Kapitola 2 - Algoritmy učení

Demonstrace učení neuronu pomocí různých trénovacích algoritmů.

Načtení knihovny NeuralNetworks

Nejdříve načteme knihovnu neuronových sítí.

In[125]:=
```
<< 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[126]:=
```
Off[Remove::rmnsm]
```

Příprava trénovacích dat

Demonstraci provedeme na jednoduché neuronové sítí s jedním vstupem a jedním výstupem, žádnými skrytými vrstvami neuronů a sigmoidní aktivační funkcí. Jediný neuron v síti má 2 vstupy, na jednom je stále hodnota 1, na druhý jsou přiváděna vstupní data.

Vytvoříme tedy tuto síť:

In[127]:=
```
fdfrwrd = InitializeFeedForwardNet[{{1}}, {{1}},
   {}, RandomInitialization → True, OutputNonlinearity → Sigmoid];
```

Nastavíme váhy vstupům neuronu na známou hodnotu 2 a -1:

In[128]:=
```
fdfrwrd[[1]] = {{{2.}, {-1.}}};
```

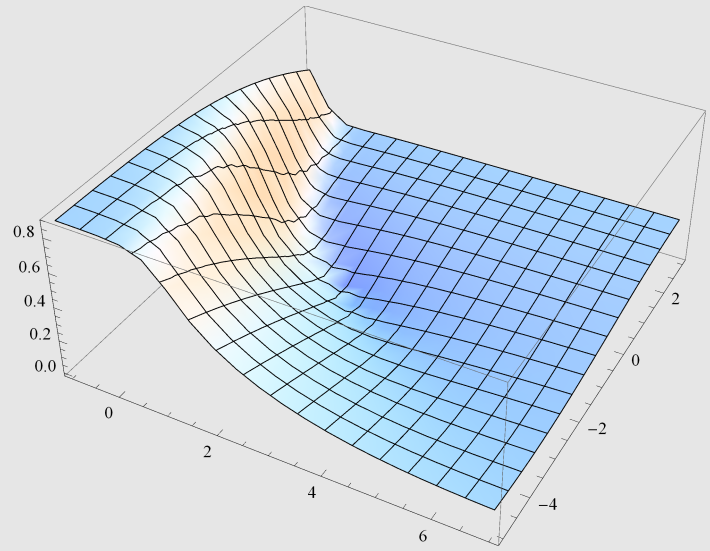
Pomocí takto vytvořené sítě vygenerujeme trénovací data. Na vstup sítě přivedeme vstupní data a výstup sítě budeme považovat za správný výstup.

In[129]:=
```
Ndata = 50;
x = Table[{N[i]}, {i, 0, 5, 10 / (Ndata - 1)}];
y = fdfrwrd[x];
```

Z vygenerovaných dat si můžeme zobrazit energetickou funkci sítě:

In[132]:=
```
criterion[a_?NumericQ, b_?NumericQ] := (fdfrwrd[[1]] = {{{a}, {b}}});
   Sqrt[(Transpose[#].#) &[y - fdfrwrd[x]] / Length[x]])[[1, 1]]
surf = Plot3D[criterion[a, b], {a, -1, 7}, {b, -5, 3}, PlotPoints → 20]
```

Out[133]=

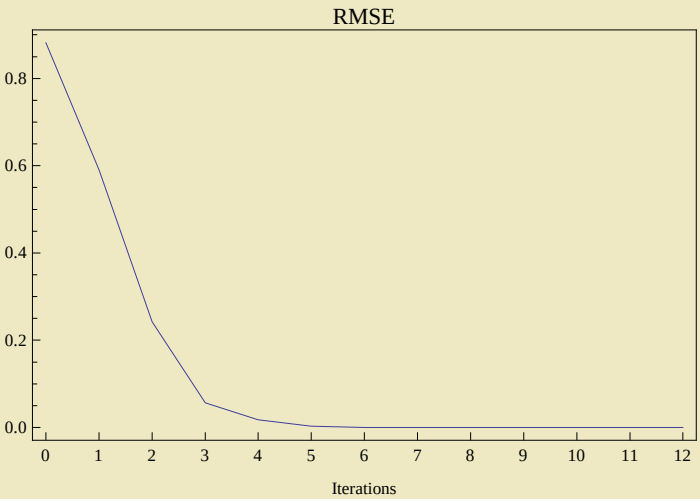


Síť se během učení snaží minimalizovat hodnotu energetické funkce změnou vah vstupů neuronu. Data jsou připravena a můžeme přistoupit ke zkoušení trénovacích algoritmů.

Levenberg-Marquardtův algoritmus

Vytvoříme stejnou neuronovou síť jako při generování testovacích dat. Jejímu neuronu nastavíme váhy vstupů na -0,5 a -5. Takto vytvořenou síť necháme natrénovat pomocí Levenberg-Marquardtova algoritmu.

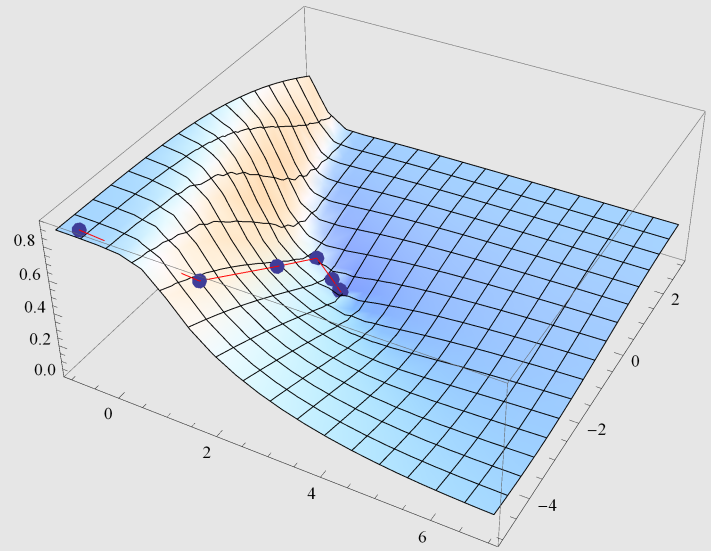
In[134]:=
```
fdfrwrd2 = fdfrwrd;
fdfrwrd2[[1]] = {{{-0.5}, {-5}}};
{fdfrwrd3, fitrecord} = NeuralFit[fdfrwrd2, x, y];
```



Zobrazíme si průběh učení sítě. Modré body zobrazují průběh učení. Čím je bod níže, tím lépe je síť naučena.

In[137]:=
```
trajectory =
  Transpose[Append[Transpose[Map[Flatten, (ParameterRecord /. fitrecord[[2]])]],
    (CriterionValues /. fitrecord[[2]]) + 0.05]];
arrow = Graphics3D[{Red, Arrowheads[Medium], Arrow[trajectory]}];
trajectoryplot = ListPointPlot3D[trajectory, PlotStyle → AbsolutePointSize[8]];
Show[surf, trajectoryplot, arrow, PlotRange → All]
```

Out[140]=

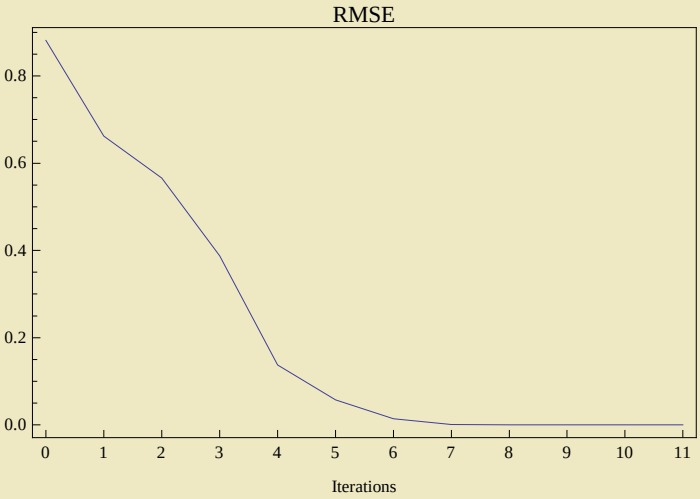


Levenberg-Marquardtův algoritmus dosáhl optimálního stavu po pěti iteracích.

Gauss-Newton algoritmus

Vytvoříme stejnou neuronovou síť jako při generování testovacích dat. Jejímu neuronu nastavíme váhy vstupů na -0,5 a -5. Takto vytvořenou síť necháme natrénovat pomocí Gauss-Newton algoritmu.

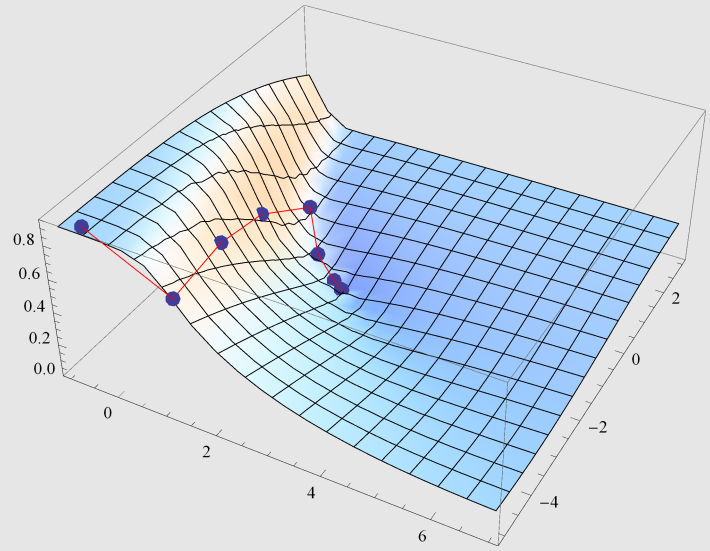
In[141]:=
```
fdfrwrd2 = fdfrwrd;
fdfrwrd2[[1]] = {{{{-0.5}, {-5}}}};
{fdfrwrd3, fitrecord} = NeuralFit[fdfrwrd2, x, y, Method → GaussNewton];
```



Zobrazíme si průběh učení sítě. Modré body zobrazují průběh učení. Čím je bod níže, tím lépe je síť naučena.

In[144]:=
```
trajectory =
  Transpose[Append[Transpose[Map[Flatten, (ParameterRecord /. fitrecord[[2]])]],
    (CriterionValues /. fitrecord[[2]]) + 0.05]];
arrow = Graphics3D[{Red, Arrowheads[Medium], Arrow[trajectory]}];
trajectoryplot = ListPointPlot3D[trajectory, PlotStyle → AbsolutePointSize[8]];
Show[surf, trajectoryplot, arrow, PlotRange → All]
```

Out[147]=

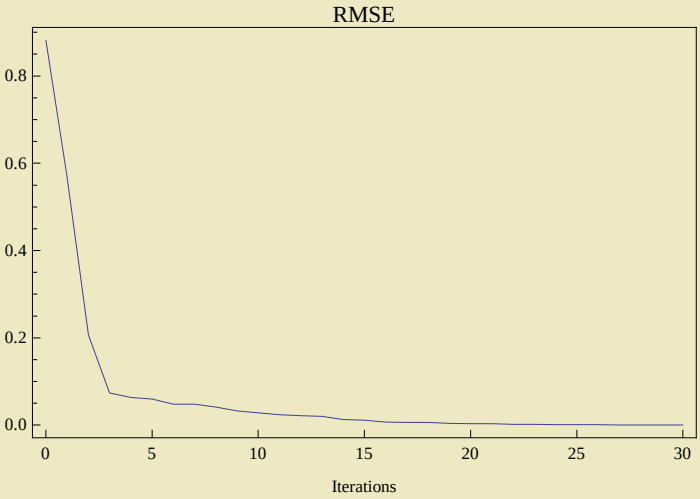


Gauss-Newton algoritmus dosáhl ideálního stavu po sedmi iteracích.

Algoritmus nejvyššího poklesu (Steepest Descent)

Vytvoříme stejnou neuronovou síť jako při generování testovacích dat. Jejímu neuronu nastavíme váhy vstupů na -0,5 a -5. Takto vytvořenou síť necháme natrénovat pomocí algoritmu nejvyššího poklesu.

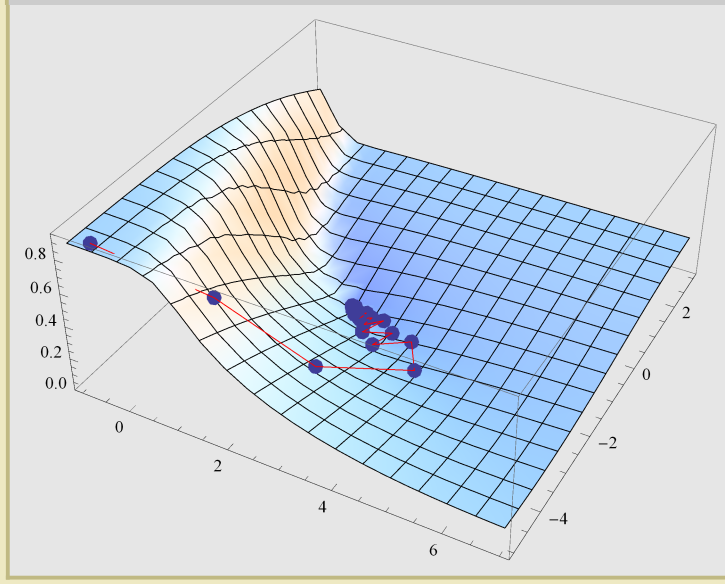
In[148]:=
```
fdfrwrd2 = fdfrwrd;
fdfrwrd2[[1]] = {{{{-0.5}, {-5}}}};
{fdfrwrd3, fitrecord} = NeuralFit[fdfrwrd2, x, y, Method → SteepestDescent];
```



Zobrazíme si průběh učení sítě. Modré body zobrazují průběh učení. Čím je bod níže, tím lépe je síť naučena.

In[151]:=
```
trajectory =
  Transpose[Append[Transpose[Map[Flatten, (ParameterRecord /. fitrecord[[2]])]],
    (CriterionValues /. fitrecord[[2]]) + 0.05]];
arrow = Graphics3D[{Red, Arrowheads[Medium], Arrow[trajectory]}];
trajectoryplot = ListPointPlot3D[trajectory, PlotStyle → AbsolutePointSize[8]];
Show[surf, trajectoryplot, arrow, PlotRange → All]
```

Out[154]=



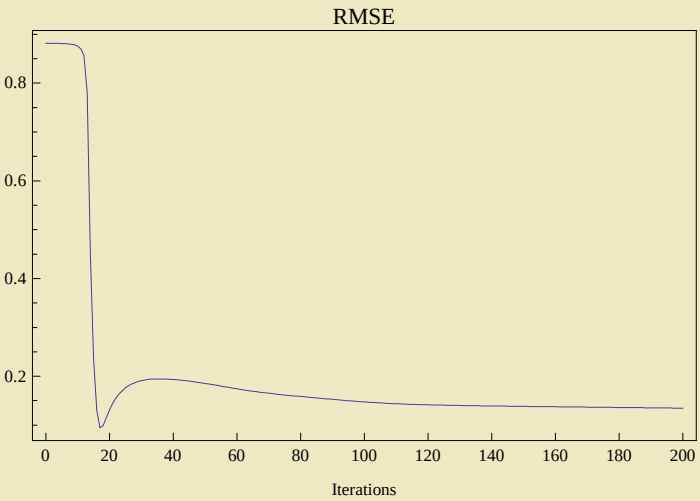
Algoritmus nenalezl ani po třiceti iteracích optimální řešení.

Algoritmus zpětné propagace (Backpropagation)

Vytvoříme stejnou neuronovou síť jako při generování testovacích dat. Jejímu neuronu nastavíme váhy vstupů na -0,5 a -5. Takto vytvořenou síť necháme natrénovat pomocí algoritmu zpětné propagace.

Při použití algoritmu zpětné propagace je třeba nastavit velikost kroku a momentum (setrvačnost). Najít vhodné nastavení těchto parametrů není vždy snadné, různá nastavení mohou způsobit výrazné změny v průběhu učení.

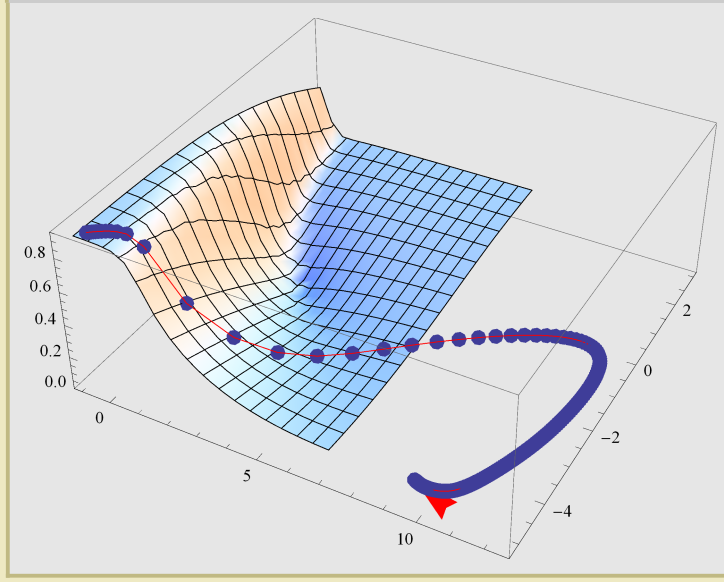
In[155]:=
```
fdfrwrd2 = fdfrwrd;
fdfrwrd2[[1]] = {{{{-0.5}, {-5}}}};
{fdfrwrd3, fitrecord} = NeuralFit[fdfrwrd2, x, y,
   200, Method → BackPropagation, StepLength → 0.1, Momentum → 0.9];
```



Zobrazíme si průběh učení sítě. Modré body zobrazují průběh učení. Čím je bod níže, tím lépe je síť naučena.

In[158]:=
```
trajectory =
  Transpose[Append[Transpose[Map[Flatten, (ParameterRecord /. fitrecord[[2]])]],
    (CriterionValues /. fitrecord[[2]]) + 0.05]];
arrow = Graphics3D[{Red, Arrowheads[Medium], Arrow[trajectory]}];
trajectoryplot = ListPointPlot3D[trajectory, PlotStyle → AbsolutePointSize[8]];
Show[surf, trajectoryplot, arrow, PlotRange → All]
```

Out[161]=



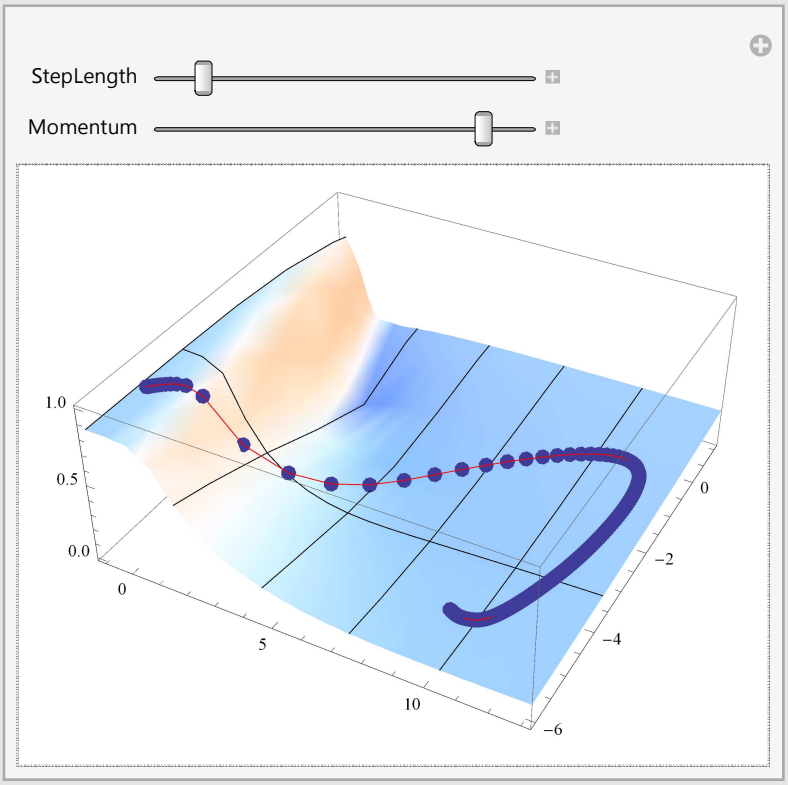
Je patrné, že takto nastavený algoritmus (monentum 0.9 a délka kroku 0.1) nenalezl během 200 iterací optimální řešení.

Na následujícím grafu máte možnost měnit si velikost kroku a momenta. První spuštění může trvat delší dobu kvůli předpočítávání 3D grafu plochy, při spuštění potvrďte vyhodnocení inicializačních buněk.

In[162]:=

```
Monitor[
 surf2 = Plot3D[criterion[a, b], {a, -1, 45}, {b, -75, 20}, PlotPoints -> 65,
  MaxRecursion -> 3]; , ProgressIndicator[Dynamic[Clock[Infinity]], Indeterminate]]
Manipulate[fdfrwrd2 = fdfrwrd; fdfrwrd2[[1]] = {{{{-0.5}, {-5}}}};
 {fdfrwrd3, fitrecord} =
  NeuralFit[fdfrwrd2, x, y, 200, Method -> BackPropagation,
  StepLength -> a, Momentum -> b, CriterionPlot -> False, CriterionLog -> False];
 trajectory =
  Transpose[Append[Transpose[Flatten /@ (ParameterRecord /. fitrecord[[2]])],
   (CriterionValues /. fitrecord[[2]]) + 0.05]];
 arrow = Graphics3D[{Red, Arrowheads[Medium], Arrow[trajectory]}];
 maxx = Round[Max[Transpose[trajectory][[1]]]];
maxx = If[maxx < 5, 5, maxx]; maxx = If[maxx > 45, 45, maxx];
 minx = Round[Min[Transpose[trajectory][[1]]]];
 maxy = Round[Max[Transpose[trajectory][[2]]]];
maxy = If[maxy < 0, 0, maxy]; maxy = If[maxy > 20, 20, maxy];
 miny = Round[Min[Transpose[trajectory][[2]]]]; miny = If[miny < -75, -75, miny];
 trajectoryplot = ListPointPlot3D[trajectory, PlotStyle -> AbsolutePointSize[8]];
 Show[surf2, trajectoryplot, arrow, PlotRange -> {{minx - 1, maxx + 1},
  {miny - 1, maxy + 1}, {0, 1}}], {{a, 0.1, "StepLength"}, 0.01, 0.999},
{{b, 0.9, "Momentum"}, 0.01, 0.999}, ContinuousAction -> False]
```

Out[163]=



Prohlášení

Tento text je vypracován jako součást bakalářské práce Adama Činčury “Demonstrační aplikace pro podporu kurzu neuronových sítí” na FEL ČVUT 2011.