

## ITERACIONES REALIZADAS MANUALMENTE

### DATOS

#	X1	X2	Y
1	2.0	0.0	1.0
2	0.0	0.0	-1.0
3	2.0	2.0	1.0
4	0.0	1.0	-1.0
5	1.0	1.0	1.0
6	1.0	2.0	-1.0

Entradas: 2

Salidas: 1

Patrones: 6

Convención

Entradas (M= 2) **subíndi j=1 hasta M**

Salidas (N= 1) **subíndi i=1 hasta N**

Patrones (P= 6)

### CONFIGURACIÓN DE LA RED

**-Valores iniciales de pesos**

W1	W2
0	0

**-Valor inicial de umbral**

U
0.1

$W[M * N]$  tamaño de la matriz de pesos

$U[N]$  tamaño del vector de umbrales

## CONFIGURAR LA FUNCIÓN DE ACTIVACIÓN

Escalón bipolar:

Si  $X \geq 0$  entonces  $Y_r = 1$

Si  $X < 0$  entonces  $Y_r = -1$

## CONFIGURAR EL ALGORITMO DE ENTRENAMIENTO: REGLA DELTA

$$W(\text{nuevo})_{ji} = W(\text{actual})_{ji} + \alpha * E_{li} * X_j$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_i + \alpha * E_{li} * X_o(1) \quad X_o = 1$$

## PARAMETROS DE ENTRENAMIENTO

-No de iteraciones: 100

-Rata de aprendizaje: 0.1

-Error máximo permitido: 0.1 (Condición de parada principal para determinar que la red aprendió)

## ENTRENAR

### Iteración numero 1

#### patrón # 1

X1	X2	Y
2.0	0.0	1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$S_i = \sum [(X_j * W_{ji}) - U_i] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S_1 = [(X_1 * W_{11}) + (X_2 * W_{21}) - U_1]$$

$$W_{11} = 0 \quad W_{21} = 0$$

$$U_1 = 0,1$$

$$s_1 = (((2 * 0) + (0 * 0)) - 0,1)$$

$$s_1 = -0,1$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR_1 = ES_1 \quad yr_1 = E(-0,1) \quad YR_1 = -1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$E_{li} = YD_i - YR_i$$

$$EL_1 = 1 - (-1)$$

$$EL_1 = 2$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |E_{li}| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP_1 = |EL_1| / 1$$

$$EP_1 = \frac{|2|}{1} \quad \textcolor{red}{EP_1 = 2}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * EL_1 * X_1)$$

$$W_{11} = 0 + (0,1 * 2 * 2)$$

$$W_{11} = 0,4$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * EL_1 * X_2)$$

$$W_{21} = 0 + (0,1 * 2 * 0)$$

$$W_{21} = 0$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * EL_1 * X_o(1)$$

$$U_1 = 0,1 + 0,1 * 2 * 1$$

$$U_1 = 0,3$$

W1	W2
0.4	0

U
0.3

### patrón # 2

X1	X2	Y
0.0	0.0	-1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.4 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((0 * 0.4) + (0 * 0)) - 0.3)$$

$$s1 = -0.3$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = E S1 \quad yr1 = E(-0.3) \quad YR1 = -1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP2 = |EL1| / 1$$

$$EP2 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP2} = 0$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.4 + (0.1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0.4$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W_{21} = 0 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W_{21} = 0$$

$$U(nuevo)i = U(actual)1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.4	0

U
0.3

### patrón # 3

X1	X2	Y
2.0	2.0	1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.4 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((2 * 0.4) + (2 * 0)) - 0,3)$$

$$s1 = 0.5$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = ES1 \quad yr1 = E(0.5) \quad YR1 = 1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP3 = |EL1| / 1$$

$$EP3 = \frac{|0|}{1} \quad \textbf{EP3 = 0}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.4 + (0,1 * 0 * 2)$$

$$W11 = 0,4$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = 0 + (0,1 * 0 * 2)$$

$$W21 = 0$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.4	0

U
0.3

**patrón # 4**

X1	X2	Y
0.0	1.0	-1.0

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.4 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((0 * 0.4) + (1 * 0)) - 0,3)$$

$$s1 = -0,3$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \mathcal{E}S1 \quad yr1 = \mathcal{E}(-0.3) \quad YR1 = -1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP4 = |EL1| / 1$$

$$EP4 = \frac{|0|}{1} \quad \textcolor{red}{EP4 = 0}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0,4$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = 0 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W21 = 0$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.4	0

U
0.3

**patrón # 5**

X1	X2	Y
1.0	1.0	1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.4 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((1 * 0.4) + (1 * 0)) - 0.3)$$

$$s1 = 0.1$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = \text{ES1} \quad yr1 = \text{E}(0.1) \quad YR1 = 1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP5 = |EL1| / 1$$

$$EP5 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP5} = 0$$

➤ Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.4 + (0.1 * 0 * 1)$$

$$W11 = 0.4$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W21 = 0 + (0.1 * 0 * 1)$$



$$W_{21} = 0$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * EL1 * X_o(1)$$

$$U1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.4	0

U
0.3

### patrón # 6

X1	X2	Y
1.0	2.0	-1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum [(X_j * W_{ji}) - U_i] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.4 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((1 * 0.4) + (2 * 0)) - 0,3)$$

$$s1 = 0.1$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = E S1 \quad yr1 = E(0.1) \quad YR1 = 1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (1)$$

$$EL1 = -2$$

➤ Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP6 = |EL1|/1$$

$$EP6 = \frac{|-2|}{1} \quad \text{EP6} = 2$$

➤ Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W_{11} = 0.4 + (0.1 * -2 * 1)$$

$$W_{11} = 0.2$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W_{21} = 0 + (0.1 * -2 * 2)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U_1 = 0.3 + 0.1 * -2 * 1$$

$$U_1 = 0.1$$

W1	W2
0.2	-0.4

U
0.1

**CALCULAR EL ERROR RMS O ERROR DE LA ITERACIÓN**

$$Error\ RMS = \sum Ep/P$$

$$ERMS = (2 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2)/6$$

ERMS=0.666667 iteración No 1

ERMS<=Error máximo permitido

0.666667>0.1

Debe iniciarse la siguiente iteración

## Iteración numero 2

### patrón # 1

X1	X2	Y
2.0	0.0	1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$S_i = \sum [(X_j * W_{ji}) - U_i] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S_1 = [(X_1 * W_{11} + X_2 * W_{21}) - U_1]$$

$$W_{11} = 0.2 \quad W_{21} = -0.4$$

$$U_1 = 0.1$$

$$s_1 = (((2 * 0.2) + (0 * -0.4)) - 0.1)$$

$$s_1 = 0.3$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR_1 = \varepsilon S_1 \quad yr_1 = \varepsilon(0.3) \quad YR_1 = 1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$E_{li} = YD_i - YR_i$$

$$EL_1 = 1 - (1)$$

$$EL_1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |E_{li}| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP_1 = |EL_1| / 1$$

$$EP_1 = \frac{|0|}{1} \quad \textcolor{red}{EP_1 = 0}$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * EL_1 * X_1)$$

$$W_{11} = 0.2 + (0.1 * 0 * 2)$$

$$W_{11} = 0.2$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W_{21} = -0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * EL1 * X_o(1)$$

$$U_1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0,1$$

U
0.1

W1	W2
0.2	-0.4

## patrón # 2

X1	X2	Y
0.0	0.0	-1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.2 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((0 * 0.2) + (0 * -0.4)) - 0,1)$$

$$s1 = -0,1$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = \varepsilon S1 \quad yr1 = \varepsilon(-0.1) \quad YR1 = -1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$ELi = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP2 = |EL1| / 1$$

$$EP2 = \frac{|0|}{1} \quad \textbf{EP2 = 0}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.2 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0,2$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = -0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W21 = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,1$$

W1	W2
0.2	-0.4

U
0.1

**patrón # 3**

X1	X2	Y
2.0	2.0	1.0

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.2 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((2 * 0.2) + (2 * -0.4)) - 0, 1)$$

$$s1 = -0.5$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \varepsilon S1 \quad yr1 = \varepsilon(-0.5) \quad YR1 = -1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (-1)$$

$$EL1 = 2$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP3 = |EL1| / 1$$

$$EP3 = \frac{|2|}{1} \quad \textcolor{red}{EP3 = 2}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.2 + (0,1 * 2 * 2)$$

$$W11 = 0,6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = -0.4 + (0,1 * 2 * 2)$$

$$W21 = 0$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + 0,1 * 2 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.6	0

U
0.3

#### patrón # 4

X1	X2	Y
0.0	1.0	-1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.6 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((0 * 0.6) + (1 * 0)) - 0.3)$$

$$s1 = -0.3$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = E S1 \quad yr1 = E(-0.3) \quad YR1 = -1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP4 = |EL1| / 1$$

$$EP4 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP4} = 0$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.6 + (0.1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0.6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W_{21} = 0 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W_{21} = 0$$

$$U(nuevo)i = U(actual)1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.6	0

U
0.3

### patrón # 5

X1	X2	Y
1.0	1.0	1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.6 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((1 * 0.6) + (1 * 0)) - 0,3)$$

$$s1 = 0.3$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = ES1 \quad yr1 = E(0.3) \quad YR1 = 1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ Calcular el error del patrón



$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP5 = |EL1| / 1$$

$$EP5 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP5} = 0$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W_{11} = 0.6 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W_{11} = 0,6$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W_{21} = 0 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W_{21} = 0$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_i + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U_1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0,3$$

W1	W2
0.6	0

U
0.3

**patrón # 6**

X1	X2	Y
1.0	2.0	-1.0

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W_{11} = 0.6 \quad W_{21} = 0$$

$$U_1 = 0.3$$

$$s1 = (((1 * 0.6) + (2 * 0)) - 0,3)$$

$$s1 = 0.3$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \mathcal{E}S1 \quad yr1 = \mathcal{E}(0.3) \quad YR1 = 1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (1)$$

$$EL1 = -2$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP6 = |EL1| / 1$$

$$EP6 = \frac{|-2|}{1} \quad \textbf{EP6 = 2}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.6 + (0.1 * -2 * 1)$$

$$W11 = 0.4$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W21 = 0 + (0.1 * -2 * 2)$$

$$W21 = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0.3 + (0.1 * -2 * 1)$$

$$U1 = 0.1$$

W1	W2
0.4	-0.4

U
0.1

### **CALCULAR EL ERROR RMS O ERROR DE LA ITERACIÓN**

$$Error\ RMS = \sum Ep/P$$

$$ERMS = (0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 2)/6$$

**ERMS=0.666667 iteración No 2**

**ERMS<=Error máximo permitido**

**0.666667 > 0.1**

**Debe iniciarse la siguiente iteración**

### Iteración numero 3

#### patrón # 1

X1	X2	Y
2.0	0.0	1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$S_i = \sum [(X_j * W_{ji}) - U_i] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S_1 = [(X_1 * W_{11} + X_2 * W_{21}) - U_1]$$

$$W_{11} = 0.4 \quad W_{21} = -0.4$$

$$U_1 = 0.1$$

$$s_1 = (((2 * 0.4) + (0 * -0.4)) - 0.1)$$

$$s_1 = 0.7$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR_1 = \varepsilon S_1 \quad yr_1 = \varepsilon(0.7) \quad YR_1 = 1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$E_{li} = YD_i - YR_i$$

$$EL_1 = 1 - (1)$$

$$EL_1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |E_{li}| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP_1 = |EL_1| / 1$$

$$EP_1 = \frac{|0|}{1} \quad \textcolor{red}{EP_1 = 0}$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * EL_1 * X_1)$$

$$W_{11} = 0.4 + (0.1 * 0 * 2)$$

$$W_{11} = 0.4$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W_{21} = -0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * EL1 * X_o(1)$$

$$U_1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0,1$$

U
0.1

W1	W2
0.4	-0.4

## patrón # 2

X1	X2	Y
0.0	0.0	-1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.4 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((0 * 0.4) + (0 * -0.4)) - 0,1)$$

$$s1 = -0,1$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = \varepsilon S1 \quad yr1 = \varepsilon(-0.1) \quad YR1 = -1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$ELi = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP2 = |EL1| / 1$$

$$EP2 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP2} = 0$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W_{11} = 0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W_{11} = 0,4$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W_{21} = -0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_i + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U_1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0,1$$

W1	W2
0.4	-0.4

U
0.1

**patrón # 3**

X1	X2	Y
2.0	2.0	1.0

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W_{11} = 0.4 \quad W_{21} = -0.4$$

$$U_1 = 0.1$$

$$s1 = (((2 * 0.4) + (2 * -0.4)) - 0, 1)$$

$$s1 = -0.1$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \mathcal{E}S1 \quad yr1 = \mathcal{E}(-0.1) \quad YR1 = -1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (-1)$$

$$EL1 = 2$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP3 = |EL1| / 1$$

$$EP3 = \frac{|2|}{1} \quad \textcolor{red}{EP3 = 2}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.4 + (0,1 * 2 * 2)$$

$$W11 = 0,8$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = -0.4 + (0,1 * 2 * 2)$$

$$W21 = 0$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + 0,1 * 2 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.8	0

U
0.3

#### patrón # 4

X1	X2	Y
0.0	1.0	-1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.8 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((0 * 0.8) + (1 * 0)) - 0.3)$$

$$s1 = -0.3$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = E S1 \quad yr1 = E(-0.3) \quad YR1 = -1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP4 = |EL1| / 1$$

$$EP4 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP4} = 0$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.8 + (0.1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0.8$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$



$$W_{21} = 0 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W_{21} = 0$$

$$U(nuevo)_i = U(actual)_1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,3 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,3$$

W1	W2
0.8	0

U
0.3

### patrón # 5

X1	X2	Y
1.0	1.0	1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.8 \quad W21 = 0$$

$$U1 = 0.3$$

$$s1 = (((1 * 0.8) + (1 * 0)) - 0,3)$$

$$s1 = 0.5$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = ES1 \quad yr1 = E(0.5) \quad YR1 = 1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP5 = |EL1| / 1$$

$$EP5 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP5} = 0$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W_{11} = 0.8 + (0.1 * 0 * 1)$$

$$W_{11} = 0.8$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W_{21} = 0 + (0.1 * 0 * 1)$$

$$W_{21} = 0$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_i + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U_1 = 0.3 + 0.1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0.3$$

W1	W2
0.8	0

U
0.3

**patrón # 6**

X1	X2	Y
1.0	2.0	-1.0

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W_{11} = 0.8 \quad W_{21} = 0$$

$$U_1 = 0.3$$

$$s1 = (((1 * 0.8) + (2 * 0)) - 0.3)$$

$$s1 = 0.5$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \mathcal{E}S1 \quad yr1 = \mathcal{E}(0.5) \quad YR1 = 1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (1)$$

$$EL1 = -2$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP6 = |EL1| / 1$$

$$EP6 = \frac{|-2|}{1} \quad \textcolor{red}{EP6 = 2}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.8 + (0.1 * -2 * 1)$$

$$W11 = 0.6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W21 = 0 + (0.1 * -2 * 2)$$

$$W21 = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0.3 + (0.1 * -2 * 1)$$

$$U1 = 0.1$$

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1

### **CALCULAR EL ERROR RMS O ERROR DE LA ITERACIÓN**

$$Error\ RMS = \sum Ep/P$$

$$ERMS = (0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 2)/6$$

**ERMS=0.6666667 iteración No 3**

**ERMS<=Error máximo permitido**

**0.6666667 > 0.1**

**Debe iniciarse la siguiente iteración**

## Iteración numero 4

### patrón # 1

X1	X2	Y
2.0	0.0	1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$S_i = \sum [(X_j * W_{ji}) - U_i] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S_1 = [(X_1 * W_{11} + X_2 * W_{21}) - U_1]$$

$$W_{11} = 0.6 \quad W_{21} = -0.4$$

$$U_1 = 0.1$$

$$s_1 = (((2 * 0.6) + (0 * -0.4)) - 0.1)$$

$$s_1 = 1.1$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR_1 = E S_1 \quad yr_1 = E(1.1) \quad YR_1 = 1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$E_{li} = YD_i - YR_i$$

$$EL_1 = 1 - (1)$$

$$EL_1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |E_{li}| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP_1 = |EL_1| / 1$$

$$EP_1 = \frac{|0|}{1} \quad \textcolor{red}{EP_1 = 0}$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * EL_1 * X_1)$$

$$W_{11} = 0.6 + (0.1 * 0 * 2)$$

$$W_{11} = 0.6$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W_{21} = -0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * EL1 * X_o(1)$$

$$U_1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0,1$$

U
0.1

W1	W2
0.6	-0.4

## patrón # 2

X1	X2	Y
0.0	0.0	-1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.6 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((0 * 0.6) + (0 * -0.4)) - 0,1)$$

$$s1 = -0,1$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = \varepsilon S1 \quad yr1 = \varepsilon(-0.1) \quad YR1 = -1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$ELi = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP2 = |EL1| / 1$$

$$EP2 = \frac{|0|}{1} \quad \textbf{EP2 = 0}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.6 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0,6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = -0.4 + (0,1 * 0 * 0)$$

$$W21 = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,1$$

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1

**patrón # 3**

<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>Y</b>
<b>2.0</b>	<b>2.0</b>	<b>1.0</b>

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.6 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((2 * 0.6) + (2 * -0.4)) - 0, 1)$$

$$s1 = 0.3$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \varepsilon S1 \quad yr1 = \varepsilon(0.3) \quad YR1 = 1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP3 = |EL1| / 1$$

$$EP3 = \frac{|0|}{1} \quad \textcolor{red}{EP3 = 0}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W11 = 0.6 + (0,1 * 0 * 2)$$

$$W11 = 0,6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W21 = -0.4 + (0,1 * 0 * 2)$$

$$W21 = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,1$$

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1



#### patrón # 4

X1	X2	Y
0.0	1.0	-1.0

- Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.6 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((0 * 0.6) + (1 * -0.4)) - 0.1)$$

$$s1 = -0.5$$

- Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = E S1 \quad yr1 = E(-0.5) \quad YR1 = -1$$

- Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

- Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP4 = |EL1| / 1$$

$$EP4 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP4} = 0$$

- Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.6 + (0.1 * 0 * 0)$$

$$W11 = 0.6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W_{21} = -0.4 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + 0,1 * 0 * 1$$

$$U1 = 0,1$$

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1

### patrón # 5

X1	X2	Y
1.0	1.0	1.0

➤ Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral

$$Si = \sum[(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W11 = 0.6 \quad W21 = -0.4$$

$$U1 = 0.1$$

$$s1 = (((1 * 0.6) + (1 * -0.4)) - 0,1)$$

$$s1 = 0.1$$

➤ Calcular la salida de la red aplicando la función de activación

$$YR1 = ES1 \quad yr1 = E(0.1) \quad YR1 = 1$$

➤ Calcular los errores lineales producidos a la salida

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = 1 - (1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ Calcular el error del patrón

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP5 = |EL1| / 1$$

$$EP5 = \frac{|0|}{1} \quad \text{EP5} = 0$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})_{11} = W(\text{actual})_{11} + (\alpha * El1 * X1)$$

$$W_{11} = 0.6 + (0.1 * 0 * 1)$$

$$W_{11} = 0.6$$

$$W(\text{nuevo})_{21} = W(\text{actual})_{21} + (\alpha * El1 * X2)$$

$$W_{21} = -0.4 + (0.1 * 0 * 1)$$

$$W_{21} = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})_i = U(\text{actual})_i + \alpha * El1 * Xo(1)$$

$$U_1 = 0.1 + 0.1 * 0 * 1$$

$$U_1 = 0.1$$

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1

**patrón # 6**

X1	X2	Y
1.0	2.0	-1.0

➤ **Calcular la salida de la función suma atenuada con el umbral**

$$Si = \sum [(Xj * Wji) - Ui] \quad j = 1, 2 \quad i = 1$$

$$S1 = [(X1 * W11 + X2 * W21) - U1]$$

$$W_{11} = 0.6 \quad W_{21} = -0.4$$

$$U_1 = 0.1$$

$$s1 = (((1 * 0.6) + (2 * -0.4)) - 0.1)$$

$$s1 = -0.3$$

➤ **Calcular la salida de la red aplicando la función de activación**

$$YR1 = \mathcal{E}S1 \quad yr1 = \mathcal{E}(-0.3) \quad YR1 = -1$$

➤ **Calcular los errores lineales producidos a la salida**

$$Eli = YDi - YRi$$

$$EL1 = -1 - (-1)$$

$$EL1 = 0$$

➤ **Calcular el error del patrón**

$$EP = \sum |Eli| / \text{Numero de salidas } (N)$$

$$EP6 = |EL1| / 1$$

$$EP6 = \frac{|0|}{1} \quad \textcolor{red}{EP6 = 0}$$

➤ **Ajustar matriz de pesos y vector de umbrales**

$$W(\text{nuevo})11 = W(\text{actual})11 + (\alpha * EL1 * X1)$$

$$W11 = 0.6 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$W11 = 0.6$$

$$W(\text{nuevo})21 = W(\text{actual})21 + (\alpha * EL1 * X2)$$

$$W21 = -0.4 + (0,1 * 0 * 2)$$

$$W21 = -0.4$$

$$U(\text{nuevo})i = U(\text{actual})1 + \alpha * EL1 * Xo(1)$$

$$U1 = 0,1 + (0,1 * 0 * 1)$$

$$U1 = 0,1$$

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1

**CALCULAR EL ERROR RMS O ERROR DE LA ITERACIÓN**

$$Error\ RMS = \sum Ep/P$$

$$ERMS = (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0)/6$$

**ERMS=0 iteración No 4**

**ERMS<=Error máximo permitido**

**0 < 0.1**

**SE CUMPLE EN LA CUARTA ITERACION, PARAMOS EL ENTRENAMIENTO Y GUARDAMOS LOS PESOS FINALES COMO OPTIMOS DE FORMA PERMANENTE**

W1	W2
0.6	-0.4

U
0.1