

基于机器学习的大理白族扎染数智化传承与市场研究

刘博文¹, 线若希², 史策¹, 段易池^{1*}

¹昆明学院数学学院, 云南 昆明

²中央民族大学信息工程学院, 北京

收稿日期: 2026年3月15日; 录用日期: 2026年4月5日; 发布日期: 2026年4月21日

摘要

本研究基于大理地区非概率样本, 采用混合研究方法(问卷、访谈与网络爬虫)并结合机器学习模型(回归、随机森林与聚类分析), 探讨数智化背景下大理白族扎染技艺的市场现状与传承路径, 是一项聚焦特定区域的探索性研究。研究发现: 购买意愿受性别、收入及技术融合认可度正向影响; 公众对数智化的支持意愿深陷“提升文化影响力的价值认同”与“消解手工韵味的异化担忧”这一核心张力之中; 支持者可聚类为“文化传承守护者”“市场推广互动者”与“技术创新效率者”三类。本研究突破了传统定性分析的局限, 构建了数据驱动的非遗数字化活化研究框架, 兼具理论价值与实践路径, 但结论的普适性尚待进一步检验。

关键词

白族扎染, 非物质文化遗产, 数智化, 消费者行为, 随机森林, 聚类分析, 机器学习

Research on the Digital and Intelligent Inheritance and Market of Dali Bai Tie-Dye Based on Machine Learning

Bowen Liu¹, Ruoxi Xian², Ce Shi¹, Yichi Duan^{1*}

¹School of Mathematics, Kunming University, Kunming Yunnan

²School of Information Engineering, Minzu University of China, Beijing

Received: March 15, 2026; accepted: April 5, 2026; published: April 21, 2026

*通讯作者。

文章引用: 刘博文, 线若希, 史策, 段易池. 基于机器学习的大理白族扎染数智化传承与市场研究[J]. 统计学与应用, 2026, 15(4): 163-176. DOI: 10.12677/sa.2026.154080

Abstract

This study investigates the current market situation and inheritance pathways of Dali Bai tie-dye craftsmanship within the context of digital and intelligent transformation. Employing a mixed-methods approach (questionnaires, interviews, and web scraping) combined with machine learning models (regression, Random Forest, and Cluster Analysis), the research identifies key factors influencing consumers' purchase intentions and their willingness to support digital and intelligent initiatives. The findings reveal that purchase intention is positively influenced by gender, income, and the recognition of technology integration. However, public willingness to support digitalization is deeply embedded in a core tension between "value identification with enhancing cultural influence" and "concerns about the alienation that diminishes handmade charm." Furthermore, supporters can be clustered into three distinct types: "Cultural Heritage Guardians," "Market Promotion Interactors," and "Technological Innovation Efficiencyers." This study transcends the limitations of traditional qualitative analysis by constructing a data-driven research framework for the digital revitalization of intangible cultural heritage, offering both theoretical value and practical pathways. However, the universality of the conclusion remains to be further tested.

Keywords

Bai Tie-Dye, Intangible Cultural Heritage, Digital and Intelligent, Consumer Behavior, Random Forest, Cluster Analysis, Machine Learning

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

白族扎染技艺于 2006 年列入首批国家级非物质文化遗产，但面临市场份额萎缩、创新乏力、传承断层等挑战[1]-[3]。与此同时，大数据、人工智能等技术为传统工艺转型带来机遇，然而公众对技术可能引发文化异化的担忧并存，形成传承路径上的核心张力：如何在保留文化本真性的前提下实现技艺与数智化的深度融合？

现有研究多从艺术学、非遗保护与产业视角展开，但存在以下不足：一是多局限于定性分析，缺乏大样本实证支持；二是对消费者行为与数智化接受度的量化研究较少；三是鲜有引入机器学习方法进行市场精细化分析[4]-[6]。本研究旨在通过混合研究方法与机器学习模型，系统探究扎染的市场现状与传承路径，具体目标包括：(1) 刻画消费者特征与偏好；(2) 识别影响购买行为与数智化支持意愿的关键因素；(3) 对潜在支持者进行群体细分。研究在理论上拓展非遗研究的跨学科方法，在实践上为产品优化与政策制定提供数据支持。

2. 数据与方法

2.1. 问卷数据与样本特征

数据源于问卷调查、深度访谈与网络爬虫。通过线上(问卷星 + 社交媒体)与线下(大理古城、喜洲古镇)发放，回收有效问卷 412 份，有效回收率 94.50%。样本量满足 Logistic 回归要求，保证模型稳定性。

2.2. 描述性统计

样本中女性占 63.40%，年龄集中于 18~25 岁(43.4%)和 36~50 岁(29.4%)；月收入 2000 元及以下占比最高(35.7%)，但 2001~5000 元区间合计超 50%，具备一定消费能力。超五成受访者了解扎染，56%认可其文化价值。64.8%有购买经历，购买渠道线下为主(40.3%)，电商占比 28.4%；用户痛点集中于“染色质量”(27.2%)与“图案创新不足”(21.1%)；未购者主因是“了解不足”(35.2%)与“价格较高”(21.8%)。

2.3. 交叉分析

在购买意愿上，18~25 岁的年轻消费者呈现两极分化，既是愿意购买的主力(占比 51.16%)，也是不愿购买的重要群体(占比 28.99%)，显示出其偏好多样性。此外，愿意购买者普遍表现出更高的技艺体验意愿，说明文化沉浸感有助于促成消费。

在数智化融合态度上，分析发现了一个关键矛盾：部分不支持数智化的群体，却依然认可数智化对提升文化影响力的作用。同时，支持数智化的群体强烈认同“线上与线下相结合”的传承模式。这表明，公众对数智化的担忧可能并非源于对其价值的否定，而是源于对其应用方式(如可能破坏手工韵味)的顾虑。这些发现为后续针对不同人群制定差异化沟通策略提供了依据。

2.4. 网络数据获取与处理

利用 Python 的 Scrapy 框架通过关键词抓取淘宝、京东、知乎的用户评论，原始数据 19,255 条，清洗后得到 17,320 条有效文本。词频分析“见图 1”显示线上消费者关注点高度集中于“价格”、“质量”、“图案”、“好看”、“手工”等核心维度。这表明线上消费者在追求产品美观与手工价值的同时，对性价比、质量可靠性也极为敏感，为产品优化提供方向。



Figure 1. Frequency of consumer concerns in tie-dye
图 1. 扎染消费者关注点词频图

2.5. 信度与效度检验

2.5.1. 信度分析

信度用于衡量量表的稳定性与一致性。本研究采用 Cronbach α 系数进行评估，其计算公式如下：

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^K \sigma_i^2}{\sigma_K^2} \right)$$

其中， K 表示量表的总题数； σ_i^2 为第 i 题的题内方差； σ_K^2 表示所有题项总得分的方差[7]。分析结果显示，问卷总体 Cronbach α 系数为 0.982 “见表 1”，远高于 0.7 的阈值，表明量表具有极高的内部一致性，信度优良。

Table 1. Reliability test results of the questionnaire
表 1. 问卷信度检验结果

项目数	Cronbach α 系数
26	0.982

2.5.2. 效度分析

效度反映测量结果与考察内容的匹配程度。采用 KMO 取样适切性量数与 KMO 球形检验进行验证，[8]结果“见表 2”所示。KMO 值高达 0.978，且 Bartlett 球形检验显著性为 0.000，本次检验的显著性无限接近于 0，拒绝原假设，表明问卷数据极适合进行因子分析，量表结构效度理想。

Table 2. Questionnaire validity test results
表 2. 问卷效度检验结果

KMO 取样适切性量数		0.978
巴特利特球形度检验	近似卡方	11303.228
	自由度	325
	显著性	0.000

2.6. 模型筛选

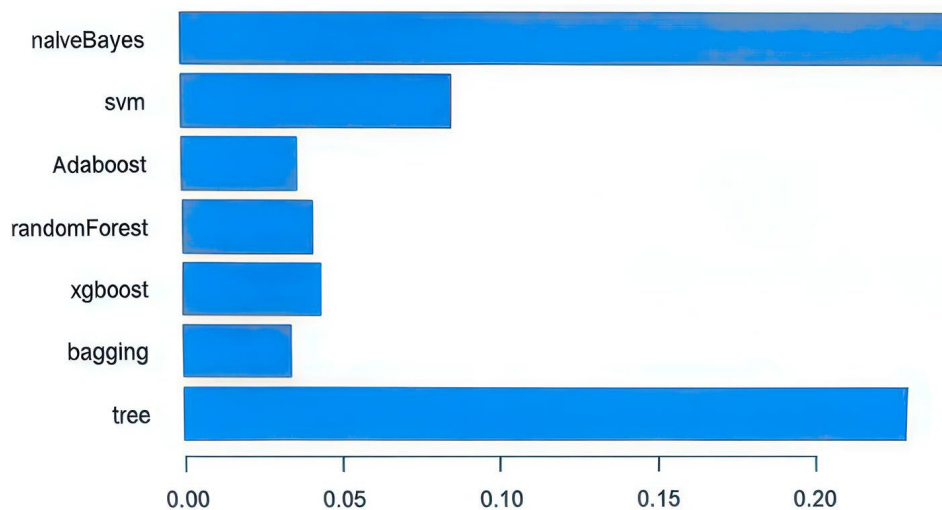


Figure 2. Comparison of cross CV-Error models
图 2. 模型交叉 CV-Error 对比

本研究采用 Logistic 回归量化影响因素的方向与强度, 随机森林评估特征重要性, K-means 聚类细分支持者群体。通过对比 NaiveBayes、SVM、Adaboost、RandomForest、XGBoost、Bagging 和 DecisionTree 7 种模型的交叉验证误差“见图 2”, 通过对比各模型的误判率, 选定随机森林进行特征重要性排序, 并辅以 Logistic 回归量化关键因素的影响方向与强度, 兼顾预测精度与因果推断。

2.7. 方法概述

2.7.1. 随机森林模型理论基础与特征重要性评估

随机森林(RandomForest)算法是一种集成学习模型, 通过构建多棵决策树并综合其预测结果, 以提高模型的稳定性和准确率。其核心在于通过 Bootstrap 抽样构建多样化的决策树, 并在节点分裂时随机选择特征子集, 以此降低模型方差与过拟合风险[9]。

随机森林的关键优势在于其能够评估变量的重要性, 本研究采用基尼指数 Gini 进行度量。假设当前样本集 Y 中第 k 类样本的比例为 \hat{p}_k ($k=1, \dots, K$), 数据集的纯度可以通过基尼系数来进行衡量, 其基尼不纯度计算公式为:

$$\text{Gini}(Y) = 1 - \sum_{k=1}^K \hat{p}_k^2$$

Gini(Y) 反映了在数据集中随机抽取两个样本且它们类别不同的概率。基尼系数的值越小, 表示数据集 Y 的纯度越高。若按照某个离散自变量对数据集进行划分, 那么在第 m 区域上的基尼系数可表示为:

$$\text{Gini}(Y|R_m) = 1 - \sum_{k=1}^K \hat{p}_{mk}^2$$

基于上述原理, 分类任务中的基尼指数可以定义为:

$$\text{Gini} = \sum_{m=1}^M \frac{n_m}{n} \text{Gini}(Y|R_m)$$

在这一框架下, 基尼指数越小, 代表数据集的不纯度越低, 也就意味着该自变量对分类效果的贡献越大。

2.7.2. Logistic 回归模型理论基础

Logistic 回归模型适用于因变量为二分类变量(如“购买/不购买”“支持/不支持”)的场景, 其核心目标是通过自变量预测事件发生的概率 $P(y=1|x)$, 并分析各变量对事件概率的影响程度[8] [10]。

概率 $\pi_i = P(y_i=1|x_i)$ 的取值范围是 $[0,1]$, 需通过 Logit 变换将其映射到实数范围 $(-\infty, +\infty)$, 从而建立线性关系:

$$\text{Logit}(\pi_i) = \ln\left(\frac{\pi_i}{1-\pi_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}$$

反解得到事件发生的概率表达式:

$$\pi_i = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}}}$$

其中, β_0 为截距项, β_1, \dots, β_p 为回归系数, 反映各自变量对事件概率的影响方向与强度。

为便于解释, 模型通常计算几率比(Odds Ratio, OR), 即事件发生概率与不发生概率的比值:

$$\text{Odds} = \frac{\pi_i}{1-\pi_i} = e^{\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip}}$$

对于连续自变量 x_j ，其回归系数 β_j 的指数 $\exp(\beta_j)$ 表示：自变量每增加 1 单位，事件发生的几率比会变为原来的 e^{β_j} 倍数。本研究将根据此评估各变量对购买意愿与数智化支持意愿的具体影响。

2.7.3. K-means 聚类算法原理

K-means 聚类算法旨在将样本数据划分为 K 个互不相交的簇，使得同一簇内的样本相似性最高，而不同簇间的样本差异性最大。

K 算法的优化目标是 minimized 簇内误差平方和，其目标函数定义为：[11]

$$J = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^{n_j} \|x_i^{(j)} - \mu_j\|^2$$

其中， K 为预设的簇数， n_j 为第 j 个簇的样本数量， $x_i^{(j)}$ 表示第 j 个簇中的第 i 个样本点， μ_j 代表第 j 个簇的中心(质心)，通过计算该簇所有样本点的均值得到，即 $\mu_j = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_i^j$ 。

算法通过迭代更新簇中心和样本归属来优化上述目标。每一次迭代包含两个核心步骤：首先将每个样本分配给距离最近的质心所在的簇，随后重新计算每个簇的新质心。当质心的位置不再发生显著变化时，算法视同收敛，输出最终的聚类结果[7]。

3. 研究结果

3.1. 消费者购买意愿的关键影响因素

随机森林特征重要性排序见图 3 显示，月收入、学历、性别是影响购买意愿的前三位因素。Logistic 回归见表 3 表明：女性购买意愿是男性的 2.32 倍(OR = 2.320)；认可现代技术与传统技艺结合(OR = 1.823)及了解数智化展示手段(OR = 1.672)可显著提升购买意愿；担忧数智化技术会削弱文化传承价值(OR = 0.650)则构成阻碍。

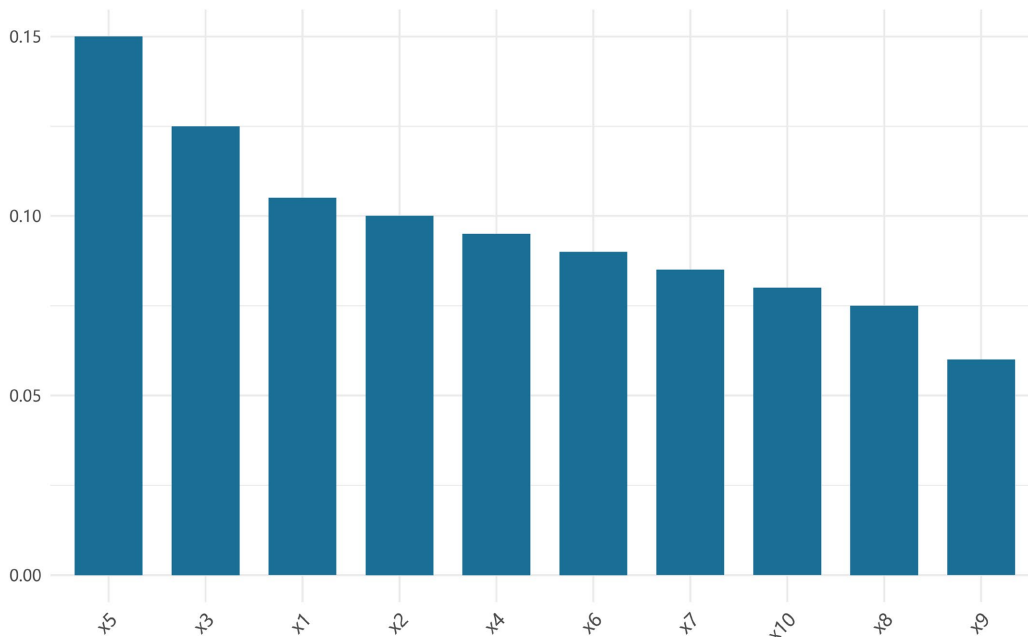


Figure 3. Weight values of purchase intention feature
图 3. 购买意愿特征权重值

Table 3. Model significance test**表 3.** 模型显著性检验

变量	B	S.E.	Wald	df	显著性	Exp (B)
X_1	0.841	0.254	11.016	1	<0.001	2.320
X_3	-0.036	0.158	0.052	1	0.820	0.965
X_2	0.094	0.116	0.659	1	0.417	1.099
X_{11}	0.146	0.147	0.983	1	0.321	1.157
X_{13}	-0.618	0.148	17.576	1	<0.001	0.539
X_{15}	0.152	0.146	1.084	1	0.298	1.165
X_{21}	-0.464	0.164	7.998	1	0.005	0.629
X_{22}	0.092	0.160	0.329	1	0.566	0.912
X_{23}	0.600	0.165	13.206	1	<0.001	1.823
X_{24}	-0.115	0.143	0.644	1	0.422	0.892
X_{25}	0.514	0.161	10.139	1	0.001	1.672
X_{31}	-0.431	0.164	6.933	1	0.008	0.650
X_{33}	0.142	0.164	0.752	1	0.386	1.153
X_{35}	0.426	0.150	8.064	1	0.005	1.531
X_{37}	-0.193	0.154	1.582	1	0.209	0.824
常量	-20.611	0.790	10.914	1	<0.001	0.073

该购买意愿预测模型在测试集上准确率达到 94%，且对正负类别的识别均表现出色(F1-score 均大于 0.92)，表明模型具有优异的泛化能力见表 4、图 4。

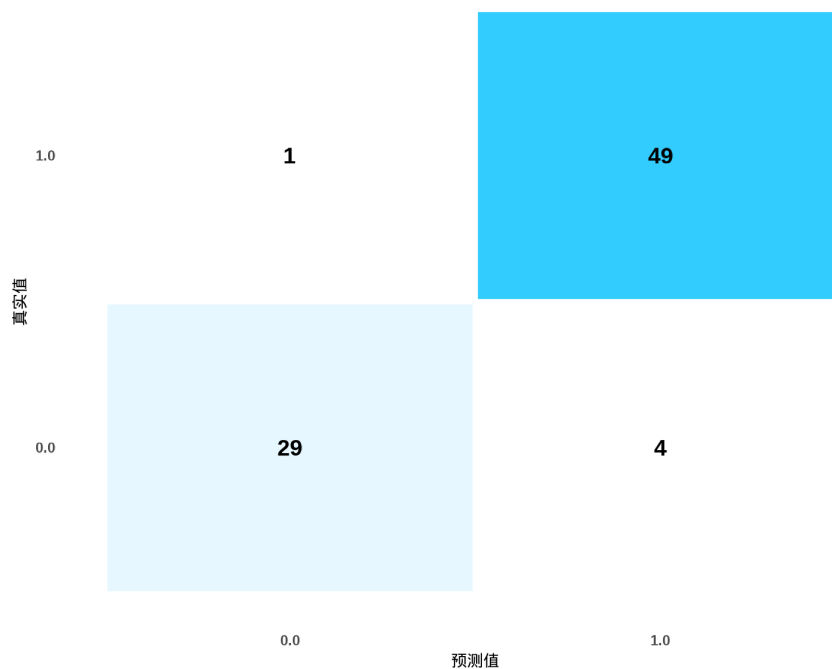
**Figure 4.** Confusion matrix of test set results**图 4.** 测试集结果混淆矩阵

Table 4. Evaluation results of test set model
表 4. 测试集模型评估结果

项	精确率	召回率	F1-score	样本数
0.0	0.97	0.88	0.92	33
1.0	0.92	0.98	0.95	50
准确率			0.94	83
平均值(综合)	0.94	0.94	0.94	83

3.2. 公众数智化支持意愿的关键影响因素

随机森林分析见图 5 指出,支持意愿最强驱动力是“认同数智化提升文化影响力”,其次为“学历”与“认可数据营销有效性”。Logistic 回归见表 5 揭示:认可数据驱动传播(OR = 1.643)和线上线下融合模式(OR = 1.909)显著提升支持度;而担忧数智化会破坏手工韵味(OR = 0.532)和强调传统文化纯粹性(OR = 0.692)则是主要顾虑。

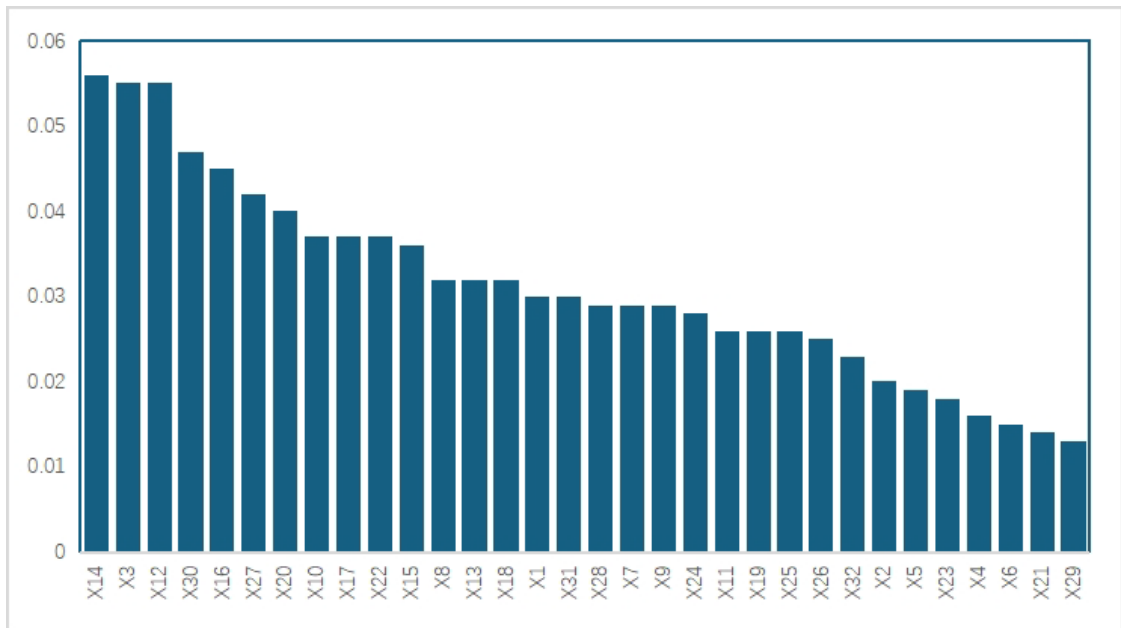


Figure 5. Support for willingness feature weight values
图 5. 支持意愿特征权重值

Table 5. Model significance test
表 5. 模型显著性检验

变量	B	S.E.	Wald	df	显著性	Exp (B)
X_{21}	0.276	0.193	2.041	1	0.153	1.317
X_{22}	0.496	0.194	6.554	1	0.010	1.643
X_{23}	-0.383	0.177	4.706	1	0.030	0.682
X_{25}	0.565	0.175	10.373	1	0.001	1.760
X_{31}	-0.324	0.205	2.501	1	0.114	0.723

续表

X_{32}	-0.330	0.160	4.243	1	0.039	0.719
X_{33}	0.176	0.185	0.908	1	0.341	1.192
X_{34}	-0.217	0.185	1.369	1	0.242	0.805
X_{36}	-0.202	0.162	1.566	1	0.211	0.817
X_{41}	-0.332	0.167	3.964	1	0.046	0.717
X_{42}	0.513	0.205	6.246	1	0.012	1.671
X_{43}	-0.368	0.169	4.730	1	0.030	0.692
X_{44}	-0.632	0.200	9.978	1	0.002	0.532
X_{45}	0.455	0.173	6.959	1	0.008	1.586
X_{46}	-0.348	0.187	3.481	1	0.062	0.706
X_{47}	0.348	0.184	3.585	1	0.058	1.416
X_{48}	0.646	0.173	13.908	1	<0.001	1.909
常量	-2.443	0.500	23.858	1	<0.001	0.087

支持意愿预测模型同样表现稳健,测试集准确率为93%,对支持者(1.0类)的识别尤为精准,见表6、图6。

Table 6. Evaluation results of test set model

表6. 测试集模型评估结果

项	精确率	召回率	f1-score	样本数
0.0	0.96	0.83	0.89	30
1.0	0.91	0.98	0.95	53
准确率			0.93	83
平均值(综合)	0.93	0.93	0.93	83

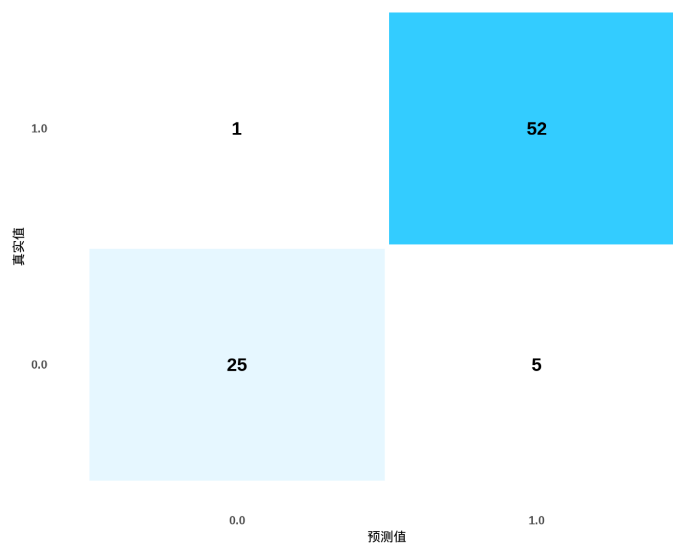


Figure 6. Test set result confusion matrix

图6. 测试集结果混淆矩阵

3.3. 基于聚类分析的支持者群体细分

从问卷的调查项目中选取几个因子，作为模型的指标。在支持者特征中，对传统扎染技艺与数智化深度融合中的对文化的注重程度、年轻人的参与感、技术创新以及生产效率等方面来细分支持者群体。利用以上因子进行聚类，输出的 ANOVA (单因素方差分析) 结果见表 7 所示。

Table 7. Factor clustering one-way ANOVA table
表 7. 因子聚类单因素方差分析表

内容	聚类		误差		F	显著性
	均方	自由度	均方	自由度		
认为白族扎染技艺需要被更好地保护与传承	262.573	2	0.508	409	517.275	0.000
认为数智化技术能提升白族扎染技艺的文化影响力	237.941	2	0.643	409	369.986	0.000
年轻群体吸引力	294.917	2	0.453	409	650.820	0.000
未来发展需要更多年轻人参与与创新	288.072	2	0.480	409	600.657	0.000
数智化技术能有效促进白族扎染技艺的传播与推广	240.763	2	0.537	409	448.438	0.000
现代技术能与传统扎染技艺有机结合，形成新的表现形式	245.503	2	0.568	409	431.893	0.000
数据驱动的生产优化	260.029	2	0.583	409	446.183	0.000
市场推广	241.503	2	0.504	409	479.099	0.000

可以看出，8 个因子中， P 值均小于 0.05，均通过 ANOVA 检验，说明不同聚类组对这些扎染相关议题的态度存在极显著差异。

基于 8 个态度变量，K-Means 聚类将支持者分为三类(见表 8、图 7)：

文化传承守护者(*Cluster 1*)：最看重技艺的保护传承与文化影响力提升(聚类中心值均为 5)，其核心诉求在于保留文化本真性，对数智化持审慎态度。

技术创新效率者(*Cluster 2*)：关注生产效率优化与数智化对传播的促进作用，积极拥护技术应用，看重效率提升与市场推广效果。

市场推广互动者(*Cluster 3*)：重视吸引年轻群体与未来的创新活力，旨在拓展市场、增强互动与品牌年轻化。

Table 8. Cluster center table of supporters' types
表 8. 支持者类型聚类中心表

支持者类型	聚类		
	1	2	3
认为白族扎染技艺需要被更好地保护与传承	5	4	3
认为数智化技术能提升白族扎染技艺的文化影响力	5	3	2
年轻群体吸引力	3	4	4

续表

未来发展需要更多年轻人参与与创新	4	3	5
数智化技术能有效促进白族扎染技艺的传播与推广	2	5	2
现代技术能与传统扎染技艺有机结合，形成新的表现形式	4	4	2
数据驱动的生产优化	2	5	4
市场推广	4	3	4

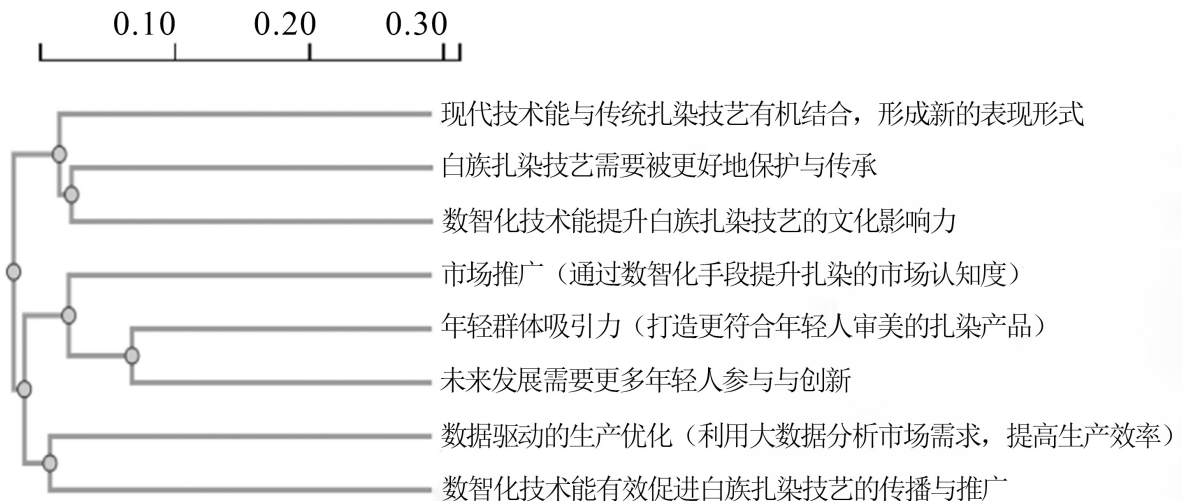


Figure 7. Cluster tree diagram

图 7. 聚类树状图

4. 结论与建议

4.1. 结论

第一，消费者市场基础稳固，但面临“认知 - 品质 - 价值”转化瓶颈：文化认同度高，但产品质量与设计创新不足制约购买转化。

第二，购买行为由经济基础(收入)与技术感知(融合认可度)共同驱动，随机森林与 Logistic 回归模型共同证实，女性群体、高收入及高学历群体，以及对技术融合持开放态度的消费者，是当前最核心的目标客群。

第三，公众对数智化的支持深陷“价值认同”与“异化担忧”的认知张力。因此，推动数智化转型的关键，不在于证明技术的先进性，而在于如何通过技术方案来强化和彰显其手工价值与文化内核，从而化解公众的信任危机。

第四，聚类分析精准识别出“文化传承守护者”、“技术创新效率者”与“市场推广互动者”三类支持者群体，揭示了其差异化诉求，为从“粗放式大众营销”向“精细化分众运营”的战略转型提供了至关重要的路线图。未来的传承与市场策略需从“大众营销”转向“分众运营”，实现精准触达与高效转化。

需要指出的是，本研究采用非概率样本且调查范围集中于大理地区，样本在地域、文化背景与消费水平上存在一定局限，可能使研究结果在一定程度上高估或低估了特定人群的购买意愿与支持态度，结论的外推需谨慎。上述分析虽揭示了关键因素间的关联性，但并非严格的因果推断。

4.2. 建议

4.2.1. 面向三类支持者的精准化策略

支持者类型	核心诉求	策略重点
文化传承守护者	保护本真性，技术为文化服务	利用 3D 建模、高清档案存真记录，开发 VR 体验博物馆
技术创新效率者	提升效率与传播，优化与证明	引入 AI 图案设计辅助、[12]大数据预测，可视化展示效率成果
市场推广互动者	吸引年轻群体，增强互动，共创与趣玩	发起扎染图案在线共创、[13]扎染盲盒、跨界联名，融入青年亚文化

4.2.2. 面向产业发展的系统性建议

生产端需实施“质量标准化”与“产品文创化”双轨战略。一方面，建立扎染面料、染料的数智化品控体系，攻克褪色等质量问题；另一方面，与设计师合作，将扎染元素拓展至家居、数码配件等新消费领域，实现产品跨界创新。

传播端应着力构建“线上线下联动”的沉浸式体验闭环。线上，通过短视频和直播讲述扎染的数字故事与文化内涵[14]；线下，在体验店和景区设立 AR 互动装置，扫描实物即可观看制作视频，将“线下购买”转化为“线下验证线上内容”的深度文化体验。

4.3. 未来展望

本研究虽通过混合方法与机器学习模型得出了一系列有益结论，但问卷样本集中于大理地区，结论普适性有待验证；模型识别相关性强，但因果推断需实验设计予以验证；网络数据时效性有限。

后续研究可从以下方面加以深化：一是开展基于实验设计的随机对照试验，对“技术融合认可度”等关键因素进行因果检验，进一步厘清影响机制；二是推进跨地域比较研究，选取一线城市与典型旅游城市等不同类型区域进行对比分析，检验本研究所获结论在不同文化消费环境中的稳健性与适用性；三是开展纵向追踪调查，捕捉消费者态度的长期演变，并将本研究的分析框架拓展至其他非遗类型，探索数智化传承的普适规律。在此基础上，最终构建一个“文化为魂、技术为用”的良性生态，成为引领非遗创造性转化与创新性发展的典范。

参考文献

- [1] 平天骄. 云南大理白族扎染现状与发展分析[J]. 西部皮革, 2023, 45(22): 102-104.
- [2] 公孙严言, 张云霁. 市场影响下的大理周城村白族扎染市场现状调查[J]. 中国民族博览, 2022(23): 108-111.
- [3] 李光容, 陈旭. 乡村文化振兴背景下大理非遗文旅融合的实践路径研究: 以白族扎染为例[J]. 山西农经, 2026(3): 170-172.
- [4] 陈婉. 扎染成果市场商业文化价值研究[J]. 大观(论坛), 2021(1): 98-99.
- [5] 钱美琴. 扎染的发展现状及对策研究——以云南大理为例[J]. 大众标准化, 2021(16): 51-54.
- [6] 曾婉琳. 大理巍山地区民族扎染产业现状及传承思考[J]. 湖南包装, 2019, 34(1): 43-45.
- [7] 严晓东. 机器学习[M]. 北京: 高等教育出版社, 2024.
- [8] 闫博. 联邦图机器学习关键技术研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2025.
- [9] 刁圣轩, 肖金雍, 陈永保, 等. 基于随机森林算法和数据增强策略双驱动的多尺度疲劳裂纹扩展预测[J/OL]. 金属学报, 1-12. <https://link.cnki.net/urlid/21.1139.TG.20250613.1609.006>, 2026-03-12.

-
- [10] 杨寓涵, 潘虹, 唐莉. 断点回归在政策评估研究中的应用: 逻辑、现状与前瞻[J]. 数据分析与知识发现, 2024, 8(6): 1-15.
- [11] 刘正文, 赵锐锐, 陈阳阳, 等. 基于加权 K 均值聚类的全自动速度拾取方法[J]. 岩性油气藏, 2025, 37(6): 99-106.
- [12] 孙丙一, 朱琦. AI 生成扎染纹样在文创交互设计中的应用研究[J]. 染整技术, 2026, 48(1): 170-172.
- [13] 任建华, 郑雄, 李远惠, 等. 基于数码印花技术的扎染风格纺织品研究[J]. 纺织科学与工程学报, 2018, 35(3): 66-70.
- [14] 许文婷, 侯玲. 扎染非物质文化技艺产品网络营销策略分析[J]. 广西质量监督导报, 2021(4): 235-236.

附录

Table s1. Variable coding table

表 s1. 变量编码表

指标	编码
性别	X_1
年龄	X_2
学历	X_3
职业	X_4
月收入	X_5
对白族扎染技艺有一定的了解	X_6
白族扎染技艺具有较高的文化价值与美学价值	X_7
了解白族扎染技艺的制作流程与工艺特点	X_8
白族扎染技艺需要被更好地保护与传承	X_9
愿意通过各种途径(如展览、课程、体验等)了解与体验白族扎染技艺	X_{10}
数智化技术能有效促进白族扎染技艺的传播与推广	X_{11}
数据分析与市场调研能帮助了解传播效果与受众反馈	X_{12}
现代技术能与传统扎染技艺有机结合, 形成新的表现形式	X_{13}
数智化技术能提升白族扎染技艺的文化影响力	X_{14}
了解过利用数智化手段展示或推广的白族扎染技艺	X_{15}
文化遗产与保护(利用数智技术记录和传承传统工艺)	X_{16}
技术创新(结合 AI、智能制造等技术提升扎染工艺)	X_{17}
市场推广(通过数智化手段提升扎染的市场认知度)	X_{18}
年轻群体吸引力(打造更符合年轻人审美的扎染产品)	X_{19}
线上销售与定制(利用电商平台推广扎染产品和定制服务)	X_{20}
数智化体验(如 VR/AR 沉浸式体验扎染制作过程)	X_{21}
数据驱动的生产优化(利用大数据分析市场需求, 提高生产效率)	X_{22}
政府政策的支持对白族扎染技艺的保护与传承至关重要	X_{23}
应加强对非遗传承人的扶持与培训	X_{24}
支持在教育体系中加入相关课程或体验活动	X_{25}
应尊重传统文化的内涵与精神	X_{26}
支持线上与线下相结合的非遗传承模式	X_{27}
是否愿意购买大理白族扎染相关产品	X_{28}
未来发展需要更多年轻人参与与创新	X_{29}
扎染数智化应更多应用于商业生产	X_{30}
扎染数智化可能会破坏扎染的手工韵味	X_{31}
我希望商家提供更多线上服务(如线上教学、定制等)	X_{32}