

Umelé neurónové siete



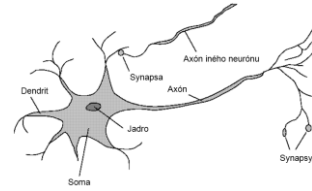
- Napodobenie mozgu
- Emergentné správanie
 - Učenie sa z príkladov a paralelné spracovanie signálov mnohými prvkami

Neurobiológia

- Pri narodení pozostáva ľudský mozog z približne 10^{12} neurónov
- Každý neurón môže byť spojený s ďalšími cca. 10^5 neurónmi
- Bežný počítač: 10^9 operácií za sekundu
- Múcha domáca: 10^{11} operácií za sekundu

1

Umelé neurónové siete

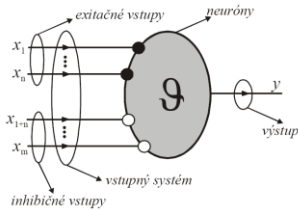


Základným stavebným kameňom ľudského mozgu je neurón:

- neurón pomocou dendritov **prijíma signály** z okolia od ostatných neurónov,
- neurón **spracováva** (integruje) prijaté signály,
- neurón pomocou axónu **posiela spracované vstupné signály** iným neurónom zo svojho okolia.

2

Umelé neurónové siete



- excitacné a inhibičné synapsy
- prah excitácie
- výstupný impulz (cez axón)

3

Umelé neurónové siete

- učenie - zmeny váh synáps
- kódovanie a reprezentácia

Redundancia

Informácia sa prenáša, prijíma a spracúva nadbytočným počtom neurónov a synáps, aby sa v prípade poškodenia siete nestratila úplne.

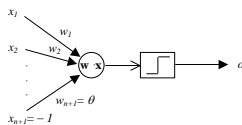
Distribúovaná reprezentácia

Každý objekt sa reprezentuje celou danou sieťou neurónov.

4

Perceptrón

- vstupný vektor a vektor váh

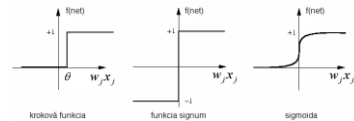


- výstup perceptrónu (f – aktivačná funkcia)

$$o = f(\text{net}) = f(\bar{w} \cdot \bar{x}) = f\left(\sum_{j=1}^{n+1} w_j x_j\right) = f\left(\sum_{j=1}^n w_j x_j - \theta\right)$$

5

Perceptrón



$$\text{Kroková funkcia: } f(\text{net}) = \text{step}(\text{net}) = \begin{cases} 1 & \text{net} \geq 0 \Leftrightarrow \sum_{j=1}^n w_j x_j \geq \theta \\ 0 & \text{net} < 0 \Leftrightarrow \sum_{j=1}^n w_j x_j < \theta \end{cases}$$

$$\text{Funkcia Signum: } f(\text{net}) = \text{sign}(\text{net}) = \begin{cases} +1 & \text{net} \geq 0 \Leftrightarrow \sum_{j=1}^n w_j x_j \geq \theta \\ -1 & \text{net} < 0 \Leftrightarrow \sum_{j=1}^n w_j x_j < \theta \end{cases}$$

$$\text{Sigmoida: } f(\text{net}) = \text{sigm}(\text{net}) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda \cdot \text{net}}}$$

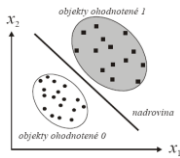
6

Perceptrón

- klasifikácia:

$$\sum_{j=1}^n w_j x_j - \theta = 0$$

- lineárne separovateľné problémy

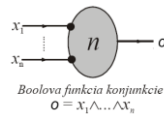


Boolova funkcia $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ je **lineárne separovateľná**, ak existuje taká rovina $w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n - \theta = 0$, ktorá separuje priestor vstupných aktivít tak, že v jednej časti priestoru sú vrcholy ohodnotené 0, zatiaľ čo v druhej časti priestoru sú vrcholy ohodnotené 1.

7

Príklad – Perceptrón (funkcia AND)

$$o_{\text{AND}}(x_1, x_2) = f(x_1 + x_2 - 2)$$

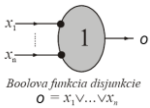


x_1	x_2	$o_{\text{AND}}(x_1, x_2)$	$x_1 \wedge x_2$
0	0	$f(-2)$	0
0	1	$f(-1)$	0
1	0	$f(-1)$	0
1	1	$f(0)$	1

8

Príklad – Perceptrón (funkcia OR)

$$o_{\text{OR}}(x_1, x_2) = f(x_1 + x_2 - 1)$$

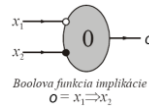


x_1	x_2	$o_{\text{OR}}(x_1, x_2)$	$x_1 \vee x_2$
0	0	$f(-1)$	0
0	1	$f(0)$	1
1	0	$f(0)$	1
1	1	$f(1)$	1

9

Príklad – Perceptrón (funkcia IF-THEN)

$$o_{\text{IF-THEN}}(x_1, x_2) = f(-x_1 + x_2)$$

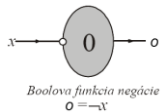


x_1	x_2	$o_{\text{IF-THEN}}(x_1, x_2)$	$x_1 \rightarrow x_2$
0	0	$f(0)$	1
0	1	$f(1)$	1
1	0	$f(-1)$	0
1	1	$f(0)$	1

10

Príklad – Perceptrón (funkcia NOT)

$$o_{\text{NOT}}(x) = f(-x + 0)$$



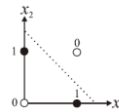
x	$o_{\text{NOT}}(x)$	$\neg x$
0	$f(0)$	1
1	$f(-1)$	0

11

Príklad – Perceptrón (funkcia XOR)

FUNKCIA XOR NIE JE LINEÁRNE SEPAROVATEĽNÁ !!!

$$\Phi_{\text{XOR}}(x, y) = x \oplus y$$

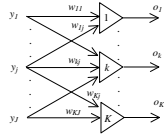


#	x	y	$\Phi_{\text{XOR}}(x, y)$
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0

JE JU VŠAK MOŽNÉ REPREZENTOVAŤ POMOCOU VIACVRSTVOVEJ DOPREDNEJ NEURÓNOVEJ SIETE

12

Jednovrstvová sieť



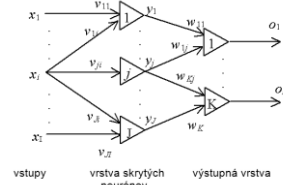
- V dopredných neurónových sieťach existujú iba dopredné spojenia medzi neurónmi
- Každý neurón jednej vrstvy vysiela signály na každý neurón nasledujúcej vrstvy.
- Chybová funkcia:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K (d_{pk} - o_{pk})^2$$

13

Viacvrstvové dopredné siete

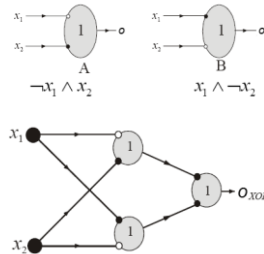
- Pridanie ďalšej vrstvy neurónov – vrstva skrytých neurónov
- Neurón vysiela signály každému na nasledujúcej vrstve



14

Príklad - Viacvrstvová sieť (funkcia XOR)

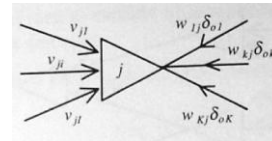
$$\Phi_{XOR}(x_1, x_2) = (\neg x_1 \wedge x_2) \vee (x_1 \wedge \neg x_2)$$



15

Viacvrstvové dopredné siete

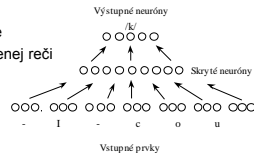
- riešenie nelineárnych problémov
- učenie spätným šírením chýb



16

Praktické aplikácie

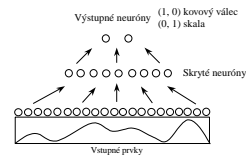
- NETTalk (Sejnowski, Rosenberg 1987)
 - hlasné čítanie anglického textu
 - výslovnosť v kontexte, výnimky
 - 7 vstupných skupín (26 one-hot neur.), 80, resp. 120 na skrytej
 - výstup: fonéma, artikulácia, dĺžka, ...
 - úspešnosť: 95% / 78% (98% / 90%)
- Modifikácie pre:
 - skúmanie dyslexie
 - odšumenie hovorenej reči



17

Praktické aplikácie

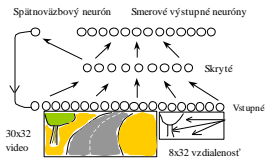
- podmorské sonarové signály (Gorman, Sejnowski 1988)
 - kovové objekty, skaly
 - predspracovanie signálov
 - vstup 60 čísiel, výstup 2 triedy, 24 skrytá vrstva
 - úspešnosť: 100% / 89% (človek 82%)



18

Praktické aplikácie

- ALVINN - autonómne pozemné vozidlo (Pomerleau 1989)
 - vstup video a vzdialenosti, výstup smer (45 uhlov), 29 skrytá vrstva
 - 1/2 hod. tréning, schopné samostatnej jazdy po neznámom teréne (5 km/h)



19