

Neuronové sítě a hluboké učení

Jindřich Matuška

Faculty of Informatics, Masaryk University

12. prosince 2024

Čas na odpovědníky

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ ,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU, Sigmoida

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU, Sigmoida
- Chybová funkce E ,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU, Sigmoida
- Chybová funkce E , Kvadratická chyba

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU, Sigmoida
- Chybová funkce E , Kvadratická chyba
- Derivace,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
- 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali

- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
- Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU, Sigmoida
- Chybová funkce E , Kvadratická chyba
- Derivace, Parciální derivace,

Kdo už viděl ...

Zvedněte:

- 1 ruku, pokud jste danou věc viděli,
 - 2 ruce, pokud jste s věcí pracovali
-
- Perceptron, Neuronová síť, Konvoluční síť
 - Vnitřní potenciál ξ , Prahová funkce, ReLU, Sigmoida
 - Chybová funkce E , Kvadratická chyba
 - Derivace, Parciální derivace, Diferenciál

Obsah

Struktura a výpočet neuronové sítě

Učení neuronové sítě

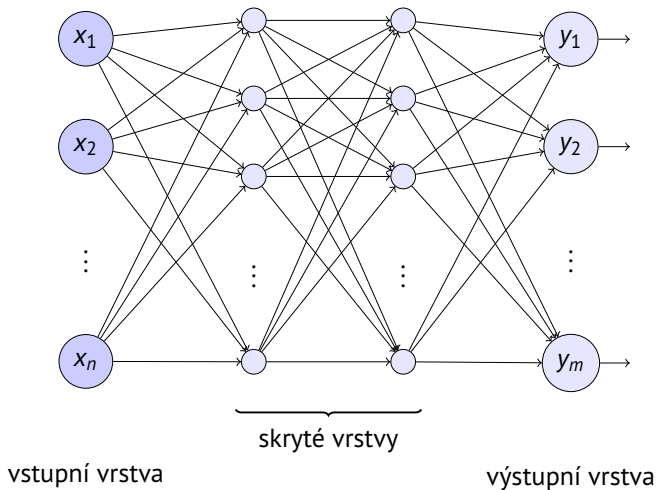
Zpracování obrazu a klasifikace

Obsah

Struktura a výpočet neuronové sítě

Učení neuronové sítě

Zpracování obrazu a klasifikace



Perceptron

Vnitřní potenciál perceptronu

$$\xi_i = -w_{0,i} + \sum_j w_{j,i} \cdot a_j$$

Výstup jednotky (g_i je aktivační funkce jednotky i)

$$a(i) = g_i(\xi_i)$$

Aktivační funkce

Prahová funkce

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

ReLU

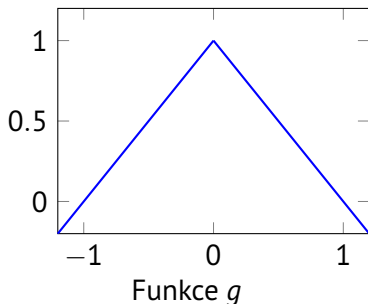
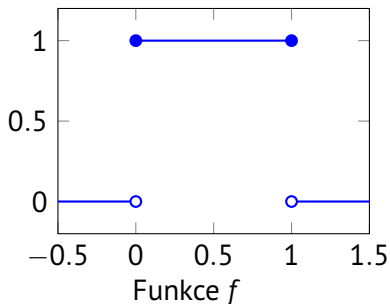
$$f(x) = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ 0 & \text{jinak} \end{cases}$$

Sigmoida

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Příklad 11.1.1 a), b)

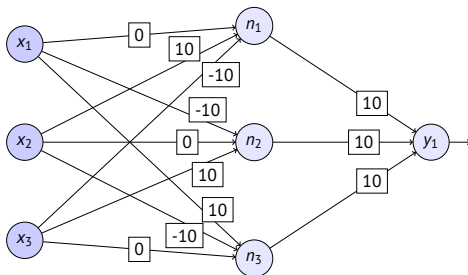
Uvažte následující funkce f , g a h .



Aplikací operací skládání funkcí, násobení konstantou, přičítání konstanty a sčítání

- a) ★ a pomocí prahové funkce vyjádřete funkci f ,
- b) ★ a pomocí ReLU vyjádřete funkci g ,

Příklad 11.1.3



Aktivační funkce je sigmoida σ , prahová váha 5.

- Jaké budou výstupy sítě pro vstupy $(0, 0, 0)$, $(1, 0, 1)$, $(1, 1, 1)$, $(-1, 0, 1)$, $(0.5, 0.4, 0.6)$?
- Napište jednoduchý program, který pro zadaný vstup spočítá výstup sítě.
- Co síť počítá? Nalezněte co nejstručnější slovní charakteristiku.
- Stačila by pro takový výpočet neuronová síť bez skrytých vrstev?

Obsah

Struktura a výpočet neuronové sítě

Učení neuronové sítě

Zpracování obrazu a klasifikace

Učení neuronové sítě

- Data:

$$D = \{(\vec{x}_1, \vec{y}_{exp,1}, \dots, (\vec{x}_p, \vec{y}_{exp,p}))\}$$

- Chybová funkce, kvadratická chyba:

$$E = E(\vec{y}, \vec{y}_{exp}) = (||\vec{y} - \vec{y}_{exp}||)^2$$

- Diferenciál a parciální derivace chybové funkce:

$$\nabla E = \left(\frac{\partial E}{\partial w_1}, \frac{\partial E}{\partial w_2}, \dots \right)$$

Online algoritmus pro učení neuronové sítě

Tréninkový set $D = \{(\vec{x}_1, \vec{y}_1), \dots, (\vec{x}_p, \vec{y}_p)\}$

Počítáme sekvenci vah $\vec{w}^{(0)}, \vec{w}^{(1)}, \vec{w}^{(2)}, \dots$

- $\vec{w}^{(0)}$ je inicializován náhodně hodnotami okolo 0,
- $\vec{w}^{(t+1)} = \vec{w}^{(t)} - \alpha \cdot \nabla E(\vec{y}^{(t)}, \vec{y}_k),$

kde

- $k = (t \bmod p) + 1,$
- $0 < \alpha \leq 1$ je konstanta učení,
- $\vec{y}^{(t)}$ je výsledek vrácený sítí v iteraci t na vstupu \vec{y}_k .

Online perceptronový algoritmus

Tréninkový set $D = \{(\vec{x}_1, c_1), \dots, (\vec{x}_p, c_p)\}$

Počítáme sekvenci vah $\vec{w}^{(0)}, \vec{w}^{(1)}, \vec{w}^{(2)}, \dots$

- $\vec{w}^{(0)}$ je inicializována náhodně s hodnotami okolo 0,
- $\vec{w}^{(t+1)} = \vec{w}^{(t)} - \alpha \cdot (C[\vec{w}^{(t)}](\vec{x}_k) - c_k) \cdot \vec{x}_k$,

kde

- $k = (t \bmod p) + 1$,
- $0 < \alpha \leq 1$ je konstanta učení.

Příklad 11.2.1 (pokud budeme chtít)

Viz sbírka

Obsah

Struktura a výpočet neuronové sítě

Učení neuronové sítě

Zpracování obrazu a klasifikace

Zpracování obrazu

Úlohy:

- klasifikace, odhalení objektů,
- generování obrazu, upscaling, stylizace obrazu
- (de)komprese

Velký objem dat

Časté využití konvolučních vrstev – hledání rysů v obrazu

Softmax

Transformace výstupu na pravděpodobnosti

$$\text{softmax}(x_1, \dots, x_n) = \left(\frac{e^{x_1}}{\sum_{i=1}^n e^{x_i}}, \frac{e^{x_2}}{\sum_{i=1}^n e^{x_i}}, \dots, \frac{e^{x_n}}{\sum_{i=1}^n e^{x_i}} \right)$$