

DOI: 10.20103/j.stxb.202507191890

谢佳亮, 王兆峰. 中国数字经济与旅游生态效率耦合协调的时空演变及影响因素. 生态学报, 2026, 46(9): - .

Xie J L, Wang Z F. Spatiotemporal evolution and influencing factors of the coupling coordination of digital economy and tourism eco-efficiency in China. Acta Ecologica Sinica, 2026, 46(9): - .

中国数字经济与旅游生态效率耦合协调的时空演变及影响因素

谢佳亮¹, 王兆峰^{2, *}

1 华南理工大学旅游管理系, 广州 510006

2 湖南师范大学旅游学院, 长沙 410081

摘要: 实现数字经济与旅游生态效率的耦合协调, 是新时代数实融合战略与绿色转型要求的应有之义。构建数字经济与旅游生态效率耦合协调的分析框架, 采用熵值法、非期望产出 Super-EBM、非参数核密度估计、马尔可夫链和随机森林回归等方法, 测算 2011—2019 年中国省域数字经济与旅游生态效率, 进而分析二者耦合协调的时空演变及影响因素。结果表明: (1) 中国数字经济与旅游生态效率均显著增长, 其耦合协调度也明显提升, 三者均呈现“东部>中部>西部”的区域格局。全国尺度下耦合协调度分布呈集中化趋势; 东部地区趋于集中, 而中、西部地区则存在多级分化。(2) 数字经济与旅游生态效率耦合协调度呈显著路径依赖特征, 各省域难以在短期内实现跨越式增长, 但也存在空间溢出效应。当与高耦合协调度的省域相邻时, 本地省域耦合协调度向上转移的概率明显提升。(3) 二者耦合协调受多因素的非线性影响, 其中社会经济因素贡献率较大, 而政策因素贡献率较小。经济收入、市场需求、城镇化和交通水平等因素的影响总体增强并在较高水平维持稳定, 而政府调控的影响则呈相反趋势。本文为系统厘清数字经济与旅游发展之间的关系、加快推动数字经济与旅游业的深度融合提供新的理论依据与实践参考。

关键词: 数字经济; 旅游生态效率; 耦合协调; 马尔可夫链; 随机森林回归

Spatiotemporal evolution and influencing factors of the coupling coordination of digital economy and tourism eco-efficiency in China

XIE Jialiang¹, WANG Zhaofeng^{2, *}

1 Department of Tourism Management, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China

2 College of Tourism, Hunan Normal University, Changsha 410081, China

Abstract: The realization of coupled coordination between the digital economy and tourism eco-efficiency is an inherent requirement of the digital-real integration strategy and green transformation demands in the new era. This paper constructs a theoretical analysis framework for the coupling coordination between the digital economy and tourism eco-efficiency, and adopts multiple methods including the entropy method, undesirable output Super-EBM, nonparametric kernel density estimation, Markov chains (both traditional and spatial), and random forest regression to conduct empirical analysis. Specifically, based on the comprehensive measurement of the digital economy index and tourism eco-efficiency in Chinese provinces from 2011 to 2019, this paper further analyzes the spatiotemporal evolution and influencing factors of the coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency. The results show that: (1) During the research period, both China's digital economy and tourism eco-efficiency showed significant growth, presenting a regional

基金项目: 国家自然科学基金(41771162)

收稿日期: 2025-07-19; **网络出版日期:** 2026-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jdwzf@126.com

限于数据的可获取性, 本研究尚未含中国港澳台和西藏自治区统计数据。

distribution pattern gradually decreasing from east to west; meanwhile, the coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency significantly improved, forming a regional difference of “eastern region > central region > western region”. At the national scale, the distribution of the coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency shows a concentration trend; the coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency in the eastern region tends to be concentrated in distribution, while the central and western regions show multi-tier differentiation characteristics. (2) The coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency shows significant path dependence characteristics, making it difficult for provinces to achieve leapfrog growth in the short term, but it also has spatial spillover effects. When adjacent to provinces with high coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency, the probability of upward transition of the coupling coordination degree between the digital economy and tourism eco-efficiency in the local province is significantly improved. (3) The coupling coordination between the digital economy and tourism eco-efficiency is nonlinearly influenced by multiple factors, among which the contribution of socioeconomic factors is relatively large, while the contribution of policy factors is relatively small. Specifically, the marginal effects of influencing factors such as economic income, market demand, urbanization, and traffic level generally enhance and maintain stability at a relatively high level, while the marginal effect of government regulation shows an opposite trend. This research provides new theoretical support and practical insights for scientifically understanding the intrinsic relationship between the digital economy and tourism development, and for promoting the high-quality integrated development of the digital economy and the tourism industry.

Key Words: digital economy; tourism eco-efficiency; coupled coordination; markov chain; random forest regression

数字经济是以数据资源为生产要素,以信息网络为关键载体,通过数字技术的融合应用来驱动生产与消费活动变革的全新经济形态^[1]。由于数字经济的高渗透性与强关联性,其正以空前力度和深度向实体经济领域加速渗透,并实现协调、互动与融合。研究表明,当前服务业数字经济的渗透率与融合度最高,其次是工业和农业^[2]。截至 2023 年,中国数字经济规模为 53.9 万亿元,其中服务业数字经济渗透率高达 45.63%^[3]。作为服务业的关键组成部分,中国旅游业自改革开放以来实现了飞速发展,并成为促进经济增长和增进民生福祉的重要引擎^[4]。特别是,旅游业因其强综合性与高开放性等特性,其生产与消费的各个环节都受到了数字经济的深度渗透,并由此催生新产品和新动能^[2, 5]。然而,既往粗放式旅游经济增长模式引发的资源环境问题(特别是能源消耗与碳排放过多)仍然突出,成为旅游创新发展与数旅深度融合的重要掣肘^[6]。旅游生态效率是指在既定资源投入下,实现经济效益的最大化与环境负面影响(碳排放)的最小化,其根本目的是在促进旅游经济增长的同时,实现资源环境的改善^[7]。耦合协调是指多元系统通过物质、能量和信息交换所形成的协调关系,其本质在于系统间的协调发展,被视为推动数旅融合的关键途径^[8-9]。因此,构建数字经济与旅游生态效率耦合协调分析框架,并基于时空演化与影响因素双重视角开展实证研究,是紧扣数旅融合时代背景与旅游转型现实需求,推进数实融合在旅游领域加速实现的科学探索,对助推旅游生态转型与数实深度融合具有重要的理论与现实意义。

当前,学界关于数字经济与旅游发展关系的研究主要集中在以下两个方面:(1)数字经济对旅游发展的单向影响。部分文献从数量视角展开,首先以旅游总人次^[10]、旅游总收入^[11]和旅游消费支出^[12]等指标来度量旅游发展,进而分析数字经济在其中的作用。然而,由于追求数量的粗放增长模式直接造成了资源闲置、配置低效等现实问题^[4],已难以契合现阶段质量变革的迫切需要,因此,越来越多的学者转而从质量视角出发展开分析。其中部分学者通过构建综合评价指标来度量旅游业高质量发展,进而探讨数字经济对其的作用^[13-15]。同时,鉴于效率是衡量发展质量的核心维度^[4],另一部分学者采用数据包络分析,利用投入产出指标来评估旅游发展效率(如旅游经济效率^[16]、旅游绿色发展效率^[17]、旅游碳排放效率^[18]、旅游生态效率^[19]),并在此基础上探讨数字经济对其的影响。(2)数字经济与旅游发展的协调关系。鉴于数字经济与旅

游发展呈现显著的协调趋势,如何多角度地促进其协调发展日益受到学界的关注。当前,学界主要聚焦于三个主题:①协调测度。现有文献主要采用耦合协调模型,对数字经济与旅游经济发展^[20-22]、旅游业高质量发展^[8-9, 23]之间的耦合协调度进行测算;此外,少数研究^[24]关注了数字普惠金融与旅游发展效率之间的耦合协调。②时空演变。既有文献多采用空间自相关^[9, 20, 22]、标准差椭圆^[25]、Dagum 基尼系数^[25]等研究方法,探讨了二者耦合协调的时空特征。③影响因素。前人文献多采用障碍度模型^[8, 21, 23]、地理探测器^[9, 23]、面板 Tobit 模型^[2, 8]等方法,分析了影响二者耦合协调的关键因素,包括政府调控、城镇化、对外开放等。

通过文献梳理发现,现有研究仍亟需拓展:第一,当前研究视角已从单向影响转向耦合协调,并更加关注旅游发展质量。然而,这些研究构建的旅游业高质量发展评价体系多依赖宏观指标而非直接旅游指标,致使结果的可靠性与普适性存疑。相比之下,效率评价因其多采用关键的直接旅游指标,能够更为真实客观地揭示其质量。遗憾的是,少数耦合协调研究虽开始向效率聚焦,但仅涉及数字经济子维度,且忽略了旅游引发的资源环境问题,难以有效应对数实深度融合与旅游生态转型的双重挑战。因此,有必要深入探讨数字经济与旅游生态效率的耦合协调关系,以弥补现有文献的不足。第二,在时空演变分析方面,既往研究多采用空间自相关、Dagum 基尼系数等方法,分析数字经济与旅游发展耦合协调的截面特征(如空间关联、空间差异),忽视了地理背景与空间邻域影响下二者耦合协调发展的动态转移趋势,难以契合社会经济发展动态演变的现实情境。第三,在影响因素分析方面,现有研究多采用传统的数理统计方法(如障碍度模型)或计量回归模型(如面板 Tobit),旨在分析关键因素对数字经济与旅游发展耦合协调的贡献程度或线性影响。然而,这些方法忽视了各因素边际效应的动态非线性特征,导致研究结论与社会经济因素的影响所具有的差异性、长期性等复杂特征相脱节,最终难以因地制宜地指导实践。

鉴于此,本文构建数字经济与旅游生态效率耦合协调的分析框架,以 2011—2019 年中国省域数据为样本,在采用熵值法和非期望产出 Super-EBM 模型分别测算数字经济与旅游生态效率的基础上,采用非参数核密度估计和马尔可夫链方法分析二者耦合协调的动态演变特征。进一步地,本文采用随机森林回归模型,从相对重要性与非线性效应双重视角揭示关键因素的影响,旨在推进数实融合在旅游领域的加速实现,以期为旅游生态转型与数旅深度融合提供新的理论视角与实践依据。

1 研究设计

1.1 理论基础

研究表明,数字经济是推动旅游生态效率提升的重要动力^[17, 19];同时,旅游生态效率提升意味着旅游业的提质增效与生态转型,本质上体现了旅游发展质量的提升,进而为数字经济增长提供了丰富的应用场景和需求动力^[7, 26]。特别是,当下数字经济与旅游发展的融合态势日益显著,二者关系势必愈发紧密^[21]。因此,本文将数字经济与旅游生态效率视为一个耦合协调系统,二者交互耦合、协调共生,其耦合协调机理如下(图 1):

数字经济对旅游生态效率的影响主要可以通过扩大旅游发展规模、优化旅游产业结构和促进旅游技术创新三个方面实现。具体而言:(1)首先,扩大旅游发展规模。数字经济推动了旅游与相关产业间的资源整合与信息共享,由此促进旅游产业链延伸并向网络式发展,进而扩大旅游供给规模^[5];同时,数字经济能够有效缓解旅游市场的信息不对称和降低游客的信息获取成本,从而推动旅游需求规模扩张并加速其向现实客流转化^[5, 8]。因此,规模效应持续释放,从而推动了旅游集约化与低碳化发展^[27]。(2)其次,优化旅游产业结构。数字经济能够有效重塑旅游产业生产、运营、组织和管理模式,促进要素数字化与协调化^[9],并推动资本、技术和劳动力等要素跨部门有序流动与合理配置,特别是驱动要素流向具备更高配置效率和经济效益的新部门^[13],进而推动旅游产业合理化与高级化发展。因此,结构效应持续释放,从而推动了旅游提质增效与生态转型^[27]。(3)最后,促进旅游技术创新。新经济增长理论指出,知识积累是推动技术创新的关键所在。数字经济能够有效突破旅游地的时空限制并拓宽知识传播渠道,由此加速经营理念、管理模式与绿色技术等在各

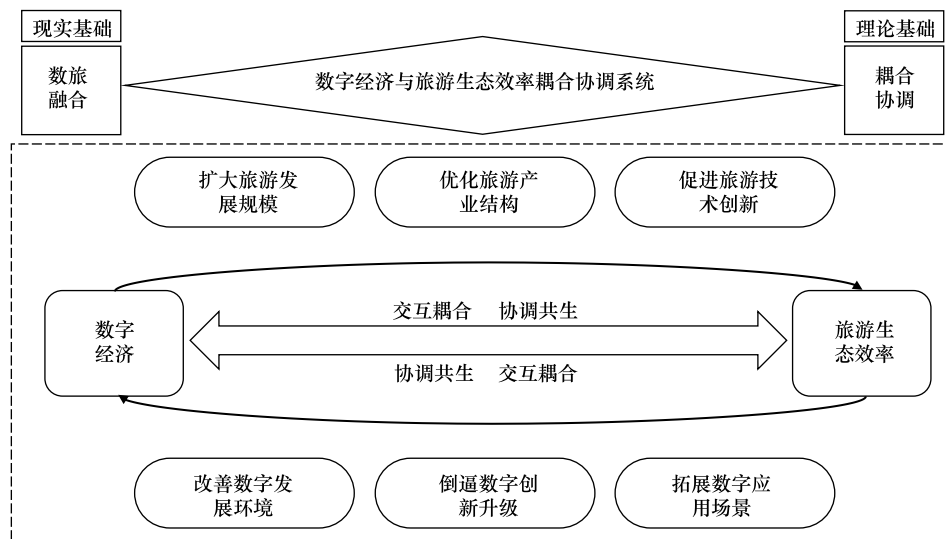


图 1 数字经济与旅游生态效率的耦合协调机理

Fig.1 Coupled coordination mechanism of digital economy and tourism eco-efficiency

区域旅游市场主体间的流动、共享与积累^[14],特别是有助于提升其协同创新能力^[5],进而促进旅游技术创新。因此,技术效应持续释放,从而提升了旅游生态效率^[17]。

旅游生态效率对数字经济的影响主要可以通过拓展数字应用场景、倒逼数字创新升级和改善数字发展环境三个方面实现。具体而言:(1)首先,拓展数字应用场景。在数字化与绿色化协同发展的浪潮下,旅游业的提质增效与生态转型高度依赖于资源与服务要素的数字化更新和改造^[26],尤其体现在旅游酒店、景区、交通等需实现低碳转型的重点领域^[6],其中涉及大数据、云计算、人工智能、增强现实等数字技术的创新应用。这有效拓宽了数字应用场景,进而推动了数字经济增长^[6, 8]。(2)其次,倒逼数字创新升级。随着游客数字素养的持续提升,其更加依赖数字平台以满足自身多元化、绿色化与品质化需求^[9]。旅游业是典型的需求导向型产业,这客观决定了其会持续推动与农业、文化等相关产业的数字化融合与改造,由此产生乡村旅游、文化旅游等融合业态,进而对数字技术、数字基建等提出了更高要求^[5, 8]。这有效倒逼了数字创新升级,进而推动了数字经济增长^[9]。(3)最后,改善数字发展环境。发展数字经济会消耗大量资源^[6, 28]。旅游的提质增效与生态转型创造了显著的经济环境效益,其不仅能直接为数字化发展提供资金和人才支持^[6],其成功转型所形成的光环效应与信号效应,还能提升整个地区的吸引力,从而为数字产业吸引更多外部市场投资和争取政府信贷优惠^[26]。这有效改善了数字发展环境,进而推动了数字经济增长^[6, 26]。

1.2 指标体系

1.2.1 数字经济

学界虽对数字经济进行了深入探讨,但在指标体系方面仍未达成共识。鉴于单一指标难以客观揭示数字经济发展的全貌,本文参考现有研究^[6, 9, 14],同时考虑数据可得性,从数字基础设施、数字创新潜力、数字产业化与产业数字化四个关键维度,构建了数字经济评价指标体系(表 1)。其中,数字基础设施构成了数字经济发展的物质基础,其内容包括移动与宽带互联网等^[9]。数字创新潜力为数字经济发展提供技术支撑,主要体现在资金支持、劳动供给和创新产出等方面^[6]。数字产业化代表了数字经济的核心产业构成,涵盖邮政、电信、软件服务业等业态^[14]。产业数字化反映了数字化驱动传统产业创新变革的进程,涉及数字化转型中形成的数字管理、数字交易和数字金融等应用^[9]。

1.2.2 旅游生态效率

基于现有研究^[17, 29-32],并考虑数据可得性,本文从投入、期望产出与非期望产出三个维度,构建旅游生态

效率评价指标体系(表 1)。具体而言,选取资源、劳动力、资本、技术和能源作为投入指标,资源指标以旅行社、星级酒店和 3A 级及以上旅游景区数量来衡量^[29];劳动力指标采用旅游业从业人数来度量^[32];资本指标采用旅游业固定资本存量来度量^[17];技术指标用旅游专利授权数量表示^[29];能源指标反映旅游经济活动的能耗水平,以旅游能源消耗量表示^[17, 31]。在期望产出方面,鉴于中国不同区域和景区之间可能存在旅游接待人次的重复统计问题^[30],本文采用旅游总收入作为衡量指标^[17, 30-31]。对于非期望产出,本文采用“自下而上”法测算旅游碳排放量,将其作为衡量指标^[17, 31]。

表 1 数字经济与旅游生态效率指标体系

Table 1 Indicator system of digital economy and tourism eco-efficiency

系统 System	维度 Dimension	细分维度 Subdimension	具体指标 Specific indicators
数字经济 Digital economy	数字基础设施	移动互联网	每万人移动电话年末用户
		宽带互联网	每万人互联网宽带接入用户
	数字创新潜力	资金支持	研究与试验发展费用内部支出占国内生产总值比重
		劳动供给	每万人拥有研究与试验发展人员当时量
		创新产出	每万人数字经济相关专利数
		数字产业化	邮政产业
	产业数字化	电信产业	电信业务总量占国内生产总值比重
		软件产业	软件业务收入占国内生产总值比重
		数字管理	采用信息化管理企业比重
		数字交易	电子商务销售额占国内生产总值比重
数字金融		数字普惠金融指数	
投入		资源	旅行社数量
旅游生态效率 Tourism eco-efficiency	投入	劳动力	星级酒店数量
		资本	3A 级及以上旅游景区数量
		技术	旅游业从业人数
		能源	旅游业固定资本存量
		期望产出	旅游专利授权数量
		非期望产出	旅游能源消耗量
		经济效益	旅游总收入
		环境影响	旅游碳排放量

1.3 研究方法

1.3.1 熵值法与非期望产出 Super-EBM 模型

熵值法能够有效避免主观赋权导致的偏差,被广泛用于权重测算中^[8-9]。因此,本文采用该方法测算数字经济指标权重,继而结合线性加权法测算其综合值,详细公式可参照现有研究^[22]。数据包络分析是学界用来测算效率的重要方法。其中,径向模型(BCC 或 CCR)忽视了松弛变量的误差,非径向模型(如 SBM)损失了指标的比例信息,从而导致效率偏估问题^[7]。非期望产出 Super-EBM 模型不仅能够有效克服这些局限,同时还能够对决策单元进行区分与排序^[33]。该方法已被广泛用于生态效率评价并逐渐扩展至旅游领域^[33],因此本文采用该方法测算旅游生态效率,详细公式可参照现有研究^[33]。

1.3.2 耦合协调模型

耦合协调模型是揭示多元系统间耦合协调关系的重要方法,在社会、经济、旅游及环境等领域应用广泛^[6, 8-9]。因此,本文采用该方法测算数字经济与旅游生态效率的耦合协调度,公式如下:

$$D = \left[\left[\frac{\prod_{i=1}^n U_i}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_i \right)^n} \right]^{\frac{1}{n}} \times \sum_{i=1}^n a_i U_i \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中, n 为子系统数量; U_i 为子系统 i 的评价值(标准化); a_i 为权重, 与现有研究类似^[2, 22-23], 本文考虑二者同等重要, 均取 0.5。

1.3.3 非参数核密度估计

非参数核密度估计不依赖于先验的分布假设, 而是由数据本身驱动。它通过核密度分布曲线的位置、形态、延展性和极化程度等特征, 揭示研究对象的动态分布情况, 已成为学界分析社会经济现象动态特征的重要方法^[25]。公式可参考现有研究^[25]。

1.3.4 马尔可夫链

马尔可夫链是一种描述系统状态随时间演变的随机过程模型, 在捕捉系统动态转移特征方面具有显著优势^[34]。传统马尔可夫链将系统状态划分为 K 种类型, 并通过一个 $K \times K$ 的转移概率矩阵来揭示状态间的转移规律。空间马尔可夫链则在此基础上, 进一步考虑了地理背景的影响。它将每个单元的空间邻域状态(空间滞后项)同样划分为 K 种类型, 进而以此为条件, 构建多个条件转移概率矩阵^[35]。 P_{kij} 为区域在第 K 种邻域状态下, 从 t 年状态 i 转移到 $t+1$ 年状态 j 的概率值。公式如下:

$$P_{kij} = \frac{Q_{kij}}{Q_{ki}} \quad (2)$$

式中, Q_{kij} 表示在第 K 种邻域状态下, 类型 i 转变为类型 j 的区域数量; Q_{ki} 表示在第 K 种邻域状态下, 类型 i 的区域数量。

1.3.5 随机森林回归

随机森林回归是一种集成机器学习算法, 其核心思想是通过构建大量决策树并进行集成学习, 以提升模型的预测精度与稳健性^[36]。该算法在回归分析中表现出显著优势, 不仅受噪声数据和多重共线性问题的影响较小, 还能够有效处理高维特征和非线性关系, 因此被广泛应用于区域经济、环境管理和旅游地理等研究领域^[7]。本文采用随机森林回归算法, 旨在系统分析社会、经济与政策等多维因素对数字经济与旅游生态效率耦合协调的影响。具体涉及两方面分析工具: 一是基于均方误差增加量评估变量的相对重要性, 识别数字经济与旅游生态效率耦合协调的关键影响因素; 二是通过绘制偏依赖关系图, 可视化特定因素对数字经济与旅游生态效率耦合协调的非线性效应。

1.4 数据来源

鉴于数据可获取性的限制, 部分数字经济指标的数据最早可追溯至 2011 年。同时, 由于 2019 年后新冠疫情对社会经济发展(尤其是旅游业)造成显著冲击, 纳入后续年份数据可能对研究结果造成严重偏差。因此, 为保障结论的可靠性与合理性, 本文以 2011—2019 年中国 30 个省域(受数据限制, 未包含西藏及港澳台)为研究样本。此外, 依据国家统计局的区域划分标准, 将 30 个省域划分为东部、中部和西部三大区域。原始数据主要来源于《中国旅游统计年鉴》《旅游抽样调查资料》以及国家知识产权局。少数缺失值采用插值法填补, 价格型数据均以 2011 年为基期进行平减处理。

2 结果分析

2.1 数字经济与旅游生态效率的测算结果及其分析

采用熵值法与非期望产出 Super-EBM 模型, 分别测算 2011—2019 年中国省域数字经济与旅游生态效率, 结果见图 2。(1)数字经济结果分析。研究期内全国数字经济呈显著增长态势, 且形成“东部>中部>西部”的区域差异。国家高度重视数字经济发展, 相继出台了《“宽带中国”战略及实施方案》《国家信息化发展战略纲要》等一系列重大战略部署。2017 年, “数字经济”一词首次被写入政府工作报告, 这极大地激发了市场活力。因此, 2017 年后全国数字经济迎来了更为显著的增长。在此进程中, 东部地区在居民数字素养、数字基础设施和数字产业规模等方面优势明显, 特别是北京、上海、广东、浙江、江苏等省市。相较之下, 中西部地区在上述方面相对薄弱, 其数字经济发展也较为滞后。(2)旅游生态效率结果分析。2011—2019 年, 尽管受环境敏

感性的潜在影响,全国旅游生态效率表现出显著的波动性,但其整体数值仍趋于上升,由基期的 0.750 提高至末期的 0.772。究其原因,自 2011 年以来,国家愈发重视环境治理与绿色低碳转型。特别是生态文明建设上升为国家战略,这有利于倒逼区域旅游向低碳化和集约化发展^[7]。值得注意的是,尽管在产业结构、市场规模与经济转型等优势加持下,东部地区旅游生态效率均值(0.786)整体上高于中部和西部地区均值(0.778 和 0.721),但后者内部仍存在高效率省域(如贵州、吉林等),它们可能主要得益于丰富的生态资源和较低的碳排放,这支持了现有研究发现^[7]。

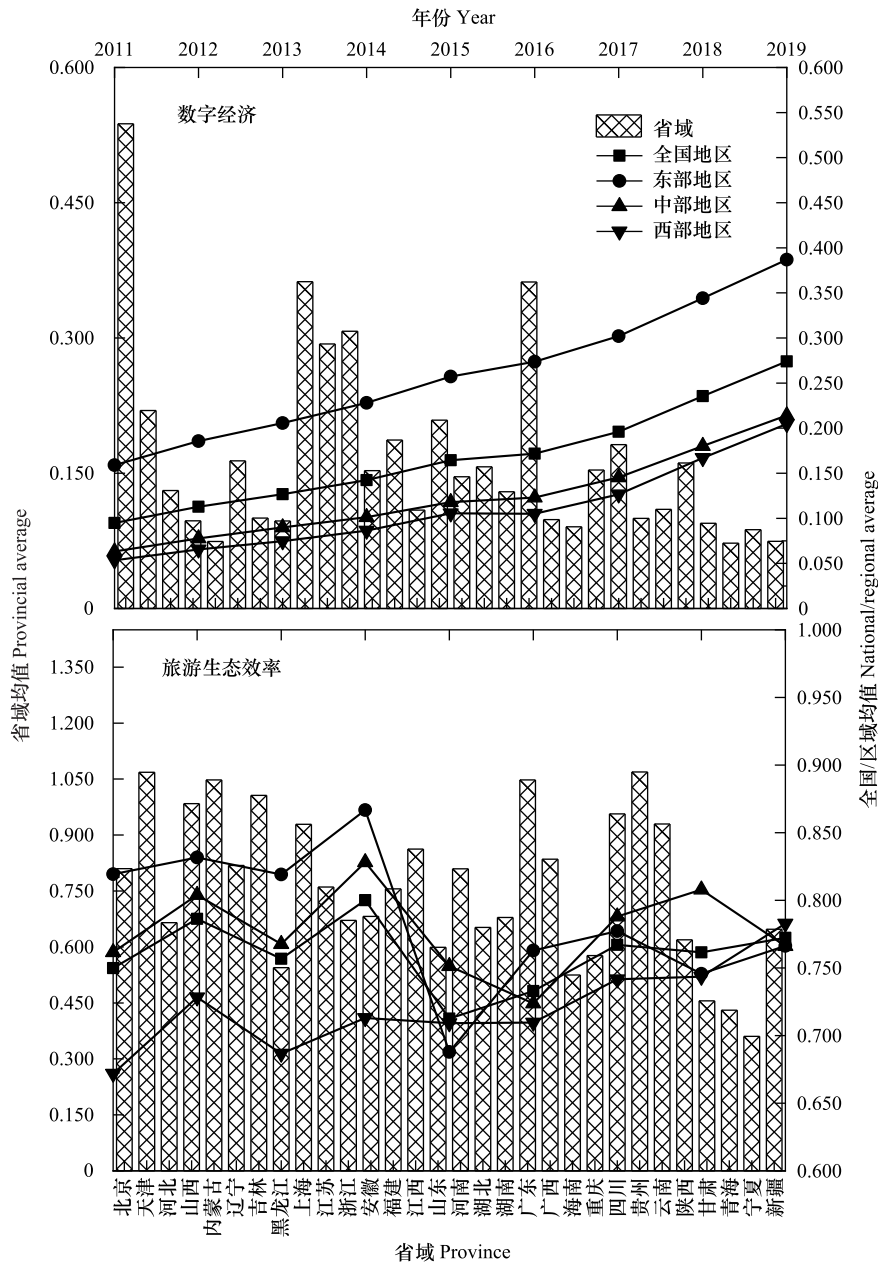


图2 数字经济与旅游生态效率的测算结果

Fig.2 The measurement results of digital economy and tourism eco-efficiency

2.2 数字经济与旅游生态效率耦合协调的时空特征

2.2.1 总体趋势

采用耦合协调模型测算数字经济与旅游生态效率的耦合协调度,并在全国、区域与省域层面呈现其结果

(图3)。(1)全国层面。全国数字经济与旅游生态效率耦合协调度呈显著增长态势,由2011年的0.429抬升至2019年的0.626。究其原因,数字经济凭借其高渗透性与强关联性,正与旅游领域呈现显著的融合趋势^[21]。特别是随着数字技术在旅游创新转型及低碳发展中的深入融合与应用,这催生了智慧酒店、智慧景区和智慧交通等新业态^[6]。这些旅游重点减排领域的数字化发展,不仅推动了旅游生态效率的提升,也为数字经济增长提供了多元的应用场景^[26],从而强化了二者耦合协调关系。(2)区域层面。二者耦合协调度形成了“东部>中部>西部”的区域差异。东部地区省域在数旅融合深度和低碳减排手段等方面更具优势,因而耦合协调关系相对更强。相比之下,中部和西部地区在数字经济与旅游低碳转型方面的发展均相对滞后,其中西部地区的问题尤为突出。尽管西部地区生态资源禀赋具有较高潜力,但其缺乏完善的旅游市场与数字基础设施,这一短板在一定程度上制约了数字经济与旅游生态效率之间的耦合协调。(3)省域层面。研究期内,数字经济与旅游生态效率耦合协调度均值排名前三的省域分别是北京、广东和上海,位居末三的分别是宁夏、青海和甘肃。结果表明,中国数字经济与旅游生态效率耦合协调度存在显著的省际差异,其极差达0.489。这可能主要归因于各省域旅游市场规模与资源禀赋等差异,以及区域之间的数字鸿沟。

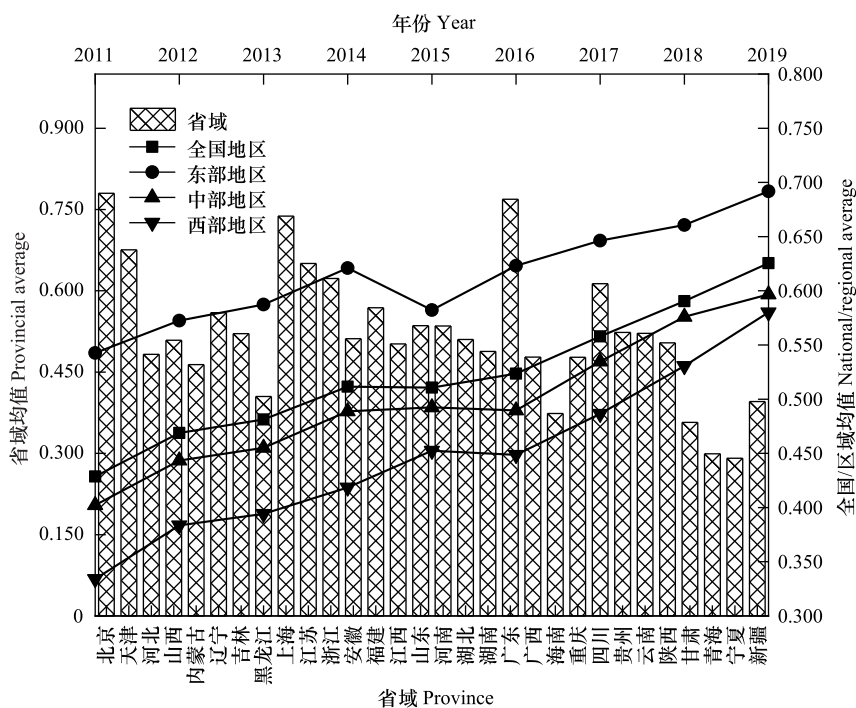


图3 中国数字经济与旅游生态效率耦合协调的总体趋势

Fig.3 General trend of coupling coordination of digital economy and tourism eco-efficiency in China

2.2.2 动态分布

鉴于总体趋势分析仅能反映静态特征,本文采用非参数核密度估计,进一步揭示数字经济与旅游生态效率耦合协调的动态分布特征,结果见图4。

从全国来看,核密度分布曲线的中心位置与区间范围均逐渐向右转移,表明数字经济与旅游生态效率的耦合协调度整体提升。就分布形态而言,主峰高度显著上升,同时宽度有所收窄。该结果表明,尽管省际差异依然存在,但这种差距正在缩小。就分布延展性而言,曲线出现了轻微的右拖尾现象。这表明,虽有低值省域在逐渐向均值靠拢,但部分省域(如北京、广东和上海等)的数字经济与旅游生态效率耦合协调度仍高于全国均值,形成了领先优势。就极化程度而言,曲线始终呈单峰形态,表明数字经济与旅游生态效率耦合协调度在整体提升的过程中,并未出现明显的两极分化,而是呈现集中化发展趋势。

从区域来看,三大区域曲线中心位置与区间范围均逐渐向右转移,表明各区域数字经济与旅游生态效率

耦合协调度整体提升。就分布形态而言,三大区域主峰高度均显著提升,同时宽度有所收窄。西部地区的曲线宽度大于东部地区,表明其内部省际差异相对更大。这可能主要归因于西部省域之间数字基建与旅游规模的极大差异。譬如,四川和陕西在上述方面具有显著优势,但青海和新疆等深处内陆,制约了数字经济渗透和旅游市场开拓。就分布延展性而言,东部和西部地区拖尾现象不明显,中部地区则存在轻微左拖尾现象,表明其内部仍有少数省域偏低。就极化程度而言,东部地区分布曲线总体呈现单峰形态,中部和西部地区则表现为多峰形态,说明后者存在多级分化现象。

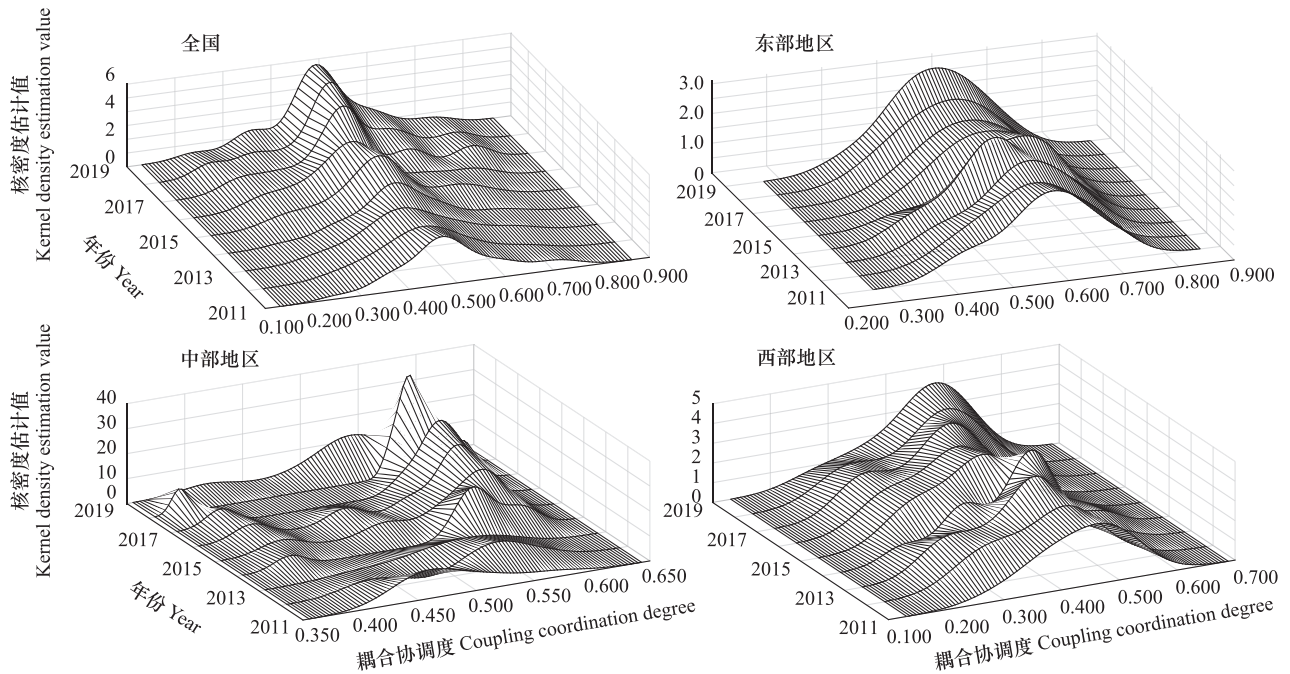


图 4 数字经济与旅游生态效率耦合协调的核密度分布曲线

Fig.4 Kernel density distribution curve for coupled coordination of digital economy and tourism eco-efficiency

2.3 数字经济与旅游生态效率耦合协调的动态转移

为弥补前述分析在揭示地理背景作用下动态演变趋势的不足,本文首先基于四分位法^[34],将数字经济与旅游生态效率耦合协调度划分为低、较低、较高和高四个等级;继而采用传统与空间马尔可夫链,深入分析其动态转移特征。

2.3.1 基于传统马尔可夫链

基于传统马尔可夫链结果(表 2)可知:(1)对角线元素(最低为 0.5893)远大于非对角线元素(最高值为 0.2321),表明各省域维持原有状态等级的最低概率为 58.93%,即中国数字经济与旅游生态效率耦合协调存在显著的路径依赖特征。(2)各省域在邻近状态等级之间转移较为活跃,而在非邻近状态等级之间转移则较为困难(最大概率仅 1.78%)。结果表明,数字经济与旅游生态效率耦合协调度增长符合生命周期理论的特征,即在短期内难以实现跨越式增长。这可能主要归因于各省域资源瓶颈的限制。(3)对角线顶端状态等级低和高的概率分别是 84.38%和 90.63%,明显大于中间状态等级的概率,表明数字经济与旅游生态效率耦合协调可能存在俱乐部收敛现象。

2.3.2 基于空间马尔可夫链

通过对比分析表 2 与空间马尔可夫链结果(表 3)可知,在不同邻域背景下,转移概率存在显著差异,表明数字经济与旅游生态效率耦合协调受到邻域背景的显著影响。这一现象可能主要与数字经济的高渗透性以及区域旅游合作有关^[6, 8]。同时,在不同邻域背景下的结果均显示,对角线元素概率显著大于非对角线元素

概率,且各省域在邻近状态等级之间的转移较为活跃,而非邻近状态等级之间的转移则较为困难。这一结果从空间视角证实了路径依赖与俱乐部收敛现象的存在。此外,邻域背景对各省域的影响表现为正向空间溢出效应。具体而言,当本地省域与耦合协调度高(低)值省域相邻时,其向上(下)转移概率通常会得到提升。譬如,不考虑邻域背景时,状态等级较低省域的向上和向下转移概率分别为 21.43% 和 17.86%。当其与状态等级低省域相邻时,二者分别变为 0.00% 和 33.33%;而当其与状态等级高省域相邻时,则变为 27.27% 和 9.09%。

表 2 传统马尔可夫转移概率矩阵

Table 2 Traditional Markov Transition Probability Matrix

等级 Level	低 Low	较低 Relatively low	较高 Relatively high	高 High
低 Low	0.8438	0.1406	0.0156	0.0000
较低 Relatively low	0.1786	0.5893	0.2143	0.0178
较高 Relatively high	0.0000	0.2321	0.6786	0.0893
高 High	0.0000	0.0000	0.0937	0.9063

表 3 空间马尔可夫转移概率矩阵

Table 3 Spatial Markov transition probability matrix

邻域 Neighborhood	等级 Level	低 Low	较低 Relatively low	较高 Relatively high	高 High
低 Low	低	0.9310	0.0690	0.0000	0.0000
	较低	0.3333	0.6667	0.0000	0.0000
	较高	0.0000	0.3077	0.6923	0.0000
	高	0.0000	0.0000	0.0714	0.9286
较低 Relatively low	低	0.6923	0.3077	0.0000	0.0000
	较低	0.1428	0.6429	0.2143	0.0000
	较高	0.0000	0.2500	0.6875	0.0625
	高	0.0000	0.0000	0.0667	0.9333
较高 Relatively high	低	0.5000	0.5000	0.0000	0.0000
	较低	0.1111	0.6667	0.2222	0.0000
	较高	0.0000	0.2308	0.6923	0.0769
	高	0.0000	0.0000	0.0833	0.9167
高 High	低	0.9333	0.0667	0.0000	0.0000
	较低	0.0909	0.6364	0.2727	0.0000
	较高	0.0000	0.1333	0.7334	0.1333
	高	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000

表 4 显示,在本地与邻域状态等级均发生向上转移的省域中,河北、山西、广西、云南、陕西和新疆等西部省份表现突出。这一方面可能得益于西部大开发等政策红利,释放了其巨大的后期发展潜力;另一方面也反映出西部地区的发展状态尚未稳定。黑龙江与山东是仅有的两个本地与邻域均发生向下转移的省份。值得注意的是,北京、吉林、江苏、湖南、广东等 10 个省市保持了本地与邻域的稳定。这再次证实了中国数字经济与旅游生态效率耦合协调度存在显著的路径依赖特征,突破现有发展格局面临较大挑战。

2.4 数字经济与旅游生态效率耦合协调的影响因素

2.4.1 影响因素的选取

鉴于数字经济与旅游转型及其耦合协调关系显著受到社会经济与政策环境的影响^[5],本文参考现有研究成果^[4-7, 9, 29, 37],并考虑数据可得性,基于经济、社会和政策三个关键维度选取影响因素。具体选取依据如下:

表 4 本地与邻域状态等级转移

Table 4 Local and neighbourhood state level transfer

省域 Province	本地转移 Local transition	邻域转移 Neighborhood transition	省域 Province	本地转移 Local transition	邻域转移 Neighborhood transition
北京	维持平稳	维持平稳	河南	向下转移	维持平稳
天津	维持平稳	向上转移	湖北	维持平稳	向下转移
河北	向上转移	向上转移	湖南	维持平稳	维持平稳
山西	向上转移	向上转移	广东	维持平稳	维持平稳
内蒙古	向上转移	向下转移	广西	向上转移	向上转移
辽宁	向下转移	向上转移	海南	维持平稳	维持平稳
吉林	维持平稳	维持平稳	重庆	维持平稳	维持平稳
黑龙江	向下转移	向下转移	四川	维持平稳	向上转移
上海	维持平稳	向下转移	贵州	维持平稳	向上转移
江苏	维持平稳	维持平稳	云南	向上转移	向上转移
浙江	维持平稳	向下转移	陕西	向上转移	向上转移
安徽	向上转移	向下转移	甘肃	维持平稳	维持平稳
福建	向下转移	向上转移	青海	维持平稳	维持平稳
江西	向上转移	维持平稳	宁夏	维持平稳	维持平稳
山东	向下转移	向下转移	新疆	向上转移	向上转移

首先,经济维度的因素主要包括经济收入、对外开放与市场需求。经济收入为数字经济发展与旅游生态转型提供了必要的物质基础,并在推动数旅深度融合发展中发挥着重要作用^[9]。相较于反映总体经济规模的人均国内生产总值(GDP),人均可支配收入(元)能更直接地表征居民购买力,是激发数字与旅游消费的最直接物质基础^[37],因此本文将其作为度量指标^[2, 37]。对外开放不仅为数字经济发展与旅游生态转型提供了资金支持,还有助于引入先进的管理模式与产品技术^[6],从而推动数旅融合的深入发展。本文采用外商直接投资额占GDP的比重(%)度量该变量^[6]。市场需求为数字服务产品与低碳旅游产品的创新提供了直接的市场信号,是推动旅游生态转型及其与相关产业融合的内在引擎^[7, 9]。本文采用人均社会消费品零售额(元/人)作为其代理变量^[9]。

其次,社会维度的因素主要包括城镇化和交通水平。城镇化为设施、人才和产业等集聚提供了必要的空间载体^[29],有利于推动数字经济发展与旅游生态转型,是推动数旅深度融合的重要基础^[9]。本文采用城镇化率(%)作为其代理指标^[9]。交通水平关乎旅游地的空间可达性^[29],有助于压缩区域时空距离和促进资源要素流动,进而推动数字经济发展与旅游生态转型,同时加速数旅融合发展^[6]。公路网络因其在连接区域内部及辐射腹地方面具有基础性与普适性,其密度高低可能直接关系到旅游地空间可达性的优劣^[4, 29]。因此,本文采用公路密度(公里/平方米)作为其代理变量^[4, 9, 29]。

最后,政策维度的因素主要包括环境规制与政府调控。环境规制能够倒逼旅游低碳发展和提质增效,并加速数字技术在旅游转型与低碳治理中的应用^[6],从而推动数旅深度融合。传统指标(如环境污染治理投资)仅能反映环境规制的某一侧面,而政府工作报告是政府部门的工作纲领,能更为综合地体现其政策意图^[38-39]。因此,本文采用政府工作报告中与环境相关词汇的词频数量(个)作为环境规制的代理变量^[38]。政府调控在完善数字基础设施与规范低碳旅游行业秩序等方面起到重要作用,有助于打造优质营商环境^[7],进而影响数字经济发展与旅游生态转型及其协调关系。本文采用财政支出占GDP的比重(%)作为其代理指标^[5, 7]。

2.4.2 相对重要性分析

各变量VIF均小于7.5,表明共线性问题不会对模型造成显著影响^[4]。运用随机森林回归模型分析上述关键因素的影响,模型的拟合优度为0.850,均方误差为0.002,表明其解释力度较大。在此基础上,本文采用相对重要性工具评估了各因素的贡献率(表5)。结果显示,各影响因素按贡献率由大到小依次为:城镇化、市场需求、经济收入、交通水平、政府调控、对外开放和环境规制。也就是说,社会与经济维度因素的贡献率明显高于政策维度因素。这表明,研究期内数字经济与旅游生态效率的耦合协调关系主要受社会经济因素主导。

其原因可能在于,政策更多作为一种外部调控工具,而产业融合的内生活力则从根本上由市场需求和经济收入等因素主导^[5]。该结论支持了现有研究的观点^[6],即生态转型中的数旅融合受政府调控、环境规制等政策因素的影响相对较弱。具体来看,城镇化与市场需求的贡献率均超过 20%,且后者仅稍低于前者,这不仅印证了城镇化在推动数旅融合中的重要作用^[5],还揭示了数旅融合的市场导向型特征^[2, 7]。经济收入与交通水平的贡献率均超过 10%,而前者更高。这表明,完善的交通网络固然为资源要素的跨区域流动提供了基础条件,但最终激发数字与旅游消费市场的核心动力,仍源于居民的实际购买力(经济收入)。特别是,较高的购买力能将潜在客源市场有效转化为现实的消费需求,从而减少资源闲置,避免了因需求不足而导致的效率损失。此外,政府调控、对外开放与环境规制的贡献率均低于 10%,表明其对数旅融合的影响相对较弱,这为现有相关研究提供了新证据^[5-7]。

表 5 相对重要性结果

Table 5 Results of relative importance

影响因素 Influencing factors	贡献率/% Contribution rate	排名 Rank	影响因素 Influencing factors	贡献率/% Contribution rate	排名 Rank
经济收入 Economic income	19.93	3	交通水平 Traffic level	13.81	4
对外开放 Opening-up	3.44	6	环境规制 Environmental regulation	2.41	7
市场需求 Market demand	26.79	2	政府调控 Government regulation	6.69	5
城镇化 Urbanization	26.93	1			

本文对部分变量(经济收入)进行了对数化处理,以缓解异方差影响

2.4.3 非线性效应分析

基于随机森林回归中的偏依赖关系图,本文进一步分析了各影响因素对数字经济与旅游生态效率耦合协调的非线性效应(图 5)。具体如下:

(1)经济收入。经济收入的边际效应始终为正,且其强度经历了从缓慢增长到加速增长,再趋于相对平稳的演变过程。这主要归因于,经济收入提升通过供给优化与消费升级,为数旅融合提供了深层动力。一方面,经济收入的提升意味着财政税收的增强,从而政府有更充足的资金强化数字基础设施与旅游服务设施供给。另一方面,经济收入的提升会推动游客消费向高品质、绿色化等方向转变,这种消费升级催生了智慧酒店、智慧景区等融合业态,进而加速数旅深度融合^[2]。但随着业态成熟与消费饱和,这一效应将逐渐稳定。

(2)对外开放。对外开放的边际效应呈先缓慢降低、后缓慢提升、继而快速降低并在较低水平趋于平稳的演变趋势。尽管效应值有所降低,但仍表现为正向影响。不可否认的是,对外开放在为数字经济发展与旅游生态转型带来资金要素的同时,还吸引了技术、人才等资源要素,并引入了先进的管理模式与产品技术^[8],进而有助于加深数旅融合发展。然而,研究表明,对外开放在产生技术溢出效应的同时,也存在‘污染天堂’现象^[40];此外,对外开放吸引的资源要素受边际效应递减规律的影响^[5],这些因素共同削弱了其促进作用。

(3)市场需求。市场需求的边际效应始终为正,且其强度经历了加速增长后在较高水平趋于平稳的演变轨迹。究其原因,市场需求通过释放市场信号和规模效应,为数旅融合创造了更具活力的发展环境^[9]。具体而言,市场需求的快速扩大向市场主体释放出积极的需求信号,从而吸引人才、资本和技术等资源要素向高市场需求区域集聚。随之,资源要素的持续积累带来了显著的规模效应,进而降低成本、促进资源共享,最终有助于促进数旅融合的深度发展。然而,可能受制于区域资源环境承载能力的瓶颈,这一效应在后期将逐渐趋于稳定。

(4)城镇化。城镇化的边际效应始终为正,且其强度呈现先缓慢降低,后加速提升,最终转为缓慢提升的演变趋势。主要原因可能在于,城镇化初期的基础设施建设与产业结构调整需耗费大量资源要素,这对用于数旅融合的资源要素造成挤出效应。随着城镇化的加速推进,一方面,人口规模优势催生了高品质、多元化数字与旅游消费需求^[5],进而推动了智慧旅游、数字旅游等融合业态发展;另一方面,城镇化带来了显著的人才集聚效应与规模经济效应,进而促进资源共享、降低创新成本^[5, 29],这为数旅融合提供了有力支撑。

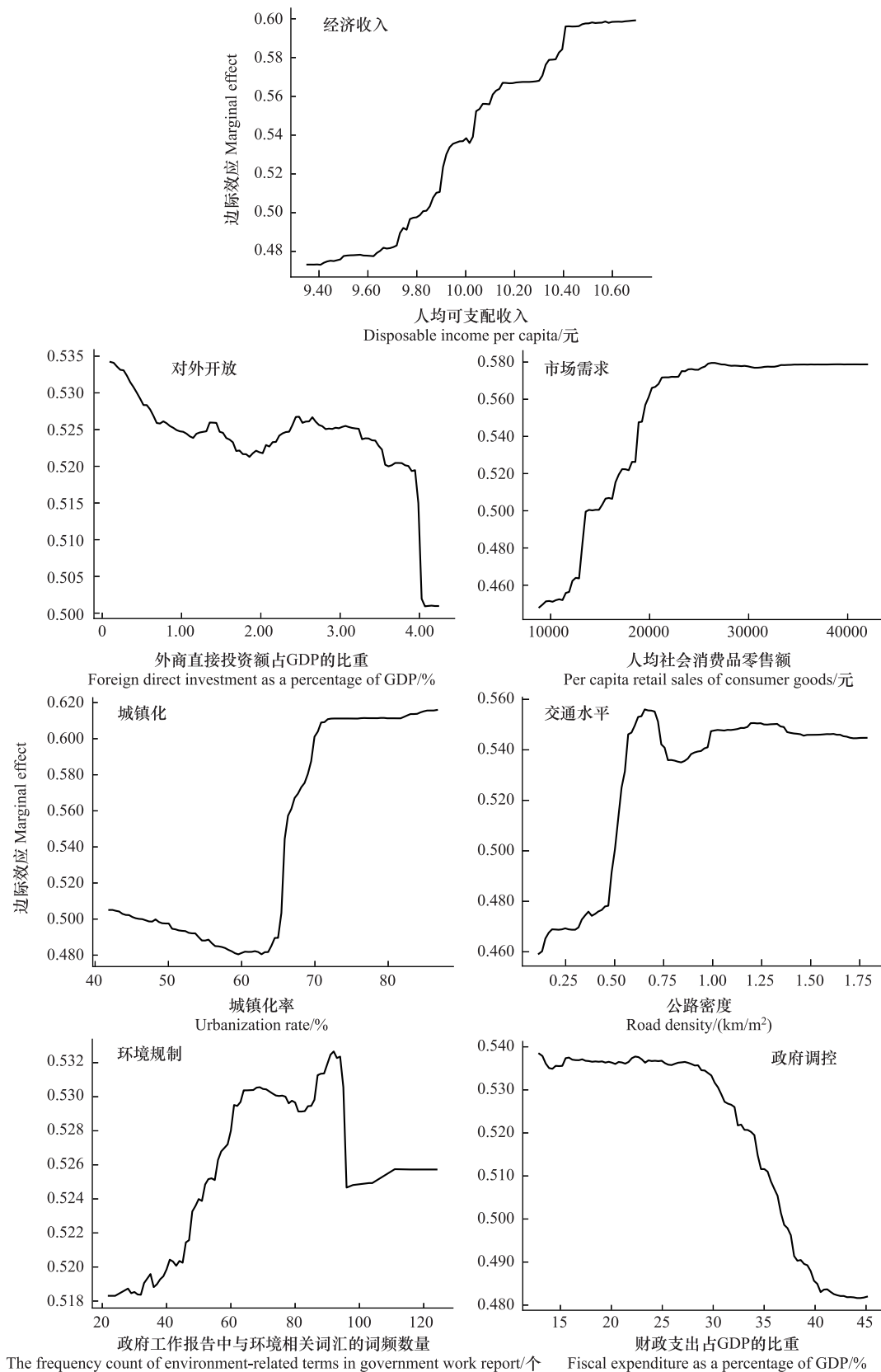


图 5 影响因素非线性效应

Fig.5 Nonlinear effects of influencing factors

(5) 交通水平。交通水平的边际效应始终为正,其强度呈现先加速提升后轻微下降,进而在较高水平维持相对稳定的变化轨迹。这主要归因于,交通水平的提升显著压缩了区域时空距离,降低了游客的时间与成本,进而促进了客流、资金流和技术流等要素的有序流动与扩散^[4, 6],最终为数旅融合提供有力支撑。然而,值得注意的是,在发展初期,数字经济与旅游发展的交通基础设施薄弱,使得此阶段交通水平的边际效应增长态势相对更强。随着交通基础设施的日趋完善,其支撑作用逐渐成为常态,这使得效应的增长态势随之减弱,但仍保持在较高水平。

(6) 环境规制。环境规制的边际效应始终为正,其强度初始在低水平保持平稳,随后加速提升,达到高点后经历短暂缓慢下降,继而再度缓慢上升,并最终在较高水平维持相对稳定。当环境规制较为宽松时,企业面临的低碳转型压力较低,可能将本可用于技术创新的资源优先用于环境治理(即产生“挤出效应”)^[41],因此在短期内,其对数字经济与旅游生态效率耦合协调的影响较为有限。随着环境规制强度的提升,更强的环境规制压力将迫使企业引入数字化监控、清洁技术等降耗减排技术或措施,进而显著促进数旅融合,但随着数字经济发展与旅游生态转型模式的成熟,该效应可能会随之减弱^[5]。

(7) 政府调控。政府调控的边际效应强度呈现先在较高水平维持相对稳定,随后加速下降,最终在较低水平保持稳定的演变趋势。尽管效应值有所降低,但仍表现为正向影响。究其原因,政府调控有助于完善数字基础设施与旅游服务设施,并规范行业秩序,进而打造优质营商环境。这不仅直接推动了数字经济发展与旅游生态转型,也深度催化了数旅融合。然而,过度政府干预可能造成资源闲置与效率损失^[4],从而削弱其边际效应。这间接表明,政府应更多地发挥基础性调控作用,而数字经济、旅游产业及相关产业的协调交融,最终可能更依赖市场的自发调节^[5]。

3 讨论与结论

3.1 讨论

当前,中国旅游业正处于数字化融合和生态化转型的重要阶段。为回应数旅深度融合的现实需要与学理关切,破解旅游经济增长与资源环境问题间的矛盾,本文系统考察数字经济与旅游生态效率耦合协调的时空演变及影响因素,旨在推动数实融合在旅游领域的加速实现,进而为促进旅游生态转型与数实深度融合提供重要参考依据。

首先,本文在分析框架层面拓展了现有关于数字经济与旅游发展关系的研究。当前研究视角已从单向影响^[11]转向耦合协调^[2],并更加关注旅游发展质量^[8-9]。然而,其构建的旅游业高质量发展评价体系涉及较多宏观社会经济指标(如森林覆盖率、污水处理率等),而非直接旅游指标,致使研究结论的可靠性与普适性存疑。在此背景下,采用直接旅游指标的“效率”视角,为客观揭示旅游发展质量提供了更优路径^[4]。遗憾的是,现有研究主要聚焦数字经济对旅游经济效率^[16]、绿色发展效率^[17]、碳排放效率^[18]、生态效率^[19]的单向影响。少数研究虽开始关注数字经济与旅游发展效率间的耦合协调,但仅涉及数字经济子维度(如数字普惠金融),且忽略了旅游经济增长引发的资源环境问题^[24]。因此,本文探索构建数字经济与旅游生态效率耦合协调的分析框架,是对现有研究的丰富与拓展。

其次,本文将马尔可夫链应用到数字经济与旅游生态效率耦合协调的研究中。现有研究主要采用空间自相关^[20, 22]、标准差椭圆^[25]、趋势面分析^[21]等方法,考察数字经济与旅游发展耦合协调的空间分布、关联和差异等特征。研究表明,二者耦合协调呈现“东部>中部>西部”的区域差异,并存在空间互动关系^[22],这与本文的结论类似。然而,这些静态截面分析方法忽视了地理背景影响下耦合协调状态的动态转移趋势。因此,本文应用马尔可夫链方法进行研究,发现数字经济与旅游生态效率耦合协调度呈显著路径依赖特征,各省域难以在短期内实现跨越式增长。当与高耦合协调度的省域相邻时,本地省域耦合协调度向上转移的概率明显提升。这一发现弥补了现有研究的不足^[2, 8-9],进一步揭示了数旅融合的动态转移概率与长期演变趋势,从而深化了对该过程演化规律的认识。

最后,本文引入随机森林回归模型,分析了社会、经济与政策因素对数字经济与旅游生态效率耦合协调的相对重要性与非线性效应。现有文献主要采用传统回归技术或地理探测器等方法,分析数字经济与旅游发展耦合协调的影响因素^[2, 8-9]。如舒小林等^[8]采用面板 Tobit 模型,发现经济发展和交通水平等能够促进数字经济与旅游发展耦合协调。然而,这些方法难以量化各因素的相对重要性,也无法揭示其非线性效应。因此,本文采用随机森林回归模型展开分析,发现数字经济与旅游生态效率耦合协调受多因素的非线性影响,其中,经济收入、市场需求和交通水平等因素的影响总体增强并在较高水平维持稳定。并且,社会经济因素贡献度较大,而政策因素贡献度较小。原因可能在于,政策本质上是一种外部干预手段,而数旅融合则可能主要由市场需求和经济收入等因素所驱动^[5]。这是对既往影响因素分析的深化与拓展,进而也有助于因地制宜地指导实践。

本文仍存在以下局限:首先,鉴于数据可获取性的限制,城市尺度的旅游能源消耗、碳排放等关键数据(尤其是交通以外的部分^[29])难以获取。此外,部分数字经济与旅游指标的数据最早仅可追溯至 2011 年,同时 2019 年以后新冠疫情对旅游发展造成了显著冲击。因此,为确保研究结果的合理性与稳健性,本文最终基于 2011—2019 年省级面板数据展开分析。未来若能通过旅游卫星账户、实地调查等途径,补充城市尺度的关键数据并扩展其时间范围,将有助于深化相关认识。其次,受限于数据可获取性,旅游生态效率的部分指标仍有待完善。为回应学界关于其社会效益产出指标的关切^[29,31],未来研究可采用定性分析(如专家访谈)与定量分析(如问卷调查、实地调研)相结合的方式,确定社会福利指标(例如游客满意度、旅游教育)并采集相关数据,从而丰富和完善现有研究。最后,在影响因素分析方面,未来研究还可进一步采用定性比较分析或时空地理加权回归等方法,以探讨各因素的组态或时空异质性影响,从而丰富研究内容。

3.2 结论

本文以 2011—2019 年中国省域数据为样本,采用空间分析与回归技术等方法,系统考察数字经济与旅游生态效率耦合协调的时空特征与影响因素。主要结论如下:

(1) 研究期内,中国数字经济与旅游生态效率均呈显著增长趋势,二者耦合协调度也明显提升。同时,数字经济、旅游生态效率及其耦合协调度均呈现出“东部>中部>西部”的区域分异特征。此外,全国和东部地区的耦合协调度均呈集中化发展趋势,而中、西部地区则表现出明显的多级分化。

(2) 中国数字经济与旅游生态效率耦合协调演化呈显著的路径依赖特征,各省域耦合协调度难以在短期内实现跨越式增长,符合生命周期理论的特征。此外,邻域背景会对本地省域产生空间溢出效应,当与高耦合协调度的省域相邻时,本地省域耦合协调度向上转移的概率明显提升。

(3) 二者耦合协调受多元因素的综合影响,其中社会经济因素贡献率较大,而政策因素贡献率较小。此外,各因素的影响呈非线性特征。经济收入、市场需求、城镇化、交通水平等的影响总体增强并在较高水平稳定;而对外开放则呈相反趋势。政府调控的影响总体降低并在较低水平稳定,环境规制的影响则先提升后降低并在较低水平稳定。

3.3 启示

基于上述主要结论,提出如下政策启示:

重视因地制宜,推动三大地区数字经济与旅游生态效率耦合协调发展。第一,东部地区应发挥数字经济优势,建设绿色低碳旅游标杆项目。例如,在上海、厦门和青岛等滨海城市开发沉浸式低碳旅游体验系统,借助智能算法优化景区能耗管理,形成技术驱动低碳转型的示范模式。第二,中部地区在承接产业转移过程中应同步建立低碳转型机制。例如,安徽等省份可借鉴江苏、浙江和上海等东部地区的低碳治理经验,设立低碳旅游示范区,并通过财税激励降低旅游企业数字化与低碳转型成本,实现产业升级与环境改善的协同推进。第三,西部地区应加快数字基础设施建设,并重点推进生态资源数字化开发。例如,在西藏、青海和甘肃等省份,将自然景观(如雪山、湖泊、森林)与虚拟技术融合,创新生态体验产品,构建可持续的价值实现机制。

推动区域协同,破解数字经济与旅游生态效率耦合协调发展的路径依赖困境。第一,积极推进跨区域数

字基础设施与数据要素的共建共享。例如,在数字资源集聚区(如长三角地区),可试点建设低碳旅游数据共享平台,实现游客行为分析、碳排放监测等关键数据的跨域协同管理。第二,建立健全东西部协作常态化帮扶机制。例如,支持东部省份如广东与西部云南、新疆等地依托现有协作框架,共同开发融合 AR 技术、生态保护与低碳旅游的创新产品,从而推动区域协同发展。第三,加快组建区域智慧旅游与低碳旅游协同发展联盟。例如,在旅游资源富集区域(如长江经济带、黄河流域),可通过推广统一服务标准体系和区域旅游一卡通等措施,促进云南、贵州、四川等沿线省份的旅游协同,从而打破游客跨区流动的行政障碍。

优化影响因素,多措并举促进数字经济与旅游生态效率的耦合协调发展。第一,提升经济因素效能。政府应利用经济收入增长的财政基础,优先完善数字基础设施与低碳旅游服务供给;同时,通过精准调控外资,防止市场无序竞争。数字及旅游企业则需敏锐识别市场需求,积极开发数字旅游、低碳旅游等差异化产品。第二,释放社会因素效能。合理利用城镇化所带来的人口、资金和技术等要素,优化交通网络规划,构建低碳旅游交通体系,促进区域资源高效流动,加速人才、技术和市场融合,从而推动数字经济与旅游生态效率的协调增长。第三,优化政策因素效能。综合运用法律、行政和经济等环境治理手段,避免规制过松或过紧,力求减少短期挤出效应,激发长期绿色创新效应。此外,需持续推进政府职能向服务与引导转变,提升政策响应能力,实现与市场机制的有效配合。

参考文献(References):

- [1] 宋成镇,刘庆芳,宋金平,马伟.数字经济对黄河流域城市转型效率的影响分析.地理学报,2025,80(8):2128-2142.
- [2] 马斌斌,豆媛媛,贺舒琪,张爱霞,喻敏,刘丹.中国数字经济与旅游产业融合发展的时空特征及驱动机制.经济地理,2023,43(6):192-201.
- [3] 中国信息通信研究院.中国数字经济发展研究报告,2024.
- [4] 王兆峰,谢佳亮.中国旅游产业组织的时空耦合关系及影响因素.地理学报,2023,78(4):961-979.
- [5] 王金伟,王启翔,陆大道.数字经济、旅游经济与新型城镇化时空耦合格局及影响因素——以长三角地区为例.地理研究,2024,43(12):3301-3326.
- [6] Wu Z C, Xie J L. The gospel of sustainable development: Spatiotemporal evolution and configuration pathways of the coupling coordination of the digital economy, tourism development and eco-efficiency. *Journal of Environmental Management*, 2025, 380: 124903.
- [7] 谢佳亮,王兆峰.中国旅游生态效率与生态旅游关注空间错位及其形成机制.自然资源学报,2025,40(4):1012-1031.
- [8] 舒小林,闵浙思,郭向阳,何亚兰,张倩兮.省域数字经济与旅游业高质量发展耦合协调及驱动因素.经济地理,2024,44(1):197-208.
- [9] 王金伟,王启翔,冯凌.中国数字经济与旅游业高质量发展的协调格局及驱动机制.地理科学,2024,44(1):130-139.
- [10] Luo H H, Wang H J, Wu Y. Digital financial inclusion and tourism development. *International Review of Economics & Finance*, 2024, 90: 207-219.
- [11] Liu Z, Yang Y, Kim Y R, Liu A Y. Digital economy and regional tourism development: the mediating role of information search from a spatial spillover perspective. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 2025, 49(6): 1035-1050.
- [12] Tang R. Digital economy drives tourism development—empirical evidence based on the UK. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 2023, 36(1): 2003-2020.
- [13] 马丽君,敖焯.数字经济对旅游业高质量发展的影响及空间溢出效应.地理科学进展,2023,42(12):2296-2308.
- [14] 吴丹丹,马仁锋,郝晨,冯学钢,吴杨.数字经济对市域旅游业高质量发展水平的空间效应及机制.经济地理,2023,43(4):229-240.
- [15] Tang R. A study of the effects and mechanisms of the digital economy on high-quality tourism development: evidence from the Yangtze River Delta in China. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 2022, 27(11): 1217-1232.
- [16] Tang R. Digital economy and total factor productivity of tourism enterprises in China: the perspective of market competition theory. *Current Issues in Tourism*, 2024, 27(1): 76-91.
- [17] 李志远,冯学钢,何静.数字经济对旅游产业绿色发展效率的空间影响及门槛效应.地理科学进展,2024,43(10):1990-2003.
- [18] 苏振,郑应宏,郭彦.数字经济对旅游业碳排放效率的影响及门槛效应.中国人口·资源与环境,2023,33(8):69-79.
- [19] Chen W H, He X R, Cai C Y. Does the digital economy promote TourismEco-efficiency -an empirical StudyBased on Chinese cities. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2025, 34(3): 2063-2079.
- [20] Yang Z Y, Sang S Y, Zhu Y R. Analysis of coupled coordination and spatial interaction effects between digital and tourism economy in the Yangtze River Delta region. *PLoS One*, 2024, 19(8): e0307756.

- [21] Tian F F, Weng G M. The integration and challenges of digital economy with the tourism industry: Evidence from the Yellow River Basin in China. *Journal of Cleaner Production*, 2024, 475: 143672.
- [22] Ye X L, Wang J, Sun R H. The coupling and coordination relationship of the digital economy and tourism industry from the perspective of industrial integration. *European Journal of Innovation Management*, 2024, 27(4): 1182-1205.
- [23] Liu H N, Tan Z X, Xia Z C. The coupling coordination relationship and driving factors of the digital economy and high-quality development of rural tourism: insights from Chinese experience data. *Land*, 2024, 13(11): 1734.
- [24] 郭向阳, 明庆忠. 数字普惠金融与旅游产业效率交互影响关系研究——以贵州省为例. *人文地理*, 2025, 40(1): 80-88, 123.
- [25] Wang Y, Li Y X, Zheng L L, Zhang Y H. Research on the coordinated measurement and spatiotemporal evolution of digital economy empowering ecotourism. *PLoS One*, 2025, 20(5): e0323723.
- [26] 王兆峰, 林鲁雄, 陈勤昌. 中国旅游业数字化与绿色化时空耦合特征及互动响应关系. *地理与地理信息科学*, 2025, 41(4): 129-141, 151.
- [27] 洪铮, 王林, 章成. 绿色发展背景下区域旅游生态效率影响因素——以西部地区为例. *生态学报*, 2021, 41(9): 3512-3524.
- [28] Bieser J C T, Hilty L M. Indirect effects of the digital transformation on environmental sustainability: methodological challenges in assessing the greenhouse gas abatement potential of ICT. *EPiC Series in Computing*, 52: 68-53.
- [29] 程占红, 王峥, 牛莉芹. 黄河流域旅游业绿色发展效率动态演变及其驱动因素. *生态学报*, 2025, 45(2): 511-524.
- [30] 宋瑞, 胥英伟, 史瑞应. 沿黄九省区旅游产业效率空间分异及其影响因素分析. *旅游学刊*, 2022, 37(12): 83-98.
- [31] Guo L J, Li P Z, Zhang J H, Xiao X, Peng H S. Do socio-economic factors matter A comprehensive evaluation of tourism eco-efficiency determinants in China based on the Geographical Detector Model. *Journal of Environmental Management*, 2022, 320: 115812.
- [32] Chaabouni S. China's regional tourism efficiency: a two-stage double bootstrap data envelopment analysis. *Journal of Destination Marketing & Management*, 2019, 11: 183-191.
- [33] Sun Y Y, Hou G L, Huang Z F, Zhong Y. Spatial-temporal differences and influencing factors of tourism eco-efficiency in China's three major urban agglomerations based on the super-EBM model. *Sustainability*, 2020, 12(10): 4156.
- [34] Chen Q, Chen W X, Wu D, Zheng L, Li J F. Spatiotemporal evolution and influencing factors of tourism development efficiency in the Yangtze River Economic Belt, China. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 379: 134722.
- [35] Flores-Segovia M A, Castellanos-Sosa F A. Proximity effects and labour specialization transitions in Mexico: a spatial Markov chain analysis. *Regional Studies*, 2021, 55(4): 575-589.
- [36] Breiman L. Random forests. *Machine Learning*, 2001, 45(1): 5-32.
- [37] 朱静敏, 卢小丽. 数字经济提升旅游经济韧性的作用机制及空间效应. *地理科学进展*, 2024, 43(10): 2004-2020.
- [38] 张建鹏, 陈诗一. 金融发展、环境规制与经济绿色转型. *财经研究*, 2021, 47(11): 78-93.
- [39] 陈诗一, 陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展. *经济研究*, 2018, 53(2): 20-34.
- [40] 徐晔, 欧阳婉桦. 江西省城市绿色发展水平动态测度及影响机制. *长江流域资源与环境*, 2022, 31(5): 1152-1168.
- [41] 谢佳亮, 王兆峰. 长江经济带环境规制对旅游生态效率的门限效应及空间差异. *地理与地理信息科学*, 2023, 39(2): 117-125.