**A题 葡萄酒的评价**

**摘要**

本文讨论了葡萄酒的评价问题，利用主成分分析和线性拟合等方法，在对酿酒葡萄分级后求出葡萄与葡萄酒理化指标关系的基础上，探讨了酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标和芳香物质对葡萄酒质量的影响。

对于问题1，对每个酒样品的每个指标分别求其方差，将所求的各指标方差按该指标在总分所占比重加权得到该酒样品的加权方差，再对一组中各酒样品的加权方差求其均值，即得两组品酒员对于该种葡萄酒评分的总体加权方差均值，求出值，利用假设检验，得到两组评酒员的评价结果有显著性差异的结论。并用SPSS软件对样本数据的正态分布和方差分析检验后，进行了显著性验证。比较两组数据的方差大小，第二组数据方差较小，因此较为可信。

对于问题2，采用R型聚类分析分别处理红白葡萄的理化指标后，进行了两次主成分分析，再结合芳香物质求得的葡萄酒质量建立综合评价值模型，分别得到红白葡萄的综合评价值以及排序结果，以0.5分值为一个区间长度将酿酒葡萄分为了四个级别。

对于问题3，以酿酒葡萄的一级理化指标含量作为自变量，以葡萄酒的该指标含量作为因变量，利用最小二乘法进行三次线性拟合，得到各个理化指标间的线性方程。

对于问题4，将芳香物质分为四个二级指标后采用两种方法进行分析。方法一将芳香物质的四个二级指标与理化指标放在一起进行主成分回归分析，得出各个指标对葡萄酒质量的贡献率；方法二采用反证法，对芳香物质二级指标与葡萄酒的评分进行相关性分析。从而分析出红葡萄和葡萄酒的理化指标对其酒质量的影响较大，约为70%，白葡萄酒对其质量影响较小，约为27%，并论证出不能用葡萄和葡萄酒的理化指标来评价葡萄酒的质量。

**关键词：方差分析 主成分分析 线性拟合 主成分回归分析 反证法**

1. **问题重述**

确定葡萄酒质量时一般是通过聘请一批有资质的评酒员进行品评。每个评酒员在对葡萄酒进行品尝后对其分类指标打分，然后求和得到其总分，从而确定葡萄酒的质量。所酿葡萄酒的质量与酿酒葡萄的好坏有直接的关系，葡萄酒和酿酒葡萄检测的理化指标会在一定程度上反映葡萄酒和葡萄的质量。附件1给出了某一年份一些葡萄酒的评价结果，附件2和附件3分别给出了该年份这些葡萄酒的和酿酒葡萄的成分数据。请尝试建立数学模型讨论下列问题：

1. 分析附件1中两组评酒员的评价结果有无显著性差异，哪一组结果更可信？

2. 根据酿酒葡萄的理化指标和葡萄酒的质量对这些酿酒葡萄进行分级。

3. 分析酿酒葡萄与葡萄酒的理化指标之间的联系。

4．分析酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标对葡萄酒质量的影响，并论证能否用葡萄和葡萄酒的理化指标来评价葡萄酒的质量？

1. **基本假设**
2. 假设题目所给数据都是真实可靠的。
3. 假设葡萄酒样品的酿制过程中除所酿葡萄外，无任何差异。
4. 假设品酒员打分时互不影响，所得分数均相互独立。
5. **符号说明和名词解释**

|  |  |
| --- | --- |
| **符号** | **含义** |
|  | 酒样品编号的 |
|  | 一个酒样品中的指标序号 |
|  | 第个酒样品分值的加权方差 |
|  | 第个酒样品中第个指标分数的方差 |
|  | 第个指标的权值 |
|  | 第个酒样品的第个指标中第位品酒员所给分值 |
|  | 第组红/白葡萄酒样品的总体方差均值。 |
|  | 第个葡萄酒样品理化指标的综合得分。 |
|  | 第个酿酒葡萄的综合得分 |
|  | 第个葡萄酒样品的质量评价 |
|  | 10位品酒员对第个葡萄酒样品的总体评分均值 |
|  | 第个酒样品中第个指标分数的均值 |

1. **问题分析**
   1. **问题1分析**

问题一要求分析附件1中两组评酒员的评价结果有无显著性差异，并判断哪一组结果更可信。我们利用方差分析的方法，对各葡萄酒样品的每个指标求方差，将所求的各指标方差按该指标在总分所占比重加权得到该酒样品的加权方差，再求其均值，得出该组总体加权方差均值，利用假设检验，判断两组评酒员的评价结果有无显著性差异，最后比较两组数据的方差大小，选择方差较小的组别所给出的评分

**4.2 问题2分析**

问题二要求根据酿酒葡萄的理化指标和葡萄酒的质量对酿酒葡萄进行分级，所以我们综合考虑附件一的品酒师评分、附件二的葡萄的理化指标以及附件三葡萄酒的芳香物质。通过R型聚类分析处理葡萄的理化指标，进行了两次主成分分析，得到依照理化指标产生的每个葡萄的综合评价值。葡萄酒的质量由葡萄酒的评分和芳香物质得分组成，此值与葡萄的综合评价值相乘，得出每个葡萄样品通过葡萄酒理化指标和葡萄酒质量得出的综合评价值，最后以0.5分值为一个区间长度进行分类，得出各个酿酒葡萄所处的级别。

**4.3 问题3分析**

问题三要求分析酿酒葡萄与葡萄酒的理化指标之间的联系。我们简化了酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标，运用最小二乘法进行三次线性拟合，以酿酒葡萄的理化指标含量作为自变量，以葡萄酒的该指标含量作为因变量，得到各个理化指标间的线性方程。

**4.4 问题4分析**

问题四要求通过酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标来评价葡萄酒质量，考虑到芳香物质产生的香气也是葡萄酒评价的感官指标，所以将芳香物质分为四个二级指标后，采用两种方法进行分析。方法一将芳香物质的四个二级指标与理化指标放在一起，进行主成分分析，得出芳香物质和理化指标对葡萄酒质量的贡献率，分析酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标对葡萄酒质量的影响并考量芳香物质不可或缺性，论证出通过理化指标是否可以评价葡萄酒质量。方法二采用反证法，进行相关性分析，论证芳香物质与葡萄酒的评分是否显著从而得出结论。

1. **模型的建立与求解**
   1. **问题1的建模与求解：基于方差分析的假设检验**

附件1中葡萄酒的每项指标下均有10个分值，因此，利用单因素方差分析法，在求出每项指标的平均值后，对均值是否相等进行检验，从而判断两组评酒员的对葡萄酒的评价结果有无显著性差异。

**5.1.1模型分析**

方差分析有三个基本假定：（1）每个总体都用服从正态分布；（2）哥哥总体的方差必须相同；（3）不同水平下的样本相互独立。此题，我们假定每组各项指标的均值是从同一个正态分布总体中抽取的数据，具有相同的方差，从而进行方差分析。

**5.1.2模型建立**

1.数据预处理

缺失值的处理：对于第一组红葡萄酒品尝评分表，其中品酒员4号对酒样品20色调指标的评分缺失，因此我们采用均值替换法。因为品酒员对葡萄酒各指标的评分为分类变量，所以采用替换法中的非数值型数据的处理方法，即用其他9位品酒员对酒样品20中色调指标的评分众数6来补齐该缺失值。

异常值的处理：对于第二组白葡萄酒品尝评分表，其中品酒员7号对酒样品3持久性指标的评分为77分，而持久性指标满分仅有8分，很明显，77为异常值，因为该类评分为离散变量，因此我们采用众数替代的方法。其他9位品酒员对酒样品3的持久性指标评分众数为7，且根据7号品酒员对其他27个酒样品的持久性指标的评分，我们猜测，品酒员7号可能因个人主观因素，将3号酒样品该项的7分误评为77分，因此我们用7来替换该异常值。

2.模型建立

将葡萄酒分为红白两种，即对第一组红葡萄和第二组红葡萄、第一组白葡萄酒和第二组白葡萄酒分别进行显著性检验。

①求各项指标方差

对于第组（）某种葡萄酒，令为第个酒样品的第个指标中第位品酒员所给分值，则第个指标分数的均值为：



其中为第个酒样品中第个指标分数的均值，为一个酒样品的指标总数，这里。

求各酒样品的各项分类指标所属的10个评分的方差，则对第个酒样品的第个指标，有：



其中，为第个酒样品的第个指标分数的方差，为第个酒样品的第个指标中第位品酒员所给分值，为第个指标分数的均值。

②计算各酒样品加权方差

令第个指标的权值为：



其中为第个指标的权值，为第个指标的满分值。

求出各个酒样品的加权方差，有：



其中，为第个酒样品分值的加权方差，为第个酒样品中第个指标分数的方差，为第个指标的权值，为该组酒样品总数。

③计算总体方差均值

最终求得第组某种酒样品的总体方差均值为：



其中为第组红/白葡萄酒样品的总体方差均值。

④对红/白两种葡萄酒分别进行假设检验：

原假设，两组评酒员对该种葡萄酒的评价结果没有显著性差异

备择假设不全相等，两组评酒员对该种葡萄酒的评价结果有显著性差异

当为真时

若或，则接受原假设，否则，拒接原假设，其中。此题中，，我们取显著性水平

**5.1.3模型求解**

我们以红葡萄酒评价结果为例，进行分析求解。

求得第一组红葡萄酒样品的总体方差均值为，第二组红葡萄酒样品的总体方差均值为，则。查表得,则。

由于，且，因此拒绝原假设，即认为附件1中两组评酒员对红葡萄酒的评价结果有显著性差异。

对白葡萄酒评价结果的分析同理，求得第一组白葡萄酒样品的总体方差均值为，第二组白葡萄酒样品的总体方差均值为，则

由于，且，因此拒绝原假设，即认为附件1中两组评酒员对白葡萄酒的评价结果有显著性差异。

而根据常理，当一组的方差越小时，该组数据越具有可信度。因此，我们对各个酒样品评价分值的加权方差按组绘制成折线图，如图1所示

图1 四组酒样品加权方差折线图

由图及各组葡萄酒样品的总体方差均值可知，第二组评酒员的评分方差较小，所以第二组评酒员的评价结果更可信。

**5.1.3模型检验**

利用SPSS非参数检验中的单样本检验，在的显著性水平下，对红葡萄酒各项指标的均值进行正态分布检验，结果如图2所示：

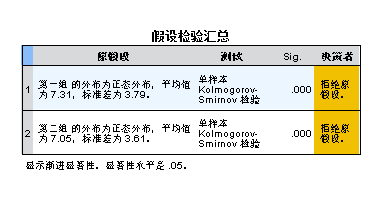


图2 红葡萄酒各项指标均值正态分布检验图

第一组和第二组评分数据均为值=0.000，因此数据不服从正态分布，即不满足方差分析的条件。而非参数检验对数据没有特别要求，适用范围较广，因此我们利用SPSS中2个相关样本的非参数检验，对两组红葡萄酒各项指标均值进行显著性检验，得到结果如表1所示：

|  |  |
| --- | --- |
| **表1 检验统计量a** | |
|  | 第二组 - 第一组 |
| Z | -5.857b |
| 渐近显著性(双侧) | .000 |
| a. Wilcoxon 带符号秩检验 | |
| b. 基于正秩。 | |

其中值=0.000，因此我们可以认为两组评酒员对红葡萄酒的评价结果有显著性差异。

对白葡萄酒评价结果的分析同理，得到的结果同样为有显著性差异。这一结果与方差分析的结果相同。

综上所述，我们得出如下结论：

**两组评酒员对红葡萄酒和白葡萄酒的评价结果均有显著性差异，并且第二组的评价结果更可信。**

**5.1.4模型的进一步讨论和推广**

利用SPSS对红葡萄酒各项指标评分均值进行方差齐性检验，结果见表2：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **表2 方差齐性检验** | | | |
| 第一组 | | | |
| Levene 统计量 | df1 | df2 | 显著性 |
| .246 | 1 | 538 | .620 |

值=0.620，因此数据满足方差齐性和相互独立，但不满足正态分布的条件。

，我们利用SPSS绘制出两组红葡萄酒各项指标评分均值的P-P图，对于数据在不满足正态分布方差分析的情况仍可得到相同结果的情况进行了分析，见图3所示：

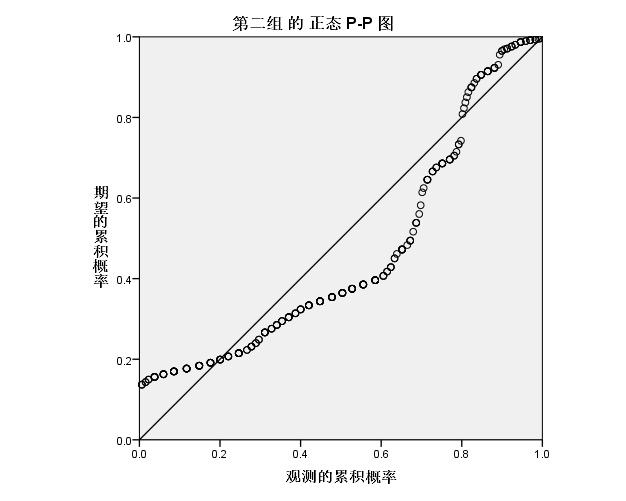
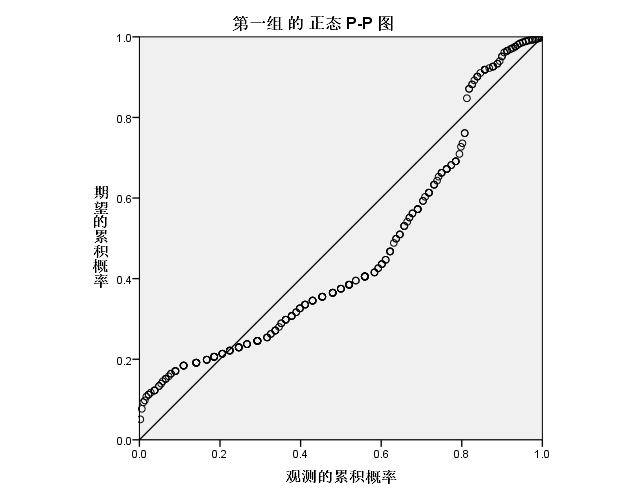


图3 两组红葡萄酒各项指标均值P-P图

图中，数据点均在代表完全正态分布的直线周围，我们发现两组红葡萄酒各项指标评分均值虽然不服从但接近正态分布。可见，当数据满足方差齐性的条件下，总体不完全服从但是接近正态分布时，仍可用方差分析进行显著性检验。

* 1. **问题2的建模与求解：基于聚类分析的主成分分析法**

将酿酒葡萄分为红白葡萄两类，分别进行分级。采用R型聚类分析法利用相关系数矩阵对酿酒葡萄的指标进行分类，再利用主成分分析法筛选出主要指标，最后与芳香物质加权，进行综合评价。

**5.2.1模型建立**

1. 数据预处理

查阅资料，我们得知固酸比=可溶性固形物/可滴定酸，果皮颜色指标中的明亮度、色调角和色泽饱和度均是以红绿偏差和蓝黄偏差为基础计算得出，因此我们在进行指标分析时删去了可溶性固形物、可滴定酸、红绿偏差和蓝黄偏差这四个指标，利用其它的28个指标进行分析。

对于该28个指标，我们以一级指标为主，将三次实验的数据取其平均值作为分析数据。

通过查阅资料，我们得知葡萄酒的质量指标分为感官指标和理化指标，其中感官指标包括芳香物质，且芳香物质越多，葡萄酒质量越好。

由第一题分析结果，我们选取第二组评酒员的评分作为葡萄酒的评价结果。

1. 对芳香物质进行规范化处理

因为芳香物质越多越好，因此为效益型属性。原始的决策矩阵为，变换后的决策矩阵记为，其中为芳香物质编号，为葡萄样品编号。设是决策矩阵第列中的最大值，是决策矩阵则第列中的最小值，则芳香物质规范化用下式进行标准0-1变换：



1. 进行聚类分析

①对每个酿酒葡萄的指标变量数据分别进行标准化处理：



式中：，为矩阵每一列的均值和标准差。

②变量间相似性度量采用相关系数：

记变量的取值，则可以用两变量与的样本相关系数作为它们的相似性度量，即：



③指标间相似性度量的计算选用类平均法：

对于两个指标类和，有：



它等于中两样本点距离的平均，分别为中的样本点个数。

1. 将28个指标分为六类后，进行主成分分析。

①对原始数据进标准化处理。

设进行主成分分析的指标变量有个，分别为，共有个评价对象，第个葡萄样品的第个指标的取值为。将各指标值转换为标准化指标值，有：



式中：，即为第个指标的样本均值和样本标准差。

对应地，称



为标准化指标变量

②计算相关系数矩阵。相关系数矩阵，有



式中：为第个指标与第个指标的相关系数。

③计算特征值和特征向量

计算相关系数矩阵的特征值，及对应的特征向量，其中，由特征向量组成个新的指标变量：



式中：为第1主成分；为第2主成分，…；为第主成分。

④选择个主成分，计算综合评价值。

计算特征值的信息贡献率和累积贡献率。称



为主成分的信息贡献率，同时，有



为主成分的累计贡献率。当接近于1（这里我们取）时，则选择前个指标变量作为个主成分，代替原来个指标变量，从而可对个主成分进行综合分析。

⑤计算葡萄理化指标的综合得分：



式中：为第个葡萄酒样品理化指标的综合得分，为第个葡萄酒样品的第个主成分的信息贡献率，

5.计算葡萄酒质量：

对于第二组品酒员对葡萄酒的打分，有：



其中，为10位品酒员对第个葡萄酒样品的总体评分均值。

令第个葡萄酒样品的芳香物质种类数为，含量为。评价葡萄酒时，以葡萄酒中所含芳香物质种类数为优先，含量为次要，而芳香物质决定的气味在附件1的品酒评分中占有30分的分值，则有：



其中为第个葡萄酒样品的质量评价。

6.计算酿酒葡萄的综合得分，有：

结合葡萄的理化指标所酿出的葡萄酒质量，有：



其中为第个酿酒葡萄的综合得分，为第个葡萄酒样品理化指标的综合得分为第个葡萄酒样品的质量评价。

根据综合得分值就可对酿酒葡萄进行评价。

**5.2.2模型求解**

以红葡萄的理化指标和芳香物质数据为例进行分析，利用软件求出相关系数矩阵见附录（二）所示，按类平均法将28项指标聚类后得聚类图如下所示：



图4 红葡萄各项指标的聚类分析图

将28项指标分为了六大类。

再利用软件对28个指标进行主成分分析，选取相关系数矩阵前13个指标，将其分为六类：

第一类指标为VC含量；

第二类指标为白藜芦醇和果皮颜色中的；

第三类指标为果皮颜色中的；

第四类指标为氨基酸总量和总糖；

第五类指标为蛋白质、花色苷、酒石酸、苹果酸和柠檬酸；

第六类指标为果穗质量和百粒质量。

相关系数矩阵前13个特征根及其贡献率见表3：

**表3 主成分分析结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 理化指标 | 特征根 | 贡献率 | 累计贡献率 | 序号 | 理化指标 | 特征根 | 贡献率 | 累计贡献率 |
| 1 | 氨基酸总量 | 3.3312 | 25.6247 | 25.6247 | 8 | 白藜芦醇 | 0.6053 | 4.6564 | 91.6115 |
| 2 | 蛋白质 | 1.8359 | 14.1221 | 39.7468 | 9 | 总糖 | 0.3388 | 2.6065 | 94.2179 |
| 3 | VC含量 | 1.6961 | 13.0472 | 52.794 | 10 | 果穗质量 | 0.3154 | 2.4262 | 96.6441 |
| 4 | 花色苷 | 1.5739 | 12.1073 | 64.9013 | 11 | 百粒质量 | 0.2277 | 1.7518 | 98.3959 |
| 5 | 酒石酸 | 1.2078 | 9.2908 | 74.192 | 12 |  | 0.1412 | 1.0865 | 99.4824 |
| 6 | 苹果酸 | 1.0032 | 7.7169 | 81.9089 | 13 |  | 0.0673 | 0.5176 | 100 |
| 7 | 柠檬酸 | 0.656 | 5.0462 | 86.9551 |  |  |  |  |  |

可以看出，前6个特征根的累计贡献率达到80%以上，主成分分析效果很好。下面选取前6个主成分进行综合评价。前六个特征根对应的特征向量见表：

**表4 标准化变量的前6个主成分对应的特征向量**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|  | 0.309847091 | 0.168338971 | -0.171022058 | 0.326165493 | 0.288189685 | 0.283622256 |
|  | -0.279341281 | 0.50264506 | 0.1311499 | 0.178936486 | 0.325178623 | -0.02816698 |
|  | 0.312307606 | 0.007947627 | 0.161550723 | -0.459218702 | 0.271707829 | -0.41244872 |
|  | 0.252273866 | 0.264913155 | -0.334506944 | -0.105147949 | 0.364430273 | -0.443692722 |
|  | 0.144964085 | 0.302729634 | 0.559965216 | 0.17299353 | -0.189135806 | -0.190200138 |
|  | 0.026835878 | -0.303740452 | 0.029314817 | -0.198126482 | -0.063822869 | 0.140653209 |
|  | 0.37705623 | -0.065571724 | 0.374514071 | 0.235637069 | 0.069680808 | 0.191924275 |
|  | -0.082220532 | 0.346684894 | -0.487247367 | 0.218104166 | -0.275814116 | 0.020615728 |
|  | 0.64552806 | -0.08841964 | -0.212141422 | 0.250312531 | -0.186562554 | -0.026806587 |
|  | 0.050163544 | 0.069396695 | 0.220256621 | 0.259381825 | -0.182135157 | -0.136972387 |
|  | -0.005537009 | 0.399700987 | 0.078452442 | -0.179475754 | -0.455211165 | -0.147486383 |
|  | -0.10593858 | 0.084376265 | 0.153812201 | 0.095547251 | 0.449509302 | 0.260767816 |
|  | 0.252274096 | 0.401073638 | 0.01168332 | -0.544158672 | -0.080881569 | 0.59104686 |

由此可得6个主成分分别为：



从主成分系数可以看出，第一主成分主要反映了总糖、柠檬酸和VC含量三个指标的信息，第二主成分主要反映了蛋白质和百粒质量，第三主成分主要反映了酒石酸和白藜芦醇，第四主成分主要反映了氨基酸总量和果穗质量，第五主成分主要反映了花色苷和色泽指标中的，第六主成分主要反映了苹果酸和色泽指标中的。把各红葡萄样品的原始28个指标的标准化数据带入6个主成分的表达式，就可以得到各红葡萄样品的6个主成分值。

分别以6个主成分的贡献率为权重，构建主成分综合评价模型，即



把各红葡萄样品的6个主成分值代入上式，可以得到各红葡萄样品的理化指标综合评价值以及排序结果。

再计算各红葡萄的综合评价值，得到最终的排序结果见表5：

**表5 红葡萄排名和综合评价结果**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 名次 | 综合评价值 | 样品编号 | 名次 | 综合评价值 |
| 21 | 1 | 0.951429518 | 24 | 15 | -0.116522346 |
| 9 | 2 | 0.895564593 | 22 | 16 | -0.201490701 |
| 3 | 3 | 0.678043671 | 19 | 17 | -0.204871975 |
| 2 | 4 | 0.461734954 | 17 | 18 | -0.223495107 |
| 11 | 5 | 0.341572173 | 23 | 19 | -0.226383441 |
| 16 | 6 | 0.259511729 | 7 | 20 | -0.234553946 |
| 14 | 7 | 0.191073368 | 10 | 21 | -0.275518328 |
| 15 | 8 | 0.138806233 | 27 | 22 | -0.297268195 |
| 13 | 9 | 0.071149871 | 26 | 23 | -0.305670649 |
| 1 | 10 | 0.065159371 | 12 | 24 | -0.370864569 |
| 8 | 11 | 0.026852444 | 4 | 25 | -0.506846956 |
| 5 | 12 | -0.002494361 | 20 | 26 | -0.521800636 |
| 6 | 13 | -0.03415155 | 25 | 27 | -0.543320359 |
| 18 | 14 | -0.037364894 |  |  |  |

我们以综合评价值对葡萄酒进行分级，将27个红葡萄的综合评分值分为四个区间[1,0.5]、(0.5,0]、(0,-0.5]、(-0.5,-1]，对这四个区间分别分级为优良，良好，一般，较次。

得出的红葡萄样品的分级如下：

**优良的红葡萄样品编号为：21、9、3**

**良好的红葡萄样品编号为：2、11、16、14、15、13、1、8、**

**一般的红葡萄样品编号为：5、6、18、24、22、19、17、23、7、10、27、26、12**

**较次的红葡萄样品编号为：4、20、25**

**同一级别中，排名越靠前红葡萄质量越好。**

对白葡萄样品进行同理分析，可得白葡萄各样品的综合评价值以及排序结果见表6：

**表6 白葡萄排名和综合评价结果**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品编号 | 名次 | 综合评价值 | 样品编号 | 名次 | 综合评价值 |
| 3 | 1 | 0.934741305 | 26 | 15 | -0.000841085 |
| 28 | 2 | 0.705700135 | 19 | 16 | -0.036748217 |
| 27 | 3 | 0.552456943 | 23 | 17 | -0.069268393 |
| 5 | 4 | 0.461743376 | 18 | 18 | -0.071719148 |
| 20 | 5 | 0.334714373 | 21 | 19 | -0.131725983 |
| 24 | 6 | 0.293416309 | 11 | 20 | -0.223357178 |
| 9 | 7 | 0.271279017 | 22 | 21 | -0.241145582 |
| 25 | 8 | 0.200937921 | 12 | 22 | -0.26294279 |
| 2 | 9 | 0.077372427 | 17 | 23 | -0.29882226 |
| 6 | 10 | 0.065762125 | 16 | 24 | -0.314159355 |
| 10 | 11 | 0.049267141 | 14 | 25 | -0.329360762 |
| 15 | 12 | 0.007421811 | 8 | 26 | -0.431364087 |
| 4 | 13 | 0.004536646 | 13 | 27 | -0.510410726 |
| 7 | 14 | 7.14E-05 | 1 | 28 | -0.627407054 |

将28个白葡萄的综合评分值分为四个区间(1,0.5]、(0.5,0]、(0,-0.5]、(-0.5,-1]，对这四个区间分别分级为优良，良好，一般，较次。

得出的白葡萄样品的分级如下：

**优良的白葡萄样品编号为：3、28、27**

**良好的白葡萄样品编号为：5、20、24、9、25、2、6、10、15、4、7**

**一般的白葡萄样品编号为：26、19、23、18、21、11、22、12、17、16、14、 8**

**较次的白葡萄样品编号为：13、1**

**同一级别中，排名越靠前的白葡萄质量越好。**

* 1. **问题3的建模与求解**

以酿酒葡萄的理化指标含量为自变量，以葡萄酒的理化指标含量为因变量，利用一般线性拟合及最小二乘法分析酿酒葡萄与葡萄酒的理化指标之间的函数联系。

**5.3.1模型建立**

1. 数据预处理

由附件2，葡萄酒和酿酒葡萄的各个理化指标略有不同，基于问题2对酿酒葡萄理化指标的处理，本题取葡萄酒和酿酒葡萄共有的7大理化指标进行讨论。

我们仍以一级指标为主，对于三次实验数据，求其平均值作为分析数据。

2.对于构造多项式：



求出下式的极小值：



3.运用最小二乘法进行拟合：

假设线性函数

拟合离散数据：;

在最小二乘意义上有：



且

**5.3.1模型求解**

我们以红葡萄酒及其酿酒葡萄的花色苷指标为例，进行分析。

以酿酒葡萄的花色苷含量作为自变量，以红葡萄酒的花色苷含量作为因变量绘制散点图，并运用中的函数语句进行三次线性拟合，得到的结果如图5所示：



图5 酿酒葡萄与葡萄酒花色苷含量的线性拟合

综合对比三次拟合，我们选择最贴近的二次拟合作为红葡萄与红葡萄酒花色苷指标的关系函数曲线，即：



对式进行误差分析，见表7：

**表7 红葡萄与红酒花色苷含量的拟合曲线误差表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 实际值 | 估计值 | 相对误差 | 编号 | 实际值 | 估计值 | 相对误差 |
| 1 | 973.878 | 996.5797 | 2.33% | 15 | 122.592 | 140.5537 | 14.65% |
| 2 | 517.581 | 541.0224 | 4.53% | 16 | 171.502 | 158.3876 | 7.65% |
| 3 | 398.77 | 383.097 | 3.93% | 17 | 234.42 | 155.5826 | 33.63% |
| 4 | 183.519 | 201.721 | 9.92% | 18 | 71.902 | 112.1815 | 56.02% |
| 5 | 280.19 | 295.9377 | 5.62% | 19 | 198.614 | 284.5786 | 43.28% |
| 6 | 117.026 | 125.6197 | 7.34% | 20 | 74.377 | 74.6595 | 0.38% |
| 7 | 90.825 | 158.6304 | 74.66% | 21 | 313.784 | 223.6933 | 28.71% |
| 8 | 918.688 | 582.095 | 36.64% | 22 | 251.017 | 188.8025 | 24.78% |
| 9 | 387.765 | 580.7551 | 49.77% | 23 | 413.94 | 417.7007 | 0.91% |
| 10 | 138.714 | 121.1439 | 12.67% | 24 | 270.108 | 352.4806 | 30.50% |
| 11 | 11.838 | 39.5244 | 233.88% | 25 | 158.569 | 133.4304 | 15.85% |
| 12 | 84.079 | 94.442 | 12.33% | 26 | 151.481 | 153.4162 | 1.28% |
| 13 | 200.08 | 168.9832 | 15.54% | 27 | 138.455 | 98.5927 | 28.79% |
| 14 | 251.57 | 341.6727 | 35.82% |  |  |  |  |

表中，27个样本数据中相对误差有17个在30%以下，其他基本在40%左右，说明方程拟合良好，可以采用。

同理可得所酿葡萄与葡萄酒的各个理化指标之间的关系。结果见表8所示：

**表8 所酿葡萄与葡萄酒的各个理化指标之间的关系**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 红葡萄酒 | 白葡萄酒 |
| 单宁 |  |  |
| 总酚 |  |  |
| 酒总黄酮 |  |  |
| 白藜芦醇 |  |  |
| DPPH半抑制体积 |  |  |

* 1. **问题4的建模与求解：主成分回归分析与反证法**

采用两种方法进行论证，方法一利用主成分回归分析求出芳香物质的贡献值进行论证，方法二利用反证法进行论证。

**5.4.1解法一模型的建立与求解**

1. 数据预处理

为便于分析芳香物质，我们将其分为了醛类、酯类、醇类和其它四类二级指标，分别求和，考虑到醛类的有害性，其中葡萄酒样品仅含有醛类、酯类和醇类三类指标。

仍是采用第二组品酒员对葡萄酒的评价分数进行分析。

2.模型建立

在问题2主成分分析模型的基础上加入葡萄和葡萄酒的芳香物质指标。进行主成分回归分析，得出各指标贡献率。

3.模型求解

以红葡萄和红葡萄酒的理化指标和芳香物质与葡萄酒评分之间的分析为例，进行分析。

求得的红葡萄和红葡萄酒的理化指标和芳香物质分析结果见表9和表10：

**表9 红葡萄理化指标和芳香物质分析结果**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 红葡萄指标 | 特征根 | 贡献率 | 累计贡献率 |
| 氨基酸总量 | 4.787363964 | 36.82587665 | 36.82587665 |
| 蛋白质 | 2.741311321 | 21.08701016 | 57.91288681 |
| VC含量 | 1.368786549 | 10.5291273 | 68.44201411 |
| 花色苷 | 1.039175031 | 7.993654088 | 76.4356682 |
| 醛类 | 0.916147525 | 7.047288655 | 83.48295685 |
| 酯类 | 0.855257313 | 6.578902407 | 90.06185926 |
| 醇类 | 0.454955706 | 3.499659274 | 93.56151853 |
| 其它 | 0.371560822 | 2.858160168 | 96.4196787 |
| DPPH自由基 | 0.228733249 | 1.759486528 | 98.17916523 |
| 总酚 | 0.112928351 | 0.868679624 | 99.04784485 |
| 单宁 | 0.064508743 | 0.496221101 | 99.54406595 |
| 葡萄总黄酮 | 0.054070327 | 0.415925592 | 99.95999155 |
| 白藜芦醇 | 0.005201099 | 0.040008455 | 100 |

**表10 红葡萄酒理化指标和芳香物质分析结果**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 红葡萄酒指标 | 特征根 | 贡献率 | 累计贡献率 |
| 花色苷 | 4.723820835 | 52.48689816 | 52.48689816 |
| 酯类 | 1.471220962 | 16.34689958 | 68.83379774 |
| 醇类 | 1.08932182 | 12.10357578 | 80.93737353 |
| 其它 | 0.715084636 | 7.945384842 | 88.88275837 |
| 单宁 | 0.537110433 | 5.967893697 | 94.85065206 |
| 总酚 | 0.261303219 | 2.903369101 | 97.75402116 |
| 酒总黄酮 | 0.131493068 | 1.461034091 | 99.21505526 |
| 白藜芦醇 | 0.040012414 | 0.444582382 | 99.65963764 |
| DPPH | 0.030632613 | 0.340362363 | 100 |

可见，芳香物质在对红葡萄和红葡萄酒中对其葡萄酒质量评价的贡献率分别达到19.98%和36.40%，占有相当一部分的比重，不可将其忽略。反之，红葡萄和红葡萄酒的理化指标分别对红葡萄酒质量影响占有80.02%和63.6%的比重。

对白葡萄和白葡萄酒的分析同理，得出芳香物质在白葡萄和白葡萄酒中对其葡萄酒质量评价的贡献率分别达到25.78%和72.88%，比重更高，在评价白葡萄酒时，无法忽略芳香物质的影响。反之，白葡萄和白葡萄酒的理化指标分别对白葡萄酒质量影响占有74.22%和27.12%的比重。

**因此，我们得出如下结论：**

**白葡萄、红葡萄和红葡萄酒的理化指标对其葡萄酒质量的影响约为70%，白葡萄酒的理化指标对葡萄酒质量的影响约为27%，不能用葡萄和葡萄酒的理化指标来评价葡萄酒的质量，评价时还应考虑芳香物质**

**5.4.2解法二模型的建立与求解**

**利用反证法进行论证。**

我们先假设可以只用葡萄和葡萄酒的理化指标来评价葡萄酒的质量，即葡萄和葡萄酒的芳香物质与葡萄酒的质量无显著相关性。

运行软件中的双变量相关分析，对白葡萄酒的芳香物质和白葡萄酒的评价分数进行相关性分析，结果见表：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **表11 相关性** | | | | | |
|  | | 白酒酯类 | 白酒醇类 | 白酒酯类 | 白酒总评分 |
| 白酒酯类 | Pearson 相关性 | 1 | .414\* | .458\* | .323 |
| 显著性（双侧） |  | .029 | .014 | .094 |
| N | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 白酒醇类 | Pearson 相关性 | .414\* | 1 | .387\* | .386\* |
| 显著性（双侧） | .029 |  | .042 | .043 |
| N | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 白酒其他 | Pearson 相关性 | .458\* | .387\* | 1 | .531\*\* |
| 显著性（双侧） | .014 | .042 |  | .004 |
| N | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 白酒总评分 | Pearson 相关性 | .323 | .386\* | .531\*\* | 1 |
| 显著性（双侧） | .094 | .043 | .004 |  |
| N | 28 | 28 | 28 | 28 |
| \*. 在 0.05 水平（双侧）上显著相关。 | | | | | |
| \*\*. 在 .01 水平（双侧）上显著相关。 | | | | | |

由表可知，白葡萄酒的评分与芳香物质中的醇类，其他两大指标显著相关。

因此原假设不成立，验证了结论：不能用葡萄和葡萄酒的理化指标来评价葡萄酒的质量。

1. **模型的评价与推广**

**6．1模型的评价**

1.模型的优点

1、分析两组评酒员的评价结果时，将考虑因素细化到指标；

2、方差分析时充分考虑数据的应用条件，对结果进行验证并推广；

3、问题4中利用两种方法进行论证，结果可信度较高。

2.模型的缺点：

1、主成分分析对于指标次序依赖性较大，所得结果的客观性不足。

**6．2模型的推广**

该模型可广泛应用于对多个行业，如食品加工业、制造业、生产业等，通过多项指标对一个产品进行评价分级，并可分析指标之间的相互关系以及对因变量的影响。

**七、参考文献**

[1]司守奎，孙兆亮.，数学建模算法与应用，北京：国防工业出版社，2015年

[2]余胜威，MATLAB数学建模经典案例实战，北京：清华大学出版社，2015年

[3]曹旭东，数学建模原理与方法，北京：高等教育出版社，2014年

**附 录**

**（一）程序**

**问题一matlab程序：**

x=[4 4 3 4 3 5 3 2 4 3

6 8 8 8 6 10 8 6 8 6

5 5 5 5 5 4 4 4 5 4

6 7 7 7 7 7 6 6 7 4

12 12 14 12 12 10 12 12 14 12

4 5 4 5 4 5 4 4 5 5

6 7 7 7 6 6 6 7 7 7

6 6 6 6 6 7 6 7 7 6

16 16 16 16 16 16 16 16 16 19

9 10 10 10 9 9 10 9 10 10

];

exp=sum(x,2)./10;

s=zeros(1,10);

per=[0.05,-0.9,0.06,0.08,0.16,0.06,0.08,0.08,0.22,0.11];

for i=1:1:10

for j=1:1:10

s(i)=s(i)+(x(i,j)-exp(i))^2;

end

end

ss=s./9;

t=sum(ss.\*per);

fprintf('%.4d\n',t);

**问题二matlab程序：**

**①芳香物质的规范化**

load rps.mat

[m,n]=size(rps);

rps1=rps(:,1)

rps2=rps(:,2);

max1=max(rps1);max2=max(rps2);min1=min(rps1),min2=min(rps2);

f1=(rps1-min1)./(max1-min1);

f2=(rps2-min2)./(max2-min2);

df=0.618\*f1+0.382\*f2

load wps.mat

[m,n]=size(wps);

wps1=wps(:,1)

wps2=wps(:,2);

max1=max(wps1);max2=max(wps2);min1=min(wps1),min2=min(wps2);

f1=(wps1-min1)./(max1-min1);

f2=(wps2-min2)./(max2-min2);

df=0.618\*f1+0.382\*f2

load rpws.mat

[m,n]=size(rpws);

rpws1=rpws(:,1)

rpws2=rpws(:,2);

max1=max(rpws1);max2=max(rpws2);min1=min(rpws1),min2=min(rpws2);

f1=(rpws1-min1)./(max1-min1);

f2=(rpws2-min2)./(max2-min2);

df=0.618\*f1+0.382\*f2

load wpws.mat

[m,n]=size(wpws);

wpws1=wpws(:,1)

wpws2=wpws(:,2);

max1=max(wpws1);max2=max(wpws2);min1=min(wpws1),min2=min(wpws2);

f1=(wpws1-min1)./(max1-min1);

f2=(wpws2-min2)./(max2-min2);

df=0.618\*f1+0.382\*f2

**②红葡萄酒的聚类分析**

load rp.mat

a=redpp

b=zscore(a);

r=corrcoef(b)

d=pdist(b','correlation');

z=linkage(d,'average');

h=dendrogram(z);

xlabel('序号'),ylabel('距离'),title('红葡萄的聚类分析图')

set(h,'Color','k','LineWidth',1.3)

T=cluster(z,'maxclust',6)

for i=1:6

tm=find(T==i);

tm=reshape(tm,1,length(tm));

fprintf('第%d类的有%s\n',i,int2str(tm));

end

**③红葡萄酒的主成分分析**

format long g

q=redpp(:,[14 26 28])

rdp=zscore(q);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

pp=redpp(:,[1 16 17 20])

rdp=zscore(pp);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

p=redpp(:,[2 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 15 18 19 23 24])

rdp=zscore(p);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

qq=redpp(:,[21 22 25])

rdp=zscore(qq);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

load rp.mat

RED=redpp(:,[1 2 3 4 5 6 7 14 16 21 22 26 27])

rdp=zscore(RED);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

num=input('请选择主成分个数')

6

df=rdp\*vec2(:,1:num);

tf=df\*rate(1:num)/100;

load sr.mat

load rwdf.mat

srr=sr\*0.7+30\*rwdf

px=tf.\*(srr/100)

[stf,ind]=sort(px,'descend');

stf=stf',ind=ind'

**②白葡萄酒的聚类分析**

load wp.mat

>> a=whitepp

b=zscore(a);

r=corrcoef(b)

d=pdist(b','correlation');

z=linkage(d,'average');

h=dendrogram(z);

xlabel('序号'),ylabel('距离'),title('白葡萄的聚类分析图')

set(h,'Color','k','LineWidth',1.3)

T=cluster(z,'maxclust',6)

for i=1:6

tm=find(T==i);

tm=reshape(tm,1,length(tm));

fprintf('第%d类的有%s\n',i,int2str(tm));

end

**②白葡萄酒的主成分分析**

q=whitepp(:,[1 6 16 17 20 26 28])

rdp=zscore(q);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

qq=whitepp(:,[2 9 10 11 12 13 15 27])

rdp=zscore(qq);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

p=whitepp(:,[7 18 19])

rdp=zscore(p);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

pp=whitepp(:,[3 4 5 8 23])

rdp=zscore(pp);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

wpp=whitepp(:,[21 22 24 25])

rdp=zscore(wpp);

r=corrcoef(rdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

load wp.mat

WH=whitepp(:,[1 2 3 4 5 6 7 9 10 11 14 16 18 21 22 24])

wdp=zscore(WH);

r=corrcoef(wdp)

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

contr=cumsum(rate)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

num=input('请选择主成分个数')

6

df=wdp\*vec2(:,1:num);

tf=df\*rate(1:num)/100;

load sw.mat

load wwdf.mat

sww=sw\*0.7+30\*wwdf

tf2=tf.\*(sww/100)

[stf,ind]=sort(tf2,'descend');

stf=stf',ind=ind'

**问题三matlab程序：**

x=[408.028,224.367,157.939,79.685,120.606,46.186,60.767,241.397,240.843,44.203,7.787,32.343,65.324,140.257,52.792,60.66,59.424,40.228,115.704,23.523,89.282,74.027,172.626,144.881,49.643,58.469,34.19]';

y=[973.878,517.581,398.770 ,183.519,280.190,117.026,90.825,918.688,387.765,138.714,11.838,84.079,200.080,251.570,122.592,171.502,234.420,71.902,198.614,74.377,313.784,251.017,413.940,270.108,158.569,151.481,138.455]';

a1=polyfit(x,y,1);

a2=polyfit(x,y,2);

a3=polyfit(x,y,3);

a4=polyfit(x,y,4);

x1=[0:20:500];

y1=a1(2)+a1(1)\*x1;

y2=a2(3)+a2(2)\*x1+a2(1).\*x1.\*x1;

y3=a3(4)+a3(3)\*x1+a3(2).\*x1.\*x1+a3(1).\*x1.\*x1.\*x1;

%y4=a4(5)+a4(4)\*x1+a4(3).\*x1.\*x1+a4(2).\*x1.\*x1.\*x1+a4(1).\*x1.\*x1.\*x1.\*x1;

plot(x,y,'\*');

hold on

plot(x1,y1,'b--',x1,y2,'k',x1,y3,'-s');

legend('原始数据','一次拟合','二次拟合','三次拟合');

xlabel('酿酒葡萄的花色苷含量');

ylabel('红葡萄酒的花色苷含量');

p1=polyval(a1,x);%拟合值

p2=polyval(a2,x);

p3=polyval(a3,x);

v1=y-p1;%误差

v2=y-p2;

v3=y-p3;

s1=norm(v1,'fro');%f范数

s2=norm(v2,'fro');

s3=norm(v3,'fro');

fprintf('y=%.4fx^3+%.4fx^2+%.4fx+%.4f\n',a3(1),a3(2),a3(3),a3(4));

fprintf('y=%.4fx^2+%.4fx+%.4f\n',a2(1),a2(2),a2(3));

fprintf('y=%.4fx+%.4f\n',a1(1),a1(2));

//

**问题四matlab程序：**

**①红葡萄的主成分回归**

load ra.mat

[m,n]=size(ra);

x0=ra(:,[1:n-1]);

y0=ra(:,n);

hg1=[ones(m,1),x0]\y0;

hg1=hg1'

fprintf('y=%f',hg1(1))

for i=2:n

if hg1(i)>0

fprintf('+%f\*x %d',hg1(i),i-1);

else

fprintf('% f \* x% d',hg1(i),i-1);

end

end

fprintf('\n')

r=corrcoef(x0)

xd=zscore(x0);

yd=zscore(y0);

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

contr=cumsum(rate)

df=xd\*vec2;

**②白葡萄的主成分回归**

load wa.mat

[m,n]=size(wa);

x0=wa(:,[1:n-1]);

y0=wa(:,n);

hg1=[ones(m,1),x0]\y0;

hg1=hg1'

fprintf('y=%f',hg1(1))

for i=2:n

if hg1(i)>0

fprintf('+%f\*x %d',hg1(i),i-1);

else

fprintf('% f \* x% d',hg1(i),i-1);

end

end

fprintf('\n')

r=corrcoef(x0)

xd=zscore(x0);

yd=zscore(y0);

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

contr=cumsum(rate)

df=xd\*vec2

**③红葡萄酒的主成分回归**

load rwa.mat

[m,n]=size(rwa);

x0=rwa(:,[1:n-1]);

y0=rwa(:,n);

hg1=[ones(m,1),x0]\y0;

hg1=hg1'

fprintf('y=%f',hg1(1))

for i=2:n

if hg1(i)>0

fprintf('+%f\*x %d',hg1(i),i-1);

else

fprintf('% f \* x% d',hg1(i),i-1);

end

end

fprintf('\n')

r=corrcoef(x0)

xd=zscore(x0);

yd=zscore(y0);

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

contr=cumsum(rate)

df=xd\*vec2

**④白葡萄酒的主成分回归**

load wwa.mat

[m,n]=size(wwa);

x0=wwa(:,[1:n-1]);

y0=wwa(:,n);

hg1=[ones(m,1),x0]\y0;

hg1=hg1'

fprintf('y=%f',hg1(1))

for i=2:n

if hg1(i)>0

fprintf('+%f\*x %d',hg1(i),i-1);

else

fprintf('% f \* x% d',hg1(i),i-1);

end

end

fprintf('\n')

r=corrcoef(x0)

xd=zscore(x0);

yd=zscore(y0);

[vec1,lamda,rate]=pcacov(r)

f=repmat(sign(sum(vec1)),size(vec1,1),1);

vec2=vec1.\*f

contr=cumsum(rate)

df=xd\*vec2

1. **相关系数矩阵**

**红葡萄酒**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1.000 | 0.024 | -0.120 | 0.081 | 0.364 | -0.072 | 0.083 | -0.118 | -0.153 | 0.109 | 0.259 |
|  | 0.024 | 1.000 | -0.014 | 0.426 | 0.470 | -0.170 | 0.173 | 0.110 | 0.198 | 0.754 | 0.559 |
|  | -0.120 | -0.014 | 1.000 | -0.110 | -0.232 | -0.135 | -0.232 | -0.267 | 0.070 | 0.004 | -0.137 |
|  | 0.081 | 0.426 | -0.110 | 1.000 | 0.092 | 0.633 | 0.275 | 0.400 | 0.696 | 0.651 | 0.728 |
|  | 0.364 | 0.470 | -0.232 | 0.092 | 1.000 | -0.111 | 0.515 | -0.128 | -0.063 | 0.277 | 0.260 |
|  | -0.072 | -0.170 | -0.135 | 0.633 | -0.111 | 1.000 | 0.423 | 0.329 | 0.644 | 0.049 | 0.193 |
|  | 0.083 | 0.173 | -0.232 | 0.275 | 0.515 | 0.423 | 1.000 | 0.199 | 0.389 | -0.009 | -0.016 |
|  | -0.118 | 0.110 | -0.267 | 0.400 | -0.128 | 0.329 | 0.199 | 1.000 | 0.556 | 0.092 | 0.088 |
|  | -0.153 | 0.198 | 0.070 | 0.696 | -0.063 | 0.644 | 0.389 | 0.556 | 1.000 | 0.285 | 0.361 |
|  | 0.109 | 0.754 | 0.004 | 0.651 | 0.277 | 0.049 | -0.009 | 0.092 | 0.285 | 1.000 | 0.855 |
|  | 0.259 | 0.559 | -0.137 | 0.728 | 0.260 | 0.193 | -0.016 | 0.088 | 0.361 | 0.855 | 1.000 |
|  | 0.199 | 0.395 | 0.099 | 0.688 | 0.134 | 0.235 | 0.198 | 0.208 | 0.473 | 0.641 | 0.755 |
|  | 0.131 | 0.541 | -0.130 | 0.566 | 0.247 | 0.052 | -0.056 | -0.046 | 0.236 | 0.835 | 0.895 |
|  | 0.051 | 0.153 | 0.270 | -0.060 | 0.166 | 0.110 | 0.200 | -0.208 | 0.025 | 0.210 | -0.019 |
|  | 0.465 | 0.389 | -0.014 | 0.352 | 0.143 | 0.056 | 0.223 | 0.289 | 0.421 | 0.425 | 0.346 |
|  | 0.580 | -0.190 | -0.320 | 0.056 | 0.116 | 0.172 | 0.004 | 0.140 | -0.066 | -0.099 | 0.163 |
|  | 0.436 | -0.306 | -0.383 | -0.013 | 0.119 | 0.167 | 0.045 | 0.064 | -0.069 | -0.286 | -0.049 |
|  | 0.236 | 0.494 | 0.132 | 0.129 | 0.277 | -0.360 | -0.209 | -0.291 | -0.241 | 0.403 | 0.374 |
|  | 0.060 | 0.373 | -0.153 | 0.331 | 0.340 | 0.286 | 0.278 | 0.129 | 0.364 | 0.166 | 0.273 |
|  | 0.601 | -0.179 | -0.392 | 0.221 | 0.242 | 0.299 | 0.239 | 0.244 | 0.085 | -0.091 | 0.197 |
|  | -0.383 | 0.073 | 0.030 | -0.115 | -0.014 | -0.261 | -0.056 | 0.023 | -0.268 | 0.017 | -0.235 |
|  | -0.364 | -0.198 | 0.069 | -0.303 | -0.391 | -0.309 | -0.383 | -0.169 | -0.393 | -0.135 | -0.260 |
|  | 0.265 | 0.378 | 0.139 | 0.477 | 0.152 | 0.230 | 0.139 | 0.280 | 0.498 | 0.498 | 0.391 |
|  | 0.007 | 0.402 | 0.144 | 0.524 | 0.086 | 0.113 | -0.041 | 0.042 | 0.215 | 0.461 | 0.525 |
|  | -0.317 | -0.092 | 0.016 | -0.143 | -0.257 | -0.244 | -0.093 | 0.164 | -0.035 | -0.047 | -0.107 |
|  | -0.338 | -0.219 | 0.131 | -0.517 | -0.197 | -0.342 | -0.132 | -0.093 | -0.201 | -0.264 | -0.464 |
|  | 0.104 | 0.097 | 0.010 | 0.029 | 0.030 | -0.016 | 0.114 | 0.244 | 0.005 | 0.055 | -0.044 |
|  | -0.051 | -0.141 | 0.035 | -0.361 | 0.080 | 0.080 | 0.097 | -0.252 | -0.223 | -0.218 | -0.364 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0.199 | 0.131 | 0.051 | 0.465 | 0.580 | 0.436 | 0.236 | 0.060 | 0.601 | -0.383 | -0.364 |
|  | 0.395 | 0.541 | 0.153 | 0.389 | -0.190 | -0.306 | 0.494 | 0.373 | -0.179 | 0.073 | -0.198 |
|  | 0.099 | -0.130 | 0.270 | -0.014 | -0.320 | -0.383 | 0.132 | -0.153 | -0.392 | 0.030 | 0.069 |
|  | 0.688 | 0.566 | -0.060 | 0.352 | 0.056 | -0.013 | 0.129 | 0.331 | 0.221 | -0.115 | -0.303 |
|  | 0.134 | 0.247 | 0.166 | 0.143 | 0.116 | 0.119 | 0.277 | 0.340 | 0.242 | -0.014 | -0.391 |
|  | 0.235 | 0.052 | 0.110 | 0.056 | 0.172 | 0.167 | -0.360 | 0.286 | 0.299 | -0.261 | -0.309 |
|  | 0.198 | -0.056 | 0.200 | 0.223 | 0.004 | 0.045 | -0.209 | 0.278 | 0.239 | -0.056 | -0.383 |
|  | 0.208 | -0.046 | -0.208 | 0.289 | 0.140 | 0.064 | -0.291 | 0.129 | 0.244 | 0.023 | -0.169 |
|  | 0.473 | 0.236 | 0.025 | 0.421 | -0.066 | -0.069 | -0.241 | 0.364 | 0.085 | -0.268 | -0.393 |
|  | 0.641 | 0.835 | 0.210 | 0.425 | -0.099 | -0.286 | 0.403 | 0.166 | -0.091 | 0.017 | -0.135 |
|  | 0.755 | 0.895 | -0.019 | 0.346 | 0.163 | -0.049 | 0.374 | 0.273 | 0.197 | -0.235 | -0.260 |
|  | 1.000 | 0.688 | -0.050 | 0.385 | 0.019 | -0.194 | 0.064 | 0.043 | 0.223 | -0.203 | -0.231 |
|  | 0.688 | 1.000 | 0.021 | 0.262 | 0.105 | -0.148 | 0.260 | 0.191 | 0.068 | -0.077 | -0.071 |
|  | -0.050 | 0.021 | 1.000 | 0.183 | -0.077 | -0.132 | 0.179 | 0.156 | -0.141 | -0.192 | -0.346 |
|  | 0.385 | 0.262 | 0.183 | 1.000 | 0.136 | 0.151 | 0.062 | 0.130 | 0.216 | -0.201 | -0.293 |
|  | 0.019 | 0.105 | -0.077 | 0.136 | 1.000 | 0.636 | 0.068 | 0.118 | 0.850 | -0.317 | -0.306 |
|  | -0.194 | -0.148 | -0.132 | 0.151 | 0.636 | 1.000 | -0.043 | -0.012 | 0.778 | -0.256 | -0.178 |
|  | 0.064 | 0.260 | 0.179 | 0.062 | 0.068 | -0.043 | 1.000 | 0.372 | -0.056 | 0.113 | -0.066 |
|  | 0.043 | 0.191 | 0.156 | 0.130 | 0.118 | -0.012 | 0.372 | 1.000 | 0.022 | 0.042 | -0.263 |
|  | 0.223 | 0.068 | -0.141 | 0.216 | 0.850 | 0.778 | -0.056 | 0.022 | 1.000 | -0.402 | -0.369 |
|  | -0.203 | -0.077 | -0.192 | -0.201 | -0.317 | -0.256 | 0.113 | 0.042 | -0.402 | 1.000 | 0.676 |
|  | -0.231 | -0.071 | -0.346 | -0.293 | -0.306 | -0.178 | -0.066 | -0.263 | -0.369 | 0.676 | 1.000 |
|  | 0.349 | 0.268 | 0.215 | 0.633 | -0.129 | -0.110 | 0.058 | 0.100 | -0.055 | -0.333 | -0.377 |
|  | 0.551 | 0.569 | -0.079 | 0.050 | 0.131 | 0.034 | 0.285 | 0.077 | 0.140 | 0.073 | -0.115 |
|  | 0.082 | 0.016 | -0.379 | 0.137 | -0.128 | -0.094 | -0.190 | -0.222 | -0.121 | 0.607 | 0.692 |
|  | -0.477 | -0.361 | 0.309 | -0.170 | -0.305 | -0.351 | 0.036 | -0.002 | -0.512 | 0.313 | 0.258 |
|  | 0.210 | 0.027 | 0.013 | 0.014 | 0.018 | 0.034 | -0.109 | -0.177 | 0.144 | 0.053 | 0.004 |
|  | -0.374 | -0.318 | 0.767 | -0.133 | 0.021 | 0.057 | -0.017 | 0.088 | -0.048 | -0.128 | -0.163 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0.265 | 0.007 | -0.317 | -0.338 | 0.104 | -0.051 |
|  | 0.378 | 0.402 | -0.092 | -0.219 | 0.097 | -0.141 |
|  | 0.139 | 0.144 | 0.016 | 0.131 | 0.010 | 0.035 |
|  | 0.477 | 0.524 | -0.143 | -0.517 | 0.029 | -0.361 |
|  | 0.152 | 0.086 | -0.257 | -0.197 | 0.030 | 0.080 |
|  | 0.230 | 0.113 | -0.244 | -0.342 | -0.016 | 0.080 |
|  | 0.139 | -0.041 | -0.093 | -0.132 | 0.114 | 0.097 |
|  | 0.280 | 0.042 | 0.164 | -0.093 | 0.244 | -0.252 |
|  | 0.498 | 0.215 | -0.035 | -0.201 | 0.005 | -0.223 |
|  | 0.498 | 0.461 | -0.047 | -0.264 | 0.055 | -0.218 |
|  | 0.391 | 0.525 | -0.107 | -0.464 | -0.044 | -0.364 |
|  | 0.349 | 0.551 | 0.082 | -0.477 | 0.210 | -0.374 |
|  | 0.268 | 0.569 | 0.016 | -0.361 | 0.027 | -0.318 |
|  | 0.215 | -0.079 | -0.379 | 0.309 | 0.013 | 0.767 |
|  | 0.633 | 0.050 | 0.137 | -0.170 | 0.014 | -0.133 |
|  | -0.129 | 0.131 | -0.128 | -0.305 | 0.018 | 0.021 |
|  | -0.110 | 0.034 | -0.094 | -0.351 | 0.034 | 0.057 |
|  | 0.058 | 0.285 | -0.190 | 0.036 | -0.109 | -0.017 |
|  | 0.100 | 0.077 | -0.222 | -0.002 | -0.177 | 0.088 |
|  | -0.055 | 0.140 | -0.121 | -0.512 | 0.144 | -0.048 |
|  | -0.333 | 0.073 | 0.607 | 0.313 | 0.053 | -0.128 |
|  | -0.377 | -0.115 | 0.692 | 0.258 | 0.004 | -0.163 |
|  | 1.000 | 0.138 | -0.274 | -0.060 | -0.038 | -0.155 |
|  | 0.138 | 1.000 | -0.016 | -0.444 | 0.306 | -0.313 |
|  | -0.274 | -0.016 | 1.000 | 0.184 | -0.061 | -0.345 |
|  | -0.060 | -0.444 | 0.184 | 1.000 | -0.225 | 0.392 |
|  | -0.038 | 0.306 | -0.061 | -0.225 | 1.000 | 0.090 |
|  | -0.155 | -0.313 | -0.345 | 0.392 | 0.090 | 1.000 |

**白葡萄酒**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1.000 | 0.121 | -0.301 | -0.060 | 0.394 | 0.507 | 0.072 | -0.326 | -0.123 | 0.214 | 0.116 |
|  | 0.121 | 1.000 | -0.225 | -0.450 | -0.344 | 0.212 | -0.054 | -0.283 | 0.460 | 0.099 | 0.522 |
|  | -0.301 | -0.225 | 1.000 | 0.081 | 0.038 | -0.191 | -0.337 | 0.123 | 0.146 | 0.072 | -0.059 |
|  | -0.060 | -0.450 | 0.081 | 1.000 | 0.208 | 0.020 | 0.006 | 0.355 | -0.330 | -0.299 | -0.239 |
|  | 0.394 | -0.344 | 0.038 | 0.208 | 1.000 | 0.180 | 0.334 | -0.022 | 0.016 | -0.150 | -0.242 |
|  | 0.507 | 0.212 | -0.191 | 0.020 | 0.180 | 1.000 | 0.197 | -0.236 | -0.075 | -0.020 | 0.362 |
|  | 0.072 | -0.054 | -0.337 | 0.006 | 0.334 | 0.197 | 1.000 | 0.140 | 0.012 | -0.031 | 0.096 |
|  | -0.326 | -0.283 | 0.123 | 0.355 | -0.022 | -0.236 | 0.140 | 1.000 | -0.059 | -0.428 | -0.351 |
|  | -0.123 | 0.460 | 0.146 | -0.330 | 0.016 | -0.075 | 0.012 | -0.059 | 1.000 | 0.053 | 0.087 |
|  | 0.214 | 0.099 | 0.072 | -0.299 | -0.150 | -0.020 | -0.031 | -0.428 | 0.053 | 1.000 | 0.324 |
|  | 0.116 | 0.522 | -0.059 | -0.239 | -0.242 | 0.362 | 0.096 | -0.351 | 0.087 | 0.324 | 1.000 |
|  | 0.272 | 0.372 | -0.133 | -0.228 | 0.001 | 0.054 | -0.045 | -0.188 | -0.094 | 0.395 | 0.514 |
|  | 0.148 | 0.504 | -0.145 | -0.103 | -0.260 | 0.328 | 0.060 | -0.283 | -0.012 | 0.326 | 0.943 |
|  | 0.274 | 0.061 | -0.273 | 0.002 | -0.069 | 0.137 | -0.087 | -0.368 | -0.111 | -0.091 | 0.056 |
|  | 0.128 | 0.370 | -0.089 | -0.199 | 0.090 | 0.128 | 0.378 | -0.164 | 0.439 | 0.175 | 0.623 |
|  | 0.352 | 0.104 | -0.199 | -0.341 | 0.294 | -0.099 | 0.107 | -0.242 | 0.037 | 0.186 | -0.177 |
|  | 0.410 | 0.032 | -0.414 | -0.233 | 0.027 | 0.082 | 0.108 | -0.313 | 0.172 | 0.271 | -0.136 |
|  | 0.186 | -0.176 | -0.204 | -0.167 | 0.414 | -0.303 | 0.050 | -0.172 | -0.101 | -0.027 | -0.063 |
|  | 0.104 | -0.145 | -0.309 | 0.270 | 0.360 | -0.190 | 0.195 | 0.135 | 0.023 | -0.234 | -0.155 |
|  | 0.521 | 0.073 | -0.402 | -0.147 | 0.277 | 0.161 | 0.184 | -0.236 | 0.039 | 0.215 | -0.076 |
|  | -0.089 | 0.190 | -0.206 | 0.068 | -0.363 | 0.094 | -0.122 | -0.022 | -0.157 | -0.061 | 0.331 |
|  | -0.133 | 0.083 | 0.303 | -0.111 | -0.254 | -0.055 | -0.193 | 0.281 | -0.053 | 0.052 | 0.002 |
|  | -0.213 | -0.519 | 0.359 | 0.244 | 0.411 | -0.150 | -0.100 | 0.098 | 0.001 | -0.229 | -0.426 |
|  | -0.249 | -0.101 | 0.135 | -0.057 | -0.198 | 0.301 | -0.195 | 0.183 | -0.062 | -0.255 | 0.058 |
|  | 0.126 | 0.123 | -0.149 | -0.029 | -0.125 | 0.167 | 0.104 | -0.147 | -0.143 | 0.076 | 0.351 |
|  | 0.276 | 0.222 | 0.136 | -0.329 | 0.049 | 0.139 | 0.001 | -0.328 | 0.200 | 0.418 | 0.185 |
|  | 0.063 | 0.210 | 0.091 | -0.098 | -0.119 | 0.236 | 0.179 | -0.262 | 0.005 | 0.423 | 0.735 |
|  | 0.252 | 0.027 | 0.125 | -0.216 | 0.197 | 0.137 | 0.102 | -0.135 | 0.361 | 0.182 | -0.290 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0.272 | 0.148 | 0.274 | 0.128 | 0.352 | 0.410 | 0.186 | 0.104 | 0.521 | -0.089 | -0.133 |
|  | 0.372 | 0.504 | 0.061 | 0.370 | 0.104 | 0.032 | -0.176 | -0.145 | 0.073 | 0.190 | 0.083 |
|  | -0.133 | -0.145 | -0.273 | -0.089 | -0.199 | -0.414 | -0.204 | -0.309 | -0.402 | -0.206 | 0.303 |
|  | -0.228 | -0.103 | 0.002 | -0.199 | -0.341 | -0.233 | -0.167 | 0.270 | -0.147 | 0.068 | -0.111 |
|  | 0.001 | -0.260 | -0.069 | 0.090 | 0.294 | 0.027 | 0.414 | 0.360 | 0.277 | -0.363 | -0.254 |
|  | 0.054 | 0.328 | 0.137 | 0.128 | -0.099 | 0.082 | -0.303 | -0.190 | 0.161 | 0.094 | -0.055 |
|  | -0.045 | 0.060 | -0.087 | 0.378 | 0.107 | 0.108 | 0.050 | 0.195 | 0.184 | -0.122 | -0.193 |
|  | -0.188 | -0.283 | -0.368 | -0.164 | -0.242 | -0.313 | -0.172 | 0.135 | -0.236 | -0.022 | 0.281 |
|  | -0.094 | -0.012 | -0.111 | 0.439 | 0.037 | 0.172 | -0.101 | 0.023 | 0.039 | -0.157 | -0.053 |
|  | 0.395 | 0.326 | -0.091 | 0.175 | 0.186 | 0.271 | -0.027 | -0.234 | 0.215 | -0.061 | 0.052 |
|  | 0.514 | 0.943 | 0.056 | 0.623 | -0.177 | -0.136 | -0.063 | -0.155 | -0.076 | 0.331 | 0.002 |
|  | 1.000 | 0.548 | -0.056 | 0.279 | 0.304 | 0.226 | 0.092 | -0.107 | 0.361 | -0.156 | -0.079 |
|  | 0.548 | 1.000 | 0.065 | 0.518 | -0.244 | -0.151 | -0.138 | -0.153 | -0.093 | 0.452 | 0.059 |
|  | -0.056 | 0.065 | 1.000 | 0.155 | 0.010 | 0.081 | 0.074 | -0.031 | 0.077 | 0.235 | -0.136 |
|  | 0.279 | 0.518 | 0.155 | 1.000 | -0.027 | 0.122 | 0.075 | 0.180 | 0.215 | 0.048 | -0.089 |
|  | 0.304 | -0.244 | 0.010 | -0.027 | 1.000 | 0.554 | 0.215 | 0.114 | 0.618 | -0.540 | -0.255 |
|  | 0.226 | -0.151 | 0.081 | 0.122 | 0.554 | 1.000 | -0.006 | 0.019 | 0.803 | -0.408 | -0.350 |
|  | 0.092 | -0.138 | 0.074 | 0.075 | 0.215 | -0.006 | 1.000 | 0.516 | 0.219 | -0.158 | -0.333 |
|  | -0.107 | -0.153 | -0.031 | 0.180 | 0.114 | 0.019 | 0.516 | 1.000 | 0.206 | -0.240 | -0.320 |
|  | 0.361 | -0.093 | 0.077 | 0.215 | 0.618 | 0.803 | 0.219 | 0.206 | 1.000 | -0.452 | -0.452 |
|  | -0.156 | 0.452 | 0.235 | 0.048 | -0.540 | -0.408 | -0.158 | -0.240 | -0.452 | 1.000 | 0.414 |
|  | -0.079 | 0.059 | -0.136 | -0.089 | -0.255 | -0.350 | -0.333 | -0.320 | -0.452 | 0.414 | 1.000 |
|  | -0.245 | -0.420 | 0.045 | -0.124 | -0.084 | -0.134 | -0.132 | -0.117 | -0.127 | -0.146 | -0.050 |
|  | -0.377 | 0.013 | -0.186 | -0.246 | -0.435 | -0.413 | -0.211 | -0.344 | -0.500 | 0.399 | 0.113 |
|  | -0.031 | 0.422 | -0.094 | 0.023 | -0.119 | -0.112 | -0.110 | -0.111 | -0.359 | 0.440 | 0.394 |
|  | 0.220 | 0.118 | -0.046 | 0.106 | 0.226 | 0.129 | -0.066 | -0.305 | 0.265 | -0.200 | -0.212 |
|  | 0.279 | 0.695 | 0.085 | 0.540 | -0.115 | -0.138 | -0.103 | 0.055 | -0.118 | 0.107 | 0.053 |
|  | -0.035 | -0.342 | 0.070 | -0.105 | 0.384 | 0.391 | -0.170 | -0.182 | 0.415 | -0.532 | -0.343 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | -0.213 | -0.249 | 0.126 | 0.276 | 0.063 | 0.252 |
|  | -0.519 | -0.101 | 0.123 | 0.222 | 0.210 | 0.027 |
|  | 0.359 | 0.135 | -0.149 | 0.136 | 0.091 | 0.125 |
|  | 0.244 | -0.057 | -0.029 | -0.329 | -0.098 | -0.216 |
|  | 0.411 | -0.198 | -0.125 | 0.049 | -0.119 | 0.197 |
|  | -0.150 | 0.301 | 0.167 | 0.139 | 0.236 | 0.137 |
|  | -0.100 | -0.195 | 0.104 | 0.001 | 0.179 | 0.102 |
|  | 0.098 | 0.183 | -0.147 | -0.328 | -0.262 | -0.135 |
|  | 0.001 | -0.062 | -0.143 | 0.200 | 0.005 | 0.361 |
|  | -0.229 | -0.255 | 0.076 | 0.418 | 0.423 | 0.182 |
|  | -0.426 | 0.058 | 0.351 | 0.185 | 0.735 | -0.290 |
|  | -0.245 | -0.377 | -0.031 | 0.220 | 0.279 | -0.035 |
|  | -0.420 | 0.013 | 0.422 | 0.118 | 0.695 | -0.342 |
|  | 0.045 | -0.186 | -0.094 | -0.046 | 0.085 | 0.070 |
|  | -0.124 | -0.246 | 0.023 | 0.106 | 0.540 | -0.105 |
|  | -0.084 | -0.435 | -0.119 | 0.226 | -0.115 | 0.384 |
|  | -0.134 | -0.413 | -0.112 | 0.129 | -0.138 | 0.391 |
|  | -0.132 | -0.211 | -0.110 | -0.066 | -0.103 | -0.170 |
|  | -0.117 | -0.344 | -0.111 | -0.305 | 0.055 | -0.182 |
|  | -0.127 | -0.500 | -0.359 | 0.265 | -0.118 | 0.415 |
|  | -0.146 | 0.399 | 0.440 | -0.200 | 0.107 | -0.532 |
|  | -0.050 | 0.113 | 0.394 | -0.212 | 0.053 | -0.343 |
|  | 1.000 | 0.163 | -0.295 | 0.089 | -0.316 | 0.229 |
|  | 0.163 | 1.000 | 0.123 | -0.104 | -0.193 | -0.229 |
|  | -0.295 | 0.123 | 1.000 | -0.349 | 0.418 | -0.487 |
|  | 0.089 | -0.104 | -0.349 | 1.000 | -0.009 | 0.694 |
|  | -0.316 | -0.193 | 0.418 | -0.009 | 1.000 | -0.206 |
|  | 0.229 | -0.229 | -0.487 | 0.694 | -0.206 | 1.000 |