

Apprendere la gestione dei file risolvendo problemi con la guida dei risultati

Annalina Fabrizio
Accademia Navale di Livorno
Viale Italia 72, 57126 Livorno LI
FabrizioA@marina.difesa.it

Si propone un approccio di tipo problem-solving guidato dai risultati applicato all'apprendimento di operazioni sul file system. Il problema sottoposto allo studente è rappresentato attraverso l'immagine dei risultati che la soluzione deve produrre. È compito dello studente individuare via via il passo risolutivo da affrontare e quindi, essendo guidato dall'osservazione dei risultati attesi, costruire la propria soluzione. Passo dopo passo lo studente riproduce i propri risultati parziali, e si avvicina gradualmente alla situazione finale, essendo confortato dalla riduzione progressiva delle differenze tra i suoi risultati e quelli previsti.

Sarebbe auspicabile poter supportare l'approccio con uno strumento software che, in base al confronto tra i risultati ottenuti e quelli attesi, segnali le differenze e valuti la soluzione dello studente, e inoltre, a richiesta, sia in grado di offrire suggerimenti.

In questo contributo presentiamo gli elementi dell'approccio e le caratteristiche del sistema di apprendimento.

1. Introduzione

La nostra esperienza nell'insegnamento dell'informatica ci ha portato alla convinzione che un approccio basato sul problem-solving garantisce un maggior coinvolgimento dello studente e migliori risultati nell'apprendimento. Siamo in questo confortati dalla fiorita letteratura sull'argomento [Jonassen, 2004], [Jonassen e Land, 2000], [Merril, 2002], [Oliver e Hannafin, 2000].

L'Associazione Italiana per l'Informatica e il Calcolo Automatico (AICA) ha recentemente avviato un progetto per promuovere l'uso del calcolatore per risolvere problemi nel contesto di varie materie curriculari [Schgor, 2009]. Il problem-solving è proposto nelle scuole secondarie italiane per incoraggiare un uso innovativo del foglio elettronico [Scarabottolo, 2009].

La formazione orientata al problem-solving è stata sperimentata nelle università italiane a partire dal 2003 nell'ambito del progetto IT4PS promosso da CRUI, la Conferenza dei Rettori delle Università Italiane, insieme con AICA [Alfonsi et al, 2004] [Alfonsi et al, 2005].

E se la risoluzione di problemi si adatta all'apprendimento assistito dal calcolatore per materie, quali la fisica [Verlicchi et al, 2010] e la matematica [Accascina et al, 2001], è indiscutibile la sua efficacia nella formazione di

competenze squisitamente informatiche. L'insegnamento di strumenti software di larga diffusione, come foglio elettronico e basi di dati, è stato proposto attraverso il problem-solving applicato in diversi contesti quali la statistica [Bagnati et al, 2005] [Bagnati et al, 2006], la medicina [Brogi et al, 2005], [Manghi et al, 2006] e l'economia [Atzeni et al, 2005] [Atzeni et al, 2006].

In [Fabrizio et al, 2009] si propone l'uso di uno strumento di apprendimento basato sul problem-solving, guidato dai risultati, applicato alla gestione del foglio elettronico. La soluzione del problema è un insieme di formule applicate a dati presenti nelle celle. Alla base c'è l'idea che, dato un problema, lo studente dispone di strumenti per confrontare la propria soluzione con quella attesa, ma solo in termini di risultati. In altre parole, lo studente può disporre dei risultati prodotti dalla soluzione del docente, ma questa, pur essendo funzionante, è inaccessibile. Uno strumento di apprendimento analogo, applicato alla gestione di basi di dati, è presentato in [Fiorentino et al, 2009], in questo caso il problema è una collezione di query tra loro correlate e i risultati sono resi disponibili allo studente sotto forma di tabelle.

In questo contributo vogliamo presentare come si configura l'approccio problem-solving guidato dai risultati nel caso della formazione di competenze di gestione del file system attraverso un'interfaccia utente a finestre.

2. Apprendimento guidato dai risultati

L'approccio si basa sulla differenza tra soluzione e risultati di un problema. Il problema è sottoposto allo studente attraverso i suoi risultati finali. Più precisamente il docente, a partire da una situazione iniziale, risolve un problema, quindi confeziona i risultati in modo che siano disponibili allo studente in fase di svolgimento, mantenendo la soluzione inaccessibile. Lo studente, a partire dalla situazione iniziale, deve costruire la propria soluzione in modo che generi gli stessi risultati prodotti dalla soluzione del docente, cioè gli stessi di cui dispone.

Grazie alla disponibilità dei risultati, lo studente è invitato a uno stimolante gioco delle differenze: attraverso una serie di operazioni, di sua iniziativa e in completa autonomia, comincia a riprodurre i propri risultati parziali, e passo dopo passo si avvicina alla situazione finale, essendo guidato dalla riduzione progressiva delle differenze tra i suoi risultati e quelli previsti.

L'esercizio risulta particolarmente interessante anche per il fatto che il problema proposto è non elementare nel senso che la sua soluzione è scomponibile in una opportuna progressione di passi risolutivi, o sotto-problemi, più semplici. Questo comporta alcuni vantaggi, infatti, lo studente adatta la difficoltà del problema alle proprie capacità, scegliendo di affrontare prima i sotto-problemi che pensa di saper risolvere, demandando a un momento successivo eventuali riorganizzazioni e completamenti della soluzione nella sua intelligenza. Inoltre, visto che ciascun sottoproblema può prevedere diverse sequenze operative corrette, lo studente può risolvere con criteri e metodi diversi.

Per concretizzare l'approccio, descriviamo nel prossimo paragrafo le caratteristiche di un'esercitazione relativa alla gestione di file e cartelle, guidata dai risultati.

3. Imparare a gestire i file risolvendo problemi

Quando si impara a gestire le risorse del calcolatore tipicamente si deve essere in grado, tra l'altro, di manipolare file e cartelle. Un'esercitazione classica propone una serie di istruzioni di creazione copia etc. di file e cartelle. Potremmo rendere quest'approccio con il termine di "dettato", nel senso che lo studente riceve un'istruzione, esegue un'operazione e quindi passa alla successiva.

La nostra proposta è di presentare allo studente un problema non elementare di gestione file, attraverso un'immagine che descrive una situazione tramite finestre del sistema operativo. Per concretizzare si pensi di organizzare sul monitor diverse finestre, visibili contemporaneamente, che mostrano aspetti diversi che lo studente deve conoscere, riconoscere e riprodurre. Per esempio l'immagine descrive una struttura gerarchica di cartelle, il contenuto di un file, le proprietà di una cartella. A partire da una situazione data, lo studente deve riprodurre sul monitor del proprio calcolatore l'immagine proposta, aprendo e organizzando finestre, creando e cancellando file e cartelle, salvando file di testo etc.

Questo esercizio propone allo studente una sorta di "copiato" nel senso che egli deve leggere, o meglio interpretare, il significato degli elementi dell'immagine e poi deve riprodurre accuratamente i medesimi risultati con sue autonome operazioni manuali. In questo modo si persegue un duplice obiettivo: interpretare e riprodurre. In un ambito in cui le immagini assumono significati specifici ben definiti è importante saper riconoscere e distinguere elementi simili, oltre che, ovviamente, sapere come generare gli stessi risultati.

Per esempio consideriamo il problema descritto in Fig. 1. L'Immagine è consegnata allo studente corredata da una breve descrizione del tipo: "A partire dal desktop, costruire la struttura di file e cartelle descritta nell'immagine, riproducendola sul proprio monitor nel modo più fedele possibile".

Nel testo del problema non sono presenti le descrizioni delle operazioni da svolgere per arrivare a ottenere la situazione attesa. Per costruire la propria soluzione lo studente deve trarre tutte le informazioni di cui ha bisogno esclusivamente dall'immagine dei risultati. In questo senso, essa contiene la descrizione completa del problema.

Lo studente, guidato dai risultati, progressivamente costruisce la sua soluzione. Per cominciare, può scegliere quale tra i diversi risultati considerare, e progettare l'operazione adeguata a riprodurli. Per esempio, partendo dall'osservazione del lato sinistro dell'immagine, lo studente potrebbe cominciare a creare la prima cartella "Europa", quindi potrebbe proseguire creando in essa le cartelle "Italia", "Spagna" e "Vaticano". Ad ogni passo, confrontando i risultati che ha prodotto con quelli attesi, lo studente è guidato nella scelta della prossima azione da eseguire, infatti, riconosce qualche differenza e decide la successiva operazione da svolgere.

Il procedimento di riduzione delle differenze tra i suoi risultati e quelli attesi attiva nello studente un atteggiamento di competizione su sé stesso che coinvolge anche gli studenti più esperti. La riproduzione dei risultati dell'immagine, con queste modalità, richiede tutta una serie di operazioni di messa a punto che in esercitazioni classiche difficilmente si arriva a pretendere. Per esempio nascondere o mostrare la barra degli indirizzi, visualizzare i dettagli, scegliere le opzioni di visualizzazione delle estensioni o dei file nascosti.

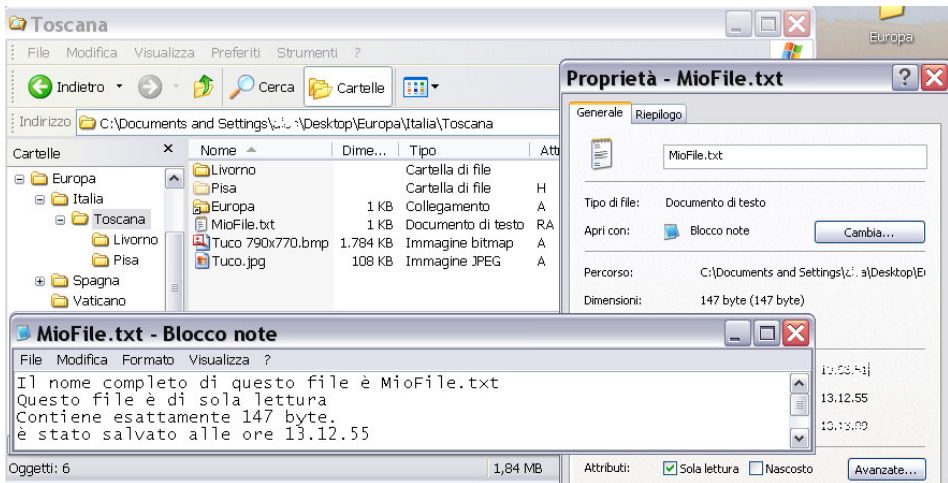


Fig.1 - Risultati di un problema di gestione di file

Ciascuno dei file visibili nell'immagine va costruito singolarmente, riproducendone tutte le caratteristiche, ma senza seguire necessariamente la stessa progressione operativa che aveva seguito il docente. Lo studente può affrontare la costruzione dei file seguendo l'ordine che preferisce. Per esempio, ancora facendo riferimento al problema in Fig. 1, lo studente potrebbe prima di tutto creare il file "Tuco.jpg", salvandolo sul desktop, quindi metterne a punto la dimensione e, solo in un secondo momento, dopo aver creato la struttura di cartelle, potrebbe spostare il file nella giusta posizione.

I risultati attesi sono generalmente ottenibili con differenti modalità operative, lo studente può scegliere la modalità che preferisce, purché ottenga gli stessi risultati visibili nell'immagine dei risultati. Per esempio per creare il file immagine bitmap "Tuco 790x770.bmp" del problema in Fig. 1, si può avviare "Paint" e poi salvare il file. Alternativamente, attraverso voci di menu della finestra di "Esplora risorse", si può creare un nuovo file di tipo immagine bitmap direttamente nella cartella "Toscana", e poi rinominarlo e modificarne il contenuto. Ne abbiamo descritto un paio per concretizzare, ma in generale le modalità operative sono numerose. Ciò che conta è che alla fine vengano riprodotte tutte le caratteristiche del file "Tuco 790x770.bmp" che sono posizione, nome, dimensione, tipo e attributi.

L'immagine dei risultati potrebbe presentare delle ambiguità, ma questo consente un'ulteriore libertà allo studente che deve attingere alle sue conoscenze ed esperienze per ottenere quei risultati. Per esempio nell'immagine in Fig. 1 il simbolo, simile a "+", sulla sinistra della cartella "Spagna", indica che almeno un'altra cartella è presente al suo interno. Se lo studente conosce il significato di questo simbolo non ha bisogno di sapere né quanti, né quali nomi hanno le cartelle presenti nella cartella "Spagna", deve solo crearne almeno una in modo che il simbolo appaia.

Con questo tipo di esercitazione lo studente lavora in modo autonomo, operando senza alcuno dei vincoli che una serie di istruzioni esplicite potrebbe imporre. L'autonomia nel procedimento risolutivo permette allo studente di percorrere uno tra i diversi percorsi risolutivi possibili, mettendo a segno una serie di strategie personali che lo stimolano all'apprendimento nel modo e nei termini che gli sono più congeniali.

Per risolvere il problema lo studente lavora direttamente con gli strumenti che deve imparare ad usare e non con simulatori che permettono poche e limitate operazioni e non consentono alcun errore di percorso. Siamo convinti che sbagliando si impara, ma si può imparare solo dai propri errori, quindi siamo favorevoli a incoraggiare lo studente a sperimentare e costruire le soluzioni che preferisce [Papert, 1993], con la libertà di percorrere strade che non sono necessariamente quelle che erano state seguite da chi ha proposto e risolto il problema. Sarà compito del valutatore verificare se i risultati previsti sono stati raggiunti.

3.1 Variabilità dei risultati

Sulla base dell'esercizio descritto nel paragrafo precedente si può introdurre un ulteriore elemento che aggiunge aspetti di contestualizzazione e personalizzazione della soluzione: la variabilità dei risultati.

Il problema proposto nell'immagine di Fig. 1 presenta un aspetto di variabilità dei risultati che vogliamo descrivere in dettaglio. Il file di testo "MioFile.txt" contiene alcune frasi che sono coerenti con le informazioni contenute nella finestra delle "Proprietà" visibile alla sua destra. L'aspetto più interessante sta nell'orario di salvataggio del file: questo sarebbe piuttosto complicato da ottenere identico, visto che l'esercitazione potrebbe essere svolta in un altro momento del giorno. In questo senso è necessario puntualizzare che la riproduzione dei risultati deve essere considerata corretta se si mantiene la coerenza con il contesto della situazione. Nel caso specifico l'ultima frase nel file dello studente va considerata corretta se l'orario descritto è uguale all'orario di modifica del file stesso.

L'introduzione di questo aspetto di variabilità dei risultati apre a diverse opportunità di verifica delle competenze. Supponiamo di integrare il testo descrittivo del problema con una frase del tipo "Sostituire ai punti di sospensione le risposte che consentono di ottenere frasi coerenti nel contesto." e supponiamo che il contenuto del file "MioFile.txt" sia invece il seguente:

Questo file si chiama ...
La sua dimensione in byte è ...
Il mio cognome è ...
Il suo percorso completo è ...

In questo caso il contenuto del file presenta parti costanti e parti variabili, lo studente deve allora riprodurre identico il contenuto costante, mentre nelle parti variabili deve rispondere in modo da conservare la coerenza con il contesto effettivo.

Si osservi che nel testo del file sono stati aggiunti anche elementi di personalizzazione dell'esercizio, infatti, una delle parti variabili è il cognome dell'esecutore. Questa personalizzazione sul nome dell'esecutore è facilmente applicabile anche ad altri elementi, per esempio ai nomi di file o di cartelle, rendendo ulteriormente variabile il contesto di esecuzione per ciascuno studente.

3.2 L'esperienza

Già da qualche anno seguiamo quest'approccio nelle esercitazioni sulla gestione dei file, ma per il momento queste sono svolte in presenza del docente, che segnala le differenze non percepite da qualche studente ed eventualmente interviene con suggerimenti e richiami. Anche in fase di esame è proposto lo stesso tipo di esercizio. La consegna da parte dello studente avviene sotto forma di immagine dello schermo e la valutazione è svolta dal docente.

L'attività di esercitazione viene svolta dagli studenti in modo attivo e incuriosisce e coinvolge anche i più esperti, il docente offre la sua assistenza riconoscendo le specifiche incertezze individuali e aiutando gli studenti a risolverle. L'esercizio, per sua natura, stimola la capacità di osservazione e riconoscimento degli elementi che lo studente deve apprendere, questi pertanto, riesce almeno a riconoscere ciò che non sa risolvere. In effetti, è piuttosto sorprendente quanto l'incapacità di produrre un certo risultato aguzzi la curiosità dello studente su argomenti altrimenti ritenuti ovvi o perfino inutili.

È chiaro che in assenza del docente l'esercizio può diventare sterile, infatti, in tal caso, essendo compito dello studente riconoscere le differenze, questi potrebbe non individuarle o sottovalutarle, o ancora dare troppa importanza al raggiungimento di risultati che il docente ritiene poco significativi. Inoltre l'incapacità di ottenere alcuni risultati potrebbe essere ritenuta dallo studente un impedimento per la prosecuzione dell'esercitazione.

Il metodo diventa molto efficace se supportato da un sistema di apprendimento che interagisca con lo studente attraverso suggerimenti e richiami concettuali, sia in grado di segnalare le differenze tra i risultati in qualsiasi momento dello svolgimento dell'esercizio e sappia valutare la situazione ottenuta dallo studente. Avendo a disposizione un sistema di questo tipo il metodo potrebbe essere impiegato anche a distanza.

Nasce così il progetto di un sistema di apprendimento che supporti il docente nella creazione e lo studente nello svolgimento di un esercizio.

4. Un sistema per apprendere a gestire i file

Il progetto di sistema software che segue trae origine dall'esperienza di sviluppo di due sistemi di apprendimento: il sistema PSWelcome per il foglio elettronico e il sistema ATM per le basi di dati [Fabrizio et al, 2006]. I due sistemi, realizzati all'interno del già citato progetto IT4PS [Alfonsi et al, 2004] [Alfonsi et al, 2005], sono proficuamente utilizzati in corsi di informatica dell'Accademia Navale a Livorno. In entrambi i casi il sistema per l'apprendimento, orientato al problem-solving e guidato dai risultati, offre strumenti di ausilio e valutazione allo studente e un ambiente di sviluppo di esercizi per il docente. Sono in fase di studio applicazioni ad altri ambiti, quali la geometria interattiva e la programmazione tradizionale [Fiorentino et al, 2010].

Sulla base di queste esperienze abbiamo delineato le caratteristiche di un sistema orientato al problem-solving e guidato dai risultati per l'apprendimento delle competenze di gestione del file system.

Il sistema si articola in due moduli: autore e studente. Il primo offre al docente gli strumenti per costruire l'esercizio da consegnare allo studente e il secondo supporta lo studente durante lo svolgimento di esercitazioni ed esami.

4.1 Modulo autore

Il docente, a partire da una situazione iniziale predefinita, risolve il problema che intende sottoporre allo studente, creando una struttura di file e cartelle. Il modulo autore deve permettere al docente di definire la situazione iniziale e, per ciascun file/cartella, le caratteristiche o, come diremo in seguito, gli indicatori da verificare nel confronto tra i risultati. In altre parole il docente indica gli elementi che effettivamente devono essere riprodotti dallo studente.

In generale tutte le proprietà dei file quali posizione, nome, estensione, dimensione, tipo, data di creazione e modifica, contenuto, etc. sono indicatori selezionabili dal docente. Per ciascun indicatore si dovrebbe poter stabilire anche il livello di dettaglio da applicare nel confronto tra i risultati. Per esempio nella corrispondenza tra due nomi di file il docente può concedere o negare la possibilità di usare indifferentemente caratteri maiuscoli o minuscoli oppure di separare parti del nome con lo spazio o il trattino.

Un indicatore particolarmente rilevante, nel caso dei file, è il contenuto. Infatti, come già detto, questo potrebbe essere costituito di parti costanti e parti variabili. Il modulo autore dovrebbe consentire al docente di definire le parti costanti e specificare il valore di contesto da riprodurre per ciascun elemento variabile.

Relativamente alle cartelle è chiaro che la questione più importante è la struttura: deve essere rispettata la relazione posizionale tra le cartelle. Quindi il nome e la posizione sono indicatori necessari per ogni cartella, mentre il contenuto è un indicatore che il docente può scegliere discrezionalmente.

Gli indicatori scelti dal docente saranno utilizzati per orientare il confronto automatico, utile a mostrare le differenze allo studente, e per effettuare la valutazione. Per ciascun file/cartella, il docente associa un peso a ogni indicatore. Il peso è il punteggio da assegnare allo studente qualora riesca a

ottenere l'assenza di differenze su quell'indicatore di quel file. Il sistema offre al docente anche la possibilità di impostare e modificare pesi predefiniti.

Tuttavia, come avevamo già accennato, per assistere lo studente è importante avere altri elementi di interazione, i suggerimenti. Alcuni suggerimenti possono essere associati automaticamente. Per esempio si può collegare a ciascuna cartella il suggerimento che descrive una modalità operativa per la creazione di una cartella. Il modulo autore dovrebbe offrire l'opportunità al docente di inserire anche suggerimenti specifici. Ogni suggerimento, consumato a richiesta dello studente in fase di svolgimento dell'esercizio, comporta la registrazione del consumo in modo che se ne possa tener conto in fase di valutazione. Il sistema autore offre dunque al docente la possibilità di definire le detrazioni da applicare al punteggio finale per il consumo dei suggerimenti.

Al termine della messa a punto del problema sorgente con la definizione di indicatori di confronto, pesi e suggerimenti, il sistema autore può confezionare il problema oggetto per lo studente. A partire dalla soluzione del docente, il sistema genera automaticamente una descrizione in linguaggio intermedio della situazione, che permetta di riprodurla in automatico. La presenza della descrizione è necessaria per poter effettuare il confronto tra i risultati e offrire supporto all'auto-apprendimento.

Un aspetto delicato è la produzione dell'immagine che raffigura i risultati. È necessario, infatti, impedire l'accesso alla soluzione da parte dello studente. Tuttavia, l'immagine dei risultati dovrebbe essere "maneggiabile", almeno fino a un certo punto, per consentire allo studente di vedere tutte le finestre necessarie allo svolgimento completo del problema.

4.2 Modulo studente

Durante lo svolgimento dell'esercitazione, lo studente lavora utilizzando gli strumenti che sta imparando a usare e periodicamente può richiedere assistenza al sistema di apprendimento.

Innanzitutto lo studente può richiedere al sistema di esplorare l'immagine dei risultati, almeno fino a quanto il docente ha concesso. Per esempio lo studente dovrebbe poter consultare il contenuto di una cartella chiusa che, nelle intenzioni del docente, va riprodotta in dettaglio. In generale allora ogni cartella dovrebbe poter essere ispezionata ricorsivamente. In alternativa è possibile che il sistema restituisca un messaggio del tipo "contenuto non interessante" che invita lo studente a sospendere l'esplorazione in quanto le informazioni già note sono sufficienti al completamento delle operazioni. In definitiva il modulo studente deve garantire la visibilità di tutti gli indicatori che il docente ha scelto in fase di preparazione.

Periodicamente, lo studente deve poter prendere visione delle differenze tra i propri risultati e quelli attesi. Il sistema propone l'immagine dei risultati con evidenziati (per esempio con lo stesso aspetto che hanno i file selezionati) gli indicatori che presentano ancora delle differenze. Il sistema offre così un immediato feed-back allo studente, fornendogli un ulteriore punto di osservazione dei risultati, che lo indirizza verso le operazioni successive.

Inoltre, indicando alcune differenze di dettaglio, il sistema suggerisce una più puntuale osservazione dei risultati, favorendo l'approfondimento di questioni complementari sulle quali lo studente avrebbe probabilmente sorvolato.

Quando le differenze evidenziate hanno significati sconosciuti allo studente, il sistema può offrire, a richiesta, i suggerimenti predisposti. Ovviamente consumare un suggerimento comporta l'accettazione dello studente perché in fase di valutazione ne dovrà pagare il consumo.

Il modulo studente, a richiesta, effettua la valutazione della soluzione. In base alle differenze segnalate dal confronto dei risultati, assegna un punteggio per ciascun indicatore di file e/o cartella su cui non sono state rilevate differenze, somma i punteggi, applica ogni eventuale detrazione derivata dal consumo di suggerimenti e infine restituisce il rapporto completo allo studente. Il modulo studente svolge la valutazione sulla situazione effettivamente prodotta dallo studente.

5. Conclusioni

L'approccio problem-solving, supportato dalla presenza dei risultati, permette di proporre problemi molto stimolanti per gli studenti, come hanno dimostrato le esperienze di insegnamento in corsi universitari e professionali tenuti presso l'Accademia Navale di Livorno. L'applicazione dell'approccio alla formazione nell'ambito di argomenti di gestione dei file è più coinvolgente rispetto alle esercitazioni convenzionali, di cui supera alcuni limiti.

Al momento un sistema software di auto-apprendimento con caratteristiche di verifica e valutazione automatica dei risultati è solo in fase di progettazione. La sua realizzazione sarebbe auspicabile anche per permettere una maggior diffusione dell'approccio metodologico di insegnamento e valutazione che, sulla base delle capacità risolutive raggiunte dai nostri studenti, riteniamo molto efficace.

Bibliografia

[Accascina et al, 2001] Accascina G., Margiotta G., Olivieri G., Problem solving e calcolatore, Franco Angeli, Milano, 2001

[Alfonsi et al, 2004] Alfonsi C., Scarabottolo N., Pedreschi D., Simi M., IT4PS: Information Technology for Problem Solving, in Boyle R., Clark M. e Kumar A. (eds.) Proc. of the 9th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Leeds, UK, 2004, 241-241.

[Alfonsi et al, 2005] Alfonsi C., Scarabottolo N., Pedreschi D., Simi M., Tecnologie dell'informazione per la risoluzione di problemi: il progetto IT4PS, in Andronico A., Cavallo N., De Michele A. e Fasano M. (eds) Didamatica 2005, Potenza, Italia, 2005,1-1.

[Atzeni et al, 2005] Atzeni P., De Checchi A., Sindoni G., Tirelli M., Fabrizio A., Pacini G., Il foglio elettronico per Economia, McGraw-Hill, Italia, 2005.

[Atzeni et al, 2006] Atzeni P., De Checchi A., Sindoni G., Tirelli M., Fiorentino G., Pala A.P., Le basi di dati per Economia, McGraw-Hill, Italia, 2006.

[Bagnati et al, 2005] Bagnati D., Nicolini G., Viscusi N., Salini S., Fabrizio A., Pacini G., Il foglio elettronico per la Statistica nelle Scienze sociali, McGraw-Hill, Italia, 2005.

[Bagnati et al, 2006] Bagnati D., Nicolini G., Salini S., Viscusi N., Fiorentino G., Pala A.P., Le basi di dati per la Statistica nelle Scienze sociali, McGraw-Hill, Italia, 2006.

[Brogi et al, 2005] Brogi A., Martinelli A., Gervasi V., Manghi P., Fabrizio A., Pacini G., Il foglio elettronico per Medicina e Farmacia, McGraw-Hill, Italia, 2005.

[Fabrizio et al, 2006] Fabrizio A., Fiorentino G., Pacini G.: I sistemi autore PSWelcome e Access Test Manager, Mc-Graw-Hill, Italia, 2006.

[Fabrizio et al, 2009] Fabrizio A., Fiorentino G., Pacini G., Learning by result-driven problem-solving. A concrete application using spreadsheets, in EDULearn09 - International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcellona, Spagna, 2009, 2348-2357.

[Fiorentino et al, 2009] Fiorentino G., Fabrizio A., Pacini G., Learning by result-driven problem-solving. A concrete application to database querying, in ICERI 2009 - International Conference of Education, Research and Innovation, Madrid, Spagna, 2009, 6998-7006.

[Fiorentino et al, 2010] Fiorentino G., Fabrizio A., Pacini G., Learning by result-driven problem-solving. A general approach to computer-aided problem solving and assessment, in INTED2010 - International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spagna, 2010.

[Jonassen, 2004] D. Jonassen Learning to Solve Problems. An Instructional Design Guide. Pfeiffer. San Francisco, CA, 2004.

[Jonassen e Land, 2000] Jonassen D., Land S., Theoretical Foundation of Learning Environments, Erlbaum, Mahwah, New Jersey, 2000.

[Manghi et al, 2006] Manghi P., Brogi A., Gervasi V., Martinelli A., Fiorentino G., Pala A.P., Le basi di dati per Medicina e Farmacia, McGraw-Hill, Italia, 2006.

[Merrill, 2002] Merrill M. D., First principles of instructions, Educational Technology Research and Development, Vol 50 n° 3, 2002, 43-59.

[Oliver e Hannafin, 2000] Oliver, K. M., Hannafin, M. J., Student management of web-based hypermedia resources during open-ended problem solving, Journal of Educational Research, Vol 94 n° 2, 2000, 75-92.

[Papert ,1993] Papert S.,The Children's machine-Rethinking in the age the computer, Basic Books, New York, 1993.

[Scarabottolo, 2009] Scarabottolo N., ECDL per il problem solving uso innovativo del foglio elettronico nella scuola secondaria di 2° grado, in A. Andronico, L. Colazzo (eds): Atti di Didamatica 2009, Trento, Italia, 2009.

[Schgor, 2009] Schgor P., Evoluzione delle certificazioni informatiche europee, Convegno AICA-MIUR: "Nuovi curricula e competenze digitali", Roma, 2009.

[Verlicchi et al, 2009] Verlicchi A., Betti S., Pacini G.: Computer guiding and assessing of physics problem student solution INTED2010 - International Technology, Education and Development Conference, Valencia, Spagna, 2010.