

河北省城镇化与生态环境耦合关系时空演变研究

谢意¹, 王贺封^{1,2*}, 曹媛^{1,2}, 赵傲¹

(1. 河北工程大学矿业与测绘工程学院, 河北邯郸 056038; 2. 邯郸市自然资源空间信息重点实验室, 河北邯郸 056038)

摘要 以河北省为研究对象, 构建城镇化与生态环境评价指标体系, 运用耦合协调度模型定量分析 2008—2019 年城镇化与生态环境耦合关系时空演变特征。结果表明, 城镇化与生态环境综合水平呈现上升趋势, 社会城镇化对城镇化综合水平贡献度最大, 生态环境压力与保护表现为先下降后上升, 生态环境水平不断提高; 到 2019 年, 各地级市城镇化和生态环境水平分别处于较高水平和较优水平。耦合协调度不断提高, 各地级市均步入协调发展阶段且多属于良好协调发展型, 石家庄率先成为优质协调发展型城市。各地级市耦合协调度空间集聚现象显著, 京津城市辐射作用明显, 环京津周边城市发展迅速, 空间差异逐渐消失。总体来看, 河北省城镇化与生态环境耦合协调发展程度不断提升, 京津冀协同发展有效促进了河北省城镇化与生态环境协调发展。

关键词 城镇化; 生态环境; 耦合协调; 时空演变; 河北省

中图分类号 X 321 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)11-0035-08

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.11.010



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on the Spatial and Temporal Evolution of the Coupling Relationship between Urbanization and Ecological Environment in Hebei Province

XIE Yi¹, WANG He-feng^{1,2*}, CAO Yuan^{1,2} et al (1. School of Mining and Mapping Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038; 2. Key Laboratory of Natural Resources Spatial Information, Handan, Hebei 056038)

Abstract Taking Hebei Province as the research object, an evaluation index system of urbanization and ecological environment was constructed. The coupling coordination degree model was used to quantitatively analyze the spatiotemporal evolution characteristics of the coupling relationship between urbanization and ecological environment from 2008 to 2019. The results showed that the integrated level of urbanization and ecological environment showed an upward trend, social urbanization contributed the most to the integrated level of urbanization, ecological environment pressure and protection showed first decline and then rise, and the ecological environment level kept improving; by 2019, the urbanization and ecological environment levels of each prefecture-level city were at a higher level and a better level, respectively. The degree of coupling and coordination was improving, and all prefecture-level cities were entering the stage of coordinated development and mostly belong to the good coordinated development type. Shijiazhuang has taken the lead in becoming a high-quality coordinated development city. The spatial clustering phenomenon of coupling and coordination degree of each prefecture-level city was remarkable, and the radiation effect of Beijing and Tianjin cities was obvious. Overall, the degree of coupled and coordinated development of urbanization and ecological environment in Hebei Province had been increasing, and the coordinated development of Beijing-Tianjin-Hebei had effectively promoted the coordinated development of urbanization and ecological environment in Hebei Province.

Key words Urbanization; Ecological environment; Coupling and coordination; Spatial and temporal evolution; Hebei Province

自改革开放以来,我国城镇化建设蹄疾步稳地向纵深推进,城镇化率从 1978 年的 17.92% 增至 2020 年的 63.89%, 大规模城镇化已成为各地发展趋势。随着我国不断完善城镇化发展战略,城镇化成为推动我国经济社会发展的巨大引擎,但同时也带来了环境污染、生态破坏以及资源短缺等生态环境问题,城镇化发展将受到阻碍。因此,如何推动城镇化与生态环境耦合协调发展已成为政府决策部门关注的重点问题。

城镇化与生态环境存在着极其复杂的交互耦合关系,城镇化通过人口增长、资源消耗和用地扩张对生态环境产生胁迫作用,而同时生态环境通过环境选择、人口分散、资金争夺和政策干预对城市发展产生约束^[1]。二者耦合关系研究主要涉及地理学、社会学、生态学等相关领域,经历了起源、发展和多元化等不同阶段。早期 Grossman 和 Krueger 应用计量经济学等方法对不同国家面板数据进行实证分析,得出在

城镇化推进过程中,生态环境质量与其呈现倒“U”型的演变特征,进一步证实了环境库兹涅茨曲线(EKC)的假设^[2]。同时,许多学者对城镇化与水资源、土地资源、大气环境、能源、气候等生态环境子系统之间耦合关系展开了研究^[3-5]。总体来看,国内外研究主要体现在以下几个方面:①从研究方法来看,主要运用耦合协调模型、灰色关联度模型、系统动力学模型、回归分析等方法,通过构建综合评价指标体系测度城镇化与生态环境协调发展水平,指标的选取多侧重于人口、经济、社会、生态等方面^[6-7],部分研究则更加侧重“以人为本”的发展理念来选取指标;②从研究尺度来看,涵盖了省、市、县级城市以及城市群^[8-9],多分布于沿海城市、长江流域、黄河流域等城镇化水平较高和经济发达地区^[10-11],对旧工业地区以及二三线城市城镇化与生态环境协调发展水平缺乏研究;③从协调发展的时空演化特征来看,多采用地理空间探索工具等空间计量方法,借助 GIS 技术,从区域整体及内部多城市角度对城镇化和生态环境耦合关系及时空格局演变特征进行研究^[12-13]。

城市群地区是国家经济发展的核心区和新型城镇化的主体区,其健康协调发展主导着国家新型城镇化战略的成败。河北省作为京津冀一体化国家战略和雄安新区建设的主战场具有其特殊性,为推动京津冀协同发展,以疏解北京

基金项目 河北省高等学校科学技术研究重点项目(ZD2020312);教育部人文社科青年基金项目(19YJZH155)。

作者简介 谢意(1996—),男,江西赣州人,硕士研究生,研究方向:城市与生态环境关系。*通信作者,副教授,博士,硕士生导师,从事 GIS 与 RS 应用、城市地理数据挖掘研究。

收稿日期 2022-07-18

非首都功能为“牛鼻子”,在缩小与京津经济发展差距的同时,保持区域经济与生态建设协调健康发展就显得尤为重要。因此,笔者以河北省为研究对象,测度该区域各地级市城镇化与生态环境综合水平及二者耦合关系,结合 GIS 技术,探讨其时空格局演变特征,以期为河北省及其他地区协调发展提供参考依据,同时弥补当前城镇化与生态环境耦合效应在尺度、时空特征分析方面研究的不足。

1 资料与方法

1.1 指标体系构建 城镇化与生态环境的耦合协调程度反

表 1 河北省城镇化与生态环境评价指标体系

Table 1 Urbanization and ecological environment evaluation index system of Hebei Province

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Index layer	单位 Unit	指标属性 Index attribute	权重 Weight	
城镇化 Urbanization	人口城镇化	人口密度	人/km ²	-	0.076	
		城镇化率	%	+	0.062	
		人口自然增长率	‰	+	0.044	
		城镇单位就业人员	万人	+	0.074	
	经济城镇化	人均地区生产总值	元	+	0.050	
		城镇居民人均可支配收入	元	+	0.066	
		第二产业占 GDP 比重	%	+	0.043	
		第三产业占 GDP 比重	%	+	0.063	
		全社会固定资产投资	亿元	+	0.056	
	社会城镇化	供水综合生产能力	万 m ³ /d	+	0.077	
		每万人拥有病床数	张	+	0.064	
		城镇消费品零售总额	亿元	+	0.057	
		普通高等学校在校生数	万人	+	0.033	
		空间城镇化	城镇建设用地面积	km ²	+	0.057
			人均城市住房面积	m ²	+	0.068
			人均城市道路面积	m ²	+	0.040
			公路通车里程	km	+	0.070
	生态环境 Ecological environment	生态环境水平	建成区绿化覆盖率	%	+	0.050
			人均日生活用水量	L	+	0.096
			人均公园绿地面积	m ²	+	0.046
人均耕地面积			m ²	+	0.089	
生态环境压力		人均工业废水排放量	t	-	0.144	
		人均 SO ₂ 排放量	kg	-	0.149	
		人均烟(粉)尘排放量	kg	-	0.069	
		人均工业能源消费量(标准煤)	t	-	0.134	
生态环境保护		生活垃圾无害化处理率	%	+	0.079	
		城镇生活污水处理率	%	+	0.047	
		一般工业固体废物综合利用	%	+	0.097	

1.2 研究方法

1.2.1 综合评价模型。在对指标数据标准化处理与确定权重后,需要构建模型对城镇化和生态环境综合水平进行评价。综合评价模型采用线性加权法,城镇化综合指数 $f(x)$ 和生态环境综合指数 $g(y)$ 的公式如下:

$$f(x) = \sum_{i=1}^m (w_i x_i) \quad (1)$$

$$g(y) = \sum_{j=1}^n (w_j y_j) \quad (2)$$

式中, x_i 与 w_i 分别为城镇化中第 i 个指标的标准化值和指标

权重; y_j 和 w_j 分别为生态环境中第 j 个指标的标准化值和指标权重; m 和 n 分别为城镇化和生态环境的指标数量。

1.2.2 耦合协调度模型。耦合度是一个物理学概念,指2个或2个以上系统通过自身和外界的各种相互作用而彼此影响的现象^[16]。参考相关研究^[17],该研究将城镇化与生态环境交互胁迫关系通过耦合协调度模型表达,城镇化与生态环境耦合度公式如下:

$$C = \frac{2 \sqrt{f(x) \times g(y)}}{f(x) + g(y)} \quad (3)$$

式中, C 为城镇化与生态环境的耦合度, C 值越接近 1 说明两子系统间耦合度越强, 相关性越高, 反之越弱。耦合度可用于说明系统间相互作用或影响程度, 但无法真实反映城镇化与生态环境的耦合协调发展水平, 为此需进一步构造二者耦合协调度模型, 即:

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (4)$$

式中, T 为城镇化与生态环境综合协调指数, T 值越大说明协调发展程度越高; α 、 β 分别为两子系统的影响因子, 考虑二者对于整个评价同等重要且相互影响, 故取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (5)$$

式中, D 为城镇化与生态环境的耦合协调度, 协调度的取值范围为 $[0, 1]$, D 值越大表示两子系统耦合协调程度越高, 反之越低。

参考周正柱等^[18]对耦合协调度等级划分的标准, 结合河北省不同时期、不同地区的耦合协调程度, 该研究将耦合协调度的分类体系及评判标准划分为 3 大阶段、10 小类, 旨在更好地分析河北省及省内各城市城镇化与生态环境的耦合协调发展状态。具体如表 2 所示。

表 2 城镇化与生态环境耦合协调度类型划分

Table 2 Type division of coupling coordination degree between urbanization and ecological environment

阶段 Phase	协调度 Coordination (D)	协调类型 Coordination type
协调发展阶段 Coordinated development stage	(0.900, 1.000] (0.800, 0.900] (0.700, 0.800] (0.600, 0.700]	优质协调发展型 良好协调发展型 中级协调发展型 初级协调发展型
过渡发展阶段 Transitional development stage	(0.500, 0.600] (0.400, 0.500]	勉强协调发展型 濒临失调衰退型
失调衰退阶段 Dysfunctional decline stage	(0.300, 0.400] (0.200, 0.300] (0.100, 0.200] [0, 0.100]	轻度失调衰退型 中度失调衰退型 严重失调衰退型 极度失调衰退型

1.2.3 空间自相关。空间自相关是地理空间数据分析中常用的方法, 能够反映单元属性指标的空间相关性以及格局特征。该研究通过 Open GeoDa 软件计算全部单元内属性值在空间上的全局莫兰指数 (Moran's I) 和局部莫兰指数, 指数的大小将反映不同地级市耦合协调度在空间上的相关性以及集聚性特征。

1.3 数据来源及处理 该研究选取 2008—2019 年社会经济发展与生态环境数据, 探讨河北省及 11 个地级市城镇化与生态环境的耦合协调关系时空演变特征。具体数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《河北经济年鉴》《河北省统计年鉴》及各地级市相关年份的统计年鉴与国民经济和社会发展统计公报等, 由于少部分年份指标数据缺失, 基于相邻年份数据进行插值获得, 形成时间序列数据。考虑到各子系统不同量纲与属性的指标会对最终结果造成影响, 利用极值法、熵值法对原始数据进行处理, 计算指标权重。

2 结果与分析

2.1 河北省城镇化与生态环境综合水平时序分析 从 2008—2019 年河北省城镇化综合水平时间变化趋势 (图 1) 可以看出, 近 12 年河北省城镇化综合指数呈逐年上升趋势, 由 2008 年的 0.156 上升至 2019 年的 0.747, 各子系统年平均值表现为社会城镇化 > 空间城镇化 > 经济城镇化 > 人口城镇化。历经“十一五”和“十二五”规划后 (2008—2015 年), 河北省城镇化水平迈上了一个新台阶, 人口、经济、社会 and 空间城镇化均呈现上升趋势。2010 年以前, 全省对城镇化户籍制度进行改革, 城镇人口规模不断扩大, 城镇化水平加快, 人口城镇化对城镇化综合水平贡献逐渐增大。“十二五”规划期间, 全省统筹城乡发展, 坚持以人为本, 建立完善的公共服务体系, 社会城镇化贡献开始逐渐上升, 在 2015 年赶超人口城镇化。2015—2019 年, 进入全面建成小康社会的决胜阶段, 河北省社会城镇化仍保持着最大贡献度, 同时在京津冀协同发展的大背景下, 优化空间布局, 围绕城市定位, 合理安排市政和公共设施, 空间城镇化和经济城镇化获得了快速发展。

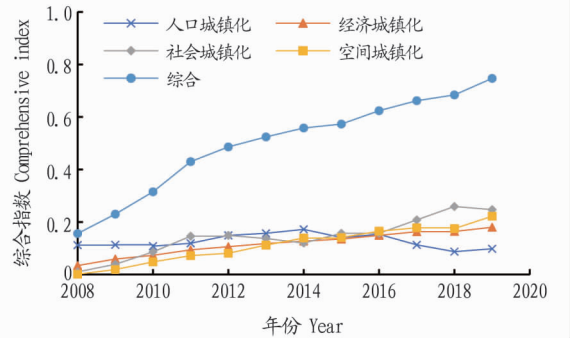


图 1 2008—2019 年河北省城镇化综合水平时序变化

Fig. 1 Time-series changes in the comprehensive level of urbanization in Hebei Province from 2008 to 2019

从 2008—2019 年河北省生态环境综合水平时间变化趋势 (图 2) 可以看出, 近 12 年河北省生态环境综合指数呈波动上升趋势, 由 2008 年的 0.352 上升至 2019 年的 0.664, 2011、2014 年经历了 2 次下降, 生态环境综合水平总体增长速度缓慢。生态环境压力、生态环境保护均呈先降后升趋势, 但生态环境水平有所下降, 主要表现为人均水资源量和人均耕地面积下降。2010 年以前, 生态环境压力对生态环境综合水平贡献度最大, 主要因为工业废水排放量、 SO_2 排放量、烟粉尘排放量的上升对生态环境造成了巨大的压力, 在城镇化进程中出现了一系列“城市病”现象。2010—2015 年, 生态环境保护贡献度呈现快速上升, 2015 年超过生态环境水平和生态环境压力的贡献度, 表现为垃圾无害化处理率、污水处理率、固体废物综合利用率等处理水平的提高。2015—2019 年, 各子系统贡献比例保持着生态环境压力 > 生态环境保护 > 生态环境水平, 这一期间河北省关闭大量重污染企业, 鼓励环保企业的发展, 生态环境得到了一定的保护。

2.2 河北省城镇化与生态环境综合水平时空格局演变分析 利用公式 (1)、(2) 计算出各地级市城镇化与生态环境综合指数, 并以 2008、2010、2015 和 2019 年为时间节点, 利用

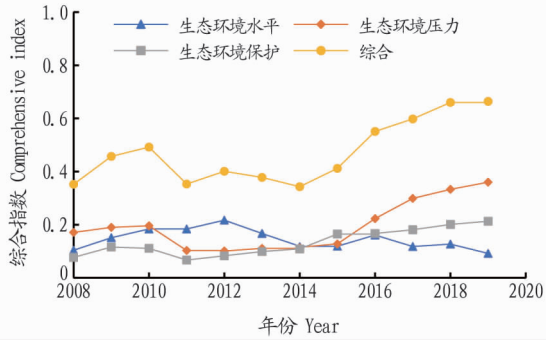


图2 2008—2019年河北省生态环境综合水平时序变化

Fig. 2 Time-series changes in the comprehensive level of ecological environment in Hebei Province from 2008 to 2019

ArcGIS 软件空间分析功能探讨河北省各地级市城镇化、生态环境综合水平空间格局的变化。考虑到河北省城镇化与生态环境发展相互影响,采取相同标准对二者综合水平进行类型划分,并对时空格局演变特征进行分析。对于城镇化综合水平,划分为高水平(0.8,1.0]、较高水平(0.6,0.8]、中等水平(0.4,0.6]、较低水平(0.2,0.4]、低水平[0,0.2]5种类型;而对于生态环境综合水平,划分为优秀水平(0.8,1.0]、较优水平(0.6,0.8]、中等水平(0.4,0.6]、较差水平(0.2,0.4]、恶劣水平[0,0.2]5个等级。

2.2.1 城镇化综合水平时空格局演变分析。从表3和图3

表3 2008—2019年河北省各地级市城镇化综合指数

Table 3 Comprehensive index of urbanization by prefecture-level cities in Hebei Province from 2008 to 2019

地区 Area	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
石家庄市 Shijiazhuang City	0.213	0.246	0.326	0.373	0.435	0.476	0.568	0.614	0.640	0.673	0.711	0.806
唐山市 Tangshan City	0.204	0.252	0.269	0.377	0.426	0.519	0.571	0.604	0.554	0.586	0.685	0.793
沧州市 Cangzhou City	0.197	0.283	0.275	0.352	0.390	0.478	0.516	0.547	0.598	0.646	0.639	0.764
保定市 Baoding City	0.159	0.179	0.223	0.323	0.371	0.390	0.474	0.564	0.687	0.726	0.716	0.787
邯郸市 Handan City	0.192	0.273	0.341	0.383	0.463	0.540	0.475	0.500	0.556	0.571	0.622	0.732
廊坊市 Langfang City	0.157	0.206	0.263	0.324	0.359	0.424	0.492	0.598	0.653	0.720	0.761	0.791
邢台市 Xingtai City	0.186	0.261	0.345	0.386	0.445	0.474	0.472	0.499	0.548	0.583	0.673	0.754
秦皇岛市 Qinhuangdao City	0.206	0.275	0.331	0.336	0.427	0.467	0.494	0.563	0.587	0.623	0.684	0.762
衡水市 Hengshui City	0.165	0.176	0.217	0.299	0.347	0.395	0.485	0.534	0.642	0.662	0.711	0.774
张家口市 Zhangjiakou City	0.183	0.255	0.334	0.372	0.425	0.385	0.449	0.521	0.600	0.650	0.676	0.743
承德市 Chengde City	0.125	0.250	0.234	0.318	0.339	0.360	0.418	0.576	0.646	0.658	0.664	0.721

2.2.2 生态环境综合水平时空格局演变分析。从表4和图4可以看出,2008—2019年各地级市生态环境综合水平总体呈现波动小幅度上升趋势,排名前三依次为承德市、张家口市、石家庄市。各地级市生态环境综合水平内部差异分化明显,而到2019年多处于较优水平。在整个研究期内,廊坊市、保定市生态环境综合水平提升较快,排名位于全省前列,而以重工业为主的唐山市、邯郸市生态环境污染较严重,排名较后。2015—2019年,廊坊市贯彻执行《京津冀协同发展生态环境保护规划》,通过健全生活垃圾分类收集和回收体系、提高工业固体废物资源化利用水平等举措大大减小了环境压力,生态环境压力中的各负指标数据均明显下降,生态环境综合水平从中等水平(0.531)升至较优水平(0.672),生

可以看出,2008—2019年各地级市城镇化综合水平均呈现出大幅度上升的趋势,排名前三依次为石家庄市、廊坊市、唐山市。到2019年,各地级市城镇化发展水平均已达到较高水平或高水平层次,但全省城镇化发展水平呈现单核现状。石家庄市作为省会城市,在不断优化城镇结构的同时,抓住京津冀区域协同发展机遇,社会、经济、人口、空间城镇化均保持着平衡快速发展,城镇化综合水平上升幅度最大,由2008年的较低水平(0.213)上升至2019年的高水平(0.806);其他地级市均处于较高水平,存在一定差距。保定市在2010—2015年城镇化综合水平呈现出大幅度上升,直接由较低水平(0.223)上升至中等水平(0.564),经济、人口、社会、空间城镇化各子系统均得到了迅速发展;而在2016—2019年保持较高水平层次,主要因为空间城镇化并没有得到提升,人均城市道路面积与公路通车里程的贡献度在逐年减小,导致城镇化综合水平未取得新的突破。廊坊市地处京津冀城市群核心地带、环渤海腹地,城镇化发展水平由2008年的低水平(0.157)快速上升至2019年的较高水平(0.791),分析表明社会城镇化与人口城镇化所包含的要素在推动廊坊市城镇化的发展过程起着重要作用,主要表现为人口数、医疗卫生支出占比以及城镇消费品零售总额的提升;另外,2017—2019年城镇就业人员的减少导致人口城镇化有所下降,但社会城镇化其他要素保持持续增长,促进了城镇化综合水平总体提升。

态环境水平大幅度提升。保定市素有“首都南大门”之称、“北京护城河”之誉,按照《京津冀协同发展规划纲要》生态优先支撑战略部署的要求,保定市在2015—2019年生态环境质量持续向好,生态环境综合水平从中等水平(0.495)升至较优水平(0.682),其中生态环境水平子系统贡献度最大,建成区绿化覆盖率、人均公园绿地面积、人均耕地面积均具有不同程度的提高,为京津筑起高质量生态屏障。唐山市生态环境综合水平在2010—2019年发展速度缓慢,从较差水平(0.317)升至中等水平(0.553),生态环境水平、生态环境保护评价较低,表现为城镇化进程增大了水资源和土地资源负荷,人均日生活用水量、人均耕地面积逐年减少,同时对重工业的过度依赖增加了废水废气等污染物排放,生态环境压

力增大。邯郸市工业生产多以钢铁、煤炭为主,水资源短缺、大气污染问题在短期难以获得解决,水体污染,PM_{2.5} 平均浓度、污染指数 AQI 仍然较高,生态环境压力各指标数值居高

不下,导致生态环境综合水平提升缓慢且到 2019 年仍处于中等水平(0.506)。

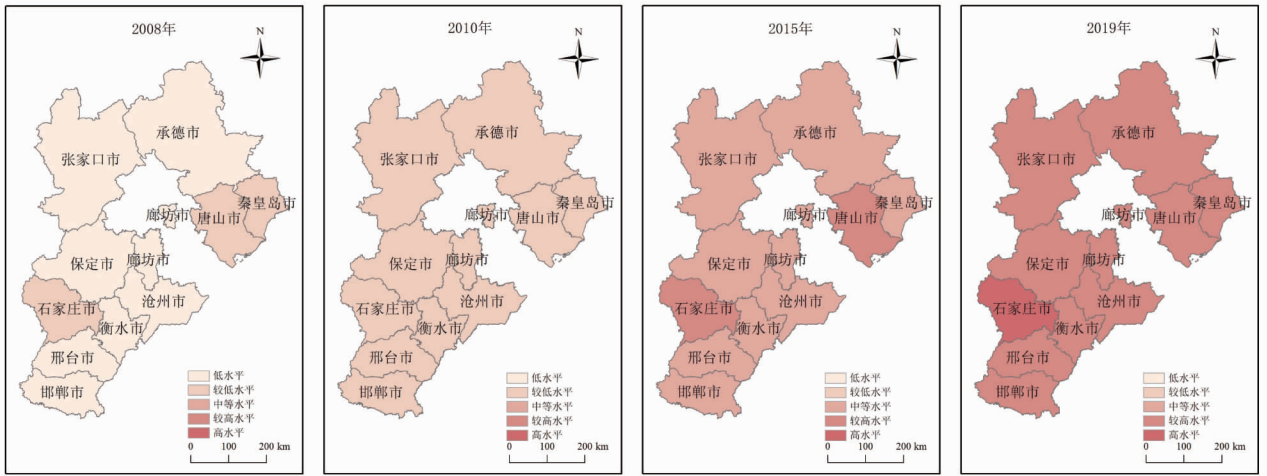


图 3 河北省各地级市城镇化综合水平空间格局变化

Fig. 3 Changes in the spatial pattern of the comprehensive level of urbanization in various cities in Hebei Province

表 4 2008—2019 年河北省各地级市生态环境综合指数

Table 4 Comprehensive index of ecological environment by prefecture-level cities in Hebei Province from 2008 to 2019

地区 Area	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
石家庄市 Shijiazhuang City	0.386	0.335	0.432	0.446	0.342	0.414	0.557	0.682	0.535	0.637	0.718	0.733
唐山市 Tangshan City	0.284	0.369	0.317	0.287	0.373	0.346	0.356	0.420	0.512	0.632	0.581	0.553
沧州市 Cangzhou City	0.348	0.471	0.427	0.351	0.324	0.466	0.461	0.507	0.575	0.638	0.584	0.524
保定市 Baoding City	0.402	0.345	0.468	0.481	0.265	0.344	0.416	0.495	0.633	0.677	0.668	0.682
邯郸市 Handan City	0.279	0.357	0.374	0.461	0.472	0.436	0.464	0.551	0.639	0.651	0.571	0.506
廊坊市 Langfang City	0.374	0.446	0.413	0.316	0.392	0.373	0.499	0.531	0.512	0.644	0.589	0.672
邢台市 Xingtai City	0.310	0.481	0.330	0.264	0.212	0.356	0.333	0.427	0.392	0.602	0.554	0.553
秦皇岛市 Qinhuangdao City	0.413	0.513	0.487	0.504	0.393	0.420	0.502	0.615	0.571	0.609	0.644	0.649
衡水市 Hengshui City	0.365	0.442	0.436	0.427	0.404	0.403	0.428	0.581	0.555	0.622	0.607	0.589
张家口市 Zhangjiakou City	0.422	0.472	0.524	0.412	0.479	0.506	0.649	0.738	0.797	0.716	0.764	0.798
承德市 Chengde City	0.498	0.653	0.603	0.552	0.693	0.658	0.697	0.767	0.653	0.715	0.782	0.804

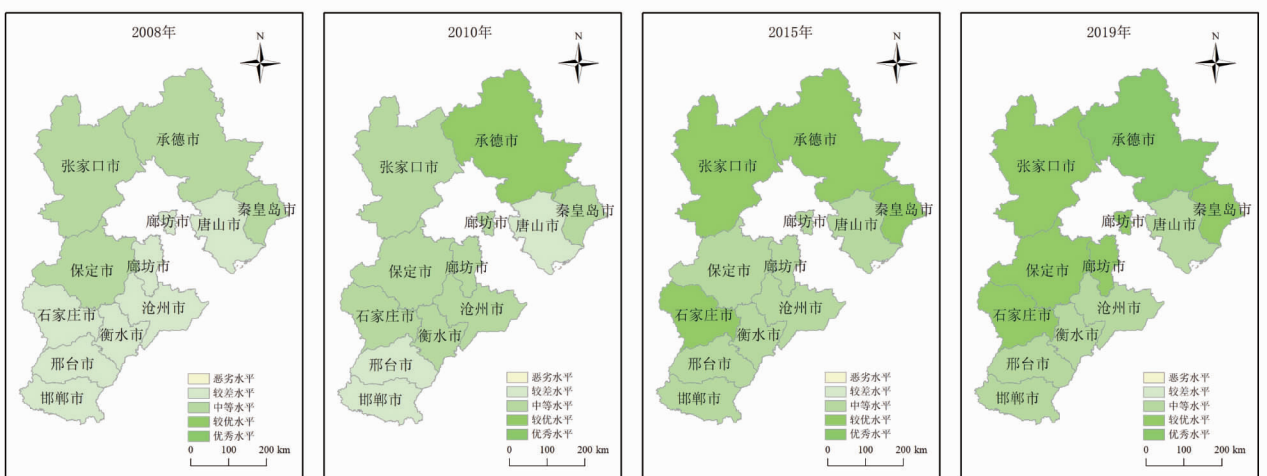


图 4 河北省各地级市生态环境综合水平空间格局变化

Fig. 4 Changes in the spatial pattern of the comprehensive level of ecological environment in various cities in Hebei Province

2.3 河北省城镇化与生态环境耦合协调度时序分析 利用河北省城镇化与生态环境综合评价结果,计算 2008—2019 年河北省各城市二者耦合协调度变化情况,结果如表 5 所

示。从表 5 可以看出,近 12 年河北省各城市城镇化与生态环境耦合协调度呈现波动式上升,由过渡发展阶段步入耦合协调发展阶段,总体发展趋势良好。

表 5 2008—2019 年河北省各城市城镇化与生态环境耦合协调度时序变化

Table 5 Temporal changes in the degree of coupling coordination degree between urbanization and ecological environment in Hebei Province from 2008 to 2019

地区 Area	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
石家庄市 Shijiazhuang City	0.535	0.536	0.613	0.639	0.621	0.666	0.750	0.804	0.765	0.809	0.865	0.901
唐山市 Tangshan City	0.491	0.552	0.540	0.574	0.631	0.651	0.671	0.710	0.730	0.780	0.794	0.814
沧州市 Cangzhou City	0.512	0.604	0.585	0.593	0.596	0.687	0.698	0.726	0.766	0.801	0.782	0.795
保定市 Baoding City	0.503	0.499	0.568	0.628	0.560	0.605	0.666	0.727	0.812	0.837	0.832	0.856
邯郸市 Handan City	0.481	0.559	0.598	0.648	0.684	0.697	0.685	0.724	0.772	0.781	0.772	0.780
廊坊市 Langfang City	0.492	0.551	0.574	0.566	0.612	0.631	0.704	0.751	0.760	0.825	0.818	0.854
邢台市 Xingtai City	0.490	0.595	0.581	0.565	0.554	0.641	0.630	0.679	0.681	0.770	0.781	0.804
秦皇岛市 Qinhuangdao City	0.540	0.613	0.634	0.641	0.640	0.665	0.706	0.767	0.761	0.785	0.815	0.839
衡水市 Hengshui City	0.495	0.528	0.555	0.598	0.612	0.632	0.675	0.746	0.773	0.801	0.811	0.822
张家口市 Zhangjiakou City	0.527	0.589	0.647	0.626	0.672	0.664	0.735	0.787	0.832	0.826	0.848	0.878
承德市 Chengde City	0.499	0.636	0.612	0.647	0.696	0.698	0.735	0.799	0.806	0.828	0.849	0.873

2.4 河北省城镇化与生态环境耦合协调度空间格局分析 选取 2008、2010、2015 和 2019 年 4 个时间节点,基于耦合协调度划分标准,利用 ArcGIS 软件对河北省各城市的城镇化与生态环境耦合协调度进行空间展示,结果如图 5 所示。总体来看,由于地理位置和经济基础的不同,各城市的耦合协调度随着城镇化和社会经济的发展,差异性正逐步减小。具体来看,2008 年,石家庄市、保定市、张家口市、秦皇岛市和沧州市耦合协调度属于勉强协调发展型,其余地级市均属于濒临失调衰退型;到 2010 年,石家庄市、张家口市和秦皇岛市的耦合协调类型依然保持一致,并且与承德市均处于初级协调发展型,其他城市为勉强协调发展型;2015—2019 年,中心城市辐射作用明显,石家庄市在 2019 年成功升级为优质协调发展型城市,邯郸市、沧州市处于中级协调发

展型外,其他城市均为良好协调发展型,特别是在以北京和天津为双核的背景下,环京津周边城市在京津冀协同发展“群效应”中获得快速发展,承德市、张家口市、保定市呈现“C”字型分布于北京周围,3 个地级市的耦合协调度分别由 2008 年的 0.499、0.527、0.503 上升至 2019 年的 0.873、0.878、0.856,而廊坊市作为“京津走廊上的明珠”,京津冀协同发展为其城镇化建设带来了前所未有的机遇,耦合协调度由 2008 年的 0.492 上升至 2019 年的 0.854,廊坊市得天独厚的区位优势得到较好体现。另外,在与京津的协调联动,雄安新区建设以及曹妃甸区、张家口和承德生态功能区建设等驱动下,河北省正逐步取得生态建设与区域发展共赢,中心节点城市的辐射作用得到有效发挥,推动河北省城镇化与生态环境协调发展。

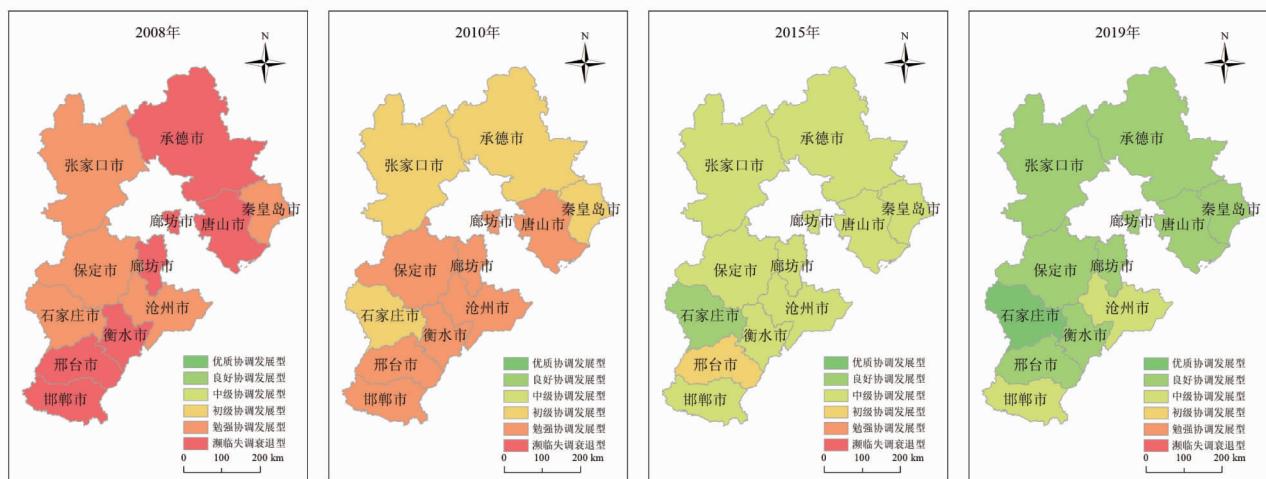


图 5 河北省城镇化与生态环境耦合协调度空间演变

Fig. 5 Spatial evolution of coupling coordination degree between urbanization and ecological environment in Hebei Province

2.5 河北省城镇化与生态环境协调度空间相关性分析

2.5.1 全局空间自相关。基于全局自相关模型,运用 Open GeoDa 软件,采用地理距离构建空间权重矩阵,分别测算河北省 11 个地级市城镇化与生态环境耦合协调度的 Moran's I 指数(表 6)。其中 2008、2010、2015、2019 年全局 Moran's I 指数均大于 0,但只有 2019 年全局 Moran's I 通过了 0.05 水平的显著性检验,说明 2019 年河北省各地级市城镇化与生态环境的协调度存在空间正相关,具有空间集聚性。

表 6 河北省城镇化与生态环境耦合协调度 Moran's I 指数

Table 6 Moran's I index of coupling coordination degree between urbanization and ecological environment in Hebei Province

年份 Year	Moran's I	Z 值 Z value	P 值 P value
2008	0.140 4	1.124 8	0.126
2010	0.194 7	1.672 3	0.070
2015	0.102 1	0.012 3	0.448
2019	0.299 4	1.768 4	0.047

2.5.2 局部空间自相关。由于全局空间自相关仅反映空间范围内协调度的空间关联特征,无法反映局部空间集聚类型,所以通过 Open GeoDa 软件进行局部空间自相关分析,将

集聚类型分为 4 类:高-高集聚(H-H)、高-低集聚(H-L)、低-低集聚(L-L)、低-高集聚(L-H)。为便于分析,绘制耦合协调度 LISA 集聚图,如图 6 所示。2008 年河北省城镇化与生态环境耦合协调度未出现空间集聚特征(不显著),但在 2010 年出现了高-低集聚(H-L)、低-低集聚(L-L),显著区域分别为石家庄市、沧州市,高-低集聚(H-L)表明石家庄市作为耦合协调度较高的城市,周边城市耦合协调度却较低与其存在明显差距,低-低集聚(L-L)表明沧州市耦合协调度较低,且邻近城市的耦合协调度也较低,由此反映出河北省城镇化与生态环境耦合协调度存在一定的空间差异性。2015 年出现低-高集聚(L-H),显著区域为邢台市,低-高集聚(L-H)表明邢台市自身耦合协调度较低,与其相邻的城市耦合协调度较高,耦合协调度空间分布趋于均衡。2019 年出现高-高集聚(H-H),显著区域依然为石家庄市,高-高集聚(H-H)表明石家庄市及周边城市耦合协调度都较高,在空间上呈现出“高地”特征。

综上所述,河北省城镇化与生态环境耦合协调度在空间上存在集聚现象,主要表现为以石家庄市为中心,周边城市相互影响、相互作用后,耦合协调度差距逐渐减小,集群发展效应显著。

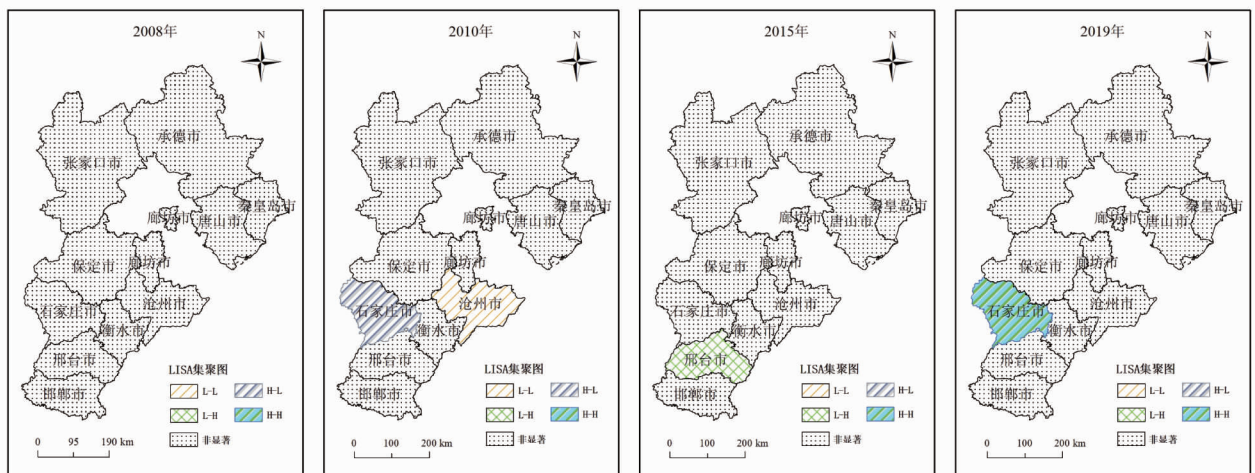


图 6 河北省城镇化与生态环境耦合协调度 LISA 集聚图

Fig. 6 LISA clustering diagram of the coupling coordination degree of urbanization and ecological environment in Hebei Province

3 结论与建议

3.1 结论 通过构建河北省城镇化与生态环境评价指标体系,运用耦合协调度模型定量测算了 2008—2019 年河北省及各地级市耦合协调度,分析两子系统耦合关系时空演变特征及规律,得出结论如下:

(1) 2008—2019 年河北省城镇化综合水平呈逐年上升趋势,综合指数由 2008 年的 0.156 上升至 2019 年的 0.747,各子系统年平均值表现为社会城镇化>空间城镇化>经济城镇化>人口城镇化。生态环境综合水平呈现波动上升的趋势,综合指数由 2008 年的 0.352 上升至 2019 年的 0.664,生态环境压力和生态环境保护子系统均表现出先降后升的变化;生态环境水平综合指数则在 0.092~0.217 波动上升,其中在 2012 年最高,为 0.217;总体生态环境正在不断改善。

(2) 2008—2019 年河北省各地级市城镇化综合水平快速上升,主要处于较高水平,其中石家庄市、廊坊市、唐山市位居前列,河北省在京津冀一体化国家战略和雄安新区建设的驱动下,城镇化水平正发生着快速的变化。各地级市生态环境综合水平表现为波动上升,主要处于较优水平,但部分城市如唐山市、邯郸市,工业污染与能源过度开采伴随而来的环境问题比较明显,生态环境保护压力仍较大。

(3) 2008—2019 年河北省城镇化与生态环境耦合协调度在不断提高,总体发展趋势良好。从空间格局来看,2008、2010、2015、2019 年河北省城镇化与生态环境耦合协调度空间集聚现象显著,石家庄市作为省会城市率先达到优质协调发展型,同时受北京市、天津市“双核”城市的影响,环京津周边城市发展迅速,各市之间差距逐步缩小,整体耦合协调程

度正在不断推进。

3.2 建议 在京津冀协同发展和雄安新区建设大背景下,河北省及省内各地级市城镇化与生态环境耦合协调发展水平将持续提高,为此,提出建议如下:

(1) 加快城镇化建设,提高城镇化质量,缩小各地级市城镇化水平差距。各地级市应充分抓住机遇,发挥京津“双核”城市的集聚效应与辐射带动作用,根据不同地市经济发展水平和社会发展环境制定差异化政策,促进区域均衡发展,提高区域综合竞争力。

(2) 将生态文明建设纳入城镇化建设中,生态环境保护作为发展之要。逐步改变依赖自然资源的粗放式发展模式,各地级市应重视区域生态安全和环境容量,加快产业转型升级,高效利用资源,降低污染物排放,将环保工作做实做细做好。

(3) 因地制宜、统筹规划协调发展策略,实现城镇化与生态环境的良性耦合。环京津周边城市要充分抓住当前发展契机,进一步提高社会、经济城镇化发展水平;唐山市、秦皇岛等城市要利用沿海优势,通过曹妃甸港口和黄骅港的带动作用发展海洋经济,在保护生态环境的同时建设多元生态旅游城市;冀中南部城市以石家庄为中心,发挥衡水、邢台、邯郸等节点城市优势,推进资源型地区经济转型,加快基础设施建设,兼顾资源环境,在城镇化进程中改善生态环境,达到优质协调发展。

参考文献

[1] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016,71(4):531-550.

[2] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Economic growth and the environment [J]. The quarterly journal of economics, 1995, 110(2): 353-377.

[3] DELPHIN S, ESCOBEDO F J, ABD-ELRAHMAN A, et al. Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services[J]. Land use policy, 2016, 54: 188-199.

[4] MILLER J D, HUTCHINS M. The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom [J]. Journal of hydrology: Regional studies, 2017, 12: 345-362.

[5] PHAM V M, VAN NGHIEM S, BUI Q T, et al. Quantitative assessment of urbanization and impacts in the complex of Huế Monuments, Vietnam [J]. Applied geography, 2019, 112: 1-12.

[6] 姜亚俊,慈福义,史佳璐,等.山东省新型城镇化与生态环境耦合协调发展研究[J].生态经济,2021,37(5):106-112.

[7] 韩燕,张玉婷.甘肃省城镇化与生态环境耦合协调度[J].水土保持研究,2021,28(3):256-263.

[8] 杨亮洁,张小鸿,潘竟虎,等.成渝城市群城镇化与生态环境耦合协调及交互影响[J].应用生态学报,2021,32(3):993-1004.

[9] 毕国华,杨庆媛,刘苏.中国省域生态文明建设与城市化的耦合协调发展[J].经济地理,2017,37(1):50-58.

[10] 王少剑,崔子恬,林靖杰,等.珠三角地区城镇化与生态韧性的耦合协调研究[J].地理学报,2021,76(4):973-991.

[11] 张扬,师海猛.黄河流域城镇化高质量发展与生态环境耦合协调度评价[J].统计与决策,2022,38(10):71-75.

[12] 孙黄平,黄震方,徐冬冬,等.泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制[J].经济地理,2017,37(2):163-170,186.

[13] 任亚文,曹卫东,张宇,等.长江经济带三大城市群城镇化与生态环境时空耦合特征[J].长江流域资源与环境,2019,28(11):2586-2600.

[14] 梁龙武,王振波,方创琳,等.京津冀城市群城市化与生态环境时空分异及协同发展格局[J].生态学报,2019,39(4):1212-1225.

[15] 谭俊涛,张平宇,李静,等.吉林省城镇化与生态环境协调发展的时空演变特征[J].应用生态学报,2015,26(12):3827-3834.

[16] 方创琳,崔学刚,梁龙武.城镇化与生态环境耦合圈理论及耦合器调控[J].地理学报,2019,74(12):2529-2546.

[17] 韩冬.国家中心城市高质量发展与生态环境耦合协调度及空间格局演进研究[J].生态经济,2021,37(6):158-164.

[18] 周正柱,王俊龙.长江经济带城镇化与生态环境耦合协调关联性研究[J].城市问题,2020(4):21-32.

(上接第11页)

[35] TADESSE G, BAHIGWA G. Mobile phones and farmers' marketing decisions in Ethiopia [J]. World development, 2015, 68: 296-307.

[36] LIO M, LIU M C. ICT and agricultural productivity: Evidence from cross-country data [J]. Agricultural economics, 2006, 34(3): 221-228.

[37] GOYAL A. Information, direct access to farmers, and rural market performance in central India [J]. American economic journal, 2010, 2(3): 22-45.

[38] LABONNE J, CHASE R S. The power of information: The impact of mobile phones on farmers' welfare in the Philippines [R]. Policy Research Working Paper 4996; World Bank, 2009.

[39] JENSEN R. The digital divide: Information (technology), market performance, and welfare in the South Indian fisheries sector [J]. Quarterly journal of economics, 2007, 122(3): 879-924.

[40] REARDON T, CHEN K Z, MINTEN B, et al. The quiet revolution in staple food value chains: Enter the dragon, the elephant, and the tiger [M]. IFPRI, 2012.

[41] SVENSSON J, YANAGIZAWA D. Getting prices right: The impact of the market information service in Uganda [J]. Journal of the European economic association, 2009, 7(2/3): 435-445.

[42] FAFCHAMPS M, MINTEN B. Impact of SMS-based agricultural information on Indian farmers [J]. World Bank economic review, 2012, 26(3): 383-414.

[43] MUTO M, YAMANO T. The impact of mobile phone coverage expansion on market participation: Panel data evidence from Uganda [J]. World development, 2009, 37(12): 1887-1896.

[44] AKER J C, FAFCHAMPS M. Mobile phone coverage and producer markets: Evidence from West Africa [J]. World Bank economic review, 2015, 29(2): 262-292.

[45] MOLONY T. Running out of credit: the limitations of mobile telephony in

a Tanzanian agricultural marketing system [J]. The journal of modern African studies, 2008, 46(4): 637-658.

[46] 夏胜.资本深化、禀赋结构的农业生产效率影响研究[D].杭州:浙江大学,2018.

[47] 周振.互联网技术背景下农产品供需匹配新模式的理论阐释与现实意义[J].宏观经济研究,2019(6):108-121.

[48] 马晓河,胡拥军.“互联网+”推动农村经济高质量发展的总体框架与政策设计[J].宏观经济研究,2020(7):5-16.

[49] OGUTU S O, OKELLO J J, OTIENO D J. Impact of information and communication technology-based market information services on smallholder farm input use and productivity: The case of Kenya [J]. World development, 2014, 64: 311-321.

[50] COLE S A, FERNANDO A N. The value of advice: Evidence from mobile phone-based agricultural extension [R]. Harvard Business School Working Paper, 2012.

[51] 张亦驰.互联网金融背景下商业银行风险管理[J].中国市场,2021(26):26-27.

[52] 赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展:来自中国城市的经验证据[J].管理世界,2020,36(10):65-76.

[53] 刘姿均,陈文俊.中国互联网发展水平与经济增长关系实证研究[J].经济地理,2017,37(8):108-113,154.

[54] 朱顺和,谭沁.外国直接投资、信息通讯技术与产业结构优化:以中国与东盟国家为例[J].经济问题探索,2020(9):132-141.

[55] 闫慧.数字贫困社群实现信息社会流动的影响因素研究:一项京津沪粤五地调研的实证分析[J].情报资料工作,2013(4):91-96.

[56] 徐光顺,蒋远胜,王玉峰.技术与农户普惠金融[J].农业技术经济,2018(4):98-110.

[57] 施炳展,金祥义.注意力配置、互联网搜索与国际贸易[J].经济研究,2019,54(11):71-86.

[58] 熊晓元,孙艳玲.网络信息资源利用效率评价模型、方法及实证研究[J].情报杂志,2009,28(5):65-68,90.