FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE (8 CFU)

13 Gennaio 2015 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

Esercizio 1 (6 punti)

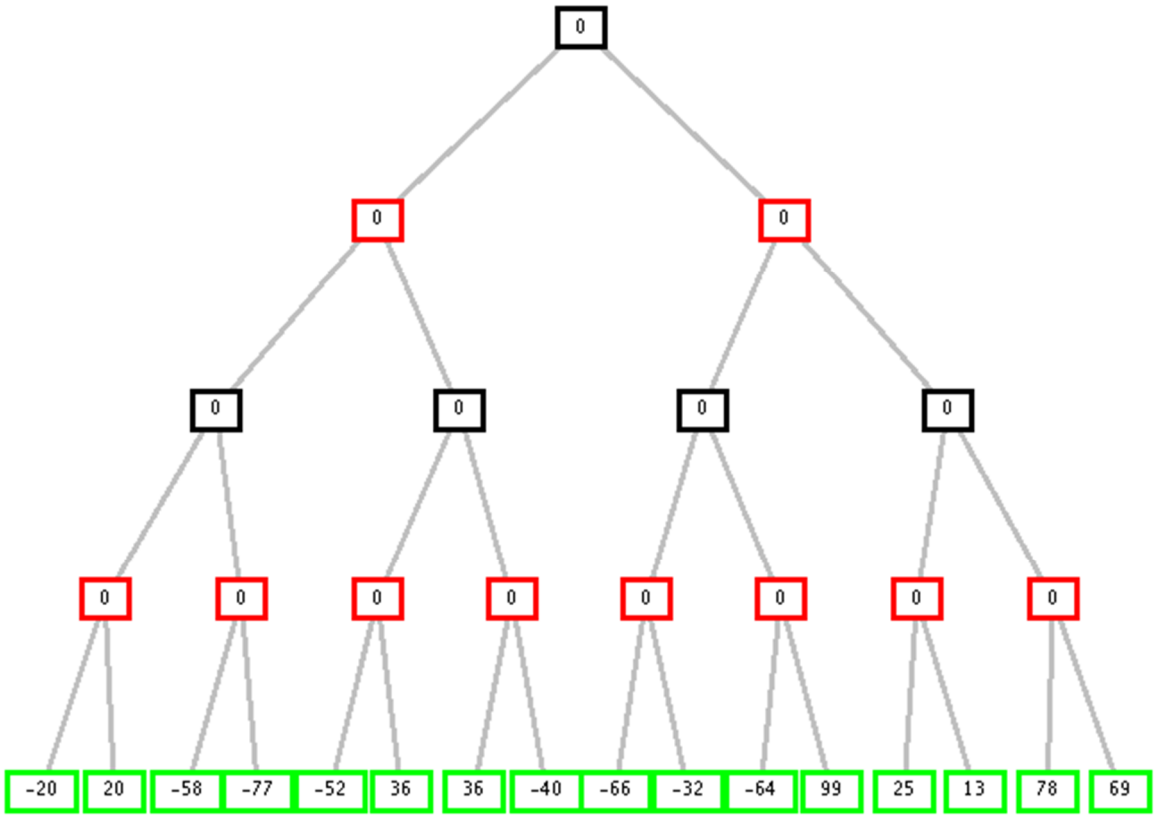
Si esprimano in logica dei predicati del I ordine le seguenti frasi:

- A tutti i bambini piacciono tutte le torte
- Se a un bambino piace qualcosa, allora lo mangia (e viceversa: se mangia qualcosa, allora gli piace).
- La "honorè" è una torta
- Federico non mangia la "honorè".

Si usi poi il principio di risoluzione per dimostrare che **Federico non è un bambino**. Si usi il seguente vocabolario: predicati: **b(X)** X è un bambino, **t(Y)** Y è una torta, **piace(X,Y)** a X piace Y, **mangia(X,Y)** X mangia Y; costanti: **fed** (federico), **hon** (honorè).

Esercizio 2 (5 punti)

Si consideri il seguente albero di gioco in cui la valutazione dei nodi terminali è dal punto di vista del primo giocatore (*MAX*). Si mostri come gli algoritmi *min-max* e *alfa-beta* risolvono il problema.



Esercizio 3 (5 punti)

Definire nel linguaggio *Prolog* il predicato `extract(X,L,Lout)`, che dato un termine `X` ground e una lista di termini ground `L`, ha successo con `Lout` lista che contiene tutte le occorrenze di `X` in `L`. Esempi:

```
?- extract(1, [1,4,5,4,1,1], L).
yes    L=[1,1,1]
?- extract (2, [1,4,5,4,1,1], L).
yes L=[]
?- extract (f(5), [f(1),4,f(5),4,1,1], []).
no
```

Esercizio 4 (5 punti)

Si supponga che le clausole di un programma Prolog siano memorizzate tramite fatti del tipo **"prog(Costo, Head, Body)."** dove **Costo** rappresenta il costo associato all'uso di quella clausola, **Head** la testa di tale clausola, e Body una lista rappresentante il corpo della clausola. Si definisca un meta interprete Prolog **solve(Goal, Costo)** che dimostri il goal dato, e tramite l'argomento **Costo** restituisca la somma di tutti costi associati alle clausole usate per la dimostrazione del goal. Ad esempio, col programma:

```
prog(5, p(X), [q(X), r(X)]).
prog(6, q(1), [ ]).
prog(135, q(2), [ ]).
prog(7, r(X), [ ]).
```

Se invocato con goal :

```
:- solve (p(X), Costo).
```

Restituisce **yes, X/1, Costo/18.**

Esercizio 5 (7 punti)

Si consideri il problema dell'ordinamento in senso crescente di una lista di n elementi (x1, ... , xn). Si assuma di poter determinare l'ordinamento di una qualsiasi coppia di elementi della lista, e che l'unico tipo di azioni eseguibili sia lo scambio di una coppia di elementi. Nella formulazione del problema come un problema di ricerca, uno stato corrisponde a una lista composta da una data permutazione degli n elementi della lista da ordinare. Lo stato iniziale corrisponde alla lista da ordinare, lo stato obiettivo corrisponde alla lista ordinata contenente gli stessi elementi. Si considerino come operatori tutti i possibili scambi di coppie di elementi non ordinati della lista corrispondente a uno stato. Lo spazio degli stati è quindi costituito da un grafo orientato tale che i successori di ogni nodo x corrispondono a tutte le liste ottenibili da quella del nodo x scambiando coppie di elementi non ordinati.

a) Si supponga che lo scambio di due elementi della lista abbia costo costante, pari all'unità. Si consideri poi la seguente euristica: in uno stato in cui vi sono p elementi "fuori posto", l'euristica vale p/2 (arrotondato all'intero superiore). Tale euristica è ammissibile? E' consistente?
b) Si applichi l'algoritmo di ricerca A* (con l'euristica definita nel punto b) alla lista (4 3 2 1), espandendo non più di 5 nodi dell'albero di ricerca (indicare chiaramente l'ordine di espansione dei nodi, e i valori dell'euristica e della funzione di valutazione di ogni nodo generato). Per la generazione dei nuovi stati si applichino gli operatori nel seguente modo: si consideri ogni elemento della lista del nodo da espandere, da sinistra verso destra, e ciascuno degli elementi successivi, ancora da sinistra verso destra. A parità del valore della funzione di valutazione, si espanda il nodo a profondità minore, e a parità di profondità quello generato per primo.

Esercizio 6 (4 punti)

Si introduca brevemente l'idea alla base degli algoritmi di propagazione dei vincoli rispetto alla tecnica "Standard Backtracking", e si delineino sinteticamente le differenze tra "Forward Checking", "Partial Look Ahead" e "Full Look Ahead".

FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

13 Gennaio 2015 – Soluzioni

Esercizio 1

Rappresentazione in logica del I ordine:

1. $\forall X\ \forall Y\ \ b(X) \wedge t(Y) \longrightarrow piace(X,Y)$.
2. $\forall X\ \forall Y\ \ b(X) \wedge piace(X,Y) \longrightarrow mangia(X,Y)$.
3. $\forall X\ \forall Y\ \ b(X) \wedge mangia(X,Y) \longrightarrow piace(X,Y)$.
4. t(hon).
5. $\neg$ mangia(fed, hon).

Goal: $\neg$ b(fed).

Trasformazione in clausole:

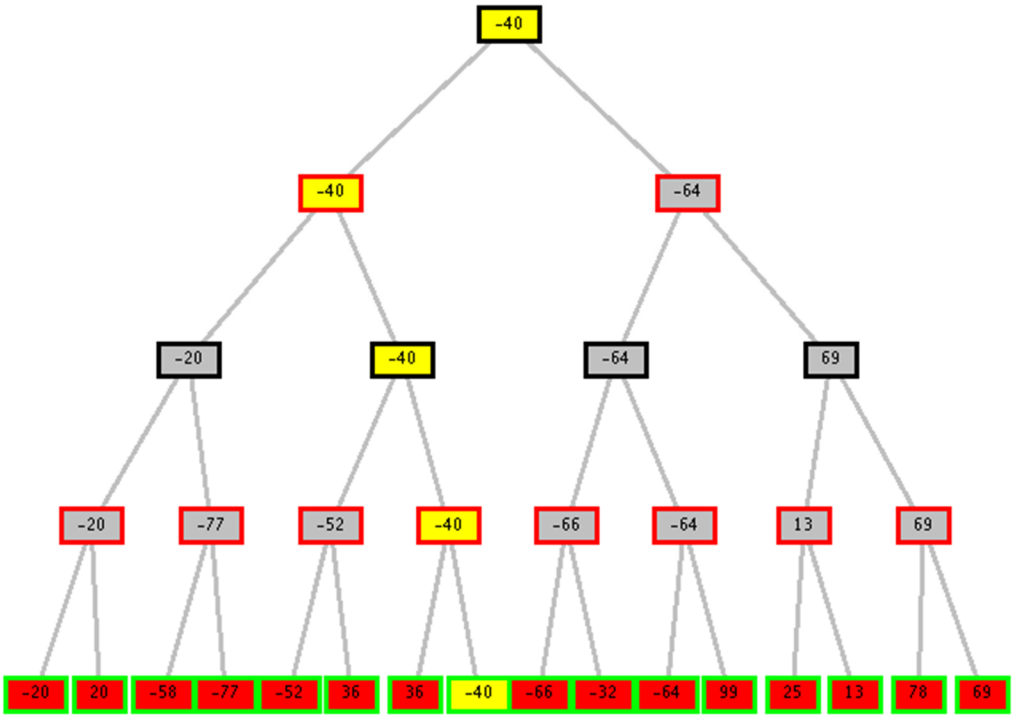
C1: not b(X) or not t(Y) or piace(X,Y).
C2: not b(X) or not piace(X,Y) or mangia(X,Y).
C3: not b(X) or not mangia(X,Y) or piace(X,Y).
C4: t(hon).
C5: not mangia(fed, hon).
GNeg: b(fed).

Risoluzione:

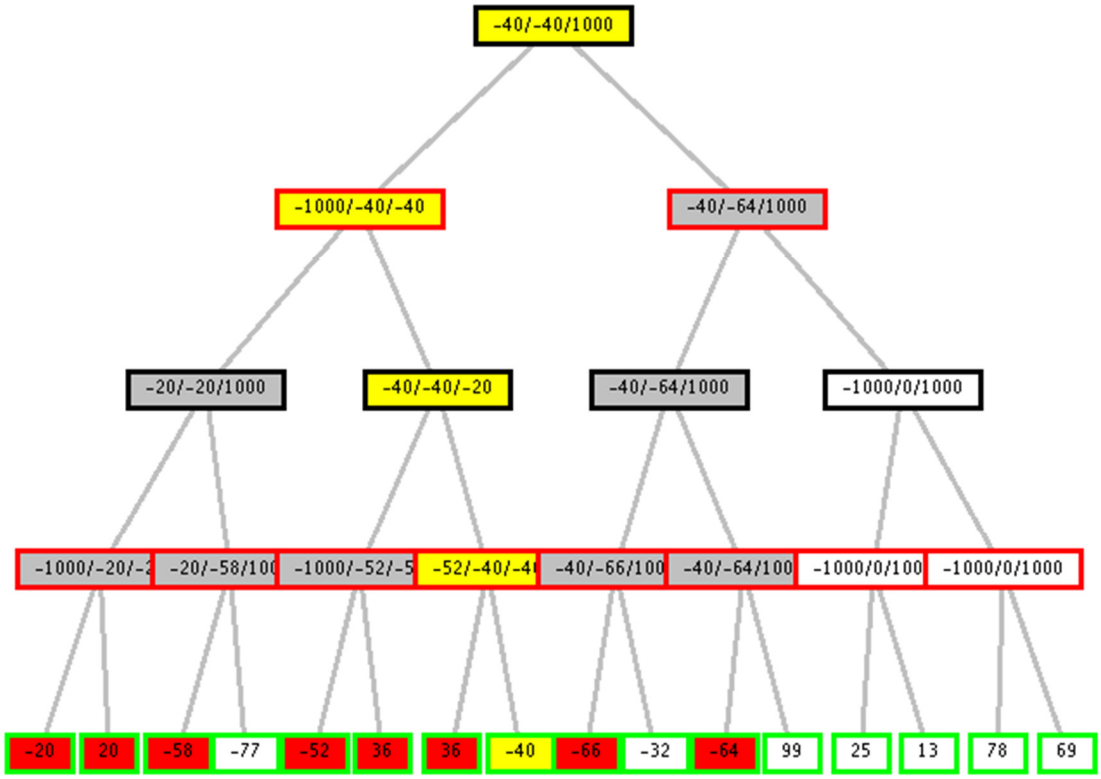
C6: GNeg+C2: not piace(fed,Y) or mangia(fed,Y).
C7: C6 + C5: not piace(fed, hon).
C8: C7 + C1: not b(fed) or not t(hon).
C9: C8 + GNeg: not t(hon).
C10: C9 + C4: clausola vuota.

Esercizio 2

Min-max:



Alfa-Beta:



Esercizio 3

```
extract( _, [], []).
extract( X, [X|T], [X|L]) :- !,extract(X,T,L).
extract( X, [_|T], L) :- extract(X,T,L).
```

Esercizio 4

```
solve([], 0) :- !.
solve([Head|Tail], Costo) :-
    !,
    solve(Head, CHead),
    solve(Tail, CTail),
    Costo is CHead + CTail.
solve(Head, Costo) :-
    prog(CHead, Head, Body),
    solve(Body, CBody),
    Costo is CHead + CBody.
```

Esercizio 5

a) Tenendo conto degli operatori definiti nel punto a), se una lista contiene p elementi fuori posto rispetto allo stato obbiettivo è facile verificare che sarà necessario scambiare non meno di "p/2" coppie di elementi per ordinarla. Quindi la funzione euristica è ammissibile per questo problema. La funzione euristica è anche consistente. A tal scopo osserviamo che, affinchè sia consistente, deve valere:
   - h(n) = 0 se n è lo stato obiettivo: vero, poiché l'euristica nello stato obiettivo ha zero nodi fuori posto, e quindi vale zero;

- h(n) <= c(n, a, n') + h(n'): supponendo che nello stato n vi siano p elementi fuori posto, nel caso migliore saranno necessari p/2 scambi (arrotondato all'intero sup.). Poiché la singola azione consiste in un singolo scambio, nell'ipotesi migliore entrambi gli elementi andranno nella posizione "corretta", e quindi gli elementi fuori posto (sempre nell'ipotesi migliore) saranno (p-2); l'euristica per il nodo n' varrà h(n')=(p-2)/2. Riassumendo, nell'ipotesi del caso migliore, per il generico nodo n varrà sempre:

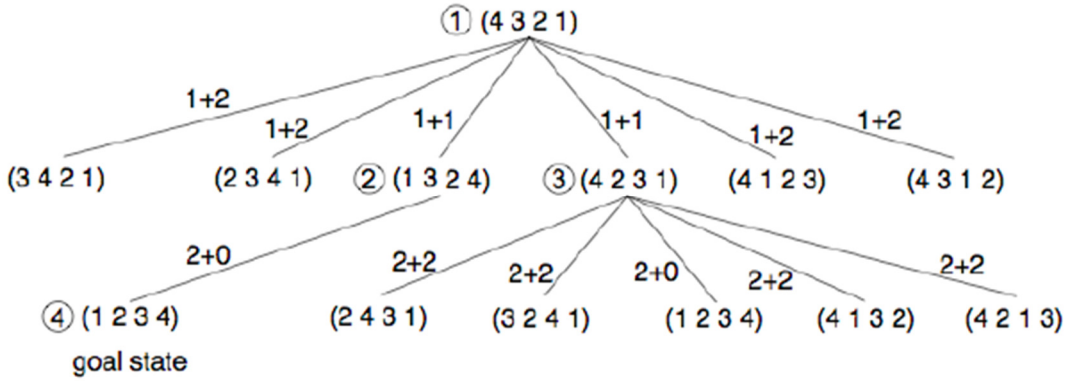
  $$p/2 <= 1 + (p-2)/2$$

  cioè:

  $$p/2 <= 1 + p/2 -1$$

  Da cui si evince che la disuguaglianza è sempre verificata.

c) L'albero di ricerca è mostrato in figura. L'ordine di espansione dei nodi è indicato dai numeri all'interno dei cerchi. Su ogni ramo è indicata la funzione di valutazione del nodo risultante, come somma del pathcost e della funzione euristica.



Esercizio 6

Si vedano le slides del corso.