

## Obsah:

<b>1.</b>	<b>Architektura .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Data.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.</b>	<b>Vstup/Výstup .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.</b>	<b>Konfigurace.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.</b>	<b>Omezení.....</b>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>Multi-Layer Perceptron.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1.</b>	<b>Deep Learning .....</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>Self-Organization Map .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1.</b>	<b>Redukce mohutnosti dat .....</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>Recurrent Associative Memory.....</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b>Chyby.....</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>Demonstrační příklad .....</b>	<b>20</b>
<b>8.</b>	<b>Dodatek .....</b>	<b>21</b>

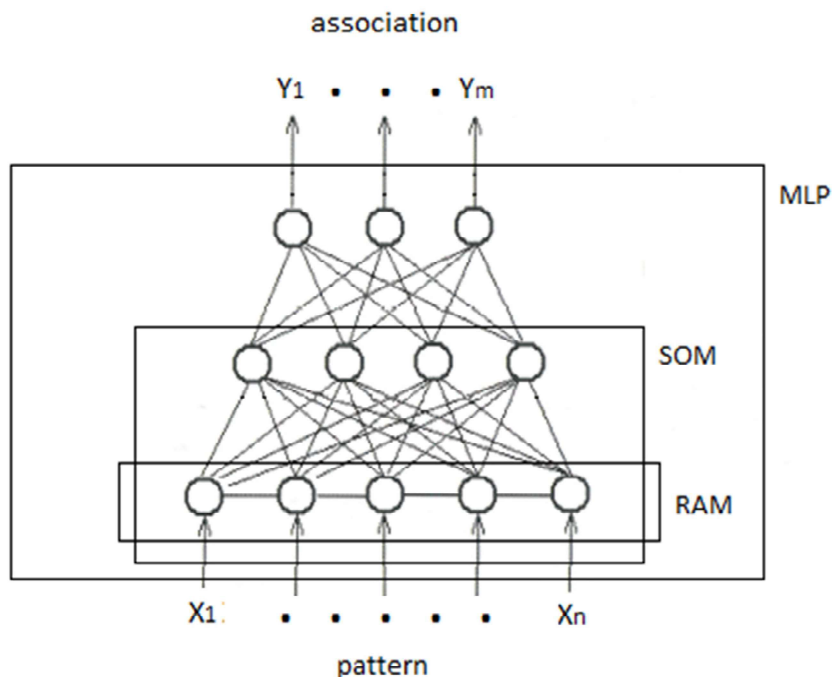


# 1. Architektura

Neuronová síť je tvořena neurony, řadícími se do jednotlivých, nad sebou řazených vrstev, a jejich vzájemnými vazbami, propojujícími každý neuron nižší vrstvy s každým neuronem vyšší vrstvy, neurony nejnižší vrstvy jsou navíc ještě propojeny vlastními vazbami, a to každý s každým. Nejnižší resp. nejvyšší vrstvu označíme jako vstupní resp. výstupní, případné mezilehlé vrstvy jako skryté.

V závislosti na zvolené funkcionalitě sítě (RAM, SOM, MLP) se některé vazby nulují, v důsledku čehož se mění i počet aktivních vrstev sítě. Nulitu vazeb volí uživatel volbou příslušné funkcionality sítě a u funkcionality MLP volbou počtu jejích vrstev, počet neuronů v jednotlivých vrstvách je u vstupní resp. výstupní vrstvy nastaven automaticky, a to v závislosti na předložených datech, a ve skrytých vrstvách jej volí uživatel:

Funkcionalita	Počet vrstev
MLP	3÷5
SOM	2
RAM	1



RAM	Recurrent Associative Memory	IDF	Identity Function
SOM	Self-Organizing Map	SGF	Sigmoidal Function
MLP	Multi-Layer Perceptron	RBF	Radial Basis Function

Analýzu dat pomocí DMP lze provést ve třech krocích:

*První krok:* Poloautomatická volba architektury DMP, tj. počet vrstev včetně počtu neuronů jednotlivých vrstev v závislosti na uživatelem zvolené funkcionalitě (RAM, SOM, MLP) a předložených datech, v případě MLP proběhne Spearman resp. Kendall korelační analýza nezávislých náhodných veličin  $X_1, \dots, X_n$  se závislými náhodnými veličinami  $Y_1, \dots, Y_m$ .

*Druhý krok:* Poloautomatická volba transformačních (aktivačních) funkcí (IDF, SGF, RBF) neuronů ve vrstvách dle uživatelem zvolené funkcionality (RAM, SOM, MLP), u vstupní resp. výstupní vrstvy včetně automatického nastavení jejich parametrů (prahů resp. strmostí), a to v závislosti na předložených datech, a následná adaptace síly vazeb mezi jednotlivými neurony, v případě MLP možná dvoufázová adaptace (deep learning) pomocí autokodéru.

*Třetí krok:* Možné dvoufázové vyhodnocování předkládaných vzorů, v první fázi proběhne projekce vzoru pomocí RAM a v druhé fázi její asociace pomocí MLP:

The screenshot shows a software window titled 'ATINT' with a logo in the top left. The interface is divided into several sections:

- Number of Layers:** A text box containing the value '5'.
- Activation:** Two radio buttons, 'SGF' (selected) and 'RBF'.
- Learning Mode:** Two checkboxes, 'Error Graphics' and 'Deep Learning', both of which are unchecked.
- Number of Neurons:** Five text boxes labeled 'Layer 1' through 'Layer 5', containing the values '010', '008', '006', '004', and '003' respectively.
- OK:** A button at the bottom center.

*Příklad parametrizace architektury DMP*

## 2. Data

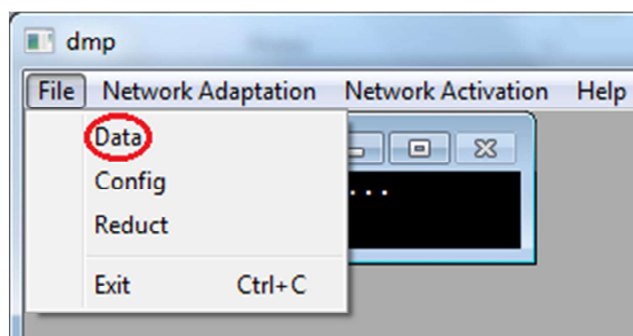
V adresáři aplikace lze editací souboru PRJ.INI parametrizovat volbu pracovního adresáře PRJ1÷PRJ9 (zadáním čísla 0÷9) jakožto podadresáře adresáře aplikace, který je pak nutno v adresáři aplikace vytvořit, zadáním čísla nula je pak pracovní adresář přímo adresář aplikace.

### 2.1. Vstup/Výstup

V následující tabulce je uveden přehled jmen souborů daného jména a formátu, s nimiž jednotlivé funkcionality v pracovním adresáři pracují:

Funkcionalita			tr. mn.	tr. mn.	ts. mn.	ts. mn.
	vstup	výstup	vstup	výstup	vstup	výstup
MLP	INPUT.ADI	OUTPUT.ADO	INPUT.ATI	OUTPUT.ATO	INPUT.ASI	OUTPUT.ASO
SOM	INPUT.ADI	OUTPUT.ADO	INPUT.ATI	-	-	-
RAM	INPUT.ADI	OUTPUT.ADO	INPUT.ATI	-	-	-
mód	aktivní	aktivní	adaptivní	adaptivní	adaptivní	adaptivní

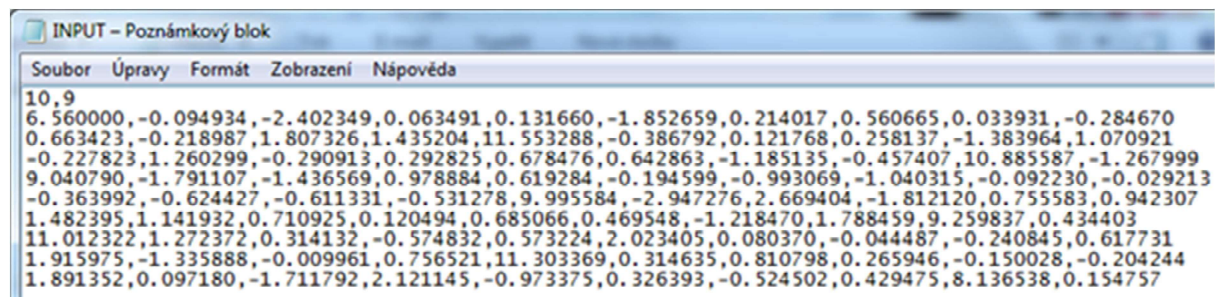
Všechny výše uvedené soubory jsou binární soubory daného formátu a lze je vytvořit (vyjma souboru OUTPUT.ADO) pomocí aplikační funkce *Data* volané v menu položce *File*:



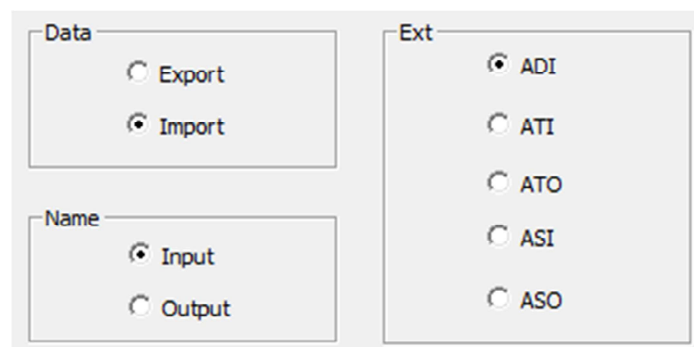
následujícím postupem:

- data pořídíme např. v tabulkovém procesoru Excel tak, aby jednotlivé řádky odpovídaly jednotlivým vzorům resp. obrazům a jednotlivé sloupce jednotlivým neuronům vstupní resp. výstupní vrstvy sítě

- naplněnou tabulku exportujeme jako text oddělený tabulátory do souboru jménem INPUT.TXT resp. OUTPUT.TXT
- v exportovaném textovém souboru nejprve hromadně nahradíme všechny desetinné čárky za tečky (je-li potřeba) a po té hromadně nahradíme všechny tabulátory oddělující jednotlivé položky za čárky
- do exportovaného textového souboru vložíme na pozici prvního řádku čárkou oddělený počet sloupců a řádků tabulky:



- v případě, že takto vytvořený textový soubor máme v pracovním adresáři, klikneme na funkci *Data* a v otevřeném dialogu zvolíme *Import* včetně příslušného jména a přípony cílového souboru, tak se nám soubor importuje do požadovaného formátu:

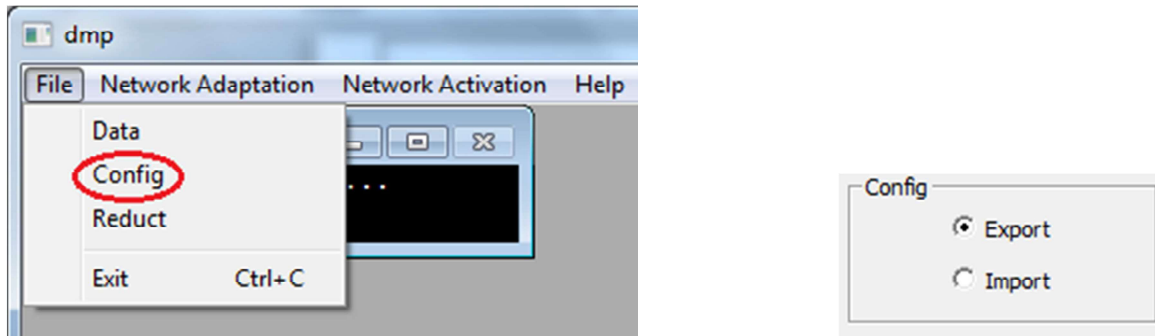


*pozn.:* Výše uvedeným způsobem se vytvoří soubor INPUT.ADI.

Soubor OUTPUT.ADO se automaticky vytvoří po spuštění dané funkcionality v aktivním módu, a volbou *Export* (viz výše - ostatní volby se neakceptují) jej lze exportovat do textového souboru OUTPUT.TXT, který lze následně importovat jako text o pevné šířce do tabulky „Excel“.

## 2.2. Konfigurace

Po spuštění vybrané funkcionality v adaptivním módu se vytvořená konfigurace sítě uloží do binárního souboru CONFIG.BIN, jehož existence v pracovním adresáři je nezbytná při spuštění dané funkcionality v aktivním módu. Uvedený soubor lze pomocí aplikační funkce *Config* volané v menu položce *File* exportovat do textových souborů vytvořených v pracovním adresáři CONFIGPAR.TXT a CONFIGWGT.TXT o pevné šířce a formátu:



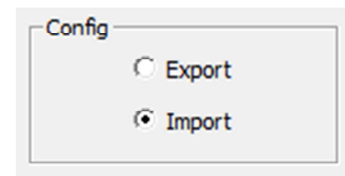
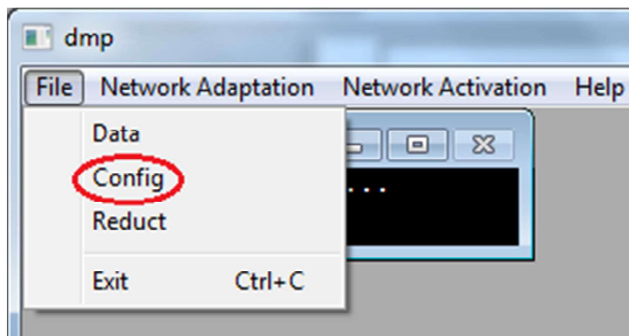
Soubor CONFIGPAR.TXT obsahuje v prvním řádku informaci o počtu neuronů ve vrstvách sítě v pořadí od nejnižší k nejvyšší a dále v pořadí sloupců: index, vrstvu, koncový potenciál a stav neuronu, a dále práh a strmost aktivační funkce neuronu:

Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda			
10	8	6	4	3	0	0	
1	1		-0.180000		0.331992		3.195614
2	1		-0.340621		0.410603		-0.007841
3	1		0.069360		0.550073		-0.139510
4	1		0.296919		0.558895		0.068412
5	1		-0.587831		0.309353		3.340922
6	1		-1.058475		0.216856		0.055455
7	1		-0.683083		0.354708		-0.128971
8	1		2.137512		0.903344		0.048677
9	1		11.243932		0.826063		3.341950
10	1		0.604973		0.609013		0.169626
1	2		0.690995		0.693858		0.789117
2	2		-0.766564		0.173951		-0.419100
3	2		0.600469		0.792069		0.284145
4	2		-0.240922		0.437790		-0.879417
5	2		0.594875		0.686793		-0.286892
6	2		-0.155451		0.459859		0.086968
7	2		-0.288061		0.425797		-0.360959
8	2		0.165016		0.554149		0.394784
1	3		0.030341		0.507887		0.808648
2	3		0.268042		0.647292		-0.460351
3	3		1.592895		0.865360		0.673033
4	3		-0.332241		0.369484		0.526037
5	3		-0.454355		0.412091		-0.865338
6	3		-0.513052		0.198473		-0.984765
1	4		-1.098196		0.236286		0.202078
2	4		0.918595		0.782248		0.361846
3	4		-1.211556		0.032711		0.510913
4	4		-0.943385		0.185909		-0.763642
1	5		-0.011332		0.326164		0.333333
2	5		-0.026929		0.318989		0.333333
3	5		1.039233		0.815485		0.333333

Soubor CONFIGWGT.TXT obsahuje v prvním řádku informaci o počtu neuronů ve vrstvách sítě v pořadí od nejnižší k nejvyšší a dále v pořadí řádků váhové vektory neuronů řazených dle indexu neuronu vyšší vrstvy, jejichž složky jsou řazené dle indexu neuronu nižší vrstvy:

CONFIGWGT - Poznámkový blok											
Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda							
10	8	0	4	3							
-0.224834	-0.438609	0.042171	0.215513	-1.080658	0.762325	0.278655	-0.320248	-0.327495	0.573868	0.137536	
0.509311	-0.006834	0.614256	0.742603	-0.120401	1.031054	-0.454196	0.602526	0.458600	0.269314	-0.313594	
-0.941985	-0.091360	-0.126855	0.882487	-0.786774	-0.049825	0.205153	-0.161257	1.142984	0.085276		
-1.066893	-0.270864	-0.673488	0.028737	-0.386066	-0.218406	0.736307	0.290968	0.220612	0.062299		
0.428065	-0.795928	0.477607	-0.580822	-0.920072	0.226210	0.081434	-0.120607	0.724571	0.060080		
0.693792	-0.448384	0.664172	-0.123311	-0.587263	-1.058454	0.437919	0.550273	-1.009183	0.032866		
0.254478	1.077702	-1.052826	-0.398255	0.215391	0.480121	-0.968477	-0.163176				
-0.185108	-1.492399	-0.064606	0.026456	1.197083	0.798116	0.397610	-0.365321				
-0.375754	-0.759889	0.915381	-0.399287	0.951256	-0.333062	0.035806	0.445953				
-1.005513	-0.308148	-1.217698	0.897667	0.187020	-0.598838	-0.008900	1.110254				
-0.461409	0.416250	0.468517	-0.151828	-0.148770	-0.538608	0.654980	0.767063				
0.840961	0.838292	1.595581	-0.421019	-0.734864	0.060892	-1.180930	-0.645268				
-0.674874	-0.797901	-0.323474	-1.119899	0.365369	0.514440						
0.442975	1.189480	0.279487	-0.722775	-0.541965	-0.955488						
0.332501	-1.231415	-1.400142	1.241491	-0.300692	-1.095508						
1.053606	-0.985515	-0.321883	0.184480	-0.183018	1.052351						
-0.245989	-0.380009	1.340109	-0.178132								
0.718475	-0.927225	-0.624465	1.160347								
0.198913	1.189444	-0.612776	-1.352795								

Výše uvedené textové soubory lze např. v poznámkovém bloku při dodržení pevného formátu ručně upravit a zpětně importovat do souboru CONFIG.BIN:



*pozn.:* Nulové váhy se neadaptují.

*upozornění:* Úpravy konfigurace sítě se doporučuje provádět v režimu přepisování, aby nebyl narušen pevný formát textového souboru CONFIGPAR.TXT resp. CONFIGWGT.TXT.

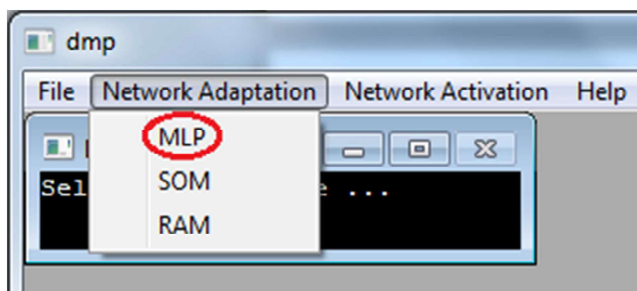
### 2.3. Omezení

Rozsah dat je omezen rozmezím počtu neuronů ( $2 \div 1000$ ) v každé vrstvě sítě a maximálním počtem vzorů resp. obrazů (1 000 000) obsažených v jednom souboru. Rozsah datové položky je omezen formátem „xxxxxxx,xxxxx“, tj. 7 znaků před a 6 znaků za desetinou čárkou resp. tečkou, kde znakem rozumíme číslici resp. na první pozici znaménko.



### 3. Multi-Layer Perceptron

Při spuštění funkcionality v adaptivním módu proběhne adaptace síly vazeb mezi jednotlivými neurony a adaptace prahů a strmostí aktivačních funkcí neuronů skrytých vrstev. Prahy a strmosti aktivačních funkcí neuronů vstupní a výstupní vrstvy se nastaví v závislosti na předložených datech (viz kap. 4.1):



Před spuštěním funkcionality zvolí uživatel počet skrytých vrstev včetně počtu jejich neuronů (viz kap. 2.) a řídicí parametry učení (předvoleny doporučené hodnoty):

Params		Precision	
A :	<input type="text" value="0.1"/>	LIM :	<input type="text" value="1000"/>
B :	<input type="text" value="0.7"/>	PA :	<input type="text" value="0.1"/>
C :	<input type="text" value="1.0"/>	PR :	<input type="text" value="0.1"/>

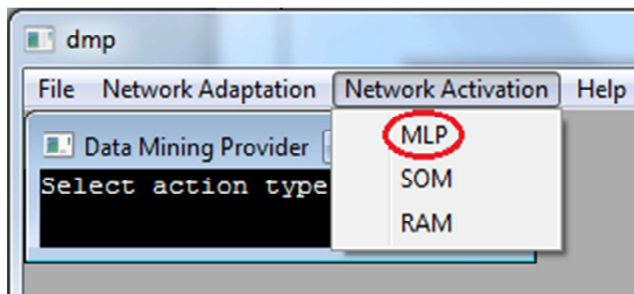
kde A, B a C je rychlost, setrvačnost a zrychlení učení, LIM představuje limit počtu předložení tréninkových dat a PA a PR nastavuje kritérium přesnosti funkce sítě složené z absolutní a relativní přesnosti, při jehož splnění se iterační cyklus učení přeruší ještě před dosažením zadaného limitu počtu předložení tréninkových dat.

*pozn.:* Při parametrizaci architektury sítě lze pro účely adaptivního módu funkcionality zvolit zaškrtnutím zobrazení průběhu chyby funkce sítě během adaptace.

*pozn. 2:* Během inicializace funkcionality se v pracovním adresáři vytvoří příslušné soubory obsahující matice korelačních Kendallových a Spearmanových koeficientů.

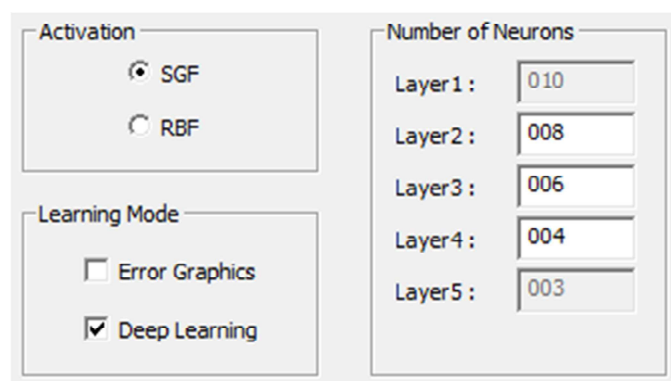
Po spuštění funkcionality se v pracovním adresáři vytvoří soubor ERR.LOG, obsahující informaci o průběhu učení, tj. velikost globální chyby funkce sítě určené na tréninkové a testovací množině v každé iteraci, a dále soubor ERR.TXT, obsahující informaci o velikosti lokální chyby funkce sítě každého prvku tréninkové množiny, a to maximální chybu potenciálu neuronu výstupní vrstvy včetně jeho indexu a průměrnou chybu stavů neuronů výstupní vrstvy.

Při spuštění funkcionality v aktivním módu proběhne po řadě vyhodnocení předložených vzorů obsažených ve vstupních datech, které se uloží ve formě jejich obrazů do výstupních dat (viz kap. 4.1):



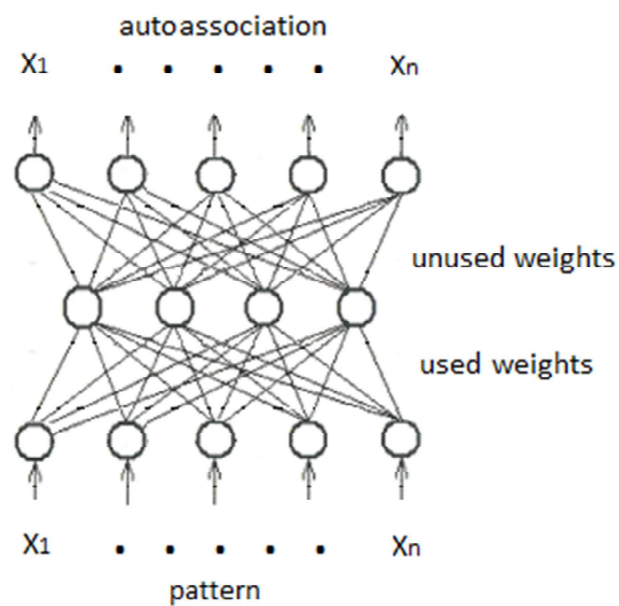
### 3.1. Deep Learning

Při parametrizaci architektury sítě lze pro účely adaptivního módu funkcionality zvolit zaškrtnutím hloubkové učení sítě, kdy se počáteční aproximace konfigurace sítě neurčí náhodně, ale adaptací autokodérů po jednotlivých vrstvách sítě ve směru od druhé nejnížší vrstvy k vrstvě nejvyšší:



V souboru INIT.INI v pracovním adresáři lze parametrizovat adaptaci autokodérů nastavením parametrů v pořadí A, B, C, NV, LIM, SEED oddělených čárkami, kde NV značí počet vrstev užitých hloubkovým učením, a to v rozmezí  $2 \div 5$ , a SEED je startovací hodnota generátoru náhodných čísel.

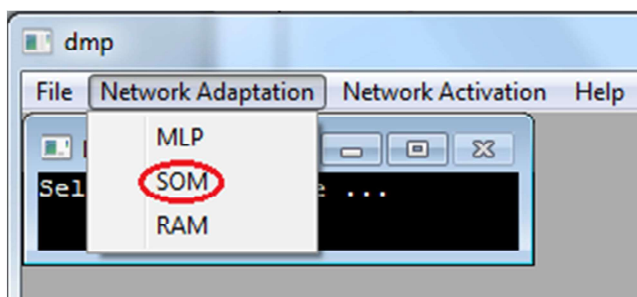
Během hloubkového učení se v pracovním adresáři vytvoří soubory ERR<x>.LOG, obsahující informaci o průběhu učení jednotlivých autokodérů, tj. velikost globální chyby funkce autokodéru v každé iteraci ( $x=2 \div 5$ ).



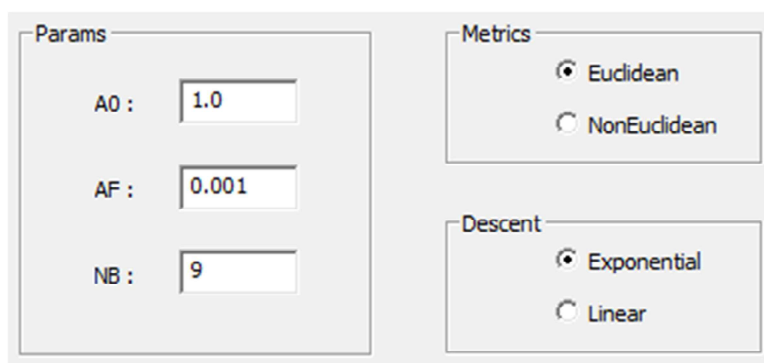
*Autokodér na druhé nejnižší (první skryté) vrstvě DMP*

## 4. Self-Organization Map

Při spuštění funkcionality v adaptivním módu proběhne adaptace váhových vektorů sítě:



Před spuštěním funkcionality zvolí uživatel počet neuronů výstupní vrstvy (viz kap. 2.) a řídicí parametry učení (předvoleny doporučené hodnoty):

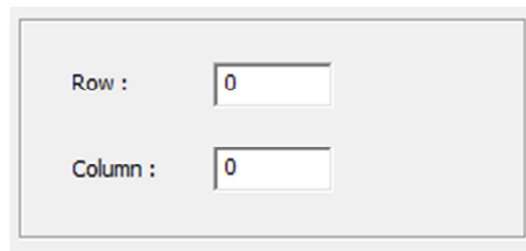
A screenshot of a configuration interface. It is divided into two main sections: 'Params' and 'Metrics'. The 'Params' section has three input fields: 'A0 : 1.0', 'AF : 0.001', and 'NB : 9'. The 'Metrics' section has two radio button options: 'Eucidean' (selected) and 'NonEucidean'. Below the 'Metrics' section is a 'Descent' section with two radio button options: 'Exponential' (selected) and 'Linear'.

kde A0 a AF je počáteční a koncová rychlost učení a NB je výchozí řád čtvercového okolí „gain“ neuronu v Kohonenově mapě. Uživatel volí také metriku na prostoru váhových vektorů, tj. euklidovskou jako velikost rozdílu váhových vektorů nebo neeuklidovskou jako úhel sevřený váhovými vektory. Dále uživatel volí způsob poklesu počáteční rychlosti učení na koncovou rychlost učení během předkládání tréninkových dat.

Zvolí-li uživatel nulový výchozí řád čtvercového okolí „gain“ neuronu a neeuklidovskou metriku, Kohonenova mapa degeneruje na prostý klasifikátor bez učitele, jehož počet výstupních neuronů odpovídá počtu shluků tréninkových dat, v opačném případě musí počet výstupních neuronů být druhou mocninou přirozeného čísla.

Po spuštění funkcionality se v pracovním adresáři vytvoří soubor *Map.html*, obsahující Kohonenovu mapu.

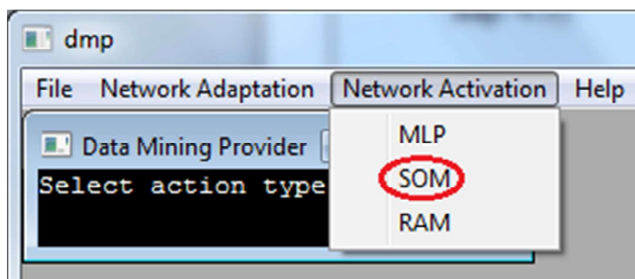
Po opakovaném spuštění funkcionality, při aktualizaci (změně) počtu neuronů výstupní vrstvy, se za podmínky existence souboru CONFIG.BIN, vytvořeného v pracovním adresáři během minulého spuštění funkcionality, N-krát zobrazí žádost o zadání koordinátů neuronu v Kohonenově mapě, vytvořené při minulém spuštění funkcionality, kde N odpovídá aktualizovanému počtu neuronů výstupní vrstvy:



A dialog box with a light gray background and a thin border. It contains two labels and two text input fields. The first label is "Row :" followed by an input field containing the number "0". The second label is "Column :" followed by another input field containing the number "0".

Tímto způsobem lze nastavit váhové vektory prostého klasifikátoru bez učitele na prototypy shluků v Kohonenově mapě, bez nutnosti jejich adaptace. S aktualizací počtu neuronů výstupní vrstvy se pak aktualizuje i soubor CONFIG.BIN, který pak lze užít pro běh funkcionality v aktivním módu, jakožto klasifikátoru bez učitele.

Při spuštění funkcionality v aktivním módu proběhne po řadě vyhodnocení předložených vzorů obsažených ve vstupních datech, které se uloží ve formě jejich obrazů do výstupních dat (viz kap. 4.1):



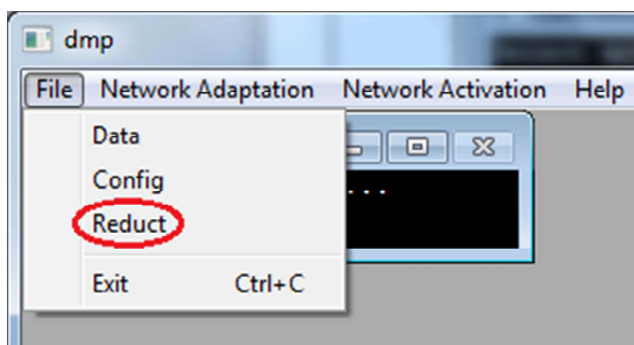
Při volbě euklidovské resp. neeuklidovské metriky se do výstupních dat uloží váhové vektory resp. stavy odpovídající neuronům výstupní vrstvy, tj. při volbě euklidovské metriky se síť chová jako „Counter-propagation” síť.

*pozn.:* Při volbě neeuklidovské metriky se výstupní data uloží pouze pro nulový řád čtvercového okolí „gain“ neuronu.

## 4.1. Redukce mohutnosti dat

Redukci mohutnosti dat bez ztráty relevantních informací lze provést následujícím postupem:

- soubor INPUT.ATI obsahující původní data zkopírujeme do souboru INPUT.ADI
- spustíme funkcionalitu SOM v adaptivním módu s nenulovým parametrem NB a zvolenou euklidovskou metrikou
- spustíme funkcionalitu SOM v aktivním módu
- spustíme aplikační funkci *Reduct* v menu položce *File*:

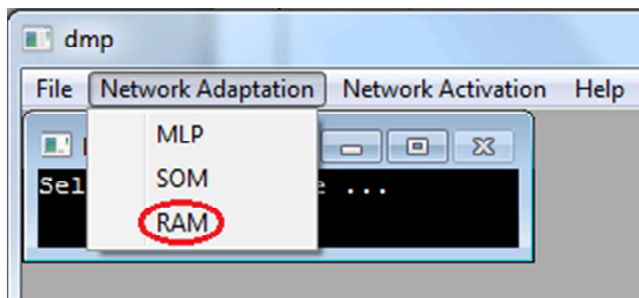


Během uvedeného postupu se v pracovním adresáři vytvoří soubor OUTPUT.TXT obsahující redukovaná data spolu s pořadím vzorů v původních datech a soubor CONFIG.TXT obsahující váhové vektory sítě spolu s četností jim nejbližších vzorů původních dat.

*pozn.:* Provedeme-li kontrolní součet výše uvedených četností, jeho výsledek by měl odpovídat počtu vzorů původních dat.

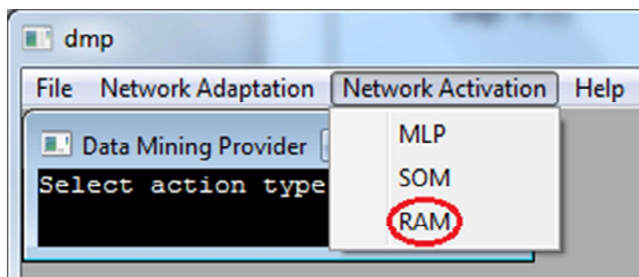
## 5. Recurrent Associative Memory

Při spuštění funkcionality v adaptivním módu proběhne adaptace síly vazeb mezi jednotlivými neurony:

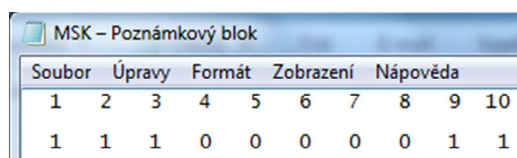


*pozn.:* Vstupní vrstva je současně výstupní a počet jejích neuronů se nastaví automaticky v závislosti na předložených datech.

Při spuštění funkcionality v aktivním módu proběhne po řadě vyhodnocení předložených vzorů obsažených ve vstupních datech, které se uloží ve formě jejich obrazů do výstupních dat (viz kap. 4.1):



Před spuštěním funkcionality je uživatel vyzván k editaci masky předkládaných vzorů vstupních dat, uložené v souboru MSK.TXT vytvořeném v pracovním adresáři, v které se nahrazením ve druhém řádku daných 0 za 1 fixuje v prvním řádku indexem označená položka předkládaných vzorů proti jejímu přepisu během spuštění funkcionality:



Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	

## 6. Chyby

Skončí-li funkcionálnita síť zprávou „Action aborted“, popis chyby se zapíše do souboru ERROR.LOG vytvořeného v pracovním adresáři:

### Data consistency error

Nebyly nalezeny požadované soubory, nebo si vzájemně neodpovídají počty v nich zadaných řádků resp. sloupců.

### Main dialog error

Nebyl dodržen pevný formát zadané položky hlavního dialogu (architektura síť).

### Dimensions error

Nebyly dodrženy dané limity počtu neuronů resp. počtu vzorů resp. obrazů obsažených v jednom souboru.

### I/O error

Vyskytla se chyba čtení resp. zápisu při práci s předmětnými soubory.

### Initialization error

Vyskytla se chyba inicializace konfigurace síť, tj. u funkcionálnity RAM nesplněna podmínka lineární nezávislosti předložených vzorů (viz ERR.LOG) resp. u funkcionálnity MLP chyba čtení souboru DL.INI.

*pozn.:* Soubor ERROR.LOG obsahuje pořadí lineárně závislých vzorů ve vstupních datech.

### Save configuration error

Vyskytla se chyba zápisu konfigurace síť.



### Parameters dialog error

Nebyl dodržen pevný formát či meze zadané položky řídicích parametrů:

Parametr	minimum	maximum
A	0.0	0.9
B	0.0	0.9
C	1.0	1.9
LIM	0	999999
PA	0.0	100.0
PR	0.0	1.0
AO	0.0	1.0
AF	0.0	1.0
NB	0	M

kde  $M = \frac{1}{2} (\sqrt{N} - 1)$  a  $N$  je počet neuronů Kohonenovy mapy.

### Adaptation error

Vyskytla se chyba adaptace sítě.

### Activation error

Vyskytla se chyba aktivace sítě.

### Action aborted

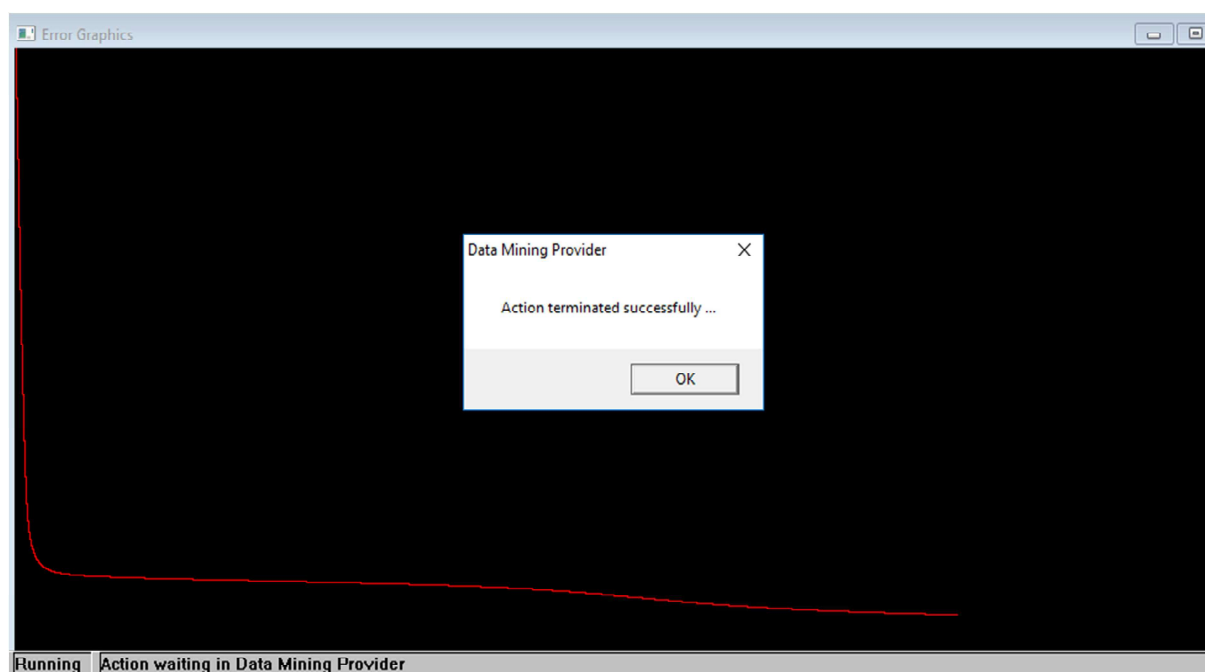
Vyskytla se neočekávaná chyba.

*pozn.:* Skončí-li aplikační funkce (*Data*, *Config*, *Reduct*) zprávou „Program aborted“, vyskytla se chyba čtení resp. zápisu při práci s předmětnými soubory.

## 7. Demonstrační příklad

V adresáři aplikace je uveden příklad užití MLP funkcionality pro úlohu klasifikace deseti složkových objektů z hlediska tří kategorií vždy dle dominantní složky, a to jednak v původní formě „Excel“ souborů a jednak ve formě binárních souborů aplikace DMP.

Soubory INPUT.ATI resp. OUTPUT.ATO tvoří tréninková data sloužící pro adaptaci sítě, soubory INPUT.ASI resp. OUTPUT.ASO tvoří na tréninkových datech nezávislá testovací data sloužící k validaci funkce sítě během její adaptace (nejsou-li k dispozici, mohou být nahrazena tréninkovými daty) a v souboru INPUT.ADI jsou obsažena data pro aktivaci sítě, tj. objekty určené ke klasifikaci pomocí již adaptované sítě. Po průběhu adaptace sítě:



jejíž výsledek lze ověřit kontrolou vygenerovaných souborů ERR.LOG a ERR.TXT, a po spuštění aktivace sítě se vytvoří soubor OUTPUT.ADO, obsahující výsledky klasifikace objektů obsažených v souboru INPUT.ADI, který lze exportovat do souboru OUTPUT.TXT.

## 8. Dodatek

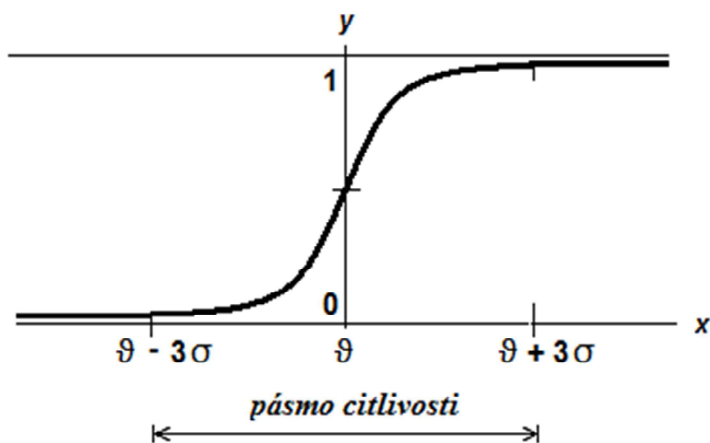
Dále jsou uvedeny alternativní způsoby transformace dat včetně nastavení parametrů aktivačních funkcí neuronů, kde  $\sigma$  představuje směrodatnou odchylku od střední hodnoty  $\vartheta$  dat přiváděných vždy na daný neuron.

**SGF transformace:**  $f(x) = (1 + e^{-p(x-\vartheta)})^{-1}$

$$0,95 = (1 + e^{-p(\vartheta+3\sigma-\vartheta)})^{-1} \Rightarrow e^{-3p\sigma} = \frac{0,05}{0,95}$$

$$\Rightarrow p = \frac{\ln 0,95 - \ln 0,05}{3\sigma} \cong \frac{1}{\sigma}$$

$$0,05 = (1 + e^{-p(\vartheta-3\sigma-\vartheta)})^{-1} \Rightarrow e^{3p\sigma} = \frac{0,95}{0,05}$$



**RBF transformace:**  $f(x) = e^{-p(x-\vartheta)^2}$

$$0,05 = e^{-p(\vartheta \pm \sqrt{6}\sigma - \vartheta)^2} \Rightarrow p = -\frac{1}{6\sigma^2} \ln 0,05 \cong \frac{1}{2\sigma^2}$$

