



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Aprendizaje de HMMs: re-estimación por Viterbi <sup>1</sup>

Albert Sanchis  
Alfons Juan  
Jorge Civera

*DSIC*

Departament de Sistemes  
Informàtics i Computació

---

<sup>1</sup>Para una correcta visualización, se requiere Acrobat Reader v. 7.0 o superior

# Objetivos formativos

- Describir el criterio de *máxima verosimilitud* para la estimación de parámetros de un HMM.
- Aplicar el *algoritmo de re-estimación por Viterbi*.

# Índice

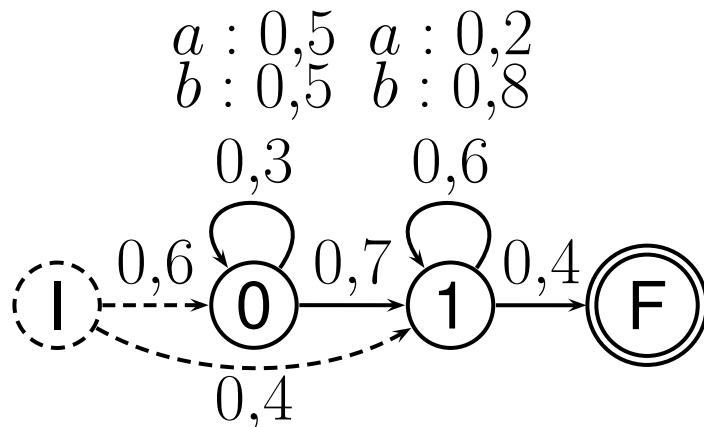
<b>1</b>	<b>Estimación por máxima verosimilitud</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Algoritmo de re-estimación por Viterbi</b>	<b>5</b>

# 1. Estimación por máxima verosimilitud

Denominamos **verosimilitud** (de los parámetros) de un HMM  $M$  respecto a un conjunto de cadenas de entrenamiento  $X = \{x_n\}_{n=1}^N$  a:

$$L(M) = P_M(x_1, x_2, \dots, x_N) = \prod_{n=1}^N P_M(x_n)$$

**Ejemplo:**  $x_1 = a$  y  $x_2 = babbb$



$$\begin{aligned} L(M) &= P_M(x_1) \cdot P_M(x_2) \\ &= 0,032 \cdot 0,006832 \\ &= 0,0002186 \end{aligned}$$

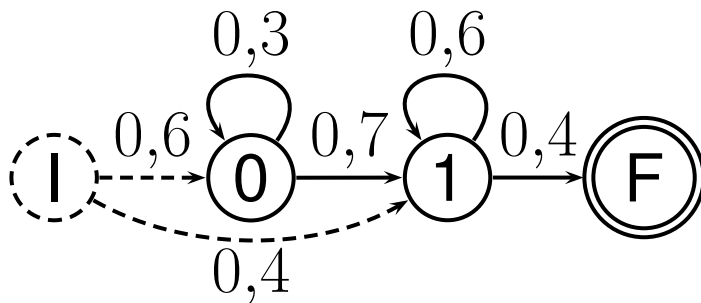
# Estimación por máxima verosimilitud (cont.)

**Estimación por máxima verosimilitud** consiste en elegir (valores de los parámetros de) un HMM de máxima verosimilitud:

$$\hat{M} = \arg \max_M L(M)$$

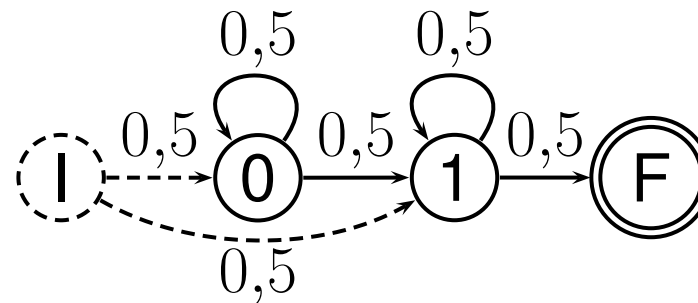
**Ejemplo:**  $x_1 = a$  y  $x_2 = babbb$

$a : 0,5$     $a : 0,2$   
 $b : 0,5$     $b : 0,8$



$$\begin{aligned} L(M) &= 0,032 \cdot 0,006832 \\ &= 0,0002186 \end{aligned}$$

$a : 0,7$     $a : 0,3$   
 $b : 0,3$     $b : 0,7$



$$\begin{aligned} L(M') &= 0,075 \cdot 0,003422 \\ &= 0,0002567 \end{aligned}$$

**$M'$  és més verosímil que  $M$**

## 2. Algoritmo de re-estimación por Viterbi

- **Entrada:**  $X = \{x_n\}$  y un HMM inicial  $M = (Q, \Sigma, \pi, A, B)$
- **Salida:** un HMM (igual o) más verosímil  $M = (Q, \Sigma, \pi, A, B)$
- **Método:**

**repetir**

$$M' = M$$

$$\tilde{q}_n = \arg \max_{\mathbf{q}} P_{M'}(x_n, \mathbf{q}) \quad \text{para todo } n$$

$$\pi_q = \sum_n [\tilde{q}_{n,1} = q] \quad \text{para todo } q$$

$$A_{q',q} = \sum_n \sum_t [\tilde{q}_{n,t} = q', \tilde{q}_{n,t+1} = q] \quad \text{para todo } q' \text{ y } q$$

$$B_{q,s} = \sum_n \sum_t [\tilde{q}_{n,t} = q, x_{n,t} = s] \quad \text{para todo } q \text{ y } s$$

Normalizar  $\pi$ ,  $A$  y  $B$  para que representen probabilidades

**hasta que**  $M = M'$

# Re-estimación por Viterbi: ejemplo

# Re-estimación por Viterbi: inicialización



# Conclusiones

- Hemos visto en qué consiste el criterio de máxima verosimilitud para la estimación de parámetros de un HMM
- Hemos visto el algoritmo de re-estimación por Viterbi y cómo aplicarlo