



· 黄河流域生态保护和高质量发展 ·

黄河流域经济高质量发展与居民生活质量 耦合协调时空特征研究

王 帅,张中华,董 格

(西安建筑科技大学 建筑学院,陕西 西安 710055)

摘要 提高经济发展与居民生活质量是黄河流域高质量发展的重要目标与具体体现。通过构建经济高质量发展与居民生活质量耦合协调的理论框架,运用耦合协调度模型、核密度估计、ESDM法、障碍度模型等方法对2011—2020年黄河流域78个地级市耦合协调的时空特征进行实证分析,并探讨影响因子与驱动机制。结果表明:①黄河流域各城市耦合度处于较高水平,系统间联系密切;②黄河流域整体协调度从2011年的轻度失调状态上升至2020年的濒临失调状态,各城市协调度极高、极低值较少,中间值较多;③协调度的空间极化与集聚特征明显,总体上呈现“东高西低”的格局,高值集聚区主要分布在山东半岛与各省会城市,其他地级市协调度相对较低且分布均衡;④经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调受多种因素影响,其中城市的对外开放度是主要障碍因素,公共服务与基础设施建设也在一定程度上影响着二者的协调发展。在未来的发展中应更加注重提升经济的对外开放性,完善城市基础设施建设,提高公共服务水平,以实现黄河流域的高质量发展。

关键词 黄河流域;经济高质量发展;居民生活质量;耦合协调;时空演化;障碍因子
中图分类号:C912.81 **DOI**:10.16152/j.cnki.xdxbzr.2025-04-016

Spatiotemporal characteristics of the coupling coordination between high-quality economic development and residents' quality of life in the Yellow River Basin

WANG Shuai, ZHANG Zhonghua, DONG Ge

(College of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract Improving residents' life and enhancing the quality of economic development are the important goals and specific embodiments of high-quality development. We formulate a theoretical framework to facilitate the high-quality development of residents' life and economy, empirically analyze the spatial and temporal patterns of facilitating coupling coordination among 78 cities from 2011 to 2020 by using the coupling coordination model, Kernel Density estimation, ESDM method, and the obstacle degree model, and explore their influencing factors and driving mechanisms. The results show that: ① The coupling degree of cities in the Yellow River Basin is at a high level, and the interactions between the systems are closely linked. ② The coordina-

收稿日期:2024-12-25

基金项目:国家重点研发计划(2022YFC3802801)

第一作者:王帅,男,博士生,从事城市与区域规划研究,wangshuai1017@xauat.edu.cn。

通信作者:张中华,男,教授,博士生导师,从事城乡规划、城市与区域规划等研究,zzhdeai@163.com。

tion degree of the Yellow River Basin as a whole has steadily risen from a mildly dislocated state in 2011 to a state on the brink of dislocation, and the degree of coupling and coordination of each city has fewer extremely high and extremely low values, and more intermediate values. The spatial polarization and agglomeration of the coordination degree is obvious, generally showing the pattern of "high in the east and low in the west", the provincial capital cities are also the agglomeration area of the high value of the coordination degree, while the coordination degree of the other prefectural-level cities is relatively low and balanced in distribution. The coupling and coordination of residents' life and economic high-quality development are affected by many factors, among which the openness dimension of economic high-quality development is the main obstacle, and urban public services and infrastructure construction also affect the coupling and coordinated development of the two to a considerable extent. Therefore, in the future high-quality development, it is necessary to focus on the openness of the economy, improve urban infrastructure and improve public services.

Keywords the Yellow River Basin; high-quality economic development; quality of life of residents; coupled coordination; spatio-temporal evolution; obstacle factors

当前我国社会经济发展的首要任务是实现高质量发展,高质量发展所承载的新发展理念主要体现在“创新型、协调性、开放性、绿色性、共享性”5个方面^[1]。作为重要生态屏障和经济地带,黄河流域在我国经济社会高质量发展的作用日益凸显^[2]。随着人民城市理念^[3]以及《黄河流域生态保护和高质量发展纲要》^[4]的提出,经济高质量发展与居民生活质量提升成为了实现黄河流域高质量发展的两大关键目标^[5]。通过对黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调研究,阐释其在时间与空间上的交互关系与协调特征,对促进系统间的良性互动与流域共同发展,具有重要的现实意义。

经济与民生的互动关系是流域高质量发展研究中的重要议题^[5-7],目前该领域的研究主要分为2类。一类是单系统评价,即在经济发展评价指标体系中纳入民生相关指标^[8],或在对居民生活质量的评价中将经济发展指标纳入评价体系以及影响因素中^[9-11]来间接展示二者之间的关系。如韩叙等在黄河流域经济高质量发展的评价体系中纳入了“医疗卫生服务”“公共文化服务”与“失业率”等民生相关指标^[12];刘润等在长江流域居民生活质量评价体系中纳入了“教育支出比重”“社会保障支出比重”等经济相关指标^[9]。另一类是使用耦合协调度为代表的数学模型分析系统间的互动关系,得出二者的协调发展程度。已有研究多探讨资源利用^[13]、生态保护^[14]、城镇化^[15]等与经济协调关系,如赵金辉等研究发现黄河流域能源与经济发展耦合协调等级整体较高,资源利用与经济协调的正向作用较强^[13];许烜等通

过三阶段 DEA 模型得出长江经济带农业经济发展与生态环境的耦合效率中等偏上且受外部环境因素影响显著^[14]。在研究区域上,多数研究集中在黄河与长江两大流域。在研究方法上主要使用耦合协调度模型^[16]、系统动力学模型^[17]等来探讨系统关系,使用灰色关联度模型^[9]、机器学习^[18]等来识别影响因素。

总体而言,对经济高质量发展与居民生活质量的单系统评价主要注重单一系统的发展特征,对系统间的互动关系体现较少,而多系统评价虽在各个指标体系中涉及了部分民生相关指标^[13-14],但尚未有研究将居民生活质量作为完整系统探讨其与经济高质量发展之间的互动关系,系统间的耦合协调特征与互动关系尚不明确。参考现有研究,本文通过构建黄河流域的经济高质量发展与居民生活质量耦合协调交互关系的理论框架来揭示系统间的作用逻辑(见图1),探讨体现人民城市理念的居民生活质量以及体现新发展理念的经济高质量发展系统之间的相互作用关系,将政策与发展理念具象化进行量化分析。建立评价指标体系并运用熵权法测度指标权重,使指标体系更具合理性。使用耦合协调度模型计算系统间的协调发展程度。对计算结果使用核密度估计法进行时序分析,通过 ESDA 方法揭示协调度在整体与局部上的空间差异。最后运用障碍因子模型识别影响黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调度的主要障碍因子,为黄河流域未来经济民生的改善以及高质量发展策略提供实证参考。

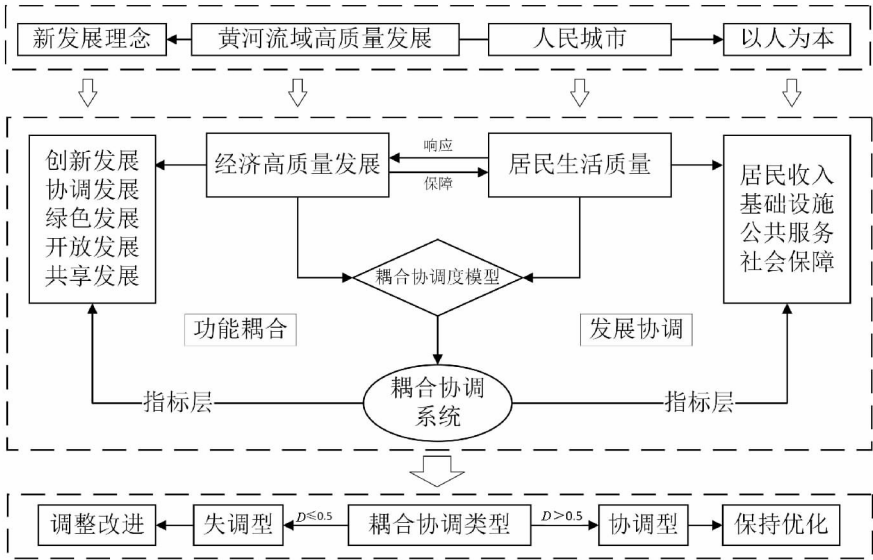


图 1 黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调理论框架

Fig. 1 A theoretical framework for coupling and coordination of high-quality economic development and residents' quality of life in the Yellow River Basin

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域

黄河流域包括青海、甘肃、宁夏、四川、内蒙古、陕西、山西、河南、山东 9 个省级行政单元。参考前人研究^[19],考虑到蒙东地区已被纳入到《东北地区振兴规划》中,和东北的发展联系更为紧密,而四川省也已纳入长江经济带规划中。因此考虑研究数据的科学性和可得性,本文的研究范

围包括青海、宁夏、甘肃、内蒙古(不含蒙东地区)、陕西、山西、河南、山东 8 个省级行政区中的共 9 个城市(见图 2),其中济源市、海东市阿拉善盟等 12 个城市存在若干年份的数据缺失,最终可获得数据的城市共 78 个。其中行政界限数据来自自然资源部标准地图服务网(<http://bzdt.ch.mnr.gov.cn>),黄河干流与湖泊地理矢量数据来自国家冰川冻土沙漠科学数据中心(<http://www.ncdc.ac.cn>)。



图 2 研究区域示意图

Fig. 2 Schematic of the study area

1.2 数据来源

本文的数据主要来源于 2012—2021 年黄河流域 78 个城市的国民经济和社会发展统计公报与市级统计年鉴以及《中国城市统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》《中国环境统计年鉴》,其中区域创新创业指数数据来自北京大学开放研究数据平台^[20],产业协调的测度参考相关文献^[21],部分年份的缺失数据采用插值法补全。

2 研究方法与指标体系构建

2.1 研究方法

2.1.1 熵权法

熵权法作为一种客观性的指标赋权法,可以有效减少人为主观因素的影响,在评价性研究中被广泛应用^[22]。由于在指标体系中,各指标的单位、量级、性质均不相同,为使指标之间具有可比性,在确定权重前采用“最小最大标准化”方法对数据进行归一化处理,使得标准化后的数值处于[0,1]之间,消除数据间的屏蔽效应与量纲差异,标准化处理的公式为

正向指标: $x'_{ij} = \frac{(x_{ij} - x_{ijmin})}{(x_{ijmax} - x_{ijmin})}$ (1)

负向指标: $x'_{ij} = \frac{(x_{ijmax} - x_{ij})}{(x_{ijmax} - x_{ijmin})}$ (2)

式中: x'_{ij} 为标准值; x_{ijmin} 、 x_{ijmax} 为系统*i*指标*j*的最小和最大值; x_{ij} 为系统*i*指标*j*的值。

数据标准化后,使用熵权法求各指标权重,公式为

$p_{ij} = x'_{ij} / \sum_{i=1}^n x'_{ij}$ (3)

$E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{n=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$ (4)

$W_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum E_j}$ (5)

式中: W_j 为各指标权重; p_{ij} 为第*i*个城市*j*指标比重; E_j 为*j*指标的信息熵。

得到各指标权重后,对各指标进行加权求和得到评价指数,公式为

$U_i = \sum_{j=1}^n W_j x_{ij}$ (6)

式中:为*i*城市的系统综合得分。

2.1.2 耦合协调模型

耦合协调模型借鉴了物理学耦合协调系数的概念,其中,耦合度反映了系统的相互作用程度,协调度反映良性耦合程度,参考相关研究^[23-25],构建黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调度模型,公式为

$C = \sqrt{\frac{U_1 U_2}{[(U_1 + U_2)/2]^2}} = \frac{2 \sqrt{U_1 U_2}}{U_1 + U_2}$ (7)

$T = \alpha U_1 + \beta U_2$ (8)

$D = \sqrt{CT}$ (9)

式中: U_1 为经济高质量发展得分; U_2 为居民生活质量得分; C 为两个系统的耦合度; T 为两个系统的综合协调指数; α 和 β 为代表系统重要性的待定系数。实现黄河流域高质量发展既要推动经济发展质量变革,也要为人民群众创造良好的生产生活环境^[26],因此本文参考相关双系统耦合协调研究的待定系数确定原则^[15,27],取 $\alpha = \beta = 0.5$,代表经济高质量发展与居民生活质量同等重要。 D 为经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调度,取值范围为[0,1], D 值越大代表发展协调度越高,系统间良性互动更强。为进一步细化分析耦合协调类型,参考相关研究^[28],将耦合协调度划分为失调与协调两种大类及各自5种小类共10种类型(见表1)。

表1 耦合协调度划分标准

Tab.1 Criteria for classifying the degree of coupling coordination

耦合协调度	0<D≤0.1	0.1<D≤0.2	0.2<D≤0.3	0.3<D≤0.4	0.4<D≤0.5	0.5<D≤0.6	0.6<D≤0.7	0.7<D≤0.8	0.8<D≤0.9	0.9<D≤1.0
耦合协调阶段	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

2.1.3 核密度估计法

核密度估计是一种非参数估计的方法,该方法的目标是通过一系列核(通常是正态分布的函数)在数据点处生成的小区域来估计整个数据分

布的概率密度。核密度估计的基本思想是在数据点附近生成一些小的概率分布,然后将它们叠加在一起,形成一个平滑的估计分布。

核密度估计的优点是不需要事先对数据分布

做出假设且函数形式不受限制,并且相对于直方图等离散方法,它提供了更平滑的估计结果,连续性更好,适宜对系统的时序变化特征进行分析^[29],公式为

$$f(x)=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^nk\left(\frac{x-X_i}{h}\right)$$

(10)

式中: $f(x)$ 为概率核密度函数; k 为核函数; h 为带宽。

2.1.4 ESDA 法

探索性空间数据分析(ESDA)是研究区域社会经济发展空间分布特征的基本统计方法,以空间关联测度为核心,旨在揭示数据中存在的空间结构、趋势和模式以帮助理解地理现象的分布规律。ESDA 主要包括空间数据的可视化、空间自相关分析、空间插值等技术^[30]。

全局莫兰指数(global Moran’s I)用来描述各城市在整个黄河流域与周边城市的平均关联程度,体现要素在区域尺度的集聚/离散情况,通过莫兰指数与 Z 得分评估集聚程度,通过 p 值评估显著性。局部莫兰指数(local Moran’s I)^[31]则是用来识别要素在局部上的异质性特征,全局莫兰指数的计算公式为

$$I=\frac{n}{\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})^2}\cdot\frac{\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nw_{ij}(x_i-\bar{x})(x_j-\bar{x})}{\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^nw_{ij}}$$

(11)

局部莫兰指数计算公式为

表 2 经济高质量发展与居民生活质量耦合协调评价指标体系

Tab.2 Evaluation index system for coupling and harmonization of residents’ life and high-quality economic development

系统层	准则层	指标层	单位	指标性质	熵权法权重
经济高质量发展 U_1	创新发展 U_{11}	区域创新创业指数 X_1	无	+	0.043 0
		科学支出占财政支出比例 X_2	%	+	0.070 4
		发明专利授权数目 X_3	个	+	0.044 0
	协调发展 U_{12}	城乡收入比 X_4	无	-	0.009 1
		城乡消费比 X_5	无	-	0.017 5
		城镇化率 X_6	%	+	0.009 6
		产业发展协调度 X_7	无	+	0.047 9
	绿色发展 U_{13}	建成区绿化率 X_8	%	+	0.005 6
		垃圾无害化处理率 X_9	%	+	0.006 1
		污水集中处理率 X_{10}	%	+	0.004 8
		工业固体废物综合利用率 X_{11}	%	+	0.018 6

$$I_i=\frac{x_i-\bar{x}}{\frac{1}{n}\sum(x_i-\bar{x})^2}\cdot\sum_{j\neq i}^nw_{ij}(x_j-\bar{x})$$

(12)

式中: I 为全局莫兰指数; I_i 为区域 i 的局部莫兰指数; n 为研究区个数; x_i 和 x_j 分别为属性特征 x 在 i 区域和 j 区域的观测值; w_{ij} 为空间权重矩阵; $\bar{x}$ 为属性特征 x 在研究区域内的平均值。

2.1.5 障碍度模型

使用障碍度模型识别影响经济高质量发展与居民生活质量耦合协调度的核心要素^[32],从而为后续耦合协调关系的改善提供依据,障碍度模型公式为

$$O_j=\frac{w_i\times(1-a_{ij})}{\sum_{j=1}^nw_i\times(1-a_{ij})}\times100\%$$

(13)

式中: w_i 为因子贡献度,即各指标权重,本文采用熵权法的指标权重计算结果; $1-a_{ij}$ 为指标偏离度; O_j 为障碍度,即单个指标对于整个耦合协调系统的影响程度。

2.2 指标体系

本文对经济高质量发展的评价体系从体现高质量发展的新发展理念内涵出发,从创新、协调、绿色、开放、共享 5 个方面共设置 5 个准则层以及 15 个评价指标。居民生活质量评价体系则借鉴国务院发展研究中心“中国民生指数研究”中的评价体系^[33],设置居民收入、基础设施、公共服务、社会保障 4 个准则层以及 14 个评价指标(见表 2)。

续表 2

系统层	准则层	指标层	单位	指标性质	熵权法权重
经济高质量发展 U_1	开放发展 U_{14}	进出口总额占 GDP 比重 X_{12}	%	+	0.326 0
		外商投资企业数 X_{13}	个	+	0.343 8
	共享发展 U_{15}	教育支出占财政支出比例 X_{14}	%	+	0.025 7
		社会保障和就业支出占财政支出比重 X_{15}	%	+	0.027 3
	居民收入 U_{21}	人均可支配收入 X_{16}	元	+	0.051 4
		人均 GDP X_{17}	元	+	0.071 7
		平均在岗职工工资 X_{18}	元	+	0.034 5
		年末城镇登记失业人员数 X_{19}	人	-	0.008 6
		人均道路面积 X_{20}	m ²	+	0.038 1
		每万人拥有的公交车数量 X_{21}	辆	+	0.098 9
	基础设施 U_{22}	移动电话年末用户数 X_{22}	万户	+	0.107 9
		每万人公园绿地面积 X_{23}	hm ²	+	0.144 4
		每百人图书馆藏书量 X_{24}	册	+	0.149 4
	公共服务 U_{23}	中小学师生比例 X_{25}	无	+	0.027 3
		每万人医疗床位数 X_{26}	张	+	0.041 4
		城镇职工基本失业保险参保人数占比 X_{27}	%	+	0.044 3
	社会保障 U_{24}	城镇职工基本养老保险参保人数占比 X_{28}	%	+	0.090 8
		城镇职工基本医疗保险参保人数占比 X_{29}	%	+	0.091 4

3 黄河流域实证分析

3.1 耦合协调时序分析

基于黄河流域经济高质量发展与居民生活质量评价指标体系,计算 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的综合发展指数、耦合度与协调度。根据耦合协调度计算结果(见表 3)可知,2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的耦合度(C)均大于 0.95,证明经济高质量发展与居民生活质量两者之间相互影响且联系紧密。耦合协调度(D)介于 0.39 ~ 0.44 之间,其中 2011 年处于轻度失调阶段,2011 年后协调度稳步增长,证明经济高质量发展与居民生活质量系统间的良性互动逐步增强。经济的高质量发展会从各方面带动居民生活水平的提高,而居民生活水平的提高一方面验证了经济高质量发展的成果,另一方面“人”也是经济发展的重要要素与动力,因此居民生活质量的提高也可

以吸引人才、提高人口素质,进而促进经济的高质量发展。到 2020 年黄河流域整体的耦合协调度从 2011 年的 0.37 增长至 0.42,但仍处于濒临失调阶段,系统间的协调发展还有待进一步改善。

核密度估计中的 Kernel 曲线,是一种非参数统计方法,用于估计数据的概率密度分布。根据 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调度核密度估计(见图 3)可知,2011—2020 年 Kernel 曲线呈向右移动趋势,证明黄河流域整体的发展协调度提高,其中 2011—2014 年与 2017—2020 年间平移幅度大,证明在这两个时期发展协调度提升较大,而 2014—2017 年平移幅度较小,发展协调度在这一时期的提升不明显。2011—2020 年核密度均呈现“单峰”结构,峰值较高且有继续增高趋势,峰值区集中在 0.3 ~ 0.5 之间,黄河流域各市的发展协调度大多分布于此区间内,即处于轻度失调与濒临失调阶段。

表 3 2011—2020 年黄河流域居民生活与经济高质量发展综合指数及耦合协调指数

Tab. 3 Composite index and coupled coordination index of high quality development of residents' life and economy in the Yellow River Basin, 2011—2020

年份	经济高质量发展系统指数 (U_1)	居民生活质量系统指数 (U_2)	系统综合发展指数(T)	耦合度(C)	协调度(D)	耦合协调等级
2011	0.132 9	0.170 1	0.151 5	0.964 8	0.372 1	轻度失调
2012	0.134 1	0.175 2	0.154 7	0.991 1	0.391 6	轻度失调
2013	0.137 4	0.183 4	0.160 4	0.965 6	0.383 7	轻度失调
2014	0.141 7	0.216 6	0.173 7	0.960 4	0.398 6	轻度失调
2015	0.143 4	0.191 1	0.167 2	0.970 3	0.393 7	轻度失调
2016	0.144 1	0.204 0	0.174 0	0.965 2	0.401 2	濒临失调
2017	0.143 5	0.211 0	0.177 2	0.962 2	0.404 4	濒临失调
2018	0.144 8	0.216 2	0.180 5	0.959 1	0.407 7	濒临失调
2019	0.146 1	0.227 9	0.187 0	0.954 4	0.414 5	濒临失调
2020	0.143 8	0.234 7	0.189 3	0.950 8	0.416 8	濒临失调

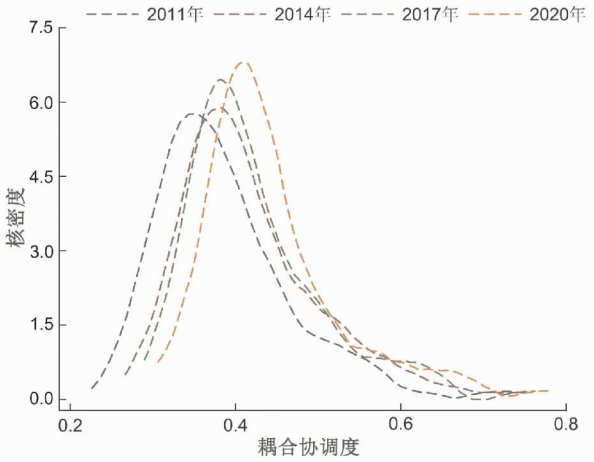


图 3 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调核密度估计

Fig. 3 Kernel Density estimation of the coupled harmonization degree of the population's life and the economy high-quality development in the Yellow River Basin, 2011—2020

3.2 耦合协调空间特征

3.2.1 空间演变特征

从空间维度上看(见图 4),以山东半岛为代表的下游地区耦合协调度明显高于地处中西部の中上游地区。黄河流域经济重心偏东,下游地区经济较发达,其中山东省为沿海经济大省,地理区位、资金、劳动力等资源禀赋优势明显^[34],在经济的创新与开放维度得分较高,经济高质量发展评分高于中上游地区。经济的高质量发展提高了城

市建设、服务水平与居民生活水平,生活水平的提高一方面会提高本地人口素质,另一方面也会吸引更多的外来人口,因此生活水平的提高也会推进经济高质量发展,二者形成良性互动^[35]。

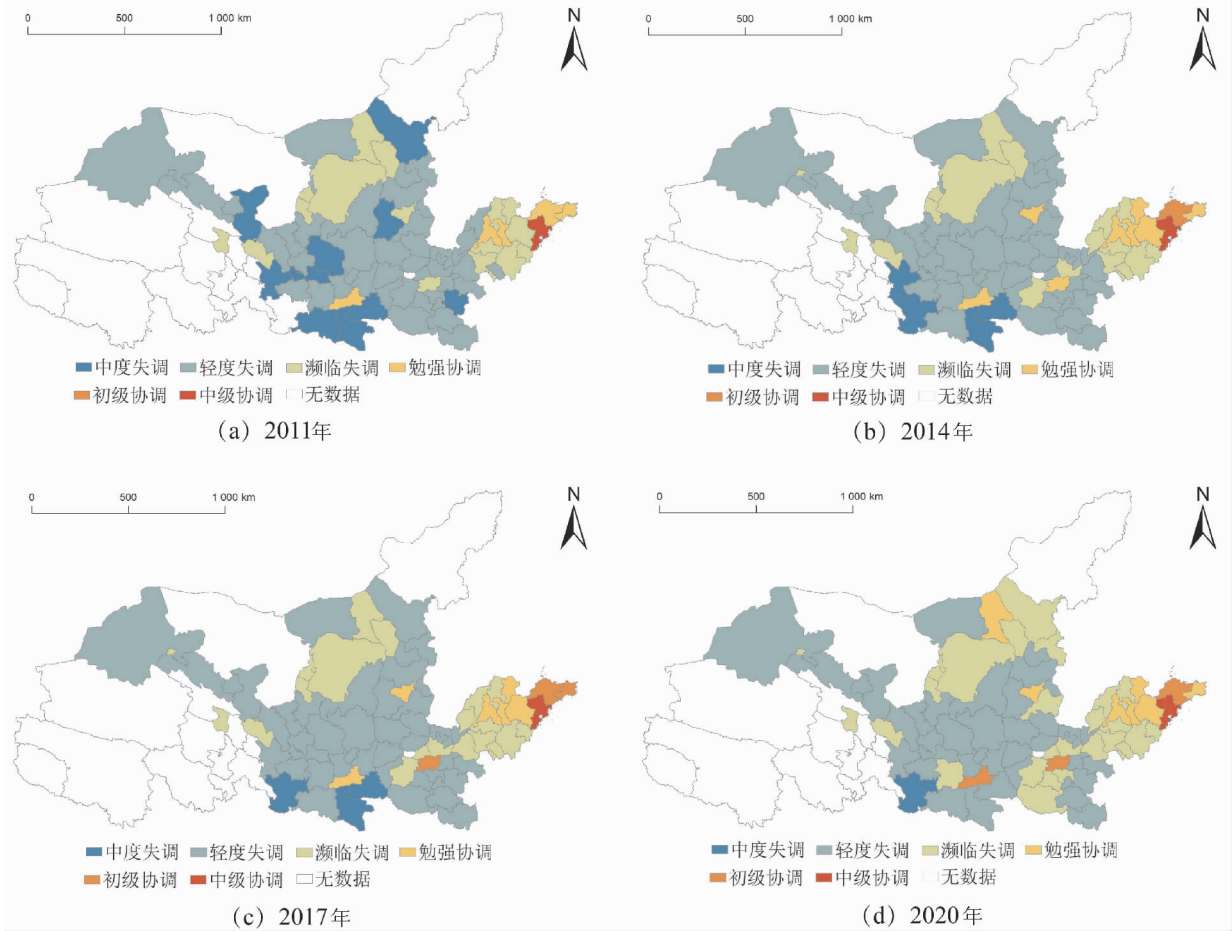
其次,西安市、郑州市、太原市等省会城市的耦合协调度也明显高于周边地区,省会城市往往是区域发展的中心,在区域发展中具有明显的先发优势,会持续吸引周边地区的人流、物流、资金流等经济要素。同时,省会城市在城市建设与公共服务水平方面往往也处于领先地位,因此耦合协调度较高,且明显高于周边的其他城市。

中西部的非省会城市耦合协调度往往较低,多数处于轻度失调与中度失调阶段,从整体上看是由于中西部城市的经济水平较低、发展阶段滞后制约了城市建设、公共服务与人民生活水平的提高。与沿海城市相比,中西部城市工业结构以资源开发为主,经济发展的创新维度与绿色发展维度滞后^[36],地处中西部也限制了城市的对外开放性,经济高质量发展的评分较低,而产业发展滞后、环境污染、区域发展不均衡等问题也影响了居民生活水平的提高,因此耦合协调度较低,多数城市处于失调阶段。

根据 2011—2020 年耦合协调阶段分布状况(见表 4)可知,黄河流域各城市多数处于轻度失调与濒临失调阶段。2011—2020 年间中度失调型与轻度失调型城市数量在总体上呈现下降趋

势,占比从 2011 年的 71.79% 下降到 2020 年的 51.28%,其中中度失调型城市从 2011 年的 11 个下降到 2020 年的 1 个,初级协调型城市从 2011 年的 1 个增长到 2020 年的 3 个。西安市与郑州市均从勉强协调型进入初级协调型队列,作为中西部重要的省会城市,西安市与郑州市均是“一带一路”的重要城市^[37],产业集群庞大,交通便利,吸引了周边的资本、人才、技术,且科技投入均高于周边城市,在经济高质量发展中的创新、开放与绿色维度均表现良好,带动了城市建设、公共服务

与居民生活水平的提高,耦合协调度较高^[38]。2011—2020 年青州市是黄河流域唯一的中级协调型城市,青州市制造业门类齐全、工业基础雄厚、现代服务业占比高,经济创新能力较强,青州市位于环渤海经济圈,与日、韩隔海相望,毗邻京津冀、沪宁杭等国内发达地区,对外联系方便^[39],经济发展的开放程度高,同时青岛的地理环境、城市建设、公共服务均较为出色,连续多年被评为“中国宜居城市”,经济高质量发展与居民生活的耦合协调度较高,与研究分析结果基本一致。



注:该图基于标准地图制作,审图号 GS(2023)2726,底图边界无修改。

图 4 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调空间格局

Fig. 4 Spatial pattern of the degree of coordination between residents' life and high-quality economic development in the Yellow River Basin, 2011—2020

3.2.2 空间集聚特征

使用全局自相关分析黄河流域经济高质量发展与居民生活质量间的空间相关性,全局莫兰指数 (Moran's I) 反映了空间与相邻空间的相似程度,相似程度越高代表空间相关性越强,即要素的空间分布具有集聚效应,但全局自相关只能显示

空间整体的集聚/离散程度,而不能确定具体的集聚地区和类型。因此,本文在全局自相关分析的基础上,使用局部自相关分析确定耦合协调度在局部地区的集聚程度与类型,使用 ArcGIS 软件中的空间自相关 (Moran's I) 工具与聚类 and 异常值 (Anselin Local Moran's I) 工具进行分析。

表 4 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调类型城市数量统计

Tab. 4 Statistics on the number of cities of the type that harmonize the coupling of high-quality economic development and the quality of life of their inhabitants in the Yellow River Basin, 2011—2020

年份	中度失调型	轻度失调型	濒临失调型	勉强协调型	初级协调型	中级协调型
2011	吕梁市、汉中市等 11 个城市(14.10%)	洛阳市、枣庄市等 45 个城市(57.69%)	太原市、郑州市等 16 个城市(20.51%)	烟台市、威海市等 5 个城市(6.41%)	无	青岛市 (1.28%)
2012	平凉市、固原市等 8 个城市(10.26%)	石嘴山市、枣庄市等 48 个城市(61.54%)	太原市、潍坊市等 15 个城市(19.23%)	烟台市、威海市等 6 个城市(7.69%)	无	青岛市 (1.28%)
2013	安康市、武威市等 6 个城市(7.69%)	西宁市、石嘴山市等 48 个城市(61.54%)	太原市、潍坊市等 17 个城市(21.79%)	威海市、西安市等 5 个城市(6.41%)	烟台市(1.28%)	青岛市 (1.28%)
2014	定西市、安康市等 4 个城市(5.13%)	乌海市、宝鸡市等 46 个城市(58.97%)	临沂市、银川市等 18 个城市(23.08%)	威海市、西安市等 8 个城市(10.26%)	烟台市(1.28%)	青岛市 (1.28%)
2015	庆阳市、商洛市、 陇南市(3.85%)	聊城市、焦作市等 48 个城市(61.54%)	东营市、银川市等 18 个城市(23.08%)	郑州市、威海市等 7 个城市(8.97%)	烟台市(1.28%)	青岛市 (1.28%)
2016	商洛市、陇南市 (2.56%)	大同市、宝鸡市等 48 个城市(61.54%)	银川市、鄂尔多斯市等 17 个城市(21.79%)	威海市、郑州市等 8 个城市(10.26%)	烟台市(1.28%)	青岛市 (1.28%)
2017	商洛市、陇南市、 安康市(3.85%)	大同市、许昌市等 44 个城市(56.41%)	银川市、包头市等 21 个城市(26.92%)	西安市、济南市等 6 个城市(7.69%)	烟台市、郑州市、 威海市(3.85%)	青岛市 (1.28%)
2018	商洛市、陇南市 (2.56%)	南阳市、阳泉市等 43 个城市(55.13%)	银川市、呼和浩特市等 23 个城市(29.49%)	威海市、济南市等 6 个城市(7.69%)	西安市、烟台市、 郑州市(3.85%)	青岛市 (1.28%)
2019	陇南市(1.28%)	乌兰察布市、嘉峪关 市等 43 个城市 (55.13%)	银川市、呼和浩特市等 23 个城市(29.49%)	济南市、威海市等 7 个城市(8.97%)	西安市、郑州市、 烟台市(3.85%)	青岛市 (1.28%)
2020	陇南市(1.28%)	咸阳市、金昌市等 39 个城市(50.00%)	呼和浩特市、兰州市等 27 个城市(10.26%)	济南市、威海市等 7 个城市(8.97%)	西安市、郑州市、 烟台市、(3.85%)	青岛市 (1.28%)

注:括号内数字为城市数量占比。

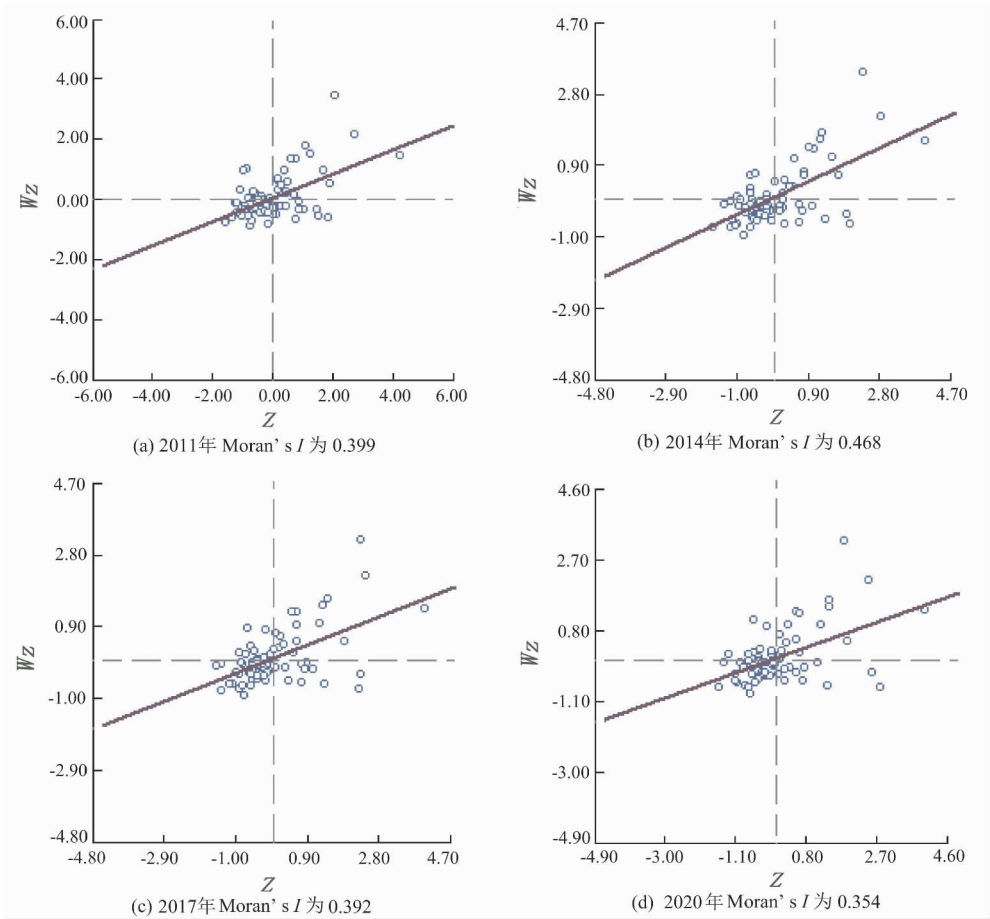
通过全局自相关分析发现 2011—2020 年莫兰指数均为正且均通过显著性检验($p \leq 0.001$) (见图 5),表明经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调度存在空间正向相关关系,在空间上具有趋同效应与集聚发展特征。2011—2020 年莫兰指数从 0.40 下降至 0.35,即集聚效应有所减弱,可能的原因是:一方面是由于经济发展本身的溢出与辐射效应,为集聚区域外的其他地区提供了发展动力^[40];另一方面是近年来高质量发展的新发展理念强调区域平衡与发展共享,控制大城市发展规模等举措使得黄河流域各城市耦合协调度分布的集聚性减弱,区域差异有减小趋势。从各象限分布情况来看:位于第一象限与第三象限的城市最多,证明耦合协调度在空间分布上存

在普遍的“高高”与“低低”集聚情况;而第一象限与第四象限的城市距离坐标原点更远,证明在空间上的“高高”与“高低”聚类的程度更高且表现更明显。

进一步通过局部自相关分析,耦合协调度在局部地区的集聚特征与类型如图 6 所示。2011 年“高高”聚类区域集中在山东半岛地区,山东半岛地区在经济高质量与居民生活质量发展领先的情况下还具有很强的集聚效应^[41],形成协调发展的高值聚类区;“低低”聚类区域位于天水市及周边地区,中西部地区由于区域效应差异^[42]协调发展水平落后于东部沿海地区,与东部差异最明显的地区形成了低值聚集区;西安市与兰州市两省会城市属于“高低”聚类区域,中西部大部分地

区协调发展较为滞后,因此省会城市作为区域的发展中心^[43]便成为了协调发展程度显著高于周边的高值区域;其余大部分地区的聚类情况不显著。2014 年,“高高”聚类区域依然集中分布在山东半岛地区,而“低低”聚类地区也进一步扩张至 8 个城市,仅有西安市属于“高低”聚类区域,中西部地区整体的协调发展水平依然较低。2017—2020 年,“高高”聚类依然分布在山东半岛地区,

西安市与太原市属于“高低”聚类区域,而低值聚集区有继续向中部地区扩张趋势。整体来看,山东半岛及各省会城市发展协调度较高且持续保持该状态,西安市、太原市这类中西部省会城市作为区域发展的重点往往会成为“高低”聚类区,而中西部地区的部分非省会城市发展协调度较低且低值集聚效,应在空间上有进一步扩张的趋势。



注:Wz 为空间滞后变量;Z 为标准化变量。

图 5 2011—2020 黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调莫兰散点图

Fig. 5 Moran scatter plot of coupled harmonization of high-quality economic development and quality of life of residents in the Yellow River Basin, 2011—2020

3.3 影响因素探究

通过障碍因子揭示黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调发展的影响因素,运用障碍度诊断模型识别的障碍因子。首先,对经济高质量发展与居民生活质量准则层的障碍度进行计算,2011—2020 年的准则层障碍因子排名相同(见表 5)。其中,障碍度最高的是开放发展维度(U₁₄),最低的是绿色发展维度(U₁₃)。开放发展

维度的障碍度在 2011—2020 年从 38.32% 上升至 39.24%,是耦合协调发展的最大障碍因子。基础设施、公共服务与社会保障 3 个维度的障碍度也均超过了 10%,创新发展与居民收入维度的障碍度也超过了 5%。证明黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的耦合协调发展同时受到经济开放、城市基础设施建设、创新能力、公共服务与保障等多方面因素的制约。

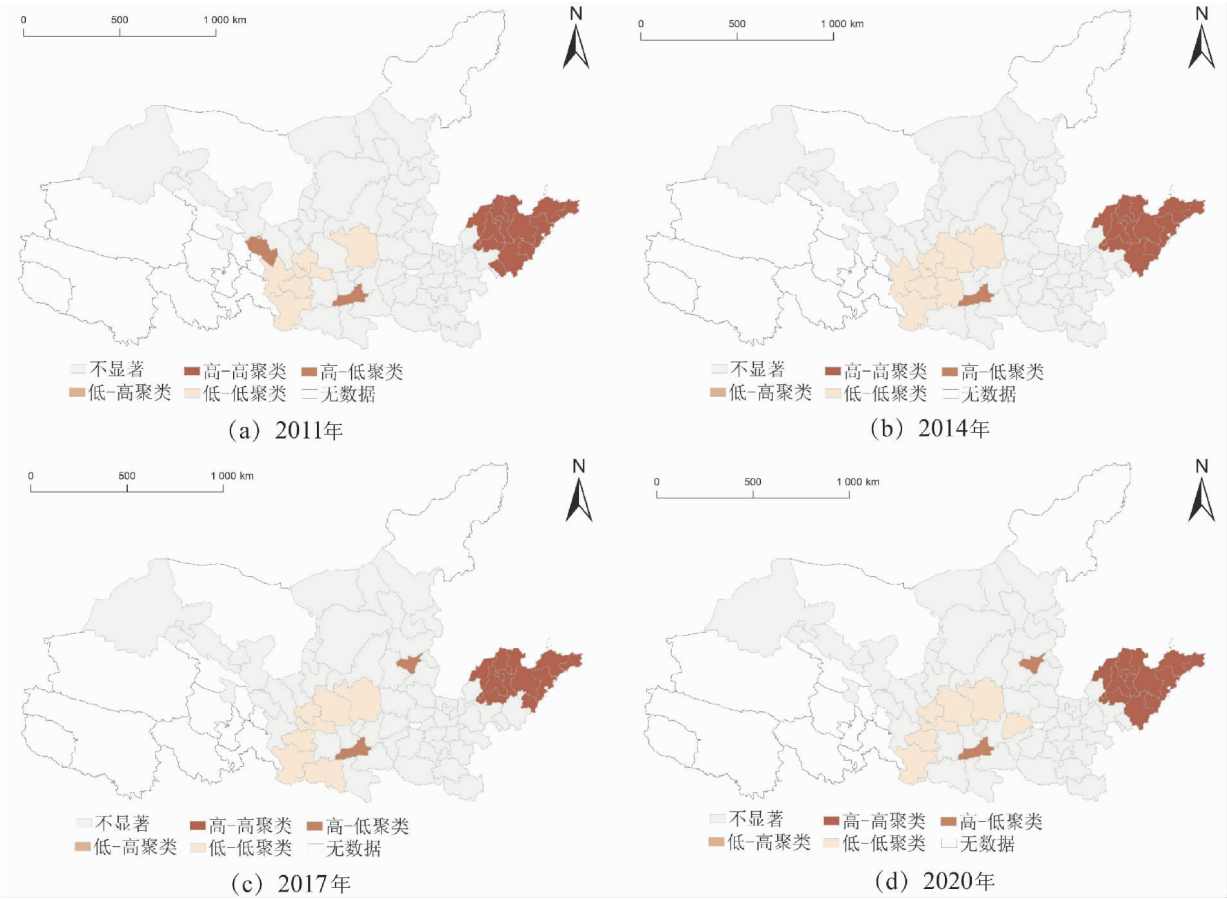


图 6 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调高/低聚类分布

Fig. 6 High/low cluster distribution of high-quality of life and economic development in the Yellow River Basin, 2011—2020

表 5 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调的准则层障碍因子统计

Tab. 5 Statistics on the guideline-level obstacle factors for coupling and harmonizing high-quality economic development and residents' quality of life in the Yellow River Basin, 2011—2020

单位: %

准则层障碍因子	2011 年	2014 年	2017 年	2020 年
第一障碍因子	$U_{14}(38.32)$	$U_{14}(39.00)$	$U_{14}(38.47)$	$U_{14}(39.24)$
第二障碍因子	$U_{22}(19.17)$	$U_{22}(18.56)$	$U_{22}(18.65)$	$U_{22}(18.57)$
第三障碍因子	$U_{23}(11.58)$	$U_{23}(11.56)$	$U_{23}(11.71)$	$U_{23}(11.57)$
第四障碍因子	$U_{24}(11.16)$	$U_{24}(11.12)$	$U_{24}(11.34)$	$U_{24}(11.13)$
第五障碍因子	$U_{11}(8.03)$	$U_{11}(8.45)$	$U_{11}(8.31)$	$U_{11}(8.48)$
第六障碍因子	$U_{21}(7.30)$	$U_{21}(5.87)$	$U_{21}(6.36)$	$U_{21}(5.87)$
第七障碍因子	$U_{12}(3.43)$	$U_{12}(3.32)$	$U_{12}(3.00)$	$U_{12}(2.90)$
第八障碍因子	$U_{15}(1.49)$	$U_{15}(1.64)$	$U_{15}(1.66)$	$U_{15}(1.74)$
第九障碍因子	$U_{13}(0.54)$	$U_{13}(0.47)$	$U_{13}(0.51)$	$U_{13}(0.50)$

在识别准则层障碍因子的基础上,通过对指标层的障碍度计算识别更为具体的障碍因子,由于评价指标与城市数量较多,不便一一列出,且在研究中发现前 10 位障碍因子的障碍度总计超过 80%,因此,本文仅在指标层障碍因子分析表中列出排名前十的障碍因子(见表 6)。2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合

协调的前四位障碍因子相同,其中前两位障碍因子外资投资企业数(X_{13})与进出口总额占 GDP 比重(X_{12})障碍度最高且持续增长,到 2020 年两项障碍度总和已超过 5%,是影响耦合协调发展的关键障碍因子。而每百万人图书馆藏书量(X_{24})、每万人公园绿地面积(X_{23})、科学支出占财政支出比例(X_2)障碍度也较大且均超过了 5%,证明这

类指标对耦合协调度也有着相当程度的影响。

表6 2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调的指标层障碍因子统计

Tab. 6 Statistics on the main obstacles to the coupling of high-quality economic development and the quality of life of the population in the Yellow River Basin, 2011—2020

单位: %

指标层主要障碍因子	2011 年	2014 年	2017 年	2020 年
第一障碍因子	X ₁₃ (19. 62)	X ₁₃ (20. 70)	X ₁₃ (26. 10)	X ₁₃ (26. 77)
第二障碍因子	X ₁₂ (17. 68)	X ₁₂ (18. 29)	X ₁₂ (24. 05)	X ₁₂ (24. 19)
第三障碍因子	X ₂₄ (8. 85)	X ₂₄ (8. 86)	X ₂₄ (8. 45)	X ₂₄ (8. 45)
第四障碍因子	X ₂₃ (7. 42)	X ₂₃ (7. 46)	X ₂₃ (7. 68)	X ₂₃ (7. 81)
第五障碍因子	X ₂₂ (5. 56)	X ₂ (5. 73)	X ₂ (5. 41)	X ₂ (5. 27)
第六障碍因子	X ₂ (5. 45)	X ₂₂ (5. 31)	X ₂₂ (4. 94)	X ₂₂ (4. 98)
第七障碍因子	X ₂₉ (4. 70)	X ₂₉ (5. 23)	X ₂₉ (4. 45)	X ₂₉ (4. 38)
第八障碍因子	X ₂₈ (4. 49)	X ₂₁ (4. 27)	X ₂₈ (4. 44)	X ₂₁ (4. 31)
第九障碍因子	X ₂₁ (4. 46)	X ₂₈ (4. 12)	X ₂₁ (4. 22)	X ₂₈ (4. 29)
第十障碍因子	X ₁₇ (4. 03)	X ₁₇ (3. 84)	X ₁₇ (3. 30)	X ₁₇ (3. 29)
前 10 位障碍因子障碍度总计	82. 26	83. 81	83. 34	84. 06

基于障碍度模型的障碍因子识别结果,经济高质量发展系统的因子数量较少但障碍度较高,居民生活系统的因子数量较多障碍度相对较低,两个系统的共同作用影响着耦合协调发展,改善策略也应当从 2 个维度共同考虑(见图 7)。未来

对黄河流域人民生活与经济高质量发展耦合协调状况改善的重点策略,应当优先考虑加强城市的区域合作与对外开放性,保障与优化城市基础设施建设,提供更加完善与丰富的城市服务,增加城市绿地建设,注重城市环境保护这些方面。

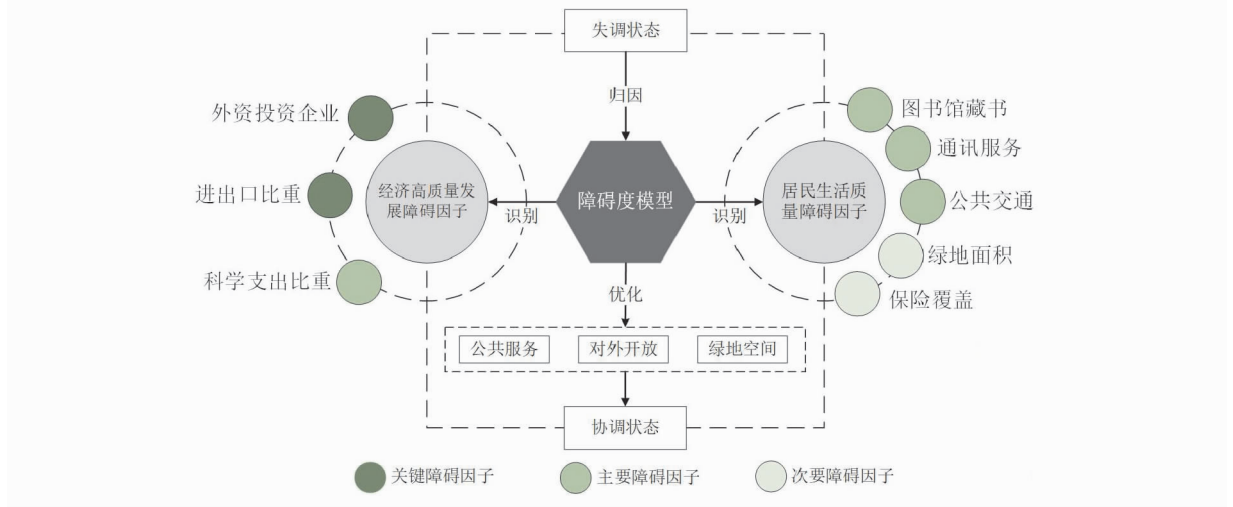


图7 基于障碍度因子识别的耦合协调改善机制

Fig. 7 Coupled coordination improvement mechanism based on barrier degree factor identification

4 总结与展望

4.1 总结

本文构建了黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调的理论框架,对二者之间耦合协调的时间序列、空间格局以及影响因素进行了探究,为黄河流域经济与民生的改善提供实证参

考,为黄河流域高质量发展提供新启示。

1)2011—2020 年黄河流域经济高质量发展与居民生活质量的耦合度整体上处于较高水平,证明二者之间相互影响,联系紧密。协调度在 2011—2020 年间稳步提高,在 2011 年属于轻度失调型,2014—2020 年间则上升至濒临失调型,系统间的良性互动逐步增强但协调度仍处于较低水平,经济高质量发展与居民生活质量间的协调

关系有待进一步改善。

2) 黄河流域各城市耦合协调度的分布特征主要体现在以下几个方面:① 78 个研究对象的耦合协调度基本符合正态分布,即高耦合协调度与低耦合协调度的城市占比较少,中间值占比较多,呈现“单峰”形态,未形成两级分化的格局;② 耦合协调度的空间分布在整体上呈现东高西低的格局,具有较明显的集聚特征,但自 2014—2020 年以来区域整体上的集聚效应有减弱趋势;③ 耦合协调度在局部上的高值集聚区域主要包括山东半岛经济区以及各省省会城市,低值则集中于天水市周围的西部非省会地区。

3) 经济高质量发展系统中的对外开放子系统对于整个耦合协调系统发展的障碍度最高,广大的中西部地区在这一维度的得分普遍不佳。公共服务与基础设施等体现全民共享维度的障碍度也较高,经济发展对于居民各项服务的带动作用还需要进一步加强,这些要素都在一定程度上影响着黄河流域经济高质量发展与居民生活质量之间的协调。

4.2 展望

1) 通过对黄河流域经济高质量发展与居民生活质量耦合协调度的研究,可以有效反映经济与民生之间的协调发展情况,评估各地区的发展阶段,探讨其障碍因素,为流域未来的高质量发展提供实证参考,但仍有一些问题需要讨论与深化。① 评价指标的选择上,经济与民生相关的研究命题涉及到社会的各个层面,本文参考已有研究的评价体系及新发展理念内涵,从多个子维度出发构建了耦合协调的评价体系。不同的指标选择在评价结果上会有差异,随着时代的发展,数据的完整程度与可获取性也在持续提高,有待于在后续研究中进一步完善指标体系,构建具有普遍意义的、系统全面的耦合协调评价体系。② 在分析对象的选择上和高质量发展的内涵中,生态环境^[27,44]也是一项重要内容,由于本文的研究目的是阐释经济高质量发展与居民生活质量之间的互动关系与时空特征,因此仅在评级体系的二级指标部分体现了生态与绿色发展理念,在后续研究中还可以进一步将生态高质量发展拓展为整个系统,研究其与经济民生之间的协调关系。

2) 研究结果为黄河流域未来发展提供如下启示与建议:① 经济与民生并重,经济的高质量发展与居民生活是相辅相成的高耦合关系,黄河

流域的高质量发展不仅仅要实现经济的高质量发展,也要关注城市建设、公共服务等方面的居民生活改善,实现二者之间的相互促进与良性互动;② 区域均衡发展,协调发展度具有明显的区域差异,主要体现在东西差异以及省会城市与其他地级市差异两个方面,协调发展度高的东部地区以及各省省会城市应充分发挥其主导作用,促进整个区域的均衡发展;③ 研究中的障碍度分析识别出了阻碍协调发展的主要因素,在未来的发展中应更注重黄河流域经济发展的开放性以及城市公共服务与基础设施建设。

参考文献

- [1] 王思薇,陈西坤. 中国区域经济高质量发展水平测度、空间分布及动态演进[J]. 统计与决策, 2023, 39(21): 90-96.
WANG S W, CHEN X K. Measurement, spatial distribution and dynamic evolution of the high-quality development level of China's regional economy[J]. Statistics & Decision, 2023, 39(21): 90-96.
- [2] 刘彦随,夏军,王永生,等. 黄河流域人地系统协调与高质量发展[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2022, 52(3): 357-370.
LIU Y S, XIA J, WANG Y S, et al. Coordinated human-earth system and high-quality development in Yellow River Basin[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2022, 52(3): 357-370.
- [3] 刘士林. 人民城市:理论渊源和当代发展[J]. 南京社会科学, 2020(8): 66-72.
LIU S L. Theoretical origin and contemporary development of People's City[J]. Nanjing Journal of Social Sciences, 2020(8): 66-72.
- [4] 左其享. 黄河流域生态保护和高质量发展研究框架[J]. 人民黄河, 2019, 41(11): 1-6.
ZUO Q T. Research framework for ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin[J]. Yellow River, 2019, 41(11): 1-6.
- [5] 樊杰,王亚飞,王怡轩. 基于地理单元的区域高质量发展研究:兼论黄河流域同长江流域发展的条件差异及重点[J]. 经济地理, 2020, 40(1): 1-11.
FAN J, WANG Y F, WANG Y X. High quality regional development research based on geographical units: Discuss on the difference in development conditions and priorities of the Yellow River Basin compared to the Yangtze River Basin[J]. Economic Geography, 2020, 40(1): 1-11.

- [6] 徐辉,师诺,武玲玲,等. 黄河流域高质量发展水平测度及其时空演变[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 115-126.
- XU H, SHI N, WU L L, et al. High-quality development level and its spatiotemporal changes in the Yellow River Basin [J]. Resources Science, 2020, 42(1): 115-126.
- [7] 马海涛,徐植枋. 黄河流域城市群高质量发展评估与空间格局分异[J]. 经济地理, 2020, 40(4): 11-18.
- MA H T, XU X F. High-quality development assessment and spatial heterogeneity of urban agglomeration in the Yellow River Basin [J]. Economic Geography, 2020, 40(4): 11-18.
- [8] 柯文前,肖宝玉,林李月,等. 中国省际城乡流动人口空间格局演变及与区域经济发展的关系[J]. 地理学报, 2023, 78(8): 2041-2057.
- KE W Q, XIAO B Y, LIN L Y, et al. Interprovincial urban and rural floating population evolution of China and its relationship with regional economic development [J]. Acta Geographica Sinica, 2023, 78(8): 2041-2057.
- [9] 刘润,张杰,蔡思怡,等. 长江中游城市群新型城镇化与城市居民生活质量耦合协调关系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(7): 1349-1364.
- LIU R, ZHANG J, CAI S Y, et al. Study on coupling coordination relationship between new urbanization and urban residents' quality of life in urban agglomeration of middle reaches of Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, 32(7): 1349-1364.
- [10] 赵宏波,岳丽,刘雅馨,等. 高质量发展目标下黄河流域城市居民生活质量的时空格局及障碍因子[J]. 地理科学, 2021, 41(8): 1303-1313.
- ZHAO H B, YUE L, LIU Y X, et al. Spatial-temporal pattern and obstacle factors of urban residents' quality of life in the Yellow River Basin under the background of high-quality development [J]. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(8): 1303-1313.
- [11] 张宁,白永平,乔富伟,等. 居民生活质量与城镇化协调度的时空演变及影响因素分析[J]. 资源开发与市场, 2017, 33(8): 980-984.
- ZHANG N, BAI Y P, QIAO F W, et al. Spatial-temporal evolution and influencing factors of coordination degree between urbanization and residents' living quality in process of urbanization [J]. Resource Development & Market, 2017, 33(8): 980-984.
- [12] 韩叙,柳潇明,刘文婷,等. 黄河流域绿色金融与经济高质量发展耦合协调时空特征及驱动因素[J]. 经济地理, 2023, 43(9): 121-130.
- HAN X, LIU X M, LIU W T, et al. Spatio-temporal characteristics of the coupling coordinating relationship between green finance and economic high-quality development in the Yellow River Basin and its driving factors [J]. Economic Geography, 2023, 43(9): 121-130.
- [13] 赵金辉,田林,李思源,等. 黄河流域能源与环境-经济-生态耦合协调发展研究[J]. 人民黄河, 2022, 44(11): 13-19.
- ZHAO J H, TIAN L, LI S Y, et al. Research on the coupling and coordination development of energy and environment-economy-ecology in the Yellow River Basin [J]. Yellow River, 2022, 44(11): 13-19.
- [14] 许烜,曹学琳. 长江经济带农业经济发展与生态环境耦合效率研究[J]. 生态经济, 2023, 39(7): 125-131.
- XU H, CAO X L. The study on coupling efficiency of agricultural economic development and ecological environment in Yangtze River Economic Belt [J]. Ecological Economy, 2023, 39(7): 125-131.
- [15] 任保平,巩羽浩. 黄河流域城镇化与高质量发展的耦合研究[J]. 经济问题, 2022(3): 1-12.
- REN B P, GONG Y H. Study on the coupling of urbanization and high-quality development in the Yellow River Basin [J]. On Economic Problems, 2022(3): 1-12.
- [16] 方世敏,黄琰. 长江经济带旅游效率与规模的时空演化及耦合协调[J]. 地理学报, 2020, 75(8): 1757-1772.
- FANG S M, HUANG Y. Spatio-temporal evolutions and coordination of tourism efficiency and scale in the Yangtze River Economic Belt [J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(8): 1757-1772.
- [17] 王奕淇,李国平. 基于SD模型的黄河流域生态环境与社会经济发展可持续性模拟[J]. 干旱区地理, 2022, 45(3): 901-911.
- WANG Y Q, LI G P. Sustainable simulation of ecological environment and socio-economic development in the Yellow River Basin based on the SD model [J]. Arid Land Geography, 2022, 45(3): 901-911.
- [18] YIN H Y, XIAO R, FEI X F, et al. Analyzing "economy-society-environment" sustainability from the perspective of urban spatial structure: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. Sustainable Cities and Society, 2023, 96: 104691.
- [19] 赵建吉,刘岩,朱亚坤,等. 黄河流域新型城镇化与

- 生态环境耦合的时空格局及影响因素[J]. 资源科学, 2020, 42(1): 159-171.
- ZHAO J J, LIU Y, ZHU Y K, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing factors of the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin [J]. Resources Science, 2020, 42(1): 159-171.
- [20] 金环, 于立宏. 数字经济、城市创新与区域收敛[J]. 南方经济, 2021(12): 21-36.
- JIN H, YU L H. Digital economy, urban innovation and regional convergence [J]. South China Journal of Economics, 2021(12): 21-36.
- [21] 陈景华, 陈姚, 陈敏敏. 中国经济高质量发展水平、区域差异及分布动态演进[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(12): 108-126.
- CHEN J H, CHEN Y, CHEN M M. Digital economy, China's high-quality economic development level, regional differences and dynamic evolution of distribution [J]. Journal of Quantitative & Technological Economics, 2020, 37(12): 108-126.
- [22] 陈东军, 钟林生, 樊杰, 等. 青藏高原国家公园群功能评价与结构分析[J]. 地理学报, 2022, 77(1): 196-213.
- CHEN D J, ZHONG L S, FAN J, et al. Function evaluation and structure analysis of Qinghai-Tibet Plateau National Park Cluster [J]. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(1): 196-213.
- [23] 丛晓男. 耦合度模型的形式、性质及在地理学中的若干误用[J]. 经济地理, 2019, 39(4): 18-25.
- CONG X N. Expression and mathematical property of coupling model, and its misuse in geographical science [J]. Economic Geography, 2019, 39(4): 18-25.
- [24] 李长松, 周霞, 周玉玺. 中国粮食主产区农业水贫困与粮食生产脆弱性的时空耦合研究[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(4): 965-975.
- LI C S, ZHOU X, ZHOU Y X. Spatio-temporal coupling of agricultural water poverty and grain production vulnerability in the main grain-producing areas in China [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2023, 40(4): 965-975.
- [25] 田深圳, 李雪铭, 杨俊, 等. 东北三省城市拟态与现实人居环境时空耦合协调特征与机制[J]. 地理学报, 2021, 76(4): 781-798.
- TIAN S Z, LI X M, YANG J, et al. Spatio-temporal coupling coordination and driving mechanism of urban pseudo and reality human settlements in the three provinces of northeast China [J]. Acta Geographica Sinica, 2021, 76(4): 781-798.
- [26] 张合林, 王亚辉, 王颜颜. 黄河流域高质量发展水平测度及提升对策[J]. 区域经济评论, 2020(4): 45-51.
- ZHANG H L, WANG Y H, WANG Y Y. Measurement and improvement of high-quality development level in Yellow River Basin [J]. Regional Economic Review, 2020(4): 45-51.
- [27] 刘琳轲, 梁流涛, 高攀, 等. 黄河流域生态保护与高质量发展的耦合关系及交互响应[J]. 自然资源学报, 2021, 36(1): 176-195.
- LIU L K, LIANG L T, GAO P, et al. Coupling relationship and interactive response between ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin [J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(1): 176-195.
- [28] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系: 以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- LIAO C B. Quantitative judgement and classification system for coordinated development of environment and economy: A case study of the city group in the Pearl River Delta [J]. Tropical Geography, 1999, 19(2): 171-177.
- [29] 王耕, 李素娟, 马奇飞. 中国生态文明建设效率空间均衡性及格局演变特征[J]. 地理学报, 2018, 73(11): 2198-2209.
- WANG G, LI S J, MA Q F. Spatial equilibrium and pattern evolution of ecological civilization construction efficiency in China [J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(11): 2198-2209.
- [30] 马晓熠, 裴韬. 基于探索性空间数据分析方法的北京市区域经济差异[J]. 地理科学进展, 2010, 29(12): 1555-1561.
- MA X Y, PEI T. Exploratory spatial data analysis of regional economic disparities in Beijing during 2001—2007 [J]. Progress in Geography, 2010, 29(12): 1555-1561.
- [31] 吴媛媛, 宋玉祥. 中国旅游经济空间格局演变特征及其影响因素分析[J]. 地理科学, 2018, 38(9): 1491-1498.
- WU Y Y, SONG Y X. Spatial pattern evolution and influence factors of tourism economy in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(9): 1491-1498.
- [32] LUO J, CHEN S Y, SUN X, et al. Analysis of city centrality based on entropy weight TOPSIS and population mobility: A case study of cities in the Yangtze River Economic Belt [J]. Journal of Geographical Sciences, 2020, 30(4): 515-534.

- [33] 张玉台,吴晓灵,等. 我国民生发展状况及民生主要诉求研究:“中国民生指数研究”综合报告[J]. 管理世界, 2015(2): 1-11.
- ZHANG Y T, WU X L, et al. Study on the development situation of people's livelihoods in China and their main demands: Comprehensive report on China's livelihoods index study [J]. Journal of Management World, 2015(2): 1-11.
- [34] 于谨凯,马健秋. 山东半岛城市群经济联系空间格局演变研究[J]. 地理科学, 2018, 38(11): 1875-1882.
- YU J K, MA J Q. Spatial pattern evolution of economic links in Shandong peninsula urban agglomeration [J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(11): 1875-1882.
- [35] 胡瑞,于尚坤,刘惠冉,等. 山东半岛城市群高铁可达性及其经济联系响应[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2023, 53(2): 161-171.
- HU R, YU S K, LIU H R, et al. High-speed rail accessibility and economic linkage response in Shandong peninsula urban agglomerations [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2023, 53(2): 161-171.
- [36] 杨建林,张思锋,王嘉嘉. 西部资源型城市产业结构转型能力评价[J]. 统计与决策, 2018, 34(5): 53-56.
- YANG J L, ZHANG S F, WANG J J. Evaluation of industrial structure transformation capability of western resource-based cities [J]. Statistics & Decision, 2018, 34(5): 53-56.
- [37] 李小帆,蒋灵多. “一带一路”建设、中西部开放与地区经济发展[J]. 世界经济, 2020, 43(10): 3-27.
- LI X F, JIANG L D. "Belt and Road Initiative", central and western regions opening and economic development [J]. The Journal of World Economy, 2020, 43(10): 3-27.
- [38] 吴艳艳,袁家冬. 2000—2015年陕西省城镇化发展协调度空间演化[J]. 经济地理, 2018, 38(7): 75-83.
- WU Y Y, YUAN J D. Urbanization coordination development degree spatioevolution analysis in Shaanxi Province from 2000 to 2015 [J]. The Journal of World Economy, 2018, 38(7): 75-83.
- [39] 王格芳,金振兴,明珠. 山东省县域城镇发展质量评价及时空演变研究[J]. 地域研究与开发, 2023, 42(5): 28-34.
- WANG G F, JIN Z X, MING Z. Evaluation and spatio-temporal evolution of development quality of county towns in Shandong Province [J]. Areal Research and Development, 2023, 42(5): 28-34.
- [40] 江艇,孙鲲鹏,聂辉华. 城市级别、全要素生产率和资源错配[J]. 管理世界, 2018, 34(3): 38-50, 77, 183.
- JIANG T, SUN K P, NIE H H. Administrative rank, total factor productivity and resource misallocation in Chinese cities [J]. Journal of Management World, 2018, 34(3): 38-50, 77, 183.
- [41] 魏玮,马松昌. 基于动态面板GMM分析的产业集聚与经济增长实证研究:以山东半岛城市群为例[J]. 上海经济研究, 2013, 25(6): 23-32.
- WEI W, MA S C. Empirical studies of industrial agglomeration and economic growth based on dynamic panel GMM analysis: A case from Shandong peninsula urban agglomeration [J]. Shanghai Journal of Economics, 2013, 25(6): 23-32.
- [42] 何雄浪. 区域效应与集聚效应:我国地区间实际收入差距成因探究[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2012, 32(11): 50-60.
- HE X L. On the regional effect and agglomeration effect: A research on the reason of regional actual income gap [J]. Modern Finance and Economics (Journal of Tianjin University of Finance and Economics), 2012, 32(11): 50-60.
- [43] 张贞冰,陈银蓉,赵亮,等. 基于中心地理论的中国城市群空间自组织演化解析[J]. 经济地理, 2014, 34(7): 44-51.
- ZHANG Z B, CHEN Y R, ZHAO L, et al. The analysis of metropolitan areas spatial self-organization evolution in China based on the theory of central place [J]. Economic Geography, 2014, 34(7): 44-51.
- [44] 任保平,邹起浩. 黄河流域环境承载力的评价及进一步提升的政策取向[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2021, 51(5): 824-838.
- REN B P, ZOU Q H. The evaluation of environmental carrying capacity in Yellow River Basin and the policy orientation for further ascension [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2021, 51(5): 824-838.

(编辑 张欢)