

基于随机森林的葡萄酒品类智能分类及 电商场景化落地研究

马青宙

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2026年4月5日; 录用日期: 2026年4月20日; 发布日期: 2026年5月22日

摘要

随着葡萄酒线上消费市场扩张, 传统人工品类鉴别已无法适配电商大批量品控需求, 现有葡萄酒智能分类研究多聚焦实验室算法优化, 与电商实际场景脱节, 技术成果难以落地。本文以解决葡萄酒电商痛点为核心, 以快速核验、低成本检测、轻量化部署为约束, 开展智能分类模型构建与场景化落地研究。研究采用UCI葡萄酒标准数据集, 通过双维度筛选确定类黄酮、酒精含量、色调为核心分类指标, 精简检测维度; 基于随机森林与决策树构建轻量型融合模型, 经网格搜索结合5折交叉验证优化超参数, 平衡模型精度与效率。实验表明, 该模型分类准确率达90.74%, 可在普通设备部署, 有效降低中小商家成本与门槛, 易形成可复用的研究框架。本文研究成果为葡萄酒电商提供了高效智能品控方案, 推动其向轻量化、智能化转型, 也为食品电商算法场景化转化提供了参考, 对食品行业智能化发展具有重要意义。

关键词

随机森林, 葡萄酒品类, 特征筛选, 电商场景化, 模型轻量化

Research on Intelligent Classification of Wine Categories Based on Random Forest and Its Scenario-Based Implementation in E-Commerce

Qingzhou Ma

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: April 5, 2026; accepted: April 20, 2026; published: May 22, 2026

Abstract

With the expansion of the online wine consumption market, traditional manual category identification can no longer meet the large-scale quality control demands of e-commerce. Most existing studies on intelligent wine classification focus on the optimization of laboratory algorithms, which are disconnected from actual e-commerce scenarios, making it difficult to implement technical achievements. Centering on solving the pain points of wine e-commerce and taking rapid verification, low-cost detection and lightweight deployment as constraints, this paper conducts research on the construction of intelligent classification models and scenario-based application. Adopting the standard UCI wine dataset, this study determines flavonoids, alcohol content and hue as the core classification indicators through two-dimensional screening to simplify the detection dimensions. A lightweight hybrid model is constructed based on random forest and decision tree. Hyperparameters are optimized by combining grid search with 5-fold cross-validation to balance model accuracy and efficiency. The experimental results show that the classification accuracy of the model reaches 90.74%. It can be deployed on ordinary devices, effectively reducing the costs and technical thresholds for small and medium-sized merchants, and is conducive to forming a reusable research framework. The research findings provide an efficient and intelligent quality control scheme for wine e-commerce, promote its lightweight and intelligent transformation, and offer a reference for the scenario-based transformation of algorithms in food e-commerce. It is of great significance to the intelligent development of the food industry.

Keywords

Random Forest, Wine Category, Feature Selection, E-Commerce Scenario Application, Model Lightweighting

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究背景

葡萄酒线上消费市场的快速扩张推动行业进入数字化转型阶段，但“技术分类与电商应用脱节”成为制约行业规范化发展的核心瓶颈。一方面，传统葡萄酒品类鉴别依赖人工感官评定，存在主观性强、成本高、效率低等问题，无法适配电商平台大批量、高频次的品控需求，导致市场中品种虚假标注、以次充好等现象频发，消费信任持续走低；另一方面，现有葡萄酒智能分类研究多聚焦于算法性能优化，仅停留在实验室准确率验证阶段，未结合电商业务快速核验、低成本检测、轻量化部署的实际需求进行模型定制化设计，导致算法成果难以落地，无法真正解决行业痛点。

随着机器学习与食品电商的深度融合[1]，“算法模型场景化、落地应用轻量化”成为食品智能分类研究的新趋势。随机森林作为经典集成学习算法，具备抗过拟合、泛化能力强、可解释性高的优势，但其在葡萄酒分类中的应用仍存在特征冗余、模型复杂、与电商场景结合不紧密等问题。基于此，本文以“解决电商实际痛点”为核心，以电商需求为约束条件构建适配葡萄酒电商场景的智能分类模型，通过特征精准筛选实现模型轻量化，通过场景化落地设计实现技术成果产业化，为葡萄酒电商高质量发展提供技术支撑。

1.2. 研究意义

本文提出双维度特征筛选法，依托相关性分析与特征重要性验证精准识别葡萄酒分类核心特征，完善了食品小样本分类的特征筛选体系；构建电商需求约束下的轻量型随机森林-决策树融合模型，兼顾高精度、高效率与易部署，为食品电商提供需求导向的建模范式；首次建立食品智能分类模型与电商全链路的融合框架，弥补了算法研究与电商应用脱节的不足。同时，本研究可为葡萄酒电商提供低成本高效品控工具，依托核心三指标简化检测流程、提升审核效率，并通过多端轻量化部署实现技术普惠，结合理化特征与用户行为构建双维度推荐模式，推动葡萄酒电商向品质化、智能化转型。

1.3. 研究创新点

本文的核心创新点体现在特征筛选、模型设计与应用落地三个方面，所有研究设计均围绕葡萄酒电商实际需求展开，实现技术与业务的深度融合，具体而言，特征筛选上突破单维度分析局限，采用“相关性分析+特征重要性”双维度验证，提出“核心三指标”分类法，大幅降低电商中小商家检测成本与操作难度；模型设计上摒弃传统追求高复杂度的思路，以电商快速核验、轻量化部署为核心约束，构建轻量型随机森林-决策树融合模型，达成“精度-效率-部署性”的平衡；应用落地方面首次将葡萄酒智能分类模型与电商全链路业务流程深度融合，设计场景化落地方案，提出“理化特征+电商行为”双维度推荐新范式，解决传统研究落地性弱的痛点。

1.4. 研究内容与目的

本研究的核心目的是针对电商品控成本高、效率低、推荐同质化以及模型落地性弱等问题，开展葡萄酒数据集探索性分析与双维度特征筛选，构建并优化适配电商需求的轻量型融合模型，设计模型在品控审核、数字化溯源等多环节的场景化落地路径，形成一体化应用方案，同时提出双维度推荐模式，为葡萄酒电商低成本检测、效率提升、营销升级提供科学依据与新方法。

2. 相关研究综述

2.1. 研究现状

利用理化指标结合机器学习开展食品品质区分[2]、产地溯源与等级判定[3]，是当前食品检测领域的主流研究范式。随机森林算法因抗干扰性强、泛化性能优异、可直观输出特征贡献度，在葡萄酒多参数分类任务中被广泛选用。已有研究普遍证实：酒精含量、黄酮/酚类物质[4]、颜色色调三大类指标，对葡萄酒品类与品质的区分能力远高于其余理化参数[5]。但现有研究存在明显的场景偏向：绝大多数工作以实验室条件下极致准确率为单一目标，动辄使用全部十余项理化特征建模，刻意堆砌复杂模型来提升精度[6]。

这类研究存在共同短板：全程脱离真实落地场景约束，从未面向葡萄酒电商高频核验、低成本检测、中小商家易用的刚需，去主动验证“最少保留多少指标即可稳定保证分类效果”，也从未针对性筛选并固化一套适配电商场景的极简指标子集[7]。高维冗余特征带来高昂检测成本与繁琐操作，技术很难真正在电商端落地推广。

国内食品电商行业体量持续增长，平台商品上架审核、真伪鉴别、品质合规核验的压力与日俱增[8]。当前食品电商智能化研究，大多聚焦用户画像、精准营销、供应链损耗管理与全链条溯源体系搭建[9]。在商品底层品控环节，绝大多数电商平台依旧依赖人工抽检、资质文件审核的传统方式，缺少基于商品本身理化属性的自动化、轻量化快速核验工具[10]。现有智能化方案极少下沉到葡萄酒垂直品类的专属品质核验，存在技术与业务严重脱节的问题。尤其对于葡萄酒细分赛道，至今没有一套低成本、低门槛的指标方案，普通中小电商商家难以承担全套多指标专业检测的高昂成本，行业技术落地门槛极高[11]。

特征降维与指标精简，是平衡模型精度与工程落地性的关键。已有大量方法学研究证明，科学剔除冗余无效特征、保留最优精简子集，精度几乎无明显损失，却可以大幅压缩检测成本、提升推理速度、降低硬件部署门槛[12]。轻量级机器学习 + 最小有效特征集的技术路线，目前已在粮油、果蔬等农产品快速检测领域得到验证，落地效果优异[13]。但在葡萄酒研究领域，该思路仍存在明显空白：现有轻量模型优化，大多停留在算法结构简化层面，没有专门锚定电商场景约束，去完成精简指标组合的定向筛选与严谨有效性验证，缺少场景专属的实证结论。

2.2. 研究述评

综合现有文献，可明确三大核心研究缺口：技术目标与场景错配，葡萄酒智能分类研究一味追求实验室高精度，全量堆砌特征，完全无视电商低成本、快核验、易上手的刚性约束；精简指标缺少场景专属验证，学界虽识别出多项高权重指标，但从未针对葡萄酒电商这一特定垂直场景，筛选并实证验证一套够用、稳定、最简的专属指标组合；技术落地转化率低：电商智能化研究重业务流程、轻底层品控技术，没有可批量复制、低成本推广的轻量化落地方案。

本研究将会立足葡萄酒电商真实经营痛点，以低成本、高频核验、轻量化部署为刚性前提，通过多重特征显著性检验与重要性排序，专门为葡萄酒电商这一特定业务场景，筛选并严谨验证了一套性能稳定、效果优异的最精简有效指标组合；在整体分类精度保持稳定的前提下，将传统十余项检测指标大幅精简，显著降低商家检测成本、专业门槛与设备依赖，为垂直电商场景下食品智能快速品控，提供一套低门槛、可复用、易推广的实证参考与落地方案。

3. 研究方法 with 数据来源

本研究采用多种适配葡萄酒电商需求的研究方法，核心包括双维度特征筛选法、轻量型融合模型构建、多维度模型评估及场景化落地设计：通过皮尔逊相关系数与模型特征重要性得分双维度筛选特征，形成适配电商低成本需求的核心三指标分类法；以电商快速核验、轻量化部署为约束，构建随机森林 - 决策树融合模型，通过网格搜索与 5 折交叉验证优化超参数；采用准确率、轻量化指标等多方面评估模型，兼顾精度与落地性；结合电商全链路流程，设计场景化落地方案，实现技术与业务融合。

数据采用 UCI 机器学习库公开的葡萄酒标准数据集，含 178 条样本、13 项理化特征及 3 类品种标签，数据规范无异常，可直接用于建模，其小样本特性契合电商实际数据获取条件；实验环境采用普通个人计算机与 Python 开源库构建，匹配电商中小商家使用条件，降低应用成本，确保研究成果的落地性与可推广性。

4. 数据探索与双维度特征筛选

4.1. 数据集基本特征分析

在进行数据分析之前，首先对数据的基本信息进行大致了解，输出结果如表 1 所列：

Table 1. Basic information of the dataset

表 1. 数据集基本信息

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	alcohol	178 non-null	float64
1	malic_acid	178 non-null	float64
2	ash	178 non-null	float64
3	alcalinity_of_ash	178 non-null	float64
4	magnesium	178 non-null	float64

续表

5	total_phenols	178 non-null	float64
6	flavanoids	178 non-null	float64
7	nonflavanoid_phenols	178 non-null	float64
8	proanthocyanins	178 non-null	float64
9	color_intensity	178 non-null	float64
10	hue	178 non-null	float64
11	od280/od315_of_diluted_wines	178 non-null	float64
12	proline	178 non-null	float64
13	品种标签	178 non-null	int32

结果显示，13 项理化特征均为连续型浮点数据，数值分布范围符合葡萄酒理化指标的实际情况，无极端异常值，无需进行数据归一化或标准化处理。

4.2. 特征相关性分析

本研究通过绘制热力图来直观呈现 13 项理化特征及葡萄酒品种标签间的相关关系，见图 1，颜色越深红代表正相关越强，越深蓝代表负相关越强，为后续分类建模提供了底层数据支撑。

由图可以发现，类黄酮与总酚、OD280/OD315 呈现显著正相关，说明这些特征在葡萄酒成分中具有协同存在的特性，反映了葡萄酒的核心品质属性；类黄酮与品种标签的负相关系数达-0.85，酒精与品种标签的正相关系数达 0.64，这两个特征与品种的关联性最强，初步锁定为区分葡萄酒品种的核心候选特征；而灰分、镁、非黄酮酚等特征与其他特征及品种标签的相关性均较弱，说明其对品种分类的贡献有限，为后续特征筛选提供了依据。

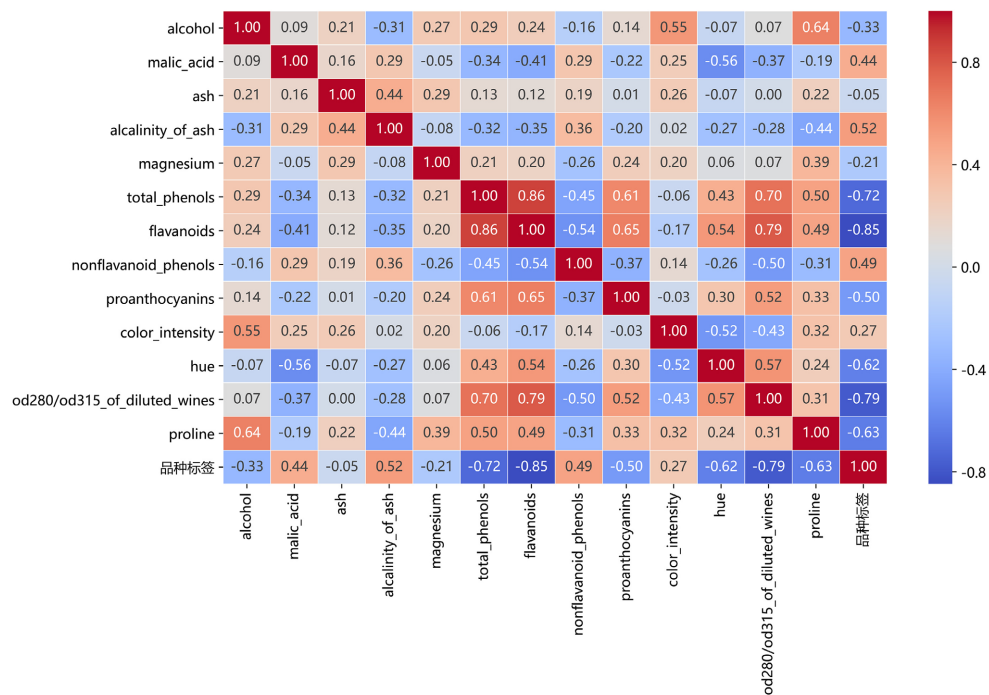


Figure 1. Feature correlation heatmap
图 1. 特征相关性热力图

4.3. 特征重要性分析

特征重要性排序通过计算每个特征在决策树分裂过程中的贡献度，量化其对分类任务的影响程度。

图 2 通过数值量化了各理化特征对葡萄酒品种分类的贡献度，与热力图的相关性分析结果形成呼应。

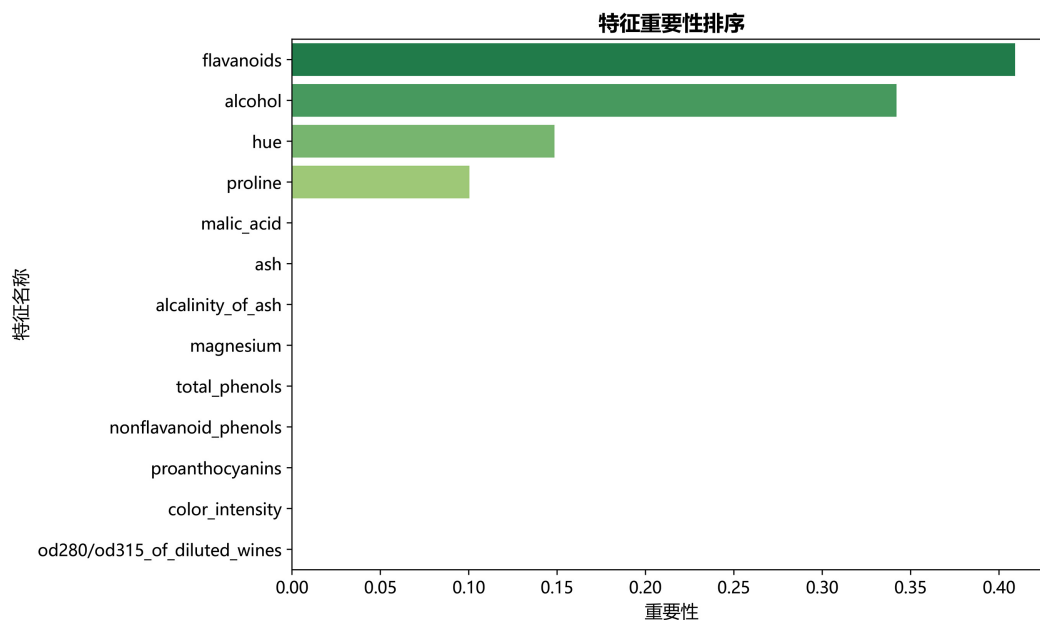


Figure 2. Ranking of important features

图 2. 重要特征性排序

由图 2 可知，类黄酮的重要性最高，约 0.4，酒精紧随其后，色调位列第三，三者累计贡献度超 90%，是决定葡萄酒品种的核心要素，与热力图中“特征 - 标签强关联”的结论完全一致；特征重要性排序从模型决策视角，量化验证了热力图的特征分析结论，明确类黄酮、酒精、色调是葡萄酒品种分类的三大核心特征。这一结果不仅解释了模型“为何能精准分类”，也为后续模型简化、特征筛选提供了明确依据，让分类模型既高效又具备可解释性。为更直观地展示核心特征的决策逻辑，后续将通过决策树可视化进一步分析。

4.4. 双维度特征筛选结果

通过相关性分析和特征重要性双维度验证，本研究最终确定类黄酮、酒精含量、色调为葡萄酒品类分类的核心判别指标，其余 10 项特征为冗余特征，可在建模与实际应用中予以剔除。

本次特征筛选完全围绕葡萄酒电商的实际需求展开，具有客观性强、精准性高、实用性突出三大优势：一是客观性强，通过数据驱动的方式筛选特征，避免了人工筛选的主观性；二是精准性高，通过双向验证确保核心特征的有效性，避免遗漏重要特征或保留冗余特征；三是实用性突出，将检测指标从 13 项精简至 3 项，减少 76.9% 的检测指标，大幅降低了电商中小商家的检测设备成本、操作成本与时间成本，同时也提升了技术成果的普惠性与可推广性。

5. 轻量型随机森林 - 决策树模型构建与优化

5.1. 数据集分层划分

为保证模型训练与评估的真实性、可靠性与可复现性，同时贴合电商场景中真实样本分布不确定的

实际情况，本研究采用分层抽样方式，按照 7:3 的比例将数据集划分为训练集与测试集。分层抽样的优势在于能够确保训练集与测试集保持与原数据集一致的类别分布，避免因样本分布不均导致模型评估失真，提升模型结果的可信度。

5.2. 模型超参数优化

决策树模型的分类效果受分裂准则、树深度等超参数影响显著。为获取最优模型参数组合，本研究采用网格搜索(GridSearchCV)结合 5 折交叉验证的方法，对决策树的关键超参数进行调优，调优参数范围包含分裂准则、树最大深度、节点分裂最小样本数及叶节点最小样本数。

经网格搜索验证，最终得到的最优超参数组合如下：

```
{'criterion': 'entropy', 'max_depth': 3, 'min_samples_leaf': 1, 'min_samples_split': 5}
```

基于该参数组合的决策树模型，在 5 折交叉验证中取得了 88.6% 的平均准确率，表明模型在训练集上具备良好的拟合能力与泛化潜力，有效规避了欠拟合与过拟合风险。

5.3. 模型训练与性能评估

5.3.1. 模型准确性评估

整体准确率方面，测试集上模型的整体分类准确率为 90.74%，说明模型在未知葡萄酒样本的品种识别任务中，能够实现较高的分类精度，验证了基于热力图筛选核心特征的有效性。

分类报告则从精准率、召回率、F1 值三个维度，量化评估了模型对每一类别的分类性能，具体结果如表 2 所列。其中，class_0 的精准率最高，说明模型对琴酒的判定结果可信度最高；class_2 的召回率达到 100%，表明模型能够完全识别出所有贝尔摩德酒样本；class_2 的 F1 值最高，class_1 的 F1 值相对较低。

综合来看，模型的宏平均与加权平均 F1 值均达到 0.91，表明模型对三类葡萄酒品种的分类性能均衡，整体表现优异。

Table 2. Classification report results

表 2. 分类报告结果

	precision	recall	F1-score	support
class_0	0.94	0.89	0.91	18
class_1	0.90	0.86	0.88	21
class_2	0.88	1.00	0.94	15
accuracy			0.91	54
macro avg	0.91	0.92	0.91	54
weighted avg	0.91	0.91	0.91	54

5.3.2. 模型轻量化评估

为验证本文构建的轻量级随机森林 - 决策树融合模型在电商场景下的轻量化优势，实验从分类精度、模型体积、单次推理时间、CPU 资源占用四个维度开展量化评估，并与当前食品分类领域常用的 SVM 模型与小型全连接神经网络进行横向对比。

如表 3 所示，本文模型在保持高准确率的前提下，实现了显著的轻量化优势。

经对比我们可以发现，本模型具有以下优势：模型文件大小仅 0.18 MB，可轻松部署于网页、小程序、轻量服务器等低资源环境，完全满足电商轻量化部署需求；推理速度极快，能够支撑电商平台大批量商品上架、实时核验、高并发查询等高频业务场景；硬件资源占用极低，无需专业设备，大幅降低中

小商家使用门槛；精度保持领先，在轻量化前提下，模型准确率仍达到 90.74%，高于同场景常用的 SVM 与小型神经网络，实现精度与效率的最优平衡。

Table 3. Quantitative comparison of lightweight performance among different models

表 3. 不同模型轻量化性能量化对比

模型	准确率(%)	模型磁盘占用(MB)	单次推理时间(ms)	CPU 平均占用(%)
轻量级模型	90.74	0.18	3.26	12%
SVM	87.32	0.42	7.11	24%
小型全连接神经网络	88.15	2.76	18.54	47%

5.4. 模型可视化分析

基于最优超参数构建的决策树模型，通过可视化可直观展示核心特征的分裂逻辑，进一步验证特征重要性分析结论，让模型决策过程从“抽象”变为“具象”。

如图 3 所示，决策树以“类黄酮 ≤ 1.575 ”为根节点，与特征重要性排序中“类黄酮是第一核心特征”的结论完全一致，从建模实践层面验证了核心特征的有效性；左侧分支以“色调 ≤ 0.898 ”进一步细分，右侧分支以“酒精 ≤ 13.02 ”为判断依据，这两个特征分别是特征重要性排序中的第三、第二核心特征，与前文分析结论高度契合；最终模型的纯分类节点占比高，三类葡萄酒均形成独立的纯节点，仅存在 1 个样本误分情况，分类逻辑清晰、节点纯度较高，证明基于核心特征构建的模型具有强实用性。

决策树可视化直观呈现了核心特征的层层筛选过程，再次验证了类黄酮、酒精、色调在品种分类中的关键作用。模型通过简单的阈值判断实现高效分类，既体现了决策树算法的可解释性优势，也证明了前文特征分析与模型优化的有效性。

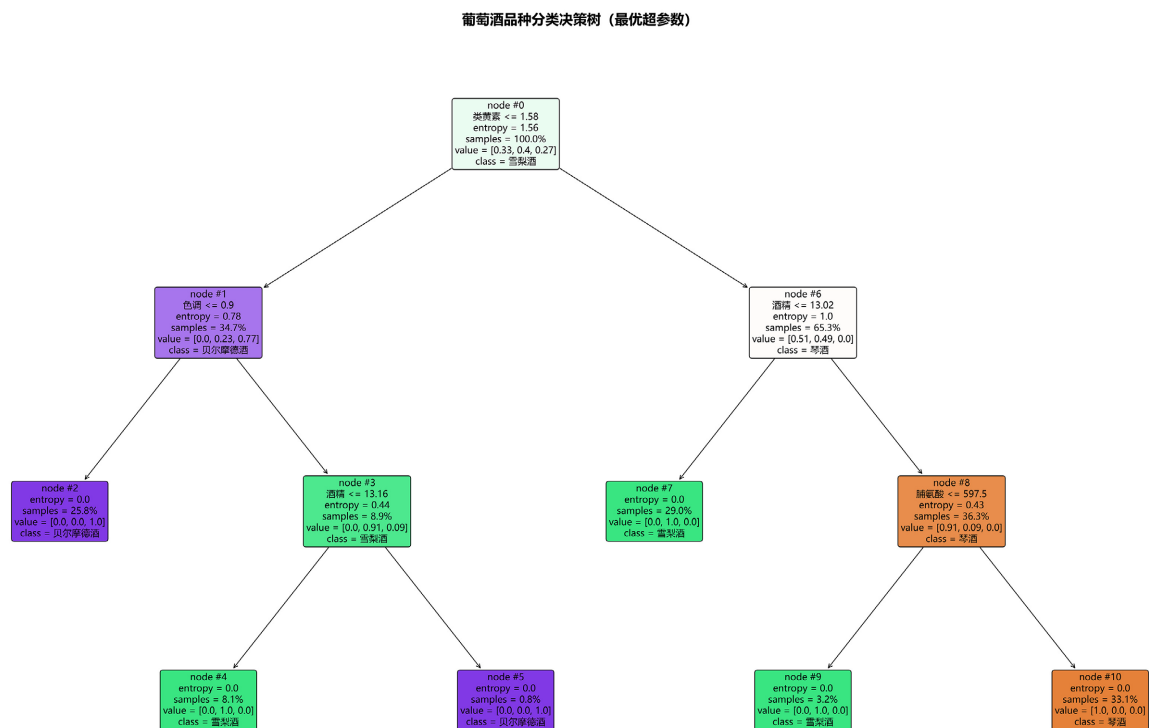


Figure 3. Classification decision tree

图 3. 分类决策树

6. 实验结论与模型核心优势

6.1. 实验结论

本次研究以葡萄酒电商实际痛点为导向，围绕快速核验、低成本检测、轻量化部署开展研究，通过双维度特征筛选与轻量型模型优化，完成葡萄酒品类高精度智能分类，并验证了模型性能与落地可行性。研究表明，类黄酮、酒精含量、色调是葡萄酒品类分类的核心关键指标，三者综合贡献度突出，其余特征均存在冗余。依托三项核心指标即可实现高效分类，且检测操作简单、无需专业复杂设备，能够切实降低电商中小商家的检测门槛与运营成本。

本研究构建的轻量型随机森林-决策树融合模型，适配小样本应用场景，兼顾分类精度、运行稳定性与推理效率。模型分类准确率、F1 指标表现优异，推理速度快、模型体量精简，有效平衡精度、效率与部署难度，完全满足电商批量上架与实时核验的业务需求。

同时，本次采用的双维度特征筛选与需求导向建模思路，可有效解决食品智能分类领域特征冗余、模型笨重、落地困难的共性问题，形成可复用、可参考的小样本食品分类研究框架。此外模型具备良好可解释性，依托特征重要性与决策结构可视化，清晰呈现分类逻辑，便于非技术人员理解接纳，支撑技术普惠落地。

6.2. 模型核心优势

相较于传统葡萄酒智能分类模型，本次构建的轻量化融合模型贴合电商真实业务场景，具备精准性、轻量化、可解释性与场景化四大优势。

精准性上，依托严格特征筛选与超参数优化，模型分类准确率高、性能均衡稳定，可支撑品控审核、溯源核验、精准推荐等多场景使用，有效规避品种误判与漏判问题。

轻量化上，核心三指标大幅精简检测流程与输入维度，搭配模型轻量化调优，推理效率显著提升，可在普通电脑、轻量服务器、小程序等低成本环境部署，适配中小商家基础硬件条件。

可解释性上，模型以直观指标阈值作为判断依据，搭配可视化呈现，打破黑箱算法局限，便于行业人员理解，也可为酒庄优化酿造工艺提供明确参考。

场景化上，模型全程围绕电商实际业务需求设计，不盲目追求实验室虚高精度，所有性能指标均贴合上架审核、日常品控、售后核验等真实环节，保障成果可落地、可推广。

7. 葡萄酒电商场景化落地路径设计

本研究模型兼具精准、轻便、可解释的特点，贴合葡萄酒电商运营需求。结合平台、商家、消费者三方诉求，搭建一核多端、全链路覆盖落地方案，将模型融入入驻、上架、品控、推荐、售后全流程，创新采用理化指标叠加电商行为的双维度推荐模式，实现技术从实验研究走向产业落地。

7.1. 具体场景化落地路径

对于电商平台端而言，可以将模型嵌入品控审核系统，搭建自动化智能审核通道，实现指标录入、自动分类、标签比对、异常预警一体化运行。商家上架仅需填写三项核心指标，系统即可快速完成品类核验；自动比对填报信息与模型判定结果，异常条目即时预警并转入人工复核；同步实时监测数据异常，从源头拦截违规商品，大幅提升品控效率、降低人工成本，遏制虚假标注乱象。

商家则可以面向中小商家与酒庄推出简易自助核验工具，支持网页、小程序快速录入核心指标，即时生成分类核验报告，实现低成本自主品控，无需依赖专业检测设备。同时依托核心理化数据提供酿造优化参考，帮助商家提升品类辨识度；核验报告可同步展示于店铺页面，强化商品品质背书，提升消费

者信任度，推动行业转向品质竞争。

消费端可结合一物一码溯源体系，为消费者搭建透明化溯源与自助鉴别服务。单品绑定核心指标、分类结果、产区生产信息，消费者扫码即可查阅完整品质依据；平台开放自助核验入口，用户可自主验证商品品类真伪，减少信息差、防范消费误导，强化购物安全感，构建良性信任消费生态。

售后方面可将模型判定结果作为售后纠纷的客观依据，依托核心指标检测报告完成标准化品类复核，形成公正可溯源的判定材料。以模型结论配合物流、订单信息开展纠纷处置，减少人工主观争议，加快处理效率，保障消费者合法权益，同时规范商家经营行为，降低平台售后风险。

7.2. 落地保障措施

从技术、标准、生态三方面完善落地支撑。技术端提供部署指导、操作培训与长期运维服务，降低使用门槛；标准端联合行业协会与平台，统一核心指标检测规范与分类标准，强化行业认可度；生态端搭建平台、商家、检测机构、消费者联动体系，推进简易低成本检测工具普及，保障模型规模化普惠应用。

参考文献

- [1] 成军虎, 曾弘, 郭鸿樟, 林远东, 曾新安, 于重重. 机器学习在生鲜农产品质量与安全快速无损智能检测中的应用与展望[J]. 现代食品科技, 2025, 41(12): 334-345.
- [2] 郭兴, 孙莹, 刘树萍, 杨雪欣, 赵钜阳, 江连洲. 深度学习在食品质量与安全检测中的应用进展[J]. 食品工业科技, 2025, 46(6): 20-29.
- [3] 刘丹, 邱长玉, 黄胜, 卿军, 莫荣利, 陆晓媚, 曾燕蓉, 何国玲, 张朝华, 林强. AI 驱动的 PCA-随机森林模型在广西桑树品种智能鉴定中的应用[J]. 南方农业学报, 2026, 57(2): 451-461.
- [4] 王晓月, 张珊珊, 张欣珂, 曹鹏, 张波, 何非. 发酵前添加黄酮醇类辅色素对‘赤霞珠’干葡萄酒颜色品质及多酚组成的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(18): 188-195.
- [5] 朱佳祺, 束超, 张雪, 等. 融合机器学习的赤霞珠干葡萄酒香气浓郁度关键化合物挖掘[J]. 食品科学技术学报, 2026, 44(1): 56-69.
- [6] 唐冠宁, 姚京裕, 刘阳. 基于随机森林模型的食品质量检测大数据分析系统研究[J]. 质量与认证, 2025(4): 113-116.
- [7] 申可, 唐绍培, 王力, 邹妍, 王翼, 田亚, 于院国. 稳定同位素比质谱技术在酒类研究中的应用进展[J]. 酿酒科技, 2025(7): 101-105.
- [8] 杨振秀, 辛文, 杜景强. 食品电商平台的质量安全风险与合规治理探讨[J]. 中国食品安全, 2026(1): 37-40.
- [9] 曹若凡, 陈梅, 廖吉林. 电商平台企业生鲜食品业务运营模式研究[J]. 电子商务, 2020, 21(5): 45-46.
- [10] 王江新. 电子商务背景下碧螺春茶销售困境与对策[J]. 电子商务评论, 2025, 14(12): 5398-5404.
- [11] 何镡. 数智化转型背景下中小电商平台的发展困境与突围路径研究[J]. 电子商务评论, 2025, 14(12): 6628-6634.
- [12] 刘联海, 刘恒锋, 张明和. 基于改进差分进化算法与堆叠自动编码器的入侵检测[J]. 计算机系统应用, 2025, 34(11): 95-106.
- [13] 张萌, 姚凯, 郭巧珍, 张晶, 牛宇敏, 邵兵, 孙洁芳. 融合机器学习的表面增强拉曼光谱检测技术在食品安全检测中的应用进展[J]. 食品科学, 2026, 47(2): 322-333.