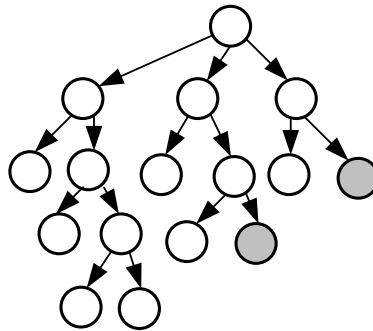


**Sistemes Intel·ligents – Examen Final (Bloc 1), 8 gener 2019**  
**Test A (2 punts) puntuació: max (0, (encerts – errors/3)/3)**

**Nom:**

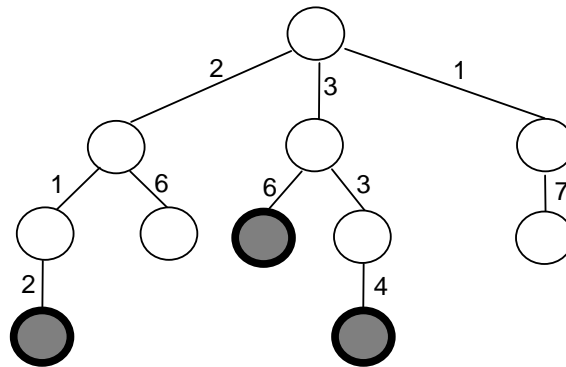
**Grup:**      A          B          C          D          E          F          G

- 1) Considerant el següent arbre de cerca, quants nodes com a màxim s'emmagatzemen en memòria, aplicant un procediment de cerca en profunditat iterativa? (Assumiu que a igual profunditat es tria el node més a l'esquerra)



- A. 6  
B. 3  
C. 4  
D. 5

- 2) Donat l'arbre de la figura, on els nodes ombrejats són nodes objectiu, indica la resposta **CORRECTA:**

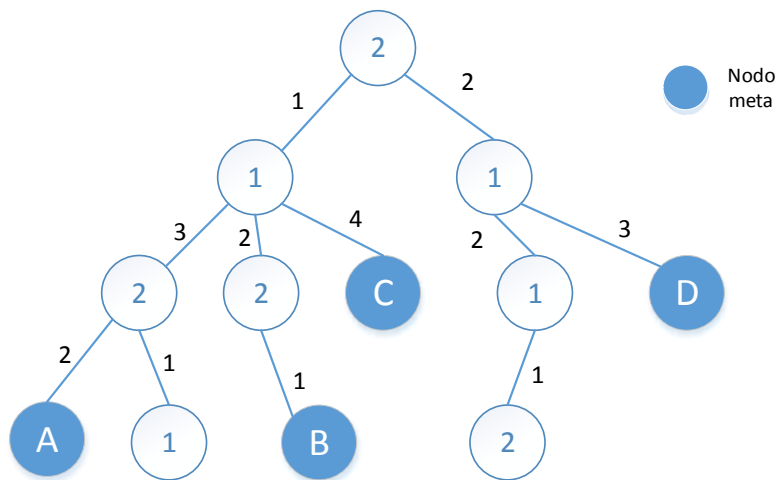


- A. L'aplicació d'una estratègia en amplària retorna la mateixa solució que cost uniforme.
- B. L'aplicació d'una estratègia en amplària retorna la mateixa solució que una estratègia de profunditat a nivell màxim de profunditat  $m=2$ .
- C. L'aplicació d'una estratègia en amplària retorna la mateixa solució que una estratègia de profunditat a nivell màxim de profunditat  $m=3$ .
- D. L'aplicació d'una estratègia per cost uniforme retorna la mateixa solució que aprofundiment iteratiu.

3) L'aplicació d'una heurística admissible,  $h_1$ , a un problema retorna un node solució  $G_1$  i el nombre de nodes que expandeix és  $n_1$ . L'aplicació d'una heurística admissible,  $h_2$ , al mateix problema, on  $h_2$  domina a  $h_1$ , retorna un node solució  $G_2$  i expandeix un nombre de nodes igual a  $n_2$ . Indica la resposta **CORRECTA**:

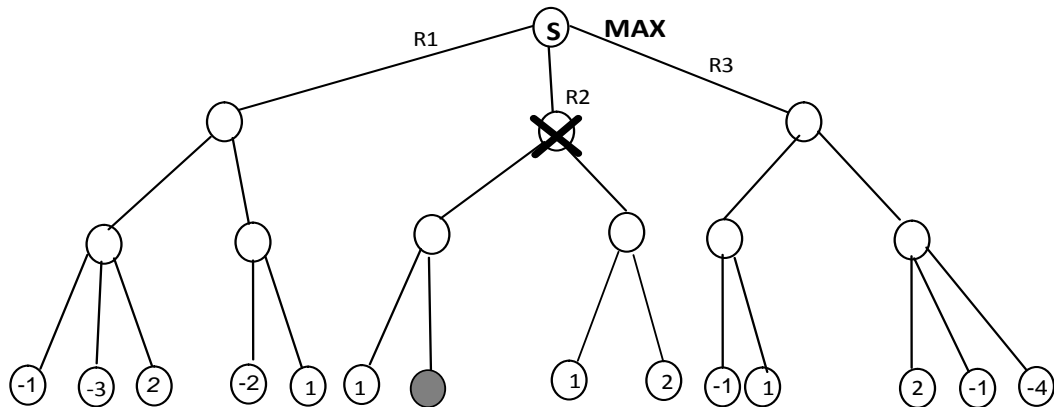
- A. Es compleix que  $g(G_1) < g(G_2)$
- B. Es compleix  $h_1(G_1) < h_2(G_2)$
- C. Es compleix que  $n_1 < n_2$
- D. Cap de les respostes anteriors és correcta.

4) Donat l'arbre de la següent figura, quants nodes es generarien (incloent el node inicial) si s'aplicara un algorisme A? (en cas d'igualtat de  $f(n)$ , s'expandeix el node més a l'esquerra).



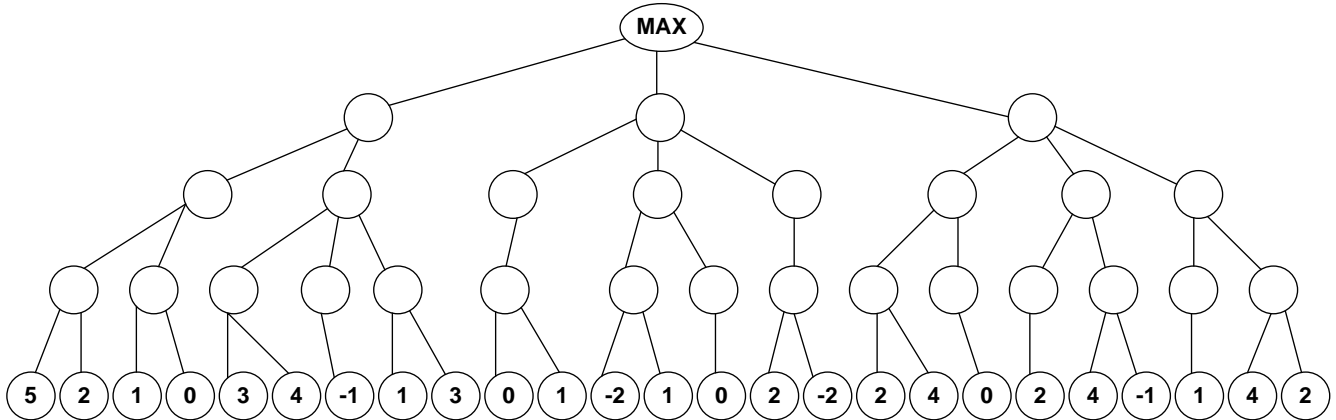
- A. 6
- B. 8
- C. 9
- D. 10

- 5) Donat l'espai de cerca d'un joc representat en la figura següent, assumint que s'aplica un procediment alfa-beta, indica el valor que hauria de prendre el node ombrejat perquè es produísca el tall assenyalat en la branca R2:



- A. Un valor en  $[-\infty, 1]$   
 B. Un valor en  $[1, +\infty]$   
 C. El node ombrejat sol pot prendre el valor 1  
 D. No es pot produir el tall de la figura.

- 6) Donat el següent arbre de joc i aplicant un procediment alfa-beta, quants nodes terminals no fa falta generar?



- A. 13  
 B. 15  
 C. 16  
 D. 17

## Sistemes Intel·ligents – Examen Final (Bloc 1), 8 gener 2019

### Problema: 3 punts

En un aeroport es disposa de diversos trens d'equipatge per a portar les maletes des de la zona de facturació a l'avió assignat al vol de les maletes. Una maleta facturada porta l'etiqueta del vol corresponent. Inicialment els trens no estan assignats a cap vol. El vol assignat a un tren serà el vol de la primera maleta que es carregue al tren. Un tren només pot portar maletes per a un únic vol i cada vol només es pot assignar a un tren.

El patró per a representar la informació dinàmica d'un estat d'aquest problema és:

(aeroport [TREN num<sup>s</sup> dest<sup>s</sup> mal<sup>m</sup>]<sup>m</sup>) on

num ∈ INTEGER ;; és un número que identifica el tren

dest ∈ {res, F1, F2, F3,...} ;; és un símbol que representa el vol assignat al tren (inicialment quan el vol és desconegut, el símbol serà res)

mal ∈ {M1, M2, M3,...};; és un símbol que representa l'identificador de la maleta (inicialment este camp està buit)

Una possible situació inicial del problema és la següent:

- Es tenen cinc maletes (M1, M2, M3, M4 i M5), les dues primeres estan facturades per al vol F14, la tercera per al vol F2 i les dues últimes per al vol F10
- Es disposa de tres trens per a recollida i repartiment d'equipatge i els trens estan buits

Es desitja resoldre aquest problema mitjançant un procés de cerca en un espai d'estats amb el disseny d'un SBR en CLIPS. Es demana:

- 1) (0.7 punts) Escriu la Base de Fets corresponent a la situació inicial que es mostra a dalt. Inclou els patrons addicionals que necessites per a representar la informació estàtica del problema, així com els fets associats a aquests patrons.
- 2) (1 punt) Escriu una regla per a carregar la primera maleta en un tren i assignar el vol de la maleta carregada a aquest tren.
- 3) (0.8 punts) Escriu una regla per a carregar una maleta a un tren quan el tren ja té assignat un vol. El vol de la maleta ha de ser el mateix que el del tren i la maleta no ha d'estar ja carregada al tren.
- 4) (0.5 punts) Suposem el patró (vol vol<sup>s</sup>) on vol<sup>s</sup> ∈ {F1, F2, F3,...} és l'identificador d'un vol. Assumint un fet que representa un vol determinat, escriu una regla que mostre per pantalla totes les maletes carregades al tren per a aquest vol. S'haurà de mostrar un únic missatge del tipus: "Les maletes X X X han sigut carregades al tren Y".

```

(deffacts dades
  (destinació M1 F14)
  (destinació M2 F14)
  (destinació M3 F2)
  (destinació M4 F10)
  (destinació M5 F10)
  (aeroport TREN 1 res TREN 2 res TREN 3 res))

(defrule tren_vol
  (destinació ?mal ?flight)
  (aeroport $?y TREN ?n ?dest $?z)
  (test (eq ?dest res))
  (test (not (member ?flight $?y)))
  (test (not (member ?flight $?z)))
=>
  (assert (aeroport $?y TREN ?n ?flight ?mal $?z)))

(defrule maleta_tren
  (destinació ?mal ?flight)
  (aeroport $?x TREN ?n ?flight $?maletes)
  (test (not (member ?mal $?maletes)))
=>
  (assert (aeroport $?x TREN ?n ?flight ?mal $?maletes)))

(defrule llistat_maletes
  (vol ?flight)
  (aeroport $? TREN ?n ?flight $?maletes $?resta)
  (test (not (member TREN $?maletes)))
  (test (or (= (length$ $?resta) 0) (eq (nth$ 1 $?resta) TREN)))
=>
  (printout t "La s maletes " $?maletes " han sigut carregades a el tren " ?n crlf))

```

# Examen Final de SIN: bloc 2 (5 punts) (tipus A)

ETSINF, Universitat Politècnica de València, 8 de gener de 2019

Cognoms:

Nom:

Grup: ☐ 3A ☐ 3B ☐ 3C ☐ 3D ☐ 3E ☐ 3F ☐ 3G ☐ 4IA

## Qüestions (2 punts)

Marca cada quadre amb una única opció. Puntuació:  $\max(0, (\text{encerts} - \text{errors}/3) / 3)$ .

- 1 ☐ B Siga un problema de classificació en dues classes,  $c = 1, 2$ , per a objectes en un espai de representació de 4 elements,  $E = \{\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3, \mathbf{x}_4\}$ . La taula de la dreta arreplega les (vertaderes) probabilitats a posteriori  $P(c | \mathbf{x})$ , per a tot  $c$  i  $\mathbf{x}$ ; així com la (vertadera) probabilitat incondicional,  $P(\mathbf{x})$ , per a tot  $\mathbf{x}$ . Així mateix, aquesta taula inclou la classe assignada a cada  $\mathbf{x} \in E$  per un cert classificador  $c(\mathbf{x})$ . Amb base en el coneixement probabilístic donat, la probabilitat d'error de  $c(\mathbf{x})$ ,  $\varepsilon$ , és:

$\mathbf{x}$	$P(c   \mathbf{x})$		$P(\mathbf{x})$	$c(\mathbf{x})$
	$c = 1$	$c = 2$		
$\mathbf{x}_1$	1	0	1/3	1
$\mathbf{x}_2$	3/4	1/4	1/4	1
$\mathbf{x}_3$	1/4	3/4	1/4	1
$\mathbf{x}_4$	1/2	1/2	1/6	2

- A)  $0/4 \leq \varepsilon < 1/4$ .  
 B)  $1/4 \leq \varepsilon < 2/4$ .  $\varepsilon = \frac{1}{3} \cdot 0 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{3}{4} + \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{3}$   
 C)  $2/4 \leq \varepsilon < 3/4$ .  
 D)  $3/4 \leq \varepsilon \leq 4/4$ .

- 2 ☐ A Considereu la probabilitat d'error del classificador de Bayes, o error de Bayes, per al problema de classificació descrit en la qüestió anterior. Aquest error, que denotem com  $\varepsilon^*$ , és:

- A)  $0/4 \leq \varepsilon^* < 1/4$ .  $\varepsilon^* = \frac{1}{3} \cdot 0 + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2} = \frac{5}{24} = 0.2083$   
 B)  $1/4 \leq \varepsilon^* < 2/4$ .  
 C)  $2/4 \leq \varepsilon^* < 3/4$ .  
 D)  $3/4 \leq \varepsilon^* \leq 4/4$ .

- 3 ☐ D Siga un problema de classificació en quatre classes d'objectes representats en  $\mathbb{R}^3$ . Es té un classificador les funcions discriminants del qual són lineals amb vectors de pesos (en notació homogènia):

$$\mathbf{a}_1 = (-2, 1, 2, 0)^t \quad \mathbf{a}_2 = (0, 2, 2, 0)^t \quad \mathbf{a}_3 = (1, 1, 1, 0)^t \quad \mathbf{a}_4 = (3, 0, 0, 2)^t$$

Indica a quina classe s'assignarà l'objecte  $\mathbf{x} = (1, 2, 2)^t$  (no en notació homogènia).

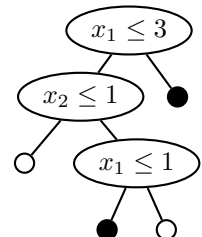
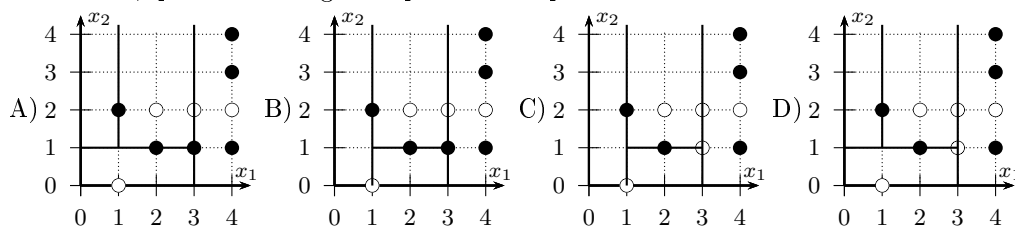
- A) 1.  $-2 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 0 \cdot 2 = 3$   
 B) 2.  $0 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 0 \cdot 2 = 6$   
 C) 3.  $1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 2 = 4$   
 D) 4.  $3 + 0 \cdot 1 + 0 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 7$

- 4 ☐ D Supposeu que s'està aplicant l'algorisme Perceptró amb  $b = 1.5$  i que els vectors de pesos actuals de les classes són els donats en la qüestió 3. Així mateix, supposeu que l'objecte  $\mathbf{x} = (1, 2, 2)^t$  donat en la qüestió 3 és la següent mostra d'entrenament a processar, la qual suposem pertanyent a la classe 3. Llavors:

- A) Es modificaran els vectors de pesos  $\mathbf{a}_2$ ,  $\mathbf{a}_3$  i  $\mathbf{a}_4$ .  
 B) Es modificarà només el vector de pesos  $\mathbf{a}_3$ .  
 C) No es modificarà cap vector de pesos.  
 D) Es modificaran tots els vectors de pesos.

$$\begin{aligned} g_1(\mathbf{x}) + b &> g_3(\mathbf{x})? \rightarrow 4.5 > 4? \text{ Sí} \rightarrow \text{mod } \mathbf{a}_1 \\ g_2(\mathbf{x}) + b &> g_3(\mathbf{x})? \rightarrow 7.5 > 4? \text{ Sí} \rightarrow \text{mod } \mathbf{a}_2 \\ g_4(\mathbf{x}) + b &> g_3(\mathbf{x})? \rightarrow 8.5 > 4? \text{ Sí} \rightarrow \text{mod } \mathbf{a}_4 \\ \text{S'ha produït algun error?} &\text{ Sí} \rightarrow \text{mod } \mathbf{a}_3 \end{aligned}$$

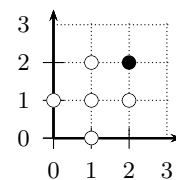
- 5 ☐ D Donat l'arbre de classificació de mostres bidimensionals de 2 classes ( $\circ$  i  $\bullet$ ) de la figura de la dreta, quina de les següents particions representa correctament l'arbre?



- 6 C En la figura de la dreta es mostra una partició de 6 punts bidimensionals en 2 clústers,  $\circ$  i  $\bullet$ , obtinguda mitjançant l'algorisme C-mitjanes (convencional o "popular"). Si transferim els punts  $(1, 2)^t$  i  $(2, 1)^t$  del clúster  $\circ$  al clúster  $\bullet$ , llavors:

- A) es produeix un increment de la SEC.  
 B) no s'altera la SEC.  
 C) es produeix un decrement de la SEC.  
 D) es produeix una SEC igual a 0.

$$\begin{aligned} J' &= J'_\circ + J'_\bullet = 4 + 0 = 4 \\ J &= J_\circ + J_\bullet = \frac{4}{3} + \frac{4}{3} = \frac{8}{3} \\ \Delta J &= J - J' = \frac{8}{3} - 4 = -\frac{4}{3} < 0 \end{aligned}$$



## Problema (3 punts)

Siga  $M$  un model de Markov de conjunt d'estats  $Q = \{1, 2, F\}$ ; alfabet  $\Sigma = \{a, b, c\}$ ; probabilitats inicials  $\pi_1 = \frac{1}{2}$ ,  $\pi_2 = \frac{1}{2}$ ; i probabilitats de transició entre estats i d'emissió de símbols:

$A$	1	2	$F$
1	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$
2	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

$B$	$a$	$b$	$c$
1	$\frac{2}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$

Siga  $x = \text{"ac"}$ . Es demana:

- (0, 75 punts) Feu una traça de l'algorisme *Forward* per a trobar la probabilitat  $P_M(x)$  que  $M$  genere  $x$ .
- (0, 75 punts) Realitzeu una traça de l'algorisme de *Viterbi* per a obtenir la seqüència d'estats més probable,  $\tilde{q}_M(x)$ , amb la qual  $M$  genera  $x$ .
- (0, 50 punts) Amb base en els resultats obtinguts en els apartats anteriors, podem afirmar que  $M$  genera  $x$  amb probabilitat  $P_M(x)$ , seguint la seqüència d'estats  $\tilde{q}_M(x)$ . Cert o fals? Raoneu breument la resposta.
- (1 punt) A partir de les cadenes d'entrenament  $x$  i "cb", i sabent que  $\tilde{q}_M(\text{cb}) = \text{"21F"}$ , re-estimeu els paràmetres de  $M$  mitjançant l'algorisme de re-estimació per Viterbi (fins a convergència).

1.

$\alpha_{qt}$	$a$	$c$
1	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{64} + \frac{1}{64} = \frac{2}{64}$
2	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{16} + \frac{1}{64} = \frac{5}{64}$

$$P_M(x) = \frac{2}{64} \cdot \frac{1}{4} + \frac{5}{64} \cdot \frac{1}{4} = \frac{7}{256}$$

2.

$V_{qt}$	$a$	$c$
1	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$	$\max\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{4}, \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4}\right) = \max\left(\frac{1}{64}, \frac{1}{64}\right) = \frac{1}{64}$
2	$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$	$\max\left(\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}, \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2}\right) = \max\left(\frac{1}{16}, \frac{1}{64}\right) = \frac{1}{16}$

$$\tilde{P}_M(x) = \max\left(\frac{1}{64} \cdot \frac{1}{4}, \frac{1}{16} \cdot \frac{1}{4}\right) = \frac{1}{64}$$

$$\tilde{q}_M(x) = \text{"12F"}$$

- Fals,  $M$  genera  $x$  amb probabilitat  $P_M(x)$ , seguint la seqüència d'estats "12F" ( $\tilde{q}_M(x)$ ), "11F", "21F" o "22F". Més precisament,  $M$  genera  $x$  mitjançant "12F" amb probabilitat  $\tilde{P}_M(x)$ ; però també pot generar  $x$  mitjançant una seqüència diferent de "12F", amb probabilitat  $P_M(x) - \tilde{P}_M(x) = \frac{7}{256} - \frac{1}{64} = \frac{3}{256}$ .
- En la primera iteració, hem de trobar la seqüència d'estats més probable amb la qual  $M$  genera "ac", així com la seqüència d'estats més probable amb la qual  $M$  genera "cb". La primera, obtinguda en l'apartat segon, és "12F". La segona, donada en l'enunciat, és "21F". A partir dels parells ("ac", "12F") i ("cb", "21F"), obtenim:

$$\pi_1 = \frac{1}{2}, \quad \pi_2 = \frac{1}{2}$$

$A$	1	2	$F$
1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
2	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$

$B$	$a$	$b$	$c$
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
2	0	0	$\frac{2}{2}$

En la segona iteració, partim d'un model en el qual els símbols "a" i "b" només s'emeten en l'estat 1, mentre que "c" només s'emet en el 2. Per tant, "ac" només pot generar-se pel camí "12F", i "cb" només per "21F". Això és, obtenim els mateixos parells (cadena-d'entrenament, camí-més-probable) que en la primera iteració, per la qual cosa la segona iteració acaba amb el mateix model que la primera i l'algorisme de re-estimació acaba.