Formalizzazione di un caso di ragionamento qualitativo utilizzando insiemi di contesti

Livio Palomba

Dipartimento Scienze dell'Informazione, Milano
V. Moretto da Brescia, 9 - 20133 Milano
tel. 02/2772-201

SOMMARIO

I modelli qualitativi focalizzano l'interesse sulle caratteristiche fisiche di un oggetto che sono rilevanti ai fini dei particolare piani d'azione che si vogliono realizzare, ignorando aspetti, anche complessi, ma non essenziali [3]. In questo lavoro vengono costruite teorie sulla struttura del mondo esterno che ridefiniscono il problema della valutazione dell'afferrabilita' di oggetti facendo riferimento a conoscenze strutturate che radunano le informazioni importanti per il raggiungimento dell'obiettivo. Ogni teoria viene formalizzata al primo ordine con un *contesto* [6], che ne costituisce l'analogo meccanizzabile, e viene assiomatizzata una metateoria (teoria delle teorie del mondo) che costituisce una teoria del processo di percezione. All'interno di ogni contesto e' possibile dedurre leggi generali e quindi estendere il corrispondente modello in direzione dei piani di azione che si vogliono eseguire. Il ragionamento deriva come risultato di deduzioni compiute in contesti differenti. Le relazioni fra contesti sono stabilite attraverso il principio di riflessione [13] per valutare metateoremi che stabiliscono che i risultati di *schemi di generazione* di teoremi sono validi.

INTRODUZIONE

Il ragionamento di tipo qualitativo [4] offre la possibilita' di affrontare problemi che non sono completamente definiti, per l'oggettiva mancanza di sufficienti conoscenze oppure per l'impossibilita' di giungere ad una completa formalizzazione a causa dell'eccesiva complessita' che verrebbe ad avere il modello. I modelli qualitativi focalizzano infatti l'interesse sulle caratteristiche fisiche di un oggetto che sono rilevanti ai fini dei particolare piani d'azione che si vogliono realizzare, ignorando aspetti, anche complessi, ma non essenziali [3].

In questo lavoro viene affrontato il problema della formalizzazione di conoscenze relative al processo di afferramento di oggetti. Viene definita una teoria del processo di percezione in cui viene ridefinito il problema attraverso la costruzione, a partire dai dati sensoriali, di teorie che contengono conoscenze strutturate sul mondo esterno.

L'incentivo alla descrizione ad un livello formale del ragionamento individuato in questo tipo di approccio alla risoluzione del problema e' fornito da spiegazioni della psicologia

cognitiva e in particolare dai dati sullo sviluppo dei concetti fisici dovuti a Piaget [12]: nel costruire un piano per compiere una sequenza organizzata di azioni allo scopo di eseguire qualche atto specifico, l'uomo si serve di *schemi sensomotori*, con i quali organizza e struttura l'attivita' percettiva ponendo in relazione le azioni raccolte dal sistema sensoriale con le attivita' motorie. Queste conoscenze strutturate sono presenti nella memoria e costituiscono un filtro per l'attenzione e la percezione (schemi mnestici).

Minsky [9] suggerisce che l'uomo non attribuisca alle entita' unici significati concettuali, ma piuttosto dia a ciascuna di esse diverse definizioni legate ai processi in cui gioca un ruolo.

In questo articolo viene preso in considerazione quel particolare tipo di conoscenza che costituisce l'expertise, in cui le situazioni vengono semplificate per applicare metodi d'analisi qualitativi immediati.

Il problema viene rappresentato in modo *strutturato* come insieme di modelli mentali [10] alternativi che racchiudono spiegazioni approssimate dei fenomeni, rispecchianti le convinzioni dell'uomo riguardo al sistema in oggetto, e che spesso includono concetti contraddittori ed erronei.

Prendendo come modello i formalismi della fisica naive [8], che descrivono il comportamento dei componenti di un sistema facendo riferimento a valori limite corrispondenti a transizioni rilevanti, viene costruita una rappresentazione del *buonsenso* relativo al fenomeno, che permette una ricerca di tipo euristico delle possibili inferenze.

Ognuno dei modelli e le conoscenze ad esso relative vengono descritti da una teoria formalizzata al primo ordine con un *contesto*[6], che ne costituisce l'analogo meccanizzabile, e viene assiomatizzata una metateoria (teoria delle teorie del mondo).

Il sistema che viene utilizzato per l'implementazione di questa rappresentazione e' F.O.L. [13]. Un sistema per F.O.L. e' composto da insiemi di contesti e un contesto e' una *struttura dati finita*. Viene fornita all'utente la possibilita' di creare, denominare e cambiare rami di dimostrazioni all'interno di un contesto, di creare, denominare e cambiare contesti all'interno di un sistema e di creare, denominare e cambiare sistema.

F.O.L. permette una rappresentazione *naturale* dei ragionamenti, in cui e' possibile esplicitare la conoscenza sia di tipo teorico sia di tipo metateorico [1]. All'interno di ogni contesto e' possibile dedurre leggi generali e quindi estendere il corrispondente modello in direzione dei piani di azione che si vogliono eseguire. Il ragionamento deriva come risultato di interazioni fra deduzioni compiute in contesti differenti: alcuni contesti possono condividere (parte di) il proprio modello computazionale oppure uno di essi puo' trovarsi (parzialmente) nel modello computazionale dell'altro; nel qual caso il secondo agisce quale metateoria del primo.

Le relazioni fra contesti sono stabilite attraverso il principio di riflessione. Gli elementi del dominio di un modello vengono composti euristicamente in strutture piu' complesse, cui vengono associate costanti individuali in una metateoria, e vengono valutate formule di metateoremi che asseriscono nuovi fatti nella teoria. L'uso di schemi mnestici viene cosi' rappresentato con la valutazione nelle metateorie.

RAGIONAMENTO QUALITATIVO

Viene preso in considerazione un tipo di afferramento in cui l'oggetto viene bloccato con le dita contro il palmo della mano. Per eseguire questa azione viene appoggiato il palmo su uno spigolo dell'oggetto, vengono dispiegate prima le quattro dita anteriori e successivamente il pollice; l'oggetto viene stretto in quella posizione della mano.

Uno spigolo separa due parti significative della superficie dell'oggetto e una posizione della mano su di questa e' costituita da due successioni di spigoli, sulla prima delle quali poggiano le quattro dita anteriori; sulla seconda il pollice.

Al sistema presentato in questo articolo viene fornita una descrizione degli oggetti nei termini di un sistema globale di coordinate: una prima rappresentazione in cui gli oggetti sono descritti per volumi, attraverso la giustapposizione e l'intersezione di cilindri generalizzati [2]; una seconda rappresentazione geometrica di tipo quantitativo, i cui elementi sono i punti di incontro dei lati che delimitano le porzioni di piano che costituiscono la superficie dell'oggetto.

Questa descrizione viene confrontata con un modello di mano le cui misure sono quelle tipiche di una mano umana e in cui le quattro dita anteriori costituiscono un'unica entita' che viene definita *manopola*.

Vengono identificati un piano che contiene il palmo e la manopola quando la mano e' aperta e un piano che contiene le parti laterali della manopola, del palmo e del pollice (fig. 1). In questo secondo piano sono possibili rotazioni degli elementi nei punti di giuntura (C_i, D_i, E_i).

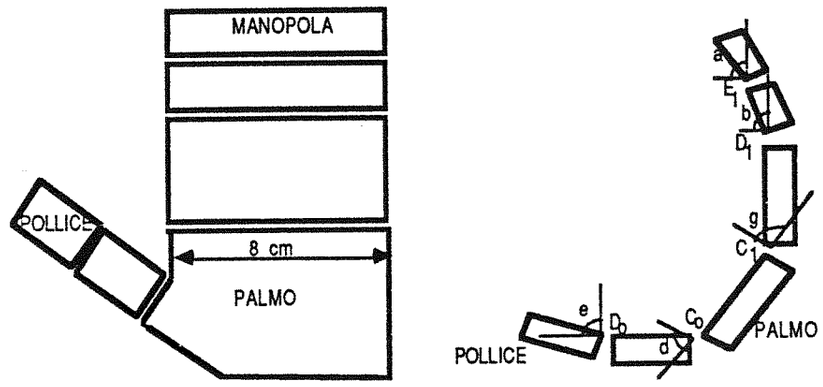


Fig. 1

Il sistema compie un *ragionamento sullo spazio* di tipo qualitativo [5] su un insieme di descrizioni simboliche (vertici, segmenti, spigoli e posizioni della mano) che inferisce, i

cui parametri sono numerici e consentono percio' l'uso della geometria analitica per dare risposta ai quesiti geometrici.

Questa rappresentazione degli oggetti evidenzia i rapporti fra le superfici ed i solidi e fra i vertici e le superfici; i casi speciali vengono indicati da espressioni quali base inferiore, base superiore, spigolo laterale, spigolo frontale, ecc.

Conoscenze dichiarative di algebra vettoriale e altre, di tipo procedurale, per risolvere le equazioni di primo grado, consentono di inferire una rappresentazione di tipo vettoriale degli elementi descritti con la geometria analitica.

Spigoli

Un punto estremo dell'oggetto viene interpretato come suo *vertice*. Ai lati che trovano estremita' in ciascuno di essi e che delimitano le porzioni di piano che costituiscono la superficie dell'oggetto viene invece attribuito il significato di *segmenti* dell'oggetto.

Uno spigolo e' costituito da una successione di segmenti adiacenti che costituiscono una *concavita'* o una *convessita'* (fig. 2).

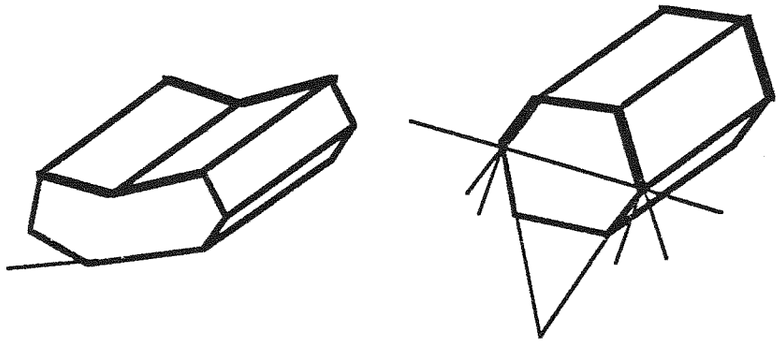


Fig. 2

Tali *quantita'* [8] sono definite in uno *spazio astratto* i cui elementi sono costituiti dai valori di una funzione, con dominio fra le successioni di segmenti adiacenti, che calcola la somma degli angoli che i segmenti della successione formano nei vertici in cui si uniscono.

Se tale valore e' maggiore della somma di un numero di angoli piani uguale a quello degli angoli fra i segmenti della successione, allora l'insieme costituisce una *concavita'*. La struttura che corrisponde a tale valore limite viene definita *piana*.

CONCAVO (successione_segmenti) ≡
MAGGIORE (somma_angoli (successione_segmenti), struttura_piana(successione_segmenti))

Se invece il valore e' minore di tale valore limite, ma maggiore della somma degli angoli di una poligonale chiusa (valore costante per un numero di segmenti dato) composta da un numero di segmenti minore di due rispetto a quello della successione, maggiorata con il valore di due angoli retti, la successione dei segmenti costituisce una *convessita'*. Al valore limite corrisponde il parallelismo della semiretta cui appartiene il primo di questi segmenti e quella cui appartiene l'ultimo (fig. 2).

CONVESSO (successione_segmenti) ≡
MINORE (somma_angoli(successione_segmenti), struttura_piana(successione_segmenti) ∧
MAGGIORE (somma_angoli(successione_segmenti), struttura_parallela(successione_segmenti))

Posizioni

Un insieme di spigoli forma una posizione della mano sulla superficie dell'oggetto. Una condizione necessaria affinche' sia possibile l'afferramento dell'oggetto e' che lo spigolo centrale della posizione abbia lunghezza per lo meno uguale alla larghezza del palmo e ne consenta quindi l'appoggio.

La *raggiungibilita'* del primo e dell'ultimo spigolo con punti appartenenti rispettivamente alla manopola e al pollice e' valutata in uno *spazio astratto* i cui elementi sono le distanze fra gli spigoli dell'insieme e quelle fra i punti di giuntura nel piano laterale della mano.

Si rende necessario uno spazio astratto per confrontare tali valori a causa dell'impossibilita' di far coincidere la superficie della mano con quella dell'oggetto (fig.3). Le funzioni che assegnano i valori nello spazio astratto valutano tali misure con criteri diversi tenendo conto della possibilita' di rotazione della manopola.

RAGGIUNGIBILE (spigolo_x, giuntura_y, spigolo_0) ≡
MINORE (distanza_spigoli (spigolo_x, spigolo_0), distanza_massima_palmo (giuntura_y))

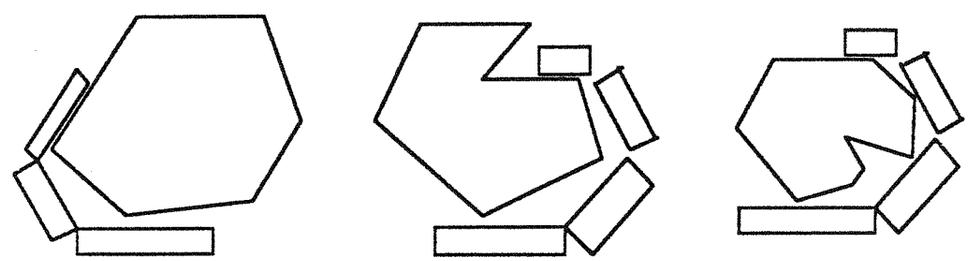


Fig. 3

Se il semipiano cui appartiene la superficie che precede il primo spigolo della posizione e il semipiano cui appartiene la superficie che ne segue l'ultimo spigolo sono *convergenti*, stringendo con la mano l'oggetto lo si vincola al palmo ottenendone l'afferramento.

Le posizioni della mano costituiscono il dominio della funzione che calcola i valori dello *spazio astratto* definito per determinare quest'ultima *quantita'*. Il confronto avviene prendendo in considerazione una sezione della posizione. La somma delle angolazioni relative a tutti gli spigoli che compongono una posizione deve essere minore della somma degli angoli interni di una poligonale chiusa con un numero di angoli uguali a quello degli spigoli della posizione, maggiorata di 180 gradi. Questo valore, che e' costante per ogni numero di spigoli, corrisponde alla somma delle angolazioni degli spigoli comprese fra due superfici opposte e parallele (fig. 4).

SUPERFICI_CONVERGENTI (posizione) ≡
MINORE (somma_angolazioni (posizione), superfici_opposte_parallele (posizione))

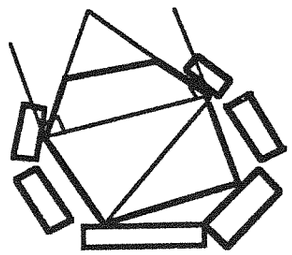


Fig. 4

FORMALIZZAZIONE DEL RAGIONAMENTO

L'obiettivo dell'afferramento viene suddiviso in un primo obiettivo intermedio, legato allo schema sensomotorio per la ricerca di entita' su cui far presa con le dita ed in un secondo obiettivo, legato alla ricerca di una porzione di superficie adatta per il dispiegamento della mano. La costruzione di un piano avviene quindi euristicamente facendo riferimento alle conoscenze strutturate di spigolo e di posizione della mano, che radunano insieme le informazioni importanti per quegli aspetti del problema (fig. 5). Su tali entita' *concettuali* [7], il sistema (l'uomo) ragiona in modo diretto.

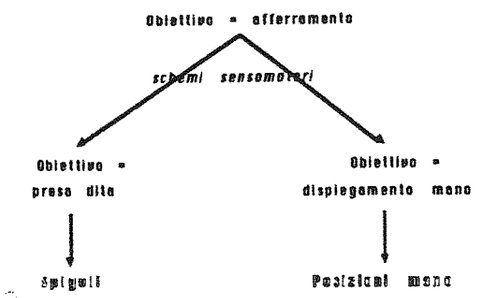


Fig. 5

Vengono definiti un primo contesto in cui i frammenti della rappresentazione esterna dell'oggetto sono interpretati come suoi segmenti e in cui vengono definiti i rapporti euclidei fra i suoi vertici; un secondo contesto il cui dominio e' costituito da liste di segmenti e in cui sono definiti assiomi e funzioni che permettono di valutare se un elemento del dominio costituisce uno spigolo; un terzo contesto il cui dominio e' costituito da liste di spigoli e in cui sono definiti assiomi e funzioni che, confrontando una tale struttura con il modello di mano, permettono di valutare se essa costituisce una posizione di presa.

In un quarto contesto sono definite regole euristiche che compongono gli elementi del dominio del primo contesto nelle strutture su cui valutano l'afferrabilita' dell'oggetto utilizzando gli schemi contenuti negli ultimi due contesti (fig. 6).

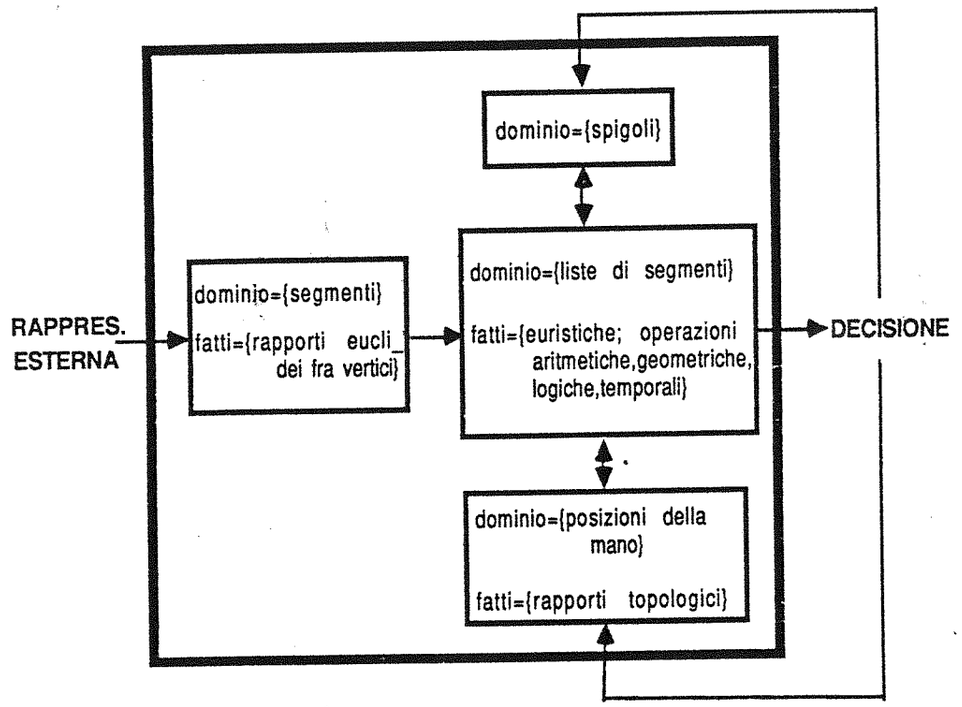


Fig. 6

Per F.O.L. un contesto e' una struttura dati finita formata da un linguaggio che definisce le parole che possono essere usate e il loro scopo, da una struttura di simulazione, che puo' essere vista come un modello (computazionale) parziale, un'immagine mentale del linguaggio; e da un insieme di fatti che stabiliscono le informazioni che abbiamo del mondo che stiamo descrivendo.

Nella struttura di simulazione vengono definite, attraverso algoritmi che agiscono quali funzioni caratteristiche e quindi in modo intensionale, le interpretazioni dei simboli del linguaggio, le operazioni e le relazioni su di essi. La definizione di tipo intensionale che viene utilizzata per gli oggetti e' molto piu' vicino allo schema di ragionamento dell'uomo di quanto lo sia quella estensionale, in quanto vengono utilizzati concetti e non elenchi di oggetti.

La rappresentazione esplicita del linguaggio, degli oggetti che questo linguaggio descrive e delle corrispondenze fra i termini del linguaggio e questi oggetti permette di formalizzare i ragionamenti distinguendo esplicitamente tra gli oggetti su cui si ragiona e la teoria in cui e' racchiusa la loro comprensione.

Utilizzando assieme le interpretazioni dei simboli ottenute rispetto al modello computazionale ed equazioni quantificate universalmente e specificate con regole di riscrittura, e' possibile costruire teoremi e quindi stabilire nuovi fatti nella modalita' di costruzione di teoremi. F.O.L. puo' quindi essere visto come un'estensione del Prolog che non e' vincolata alla forma a clausole ed alla skolemizzazione.

F.O.L. offre la possibilita' di creare un numero finito di contesti. In ogni istante le deduzioni avvengono solo nel contesto corrente, ed e' possibile spostarsi dall'uno all'altro e lavorare in ciascuno di essi.

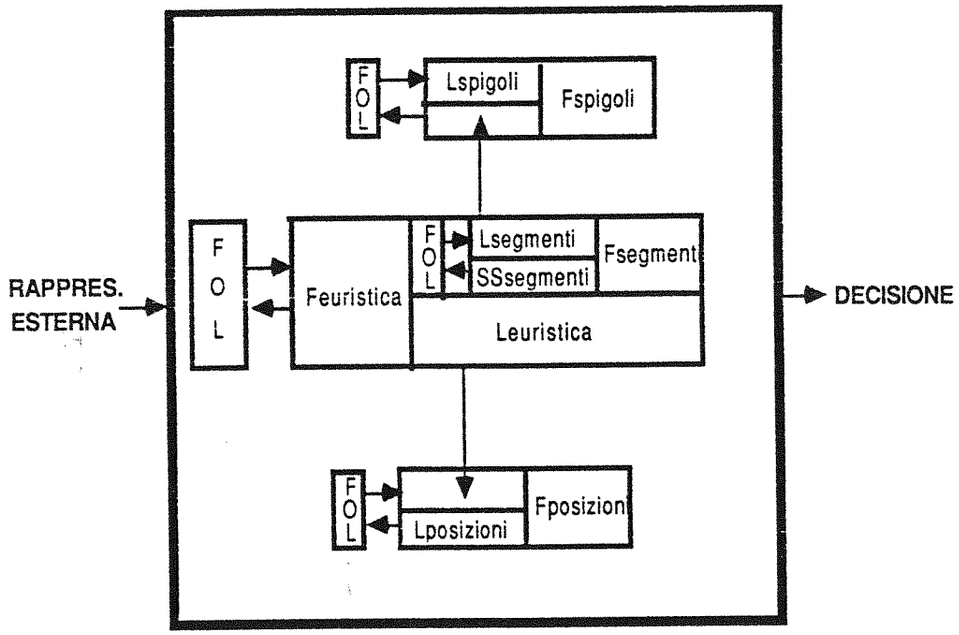
Poiche' i modelli di un linguaggio sono strutture dati esplicite e' possibile menzionare in modo formale le relazioni tra gli oggetti su cui si sta ragionando e le parole che si stanno usando per menzionarli, e di considerare quindi un contesto come un oggetto descritto da qualche altra teoria. Il contesto e' contenuto nella struttura di simulazione del meta-contesto.

L'insieme dei fatti di un contesto puo' allora essere esteso utilizzando, attraverso il principio di riflessione, un metateorema che abbrevi la dimostrazione stabilendo che il risultato di qualche *schema di generazione* di teoremi sia valido. L'uso di conoscenza metateoretica rende le dimostrazioni al livello della teoria piu' brevi e l'interazione tra teoria e metateoria e' quindi uno strumento pratico per espandere il potere e l'efficienza del dimostratore di teoremi.

Le regole euristiche per la soluzione del problema sono definite in MTEURISTICA, un meta-contesto del contesto TSEGMENTI, in cui vengono interpretati i segmenti, il cui dominio e' costituito da liste dei nomi di segmenti adiacenti dell'oggetto, alcune delle quali possono denotare spigoli; da liste di queste liste, e fra quelle i cui elementi denotano spigoli alcune possono denotare posizioni; da nomi per i contesti utilizzati nella risoluzione del problema.

Gli schemi di spigolo e posizione utilizzati dalle regole euristiche sono definiti in meta-contesti di TSEGMENTI. Le liste di nomi di segmenti adiacenti costituiscono il dominio di MTSPIGOLI, in cui sono definiti assiomi che permettono di valutare se l'elemento denotato da uno di questi *elementi sintattici* costituisce uno spigolo. Il dominio di MTPOSIZIONI e' costituito da liste di spigoli, su cui sono definiti assiomi che, confrontando tali strutture con il modello di mano, permettono di valutare se costituiscono posizioni di presa.

MTPOSIZIONI, MTSPIGOLI e MTEURISTICA condividono parti delle proprie strutture di simulazione, alle quali appartiene TSEGMENTI (fig.7).



L = linguaggio
F = insieme dei fatti
SS = struttura di simulazione

Fig. 7

```
NAMECONTEXT MTEURISTICA;

DECLARE SORT  CONTESTO  LISTA;
DECLARE SORT  SEGMENTIADIACENTI  LISTESEGMENTI;

DECLARE MOREGENERAL LISTA ≥ {SEGMENTIADIACENTI, LISTESEGMENTI};

DECLARE INDCONST  C_SPIGOLI  C_POSIZIONI  [CONTESTO];


MAKECONTEXT MTSPIGOLI;
SWITCHCONTEXT MTSPIGOLI;


MAKECONTEXT TSEGMENTI;
SWITCHCONTEXT TSEGMENTI;

DECLARE SORT T_FRAMMENTI;
```

```
DECLARE INDVAR frammenti_cilindro [T_FRAMMENTI];

DECLARE PREDCONST SEGMENTI [T_FRAMMENTI];
```

Il predicato SEGMENTI attribuisce il valore di segmenti a frammenti dell'oggetto.

```
SWITCHCONTEXT MTSPIGOLI;

AXIOM VALUTA_SPIGOLO: forall lsg.
                (CONCAVO (segmenti (lsg)) or  CONVESSO (segmenti (lsg)))
                imp THEOREM (costruisci_spigolo (lsg))
```

La variabile lsg e' dichiarata in MTEURISTICA di sorta SEGMENTIADIACENTI e la funzione segmenti restituisce gli elementi di TSEGMENTI i cui nomi ne costituiscono il valore.

```
AXIOM CONCAVO: forall lsg. CONCAVO (lsg) ≡
                                MAGGIORE (somma_angoli (lsg), struttura_piana (lsg));

AXIOM CONVESSO: forall lsg. CONVESSO (lsg) ≡
                MINORE (somma_angoli (lsg), struttura_piana (lsg)) and
                   MAGGIORE (somma_angoli (lsg), struttura_parallela (lsg));
```

Le funzioni somma_angoli, struttura_piana e struttura_parallela, che hanno argomento in SEGMENTIADIACENTI e valore in REAL, sono definite in MTSPIGOLI, mentre i predicati MINORE e MAGGIORE sono definiti in MTEURISTICA con argomenti in REAL.

Le entita' semantiche che interpretano i simboli del linguaggio sono costituite da oggetti e codice LISP, che vengono legati ai simboli attraverso attachment.

L'unico simbolo della formula di VALUTA_SPIGOLO che non ha un attachment e' il predicato THEOREM, che stabilisce che una formula e' un teorema. L'essere un teorema non e' infatti di solito decidibile. Si puo' quindi valutare la formula, prendendo la struttura dati dell'argomento di THEOREM, invece del termine stesso, e, poiche' sappiamo essere quello un teorema, si puo' asserire il risultato della valutazione nella teoria. La funzione costruisci_spigolo costruisce il fatto SPIGOLO con il proprio argomento per indicare che una struttura costituisce uno spigolo, fatto che consegue percio' dall'utilizzo di informazioni dichiarative attraverso la valutazione nella metateoria.

```
SWITCHCONTEXT MTEURISTICA;

MAKECONTEXT MTPOSIZIONI;
SWITCHCONTEXT MTPOSIZIONI;
```



```
DECLARE SORT MODELLO_MANO;

DECLARE INCONST  GIUNTURA_POLLICE  GIUNTURA_MANOPOLA  [MODELLO_MANO];

AXIOM VALUTA_POSIZIONE: forall lsp. (PRESASUPALMO (segmenti_liste (lsp)) and
                                RAGGIUNGIBILE_MANOPOLA (segmenti_liste (lsp))
                                     and RAGGIUNGIBILE_POLLICE (segmenti_liste (lsp)))
                                     imp THEOREM (costruisci_posizione (lsp));
```

La variabile lsp e' dichiarata in MTEURISTICA di sorta LISTESEGMENTI e la funzione segmenti_liste restituisce gli elementi di TSEGMENTI i cui nomi ne costituiscono il valore. La funzione costruisci_posizione costruisce il fatto POSIZIONE con il proprio argomento.

```
AXIOM PRESASUPALMO: forall lsp.  PRESASUPALMO (lsp) ≡
                MAGGIORE (lunghezza_spigolo (spigolo_centrale (lsp)), LARGHEZZA_PALMO);

AXIOM RAGGIUNGIBILE_MANOPOLA.  forall lsp. RAGGIUNGIBILE_MANOPOLA ( lsp ) ≡
   MAGGIORE (distanza_palmo (GIUNTURA_MANOPOLA),
            distanza_spigoli (spigolo_centrale (lsp), ultimo_spigolo (lsp)));

AXIOM RAGGIUNGIBILE_POLLICE:  forall lsp. RAGGIUNGIBILE_POLLICE ( lsp ) ≡
   MAGGIORE (distanza_palmo (GIUNTURA_POLLICE),
            distanza_spigoli (spigolo_centrale (lsp), primo_spigolo (lsp)));
```

In MTPOSIZIONI le posizioni ammissibili relativamente all'oggetto vengono definite utilizzando i risultati delle applicazioni di operazioni e predicati che valutano i rapporti topologici fra gli spigoli.

Le funzioni spigolo_centrale, primo_spigolo e ultimo_spigolo hanno argomento in LISTESEGMENTI e valori in SEGMENTIADIACENTI, mentre lunghezzaspigolo e' definita in MTSPIGOLI con argomento in SEGMENTIADIACENTI e valore in REAL.

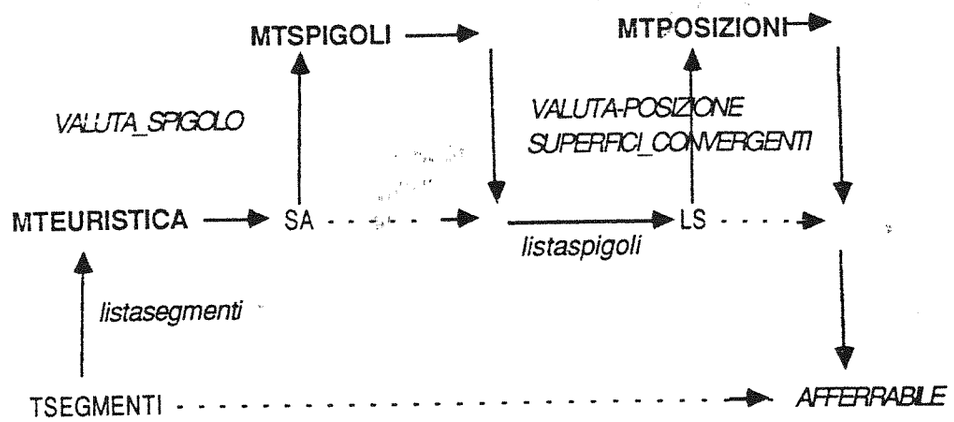
La distanza fra due spigoli e' definita in base alle proiezioni relative, e quindi ai rapporti geometrici, che vengono valutate attraverso l'applicazione delle operazioni spazio-temporali, definite nel contesto delle regole euristiche, ai segmenti che formano gli spigoli.

```
AXIOM SUPERFICI_CONVERGENTI:
forall lsp.  MINORE (somma_angolazioni (segmenti_liste (lsp)),
                  superfici_opposte_parallele (segmenti_liste (lsp)))
          imp THEOREM (costruisci_afferramento (lsp))
```

La funzione costruisci_afferramento costruisce il fatto AFFERRABILE con il proprio argomento.

La dimostrazione dell'afferrabilita' avviene in MTEURISTICA (fig. 8). Viene fatta

l'assunzione che i frammenti definiti in TSEGMENTI siano segmenti dell'oggetto. Le liste dei segmenti adiacenti vengono quindi passate a MTSPIGOLI.



SA = SEGMENTIADIACENTI
LS = LISTESEGMENTI

Fig. 8

```
NAMEPROOF VALUTAZIONE_AFFERRABILITA';

SWITCHCONTEXT TSEGMENTI;

ASSUME SEGMENTI (frammenti_cilindro);

REFLECT  VALUTA_SPIGOLO  C_SPIGOLI  listasegmenti (frammenti_cilindro);
```

Quando F.O.L. incontra la parola chiave REFLECT si aspetta come prossimo input il nome di un fatto definito in una metateoria della teoria corrente. Passa quindi alla metateoria e scandisce il fatto. Trova che VALUTA_SPIGOLO e' universalmente quantificato, con la variabile lsg che spazia sulle strutture della teoria, e passa percio' nuovamente alla teoria per scandirne le strutture. La funzione listasegmenti e' definita in MTEURISTICA con argomento in T_FRAMMENTI e valore in SEGMENTIADIACENTI. Tornato nella metateoria, fa l'*attachment* della struttura dati definita al livello della teoria ad una costante individuale appena creata, istanzia il teorema alle costanti di rilievo e calcola il risultato.

```
REFLECT VALUTA_POSIZIONE  C_POSIZIONI  listaspigoli (frammenti_cilindro);
```


Dalle valutazioni conseguono nuovi fatti che vengono asseriti nel contesto delle regole euristiche. In questo contesto sono definite funzioni che gestiscono la rappresentazione geometrica utilizzando i teoremi di contesti dove sono rappresentate le conoscenze di geometria analitica; le conoscenze di algebra e algebra vettoriale.

La funzione listaspigoli ha argomento in T_FRAMMENTI e valore in LISTESEGMENTI. Costruisce una lista di liste di segmenti che sono state valutate costituire spigoli dell'oggetto.

```
REFLECT  SUPERFICI_CONVERGENTI C_POSIZIONI  posizione (frammenti_cilindro) ;
```

La funzione posizione ha argomento in T_FRAMMENTI e per valore una lista di liste di segmenti che e' stata valutata costituire una posizione.

Se il teorema SUPERFICI_CONVERGENTI e' riducibile alla forma THEOREM(-), F.O.L. torna indietro e asserisce in MTEURISTICA il fatto AFFERRABILE.

Conclusioni

Questo articolo e' tratto da [11], cui rimando per i dettagli del sistema. Rispetto a tale lavoro, in cui il problema dell'afferramento di oggetti e' ridefinito facendo riferimento ad un certo numero di contesti e ne e' fornita una soluzione legata ad una determinata loro organizzazione gerarchica, ritengo in questo momento significativo approfondire l'esame delle possibilita' che la formulazione dei problemi in questo modo strutturato offre per descrivere certi tipi di ragionamento non-monotono all'interno della logica del primo ordine, definendo i linguaggi all'interno di ogni contesto in modo monotono e facendo risultare il ragionamento da deduzioni compiute in contesti differenti [6].

Bibliografia

1. Aiello, L., Weyhrauch, R.W., "Using Meta-theoretic reasoning to do algebra", Proc. 5th Workshop on Automated Deduction, Springer Verlag, Lecture Notes in Computer Science (1980)
2. Binford, T.O. & Agin, G.J., "Computer Description of Curved Objects", Proc. of 3rd International Joint Conference of Artificial Intelligence, Stanford, Ca. (1973).
3. Bobrow,D.G., (ed.) Artificial Intelligence vol. 24, Special Volume on Qualitative Reasoning about Physical Systems (1984).
4. De Kleer, "Qualitative and Quantitative Knowledge in Classical Mechanics", Technical Report 352, MIT AI Lab, Cambridge, Mass (1975).

5. Forbus,K.D., "Qualitative Reasoning about Space and Motion", in Mental Models, ed. Stevens,A. LEA Publishers, Hillsdale, N.J. (1983).
6. Giunchiglia,F. & Weyhrauch,R.W., "A Multi-Context Monotonic Axiomatization of Inessential Non-Monotonicity", in Maes,P. & Nardi,D., "Meta-level Architectures and Reflection", North-Holland, Amsterdam (1987).
7. Greeno,J.G., "Conceptual Entities", in Mental Models, ed. Stevens,A. LEA Publishers, Hillsdale, N.J. (1983).
8. Hayes,P.J., "The Naive Physics Manifesto", in Expert Systems in the Micro Eletronic Age, ed. Michie,D., Edinburgh University Press, Edinburgh, England (1979).
9. Minsky, M., "Why People Think Computers Can't", in The AI Magazine, Fall 1982
10. Norman,D.A., "Some Observations on Mental Models" in Mental Models, ed. Stevens,A. LEA Publishers, Hillsdale, N.J. (1983).
11. Palomba,L., "Modelli Qualitativi Per la Valutazione dell'Afferrabilita' di Oggetti", Tesi di Laurea, Dip. Scienze della Informazione, Milano (1987).
12. Piaget,J., "Psicologia ed Epistemologia", ed. Loescher, Torino (1974).
13. Weyhrauch,R., "Prolegomena to a Theory of Mechanized Formal Reasoning", in Artificial Intelligence vol. 13, n. 1, 2 (1980).

UN APPROCCIO PROLOG ALLA FISICA NAIVE: L'ESEMPIO DEI PROCESSI QUALITATIVI

S. Bandini, M. Bruschi, M. G. Filippini, A. Molesini

Dipartimento di Scienze dell'Informazione
Università degli Studi di Milano
Via Moretto da Brescia, 9 20133 Milano tel (02) 2772233

Sommario

In questo lavoro viene presentata una interpretazione Prolog del linguaggio proposto nella Teoria Qualitativa dei Processi (QPT) di K.D. Forbus, nell'ambito della Fisica Qualitativa.

Oltre alle caratteristiche principali del linguaggio della QPT ed ai corrispettivi costrutti Prolog, vengono messi in risalto alcuni aspetti originali di carattere integrativo a tale linguaggio (usando tecniche di metainterpretazione) che permettono una adeguata implementazione di un sistema Prolog per la realizzazione del paradigma computazionale della teoria qualitativa scelta.

1. INTRODUZIONE

Ottenere modelli computazionali del ragionamento di senso comune e qualitativo su sistemi fisici costituisce uno dei cardini di un nuovo settore dell'Intelligenza Artificiale, conosciuto con il termine Naive Physics (NP) [7] [8], che, specialmente in questi ultimi anni, sta suscitando sempre maggiore interesse negli operatori del settore.

Con Fisica Qualitativa, viene inoltre denotata quella specifica parte della NP dedicata alla definizione e all'impiego di modelli qualitativi legati al senso comune per descrivere situazioni in cui sono coinvolte l'interpretazione e l'interazione con una realtà fisica opportunamente rappresentata [1].

In questo paradigma, ha avuto un ruolo fondamentale il lavoro di K.D.Forbus [5]: l'approccio introdotto da questo autore è accentrato sulla nozione di *processo,* inteso intuitivamente come qualcosa che causa un cambiamento su oggetti nel tempo.