

# Perceptron

Uvod u raspoznavanje uzoraka

ak. god. 2019/2020

Prof. dr. sc. Slobodan Ribarić

# Perceptron

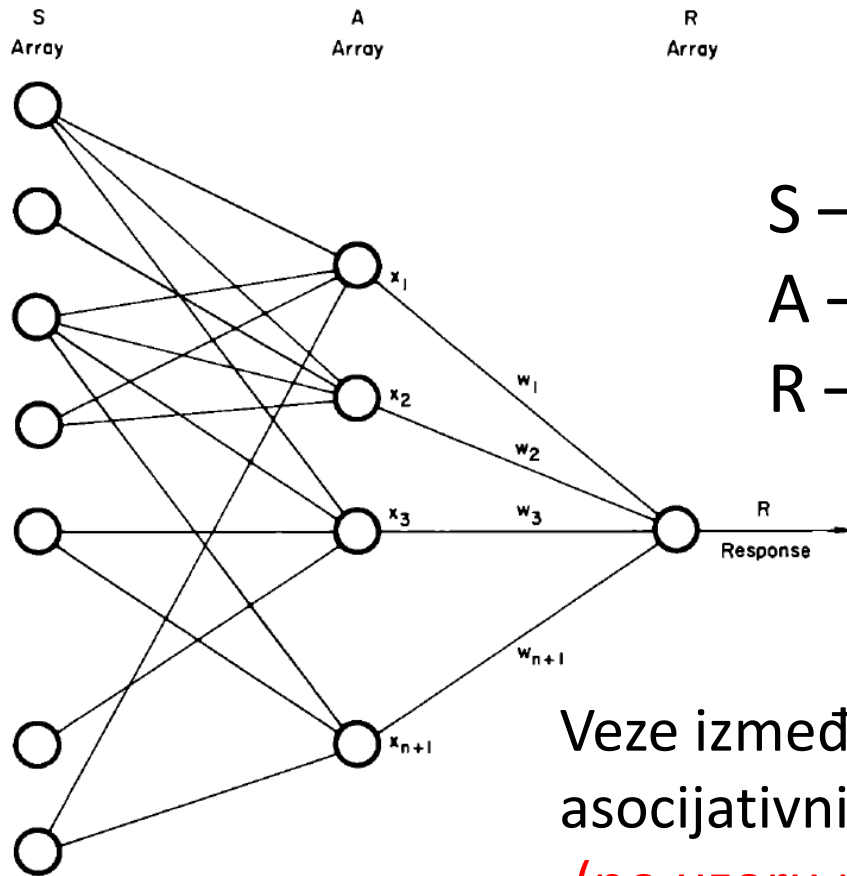
Perceptron (Frank Rosenblatt, 1957.)

- šezdesetih godina prošlog stoljeća

*bionika* (biologija + elektronika) grana znanosti koja traži polazište za rješavanje tehničkih problema po uzoru koji čovjeku pruža sama priroda – primjena bioloških koncepata u izgradnji elektroničkih naprava

- Perceptron razvrstava (klasificira) uzorke u jedan od dva razreda

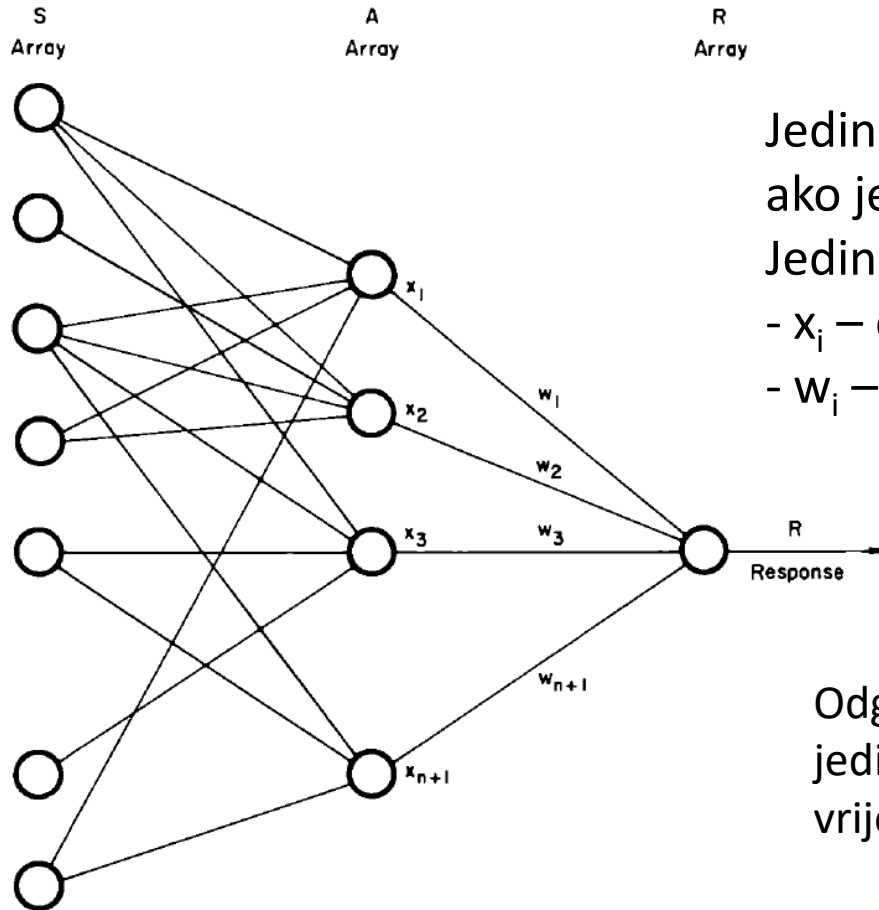
# Perceptron



S – polje senzorskih jedinica  
A – polje asocijativnih jedinica  
R – izlazna jedinica

Veze između senzorskih jedinica i asocijativnih jedinica su **brojne** i **slučajne** (po uzoru na veze između bioloških neurona)

# Perceptron



Jedinica u polju **A** generira izlaz različit od 0 ako je dovoljan broj pobuđenih senzorskih Jedinica (aktivan) priključenih na jedinicu **A**

- $x_i$  – odgovor  $i$ -te asocijativne jedinice
- $w_i$  – težinska vrijednost

Odgovor R proporcionalan je sumi odgovora jedinica A; odgovori su pomnoženi s težinskim vrijednostima  $w_i$

$$R = \sum_{i=1}^{n+1} w_i x_i = \mathbf{w}^T \mathbf{x}$$

# Perceptron

$$R = \sum_{i=1}^{n+1} w_i x_i = \mathbf{w}^T \mathbf{x}$$

Pravilo klasifikacije nepoznatog uzorka  $\mathbf{x}$ :

- ako je  $R > 0$  nepoznati uzorak se klasificira u razred  $\omega_1$
- ako je  $R < 0$  nepoznati uzorak se klasificira u razred  $\omega_2$

Perceptron – klasifikator nepoznatih uzoraka u dva razreda ako su razredi linearno odvojivi

Kako Perceptron uči?

Ugađanjem težinskih vrijednosti  $w_i$  na temelju uzoraka iz skupa za učenje (označenih uzoraka)

# Perceptron

## Alogoritam učenja Perceptrona

(Učenje nagrađivanjem i kažnjavanjem; Reward&Punishment)

- zadani su uzorci  $\mathbf{x}_i$  za učenje koji pripadaju razredu  $\omega_1$  ili razredu  $\omega_2$
- $\mathbf{w}(1)$  proizvoljno izabrana početna vrijednost vektora težinskih koeficijenata
- k-ti korak algoritma:
  - Ako  $\mathbf{x}(k) \in \omega_1$  i  $\mathbf{w}^T(k)\mathbf{x}(k) \leq 0$  **zamijeni**  $\mathbf{w}(k)$  sa  $\mathbf{w}(k+1) = \mathbf{w}(k) + c \mathbf{x}(k)$ , **(klasifikator “kažnjavamo”)**  
gdje je  $c > 0$  korekcijski faktor

# Perceptron

- Ako  $\mathbf{x}(k) \in \omega_2$  i

$\mathbf{w}^T(k)\mathbf{x}(k) \geq 0$  zamijeni

$\mathbf{w}(k+1) = \mathbf{w}(k) - c \mathbf{x}(k)$ , (klasifikator “kažnjavamo”)

- U drugim slučajevima

$\mathbf{w}(k) \rightarrow \mathbf{w}(k+1) = \mathbf{w}(k)$

(klasifikator “nagrađujemo”)

# Perceptron

Preinaka Perceptrona za klasifikaciju uzoraka u  $M > 2$  razreda

- $M$  jedinica  $R$

$$R_1, R_2, \dots, R_M$$

- Klasifikacijsko pravilo:

Nepoznati se uzorak razvrstava u razred  $\omega_i$   
akko  $R_i > R_j$  za sve  $i \neq j$



# Perceptron

Osnovni model Perceptrona može se raširiti na **nelinearne decizijske funkcije** umetanjem nelinearnog pretprocesora između A i R polja jedinica (višeslojni perceptron – *multilayer perceptron* (MLP))

# Perceptron

Primjer: zadani su uzorci za učenje

$$\omega_1: \{[0, 0, 1]^T, [0, 1, 1]^T\}$$

$$\omega_1: \{[1, 0, 1]^T, [1, 1, 1]^T\}$$

$$[0, 0, 0]^T$$

1. korak

$$\mathbf{w}^T(1) \mathbf{x}(1) = [0, 0, 0] \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 0$$

$$\mathbf{w}(2) = \mathbf{w}(1) + 1 \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

# Perceptron

2. korak

$$\mathbf{w}^T(2) \mathbf{x}(2) = [0, 0, 1] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} = 1$$

$$\mathbf{w}(3) = \mathbf{w}(2) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

3. korak

$$\mathbf{w}^T(3) \mathbf{x}(3) = [0, 0, 1] \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = 1 \text{ paži } \mathbf{x}(3) \in \omega_2$$

$$\mathbf{w}(4) = \mathbf{w}(3) - \mathbf{x}(3) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

itd.

# Perceptron

Nastavljamo s iterativnim postupkom učenja dok ne postignemo prolazak kroz epohu bez korekcija!