**Zadanie projektu – Umelé neurónové siete**

**Riešitelia:** Kutáš Branislav, Ján Škvara

**Úloha 1**

**Zadanie:** Našou úlohou bolo vytvoriť a natrénovať viacvrstvovú perceptrónovú sieť(MLP) určenú na klasifikáciu objektov.

**Popis dát:**

Vstupné dáta:

* 3 parametre(x, y, z)
* Veľkosť 250, zložené z 5 skupín po 50 bodov
* Rozdelenie:
  + Trénovacie: 80%
  + Validačné: 0%
  + Testovacie: 20%

Výstupné dáta:

* 5 parametrov, ktorých hodnoty určujú najviac pravdepodobnú kategóriu

**Popis štruktúry MLP siete:**

Vstup:

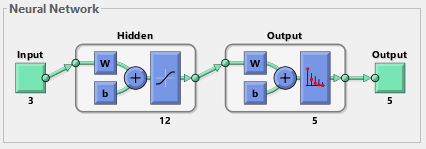
* 3 parametre (x, y, z)

Skrytá vrstva:

* Typ funkcie: tansig
* Počet neurónov: 12

Vystupná vrstva:

* Typ funkcie: softmax
* Počet vystupov: 5

****

Ukážka našej MLP siete použitej v úlohe1

**Nastavené parametre trénovania:**

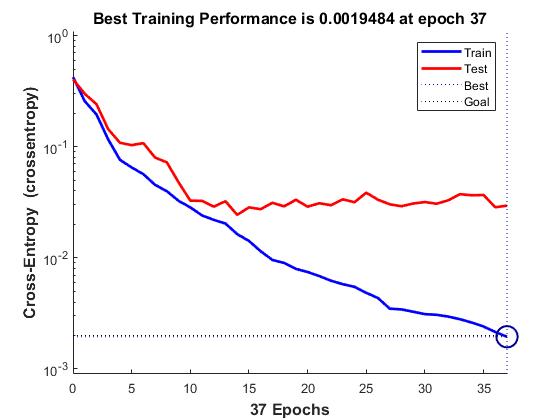
Kriteriálna funkcia: krížová entropia (cross entropy)

Ukončovacie podmienky:



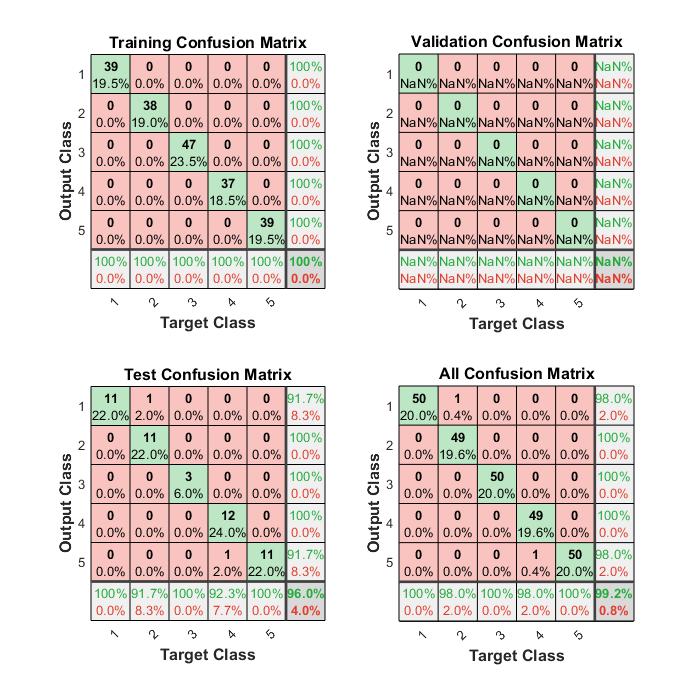
Obrázok zobrazuje všetky ukončovacie podmienky ako ja ich popis

**Výsledky**

****

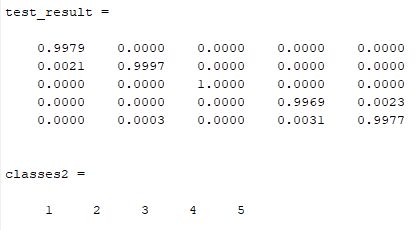
Graf priebehu trénovania

V grafe priebehu trénovania vidíme, že ukončovacia podmienka pre chybu SSE bola dosiahnutá po 37 epochách. Trénovacia a Testovacia krivka klesali spolu približne do 10 epochy. Potom testovacia krivka prestala klesať zatiaľ čo trénovacia krivka na ďalej klesala. Systém nepovažujeme sa pretrénovaný keďže testovacia krivka nezačala rapídne rásť.

****

Kontingenčná matica

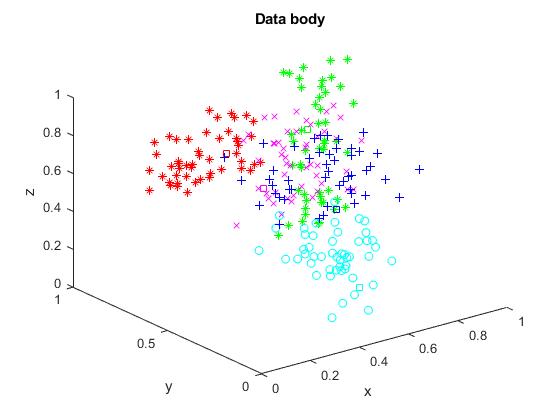
Pomocou kontingenčnej matici sme dokázali prísť na úspešnosť našej siete.  
Pri testovacích dátach je naša sieť 100%. Zatiaľ čo pri testovacích dátach to bolo 96%. Celková úspešnosť systému predstavuje 99,2%, čo znamená 2 chyby v klasifikácií objektu.

****

Výstupy pre vybrané prvky

Testovanie vybraných prvkov prebiehalo v troch krokoch.

1. Výber samotných prvkov. Vyberali sme prvý prvok z každej skupiny
2. Výstup z neurónovej siete predstavuje maticu (*test\_result*) a každý stĺpec matice predstavuje prvok. V bunkách je „pravdepodobnosť“, že daný prvok je práve daná trieda. To všetko je spôsobené softmaxom.
3. Priradenie vstupov do tried. Prvok je priradený do triedy s najväčšou „pravdepodobnosťou“(*classes2*)



V grafe sú zobrazené body, rozličné farby rozlišujú triedy, ktoré sa v grafe nachádzajú. Prvky, ktoré boli testované sú zobrazené ako štvorec a farba predstavuje triedu do ktorej bol pridelený

**Úloha 2**

**Zadanie:** Našou úlohou bolo vytvoriť a natrénovať viacvrstvovú perceptrónovú sieť(MLP), ktorá by umožňovala aproximáciu nelineárnej funkcie.

**Popis dát:**

Vstupné dáta:

* 1 parameter(x)
* Počet bodov funkcie 401
* Rozdelenie: pomocou indexov
  + Trénovacie: 240 bodov
  + Validačné: 0
  + Testovacie: 161 bodov

Výstupné dáta:

* 1 parameter(y), predvída hodnotu funkcie vo vstupnej premennej x

**Popis štruktúry MLP siete:**

Vstup:

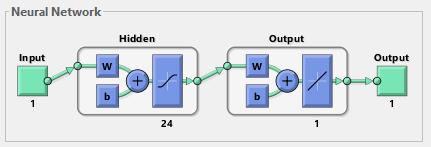
* 1 parameter(x)

Skrytá vrstva:

* Typ funkcie: tansig
* Počet neurónov: 24

Výstupná vrstva:

* Typ funkcie: linear
* Počet vystupov: 1



Ukážka našej MLP siete použitej v úlohe2

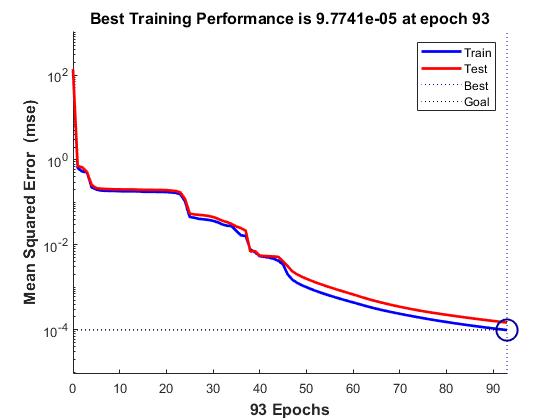
**Nastavené parametre trénovania:**

Kriteriálna funkcia: stredná kvadratická chyba (mean squared error)

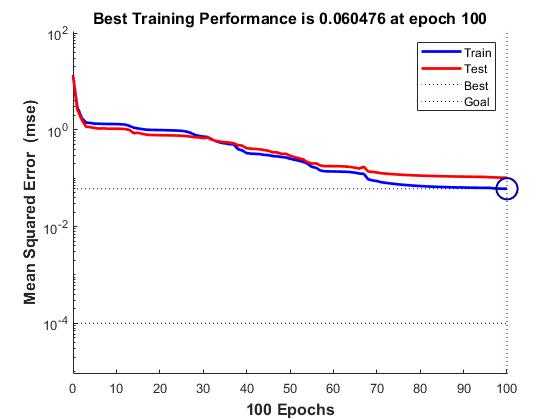
Ukončovacie podmienky:



Obrázok zobrazuje všetky ukončovacie podmienky ako ja ich popis

**Výsledky**

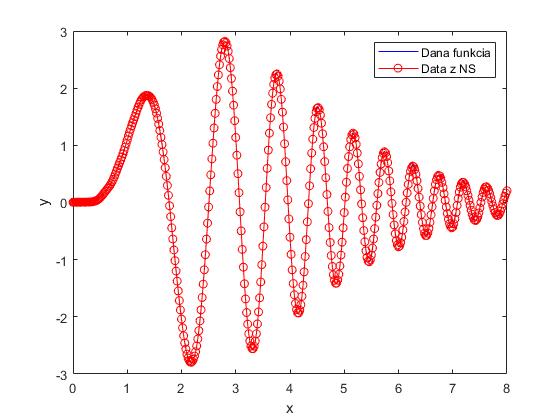
Graf zobrazuje proces trénovania pri počte 24 neurónov v skrytej vrstve

****

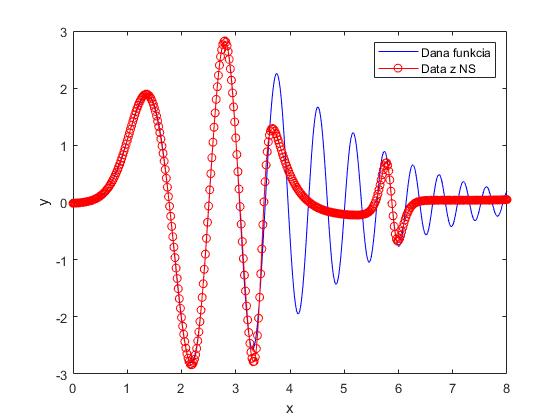
Graf zobrazuje proces trénovania pri počte 8 neurónov v skrytej vrstve

****

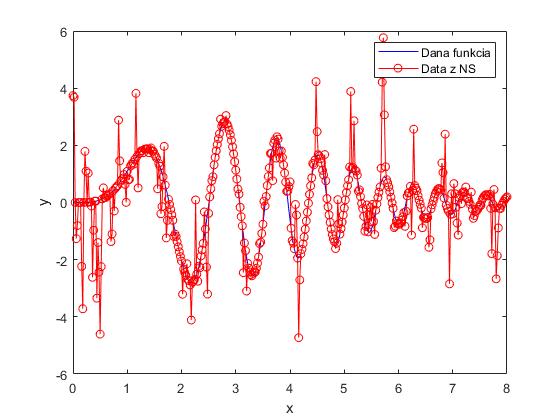
Graf zobrazuje proces trénovania pri počte 300 neurónov v skrytej vrstve

****

Graf zobrazuje priebeh výstupu z NS(červené body) pri počte 24 neurónov v skrytej vrstve

****

Graf zobrazuje priebeh výstupu z NS(červené body) pri počte 8 neurónov v skrytej vrstve

****

Graf zobrazuje priebeh výstupu z NS(červené body) pri počte 300 neurónov v skrytej vrstve

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Počet neurónov** | **24** | | **8** | | **300** | |
|  | **Train** | **Test** | **Train** | **Test** | **Train** | **Test** |
| **SSE** | 0,0237 | 0,0249 | 13,8814 | 12,9064 | 0,0012 | 315,8713 |
| **MSE** | 9,88e-5 | 1,55e-4 | 0,0578 | 0,0802 | 4,85e-6 | 1,9619 |
| **MAE** | 0,0084 | 0,0103 | 0,1554 | 0,1800  Tabuľka zobrazuje chybovosť pri rôznych jej typoch pre rôžny SSE (suma kvadrátov odchýliek medzi meraným výstupom a výstupom siete), MSE (priemer z SSE), MAE (maximálna absolútna odchýlka medzi meraným výstupom a výstupom siete) počet neurónov | 2,78e-4 | 1,0081 |

Najlepšie výsledky na testovacom datasete získala neurónová sieť s 24 neurónmi v skrytej vrstve. Neurónová sieť ,ktorá mala v skrytej vrstve 8 neurónov bola nedostatočné naučená po 100 epochách a preto aj vykazovala väčší error ako sieť s 24 neurónmi. V poslednej sieti s 300 neurónmi v skrytej vrstve bol problém rýchleho pre optimalizovania sa a to už po 4 epochách. Preto mala veľmi nízke errori na trénovanom datasete ,ale na testovacom datasete ,už bola najhoršia zo všetkých troch.

**Úloha 3**

**Zadanie:** Pri tejto úlohe sme mali navrhnúť a natrénovať neurónovú sieť, ktorá by bola schopná rozpoznať rukou písané číslice.

**Popis dát:**

Vstupné dáta:

* 784 parametrov, každý jeden z parametrov predstavuje pixel obrázka(28x28 pixelov) ,kde parametre budú v rozsahu <0,1>
* Veľkosť datasetu: 4940 obrázkov
* Rozdelenie:
  + Trénovacie: 60%
  + Validačné: 0%
  + Testovacie: 40%

Výstupné dáta:

* 10 parametrov, ktorých hodnoty určujú najviac pravdepodobné číslo (0-9)

**Popis štruktúry MLP siete:**

Vstup:

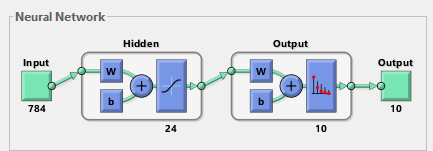
* 784 parametrov na vstupe

Skrytá vrstva:

* Typ funkcie: tansig
* Počet neurónov: 24

Vystupná vrstva:

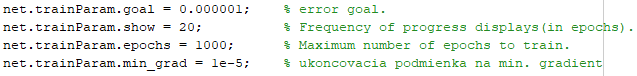
* Typ funkcie: softmax
* Počet vystupov: 10



Ukážka našej MLP siete použitej v úlohe3

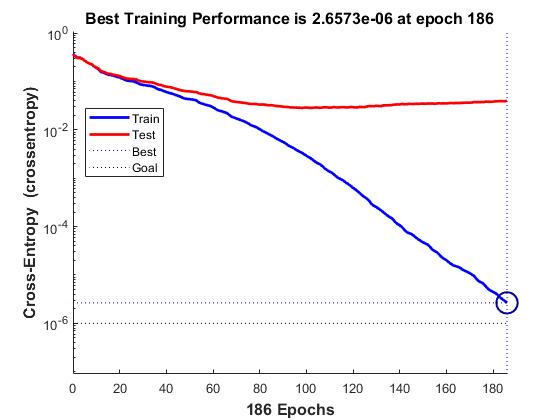
**Nastavené parametre trénovania:**

Kriteriálna funkcia: krížová entropia (cross entropy)

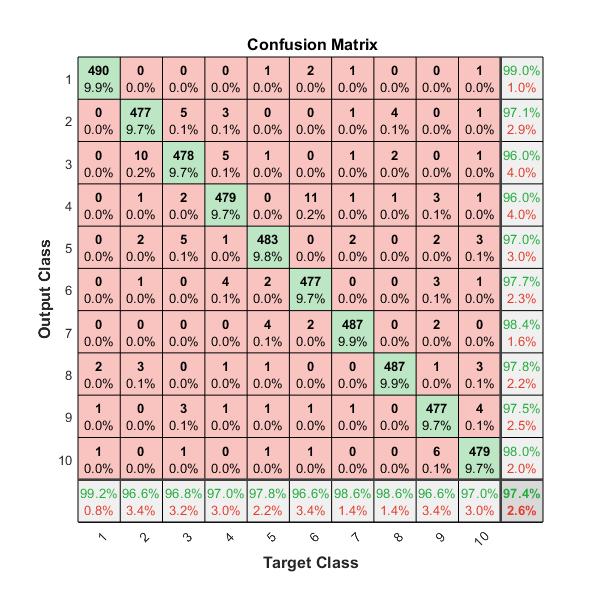
Ukončovacie podmienky:

Obrázok zobrazuje všetky ukončovacie podmienky ako ja ich popis

**Výsledky**

****

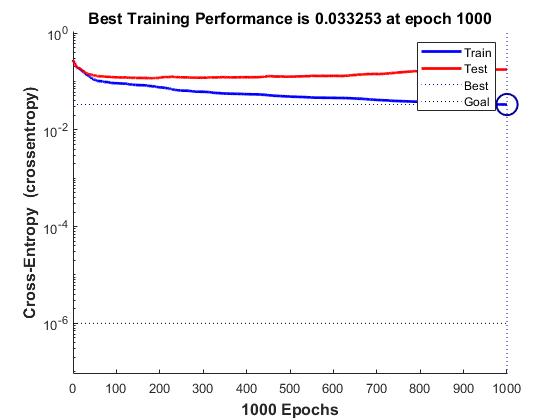
Graf zobrazuje proces trénovania pri počte 24 neurónov v skrytej vrstve

****

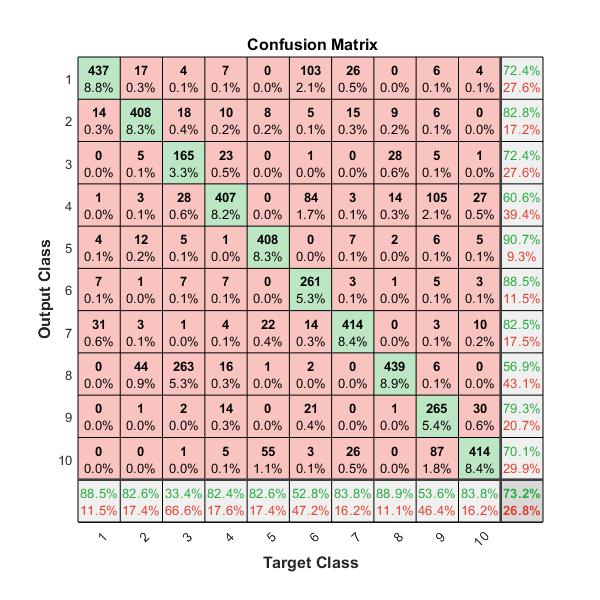
Kontingenčná matica pre 24 neurónov v skrytej vrstve

Kontingenčná matica pre 24 neurónov v skrytej vrstve

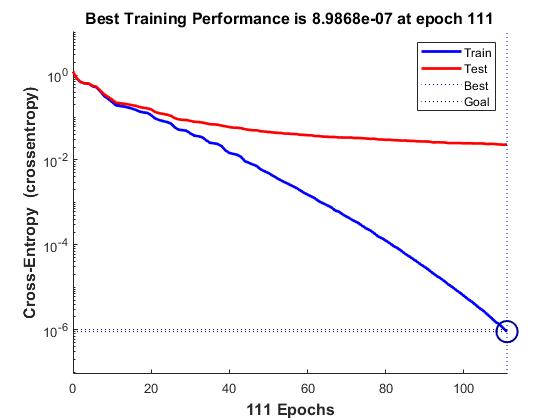
|  |  |
| --- | --- |
| **Maximálna úspešnosť** | 97,85% |
| **Minimálna úspešnosť** | 69,74% |
| **Priemerná úspešnosť**  Tabuľka zobrazujúca úspešnosti po 10 krát spusteniach trénovania s náhodným rozdelením s 24 neurónmi v skrytej vrstve | 97,24% |



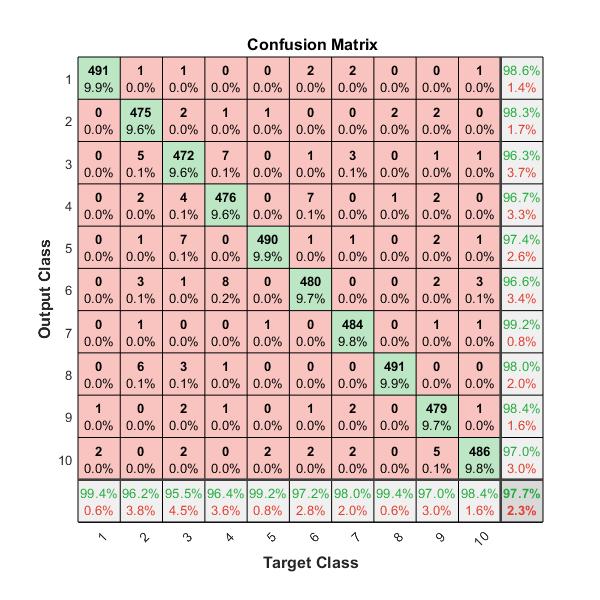
Graf zobrazuje proces trénovania pri počte 3 neurónov v skrytej vrstve



Kontingenčná matica pre 3 neurónov v skrytej vrstve



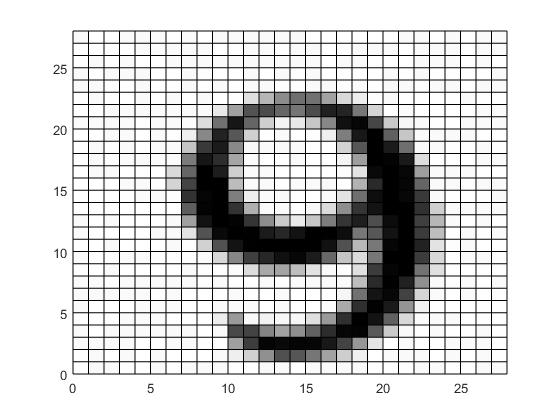
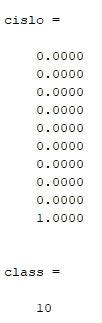
Graf zobrazuje proces trénovania pri počte 300 neurónov v skrytej vrstve



Kontingenčná matica pre 300 neurónov v skrytej vrstve

Testovanie vybraných prvkov prebiehalo v troch krokoch.

1. Výber samotného testovaného prvku. Vyberali sme stý prvok z každej triedy a následne sme ho zobrazili
2. Daný objekt (vektor 784x1) sme zadali ,ako vstupný parameter do našej naučenej siete. Výstupom z neurónovej siete bol vektor o veľkosti 9x1 (*cislo*)
3. Prvok je priradený do triedy s najväčšou „pravdepodobnosťou“(*class*)



Výstup z nášho testovania, aktuálne je číslo 9, ktoré je prezentované triedou 10

**Zhodnotenie:**Optimálny počet neurónov v skrytej vrstve sme zvolili 24. Dosiahli sme s týmto nastavením 97,4% úspešnosti. Pri nastavení počtu 3 neurónov v skrytej vrstve sme získali úspešnosť 73,2% po 1000 epochách čo bolo spôsobené nízkym počtom neurónov. Pri poslednom nastavení 300 neurónov v skrytej vrstve sme získali úspešnosť 97,7% a graf procesu trénovania neukazuje pretrénovanie danej siete. Danej siete by sme mohli vytknúť čas trénovania ,ktorý bol 40 sekúnd zatiaľ čo naša sieť s 24 neurónmi mala čas trénovania 7 sekúnd.

**Bonusová úloha**

**Zadanie:** Pri tejto úlohe sme mali navrhnúť a natrénovať konvolučnú neurónovú sieť, ktorá by bola schopná rozpoznať rukou písané číslice.

**Popis dát:**

Vstupné dáta:

* 784 parametrov, každý jeden z parametrov predstavuje pixel obrázka(28x28 pixelov) ,kde parametre budú v rozsahu <0,1>
* Veľkosť datasetu: 4940 obrázkov
* Rozdelenie:
  + Trénovacie: 60%
  + Validačné: 40%
  + Testovacie: 0%

Výstupné dáta:

* 10 parametrov, ktorých hodnoty určujú najviac pravdepodobné číslo (0-9)

**Popis štruktúry siete:**

Vstup:

* 784 parametrov na vstupe

1.Skrytá vrstva:

* Zhlukovacia vrstva: max
* Aktivačná funkcia: ReLu

Vystupná vrstva:

* Typ funkcie: softmax