

# Valutazione Automatica delle Abilità di Problem-Solving

FABRIZIO Annalina, FIORENTINO Giuseppe, PACINI Giuliano  
Accademia Navale di Livorno  
Viale Italia 72, 57126 Livorno (LI)  
{annalina\_fabrizio, giuseppe\_fiorentino, giuliano\_pacini}@marina.difesa.it

*PSWelcome è un sistema per la valutazione automatica dell'abilità di problem-solving in ambiente Excel, già in uso da qualche anno in buona parte dei corsi di informatica dell'Accademia Navale di Livorno. Il sistema è in grado di trattare problemi non elementari, degni di essere suddivisi in una serie di passi operativi intermedi tra di loro dipendenti. Nella versione attuale del sistema, i passi intermedi vengono individuati dal docente e proposti allo studente come una collezione di sottoproblemi da risolvere. Rimane aperta la possibilità di valutare automaticamente quanto lo studente sia di per se capace d'immaginare gli opportuni passi di soluzione. L'articolo presenta le idee basiche in accordo alle quali gli autori stanno estendendo il sistema, in modo che lo studente sia libero d'inventare (per poi risolvere) i propri sottoproblemi.*

## 1. Valutazione automatica e problem-solving

La valutazione è sempre stata un momento importante in un qualsiasi percorso didattico. Più recentemente, il ruolo della valutazione nelle attività didattiche è stato rivisto, con l'introduzione di concetti come la valutazione formativa, contrapposta alla tradizionale valutazione sommativa.

La valutazione sommativa (o valutazione dell'apprendimento) è diretta a stimare quanto gli studenti hanno imparato. La valutazione formativa (o valutazione per l'apprendimento) è invece intesa come una componente quotidiana dell'insegnamento e dell'apprendimento, in modo che l'operato dello studente sia continuamente osservato e guidato [Ass.Ref.Group, 2002] [Black e Wiliam, 1998]. È intuitivo che attuare la valutazione formativa richiede un pressante impegno da parte dei docenti. La via d'uscita da questa difficoltà pratica può venire dallo sviluppo di adeguate tecniche di valutazione automatica (e-assessment), in grado di coadiuvare il docente.

In effetti, si è assistito negli ultimi anni a una fioritura di ricerche e applicazioni sui sistemi di valutazione automatica. Il punto d'inizio sono stati i sistemi per i test basati su quiz, a partire dai notissimi quiz a risposta multipla [Ashton, 2008a]. Spesso però si sente la necessità di valutazioni di maggiore respiro, che riguardino anche la capacità di applicare le nozioni alla soluzione di problemi non elementari.

Gli esercizi di problem-solving sono una parte essenziale della didattica, soprattutto per le materie di carattere scientifico-tecnico. Come è già successo per la valutazione, anche il ruolo del problem-solving è stato riesaminato, nello spirito di un'attività in cui lo studente va quotidianamente coinvolto, allo scopo di ottenere una sua partecipazione attiva nell'acquisire conoscenze e metodi [Hmelo et al, 2007] [Kirschner et al, 2006] [Jonassen et al, 1998].

Poiché lo studente non può essere lasciato a se stesso. La valutazione automatica appare di nuovo come un supporto assolutamente auspicabile. Il sistema automatico deve essere capace di esaminare soluzioni (eventualmente incomplete) date a problemi non elementari, valutando via via quali parti e aspetti sono stati affrontati e risolti. Le ricerche e le sperimentazioni in questo senso sono già in corso da tempo [WWC Int.Rep., 2010] [Fiorentino et al, 2010] [Ashton et al, 2008b] [Sangwin et al, 2008] [Fabrizio et al, 2006] [VanLehn et al, 2005].

## 2. Problemi e sottoproblemi

Dato un problema non elementare, è prassi abituale che esso sia affrontato individuando una serie di passi operativi, i quali portano alla fine alla soluzione del problema originale. Ogni passo intermedio produce dei risultati parziali, che sono man mano usati per attuare ulteriori passi fino alla produzione dei risultati finali. In pratica, la soluzione del problema viene ridotta alla soluzione di una collezione di **sottoproblemi** più semplici tra di loro dipendenti. Qui s'intende che un sottoproblema *SP2* dipende da un sottoproblema *SP1*, se per la soluzione di *SP2* si usano i risultati prodotti risolvendo *SP1*.

La suddivisione in sottoproblemi è innanzitutto il metodo naturale per analizzare e dominare la complessità di un problema. Tuttavia, essa costituisce anche una base per gestire la valutazione delle capacità di chi il problema deve risolvere. La valutazione sarà evidentemente graduale, in quanto il giudizio dipenderà da quanti e quali sottoproblemi sono stati effettivamente risolti. La stessa valutazione andrà completandosi man mano che lo studente procede affrontando altri sottoproblemi.

Sorge a questo punto una questione ben nota: l'incapacità di risolvere un passo non dovrebbe impedire di risolvere quelli che lo seguono. Infatti, i docenti hanno da sempre cercato di valutare la risposta data a una specifica domanda, astraendo nei limiti del possibile dalla corretta soluzione delle precedenti. Questa prospettiva va conservata anche per i sistemi di valutazione automatica. La prossima sezione illustrerà come questi effetti sono stati ottenuti nella realizzazione del sistema PSWelcome.

## 3. Il sistema PSWelcome

PSWelcome [Fiorentino et al, 2010] [Fabrizio et al, 2011] è un sistema per la valutazione automatica delle abilità di problem-solving in ambiente Excel. Nella Fig. 1 è visibile il layout di un problema, come esso è presentato allo studente. Si propone di considerare una sequenza di terne di numeri, che sono elencate

per riga in *B7:D10*. Per ogni terna, bisogna determinare se i tre valori (a, b, c) possono essere interpretati come le lunghezze dei lati di un triangolo e di quale tipo.

La Fig. 1 illustra che il docente ha individuato quattro sottoproblemi, chiamati rispettivamente: *Triangolo*, *Equilatero*, *Scaleno* e *In\_chiaro*, dove i primi tre corrispondono a passi intermedi di soluzione. Gli stessi sottoproblemi sono proposti allo studente nella zona in alto della figura, dove ognuno è descritto nel commento della cella che lo identifica. Lo studente deve risolvere i diversi sottoproblemi (detti anche **quesiti** nel seguito) inserendo formule opportune nelle zone predisposte inizialmente vuote, vale a dire: *F7:F10*, *G7:G10*, *H7:H10* e *J7:J10* rispettivamente.

Il docente ha in precedenza fornito al sottosistema di authoring di PSWelcome le sue formule risolutive. Com'è intuitivo, il docente avrà risolto il sottoproblema *In\_chiaro* con una formula che usa i risultati degli altri tre quesiti. In tal modo, il quesito *In\_chiaro* viene a dipendere dagli altri tre, i quali invece sono tra di loro indipendenti. Tuttavia, tali dipendenze non sono rivelate allo studente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2		Restituire VERO quando i tre valori a, b, c nella corrispondente riga definiscono effettivamente un triangolo. (Peso=8)				Restituire VERO quando i valori a, b, c sono tutti uguali. (Peso=6)		Restituire VERO quando i valori a, b, c sono tutti diversi. (Peso=6)		Mostrare in chiaro il tipo del triangolo (Isoscele, Equilatero o Scaleno). Nel caso i tre valori non definiscano un triangolo, scrivere "Non triangolo". (Peso=10)		
3		Terne										
4						Triangolo	Equilatero	Scaleno		In chiaro		
6		a	b	c								
7		2	2	3.5								
8		4.2	4.2	4.2								
9		5	2.5	2								
10		3	4	5								
14		Terne										
16		a	b	c		Triangolo	Equilatero	Scaleno		In chiaro		
17		2	2	3.5		VERO	FALSO	FALSO		Isoscele		
18		4.2	4.2	4.2		VERO	VERO	FALSO		Equilatero		
19		5	2.5	2		FALSO	FALSO	VERO		Non triangolo		
20		3	4	5		VERO	FALSO	VERO		Scaleno		

Fig. 1 – Aspetto di un problema PSWelcome (i triangoli)

È ovvio che le formule del docente rimangono inaccessibili per lo studente. Nella zona in basso di Fig. 1 (*F17:J20*) sono invece visibili, per ciascun sottoproblema, i risultati corretti secondo la soluzione del docente. In pratica, la zona *F17:J20* espone i **risultati attesi**, che lo studente dovrà riprodurre con le sue formule nelle corrispondenti zone sovrastanti a lui dedicate

Lo studente può affrontare uno qualsiasi dei sottoproblemi proposti. Per esempio può cominciare da *Triangolo*. Nel caso in cui lo studente fosse incapace di risolvere detto quesito, può considerare *Equilatero* e *Scaleno*, che supponiamo sappia risolvere, scrivendo opportune formule in *G7:G10* e *H7:H10* (vedi Fig. 2). Passando poi a considerare il quesito *In\_chiaro*, lo studente si renderà conto che c'è davvero bisogno di stabilire se la terna corrisponde a un triangolo.

Apparentemente, l'incapacità di risolvere il sottoproblema *Triangolo* può essere considerata un impedimento ad affrontare la soluzione di *In\_chiaro*. In realtà lo studente dispone dei risultati del docente per *Triangolo*, che sono visibili in F17:F20. Bisogna infatti sottolineare che, secondo la filosofia di PSWelcome, lo studente può liberamente riferire nelle sue formule i risultati del docente. Nella fattispecie, si potranno usare i risultati del docente inserendo nella cella J7 una formula come quella mostrata nel fumetto di Fig. 2.

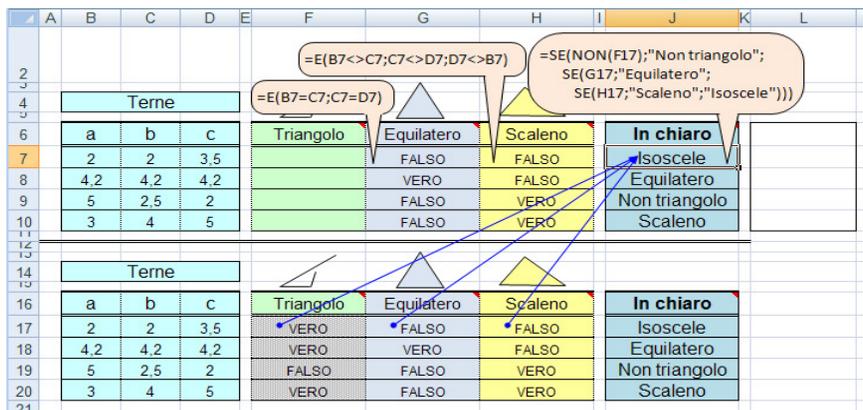


Fig. 2 – Si usano i risultati del docente

Dopo aver copiato la formula in J7 nell'intervallo J7:J10, si potrà subito verificare che essa produce i risultati attesi, vale a dire identici a quelli in J17:J20, anche se il quesito *Triangolo* non è stato risolto.

In pratica lo studente può affrontare un quesito utilizzando tutti i dati e i risultati disponibili sul foglio, tranne i risultati del docente per il quesito stesso. Così, lo studente può concentrarsi su un qualsiasi sottoproblema, considerando tutti gli altri già risolti. Per esempio, nel nostro caso lo studente può considerare per primo il quesito *In\_chiaro*, purché ovviamente abbia riconosciuto le dipendenze gerarchiche tra questo e gli altri sottoproblemi.

La valutazione e la verifica della correttezza delle formule risolutive dello studente si basa sulla disponibilità, da parte del sistema, dei risultati corretti calcolati dalla soluzione del docente. Per ogni quesito, PSWelcome confronta i risultati: se le formule dello studente producono risultati identici a quelli attesi, il sottoproblema è considerato corretto. In pratica, un quesito è corretto indipendentemente da quali formule o dipendenze lo studente abbia usato, purché si producano i risultati attesi.

In fase di authoring, il docente aveva a suo tempo assegnato un **peso** a ciascun quesito, cosicché la valutazione complessiva della soluzione è data dalla somma dei pesi dei quesiti correttamente risolti.

Concludiamo questa sezione discutendo brevemente quali aspetti delle abilità di problem-solving possono essere davvero valutate con un sistema di tipo PSWelcome, come finora descritto. È in realtà limitativo pensare che semplicemente si stimi la capacità di risolvere i singoli sottoproblemi, così come

individuati dal docente. Infatti, allo studente viene proposta una collezione di sottoproblemi, dove le mutue dipendenze non sono esplicitate, mentre i pesi assegnati ai diversi sottoproblemi si riferiscono alla difficoltà di soluzione supponendo che i risultati intermedi siano via via sapientemente utilizzati. Di conseguenza, chi non riuscisse a riconoscere le mutue dipendenze avrà gravi difficoltà a ben figurare nei modi e nei tempi previsti dall'esercizio.

Dunque, il sistema PSWelcome valuta anche la capacità dello studente di riconoscere la parte che ogni sottoproblema gioca agli effetti della soluzione nel suo insieme. Il sistema, come per adesso presentato, è invece incapace di dare importanza alle abilità personali d'individuazione dei convenienti passi operativi. Rimandiamo alle prossime due sezioni la discussione su quest'interessante aspetto dei sistemi di valutazione automatica.

#### 4. I sottoproblemi irrisolti

La regola di valutazione considerata nella precedente sezione 3 è molto semplice: il punteggio ottenuto è uguale alla somma dei pesi dei sottoproblemi che il docente ha proposto, e che lo studente ha correttamente risolto. Segue subito che, chiunque lasci irrisolto uno o più dei quesiti, non otterrà il massimo del punteggio, anche nel caso che egli sia capace di risolvere sottoproblemi di sua invenzione, magari con difficoltà paragonabile a quelli del docente.

In questa sezione vediamo uno schema per estendere il meccanismo di valutazione in modo che lo studente possa lasciare irrisolti alcuni dei sottoproblemi del docente, individuandone e risolvendone di alternativi, senza che ciò lo penalizzi. Più avanti discuteremo di un secondo potenziamento della regola di valutazione, in modo che la capacità di ideare sottoproblemi possa essere realmente premiata.

Riprendiamo l'esempio dei triangoli, e supponiamo che il docente abbia prestabilito un'area sul foglio (vedi L7:L10 in Fig. 1 e Fig. 3), dove lo studente può liberamente scrivere formule fuori dalle zone dedicate alla soluzione dei quesiti. Nel seguito quest'area sarà denominata "zona franca", e le formule in essa composte saranno **formule franche**.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2												
3												
4		Terme										
6		a	b	c		Triangolo	Equilatero	Scaleno		In chiaro		
7		2	2	3,5		FALSO	FALSO	FALSO		Isoscele	VERO	
8		4,2	4,2	4,2		VERO	VERO	FALSO		Equilatero	VERO	
9		5	2,5	2		FALSO	FALSO	VERO		Non triangolo	FALSO	
10		3	4	5		FALSO	FALSO	VERO		Scaleno	FALSO	
11												
12												
13		Terme										
14		a	b	c		Triangolo	Equilatero	Scaleno		In chiaro		
16		2	2	3,5		VERO	FALSO	FALSO		Isoscele	VERO	
17		4,2	4,2	4,2		VERO	VERO	FALSO		Equilatero	VERO	
18		5	2,5	2		FALSO	FALSO	VERO		Non triangolo	FALSO	
19		3	4	5		VERO	FALSO	VERO		Scaleno	FALSO	
20												
21												

Fig. 3 – Una formula franca

Immaginiamo che lo studente abbia dapprima risolto correttamente il quesito *Equilatero*, passando poi a *In\_chiaro*, per il quale ha usato i risultati del docente relativi a *Triangolo* e *Equilatero*. Supponiamo inoltre che lo studente abbia riferito, per lo stesso quesito *In\_chiaro*, i risultati di una formula franca (in L7:L10) capace di risolvere il sottoproblema *Isocele* (che non era tra quelli richiesti dal docente). In pratica, si veda Fig. 3, lo studente ha preferito risolvere il quesito *Isocele*, come sottoproblema di sua invenzione in alternativa a *Scaleno*. In accordo a quanto detto nella sezione precedente, allo studente si assegnerebbe un punteggio totale uguale a:

$$\text{peso}(\text{Equilatero}) + \text{peso}(\text{In\_chiaro}),$$

in quanto quella regola di valutazione non considera le formule franche.

Riassumendo i fatti, si osserva che per risolvere il quesito *In\_chiaro* il docente ha usato a suo tempo i risultati di *Triangolo*, *Equilatero* e *Scaleno*, mentre lo studente ha usufruito dei risultati di *Triangolo* e *Equilatero*, rinunciando a usare quelli di *Scaleno*. Per differenza, l'intuizione dice che la formula franca ha un valore equivalente al peso di *Scaleno*. Da questo punto di vista, lo studente merita un punteggio complessivo pari a:

$$\text{peso}(\text{Equilatero}) + \text{peso}(\text{In\_chiaro}) + \text{peso}(\text{Scaleno}),$$

dove manca solo il peso del quesito *Triangolo*, che egli non ha risolto in nessun modo. In pratica, abbiamo usato una regola che dice:

**R1.** *il valore delle formule franche è stimabile come la somma dei pesi (non ancora acquisiti) di quei risultati, che il docente ha ritenuto utili e che lo studente non ha invece usato.*

La precisazione “non ancora acquisiti” serve per evitare che il peso di uno stesso quesito sia sommato più volte durante il processo di valutazione. Questa eccedenza potrebbe verificarsi in diverse occasioni, che non discutiamo in questa nota.

Per capire meglio la regola *R1*, si consideri un secondo esempio, illustrato in Fig.4. Si tratta di determinare le posizioni in classifica ed evidenziare il nome del vincitore di una gara sportiva. I risultati ottenuti con la soluzione del docente sono visibili in N7:P10. Come si può immaginare, il docente avrà risolto il quesito *Vincitore* usando il risultato di *Min\_penalità*, stabilendo in tal modo la relativa dipendenza.

Supponiamo adesso che lo studente abbia risolto il solo quesito *Vincitore*, usando però il risultato del docente per la *Classifica* con una formula del tipo: =SE(N7=1;B7;"-"), scritta in G7 e copiata in G7:G10. Applicando la regola *R1*, oltre al peso del quesito *Vincitore*, che egli ha effettivamente risolto, lo studente guadagnerebbe anche il *peso(Min\_penalità)* come gratifica. Tuttavia, l'intuizione dice che la gratifica non è meritata. Infatti, al posto del risultato di *Min\_penalità*, lo studente ha usufruito del risultato di *Classifica*, che il docente invece non aveva sfruttato. Per trattare quest'anomalia si può introdurre una regola *R2*, da applicare dopo aver applicato la *R1*:

**R2.** *alla gratifica calcolata con R1, bisogna detrarre i pesi dei risultati usati dallo studente, ma non dal docente (se l'esito della detrazione è negativo la gratifica si azzera).*

Nel nostro caso, la gratifica derivante dalla regola *R1* (2 punti) viene in effetti azzerata dalla detrazione imposta dalla regola *R2* (6 punti).

Concorrenti	Penalità	Classifica	Min penalità	Vincitore
Altair	12			
Gemini	6			
Orione	10			
Sirio	7			

Concorrenti	Penalità	Classifica	Min penalità	Vincitore
Altair	12	4	6	-
Gemini	6	1		Gemini
Orione	10	3		-
Sirio	7	2		-

Fig. 4 – Un secondo problema PSWelcome (la classifica)

Per finire, consideriamo una versione dell'esempio di Fig. 4, dove il quesito *Min\_penalità* sia stato eliminato, con il docente che ha risolto il quesito *Vincitore* usando il risultato di *Classifica*. Supponiamo che lo studente abbia invece risolto il solo quesito *Vincitore*, usando una formula franca che calcola il minimo delle penalità, senza sfruttare il risultato del docente per *Classifica*. La regola *R1* assegnerebbe un punteggio complessivo uguale a:

$$\text{peso}(\text{Vincitore}) + \text{peso}(\text{Classifica}).$$

È intuitivo che la gratifica è superiore al merito, in quanto determinare il minimo è di certo più facile che produrre la classifica. In casi di questo tipo, l'unica via d'uscita sembra quella di chiedere la collaborazione del docente. In pratica, presi due quesiti *Q1* e *Q2*, il docente potrà dichiarare un **coefficiente di dipendenza** di *Q2* rispetto a *Q1*, per indicare *quanto* del risultato di *Q1* (nel nostro caso *Classifica*) viene davvero usato per risolvere *Q2*, agli effetti delle eventuali gratifiche.

Secondo lo schema di valutazione sopra delineato, per ogni sottoproblema *SP*, correttamente risolto dallo studente, è possibile recuperare il peso dei quesiti, che secondo la soluzione del docente precedono *SP*, anche se lo studente non li ha risolti. Lo studente può dunque lasciare irrisolti alcuni sottoproblemi del docente, risolvendone di alternativi con le formule franche, senza con ciò essere penalizzato, in virtù delle gratifiche erogate dalla regola *R1*. Si osservi che non si può recuperare il peso dei quesiti che non hanno dipendenti, in pratica di quelli che calcolano i risultati finali.

## 5. I sottoproblemi come suggerimento

In questa sezione, discutiamo infine come estendere ulteriormente la regola di valutazione, in modo da favorire gli studenti che mostrino la capacità di pianificare in modo autonomo tutti i (o alcuni dei) passi risolutivi intermedi di un problema non elementare.

Per presentare la linea logica di questa seconda estensione, conviene partire da un denominatore comune degli ambienti didattici per il problem-

solving su calcolatore, vale a dire l'idea di guidare lo studente verso una buona soluzione. In pratica, per evitare che lo studente rimanga prematuramente bloccato di fronte a qualche punto per lui particolarmente ostico del problema, i sistemi automatici per la guida e la valutazione delle attività di problem-solving sono di solito in grado di dispensare dei suggerimenti. Naturalmente, il meccanismo di valutazione tiene conto dei suggerimenti che lo studente accetta.

La disponibilità di "suggerimenti" in corso d'opera permette allo studente di adattare la difficoltà del problema alle sue effettive capacità, e al sistema di raffinare gli esiti delle valutazioni, premiando gli studenti più autonomi. In sostanza, ad ogni suggerimento è associata una detrazione, la quale poi si riflette sulla valutazione finale. In particolare, segue che accettare un suggerimento significa rinunciare alla pienezza della valutazione.

I suggerimenti possono essere di vario tipo, si vedano ad esempio [Fabrizio et al, 2006] [Fiorentino e Galatolo, 2011], cosicché dare alla loro trattazione un tono di generalità ci porterebbe lontano. In questa nota limitiamo l'attenzione a dei suggerimenti che diremo di **tipo strutturale**. Si tratta di suggerimenti significativi nel caso di problem-solving, che rivelano aspetti della gerarchia risolutiva dei sottoproblemi individuati dal docente. Per esempio, se allo studente comunichiamo l'elenco dei precedenti di uno specifico sottoproblema, stiamo fornendo un suggerimento di tipo strutturale.

Torniamo adesso al nostro obiettivo di valutare l'abilità di suddividere in sottoproblemi il problema dato, e immaginiamo che l'esercizio venga posto allo studente nascondendo inizialmente tutti i (o parte dei) sottoproblemi intermedi. Si pensi ad esempio al layout di Fig. 1, in cui si lascino visibili solo le terne di dati ed il quesito finale *In\_chiaro*. Agli studenti che non riuscissero inizialmente a sbloccarsi, potremmo notificare la descrizione di un sottoproblema (e poi eventualmente altri), abbassando via via il livello di difficoltà fino a metterli in grado di procedere. In pratica, i sottoproblemi vengono a qualificarsi essi stessi come suggerimenti, s'intende di tipo strutturale.

In generale, siccome ogni suggerimento provoca una detrazione, la graduazione scenderà al crescere dei sottoproblemi rivelati, cosicché la valutazione sarà più alta per gli studenti che sono effettivamente capaci di ideare i sottoproblemi. In particolare, solo coloro che riusciranno a individuare autonomamente una completa progressione risolutiva potranno avere punteggio pieno, non avendo chiesto suggerimenti.

L'idea di fornire i sottoproblemi come un suggerimento per lo studente appare alla fine semplice da un punto di vista metodologico. Tuttavia, la stessa idea pone alcune interessanti questioni di realizzazione. Le due principali sono:

1. in che modo lo studente sceglie un sottoproblema come suggerimento,
2. come vengono attribuiti i valori delle detrazioni.

Riguardo a quali sottoproblemi rivelare, abbiamo diverse strategie. Lo studente può chiedere i precedenti o i dipendenti immediati di un qualsiasi sottoproblema già visibile. Tale scelta mostra un "primo passo" utile per rimettere in moto il processo risolutivo dello studente. Una scelta diversa riguarda la notifica del sottoproblema che è "baricentrico" rispetto a tutti quelli già noti. Per esempio,

nel caso di una catena lineare di passi intermedi, dove solo gli estremi sono noti, si rivelerebbe il sottoproblema centrale, vale a dire quello equidistante dagli estremi. Lo scopo è quello di ridurre la distanza tra sottoproblemi già noti, favorendo l'individuazione dei "passi di raccordo".

La corretta interpretazione del punto 2, riguardante l'entità delle detrazioni, richiede la stima di quanto la notifica di un particolare passo intermedio riduce la difficoltà complessiva del problema. In sostanza, si tratta di stimare di quanto la presa visione di un sottoproblema faciliti l'ideazione di altri passi di raccordo.

A questo proposito, la linea che gli autori stanno attualmente seguendo prevede l'intervento del docente, coadiuvato da algoritmi per analizzare la struttura dei sottoproblemi da lui progettata. Lo scopo è quello di fare delle stime, che sintetizzino le "intenzioni" del docente da una parte e le caratteristiche della struttura risolutiva dall'altra. Come esempio prendiamo il rapporto tra il punteggio di uno studente, che risolve tutto senza chiedere alcun sottoproblema come suggerimento, e quello di un altro studente che invece li richiede tutti. È intuitivo che questo coefficiente definisce l'importanza che si vuol dare alla capacità di ideare i sottoproblemi, rispetto alla semplice capacità di risolverli. Il valore del coefficiente terrà conto della complessità della rete di dipendenze tra i sottoproblemi, con l'aiuto di opportuni algoritmi di analisi. Tuttavia, esso potrà dipendere anche dalla fase didattica in cui gli studenti si trovano. Probabilmente, all'inizio il docente vorrà controllare che gli studenti sappiano risolvere i singoli sottoproblemi.

Per chiudere, riconsideriamo le regole di valutazione  $R1$  e  $R2$ , così come enunciate nella precedente sezione, alla luce della presenza dei sottoproblemi visti come suggerimenti. In realtà, l'idea di sottoproblema come suggerimento può sovrapporsi senza complicazioni ai meccanismi propri delle regole  $R1$  e  $R2$ . Senza entrare nei dettagli, ci limitiamo a osservare che l'applicazione delle due suddette regole non dipende dal fatto che i sottoproblemi del docente siano noti. Ovviamente rimane fermo il fatto che lo studente non può usare i risultati del docente per i sottoproblemi nascosti.

## 6. Conclusioni

Il sistema PSWelcome, descritto nella sezione 3, è già in uso da qualche anno in diversi corsi di informatica presso l'Accademia Navale di Livorno, insieme a un altro sistema chiamato Access Test Manager (ATM) per la soluzione di problemi in Access [Fabrizio et al, 2006], basato su idee analoghe con prestazioni simili.

Il tipo di valutazione che si ottiene è graduale. Infatti, si valutano quali passi intermedi e finali di soluzione di un problema siano stati affrontati e risolti, come pure (non meno importante) si stima la capacità dello studente di riconoscere le dipendenze tra i diversi sottoproblemi. Tuttavia, poiché nella versione attuale i sottoproblemi sono definiti dal docente, i due sistemi risultano inadatti a valutare l'autonomia dello studente nell'immaginare i passi intermedi.

L'utilizzo pratico di PSWelcome e ATM ha suggerito agli autori delle possibili idee per ampliare la prospettiva. Come discusso nell'articolo, si tratta di dare

allo studente libertà di inventare i suoi sottoproblemi, lasciando ai sistemi la capacità di fornire una valutazione automatica e graduale, a seconda di quanti sottoproblemi siano stati effettivamente immaginati e quanti risolti. Tali idee sono state delineate nelle sezioni 4 e 5. Sulla base delle suddette idee, gli autori stanno adesso lavorando all'estensione dei sistemi PSWelcome e ATM.

## Bibliografia

[Ashton, 2008a] Ashton H., Exploring e-Assessment: A practitioner's perspective, JISC e-learning Focus, 2008.

[Ashton et al, 2008b] Ashton H., Beevers C., Thomas R., Can e-assessment become mainstream?, in Proceedings for 12th Computer Assisted Assessment (CAA) Conference 2008.

[Ass.Ref.Group, 2002] Assessment for learning: 10 principles, Assessment Reform Group, British Educational Research Association, 2002.

[Black e Wiliam, 1998] Black P., Wiliam D., Inside the black box: raising standards through classroom assessment, Phi Delta Kappan, Vol, 60, No. 2, 1998.

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

[Fiorentino e Galatolo, 2011] Fiorentino G., Galatolo G., A result-driven computer programming teaching environment, in International Technology, Education and Development Conference, INTED 2011.

[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 International Technology, Education and Development Conference, INTED 2010.

[Hmelo et al, 2007] Hmelo-Silver C. E., Golan Duncan R., Chinn C. A., Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark, Educational Psychologist, 42(2), 2007.

[Jonassen et al, 1998] Jonassen D. H., Carr C., Yueh H. P., Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking, Tech Trends, Vol. 43, No 2, 1998.

[Kirschner et al, 2006] Kirschner P. A., Sweller J., Clark R. E., Why minimal guidance during instruction does not work: an analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching, Educational Psychologist, 41, 2006.

[Sangwin et al, 2008] Sangwin C. J., Assessing elementary algebra with STACK, International Journal of Mathematical Education in Science and Technology, 38(8), 2008.

[VanLehn et al, 2005] VanLehn K., Lynch C., Schulze K., Shapiro J. A., Shelby R., Taylor L., Treacy D., Weinstein A., Wintersgill M., The Andes physics tutoring system: lesson learned, International Journal of Artificial Intelligence in Education, 15(3), 2005.

[WWC Int.Rep., 2010] Carnegie learning curricula and cognitive tutor software, WWC Intervention Report, Institute of Education Sciences, 2010.