

## COMPITO DI APPLICAZIONI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

11 Luglio 2006 (Punteggio su 30/30; Tempo 2h )

### Esercizio 1 (punti 8)

Dato il seguente training set S:

Struttura	Elemento	Mutagenico
Ring	Carbono	Si
Benzene	Ossigeno	Si
Fenantrere	Idrogeno	No
Fenantrere	Idrogeno	Si
Benzene	Ossigeno	Si
Benzene	Idrogeno	No
Ring	Idrogeno	Si
Fenantrere	Carbono	No
?	Idrogeno	Si
Fenantrere	Ossigeno	No
Benzene	Ossigeno	Si
Fenantrere	Ossigeno	No
?	Carbono	Si
Ring	Idrogeno	Si
Benzene	Carbono	No

- Si calcoli l'entropia del training set rispetto all'attributo Mutagenico (punti 1)
- Si calcoli il rapporto di guadagno dei due attributi rispetto a questi esempi di training (punti 4)
- si costruisca un albero decisionale ad un solo livello per il training set dato, indicando le etichette delle foglie (numero di esempi finiti nella foglia/numero di esempi finiti nella foglia non appartenenti alla classe della foglia). (punti 1,5)
- si classifichi l'istanza: (punti 1,5)

?	Idrogeno
---	----------

### Esercizio 2 (punti 8)

Un telefono cellulare è dotato di un microprocessore che può funzionare a tre diverse frequenze di clock (1, 2 e 3 MHz). Il cellulare deve eseguire la stessa sequenza di operazioni ogni TD millisecondi. Ciascuna delle operazioni da eseguire ha una durata base DB, che è la durata dell'operazione se eseguita a 1MHz (se eseguita a 2MHz la durata sarà DB/2, se eseguita a 3MHz sarà DB/3). Ciascuna delle operazioni consuma energia dalla batteria. Il consumo per un'operazione di durata  $D$  eseguita alla frequenza  $F$  è pari a  $E = (2 * F - 1) * D$ . Si scriva un predicato CLP

`cell(ListaDurateBase, TD, ListaFreq)`

che prende in ingresso

- ListaDurateBase: le durate base delle operazioni da svolgere,
- TD: il tempo entro cui tutte le operazioni devono essere svolte

e che fornisce in uscita la ListaFreq, che contiene le frequenze a cui devono essere svolte le varie operazioni. Il predicato deve calcolare per ogni operazione la frequenza a cui deve essere eseguita, in modo tale che tutte le operazioni vengano svolte entro il tempo TD, minimizzando l'energia consumata.

Esempio:

?- cell([24,30,18],60,F).

Found a solution with cost 84, F = [1, 1, 3]

Si supponga che il linguaggio CLP utilizzato contenga il vincolo `sumlist(L,S)`, che vincola la variabile S ad assumere come valore la somma dei valori nella lista L.

### Esercizio 3 (punti 8)

Si vuole pianificare l'attività di una periferica costituita da un carrello sospeso su un filo. Nello stato iniziale descritto dalle seguenti formule atomiche:

[**at (middle, carrello), empty(carrello), at(middle, oggettoA), at(middle, oggettoB), nonHanged(carrello)**]

si vuole raggiungere il goal:

[**at(destra,oggettoA), at(sinistra, oggettoB), at(middle, carrello), empty(carrello)**]

- le azioni sono modellate opportunamente come segue:

**move (Carr,Position1, Position2)**

PRECOND: at(Position1,Carr), hanged(Carr)

DELETE: at(Position1,Carr)

ADD: at(Position2,Carr)

**load(Carr, Oggetto, Position)**

PRECOND: at(Position,Carr), at(Position,Oggetto)

DELETE: at(Position, Oggetto), empty(Carr)

ADD: in(Oggetto, Carr)

**unload(Carr, Oggetto, Position)**

PRECOND: at(Position,Carr), in(Oggetto, Carr)

DELETE: in(Oggetto, Carr)

ADD: at(Position, Oggetto), empty(Carr)

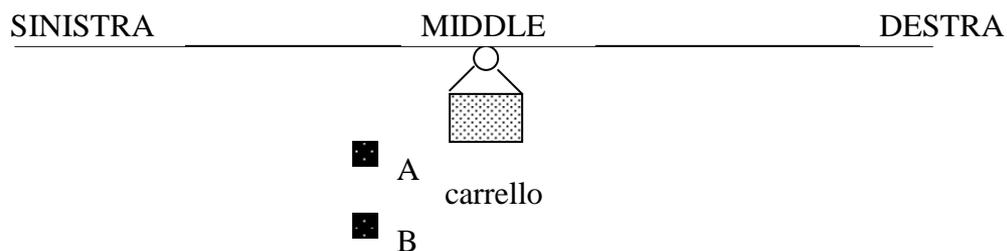
**hang\_on(Carrello)**

PRECOND: nonHanged(Carrello)

DELETE: nonHanged(Carrello)

ADD: hanged(Carrello)

Si risolva il problema utilizzando l'algoritmo POP. Si evidenzino i causal link e le minacce incontrate.



### Esercizio 4 (punti 6)

Si descrivano le tecniche di meta-interpretazione in Prolog e si scriva un meta-interprete per Prolog che adotta la regola di calcolo right-most, anziché la left-most.

## SOLUZIONE

### Esercizio 1:

a)  $\text{info}(S) = -9/15 * \log_2 9/15 - 6/15 * \log_2 6/15 = 0.971$

b)

Per calcolare il guadagno dell'attributo Struttura non si usa l'entropia calcolata su tutto il training set ma solo sugli esempi che hanno Struttura noto (insieme F):

$$\text{info}(F) = -7/13 * \log_2 7/13 - 6/13 * \log_2 6/13 = 0.996$$

$$\text{info}_{\text{Struttura}}(F) = 3/13 * (-3/3 * \log_2 3/3 - 0/3 * \log_2 0/3) + 5/13 * (-3/5 * \log_2 3/5 - 2/5 * \log_2 2/5) + 5/13 * (-1/5 * \log_2 1/5 - 4/5 * \log_2 4/5) =$$

$$= 0.231 * 0 + 0.385 * 0.971 + 0.385 * 0.722 = 0.652$$

$$\text{gain}(\text{Struttura}) = 13/15 * (0.996 - 0.652) = 0.298$$

$$\text{splitinfo}(\text{Struttura}) = -3/15 * \log_2(3/15) - 5/15 * \log_2(5/15) - 5/15 * \log_2(5/15) - 2/15 * \log_2(2/15) = 1.909$$

$$\text{gainratio}(\text{Struttura}) = 0.298 / 1.909 = 0.156$$

$$\text{info}_{\text{Elemento}}(S) = 4/15 * (-2/4 * \log_2 2/4 - 2/4 * \log_2 2/4) + 5/15 * (-3/5 * \log_2 3/5 - 2/5 * \log_2 2/5) + 6/15 * (-4/6 * \log_2 4/6 - 2/6 * \log_2 2/6) =$$

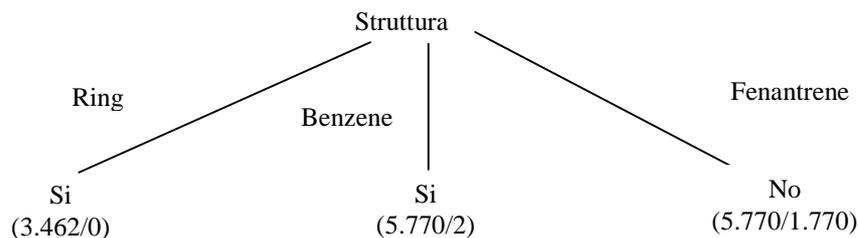
$$= 0.267 * 1 + 0.333 * 0.971 + 0.4 * 0.918 = 0.958$$

$$\text{gain}(\text{Elemento}) = 0.971 - 0.958 = 0.013$$

$$\text{splitinfo}(\text{Elemento}) = -4/15 * \log_2(4/15) - 5/15 * \log_2(5/15) - 6/15 * \log_2(6/15) = 1.566$$

$$\text{gainratio}(\text{Elemento}) = 0.013 / 1.566 = 0.008$$

c) L'attributo scelto per la radice dell'albero è Struttura.



d) l'istanza viene divisa in tre parti, di peso rispettivamente  $3.462/15=0.231$ ,  $5.77/15=0.385$  e  $5.77/15=0.385$ . La prima parte viene mandata lungo il ramo Ring e viene classificata come Si con probabilità 100% e come No con probabilità 0%. La seconda parte viene mandata lungo il ramo Benzene e viene classificata come Si con probabilità  $3.77/5.77=65.3\%$  e come No con probabilità  $1-65.3\%=34.7\%$ . La terza parte viene mandata lungo il ramo Fenantrene e viene classificata come No con probabilità  $4/5.77=69.3\%$  e come Si con probabilità  $1-69.3\%=30.7\%$ . Quindi in totale la classificazione dell'istanza è

$$\text{Si: } 0.231 * 100\% + 0.385 * 65.3\% + 0.385 * 30.7\% = 60.0\%$$

$$\text{No: } 0.231 * 0\% + 0.385 * 34.7\% + 0.385 * 69.3\% = 40.0\%$$

### Esercizio 2

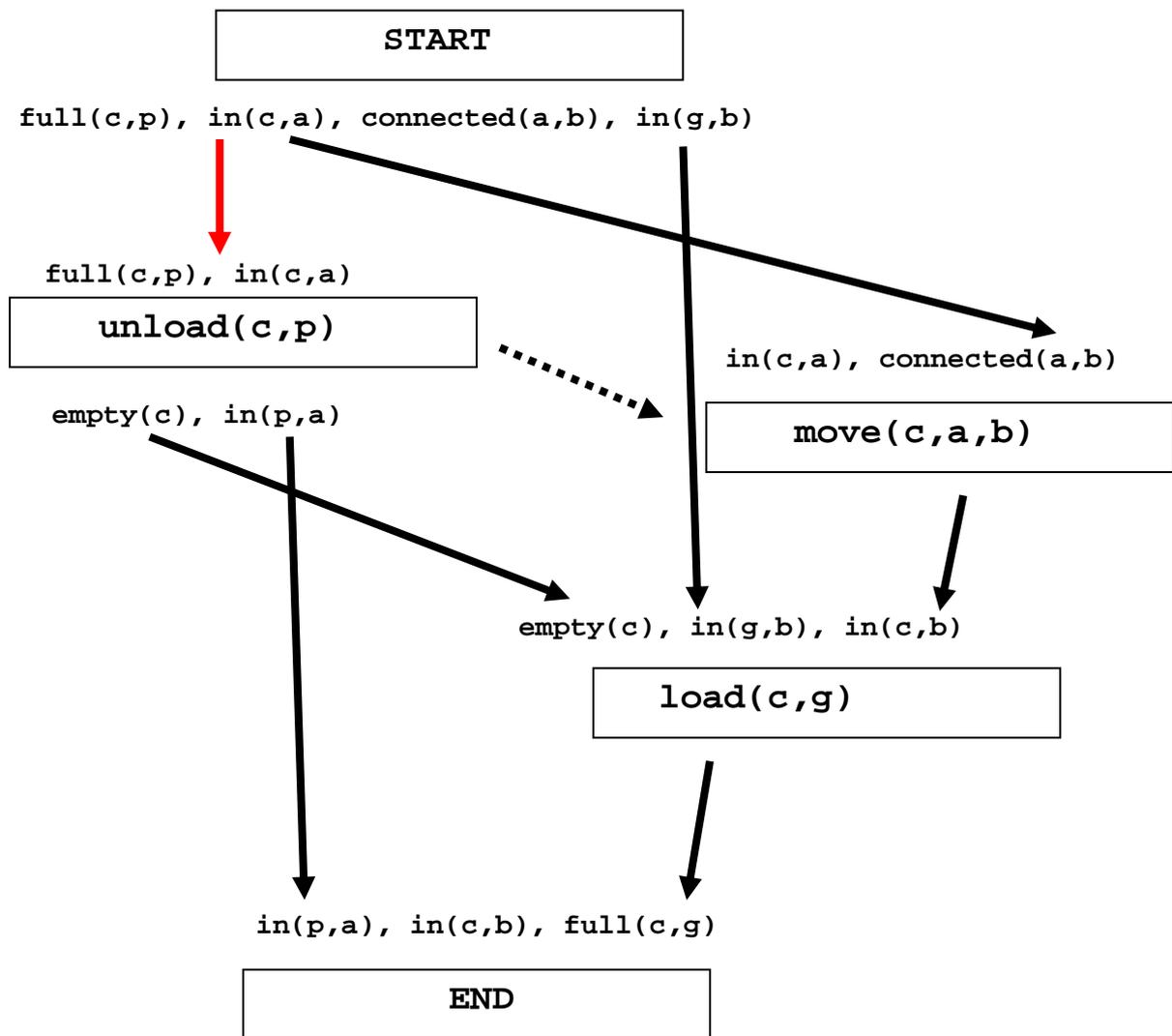
```
cell(DurBase, Dead, F) :-
    length(DurBase, N),
    length(Dur, N),
    length(F, N),
    F :: 1..3,
    prodotto(F, Dur, DurBase),
    energia(F, Dur, Energy),
    sumlist(Energy, EnergyTot),
```

```
sumlist(Dur,DurTot), DurTot #<= Dead,  
minimize(labeling(F),EnergyTot).
```

```
prodotto([],[],[]).  
prodotto([B|LB],[D|LD],[P|LP]):-  
    B*D #= P,  
    prodotto(LB,LD,LP).
```

```
energia([],[],[]).  
energia([F|LF],[D|LD],[E|LE]):-  
    E #= (2*F-1)*D,  
    energia(LF,LD,LE).
```

### Esercizio 3



Questo piano contiene un threat: infatti il *causal link* in rosso (`in(c,a)`) è minacciato dagli effetti dell'azione `move(c,b,a)` che come effetto contiene `not in(c,a)`.

In questo caso si può applicare la Demotion e far sì che `move(c,b,a)` segua `unload(c,p)` (vincolo di successione tratteggiato in figura).