

实验7

实验名称：神经网络算法实现。

实验内容：使用BP神经网络算法实现以下内容：

已知UV254去除率(%)与入口的UV254浓度和臭氧浓度(mg/L)有着密切的关系，以下数据是专家在臭氧比较密集的地方测量到的一系列实验数据，试以1-20组数据为训练样本，预测第21-25组的UV254去除情况。

训练数据文件：TrainingData.csv

测试数据文件：TestingData.csv

算法详情参见课件 “AI-chapter7-section3-v8.pdf”

BP网络的标准学习算法-学习过程

正向传播:

- 输入样本——输入层——各隐层——输出层

判断是否转入反向传播阶段:

- 若输出层的实际输出与期望的输出不符

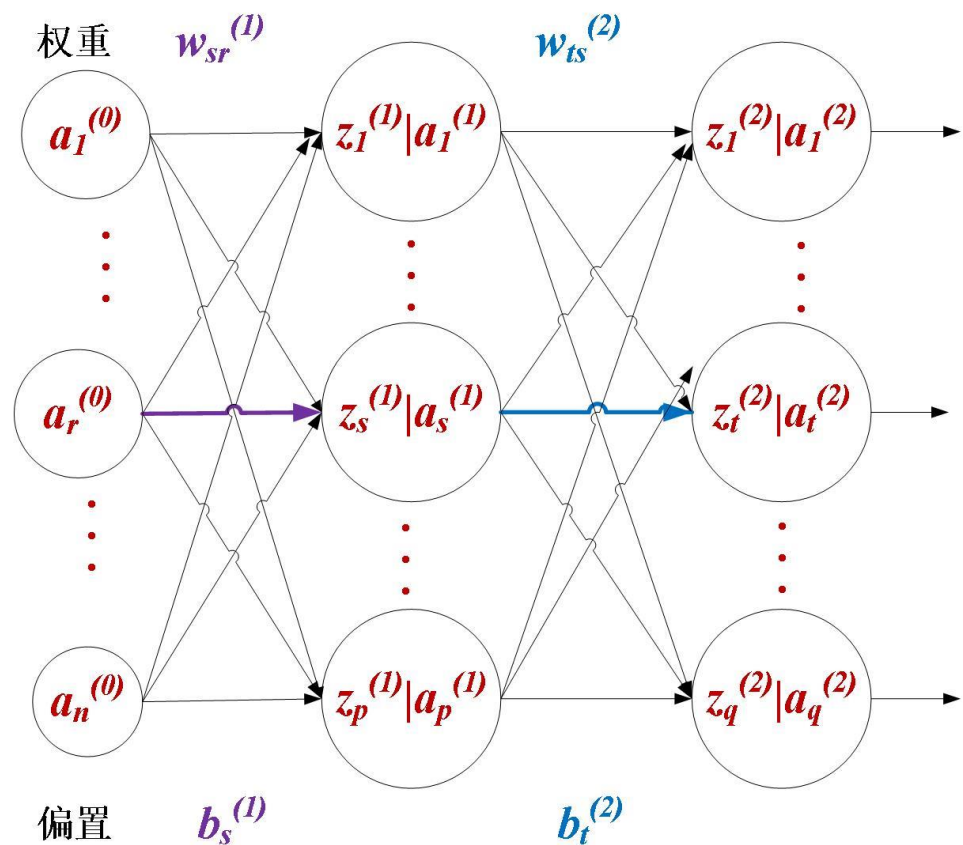
误差反传

- 修正各层单元的权值



网络输出的误差减少到可接受的程度
进行到预先设定的学习次数为止

正向传播



y_1

y_2

y_q

真实值

$$z_s^{(1)} = \sum_{r=1}^n w_{sr}^{(1)} a_r^{(0)} + b_s^{(1)} \quad s = 1, 2, \dots, p$$

$$a_s^{(1)} = g(z_s^{(1)}) \quad s = 1, 2, \dots, p$$

$$z_t^{(2)} = \sum_{s=1}^p w_{ts}^{(2)} a_s^{(1)} + b_t^{(2)} \quad t = 1, 2, \dots, q$$

$$a_t^{(2)} = g(z_t^{(2)}) \quad t = 1, 2, \dots, q$$

$g(z)$ 是激活函数，可以尝试sigmoid函数或者RELU函数。
如使用sigmoid函数，输出层的输出值要归一化到[0,1]之间。

一些公式

第*i*个样本的误差: $E(x^{(i)}) = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^q (a_t^{(2)} - y_t^{(i)})^2$

代价函数: $J(W, b) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m E(x^{(i)})$

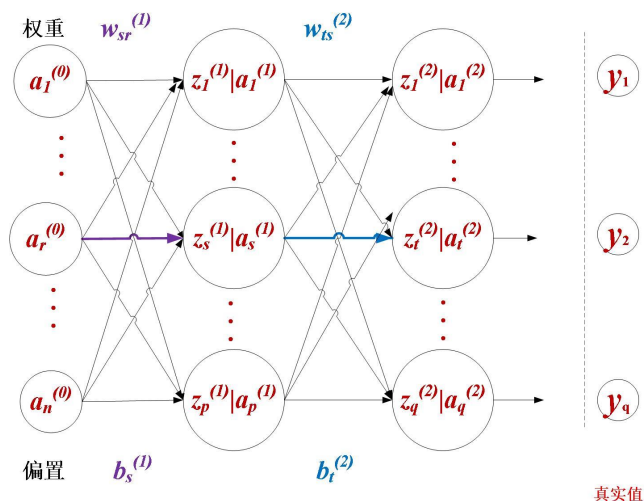
$$\delta_s^{(1)} = \sum_{t=1}^q \delta_t^{(2)} w_{ts}^{(2)} g'(z_s^{(1)})$$

$$\delta_t^{(2)} = (a_t^{(2)} - y_t) g'(z_t^{(2)})$$

如果激活函数选择sigmoid函数 $g(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$, 则 $g'(z) = g(z)[1 - g(z)]$

如果激活函数选择RELU函数 $g(z) = \begin{cases} z, & z > 0 \\ 0, & z \leq 0 \end{cases}$, 则 $g'(z) = \begin{cases} 1, & z > 0 \\ 0, & z \leq 0 \end{cases}$

BP神经网络算法-权重调整



$x^{(k)}$: 第k个样本的输入

$y^{(k)}$: 第k个样本的真实输出

$$x^{(k)} = \begin{bmatrix} x_1^{(k)} \\ x_2^{(k)} \\ \vdots \\ x_n^{(k)} \end{bmatrix}, y^{(k)} = \begin{bmatrix} y_1^{(k)} \\ y_2^{(k)} \\ \vdots \\ y_q^{(k)} \end{bmatrix}$$

$$\delta_t^{(2)} = (a_t^{(2)} - y_t) g'(z_t^{(2)})$$

$$\delta_s^{(1)} = \sum_{t=1}^q \delta_t^{(2)} w_{ts}^{(2)} g'(z_s^{(1)})$$

重复一下过程，直至算法收敛（判断是否收敛可以使用所有训练样本的误差平方和）

随机挑选第k 个样本

$$a^{(0)} = x^{(k)}$$

$$y = y^{(k)}$$

$$\Delta w_{ts}^{(2)} = \eta \frac{\partial E}{\partial w_{ts}^{(2)}} = \eta \delta_t^{(2)} a_s^{(1)}$$

$$w_{ts}^{(2)} = w_{ts}^{(2)} - \eta \delta_t^{(2)} a_s^{(1)}$$

$$\Delta w_{sr}^{(1)} = \eta \frac{\partial E}{\partial w_{sr}^{(1)}} = \eta \delta_s^{(1)} a_r^{(0)}$$

$$w_{sr}^{(1)} = w_{sr}^{(1)} - \eta \delta_s^{(1)} a_r^{(0)}$$

$$\Delta b_t^{(2)} = \eta \frac{\partial E}{\partial b_t^{(2)}} = \eta \delta_t^{(2)}$$

$$b_t^{(2)} = b_t^{(2)} - \Delta b_t^{(2)}$$

$$\Delta b_s^{(1)} = \eta \frac{\partial E}{\partial b_s^{(1)}} = \eta \delta_s^{(1)}$$

$$b_s^{(1)} = b_s^{(1)} - \Delta b_s^{(1)}$$

BP神经网络训练数据

实验号	臭氧浓度(mg/L)	入口UV254	UV254去除率(%)
1	1.16	0.116	50.2
2	1.35	0.104	59.5
3	1.72	0.078	58.8
4	1.86	0.107	66.2
5	1.97	0.136	65.5
6	2.15	0.082	64.5
7	2.23	0.125	73.6
8	2.48	0.076	76.4
9	2.79	0.122	78.5
10	2.85	0.092	79.2
11	3.07	0.081	81.4
12	3.45	0.068	90.3
13	3.59	0.077	93.1
14	3.80	0.108	98.2
15	3.93	0.128	97.3
16	4.14	0.063	98.1
17	4.46	0.135	97.3
18	4.55	0.070	98.8
19	4.84	0.126	96.9
20	5.03	0.087	98.6

测试数据

实验号	臭氧浓度 (mg/L)	入口UV254	真正的 UV254去 除率(%)	BP神经网络预 测的UV254去 除率(%)	预测结果相 对误差
21	1.42	0.086	58.1		
22	2.51	0.071	78.8		
23	3.21	0.107	89.6		
24	4.29	0.096	96.5		
25	5.24	0.65	97.8		

请根据1-20的数据训练神经网络，对21-25号数据进行预测，并计算预测结果相对误差和预测结果平均相对误差。

备注：

$$\text{预测结果相对误差} = \frac{|\text{BP神经网络预测的UV254去除率} - \text{真正的UV254去除率}|}{|\text{真正的UV254去除率}|}$$

$$\text{预测结果平均相对误差} = \frac{|\text{5个测试样本的预测结果相对误差之和}|}{|\text{测试样本个数}|}$$

%训练数据输入矩阵

```
p=[1.16 1.35 1.72 1.86 1.97 2.15 2.23 2.48 2.79 2.85 3.07 3.45 3.59 3.80 3.39  
4.14 4.46 4.55 4.84 5.03;  
0.116 0.104 0.078 0.107 0.136 0.082 0.125 0.076 0.122 0.092 0.081 0.068  
0.077 0.108 0.128 0.063 0.135 0.07 0.126 0.087];
```

%训练数据输出向量:

```
t=[50.2 59.2 58.8 66.2 65.5 64.5 73.6 76.4 73.5 79.2 81.4 90.3  
93.1 98.2 97.3 98.1 97.3 98.8 96.9 98.6];
```

%预测数据输入矩阵:

```
a=[1.42 2.51 3.21 4.29 5.24; 0.086 0.071 0.107 0.096 0.65];
```

%预测数据输出向量:

```
u1=[58.1 78.8 89.6 96.5 97.8];
```


实验注意事项

- (1) 用 $(0, 1)$ 之间的随机数初始化权重 (w, b) 。如果所有 (w, b) 都初始化为0，算法会失败。
- (2) 由于训练数据少，不要使用太多节点。
- (3) 大家要自己写程序实现正向传播和误差反传这两个过程，而不是直接调用神经网络库。
- (4) 尝试不同的学习率 η ，观察预测结果随 η 的变化。

实验报告内容:

- 1) 实验目的
- 2) 实验内容
- 3) 算法流程图（或伪代码）
- 4) 说明隐层数、各层节点数，使用的激活函数。
- 5) 实验运行结果（训练得到的各层权重，测试样本的输出结果和相对误差）
- 6) 实验运行过程截图、实验结果
- 7) 实验过程中遇到的问题
- 8) 实验心得体会。

另外需要提交完整的源代码（需有注释说明，单独作为文件，不要放到实验报告word文档里面）。

注意事项:

- 1、可以相互讨论，但必须独立完成代码和实验报告，若与网上或者其他同学雷同，按不及格处理。
- 2、实验报告请使用老师提供的实验模板。实验报告命名：完整学号_姓名_AI_project7.doc;

例：0304120101_张三_AI_project7.doc;

每个同学建立个人文件夹放实验报告和源代码，文件夹名“完整学号_姓名_AI_project7”。

- 3、请把打包好的实验报告和源代码发给学习委员，由学习委员统一发给我。
- 4、报告提交时间：请在第17周周三下午5点前把报告发给学习委员。

**感谢大家这学期在《人工智能》课程所付出的努力
和课堂上的热情参与！**