

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2026.01.012

巫昊燕. 利用精准农业技术促进国内乡村旅游可持续发展的空间视角分析 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2026, 48(1): 148-161.

利用精准农业技术促进国内乡村旅游可持续发展的空间视角分析

巫昊燕

重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331

摘要: 随着中国乡村振兴战略的推进, 精准农业技术不仅优化了农业生产过程, 也为农业旅游带来了新的发展机遇。通过地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)等技术, 采用最近邻指数、核密度估计和地理集中度指数等空间方法, 分析精准农业技术在农业旅游中的应用, 并根据中国 31 个省份(未含中国香港、澳门和台湾地区)的 1 399 个乡村旅游重点村空间分布状况评估游客偏好。研究发现, 农业旅游目的地在经济发达的东部地区呈现出显著的空间集聚效应。精准农业技术的应用显著提升了旅游质量, 特别是在产品、环境和技术这几个维度尤为明显。此外, 游客对精准农业技术的可视化展示和互动体验的农业旅游活动更感兴趣。

关键词: 精准农业; 农业旅游; 游客偏好; 空间分析; 最近邻指数; 核密度估计

中图分类号: F590.75

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2026)01-0148-14

Spatial Perspective Analysis of Utilizing Precision Agriculture to Promote Sustainable Development of Domestic Rural Tourism

WU Haoyan

School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China

Abstract: With the advancement of China's rural revitalization strategy, precision agriculture technology not only optimizes agricultural production process but also brings new development opportunities for agri-tourism. This study employed geographic information systems (GIS), global positioning systems (GPS), and spatial analysis methods such as the nearest neighbor index, kernel density estimation, and geographic

收稿日期: 2024-11-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(42071217); 重庆市教育委员会人文社会科学基金项目(24SKID069)。

作者简介: 巫昊燕, 硕士, 讲师, 主要从事山地城市规划及乡村旅游研究。

concentration index to analyze the application of precision agriculture technology in agritourism. The study examined the spatial distribution of 1 399 key rural tourism villages across 31 provincial-level administrative regions in China and assessed tourist preferences. The findings revealed a significant spatial agglomeration of agritourism destinations in the economically developed eastern regions. The application of precision agriculture technology had significantly enhanced tourism quality, particularly in the dimensions of products, environment, and technology. Moreover, tourists show a greater interest in agritourism activities that offer visual displays and interactive experiences with precision agriculture technology.

Key words: precision agriculture; agritourism; tourist preferences; spatial analysis; nearest neighbor index; kernel density estimation

随着全球工业化和城镇化进程加速,农业旅游作为一种新兴的农村发展模式,在全球范围内受到了广泛关注^[1],它不仅推动了农村经济的繁荣,保护了丰富的文化遗产,还为游客带来了别具一格的体验。在中国,随着乡村振兴战略的深入推进,农业旅游在促进农村经济、文化和社会进步方面发挥着越来越重要的作用,成为推动乡村振兴的关键力量^[2]。农业旅游涵盖了农场、果园等农业场所参观项目,让游客亲身体验耕作方法,参与农业活动,感受农村生活的韵味^[3]。农业旅游通过为农民创造收入、支持当地企业、促进社区参与等,为农村可持续发展注入活力。

精准农业技术,作为现代农业发展的一个重要方向,通过整合尖端信息技术与自动化机械,实现农业生产效率和作物产量的显著提升^[4]。该技术通过优化资源配置,减少化肥和农药使用,从而降低农业生产成本,并对环境产生较小的影响。此外,精准农业还通过提高农产品质量和食品安全水平,增强农业的可持续性^[5-6]。

随着精准农业技术的不断进步,农业旅游领域也迎来了新的增长机遇。特别是传感器和其他数字工具的广泛应用,为农业旅游带来了宝贵的数据支持,极大地改善了游客体验。这些技术工具能够实时监测土壤条件、天气模式和作物健康状况,为农民提供优化的经营活动,确保作物质量和产量具有科学依据^[7]。对于农业旅游者来说,这些数据的获取不仅提供了学习可持续农业实践的机会,而且使他们能够直观地见证技术如何影响农业,并深入了解影响作物生产的各种因素^[8-9]。传感器和数字工具还有助于提高农业旅游体验的安全性和便利性。例如,全球定位系统(GPS)和移动应用程序使游客能够轻松定位和导航前往农业旅游目的地^[10]。这些技术提供互动地图、路线建议和附近景点的信息,使游客更容易规划行程和探索农业景点。此外,传感器还可作为防范措施,监测游客区域,检测潜在危险,确保游客和动物安全^[11]。

虽然精准农业技术在农业生产中的应用已经呈现出显著的潜力,但学界对其影响农业旅游领域的探讨还相对有限。本研究通过深入分析农业旅游空间分布特征,评估精准农业技术对游客偏好的潜在影响,旨在为农业旅游规划、发展和管理提供有益参考,促进农业旅游与精准农业技术有效融合,推动农业旅游可持续发展。

本研究完成了以下工作:

1) 利用最近邻指数、核密度估计和地理集中度指数等空间分析方法,揭示中国乡村旅游重点村的空间分布特征,为农业旅游地理特性研究提供新的视角。

2) 评估地理信息系统(GIS)、物联网和遥感技术在农业旅游中的应用效果,并探讨这些技术如何提升游客旅游体验和旅游质量。

3) 构建一个多维度农业旅游质量评价体系,包括产品、环境、服务、价格、出行和技术等方面,全面评估农业旅游整体质量。通过分析游客在线评论,深入了解游客对农业旅游活动的感知和偏好,为市场营销

和产品开发提供可靠依据。

1 相关研究工作

1.1 精准农业技术与农业旅游融合

精准农业技术与农业旅游的结合正受到越来越多的关注,以应对现代农业的挑战。在这一领域,学者们探讨了多种技术如何促进农村发展并增强旅游体验。例如,黄信毅等^[12]研究了智能乡村项目,强调了乡村旅游与精准农业技术之间的协同效应,讨论了这些项目如何促进农村发展和经济增长,并指出通过精准农业技术可以提高农业生产的可持续性,同时为游客提供丰富的旅游体验。潘从文^[13]对精准农业中 GIS 和 GPS 的应用进行了全面调查,探讨了这些技术如何促进农田管理精细化、提高作物产量和质量,并为农业旅游提供了新的视角。滕玲玲等^[14]强调了遥感技术在精准农业中的作用,研究了遥感技术如何帮助监测作物生长状况和土壤条件,从而优化农业管理决策,为农业旅游提供真实的学习环境。毕尚俊^[15]从社会学角度分析了精准农业技术的实施,讨论了社会因素、知识共享和利益相关者合作在推动精准农业技术和农业旅游中的重要性。沈煜凡等^[16]讨论了精准农业技术的最新进展,如变量速率技术(VRT)和智能灌溉系统,并指出这些技术有助于提高农业生产力 and 增强环境可持续性,同时为游客提供互动体验。魏秀菊等^[17]对精准农业技术进行了全面概述,包括 GPS、GIS、遥感和自动化机械等,并探讨了这些技术如何提高农业生产效率和可持续性。王攀等^[18]从信息支持、技术支持、情感支持等多方面提供了不同类型农户科学施肥技术对提高农业产品产量、质量及农业可持续发展的有效建议。

将精准农业技术与农业旅游相结合,对改变农业旅游格局具有重要意义。精准农业技术的进步为提高农业生产力、资源效率和可持续性提供了机会。通过这些技术,农民可以优化种植方法,提高作物产量,并最大限度地减少对环境的影响,从而为高质量农业旅游发展奠定基础。农业旅游通过为游客提供身临其境的旅游体验,展示可持续的农业实践,并在消费者和农业部门之间建立更深的联系,与精准农业技术相辅相成。精准农业技术与农业旅游之间的这种共生关系可促进农村经济发展,并鼓励环境管理和文化遗产保护。然而,地理环境差异和社会文化背景可能限制这一模式的推广。例如,技术推广和接受度较低的农村地区,或是缺乏现代农业基础设施的区域,可能无法充分利用精准农业技术带来的优势。此外,游客对精准农业技术的认知和兴趣也会影响其旅游体验。

1.2 旅游空间集聚

旅游业的快速发展在一些地区形成了明显的产业集聚现象和趋势。旅游产业集聚的概念源于经济地理学,由 Andersson 等^[19]提出。产业集聚是指相同或相关企业的企业在特定地理区域内的集聚现象,这种集聚不仅仅是物理空间上的集中,还包括信息、资源和人力资本共享。旅游产业集聚是指基于丰富旅游资源的旅游企业在一定地理空间内的集聚。这一现象在全球范围内的多个旅游目的地得到了广泛验证,反映了经济发展的区域性特征和产业生态系统的形成状态。

空间集聚^[20]在旅游业发展过程中具有两面性。一方面,空间集聚能够增强企业竞争力,为旅游业提供良好的发展环境。研究表明,当相关旅游企业集中在同一地区时会产生乘数效应和外部效应,意味着旅游企业间的互动与协同可以推动整体产业增长,并促进旅游目的地的可持续发展。例如,集聚的旅游企业可以共享市场信息、降低运营成本、提高服务质量,从而吸引更多游客,进一步推动地区经济发展。另一方面,空间集聚也容易导致替代效应和恶性竞争。随着越来越多旅游企业集中在某一地区,市场竞争加剧可能导致价格战和企业利润下降,甚至影响到整个行业的健康发展。此外,旅游目的地过度集聚可能对环境造成负面影响,导致资源过度开发和环境破坏^[21]。城市基础设施的压力也会因此增大,影响到游客体验和当地居民的生活质量。

2 研究框架、数据与方法

2.1 研究框架

农业旅游质量评价指标通常源自游客感知,而游客感知反映了游客对旅游产品和服务的理解。农业旅游是一个以游客为主要消费群体的产业,因此游客的体验感极为关键。在游客评价高的地区,更有机会吸引更多的游客。

目前,关于空间集聚在农业旅游发展过程中的作用尚未形成统一认识,即究竟是集聚模式还是分散模式更有利于产业发展目前尚不明确。图 1 展示了农业旅游空间格局理论框架。该框架基于农业旅游产品的两个关键特征:农业旅游的空间格局(从分散到集聚)和服务质量(从低到高),有助于确定农业旅游的发展战略。随着农业旅游空间形态从分散到集聚演变,其服务质量也可能随之变化。目前,存在 4 种典型的状态:低质量高分散、高质量高分散、低质量高集聚、高质量高集聚。低质量高分散型通常代表农业旅游发展的初级阶段,特点是服务质量低、规模小。高质量高分散型表明区域内农业旅游呈现出单点发展模式,空间分布较为分散,在这种状态下农业旅游点之间相互独立,优质农业旅游点并未带动区域内其他农业旅游的发展。低质量高集聚型表明区域内的农业旅游虽然呈现集聚分布,但并未形成有效的质量提升,反而可能导致农业旅游之间的恶性竞争,属于规模虽大但服务质量低的发展模式。高质量高集聚型是理想型,充分发挥了产业集聚和空间协同优势,在区域内形成具有规模效应的优质农业旅游集聚区。

2.2 数据来源

本研究的数据来源多样,确保了研究的全面性和准确性。通过中国文化和旅游部官方网站(<https://www.mct.gov.cn/>)获取 2019—2022 年公布的 4 批全国乡村旅游重点村(共 1 399 个)信息数据,并分为 4 大板块,分别为东部地区、中部地区、西部地区和东北地区。为了对中国乡村旅游重点村的地理空间信息进行准确分类和分析,采用了百度坐标采撷系统,并从中国测绘地理信息局的标准地图服务网站下载了标准地图,制作精确的空间矢量地图。在地形和水

文数据方面,使用了中国科学院资源与环境科学数据中心(<https://www.resdc.cn/>)提供的 250 m 分辨率的 DEM(数字高程模型)数据和河流水系数据。此外,为了更好地理解乡村旅游重点村与区域经济发展之间的关系,还收集了来自中国统计局网站(<https://www.stats.gov.cn/>)的区域经济发展数据,以及各地区统计年鉴和相关统计公报中的信息。这些数据为分析精准农业技术背景下乡村旅游对区域经济的影响提供了重要依据(限于数据可得性,不包括中国香港、澳门和台湾地区)。

2.3 研究方法

在探索乡村旅游重点村的空间分布特征时,本研究采用了最近邻指数、核密度估计和地理集中度指数等空间分析方法,并将其与精准农业技术的分布数据、应用效果相结合,以全面评估精准农业技术对乡村旅游重点村空间分布的影响。

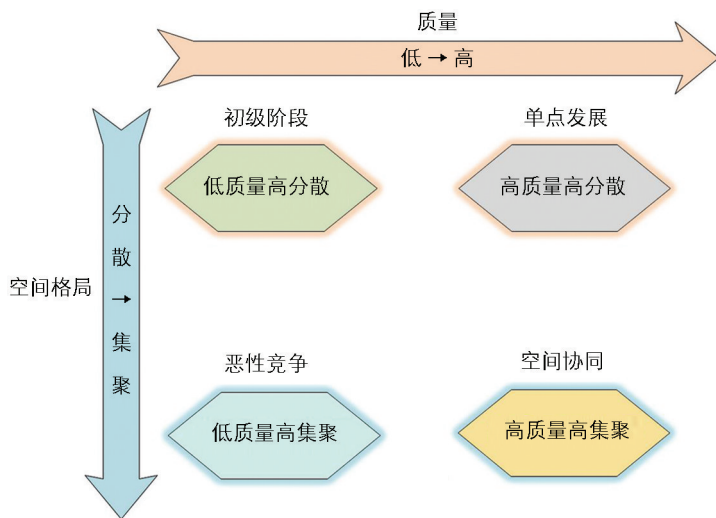


图 1 农业旅游空间格局理论框架

2.3.1 最近邻指数

最近邻指数可用于分析重点旅游村在地理空间中的接近程度,并衡量点要素的空间分布类型。本研究利用 ArcGIS 软件中的空间统计工具,结合精准农业技术的分布数据,分析重点旅游村在地理空间中的接近程度,并衡量点要素的空间分布类型。将精准农业技术的应用程度作为影响因子,调整最近邻指数的计算方法,以反映精准农业技术应用对旅游村空间分布的影响。其计算公式为:

$$R = \frac{\bar{r}_x}{r_E} \quad (1)$$

式中: R 表示最近邻指数; \bar{r}_x 表示最近邻距离 r_x 与理论最近邻距离之间的平均值; r_E 表示理论最近邻距离的期望值。当 $R < 1$ 时,乡村旅游重点村分布倾向于集中;当 $R > 1$ 时,乡村旅游重点村分布均匀;当 $R = 1$ 时,乡村旅游重点村分布随机。 r_E 的计算公式为:

$$\bar{r}_E = \frac{1}{2} \sqrt{n/G} \quad (2)$$

式中: G 表示研究区域面积; n 表示研究区域内乡村旅游重点村数量。

2.3.2 地理集中度指数

地理集中度指数主要用于度量样本在地理空间中空间分布的集中程度。本研究将精准农业技术的分布和应用效果作为权重因素,以评估乡村旅游重点村在实际空间分布中的集聚程度,并分析精准农业技术对旅游村集聚的影响。当地理集中度指数较大时,说明乡村旅游重点村在某个区域内高度集中;地理集中度指数较小时,说明分布较为分散。其计算公式为:

$$A = 100 \times \sqrt{\sum_{p=1}^t \left(\frac{U_p}{W} \right)^2} \quad (3)$$

式中: A 表示地理集中度指数; U_p 表示第 p 个省份中的乡村旅游重点村数量; W 表示中国乡村旅游重点村总数; t 表示省份总数。

2.3.3 非均衡指数

非均衡指数是反映点要素分布状况的指标,可用来分析我国各省份乡村旅游重点村分布的均衡程度。本研究引入洛伦兹曲线,进一步反映乡村旅游重点村的非均衡性。洛伦兹曲线表示变量的累计占比,并按从低到高的顺序排列。计算公式为:

$$S = \frac{\sum_{p=1}^t U_p - 50(t+1)}{100t - 50(t+1)} \quad (4)$$

式中: S 表示非均衡指数。

2.3.4 核密度估计

在统计学中,核密度估计是一种估计随机变量概率密度函数的非参数方法,通过将已知密度函数平均分布于观测数据点来创建平滑的近似值。核密度估计可以通过测试样本点密度的区域空间变化,反映空间分散或聚集特征,从而确定样本的集中或分散程度。本研究通过核密度估计分析乡村旅游重点村的空间分布模式,并结合精准农业技术分布数据,识别精准农业技术应用与乡村旅游重点村空间分布的相关性,从而评估精准农业技术对乡村旅游重点村空间聚集或分散的影响。核密度估计的计算公式为:

$$f(i) = \frac{1}{nb} \sum_{k=1}^n K\left(\frac{i-ik}{b}\right) \quad (5)$$

式中: $f(i)$ 表示乡村旅游重点村的核密度估计值; ik 表示第 k 个乡村旅游重点村的空间位置坐标; $i-ik$ 表示从估计点 i 到 ik 的欧氏距离; b 表示核密度估计的带宽参数(用于控制核函数的平滑程度,带宽越大,估计结果越平滑); K 表示核函数(空间权重函数)。

2.3.5 地理连接率

本研究将地理连接率用于分析旅游资源禀赋对中国乡村旅游重点村空间分布的影响。通过将精准农业

技术覆盖范围和应用效果作为重要的旅游资源禀赋指标, 可以评估其对乡村旅游重点村空间分布的直接影响。地理连接率为 0~100, 数值越大, 说明乡村旅游重点村与旅游资源禀赋的空间重合度越高, 空间连接越紧密。其计算公式为:

$$Q = 100 - \frac{1}{2 \sum_{p=1}^n |i_p - j_p|} \quad (6)$$

式中: Q 为地理连接率; i_p 表示第 p 个省份中的乡村旅游重点村数量占中国乡村旅游重点村总数的比例; j_p 表示第 p 个省份中的农业旅游景点数量占中国农业旅游景点总数的比例。

2.3.6 空间自相关分析

空间自相关分析用于判断空间中点要素及其邻近点之间是否存在关联, 是衡量空间相关性的重要指标。本研究在进行空间自相关分析时, 引入精准农业技术应用数据作为空间权重矩阵的调整因素, 以评估精准农业技术应用对乡村旅游重点村空间分布模式的影响。该指数通过计算分局 Moran's I 指数值、 Z 值和 p 值来评估空间分布模式。全局 Moran's I 指数可用于判断区域内要素的空间分布是聚集、离散还是随机, 其计算公式为:

$$I = t \frac{\sum_{x=1}^t \sum_{y=1}^t M_{xy} (U_x - \bar{I})(U_y - \bar{I})}{\sum_{x=1}^t \sum_{y=1}^t M_{xy} \sum_{x=1}^t (U_x - \bar{I})^2} \quad (7)$$

式中: U_x 和 U_y 分别表示区域 x 和区域 y 中的乡村旅游重点村数量; M_{xy} 表示空间位置权重矩阵, 当 x 和 y 相邻时, $M_{xy}=1$, 当 x 和 y 不相邻时, $M_{xy}=0$; \bar{I} 表示平均值; Moran's I 的值为 $[-1, 1]$, 1 表示强正空间自相关, 0 表示随机模式, -1 表示强负空间自相关。

研究过程如图 2 所示。本研究构建了一个基于大数据的农业发展优化框架。首先, 客观分析不同农业旅游的空间特征。根据其功能和规模差异, 将农业旅游活动分为不同类型。空间特征需要识别空间分布模式和密度, 通过地理信息系统(GIS)空间分析技术对农业旅游的集聚或分散特征进行分析。其次, 从情感感知和主题感知两个角度评估游客对农业旅游的感知。利用百度人工智能(AI)平台的情感倾向分析模块分析游客的正面和负面情绪, 并通过词语分词分析游客关注的核心问题。再次, 基于游客感知, 构建一个农业旅游质量评价方法, 重点关注产品、环境、服务、价格、出行、技术等因素。最后, 结合空间格局和游客感知, 探讨农业旅游的优化策略。

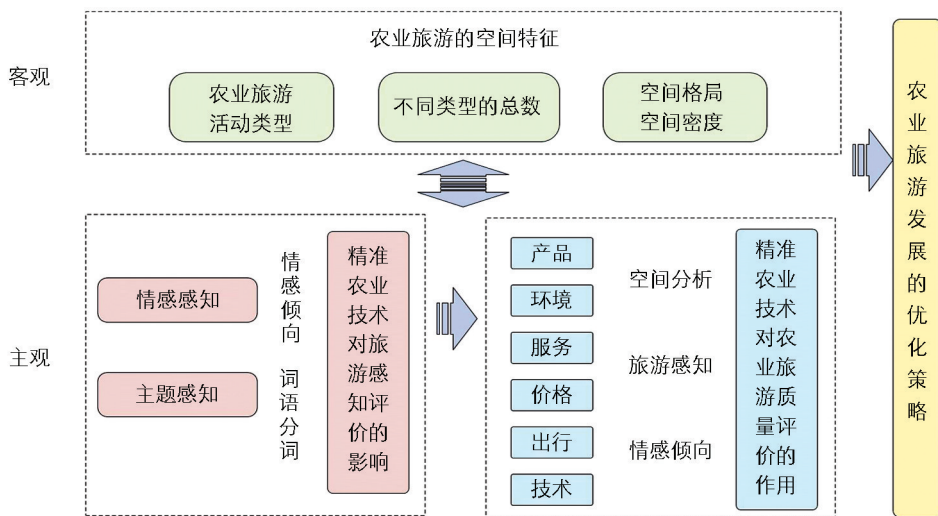


图 2 研究过程

2.3.7 游客感知评价

本研究采用百度 AI 平台的情感倾向分析模块,对游客评论中的正面与负面情绪进行分析。该方法可自动判别游客评论的情感极性类别,并提供相应的置信水平。情感极性分为正面、负面和中性 3 类。情感倾向分析通过对含有主观信息的文本进行处理,估计情感倾向,从而为用户提供决策支持。基于深度学习的模型,系统能够自动学习深层次的语义和句法特征,具备较高的泛化能力,尤其在处理较长文本时效果显著。

通过词语分词分析,进一步探讨游客的核心关注点及当前农业旅游产品的优缺点,并对不同情感倾向的游客关注点进行比较分析。借助 Python 的 Jieba 库(一个开源的中文分词工具,支持多种分词模式,如精确模式和搜索引擎模式,常用于中文自然语言处理任务)对游客评论进行分词处理,剔除常见停用词后统计评论文本中的常用词汇,揭示游客对农业旅游的主要关切点^[22]。然后,结合情感分析,通过词语分词进一步挖掘游客所表达的优势与不满之处。

2.3.8 基于游客感知的农业旅游质量评价

农业旅游质量评价指标如表 1 所示。在评估农业旅游质量时,将精准农业技术的应用作为一个重要维度,通过分析游客评论中对精准农业技术应用的情感倾向,评估游客在技术应用维度的体验,并确定该维度的权重,从而对农业旅游整体质量进行全面评价。本研究通过分析公共评论网站上的乡村旅游重点村游客评论数据,对农业旅游质量进行了评估。结合数据可获取性以及精准农业技术的应用情况,将农业旅游质量特征划分为 6 个维度:产品(质量和设施)、环境(景观、卫生、空间和氛围)、服务(态度和体验)、价格、出行(交通和位置)、技术(展示和互动)。

表 1 农业旅游质量评价指标

目标层	系统层	指标层
农业旅游质量评价指标	产品(0.32)	质量(0.677)
		设施(0.323)
	环境(0.09)	景观(0.231)
		卫生(0.415)
		空间(0.118)
		氛围(0.236)
	服务(0.20)	态度(0.345)
		体验(0.655)
	价格(0.06)	价格(1.000)
		出行(0.08)
	技术(0.25)	交通(0.474)
		位置(0.526)
		展示(0.500)
		互动(0.500)

通过对游客评论中各维度的情感倾向进行分类和评分,综合评估游客在不同维度的体验,并在此基础上确定各维度的权重,从而对农业旅游的整体质量进行全面评价。具体步骤如下:

1) 文本预处理:该步骤包括句子分割、标记化处理以及去除停用词。

2) 特征—观点对提取:假设每个句子都在评估特征对象的一个维度,观点词(情感)与特征词(维度)在子句中具有直接联系。

3) 权重确定: 通过层次分析法来确定各维度的权重。

4) 情感评分计算: 情感评分根据情感的倾向性和程度进行计算, 具体公式为:

$$f_s = u_s \times d_s \quad (8)$$

式中: f_s 表示第 s 个分词句子的情感得分; u_s 表示第 s 个分词句子的情感倾向性; d_s 表示第 s 个分词句子的情感程度。情感倾向性分为正面、中性和负面, 分别用 1、0 和 -1 表示; 情感强度分为强、中、弱, 分别用 3、2 和 1 表示; 情感程度分为 3 个等级, 即强烈、中等和微弱, 分别用 3、2 和 1 表示。

5) 维度评分计算: 考虑到不同句子可能评价同一农业旅游特征, 依据预定义维度特征词典, 将特征句子进行合并。通过计算每个维度的得分, 评估农业旅游各维度的表现:

$$S_l = \sum_{o=1}^h \frac{1}{c_o} \sum_{s=1}^{c_o} f_s \cdot M_o \quad (9)$$

式中: S_l 表示系统层中第 l 个维度的得分; l 表示系统层的维度; o 表示指标层维度; h 表示指标层维度数量; c_o 表示指标层第 o 维度分割后的句子数量; M_o 表示指标层权重。

6) 总体质量评分计算:

$$S_{\text{Score}} = \sum_{l=1}^g S_l \cdot m_l \quad (10)$$

式中: S_{Score} 表示农业旅游总体质量评分; g 表示系统层维度数量; m_l 表示系统层权重。

3 结果与分析

3.1 精准农业技术应用的空间分布特征分析

3.1.1 均衡性分析

中国乡村旅游重点村游客数量的洛伦兹曲线如图 3 所示。由图 3 可知, 该曲线呈现出明显的凸形特征, 表明乡村旅游重点村在资源、发展水平和游客吸引力等方面处于显著的不平衡状态。具体而言, 部分乡村旅游重点村可能因地理位置优越、自然景观丰富或文化底蕴深厚而吸引了大量游客, 从而形成了较高的经济收益和发展潜力。而另一些相对偏远或缺乏特色的乡村则可能面临游客稀少、经济效益低下的问题。这种不均衡发展态势不仅影响了各个乡村之间的竞争格局, 也给整体乡村振兴战略实施带来了挑战。

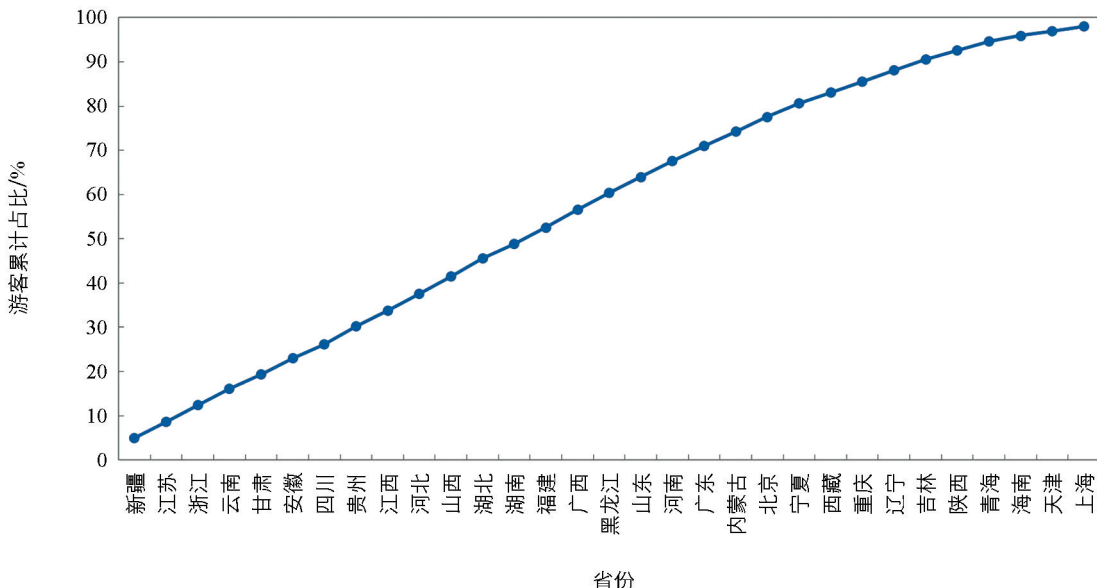


图 3 中国乡村旅游重点村游客数量的洛伦兹曲线

3.1.2 空间分布格局分析

中国乡村旅游重点村平均最近邻距离分析参数如表 2 所示。在分析中国 31 个省份(限于数据可得性,不包括中国香港、澳门和台湾地区)乡村旅游重点村的区位要素时,本研究采用了精准农业技术中的 ArcGIS 10.5 软件,精确计算和分析乡村旅游重点村的空间分布情况,得到中国 31 个省份乡村旅游重点村村区位要素的最近邻指数。依据《中国土地资源与利用状况》第二次全国土地调查成果,计算面积设定为 947.805 7 万 km^2 。平均观测距离为 32 126.38 m,期望平均距离为 44 454.94 m,最近邻指数为 0.72。

由表 2 可知,全国乡村旅游重点村的平均最近邻指数为 0.72,总体上存在集聚趋势。东部、中部、西部、东北部的最近邻指数分别为 0.33、0.37、0.58、0.46,表明东部乡村旅游重点村之间具有较强的空间集聚性。这种分布特征与地区的经济发展水平和交通基础设施完善程度密切相关,经济发达且交通便捷的东部地区更有利于乡村旅游重点村的形成和集聚。研究结果表明,精准农业技术,特别是 ArcGIS 10.5 软件的应用为乡村旅游重点村的空间分布提供了精准分析,有助于科学决策和资源优化。

表 2 中国乡村旅游重点村平均最近邻距离分析参数

区域	重点村数量	最近邻指数	区域	重点村数量	最近邻指数
全国	1 399	0.72	西部	563	0.58
东部	421	0.33	东北部	124	0.46
中部	291	0.37			

中国不同地区乡村旅游重点村的地理集中度指数如表 3 所示。由表 3 可知,东部地区的地理集中度指数值最高,表明该地区的乡村旅游重点村分布最为集中。中部和西部地区的地理集中度指数值较低,表明这些地区的乡村旅游重点村分布较为分散。东北部地区的地理集中度指数值最低,表明该地区的乡村旅游重点村分布最为分散。通过地理集中度指数分析可知,精准农业技术应用在一定程度上促进了乡村旅游重点村的空间集聚,特别是在东部地区。

表 3 中国不同地区乡村旅游重点村的地理集中度指数

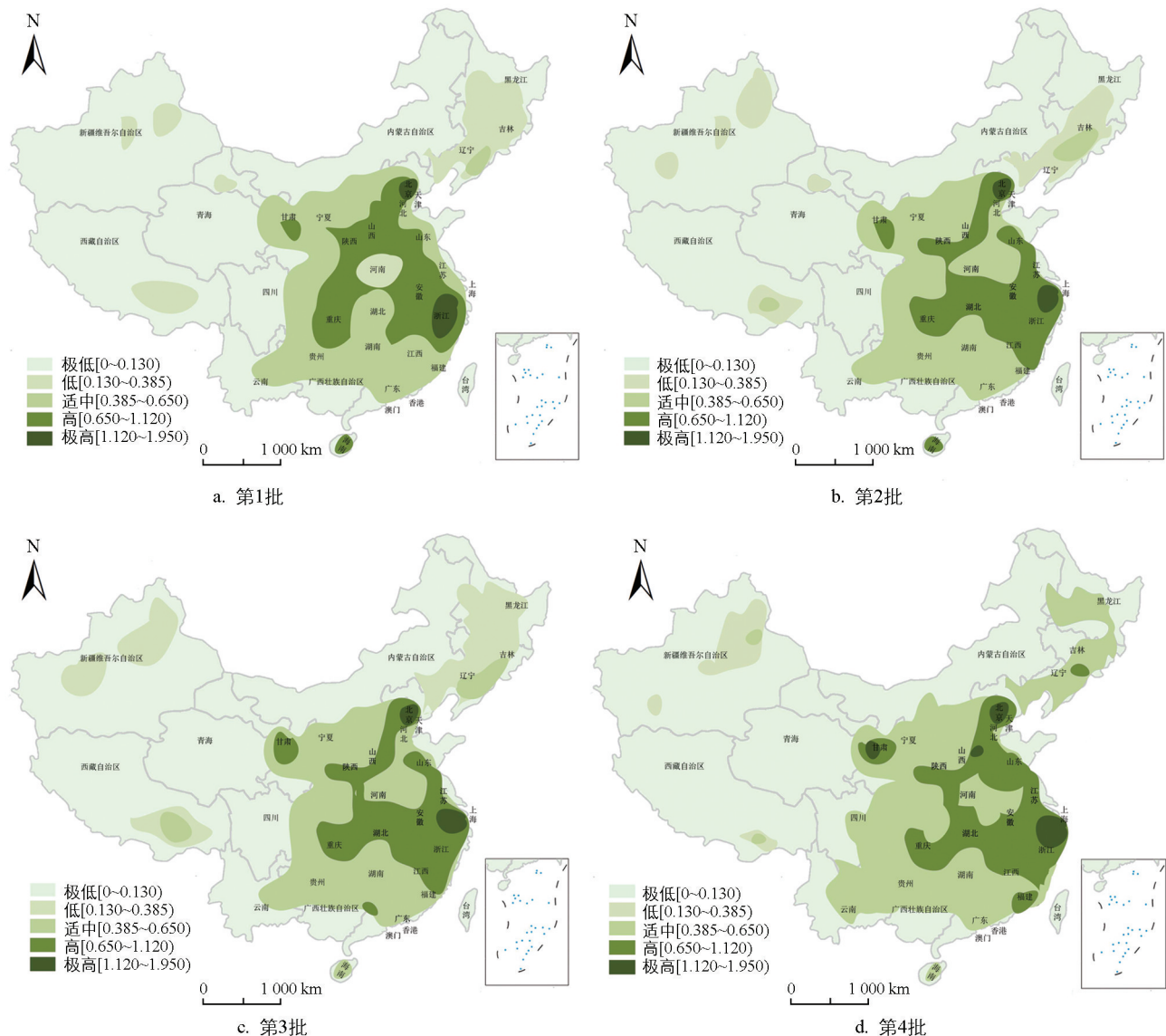
地区	乡村旅游重点村数量	地理集中度指数	地区	乡村旅游重点村数量	地理集中度指数
东部	421	0.33	西部	563	0.2
中部	291	0.25	东北部	124	0.15

3.1.3 空间分布核密度分析

全国乡村旅游重点村空间分布核密度结果如图 4 所示。本研究采用 ArcGIS 10.5 软件分析了第 1 批至第 4 批乡村旅游重点村的核密度估计结果。基于先前的研究,采用 Jenks 自然断点分类法^[23],通过 ArcGIS 10.5 软件设置了相同的分析参数。根据核密度估计值的大小,将区域划分为极低密度区、低密度区、中密度区、高密度区和极高密度区。

由图 4 中可知:

1) 第 1 批乡村旅游重点村呈现出显著的东密西疏格局,形成了两个极高密度核心、一个高密度集聚带以及若干高密度集聚区。极高密度核心分别位于北京市和浙江省;高密度集聚带主要包括华北平原、关中平原、长江下游、川渝地区等;高密度集聚区还包括环渤海部分地区、长三角、甘肃省、海南省等。低密度核心区主要分布在新疆、西藏、青海和辽宁等省份,这些地区乡村旅游重点村数量稀少、分布极为离散,与当地自然条件严苛、经济发展相对滞后以及精准农业技术应用较少密切相关。



审图号: GS(2023)2763号

图4 全国乡村旅游重点村空间分布核密度结果

2) 第2批乡村旅游重点村整体上呈现出“东密西疏、南北分异”的空间格局,与第1批相比,高密度区进一步向东部沿海和中部核心地带强化,西部低密度区范围基本维持原状,稀疏特征依然显著。具体表现为:第2批乡村旅游重点村形成了两个极高密度核心,位置与第1批高度一致,分别位于北京市和浙江省,表明这两地作为全国乡村旅游重点村布局的“双核”地位持续稳固。高密度集聚带主要呈南北向分布,北起环渤海地区,经华北平原、关中平原,向南延伸至长江中下游平原,并继续向西南延伸至重庆与贵州交界地区,形成一条连接多个经济核心区的高密度走廊。高密度集聚区还包括山东半岛、长三角核心区、福建沿海及武夷山地区,这些区域在第2批名单中得到进一步强化。

3) 第3批乡村旅游重点村的空间集聚特征在继承前两批“双核引领”(北京、浙江)格局的基础上,呈现出“核心集约化、边缘精准化”的结构优化特征,反映了精准农业技术推广与乡村旅游高质量发展的深度绑定。与前两批相比,京津冀、长三角两大核心增长极的高密度连绵区并未单纯“适度集约”,而是形成“核心集聚+周边辐射”的紧凑格局——核心区域内乡村旅游重点村通过共享精准农业技术资源(如物联网监测平

台、GIS 统筹管理系统等)实现协同发展,避免了同质化竞争,空间分布更具规划性。同时,西南(西藏南部)、西北(新疆北部)及东北(黑龙江沿边)等边疆地区的乡村旅游重点村实现突破性延展,这些新增重点村并非单纯的“空间扩容”,而是依托当地特色农业资源,引入了基础精准农业技术(如简易土壤传感器、无人机植保展示等),形成“技术适配型”旅游节点,有效填补了边远地区农业旅游的发展空白,而非直接“缓解空心化”(空心化涉及人口、产业等多维度,乡村旅游重点村的布局更多是产业赋能)。

4) 第 4 批乡村旅游重点村的空间格局在第 3 批“精准提质”的基础上,实现了“核心强化、廊道贯通、边缘补位”的全面升级,精准农业技术的区域协同效应成为空间优化的关键驱动力。最显著的变化是中东部高密度走廊的“连片状贯通”:京津冀、长三角核心区的中高密度覆盖范围进一步扩大,沿黄河流域、长江经济带及东部沿海的乡村旅游重点村不再是孤立的集聚板块,而是通过 GIS 空间规划技术、跨区域旅游导航系统实现资源联动,形成“技术赋能型”连片集聚带,实现了空间上的有机融合;与此同时,青海东部、东北沿边等边缘地区出现“技术支撑型”点状突破——这些区域的重点村通过引入低成本精准农业技术(如水质监测设备、智能温室简易展示等),打造差异化农业旅游产品,使低密度集聚区范围显著缩小,不仅体现了乡村旅游发展的普惠性与均衡性,更印证了精准农业技术对边远地区农业旅游发展的支撑作用,推动形成“核心引领、廊道联动、边缘特色化”的全国乡村旅游空间新格局。

总体来看,在乡村旅游重点村核密度估计分析中,极高密度区主要分布在黑河—腾冲线以东,这与黑河—腾冲线以东社会经济发达、人口密集相符。而受自然环境恶劣、经济发展水平相对滞后、人口密度低、交通可达性差等因素影响,乡村旅游重点村在西部分布较为零散。

3.1.4 空间分布相关性分析

中国乡村旅游重点村全局 Moran's I 指数及验证值如表 4 所示。全局 Moran's I 指数是衡量空间数据全局自相关的一个统计量,其值为 $-1 \sim 1$ 。正值表示空间上的正相关性,即相似的值倾向于在空间上聚集;负值则表示空间上的负相关性,即相似的值倾向于在空间上分散;而接近零的值则表明空间上没有明显的自相关性。由表 4 可知,第 1 批至第 4 批乡村旅游重点村的全局 Moran's I 指数分别为 0.217、0.166、0.223 和 0.208,对应的正态统计值 Z 分别为 3.077、2.446、3.214 和 2.833,检验效果显著。这些数据表明,乡村旅游重点村空间分布存在显著的正空间相关性。

表 4 中国乡村旅游重点村全局 Moran's I 指数

批次	全局 Moran's I 指数	方差	Z 值	p 值
第 1 批	0.217	0.007	3.077	0.003
第 2 批	0.166	0.007	2.446	0.016
第 3 批	0.223	0.007	3.214	0.002
第 4 批	0.208	0.007	2.833	0.006

3.2 精准农业技术对游客感知评价的影响

GIS 作为精准农业技术的关键组成部分,为农业旅游活动的分类和质量评价提供了强有力的空间分析工具。通过 GIS 技术,不仅可以了解各类农业旅游活动的地理分布,还可以进一步分析游客对不同农业旅游活动的感知和评价。农业旅游的类型、特点及精准农业技术应用如表 5 所示。本研究通过应用 GIS 和大数据分析技术,结合农业旅游的规模、功能特点及地理位置,将乡村旅游重点村的农业旅游活动分为 6 大类:采摘园、垂钓、休闲农场、农家乐、种植养殖、农业科技体验。

3.3 精准农业技术对农业旅游质量评价的作用

中国 4 大区域农业旅游质量评分如表 6 所示。本研究将农业旅游质量评价分为 4 个等级,分别为:1 级 $[1.5, 3]$ 、2 级 $[1, 1.5)$ 、3 级 $[0.5, 1)$ 和 4 级 $[0, 0.5)$ 。在对中国乡村旅游重点村的农业旅游质量进行综合评价时,精准农业技术在提升旅游体验方面发挥了重要作用。通过对 4 大区域的实地调查和数据分析,从产品到精准农业技术各个维度分析了基于游客感知的农业旅游质量评分。

表 6 中国 4 大区域农业旅游质量评分

维度	东部	中部	西部	东北部	评分等级
产品	1.85	1.45	1.20	1.30	1~2
环境	1.60	1.10	0.90	1.05	2~3
服务	1.75	1.30	1.10	1.25	1~2
价格	0.90	0.75	0.60	0.80	2~3
出行	1.50	1.20	0.80	1.00	2~3
精准农业技术	1.90	1.40	1.00	1.30	1~2

表 6 反映了精准农业技术在提升农业旅游质量方面的作用。东部区域由于较早引入精准农业技术,因此在产品、服务等方面评分较高;中部和东北部区域正在逐步应用这些技术,因此评分适中;西部区域在精准农业技术应用上相对滞后。

4 结论

本研究分析了精准农业技术在农业旅游中的应用及其对空间分布特征和游客偏好的影响。基于全国乡村旅游重点村的地理数据,通过最近邻指数、地理集中度指数、核密度估计等空间分析方法,结合精准农业技术的应用数据,评估其对农业旅游空间集聚或分散的影响。研究发现,精准农业技术的广泛应用显著提高了乡村旅游重点村的旅游质量。研究结果表明,精准农业技术有助于优化农业旅游的空间分布模式,推动农业旅游可持续发展,为未来旅游规划和管理提供了重要的参考依据。

本研究对基于精准农业技术的农业旅游空间分布特征进行了深入探讨,虽然在一定程度上丰富了理论和实证框架,但仍存在一些需要完善的地方:① 数据来源限制:研究依赖于公开数据和特定时间点的调查数据,可能存在数据更新不及时或数据不全面的问题。② 游客感知评估:研究主要基于在线评论和反馈,可能未能全面覆盖所有游客群体,且在线评论可能存在偏差。在未来的研究中,将考虑收集更广泛地区的数据,包括更多样本和更长时间的数据,以获得更加全面的理论支撑。

参考文献:

- [1] 李麦泥. 基于人工智能技术的生态农业特色旅游的研究 [J]. 南方农机, 2022, 53(4): 112-115.
- [2] 陈志军, 徐飞雄. 乡村旅游地旅游发展对乡村振兴的影响效应与机理——以关中地区为例 [J]. 经济地理, 2022, 42(2): 231-240.
- [3] 林晨. 乡村振兴背景下苏州市生态农业发展措施 [J]. 农业工程, 2023, 13(1): 153-156.
- [4] AKHTER R, AHMAD SOFI S. Precision Agriculture Using IoT Data Analytics and Machine Learning [J]. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 2022, 34(8): 5602-5618.

- [5] SINGH A K. Precision Agriculture In India—Opportunities and Challenges [J]. *Indian Journal of Fertilisers*, 2022, 18(4): 308-331.
- [6] 程志颖, 李岩. 技术进步对农业经济增长的影响研究——基于我国 31 个省域面板数据的实证分析 [J]. *农业经济*, 2024(9): 32-34.
- [7] SINGH D K, SOBTI R, JAIN A, et al. LoRa Based Intelligent Soil and Weather Condition Monitoring with Internet of Things for Precision Agriculture in Smart Cities [J]. *IET Communications*, 2022, 16(5): 604-618.
- [8] TIAN T, ZHANG Y C, MEI Y M. Intelligent Analysis of Precision Marketing of Green Agricultural Products Based on Big Data and GIS [J]. *Earth Science Informatics*, 2022, 15(3): 1395-1406.
- [9] 张帮锐, 张军以. 中国主要油料作物 2000—2020 年生产时空演化特征及驱动因素分析 [J]. *西南农业学报*, 2024, 37(6): 1377-1385.
- [10] 范占领, 陈崇成. 文旅元宇宙: 概念、关键技术及应用场景 [J]. *遥感学报*, 2024, 28(5): 1161-1176.
- [11] 房江奇, 杨金政, 安政伟, 等. 无人机核应急航空监测技术体系构建与思考 [J]. *中国辐射卫生*, 2023, 32(4): 456-460, 465.
- [12] 黄信毅, 刘文昌. 主动“破圈”——新质生产力与乡村振兴的媒介融合与创生研究 [J]. *农业图书情报学报*, 2024, 36(4): 72-90.
- [13] 潘从文. 农田信息采集技术在精准灌溉中的应用 [J]. *农业工程技术*, 2024, 44(14): 42-43.
- [14] 滕玲玲, 毛元龙. 农业土地测绘中遥感航测技术的应用 [J]. *农业工程技术*, 2024, 44(17): 22-23.
- [15] 毕尚俊. 数字农业技术在推动农业转型升级中的应用路径 [J]. *农业工程技术*, 2023, 43(11): 131-132.
- [16] 沈煜凡, 鱼雅楠. 智慧农业助力乡村振兴的路径思考 [J]. *农业工程技术*, 2024, 44(14): 109-110.
- [17] 魏秀菊, 朱明, 廖艳. 推动农业工程发展 保障我国粮食安全 [J]. *科技导报*, 2023, 41(20): 5-19.
- [18] 王攀, 李谷成, 刘迪, 等. 不同类型农技推广方式对农户科学施肥技术采纳行为的影响——兼论社会信任的调节效应 [J]. *干旱区资源与环境*, 2024, 38(2): 150-157.
- [19] ANDERSSON M, LARSSON J P. Mysteries of the Trade? Skill-Specific Local Agglomeration Economies [J]. *Regional Studies*, 2022, 56(9): 1538-1553.
- [20] 张志新, 妙丽英. 创新要素集聚对农业绿色技术进步空间溢出效应分析 [J]. *生态经济*, 2024, 40(1): 103-110.
- [21] 谢朝武, 黄锐. 目的地旅游安全事件集群: 概念框架与测度体系研究 [J]. *旅游学刊*, 2023, 38(5): 42-57.
- [22] LIN Y, YU W, LI H, et al. Satisfaction Analysis and Optimization of the Management of the Forbidden City in Beijing Based on Online Reviews [J]. *Advances in Engineering Research: Possibilities and Challenges*, 2025, 1(1): 17-31.
- [23] WEN H J, HU J W, ZHANG J L, et al. Rockfall Susceptibility Mapping Using XGBoost Model by Hybrid Optimized Factor Screening and Hyperparameter [J]. *Geocarto International*, 2022, 37(27): 16872-16899.

责任编辑 夏娟

崔玉洁