

## Zadání příkladů pro 4. cvičení z předmětu MUIN

### Zadání

Sestavte neuronovou síť s vstupní, výstupní a dvěma skrytými vrstvami. Tuto síť naučte OCR na rozpoznávání číslic 0-9 (použijte přiloženou sadu vzorů číslic 0-9). Síť otestujte na šumem poškozených vzorech. Zobrazte výstupy naučených neuronů pro všechny zašuměné vzory do dvou oken. Adaptujte váhy po každém tréninkovém vzoru a použijte při úpravě vah parametr moment (M). Zobrazte vývoj chyby sítě  $E_c$  v průběhu učení.

- používejte přenosovou funkci **hyperbolický tangens**
- **používejte práh**
- počet vstupů odpovídá počtu výstupů předchozí vrstvy (případně počtu vstupů do sítě)
- vstupní vrstva – pouze pro distribuci vstupů do skryté vrstvy
- výstupní vrstva – pro každou číslici 1 neuron

### Doporučení

- možnost jednoduchého měnění topologie sítě (počtu neuronů v jednotlivých vrstvách)
- váhy každé vrstvy sítě ukládat jako matice
- používat pomocné vektory pro chybu a výstupy jednotlivých vrstev
- počet neuronů ve skrytých vrstvách cca 30
- učící koeficient cca 0,005

### Důležité rovnice

Výstup obecného neuronu:

$$y = f(\xi) = f\left(\sum_{k=1}^{pocet\,vah+1} w_k x_k\right)$$

$f$  je přenosová funkce neuronu

Chyba vzhledem k *h-tému* tréninkovému vzoru:

$$E_h = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (d_j - y_j)^2$$

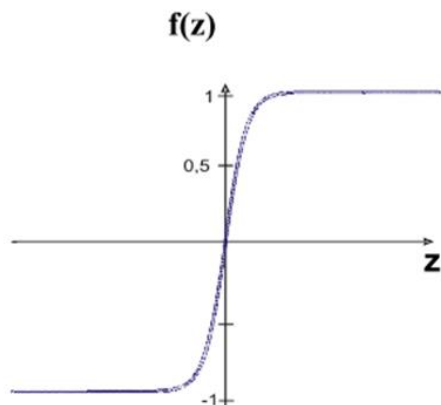
$m$  počet výstupních neuronů

Chyba sítě:

$$E_c = \sum_{h=1}^p E_h = \frac{1}{2} \sum_{h=1}^p \sum_{j=1}^m (d_{hj} - y_{hj})^2$$

$p$  počet vzorů

**Přenosová funkce hyperbolický tangens:**

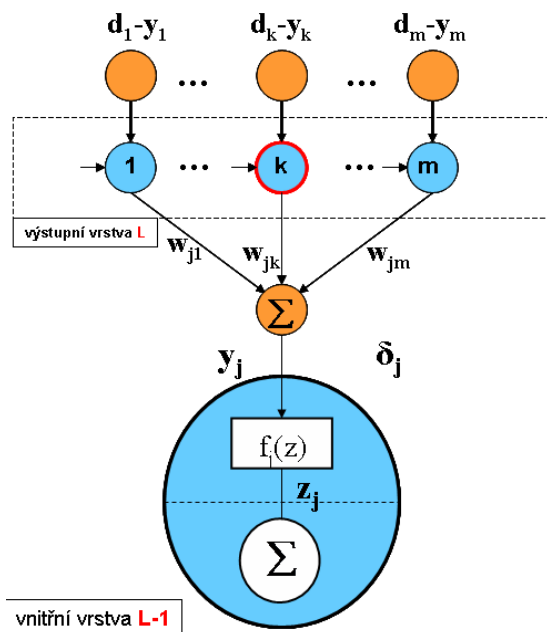


**Chyba výstupní vrstvy:**

$$\delta_{neuron} = d_{neuron} - y_{neuron} \quad \text{neuron} = 1, 2, 3 \dots m$$

**Zpětné šíření chyby pro skrytou vrstvu:**

$$\delta_{neuron} = \sum_{vaha=1}^m w_{j,vaha} (d_{vaha} - y_{vaha})$$



**Výpočet nových vah:**

$$vaha_{nova} = vaha_{soucasna} + \mu * \text{derivace prenosove funkce} * \delta * (vstup) + M * (vaha_{soucasna} - vaha_{min ula})$$

**Derivace hyperbolického tangens je:**

$$(\tanh(\xi))' = 1 - \text{vystupneuronu}^2$$

### **Učící algoritmus Backpropagation:**

1. Inicializace vah
2. Předložení tréninkového vzoru
3. Výpočet výstupů sítě
4. Výpočet chyby
5. Zpětné šíření chyby
6. Adaptace vah
7. Jestliže chyba sítě splňuje podmínku nebo bylo dosaženo max. počtu iterací, ukončení
8. Opakování kroku 2 až 6

### **Užitečné příkazy pro Matlab**

Hyperbolický tangens:

$$y = \tanh(x)$$

Načtení bitmapy do matice:

$$A = \text{imread}(\text{filename})$$

(nezapomeňte, že matice se dá indexovat pomocí (řádek, sloupec) nebo (pořadí prvku))

Vykreslení obrázku uloženého v matici:

$$\text{image}(A)$$

Zapnutí černobílého vykreslování:

$$\text{colormap}(\text{gray})$$

Přidání šumu do obrazu:

$$Y = \text{imnoise}(\text{vstup}, \text{'typ sumu'}, \text{uroven sumu})$$