Kapitola 5 - Dopředná síť a Iris data

Demonstrace použití dopředné neuronové sítě na datech z databáze UCI.

Načtení knihovny NeuralNetworks

Nejdříve načteme knihovnu neuronových sítí.

In[3]:=
```
<< NeuralNetworks`
```

Pokud pracujete v Mathematice 8.0, vypněte ještě zobrazování chybové hlášky Remove::rmnsm. Tuto hlášku vyhazují funkce knihovny NeuralNetworks. Na funkci knihovny toto nemá žádný vliv.

In[4]:=
```
Off[Remove::rmnsm]
```

Import dat

- **Načtení dat ze souboru**

Nastavíme si pracovní adresář na ten, kde máme uložen aktuální notebook, načítaná data musejí být ve stejném adresáři.

In[5]:=
```
SetDirectory[NotebookDirectory[]]
```

Out[5]=
```
D:\Dokumenty\BP
```

A načteme data.

In[6]:=
```
data = Import["iris.data"];
```

- **Načtení dat z internetu**

Jiná možnost je importovat data přímo z internetu - příklad pro UCI databázi (stejná data jako při načítání ze souboru, jen načtena přímo z internetu.

In[7]:=
```
data =
  Import["http://ftp.ics.uci.edu/pub/machine-learning-databases/iris/iris.data"];
```

Předzpracování dat

V proměnné data máme uložen celý datový soubor. Můžeme se podívat kolik obsahuje vektorů.

In[8]:=
```
Dimensions[data]
```

Out[8]=
```
{151}
```

Je zde 151 vektorů. Protože ale datový soubor obsahuje prázdné řádky na konci, není to matice, ale "heterogenní" seznam. Můžeme se podívat. Následující příkaz zobrazí 5 posledních záznamů:

In[9]:=
```
Take[data, -5]
```

Out[9]=
```
{{6.3, 2.5, 5., 1.9, Iris-virginica}, {6.5, 3., 5.2, 2., Iris-virginica},
 {6.2, 3.4, 5.4, 2.3, Iris-virginica}, {5.9, 3., 5.1, 1.8, Iris-virginica}, {}}
```

Vidíme, že na konci je prázdný záznam. Odstraníme ho a nová data si uložíme do proměnné "data2" - můžeme si přepsat i původní proměnnou "data" - na tom víceméně nezáleží. Přiřazením do nové proměnné se vyhneme případným problémům, kdybychom víckrát po sobě příkaz vyhodnotili (pokaždé by nám to "ukrojilo" poslední záznam).

In[10]:=
```
data2 = Drop[data, -1];
```

Zobrazíme si výsledek (posledních 10 zaznamů).

In[11]:=
```
Take[data2, -10]
```

Out[11]=
```
{{6.7, 3.1, 5.6, 2.4, Iris-virginica}, {6.9, 3.1, 5.1, 2.3, Iris-virginica},
 {5.8, 2.7, 5.1, 1.9, Iris-virginica}, {6.8, 3.2, 5.9, 2.3, Iris-virginica},
 {6.7, 3.3, 5.7, 2.5, Iris-virginica}, {6.7, 3., 5.2, 2.3, Iris-virginica},
 {6.3, 2.5, 5., 1.9, Iris-virginica}, {6.5, 3., 5.2, 2., Iris-virginica},
 {6.2, 3.4, 5.4, 2.3, Iris-virginica}, {5.9, 3., 5.1, 1.8, Iris-virginica}}
```

Rozdělení dat na vstupní a výstupní vektory

Celý datový soubor si rozdělíme na množinu vstupních dat a množinu výstupních dat.

In[12]:=
```
data2[[1]]
```

Out[12]=
```
{5.1, 3.5, 1.4, 0.2, Iris-setosa}
```

První 4 položky jsou vstupní hodnoty. Poslední (5.) je výstupní hodnota. Pro pochopení následujícího příkazu je potřeba "myslet maticově" - teď jsou data reprezentována seznamem, kde každý prvek je jeden vektor vstupu a výstupu (jeden řádek datového souboru) - pokud tento seznam transponujeme, dostaneme seznam, kde každý prvek bude reprezentovat hodnoty jednotlivých atributů - zaměníme sloupce a řádky. V transponovaném seznamu vybereme příslušné sloupce a po transponování zpět dostáváme zase vektory dat.

První 4 hodnoty jsou vstupní.

In[13]:=
```
inData = Transpose[Take[Transpose[data2], 4]];
(* 4 udává, že separujeme první 4 hodnoty *)
```

Protože jako výstupní hodnoty vybíráme data na zadaném indexu, je potřeba ho napsat do složených závorek {5} - syntaktická záležitost. Dalo by se také použít "Take[..., -1]" - jeden (obecně n) prvek od konce.

In[14]:=
```
outDataTmp = Transpose[Take[Transpose[data2], {5}]];
```

Vlastní předzpracování - překódování dat

V datech jsou textové atributy, které je pro potřeby klasifikace dopřednou sítí nutné překódovat. Použijeme kód "1 z N".

In[15]:=
```
Take[outDataTmp, 5]
```

Out[15]=
```
{{Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}}
```

Protože se nám nechce zadávat ručně kódovací tabulku a navíc chceme mít univerzální řešení, vytvoříme kódovací tabulku automaticky.

Prvním krokem je zjistit jaký je obor hodnot textového (výstupního) atributu. Funkcí "Flatten" - zrušíme hierarchii v seznamu - teď jsou výstupní data uložena jako seznam, kde každý prvek je seznam o jedné hodnotě. Uděláme z něj tedy jednoúrovňový seznam.

Příklad pro pochopení :

In[16]:=
```
(* Ukázka původních dat *)
Take[outDataTmp, 5]
(* Ukázka "srovnaných" dat *)
Take[Flatten[outDataTmp], 5]
```

Out[16]=
```
{{Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}}
```

Out[17]=
```
{Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa}
```

Data tedy srovnáme funkcí "Flatten" a potom seřadíme funkcí "Sort". Na tento seznam použijeme funkci "Split", která nam zadaný seznam (v našem případě seřazený seznam výstupních hodnot) rozdělí na seznamy podle funkční hodnoty - pokud jsou tedy v datech celkem 3 různé hodnoty, jsou ve výsledku vytvořeny 3 seznamy - každý obsahuje prvky s jednou hodnotou.

Pro lepší pochopení si zkuste vyhodnotit následující příkazy (celý postup rozfázovaný do jednotlivých kroků). POZOR - výstupy mohou být dost veliké (zobrazuje se celý soubor dat).

In[18]:=

```
outDataTmp
```

Out[18]=

```
{{Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa}, {Iris-setosa},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor},
 {Iris-versicolor}, {Iris-versicolor}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica},
 {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}, {Iris-virginica}}
```

In[19]:=
```
Flatten[outDataTmp]
```

Out[19]=
```
{Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica}
```

In[20]:=
```
Sort[Flatten[outDataTmp]]
```

Out[20]=
```
{Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
 Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
 Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica}
```

In[21]:=
```
Split[Sort[Flatten[outDataTmp]]]
```

Out[21]=
```
{{Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa,
  Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa, Iris-setosa},
 {Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor,
  Iris-versicolor, Iris-versicolor, Iris-versicolor},
 {Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica,
  Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica, Iris-virginica}}
```

Teď máme tolik seznamů, kolik je různých hodnot výstupů - z každého tohoto seznamu tedy vezmeme první prvek jako reprezentanta. Uděláme to namapovaním funkce "First" (vrací první prvek zadaného seznamu).

In[22]:=
```
outVal = First[#] & /@ Split[Sort[Flatten[outDataTmp]]]
```

Out[22]=
```
{Iris-setosa, Iris-versicolor, Iris-virginica}
```

V proměnné "outVal" teď máme obor hodnot výstupu.

Vytvoříme převodní tabulku. MapIndexed funguje stejně jako Map, ale v druhém parametru (#2) předává index prvku, na který je funkce aktuálně mapována. SparseArray slouží k vytváření tzv. řídkých matic - zde ji použijeme jako nástroj pro jednoduché vytvoření výsledného vektoru. Chceme totiž nulový vektor s jedničkou pouze na jedné pozici.

Příklad :

In[23]:=
```
SparseArray[3 → 1] (* Na pozici 3 bude hodnota 1 *)
```

Out[23]=
```
SparseArray[<1>, {3}]
```

In[24]:=
```
Normal[%] (* Řídkou matici převedeme na normální *)
```
Out[24]=
```
{0, 0, 1}
```

Vidíme, že to je přesně to, co chceme, takže teď aplikujeme tento příkaz na celý seznam výstupních hodnot, uložených v proměnné "outVal".

In[25]:=
```
encode = MapIndexed[#1 -> Normal[SparseArray[#2 → 1, {Length[outVal]}]] &, outVal]
```
Out[25]=
```
{Iris-setosa → {1, 0, 0}, Iris-versicolor → {0, 1, 0}, Iris-virginica → {0, 0, 1}}
```

Proměnná "encode" teď obsahuje seznam tzv. přepisovacích pravidel - vidíme, že každé textové hodnotě je přiřazen jeden vektor.

Pomocí konstrukce "/." můžeme tato přepisovací pravidla aplikovat na původní data a získáme tak zakódovaná data.

Příklad pro pochopení (znak šipky se zadává jako "pomlčka" a "většítko" tj. "-" a ">"):

In[26]:=
```
{a, b, c} /. {a → 1, b → 2, c → 3} (* "a" kódujeme jako "1", "b" jako "2", atd.*)
```
Out[26]=
```
{1, 2, 3}
```

Další příklad :

In[27]:=
```
{a, b, c} /. {a → {1, 0, 0}, b → {0, 1, 0}, c → {0, 0, 1}}
```
Out[27]=
```
{{1, 0, 0}, {0, 1, 0}, {0, 0, 1}}
```

Teď už můžeme konečně zakódovat naše data.

Zjištění, zda jsou některé výstupní hodnoty textové - pokud ano, provede se překódováni do "1 z N".

In[28]:=
```
outData = Flatten[outDataTmp] /. encode;
```

Jak to vypadá? Koukneme se :

In[29]:=
```
Take[outData, 5]
```
Out[29]=
```
{{1, 0, 0}, {1, 0, 0}, {1, 0, 0}, {1, 0, 0}, {1, 0, 0}}
```
```
{{1, 0, 0}, {1, 0, 0}, {1, 0, 0}, {1, 0, 0}, {1, 0, 0}}
```

Jednoduché zpracování dat neuronovou sítí

Inicializace sítě - zadáme trénovací množinu, počet neuronů, případně můžeme zadat i aktivační funkci neuronu. Počet neuronů se zadává jako seznam, každý prvek (číslo) seznamu odpovídá počtu neuronů v jedné vrstvě. {5} znamená jedna skrytá vrstva s pěti neurony. {4,3} znamená dvě skryté vrstvy, jedna se čtyřmi neurony a druhá se třemi neurony.

Vytvořenou síť si uložíme do proměnné "net".

In[30]:=
```
net = InitializeFeedForwardNet[inData, outData, {3, 2}, Neuron → Sigmoid]
```

General::obspkg :

Histograms` is now obsolete. The legacy version being loaded may conflict with current Mathematica functionality.

See the Compatibility Guide for updating information. ≫

Out[30]=
```
FeedForwardNet[{{w1, w2, w3}}, {Neuron → Sigmoid, FixedParameters → None,
  AccumulatedIterations → 0, CreationDate → {2011, 5, 22, 23, 58, 42.0931024},
  OutputNonlinearity → None, NumberOfInputs → 4}]
```

Můžeme si nechat zobrazit podrobnější informace o vytvořené síti.

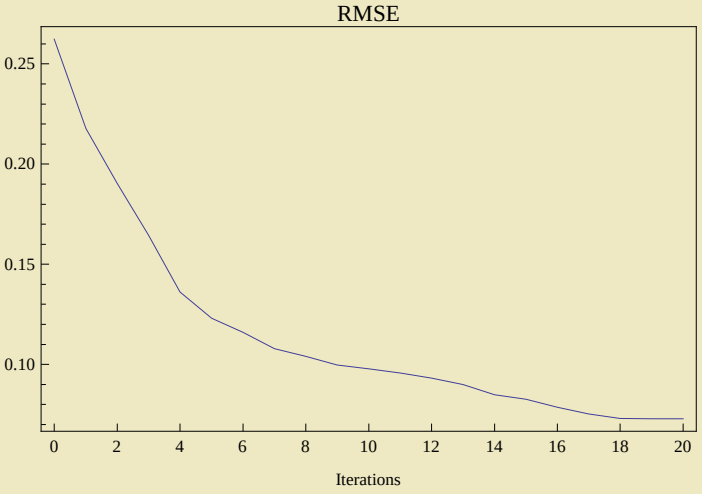
In[31]:=
```
NetInformation[net]
```

Out[31]=
```
FeedForward network created 2011-5-22 at 23:58. The network has 4 inputs and
  3 outputs. It consists of 2 hidden layers with number of neurons per
  layer given by {3, 2}. The neuron activation function is of Sigmoid type.
```

Teď síť natrénujeme pomocí funkce "NeuralFit", které zadáme naší síť (proměnná "net"), trénovací množinu ("inData" a "outData") a počet učících kroků.

Funkce NeuralFit vyprodukuje naučenou síť a záznam o průběhu učení - obě tyto návratové hodnoty si ukládáme (do proměnné "net2" a "record").

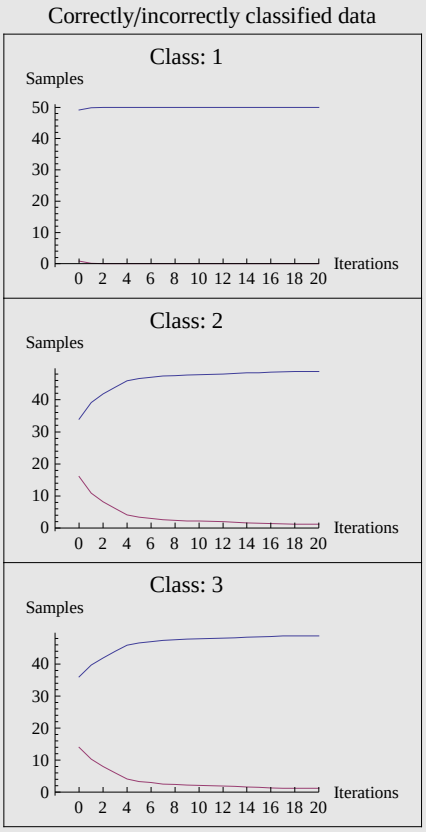
In[32]:=
```
{net2, record} = NeuralFit[net, inData, outData, 20];
```



Máme síť naučenou a můžeme se podívat například na to, jak odpovídala během učení. Síť má 3 výstupy, proto následující příkaz vyprodukuje 3 grafy. Grafy zobrazují vývoj dobře a špatně klasifikovaných instancí jednotlivých tříd, pro každou třídu je jeden graf.

In[33]:=
```
NetPlot[record, inData, outData, DataFormat → ClassPerformance]
```

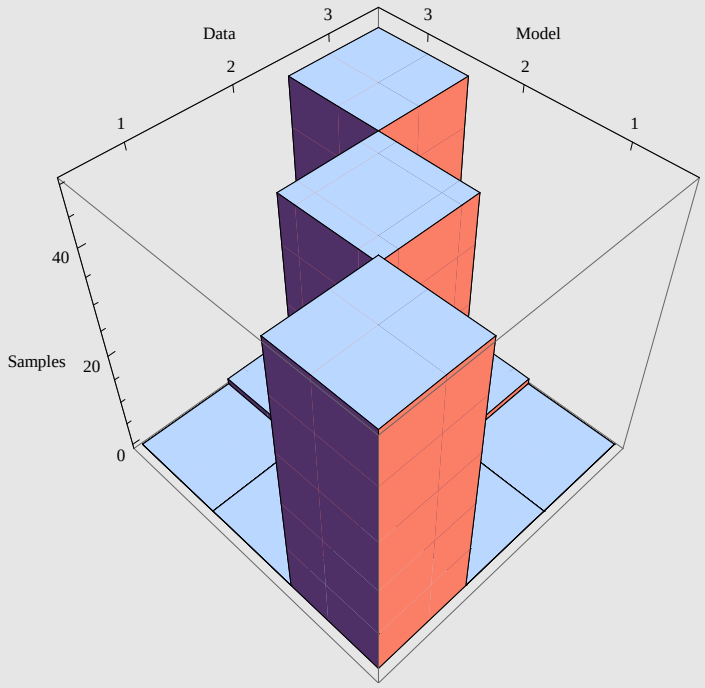
Out[33]=



Můžeme se podívat na klasifikaci pomocí "data/model" diagramu. Graf je interaktivní - pomocí myši ho můžeme otáčet, posouvat (Shift + myš) a zoomovat (Ctrl + myš). Čím více prvků je na diagonále, tím lépe.

In[34]:=
```
NetPlot[net2, inData, outData, DataFormat → BarChart]
```

Out[34]=



Síť je možné si nechat symbolicky vyhodnotit - pro větší sítě je to ale už zcela nepřehledné, nicméně aktivační funkce tam zcela jistě poznáte.

Síť funguje v Mathematice jako klasická funkce, takže ji můžeme dávat parametry - včetně symbolů:

In[35]:=
```
net2[{x1, x2, x3, x4}]
```

Out[35]=
$$\left\{-0.000124688-0.00244921\Big/\left(1+e^{2.41943+\frac{21.9053}{1+e^{16.5635+5.39581\,x1+5.32528\,x2-10.3441\,x3-8.54666\,x4}}-\frac{1.79807}{1+e^{-11.2202+2.43676\,x1+1.13998\,x2+1.70313\,x3-0.317723\,x4}}-\frac{12.6284}{1+e^{-11.5398+4.27002\,x1+1.75802\,x2-6.29022\,x3+3.69982\,x4}}}\right)\right.$$
$$+1.1995\Big/\left(1+e^{-1.62982+\frac{1.42665}{1+e^{16.5635+5.39581\,x1+5.32528\,x2-10.3441\,x3-8.54666\,x4}}-\frac{5.53224}{1+e^{-11.2202+2.43676\,x1+1.13998\,x2+1.70313\,x3-0.317723\,x4}}+\frac{10.1815}{1+e^{-11.5398+4.27002\,x1+1.75802\,x2-6.29022\,x3+3.69982\,x4}}}\right),$$
$$0.0128431+0.993605\Big/\left(1+e^{2.41943+\frac{21.9053}{1+e^{16.5635+5.39581\,x1+5.32528\,x2-10.3441\,x3-8.54666\,x4}}-\frac{1.79807}{1+e^{-11.2202+2.43676\,x1+1.13998\,x2+1.70313\,x3-0.317723\,x4}}-\frac{12.6284}{1+e^{-11.5398+4.27002\,x1+1.75802\,x2-6.29022\,x3+3.69982\,x4}}}\right)$$
$$-0.11582\Big/\left(1+e^{-1.62982+\frac{1.42665}{1+e^{16.5635+5.39581\,x1+5.32528\,x2-10.3441\,x3-8.54666\,x4}}-\frac{5.53224}{1+e^{-11.2202+2.43676\,x1+1.13998\,x2+1.70313\,x3-0.317723\,x4}}+\frac{10.1815}{1+e^{-11.5398+4.27002\,x1+1.75802\,x2-6.29022\,x3+3.69982\,x4}}}\right),$$
$$0.987282-0.991156\Big/\left(1+e^{2.41943+\frac{21.9053}{1+e^{16.5635+5.39581\,x1+5.32528\,x2-10.3441\,x3-8.54666\,x4}}-\frac{1.79807}{1+e^{-11.2202+2.43676\,x1+1.13998\,x2+1.70313\,x3-0.317723\,x4}}-\frac{12.6284}{1+e^{-11.5398+4.27002\,x1+1.75802\,x2-6.29022\,x3+3.69982\,x4}}}\right)$$
$$\left.-1.08368\Big/\left(1+e^{-1.62982+\frac{1.42665}{1+e^{16.5635+5.39581\,x1+5.32528\,x2-10.3441\,x3-8.54666\,x4}}-\frac{5.53224}{1+e^{-11.2202+2.43676\,x1+1.13998\,x2+1.70313\,x3-0.317723\,x4}}+\frac{10.1815}{1+e^{-11.5398+4.27002\,x1+1.75802\,x2-6.29022\,x3+3.69982\,x4}}}\right)\right\}$$

V následujícím notebooku si ukážeme podrobnější vyhodnocení výstupu neuronové sítě a také jiný přístup k učení sítě.

Prohlášení

Tento text je součástí bakalářské práce Adama Činčury "Demonstrační aplikace pro podporu kurzu neuronových sítí" na FEL ČVUT 2011. Vznikl úpravou textu Petra Chlumského.