Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- **TALLER 4 INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

- Usando la red neuronal del perceptron, clasificar la siguiente información

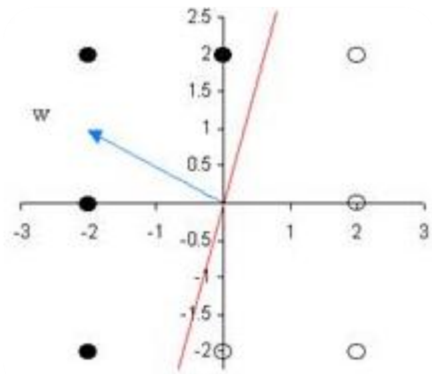


Ilustración 1 Frontera de decision

- Se obtiene el vector de pesos W:
- **W=[-2 1]**
- Dado que la frontera de decisión atraviesa por el origen (0,0), el umbral de activación es cero.
- **b=0**
- **Entrenamiento**
- $\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix}$ $\boldsymbol{t1 = 1}$;

  función de activación propia de la red:
- $a = hardlim\ (Wp + b)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}\left(\begin{bmatrix}-2 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0 \\ 2\end{bmatrix} + 0\right) = \mathrm{hardlim}\left((-2)(0) + (1)(2) + 0\right)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(2) = 1$

  Se calcula el error:
- $\mathrm{e} = \mathrm{t1} - \mathrm{a}$

  $\mathrm{e} = 1 - 1$

  $\mathrm{e} = 0$

- **Para el segundo par de entrada/salida**

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

$$\mathbf{p2} = \begin{bmatrix} -\mathbf{2} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t2} = \mathbf{1};$$

-

$$\mathbf{p2} = \begin{bmatrix} -\mathbf{2} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t2} = \mathbf{1};$$

-
- **función de activación propia de la red:**

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix} -2 \\ 2 \end{bmatrix} + 0)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(6) = 1$$

-

Se calcula el error:

$$\mathrm{e} = \mathrm{t2} - \mathrm{a}$$

$$\mathrm{e} = 1 - 1$$

$$\mathrm{e} = 0$$

- **Para el tercer par de entrada/salida**

$$\mathbf{p3} = \begin{bmatrix} -\mathbf{2} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t3} = \mathbf{1};$$

-
- **función de activación propia de la red:**

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix} -2 \\ 0 \end{bmatrix} + 0)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(4) = 1$$

- **Se calcula el error:**

$$\mathrm{e} = \mathrm{t3} - \mathrm{a}$$

$$\mathrm{e} = 1 - 1$$

$$\mathrm{e} = 0$$

- **El cuarto par de entrada/salida**

$$\mathbf{p4} = \begin{bmatrix} -\mathbf{2} \\ -\mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t4} = \mathbf{1};$$

-

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- **función de activación propia de la red:**

  $a = hardlim\ (Wp + b)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix}-2\\-2\end{bmatrix} + 0)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(2) = 1$

- **Se calcula el error:**

  $\mathrm{e} = \mathrm{t4} - \mathrm{a}$

  $\mathrm{e} = 1 - 1$

  $\mathrm{e} = 0$

- **El quinto par de entrada/salida**

  $\mathbf{p5} = \begin{bmatrix}\mathbf{0}\\\mathbf{-2}\end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t5} = \mathbf{0};$

-
- **función de activación propia de la red:**

  $a = hardlim\ (Wp + b)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix}0\\-2\end{bmatrix} + 0)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(-2) = 0$

  Paso 2. Se calcula el error:

  $\mathrm{e} = \mathrm{t5} - \mathrm{a}$

  $\mathrm{e} = 0 - 0$

  $\mathrm{e} = 0$

- **sexto par de entrada/salida**

  $\mathbf{p6} = \begin{bmatrix}\mathbf{2}\\\mathbf{-2}\end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t6} = \mathbf{0};$

-
- **función de activación propia de la red:**

  $a = hardlim\ (Wp + b)$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

$$a = \text{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix} 2 \\ -2 \end{bmatrix} + 0)$$

$$a = \text{hardlim}(-6) = 0$$

-

Se calcula el error:

$$e = t6 - a$$

$$e = 0 - 0$$

$$e = 0$$

- **séptimo par de entrada/salida**

$$\mathbf{p7} = \begin{bmatrix} \mathbf{2} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t7 = 0};$$

-
- **función de activación propia de la red:**

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$a = \text{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix} 2 \\ 0 \end{bmatrix} + 0)$$

$$a = \text{hardlim}(-4) = 0$$

-

Se calcula el error:

$$e = t7 - a$$

$$e = 0 - 0$$

$$e = 0$$

- **octavo par de entrada/salida**

$$\mathbf{p8} = \begin{bmatrix} \mathbf{2} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t8 = 1};$$

-
- **función de activación propia de la red:**

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$a = \text{hardlim}([-2 \quad 1]\begin{bmatrix} 2 \\ 2 \end{bmatrix} + 0)$$

$$a = \text{hardlim}(-2) = 0$$

-

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- **Se calcula el error:**

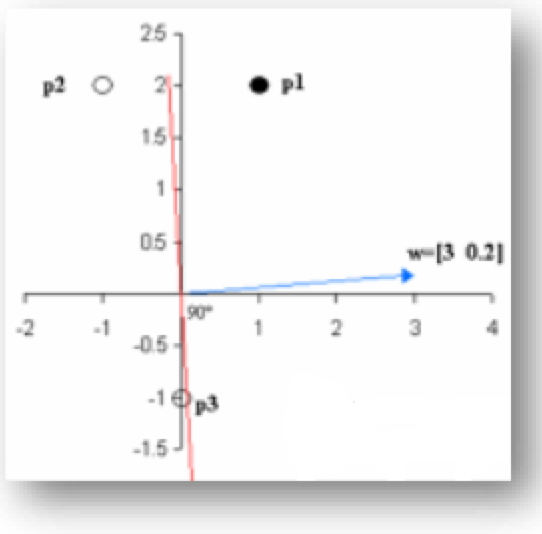
  $e = t8 - a$

  $e = 0 - 0$

  $e = 0$

- **Conclusión**
- Después de analizar el ejercicio anterior, se logra comprender que este tiene solución por medio de un perceptrón simple, dado que se introduce una sola frontera de decisión separado el espacio de los patrones en dos regiones.

- Usando la red neuronal del perceptron, clasificar la siguiente información



  - Ilustración 2 Frontera de decision 2

- Para el primer par de entrada/salida

  $\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t1} = \mathbf{1};$

-

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- función de activación propia de la red:

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}\left([1 \quad -0.8]\begin{bmatrix}1\\2\end{bmatrix} + 0\right) = \mathrm{hardlim}\big((1)(1) - (0.8)(2) + 0\big)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(-0.6) = 0$$

- Se calcula el error:

$$\mathrm{e} = \mathrm{t1} - \mathrm{a}$$

$$\mathrm{e} = 1 - 0$$

$$\mathrm{e} = 1$$

Regla de aprendizaje del perceptrón, se modifica el vector de pesos:

$$W_{nuevo} = W_{anterior} + ep^T$$

- $$W_{nuevo} = [1 \quad -0.8] + (1)[1 \quad 2]$$

$$W_{nuevo} = [1 \quad -0.8] + [1 \quad 2] = [1+1 \quad -0.8+2]$$

$$W_{nuevo} = [2 \quad 1.2]$$

b

Para el umbral .

$$b_{nuevo} = b_{anterior} + e$$

-
- $$b_{nuevo} = 0 + 1 = \mathbf{1}$$
- **segundo par de entrada/salida**

$$\mathbf{p2} = \begin{bmatrix}-\mathbf{1}\\ \mathbf{2}\end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t2} = \mathbf{0};$$

-
- **salida utilizando la función de activación propia de la red (Con los Nuevos Pesos):**

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}\left([2 \quad 1.2]\begin{bmatrix}-1\\2\end{bmatrix} + 1\right) = \mathrm{hardlim}\big((2)(-1) + (1.2)(2) + 1\big)$$

$$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(1.4) = 1$$

- **Se calcula el error:**

$$\mathrm{e} = \mathrm{t2} - \mathrm{a}$$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

$\mathrm{e} = 0 - 1$

$\mathrm{e} = -1$

Usando la regla de aprendizaje del perceptrón, se modifica el vector de pesos:

$W_{nuevo} = W_{anterior} + ep^T$

- $W_{nuevo} = [2 \quad 1.2] + (-1)[-1 \quad 2]$

$W_{nuevo} = [2 \quad 1.2] + [1 \quad -2]$

$W_{nuevo} = [3 \quad -0.8]$

(b)

Para el umbral

$b_{nuevo} = b_{anterior} + e$

-
- $b_{nuevo} = 1 - 1 = \mathbf{0}$
- **tercer par de entrada/salida**

- $\mathbf{p3} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{-1} \end{bmatrix}$ $\boldsymbol{t3 = 0};$

salida utilizando la función de activación propia de la red:

$a = hardlim\ (Wp + b)$

$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}([3 \quad -0.8]\begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix} + 0)$

$\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(0.8) = 1$

Se calcula el error:

$\mathrm{e} = \mathrm{t3} - \mathrm{a}$

$\mathrm{e} = 0 - 1$

$\mathrm{e} = -1$

regla de aprendizaje del perceptrón, se modifica el vector de pesos:

$W_{nuevo} = W_{anterior} + ep^T$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- $W_{nuevo} = [3 \quad -0.8] + (-1)[0 \quad -1\,]$

  $W_{nuevo} = [3 \quad -0.8] + [0 \;\; 1\,]$

  $W_{nuevo} = [3 \quad 0.2]$

  (b)

- **Para el umbral**

  $b_{nuevo} = b_{anterior} + e$

-
- $b_{nuevo} = 0 - 1 = \mathbf{-1}$
- **primer par de entrada/salida**
- $\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t1} = \mathbf{1};$
- **función de activación propia de la red:**

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}\left([3 \quad 0.2]\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} + 0\right) = \mathrm{hardlim}\big((3)(1) + (0.2)(2) + 0\big)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(3.4) = 1$

  Se calcula el error:

  $\mathrm{e} = \mathrm{t1} - \mathrm{a}$

  $\mathrm{e} = 1 - 1$

  $\mathrm{e} = 0$

- **segundo par de entrada/salida**
- $\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} -\mathbf{1} \\ \mathbf{2} \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{t2} = \mathbf{0};$

  función de activación propia de la red:

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}([3 \quad 0.2]\begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix} + 0)$

  $\mathrm{a} = \mathrm{hardlim}(-2.6) = 0$

  Se calcula el error:

- $\mathrm{e} = \mathrm{t2} - \mathrm{a}$

  $\mathrm{e} = 0 - 0$

  $\mathrm{e} = 0$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- **tercer par de entrada/salida**
- $\mathbf{p3} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{-1} \end{bmatrix}$ $\boldsymbol{t3 = 0}$;

función de activación propia de la red:

$$a = \text{hardlim}(\begin{bmatrix} 3 & 0.2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix} + 0)$$

$$a = \text{hardlim}(-0.2) = 0$$

Se calcula el error:

$$e = t3 - a$$

$$e = 0 - 0$$

$$e = 0$$

los valores de $\boldsymbol{W}$ **y** b **son:**

W = [3 0.2]

b = 0

- **Conclusión**
- Se observa que la frontera de decisión (perpendicular al vector de pesos) pasando por el origen, esto último se debe a que el valor del umbral b es cero.

- Diseñe una red neuronal que clasifique dos frutas
- Primer par de entrada/salida
- $\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \end{bmatrix}$ $\mathbf{t1 = 0}$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- **la función de activación propia de la red:**
  $a = hardlim\ (Wp + b)$

  $$a = \text{hardlim}\left([0.5 \quad -1 \quad -0.5]\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} + 0.5\right)$$
  $$= \text{hardlim}\big((0.5)(1) + (-1)(-1) + (-0.5)(-1) + 0.5\big)$$

  $$a = \text{hardlim}(2.5) = 1$$

- Se calcula el error:
  $e = t1 - a$

  $e = 0 - 1$

  $e = -1$

- **regla de aprendizaje del perceptrón, se modifica el vector de pesos:**
  $W_{nuevo} = W_{anterior} + ep^T$

- $W_{nuevo} = [0.5 \quad -1 \quad -0.5] + (-1)[1 \quad -1 \quad -1\ ]$

  $W_{nuevo} = [0.5 \quad -1 \quad -0.5] + [-1 \quad 1 \quad 1\ ]$

  $W_{nuevo} = [-0.5 \quad 0 \quad 0.5]$

  b

- **Para el umbral**
  $b_{nuevo} = b_{anterior} + e$

- $b_{nuevo} = 0.5 - 1 = \mathbf{-0.5}$

- **segundo par de entrada/salida**

  $$\mathbf{p2} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \end{bmatrix} \qquad \mathbf{t2 = 1}$$

- **la función de activación propia de la red:**
  $a = hardlim\ (Wp + b)$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

$$a = \text{hardlim}([-0.5 \quad 0 \quad 0.5]\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} - 0.5)$$

$$a = \text{hardlim}(-1.5) = 0$$

- **Se calcula el error:**

$$e = t2 - a$$

$$e = 1 - 0$$

$$e = 1$$

- **la regla de aprendizaje del perceptrón, se modifica el vector de pesos:**

$$W_{nuevo} = W_{anterior} + ep^T$$

- $$W_{nuevo} = [-0.5 \quad 0 \quad 0.5] + (1)[1 \quad 1 \quad -1\,]$$

$$W_{nuevo} = [-0.5 \quad 0 \quad 0.5] + [1 \quad 1 \quad -1\,]$$

$$W_{nuevo} = [0.5 \quad 1 \quad -0.5]$$

b

- **Para el umbral**

$$b_{nuevo} = b_{anterior} + e$$

- $$b_{nuevo} = -0.5 + 1 = \mathbf{0.5}$$

- Segunda época
- Para el primer par de entrada/salida (Primera iteración)
- $$\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \end{bmatrix} \qquad \mathbf{t1 = 0}$$

- **función de activación propia de la red:**

$$a = hardlim\,(Wp + b)$$

$$a = \text{hardlim}([0.5 \quad 1 \quad -0.5]\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} + 0.5)$$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

$$a = \mathrm{hardlim}(0.5) = 1$$

- **Se calcula el error:**

$$e = t1 - a$$

$$e = 0 - 1$$

$$e = -1$$

- **Regla de aprendizaje del perceptrón, se modifica el vector de pesos:**

$$W_{nuevo} = W_{anterior} + ep^T$$

- $$W_{nuevo} = [0.5 \quad 1 \quad -0.5] + (-1)[1 \quad -1 \quad -1]$$

$$W_{nuevo} = [0.5 \quad 1 \quad -0.5] + [-1 \quad 1 \quad 1]$$

$$W_{nuevo} = [-0.5 \quad 2 \quad 0.5]$$

$$(b)$$

- **Para el umbral**

$$b_{nuevo} = b_{anterior} + e$$

-
- $$b_{nuevo} = 0.5 - 1 = \mathbf{-0.5}$$
- Para el segundo par de entrada/salida

- $$\mathbf{p2} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ \mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \end{bmatrix} \qquad \mathbf{t2 = 1}$$

- **función de activación propia de la red:**

$$a = hardlim\ (Wp + b)$$

$$a = \mathrm{hardlim}\left([-0.5 \quad 2 \quad 0.5]\begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} - 0.5\right)$$

$$a = \mathrm{hardlim}(0.5) = 1$$

Luis Carlos Jordán Hurtado
C.C 1112779481
V SEMESTRE Tecnología en sistemas
2018

- **Se calcula el error:**

  $e = t2 - a$

  $e = 1 - 1$

  $e = 0$

- $\mathbf{p1} = \begin{bmatrix} \mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \\ -\mathbf{1} \end{bmatrix}$ $\mathbf{t1 = 0}$

- **función de activación propia de la red:**

  $a = hardlim\ (Wp + b)$

  $a = \text{hardlim}(\begin{bmatrix} -0.5 & 2 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} - 0.5)$

  $a = \text{hardlim}(-3.5) = 0$

- **Se calcula el error:**

  $e = t1 - a$

  $e = 0 - 0$

  $e = 0$

-

  Por lo tanto, los valores finales de **W** y **b** son:

  $W = [-0.5 \quad 2 \quad 0.5]$

  $b = 0.5$

- CONCLUSIÓN. Teniendo en cuenta el mecanismo de aprendizaje del perceptrón se ha alcanzado un mínimo por lo que se obtienen valores estables para la matriz de pesos $\mathbf{W}$ y el umbral $\mathbf{b}$.