implementata all'interno dei LO nei loro file di manifest in formato XML. Nel rispetto di questa struttura standard imposta, il processo di produzione dei materiali didattici può essere automatizzato e i LO costruiti basandosi esclusivamente sulla lettura e interpretazione dei file di descrizione e sulle risorse già rese disponibili e opportunamente etichettate. Tramite le Topic Maps e XTM e l'osservazione delle association si possono ricostruire e impostare le informazioni di sequenzialità delle occurrence e dei topic inerenti, automatizzando il processo di creazione non solo dei materiali ma anche delle parti descrittive dei *Package SCORM*.

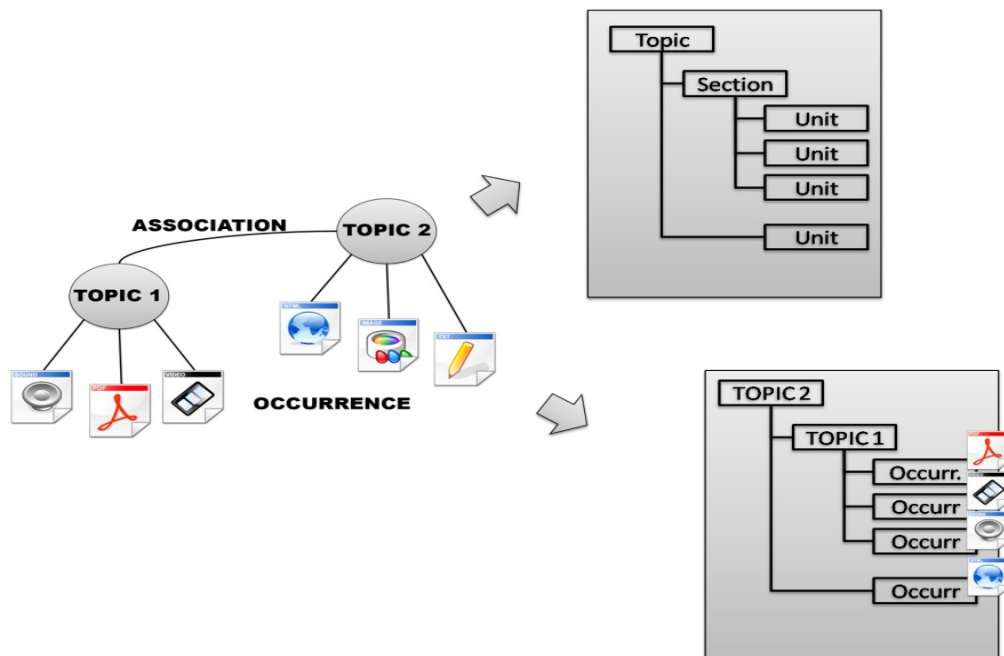


FIGURA 44 DA UNA TOPIC MAP A UNA ORGANIZATION STANDARD SCORM.

8.6 SPUNTI DI RIFLESSIONE

Nei prossimi mesi, il modello presentato sarà sottoposto a ulteriori sperimentazioni (utilizzando lo stesso per la modellazione dei contenuti di differenti corsi d'insegnamento universitario erogati dallo staff di docenti del laboratorio di E-learning & Knowledge Management dell'Università di Genova) e contemporaneamente si studierà l'integrazione dello stesso all'interno di un altro progetto di ricerca, portato avanti dal medesimo laboratorio, volto allo sviluppo di un ambiente di *authoring* per la progettazione e realizzazione di materiali didattici [Adorni, Brondo, & Coccoli, 2008a]. Entrambe queste linee di sviluppo hanno

l'obiettivo di fornire maggiori indicazioni circa la conformità dello stesso rispetto ai requisiti in precedenza esposti e l'idoneità a rappresentare la struttura di materiali didattici di differente natura (quali *lecture-presentation*, *tutorial*, *webquest*, *quiz-test*, etc.).

Riguardo ai requisiti individuati, si è riscontrata finora un'ottima rispondenza in termini di indipendenza dall'approccio pedagogico adottato, dal dominio di conoscenza e dal formato e media di erogazione; flessibilità, consentita dal ruolo centrale assegnato agli studenti e ai loro specifici obiettivi didattici, la cui pre-determinazione consente di modellare in modo flessibile i contenuti (personalizzazione); interoperabilità, favorita dall'adozione di linguaggi formali standardizzati basati su XML.

In previsione di migliorare la riusabilità delle risorse, si è proposto di spostare il livello di generalizzazione alla definizione dello schema dei contenuti anziché ai contenuti stessi (la struttura a due livelli delle TM di fatto implementa questo principio). Inoltre, con il supporto di un motore di ricerca semantico è possibile il recupero di risorse differenti associate al medesimo concetto, tra cui scegliere in funzione del contesto d'apprendimento, della tipologia di studenti e dei loro obiettivi didattici (sfruttando a tal fine anche le potenzialità degli *scope*).

Con riferimento alla verifica dei requisiti di compatibilità con gli standard più diffusi relativi alle risorse didattiche per l'e-learning, ci si è concentrati, in primis, sull'integrazione con gli schemi di metadata più diffusi (*IEEE Learning Object Metadata* e *Dublin Core*) e sulla sua capacità di rappresentazione di LO standard SCORM. Rispetto allo standard *IMS Learning Design* [IMS LD, 2003], non sono stati compiuti finora studi di compatibilità (ma lo saranno probabilmente in futuro), in ragione della diversa natura dei due modelli: uno rivolto alla modellazione dei contenuti, l'altro alla modellazione delle esperienze di apprendimento nella loro totalità, dunque con l'introduzione dei ruoli e delle attività, elementi non compresi nel nostro modello.

Nel processo di sviluppo dei materiali didattici, uno degli aspetti fondamentali cui è necessario prestare particolare attenzione, come detto, è la loro riusabilità. Essa è in stretta relazione con la loro recuperabilità. La possibilità di avere a disposizione grandi *repository* di risorse educative da poter condividere, riutilizzare e modificare offre ai docenti e ai progettisti notevoli vantaggi. Nonostante ciò, riuscire a recuperare le risorse adatte alle proprie necessità non è sempre facile, sia a causa di mancata cura in fase di progettazione delle risorse, sia a causa dei limiti

dei sistemi di ricerca sul web oggi a nostra disposizione. I metadati hanno un ruolo centrale in questa fase di sviluppo [Adorni, Brondo, & Coccoli, 2008a], inoltre, l'analisi e l'annotazione dei contenuti tramite un insieme strutturato di metadati, quali ad esempio i LOM, possono permettere di costruire percorsi personalizzati sotto il profilo dell'apprendimento (quindi non solo in riferimento ai contenuti).

I metadati possono essere rappresentati fisicamente mediante differenti sistemi di codifica (le proposte internazionali oggi più diffuse sono basate su schemi XML); la specifica *IMS Content Packaging* [IMS, 2005] prevede che essi siano specificati all'interno del *content package* nel file *imsmanifest.xml*. Tuttavia la compilazione dello schema di metadati, soprattutto quando vi è la necessità di indicizzare un gran numero di risorse, è un processo assai oneroso in termini di "risorse tempo" e "risorse uomo" coinvolte. Per questo motivo, sempre più si studiano le tecniche più adatte per "alleggerire" questa fase automatizzando in qualche modo il processo. Indipendentemente dal tipo di risorsa in oggetto è possibile ormai estrarre alcune informazioni tecniche in maniera del tutto automatica (ad esempio, valori quali *format*, *size*, *location*, etc.). L'estrazione di informazioni concernenti il contenuto è invece più complessa e maggiormente dipendente dal tipo di risorsa utilizzata. Purtroppo alcune tipologie di risorse, quali quelle codificate con standard proprietari non consentono di estrarre in modo libero informazioni significative; altre quali le immagini e i video di norma non contengono una descrizione del proprio contenuto a meno che non siano state in precedenza etichettate appositamente (sono stati avviati di recente alcuni studi volti a indagare la possibilità di annotare semanticamente risorse multimediali nel formato MPEG-7 in modo da fornire una serie di informazioni inerenti il contenuto dei filmati scena per scena). Al contrario, i documenti di testo e le pagine web si prestano a un'elaborazione automatica delle informazioni riguardanti il contenuto (sia attraverso la lettura degli eventuali metadati inseriti dall'autore della risorsa, sia attraverso algoritmi di *stemming*) [Adorni, Brondo, & Coccoli, 2008b]. I valori estratti andrebbero tuttavia uniformati, al fine di risolvere problemi di ambiguità linguistica nello schema di metadati utilizzato, ad esempio attraverso l'utilizzo di vocabolari condivisi e controllati, thesauri o ontologie [Bianchi, Mastrodonato, Vercelli, & Vivinet, 2009].

Altro aspetto da tenere in considerazione concerne il fatto che i learning object sono a loro volta spesso composti da diversi elementi, denominati *asset* e sarebbe utile garantire la riusabilità non solo della risorsa didattica finita, ma anche

dei suoi singoli componenti (aspetto di particolare rilevanza per i progettisti di materiali educativi). Ad esempio, ammettiamo di avere realizzato una risorsa educativa sullo scultore francese Auguste Rodin, contenente al suo interno una immagine di Camille Claudel (straordinaria scultrice francese, allieva e amante di Rodin). E ammettiamo di avere in seguito la necessità di realizzare una nuova risorsa proprio sulla Claudel; in tal caso sarebbe utile poter recuperare agevolmente l'immagine utilizzata nel precedente lavoro. Se avessi definito i metadata solo a livello del learning object, mi sarebbe impossibile risalire all'immagine della scultrice francese, con una pesante limitazione nell'efficienza del mio processo di progettazione, limitazione che potrei superare specificando i metadata a livello dei singoli *asset*.

La gestione di un *repository* di LO interoperabile con le piattaforme di e-learning è un problema di *knowledge management* che può essere oggi affrontato con metodi di indicizzazione semantica e automatica degli oggetti, basati sul rilevamento e la definizione dei loro componenti e l'individuazione delle relazioni che intercorrono fra questi elementi [Giacomantonio, 2007]. Infatti, se è vero che lo sviluppo del web ha portato tra i numerosi vantaggi anche alla crescita esponenziale del numero di risorse didattiche disponibili per studenti, docenti, progettisti e genitori, è anche vero che si sta sempre più determinando una situazione in cui diventa ogni giorno più difficile gestire tutti questi dati e soprattutto renderli facilmente rintracciabili. Internet sta così realizzando il sogno della biblioteca di Alessandria della conoscenza disponibile a tutti [Giacomantonio, 2007], ma sta imponendo anche la necessità di gestire tale conoscenza con metodi diversi da quelli tradizionali (la stessa esigenza sentita da Vannevar Bush nel 1945).

In un processo di metadattazione automatico, l'impiego del modello presentato per la progettazione dei percorsi di apprendimento e dei relativi contenuti può apportare alcuni rilevanti vantaggi. Ad esempio, immaginiamo ancora di voler realizzare una risorsa educativa su un argomento qualsiasi e di rappresentare la mappa dei contenuti di tale risorsa attraverso il modello prima definito. Possiamo ipotizzare che stabiliti dati algoritmi di elaborazione, i topic associati in modo più diretto alla risorsa potranno essere utilizzati al fine di definire una prima e primitiva descrizione del contenuto dell'oggetto come si può vedere nella figura che segue.

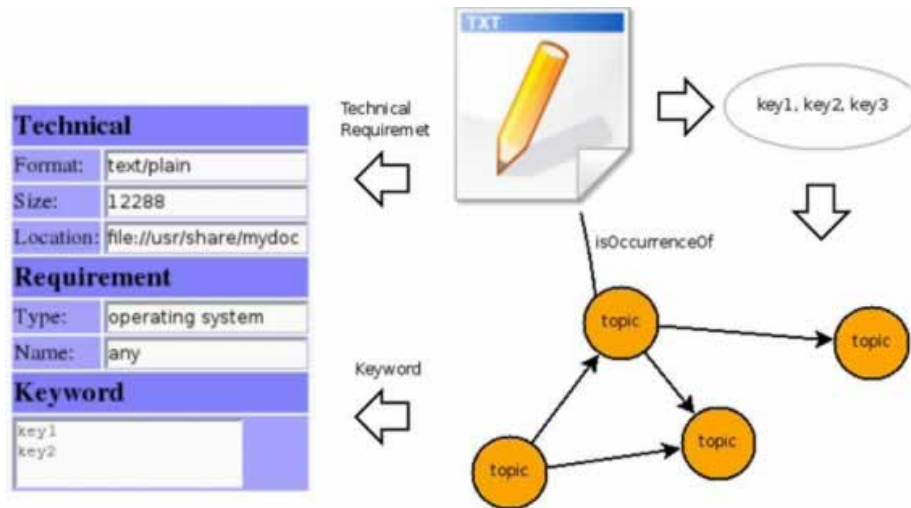


FIGURA 45 IPOTESI DI METADATAZIONE AUTOMATICA [ADORNI, BRONDO, & COCCOLI, 2008B].

Rispetto alle esigenze di metadattazione automatica e in riferimento allo standard Dublin Core, è da registrare una interessante iniziativa volta a definire una forma standardizzata di espressione dei metadati DC usando lo standard ISO/IEC 13250 Topic Maps. L'obiettivo è assicurare un approccio uniforme all'applicazione del DC tra gli utenti delle TM e di conseguenza garantire una buona integrazione dei due modelli. Allo stato attuale, i quattro insiemi di termini descritti nel DCMT sono stati coperti (*Dublin Core Metadata Element Set; Other Elements and Element Refinements; Encoding Schemes; DCMI Type Vocabulary*). Questo lavoro, in atto in seno all'ISO, è fondato sul confronto tra il *Dublin Core Abstract Model* e il *Topic Maps Data Model* (si è proceduto ad identificare l'equivalenza dei termini tra gli elementi descritti in questi due documenti). Brevemente, una risorsa di DC è considerata essere equivalente a un subject in una topic map. L'assegnazione dei metadati, nella forma proprietà-valore, a una risorsa nel DC è considerata essere equivalente al fare una dichiarazione riguardo a un subject in una topic map. Le associazioni sono pertanto utilizzate per rappresentare le coppie proprietà-valore quando possibile, in tutti i casi con alcune eccezioni [Pepper, Naito, & Durusau, 2007]. Un lavoro come questo apre la porta a un'alta interoperabilità del modello implementato con XTM e l'indicizzazione basata sul Dublin Core.

Il discorso sulla metadattazione automatica mi permette di richiamare quello che Giacomantonio ha definito il principio della automazione dei processi didattici, in altre parole la necessità della gestione automatica di tali processi ogni volta si debba realizzare economie di scala. Si tratta di un principio caratterizzante ogni sistema di e-learning che dovrebbe consentire di pianificare a priori qualunque

tipologia di percorso formativo, con qualsiasi metodologia, definire diversi step di verifica e quindi erogare interamente percorsi alternativi che conducono utenti diversi allo stesso obiettivo finale (o lo stesso tipo di utente a diversi obiettivi voluti) [Giacomantonio, 2007].

Altro punto di riflessione che vorrei qui offrire concerne i rischi che possono derivare da un approccio basato in maniera squilibrata sulla sola progettazione dei contenuti e/o sulla eccessiva ingegnerizzazione della conoscenza, se intesa erroneamente come pura e semplice somma di “mattoni formativi” [CNIPA, 2007]. L’impiego del modello non esaurisce tutte le problematiche insite in fase di progettazione didattica, poiché l’apprendimento è un processo sociale non riducibile a strette logiche modulari. Per tale ragione l’approccio suggerito deve essere necessariamente accompagnato da opportune metodologie di progetto che tengano conto della dimensione sociale dell’apprendimento e dei più recenti risultati di ricerca derivanti dalle teorie socio-costruttiviste [Alvino & Sarti, 2004].

La scelta delle strategie didattiche più opportune, in conformità alla tipologia di studenti e degli obiettivi didattici che ci si pone all’inizio di ogni intervento formativo, comporta una notevole responsabilità decisionale in merito a tecniche didattiche, modalità comunicative e strumenti di supporto [Giacomantonio, 2007]. Questa scelta riguarda l’orientamento complessivo dell’intervento formativo e gli aspetti specifici finalizzati alla realizzazione di particolari momenti dell’azione didattica e della strategia che si sta utilizzando. In questo scenario sarebbe interessante l’integrazione di un modello simile in sistemi di tipo adattivo capaci di elaborare proposte formative differenziate agli studenti precedentemente profilati [Adorni, Battigelli, Coccoli, & Sugliano, 2008].

9. CASE STUDY: DESCRIZIONE E ANALISI

Il modello di progettazione presentato nel capitolo precedente è stato ideato pensando potesse costituire un valido schema cui far riferimento per la progettazione di strumenti di *course* e *content authoring* in contesti di e-learning. Per tale ragione, in assenza di un applicativo che implementi tale modello (strumento attualmente in fase di progettazione e sviluppo all'interno del Laboratorio di E-learning & Knowledge Management del DIST Università di Genova), non è possibile condurre una sperimentazione dello stesso in un contesto esattamente corrispondente a quello per cui è stato ideato. In assenza di tale condizione, avendo tuttavia la necessità di verificare l'applicabilità del modello e la sua conformità ai requisiti individuati, ho proceduto con la sperimentazione dello stesso ipotizzando uno scenario formativo di cui si darà conto di seguito e utilizzando questo al fine di progettare i contenuti didattici di un corso universitario.

9.1 SCENARIO

Il corso che si andrà di seguito a progettare attraverso il modello descritto nel capitolo precedente ha come tema il web semantico. Il corso è destinato a essere erogato a studenti universitari (sia laurea di primo livello, sia laurea specialistica) iscritti alla Facoltà di Scienze della Formazione (con minimi adattamenti il medesimo corso può essere presentato in contesti differenti a studenti di altre Facoltà di tipo umanistico e a chiunque, in contesto aziendale e/o di pubblica amministrazione, necessità di un corso introduttivo a questo tema).

Si tratta di un corso universitario corrispondente a sei Crediti Formativi Universitari¹⁴ (CFU). Poiché ogni CFU è considerato equivalente a venticinque ore di lavoro (indipendentemente dal fatto che queste siano svolte come attività individuali di studio e/o come frequenza a laboratori e lezioni), questo corso

¹⁴ In riferimento alla normativa italiana in merito si veda il Decreto 3 novembre 1999, n.509 (Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale 4 gennaio 2000 n.2) Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei.

prevede un totale di centocinquanta ore di carico di lavoro. Poiché, inoltre, in conformità alla normativa vigente, la frazione dell'impegno orario complessivo che deve essere riservata allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale non può essere inferiore a metà delle venticinque ore, presupponiamo per il nostro scenario che tale frazione sia pari al sessanta per cento. Di conseguenza il numero di ore destinate alla didattica sarà nel nostro scenario pari a dieci per ciascun CFU (sessanta ore in totale).

In fase di definizione dei contenuti del corso si è fatto ampio riferimento alla seconda edizione del testo di Grigoris Antoniou e Frank van Harmelen "*A Semantic Web Primer*", pubblicato nell'anno 2008 dalla casa editrice MIT Press, Cambridge, Massachusetts (USA).

Nel proseguimento di questo capitolo si descriverà nei dettagli tale ipotetico scenario, introducendo i dati riguardanti gli studenti, che abbiamo detto essere determinanti per le successive scelte progettuali; gli obiettivi didattici; i dati relativi alle unità di apprendimento e le relative reti di topic.

9.2 LEARNER

Il primo elemento che deve essere esplicitato è il *Learner*, in altre parole lo studente o gruppo di studenti cui l'intervento formativo è destinato. Ai fini della presente sperimentazione, ipotizziamo di avere venticinque iscritti al corso e di aver proceduto a una prima indagine di profilazione degli studenti basata sui risultati di un questionario loro somministrato volto a indagare le loro conoscenze di ingresso e i loro obiettivi di apprendimento (cosa gli studenti si aspettano di conoscere e saper fare al termine del corso). Tale indagine ci ha portato a suddividere il gruppo di studenti iscritti in due sotto gruppi. Il primo ("Gruppo A") è composto di venti studenti i quali non hanno alcuna conoscenza di base su internet, il web, i linguaggi di programmazione per il web, il web semantico e le diverse tecnologie correlate, e che non hanno mostrato particolare interesse per specifici obiettivi di apprendimento. Il secondo ("Gruppo B") è formato dai cinque studenti restanti, i quali, avendo frequentato in passato corsi attinenti tecnologie web e linguaggi di programmazione per il web, hanno dimostrato di avere già un bagaglio di conoscenze piuttosto sviluppato concernente internet, HTML e XHTML, XML, CSS e applicazioni del web 2.0 e che, inoltre, hanno dichiarato di avere forti motivazioni relative a questo insegnamento sul web semantico e alle sue applicazioni in contesti di e-learning, soprattutto in tema di progettazione e gestione di materiali didattici.

Data la non omogeneità del gruppo di iscritti, ho pensato di predisporre dapprima una progettazione di contenuti di base per il gruppo A e quindi di apportare a tale progetto di base le modifiche necessarie per venire incontro alle diverse esigenze del gruppo B. Nel paragrafo successivo saranno specificati gli obiettivi di apprendimento dei due gruppi.

9.3 OBIETTIVI E SOTTO-OBIETTIVI

La determinazione degli obiettivi di apprendimento, come si è già detto, è alla base del processo di determinazione dei contenuti dell'insegnamento. Il modello prevede che tali obiettivi siano espressi in forma tassonomica (*Objective* e *SubObjective*); in tal modo essi risultano speculari all'organizzazione gerarchica dei contenuti (*SubjectMatter* e *UnitOfLearning*). Sebbene non vi sia nella descrizione del modello alcuna indicazione, né tanto meno preferenza, per un particolare approccio alla progettazione degli obiettivi didattici, ho scelto di adottare in questa sperimentazione la terminologia classica di Bloom [Bloom, 1956]. L'*Objective* rappresenta l'obiettivo generale del corso ed è di seguito esplicitato per i due gruppi costituiti:

- *Gruppo A*: Conoscenza e comprensione degli obiettivi e delle problematiche che si riferiscono al web semantico e alle diverse tecnologie coinvolte. Acquisire la capacità di far uso delle conoscenze dell'insegnamento al fine di esemplificare applicazioni in contesti di e-learning.
- *Gruppo B*: Conoscenza e comprensione degli obiettivi e delle problematiche che si riferiscono al web semantico e alle diverse tecnologie coinvolte. Acquisire la capacità di far uso delle conoscenze dell'insegnamento al fine di esemplificare applicazioni in contesti di e-learning. Capacità di riutilizzare le conoscenze acquisite al fine di elaborare un progetto individuale o di gruppo concernente l'uso di ontologie in contesti di e-learning.

Come si può notare, i due *Objective* sopra espressi differiscono in un solo punto, peraltro importante, relativo alle capacità, specificate per il gruppo B, di riutilizzare le conoscenze acquisite durante l'insegnamento al fine di elaborare un progetto individuale o di gruppo concernente l'uso delle ontologie in contesti di e-learning.

Definiti gli *Objective*, è ora possibile individuare e specificare per ciascuno di essi uno o più livelli di *SubObjective*, cui corrisponderanno le relative *UnitOfLearning*. Al fine di dare una struttura articolata e ben dettagliata all'intervento formativo, scomporremo ciascun *SubObjective* che potremmo definire di primo livello in ulteriori *SubObjective* a cui faremo corrispondere delle *UnitOfLearning* di secondo livello. Otteniamo così una gerarchia di obiettivi didattici a tre livelli (*Objective*, *SubObjective* e *SubObjective*) che è presentata di seguito per ciascun gruppo:

Gruppo A:

- *SubObjective 1*: Conoscere il significato di web semantico e come tale progetto si collochi nella storia di evoluzione del web. Conoscere quali sono le principali tecnologie che sono coinvolte in esso e comprendere gli obiettivi generali che il web semantico si pone.
 - *SubObjective 1.1* Conoscere le tappe fondamentali che hanno segnato la storia del web dalle origini ai giorni nostri;
 - *SubObjective 1.2* Conoscere le caratteristiche e le principali applicazioni del web 2.0;
 - *SubObjective 1.3* Comprendere cosa si intende per web semantico;
 - *SubObjective 1.4* Conoscere quali tecnologie sono alla base del web semantico.
- *SubObjective 2*: Conoscere l'XML e comprendere il suo ruolo nell'ambito del web semantico.
 - *SubObjective 2.1* Conoscere e comprendere i fondamenti dell'XML;
 - *SubObjective 2.2* Conoscere XML Schema.
- *SubObjective 3*: Conoscere il modello RDF e comprendere il suo ruolo nel web semantico.
 - *SubObjective 3.1* Conoscere il modello RDF;
 - *SubObjective 3.2* Conoscere i fondamenti di RDF Schema;
 - *SubObjective 3.3* Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni RDF.
- *SubObjective 4*: Comprendere il significato e la funzione delle ontologie nell'ambito del web semantico. Conoscere le principali tecniche di *ontology engineering*.
 - *SubObjective 4.1* Comprendere cosa è un'ontologia;

- *SubObjective 4.2* Conoscere le principali tecniche di *ontology engineering*;
- *SubObjective 4.3* Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni web basate sull'uso di ontologie.
- *SubObjective 5:* Comprendere le problematiche inerenti l'*ingegneria della conoscenza* e i fondamenti della ricerca sulla rappresentazione della conoscenza. Acquisire le nozioni di base della logica del primo ordine.
 - *SubObjective 5.1* Comprendere le problematiche inerenti la rappresentazione della conoscenza;
 - *SubObjective 5.2* Conoscere i fondamenti della logica del primo ordine.
- *SubObjective 6:* Conoscere i contesti di applicazione del web semantico nell'e-learning e comprenderne le problematiche coinvolte.
 - *SubObjective 6.1* Conoscere e comprendere semplici applicazioni del web semantico nella progettazione e gestione di learning object;
 - *SubObjective 6.2* Conoscere e comprendere semplici applicazioni del web semantico nella personalizzazione dei servizi per l'e-learning.

Gruppo B

- *SubObjective 1:* Conoscere il significato di web semantico e come tale progetto si collochi nella storia di evoluzione del web. Conoscere quali sono le principali tecnologie che sono coinvolte in esso e comprendere gli obiettivi generali che il web si pone.
 - *SubObjective 1.1* Conoscere le tappe fondamentali che hanno segnato la storia del web dalle origini al cosiddetto web 2.0;
 - *SubObjective 1.2* Comprendere cosa si intende per web semantico e conoscere quali tecnologie ne sono alla base.
- *SubObjective 2:* Conoscere l'XML e comprendere il suo ruolo nell'ambito del web semantico.
 - *SubObjective 2.1* Conoscere e comprendere i fondamenti dell'XML;
 - *SubObjective 2.2* Conoscere *XML Schema*;
- *SubObjective 3:* Conoscere il modello RDF e comprendere il suo ruolo nel web semantico.
 - *SubObjective 3.1* Conoscere il modello RDF;

- *SubObjective 3.2* Conoscere i fondamenti di *RDF Schema*;
- *SubObjective 3.3* Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni RDF.
- *SubObjective 4:* Comprendere il significato e la funzione delle ontologie nell'ambito del web semantico. Conoscere le principali tecniche di ontology engineering. Conoscere i fondamenti di OWL e saper riconoscere e utilizzare le funzionalità base di Protégé.
 - *SubObjective 4.1* Comprendere cosa è un'ontologia;
 - *SubObjective 4.2* Conoscere le principali tecniche di *ontology engineering*;
 - *SubObjective 4.3* Conoscere i fondamenti di OWL;
 - *SubObjective 4.4* Saper utilizzare le funzioni base di Protégé;
 - *SubObjective 4.5* Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni web basate sull'uso di ontologie.
- *SubObjective 5:* Comprendere le problematiche inerenti *l'ingegneria della conoscenza* e i fondamenti della ricerca sulla rappresentazione della conoscenza. Acquisire le nozioni di base della logica del primo ordine.
 - *SubObjective 5.1* Comprendere le problematiche inerenti la rappresentazione della conoscenza;
 - *SubObjective 5.2* Conoscere i fondamenti della logica del primo ordine.
- *SubObjective 6:* Conoscere i contesti di applicazione del web semantico nell'e-learning e comprenderne le problematiche coinvolte. Acquisire la capacità di riutilizzare le conoscenze acquisite al fine di elaborare un progetto individuale o di gruppo concernente l'uso di ontologie nella progettazione e gestione dei materiali didattici destinati all'e-learning.
 - *SubObjective 6.1* Acquisire la capacità di analisi di sistemi di e-learning basati sull'uso di ontologie;
 - *SubObjective 6.2* Elaborare un'ontologia per l'indicizzazione semantica di learning object;
 - *SubObjective 6.3* Costruire uno scenario di applicazione dell'ontologia sviluppata.

Al fine di esplicitare quanto stabilito nell'*Objective* e di personalizzare la progettazione dei contenuti in conformità al profilo dei due gruppi di studenti, i *SubObjective* dei due gruppi differiscono leggermente. Tra gli obiettivi del gruppo B

vi è un'accentuata attenzione agli aspetti applicativi delle ontologie in ambienti di e-learning e nello specifico all'indicizzazione semantica dei materiali didattici. Gli obiettivi del gruppo B sono dunque più complessi rispetto a quelli del gruppo A, tuttavia il carico di lavoro per i due gruppi deve essere logicamente lo stesso e corrispondente a sei CFU. Per questo motivo è necessario calibrare in modo differente il carico di lavoro dei due gruppi sui diversi contenuti in dipendenza del bagaglio di conoscenze e delle aspettative che essi hanno mostrato nel corso della profilazione.

Il modello consente, inoltre, di specificare eventuali relazioni di propedeuticità (assolutamente opzionali) tra i diversi *SubObjective* (tali relazioni costituiranno vincoli determinanti sulle unità di apprendimento corrispondenti). Questa opportunità è stata utilizzata nel presente *case study* nel seguente modo (valido per entrambi i gruppi):

- *SubObjective 1 isRequirementOf SubObjective 2*
- *SubObjective 2 isRequirementOf SubObjective 3*
- *SubObjective 3 isRequirementOf SubObjective 4*
- *SubObjective 4 isRequirementOf SubObjective 5*
- *SubObjective 5 isRequirementOf SubObjective 6.*

Il medesimo vincolo è stato posto in ordine sequenziale tra i diversi *SubObjective* di secondo livello (ad esempio, *SubObjective 1.1 isRequirementOf SubObjective 1.2*; *SubObjective 1.2 isRequirementOf SubObjective 1.3*; *SubObjective 1.3 isRequirementOf SubObjective 1.4*; e così via).

9.4 UNITÀ DI APPRENDIMENTO E TOPIC

Una volta che sono state definite in modo esplicito le caratteristiche degli studenti cui l'intervento formativo è rivolto e che ne sono stati delineati operativamente gli *Objective* e i *SubObjective*, è stato possibile procedere con la suddivisione del *SubjectMatter* in *UnitOfLearning*. Come si può vedere in figura 46, il *SubjectMatter* "Semantic Web" è stato scomposto (riflettendo in tal modo la tassonomia degli obiettivi didattici illustrata nel paragrafo precedente) in sei *UnitOfLearning* (relazione *isPartOf*):

- *UOL 1: Introduction (web history and overview of semantic web technologies);*
- *UOL 2: XML (eXtensible Markup Language);*

- UOL 3: RDF (*Resource Description Framework*);
- UOL 4: *Ontologies*;
- UOL 5: *Logic*;
- UOL 6: *E-learning applications*.

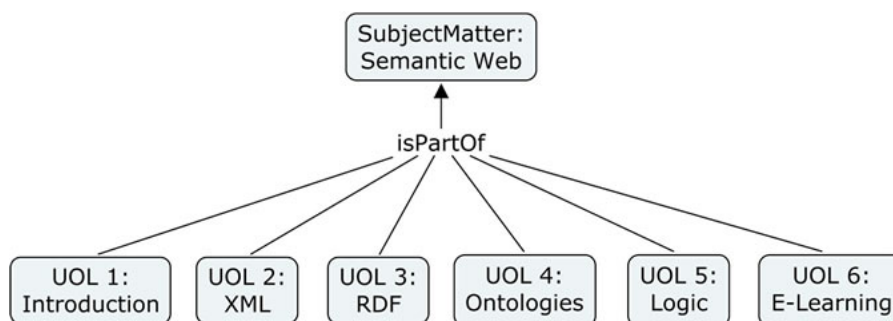


FIGURA 46 SUBJECTMATTER E UNITOFLEARNING.

Per ciascuna unità di apprendimento (che chiameremo in seguito indistintamente anche “unità didattiche”), è stato necessario, tenendo fede allo scenario cui ho fatto riferimento all’inizio del *case study*, specificare il carico di lavoro che ciascun gruppo di studenti dovrà sostenere e che verrà espresso in CFU (si ricorda che il sessanta per cento delle ore è riservato allo studio individuale, mentre il restante quaranta per cento alle attività didattiche). Nelle tabelle seguenti sono specificate queste informazioni per entrambi i gruppi:

Gruppo A		
UnitOfLearning	CFU	Required Time (hh:mm)
1. Introduction	1,00	25:00
2. XML (eXtensible Markup Language)	1,00	25:00
3. RDF (Resource Description Framework)	1,00	25:00
4. Ontologies	1,00	25:00
5. Logic	1,00	25:00
6. E-learning Applications	1,00	25:00

Gruppo B		
UnitOfLearning	CFU	Required Time (hh:mm)
1. Introduction	0,50	12:30
2. XML (eXtensible Markup Language)	0,50	12:30
3. RDF (Resource Description Framework)	1,00	25:00
4. Ontologies	1,50	37:30
5. Logic	1,00	25:00
6. E-learning Applications	1,50	37:30

Le *unit of learning* (UOL) sono state calibrate in misura differente per i due gruppi. Il minore carico di lavoro relativo ai primi due moduli per il gruppo B è bilanciato da un maggior carico di lavoro nei moduli 4 e 6 (quelli i cui contenuti saranno focalizzati sugli obiettivi specifici del gruppo).

Nel paragrafo precedente avevo, inoltre, specificato le relazioni di propedeuticità tra i diversi *Objective*; queste, come ho già più volte detto, si riflettono logicamente sulle unità di apprendimento, vincolandone l'ordine di successione in tal modo:

- UOL 1 *isRequirementOf* UOL 2
- UOL 2 *isRequirementOf* UOL 3
- UOL 3 *isRequirementOf* UOL 4
- UOL 4 *isRequirementOf* UOL 5
- UOL 5 *isRequirementOf* UOL 6

Poiché la relazione *isRequirementOf* è una relazione transitiva, è implicito, ad esempio, che l'unità di apprendimento 1 sia propedeutica anche alle UOL 3, 4, 5, e 6; e così per tutte le altre.

Una volta esplicitati gli obiettivi didattici e le unità di apprendimento di cui si comporrà il corso con relativi vincoli di propedeuticità, abbiamo definito la struttura portante del corso. È ora necessario per ciascuna *unit of learning* di primo livello specificare le differenti unità di secondo livello e il corrispondente carico di lavoro. Nelle tabelle che seguono, è presentata schematicamente l'organizzazione delle diverse unità didattiche e di quelle che potremmo chiamare le corrispondenti sotto-unità di apprendimento; queste ultime sono state definite in base alla strutturazione dei *SubObjective* di secondo livello precedentemente presentata. Per ciascuna unità di apprendimento di primo livello è indicato l'obiettivo didattico, una breve descrizione, i CFU corrispondenti e l'equivalente in tempo (secondo la regola

1CFU=25 ore), con la precisazione della porzione di tempo dedicata alla didattica e la porzione di tempo dedicata allo studio individuale e alle esercitazioni. Le tabelle concernenti le unità di apprendimento 1, 2, 4 e 6 sono differenti per il gruppo A e il gruppo B (in conseguenza dei diversi obiettivi didattici e/o dei carichi di lavoro parziali a essi assegnati), le restanti unità di apprendimento 3 e 5 sono invece identiche in quanto identici sono gli obiettivi da cui dipendono.

UnitOfLearning 1: Introduction (Gruppo A)		
SubObjective 1: Conoscere il significato di web semantico e come tale progetto si collochi nella storia di evoluzione del web. Conoscere quali sono le principali tecnologie che sono coinvolte in esso e comprendere gli obiettivi generali che il web semantico si pone.		
Abstract: La prima unità di apprendimento è destinata a introdurre i contenuti che saranno presentati nel corso dell'insegnamento. Si partirà evidenziando i principali passaggi che hanno contrassegnato la storia del web, dalla sua nascita a oggi, con particolare attenzione ai cambiamenti attuali che vanno sotto il nome di web 2.0. Terminerà l'unità una breve rassegna delle tecnologie e dei linguaggi del <i>semantic web</i> che saranno approfonditi nei moduli successivi.		
CFU: 1		
Required time: 25 ore (10 ore di didattica + 15 ore di studio individuale)		
SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 1.1	1.1 The history of the web	0,25
SubObjective 1.2	1.2 The web 2.0	0,25
SubObjective 1.3	1.3 Introduction to the semantic web	0,25
SubObjective 1.4	1.4 Overview of semantic web technologies	0,25

UnitOfLearning 1: INTRODUCTION (Gruppo B)		
SubObjective 1: Conoscere il significato di web semantico e come tale progetto si collochi nella storia di evoluzione del web. Conoscere quali sono le principali tecnologie che sono coinvolte in esso e comprendere gli obiettivi generali che il web semantico si pone.		
Abstract: La prima unità di apprendimento è destinata a introdurre i contenuti che saranno presentati nel corso dell'insegnamento. Si partirà delineando i principali passaggi che hanno contrassegnato la storia del web, dalla sua nascita a oggi, con		

particolare attenzione ai cambiamenti attuali che vanno sotto il nome di web 2.0. Terminerà l'unità una breve rassegna delle tecnologie e dei linguaggi del semantic web che saranno approfonditi nei moduli successivi.

CFU: 0,50

Required time: 12:30 ore (5 ore di didattica + 7:30 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 1.1	1.1 Brief history of the web: from origins to the web 2.0	0,25
SubObjective 1.2	1.2 Overview of semantic web technologies	0,25

UnitOfLearning 2: XML (Gruppo A)

SubObjective 2: Conoscere l'XML e comprendere il suo ruolo nell'ambito del web semantico.

Abstract: La seconda unità di apprendimento è incentrata sull'*eXtensible Markup Language* (XML); se ne illustreranno le caratteristiche fondamentali, si introdurrà la differenza tra documenti ben formati e documenti validi e, a tal proposito, si presenterà *XML Schema*.

CFU: 1

Required time: 25 ore (10 ore di didattica + 15 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 2.1	2.1 XML Language	0,50
SubObjective 2.2	2.2 XML Schema	0,50

UnitOfLearning 2: XML (Gruppo B)

SubObjective 2: Conoscere l'XML e comprendere il suo ruolo nell'ambito del web semantico.

Abstract: La seconda unità di apprendimento è incentrata sull'*eXtensible Markup Language* (XML); se ne illustreranno le caratteristiche sintattiche fondamentali, si introdurrà la differenza tra documenti ben formati e documenti validi e, a tal proposito, si presenterà *XML Schema*.

CFU: 0,50

Required time: 12:30 ore (5 ore di didattica + 7:30 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 2.1	2.1 XML Language	0,25
SubObjective 2.2	2.2 XML Schema	0,25

UnitOfLearning 3: RDF (Gruppo A e Gruppo B)		
SubObjective 3: Conoscere il modello RDF e comprendere il suo ruolo nel web semantico.		
Abstract: La terza unità di apprendimento presenterà il <i>Resource Description Framework</i> (RDF). Saranno illustrati il modello astratto e le principali caratteristiche della sintassi basata su XML.		
CFU: 1		
Required time: 25 ore (10 ore di didattica + 15 ore di studio individuale)		
SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 3.1	3.1 Introduction to the RDF model	0,33
SubObjective 3.2	3.2 Introduction to RDF Schema	0,33
SubObjective 3.3	3.3 RDF applications	0,33

UnitOfLearning 4: ONTOLOGIES (Gruppo A)		
SubObjective 4: Comprendere il significato e la funzione delle ontologie nell'ambito del web semantico. Conoscere le principali tecniche di <i>ontology engineering</i> .		
Abstract: La quarta unità di apprendimento partirà dall'analisi del concetto di ontologia e delle funzioni che le ontologie assolvono all'interno del web semantico (con evidenziazione degli aspetti critici connessi). Si terminerà con la presentazione delle principali metodologie di costruzione delle ontologie e l'illustrazione di alcuni casi di impiego di sistemi web basati sull'uso di ontologie (con particolare enfasi sulle prospettive didattiche).		
CFU: 1		
Required time: 25 ore (10 ore di didattica + 15 ore di studio individuale)		
SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 4.1	4.1 Introduction to ontologies	0,33
SubObjective 4.2	4.2 Ontology engineering: basic ideas	0,33
SubObjective 4.3	4.3 Ontologies applications on the web	0,33

UnitOfLearning 4: ONTOLOGIES (Gruppo B)

SubObjective 4: Comprendere il significato e la funzione delle ontologie nell'ambito del web semantico. Conoscere le principali tecniche di ontology engineering. Conoscere i fondamenti di OWL e saper riconoscere e utilizzare le funzionalità base di Protégé.

Abstract: La quarta unità di apprendimento partirà dall'analisi del concetto di ontologia e delle funzioni che le ontologie assolvono all'interno del web semantico (con evidenziazione degli aspetti critici connessi). Si discuteranno di seguito le principali metodologie di costruzione di ontologie. Infine si introdurranno le caratteristiche fondamentali del *Web Ontology Language* (OWL) e le funzioni principali di Protégé.

CFU: 1,50

Required time: 37:30 ore (15 ore di didattica + 22:30 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 4.1	4.1 Introduction to ontologies	0,25
SubObjective 4.2	4.2 Ontology engineering: basic ideas	0,50
SubObjective 4.3	4.3 Introduction to OWL	0,25
SubObjective 4.4	4.4 Introduction to Protégé	0,25
SubObjective 4.5	4.5 Ontologies applications on the web	0,25

UnitOfLearning 5: LOGIC (Gruppo A e Gruppo B)

SubObjective 5: Comprendere le problematiche inerenti l'ingegneria della conoscenza e i fondamenti della ricerca sulla rappresentazione della conoscenza. Acquisire le nozioni di base della logica del primo ordine.

Abstract: La quinta unità di apprendimento avrà inizio con una introduzione alla disciplina della ingegneria della conoscenza con particolare riferimento ai temi della rappresentazione della conoscenza. Si evidenzieranno i contributi che diversi settori disciplinari hanno dato a questa area di ricerca (con particolare enfasi al contributo dell'Intelligenza Artificiale). Si presenteranno di seguito i principi elementari della logica con particolare enfasi ai fondamenti della Logica del Primo Ordine.

CFU: 1

Required time: 25 ore (10 ore di didattica + 15 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
--------------	----------------	-----

SubObjective 5.1	5.1 Introduction to the Knowledge Representation	0,50
SubObjective 5.2	5.2 Introduction to the First Order Logic	0,50

UnitOfLearning 6: E-LEARNING APPLICATIONS (Gruppo A)

SubObjective 6: Conoscere i contesti di applicazione del web semantico nell'e-learning e comprenderne le problematiche coinvolte.

Abstract: La sesta e ultima unità di apprendimento presenterà alcuni scenari in cui l'azione sinergica delle tecnologie di tipo semantico e di quelle proprie dell'e-learning potrà dare origine a concreti miglioramenti della pratica didattica quotidiana. Nello specifico si parlerà di learning object e metadati (indicizzazione semantica e information retrieval); gestione di archivi di risorse didattiche; personalizzazione di contenuti e servizi; e infine di progettazione dei percorsi e dei relativi contenuti didattici.

CFU: 1

Required time: 25 ore (10 ore di didattica + 15 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 6.1	6.1 Learning content management	0,50
SubObjective 6.2	6.2 Personalization	0,50

UnitOfLearning 6: E-LEARNING APPLICATIONS (Gruppo B)

SubObjective 6: Conoscere i contesti di applicazione del web semantico nell'e-learning e comprenderne le problematiche coinvolte. Acquisire la capacità di riutilizzare le conoscenze acquisite al fine di elaborare un progetto individuale o di gruppo concernente l'uso di ontologie nella progettazione e gestione dei materiali didattici destinati all'e-learning.

Abstract: La sesta e ultima unità di apprendimento presenterà alcuni scenari in cui l'azione sinergica delle tecnologie di tipo semantico e di quelle proprie dell'e-learning potrà dare origine a concreti miglioramenti della pratica didattica quotidiana. Si procederà quindi a un'attività, in parte individuale e in parte di gruppo, volta allo sviluppo di una ontologia per l'indicizzazione semantica di risorse educative e alla definizione di uno scenario applicativo ove questa sia impiegata.

CFU: 1,50

Required time: 37:30 ore (15 ore di didattica + 22:30 ore di studio individuale)

SubObjective	UnitOfLearning	CFU
SubObjective 6.1	6.1 Semantic web applications in e-learning context	0,25
SubObjective 6.2	6.2 Development of an ontology for learning objects description	1,00
SubObjective 6.3	6.3 Scenario building	0,25

Con la determinazione delle diverse unità di apprendimento di primo e secondo livello sopra presentata, abbiamo completato la struttura logica del corso. È ora necessario individuare i topic di ogni *UnitOfLearning*; questi potranno appartenere alle classi *PrimaryTopic* o *SecondaryTopic*. Nelle tabelle che seguono, sono riportati per le diverse unità didattiche di secondo livello:

- l'unità di apprendimento di primo livello di appartenenza;
- il titolo;
- il corrispondente valore di CFU e l'equivalente valore temporale espresso in minuti (il valore di *Effort* della unità di apprendimento) in cui 1CFU=25 ore di cui dieci dedicate alla didattica e 15 allo studio individuale e pertanto:
 - 0,25 CFU corrisponderà a 150 minuti di didattica;
 - 0,33 CFU corrisponderà a 200 minuti di didattica;
 - 0,50 CFU corrisponderà a 300 minuti di didattica;
- il corrispondente *SubObjective*;
- i topic appartenenti alla classe *PrimaryTopic* (per motivi di semplicità, sono di seguito indicati i topic primari delle unità di apprendimento in modo globale, senza specificare gli specifici topic secondari di cui essi costituiscono prerequisito);
- i topic appartenenti alla classe *SecondaryTopic* e le relazioni che li congiungono (in forma grafica e secondo la seguente convenzione: *isTO = isTopicOf*; *isRO = isRequirementOf*; *isRT = isRelatedTo*; *isNRT = isNotRelatedTo*; *isSLO = isSuggestedLinkOf*); per ciascun topic secondario è riportato tra parentesi quadre il valore di effort espresso in minuti (tale valore ovviamente non è presente per i topic identificati dalla relazione *isSuggestedLinkOf* in quanto rappresentanti concetti di approfondimento non obbligatori); infine, si precisa che, ai soli fini di questo case study, la relazione *isNotRelatedTo* si intende implicita laddove non vi sia alcuna altra relazione rappresentata;

- il valore di *Effort* associato a ciascun singolo topic secondario;
- eventuali note relative all'interpretazione delle relazioni in conformità ai criteri definiti in sede di descrizione del modello e alle eventuali criticità presenti.

Ritengo che la discussione dei diversi casi che si presenteranno di seguito possa essere utile da una parte per una migliore comprensione del modello e dei criteri a esso applicabili e dall'altra per mettere in luce potenzialità espressive ed eventuali problematiche insite nella sua applicazione. Le unità didattiche che seguiranno fanno riferimento al gruppo A. Seguirà una presentazione delle strategie di personalizzazione indirizzate al gruppo B, dove si renderanno evidenti le differenze nelle singole unità di apprendimento.

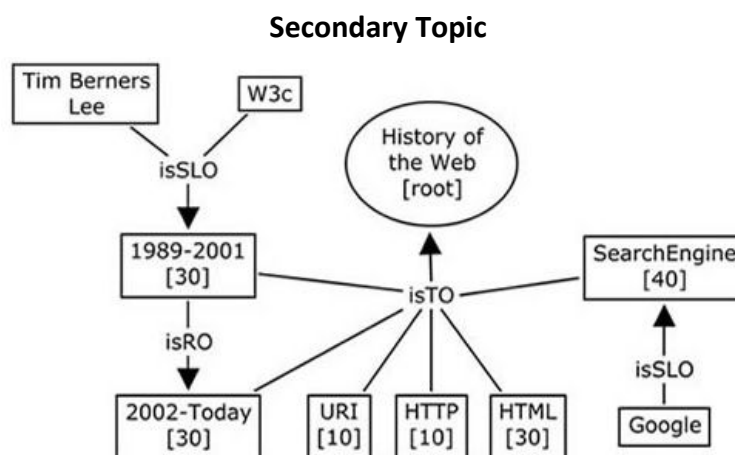
UOL 1: Introduction (Gruppo A)

UnitOfLearning 1.1: The history of the web.

CFU: 0,25

SubObjective 1.1: Conoscere le tappe fondamentali che hanno segnato la storia del web dalle origini ai giorni nostri.

Primary Topic: Internet.



Notes: L'elemento radice, rappresentato da "History of the Web", ha sei topic in diretta associazione. Tra questi si dovrà tener conto della relazione di precedenza esistente tra "1989-2001" e "2002-Today". Tra i restanti non sono evidenziati vincoli di propedeuticità. Sono presenti, inoltre, alcuni link di approfondimento evidenziati dalla relazione *isSuggestedLinkOf*.

UOL 1: Introduction (Gruppo A)

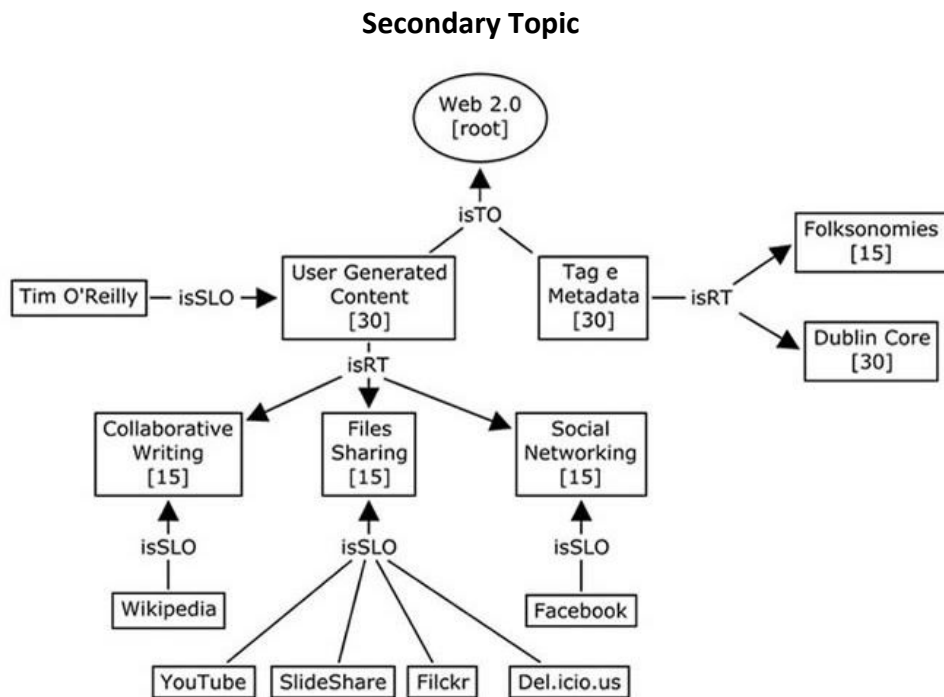
UnitOfLearning 1.2: The web 2.0.

CFU: 0,25

SubObjective 1.2: Conoscere le caratteristiche e le principali applicazioni del web

2.0.

Primary Topic: Internet, Web.



Notes: L'elemento radice è "Web 2.0" che è in diretta relazione con i topic "User Generated Content" e "Tag & Metadata". Il primo (avente un link di approfondimento) è, a sua volta, in relazione *isRelatedTo* con tre topic, ciascuno dei quali ha dei *suggested topic* collegati. Il secondo è in relazione con "Folksonomies" e "Dublin Core". Si tratta di un caso problematico dal punto di vista della linearizzazione qualora si voglia, da tale mappa, generare una gerarchia di contenuti. Tuttavia, differenti soluzioni sono applicabili (sempre tenendo presente la necessità di lasciare al docente/progettista la possibilità di stabilire liberamente la sequenza di lettura) quali: la definizione di un criterio convenzionale (alfabetico, cronologico, etc.) o l'attribuzione di fattori ponderali in contemporanea all'adozione di apposito algoritmo di linearizzazione. Il problema si pone solo in misura limitata laddove è possibile gestire i contenuti attraverso sistemi ipertestuali e *browser semantici*.

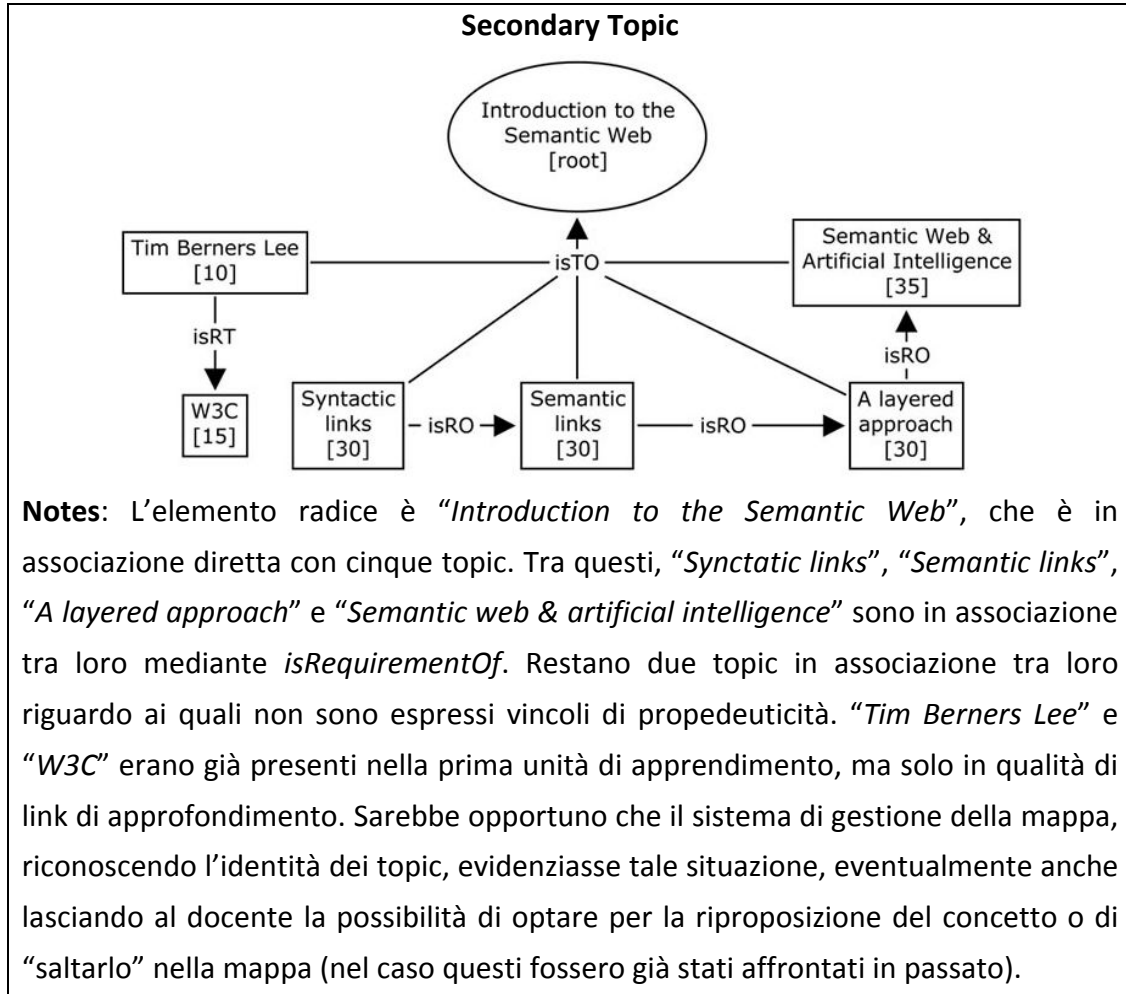
UOL 1: Introduction (Gruppo A)

UnitOfLearning 1.3: Introduction to the semantic web.

CFU: 0,25

SubObjective 1.3: Comprendere cosa si intende per web semantico.

Primary Topic: Internet, Web, HTML.



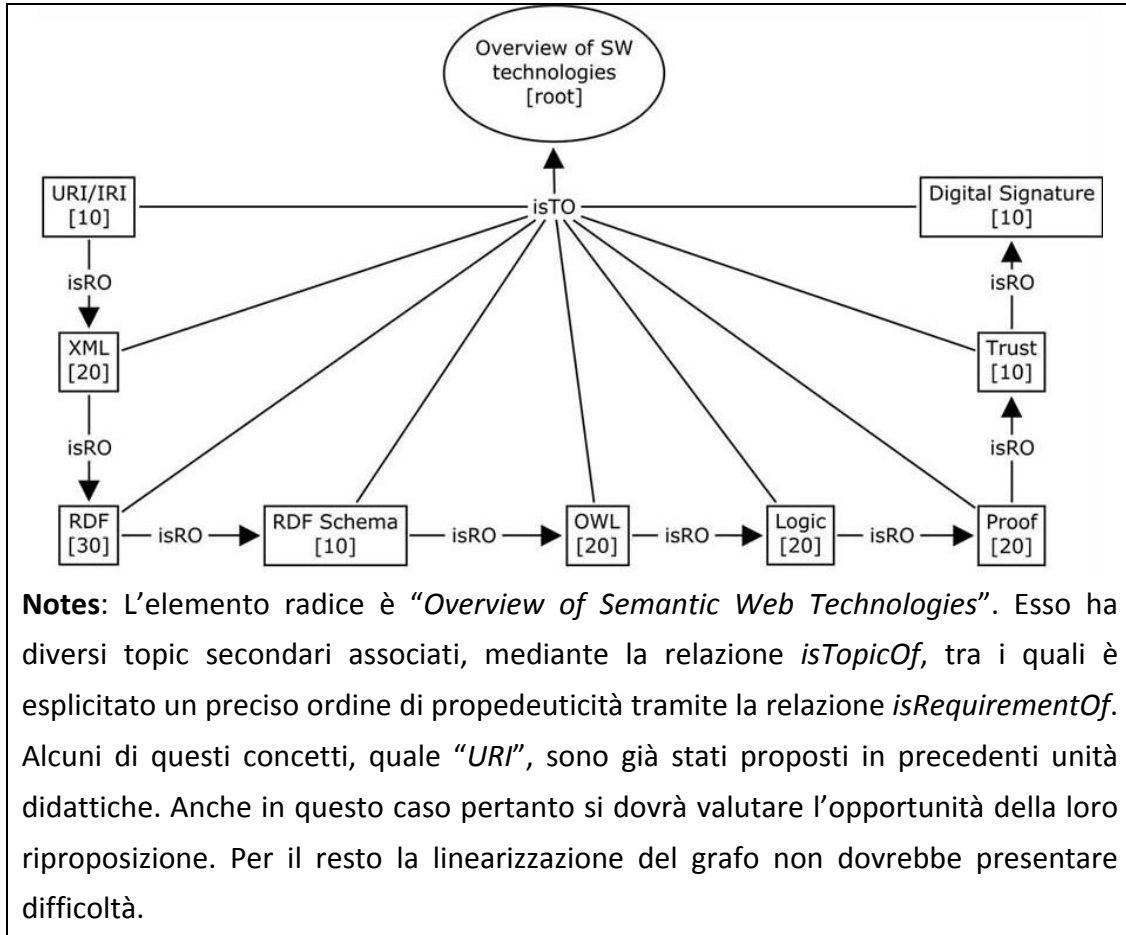
UOL 1: Introduction (Gruppo A)

UnitOfLearning 1.4: Overview of semantic web technologies. **CFU:** 0,25

SubObjective 1.4: Conoscere quali tecnologie sono alla base del web semantico.

Primary Topic: Internet, Web.

Secondary Topic



UOL 2: XML (Gruppo A)

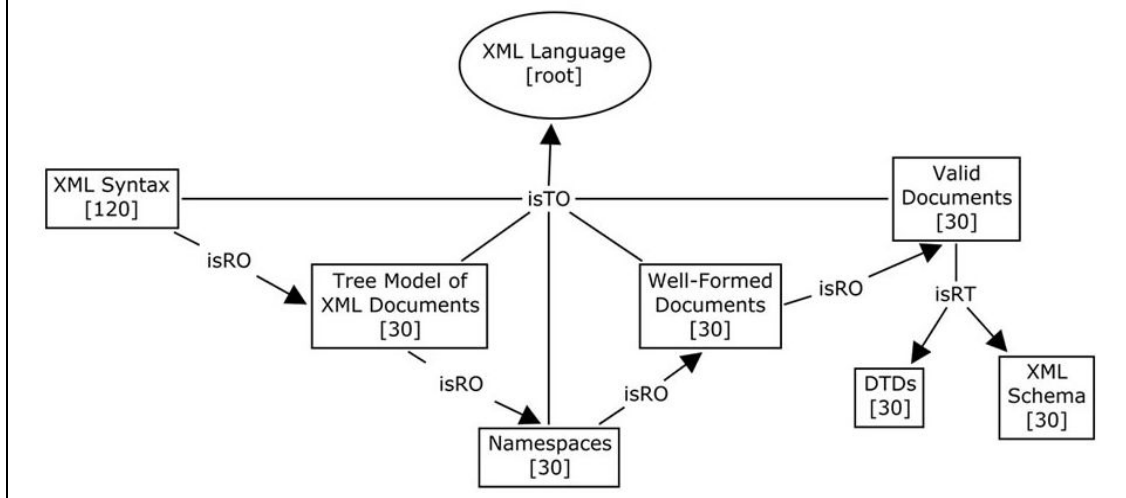
UnitOfLearning 2.1: XML Language.

CFU: 0,50

SubObjective 2.1: Conoscere e comprendere i fondamenti dell'XML.

Primary Topic: Markup languages.

Secondary Topic



Notes: L'elemento radice è "XML Language", il quale è in relazione diretta con cinque topic, tra i quali è definita una relazione di propedeuticità. Il topic "Valid Documents" è in relazione *isRelatedTo* con altri due topic secondari. La lettura della mappa avrà inizio dal topic "XML Syntax" e si concluderà con la lettura del topic "XML Schema".

UOL 2: XML (Gruppo A)

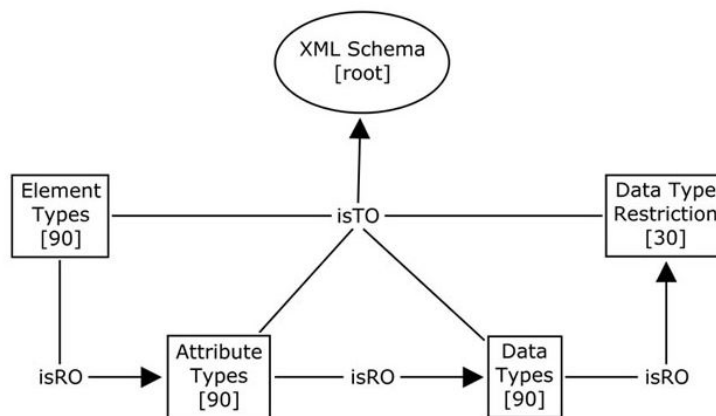
UnitOfLearning 2.2: XML Schema.

CFU: 0,50

SubObjective 2.2: Conoscere XML Schema.

Primary Topic: Markup Languages, XML.

Secondary Topic



Notes: Similmente alla unità di apprendimento 2.1, abbiamo un insieme di topic secondari in associazione tra di loro mediante la relazione *isRequirementOf* che ne vincola l'ordine di lettura. È una delle reti di topic più semplici, che non dovrebbe presentare difficoltà di linearizzazione.

UOL 3: RDF (Gruppo A e Gruppo B)

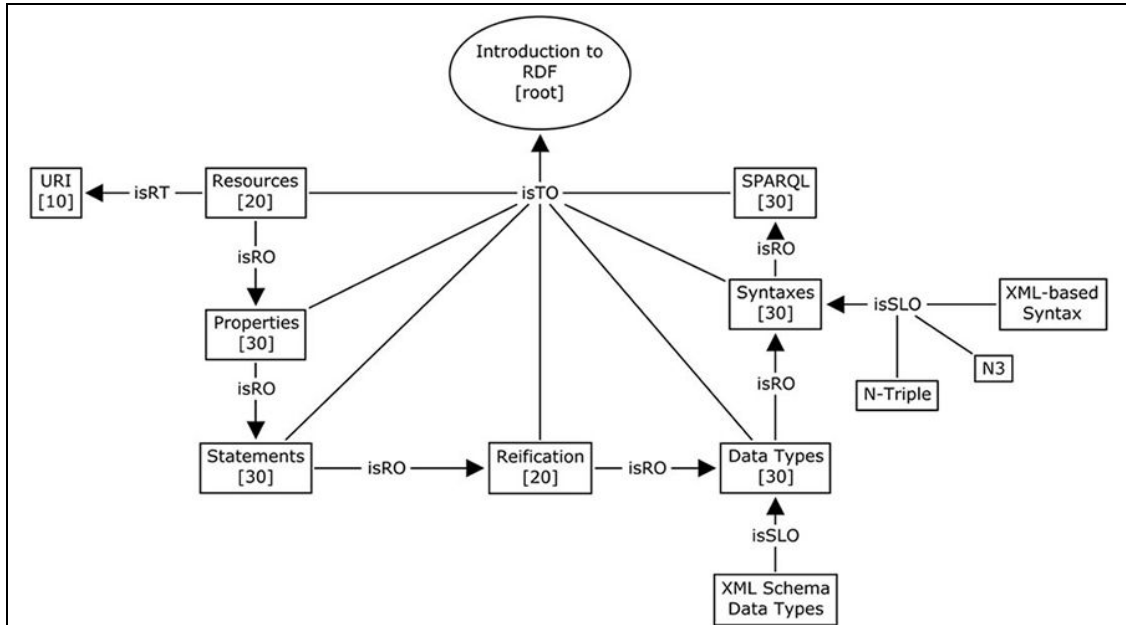
UnitOfLearning 3.1: Introduction to the RDF model.

CFU: 0,33

SubObjective 3.1: Conoscere il modello RDF.

Primary Topic: Internet, Web, XML, XML Schema.

Secondary Topic



Notes: L'elemento radice in questo caso è "Introduction to RDF" che si trova in diretta associazione con sette topic secondari. Il topic "Resources" presenta una relazione *isRelatedTo* con il topic "URI", un concetto già presente nelle precedenti unità di apprendimento. In tal caso, sarebbe opportuno che il sistema, riconoscendo l'identità di questo topic e avendo memoria della sua precedente lettura, ne desse segnale al docente/progettista lasciando a lui la scelta se riproporre quel dato concetto o "saltarlo" nella sequenza. Un problema che nasce in situazioni come questa, caratterizzate dalla compresenza di relazioni di precedenza (*isRequirementOf*) con relazioni associative generiche (*isRelatedTo*), è quello dell'ordine di lettura da seguire. Data la struttura e le relazioni della mappa, il primo topic da affrontare in questo caso è "Resources", successivamente è necessario stabilire se "attraversare" prima il nodo "URI" oppure il nodo "Properties". Si tratta, a mio modo di vedere di una opzione che dovrebbe valutare volta per volta chi progetta il corso. La mappa è completata da alcuni topic in relazione *isSuggestedLinkOf*.

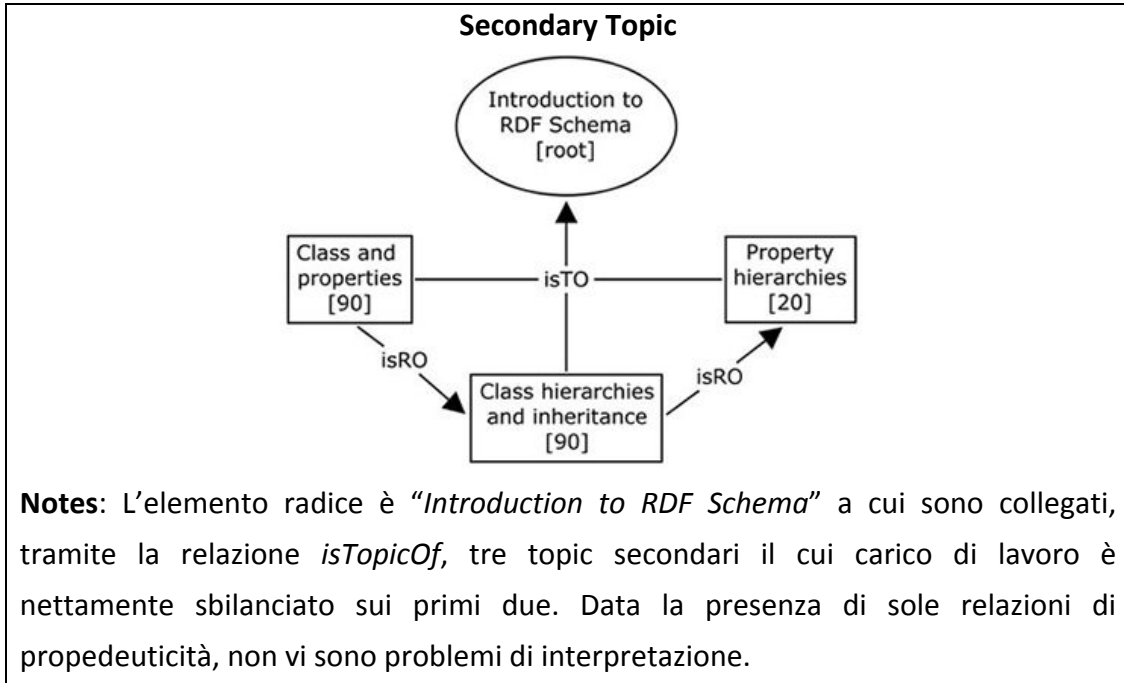
UOL 3: RDF (Gruppo A e Gruppo B)

UnitOfLearning 3.2: Introduction to RDF Schema.

CFU: 0,33

SubObjective 3.2: Conoscere i fondamenti di RDF Schema.

Primary Topic: Internet, Web, URI, XML, RDF.



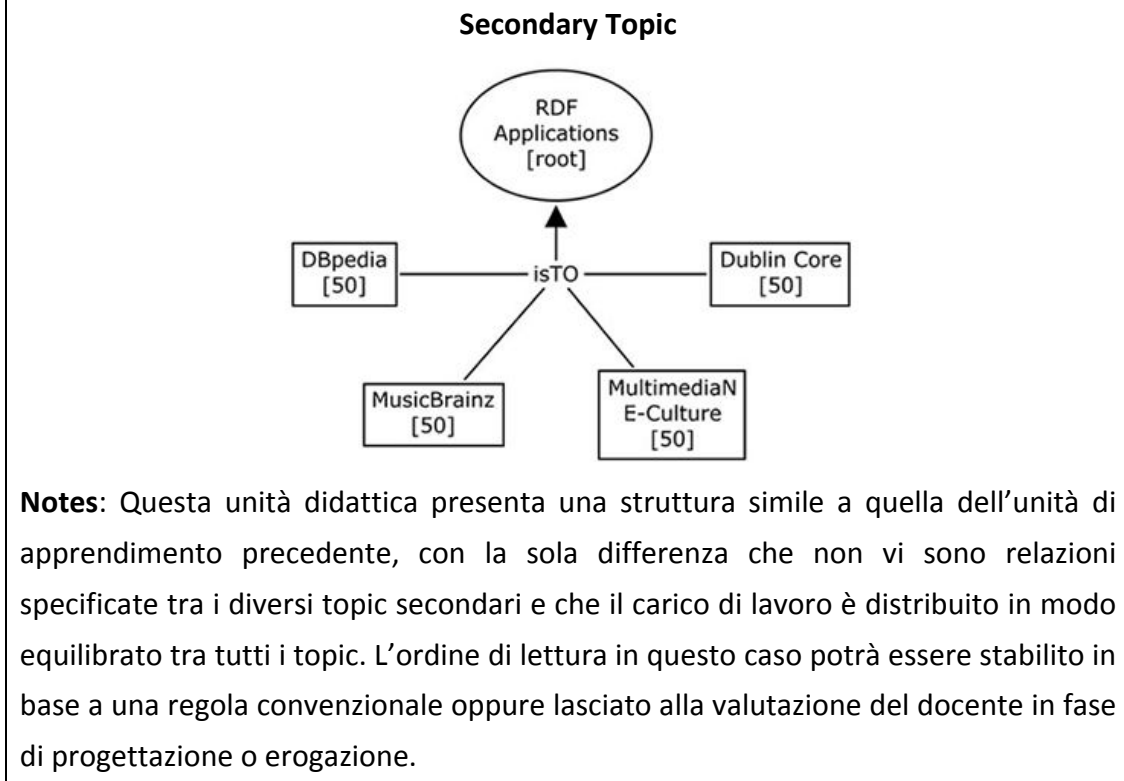
UOL 3: RDF (Gruppo A e Gruppo B)

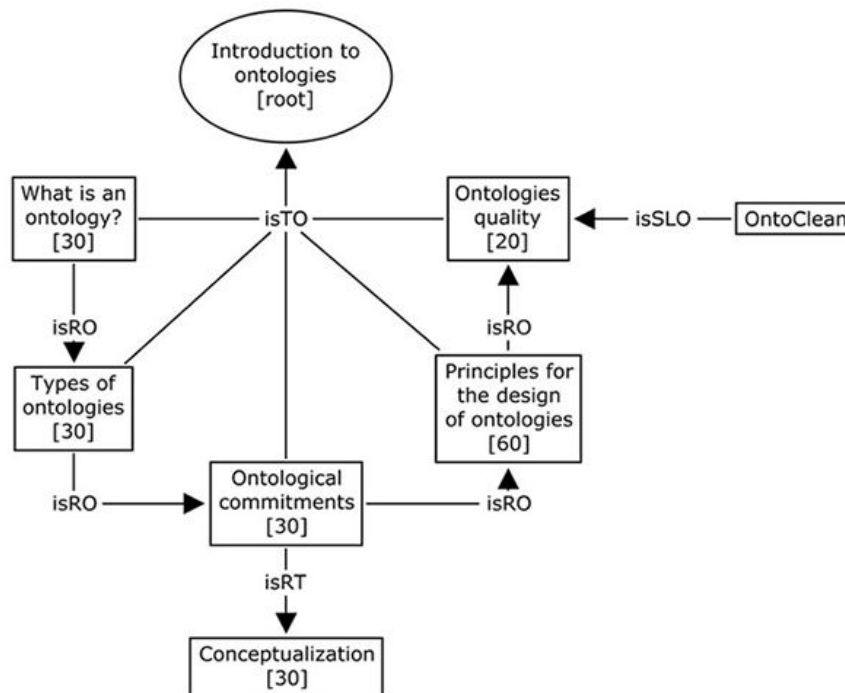
UnitOfLearning 3.3: RDF applications.

CFU: 0,33

SubObjective 3.3: Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni RDF.

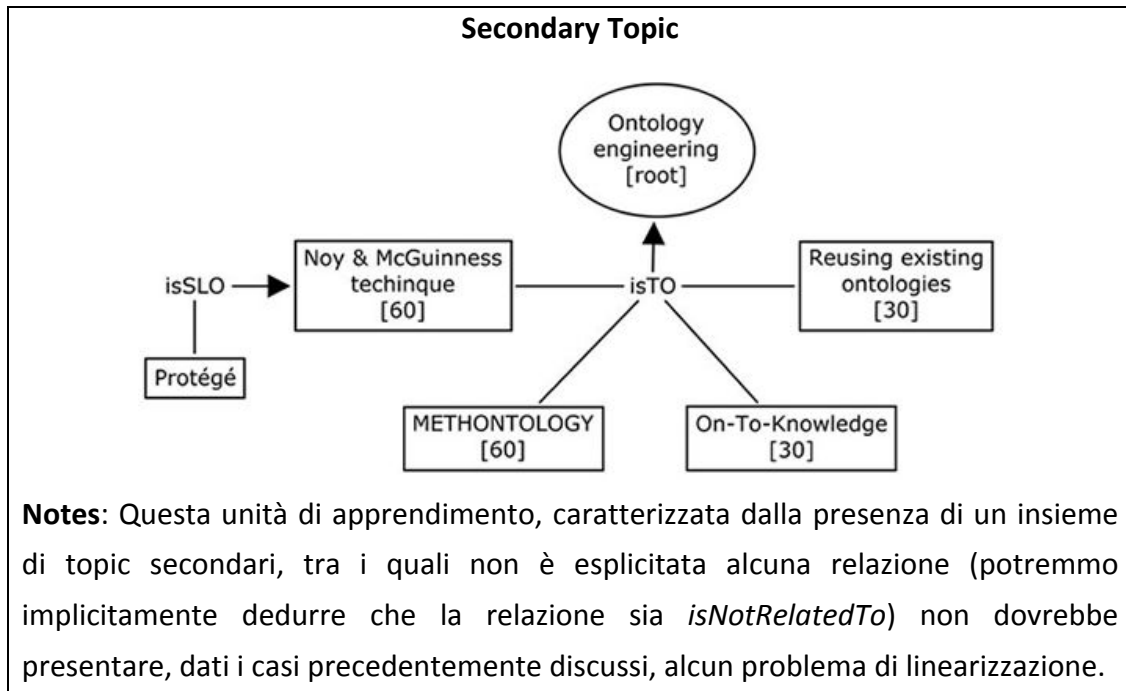
Primary Topic: Internet, URI, Web, Web 2.0, Semantic Web, XML, RDF, RDF Schema.



UOL 4: Ontologies (Gruppo A)**UnitOfLearning 4.1:** Introduction to ontologies.**CFU:** 0,33**SubObjective 4.1:** Comprendere cosa è un'ontologia.**Primary Topic:****Secondary Topic**

Notes: L'elemento radice è "Introduction to ontologies" il quale è in diretta associazione con cinque topic secondari, tra i quali sono esplicitati vincoli di precedenza. Da notare come si ripresenti in questa unità di apprendimento il medesimo caso problematico affrontato in precedenza, dato dalla compresenza, rispetto a un dato topic (in questo caso "Ontological commitments"), di una relazione *isRequirementOf* e di una relazione *isRelatedTo*. Si rimanda pertanto alla precedente unità di apprendimento 3.1 per la discussione del problema.

UOL 4: Ontologies (Gruppo A)**UnitOfLearning 4.2:** Ontology engineering: basic ideas.**CFU:** 0,33**SubObjective 4.2:** Conoscere le principali tecniche di ontology engineering.**Primary Topic:** Ontologies.



UOL 4: Ontologies (Gruppo A)

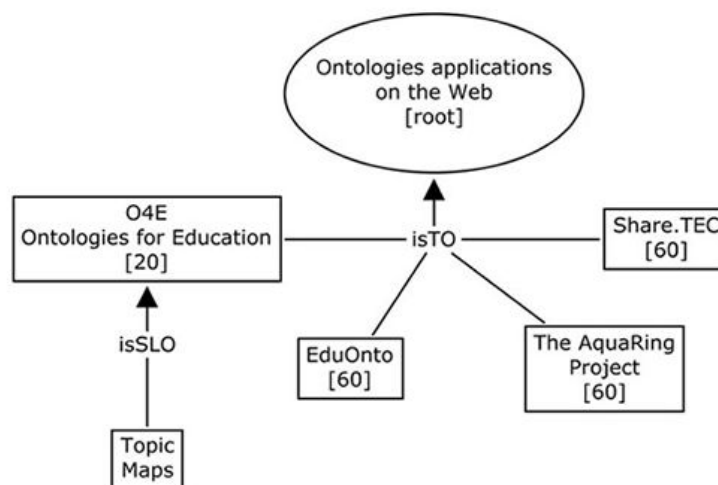
UnitOfLearning 4.3: Ontologies applications on the web.

CFU: 0,33

SubObjective 4.3: Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni web basate sull'uso di ontologie.

Primary Topic: Ontologies, Semantic Web.

Secondary Topic



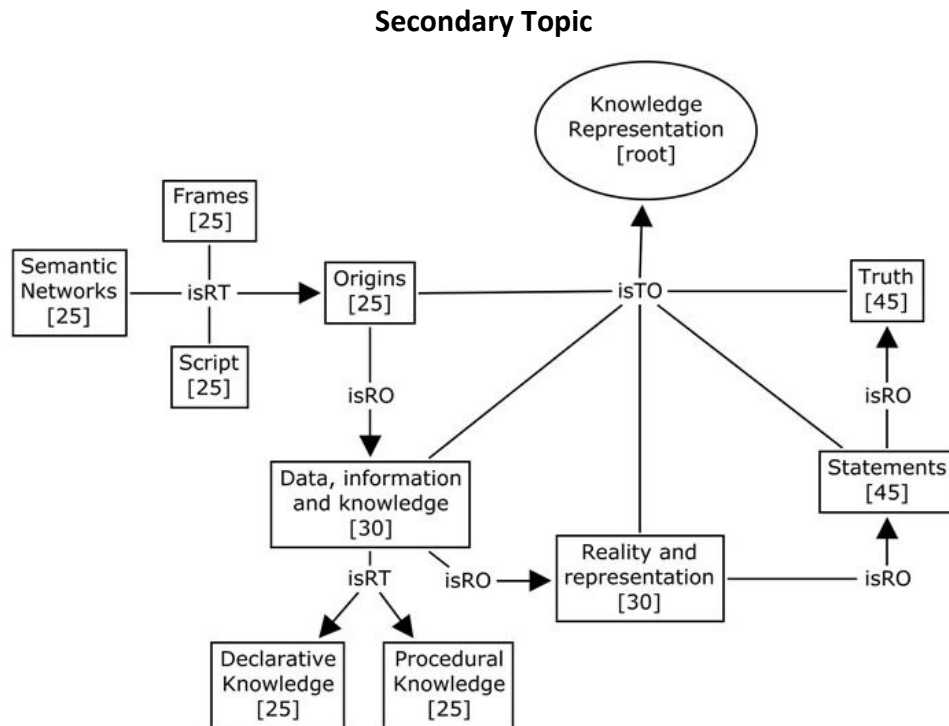
Notes: Questa unità di apprendimento è speculare nella sua struttura a quella precedente (se ne differenzia esclusivamente per la diversa distribuzione dell'Effort associato ai diversi topic secondari) e pertanto anch'essa non presenta situazioni che credo debbano essere discusse ulteriormente.

UOL 5: Logic (Gruppo A e Gruppo B)

UnitOfLearning 5.1: Introduction to the Knowledge Representation, **CFU: 0,50**

SubObjective 5.1: Comprendere le problematiche inerenti la rappresentazione della conoscenza.

Primary Topic:



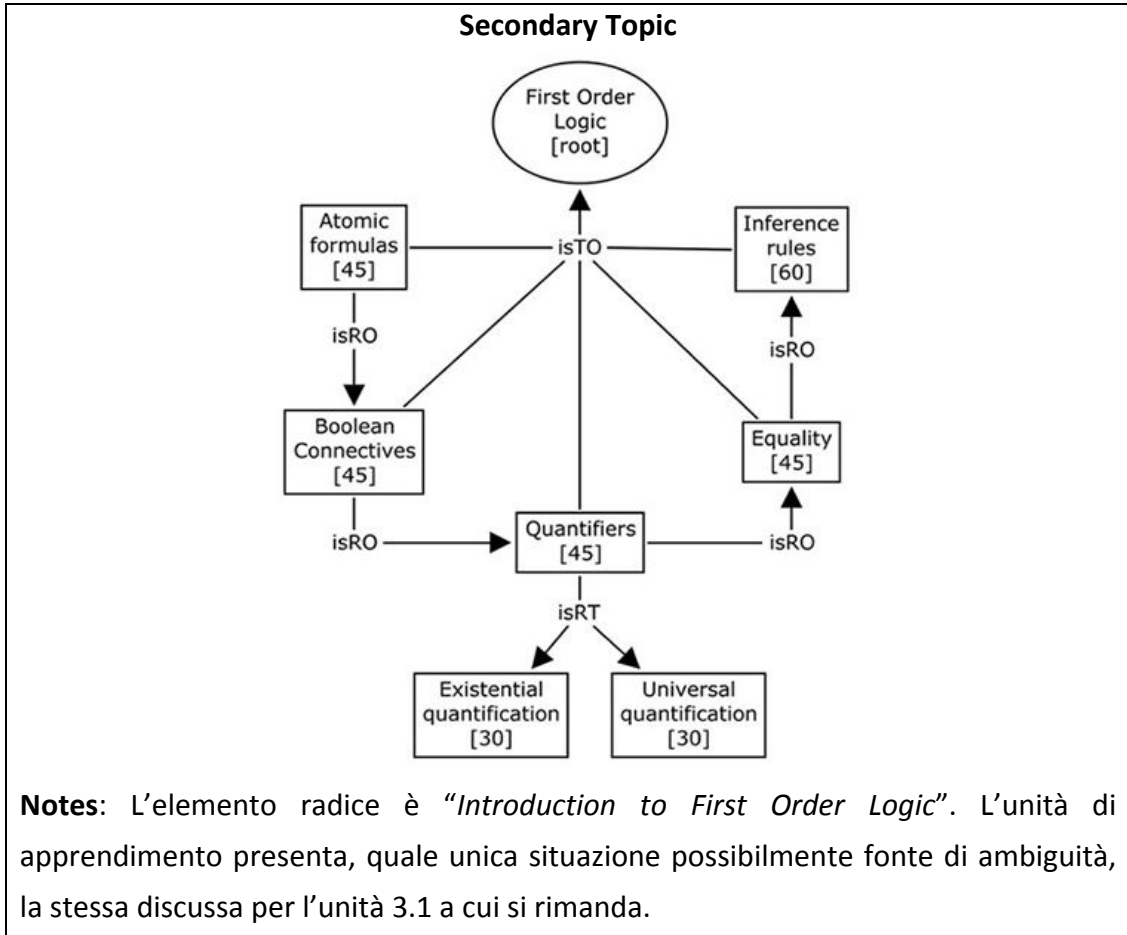
Notes: L'unità di apprendimento 5.1 comprende dieci topic secondari. Cinque di questi sono in diretta associazione con l'elemento radice "Knowledge Representation" e tra essi è esplicitata una relazione del tipo *isRequirementOf*. I topic "Origins" e "Data, information and knowledge" hanno, a loro volta, una relazione del tipo *isRelatedTo* con altri topic secondari. Per la discussione di questo caso che presenta alcune problematicità si rimanda alla unità precedentemente esaminata 3.1.

UOL 5: Logic (Gruppo A e Gruppo B)

UnitOfLearning 5.2: Introduction to the First Order Logic. **CFU: 0,50**

SubObjective 5.2: Conoscere i fondamenti della logica del primo ordine.

Primary Topic: Knowledge Representation.



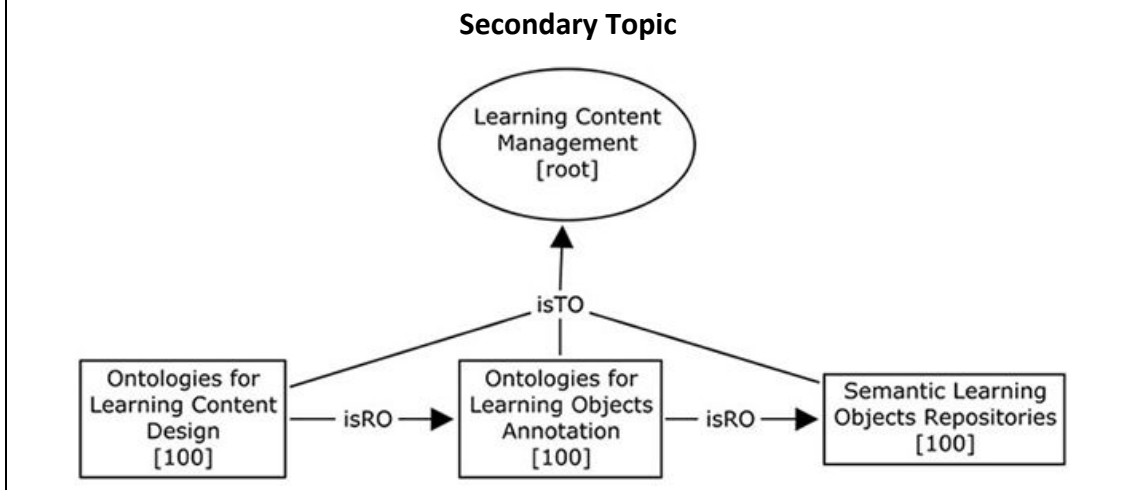
UOL 6: E-learning applications (Gruppo A)

UnitOfLearning 6.1: Learning content management.

CFU: 0,50

SubObjective 6.1: Conoscere e comprendere semplici applicazioni del web semantico nella progettazione e gestione di learning object.

Primary Topic: Internet, Web, Metadata, Ontologies, Semantic Web, E-learning, Learning Object.



Notes: Questa unità di apprendimento presenta tre soli topic secondari tra i quali è fissata una relazione di precedenza. La lettura avrà pertanto inizio dal topic “*Ontologies for Learning Content Design*” e si concluderà col topic “*Semantic Learning Objects Repositories*”. Il carico di lavoro è distribuito equamente tra i topic.

UOL 6: E-learning applications (Gruppo A)

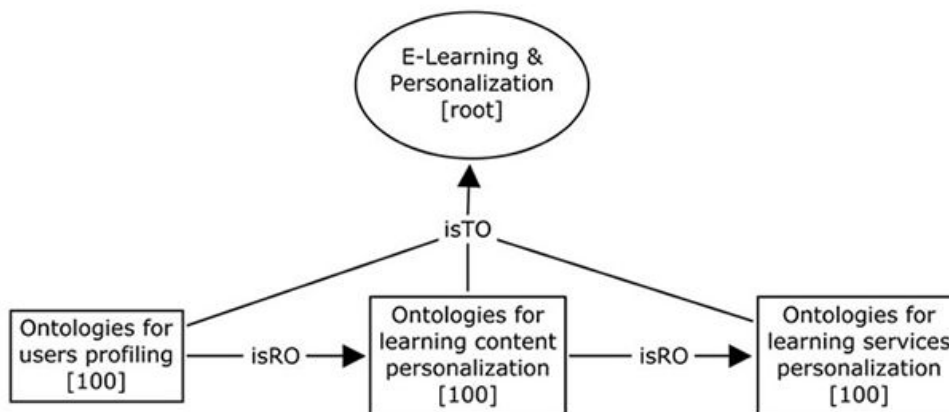
UnitOfLearning 6.2: Personalization

CFU: 0,50

SubObjective 6.2: Conoscere e comprendere semplici applicazioni del web semantico nella personalizzazione dei servizi per l’e-learning.

Primary Topic: Internet, Web, Ontologies, Semantic Web, E-learning, Learning Object.

Secondary Topic



Notes: Analogamente alla precedente, questa unità didattica presenta tre soli topic secondari tra i quali è fissata una relazione di precedenza. La lettura avrà pertanto inizio dal topic “*Ontologies for users profiling*” e si concluderà col topic “*Ontologies for learning services personalization*”. Il carico di lavoro è distribuito equamente tra i topic.

Fin qui abbiamo esaminato le diverse unità di apprendimento destinate al gruppo A; ora, come preannunciato, presenterò le modalità di personalizzazione delle stesse unità al fine di rispondere ai diversi obiettivi didattici del gruppo B. Tali strategie, dati gli obiettivi didattici, i sotto-obiettivi e gli specifici carichi di lavoro (valore di *Effort*), possono essere messe in atto attraverso le seguenti azioni:

- introduzione di nuovi topic secondari;
- eliminazione dei topic secondari esistenti;
- modifica delle relazioni tra i topic secondari;

- modifica dei valori di *effort* dei topic secondari;
- modifica dei topic primari.

La prima unità di apprendimento di primo livello, denominata “*Introduction*”, comporta per il gruppo B un carico di lavoro pari a 0,50 CFU (rispetto a 1 CFU del gruppo A), in ragione delle maggiori conoscenze pregresse dimostrate dai membri di tale gruppo in fase di profilazione degli studenti. I sotto obiettivi di tale unità sono stati esplicitati pertanto per questo gruppo in modo differente e ne consegue una diversa organizzazione delle sotto-unità di apprendimento: due unità da 0,25 CFU in luogo delle quattro unità che sono state messe in progetto per il primo gruppo.

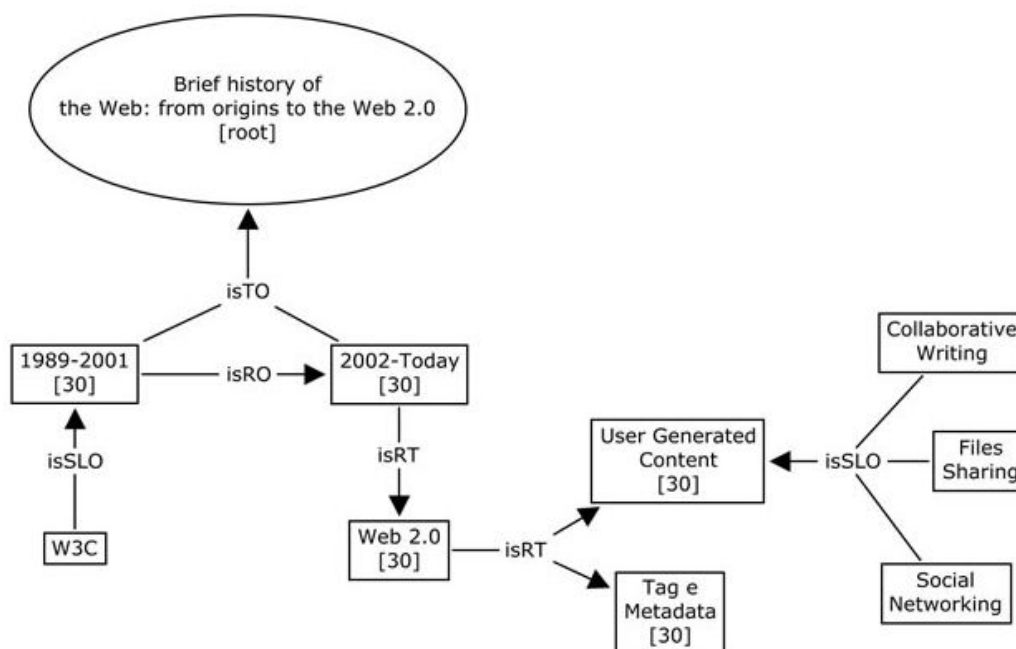
UOL 1: Introduction (Gruppo B)

UnitOfLearning 1.1: Brief history of the web: from origins to the web 2.0. **CFU: 0,25**

SubObjective 1.1: Conoscere le tappe fondamentali che hanno segnato la storia del web dalle origini al cosiddetto web 2.0.

Primary Topic: Internet, HTML.

Secondary Topic



Notes: In questa prima unità di apprendimento si è proceduto alla definizione della rete dei topic riprendendo i concetti costituenti le unità 1.1 e 1.2 previsti per il gruppo A, differenziando i carichi di lavoro, eliminandone alcuni e modificando alcune relazioni. In tal modo, considerate le conoscenze pregresse dimostrate dai

membri del gruppo B, sono stati esclusi quei topic che gli studenti dovrebbero conoscere già e ci si è concentrati invece sui concetti base che serviranno per introdurre le unità di apprendimento successive. L'elemento radice è *"Brief history of the Web: from origins to the Web 2.0"* a cui sono direttamente collegati i due topic *"1989-2001"* e *"2002-Today"* (tra i quali si è mantenuto un vincolo di precedenza). Quest'ultimo è in associazione col topic *"Web 2.0"* tramite la relazione *isRelatedTo*. A sua volta, esso si trova nella medesima relazione con i topic *"User Generated Content"* e *"Tag & Metadata"*. Dati i criteri di lettura già espressi più volte, non dovrebbero presentarsi problemi in fase di linearizzazione, da cui otterremo questa sequenza: *"1989-2001"*; *"2002-Today"*; *"Web 2.0"*; *"Tag & Metadata"* e *"User Generated Content"* (gli ultimi due topic sono stati posti in tale successione seguendo un ordine convenzionale alfabetico, ma criteri differenti sarebbero ugualmente applicabili, così come sempre appare opportuno lasciare l'opzione di scelta al progettista).

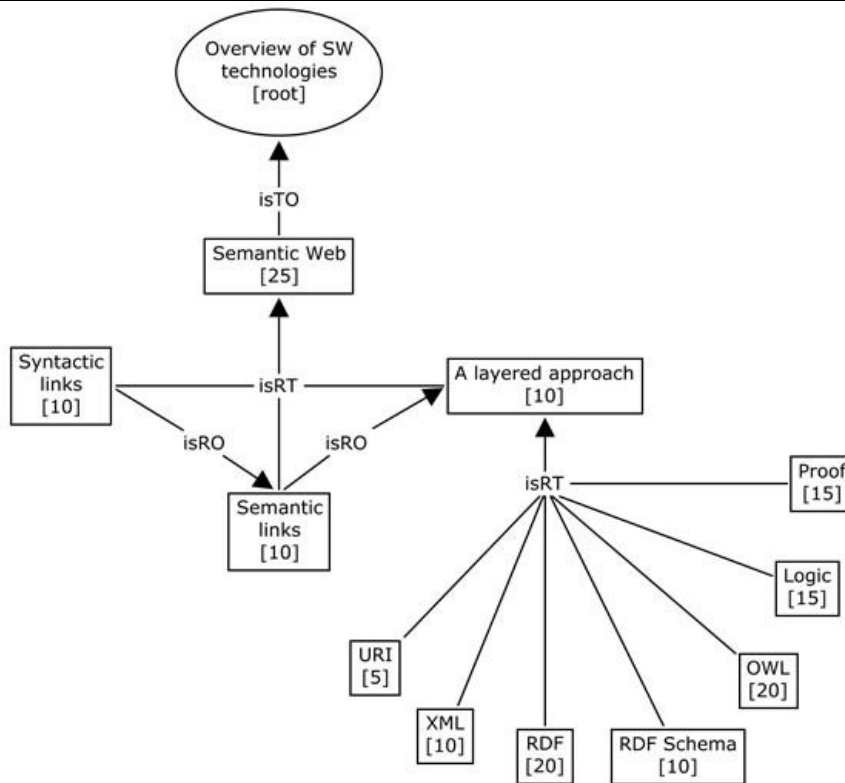
UOL 1: Introduction (Gruppo B)

UnitOfLearning 1.2: Overview of semantic web technologies. **CFU:** 0,25

SubObjective 1.2: Comprendere cosa si intende per web semantico e conoscere quali tecnologie ne sono alla base.

Primary Topic: Internet, Web, HTML, Web 2.0.

Secondary Topic



Notes: In questa unità di apprendimento, la rete dei topic è stata definita partendo dal riesame di quelle costruite in precedenza per il gruppo A nelle unità 1.3 e 1.4. Il risultato ha dato origine a una completa riorganizzazione della mappa dei concetti, con l'esclusione di diversi topic secondari in quelle unità presenti, la modifica dei carichi di lavoro (anche stavolta consentite dalle conoscenze pregresse di cui è portatore il gruppo B), e la revisione delle relazioni. L'elemento radice "Overview of SW technologies" è in diretta associazione col topic "Semantic Web" il quale è in relazione con tre topic (tramite *isRelatedTo*) tra cui è esplicitata una relazione del tipo *isRequirementOf*. Uno di questi, "A layered approach" è, a sua volta, in relazione con sette topic, i cui carichi di lavoro sono stati ridotti (rispetto a quelli previsti nella unità di apprendimento 1.4 del gruppo A) considerando che, date le conoscenze di base dei membri del gruppo B, i tempi di apprendimento di questi sarebbero potuti essere sensibilmente inferiori.

Grazie agli interventi illustrati poc'anzi è stato possibile riorganizzare l'unità di apprendimento 1 in modo che potesse corrispondere agli obiettivi e sotto-obiettivi del gruppo B, stando, inoltre, entro i limiti temporali ridotti che per tale gruppo erano stati definiti in fase di progettazione per questa specifica unità. Allo stesso modo è possibile procedere con le restanti unità didattiche.

L'unità numero due, denominata "XML eXtensible Markup Language", richiede come la numero uno di ridurre il carico di lavoro del gruppo B, pur mantenendo invariato il numero delle sotto-unità: "XML Language" e "XML Schema".

UOL 2: XML (Gruppo B)

UnitOfLearning 2.1: XML Language **CFU: 0,25**

SubObjective 2.1: Conoscere e comprendere i fondamenti dell'XML.

Primary Topic: Markup Languages.

Secondary Topic

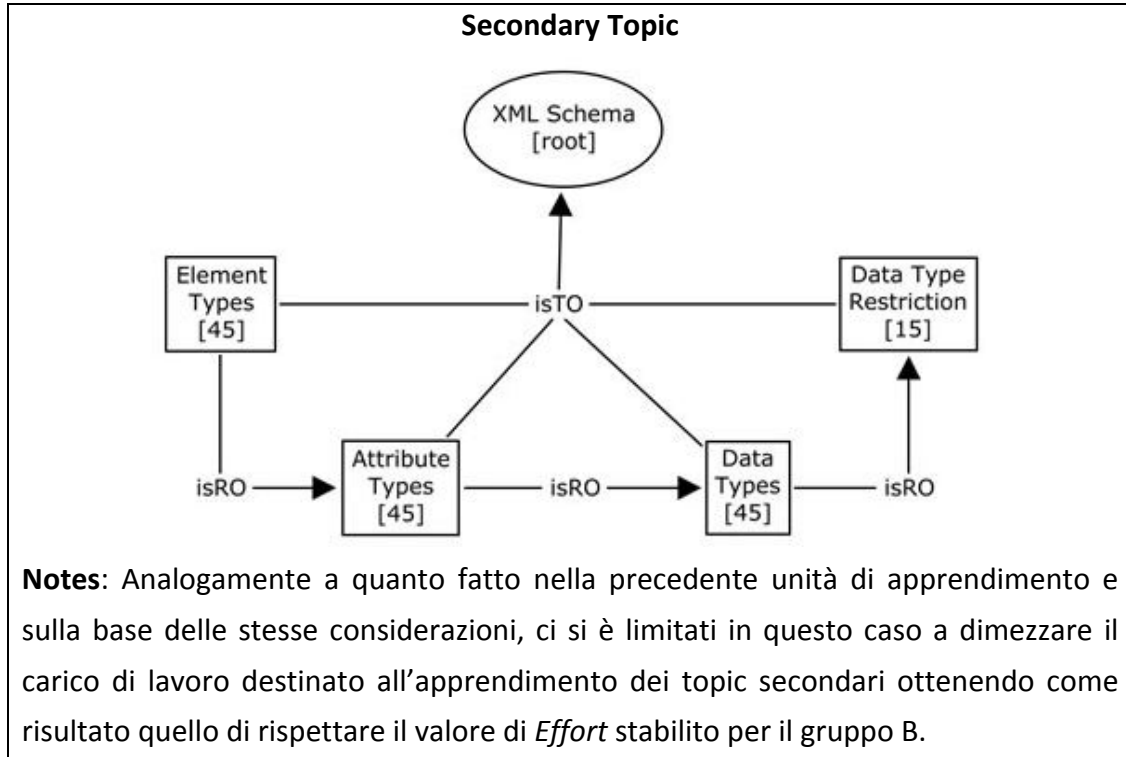
Notes: In questo caso, nonostante l'XML rientrasse fra le conoscenze di base del gruppo B, si è scelto ugualmente di erogare tale unità di apprendimento al fine di rinforzare il possesso di tale conoscenza; tuttavia, proprio in ragione di queste considerazioni, rispetto al gruppo A, sono stati dimezzati i tempi destinati alla proposizione di ciascun topic mantenendo immutata la struttura della rete.

UOL 2: XML (Gruppo B)

UnitOfLearning 2.2: XML Schema **CFU: 0,25**

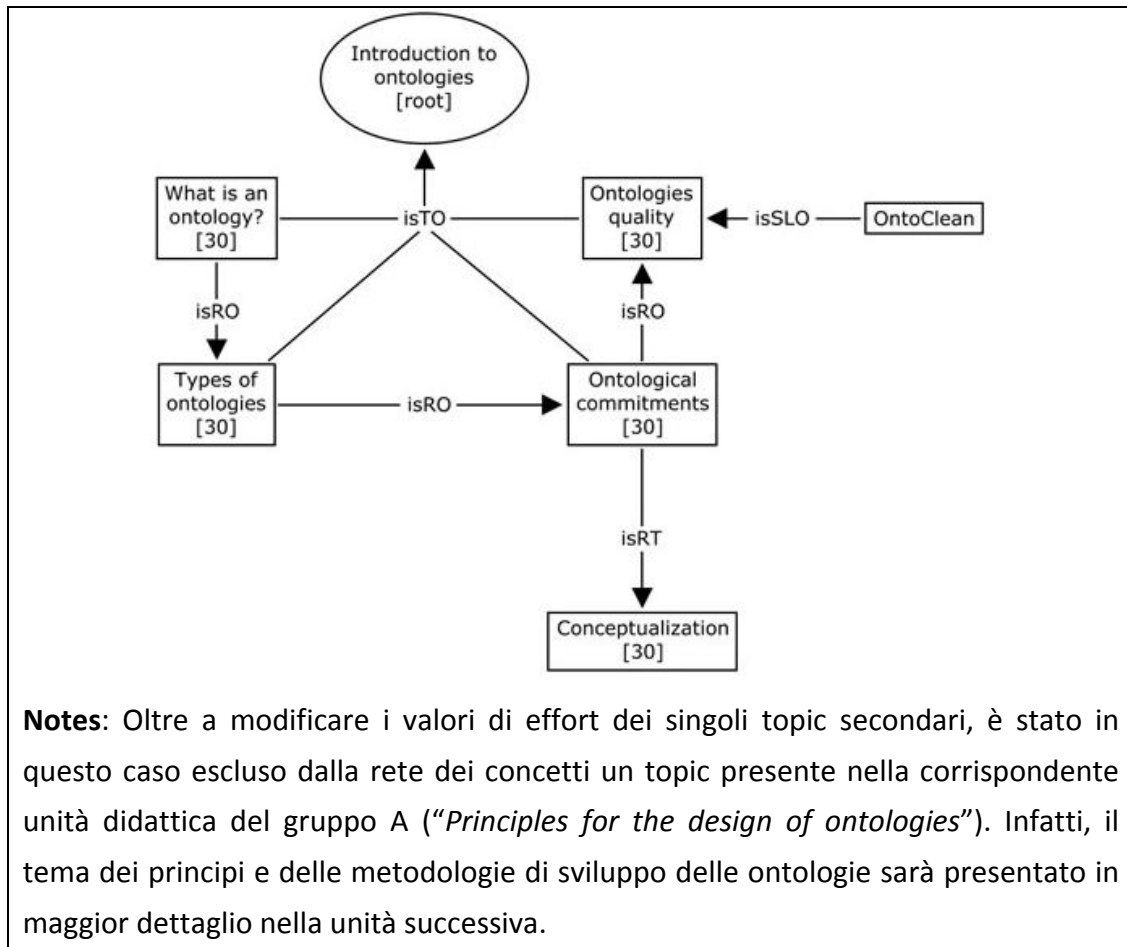
SubObjective 2.2: Conoscere XML Schema

Primary Topic: Markup Languages, XML.



L'unità numero tre, denominata "*RDF (Resource Description Framework)*" è identica per i due gruppi e non viene pertanto qui riproposta. Al contrario, l'unità di apprendimento numero quattro, denominata "*Ontologies*", prevede per il gruppo B un valore di effort pari a 1,50 CFU (rispetto a 1 CFU per il gruppo A); tale maggior carico di lavoro si realizza attraverso un aumento delle unità di apprendimento di secondo livello (che passano da tre a cinque in conseguenza dei diversi *subObjective* definiti) e una riorganizzazione della tempistica prevista per ciascuna di esse, secondo i seguenti schemi:

UOL 4: Ontologies (Gruppo B)	
UnitOfLearning 4.1: Introduction to ontologies.	CFU: 0,25
SubObjective 4.1: Comprendere cos'è una ontologia.	
Primary Topic:	
Secondary Topic	



UOL 4: Ontologies (Gruppo B)

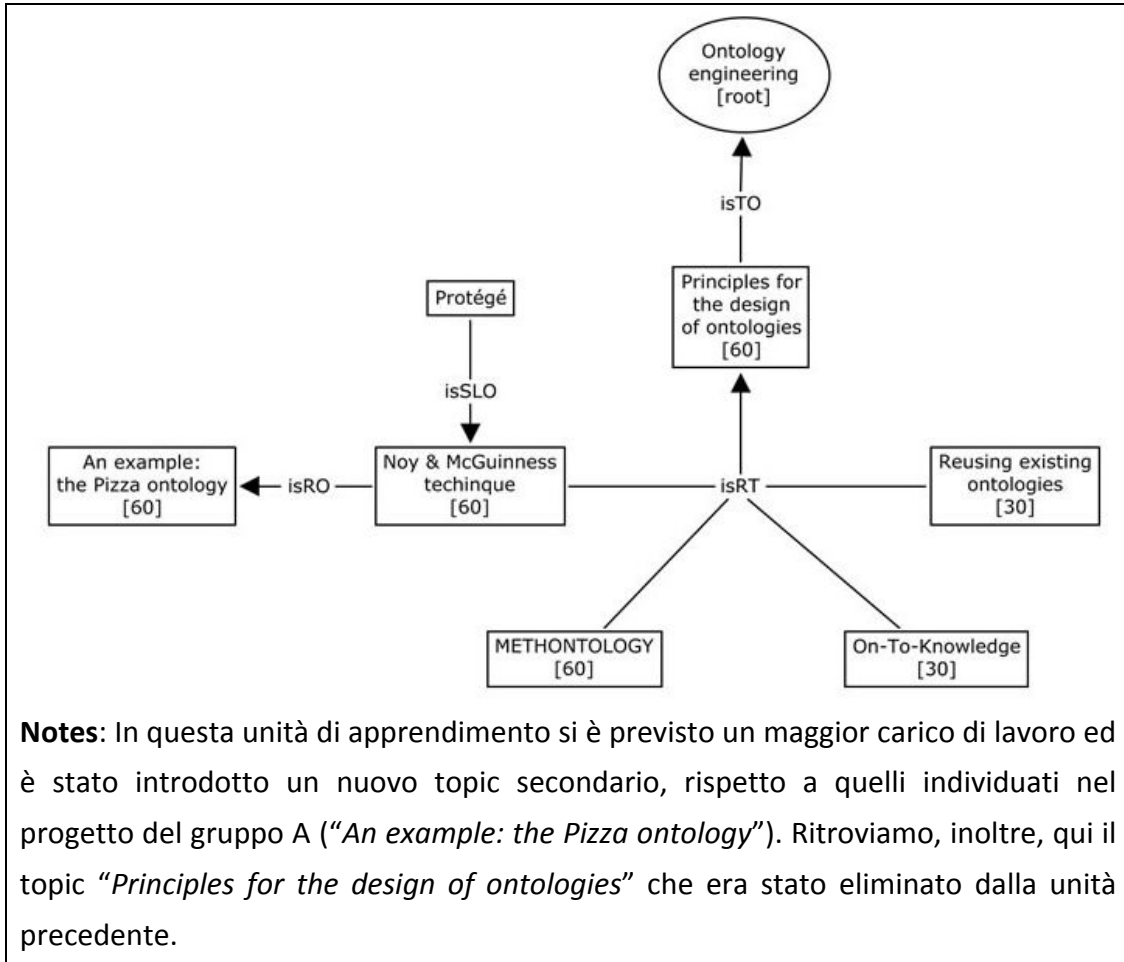
UnitOfLearning 4.2: Ontology engineering: basic ideas

CFU: 0,50

SubObjective 4.2: Conoscere le principali tecniche di ontology engineering.

Primary Topic: Ontologies.

Secondary Topic



UOL 4: Ontologies (Gruppo B)

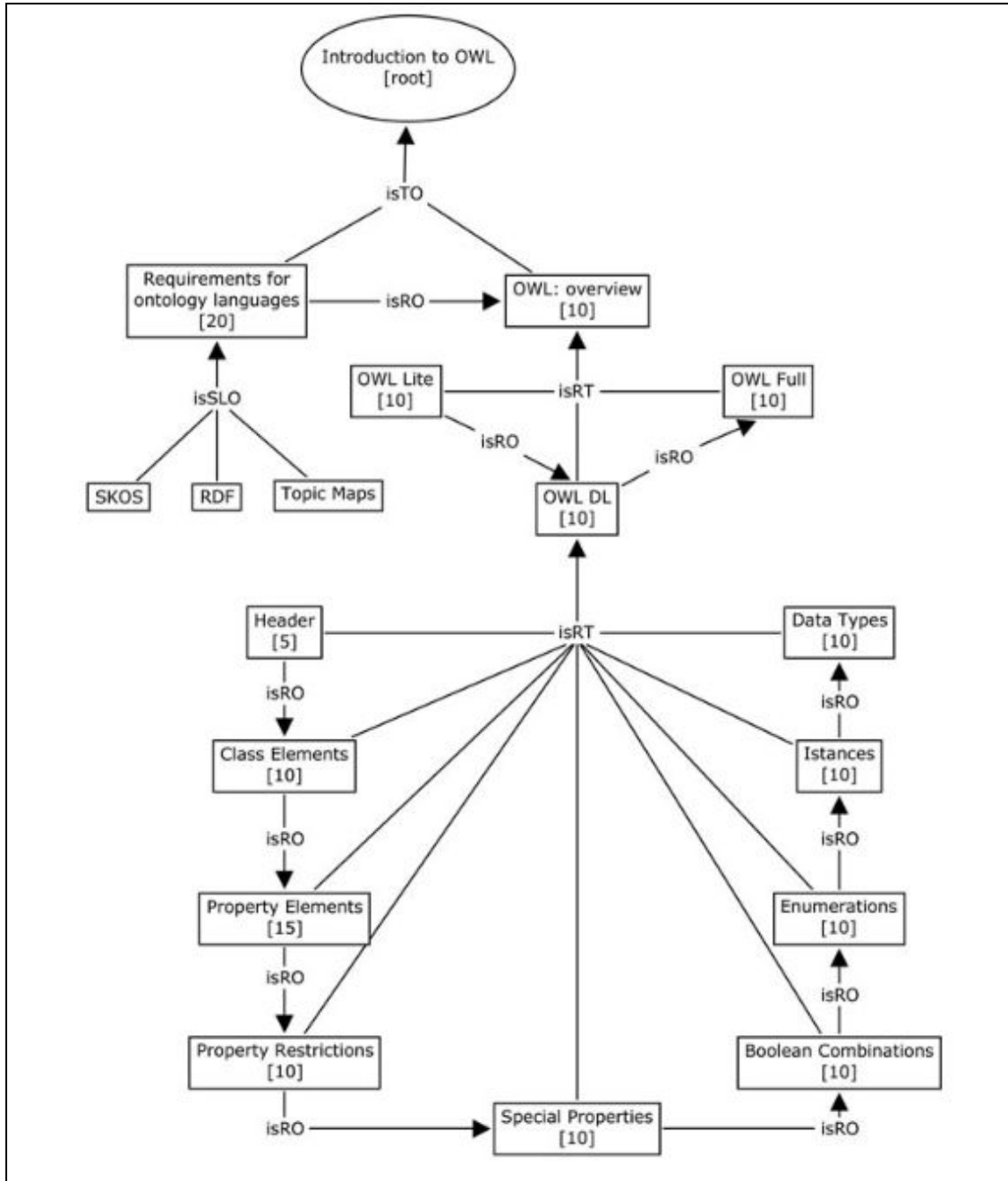
UnitOfLearning 4.3: Introduction to OWL.

CFU: 0,25

SubObjective 4.3: Conoscere i fondamenti di OWL.

Primary Topic: Ontologies, Semantic Web, URI, XML, RDF, RDF Schema.

Secondary Topic



Notes: Si tratta di una delle unità di apprendimento col maggiore numero di topic secondari di tutto il corso (e nonostante ciò con un basso valore di *Effort* complessivo in quanto si tratta perlopiù di concetti da introdurre solo superficialmente). In essa è affrontato un argomento che è completamente assente dal programma del gruppo A: *Web Ontology Language*. Nonostante il gran numero di topic, la struttura è organizzata in modo abbastanza ordinato in modo da consentire una agevole interpretazione in fase di lettura, grazie all'ampio ricorso che si è fatto in essa di relazioni di propedeuticità. Così il primo nodo che si incontra è "Requirements for ontology languages" per poi affrontare "OWL: overview"; da

questo si passa, attraverso una relazione del tipo “*isRelatedTo*” a, in ordine di precedenza, “*Owl Lite*”, “*OWL DL*” e “*OWL Full*”. Infine si segue la relazione *isRequirementOf* che da “*Header*” conduce fino a “*Data Types*”.

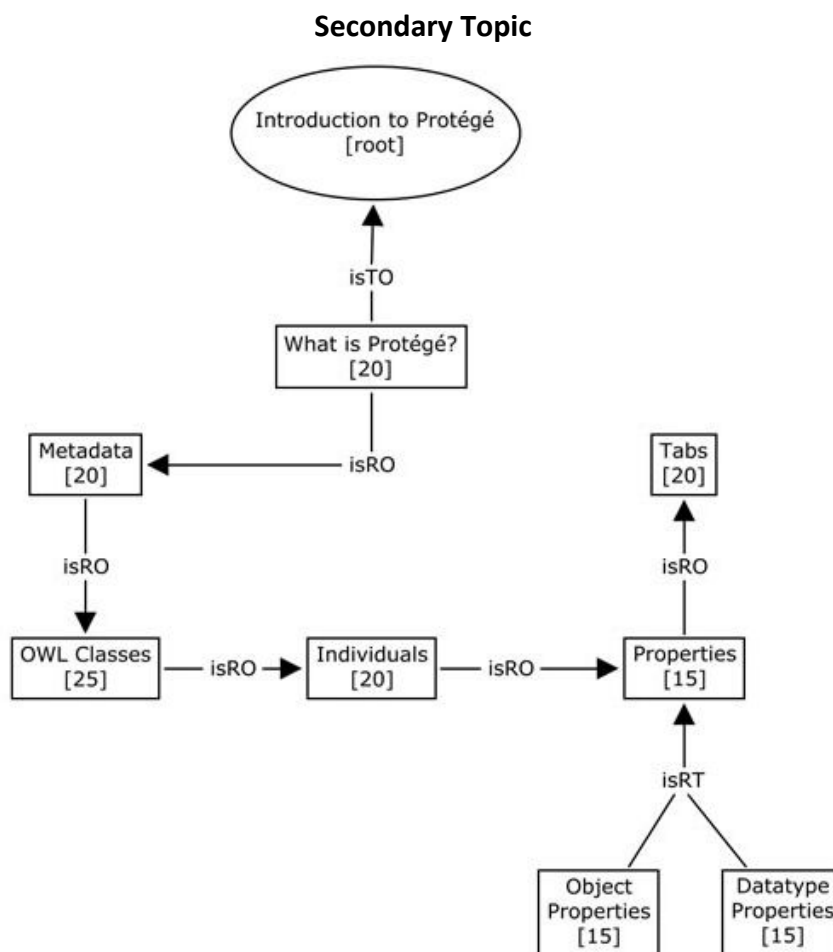
UOL 4: Ontologies (Gruppo B)

UnitOfLearning 4.4: Introduction to Protégé.

CFU: 0,25

SubObjective 4.4: Saper utilizzare le funzioni base di Protégé.

Primary Topic: Ontologies.



Notes: Anche in questa unità di apprendimento si affronta un argomento non presente nel programma del gruppo A: Protégé. I topic secondari ivi presenti seguono un ordine lineare di successione, con un unico passaggio problematico in corrispondenza del nodo “*Properties*” dove sarà necessario ragionare sull’opportunità di indirizzare la lettura seguendo la relazione *isRequirementOf* oppure *isRelatedTo*.

UOL 4: Ontologies (Gruppo B)

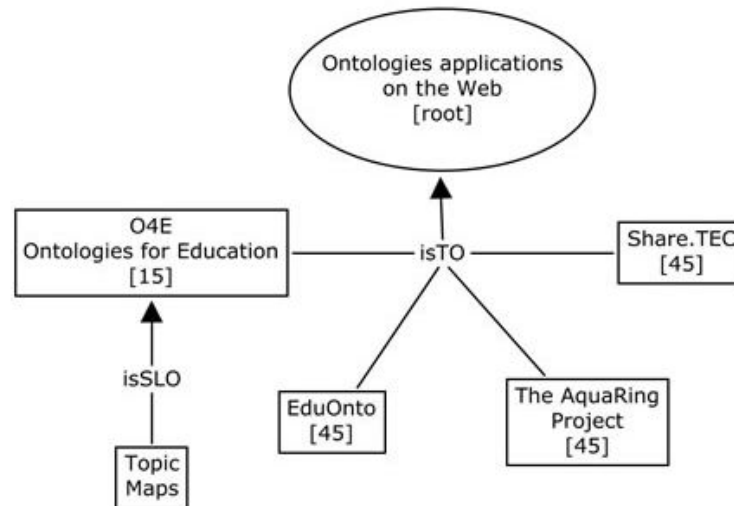
UnitOfLearning 4.5: Ontologies applications on the Web.

CFU: 0,25

SubObjective 4.5: Conoscere e comprendere il funzionamento di semplici applicazioni web basate sull'uso di ontologie.

Primary Topic: Ontologies, Semantic Web, E-learning, Metadata, RDF, OWL.

Secondary Topic



Notes: L'ultima sotto-unità della unità di apprendimento "Ontologies" rispecchia in buona sostanza topic e struttura della 4.3 progettata per il gruppo A. Sono stati modificati i valori di effort per bilanciare, almeno parzialmente, il maggior carico di lavoro previsto nelle precedenti unità. In questo caso, non essendovi relazioni specificate tra i topic secondari (potremmo implicitamente sottintendere una relazione del tipo *isNotRelatedTo*), l'ordine di presentazione sarà demandato al docente/progettista o a un qualche criterio convenzionale tra quelli già discussi nelle situazioni che si sono presentate analoghe nelle precedenti unità didattiche.

Al pari della unità di apprendimento numero tre, anche la cinque, denominata "Logic", è identica per i due gruppi e dunque neanche essa viene qui riproposta. Infine, l'unità numero sei, "E-learning applications", prevede un aumento del carico di lavoro per il gruppo B, ed è stata pertanto riorganizzata prevedendo tre sotto-unità di apprendimento (in luogo delle due progettate per il gruppo A) che rispondono a sotto-obiettivi diversi da quelli del primo gruppo e che di conseguenza richiamano concetti secondari differenti.

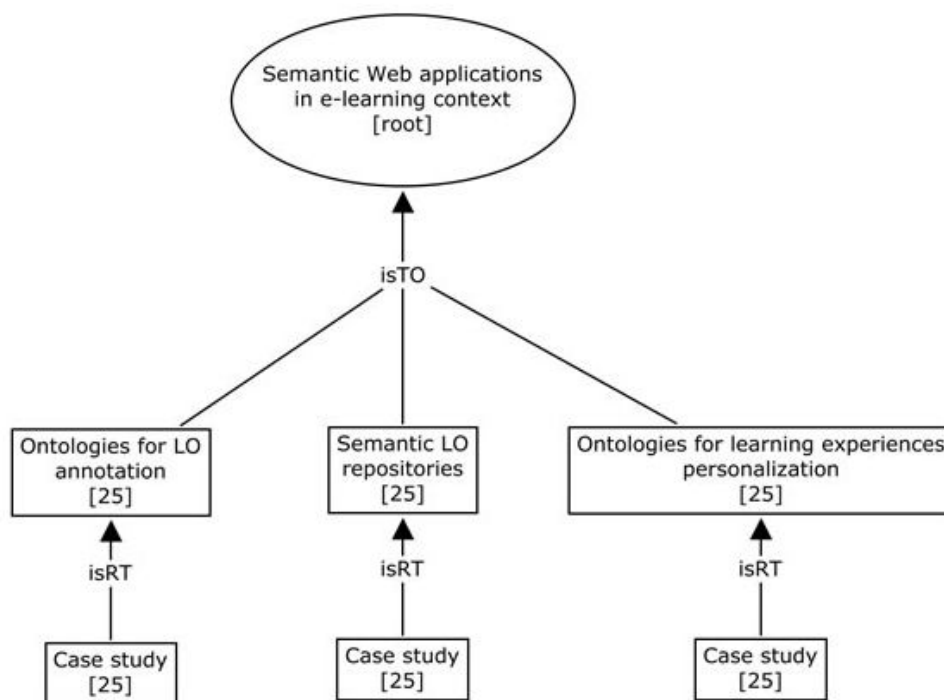
UOL 6: E-learning applications (Gruppo B)

UnitOfLearning 6.1: Semantic web applications in e-learning **CFU:** 0,25 context.

SubObjective 6.1: Acquisire la capacità di analisi di sistemi di e-learning basati sull'uso di ontologie.

Primary Topic: Ontologies, Semantic Web, E-learning, Learning Object, Metadata.

Secondary Topic



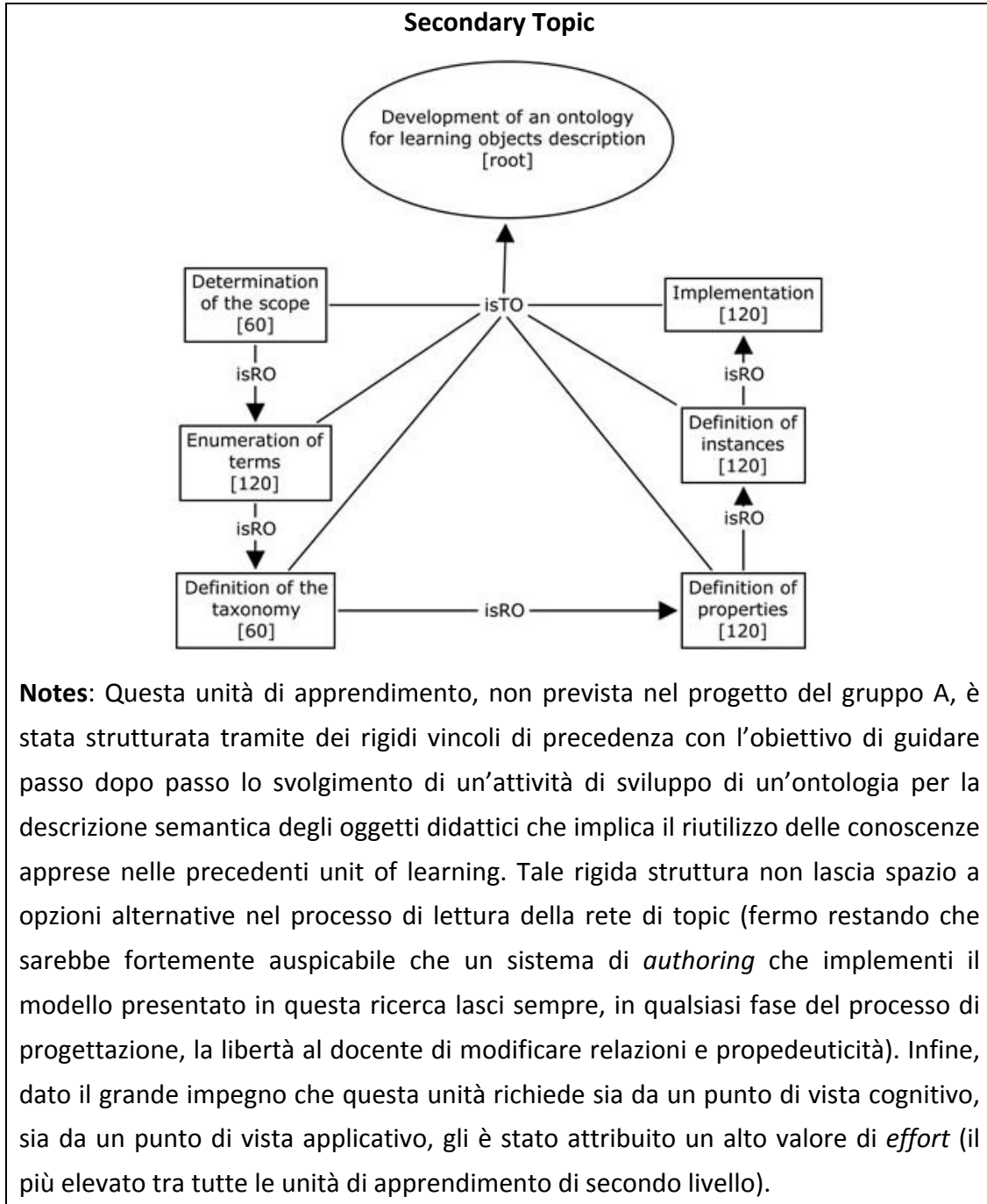
Notes: Questa unità è stata progettata rielaborando la reti di concetti delle unità di apprendimento 6.1 e 6.2 destinate al gruppo A. Dato il profilo maggiormente orientato all'applicazione delle conoscenze apprese che caratterizza il progetto del corso del gruppo B, si è introdotta anche l'analisi di tre case study che, tuttavia, dato il poco tempo a disposizione, presentano un valore di effort piuttosto basso. Per quanto riguarda la struttura delle relazioni e, di conseguenza, i criteri di lettura della rete non sono state esplicitate associazioni tra i tre topic direttamente in relazione con l'elemento radice "Semantic Web applications in e-learning context".

UOL 6: E-learning applications (Gruppo B)

UnitOfLearning 6.2: Development of an ontology for learning objects description. **CFU:** 1,00

SubObjective 6.2: Elaborare un'ontologia per l'indicizzazione semantica di learning object.

Primary Topic: Ontologies, Learning Object, Metadata.



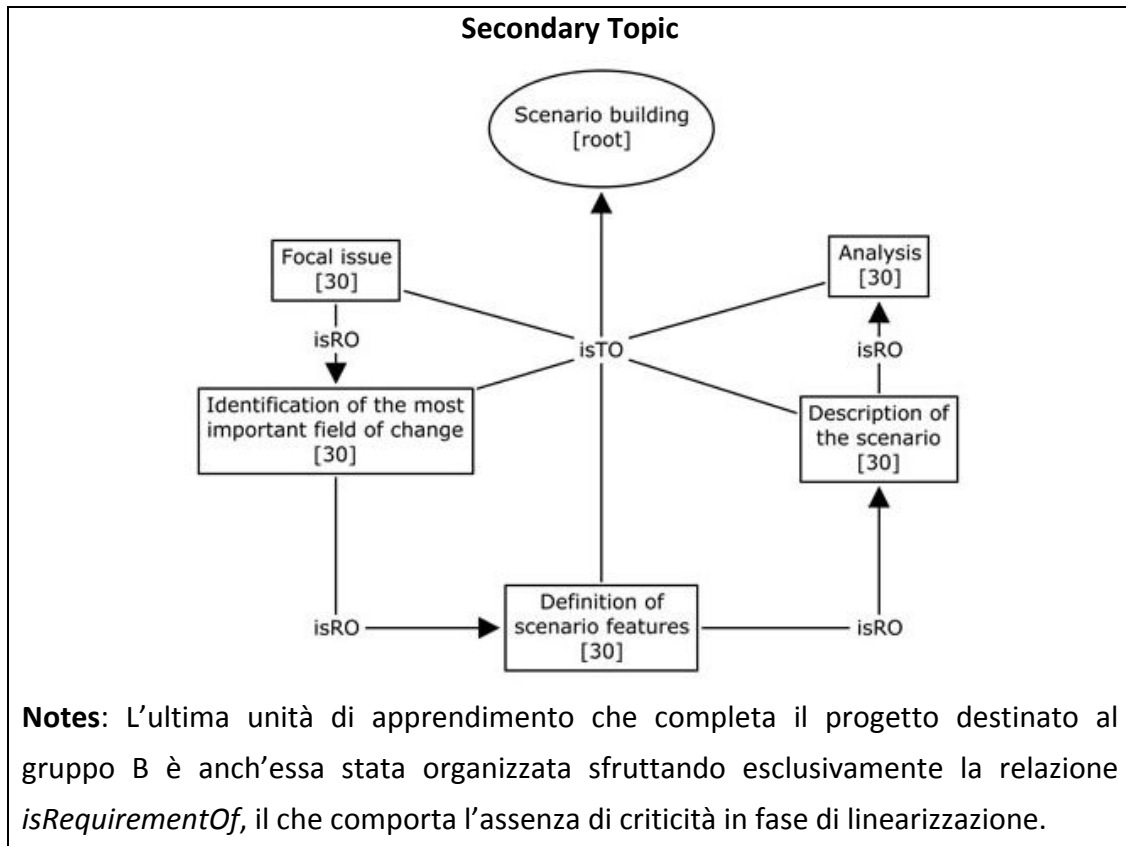
UOL 6: E-learning applications (Gruppo B)

UnitOfLearning 6.3: Scenario building.

CFU: 0,25

SubObjective 6.3: Costruire uno scenario di applicazione della ontologia sviluppata.

Primary Topic:



9.5 COURSE REQUIREMENT (PREREQUISITI DEL CORSO)

Vorrei concludere questo lungo capitolo di descrizione del *case study* ricordando che, avendo specificato per ogni unità di apprendimento i topic primari e secondari, potremmo a questo punto estrapolare l'elemento che nel modello è denominato *CourseRequirement* che rappresenta il bagaglio di conoscenze ritenute essere necessarie per poter affrontare con successo questo corso sul web semantico. Per far ciò sarà sufficiente, una volta costituito l'insieme dei topic primari di tutte le unità di apprendimento, escludere da questi quelli che compaiono anche come topic secondari in una o più delle unità di apprendimento.

Ad esempio, in riferimento al progetto di corso del gruppo A, i topic primari sono (in ordine alfabetico): *E-learning, HTML, Internet, Knowledge Representation, Learning Object, Markup Languages, Metadata, Ontologies, RDF, RDF Schema, Semantic Web, URI, Web, Web 2.0, XML e XML Schema*. Escludendo da questo insieme quelli che figurano come topic secondari in una qualsiasi delle unità didattiche, restano i seguenti concetti che costituiscono il *CourseRequirement* dell'insegnamento sul *semantic web* per il gruppo A (ovviamente somministrando questo insegnamento a utenti differenti, sarebbe necessario procedere a una nuova

riorganizzazione del progetto con la conseguente modifica dell'insieme di topic primari): *E-learning, Internet, Learning Object, Markup Languages*. Allo stesso modo si potrà procedere per il gruppo B. Determinate tali conoscenze prerequisito, spetterà al docente/progettista valutare se mettere a disposizione degli studenti delle "risorse didattiche di allineamento" destinate a quegli studenti che non sono in possesso delle conoscenze di base indicate.

Ovviamente, all'interno di un ambiente quale un *Learning Content Management System* o un *Learning Management System*, affinché tutte le operazioni di gestione relative ai topic primari e secondari possano essere automatizzate è essenziale che alla base vi sia un meccanismo di identificazione non ambigua dei topic (ad esempio, tramite URI o IRI).

10. CONCLUSIONI

In conclusione di questa tesi di dottorato, voglio proporre alcuni spunti di riflessione sia su ciò che è stato fatto nel corso del progetto e, più in generale, sul futuro della progettazione dei contenuti didattici in contesti di e-learning. Ogni progetto di ricerca dovrebbe, a mio parere, imparare dal passato, agire nel presente, aprendosi al futuro.

Il passato in questo caso è rappresentato da quell'immenso bagaglio di esperienze e conoscenze che il lavoro di tanti ricercatori (ricordati nella prima parte della presente tesi) ha prodotto, fornendomi una varia quantità di elementi scientifici senza i quali non sarebbe stato possibile impostare la presente ricerca.

Il presente è caratterizzato da una importante trasformazione dei modelli delle strutture formative, sempre più supportati dall'evoluzione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Si tratta di un presente in cui convivono impostazioni più tradizionali (si è detto di come le istituzioni formative quali scuola e università abbiano mostrato un certo ritardo nel processo di cambiamento) con proposte innovative che non solo hanno ormai integrato le tecnologie didattiche ma che sanno guardare al futuro di queste, sostenute dalla volontà di innovazione per il miglioramento delle esperienze formative.

Il web è oggi l'habitat naturale delle esperienze di formazione a distanza. Non è certo l'unico ambiente in cui queste si realizzano; sopravvivono ancora, pur con difficoltà e talvolta in agonia, modelli di istruzione che si avvicinano alla concezione del primo *Computer Based Training* e, allo stesso tempo, si propongono soluzioni alternative come quelle, ad esempio, basate sull'introduzione della televisione digitale terrestre (la Sardegna, prima regione italiana ad aver spento la trasmissione analogica del segnale televisivo, ha già avviato un progetto di *T-Learning*, un programma che prevede l'utilizzo della televisione digitale terrestre per l'erogazione di percorsi formativi interattivi a distanza). Non è possibile prevedere allo stato attuale che tipo di evoluzione potranno avere modelli di quest'ultimo tipo,

tuttavia, guardando al mercato dei *decoder digitali terrestri* e alle tecnologie in essi implementate, è facile ipotizzare una convergenza di queste con le tecnologie di rete, per la realizzazione di stazioni digitali multimediali connesse a internet dalle grandi potenzialità. Il web, dunque, diventa un ambiente cui possiamo accedere sempre più facilmente grazie alla moltiplicazione di media che lo rendono disponibile in tutte le situazioni della nostra quotidianità, attraverso i computer portatili, i telefonini di ultima generazione e la televisione digitale (solo per fare un esempio dei più diffusi). In questo contesto appare naturale pensare che il web stesso si confermerà l'habitat naturale di evoluzione dell'e-learning. È necessario, dunque, guardare a esso e al suo futuro per potersi preparare, con la indispensabile consapevolezza, al futuro della formazione a distanza. Logicamente, modificandosi gli scenari ed evolvendo le tecnologie che li supportano, è inevitabile ripensare anche ai modelli di progettazione dei percorsi di apprendimento e dei contenuti che tramite questi sono veicolati.

Stiamo attraversando una fase nella storia dell'evoluzione del web che da più parti è indicata con l'etichetta *web 2.0*. In contrapposizione al web di prima generazione, in cui dominava un modello trasmissivo quasi unidirezionale nel rapporto tra chi sviluppava e offriva contenuti sul web e chi li fruiva, il web 2.0 si caratterizza per il notevole incremento degli "*user generated contents*"; in altre parole gli utenti stessi del web, quelli che prima ne "subivano" passivamente il flusso di informazioni, ora diventano sempre più spesso essi stessi produttori di nuovi contenuti grazie a modelli di sviluppo degli stessi più o meno innovativi quali la scrittura collaborativa (Wikipedia ne è certamente il prodotto più noto), il *social networking* e il *files sharing* che ha assunto forme diverse attraverso i portali di condivisione video, immagini, presentazioni, etc.

In conseguenza dell'esplosione del fenomeno del web 2.0, si è assistito alla moltiplicazione di contenuti disponibili in rete di tipo educativo destinati a studenti, genitori e insegnanti. In questo panorama sono maturati numerosi progetti volti allo sviluppo di archivi digitali ove raccogliere e recuperare risorse didattiche con l'obiettivo di organizzare le stesse secondo criteri che ne agevolino la riusabilità [Højsholt-Poulsen, Byskov Lund, & EdReNe-members, 2008]. Proprio sul fronte della riusabilità delle risorse si gioca una sfida importante del futuro del web. In questo periodo, grazie anche al fenomeno del web 2.0, si è diffusa l'abitudine di fornire descrizioni dei contenuti destinati alla rete tramite dei tag (etichette associate alle risorse che, tramite l'uso di alcune parole chiave, consentono di identificare i

contenuti e facilitano la loro ricerca). Si tratta di una forma di annotazione leggermente modificata rispetto agli approcci di prima generazione, basati essenzialmente sull'uso dei metadati all'interno del codice HTML delle pagine web. Sfruttando l'impostazione delle applicazioni web 2.0, si sono sviluppati e sono oggi in sperimentazione, anche in campo educativo, dei modelli per l'organizzazione della conoscenza denominati *folksonomies* (il termine deriva dalla combinazione di "folk" più "taxonomy", traducibile dunque in italiano come "sistema di classificazione derivante dal popolo", e identifica un modello di organizzazione dei termini di tipo *bottom-up*, dunque emergente in modo naturale dall'uso e della frequenza d'uso dei termini messa in atto dagli utenti). Non appare ancora ben chiaro in che modo si possano gestire efficientemente grandi quantità di contenuti integrando tali modelli con paradigmi di organizzazione della conoscenza più strutturati e rigorosi (quali, ad esempio, le ontologie); è tuttavia interessante notare come questo tipo di sperimentazioni possa aprire la porta al futuro delle applicazioni educative nel web.

Questo è, dunque, il presente in evoluzione, questo è il presente da cui bisogna partire per tentare di intravedere i percorsi evolutivi del web e di conseguenza comprendere in che modo l'e-learning potrà portarsi su questa stessa linea di sviluppo. Dal web 2.0 a quello che qualcuno ha già provato a battezzare come web 3.0 (il web semantico) il passo non è così lungo come si potrebbe pensare. Già da anni si pongono lentamente ma solidamente le basi per il suo sviluppo; spesso silenziosamente esso offre il proprio supporto nello sviluppo di applicazioni web senza essere immediatamente percepibile agli utenti ma modificando profondamente le loro esperienze di navigazione. L'uso di metadati espressi attraverso il modello RDF, il supporto di strutture associative di rappresentazione della conoscenza (tassonomie, thesauri, reti semantiche, ontologie) codificate in RDFS/OWL si stanno diffondendo nel dietro le quinte di grossi portali sia commerciali, sia scientifici, sia più semplicemente destinati al tempo libero. Questo processo in cui si stanno manifestando le enormi potenzialità del web, grazie anche alla maggiore interoperabilità dei dati, offre la possibilità di sviluppare progetti formativi innovativi delle pratiche didattiche tradizionali. Si pensi, solo a titolo di esempio, alla possibilità di integrare dati di qualsiasi dominio scientifico con i servizi di geo- referenziazione e di mettere il tutto a disposizione degli studenti direttamente nelle loro abitazioni attraverso un collegamento di rete.

Il web semantico, data una serie di indicatori, quali (i) l'orientamento delle attività del W3C, (ii) gli investimenti di grandi multinazionali leader nel settore delle ICT, (iii) i finanziamenti erogati da istituzioni quali l'Unione Europea e (iv) l'interesse della comunità scientifico-accademica mondiale, appare come la linea di evoluzione più probabile e più promettente che si possa allo stato attuale ipotizzare per il futuro del web. Se quest'ultimo è oggi l'habitat dell'e-learning, il web semantico potrà essere domani con buona probabilità l'ambiente di sviluppo dell'e-learning, e i paradigmi su cui si dovrà fondare quest'ultimo dovranno essere necessariamente differenti da quelli attuali. Certamente, non si vuole qui in nessuna misura nascondere, mancano ancora diversi tasselli affinché tale progetto possa trovare piena applicazione e per questa ragione l'immagine definitiva, la forma che questo prenderà, non è ancora completamente prevedibile. In particolare, la riflessione intorno ai modelli e alle forme logiche da implementare (con evidenti ripercussioni su quale sistema di verità, attendibilità e fiducia potrà caratterizzare il web futuro) deve ancora maturare. Da tale sviluppo ci si aspetta una notevole influenza sulla tipologia di prestazioni che i sistemi di e-learning potranno erogare, soprattutto in termini di personalizzazione dei servizi e dei percorsi di apprendimento. Nonostante la mancanza di questi tasselli, vi sono ampi strati dell'infrastruttura del web semantico già oggi maturi e in grado di supportare l'evoluzione delle tecnologie didattiche.

Il modello proposto in questa tesi è fondato pertanto sulla preziosa eredità che la letteratura del passato ci ha regalato. Allo stesso tempo, esso si pone a cavallo di questo processo di sviluppo del web. In ciò sta la ragione anche di alcuni limiti che sicuramente possono essere oggetto di discussione. Nella realtà attuale, i sistemi di e-learning in che modo e in che misura sono pronti ad accogliere e implementare modelli semantici? Volgendo lo sguardo alle piattaforme per la formazione a distanza più diffuse e agli standard rilasciati dai principali consorzi internazionali cui si è fatto cenno nel capitolo settimo, ritengo di poter affermare non vi sia l'impronta di tali paradigmi. Sia le prime, sia i secondi appaiono orientati in modo deciso verso modelli di organizzazione dei contenuti (e di conseguenza della conoscenza) di tipo gerarchico, fondati su relazioni sintattiche delle risorse logicamente strutturate. Non mancano esempi di interessanti applicazioni semantiche in ambito educativo [Albano, Gaeta, & Ritrovato, 2007; Ouziri, 2006; Petrucco, 2003], ma non sono queste a caratterizzare la quotidianità della pratica didattica online delle nostre scuole e università. Piattaforme assai diffuse (senza

alcuna pretesa di esaustività ne citerò alcune, quali Moodle, ATutor, Docebo e Dokeos) che tendono a massimizzare la compatibilità con lo standard SCORM implementano di norma sistemi di organizzazione dei contenuti di tipo sequenziale e/o gerarchico. Allo stesso modo, le risorse didattiche sono generalmente strutturate seguendo il medesimo approccio, rintracciabile anche nelle strategie di sviluppo che governano i software di *content authoring* per la didattica.

Rilevata questa condizione, è possibile intravedere i motivi che mi hanno condotto a limitare fortemente l'espressività semantica del modello di progettazione messo a punto nel corso della mia ricerca. Avevo la necessità di sviluppare uno strumento che potesse essere utilizzabile nel presente, compatibilmente con gli standard e i *tool* oggi più diffusi in ambito e-learning, e che fosse pertanto immediatamente implementabile nei contesti di utilizzo della pratica didattica quotidiana. Allo stesso tempo, avevo la necessità di tener conto delle istanze che l'immediato futuro del web ci pone. La soluzione che ho ritenuto più adatta, date queste condizioni, è rappresentata da un modello progettuale che potrebbe essere facilmente modificabile in vista degli sviluppi del web semantico. Tale evoluzione si potrà realizzare intervenendo sul vocabolario delle relazioni tra i *topic* (ma anche tra le unità di apprendimento che compongono il *subject matter*) e prevedendo non più semplici relazioni logiche che governino la propedeuticità tra i concetti, ma legami semantici che chiariscano il significato della natura di tali rapporti. Una delle possibilità concrete di evoluzione che prevedo possa avere il progetto, nell'ottica della sua evoluzione verso un modello realmente semantico, è l'implementazione di vocabolari specifici per dominio che consentano di sviluppare autentiche micro-ontologie destinate alla rappresentazione semantica-concettuale dei contenuti degli interventi formativi. Lo sviluppo delle strutture ontologiche è, tuttavia, un processo assai dispendioso sia in fase di costruzione, sia in fase di gestione e controllo. Sono consapevole che tali difficoltà potrebbero costituire un ostacolo a questa linea di evoluzione, ma allo stesso modo ritengo che da tali studi possano emergere interessanti spunti. Al riguardo, di particolare interesse appare il concetto di *riusabilità*. Si tratta di un concetto, mutuato dall'*ingegneria del software*, spesso citato ma altrettanto spesso disatteso. Eppure nel caso di questo progetto, proprio grazie al riuso di vocabolari sviluppati in altri ambiti di ricerca destinati a contesti educativi, è possibile facilitare l'implementazione di ontologie di dominio. Una possibilità concreta di attuazione di questa linea di evoluzione potrebbe essere rappresentata dalla integrazione nel modello dei vocabolari

sviluppati in seno al progetto LMML (*Learning Material Markup Language*) [Süß & Freitag, 2002], già citato nel capitolo destinato alla presentazione degli standard e dei paradigmi relativi alla progettazione dei contenuti didattici. Nell'ambito di quel progetto, infatti, è stato sviluppato un *framework*, denominato, *myLMML* costituito da un linguaggio XML personalizzabile che rispetta gli standard e che fornisce diversi sottolinguaggi per lo sviluppo di materiali in diversi domini di insegnamento.

Un'altra obiezione che credo possa animare la mente del lettore potrebbe far riferimento all'impossibilità di implementazione di un modello semantico nelle piattaforme oggi utilizzate. Tuttavia gli ambienti per la didattica in rete necessariamente si evolvono in linea (seppur spesso con un certo ritardo) con il processo evolutivo del web. Pertanto in contemporanea all'eventuale affermazione del web semantico sarebbe inevitabile la trasformazione delle piattaforme in tal senso. Già oggi sono disponibili validi *browser semantici* (si ricordano qui a titolo esemplificativo *Omnigator*¹⁵ e *Tabulator*¹⁶, sviluppati rispettivamente da Ontopia e dal MIT CSAIL lab.) in grado di offrire esperienze di navigazione basate sui concetti e sulle relazioni tra questi piuttosto che su legami sintattici.

Queste riflessioni conclusive, pur accompagnate dalla evidenziazione di alcune criticità, spero possano far intravedere anche le peculiarità e le potenzialità del modello presentato; uno strumento che può agire nel presente ma che è facilmente estensibile per il futuro; e se il web del futuro sarà il web semantico, i modelli di e-learning del futuro non potranno che essere modelli di semantic learning.

¹⁵ URL: <http://www.ontopia.net/omnigator/>

¹⁶ URL: <http://www.w3.org/2005/ajar/tab>

BIBLIOGRAFIA

- Acquaviva, M., & Benini, M. (2004). *VICE: E-Learning nell'era del Semantic Web*. URL: http://eprints.pascal-network.org/archive/00003082/01/acqben_03def.pdf [ultimo accesso: 14/10/2008]
- ADL Advanced Distributed Learning (2006). Sharable Content Object Reference Model (Scorm), URL: <http://www.adlnet.gov/scorm/20043ED/Documentation.aspx> [ultimo accesso: 17/02/2009]
- Adorni, G., Battigelli, S., Coccoli, M., & Sugliano, A. (2008). Elearning, personalizzazione, strategie e tecniche didattiche: definizione di sottoprocessi per una progettazione didattica in qualità. *Atti Didamatica 2008*, (p. 459-468). Taranto.
- Adorni, G., Brondo, D., & Coccoli, M. (2008a). Design and implementation of a user friendly environment for Learning Objects creation. *Learning to Live in the Knowledge Society*, (p. 89-92). Milano.
- Adorni, G., Brondo, D., & Coccoli, M. (2008b). Ontologie semantiche per la progettazione di Learning Object e la gestione dei metadata nella produzione di materiale didattico riusabile. *Atti V° Congresso Sie-L*. Trento.
- Adorni, G., Coccoli, M., & Vivanet, G. (2007). La progettazione dei materiali didattici per l'e-learning: un approccio basato su XML e mappe concettuali. *Atti Didamatica 2007*, (p. 382-391). Macerata.
- Adorni, G., Coccoli, M., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2007a). Topic Maps e XTM per la progettazione didattica. *IV° Congresso Società Italiana di E-Learning SIE-L 2007*.
- Adorni, G., Coccoli, M., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2007b). Topic Maps e XTM per l'e-learning. *Journal of E-Learning and Knowledge Society* (3).
- Adorni, G., Coccoli, M., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2008a). An Ontological Model for Learning Content Design. *Proceedings ECEL 2008 7th European Conference on e-Learning*. Agia Napa, Cyprus.
- Adorni, G., Coccoli, M., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2008b). Semantic authoring of learning paths with Topic Maps. *Proceedings DMS 2008. The 14th International Conference on Distributed Multimedia Systems*. Boston: Knowledge Systems Institute Graduate School.
- Adorni, G., Coccoli, M., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2008c). Topic Maps for Learning Design. *Learning to Live in the Knowledge Society. 281/2008*. Boston: Springer.

- Adorni, G., Coccoli, M., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2008d). Un modello semantico di progettazione di contenuti didattici in ambienti di e-learning. *V° Congresso Società Italiana di E-Learning SIE-L 2008*. Trento.
- Adorni, G., Di Manzo, M., & Frisiani, A. (1981). Evaluation of a formal approach to the structuring of subject matter. *Journal of Computer Based Instruction* (2), p. 35-42.
- Ahmed, K. (2002). Topic Maps - A Practical Introduction With Case Studies. *XML Europe 2002*. Barcellona, Spagna.
- Albano, G.; Gaeta, M.; & Ritrovato, P. (2007). *IWT: an innovative solution for AGS e-learning model*, Int. J. Knowledge and Learning, Vol. 3, Nos. 2/3, pp.209–224
- Alvino, S. (2008). Computer Supported Collaborative Learning e riusabilità: un approccio all'integrazione di risorse riusabili in processi di apprendimento collaborativo. *Tesi di Dottorato di Ricerca*. Università degli Studi di Genova.
- Alvino, S., & Sarti, L. (2004). Learning objects e costruttivismo. *Atti di didamatica 2004, 10-12 Maggio, Ferrara*.
- Alvino, S., Fini, A., & Sarti, L. (2007). Oltre i Learning Object: dal modellare i contenuti. In C. Delogu, *Tecnologie per il web learning: realtà e scenari*. Firenze: Firenze University Press.
- ANSI. (2005). *Guidelines for the Construction, Format, and Management of Monolingual Controlled Vocabularies*. URL : www.niso.org/standards/resources/Z39-19-2005.pdf [ultimo accesso: 21/01/2009]
- Ausubel, D. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton.
- Ausubel, D. (1995). *Educazione e processi cognitivi*. Milano: Franco Angeli.
- Bargellini, M., Casadei, G., Coletti, S., & Puccia, L. (2005). *Knowledge Management Methodology*. Roma: ENEA Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.
- Berners Lee, T. (2001). *L'architettura del nuovo Web*. Feltrinelli.
- Berners Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific American*.
- Bianchi, S., Mastrodonato, C., Vercelli, G., & Vivanet, G. (2009). Use of ontologies to annotate and retrieve educational contents: the AquaRing approach. *Journal of E-Learning & Knowledge society*, 1.
- Bichiri, A. (2007). Web Semantico e business aziendale: mutamento degli scenari tra competitività e innovazione. *Tesi di Laurea*. Università degli Studi di Genova.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives – Handbook I*. New York: David McKay Company Inc.
- Bonaiuti, G. (2006a). *E-Learning 2.0. Il futuro dell'apprendimento in rete, tra formale e informale*. Trento: Erickson.

- Bonaiuti, G. (2006b). *Mente, strumenti e formazione. Complessità e problematicità del rapporto tra pedagogia ed artefatti di mediazione*. In E. Fauenfelder, & F. Santoianni, *e-learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 183-198). Milano: Edizioni Angelo Guerini e Associati SPA.
- Brachman, R. (1985), *Readings In Knowledge Representation*. Morgan Kaufman.
- Brandimonte, M. (2002). *Psicologia della memoria*. Roma: Carocci.
- Bush, V. (1945). *As we may think*. The Atlantic Monthly, July 1945: 101-108
- Buzan, T. (2003). *The Mind Map Book: Radiant Thinking - Major Evolution in Human Thought* BBC Active.
- Calvani, A. (1998). *Costruttivismo, progettazione didattica e tecnologie*. In Bramanti, D., *Progettazione formativa e valutazione*. Roma: Carocci Editore.
- Cambi, F. (2006). *Manuale di storia della peagogia*. Laterza.
- Capano, D. (2004). *E-Learning: un esperimento via web su corsi di Fondamenti di Informatica*. URL: <http://www.comunedasa.it/mimc/introduzionetest.asp> [ultimo accesso: 10/11/2008]
- Capuano, N. (2005). *Ontologie OWL: teoria e pratica*. URL: http://www.capuano.biz/Papers/CP_Ontologie_1.pdf [ultimo accesso: 14/10/2008]
- Chomsky, N. (1975). *Problemi di teoria linguistica*. Bollati Boringhieri.
- Ciotti, F. (1999). *Introduzione all'intelligenza artificiale*. URL: http://www.mediamente.rai.it/mediamentetv/learning/corsi/9912c2_4.asp [ultimo accesso: 16/09/2008]
- CISCO. (2003). *Reusable Learning Object Authoring Guidelines: How to Build Modules, Lessons, and Topics* URL: [http://db.formez.it/fontinor.nsf/c658e3224c300556c1256ae90036d38e/DF95A2799A3D7085C1256E59003B33F5/\\$file/Cisco%20Reusable%20LO%20Authoring%20Guidelines%2007-2003.pdf](http://db.formez.it/fontinor.nsf/c658e3224c300556c1256ae90036d38e/DF95A2799A3D7085C1256E59003B33F5/$file/Cisco%20Reusable%20LO%20Authoring%20Guidelines%2007-2003.pdf) [ultimo accesso: 10/12/2008]
- CNIPA. (2007). *Vademecum per la realizzazione di progetti formativi in modalità e-learning nelle pubbliche amministrazioni. II Edizione*. URL: http://www.cnipa.gov.it/site/_files/cnipa_quad_32.pdf [ultimo accesso: 24/10/2008]
- Cunti, A. (2006). *Prospettive costruttiviste per l'apprendimento in rete*. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *E-Learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 91-110). Guerini Scientifica.
- Damiano, E. (1994). *Insegnare con i concetti. Un modello didattico tra scienza e insegnamento*. Torino: SEI.
- DC. (1998). *Dublin Core Metadata Element Set - Version 1.1*. URL: <http://dublincore.org/documents/dces/> [ultimo accesso: 11/11/2008]

- Della Valle, E., Celino, I., & Cerizza, D. (2008). *Semantic Web. Modellare e condividere per innovare*. Pearson Addison Wesley.
- Di Bella, A., & Guarino, N. (2006). Le ontologie formali e il loro ruolo nell'ICT. *Toolnews* (Giugno/Luglio).
- Dicheva, D., & Dichev, C. (2006). TM4L: Creating and Browsing Educational Topic Maps. *British Journal of Educational Technology - BJET*, 37 (3), p. 391-404.
- Dicheva, D., Sosnovsky, S., Gavrilova, T., & Brusilovsky, P. (2005). Ontological Web Portal for Educational Ontologies. *Proceedings of International Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for e-Learning (AIED 2005)*. Amsterdam, Olanda.
- EduOnto. URL: <http://eduonto.opencontent.it> [ultimo accesso: 16/02/2009].
- EduTella. URL: www.edutella.org/edutella.shtml [ultimo accesso: 16/02/2009].
- Emiliani, A. (1997). Mappe concettuali, uno strumento per la promozione dell'apprendimento significativo. *Insegnare Filosofia*, 2, p. 11-17.
- Esposito, G., & Maltese, G. (2003). *E-Learning: una guida operativa*. Milano: Franco Angeli.
- Fabrizio, F. (2003). *Intelligenza Artificiale: applicazioni e-learning*. URL: www.dsi.uniroma1.it/~estrinfo/E-learningfabrizi.pdf [ultimo accesso: 24/11/2008]
- Fini, A. (2005). Dai Learning Object al Learning Design. *Journal of e-Learning and Knowledge Society* (2).
- Fini, A., & Vanni, L. (2004). *Learning Object e Metadati, quando, come e perché avvalersene*. Trento: Erickson.
- Fontana Tomassucci, L. (1969). *Istruzione programmata e macchine per insegnare*. Roma: Armando.
- Fornaca, R. (1991). *Storia della pedagogia*. La Nuova Italia.
- Frixione, M. (1994). *Logica, significato e intelligenza artificiale*. Milano: Franco Angeli.
- Frixione, M. (2001). *Appunti di Rappresentazione della conoscenza*. URL: http://www.dif.unige.it/epi/hp/frixione/appunti_KR.pdf [ultimo accesso: 22/09/2008]
- Fry, E. (1963). *Teaching machines and programmed instruction*. (D. Mezzacapa, Trad.) New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- Furfaro, F., & Giangravè, A. (2005). Progettazione e sviluppo di un tool per supportare gli autori nella progettazione di "oggetti didattici" fruibili in rete. Genova: Università degli Studi di Genova.
- Gagné, R., & Briggs, L. (1990). *Fondamenti di progettazione didattica*. Torino: SEI.
- Garshol, L. (2002). *What are Topic Maps?* URL: <http://www.xml.com/pub/a/2002/09/11/topicmaps.html?page=3> [ultimo accesso: 08/07/2008]

- Garshol, L. (2006). *An introduction to XTM 2.0*. URL: <http://www.garshol.priv.no/blog/82.html> [ultimo accesso: 16/10/2008]
- Garshol, L. (2007a). A Citizen's Portal for the City of Bergen. *Topic Maps Research and Applications (TMRA 2007)*. Leipzig.
- Garshol, L. (2007b). A Theory of Scope. *Proceedings of Topic Maps Research and Applications (TMRA) 2007*, (p. 74-85). Leipzig, Germany.
- Gazzaniga, M., Ivry, R., & Mangun, G. (2005). *Neuroscienze cognitive*. Bologna: Zanichelli Editore.
- Giacomantonio, M. (2007). *Learning Object. Progettazione dei contenuti didattici per l'e-learning*. Roma: Carocci.
- Gineprini, M., & Guastavigna, M. (2006). *Mappe concettuali nella didattica*. URL: <http://www.pavonerisorse.to.it/cacrt/mappe/> [ultimo accesso: 07/11/2008]
- Gnoli, C., & Doldi, V. (2005). Grafi e classificazione. *Tavola rotonda sul Web semantico: Sintesi e proposte*. Prato.
- Gnoli, C., Marino, V., & Rosati, L. (2006). *Organizzare la conoscenza. Dalle biblioteche digitali all'architettura dell'informazione per il Web*. Milano: Tecniche Nuove.
- Gronlund, N. (2003). *Writing Instructional Objectives for Teaching and Assessment (7th ed.)*. Prentice Hall.
- Gruber, T. (1995). Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal Human-Computer Studies*, 43 (5-6), pp. 907-928.
- Gupta, A., Ludäscher, B., & Moore, R. (2002). Ontology Services for Curriculum Development in NSDL. *JCDL '02: Proceedings of the 2nd ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries*.
- Højsholt-Poulsen, L., Byskov Lund, T., & EdReNe-members. (2008). *State of the art - II Educational Repositories in Europe*. URL: <http://edrene.org/results/deliverables/EdReNe%20D%202.5%20SoA%20-%20I.pdf> [ultimo accesso: 17/02/2009]
- Iavarone, M. (2006). Multitasking e controllo delle scelte: implicazioni formative e didattiche. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *E-Learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 139-150). Guerini Scientifica.
- IEEE. (2002). *Learning Object Metadata*. URL: http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf [ultimo accesso: 18/12/2008]
- IMS LD (2003), *IMS Learning Design. Information Model, Best Practice and Implementation Guide, Binding document, Schemas*, URL: <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.cfm> [ultimo accesso: 26/05/2008]

- IMS. (2002). *IMS Guidelines for Developing Accessible Learning Applications. Version 1.0 White Paper*. URL: http://www.imsglobal.org/accessibility/accv1p0/imsacc_guidev1p0.html [ultimo accesso: 10/10/2008]
- IMS. (2005). *Learning Resource Meta-data Specification. Version 1.3 - Final Specification*. URL: <http://www.imsglobal.org/metadata/index.html> [ultimo accesso: 02/11/2008]
- ISO. (1986). *ISO 2788:1986 Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri*.
- ISO/IEC 13250:2003: Information Technology - Document Description and Processing Language - Topic Maps. (2003). Geneva, Switzerland.
- Kolås, L., & Staupe, A. (2007). The PLExus Prototype: A PLE Realized as Topic Maps. *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)*.
- Koper, R. (2004). Use of the Semantic Web to Solve Some Basic Problems in Education. *Journal of Interactive Media in Education* .
- Koper, R., & Olivier, B. (2004). Representing the Learning Design of Units of Learning. *Educational Technology & Society* , 7 (3), p. 97-111.
- Koper, R., & Tattersall, C. (2005). *Learning Design. A Handbook on Modelling and Delivering*. Berlino: Springer.
- Legrenzi, P. (1997). *Manuale di Psicologia Generale*. Bologna: Il Mulino.
- Luccio, R. (1994). Rappresentazione delle conoscenze nell'arco della vita. In B. Vertecchi, *Formazione e curricolo* (p. 101-116). Firenze: La Nuova Italia.
- Maragliano, R. (2004). *Nuovo manuale di didattica multimediale*. Roma - Bari: Laterza.
- Marone, F. (2006). Il vissuto e la rete. La codifica emozionale nella condivisione degli ipertesti. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *e-learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 165-182). Milano: Edizioni Angelo guerini e Associati SPA.
- Mazzoni, G. (2000). *L'apprendimento*. Roma: Carocci.
- Merrill, M. (1983). Component display theory. In C. Reigeluth, *Instructional design theories and models*. Erlbaum Associates.
- Merrill, M. (2002). First Principles of Instruction. *ETR&D* , 50 (3), p. 43-59.
- Minsky, M. (1974). *A Framework for Representing Knowledge*. MIT-AI Laboratory Memo 306, June, 1974.
- Morin, E. (2001). *I sette saperi necessari all'educazione del futuro* . Raffaello Cortina Editore.
- NAS. (2002). *National Academy of Sciences*. URL: <http://www.nasonline.org> [ultimo accesso: 26/06/2008]

Newcomb, S. (2003). A perspective on the quest for global knowledge interchange. In J. Park, & S. Hunting, *XML Topic Maps. Creating and using Topic Maps for the Web*. Addison Wesley.

Novak J. D., A. J. Cañas (2006), *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Florida Institute for Human and Machine Cognition. URL: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf> [ultimo accesso: 01/02/2008]

Novak, J. (2001). *L'apprendimento significativo*. Trento: Erickson.

Novak, J., & Gowin, D. (1989). *Imparando a imparare*. Torino: SEI Editore.

Olimpo, G. (1993). Nascita e sviluppi delle Tecnologie Didattiche. *TD Tecnologie Didattiche* (1).

Orefice, P. (2006). La rivoluzione delle conoscenze in rete: una sfida per la formazione senza confini. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *E-Learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 39-58). Guerini Scientifica.

O'Reilly, T. (2005). *What is Web 2.0?* URL: <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html> [ultimo accesso: 11/10/2008]

Ouziri, M. (2006). *Semantic integration of Web-based learning resources: A Topic Maps-based approach*, The 6th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (ICALT), Kerkrade, The Netherlands, July 4-7, pages 875-879.

Pepper, S. (2000). The TAO of Topic Maps. *Proceedings of XML Europe 2000*. Paris, France.

Pepper, S., Naito, M., & Durusau, P. (2007). *WD 29111: Information Technology - Topic Maps - Expressing Dublin Core Metadata using Topic Maps*. URL: <http://www.jtc1sc34.org/repository/0884.htm> [ultimo accesso: 05/11/2008]

Persico, D. (1995). Progettazione e realizzazione di materiali didattici. *Tecnologie didattiche* (6).

Petrucchio, C. (2003). Le Prospettive Didattiche del Semantic Web. *Atti Didattica2003*. Genova.

Presti, L. (2006). La costruzione e lo sviluppo della conoscenza in ambienti virtuali. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *e-learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 213-225). Milano: Edizioni Angelo Guerini e Associati SPA.

Protégé. (s.d.). URL: <http://protege.stanford.edu/> [ultimo accesso: 10/12/2008]

Quillian, M.R. (1968). *Semantic Memory*. In Minsky, M. (Ed.), *Semantic Information Processing*, Cambridge, MA, 216-270.

Radcliffe, D.F. (2002). *Technological and Pedagogical Convergence between Work-based and Campus-based Learning*. Educational Technology & Society 5 (2) ISSN 1436-4522

Raso, P. (2007). *Definire gli obiettivi didattici*. URL: <http://www.elearningtouch.it/et/modules/risorse/vedi.php?id=48&pag=1> [ultimo accesso: 28/10/2008]

Rawlings, A., van Rosmalen, P., Koper, R., Rodriguez-Artacho, M., & Lefrere, P. (2002). Survey of Educational Modelling Languages (EMLs). *CEN/ISSS WS Learning Technologies Workshop*.

RELAX-NG, (2001). URL: <http://www.oasis-open.org/committees/relax-ng/spec-20011203.html> [ultimo accesso: 17/02/2009]

Sabatano, C. (2006). Embodied perception in ambienti virtuali cooperativi. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *E-Learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 151-164). Guerini Scientifica.

Santucci, U. (2003). *Mappe mentali e scrittura*. URL: <http://www.mestierediscrivere.com/pdf/mappementali.pdf> [ultimo accesso: 03/10/2008]

Sarracino, V. (2006). Lo sviluppo sociale della conoscenza tra disgiunzione e pertinenza. In E. Frauenfelder, & F. Santoianni, *e-learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 59-80). Milano: Edizioni Angelo Guerini e Associati SPA.

Scaruffi, P. (1991). *La mente artificiale. Realtà e prospettive della Macchina pensante*. Franco Angeli.

Schank, R. (1972). *Conceptual dependency: a theory of natural language understanding*, Cognitive Psychology, pp. 552-631, 1972.

Schank, R. (1977). *Script, Plans, Goals and Understanding*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Ass.

Shadbolt, N., Berners-Lee, T., & Hall, W. (2006). The Semantic Web Revisited. *IEEE Intelligent Systems*, 21 (3), p. 96-101.

Skinner, B. (1970). *La tecnologia dell'insegnamento*. Brescia: Editrice La Scuola.

Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review*, 86-97.

Sneath, P., & Sokal, R. (1973). *Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical taxonomy*. San Francisco: W. H. Freeman & Co.

Spinelli, S. (2005). *Introduzione ai thesauri*. URL: <http://biocfarm.unibo.it/~spinelli/indicizzazione/thesauri.htm> [ultimo accesso: 03/09/2008]

Striano, M. (2006). Epistemologia della cognizione situata. In E. e. Frauenfelder, *e-learning. Teorie dell'apprendimento e modelli della conoscenza* (p. 81-90). Milano: Edizioni Angelo Guerini e Associati SPA.

- Stelzer, J.; & Kingsley, E.H. (1974). *An Axiomatic Theory of Subject Matter Structure*. Human Resources Research Organization, Alexandria, Virginia.
- Strickland, A. (2006). *ADDIE*. URL: <http://ed.isu.edu/addie/index.html> [ultimo accesso: 17/11/2008]
- Süß, C., & Freitag, B. (2002). LMML – The Learning Material Markup Language Framework. *Proceedings International Workshop ICL*. Villach, Austria.
- Süß, C., & Freitag, F. (2001/03). *Learning Material Markup Language LMML*. Passau: IFIS - Institut für Informationssysteme und Softwaretechnik.
- Süß, C., Freitag, B., & Brössler, P. (1999). Meta-Modeling for Web-Based Teachware. *Advances in Conceptual Modeling. ER'99 Workshop on the World-Wide Web and Conceptual Modeling*. Paris: LNCS 1727, Springer, 1999.
- Telmon, V. (1979). *Insegnamento delle scienze e rinnovamento della pratica scolastica*. URL: <http://wwwcsi.unian.it/educa/pedagogia/riprasco.html> [ultimo accesso: 27/01/2009]
- TIP. (2009). *Component Display Theory (M.D. Merrill)*. URL: <http://tip.psychology.org/merrill.html> [ultimo accesso: 20/01/2009]
- Tizzi, E. (1996a). Il progetto didattico. In M. Gennari, *Didattica generale*. Milano: Bompiani Editore.
- Tizzi, E. (1996b). Insegnamento e apprendimento. In M. Gennari, *Didattica generale* (p. 53-100). Milano: R.C.S. Libri e Grandi Opere S.p.A.
- Trentin, G. (2008). *La sostenibilità didattico-formativa dell'e-learning. Social networking e apprendimento attivo*. Franco Angeli.
- Trincherò, R. (2003). *Modelli mentali e costruzione di competenze nella formazione on line*. URL: http://formare.erickson.it/archivio/aprile_04/trincherò.html [ultimo accesso: 16/02/2008]
- Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, p. 433-60.
- Vassallo, S. (2005). Navigare fra archivi, biblioteche e musei: le mappe topiche come strumento di armonizzazione. *Tesi di Laurea*. Università degli Studi di Pavia.
- Vitale, A. (2005). *Le mappe mentali*. URL: <http://www.albertovitale.com/mappementaliver2.pdf> [ultimo accesso: 10/11/2008]
- Vivanet, G. (2007). Il Semantic Web per l'e-learning e l'e-government: un approccio basato sulle Topic Maps. *Comunicazione orale I° Convegno nazionale E-Learning & E-Government*. Teramo.
- Vivanet, G. (2007). *La rappresentazione della conoscenza nel Web Semantico*. URL: www.elearninglab.eu: URL: http://www.elearninglab.eu/studying/sw/sw_program.html [ultimo accesso: 14/10/2008]

W3C (2009). *Semantic Web Activity*. URL: <http://www.w3.org/2001/sw/> [ultimo accesso: 17/02/2009]

W3C OWL (2007). *Web Ontology Language*. URL: <http://www.w3.org/2004/OWL/> [ultimo accesso: 17/02/2009]

W3C RDF (2008). *Resource Description Framework*. URL: <http://www.w3.org/RDF/> [ultimo accesso: 17/02/2009]

W3C SPARQL (2009). *Simple Protocol And RDF Query Language*. URL: <http://www.w3.org/2001/sw/DataAccess/> [ultimo accesso: 17/02/2009]

W3C XML (2008). *Extensible Markup Language*. URL: <http://www.w3.org/XML/> [ultimo accesso: 17/02/2009]

Weston, P. (2002). *Dal controllo bibliografico alle reti documentarie*. URL: <http://www.bibliotecheoggi.it/2002/20020704401.pdf> [ultimo accesso: 14/10/2008]

Wiig K.M. (1997), *Knowledge Management: An Introduction and Perspective*, Journal of Knowledge Management, Vol.1 N.1.

Wiley, D. (2000). *The Instructional Use of Learning Objects*. Association for Instructional Technology and the Association for Educational Communications and Technology.

Woods, W. (1975). *What's in a link*. In Brachman, R. (1985), *Readings In Knowledge Representation*. Morgan Kaufman.

Yi, M. (2008). *Topic Maps-based Ontology and Semantic Web - Ontology-Driven Information Retrieval System*. Vdm Verlag Dr. Mueller.

Zeng, M. L. (2005). Using software to teach thesaurus development and indexing in graduate programs of LIS and IAKM. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology* .

ANNESNO A: RELAX-NG SCHEMA FOR XTM 2.0 (NORMATIVE)

```
#
=====
=====
#
# XML Topic Maps 2.0
#
# This is the normative RELAX-NG schema for the XTM 2.0
# syntax, as
# defined in ISO 13250-3.
#
# See http://www.isotopicmaps.org/sam/sam-xtm/
#
#
=====
=====

# --- Common declarations

default namespace = "http://www.topicmaps.org/xtm/"
namespace xtm = "http://www.topicmaps.org/xtm/"

datatypes xsd = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-datatypes"

start = topicMap

reifiable = attribute reifier { xsd:anyURI }?, itemIdentity*
href = attribute href { xsd:anyURI }

any-markup = (text | element * - xtm:* { attribute * { text
}* , any-markup* })*

# --- The schema

topicMap = element topicMap { reifiable, version, mergeMap*,
    (topic | association)* }

version = attribute version { "2.0" }

topic = element topic { id,
```

```
(itemIdentity | subjectLocator | subjectIdentifier)*,
instanceOf?, (name | occurrence)* }
id = attribute id { xsd:ID }

name = element name { reifiable, type?, scope?, value,
variant* }

value = element value { text }

variant = element variant { reifiable, scope, (resourceRef |
resourceData) }

scope = element scope { topicRef+ }

instanceOf = element instanceOf { topicRef+ }

type = element type { topicRef }

occurrence = element occurrence { reifiable,
type, scope?, ( resourceRef | resourceData ) }

datatype = attribute datatype { xsd:anyURI }

resourceData = element resourceData { datatype?, any-markup }

association = element association { reifiable, type, scope?,
role+ }

role = element role { reifiable, type, topicRef }

topicRef = element topicRef { href }
resourceRef = element resourceRef { href }
subjectLocator = element subjectLocator { href }
subjectIdentifier = element subjectIdentifier { href }
itemIdentity = element itemIdentity { href }

mergeMap = element mergeMap { href }

# --- End of schema
```