

大运河文化带新质生产力的时空分异特征与影响因素

——基于机器学习 XGBoost-SHAP 模型

周丙锋^{1a}, 史 静^{1a}, 谢新水^{1b}, 刘 晟², 曹倩倩^{1a}

(1. 首都师范大学 a. 资源环境与旅游学院, b. 管理学院, 北京 100048; 2. 安徽大学 商学院, 合肥 230039)

摘要: 采用熵值法对大运河文化带的新质生产力进行测算, 并深入探究其时空分异特征。基于极限梯度提升算法-可解释机器学习(XGBoost-SHAP)模型对影响因素进行研究, 以探讨影响因素之间的交互效应。结果表明: 大运河文化带新质生产力发展水平呈现波动增长态势, 相比于绿色生产力、科技生产力, 数字生产力占新质生产力比例更大。各地区新质生产力发展水平存在一定差异, 北京、江苏、浙江部分地级市为新质生产力发展高峰, 河南、安徽为新质生产力发展低谷, 且2020年各地新质生产力水平均有所提升。其聚集效应沿大运河呈现“三角”分布现象, 且表现出“两角聚集夹分异”的发展趋势。每百人移动电话用户数、全要素劳动生产率等为影响大运河文化带新质生产力水平的主导因素, 且各个主导因素之间存在交互效应。

关键词: 新质生产力; 大运河文化带; 时空分异; XGBoost-SHAP 模型

中图分类号: F014.1

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2025)01-0014-09

doi: 10.3969/j.issn.1003-2363.2025.01.003

0 引言

2023年9月, 习近平总书记初次提到“新质生产力”这一概念^[1], 并在2024年1月31日的中共中央政治局集体学习中再次提及。新质生产力是新发展格局下与经济高质量发展相适应的生产力形式, 核心是创新驱动, 其发展基于对新产业、新业态、新模式的需求和支持, 引发了学术界广泛讨论。大运河文化带横跨我国中东部地区的8个省份, 涵盖86个城市, 是我国人口密集区和重要经济承载区, 但经济发展不平衡现象日益突出, 环境和资源方面的问题显著。探索大运河文化带新质生产力既是迫在眉睫的现实需求, 也是遵循经济发展规律的必然要求。

当前, 学界针对新质生产力的研究多集中于理论层面, 且处于起步阶段。已有研究分析了生产力的内在逻辑和内涵特征^[2-5], 探讨其具体内容和表现形式^[6-8], 还有学者论述了新质生产力的意义和发展路径^[9-10]。也有学者基于生产力的三要素^[11-12]和涵盖的内容^[13]构建指标体系, 研究新质生产力区域差异、集聚效应和时空演进。通过文献梳理发现: 新质生产力的意义、新质生产力概念的界定以及发展新质生产力的路径和着力点都还有待进一步深入研究。具体来说, 一是现有研究并未明确界定新质生产力的核算范围, 已有的新质生产力

水平核算指标可能存在涵盖面不足的问题; 二是围绕新质生产力, 多数研究停留在定性分析层面, 对新质生产力发展所面临现实问题的探讨不足, 缺乏新质生产力发展的影响因素分析; 三是现有研究多集中于大尺度层面, 缺少结合区域发展特点的、中小尺度的新质生产力量化研究。

基于以上研究困境, 本研究结合大运河文化带的地理空间特点^[14], 构建了新质生产力评价指标体系, 并对新质生产力水平进行了定量测算。通过探索性空间分析(ESDA)和空间自相关分析, 研究了大运河文化带新质生产力的时空分异特征和集聚效应。进一步结合XGBoost-SHAP机器学习的方法, 分析了影响新质生产力发展的关键因素, 揭示了区域发展中的短板。本研究为大运河文化带新质生产力发展提供数据支持, 并为区域量化研究提供参考, 具有重要学术和实践价值。

1 研究区域、研究方法与数据来源

1.1 研究区域

大运河文化带是我国经济承载区和人口密集区, 横跨南北8个省份^[15], 包括江苏、浙江、安徽、北京、天津、河北、河南和山东的86个城市(图1)。串联着长江三角洲城市群、京津冀城市群、中原城市群以及山东半岛城市群, 与长江经济带发展、京津冀协同发展以及“一带一路”建设紧密相连, 承载着重要的战略使命^[16]。同时, 其还是连接海港与内陆丝绸之路城市的重要水上通道, 有效推动沿线经济文化交流。大运河文化带的经济发展呈现“京杭繁荣、隋唐转型、浙东较慢”的阶梯式格局, 各区域发展差异显著且短期难以弥合。2024年, 大运河文化带的总人口达到5.2亿人, 占全国人口的37.05%。大

收稿日期: 2024-05-15; 修回日期: 2024-12-25

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(21ZDA112)

作者简介: 周丙锋(1981-), 男, 安徽涡阳县人, 副研究员, 博士, 主要从事社会地理计算研究, (E-mail) zbf@cnu.edu.cn。

通信作者: 谢新水(1973-), 男, 湖南涟源市人, 教授, 博士, 主要从事政治学理论、政务诚信研究, (E-mail) xiexs@cnu.edu.cn。

运河文化带南北经济差异显著,河北、河南人均 GDP 分别为 5.93 万元、6.01 万元,而江苏和浙江的人均 GDP 分别高达 15.05 万元和 12.50 万元。因此,对大运河文化带新质生产力的研究具有重要的代表性和学术价值^[17]。

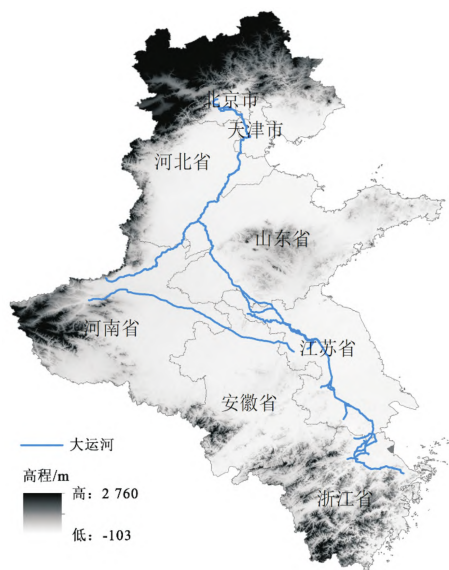


图 1 研究区域

Fig. 1 Study area

1.2 数据来源

研究数据为大运河文化带 8 个省份 86 个城市 2012—2021 年的面板数据,数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》等,为保证测评数据的完整性和精准度,对个别缺失年份的数据采用插值法处理。大运河文化带覆盖的省份及城市信息来源于 2019 年《大运河文化保护传承利用规划纲要》。河流水系数据来源于地理空间数据 (<http://www.gscloud.cn/sources/>) 和中国科学院资源环境科学与数据中心 (<https://www.resdc.cn/>)。

1.3 研究方法

1.3.1 熵值法

熵值法避开了主观赋权法的弊端,能够根据指标数据的离散程度较为客观地反映各项指标在整个评价体系中的重要性。离散程度增加,相应指标在评价体系中的重要性也会提升,则对该指标赋予的权重更高^[18-19]。为了确保结果不受原始指标值之间的数量和量纲差异的影响,在进行指标权重赋值之前,需要对原始指标数据进行预处理。该方法采用极差标准化方法处理指标数据。

1.3.2 探索性空间数据分析

探索性空间数据分析 (ESDA) 综合了多种空间数据分析的方法和技术,其目的在于揭示数据的空间相关性和分布特征,并通过可视化手段深入挖掘研究区域数据之间存在的空间结构,探讨在不同研究场景下大运河文化带各地区之间的相互空间作用机制。莫兰指数

(Moran's I) 检验是探索性空间数据分析的常用方法,其涵盖了全局和局部自相关检验两个方面。利用莫兰散点图和局部 Moran's I 的 LISA 集聚图,可以清晰地展示大运河文化带不同区域之间的聚集类型和显著性水平,从而更好地理解空间数据的分布特征和相互关系^[20]。

1.3.3 XGBoost-SHAP 模型

极限梯度提升算法 (extreme gradient boosting, XGBoost), 是一种高效的监督学习方法^[21], 因训练速度快、不易过拟合且能处理非线性关系, 广泛应用于分类和回归问题。XGBoost 虽能预测因素对新质生产力的整体影响, 却难以解释该变化如何影响结果^[22]。为弥补这一不足, 引入可解释 (shapley additive explanations, SHAP) 值, 通过分析边际贡献提升模型的可解释性, 实现对影响因素贡献和交互作用的深度分析, 采用贝叶斯优化 (bayesian optimization, BO) 来搜寻全局最优解。本研究结合 XGBoost 模型和 SHAP 值, 量化大运河文化带新质生产力的影响因素及其交互作用。其中, SHAP 值弥补了 XGBoost 模型难以解释因素变化对结果影响的不足, 从而提高模型的可解释性, 为分析新质生产力的影响提供更全面的视角。

2 评价指标体系构建与测算

新质生产力能够通过培育新兴产业和未来产业, 有效赋能创新、协调、绿色、开放和共享发展^[23]。结合习近平总书记的相关论述和当前中国经济发展现实, 新质生产力至少涵盖科技、绿色和数字 3 个方面。基于大运河文化带的实际情况, 参考卢江等^[13]的研究思路, 从科技生产力、绿色生产力和数字生产力 3 个维度构建了量化指标体系, 通过熵值法测算各个指标的权重 (表 1)。

在数字生产力的测算中, 分别从产业数字生产力和数字产业生产力两个角度选取。“数字产业生产力”与“产业数字生产力”的相关指标选取参考了“产业数字化”和“数字产业化”的理念, 选取网络普及程度、计算机与软件服务渗透度等指标来衡量产业数字生产力水平; 数字产业生产力的衡量则通过电信业务通讯、移动电话渗透度、数字金融、数字经济发展等指标进行。其中, 数字普惠金融指数由北京大学数字金融研究中心和蚂蚁金服集团合作编制^[24]; 数字经济指数的测度借鉴了刘军等^[25]的构建思路。

在绿色生产力方面, 从资源节约型生产力和环境友好型生产力两个层面进行论述。资源节约型生产力的指标包括能源结构、能源强度和用水强度; 环境友好型生产力则通过污水处理率、烟粉尘排放和废气排放指标进行评估。考虑到大运河文化带以水系为主要地理特征, 水质直接影响生态环境, 因此, 污水处理率成为衡量该区域环境友好型生产力的关键指标。

科技生产力可通过技术生产力和创新生产力两个维度进行评估。技术生产力通过全要素劳动生产率、科

表 1 新质生产力评价指标体系

Tab.1 New quality productivity evaluation indicator system

| 一级指标 | 二级指标 | 三级指标 | 量化方法 | 指标权重 | 属性 |
|-------|----------|-------------|----------------------------|---------|----|
| 数字生产力 | 产业数字生产力 | 网络普及程度 | X_1 每百人互联网用户数 | 0.064 5 | 正向 |
| | | 计算机与软件服务渗透度 | X_2 计算机服务和软件从业人员占比 | 0.056 9 | 正向 |
| | 数字产业生产力 | 电信业务通讯 | X_3 人均电信业务总量 | 0.060 7 | 正向 |
| | | 移动电话渗透度 | X_4 每百人移动电话用户数 | 0.069 3 | 正向 |
| | | 数字金融 | X_5 数字普惠金融指数 | 0.061 6 | 正向 |
| | | 数字经济发展 | X_6 数字经济指数 | 0.064 9 | 正向 |
| 绿色生产力 | 资源节约型生产力 | 能源结构 | X_7 液化石油气供气总量/GDP | 0.003 7 | 正向 |
| | | 能源强度 | X_8 能源效率 | 0.006 3 | 正向 |
| | | 用水强度 | X_9 工业计划用水户实际用水量/GDP | 0.004 6 | 负向 |
| | 环境友好型生产力 | 污水处理 | X_{10} 污水处理厂集中处理率 | 0.005 6 | 正向 |
| | | 烟粉尘排放 | X_{11} 工业烟粉尘排放量/GDP | 0.009 4 | 负向 |
| | | 废气排放 | X_{12} 工业二氧化硫排放量/GDP | 0.007 4 | 负向 |
| 科技生产力 | 技术生产力 | 技术效率 | X_{13} 全要素劳动生产率 | 0.077 4 | 正向 |
| | | 技术研发 | X_{14} 地方一般公共预算支出—科学技术支出 | 0.120 4 | 正向 |
| | | 技术结构 | X_{15} 产业结构高级化 | 0.046 3 | 正向 |
| | 创新生产力 | 创新产品 | X_{16} R&D 内部经费支出 | 0.079 3 | 正向 |
| | | 创新研发 | X_{17} 专利授权数 | 0.123 4 | 正向 |
| | | 创新产业 | X_{18} 人工智能企业数量 | 0.138 4 | 正向 |

技支出和产业结构高级化来体现。全要素劳动生产率衡量了生产单位的综合效率,借鉴范剑勇^[26]的测算方法;地方公共预算中对科学技术的支出反映了技术研发的支持力度;产业结构高级化则通过“第三产业增加值/第二产业增加值”来衡量区域经济向服务业和高技术行业的转型,其计算借鉴了于春晖等^[27]的研究。创新生产力主要从 R&D 经费支出、专利授权数量和人工智能企业数量 3 个方面进行考量。R&D 支出直接影响企业的技术研发和创新活动,专利授权数量则反映了创新成果的转化。人工智能企业数量作为创新产业的代表,能够体现产业对新兴技术的应用水平和创新能力,其数量通过天眼查等平台进行统计,确保数据的时效性和准确性。

3 文化带新质生产力时空分异特征

3.1 大运河文化带新质生产力水平时序特征

根据上述熵值法测度相关指标,将各年份的大运河文化带地级市的新质生产力以及各维度进行加总,得到大运河文化带 2017—2021 年新质生产力、一级指标和二级指标的测度结果(图 2)。

从图 2a 的变化趋势来看,2017—2021 年大运河文化带各地区新质生产力水平呈现出整体增长的态势,整体水平由 2017 年的 16.60 提升至 2021 年的 17.45,年均增长速率为 17.04%。其存在的波动主要是由科技生产力的变化引起。相较之下,数字生产力在新质生产力中占主导地位。

从 3 个一级指标来看,在数字生产力方面,2017—2021 年大运河文化带的数字生产力显著提升,年均增长率达 17.55%。这一增长主要得益于数字产业生产力的增强及产业数字化水平的提升。特别是 2018 年之后,数字经济政策的实施推动了数字经济在研究区域的快

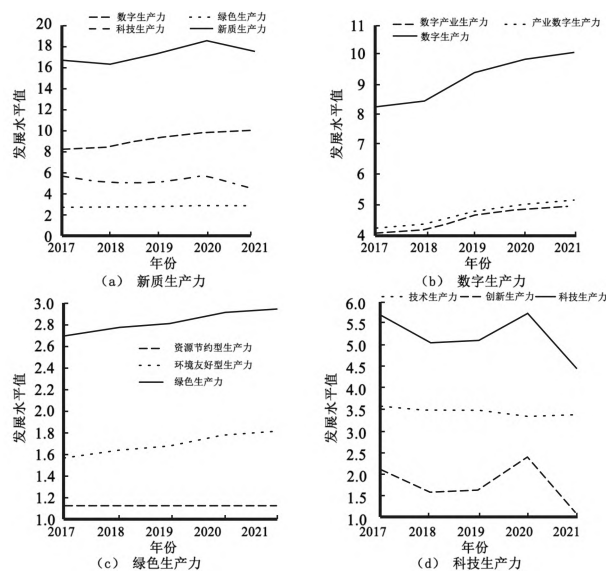


图 2 大运河文化带新质生产力水平及其一级、二级指标对比

Fig. 2 Comparison of new qualitative productivity levels and their primary and secondary indicators in the Grand Canal cultural belt

速发展,使该地区在数字化、网络化等领域抓住了重要机遇,形成了较强的增长势头。在绿色生产力层面,2012—2021 年大运河文化带绿色生产力保持稳定提升,年均增速为 5.00%。其中,环境友好型生产力的增速较快,反映出该地区在推动经济社会绿色转型、低碳化发展的过程中日益重视生态环境保护,工业逐步向低碳方向转型。在科技生产力层面,出现了波动下降的趋势,主要是技术生产力波动造成。2017—2018 年出现首次波动,大运河文化带部分地区在高水平技术方面存在短板,导致高新技术产业的扩张速度较慢。随着疫情后经济复苏的推动,劳动力受限、原材料价格上涨等因素对企业造成困境,导致科技生产力在 2020—2021 年再次受阻。

3.2 新质生产力水平地区时空差异特征

采用熵值法对相关指标进行测度,将各地级市的大运河文化带的新质生产力以及各维度进行加总,得到大运河文化带各地级市 2017—2021 年新质生产力水平,并运用 ArcGIS 自然断点法进行可视化表达(图 3)。

总体来看,无论是整个大运河文化带还是大运河文化带拓展区,都存在新质生产力发展水平的差异,且时空分异特征明显,河南和安徽新质生产力发展缓慢,京津冀部分地区发展较快,江浙部分地区势头正茂,2020 年整体新质生产力发展水平有一定程度提高。

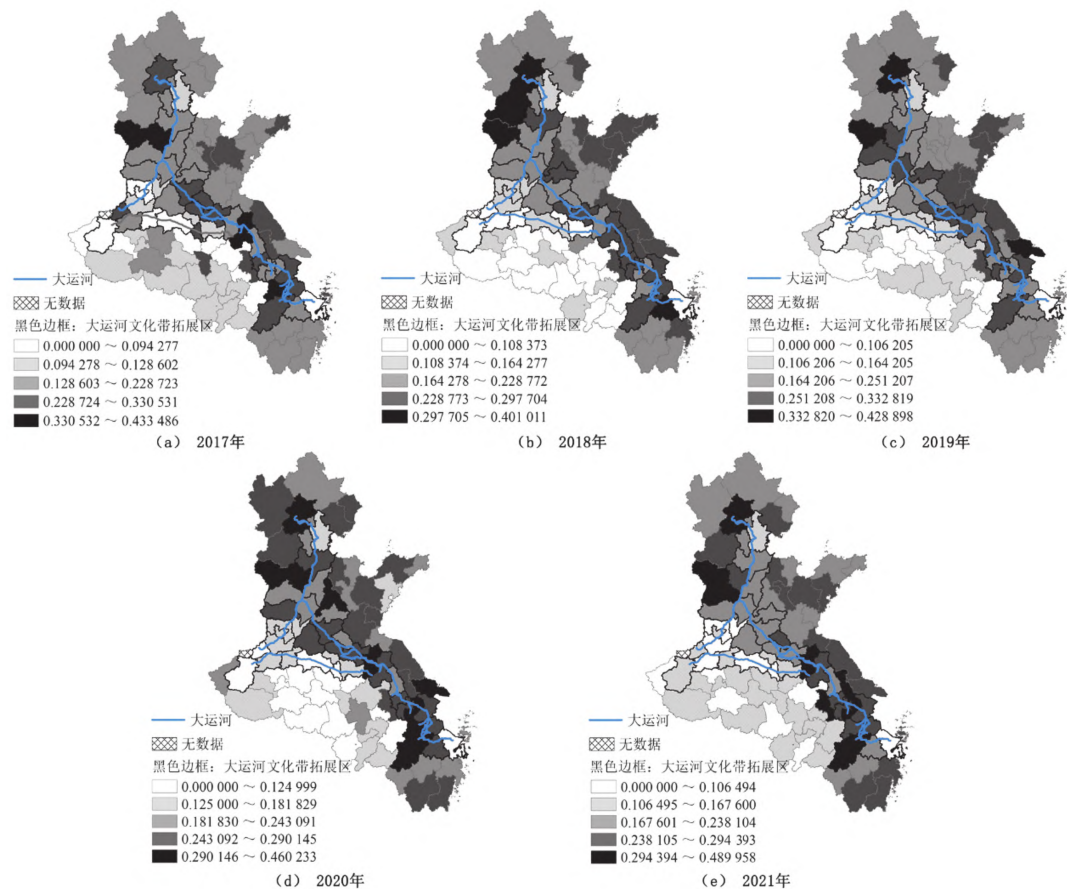


图3 大运河文化带新质生产力发展水平时空分异特征

Fig.3 Spatial and temporal differentiation in the development level of new quality productivity in Grand Canal cultural belt

具体来看,2017—2021 年北京、天津和石家庄始终处于较高的新质生产力发展水平,得益于其区位优势、人才优势以及积极的科技创新和产业结构调整。河南省虽在电子信息和装备制造业占据主导地位,但由于技术创新不足,缺乏核心竞争力,导致其新质生产力发展较为缓慢。安徽省经济依赖制造业,并作为东部经济腹地 and 交通要冲,其新质生产力的低迷与产业转型不足、缺乏新兴产业动力密切相关。河北省和山东省则呈现稳步发展的态势。河北省地处华北经济核心地带,毗邻北京、天津,促进了区域间合作与交流,带动新质生产力的提升。石家庄、保定、衡水、邢台等地区在经济转型中积极探索,推动了新质生产力的提升。工业是山东经济发展的基石,2019—2021 年其新质生产力发展趋势迅猛。其中,济南积极发展新能源汽车产业,青岛则聚焦于智能家电和轨道交通装备,枣庄致力于建设“中国新能源电池名城”。山东省依托传统工业基础,推动产业升级,在多个高新技术领域取得突破,推动了新质生产力的快速增长。

江苏省和浙江省在新质生产力发展上处于领先地位,江苏省通过构建国际竞争力的战略性新兴产业集群,推动了产业高端化、智能化和绿色化,尤其是徐州、宿迁、盐城等地区的快速发展。浙江省以杭州为核心,依托电商、数字经济等领域的优势,成为大运河文化带新质生产力发展的领头羊,表现出明显的高发展水平。

3.3 大运河文化带新质生产力水平聚集效应

3.3.1 全局聚集效应

通过计算全局 Moran's I 值显示,各年份的大运河文化带新质生产力发展水平在 10% 的水平上均存在显著空间相关性,表明大运河文化带新质生产力水平变化存在显著的空间依赖性,其空间分布具有明显的正相关性,且没有随机性。Moran's I 值从 2017 年的 0.248 上升至 2021 年的 0.506,显示出区域间合作加强,空间集聚趋势逐步强化。因此,建议打破行政边界,协同推进新质生产力的发展。

3.3.2 局部聚集效应

为进一步分析大运河文化带新质生产力发展水平

在空间上的聚集态势,运用 ArcGIS 软件^[28]的聚类 and 异常值分析工具对新质生产发展水平变化的冷热点区域进行识别和可视化处理(图 4)。H-H 表示高新质生产力水平的聚集区域,L-L 则表示低新质生产力水平的聚集区域。L-H 和 H-L 则分别表明低值区域被高值区域包围和高值区域被低值区域包围,反映了区域间的差异和变化。

整体上,大运河文化带新质生产力发展水平聚集效应沿大运河呈现“三角”分布现象,且出现“两角聚集夹分散”的趋势;新质生产力发展水平时空演变特征以 H-H, L-L 水平聚集为主,存在着 H-L 水平的分异现象。具体而言,2017 年,集聚和分异现象不明显,安徽和河南存在分异现象。该时期经济快速发展,新兴技术在经济发

达区域开始疯涨,导致各区域出现零星的集聚和分异现象;2018—2021 年,随着高铁等交通网络的成熟,大运河流域各区域出现优势互补,H-H 水平集聚在京津冀、江苏东南部和浙江东部。河南和安徽的经济转型和产业升级相对滞后,但乡村振兴政策和脱贫攻坚的成功推进使部分贫困地区开始发展并追赶周边城市。安徽通过提升传统产业、打造“灯塔工厂”、引入先进技术促进产业升级;河南则通过“三足鼎立”的科技创新格局吸引相关产业的聚集,导致 L-L 水平集聚在中原城市群增强。随着高新技术区域和低新质生产力水平地区差距逐渐缩小,焦作和淮南 H-L 水平分异现象消失,淮南通过实施“1234”数字赋能行动,推动“淮南智造”转型,加速新质生产力发展,焦作则依托科技创新推动产业升级。

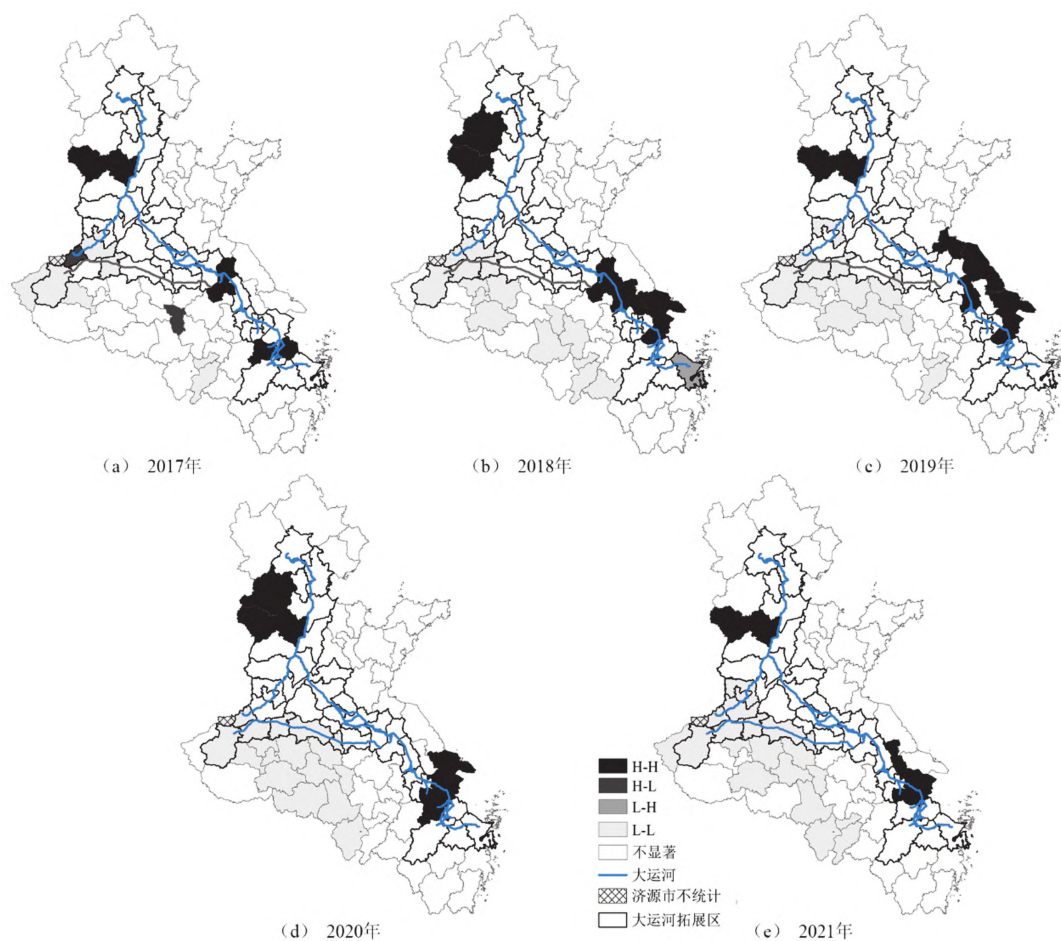


图 4 2017—2021 年局部聚集效应

Fig. 4 Localized aggregation effects during 2017—2021

4 影响因素分析

4.1 大运河文化带新质生产力影响因素分析

4.1.1 参数设置与模型检验

XGBoost 模型中的数据分配为训练集和测试集,其中 80% 用于训练,20% 用于测试。通过贝叶斯优化模型超参数后,得到的最佳参数如下:决策树的数量为 1 000 个,决策树的最大深度为 3,学习率设置为 0.004 42,最小子节点权重为 1,模型训练时随机抽样样本的比例(子

样本)设为 0.326 1,特征采样比例为 1.0。用于控制过拟合的参数,正则化参数(alpha 和 lambda)分别设置为 0 和 2。基于以上参数的设置, $R^2 = 0.84$, $MSE = 9.71 \times 10^{-4}$, $RMSE = 5.38 \times 10^{-4}$,该模型在训练集和测试集上表现良好,具有较低的误差和较好的解释能力。

4.1.2 新质生产力发展水平影响因素分析

评价指标不仅描述了现有的状态,还能揭示影响该状态的机制,可以帮助识别和理解推动系统变化的关键因素。因此,通过这些指标作为影响因素^[29],可以更

全面地分析新质生产力如何从现状向未来发展。

作为未来我国经济高质量发展的重要引领,新质生产力受到制度环境因素、数字经济因素、资源环境因素、技术因素、创新因素、产业因素等多项因素的共同作用^[30]。人才评价机制等机制的建设为生产力的转换提供了制度保障,参考有关成果^[31],本研究从人才等方面选取相关指标来分析制度环境因素对新质生产力发展的机制影响。数字经济一定程度上赋能新质生产力的发展^[32],选取数字经济相关指标来探究数字经济因素对新质生产力的促进作用。绿色低碳是新质生产力的本质特征和底色,资源和环境一定程度上对新质生产力产生内在影响^[33],具体以能源结构和强度、用水强度、污水处理、烟粉尘和废气排放来衡量资源环境因素对新质生产力的影响。科技创新能够催生新产业、新模式、新动能,是发展新质生产力的核心要素。新质生产力的关键是科技创新,一定程度上促进新质生产力发展^[34]。具体地,技术因素方面依据技术生产力从技术效率、研发和结构等方面选取相关指标,创新因素方面依据创新新质生产力选取创新产品、研发和产业来衡量其对新质生产力的促进作用^[13]。

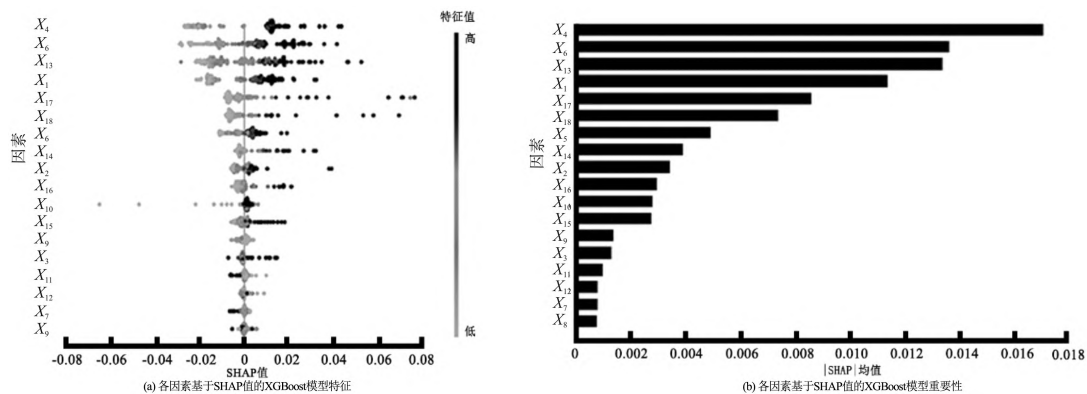


图5 基于SHAP值的XGBoost模型特征和重要性

Fig. 5 Characterization and importance of XGBoost model based on SHAP values

4.2 新质生产力发展水平主导因素的交互影响

每百人移动电话用户数(X_4)、全要素劳动生产率(X_{13})、每百人互联网用户数(X_1)、人工智能企业数量(X_{18})、计算机服务和软件从业人员占比(X_2)和专利授权数(X_{17})对大运河文化带新质生产力发展水平产生交互影响,共同塑造着该地区的新质生产力水平变化。为了深入探索各影响因素之间已经存在的交互作用,首先遴选了对其影响贡献性程度较高的主导因素作为研究的基础因子,其次,在其他主导因素中选择一个作为交互因子,将两者组合在一起形成一个研究组来进一步探讨两个主导因素对大运河文化带新质生产力发展水平影响的相互作用。基于此,以下内容仅研究了在分析中表现出具有显著性作用的因素,探索其对大运河文化带新质生产力发展水平的影响情况(图7)。图7展示了在多种因素共同影响的情况下大运河文化带新质生产力

使用XGBoost模型结合SHAP值分析大运河文化带新质生产力发展的18个影响因素,重点分析排名前35%的主导因素(图5)。制度环境、技术因素和创新因素对新质生产力有显著影响,主要因素包括每百人移动电话用户数(X_4)、全要素劳动生产率(X_{13})、每百人互联网用户数(X_1)、人工智能企业数量(X_{18})、计算机服务和软件从业人员占比(X_2)以及专利授权数(X_{17})。当每百人移动电话用户数(X_4)在40~50户时,新质生产力发展趋于稳定,且随着用户数增加,信息交流与决策趋向于即时,促进了创新与合作,从而提升生产力(图6)。全要素劳动生产率(X_{13})能够有效整合劳动力、资本和技术资源,优化资源配置,提高生产效率,推动新质生产力发展。每百人互联网用户数(X_1)在35~40户时,信息传播效果最佳,既避免信息过载,又促进生产力的提升。此外,人工智能企业数量(X_{18})的增加推动了自动化与智能化生产,提升了生产效率和质量。计算机服务和软件从业人员占比(X_2)的增加也有助于技术创新和高效工具的引入,进一步增强企业竞争力。专利授权数(X_{17})则通过激励创新和知识产权保护,推动科技进步和产业竞争力的提升,成为新质生产力发展的关键因素。

发展水平的交互效应。

制度环境因素不仅存在内部影响,还对技术因素和科技因素存在交互作用。当每百人移动电话用户数(X_4)达到40户时,其与其他主导因素的交互作用显著。在此水平下,尤其是对全要素劳动生产率(X_{13})、每百人互联网用户数(X_1)、计算机服务和软件从业人员占比(X_2)的影响趋于稳定。较高的全要素劳动生产率和互联网用户数等因素促进移动电话用户数的增长,从而推动新质生产力,而低投入则起抑制作用。

当每百人互联网用户数(X_1)处于30~40户时,其与其他主导因素的交互作用会对大运河文化带新质生产力发展水平的变化起到一定程度的影响。其中,每百人互联网用户数(X_1)对人工智能企业数量(X_{18})和专利授权数(X_{17})对大运河文化带新质生产力发展水平的交互影响相似,即当每百人互联网用户数达到30~40户时,

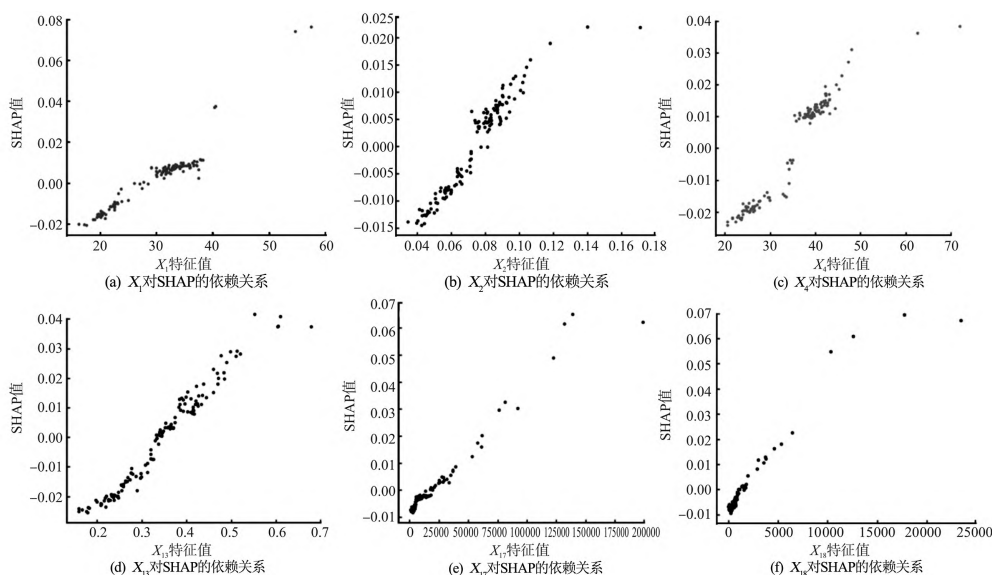


图 6 因素对 SHAP 依赖关系

Fig. 6 Factor to SHAP dependency

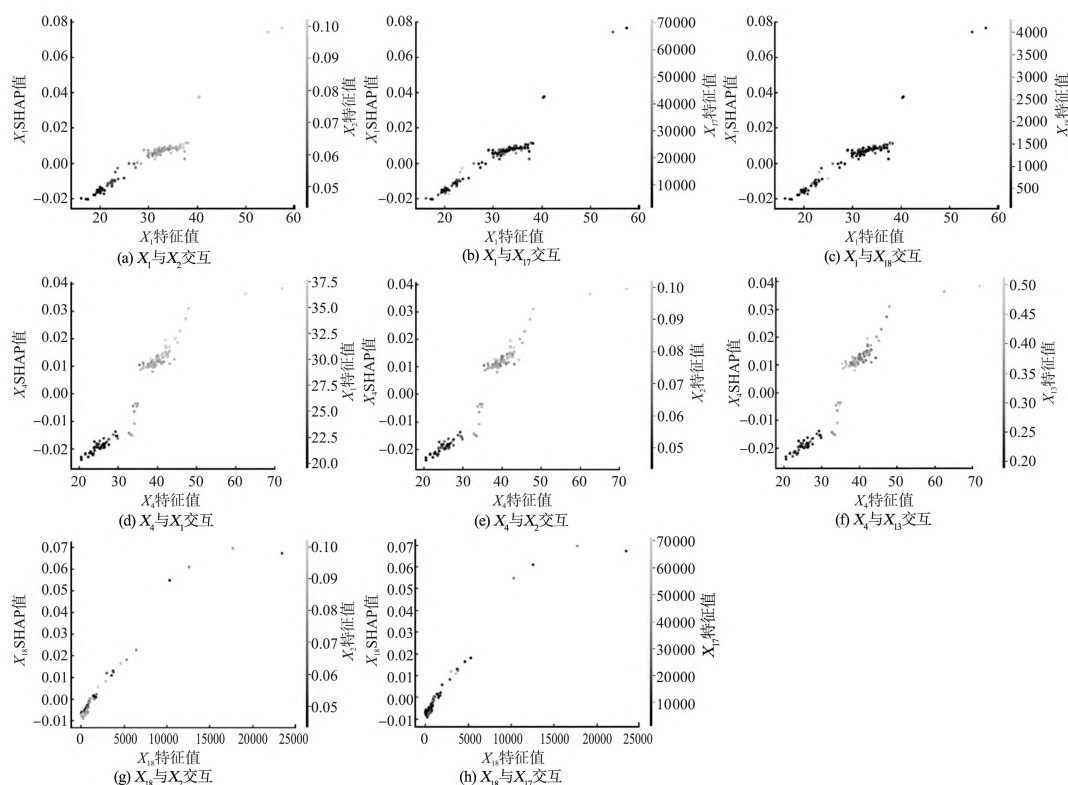


图 7 多因素影响大运河文化新质生产力的交互效应

Fig. 7 Interactive effects of multifactorial influences on the productivity of cultural novelty in the Grand Canal

不管是增加还是减少每百人互联网用户数,人工智能企业数量和专利授权数都处于一种较低的水平。与之不同的是,每百人互联网用户数在 30~40 户时,对新质生产力发展有一定影响。此时,增加计算机服务和软件从业人员占比有助于促进新质生产力,而当用户数低于此范围时,则会抑制生产力发展。

人工智能企业数量(X_{18})对计算机服务和软件从业人员占比(X_2)和专利授权数(X_{17})之间存在交互影响,虽然都在 0~3 000 之间垂直离散,但对两者的影响不

同。人工智能企业数量与计算机服务和软件从业人员占比、专利授权数之间存在交互影响。当人工智能企业数量较低时,计算机服务和软件从业人员占比较高会减少其对新质生产力的影响,而专利授权数较少时也会削弱人工智能企业数量的正向作用。

5 结论与讨论

5.1 结论

(1) 大运河文化带新质生产力发展水平呈现增长趋

势,但存在一定程度波动,主要是由于科技生产力中的技术生产力引起的。数字生产力在大运河文化带呈现蓬勃发展的趋势,成为引领当地经济增长的关键驱动力,吸引着各方面的数字化投资和创新力量。

(2) 大运河文化带新质生产力发展水平呈现出不平衡的发展态势。特别是在河南省和安徽省,新质生产力的发展相对缓慢,这与相对较为传统的经济结构和相对滞后的科技创新水平有关。河南省以农业和传统制造业为主导,科技产业相对薄弱,新兴产业发展相对滞后;安徽省农业和传统产业也占据主导地位,科技创新能力和数字化转型水平较低。大运河文化带各区域需要进一步健全区域协调发展创新机制,发挥新质生产力集聚效益以缩小新质生产力发展水平差异。

(3) 制度环境因素、技术因素和创新因素对大运河文化带新质生产力有显著影响。对主导因素的集中研究将有助于更好地理解大运河文化带新质生产力的形成机制,为制定有效的政策和发展战略提供参考。

(4) 影响大运河文化带新质生产力发展水平的因素之间存在明显的交互影响。当互联网普及率在每百人30~40户时,增加对计算机与软件服务人员的投入能更有效提升生产力。扩大移动电话用户数可促进全要素劳动生产率及相关行业的增长,推动新质生产力提升。在人工智能企业较少的地区,增加计算机服务和软件人才储备可缓解人工智能企业数量对生产力的影响,从而提升地区经济活力。

5.2 讨论

本研究从数字生产力、绿色生产力和科技生产力3个维度出发,基于城市尺度对大运河文化带新质生产力发展水平的时空分异特征和影响因素进行了研究。尽管在研究方法和空间尺度方面与前人的不同,但新质生产力发展水平的空间分布和影响因素两个方面在一定程度上与前人的研究成果^[11,38]具有同质性,如北京、浙江、江苏等地新质生产力发展水平较高,河南等地新质生产力发展水平相对落后。本研究进一步阐明了河南的焦作、安徽的淮南等地出现了“H-L”转变为“L-L”的显著现象。数字经济企业中人工智能企业数量对新质生产力有显著影响,但其与计算机服务和软件从业人员占比和专利授权数对新质生产力发展产生着交互影响。本研究虽然对大运河文化带新质生产力时空分异特征及影响因素进行了充分的系统性讨论,但仍存在一些不足:一是由于研究涉及的区域较大,难以细致展现更小空间尺度下的新质生产力发展水平的分布情况,如县级或镇级尺度。未来研究可深入探讨县或镇级更小尺度集群与其他因素的空间关联等。二是由于目前数据的不可获得性或局限性,本研究未能深入分析政策实施、基础设施建设及科技资源分配等具体措施对新质生产力发展的影响机制。未来研究应结合更详细的政策和实际案例进行探讨,以揭示不同政策和措施在提升新质

生产力方面的实际效果。

参考文献:

- [1] 习近平. 牢牢把握在国家发展大局中的战略定位 奋力开创黑龙江高质量发展新局面[N]. 人民日报,2023-09-09(1).
- [2] 黄群慧,盛方富. 新质生产力系统:要素特质、结构承载与功能取向[J]. 改革,2024,41(2):15-24.
- [3] 胡莹,方太坤. 再论新质生产力的内涵特征与形成路径:以马克思生产力理论为视角[J]. 浙江工商大学学报,2024,38(2):39-51.
- [4] 刘文祥,赵庆寺. 习近平关于新质生产力重要论述的深刻内涵、重大意义与实践要求[J]. 江西财经大学学报,2024(4):13-23.
- [5] 李政,崔慧永. 基于历史唯物主义视域的新质生产力:内涵、形成条件与有效路径[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2024,30(1):129-144.
- [6] 黄奇帆. 新质生产力“新”在哪里[J]. 宁波经济(财经视点),2024,42(2):12-14.
- [7] 洪银兴. 发展新质生产力建设现代化产业体系[J]. 当代经济研究,2024,35(2):7-9.
- [8] 赵峰,季雷. 新质生产力的科学内涵、构成要素和制度保障机制[J]. 学习与探索,2024,46(1):92-101.
- [9] 周文,许凌云. 论新质生产力:内涵特征与重要着力点[J]. 改革,2023,40(10):1-13.
- [10] 程恩富,陈健. 大力发展新质生产力加速推进中国式现代化[J]. 当代经济研究,2023,34(12):14-23.
- [11] 王珏,王荣基. 新质生产力:指标构建与时空演进[J]. 西安财经大学学报,2024,37(1):31-47.
- [12] 刘建华,闫静,王慧扬,等. 黄河流域新质生产力水平的动态演进及障碍因子诊断[J]. 人民黄河,2024,46(4):1-7.
- [13] 卢江,郭子昂,王煜萍. 新质生产力发展水平、区域差异与提升路径[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2024,30(3):1-17.
- [14] 陈翠兰. 长江经济带科技创新、经济增长与生态效益的耦合协调发展研究[J]. 地域研究与开发,2023,42(1):1-6.
- [15] 张飞,杨林生,石勇,等. 大运河文化带游憩空间范围及层次研究[J]. 地域研究与开发,2019,38(6):80-84.
- [16] 厉建梅,李曼,元敏丽,等. 大运河文化带沿线省份旅游交通碳排放的时空演变及影响因素研究[J]. 生态经济,2024,40(7):145-152.
- [17] 贺嘉霖,王敏,王大树,等. 大运河沿线地区城市韧性与科技创新耦合协调机制[J]. 地域研究与开发,2024,43(1):53-60.
- [18] 吕添贵,胡晗,付舒斐,等. 长三角地区城市生态韧性时空分异特征及影响因素[J]. 地域研究与开发,2023,42(1):54-60.

- [19] 闫丽洁,赵永江,邱士可,等. 黄河流域高质量发展指标体系构建与评价:以河南段为例[J]. 地域研究与开发,2022,41(6):37-43.
- [20] ANSELIN L. Spatial Econometrics: Methods and Models [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [21] 孙超,吕奇,朱思瞳,等. 基于双层 XGBoost 算法考虑多特征影响的超短期电力负荷预测[J]. 高电压技术,2021,47(8):2885-2898.
- [22] WANG S, PENG H, LIANG S K. Prediction of Estuarine Water Quality Using Interpretable Machine Learning Approach[J/OL]. Journal of Hydrology, 2022, 605: 127320 [2024-05-01]. DOI:10.1016/j.jhydrol.2021.127320.
- [23] 蒲清平,向往. 新质生产力的内涵特征、内在逻辑和实现途径:推进中国式现代化的新动能[J]. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2024,45(1):77-85.
- [24] 郭峰,王靖一,王芳,等. 测度中国数字普惠金融发展:指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊),2020,19(4):1401-1418.
- [25] 刘军,杨渊望,张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究,2020,37(6):81-96.
- [26] 范剑勇. 产业集聚与地区间劳动生产率差异[J]. 经济研究,2006,52(11):72-81.
- [27] 干春晖,郑若谷,余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究,2011,46(5):4-16.
- [28] 田卡吨,彭宝玉,张博,等. 黄河流域数字普惠金融的时空演变及影响因素分析[J]. 地域研究与开发,2024,43(2):35-40.
- [29] 彭玉珊,周霞. 山东省民营企业竞争力及其影响因素综合评价:以苏、浙民营企业为参照[J]. 山东农业大学学报(社会科学版),2010,12(1):58-62.
- [30] 栗向阳,王磊,张宇欣. 长江经济带新质生产力发展的时空演化格局及其影响因素[J]. 长江流域资源与环境,2024,33(5):909-923.
- [31] 王小广,刘莹. 城市经济活力:特征、评价体系与提升建议[J]. 区域经济评论,2022,38(1):130-138.
- [32] 罗爽,肖韵. 数字经济核心产业集聚赋能新质生产力发展:理论机制与实证检验[J]. 新疆社会科学,2024,44(2):29-40.
- [33] 郭媛媛,刘丹. 大力发展绿色低碳新质生产力建设人与自然和谐美丽中国:访全国政协委员、生态环境部环境规划院名誉院长、中国工程院院士王金南[J]. 环境保护,2024,52(5):12-16.
- [34] 梁昊光,黄伟. 科技创新驱动新质生产力及其全球效应[J]. 财贸经济,2024,45(8):22-32.

Exploration of Characteristics and Influencing Factors of Spatial and Temporal Differentiation of Neoplastic Productivity in the Grand Canal Cultural Belt: Based on the Machine Learning XGBoost-SHAP Model

ZHOU Bingfeng^{1a}, SHI Jing^{1a}, XIE Xinshui^{1b}, LIU Sheng², CAO Qianqian^{1a}

(1a. College of Resource Environment and Tourism, 1b. College of Management, Capital Normal University, Beijing 100048, China; 2. College of Business, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: This study utilizes the entropy method to calculate the new productive forces within the Grand Canal cultural belt thoroughly exploring its spatiotemporal differentiation characteristics, leveraging the XGBoost-SHAP machine learning model, investigated the influencing factors to explore their interactive effects. Research indicates that the development level of new productive forces in the Grand Canal cultural belt follows a fluctuating growth pattern. In contrast to green productivity and technological productivity, digital productivity constitutes a significant proportion of the new productive forces. There are notable disparities in the development level of new productive forces across different regions. Some cities at the prefecture level in Beijing, Jiangsu, and Zhejiang Provinces excel in their development of new productive forces, while Henan and Anhui provinces lag behind. Furthermore, the level of new productive forces in various regions experienced a general improvement in 2020. The aggregation effect along the Grand Canal presents a “triangular” distribution phenomenon, and shows the development trend of “two corners of the aggregation folder dispersion”. The density of mobile phone users per one hundred individuals and total factor productivity emerge as predominant factors influencing the quality of new productive forces in the Grand Canal cultural belt, with interactions observed among these pivotal factors. This study provides insights into capturing the spatiotemporal differentiation characteristics of new quality productive forces, while also offering guidance on how to better navigate their development based on influencing factors.

Key words: new quality productivity; Grand Canal cultural belt; spatio-temporal differentiation; XGBoost-SHAP modeling