

# COMPITO DI APPLICAZIONI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

19 marzo 2009 (Punteggio su 30/30; Tempo 2h )

**Esercizio 1 (punti 8)** Dato il seguente training set S:

Temperatura	Umidità	Classe
Alta	Alta	Pos
Alta	Bassa	Neg
Bassa	Media	Pos
Bassa	Alta	Pos
Alta	Media	Neg
Bassa	Bassa	Pos
Bassa	Bassa	Neg
?	Bassa	Neg
Alta	Alta	Pos
Alta	Alta	Neg
Bassa	Bassa	Pos
Alta	Alta	Neg
?	Media	Pos
Bassa	Media	Pos
Alta	Media	Neg
Bassa	Bassa	Pos
?	Bassa	Pos

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

b) Si calcoli il guadagno dei due attributi rispetto a questi esempi di training

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).

d) si classifichi l'istanza:

?	Alta
---	------

## **Esercizio 2 (punti 8)**

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

## **Esercizio 3 (punti 8)**

Si consideri uno stato iniziale descritto dalle seguenti formule atomiche:

**[in(firenze, carico2), posto1(camion,occupato), posto2(camion,libero), at(firenze,camion), on(camion,carico1, posto1), mezzo(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:

**unload\_da\_camion\_pieno(C,M)**

PREC: on(C,M,posto2), at(X,C), posto2(C,occupato)

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

**unload\_da\_camion\_non\_pieno(C,M)**

PREC: on(C,M,posto1), at(X,C), posto1(C,occupato)

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

Caricamento materiale su camion vuoto

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

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

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

Caricamento materiale su camion parzialmente pieno

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

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

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

Spostamento del mezzo tra due posizioni connesse

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

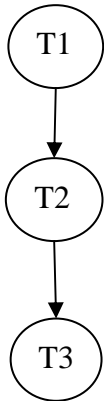
PREC: at(C,Loc1), connected(Loc1,Loc2)

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

Si risolve il problema utilizzando l'algoritmo STRIPS mostrando una sola strada verso la costruzione del piano. Si indichino eventuali punti di scelta aperti individuati durante la ricerca.

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

Sia data la seguente rete bayesiana



Dove le variabili T1 e T2 assumono i valori vero e falso, mentre T3 assume i valori a,b e c.

Le tabelle di probabilità condizionata sono

per T1:

	T1=falso	T1=vero
	0.9	0.1

per T2:

T1	T2=falso	T2=vero
falso	0.8	0.2
vero	0.2	0.8

per T3:

T2	T3=a	T3=b	T3=c
falso	0.3	0.3	0.4
vero	0.4	0.2	0.4

Si calcoli la probabilità  $P(T1|T2,T3=a)$ .

**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 ) .`

Si scriva un metainterprete `solve( Goal , Step )` per tale linguaggio, che verifichi se `Goal` è dimostrato e, in questo caso, in grado di calcolare in quanti passi di risoluzione (`Step`) tale goal viene dimostrato. Il goal `true` è dimostrato in 0 passi. Per le congiunzioni, il numero di passi è dato dalla somma del numero di passi necessari per ogni singolo congiunto atomico. Per esempio, per il programma:

`rule( a , ( b , c ) ) .`

`rule( b , d ) .`

`rule( c , true ) .`

`rule( d , true ) .`

il metainterprete deve dare la seguente risposta:

`?-solve( a , Step ) .`

`yes Step=4`

poiché `a` è dimostrato applicando 1 regola (1 passo) e la congiunzione `( b , c )` è dimostrata in 3 passi (2 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)  $\text{info}(S) = -10/17 * \log_2 10/17 - 7/17 * \log_2 7/17 = 0.977$

b)

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

$$\text{info}(F) = -8/14 * \log_2 8/14 - 6/14 * \log_2 6/14 = 0.985$$

$$\text{info}_{\text{Temperatura}}(F) = 7/14 * (-2/7 * \log_2 2/7 - 5/7 * \log_2 5/7) + 7/14 * (-6/7 * \log_2 6/7 - 1/7 * \log_2 1/7) = 0.5 * 0.863 + 0.5 * 0.592 = 0.727$$

$$\text{gain}(\text{Temperatura}) = 14/17 * (0.985 - 0.727) = 0.212$$

$$\text{splitinfo}(\text{Temperatura}) = -7/17 * \log_2(7/17) - 7/17 * \log_2(7/17) - 3/17 * \log_2(3/17) = 1.496$$

$$\text{gainratio}(\text{Temperatura}) = 0.212 / 1.496 = 0.142$$

$$\text{info}_{\text{Umidità}}(S) = 5/17 * (-3/5 * \log_2 3/5 - 2/5 * \log_2 2/5) + 5/17 * (-3/5 * \log_2 3/5 - 2/5 * \log_2 2/5) + 7/17 * (-4/7 * \log_2 4/7 - 3/7 * \log_2 3/7) =$$

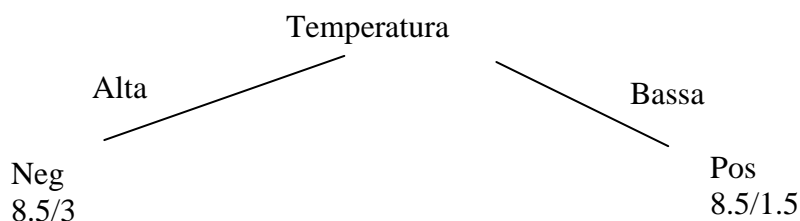
$$= 0.294 * 0.971 + 0.294 * 0.971 + 0.412 * 0.985 = 0.977$$

$$\text{gain}(\text{Umidità}) = 0.977 - 0.977 = 0$$

$$\text{splitinfo}(\text{Umidità}) = -5/17 * \log_2(5/17) - 5/17 * \log_2(5/17) - 7/17 * \log_2(7/17) = 1.566$$

$$\text{gainratio}(\text{Umidità}) = 0 / 1.566 = 0$$

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



d) l'istanza viene divisa in due parti, di peso rispettivamente 0.5 e 0.5. La prima parte viene mandata lungo il ramo Alta e classificata come Neg con probabilità  $5.5/8.5 = 64.7\%$  e come Pos con probabilità  $1 - 0.647 = 35.3\%$ . La seconda parte viene mandata lungo il ramo Bassa e classificata come Pos con probabilità  $7/8.5 = 82.4\%$  e come Neg con probabilità  $1 - 0.824 = 17.6\%$ . Quindi in totale la classificazione dell'istanza è

$$\text{Pos: } 0.5 * 35.3\% + 0.5 * 82.4\% = 58.8\%$$

$$\text{Neg: } 0.5 * 64.7\% + 0.5 * 17.6\% = 41.2\%$$

### Esercizio 3

#### Stato:

in(firenze, carico2),  
posto1(camion,occupato),  
posto2(camion,libero),  
at(firenze,camion),  
on(camion,carico1,posto1),  
mezzo(camion),  
connesso(bologna, firenze),  
connesso(firenze, roma)

in(firenze, carico2),  
posto1(camion,occupato),  
posto2(camion,libero),  
at(firenze,camion),  
on(camion,carico1,posto1),  
mezzo(camion),  
connesso(bologna, firenze),  
connesso(firenze, roma)

in(firenze, carico2),  
posto1(camion,occupato),  
posto2(camion,libero),  
at(firenze,camion),  
on(camion,carico1,posto1),  
  
mezzo(camion),  
connesso(bologna, firenze),  
connesso(firenze, roma)

posto1(camion, occupato) soddisfatto nello stato corrente

in(firenze, carico2),  
  
posto1(camion,occupato),  
posto2(camion,libero),  
at(firenze,camion),  
on(camion,carico1,posto1),  
  
mezzo(camion),  
connesso(bologna, firenze),  
connesso(firenze, roma)

#### Stack di goal e azioni:

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

on(C,carico2,posto2), at(C,roma), posto1(C,occupato)  
unload\_da\_camion\_pieno(C,carico2)  
in(roma,carico1)  
in(roma, carico1) and in(roma,carico2)

posto1(camion, occupato)  
on(camion,carico2,posto2)  
at(camion, roma)  
on(camion,carico2,posto2) and at(camion,roma) and  
posto1(camion,occupato)  
**unload\_da\_camion\_pieno(C,carico2)**  
in(roma,carico1)  
in(roma, carico1) and in(roma,carico2)

posto1(camion,occupato), posto2(camion,libero)  
at(camion,X), in(carico2,X)  
**load\_su\_camion\_non\_vuoto(camion, carico2)**  
on(camion,carico2,posto2)  
at(camion, roma)  
on(camion,carico2,posto2) and at(camion,roma) and  
posto1(camion,occupato)  
**unload\_da\_camion\_pieno(C,carico2)**  
in(roma,carico1)  
in(roma, carico1) and in(roma,carico2)

le precondizioni sono tutte soddisfatte nello stato corrente unificando X/firenze quindi eseguo la load

posto1(camion,occupato),  
posto2(camion,libero),  
at(firenze,camion),  
on(camion,carico1,posto1),  
on(camion,carico2,posto2)  
mezzo(camion),  
connesso(bologna, firenze),  
connesso(firenze, roma)

at(camion, roma)  
on(camion,carico2,posto2) and at(camion,roma) and  
posto1(camion,occupato)  
**unload\_da\_camion\_pieno(C,carico2)**  
in(roma,carico1)  
in(roma, carico1) and in(roma,carico2)

posto1(camion,occupato),	at(c,Loc1), connected(Loc1,roma)
posto2(camion,libero),	<b>move(camion, Loc1, roma)</b>
at(firenze,camion),	
on(camion,carico1,posto1),	on(camion,carico2,posto2) and at(camion,roma) and
on(camion,carico2,posto2)	posto1(camion,occupato)
mezzo(camion),	<b>unload_da_camion_pieno(C,carico2)</b>
connesso(bologna, firenze),	in(roma,carico1)
connesso(firenze, roma)	in(roma,carico1) and in(roma,carico2)

l'and delle precondizioni e' soddisfatto nello stato corrente con Loc1/firenze  
quindi posso eseguire la move

posto1(camion,occupato),	
posto2(camion,occuapto),	
at(roma,camion),	
on(camion,carico1,posto1),	on(camion,carico2,posto2) and at(camion,roma) and
on(camion,carico2,posto2)	posto1(camion,occupato)
mezzo(camion),	<b>unload_da_camion_pieno(C,carico2)</b>
connesso(bologna, firenze),	in(roma,carico1)
connesso(firenze, roma)	in(roma,carico1) and in(roma,carico2)

Ora l'and delle precondizioni di unload sono soddisfatte quindi posso eseguire la unload

posto1(camion,occupato),	
posto2(camion,libero),	
at(roma,camion),	
in(roma,carico2)	
on(camion,carico1,posto1),	on(camion,carico1,posto1), at(camion,X)
mezzo(camion),	posto1(camion,occupato)
connesso(bologna, firenze),	<b>unload_da_camion_pieno(camion,carico1)</b>
connesso(firenze, roma)	in(roma,carico1) and in(roma,carico2)

le precondizioni sono tutte soddisfatte con X/roma eseguo unload

posto1(camion,libero),	
posto2(camion,libero),	
at(roma,camion),	
in(roma,carico2)	
in(roma,carico1)	
mezzo(camion),	
connesso(bologna, firenze),	
connesso(firenze, roma)	in(roma,carico1) and in(roma,carico2)

L'and dei goal e' soddisfatto: stack dei goal vuoto.

**Esercizio 4 A.A. 2006/07**

$$P(T1|T2, T3=a) = P(T1, T2, T3=a) / P(T2, T3=a) = P(T1, T2, T3=a) / (P(T1, T2, T3=a) + P(\sim T1, T2, T3=a))$$

$$P(T1, T2, T3=a) = P(T1)P(T2|T1)P(T3=a|T1, T2) = P(T1)P(T2|T1)P(T3=a|T2) = 0.1 * 0.8 * 0.4 = 0.032$$

$$P(\sim T1, T2, T3=a) = P(\sim T1)P(T2|\sim T1)P(T3=a|\sim T1, T2) = P(\sim T1)P(T2|\sim T1)P(T3=a|T2) = 0.9 * 0.2 * 0.4 = 0.072$$

$$P(T1|\sim T2, T3) = 0.032 / (0.032 + 0.072) = 0.308$$

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

`solve(true, 0) :- !.`

`solve((A,B), S) :- !, solve(A, SA), solve(B, SB), S is SA+SB.`

`solve(A, S) :- rule(A, B), solve(B, SB), S is 1+SB.`