### 分析步骤 1. 通过训练集数据来建立bp神经网络分类模型。 2. 将建立的bp神经网络分类模型应用到训练、测试数据，得到模型的分类评估结果。 3. 由于bp神经网络分类具有随机性，每次运算的结果不一样，若保存本次训练模型，后续可以直接上传数据代入到本次训练模型进行计算分类。 4. 注：bp神经网络分类模型无法像传统模型一样得到确定的方程，通常通过测试数据分类效果来对模型进行评价。

### bp神经网络分类模型结果

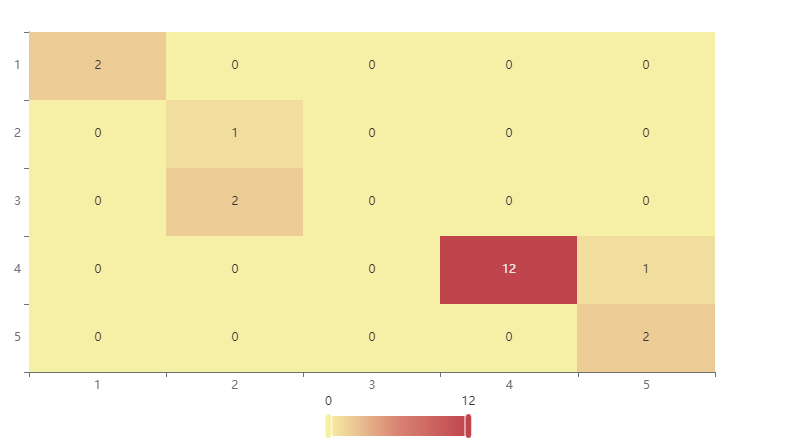
**输出结果1：模型参数**

|  |  |
| --- | --- |
| 参数名 | 参数值 |
| 训练用时 | 2.086s |
| 数据切分 | 0.7 |
| 数据洗牌 | 是 |
| 交叉验证 | 4 |
| 激活函数 | identity |
| 求解器 | lbfgs |
| 学习率 | 0.1 |
| L2正则项 | 1 |
| 迭代次数 | 1000 |
| 隐藏第1层神经元数量 | 100 |

**图表说明：**

上表展示了模型各项参数配置以及模型训练时长。

**输出结果2：混淆矩阵热力图**



**图表说明：**

上表以热力图的形式展示了混淆矩阵。

**输出结果3：模型评估结果**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 准确率 | 召回率 | 精确率 | F1 |
| 训练集 | 0.977 | 0.977 | 0.978 | 0.976 |
| 交叉验证集 | 0.886 | 0.886 | 0.819 | 0.847 |
| 测试集 | 0.85 | 0.85 | 0.833 | 0.829 |

**图表说明：**

上表中展示了交叉验证集、训练集和测试集的预测评价指标，通过量化指标来衡量bp神经网络的预测效果。其中，通过交叉验证集的评价指标可以不断调整超参数，以得到可靠稳定的模型。  
● 准确率：预测正确样本占总样本的比例，准确率越大越好。  
● 召回率：实际为正样本的结果中，预测为正样本的比例，召回率越大越好。  
● 精确率：预测出来为正样本的结果中，实际为正样本的比例，精确率越大越好。  
● F1：精确率和召回率的调和平均，精确率和召回率是互相影响的，虽然两者都高是一种期望的理想情况，然而实际中常常是精确率高、召回率就低，或者召回率低、但精确率高。若需要兼顾两者，那么就可以用F1指标。

**输出结果4：测试数据预测评估结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 预测结果Y | 玻璃类型 | 预测结果概率\_1 | 预测结果概率\_2 | 预测结果概率\_3 | 预测结果概率\_4 | 预测结果概率\_5 | 二氧化硅(SiO2) | 氧化钠(Na2O) | 氧化钾(K2O) | 氧化钙(CaO) | 氧化镁(MgO) | 氧化铝(Al2O3) | 氧化铁(Fe2O3) | 氧化铜(CuO) |
| 4 | 4 | 0.032689835430310336 | 0.014983086566983104 | 0.0036027620217437156 | 0.9253375376763678 | 0.023386778304595002 | 65.91 | 0 | 0 | 1.6 | 0.89 | 3.11 | 4.59 | 0.44 |
| 2 | 3 | 0.010047533298725772 | 0.9546140722771069 | 0.03463383553953452 | 0.0007037162583929541 | 8.426262400757025e-7 | 87.05 | 0 | 5.19 | 2.01 | 0 | 4.06 | 0 | 0.78 |
| 4 | 4 | 4.628881838893422e-9 | 5.415974845934092e-10 | 3.69160226736149e-12 | 0.9999556783313995 | 0.00004431649442948853 | 29.64 | 0 | 0 | 2.93 | 0.59 | 3.57 | 1.33 | 3.51 |
| 2 | 2 | 0.0020777270568144547 | 0.6729907537545252 | 0.3232876042006789 | 0.0016437641691090497 | 1.5081887244115067e-7 | 94.29 | 0 | 1.01 | 0.72 | 0 | 1.46 | 0.29 | 1.65 |
| 5 | 5 | 2.2525137322461682e-7 | 3.943918133182438e-13 | 1.6878095900245692e-11 | 0.0017658918622074841 | 0.9982338828691468 | 19.79 | 0 | 0 | 1.44 | 0 | 0.7 | 0 | 10.57 |
| 1 | 1 | 0.936578019223302 | 0.05455939168838744 | 0.00835901020420923 | 0.00007234718012386728 | 0.00043123170397735494 | 69.33 | 0 | 9.99 | 6.32 | 0.87 | 3.93 | 1.74 | 3.87 |
| 4 | 4 | 0.002238951658235804 | 0.0005119603450295028 | 0.002796458817662483 | 0.9907921558489606 | 0.003660473330111474 | 63.66 | 3.04 | 0.11 | 0.78 | 1.14 | 6.06 | 0 | 0.54 |
| 1 | 1 | 0.9811273720328731 | 0.018179383228907116 | 0.00022217704627137705 | 0.000003960809290699811 | 0.0004671068826577535 | 65.18 | 2.1 | 14.52 | 8.27 | 0.52 | 6.18 | 0.42 | 1.07 |
| 4 | 4 | 0.002191915395300914 | 0.03403287020395447 | 0.004363484606489191 | 0.9590459028772149 | 0.00036582691704066186 | 75.51 | 0 | 0.15 | 0.64 | 1 | 2.35 | 0 | 0.47 |
| 4 | 4 | 3.2858012867070936e-7 | 3.203871954473887e-8 | 5.568806922814676e-11 | 0.9875007910838206 | 0.012498848241642928 | 39.57 | 2.22 | 0.14 | 0.37 | 0 | 1.6 | 0.32 | 0.68 |
| 4 | 4 | 0.0006623658213856773 | 0.00008168348503748153 | 0.0000789548659561133 | 0.9935080626553272 | 0.005668933172293352 | 53.79 | 7.92 | 0 | 0.5 | 0.71 | 1.42 | 0 | 2.99 |
| 5 | 5 | 4.311620398144906e-7 | 1.0856437445815132e-12 | 5.501983208959744e-11 | 0.004446347876117447 | 0.9955532209057372 | 20.14 | 0 | 0 | 1.48 | 0 | 1.34 | 0 | 10.41 |
| 4 | 4 | 0.000054883807072437055 | 0.000009332895961611871 | 0.0000010590324229498613 | 0.9953492404444496 | 0.004585483820093265 | 51.54 | 4.66 | 0.29 | 0.87 | 0.61 | 3.06 | 0 | 0.65 |
| 4 | 4 | 0.0015359825527551797 | 0.00953011793290512 | 0.0003263668431291024 | 0.9867968792729639 | 0.0018106533982468033 | 69.71 | 0 | 0.21 | 0.46 | 0 | 2.36 | 1 | 0.11 |
| 4 | 4 | 0.0012803964188936815 | 0.000020544801185539385 | 0.005672560141414036 | 0.9897087729998615 | 0.0033177256386451967 | 60.74 | 3.06 | 0.2 | 2.14 | 0 | 12.69 | 0.77 | 0.43 |

**图表说明：**

上表格为预览结果，只显示部分数据，全部数据请点击下载按钮导出。  
上表展示了bp神经网络对测试数据的分类结果，分类结果值是拥有最大预测概率的分类组别。

**输出结果5：模型预测与应用**

**图表说明：**

● SPSSPRO会自动保存模型，需要注意的是：在机器学习中的bp神经网络算法保存的模型是非常复杂的，不是类似于线性回归那样可以用用一个公式保存，SPSSPRO以二进制文件方式进行序列化保存；  
● 由于bp神经网络具有随机性，每次训练的模型可能不一致，若保存本次训练模型，后续可以直接上传数据代入到本次训练模型进行计算预测；  
● 若删除本分析报告将会直接删除模型的缓存。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 预测结果\_Y | 预测结果概率\_1 | 预测结果概率\_2 | 预测结果概率\_3 | 预测结果概率\_4 | 预测结果概率\_5 | 二氧化硅(SiO2) | 氧化钠(Na2O) | 氧化钾(K2O) | 氧化钙(CaO) | 氧化镁(MgO) | 氧化铝(Al2O3) | 氧化铁(Fe2O3) | 氧化铜(CuO) | 氧化铅(PbO) |
| 3 | 0.005322408149133418 | 0.000024724475061733833 | 0.9942724572723285 | 0.00035049770723456005 | 0.000029912396241549 | 78.45 | 0 | 0 | 6.08 | 1.86 | 7.23 | 2.15 | 2.11 | 0 |
| 4 | 4.157785534680846e-8 | 1.3419992294034085e-8 | 1.15600202971506e-9 | 0.9999974233791488 | 0.0000025204670015057806 | 37.75 | 0 | 0 | 7.63 | 0 | 2.33 | 0 | 0 | 34.3 |
| 5 | 0.000012698827487110965 | 1.698420563718582e-10 | 7.076564311904295e-11 | 0.0031721163875321847 | 0.996815184544373 | 31.95 | 0 | 1.36 | 7.19 | 0.81 | 2.93 | 7.06 | 0.21 | 39.58 |
| 4 | 0.00029411770548460974 | 0.0000014916572022378973 | 2.8673878365699763e-7 | 0.9535105899209974 | 0.046193513977532116 | 35.47 | 0 | 0.79 | 2.89 | 1.05 | 7.07 | 6.45 | 0.96 | 24.28 |
| 4 | 0.0009444205587535357 | 0.0000601474039233089 | 0.017506048425252083 | 0.9810896493324159 | 0.00039973427965518476 | 64.29 | 1.2 | 0.37 | 1.64 | 2.34 | 12.75 | 0.81 | 0.94 | 12.23 |
| 2 | 0.0022763872227195277 | 0.7424433537563029 | 0.2535657821406959 | 0.00171431953618552 | 1.5734409619672318e-7 | 93.17 | 0 | 1.35 | 0.64 | 0.21 | 1.52 | 0.27 | 1.73 | 0 |
| 3 | 0.0031835406266739062 | 0.1809664208276103 | 0.8107152943663312 | 0.005134178350079639 | 5.658293050633e-7 | 90.83 | 0 | 0.98 | 1.12 | 0 | 5.06 | 0.24 | 1.17 | 0 |
| 4 | 0.0003240892560999241 | 0.000006481089653635887 | 0.000032588605480614804 | 0.9815060180224939 | 0.018130823026272 | 51.12 | 0 | 0.23 | 0.89 | 0 | 2.12 | 0 | 9.01 | 21.24 |

**图表说明：**

上表格为预览结果，只显示部分数据，全部数据请点击下载按钮导出。  
上表展示了已保存的bp神经网络分类模型对上传数据的分类结果，分类结果值是拥有最大预测概率的分类组别。