

T2.4 Entropía y entropía cruzada

Índice

1 Entropía para variables aleatorias discretas

1.1 Definición

1.2 Distribución de máxima entropía

1.3 Distribución de mínima entropía

1.4 Función entropía binaria

2 Entropía cruzada

1 Entropía para variables aleatorias discretas

1.1 Definición

Entropía de una variable aleatoria discreta X : con distribución p sobre K estados

$$\mathbb{H}(X) = - \sum_k p(X = k) \log_2 p(X = k) = -\mathbb{E}_X[\log p(X)]$$

Unidades de medida: **bits** si usamos logaritmos binarios; **nats** si usamos logaritmos naturales

Ejemplo: $X \in \{1, \dots, 5\}$ con $p = [0.25, 0.25, 0.2, 0.15, 0.15]$

$$\begin{aligned}
\mathbb{H}(X) &= -2 \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - \frac{1}{5} \log_2 \frac{1}{5} - 2 \frac{3}{20} \log_2 \frac{3}{20} \\
&= -\frac{1}{2}(-2) + \frac{1}{5} \log_2 5 - \frac{3}{10} (\log_2 3 - \log_2 20) \\
&= 1 + 0.2 \cdot 2.3219 - 0.3 (1.5850 - 4.3219) \\
&= 2.29 \text{ bits}
\end{aligned}$$

1.2 Distribución de máxima entropía

Distribución de máxima entropía: es la uniforme

$$p(X = k) = \frac{1}{K} \quad \text{para } X \text{ } K\text{-aria}$$

$$\mathbb{H}(X) = - \sum_{k=1}^K \frac{1}{K} \log \frac{1}{K} = - \log \frac{1}{K} = \log K$$

1.3 Distribución de mínima entropía

Distribución de mínima entropía: cualquier función delta que asigne toda la masa en un estado k^*

$$p(X = k) = \delta(X = x^*)$$

$$\mathbb{H}(X) = -1 \log 1 - \sum_{k \neq k^*} 0 \log 0 = 0$$

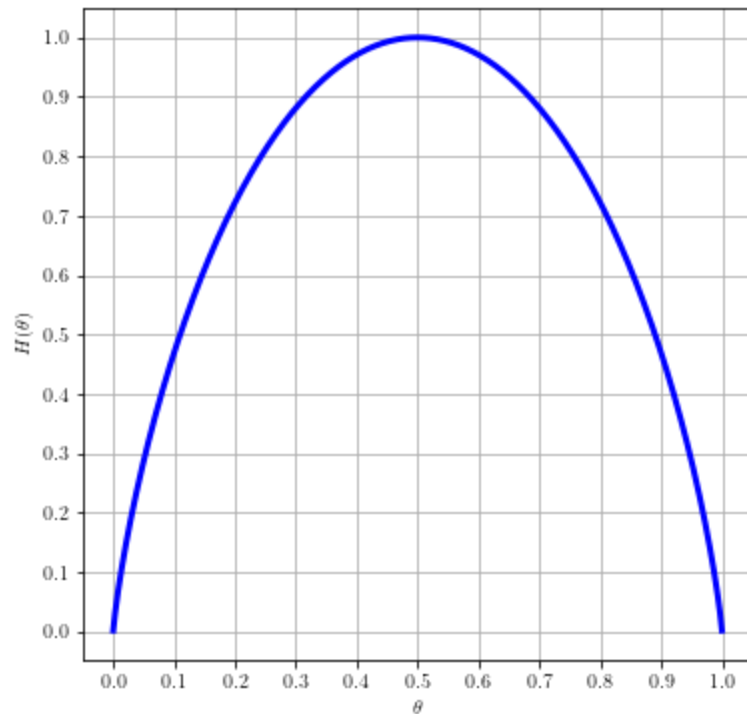
1.4 Función entropía binaria

Función entropía binaria: sea la variable binaria $X \in \{0, 1\}$ tal que $p(X = 1) = \theta$ y $p(X = 0) = 1 - \theta$

$$\begin{aligned}
 \mathbb{H}(\theta) &= \mathbb{H}(X) \\
 &= -[p(X=1) \log_2 p(X=1) + p(X=0) \log_2 p(X=0)] \\
 &= -[\theta \log_2 \theta + (1-\theta) \log_2 (1-\theta)]
 \end{aligned}$$

$\mathbb{H}(\theta)$ alcanza su máximo de 1 bit con $\theta = 0.5$:

```
In [1]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
plt.rcParams['text.usetex'] = True
x = np.linspace(1e-4, 1-1e-4, 1000)
H = lambda x: -(x*np.log2(x) + (1-x) * np.log2(1-x))
plt.figure(figsize=(6, 6)); plt.plot(x, H(x), '-b', lw=3); plt.grid();
ticks = np.linspace(0, 1, 11); plt.xticks(ticks); plt.yticks(ticks);
plt.xlabel(r'\theta'); plt.ylabel(r'$H(\theta)$');
```



2 Entropía cruzada

Entropía cruzada: entre una distribución p y otra q es

$$\mathbb{H}(p, q) = - \sum_k p_k \log q_k$$

Interpretación: número esperado de bits necesario para comprimir muestras de p mediante un cuantificador basado en q

Mínimo: con $q = p$, cumpliéndose $\mathbb{H}(p, p) = \mathbb{H}(p)$