

doi:10.3969/j.issn.1001-4616.2025.05.004

中国乡村振兴、生态环境与数字经济 时空耦合及其影响因素

杨艳¹, 穆学青², 葛军莲³, 曹艳琴⁴

(1.南京工业职业技术大学经济管理学院,江苏南京 210023)

(2.贵州财经大学工商管理学院,贵州贵阳 550025)

(3.南京师范大学地理科学学院,江苏南京 210023)

(4.江苏省旅游发展研究中心,江苏南京 210002)

[摘要] 基于 2011—2022 年中国 30 个省份的面板数据,运用熵值法、耦合协调度模型、地理探测器等方法测度乡村振兴、生态环境与数字经济的时空耦合特征及其影响因素。研究发现:(1)综合发展水平上,三者均稳步上升,数字经济增速最快;整体呈现“东高、中西低”的空间差异特征。(2)时序特征上,协调发展水平逐年提升,经历了“濒临失调—勉强协调—初级协调—中级协调”阶段,大部分省份处于初级协调阶段,但东西部间协调差距依然明显。(3)空间特征上,协调度不均衡显著,表现为“东高、中低、西弱—东升、中进、西缓—东强、中稳、西滞”演变特征,形成“东部高协调、东北及中部中协调、西部脱离失调”格局。(4)空间关联上,协调度的区域联系由“极化效应”转向“扩散效应”,空间特征从集聚转向均衡。(5)空间差异及分解上,区域间差异是协调度总体差异的主要来源。(6)影响因素上,协调度受多因素共同作用,以双因子增强为主,互联网普及率影响最显著,人均地方财政支出平均增强倍数最高。

[关键词] 乡村振兴,生态环境,数字经济,时空特征,影响因素

[中图分类号] F320.3;F49;X321 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2025)05-0027-13

Spatiotemporal Coupling and Influencing Factors of Rural Revitalization, Ecological Environment, and Digital Economy in China

Yang Yan¹, Mu Xueqing², Ge Junlian³, Cao Yanqin⁴

(1.School of Economic Management, Nanjing Vocational University of Industry Technology, Nanjing 210023, China)

(2.Business School, Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, China)

(3.School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

(4.Jiangsu Tourism Development Research Center, Nanjing 210002, China)

Abstract: Based on panel data from 30 provinces in China from 2011 to 2022, this paper applies entropy method, coupling coordination degree model, and geographical detector to examine the spatiotemporal coupling characteristics among rural revitalization, ecological environment, and digital economy, as well as their influencing factors. The findings are as follows: (1) In term of comprehensive development level, the three factors all increase steadily, and the digital economy grows the fastest. Overall, it presents the spatial difference characteristic of “high in the eastern region and low in the central and western region”. (2) In terms of temporal characteristics, the level of coordination development has increased year by year, going through the process of “on the verge of disordering—reluctant coordination—primary coordination—intermediate coordination”. Most provinces are in the primary coordination stage, but the coordination gap between the east and the west is still obvious. (3) In terms of spatial characteristics, the coordination degree is significantly unbalanced, which is manifested as the evolution of “east high, central low, west weak—east rising, central progressing, west slowing—east strong, central stable, west stagnant”, forming a pattern of “high coordination in the eastern region, moderate coordination in the northeastern and central regions, and transition into coordination in the western region”. (4) In terms of spatial

收稿日期:2025-01-18.

基金项目:国家自然科学基金项目(42271235)、江苏省高等职业院校教师专业带头人高端研修项目(2020GRGDYX008).

通讯作者:葛军莲,博士,副教授,研究方向:旅游管理与旅游信息化. E-mail:gejunlian@njnu.edu.cn

correlation, the regional connection of coordination degree changes from “polarization effect” to “diffusion effect”, and the spatial characteristics change from agglomeration to equilibrium. (5) In terms of regional differences and decomposition, inter-regional differences are the main sources of overall differences in coordination degree. (6) In terms of influencing factors, the coordination degree is jointly affected by multiple factors, with a predominant two-factor enhancement effect. Internet penetration rate has the most significant impact, and the average increase multiple of per capita local fiscal expenditure is the highest.

Key words: rural revitalization, ecological environment, digital economy, temporal and spatial characteristics, influencing factors

全面建设社会主义现代化国家,最艰巨最繁重的任务仍然在农村。2022 年党的二十大报告提出全面推进乡村振兴,同时加强生态环境保护。长期以传统应急抢救型为主的高耗低效发展模式诱发资源耗竭、环境污染、生态恶化等一系列问题^[1],严重影响乡村高质量发展。乡村振兴与生态环境有序发展的核心要素是数字经济,通过数字化手段提升产业结构的多元化发展,能有效缓解生态环境压力,实现乡村振兴的可持续性。《“十四五”数字经济发展规划》明确指出,数字经济是赋能乡村建设的重要战略^[2]。数字经济为生态环境监控、治理和可持续发展注入信息化、现代化动力^[3],也可能对生态系统平衡产生冲击,从而对全面乡村振兴形成严重掣肘。因此,如何协调好乡村振兴、生态环境与数字经济之间的关系,实现三者良性协同发展已成为政府和学术界亟待解决的重要问题。

目前关于乡村振兴、生态环境和数字经济两两之间的关系研究颇为丰富。①乡村振兴与生态环境关系的研究。主要集中于乡村振兴对生态环境单向影响的定性讨论,乡村振兴战略能够有效提升乡村生态文明建设^[4]、发现生态环境治理问题^[5]、提出治理路径^[6-7]和法治保障^[8],少数研究依托区域生态资源探讨乡村振兴模式与路径^[9]。②数字经济与生态环境关系的研究。既从定性视角探讨数字经济赋能生态现代化^[10],又从投入与产出视角对省区^[11]、市域^[12-13]等空间尺度生态效率进行测度,还有基于区域视角的多要素耦合协调关系实证^[14]。③乡村振兴与数字经济关系的研究。既有研究主要是从省区^[15]、市域^[16]多维度构建综合评价指标体系对乡村振兴与数字经济进行测度^[17-19],运用耦合协调模型^[17]、双重机器学习模型^[16]、回归模型^[20]及空间计量等方法实证分析耦合协调关系、时空差异与演变趋势^[21]、影响机制与空间效应^[22]及优化路径^[23]。梳理文献后发现:①乡村振兴、生态环境与数字经济的相互关系研究中既有单向影响,也有双向交互,但缺少三者耦合协调研究。②对三者耦合指标体系的构建尚不充分,耦合协调度测算更无涉及。因此,本文运用耦合协调度模型、空间自相关、Dagum 基尼系数、地理探测器等统计计量手段,对三者耦合的时空特征及影响因素进行全面考察,以期丰富三者耦合的地理学研究范畴,同时促进三者间的良性互动和稳定发展,为相关部门制定政策提供决策参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 评价体系构建与研究方法

本文依据《中华人民共和国乡村振兴促进法》中对乡村振兴的总要求,参考党和政府政策文件中涉及数字经济的阐释,考虑到 PSR(压力-状态-响应)模型应用的广泛性及相关研究成果^[24-26],遵循政策依据、理论依据和现实依据原则,构建耦合协调评价指标体系(表 1)。文章采用熵值法构建权重指标^[27],采用耦合协调度模型测度三者时空耦合关系^[14]、空间自相关模型识别空间关联性^[1]、Dagum 基尼系数及分解法衡量三者协同发展水平差异并分解差异来源^[21],最后运用地理探测器有效识别相关因素驱动作用^[28]。

1.2 数据来源

基于数据的可获得性和可比性,本文选取了中国 30 个省份(不含西藏和港澳台地区)为研究对象。鉴于数字经济指标部分数据自 2011 年发布,本文的样本区间设定为 2011—2022 年。相关原始数据均来自《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国电子信息产业统计年鉴》、各省份统计年鉴及统计公报,其中数字普惠金融指数来源于《北京大学数字普惠金融指数(2011—2022)》及数字经济开放研究平台,缺失数据采用插值法进行补充。

表 1 耦合协调评价指标体系
Table 1 Coupling coordination evaluation index system

目标层	系统层	准则层	要素层	权重
乡村振兴、生态环境 与数字经济 耦合协调	乡村振兴	产业兴旺	亩均农业机械总动力	0.092
			亩均粮食总产量	0.062
			作物多元化	0.042
			有效灌溉面积	0.058
		生态宜居	农药施用强度	0.014
			化肥施用强度	0.022
			社会用电强度	0.085
			每万人乡村卫生院和卫生室数	0.068
		乡风文明	广播节目覆盖率	0.022
			电视节目覆盖率	0.009
			农村居民人均文教娱乐支出	0.064
			乡村文化站数	0.056
		治理有效	每万人居民委员会数	0.062
			一般公共预算支出	0.044
	公共管理、社会保障和社会组织法人单位数		0.048	
	人均 GDP		0.053	
	生活富裕	农民家庭恩格尔系数	0.019	
		农民人均可支配收入	0.083	
		农民人均消费性支出	0.076	
		城乡收入比	0.019	
	生态环境	压力系统	耕地复种指数	0.118
			淡水养殖强度	0.122
			农用塑料薄膜使用强度	0.097
			农村柴油使用强度	0.092
			人口自然增长率	0.115
		状态系统	农村饮用自来水人口占比	0.039
			乡村绿化覆盖率	0.063
			森林覆盖率	0.083
农村卫生厕所普及率			0.067	
污水处理率			0.048	
响应系统		环境污染治理投资额占比	0.014	
		生活垃圾处理率	0.019	
		当年造林面积占比	0.056	
		节水灌溉面积	0.061	
数字经济	数字基础设施	每万人互联网用户数	0.119	
		每万人移动电话用户数	0.095	
		企业拥有网站数	0.092	
		长途光缆线路长度	0.036	
	数字创新环境	规模以上工业企业 R&D 经费支出	0.111	
		技术市场成交额	0.017	
		移动互联网接入流量	0.042	
		移动电话基站	0.044	
	数字产业发展	IPv4 地址数	0.060	
		信息传输、计算机服务和软件业从业人员数	0.104	
数字普惠金融	电信业务总量	0.078		
	人工智能企业数量	0.047		
	有电子商务交易的企业数	0.087		
	数字普惠金融覆盖广度指数	0.026		
	数字普惠金融使用深度指数	0.021		
	数字普惠金融数字化程度指数	0.024		

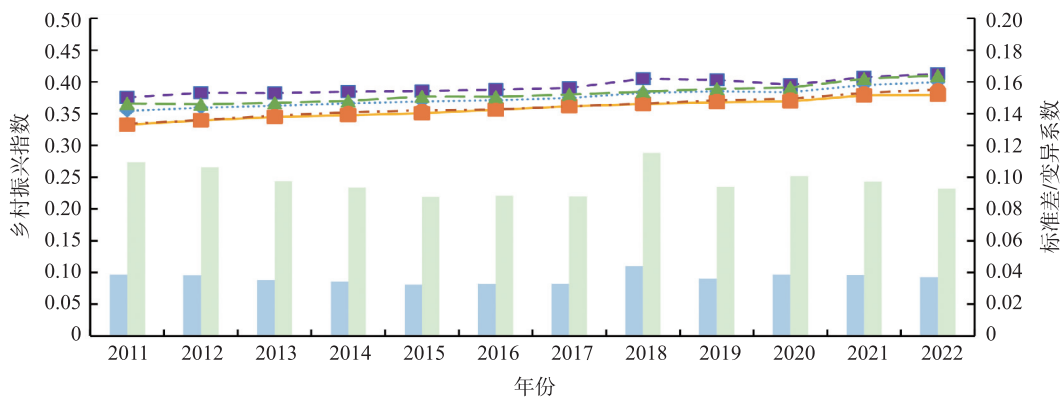
2 综合发展水平分析

通过熵值法获得 2011—2022 年乡村振兴、生态环境及数字经济的发展水平指数,并分析其时序变化趋势(图 1),同时采用自然断点法对 2011、2016 及 2022 年三者发展指数分别划分为 5 个层次来呈现其空间演变格局(表 2).

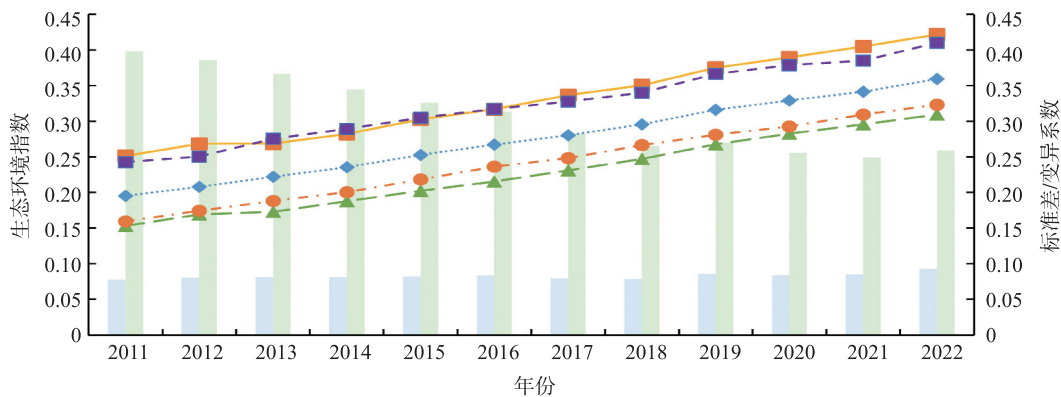
2.1 乡村振兴发展水平

2011—2022 年乡村振兴发展水平整体缓慢上升(图 1(a)),从 2011 年的 0.354 增至 2022 年的 0.400,年均值为 0.375,但仍存在 63%的提升空间. 标准差和变异系数分别从 2011 年的 0.039、0.109 降至 2022 年的 0.037、0.093,表明乡村振兴水平的绝对差距和相对差距均在持续缩减. 从分区看,四大地区的乡村振兴与全国整体同步,东部地区乡村振兴水平始终高于全国,其他地区低于全国.

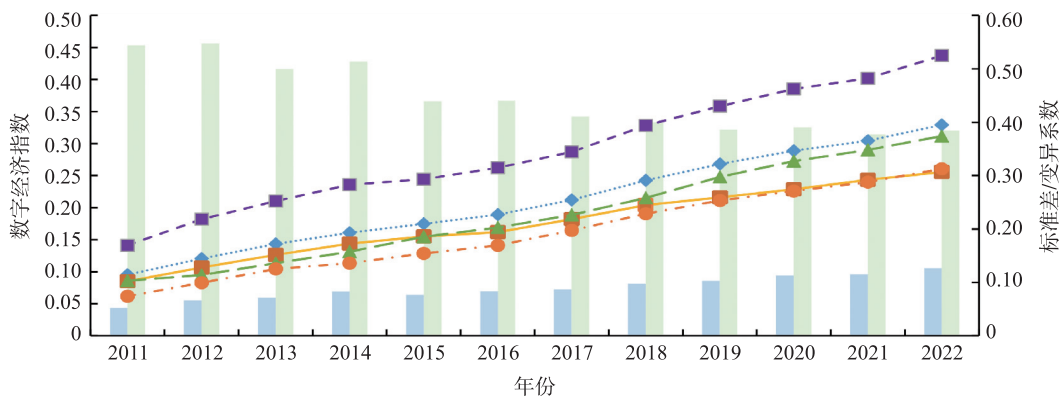
从空间分布看,整体呈现“东、西北部高,中、西南部低”的空间格局(表 2). 2011 年乡村振兴发展水平较高,以上海为代表的高值区和以内蒙古为代表的较高值区的省份占比为 43%,中值区占比为 37%,较低值区占比为 17%,而低值区仅有贵州;2016 年发展水平出现一定回落,随着天津和江苏离开高值区,其占比降至 13%,较高值区和中值区基本持平,云南进入低值区,河北、广西和陕西进入较低值区,导致两者占



(a) 乡村振兴综合评价



(b) 生态环境综合评价



(c) 数字经济综合评价

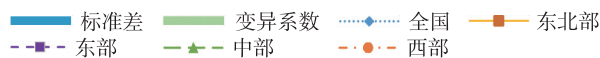


图 1 2011—2022 年乡村振兴、生态环境和数字经济发展水平变化趋势

Fig. 1 Changes in the development level of rural revitalization, ecological environment and digital economy from 2011 to 2022

比升至 30%;2022 年虽然高值区和较高值区占比下降至 30%,但整体空间格局基本稳定,安徽进入高值区,形成新增长极,中值区占比增加至 40%,山西、河北、广东进入低值区,导致低值区增加至 17%。云贵地区乡村振兴水平持续低值的原因可能为:①经济基础薄弱,当地居民收入水平低,难以形成有效的经济循环;②教育资源相对匮乏,导致人才培养不足,进一步影响当地经济和社会发展。

表 2 2011、2016、2022 年乡村振兴、生态环境和数字经济空间格局

Table 2 Spatial pattern of rural revitalization, ecological environment and digital economy in 2011, 2016 and 2022

层次	乡村振兴			生态环境			数字经济		
	2011 年	2016 年	2022 年	2011 年	2016 年	2022 年	2011 年	2016 年	2022 年
低值区	贵州	云南、贵州	河北、山西、四川、云南、广东	青海、山西、贵州	青海、山西、贵州	青海、山西、甘肃、贵州	青海、甘肃、宁夏、重庆、贵州、广西、江西、海南	新疆、青海、甘肃、宁夏、贵州、广西、海南、江西、吉林	吉林、甘肃、宁夏、青海、海南
较低值区	甘肃、宁夏、云南、海南、黑龙江	甘肃、陕西、四川、河南、广西、黑龙江、河北	甘肃、陕西、黑龙江、贵州	陕西、甘肃、宁夏、重庆、云南、安徽	陕西、甘肃、宁夏、湖北、湖南、安徽、重庆、云南	宁夏、陕西、湖北、湖南、安徽、上海、重庆、云南	新疆、陕西、山西、安徽、云南、吉林	内蒙古、天津、山西、重庆、湖南、云南	新疆、内蒙古、黑龙江、天津、山西、江西、贵州、云南、广西
中值区	青海、四川、重庆、湖北、广东、河南、山西、河北、辽宁、吉林、陕西	吉林、辽宁、山西、山东、安徽、湖北、重庆、江西、海南、宁夏	青海、宁夏、吉林、辽宁、山东、江苏、河南、湖北、重庆、江西、广西、海南	新疆、河南、江苏、上海、湖北、湖南、江西、广东、海南	新疆、四川、河南、江西、广东、海南、上海	新疆、四川、海南、广东、江西、河南、江苏、山东、河北	内蒙古、黑龙江、天津、河北、河南、湖北	四川、陕西、湖北、安徽、福建、河北、黑龙江、辽宁	辽宁、河北、陕西、湖北、安徽、湖南、福建、重庆
较高值区	新疆、内蒙古、山东、安徽、江西、福建、广西	新疆、内蒙古、青海、江苏、福建、广东、天津	新疆、内蒙古、北京、天津、浙江、福建	黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山东、浙江、福建、四川	黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、山东、浙江、福建、江苏	黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、天津、浙江、福建	辽宁、山东、四川、福建、上海	北京、山东、河南、上海	北京、山东、河南、上海、浙江、四川
高值区	北京、天津、江苏、上海、浙江、湖南	湖南、浙江、北京、上海	上海、安徽、湖南	北京、天津、广西	北京、天津、广西	北京、广西	北京、江苏、浙江、湖南、广东	江苏、浙江、广东	江苏、广东

2.2 生态环境发展水平

生态环境发展水平呈平稳上升趋势(图 1(b)),从 2011 年的 0.195 增至 2022 年的 0.359,标准差和变异系数分别从 2011 年的 0.078、0.398 变化为 2022 年的 0.093、0.259,表明虽然生态环境绝对差距呈拉大趋势,但省区间相对差距在持续缩减。与乡村振兴相比,生态环境水平相对较低,年均值仅为 0.275,但仍有 73%的较大上升空间。从分区看,四大地区生态环境随时间变化波动上升但差异显著,东北部和东部地区高于全国,西部和中部地区低于全国。

从空间分布看,整体呈现“东、东北部高,中西部低”的空间形态(表 2)。2011 年生态环境发展水平较高,位于高值区及较高值区的省份占比达 40%,山西、贵州和青海处于低值区;2016 年湖北、湖南由中值区进入较低值区,导致低值区和较低值区占比上升至 37%;2022 年北京和广西持续保持在高值区,甘肃降至低值区,而山西、贵州和青海仍处于低值区,可能是受到自然环境、煤矿开采、工业排放等因素的影响,在过去 12 年中生态环境增速缓慢。

2.3 数字经济发展水平

数字经济发展水平呈快速上升态势(图 1(c)),由 2011 年的 0.095 升至 2022 年的 0.329,标准差和变异系数分别由 2011 年的 0.052、0.544 变化为 2022 年的 0.127、0.385,表明数字经济发展取得一定成效,同时,省区间相对差距呈现缩小态势。虽然数字经济发展水平相对较低,年均值仅为 0.211,但仍有 79%的改善空间,在 12 年发展过程中增幅显著。从分区看,各地区随时间推移稳步上升,仅东部地区高于全国,其他地区均低于全国。

从空间分布看,整体呈现“东部高,中西部低”的空间态势(表 2)。2011 年数字经济发展水平较低,处于低值区和较低值区的省份占比达 47%,以甘肃和青海为代表的西部地区最为滞后,广东和浙江等 5 个省份处于高值区;2016 年数字经济发展水平较快,随着福建、四川进入中值区,中值区占比上升至 27%,高值区、较高值区仍然以东部地区为主,青海、宁夏依旧最低;2022 年数字经济快速增长,低值区占比降至 17%,高值区中广东和江苏继续强势发力,空间分布格局基本稳定。

3 耦合协调的时空特征

3.1 协调度的时序特征

2011—2022 年乡村振兴、生态环境与数字经济之间整体协调度不高(表 3),全国年均值仅为 0.598,刚进入初级协调阶段,充分说明三者高质量协调发展有待进一步提升。

表 3 乡村振兴、生态环境与数字经济的协调度

Table 3 Coordination degree of rural revitalization, ecological environment and digital economy

区域	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	均值
全国	0.438	0.483	0.519	0.544	0.570	0.589	0.614	0.643	0.669	0.684	0.705	0.718	0.598
东北部	0.469	0.511	0.537	0.562	0.584	0.598	0.624	0.648	0.667	0.681	0.701	0.714	0.608
东部	0.536	0.574	0.609	0.630	0.646	0.664	0.683	0.710	0.735	0.747	0.763	0.770	0.672
中部	0.437	0.465	0.492	0.521	0.554	0.573	0.598	0.627	0.660	0.679	0.704	0.722	0.586
西部	0.341	0.403	0.448	0.474	0.505	0.528	0.557	0.590	0.614	0.631	0.654	0.669	0.535

从时序变化看,2011—2022 年协调度总体呈现出稳步增长的良好发展态势,主要分为 4 个阶段(图 2、表 3):(1)濒临失调阶段(2011—2012 年),协调度由 0.438 增至 0.483,随着严重失调消失,轻度、濒临失调减少,勉强协调大幅度增加,但整体协调性仍然偏低,主要是受到生态环境与乡村经济发展矛盾、区域发展不平衡及数字基础设施薄弱的影响。(2)勉强协调阶段(2013—2016 年),协调度为 0.519~0.589,轻度失调逐步消失,初级协调和中级协调占比增加。2015 年国务院发布《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》,提出要加快信息消费培育。数字化进程为乡村振兴与生态环境改善带来新的发展契机,区域协调性也随之有所提升。(3)初级协调阶段(2017—2020 年),乡村振兴战略的首次提出和数字经济首次写入政府工作报告为关键节点,对生态环境质量提出更高的要求,协调度提升到 0.684。(4)中级协调阶段(2021—2022 年),开始进入整体协调阶段,勉强协调、初级协调下降,中级协调占据主导,良好协调稳定发展,协调度提升至 0.718。

从四大地区看(表 3),东部地区协调度变化态势均处于协调阶段,由 2011 年的 0.536 上升至 2022 年的 0.770,经历“勉强协调(2011—2012 年)—初级协调(2013—2017 年)—中级协调(2018—2022 年)”3 个阶段,充分展现出乡村振兴、生态环境与数字经济的相互适应性。东北部和中部地区变化幅度一致,均经历了从濒临失调到中级协调阶段,协调度分别由 0.469、0.437 上升到 0.714、0.722。西部地区从轻度失调到初级协调,发展较为迟缓。总体来看,东部和东北部协调度均值高于全国均值,中西部协调度低于全国均值。

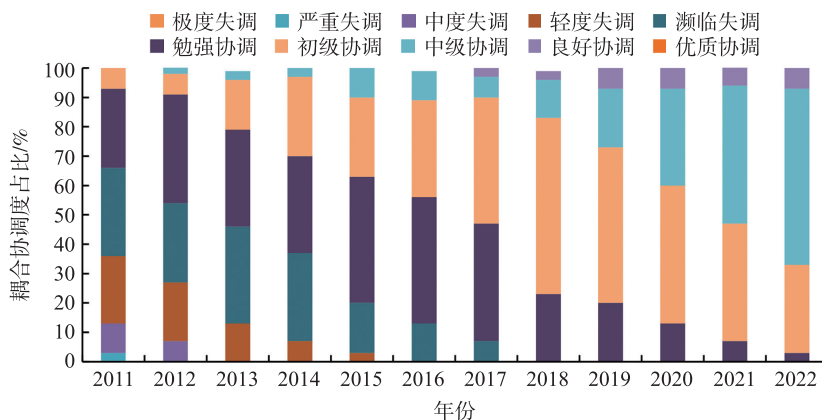


图 2 2011—2022 年协调度比例关系

Fig. 2 Proportional relationship of coordination degree from 2011 to 2022

3.2 协调度的空间分布特征

基于协调度空间变化视角,2011、2016 和 2022 年协调度处于不同发展阶段,但均呈上升态势且存在明显的空间分异规律(表 4)。(1)2011 年各省份协调度水平总体偏低,呈“东高、中低、西弱”差异分布格局。首先,处于失调阶段的省份占 67%,主要分布在中西部地区,其中贵州处于严重失调阶段,东部地区依

托先发经济优势,其完善的数字基础设施和要素集聚效应,更易实现资源高效整合;其次,协调度较高的省份中,东部地区以北京和浙江协调度最高,进入初级协调阶段,该分布特征则与长江经济带、沿海经济走廊等战略布局叠加效应相关。(2)2016年协调度明显提升,呈“东升、中进、西缓”格局。首先,协调度较高的省份不仅包括进入中级协调的北京、浙江、江苏,广西、内蒙古、河南、黑龙江也跃级进入初级协调;其次,整体仍然呈现“东中西”差异分布,中部其他地区整体进入勉强协调,虽然贵州跃级进入濒临失调,但与青海、甘肃、宁夏仍停留在失调阶段。“十三五”规划加速政策红利释放,促进东部地区数字经济与生态治理深度融合,中西部地区受益于精准扶贫、生态补偿机制及基建倾斜,但受限于产业基础薄弱与要素流动不足,欠发达地区仍存在转型滞后。(3)2022年协调度大幅度提升,呈“东强、中稳、西滞”分布格局。首先,各省份均进入协调阶段,北京、浙江率先进入良好协调,与其他省份形成差距,形成“双核心”增长极;其次,依托“东数西算”工程、共同富裕示范区等战略推动要素高效集聚和技术外溢,整个东部和东北地区除吉林和海南以外,全部进入中级协调,随着新疆和内蒙古的加入,高占比协调格局初步形成;最后,受高寒生态脆弱性制约,西部地区的青海成为唯一滞留在勉强协调的省份,生态保护红线与产业准入限制延缓其协调进程。总体上协调度趋于优化,但与优质协调还存在一定差距。

表 4 2011、2016、2022 年各省份协调度结果

Table 4 Coordination degree of each province in 2011, 2016 and 2022

地区	省份	2011 年	2016 年	2022 年	地区	省份	2011 年	2016 年	2022 年
东北部	黑龙江	0.468	0.603	0.719	中部	山西	0.483	0.598	0.703
	吉林	0.417	0.562	0.687		安徽	0.389	0.554	0.733
	辽宁	0.522	0.630	0.736		河南	0.440	0.607	0.751
东部	北京	0.684	0.767	0.896		湖北	0.437	0.554	0.703
	天津	0.549	0.646	0.751		湖南	0.532	0.589	0.735
	河北	0.483	0.598	0.703		江西	0.342	0.536	0.706
	山东	0.517	0.645	0.772		内蒙古	0.486	0.619	0.725
	江苏	0.578	0.725	0.794	陕西	0.389	0.548	0.672	
	上海	0.534	0.673	0.774	甘肃	0.267	0.483	0.612	
	浙江	0.609	0.746	0.857	青海	0.208	0.449	0.586	
	福建	0.544	0.639	0.796	宁夏	0.279	0.480	0.643	
	广东	0.540	0.660	0.718	西部	新疆	0.403	0.551	0.707
海南	0.320	0.538	0.643	重庆	0.332	0.534	0.696		
				贵州	0.129	0.417	0.608		
				四川	0.493	0.592	0.730		
				云南	0.328	0.514	0.625		
				广西	0.442	0.625	0.761		

基于协调度等级视角,在 3 个年份节点中绝大多数省份实现跨级跳跃,将其分为 7 种类型:(1)“初级协调→中级协调→良好协调”的稳步提升型,2 个(北京、浙江);(2)“勉强协调→初级协调→中级协调”的渐进升级型,6 个(辽宁、天津、山东、上海、福建、广东);(3)“濒临失调→初级协调→中级协调”“濒临失调→勉强协调→初级协调”“濒临失调→勉强协调→中级协调”的跨界跳跃型,2 个二级跳(吉林、内蒙古)和 7 个三级跳(黑龙江、河北、新疆、四川、河南、湖北、广西);(4)“勉强协调→中级协调”的快速渐进型,2 个二级跳(湖南、江苏);(5)“轻度失调→勉强协调→初级协调”“轻度失调→勉强协调→中级协调”的多级递进型,5 个三级跳(山西、陕西、重庆、云南、海南)和 2 个四级跳(安徽、江西);(6)“严重失调→濒临失调→初级协调”的低位突破型,1 个五级跳(贵州);(7)“中度失调→濒临失调→勉强协调”“中度失调→濒临失调→初级协调”的边缘追赶型,2 个三级跳(青海、宁夏)和 1 个四级跳(甘肃)。综上所述,跨级跳跃占比达到 73%,整体呈现出“东部高协调、东北及中部中协调、西部脱离失调”的空间演变格局。

3.3 协调度的空间关联特征

3.3.1 全局空间自相关

进一步测度协调度在空间上的关联性,运用 Z 值法对空间自相关的显著性进行检验(表 5)。2011—2022 年全局 Moran's I 指数均显著为正,正态统计量 Z 值均大于 1.96, P 值均小于 0.05,集聚可能性大于随机分布可能性,能够显著拒绝零假设。结果表明协调度在空间上呈现正相关,表现出一定的空间集聚特征。全局 Moran's I 指数呈“高-低-高-低”的“M 字形”波动趋势,均值为 0.305 且指数性质不变,逐渐由“极化效应”转为“扩散效应”,空间特征由集聚转向均衡^[29]。

表 5 2011—2022 年协调度全局 Moran's I

Table 5 Global Moran's I of coordination degree from 2011 to 2022

变量	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	均值
Moran's I	0.230	0.269	0.325	0.322	0.350	0.336	0.313	0.321	0.309	0.326	0.271	0.286	0.305
Z 值	2.161	2.479	2.931	2.909	3.132	3.022	2.838	2.901	2.802	2.939	2.494	2.618	2.769
P 值	0.015	0.007	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.006	0.004	0.004

3.3.2 局部空间自相关

继续选取 2011、2016 及 2022 年的截面数据绘制 Moran 散点图(图 3). 依据各省份协调度空间集聚类型, 将其划分为高高集聚区(HH)、低高集聚区(LH)、低低集聚区(LL)和高低集聚区(HL)4 个类型(表 6).

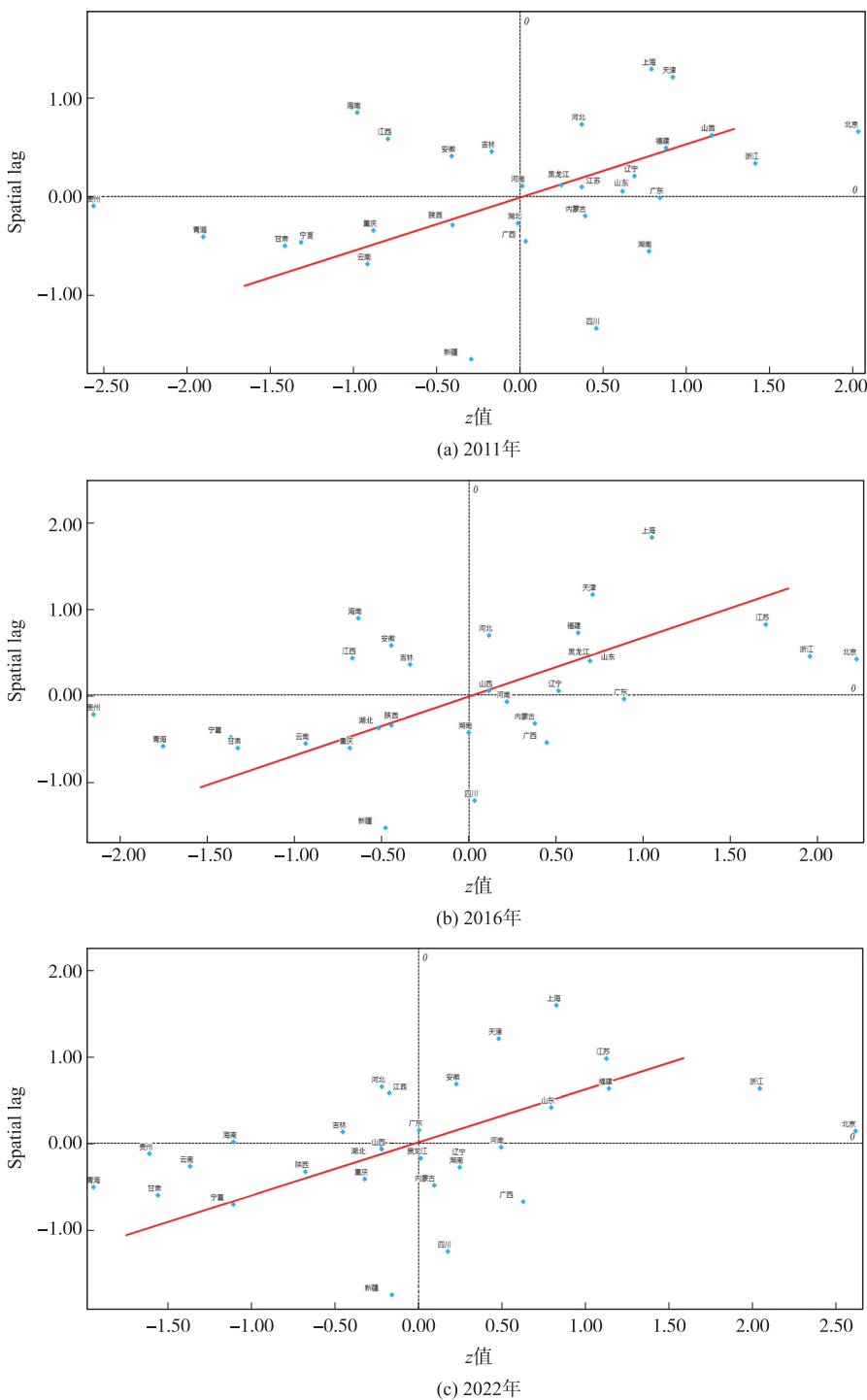


图 3 2011、2016、2022 年协调度局部 Moran 散点图

Fig. 3 Local Moran scatter plot of coordination degree in 2011, 2016 and 2022

表 6 2011、2016、2022 年协调度空间关联变化

Table 6 Spatial correlation changes of coordination degree in 2011, 2016, and 2022

年份	高高(HH)		低高(LH)		低低(LL)		高低(HL)	
	个数	占比/%	个数	占比/%	个数	占比/%	个数	占比/%
2011	12	40	4	13	9	30	5	17
2016	11	37	4	13	10	33	5	17
2022	9	30	4	13	10	33	7	24

(1) 高高集聚区(HH):2011 年位于该区的主要有北京、天津、河北、山西、辽宁、黑龙江、上海、江苏、浙江、福建、山东、河南,2016 年减少河南,2022 年为北京、天津、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和安徽。总体上,该类型区范围逐步缩小,以东部沿海地区为核心,区域一体化发展程度高,协同发展度也远高于周边省份,形成地区发展增长极。随着经济发展和区域整合的推进,东部沿海地区逐渐形成内外部地理空间叠加的整合效应,相互毗邻,产生资本、技术和人才等溢出效应,从而呈现局部高值集聚态势。

(2) 低高集聚区(LH):2011、2016 年位于该区的主要有吉林、安徽、江西、海南,2022 年为河北、吉林、江西、海南。总体上,区域范围稳定,占比均为 13%,但分布范围比较分散。该类型区是协调度高值区向低值区过渡的区域,自身协同发展水平不足,受周边高协调省份的辐射效应弱,资本、技术、人才流向周边协调度高的省份,逐步形成两级分化。

(3) 低低集聚区(LL):2011 年位于该区的主要有湖北、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆,2016 年新增湖南,2022 年新增调整为山西。总体上,该类型区范围小幅增加但整体稳定,占比增加至 33%,空间分布以西部为核心并向中部辐射,表明随着协调度的稳步提升,东西部差异逐步缩小。但该类型区地形复杂,交通和基础设施建设困难,制约经济发展。此外,这类地区多以资源依赖型经济和传统农业为主,产业结构单一且附加值低,缺乏完整的产业链和创新能力,难以吸引高新技术产业的集聚。

(4) 高低集聚区(HL):2011 年位于该区的主要有内蒙古、广西、四川、湖南、广东,2016 年仅湖南调整为河南,2022 年为内蒙古、广西、河南、湖南、辽宁、黑龙江、四川。总体上,该类型区范围逐步扩大,占比增至 24%,空间分布范围相对分散。该类型区协调度水平相对较高,相较周边省份具备一定优势,呈现极化效应的同时对自身发展起到一定抑制作用。

3.4 协调度的空间差异及分解

3.4.1 整体及区域内差异

运用 Dagum 基尼系数分析协调度演变情况(图 4(a))。研究期内基尼系数总体呈下降趋势,由 2011 年的 0.154 降至 2022 年的 0.052,充分体现出国家实施西部大开发、中部地区崛起等一系列重大决策的成效性,协调度发展更加均衡且总体差距收敛。从地区看,西部地区差异最大,基尼系数均值为 0.080,内部发展极不平衡。东部地区协调度变化幅度最小,从 2011 年的 0.084 降至 2022 年的 0.050。区域内差异整体呈现为西部>中部>东北部>东部。

3.4.2 区域间差异

区域间基尼系数均值由大到小依次为:东部-西部(0.126)>东部-中部(0.082)>东北部-西部(0.080)>中部-西部(0.071)>东北部-东部(0.066)>东北部-中部(0.035),这与 4 个地区自身发展密切关联(图 4(b))。总体来看,虽然中间个别年份小幅波动,但 4 个地区基尼系数都在缩小,呈收敛态势。东部-西部的协调度差距缩小最为明显,由 2011 年的 0.235 降至 2022 年的 0.078;东北部-东部的协调度差距缩小幅度最小,由 2011 年的 0.099 降至 2022 年的 0.051。今后应加大对西部地区的政策支持,推动东、西部区域间的产业合作和人才流动,同时继续推进东北振兴战略,提升东北与其他区域的协调度。

3.4.3 差异来源及贡献

区域内差异贡献率比较稳定(20.852%~24.298%),区域间差异与超变密度则呈现出对称变化(图 4(c))。从贡献率大小来看,研究期内区域内差异贡献率呈上升态势,区域间差异贡献率虽有所下降,但均值(67.810%)始终高于区域内差异(22.150%)和超变密度(10.040%)。因此,要解决三者耦合协调空间不均衡问题,应着重从缩小区域间差异入手。

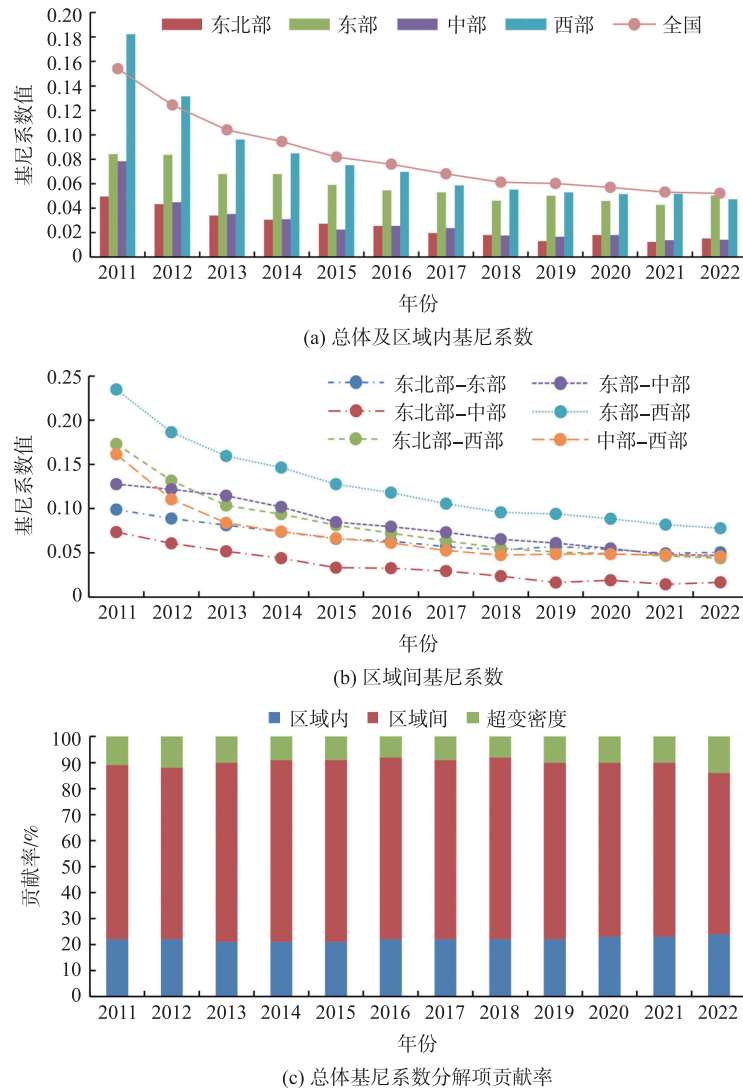


图 4 2011—2022 年协调度的区域差异

Fig. 4 Regional differences in coordination degree from 2011 to 2022

4 影响因素

乡村振兴、生态环境与数字经济协调发展受到多方面因素的综合影响. 本文在参考已有研究成果的基础上^[14,24,28,30], 综合考虑各指标权重大小并征求专家意见, 最终选取 4 个维度 15 项指标作为探测因素, 运用地理探测器进行因子及交互探测分析.

4.1 因子探测分析

由地理探测器运行得到各指标对协调度的影响力 q 值. 结果(表 7)显示, 15 项影响因子中有 8 项通过 1% 的显著性检验, 影响力排序前 5 的是互联网普及率、城镇化率、专利授权数、节能环保支出及乡村从业人员占比, 其 q 值均大于 0.3, 其中互联网普及率最为显著, 而普通高校在校生数、高速公路里程的 q 值均未超过 0.2, 影响力相对较弱.

4.2 交互探测分析

交互探测结果(图 5)显示, 所有交互因子对协调度的空间分布均具有显著增强作用, 且以双因子增强为主.

(1) 各维度影响因子的交互作用存在较大差异, 主要分为 3 个层级. 社会环境中的城镇化率、市场环境中的互联网普及率与其他因子的交互性较强. 其中, 互联网普及率与高速公路里程交互作用的影响力最大, 属于第 1 层级. 其次是城镇化率与高速公路里程的交互作用, 属于第 2 层级. 相较之下, 电子商务销

售额与人均地方财政支出、电子商务销售额与财政预算收入占比、人均地方财政支出与财政预算收入占比等交互作用的影响力则较小,属于第3层级。

表 7 2011—2022 年因子探测结果

Table 7 Factor detection results from 2011 to 2022

维度	影响因子	q 值	排序	维度	影响因子	q 值	排序
社会环境	人均教育支出(X_1)	0.244***	6	产业基础	产业结构(X_9)	0.119	—
	乡村从业人员占比(X_2)	0.326***	5		高速公路里程(X_{10})	0.176***	8
	城镇化率(X_3)	0.460***	2		专利授权数(X_{11})	0.373***	3
社会消费结构(X_4)	0.094*	9	普通高校在校生数(X_{12})		0.184***	7	
市场环境	互联网普及率(X_5)	0.546***	1	政府调控	人均地方财政支出(X_{13})	0.011	—
	信息技术服务(X_6)	0.286	—		财政预算收入占比(X_{14})	0.065	—
	电子商务销售额(X_7)	0.032	—		节能环保支出(X_{15})	0.343***	4
	邮政业务量(X_8)	0.094	—				

注:q 值反映影响力水平,取值区间为[0,1];***、* 分别表示回归参数值通过 1%、10%的显著性检验。

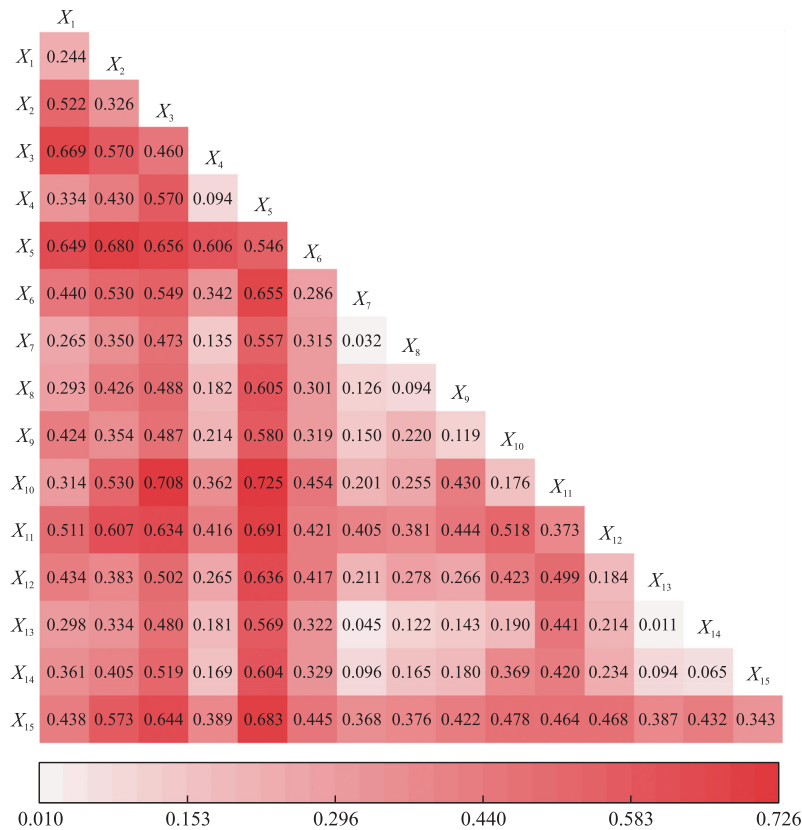


图 5 2011—2022 年交互探测结果

Fig. 5 Results of interactive detection from 2011 to 2022

(2) 市场环境中的互联网普及率作为主导型的交互因素,成为其他因子产生影响的重要催化剂。①互联网普及率与高速公路里程的交互作用最大,对协调度的空间分布产生显著的双因子增强影响,表明互联网普及率在高速公路里程越高的省份越有助于协调度的提升。②互联网普及率与其他因子交互能够起到显著强化作用。它与其他因子交互作用的 q 值均高于 0.557,表明互联网普及率作为协调度提升的重要影响因子,能够融合其他因子产生协同效应,为乡村振兴、生态环境与数字经济的协调发展发挥重要作用。

(3) 市场环境、政府调控与其他因子交互可大幅提升影响力。这 2 个维度中的社会消费结构、电子商务销售额、邮政业务量、人均地方财政支出、财政预算收入占比等因子自身 q 值均小于 0.1,但与其他因子交互作用后 q 值分别由 0.094 上升到 0.135~0.606(均值为 0.328)、0.032 上升到 0.045~0.557(均值为 0.264)、0.094 上升到 0.122~0.605(均值为 0.301)、0.011 上升到 0.045~0.569(均值为 0.273)、0.065 上升到 0.094~0.604(均值为 0.313),平均增强 3.489、8.250、3.202、24.818、4.815 倍。因此,虽然以上 5 个影响因子对协调度影响力有限,但与互联网普及率关联后,影响力和重要性得到显著增强。

5 结论与对策

5.1 结论

(1)综合评价方面,研究期内乡村振兴、生态环境与数字经济均呈现稳步上升态势,增速为数字经济>生态环境>乡村振兴,但三者发展不平衡问题突出,整体呈“东高、中西低”空间差异特征。

(2)时序特征方面,研究期内协调发展水平随时间推移明显逐步提升,经历了“濒临失调—勉强协调—初级协调—中级协调”阶段,大部分省份进入初级协调阶段,但东西部地区仍存在较大协调差距。

(3)空间特征方面,协调度展现出显著的不均衡特征,呈“东高、中低、西弱—东升、中进、西缓—东强、中稳、西滞”格局;协调度方面,绝大多数省份实现跨级跳跃,分为7种类型,整体呈“东部高协调、东北及中部中协调、西部脱离失调”特征。

(4)空间关联方面,整体呈现正相关,由“极化效应”转为“扩散效应”,空间特征由集聚转向均衡;HH集聚区呈现以东部沿海为核心的“抱团”集聚趋势,LL集聚区主要分布在西部地区,LH和HL集聚区呈现出一定的依附效应,地理邻近性显著。

(5)区域差异方面,协调度总体基尼系数逐步缩小,区域内差异为“西部>中部>东北部>东部”,区域间差异为“东部-西部>东部-中部>东北部-西部>中部-西部>东北部-东部>东北部-中部”,区域间差异是协调度空间不平衡的主要原因。

(6)影响因素方面,协调度受多因素共同作用,以双因子增强为主,其中互联网普及率影响最为显著,普通高校在校生数、高速公路里程的影响较弱。各维度影响因子交互作用后存在明显差异,互联网普及率成为主导型的交互因素,人均地方财政支出的平均增强倍数最高。

5.2 对策

(1)深化数字乡村战略,推动乡村振兴。应依据《数字乡村发展战略纲要》,进一步推动落实相关举措,特别是在中西部地区加大政策支持力度,通过加快农村宽带、5G网络和数字基础设施的建设,推广“互联网+农业”、智能农业和农村电商等,提升农村地区的数字化水平。东部地区的数字经济发展基础较好,应充分利用优势推动数字技术在农业生产、农村电商、智慧乡村建设中的应用,打造数字乡村示范区。最终缩小城乡“数字鸿沟”,推动乡村产业升级,提升乡村经济活力,实现数字经济对乡村振兴的强力赋能。

(2)贯彻绿色发展理念,统筹生态与产业协调。生态环境与乡村振兴和数字经济存在较强的时空耦合性,且协调发展呈现出明显的区域差异。因此,各地区在推动乡村高质量发展的过程中应坚持生态优先的绿色发展理念,重点加强对生态脆弱地区的环境保护和修复,通过实施生态补偿、生态保护红线制度等措施,保障乡村生态环境的可持续性。同时统筹协调生态保护与产业发展的关系,鼓励发展生态农业、生态旅游等绿色产业,依托当地生态资源优势,实现经济效益与生态效益的协调共赢,确保乡村振兴与生态环境保护齐头并进。

(3)加强区域协调发展,缩小区域差距。研究表明区域间协调度存在明显不平衡性,尤其是东西部地区的差距较大,应深入实施区域协调发展战略。东部地区可通过产业转移、技术合作和人才交流等方式支持中西部地区发展,缩小区域发展差距;东北部地区应进一步加强区域联动,推动城乡要素的自由流动和优化配置;应加大对中西部地区的政策倾斜力度,特别是在基础设施建设、公共服务和教育资源等方面,增强地区的发展能力,逐步实现区域间的协调发展,最终推动乡村整体高质量发展。

[参考文献]

- [1] 郭付友,佟连军,仇方道,等. 黄河流域生态经济走廊绿色发展时空分异特征与影响因素识别[J]. 地理学报,2021,76(3):726-739.
- [2] 陈雪梅,周斌. 数字经济推进乡村振兴的内在机理与实现路径[J]. 理论探讨,2023(5):85-90.
- [3] 程莉,王伟婷,章燕玲. 数字经济何以推动乡村生态振兴:基于中国省级面板数据的经验证据[J]. 中国环境管理,2023,15(6):105-114.
- [4] 高吉喜,孙勤芳,朱琳. 实施乡村振兴战略推进农村生态文明建设[J]. 环境保护,2018,46(7):12-15.

- [5] 李桂花,杨雪. 乡村振兴进程中中国农村生态环境治理问题探究[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版),2023,25(1):120-127.
- [6] 刘羿良,冷娟. 乡村振兴战略下乡村多元主体协同生态治理路径研究[J]. 云南财经大学学报,2022,38(11):100-110.
- [7] 温暖. 多元共治:乡村振兴背景下的农村生态环境治理[J]. 云南民族大学学报(哲学社会科学版),2021,38(3):115-120.
- [8] 许胜晴. 论我国乡村振兴的生态化发展及其法治保障[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版),2021,51(2):143-150.
- [9] 郎宇,王桂霞. 生态资源价值化助推乡村振兴的逻辑机理与突破路径[J]. 自然资源学报,2024,39(1):29-48.
- [10] 任保平,李培伟. 黄河流域高质量发展与生态保护耦合协调的现代化治理体系[J]. 人民黄河,2023,45(9):4-11.
- [11] 孔令章,李金叶. 数字经济发展对区域生态效率的影响研究[J]. 统计与决策,2023,39(20):23-28.
- [12] XUE D, YUE L, AHMAD F, et al. Urban eco-efficiency and its influencing factors in Western China: fresh evidence from Chinese cities based on the US-SBM[J]. Ecological indicators,2021,127(1):107784.
- [13] 胡贤辉,蔺思琪,何庆,等. 耕地细碎化、耕地经营规模对农户耕地利用生态效率的影响:以常德市为例[J]. 中国土地科学,2023,37(4):95-106.
- [14] 王艳,张雪芳,雷淑珍. 黄河流域数字经济、产业发展与生态环境耦合协调度的实证检验[J]. 统计与决策,2024,40(4):108-113.
- [15] 刘钊,于子淳,邓明亮. 数字经济发展影响乡村振兴质量的实证研究[J]. 科技进步与对策,2024,41(12):47-57.
- [16] 田坤,黄坤,行伟波. 数字经济、市场潜能与乡村振兴:基于双重机器学习的因果推断[J]. 山西财经大学学报,2023,45(11):73-85.
- [17] 王资程,于小兵,吴雪婧. 经济发展水平对数字经济与乡村振兴耦合协调度的影响[J]. 统计与决策,2023,39(14):27-32.
- [18] 何雷华,王凤,王长明. 数字经济如何驱动中国乡村振兴[J]. 经济问题探索,2022(4):1-18.
- [19] 湛泳,李胜楠. 从全面脱贫到乡村振兴:数字经济能否接续助力[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版),2023,26(2):70-80.
- [20] 郭露,王峰,曾素佳. 数字经济、乡村振兴与农民高质量就业[J]. 调研世界,2023(10):3-11.
- [21] 伍国勇,庞国光,汤钧惠,等. 中国乡村数字经济发展水平的测度、区域差异及时空演变[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版),2022,23(4):15-27.
- [22] 孟维福,张高明,赵凤扬. 数字经济赋能乡村振兴:影响机制和空间效应[J]. 财经问题研究,2023(3):32-44.
- [23] 张旺,白永秀. 数字经济与乡村振兴耦合的理论构建、实证分析及优化路径[J]. 中国软科学,2022(1):132-146.
- [24] 杨艳,丁正山,邵海雁,等. 乡村振兴-乡村旅游-生态环境耦合协调的时空演化差异:以长江经济带为例[J]. 资源开发与市场,2024,40(9):1420-1430.
- [25] 周建平,徐维祥,宓泽锋,等. 数字经济对城市 ESG 发展的影响:基于双重机器学习方法的检验[J]. 地理研究,2024,43(6):1407-1424.
- [26] 张英浩,汪明峰,刘婷婷. 数字经济对中国经济高质量发展的空间效应与影响路径[J]. 地理研究,2022,41(7):1826-1844.
- [27] 祝志川,刘博,和军. 中国乡村振兴、新型城镇化与生态环境协同发展测度分析[J]. 经济问题探索,2022(7):13-28.
- [28] 杨艳,葛军莲,丁正山,等. 江苏省旅游装备制造企业时空特征及其影响因素[J]. 南京师大学报(自然科学版),2024,47(3):42-52.
- [29] 邓宗兵,肖沁霖,王炬,等. 中国数字经济与绿色发展耦合协调的时空特征及驱动机制[J]. 地理学报,2024,79(4):971-990.
- [30] 杨肃昌,范国华. 农业要素市场化对农村生态环境质量的影响效应[J]. 华南农业大学学报(社会科学版),2021,20(4):12-23.

[责任编辑:丁 蓉]