

The Biomedical Signal Project Five

Artificial Neural Network

Zhang Bing 171848

Purpose:

1. Review and study the basic concepts of Artificial Neural Network (ANN):
 - MP – model
 - Perceptron
 - Multi-layer ANN
 - Supervised learning
2. Review the last page of the PPT: High Jumper Evaluation, find an interesting (or very interesting) example in reality, and perform Supervised Learning to find the solution using the similar Matlab codes (please check the following link: <http://www.cnblogs.com/sallybin/p/3169572.html>)
 - You must collect more than 15 sets of data for training ANN
 - Since we didn't discuss much about the algorithm of Back Propagation ANN in the classroom, you may skip the details. We will go through its algorithm in our next lesson.

METHODS AND IMPLEMENTATION:

We use the ANN to predict the cars price through the configuration (Figure.1).

Compilation of data with known cars configuration

The datasets were retrieved from 汽车之家 website (<https://www.autohome.com.cn/>), and all were prepared in excel file *Cars.xlsx*. For each entry the *Cars.xlsx* has cataloged name and price, top speed, 100 km acceleration, 100 km fuel consumption, length, width, height, wheelbase, turbo, the number of cylinders, maximum horsepower, maximum power, maximum torque, the number of stops (Table 1). The metadata of the car BMW 118i was used as test dataset, and the others was used as train dataset.

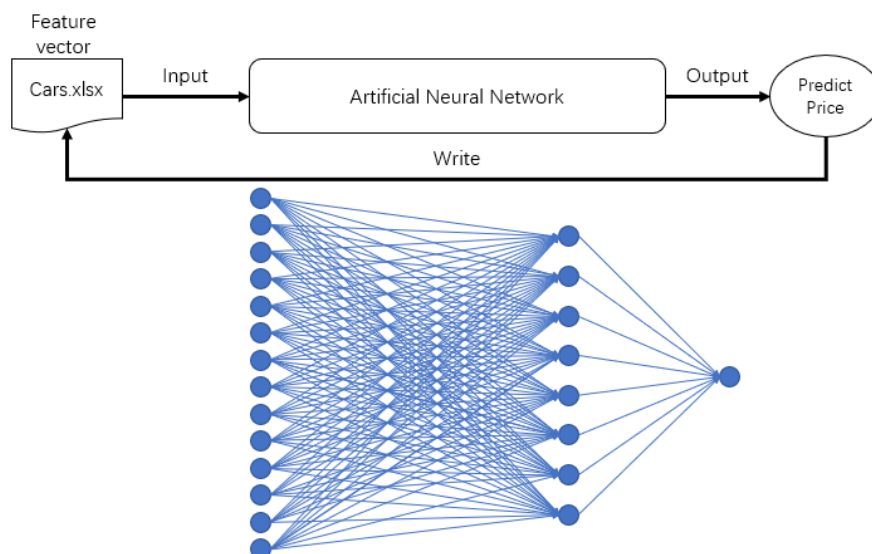


Figure.1 The schematic diagram of the algorithm.

车名	售价 (万)	预测价 格(万)	最高车速 (km/h)	百公里加 速(s)	百公里油 耗(L)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)	轴距 (mm)	排量 (ml)	是否涡轮 增加	气缸数 (个)	最大马 力(ps)	最大功 率(kw)	最大扭矩 (N.m)	挡位 个数
Audi A4L 进取型	29		205	9.4	5.8	4818	1843	1432	2908	1395	1	4	150	110	250	7
Audi Q3 标准型	24.69		201	9.2	6.3	4398	1841	1591	2603	1395	1	4	150	110	250	6
Audi Q5 进取型	39.64		230	7.2	8.4	4629	1898	1655	2807	1984	1	4	230	169	350	8
Audi A6L 进取型	40.28		235	8.5	6.5	5036	1874	1466	3012	1798	1	4	190	140	320	7
AudiQ7 舒适型	74.98		233	7.1	8.5	5069	1968	1716	3001	1984	1	4	252	185	370	8
Bench CLA 180	25.28		210	9.2	6	4645	1777	1413	2699	1595	1	4	122	90	200	7
Bench AMG A 45	49.38		250	4.2	7.7	4367	1780	1417	2699	1991	1	4	381	280	475	7
Bench E200 运动型	41.98		240	8.6	6.8	4925	1860	1470	2939	1991	1	4	184	135	300	9
Bench S 320L	93.08		250	7.1	8.1	5259	1899	1494	3165	2996	1	6	272	200	400	9
雪铁龙 C5 350THP 舒适型	16.99		215	9.8	6.5	4825	1860	1480	2815	1598	1	4	167	123	245	6
雪铁龙 爱丽舍 1.6L 时尚型	9.58		188	11.3	6.5	4427	1748	1476	2652	1587	0	4	117	86	150	6
雪铁龙 C6 380THP 豪华型	21.89		225	8.9	6.6	4980	1858	1475	2900	1751	1	4	204	150	280	6
Buick 英朗 精英型	13.39		195	12.67	5.8	4609	1798	1486	2640	1349	1	3	163	120	230	6
Buick 20T 领先型	22.98		200	10	6.2	5018	1866	1459	2905	1499	1	4	170	125	252	7
标致 308 1.6L 时尚版	11.27		193	12	5.9	4590	1820	1488	2675	1587	0	4	117	86	150	6

标致 5008 350THP 精英版	21.57	205	10.5	6.6	4670	1855	1655	2840	1598	1	4	167	123	245	6
长安 CS55 炫耀型	13.29	185	11.78	9.73	4500	1855	1690	2650	1499	1	4	156	115	225	6
长安 悦翔 V7 新锐型	6.49	150	11.93	5.7	4530	1745	1498	2610	1000	1	3	116	85	172	6
大众 凌渡 280TSI 豪华版	20.19	215	8.5	5.5	4598	1826	1425	2656	1395	1	4	150	110	250	7
大众 帕萨特 330TSI 尊荣版	22.29	225	8.5	6.8	4872	1834	1484	2803	1798	1	4	180	132	300	7
大众 辉昂 380TSI 旗舰版	43.9	240	8.1	7	5074	1893	1489	3009	1984	1	4	224	165	350	7
大众 宝来 1.5L 时尚版	11.98	185	12.6	5.9	4562	1793	1468	2614	1498	0	4	110	81	150	6
福特 福克斯 1.6L 智行版	13.88	180	8.43	6.7	4368	1823	1483	2648	1596	0	4	125	92	159	6
福特 金牛座 EcoBoost 245 时尚型	24.98	218	7.9	7.9	4996	1878	1503	2949	1999	1	4	245	180	350	6
福特 翼博 1.5L 精翼型	8.98	177	11.78	6.6	4345	1785	1647	2530	1497	0	3	120	88	150	6
长城 哈弗 H4 风尚型	11.6	180	10.47	6.8	4410	1845	1695	2660	1497	1	4	169	124	285	7
长城 哈弗 H7 豪华型	15.9	205	9	8.5	4700	1925	1718	2850	1967	1	4	231	170	355	6
吉利 帝豪 1.5L CVT 豪华型	8.58	170	9.98	5.9	4631	1789	1470	2650	1498	0	4	109	80	140	5
吉利 博越 1.8TD 智尊型	14.88	195	10.3	7.8	4519	1831	1694	2670	1799	1	4	184	135	285	6
凯迪拉克 ATS-L 28T 时尚型	31.88	215	6.2	7.8	4730	1824	1426	2860	1998	1	4	279	205	400	8

凯迪拉克 XTS 技术型	29.99	218	8.1	7.9	5103	1852	1502	2837	1998	1	4	269	198	353	6
奇瑞 QQ 1.0L	3.99	150	14.18	5.48	3564	1620	1527	2340	998	0	3	69	51	93	5
奇瑞 艾瑞泽 5 CVT 青春版	7.89	180	12.6	6.2	4572	1825	1482	2670	1499	0	4	116	85	141	7
奇瑞 瑞虎 5x 1.5T 豪华型	10.39	190	9.9	6.9	4338	1830	1645	2630	1498	1	4	147	108	210	6
斯柯达 明锐 TST230	14.99	198	10.5	5.3	4675	1814	1460	2686	1197	1	4	116	85	200	7
斯柯达 速派 TST280	17.98	215	8.7	5.7	4861	1865	1489	2841	1395	1	4	150	110	250	7
雪佛兰 赛欧 3 AMT 理想版	6.89	175	14	5.1	4300	1735	1503	2500	1349	0	4	103	76	127	5
雪佛兰 科鲁兹 320 先锋版	12.49	180	12.1	6.1	4666	1807	1460	2700	1490	0	4	114	84	146	6
雪佛兰 迈锐宝 XL 530T 瑞驰版	19.49	205	9.5	6.3	4923	1854	1470	2829	1490	1	4	170	125	252	6
BMW 318i M 运动	31.68	235	7.3	6.2	4650	1811	1454	2810	1998	1	4	184	135	270	8
BMW X5 xDrive28i	82.99	235	6.5	9.7	4909	1938	1772	2933	2979	1	6	306	225	400	8
BMW M3 四门轿车	95.98	250	4.1	8.5	4678	1877	1442	2812	2979	1	6	431	317	550	7
BMW 118i 时尚型	20.48	212	9.4	5.5	4456	1803	1446	2670	1499	1	3	136	100	220	6

Table.1 The data prepared for ANN stored in *Cars.xlsx*

The neural network will be better fitted to the data through more data. Because the train dataset was too small, the dataset need to be expand in a certain way. The train dataset after normalization was add 4% gaussian noise, and then amplified 99 datasets in this way. The 100 datasets were grouped to together into a data set for forward neural network.

Machine learning for prediction of price

The data in *Cars.xlsx* were used to training except the yellow entry. The yellow entry (BMW 118i) was used to test. The price was regarded as y_label . In this ANN, the hidden layer node was set as 8, the learning step was set as 0.001, the epochs were set as 10000 and the goal was set as 0.0000001(Figure.2).

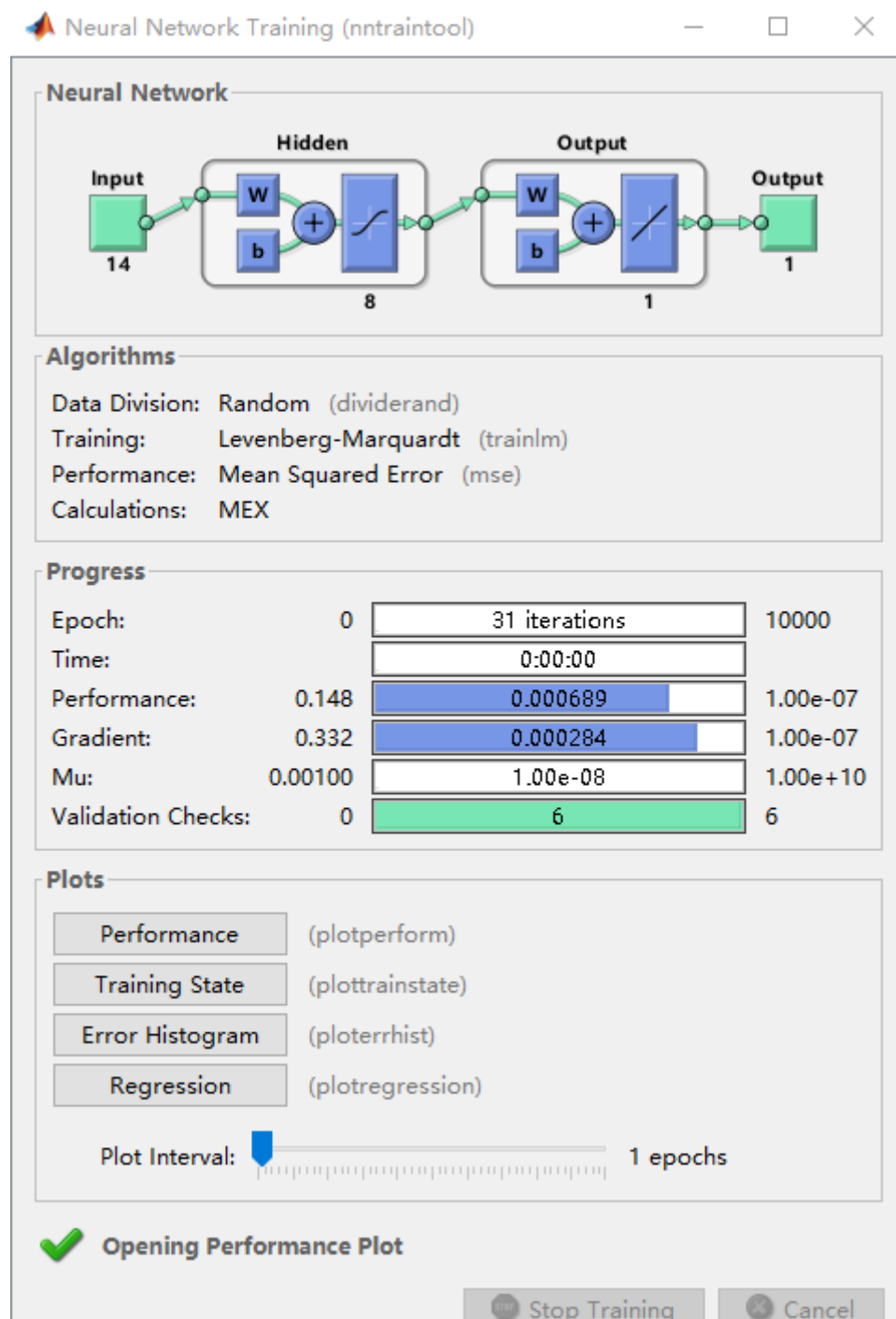


Figure.2 The nntoolbox in MATLAB.

Results and Conclusion:

As the figure 1 reveal, the ANN trained 31 times to attain the convergence tolerance goal. The predict

price are divided into two categories (Table 2). The blue data is generating by test dataset that never used for training the net, the blue data is generate by train datasets participation in training the net. The neural network training performance is shown in Figure.3, and the best validation performance is 0.00087647 at epoch 25. The error histogram is shown in Figure.4.

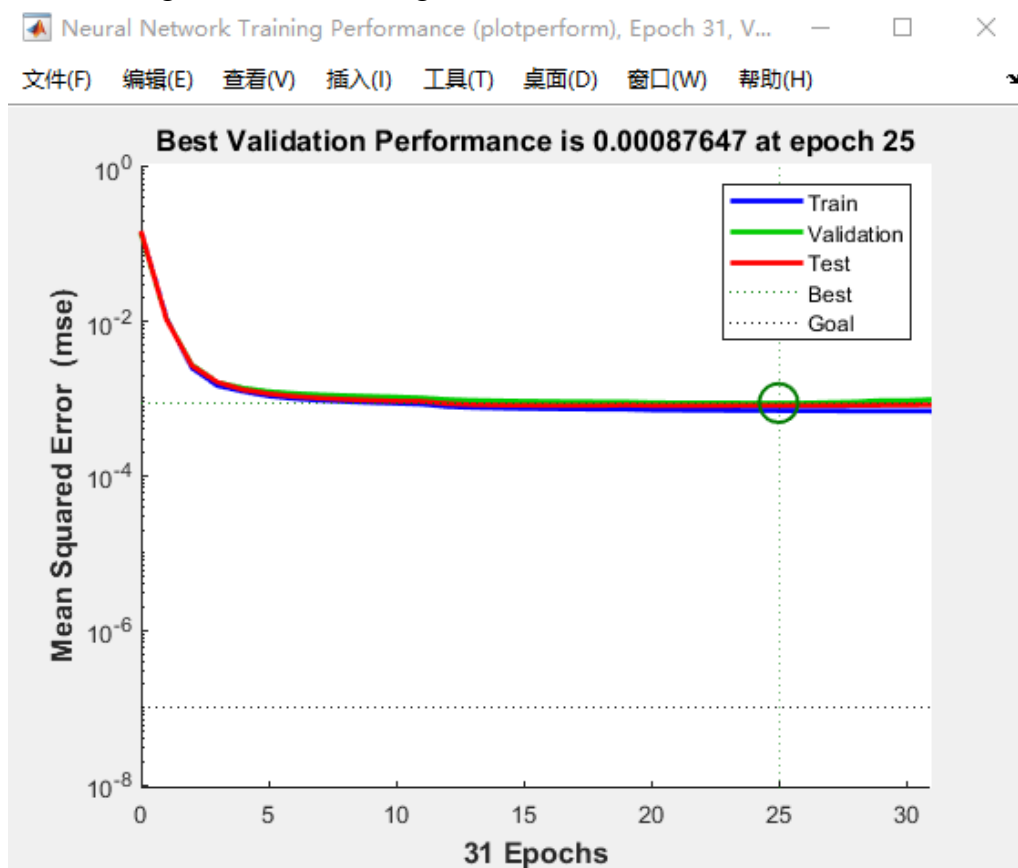


Figure.3 The neural network training performance in MATLAB.

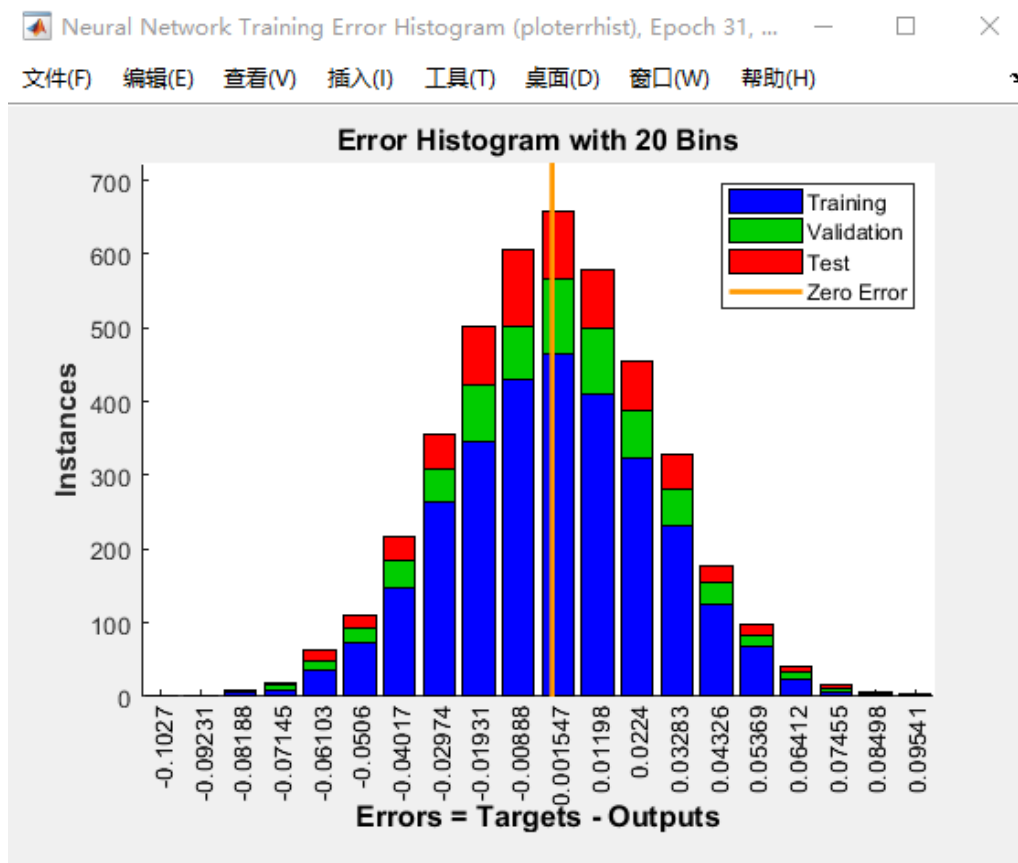


Figure.4 The neural network training error histogram in MATLAB.

车名	售价 (万)	预测价格 (万)	最高车速 (km/h)	百公里加 速(s)	百公里 油耗(L)	长 (mm)	宽 (mm)	高 (mm)	轴距 (mm)	排量 (ml)	是否涡轮 增加	气缸数 (个)	最大马 力(ps)	最大功 率(kw)	最大扭矩 (N.m)	挡位 个数
Audi A4L 进取型	29	28.2608	205	9.4	5.8	4818	1843	1432	2908	1395	1	4	150	110	250	7
Audi Q3 标准型	24.69	25.0668	201	9.2	6.3	4398	1841	1591	2603	1395	1	4	150	110	250	6
Audi Q5 进取型	39.64	39.6804	230	7.2	8.4	4629	1898	1655	2807	1984	1	4	230	169	350	8
Audi A6L 进取型	40.28	40.0938	235	8.5	6.5	5036	1874	1466	3012	1798	1	4	190	140	320	7
AudiQ7 舒适型	74.98	75.5524	233	7.1	8.5	5069	1968	1716	3001	1984	1	4	252	185	370	8
Bench CLA 180	25.28	24.915	210	9.2	6	4645	1777	1413	2699	1595	1	4	122	90	200	7
Bench AMG A 45	49.38	49.0589	250	4.2	7.7	4367	1780	1417	2699	1991	1	4	381	280	475	7
Bench E200 运动型	41.98	42.0352	240	8.6	6.8	4925	1860	1470	2939	1991	1	4	184	135	300	9
Bench S 320L	93.08	93.0679	250	7.1	8.1	5259	1899	1494	3165	2996	1	6	272	200	400	9
雪铁龙 C5 350THP 舒适型	16.99	17.4234	215	9.8	6.5	4825	1860	1480	2815	1598	1	4	167	123	245	6
雪铁龙 爱丽舍 1.6L 时尚型	9.58	9.71205	188	11.3	6.5	4427	1748	1476	2652	1587	0	4	117	86	150	6
雪铁龙 C6 380THP 豪华型	21.89	22.2364	225	8.9	6.6	4980	1858	1475	2900	1751	1	4	204	150	280	6
Buick 英朗 精英型	13.39	13.3329	195	12.67	5.8	4609	1798	1486	2640	1349	1	3	163	120	230	6
Buick 20T 领先型	22.98	22.9959	200	10	6.2	5018	1866	1459	2905	1499	1	4	170	125	252	7
标致 308 1.6L 时尚版	11.27	11.5195	193	12	5.9	4590	1820	1488	2675	1587	0	4	117	86	150	6

标致 5008 350THP 精英版	21.57	21.7546	205	10.5	6.6	4670	1855	1655	2840	1598	1	4	167	123	245	6
长安 CS55 炫耀型	13.29	13.1569	185	11.78	9.73	4500	1855	1690	2650	1499	1	4	156	115	225	6
长安 悦翔 V7 新锐型	6.49	6.21539	150	11.93	5.7	4530	1745	1498	2610	1000	1	3	116	85	172	6
大众 凌渡 280TSI 豪华版	20.19	20.7067	215	8.5	5.5	4598	1826	1425	2656	1395	1	4	150	110	250	7
大众 帕萨特 330TSI 尊荣版	22.29	22.1413	225	8.5	6.8	4872	1834	1484	2803	1798	1	4	180	132	300	7
大众 辉昂 380TSI 旗舰版	43.9	43.6992	240	8.1	7	5074	1893	1489	3009	1984	1	4	224	165	350	7
大众 宝来 1.5L 时尚版	11.98	11.4904	185	12.6	5.9	4562	1793	1468	2614	1498	0	4	110	81	150	6
福特 福克斯 1.6L 智行版	13.88	13.2353	180	8.43	6.7	4368	1823	1483	2648	1596	0	4	125	92	159	6
福特 金牛座 EcoBoost 245 时尚型	24.98	25.3548	218	7.9	7.9	4996	1878	1503	2949	1999	1	4	245	180	350	6
福特 翼博 1.5L 精翼型	8.98	8.96858	177	11.78	6.6	4345	1785	1647	2530	1497	0	3	120	88	150	6
长城 哈弗 H4 风尚型	11.6	11.4413	180	10.47	6.8	4410	1845	1695	2660	1497	1	4	169	124	285	7
长城 哈弗 H7 豪华型	15.9	15.8143	205	9	8.5	4700	1925	1718	2850	1967	1	4	231	170	355	6
吉利 帝豪 1.5L CVT 豪华型	8.58	9.11208	170	9.98	5.9	4631	1789	1470	2650	1498	0	4	109	80	140	5
吉利 博越 1.8TD 智尊型	14.88	15.4787	195	10.3	7.8	4519	1831	1694	2670	1799	1	4	184	135	285	6
凯迪拉克 ATS-L 28T 时尚型	31.88	32.1126	215	6.2	7.8	4730	1824	1426	2860	1998	1	4	279	205	400	8

凯迪拉克 XTS 技术型	29.99	30.4083	218	8.1	7.9	5103	1852	1502	2837	1998	1	4	269	198	353	6
奇瑞 QQ 1.0L	3.99	4.88499	150	14.18	5.48	3564	1620	1527	2340	998	0	3	69	51	93	5
奇瑞 艾瑞泽 5 CVT 青春版	7.89	8.5289	180	12.6	6.2	4572	1825	1482	2670	1499	0	4	116	85	141	7
奇瑞 瑞虎 5x 1.5T 豪华型	10.39	10.7373	190	9.9	6.9	4338	1830	1645	2630	1498	1	4	147	108	210	6
斯柯达 明锐 TST230	14.99	14.5389	198	10.5	5.3	4675	1814	1460	2686	1197	1	4	116	85	200	7
斯柯达 速派 TST280	17.98	18.5999	215	8.7	5.7	4861	1865	1489	2841	1395	1	4	150	110	250	7
雪佛兰 赛欧 3 AMT 理想版	6.89	6.34132	175	14	5.1	4300	1735	1503	2500	1349	0	4	103	76	127	5
雪佛兰 科鲁兹 320 先锋版	12.49	12.5646	180	12.1	6.1	4666	1807	1460	2700	1490	0	4	114	84	146	6
雪佛兰 迈锐宝 XL 530T 瑞驰版	19.49	18.3166	205	9.5	6.3	4923	1854	1470	2829	1490	1	4	170	125	252	6
BMW 318i M 运动	31.68	30.7683	235	7.3	6.2	4650	1811	1454	2810	1998	1	4	184	135	270	8
BMW X5 xDrive28i	82.99	83.2716	235	6.5	9.7	4909	1938	1772	2933	2979	1	6	306	225	400	8
BMW M3 四门轿车	95.98	96.0232	250	4.1	8.5	4678	1877	1442	2812	2979	1	6	431	317	550	7
BMW 118i 时尚型	20.48	21.1163	212	9.4	5.5	4456	1803	1446	2670	1499	1	3	136	100	220	6

Table.2 The data predict by ANN

Attach code:

```
%文件名称 : BS_Project5_zhangbing_171848
%实现功能 : 利用 ANN 通过汽车的配置来预测汽车价格
%
%参考资料 :
%作者信息 : 171848-张冰
%           537405288@qq.com
%           18795969032
%修订时间 : 2018 年 5 月 23 日 15 点 43 分
%调用格式 : 无
%参数释义 : 无

%项目路径
addpath(genpath(pwd));
clc;
%=====在 excel 中读取数据信息=====
filename = 'Cars.xlsx';
sheet = 1;
%训练集汽车配置
xlRange_X = 'D2:Q43';
%训练集汽车价格
xlRange_Ylabel = 'B2:B43';
%测试集汽车配置
xlRange_x = 'D44:Q44';
%利用 ANN 将测试集预测结果写回文件
xlRange_ywrite = 'C44:C44';
%利用 ANN 将训练集再预测的结果写回文件
xlRange_Ywrite = 'C2:C43';
%读数据
Cars_X = xlsread(filename,sheet,xlRange_X);
Cars_Ylabel= xlsread(filename,sheet,xlRange_Ylabel);
Cars_x = xlsread(filename,sheet,xlRange_x);
Cars_ylabel = xlsread(filename,sheet,xlRange_ylabel);

%=====对数据集进行预处理=====
%将数据集转置成符合 ANN 的格式
P = Cars_X';
T = Cars_Ylabel';
A = Cars_x';
%对数据集进行归一化
[p1,ps] = mapminmax(P,0,1);
[t1,ts] = mapminmax(T,0,1);
a = mapminmax('apply',A,ps);
%扩大训练集, 利用加噪声数据扩大训练集规模
p2 = p1;
```

```

t2 = t1;
for i = 1:100
    disp(i);
    p2 = horzcat(p2,awgn(p1,10*log(100/4)));
    t2 = horzcat(t2,awgn(t1,10*log(100/4)));
end

%=====对网络进行训练=====
%生成隐藏层 8 个节点的前向神经网络
%这里利用 matlab 最新函数替代 netff 函数
carNet = feedforwardnet(8,'trainlm');
carNet = init(carNet);           %初始化
carNet.trainParam.lr = 0.001;    %设置步长 0.001
carNet.trainParam.epochs = 10000; %设置训练 10000 次
carNet.trainParam.goal = 0.0000001; %设置收敛误差 0.0000001
%训练
carNet = train(carNet,p2,t2);

%=====利用网络进行训练=====
y = sim(carNet,a);           %利用测试集预测价格
y1 = sim(carNet,p1);         %利用训练集再预测价格
%对训练出的值进行反归一化处理
cp=mapminmax('reverse',y1,ts);
c =mapminmax('reverse',y,ts);
%将结果写入文件
xlswrite(filename,c,sheet,xlRange_ywrite);
xlswrite(filename,cp',sheet,xlRange_Ywrite);

%====以下为原跳高模型的程序
% P=[3.2 3.2 3 3.2 3.2 3.4 3.2 3 3.2 3.2 3.2 3.9 3.1 3.2;
% 9.6 10.3 9 10.3 10.1 10 9.6 9 9.6 9.2 9.5 9 9.5 9.7;
% 3.45 3.75 3.5 3.65 3.5 3.4 3.55 3.5 3.55 3.5 3.4 3.1 3.6 3.45;
% 2.15 2.2 2.2 2.2 2 2.15 2.14 2.1 2.1 2.1 2.15 2 2.1 2.15;
% 140 120 140 150 80 130 130 100 130 140 115 80 90 130;
% 2.8 3.4 3.5 2.8 1.5 3.2 3.5 1.8 3.5 2.5 2.8 2.2 2.7 4.6;
% 11 10.9 11.4 10.8 11.3 11.5 11.8 11.3 11.8 11 11.9 13 11.1 10.85;
% 50 70 50 80 50 60 65 40 65 50 50 50 70 70];
% T=[2.24 2.33 2.24 2.32 2.2 2.27 2.2 2.26 2.2 2.24 2.24 2.2 2.2 2.35];
%[p1,minp,maxp,t1,mint,maxt]=premnmx(P,T);
%利用新的函数替代 netff
% netEamp = feedforwardnet(6,'trainlm');
% %设置训练次数
% netEamp.trainParam.epochs = 5000;
% %设置收敛误差
% netEamp.trainParam.goal=0.0000001;
% netEamp = train(netEamp,p1,t1);
% a=[3.0;9.3;3.3;2.05;100;2.8;11.2;50];
% %输入数据

```

```
% a=[3.0;9.3;3.3;2.05;100;2.8;11.2;50];  
% %将输入数据归一化  
% a=premnmx(a);  
% %放入到网络输出数据  
% b=sim(netEamp,a);  
% %将得到的数据反归一化得到预测数据  
% c=postmnmx(b,mint,maxt);  
% disp(c);
```