

LA TEORIA SOTTOSTANTE LE MAPPE CONCETTUALI E COME FARLI E USARLI*

LA TEORIA ALLA BASE DELLE MAPPE CONCETTUALI E COME COSTRUIRLI E USARLI

Joseph D. Novak**
Alberto J. Canas***

Riepilogo

Questo testo presenta l'origine dello strumento delle mappe concettuali e descrive brevemente l'inizio del suo sviluppo. Vengono presentate alcune delle idee della Teoria dell'assimilazione di Ausubel (1963, 1968) che sono servite come base per la creazione di mappe concettuali, evidenziando l'importanza di assimilare nuovi concetti e proposizioni nella precedente struttura cognitiva del discente per la costruzione dei significati. Vengono inoltre presentate le basi epistemologiche di questa teoria dell'apprendimento cognitivo, inclusa l'idea che la produzione creativa di nuova conoscenza può essere intesa come un livello molto avanzato di apprendimento significativo, un processo che può essere facilitato dall'uso di mappe concettuali. Cerca di illustrare l'ampia varietà di strumenti disponibili nel programma gratuito CmapTools, le cui varie applicazioni includono lo sviluppo di apprendimento e curriculum significativi, l'acquisizione e il mantenimento di competenze tacite ed esplicite e il rafforzamento della produzione creativa. L'uso del programma CmapTools, delle fonti Internet e di altre risorse digitali prepara un potente Nuovo Modello di Educazione, che porta alla creazione di portafogli di conoscenze individuali in grado di registrare l'apprendimento significativo e informare qualsiasi apprendimento futuro correlato. Il programma CmapTools offre anche un ampio supporto per la collaborazione, nonché per la pubblicazione e la condivisione di modelli di conoscenza.

Parole chiave: mappa concettuale. Apprendimento significativo. Programma Cmaptools.

Astratto

Questo testo presenta l'origine dello strumento mappa concettuale e parte della storia antica nello sviluppo di questo strumento. Vengono presentate alcune delle idee della teoria dell'assimilazione dell'apprendimento cognitivo di Ausubel (1963; 1968) che è servita come base per la mappatura dei concetti, incluso l'importante ruolo che l'assimilazione di nuovi concetti e proposizioni nella struttura cognitiva esistente di uno studente gioca nella creazione di significato. Vengono presentati anche i fondamenti epistemologici, inclusa l'idea che la produzione creativa di nuova conoscenza può essere vista come un livello molto alto di apprendimento significativo e la mappatura concettuale può facilitare il processo. Viene illustrata l'ampia gamma di strumenti disponibili nel software gratuito CmapTools e in alcune applicazioni, inclusa l'applicazione per facilitare l'apprendimento significativo, un migliore sviluppo del curriculum, acquisire e archiviare conoscenze tacite ed esplicite di esperti e migliorare la produzione creativa. L'uso di CmapTools, risorse WWW e altre risorse digitali fornisce un potente Nuovo Modello per l'Educazione che porta alla creazione di portafogli di conoscenze individuali in grado di documentare l'apprendimento significativo e fungere da base per l'apprendimento correlato futuro. CmapTools fornisce anche un ampio supporto per la collaborazione, la pubblicazione e la condivisione di modelli di conoscenza.

Parole chiave: mappatura concettuale. Apprendimento significativo. CmapTools.

* Tradução de "La teoria alla base delle mappe concettuali e come costruirle e usarle", disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Tradotto con il permesso degli autori. Tradotto da Luis Fernando Cerri (PPGE/UEPG), con revisione tecnica di Fabiano Morais.

** Professore emerito - Cornell University e ricercatore senior Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC).
E-mail: jnovak@ihmc.us

*** Direttore associato - Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). E-mail: acanas@ihmc.us

introduzione

Le mappe concettuali sono strumenti grafici per l'organizzazione e la rappresentazione della conoscenza. Includono concetti, solitamente all'interno di cerchi o cornici di qualche tipo, e relazioni tra concetti, che sono indicati da linee che li collegano. Le parole su queste righe, che collegano parole o frasi, specificano le relazioni tra due concetti. Abbiamo definito

Definiamo un concetto come una regolarità percepita in eventi o oggetti, designati da un'etichetta. Nella maggior parte dei concetti, l'etichetta è una parola, anche se a volte usiamo simboli come + o % e talvolta usiamo più di una parola. Le proposizioni sono affermazioni su qualche oggetto o evento nell'universo, naturale o artificiale. Contengono due o più concetti collegati collegando parole o frasi per fare una dichiarazione significativa. A volte sono chiamate unità semantiche o unità di significato. La figura 1 mostra un esempio di mappa concettuale che ne descrive la struttura e ne illustra le caratteristiche sopra.

o evento che cerchiamo di comprendere organizzando la conoscenza sotto forma di questa mappa I, fornendo così il contesto per essa.

Un'altra caratteristica importante è l'inclusione dei collegamenti incrociati, che sono le relazioni o collegamenti tra concetti in diversi segmenti o domini della mappa concettuale. I collegamenti incrociati ci aiutano a vedere come un concetto in un dominio di conoscenza rappresentato sulla mappa si relaziona con un concetto in un altro dominio mostrato lì. Nell'elaborazione di nuove conoscenze, i collegamenti incrociati rappresentano spesso slanci creativi da parte del produttore della conoscenza. Ci sono due caratteristiche delle mappe concettuali che sono importanti per facilitare il pensiero creativo: la struttura gerarchica che è rappresentata in una buona mappa concettuale e la capacità di cercare e caratterizzare nuovi collegamenti incrociati.

Un'ultima caratteristica delle mappe concettuali sono esempi o oggetti specifici che aiutano a chiarire il significato di un dato concetto. Normalmente non sono inclusi in ellissi o cornici, in quanto sono eventi o oggetti specifici e quindi non rappresentano concetti.

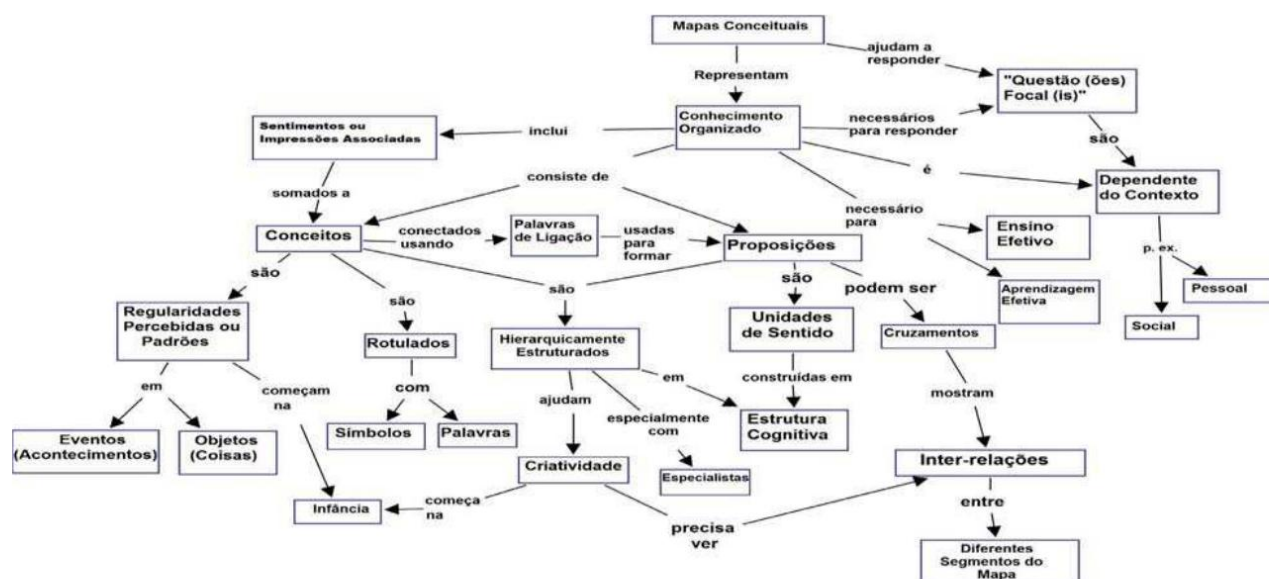


Figura 1 - Una mappa concettuale che mostra le caratteristiche delle mappe concettuali. Le mappe concettuali sono spesso leggere progressivamente dall'alto verso il basso.

Un'altra caratteristica delle mappe concettuali è che i concetti sono rappresentati in modo gerarchico, con i concetti più inclusivi e generali in alto e i concetti più specifici e meno generali disposti gerarchicamente in basso. La struttura gerarchica di una specifica area di conoscenza dipende anche dal contesto in cui la conoscenza viene applicata o considerata. Di conseguenza, l'ideale è che le mappe concettuali siano elaborate da una domanda particolare a cui cerchiamo di rispondere, che chiamiamo domanda focale.

La mappa concettuale deve fare riferimento a una situazione

Le mappe concettuali sono state sviluppate nel 1972, nell'ambito del programma di ricerca svolto da Novak presso la Cornell University, in cui ha cercato di seguire e comprendere i cambiamenti nel modo in cui i bambini comprendevano la scienza (NOVAK; MUSONDA, 1991). Durante questo studio, i ricercatori hanno intervistato un gran numero di bambini e hanno trovato difficile identificare cambiamenti specifici nella loro comprensione dei concetti scientifici solo esaminando le interviste trascritte. Questo programma era basato

nella psicologia dell'apprendimento di David Ausubel (1963, 1968; AUSUBEL et al., 1978). L'idea fondamentale nella psicologia cognitiva di Ausubel è che l'apprendimento avviene attraverso l'assimilazione di nuovi concetti e proposizioni all'interno di concetti preesistenti e sistemi proposizionali già posseduti dal discente. Questa struttura di conoscenza di un particolare discente è anche chiamata struttura cognitiva dell'individuo. Di fronte alla necessità di trovare un modo migliore per rappresentare la comprensione concettuale dei bambini, è nata l'idea che la conoscenza dei bambini sarebbe stata rappresentata sotto forma di una mappa concettuale. Nasce così un nuovo strumento da utilizzare non solo nella ricerca, ma anche per molti altri.

Fondamenti psicologici delle mappe concettuali

L'origine dei nostri primi concetti è una domanda che si pone con una certa frequenza. Questi vengono acquisiti dai bambini dalla nascita all'età di tre anni, quando iniziano a riconoscere le regolarità nel mondo che li circonda e iniziano a identificare etichette o simboli linguistici per queste regolarità (MACNAMARA, 1982). Questo apprendimento precoce è essenzialmente un processo di apprendimento alla scoperta, in cui gli individui discernono schemi o regolarità in eventi o oggetti, riconoscendoli come le stesse regolarità etichettate dagli anziani con parole o simboli. Questa è una capacità fenomenale che fa parte del patrimonio evolutivo di tutti gli esseri umani normali. Dopo i tre anni di età, ogni nuovo concetto e apprendimento proposizionale è fortemente mediato dal linguaggio e avviene essenzialmente attraverso un processo di apprendimento ricettivo, in cui si ottengono nuovi significati attraverso domande e chiarimenti sui rapporti tra vecchi concetti e proposizioni e nuovi concetti e proposte. Questa acquisizione è mediata in modo molto importante quando sono disponibili esperienze o proposte concrete; da qui l'importanza delle attività interattive nell'apprendimento delle scienze con i bambini più piccoli, anche se questo vale anche per gli studenti di qualsiasi età e in qualsiasi campo disciplinare.

Oltre alla distinzione tra il processo di discovery learning (in cui gli attributi dei concetti sono individuati autonomamente dal discente) e il processo di apprendimento ricettivo (in cui gli attributi dei concetti sono descritti attraverso il linguaggio e trasmessi all'apprendista), Ausubel fa distinzione fondamentale tra apprendimento automatico e apprendimento significativo. L'apprendimento significativo richiede tre condizioni:

1. Il materiale da apprendere deve essere concettualmente chiaro e presentato con un linguaggio ed esempi che siano riconducibili alle conoscenze pregresse del discente. Le mappe concettuali possono aiutare a soddisfare questo requisito, sia identificando concetti ampi e generali posseduti dallo studente prima che apprenda concetti più specifici, sia aiutando a sequenziare i compiti di apprendimento attraverso una conoscenza progressivamente più esplicita, che può essere basata su quadri di sviluppo concettuale.
2. Lo studente deve avere conoscenze pregresse pertinenti. Questa condizione può essere riscontrata dopo i tre anni praticamente per qualsiasi ambito disciplinare, ma occorre essere cauti ed espliciti nell'elaborazione di quadri concettuali se l'obiettivo è presentare conoscenze specifiche dettagliate in qualsiasi campo nelle lezioni successive. Vediamo, quindi, che le condizioni (1) e (2) sono interconnesse e sono entrambe importanti.
3. Lo studente deve essere disposto ad apprendere in modo significativo. L'unica condizione sulla quale l'insegnante o il mentore non ha alcun controllo diretto è che gli studenti siano motivati ad apprendere cercando di incorporare nuovi significati nelle loro conoscenze pregresse, piuttosto che semplicemente memorizzare definizioni di concetti o affermazioni proposizionali, o anche procedure computazionali. Il controllo indiretto su questa scelta risiede essenzialmente nelle strategie didattiche e nelle strategie di valutazione utilizzate. Le strategie didattiche che enfatizzano la relazione tra le nuove conoscenze e le conoscenze esistenti sono quelle che incoraggiano gli studenti a mettere in relazione le idee che hanno con le nuove idee incoraggiano anche un apprendimento significativo. I test oggettivi convenzionali raramente richiedono più dell'apprendimento meccanistico (BLOOM, 1956; HOLDEN, 1992). In effetti, le peggiori forme di test oggettivi o risposte brevi richiedono agli studenti di ricordare parole per parola affermazioni, che possono essere ostacolate da un apprendimento significativo, in cui le nuove conoscenze vengono assimilate all'interno di strutture esistenti, rendendo difficile ricordare definizioni o descrizioni specifiche o letterali. Questo tipo di problema è stato rilevato anni

Come notato in precedenza, è importante riconoscere che la distinzione tra apprendimento meccanico e significativo non è una semplice dicotomia, ma piuttosto un continuum, poiché gli individui variano in termini di quantità e qualità del loro background di conoscenze, rilevanza e intensità della loro motivazione cercare modi per incorporare nuove conoscenze nelle conoscenze che già hanno. La creatività può essere considerata un livello molto alto di apprendimento significativo, come discuteremo più avanti. Queste idee sono mostrate nella Figura 2.

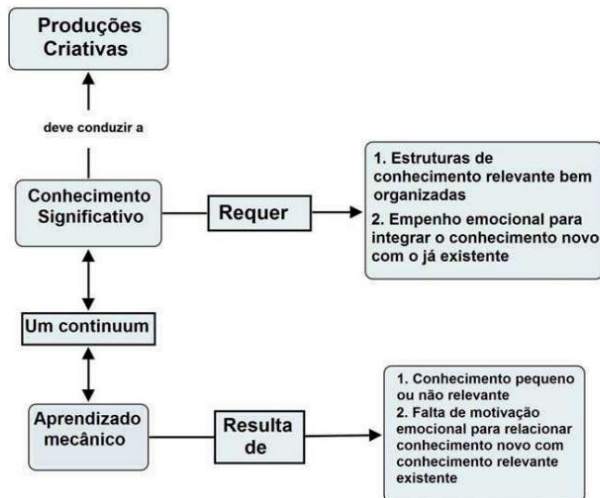


Figura 2 - L'apprendimento può variare da altamente meccanico a altamente significativo. La creatività deriva da livelli molto elevati di apprendimento significativo.

Le persone spesso confondono l'apprendimento automatico e l'apprendimento significativo con metodi di insegnamento che possono variare dalla presentazione diretta delle informazioni (che possono essere concettualmente ermetiche o esplicite) al metodo della scoperta autonoma, in cui lo studente percepisce le regolarità e sviluppa i propri concetti.

Sia la presentazione diretta che i metodi di insegnamento alla scoperta possono portare a un apprendimento altamente meccanicistico o altamente significativo, a seconda delle caratteristiche dello studente e dell'organizzazione del materiale didattico. Queste distinzioni sono mostrate nella Figura 3. C'è un'idea sbagliata che l'insegnamento basato sull'indagine assicurerebbe un apprendimento significativo. La realtà, tuttavia, è che a meno che gli studenti non abbiano almeno una comprensione concettuale rudimentale del fenomeno che stanno indagando, l'attività potrebbe finire per aggiungere poco o nulla alle loro conoscenze rilevanti e non essere altro che un lavoro vano. In effetti, non ci sono quasi notizie di un corpus di ricerca che supporti l'insegnamento basato sull'indagine ampiamente raccomandato (MAYER, 2004; NOVAK, 1990; NOVAK, 2006; NOVAK, 2007; NOVAK, 2008; NOVAK, 2009; NOVAK, 2010; NOVAK, 2011; NOVAK, 2012; NOVAK, 2013; NOVAK, 2014; NOVAK, 2015; NOVAK, 2016; NOVAK, 2017; NOVAK, 2018; NOVAK, 2019; NOVAK, 2020; NOVAK, 2021; NOVAK, 2022; NOVAK, 2023; NOVAK, 2024; NOVAK, 2025).



Figura 3 - L'apprendimento può variare da altamente meccanico a altamente significativo. La creatività deriva da livelli molto alti di apprendimento del significato.

Uno dei modi più efficienti per utilizzare le mappe concettuali è usarle non solo come strumenti di apprendimento, ma come strumenti di valutazione, incoraggiando così gli studenti a utilizzare modelli di apprendimento significativi (MINTZES et al., 2000; NOVAK, 1990; NOVAK; GOWIN, 1984). Anche le mappe concettuali sono efficaci - efficaci nell'individuare le idee possedute dagli studenti, sia valide che non valide, come discuteremo più avanti in un'altra sezione. Possono essere efficaci quanto le interviste cliniche, che richiedono più tempo per identificare le conoscenze rilevanti che uno studente ha prima o dopo l'istruzione (EDWARDS; FRASER, 1983).

Un altro importante progresso nella nostra comprensione dell'apprendimento è che la memoria umana non è un semplice "contenitore" da riempire, ma piuttosto una complessa rete di sistemi di memoria interconnessi. La figura 4 illustra i sistemi di memoria della mente umana e le interazioni con i dati affettivi o psicomotori che riceve.

Mentre tutti i sistemi di memoria sono interdipendenti (e hanno informazioni provenienti da entrambe le direzioni), i sistemi di memoria più essenziali per l'incorporazione della conoscenza nella memoria a lungo termine sono la memoria a breve termine e la "memoria di lavoro". Tutte le informazioni che arrivano sono organizzate ed elaborate dalla memoria di lavoro attraverso l'interazione con la conoscenza presente nella memoria a lungo termine. Il fattore limitante qui è che la memoria di lavoro può elaborare solo un numero relativamente piccolo di unità psicologiche (da cinque a nove) in un dato momento (MILLER, 1956).

Ciò significa che la capacità di memoria di lavoro è limitata (MILLER, 1956; NOVAK, 2007).

Elenca al massimo due o tre concetti.

Ad esempio, se chiediamo a una persona di memorizzare un elenco di 10-12 lettere o numeri in pochi secondi, nella maggior parte dei casi ne ricorderà solo da cinque a nove. Tuttavia, se le lettere possono essere raggruppate in una parola familiare o qualcosa di simile a una parola, o se i numeri possono essere correlati a un numero di telefono o qualcosa di familiare, la persona può ricordare 10 o più lettere. In un test simile, se dai a un gruppo di studenti da 10 a 12 parole familiari ma non correlate da memorizzare in pochi secondi, la maggior parte ricorderà solo da cinque a nove parole. Se le parole non sono familiari, come i termini tecnici presentati allo studente per la prima volta, lo studente farebbe bene se ne ricordasse correttamente due o tre. Se invece le parole sono note e possono essere legate alle conoscenze che lo studente ha nella sua struttura cognitiva, come ad esempio i mesi dell'anno, si possono facilmente ricordare 12 o più parole.

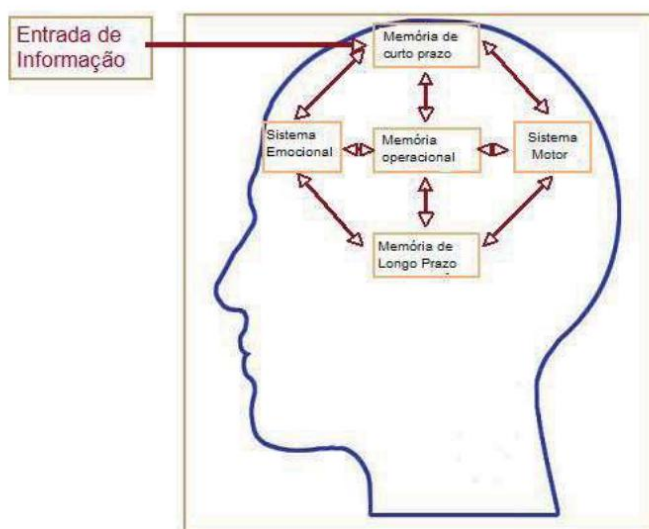


Figura 4 - I principali sistemi di memoria del cervello interagiscono quando stiamo imparando.

Va aggiunto che la conservazione delle informazioni apprese meccanicamente avviene ancora nella memoria a lungo termine, così come le informazioni apprese in modo significativo; la differenza è che nell'apprendimento automatico c'è poca o nessuna integrazione di nuova conoscenza nella conoscenza esistente, con due conseguenze negative. In primo luogo, la conoscenza appresa meccanicamente tende a essere rapidamente dimenticata a meno che non venga ripetuta molto. In secondo luogo, la struttura della conoscenza o la struttura cognitiva dello studente non viene migliorata o modificata per chiarire idee errate. Pertanto, le idee sbagliate persisteranno e le conoscenze apprese

apprendimento e/o risoluzione di problemi in futuro (NOVAK, 2002).

Per questo motivo, la strutturazione di ampi corpi di conoscenze richiede una sequenza ordinata di interazioni tra memoria di lavoro e memoria a lungo termine, man mano che le nuove conoscenze vengono ricevute ed elaborate (ANDERSON). Riteniamo che uno dei motivi per cui gli usi delle mappe concettuali sono così efficaci nel facilitare l'apprendimento significativo sia perché servono come una sorta di stampo o supporto per aiutare a organizzare e strutturare la conoscenza, anche se la struttura deve essere costruita pezzo per pezzo con piccole unità di strutture concettuali e proposizionali interagenti. Molti studenti e insegnanti sono sorpresi nel vedere come questo semplice strumento faciliti un apprendimento significativo e la creazione di potenti quadri di conoscenza che non solo consentono di utilizzare la conoscenza in nuovi contesti, ma anche di conservarla per lunghi periodi di tempo (NOVAK, 1990; NOVAK; WANDERSEE, 1991). Sappiamo ancora relativamente poco sui processi di memoria e su come la conoscenza sia finalmente incorporata nel nostro cervello, ma diverse fonti di ricerca sembrano chiarire che il nostro cervello lavora per organizzare la conoscenza in tabelle gerarchiche e quali metodi di insegnamento usiamo. Facilitare questo processo aumenterebbe in modo significativo la capacità di apprendimento di qualsiasi

Ovviamente, il nostro cervello immagazzina più di concetti e proposizioni. Sebbene questi ultimi siano l'elemento principale che compongono le nostre strutture di conoscenza e formino la nostra struttura cognitiva nel cervello, ci fermeremo per un momento ad analizzare altre forme di apprendimento.

L'apprendimento iconico implica la memorizzazione di immagini di scene che incontriamo, persone che incontriamo, foto e innumerevoli altre immagini. Questi possono anche essere chiamati ricordi iconici (SPERLING, 1960; 1963). Mentre le immagini alfanumeriche che Sperling usava nei suoi studi furono rapidamente dimenticate, altri tipi di immagini furono conservati molto più a lungo. Il nostro cervello ha una straordinaria capacità di acquisire e conservare immagini visive di persone o foto. Ad esempio, in uno studio (Shepard, 1967) sono state presentate 612 rappresentazioni di scene comuni a un gruppo di persone e, successivamente, è stato chiesto loro quale di due immagini simili fosse una delle 612 viste in precedenza? I partecipanti erano

molti altri studi hanno dimostrato che gli esseri umani hanno una straordinaria capacità di ricordare le immagini, sebbene dimentichino rapidamente molti dei loro dettagli. Data la frequenza con cui guardiamo i penny, è interessante che i partecipanti a uno studio di Nickerson e Adams (1979), in cui è stato chiesto loro di disegnare un penny, abbiano rilasciato più della metà dei tuoi dati o li abbiano smarriti. Crediamo che l'integrazione di vari tipi di immagini in una struttura concettuale attraverso un software di mappatura concettuale come CmapTools (descritto di seguito) possa migliorare la memoria iconica e speriamo di vedere la ricerca in questa direzione.

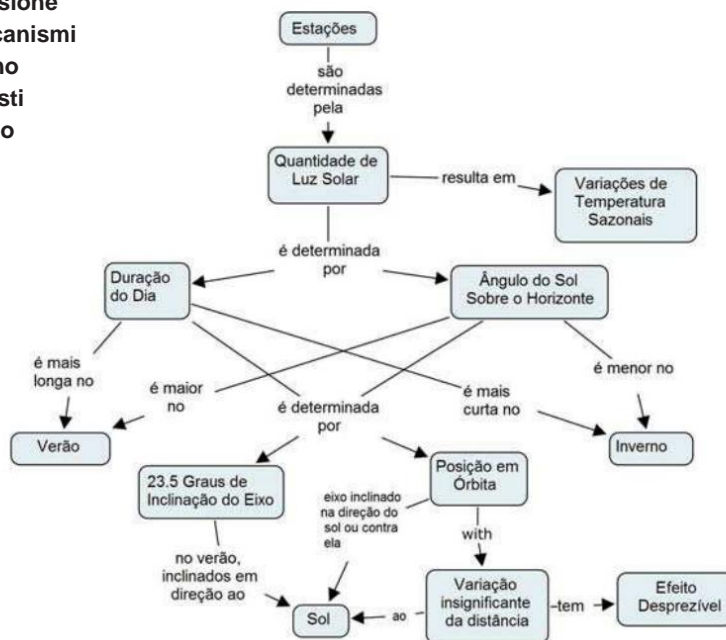
Anche la capacità umana di ricordare i suoni è sorprendente. La capacità di apprendere e ricordare i suoni è anche chiamata memoria arcaica. Basti pensare ai musicisti che sono in grado di suonare centinaia di brani senza consultare alcuna notazione musicale. Anche qui si tratta di ricordi che non sono codificati come concetti o proposizioni. Studi di Penfield e Perot (1963), tra gli altri, indicano che le regioni del cervello che vengono attivate quando sentiamo i suoni sono le stesse attivate quando li ricordiamo. Sebbene possiamo localizzare le regioni del cervello che sono attive durante il processo di apprendimento o ricordo delle informazioni attraverso la tomografia a emissione di positroni (PET), non conosciamo ancora i meccanismi specifici attraverso i quali i neuroni immagazzinano queste informazioni. L'analisi approfondita di questi meccanismi di memoria va oltre lo scopo di questo articolo.

Le abilità individuali presentano chiare differenze, che sono state in parte esplorate da Gardner (1983). Ha proposto una teoria delle intelligenze multiple. Il suo lavoro ha ricevuto molta attenzione nel campo dell'istruzione ed è servito ad attirare l'attenzione sull'ampia gamma di differenze tra le capacità umane per i vari tipi di apprendimento e prestazioni. È positivo che le scuole riconoscano l'esistenza di importanti abilità umane che vanno oltre il richiamo di specifiche informazioni cognitive, che spesso è l'unico modo per apprendere. **Figura 5 - Una rappresentazione della struttura della conoscenza che apparirà nei test a scelta multipla necessari per la comprensione del perché ci sono quelli comunemente usati nelle scuole e nelle aziende. le stagioni.**

Uno dei motivi per cui incoraggiamo l'integrazione dell'ampia gamma di attività presenti nel nostro Nuovo Modello per l'Educazione è fornire opportunità per rappresentare ed esprimere queste altre competenze. Tuttavia, vediamo anche le opportunità organizzative offerte dall'associazione di queste varie attività con una struttura di conoscenza esplicita come

qualcosa di molto vantaggioso. Il tempo dirà se la ricerca futura supporterà questa affermazione.

Se è vero che alcuni studenti hanno difficoltà a creare e utilizzare mappe concettuali, almeno nei loro primi incontri con loro, questo sembra essere essenzialmente il risultato di anni di apprendimento meccanico in un contesto scolastico piuttosto che differenze nelle strutture cerebrali di per sé. Le presunte differenze nello "stile di apprendimento" derivano in gran parte dalle differenze nei modelli di apprendimento impiegati dagli studenti, che vanno da un elevato impegno per l'apprendimento automatico continuo a una dedizione quasi esclusiva all'apprendimento significativo. Non è facile aiutare gli studenti che sono abituati all'apprendimento automatico a scambiarlo con pratiche di apprendimento significative. Mentre le mappe concettuali possono aiutare, devi anche insegnare loro qualcosa sui meccanismi cerebrali e sull'organizzazione della conoscenza insieme all'uso delle mappe. Le informazioni nei paragrafi precedenti potrebbero far parte del programma didattico per un uso efficiente delle mappe concettuali. Proprio come le informazioni contenute in questo articolo potrebbero essere applicate a questo insegnamento. Idee complementari per una migliore comprensione dell'argomento si possono trovare in altri testi (MINTZES et al., 1998).



Per illustrare quanto possa essere difficile per gli individui modificare le proprie idee, in particolare se hanno appreso essenzialmente per ripetizione, citiamo come esempio le interviste condotte dal Private Universe Project (PUP) dell'Università di Harvard (SCHNEPS, 1989). Il team PUP ha intervistato 23 studenti, ex alunni e personale universitario

di Harvard, ponendo loro la domanda: "Perché esistono le stagioni?" Sono necessari solo 11 concetti adeguatamente organizzati per capire perché esistono le stagioni e una disposizione di questi concetti è mostrata nella Figura 5. Gli intervistatori PUP hanno scoperto che 21 intervistati su 23 non erano in grado di spiegare perché esistono le stagioni, cosa che abbiamo imparato ampiamente a scuola. Tra questi c'era uno studente che aveva appena seguito un corso di Fisica del Moto Planetario, il quale credeva anche erroneamente che le stagioni fossero causate dal fatto che la Terra si avvicinava al Sole in estate e si allontanava da esso in inverno. In effetti, la terra è leggermente più vicina al sole in inverno in Massachusetts che in estate. Il motivo principale per cui abbiamo stagioni alternate alle latitudini sopra e sotto l'Equatore è l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al Sole in estate, con conseguenti giornate più lunghe e radiazioni più dirette, che a loro volta si traducono in un maggiore riscaldamento. In inverno, l'asse terrestre è inclinato rispetto al Sole, determinando giornate più lunghe e radiazioni meno intense¹. Ciò che interferisce con la comprensione di questi 21 intervistati di Harvard è la confusione con il consenso sul fatto che quando siamo vicini a un fuoco o a una lampada, il calore è più intenso rispetto a quando siamo lontani. Per questo motivo, queste persone non si sono rese conto che questo stesso fenomeno non si applica alle stagioni della Terra. Stanno trasferendo la conoscenza da un contesto all'altro, ma in modo errato. Possiamo vederlo frequentemente in molti esempi di "concezioni sbagliate" in tutti i campi. L'unica soluzione al problema del superamento delle idee sbagliate è aiutare gli studenti ad apprendere in modo significativo, e in questo senso l'uso di mappe concettuali può essere molto utile (per ulteriori informazioni sulle idee sbagliate in scienze e matematica, vedere Novak (2002) e www.cmap.uci.edu).

Fondamenti epistemologici delle mappe concettuali

Come indicato in precedenza, definiamo un concetto come una regolarità (o modello) percepita in eventi o oggetti, o registrazioni di eventi o oggetti, designati da un'etichetta. Si sta ora raggiungendo il consenso sul fatto che i processi di apprendimento significativo descritti sopra sono gli stessi processi utilizzati da scienziati e matematici, o specialisti in qualsiasi disciplina, per sviluppare nuove conoscenze. In effetti, Novak ha affermato che la creazione di nuova conoscenza non è altro che un livello relativamente alto di apprendimento significativo raggiunto.

¹ Infatti, questo ragionamento non vale per tutta la Terra, ma alternativamente per ciascun emisfero. (TN)

da soggetti che hanno una struttura di conoscenza ben organizzata in un ambito specifico, oltre a un forte impegno emotivo a persistere nella ricerca di nuovi significati (NO VAK, 1977, 1993, 1998). L'epistemologia è la branca della filosofia che si occupa della natura della conoscenza e della creazione di nuova conoscenza. Esiste un'importante relazione tra la psicologia dell'apprendimento, come la intendiamo oggi, e il crescente consenso tra filosofi ed epistemologi sul fatto che la creazione di nuova conoscenza è un processo costruttivo che coinvolge sia la nostra conoscenza che le nostre emozioni o il nostro impulso ad apprendere. nuovi significati sono caduti. Gli studenti stessi coinvolti nella creazione di buone mappe concettuali si stanno impegnando in un processo creativo, che può essere impegnativo, soprattutto se questi studenti hanno trascorso la maggior parte della loro vita ad apprendere meccanicamente. L'apprendimento automatico contribuisce molto poco alle nostre strutture di conoscenza, quindi non può fungere da base per il pensiero creativo o per risolvere

Come definito sopra, i concetti e le proposizioni sono gli elementi costitutivi della conoscenza in qualsiasi campo. Possiamo usare l'analogia che i concetti sono come atomi di materia e le proposizioni sono come molecole di materia. Esistono solo circa 100 tipi di atomi e formano un numero infinito di diversi tipi di molecole. Attualmente ci sono 460.000 parole nella lingua inglese (la maggior parte delle quali sono etichette concettuali) e possono essere combinate per formare un numero infinito di proposizioni. Sebbene molte combinazioni di parole possano essere prive di significato, abbiamo ancora la possibilità di creare un numero infinito di parole. Non mancheranno mai nuove idee affinché poeti e romanzieri possano esprimersi in modi nuovi. www.cmap.uci.edu non mancherà mai l'opportunità di creare nuove conoscenze! Finché le persone creano e osservano oggetti o eventi nuovi o preesistenti, le persone creative continueranno a creare nuovi concetti e conoscenze. La creazione di nuovi metodi di osservazione o registrazione degli eventi spesso apre nuove opportunità per creare nuove conoscenze. Ad esempio, la creazione del metodo di mappatura concettuale per registrare la comprensione individuale genera nuove opportunità per studiare il processo di apprendimento e creare nuove conoscenze.

Va oltre le intenzioni di questo articolo definire se sia opportuno studiare più in dettaglio il processo di apprendimento umano e la creazione umana della conoscenza. Il lettore è invitato ad approfondire alcuni dei riferimenti citati. Alcune considerazioni importanti per creare mappe concettuali migliori e facilitare l'apprendimento saranno discusse in maggior dettaglio di seguito.

Creazione di buone mappe concettuali

Per imparare a creare una mappa concettuale, è importante partire da un'area di conoscenza che è molto familiare alla persona che intende crearla. Poiché le strutture delle mappe concettuali dipendono dal contesto in cui verranno utilizzate, la cosa migliore da fare è identificare un segmento di un testo, un'attività di laboratorio o sul campo, o un particolare problema o questione che si sta affrontando cercando di capire. Questo crea un contesto che aiuterà a determinare la struttura gerarchica della mappa concettuale. È anche utile selezionare un dominio limitato di conoscenza per le prime mappe concettuali.

Un buon modo per impostare il contesto per una mappa concettuale è istituire una domanda focale, cioè una domanda che specifichi chiaramente il problema o il problema che la mappa concettuale dovrebbe aiutare a risolvere. Ogni mappa concettuale risponde a una domanda focale e una buona domanda focale può portare a una mappa concettuale molto più ricca. Quando imparano a creare mappe concettuali, gli studenti tendono a deviare dalla domanda focale e creare una mappa che può riguardare il contesto ma non risponde alla domanda. Come si suol dire, il primo passo per imparare qualcosa è porre le domande giuste.

Una volta selezionato un dominio e definito un problema o un problema al suo interno, il passaggio successivo consiste nell'identificare i concetti chiave che si applicano a quel dominio. Di solito sono sufficienti da 15 a 25 concetti. Questi concetti potrebbero essere elencati e da quell'elenco si potrebbe stabilire una scala ordinata dal concetto più generale e inclusivo per il problema o la situazione in questione, che sarebbe in cima all'elenco, al concetto più specifico e minimo. generale, che ne sarebbe alla base. Sebbene questa classifica sia solo approssimativa, aiuta a iniziare il processo di creazione della mappa. Spesso ci riferiamo all'elenco dei concetti come a un parcheggio, poiché l'idea è di trasferire questi concetti nella mappa dei concetti mentre determiniamo dove si adattano. Alcuni concetti possono rimanere nel parcheggio dopo che la mappa è pronta se la persona che li ha realizzati non vede come metterli in relazione con gli altri concetti sulla mappa.

Il prossimo passo è preparare una mappa concettuale preliminare. Questo può essere fatto scrivendo tutti i concetti su Post-it o, preferibilmente, da

tramite il programma per computer IHMC CmapTools (CAÑAS et al., 2004b, <http://cmap.ihmc.us>), descritto di seguito. I post-it consentono al gruppo di lavorare su una lavagna o su carta oleata e scambiare facilmente i concetti. Ciò è necessario all'inizio del processo di costruzione di una buona organizzazione gerarchica. I programmi per computer sono ancora migliori, in quanto consentono di spostare concetti insieme a frasi di collegamento, nonché gruppi di concetti e collegamenti, per ristrutturare la mappa. Quando CmapTools viene utilizzato insieme a un proiettore multimediale, due o più persone possono facilmente disegnare una mappa insieme e vedere i concetti man mano che procedono. CmapTools consente inoltre a persone nella stessa stanza o in qualsiasi parte del mondo di lavorare insieme su una mappa, e le mappe possono essere create in modo sincrono o asincrono, a seconda della disponibilità di chi lo fa.

È importante sapere che una mappa concettuale non è mai finita. Una volta completata la mappa preliminare, è sempre necessario rivederla. È possibile aggiungere altri concetti. Le buone mappe di solito provengono da tre o più versioni. Questo è un altro motivo per cui è utile utilizzare un programma per computer.

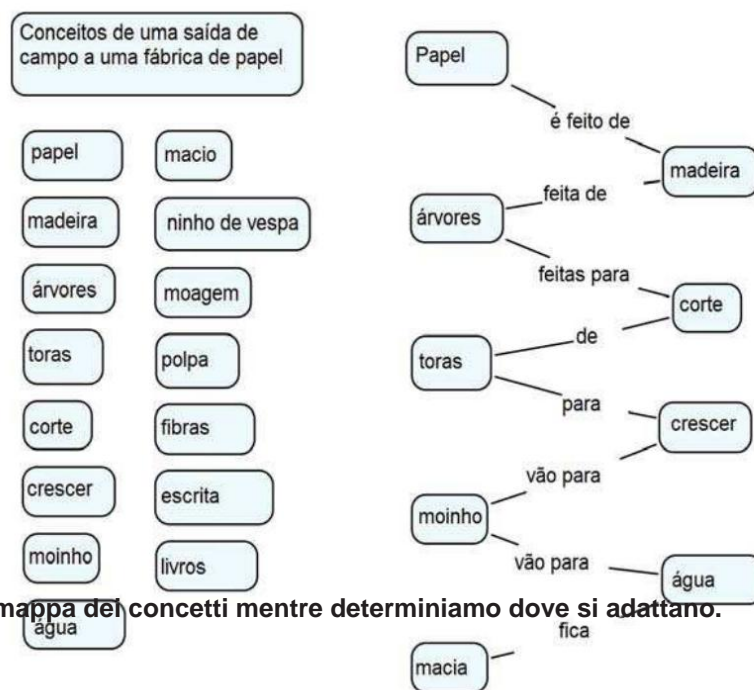


Figura 6 - Una mappa della "cascata" realizzata da un alunno di quarta elementare dopo un'escursione in una cartiera. La classe ha identificato i concetti nel parcheggio a sinistra, ma questa studentessa non è riuscita a usarne molti e la sua mappa ha poco senso. Questo studente era un buon lettore orale, ma aveva una comprensione della lettura molto scarsa ed era uno studente ripetuto (vedi NOVAK; GOWIN, 1984, p. 108).

Una volta completata la mappa preliminare, è necessario cercare i collegamenti incrociati. Sono, sulla mappa, i collegamenti tra concetti in diversi segmenti o domini di conoscenza che aiutano a illustrare come sono correlati. I collegamenti incrociati sono importanti per mostrare che lo studente comprende le relazioni tra i sottodomini sulla mappa.

È importante aiutare gli studenti a capire che tutti i concetti sono in qualche modo correlati tra loro. Pertanto, è necessario essere selettivi nell'identificare i collegamenti incrociati e il più precisi possibile quando si stabiliscono parole di collegamento che interconnettono concetti. Inoltre, dovrebbero essere evitate le "frasi nei riquadri", cioè frasi complete usate come concetti, poiché questo di solito indica che un'intera sottosezione della mappa potrebbe essere costruita dalla frase nel riquadro. Le "mappe delle cascate" rivelano sia un'incomprensione del materiale che una strutturazione inadeguata della mappa. La Figura 6 è un esempio di una mappa a cascata.

Gli studenti spesso commentano che è difficile aggiungere parole di collegamento alle "linee" delle loro mappe concettuali. Ciò è dovuto a un'incomprensione della relazione tra concetti o dei significati dei concetti – e sono le parole di collegamento che specificano questa relazione.

Quando gli studenti iniziano a concentrarsi su buone parole di collegamento e identificano buoni collegamenti incrociati, si rendono conto che ogni concetto può essere correlato a qualsiasi altro concetto diverso. Questo genera anche una certa frustrazione e devono scegliere di identificare i collegamenti incrociati più ovvi e utili. Questo processo coinvolge ciò che Bloom (1956) ha identificato come alti livelli di performance cognitiva, cioè valutazione e sintesi della conoscenza. La produzione di mappe concettuali è un modo semplice per stimolare livelli molto elevati di prestazioni cognitive quando il processo è svolto bene. Per questo motivo, la produzione di mappe concettuali può essere un potente strumento di valutazione (ESMONDSON, 2000).

Infine, dovresti rivedere la mappa, riposizionare i concetti per trasmettere chiarezza e una migliore struttura generale e preparare una versione "finale". Se viene utilizzato un programma per computer, è possibile "tornare indietro", modificare la dimensione e lo stile del carattere e aggiungere colori per "decorare" la mappa concettuale.

Pertanto, vediamo che le mappe concettuali non sono solo un potente strumento per catturare, rappresentare e archiviare la conoscenza individuale, ma anche uno strumento importante per creare nuova conoscenza.

La cassetta degli attrezzi del programma CmapTools

Il programma CmapTools (CAÑAS et al., 2004b - disponibile per il download all'indirizzo <<http://cmap.ihmc.us>>), sviluppato presso l' Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), combina le qualità delle mappe concettuali con il potere della tecnologia, in particolare di Internet. Il software consente agli utenti di tutte le età di creare e modificare facilmente mappe concettuali allo stesso modo in cui un elaboratore di testi facilita la produzione di testo. Consente agli utenti di lavorare insieme in remoto per creare le proprie mappe; pubblicare le proprie mappe concettuali per l'accesso da parte di chiunque sia connesso a Internet; collegamento a fonti esterne sulle loro mappe per spiegare meglio il loro contenuto; e cercare informazioni relative alla mappa sul World Wide Web.

Il programma consente all'utente di creare collegamenti con fonti (foto, immagini, grafici, video, mappe, tabelle, testi, pagine web o altre mappe concettuali) che si trovano ovunque su Internet o in file personali a concetti, oppure collegare parole in una mappa concettuale semplicemente cliccando e trascinando la elementi. collegamenti

per queste fonti sono presentate sotto forma di icone sotto i concetti, come mostrato in Figura 7. Cliccando su una di queste icone si apre un elenco di collegamenti, da cui l'utente può scegliere di aprire una delle fonti "collegate". Attraverso CmapTools, puoi utilizzare le mappe concettuali per accedere a qualsiasi materiale che può essere presentato digitalmente, compresi i materiali preparati dal map maker. In questo modo, le mappe possono servire come strumenti di indicizzazione e navigazione per aree di conoscenza complesse, come mostreremo più avanti con i materiali della NASA su Marte (BRIGGS et al., 2004). Con questa interconnessione facilitata tra mappe concettuali, gli studenti possono sviluppare modelli di conoscenza (CAÑAS

et al., 2003b; CAÑAS et al., 2005), che sono raccolte di mappe concettuali con fonti interconnesse su un argomento specifico, che dimostrano che la tua comprensione di un'area non si limita solo a una mappa concettuale.

Facilitare l'apprendimento collaborativo e a distanza

Esiste un corpus di ricerche in espansione che mostra che quando gli studenti lavorano in piccoli gruppi e si sforzano insieme di apprendere un argomento, ottengono risultati cognitivi e affettivi positivi (JOHNSON et al .

al., 1981; BERK; WINSLER, 1995). Vygotsky (1978) ha introdotto l'idea che il linguaggio e il dialogo sociale possono aiutare l'apprendimento, specialmente quando i membri del gruppo sociale si trovano più o meno nella stessa zona di sviluppo prossimale (ZPD). Descrive lo ZPD come un livello di comprensione per una determinata materia, da cui lo studente può progredire da solo, con il minimo aiuto di un insegnante. Quando gli studenti lavorano in modo cooperativo in gruppi e utilizzano mappe concettuali per guidare il loro apprendimento, l'apprendimento risultante è significativamente maggiore (Preszler, 2004). Nel nostro lavoro con insegnanti e studenti, piccoli gruppi che lavorano insieme per sviluppare mappe concettuali si sono rivelati utili in una varietà di contesti.

All'inizio degli anni '90, in America Latina, gli studenti con accesso alla rete di computer IBM (precedente a Internet) hanno avuto molto successo nella creazione di mappe concettuali sia con studenti della propria classe che con studenti di altri paesi (CAÑAS et al., 2001). Nelle nostre classi e workshop, e nelle lezioni tenute dai nostri studenti nei loro paesi, piccoli gruppi di studenti che lavorano collettivamente per produrre

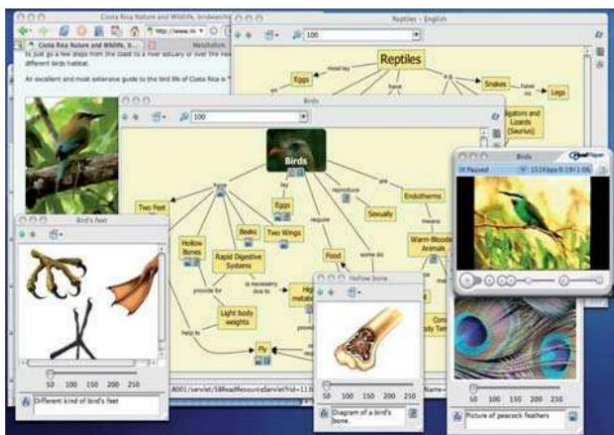


Figura 7 - Una mappa concettuale sugli uccelli realizzata dagli studenti delle scuole superiori. Le icone sotto i concetti forniscono collegamenti a fonti esterne (immagini, illustrazioni, pagine Web, video o altre mappe concettuali), alcune delle quali sono mostrate nella figura.

CmapTools fornisce un'ampia gamma di funzionalità per lavorare insieme durante la mappatura concettuale. Le mappe create utilizzando il programma possono essere archiviate su server (CmapServers, cfr. CAÑAS et al., 2003a), dove possono essere consultate da chiunque sia connesso a Internet. Alcuni dei CmapServer sono "pubblici", consentendo a chiunque (senza autorizzazione) di pubblicare le proprie raccolte di mappe concettuali e fonti (CAÑAS et al., 2004a).

Attraverso CmapServers, utenti di tutte le età e di varie discipline hanno pubblicato migliaia di mappe su ogni tipo di argomento e area. Sebbene le mappe concettuali su questi server pubblici siano solo un piccolo campione delle mappe pubblicate dagli utenti di CmapTools – e alcune non siano mappe concettuali valide secondo i nostri criteri, servono a mostrare il problema. Quando una mappa concettuale viene salvata in un CmapServer, una versione della mappa viene memorizzata anche come pagina web, quindi un browser è sufficiente per cercare tra tutte le mappe concettuali disponibili.

Memorizzando mappe concettuali su CmapServers, CmapTools incoraggia la collaborazione tra gli utenti che le producono. Quando le mappe vengono memorizzate su Internet, gli utenti registrati (CAÑAS et al., 2003c) possono modificarle contemporaneamente (in modo sincrono) o nel momento migliore per esse (in modo asincrono). "Argomenti di discussione" e "Annotazioni" in forma elettronica "Post-It" possono essere utilizzati per fare commenti occasionali sulle mappe o durante l'elaborazione delle mappe. L'alto grado di chiarezza delle mappe concettuali le rende un veicolo ideale per lo scambio di idee o per l'elaborazione collettiva di nuove conoscenze. Abbiamo anche scoperto che gli ostacoli derivanti dalle insicurezze personali e dalla paura dell'imbarazzo vengono in gran parte evitati, poiché i commenti critici sono diretti alla mappa concettuale, non ai creatori della mappa. Far commentare gli studenti sulle mappe concettuali degli altri, sia nella stessa classe che in scuole diverse, è una forma



Figura 8 - L'intero spettro delle attività di apprendimento può essere integrato utilizzando CmapTools, incorporando varie attività di apprendimento registrate attraverso il programma, che genera un portfolio digitale risultante dall'apprendimento.

L'ampia gamma di funzionalità che CmapTools offre per la creazione collettiva di mappe concettuali, sia che gli studenti si trovino nello stesso luogo o in luoghi separati, ha incoraggiato il crescente ricorso alla collaborazione nell'elaborazione delle mappe. In un certo numero di contesti educativi, la produzione di mappe concettuali in piccoli gruppi si è rivelata utile in questioni che vanno dalla comprensione delle idee nell'apprendimento delle teorie di assimilazione e al chiarimento dei conflitti di lavoro per risolverli. società a scopo di lucro (es. BEITURE; MAYORGA, 2004). Le mappe concettuali stanno iniziando a essere utilizzate nelle aziende per aiutare i team a chiarire e articolare le conoscenze necessarie per affrontare situazioni che vanno dalla progettazione di nuovi prodotti al marketing o alla risoluzione dei problemi.

Un nuovo modello di educazione

Un ambiente di apprendimento incentrato su mappe concettuali

CmapTools offre una serie di risorse che consentono agli insegnanti di utilizzare mappe concettuali per numerose attività svolte dagli studenti (CAÑAS; NOVAK, 2005). Oltre a un ambiente di rete che incoraggia il lavoro collettivo e la possibilità di sviluppare modelli di conoscenza, il programma consente agli utenti, tra le altre risorse: (a) di cercare informazioni presenti nelle mappe concettuali (CARVALHO et al., 2001).), attraverso che uno studente può utilizzare Cmap per approfondire un determinato argomento – generando così una mappa arricchita con collegamenti a fonti esterne – e, di conseguenza, effettuare altre ricerche; (b) registrare il processo di elaborazione di una mappa per successive consultazioni, consentendo al docente di accedere a quello che è considerato un aspetto essenziale della produzione delle mappe concettuali: il processo di elaborazione delle stesse; (c) visualizzazione segmentata della mappa concettuale e delle relative fonti esterne a schermo intero per le presentazioni orali; (d) confrontare graficamente due Cmap, consentendo all'insegnante di confrontare la mappa dello studente con la propria per una valutazione preliminare. La mappa concettuale può quindi diventare uno strumento attorno al quale possono ruotare le varie attività del processo di apprendimento, come mostrato in Figura 8.

Sulla base delle funzionalità offerte dal CmapTools, lo studente può utilizzare la mappa concettuale come pre-valutazione; come primo passo verso l'apprendimento di parti della conoscenza che deve assimilare meglio; come base su cui sviluppare la ricerca che lo conduce

porterà a questa assimilazione; come un modo per organizzare le varie fonti che utilizzerai a questo scopo; come strumento per lavorare insieme ai tuoi colleghi; e come mezzo per presentare le tue scoperte alla fine dell'unità. Inoltre, la mappa concettuale creata da questo studente può servire come base per una valutazione generale (cfr. VITALE; ROMANCE, 2000) della loro performance.

Domanda focale, parcheggi e scheletri di mappe sapientemente realizzati (Mappe di scheletri esperti)

Un ambiente di apprendimento incentrato sulla mappa significa che le mappe concettuali vengono utilizzate durante lo sviluppo di un'unità didattica o di un modulo. In questo contesto, le mappe concettuali saranno probabilmente utilizzate come strumento per determinare il livello di comprensione che gli studenti hanno dell'argomento studiato prima che venga introdotto. Le mappe vengono quindi elaborate, ampliate e migliorate man mano che gli studenti intraprendono altre attività relative all'argomento e ne aumentano la comprensione, eventualmente generando modelli di conoscenza complessi che collegano fonti, risultati, esperimenti, ecc. e che può essere utilizzato, se interessato, come presentazione finale da parte degli

Allo stesso modo in cui le mappe concettuali possono essere utilizzate in vari modi nelle attività in classe, ci sono una serie di "punti di partenza" per gli studenti per sviluppare mappe concettuali preliminari.

Ogni studente può costruire individualmente la propria mappa concettuale preliminare, fornendo all'insegnante un feedback sul proprio livello di comprensione. In questa opzione di costruzione di mappe individuali, gli studenti possono essere costretti a lavorare insieme attraverso una zuppa di conoscenze (CAÑAS et al., 1995; CAÑAS et al., 2001), in cui possono condividere proposte, ma non guardare le mappe degli altri (vedi figura 9). Le mappe concettuali possono essere preparate da coppie o piccoli gruppi di studenti, nel qual caso l'insegnante deve essere consapevole del livello di partecipazione di ciascuno. CmapTools dispone di una risorsa di registrazione che permette di registrare e riprodurre i passaggi dell'elaborazione della mappa, in cui è possibile contribuire di ogni partecipante.

La mappa concettuale può essere creata anche dalla classe nel suo insieme, con l'ausilio di un proiettore. In questo caso, tutti gli studenti esprimono le rispettive opinioni e partecipano all'elaborazione della mappa. Gli insegnanti devono essere attenti a valutare la partecipazione individuale di ogni studente.

Mappe dello scheletro realizzate da specialisti

Per argomenti difficili – sia per gli studenti, come determinato dall'esperienza precedente dell'insegnante, sia per l'insegnante stesso a causa della sua formazione – l'uso di una mappa concettuale "scheletro" di esperti è un'alternativa. Questo "scheletro" è progettato da un esperto del settore e consente a studenti e insegnanti di costruire le proprie conoscenze su solide basi.

Queste mappe fungono da guida, supporto o ausilio per l'apprendimento, allo stesso modo in cui un'impalcatura serve per costruire o rinnovare un edificio.

La Figura 11 è uno "scheletro" di una mappa concettuale che corrisponde allo stesso argomento del "parcheggio" nella Figura 10. Si noti che in questo esempio, alcuni concetti sono stati lasciati nel "parcheggio" per consentire agli studenti di aggiungerli alla mappa concettuale.

Stiamo ancora conducendo ricerche sull'uso di questi "scheletri" di mappe concettuali, e quindi non abbiamo tanta esperienza con loro come abbiamo con il punto focale e i punti di partenza del parcheggio. O'Donnell, Dan Sereau e Hall (2002) hanno dimostrato che le "mappe della conoscenza" possono fungere da supporto per facilitare l'apprendimento.

È importante notare che gli "scheletri" delle mappe concettuali devono essere preparati da un esperto del settore. Ci si aspetta che l'esperto sia in grado di selezionare al meglio il piccolo numero di concetti che sono essenziali per comprendere l'argomento e che esprimono accuratamente le relazioni tra questi concetti. In generale, è molto più difficile fare una mappa buona e precisa con un piccolo numero di concetti (quattro o cinque) che con 15 o venti concetti.

Uno "scheletro" di una mappa concettuale non ha una

dimensione predeterminata. Tuttavia, il numero finale di concetti che ci si aspetta di vedere nella base del parcheggio della Figura 10. Alcuni concetti erano mappa e una funzione del numero di persone rimaste nel parcheggio in modo che lo studente possa inserirli nei concetti presenti nello "scheletro".

Ad esempio, uno "scheletro" composto da cinque concetti dovrebbe essere ampliato dallo studente in una mappa con 15 o venti concetti. Se lo "scheletro" contiene venti concetti, il che la renderà una mappa più esauriente, è preferibile.

la mappa finale ha tra i cinquanta e sessanta concetti. In questo caso, probabilmente useremo una mappa relativamente completa (non uno "scheletro") come supporto e ci aspetteremo che gli studenti approfondissero l'argomento, creando diverse sottomappe collegate alla mappa di partenza.

Possiamo immaginare un programma di utilizzo degli "scheletri" cartografici come supporto per l'apprendimento, iniziando con lo sviluppo di una serie di mappe concettuali in una determinata disciplina, partendo da idee più generali e inclusive per poi passare gradualmente a mappe che guiderà gli studenti.

Ad esempio, la Figura 11 mostra una mappa "scheletro" per la scienza che racchiude i concetti chiave più importanti per comprendere la scienza. Gli studenti possono iniziare con questa mappa, aggiungere concetti di parcheggio, creare collegamenti a fonti digitali esterne e anche creare sottomappe più specifiche. Possono essere offerte anche mappe concettuali ancora più specifiche, create da esperti, come mostrato in Figura 12. Qui vediamo anche una sottomappa che può essere creata da un gruppo di studenti e un esempio di due fonti a cui un gruppo può accedere degli studenti attraverso le icone sulla mappa secondaria.

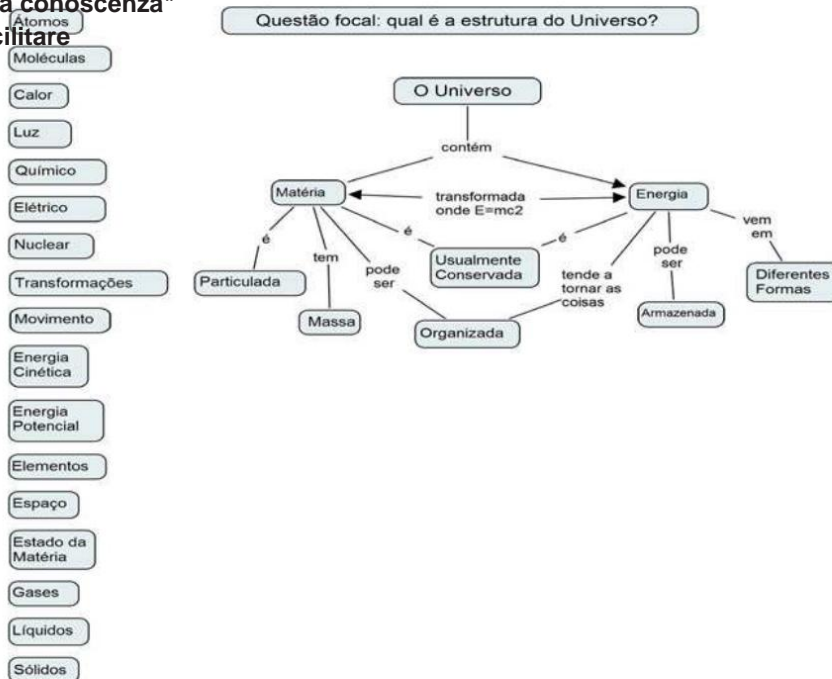


Figura 11 - Una mappa "scheletro" con un concetto chiave che deve essere inteso come base per l'apprendimento della Scienza, di concetti che ci si aspetta di vedere nella base del parcheggio della Figura 10. Alcuni concetti erano mappa e una funzione del numero di persone rimaste nel parcheggio in modo che lo studente possa inserirli nei concetti presenti nello "scheletro".

Cmap.

Uno dei vantaggi dell'utilizzo di CmapTools come supporto per l'apprendimento è la funzione di ricerca sopra menzionata, che consente l'accesso preferibile del World Wide Web

che vengono filtrati per adattarsi al contesto dei significati definiti dalla mappa concettuale (CARVA LHO et al., 2001; LEAKE et al., 2004). Pertanto, se si fa clic su un concetto come "elettricità" in Figura 12 e si seleziona una delle opzioni di "ricerca" dal menu, CmapTools presenterà le fonti non solo relative all'elettricità, ma anche ad altri concetti sulla mappa. Il programma nir su cos'è Cmap e prepara una query per i motori di ricerca web, che a sua volta genererà risultati rilevanti per le idee sviluppate nella mappa concettuale. Lo studente deve ancora, ovviamente, selezionare nuovi concetti dal materiale ed elaborare nuove proposizioni nella mappa concettuale che portino significato e chiarezza alla mappa. Pertanto, lo studente o il gruppo di studenti è molto attivamente coinvolto nel processo di creazione di significati, un requisito essenziale per un apprendimento significativo.

Internet supera di gran lunga ciò che qualsiasi libro di testo o insegnante può offrire. In effetti, è probabile che gli insegnanti che supervisionano questo tipo di studio imparino tante cose nuove quanto i loro studenti. Inoltre, utilizzando gli "scheletri" delle mappe concettuali come punto di partenza si riduce la possibilità che si rafforzino idee sbagliate o idee errate sostenute da studenti o insegnanti, massimizzando la possibilità che elaborino strutture di conoscenza che, con il tempo, annullano o riducono le idee sbagliate (NOVAK, 2002).

Il mondo della scienza progetto

Nel 1966, Bobbs-Merrill pubblicò una serie di libri di testo di scienze di base, The World

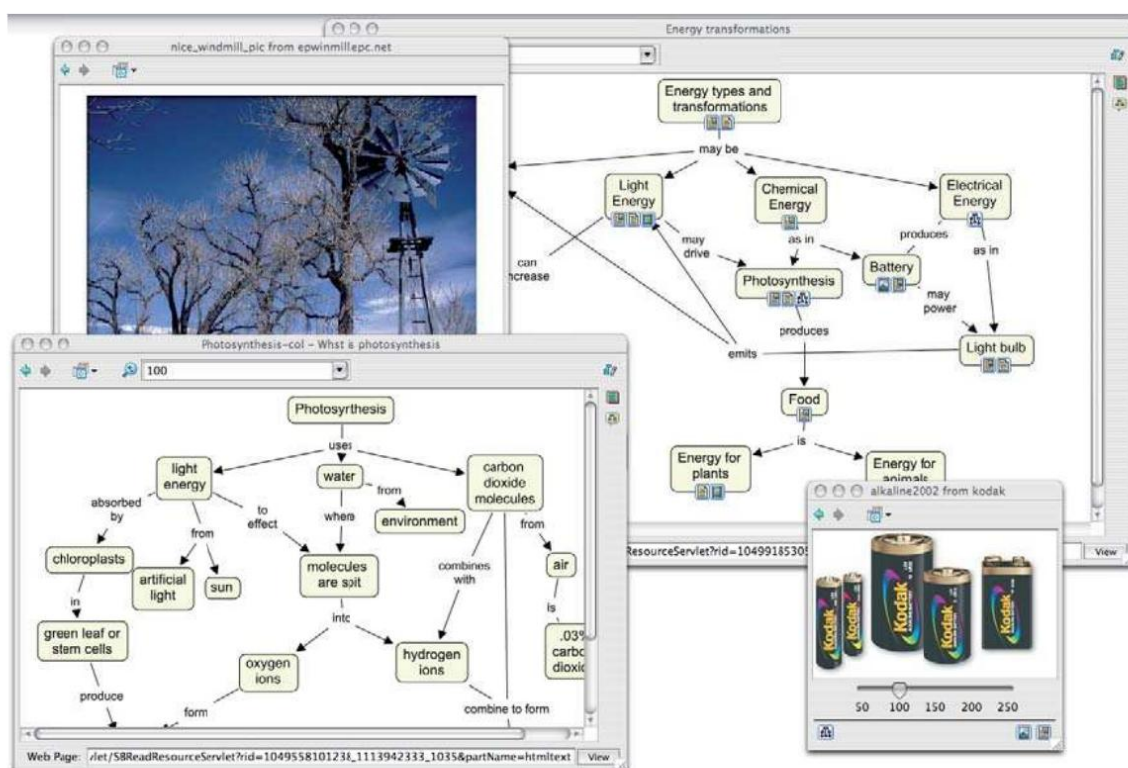


Figura 12 - Una Cmap di trasformazione energetica, a cui si può accedere tramite il link concettuale "Energia" nella mappa concettuale di Figura 11, e la Cmap di Fotosintesi che può essere "collegata" ad essa.

Gli studenti possono anche impegnarsi in ricerche di laboratorio o sul campo, che porteranno loro importanti esperienze concrete necessarie per sviluppare significati più pieni per i concetti e, talvolta, l'eccitazione di scoprire nuove idee o relazioni.

La quantità di temi e idee che possono essere incorporati nelle strutture della conoscenza utilizzando "scheletri" di mappe concettuali preparate da esperti, il programma CmapTools e fonti del

of Science, scritto in gran parte da Novak per introdurre concetti scientifici di base a studenti e insegnanti delle scuole elementari. A differenza della maggior parte dei libri di testo di scienze elementari, questa serie ha presentato concetti di base a tutti i livelli in modo approfondito, inclusa un'analisi dei concetti relativi alla natura della scienza, alla natura della materia, all'energia e alle trasformazioni dell'energia. I libri sono stati scansionati

e un DVD di tutti e sei i libri è in vendita.

Il nostro piano è quello di utilizzare i libri di The World of Science come punto di partenza per un progetto di presentazione per A New Model of Education. Per cominciare, sono stati sviluppati "scheletri" di mappe concettuali per alcune sezioni del libro di seconda elementare e per l'intero libro di quarta elementare intitolato The Expanding World of Science. Tutti questi "scheletri" di mappe concettuali possono servire come punto di partenza per studenti e insegnanti per ogni sezione illustrata del libro. Quindi, gli studenti possono utilizzare queste Cmap insieme al programma CmapTools per cercare fonti e idee rilevanti su Internet. La figura 13 mostra uno degli "scheletri" delle mappe concettuali che possono essere utilizzati come punto di partenza per l'elaborazione di un modello di conoscenza, preferibilmente con studenti che lavorano in team e condividono idee.



Figura 13 - Grafico che mostra il New Education Model con uno "scheletro" di una mappa concettuale che può fungere da "spina dorsale" per un progetto di portfolio scientifico.

I libri di scienze offrono testi rilevanti attività e suggerimenti. È importante che l'insegnante aiuti gli studenti a sviluppare queste attività e altre simili, alcune delle quali possono essere trovate su Internet. Gli studenti saranno anche in grado di aggiungere i propri concetti di mappa concettuale "scheletro", nonché fonti trovate attraverso la lettura o Internet. La figura 14 illustra una fase di questo processo².

Ovviamente, questo potrebbe essere un programma scientifico molto carente, che si limiterebbe a far copiare e lavorare un po' gli studenti sugli "scheletri" delle mappe concettuali disponibili per la seconda elementare o qualsiasi altra classe. Gli studenti devono avere esperienze concrete

e pratiche con cose reali e osservare fenomeni ugualmente reali per aggiungere significato alle lacune concettuali presenti nelle mappe concettuali e in altri strumenti.

Un progetto pilota è già in corso in Italia, dove Giuseppe Valittuti (2004) e i suoi colleghi stanno lavorando alla traduzione in italiano della collana di libri Il mondo della scienza. Valittuti e i suoi colleghi hanno ottenuto finanziamenti dal Ministero dell'Istruzione italiano per la formazione degli insegnanti e alcuni gruppi di scuole elementari hanno già iniziato a lavorare con le mappe concettuali e altri strumenti della collezione Il mondo della scienza nel corso del 2006.

L'obiettivo è avere quattro gruppi di scuole incentrati su diversi aspetti della collezione The World of Science e generare foto e video di studenti che realizzano progetti che illustrino e utilizzino i vari concetti scientifici. Ci si aspetta che le classi forniscano molti feedback per aiutare i team a migliorare il proprio lavoro condividendo "portafogli elettronici" tramite CmapTools. Questo feedback ci aiuterà a migliorare rapidamente le mappe concettuali, le tecniche e gli approcci per migliorare la pratica del Nuovo Modello per l'Educazione. La Rete CmapTools può fungere da garante di alcuni di questi tentativi attraverso i dipendenti pubblici che vi partecipano in Italia e all'estero. Prevediamo che una pletora di dati, sia empirici che incidentali, sarà prodotta da questi tentativi entro pochi anni. Sulla base dei solidi risultati teorici e di ricerca attualmente disponibili, abbiamo tutte le ragioni per essere ottimisti sul successo di questi sforzi innovativi. Lo stato di avanzamento di questo progetto può essere seguito alla pagina: <www.leparoledellascienza.it>.



Figura 14 - Grafico che mostra il Nuovo Modello Educativo con concetti e risorse aggiunti allo "scheletro" della mappa concettuale e una pagina di un libro della collezione The World of Science che fornisce attività e letture rilevanti.

² La serie di libri Il mondo della scienza è stata pubblicata nel 1966, quindi alcune illustrazioni sono datate.

problemi di implementazione

La sfida più grande che possiamo prevedere è quella di cambiare i fattori circostanziali della scuola nel senso di portare alla ribalta un insegnante che sia un allenatore e apprendista, invece che un divulgatore di informazioni, come predica il modello prevalente. Sappiamo che è necessario coinvolgere insegnanti e dirigenti in programmi di formazione continua che possano introdurre nuovi approcci educativi, oltre a scambiare idee con loro sulle modalità di applicazione del Nuovo Modello di Educazione. C'è anche la sfida di cambiare i sistemi di valutazione, che attualmente sono essenzialmente basati su test a risposta multipla che valutano, soprattutto, la capacità di richiamare meccanicamente le informazioni, sostituendoli con test di performance in cui gli studenti devono essere studenti dimostrare di comprendere concetti di base e possono usarli per risolvere nuovi problemi, e in cui possono utilizzare fonti prese da Internet per espandere, modificare e apprendere nuovi concetti. C'è ancora molto spazio nel Nuovo Modello per l'acquisizione di dati e procedure specifiche, che, tuttavia, devono ora essere apprese nel contesto di potenti strutture concettuali. La ricerca (Bransford et al., 1999) ha dimostrato che le informazioni fattuali acquisite nel contesto dell'apprendimento significativo non solo vengono conservate più a lungo, ma possono essere utilizzate con molto più successo per risolvere nuovi problemi.

Possiamo aspettarci una certa resistenza all'applicazione del Nuovo Modello di Educazione da parte di coloro che credono che l'insegnamento attraverso la "ricerca" sia l'unico modo per migliorarlo. In effetti, la ricerca sostiene fortemente il valore della "ricerca condotta", come quelle coinvolte in *A New Model of Education* (MAYER, 2004; KIRSCHNER et al., 2006; SWELLER, et al., 2007).

Sarà necessaria un'enorme quantità di formazione degli insegnanti prima che il Nuovo Modello possa essere applicato nelle scuole. Devono acquisire familiarità con il programma CmapTools e i vari strumenti che offre. Devono anche conoscere la teoria alla base della produzione di mappe concettuali, comprese le idee in questo testo. I programmi di formazione degli insegnanti dovrebbero presentare il tipo di insegnamento che stiamo consigliando, e in essi possiamo utilizzare come "scheletri" di mappe concettuali alcune delle mappe presenti nel libro di Novak (1998), a cui si può accedere attraverso la directory online "IHMC Internal" Posizione CmapTools, all'interno della cartella "Joe Novak's/JNslCUBook". Gli insegnanti dovrebbero lavorare insieme per svilupparne alcuni

delle mappe concettuali più semplici su concetti educativi, magari aggiungendo riferimenti ad alcune delle mappe concettuali più complesse.

Anche nell'attuale scenario di risorse tecnologiche e consenso pedagogico, è possibile per scuole, stati e paesi creare un Nuovo Modello Educativo.

Mappe concettuali per la valutazione

Stiamo cominciando a trovare in molti libri di testo di scienze l'inclusione di mappe concettuali come un modo per riassumere le conoscenze acquisite dagli studenti dopo aver studiato un'unità o un capitolo. Il cambiamento nelle pratiche scolastiche è sempre lento, ma è probabile che l'uso delle mappe concettuali nell'istruzione scolastica aumenterà in modo significativo in un decennio o due. È inoltre possibile trovare pratiche di valutazione relative alla comprensione da parte degli studenti dei contenuti disciplinari (MINTZES et al., 2000). Quando le mappe concettuali vengono utilizzate nell'insegnamento, possono essere utilizzate anche nelle valutazioni. Non esiste una regola rigida secondo cui i test a scelta multipla dovrebbero essere utilizzati dalla scuola elementare all'università, quindi forse, nel tempo, le mappe concettuali possono anche essere utilizzate negli esami nazionali come potente strumento di valutazione. Questo, tuttavia, si rivela essere un problema di gallina o uovo, poiché le mappe concettuali non possono essere richieste negli esami di valutazione nazionali quando la maggior parte degli studenti non ha avuto l'opportunità di imparare a utilizzare questo strumento di valutazione. D'altra parte, se gli esami statali, regionali e nazionali iniziassero a includere mappe concettuali come parte della valutazione, sarebbe un grande incentivo per gli insegnanti insegnare agli studenti come utilizzare questo strumento. Ci auguriamo che, nei prossimi due decenni, questo cominci ad accadere. Attualmente, diversi progetti negli Stati Uniti e in altri paesi stanno conducendo ricerche per vedere se è possibile sviluppare strumenti di valutazione migliori, comprese mappe concettuali. Probabilmente cominceremo a vedere progressi significativi in questo settore entro pochi anni. Alcune funzionalità nelle versioni più recenti di CmapTools semplificano anche l'utilizzo delle mappe concettuali per le valutazioni. Ad esempio, lo strumento "Confronta mappe concettuali" consente di confrontare una mappa concettuale creata da un "esperto" per un determinato argomento con mappe create dagli studenti, con tutti i concetti e le proposizioni simili o diversi mostrati a colori.

cognitivo, molti dei quali non hanno familiarità con il lavoro di Ausubel e il tipo di idee epistemologiche su cui si basa la produzione di mappe concettuali. Una rassegna dei riassunti di venti libri recenti di scienze cognitive ha rivelato che nessuno di loro aveva la parola "epistemologia" nel proprio indice.

Utilizziamo anche "colloqui clinici"

all'inizio del nostro lavoro, come accennato in precedenza, però, abbiamo sentito la necessità di trovare un modo migliore per rappresentare ciò che i nostri apprendisti sapevano e come le loro conoscenze sono cambiate nel tempo. All'IHMC, abbiamo iniziato utilizzando le interviste per identificare le conoscenze specialistiche necessarie per interpretare i rapporti computerizzati prodotti da una macchina progettata per valutare i problemi cardiaci dopo l'iniezione di un pellet radioattivo e per diagnosticare le disfunzioni coronariche (FORD et al., 1991;

FORD et al., 1996). Tuttavia, quando abbiamo iniziato a costruire mappe concettuali con la conoscenza esperta di un cardiologo che ha letteralmente "scritto il libro" su questa tecnologia, è diventato chiaro che c'erano concetti mancanti dalla mappa e che la "tacita conoscenza" del nostro esperto non era stata pienamente espressa nel suo libro o nelle nostre interviste. Pertanto, la mappa concettuale non solo ci ha permesso di rappresentare la conoscenza specializzata, ma anche di trovare lacune nella struttura della conoscenza che stavamo ottenendo attraverso le interviste.

Per quanto sappiamo che interviste, casi di studio, analisi di "incidenti critici" e tecniche simili sono utili per estrarre e rappresentare la conoscenza degli esperti, è comunque probabile che il prodotto finale di questi studi sia rappresentato al meglio sotto forma di mappe concettuali (FORD et al., 1991;

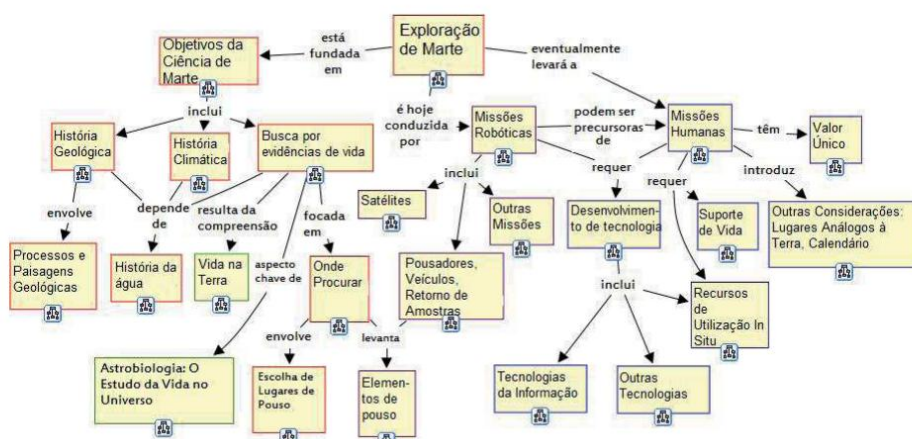


Figura 16 - Una mappa concettuale "interna" per il portafoglio di conoscenze creato dalla NASA per l'esplorazione di Marte.

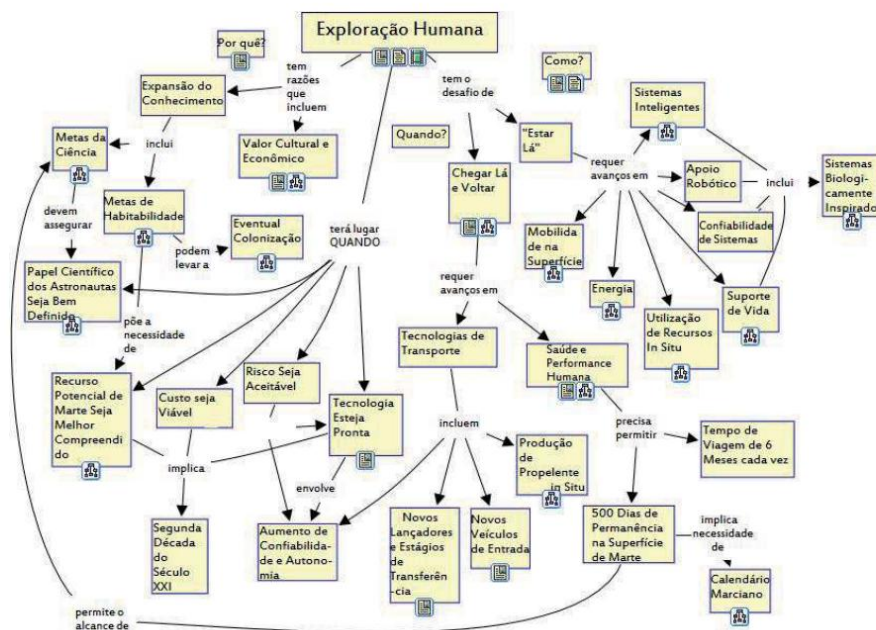


Figura 17 - Un esempio di mappa concettuale a cui è possibile accedere cliccando su una delle caratteristiche allegata a un concetto in figura 16.

alcuni dei dati dell'intervista e altre informazioni presentate tramite icone sulle mappe stesse.

All'IHMC, continuiamo a dedicarci molto all'area dell'apprensione e della rappresentazione delle conoscenze specialistiche (COFFEY et al., 2002). Con l'evoluzione del programma CmapTools, è diventato uno strumento sempre più utile per questo lavoro, come dimostrano gli straordinari riferimenti su Marte preparati dall'Ames Center for the Exploration of Mars della NASA (BRIGGS et al., 2004). La Figura 16 mostra una mappa concettuale "interna" per il portafoglio di conoscenze creato da Briggs, mentre la Figura 17 mostra una delle numerose sottomappe da lui create.

La totalità di queste mappe concettuali può essere vista su: <http://cmex.ihmc.us>. Oltre alle sottomappe, è possibile accedere a un'ampia varietà di risorse digitali tramite mappe concettuali. Molti altri progetti possono essere trovati su IHMC Public CmapServer, il server di accesso pubblico di Cmap, attraverso lo strumento CmapTools, inclusi progetti relativi alle previsioni meteorologiche (HOFFMAN et al., 2000. Disponibile su: <http://www.ihmc.us/research/projects/StormLK/>), tecnici elettronici (COFFEY et al., 2003) e la tessitura thailandese.

conclusioni

In questo articolo cerchiamo di presentare le basi teoriche e le origini di quelle che chiamiamo mappe concettuali. Sebbene a prima vista le mappe possano sembrare solo un'altra rappresentazione grafica di informazioni, la comprensione dei fondamenti di questo strumento e del suo corretto utilizzo mostrerà all'utente che, in effetti, si tratta di uno strumento davvero profondo e potente. All'inizio può sembrare una semplice disposizione di parole in una gerarchia, ma quando si organizzano con cura i concetti rappresentati dalle parole e le proposizioni o idee sono elaborate con parole di collegamento ben scelte, si comincia a rendersi conto che la mappa concettuale è allo stesso tempo semplice e titolare di un'elegante complessità, dai significati profondi. È stato dimostrato che la produzione di mappe concettuali aiuta gli studenti ad apprendere, i ricercatori a costruire nuove conoscenze, gli amministratori a strutturare e gestire meglio le aziende, gli scrittori a scrivere meglio e gli insegnanti a valutare l'apprendimento. Come ogni strumento, può anche essere utilizzato in modo improprio, come mostrato in alcuni esempi.

Ci auguriamo inoltre che questo documento serva da base per future esperienze, critiche e dialoghi sull'uso di questo strumento.

Il sito web di CmapTools consente uno scambio dinamico tra utenti e ricercatori. Questo articolo stesso dovrebbe essere visto come un documento "vivo", che verrà rivisto periodicamente man mano che accumuliamo nuove conoscenze ed esperienze utilizzando questo strumento. Invitiamo tutti i sostenitori delle mappe concettuali e di CmapTools a partecipare a questo dialogo.

Riferimenti

- ANDERSON, OR Alcune interrelazioni tra modelli costruttivisti di apprendimento e teoria neurobiologica attuale, con implicazioni per l'educazione scientifica. Rivista di ricerca nell'insegnamento delle scienze, v. 19, n. 10, pag. 1037-1058, 1992.
- AUSUBEL, DP La psicologia dell'apprendimento verbale significativo. New York: Grune e Stratton, 1963.
- AUSUBEL, DP Psicologia dell'educazione: una visione cognitiva. New York: Holt, Rinehart e Winston, 1968.
- AUSUBEL, DP; NOVAK, JD; HANESIAN, H. Psicologia dell'educazione: una visione cognitiva. 2. ed. New York: Holt, Rinehart e Winston, 1978.
- BASCONI, J.; NOVAK, JD Sistemi didattici alternativi e sviluppo delle capacità di problem solving in fisica. Rivista Europea di Educazione Scientifica, v. 7, n. 3, pag. 253-261, 1985.
- BEIRUT, L.; MAYORGA, LF Concept mappa un potente strumento per la risoluzione alternativa dei conflitti. In: CANES, AJ; NOVAK, JD; GONZALEZ, FM (a cura di). Mappe concettuali: teoria, metodologia, tecnologia. Atti del 1° Convegno Internazionale sul Concept Mapping. Pamplona, Spagna: Università pubblica di Navarra, 2004. v. 1.
- BERK, LE; WINSLER, A. Scaffolding Children's Learning: Vygotsky e l'educazione della prima infanzia. Washington, DC: Associazione nazionale per l'educazione dei bambini piccoli, 1995.
- BLOOM, BS Tassonomia degli obiettivi educativi: la classificazione degli obiettivi educativi. New York: Longmans Green, 1956.
- BRANSFORD, J.; MARRONE, AL; COCKING, RR (a cura di). Come le persone imparano: cervello, mente, esperienza e scuola. Washington, DC: National Academy Press, 1999.
- BRIGGS, G.; SHAMMA, DA; CAÑAS, AJ; CARFF, R.; SCARGLE, J.; NOVAK, JD Mappe concettuali applicate alla divulgazione pubblica dell'esplorazione di Marte. In: CAÑAS, AJ; NOVAK, JD; GONZÁLEZ, F.; (a cura di). Mappe concettuali: teoria, metodologia, tecnologia. Atti del primo convegno internazionale sulla mappatura concettuale. Pamplona, Spagna: Universidad Pública de Navarra, 2004. v. 1, p. 109-116.
- CAÑAS, AJ; CARFF, R.; COLLINA, G.; CARVALHO, M.; ARGUEDAS, M.; ESKRIDGE, T.; et al. Mappe concettuali: integrazione della conoscenza e visualizzazione delle informazioni. In: TERGAN, COSÍ; KELLER, T. (a cura di). Visualizzazione della conoscenza e delle informazioni: ricerca di sinergie. Heidelberg/NY: Appunti delle lezioni di Springer in Informatica, 2005. p. 205-219.

CAÑAS, AJ; FORD, KM; BRENNAN, J.; REICHERZER, T.; HAYES, P.; Costruzione e condivisione della conoscenza nel quorum. Documento presentato alla settima conferenza mondiale sull'intelligenza artificiale nell'istruzione, Washington DC, 1995.

CAÑAS, AJ; FORD, KM; NOVAK, JD; HAYES, P.; REICHERZER, T.; SURI, N. Mappe concettuali online: migliorare l'apprendimento collaborativo utilizzando la tecnologia con mappe concettuali. Il Docente di Scienze, v. 68, n. 4, pag. 49-51, 2001.

CAÑAS, A. J.; HILL, G.; CARFF, R.; SURI, N.; LOTT, J.; ARROYO, M.; et al. CmapTools: Una rete per modellare e condividere la conoscenza. In: SPAZIANTE, A. (Ed.). La conoscenza come bene pubblico comune: Software, dati, saperi. Torino: CIS-Piemonte, 2004 a. p. 51-62.

CAÑAS, AJ; COLLINA, G.; CARFF, R.; SURI, N.; LOTT, J.; ESKRIDGE, T.; et al. CmapTools: un ambiente di modellazione e condivisione della conoscenza. In: CAÑAS, AJ; NOVAK, J. D.; GONZÁLEZ, FM (a cura di). Mappe concettuali: teoria, metodologia, tecnologia. Atti del primo convegno internazionale sulla mappatura concettuale. Pamplona, Spagna: Universidad Pública de Navarra, 2004b. v. 1, pag. 125-133.

CAÑAS, AJ; COLLINA, G.; GRANADOS, A.; PEREZ, C.; PÉREZ, JD L'architettura di rete di CmapTools (Rapporto tecnico n. IHMC CmapTools 2003-01). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2003a.

CAÑAS, AJ; COLLINA, G.; LOTT, J. Supporto per la costruzione di modelli di conoscenza in CmapTools (Rapporto tecnico n. IHMC CmapTools 2003-02). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2003b.

CAÑAS, AJ; COLLINA, G.; LOTT, J.; SURI, N. Permessi e controllo accessi in CmapTools (Rapporto Tecnico n. IHMC CmapTools 2003-03). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2003c.

CAÑAS, AJ; NOVAK, JD Un ambiente di apprendimento centrato sulla mappa concettuale. Documento presentato al Simposio all'11a Conferenza Biennale dell'Associazione Europea per la Ricerca nell'Apprendimento e nell'Istruzione (EARLI), Cipro, 2005.

CARVALHO, MR; HEWETT, R.; CAÑAS, AJ Miglioramento delle ricerche sul Web da modelli di conoscenza basati su mappe concettuali. In: CALLAOS, N.; TINETTI FG; CHAMPARNAUD, J. M.; LEE JK (a cura di), Atti di SCI 2001: quinta multiconferenza su sistemi, cibernetica e informatica. Orlando, FL: Istituto Internazionale di Informatica e Sistemica, 2001. p. 69-73.

CAFFÈ, JW; CAÑAS, AJ; REICHERZER, T.; COLLINA, G.; SURI, N.; CARFF, R.; et al. La modellazione della conoscenza e la creazione di el-tech: un sistema di supporto alle prestazioni per i tecnici elettronici. Sistemi esperti con applicazioni, v. 25, n. 4, pag. 483-492, 2003.

CAFFÈ, JW; HOFFMAN, RR; CAÑAS, AJ; FORD, KM Un approccio di modellazione della conoscenza basato su mappe concettuali per la condivisione della conoscenza da parte di esperti. In: BOUMEDINE M. (a cura di). Atti di IKS 2002 - la conferenza internazionale IASTED sull'informazione e la condivisione della conoscenza. Calgary, Canada: Acta Press, 2002. p. 212-217.

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CANNES, AJ Esperimenti sull'effetto della struttura della mappa e della quantificazione concettuale durante la costruzione della mappa concettuale. In: CAÑAS AJ; NOVAK, JD; GONZÁLEZ, FM (a cura di). Teoria, metodologia, tecnologia, atti della prima conferenza internazionale sulla mappatura concettuale. Pamplona, Spagna: Università pubblica di Navarra, 2004.

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, AJ Mappe concettuali: esperimenti sul pensiero dinamico. Rivista di ricerca nell'insegnamento delle scienze, v. 44, n. 3, 2006.

EDMONDSON, K. Valutare la comprensione della scienza attraverso mappe concettuali. In: MINTZES, J.; WANDERSEE, J.; NOVAK J., (a cura di). Valutare la comprensione della scienza. San Diego: Academic Press, 2000. p. 19-40.

EDWARDS, J.; FRASER, K. Mappe concettuali come riflessi di comprensione concettuale. Ricerca nell'educazione scientifica, 1983. v. 13, p. 19-26.

FORD, KM; CAÑAS, AJ; JONES, J.; STAHL, H.; NOVAK, JD; ADAMS, W, J. Iconkat: uno strumento integrato di acquisizione della conoscenza costruttivista. Acquisizione della conoscenza, v. 3, p. 215-236, 1991.

FORD, KM; CAFFÈ, JW; CAÑAS, AJ; ANDREWS, EJ; TURNER, CW Diagnosi e spiegazione da parte di un sistema esperto di cardiologia nucleare. Giornale internazionale dei sistemi esperti, v. 9, p. 499-506, 1996

GARDNER, H. Frames of Mind: la teoria delle intelligenze multiple. New York: libri di base, 1983.

HOFFMAN, B. La tirannia dei test. New York: Corwell Collier, 1962.

HOFFMAN, RR; CAFFÈ, JW; FORD, KM Un caso di studio nel paradigma di ricerca del calcolo centrato sull'uomo: competenze locali nelle previsioni meteorologiche. Relazione sul contratto "Prototipo di sistema centrato sull'uomo". Washington, DC: National Technology Alliance, 2000.

HOFFMAN, RR; SHADBOLT, NR; PULSANTE, AM; KLEIN, G. Suscitare la conoscenza dagli esperti: un'analisi metodologica. Comportamento organizzativo e processi di progettazione umana, v. 62, n. 2, pag. 129-158, 1995.

HOLDEN, C. Studia gli esami di scienze e matematica. Educazione scientifica, v. 26, p. 541, 1992.

JOHNSON, D.; MARUYAMA, G.; JOHNSON, R.; NELSON, D.; SKON, L. Gli effetti della struttura degli obiettivi cooperativa, competitiva e individualistica sul raggiungimento: una meta analisi. Bollettino psicologico, v. 89, p. 47-62, 1981.

KELLER, EF Un sentimento per l'organismo: la vita e l'opera di Barbara McClintock. San Francisco: WH Uomo libero, 1983.

KIRSCHNER, Pennsylvania; GONFIORE, J.; CLARK, RE Perché la guida minima durante l'istruzione non funziona: un'analisi del fallimento dell'insegnamento costruttivista, di scoperta, basato su problemi, esperienziale e basato sull'indagine. Psicologo dell'educazione, v. 41, n. 2, pag. 75-86, 2006.

KLEIN, G.; HOFFMAN, RR Vedere l'invisibile: aspetti percettivo-cognitivi dell'expertise. In M. Robinowitz (a cura di). Fondamenti di scienze cognitive dell'insegnamento. Mawah, N, J.: Lawrence Erlbaum, 1992. pag. 203-226.

- PERDITA, DB; MAGUITMAN, A.; REICHERZER, T.; CAÑAS, AJ; CARVALHO, M.; ARGUEDAS, M.; et al. Googling da una mappa concettuale: verso la formazione di query automatica basata su mappe concettuali. In: CAÑAS, AJ; JD; GONZÁLEZ, metodologías (tecnología). Mappe concettuali e gerarchie di informazioni sulla mappatura concettuale. Pamplona, Spagna: Universidad Pública de Navarra, 2004. v. 1, p. 409-416.
- MACNAMARA, J. Nomi per le cose: uno studio sull'apprendimento umano. Cambridge, MA: MIT Press, 1982.
- MAYER, RE Dovrebbe esserci una regola dei tre colpi contro il puro apprendimento per scoperta? Il caso dei metodi guidati di istruzione. *Psicologo americano*, v. 59, n. 1, pag. 14-19, 2004.
- MILLER, GA Il magico numero sette, più o meno due: alcuni limiti alla nostra capacità di elaborare informazioni. *Rassegna psicologica*, v. 63, p. 81-97, 1956.
- MINTZES, JJ; WAANDERSEE, JH; NOVAK, J. D. Insegnare la scienza per comprendere: una visione costruttivista umana. San Diego: Academic Press, 1998.
- MINTZES, JJ; WAANDERSEE, JH; NOVAK, J. D. Valutare la comprensione della scienza: una visione costruttivista umana. San Diego: Academic Press, 2000.
- NICKERSON, RS; ADAMS, MJ Memoria a lungo termine per un oggetto comune. *Psicologia cognitiva*, 1979. v. 11, p. 287-307.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. L'azienda che crea conoscenza: come le aziende giapponesi creano le dinamiche dell'innovazione. New York: Oxford University Press, 1995.
- NOVAK, JD Una teoria dell'educazione. Itaca, NY: Cornell University Press, 1977.
- NOVAK, JD Mappe concettuali e diagrammi a V: due strumenti metacognitivi per l'educazione scientifica e matematica. *Scienza dell'istruzione*. v. 19, pag. 29-52, 1990.
- NOVAK, JD Chiarire con mappe concettuali: uno strumento per studenti e insegnanti. *L'insegnante di scienze*, v. 58, p. 45-49, 1991.
- NOVAK, JD Costruttivismo umano: un'unificazione di fenomeni psicologici ed epistemologici nella creazione di significati. *International Journal of Personal Construct Psychology*, v. 6, p. 167-193, 1993.
- NOVAK, JD Apprendere, creare e utilizzare la conoscenza: mappe concettuali come strumenti facilitatori nelle scuole e nelle aziende. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1998.
- NOVAK, JD Apprendimento significativo: il fattore essenziale per il cambiamento concettuale nelle gerarchie proposizionali (IPIs) limitate o appropriate che portano all'empowerment degli studenti. Scienze della formazione, v. 86, n. 4, pag. 548-571, 2002.
- NOVAK, JD; GOWIN, DB Imparare a imparare. New York, NY: Cambridge University Press, 1984.
- NOVAK, JD; MUSONDA, D. Uno studio longitudinale di dodici anni sull'apprendimento dei concetti scientifici. *American Educational Research Journal*, v. 28, n. 1, pag. 117-153, 1991.
- NOVAK, JD; WANDERSEE, J. Coeditors, numero speciale sulla mappatura concettuale. *Rivista di ricerca nell'insegnamento delle scienze*, v. 28, n. 10, 1991.
- O'DONNELL, A.; DANSEREAU, D.; HALL, RH Le mappe della conoscenza come scaffold per l'elaborazione cognitiva. Rivista di psicologia dell'educazione, v. 14, p. 71-86, 2002.
- CAMPO DI TENUTA, W.; PEROT, P. Il record dell'esperienza uditiva e visiva del cervello: un riassunto e una discussione finali. *Cervello*, 1963. v. 86, p. 595-697.
- PRESZLER, RW La mappatura dei concetti cooperativi migliora le prestazioni in Biologia. *Journal of College Science Teaching*, v. 33, p. 30-35, 2004.
- SCHNEPS, M. Progetto universo privato: Università di Harvard, 1989.
- SHEPARD, RN Memoria di riconoscimento per parole, frasi e immagini. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, v. 6, p. 156-163, 1967.
- SPERLING, G. Le informazioni disponibili in brevi presentazioni visive. *Monografie psicologiche: generali e applicate*, v. 74, n. 11, pag. 1-30, 1960.
- SPERLING, G. Un modello per compiti di memoria visiva. Fattori umani, v. 5, p.19-31, 1963.
- GONFIORE, J.; KIRSCHNER, Pennsylvania; CLARK, RE Perché le tecniche di insegnamento minimamente guidato non funzionano: una risposta ai commenti. Psicologo dell'educazione, v. 42, n. 2, pag. 115-121, 2007.
- TSIEN, JZ La memoria. *Scientifico americano*, p. 52-59, lug. 2007.
- VALITTUTI, G. Comunicazione personale, 2004.
- VITALE, MR; ROMANCE, NR Portfolios nella valutazione scientifica: un modello basato sulla conoscenza per la pratica in classe. In: MINTZES, JJ; WAANDERSEE, JH; NOVAK, JD (a cura di). Valutare la comprensione della scienza: una visione costruttivista umana. San Diego, CA: Academic Press, 2000.
- VYGOTSKY, L.; COLE, M. La mente nella società: lo sviluppo di processi psicologici superiori. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

Ricevuto il 30/06/2008

Accettato il 28/10/2009