

COMPITO DI APPLICAZIONI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

20 Dicembre 2004 (Punteggio su 30/30; Tempo 2h)

Esercizio 1 (punti 8)

Dato il seguente training set S:

| A1 | A2 | Classe |
|-------|--------|--------|
| Alto | Rosso | Pos |
| Medio | Rosso | Neg |
| Basso | Verde | Neg |
| Alto | Giallo | Pos |
| Alto | Giallo | Pos |
| Basso | Verde | Neg |
| Medio | Rosso | Pos |
| Medio | Verde | Neg |
| Basso | Giallo | Neg |
| ? | Verde | Pos |

- a) Si calcoli l'entropia del training set rispetto all'attributo Classe
- b) Si calcoli il gain ratio 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

| | |
|-------|--------|
| Medio | Giallo |
|-------|--------|

Esercizio 2 (punti 8)

Un programma CLP deve generare la lista L di lunghezza massima che ha le seguenti proprietà:

- L ha al massimo 100 elementi
- Gli elementi di L sono tutti diversi e compresi fra 0 e la lunghezza della lista
- Ogni elemento di L è più piccolo della metà del successivo

Suggerimento: Per trovare la lista di lunghezza massima si può generare una lista di lunghezza 100; se soddisfa i requisiti è la lista massima, altrimenti si prova con una lista di lunghezza 99, ecc.

Si supponga che il linguaggio fornisca un predicato $\text{indomain_max}(X)$ che istanzia la variabile X ai valori nel suo dominio, partendo dal più grande.

Esercizio 3 (punti 6)

Descrivere che cosa è la meta-interpretazione nel linguaggio Prolog e darne una esemplificazione.

Esercizio 4 (Punti 8)

Si consideri il problema di giungere New York partendo da Bologna. Sono disponibili alcune tratte aeree descritte nello stato iniziale.

```
go(Partenza,Arrivo)
PREC:at(Partenza), tratta(Partenza,Arrivo)
ADD LIST: at(Arrivo)
DELETE LIST: at(Partenza)
```

```
scalo(Partenza,Arrivo,Scalo)
PREC:at(Partenza),tratta(Partenza,Scalo),tratta(Scalo,Arrivo)
ADD LIST: at(Arrivo)
DELETE LIST: at(Partenza)
```

Stato iniziale:

```
at(bologna), tratta(bologna, milano), tratta(bologna, roma),
tratta(roma milano) tratta(milano francoforte),
tratta(francoforte, newyork)
```

Stato goal: at (newyork)

Si mostrino i passi compiuti dall'algoritmo STRIPS per risolvere il problema. Si mostri UNA SOLA STRADA nello spazio di ricerca che porti a una soluzione USANDO UNA AZIONE go e UNA scalo.

SOLUZIONE

Esercizio 1:

a) $\text{info}(S) = -5/10 \cdot \log_2 5/10 - 5/10 \cdot \log_2 5/10 = 1$

b)

Per calcolare il guadagno dell'attributo A1 non si usa l'entropia calcolata su tutto il training set ma solo sugli esempi che hanno A1 noto (insieme F):

$$\text{info}(F) = -4/9 \cdot \log_2 4/9 - 5/9 \cdot \log_2 5/9 = 0,991$$

$$\text{info}_{A1}(F) = 3/9 \cdot (-0/3 \cdot \log_2 0/3 - 3/3 \cdot \log_2 3/3) + 3/9 \cdot (-2/3 \cdot \log_2 2/3 - 1/3 \cdot \log_2 1/3) + 3/9 \cdot (-3/3 \cdot \log_2 3/3 - 0/3 \cdot \log_2 0/3) =$$

$$= 0,333 \cdot 0 + 0,333 \cdot 0,918 + 0,333 \cdot 0 = 0,306$$

$$\text{gain}(A1) = 9/10 \cdot (0,991 - 0,306) = 0,685$$

$$\text{splitinfo}(A1) = -3/10 \cdot \log_2(3/10) - 3/10 \cdot \log_2(3/10) - 3/10 \cdot \log_2(3/10) - 1/10 \cdot \log_2(1/10) = 1,895$$

$$\text{gainratio}(A1) = 0,685 / 1,895 = 0,361$$

$$\text{info}_{A2}(S) = 4/10 \cdot (-1/4 \cdot \log_2 1/4 - 3/4 \cdot \log_2 3/4) + 3/10 \cdot (-2/3 \cdot \log_2 2/3 - 1/3 \cdot \log_2 1/3) + 3/10 \cdot (-2/3 \cdot \log_2 2/3 - 1/3 \cdot \log_2 1/3) =$$

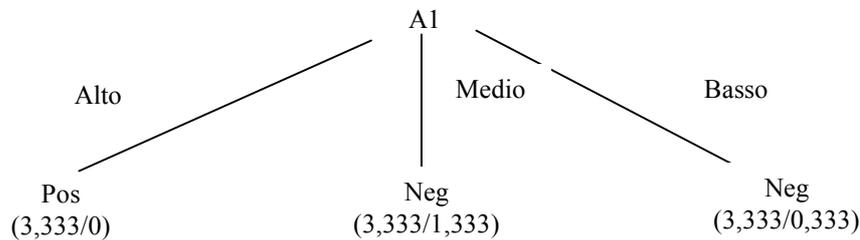
$$= 0,4 \cdot 0,811 + 0,3 \cdot 0,918 + 0,3 \cdot 0,918 = 0,875$$

$$\text{gain}(A2) = 1 - 0,875 = 0,125$$

$$\text{splitinfo}(A2) = -4/10 \cdot \log_2(4/10) - 3/10 \cdot \log_2(3/10) - 3/10 \cdot \log_2(3/10) = 1,571$$

$$\text{gainratio}(A2) = 0,125 / 1,571 = 0,080$$

c)



d) l'istanza viene classificata nella foglia di centro, quindi appartiene alla classe Neg con probabilità $2/3,333 = 0,600$ e alla classe Pos con probabilità $1,333/3,333 = 0,400$

Soluzione 2

soluzione (L) :-

```
N: : 0..100,
indomain_max(N),
length(L,N),
L: : 0..N,
alldifferent(L),
prop(L),
labeling(L).
```

```
prop([_]).
```

```
prop([A,B|T]) :-
```

```
2*A #< B,
prop([B|T]).
```

Soluzione

Esercizio 2

| | |
|------------------------------|-------------|
| STATO | GOAL |
| at(bologna), | at(newyork) |
| tratta(bologna, milano), | |
| tratta(bologna, roma), | |
| tratta(roma milano) | |
| tratta(milano francoforte), | |
| tratta(francoforte, newyork) | |

Azione **scalo(Y,newyork,X)**

| | |
|------------------------------|---------------------------|
| STATO | GOAL |
| at(bologna), | tratta(X,newyork) |
| tratta(bologna, milano), | tratta(Y,X) |
| tratta(bologna, roma), | at(Y) |
| tratta(roma milano), | scalo(Y,newyork,X) |
| tratta(milano francoforte), | at(newyork) |
| tratta(francoforte, newyork) | |

Unifico X con francoforte

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| STATO | GOAL |
| at(bologna), | tratta(Y,francoforte) |
| tratta(bologna, milano), | at(Y) |
| tratta(bologna, roma), | scalo(Y,newyork,francoforte) |
| tratta(roma milano), | at(newyork) |
| tratta(milano francoforte), | |
| tratta(francoforte, newyork) | |

Unifico Y con milano

| | |
|------------------------------|--|
| STATO | GOAL |
| at(bologna), | at(milano) |
| tratta(bologna, milano), | scalo(milano,newyork,francoforte) |
| tratta(bologna, roma), | at(newyork) |
| tratta(roma milano), | |
| tratta(milano francoforte), | |
| tratta(francoforte, newyork) | |

Uso l'azione go(Y, milano)

| | |
|--------------------------|------------------|
| STATO | GOAL |
| at(bologna), | tratta(Y,milano) |
| tratta(bologna, milano), | at(Y) |

Unifico Y con bologna

| STATO | GOAL |
|------------------------------|--|
| at(bologna), | at(bologna) |
| tratta(bologna, milano), | go(bologna, milano) |
| tratta(bologna, roma), | at(milano) |
| tratta(roma milano), | scalo(milano,newyork,francoforte) |
| tratta(milano francoforte), | at(newyork) |
| tratta(francoforte, newyork) | |

at(bologna) vera nello stato iniziale

| STATO | GOAL |
|------------------------------|--|
| at(bologna), | |
| tratta(bologna, milano), | go(bologna, milano) |
| tratta(bologna, roma), | at(milano) |
| tratta(roma milano), | scalo(milano,newyork,francoforte) |
| tratta(milano francoforte), | at(newyork) |
| tratta(francoforte, newyork) | |

Eseguo go

| STATO | GOAL |
|------------------------------|--|
| at(milano), | |
| tratta(bologna, milano), | |
| tratta(bologna, roma), | at(milano) |
| tratta(roma milano), | scalo(milano,newyork,francoforte) |
| tratta(milano francoforte), | at(newyork) |
| tratta(francoforte, newyork) | |

at(milano) vera nello stato

| STATO | GOAL |
|-----------------------------|--|
| at(milano), | |
| tratta(bologna, milano), | |
| tratta(bologna, roma), | |
| tratta(roma milano), | scalo(milano,newyork,francoforte) |
| tratta(milano francoforte), | at(newyork) |

Eseguo scalo e ottengo il goal soddisfatto