

# 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:

Esposizione	Correttezza	Classe
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

- Si calcoli l'entropia del training set rispetto all'attributo Classe (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)

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

## Esercizio 2 (punti 8)

L'esercizio su CLP si svolge il pomeriggio, alle 14 in Lab Info Grande (III piano).

## 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), -in(X,M), -libero(C,posto2), occupato(C,posto2)

Spostamento del mezzo tra due posizioni connesse

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

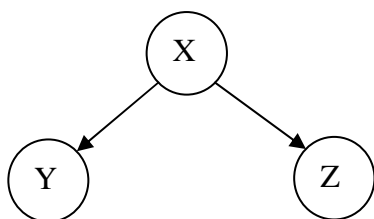
PREC: at(C,Loc1), connected(Loc1,Loc2)

EFFECT: at(C,Loc2), -at(C,Loc1)

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

#### Esercizio 4 (punti 6) –per chi ha seguito nell'A.A. 2006/07 o successivi

Sia data la seguente rete bayesiana



Dove la variabile X, assume i valori x1. x2. x3, la variabile Y, assume i valori vero e falso e la variabile Z assume i valori vero e false.

Le tabelle di probabilità condizionata sono

per X:

X	x1	x2	X3
	0.3	0.2	0.5

per Y

X \ Y	vero	falso
x1	0.2	0.8
x2	0.7	0.3
x3	0.4	0.6

per Z

X \ Z	vero	falso
x1	0.1	0.9
x2	0.2	0.8
x3	0.5	0.5

Si calcoli la probabilità  $P(Y|Z)$ , ovvero la probabilità che Y sia vero dato che Z è vero.

#### **Esercizio 4a (punti 4) –per chi ha seguito nell’A.A. 2004/05 o precedenti**

In un linguaggio simbolico Prolog-like la base di conoscenza è costituita da fatti e regole del tipo:  
`rule( Testa , Body , CF )` dove `CF` è un fattore di certezza (reale tra 0 e 1).

Si scriva un metainterprete `solve( Goal , CFTot )` per tale linguaggio, che verifichi se `Goal` è dimostrato usando fatti e regole del programma e, in questo caso, calcoli con che fattore di certezza totale (`CFTot`) tale goal è dimostrato. Il goal `true` è dimostrato con certezza 1. Per le gole, il `CF` è il prodotto del `CF` della regola per qil `CF` uello del suo corpo. Per le congiunzioni, il fattore di certezza è il prodotto dei fattori di certezza di ogni singolo congiunto atomico. Per esempio, per il programma:

```
rule(a, (b,c), 1.0).  
rule(b,d, 0.5).  
rule(c,true, 1.0).  
rule(d,true, 0.5).
```

il metainterprete deve dare la seguente risposta:

```
?-solve(a,P).  
yes P=0.25
```

poiché `a` è dimostrato applicando 1 regola (`CF` 1) e la congiunzione `(b,c)` è dimostrata con `CF` 0.25 (0.25 per `b` e 1 per `c`).

Si utilizzi per il meta-interprete da realizzare la medesima regola di calcolo e strategia di ricerca di di Prolog.

#### **Esercizio 4b (punti 2) –per chi ha seguito nell’A.A. 2004/05 o precedenti**

Descrivere forward e backward chaining, evidenziando le loro differenze e discutendo in quali casi risulta più adatta l’applicazione dell’uno o dell’altro.

## 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):

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

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

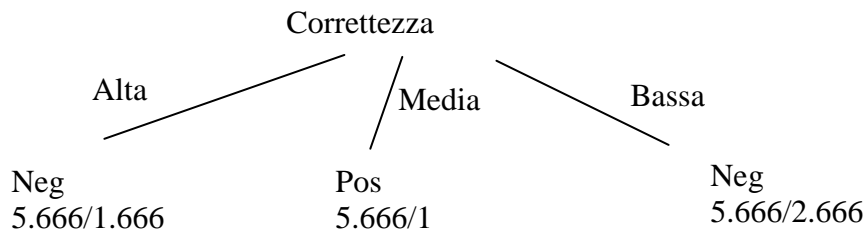
$$= 0.333 * 0.722 + 0.333 * 0.722 + 0.333 * 0.971 = 0.804$$

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

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

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

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  $2.666/5.666=47.1\%$ .

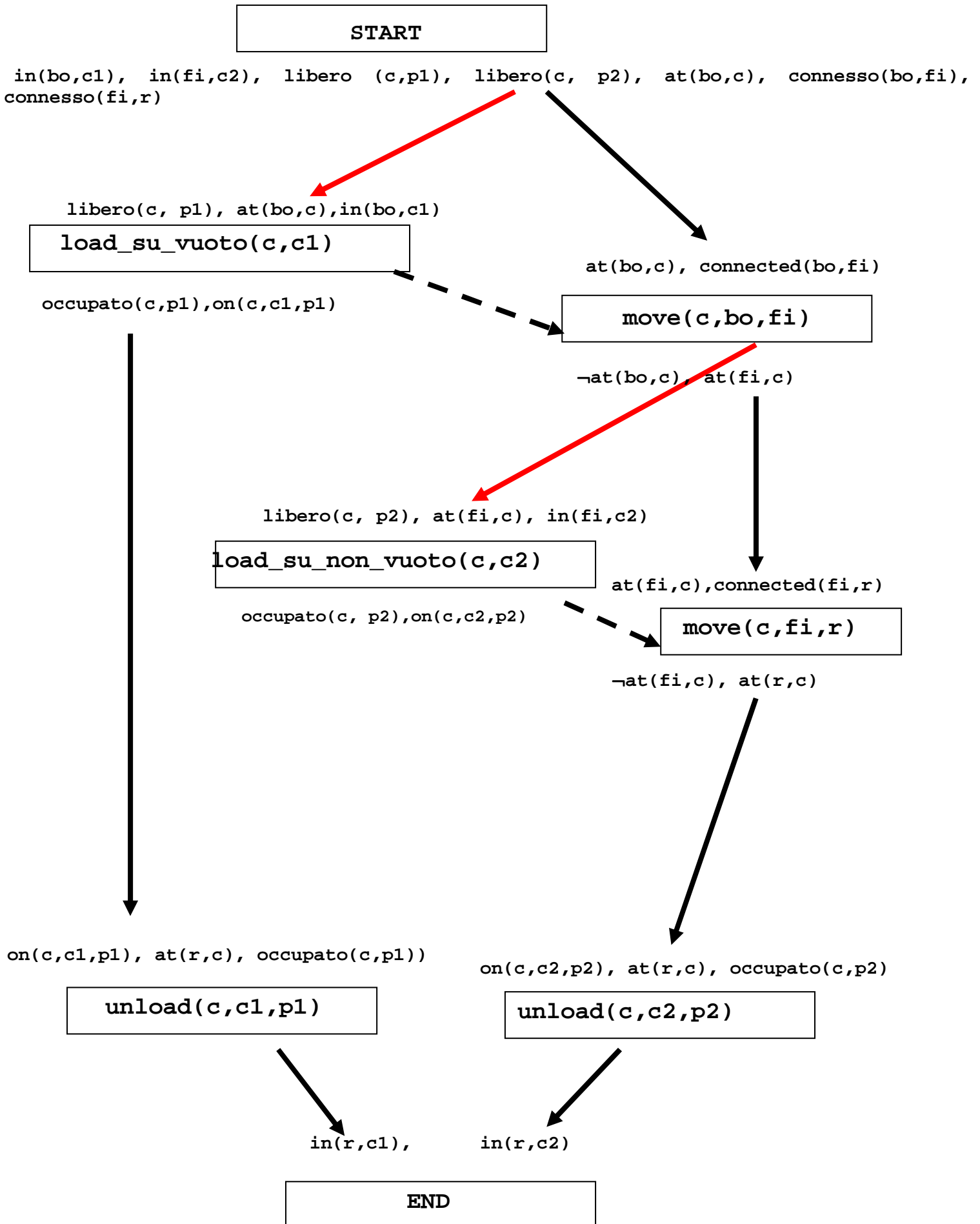
Quindi in totale la classificazione dell'istanza è

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

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



Esercizio 3



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 4 A.A. 2006/07 e successivi

$$P(Y|Z)=P(Y,Z)/P(Z)=(P(x1,Y,Z)+P(x2,Y,Z)+P(x3,Y,Z))/(P(x1,Y,Z)+P(x2,Y,Z)+P(x3,Y,Z)+P(x1,\sim Y,Z)+P(x2,\sim Y,Z)+P(x3,\sim Y,Z))$$

$$P(x1,Y,Z)=P(Z|Y,x1)P(Y|x1)P(x1)=P(Z|x1)P(Y|x1)P(x1)=0.1*0.2*0.3=0.006$$

$$P(x2,Y,Z)=P(Z|Y,x2)P(Y|x2)P(x2)=P(Z|x2)P(Y|x2)P(x2)=0.2*0.7*0.2=0.028$$

$$P(x3,Y,Z)=P(Z|Y,x3)P(Y|x3)P(x3)=P(Z|x3)P(Y|x3)P(x3)=0.5*0.4*0.5=0.1$$

$$P(x1,\sim Y,Z)=P(Z|\sim Y,x1)P(\sim Y|x1)P(x1)=P(Z|x1)P(\sim Y|x1)P(x1)=0.1*0.8*0.3=0.024$$

$$P(x2,\sim Y,Z)=P(Z|\sim Y,x2)P(\sim Y|x2)P(x2)=P(Z|x2)P(\sim Y|x2)P(x2)=0.2*0.3*0.2=0.012$$

$$P(x3,\sim Y,Z)=P(Z|\sim Y,x3)P(\sim Y|x3)P(x3)=P(Z|x3)P(\sim Y|x3)P(x3)=0.5*0.6*0.5=0.15$$

$$P(Y,Z)=P(x1,Y,Z)+P(x2,Y,Z)+P(x3,Y,Z)=0.006+0.028+0.1=0.134$$

$$P(\sim Y,Z)=P(x1,\sim Y,Z)+P(x2,\sim Y,Z)+P(x3,\sim Y,Z)=0.024+0.012+0.15=0.186$$

$$P(Z)=P(Y,Z)+P(\sim Y,Z)=0.134+0.186=0.32$$

$$P(Y|Z)=0.134/0.32=0.41875$$

#### Esercizio 4a A.A. 2004/05 e precedenti

solve(true,1):-!.

solve((A,B),P):-!,solve(A,PA),solve(B,PB),P is PA\*PB.

solve(A,P):-rule(A,B,CF),solve(B,PB),P is CF\*PB.