



Methodologies and scenarios

Dall'informatica all'educazione: non solo tecnologia

Giorgio Olimpo
Istituto per le Tecnologie Didattiche ITD, C.N.R.,
Genova
olimp@itd.cnr.it

Parole chiave: informatica, strumenti di rappresentazione, soluzione di problemi.

Abstract

Le possibilità tecnologiche messe a disposizione dall'informatica alla didattica sono ben note: multimedialità, comunicazione e accesso alla rete, costruzione e archiviazione di documenti... Meno noto è invece che esiste un'informatica fatta di metodi e di linguaggi che possono diventare una risorsa importante in ambito educativo in quanto strumenti per rappresentare, comunicare e risolvere problemi. In questo lavoro vengono identificati alcuni strumenti concettuali dell'informatica la cui utilizzazione in ambito educativo appare particolarmente interessante: rappresentazioni gerarchiche, reti di Petri, grammatiche BNF e schemi entità-relazione. Viene quindi approfondito l'uso di uno di questi strumenti (le reti di Petri) attraverso due semplici esempi nell'ambito della comunicazione e del *problem solving*. Viene infine delineato un percorso per la ricerca che deve, da una parte, costruire il significato di questi linguaggi informatici nella specificità della pratica educativa, e, dall'altra, renderne agevole l'utilizzazione didattica attraverso lo sviluppo di opportuni ambienti interattivi.

1. La concezione comune dell'informatica

Oggi la concezione comune dell'informatica è una sorta di composto. Tre sono gli ingredienti principali: l'hardware, il software e i servizi. Grazie al mercato, l'esistenza di queste tre componenti è ormai entrata nella consapevolezza comune: quasi tutti conoscono la differenza fra acquistare un personal computer, regalare un programma di gioco o fare un contratto per avere accesso a Internet.

Meno diffusa è invece la consapevolezza che l'informatica è anche fatta di strumenti concettuali. Questi sono necessari al pensiero per gestire la complessità dei sistemi di elaborazione e delle loro innumerevoli applicazioni. La sempre maggiore facilità d'uso delle interfacce nasconde all'utente finale la complessità del software e sposta il problema dalla parte dello specialista.

Esiste un corpus di strumenti concettuali utilizzati comunemente dagli informatici che, pur essendo nati in connessione con la tecnologia e con lo sfruttamento delle sue potenzialità, non hanno carattere tecnologico e sono semplicemente strumenti della mente che potrebbero benissimo esistere in assenza dell'informatica. Questi strumenti sono numerosi ed hanno caratteristiche fra loro diverse per quanto riguarda sia il livello di formalizzazione (si va da atteggiamenti e modalità di pensiero a veri e propri linguaggi di rappresentazione) sia le specifiche possibilità espressive.

La tesi, certamente non nuova (Ferraris, 1985), che vogliamo riprendere nel seguito, è che trasferire al mondo dell'educazione, sia pure in forma semplificata, parte di questo corpus concettuale non solo è possibile, ma anche particolarmente fecondo dal punto di vista educativo. Le rappresentazioni (e soprattutto la capacità di costruirle) sono un fattore di importanza centrale per capire, per progettare e risolvere problemi, e per comunicare. E quindi la familiarità con i linguaggi di rappresentazione può diventare importante per lo studente non solo in relazione all'approfondimento di concetti specifici, ma in quanto dote che lo accompagnerà per tutto l'arco della sua vita cognitiva; importante per il docente in quanto strumento di progettazione e di pratica educativa oltre che di crescita personale; ed importante per la didattica che può trovare nell'uso di rappresentazioni uno strumento di facilitazione della comunicazione ed un supporto a percorsi di tipo costruttivo e collaborativo.

2. Informatica e strumenti concettuali di rappresentazione

Per i nostri obiettivi di *ri-uso* dei concetti dell'informatica in ambito educativo, ci focalizzeremo sul tema dei linguaggi di specifica, una tematica a cavallo fra l'informatica teorica e l'ingegneria del software. I linguaggi

di specifica hanno una doppia ragion d'essere: a vantaggio del progettista software che, in partenza, non sa cosa sia e come sarà strutturato il sistema che si accinge a progettare e che utilizza i linguaggi di specifica come strumenti per sviluppare le proprie idee; e a vantaggio del programmatore, colui cioè che dovrà scrivere il codice che realizza i comportamenti specificati dal progettista. Nel primo caso il linguaggio di specifica agisce come strumento di pensiero, nel secondo come strumento per migliorare la qualità e l'efficacia della comunicazione. In questa sezione ci limiteremo a ricordare alcuni strumenti concettuali che appaiono particolarmente interessanti dal punto di vista educativo; nella sezione seguente approfondiremo l'uso didattico di uno di questi (le reti di Petri).

2.1 Rappresentazioni gerarchiche (o ad albero)

Le rappresentazioni gerarchiche sono precedenti all'informatica, ma sono largamente utilizzate nell'informatica sia da sole che in combinazione con altri strumenti di rappresentazione. Non si tratta di un vero e proprio linguaggio di specifica, bensì di una modalità generale per rappresentare e strutturare le idee che è già utilizzate in ambito educativo, se non altro per descrivere la struttura di entità complesse (p. es. il regno vegetale, il corpo umano, lo stato italiano...). Tuttavia il loro significato più profondo è legato ai processi di astrazione: riconoscere (o inventare) un *generale* capace di aggregare più *particolari* distinti o associare un *particolare* al *generale* più appropriato. Da un punto di vista operativo, corrispondono alla possibilità di rappresentare una entità complessa attraverso un percorso di successivi raffinamenti in elementi via via più semplici (quello che gli informatici chiamano procedimento *top-down* o dall'alto al basso); o di organizzare una collezione di (molte) entità differenti attraverso successivi raggruppamenti in entità più astratte e generali (procedimento *bottom-up* o dal basso all'alto).

2.2 Reti di Petri

Sono uno strumento per la descrizione della dinamica di un sistema che si concentra sulla relazione fra attività e risorse: quali sono le attività che si svolgono all'interno di un sistema? Quali risorse sono necessarie per rendere possibile ciascuna attività? Quali risorse sono prodotte da ciascuna attività? Sono uno strumento semplice dal punto di vista concettuale e potente dal punto di vista espressivo. Sono molto utilizzate dagli informatici e poco o nulla in ambito educativo. Per questa ragione, nel seguito di questa nota, verrà dedicato un ampio spazio alle reti di Petri.

2.3 Grammatiche BNF

Sono la versione informatica delle grammatiche generative (Chomsky, 1974) utilizzata per la prima volta da John Bakus e Peter Naur (BNF = Bakus Naur Form) per la descrizione dei linguaggi di programmazione (Luccio, 1974). Con questo strumento è possibile di volta in volta rappresentare la struttura di un dato, di un testo, di una frase di un linguaggio... Le grammatiche BNF sono uno strumento particolarmente efficace per riflettere ed operare su entità di tipo testuale (riconoscere o costruire la struttura di un testo, evidenziare il valore semantico delle sue diverse componenti, approfondire la relazione fra sintassi e semantica...). Tuttavia non si è fatto alcun uso di questo strumento in campo educativo fino ad anni molto recenti quando la grande diffusione di XML, un linguaggio di rappresentazione dei dati basato proprio sul concetto di grammatica, ha iniziato a far crescere le prime esperienze di utilizzazione didattica delle grammatiche in ambito linguistico (Bardi, 2004). L'idea iniziale è di Gianni degli Antoni a cui va attribuito il merito, in questo ed altri casi, di avere intuito precocemente il significato generale di alcuni strumenti informatici di tipo specialistico.

2.4 Schemi entità-relazione (E-R)

Sono uno strumento di tipo grafico per il progetto di basi di dati (Wikipedia, c). Uno schema E-R ospita un certo numero di entità (per esempio le entità *docente*, *studente*, *corso*) e un certo numero di relazioni fra di esse (per esempio *insegnato_da* relaziona *corso* e *docente*, *frequentato_da* relaziona *corso* e *studente*). Sia le entità che le relazioni possono avere attributi (p. es. *nome* e *anno_di_corso* potranno essere attributi di *studente* mentre *voto* potrà essere attributo di *frequentato_da*). Non è facile trovare esempi d'uso degli schemi E-R se non come contenuto di formazione tecnica, anche se non mancano esempi di applicazioni educative delle basi di dati, soprattutto per organizzare processi di raccolta dati (ambientali, storico-sociali, naturalistici...) e di successiva indagine sui dati raccolti. La scarsa diffusione degli schemi E-R, nonostante la loro semplicità, generalità e potenza espressiva, potrebbe esser, almeno in parte, dovuta all'assenza di strumenti software per consentirne l'utilizzazione diretta nei programmi di gestione di basi di dati.

3. Le Reti di Petri

3.1 Che cosa sono

Le Reti di Petri sono uno strumento di rappresentazione inventato all'inizio degli anni sessanta dal tedesco Carl Adam Petri per descrivere il funzionamento

dei sistemi di elaborazione. La loro utilizzazione in ambito didattico non è una proposta nuova, v. (Ferraris 1984) e (Trentin, 1991), anche se nella pratica educativa è prevalso l'uso di strumenti di rappresentazione concettualmente meno potenti, ma di utilizzo più immediato come ad esempio, le mappe concettuali (Novak, 1990), (Wikipedia, a). Una rete di Petri (fig. 1) è un grafo che può contenere unicamente due tipi di nodi, i *posti* (rappresentati in figura con un cerchio) e le *transizioni*, rappresentate con un segmento. Ogni transizione ha posti di ingresso (quelli collegati con una freccia che va verso la transizione) e posti di uscita (quelli collegati con una freccia che se ne allontana).

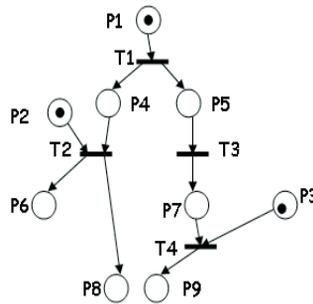


Fig. 1 Un esempio di Rete di Petri

Nella rete in figura, la transizione T4 ha due posti di ingresso (P7 e P3) e un solo posto di uscita (P9). I posti possono contenere delle marche, rappresentate in figura come punti neri all'interno dei posti. Nella rete in figura, i posti marcati sono P1, P2 e P3. Oltre all'aspetto statico descritto, una rete ha anche un aspetto dinamico, può cioè essere "eseguita". Il principio che governa l'esecuzione è che una transizione può *scattare* se in tutti i suoi posti di ingresso è presente una marca. Quando la transizione scatta, le marche nei posti di ingresso vengono *consumate* (e quindi spariscono) e viene prodotta una marca in ciascuno dei posti di uscita. Inizialmente, nella rete in figura, solo T1 può scattare. Lo scatto di T1 abiliterà T2 e T3 e lo scatto di T3 abiliterà T4. Nello stato finale la rete conterrà una marca in P6, in P8 e in P9. La dinamica appena descritta acquista immediatamente significato se si interpretano le transizioni come attività e le marche nei posti come risorse. I posti di ingresso rappresentano le risorse necessarie per lo svolgimento di una attività, quelli di uscita le risorse prodotte dall'attività.

La rete in figura potrebbe rappresentare, per esempio, il procedimento di cottura di un grande cappone che si vuole in parte lessare e in parte arrostitire. La rete astratta di fig. 1 diventa così la rete concreta di fig. 2. Si osservi che, per ottenere una maggiore espressività e facilità di lettura, si è cambiato leg-

germente il modo di rappresentare le transizioni (da segmenti a rettangoli che contengono il nome dell'azione corrispondente).

Le Reti di Petri, nell'interpretazione che ne è stata data (posti → risorse, transizioni → attività) consentono di rappresentare, per un dato sistema, sia gli aspetti statici (le risorse) che quelli dinamici (le attività) che le loro reciproche relazioni. Sostantivi e verbi sono due pilastri centrali del linguaggio. Le Reti di Petri si basano su questi due stessi elementi anche se operano in modo alquanto differente da quanto avviene nel linguaggio. Consideriamo la frase “Gianni lessò mezzo cappone” che corrisponde più o meno alla attività “lessare” della rete di fig. 2. La prima differenza è che, nella rete, il soggetto che compie l'azione non è presente e solitamente non viene esplicitato. La rete quindi non descrive qualcuno che compie una specifica azione, ma descrive semplicemente l'azione in modo impersonale. La seconda differenza è il tempo: la rete non dice quando il cappone viene lessato, mentre il verbo *lessò* specifica che l'azione è avvenuta nel passato.

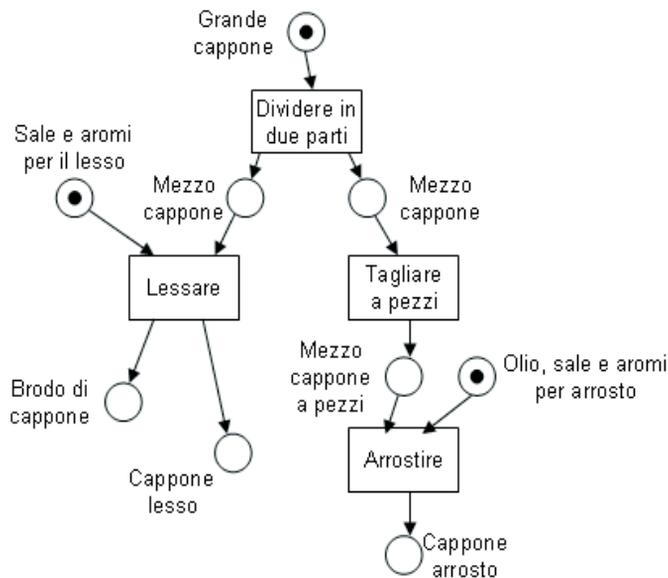


Fig. 2 Una rete di Petri come rete di attività/risorse

La presenza delle marche ci dice se una transizione può scattare, ma non ci dice se e quando scatterà. Questa esclusione del tempo è uno dei punti di forza delle Reti di Petri perché consente di modellare un sistema esclusivamente in termini di vincoli di precedenza logica senza riferimento alla sua evoluzione

temporale. Da questi vincoli derivano tutte le possibili evoluzioni temporali del sistema rappresentato.

Sempre con riferimento alla rete di fig. 2, consideriamo le due attività “lessare” e “arrostire”. I vincoli di precedenza espressi nella rete consentono tranquillamente di lessare mezzo cappone il giorno prima e di arrostitire l'altro mezzo il giorno dopo, oppure di lessare e arrostitire contemporaneamente, oppure di lessare soltanto (la transizione arrostitire è libera di non scattare mai, così come noi siamo liberi, all'ultimo momento, di decidere di non arrostitire il mezzo cappone e di accontentarci di quello lessato il giorno prima). Questa possibilità di rappresentare attività *parallele* (cioè senza vincoli di precedenza una rispetto all'altra) è una peculiarità delle Reti di Petri (si pensi all'impossibilità di rappresentare attività parallele con i diagrammi di flusso) ed è uno dei fattori che determinano la loro potenza espressiva. La realtà infatti, sia quella materiale che quella del pensiero, si presenta proprio come un insieme, spesso molto affollato, di attività parallele.

E' importante osservare che l'interpretazione (posti → risorse, transizioni → attività) non è l'unica possibile. Potremmo, per esempio, associare i posti a *condizioni* e le transizioni a *eventi*. Senza entrare nel dettaglio, si può facilmente immaginare come questa interpretazione allarghi il campo di applicazione delle reti estendendolo a settori quali la ricostruzione di catene causali o la costruzione di narrazioni.

3.2 Le Reti di Petri per comunicare

Supponiamo di voler spiegare come si è svolto il più famoso processo di clonazione della storia: quello della pecora Dolly. Possiamo iniziare a presentare l'intero processo come una rete di Petri contenente una singola transizione corredata delle sue risorse di ingresso e di uscita (fig. 3b). Già questo primo passo consente di rappresentare e mettere in evidenza alcuni fatti importanti:

- è necessario disporre di due pecore, una che svolge il ruolo di pecora da clonare (in figura è stata battezzata “originale” in analogia al processo di fotocopiatura); ed una (chiamata pecora “ospite”) che ospiterà il processo di gestazione della pecora da clonare.
- tra le risorse di uscita troviamo non solo la pecora Dolly, risultato del processo di clonazione, ma anche la pecora originale e la pecora ospite. Questo significa che le due risorse di ingresso non vengono *consumate*, ma vengono restituite integre al termine del processo di clonazione.

Possiamo ora raffinare la rete a una sola transizione (fig. 3a) in una rete che metta in luce ulteriori dettagli (fig. 3b). Il rettangolo tratteggiato rappresenta la transizione da cui siamo partiti. Le risorse che in esso entrano e che da esso escono sono esattamente le stesse risorse di ingresso e di uscita della transi-

zione *clonare una pecora*. Nella rete di fig. 3b sono apparse nuove risorse che vengono prodotte o consumate dalle transizioni di cui il raffinamento si compone (*frammenti di tessuto, ovocita pecora ospite...*). Il raffinamento potrebbe ancora continuare per ciascuna delle transizioni presenti nella rete e il criterio per proseguire è soltanto quello della utilità ai fini della comunicazione. Per esempio, la transizione *trasferimento del materiale genetico* potrebbe dare luogo alla rete di fig. 4.

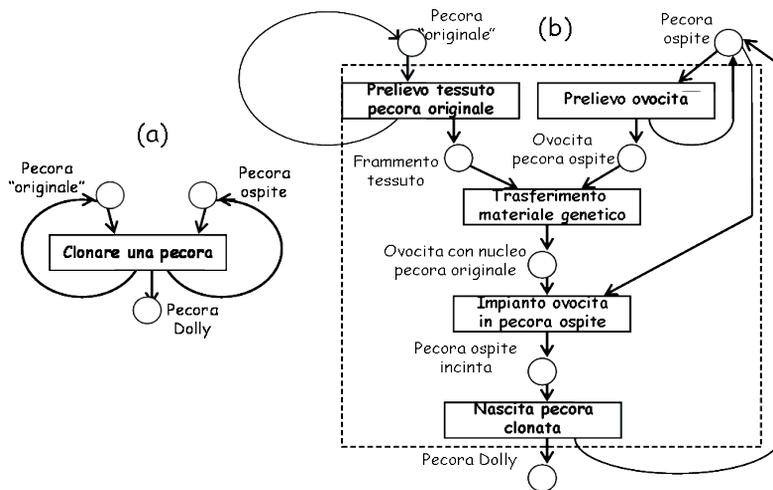


Fig. 3 Il processo di clonazione (transizione singola e raffinamento)

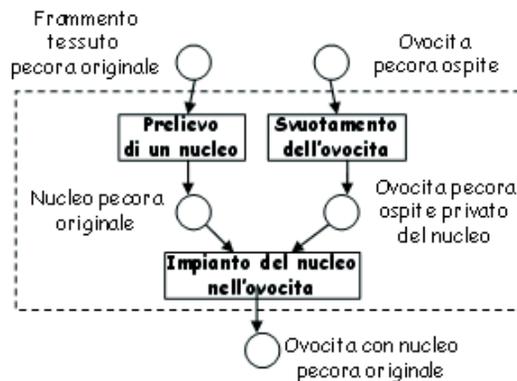


Fig. 4 Raffinamento di "trasferimento materiale genetico"

In questa traccia di percorso comunicativo basato sulle Reti di Petri e sul metodo dei successivi raffinamenti abbiamo in realtà combinato Reti di Petri e rappresentazioni gerarchiche. I successivi raffinamenti presentati corrispondono alla gerarchia di fig. 5. Si noti che la gerarchia non prende in considerazione le risorse ed è quindi maggiormente sintetica.



Fig. 5 La gerarchia corrispondente al processo di clonazione

Un insieme di reti che gradualmente rivela i dettagli di un sistema complesso può essere visto come il risultato di un vero e proprio progetto di comunicazione in cui si intrecciano due obiettivi principali:

- *frantumare la complessità*

Questo obiettivo si riferisce alla necessità di tener conto dei limiti che la mente umana incontra nel confrontarsi con entità complesse e, nel nostro caso specifico, con reti che contengono troppe transizioni. Esiste una regola empirica che sconsiglia di avere reti con più di sei transizioni se si vuole avere una visione globale soddisfacente di quanto avviene nella rete.

- *evidenziare i concetti chiave*

Il metodo dei raffinamenti successivi è anche uno strumento per dare evidenza ai concetti chiave. Nell'esempio della pecora Dolly, è stata introdotta nella rete di fig. 3b la transizione *trasferimento materiale genetico* e il dettaglio di come il trasferimento avviene è stato rimandato al raffinamento di fig. 5. Questo ha consentito di dare visibilità all'idea che nel processo di clonazione deve avvenire un trasferimento di materiale genetico da un tessuto della pecora originale ad un ovocita della pecora ospite.

L'esempio della pecora Dolly è stato presentato in un'ottica di *spiegazione*. Ma un analogo percorso di rappresentazione attraverso le reti avrebbe potuto anche nascere nell'ambito di un processo collaborativo o essere frutto di un lavoro individuale dello studente finalizzato a estrarre il significato da un testo o da una spiegazione.

3.3 Reti di Petri e soluzione dei problemi

Le Reti di Petri possono esser utilizzate per rappresentare il processo risolutivo di un problema e per meglio capirne la natura e la strategia di soluzione. Per ragionare in concreto possiamo riferirci ad un esempio:

“Luca, Ugo, Max, Alex e Carlo sono cinque giovanotti che hanno aiutato Maria a svuotare e pulire la sua vecchia casa da mettere in vendita. Maria decide di destinare una somma non superiore a 2000€ per ricompensarli. Maria non vuole dividere la somma in parti eguali perché Max e Alex hanno lavorato circa il doppio e così decide che devono guadagnare circa il doppio degli altri. Quanto spetta a ciascun giovanotto tenendo conto del fatto che Maria vuole dare a ciascuno una “cifra tonda” (nessuna moneta e nessuna banconota di taglio inferiore a 10€)?”

Iniziamo rappresentando la soluzione del problema come transizione singola. Le risorse di ingresso sono i dati necessari per la soluzione del problema e quelle di uscita i dati che rappresentano la soluzione (cioè i dati che il processo risolutivo dovrà produrre).

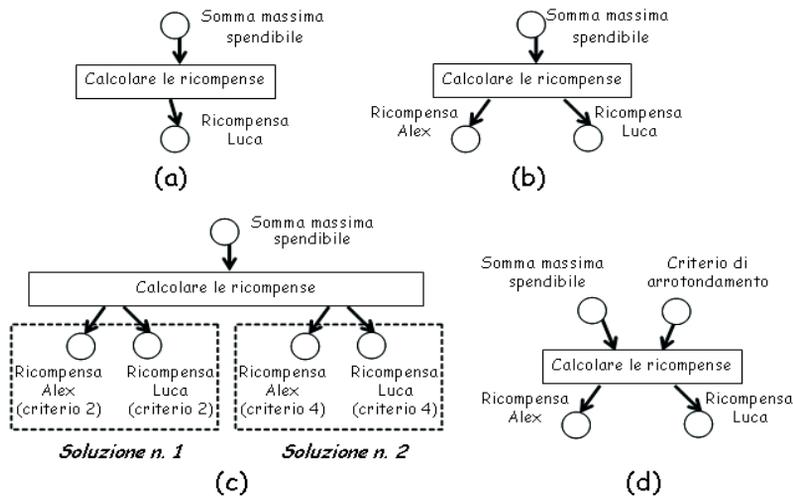


Fig. 6 Il calcolo delle ricompense come transizione singola

Visti i dati molto particolari del problema, da cui si capisce che a Luca, Ugo e Carlo spetta la stessa ricompensa e a Max e Alex spetta il doppio, la rete che rappresenta il problema potrebbe esser quella semplicissima di fig. 6.a in cui la soluzione è rappresentata dalla sola ricompensa di Luca dalla quale si può risalire in modo immediato alle altre quattro. Ma, andando più a fondo

ci rendiamo conto che le ricompense di Max e Alex potrebbero non essere *esattamente* il doppio di quelle dei loro amici a causa dell'arrotondamento. Ecco allora che la rete deve diventare quella di fig. 6b. A questo punto salta fuori un problema nel problema: come fare l'arrotondamento? A prima vista, i criteri di arrotondamento ragionevoli sono tre (arrotondare al multiplo di dieci immediatamente superiore, a quello immediatamente inferiore, scegliere fra i due criteri precedenti quello che produce un valore più prossimo al numero da arrotondare). Il primo dei tre criteri non va bene perché, tranne i casi in cui non c'è bisogno di arrotondamento, produce un totale delle ricompense superiore alla somma massima spendibile. Anche il terzo può produrre un totale delle ricompense maggiore di quanto consentito. Il secondo è il più sicuro perché non provoca mai il superamento del massimo, ma ha il difetto di produrre una rimanenza maggiore. Si potrebbe allora pensare a un quarto criterio consistente nell'applicare il terzo solo se non produce il superamento del massimo consentito ed altrimenti ripiegare sul secondo. Abbiamo così identificato due criteri sicuri: il secondo e il quarto. A questo punto neppure la rete di fig. 6b può andar bene. Abbiamo di fronte due possibilità: o riconoscere che il problema ha due soluzioni (fig. 6c) o specificare il criterio come dato di ingresso del problema (fig. 6d). Analisi di questo tipo portano facilmente alla comprensione di come l'esistenza di soluzioni multiple possa essere legata alla esistenza di criteri multipli in relazione a una scelta da compiere.

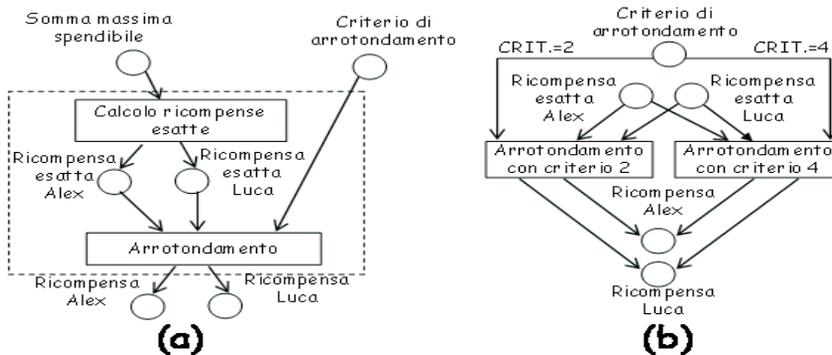


Fig.7 Raffinamenti del calcolo delle ricompense

Supponiamo ora di adottare la rete di fig. 6.d (il che significa specificare il criterio di arrotondamento come un dato del problema). Potremo procedere secondo la rete di fig. 7a e poi ancora *arrotondamento* secondo la rete di fig. 7b. Si osservi che nella fig. 7b tutte e tre le risorse di input sono "in alternativa". Esse cioè vanno in input a due transizioni, ma, in base al meccanismo

delle marche, possono esser consumate da una sola delle due (*arrotondamento con criterio 2* o, in alternativa, *arrotondamento con criterio 4*). Lasciamo al lettore il compito di considerare la possibilità di ulteriori raffinamenti, in particolare quello di *arrotondamento con criterio 4*.

Val la pena di osservare che l'aver collocato il criterio di arrotondamento fra i dati di input del problema cambia radicalmente il punto di vista: la rete non rappresenta più la procedura risolutiva di un singolo problema, bensì di una classe di problemi. Infatti il criterio di arrotondamento non è più *cablato* nella struttura della rete e il procedimento risolutivo costruito può così funzionare indipendentemente dal criterio prescelto. Le reti si prestano naturalmente a questo cambio di ottica (da problema singolo a classe di problemi) di evidente significato per quanto riguarda la costruzione di capacità di generalizzazione e di astrazione.

Circa il significato delle Reti di Petri nel processo di soluzione di problemi, è opportuno sgombrare subito il campo da equivoci. L'uso delle reti non conferisce il potere di risolvere ogni tipo di problema. In ogni ambito (matematico, fisico, linguistico...) la soluzione di problemi richiede una base di competenza che le reti non possono dare. Qualunque problema volessimo affrontare con una rete, ci troveremmo a un certo punto con una transizione che non siamo più in grado di raffinare ulteriormente e che può *scattare* soltanto mettendo in atto una competenza specifica. Ciò premesso, possiamo dire che le reti possono essere un aiuto importante per circoscrivere il problema, per estrarlo da un contesto confuso e mal definito, per decomporlo in sottoproblemi più semplici, e per identificarlo con chiarezza. A questo fine, più della rete è importante il processo di costruzione della rete. Le regole rigorose delle Reti di Petri sono ben lontane dalla totale libertà concessa, per esempio, dalle mappe concettuali, e costringono il pensiero ad una sorta di battaglia, fatta di tentativi e di ritorni all'indietro (il *backtracking* degli informatici), per arrivare ad una rete che rappresenti, in modo semplice e naturale, non solo la struttura della procedura risolutiva, ma, in qualche misura, anche il problema.

Un altro aspetto importante è che le reti agevolano la riflessione sulle procedure risolutive adottate. Significativa è la possibilità di *eseguire* una rete per uno stesso problema in corrispondenza di differenti dati *di ingresso*. Per esempio, nel problema delle ricompense si potrà verificare l'effetto dell'applicazione di differenti criteri di arrotondamento per differenti valori della *somma massima spendibile*. Si potrà così scoprire che, per certi valori, i due criteri producono esattamente gli stessi risultati. Altrettanto significativa è la possibilità di passare da un problema particolare ad uno più generale ed adattare di conseguenza la rete. Se i giovanotti avessero lavorato un numero di ore differente uno dall'altro, quali parti della rete cambierebbero? Quali resterebbero invariate? Si

tratta di un vero e proprio procedimento *bottom-up* per costruire una soluzione generale a partire da una particolare.

4. Conclusioni

Alcuni strumenti come gli *algoritmi* o gli *automi a stati finiti* sono di fatto già presenti (come metodo o come contenuto) nel mondo dell'educazione. Tuttavia l'informatica vista dal punto di vista dei modelli e dei linguaggi, appare ancora come una miniera molto ricca di significati educativi ancora da portare alla luce. In questo lavoro sono stati indicati alcuni linguaggi di rappresentazione che sono di uso comune in ambito informatico e che potrebbero diventare importanti strumenti del sapere. Uno di questi, le Reti di Petri (combinata con le rappresentazioni gerarchiche), è stato oggetto di approfondimento e ne è stato presentato qualche possibile esempio di utilizzazione nell'ambito della comunicazione e della risoluzione di problemi. Va detto comunque che su nessuno degli strumenti concettuali qui discussi esiste una tradizione significativa di sperimentazione didattica paragonabile, per esempio, a quella relativa alle mappe concettuali (Guastavigna, 2002).

Oggi si discute molto della società della conoscenza e della necessità di confrontarsi con un sapere dalle caratteristiche nuove, in modo particolare l'accelerazione (un sapere che si trasforma sempre più rapidamente e che viene prodotto a velocità e in quantità sempre maggiori) e la globalizzazione (un sapere distribuito in molti luoghi, soprattutto informatici, e fra molte persone). Il rischio è quello di essere stritolati (metaforicamente ben inteso) o tagliati fuori. Dovrebbe esser compito dell'educazione fornire la competenza per affrontare questo nuovo tipo di sapere. Questa competenza è paragonabile ad un triangolo i cui lati sono la capacità di rappresentare, di comunicare e di risolvere problemi. Una indicazione importante per la ricerca educativa è scavare nella miniera dell'informatica per trovare contributi alla costruzione di questo triangolo.

Un ultimo punto: tutti gli strumenti di rappresentazione che abbiamo menzionato sono di natura grafica e, soprattutto, richiedono un processo costruttivo di tipo iterativo. E' quindi importante disporre di adeguati strumenti software per facilitarne l'uso. Il problema è che, mentre esiste una certa abbondanza di strumenti per lo specialista (si veda per es. in (Wikipedia, b) la lunga lista degli strumenti disponibili per le Reti di Petri), praticamente non esistono strumenti orientati alle applicazioni in ambito educativo. Ecco quindi due direzioni complementari per la ricerca: da una parte la sperimentazione di ipotesi di trasferimento di linguaggi di rappresentazione dall'informatica alla pratica didattica, dall'altra lo sviluppo di ambienti software per agevolare l'uso di quegli strumenti in ambito educativo.

BIBLIOGRAFIA

- Bardi D. (2004), *Dalla matita rossa e blu alla struttura dei testi; suggerimenti da XML*, Editrice La Scuola.
- Chomsky N. (1974), *Le strutture della sintassi*, Laterza, Roma-Bari,.
- Ferraris M., Midoro V., Olimpo G. (1985), *Il computer nella didattica*, SEI, Torino.
- Ferraris M., Midoro V., Olimpo G. (1984), *Petri Nets as a Modelling Tool in the Development of CAL Courseware*, *Computers & Education*, Vol. VIII, n. 1, pp. 41-49.
- Guastavigna M., (2002), “Bibliositografia” su mappe concettuali e apprendimento”, URL: <http://www.pavonerisorse.to.it/cacrt/mappe/bibliomap.htm>> (verificato il 12 gennaio 2007).
- Luccio F. (1972), *Strutture Linguaggi Sintassi*, Boringhieri.
- Novak, J. D. (1990), *Concept maps and Vee diagrams: Two metacognitive tools for science and mathematics education*, *Instructional Science*, 19, 29-52.
- Trentin G. (1991), *Description of problem solving using Petri Nets*, in Roy Winterburn (ed), *AETT (Aspects of Educational and Training Technology)*, vol. XXIV, pp. 122-128, Kogan Page, London.
- Wikipedia (a), *Mappa Concettuale*, URL: http://it.wikipedia.org/wiki/Mappa_concettuale (verificato il 12 gennaio 2007).
- Wikipedia (b), *Lista dei tool per le reti di Petri*, URL: http://it.wikipedia.org/wiki/Lista_dei_tools_per_le_reti_di_Petri (verificato il 12 gennaio 2007).
- Wikipedia (c), *Modello E-R*, URL: http://it.wikipedia.org/wiki/Modello_E-R (verificato il 12 gennaio 2007).