

## COMPITO DI APPLICAZIONI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

**2 Aprile 2009 (Punteggio su 30/30; Tempo 2h )**

### **Esercizio 1 (punti 8)**

Dato il seguente training set S:

<b>Esposizione</b>	<b>Correttezza</b>	<b>Classe</b>
Buona	?	Pos
Scarsa	Bassa	Neg
Media	Media	Pos
Scarsa	Media	Pos
Media	Bassa	Neg
Buona	Alta	Pos
Media	Media	Neg
Buona	Alta	Neg
Media	Media	Pos
Scarsa	Bassa	Neg
Scarsa	?	Pos
Media	Alta	Neg
Buona	Bassa	Pos
Scarsa	Media	Pos
Buona	Alta	Neg
Media	Bassa	Pos
Scarsa	Alta	Neg

- a) Si calcoli l'entropia del training set rispetto all'attributo Classe (punti 1)
- b) Si calcoli il rapporto di guadagno dei due attributi rispetto a questi esempi di training (punti 4)
- c) 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)
- d) si classifichi l'istanza: (punti 1,5)

Media	?
-------	---

### **Esercizio 2 (Punti 8) Piada tycoon**

Loris è figlio della titolare di una famoso spaccio di piadine nel Riminese e sta tornando in Italia dopo aver frequentato con successo un prestigioso Master in Business Administration ad Harvard, a cui si è iscritto inseguendo il sogno di esportare in tutto il mondo la piadina romagnola. Nel lungo viaggio in prima classe, medita su come presentare alla mamma, che sa essere un tantino restia alle innovazioni, il progetto di aprire un ristorante a New York City. Loris ha calcolato che per permettere la produzione di volumi di piada adeguati alla Grande Mela occorrerà organizzare il lavoro in pipeline: si può ipotizzare che ogni 15 minuti la squadra di cuochi riesca a preparare 15 piade dello stesso tipo, per poi passare ad un tipo di piada diverso per non stancarsi troppo. La caotica new york city non permette di conoscere la distribuzione dell'arrivo dei clienti, così l'intraprendente giovanotto ha pensato di formulare i requisiti minimi di produzione in termini di throughput, da mantenere nel periodo critico intorno alla cena (notoriamente gli americani pranzano poco): in particolare nell'intervallo 6.15pm-8.45pm (notoriamente gli americani cenano presto).

Sorseggiando un caffè fumante, Loris ha ipotizzato in linea di massima il seguente mix produttivo:

<b>Piada</b>	<b>Numero</b>	<b>Ogni</b>
Prosciutto, rucola e stracchino	45	2 ore
Erbette	30	2 ore
Verdure gratin	15	1 ora e 45 minuti
Salsiccia e cipolla	15	2 ore e 15 minuti
Salsiccia e cavolo	15	2 ore e 15 minuti

Si modelli la determinazione della sequenza di tipi di piada da produrre nell'intervallo considerato come un problema a vincoli; si mostri anche una possibile soluzione.

*N.B.: L'episodio è ispirato da una storia vera. Se vi venisse voglia di piadina a NY... [www.gradiscanyc.com](http://www.gradiscanyc.com)*

### Esercizio 3 (punti 8)

Si consideri uno stato iniziale descritto dalle seguenti formule atomiche, in cui un camion ha due locazioni, posto1 e posto2:

**[in(firenze, carico2), in(bologna, carico1), libero(camion,posto1), libero(camion,posto2), at(bologna,camion), connesso(bologna, firenze), connesso(firenze, roma)]**

Da questo stato si vuole raggiungere il goal:

**in(roma,carico1), in(roma,carico2)**

e le azioni modellate come segue:

Scaricamento materiale da camion

**unload(C,M)**

PREC: on(C,M,P), at(X,C), occupato(C,P)

EFFECT:  $\neg$ on(C,M,P), libero(C,P),  $\neg$ occupato(C,P), in(X,M)

Caricamento materiale su camion vuoto

**load\_su\_vuoto(C,M)**

PREC: libero(C,posto1), libero(C,posto2), at(X,C), in(X,M)

EFFECT: on(C,M,posto1),  $\neg$ in(X,M),  $\neg$ libero(C,posto1), occupato(C,posto1)

Caricamento materiale su camion parzialmente pieno

**load\_su\_non\_vuoto(C,M)**

PREC: occupato(C,posto1), libero(C,posto2), at(X,C), in(X,M)

EFFECT: on(C,M,posto2),  $\neg$ in(X,M),  $\neg$ libero(C,posto2), occupato(C,posto2)

Spostamento del mezzo tra due posizioni connesse

**move(C,Loc1,Loc2)**

PREC: at(C,Loc1), connected(Loc1,Loc2)

EFFECT: at(C,Loc2),  $\neg$ at(C,Loc1)

Si risolva il problema utilizzando l'algoritmo POP evidenziando le minacce ai causal link e il modo adottato per risolverle.

### Esercizio 4 (punti 6)

1) Si descriva Inductive Logic Programming e quali applicazioni ha.

2) Si calcoli la least general generalization delle due clausole

$C1 = (\text{heads}(\text{Coin}, 1) \vee \text{tails}(\text{Coin}, 1)) \leftarrow \text{toss}(\text{Coin}, 1), \text{owns}(\text{Coin}, \text{owner}(\text{Coin})), \text{owns}(\text{Coin}, \text{bob}).$

$C2 = (\text{heads}(c, T) \vee \text{tails}(c, T)) \leftarrow \text{toss}(c, T), \text{owns}(c, \text{bob}), \text{owns}(c, \text{owner}(\text{Coin})).$

3) Cosa è la pianificazione condizionale e quali limitazioni presenta.

4) Si descriva la semantica del vincolo gcc e si faccia un esempio d'uso.

## SOLUZIONE

### Esercizio 1

a)  $\text{info}(S) = -9/17 * \log_2 9/17 - 8/17 * \log_2 8/17 = 0.998$

b)

$$\text{info}_{\text{Esposizione}}(S) = 5/17 * (-3/5 * \log_2 3/5 - 2/5 * \log_2 2/5) + 6/17 * (-3/6 * \log_2 3/6 - 3/6 * \log_2 3/6) + 6/17 * (-3/6 * \log_2 3/6 - 3/6 * \log_2 3/6) =$$

$$= 0.294 * 0.971 + 0.353 * 1 + 0.353 * 1 = 0.991$$

$$\text{gain}(\text{Esposizione}) = 0.998 - 0.991 = 0.007$$

$$\text{splitinfo}(\text{Esposizione}) = -5/17 * \log_2(5/17) - 6/17 * \log_2(6/17) - 6/17 * \log_2(6/17) = 1.580$$

$$\text{gainratio}(\text{Esposizione}) = 0.007 / 1.580 = 0.004$$

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

$$\text{info}(F) = -7/15 * \log_2 7/15 - 8/15 * \log_2 8/15 = 0.997$$

$$\text{info}_{\text{Correttezza}}(F) = 5/15 * (-1/5 * \log_2 1/5 - 4/5 * \log_2 4/5) + 5/15 * (-4/5 * \log_2 4/5 - 1/5 * \log_2 1/5) + 5/15 * (-2/5 * \log_2 2/5 - 3/5 * \log_2 3/5) =$$

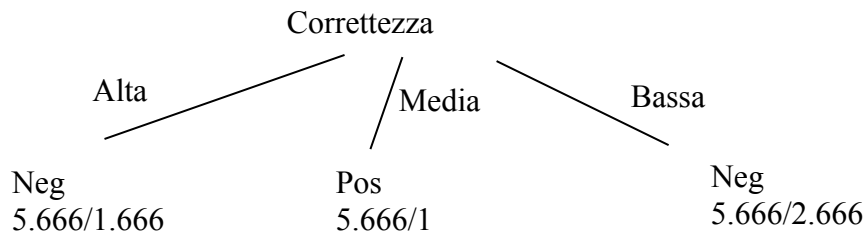
$$= 0.333 * 0.722 + 0.333 * 0.722 + 0.333 * 0.971 = 0.804$$

$$\text{gain}(\text{Correttezza}) = 15/17 * (0.997 - 0.804) = 0.170$$

$$\text{splitinfo}(\text{Correttezza}) = -5/17 * \log_2(5/17) - 5/17 * \log_2(5/17) - 5/17 * \log_2(5/17) - 2/17 * \log_2(2/17) = 1.921$$

$$\text{gainratio}(\text{Correttezza}) = 0.170 / 1.921 = 0.088$$

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



d) l'istanza viene divisa in tre parti, di peso rispettivamente 0.333, 0.333 e 0.333. La prima parte viene mandata lungo il ramo Alta e classificata come Neg con probabilità  $4/5.666=70.6\%$  e come Pos con probabilità  $1/5.666=17.6\%$ . La seconda parte viene mandata lungo il ramo Media e classificata come Pos con probabilità  $4.666/5.666=82.4\%$  e come Neg con probabilità  $1/5.666=17.6\%$ . La terza parte viene mandata lungo il ramo Bassa e classificata come Neg con probabilità  $3/5.666=52.9\%$  e come Pos con probabilità  $2.666/5.666=47.1\%$ .

Quindi in totale la classificazione dell'istanza è

$$\text{Pos: } 0.333 * 29.4\% + 0.333 * 82.4\% + 0.333 * 47.1\% = 52.9\%$$

$$\text{Neg: } 0.333 * 70.6\% + 0.333 * 17.6\% + 0.333 * 52.9\% = 47\%$$

Esercizio 3

START

in(bo,c1), in(fi,c2), libero (c,p1), libero(c, p2), at(bo,c), connesso(bo,fi), ,  
connesso(fi,r)

libero(c, p1), at(bo,c), in(bo,c1)  
load\_su\_vuoto(c,c1)  
occupato(c,p1), on(c,c1,p1)

at(bo,c), connected(bo,fi)

move(c,bo,fi)

-at(bo,c), at(fi,c)

libero(c, p2), at(fi,c), in(fi,c2)  
load\_su\_non\_vuoto(c,c2)  
occupato(c, p2), on(c,c2,p2)

at(fi,c),connected(fi,r)

move(c,fi,r)

-at(fi,c), at(r,c)

on(c,c1,p1), at(r,c), occupato(c,p1)

unload(c,c1,p1)

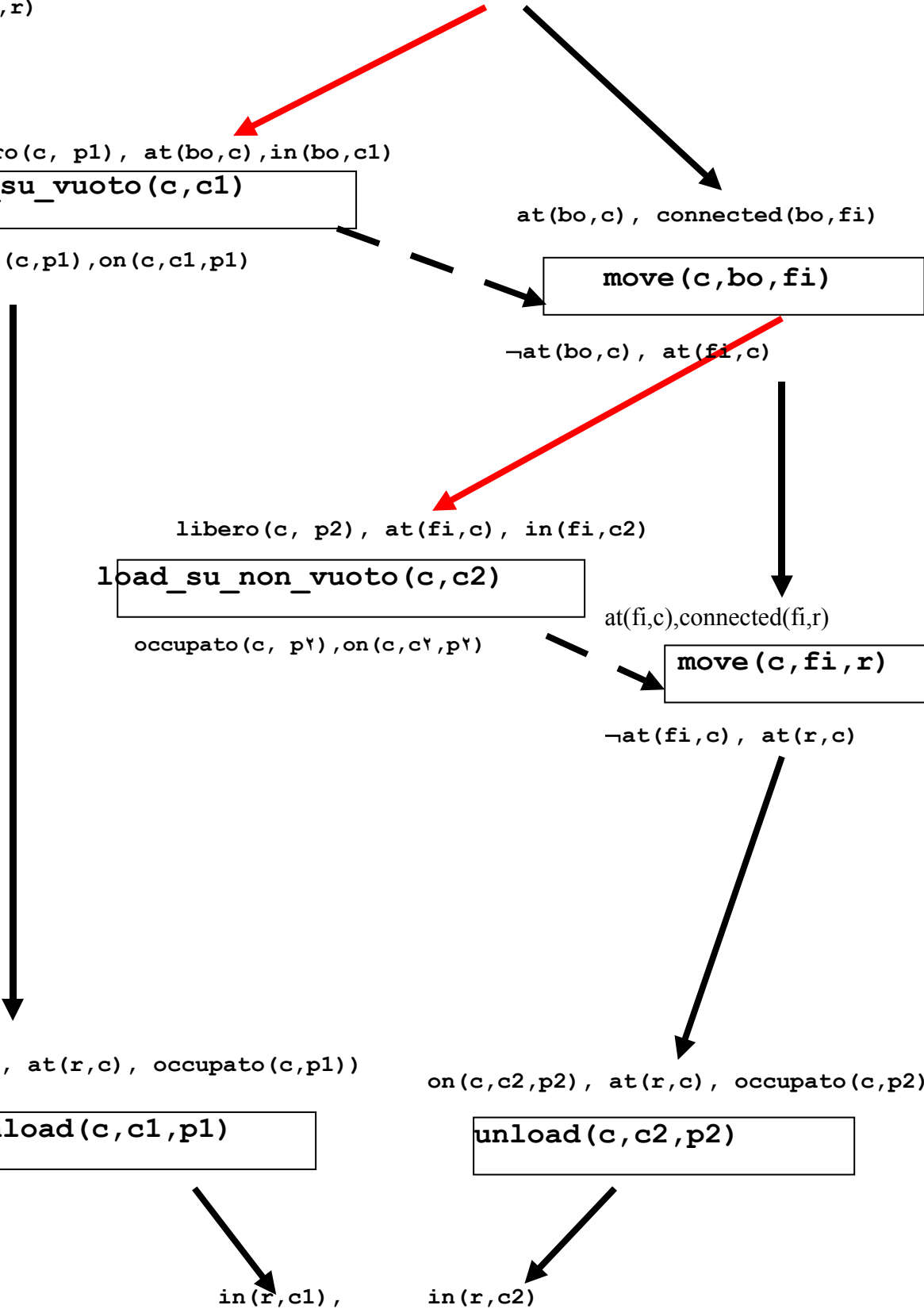
on(c,c2,p2), at(r,c), occupato(c,p2)

unload(c,c2,p2)

in(r,c1),

in(r,c2)

END



Questo piano contiene due threat: infatti il *causal link* in rosso tra start e load\_su\_vuoto è minacciato dagli effetti dell'azione move(c,bo,fi) che ha come effetto not at(bo,c). Analogamente il causal link in rosso tra move(c,bo,fi) e l'azione load\_su\_non\_vuoto è minacciato dall'azione move(c,fi,r) che ha come effetto not at(fi,c).

**In entrambi i casi, si può applicare la Demotion e far sì che le azioni di tipo load precedano le move (vincoli di precedenza tratteggiati in figura).**

## Esercizio 2 SOLUZIONE

Una variabile discreta per ogni intervallo di 15 minuti dalle 6.5pm alle 8.45pm:

$$T_i = [P, E, G, S, C] \quad i=0..9$$

Vincolo sul cambio di tipo di piada:

$$T_i \neq T_{i+1}, \quad \forall i=0..8$$

Vincoli di throughput:

P: 3/8, E: 2/8, G: 1/7, S: 1/9, C: 1/10

Si possono modellare utilizzando insiemi di gcc, per ogni gruppo di piade con lo stesso periodo. Per i primi due tipi di piada (P ed E):

$$gcc([T0..T7], [P, E, G, S, C], [3, 2, 0, 0, 0], [8, 8, 8, 8, 8])$$

$$gcc([T1..T8], [P, E, G, S, C], [3, 2, 0, 0, 0], [8, 8, 8, 8, 8])$$

$$gcc([T2..T9], [P, E, G, S, C], [3, 2, 0, 0, 0], [8, 8, 8, 8, 8])$$

Per la piada con i gratin (G)

$$gcc([T0..T6], [P, E, G, S, C], [0, 0, 1, 0, 0], [7, 7, 7, 7, 7])$$

$$gcc([T1..T7], [P, E, G, S, C], [0, 0, 1, 0, 0], [7, 7, 7, 7, 7])$$

$$gcc([T2..T8], [P, E, G, S, C], [0, 0, 1, 0, 0], [7, 7, 7, 7, 7])$$

$$gcc([T3..T4], [P, E, G, S, C], [0, 0, 1, 0, 0], [7, 7, 7, 7, 7])$$

Per gli ultimi due tipi (S e C):

$$gcc([T0..T8], [P, E, G, S, C], [0, 0, 0, 1, 1], [9, 9, 9, 9, 9])$$

$$gcc([T1..T9], [P, E, G, S, C], [0, 0, 0, 1, 1], [9, 9, 9, 9, 9])$$

Una possibile soluzione:

$$T_0..T_9 = [P, E, P, E, P, G, S, C, P, E]$$

## Esercizio 4

C1=(heads(Coin,1) ∨ tails(Coin,1)) ← toss(Coin,1), owns(Coin,owner(Coin)), owns(Coin,bob).

C2=(heads(c,T) ∨ tails(c,T))←toss(c,T), owns(c,bob), owns(c,owner(Coin1)).

lgg(C1,C2) =(heads(A,B) ∨ tails(A,B)) ← toss(A,B), owns(A,C), owns(A,D), owns(A,bob), owns(Coin,E).

dove le variabile corrispondono agli lgg di queste coppie di termini:

A/(Coin, c)

B/(1,T)

C/(owner(Coin),bob)

D/(owner(Coin), owner(Coin1))

E/(bob, owner(Coin1))