

# Umelá Inteligencia

2. blok

Umelé neurónové siete

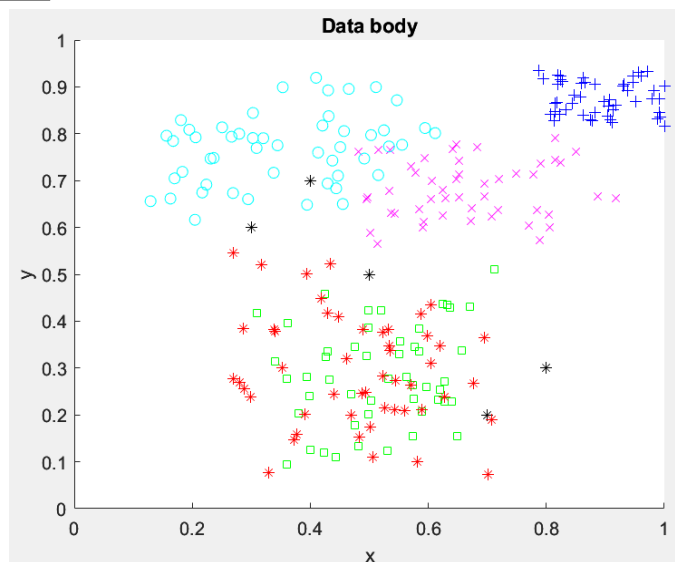
FEI STU

Ema Richnáková

## Úloha 4 - Klasifikácia do skupín pomocou viacvrstvovej perceptronovej (MLP) siete

Úlohou bolo vytvoriť MLP sieť na klasifikáciu objektov do 5 skupín po 50 bodoch na základe 3 parametrov x, y, z. NS musí správne klasifikovať čo najviac bodov (akceptované sú 2 zle klasifikované).

Graf klasifikácie bodov:



Kontingenčná matica:

Training Confusion Matrix						
Output Class	1	2	3	4	5	
1	44	0	0	0	0	100%
	22.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2	0	38	0	0	0	100%
	0.0%	19.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3	0	0	40	0	0	100%
	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4	0	0	0	41	0	100%
	0.0%	0.0%	0.0%	20.5%	0.0%	0.0%
5	0	0	0	0	37	100%
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.5%	0.0%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Validation Confusion Matrix						
Output Class	1	2	3	4	5	
1	0	0	0	0	0	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
2	0	0	0	0	0	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
3	0	0	0	0	0	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
4	0	0	0	0	0	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
5	0	0	0	0	0	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
Test Confusion Matrix						
Output Class	1	2	3	4	5	
1	6	0	0	0	0	100%
	12.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2	0	12	0	0	0	100%
	0.0%	24.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3	0	0	10	0	0	100%
	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4	0	0	0	8	0	100%
	0.0%	0.0%	0.0%	16.0%	0.0%	0.0%
5	0	0	0	1	13	92.9%
	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	26.0%	7.1%
	100%	100%	100%	88.9%	100%	98.0%
	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	0.0%	2.0%
All Confusion Matrix						
Output Class	1	2	3	4	5	
1	50	0	0	0	0	100%
	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2	0	50	0	0	0	100%
	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3	0	0	50	0	0	100%
	0.0%	0.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4	0	0	0	49	0	100%
	0.0%	0.0%	0.0%	19.6%	0.0%	0.0%
5	0	0	0	1	50	98.0%
	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	20.0%	2.0%
	100%	100%	100%	98.0%	100%	99.6%
	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.4%

Vstupné dáta sú zo súboru *databody.mat*, kde sa nachádzajú x, y, z súradnice bodov.

Taktiež sme si zadefinovali 5 našich bodov ( $X_2 = [0.3 \ 0.4 \ 0.7 \ 0.8 \ 0.5; 0.6 \ 0.7 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.5; 0.2 \ 0.4 \ 0.3 \ 0.8 \ 0.7]$ ). Na vytvorenie MLP siete sa použila funkcia *patternet*.

Úspešnosť klasifikácie môžeme vidieť v kontingenčnej matrice klasifikácie (obr.

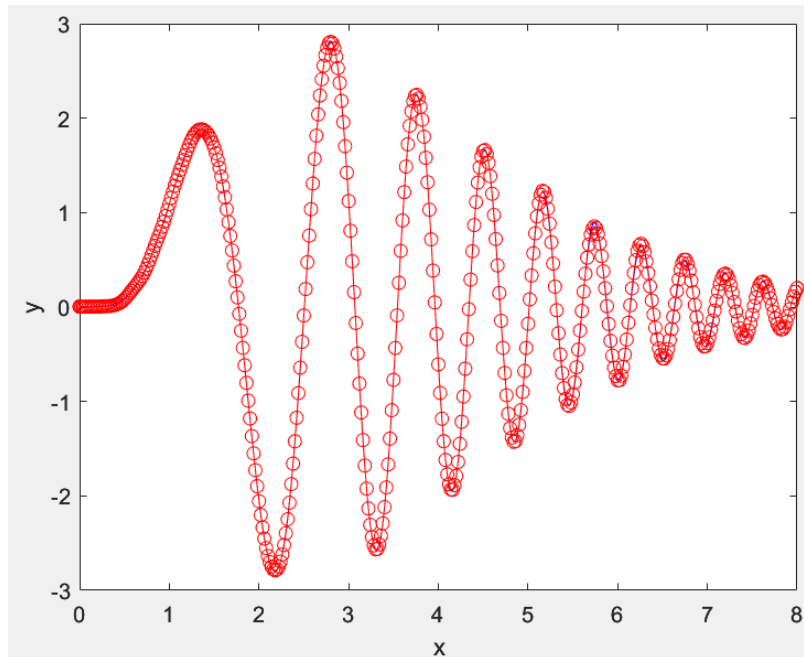
*z4-confusion.fig*). Len 1 bod bol klasifikovaný nesprávne. Takto natrénovaná sieť bola nakonfigurovaná nasledovne:

- počet skrytých vrstiev: 5
- rozdelenie dát: náhodné
- trénovacie dáta: 80%
- validačné dáta: 0%
- testovacie dáta: 20%
- ukončovacia podmienka/cieľ: 0,0001
- počet epoch: 500
- ukončovacia podmienka na minimálny gradient:  $1e-6$

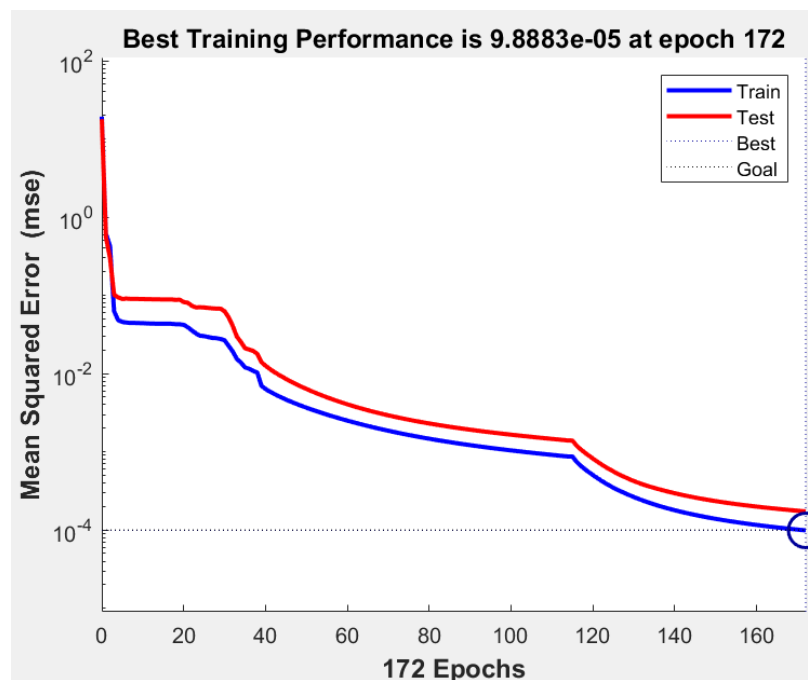
## Úloha 5 - Aproximácia nelineárnej funkcie pomocou MLP siete

Úlohou bolo vytvoriť MLP sieť, ktorá umožní aproximáciu nelineárnej funkcie  $f$  s jedným vstupom  $x$  a výstupom  $y$ , t.j.  $y=f(x)$ . Na trénovanie NS sa použijú merané body uložené v súbore *datafun.mat*. Minimálna odchýlka na testovacích dátach (pod  $1e-4$ ) a tvar funkcie vypočítaný z NS sa má zhodovať s nameranými dátami.

Graf aproximácie:



Performance:



MLP sieť, ktorá úspešne aproximovala nelineárnu funkciu a zhodovala sa s nameranými hodnotami funkcie, bola nakonfigurovaná nasledovne:

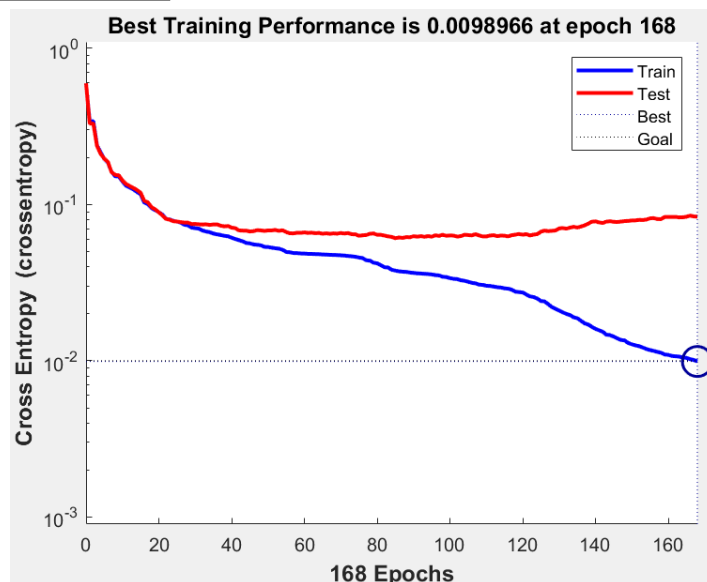
- počet skrytých vrstiev: 23 (minimálna optimálna a stabilná hodnota)
- rozdelenie dát: indexové
- trénovacie dáta: index z *datafun.mat*
- validačné dáta: žiadny index
- testovacie dáta: index z *datafun.mat*
- ukončovacia podmienka/cieľ:  $1e-4$
- počet epoch: 300
- ukončovacia podmienka na minimálny gradient:  $1e-4$

Pri zvýšení počtu skrytých vrstiev (nad hodnotu 150 z mojho testovania) môže dôjsť k pretrénovaniu siete a aproximácia bude moc skákať mimo definovanú funkciu. Pri nižšom počte vrstiev zase pretrénovanie nebude dostatočné a aproximácia nebude presná a nebude kopírovať úplne funkciu. Niektoré časti úplne môže preskočiť.

## Úloha 6 - Praktická úloha rozpoznávania pomocou viacvrstvovej perceptronovej (MLP) siete

Úlohou bolo vytvoriť MLP sieť, ktorá na základe nameraných príznakov z CTG vyšetrenia (dáta z *CTGdata.mat*). Sieť bude natrénovaná na týchto dátach a potom bude hodnotiť stav bábätka do 3 skupín (1-normálny, 2-podozrivý, 3-patologický).

Performance posledného behu:



Kontingenčná matica:

Training Confusion Matrix					Validation Confusion Matrix				
Output Class	1	2	3		Output Class	1	2	3	
	987 77.4%	3 0.2%	0 0.0%	99.7% 0.3%		0 NaN%	0 NaN%	0 NaN%	NaN% NaN%
	2 0.2%	173 13.6%	1 0.1%	98.3% 1.7%		0 NaN%	0 NaN%	0 NaN%	NaN% NaN%
	0 0.0%	3 0.2%	107 8.4%	97.3% 2.7%		0 NaN%	0 NaN%	0 NaN%	NaN% NaN%
Target Class					Target Class				
	1	2	3			1	2	3	
	99.8%	96.6%	99.1%	99.3%		NaN%	NaN%	NaN%	NaN%
	0.2%	3.4%	0.9%	0.7%		NaN%	NaN%	NaN%	NaN%

Test Confusion Matrix					All Confusion Matrix				
Output Class	1	2	3		Output Class	1	2	3	
	649 76.4%	26 3.1%	2 0.2%	95.9% 4.1%		1636 77.0%	29 1.4%	2 0.1%	98.1% 1.9%
	15 1.8%	86 10.1%	5 0.6%	81.1% 18.9%		17 0.8%	259 12.2%	6 0.3%	91.8% 8.2%
	2 0.2%	4 0.5%	61 7.2%	91.0% 9.0%		2 0.1%	7 0.3%	168 7.9%	94.9% 5.1%
Target Class					Target Class				
	1	2	3			1	2	3	
	97.4%	74.1%	89.7%	93.6%		98.9%	87.8%	95.5%	97.0%
	2.6%	25.9%	10.3%	6.4%		1.1%	12.2%	4.5%	3.0%

MLP sieť pomerne s dobrou presnosťou rozdelila stav bábätko do troch skupín a bola nakonfigurovaná nasledovne:

- počet skrytých vrstiev: 20
- rozdelenie dát: náhodné
- trénovacie dáta: 60%
- validačné dáta: 0%
- testovacie dáta: 40%
- ukončovacia podmienka/cieľ: 0,01
- počet epoch: 300
- ukončovacia podmienka na minimálny gradient: 1e-4

Výsledky trénovania a vyhodnocovania siete po 10 spusteniach:

```
1. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.0596 94.5882 97.2719
Train -> Senzitivita: 0.9833 | Špecificita: 0.9939
Test -> Senzitivita: 0.8108 | Špecificita: 0.9821
All -> Senzitivita: 0.9175 | Špecificita: 0.9891
2. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 98.9812 92.8235 96.5193
Train -> Senzitivita: 0.9779 | Špecificita: 0.9950
Test -> Senzitivita: 0.7570 | Špecificita: 0.9713
All -> Senzitivita: 0.8958 | Špecificita: 0.9855
3. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.0596 91.7647 96.1430
Train -> Senzitivita: 0.9750 | Špecificita: 0.9970
Test -> Senzitivita: 0.7540 | Špecificita: 0.9645
All -> Senzitivita: 0.8776 | Špecificita: 0.9843
4. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.1379 91.2941 96.0019
Train -> Senzitivita: 0.9663 | Špecificita: 0.9970
Test -> Senzitivita: 0.7273 | Špecificita: 0.9622
All -> Senzitivita: 0.8750 | Špecificita: 0.9831
5. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.2163 92.7059 96.6134
Train -> Senzitivita: 0.9887 | Špecificita: 0.9949
Test -> Senzitivita: 0.7297 | Špecificita: 0.9821
All -> Senzitivita: 0.8889 | Špecificita: 0.9897
6. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.2947 93.2941 96.8956
Train -> Senzitivita: 0.9837 | Špecificita: 0.9970
Test -> Senzitivita: 0.8318 | Špecificita: 0.9711
All -> Senzitivita: 0.9278 | Špecificita: 0.9867
7. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.1379 92.8235 96.6134
Train -> Senzitivita: 0.9722 | Špecificita: 0.9970
Test -> Senzitivita: 0.7545 | Špecificita: 0.9684
All -> Senzitivita: 0.8897 | Špecificita: 0.9855
8. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 98.9028 91.8824 96.0960
Train -> Senzitivita: 0.9609 | Špecificita: 0.9949
Test -> Senzitivita: 0.7103 | Špecificita: 0.9732
All -> Senzitivita: 0.8671 | Špecificita: 0.9861
9. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.2163 91.6471 96.1900
Train -> Senzitivita: 0.9833 | Špecificita: 0.9949
Test -> Senzitivita: 0.7455 | Špecificita: 0.9568
All -> Senzitivita: 0.8931 | Špecificita: 0.9794
10. Úspešnosť klasifikácie (train,test,all): 99.2947 93.6471 97.0367
Train -> Senzitivita: 0.9830 | Špecificita: 0.9980
Test -> Senzitivita: 0.7679 | Špecificita: 0.9774
All -> Senzitivita: 0.8993 | Špecificita: 0.9897
```

**Najlepšie natrénovaná sieť:**

```
Úspešnosť train (min,max,average): 98.9028 99.2947 99.1301
Úspešnosť test (min,max,average): 91.2941 94.5882 92.6471
Úspešnosť all (min,max,average): 96.0019 97.2719 96.5381
```